

常用电动机维护与故障处理

(一)

—基础与配用电器

主编 陈振明 徐元浩 张寿松

主审 张守愚 柳长虹 冠 湘

44

广东科技出版社

常用电动机维护与故障处理

(一) 基础与配用电器

(二) 三相异步电动机

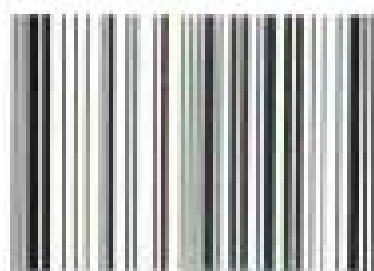
(三) 三相异步电动机

(四) 单相异步电动机

责任编辑：黄国慧

封面设计：朱 子

ISBN 7-5359-2428-X



9 787535 924285 >

TM
C4

ISBN 7-5359-2428-X

TM·17 定价:13.80元

常用电动机维护与故障处理

(二)

——三相异步电动机

主编 陈振明 徐元浩 张寿松
主审 张守愚 柳长虹 冠 湘



44

广东科技出版社

常用电动机维护与故障处理

(一) 基础与配用电器

(二) 三相异步电动机

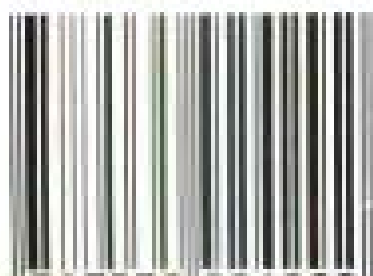
(三) 三相异步电动机

(四) 单相异步电动机

责任编辑：黄国慧

封面设计：朱 子

ISBN 7-5359-2429-8



9 787535 924292 >

ISBN 7-5359-2429-8

TM·18 定价:20.00元

常用电动机维护与故障处理

(三)

—三相异步电动机

主编 陈振明 徐元浩 张寿松
主审 张守愚 柳长虹 冠 湘



7-44

广东科技出版社

常用电动机维护与故障处理

(一) 基础与配用电器

(二) 三相异步电动机

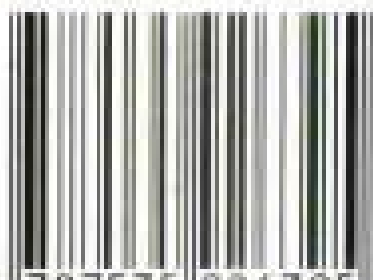
(三) 三相异步电动机

(四) 单相异步电动机

责任编辑：黄国慧

封面设计：朱 子

ISBN 7-5359-2639-8



9 787535 926395 >

ISBN 7-5359-2639-8

TM·20 定价:20.00元

常用电动机维护与故障处理

(四)

—单相异步电动机

主编 陈振明 徐元浩 张寿松
主审 张守愚 柳长虹 冠 湘

7-44

广东科技出版社

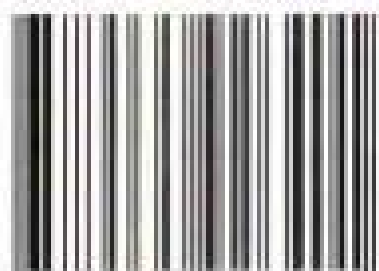
常用电动机维护与故障处理

- (一) 基础与配用电器
 - (二) 三相异步电动机
 - (三) 三相异步电动机
 - (四) 单相异步电动机
-

责任编辑：黄国慧

封面设计：朱 子

ISBN 7-5359-2640-1



9 787535 926401 >

ISBN 7-5359-2640-1

TM·21 定价:12.00元



常用电动机维护与故障处理(一)

——基础与配用电器

主 编 ~~陈振明~~ 徐元浩 张寿松
主 编 ~~张守愚~~ 柳长虹 冠 湘

广东科技出版社

· 广 州 ·

常用电动机维护与故障处理(二)

——三相异步电动机

主 编 陈振明 徐元浩 张寿松
主 审 张守愚 柳长虹 冠 湘

广东科技出版社
· 广 州 ·

常用电动机维护与故障处理(三)

——三相异步电动机

主 编 陈振明 徐元浩 张寿松
主 审 张守愚 柳长虹 冠 湘

广东科技出版社

·广 州·

常用电动机维护与故障处理(四)

——单相异步电动机

主 编 廖振明、李 浩 张寿松

主 审 李守愚 魏 虹 冠 湘

广东科技出版社

·广 州·

图书在版编目(CIP)数据

常用电动机维护与故障处理(一):基础与配用电器/陈振明等主编. —广州:广东科技出版社,2000.10

ISBN 7-5359-2428-X

I. 常…

II. 陈…

III. ①电动机-故障诊断-问答②电动机-故障修复-问答

IV. TM320.7-44

出版发行:广东科技出版社

(广州市环市东路水荫路11号 邮码:510075)

E-mail: gdkjzbb@21cn.com

出版人:黄达全

经 销:广东新华发行集团股份有限公司

印 刷:广东惠阳印刷厂

(广东惠州市南坛西路17号 邮码:516001)

规 格:850 mm×1 168 mm 1/32 印张7 字数182千

版 次:2000年10月第1版

2000年10月第1次印刷

印 数:1~5 000册

定 价:13.80元

如发现因印装质量问题影响阅读,请与承印厂联系调换。

图书在版编目(CIP)数据

常用电动机维护与故障处理(二):三相异步电动机/陈振明等主编. —广州:广东科技出版社,2000.10

ISBN 7-5359-2429-8

I. 常…

II. 陈…

III. ①电动机-故障诊断-问答②电动机-故障修复-问答

IV. TM320.7-44

出版发行:广东科技出版社

(广州市环市东路水荫路11号 邮码:510075)

E-mail: gdkjzbb@21cn.com

出版人:黄达全

经 销:广东新华发行集团股份有限公司

印 刷:广东惠阳印刷厂

(广东惠州市南坛西路17号 邮码:516001)

规 格:850mm×1168mm 1/32 印张10.75 字数280千

版 次:2000年10月第1版

2000年10月第1次印刷

印 数:1~5000册

定 价:20.00元

如发现因印装质量问题影响阅读,请与承印厂联系调换。

图书在版编目(CIP)数据

常用电动机维护与故障处理(三):三相异步电动机/陈振明等主编. —广州:广东科技出版社,2001. 1

ISBN 7-5359-2639-8

I. 常…

II. 陈…

III. ①电动机-故障诊断-问答②电动机-故障修复-问答

IV. TM320.7-44

出版发行:广东科技出版社

(广州市环市东路水荫路11号 邮码:510075)

E-mail: gdkjzbb@21cn.com

出版人:黄达全

经销:广东新华发行集团股份有限公司

印刷:广州培基印刷镭射分色有限公司

(广州市环市东天河路16号三楼 邮码:510075)

规格:850 mm×1168 mm 1/32 印张10.5 字数245千

版次:2001年1月第1版

2001年1月第1次印刷

印数:1~5000册

定价:20.00元

如发现因印装质量问题影响阅读,请与承印厂联系调换。

图书在版编目(CIP)数据

常用电动机维护与故障处理(四):单相异步电动机/陈振明等主编. —广州:广东科技出版社,2001.1

ISBN 7-5359-2640-1

I. 常…

II. 陈…

III. ①电动机-故障诊断-问答②电动机-故障修复-问答

IV. TM320.7-44

出版发行:广东科技出版社

(广州市环市东路水荫路11号 邮码:510075)

E-mail: gdkjzbb@21cn.com

出版人:黄达全

经 销:广东新华发行集团股份有限公司

印 刷:广州培基印刷镭射分色有限公司

(广州市环市东天河路16号三楼 邮码:510075)

规 格:850 mm×1168 mm 1/32 印张6.25 字数145千

版 次:2001年1月第1版

2001年1月第1次印刷

印 数:1~5 000册

定 价:12.00元

如发现因印装质量问题影响阅读,请与承印厂联系调换。

内 容 提 要

本丛书一套四册。以问答形式较全面地阐述了常用三相异步电动机和单相异步电动机的使用、维护与故障处理问题。内容包括一般电动机知识;电动机常用起动、控制和保护电器的使用、维护与故障处理;三相异步电动机的选择、安装、试车、调整和日常维护保养,运行中的检查和故障预防与处理;单相异步电动机、电扇和电动工具的使用与维修。

本丛书题材安排紧凑,所选题目实用性强,内容充实,条理清楚,重点突出,文字简练,通俗易懂,可供城乡广大电工阅读,也适于技工学校电工专业师生参考。

本书主要讲述一般电动机知识、电动机常用起动、控制和保护电器的维护与故障处理。

本书编写人员

主编 陈振明 徐元浩 张寿松

主审 张守愚 柳长虹 冠 湘

编者 张 莺 陈希江 张盖楚 刘心岩 阎 鸿
古建明 冯会山 付恩全 吕植训 赵聪颖
周 丽 张 倩

前 言

三相异步电动机在庞大的电机家族中居于重要地位，它广泛应用于工农业和其他经济部门，大多数生产机械，如机床、输送机、球磨机、压缩机、起重机、粉碎机、脱粒机和水泵等都采用这种电动机来拖动。据有关部门统计，在电动机拖动的机械中，有90%左右是由三相异步电动机拖动的，其用电量占电网总负载用电量的60%以上，社会拥有量最大。此外，三相异步电动机的派生品种单相异步电动机，也广泛应用于电动工具和家用电器。厂矿企业、科研机构、事业单位和农村的广大电工，在日常工作中都要维护保养三相异步电动机和单相异步电动机。为了使他们（特别是青年电工）掌握这类电动机的选择、安装、使用、维护与故障处理方面的基本知识和操作技能，我们编写了本丛书。

本丛书以一般电工为对象，不讨论电动机的大修问题，只介绍异步电动机的选择、安装、使用、维护、故障预防与处理知识，重点是讨论三相异步电动机运行中经常出现的故障原因、检查和处理方法。电动机损坏的主要原因是保护不善和维护不良，电动机的故障，一是电气故障，二是机械故障。电气故障可以通过适当的保护来预防，而机械故障则可通过加强维护管理来控制。本书在这两方面都作了较详细的阐述。

但是，由于环境原因和人为因素，电动机的故障总是不可避免。一般来说，电动机的故障有多重性，同一外表现象的故障，可能由多种原因所引起，而同一故障原因，又可能出现不同的外表现象。所以，一种外表现象可能隐藏着多种故障。有些故障现象，初看起来似乎不易捉摸和判断。但是，它们总是与一定因素联系着的。只要有扎实的电工理论基础，了解电动机的结构和工作原理，掌握它的运行规律，又有丰富的实践经验，通过仔细检查、分析，把故障范围逐渐缩小，就可准确判断电动机的故障性质，查出故障原因，最后对症予以处理。本丛书举出三相异步电动机的一些故障

10001

实例，并进行了分析和探讨，同时也介绍了故障预防（如缺相、欠压、失压、过载运行保护）和处理方法，读者从这些实例可以得到启发，“举一反三”对所维护管理的电动机采取适当保护措施，当电动机一旦发生故障，可及时予以排除。

单相异步电动机的维修，比三相异步电动机简单。由于电工人员不但使用电动工具，而且还负责本单位电动工具的维修，同时有些单位所使用的各种电扇上百甚至上千台，都要由电工人员来维护和修理，所以本丛书讨论了电动工具和电扇及其使用的电动机的维修问题。至于其他家用电器用的单相异步电动机，一般由家电维修人员来修理，因此本丛书对这方面的问题不予讨论。

最后，需要强调指出的是，电工人员在电动机和电动工具使用、维护过程中的人身安全问题。虽然这是一个老问题，但某些电工人员总是掉以轻心，未予足够重视，以致人身触电事故时有发生。本丛书列举了一些人身事故实例，目的是希望读者“触目惊心”，引以为鉴，杜绝这类事故。

本丛书在编写过程中，李胜利、陈冬生和刘铁军等同志提供了工作中积累的许多素材，李莉、王超、徐运丰、韩觉宏、陈绵福、陈朝辉、田福明、叶小梅、陈福长等同志编写了部分内容，在此对他们表示衷心感谢。

本丛书为集体创作，在初稿基础上，进行几次改稿才最后定稿。但限于编者水平，书中错漏之处，仍敬请读者批评指正。

编者

1999年4月

目 录

一、一般电动机知识

1. 电力拖动系统由哪几部分组成？各部分所起的作用是什么？ (1)
2. 电力拖动与其他形式的拖动相比有哪些特点？ (1)
3. 电动机怎样分类？各类电动机分别应用于什么场合？ (2)
4. 怎样阅读电动机的电气原理图和安装接线图？ (3)
5. 什么叫做电动机的机械特性？它分为哪几类？ (6)
6. 异步电动机的负载怎样分类？负载的特性是什么？ (7)
7. 怎样划分电动机的工作制？ (7)
8. 为什么要看懂电动机铭牌内容？怎样查看电动机的铭牌？ (8)
9. 电动机铭牌上标出的功率是指什么功率？三相异步电动机有哪
些标准功率等级？ (15)
10. 选择电动机应遵循哪些基本原则？ (16)
11. 怎样选择电动机的类型？ (18)
12. 在选择和使用电动机方面，为了节约用电，应考虑哪些问题？ (19)
13. 选用高效率电动机有哪些优点？怎样判断能否选用高效率电
动机？ (19)
14. 怎样选择与水泵配套的电动机？ (21)
15. 怎样按运行方式、使用环境和生产机械工况选用电动机？ (22)
16. 怎样选择电动机的电压？ (24)
17. 怎样选择电动机的转速？ (24)
18. 选择电动机的容量（功率）应注意哪些问题？ (26)
19. 什么叫做电动机的连续容量和短时容量？怎样选择电动机的
容量（功率）？ (28)
20. 怎样计算机床传动电动机的功率？ (32)
21. 怎样测定无铭牌交流电动机的额定数据？ (34)
22. 对电动机的安装场所有哪些要求？ (38)
23. 对电动机的安装基础怎样进行设计计算？ (39)
24. 构筑电动机的安装基础应遵循哪些原则？ (40)

| | |
|--|------|
| 25. 怎样构筑电动机的底座基础和埋设地脚螺栓? | (41) |
| 26. 浇筑电动机的永久性混凝土基础时, 所使用的混凝土标号及其配料是怎样规定的? 如何计算水泥和砂石用量? | (44) |
| 27. 电动机安装前应进行哪些检查? | (45) |
| 28. 安装不许反向旋转的异步电动机时, 怎样预先确定其旋转方向? | (46) |
| 29. 怎样安装电动机? | (48) |
| 30. 对电动机的地脚螺栓怎样进行二次灌浆? | (50) |
| 31. 怎样判断电动机与生产机械能否采用直接传动方式? | (50) |
| 32. 怎样安装和校正电动机的传动装置? | (51) |
| 33. 对电动机的安装定心有哪些要求? | (54) |
| 34. 怎样选择电动机与生产机械之间的胶带传动方式? | (55) |
| 35. 采用平胶带传动的电动机, 其胶带轮直径与传递的功率有何关系? 怎样选配电机所拖动生产机械的胶带轮和胶带? | (57) |
| 36. 平胶带传动的中心距离过小或过大有何后果? 怎样合理确定平胶带传动的中心距离和平胶带的长度? | (58) |
| 37. 怎样连接平胶带? | (59) |
| 38. 三角胶带传动有何特点? 三角胶带的型号(规格)是怎样划分的? | (61) |
| 39. 怎样确定三角胶带传递的功率和计算三角胶带轮的直径? | (63) |
| 40. 怎样计算三角胶带的根数和三角胶带传动的中心距离? | (64) |
| 41. 在电动机的安装或检修中为什么不可随意更改接线和端子号码? | (70) |
| 42. 在电动机的安装和运行中应采取哪些安全措施? | (70) |
| 43. 电动机安装、调整不当引起机械振动的原因是什么? 各有何特征? | (72) |
| 44. 怎样判断电动机的安装质量是否符合要求? | (73) |
| 45. 动力线路的使用环境怎样分类? 对动力线路有哪些技术要求? | (75) |
| 46. 怎样选择电动机供电线路的导线? | (76) |
| 47. 怎样用估算方法确定电动机的额定电流和选择导线截面? | (79) |
| 48. 敷设电动机的供电线路应注意哪些问题? | (80) |
| 49. 对室内电动机怎样进行配线? | (81) |
| 50. 电动机怎样接线? | (82) |

- 51. 在电动机线路的导线上怎样涂刷标志? (84)
- 52. 怎样自制动力配电箱? 如何选择配电箱(盘)中所装的电气设备? 配电箱上设备布置的原则是什么? (85)
- 53. 怎样安装墙挂式动力配电箱和落地式动力配电箱? (87)
- 54. 安装电动机的控制箱应注意哪些问题? (90)
- 55. 电动机的控制箱(板)内外配线应遵循哪些原则? (90)
- 56. 电动机运到现场后, 怎样进行开箱检查和验收? (91)
- 57. 现场怎样搬运电动机? 吊运电动机应注意哪些事项? (93)
- 58. 怎样保管电动机? (94)

二、电动机常用起动、控制和保护电器的使用、维护与故障处理

- 59. 起动器怎样分类? 各种起动器有哪些特点和用途? (96)
- 60. 选择起动器应考虑和分析哪些问题? (99)
- 61. 怎样选择电磁起动器? 它对三相异步电动机有哪两种作用? (99)
- 62. 电磁起动器怎样安装和接线? (101)
- 63. 对运行中的电磁起动器应经常进行哪些检查? (104)
- 64. 电磁起动器有哪些常见故障? 故障原因是什么? 怎样处理? (105)
- 65. 怎样使用星-三角起动器? (107)
- 66. 自耦降压起动器怎样接线? (113)
- 67. 在自耦降压起动器安装前应进行哪些检查? 检查后怎样安装? ... (114)
- 68. 使用和维护手动自耦降压起动器应注意哪些事项? (115)
- 69. 自耦降压起动器起动时, 起动器内发出爆炸声或自耦变压器产生嗡嗡噪声怎么办? (117)
- 70. 自耦降压起动器不能合闸, 操作手柄扳到“运行”位置上不能停留的原因是什么? 怎样检查和处理? (118)
- 71. 自耦降压起动器的欠压脱扣机构停止工作或联锁机构不动作怎么办? (119)
- 72. 自耦降压起动器有哪些常见故障? 怎样检查和处理? (119)
- 73. 什么叫做频敏变阻器? 频敏变阻器有何特点和用途? 使用频敏变阻器起动绕线式电动机的原理是什么? (121)
- 74. 怎样选用频敏变阻器? (122)
- 75. 安装、使用和维护频敏变阻器应注意哪些事项? (123)
- 76. 怎样调整频敏变阻器? (124)

77. 怎样使用和维护三相油浸式起动变阻器? (124)
78. 起动变阻器起动时有过热现象或者起动档次不明显或速度突然升高怎么办? (125)
79. 怎样配置电动机的控制电器? (126)
80. 怎样安装电动机的操作开关和控制开关? (127)
81. 怎样正确操作电动机的开关设备? (129)
82. 有哪两种常用的空气断路器? 空气断路器适用于什么场合? (130)
83. 采用空气断路器作为电动机的短路保护装置有哪些优点? 怎样选择和安装空气断路器? (131)
84. 怎样使用和维护空气断路器? (133)
85. 空气断路器与熔断器怎样协调配合使用? (135)
86. 空气断路器合闸后过一段时间又自行分断或分闸失灵怎么办? ... (136)
87. 空气断路器的失压脱扣器运行中产生噪声和振动怎么办? (136)
88. 空气断路器的辅助触头不通电怎么办? (137)
89. 交流接触器对三相异步电动机有何保护作用? 怎样使用它来控制这种电动机? (137)
90. 怎样选择有特殊起动要求的电动机用的交流接触器? (139)
91. 怎样安装交流接触器? (142)
92. 同一配电屏内的交流接触器、继电器线圈的零线采用跨接方法是否正确? 有何危害? (142)
93. 需要同时动作的两个交流接触器, 其线圈为什么只能并联而不能串联? (143)
94. 交流接触器吸合不正常的原因是什么? 怎样处理? (144)
95. 交流接触器断电后不释放怎么办? (144)
96. 对缺辅助触点的交流接触器怎样进行应急接线? (145)
97. 交流接触器有哪些常见故障? 故障原因是什么? 怎样处理? 这种接触器损坏到什么程度就应予以更换? (147)
98. 交流接触器修理后怎样进行调整和检查? (150)
99. 有哪几种常用系列复合按钮开关? 其结构各有何特点? 适用于什么场合? (151)
100. 怎样选择瓷底胶盖闸刀开关? 这种开关的安装和接线应注意哪些事项? (153)
101. 怎样使用和维护瓷底胶盖闸刀开关? 为什么不可使用闸刀开

- 关来分断堵转电动机? (156)
102. 瓷底胶盖闸刀开关常见故障的原因是什么? 怎样检查和处
理? (157)
103. 组合开关有何特点? 怎样选择? (159)
104. 组合开关常见故障的原因是什么? 怎样处理? (162)
105. 怎样拆装和维修组合开关? (162)
106. 可逆转换开关有何特点? 怎样安装和使用这种开关? (163)
107. 有哪儿种常用的低压熔断器? 各有何特点和用于什么场合? (165)
108. 为什么熔断器只能作为三相异步电动机的短路保护装置而
不能作为过载保护装置? 怎样选择和配置保护电动机用的
熔断器? (167)
109. 采用 RC1 型瓷插式熔断器或 RL1 型螺旋式熔断器对同容量电
动机进行短路保护时, 所选择的熔断电流应有何不同? (169)
110. 为什么要合理选择三相异步电动机熔体? 怎样选择熔体? (170)
111. 怎样安装和维护熔体? (172)
112. 螺旋式熔断器瓷管内的石英砂有什么作用? 安装时应注意哪些
问题? 瓷管内的熔体熔断后, 为什么不许将铜丝搭在瓷管两端
继续使用? (174)
113. 怎样根据熔断器熔体熔断现象来判断电动机发生故障的原因?
熔体熔断有哪儿种情况? 不用仪器怎样快速判断哪相熔体熔
断? (175)
114. 电动机各保护电器之间应怎样协调配合? (176)
115. 为什么过流继电器不能作为异步电动机的过载保护装置, 热
继电器不能作为异步电动机的短路保护装置但能适应起动要
求? (178)
116. 怎样选择电动机过载保护用的热继电器? (179)
117. 采用热继电器保护重载起动的电动机时, 还应采取哪些措
施? (181)
118. 热继电器怎样接线? 在热继电器的安装、使用和运行中应注意
哪些事项? (182)
119. 为什么要将热继电器的触点调整到手动复位的位置上? 在什么
情况下允许将电动机回路中的热继电器触点短接? (185)
120. 热继电器有哪些常见故障? 怎样处理? (186)

121. 机床电动机正反转控制电路中的热继电器有时脱扣后，电动机仍然继续运转，该继电器不起保护作用的原因是什么？ (187)
122. 热继电器在电动机严重过载时不动作的原因是什么？怎样处理？ (188)
123. 热继电器烧坏的原因是什么？怎样处理？ (188)
124. 更换热继电器的热元件应注意哪些问题？ (189)
125. 对热继电器怎样进行检查、调整和试验？ (189)
126. 时间继电器有何用途？怎样选用？ (192)
127. 对电动机控制器件的触头怎样进行检修？ (194)
128. 对电动机控制器件的电磁系统怎样进行检修？ (194)
129. 怎样检查判断控制、保护电器的触点或接头有无虚联接触现象？ (196)
130. 怎样选配 380V 三相异步电动机用的起动、控制、保护电器和导线？ (196)

目 录

- 131. 三相异步电动机怎样分类? 国产三相异步电动机有哪些基本系列? (211)
- 132. 专用异步电动机与基本系列异步电动机有何不同? 怎样分类? ... (212)
- 133. Y 系列三相异步电动机的外壳防护结构型式 IP23 和 IP44 的含义是什么? (213)
- 134. Y 系列 IP44 和 Y 系列 IP23 电动机的主要性能指标是怎样规定的? (214)
- 135. 为什么 J2、JO2 等老系列电动机被淘汰而为 Y 系列电动机所取代? 我国有哪些系列的三相异步电动机已停止生产? 简述这些老系列电动机的性能和目前使用情况。 (220)
- 136. 与 J2 和 JO2 等老系列电动机相比, Y 系列三相异步电动机有哪些优点? (221)
- 137. Y 系列三相异步电动机的功率、机座与 JO2、JO3 系列电动机的功率、机座有何对照关系? (223)
- 138. 用 Y 系列电动机取代 J2、JO2 老系列电动机时, 怎样选择 Y 系列电动机的功率? (223)
- 139. 怎样估算鼠笼式电动机的额定功率(容量)? (227)
- 140. 三相异步电动机有哪几种外形结构型式和安装结构型式? (228)
- 141. 三相异步电动机的转子分为哪两种? 在结构上各有何特点? (230)
- 142. 三相异步电动机有哪些主要工作特性? (232)
- 143. 鼠笼式电动机分为哪几种? 各有何特点? 分别适用于什么场合? (233)
- 144. 绕线式电动机的结构有何特点? 为什么起重设备等提升机械一般都不采用鼠笼式电动机而采用绕线式电动机? (234)
- 145. 采用新系列电动机取代老系列电动机时, 怎样考虑安装尺寸? (235)
- 146. 用 Y 系列电动机取代老系列电动机时, 怎样在老电动机的原有安装基础上安装新电动机? (243)
- 147. 不同工作制的电动机怎样代用? (243)

148. 什么叫做三相异步电动机的转差和转差率? 怎样根据转差率来判断异步电动机的运行状态? (244)
149. 什么叫做三相异步电动机的输入功率、输出功率和效率? 怎样计算输入功率? (245)
150. 三相异步电动机的额定功率、额定电压、额定电流和额定功率因数等参数之间有什么关系? 怎样计算电动机的额定电流? 在电动机额定电流的计算方面为什么有“一个千瓦两个安培”这句口诀? (246)
151. 什么叫做三相异步电动机的相电流、线电流和相电压、线电压? 怎样计算? (246)
152. 怎样计算三相异步电动机的转速? (247)
153. 什么叫做三相异步电动机的额定转矩? 转矩与转速、转矩与电压各有何关系? (248)
154. 什么叫做三相异步电动机的最大转矩? 它对电动机的性能有何影响? 怎样计算最大转矩? (248)
155. 怎样判别异步电动机的极数? (249)
156. 怎样选择绕组引出线? 对引出线的连接在工艺上有哪些要求? ... (251)
157. 怎样判断电动机出线端的组别? 为什么低压大容量电动机多采用 Δ 接法,小容量电动机多采用Y接法? (254)
158. 三相异步电动机绕组出线端标志的含义是什么? (255)
159. 什么叫做三相异步电动机的 Δ 、Y、双 Δ 和双Y接线? 怎样接线? 接错线有何危害? (257)
160. 怎样使用万用表将一台没有引出线标志的电动机接成星形或三角形而不发生差错? (260)
161. 电动机的铭牌上标明额定电压为380/220V,定子绕组接法为Y/ Δ ,如果将定子绕组接成Y接,接在220V电源上,将出现什么现象? (261)
162. 两种电压的三相电动机怎样接线? (261)
163. 电动机接线时发现引出线上没有编号怎么办? (262)
164. 电动机内部导线接线应注意哪些问题? 接线不良的原因是什么? (263)
165. 怎样将三相异步电动机接在单相电源上运行? (265)
166. 起动转矩不合格的鼠笼式电动机,怎样改善其起动性能? (268)

167. 两台电动机拖动一台生产机械(设备)时,怎样送电? (269)
168. 什么叫做三相异步电动机的起动特性? 对三相异步电动机的
起动有哪些要求? (269)
169. 起动三相异步电动机时为什么要合理选择起动方式? 这种电
动机直接起动和降压起动各有哪些优缺点? (270)
170. 怎样判断鼠笼式电动机能否直接起动? (271)
171. 电动机起动时间的长短与哪些因素有关? 为什么不允许电动
机的起动时间过长? (274)
172. 怎样使用一台起动器来起动两台电动机? (275)
173. 怎样测定不可逆转的异步电动机的旋转方向? (277)
174. 电动机起动过程中有哪些特点? (278)
175. 容量较大的异步电动机在容量相对较小的供电系统中起动会
出现哪些问题? 怎样解决? (279)
176. 长期停用的电动机投入运行前,为什么要进行绝缘检查? 怎样
判断绕组绝缘电阻是否合格? (280)
177. 怎样判断电动机不经干燥就可直接投入运行? (280)
178. 三相异步电动机投入运行前应进行哪些检查? (281)
179. 起动三相异步电动机应注意哪些事项? (282)
180. 对电动机怎样进行起动试运行(试车)? (283)
181. 怎样判断电动机试运行结果是否达到带载运行标准? (284)
182. 经检查,某电动机的主电路和控制电路接线正确,但电动机试运行
时发现主接触器吸合后即释放,如果持续按压起动按钮,则接触器
不间断地吸合、释放。试判断其原因是什么? 怎样处理? (285)
183. 电动机空载试车时,转子不能转动或转动不灵活的原因是什么?
怎样进行调整或处理? (285)
184. 对普通车床电动机怎样进行起动和保护? (286)
185. 机床电动机不能起动和停车的原因是什么? 怎样处理? (287)
186. 不允许鼠笼式电动机直接起动时,怎样选择适当方式进行降压起
动? (288)
187. 对鼠笼式电动机怎样进行 Y- Δ 降压起动? (290)
188. 对鼠笼式电动机怎样进行自耦降压起动器降压起动? (294)
189. 怎样使用时间继电器对鼠笼式电动机进行自耦降压起动器降压
起动? (298)

190. 对鼠笼式电动机怎样进行串联电阻或电抗降压启动? 一般采用什么启动设备? (299)
191. 三相鼠笼式电动机实行延边三角形降压启动有何优点? 有哪儿种常见的延边三角形降压启动控制线路? 其工作原理是什么? ... (300)
192. 对三相异步电动机进行延边三角形启动时应按什么法则改接? ... (304)
193. 对三相异步电动机怎样进行绕组串-并联启动? (306)
194. 怎样使用安全电压控制电动机的启动和停车? (307)
195. 怎样使用单根导线远地控制电动机的启动和停车? (308)
196. 绕线式电动机的试车(试运行)有何特点? 使用频敏变阻器启动时怎样进行适当的调整? (309)
197. 使用凸轮控制器控制绕线式电动机时怎样接线和进行试运转? ... (310)
198. 绕线式电动机不对称启动的原理是什么? 它有何优点? (312)
199. 怎样启动绕线式电动机? (313)
200. 怎样防止绕线式电动机操作失误而造成直接启动? (317)
201. 切断启动运行中的绕线式电动机的电源时,为什么应先将转子集电环短接? 这种电动机在其启动电阻切除后转速降低的原因是什么? 怎样处理? (318)
202. 使用启动变阻器启动绕线式电动机时,变阻器过热或者启动档次不明显或速度突然增高的原因是什么? 怎样处理? (319)
203. 使用频敏变阻器启动绕线式电动机时,有哪些常见的异常现象? 怎样检查和处理? (319)
204. 绕线式电动机在其转子绕组开路时为什么不能转动? 怎样测量转子绕组的开路电压? 根据开路电压的高低可作出什么判断? ... (322)
205. 鼠笼式电动机启动时出风口冒火星是什么原因? (324)
206. 一台长期闲置未用的电动机,启动后不久便冒出无味的白烟,是什么原因? 该电动机能否继续运行? (325)
207. 一台具有铜导条的两极鼠笼式电动机启动时转子槽口冒火花,但启动后能正常运转,拆开检查未找出缺陷,该电动机有无故障? ... (325)
208. 如果异步电动机三相绕组的-相首、尾端接反,启动时会出现哪些现象? (326)
209. 电动机接通电源后不能启动是什么原因? 怎样进行检查? (327)
210. 合上闸刀开关未按下启动按钮电动机即旋转的原因是什么? 怎样处理? (328)

211. 按下起动按钮,电动机即起动旋转,但手离开按钮,电动机又停下来,其故障原因是什么? 怎样处理? (328)
212. 按下起动按钮,虽然电动机立即起动,但控制开关迅速跳闸的原因是什么? 怎样处理? (330)
213. 按下起动按钮,电动机不旋转,且无响声,检查发现交流接触器不动作(不吸合),其故障原因是什么? 怎样处理? (331)
214. 按下起动按钮,水泵电动机不旋转,交流接触器的电磁铁振动并向闭合方向用力,发出嗡嗡声,当在铁芯(磁铁)上加点力便吸合,电动机即运转,故障原因是什么? 怎样处理? (332)
215. 鼠笼式电动机直接起动用的电磁起动器,有时在电动机起动时跳开,是什么原因? (333)
216. 电动机接通电源后空气断路器立即分断或熔断器熔体立即熔断的原因是什么? 怎样处理? (333)
217. 为什么改用与原来熔断电流值相同而型号不同的熔断器后,电动机无法起动? (334)
218. 有时中型三相异步电动机的电源、开关和保护装置均正常,但电动机起动时零序电流保护装置发生误动作,为什么? (336)
219. 为什么双鼠笼式电动机正常使用一段时间后,在较大负载时不能起动? 如何检查判断其原因? (336)
220. 为什么有些三相异步电动机采用 Y- Δ 起动器起动会烧毁? (337)
221. 自耦降压起动器起动后能合闸或吸合,但电动机不能起动运转的原因是什么? 怎样处理? (338)
222. 某 Δ 接法三相异步电动机起动运行一段时间,起动转矩明显减小,停机再起困难的原因是什么? 怎样检查和处理? (338)
223. 电动机有哪些常见的转速故障? 故障原因是什么? (339)
224. 按下停止按钮,电动机不停止旋转,或者按下停止按钮,电动机虽停止运转,但手离开按钮,电动机又旋转起来,怎么办? (340)
225. 怎样改变三相异步电动机的旋转方向? (341)
226. 发现三相异步电动机不能反转怎么办? (344)
227. 为什么鼠笼式电动机都实行变极调速? 变极调速的原理是什么? (344)
228. 对鼠笼式异步电动机怎样进行变极调速? 对鼠笼式电动机进行变极调速时,其功率将发生什么变化? (346)

| | |
|---|-------|
| 229. 变频调速有哪些特点? 怎样使用变频机组对三相异步电动机进行调速? | (349) |
| 230. 对双速异步电动机的转速怎样进行控制? | (350) |
| 231. 对绕线式电动机怎样进行调速? | (352) |
| 232. 使用离心式转速表测量电动机的转速应注意哪些事项? | (353) |
| 233. 怎样使用万用表测量鼠笼式电动机的转速? | (354) |
| 234. 什么叫做机械制动? 对电动机怎样进行机械制动? | (355) |
| 235. 能耗制动的原理是什么? 无变压器半波整流能耗制动控制电路是怎样工作的? | (357) |
| 236. 接触器手动控制能耗制动电路是怎样工作的? 这种电路有哪些常见故障? 故障原因是什么? | (359) |
| 237. 时间继电器控制的能耗制动电路的工作原理是什么? | (361) |
| 238. 对三相鼠笼式电动机怎样进行短接制动或反接制动? 无制动装置的电动机, 其电源开关断开后, 可否立即检修该电动机? | (362) |
| 239. 什么叫做速度控制? 怎样通过速度控制来实现鼠笼式电动机的反接制动? | (364) |
| 240. 什么叫做“查线读图法”? 怎样看懂单向运转电动机和可逆运转电动机的控制线路图? | (365) |
| 241. 三相异步电动机的控制线路分为哪几部分? 对控制线路有哪些要求? | (368) |
| 242. 怎样分析机床的控制线路? | (369) |
| 243. 三相鼠笼式电动机低速运行线路的工作原理是什么? | (369) |
| 244. 重载起动的电动机控制线路的工作原理是什么? | (371) |
| 245. 交流接触器低压起动线路的工作原理是什么? | (372) |
| 246. 三相异步电动机的单向点动控制电路、单向起动控制电路和连续与点动控制电路的工作原理是什么? | (373) |
| 247. 对多台电动机的同时起(动)、停(转)或分别起(动)、停(转)怎样进行控制? | (376) |
| 248. 什么叫做时序控制电路? 它是怎样工作的? | (377) |
| 249. 什么叫做电动机的两地或多地控制? 怎样进行控制? | (378) |
| 250. 程序控制线路的特点和工作原理是什么? | (379) |
| 251. 什么叫做电气联锁和机械联锁? 二者的动作原理是什么? | (380) |
| 252. 什么叫做联锁控制? 对两台鼠笼式电动机怎样实行联锁控制? ... | (382) |

253. 接触器自锁控制线路的工作原理是什么? 这种线路有哪些优点? (385)
254. 带过载保护的三相异步电动机控制线路的工作原理是什么? 为什么 Δ 接电动机应采用带有三个热元件的热继电器来防止过载? (386)
255. 鼠笼式电动机的限位开关控制电路怎样分类? 各种限位开关控制电路的工作原理是什么? (388)
256. 鼠笼式电动机有哪几种常见的正反转控制线路? (390)
257. 在三相异步电动机的控制线路安装接线前,对线路所用电器元件怎样进行检查? (393)
258. 怎样安装三相异步电动机的控制线路? 控制线路安装完毕,接电前应进行哪些检查? (394)
259. 怎样装接鼠笼式电动机的Y- Δ 降压起动控制线路? (396)
260. 怎样装接接触器互锁的可逆运行控制线路? (398)
261. 怎样装接三相异步电动机的辅助触点联锁正反向起动控制线路? (399)
262. 三相异步电动机的辅助触点联锁正反向起动控制线路接线后,通电试运行时有哪些常见故障? 怎样检查和处理? (404)
263. 怎样装接三相异步电动机的双重联锁正反向起动控制线路? (405)
264. 三相异步电动机的控制线路安装后怎样进行通电试车? (409)
265. 电动机控制线路的故障分为哪两类? 故障原因是什么? 有何后果? (410)
266. 检查测试电动机的控制线路应注意哪些问题? 怎样通电检查或使用万用表检查电动机控制线路的故障? (410)
267. Y- Δ 降压起动线路有哪些常见故障? 故障原因是什么? (413)
268. 自耦降压起动器的降压起动线路有哪些常见故障? 故障原因是什么? (416)
269. 电动机的主电路上常发生哪些故障? 故障原因是什么? 怎样处理? (418)
270. 什么叫做寄生电路? 它是怎样造成误动作的? (418)
271. 怎样检测控制线路的接地故障? (419)
272. 怎样检测控制线路的断路故障和短路故障? (421)
273. 如果电动机的操作(控制)回路断线,怎样进行应急处理? (422)
274. 怎样检测控制线路的虚接故障和时断时通故障? (424)

275. 怎样查找机床电动机控制线路的电气故障? (425)
276. 鼠笼式电动机常见的直接起动控制线路一般具有哪几种保护作用? (427)
277. 电动机的电气保护装置怎样分类? 选择电动机的各种电气保护装置应掌握哪些基本原则? (428)
278. 对电动机的保护电路有哪些要求? 怎样全面考虑中小型鼠笼式电动机的保护问题? (430)
279. 电动机为什么要有过电压保护? 怎样实现这种保护? (432)
280. 对 380/220 V 大容量直配线水泵电动机怎样防雷? (435)
281. 什么叫做电动机的欠压(低压)保护? 电动机为什么要有欠压(低压)保护? 怎样实现这种保护? (435)
282. 电动机欠压(低压)保护装置的配置和整定的原则是什么? 对欠压(低压)保护装置有哪些要求? (437)
283. 什么叫做电动机的失压(零压)保护? 电动机为什么要有失压(零压)保护? 怎样实现这种保护? (438)
284. 为什么异步电动机不宜过载运行? 电动机过载的原因是什么? 怎样处理? (439)
285. 三相异步电动机的过载保护装置的配置原则是什么? 哪些电动机应装设过载保护装置? 哪些电动机可不装设过载保护装置? (441)
286. 怎样快速判断电动机是否过载? 对三相异步电动机怎样进行过载保护? (442)
287. 对电动机的过载除采用保护电器外,还可从哪些方面加强其过载保护? (444)
288. 生产设备所使用的低压 380 V 电动机,采用二次保护时,电流互感器、热继电器和电流表有哪几种接线方式? (444)
289. 电动机的过流保护装置是怎样设计的? 为什么电动机起动时电流较大而过流保护装置不会动作? (444)
290. 对大型电动机怎样进行过热保护? (446)
291. 对在额定负载下连续运行的电动机为什么要进行过热保护? 怎样实现这种保护? (447)
292. 对电动机为什么要实行温度保护? 怎样实现温度保护? 电动机常用的温度保护装置有哪几种? (448)

293. 三相异步电动机为什么应有短路保护装置? 怎样掌握这种保护装置的配置原则? (452)
294. 熔断器在电动机三相上都装设, 而热继电器有时只在两相上装设, 这是怎样考虑的? 后者有何缺点? (454)
295. 在电动机的控制线路中, 有的用熔断器和热继电器保护, 有的用过电流继电器和热继电器保护, 也有的没有装设热继电器, 为什么? (454)
296. 三相鼠笼式电动机正反转运行时怎样防止发生相间短路? (455)
297. 对机床电动机的电路系统短路故障怎样进行检查? (458)
298. 在中性点不接地电网中为什么要对电动机实行保护接地? (460)
299. 在中性点接地电网中为什么要对电动机实行保护接零? 在这种电网中为什么对电动机实行重复接地能加强保护作用, 而实行保护接地则不能保证人身安全? (462)
300. 怎样安装电动机的保护接地装置? (468)
301. 怎样安装电动机的接地线? (469)
302. 电动机的电源引线实行钢管配线时, 怎样进行保护接零(接地)? ... (471)
303. 电动机接地装置不良的原因是什么? (472)
304. 施工工地抽水用的电动机无接地装置有何危险? (472)
305. 什么叫做电动机的漏电保护? 有哪几种漏电保护装置? 怎样选用? (473)
306. 使用漏电保护开关时, 电动机外壳怎样接地? (477)
307. 怎样认识三相异步电动机“两相一零”运行的危害? (477)
308. 什么叫做三相电动机缺相运行? 缺相运行的原因是什么? 缺相运行有何危害? (479)
309. 三相电动机缺相运行会出现哪些现象? 怎样检查? (480)
310. 怎样判断电动机的电源一相和定子绕组一相是否开路? 运行中的三相异步电动机断开一相电源, 为什么其保护熔体一般不熔断? ... (482)
311. 怎样使用校验灯检查熔体是否熔断? (483)
312. 三相异步电动机缺相运行为什么会烧毁定子绕组? (484)
313. 绕组为星形接线的三相异步电动机, 其中性点对地电压为什么不等于零? 为什么电动机缺相运行时对地电压反而会升高? (485)
314. 为什么三相异步电动机在静止时缺相就不能起动? 在运转中缺相却能够继续运行? (485)

315. 怎样判断电动机在什么情况下应装设断相保护装置？在什么条件下可不装设断相保护装置？ (486)
316. 对三相异步电动机的缺相运行和绝缘危险状态怎样进行综合保护？ (487)
317. 常见的三相异步电动机断相保护电路是怎样构成的？其工作原理是什么？ (488)
318. 三相异步电动机的反应电流变化、反应电压变化和反应相位变动的断相保护线路是怎样起断相保护作用的？ (489)
319. 怎样自行设计三相异步电动机的断相保护线路？ (491)
320. 怎样利用中间继电器对三相异步电动机进行断相保护？ (492)
321. Y接电动机和 Δ 接电动机的中点位移断相保护电路各有何特点？ (493)
322. 具有显示功能的三相异步电动机断相保护电路是怎样设计的？ (495)
323. 空气压缩机用电动机的断相保护电路有何特点？ (496)
324. 断相保护负荷开关的结构有何特点？应用于什么场合？ (498)
325. JS1系列断相保护器对电动机怎样进行断相保护？ (499)
326. 国产断相保护继电器怎样分类？各有何特点？适用于什么场合？ (501)
327. 带缺相保护装置的热继电器为什么能对三相异步电动机起缺相保护作用？而不带缺相保护装置的普通热继电器为什么就不能提供这种保护？ (502)
328. 对Y- Δ 起动和自耦降压起动的三相异步电动机怎样进行缺相保护？ (504)
329. 怎样利用欠电流继电器对三相异步电动机进行缺相运行保护？ (506)
330. 怎样利用断丝电压或零序电压对三相异步电动机进行缺相运行保护？ (507)
331. 怎样采用重锤式自动掉闸装置对三相异步电动机进行缺相运行保护？ (510)
332. 怎样利用灯光信号报警装置或双刀开关对三相异步电动机进行缺相运行保护？ (511)
333. 电动机的运行条件不合通常引起哪些故障？ (513)
334. 怎样保证电动机安全可靠地运行？ (514)

335. 影响电动机使用寿命的主要因素是什么? (515)
336. 怎样理解电动机日常维护保养的“五勤”? (515)
337. 怎样作好电动机的运行值班记录? (516)
338. 对运行中的电动机进行日常维护保养的目的是什么? 怎样维
护保养? (517)
339. 怎样分析电动机运行中的效率问题? (519)
340. 在电动机的使用和维护过程中容易发生哪几种触电事故? (519)
341. 电动机安全事故有哪些特点? 曾发生过哪些典型电动机安全事
故? (521)
342. 电动机运行中发生故障怎么办? 处理电动机故障的过程中应注
意哪些事项? (524)
343. 电动机发生故障的原因不详怎么办? (525)
344. 对机床电动机及其附属电器的故障怎样进行调查、分析和通、断
电检查? (526)
345. 怎样加强电气管理来防止或减少电动机烧毁事故? (528)
346. 怎样采用机械方式防止电动机被机械卡住而烧毁? (529)
347. 电动机运行中冒烟的原因是什么? 怎样处理? (529)
348. 电动机运行中绕组烧毁有何现象? 烧毁的原因是什么? 怎样处
理? (530)
349. 电动机发生“崩烧”事故的原因是什么? 怎样防止发生这种事
故? (531)

目 录

350. 电动机已烧坏，而热继电器却不动作怎么办？ …… (533)
351. 电动机着火的原因是什么？怎样防止电动机引起火灾？
电动机发生火灾，扑灭时应注意哪些事项？ …… (533)
352. 电动机遭受火灾后怎样进行检查？火灾烧损的电动机
在哪些情况下应予以报废？ …… (536)
353. 怎样检修遭受水淹的电动机？检修时应注意哪些事项？
…… (537)
354. 中性洗涤剂有何优点？怎样使用这种洗涤剂来清洗
绕组线圈？ …… (539)
355. 现场带电清洗电动机有哪些优点？怎样清洗？ …… (540)
356. 电动机的控制开关自动跳闸的原因是什么？怎样处理？
…… (541)
357. 运行中的电动机出现哪些异常情况就应立即停机进行
检修？ …… (542)
358. 怎样检查电动机联轴器的平行度和同心度？ …… (543)
359. 使用和维护联轴器应注意哪些事项？ …… (544)
360. 采用胶带传动时为什么要张紧胶带？有哪几种常用的
张紧方法？怎样使用和维护传动胶带？ …… (545)
361. 为什么要为电动机装设电压表和电流表？怎样选配
电压表和电流表？ …… (547)
362. 怎样监视电动机电压的变化？三相电压不对称（不
平衡）对电动机的运行有何影响？ …… (549)
363. 电动机的三相电压严重不平衡（不对称）或三相电流
同时增大的原因是什么？怎样检查？ …… (550)
364. 异步电动机三相电流不平衡有何后果？其原因是
什么？怎样查找？ …… (551)
365. 怎样判断异步电动机三相电流不平衡是外部原因还是

- 电机本身故障引起的? (552)
366. 一台鼠笼式电动机在三相电流不平衡、转子已很热的情况下仍能够负载继续运行, 查不出故障怎么办? ... (553)
367. 三相绕组的电阻不平衡的原因是什么? 怎样处理? ... (553)
368. 电动机长期低压运行怎么办? (554)
369. 电源频率高低对异步电动机的运行有何影响? (554)
370. 什么叫做异步电动机的空载电流? 空载电流的大小与哪些因素有关? 合理的空载电流值是多少? (555)
371. 异步电动机的空载电流偏大或偏小的原因是什么? 怎样处理? (556)
372. 鼠笼式电动机的三相空载电流差在 10% 左右, 怎样确定它是由于电源电压不平衡还是电动机本身缺陷引起的? (557)
373. 检查电动机的定子绕组接线正确, 电压、频率、气隙和定、转子的位置也正常, 但发现电动机的空载电流过大怎么办? (558)
374. 三角形接线的异步电动机运行中三相空载电流变得“二小一大”(相差约 20%) 的原因是什么? 怎样处理? (558)
375. 怎样测量三相电动机的空载电流? (560)
376. 怎样凭感官和经验来监视电动机的运行情况? (561)
377. 为什么说温升是一个综合反映电动机运行状态的参数? 电动机运行时间越长其温度就越高吗? 电动机各部分的允许温度和温升是多少? (562)
378. 电动机空载运行和负载运行时温升异常的原因是什么? 怎样处理? (564)
379. 电动机投入运行不久, 绕组和铁芯就整体严重发热, 却查不出明显故障, 怎么办? (565)
380. 电动机严重过热而热继电器却未动作的原因是什么? 怎样处理? (565)

381. 电动机的工作电流未超过额定值，但电动机内部温度过高，原因是什么？怎样检查和处理？ (566)
382. 电动机带负载运行 0.5 h 后即过热，但不冒烟，也无焦臭味，而定子绕组电流明显不平衡，怎样进行分析和处理？ (567)
383. 怎样防止运行中的电动机温升过高（过热）？ (567)
384. 转子绕组过热的原因是什么？怎样处理？ (568)
385. 有时在电动机进线上安装了熔体和过载热继电器，但电动机仍会发生过热或烧毁现象，为什么？怎样处理？ (570)
386. 怎样测量电动机各部位的温度？测量时为什么禁止使用水银温度计？ (571)
387. 带电测量低压电动机绕组温升有何优点？怎样测量？ (573)
388. 怎样鉴别电动机的噪声是通风噪声、机械噪声还是电磁噪声？ (574)
389. 怎样根据噪声和振动特点来判断电动机的故障？ (575)
390. 电动机严重振动有何危害？振动的原因是什么？怎样处理？ (576)
391. 怎样减轻电动机的严重振动？ (578)
392. 异步电动机的定、转子之间为什么要有气隙？为什么气隙不宜过大也不宜过小？ (579)
393. 怎样测量电动机的气隙？对电动机的气隙大小和对称性有哪些要求？ (580)
394. 怎样调整电动机的气隙？ (582)
395. 从节约用电方面考虑，怎样加强电动机的运行管理？ (582)
396. 为什么对交流电动机进行调速可以节电？ (583)
397. 电动机轻载运行有何后果？轻载运行的原因是什么？怎样处理？ (584)

398. 怎样解决三相异步电动机运行中的“大马拉小车”问题? (585)
399. 调换运行中的电动机的原则是什么? 怎样计算电动机调换后节约的功率? (586)
400. 在哪些条件下可将三相异步电动机的定子绕组由 Δ 接改为Y接? 怎样改接? (588)
401. 在技术方面对三相异步电动机怎样采取节电措施? ... (590)
402. 什么叫做异步电动机的功率因数? 其大小有什么意义? (591)
403. 三相电动机的功率因数降低的原因是什么? 怎样处理? (592)
404. 怎样提高异步电动机的自然功率因数? (593)
405. 为了提高厂矿的自然功率因数, 怎样更换容量过大的异步电动机? (594)
406. 怎样快速测量小型三相异步电动机的功率因数? (596)
407. 怎样采用移相电容器对三相异步电动机进行无功功率补偿? 对电动机采用电容器个别补偿时, 怎样计算补偿容量? (597)
408. 什么叫做电动机“自励”? “自励”有何危害? 怎样避免? (598)
409. 怎样采用空载自停装置来限制机床电动机空载运行? (599)
410. 电动机节电器有何作用? 它适用于哪些场合? 不适用于哪些场合? (601)
411. 怎样分析判断电动机采用节电风扇的效果? (602)
412. 三角形接线的异步电动机运行中转子突然停转, 随后即冒烟, 怎样分析这一故障的原因? (603)
413. 某绕线式异步电动机在运行中突然停车, 而接于同一低压母线上的其他电动机却运转正常, 怎样查找该电动机的故障? (604)

414. 绕线式转子绕组有哪些常见故障？怎样检查？ …… (607)
415. 绕线式电动机运行时，为什么转子线圈不得开路？
在异步电动机的转子开路时切断电源有何危险？ …… (608)
416. 测量转子开路电压的目的是什么？怎样测量转子的
开路电压？ …… (609)
417. 连续运行的电动机是否会受潮？怎样防止高温、高湿
场所的闲置电动机受潮？ …… (610)
418. 怎样利用无功补偿电容器对电动机进行预热防潮？ …… (611)
419. 为什么要定期测量备用电动机的绕组绝缘电阻？ …… (612)
420. 测量电动机绕组绝缘电阻的目的是什么？怎样测量？
 …… (612)
421. 一台 B 级绝缘的电动机，分别用三种不同电压（500 V、
1 kV、2.5 kV）的兆欧表来测量其绝缘电阻，结果相
差几百兆欧，为什么？ …… (615)
422. 怎样判断电动机绕组的绝缘电阻是否合格？绕组绝缘
不良的原因是什么？怎样处理？ …… (616)
423. 绕组的绝缘电阻值很低甚至为零，怎样判断是绕组
受潮还是绕组短路或接地？对一般受潮的绕组怎样
进行干燥处理？ …… (617)
424. 为什么不宜使用试电笔来测试电动机定子绕组绝缘的
好坏？怎样快速判断绕组绝缘是否良好？ …… (618)
425. 油污造成电动机绕组绝缘电阻降低的原因是什么？
怎样处理？ …… (619)
426. 电动机的绝缘老化的原因是什么？绝缘老化有何
特征？ …… (620)
427. 怎样判断绕组是否漏电？绕组漏电有哪两种情况？
怎样处理？ …… (622)
428. 绕组匝间和相间绝缘击穿的原因是什么？怎样预防
这两种绝缘击穿事故？ …… (623)
429. 绕组绝缘对地击穿的原因是什么？怎样预防绕组绝

- 缘对地击穿? (624)
430. 电动机外壳有时带电的原因是什么? (625)
431. 电动机绕组上聚积灰尘或绕组内进入铁屑有何危害?
怎样处理? (625)
432. 定子绕组线圈绝缘磨损或电腐蚀的原因是什么? 怎样
处理? (626)
433. 怎样根据绕组烧坏现象来分析判断绕组烧坏的原因?
..... (627)
434. 怎样保养电动机绕组的绝缘? (628)
435. 绕组接地一般有哪两种情况? 怎样认识永久性接地的
后果? (628)
436. 什么叫做定子绕组接地? 绕组接地有何危害? 绕组
接地的原因是什么? 怎样检查? (629)
437. 怎样用分组淘汰法寻找电动机的故障线圈? (631)
438. 怎样判断绕组是否碰壳接地? (633)
439. 定子绕组单相接地怎么办? (633)
440. 定子绕组接地有哪几种情况? 怎样处理? 应注意哪些
事项? (634)
441. 定子绕组短路有何危害? 短路的原因是什么? 怎样
检查绕组短路故障? (636)
442. 有时用兆欧表测量电动机定子绕组的绝缘电阻, 读数
几乎接近于零, 但电动机照常运行, 为什么? (640)
443. 怎样处理定子绕组短路故障? (640)
444. 线圈端部短路, 经检修故障仍未排除, 怎样再行处理?
..... (641)
445. 线圈端部的极相组间短路和双层线圈层间短路怎么办?
..... (641)
446. 定子绕组端部线匝短路、绕组端部连接线或过桥线
绝缘损伤引起绕组短路怎么办? (643)
447. 三相异步电动机运行中突然异常振动, 并有噪声,

- 同时严重过热，怎么办？ (643)
448. 定子绕组个别线圈损坏，怎样进行穿绕修补？穿绕
修补有何优点？ (644)
449. 什么叫做跳接？跳接分为哪几种？怎样进行跳接处理？
..... (646)
450. 跳接处理故障线圈时应考虑哪些问题？ (647)
451. 怎样局部更换个别损坏的线圈？ (649)
452. 怎样制作短路侦察器？ (650)
453. 定子绕组断路有何现象？断路的原因是什么？怎样
检查绕组断路故障？ (652)
454. 怎样判断绕组是否断线？ (653)
455. 怎样处理定子绕组断路故障？ (654)
456. 多根导线并绕或多路并联的绕组断路怎么办？ (655)
457. 三相异步电动机发生断路故障时，线圈端部一处烧断
多根导线怎么办？ (656)
458. 怎样检查和处理定子绕组两根或三根导线断裂故障？
..... (658)
459. 绕组引出线和过桥线开焊、端部线圈或槽内导线烧断
怎么办？ (660)
460. 怎样局部修理交流电动机的绕组？ (661)
461. 一台绕组为双层叠绕的低压电动机，由于突然碰壳，
其定子某一槽内的线圈烧断数根铜线，线圈其余部分
的绝缘均完好，怎样快速修复？ (661)
462. 相绕组并联支路断路怎么办？ (662)
463. 三相异步电动机一相绕组的三匝线圈导线烧断怎么办？
..... (663)
464. 在电动机的使用和检修中常发生哪些接线错误？ (664)
465. 怎样检查三相异步电动机绕组接线错误？ (667)
466. 在三相异步电动机定子绕组接线前，为什么要严格分清
各相绕组的首、尾端？怎样辨别绕组的首、尾端？ ... (669)

467. 电动机常用的轴承怎样分类？为什么中小型电动机多采用滚动轴承？有哪些常用的滚动轴承？…………… (673)
468. 滚动轴承的配合公差过大或过小有何后果？正确的配合公差是怎样规定的？…………… (675)
469. 滚动轴承怎样代用？…………… (676)
470. 怎样检查运行中的电动机轴承？…………… (676)
471. 滚动轴承过早磨损的原因是什么？怎样处理？…………… (678)
472. 为什么轴承容易发生故障？滚动轴承有哪些常见故障？故障原因是什么？…………… (679)
473. 异步电动机的滚动轴承过紧或过松怎么办？…………… (682)
474. 轴承过热有何危害？过热的原因是什么？怎样处理？…………… (683)
475. 轴承异常摩擦会出现哪些现象？轴承异常摩擦的原因是什么？…………… (684)
476. 滑动轴承运行中有哪些常见故障？故障原因是什么？…………… (685)
477. 滑动轴承磨损间隙过大、脱胎、震裂或局部破裂怎么办？…………… (686)
478. 润滑油滴入电动机内部的原因是什么？怎样处理？… (688)
479. 滚动轴承不正常剥落的原因是什么？怎样处理？…………… (688)
480. 滚动轴承与轴颈配合表面磨损怎么办？…………… (689)
481. 滚动轴承锈蚀的原因是什么？怎样处理？这种轴承上出现锈斑怎么办？…………… (690)
482. 滚动轴承损坏有何后果？怎样判断轴承是否损坏？… (691)
483. 为什么要对运行中的电动机轴承定期添加或更换润滑油脂？何时添加或更换？怎样选择润滑油脂？…………… (692)
484. 怎样判断轴承是否缺油？在轴承缺油的情况下电动机长期运转有何后果？…………… (694)
485. 滑动轴承润滑不良的原因是什么？…………… (695)
486. 怎样测定轴承的磨损程度？…………… (695)

487. 修理电动机时在哪些情况下才考虑拆卸滚动轴承？
怎样拆卸？ (698)
488. 怎样拆卸和装配滑动轴承？ (701)
489. 滑动轴瓦与轴颈的配合应满足哪些要求？ (702)
490. 怎样清洗滚动轴承？ (703)
491. 清洗后的轴承完好的标志是什么？怎样判断损伤或有
缺陷的轴承能否继续使用？ (705)
492. 怎样安装滚动轴承？安装时应注意哪些事项？ (706)
493. 轴颈轻微磨损时怎样装配滚动轴承？ (709)
494. 轴承盖上出现裂纹或镗孔磨损怎么办？怎样组装内、
外轴承盖？ (710)
495. 怎样保管滚动轴承？ (710)
496. 电动机定期维修期限是怎样规定的？定期维修包括
哪些工作？ (711)
497. 对电动机及其开关和控制电器怎样进行配套检修？ ... (713)
498. 检修电动机应注意哪些事项？ (714)
499. 三相异步电动机修理以前怎样对其进行外部检查？ ... (715)
500. 三相异步电动机修理以前怎样对其进行内部检查？ ... (716)
501. 怎样选择修理电动机用的绝缘材料？绝缘材料的等级
是如何划分的？ (717)
502. 拆卸电动机应注意哪些事项？ (719)
503. 按什么步骤拆卸电动机？怎样拆装电动机的线头？ ... (720)
504. 怎样拆装三相异步电动机的端盖？ (722)
505. 怎样拆装胶带轮或联轴器？热套（装）时如何加热？
..... (723)
506. 怎样拆卸刷架、风罩和风叶？ (725)
507. 怎样自制抽转子和拆卸轴承的工具？ (727)
508. 怎样抽出电动机转子？抽出转子时应注意哪些事项？
..... (728)
509. 交流电动机的转子从定子中抽出后，可否送电？ (730)

510. 电动机解体后怎样检查和清理定、转子? (731)
511. 在转子装入定子以前, 为什么要用压缩空气吹扫线圈表面和铁芯内圆? 怎样往定子内穿入转子? (732)
512. 铁芯表面擦伤的原因是什么? 怎样修复? (733)
513. 铁芯的扇张现象有何危害? 扇张的原因是什么? 怎样处理? (734)
514. 铁芯齿、槽局部烧损的原因是什么? 怎样处理? (735)
515. 转子铁芯与转轴配合不紧密有何后果? 配合不紧密的原因是什么? 怎样处理? (736)
516. 机座有哪些常见故障? 发生故障后有何现象? 怎样处理? (737)
517. 电动机的端盖有哪些常见故障? 怎样处理? (738)
518. 怎样使用胶粘剂粘补电动机端盖裂纹? (741)
519. 装上端盖后, 电动机的绝缘电阻降低的原因是什么? 怎样处理? (741)
520. 电动机的机壳有何作用? 如何保养机壳? 机壳破裂怎么办? (742)
521. 为什么轴和端盖与轴承内、外圈的配合不宜太紧也不宜太松? (742)
522. 对电动机的转轴有哪些要求? 转轴弯曲怎么办? (744)
523. 转轴上出现裂纹或转轴的铁芯挡与铁芯配合松动怎么办? (748)
524. 轴颈磨损的原因是什么? 怎样处理? (748)
525. 怎样处理键槽磨损或花键损坏故障? (751)
526. 在哪些情况下转轴断裂不必更换? 怎样修复断裂的转轴? (752)
527. 在哪些情况下需要换轴? 怎样换轴? (753)
528. 转子窜轴有何后果? 窜轴的原因是什么? 怎样处理? (755)
529. 什么叫做电动机扫膛? 扫膛分为哪两种情况? 怎样

- 根据铁芯擦伤部位来判断定、转子扫膛的原因？如何正确处理扫膛故障？ (756)
530. 怎样判断异步电动机定子膛孔是否偏心？ (759)
531. 什么叫做鼠笼转子断笼？断笼的原因是什么？断笼有何现象？怎样检查断笼故障？ (760)
532. 转子铜笼条在槽内松动的原因是什么？有何后果？怎样处理？ (762)
533. 伸出铁芯部分的笼条拱起或端部笼条沿转子旋转方向弯曲怎么办？ (764)
534. 怎样修复铜笼转子？ (764)
535. 怎样处理铸铝转子断裂故障？ (766)
536. 绕线式转子有哪些常见故障？故障原因是什么？怎样检查和处理？ (768)
537. 绕线式电动机的转子绕组甩锡和甩无纬带的原因是什么？怎样处理？ (770)
538. 绕线式转子绕组端部有哪些常见故障？怎样处理？ ... (771)
539. 绕线式转子并头套脱焊的原因是什么？怎样补焊？补焊后如何检查？ (772)
540. 在绕线式转子并头套脱焊的检修中应注意哪些问题？ (775)
541. 怎样查找绕线式转子并头套的虚焊隐患？如何提高并头套的焊接质量？ (776)
542. 转子不平衡有哪两种情况？不平衡的原因是什么？转子不平衡对电动机的运行有何影响？ (778)
543. 怎样校验转子静平衡？校验时容易出现哪些问题？如何解决？ (779)
544. 为什么要对高速电动机的转子进行动平衡校验？怎样校验？ (781)
545. 怎样检查、维护运行中的绕线式电动机的电刷？电刷冒火花怎么办？ (782)

546. 刷握内表面磨损和弹簧失去弹性的原因是什么？怎样处理？ (783)
547. 电刷的刷架、刷握和电刷的安装应符合哪些要求？对电刷怎样进行调整？ (784)
548. 电动机中的粉尘是怎样产生的？如何减少和清除粉尘？ (785)
549. 绕线式电动机的集电环应具备哪些特性？它有哪些常见缺陷？怎样排除？ (787)
550. 绕线式电动机的集电环松动或温度过高的原因是什么？怎样修理集电环？ (788)
551. 集电环火花过大怎么办？ (791)
552. 怎样排除集电环短路故障？ (792)
553. 塑料集电环损坏怎么办？ (794)
554. 怎样修整损伤的集电环？ (795)
555. 怎样处理集电环绝缘局部烧伤故障？能否带电更换电刷？应注意哪些事项？ (796)
556. 集电环内套与转轴配合间隙过大怎么办？ (796)
557. 绕线式电动机的短路环有何作用？短路环损坏的原因是什么？怎样修理？ (797)
558. 集电环的短路装置有哪些常见故障？怎样处理？ (798)
559. 怎样拆装集电环？拆装集电装置应注意哪些事项？ ... (799)
560. 怎样判断集电环检修质量是否符合要求？ (800)
561. 电动机检修后组装前应进行哪些检查和准备？组装电动机应注意哪些事项？ (801)
562. 电动机检修完毕怎样进行组装？ (802)
563. 在电动机的组装中容易发生哪些差错？对电动机的运行有何影响？ (804)
564. 怎样判断三相异步电动机的修理质量是否符合要求？ (805)
565. 电动机修复后，怎样测量其轴伸径向偏摆值？ (806)

566. 三相异步电动机的绕组重绕后, 空载电流过大的原因是什么? 怎样处理? (806)
567. 一台三相异步电动机更换定子绕组后, 空载运行正常, 三相空载电流平衡, 但只有 2 A 左右, 怎样分析和处理这一故障? (808)
568. 三相异步电动机的定子绕组重绕后, 三相绕组的电阻平衡, 接上稍粗的熔体电动机虽能够起动运转, 但三相电流明显不平衡, 怎样分析和处理这一故障? (809)
569. 三角形接法的三相异步电动机, 大修中重绕绕组后, 空载运行正常, 但带负载转速就立即下降, 并且严重发热, 怎么办? (810)
570. 电动机修理后温升偏高的原因是什么? 怎样降低温升? (810)
571. 电动机修理后, 噪声和振动增大的原因是什么? 怎样降低噪声和振动? (811)
572. 电动机修理后, 堵转电流过大、过小或不平衡是什么原因? 怎样根据这些参数的变化来判断电动机的故障? (813)
573. 电动机修理后, 堵转转矩降低的原因是什么? 怎样提高堵转转矩? (814)
574. 三相异步电动机的绕组重绕后, 转速明显降低的原因是什么? 怎样处理? (814)
575. 电动机修理后功率因数降低的原因是什么? 怎样处理? (816)
576. 在哪些情况下电动机需要干燥? 干燥时应注意哪些问题? (816)
577. 现场怎样快速干燥处理受潮的电动机? (819)
578. 对电动机怎样进行外部加热干燥? (820)
579. 对电动机怎样进行内部通电干燥? (823)
580. 现场如何使用单相低压电源烘干电动机? (828)

581. 现场怎样直接使用 220 V 交流电源烘干电动机? (830)
582. 在不采用设备的情况下, 怎样通电干燥电动机? (831)
583. 被水浸湿的电动机为什么不可通入电流进行干燥?
怎样干燥绕组严重受潮或被水浸湿的电动机? (832)
584. 电动机检修后试验前, 测量绕组直流电阻的目的是
什么? 怎样测量? 根据测量结果如何判别故障? (832)
585. 三相绕组的直流电阻不平衡的原因是什么? 怎样处理?
..... (834)
586. 对三相电动机怎样进行三相电流平衡试验? (834)
587. 对检修后的三相异步电动机为什么要进行交流耐压
试验? 怎样试验? 试验时应注意哪些事项? (835)
588. 对三相异步电动机怎样进行短路(堵转)试验? 试验
时应注意哪些事项? (838)
589. 三相异步电动机空载试验前应进行哪些检查? (840)
590. 三相异步电动机空载试验的目的是什么? 试验应满足
哪些要求? (842)
591. 对三相异步电动机怎样进行空载试验? (842)

目 录

四、单相异步电动机的使用、维护、故障预防与处理

592. 单相异步电动机有何特点? 怎样分类? (845)
593. 在什么情况下可选用三相电动机取代单相电动机? (846)
594. 通用型单相异步电动机有哪些型号? 型号由几部分组成?
 型号顺序是怎样排列的? 型号的含义是什么? (847)
595. 单相异步电动机主要由哪几部分组成? (850)
596. 单相异步电动机与三相异步电动机有何异同? (850)
597. 单相异步电动机的接线标志是怎样规定的? 对这种电动机怎样进行正反转控制? (852)
598. 怎样区分单相异步电动机的引出线? (854)
599. 怎样确定单相异步电动机的旋转方向? (854)
600. 单相异步电动机接在三相供电系统中运行有何后果? 对同系统中的三相异步电动机有何影响? (855)
601. 单相异步电动机的起动机构包括哪几部分? 各部分的工作原理是什么? 怎样用按钮开关来取代损坏的离心开关和起动继电器? (855)
602. 怎样起动单相异步电动机? (857)
603. 单相电动机不能起动的原因是什么? 怎样检查? (859)
604. 单相异步电动机起动后, 其副绕组未及时切除有何后果? 怎样检查副绕组是否切除? 副绕组不能切除的原因是什么? (860)
605. 离心开关有哪些常见故障? 故障原因是什么? 怎样检查? (860)
606. 使用和维护单相异步电动机应注意哪些事项? 单相异步电动机发生故障时按什么步骤进行检查? (861)

607. 怎样区分单相异步电动机主、副绕组的故障? 这种电动机的“单边磁拉力”故障有何特征? 是什么原因引起的?
..... (862)
608. 单相异步电动机的绕组重绕布线工艺与三相异步电动机的绕组重绕布线工艺有何不同? 修理单相异步电动机应注意哪些事项? (863)
609. 电容起动电动机、电容运转电动机和电容起动运转电动机各有何特点? (864)
610. 电容电动机怎样正确接线? (866)
611. 怎样改进分相电动机绕组的接线? (867)
612. 分相电动机不能起动或者虽能起动但转速很低、电流大、出力小怎么办? 这种电动机的起动装置有哪些常见故障? 怎样处理? (868)
613. 对电容电动机怎样进行调速? (870)
614. 怎样选配电容器? (872)
615. 为什么不可随意改变电容电动机(电扇电机)上的电容器容量? (874)
616. 什么叫做电容器失效? 怎样测量电容器的容量? (875)
617. 电容器外壳带电的原因是什么? 怎样处理? (876)
618. 电容器发生故障的主要原因是什么? 怎样检查和处理?
..... (877)
619. 单相异步电动机常使用哪两种轴承? 轴承发生故障时怎样检查和处理? (879)
620. 分相电动机的副绕组烧坏的原因是什么? 怎样处理?
..... (880)
621. 分相电动机的定子绕组单根断线或多根断线怎么办? (881)
622. 分相电动机有哪些常见故障? 故障原因是什么? (883)
623. 怎样拆卸和清洗电容运转电动机? (884)
624. 怎样装配电容运转电动机? (885)
625. 对单相分相电动机和电容运转电动机怎样进行重绕

- 计算? (886)
626. 罩极电动机有何特点? 其定子绕组怎样接线? (889)
627. 罩极电动机起动困难的原因是什么? 怎样处理? (890)
628. 为什么不可随意改变罩极电动机的旋转方向? (892)
629. 怎样改变罩极电动机的转速和转向? (893)
630. 罩极电动机带额定负载运转无力(转矩不足)的原因是
什么? 这种电动机有哪些常见故障? 怎样处理? (895)
631. 罩极电动机运行中产生噪声和振动的原因是什么?
怎样处理? (896)
632. 罩极电动机没有磁分路片会产生什么故障? 怎样选择
和制作磁分路片? (897)
633. 对凸极式罩极电动机怎样进行重绕和改压计算? (898)
634. 在罩极电动机的大修中怎样增大其起动转矩? (900)
635. 单相串励电动机的型号是怎样组成的? 其含义是什么?
..... (901)
636. 什么叫做交流换向器电动机? 这种电动机怎样分类?
它们有何共同特点? 应用于什么场合? (902)
637. 交、直流两用串励电动机有何优点? 它有哪些主要技术
数据? 其工作原理是什么? (903)
638. 为什么不可将直流串励电动机直接接入交流网络中
运行? 应采取什么措施来使这种电动机作为交、直流
两用电动机使用? (904)
639. 换向器的结构有何特点? 换向器发生故障怎么办? (905)
640. 怎样检查和排除交流串励电动机的电枢绕组匝间短路
或换向器片片间短路故障? (908)
641. 怎样检查串励电动机转子绕组故障? 如何重绕转子
绕组? (909)
642. 改善换向器电动机换向的方法有哪几种? 怎样改善
单相串励电动机的换向? (911)
643. 换向器电动机有哪些常见故障? 故障原因是什么?

| | |
|---|-------|
| 怎样处理? | (912) |
| 644. 单相异步电动机绕组怎样嵌线? | (914) |
| 645. 单相异步电动机绕组重绕和嵌线完毕, 绕组接线有哪些特点? 怎样接线? | (916) |
| 646. 为什么要对修理过的单相异步电动机进行高压耐压试验? | (918) |
| 647. 单相异步电动机修理完毕应进行哪些检查和试验? | (918) |
| 648. 电扇怎样分类? 其电动机有何特点? 各类电扇分别配用哪种单相电动机? | (921) |
| 649. 吊扇有何优点? 它由哪些主要部件组成? | (923) |
| 650. 怎样判别吊扇电动机的主绕组和副绕组? | (924) |
| 651. 一般电扇是否需要经常加油? 电扇电动机没有加油孔但需要加油怎么办? | (925) |
| 652. 对电扇的电源线和接地线有哪些要求? 怎样判别电扇电动机的引出线? | (926) |
| 653. 电扇常用调速器线头怎样编号和接线? | (928) |
| 654. 电扇电动机怎样调速和变向? | (929) |
| 655. 对电扇电动机怎样进行串联电抗器调速? | (932) |
| 656. 对电扇电动机怎样进行抽头调速? | (935) |
| 657. 怎样将电扇的速度由三挡改为六挡? | (937) |
| 658. 怎样安装吊扇? | (937) |
| 659. 怎样连接吊扇调速器? | (940) |
| 660. 在普通电扇上如何增加微风挡? | (941) |
| 661. 怎样将三速电扇改装成模拟自然风的自变速电扇? | (942) |
| 662. 在台(地)扇通电前和通电时应进行哪些检查? | (943) |
| 663. 电扇漏电是怎么回事? 发现电扇漏电怎么办? | (944) |
| 664. 在电扇上怎样装接漏电报警灯或漏电保安器? | (945) |
| 665. 电扇的指示灯不亮或时亮时不亮怎么办? | (946) |
| 666. 电扇电动机的绕组绝缘性能变差的原因是什么? 怎样处理? | (949) |

667. 在防触电方面对电扇有哪些要求? (949)
668. 电扇通电后电动机不转动且无“嗡嗡”声怎么办? (950)
669. 电扇在低速挡不能起动怎么办? (950)
670. 按下台扇的琴键开关或转动吊扇的调速开关时,为什么在有些挡电扇能转动,而在另一些挡却不能转动? 怎样检查? (951)
671. 怎样检查电扇摇头机构动作是否正常? (952)
672. 摇头电扇起动时有“死点”怎么办? (952)
673. 电扇摆头失灵或有时摇摆有时不摇摆的原因是什么? 怎样处理? (953)
674. 为什么不允许将电扇琴键开关的两个琴键同时按下? 对电扇进行调速换挡时,其风量和转速都无明显变化的原因是什么? (954)
675. 为什么有的电扇运转时扇叶前后移动? 怎样处理? (955)
676. 电扇运转无力,快速挡变慢怎么办? (956)
677. 落地扇在微风挡不能起动的的原因是什么? 怎样处理? (957)
678. 台扇的定时器有哪些常见故障? 怎样处理? (958)
679. 使用吊扇应注意哪些问题? (958)
680. 吊扇的定时器有哪些常见故障? 怎样处理? (959)
681. 吊扇的转速过低怎么办? (960)
682. 怎样排除吊扇的严重摆动故障? (961)
683. 什么叫做电扇调速不良? 调速不良的原因是什么? 怎样处理? (962)
684. 电扇轴向定位失灵怎么办? (963)
685. 电扇运行中扇头点头的原因是什么? 怎样处理? (964)
686. 电扇倒转和扇罩抖动怎么办? (965)
687. 台扇发出“咯啦、咯啦”异常响声怎么办? (965)
688. 怎样使用敲击法消除或减弱台扇的异常响声? (966)
689. 电扇电动机的转子为什么会出轴现轴向窜动现象? 怎样处理? (966)

690. 电扇的转子轴磨损或含油轴承磨损,怎样进行应急处理?
..... (968)
691. 维修电扇应注意哪些事项? (969)
692. 如何寻找吊扇电动机绕组断头? (970)
693. 怎样拆卸电扇电动机? (971)
694. 电扇电动机的绕组损坏有哪几种情况? 怎样修复? (973)
695. 扇叶变形怎么办? (975)
696. 怎样测试修复后的电扇调速电抗器? (976)
697. 电动工具怎样分类? 各有何特点? (977)
698. 双重绝缘电动工具的泄漏电流和绝缘电阻是如何规定的?
怎样试验这类工具的绝缘介电强度? (978)
699. 电动工具用的交、直流两用串励电动机的定子绕组怎样
接线? 电源插座离电动工具的工作地点较远时,如何选
择延伸软电缆? (979)
700. 对电动工具使用的电源线和护套有哪些要求? (980)
701. 什么叫做电动工具的保护接地和保护接零? 二者的原理
是什么? 有哪些要求? (982)
702. 什么叫做重复接地? 对电动工具实行重复接地为什么能
减小触电危险? (985)
703. 怎样根据使用场所选择手持电动工具? (987)
704. 高速电动工具电动机使用前应进行哪些检查? (987)
705. 电动工具使用中造成机械伤害的主要原因是什么? 怎样
避免机械伤害? (988)
706. 怎样安全使用电动工具? 使用中应注意哪些事项? (989)
707. 电动工具工作时,其外露金属零件往往带电和引发触电
事故,怎样分析和判断其原因? (991)
708. 维修电动工具应注意哪些问题? (991)
709. 单相电动工具电动机的检修特点是什么? 对其检修有
哪些基本要求? (992)
710. 手电钻怎样分类? 目前国内生产哪几个系列的普通手持

| | |
|--|--------|
| 电钻? | (993) |
| 711. 手电钻由哪几部分组成? 为什么手电钻等手持电动工具都采用单相串励电动机? | (994) |
| 712. 使用普通手持电钻或冲击电钻应注意哪些事项? | (996) |
| 713. 手电钻使用中易发生哪些典型触电事故? | (998) |
| 714. 手电钻电源线路断路或短路的原因是什么? 怎样检查和处理? | (999) |
| 715. 手电钻定子绕组断路的原因是什么? 怎样检查和处理? | (1000) |
| 716. 手电钻转子绕组断路的原因是什么? 怎样检查和处理? | (1001) |
| 717. 手电钻转子绕组或整流器段条接地怎么办? | (1003) |
| 718. 手电钻转子绕组短路的主要原因是什么? 怎样检查和处理? | (1005) |
| 719. 单相电钻的刷握接地会出现哪些故障现象? 怎样分析判断? | (1008) |
| 720. 手电钻炭刷严重磨损怎么办? 手电钻的炭刷和整流器接触不良的原因是什么? 怎样处理? | (1010) |
| 721. 手电钻有哪些常见故障? 故障原因是什么? 怎样检查和处理? | (1011) |
| 722. 修理手电钻前、后怎样进行检查? | (1014) |
| 723. 按什么步骤和方法重绕手电钻电动机的定子绕组? ... | (1015) |
| 724. 重绕手电钻电动机的转子绕组之前怎样检查和处理换向器故障? | (1018) |
| 725. 按什么步骤和方法重绕手电钻电动机的转子绕组? ... | (1019) |
| 726. 怎样绕制手电钻电动机的转子绕组线圈? | (1021) |
| 727. 手电钻电动机的转子绕组绕完后怎样焊接线头? | (1027) |
| 728. 对手电钻电动机的转子绕组怎样进行检查和试验? ... | (1029) |

一、一般电动机知识

1. 电力拖动系统由哪几部分组成？各部分所起的作用是什么？

电力拖动系统（也称电力拖动装置）是由电动机、控制设备、传动机构和工作机构等部分组成（图 1-1）。

(1) 电动机。是生产机械的原动机，是将电能转换为机械能，带动生产机械运行的设备。

(2) 控制设备。是控制电动机运转的设备，由各种控制电器（如开关、按钮、熔断器、接触器、继电器等）按一定要求和规律组成，用以控制电动机的运行（起动、制动、调速和反转等）。

(3) 传动机构。是电动机与生产机械工作机构之间传递动力的装置（如减速箱、胶带、联轴节等）。

(4) 工作机构。是生产机械中直接进行生产加工的机械设备，可认为是电动机的负载。

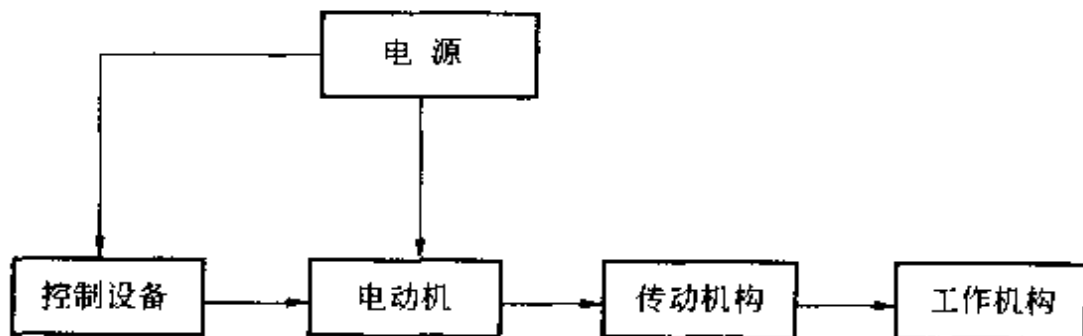


图 1-1 电力拖动系统组成示意图

2. 电力拖动与其他形式的拖动相比有哪些特点？

(1) 电力拖动的动力来源于电能，电能适合于远距离输送，具有简单、经济、可靠、便于分配等特点。

(2) 电动机与生产机械的连接简单，具有损耗少、利用率高的

特点。

(3) 电动机的种类和规格多，各具不同的特性，能满足各种生产机械的需要，获得所需的各种静态特性和动态特性，具有控制方便、调节性能和拖动性能均较好等特点。

(4) 电力拖动可以进行远距离测量和控制，便于集中管理，有利于实现生产过程自动化。这对于提高生产率和产品质量，改善工作条件具有重大的意义。

(5) 电子技术的发展，促进了电力拖动控制线路的电子化。尤其是在电力拖动系统中应用电子计算机技术，实现了电力拖动的理想控制，显示了电力拖动的优越性和广阔的发展前景。

3. 电动机怎样分类？各类电动机分别应用于什么场合？

电动机的种类很多，按电源性质可分为直流电动机和交流电动机两大类。

直流电动机具有良好的起动特性和调速性能，是交流电动机所不可比拟的。因此，大型轧钢机、造纸机、精密金属切削机床、矿井卷扬机、电气机车、市内电车等，都采用直流电动机作为原动机。但是，由于直流电动机需要直流电源，且由于交流电动机在其他方面具有更多的优点，所以，直流电动机的应用不如交流电动机普遍。

交流电动机又分为同步电动机和异步电动机。同步电动机一般应用于功率较大或者转速必须恒定的场合，例如循环水泵，就是使用同步电动机来拖动的。但由于同步电动机的构造复杂，价格较高，起动和维护都比较困难，因此，同步电动机的应用不如异步电动机普遍。

异步电动机又称感应电动机，分为单相异步电动机和三相异步电动机两种。单相异步电动机具有结构简单、价格低廉、运行可靠、维修方便等优点，并且可以直接接在单相 220 V 交流电源上使用。其不足之处是与它同容量的三相异步电动机相比，体积较大、运行性能较差、效率较低，因此一般只制成小型和微型系列，容量

在几瓦到几百瓦之间。单相异步电动机主要用于小型生产机械（如小型车床、小型鼓风机等）和家用电器（如电扇、洗衣机、电冰箱、吸尘器等）。

三相异步电动机按转子绕组的型式可分为鼠笼式转子异步电动机和绕线式转子异步电动机（也称滑环式异步电动机）两种。二者的优点是结构简单、价格低廉、坚固耐用、运行可靠、使用和维护方便。其缺点是功率因数较低，调速性能较差。三相异步电动机在工农业生产中得到广泛应用，其中尤以鼠笼式电动机应用最广。据有关部门统计，在电力拖动的机械中有 90% 左右是由三相异步电动机拖动的，这种电动机的社会拥有量最大。因此，本丛书以较大的篇幅来讨论三相异步电动机的使用、维护、故障预防与处理问题。

4. 怎样阅读电动机的电气原理图和安装接线图？

电动机的电气原理图包括主电路图和控制电路（也称辅助电路）图两大部分。主电路中通过的电流较大，主要是对电动机供电，通常用粗实线画在图纸左边或上部（图 1-2），它受控制电路的控制。

控制电路主要是对控制电器供电，它是控制主电路动作的电路，一般用细实线画在图纸右边或下部（图 1-2）。

通常，只要熟悉标准电气图形符号就可阅读电动机的原理图。看图时，首先看主电路，其次看控制电路，最后看其他电路（如保护电路、信号电路等）。

（1）看主电路的步骤：①看主电路中电动机的起动方式有无正反转、调速和制动等要求；②看主电路中电动机是用什么电器控制的（图 1-2 中电动机用一接触器 KM 控制）；③看主电路中还接有什么电器，这些电器起什么作用。通常，主电路中除了电动机和控制电器之外，还有电源开关、熔断器、热继电器等。图 1-2 中 QS 是电动机的电源开关，用以控制电源；FU 是熔断器，作为电动机的短路保护装置；FR 是热继电器，作为电动机的过载保护装置；④看电源。要了解主电路的电源电压是 380 V 还是 220 V。

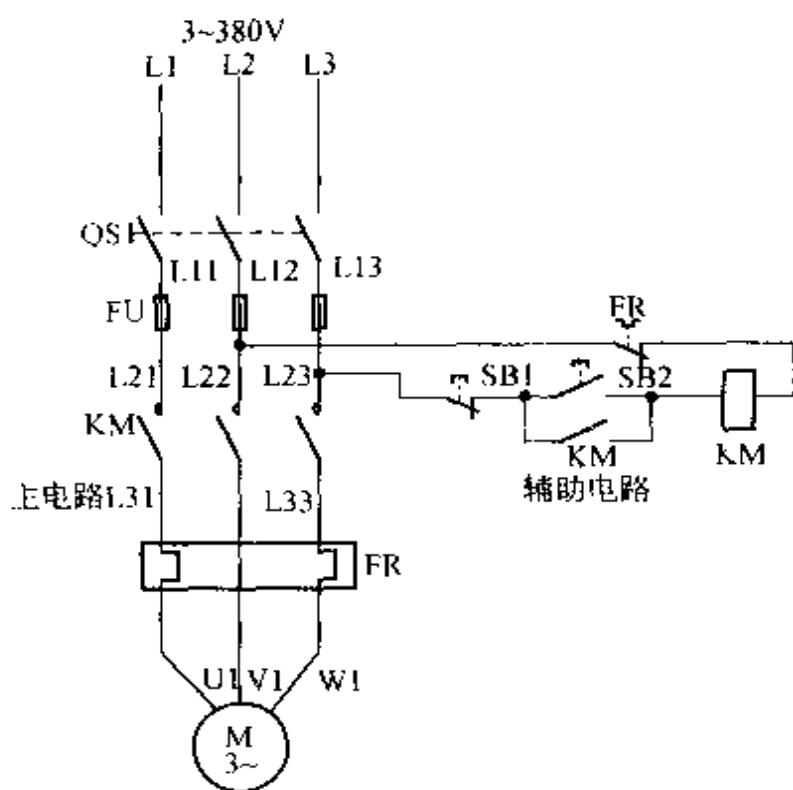


图 1-2 电动机的电气原理图

(2) 看控制电路的步骤：①看电源。首先要看清电源是交流电源还是直流电源，其次要看清电源是从何处接来，电压有多大。通常，从主电路的两根相线上接来的电源，其线电压为 380 V；从主电路的一根相线和一根地线上接来的电源，其相电压为 220 V。此外，从变压器上接来的电源，其电压有 127 V、36 V、24 V 或 6.3 V 等几种。在图 1-2 中，控制电路的电源线从主电路的两根相线上接来，其电压为 380 V；②根据控制电路的回路研究主电路的动作情况。在一般电路图中，整个控制电路构成一条大回路，大回路又分为几条独立的小回路，每一条小回路控制一个用电设备或一个电器的一个动作。在图 1-2 中，控制电路只有一条回路。按下启动按钮，接通原来断开的电路，电流进入接触器的线圈 KM，主电路中的主触头闭合，于是电动机接入电源而运转。按下停止按钮，电路断开，KM 断电，接触器释放，主触头断开，于是电动机被切断电源而停止运转。这就是开关（或按钮）→接触器（或继电器）

→电动机的控制方式，也是机械自动化或半自动化的基本形式；③研究电器相互之间的联系。电路中的所有电器都是相互联系、相互制约的。有时用甲电器去控制乙电器，甚至用乙电器再去控制丙电器，阅读电路图时应仔细查明它们之间的相互联系。

(3) 看其他电路。其他电路是指信号电路、保护电路等。这些电路一般比较简单，只要看清它们的线路走向、电路的来龙去脉即可。

看电动机的安装接线图（图 1-3）时，也要先看主电路，后看控制电路。看主电路时，从电源引入端开始，顺次经控制元件和线路到电动机；看控制电路时，要从电源的一端到另一端，按元件的顺序对每一回路进行分析研究。

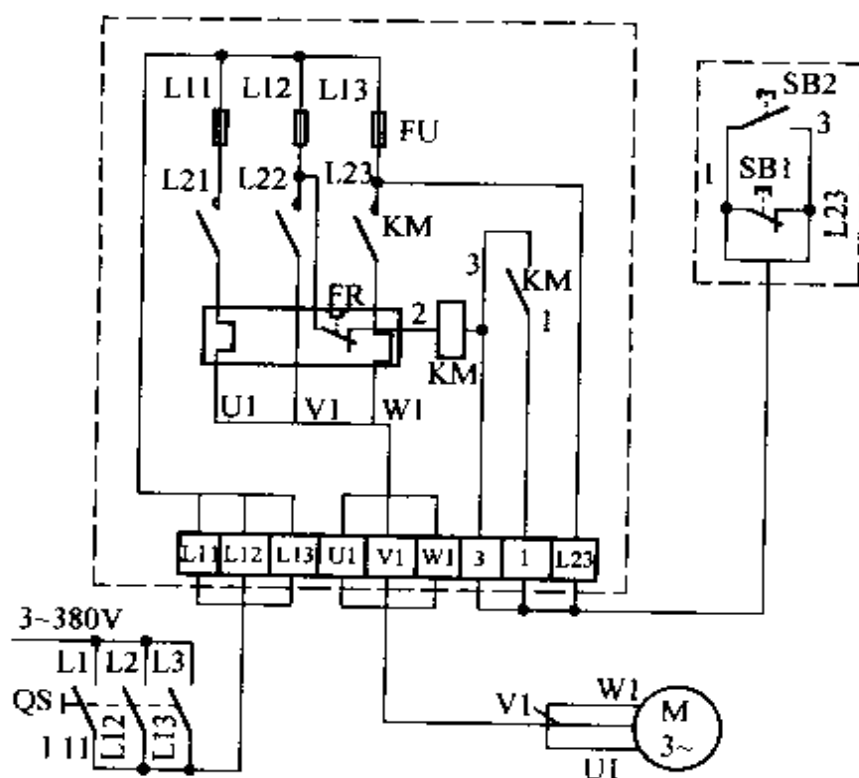


图 1-3 电动机的安装接线图

安装接线图是根据电气原理图绘制的，对照电气原理图看安装接线图就一目了然。看图时要注意，回路标号是电器元件间导线连接的标记，标号相同的导线原则上都可以接在一起。此外，还要搞清接线端子板内外电路的连接情况，内外电路的相同标号导线一般

都接在端子板的同号接点上。

5. 什么叫做电动机的机械特性？它分为哪几类？

电动机的机械特性，是指电动机的转速 n 与转矩 T 的关系，即 $n = f(T)$ ，其中转矩 T 是指电磁转矩。电动机的机械特性决定其稳定运行、起动、制动和转速调节的工作情况。

电动机的机械特性的一个重要指标是机械特性的硬度，它表示转速随转矩改变而变化的程度，通常用硬度系数 β 表示。特性曲线上任一点的硬度系数的定义是该点的转矩变化百分数与转速变化百分数之比，即

$$\beta = \frac{\Delta T \%}{\Delta n \%}$$

按机械特性的硬度，可把电动机的机械特性分为三类：

(1) 绝对硬的机械特性。当转矩改变时，转速不变（图 1-4 中的曲线 1）。同步电动机即具有这种特性，它的硬度系数 $\beta = \infty$ 。

(2) 硬的机械特性。转速随转矩而变化，但改变程度不大（图 1-4 中的曲线 2）。直流他励电动机和异步电动机正常工作部分的特性均属于此类，其 β 值为 10~40，硬度系数在直线的机械特性上为一常数，在曲线的机械特性上为一变数。

(3) 软的机械特性。转速随转矩的变化而有较大的改变（图 1-4 中的曲线 3）。串励电动机即属于此类，其 $\beta < 10$ 。

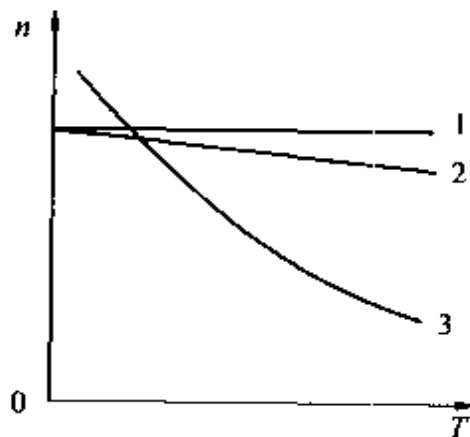


图 1-4 电动机的机械特性曲线

6. 异步电动机的负载怎样分类？负载的特性是什么？

三相异步电动机的用途极为广泛，所拖动的机械种类也很多。常用异步电动机的负载分类和特性如表 1-1 所示。

表 1-1 异步电动机的负载分类和特性

| 类别 | 特性 | 负载机械举例 |
|--------|-----------------------------|---------------------------|
| 恒转矩 | 转矩恒定，输出功率与转速成正比 | 造纸机、压缩机、印刷机、卷扬机等摩擦负载和动力负载 |
| 平方递减转矩 | 转矩与转速的平方成正比，因此转矩随转速的减少而平方递减 | 流体负载，如风机和泵类 |
| 恒功率 | 输出功率恒定，转矩和转速成反比 | 卷扬机 |
| 递减功率 | 输出功率随转速的减少而减少，转矩随转速的减少而增加 | 各种机床的主轴电动机 |
| 负转矩 | 负载反向旋转的恒转矩为负转矩 | 吊车、卷扬机的重物下吊 |
| 惯性体 | 电动机的转动惯量比负载的转动惯量小得多 | 离心分离机、高速鼓风机等 |

异步电动机的运行特性，受所拖动机械的特性影响较大。通常，起动转矩较小，而起动后要求拖动转矩随转速上升而增加的负载（如大部分风机、鼓风机、离心机、压缩机等），宜选用具有普通机械特性的电动机；对于要求起动转矩较大的负载（如往复式压缩机、冲床、起重机等），宜选择转差率高的电动机。只有电动机的机械特性与负载特性匹配合理，才能满足节约用电和安全运行的要求。

7. 怎样划分电动机的工作制？

电动机的工作情况多种多样。例如，有些电动机在恒定负载下

长时间工作，有些电动机在周期性变动负载下长时间工作，有些电动机只是短时间工作，有些电动机则是短时间工作与短时间停车互相交替。由于各种工作情况下的温升变化规律不同，同时各种工作情况对电动机的要求也不同，所以，为了充分利用电动机，必须按照其发热情况来划分工作制。通常，电动机按发热情况有三种工作制：

(1) 连续工作制。所谓连续工作制，是指电动机在恒定负载下可以长时间工作，其温升能达到稳定值。电机制造厂生产的连续工作制电动机，具有较高的额定效率和较高的功率因数。连续工作制电动机的额定功率，是指它在标准环境温度（40℃）下长期工作时允许的最大输出功率（此时转速应为额定值）。例如，JR—114型绕线式电动机，其铭牌上标出额定功率 115 kW、额定转速 1465 r/min、连续工作制。这表明，该电动机在标准环境温度（40℃）下长时间连续输出的最大功率为 115 kW（此时转速为 1465 r/min），稳定温升等于绕组绝缘允许的最高温升（即额定温升）。从产品目录（样本）中查得该电动机采用 B 级绝缘，所以额定温升 $\tau_e = 130^\circ\text{C} - 40^\circ\text{C} = 90^\circ\text{C} = 90\text{K}$ 。

连续工作制电动机的额定温升一般可用下式表示：

$$\tau_e = \frac{\Delta P_e}{A}$$

式中 ΔP_e ——电动机额定运行时的损耗功率，简称额定损耗；

A ——散热系数。

(2) 短时工作制。所谓短时工作制，是指电动机在恒定负载下仅短时工作，温升尚未达到稳定值就断电停车，而停车时间很长，在停车时间内温升可以降低到零值。如果将连续工作制的电动机用于短时工作，即使电动机的转矩等于允许的最大转矩，温升也往往达不到额定值。由于受过载能力的限制，此时电动机未得到充分利用。因此，设计生产短时工作制的电动机时，一般都保证它具有较大的过载能力。

短时工作制电动机的额定功率，是指按照规定的工作时间（也

称为短时定额) 允许输出的最大功率。我国规定的短时定额有 15 min、30 min、60 min 和 90 min 四种。对于同一台电动机, 短时定额不同, 额定功率也不同。通常, 短时定额时间愈长, 额定功率愈小, 过载能力愈大。例如, JTD—430 型鼠笼式电动机, 其铭牌上标出额定功率 6.4 kW, 额定转速 800 r/min, 30 min 短时定额。这表明该电动机在 30min 内短时工作时, 允许的最大输出功率为 6.4 kW。

(3) 断续周期工作制。所谓断续周期工作制, 是指电动机在恒定负载下短时间工作和短时间停车互相交替, 并且呈周期性变化, 在工作时间内温升达不到稳定值, 在停车时间内温升降不到零值。断续周期工作制电动机的工作时间与停车时间之和称为一个周期, 工作时间与周期之比称为负载持续率。其表达式为

$$FS = \frac{t_g}{t_g + t_o} \times 100\%$$

式中 FS ——负载持续率;

t_g ——工作时间;

t_o ——停车时间;

$(t_g + t_o)$ ——周期。

国家标准规定的负载持续率有 15%、25%、40% 和 60% 四种, 国家标准同时还规定周期 $t_g + t_o \leq 10 \text{ min}$ 。

断续周期工作制电动机适用于要求频繁起动、制动的场合。它具有较大的过载能力和较小的飞轮力矩。较小的飞轮力矩是将转子制成细长形状来实现的。由于细长的转子散热条件较差, 所以用料多于粗而短的转子。连续工作制的电动机, 由于其飞轮力矩较大, 而起动、制动转矩又不能很大, 如果用于断续周期工作制的场合, 则生产率的提高受到限制, 所以设计生产断续周期工作制的电动机。这种电动机的额定功率是按断续周期工作制负载持续率确定的。

通常, 电动机是分别按照连续工作制、短时工作制和断续周期工作制设计生产的, 所以应根据生产机械的工作情况选择相应工作

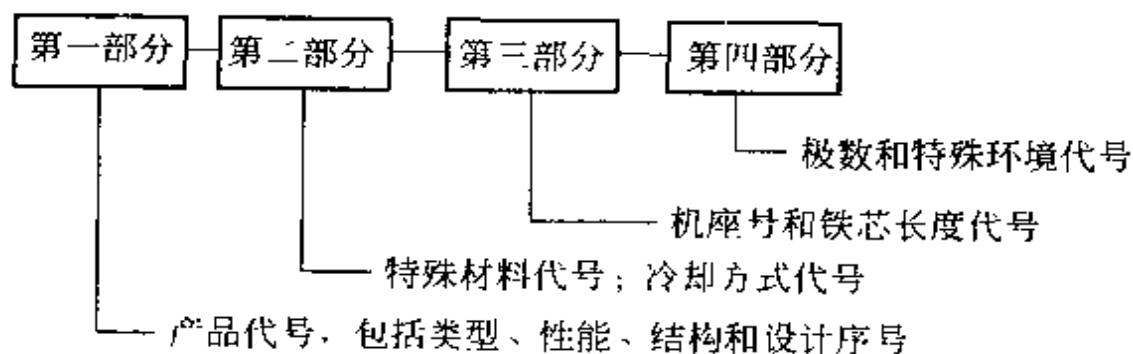
制的电动机。但是，在某些情况下，电动机实际运行的工作制与它本身的工作制并不一致。例如，有时将连续工作制的电动机用于短时工作制的场合。在这种情况下，应分清电动机本身的工作制和实际运行的工作制的含义，将负载或工作时间作适当的调整。反之，将短时工作制的电动机用于连续工作制的场合，则应将负载作适当调整。

8. 为什么要看懂电动机铭牌内容？怎样查看电动机的铭牌？

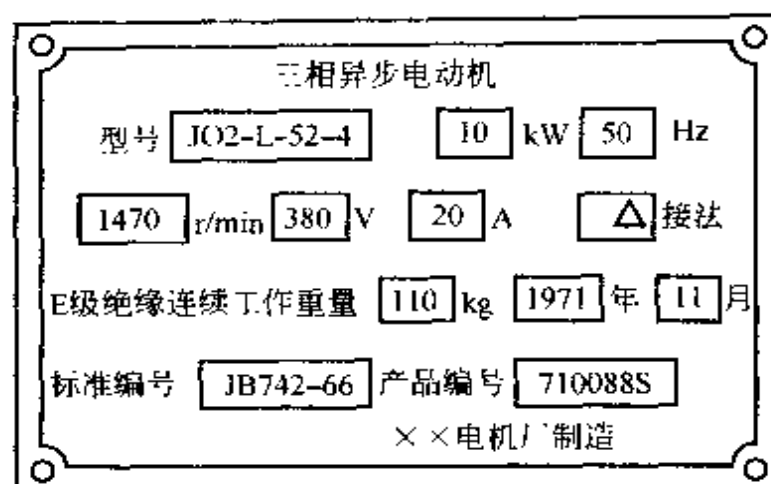
通常，每台电动机的机座上钉有一块金属标牌，称为电动机的铭牌。铭牌上简要地标明了电机制造厂所规定的该电动机的特性、一般技术要求和运行条件。为了正确选用、安装、维护、检查和修理电动机，必须了解铭牌上所记载的各项数据及其含义。例如，应了解所选用的电动机接多高电压的电源，能拖动多大负载，怎样接线等。如果不按铭牌规定而任意接线，任意使用，任意加载或任意维修，就不能充分发挥电动机应有的作用，甚至造成事故而烧毁电动机。

图 1-5 示出三相异步电动机的铭牌。查看铭牌时，应了解铭牌上的各项数据和型号的含义。

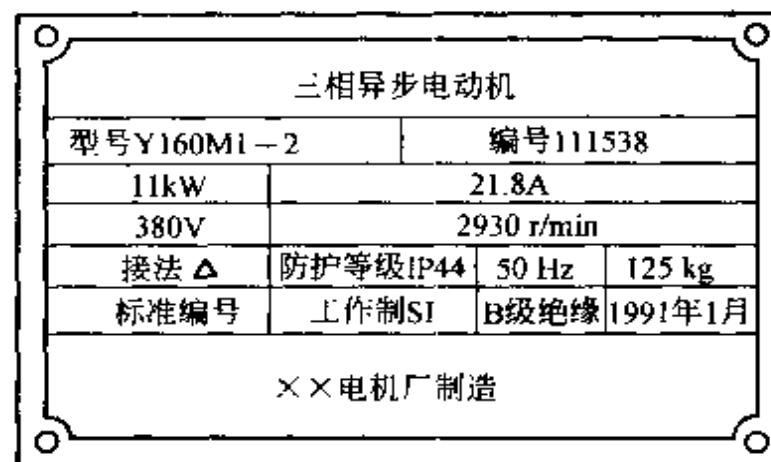
(1) 型号。产品型号表示产品名称、规格、型式等的代号。我国电动机产品型号一律由大写汉语拼音字母和数字组成。一般中小型三相异步电动机的型号由四部分组成，表示的意义如下：



产品代号用字母和数字表示。不同字母代表的意义如表 1-2 所示。



a



b

图 1-5 三相异步电动机的铭牌

a. JO2 系列电动机铭牌; b. Y 系列电动机铭牌

表 1-2 异步电动机字母代号的意义

| 字母代号 | 名称 | 派生系列或专用电动机举例 |
|------|----------|--|
| J | 防护式异步电动机 | JQ 高起动转矩异步电动机 JL 铝壳异步电动机 JR 绕线式异步电动机 JD 多速异步电动机 |
| JO | 封闭式异步电动机 | JBS 小机座防爆异步电动机 JQO 高起动转矩异步电动机 JLO 铝壳异步电动机 |

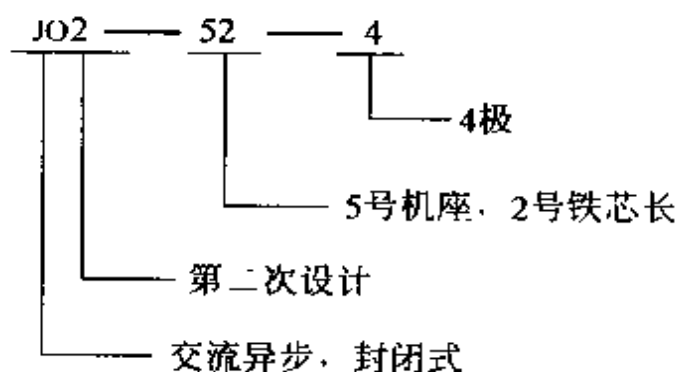
续表

| 字母代号 | 名称 | 派生系列或专用电动机举例 |
|------|-----------|---|
| Y | 封闭式异步电动机 | YB 隔爆型异步电动机 YC 电磁调速异步电动机 YID 电梯异步电动机 YLJ 力矩异步电动机 |
| Y-L | 铝线绕组异步电动机 | |

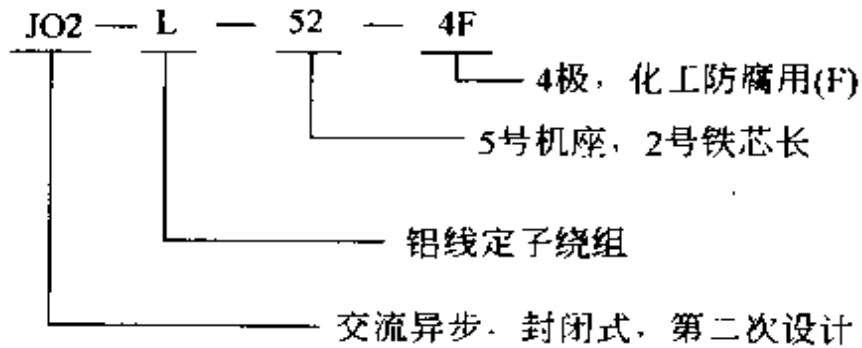
特殊材料、冷却方式代号用字母表示，如 L——铝线，S——水冷，F——风冷等。

机座代号用数字表示。中小型电动机的机座有 1~15 号，微电机和一些新系列电机的机座号直接用电机轴中心高度或机壳外径的毫米数 (mm) 表示。机座 (铁芯) 长度用 L、M、S 分别代表长、中、短，但也有用数字表示的，数字越大，铁芯越长。极数用数字表示。特殊环境代号用字母表示，如 TH——湿热带用，TA——干热带用，G——高原用，W——室外用，F——化工防腐用。

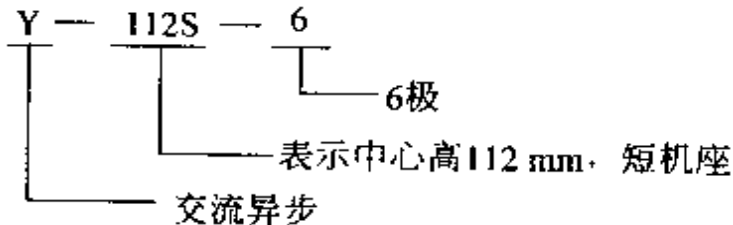
例 1.



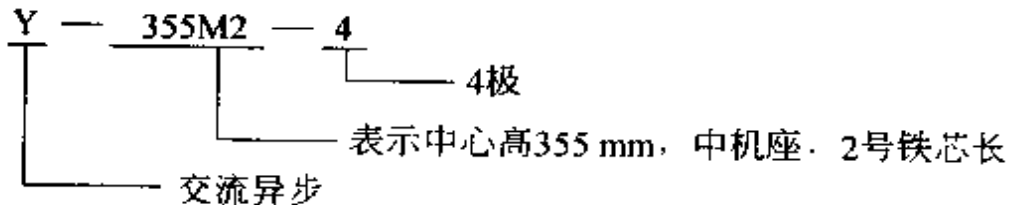
例 2.



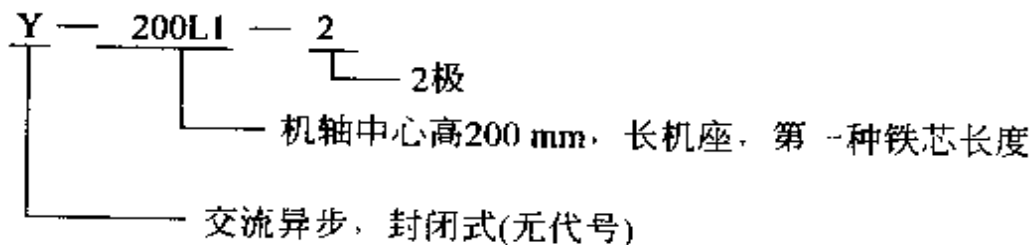
例 3.



例 4.



例 5.



(2) 额定功率。指电动机在额定运行情况下, 轴上允许输出的最大机械功率, 用有功功率表示, 单位为 W (瓦) 或 kW (千瓦)。

(3) 额定电压。指电动机正常运行时的工作电压, 即定子绕组

的线电压，单位为 V（伏）或 kV（千伏）。通常，电动机只有在额定电压下运行才能输出额定功率。

(4) 额定电流。指电动机在额定电压、额定频率和额定负载下运行时，三相定子绕组中通过的线电流，单位为 A（安）。定子绕组的连接方式不同，额定电压不同，电动机的额定电流也不同。例如，一台额定功率为 10 kW 的三相异步电动机，作三角形连接时，额定电压为 220 V，额定电流为 68 A；作星形连接时，额定电压为 380 V，额定电流为 39 A。也就是说，铭牌上标明：接法—— Δ /Y；额定电压——220/380 V；额定电流——68/39 A。

(5) 额定频率。指电动机所接交流电源的频率，单位为 Hz（赫）。我国电网标准频率为 50 Hz。频率变化，对电动机的转速和输出功率都有影响，频率降低时，转速降低，定子电流增大。

(6) 额定转速。指电动机在额定电压、额定频率和额定负载下运行时，转子每分钟的转数，单位为 r/min（转/分）。其值略低于同步转速。

(7) 接法。指电动机在额定电压下定子绕组的接线方式。一般有星形（Y）和三角形（ Δ ）两种接法。Y 接时，绕组所能承受的电压是 Δ 接的 $1/\sqrt{3}$ ，因此必须按铭牌规定的接线方式接线。否则，电动机将被烧毁。

(8) 绝缘等级。根据绕组所用的绝缘材料，按照它的允许耐热程度规定的等级。中小型电动机的绝缘等级有 A、E、B、F 和 H 级。电动机的工作温度主要受绝缘材料的限制。若工作温度超出绝缘材料所允许的温度，绝缘材料就会迅速老化，其使用寿命将大大缩短。修理电动机时，选用的绝缘材料应符合铭牌规定的绝缘等级。

(9) 温升。指电动机长期连续运行时的工作温度比周围环境温度高出的数值。我国规定周围环境的最高温度为 40℃。例如，若电动机的允许温升为 65℃，则其允许的工作温度为 65℃ + 40℃ = 105℃。电动机的允许温升与所用绝缘材料等级有关。电动机运行中的温升对绝缘材料的使用寿命影响很大。

(10) 工作定额。指电动机的工作方式，即在规定的条件下

下运行的持续时间或工作周期。我国规定的电动机工作定额有“持续”、“断续”和“短时”三种。

(11) 额定功率因数。指电动机在额定输出功率下，定子绕组相电压与相电流之间相位角的余弦。电动机的额定电压 U_e (线电压)、额定电流 I_e (线电流)、额定容量 P_e 与功率因数 $\cos\varphi$ 和效率 η 之间有以下关系：

$$I_e = \frac{1000 P_e}{\sqrt{3} U_e \eta \cos\varphi} \quad (\text{A})$$

(12) 重量。指电动机本身的体重，以供起重运输时参考。

(13) 标准编号。标准编号表示本电机生产制造所执行的技术标准。例如 JO2 系列电动机执行 JB742—66 标准，Y 系列电动机执行 JB3074—82 标准。

(14) 出厂编号。电机铭牌上标出出厂编号，其目的是便于质量跟踪和查寻。

(15) 出厂日期。指电动机作为合格产品的出厂时间，供用户长期保管过程中判断电机是否需要干燥处理的依据。

绕线式电动机的铭牌上还标出转子绕组的开路电压和额定电压，以作为配用起动电阻的依据。

9. 电动机铭牌上标出的功率是指什么功率？三相异步电动机有哪些标准功率等级？

电动机铭牌上标出的功率，是指电机的额定功率（也称额定容量），它表示电动机在额定电压、额定频率下运行时转轴所输出的机械量，一般用 W（瓦）或 kW（千瓦）表示。

必须指出，铭牌上所标出的功率是电动机输出的机械功率。例如铭牌上标出“7.5 kW”，表明电动机能拖动 7.5 kW 的机械运转，即电动机的功率与所拖动机械的功率应相同。如果电动机的功率比所拖动机械的功率小（即“小马拉大车”），则电动机过载运行，时间一长，电机就会过热烧毁。如果电动机的功率比所拖动机械的功率大（即“大马拉小车”），则电动机轻载运行，不能充分发挥作用，

浪费设备和电能。因此，电动机与所拖动机械在功率上应匹配。

三相异步电动机的标准功率等级如表 1-3 所列。当电动机与所拖动机械在功率上不配套时，可选择相邻功率等级的电动机。

表 1-3 三相异步电动机的标准功率等级 (kW)

| | |
|-----------|---|
| J、JO 系列 | 0.6 1.0 1.7 2.8 4.5 7.0 10 14 20 28 40 55 75 100 125 |
| J2、JO2 系列 | 0.6 0.8 1.1 1.5 2.2 3.4 5.5 7.5 10 13 17 22 30 40 55 75 100 125 |
| J3、JO3 系列 | 0.55 0.75 1.1 1.2 3 4 5.5 7.5 11 15 18.5 22 30 37 45 55 75 90 110 132 160 |
| Y、Y-L 系列 | 0.55 0.75 1.1 1.5 2.2 3 4 5.5 7.5 11 15 18.5 22 30 37 45 55 75 90 |

10. 选择电动机应遵循哪些基本原则？

(1) J2、JO2、JO3 等旧系列电动机均属淘汰产品，已停止生产，不宜再选用（原来已有者除外），而应选用 Y 系列电动机及其派生产品（Y 系列电动机的优点见 136 问）。

(2) 要从供电电网的质量（电网容量、允许的电压波动范围、功率因数）、起动和制动特性（起动时的负载转矩、 GD^2 大小、起动和制动的限制、有无加减速要求、允许对电网的冲击程度、起动和制动的频次、制动时是否要回馈能量）、调速性能（要求的调速范围和精度、调速平滑程度、低速工作时间的长短）和控制特性等方面综合考虑，选择适当类型的电动机及其控制设备。

(3) 电动机的额定功率应能够满足负载的需要，但功率不宜过大。否则，电动机未得到充分利用，既增加投资，也造成电能浪费。

(4) 根据生产要求和环境条件，选择合适的结构型式、防护等

级和通风方式。当环境条件许可时，应优先选用开启式电动机，因为这种电动机的价格低于封闭式电动机，并且各种参数也较合理。

(5) 电动机应有一定的过载能力，以保证短时过载时能正常运行。过载能力用最大转矩与额定转矩之比表示，其比值通常为1.8~3.0。

(6) 电动机应具有生产机械所需要的起动转矩。异步电动机的起动转矩一般为额定转矩的0.95倍~2.0倍。

(7) 由于大功率电动机的效率和功率因数均高于小功率电动机，负载变动不大的场合，宜选用少台大功率电动机取代多台小功率电动机。但是，在负载变动较大的场合，轻载时往往需要停用几台小功率电动机，这种场合就不宜选用大功率电动机。

(8) 功率相同的电动机，极数少者其效率和功率因数均较高，所以应优先选用少极电动机。但是，由于少极电动机的转速高，如果需要增大减速比，则将降低传动系统的总效率。因此，此时应进行综合考虑来确定选用少极还是多极电动机。

(9) 电机连续运行、负载率高而又不经常起动或制动的场合，应优先选用高效率电动机。

(10) 在容量、转速和型式都相同的情况下，鼠笼式电动机的效率和功率因数均高于绕线式电动机（功率因数高5%左右），因此，应优先选用鼠笼式电动机。

(11) 如果需要选用多速异步电动机，由于单绕组多速异步电动机的效率高于双绕组多速异步电动机，并且价格也较低，所以应优先选用单绕组多速异步电动机。

(12) 根据现场条件和所拖动机械的要求，选择合理的安装方式（如轴的方向和轴伸，采用机座底脚安装还是凸缘安装，挂在墙上还是吊装）和与拖动机械的连接方式（直接连接，通过齿轮箱、胶带轮或链条传动等），并根据拖动机械有无振动或冲击来确定电动机安装基础的牢固程度等。

总之，选择电动机时，应考虑初期投资和运行费用，从电动机及其控制设备的总投资、效率、功率因数和电费、全部设备的年维

修费用等方面进行比较，尽量选用可靠性高、互换性好、维护方便，且有标准定额的电动机。

11. 怎样选择电动机的类型？

(1) 要求机械特性较硬而无特殊调速要求的场合，或对起动性能要求不高的一般生产机械（如功率不大的水泵、通风机和小型机床等），应尽可能选用鼠笼式电动机。因为普遍使用的动力电源是三相交流电源，不经任何变动就可将这种电源直接加于鼠笼式电动机上使用。

要求有级调速的生产机械（如电梯和某些机床），可选用双速、三速、四速鼠笼式异步电动机；要求高起动转矩的生产机械（如纺织机、带式运输机等），可选用具有高起动转矩的三相鼠笼式电动机。

由于晶闸管变频调速和晶闸管调压调速等新技术的发展，三相鼠笼式异步电动机将大量用于要求无级调速的生产机械。

(2) 要求有较大的起动、制动转矩和要求在不大范围内平滑调速，且低速运行时间又较短的生产机械（如起重机、卷扬机、锻压机等），可选用绕线式异步电动机。近年来，由于使用晶闸管串级调速，大大扩宽了绕线式异步电动机的应用范围，如水泵、风机的节能调速，不可逆轧钢机、矿井提升机、挤压机等的串级调速，均广泛采用绕线式电动机。

(3) 要求在大范围内平滑调速和准确的位置控制的生产机械（如高精度数控机床、龙门刨床、可逆轧钢机、造纸机等），可选用他励或并励直流电动机；要求电动机起动转矩大、机械特性软的生产机械（如电车、重型起重机等），可选用串励直流电动机。

(4) 功率较大、不需要调速、连续工作的生产机械（如大功率水泵和空气压缩机等），为了提高电网的功率因数，可选用同步电动机。

12. 在选择和使用电动机方面，为了节约用电，应考虑哪些问题？

(1) 优先选用新系列节能型电动机。首先应选用 Y 系列电动机及其派生的 YX 系列三相高效异步电动机、YZR 和 YZ 系列冶金起重用电动机、YB 系列防爆三相异步电动机，以及 AO2、BO2、CO2、DO2 系列分马力电动机等。据有关部门分析计算，如果以 Y 系列电动机全部替换目前仍在使用的 JO2 系列电动机（此系列电动机属于淘汰产品，已停止生产），全国每年可节电 1.4×10^8 kW·h。

(2) 选择容量适宜的电动机。通常，电动机在负载率为 70%~90% 时效率最高，应避免电动机容量选择得过大或过小。此外，应优先选用四极电动机，因为二极电动机的转速过高，不易维护，而八极以上电动机的效率和功率因数则比较低。

(3) 采用合理的运行方式。在电动机的使用中，应注意以下几点：合理调整工艺，减少电动机的起动和制动次数，以降低起动、制动中的能量损耗；选择既能满足机械特性要求，耗能又少的制动方式；尽量提高电动机运行的负载率，对于正常使用时负载率在 40% 以下的异步电动机，应加装 Y- Δ 自动切换装置，使其在轻载时自动将绕组切换为 Y 形接线，以提高电动机效率，减少功率损耗。

13. 选用高效率电动机有哪些优点？怎样判断能否选用高效率电动机？

电动机的效率高，表明其损耗低。国产小型三相异步电动机的效率提高情况如表 1-4 所示。由表可见，YX 系列高效电动机的效率比 Y (IP44) 系列电动机平均高 3%。选用这种电动机，具有以下优点：

- (1) 效率高，损耗低，可以节约电能。
- (2) 功率因数高，可以减少补偿容量。
- (3) 电流较低，可以减少线路损耗。

(4) 铁芯材质好，可以降低空载损耗。

(5) 由于损耗低、发热少，因此温升不高，电动机的使用寿命较长。

(6) 振动小、噪声低。

(7) 由于温升高、振动小，可以延长轴承的使用寿命。

(8) 由于运行温度低，堵转能力强。

(9) 电动机的过载能力高，受通风故障的影响小。

表 1-4 小型三相异步电动机效率提高情况

| 产品型号 | 生产年份 | 效率提高值 (%) |
|-----------|------|-----------------|
| JO | 1953 | 仿前苏联产品 |
| JO2 | 1962 | 1~2 |
| Y (IP44) | 1981 | 0.41 |
| YX | 1985 | 3 |
| J | 1953 | 仿前苏联产品 |
| J2 | 1962 | 1~2 |
| Y (IP23) | 1983 | 0.156 (与 JS 相比) |
| YR (IP23) | 1983 | 1.69 (与 JR 相比) |

尽管 YX 系列高效电动机具有以上优点，但也并非任何场合都可选用。由于它的起动转矩比 Y 系列电动机降低 20% 左右，所以要求经常起动和需要高起动转矩的负载，不宜选用这种电动机。通常，能否选用高效率电动机，应进行综合考虑。一般来说，具备下述条件，就可选用这种电动机：

(1) 具有较高的负载率。一般来说，电动机在 75%~100% 的负载下运行，效率最高，节电效果最明显。如果电机的负载降低，则其效率和功率因数也降低，通常要求电机的负载不低于 70%。否则，增加的投资回收期很长，经济上不合算。

(2) 电机长期连续运行、而负载基本恒定。高效率电动机的起动转矩较小，不适于频繁起动，只适用于不常起动的风机、泵类等

恒定负载。通常，要求高效率电动机每年连续运行 3 000 h 以上。否则，经济效益差。

(3) 单机容量大。通常，单机容量越大、台数越多，节电效果越好。

(4) 短暂间歇运行的次数少。有些电动机即使无负载也继续运转，从节电的观点来看，应使电机停车，避免空载运行。但电机每次再起动，加速能耗较大，也不见得停转就节电。所以，电机短时间间歇运行的次数应少。

(5) 电源质量高。一般要求电源三相电压对称，电压波动在 $-5\% \sim +10\%$ 以内（当频率稳定时），频率变动在 $\pm 5\%$ 以内（当电压稳定时）。电压和频率同时变动时，二者变动的百分数之和不应超过 10%。否则，不但影响电机的正常运行，而且损耗也增加。例如，电压不平衡率达 3.5% 时，三相异步电动机的损耗将增加 20% 左右。

(6) 经济效益好。经过核算，增加的投资（增加的购价）能在短期内回收，经济效益显著。

14. 怎样选择与水泵配套的电动机？

与排灌站水泵配套的电动机，一般采用封闭式或防护式鼠笼型电动机（目前普遍采用 Y 系列电动机或 JO、JO2 系列电动机）。当水泵的型号和规格选定以后，便可从水泵产品目录（样本）中查得配套电动机的功率。如果手头无水泵产品资料，可按下式计算配套电动机的功率：

$$N_{\text{配}} = K \frac{N_{\text{轴}}}{\eta_{\text{传}}}$$

式中 $N_{\text{配}}$ 为配套电动机功率，kW； $N_{\text{轴}}$ 为水泵的轴功率，kW； K 为安全系数，可根据水泵轴功率从表 1-5 中选取； $\eta_{\text{传}}$ 为传动效率，直接传动 $\eta_{\text{传}}$ 值为 1，三角胶带传动为 0.95，平胶带传动为 0.92，平胶带半交叉传动为 0.9。

水泵轴功率 $N_{\text{轴}}$ 可按下式求出：

$$N_{\text{轴}} = \frac{\gamma Q H}{102 \eta} \quad (\text{kW})$$

式中 γ ——水的容量, 1kg/L;
 Q ——水泵流量, L/s;
 H ——水泵最大扬程, m;
 η ——水泵效率, %。

表 1-5 安全系数

| 水泵轴功率 (kW) | <5.0 | 5.0~10.0 | 10.0~50.0 | 50.0~100.0 | >100.0 |
|---------------|---------|----------|-----------|------------|--------|
| K | 2.0~1.3 | 1.3~1.2 | 1.2~1.1 | 1.1~1.05 | 1.05 |

15. 怎样按运行方式、使用环境和生产机械工况选用电动机?

按运行方式、使用环境和生产机械工况选用电动机时, 可参照表 1-6、表 1-7 和表 1-8 来选择。

表 1-6 按运行方式选用电动机

| 运行方式 | 优先选用的型式 | 应用举例 |
|----------------------------------|----------|------------|
| 对起动、调速和制动均无特殊要求 | 鼠笼式电动机 | 一般机械、风机、水泵 |
| 功率较大, 且要求长期运转 | 同步电动机 | 轧钢机、大型水泵 |
| 要求几种速度, 但不要求无级调速 | 多速鼠笼式电动机 | |
| 调速质量要求不高, 调速比不大或按起动条件不宜采用鼠笼式电动机时 | 绕线式电动机 | |
| 对调速和制动要求较高时 | 直流电动机 | |

表 1-7

按使用环境选用电动机

| 电动机安装使用环境 | | 优先选用的防护型式 |
|------------------|---------|---|
| 在正常环境的室内 | 一般 | 普通防护型 |
| | 可能有水滴飞溅 | 防滴、防溅型 |
| 在湿热带地区 | | 湿热带型 |
| 在有较多粉尘的场所 | 导电性粉尘 | 防尘密封型 |
| | 非导电性粉尘 | 防尘型 |
| 空气中常有腐蚀性气体或游离物 | | 化工防腐型，管道通风型 |
| 在露天，要求防日晒、雨雪、风沙等 | | 防尘型 |
| 用于油井、水淹井等液体介质中 | | 潜油式异步电动机（一般为立式三相、二极的 YQY 型电动机，功率为 17 kW 和 40 kW 两种） |

表 1-8

按生产机械工况选用电动机

| 生产机械工况 | 优先选用的型式 |
|------------|--|
| 短时工作制的生产机械 | 间歇定额电动机，或按过载转矩选用断续定额电动机 |
| 断续工作制的生产机械 | 负载持续率小于 60% 时，选用断续定额电动机；大于 60% 时，选用连续定额电动机 |
| 连续工作制的生产机械 | 负载持续率小于 60% 时，选用断续定额电动机；大于 60% 时，选用连续定额电动机 |

16. 怎样选择电动机的电压？

电动机的电压，一般应根据电机的容量、使用地点的电源电压和供电线路的长度来选择。下面介绍三相异步电动机电压的选择。

(1) 由于低压使用最普遍，而且低压电源也最易获得，所以 100 kW 以下的电动机，一般都制成低压电动机。低压电动机价格低廉，操作方便。通常，额定电压为 380 V 的三相异步电动机，可与照明负载共用三相四线制配电系统。目前国内生产的低压鼠笼式电动机，容量为 4 kW 或 4.5 kW 以上者，其额定相电压一般为 380 V，所以正常运行时接成三角形，起动时可实行 Y- Δ 降压起动；容量为 4.5 kW 或 4 kW 以下者，其额定相电压为 220 V，所以正常运行时接成星形。

(2) 当高压电源电压为 6 kV 时，容量为 200 kW 及以上的电动机，其额定电压可为 6 kV，因为高压电动机省铜，并且其体积也较小。但容量在 200 kW 以下的电动机，则宜采用 380 V 电压。

(3) 当高压电源电压为 10 kV 时，容量为 100 kW 及以上的电动机，其额定电压可为 3 kV，但此时必须另设 10/3 kV 电力变压器；容量在 100 kW 以下的电动机，一般采用 380 V 电压。

(4) 煤矿采煤机用的电动机，其接线方式多为 380/660 V (Δ /Y)、660 V (Δ) 和 660/1140 V (Δ /Y) 等几种，因为这类异步电动机的供电线路较长，若采用低电压，则线路损耗和电压降均较大。至于煤矿其他机械用的电动机，常采用 380/660 V 接线方式。

17. 怎样选择电动机的转速？

在额定容量相同的电动机中，额定转速越高者，尺寸越小，重量也越轻，因而也越经济。但是，生产机械的运转速度是一定的，选用的拖动电动机的转速越高，传动装置的传动比也必然越大。因此，应全面考虑技术经济指标、所拖动物机械的转速和工作制来合理选择电动机的转速。

(1) 不需要调速的中、高转速机械。中、高转速机械，是指转

速为 1 000 r/min 及以上的机械（如水泵、压缩机、鼓风机等）。这类机械宜选用相应转速的 Y 系列电动机，如 Y（IP44）、Y（IP23）、YX、YA、YB、Y-H、Y-W 等系列电动机，电机直接（不通过减速机）与所拖动的机械相连接。

(2) 不需要调速的低转速机械。低转速机械，是指转速在 1 000 r/min 以下的机械（如球磨机、旋转炉窑、轧机等）。这类机械宜选用适当转速的电动机（如 YCJ、YXJ 或其他 Y 系列电动机）通过减速机来传动；某些低速断续周期工作制机械，宜采用低速电动机与机械直接相连接。

必须指出，对于大功率的传动，要考虑大功率、大转速比的减速机的加工制造和维修都不方便等因素，因此电动机的转速不宜过高。

(3) 频繁起动、制动的断续周期工作制机械。由于频繁起动、制动和正、反转，生产机械（如提升机等）几乎经常在起动、制动状态下运转，此时电动机的转速除了应满足生产机械所要求的最高稳定工作速度之外，还要保证生产机械达到最大的加速度、减速度而选择最合适的传动比（指需要采用减速机时），以使生产机械具有最高的生产率。在这种情况下，一般可选用 YZ、YZR、YH、YEJ 等系列电动机。

(4) 需要调速的连续工作制机械。一般根据以下要求来选择电动机：

① 调速范围要与机械的要求相符。在电动机承受额定负载下，转差率不大于某一规定值时，电动机能产生的最高工作转速（ n_{\max} ）与最低工作转速（ n_{\min} ）之比，称为调速范围，或称调速比（ D ）：

$$D = \frac{n_{\max}}{n_{\min}}$$

不同生产机械对调速范围有不同要求，如金属切削机床要求 $D = 4 \sim 40$ ，其中车床为 $10 \sim 20$ ，铣床为 $20 \sim 30$ ，龙门刨床为 $10 \sim 40$ 。其他机械如印染机， $D = 3 \sim 10$ ，造纸机、塑料生产机为 $3 \sim$

20, 轧钢机为 3~120。某些空气压缩机和泵, 要求调速改变流量, 节约用电, 应使 $D < 2$ 。

②调速精度应满足机械的转差率要求。不同生产机械对静转差率 (S) 有不同要求, 如普通车床要求 $S \leq 30\%$, 而高精度的造纸机要求 $S \leq 0.1\%$, 但大部分机械要求 $S \approx 1\% \sim 3\%$ 。

③调速方式要适应生产机械的负载类型。如恒转矩负载不宜采用恒功率调速方案; 要求无级调速的, 不宜采用变极调速, 可用有级调速的, 则不必采用无级调速。

此外, 还要注意, 自冷风扇式电动机的散热效果与转速有关, 这种电机不宜长期低速运行, 否则, 应采取加强通风散热措施。选择这类电动机的转速时, 不可忽略这一因素。

18. 选择电动机的容量 (功率) 应注意哪些问题?

(1) 电动机容量的选择, 在满足生产机械要求的前提下, 应“恰到好处”。如果容量选得过大 (即通常所说的“大马拉小车”), 则不能充分利用和发挥电动机的能力, 电动机的效率和功率因数都偏低 (表 1-9), 造成电能和资金的浪费, 同时也导致电网电压下降。如果容量选得过小 (即通常所说的“小马拉大车”), 则电机往往不能起动, 即使能够起动, 电流也会超过额定值, 电机将过热甚至烧毁。

表 1-9 异步电动机的功率因数和效率随负载的变化

| 负载情况 | 空载 | 1/4 负载 | 2/4 负载 | 3/4 负载 | 满载 |
|------|-----|--------|--------|--------|-------|
| 功率因数 | 0.2 | 0.5 | 0.77 | 0.85 | 0.89 |
| 效率 | 0 | 0.78 | 0.85 | 0.88 | 0.875 |

(2) 电动机的容量不可任意选择。标准电动机的额定容量是分级的, 选择标准电动机时, 一般都是往上靠级。

(3) 选择电动机的容量, 应注意起动转矩、最大转矩是否满足

负载机械的要求。如果这两项指标不符合要求，即使电动机的容量选择得当，也会引起故障。

(4) 选择电动机的容量，要注意工作定额是连续定额还是短时定额。在条件许可的情况下，采用短时定额电机比较经济。因为在容量相同的情况下，与连续定额电机相比，短时定额电机不但价格低，重量小，而且最大转矩也大。

(5) 在实际生产中，生产机械的负载性质多种多样，有时不可能按照发热条件来选择电动机的额定容量。例如，有些生产机械存在短时的较大负载，在这段时间内，电机的温升不会达到很高值。如果按照发热条件选配电动机，则可能受到过载能力的限制，不允许电动机在短时间内带动较大的负载，因而不得不按照过载条件来选择额定容量较大的电动机。又如，对于一些要求快速启动、制动的生产机械，也必须选择额定容量较大的电动机，以满足缩短启动、制动时间的要求。在这些情况下，从发热的观点来看，虽然电动机未得到充分利用，但按过载条件却得到了充分利用，因此，这样选择电动机的额定容量也是合理的。

(6) 异步电动机的转矩与端电压的平方成正比（即 $T \propto U_1^2$ ）。也就是说，即使端电压稍有降低，电动机的转矩也会显著减小，严重时电动机不能启动。此外，端电压降低还会引起电动机过热，甚至缩短电动机的使用寿命。因此，确定电动机的容量时，对此应予以充分注意。

(7) 有些机械设备（如水泵、农副产品加工机械等）的铭牌上标明需要配套的电动机容量，或者从有关机械产品的说明书中可以直接查到配套电动机的容量，在这种情况下，直接选配电动机即可，无需进行计算。

(8) 选择电动机的容量，还要考虑配电变压器容量的大小。通常，直接启动的最大一台电动机的容量，不宜超过变压器容量的 $1/3$ 。

19. 什么叫做电动机的连续容量和短时容量？怎样选择电动机的容量（功率）？

电动机的容量主要取决于绕组绝缘的温升。连续容量，是指电动机长期运行而温升不超过一定限度所能负担的最大负荷。短时容量，是指电动机运行时间很短（例如 15 min、30 min 等），而停车时间则很长，电机温升不超过一定限度所能负担的最大负荷。显然，同一台电动机的短时容量大于连续容量。

电动机的容量，一般是根据它的发热情况来选择的。在允许温度以内，电动机绝缘材料的寿命（即电动机的寿命）为 15 年~25 年。如果超过允许温度，则电动机的使用年限就会缩短。电动机的发热情况还与负载大小和运行时间长短（运行方式）有关，所以应按不同的运行方式来选择电动机的容量。电动机的运行方式通常可分为长期运行、短时运行和断续周期运行三种。下面分别说明三种运行方式下电动机容量的选择。

(1) 长期运行电动机容量的选择。根据负载性质分以下两种情况：

①在恒定负载下长期运行的电动机，如果知道负荷的功率 P_1 ，则可按下式计算电动机的额定容量 P_e ：

$$P_e = \frac{P_1}{\eta_1 \eta_2} \quad (\text{kW})$$

式中 η_1 ——所拖动物械的效率，一般取 0.6~0.7；

η_2 ——传动效率，一般也取 0.6~0.7。

如果已知电动机轴上的负载转矩，则电动机容量的估算公式为

$$P_e = \frac{T_e n_e}{9550} \quad (\text{kW})$$

式中 T_e ——电动机轴上的负载转矩，N·m；

n_e ——电动机的额定转速，r/min。

通过计算求出的电动机额定容量 P_e ，不一定正好与产品样本上的电动机容量相同。因此，选择电动机的容量时，可使额定容量

稍大于产品样本上的电动机容量，即往上靠级。

②在变动负载下长期运行的电动机，常采用等效负载法来选择其容量，即假设一个恒定负载来代替实际的变动负载（二者的发热情况应相同），然后按上述①的原则来选择电动机的容量，所选容量应等于或略大于等效负载。

(2) 短时运行电动机容量的选择。所谓电动机短时运行，是指电动机的温升在工作期间尚未达到稳定值就停止运转，电动机能完全冷却到周围环境温度。

电动机短时运行时，允许过载。通常，工作时间越短，过载可以越大。但过载量也不能无限增大，必须小于电动机的最大转矩。短时运行电动机的容量，可根据过载系数 λ （ $\lambda = \text{最大转矩} / \text{额定转矩}$ ）来选择，电动机的额定容量 \geq 生产机械所要求的功率/ λ 。

(3) 断续周期运行电动机容量的选择。专门用于断续周期运行的交流异步电动机有 JZR、JZ 和 YZ、YZR 等系列，直流并励电动机有 ZZJ 系列，可根据负荷功率从这些系列电动机的产品样本中选取相应容量的电动机。

此外，也可用类比法来选择电动机的容量。所谓类比法，就是与类似生产机械所用电动机的容量进行对比。具体做法是：了解本单位或附近其他单位的类似生产机械使用多大容量的电动机，然后选用相近容量的电动机进行试车。试车的目的是验证所选电动机与生产机械是否匹配。验证的方法是：使电动机带动生产机械运转，用钳形电流表测量电动机的工作电流，将测得的工作电流与该电动机铭牌上标出的额定电流进行对比。如果电动机的实际工作电流与铭牌上标出的额定电流上下相差不大，则表明所选电动机的容量合适。如果电动机的实际工作电流比铭牌上标出的额定电流低 70% 左右，则表明电动机的容量过大，应调换容量较小的电动机。如果测得的电动机工作电流比铭牌上标出的额定电流大 40% 以上，则表明电动机的容量选得过小，应调换容量较大的电动机。

为了快速选择电动机的容量，如果电动机的负载变化不大，各种平均负载时可按表 1-10 选择电动机的容量。

表 1-10 各种平均负载时推荐选用的电动机容量 (kW)

| 平均负载功率 (kW) | JO2 系列 | | | | Y (IP-44) 系列 | | | |
|----------------|--------|-----|-----|-----|--------------|------|------|-----|
| | 2 极 | 4 极 | 6 极 | 8 极 | 2 极 | 4 极 | 6 极 | 8 极 |
| 0.08 | 0.8 | 0.6 | 0.8 | 2.2 | 0.75 | 0.55 | 0.75 | 2.2 |
| 0.16 | 0.8 | 0.6 | 0.8 | 2.2 | 0.75 | 0.55 | 0.75 | 2.2 |
| 0.24 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 2.2 | 0.75 | 0.55 | 0.75 | 2.2 |
| 0.32 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 2.2 | 0.75 | 0.55 | 0.75 | 2.2 |
| 0.40 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 2.2 | 1.1 | 1.1 | 0.75 | 2.2 |
| 0.48 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 3 | 1.1 | 1.1 | 0.75 | 2.2 |
| 0.56 | 0.8 | 1.5 | 1.1 | 3 | 1.1 | 1.5 | 0.75 | 2.2 |
| 0.64 | 1.1 | 1.5 | 1.1 | 3 | 1.1 | 1.5 | 1.1 | 2.2 |
| 0.72 | 1.5 | 1.5 | 1.1 | 3 | 1.1 | 1.5 | 1.1 | 2.2 |
| 0.80 | 2.2 | 1.5 | 1.1 | 3 | 2.2 | 1.5 | 1.1 | 2.2 |
| 0.88 | 2.2 | 1.5 | 1.1 | 3 | 2.2 | 1.5 | 2.2 | 2.2 |
| 0.96 | 2.2 | 1.5 | 1.5 | 3 | 2.2 | 1.5 | 2.2 | 2.2 |
| 1.12 | 2.2 | 1.5 | 1.5 | 3 | 2.2 | 1.5 | 2.2 | 2.2 |
| 1.28 | 2.2 | 3 | 2.2 | 3 | 2.2 | 2.2 | 3 | 3 |
| 1.44 | 2.2 | 3 | 2.2 | 3 | 2.2 | 2.2 | 3 | 3 |
| 1.60 | 4 | 3 | 3 | 4 | 2.2 | 2.2 | 5.5 | 3 |
| 1.76 | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 5.5 | 3 |
| 1.92 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5.5 | 3 |
| 2.08 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5.5 | 3 |
| 2.24 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5.5 | 3 |
| 2.40 | 4 | 5.5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5.5 | 4 |
| 2.56 | 5.5 | 5.5 | 7.5 | 4 | 4 | 7.5 | 5.5 | 4 |
| 2.88 | 5.5 | 5.5 | 7.5 | 5.5 | 5.5 | 7.5 | 5.5 | 5.5 |
| 3.20 | 5.5 | 5.5 | 7.5 | 5.5 | 5.5 | 7.5 | 5.5 | 5.5 |
| 3.52 | 5.5 | 10 | 7.5 | 5.5 | 5.5 | 7.5 | 5.5 | 5.5 |
| 3.84 | 7.5 | 10 | 7.5 | 5.5 | 7.5 | 7.5 | 5.5 | 5.5 |
| 4.16 | 7.5 | 10 | 7.5 | 5.5 | 7.5 | 7.5 | 5.5 | 5.5 |
| 4.48 | 7.5 | 10 | 7.5 | 5.5 | 7.5 | 7.5 | 5.5 | 7.5 |
| 4.80 | 7.5 | 10 | 11 | 5.5 | 7.5 | 7.5 | 5.5 | 7.5 |
| 5.12 | 7.5 | 10 | 11 | 10 | 7.5 | 7.5 | 7.5 | 7.5 |
| 5.44 | 7.5 | 10 | 11 | 10 | 7.5 | 7.5 | 7.5 | 7.5 |
| 5.76 | 7.5 | 10 | 11 | 10 | 7.5 | 7.5 | 11 | 7.5 |
| 6.08 | 7.5 | 10 | 11 | 10 | 7.5 | 7.5 | 11 | 7.5 |
| 6.40 | 7.5 | 10 | 17 | 10 | 7.5 | 7.5 | 11 | 15 |
| 6.72 | 13 | 10 | 17 | 10 | 7.5 | 11 | 11 | 15 |
| 7.04 | 13 | 10 | 17 | 10 | 7.5 | 11 | 11 | 15 |
| 7.36 | 13 | 10 | 17 | 10 | 7.5 | 11 | 11 | 15 |

续表

| 平均负载功率 (kW) | JO2 系列 | | | | Y (IP-44) 系列 | | | |
|----------------|--------|-----|-----|-----|--------------|------|-----|-----|
| | 2 极 | 4 极 | 6 极 | 8 极 | 2 极 | 4 极 | 6 极 | 8 极 |
| 7.68 | 13 | 10 | 17 | 22 | 18.5 | 11 | 15 | 15 |
| 8.32 | 13 | 10 | 17 | 22 | 18.5 | 11 | 15 | 15 |
| 8.96 | 13 | 13 | 17 | 22 | 18.5 | 18.5 | 15 | 15 |
| 9.60 | 13 | 17 | 17 | 22 | 18.5 | 18.5 | 15 | 15 |
| 10.24 | 13 | 17 | 17 | 22 | 18.5 | 22 | 15 | 15 |
| 10.88 | 13 | 17 | 17 | 22 | 18.5 | 22 | 15 | 22 |
| 11.52 | 13 | 30 | 22 | 22 | 18.5 | 22 | 15 | 22 |
| 12.16 | 17 | 30 | 22 | 22 | 18.5 | 22 | 22 | 22 |
| 12.80 | 17 | 30 | 22 | 22 | 18.5 | 22 | 22 | 22 |
| 13.44 | 17 | 30 | 22 | 22 | 18.5 | 22 | 22 | 22 |
| 14.08 | 17 | 30 | 22 | 22 | 18.5 | 22 | 22 | 22 |
| 14.72 | 17 | 30 | 22 | 22 | 18.5 | 22 | 22 | 22 |
| 15.36 | 17 | 30 | 22 | 22 | 18.5 | 22 | 22 | 22 |
| 16.00 | 17 | 30 | 22 | 22 | 18.5 | 22 | 22 | 22 |
| 16.64 | 17 | 30 | 22 | 22 | 18.5 | 22 | 22 | 22 |
| 17.28 | 22 | 30 | 22 | 22 | 18.5 | 22 | 22 | 22 |
| 17.92 | 22 | 30 | 22 | 22 | 18.5 | 22 | 22 | 22 |
| 18.56 | 30 | 30 | 30 | 22 | 22 | 30 | 22 | 22 |
| 19.20 | 30 | 30 | 30 | 22 | 22 | 30 | 22 | 22 |
| 19.84 | 30 | 30 | 30 | 22 | 22 | 30 | 22 | 22 |
| 20.48 | 30 | 30 | 40 | 22 | 22 | 30 | 22 | 22 |
| 21.76 | 30 | 30 | 55 | 55 | 37 | 30 | 30 | 30 |
| 23.04 | 30 | 30 | 55 | 55 | 37 | 30 | 30 | 30 |
| 24.32 | 30 | 40 | 55 | 55 | 37 | 30 | 37 | 30 |
| 25.60 | 30 | 40 | 55 | 55 | 37 | 30 | 37 | 30 |
| 26.88 | 30 | 40 | 55 | 55 | 45 | 30 | 37 | 45 |
| 28.16 | 30 | 40 | 55 | 55 | 45 | 30 | 55 | |
| 29.44 | 30 | 40 | 55 | 55 | 45 | 30 | | |
| 30.72 | 40 | 40 | 55 | 55 | 45 | 45 | | |
| 32.00 | 40 | 40 | 55 | 55 | 45 | 45 | | |
| 33.28 | 40 | 40 | 55 | 55 | 45 | 45 | | |
| 34.56 | 40 | 40 | 55 | 55 | 45 | 45 | | |
| 35.84 | 40 | 55 | 55 | 55 | 45 | 45 | | |
| 37.12 | 40 | 55 | 55 | 55 | 45 | 45 | | |
| 38.40 | 40 | 75 | 75 | 55 | 45 | 45 | | |
| 40.96 | 75 | 75 | | 55 | 45 | 55 | | |

续表

| 平均负载功率 (kW) | JO2 系列 | | | | Y (IP-44) 系列 | | | |
|----------------|--------|-----|-----|-----|--------------|-----|-----|-----|
| | 2 极 | 4 极 | 6 极 | 8 极 | 2 极 | 4 极 | 6 极 | 8 极 |
| 43.52 | 75 | 75 | | | 45 | 55 | | |
| 46.08 | 75 | 75 | | | 55 | 55 | | |
| 48.64 | 75 | 100 | | | 55 | 55 | | |
| 51.20 | 75 | | | | 55 | 55 | | |
| 53.76 | 75 | | | | 55 | 90 | | |
| 56.32 | 75 | | | | 75 | | | |
| 58.88 | 75 | | | | 75 | | | |
| 61.44 | 75 | | | | 75 | | | |
| 64.00 | 75 | | | | 75 | | | |
| 66.56 | 75 | | | | 75 | | | |
| 69.12 | 100 | | | | 75 | | | |
| 71.68 | | | | | 75 | | | |
| 74.24 | | | | | 75 | | | |
| 76.08 | | | | | 90 | | | |

20. 怎样计算机床传动电动机的功率?

金属切削机床的传动部分分为主传动、进给、辅助等机构。其传动电动机的功率计算公式列于表 1-11。

表 1-11 机床传动电动机功率计算公式

| | 主传动电动机 | 进给传动电动机 | 辅助传动电动机 |
|-----|--|---|---|
| 不调速 | $P_e \geq \frac{T_1 n_e}{9550}$ 式中: P_e 为电动机额定功率, kW T_1 为电动机负载阻转矩, N·m n_e 为电动机额定转速, r/min | $P_e = \frac{\sum F v_{\max}}{6000 \eta_d}$ 式中: $\sum F$ 为进给传动的总阻力, N v_{\max} 为最大进给速度, m/min η_d 为进给传动效率 | $P_e \geq \frac{W \mu v}{6000 \eta_d}$ $T_{st} \geq T_{kt}$ $T_{kt} = \frac{9550 W \mu_0 v}{60000 n_m \eta_d}$ 式中: T_{st} 为电动机起动转矩, N·m T_{kt} 为起动时负载转矩, N·m W 为移动件重力, N v 为移动速度, m/min μ 为摩擦系数, 取 0.1 μ_0 为静摩擦系数, 取 0.2 n_m 为电动机转速, r/min |

续表

| | | 主传动电动机 | 进给传动电动机 | 辅助传动电动机 |
|----|---------|--|---|---|
| 调速 | 交流多速电动机 | $P_e \geq \frac{P_{cut}}{\eta_{min}}$ 式中: P_{cut} 为机床最大切削功率, kW η_{min} 为传动最低功率 | $T_e \geq T_l$ 式中: T_e 为电动机额定转矩, N·m | |
| 调速 | 直流电动机 | $P_e \geq P_w P_L = \frac{P_L}{R_n B} R^1 / m_{mec}$ 式中: R_w 为调电压调速范围 P_L 为主传动负载功率, kW $R_n B$ 为调磁场调速范围 R^1 为主传动总调速范围 m_{mec} 为机械变速级数 | $P_e \geq \alpha v P_L = \frac{\alpha v \cdot \sum F v_{max}}{60000 \eta_d} \quad (\text{kW})$ 式中: P_L 为进给传动负载功率, kW αv 为通风散热恶化系数 | |
| 说明 | | 大多数机床主传动, 接近恒功率运行, 在采用电气调压调速时, 为了不使电动机功率增加太多, 宜采用调电压、调磁场和机械变速相配合的方案, 一般 $R_w = 2 \sim 3$, $R_n B = 1.75$, $m_{mec} = 2 \sim 4$ | 大多数机床进给传动为恒转矩运行, 在调电压调速时, 对于自通风的直流电动机, 应考虑降低转速运行通风散热条件恶化的影响, 当调速范围为 1:100 时, $\alpha v = 0.8$ | 辅助传动多为短时运行, 一般为带负载启动, 所以电动机发热不是主要问题, 应重点校验启动转矩和过载能力 |

用统计分析法分析各种先进机床用电机的功率，所得出的几种计算电动机功率的经验公式见表 1-12。

表 1-12 几种机床电动机功率计算经验公式

| 机床名称 | 电动机功率计算公式 | 符号说明 |
|------|---------------------------------------|--|
| 车床 | $P = 36.5D^{1.54}$ (kW) | D 为工件的最大直径, m |
| 立式车床 | $P = 20D^{0.86}$ (kW) | D 为工件的最大直径, m |
| 摇臂钻床 | $P = (0.04 \sim 0.005) D^{1.18}$ (kW) | D 为最大孔直径, mm; 直径大者系数取大值 |
| 外圆磨床 | $P = 0.097K_{bc} \cdot b$ (kW) | b 为砂轮宽度, mm K_{bc} 为系数, 滚动轴承时 $K_{bc} = 0.8 \sim 1.1$; 滑动轴承时 $K_{bc} = 1.0 \sim 1.3$ |
| 卧式镗床 | $P = 0.004D^{1.6}$ (kW) | D 为镗床主轴直径, mm |
| 龙门铣床 | $P = \frac{b^{1.1}}{166}$ (kW) | b 为工作台宽度, mm |

21. 怎样测定无铭牌交流电动机的额定数据?

(1) 额定电压。电动机的额定电压，可用空载试验求出。试验时，对电动机施以 50Hz 电源的电压，从电机能转动的最小电压开始，逐渐增高电压，直到空载电流开始迅速增大为止，然后绘出空载电流 I_0 与所加电压 U 的关系曲线（图 1-6）。

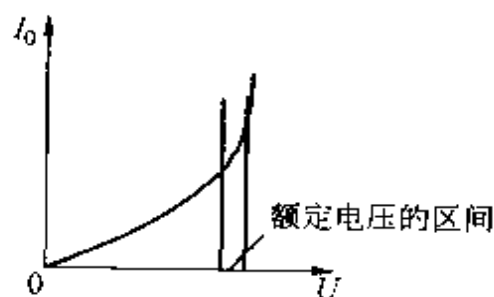


图 1-6 电动机的空载电流曲线

由于电动机的额定电压通常在空载电流曲线的弯曲部分，所以从该部分可找到某电压值与电动机常用电压（110V、127V、220V、380V、500V、600V、2 200V、3 000V、3 300V、6 000V、6 600V）相符合，这个电压值就是电动机的额定电压。

如果在曲线的弯曲部分找不到一个电动机常用的电压，则表明该电动机可能不是用于 50Hz 电源，此时可用 60Hz 电源重做试验来确定电动机的额定电压。

(2) 同步转速和极数。电动机在已知电压下空转时，可认为其转速近似于同步转速，所以使用转速表即可测定电动机的同步转速，再根据转速算出极数。

(3) 额定电流。电动机定子绕组的额定相电流可用下式表示：

$$I_{\text{N}} = jS$$

式中 j ——电动机定子绕组的允许电流密度， A/mm^2 ；

S ——定子每相绕组导线的总截面面积， mm^2 。

允许电流密度 j 与电动机的型式、冷却方法和绝缘等级有关。图 1-7 示出不同冷却方法、不同容量的电动机的允许电流密度关系。首先根据电动机的外形尺寸估算出电动机的容量 P ，然后考虑冷却方法从曲线上取一个适当的电流密度值。这样，由导线截面积就可算出电动机的额定电流。

如果电动机的工作方式是短时的或短时反复的工作方式，则定

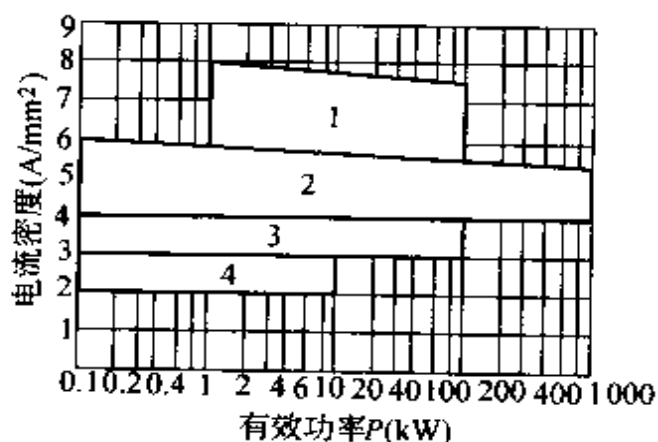


图 1-7 电流密度与有功功率的关系

1. 强迫通风；2. 正常通风；3. 表面吹风的封闭式；4. 封闭式

子绕组的允许电流密度可适当取大一些的值。

(4) 额定容量。电动机的额定容量 P_e (即输出功率) 可用下式表示:

$$P_e = \frac{\sqrt{3}U_x I_x \cos\varphi \eta}{1000} = s \cos\varphi \eta \quad (\text{kW})$$

式中 $s = \frac{\sqrt{3}UI}{1000}$ (kV·A) 表示电动机的视在功率, 其大小可根据已测出的 U_x (线电压) 和 I_x (线电流) 算出。

图 1-8 a、b、c、d 分别示出绕线式和鼠笼式异步电动机在不同转速和不同视在功率时的效率 $\eta = f(s)$ 和功率因数 $\cos\varphi = f(s)$ 的曲线。

因此, 根据已知的 P 和转速 n , 从上述曲线上就可找出 η 和 $\cos\varphi$ 值, 将这些数据代入式中就可求出电动机近似的额定容量 P_e 。

如果认为从曲线上查得的 $\cos\varphi$ 和 η 值太大, 可视具体情况适当减小一些。

下面举一实例来说明测定电动机额定数据的具体方法。有一台无铭牌的鼠笼式异步电动机, 定子三相绕组为星形接线, 正常通风。

由空载试验测出电动机的额定线电压为 380 V, 同步转速为 1500 r/min。

定子每相绕组的导线总截面面积 $S = 3.3 \text{ mm}^2$ 。由电动机的外形尺寸可以看出, 它的容量大约是 5~10 kW。这样, 可从图 1-7 上查出电动机的允许电流密度约为 4.5 A/mm^2 , 因此定子绕组的相电流为 $I_{\text{相}} = 4.5 \times 3.3 = 14.8 \text{ A}$, 视在功率 s 为

$$s = \frac{\sqrt{3}U_x I_x}{1000} = \frac{\sqrt{3} \times 380 \times 14.8}{1000} = 9.75 (\text{kV} \cdot \text{A})$$

从图 1-8 a、b 的曲线上查出 1500 r/min 鼠笼式电动机的效率和功率因数分别为

$$\eta = 86\% \quad \cos\varphi \approx 86\%$$

取效率的实际值较查得值低 3%, 功率因数低 2%, 即实际上

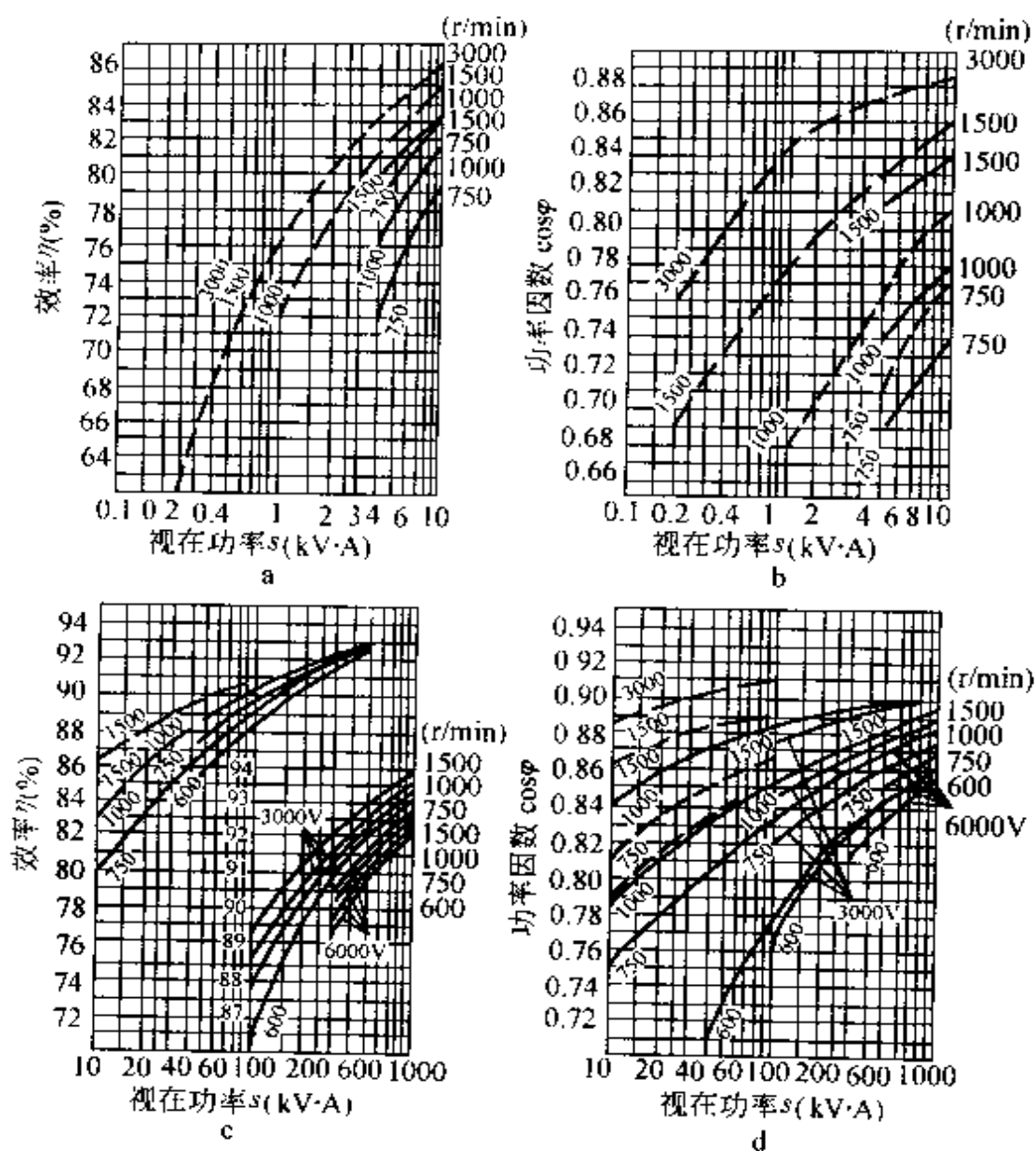


图 1-8 绕线式和鼠笼式电动机的效率和功率因数曲线

——绕线式 鼠笼式

$\eta = 83\%$ ， $\cos\varphi = 84\%$ ，所以该电动机的近似额定容量 P_e 应为

$$P_e = \frac{\sqrt{3}U_x I_x \cos\varphi \eta}{1000} = \frac{\sqrt{3} \times 380 \times 14.8 \times 0.84 \times 0.83}{1000} = 6.8(\text{kW})$$

(5) 用温升试验来校核测出的容量。温升试验的目的是在额定状态（额定容量、额定电压、额定频率）下测出电动机各部分的温升曲线，从而确定电动机的稳定温升值。

电动机的额定容量，就是在电动机各部分的温升不超过某允许值的情况下，轴上的有功功率。因此，根据温升就可校核上面求出的电动机额定容量是否正确。

由温升试验确定的电动机绕组和铁芯对周围介质的温升如果不在规定范围以内（表 1-13），则说明由试验测得的电动机容量与它的实际额定容量不符。

表 1-13 电动机绕组的允许温升

| 电动机容量 | A 级绝缘温升 (°C) | | B 级绝缘温升 (°C) | |
|--------------|--------------|-------|--------------|-------|
| | 温度计测量 | 电阻法测量 | 温度计测量 | 电阻法测量 |
| 小于 500 kW | 60 | 65 | 75 | 85 |
| 较小容量 的封闭式 | 60 | 70 | 75 | 90 |

如果温升试验得出的温升太低，则说明由试验测出的容量太小；如果得出的温升太高，则说明由试验测出的容量太大。在这两种情况下，都应重新选取允许电流密度值再算出 P_e 值，然后再进行温升试验来校核，直到相符为止。

22. 对电动机的安装场所有哪些要求？

(1) 潮气少。电动机在潮湿环境运行，其绕组绝缘电阻降低，漏电的可能性增大，存在不安全隐患。因此，电动机应在干燥或潮气少的场所工作。如果在潮湿环境中使用电动机，则应采取必要的防潮措施，如垫高安装基础，使电动机与潮湿地面保持一定高度，或者加装换气扇、吸湿机等，改善潮湿环境条件。

(2) 通风良好。电动机运行时必然发热，使周围环境温度升高。如果通风条件差，环境散热速度慢，则电动机将过热而烧毁。因此，电动机安装场所必须通风良好。如果因工作需要，电动机不得不在高温、闭塞的场所运行，则必须加装换气扇或通风设备，以改善通风条件。

(3) 粉尘少。如果电动机工作地点的粉尘过多，即使是全封闭式电动机，粉尘也会附着于电动机绕组上，使散热效果减小，导致电动机过热或绝缘电阻下降。所以，安装电动机时应选择清洁干净的场所。如果电动机须装在特定的环境中，无法避免粉尘影响，则应采取附加防尘措施（如加强通风换气或安装吸尘设备），或选用全封闭式防尘电动机。

(4) 便于使用维护。电动机安装场所的选择，除保证电动机能正常工作外，还应考虑避免或减小对操作和维护电动机的妨碍。如果电动机装在狭小或与其他设备距离太近的地点，使电工人员的操作碍手碍脚，则容易引起操作失误，维护疏忽。通常，电动机与其他生产设备应保持一定距离（一般至少 1.3 m），以便于电动机的运输、检修、监视和清扫。

此外，电动机安装场所不得有腐蚀性气体和严重振动。如果电动机装在室外，则应防日晒雨淋和霜雪侵袭（通常可搭一简易凉棚加以防护）。

23. 对电动机的安装基础怎样进行设计计算？

(1) 首先确定基础顶部面积 A 。基础顶部面积的大小，根据电动机底盘的尺寸来确定，一般是底盘面积再每边外加 50~250 mm，就是基础顶部面积。

(2) 基础底面土壤所承受的总重量 W ，可按下式计算：

$$W = W_1 + W_2 \quad (\text{kg})$$

式中 W_1 ——电动机的重量，kg；

W_2 ——基础本身的重量，kg。

电动机的重量，可从其铭牌上查到。基础本身的重量，对于振动不很剧烈的普通电动机，一般为 3~4 倍电动机的重量。

(3) 基础的深度 h 可由下式求得：

$$h = \frac{W_2}{GA} \quad (\text{m})$$

式中 A ——基础顶部面积， m^2 ；

G ——基础单位体积重量, kg/m^3 。

各种材料建造的基础的单位体积重量如下: 砖砌基础—— $1600 \text{ kg}/\text{m}^3$; 碎砖混凝土基础—— $1800 \sim 2000 \text{ kg}/\text{m}^3$; 碎石混凝土基础—— $2200 \sim 2400 \text{ kg}/\text{m}^3$ 。

按上式求出的基础深度 h , 应与地脚螺栓长度进行比较, 核对基础深度是否合适。通常, 基础深度应为地脚螺栓长度的 $1.5 \sim 2.0$ 倍 (表 1-14)。

(4) 最后求出土壤单位面积上所承受的压力 σ , 其计算式为

$$\sigma = \frac{10W}{A} \quad (\text{Pa})$$

按上式求出的 σ 值应小于土壤的允许应力。土壤允许应力对土壤单位面积所承受的压力叫做安全系数 (一般用 K 表示), 取安全系数 $K = 3 \sim 5$ 。如果计算结果安全系数不够大, 则应将原假定的面积适当加大, 并重新进行核算。

表 1-14 基础深度与地脚螺栓规格的关系

| | | | | | | | | | |
|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----|
| 基础最小高度 (mm) | | 400 ~ 500 | 450 ~ 400 | 600 ~ 800 | 850 ~ 1500 | 1150 ~ 1550 | 1400 ~ 1850 | 1400 ~ 1850 | |
| | 地脚 螺栓 规格 | 长度 (mm) | 254 | 305 | 405 | 560 | 760 | 915 | 915 |
| | | 直径 (mm) | 9 | 12 | 12 | 16 | 19 | 22 | 25 |

24. 构筑电动机的安装基础应遵循哪些原则?

(1) 构筑基础以前, 对基础的各项参数应进行计算 (见 23 问)。

(2) 基础应构筑在坚实的土壤上, 基础主要由混凝土或钢筋混凝土筑成, 但在农村也可用红砖或石块砌筑。

(3) 基础应坚固、结实, 并有一定的刚度; 安装面应平整, 不得倾斜或凹凸不平, 否则, 电机运行不平稳或倾斜、位移而产生振

动，导致轴承损坏，甚至电机振动而松弛损伤。

(4) 基础应有足够的承重力，能承受静载荷和动载荷，能防止下沉移动和振动。

(5) 无论电动机和所拖动的生产机械是装在一块共用的底板上或装在各自的底板上，底板均应位于同一水平面的基础上，以免底板不均匀下沉或骨架变形等引起中心线改变而损坏电机和生产机械。

(6) 基础构筑完毕，应先加重物预压。

(7) 混凝土基础收缩后 2~3 星期便可对基础进行检查。从外观上看，基础应无裂纹，蜂窝、气泡、麻面、外露钢筋或其他缺陷；用手锤敲击基础的各个部位，应发出清脆的声音，而无空洞声或叮当声；凿试基础，应无崩塌、掉块或混凝土散落现象；检查基础中心线应呈直线，地脚螺栓孔的位置、大小和深度应符合要求，螺栓孔内清洁，基础高度符合要求，装定子用的凹坑尺寸合适，基础的尺寸足够，基础表面呈水平，电动机地脚孔的布置正确。

(8) 电动机的混凝土风道顶部标高与设计标高相差不大于 10 mm；管沟底部平整，并有符合设计要求的倾斜度和正确的倾斜方向。

(9) 临时性、流动性设备（如建筑工地的临时施工机械和农村排涝、抗旱用水泵以及脱粒机等）用的电动机，应设临时性、流动性基础。例如，将电动机和所拖动的机械（如水泵）固定在木架上，木架采用的木条可为 100 mm×200 mm 的方木，把木架埋在地下，用木桩或铁钎固定。需要移动机组时，拔出木桩或铁钎，移动或抬运木架即可。

25. 怎样构筑电动机的底座基础和埋设地脚螺栓？

为了保证电动机能平稳地安全运转，必须将其牢固地安装在固定的底座上。电动机底座的选用原则是：如果所拖动的生产机械有专供安装电动机用的固定底座，则电动机应装在该底座上；若无固定底座，一般中小型电动机可用螺栓安装在金属底板或导轨上，或者紧固在事先埋入混凝土基础内的地脚螺栓或导轨上。下面介绍

底座基础构筑和地脚螺栓埋设的方法：

(1) 底座基础构筑。电动机底座的基础一般用混凝土浇注或用红砖、石块砌成。基础形状如图 1-9 所示。基础混凝土标号一般采用 90~120 号。具体的材料配合比如表 1-15 和表 1-16 所示。基础高出地面 H 的尺寸一般为 100~150 mm，具体高度随电动机规格、传动方式和安装条件等而定； B 和 L 的尺寸，应根据底板或电动机底盘尺寸来决定，每边一般比电动机底盘宽 50~250 mm；基础的深度和基础重量可按 23 问所介绍的方法计算。

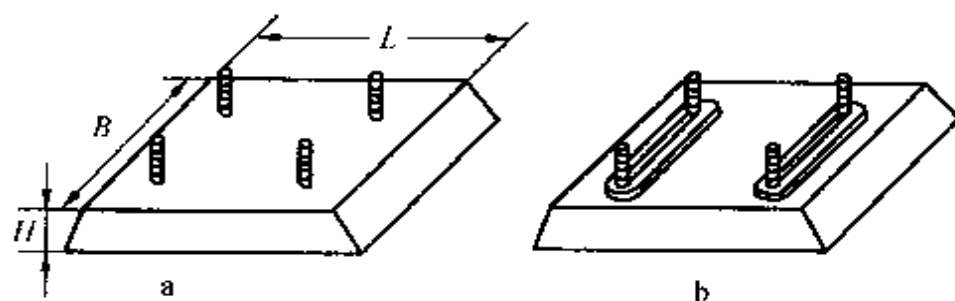


图 1-9 电动机的基础

a. 直接安装墩；b. 槽轨安装墩

表 1-15 各种标号混凝土的水灰比

| 石料类别 | 水泥标号 | 各种混凝土标号的水灰比 | | | | | |
|------|------|-------------|------|------|------|------|------|
| | | 70 | 90 | 110 | 140 | 170 | 200 |
| 碎石块 | 300 | 0.90 | 0.85 | 0.75 | 0.65 | 0.55 | 0.50 |
| | 400 | | 0.90 | 0.85 | 0.70 | 0.65 | 0.60 |
| | 500 | | | | 0.80 | 0.75 | 0.70 |
| 砾石 | 300 | 0.85 | 0.80 | 0.70 | 0.60 | 0.50 | 0.45 |
| | 400 | | 0.85 | 0.80 | 0.65 | 0.60 | 0.55 |
| | 500 | | | | 0.75 | 0.70 | 0.60 |

浇注基础以前，应挖好基坑，夯实坑底，防止基础下沉，接着用石块铺平，用水淋透并夯实，然后将基础模板（图 1-10）放在铺平的石块上，或者将木板放在浇注混凝土的木框架上，并埋入地脚螺栓。

浇注混凝土时，要保持各地脚螺栓的距离不变和螺栓上下垂直，以保证与电动机底座螺孔距离相符，便于安装电动机；浇注时速度不宜太快，并用铁钎捣固；混凝土浇好后，可用草或草袋盖在基础上，以防太阳直射，并经常洒水，保持草或草袋湿润，养护7天后，便可拆除基础模板或木板、框架，再继续养护7~15天，便可安装电动机。

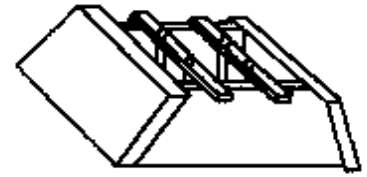


图 1-10 基础浇注模板

表 1-16 各种水灰比的混凝土成分配合表

| 水灰比 | 碎石混凝土重量配合比 | | | 水泥用量 (kg/m ³) | 水灰比 | 砾土混凝土重量配合比 | | | 水泥用量 (kg/m ³) |
|------|------------|-----|-----|------------------------------|------|------------|-----|-----|------------------------------|
| | 水泥 | 沙 | 石 | | | 水泥 | 泥 | 石 | |
| 0.50 | 1 | 1.8 | 3.2 | 370 | 0.45 | 1 | 1.6 | 3.0 | 370 |
| 0.55 | 1 | 2.0 | 3.4 | 340 | 0.50 | 1 | 1.8 | 3.3 | 340 |
| 0.60 | 1 | 2.2 | 3.5 | 320 | 0.55 | 1 | 1.9 | 3.5 | 320 |
| 0.65 | 1 | 2.5 | 3.8 | 295 | 0.60 | 1 | 2.2 | 3.8 | 295 |
| 0.70 | 1 | 2.7 | 4.2 | 270 | 0.65 | 1 | 2.4 | 4.2 | 270 |
| 0.75 | 1 | 3.0 | 4.5 | 250 | 0.70 | 1 | 2.6 | 4.8 | 250 |
| 0.80 | 1 | 3.2 | 5.1 | 230 | 0.75 | 1 | 2.8 | 5.0 | 230 |
| 0.85 | 1 | 3.4 | 5.4 | 215 | 0.80 | 1 | 3.1 | 5.2 | 215 |
| 0.90 | 1 | 3.6 | 5.6 | 200 | 0.85 | 1 | 3.4 | 5.5 | 200 |

必须指出，在易遭受震动的场所，电动机的底座基础应浇注成锯齿状，以增强抗震性能。

(2) 地脚螺栓埋设。安装电动机用的地脚螺栓可在浇注基础时直接埋在混凝土中或留下地脚螺栓的孔洞，待基础硬实，二次灌浆时埋入地脚螺栓。螺栓孔的位置和相对尺寸要正确，孔的直径比螺栓直径一般大5~7cm，以便安装电动机时进行校正，校正后在螺栓四周的孔隙内填满水泥浆。螺栓埋入混凝土的深度至少应为螺栓

直径的 10 倍左右。为了保证地脚螺栓埋得牢固，通常将其埋入基础的一端做成人字形或弯钩形（图 1-11），人字开口或弯钩的长度约为螺栓埋入混凝土深度的一半。为保证地脚螺栓埋设后的位置正确，也可用木料做成框架，按电动机底座螺孔的尺寸钻孔，将地脚螺栓挂在上边，然后填满混凝土（图 1-12）。

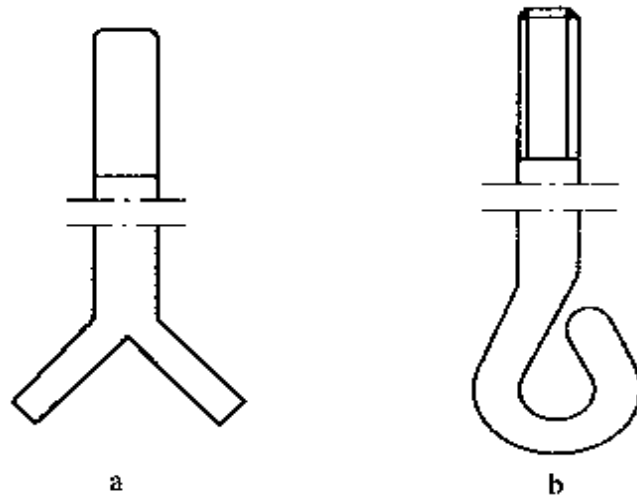


图 1-11 预埋的地脚螺栓

a. 人字形；b. 弯钩形

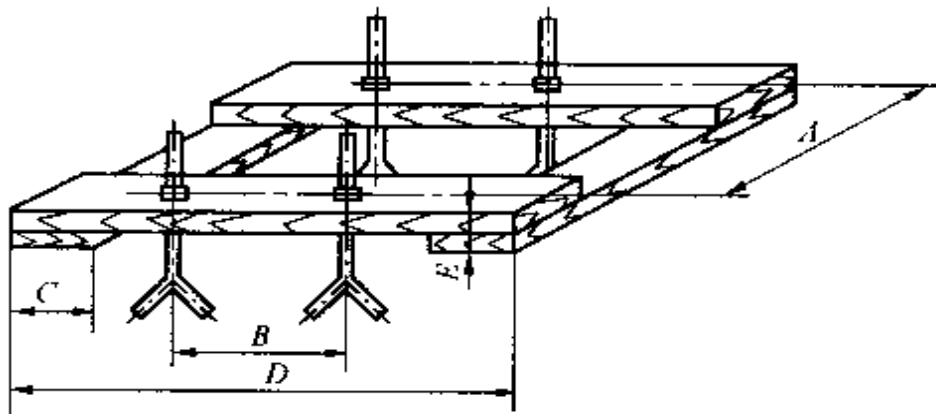


图 1-12 地脚螺栓埋设方法

尺寸 A 和 B 与电动机安装尺寸 A 和 B 对应

26. 浇筑电动机的永久性混凝土基础时，所使用的混凝土标号及其配料是怎样规定的？如何计算水泥和砂石用量？

浇筑电动机的永久性混凝土基础时，需使用的混凝土标号及其

配料如表 1-15 和表 1-16 所示，根据这两个表就可计算浇筑电动机的混凝土基础的用料量。例如，用 400 号水泥浇筑电动机的 1m^3 110 号碎石混凝土基础，其用料量的计算方法如下：

从表 1-15 中查出用 400 号水泥配成 110 号碎石混凝土的水灰比是 0.85，从表 1-16 查出水灰比为 0.85 时碎石混凝土重量配合比是 1（水泥）：3.4（砂）：5.4（石），每浇筑 1m^3 混凝土基础所需的水泥为 215kg，所以浇筑 1m^3 110 号碎石混凝土基础的用料量为

$$\text{水泥} = 215 \times 1 \times 1 = 215 \text{ (kg)}$$

$$\text{砂子} = 215 \times 3.4 \times 1 = 731 \text{ (kg)}$$

$$\text{碎石} = 215 \times 5.4 \times 1 = 1161 \text{ (kg)}$$

27. 电动机安装前应进行哪些检查？

(1) 详细核对电动机铭牌上标出的型号和各项数据（如额定容量、额定电压、防护等级等）与图纸规定或现场实际要求是否相符。

(2) 检查电机装配是否良好，紧固件是否松动；各导电连接部分接触是否良好，有无锈蚀现象。

(3) 电动机外壳上的油漆是否完好，外壳上有无旋转方向标志和编号，外壳是否损伤，风罩、风叶有无裂纹；电扇旋转方向是否正确，固定键或螺钉是否紧固。

(4) 用手盘动转轴，检查轴转动是否灵活，轴向窜动是否超过允许范围。

(5) 拆开接线盒，用万用表检查三相绕组是否断路，必要时可用电桥测量三相绕组的直流电阻，检查阻值偏差是否在允许范围以内（各相绕组的直流电阻与三相电阻平均值之差一般不应超过 $\pm 2\%$ ）。

(6) 使用兆欧表测量电动机各相绕组之间以及各相绕组与机壳之间的绝缘电阻。如果电动机的额定电压在 500 V 以下，则使用 500 V 兆欧表测量，测得的绝缘电阻值不得低于 $0.5\text{M}\Omega$ 。

(7) 拆开轴承盖或打开轴瓦，检查轴承的润滑油脂是否变色、

变质和硬化，油脂数量是否足够。如果轴承润滑良好，则轻轻盘动转子，转子应转动灵活而无碰擦现象。

(8) 检查转子上的平衡块是否紧固。如果用螺钉固定，则应锁住。

(9) 定子端盖密封环与轴的间隙是否符合电机制造厂的规定。如果制造厂无规定，一般应为 $0.1\sim 0.3\text{ mm}$ 。在多尘地区，应采取防止粉尘进入电机轴承的措施。

(10) 电动机内部各连接部件的接合面是否平整，各部分和各线圈导线的连接螺钉是否紧固，有无防松措施。

(11) 电动机引线是否牢固，接线和极性是否正确，标号是否齐全。当采用绝缘套管引出时，绝缘套管是否完整、良好，有无损伤、裂纹。

(12) 对于直流电动机，应检查电刷与换向器接触是否良好，有无锈蚀现象；对于绕线式电动机，应检查电刷与集电环接触是否良好。在上述两种情况下，接触面积应大于电刷面积的75%。此外，还应检查电刷弹簧压力是否合适，电刷在刷握中是否活动自如。如果不符合要求，应查明原因并予以消除。

经过上述检查，如果电动机无异常情况，以及电动机容量在40 kW以下，可不进行抽转子检查。如果电动机出厂后的日期超过了制造厂保证期限，或者经外观检查、电气试验，认为质量可疑，以及40 kW以上的电动机，则应抽出转子进行检查。

检查完毕，如果电动机完好，符合要求，则使用 $0.2\sim 0.3\text{ MPa}$ 的干燥压缩空气或皮老虎吹扫电动机表面，清除机壳上的灰尘和其他脏物。

28. 安装不许反向旋转的异步电动机时，怎样预先确定其旋转方向？

采用 $4\sim 6\text{ V}$ 电池和量程在 10 V 以下的两只直流电压表按图1-13接线，然后按要求方向盘动转子。盘车时，观察两电压表 V_1 和 V_2 的读数必为一增一减。例如，若 V_1 增、 V_2 减，则电动机

的相序为零、增、减。当电源电压的相序确定后，就可将零、增、减与相应的电源正相序相连。

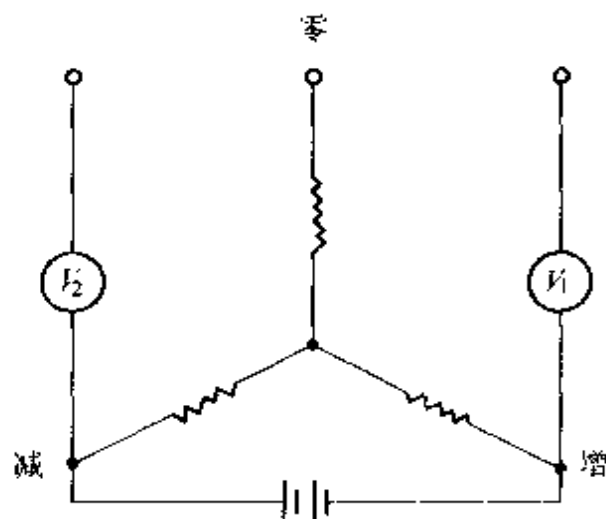


图 1-13 确定电动机旋转方向接线图

如果不知道电源相序，则可用相序表或电灯感应法来确定。采用电灯感应法时，可按图 1-14 接线。试验时，取两只规格相同的灯泡和一个电感线圈（也可利用电动机或变压器的一相线圈），灯泡和感应线圈的阻抗应相近，它们的额定电压与电源电压相配合。接入电源后，必有一灯亮一灯暗。如果 A 灯亮，C 灯暗，则表明电源的相序（正序）为亮、感、暗，此时将电动机的相序零、增、减与电源相序亮、感、暗对应相接，则电动机的旋转方向就是要求的方向。

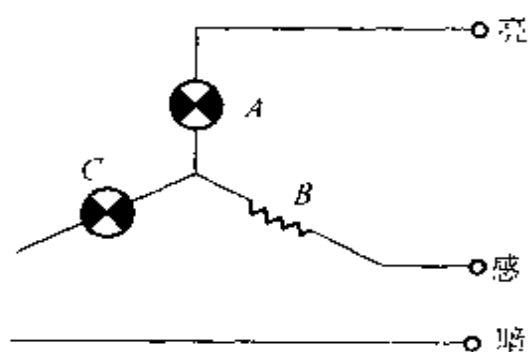


图 1-14 电灯感应法确定电源相序接线图

对于绕线式电动机，可按以下方法确定旋转方向：

使转子开路，接入适当量程的三相交流电压表，在定子绕组中通入额定三相交流电压（使定子绕组中的电流接近空载电流），然后按要求的旋转方向盘动转子。转子转动时，如果电压表读数下降，则表明定子电源相序正确。为验证接线是否正确，可往相反方向盘动转子，此时电压表的读数应增大。

检查相序用的感应线圈也可用电容代替。不过，结果与上述相反（逆序），试验后应调换电源的任意两根相线。

29. 怎样安装电动机？

一般中小型电动机，根据工作需要，可装在墙上的角钢架上、地基的钢架上或混凝土的基础上。前两种安装方式是用螺栓将电动机装在钢架上，后一种安装方式是将电动机紧固在埋入混凝土基础内的地脚螺栓上。下面介绍电动机装在混凝土基础上的施工步骤和方法。

(1) 底座基础的构筑。见 25 问。

(2) 地脚螺栓的埋设。见 25 问。

(3) 电动机的安装就位。电动机在混凝土基础上的安装方式一般有两种，一种是将机座直接安装在基础上（图 1-9a），另一种是在基础上先安装槽轨（图 1-9b），再将电动机装在槽轨上（图 1-15）。后一种安装方式便于更换电动机和进行安装调整。

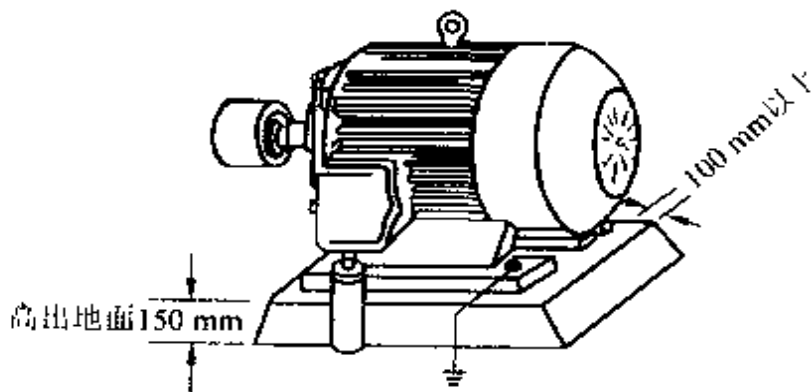


图 1-15 电动机在槽轨上的安装

安装电动机时，应注意安全。通常，重量在 100kg 以下的电动机，可用人力抬到基础上，而重量在 100kg 以上的电动机，则应使用起重机或滑轮来吊装。为了防止振动，安装时应在电动机与基础之间垫一层硬橡皮板；四个地脚螺栓上都要套上弹簧垫圈；拧紧螺母时要按对角交错次序拧紧，并且每个螺母都要拧得一样紧。

穿导线的钢管应在浇注混凝土前埋好，钢管连接电动机的一端离地面不得低于 150 mm，并且应尽量使其靠近电动机的接线盒，最好用软钢管伸入接线盒。这部分导线不可任意拖在地上或用钉子挂在墙上，以免发生事故（图 1-16）。

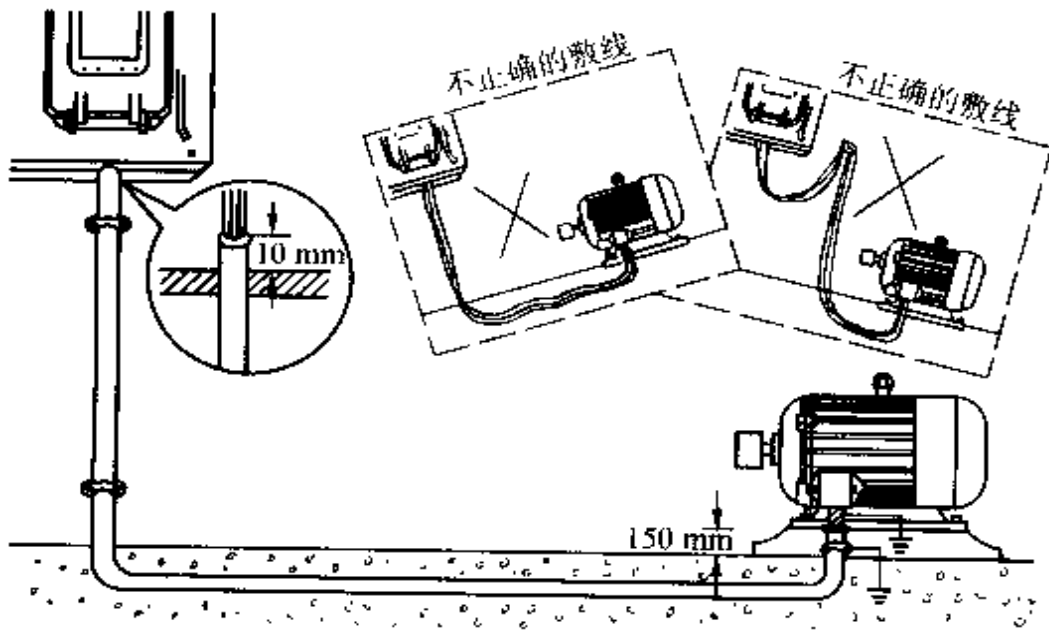


图 1-16 钢管埋入混凝土内

(4) 电动机的水平校正。电动机安装就位后，应使用普通水平仪来检查电机纵向和横向的水平情况（图 1-17）。如果不平，则用 0.5~5.0 mm 厚的钢片垫在机底下面来校正电动机的水平。此时应注意，切不可用木片或竹片来衬垫，因为电动机校正后拧紧螺栓时或电动机运行过程中，木片和竹片会变形或碎裂，破坏电动机安装的准确性，造成电机运行中不平稳甚至严重振动而损坏。

(5) 传动装置的安装和校正。电动机的水平位置校正以后，就可着手安装和校正传动装置（32 问）。

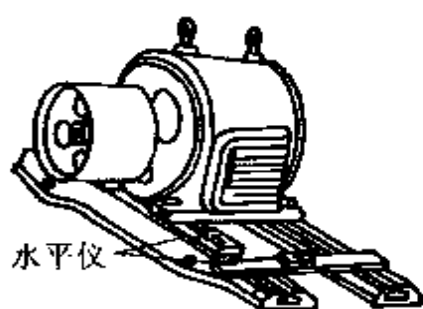


图 1-17 电动机的水平校正

30. 对电动机的地脚螺栓怎样进行二次灌浆?

(1) 二次灌浆的混凝土配合比由现场施工人员根据设计的标号确定。通常，二次灌浆的混凝土标号应比浇注基础的混凝土标号高一个等级。

(2) 灌浆前应检查和处理基础预留孔，孔内不得有杂物，地脚螺栓与孔壁距离应大于 15 mm；用水刷洗孔壁，使其清洁、湿润；擦除地脚螺栓上的油污。

(3) 浇注的混凝土宜使用碎石料，不许使用大块石料。

(4) 有锚板的地脚螺栓，应在螺栓孔内先浇入少量灰浆，然后灌砂，以免漏砂；在砂层上再浇注混凝土，其厚度以 200 mm 为宜。

(5) 浇注时用人工捣固，捣固时地脚螺栓四周应均匀捣实，并扶正地脚螺栓。捣固后应保持地脚螺栓垂直（不垂直度不得超过 1/100），同时螺栓应位于螺栓孔中心。

(6) 二次灌浆后应做好养护工作。

(7) 二次灌浆完毕，待混凝土达到要求强度，应进行定心复查。如果复查结果不符合要求，则应再次定心。

(8) 作好二次灌浆记录。

31. 怎样判断电动机与生产机械能否采用直接传动方式?

如果电动机的转速与生产机械的转速相同，则可用联轴器（靠背轮）将电动机和生产机械直接连接起来传动，这种传动方式叫做

直接传动（图 1-18）。其优点是结构紧凑、设备简单、效率高、运行安全可靠，因此，在电动机与生产机械的转速相同的场合，应优先采用直接传动方式。采用这种传动方式，应使电动机和生产机械二者的轴中心线呈一直线。

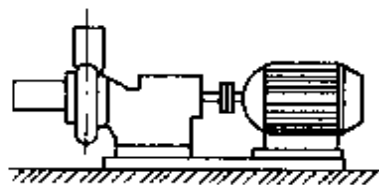


图 1-18 电动机和生产机械的直接传动

如果生产机械的额定转速与电动机的额定转速相差很大，就不宜采用直接传动方式。例如 8HB—35 型混流泵，其额定转速为 1250 r/min，若选用额定转速为 1440 r/min 的四极交流异步电动机，虽勉强可采用直接传动方式，但由于泵的转速提高到 $K = \frac{1440}{1250} = 1.15$ 倍，从而功率提高到 $K_1 = 1.52$ 倍，工作轴传动转矩提高到 $K_2 = 1.32$ 倍，这就有可能导致泵的主轴和其他部件断裂。若选用额定转速为 960 r/min 的六极交流异步电动机与该泵直接传动，由于转速下降过大，泵的出力显著降低，甚至不能正常工作。所以，遇到这类情况，应采用间接传动方式（如胶带传动）。

32. 怎样安装和校正电动机的传动装置？

(1) 齿轮传动装置的安装和校正

安装要点：齿轮与电动机要配套，转轴的纵横尺寸要配合安装齿轮的尺寸；所装齿轮的模数、直径和齿形等应与驱动轮配套；齿轮装上后，要检查啮合情况，不应有过松或过紧现象，中心不应偏移。

必须指出，采用齿轮传动方式，电动机装在独立基础上的可能性不大，一般是将电动机直接装在所拖动的机械设备上，此时应注意，不要在齿顶齿的状态下强行将齿轮推入电动机，以免损坏齿轮。

校正齿轮传动装置时，应注意以下两点：

①电动机的轴与所拖动物机械的轴应平行，此时可用塞尺来测量两齿轮间的齿间间隙。如果间隙均匀，则表明两轴平行。否则，应重新校正。

②齿轮的咬合程度，可用颜色印迹法来检查。通常，齿轮接触部分不应小于齿宽的 $2/3$ 。

(2) 胶带传动装置的安装和校正

胶带分三角胶带和平胶带两种，安装时应注意以下几点：电动机机座与底座间衬垫的防震物不可太厚，否则，将影响两个胶带轮的间距，尤其是三角胶带轮，防震物更不可太厚；两个胶带轮的直径大小必须配套，大、小轮不得搞错（当安装内孔一致时）。否则，会发生事故（驱动轮由小变大，将导致机械装置的转速过低，而由大变小则会造成超速）；两个胶带轮传动面的中心线应成一直线，两轮的轴中心线应平行。否则，不但增加传动装置的能量损耗，而且还会损坏传动带（三角带传动）或造成脱带事故（平带传动）；塔形三角胶带必须装成一正一反，否则，无法调速；平带的接头必须正确，带扣正反面不可搞错；平带应按图 1-19 所示装在带轮上，同时平带的正反面也不可搞错，并且有齿的一面应朝向内侧。

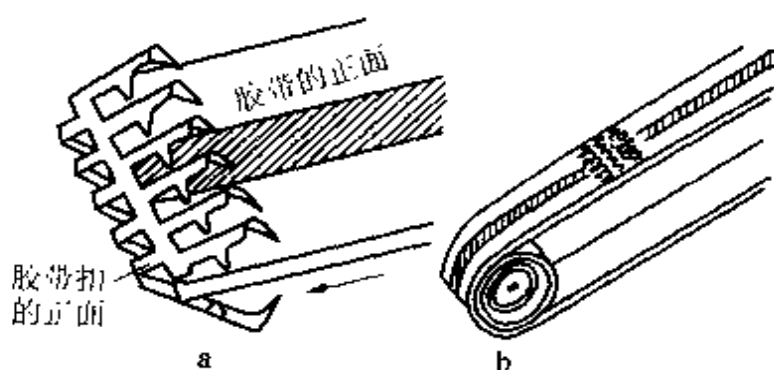


图 1-19 平胶带的安装

a 胶带扣必须正面安装；b. 胶带正面应装在外圈

胶带传动装置初步安装后，就可进行校正。校正时，首先使电动机的轴与所拖动物机械的轴保持平行，并使两个带轮宽度的中心线位于一条直线上，然后按以下两种情况进行校正：

①两个带轮宽度相同的校正。将一根弦线拉紧并紧靠两个胶带轮的端面（图 1-20a）。如果弦线都接触 A、B、C、D 四点，则

表明带轮已校正。否则，应进行调整（如图 1-20a 线所示）。

②两个带轮宽度不同的校正。先用划针在两个胶带轮上画出它们的中心线，然后将一根弦线拉直，一端紧靠在宽带轮 A、B 两点轮缘上（如图 1-20b 虚线所示），再在 C、D 两点用直尺量出 L_C 和 L_D 的长度，若 $L_C + b = L_D + b = L$ ，则两带轮的中心线必然在一条直线上。

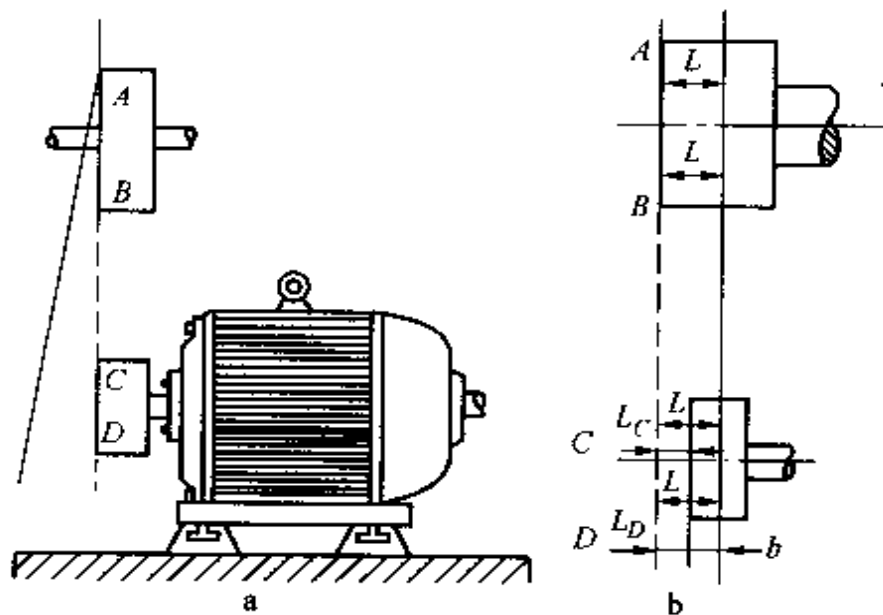


图 1-20 胶带轮传动的校正

a. 宽度相同的两带轮的校正；b. 宽度不同的两带轮的校正

(3) 联轴器（节）传动装置的安装和校正

常用的是弹性联轴器（节），其安装步骤和方法如下：先将两半联轴器分别装在电动机和所拖动物机械的轴上，然后将电动机移近连接处；移动电动机，使两轴的中心线相对地处于一条直线上，初步拧紧电动机的机座地脚螺栓，但不可拧得太紧。

联轴器传动装置初步安装后，按下述方法进行校正：

①将钢尺搁在两半联轴器上（图 1-21），分别测量纵向水平间隙 a 和轴向间隙 b ，然后用手盘动电动机端的联轴器，每转动 90° ，测量一次 a 和 b 值。如果在各位置上测得的 a 、 b 值的偏差未超过允许值，则可认为联轴器两端面平行，两轴已处于同轴心状态，此时可将联轴器和电动机分别固定，并拧紧地脚螺栓。

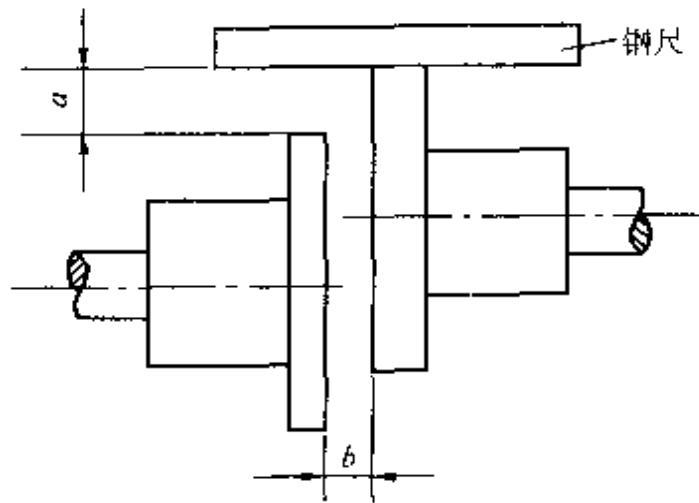


图 1-21 用钢尺校正联轴器

②如果测得的 a 、 b 值的偏差超过允许值，则应予以校正，校正的方法是增减电动机机座下面防震物的厚度，直至符合要求。

33. 对电动机的安装定心有哪些要求？

表 1-17 电动机安装定心允许偏差

| 联轴器型式 | 允许偏差值 (mm) | |
|-------|---|---|
| | 径向间隙 A | 轴向间隙 B |
| 刚性联轴器 | (1) 联轴器直径小于 400 取 0.03 (2) 联轴器直径为 400~600 取 0.04 (3) 联轴器直径为 600~1000 取 0.05 | (1) 联轴器直径小于 400 取 0.02 (2) 联轴器直径为 400~600 取 0.03 (3) 联轴器直径为 600~1000 取 0.04 |
| 齿轮联轴器 | 0.08, 当联轴器直径大于 150 时, 则每增加 100 的直径可增加误差 0.01 | 0.08, 当联轴器直径大于 150 时, 则每增加 100 的直径可增加误差 0.01 |
| 弹性联轴器 | 0.05, 当联轴器直径大于 200 时, 则每增加 100 的直径可增加 0.01 | 0.05, 当联轴器直径大于 150 时, 则每增加 100 的直径可增加误差 0.01 |

(1) 电动机的安装定心工作，应在两轴相对转动的条件下进行，即分别在 0° 、 90° 、 180° 和 270° 四个位置测量径向和轴向间隙，取平均值，其允许偏差如表 1-17 所示。

(2) 对单轴承转子的定心，一般宜留下张口 $0.02 \sim 0.04 \text{ mm}$ 。

(3) 对多联轴节的定心，应考虑转子自重的影响。

34. 怎样选择电动机与生产机械之间的胶带传动方式？

(1) 开口式胶带传动。这种传动方式适用于电动机与所拖动生产机械二者的轴互相平行、转向相同的场合（图 1-22），胶带的工作速度不宜超过 25 m/s 。

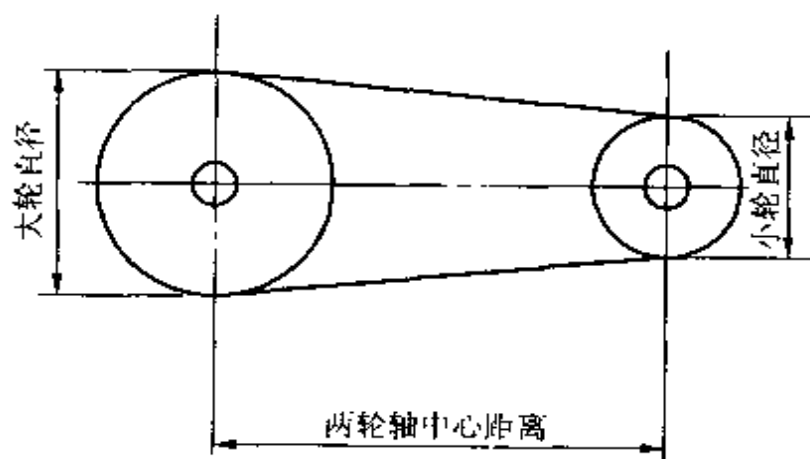


图 1-22 开口式胶带传动

(2) 交叉式胶带传动。从理论上讲，这种传动方式适用于电动机与所拖动生产机械二者的轴互相平行、转向相反的情况（图 1-23），但实际上电动机与所拖动生产机械之间一般都不采用这种传动方式。因为当两机转向不同时，只要调换一下电动机电源接线的两个线头就可把转向倒过来。因此，交叉式胶带传动仅适用于不易倒换转向的动力机械（如煤气机、柴油机等与所拖动生产机械之间的传动）。

(3) 半交叉式胶带传动。这种传动方式适用于电动机的转轴与所拖动生产机械的轴互相垂直的情况，如卧式电动机拖动立式轴流

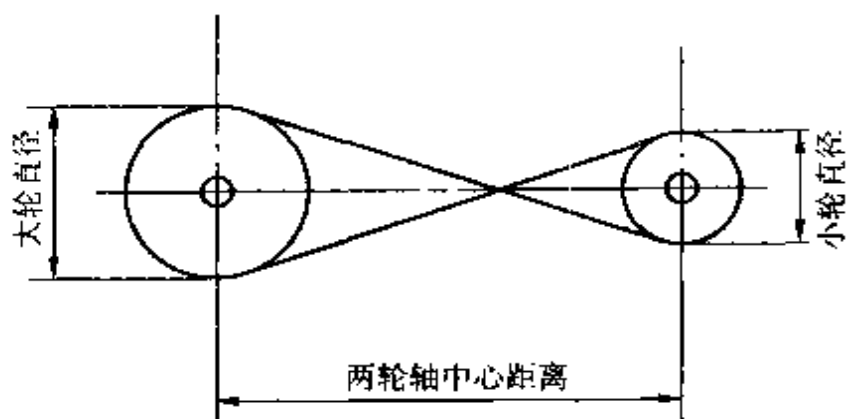


图 1-23 交叉式胶带传动

泵（图 1-24），胶带的工作速度不宜超过 15 m/s。这种传动方式的传送功率不应大于 40 kW。

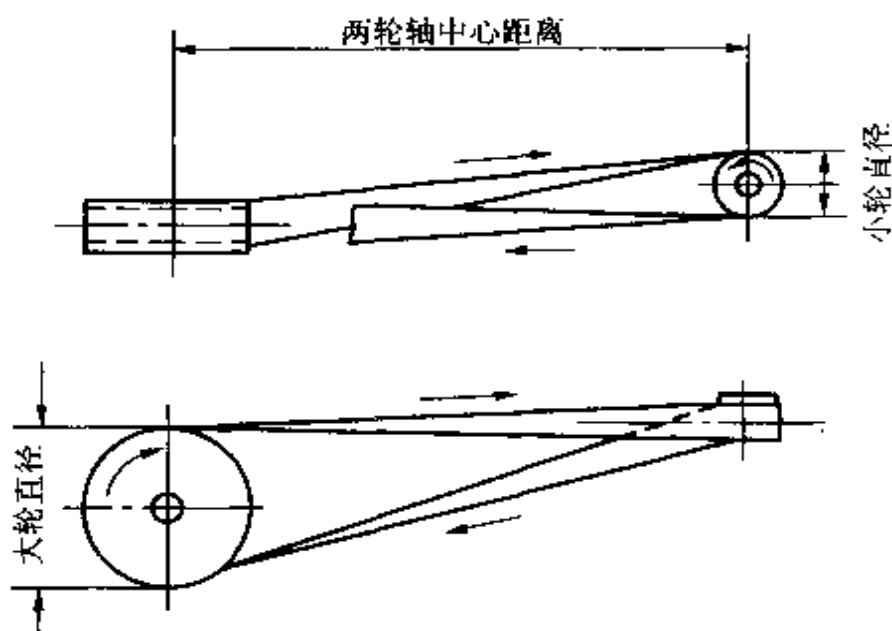


图 1-24 半交叉式胶带传动

平胶带传动的优点是结构简单、装卸方便、价格较低。其缺点是：由于平胶带与胶带轮是平滑的，传动时容易打滑，因而传动效率较低，同时占机房面积也较大。采用平胶带传动，无论哪一种传动方式，传动比（电动机的转速与生产机械的转速之比）一般都不应大于 5，最好在 3 以内。

如果传动比在 5 以上（可达到 10），则应采用三角胶带传动。三角胶带传动的特点见 38 问。

35. 采用平胶带传动的电动机，其胶带轮直径与传递的功率有何关系？怎样选配电动机所拖动生产机械的胶带轮和胶带？

在实际工作中，如果只知道电动机和所拖动生产机械的转速，则选配电动机和生产机械二者的胶带轮时，应首先确定电动机的胶带轮直径。由于电动机的胶带轮直径大小与它能够传递的功率多少有关，而这个关系通常用表格表示（表 1-18），所以从该表中查出电动机的胶带轮直径后，就可按下式算出生产机械的胶带轮直径 D_2 ：

$$D_2 = \frac{n_1}{n_2} D_1 \frac{1}{1.02 \sim 1.05} \quad (\text{cm})$$

式中 n_1 ——为电动机的转速，r/min；

n_2 ——生产机械的转速，r/min；

D_1 ——为电动机的胶带轮直径，cm。

此外，两胶带轮的宽度应比胶带宽度大 15% 左右为宜。

例如，某生产机械的转速为 900r/min，所需的功率为 7.5 kW，采用平胶带传动，试选配其胶带轮和胶带。

查表 1-18，选配 7.5 kW 电动机时有三种转速（720、970、1470 r/min）。为了经济合理，选用 1470 r/min 这一转速，所以 $D_1 = 12.5$ cm，生产机械的胶带轮直径为

$$\begin{aligned} D_2 &= \frac{n_1}{n_2} D_1 \frac{1}{1.02 \sim 1.05} = \frac{1470}{970} \times 12.5 \frac{1}{1.02 \sim 1.05} \\ &= 20 \sim 19(\text{cm}) \end{aligned}$$

选用直径为 20 或 19 cm 的胶带轮均可。按表 1-18 的规定，平胶带的宽度为 100 mm，厚度为 3 mm。

表 1-18 平胶带允许传递的功率与胶带轮直径的关系

| 平 带 | | 带轮最 小直径 (mm) | 允许传递的功率 (kW) | | |
|-----------|-----------|--------------------|----------------|----------------|------------------|
| 宽 (mm) | 厚 (mm) | | 720 (r/min) | 970 (r/min) | 1 470 (r/min) |
| 80 | 3 | 100 | 3 | 4 | 5.5 |
| 90 | 4 | 125 | 5.5 | 7.5 | 10 |
| 100 | 3 | 125 | 4 | 5.5 | 7.5 |
| 100 | 4 | 156 | 7.5 | 10 | 13 |
| 100 | 5 | 175 | 13 | 17 | 22 |
| 125 | 4 | 150 | 10 | 13 | 11 |
| 125 | 5 | 200 | 15 | 20 | 30 |
| 125 | 6 | 250 | 22 | 30 | |
| 140 | 4 | 150 | 10 | 15 | 22 |
| 160 | 5 | 200 | 17 | 22 | |

36. 平胶带传动的中心距离过小或过大有何后果？怎样合理确定平胶带传动的中心距离和平胶带的长度？

电动机的胶带轮与生产机械的胶带轮中心之间的直线距离，称为平胶带传动的中心距离。这个距离的大小不可随意确定。如果距离过小，则会减小胶带的牵引能力，降低传递效率，并且胶带容易打滑而脱落（俗称“丢转”）；如果距离过大，则多占用场地，并且胶带传动时会跳动而易损伤，同时传递效率也降低。

两胶带轮的中心距离 L ，较为合适的长度为：两胶带轮直径之和的 3~5 倍，最小也应为两胶带轮直径之和的 2 倍。

如果机组已安装好，两胶带轮直径和中心距离都已确定，则平胶带的长度可实地测量。测量的方法是：用皮尺或一根普通的绳子，按照所采用的传动方式（如开口式）的路径，围绕一圈便可量

出所需要的平胶带长度。此外，也可根据胶带轮直径和中心距离来计算胶带长度，方法如下：

设两胶带轮中大胶带轮的直径为 D_m ，小胶带轮的直径为 D_n ，则

开口式胶带的长度 $l_{\text{开}}$ 为

$$l_{\text{开}} = 3.14\left(\frac{D_m + D_n}{2}\right) + \frac{(D_m - D_n)^2}{4L} + 2L \quad (\text{cm})$$

交叉式胶带的长度 $l_{\text{交}}$ 为

$$l_{\text{交}} = 3.14\left(\frac{D_m + D_n}{2}\right) + \frac{\left(\frac{D_m}{2} + \frac{D_n}{2}\right)^2}{L} + 2L \quad (\text{cm})$$

半交叉式胶带的长度 $l_{\text{半}}$ 为

$$l_{\text{半}} = 3.14\left(\frac{D_m + D_n}{2}\right) + \frac{\frac{D_m^2}{2} + \frac{D_n^2}{2}}{L} + 2L \quad (\text{cm})$$

按上式求出的胶带长度加上胶带搭接的长度，就是实际所需的胶带长度。

例如，若某平胶带开口式传动机组中，电动机的胶带轮直径为 120 mm，生产机械的胶带轮直径为 160 mm，两胶带轮中心距离为 850 mm，则

$$\begin{aligned} l_{\text{开}} &= 3.14\left(\frac{D_m + D_n}{2}\right) + \frac{(D_m - D_n)^2}{4L} + 2L \\ &= 3.14\left(\frac{160 + 120}{2}\right) + \frac{(160 - 120)^2}{4 \times 850} + 2 \times 850 \\ &= 440 + 0.47 + 1700 \\ &= 2140 \text{ mm} \\ &= 214 \text{ cm} \end{aligned}$$

胶带搭接长度一般为 100 mm (10 cm) 左右，实际所需的胶带长度约为 224 cm。

37. 怎样连接平胶带？

平胶带的连接，分胶带扣对接和胶带螺栓搭接两种。

(1) 胶带扣对接。胶带扣又称蜈蚣钉、用中碳钢制成。胶带扣对接如图 1-25 所示。通常，可根据胶带厚度参照表 1-19 来选择胶带扣。钉胶带扣时应注意，胶带扣的正面应位于胶带的正面，胶带扣宽度应与胶带宽度相同。连接胶带时，胶带接头应切成直角并对齐，不可偏斜，插销应卡紧。这样，胶带连接处就受力均匀，并且传动过程中也不易脱落。套装胶带时，不要把胶带的正反面装错。通常，胶带的反面接触胶带轮，胶带的正面朝上。如果正反面颠倒，由于胶带正面的橡胶层较厚，正面接触胶带轮，橡胶层容易受热融化。胶带扣对接的优点是运转平稳，传动功率较大，缺点是不能随时卸下再用。

表 1-19 胶带扣选用表

| 胶带扣号 | 胶带扣长度 (mm) | 每支齿数 | 适用胶带厚度 (mm) |
|------|---------------|------|----------------|
| 15 | 190 | 34 | 3~4 |
| 20 | 290 | 45 | 4~5 |
| 25 | 290 | 36 | 5~5.5 |
| 27 | 290 | 36 | 5~6 |
| 35 | 290 | 30 | 7~8 |
| 45 | 290 | 24 | 8~9.5 |
| 55 | 290 | 18 | 9.5~11 |

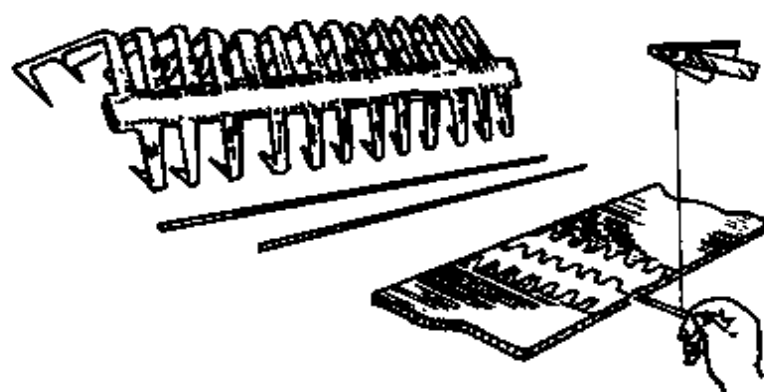


图 1-25 胶带扣对接

(2) 胶带螺栓（蟹壳螺栓）搭接。胶带螺栓搭接如图 1-26 所示。胶带搭接用的螺栓，可参照表 1-20 根据胶带宽度和厚度来选择。安装胶带螺栓时，应注意对齐胶带的两边和胶带正面上的四个螺栓孔。胶带螺栓的垫圈和螺母应位于胶带的正面。套装胶带时，应使胶带下方搭接处顺着胶带轮的旋转方向，以免发生碰撞。胶带螺栓搭接的优点是可以拆开再用，胶带长短调整方便，缺点是传动过程中有撞击声。

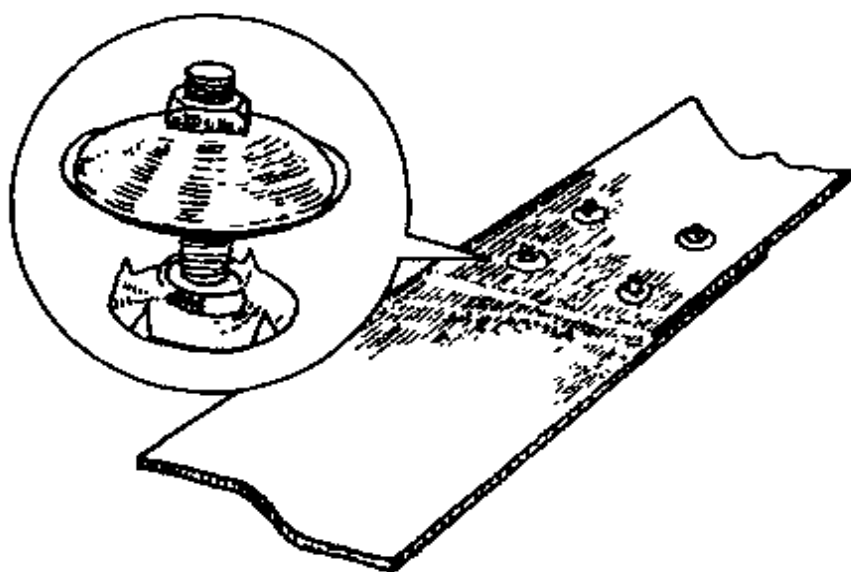


图 1-26 胶带螺栓搭接

表 1-20

平胶带螺栓选用表

| | | | | |
|--------------|----|-------|--------|---------|
| 螺栓 (mm) | 直径 | 5 | 6 | 8 |
| | 长度 | 20 | 25 | 32 |
| 适用胶带 (mm) | 宽度 | 20~40 | 40~100 | 100~125 |
| | 厚度 | 3~4 | 4~6 | 5~7 |

38. 三角胶带传动有何特点？三角胶带的型号（规格）是怎样划分的？

横截面为梯形的胶带传动，称为三角胶带传动。这种传动方式

目前应用较广。三角胶带已标准化，按其截面积大小分为 O、A、B、C、D、E、F 七种规格。标准的三角胶带制成无接头的环形圈，其内周长 L 。称为公称长度。三角胶带传动的特点是不打滑、结构紧凑（两胶带轮的中心距离小）、传递功率大（因为它是靠胶带两侧面与槽轮的三角槽的摩擦力来传递功率，所以传递的功率大）、效率高、运转时机械振动小，其缺点是成本高，使用寿命较短。三角胶带的截面形状如图 1-27 所示。

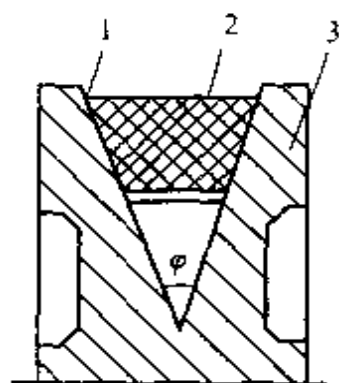


图 1-27 三角胶带截面
1. 三角槽；2. 三角胶带；
3. 槽轮

如上所述，三角胶带的型号（规格）是按其截面尺寸大小划分的，共分七种，截面积越大，所传递的功率也越大。例如，O 型带的截面最小，其传递的功率也最小；F 型带的截面最大，其传递的功率也最大。

标准三角胶带的型号和截面尺寸如表 1-21 所示。

表 1-21 三角胶带的参数

| 截面形状 | 型号 | 截面尺寸 | | | 截面积 $f \text{ (mm)}^2$ |
|------|----|------------------|------------------|------------------|---------------------------|
| | | $a \text{ (mm)}$ | $h \text{ (mm)}$ | 胶带角度 φ_0 | |
| | O | 10 | 6 | 40° | 0.47 |
| | A | 13 | 8 | | 0.81 |
| | B | 17 | 10.5 | | 1.38 |
| | C | 22 | 13.5 | | 2.30 |
| | D | 32 | 19 | | 4.78 |
| | E | 38 | 23.5 | | 6.92 |
| | F | 50 | 30 | | 11.70 |

39. 怎样确定三角胶带传递的功率和计算三角胶带轮的直径？

不同型号（规格）的三角胶带各有不同的使用条件和传递功率。三角胶带的型号主要根据所传递的功率大小来选择。表 1-22 给出各种型号的三角胶带所能传递的功率，可供选择时参考。

表 1-22 三角胶带与传递功率的关系

| | | | | | | | | | |
|-----------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|---------------|---------------|----------------|----------------|
| 传递功率 (kW) | 0.75 ~ 0.4 | 0.7 ~ 2.2 | 2.2 ~ 3.7 | 3.7 ~ 7.5 | 7.5 ~ 20 | 20 ~ 40 | 40 ~ 75 | 75 ~ 150 | 150 ~ 以上 |
| 三角胶带型号 | O | O、A | O、A、B | A、B | B、C | C、D | D、E | E、F | F |

由于三角胶带运行时很少打滑，所以三角胶带轮直径可按下式计算：

$$D_1 n_1 = D_2 n_2 \text{ 或 } D_2 = \frac{n_1}{n_2} D_1$$

式中 D_1 、 D_2 ——小、大胶带轮的直径，mm；

n_1 、 n_2 ——小、大胶带轮的转速，r/min。

电动机和所拖动生产机械的转速 n_1 、 n_2 一般可分别从它们的铭牌上查出，因此是已知数。但 D_1 、 D_2 则是未知数，必须知道其中一个的数值才能求出另一个的数值。为此，可先确定胶带轮直径 D_1 ，确定的办法是：从表 1-22 中选出三角胶带的型号，然后根据所选定的三角胶带型号从表 1-23 中查出数值。

例如，某台水泵的功率为 15 kW，额定转速为 960 r/min，拟采用额定转速为 1440 r/min 的异步电动机来拖动，并采用三角胶带传动方式，此时 D_1 、 D_2 值的确定方法如下：

根据水泵的 15 kW 功率从表 1-22 中选择 B（或 C）型三角胶带，并采用轮槽角度 $\varphi = 36^\circ$ 的胶带轮，然后从表 1-23 中查出电动机的胶带轮直径 $D_1 = 180$ mm，于是水泵的胶带轮直径 D_2 为

$$D_2 = \frac{n_1}{n_2} D_1 = \frac{1440}{960} \times 180 = 270(\text{mm})$$

通过以上查表和公式计算，确定两胶带轮的直径后，还应验算采用胶带轮 D_1 时三角胶带的传动速度，验算的公式如下：

$$v = \frac{\pi n_1}{60 \times 1000} D_1 \quad (\text{m/s})$$

通常， v 值在 $15 \sim 25 \text{ m/s}$ 以内较为适宜，因为胶带传动速度过高或过低，都会影响传动状态和传动效率。

上述水泵用的电动机三角胶带传动速度验算如下：

因 $n_1 = 1440 \text{ r/min}$ ， $D_1 = 180 \text{ mm}$ ，所以

$$v = \frac{3.14 \times 1440}{60 \times 1000} \times 180 = 13.56 \text{ m/s}$$

上述三角胶带传动速度符合要求。

表 1-23 三角胶带轮最小直径 (mm)

| 轮槽角度 φ | 三角胶带型号 | | | | | | |
|-------------------|--------|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| | O | A | B | C | D | E | F |
| 34° | 70 | 100 | 148 | 200 | 315 | 500 | 800 |
| 36° | 90 | 125 | 180 | 250 | 400 | 710 | 1000 |
| 38° | 112 | 160 | 225 | 315 | 500 | 800 | 1250 |

注：表中的 φ 角可参阅图 1-27。

40. 怎样计算三角胶带的根数和三角胶带传动的中心距离？

首先根据胶带型号和胶带传动速度从表 1-24 中查出单根胶带所能传递的功率 p_1 (kW)，然后根据电动机的额定输出功率 P_e (kW) 求出胶带的根数 Z ：

$$Z = \frac{P_e}{p_1} \quad (\text{根})$$

例如，某机组中的电动机额定功率为 15 kW ，经计算选出胶带型号为 B 型，电动机带轮直径为 180 mm ，胶带的传动速度 $v = 13.56 \text{ m/s}$ ，将 15 kW 功率传递给生产机械所需 B 型胶带根数计算如下：

表 1-24 单根三角胶带能传递的功率 (kW)

| 型号 | 小带轮 计算直 径 D_1 (mm) | 胶 带 速 度 (m/s) | | | | | | | | | | | | | |
|----|-------------------------------|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| O | 50~63 | 0.07 | 0.13 | 0.19 | 0.25 | 0.31 | 0.36 | 0.42 | 0.48 | 0.53 | 0.59 | 0.65 | 0.71 | 0.77 | 0.83 |
| | 71 | 0.08 | 0.15 | 0.21 | 0.27 | 0.33 | 0.40 | 0.47 | 0.54 | 0.60 | 0.66 | 0.73 | 0.79 | 0.85 | 0.91 |
| | 80 | 0.09 | 0.17 | 0.24 | 0.31 | 0.38 | 0.46 | 0.52 | 0.60 | 0.67 | 0.74 | 0.78 | 0.85 | 0.92 | 0.98 |
| | ≥ 90 | 0.10 | 0.19 | 0.26 | 0.34 | 0.42 | 0.50 | 0.58 | 0.66 | 0.74 | 0.82 | 0.88 | 0.95 | 1.02 | 1.08 |
| A | 80~90 | 0.13 | 0.24 | 0.36 | 0.47 | 0.59 | 0.69 | 0.77 | 0.86 | 0.95 | 1.04 | 1.12 | 1.19 | 1.25 | 1.29 |
| | 100 | 0.15 | 0.28 | 0.41 | 0.54 | 0.66 | 0.78 | 0.89 | 0.99 | 1.10 | 1.18 | 1.26 | 1.33 | 1.40 | 1.45 |
| | 112 | 0.17 | 0.32 | 0.46 | 0.60 | 0.74 | 0.87 | 0.99 | 1.10 | 1.21 | 1.32 | 1.41 | 1.49 | 1.56 | 1.63 |
| | ≥ 125 | 0.20 | 0.36 | 0.52 | 0.67 | 0.81 | 0.95 | 1.11 | 1.24 | 1.36 | 1.47 | 1.56 | 1.65 | 1.73 | 1.80 |
| B | 125 | | 0.43 | 0.63 | 0.83 | 1.02 | 1.21 | 1.35 | 1.52 | 1.68 | 1.84 | 2.00 | 2.14 | 2.52 | 2.36 |
| | 140 | | 0.48 | 0.70 | 0.91 | 1.12 | 1.31 | 1.50 | 1.69 | 1.88 | 2.06 | 2.24 | 2.43 | 2.57 | 2.69 |
| | 160 | | 0.53 | 0.77 | 1.01 | 1.25 | 1.45 | 1.65 | 1.85 | 2.05 | 2.23 | 2.41 | 2.59 | 2.77 | 2.94 |
| | ≥ 180 | | 0.58 | 0.82 | 1.08 | 1.32 | 1.54 | 1.75 | 1.97 | 2.19 | 2.41 | 2.59 | 2.77 | 2.94 | 3.11 |

续表

| 型号 | 小带轮 计算直 径 D_1 (mm) | 胶 带 速 度 (m/s) | | | | | | | | | | | | | |
|----|-------------------------------|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| C | 200 | | 0.88 | 1.25 | 1.62 | 1.98 | 2.30 | 2.62 | 2.94 | 3.27 | 3.60 | 3.88 | 4.16 | 4.40 | 4.61 |
| | 224 | | 1.03 | 1.40 | 1.77 | 2.14 | 2.50 | 2.87 | 2.24 | 3.60 | 3.98 | 4.30 | 4.60 | 4.90 | 5.19 |
| | 250 | | 1.18 | 1.59 | 2.00 | 2.41 | 2.82 | 3.24 | 3.64 | 4.05 | 4.45 | 4.80 | 5.26 | 5.63 | 5.89 |
| | ≥ 280 | | 1.29 | 1.75 | 2.22 | 2.67 | 3.12 | 3.58 | 4.04 | 4.50 | 4.95 | 5.40 | 5.80 | 6.16 | 6.48 |
| D | 315 | | | | | 3.98 | 4.58 | 5.18 | 5.78 | 6.40 | 7.00 | 7.55 | 8.00 | 8.45 | 8.90 |
| | 355 | | | | | 4.55 | 5.30 | 6.03 | 6.75 | 7.45 | 8.15 | 8.75 | 9.30 | 9.80 | 10.2 |
| | 400 | | | | | 5.07 | 5.89 | 6.70 | 7.50 | 8.30 | 9.10 | 9.85 | 10.5 | 11.1 | 11.7 |
| | ≥ 450 | | | | | 5.45 | 6.35 | 7.25 | 8.15 | 9.05 | 9.95 | 10.7 | 11.4 | 12.1 | 12.7 |
| E | 500 | | | | | 6.25 | 7.45 | 8.62 | 9.80 | 10.9 | 11.9 | 12.8 | 13.6 | 14.4 | 15.0 |
| | 560 | | | | | 7.20 | 8.40 | 9.60 | 10.8 | 11.9 | 13.0 | 14.0 | 14.9 | 15.7 | 16.4 |
| | 630 | | | | | 7.95 | 9.20 | 10.5 | 11.7 | 13.0 | 14.1 | 15.3 | 16.3 | 17.2 | 18.1 |
| | ≥ 710 | | | | | 8.45 | 9.85 | 11.3 | 12.7 | 14.1 | 15.5 | 16.6 | 17.5 | 18.5 | 19.5 |

续表

| 型号 | 小带轮 计算直 径 D_1 (mm) | 胶 带 速 度 (m/s) | | | | | | | | | | | | | |
|----|-------------------------------|---------------|---|---|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| F | 800 | | | | | 10.0 | 11.8 | 13.6 | 15.4 | 17.2 | 19.0 | 20.8 | 22.4 | 23.8 | 25.2 |
| | 900 | | | | | 11.0 | 13.1 | 15.2 | 17.3 | 19.3 | 21.3 | 23.2 | 25.0 | 26.8 | 28.1 |
| | ≥ 1000 | | | | | 12.1 | 14.4 | 16.7 | 19.0 | 21.3 | 23.6 | 25.7 | 27.7 | 29.6 | 31.2 |

续表

| 型号 | 小带轮 计算直 径 D_1 (mm) | 胶 带 速 度 (m/s) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|-------------------------------|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----|----|----|----|----|--|--|
| | | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | | |
| O | 50~63 | 0.88 | 0.93 | 0.97 | 1.01 | 1.04 | 1.07 | 1.09 | 1.07 | 1.05 | 1.03 | 1.01 | | | | | | | |
| | 71 | 0.96 | 1.02 | 1.07 | 1.10 | 1.14 | 1.18 | 1.21 | 1.18 | 1.15 | 1.12 | 1.09 | | | | | | | |
| | 80 | 1.01 | 1.09 | 1.13 | 1.20 | 1.25 | 1.29 | 1.32 | 1.32 | 1.32 | 1.29 | 1.27 | | | | | | | |
| | ≥ 90 | 1.14 | 1.20 | 1.20 | 1.31 | 1.36 | 1.40 | 1.43 | 1.46 | 1.43 | 1.40 | 1.38 | | | | | | | |

| 型号 | 小带轮 计算直 径 D_1 (mm) | 胶 带 速 度 (m/s) | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|-------------------------------|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----|----|----|----|----|
| | | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| A | 80~90 | 1.32 | 1.33 | 1.31 | 1.34 | 1.34 | 1.33 | 1.31 | 1.28 | 1.25 | 1.23 | 1.20 | | | | | |
| | 100 | 1.51 | 1.55 | 1.57 | 1.59 | 1.62 | 1.64 | 1.65 | 1.65 | 1.62 | 1.59 | 1.56 | | | | | |
| | 112 | 1.69 | 1.76 | 1.82 | 1.87 | 1.92 | 1.96 | 1.99 | 1.99 | 1.96 | 1.92 | 1.88 | | | | | |
| | ≥125 | 1.87 | 1.95 | 2.03 | 2.10 | 2.16 | 2.21 | 2.25 | 2.28 | 2.25 | 2.23 | 2.21 | | | | | |
| B | 125 | 2.43 | 2.50 | 2.56 | 2.58 | 2.58 | 2.58 | 2.54 | 2.50 | 2.43 | 2.36 | 2.29 | | | | | |
| | 140 | 2.80 | 2.90 | 2.98 | 3.05 | 3.10 | 3.10 | 3.10 | 3.05 | 2.95 | 2.85 | 2.75 | | | | | |
| | 160 | 3.08 | 3.19 | 3.29 | 3.38 | 3.47 | 3.54 | 3.60 | 3.64 | 3.60 | 3.56 | 3.52 | | | | | |
| | ≥180 | 3.28 | 3.44 | 3.58 | 3.73 | 3.83 | 3.94 | 4.03 | 4.08 | 4.04 | 4.01 | 3.98 | | | | | |
| C | 200 | 4.80 | 4.98 | 5.15 | 5.30 | 5.40 | 5.52 | 5.52 | 5.50 | 5.45 | 5.35 | 5.15 | | | | | |
| | 224 | 5.41 | 5.63 | 5.81 | 5.98 | 6.10 | 6.25 | 6.30 | 6.25 | 6.15 | 6.05 | 5.95 | | | | | |
| | 250 | 6.14 | 6.36 | 6.56 | 6.74 | 6.88 | 7.00 | 7.10 | 7.10 | 7.05 | 7.00 | 6.95 | | | | | |
| | ≥280 | 6.77 | 7.04 | 7.22 | 7.41 | 7.56 | 7.72 | 7.88 | 8.00 | 7.95 | 7.92 | 7.88 | | | | | |

续表

| 型号 | 小带轮 计算直 径 D_1 (mm) | 胶 带 速 度 (m/s) | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|-------------------------------|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| D | 315 | 9.20 | 9.50 | 9.75 | 9.90 | 9.95 | 9.95 | 9.82 | 9.70 | 9.50 | 9.30 | 9.10 | | | | | |
| | 355 | 10.7 | 11.1 | 11.5 | 11.8 | 12.0 | 12.1 | 12.2 | 12.2 | 12.1 | 12.0 | 11.8 | 11.5 | 11.1 | | | |
| | 400 | 12.3 | 12.8 | 13.3 | 13.7 | 14.1 | 14.4 | 14.6 | 14.7 | 14.7 | 14.6 | 14.3 | 14.0 | 13.7 | 13.4 | 13.1 | 12.8 |
| | ≥ 450 | 13.3 | 13.8 | 14.4 | 14.7 | 15.1 | 15.4 | 15.7 | 15.8 | 15.9 | 15.9 | 15.8 | 15.6 | 15.3 | 15.0 | 14.7 | 14.3 |
| E | 500 | 15.6 | 16.1 | 16.6 | 17.0 | 17.3 | 17.6 | 17.7 | 17.7 | 17.7 | 17.6 | 17.7 | 17.7 | 17.7 | | | |
| | 560 | 17.1 | 17.8 | 18.5 | 19.1 | 19.7 | 20.2 | 20.4 | 20.6 | 20.6 | 20.6 | 20.6 | 20.6 | 20.6 | 20.6 | | |
| | 630 | 18.9 | 19.7 | 20.5 | 21.3 | 22.1 | 22.8 | 23.1 | 23.3 | 23.4 | 23.5 | 23.5 | 23.6 | 23.7 | 23.8 | 23.8 | 23.9 |
| | ≥ 710 | 20.5 | 21.4 | 22.3 | 23.2 | 24.0 | 24.8 | 25.3 | 25.6 | 25.9 | 26.2 | 26.5 | 26.8 | 27.0 | 27.0 | 27.0 | 27.0 |
| F | 800 | 26.4 | 27.6 | 28.8 | 29.4 | 30.2 | 31.0 | 31.8 | 32.5 | 33.1 | 33.5 | 33.8 | 34.1 | 34.4 | 34.5 | 34.6 | 34.6 |
| | 900 | 29.3 | 30.5 | 31.6 | 32.6 | 33.6 | 34.6 | 35.5 | 36.2 | 36.9 | 37.5 | 38.1 | 38.6 | 39.0 | 39.1 | 39.1 | 39.1 |
| | ≥ 1000 | 32.4 | 33.7 | 35.6 | 36.2 | 37.3 | 38.3 | 40.2 | 41.1 | 41.9 | 42.6 | 43.0 | 44.3 | 44.3 | 44.5 | 44.5 | 44.5 |

从表 1-24 中查出 $p_1 = 3.11 \text{ kW}$ ，根据已知的 $v = 13.56 \text{ m/s}$ 和 $D_1 = 180 \text{ mm}$ 这两个数据，所需 B 型胶带根数为

$$Z = \frac{P_e}{p_1} = \frac{15}{3.11} \approx 5 \text{ 根}$$

三角胶带的传动方式均为开口式，其传动的中心距离有一个最大值和最小值，可供操作维修时选用，其计算公式如下：

$$\text{最大中心距离} = 2(D_1 + D_2)$$

$$\text{最小中心距离} = \frac{1}{2}(D_1 + D_2) + 3h$$

式中 D_1 ——电动机的胶带轮直径，mm；

D_2 ——生产机械的胶带轮直径，mm；

h ——三角胶带截面的高度，mm。

41. 在电动机的安装或检修中为什么不可随意更改接线和端子号码？

电动机的安装和检修，一般都以电机的控制线路原理图和安装接线图为依据，按图纸上标明的接线方式和端子标号进行接线。如果某人或某几个人认为电动机的接线有误（或不合理）或端子编号有错，不经领导或技术主管部门批准，任意加以改动，可能越改越乱，造成误判断而延误安装、检修时间，甚至导致发生事故或出现不可收拾的局面。

如果电动机的接线或端子编号确有错误，需要改正，则应取得有关部门（如企业的动力科）的同意。并且，修改后应在电动机的控制线路原理图和安装接线图上——加以改正或注明，同时将图纸存档，以便以后检修时查阅。

42. 在电动机的安装和运行中应采取哪些安全措施？

(1) 为防止触电，凡正常运行时人身可能触及其金属部件且工作电压高于 24 V 的电动机，除双重绝缘者（如 II 类电动工具）外，安装电机时应将机座、外壳或其他金属暴露件接地。接地时可使接

地导线通过机座上的接地螺栓与机座连接，以便一旦绕组绝缘击穿或带电部件与金属暴露件之间有意外的接触，可限制它们的对地电位，保证人身安全。必须指出，接地线必须可靠，禁止利用自来水管或暖气片等作为接地线。

(2) 电动机应按铭牌所示接线方法或接线图接线；电动机的电源电压必须符合铭牌的规定；选择电源至电动机出线端的连接线时，应考虑通过连接线的电流小于该导线的安全载流量，并且导线的耐压强度也要与电动机的额定电压相适应；连接线与电动机的引出线应连接牢固；使用三极插销（插销包括插座和插头）时，必须确认接线无误。

(3) 对于开启式电动机，如果其绕组绝缘损坏或换向器产生环火，都可能喷出火焰或熔化的金属。因此，安装开启式电动机的地点应不堆积、使用易燃易爆材料，或者对这些材料采取安全保护措施。

(4) 电动机底座或凸缘固定所选用的螺栓，应足以保证电机可靠地固定。

(5) 除了传递转矩很小的场合外，对电动机的旋转部件（如联轴器、胶带轮、未使用的轴伸等）应加以防护（如用罩盖盖住或用栅网围护）。

(6) 电动机应按正常的负载条件加负载，禁止电机长期过载运行。

(7) 电动机不应超过最高允许转速运行，转子的结构强度一般只保证超速试验历时 2 min。因此，应采取限制最大转速，尤其要防止串励电动机空载或轻载、并励直流电动机磁场回路断路等可能出现的危险超速。

(8) 具有自动复位热保护器的电动机，不得用于当设备（如台锯）突然起动会导致伤害操作人员或造成设备故障的场合。

(9) 在电动机的运行中经常检查固定螺钉是否松动，电动机的振动和响声是否异常，连接线是否磨损、裂断、裸露、松动，同时清扫电机冷却风路和散热表面的灰尘。

43. 电动机安装、调整不当引起机械振动的原因是什么？各有何特征？

(1) 轴心线未对中。安装电动机时，电动机和负载机械的轴心线应该一致，即轴心线应重合。如果轴心线不重合（平行或相交），则电动机运行时，就会受到来自联轴器的作用力，并产生振动。由图 1-28a 可见，电动机和负载机械的轴心线虽然平行，但不重合，存在一个偏心距 e ，随着电动机的转动，电机的轴伸上就受到一个来自联轴器的径向旋转力（此力的大小与偏心距 e 值的大小和转速高低有关）的作用，从而使电动机发生振动。

如果电动机和负载机械的轴心线相交（图 1-28b），则联轴器的结合面往往出现“张口”现象，电动机转动时，就会受到一个来自联轴器的交变轴向力的作用，同样电动机也会发生振动。

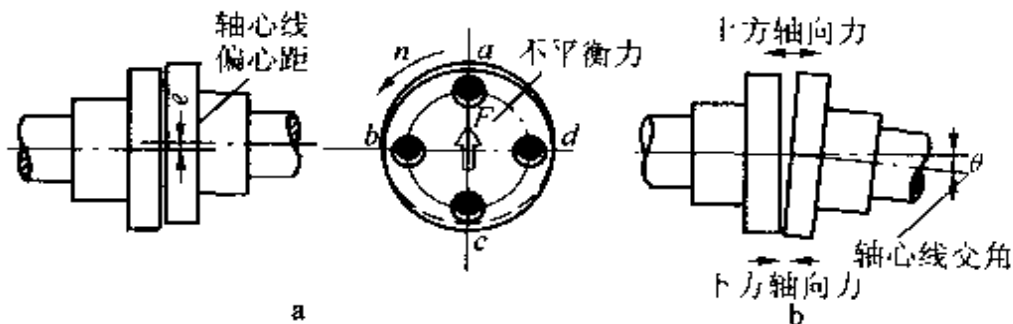


图 1-28 轴心线未重合引起电动机振动

a. 轴心线平行；b. 轴心线相交

在实践中，由于电动机安装、调整不良，往往同时存在这两种未对中的情况。

由于轴心线不一致（未重合），电动机产生振动的特征是：

- ①轴心线偏差越大，电动机的振动也越大。
- ②振动中 2 倍旋转频率的成分增加。
- ③如果电动机单独运行（不带负载），则这些振动就立即消失。

(2) 联轴器配合不当。如果电动机和负载机械的联轴器配合不当，例如其中一个弹性销子的位置有偏差（图 1-29），则在传递转矩的过程中，该弹性销子传递的转矩就比其他弹性销子传递的转

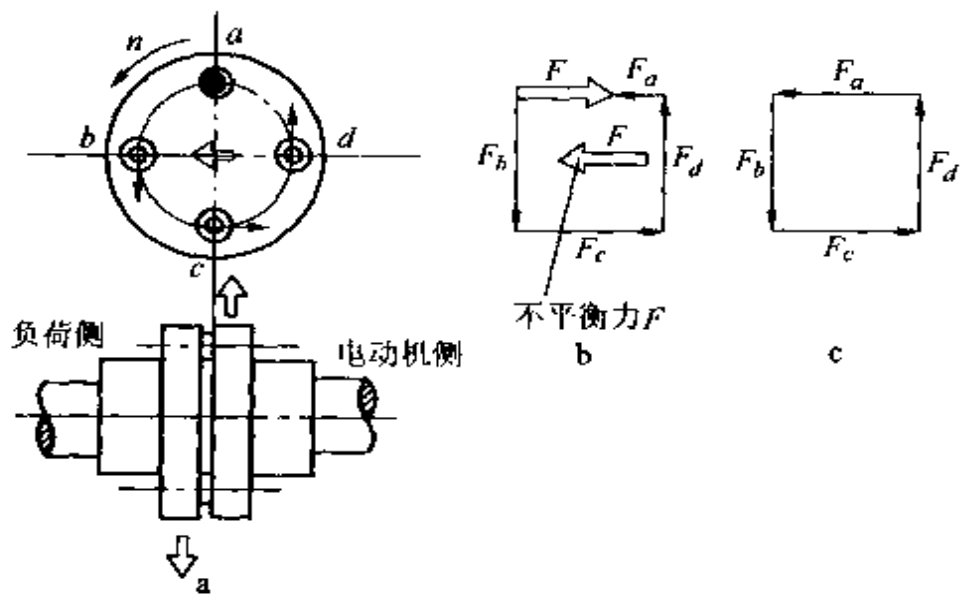


图 1-29 联轴器配合不当引起电动机振动

- a. 联轴器装配误差造成传递力不平衡；b. 装配有误差产生不平衡力；c. 装配正确时力的传递

矩小，结果产生一个不平衡力 F ，这个不平衡力径向施加于轴伸，并随着电动机的转动而不断改变方向。在这种情况下，电动机也发生振动。

由于联轴器配合不当，电动机产生振动的特征是：

- ① 振动频率与电动机的旋转频率相同。
- ② 负载机械和电动机端的振动相位相反，相位差 180° 。
- ③ 如果电动机单独运行，振动也立即消失。

44. 怎样判断电动机的安装质量是否符合要求？

- (1) 电动机的铭牌完好，安装牢固，铭牌上的字迹清楚。
- (2) 电动机的吊环齐全、牢固，无明显偏斜现象。
- (3) 电动机的基础、地脚螺栓孔、沟道、孔洞及电缆管的位置、尺寸和质量除符合设计和土建本身的质量要求外，还满足以下要求：

- ① 基础、风道和地脚螺栓孔内的模板及杂物都清除干净。
- ② 地脚螺栓孔垂直，沿其全长的允许偏差不超过地脚螺栓孔直

径或短边长的 $1/10$ ，地脚螺栓孔与纵横中心线的允许偏差也不超过螺栓孔直径或短边长的 $1/10$ 。上述两项误差不得叠加。

③各设备下的混凝土承力面和电动机混凝土风道顶部的标高与设计标高的允许误差不大于 10 mm 。

④管沟底部平整，并有符合设计要求的倾斜度和正确的倾斜方向。

(4) 电动机的所有零部件都紧固，防松可靠，轴承座和机座的底脚紧固螺栓都已拧紧，螺纹未损坏。

(5) 电动机外壳上的油漆完好，外壳上有旋转方向标志和编号。

(6) 挡风板、出线盒、盖和端罩等都完备，并清理彻底。

(7) 电动机轴承座与底板之间的垫片不超过三块，垫片位置正确，各面接触严密，用 0.05 mm 厚的塞尺检查时，塞入面积小于整个垫片面积的 5% 。底板与混凝土基础之间的垫片置于轴承座和机座底脚的正下方，所有垫片之间都焊牢。此外，绝缘垫片也安放正确。

(8) 电动机的电缆引线长度符合规定，绝缘良好，无损伤，焊接牢固，标记正确，线头牢固可靠，无脏物。

(9) 测温屏蔽线敷设正确、牢固和无悬空等现象，接线盒端子内的接线正确、可靠。

(10) 传动装置安装平稳、正确，电动机的安装定心允许误差未超出表 1-17 所列值。

(11) 采用降压起动设备的电动机，在降压起动设备前装有开关和熔断器，电动机及其附属装置的接线正确。

(12) 移动式电动机及其附属装置的引线采用带接地芯线的橡胶或塑料护套电缆，移动的插座前装有开关和熔断器，电缆的接地芯线或插座的接地极可靠接地。

(13) 电动机外壳有良好的接地。如果电动机的机座与基础框架保持可靠的金属接触，则可将基础框架接地，但基础框架的接地线应明显，便于检查。

45. 动力线路的使用环境怎样分类？对动力线路有哪些技术要求？

动力线路的使用环境一般分为六类：

(1) 干燥。指相对湿度经常在 85% 以下的环境。

(2) 潮湿。指相对湿度经常高于 85% 的环境。

(3) 室外。包括建筑物周围的廊下、亭台、檐下和可能有雪飘雨淋的环境。

(4) 有可燃物质。指一般可燃物料的生产、加工或储存的环境。

(5) 有腐蚀物质。指酸碱等腐蚀性物料的生产、加工或储存的环境。

(6) 有易燃易爆物质。指有高度易燃、易爆物质或者可能产生燃烧或爆炸危险的工矿企业、车间、作坊和仓库。

对动力线路的技术要求是：

(1) 各用电设备所使用的电能的电价如果相同，则这些用电设备可以装在同一线路上。例如，小型单相异步电动机和小容量单相电炉，允许与照明共用同一线路，反之，其线路应分开安装。此外，安装线路时，还要考虑检修方便。

(2) 不同电压和不同电价的线路应有明显区别。这些线路装在同一块配电板上时，应使用文字说明，以便于维修。

(3) 在低压网络中，严禁利用大地作为中性线，即禁止采用三相一地、两相一地和一相一地制线路。

(4) 布线应采用绝缘导线，对其绝缘电阻有以下要求：相线与大地或与中性线之间不应小于 $0.22\text{M}\Omega$ ；相线与相线之间不应小于 $0.38\text{M}\Omega$ ；潮湿、具有腐蚀性气体或水蒸气的场所，导线的绝缘电阻允许适当降低。

(5) 线路上安装的熔断器，一般应设在导线截面减小的线段或线路的分支处。

46. 怎样选择电动机供电线路的导线?

(1) 导线的机械强度。所谓导线的机械强度，就是指导线的结实程度。如果导线选得过细，就容易发生断线事故。通常，可根据导线的材质和使用条件参照表 1-25 来确定导线的截面积。

表 1-25 导线最小允许截面积 (mm²)

| 导线材料 | 室 外 | 室 内 |
|------|-----|-----|
| 铜 | 6 | 2.5 |
| 铝 | 10 | 4 |

(2) 导线的安全电流。导线一般都具有电阻，通过电流时会发热。电流越大，导线发热越严重。通常，每一种导线都有一个允许的安全电流，在安全电流以内，导线能正常输电，因此，电动机所需电流不得超过导线的安全电流。选择电动机供电线路的导线时，首先必须了解电动机的总额定电流，然后根据导线的安全电流略大于电动机总额定电流这一原则，参照表 1-26 和表 1-27 来确定导线截面积。

表 1-26 室外裸导线安全电流

| 铜导线截面积 (mm ²) | 安全电流 (A) | 铝导线截面积 (mm ²) | 安全电流 (A) |
|------------------------------|-------------|------------------------------|-------------|
| 6 | 70 | 10 | 75 |
| 10 | 95 | 16 | 105 |
| 16 | 130 | 25 | 135 |
| 25 | 180 | 35 | 170 |
| 35 | 220 | 50 | 215 |
| 50 | 270 | 70 | 265 |
| 70 | 340 | 95 | 315 |
| 95 | 415 | 120 | 375 |
| 120 | 485 | 150 | 445 |

表 1-27

室内管中导线安全电流

| 导线 截面积 (mm ²) | 铜芯绝缘导线 | | | | 铝芯绝缘导线 | | | |
|---------------------------------|--------|------------|-----|-----|--------|----------|-----|-----|
| | 明装 | 一根管内穿导线数 | | | 明装 | 一根管内穿导线数 | | |
| | | 2 | 3 | 4 | | 2 | 3 | 4 |
| 25 | 27 | 24 | 22 | 22 | 21 | 18 | 17 | 17 |
| 4 | 36 | 34 | 31 | 27 | 28 | 25 | 25 | 20 |
| 6 | 46 | 41 | 37 | 35 | 35 | 32 | 28 | 27 |
| 10 | 70 | 60 | 55 | 45 | 50 | 45 | 42 | 35 |
| 16 | 90 | 75 | 70 | 65 | 70 | 55 | 55 | 50 |
| 25 | 125 | 100 120 | 90 | 80 | 95 | 75 | 70 | 60 |
| 35 | 150 | 150 | 110 | 110 | 115 | 99 | 85 | 75 |
| 50 | 190 | 165 | 150 | 135 | 145 | 125 | 115 | 145 |
| 70 | 240 | 200 | 185 | 165 | 185 | 155 | 145 | 125 |
| 95 | 290 | 245 | 225 | 200 | 225 | 190 | 175 | 155 |
| 120 | 340 | 280 | 255 | 230 | 260 | 215 | 195 | 175 |

如果导线选得太细，而电动机的额定电流超过导线的安全电流，则导线就会发热，严重时导线烧毁甚至引起火灾。此外，有时导线选得太细，一时导线尚未熔断，但线路电压降一旦增大，就会造成电动机在低电压下运行而严重发热甚至烧毁。在电动机的运行中，如果发现绕组烧坏或由新建线路供电的电动机发热，首先应怀疑供电线路的导线规格是否符合标准，然后才检查、分析造成故障的其他原因。

如果导线选得太粗，对供电线路、电动机当然有益无害，但在经济上造成浪费，也是不可取的。

必须指出，在室内穿管敷设电动机的供电线路时，在一根铁管或塑料管中穿入的导线最多不得超过 4 根（三根火线一根零线）。否则，由于导线产生的热量在管中不易排散，其安全电流就会降低。

(3) 线路电压降。由于供电线路上有电阻，电流通过线路时，线路会产生电压降。根据欧姆定律，导线截面积越小和线路越长，

则电阻越大，因此电压降也越大。当电源电压一定时，线路电压降越大，加于电动机接线端的电压就越低，而过低的端电压使电动机起动困难，运行时过热。因此，规程规定，电动机接线端的最大电压降不应超过额定值的10%。通常，选择380V供电线路的导线时，在kW/km采用截面积为4mm²的铝线或截面积为2.5mm²的铜线，就可保证线路电压降不超过额定值的10%。

选择电动机供电线路的导线时，如果电动机距变压器较近或供电线路就近直接从主供电线路上引下，则不需考虑线路的电压降，只要满足导线的机械强度和安全电流这两个条件即可。如果从变压器或主供电线路上接出很长的线路对电动机供电，则必须考虑电压降这一问题，此时可不受表1-26的限制。表1-28和表1-29列出电源电压为380V、线路长度在2000m以内，电压降不超过10%、对5.5~100kW电动机供电的线路所需铜导线和铝导线的截面积。敷设线路时，只要测出电动机与变压器或与主供电线路的距离，就可从这两个表中查出所需导线的截面积。

当电源电压为380V时，如果电动机的功率较大或供电线路较长，则导线截面积将很大，这是不经济的。所以，表1-28和表1-29中留出一些空白位置，说明这些情况下不宜采用。

表 1-28 铜导线截面积的选择 (mm²)

| 电动机功率 (kW) \ 线路长度 (m) | 200 | 400 | 600 | 800 | 1000 | 1200 | 1400 | 1600 | 1800 | 2000 |
|-----------------------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|
| 5.5 | 6 | 6 | 6 | 6 | 10 | 10 | | | | |
| 7.5 | 6 | 6 | 10 | 10 | 16 | 16 | | | | |
| 10 | 6 | 6 | 10 | 16 | 25 | | | | | |
| 13 | 6 | 10 | 16 | 25 | 35 | | | | | |
| 17 | 10 | 10 | 16 | 25 | 50 | | | | | |
| 22 | 16 | 16 | 25 | 35 | | | | | | |
| 30 | 25 | 25 | 35 | 50 | | | | | | |
| 40 | 25 | 35 | 50 | | | | | | | |
| 55 | 35 | 50 | | | | | | | | |
| 75 | 50 | | | | | | | | | |
| 100 | 70 | | | | | | | | | |

表 1-29

铝导线截面积的选择 (mm^2)

| 电动机功率 (kW) \ 线路长度 (m) | 200 | 400 | 600 | 800 | 1000 | 1200 | 1400 | 1600 | 1800 | 2000 |
|-----------------------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|
| 5.5 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 25 | 25 | 25 | 25 |
| 7.5 | 16 | 16 | 16 | 16 | 25 | 25 | 25 | 35 | 35 | 35 |
| 10 | 16 | 16 | 16 | 25 | 35 | 35 | 35 | 50 | 50 | 70 |
| 13 | 16 | 16 | 25 | 35 | 35 | 50 | 70 | 70 | | |
| 17 | 16 | 16 | 25 | 35 | 50 | 70 | | | | |
| 22 | 16 | 16 | 35 | 50 | 70 | | | | | |
| 30 | 25 | 25 | 50 | 70 | | | | | | |
| 40 | 35 | 35 | | | | | | | | |
| 55 | 50 | 50 | | | | | | | | |
| 75 | 70 | 70 | | | | | | | | |
| 100 | 95 | | | | | | | | | |

47. 怎样用估算方法确定电动机的额定电流和选择导线截面?

(1) 电动机额定电流的估算。只要知道电动机的容量(功率),就可估算出它的额定电流:

①额定电压为 380 V、容量不超过 55 kW 的三相鼠笼式电动机,其额定电流可按每 1 kW 容量相当于 2A 额定电流来考虑,这就是“一个千瓦、两个安培”这一口诀的来源(详见 150 问),其他三相电动机的额定电流也可按这一口诀估算。

②220 V 单相异步电动机的额定电流,每 1 kW 可按 8 A 估算。

(2) 铝芯绝缘导线的标称截面与载流量倍数的关系可按下述口诀估算:

10 下五, 100 上二,

25、35, 四、三间,

70、95, 两倍半。

穿管、温升, 八、九折。

意思是说,在 25℃ 时,若导线明敷,10 mm^2 以下绝缘铝线的载流量是截面数的五倍,100 mm^2 以上则为二倍;25 mm^2 、35

mm² 时为四、三倍之间；70 mm²、95 mm² 时为两倍半。当穿管敷设（包括槽板等敷设，导线加有保护层）时，按上面的估算打八折（乘以 0.8）；若环境温度超过 25℃，则应按上面的估算打九折（乘以 0.9）；若既穿管敷设，温度又超过 25℃，则应打两次折扣（乘以 0.8 后再乘以 0.9）。

如果已知电动机的额定容量，就可估算出它的额定电流，再根据估算的导线载流量，就可知道应选择什么规格的导线。虽然有一定误差，但可解“燃眉之急”。

(3) 电动机配铝芯绝缘导线穿管敷设的估算口诀：

2.5 加三，4 加四。

6 后加六，25—5。

百二导线，配百数。

对于 380 V 三相电动机，根据其容量的千瓦数可直接确定所配负荷线的截面。口诀的意思是说，2.5 mm² 的导线穿管时可配 (2.5 + 3) kW 的电动机；4 mm² 的导线穿管时可配 (4 + 4) kW 的电动机；6 mm² 及其以上的导线穿管时可配导线标称截面平方毫米数加 6 为千瓦数的电动机；25 mm² 及其以上的导线可配导线标称截面平方毫米数加 5 为千瓦数的电动机，一直适用到 70 mm² 的导线。100 kW 以上的电动机，则用电动机千瓦数乘以 120/100 作为应配导线的平方毫米数。

48. 敷设电动机的供电线路应注意哪些问题？

(1) 线路路径应根据具体场地合理规划，既要从经济角度考虑，选择最短的路径，又要从安全角度考虑，避免沿途可能遇到的或发生的危险。

(2) 线路敷设方式，室外远距离线路一般实行架空布线，室内和室外沿建筑物墙壁敷线，则应根据具体场所的不同情况适当选择敷线方式。表 1-30 中示出几种典型环境合适的敷线方式，可供参考。其中易燃易爆一项的环境对应的场所有汽油提炼车间、乙炔站、电石仓库、氧气站、油漆车间等，可燃一项的环境对应的场所

有锯木车间、织布车间、固体燃料仓库等。室内具体配线方法见49问。

表 1-30 敷线方式

| 环境条件 | | 干燥 | 潮湿 | 易燃易爆 | 可燃 | 腐蚀 | 室外 |
|------------------|-----|----|----|------|----|----|----|
| 敷 线 方 式 | 木槽板 | √ | × | × | × | × | × |
| | 瓷夹板 | √ | × | × | | × | |
| | 瓷柱 | √ | √ | | √ | | √ |
| | 瓷瓶 | √ | √ | | √ | √ | √ |
| | 塑料管 | √ | √ | | √ | √ | √ |
| | 钢管 | √ | √ | √ | √ | √ | √ |

注：“√”表示可以使用，“×”表示不可使用，空格表示不适合使用。

(3) 敷设线路时，导线连接质量的好坏是直接决定供电线路能否安全可靠运行的一个重要因素。通常，导线连接的接头是线路的薄弱环节，它是线路经常发生故障的地点。接头接触不良或松脱，将造成接触电阻增大，接头局部过热，绝缘损坏；同时，由于接头接触不良，还可能产生火花，严重时甚至酿成火灾。因此，供电线路的导线接头必须牢固紧密，其机械强度不应低于导线机械强度的80%，其外包绝缘材料具有的介电强度不应低于导线的绝缘强度。同时，敷线时应尽可能减少导线接头。

49. 对室内电动机怎样进行配线？

通常，室内电动机的电源动力线引入室内之后，一般都是沿房梁、墙壁、屋柱（屋架）等处用瓷瓶或瓷夹明装配线。从墙壁到电动机这段动力线应加保护套管，或者加保护套管埋入地下（图1-16）。为了保护动力线不受外力损伤或不受潮，通常离地面2m以内高度的这段动力线和埋入地下的导线均应穿入保护管中。如果有开关或插座，地面上的保护管可从开关或插座下部装设。保护管可采用铁管或塑料管，也可采用木槽板装设。

穿入保护管中的导线不得有接头，露出保护管两端的导线要留

有引至电动机的足够长度。导线穿入管中后，管的两端应使用黄蜡布和胶布封好。地面上的保护管可用管卡和螺栓予以固定，管卡间的距离以不大于 1.2 m 为宜。位于地下的保护管，在地面上没有压力的地点，其埋设深度一般为 200 mm；在地面上有较大压力的地点，应在地面以下使用砖砌成槽沟，以保护管子不受过大压力而损坏。保护管在电动机所在地面露出的高度（管口距地面）不得小于 100 mm，并且应尽量靠近电动机接线盒。这一段导线必须穿管敷设，不可任意拖在地上或用钉子挂在墙上，以免发生事故。

导线与电气设备（电动机、开关等）的连接应正确、可靠，接触良好，而且要结合牢固，以免松脱。如果导线是较粗的铝线，则应采用螺栓压接式铝线鼻子连接，并且要把露出的导线用胶布包好。

50. 电动机怎样接线？

(1) 导线的敷设。操作开关到电动机之间的连接导线一般穿管敷设，而机床设备上则有固定在床身上的电线管，活动部分用软管连接。这段导线一般分为两段：一段从控制箱（板）到操作开关；另一段从控制箱（板）到电动机，通常在控制箱（板）内设有接线柱，供导线连接用。

如果控制设备与电动机不是配套产品，则这段导线的走线形式一般有两种：一种是从地下埋管（用厚壁管）通过；另一种是采用明设管线线路，沿建筑物表面敷设到电动机。前一种应用较多，其线管的埋设如图 1-16 所示。

(2) 电动机接线盒的接线。电动机的接线盒中一般有一块接线板，三相绕组的六个线头排成上下两排，并规定上排三个接线柱自左至右的编号为 1、2、3，下排自左至右的三个接线柱的编号为 6、4、5。接线柱的排列如图 1-30a 所示，通常电动机制造和维修都按这一序号排列接线柱。

在电网额定电压既定的条件下，一般根据电动机铭牌上标出的额定电压和接法确定电动机接线柱的连接方法。例如，若铭牌上标

出 380 V Δ 连接，则应按图 1-30b 连接；若铭牌上标出 380 V Y 连接，则应按图 1-30c 连接。通常，将来自操作开关的三根导线的线头分别与 6、4、5 连接（一般情况下，电动机接线盒的出线口都在下方，便于接下排）。如果电动机出现反转现象，将任意两根导线的线头对换接线柱位置，电动机便正转。

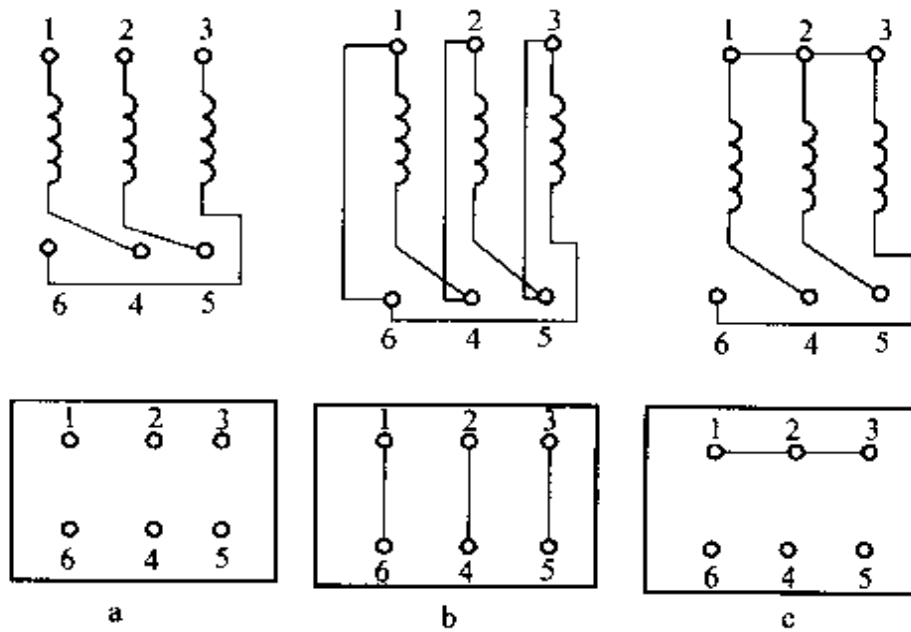


图 1-30 电动机的接线板

a. 接线柱的排列；b. Δ 连接；c. Y 连接

采用星-三角起动器时，线管中须穿六根同型号、同规格的导线，在每根导线的两端作出标记，把六根导线的线头分别与接线盒内 6 个接线柱连接，另一端的 6 个线头接在星-三角起动器的相应接线柱上。

线头连接前，应将从线管口到接线柱这段导线（3 根或 6 根）用绝缘带包扎在一起，一般缠包两层，从近管口处缠起，并封堵管口，以防水分和杂物进入管内。如果线管口与接线盒有衔接结构，则不需包缠。

(3) 电动机接线线头与操作开关的连接。电动机的三个连接线头与空气断路器、铁壳开关或瓷底胶盖闸刀开关连接时，应按相序与开关的动触头接线柱连接；与星-三角起动器连接时，电动机

的六个连接线线头应与起动器的接线柱对应连接。

51. 在电动机线路的导线上怎样涂刷标志？

(1) 导线的颜色标志。保护导线 (PE) 的颜色必须是黄绿双色；动力电路的中线 (N) 和中间线 (M) 必须是浅蓝色；交流或直流动力电路必须是黑色；交流控制电路必须是红色；直流控制电路必须是蓝色。用作控制电路联锁的导线，如果与外边控制电路连接，并且电源开关断开时仍带电，则应为桔黄色或黄色；如果与保护导线连接，则应为白色。

(2) 导线的线号标志。导线线号标志应与原理图和接线图的规定相符。在每一根连接导线的线头上应套上标有线号的套管，位置应接近端子处。线号的编制方法如下：

①主电路。三相电源按相序自上而下编号为 L1、L2、L3；通过电源开关后，在出线端子上按相序依次编号为 U11、V11、W11。主电路中各支路的编号，应从上至下、从左至右，每经过一个电器元件的接线柱，编号要递增，如 U11、V11、W11，U12、V12、W12……。单台三相交流电动机的三根引出线按相序依次编号为 U、V、W (或 U1、V1、W1)；多台三相交流电动机引出线的编号，为了不致引起误解和混淆，可在字母前冠以数字来区别，如 1U、1V、1W，2U、2V、2W……。在不产生矛盾的情况下，字母后应尽可能避免采用双数字。如果单台电动机的引出线采用 U、V、W 的线号标志，则三相电源开关后的出线端编号可为 U1、V1、W1。如果电路编号与电动机线端标志相同，则应三相同步时跳过一个编号来避免重复。

②控制电路和照明、指示电路。应从上至下、从左至右，逐行用数字依次编号，每经过一个电器元件的接线端子，编号要依次递增。编号的起始数字，除控制电路必须从阿拉伯数字 1 开始外，其他辅助电路依次递增 100 作为起始数字，如照明电路编号从 101 开始，信号电路编号从 201 开始。

52. 怎样自制动力配电箱？如何选择配电箱（盘）中所装的电气设备？配电盘上设备布置的原则是什么？

自制的一般低压动力配电箱多使用质量较好的木板制成（目前多数工矿企业已普遍采用铁壳配电箱）。为了防止木制配电箱被电火花烧伤，根据电流值和使用情况的不同，确定是否加包铁皮：

(1) 额定电流在 30 A 以上的配电箱应加包铁皮；额定电流在 30 A 以下、箱体内装有铁壳开关的配电箱可不包铁皮。

(2) 装在重要负荷附近或易燃场所的配电箱，无论其额定电流大小如何，均应实行木壳包铁皮（或采用铁壳配电箱），其包铁皮的部位为盘板的前后两面，而箱身和箱体内壁可不包铁皮。

为了操作和维护方便，配电箱一般制成开启式。如果电动机的容量较大，箱中设备较多，为了观察、操作和维修方便，配电箱多做成立式盘。一个配电盘究竟要做多大，应安装哪些设备，一般可根据所控电动机的容量大小和台数多少作具体分析，然后按实际需要来确定。

100 kW 以下中小型电动机用配电箱（盘）中所装的电气设备，一般根据下述原则选择：

(1) 闸刀开关。作为隔离电源用的闸刀开关叫做总开关或电源开关，它装在电度表的前面，也叫表前开关，一般可选用电压为 500 V、电流为所带负载总额定电流的闸刀开关。总开关也可用三只插入式熔体来代替。

作为切断负荷用的闸刀开关，应装在电度表的后面，也叫表后开关，一般每台电动机都应装一个，所以又叫分路开关，其规格按电动机的起动方式选择。

(2) 交流电压表。用来观测电源电压，可选择盘用电磁式电压表。当电动机的额定电压为 380 V 时，电压表的量程可选为 0~450 V 或 0~500 V。如果电压表用来测量相电压，则可选用量程为 0~250 V 的电压表。

(3) 交流电流表。用来观测电动机的电流，一般按电动机额定

电流的 1.5~2.5 倍选择。电流表的电流不宜选得过小，否则，电动机起动时的冲击电流可能损伤仪表。电流表分为直通表和比数表两种，比数表应与电流互感器规格配合选用。

(4) 电流互感器。电流互感器的选择一般以一次电流大于负荷电流为原则，如 100:5、300:5 等。

(5) 电度表。它可计量负载用电量的多少。根据所测负载种类的不同，电度表有单相电度表、三相电度表和三相四线制电度表三种。根据所测负载容量的大小，电度表分为直通式和间接式两种，可根据用电负载的种类和负荷量的大小来选用电度表。

(6) 其他设备。为了使用一块电流表或电压表能监测三相负荷的电压或电流，可装设一只电压或电流转换开关。为了计量照明负荷的用电量，可在配电盘上装一块单相电度表，如果采用直通式单相电度表，则应按照照明负荷的总额定电流来选择这种电度表。为了监视和维护配电盘，可安装指示灯。

配电盘上设备的布置，应以便于观察仪表和便于操作为原则。通常，将电源电压表装在盘面的左上方，将电流表装在盘面的右上方，而将总闸刀开关装在盘面的左侧或上方，将负荷闸刀开关装在盘面的右侧或下方。盘面设备的间距如表 1-31 所示。

表 1-31 配电盘上的设备排列最小间距

| 设备名称 | 上下间距 (mm) | 左右间距 (mm) | 设备名称 | 上下间距 (mm) | 左右间距 (mm) |
|-------|--------------|--------------|----------------------------------|--------------|--------------|
| 仪表与仪表 | | 60 | 互感器与 仪表 | 80 | 50 |
| 仪表与线孔 | 80 | | 插入式熔体 与其他设备 | | 30 |
| 开关与仪表 | | 60 | 指示灯、熔 体盒、闭火之 间以及其他设 备之间 | 30 | 30 |
| 开关与开关 | | 50 | 设备与箱壁 | 50 | 50 |
| 开关与线孔 | 30 | | 线孔与箱壁 | 30 | 30 |
| 线孔与线孔 | 40 | | | | |

配电盘上的设备位置和设备相互间的距离确定后，就可在盘上钻好穿线孔，并装上瓷管头。对于需要嵌入安装的设备，可在盘上钻好嵌入孔，用螺钉或卡子将该设备固定在盘面上。

当配电盘（箱）上应装设的设备固定在盘面上之后，就可按设备的接线要求进行接线（图 1-31）。

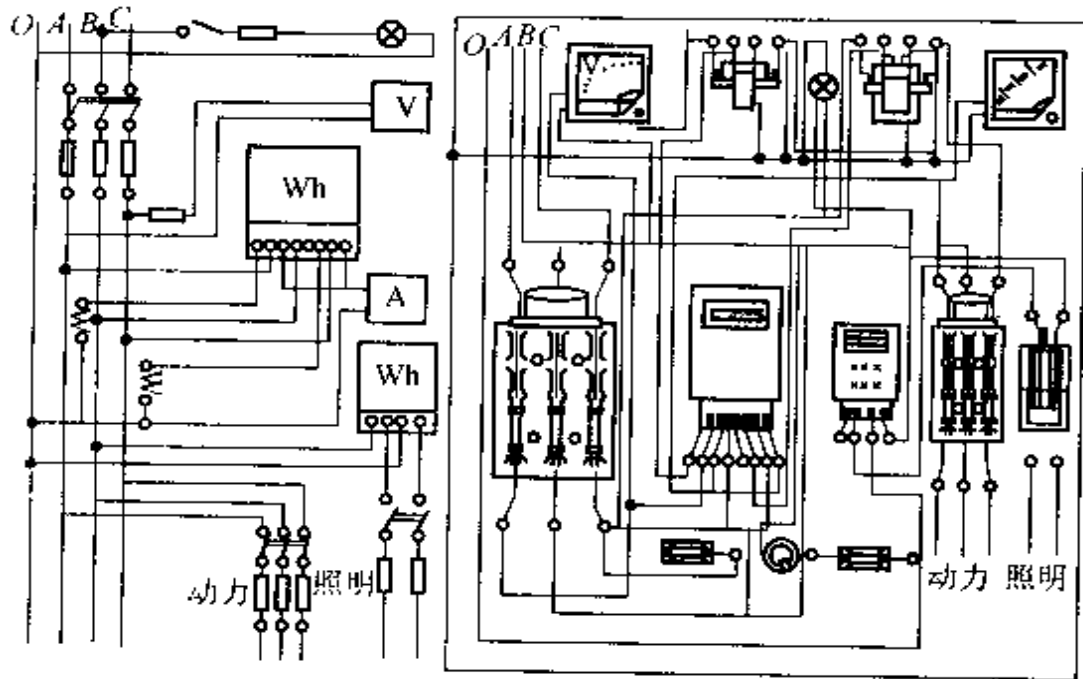


图 1-31 动力配电盘

53. 怎样安装墙挂式动力配电箱和落地式动力配电箱？

墙挂式动力配电箱的技术要求和工艺要点如下：

(1) 安装高度除施工图上有特殊规定外，暗装时底口距地面为 1.4 m，明装时为 1.2 m，但明暗电度表板离地面高度均为 1.8 m。

(2) 安装配电箱（盘）所需木砖、金具等，均应在土建砌墙时预埋在墙上。

(3) 在 240 mm 厚的墙内暗装配电箱时，其后壁应使用 10 mm 厚的石棉板和铅丝直径为 2 mm、孔洞为 10 mm 的铅丝网钉牢，并用 1:2 水泥砂浆涂抹，以防开裂。此外，为了施工和检修方便，也可在盘后开门，用螺钉将门固定在墙上。并且，为了美观，还应涂以与墙壁颜色相同的调和漆。

(4) 配电箱外壁与墙接触部位应涂防护油，而箱体内壁和盘面则应涂灰色油漆两次。箱门油漆的颜色，除施工图上有特殊规定外，一般与工程中的门、墙颜色相同。铁壳配电箱应先涂红丹漆后涂油漆。

(5) 配电箱（盘）中配线用的导线，应使用绝缘导线，导线截面除主电路外，其他绝缘导线的截面为：铝线不小于 2.5 mm^2 ；铜线不小于 1.5 mm^2 。

(6) 导线必须正确、妥善连接，不得有错接、漏接或接触不良等现象。导线与接线端子必须接触良好，并且应连接牢固，最好使用线鼻子连接。

(7) 配电箱后面的配线应排列整齐、绑扎成束，并用卡钉紧固在盘板上。盘后引出和引入的导线，其长度应留有适当余量，以利于检修。

(8) 为了加强盘后配线的绝缘和便于维修时辨认，导线应按相位颜色套上软塑料管，软塑料管的颜色为：A相用黄色；B相用绿色；C相用红色；零线用黑色。导线交叉时，交叉处应套上软塑料管，以加强绝缘。

(9) 配电箱（盘）中的闸刀开关、熔断器等电器，上端接电源，下端接负荷。横装的插入式熔断器的接线，应面对配电箱的左侧接电源，右侧接负荷。

(10) 导线穿过盘面时，如果是木盘，须从瓷管中穿过；如果是铁盘，应装橡皮护圈。工作零线穿过木盘时，可不加瓷套管，只套上塑料管即可。

(11) 配电箱中的所有电器下方均应安装“卡片框”，并注明相序、路别、额定电流和所控制的路别名称，同时在盘门的里边粘贴单线线路图。

(12) 末端配电箱的零线系统应重复接地，重复接地一般加于引入线处。

(13) 零母线在配电箱上不得串接。零线端子上分支路的排列应与相应的熔断器对应，面对配电箱从左到右编排 1、2、3……。

(14) 安装配电箱时，将水平尺放在箱顶上，测量和调整箱体的水平，然后在箱顶上放一木棒，沿箱面挂一线锤，测量配电箱上、下端与吊线距离，调整配电箱，使之呈垂直状态（如果用水平仪测量，则更方便、正确）。

如果配电箱装在支架上，则应预先将支架装在墙上。配电箱装在支架上的技术要求和工艺要点与上述装在墙上的要求和工艺相同。

落地式动力配电箱一般为成套配电箱，其安装方式有四种（图 1-32），安装方法分直接埋设和预留槽埋设两种。无论采用哪种安装方法，均按配电箱的安装尺寸埋好固定螺栓，待水泥干硬，装上配电箱进行调整即可。其安装的技术要求和工艺要点与墙挂式动力配电箱相同。

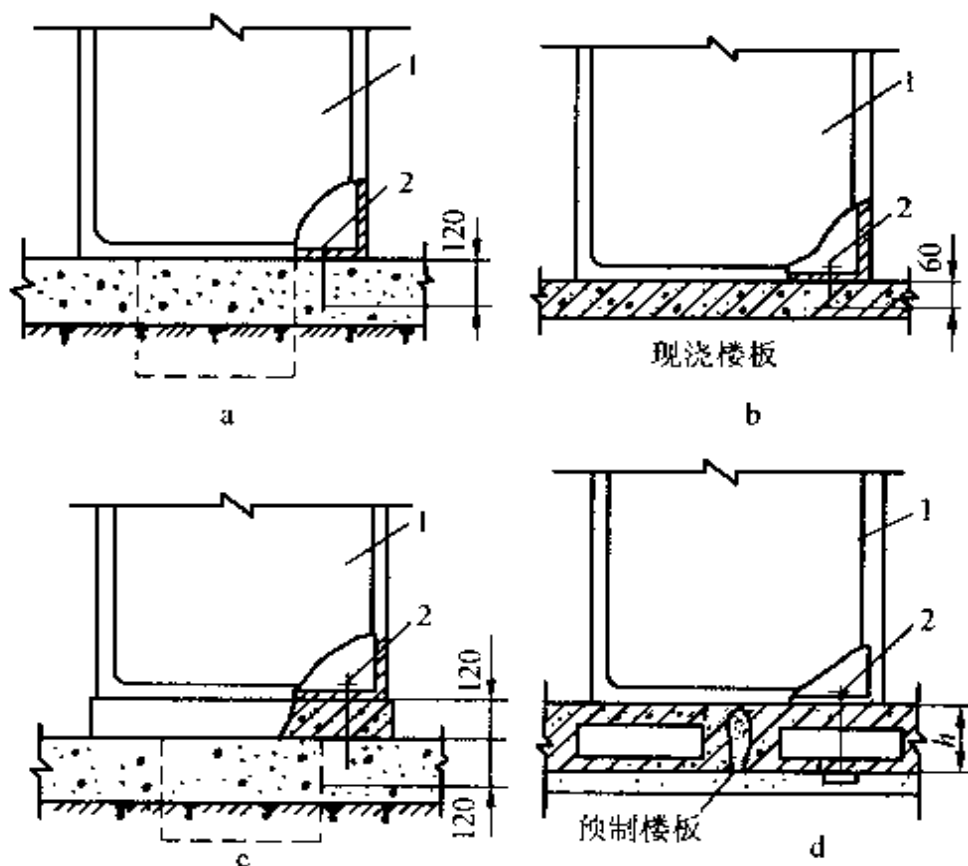


图 1-32 落地式配电箱的安装

- a. 在混凝土地坪上固定； b. 在现浇楼板上固定；
c. 在砖基础上固定； d. 在预制楼板上固定

1. 配电箱； 2. 螺栓

54. 安装电动机的控制箱应注意哪些问题？

(1) 控制箱的尺寸应根据电器的安排来确定，原则上箱内电器安装板应能够自由通过控制箱或壁龛的门，以便于装卸。

(2) 各种电器应尽可能组装在一起，使其成为一个或几个控制装置。只有必须装在特定位置上的器件（如按钮、手动控制开关、位置传感器、离合器等），才允许分散安装。

(3) 安放发热元件时，必须使箱内所有元件的温升都保持在它们各自的允许极限以内。发热量很大的元件（如起动、制动电阻等），必须隔开安装，必要时应实行风冷。

(4) 所有电器必须装在箱内便于更换、检测的部位。为了便于维修或调整，箱内电气元件离地面高度应在 0.4~2.0 m 以内。所有接线端子应位于离地面至少 0.2 m 处，以便于装拆导线。

(5) 箱内器件相互间应保持规定的间隔和爬电距离。箱中裸露、无电弧的带电零件与控制箱导体壁板间的间隙一般应为：电压在 250 V 以下时，不小于 15 mm；电压为 250~500 V 时，不小于 25 mm。

(6) 除了手动控制开关、信号灯和测量器件外，门上不得安装任何器件。

(7) 由电源电压直接供电的电器最好装在一起，使其与只由控制电压供电的电器分开。

(8) 电源开关最好装在箱内右上方，其操作手柄应装在控制箱前面或侧面。电源开关的上方不宜安装其他电器，否则，应使用绝缘材料将电源开关盖住，以防电击。

(9) 箱内电器（如接触器、继电器等）应按原理图上的编号顺序固定装在控制板上，并且在醒目处贴上各元件相应的文字符号。

55. 电动机的控制箱（板）内外配线应遵循哪些原则？

(1) 控制箱（板）内部配线。一般采用能从正面修改配线的方法，如板前线槽配线或板前明线配线，很少实行板后配线。

实行板前线槽配线时，线槽内所装导线占的容积不宜超过线槽

容积的 70%，以便于安装和维修。线槽外部配线，对于装在可拆卸门上的电器接线，应采用互连端子板或连接器，它们必须牢固地固定在框架、控制箱或门上。外部控制、信号电路进入控制箱内的导线，如果超过 10 根，应接到端子板或连接器上过渡，但动力电路和测量电路的导线可以直接接到电器的端子上。

(2) 控制箱（板）外部配线。除有适当保护的电缆外，所有外部配线都应装在导线通道内，使导线具有适当的机械保护，以防止液体、铁屑和粉尘等侵入。对导线通道的要求和导线的要求如下：

①对导线通道的要求。导线通道应留有余量，以便今后增加导线。导线通道必须固定、可靠，内部不得有锐边和远离设备的运动部件。导线通道一般采用钢管，钢管壁厚不应小于 1 mm。如果采用其他材料制的管道，其强度应与钢管强度相同。如果采用金属软管，则应有适当的保护措施。如果利用设备底座作为导线的通道，则无需采取保护措施，但应防止液体、铁屑和粉尘等侵入。

②对导线的要求。移动部件或可调整部件上的导线，必须采用软线。运动的导线必须支承牢固，不得有急剧的转弯，同时接线点上也不得产生机械拉力。

不同电路的导线可以穿在同一线管内。如果它们的工作电压不同，则所有导线的绝缘等级必须满足其中最高一级电压的要求。

为了便于修改配线，凡装在同一机械防护通道内的导线束，应具有备用导线根数为：当同一管中相同截面积导线为 3~10 根时，应有一根备用导线，并且每递增 1~10 根增加一根。

56. 电动机运到现场后，怎样进行开箱检查和验收？

- (1) 应在室内开箱，并填写“电动机开箱检查记录”（表 1-32）。
- (2) 所选用的开箱方法和工具，以不损伤电动机为原则。
- (3) 电动机的技术资料应按清单清点，齐全后再妥善保管。
- (4) 应按装箱单核对电机的铭牌和出厂检验记录；检查电机部件、附件（如地脚螺栓）和备件的件数与装箱单的记载是否相符。
- (5) 检查电机的型号和容量与图纸要求是否相符。

(6) 检查电机外壳是否损伤，有无锈蚀现象；转子是否窜动，转子转动是否灵活，有无卡涩现象或异常声音。

(7) 检查电机绕组有无短路、断线等现象，电刷、集电环、整流子等各零部件是否损伤或松脱。

(8) 用塞尺测量定、转子的气隙。测量时将塞尺放在转子两端，将转子慢慢转动4次，每次转动90°，测量要求是：

①对于凸极式电动机，应在各磁极下面测量。

②对于隐极式电动机，分4点测量。

③直流电动机磁极下各点气隙的相互误差，当气隙在3 mm以下时，不应超过20%；当气隙在3 mm以上时，不应超过10%。交流电动机各点气隙的相互差不应超过10%。

(9) 测量绕组的绝缘电阻，并作出记录。

检查完毕，如果电机完好，符合要求，可使用手动吹风机将机身上的尘垢吹扫干净。如果是大型电动机，宜使用压力为0.2~0.3 MPa的干燥、清洁压缩空气进行吹扫。

表 1 32 电动机开箱检查记录

编号：

年 月 日

| | | | | | |
|---------|--|-------|--|------|--|
| 电动机名称 | | | | 型号规格 | |
| 安装位号 | | 台(套)数 | | 净重 | |
| 制造厂 | | 件(个)数 | | 毛重 | |
| 电动机所带资料 | | | | | |

随电动机的配件和材料明细表

| 序号 | 名称 | 规格 | 单位 | 实收数 | 备注 |
|----|----|----|----|-----|----|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

建设单位代表：

施工单位代表：

注：此表做施工记录用，交工时附在竣工资料中。

57. 现场怎样搬运电动机？吊运电动机应注意哪些事项？

现场搬运电动机，应按以下方法进行：

(1) 如果电动机由制造厂装箱运来，在未运到安装地点以前，不得开启木箱，而应把箱子贮存在干燥、通风的房间内，并用木板垫起，以免潮气侵入电动机。

(2) 大中型电动机由汽车或其他运输工具运来时，可用起重机械吊卸。如果没有起重设备，可在地面与汽车间架设斜板，将电动机平推在板上，使其沿斜板慢慢地滑下来。但必须用绳子将机身重心拖住，以免滑动太快或滑出斜板。电动机在斜板上滑动时，不许将滚杠垫在电动机下面。斜板厚度应在 50 mm 以上。为了防止斜板弯曲，可在斜板下面垫上方木或石块。

(3) 搬运大中型电动机时，可在其下面垫一块排子，在排子下面塞入滚杠。滚杠可采用同一直径的金属管或圆木。如果电动机是装箱搬运，可将滚杠直接塞在箱子下面，然后用铁棒或木棒撬动箱子。需要改变箱子移动方向时，可将摆在前面的滚杠斜放。在狭窄地方，不要站在箱子的侧面，也不要用手来校正滚杠，并注意脚不要被滚杠滚动时压着，以免发生危险。

(4) 100 kg 以下的小型电动机，可将铁棒穿过电动机上部的吊环做成担架，由两人来抬运。但不可将绳子套在电机的胶带轮或转轴上，或者穿过电动机的端盖孔来搬运。

(5) 搬运用的各种索具必须结实可靠。电动机若与减速机或水泵等设备连接为一体，不得用电动机吊环来吊运。

吊运电动机应注意以下事项：

(1) 吊运前应做好以下准备工作：

- ①了解电动机及其附属设备的总重量、外形尺寸和吊运要求；
- ②准备适当的吊运设备、工具、材料和相应的人力；
- ③了解吊运路线和周围作业的环境；

④对较大电动机及其附属设备的吊运，应制定操作方案和采取安全措施。

(2) 吊运电动机时，不得将绳索挂在轴伸、风扇罩或导风板上，而应挂在吊环上，或机座底脚和机座板上规定的挂绳处。当电动机有两个吊环时，绳索在挂钩之间的角度不得大于 30° ，以防拉断吊环。如果大于 30° ，则应在吊环间加撑条保护。

(3) 吊运机组时，应使用绳索兜住机组底部或拉在规定的底座吊孔上，严禁用一台电动机的吊环来吊运整个机组。

(4) 在电动机抽芯过程中吊运转子时，如果将绳索套挂在转子铁芯上或轴身上，则应加垫块和毛毡等物，以免勒伤铁芯或轴身，并应注意防止滑动。

必须指出，在电动机的搬运和吊运过程中应特别注意以下几点：

① 应有专人统一指挥，互相配合，以保证人身和设备安全；

② 抬、吊工具（绳索、抬杠、滑板等）应具有足够的持重力，以免裂断伤人或损坏设备；

③ 应防止碰撞电机，尤其是机座、底脚，一旦碰伤、碰断很难修复。

58. 怎样保管电动机？

(1) 应建立详细档案，即对每台电动机都应造册登记，注明电动机类型（三相交流异步电动机或同步电动机，单相异步电动机，直流电动机或防爆电动机等）、功率、供电电源电压等，并编上序号，同时在每台电动机上都挂上序号牌。这样，需要提取某种类型、某种功率的电动机时，查阅登记本，就可找到所需规格的电动机，按序号提取即可。

(2) 电动机应存放在干燥、通风和保温的库房（或普通房间）内，不得任意露天堆放或存放在不遮雨雪风霜的临时工棚内。库（房）内温度一般不应低于 $+5^\circ\text{C}$ ，相对湿度不得高于 80%。

(3) 电动机内有纤维、涂层等绝缘材料，不耐化学腐蚀，所以库（房）内应防止有害气体、烟雾和尘土等侵入，同时也禁止将酸、碱物品和蓄电池等与电动机存放在同一库（房）内（在农村，

禁止将电动机与农药、化肥等堆放在同一场所)。

(4) 在电动机贮存期间，应防止震动和剧烈的温度变化，以免损坏电机的绝缘而缩短其使用寿命。

(5) 电动机可以重叠码垛，垛高宜在 3 m 以内，垛形应端正，垛堆应平稳、牢固，以免发生倾斜倒塌事故；垛底应适当垫高（非码垛存放的单台电动机，也不宜直接堆放在地面上，而应摆放在方木或厚木板等垫板上），以利通风，从而防止电机底座锈蚀。

(6) 使用过的电动机入库（房）内存放前，应擦拭干净，并经常保持电机的各组成部分清洁、干燥；大型电动机，特别是开启式和半开启式电机，要全部用帆布（苫布）或塑料布盖好。

(7) 电动机转子的轴身应涂以工业凡士林，并用清洁的软棉布或软纸片包好，以防锈蚀或被重物撞击而影响精度；长期存放的电动机，其碳刷的弹簧应松开，并取出碳刷另放在一个小盒内保管。

(8) 保管期间如果电动机的绕组或其他部位积有干燥的灰尘，可用清洁的软棉布或软纸片擦净，或者用压缩空气（压力为 2~3 MPa）或皮老虎吹扫，禁止使用脏布、湿布或油布等进行擦拭。

(9) 长期保管的电动机，至少每季应检查一次，每半年应测试绝缘电阻一次。如果绝缘电阻明显降低，则应进行干燥处理（如通入约 10% 额定电压进行干燥）。

二、电动机常用起动、控制和保护电器的使用、维护与故障处理

59. 起动器怎样分类？各种起动器有哪些特点和用途？

起动器一般按控制（操作）和起动方法分类。

（1）按控制（操作）方法分类。分为手动起动器和自动起动器两种。

①手动起动器。如手动星—三角起动器、自耦降压起动器、电阻降压起动器等。

②自动起动器。如电磁起动器、自动星—三角起动器等。

（2）按起动方法分类。分为直接起动器和降压起动器两种。

①直接起动器。直接起动器用来将电动机在全电压（即电源电压）下投入运行。这种起动器的特点是结构简单、起动较快、起动转矩一定，但起动电流较大。常用的直接起动器有瓷底胶盖闸刀开关、铁壳开关（目前已逐渐淘汰）、电磁起动器、接触器和空气断路器等。通常，5.5 kW 以下的鼠笼式电动机可采用瓷底胶盖闸刀开关或铁壳开关来起动；5.5~15 kW 鼠笼式电动机，在操作不频繁的情况下，可采用铁壳开关来起动，但其额定电流应为电动机额定电流二倍以上；15 kW 以上的电动机，应采用电磁起动器、接触器或空气断路器来起动。

②降压起动器。又称减压起动器。其起动电流受到限制，因此起动转矩较小。降压起动器的结构虽然复杂，但起动安全。常用的降压起动器有星—三角（Y- Δ ）起动器、自耦降压起动器、电抗降压起动器、电阻降压起动器、延边三角形起动器和频敏变阻起动器等几种。

各种起动器的特点和用途如表 2-1 所示。

表 2-1

各种起动器的特点和用途

| 名 称 | | 特 点 | 用 途 |
|---------|---------|--|---|
| 全压直接起动器 | 电磁起动器 | 由一般交流电磁接触器、热继电器、控制按钮等标准元件组成，带有防护外壳，而可逆型则带有电气和机械联锁装置 | 供远距离频繁控制三相鼠笼式电动机的直接起动、停止和可逆转换，并具有过载、断相和失压保护装置 |
| | 手动起动器 | 由不同外缘形状的凸轮或按钮操作的锁扣机构来完成线路的分合动作，后者带有热继电器、失压脱扣器、分励脱扣器 | 供不频繁控制三相鼠笼式电动机的直接起动、停止，并具有过载、断相、欠压保护装置。由于结构简单、价格低廉、操作不受电网电压波动的影响，所以特别适于农村使用 |
| 降压起动器 | 星—三角起动器 | 由一般交流接触器、热继电器、时间继电器、控制按钮等标准元件组成，有保护外壳，接触器主触头和热元件多接于三角形连接的内部 | 供三相鼠笼式电动机作Y-△起动和停止用，具有过载、断相保护作用。起动过程中，时间继电器能自动将电动机定子绕组由星形转换为三角形连接 |
| | 星—三角起动器 | 借助不同外缘形状的凸轮，使数个结构完全相同的触头组件按规定的顺序分合，以实现电动机定子绕组的Y-△转换。有定位装置和防护外壳，一般无过载和失压保护装置 | 供三相鼠笼式电动机作Y-△起动和停止用 |
| 降压起动器 | 自耦降压起动器 | 由一般交流接触器、热继电器、控制按钮等标准元件与自耦变压器组成。利用自耦变压器降低电源电压，以减小起动电流，并借自耦变压器的不同抽头来调节起动电流和起动转矩 | 供三相鼠笼式电动机作不频繁地降压起动及停止用，并能对电动机的过载、断相起保护作用 |

续表

| 名称 | | 特点 | 用途 |
|-------|---------------|--|--|
| 降压起动器 | 自耦降压起动器 手动 | 由起动触头、运转触头、手动操作机构、自耦变压器、保护装置、箱体等组成。起动原理与自动式相同，分油浸式和空气式两种 | 供三相鼠笼式电动机作不频繁降压起动和停止用，对电动机的过载和欠压能起保护作用 |
| | 电抗降压起动器 | 由一般交流接触器、热继电器、控制按钮等标准元件与电抗线圈组成箱式结构的起动器 | 供三相鼠笼式电动机降压起动用 |
| 降压起动器 | 电阻降压起动器 | 交流电阻降压起动器由一般接触器、热继电器、控制按钮等标准元件与电阻组成箱式结构；直流电阻降压起动器由手动操作机构、刷形触头、变阻器、失压保护装置、机械联锁装置等组成箱式结构，起动过程中，触头将电阻逐级切除 | 供三相鼠笼式电动机或小容量直流电动机降压起动用 |
| | 延边三角形起动器 | 由一般交流接触器、热继电器、时间继电器、控制按钮等组成，带有信号灯、电流表和保护外壳，应与定子有9个抽头的电动机配合使用 | 供三相鼠笼式电动机作延边三角形起动用，并对电动机的过载、断相起保护作用，在起动过程中，将电动机定子绕组接成 Δ ，起动完毕，自动换接成 \triangle |
| 全压起动器 | 频敏变阻器 | 由接触器（或开关）和直接接在电动机转子回路上的频敏变阻器构成，相当于接入一个随转子转速变化的可变阻抗作限流全压起动 | 用于控制绕线式电动机的直接起动、反接制动。调节铁芯气隙和线圈抽头，就可获得不同起动特性 |

60. 选择起动器应考虑和分析哪些问题？

(1) 应考虑电动机起动对电网的影响。通常，可根据所控电动机的容量与电网容量（或电源变压器容量）之比来确定起动方式（表 3-20）。

(2) 应考虑不同性质的负载对起动的要求，保证拖动装置具有较好的机械特性（表 3-23）。

(3) 应分析比较各种起动器的特点，先确定起动器的型号，然后根据所控电动机的容量确定起动器的容量等级，并按电动机的额定电流选择热元件。在星—三角起动器中，其热元件一般与电动机的绕组串联后接成三角形，因此可按电动机额定线电流的 $1/\sqrt{3}$ 来选择热元件。选用延边三角形起动器时，所控电动机必须具有 9 个接线端头，并且还应考虑起动器的操作频率。

(4) 应考虑起动器与短路保护电器的协调配合。通常选用熔断器作为电动机的短路保护电器。熔断器应装于起动器的电源侧（如果采用综合起动器，由于其内部装有熔断器，可不必另行装设）。熔断器不应用来代替起动器分断电动机的最大过载电流和堵转电流，但应能够分断安装地点的预期短路电流。采用综合起动器时，一般按起动器的 2.5 倍额定电流来选配熔断器，以保证它在电动机起动时不发生误动作。

61. 怎样选择电磁起动器？它对三相异步电动机有哪两种作用？

选用电磁起动器，一般应考虑以下几方面的问题：

(1) 根据使用环境选择起动器的结构型式，如开启式（无外壳）或保护式（有外壳）。

(2) 根据线路要求确定起动器是可逆式的还是不可逆式的，是有热保护的还是无热保护的。

(3) 根据所控电动机的容量确定选用哪一级起动器。

(4) 电磁起动器虽然在长期工作制、间断工作制和反复短时工作制下都可应用，但其操作频率却有限制。例如，带热继电器的起

动器，操作频率不得超过 60 次/h；不带热继电器的起动器，在通电持续率 $TD \leq 40\%$ 时，额定负载下可达 600 次/h，若降容使用，则可增加到 1 200 次/h。

(5) 电磁起动器能否起断相保护作用，主要取决于所配用的热继电器是否具有这项保护功能（其他装有热继电器的起动器也是如此）。

对一台电动机最基本的控制，就是起动和停车，也就是接通和切断电源。电磁起动器对三相异步电动机一般有以下两种作用：

(1) 控制作用。起动时，先合上刀开关 DK（图 2-1），按下起动按钮 QA，于是控制电路接通，接触器的电磁线圈 C 通电，由接触器控制的常开触头 C1 闭合，将主回路接通，电动机 YM 起动。与此同时，接触器的自保触头 C2 也闭合，将 QA 短接，控制电路自锁，松开起动按钮 QA 后，还能保持电动机继续运行。

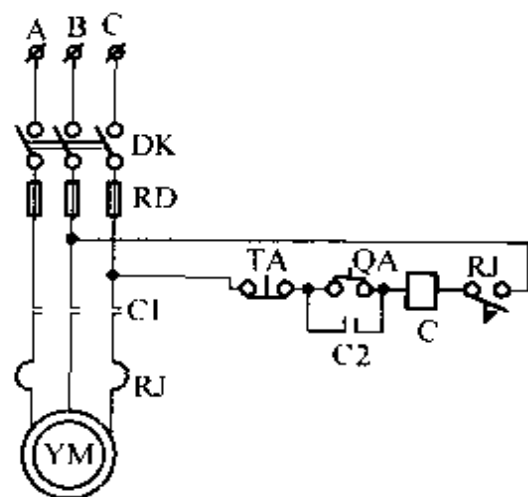


图 2-1 电磁起动器控制原理图

停车时，按下停止按钮 TA，控制电路断电，接触器释放，主电路断电，电动机停车。由于自保触头也已断开，所以当松开停止按钮 TA 后，控制电路仍然断路，电动机不会再行起动。

(2) 保护作用。为了保证电动机安全、可靠地运行，必须采取一些保护措施，以便一旦出现故障，就能立即自动切断电源，起到保护电动机和供电线路的作用。最常见的保护是短路保护、过载保护和失压保护三种。电磁起动器一般具有这三种保护作用。

①短路保护。当电动机因某种原因而短路时，短路保护立刻使电动机脱离电源，以防止短路电流烧毁设备和供电线路。最常用的短路保护电器是熔断器（RD）。

②过载保护。当电动机长期过载时，过载电流会使电机过分发

热而缩短其使用寿命，甚至烧毁电机。过载保护是指电动机过载到一定程度，便切断电路，使电动机脱离电源，以防烧坏电机。最常用的过载保护电器是热继电器（RJ）。当热继电器的发热元件RJ过分发热时，受它控制的热继电器的常闭触头断开，切断控制电路，接触器释放，电动机停车。

③失压保护。当电源停电或电压过低时，接触器的电磁铁因吸力消失或不足，衔铁被弹簧拉开，接触器的常开触头C切断主回路，电动机停车；同时，自保触头也被断开，当电源恢复时，也不会自行起动。

62. 电磁起动器怎样安装和接线？

电磁起动器的安装方法如下：

(1) 安装前应进行以下检查：

①电磁起动器的各部件有无损坏或松动现象。

②触头接触是否良好，触头表面是否平整，有无金属屑或锈斑，触头是否歪斜。

③起动器的各可动部分动作是否灵活，有无卡阻现象，分合是否迅速、可靠，有无缓慢和停顿现象。

④对于有热继电器的电磁起动器，应检查热元件的额定电流与电动机的额定电流是否相符。

⑤用500V兆欧表检查吸引线圈和各导电部分的绝缘，测得的绝缘电阻值不应低于0.5MΩ。

⑥配用的熔断器和熔体与电动机的容量和工作条件是否匹配。

(2) 电磁起动器可装在墙上、柱上或装在固定于地面的铁架或木架上。安装时，使其底板平面垂直于地面，倾斜度不得大于5°。否则，容易发生故障。

(3) 安装地点不得有剧烈的振动，允许的振动幅值不应大于0.5mm，频率不得超过600次/min。电磁起动器的外壳必须可靠接地。

(4) 开启式起动器的灭弧室应离开其他导体。

(5) 按钮安装前应核对它能否满足起动要求，其触头是否完好，然后将其装在便于操作的地点（离地面高度一般为 1.5 m 左右），按规定方法接线（按钮的引线一般采用截面为 1.5 mm^2 的橡皮或塑料软线）。

(6) 通常，电磁起动器的内部接线和引出线头在出厂时都已接好。如果起动器经过修理，其内部接线可能改动，安装后投入使用前，对起动器的接线应进行全面检查，确认接线无误，才可投入运行。

电磁起动器的接线方法如下：

(1) 不可逆电磁起动器的接线。其接线图如图 2-2 所示。

①主回路。电源经闸刀 K、熔断器 RD、电磁起动器内的接触器主触头 C 和热继电器 RJ 接至电动机 M。

②控制回路。当按下起动按钮后，接触器 C 的线圈中有电流通过，接触器主触头闭合，电动机通电运转。起动按钮的两端并

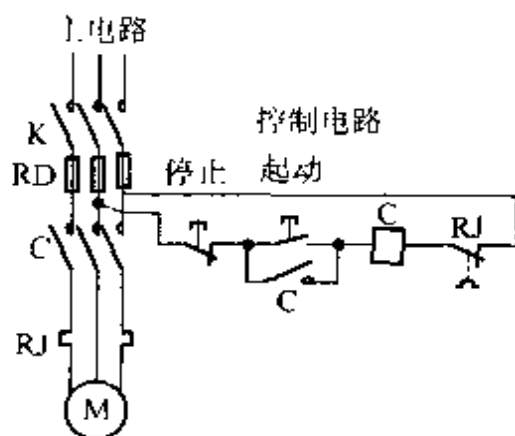


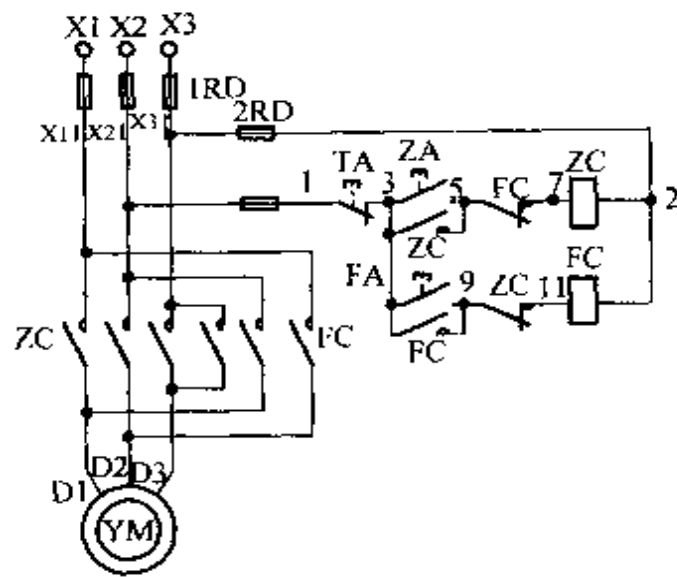
图 2-2 不可逆电磁起动器接线图

联接接触器的一对常开辅助触点，当接触器闭合后，通过这个触点（称为自锁触点）将电路锁住，所以起动按钮断开后电路仍可接通。

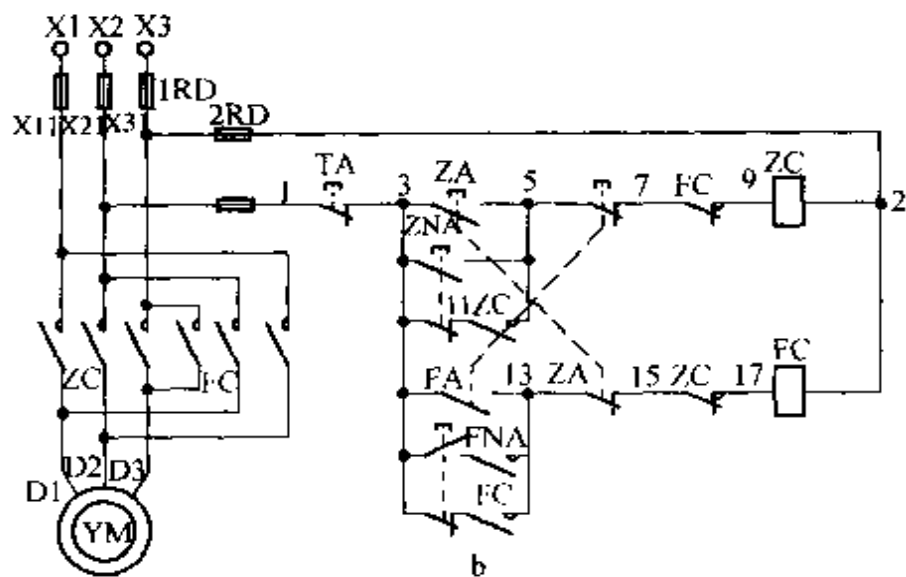
实际接线时，应从起动器处引出三根不同颜色的线进入按钮盒，这三根线中的一根直接从电源端引出，另两根从接触器的一对常开辅助接点的两端引出，并将其中一个头与接触器的线圈一端相接，且引入按钮盒后，从电源端引来的线直接接停止按钮一端，停止按钮另一端应与起动按钮一端相串接，此串接端和起动按钮的另一端与引来的另外两根线相接。

(2) 可逆电磁起动器的接线。可逆电磁起动器由两只接触器和一只热继电器组成。其原理接线图如图 2-3 所示。

①主回路。与不可逆电磁起动器的接线基本相同，只是需使用合适的导线将两只接触器的常开主触头并接，并接过程中将两个触



a



b

图 2-3 可逆电磁起动器的控制电路

头的一端互相换位，以达到可逆目的。

②控制回路。也与不可逆电磁起动器的接线基本相同。起动按钮 ZA 控制电动机正向运转，起动按钮 FA 控制电动机反向运转，停止按钮 TA 控制两只接触器的断电（图 2·3a），但为防止误操作使两只接触器都动作而造成主回路短路，两只接触器应相互联锁。联锁的方法是在各自线圈的控制回路中串接另一只接触器的常闭触

点。此外，也可将两只接触器作机械联锁，即利用机械杠杆将两只接触器的可动部分连接起来，使其中某一只接触器吸合时另一只接触器不可能吸合。

当按下正转按钮 ZA 时，电路沿着 1→3→5→7→2 接通，正转接触器线圈 ZC 通电，衔铁吸合，ZC 主触头闭合，电动机正转，辅助常开接点 ZC 闭合自锁，与此同时常闭联锁接点 ZC 打开，防止反转接触器 FC 线圈得电。这样，即使误将反转按钮 FA 按下，反转接触器也不会动作，这就可避免电源短路。

需要电动机反转时，应先按停止按钮 TA，使正转接触器断电，再按反转按钮 FA，电路即沿着 1→3→9→11→2 接通，反转接触器 FC 线圈通电，将 FC 主触头吸合，于是电动机反向运转。

图 2·3 b 是用按钮和电气联锁同时互锁的电路，电路中装有双联复合按钮，使电路更为安全可靠。需要电动机由正转变为反转时，不必按停止按钮，直接按下反转按钮即可，操作简单。

63. 对运行中的电磁起动器应经常进行哪些检查？

(1) 通过的负荷电流是否在允许容量以内，各部位的电气连接点有无过热现象。

(2) 检查灭弧罩是否损伤，内部附件是否完整、清洁。若有损坏，应立即修复或更换。

(3) 主触头有无烧毛、熔接或过热损坏等现象。

(4) 主触头的接触压力是否合适，三相是否同时接触。

(5) 检查触头压力弹簧的外观，即检查弹簧长度是否一样，有无过热失效和氧化锈蚀等现象。

(6) 触头断开后的距离是否符合 (10 ± 2) mm 这一要求。

(7) 触头表面是否光洁、平整，接触是否紧密，触头是否保持原有形状。

(8) 辅助触头有无氧化、烧毛、熔接等接触不良现象。

(9) 磁铁有无过大噪声，铁芯和线圈是否过热，短路环是否损坏。

(10) 磁铁闭合是否严密, 接触面是否错位, 磁铁固定螺栓有无松动、位移等现象。

(11) 保护元件是否损伤、失灵。

(12) 使用地点的环境是否符合该型号电磁起动器的工作要求; 检修后, 摇测吸引线圈的绝缘电阻, (每伏工作电压不低于 1000Ω)。

64. 电磁起动器有哪些常见故障? 故障原因是什么? 怎样处理?

电磁起动器常见故障、故障原因和处理方法如表 2-2 所示。

表 2-2 电磁电动机常见故障、故障原因和处理方法

| 故障现象 | 可能原因 | 处理方法 |
|------------|--|---|
| 1. 触点过热或灼伤 | (1) 触点弹簧压力过小 (2) 触点上油垢, 或触点表面高低不平, 有凸起的金属颗粒 (3) 触点的超行程太小 (4) 触点的断开容量不够 (5) 环境温度过高或使用在密闭的控制箱中 | (1) 调高触点弹簧压力 (2) 清除触点的油垢, 或用细锉修整触点表面, 除去表面金属颗粒, 使表面平滑 (3) 调整触点超行程或更换触点 (4) 改换容量较大的接触器 (5) 接触器降容使用 |
| 2. 触点熔焊在一起 | (1) 触点过热 (2) 触点的断开容量不够 (3) 操作频率过高 (4) 负载侧短路 (5) 触点弹簧压力过小 (6) 触点表面有凸起的金属颗粒或其他异物 | (1) 消除过热原因后, 更换触点 (2) 改换容量较大的接触器 (3) 调换合适的接触器 (4) 排除短路故障后, 更换触点 (5) 调整触点弹簧压力 (6) 修整触点表面, 使表面光滑 |
| 3. 触点过度磨损 | (1) 接触器选用不当, 在以下场合容量不足: ①反接制动场合 ②有较多启动场合 ③操作频率过高场合 (2) 三相触点动作不同步 (3) 负载侧短路 | (1) 接触器降容使用, 或调换适应繁重任务的接触器 (2) 调整至同步 (3) 排除短路故障后, 更换触点 |

续表

| 故障现象 | 可能原因 | 处理方法 |
|-----------------------------|--|---|
| 4. 相间短路 | (1) 可逆转换的接触器联锁不可靠, 由于误动作, 两台接触器同时投入运行而造成相间短路; 由于接触器动作过快, 转换时间短, 在转换过程中发生电弧短路 (2) 粉尘堆积, 或粘有水汽、油垢, 使绝缘变坏 (3) 产品损坏 (如灭弧罩碎裂) | (1) 加装电气联锁和机械联锁装置; 在控制线路上加中间环节或调换动作时间长的接触器, 延长可逆转换时间 (2) 经常清理, 保持清洁 (3) 更换损坏的零部件 |
| 5. 吸不上或吸不足, 即触点已闭合而铁芯尚未完全吸合 | (1) 电源电压过低或电压波动过大 (2) 操作回路电源容量不足或出现断线、配线错误和控制触点接触不良现象 (3) 线圈技术参数与使用条件不符 (4) 产品本身受损 (如线圈断线或烧毁, 机械可动部分卡住, 机械转轴生锈或歪斜等) (5) 触点弹簧压力、反力弹簧力和超程都过大 | (1) 调高电源电压, 查明并消除电压波动过大的原因 (2) 增加电源容量, 更换导线, 纠正配线错误, 修整控制触点 (3) 调换技术参数符合使用条件的线圈 (4) 更换线圈, 排除卡住故障, 去锈、上润滑油或调换配件 (5) 按要求调整触点参数和弹簧压力 |
| 6. 断不开或释放缓慢 | (1) 触点弹簧压力过小 (2) 触点熔焊 (3) 机械可动部分卡住, 机械转轴生锈或歪斜 (4) 反力弹簧损坏 (5) 铁芯极面有油垢或粉尘 (6) E形铁芯的寿命终了时, 因去磁气隙消失, 剩磁增大, 铁芯不释放。新产品也可能由于非磁性垫片太薄, 或铁芯本身的材料和加工存在缺陷而引起剩磁不释放 | (1) 调整触点参数 (2) 详见本表第2项故障的处理 (3) 详见本表第5项故障的处理 (4) 更换反力弹簧 (5) 清理铁芯极面 (6) 更换铁芯或加厚垫片 |

续表

| 故障现象 | 可能原因 | 处理方法 |
|-----------------|---|---|
| 7. 线圈过热或烧毁 | (1) 弹簧的反作用力过大 (2) 电源电压过高或过低, 或短路故障引起系统电压降低, 使铁芯不能完全吸合 (3) 线圈技术参数 (如额定电压、频率、通电持续率和适用工作制等) 与实际使用条件不符 (4) 操作频率 (交流) 过高 (5) 线圈绕制不良或线圈由于机械擦伤或附有导电粉尘而部分短路 (6) 空气潮湿或含有腐蚀性气体 | (1) 调整弹簧压力 (2) 调整电源电压, 并排除引起短路或电压过低的故障 (3) 调换线圈或接触器 (4) 调换合适的接触器 (5) 更换线圈, 排除引起线圈机械损伤的故障, 保持线圈清洁 (6) 调换特种绝缘的线圈, 并采取防潮、防蚀措施 |
| 8. 电磁铁 (交流) 噪声大 | (1) 电源电压过低 (2) 触点弹簧压力过大 (3) 磁系统歪斜, 或机械卡住, 使铁芯不能吸平 (4) 短路环 (交流) 断裂 (5) 铁芯极面磨损过度而不平 (6) 铁芯极面有污垢 (7) 衔铁与机械部分间的连接销松脱 | (1) 提高操作回路电压 (2) 调整触点弹簧压力 (3) 调整磁系统 (机械部分) 或排除机械卡住故障 (4) 调换铁芯或焊接短路环 (5) 修整极面或更换铁芯 (6) 清除污垢 (7) 重新接好连接销 |

65. 怎样使用星—三角起动器?

(1) 手动星—三角起动器。以 QX1 系列手动星—三角起动器为例, 这一系列主要有 QX1-13 和 QX1-30 两种型号, 分别适用于 13 kW 和 30 kW 以下电动机, 二者的最长起动时间分别为 15 s 和 25 s, 连续操作的时间间隔不小于 2 min。接线时导线截面积可参照表 2-3 选择。

表 2-3 QX1 系列星-三角起动器导线（铜芯线）截面积

| 起动器型号 | 电动机容量 (380 V) (kW) | 至电动机导线 截面积 (mm ²) | 至电源导线截 面积 (mm ²) | 接地线截面 积 (mm ²) |
|--------|-----------------------|----------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| QX1-13 | 13 (15) | ≥4 | ≥4 | ≥4 |
| QX1-30 | 30 | > | ≥10 | ≥6 |

图 2-4 a 为 QX1 系列手动空气式星-三角起动器的外形图。这种起动器由四组完全相同的触头系统叠装而成，借助于不同形状的凸轮抵动触头来完成线路的分、合转换动作。在操作手柄处标有“0”、“Y”和“△”三个位置，分别表示“停止”、“起动”和“运行”三种状态。

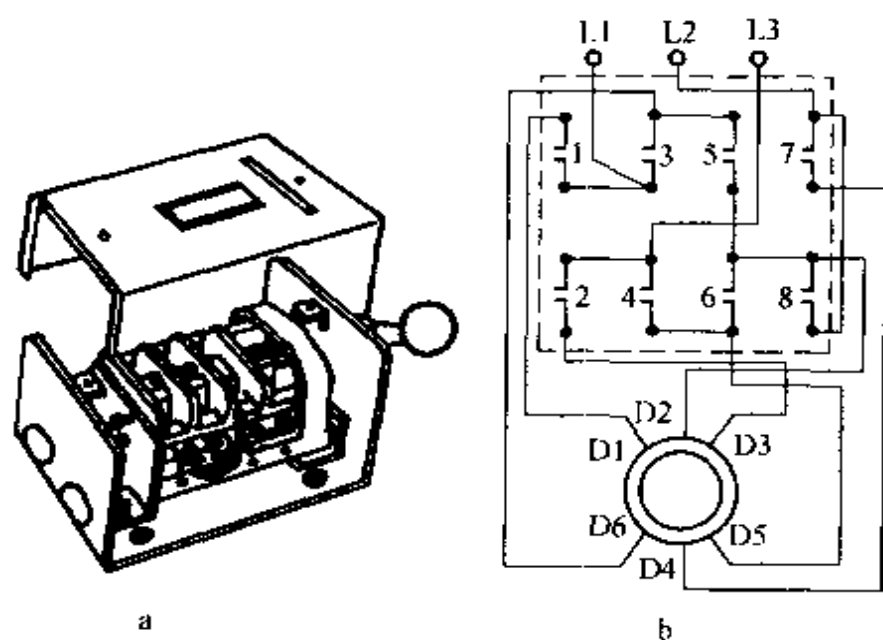


图 2-4 QX1 系列手动星-三角起动器

a. 外形图；b. 电气原理图

图 2-4 b 为 QX1 系列起动器的电气原理图。图中 L1、L2、L3 接三相电源，D1、D2、D3、D4、D5、D6 接电动机。图 2-5 为起动器的触头分合图（其中“×”表示接头接通）。当手柄在“0”位置时，八副触头都断开，电动机未通电不运转；当将手柄扳

到“Y”位置时，1、2、5、6、8触头接通，3、4、7触头断开，电动机的定子绕组接成星形降压启动；当电动机启动后转速上升到一定值时，将手柄扳到“ Δ ”位置，此时1、2、3、4、7、8触头接通，5、6触头断开，电动机的定子绕组接成三角形正常运行。

| 接点 | 手柄位置 | | |
|----|------|---|------------|
| | ○ | Y | D Δ |
| 1 | | × | × |
| 2 | | × | × |
| 3 | | | × |
| 4 | | | × |
| 5 | | × | |
| 6 | | × | |
| 7 | | | × |
| 8 | | × | × |

图 2-5 触头分合图

使用手动星-三角启动器一般应注意以下几点：

①启动器既可水平或垂直安装，也可倾斜安装，但禁止触头朝下倒装。

②操作启动器时，动作应迅速，操作频率不宜超过 30 次/h

③电动机失压停车后，应立即将启动器的手柄扳到“0”位置，以免电源电压恢复时电动机自行全压直接启动。

④由于手动式启动器一般不带任何保护装置，因此应与空气断路器、熔断器或铁壳开关等配合使用，并根据降压启动情况将它们的动作值整定为 $3\sim 5I_e$ 。（ I_e 为电动机额定电流）。

⑤有时需要使用手动星-三角启动器，却没有现成的手动启动器产品，但有单投或双投胶盖闸刀开关。在这种情况下，对于小容量电动机，可根据图 2-6 所示电路来组成手动星-三角启动器控制线路。

(2) 自动星-三角启动器。以 QX3 系列自动星-三角启动器

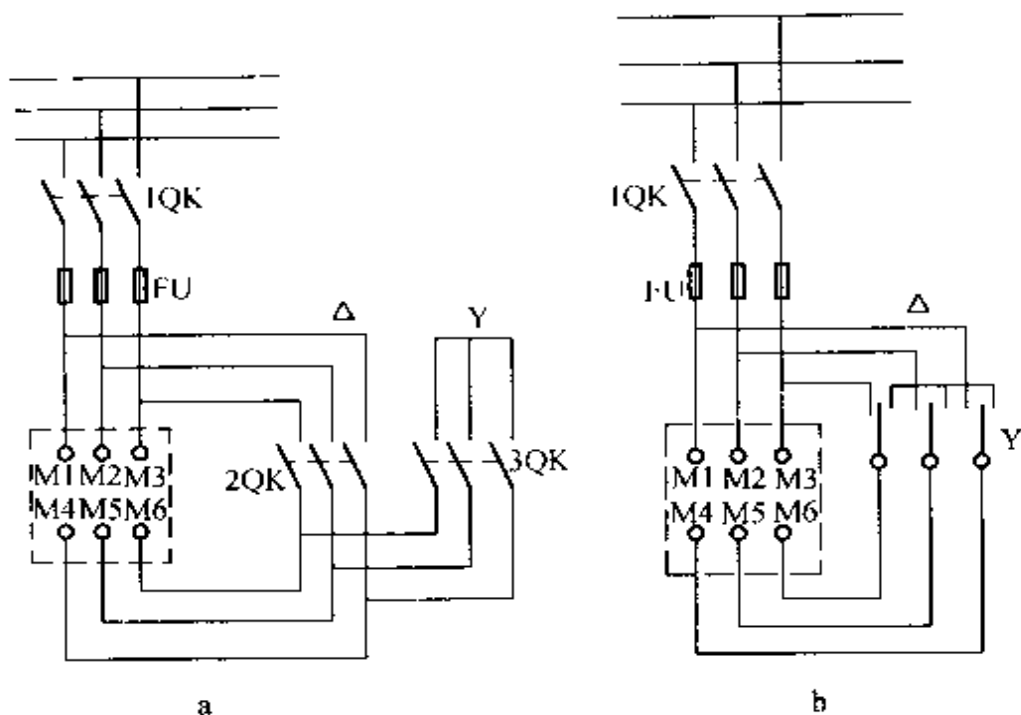


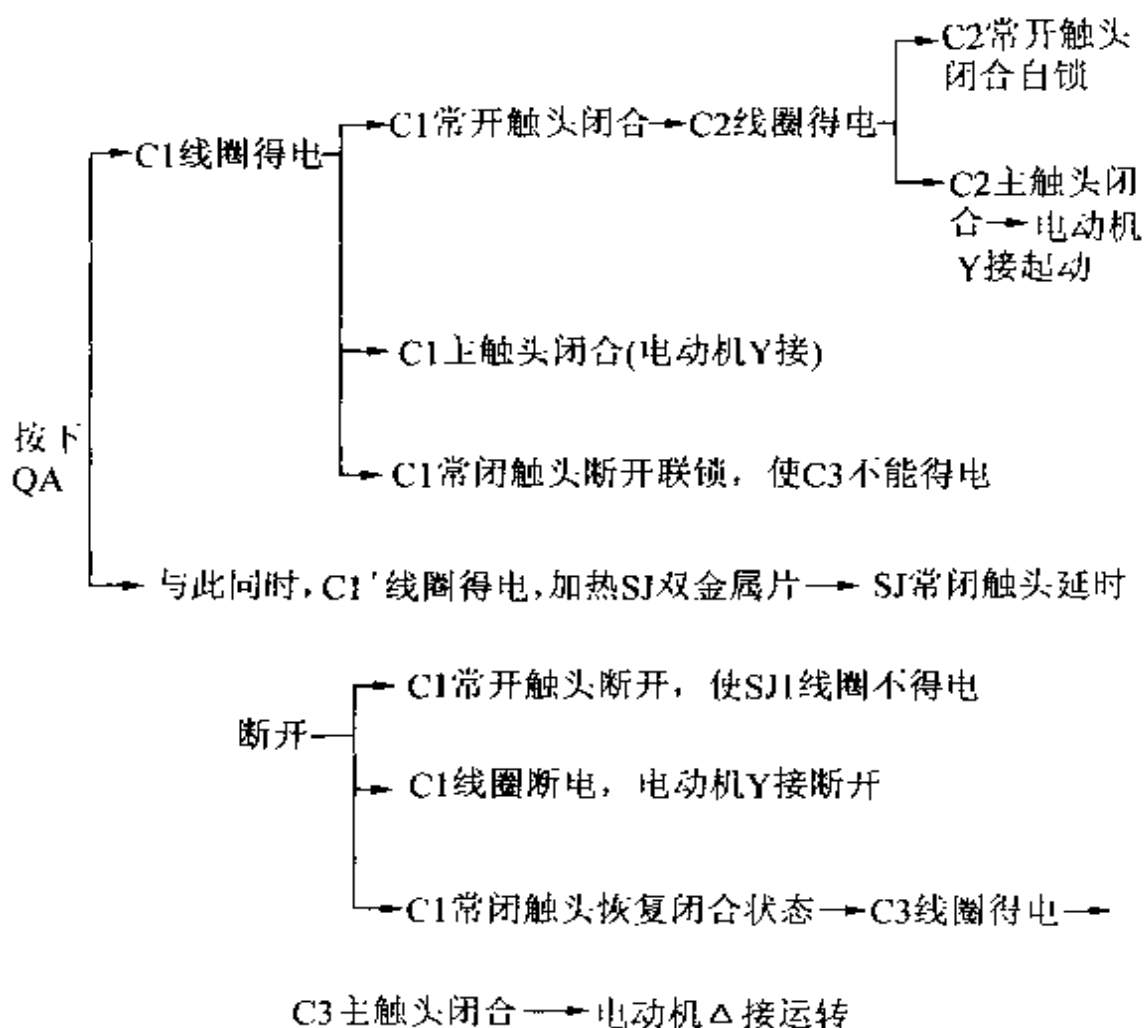
图 2-6 刀开关组成的星-三角降压起动控制线路

a. 利用两只单投刀开关；b. 利用一只双投刀开关

为例，这一系列中的 QX3-13 型起动器（图 2-7）最具有代表性，该起动器主要由三只接触器、一只热继电器和一只时间继电器组成。时间继电器是一个双金属时间继电器，它的作用是，在电动机起动过程中，通过它能自动将所控制的电动机由 Y 接起动后换接成 Δ 接运行。双金属时间继电器实际上就是一个动作灵敏的热继电器，它利用在接触器 C1 的吸引线圈上加一个二次绕组（图 2-8 中的 C1'）为电源来进行加热。绕组 C1' 通电后，经过一定时间的加热，双金属时间继电器的一对动断触头便自动断开，以实现电动机定子绕组的自动 Y- Δ 转换。

图 2-8 为 QX3-13 型起动器的原理电路图，图中左半部为主电路；右半部为控制电路；右下角为双金属时间继电器电路，继电器的一对动断触头 SJ 串联在接触器 C1 的吸引线圈回路中。

起动电动机时，先合上闸刀开关 DK，使全电路和控制电路通电，当按下起动按钮 QA 时，电路便按下列程序动作：



停机时，只要按下停止按钮 TA，将控制电路的电源切断，接触器 C2 和 C3 就同时跳开，使电动机停止运转。当电动机过载，电流达到热继电器的动作整定电流时，热继电器便动作，使电动机退出运行。

使用自动星—三角起动器应注意以下事项：

- ① 起动器的安装面应与水平面垂直，倾斜度不得超过 $\pm 5^\circ$ 。
- ② 操作频率不宜超过 30 次/h。

③ 有时需使用自动星—三角起动器，却没有现成的自动起动器产品，此时可根据图 2-9 中的两种线路自行装设。但是，选用接触器和热继电器时，应按照这两种电器的选用原则并根据所控电动机的容量来选择。

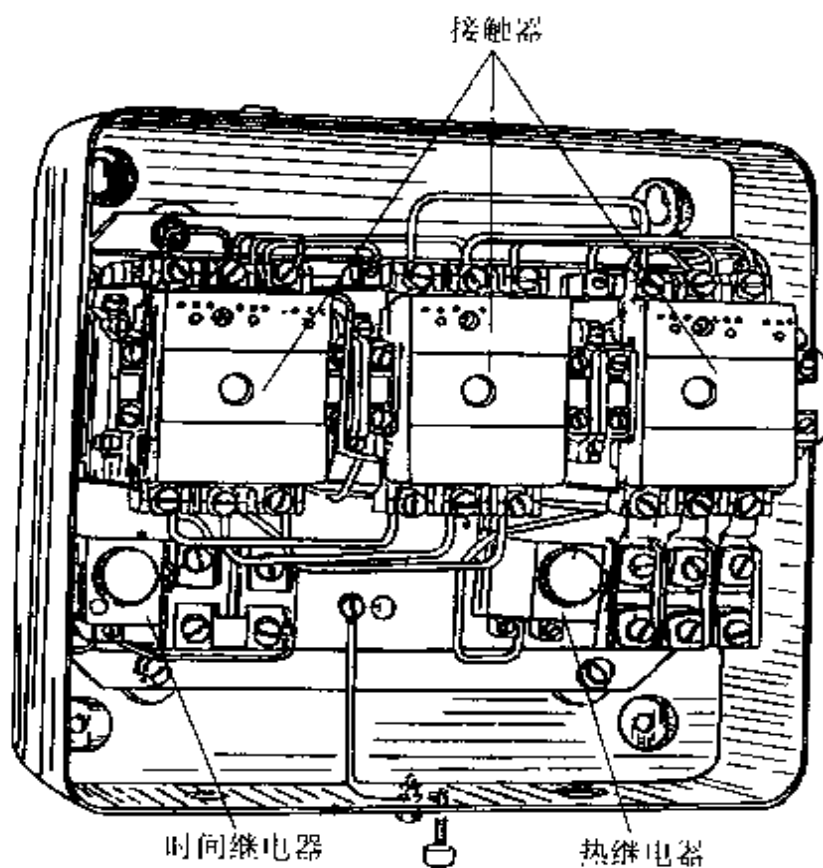


图 2-7 QX3-13 型自动星-三角起动器

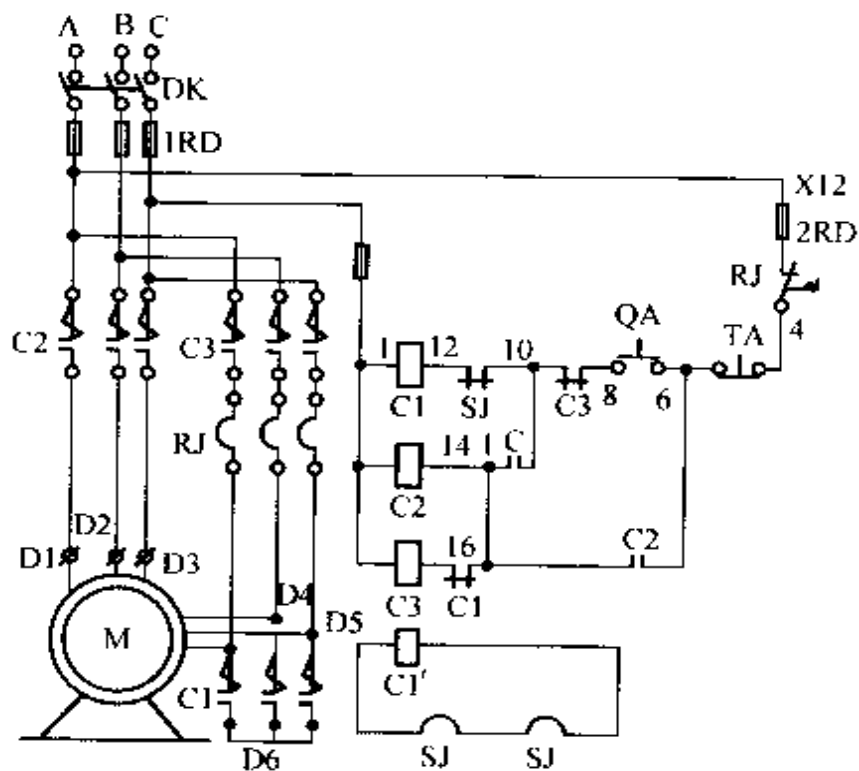


图 2-8 QX3-13 型自动星-三角起动器原理电路图

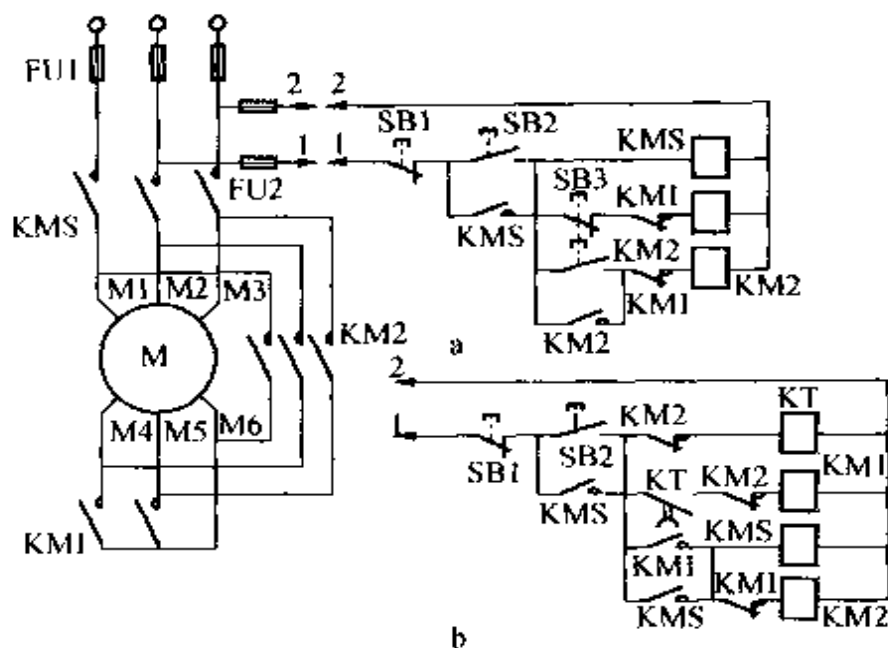


图 2-9 自动星-三角降压起动控制线路

a. 按钮控制 b. 时间继电器控制

66. 自耦降压起动器怎样接线？

自耦降压起动器又称自耦补偿起动器，简称补偿器。它是一种降压起动设备，用来起动额定电压为 220/380 V 的鼠笼式异步电动机。起动器中的自耦变压器通常有三组抽头，抽头电压分别是额定电压的 40%、60%、80% 或 55%、64% 和 75%，以供选择。

自耦降压起动器有手动和自动两种。手动自耦降压起动器由外壳、自耦变压器、触头、保护装置（如热继电器和低压脱扣器等）和操作机构等组成，其动、静触头都浸在绝缘油中，绝缘油起灭弧作用。操作机构包括动、静触头的主轴，操作手柄和机械联锁装置。联锁装置由一组连杆和弹簧组成，当手柄在“停止”位置时，无法将其立即推向“运行”位置，只有先将其推向“起动”位置，然后才能推向“运行”位置。

常用的手动自耦降压起动器为 QJ3 和 QJ10 系列，这种起动器装有过载和失压保护装置，其接线图如图 2-10 所示，其工作程序是：起动电动机时，将起动器手柄推向“起动”位置，自耦变压器

便接入电源，于是电动机绕组接在自耦变压器的抽头上降压启动；当电动机的转速接近额定转速时，将手柄迅速推向“运行”位置，此时自耦变压器从电路中切除，电动机投入正常运转。

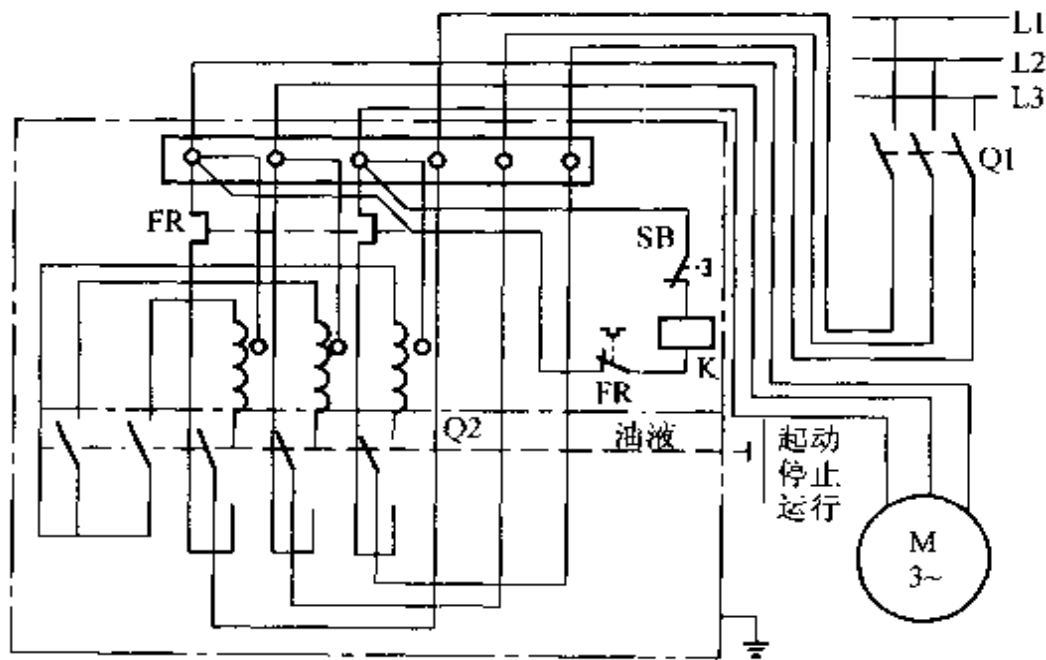


图 2-10 QJ3 系列自耦降压启动器接线图

失压保护装置的失压脱扣器线圈的两端接在电动机电源上，当电压降低到一定值或消失时，脱扣器的一个铁芯便落下，推动启动器的连杆，使手柄从“运行”位置自动跳回到“停止”位置。

启动器中的热继电器的触头与失压脱扣器线圈串联，当电动机过载时，热继电器的触头断开，失压脱扣器线圈失电，使启动器分闸，于是电动机便停止运行。

67. 在自耦降压启动器安装前应进行哪些检查？检查后怎样安装？

在自耦降压启动器安装前，一般应进行以下检查：

(1) 启动器各部分接触是否良好，特别是浸在油中的铜触头与编织导线连接必须牢固，各相之间要有足够的间隙，否则，很容易发生短路故障。

(2) 操作手柄转动是否灵活，有无卡阻现象。

(3) 起动器的开断距离和超程以及触头终压力是否符合表2-4的要求。

(4) 起动器触头接触时，以不能通过 0.05 mm 的塞尺为合格。

(5) 绝缘电阻是否符合要求，用 500 V 兆欧表测量起动器的线圈和其他导电部分对地绝缘电阻，测得的阻值应大于 0.5 MΩ。

表 2-4 自耦降压起动器触头参数

| 电动机功率 (kW) | 开断距离 (mm) | 超程 (mm) | 触头终压力 (N) |
|------------|-----------|---------------|----------------|
| 20 | 不小于 17 | 3.5 ± 0.5 | 5 ± 0.7 |
| 40 | 不小于 17 | 3.5 ± 0.5 | 14.5 ± 1.4 |
| 75 | 不小于 20 | 4 ± 0.5 | 32 ± 3.2 |

(6) 起动器油箱内的油位不得低于规定的油面线。

安装自耦降压起动器时应注意以下几点：

(1) 起动器应垂直安装在墙上、柱上或固定于地面的支架上。油箱的倾斜度不得超过 5°，以免绝缘油溢出。

(2) 安装起动器时，在起动器和电源中间要装设熔断器作为电动机的短路保护电器。

(3) 起动器的外壳必须可靠接地或接零，以免发生触电事故。

(4) 自耦降压起动器的内部接线，在出厂前就已接好，安装时不需另外接线。接至所起动电动机的出线，可从自耦降压起动器的出线侧接出。

(5) 电动机试车时，应注意按负荷要求调整自耦变压器抽头位置，使电动机能获得足够的起动转矩。

68. 使用和维护手动自耦降压起动器应注意哪些事项？

(1) 使用前在起动器油箱内应注入质量合格的变压器油（绝缘油），变压器油加至规定的油位线，以保证触头浸没于油中。

(2) 使用前应检查起动器线圈的绝缘电阻是否高于 0.5 MΩ。

否则，应进行干燥处理。

(3) 使用前应将失压脱扣器铁芯主板面上的凡士林或其他防护油擦去，以免由于防护油的粘度太大而造成脱扣失灵事故。

(4) 由于自耦变压器是按短时工作制设计制造的，所以其起动时间必须符合规定（表 2-5），以免烧坏。通常，在室温下起动器可以连续起动两次，以后只有冷却后（至少要冷却 4 min）才能再起动。

表 2-5 QJ3 系列自耦降压起动器起动时间

| 电动机功率 (kW) | 起动时间 |
|------------|---|
| 11~15 | 15s |
| 18.5~30 | $[5 + \frac{P_e \text{ (kW)}}{1.5}] \text{ s}$ |
| 37~75 | $[25 + \frac{P_e \text{ (kW)}}{7.5}] \text{ s}$ |

注： P_e 为电动机额定功率。

(5) 自耦变压器出厂时一般是接到 60% 抽头上。若使用中起动困难，可改接在 80% 抽头上，严禁因起动困难而延长起动时间，以免烧坏变压器绕组。

(6) 使用时在操作机构的滑动部分应添加润滑油，使操作灵活和保护零件不致锈蚀。

(7) 起动器内的热继电器不可当作短路保护装置使用，而应在起动器进线前的主回路上串联三只熔断器作为短路保护装置。

(8) 起动器的功率与所控电动机的功率必须匹配。如果过电流使热继电器脱扣，则应先排除故障，然后将热继电器手动复位，以备下次起动电动机时使用。如果热继电器已调到自动复位，就不必再用手复位，只需等数分钟就可再起动电动机。

(9) 如果配用的电动机的电流与起动器上热继电器调好的电流不一致，则可调节热继电器上的调节旋钮，以作适当调整。

(10) 经常检查触头的行程、超程和接触压力是否符合规定，

同时注意三相是否同时接触，接触是否良好（检查时以不能通过0.04 cm厚的塞尺为合格）。

(11) 定期检查触头表面状况。若发现触头烧毛，可用细锉锉光，严禁用砂纸打磨。对于充油式起动器的触头，应在油箱外修整，以免油的绝缘强度降低。如果触头严重烧坏，则应调换同型号的触头。

(12) 经常检查起动器的金属外壳是否可靠接地，并检查接地线是否良好，以保证操作人员的安全。

(13) 需要电动机停止运行时，可按“停止”按钮；如果需要远距离控制电动机的停止，则可在线路控制回路中串接一个常闭按钮。

(14) 如果起动器长期搁置不用，则应将其密封后放置在于干燥、清洁的地点，以免它受潮和污染。

69. 自耦降压起动器起动时，起动器内发出爆炸声或自耦变压器产生嗡嗡噪声怎么办？

自耦降压起动器起动时，如果起动器内发出爆炸声，可能有以下几方面的原因，可分别采取相应措施予以处理。

(1) 接触点有较大的火花引起短路。可用细锉修整触头，使接触面平整，触头就会接触良好而无火花，从而消除短路故障。

(2) 开关的机械部分与导体接触。可用500 V兆欧表测试导体与其他不带电的金属部分的绝缘电阻以及对外壳的绝缘电阻，如果查出某处绝缘损坏并有明显的弧光放电痕迹，则应重新进行绝缘处理（调换新绝缘材料）。

(3) 动触点的连接铜片或辫子导线与其他金属在动作时相连短路，引起弧光短路。应重新调整铜片或金属辫子的间距，并套上绝缘套管。

(4) 自耦降压起动器内部绝缘强度太低。可用500 V兆欧表对起动器内部绝缘情况进行全面检查，并清除污物，更换绝缘油和重新进行烘干处理，起动器即可正常工作。

如果自耦变压器启动时产生嗡嗡噪声，一般可从以下几方面查找原因，并采取相应措施予以处理。

(1) 自耦变压器的铁芯硅钢片未压紧。可拧紧自耦变压器铁芯的固定螺栓，使铁芯夹紧。

(2) 自耦变压器线圈有接地点。可用 500 V 兆欧表测试线圈与起动器的金属外壳是否接地，若发现接地点，则应拆除三个线圈的连接线，并对每一个线圈进行摇测，查明其中某一线圈的接地故障，然后拆除该线圈，重新绕制线圈，或者剔除损坏的绝缘，重垫绝缘材料。

(3) 电源电压太低或送入两相电源。可用万用表检查电源电压和起动器的抽头位置。若电源电压太低，可改变抽头位置来调高电源电压；若送入两相电源，则应排除电源的断相（断 1 相）故障。

70. 自耦降压起动器不能合闸，操作手柄扳到“运行”位置上不能停留的原因是什么？怎样检查和处理？

(1) 热继电器的脱扣器动作，使起动器处于“停止”状态而不能合闸。此时应查明脱扣器动作的原因，重新调整脱扣器的动作电流。

(2) 电动机过载引起过载继电器动作。检查自耦降压起动器与电动机负载是否配套使用，排除电动机过载的原因后，使过载继电器复位，然后起动电动机。

(3) 欠压线圈烧毁或线路有接触不良处。检查欠压线圈是否烧毁，若烧毁，则应调换同型号的线圈。若线圈未烧毁，则应检查线路接线是否正确、牢固，有无接触不良处。如果过载动作触点接触不良，则应消除接触不良的原因或更换触点。

(4) 过载继电器的触点接触不良。应检查过载继电器的动作触点与线路连接处接触是否牢固，若接触不牢固，则应使用砂纸打磨触点，使接触面平整，然后使触点接触牢固、可靠。

(5) 停止运行按钮复位不好，接触不良。应检查停止按钮的常闭触点接触是否牢固。检查时，断开电源，用万用表电阻档测量常

闭触点闭合电阻值是否过大，如果有电阻值或电阻值很大，则应拆开按钮，用砂纸将触点打磨干净，然后将按钮装配好。装配时，还要注意弹簧压力是否足够大，最后用万用表测试触点闭合时的电阻为零即可。若按钮严重损坏，无法修复，则应调换同型号按钮。

(6) 过载继电器的动作值太低，机械机构被轧住或发生位移，或者弹簧中的油太稀，应重新整定过载继电器的动作值；检查撞针有无缺陷，使机构动作灵活；检查弹簧压力是否足够，添加浓油。

(7) 失压脱扣器的线圈开路，或者其电磁铁芯、衔铁接触面脏污和短路环断裂，造成起动器不能吸合。在这种情况下，应更换线圈或者清洗电磁铁芯和衔铁，并更换短路环。

(8) 传动杠杆的调节螺栓松动或定位板上的压紧弹簧脱落。此时应紧固松动的螺栓或装配好定位板上的压紧弹簧。

(9) 定位板上“运行”位置的缺口棱角磨损，造成手柄不能停留在“运行”位置上。通常修整或更换定位板即可。

71. 自耦降压起动器的欠压脱扣机构停止工作或联锁机构不动作怎么办？

(1) 自耦降压起动器的欠压脱扣机构停止工作，可能是欠压线圈烧毁或线路中有断路点。此时可观察线圈有无烧毁痕迹，若线圈烧毁，则应调换同型号的欠压线圈。如果从外观上看不出线圈的缺陷，可断开自耦降压起动器的电源，用万用表测量线圈的电阻值，检查线圈是否断路，同时检查线路接触是否良好，继电器触点有无熔焊而不能复位现象。找出问题，更换元件，将线路重新接通即可。

(2) 自耦降压起动器的联锁机构不动作，可能是锁片锈死或机械元部件严重磨损。如果联锁机构有生锈磨损现象，对生锈面可用细锉刀修磨，清除锈迹；对严重磨损的元部件，则予以更换。

72. 自耦降压起动器有哪些常见故障？怎样检查和处理？

(1) 不能起动。将起动器的手柄推到起动位置，电动机不能起

动，也无嗡嗡声。可能是电源未送入电动机或者接入两相电源。为了查明原因，可将电动机的引入线从接线柱上拆下，将起动器的手柄推到起动位置，用试灯或万用表检查电机各引入线的对地电压。如果试灯不亮或万用表无指示，则表明有一相电源未接入。

如果电动机起动时自耦降压起动器有嗡嗡声，但不能起动，则可按 69 问所介绍的方法进行检查和处理。

(2) 起动太快。电动机起动太快会出现很大的起动电流，若不立即切断电源，电动机或起动器就会烧毁。其原因可能是变压器匝间短路、抽头电压太高或接线错误，可用万用表分别测试变压器的各相电压，如果某相有匝间短路故障，其电压必低于其他两相；如果抽头电压太高或接线错误，调节抽头位置或改正接线，电压就会正常。

(3) 起动器油箱内有水分。这是不允许的。水分渗入油中会使绝缘强度降低，电源在各触头之间形成通路，油箱内的油过热。即使变压器不工作，由于与电源连接的触头浸在含水油中，仍然可能出现短路故障，这一点应特别予以注意。

(4) 起动器的动触头漏电。起动器的动触头一般都固定在一根绝缘的横条上，如果该横条烧焦，就会出现触头漏电现象，此时将横条上烧焦的一层刮去即可。有些横条是用金属制成的，外面包一层绝缘物。如果外包绝缘烧焦，起动器就会发生接地故障，修理时应在横条上重新包一层绝缘材料。

(5) 失压线圈烧坏或短路。这是自耦降压起动器的常见故障。起动时，如果电磁铁的活动铁芯卡住，不能紧密接触，就会烧坏失压线圈。这种故障往往是联杆的孔磨损或损坏，造成操作机构动作不灵活而引起的。失压线圈有时不能正常工作，大都是过载继电器复位机构动作不灵活，常闭触点接触不良造成的。查明具体原因后，可对症予以处理。

(6) 失压保护用的电磁铁出现缺陷。通常，起动器上的电磁铁是拍合式电磁铁，起动器工作时电磁铁是闭合的，具有一定的吸力，起动器操作机构施于电磁铁一个反作用力，当电磁吸力小于反

作用力时衔铁释放。电磁吸力的大小取决于线圈中的电流、匝数和气隙。电磁铁常因操作机构动作失灵而铁芯闭合不良、气隙增大，或者铁芯极面因油污、锈蚀、磨损而不平，使线圈烧坏。修理时，拆下线圈，检查动、静铁芯极面是否平整、清洁。若不平整，可用细锉刀将斑点锉平或磨平；若有油污，不清洁，可用干净的用软棉布蘸汽油或四氯化碳擦净。如果线圈损坏，则应予以更换。

(7) 触头烧损。修理时检查触头接触是否良好。对表面凹凸不平的触头和飞溅的熔渣，应细心地锉平、整形，但应尽量保持触头原来的几何形状。如果触头严重烧毛，则应调换新触头。

(8) 联锁机构不动作。这是锁片锈住或磨损所致，可用细锉刀修整或局部更换锁片。

73. 什么叫做频敏变阻器？频敏变阻器有何特点和用途？使用频敏变阻器起动绕线式电动机的原理是什么？

频敏变阻器实际上就是一个三相电抗器，由铁芯和线圈组成。铁芯做成三个立柱式，每个铁芯柱上有一个线圈，三个线圈绕组接成星形。

频敏变阻器一般用于绕线式电动机中与转子绕组串联来平稳电机的起动电流。如上所述，频敏变阻器是一种静止的无触点电磁元件，类似一个铁芯损耗特别大的三相电抗器，其特点是：

(1) 由于它对频率特别敏感而自动变阻（阻抗随电流的频率变化而改变），从而可大大简化控制系统，易于实现自动控制。

(2) 具有接近恒转矩的机械特性，能减少机械冲击和电流冲击，使电动机平稳无级起动。

(3) 频敏变阻器是一种感性元件，因而功率因数较低（一般为0.5~0.75），其起动电流比普通电阻器的起动电流大。

(4) 由于频敏变阻器是串接在绕线式电动机的转子电路中，在电机起动过程中，变阻器的阻抗随着转子电流频率的降低而自动减小。当电机平稳起动后，再短接频敏变阻器，就可保证电机正常运行。

由于频敏变阻器具有以上特点，所以日益广泛地用来起动绕线式电动机，主要有以下两种用途：

(1) 绕线式电动机短时起动用频敏变阻器。主要适用于长期工作的绕线式电动机，可达到接近恒转矩的起动，起动完毕，用短接器将其切除。

(2) 绕线式电动机反复短时起动用频敏变阻器。主要适用于牵引电动机的起动、反接和能耗制动，它能在 15%、25%、40%、60% 四种通电持续率下可靠工作，并允许长期接入转子电路使用，不必另设短接器。

频敏变阻器通过电刷和集中环（滑环）串接在转子绕组中。在电动机的起动过程中，转子电路的电流频率随转速而改变。在刚起动的瞬间，转子的转速为零，转子电流的频率最大（等于电源频率 50 Hz）。当起动结束时，转速最高，转子电流的频率最小。电动机正常运行时，转子电流的频率约为电源频率的 0.02~0.05 倍。因此，在电机的起动过程中，频敏变阻器的频率也从最大到最小地变化，从而频敏变阻器的等值阻抗和铁芯损耗也随频率从大到小地变化。所以，开始起动时等值阻抗和电阻都最大，因而起动电流最小。随着电机转速的上升，转子电路的电流频率下降，铁损等值电阻和电路等值阻抗也减小。当起动结束，转速达到正常值时，等值电阻和阻抗很小，因此其影响也很小。由于频敏变阻器的阻抗和电阻随电流频率的变化而变化，所以称为频敏变阻器，它相当于无级变阻器。

采用频敏变阻器起动绕线式电动机，可省去庞大的起动变阻器，同时在起动过程中不需要人工改变电阻值，所以起动控制电路简单。但由于它实质上是一个电抗器，所以功率因数和起动转矩均较小。

74. 怎样选用频敏变阻器？

(1) 正确选择频敏变阻器的系列。根据生产机械的负载特性（轻载、轻重载、重轻载、重载）和操作频繁程度，选用与之相适

应的频敏变阻器系列。通常，可参照生产机械和频敏变阻器的产品说明书来选配。

(2) 根据电动机的功率选择频敏变阻器的规格。确定了频敏变阻器的系列后，可从产品样本的技术数据表中查找所需的电动机功率，即可确定配用的频敏变阻器的规格。

(3) 确定频敏变阻器的控制方案。一般有两种控制方案：

①偶尔起动用频敏变阻器的控制。频敏变阻器起动后应短接切除。如果电动机带有短路装置，可直接利用它来短接。如果电动机没有短路装置，可加装刀开关进行短接。如果需要遥控，可借助接触器来短接（接触器的控制方式有人工控制和用继电器自动控制两种）。

②重复短接用频敏阻器的控制。由于频繁操作，可将频敏变阻器接在电动机的转子回路上，而不另装接触器等短接设备。

75. 安装、使用和维护频敏变阻器应注意哪些事项？

(1) 安装前，应清除频敏变阻器上的尘垢，并测量其绝缘电阻，测得的绝缘电阻值应大于 $1\text{ M}\Omega$ 。否则，应进行干燥处理。

(2) 安装时，应将变阻器牢固地固定在基础上。若基础为整块钢板或铸铁，则在变阻器与基础之间应垫上厚度在 10 mm 以上的非磁性垫片，并且变阻器还应可靠接地。

(3) 通常，变阻器出厂时接在其某一抽头上。使用时若发现起动转矩过大，起动过快，则应改接到匝数较多的抽头上。反之，若起动转矩不够大，起动缓慢，则应改接到匝数较少的抽头上。

(4) 如果刚起动时起动转矩太大，有机械冲击，起动完毕，转速又偏低，以致短接变阻器时有较大的电流冲击，则可调大气隙进行处理，但这只能起到微调作用。

(5) 如果球磨机这类机械负载特别重（如钢球与粉末结块），电动机停机一段时间重新起动困难，则可将电动机点动数次，使球磨机筒体翻转几下，电机就能正常起动。

(6) 如果变阻器的线圈损坏，可根据铭牌或使用说明书中的数

据重绕，但必须使用 A 级及以上等级的绝缘材料绝缘的电磁铁。

(7) 频敏变阻器使用一段时间，应检查其线圈对金属外壳的绝缘情况，并经常清除变阻器表面的灰尘。

76. 怎样调整频敏变阻器？

当频敏变阻器安装完毕，进行投入运行前的试车调整时，可能遇到以下几种情况：

(1) 电动机刚合闸就跳闸；起动电流太大，起动太快，对机械的冲击太大。此时可进行以下调整：

①调整线圈抽头或改用匝数较多的抽头；

②如果绕组有几组并联，可拆去一组，或者改为串联；

③如果绕组仅有一组，且已用到最多匝数，起动电流仍过大，则可用相应规格的导线再绕几圈，以增加匝数（若铁芯窗口有富余空间）。

(2) 合闸后电动机不起动，起动电流太小，或者虽起动，但稳定转速不高。此时可按下述方法调整：

①调整线圈抽头或改用匝数较少的抽头；

②如果绕组有几组串联，可以拆去一组，或者改为并联；

③将绕组由 Y 接法改为 Δ 接法；

④如果绕组仅有一组，且匝数已用到最少，起动力矩仍偏小，而 Y 接法改为 Δ 接法后，起动力矩又偏大，此时可增大上下铁芯气隙。

77. 怎样使用和维护三相油浸式起动变阻器？

(1) 经常检查动、静触头接触是否良好，接触面是否平滑。

(2) 严格按起动和停机步骤进行操作。

(3) 起动时，将手柄从“起动”位置顺时针方向旋转到“运行”位置，并注意电流表的读数，使定子线圈的起动线电流不超过额定电流的 1.6 倍。

(4) 起动时，变阻器在每一级的停留时间不宜过长（一般不超

过 3s), 但也不宜过短 (一般不应少于 2 s)。停留时间过长, 电动机和变阻器都容易发热, 并且变阻器也易烧毁; 停留时间过短, 则达不到减少起动电流和增大起动转矩的目的。

(5) 起动完毕, 必须将变阻器的手柄转到最后一级“运行”(或“工作”)位置。如果电动机转子有举刷和滑环短路手柄, 也应将其扳到“运行”位置。

(6) 使电动机停转时, 应先切断电源, 然后将变阻器手柄和转子手柄都扳回到“起动”位置。

(7) 不许利用变阻器进行电动机调速, 因为它是按短时工作制设计的。

(8) 变阻器一般可连续起动三次, 但每两次之间的停歇时间应在两倍起动时间以上, 并且只有在变阻器完全冷却后才能再起, 同时油的温升不应超过 80℃。

(9) 变阻器箱内的油面应保持一定高度, 即油面应高于变阻器的带电部分, 并且应定期补充油。

(10) 每 6 个月左右检查一次油的纯洁度, 并清洗触头; 每年至少检修一次。

78. 起动变阻器起动时有过热现象或者起动挡次不明显或速度突然升高怎么办?

(1) 绕线式电动机的起动变阻器起动时有过热现象的原因和处理措施:

① 起动变阻器工作地点的空气温度太高, 并且通风不良。可测试工作地点的环境温度, 若温度过高, 可改善通风条件, 或者在起动时加开风扇散热。

② 变阻器起动电动机时, 起动时间过长, 长时间不能退出运行或未短接。可调整起动时间, 使电动机起动完毕, 变阻器即迅速退出运行; 检查线路故障, 如果起动器长时间在起动位置上, 则应重新查找原因, 并更换损坏的电气配件。

(2) 如果起动变阻器起动绕线式电动机时, 起动挡次不明显或

速度突然升高的原因和处理措施：

① 起动变阻器的控制器动、静触头接触不良。可调整触头弹簧压力，用细锉修平触头，并重新将触头装配好。

② 起动变阻器的电阻片烧坏。可用万用表测试变阻器每相电阻值，若电阻片烧坏，则应予以更换。

③ 线路中接线错误 对照线路图查找接线错误，查明后纠正接线即可。

④ 线路中有接触不良处。检查线路接触不良处和线路上因起动电流大接触点烧坏处，查明后修整或更换触头，重新接好线即可。

79. 怎样配置电动机的控制电器？

(1) 每台电动机一般应有单独的起动器或操作开关。但是，如果能满足操作方便和安全要求，则允许一组电动机（如一台设备的几台电动机）合用一套起动器或操作开关。

(2) 0.5 kW 以下的电动机，允许使用插销（插头和插座总称为插销）进行电源通断的直接控制。如果频繁起动电动机，则应在插座板上安装一只熔断器。

(3) 3 kW 以下的鼠笼式电动机的控制装置，可采用空气断路器或铁壳开关。

(4) 3~10 kW 电动机的操作开关应采用适于频繁操作的空气断路器。若采用真空断路器，则应采取限制操作过电压的措施。

(5) 电动机的操作开关、起动器或控制按钮，应装在靠近电动机且便于操作和维修的地点。在控制地点看不见电动机所拖动的机械时，应在控制地点装设指示电动机工作状态的信号或仪表。当电动机突然起动可能危及周围人员时，应在所拖动的机械旁边装设起动预告信号、警铃、事故（紧急）断电开关或按钮。

(6) 对于固定生产设备用的电动机，可由电源（操作）盘引出线路至电动机的接线端子盒。对于可移动生产设备用的电动机，当电动机的容量较小时，如上所述，可采用插销连接电源；当电动机容量较大时，应采用接线端子连接电源。

(7) 容量较大的电动机，其起动电流也较大，为了不影响同一电网中其他用电设备的正常运行，以及为了保证线路的安全，应加装起动设备（如 Y- Δ 起动器、自耦降压起动器等），以减小起动电流。

(8) 对电动机实行自动控制或联锁控制时，应保证对每台电动机都能够进行单独的手动控制。此外，在多点控制的电动机旁边还应装设就地控制和解除远方控制的器件。

(9) 所配备的开关和控制电器，其质量必须可靠，结构应完整，操作机构的功能应健全；每一开关设备应具有能可靠地接通和切断电动机工作电流以及切断故障电流的能力；开关和保护装置的每个单独元件上应标明电压和电流的额定值，以及能明显反映电路“通”、“断”的标志；控制保护装置的具体组成，应满足实际需要，并且以保证人身和设备安全为原则。

80. 怎样安装电动机的操作开关和控制开关？

(1) 操作开关的安装应注意以下几点：

①一般电动机的操作开关，应装在操作时能监视电动机的起动和所拖动机械的运转情况的地点；各种机床电动机的操作开关，应装在既便于操作，又不易为人体或工件等触碰而产生误动作的部位。

②如果开关装在墙上或立柱上，宜装在电动机的右侧（图 2-11）。

③如果开关需装在远离电动机的地点，则应在电动机旁边加装供紧急切断电源用的应急开关；同时，还要加装在开关合闸前发出信号的预警装置，以便停留在电动机和所拖动机械周围的人员事先得到警告。

④操作开关的安装，应保证操作人员操作时的安全，离地面的安装高度宜在 1.5 m 左右，以免小孩触碰（指装在室外立柱上时）。

(2) 控制开关的安装应注意以下事项：

①如果对小型电动机不需要进行频繁起动，或者不需要进行换

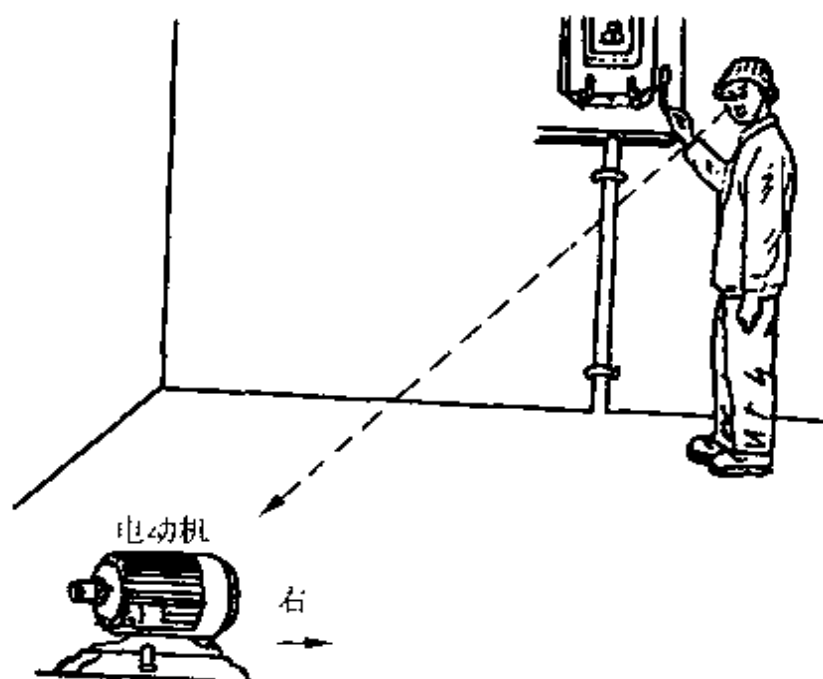


图 2-11 操作开关位于电动机右侧示意图

向和变速操作，则只需安装一个开关。

②如果对电动机需要频繁进行起动，或者需要进行换向和变速操作，则应安装两个开关（实行两级控制）。第一个开关用来控制电源，叫做控制开关（常采用铁壳开关、空气断路器或转换开关）；第二个开关用来直接操作电动机，叫做操作开关。若采用起动器，则起动器就是操作开关。

③如果采用无明显分断点的开关（如电磁开关），则必须安装两个开关，在前一级装一个有明显分断点的开关（如刀开关、转换开关等）作为控制开关；如果采用容易产生误动作的开关（如手柄倒顺开关、按钮开关等），也必须在前一级的加装控制开关，以免开关误动作而发生事故。

中小型电动机非成套控制保护装置的一般构成形式的系统图如图 2-12 所示。

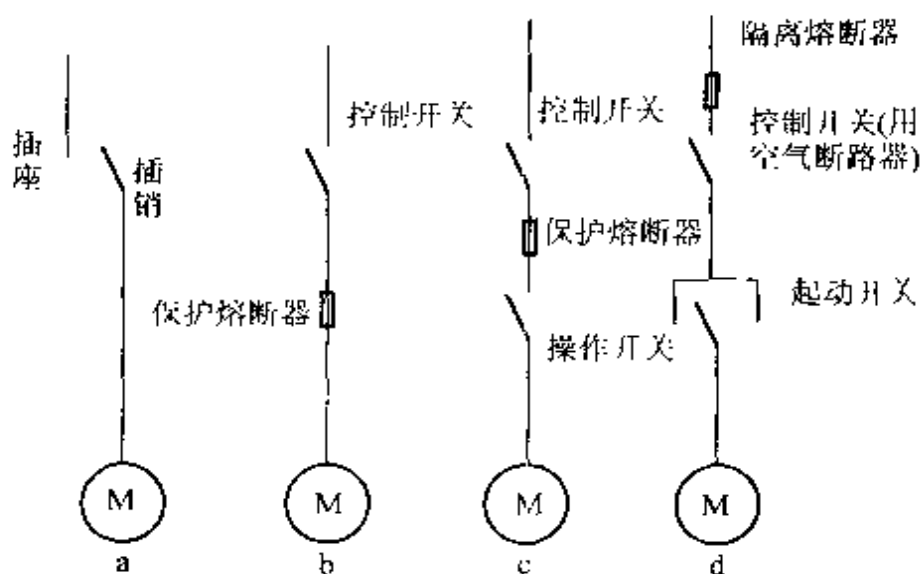


图 2-12 中小型电动机的控制保护系统
 a. 0.5 kW 以下的电动机； b. 不频繁操作的电动机；
 c. 频繁操作的电动机； d. 降压起动的电动机

81. 怎样正确操作电动机的开关设备？

操作电动机的开关设备，应保持正确的操作姿势：操作者应站在开关的右侧（图 2-11），面对电动机及其拖动的生产机械，双目注视合闸后电动机的起动、传动装置的传动和所拖动物机械的转动情况；如果出现异常现象，应立即拉闸停车。严禁推上合闸手柄，在未判定机组正常运转以前就离开操作地点。

(1) 按钮。要一按到底，动作要迅速，不可断续地点按，以免电磁开关发生误动作。

(2) 瓷底胶盖闸刀开关。合闸时，手柄要向上推足，使动触头刀片完全插入静触头座中；分闸时，手柄要向下拉到底，切不可使手柄停在刚离开静触头的位置上，以免动、静触头太近而发生飞弧或误合闸事故。

(3) 铁壳开关。一般禁止开盖进行分、合闸操作（如果开关的联锁机构损坏，在未修复前，作为例外情况可以一次性的开盖分、合闸，但严禁经常如此操作），以免电弧灼伤人体。

(4) 空气断路器。由于断路器的操作机构为快速分、合闸结构，操作时动作不宜过快，用力不宜过猛，以免折断操作手柄。

(5) 组合开关。通常，每旋动一次，手柄位置便变动 90° ， 360° 内分合间隔各两次。手柄必须顺时针方向旋转，否则，手柄会被拧出轴柄。手柄每次变位到触头停住时，会发生“嗒”声。如果手柄停住没有发出声音，则应注意触头是否确已停住，以免停位不当而误合闸。

(6) 起动机。常见的操作机构是手柄操作合闸，按钮操作分闸。手柄的停位有三档：中间是空位，即分闸位，标有“停”字，说明停车；内档是“起动”位；外档是“运转”位。起动电动机时，先将手柄推到“起动”位（不要松手），待电机的转速稳定、声响均匀，再将手柄拉到“运转”位置。手柄变位不要过快，否则，就不能完全达到降压起动的目的。停车时，只要按一下“停”按钮，电机即停止运转。

82. 有哪两种常用的空气断路器？空气断路器适用于什么场合？

空气断路器又称自动开关、空气开关、低压断路器或自动空气断路器等，其品种很多，常用的有塑料外壳式（简称塑壳式）和框架式两种。

(1) 塑壳式空气断路器。它是低压配电线路及电动机控制和保护用的一种重要开关电器，主要由绝缘底座、灭弧室触头、操作机构和脱扣器等组成。操作机构能使断路器快速动作，热脱扣器起热继电器的过载保护作用，电磁脱扣器起熔体的短路保护作用。这种断路器有完善的保护装置，既有过载、欠压和失压保护作用，也有短路保护功能，但构造较复杂，价格较高，维修较麻烦。用于电动机控制和保护的塑壳式断路器主要有 DZ5 和 DZ10 两个系列的产品，其中 DZ5 可取代 DZ1 等老产品，DZ10 可取代 DZ1、DZ3、DZ4 等老产品。

(2) 框架式空气断路器。它又称万能式空气断路器，其所有部件都装在一个钢制的框架内，导电部分都予以绝缘。这种断路器有 DW5、DW7、DW10、DW15、DWX15 等系列的产品。DW10 系列断路器的额定电压为交流 380 V 和直流 440 V，额定电流有 200 A、

400 A、600 A、1 000 A、1 500 A、2 500 A 和 4 000 A 等 7 种，操作方式有直接手柄操作、杠杆操作、电磁铁操作和电动机操作等。

通常，空气断路器的额定电压应不低于线路额定电压，其额定电流以及热脱扣器的额定电流应等于或大于电动机（或其他负载）的额定电流，电磁脱扣器的瞬时脱扣整定电流应为电动机起动电流的 1.7 倍或取热脱扣器额定电流的 8~12 倍。

对于不频繁起动的鼠笼式电动机，在电网允许的范围内，应优先采用空气断路器来直接起动。而 22 kW 以下的电动机，可采用 DZ5 系列断路器来控制。这种断路器不但具有保护性能较完善、体积小、重量轻的优点，而且价格比闸刀开关或铁壳开关也高出不多，完全可以取代该两种开关。75 kW 以下的电动机，可采用 DZ10 系列断路器来直接起动和控制。其他功率的大中型电动机可采用新型的 DW15 或 DWX15 系列大容量万能式断路器来直接起动和控制。这两个系列的断路器，其分断能力比 DW10 系列高一倍多，特别是 DWX15 系列限流式断路器，其一次极限分断能力高达 100 kA，限流系数小于 0.6，全分断时间在 10 ms 以下，因此能将回路中可能出现的最大峰值电流限制在 60% 以下而加以切断。采用空气断路器来直接起动电动机，没有采用接触器或电磁起动器那样耗电，从而可大大节约电能，同时还没有噪声。选用空气断路器时，除了考虑其额定电压应等于或大于电动机的额定电压外，主要还应注意额定电流的选择和整定电流的调整值（详见 83 问）。

83. 采用空气断路器作为电动机的短路保护装置有哪些优点？怎样选择和安装空气断路器？

空气断路器是一种既具有开关作用，又能够进行自动保护的电器。使用空气断路器作为电动机的短路保护装置，具有以下优点：

- (1) 与闸刀开关和熔断器相比，结构紧凑，安装方便，操作安全。
- (2) 普通熔断器熔断后，需要调换新熔体或新熔断管，而空气断路器采用脱扣器进行保护，脱扣器可重复使用。

- (3) 在短路保护方面，空气断路器是将电源的三相同步切断，

从而可避免电动机缺相运行。

(4) 整定值受周围环境温度的影响较小。

选择空气断路器来保护电动机时，必须注意电动机的两个特点：一是它具有一定的过载能力；二是它的起动电流为额定电流的几倍到十几倍。例如，鼠笼式电动机直接起动时，其起动电流一般为4~7倍额定电流，可逆运行或反接制动时甚至可达12~18倍额定电流；绕线式电动机的直接起动电流也达3~6倍额定电流。因此，为了充分利用电动机的过载能力，并保证它能够顺利起动和安全运行，选用空气断路器时应遵循以下原则：

(1) 断路器的长延时动作电流整定值=电动机的额定电流。

(2) 断路器的6倍长延时动作电流整定值的可返回时间 \geq 电动机的实际起动时间。按起动时的负载轻重，可返回时间可选用1s、3s、5s、8s、15s中的一档。

(3) 断路器的瞬时动作电流整定值：鼠笼式电动机为8~15倍脱扣器额定电流；绕线式电动机为3~6倍脱扣器额定电流。

必须指出，对于需要频繁起动的电动机，如果线路发生断相故障的几率不高或者有断相保护装置，则从经济方面考虑，不必选用断路器来控制电动机，可采用电磁起动器与熔断器组合的方式来控制和保护电动机，因为这种保护方式便于远距离控制。

空气断路器的安装应注意以下几点：

(1) 断路器不可装在有震动源的地点，因为它的内部结构比较复杂，如果受到震动，内部零件就可能松动。

(2) 断路器应按规定垂直安装，其灭弧室应位于上方，切不可倒置。其上、下导线端接点必须使用规定截面的导线或母线连接。如果用铝排搭接，则搭接端面最好用超声波搪锡或用钢丝刷刮擦后喷涂一层锡，以保证端面接触良好。

(3) 断路器操作机构的安装和调整应符合以下要求：

①操作手柄或传动杠杆的开、合位置应正确，操作力不应大于产品说明书的规定值。

②电动操作机构的接线应正确；在台闸过程中断路器不应跳

跃；断路器合闸后，限制电动机或电磁铁通电时间的联锁装置应及时动作。

③触头在闭合、断开过程中，可动部分和灭弧室内部不应有卡阻现象。

④触头接触应平整，合闸后接触应紧密。

空气断路器的接线方法如图 2-13 所示。

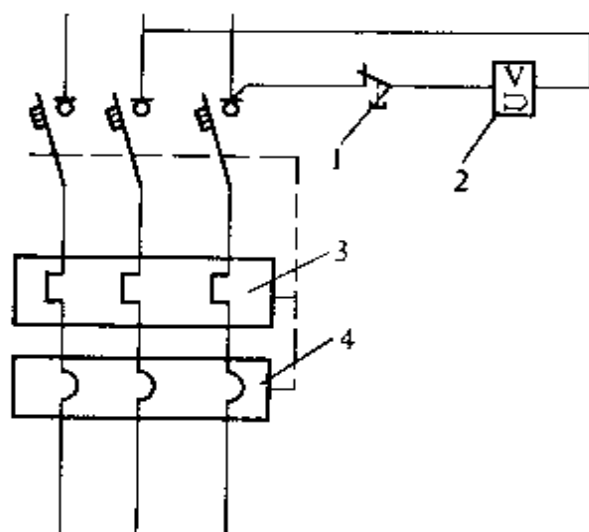


图 2-13 空气断路器接线图

1. 按钮；2. 失压线圈；3. 热脱扣器；4. 电磁脱扣器

84. 怎样使用和维护空气断路器？

(1) 在投入使用前，应扫除断路器上的尘土，擦去各电磁铁工作面（如失压脱扣器电磁系统的吸合面）的防锈油脂，并检查各紧固螺栓是否拧紧。

(2) 断路器内各脱扣器的整定电流、铁芯气隙、活动部件间的距离和调整螺栓等，通常在出厂前就已调整好，使用时不得随意变动，以免影响脱扣器的动作特性而发生误动作或造成事故。

(3) 如果断路器有双金属片脱扣器，而工作场所的温度又高于其整定值，则应降容使用；如果脱扣器的工作电流与整定电流不符，则应在专门的检验设备上将其调整后才可使用。

(4) 有双金属片脱扣器的断路器因过载而分断后，不得立即“再扣”，一般需冷却 1~3 min，在双金属片复位后，才可“再扣”。

(5) 操作机构每使用一定时间（1~2 年），应在其传动机构部分添加润滑油（小容量塑壳式断路器除外）。

(6) 每隔一段时间（6 个月至 1 年，或在定期检修时）应清除断路器上的粉尘或异物。

(7) 定期检修时，应在不带电的情况下合、分闸数次，以检验断路器动作的可靠性。如果发现传动机构有卡涩现象，可添加适量润滑油，并在加油后立即操作数次，以使润滑油渗入各转动轴销。

(8) 应定期检查触头接触面的状况，发现有污垢和烟灰时，应使用丙酮或其他溶剂将其擦去；发现有毛刺时，应使用细锉清理；发现可更换的弧触头磨损到只有原厚度的 1/3 时，应予以更换。

(9) 对分断过短路电流或长期运行的灭弧室，应清除其内壁和栅片上的黑烟灰和金属颗粒。如果是陶上灭弧室，当其破损后应立即更换。作为配件而长期未使用的灭弧室，投入使用前应将其烘干，以使它具有良好的绝缘性能。

(10) 应定期检查各脱扣器的电流整定值和延时；对于半导体脱扣器，则应定期用试验按钮检查其动作情况。

(11) 断路器工作时不可将灭弧罩取下。如果灭弧罩损坏，则应及时予以更换，以免线路发生短路故障时不能切断电弧而酿成事故。

(12) 触头的长期工作电流不得大于断路器的额定电流，以免触头温升过高而烧坏。

(13) 断路器分断短路电流后，应在切断上一级电源的情况下，及时检查其触头。如果发现弧触头上有弧烟痕迹，可用干布擦净；如果发现弧触头烧毛，应使用砂纸或细锉细心地予以清除。但主触头一般不许使用锉刀修整。

(14) 检查断路器的分合闸状态与辅助触头所串接的信号指示灯标志是否相对应。

(15) 断路器因发生短路故障而掉闸或出现喷弧现象时，除排除短路故障外，还应对断路器进行解体检修，重点是检修触头系统

和灭弧罩。

(16) 如果负荷长时间变动(增加或减少),则应及时相应调节过电流脱扣器的整定电流值,必要时应更换设备或附件。

(17) 经常检查所带的正常最大负荷是否超过断路器本身的额定值,触头系统和导线连接点有无过热现象,特别要着重检查有热元件保护装置的断路器是否过热。

(18) 定期检查各脱扣器的动作值,有延时者还应检查其延时功能。

85. 空气断路器与熔断器怎样协调配合使用?

熔断器虽然具有价格低、分断能力高、安装面积小、使用维护方便和可靠性高等优点,但它难以实现上下级之间的选择性保护,并且消除故障后需要更换,从而延长了恢复供电的时间。而断路器则与熔断器相反,易于实现选择性保护和远距离操作,但分断能力却低于熔断器。如果将这两种电器组合在一起,使二者协调配合,亦即使断路器分断过载电流和较小的短路电流,使熔断器分断较大的短路电流,并作为断路器的后备保护,则在经济上和技术上都是合理的。

组合这两种电器,应使二者的保护特性的相交点电流 I_j (图 2-14) 不大于断路器所能分断的电流。这个相交点是指熔断器特性

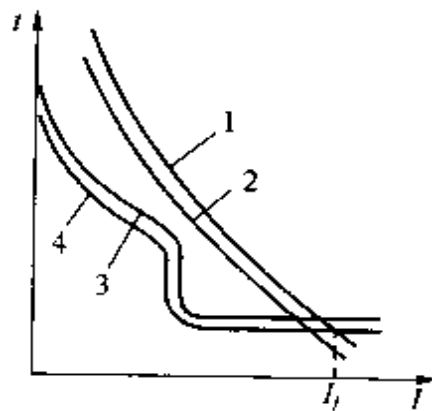


图 2-14 断路器与熔断器的配合特性曲线

- 1、2. 熔断器电流-时间特性曲线的上、下限;
3、4. 断路器电流-时间特性曲线的上、下限

的上限（曲线1）与断路器特性的下限（曲线4）的交点。也就是说，在出现比 I_j 更大的短路电流时，必须保证熔断器先于断路器分断。显而易见，如果断路器有一定的短延时，则这种保证是能够实现的。

86. 空气断路器合闸后过一段时间又自行分断或分闸失灵怎么办？

（1）空气断路器合闸后过一段时间又自行分断，可能是以下原因引起的，可采取相应措施予以处理：

①过电流脱扣器长延时整定值有误。此时可重新调整，增大延时。

②热元件或半导体延时电路元件损坏。此时应更换损坏的元件。

③如果脱扣器本身没有故障，则很可能是邻近其他电器动作（如大型电磁铁分断、接触器分断、电焊机进行作业等），产生严重的电磁干扰所致。消除电磁干扰的办法是采取隔离措施或改变线路。

（2）空气断路器分闸失灵，大多是脱扣器发生故障所致。如果是分离脱扣器不能分断，一般应进行以下检查和处理：

①线圈是否短路或断线。如果线圈损坏，应予以更换。

②电源电压是否太低。如果太低，应调高电压或更换电源。

③脱扣机构的螺栓是否松动。如果松动，则应拧紧。

如果是失压脱扣器不能分断，则可进行以下检查和处理：

①检查反力弹簧。如果反力太小，则应更换弹簧。

②如果是贮能弹簧的弹力不够或断裂，则应进行调整或更换贮能弹簧。

③检查动作机构是否生锈或被异物卡住。如果是，则应清除锈层或排除异物。

87. 空气断路器的失压脱扣器运行中产生噪声和振动怎么办？

（1）由于脱扣器线圈的额定电压高于电路的电源电压，所产生的电磁力不足以克服弹簧的反作用力，从而造成脱扣器产生噪声和振动。通常，换上电压符合电源电压的线圈即可。

(2) 弹簧本身的反作用力太大，造成脱扣器产生噪声和振动。此时，应调整弹簧压力，或者更换弹簧。

(3) 失压脱扣器铁芯的短路环断裂，或者铁芯工作面有污垢，使铁芯不能可靠吸合，也会造成脱扣器发出噪声和产生振动。如果查明是短路环断裂，可换上同规格的短路环；如果铁芯工作面有污垢，则应彻底清除污垢，保持铁芯清洁。

88. 空气断路器的辅助触头不通电怎么办？

空气断路器的辅助触头所起的作用是“引弧”，即合闸时先于主触头闭合，而分闸时则迟于主触头分断，从而将燃弧引向自身，起到保护主触头的作用。因此，辅助触头又称弧触头。通常，它由耐电弧、抗熔焊、耐电磨损的银钨合金制成。凡是带辅助触头的断路器，都要求辅助触头工作良好。如果发现辅助触头工作时不通电，则应及时检修，检修内容包括以下几项：

(1) 辅助触头的动触桥是否卡住或脱落。如果是，应拨正或重新装好触桥。

(2) 传动杆是否断裂，滚轮是否脱落。如果传动杆断裂，应予以更换；如果滚轮脱落，则应重新装上。

(3) 如果是 24 V 以下的低电压，则应检查触头接触面是否氧化或脏污。如果是，应清除污垢和氧化膜。

89. 交流接触器对三相异步电动机有何保护作用？怎样使用它来控制这种电动机？

交流接触器适用于 500 V 以下的低压线路，可供远距离接通和断开电路之用，同时也可用来远方控制三相异步电动机的起动和停车。交流接触器本身没有短路和过载保护装置，因此必须与其他保护电器（如熔断器、热继电器、过电流继电器等）配合使用，才能对电动机起短路和过载保护作用。但是，由于交流接触器的吸引线圈是串联在控制回路中的，而控制回路又是跨接在电源的相线上，所以，当电源电压消失或降低到一定值时，接触器的线圈由于断电

或电流过小而自动将衔铁释放，使电动机停止运转，这种作用称为失压保护。当交流接触器因电源电压消失而自动断电后，即使在短时间内电源电压自动恢复，如果不经人工操作，接触器也不能自动合闸。这样，就可防止电动机自启动。此外，当电源的 A 相或 C 相发生一相断电时，电动机可以自动停止运转。因此，交流接触器在一定范围内可以防止电动机缺相运行。

交流接触器控制三相异步电动机的原理图如图 2-15 所示。

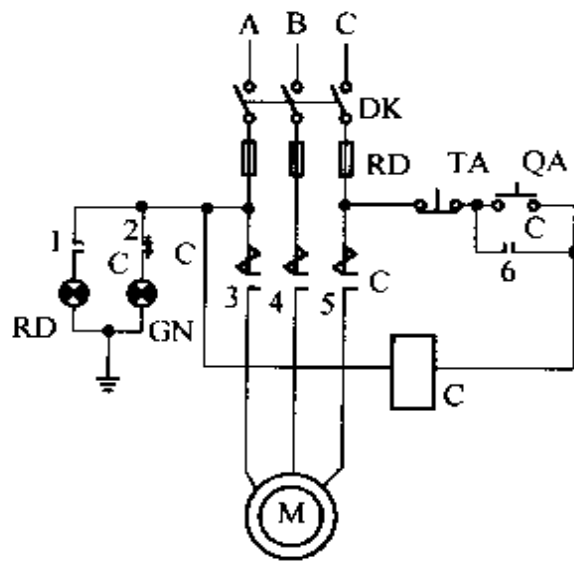


图 2-15 交流接触器控制三相异步电动机原理图

(1) 启动。分两步进行：

第一步，合上电源闸刀开关 DK，此时信号回路经过电源 A→接触器动触头 2→绿色信号灯 GN→电源中线（地）构成通路，绿灯亮，表示电源有电。

第二步，按下启动按钮 QA，控制回路经过电源 A→线圈 C→启动按钮 QA→停止按钮 TA→电源 C 构成通路，此时线圈 C 带电，接触器的主触头 3、4、5 闭合，接通主电路，使电动机启动运转。与此同时，接触器的动断辅助触头 2 断开，绿灯熄灭，动合辅助触头 1 闭合，红色信号灯亮，表示电动机已带电运转；动合辅助触头 6 闭合，代替启动按钮使控制回路保持通路状态，这种作用称为自保持或自锁。由此可见，有了自保持触头 6，电动机启动后，启动

按钮就不起作用，因此，松开起动按钮不会影响电动机的运行。

(2) 停车。也分两步进行：

第一步，按下停止按钮 TA。由于 TA 是一个动断开关，而且是串联在控制回路中，所以，只要按下停止按钮，控制回路的电源就被切断，使接触器的所有触头返回到起动前的状态，即主触头 3、4、5 断开，使电动机停止运转；辅助触头 1 断开，红灯熄灭；辅助触头 2 闭合，绿灯亮；辅助触头 6 断开，即使松开停止按钮 TA，控制回路仍处于断开状态，不会接通。

第二步，拉开电源开关 DK，绿灯熄灭，表示电源已被切断。

90. 怎样选择有特殊起动要求的电动机用的交流接触器？

所谓有特殊起动要求的电动机，是指电动机在 1 h 之内起动频繁，一会儿起动，一会儿停止又起动，一会儿又反转等，不断地改变它的运行状态。因此，控制这种电动机的接触器操作频繁（操作频率高），接触器本身不断发热。如果接触器选型不当，就会因单位时间内操作次数过多而损坏。为有特殊起动要求的电动机选配接触器时，与为一般性起动的电动机选配接触器不同，这种特殊条件下使用的交流接触器，应根据电动机的型号和功率、每小时的操作次数、额定工作电压和工作制来选择。

为反复短时工作制电动机选择 CJ10 或 CJ12 系列交流接触器时，可按下式来计算接触器的额定电流：

$$I_e = \frac{P_e}{1.3 K U_e} \times 10^3$$

式中 I_e ——为交流接触器的额定电流，A；

P_e ——电动机的额定功率，kW；

U_e ——电源额定电压，（即电动机的额定电压），V；

K ——接触器的卸载系数。

对接触器的卸载系数 K 说明如下：

K 值的大小取决于电动机的额定工作电流。也就是说，在电动机的额定工作电压、一定的操作频率（操作次数）、固定的工作

制等条件下，接触器的 K 值，就是所允许的电流与其额定电流之间的关系值。图 2-16 示出用接触器控制三相鼠笼式电动机时，系数 K 与操作频率和额定电压间的关系曲线。图中线 1 为在电动机额定转速和接近额定转速下分断的情况；线 2 为有 10% 是分断起动电流的情况；线 3 为有 50% 是分断起动电流的情况。

CJ10 和 CJ12 系列交流接触器的技术数据如表 2-6 和表 2-7 所示。

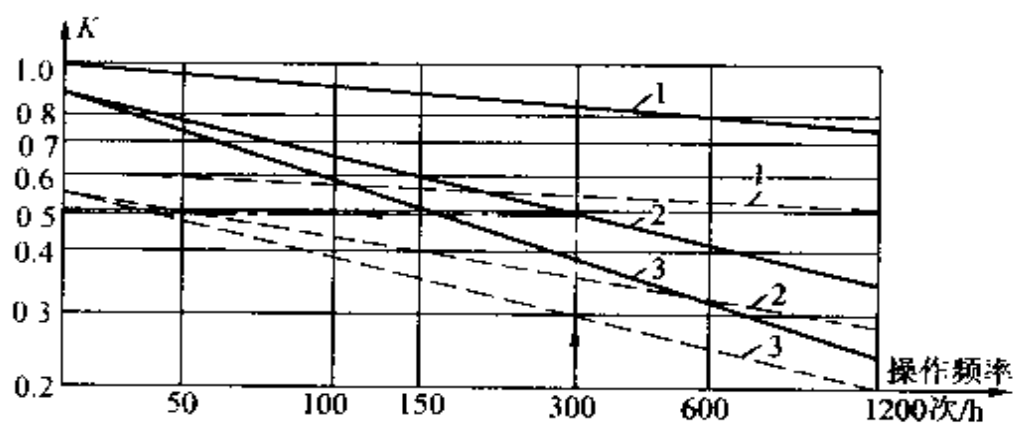


图 2-16 K 值

——额定电压 220、380 V - - - - 额定电压 500 V

表 2-6 CJ10 系列交流接触器技术数据

| 型 号 | 额定电流 (A) | | 可控电动机最大功率 (kW) | |
|----------|----------|------|----------------|-------|
| | 主触点 | 辅助触点 | 220 V | 380 V |
| CJ10-10 | 10 | 5 | 2.2 | 4 |
| CJ10-20 | 20 | 5 | 5.5 | 10 |
| CJ10-40 | 40 | 5 | 11 | 20 |
| CJ10-60 | 60 | 5 | 17 | 30 |
| CH10-100 | 100 | 5 | 29 | 50 |
| CJ10-150 | 150 | 5 | 43 | 75 |

例如，一台 7.5 kW、380 V 三相异步电动机，以每小时约 300 次的操作频率实现正转、停止，再起动的重复运行。当电流减小到额定值的 1/2 时停止运行，然后再起动的重复运行。试为该电动机选

择交流接触器。

首先从图 2-16 的曲线 2 (实线) 上以 300 次/h 查得 $K = 0.48$, 然后按公式求出接触器的额定电流:

$$I_c = \frac{P_e}{1.3K_u} \times 10^3 = \frac{7.5 \times 1000}{1.3 \times 0.48 \times 380} = 31.63(\text{A})$$

以 31.63 A 从表 2-6 中查找与这个数值相近的为 40 A, 所以可选择 CJ10-40 型交流接触器。显而易见, 如果该电动机没有特殊起动要求, 而是实行一般性起动, 则其额定电流为 $7.5 \times 2 = 15$ A, 按这一电流从表 2-6 中查找, 应选择 CJ10-20 型交流接触器 (它控制的电动机最大功率为 10 kW, 有富裕)。由此可见, 由于电动机是短时反复正、反转和停止运行, 所以其接触器的额定电流应升一级。这样, 才可保证接触器正常运行而不烧坏。

表 2-7 CJ12 系列交流接触器技术数据

| 型 号 | 额 定 电 压 (V) | 额 定 电 流 (A) | 极 数 | 吸 引 线 圈 电 压 (V) |
|------------|-------------|-------------|-----|---|
| CJ12-100/2 | 380 | 100 | 2 | 交流: 36 127 220 380 直流: 110 220 |
| CJ12-100/3 | | | 3 | |
| CJ12-100/4 | | | 4 | |
| CJ12-100/5 | | | 5 | |
| CJ12-150/2 | 380 | 150 | 2 | |
| CJ12-150/3 | | | 3 | |
| CJ12-150/4 | | | 4 | |
| CJ12-150/5 | | | 5 | |
| CJ12-250/2 | 380 | 250 | 2 | |
| CJ12-250/3 | | | 3 | |
| CJ12-250/4 | | | 4 | |
| CJ12-250/5 | | | 5 | |
| CJ12-400/2 | 380 | 400 | 2 | |
| CJ12-400/3 | | | 3 | |
| CJ12-400/4 | | | 4 | |
| CJ12-400/5 | | | 5 | |
| CJ12-600/2 | 380 | | 2 | |
| CJ12-600/3 | | | 3 | |
| CJ12-600/4 | | | 4 | |
| CJ12-600/5 | | | 5 | |

91. 怎样安装交流接触器？

(1) 安装前，应进行以下检查：

①检查接触器铭牌和线圈的技术数据（如额定电压、额定电流、操作频率和通电持续率等）是否符合实际使用要求。

②新购入的或搁置已久的接触器，应进行解体检查，擦净铁芯极面上的防锈油，以免油垢粘滞而造成接触器线圈断电后铁芯不释放。

③检查接触器有无机械损伤，用手推动接触器的活动部分，要求动作灵活，无卡涩现象。

④检查和调整触点的工作参数（如开距、超程、初压力和终压力等），使其符合要求；检查各极触点接触是否良好，分合是否同步。

⑤检查接触器在 85% 额定电压时能否正常动作，是否卡住，在失压或电压过低时能否释放。

⑥测试接触器的绝缘电阻是否符合要求。

(2) 安装时，应注意以下事项：

①接触器应垂直安装，其底面与地面的倾斜度应小于 5° 。安装 CJO 系列接触器时，应使有孔的两面处于上下方向，以利于散热；应留有适当的飞弧空间，以免烧坏相邻电器。

②安装孔的螺钉应装有弹簧垫圈和平垫圈，并拧紧螺钉，以免松脱或振动；安装接线时，勿使螺钉、线圈、接线头等失落，以免落入接触器内部而造成卡住或短路。

③安装完毕，检查接线正确无误后，应在主触点不带电的情况下，先使吸引线圈通电分合数次，检查其动作是否可靠。只有确认接触器处于良好状态，才可投入运行。

92. 同一配电屏内的交流接触器、继电器线圈的零线采用跨接方法是否正确？有何危害？

凡是类似图 2-17 a 所示的线圈零线的连接方法都是错误的，其原因是：

(1) 如果机组 C 的热继电器损坏, 需要更换, 则拆下接触器线圈外连线路时, 就会使运行中的 A 机组、B 机组停运。

(2) 如果公用零线断线或线头脱落, 则会使运行中的机组停车, 从而影响生产。

(3) 如果机组 B 的接触器线圈接线端子松动、脱落, 则会使机组 A 的线圈断电跳闸。

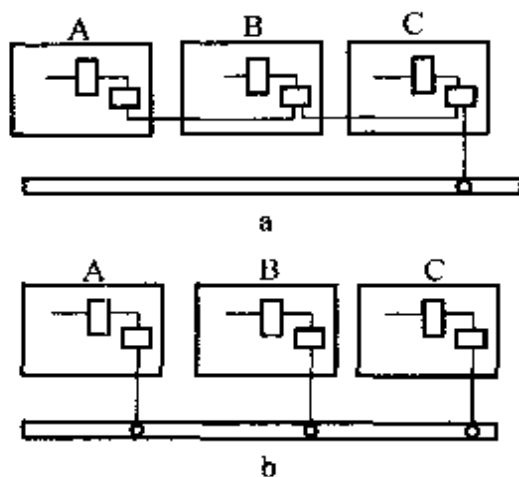


图 2-17 电动机接触器线圈零线的连接
a. 错误连接; b. 正确连接

接触器线圈零线的正确接线方法如图 2-17 b 所示。这样, 当其中一台继电器或接触器的线圈零线断线, 则只有一台电动机停运, 不会影响其他电动机的正常运行, 有利于设备损坏后进行更换。

93. 需要同时动作的两个交流接触器, 其线圈为什么只能并联而不能串联?

有些场合需要两个交流接触器同时动作, 但即使两个接触器的型号相同和外加电压也是两个线圈额定电压之和, 也不允许两个线圈串联使用。因为从理论上讲, 虽然两个具有同样结构、同样特性的线圈串联起来接入电路, 每个线圈将获得电源的一半电压, 电流也相等, 可以同时动作。但实际上, 由于各种因素的影响, 两个接触器的动作总会有先有后, 它们不可能同时吸合。因此, 如果交流接触器 KM1 先吸合, 则会由于 KM1 的磁路闭合, 线圈的电感明显增加, 使 KM1 的电压降相应增大, 而另一个串联的 KM2 的线圈则达不到动作电压, 因此需要同时工作的两个线圈应采用并联方式, 而不能采用如图 2-18 所示的错误连接方式。

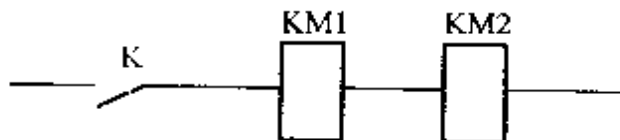


图 2-18 线圈的错误连接

94. 交流接触器吸合不正常的原因是什么？怎样处理？

(1) 由于控制电路的电源电压低于 85% 额定电压，电磁线圈通电后产生的电磁吸力小，不能将动铁芯迅速吸向静铁芯，造成接触器吸合缓慢或吸合不紧，此时应设法将控制电路的电源电压调整到额定工作电压。

(2) 弹簧压力不足，造成接触器吸合不正常；弹簧的反作用力过大，造成吸合缓慢；触头弹簧压力超程过大，使铁芯不能完全闭合；触头的弹簧压力和释放压力过大，造成触头不能完全闭合。处理的办法是适当调整弹簧压力，必要时更换弹簧。

(3) 由于动、静铁芯间的间隙过大，可动部分卡住或转轴生锈、歪斜，造成接触器吸合不正常。处理时可拆下动、静铁芯进行检查，调小间隙，清洗轴端和支承杆，必要时更换配件。

(4) 由于长期频繁碰撞，铁芯极面不平整，并沿叠片厚度方向向外扩张。此时可用锉刀修整，必要时更换铁芯。

(5) 短路环断裂，造成铁芯发出异常声响。在这种情况下，应换上同样尺寸的短路环。

95. 交流接触器断电后不释放怎么办？

交流接触器断电后，一般应在零点几秒之内释放。如果接触器线圈断电后释放时间显著延长或不释放，就应视为故障现象。此时往往使被控对象（如电动机）不能立即停止运行而造成人身或设备事故。遇到这种情况，一般可在交流接触器或电磁起动器之前加装一只交流接触器，具体接线如图 2-19 所示。图中以重任务接触器 JC（可选用 CJ12 型接触器）代替原来的负荷开关，并在 JX01-40 型自耦降压起动箱箱盖内侧安装一只时间继电器 SJ1（可选用 SJ7-1A 或 SJ7-2A 型气囊式时间继电器，如果手头有 SJ7-3A 或 SJ7-4A 型气囊式时间继电器，则只要将其电磁吸引机构倒过来安装即可）。按下停止按钮 TA2 后，如果 QC3 或 ZJ 发生延时释放或不释放，SJ1 就按预定时间（如 0.5~1.0 s）动作，使 JC 释放，从而及时切断主回路

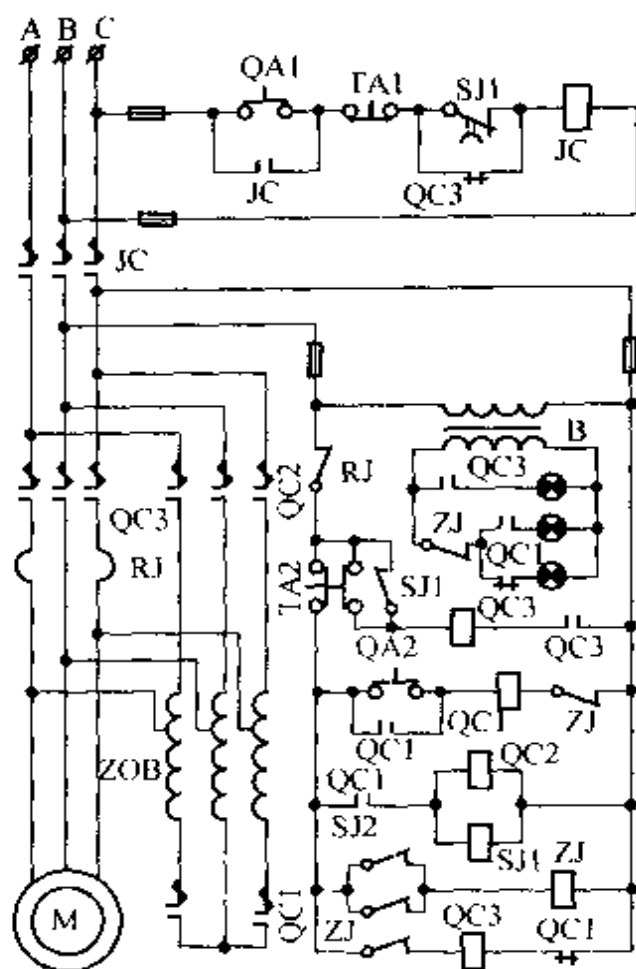


图 2-19 电动机加强的保护电路接线图

电源。常态下 SJ1 不能吸合，不起作用。这一保护措施仅适用于遥控或有特殊需要的场合，否则，经济上就不合算。

96. 对缺辅助触点的交流接触器怎样进行应急接线？

如果交流接触器的辅助触点损坏，一时无法修复，而又急需使用该接触器，则可按图 2-20 和图 2-21 进行应急接线，以满足紧急需要。

在这两种线路中，按下起动按钮 SB1，交流接触器 KM 吸合；放松按钮 SB1，KM 的主触点兼作自锁触点，使接触器自锁，因此 KM 仍保持吸合状态。图中 SB2 为停止按钮。

采用这两种线路，停车时按下停止按钮的时间应长一点，否则，手离开停止按钮后，接触器又吸合，使电动机继续运行。这是

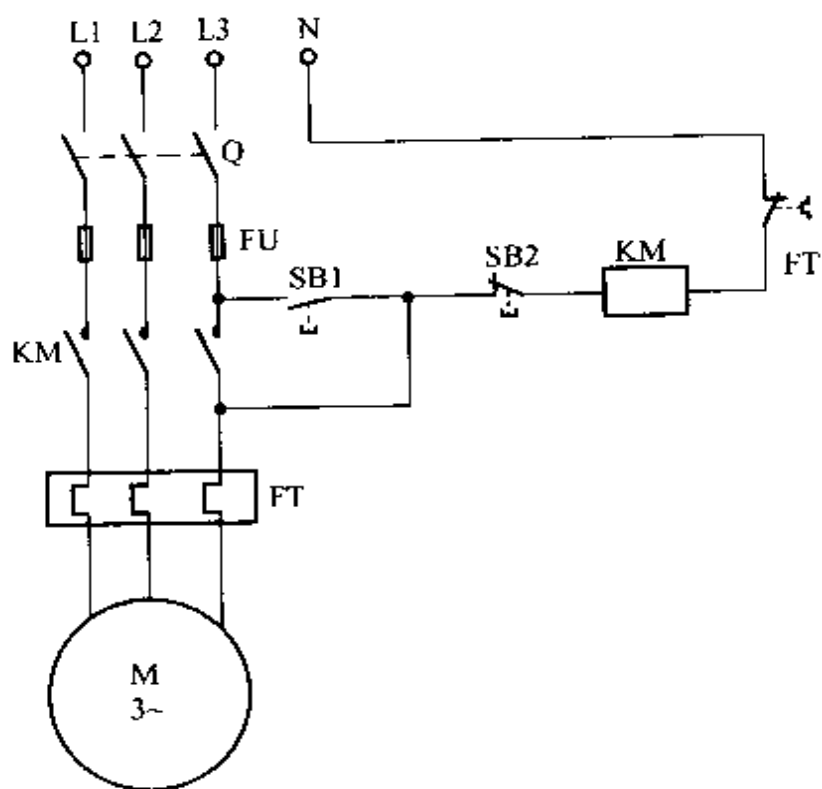


图 2-20 线圈电压为 220 V 的接线

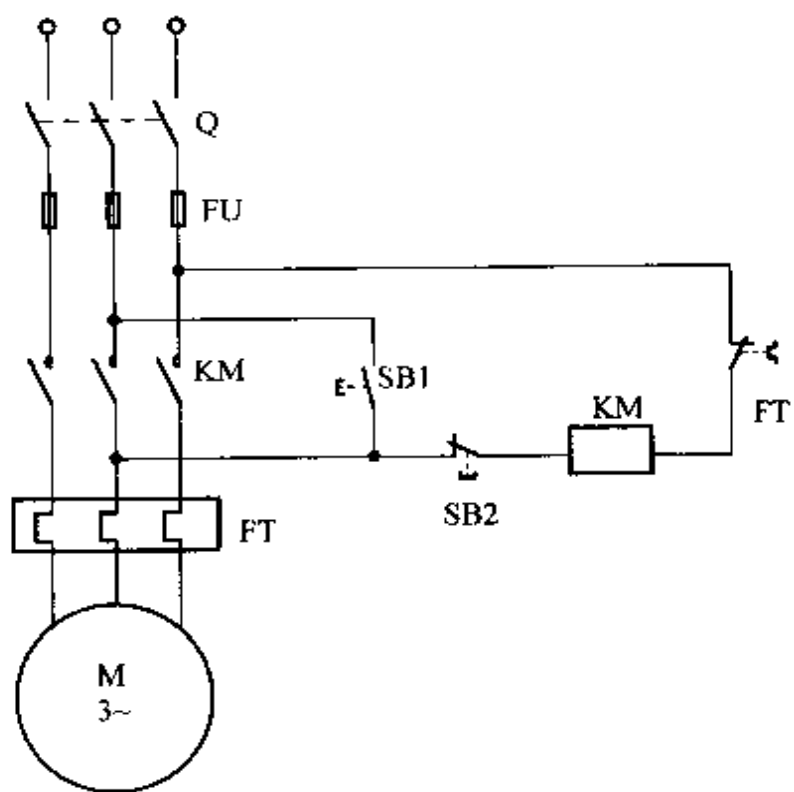


图 2-21 线圈电压为 380 V 的接线

因为电源电压虽被切断，但由于存在惯性，电动机的转子仍转动，定子绕组被转子剩磁感应出电动势，若停止按钮很快复位，则这个感应电动势直接加在接触器线圈上，使其再次吸合，因此电动机继续运转。

必须指出，线圈电压为 380 V 的接线还有一个缺点，即在电动机停转时，电动机的引出线仍带电，这在维修时不安全，因此这种线路只宜在应急时采用。

97. 交流接触器有哪些常见故障？故障原因是什么？怎样处理？ 这种接触器损坏到什么程度就应予以更换？

交流接触器的常见故障、故障原因和处理方法如表 2-8 所示。

表 2-8 交流接触器常见故障、故障原因和处理方法

| 故障现象 | 可能原因 | 处理方法 |
|---------------------------|--|---|
| 吸不上或吸不足（即触头已闭合，而铁芯则未完全吸合） | (1) 电源电压过低或波动过大 (2) 操作回路电源容量不足，发生断线故障、配线错误或控制触头接触不良 (3) 线圈技术参数与使用条件不符 (4) 产品本身受损（如线圈断线或烧毁，机械可动作部分卡住、转轴生锈或歪斜等） (5) 触头弹簧压力和超程均过大 | (1) 调高电源电压 (2) 增加电源容量，更换线路，修理控制触头 (3) 更换线圈 (4) 更换线圈，排除卡住故障，修理受损零件 (5) 按要求调整触头参数 |
| 不释放或释放缓慢 | (1) 触头弹簧压力过小 (2) 触头熔焊 (3) 机械的手动部分卡住，转轴生锈或歪斜 (4) 反力弹簧损坏 (5) 铁芯极面有油垢或粉尘 (6) E 形铁芯寿命终了时，由于去磁气隙消失，剩磁增大，铁芯不释放 | (1) 调整触头参数 (2) 排除触头熔焊故障，修理或更换触头 (3) 消除卡住现象，修复受损零件 (4) 更换反力弹簧 (5) 清理铁芯极面 (6) 更换铁芯 |

续表

| 故障现象 | 可能原因 | 处理方法 |
|------------|---|---|
| 线圈过热或烧损 | (1) 电源电压过高或过低 (2) 线圈技术参数(如额定电压、频率、通电持续率和适用工作制等)与实际使用条件不符 (3) 操作频率(交流)过高 (4) 线圈绕制不良、机械损伤或绝缘损坏等 (5) 使用环境条件特殊(如空气潮湿、含有腐蚀性气体或环境温度过高) (6) 运动部分卡住 (7) 交流铁芯极面脏污或剩磁气隙过大 (8) 交流接触器派生直流操作的双线圈,由于常闭联锁触头熔焊不释放而造成线圈过热 | (1) 调整电源电压 (2) 调换线圈或接触器 (3) 选择其他合适的接触器 (4) 更换线圈,排除引起线圈损坏的故障 (5) 采用专门设计绕制的特种线圈 (6) 消除卡住现象 (7) 清除极面脏物或调换铁芯 (8) 调整联锁触头参数和更换损坏线圈 |
| 电磁铁(交流)噪声大 | (1) 电源电压过低 (2) 触头弹簧压力过大 (3) 磁系统歪斜或机械卡住,使铁芯不能吸平 (4) 极面生锈或异物(如油垢、粉尘)侵入铁芯极面 (5) 短路环断裂 (6) 铁芯极面磨损过大而不平 | (1) 提高操作回路电压 (2) 调整触头弹簧压力 (3) 排除机械卡住故障 (4) 清除铁芯极面异物 (5) 调换铁芯或短路环 (6) 更换铁芯 |
| 触头熔焊 | (1) 操作频率太高或过载使用 (2) 负载侧短路 (3) 触头弹簧压力过小 (4) 触头表面有金属颗粒或异物 (5) 操作回路电压过低或机械卡住,造成触头吸合过程中出现停滞现象,或者触头停在刚接触的位置上 | (1) 调换合适的接触器 (2) 排除短路故障,更换触头 (3) 调整触头弹簧压力 (4) 清理触头表面 (5) 提高操作电源电压,排除机械卡住故障,使接触器吸合可靠 |

续表

| 故障现象 | 可能原因 | 处理方法 |
|---------|--|---|
| 触头过热或灼伤 | (1) 触头弹簧压力过小 (2) 触头上有油污, 或表面高低不平, 有金属颗粒 (3) 环境温度过高或应用于密闭的控制箱中 (4) 操作频率过高, 或工作电流过大, 触头的断开容量不够 (5) 铜触头用于长期工作制 (6) 触头的超程太短 | (1) 调高触头弹簧压力 (2) 清理触头表面 (3) 接触器降容使用 (4) 调换容量较大的接触器 (5) 接触器降容使用 (6) 调整触头超程或更换触头 |
| 触头过度磨损 | (1) 接触器选用不当, 在下列场合容量不足: ①反接制动 ②有较多密接操作 ③操作频率过高 (2) 三相触头动作不同步 (3) 负载侧短路 | (1) 接触器降容使用或调换适于在繁重条件下工作的接触器 (2) 调整至同步 (3) 排除短路故障, 更换触头 |
| 相间短路 | (1) 可逆转换的接触器联锁不可靠, 由于误动作, 两台接触器同时投入运行而造成相间短路, 或由于接触器动作过快, 转换时间短, 转换过程中发生电弧短路 (2) 粉尘堆积或沾有水汽油垢, 使绝缘变坏 (3) 产品零部件损坏 (如灭弧罩碎裂) | (1) 检查电气联锁和机械联锁; 在控制线路上加中间环节或调换动作时间长的接触器, 延长可逆转移时间 (2) 经常清理, 保持清洁 (3) 更换损坏的零部件 |
| 短路环断裂 | 由于电压过高, 线圈用错, 弹簧断裂, 以致磁铁作用时撞击过猛 | 检查并调换零件 |

通常，交流接触器损坏到以下程度，就应予以更换：

(1) 交流接触器的三相主触点（动、静触点）烧损面积在 25% 以上，烧损深度在 1 mm 以上。

(2) 接触器线圈烧毁，主触头外端子严重烧损。

(3) 主触头的传动机构断裂或变形，受阻卡壳而使触头不能闭合。由于更换传动机构需要很长时间，而且要先从新接触器上拆下传动机构，然后再组装到损坏的接触器上，拆装繁琐，费时费力，还不如调换新接触器。

(4) 表 2-8 中所指出的需要更换接触器的场合，一律调换同规格的新接触器。

98. 交流接触器修理后怎样进行调整和检查？

(1) 触头开距、超程、压力的测量和调整。

接触器检修后，一般应根据技术要求对触头的开距、超程和压力进行检查和调整，以保证接触器运行可靠。触头的开距和超程，是指主触头和联锁触头的开距和超程。触头的开距，就是触头完全分开时，动、静触头间的最小距离；触头的超程，就是触头完全闭合后，将静触头取出，动触头接触处发生的位移，通常可用直尺、卡尺或内卡钳等量具进行测量；触头的压力，是指主触头和联锁触头的初压力和终压力。触头的初压力，是指动、静触头刚接触时，作用于触头上的压力；触头的终压力，是指触头完全闭合后，作用于触头上的压力。触头的压力，通常可用弹簧手秤来测量。

触头开距的调整，主要是考虑灭弧、闭合和分断的时间，分断运动的距离和断开位置的绝缘间隙等因素。超程的作用是保证触头磨损后仍能够可靠地接触，超程的大小与触头的电寿命有关。对于单断点的铜触头，其超程一般取动、静触头厚度之和的 $1/3 \sim 1/2$ ，而对于银或银基触头，则取动、静触头之和的 $1/2 \sim 1$ 。触头的终压力主要取决于触头的材料、导体允许温升和电动稳定性，一般采用 $0.15 \sim 0.25 \text{ N/A}$ （银或银基触头和小电流接触器取小值，铜或铜基触头取大值）。触头的初压力，对于交流接触器，一般按终压

力的 65%~90% 调整，而对于直流接触器，则按终压力的 60%~80% 调整。

(2) 接触器修理后的检查。

①测量吸上电压和释放电压。直流接触器在冷态下的吸上电压应为额定电压的 65%，而交流接触器则应为额定电压的 85%。直流接触器的释放电压应为额定电压的 5%~10%，而交流接触器则应为额定电压的 30%~40%。

②电源电压为接触器和起动器额定电压的 65%~105%（直流）和 85%~115%（交流）时，接触器应可靠工作。

③接触器的主触头接通时，三相应同时接触，其先后误差不得超过 0.5 mm。

99. 有哪几种常用系列复合按钮开关？其结构各有何特点？适用于什么场合？

常用系列的复合按钮有 LA2、LA10、LA18、LA19 和 LA20 等几种，其外形如图 2-22 所示，其结构特点和适用场合分述如下：

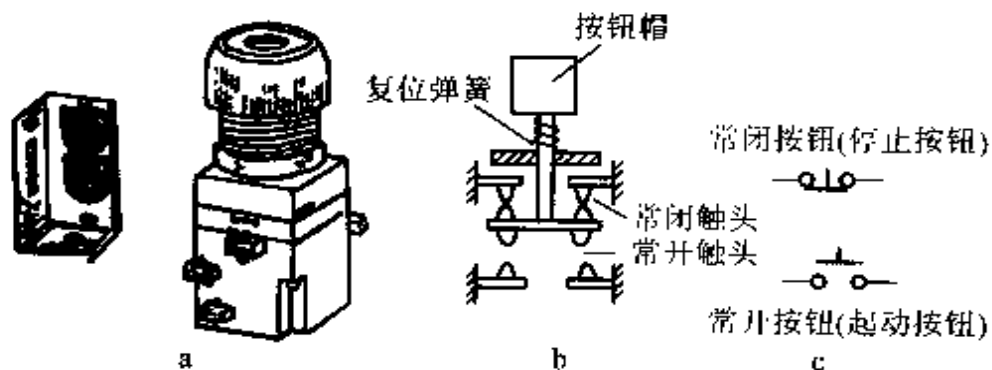


图 2-22 按钮开关

a. 按钮外形；b. 按钮结构；c. 按钮图符号

(1) LA2 系列控制按钮。它适用于交流电压至 500 V、直流电压至 440 V、电流至 5 A 的电路，用来接通或断开电磁起动器、空气断路器等的线圈回路，以控制线路。这种按钮为开启式，包括一个常分触头和一个常合触头，带有公共的桥式动触头。当按下按钮

时，常合触头先分断而后常分触头闭合；当按钮释放后，其触头在复位弹簧的作用下恢复正常位置。

LA2系列按钮有红色、绿色和黑色三种，额定电压交流380 V、额定发热电流5 A、额定控制容量300 VA（或直流220 V、额定发热电流5 A、额定控制容量70 W）。

(2) LA10系列控制按钮。它适用于交流50 Hz电压至380 V或直流电压至220 V的电磁起动器、接触器、继电器和其他电器，可作为远距离控制之用。其结构有开启式、保护式、防漏式和防腐式四种，并有一钮、二钮、三钮之分，均有金属外壳。型号后面若加TH字母，则为湿热带型产品。

(3) LA18系列积木式按钮。它适用于交流50 Hz电压至380 V或直流电压至220 V的电磁起动器、接触器、继电器和其他电器，可作为远距离控制之用。为满足自动化装置等的需要，可将这种按钮的几个基本元件串接起来，使触头对数增加到四对常分和四对常合触头，其结构有紧急式（蘑菇头突出在外，作紧急切断用）、旋钮式、掀钮式（用手柄旋转操作）和钥匙式（按钮带钥匙，以免误操作）等几种。这种系列的按钮可取代已淘汰的LA1、LA3、LA5、LA6、LA9、LA11、LA13、LA16等系列产品。

(4) LA19系列控制按钮。它适用于交流50 Hz或60 Hz、额定电压380 V或直流额定电压220 V的空气电磁起动器、接触器、继电器和其他电器，可作为远距离控制之用。这种按钮由一般按钮和信号灯组合而成。按钮有一对常分触头、一对常合触头和一副接触桥，当按下按钮时，常合触头先分开，而后常分触头闭合；当按钮释放时，在复位弹簧的作用下接触桥恢复到原始位置。信号灯装在按钮的颈部，掀钮兼作信号灯的灯罩（掀钮用半透明塑料制成），信号灯有红、绿、黄、白、黑等各种颜色。

(5) LA20系列控制按钮。它适用于50 Hz或60 Hz、电压至380 V或直流电压至220 V的空气电磁起动器、接触器、继电器和其他电器，可作为远距离控制之用。这种按钮有单钮、双钮、三钮三种。单钮带有信号灯，信号灯装在按钮的颈部，掀钮兼作信号灯

的灯罩（按钮用聚碳酸酯制成），信号灯有红、绿、黄、白等各种颜色。

双钮和三钮按钮保护方式分为开启式和保护式两种，按钮为方形，按钮元件有一组常分触头和一组常合触头，由装在绝缘基座上的两个上部静触头和两个下部静触头以及装在按钮杆上的触桥组成，触头的接触点用纯银制成。当按下按钮时，常闭触头先分开，然后常分触头闭合；当按钮释放后，借助弹簧的作用产生相反的分断和关合。

100. 怎样选择瓷底胶盖闸刀开关？这种开关的安装和接线应注意哪些事项？

瓷底胶盖闸刀开关外形如图 2-23 所示，其结构简单，使用和维护都很方便，在小容量电动机上得到广泛应用。

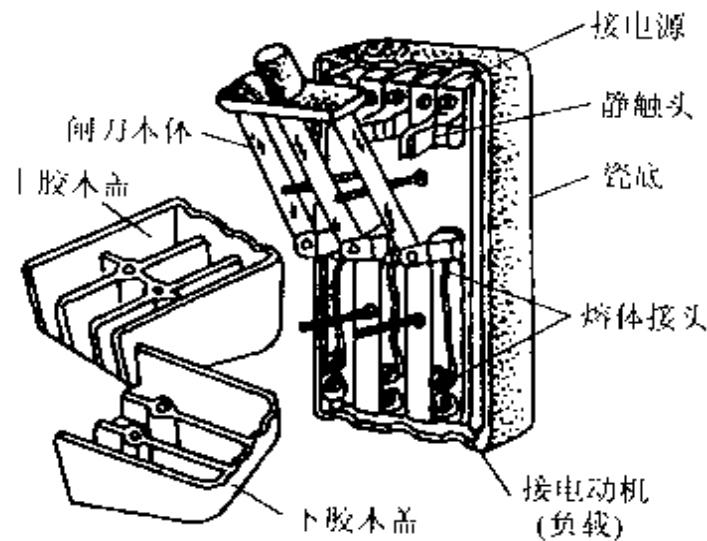


图 2-23 胶盖闸刀开关

通常，5.5 kW 及以下电动机直接起动时，多使用这种开关。国产闸刀开关主要有 HK1 和 HK2 两个系列的产品，其技术数据如表 2-9 所示。选择闸刀开关时，开关的额定电流应为电动机额定电流的 3 倍以上，以适应电动机起动时的大电流，或者参考表 2-9，根据所控电动机的功率选取。例如，一台 Y11ZM-4 型电动

机，其额定电压为 380 V，额定功率为 4 kW，额定电流为 8.8 A，选用闸刀开关直接起动，闸刀开关的额定电流应等于或大于 $3 \times 8.8 \text{ A} = 26.4 \text{ A}$ 。查表 2-9，可选用额定电流为 30 A 的 HK1-30 型闸刀开关。

表 2-9 HK1 和 HK2 系列闸刀开关的技术数据

| 型号 | 额定电流 (A) | 极数 | 额定电压 (V) | 可控制电动机最 大功率 (kW) | 配用熔体规格 |
|-----|-------------|----|-------------|---------------------|-----------|
| | | | | | 熔体线径 (mm) |
| HK1 | 15 | 2 | 220 | 1.5 | 1.45~1.59 |
| | 30 | 2 | 220 | 3.0 | 2.30~2.52 |
| | 60 | 2 | 220 | 4.5 | 3.36~4.00 |
| | 15 | 3 | 380 | 2.2 | 1.45~1.59 |
| | 30 | 3 | 380 | 4.0 | 2.30~2.52 |
| | 60 | 3 | 380 | 5.5 | 3.36~4.00 |
| HK2 | 10 | 2 | | 1.1 | 0.25 |
| | 15 | 2 | 250 | 1.5 | 0.41 |
| | 30 | 2 | 250 | 3.0 | 0.56 |
| | 10 | 3 | 380 | 2.2 | 0.45 |
| | 15 | 3 | 380 | 4.0 | 0.71 |
| | 30 | 3 | 380 | 5.5 | 1.12 |

必须指出，选择闸刀开关，应根据具体情况灵活选用，不可“生搬硬套”。例如，若电动机既不需要经常起动，又不大可能出现堵转情况（农用电动机多是如此），同时开关的质量又较好，则选用 15 A 的闸刀开关来控制 4 kW 电动机，选用 30 A 的闸刀开关来控制 5.5 kW 电动机，都未尝不可。这是从电流方面来考虑。从电压方面来看，一般是根据负载的额定电压来选用，但对电动机来说，并不一定非这么选用不可。因为在切断电动机的电源时，加在触刀和插座之间的电压只有电动机额定电压的 16%，即只不过几十伏而已，在这么低的电压下，电弧并不大，所以即使选用 220 V

闸刀开关，也能够安全可靠地分断电源。

闸刀开关的安装和接线，一般应注意以下几点：

(1) 开关应垂直安装，静插座在上方，合闸时手柄向上，分闸时手柄向下，电源线接在静插座一侧，负载线经过熔体接在动刀片上（图 2-24a）。图 2-24b 所示的安装和接线方式是错误的，因为动刀片一旦受到震动，则容易下落而误合闸，并且在断开电源的情况下，露在外面的动刀片仍然带电，容易发生触电事故。

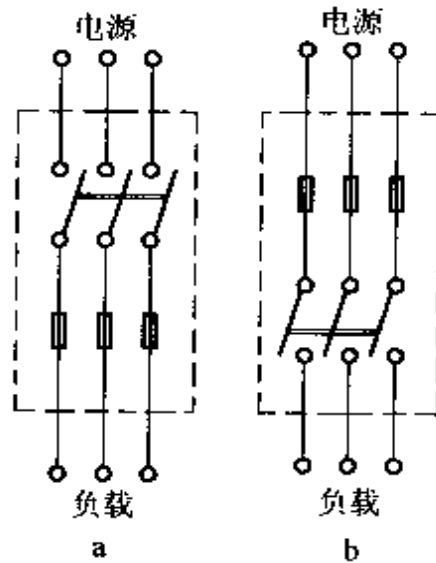


图 2-24 闸刀开关安装和接线示意图

a. 正确；b. 错误

(2) 开关的进出线接线螺钉和接线端子应有足够的接触面积和接触压力。否则，电流通过时，因接触电阻大而产生高温，使静插座受热退火，失去弹性，引起接触不良和“打火”故障，严重时甚至造成火灾和电机烧毁事故。

(3) 开关静插座的钳口应有足够的压力夹住闸刀，闸刀与钳口接触处不应歪斜。

(4) 开关下方的熔体应正确选择，其额定电流应符合要求；安装时不可碰伤它，万一被碰伤，应调换同规格的新熔体；熔体两端应接触良好，熔体既不可拉得太紧，又不要过于松弛，压接熔体的螺钉不可拧得太紧，而且应垫放压线垫圈，以免挤伤熔体；熔体两端应顺时针方向弯过来，这样，拧紧压线螺钉时，就会越拧越

紧，熔体不致被挤出。

(5) 开关的安装高度以操作方便和安全为原则，一般离地面 1.3~1.5 m 较为合适。

101. 怎样使用和维护瓷底胶盖闸刀开关？为什么不可使用闸刀开关来分断堵转电动机？

使用和维护瓷底胶盖闸刀开关应注意以下几点：

(1) 闸刀开关上的胶盖应保持完好无损。进行合闸或拉闸操作时，必须盖好胶盖，站在稍偏离闸刀的地点操作，以防发生飞弧伤人事故。

(2) 合闸必须迅速而果断，合闸终了时用力不可过猛，以免发生冲击。合闸操作完毕，应检查刀片是否合到头。合上后应使刀片完全进入静插座，并检查接触是否严密。如果带负荷错合闸刀，虽然合错了，甚至在合闸时产生电弧，也不得将闸刀再拉开。因为带负荷拉闸，将造成三相弧光短路事故。

(3) 拉闸时开始应慢而谨慎。当刀片离开静插座时，则应迅速果断地用力一拉，以便能迅速灭弧。拉闸操作完毕，应检查闸刀开关的每一相是否在断开位置上，刀片是否拉到底。如果带负荷错拉闸刀，在刀片刚离开固定触头的一瞬间，将产生电弧，此时应立即合上，以消灭电弧，防止发生事故。如果闸刀已全部拉开，则不许再合闸。

如果是单相闸刀，操作一相后发现错位，则对其他两相不应继续操作，并应采取相应措施予以修复。

(4) 如果由于过载或短路，开关上的熔体熔断，则在排除故障后，更换熔体时，应特别注意观察绝缘瓷底座和上、下胶盖部分。因为在熔体熔化所产生的电弧作用下，绝缘瓷底座上和胶盖内壁表面往往附着一层金属粉粒，这些金属粉粒将造成闸刀开关绝缘部分的绝缘性能下降，甚至不绝缘，以致在重新合闸送电的瞬间，造成开关本身相间短路。因此，应先用干燥的清洁棉布将金属粉粒擦掉，然后才更换熔体。

(5) 当负荷较大时, 为防止闸刀本身发生相间短路, 可与熔断器配合使用。配合的原则是: 将熔断器装在闸刀负荷一侧, 闸刀本身不再装熔体, 而在应装熔体的接点上安装与线路导线截面相同的铜线。此时, 闸刀开关只作开关使用, 短路保护和过载保护则由熔断器来完成。

电动机堵转时, 加在触刀与静插座之间的电压是电源相电压, 堵转电流是 6~7 倍电动机额定电流, 这样高的电压和这样大的电流是闸刀开关难以承受的。如果强行用闸刀开关分断, 强大的电弧势必将触刀和插座烧毛, 以致接触电阻增大, 长期运行时温升将增高, 并缩短闸刀开关的使用寿命。

此外, 电动机在全压下满载起动, 接通电源的起动条件与电动机堵转时的分断条件相当, 所以, 电机满载起动电流也非闸刀开关所能承受。

综上所述, 闸刀开关不宜用来分断堵转电动机。

102. 瓷底胶盖闸刀开关常见故障的原因是什么? 怎样检查和处理?

(1) 闸刀开关的熔体熔断。

① 闸刀的下桩头负载过大。可打开闸刀开关, 观察熔体熔断情况。如果是熔体发热慢慢熔化, 则说明线路负载过大。若线路导线能承受当时的负载, 则可换上大一号的熔体。但此时应注意闸刀的容量是否允许增大熔体截面。

② 闸刀的下桩头所带负载短路。可将闸刀手柄拉下, 换上同型号的熔体。如果怀疑线路负载短路, 而一时又不知道故障点, 则可在闸刀下桩头的火线(相线)上接一只 2 kW 的电炉, 对三相闸刀在去掉负载后接三只 2 kW 的电炉(图 2-25), 用小档钳形电流表分别测试线路电流, 若测得某主线路电流很大, 则说明短路点在该线路上, 直到找出短路点并排除故障, 然后撤除电炉, 恢复线路。

③ 闸刀的熔体未压紧。可检查熔体熔断处, 如果熔体正好在螺钉附近或垫片下熔断, 而整根熔体完好无损, 则说明是熔体未压紧

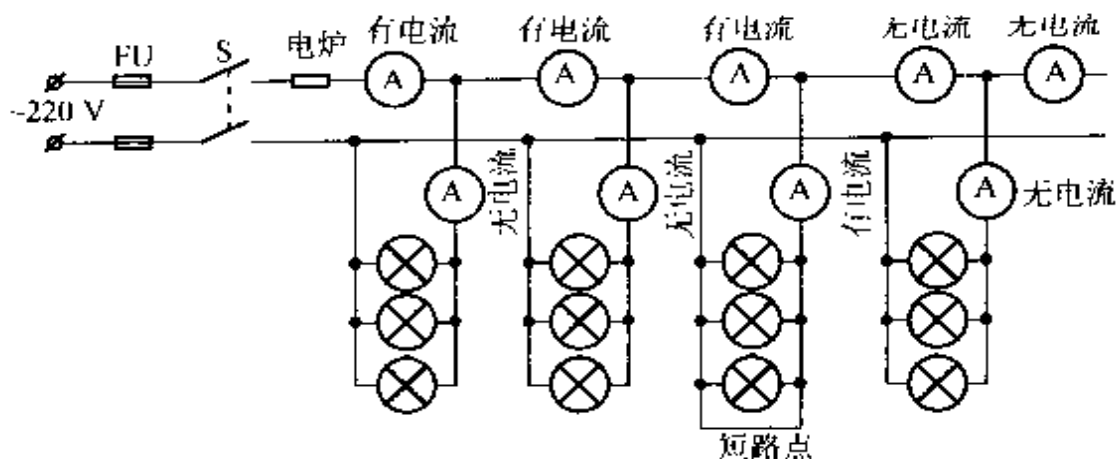


图 2 25 用电炉检查线路短路故障

引起接触处发热所致。此时可更换垫片，清除闸刀的锈迹，换上同型号的熔体，并将螺钉拧紧。

(2) 闸刀烧坏，螺钉孔内的沥青熔化。

①刀片与底座插口接触不良。可断开闸刀电源，用钳子修整闸刀底座口，使其动、静触头接触良好。

②闸刀压线固定螺钉未压紧。可检查闸刀的压线处是否发热，导线绝缘外皮是否烧坏。若是，则说明闸刀的压线固定螺钉未压紧导线。此时应将导线从闸刀接线孔拉出，清整生锈面，将闸刀孔内的锈渣清除，然后将导线重新插入闸刀接线孔内并用螺钉压紧，同时把烧坏的导线端用绝缘胶布缠包好。

③刀片合闸时合得过浅。可改变闸刀操作方法，使每次合闸时适当用力将闸刀合到位。

④闸刀容量过小，与负载不匹配。在线路容量允许的情况下，调换额定电流大一级的闸刀开关。

⑤闸刀负载端短路，引起闸刀短路或弧光短路。可能是闸刀受潮或被导电液体污染而发生短路故障，并引起相间弧光短路。此外，有时负载侧短路、闸刀本身的线头短路或接触不良，也会在合闸的瞬间引起弧光短路，烧坏闸刀。在上述情况下，应调换同型号的新闸刀。

(3) 闸刀漏电。

①装于室外的闸刀开关受潮或被雨水淋湿。可断开电源，用清洁的棉布将闸刀擦干，然后通电使用。如果闸刀被雨水严重淋湿，则应拆开闸刀开关，进行烘干处理，然后再装上投入运行。

②闸刀开关在有油雾、导电粉尘的环境中工作过久。可断开电源，清除闸刀上的油污和导电粉尘，然后用酒精清洗，并烘干处理再使用。如果工作环境条件很差，则可做一个小木箱，将闸刀保护起来。

(4) 闸刀拉开后，刀片和闸刀下桩头带电。可能是以下原因引起的，查明后可作相应处理：

①闸刀的进线和出线上下接反。闸刀进线和出线的安装是有规定的，正确的安装方法是：闸刀上桩头接线孔内接电源进线，下桩头接线孔内接负载端。如果进线和出线上下接反，就会造成刀片和下桩头带电而往往发生触电事故，这是值得注意的。此时可用试电笔检查闸刀进线和出线是否接反，若接反，纠正接线即可。

②误将闸刀倒装或水平安装。禁止倒装闸刀或水平装设闸刀，否则，极易使已拉开的刀片重新落入插口而合闸。此时应参照闸刀开关安装规程重新正确安装。

103. 组合开关有何特点？怎样选择？

组合开关一般用于小容量电动机的直接起动、电动机的正反转控制，其结构紧凑、体积小、操作方便。常用的组合开关有 HZ1、HZ2、HZ3、HZ4、HZ10 等系列产品，其中 HZ10 系列组合开关具有使用寿命长、运行可靠、结构简单等优点。组合开关实质上就是闸刀开关，只不过一般闸刀开关的操作手柄是在垂直其安装面的平面内向上或向下转动，而组合开关的操作手柄则是在与其安装面平行的平面内向左或向右转动。这种开关的动、静触头都装在不太高的数层胶木绝缘触头座内，触头座可以一个接一个地堆叠

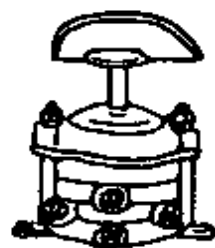


图 2-26 组合开关的外形

起来（图 2-26）最多有堆叠达 6 层者。这样，就使开关的整个结构向立体空间发展，从而可以减小安装面积。此外，通过选择不同类型的动触头，按照不同方式配置动触头和静触头，然后叠装起来，还可得到若干种不同的接线方案，因此使用非常方便。

动触头由两块磷铜片或硬紫铜片与具有良好消弧性能的绝缘钢纸板铆合而成，其结构有 90° 和 180° 两种，图 2-27 所示是 180° 的一种。动触头上有弹性夹口，借此保证动、静触头之间有一定的接触压力。动触头连同与它铆合在一起的隔弧板一起套在绝缘方轴上。两个静触头则分置于胶木触头座边缘上的两个凹槽

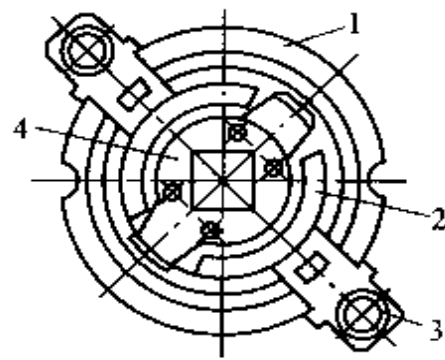


图 2-27 组合开关的触头系统

- 1. 触头座；2. 隔弧板；
- 3. 静触头；4. 动触头

内，其一端插在隔弧板内（当触头分断时），或者夹在动触头的两块铜片当中（当触头接通时），另一端则伸出于触头座外面作为接线端子。每当绝缘方轴转动 90° 时，触头便接通或分断一次。触头分断时产生的电弧，就在隔弧板构成的槽内熄灭。

通常，组合开关用来起动和控制 4 kW 及以下的鼠笼式电动机，用于直接起动电动机的接线图如图 2-28 所示。选用组合开关控制电动机时，开关的额定电流一般应为电动机额定电流的 $1.5\sim 2.5$ 倍，表 2-10 列出 HZ10 系列组合开关的基本技术数据和可控电动机的容量，可供选择时参考。对组合开关不宜进行频繁的转换操作，即使用作可逆运转转换的组合开关，也必须在电动机完全停止转动后，才允许反向接通。当负载功率因数较低或者操作频繁时，开关应降低容量使用。否则，影响使用寿命。虽然组合开关有一定的通断能力，但毕竟还是比较低的，所以不能用它来分断故障电流。此外，组合开关本身不带过载和短路保护装置，如果需要这类保护，应另装设其他保护电器。

表 2-10

HZ10 系列组合开关的基本技术数据

| 型 号 | 额定电压 (V) | 额定电流 (A) | 极数 | 极 限 作 流 | | 可控制电 动机最大 容量和额 定电流① | | 额定电压及额定 电流下的通断次数 | | | |
|----------|-------------|-------------|------|-------------------|-----|------------------------------|-----------------|---------------------|----------|--------------------|-----------|
| | | | | 极 操 电 ① (A) | | 容量 (kW) | 额定 电流 (A) | ACcosφ | | 直 流 时 间 常 数 (s) | |
| | | | | 接 通 | 分 断 | | | ≥ 0.8 | ≥ 0.3 | ≤ 0.0025 | ≤ 0.01 |
| HZ10-10 | DC 220 | 6 | 单极 | 94 | 62 | 3 | 7 | 20000 | 10000 | 20000 | 10000 |
| HZ10-25 | | 10 | | 155 | 108 | 5.5 | 12 | | | | |
| HZ10-60 | AC 380 | 25 | 2, 3 | | | | | 10000 | 5000 | 10000 | 5000 |
| HZ10-100 | | 60 | | | | | | | | | |
| | | 100 | | | | | | | | | |

①均指三极组合开关。

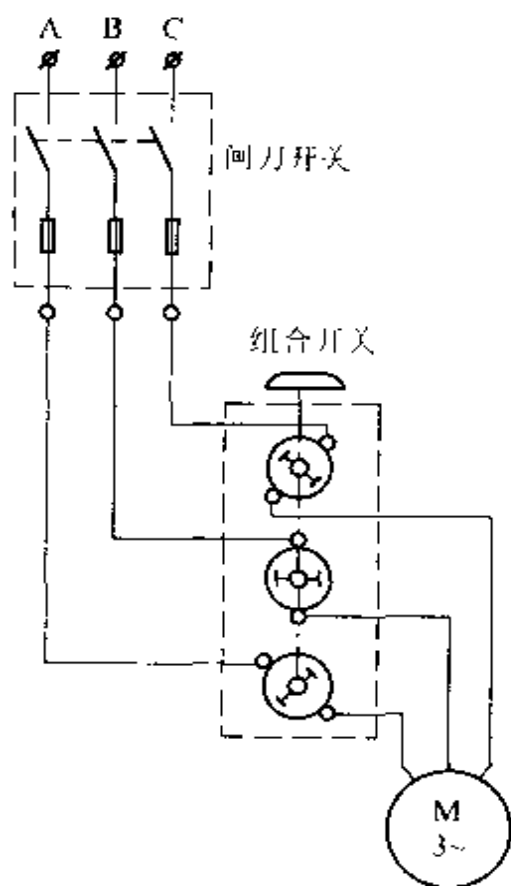


图 2-28 组合开关直接起动电动机接线图

104. 组合开关常见故障的原因是什么？怎样处理？

(1) 手柄转动 90°角后，内部触头未转动。

其原因是手柄上的三角形或半圆形口磨成圆形、操作机构损坏、绝缘杆变形（由方形磨成圆形）或轴与绝缘杆装配不紧。此时可调换手柄、修复操作机构、更换绝缘杆或紧固轴与绝缘杆。

(2) 手柄转动后，三副静触头和动触头不能同时接通和断开。

其原因是开关型号不符、修理后触头角度装配不正确或触头失去弹性和有尘垢。此时应调换型号符合要求的开关、重新装配触头或调换触头和清除尘垢。

(3) 开关接线柱短路。

其原因是长期未清扫开关，铁屑或油垢附在接线柱间，形成导电层将胶木烧焦，绝缘损坏而导致接线柱短路。应彻底清除开关上的铁屑、油垢等杂物，或者调换开关。

(4) 导线压接处松动，造成外部连接点放电、烧蚀或断路。

其原因是开关的固定螺栓松动和手柄旋转操作频繁。此时应拧紧开关的固定螺栓，并适当减少操作次数。

(5) 触头不能转动，造成接点位置改变。

其原因是开关内部转轴上的扭簧松软或断裂。此时应更换弹簧。

(6) 开关内部接点起弧烧蚀。

其原因是开关内部的动、静触头接触不良，或开关的额定电流小于负荷回路电流。在这种情况下，应调整动、静触头，或者换上额定电流较大的开关。

105. 怎样拆装和维修组合开关？

(1) 旋松紧固手柄的螺栓，取下手柄。

(2) 旋松支架上的紧固螺母，取下顶盖、转轴弹簧和凸轮等操作机构。

(3) 抽出绝缘杆，取下绝缘垫板上盖。

(4) 拆下三副动、静触头。

(5) 检查触头有无烧毛现象。如果烧毛，应使用 0 号砂布（或砂纸）修磨，或者更换无法修整的触头。

(6) 检查转轴弹簧是否松脱，消弧垫是否严重磨损。如果二者损坏，不能继续使用，则应予以更换。

(7) 按拆卸的逆顺序装配组合开关。

(8) 装配时，应使活动触头和固定触头相互保持正确位置，叠片连接应紧密。

(9) 拆装过程中应注意以下几点：①要准备盛放零部件的容器，以免丢失零部件；②拆卸弹簧时要防止其弹出；③拆装过程中不许硬撬；④拆装灭弧罩时应避免碰撞。

(10) 已修复和装配好的组合开关应进行 10 次通断试验。如果不合格，应拆开重新装配。

106. 可逆转换开关有何特点？怎样安装和使用这种开关？

以 QXI-13N1/4.5 型可逆转换开关为例，这种开关适于 50 Hz、380 V、4.5 kW 以下三相异步电动机的直接起动、停止和逆转之用，尤其适于作为升降机、电动起重机的电气开关。它具有安装方便、功能较全、价格低廉的优点，但所控制的电动机不具备任何保护装置，并且开关也不能自动复位，需手动操作。

这种开关的内部有六个动触头，分成两组，L1、L2、L3 分别接三相电源，D1、D2、D3 分别接电动机（图 2-29）。可逆开关的手柄有三个位置：当手柄处于“停止”位置时，开关的两组动触片都不与静触片接触，所以电路不通，电动机不转；当手柄扳到“正转”位置时，a、b、c、F 触点闭合，电动机接通电源，正向运转；当需要电动机反向运转时，可将手柄扳到“反转”位置上，此时 a、b、D、E 触点接通，电动机换向反转。

安装和使用可逆转换开关应注意以下几点：

(1) 开关不得倒装，一般为水平或垂直安装，但也可倾斜安装。倾斜安装时，倾斜度不得大于 30°。

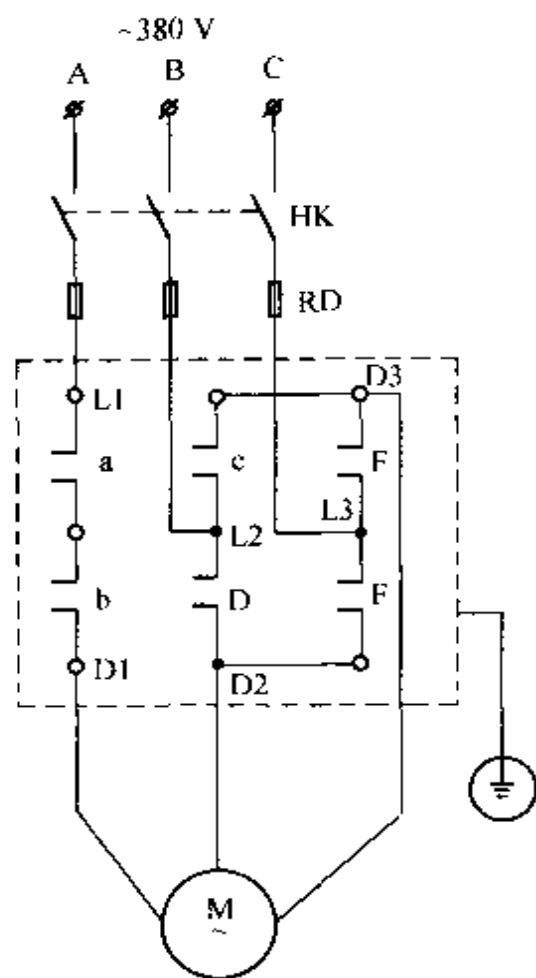


图 2·29 可逆转换开关线路图

(2) 开关接线时，要按线路图连接，连接线须采用截面不小于 4mm^2 的铜导线，并且接线螺钉必须拧紧。

(3) 接线前，应使用干燥清洁的软棉布将开关绝缘件上的灰尘擦去，特别是相邻两线间距内的灰尘必须彻底清除。接线后，在切断电源的情况下，将手柄扳到正转或倒转位置上，检验触点接触是否良好。只有接触良好，开关才可投入使用。

(4) 开关可用 6mm 螺钉穿过外壳底部四个孔眼，在适当位置上予以固定。

(5) 开关必须用多股铜导线可靠地接在接地螺钉上，接地线截面不应小于 4mm^2 。

(6) 开关正常操作频率为 200 次/h。如果需要提高操作频率，

则应根据实际情况降低容量使用。

(7) 如果电动机处于正转状态，需要它反转，则应先将开关手柄扳到“停转”位置，然后再把手柄扳到“反转”位置。

(8) 开关应串接三个合适的熔体，以防负载或开关短路而造成事故。

107. 有哪几种常用的低压熔断器？各有何特点和用于什么场合？

(1) 瓷插式熔断器。又叫瓷插保险，它是 RC1 型熔断器，由瓷底、瓷盖、静触头、动触头和熔体五部分组成（图 2-30）。熔体装在瓷盖上两动触头之间。电源线和负载线分别接在瓷底座两端的静触头上。瓷底座中有一空腔，与瓷盖突出部分构成灭弧室。

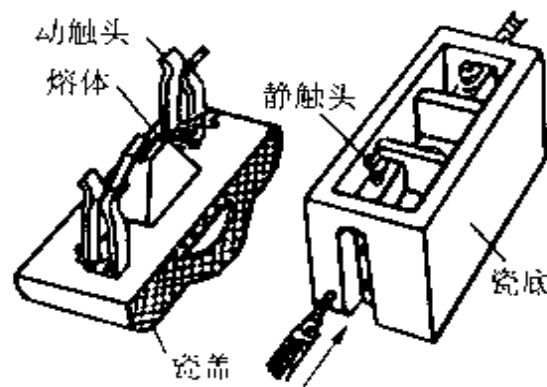


图 2-30 瓷插式熔断器

RC1 型熔断器的断流能力小，适用于 500 V 以下的线路。这种熔断器的价格低，更换熔体比较方便。多用来作为照明线路和电动机的短路保护装置。

(2) 螺旋式熔断器。主要由瓷帽、熔断管和插座组成（图 2-31）。熔管中除装有熔体外，在熔体周围还填满了石英砂（供灭弧用）。熔管的一端有一小红点，当熔体熔断后，小红点自动脱落，表明熔体已熔断。安装时将熔管有红点的一端插入瓷帽，然后一起旋入插座。

使用时，将电动机的连接线接到金属螺纹壳的上接线端，电源

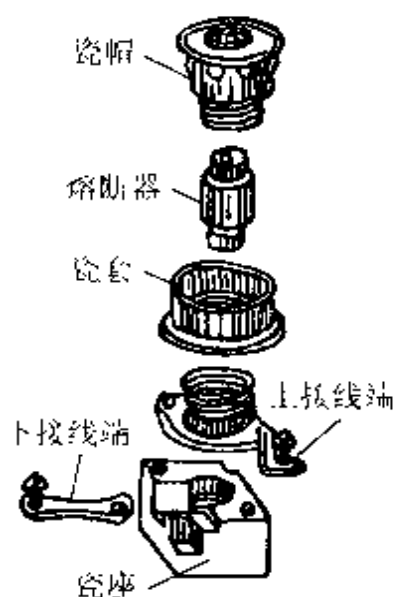


图 2 - 31 螺旋式熔断器

线接到插座座底触点的下接线端，以保证更换熔体管时，瓷帽旋出后螺纹壳上不带电。

螺旋式熔断器可用于工作电压在 500 V 以下的交流电路、电动机或电动机控制电路中作为过载或短路保护装置。这种熔断器的优点是断流能力强，安装面积小，更换熔管方便，工作安全可靠。

(3) 管式熔断器。这种熔断器分为两种：一种是无填料封闭管式熔断器，有 RM2、RM3 和 RM10 等系列；一种是有填料封闭管式熔断器，有 RTO 系列。图 2 - 32 是 RM10 和 RTO 系列管式熔断器的外形图。

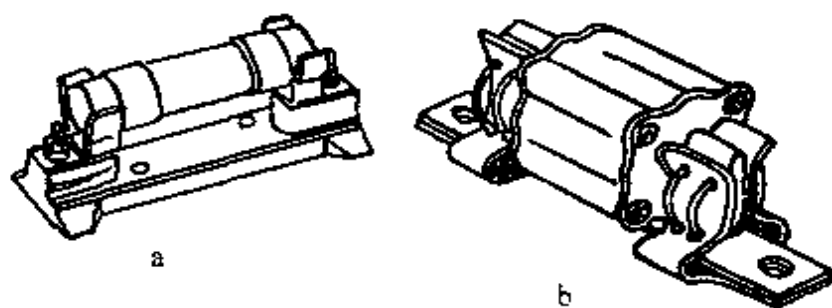


图 2 - 32 管式熔断器

a. RM-10 系列；b. RTO 系列

无填料封闭管式熔断器的断流能力大，保护性能好，主要用于直流电压 400 V 以内的电力网和成套配电设备中作为短路保护装置或连续过载保护装置。

有填料管式熔断器比无填料管式熔断器的断流能力大，能切断的最大电流可达 5 万 A，主要用于具有较大短路电流的低压配电网。

108. 为什么熔断器只能作为三相异步电动机的短路保护装置而不能作为过载保护装置？怎样选择和配置保护电动机用的熔断器？

通常，熔断器熔体上标明的额定电流，不是指熔体上通过该电流就熔断的熔断电流。也就是说，通过熔体的电流等于或稍大于熔体的额定电流，熔体不会熔断，只有通过熔体的电流超过其额定电流许多倍，熔体才会爆断。

熔断器只能作为三相异步电动机的短路保护装置而不能作为过载保护装置的原因是：如果电动机发生短路故障，通过熔体的电流往往超过其额定电流 10 倍以上，如上所述，在如此大的电流下，熔体会立即（一般不超过 0.1 s）爆断，切断电源，从而使电动机安全停止运行。但是，如果电动机处于过载状态，其过载电流虽然大于额定电流，但增加的电流并不太大，不足以使熔体熔断，熔体仍能够继续长时间运行，而电动机长时间过载就会严重过热而烧毁，所以熔体对电动机不起过载保护作用。

保护电动机用的熔断器的选择，主要是选择熔断器的形式、额定电压和额定电流。熔断器的额定电压应根据线路电压来选择。RTO 系列熔断器可用于交流 380 V 以下线路，RM 系列熔断器可用于 500 V 以下交流电路，其规格列于表 2-11，其外形如图 2-32 所示。380 V 三相电动机主要是使用这一系列的熔断器。

熔断器的额定电流与熔体额定电流不同，熔断器的额定电流是指熔断器的触刀、夹座等的额定电流，其值不得小于熔体的额定电流，因为熔断器的一个熔体管内可以装数个小于它的额定电流的熔体。

表 2-11

RM10 系列低压熔断器规格

| 额定电流 (A) | | 端头上 熔片数 | | 断流容量 (A) | |
|----------|----------------------------|------------|-------------|--------------------------------------|--|
| 型号 | 熔片 | 250 V | 500 V | 额定电压 250 V、500 V (交流 50Hz 或直流) | 额定电压 250V 的熔断器用于 交流 50Hz 380V 线路时 |
| RM10-15 | 6、10、15 | 1 | 1 | 1 200 | 600 |
| RM10-60 | 15、20、25、 35、60 | 1 | 1 | 3 500 | 3 000 |
| RM10-100 | 60、80、100 | 1 | 1 | 10 000 | 6 000 |
| RM10-200 | 100、125、 160、200 | 1 1 | 1 2 | | |
| RM10-350 | 200、 225、300 260、350 | 1 2 | 1 2 2 | | |
| RM10-600 | 350、430 500、600 | 2 | 2 | 12 000 | — |

注：RM10 系列熔断器可取代老系列熔断器 RM1、RM2 和 RM3。

保护电动机用的熔断器，一般应按以下原则配置：

(1) 熔断器必须与开关设备装在同一块木台上或同一个控制箱内，而且熔断器应装在控制开关的后级和操作开关（包括起动开关）的前级（图 2-33）。

(2) 如果采用空气断路器作为控制开关，而所采用的操作开关又无保护装置，则应在空气断路器的前一级安装一个熔断器作为双重保护装置，以便在空气断路器的热脱扣器或电磁脱扣器的动作失灵时，能由熔断器起保护作用；同时，熔断器也兼作隔离开关，在维修时用来切断电源（图 2-34）。

(3) 如果采用倒顺开关或电磁开关作为操作开关，而前级采用转换开关作为控制开关（通常机床采用这种结构形式），则在两级开关之间应安装一个熔断器。

(4) 在三相回路中设置熔断器时，应安装三个型号和规格都相同的熔体，分别串接在三根相线上。

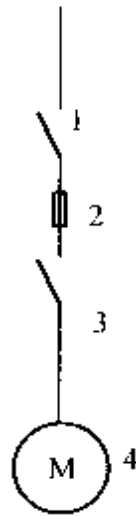


图 2-33 频繁操作的中小型电动机的控制保护系统
1. 控制开关; 2. 保护熔断器; 3. 操作开关; 4. 电动机

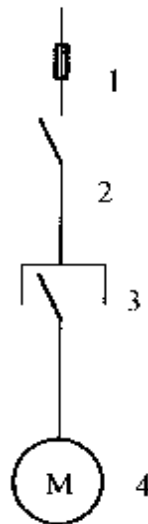


图 2-34 降压起动的中小型电动机的控制保护系统
1. 隔离熔断器; 2. 控制开关 (采用空气断路器);
3. 起动开关; 4. 电动机

109. 采用 RC1 型瓷插式熔断器或 RL1 型螺旋式熔断器对同容量电动机进行短路保护时, 所选择的熔断电流应有何不同?

由于 RC1 型瓷插式熔断器的熔体安秒特性与 RL1 型螺旋式熔断器的熔体安秒特性不同, 所以中小型异步电动机的短路保护不宜按同一公式来选择不同型号的熔断器。这是因为同一熔断电流值的 RL1 型熔断器熔体的熔断时间, 比 RC1 型熔断器熔体的熔断时间

短，所以采用 RL1 型熔断器时，熔体熔断电流值宜选大些。在起动电流较小、起动时间稍长的场合，宜选用 RC1 型熔断器。而在需要熔断器快速可靠动作的场合，则最好选用 RL1 型熔断器。

采用 RC1 型熔断器时，可按下式估算熔体额定熔断电流：

$$I_{RC} \geq 2.5 I_e$$

式中 I_{RC} ——RC1 型插入式熔断器的熔体额定熔断电流，A；

I_e ——电动机的额定电流，A。

采用 RL1 型熔断器时，对于 10 kW 以上、25 kW 以下的电动机，可按下式估算熔体额定熔断电流：

$$I_{RL} \geq 3.5 I_e$$

对于 10 kW 以下的电动机，估算公式为

$$I_{RL} \geq 5 I_e$$

式中 I_{RL} ——RL1 型螺旋式熔断器的熔体额定熔断电流，A；

I_e ——电动机的额定电流，A。

110. 为什么要合理选择三相异步电动机的熔体？怎样选择熔体？

采用熔断器的熔体作为三相异步电动机的短路保护装置时，只有熔体容量选择适当，才能对电动机起短路保护作用。如果所选熔体的额定电流太小（如等于电动机的额定电流），则在电动机起动时，熔体会因起动电流较大而很快熔断，使电动机无法起动；如果所选熔体的额定电流太大（如等于电动机的起动电流），虽然在电动机起动时熔体不会熔断，但电动机运行中发生短路故障时，熔体起不到短路保护作用（不熔断）。因此，必须合理选择三相异步电动机用熔断器的熔体。

选择熔体应遵循以下原则：

(1) 对于单台电动机，熔体的额定电流 (I_{Re}) 应大于或等于电动机额定电流 (I_e) 的 1.5~2.5 倍，即 $I_{Re} \geq (1.5 \sim 2.5) I_e$ 。电动机降压起动、轻载起动或起动时间较短时，系数可取 1.5；电动机直接（全压）起动、重载起动、起动时间较长或频繁起动时，系数可取 2.5。

(2) 对于多台电动机, 熔体的额定电流 (I_{Re}) 应大于或等于最大一台电动机的额定电流 ($I_{e\max}$) 的 1.5~2.5 倍加上同时使用的其他电动机额定电流之和 ($\sum I_e$) 即 $I_{Re} \geq (1.5-2.5) I_{e\max} + \sum I_e$

根据按上述说明计算出的熔体额定电流, 查表 2-12 就可找出相应规格的熔体。三相 380 V、1~75 kW 异步电动机的熔体, 可参照表 2-13 选取。

(3) 对于不同工作制的电动机, 可参照表 2-14 来选择熔体。

表 2-12 常用熔体规格

| 铅合金丝 | | | 铜 丝 | | |
|-------------|--------------|---------------|-------------|--------------|---------------|
| 额定电流 (A) | 熔体直径 (mm) | 近似线规号数 (英) | 额定电流 (A) | 熔体直径 (mm) | 近似线规号数 (英) |
| 0.25 | 0.08 | 44 | 4.7 | 0.234 | 34 |
| 0.50 | 0.15 | 38 | 5.0 | 0.254 | 33 |
| 0.75 | 0.20 | 36 | 5.5 | 0.274 | 32 |
| 0.80 | 0.22 | 35 | 6.1 | 0.295 | 31 |
| 0.90 | 0.25 | 33 | 6.9 | 0.315 | 30 |
| 1.00 | 0.28 | 32 | 8.0 | 0.345 | 29 |
| 1.05 | 0.29 | 31 | 9.2 | 0.376 | 28 |
| 1.10 | 0.32 | 30 | 11.0 | 0.417 | 27 |
| 1.25 | 0.35 | 29 | 12.5 | 0.457 | 26 |
| 1.50 | 0.40 | 27 | 15.0 | 0.508 | 25 |
| 1.85 | 0.46 | 26 | 17.0 | 0.559 | 24 |
| 2.00 | 0.52 | 25 | 20.0 | 0.60 | 23 |
| 2.25 | 0.54 | 24 | 25.0 | 0.70 | 22 |
| 2.50 | 0.60 | 23 | 29.0 | 0.80 | 21 |
| 3.00 | 0.71 | 22 | 37.0 | 0.90 | 20 |
| 3.75 | 0.87 | 21 | 44.0 | 1.00 | 19 |
| 5.00 | 0.98 | 20 | 52.0 | 1.13 | 18 |
| 6.00 | 1.02 | 19 | 63.0 | 1.37 | 17 |
| 7.50 | 1.25 | 18 | 80.0 | 1.60 | 16 |
| 10.00 | 1.51 | 17 | 95.0 | 1.76 | 15 |
| 11.0 | 1.67 | 16 | 120.0 | 2.00 | 14 |
| 12.00 | 1.75 | 15 | 140.0 | 2.24 | 13 |
| 15.00 | 1.98 | 14 | 170.0 | 2.50 | 12 |
| 20.00 | 2.40 | 13 | 200.0 | 2.73 | 11 |
| 25.00 | 2.78 | 12 | | | |
| 27.00 | 2.95 | 11 | | | |
| 30.00 | 3.14 | 10 | | | |
| 40.00 | 3.81 | 9 | | | |
| 45.00 | 4.12 | 8 | | | |
| 50.00 | 4.44 | 7 | | | |

表 2-13 380 V 三相异步电动机用的熔体选择参考数据

| 电动机额定功率 (kW) | 熔体额定电流 (A) | 电动机额定功率 (kW) | 熔体额定电流 (A) |
|-----------------|---------------|-----------------|---------------|
| 1.0~1.1 | 5 | 10 | 50~60 |
| 1.5 | 8 | 14 | 60 |
| 1.7 | 10 | 17 | 70 |
| 2.2 | 10~15 | 20 | 80 |
| 2.3~3.0 | 15 | 28 | 100 |
| 4 | 20 | 40 | 150 |
| 4.5 | 20~25 | 55 | 200 |
| 7.0~7.5 | 30 | 75 | 250 |

表 2-14 按电动机的工作制选择熔体

| 电动机工作类别 | 熔体额定电流与电动机额定电流之比 |
|-------------------|------------------|
| 连续工作制的绕线式异步电动机 | 1.0 |
| 反复短时工作制的绕线式异步电动机 | 1.25 |
| 降压起动连续工作制鼠笼式异步电动机 | 2.0 |
| 全压起动连续工作制鼠笼式异步电动机 | 2.5~3.2 |
| 全压起动短时工作制鼠笼式异步电动机 | 3.5 |

111. 怎样安装和维护熔体?

(1) 熔断器内所装熔体的额定电流, 只能小于或等于熔体管的额定电流, 而不得大于熔体管的额定电流。熔体的安装长度, 应按熔断器或闸刀开关内的面积所允许的长度来确定。

(2) 安装熔体时, 熔体应顺时针方向弯过来 (弯一圈即可, 不可多弯)。这样, 拧紧螺钉时, 就会越拧越紧。但是, 也不要将螺钉拧得太紧, 以免轧伤熔体。如果连接处的螺钉损坏, 拧不紧, 则应予以更换。

(3) 熔体必须接实接牢，保证熔体接触良好，并防止其中个别相接触不良或虚接。

(4) 不许将几根小容量熔体合并，以增大熔体截面来代替一根容量相等的熔体，因为合并熔体的熔断电流并不等于各单根熔体的熔断电流之和。

(5) 安装熔体时，不要将熔体折伤或扭拉，因为熔体软而易断，容易出现裂痕。通常，即使熔体只有很小的伤口和划痕，其截面积也会变小，从而电阻增加，机械强度降低，允许通过的电流值减小，往往发生误熔断或保护特性变差。

(6) 熔体表面不得脏污和氧化。表面脏污或有氧化层的熔体，应予以更换。

(7) 经常检查熔体的额定电流与负载电流是否匹配，熔体是否氧化、腐蚀、损伤或熔断，熔体管是否破损、变形，熔体管接触处有无过热现象，瓷绝缘部分有无破损或闪络放电痕迹。

(8) 如果熔体选择正确，但在运行中却反复熔断，则说明线路或负载（电动机）存在故障，或熔体安装不当，需查明原因再更换。此时严禁任意增大熔体截面或用较粗的其他金属丝来代替。

(9) 熔体熔断后（特别是分断极限分断电流后），往往残留熔渣，在调换新熔体之前，应仔细擦净熔体管整个内表面和接触部位的熔渣和烟灰。如果熔断器已达到规定的分断极限电流的次数，即使凭肉眼观察未发现熔体管有损毁现象，也不宜继续使用，而应调换新管子。换下的管子可用于短路电流较小的线路上。

(10) 一相熔体熔断时，三相熔体都要更换，不可只更换一相熔体。因为在过大的电流冲击下，未熔断的两相熔体的特性也会变坏。

(11) 换装熔体时，应注意熔体的电压值、电流值和熔体的片数，以及熔体与熔体管是否匹配。例如，RM1 系列熔断器中的 500 V、80 A 熔体有两种，一种是装在 100 A 管子中，另一种是装在 200 A 管子中。由于管子尺寸不同，熔体的尺寸也不同，所以不得将不相匹配的熔体硬拉硬弯地装在不匹配的管子中，更不得任意

找一根铜丝或其他金属丝装上凑合使用。

(12) 更换熔体或熔体管时，应先将闸刀拉开，切断电源，不许带电操作，以免触电。特别是不允许在负荷未断开时带电更换熔体，以免发生电弧灼伤事故。如果由于工作需要而须带电更换熔断器，则应先断开负荷。因为熔断器的触刀和夹座不能用来切断电流。否则，拔出熔断器时，由于不能熄灭电弧而可能引起事故。

112. 螺旋式熔断器瓷管内的石英砂有什么作用？安装时应注意哪些问题？瓷管内的熔体熔断后，为什么不许将铜丝搭在瓷管两端继续使用？

国产 RL1 型熔断器为螺旋式熔断器，其瓷管内充填适量石英砂，石英砂的作用是在负载短路，熔体熔断时，快速熄灭电弧，增强分断电流的能力，以免持续的电弧造成设备和人身事故。

安装螺旋式熔断器时应注意以下几点：

(1) 熔断器的瓷座上有上接线端和下接线端（图 2-31）。上接线端有螺纹金属套，其金属部分露出在瓷座上面，用瓷套罩起来。安装时应使下接线端接电源进线，上接线端接经过熔断器的出线，切不可将上接线端接电源进线，以免金属螺纹部分带电而导致拆卸熔体时发生触电事故。

(2) 瓷管一端的金属帽上装有一个带颜色的小金属片，熔体熔断时，弹簧和管内气压将这个小金属片弹出，以便从外观上能看出熔体已经熔断。所以安装瓷管时，应使带金属片的一端朝外，以便于观察熔体是否熔断。

以 RL1 型螺旋式熔断器为例，其断流能力强，灵敏度高，有熔断标志，常用来作为电动机主电路和控制电路中的短路保护装置。当熔断器瓷管内的熔体熔断后，应根据负载的额定电流选择合适熔断电流值的新熔管来替换，而不许撬开瓷管两端的铜帽，将一根铜丝穿过瓷管直接搭连在瓷管两端，再装回铜帽继续使用（现场在无备品的情况下常采用这种错误的应急处理办法）。这是因为电路发生短路故障而使瓷管内的熔体熔断时，在电流被断开的瞬

间，电路内产生很大的自感电动势，使断开点产生电弧，分断电流越大，电弧越强。如果不及时熄灭电弧，则电流仍可通过电弧维持导通状态，使故障进一步扩大，严重时甚至引起爆炸，造成火灾。通常，瓷熔管内的石英砂正是为可靠灭弧而填充的，灭弧能力也是熔断器的一个主要技术指标。熔断器上标出的额定电压和额定电流，一般包含灭弧能力这一指标，即在熔断器上标出的额定工作电压或额定工作电流范围内，瓷管内的石英砂能够可靠灭弧。但是，如果超过额定值，则熔体熔断时，电弧就有不熄灭的可能。瓷熔管的外形结构一般是按照有石英砂灭弧这一条件设计的，所以它的两端之间的距离较小。如果用一根甚至若干根铜丝穿过瓷管搭在其两端使用，在铜丝熔断时就只能依靠空气灭弧，在瓷管两端之间的这么短的距离内，特别是分断电流较大时，电弧就难以在短距离内的有限空气中迅速熄灭，很大的短路电流会通过电弧继续形成回路，这是十分危险的。所以，螺旋式熔断器熔管内的熔体熔断时，只能调换合适的新熔管，禁止临时在熔管两端搭连铜丝继续使用。

113. 怎样根据熔断器熔体熔断现象来判断电动机发生故障的原因？熔体熔断有哪几种情况？不用仪器怎样快速判断哪相熔体熔断？

熔断器的熔体熔断一般有以下三种现象，根据这些现象可以初步判断电动机发生故障的原因。

(1) 一相熔体熔断。如果一相熔体熔断，则表明电动机缺相运行，虽然电机能够继续运转，但其温升增高，产生噪声和振动。电机一旦停止运转，便不能再起动（再起动机时有嗡嗡声，若不立即切断电源，电机就会烧毁）。

(2) 两相熔体熔断。如果两相熔体熔断，则表明电动机中流过很大的电流，此时电机没有异常声响，但很快就会停转。

(3) 三相熔体熔断。如果三相熔体全部熔断，则表明线路有非常大的冲击电流。通常，只有电动机的保护装置动作失灵，才会出现这种现象。此时由于电动机无电流，其转速迅速降到零，电机立

即停转。

在一般情况下，熔断器的熔体熔断有以下几种情况：

(1) 熔体仅中间部位熔断，两端仍正常连接。这是因为冲击电流不太大，两端有紧固螺钉，紧固良好，并有散热作用，而熔体中间部位的热量不易散发，所以熔断。这是电动机的电流过载所致。电流过载一般是电动机本身故障或所带负载的机械故障所引起。

(2) 熔体仅螺钉端熔断，其余部分完好。这是熔体某端的紧固螺钉太松所致，此时可看到螺钉表面有氧化现象。

(3) 螺钉两端之间的熔体全部爆断，未留残余熔体。这是电动机有严重故障（如绕组匝间短路、相间短路和断路等），熔体通过很大的冲击电流所致。此时拆开电动机，可从绕组端部看到线圈被烧焦的痕迹。

(4) 变截面熔体的小截面处熔断，且熔断部位的长度较小，这是电动机过载所致，因为小截面处的温度上升较快，该处过载而熔断；变截面熔体的大截面部位完全熔化，熔体爆断或熔断部位很长，这是电动机严重短路引起熔体熔断。

当发现三相电动机的工作电流突然上升，并发出异常声音时，可在停机后立即检查其熔断器的温度状态。在一般情况下，刚刚熔断的熔体排出的热量和熔体熔断前的发热量，必然导致熔管发热。因此，当发现低压熔断器（特别是多只熔断器排列在一起时）的熔体熔断或电动机缺相运行时，可迅速停机检查各熔断器的熔管绝缘部分是否发热。通常，凡是熔管绝缘部位发热，该熔管的熔体必然熔断。这样，就可立即判断哪一相的熔体熔断。

114. 电动机各保护电器之间应怎样协调配合？

长期以来，对如何最合理地保护电动机这一问题，一直存在争议。有人认为采用熔断器保护电动机最合适，有人认为采用断路器最合适，也有人只重视短路保护而忽视过载保护。其实，正确的做法是各种保护电器相互协调配合，使电动机不仅具有短路保护，同时也具有过载保护。严格地说，过载保护特性与短路保护特性之间

应当互相协调配合，以保证短路保护装置所通过的能量（电流）不超过过载保护装置的承受能力。

电动机的各保护电器的特性应如何协调配合呢？要说明这一问题，首先应对电动机的工作有所了解。电动机起动时，要通过比其正常工作电流大4~7倍的起动电流，而起动持续时间一般为10s左右，短时内的这种大起动电流，电动机一般是能够承受的。这就要求短路保护装置在起动电流的持续时间内不动作。反映在保护特性的协调配合图（图2-35）中，就是熔断器的保护特性（曲线3）在小倍数过载时位于电动机允许发热特性（曲线2）的上方，只有当大倍数过载或短路时才在其下方。这样，在小倍数过载时，就需要热继电器（其动作特性的上限为曲线4，下限为曲线5）提供保护，或由断路器的反时限保护特性段（曲线4）提供保护（其瞬动特性段——曲线7则提供短路保护）。同时，这些保护特性（曲线）都必须位于电动机起动特性（曲线6）的上方和电缆允许发热特性（曲线1）的下方。

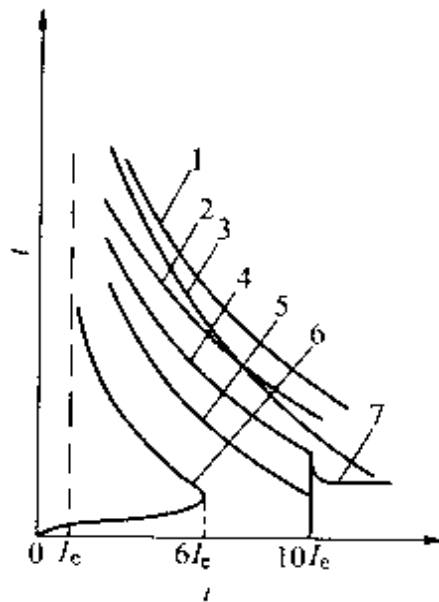


图 2-35 保护电器的保护特性曲线

综上所述，电动机的各保护电器的特性，在协调配合方面应满足以下要求：

(1) 电动机的额定电流必须与热继电器的整定电流一致，在相

应倍数的过载电流下，热继电器应动作。

(2) 在起动过程中，应保证热继电器不误动作。为保证在停车后热继电器能立即投入正常运行，其保护特性应按热状态特性考虑。

(3) 热继电器允许通过的最大电流通常为 $10I_N$ ，若超过此电流，就应考虑由断路器或熔断器来断开。

(4) 当电路发生短路故障时，必须由断路器或熔断器来断开。

(5) 根据 IEC292-1 规定，在分断时间内流过保护电器的电流可引起它们本身损坏的允许程度，分为以下三种标准配合类型：

a 型。允许保护电器本身有任何形式的损坏（有外壳时，其外部不损坏）。经过检查，可更换某些零部件（如触头、灭弧罩、热继电器等），甚至更换整个起动器。

b 型。允许热继电器发生永久性变化，其他电器除触头允许轻微烧伤或熔焊外，不得再有损坏。

c 型。除触头允许有轻微烧伤或熔焊外，不允许起动器有任何损坏，热继电器的保护特性也不允许有永久性变化。

从上面三种标准配合类型来看，a 型较容易实现，但这种配合代价最大，而且在时间上和费用方面都有很大损失；b 型也不尽合理，因为它允许热继电器这一关键性元件发生永久性变化；c 型配合较为合理。

要保证电动机安全可靠地运行，最重要的是热继电器的保护特性必须正确无误。通常，电动机的供电线路的导线或电缆，并不是根据起动电流，而是根据额定电流选择的。所以，热继电器不仅要保护电动机，而且也要保护线路。由此可见，保证热继电器的保护特性不变，是比较合理的配合类型。

115. 为什么过流继电器不能作为异步电动机的过载保护装置，热继电器不能作为异步电动机的短路保护装置但能适应起动要求？

异步电动机一般应使用热继电器作为过载保护装置。如果使用过流继电器来代替热继电器，则是不合适的，因为当电动机的工作

电流超过过流继电器的整定电流时，过流继电器就会动作。也就是说，当电动机起动或瞬时过载时，过流继电器将动作，造成电动机无法起动或不能正常运行，因此过流继电器不能作为异步电动机的过载保护装置。

热继电器是以电流通过其双金属片而发热所产生的热效应，带动脱扣机构动作而切断电源的。虽然热继电器的工作电流可以在一定范围内调整，但由于热惯性，热继电器不能对电流的变化立即作出反应，所以它只能作为电动机的过载保护装置，而不能作为短路保护装置。

调整热继电器时，一般使其整定电流值等于电动机的额定电流值，而电动机正常起动时，起动电流为额定电流的4~7倍，但热继电器的发热元件从冷态开始，通过6倍的额定电流时，至少要经过5s才产生热效应。也就是说，热继电器要在电动机的起动电流流经热元件5s以后才动作。而在它动作以前，电动机已起动完毕，电动机的电流已经减小。由于热继电器要延时几秒才动作，所以它能适应电动机的起动要求。

116. 怎样选择电动机过载保护用的热继电器？

热继电器是用来防止电动机长时间过载的一种自动控制电器，它利用电流通过双金属片的热效应来切断电路（所谓双金属片，是将两种不同线膨胀系数的金属片，用机械辗压，使其形成一体。它在受热后能朝线膨胀系数小的一方弯曲，这就是电流通过双金属片的热效应）。我国生产的热继电器有JR系列的各种额定电压和额定电流等级的产品，同一额定电流等级的热继电器可配用各种电流等级的热元件。例如JR0-40型热继电器，额定电压为500V，额定电流为40A，它可配用十个电流等级（即0.64、1.0、1.6、2.5、4.0、6.4、10、16、25、40A）的热元件，而每一等级的热元件的工作电流又可以在一定范围内调节。例如，JR0-40型热继电器配用的各种热元件的电流调节范围为：0.4~0.64A；0.64~1.0A；1.0~1.6A；1.6~2.5A；2.5~4.0A；4.0~6.4A；6.4~10A；

10~16 A; 16~25 A; 25~40 A。

选择热继电器时，应先根据电动机的额定电压和额定电流计算出热元件的电流范围，并确定热继电器的工作电压，然后选择合适型号的热继电器和相应电流等级的热元件，随后调整热元件的工作电流，使其整定电流值等于所保护电动机的额定电流值。例如，若电动机的额定电流为 14.7 A，额定电压在 500 V 以下，则可选用 JR0-40 型热继电器，配用电流等级为 16 A 的热元件，将热元件的电流整定在 14.7 A。

通常，热元件的整定电流值应根据热继电器和电动机所处环境的不同温度而作适当调整。例如，若继电器装在密封的箱（柜）中，因通风条件差，环境温度高，热元件的整定电流可适当调高些（一般可调到 1.1~1.5 倍电动机额定电流）。

非频繁起动的一般低压电动机，通常使用电磁起动器操作，并同时用热继电器作为过负荷保护装置，用熔断器作为短路保护装置。而频繁起动的电动机，则使用空气断路器和电磁起动器操作，同时也可用热继电器作为过负荷保护装置。选择这两种电动机过负荷保护用的热继电器时，一般应注意以下几点：

(1) 应根据电动机的不同工作制和不同使用场所及所拖动物机械的特性和重要性，选择不同型号的热继电器。

(2) 热继电器的额定电流应按电动机的额定电流而不得按开关的额定电流来选择。必须指出，认为热继电器的额定电流选得大些较为保险的观点是错误的，热继电器的额定电流过大不仅不能起保护作用，而且是危险的。

(3) 如果电动机所拖动物机械的惯性较大，且起动时间又较长，则选择热继电器时，应保证热继电器在电动机的起动过程中不误动作。

(4) 如果电动机停止运行，会破坏生产系统的工艺流程，则该电动机的热继电器仅可作为其他保护的“后备”保护，即通常所说的第二级保护。

(5) 热继电器不适用于反复短时工作的电动机，仅适用于轻载

起动、起动时间不超过 2 s、起动电流不超过 6 倍额定电流、每小时起动操作少于 40 次的普通电动机。

(6) 热继电器不适于作为密接起动（点动）、正反转运行或反接制动的电动机的过负荷保护装置。

(7) 从目前国产热继电器的性能来看，绝大部分热继电器仅适用于长期运行或间歇长期运行的鼠笼式异步电动机，而不适用于绕线式异步电动机。

(8) 220/380 V 电动机在 Y 接时通常采用两相或三相热继电器保护。但我国有关规程规定，3 kW 以上的 380/500 V 三相电动机在 380 V 电源上运行时，应采用 Δ 形接线。这种 Δ 接电动机在缺相（单相）运行时，电动机的内部电流和热平衡发生变化，造成电动机严重局部过负荷，因此，此时普通热继电器不能起良好的保护作用。在这种情况下，必须采用带有断相保护的热继电器来保护电动机。

117. 采用热继电器保护重载起动的电动机时，还应采取哪些措施？

(1) 采用带速饱和电流互感器（或限流电阻）的热继电器。通过速饱和电流互感器（或限流电阻），将起动电流成比例地减小后，再供给热继电器，使其接受的电流最大也不过 3 倍整定刻度电流。这样，就大大延长了适用于重载电动机的起动时间，使电动机得以正常起动。但是，这种起动方式只适用于起动时间不超过 30 s 的重载电动机，其接线图如图 2-36 a 所示。

目前国产 JR14-150 型带速饱和电流互感器的热继电器（属于 JR14 系列产品），其热元件的额定电流有 100、150 A 两级，对应的整定电流调节范围为 64~100 A 和 96~150 A。

(2) 电动机起动时将热继电器短接，起动完毕将热继电器投入运行（完全短路法）。热继电器短接起动接线图如图 2-36 b 所示，这种起动方式适用于起动时间特别长的场合，因为与起动时间对应的热继电器短接时间可通过延时继电器 KT 来调整。由于需要采用

一台接触器来短接继电器，所以起动控制装置的体积将增大，所需费用也将增加。

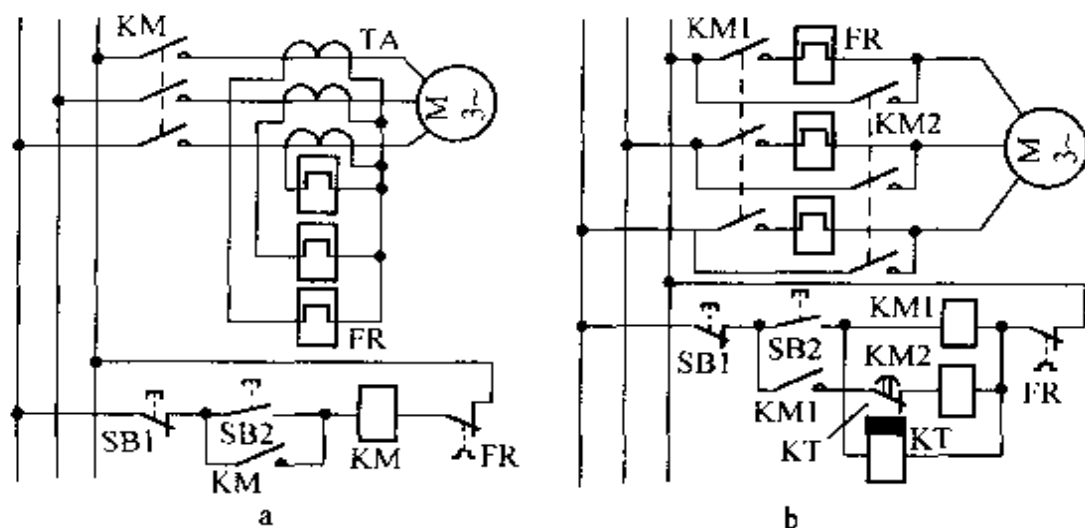


图 2-36 热继电器保护重载起动的电动机接线图

(3) 起动时将热继电器供电的互感器的二次绕组短接，起动完毕再使其投入运行，这种起动方式也适用于起动时间特别长的场合，互感器二次绕组的短接时间也通过延时继电器来调整。

118. 热继电器怎样接线？在热继电器的安装、使用和运行中应注意哪些事项？

热继电器与交流接触器、降压起动器或空气断路器等组合，能可靠地起动和保护电动机，其接线图如图 2-37 所示。

对于容量较大的电动机，如果没有合适的热继电器，可通过电流互感器变流，将热继电器接在互感器的二次侧进行保护（图 2-38）。

在热继电器的安装、使用和运行中一般应注意以下事项：

(1) 安装前应检查继电器在运输、贮存过程中是否受到损伤。如果有缺陷，应予以消除，并清除继电器上的粉尘和污垢。

(2) 安装时应检查继电器热元件的额定电流与电动机的额定电流是否相同。如果不同，则应更换热元件重新进行调整试验，或者调整继电器旋钮的刻度值，使其符合要求。

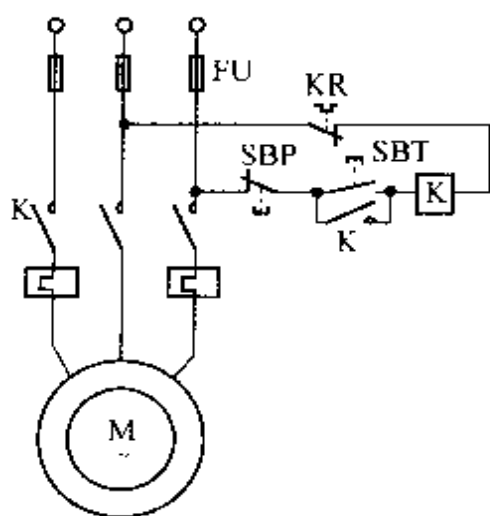


图 2-37 装有热继电器的保护线路

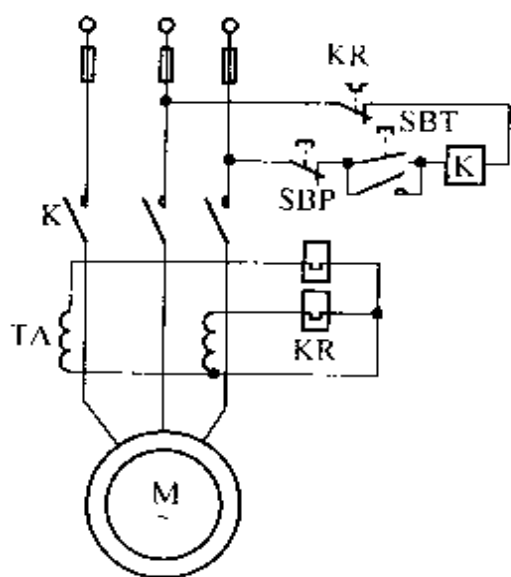


图 2-38 使用电流互感器的热继电器保护线路

(3) 热继电器必须按产品说明书规定的方式安装。继电器出线端的连接导线，可按表 2-15 选用。如果导线选得过细，则导线导热性差，继电器可能提前动作；如果选得过粗，则导线导热快，继电器可能滞后动作。

(4) 热继电器与其他电器装在一起使用时，继电器应装在其他较热电器的下方，而不宜装在上方，以免其动作受其他电器发热的影响。安装后，继电器的盖子应盖好，并且开关箱的壳盖也应按正

常运行情况盖好。

表 2-15 热继电器连接导线的选用

| 继电器额定电流 (A) | 连接导线截面积 (mm ²) | 连接导线种类 |
|-------------|----------------------------|----------|
| 10 | 2.5 | 单股铜芯塑料线 |
| 20 | 4 | 单股铜芯塑料线 |
| 60 | 16 | 多股铜芯橡皮软线 |
| 150 | 35 | 多股铜芯橡皮软线 |

(5) 继电器安装后投入运行前，应通电试验 2~3 次，观察其动作是否正确。

(6) 由于热继电器具有较大的热惯性，所以它不能用来作为电动机的短路保护装置，必须另装熔断器，使其对电动机起短路保护作用。

(7) 有下列情况之一时，一般不使用热继电器：

- ①电动机起动时间很长。
- ②起停操作过于频繁。
- ③电动机反复短时工作或对其进行点动调整。

在上述第①、②两种情况下，热继电器将被烧坏。在第③种情况下，电动机的工作状态与热继电器的特性不一致，热继电器不能有效地保护电动机。

(8) 继电器投入运行前，应检查其整定电流与电动机的运行情况是否相适应。例如，对于 380 V、10 kW 电动机，先将继电器整定在 20 A 上。若使用中发现继电器经常提前动作，则可适当提高整定值；若发现电动机温升较高，而热继电器又滞后动作，则应适当降低整定值。

(9) 对于带温度补偿装置的热继电器，周围介质温度的变化对其影响虽然很小，但电动机与热继电器二者的周围介质温度（指二者不位于同一场所）之间的差异，都影响其特性的配合，对此应予

以充分注意（见 125 问）。

(10) 对热继电器每年应通电校验一次。当电动机发生短路故障而出现很大电流时，应检查继电器的热元件和双金属片是否发生永久性变形。若发生变形或无法判明，则应进行通电试验来验证。通电试验过程中需要进行调整时，只能调节其调整部件，严禁弯折双金属片来调式。

(11) 继电器的出线螺钉必须拧紧，以免螺钉松动而导致接触电阻增大，造成热元件的温升增高，使热继电器的保护特性不稳定，甚至发生误动作。

**119. 为什么要将热继电器的触点调整到手动复位的位置上？
在什么情况下允许将电动机回路中的热继电器触点短接？**

将热继电器的触点调整到手动复位位置上的目的是：保证电动机过载时热继电器即动作；电动机停运时，只有经过电工检查，查明原因，排除故障，才使热继电器复位。

如果将热继电器的触点调整到自动复归的位置上，则故障未排除，热继电器动作后数秒，触点即自动复位，造成反复开停电动机，从而使电动机绕组烧毁。

由于热继电器本身的原因，如果电动机连续停运几次，则在下述情况下允许热继电器的触点短接投入运行：

(1) 电动机的运转声音正常，用兆欧表测得电动机绕组绝缘电阻合格。

(2) 用钳形电流表测量电动机的负荷电流，结果三相电流平衡，没有超过电动机的额定电流（没有超过热继电器的整定电流）。

(3) 机械部分动作灵活，无卡涩现象。

经过上述检查，如果确认故障原因是热继电器的发热元件过热、老化，在没有备用热继电器可供更换的条件下，而生产又急需起动该电动机，作为应急措施允许临时将热继电器的触点短接，但应加强运行监视，待有新的热继电器，则应及早更换。

120. 热继电器有哪些常见故障？怎样处理？

(1) 热继电器接入后，主电路不通。其原因一般是未拧紧热继电器主电路的接线螺钉或热元件被烧毁。应拧紧接线螺钉或按下面第(5)项所介绍的方法予以处理。

(2) 热继电器的控制电路不通。其原因是：

①常闭触头烧毁，或动触头的弹性消失，或动、静触头不能接触。应修理触头或触片，或者更换继电器。

②手动复位的热继电器动作后，未手动复位。此时手动复位按钮即可。

③可调整式的热继电器，有时由于刻度盘或调整螺钉转动位置不合适，触头被顶开。应调整刻度盘或调整螺钉，使常闭触头恢复闭合状态。

(3) 热继电器误动作。其原因是：

①操作频率太高，使热继电器经常处于大电流下。应采用允许操作频率较高的热继电器，或采用带速饱和电流互感器的热继电器。

②热继电器的整定值偏小。应合理调整整定值。如果热继电器的额定电流不符合要求，则应更换继电器。

③电动机起动时间过长。可按要求的起动时间，选择具有合适的可返回时间级数的热继电器，或者在电动机起动过程中将热继电器短接。

④有强烈冲击振动的场合选用了普通热继电器。应选用带有防冲击振动装置的热继电器，或者对继电器采取防振措施。

(4) 热继电器不动作。这是继电器的整定电流调整过大、动作机构卡住、推杆脱出等原因造成的。此时应重新按要求调整整定电流值，对热继电器进行检修，调整和检修后，试验热继电器动作是否灵活。

(5) 热继电器的热元件烧毁。如果热继电器的热元件烧毁，必须查明并排除故障，才可更换继电器。否则，换上新的继电器，热

元件仍有可能被烧毁。通常，可从以下几方面查找热元件烧毁的原因：

①负载侧短路，电流过大。此时应首先检查线路，查明发生短路故障的原因，并予以排除，然后更换热继电器。

②断续周期工作时的操作频率太高。这是普通热继电器不适应这种工作制，可改用半导体热敏电阻温度继电器。

③动作机构发生故障，使热继电器不能动作。此时更换热继电器即可。

121. 机床电动机正反转控制电路中的热继电器有时脱扣后，电动机仍然继续运转，该继电器不起保护作用的原因是什么？

图 2-39 为机床电动机正反转控制电路。为了指示电动机的正、反转，图中绘出了虚线所示的指示灯电路。图 2-39 所示控制电路在正常工作状态时，是能够控制电动机的正、反转起动和停止的，指示灯也能够指示电动机所处的工作状态。按动按钮 ZA，接触器 C1 得电吸合，电动机正转。此时如果电动机过载，则热继电器脱扣后，将产生如箭头所示的 TA→C1 常开触头→C1 线圈→C2 线圈→XD2 的寄生回路（图 2-39）。由于指示灯泡的冷态电阻很小，接触器的释放电压较低，所以寄生回路的电流有可能使 C1 不

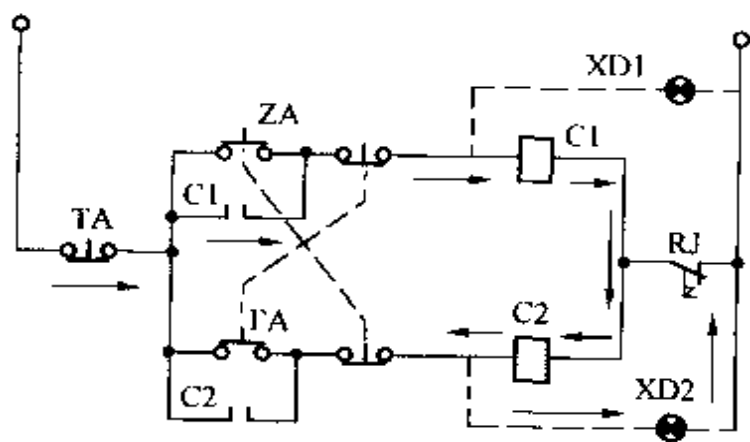


图 2-39 机床常用电动机的正反转控制电路

释放；又由于接触器的吸上电压大于释放电压，C2 并不吸合，因此热继电器起不了保护作用。

122. 热继电器在电动机严重过载时不动作的原因是什么？怎样处理？

(1) 热继电器的动作电流值整定得过高。应重新调整热继电器的动作电流值，使整定的热继电器电流值与电动机的额定电流值一致。

(2) 热继电器的动作触头有污垢，造成短路。应打开热继电器，用酒精擦洗热继电器的动作触头。若触头损坏，则应予以更换。

(3) 热继电器烧坏。应调换同型号的合格热继电器。

(4) 热继电器的动作机构卡住或导板脱出。可打开热继电器，重新调整其动作机构，并加以修整。如果导板脱出，则将其重新放入，并调整好。

(5) 连接热继电器的主回路导线过粗。应按技术规范选用标准截面的导线。

123. 热继电器烧坏的原因是什么？怎样处理？

(1) 热继电器的电流与实际负载电流不匹配。应按负载电流选配热继电器。热继电器的工作电流过小会误动作，并且电动机的电流易烧坏热继电器的主回路；热继电器的工作电流过大，则在电动机过载时不动作。因此，选择热继电器时，要使继电器的工作电流调整范围内的中间值，正好是所控电动机的额定电流值，以便热继电器的工作电流有一定的调整范围。

(2) 流过热继电器的电流严重超载或负载短路。查明并消除超载或短路原因后，调换合适的热继电器。

(3) 短时间内反复启动电动机，启动过于频繁。应减少启动次数，延长两次启动之间的间隔时间。

(4) 热继电器的动作机构不灵活，热元件长期超载而不能保护热继电器。应调换动作灵敏的合格热继电器。

(5) 热继电器的上接线端子与电源线的连接有松动现象，或接线头氧化、线头接触不良而引起发热，烧坏热继电器。除掉接线头的氧化层，重新压紧热继电器的主接线后，调换同型号的合格热继电器。

124. 更换热继电器的热元件应注意哪些问题？

(1) 应注意热继电器的型号、热元件编号、热元件的额定电流和生产厂家等。目前国产热继电器使用最多的是 JR1（单极）和 JR2（两极）两个系列的产品。更换热继电器时，必须注意热继电器的型号，调换同型号的产品。

(2) 新元件的编号和电流值都应与旧元件相同。否则，将导致热继电器动作失灵。例如，JR1 系列热继电器的 50~55 号热元件的电流值与 56~61 号热元件的电流值相同，但前者仅装于 JR1~3 型热继电器上，后者仅装于 JR1~4 型热继电器上。更换时如果将 50~55 号热元件装在 JR1~4 型热继电器上，虽然电流值相同，但元件的尺寸不同，结果将导致继电器的动作时间很长，甚至继电器不能动作。同样，将 56~61 号热元件装在 JR1~3 型热继电器上也是错误的。在另一种情况下，虽然热元件的编号相同，但由于生产厂家不同，其额定电流不同，更换时如果装错，也会造成继电器动作不准确。例如，不同生产厂家生产的 JR2 系列热元件，虽然编号相同，但电流不同，所以不能互换使用。

此外，不同生产厂家生产的热元件，即使编号和电流值都相同，但有时由于使用的双金属片材料和尺寸不同，以及热继电器的脱扣力量不同，也不能互换使用。因此，更换热继电器的热元件时，最好选用原制造厂的产品。

125. 对热继电器怎样进行检查、调整和试验？

(1) 热继电器的检查和调整：

① 检查热继电器热元件的额定电流或电流调整旋钮指示的刻度值，与被保护电动机的额定电流是否相当。如果不相当，则应更换

热元件，重新进行调整，或者调整旋钮的刻度，使其符合要求。通常，热继电器的额定电流应略大于电动机的额定电流。如果热继电器和电动机分别装于两处，而两处的温差又较大，则二者的额定电流应不相同。例如，JR1 和 JR2 系列热继电器都没有温度补偿装置，当热继电器的环境温度比电动机的环境温度低 $15\sim 20^{\circ}\text{C}$ 时，热继电器的热元件的额定电流可比电动机的额定电流小 10%。反之，热元件的额定电流应比电动机的额定电流大 10%。

②热继电器的安装方向应与产品说明书规定的方向相同，误差不应超过 5° 。热继电器与其他电器装在一起时，应将其装在其他电器的下方，以防止受其他电器发热的影响。此外，检查导线截面选择是否正确，接线是否可靠，触头接触是否良好。

③热继电器的动作机构应正常、可靠，可用手扳动 4~5 次进行观察，要求复位按钮动作灵活，调整部件无松动现象。检查调整部件时，应使用螺钉旋具（改锥）轻轻触动，不可用力拧或推拉。对于可调整的热继电器，应检查其刻度是否对准需要的刻度值。

④检查热元件是否良好时，只可打开盖子从旁观察，不得将热元件卸下。如果需要卸下热元件，则检查完毕，装好后应进行通电试验和调整。如果热元件烧断或损坏，则应予以更换或修理，并重新调节整定值。

⑤检查双金属片是否良好。如果明显变形，则应进行通电试验和调整。调整时，严禁弯折双金属片。在热继电器的运行中，应保持双金属片的光泽。如果双金属片上有灰尘或污垢，可用清洁的棉布擦拭干净；如果双金属片上有锈迹，可用棉布蘸汽油将其擦去，禁止用砂纸磨光。

⑥检查热元件是否脱焊和导板是否脱扣。如果热元件脱焊，则应补焊；如果导板脱扣，不要立即使其复位，而应在双金属片冷却复原后，才使常闭触头复位。

(2) 热继电器的试验：

①试验前的准备。试验前，应将继电器所有零部件上的灰尘、污垢和锈迹清除干净，使双金属片表面保持光洁；用手扳动脱扣机

构 2~3 次，观察其动作是否灵活，但不得转动任何紧固件，同时也不可扳动非可调式热继电器的调整部件；对于准备更换热元件或准备重新调整的热继电器，应拧紧其紧固件。

试验时的环境温度应尽量接近继电器的工作环境温度。试验用的连接线长度一般不应小于 0.6m，连接线的截面应与使用时的实际情况相适应，接头应使用螺钉拧紧。热继电器的试验线路如图 2-40 所示。试验时一般采用小型负荷变压器作为电源，要求试验电流稳定。

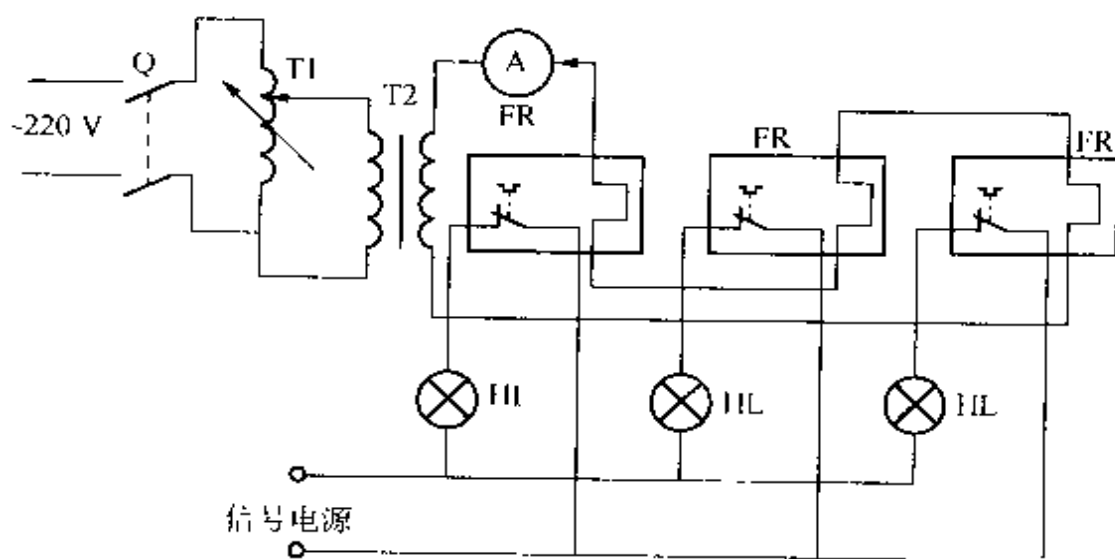


图 2-40 热继电器试验线路

对于可调式热继电器，首先应使其刻度盘对准所需要的电流值，然后才进行试验和调整。

②预试。先往继电器中通入 2~3 倍或更高倍数的电流，使其脱扣 2~3 次，同时预热试验设备。当试验设备冷却到室温，就可进行正式试验。

③试验。先往热继电器中通入整定电流，热继电器应长期不动作；接着通入最低倍数的动作电流（例如 JR16 型热继电器为 1.2 倍整定电流），热继电器应在规定的时间内动作（例如 JR16 型热继电器应在 20min 内动作）；待热继电器动作后冷却至室温，再如此反复试验 3 次，如果各次试验都符合要求，则可判为合格。若条

件许可，也可通高倍电流（如 6 倍整定电流）进行试验。

如果有热继电器的安秒特性曲线，则为了节省时间，只作冷态试验，即不预先通入整定电流，而是在室温下直接通入动作电流（如 1.2、1.3、1.5 或 2 倍整定电流），其动作时间应符合安秒特性曲线的规定。但是，试验电流的倍数越高，试验时间越短，准确性越差。为此，最好通入 2 倍以下电流进行试验。

对于多极热继电器，如果技术条件（规范）中未规定每极分别试验，则可串联试验。当需要每极分别试验时（例如 JR2 系列热继电器），应准备两套试验设备。开始试验时两极同时通入整定电流，当温度稳定后，一极保持整定电流值，另一极增至 1.2 倍整定电流值，此时热继电器应在 20min 内动作。断电冷却后，再按下复位按钮，以同样方法试验另一极。

126. 时间继电器有何用途？怎样选用？

时间继电器是传递信号的电器，其动作特点是接收信号后，不立即动作而是延长一定时间才动作。时间继电器延长动作的时间（简称延时）一般为 0.4~60 s 和 0.4~180 s。

时间继电器分为空气阻尼式、电磁式、电动式、钟摆式等几种，其型号有 JS7-A、JS10、JJSB1、JSJ 等四种，其中常用的是 JS7-A 型继电器（也称气囊式），它由电磁系统、触头系统、气室和传动机构等组成，触头系统共有六种，即延时闭合常开、延时分断常闭、延时分断常开、延时闭合常闭、常开瞬动、常闭瞬动等触头。

JS7-A 型继电器广泛用于自动控制系统，是按时间控制电动机或机床的主要控制元件之一，其优点是体积小、重量轻、结构简单、安装方便、延时范围大，它既有通电延时机构，又有断电延时机构，只是动作时间的误差较大。

由于时间继电器是为所控线路延缓动作时间而传送信号的，所以大多数时间继电器都由电磁线圈、延时机构、触头系统等组成，对于这种继电器，应根据电磁线圈电压、延时范围、触头数量、额

定电流、允许操作频率（单位时间内的动作次数）等电气参数来选择。JS7-A型时间继电器的技术数据如表2-16所示。下面举一实例来说明时间继电器的选择方法。

表 2-16 JS7-A型时间继电器技术数据

| 型号 | 线圈电压 (V) | 延时 整定 范围 (s) | 触头容量 | | 延时触点数量 | | | | 不延时 触头数 量 | | 操作 频率 (次/ h) |
|--------|-----------------------------|-----------------------|-----------|-----------|--------|----|-------|----|-----------------|----|-----------------------|
| | | | 电压 (V) | 电流 (A) | 通电后延时 | | 断电后延时 | | 常开 | 常闭 | |
| | | | | | 常开 | 常闭 | 常开 | 常闭 | | | |
| JS7-1A | 交流 50Hz; 24、36、 110 | 0.4 ~ | 380 | 5 | 1 | 1 | | | | | ≥600 |
| JS7-2A | 127、220、 380、420、 及 | 60 及 | 380 | 5 | 1 | 1 | | | 1 | 1 | |
| JS7-3A | 交流 60Hz; 36、110、 127、 | 0.4 ~ 180 | 380 | 5 | | | 1 | 1 | | | |
| JS7-4A | 220、380、 440 | | 380 | 5 | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |

某电动机的额定电压为 380 V，采用自耦降压起动器起动，该电机起动时，其主电路通过自耦降压起动器与电源间接相连，经过约 18 s 电动机便起动完毕。要求在起动结束的瞬间将自耦降压起动器切除的同时，电动机的主电路便与电源直接相连。电机每小时起动的次数不超过 15 次，试为该电机的控制电路（继电器、控制元件等均接在控制电路中）选择时间继电器。

根据主电路电压为 380 V、经过约 18 s 电机起动结束时将降压起动器切除的同时就将主电路与电源直接相连这一条件，所选择的时间继电器，其线圈电压应为 380 V，并具有延时分断和延时闭合的这两对触点（头），所以查表 2-16，可选用 JS7-1A 型、380 V 时间继电器，将延时时间整定为 18 s，操作频率完全能满足要求。

127. 对电动机控制器件的触头怎样进行检修?

(1) 闸刀开关的检修。闸刀开关的主要构件是刀片和夹座。维护时,应着重检查刀片是否过热。如果发现铜刀片表面呈暗红色,则表明刀片过热,可能是触头的接触电阻过大而引起的。此时应将闸刀开关的进线和引出线处的螺钉拧紧,使其接触紧密;同时,应使用钳子将夹座夹紧,使刀片与夹座接触紧密,以减小接触电阻。有时刀片歪扭,应予以调整。

由于多次切断电流,刀片可能有烧蚀破损处而造成接触不良。此时可先用细锉刀将刀片修光,然后用细砂纸打磨平滑。如果刀片严重损坏,则应予以更换。

(2) 有触头和电磁系统的电器的检修。这种电器的触头故障和修复方法与上述闸刀开关相同,但有电磁系统的电器触头烧坏现象经常出现,其原因很多,如触头支架摩擦变形,使触头接触不良,此时应更换触头支架;熄弧装置失效,不能灭弧,此时可修理熄弧罩或调换新熄弧罩;有时触头在闭合过程中发生跳动,这主要是电磁系统有缺陷,查明原因后,可对症予以处理;有些开关的触头是浸在绝缘油中,可能因绝缘油脏污、含有水分而降低油的绝缘强度,在触头分断后仍有电流通过,这就会造成触头和油箱发热,此时应调换新油,或将油过滤。

128. 对电动机控制器件的电磁系统怎样进行检修?

带电磁系统的电动机控制器件,可以实现自动化控制,其电磁系统主要由静铁芯、衔铁、励磁线圈等组成(图2-41)。电磁系统的工作原理比较简单,当线圈1通电后,静铁芯5中便产生磁通 Φ ,并穿过衔铁3而形成闭合回路。由于磁通的吸力使衔铁3与静铁芯5闭合,同时拉紧弹簧4。当线圈断电而失去磁场时,弹簧的反弹力便将衔铁3拉回,于是分别装在衔铁和静铁芯上的动、静触头就闭合和分断,完成如闸刀开关那样将电流接通和断开的任务。图中2是消除震动的短路环。

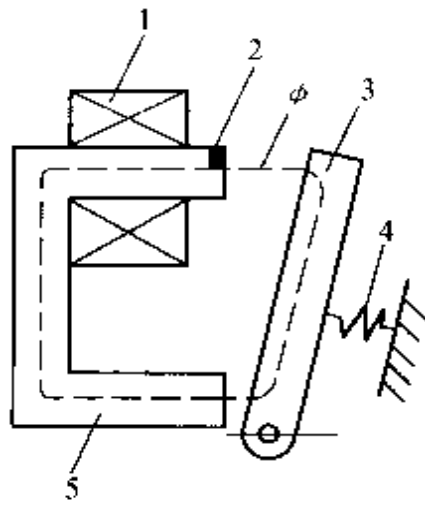


图 2·41 铁芯线圈的电磁系统

1. 线圈；2. 短路环；3. 衔铁；
4. 弹簧；5. 铁芯

由电磁系统的上述结构特点来看，其故障有两种：一种是吸合时铁芯发出异常的嗡嗡响声，噪声大；另一种是吸引线圈过热和烧坏。下面说明铁芯产生噪音和铁芯吸引线圈过热的检修方法。

(1) 铁芯产生噪音。通常，短路环损坏或断裂，就会使铁芯震动，此时可将裂口焊合或用铜皮做一新的短路环；吸引线圈的工作电压过低，使磁场吸力不足或反弹簧力过大等，造成衔铁吸不牢而震动，此时应查明线圈工作电压过低的原因，提高工作电压；铁芯表面有脏物，造成坑洼不平，此时可用细锉刀锉平，或用细砂纸打磨。

(2) 吸引线圈过热。过热的原因是：线圈匝间短路、电压过高、线圈受潮、操作频繁、误操作、铁芯吸合不紧等，使线圈的电流过大。通常，如果吸引线圈发生短路或过热损坏，则应重绕线圈，予以更换。对于受潮的线圈，如果其绝缘电阻低于 $0.5M\Omega$ ，则应进行烘干处理。

重绕线圈时应注意，线圈的外形尺寸保持不变，线圈的线号不变，按线圈的原匝数绕制，绕完后进行烘干浸漆处理。烘干浸漆处理时，先将线圈在 $100\sim 110^{\circ}\text{C}$ 下烘干 3h，烘干后，待冷却到 $60\sim 70^{\circ}\text{C}$ ，浸漆 4h，取出线圈滴干后再在 $110\sim 120^{\circ}\text{C}$ 下烘干 10h，即可安装使用。

129. 怎样检查判断控制、保护电器的触点或接头有无虚联接触现象？

在处理控制、保护电器的故障时，往往忽略其触点或接头的虚联现象，有时直到最后检查线路有无问题时，才检查触点的接通（接触）情况，找出故障点。特别是频繁接通和断开的开关，更要注意检查其触点（触头）的接触情况。检查触点有无虚联接触现象的方法很多，下面介绍几种常用的检查方法：

(1) 用低压试电笔检查。使试电笔接触开关（接头）触点两侧端子，如果试电笔氖管亮度一样，则可判断接触良好；如果检查一侧时氖管亮度大，检查另一侧时氖管亮度小（较暗），则可判断接触不良。

(2) 用万用表检查。一般在被检电器通电和断电两种状态下进行检查。

①在被检电器通电状态下检查。将万用表拨到 500 V 电压挡，使表笔分别接触两端触点，若表盘上有电压指示，则可判断接触不良；若表盘上无电压指示，则可判断接触良好。

将表笔（+）接触触点的电源侧，表笔（-）接地，若表盘上有电压（ ~ 220 V）指示，则表明电源正常；然后将表笔（+）接触触点另一侧端子，表笔（-）接地（电器外壳或接地线），若表盘上有电压（ ~ 220 V）指示，则表明接触良好，若表盘上的电压指示值很小或为零，则表明接触不良。

②在被检电器断电状态下检查。将万用表拨到欧姆挡（ 1×100 挡），将开关、继电器推到吸合位置，表笔分别接触两端触点，表针所指为零时，可判为触点接触良好；表针有数值指示时，可判为触点接触不良（表针所指数值越大，表明触点接触越不良）。

130. 怎样选配 380 V 三相异步电动机用的起动、控制、保护电器和导线？

通常，三相异步电动机用的起动、控制、保护电器和导线，应

根据为适应所拖动生产机械运转要求而设计的电动机起动和控制电路，按实际使用环境选配。表 2-17~表 2-29 列出不同容量 380 V 三相异步电动机配用的起动、控制、保护电器和导线，可供参考。

选配 380 V 三相异步电动机用的起动、控制、保护电器和导线时，应注意以下几点：

(1) 根据电动机的容量及起动和控制方式，结合电动机的安装位置和环境，从相应的表中选取起动、控制、保护电器和导线。

(2) 表中的电力电缆和控制电缆截面，是按线路为 150m 距离确定的。

(3) 表中不可能列出各种环境使用的电缆型号，只列出常用电缆型号。凡是表中未列出的电缆型号，可查阅电缆产品说明书（样本）或电工手册。

(4) 表中只列出目前推广使用的 Y 系列电动机的型号，没有列出已淘汰停止生产的 BJO2、JQ、JO、JO2 等老系列电动机的型号。对于老系列电动机，只要容量相同，就可从相应的表中选取各种电器和导线。

(5) 表中列出同一电器的几种型号，从中选择一种型号的电器即可。根据对电器的运行维护经验，选择电器时，其额定电流应选得大一些。例如，20 kW 电动机选用 40 A 的接触器就显得小了一些，而应选用 60 A 的接触器。实践证明，40 A 的接触器用于 20 kW (40 A) 电动机的回路，接触器主触点发热分断时的电弧大，触点可能烧坏，并且往往发生主触点熔焊在一起的事故，故障率高。而选用 60 A 的接触器，故障就可避免或减少，并且触点几年不需要更换。

表 2-17 3 kW 电动机配用的开关、继电器和导线组合表

| 电动机 | 型号 | Y100 | Y132 | Y132 | YB100 | YA132 |
|-----------------|--|--------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|------------|
| | 额定电流 (A) | L-2 (4) 6.4 6.8 | S-6 7.2 | M-8 7.7 | L-2 6.4 | S-6 7.2 |
| 名称 | 型号、规格 | 名称 | 使用场所 | 型号、规格 | | |
| 三相闸刀开关 | HD13-100/3 100 A | 电力电缆 (负荷线) | 直埋地中 | W29-1 kV- 3×4 mm ² | | |
| | HD1-100/39 100 A | | 明设、沟道、 管中 | VLV-1 kV- 3×4 mm ² | | |
| 空气断路器 | DZ4-25/330 10 A | | 易燃易爆 | W29-1 kV- 3×4 mm ² | | |
| | DZ6-60/3 15 A | | | | | |
| 主回路熔断器 | RM10-60 60 A 熔体额定电流: 15~20 A | 控制电缆 (操作线) | 直埋地中 | KW29-0.5 kV- 4×2.5 mm ² | | |
| | 电磁起动器 | | QC10-2/6 10 A QC12-2/H 10 A | 明设、沟道、 管中 | KXQ-0.5 kV- 4×2.5 mm ² | |
| | | | 易燃易爆 | ZRKW-0.5 kV- 4×2.5 mm ² | | |
| 交流接触器 | CJ10-10 10 A 用于频繁操作时 CJ10-20 20 A | 绝缘电线 | 明设 | BBLX-0.5 kV 4 mm ² | | |
| | | | 穿管(铁管) | BV-0.5 kV 4 mm ² | | |
| | | | 盘内二次配 线 | BV-0.5 kV 1.5 mm ² | | |
| 热继电器 (电整定范围) | JR15-10 额 定电流 10 A (4.5~6.0~ 7.2 A) 整定电流为 6 A、7.2 A | 电流互 感器 | 盘内 | LMZ1-0.5 LQG2-0.5 变比 10:5 | | |
| | | 控制按钮 | 一般场所、室外 | LA10-2SLA6 | | |
| 热过载 继电器 | 3UA50 8 A 5~8 A 3UA50 10 A 6.3~10 A | | 易燃易爆 | LA52-2 | | |
| | | 机前用 操作柱 | 只有按钮开 关带电流表 CT比 10:5 | LH1-1 W LH1-3 W | | |
| 转换开关 | HZ10-25/3 25 A | 铝母线 | 配电盘内 | LMY-3×25 mm | | |
| 控制保险 | R1-10R1 熔 体 1 A | 信号灯 | 控制(操作) 盘板 | ZSD-38 380 V | | |

表 2-18 4.0~5.5 kW 电动机配用的开关、继电器和导线组合表

| 电动机 | 型号 | Y112 M-2 Y122 M-4 | Y132 M1-6 Y160 M1-8 | YA112 M-2 YA160 M1-8 | Y132 S1-2 Y132 S1-4 | Y132 M2-6 Y160 M2-8 | YA132 S1-2 YA160 M2-8 |
|-------------------------|---|----------------------------|------------------------------|---|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| | 额定电流 (A) | 8.2 8.8 | 9.4 9.9 | 10 | (11.1 11.6) | (12.6 13.3) | 10.7 13.3 |
| 名称 | 型号、规格 | 名称 | 使用场所 | 型号、规格 | | | |
| 三相闸刀开关 | HD13-200/31 200 A | 电力电缆 (负荷线) | 直埋地中 | WLV29-1kV- 3×6 mm ² | | | |
| | HD11-200/38 200 A | | 明设、沟道、 管中 | W-1 kV- 3×4 mm ² | | | |
| 空气断路器 | DZ15-40/2902 15~25 A DZ12-60/3 15~30 A | | 易燃易爆 | DYFBW-1 kV- 3×6 mm ² | | | |
| 主回路熔断器 | RT10-30 30 A RM10-60 60 A 熔体额定电 流: 25~30 A | 控制电缆 (操作线) | 直埋地下 | KW29-0.5kV- 4×2.5 mm ² | | | |
| | | | 明设、沟道、 管中 | KXV-0.5kV- 4×2.5 mm ² | | | |
| 电磁起动器 | QC12-3/K 20 A QC20-16 16 A | | 易燃易爆 | DVFBKW-0.5 kV-7×2.5 mm ² | | | |
| 交流接触器 | B16 15.5A B25 22 A CJ20-63 63 A | 绝缘电线 | 明设 | BV-105 4mm ² | | | |
| | | | 穿管(铁管) | RLV-105 6 mm ² | | | |
| 热继电器 (电节 流范 围) | JRO-20 16 A (10~13~16 A) T25 13 A (8.5~13 A) | 电流互 感器 | 盘内二次配 线 | BV-0.5 kV 1.5 mm ² | | | |
| | | | 盘内 | LQG-0.5 kV LMZ10-0.5 kV 20:5 | | | |
| 热过载 继电器 | 3 UA50e 8~12.5 A 3 UA50e 10~14.5 A 3 UA59e 10~16 A | 防爆操作柱 | 只有控制按钮 | LZ1-1W | | | |
| | | | 带电流表 20/5 | LBZ-10GA20/5 | | | |
| | | 转换开关 | 配电盘屏板 | HZ10-25 25 A | | | |
| 热元件 编号 | | 铝母线 | 配电盘上 | LMY-3×25 mm | | | |
| 控制保险 | gF-16 2 A | 信号灯 | 控制(操作) 盘上 | ZSD-38 8 W | | | |

表 2-19 7.5 kW 电动机配用的开关、继电器和导线组合表

| 电动机 | 型号 | Y160 L-8 | Y160 M-6 | YA132 S2-2 | YA132 M-4 | YA160 M-6 |
|-------------|---|------------|------------|--------------------------------------|-----------------|-----------|
| | 额定电流 (A) | 17.7 | 17 | 14.3 | 15.2 | 17 |
| 名称 | 型号、规格 | 名称 | 使用场所 | 型号、规格 | | |
| 三相闸刀开关 | HD13 200/31 200A HD11 220/3 200 A | 电力电缆 (负荷线) | 直埋地中 | VLV20-1 kV- 3×6 mm ² | | |
| | | | 明设、沟道、管中 | VLV-1 kV- 3×6 mm ² | | |
| | | | 易燃易爆 | ZRW-1 kV- 3×6 mm ² | | |
| 空气断路器 | LE3-50 脱扣 20A TX5B-50 脱扣 25A | 控制电缆 (操作线) | 直埋地下 | KW29-0.5kV- 7×2.5 mm ² | | |
| 主回路熔断器 | RTO-50/□ 50A 熔体额定电流: 40A | | 明设、沟道、管中 | KW-0.5 kV- 7×2.5 mm ² | | |
| | | | 易燃易爆 | ZRKW-0.5kV- 7×2.5 mm ² | | |
| 电磁起动机 | QC12 3/K 20A QC20-2 32A | 转换开关 | 配电盘、屏、板箱 | HZ10-25 25A HZ10-60 60A | | |
| 交流接触器 | B25 25A CJ20-63A 63A | 绝缘电线 | 明设、穿管、暗敷 | BBLX0.5 kV -- 3×6 mm ² | | |
| | | | 盘内二次配线 | BV-0.5 kV 1.5 mm ² | | |
| 热继电器 (整定范围) | JR16-60 22A (14~18~22A) T25 20A (15.5~20A) | 电流互感器 | 盘内 | LQG-0.5 30:5 | | |
| | | 防爆操作柱 | 只有按钮 | LZ1-1W | | |
| 热过载继电器 | 3UA52e 12.5~20A 3UA59e 12.5~20A | | 控制按钮 | 粉尘潮湿 易燃易爆 | LA-2S LA81-2 | |
| | | 电流表 | 1T1-A30:5 | 量程 0~30A | | |
| 端子板 | B1-1 JX2-10 | 信号灯 | 控制 (操作) 盘板 | ZSD-38 | | |
| 控制保险 | gF-16 熔体 2A | | | | | |

表 2-20 11 kW 电动机配用的开关、继电器和导线组合表

| 电动机 | 型号 | Y160 MI-2 | Y160 M-4 | Y160 L-6 | Y180 L-8 | Y160 M2-2 | YA180 L-8 |
|----------------------------|--|---------------|-------------------------------------|---|-------------|--------------|--------------|
| | 额定电流 (A) | 21.8 | 22.6 | 24.6 | 25.1 | 21 | 25.4 |
| 名称 | 型号、规格 | 名称 | 使用场所 | 型号、规格 | | | |
| 三相闸刀开关 | HD13-200/31 200A HD11-200/38 200A | 电力电缆 (负荷线) | 直埋地下 | W29 1kV - 3×6 mm ² | | | |
| | | | 明设、沟道、 管中 | W-1 kV - 3×6 mm ² | | | |
| | | | 易燃易爆 | ZRW-1 kV 3×6 mm ² | | | |
| 空气断路器 | DZ20J-100/330 40A | 控制电缆 (操作线) | 易燃易爆 | ZRW-0.5kV - 4×1.5 mm ² | | | |
| 主回路熔断器 | RTO-100 100A 熔体额定电 流: 50A | | 明设、沟道、 管中 | KW-0.5 kV 4×1.5 mm ² | | | |
| | | 直埋地下 | KW29-0.5 - 4×2.5 mm ² | | | | |
| 电磁起 动器 | QC12-4/2 40A QC20-2 32A | 绝缘电 线 | 明设 | BLXF-0.5 kV 6 mm ² | | | |
| 交流接 触器 | B30 30A CJ20-63A 63A | | 穿管(铁管) | BV-105 BLV -105 6 mm ² | | | |
| | | | 盘内二次配 线 | BV-0.5 kV 1.5 mm ² | | | |
| 热继电器 (整定电 流调节 范围) | JR16-60 32A (20 ~ 26 ~ 32A) T25 27A (21 ~ 27A) | 电流互 感器 | 盘内 | LQG-0.5 50:5 LMK1-0.5 50:5 | | | |
| | | 防爆操 作柱 | 机前操作 带电流表 | LZ1-1W LZ1-3W | | | |
| 热过载 继电器 | 3UA59 32A 调整范围: 20~32A | 控制按 钮 | 粉尘潮湿 易燃易爆 | LA10-2S LA51-2 | | | |
| 电流表 | 44L1-A50/5 量程 0~50A | 铝母线 | 配电盘上 | LMY-3×25 mm | | | |
| 端子板 | JX2-10 BI- 1 | 信号灯 | 控制(操作) 盘板 | ZSD 38 | | | |

表 2-21 15 kW 电动机配用的开关、继电器和导线组合表

| 电动机 | 型号 | Y200 | Y180 | Y160 | Y160 | Y180 | YA200 |
|-------------------------|---|-------------------|-------------|----------------|---|---|-------------|
| | 额定电流 (A) | L 8 34.1 | L-6 31.6 | L-4 30.3 | M-2 29.4 | L-6 31.4 | L-8 34.1 |
| 名称 | 型号、规格 | 名称 | 使用场所 | | 型号、规格 | | |
| 三相闸刀开关 | HDL3-200/31 200A | 电力电缆 (负荷线) | 易燃易爆 | | DYFBW-1 kV -3×10 mm ² | | |
| | | | 明设、沟道、管中 | | VLV29-3×10 mm ² | | |
| 空气断路器 | | | 腐蚀性场所 | | VLV29-3×10 mm ² | | |
| 主回路熔断器 | RTO-100 100A 熔体额定电 流: 80 ~ 100A | 控制电 缆(操作 线) | 易燃易爆 | | DYFBKW-0.5 kV-3×2.5 mm ² | | |
| | | | 明设、沟道、管中 | | KW-0.5 kV- 7×2.5 mm ² | | |
| | | | 一般场所 | | KW-0.5 kV- 5×1.5 mm ² | | |
| 电磁起动器 | QC20-3 63A QC12-5/K 60A | 绝缘电 线 | 明设 | | BBLX-0.5 kV 10 mm ² | | |
| 交流接触器 | CJ20-63 63A B45 45A | | 穿管(铁管) | | BBX-0.5 kV 10 mm ² | | |
| 热继电器 (电整 流范 围) | JR16B-60/3 45A (28~36~ 45A) JR15-10 3.5A (2.2~2.8~ 3.5A) | | 盘内二次配 线 | | BV-0.5 kV 1.5 mm ² | | |
| | | 电流互 感器 | | 盘内 | | LQG-0.5 kV 50:5A | |
| | | 防爆操 作柱 | | 只有控制按钮 | | LZ1-1W | |
| | | | | 带电流表 50/5 | | LZ1-3W | |
| 热过载继电器 | 3UA54e 25~ 36A 3UA59e 25~ 40A | 接线鼻 子(铝 管) | | 电缆终端与 设备连接用 | | DL-10 10 mm ² 外径 9 mm 内径 4.5 mm | |
| 热元件 编号 | | 电流表 | | 1T1-A 50:5 | | 量程 0~50A | |
| 控制保 险 | gF-16 2A | 信号灯 | | 控制(操作) 盘板 | | ZSD-38 | |

表 2-22 18.5 kW 电动机配用的开关、继电器和导线组合表

| 电动机 | 型号 | Y180 M-4 | Y200 L1-6 | Y160 L-2 | YA180 M-2 | YA225 S-8 |
|------------------------------------|---|---------------|------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|---|
| 电动机 | 额定电流 (A) | 35.9 | 37.7 | 35.5 | 34.9 | 41.3 |
| 名称 | 型号、规格 | 名称 | 使用场所 | 型号、规格 | | |
| 三相闸刀开关 | HD13-100/31 200A | 电力电缆 (负荷线) | 直埋地下 | WZ9-1 kV- 3×16 mm ² | | |
| | HD11-200/3 200A | | 明设、沟道、 管中 | VLV-1 kV- 3×16 mm ² | | |
| 空气断路器 | DZX10-100/ 330 60A | | 控制电缆 (操作线) | 易燃易爆 | DYFBW-1 kV- 3×16 mm ² | |
| | DZ10-100/320 50~100A | 直埋地下 | | KW29-0.5 kV- 7×2.5 mm ² | | |
| 主回路熔断器 | RT0-100 RT10-100 熔体额定电 流: 80 ~ 100A | 明设、沟道、 管中 | | 易燃易爆 | KW-0.5 kV-4 ×2.5 mm ² | |
| | 电磁起 动器 | | 绝缘电 线 | 盘内二次配 线 | 明设 | BV-105 BLV-105 16 mm ² |
| 热继电 器(整 定电 流调 节范 围) | | 电流互 感器 | | | 盘内 | BV-0.5 kV 1.5 2.5 mm ² |
| | 热过载 继电器 | | 接线鼻 子(铝 管) | 只有控制按钮 | | LZ1-1W |
| 端子板 | | 铝母线 | | | 带电流表 | LZ1-3W CT 变比 100:5 |
| | 电流表 | | 信号灯 | 配电盘上 | | 16 mm ² 外径 5.5 mm 内径 10 mm |
| 1T1-A100:5 量程 0~100A | | 控制(操作) 盘板 | | | LMY-3×25 mm ² | |
| | | | | | XD5 ZSD-38 | |

表 2-23 22 kW 电动机配用的开关、继电器和导线组合表

| 电动机 | 型号 | Y225 M-8 | Y200 L2-6 | YA200 L-4 | Y180 M-2 | YB180 M-2 | YA180 M-2 |
|------------|--|---------------|----------------------|---|-------------|--------------|--------------|
| 电动机 | 额定电流 (A) | 47.6 | 44.6 | 42.5 | 42.2 | 42 | 42.2 |
| 名称 | 型号、规格 | 名称 | 使用场所 | 型号、规格 | | | |
| 三相闸刀开关 | HD13-200/3 200A | 电力电缆 (负荷线) | 直埋地下 | VLV29-1 kV- 3×16 mm ² | | | |
| | HD11-200/3 200A | | 明设、沟道、 管中 | VLV-1 kV- 3×16 mm ² | | | |
| 空气断路器 | DZX10-100/ 330 80A | 控制电缆 (操作线) | 易燃易爆 | DYFBW-1 kV- 3×16 mm ² | | | |
| | DZ20-100/ 320 80A | | 直埋地下 | KW29-0.5 kV- 7×2.5 mm ² | | | |
| 主回路熔断器 | RT11-200M 200A 熔体额定电 流: 100 ~ 120A | 绝缘电 线 | 明设、沟道、 管中 | KW-0.5 kV- 5×2.5 mm ² | | | |
| | | | 易燃易爆 | DYFBKW-0.5 kV-4×2.5 mm ² | | | |
| 电磁起 动器 | QC12-5/K 60A QC12-5B/K 80A | 电流互 感器 | 明设 | BXF-0.5 kV BX-0.5 kV 16 mm ² | | | |
| | | | 穿管(铁管) | BV-105 10 mm ² BLV-105 16 mm ² | | | |
| 交流接 触器 | CJ20-63 63A CJ10X-60 60A | 防爆操 作柱 | 盘内二次配 线 | BV-0.5 kV 1.5~2.5 mm ² | | | |
| | | | 只有控制按钮 | LQZ-0.5 LMK1-0.5 变比 100:5 | | | |
| 热过载 继电器 | 3UA59e 32- 45A 3UA59e 40- 57A | 控制按 钮 | 带电流表 100/5 | LZ1-1W LZ1-3W | | | |
| | | | 一般场所、 盘板上易燃 易爆 | LA6 LA2 LA52-2 | | | |
| 电流表 | 44L1-A 100:5 量程 0~100A | 铝母线 | 配电盘上 | LMY-3×25 mm | | | |
| 控制保险 | R10-10 2A | 信号灯 | 控制(操作) 盘板 | ZSD-38 | | | |

表 2-24 30 kW 电动机配用的开关、继电器和导线组合表

| 电动机 | 型号 | Y250 M-8 | Y200 L1-2 | Y225 M-6 | YA200 L1-2 | YA225 S-4 |
|-------------------------|--|-------------------|---------------|---|--------------------------------------|--------------|
| | 额定电流 (A) | 63 | 56.9 | 59.5 | 56.9 | 57.5 |
| 名称 | 型号、规格 | 名称 | 使用场所 | 型号、规格 | | |
| 三相闸刀开关 | HDI3-200 200A HD11-200 200A | 电力电缆 (负荷线) | 直埋地下 | XLV29-1kV- 3×35 mm ² + 1× 16 mm ² | | |
| 空气断路器 | DZ10-100/ 330 100A DZX10-100/ 320 100A | | 明设、沟道、 管中 | XLV-1 kV- 3×35 mm ² | | |
| | | | 易燃易爆 | DYFBW-1 kV- 3×35 mm ² | | |
| 主回路熔断器 | RTO-200 200A RM10-350 熔体额定电 流: 125~150A | 控制电缆 (操作 线) | 直埋地下 | KW29- 5×2.5 mm ² | | |
| | | | 明设、沟道、 管中 | KW-0.5 kV· 4×2.5 mm ² | | |
| | | | 易燃易爆 | DYFKW-0.5kV- 7×2.5 mm ² | | |
| 电磁起 动器 | QC10-6/2 100A QC12-5/K 80A | 绝缘电 线 | 明设 | BXF BLXF 35 mm ² | | |
| | | | 穿管(铁管) | BV-105 BLV-105 35 mm ² | | |
| 交流接 触器 | B85 85A CJ20-160 160A | | | 盘内二次配 线 | BV-0.5 kV 1.5~2.5 mm ² | |
| 热继电器 (电整 流范 围) | T85 85A (60~100A) JR16-150 85A (53~70~ 85A) | 电流互 感器 | 盘内 | LQG-0.5 变比 100:5 | | |
| | | 防爆操 作柱 | 只有控制按钮 | LZ1-1W | | |
| | | | 带电流表 | LZ1-3W LBZ- 10GA100/5 | | |
| 自耦降 压起 动 器箱 | XJ01-40 40 kW | 控制按 钮 | 潮湿、室外 易燃易爆 | LA10-2S LA51-2 LA53-2 | | |
| 电流表 | 1T1-A、 44L1-A 量程 0~ 100A | 铝母线 | 配电盘上 | LMY-3×25 mm | | |
| 控制保险 | RI-10 2A | 信号灯 | 控制(操作) 盘板 | ZSD-38 8W 电阻 5K | | |

表 2-25 37 kW 电动机配用的开关、继电器和导线组合表

| 电动机 | 型号 | Y200L 2-2 | Y225 S-4 | Y250 M-6 | Y280 S-8 |
|----------------------|--|----------------------|---------------|-----------------------------------|-----------------------------|
| | 额定电流 (A) | 69.8 | 70.4 | 72 | 78.7 |
| 名称 | 型号、规格 | 名称 | 使用场所 | 型号、规格 | |
| 三相闸刀开关 | HD13-200/3 200A | 电力电缆 (负荷线) | 直埋地下 | XLV29-3×35 mm ² | |
| | HD11-200/3 200A | | 明设、沟道、 管中 | VLV-3×35 mm ² | |
| 空气断路器 | DZ20-100/ 320 100A | | 控制电缆 (操作线) | 易燃易爆 | W29-3×35 mm ² |
| | DZX10-100/ 330 100A | 直埋地下 | | KW20-4×2.5 mm ² | |
| 主回路熔断器 | RTO-200 200A 熔体额定电流: 150~200A | 控制电缆 (操作线) | 明设、沟道、 管中 | KW-4×2.5 mm ² | |
| | | | 易燃易爆 | ZRKW-7×2.5 mm ² | |
| 电磁起动器 | QC20-4 80A QC12-6/K 150A QC10-6 100A | 绝缘电线 | 明设 | BV-0.5 kV 35 mm ² | |
| | | | 穿管(铁管) | BBLX-0.5 kV 35 mm ² | |
| 交流接触器 | B85 85A CJ20-160 160A | | 盘内二次配 线 | BV-0.5 kV 1.5mm ² | |
| 热继电器 (整定电 流范围) | JR16-150 85A (53~70~85A) JRO-10 5A (3.2~4~5A) | 电流互 感器 | 盘内 | LQ-0.5 LMK1-0.5 变比 100:5 | |
| | | 防爆操 作柱 | 机前操作 | LZ1-1W | |
| 热过载 继电器 | 3UAS2 4A (2.5~4A) | | 控制按 钮 | 机前操作 | LZ1-3W |
| | | 一般场所、 盘板上易燃 易爆 | | LA2 LA6 LA52-2 | |
| 控制按钮 | LA52-2 LA10-2F | 铝母线 | 配电盘上 | 3×25 mm | |
| 电流表 | 1T1-A 100:5 量程 0~100A | 信号灯 | 控制(操作) 盘板 | ZSD-38 380V 5K | |

表 2-26 45 kW 电动机配用的开关、继电器和导线组合表

| 电动机 | 型号 | Y315 S-10 | Y225 M-4 | Y280 M-8 | Y225 M-2 |
|--------------------------|--|-----------------------|----------------|---|-------------|
| | 额定电流 (A) | 98A | 84.2 | 93.2 | 84 |
| 名称 | 型号、规格 | 名称 | 使用场所 | 型号、规格 | |
| 三相闸刀开关 | HD13-200/3 200A | 电力电缆 (负荷线) | 直埋地下 | W29- 3×50 mm ² | |
| 空气断路器 | DZ20-250/ 330 DZX10-200/ 330 | | 明设、沟道、 管中 | VLV- 3×50 mm ² | |
| | | | 易燃易爆 | ZRW- 3×50 mm ² | |
| 主回路熔断器 | RTO-400 400 熔丝额定电 流: 250A | 控制电 缆 (操作 线) | 直埋地下 | KW29- 5×2.5 mm ² | |
| | | | 明设、沟道、 管中 | KW- 5×2.5 mm ² | |
| 电磁起 动器 | QC12-7/H 150A QC10-7 150A | | 易燃易爆 | ZRKW- 5×2.5 mm ² | |
| 交流接 触器 | B105 105A CJ20 - 160 160A | 绝缘电 线 | 明设 | BV-0.5 kV - 50 mm ² | |
| | | | 穿管(铁管) | BXLX-0.5 kV - 50 mm ² | |
| 热继电器 (整定电 流范 围) | JR15 - 150 110A (68~90~110A) 二次热保护; CT变比 100/5 JRO-10 3.5A (2.2~2.8~ 3.5A) | | 盘内二次配 线 | BV-0.5 kV - 1.5 mm ² | |
| | | 电流互 感器 | 盘内 | LQG-0.5 150:5 | |
| | | 防爆操 作柱 | 只有控制按 钮 | LZ1-1W | |
| 带电流表 150:5A | LZ1-3W | | | | |
| 热过载 继电器 | 3UA50 4A 调节范围 2.5 ~4A | 接线鼻 子(铝 管) | 电缆终端与 设备连接用 | 50 mm ² 外径 16 mm 内径 9.5 mm | |
| 控制按钮 | LA10-2S | 电流表 | 屏、板盘上 | 44L-A 量程 0~150A | |
| 控制保险 | R1-10 1A | 信号灯 | 控制(操作) 盘板 | | |

表 2·27 55 kW 电动机配用的开关、继电器和导线组合表

| 电动机 | 型号 | Y250M-4 Y250M-2 | Y280M-6 | Y315 S-8 | Y315 M2-10 | YB250 M-2 |
|----------------------|--|--------------------|--------------------------------|--|---------------|--------------|
| | 额定电流 (A) | 102.7 | 102.5 | 104.9 | 109 | 120 |
| 名称 | 型号、规格 | 名称 | 使用场所 | 型号、规格 | | |
| 三相闸刀开关 | HD13-200/3 200A | 电力电缆 (负荷线) | 直埋地下 | W20 3×70 + 1×16 mm ² | | |
| 空气断路器 | LY10-250/ 330 250A | | 明设、沟道、 管中 | VLV-3×70 + 1×25 mm ² | | |
| 主回路熔断器 | RTO-400/250 RMI0-350/ 260 熔体额定电流: 250-260A | | 易燃易爆 | ZRW-3×70 + 1×25 mm ² | | |
| | | 控制电缆 (操作线) | 直埋地下 | KW20 5×2.5 mm ² | | |
| 电磁起 动器 | QC12-6H/K 150A QC10-7/2 150A | | 明设、沟道、 管中 | KW- 5×2.5 mm ² | | |
| | | 易燃易爆 | KW29- 7×2.5 mm ² | | | |
| 交流接 触器 | CJ20-160 160A B170 170A | 绝缘电 线 | 明设 | BV-0.5 kV- 70 mm ² | | |
| | | | 穿管(铁管) | BV-0.5 kV- 70 mm ² | | |
| 热继电器 (整定电 流范围) | JR15-150/2 (110A) (68-90-110A) 二次热保护: CT变比 150/5 JR16-10 5A (3.2-4-5A) | | 盘内二次配 线 | BV-0.5 kV- 1.5 mm ² | | |
| | | 电流互 感器 | 盘内 | LMK1-0.5 kV LQG1-0.5 kV 变比 200:5 150:5 | | |
| 热过载 继电器 | 3UA50e 4A 6.3A 调节范 围 2.5-4A 4-6.3A | 防爆操 作柱 | 机前操作 | LZ1-1W | | |
| | | | 机前操作 | LZ1-3W | | |
| 热元件 编号 | 一次 54-55 | 接线鼻 子(铝 管) | 电缆终端与 设备连接用 | DL-70 70 mm ² 外径 18 mm 内径 11.5 mm | | |
| | | 铝母线 | 配电盘上 | LMY-4×30 | | |
| 控制保险 | gF-16 熔体 2-3A | 信号灯 | 控制(操作) 盘板 | ZSD-38 8W 附加电阻 5 kΩ | | |

表 2-28 75 kW 电动机配用的开关、继电器和导线组合表

| 电动机 | 型号 | Y280 S-2 | Y260 S 4 | YB280 S-2 | Y315 M1-8 | Y315 M3-10 |
|---------------------|---------------------------------------|------------------|----------------|--|--------------|---------------|
| | 额定电流 (A) | 140.1 | 139.7 | 139.9 | 148 | 160 |
| 名称 | 型号、规格 | 名称 | 使用场所 | 型号、规格 | | |
| 三相闸刀开关 | HD13-200/38 200A | 电力电缆 (负荷线) | 直埋地下 | XLV29-3×95+ 1×35 mm ² | | |
| | HD11-200/3 200A | | 明设、沟道、 管中 | XV-0.5 kV-- 3×70+1×25 mm ² | | |
| 空气断路器 | DZ10-250/330 250A | 控制电缆 (操作线) | 易燃易爆 | DYFBW-1 kV- 3×95 mm ² | | |
| | DZX10-200/ 330 200A | | 直埋地下 | KW29- 5×2.5 mm ² | | |
| 主回路熔断器 | R10-400/ 300A | 绝缘电 线 | 明设、沟道、 管中 | KW29- 5×2.5 mm ² | | |
| | RM10 600 熔丝额定电 流: 300 ~ 350A | | 易燃易爆 | DYFBKW 0.5 kV- 7×2.5 mm ² | | |
| 低压真空交流接触器 | CKJ-400/ 1140 400A | 盘内二次配 线 | 明设 | BV-105 70~95 mm ² | | |
| 交流接触器 | B170 170A | | 穿管(铁管) | BLX-1 kV-95 BX-1 kV-95 mm ² | | |
| | CJ20-160 160A B250 250A | | 盘内 | BV-105 1.5 2.5 mm ² | | |
| 热继电器 (电整流范 围) | T250 160A (100~160A) | 电流互 感器 | 盘内 | LQ-0.5 LMK1-0.5 变比 200:5 | | |
| | T170 200A (140~200A) | 防爆操 作柱 | 只有控制按钮 | LBI-2 | | |
| | JR15-10/2.5A (3.2~4~5A) | | 带电流表 | LBZ-10GA 200/5 | | |
| 自耦降 压器 | 3UA52 4A (2.5~4A) | 接线鼻 子(铝 管) | 电缆终端与 设备连接用 | 95 mm ² 时 内径 13.6 mm 外径 21 mm | | |
| | XJ01-75 75 kW XJ01-80 80 kW | 电流表 | 1T1-A 200/5 | 量程 0~200A | | |
| 端子板 | DI-10 JDI-1 | 信号灯 | 控制(操作) 盘板 | ZSD-38 8W 电阻 5K | | |
| 控制保险 | R1 2~3A | | | | | |

表 2-29 90 kW 电动机配用的开关、继电器和导线组合表

| 电动机 | 型号 | YB280M-2 | Y280M-4 | Y315 M1-6 | Y315 M2-8 |
|----------------|--|---------------|-------------------------------------|---|--------------|
| | 额定电流 (A) | 167 | 164.3 | 167 | 175 |
| 名称 | 型号、规格 | 名称 | 使用场所 | 型号、规格 | |
| 三相闸刀开关 | HD13-400 400A | 电力电缆 (负荷线) | 直埋地下 | W20 VLV20- 3×120 mm ² | |
| | HD11-400 400A | | 明设、沟道、 管中 | W VLV- 3×120 mm ² | |
| 空气断路器 | DZ10-250/ 330 250A | | 易燃易爆 | DYFEW-1 kV- 3×120 mm ² | |
| | 主回路熔断器 | 控制电缆 (操作线) | 直埋地下 | KW29-0.5 kV- 7×2.5 mm ² | |
| 明设、沟道、 管中 | | | KW-0.5 kV- 7×2.5 mm ² | | |
| 易燃易爆 | | | ZRKW-0.5- 7×2.5 mm ² | | |
| 电磁起动器 | B250 25A CJ20-250 250A | 绝缘电线 | 明设 | BRLX-120 mm ² | |
| | | | 穿管(铁管) | BV-0.5 kV- 120 mm ² BRLX-120 mm ² | |
| 低压真空交流接触器 | CKJ-400/ 1140 400A CJ20-250 250A | | 盘内二次配 线 | BV-0.5 kV-1.5 2.5 mm ² | |
| | | 电流互感器 | 盘内 | LQ-0.5 LMKJ1-0.5 变比 200:5 | |
| 热继电器 (整定范围) | JR15-10 5A (3.2~4~5A) T370 25A (160~250A) | 防爆操作柱 | 只有控制按钮 | LZ1-1W | |
| | | | 有电流表和控制按钮 | LZ1-3W LB-2 变比 200:5 | |
| 热过载继电器 | 3UA50e 6.3A (4~6.3A) | 接线鼻子 (铝管) | 电缆终端与 设备连接用 | 120 mm ² 外径 23 mm 内径 15 mm | |
| 端子板 | JD1-1 或 JX2-10 | 电流表 | 一般场所盘 上 | 1T1-A 量程 0~200A | |
| 控制保险 | gF-16 熔体 2~3A | 信号灯 | 控制(操作) 盘板 | ZSD-38 | |

131. 三相异步电动机怎样分类？国产三相异步电动机有哪些基本系列？

三相异步电动机用途广泛，种类繁多，一般可按转子结构型式、外壳结构型式、尺寸大小、安装方式、使用环境和冷却方式等进行分类（表 3-1）。

国产异步电动机的基本系列如下：

(1) 大型异步电动机基本系列。目前我国生产的大型异步电动机有 Y、YR、YK 三个基本系列，它们的额定电压为 6 000 V，绝缘等级有 E、B 两种，安装结构型式为卧式。Y 系列鼠笼式异步电动机的功率为 400~2 500 kW，同步转速为 375~1 000 r/min，通风冷却方式有自扇冷式和管道通风式，外壳防护型式有开启式和封闭式。YR 系列绕线式异步电动机的功率为 400~3 200 kW，同步转速为 250~1 000 r/min，通风冷却方式和外壳防护型式与大型 Y 系列相同。YK 系列高速鼠笼式异步电动机的功率为 1 000~3 200 kW，同步转速为 3 000 r/min，通风冷却方式为管道通风式，外壳防护型式为封闭式。

表 3-1 三相异步电动机分类

| 分类 | 转子结构型式 | 防护型式 | 冷却方式 | 安装方式 | 工作定额 | 尺寸大小中心高 H (mm) 定子铁芯外径 D (mm) | 使用环境 |
|----|------------|------|------|-------------|----------------|--|--------------------------------|
| 类别 | 鼠笼式 线绕式 | 封闭式 | 自冷式 | D2 | 连续 断续 短时 | $H > 630$ 、 $D > 1\,000$ 大型 | 普通干热、 湿热船用、 化工防爆 户外高原 |
| | | 防护式 | 自扇冷式 | T2 | | $H \leq 350 \sim 330$ $D = 500 \sim 1\,000$ 中型 | |
| | | 开启式 | 他扇冷式 | D/T2 I.2 | | $H = 80 \sim 315$ $D = 120 \sim 500$ 小型 | |

注：安装方式的说明见 140 问。

(2) 中型异步电动机基本系列。目前我国生产的中型异步电动机有 JS、JR、JS2、JR2 四个基本系列。JS 系列鼠笼式异步电动机和 JR 系列绕线式异步电动机的功率为 45~1 250 kW，额定电压有 220/380、380、3 000、6 000 V 四种，同步转速为 500~1 500 r/min，绝缘等级有 E、B 两种，安装结构型式为卧式，通风冷却方式为自扇冷式，外壳防护型式为防护式。JS2 系列鼠笼式异步电动机和 JR2 系列绕线式异步电动机是在 JS 和 JR 系列的基础上，引用国外中型低压异步电动机的一些先进技术而设计试制的新系列中型低压异步电动机。它们的功率为 60~320 kW，额定电压为 380 V，绝缘等级为 B 级，安装结构型式为卧式，通风冷却方式为自扇冷式，外壳防护型式为防护式。JS2 系列的同步转速为 600~3 000 r/min，JR2 系列的同步转速为 600~1 500 r/min。

(3) 小型异步电动机基本系列。目前我国生产的小型异步电动机的基本系列为 Y 系列，其指标先进、噪声低、振动小、防护性能好、安全可靠、维护方便、外形美观，符合 IEC（国际电工委员会）标准，用来取代已淘汰的 J2、JO2 系列电动机。

Y 系列小型异步电动机的功率为 0.55~90 kW，额定电压为 380 V，同步转速为 750~3 000 r/min，绝缘等级为 B 级。中心高为 80~280mm，分为 11 种。机座铁芯长度有 S（短）、M（中）、L（长）三种。通风冷却方式为自扇冷式。外壳防护型式为封闭式。安装结构型式有四种：①卧式，机座带底脚；②卧式，机座带底脚，端盖带凸缘；③卧式，机座不带底脚，端盖带凸缘；④立式，机座不带底脚，端盖带凸缘，轴伸向下。

132. 专用异步电动机与基本系列异步电动机有何不同？怎样分类？

专用异步电动机与基本系列异步电动机不同，它具有特殊的使用和防护条件，不能用派生的办法来生产，须按使用条件和技术要求进行专门设计，如专用于与潜水泵配套的井用潜水电机、适用于拖动轧钢辊道的辊道电动机和专用于与深井油泵配套的井用潜油

异步电动机等。

由于专用异步电动机是为满足特殊使用条件和特殊技术要求而专门设计制造的，所以在使用、操作和维护方面具有更经济 and 更适用的特点。

专门异步电动机的分类如表 3-2 所示。

表 3-2 专用异步电动机分类

| 产 品 类 别 | 主 要 用 途 |
|-------------|----------------------------------|
| 防爆电动机 | 石油、化工、煤矿等有爆炸危险的场所 |
| 起重冶金用异步电动机 | 冶金和一般起重设备 |
| 辊道异步电动机 | 传动轧钢辊道用 |
| 深井泵用异步电动机 | 电动机与长轴深井泵配套，从深井中提水 |
| 潜水异步电动机 | 电动机分别与潜水泵或河流泵配套，深入井下或潜水中，供灌溉之用 |
| 井用潜油异步电动机 | 电动机与深井油泵配套，潜入石油井中，直接提取石油 |
| 力矩异步电动机 | 恒张力、恒线速（卷绕）传动和恒转矩（导辊）传动 |
| 制冷用氟里昂冷却电动机 | 满足制冷设备在较大范围内变工况调节运行需要，是制冷机理想动力设备 |

133. Y 系列三相异步电动机的外壳防护结构型式 IP23 和 IP44 的含义是什么？

Y 系列三相异步电动机有 IP23 和 IP44 两种外壳防护结构型式，分别与传统的防护式和封闭式相对应（如 J、J2 系列电动机为防护式结构，JO、JO2 系列电动机为封闭式结构），以满足不同使用环境的要求。国家标准 GB4942.1-85《电机外壳防护分级》中对 IP23 和 IP44 这两个级别作了具体规定。其中 IP 表示防护等级的标志符号。IP 后面的两位数字，第一位数字表示防止手指触及

带电或旋转部分和防止固体异物进入电机内部的能力；第二位数字表示防水能力。数字愈大，防护能力愈强。表 3-3 列出外壳防护分级中对 IP23 和 IP44 的具体要求。

表 3-3 Y 系列电动机外壳防护结构分级

| 级 别 | | 要 求 |
|------|-------|---|
| IP23 | 第一位数字 | 能防止手指触及机壳内带电或转动部分 能防止直径大于 12mm 的小固体异物进入 |
| | 第二位数字 | 与沿垂直线成 60°角或小于 60°角的淋水对电动机应无有害的影响 |
| IP44 | 第一位数字 | 能防止厚度大于 1mm 的工具、金属线或类似的物体触及壳内带电或转动部分 能防止直径大于 1mm 的小固体异物进入，但不包括由外风扇吸风或送风的通风口和封闭式电动机的泄水孔，这些部分应具有 2 级防护性能 |
| | 第二位数字 | 任何方向溅水于电动机，应无有害影响。 |

134. Y 系列 IP44 和 Y 系列 IP23 电动机的主要性能指标是怎样规定的？

按 JB3074-82 的规定，Y 系列（IP44）电动机在容量、电压和频率为额定值时，其效率和功率因数的保证值，以及起动性能（包括堵转转矩和堵转电流）均应符合表 3-4 规定。这种电动机在起动过程中的最小转矩值不应低于 0.5 堵转转矩的保证值（不计及容差），并且不应低于额定转矩。Y 系列（IP44）电动机的主要性能指标比 JC2 电动机有较大提高，与国外同类型电动机相比，水平相当。

按 JB/DQ3079-84 的规定，Y 系列（IP23）电动机在容量、电压和频率均为额定值时，其效率、功率因数、堵转转矩、最大转矩和堵转电流均应符合表 3-5 的规定。这种电动机在起动过程中的最小转矩值也不应低于 0.5 堵转转矩的保证值（不计及容差），同时也不应低于额定转矩。

表 3-4

Y 系列 (IP44) 电动机主要性能指标

| 功率 (kW) | 同步转速 (r/min) | | | | | | | | | | | |
|------------|---------------------|---------------------------|----------------------|----------------------|---------------------|---------------------------|----------------------|----------------------|---------------------|---------------------------|----------------------|----------------------|
| | 3 000 | | | | 1 500 | | | | 1 000 | | | |
| | 效率 η (%) | 功率 因数 $\cos\varphi$ | 堵转 转矩 额定 转矩 | 堵转 电流 额定 电流 | 效率 η (%) | 功率 因数 $\cos\varphi$ | 堵转 转矩 额定 转矩 | 堵转 电流 额定 电流 | 效率 η (%) | 功率 因数 $\cos\varphi$ | 堵转 转矩 额定 转矩 | 堵转 电流 额定 电流 |
| 0.55 | | | | | 73.0 | 0.76 | | | | | | |
| 0.75 | 75.0 | 0.84 | | | 74.5 | 0.76 | | | 72.5 | 0.70 | | |
| 1.1 | 77.0 | 0.86 | | | 78.0 | 0.78 | | 6.5 | 73.5 | 0.72 | | 6.0 |
| 1.5 | 78.0 | 0.85 | 2.2 | | 79.0 | 0.79 | | | 77.5 | 0.74 | | |
| 2.2 | 82.0 | 0.86 | | | 81.0 | 0.82 | | | 80.5 | 0.74 | | |
| 3 | 82.0 | 0.87 | | | 82.5 | 0.81 | 2.2 | | 83.0 | 0.76 | 2.0 | 6.5 |
| 4 | 85.5 | 0.87 | | | 84.5 | 0.82 | | | 84.0 | 0.77 | | |
| 5.5 | 85.5 | 0.88 | | 7.0 | 85.5 | 0.84 | | | 85.3 | 0.78 | | |
| 7.5 | 86.2 | 0.88 | | | 87.0 | 0.85 | | | 86.0 | 0.78 | | |
| 11 | 87.2 | 0.88 | | | 88.0 | 0.84 | | | | | | |
| 15 | 88.2 | 0.88 | | | 88.5 | 0.85 | | 7.0 | 87.0 | 0.78 | | |
| 18.5 | 89.0 | 0.89 | 2.0 | | 91.5 | 0.86 | | | 89.5 | 0.81 | | |
| 22 | 89.0 | 0.89 | | | 91.5 | 0.86 | 2.0 | | 89.8 | 0.83 | 1.8 | |
| 30 | 90.0 | 0.89 | | | 92.2 | 0.87 | | | 90.2 | 0.83 | | |
| 37 | 90.5 | 0.89 | | | 91.8 | 0.87 | | | 90.2 | 0.85 | 1.7 | |
| 45 | 91.5 | 0.89 | | | 92.3 | 0.88 | 1.9 | | 90.3 | 0.86 | | 6.5 |
| 55 | 91.5 | 0.89 | | | 92.6 | 0.88 | 2.0 | | 92.0 | 0.87 | 1.8 | |
| 75 | 91.5 | 0.89 | 2.0 | | 92.7 | 0.88 | 1.9 | | 92.0 | 0.87 | | |
| 90 | 92.0 | 0.89 | | | 93.5 | 0.89 | 1.9 | | 92.8 | 0.87 | | |
| 110 | 92.5 | 0.89 | | | 93.5 | 0.89 | | 7.0 | 93.2 | 0.87 | | |
| 132 | 93.0 | 0.89 | 1.8 | 7.0 | 94.0 | 0.89 | 1.8 | | 93.5 | 0.87 | | |
| 160 | 93.5 | 0.89 | | | 94.5 | 0.89 | | | 93.8 | 0.87 | 1.6 | |

续表

| 功率 (kW) | 同步转速 (r/min) | | | | | | | | |
|---------|---------------------|---------------------------|----------------------|----------------------|---------------------|---------------------------|----------------------|----------------------|--|
| | 750 | | | | 600 | | | | |
| | 效率 η (%) | 功率 因数 $\cos\varphi$ | 堵转 转矩 额定 转矩 | 堵转 电流 额定 电流 | 效率 η (%) | 功率 因数 $\cos\varphi$ | 堵转 转矩 额定 转矩 | 堵转 电流 额定 电流 | |
| 0.55 | | | | | | | | | |
| 0.75 | | | | | | | | | |
| 1.1 | | | | | | | | | |
| 1.5 | | | | | | | | | |
| 2.2 | 81.0 | 0.71 | 2.0 | 5.5 | | | | | |
| 3 | 82.0 | 0.72 | | | | | | | |
| 4 | 84.0 | 0.73 | | | | 6 | | | |
| 5.5 | 85.0 | 0.74 | | | | | | | |
| 7.5 | 86.0 | 0.75 | | 5.5 | | | | | |
| 11 | 86.5 | 0.77 | 1.7 | 6.0 | | | | | |
| 15 | 88.0 | 0.76 | 1.8 | | | | | | |
| 18.5 | 89.5 | 0.76 | 1.7 | | | | | | |
| 22 | 90.0 | 0.78 | 1.8 | | | | | | |
| 30 | 90.5 | 0.80 | | | | | | | |
| 37 | 91.0 | 0.79 | | | | | | | |
| 45 | 91.7 | 0.80 | | | 91.5 | 0.74 | | | |
| 55 | 92.0 | 0.80 | 1.6 | 6.5 | 92.0 | 0.74 | 1.4 | 6.5 | |
| 75 | 92.5 | 0.81 | | | | | 92.5 | 0.75 | |
| 90 | 93.0 | 0.82 | | | | | | | |
| 110 | 93.3 | 0.82 | | | | | | | |
| 132 | | | | | | | | | |
| 160 | | | | | | | | | |

表 3-5

Y 系列 (IP23) 电动机主要性能指标

| 2 极同步转速 3 000 r/min 50 Hz | | | | | | | | | | |
|---------------------------|------------|---------------|----------------------|-----------|---------------------------|----------|----------|----------|------|------------|
| 型号 | 功率 (kW) | 转速 (r/min) | 电流 380 V 时 (A) | 效率 (%) | 功率 因数 $\cos\varphi$ | 堵转 | 堵转 | 最大 | 噪声 | 净重 (kg) |
| | | | | | | 转矩 | 电流 | 转矩 | (dB) | |
| | | | | | | 额定 转矩 | 额定 电流 | 额定 转矩 | (A) | |
| 160M-2 | 15 | 2 928 | 29.3 | 88 | 0.88 | 1.7 | 7.0 | 2.2 | 85 | 60 |
| 160L1-2 | 18.5 | 2 929 | 35.2 | 89 | 0.89 | 1.8 | 7.0 | 2.2 | 85 | |
| 160L2-2 | 22 | 2 928 | 41.8 | 89.5 | 0.89 | 2.0 | 7.0 | 2.2 | 85 | |
| 180M-2 | 30 | 2 938 | 56.7 | 89.5 | 0.89 | 1.7 | 7.0 | 2.2 | 88 | 220 |
| 180L-2 | 37 | 2 939 | 69.2 | 90.5 | 0.89 | 1.9 | 7.0 | 2.2 | 88 | |
| 200M-2 | 45 | 2 952 | 84.8 | 91 | 0.89 | 1.9 | 7.0 | 2.2 | 90 | |
| 200L-2 | 55 | 2 950 | 100.8 | 91.5 | 0.89 | 1.9 | 7.0 | 2.2 | 90 | 310 |
| 225M-2 | 75 | 2 955 | 137.9 | 91.5 | 0.89 | 1.8 | 7.0 | 2.2 | 92 | 380 |
| 250S-2 | 90 | 2 966 | 164.9 | 92 | 0.89 | 1.7 | 7.0 | 2.2 | 97 | 465 |
| 250M-2 | 110 | 2 965 | 199.4 | 92.5 | 0.90 | 1.7 | 7.0 | 2.2 | 97 | |
| 280M-2 | 132 | 2 967 | 238 | 92.5 | 0.90 | 1.6 | 7.0 | 2.2 | 99 | |
| 315SA-2 | 160 | 2 967 | 295 | 91.5 | 0.90 | 1.4 | 7.0 | 2.0 | | 750 |
| 315SB-2 | 185 | 2 961 | 341 | 91.5 | 0.90 | 1.4 | 7.0 | 2.0 | | |
| 315MIA-2 | 200 | 2 967 | 367 | 92 | 0.90 | 1.4 | 7.0 | 2.0 | | |
| 315MIB-2 | 220 | 2 961 | 404 | 92 | 0.90 | 1.4 | 7.0 | 2.0 | | |
| 315M2-2 | 250 | 2 967 | 456 | 92.5 | 0.90 | 1.4 | 7.0 | 2.0 | | |
| 4 极同步转速 1 500 r/min 50 Hz | | | | | | | | | | |
| 160M-4 | 11 | 1 459 | 22.4 | 87.5 | 0.85 | 1.9 | 7.0 | 2.2 | 76 | 160 |
| 160L1-4 | 15 | 1 458 | 29.9 | 88 | 0.88 | 2.0 | 7.0 | 2.2 | 80 | |
| 160L2-4 | 18.5 | 1 458 | 36.5 | 89 | 0.86 | 2.0 | 7.0 | 2.2 | 80 | |
| 180M-4 | 22 | 1 467 | 43.2 | 89.5 | 0.86 | 1.9 | 7.0 | 2.2 | 80 | 230 |
| 180L-4 | 30 | 1 467 | 57.9 | 90.5 | 0.87 | 1.9 | 7.0 | 2.2 | 87 | |
| 200M-4 | 37 | 1 473 | 71.1 | 90.5 | 0.87 | 2.0 | 7.0 | 2.2 | 87 | |
| 200L-4 | 45 | 1 473 | 85.5 | 91 | 0.87 | 2.0 | 7.0 | 2.2 | 89 | 310 |

续表

4极同步转速 1500 r/min 50 Hz

| 型号 | 功率 (kW) | 转速 (r/min) | 电流 380 V 时 (A) | 效率 (%) | 功率 因数 $\cos\varphi$ | 堵转 | 堵转 | 最大 转矩 额定 转矩 | 噪声 (dB) | 净重 (kg) |
|----------|------------|---------------|----------------------|-----------|---------------------------|----------------|----------------|----------------------|------------|------------|
| | | | | | | 转矩 额定 转矩 | 电流 额定 电流 | | | |
| 225M-4 | 55 | 1476 | 103.6 | 91.5 | 0.88 | 1.8 | 7.0 | 2.2 | 89 | 380 |
| 250S-4 | 75 | 1480 | 140.1 | 92 | 0.88 | 2.0 | 7.0 | 2.2 | 93 | |
| 250M-4 | 90 | 1480 | 167.2 | 92.5 | 0.88 | 2.2 | 7.0 | 2.2 | 93 | 490 |
| 280S-4 | 110 | 1482 | 202.4 | 92.5 | 0.88 | 1.7 | 7.0 | 2.2 | 93 | |
| 280M-4 | 132 | 1483 | 241.3 | 93 | 0.88 | 1.8 | 7.0 | 2.2 | 96 | 820 |
| 315S-4 | 160 | 1480 | 304 | 91 | 0.88 | 1.4 | 7.0 | 2.0 | | |
| 315M1A-4 | 185 | 1480 | 349 | 91.5 | 0.88 | 1.4 | 7.0 | 2.0 | | |
| 315M1B-4 | 200 | 1480 | 375 | 92 | 0.88 | 1.4 | 7.0 | 2.0 | | |
| 315M2A-4 | 220 | 1482 | 413 | 92 | 0.88 | 1.4 | 7.0 | 2.0 | | |
| 315M2B-4 | 250 | 1480 | 469 | 92 | 0.88 | 1.4 | 7.0 | 2.0 | | |

6极同步转速 1000 r/min 50 Hz

| | | | | | | | | | | |
|---------|------|-----|-------|------|------|-----|-----|-----|----|-----|
| 160M-6 | 7.5 | 971 | 16.7 | 85 | 0.79 | 2.0 | 6.5 | 2.0 | 78 | 150 |
| 160L-6 | 11 | 971 | 23.9 | 86.5 | 0.78 | 2.0 | 6.5 | 2.0 | 78 | |
| 180M-6 | 15 | 974 | 31 | 88 | 0.81 | 1.8 | 6.5 | 2.0 | 81 | 215 |
| 180L-6 | 18.5 | 975 | 37.8 | 88.5 | 0.83 | 1.8 | 6.5 | 2.0 | 81 | |
| 200M-6 | 22 | 978 | 43.7 | 89 | 0.85 | 1.7 | 6.5 | 2.0 | 83 | 295 |
| 200L-6 | 30 | 975 | 58.6 | 89.5 | 0.85 | 1.7 | 6.5 | 2.0 | 84 | |
| 225M-6 | 37 | 982 | 70.2 | 90.5 | 0.87 | 1.8 | 6.5 | 2.0 | 84 | 360 |
| 250S-6 | 45 | 983 | 86.2 | 91 | 0.86 | 1.8 | 6.5 | 2.0 | 87 | |
| 250M-6 | 55 | 983 | 104.2 | 91 | 0.87 | 1.8 | 6.5 | 2.0 | 87 | 465 |
| 280S-6 | 75 | 986 | 142.8 | 91.5 | 0.87 | 1.8 | 6.5 | 2.0 | 90 | |
| 280M-6 | 90 | 986 | 166.8 | 92 | 0.88 | 1.8 | 6.5 | 2.0 | 90 | 820 |
| 315S-6 | 110 | 984 | 209 | 92 | 0.87 | 1.3 | 6.5 | 1.8 | | |
| 315M1-6 | 132 | 983 | 250 | 92 | 0.87 | 1.3 | 6.5 | 1.8 | | |
| 315M2-6 | 160 | 984 | 303 | 92 | 0.87 | 1.3 | 6.5 | 1.7 | | |

续表

8 极同步转速 750 r/min 50 Hz

| 型号 | 功率 (kW) | 转速 (r/min) | 电流 380 V 时 (A) | 效率 (%) | 功率 因数 $\cos\varphi$ | 堵转 | 堵转 | 最大 | 噪声 (dB) (A) | 净重 (kg) |
|---------|------------|---------------|----------------------|-----------|---------------------------|----------------|----------------|----------------|-------------------|------------|
| | | | | | | 转矩 额定 转矩 | 电流 额定 电流 | 转矩 额定 转矩 | | |
| 160M-8 | 5.5 | 723 | 13.5 | 83.5 | 0.73 | 2.0 | 6.0 | 2.0 | 72 | 150 |
| 160L-8 | 7.5 | 723 | 18.0 | 85 | 0.73 | 2.0 | 6.0 | 2.0 | 75 | |
| 180M-8 | 11 | 727 | 25.1 | 86.5 | 0.74 | 1.8 | 6.0 | 2.0 | 75 | 215 |
| 180L-8 | 15 | 726 | 34.0 | 87.5 | 0.76 | 1.8 | 6.0 | 2.0 | 83 | |
| 200M-8 | 18.5 | 728 | 40.2 | 88.5 | 0.78 | 1.7 | 6.0 | 2.0 | 83 | 295 |
| 200L-8 | 22 | 729 | 47.7 | 89 | 0.78 | 1.8 | 6.0 | 2.0 | 83 | |
| 225M-8 | 30 | 734 | 61.7 | 89.5 | 0.81 | 1.7 | 6.0 | 2.0 | 86 | 360 |
| 250S-8 | 37 | 735 | 76.3 | 90 | 0.80 | 1.6 | 6.0 | 2.0 | 86 | |
| 250M-8 | 45 | 736 | 92.8 | 90.5 | 0.79 | 1.8 | 6.0 | 2.0 | 88 | 465 |
| 280S-8 | 55 | 740 | 112.4 | 91 | 0.80 | 1.8 | 6.0 | 2.0 | 88 | |
| 280M-8 | 75 | 740 | 151 | 91.5 | 0.81 | 1.8 | 6.0 | 2.0 | 91 | 820 |
| 315S-8 | 90 | 740 | 184 | 91.5 | 0.81 | 1.3 | 6.5 | 1.8 | | |
| 315M1-8 | 110 | 740 | 225.5 | 91.5 | 0.81 | 1.3 | 6.5 | 1.8 | | |
| 315M2-8 | 132 | 738 | 269 | 92 | 0.81 | 1.3 | 6.5 | 1.8 | | |

10 极同步转速 600 r/min 50 Hz

| | | | | | | | | | | |
|----------|----|-----|-----|------|------|-----|-----|-----|--|--|
| 315S-10 | 55 | 591 | 126 | 89.5 | 0.74 | 1.2 | 6.5 | 1.8 | | |
| 315M1-10 | 75 | 591 | 171 | 90 | 0.75 | 1.2 | 6.5 | 1.8 | | |
| 315M2-10 | 90 | 590 | 198 | 90.5 | 0.76 | 1.2 | 6.5 | 1.8 | | |

135. 为什么 J2、JO2 等老系列电动机被淘汰而为 Y 系列电动机所取代？我国有哪些系列的三相异步电动机已停止生产？简述这些老系列电动机的性能和目前使用情况。

J2 和 JO2 等系列电动机，是 60 年代我国自行设计、生产的中心高 H80~H315mm 的电动机。1982 年以前，其产量大，用途也广，在电网的总负荷中，它的用电量约占 40%。但限于当时的条件，该两个系列电动机的功率等级与安装尺寸的对应关系，与国外较通用的标准不同，不能满足扩大出口或引进设备配套的需要。此外，由于该两个系列电动机的起动转矩较小和缺乏噪声控制指标，在一定程度上难以适应主机更高的配套要求。为此，我国有关科研部门和生产厂家研究制造了 Y 系列小型三相异步电动机，以取代 J2 和 JO2 等老系列电动机。

我国从 1988 年 1 月起已停止生产 J、JO、J2、JO2、JO3 等老系列三相异步电动机，而由 80 年代初设计并定型生产的新产品 Y 系列三相异步电动机所取代，这些老系列电动机的性能和目前使用情况简述如下：

(1) J、JO 系列。二者都是一般通用系列，鼠笼转子，为我国 50 年代仿苏产品。其中 J 系列是防护式，JO 系列是封闭式，容量为 0.6~125 kW，逐渐被淘汰，目前仍在使用者为数不多。

(2) J2、JO2 系列。这两个系列是我国 60 年代初全国统一设计的异步电动机的基本系列，自 80 年代开始已为 Y 系列电动机所取代。二者虽然都属于淘汰产品，但目前仍得到普遍应用，在工农业的各个领域，其数量不小于 Y 系列电动机，只是随着后者的推广应用，数量逐年减小而已。

J2 系列为防滴式，通风良好，其中部分规格的产品比同机座号 JO2 系列电动机的功率高一级；JO2 系列为封闭式，能防粉尘、铁屑或其他异物进入其内部。这两个系列的电动机的转子均为笼型，额定电压为 380 V，频率为 50 Hz，均采用 E 级绝缘结构，容量为 0.6~125 kW，同步转速分 3 000、1 000、750 和 600 r/min 等

几种。

当电源容量较大时，这两个系列的电动机都可实行直接（全压）起动，而电源容量较小时，则实行降压起动。其中容量为 4 kW 及以上的电动机降压起动时，可采用 Y- Δ 起动器（即星-三角起动器）。降压起动时，电动机转矩的降低与电压降低值的平方成正比。

这两个系列电动机均可借助弹性联轴器使正齿轮与传动机构相连接。除 10 kW 及以上二极电动机和 55 kW 及以上四极电动机外，还可利用半胶带轮或三角胶带轮与传动机构相连接。

(3) JO3 系列。这是我国 70 年代生产的新系列产品。与 JO2 系列电动机相比，体积和重量均减小，起动性能也有所改善，容量为 0.55 ~ 123 kW，E 级绝缘，该系列电动机目前使用并不多。

136. 与 J2 和 JO2 等老系列电动机相比，Y 系列三相异步电动机有哪些优点？

(1) 效率高。Y 系列电动机与老系列电动机相比，效率平均提高的百分数如表 3-6 所示。

(2) 堵转转矩高。Y 系列 (IP23) 的堵转转矩平均达额定值的 1.84 倍，比 J2 系列提高 65%；Y 系列 (IP44) 平均达额定值的 1.96 倍，比 JO2 系列高 33%。

(3) 具有较高的最大转矩和最小转矩。电动机的最大转矩大小，表明它的过载能力高低。提高这一转矩，等于提高电动机承受冲击载荷的能力。Y (IP44) 和 Y (IP23) 的最大转矩标准值比 J2、JO2 系列均有提高。

提高电动机起动过程的最小转矩，可保证它能够平滑起动，避免低速“爬行”而被烧毁，增加它的使用可靠性。Y (IP23)、Y (IP44) 系列的最小转矩标准规定值比 J2、JO2 系列提高 25%。实测结果表明，Y 系列的转矩-转速特性优良 (T-S 曲线光滑)，能顺利起动。

表 3-6 Y 系列与老系列电动机的效率对比

| | | | | |
|--------|------------------|------------------|--|--------------------|
| Y 系列代号 | Y (IP44) | Y (IP23) | YX | YR (IP44) |
| 与老系列对比 | 比 JO2 高 0.41% | 比 J2 高 0.156% | 比 Y (IP44) 高 3% | 比 JRO2 高 1.14% |
| Y 系列代号 | YR (IP23) | YD | YCT | YH |
| 与老系列对比 | 比 JR 高 1.69% | 比 JDO2 高 4.7% | 与 JZT 的传 动效率相比; 15 kW 以下 高 4.85%; 18.54 kW 以 下高 10% | 比 JHO2 高 0.875% |

注: YLB 与 Y (IP44)、Y (IP23) 的性能指标相同; Y-W、YA、YB、Y-H、Y-F 的性能指标均与 Y (IP44) 相同。

(4) 具有较大的温升裕度。Y 系列电动机采用 B 级绝缘, 绕组允许温升为 80K, 但大部分 Y 系列电动机有 10K 以上的温升裕度 (有的电动机留有 20 K 以上), 因此能延缓绝缘老化, 提高使用寿命和可靠性。

(5) 噪声低、振动小。Y 系列电动机的技术规范明确规定噪声和振动的考核指标 (J2、JO2 系列无规定)。在电动机的生产中采取了一系列降低噪声、振动的措施, 使电动机的噪声、振动均有所降低。例如, Y (IP44) 系列的噪声比国际电工委员会 (IEC) 标准的规定值低 5~10dB, Y 系列电动机的振动达到 IEC 标准规定的 N 级 (普通级)。

(6) 标准化、系列化和通用化程度高。Y 系列电动机的技术条件统一、易损件统一、外观基本统一, 有利于配套和购置易损件。这种电动机的两个基本系列和十六个派生系列可以组合成用户需要的特种规格, 具有“积木式”的组合功能。例如, 高效率电动机 YX 系列与 Y-W 系列组合, 便成为高效率室外型电动机; YX 与 YB、Y-WF1 系列组合, 便成为高效率隔爆型室外化工防腐电动机。

(7) 体积小、机身轻。在相同体积下，Y 系列比 J2、JO2 系列的输出功率高一级以上。当输出功率相同时，Y 系列电动机的体积小、机身轻。例如，与 JO2 系列相比，Y (IP44) 系列的体积平均小 15%，机身轻 12%。

(8) 安装形式灵活多样。Y 系列电动机的安装结构分为：用底脚安装、用底脚附带凸缘安装和用一个凸缘安装等三种，可灵活地组合成 12 种安装形式，便于主机配套。

(9) 外形美观。Y 系列电动机的端盖、出线盒、风罩等这些影响外观的主要部件均比 JO2 系列美观，尤其是风罩别具一格。

137. Y 系列三相异步电动机的功率、机座与 JO2、JO3 系列电动机的功率、机座有何对照关系？

Y 系列三相异步电动机的功率、机座与 JO2、JO3 系列电动机的功率、机座之间的对照关系如表 3-7 所示。

138. 用 Y 系列电动机取代 J2、JO2 老系列电动机时，怎样选择 Y 系列电动机的功率？

Y 系列电动机与 J2、JO2 系列电动机的功率等级对照如表 3-8 所示。由表可见，Y 系列电动机有 0.55~90 kW 19 个等级，而 J2、JO2 系列电动机只有 0.6~100 kW 18 个等级，前者比后者多一个等级。其中有 11 个等级完全相同，有 6 个等级互有出入，而对应于 J2、JO2 系列 40 kW 的 Y 系列是 37 kW 和 45 kW 两个等级。

选择 Y 系列电动机的功率以前，应测定原电动机的负载率和负载所需的最大起动转矩。从节约电能的观点考虑，所选电动机的负载率应在 80% 以上。因此，如果原电动机的负载率不高，可选用低一级的 Y 系列电动机。例如，可以选用 Y (IP44) 或 Y (IP23) 系列 15 kW 电动机取代 J2 或 JO2 系列 17 kW 电动机。由于 Y (IP44) 系列电动机的起动转矩倍数保证值高于 JO2 系列电动机，所以 Y (IP44) 系列 15 kW 电动机的起动转矩高于 JO2 系列 17 kW 电动机的实际起动转矩，前者带负载起动不会发生困难。

表 3-7

Y 系列电动机与 JO2、JO3 系列电动机的机座、功率 (kW) 对照

| 机座号 | 同步转速 | | 3 000 (r/min) | | | 1 500 (r/min) | | | 1 000 (r/min) | | | 750 (r/min) | | | 600 (r/min) | | | |
|-------|--------|------|---------------|-----|-----|---------------|------|------|---------------|-----|-----|-------------|-----|-----|-------------|-----|---|-----|
| | 型 号 | Y | JO2 | JO3 | Y | JO2 | JO3 | Y | JO2 | JO3 | Y | JO2 | JO3 | Y | JO2 | JO3 | Y | |
| | | | 号 | 号 | | 号 | 号 | | 号 | 号 | | 号 | 号 | | 号 | 号 | | |
| 801 | | 0.75 | | 1.1 | | | 0.75 | | | | | | | | | | | |
| 802 | | 1.1 | | 1.5 | | | 1.1 | | | | | | | | | | | |
| 90S | | 1.5 | 0.8 | 2.2 | 1.1 | 0.6 | 1.5 | 0.75 | | | | | | | | | | |
| 90L | | 2.2 | 1.1 | | 1.5 | 0.8 | | 1.1 | | | | | | | | | | |
| 100S | | | 1.5 | 3 | | 1.1 | 2.2 | | 0.8 | 1.5 | | | | | | | | |
| 100L1 | | 3 | 2.2 | 4 | 2.2 | | 1.5 | 3 | 1.5 | 1.1 | 2.2 | | | | | | | |
| 100L2 | | | 2.2 | | 3 | | | | | | | | | | | | | |
| 112S | | | | 5.5 | | | | 4 | | | | | 3 | | | | | 2.2 |
| 112M | | 4 | 3 | | 4 | 2.2 | | | 2.2 | 1.5 | | | | | | | | |
| 112L | | | 4 | 7.5 | | 3 | 5.5 | | 2.2 | 4 | | | | | | | | 3 |
| 132S1 | | 5.5 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 132S2 | | 7.5 | | | | 5.5 | 4 | | 3 | | | | | 2.2 | 2.2 | | | |
| 132M1 | | | | | | | | | | | 4 | | | | | | | |
| 132M2 | | | | | | 7.5 | 5.5 | | 4 | | 5.5 | | | 3 | 3 | | | |
| 140S | | | | | | | | | | | | | 7.5 | | | 5.5 | | 4 |

续表

| 机座号 | | 同步转速 | | 3000 (r/min) | | | 1500 (r/min) | | | 1000 (r/min) | | | 750 (r/min) | | | 600 (r/min) | | |
|-------|--|------|----|--------------|-----|------|--------------|-----|------|--------------|------|-----|-------------|-----|-----|-------------|-----|-----|
| | | 号 | 型 | Y | JO2 | JO3 | Y | JO2 | JO3 | Y | JO2 | JO3 | Y | JO2 | JO3 | Y | JO2 | JO3 |
| 140M | | | | | | 11 | | | | | | | | | | | | |
| 160S | | | | | 10 | 15 | | 7.5 | 15 | | 5.5 | 11 | | 4 | 7.5 | | | |
| 160MI | | 11 | | | 13 | 18.5 | 11 | 10 | 18.5 | 7.5 | 7.5 | 15 | 4 | 5.5 | 11 | | | |
| 160M2 | | 15 | | | | | | | | | | | 5.5 | | | | | |
| 160L | | 18.5 | | | | | 15 | | | | 11 | | | 7.5 | | | | |
| 180S | | | | | 17 | | | 13 | | | | 10 | | | 7.5 | | | |
| 180MI | | 22 | | 22 | | | 18.5 | 17 | 22 | | | 13 | | | 10 | 15 | | |
| 180M2 | | 22 | | 30 | | | 22 | | 30 | | | | | | | 18.5 | | |
| 180L | | | | | | | 22 | | | | 15 | | | | | | | |
| 200M | | | | 40 | | | | | 40 | | | | | | | | | 22 |
| 200L1 | | 30 | | | | | | | | | 18.5 | | | | | | | |
| 200L2 | | 37 | | | | | 30 | | | | 22 | | | | 15 | | | |
| 225S | | | | 22 | 55 | | 37 | 22 | 55 | | 17 | 40 | 18.5 | 13 | 30 | | | |
| 225M | | 45 | | 30 | | | 45 | 30 | | | 30 | 22 | | 22 | 17 | | | |
| 250S | | | | | | 75 | | | | | | | | | | | | |
| 250M | | 55 | 40 | | | | 55 | 40 | | | 37 | 40 | | 30 | 30 | | | |

续表

| 机座号 | | 同步转速 | | | 3000 (r/min) | | | 1500 (r/min) | | | 1000 (r/min) | | | 750 (r/min) | | | 600 (r/min) | | |
|-------|--|------|---|---|--------------|-----|-----|--------------|-----|-----|--------------|-----|-----|-------------|-----|-----|-------------|-----|-----|
| | | 号 | 型 | 号 | Y | JO2 | JO3 | Y | JO2 | JO3 | Y | JO2 | JO3 | Y | JO2 | JO3 | Y | JO2 | JO3 |
| 280S | | | | | 75 | 55 | 100 | 75 | 55 | 100 | 45 | 55 | 75 | 37 | 40 | 55 | | | |
| 280M | | | | | 90 | 75 | | 90 | 75 | | 55 | 75 | | 45 | 55 | | | | |
| 280L | | | | | | 100 | | | 100 | | | | | | | | | | |
| 315S | | | | | 110 | | | 110 | | | 75 | | | 55 | | | | | 45 |
| 315M1 | | | | | 132 | | | 132 | | | 90 | | | 75 | | | | | 55 |
| 315M2 | | | | | 160 | | | 160 | | | 110 | | | 90 | | | | | 75 |
| 315M3 | | | | | | | | | | | 132 | | | 110 | | | | | |
| 355M1 | | | | | 200 | | | 200 | | | 160 | | | 132 | | | | | 90 |
| 355M2 | | | | | 250 | | | 250 | | | 200 | | | 160 | | | | | 110 |

表 3-8 Y 系列与 J2、JO2 系列电动机的功率等级对照 (kW)

| | | | | | | | | | | |
|--------------|------|------|------|-----|-----|----|----|-----|-----|----|
| J2、JO2 系列 | 0.6 | 0.8 | 1.1 | 1.5 | 2.2 | 3 | 4 | 5.5 | 7.5 | |
| Y 系列 | 0.55 | 0.75 | 1.1 | 1.5 | 2.2 | 3 | 4 | 5.5 | 7.5 | |
| J2、JO2 系列 | 10 | 13 | 17 | 22 | 30 | 40 | 55 | 75 | 100 | |
| Y 系列 | 11 | 15 | 18.5 | 22 | 30 | 37 | 45 | 55 | 75 | 90 |

139. 怎样估算鼠笼式电动机的额定功率 (容量)?

如果鼠笼式电动机的铭牌丢失或铭牌上的数据模糊不清,可按
下式来估算其额定功率 (容量) P_e :

$$P_e = K \cdot D^2 \cdot L \cdot \eta_1 \quad (\text{kW})$$

式中 K ——系数,一般取 1.75×10^{-6} ,也可根据极距 τ 从表 3-9 中查取;

D ——定子铁芯内径, cm;

L ——定子铁芯净长度, cm;

η_1 ——同步转速, $\eta_1 = \frac{60f}{p}$ (f 为电源频率, p 为极对数)。

此外,也可根据定子铁芯内径和定子铁芯净长度来计算电动机的
额定功率 (容量) P (kW):

$$2 \text{ 极电动机 } P_e = \frac{D^3 \times L \times 0.28}{1000}$$

$$4 \text{ 极电动机 } P_e = \frac{D^3 \times L \times 0.14}{1000}$$

$$6 \text{ 极电动机 } P_e = \frac{D^3 \times L \times 0.08}{1000}$$

$$8 \text{ 极电动机 } P_e = \frac{D^3 \times L \times 0.58}{1000}$$

例如,有一台旧壳老式电动机,其定子内径 $D = 15.5\text{cm}$,铁

芯净长度 $L = 9\text{cm}$ ，该电动机若按 4 极使用，则其额定功率为

$$P_c = \frac{D^3 \times L \times 0.14}{1000} = \frac{15.5 \times 9 \times 0.14}{1000} = 4.7 \text{ (kW)}$$

此电动机按 4 极使用，其额定功率是 4.7 kW。

表 3-9 系数 K 值

| $2p=2$ | | $2p=4$ | |
|--------|-----------------------------------|--------|-----------------------------------|
| τ | K | τ | K |
| 11.8 | 1.31×10^{-6} | 8.8 | $(1.3 \sim 1.5) \times 10^{-6}$ |
| 15.4 | $(1.4 \sim 1.55) \times 10^{-6}$ | 12.2 | $(1.55 \sim 1.75) \times 10^{-6}$ |
| 20.4 | $(1.73 \sim 1.78) \times 10^{-6}$ | 16.1 | $(2.11 \sim 2.23) \times 10^{-6}$ |
| 28.2 | $(1.91 \sim 2.16) \times 10^{-6}$ | 18.5 | $(2.55 \sim 2.62) \times 10^{-6}$ |
| 32.2 | $(2.34 \sim 2.44) \times 10^{-6}$ | 21.6 | $(2.72 \sim 2.86) \times 10^{-6}$ |
| 37 | $(2.67 \sim 2.76) \times 10^{-6}$ | | |
| $2p=6$ | | $2p=8$ | |
| τ | K | τ | K |
| 6.3 | 1.18×10^{-6} | 7.1 | $(0.88 \sim 1.05) \times 10^{-6}$ |
| 8.65 | $(1.34 \sim 1.4) \times 10^{-6}$ | 9.25 | $(1.51 \sim 1.85) \times 10^{-6}$ |
| 11.5 | $(1.93 \sim 2.18) \times 10^{-6}$ | 11 | $(1.8 \sim 1.84) \times 10^{-6}$ |
| 13.6 | $(2.19 \sim 2.25) \times 10^{-6}$ | 11.8 | $(2.28 \sim 2.44) \times 10^{-6}$ |
| 15.7 | $(2.58 \sim 2.77) \times 10^{-6}$ | | |

140. 三相异步电动机有哪几种外形结构型式和安装结构型式？

三相异步电动机有以下三种外形结构型式：

(1) 防护型。这种电动机的外壳装有遮盖装置，能防止水滴、

铁屑或其他杂物在与垂直方向成 45° 以内的角度落入电动机内部。由于遮盖装置有不同的型式，因此又分为网罩式、防滴式、防溅式等几种。防护型电动机应用较广，常用于车床、钻床、铣床、水泵、鼓风机和运输机械。

(2) 封闭型。这种电动机完全封闭，内部与外界隔离，能防止灰尘、铁屑、水滴或其他飞扬杂物侵入电机内部。它除了与上述防护型电动机有相同的用途外，还适用于多尘和水土飞溅的场所（如磨床、铣床、车床和球磨机等）。这种电动机的散热条件不如防护型电动机，为了改善散热条件，其外壳上一般都有像暖气片一样的散热片（也称散热筋）。

有腐蚀性气体的场所，通常采用涂有防腐绝缘漆的封闭型电动机。

(3) 防爆型。这种电动机有严密的封闭结构，同时其外壳也有较高的机械强度。一旦爆炸性气体侵入电机内部而发生爆炸，电机的外壳能承受爆炸压力，火花不会窜到外面而引起外界气体再爆炸。凡是有爆炸性气体的场所（如矿山和化工厂的某些车间），都应采用防爆型电动机。

为适应不同机械的整体设计和对传动方式的要求，我国目前生产的电动机的安装结构型式有如表 3-10 和图 3-1 所示的四种。

表 3-10 电动机的安装结构型式

| 型式代号 | 安装结构型式 |
|-------|------------------|
| D2 | 卧式，机座带底脚，端盖上无凸缘 |
| T2 | 卧式，机座不带底脚，端盖上有凸缘 |
| D2/T2 | 卧式，机座带底脚，端盖上有凸缘 |
| L2 | 立式，机座不带底脚，端盖上有凸缘 |

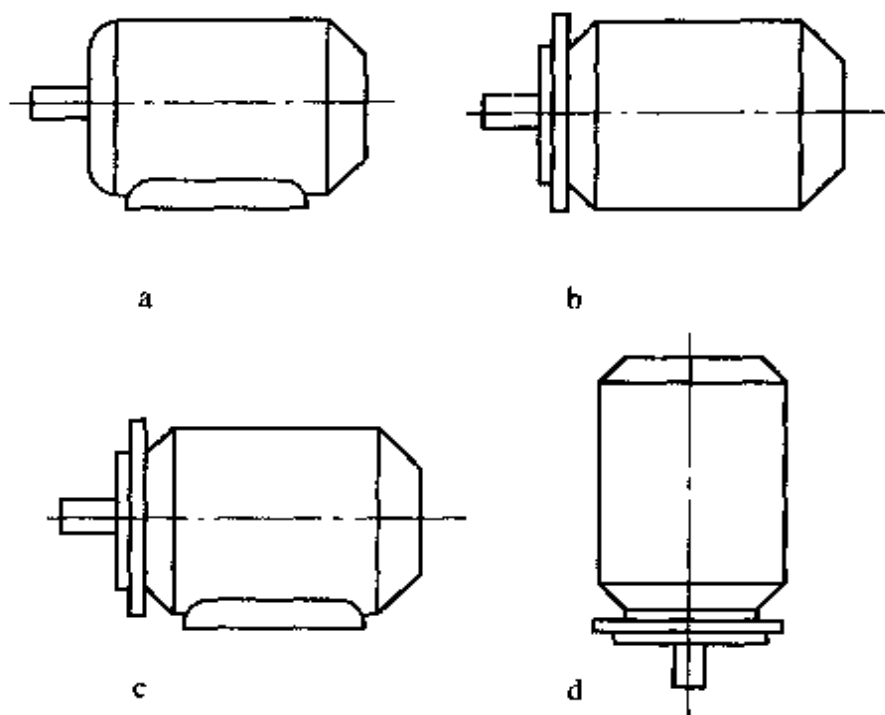


图 3-1 电动机的安装结构

a. D2 型; b. T2 型; c. D2/T2 型; d. L2 型

141. 三相异步电动机的转子分为哪两种？在结构上各有何特点？

三相异步电动机的转子分为鼠笼式转子和绕线式转子两种。

(1) 鼠笼式转子。其绕组的结构是：在转子铁芯槽内嵌放裸铜条或裸铝条，然后用两个金属环（称为端环）分别在裸金属导条两端把它们全部接通，即构成转子绕组。小型鼠笼式电动机一般采用铸铝转子，这种转子是用熔化的铝液浇铸在转子铁芯上，导条、端环一次浇铸出来。如果去掉铁芯，则整个绕组形似鼠笼，所以称为鼠笼式转子（图 3-2）。为了改善起动性能，鼠笼式转子大多为斜槽结构，但也有用双鼠笼和深槽式转子来改善电动机的起动性能的。

(2) 绕线式转子。其绕组与定子绕组类似，由镶嵌在转子铁芯槽内的三组线圈组成。线圈一般采用星形（Y）连接，三组线圈的尾端接在一起，首端分别接到转轴上的三个铜集电环上，线圈通过集电环、电刷与变阻器连接，构成转子的闭合回路（图 3-3）。有

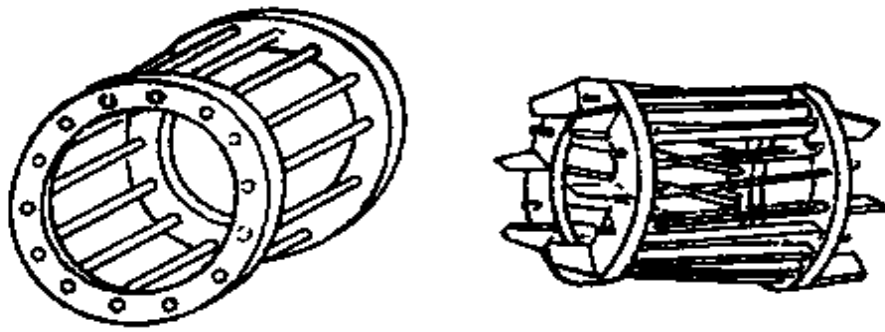


图 3-2 鼠笼式转子绕组

的电机还装有提刷短路装置，当电动机启动后又不需要调速时，可提起电刷，同时使三个集电环短路，以减少电刷摩擦损耗。

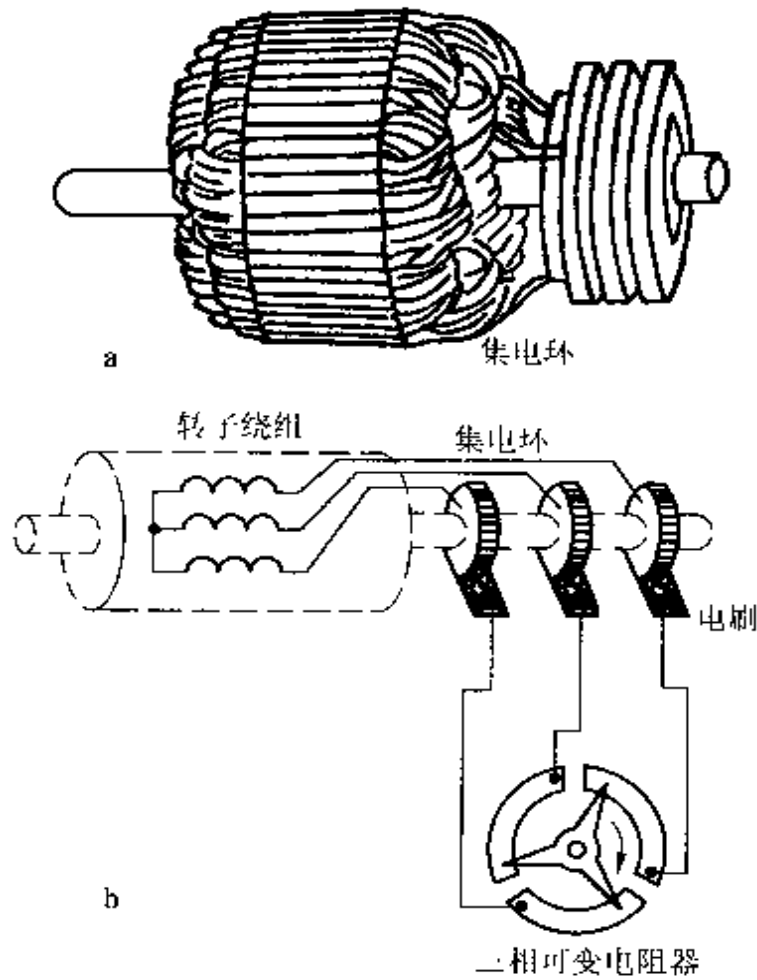


图 3-3 绕线式转子绕组

a. 绕组外观；b. 绕组接线图

两种转子对比，鼠笼式转子的结构简单，价格较低，运行可靠，因此鼠笼式电动机应用十分广泛。绕线式转子的结构比较复杂，造价也较高。但是，它的起动性能较好，并且能利用变阻器阻值的变化，使电动机能在一定范围内调速。起动频繁、需要较大起动转矩的生产机械（如起重机）常采用绕线式电动机。

142. 三相异步电动机有哪些主要工作特性？

(1) 异步电动机正常工作时，其转速随着机械负载的增大而下降。这是因为，电动机转子的转速 n 下降会使转子与旋转磁场之间的相对速度增大，从而产生较大的感应电动势、电流和旋转力矩来与机械负载的增大保持平衡。但是，由空载（无负载）到满载（额定负载），转子的转速 n 下降并不多。电动机的这种转速随负载变化不大的特性，常称为电动机的硬机械特性。例如，异步电动机带动水泵，在未抽水时（近似空载），其转速约为 1490 r/min；当抽水量增大到额定值时，其转速相应下降，但下降并不多，此时的转速约为 1430 r/min。

(2) 鼠笼式异步电动机仅有几种转速，不能获得任意转速，它只有 3000、1500、1000、750、600 r/min 等几种转速。

(3) 异步电动机所产生的电磁转矩，在一定条件下能与负载的需要相适应，但不能无限地增大。每一台异步电动机在外加电压一定的情况下，所能产生的电磁转矩只能有一个最大值 (T_{\max})。当转轴所拖动的机械负载大于最大转矩时，电动机就无法带动机械负载而被迫停转，此时若不立即切断电源，就会发生电机烧毁的严重事故。通常，异步电动机所能产生的最大转矩 T_{\max} 可达到其额定转矩 T_e 的 1.6~2.5 倍。由于异步电动机的转速变化不大，所以可认为它能够输出的最大机械功率 P_{\max} 大致为其额定功率 P_e 的 1.6~2.5 倍。这就是说，一台异步电动机在短时间内能拖动比它的额定功率大 1.6~1.5 倍的机械负载，机械负载再大就拖不动。通常，各种电动机的过载能力在其产品目录（说明书）中都已给出。

(4) 异步电动机对电源电压的波动比较敏感，电源电压稍有波动，对其转矩就产生很大影响。这是因为，异步电动机的转矩 T 与定子绕组的外接电源电压 U 的平方成正比，即

$$T \propto U^2$$

当电源电压 U 较低时，电动机的转矩 T 会显著下降，从而影响其起动能力和过载能力，甚至影响其使用寿命。因此，在电动机的运行中，应随时监视电源电压 U 的变化，以便及时调整电机的负载。一旦电源电压过低，就应立即切断电源，以免烧坏电动机绕组。

(5) 异步电动机空载或轻载时，其功率因数很低，一般仅为 $0.2 \sim 0.3$ 。当电动机输出的机械功率增大而接近额定值时，其功率因数最高（可达到 $0.7 \sim 0.9$ ）。所以，为了既经济又合理地使用异步电动机，应尽量避免它在轻载情况下长期运行。也就是说，要尽量避免出现“大马拉小车”现象。当然，也要防止出现“小马拉大车”现象而烧毁电动机。

143. 鼠笼式电动机分为哪几种？各有何特点？分别适用于什么场合？

鼠笼式电动机，根据其鼠笼转子的形状和结构的不同，分为单鼠笼式、双鼠笼式和深槽鼠笼式三种。

(1) 单鼠笼式电动机。常简称鼠笼式电动机。其转子结构简单、制造容易、坚固耐用、运行可靠、使用和维护方便、效率较高、价格较低，凡是无特殊要求的一般机械设备都可采用这种电动机，它特别适用于功率小、不需要调速、恒定负载和低起动转矩的场合（如水泵、鼓风机、机床等）。这种电动机是工农业生产中最常用的一种拖动电机。据统计，在电力拖动的机械中有 90% 左右是由单鼠笼式电动机拖动的，这种电动机的社会拥有量最大。

(2) 双鼠笼式电动机。其转子上有两个重叠的笼。与单鼠笼式电动机相比，它具有起动转矩大、起动电流小的特点，适用于需要较大起动转矩的恒速负载（如压缩机、粉碎机、搅拌机 etc）。

(3) 深槽鼠笼式电动机。其转子导体槽深而窄，起动转矩比单鼠笼式电动机大，而起动电流却比单鼠笼式电动机小，但过载能力比单鼠笼式电动机低。这种电动机的容量一般都较大，适用于要求起动转矩比单鼠笼式电动机大、要求最大转矩比单鼠笼式电动机稍小的场合（如磨煤机等）。

144. 绕线式电动机的结构有何特点？为什么起重设备等提升机械一般都不采用鼠笼式电动机而采用绕线式电动机？

绕线式电动机的转子绕组与其定子绕组相似，是用绝缘导线绕成线圈，将线圈嵌放在转子槽内，然后连接成对称的三相绕组，并接成星形。其三个线端接在转轴上的三个集电环（滑环）上，再通过电刷与外电路相接。

由异步电动机的特性可知，如果使其转子电路在起动过程中具有较大的电阻，则其起动电流就较小，转子的功率因数就较高，因而能提高起动转矩，改善起动性能。而绕线式电动机在结构上便具有这一特点，其转子绕组可以通过集电环与电刷和外电路相连，利用串接在绕线式转子电路中的可变电阻来改善起动性能。起动前，将串联电阻调在阻值较大的位置，起动过程中逐渐减小电阻，起动完毕通过提刷机构将电刷提起，以减小磨损，同时将转子绕组短接。

起重设备，如天车、卷扬机等提升机械，都是起动频繁、需要调速的重载机械。如果采用鼠笼式电动机，则起动电流大，转矩小，不易调速。并且，多次大电流起动，会造成电网电压波动，绕组发热，加速绝缘老化，缩短电动机的使用寿命。此外，多次大电流冲击，绕组频繁受磁力作用也易变形。

如果采用绕线式电动机，则可通过转子电路中的可变电阻来减小起动电流，增加起动转矩，平滑调速，从而可以消除鼠笼式电动机的那些缺点。因此，凡是起动频繁，或电网容量较小不足以起动鼠笼式电动机的场合，以及要求起动时间短和重载起动的起重、提升机械，一般都采用绕线式电动机而不采用鼠笼式电动机。

145. 采用新系列电动机取代老系列电动机时，怎样考虑安装尺寸？

图 3-4 为 Y 系列 (IP44) 电动机的外形图，其安装尺寸如表 3-11 所示。Y 系列 (IP44) 电动机与 JO2、JO3、JO4 老系列电动机的安装尺寸对应关系如表 3-12 所示。例如，老系列中的 JO2-71-2 型三相异步电动机，采用与其对应的新系列中的 Y225-S-2 型电动机来取代时，安装尺寸不变，可直接装在原电动机的基础上。

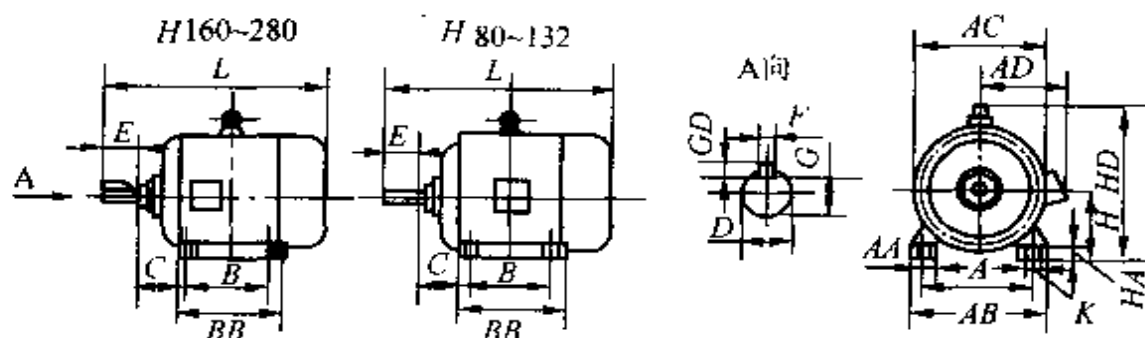


图 3-4 Y 系列 (IP44) 中的 Y80~315 型电动机的外形图

图 3-5 为 Y 系列 (IP23) 电动机的外形图，其安装尺寸和外形尺寸如表 3-13 所示。Y 系列 (IP23) 电动机与 J2 老系列电动机的安装尺寸对应关系如表 3-14 所示。

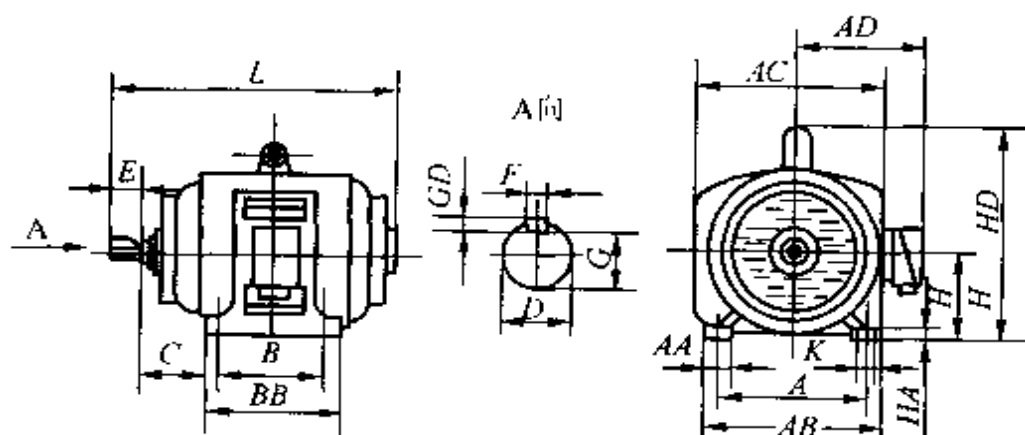


图 3-5 Y 系列 (IP23) 中的 Y160~280 型电动机的外形图

表 3-11

Y 系列 (IP44) 电动机的安装尺寸

| 型 号 | 极 数 | 尺 寸 (mm) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|---------|----------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|----|------|----|-----|----|-----|----|-----|
| | | A | AA | AB | AC | AD | B | BB | C | D | E | F | G | GD | H | HA | HD | K | L |
| Y80 | 2、4 | 125 | 34 | 160 | 165 | 150 | 100 | 130 | 50 | 19 | 40 | 6 | 15.5 | 6 | 80 | 10 | 170 | 10 | 285 |
| Y90S | 2、4、6 | 140 | 36 | 180 | 175 | 155 | 100 | 130 | 56 | 24 | 50 | 8 | 20 | 7 | 90 | 12 | 190 | 10 | 310 |
| Y90L | 2、4、6 | 140 | 36 | 180 | 175 | 155 | 125 | 155 | 56 | 24 | 50 | 8 | 20 | 7 | 90 | 12 | 190 | 10 | 335 |
| Y100L | 2、4、6 | 160 | 40 | 205 | 205 | 180 | 140 | 176 | 63 | 28 | 60 | 8 | 24 | 7 | 100 | 14 | 245 | 12 | 380 |
| Y112M | 2、4、6 | 190 | 50 | 245 | 230 | 190 | 140 | 180 | 70 | 28 | 60 | 8 | 24 | 7 | 112 | 15 | 265 | 12 | 400 |
| Y132S | 2、4、6、8 | 216 | 60 | 280 | 270 | 210 | 140 | 200 | 89 | 38 | 80 | 10 | 33 | 8 | 132 | 18 | 315 | 12 | 474 |
| Y132M | 4、6、8 | 216 | 60 | 280 | 270 | 210 | 178 | 238 | 89 | 38 | 80 | 10 | 33 | 8 | 132 | 18 | 315 | 12 | 515 |
| Y160M | 2、4、6、8 | 254 | 70 | 325 | 325 | 255 | 210 | 270 | 108 | 42 | 110 | 12 | 37 | 8 | 160 | 20 | 385 | 15 | 600 |
| Y160L | 2、4、6、8 | 254 | 70 | 325 | 325 | 255 | 254 | 314 | 108 | 42 | 110 | 12 | 37 | 8 | 160 | 20 | 385 | 15 | 645 |
| Y180M | 2、4、6、8 | 279 | 70 | 355 | 360 | 285 | 241 | 311 | 121 | 48 | 110 | 14 | 42.5 | 9 | 180 | 22 | 430 | 15 | 670 |
| Y180L | 2、4、6、8 | 279 | 70 | 355 | 360 | 285 | 279 | 349 | 121 | 48 | 110 | 14 | 42.5 | 9 | 180 | 22 | 430 | 15 | 710 |
| Y200L | 2、4、6、8 | 318 | 70 | 395 | 400 | 310 | 305 | 379 | 133 | 55 | 110 | 16 | 49 | 10 | 200 | 25 | 475 | 19 | 775 |
| Y225S | 4、8 | 356 | 75 | 435 | 450 | 345 | 286 | 368 | 149 | 60 | 140 | 18 | 53 | 11 | 225 | 28 | 530 | 19 | 820 |

续表

| 型号 | 极数 | 尺寸 (mm) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|----------|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|----|------|----|-----|----|-----|----|------|
| | | A | AA | AB | AC | AD | B | BB | C | D | E | F | G | GD | H | HA | HD | K | L |
| Y225M | 2 | 356 | 75 | 435 | 450 | 345 | 311 | 393 | 149 | 55 | 110 | 16 | 40 | 10 | 225 | 28 | 530 | 19 | 815 |
| Y225M | 4、6、8 | 356 | 75 | 435 | 450 | 345 | 311 | 393 | 149 | 60 | 140 | 18 | 53 | 11 | 225 | 28 | 530 | 19 | 845 |
| Y250M | 2 | 406 | 80 | 490 | 495 | 385 | 439 | 455 | 168 | 60 | 140 | 18 | 53 | 11 | 250 | 30 | 575 | 24 | 930 |
| Y250M | 4、6、8 | 406 | 80 | 490 | 495 | 385 | 439 | 455 | 168 | 65 | 140 | 18 | 58 | 11 | 250 | 30 | 575 | 24 | 930 |
| Y280S | 2 | 457 | 85 | 545 | 555 | 410 | 368 | 530 | 190 | 65 | 140 | 18 | 53 | 11 | 280 | 35 | 640 | 24 | 1000 |
| Y280S | 4、6、8 | 457 | 85 | 545 | 555 | 410 | 368 | 530 | 190 | 75 | 140 | 20 | 67.5 | 12 | 280 | 35 | 640 | 24 | 1000 |
| Y280M | 2 | 457 | 85 | 545 | 555 | 410 | 419 | 581 | 190 | 65 | 140 | 18 | 58 | 11 | 280 | 35 | 640 | 24 | 1050 |
| Y280M | 4、6、8 | 457 | 85 | 545 | 555 | 410 | 419 | 581 | 190 | 75 | 140 | 20 | 67.5 | 12 | 280 | 35 | 640 | 24 | 1050 |
| Y315S | 2 | 508 | | | | | 406 | 610 | 216 | 65 | 140 | 18 | 58 | 11 | 315 | 45 | 865 | 28 | 1190 |
| | 4、6、8、10 | | 120 | 744 | 645 | 576 | | | | 80 | 170 | 22 | 71 | 14 | | | | | 1220 |
| Y315M | 2 | 508 | | | | | 457 | 660 | 216 | 65 | 140 | 18 | 58 | 11 | 315 | 45 | 865 | 28 | 1240 |
| | 4、6、8、10 | | | | | | | | | 80 | 170 | 22 | 71 | 14 | | | | | 1270 |

表 3-12 Y 系列 (IP44) 电动机与 JO2、JO3、JO4 系列电动机对应的安装尺寸

| 机座号 | | 极数 | 安 装 尺 寸 (mm) | | | | | | | | | |
|----------|---------------------|---------|--------------|------|-----------|-----|----|----------------------|--------------|----|----|---------------------|
| Y (IP44) | JO2 JO2-L JO4 | | A | A/2 | B | C | Y | JO2、 JO2-L JO4 | JO2 JO3-L | H | Y | JO2 JO2-L JO4 |
| 80 | | 2、4 | 125 | 62.5 | 100 | 50 | 19 | 18 | 80 | 10 | | 11 |
| 90S | 11 | 2、4、6 | 140 | 70 | 100 | 56 | 24 | 18 | 90 | 10 | 11 | 11 |
| 90L | 12 | | | | 125 (100) | | | | | | | |
| (100S) | 21 | 2、4、6 | 160 | 80 | /112 | 63 | 28 | 22 | 100 | 12 | 13 | 13 |
| 100L | 22 | | | | 140 | | | | | | | |
| (112S) | | 2、4、6 | 190 | 95 | (114) | 70 | 28 | 28 | 112 | 12 | 13 | 13 |
| 112M | 31 | | | | 140 | | | | | | | |
| 112L | 32 | | | | 159 | | | | | | | |
| 132S | 41 | 2、4、6、8 | 216 | 108 | 140 | 89 | 38 | 32 | 132 | 12 | 13 | 13 |
| 132M | 42 | | | | 178 | | | | | | | |
| (140S) | | 2、4、6、8 | 216 | 103 | 140 | 89 | | | | | | 13 |
| (140M) | | | | | 178 | | | | | | | |
| (160S) | 51 | | | | /178 | | | | | | | |
| 160M | 52 | 2、4、6、8 | 254 | 127 | 210 | 108 | 42 | 38 | 160 | 15 | 16 | 16 |
| 160L | | | | | 254 | | | | | | | |

续表

| 机座号 | | 安 装 尺 寸 (mm) | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|---------------------|--------------|-----|-------|-------|------|-----|----|----------------------|--------------|-----|----|---------------------|--------------|
| Y (IP44) JO3 JO3-L | JO2 JO2-L JO4 | 极数 | A | A/2 | B | | C | D | | | H | K | | |
| | | | | | Y/JO2 | | | Y | JO2、 JO2-L JO4 | JO2 JO3-L | | Y | JO2 JO2-L JO4 | JO3 JO3-L |
| 180M | 61 | 2、4、6、8 | 279 | 139.5 | /203 | 241 | 121 | 48 | 42 | 48 | 180 | 15 | 16 | 16 |
| 180L | 62 | | | | | | | | | | | | | |
| (200M) | 200L | 2、4、6、8 | 318 | 159 | (267) | 305/ | 133 | 55 | | 48、55 | 200 | 19 | 20 | 20 |
| 225S | | | | | | | | | | | | | | |
| 225M | 72 | 2 | 356 | 178 | 311 | 149 | 60 | 55 | 48 | 55 | 225 | 19 | 20 | 20 |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| (250S) | 81 | 2 | 406 | 203 | /311 | 168 | 60 | 60 | 60 | 55 | 250 | 24 | 25 | 25 |
| 250M | 82 | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | 2 | | | | | | | | | | |
| | | 4、6、8 | | | | | | | | | | | | |
| | | 4、6、8 | | | | | | | | | | | | |

续表

| 机座号 | | 极数 | 安 装 尺 寸 (mm) | | | | | | | | | |
|--------------------------|---------------------|--------------|--------------|-------|------|-----|----|-----------------------|--------------|----|---------------------|--------------|
| Y (IP44) JO3 JO3-L | JO2 JO2-L JO4 | | A | A/2 | B | C | D | | H | Y | K | |
| 280S | 91 | 2 | 457 | 228.5 | 368 | 190 | Y | JO2、 JO2-L、 JO4 | JO2 JO3-L | 25 | JO2 JO2-L JO4 | JO3 JO3-L |
| | | 4、6、8 | | | | | 65 | 75 | 75 | | | |
| 280M | 92 | 2 | 457 | 228.5 | 419 | 190 | Y | 70 | 75 | 25 | 25 | 25 |
| | | 4、6、8 | | | | | 65 | 85 | 75 | | | |
| 315S | - | 2 | 508 | 254 | 406/ | 216 | Y | 70 | 80 | 28 | 28 | 28 |
| | | 4、6、 8、10 | | | | | 65 | 80 | 75 | | | |
| 315M | - | 2 | 508 | 254 | 457/ | 216 | Y | 70 | 80 | 28 | 28 | 28 |
| | | 4、6、 8、10 | | | | | 65 | 80 | 75 | | | |

注：表中 () 为 JO3 与 Y 系列不同的机座号和数据。

表 3-13

Y 系列 (IP23) 电动机的安装尺寸和外形尺寸

| 机座号 | 安 装 尺 寸 (mm) | | | | | | | | | | 外 形 尺 寸 (mm) | | | | | | | | | |
|------|--------------|-------|-----|-------|-----|----------|------|-------|-------|-------|--------------|-------|-----|-------|-----|-------|---------------------------|-------|-----|-------|
| | A | | B | | C | | D | | E | | F×GD | | G | | H | | K/A/A/B/A/C/A/D/B/B/H/H/D | | L | |
| | 2极 | 4极及以上 | 2极 | 4极及以上 | 2极 | 4极及以上 | 2极 | 4极及以上 | 2极 | 4极及以上 | 2极 | 4极及以上 | 2极 | 4极及以上 | 2极 | 4极及以上 | 2极 | 4极及以上 | 2极 | 4极及以上 |
| 160M | 210 | | 108 | 48 | 110 | 14×9 | 42.5 | 160 | 1570 | 330 | 380 | 290 | 270 | 20 | 405 | | | 540 | | |
| 160L | 254 | | | | | | | | | | | | 315 | | | | | 585 | | |
| 180M | 241 | | 121 | 55 | 110 | 16×10 | 49 | 180 | 1570 | 350 | 420 | 325 | 315 | 22 | 445 | | | 595 | | |
| 180L | 279 | | | | | | | | | | | | 350 | | | | | 635 | | |
| 200M | 267 | | 133 | 60 | 140 | 18×11 | 53 | 200 | 1980 | 400 | 465 | 350 | 355 | 25 | 495 | | | 675 | | |
| 200L | 318 | | | | | | | | | | | | 395 | | | | | 710 | | |
| 225M | 356 | 311 | 149 | 60 | 140 | 18×11 | 53 | 225 | 1990 | 450 | 520 | 395 | 395 | 28 | 545 | | | 750 | | |
| 250S | 311 | | 168 | 65 | 140 | 18×20×11 | 58 | 250 | 24100 | 510 | 550 | 410 | 420 | 30 | 600 | | | 785 | | |
| 250M | 409 | 349 | | 75 | | 11 | 12 | | | | | | 455 | | | | | 825 | | |
| 280S | 368 | | 190 | 65 | 140 | 18×22×11 | 58 | 280 | 24110 | 570 | 610 | 450 | 530 | 35 | 655 | | | 920 | | |
| 280M | 457 | 419 | | 80 | 170 | 11 | 14 | | | | | | 585 | | | | | 940 | 970 | |

表 3-14 Y 系列 (IP23) 电动机与 J2 系列电动机对应的安装尺寸

| 机座号 | | 极数 | 安 装 尺 寸 (mm) | | | | | | | | | | |
|------------------|----|--------------|--------------|-------|-----|-----|----|----|------|-----|-----|----|------|
| Y (IP23) J3-L | J2 | | A | A/2 | B | C | D | | | H | K | | |
| | | | | | | | Y | J2 | J3-L | | Y | J2 | J3-L |
| 160M | | 2、4、6、 8 | 254 | 127 | 210 | 108 | 48 | 38 | | 160 | 15 | | |
| 160L | | | | | 254 | | | | | | | | |
| | 61 | 2、4、6、 8 | 279 | 139.5 | 203 | 121 | 55 | 42 | | 180 | 15 | 16 | |
| 180M | 62 | | | | 241 | | | | | | | | |
| 180L | | | | | 279 | | | | | | | | |
| 200M | | 2、4、6、 8 | 318 | 159 | 267 | 133 | 60 | | | 200 | 19 | | |
| 200L | | | | | 305 | | | | | | | | |
| 225S | 71 | 2 | 356 | 178 | 286 | 149 | 48 | | | 225 | 19 | 20 | |
| | | 4、6、8 | | | | | | | | | | | |
| 225M | 72 | 2 | | | 311 | | | | | | | | |
| | | 4、6、8 | | 65 | | | | | | | | | |
| 250S | 81 | 2 | 406 | 203 | 311 | 168 | 60 | | | 250 | 24 | 25 | 25 |
| | | 4、6、8 | | | | | | | | | | | |
| 250M | 82 | 2 | | | 349 | | | | | | | | |
| | | 4、6、8 | | 75 | 75 | | | | | | | | |
| 280S | 91 | 2 | 457 | 228.5 | 368 | 190 | 70 | | | 280 | 24 | 25 | |
| | | 4、6、8 | | | | | | | | | | | |
| 280M | 92 | 2 | | | 419 | | | | | | | | |
| | | 4、6、8 | | 80 | | | | | | | | | |
| 315S | | 2 | | | | 406 | 70 | | | | 315 | | |
| | | 4、6、 8、10 | | | | | 90 | | | | | | |
| 315M | | 2 | | | | 457 | 70 | | | | 315 | | |
| | | 4、6、 8、10 | | | | | 90 | | | | | | |

146. 用 Y 系列电动机取代老系列电动机时, 怎样在老电动机的原有安装基础上安装新电动机?

(1) 选定与 JO2 系列电动机容量相当的 Y 系列电动机后, 可在老电动机的原有安装基础上加装一块过渡钢底板, 将过渡底板固定在原有基础上, 然后把新电动机安装在过渡底板上。

(2) 过渡底板的尺寸和安装孔位置, 可参照新电动机的产品样本 (或产品说明书) 上注明的安裝尺寸和原有基础的尺寸确定。底板厚度为 Y 系列电动机轴中心线高度减去 JO2 系列电动机轴中心线高度之差。这样, 就可使所拖动机械的胶带轮、联轴器或齿轮传动装置等的中心线高度保持一致。

(3) 在确定底板上的底脚安装孔时, 应保持胶带轮、联轴器或齿轮传动装置等的原空间位置不变。

(4) 由于新老电动机的轴伸端直径不同, 胶带轮、联轴器或齿轮传动装置等的轴孔直径应按实际尺寸确定。

147. 不同工作制的电动机怎样代用?

电动机有连续工作、短时工作和断续周期工作三种工作制。在电动机的实际使用中, 有时为了生产急需, 用某一工作制的电动机来取代另一工作制的电动机。例如, 短时工作制的电动机取代连续工作制的电动机用于连续运行的负载。此时应合理计算该电动机在新情况下的功率, 否则, 它就不能正常运行甚至烧毁。

表 3-15 给出短时工作制电动机与连续工作制电动机互换的输出功率系数。

例如, 一台 10 kW 的开启式三相异步电动机, 其工作制为 60min 的短时工作制, 但负载要求连续运行, 而现场又没有连续工作制的电动机, 将该电动机用来拖动连续运行的负载, 其输出功率应是多大才合理?

根据电动机的工作制和负载要求的运行方式, 从表中查得输出功率系数为 0.9, 该电动机在新情况下运行时输出功率为 0.9×10

kW = 9 kW。

表 3-15 不同工作制电动机互换的输出功率系数

| 电动机 工作制 | 连 续 | | 短 时 (60min) | | 短 时 (30min) | |
|------------|---------------|---------------|--------------|---------------|-------------|--------------|
| | 60min | 30min | 连续 | 30min | 连续 | 60min |
| 开启式 | 1.1~ 1.15 | 1.25~ 1.35 | 约 0.9 | 约 1.25 | 约 0.7 | 约 0.8 |
| 封闭式 | 1.25~ 1.55 | 约 1.6 | 0.3~ 0.65 | 1.35~ 1.55 | 0.35 以下 | 0.5~ 0.65 |

148. 什么叫做三相异步电动机的转差和转差率？怎样根据转差率来判断异步电动机的运行状态？

由电动机的工作原理可知， n_1 是旋转磁场的转速（即同步转速）， n 是转子的转速（即电动机的转速）。电动机正常运行时，其转速总是小于同步转速。同步转速 n_1 与电动机转速 n 之差，即 $n_1 - n$ 叫做转差，这是异步电动机能够运转的必要条件。转差与同步转速的比值，叫做电动机的转差率，一般用符号 S 表示。转差率 S 常用百分数表示，即

$$S = \frac{n_1 - n}{n_1} \times 100\%$$

转差率是分析判断异步电动机运行状态的一个重要参数，在不同转差率时，异步电动机一般有以下几种运行状态：

- (1) 当 $S=1$ 时， $n=0$ ，即电动机在通电瞬间处于起动开始状态。
- (2) 当 $0 < S < 1$ 时， $n < n_1$ ，电动机处于正常运行状态。
- (3) 当 $S=0$ 时，电动机在运行中，转子的转速 n 与同步转速 n_1 相等（这种情况在理论上认为存在，但实际上并不会出现）。
- (4) 当 $S > 1$ 时，电动机处于反接制动状态，即电动机的转子旋转方向与旋转磁场的转向相反， n 为负值，即 $S = [n_1 - (-n)] /$

$n_1 = (n_1 + n) / n_1 > 1$ 。这种情况如果发生在起重机吊重物下降时，则电动机的电磁转动力矩与重物下降的负载力矩处于平衡状态，重物作匀速下降。此时电动机处于反接制动状态。

149. 什么叫做三相异步电动机的输入功率、输出功率和效率？怎样计算输入功率？

三相异步电动机从电源吸取的有功功率，称为电动机的输入功率，一般用 P_1 表示；电动机转轴上输出的机械功率，称为电动机的输出功率，一般用 P_2 表示。在额定负载下， P_2 就是额定功率 P_N 。

电动机运行时，其内部总有一定的功率损耗，这些损耗包括绕组上的铜损耗、铁芯上的铁损耗和各种机械损耗。因此，输入功率等于损耗功率与输出功率之和。也就是说，输出功率总是小于输入功率。电动机内部功率损耗的大小一般用效率来衡量，输出功率与输入功率之比称为电动机的效率，其代表符号为 η ，常用百分数表示，即

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \times 100\% = \frac{P_2}{P_2 + \Delta P} \times 100\%$$

式中 ΔP ——电动机各种损耗之和。

电动机的效率高，说明损耗小，节约电能。但是，过高的效率要求，将使电动机的制造复杂，成本增高。通常，异步电动机在额定负载下的效率为 75%~92%。电动机的效率随着负载的大小而变化，空载时效率为零，负载增加，效率随之增高。当负载为额定负载的 0.7~1.0 时，效率最高，运行最经济。

三相异步电动机的输入功率可按下式计算：

$$P_1 = \sqrt{3}UI\cos\varphi \quad (\text{kW})$$

式中 U ——三相电源的线电压，kV；

I ——电动机的线电流，A；

$\cos\varphi$ ——电动机的功率因数。

150. 三相异步电动机的额定功率、额定电压、额定电流和额定功率因数等参数之间有什么关系？怎样计算电动机的额定电流？在电动机额定电流的计算方面为什么有“一个千瓦两个安培”这句口诀？

这四个参数相互之间有以下关系：

$$\text{额定功率} = \sqrt{3} \times \text{额定电压} \times \text{额定电流} \times \text{额定功率因数} \times \text{额定效率} \quad (\text{kW})$$

$$\text{额定电压} = \frac{\text{额定功率}}{\sqrt{3} \times \text{额定电流} \times \text{额定功率因数} \times \text{额定效率}} \quad (\text{V})$$

$$\text{额定电流} = \frac{\text{额定功率}}{\sqrt{3} \times \text{额定电压} \times \text{额定功率因数} \times \text{额定效率}} \quad (\text{A})$$

$$\text{额定功率因数} = \frac{\text{额定功率}}{\sqrt{3} \times \text{额定电压} \times \text{额定电流} \times \text{额定效率}} \quad (\%)$$

电动机额定电流的计算，举例如下：

有一台三相异步电动机，额定电压为 380 V，额定功率为 4.5 kW，功率因数 $\cos\varphi$ 为 0.8，效率 η 为 0.95，求该电动机的额定电流 I_e 。

按上式求得

$$I_e = \frac{P_e}{\sqrt{3} U_e \cos\varphi \eta} = \frac{4.5}{1.73 \times 0.38 \times 0.8 \times 0.95} = 9(\text{A})$$

可见，该电动机的额定电流为其额定功率的 2 倍。在实践中，为便于记忆和迅速求出结果，对于额定电压为 380 V、功率不超过 55 kW 的三相异步电动机，其额定电流都可按每 1 kW 功率相当于 2 A 额定电流来考虑。这就是“一个千瓦两个安培”这句口诀的实质。

151. 什么叫做三相异步电动机的相电流、线电流和相电压、线电压？怎样计算？

三相异步电动机每相绕组中流过的电流，称为相电流，一般用

I_φ 表示。电源向每相绕组供电的线路中流过的电流，称为线电流，一般用 I_1 表示。

每相绕组两端的电压称为相电压，用 U_φ 表示。每两相绕组首端（或尾端）之间的电压称为线电压，用 U_1 表示。

绕组 Y 接时

$$I_1 = I_\varphi \quad U_1 = \sqrt{3}U_\varphi$$

绕组 Δ 接时

$$I_1 = \sqrt{3}I_\varphi \quad U_1 = U_\varphi$$

通常，电动机铭牌上标出的额定电压为线电压，额定电流为线电流，绕组两种接法都可按下式计算额定电流：

$$I_e = \frac{P_e \times 10^3}{\sqrt{3}U_e \cos\varphi\eta}$$

式中 I_e ——额定（线）电流，A；

U_e ——额定（线）电压，V；

P_e ——额定功率，kW；

$\cos\varphi$ ——功率因数；

η ——效率。

152. 怎样计算三相异步电动机的转速？

由三相异步电动机的工作原理可知，电动机的转速（转子旋转速度） n 与定子旋转磁场的转速（同步转速） n_1 有关，而且 n 总是小于 n_1 。否则，电动机就不能转动。

转子的转速与旋转磁场的转速相差的程度，一般用转差率 S 来表示，其计算式为

$$S = \frac{n_1 - n}{n_1} \times 100\%$$

当小型三相异步电动机在额定负载下运行时，其转差率 S 值为 3%~6%，而大中型三相异步电动机则为 1%~3%。通常，电动机越大，效率越高，转差率越小。

根据上式可得出 $n = (1 - S) n_1$ 的关系式。所以，只要知道旋转磁场的同步转速或者电动机的极数，就可求出电动机的转速。

153. 什么叫做三相异步电动机的额定转矩？转矩与转速、转矩与电压各有何关系？

三相异步电动机之所以能够拖动机械设备旋转，是因为旋转磁场与转子电流相互作用而产生电磁转矩 (T)。三相异步电动机在额定功率时的电磁转矩称为额定转矩，一般用 T_e 表示，即

$$T_e = 9550 \frac{P_e}{n_e} \quad (\text{N} \cdot \text{m})$$

式中 P_e ——电动机的额定功率，kW；

n_e ——电动机的额定转速，r/min。

由上式可见，在电动机的额定功率下，转矩与转速成反比。换句话说，如果电动机的功率不变，则转速低时转矩较大。

电磁转矩 T 既与旋转磁场有关，又与转子电流有关，而旋转磁场的磁通又感应产生转子电流。由此可见，电磁转矩与旋转磁场的磁通平方成正比。由于磁通与电动机的电源电压 U_1 成正比，所以电磁转矩与电压平方成正比，即

$$T \propto U_1^2$$

上式表明，电动机的电源电压一旦变动，会引起电磁转矩发生很大变化。例如，电源电压降低到额定电压的 70% 时，转矩仅为额定值的 49%。转矩与电源电压的这一特性应予以特别注意，在电动机的起动和运行中，应防止电压过低，以免转矩大幅度下降而烧毁电动机。

154. 什么叫做三相异步电动机的最大转矩？它对电动机的性能有何影响？怎样计算最大转矩？

三相异步电动机从起动到正常运转的过程中，其电磁转矩是不断变化的，其中有一个最大值，叫做最大转矩（也称临界转矩），

一般用 T_{\max} 表示。

最大转矩是衡量电动机短时过载能力的一个重要技术经济指标。通常，最大转矩越大，电动机承受机械负载的冲击能力也越大。在电动机带负载运行的过程中出现短时过载现象时，若电动机的最大转矩大于过负载的阻转矩，则电动机就能够正常运行；若电动机的最大转矩小于过负载的阻转矩，则电动机就会停转，即出现所谓“闷车”现象。

电动机最大转矩的大小，表明它的过载能力的高低。准确测定电动机的最大转矩，不仅可以正确选用电动机，而且还为确保电动机可靠运行提供重要依据。电动机的最大转矩，应按有关技术规范的规定来测定。如果不具备测量条件，则可按下式计算：

$$\lambda = \frac{0.4I_{\text{ke}}}{I_e \cos\varphi}$$

式中 λ ——最大转矩与额定转矩的比值；

I_{ke} ——额定电压下的堵转电流（通过堵转试验来测定），A；

I_e ——额定电流，A；

$\cos\varphi$ ——满载功率因数。

例如，Y802-4型电动机的额定功率为0.75 kW， $I_{\text{ke}} = 10.3\text{A}$ ， $I_e = 2.04\text{A}$ ， $\cos\varphi = 0.755$ ，其 λ 值为

$$\lambda = \frac{0.4 \times 10.3}{2.04 \times 0.755} = 2.67 (\text{实测 } \lambda = 2.81)$$

又如，Y250M-2型电动机的额定功率为55 kW， $I_{\text{ke}} = 788\text{A}$ ， $I_e = 102\text{A}$ ， $\cos\varphi = 0.891$ ，其 λ 值为

$$\lambda = \frac{0.4 \times 788}{102 \times 0.891} = 3.47 (\text{实测 } \lambda = 3.63)$$

155. 怎样判别异步电动机的极数？

(1) 三相异步电动机的极数可按下述方法之一来判断：

①用剩磁法判断极数。对于刚退出运行无铭牌的电动机，可将一只毫伏表（或毫安表）接到三相定子绕组任一相的引出线上（图

3-6), 并在转轴的初始位置作好标记, 然后用手慢慢地盘动转子一周。由于电动机铁芯中有剩磁, 当转子转动时, 定子绕组中就会产生交流电流, 于是接在定子绕组中的毫伏表指针就会偏转。如果仪表双向刻度, 则指针偏离零位的次数就是电动机的极数; 如果仪表单向刻度, 则指针偏离零位的次数就是电动机的极对数。

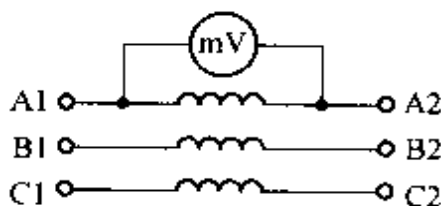


图 3-6 剩磁法判断电动机极数示意图

②根据线圈的结构尺寸判别极数。此法也适用于无铭牌电动机。例如, 对于单层绕组, 可数出一个线圈所跨的槽数——节距 y , 并数出电动机的总槽数 Z , 然后计算出 $\frac{Z}{y}$ 值。由于 y 小于但接近于极距 τ , 可知 $\frac{Z}{y}$ 必定大于极数 $\frac{Z}{\tau}$ 。同时, 电动机的极数必为偶数, 所以, 小于 $\frac{Z}{y}$ 、但最接近于它的偶数, 即为所求极数。例如, 数得某电动机绕组的 $y = 7$, $Z = 36$, 则 $\frac{Z}{y} = 5.1$, 应取 4, 因此, 可判定该电动机为 4 极电机。

③根据相间绝缘的极相组数确定极数。由于电动机绕组的极相组数等于相数与极数的乘积, 而电动机各极相组之间 (由于线圈端部绝缘的需要) 一般都用绝缘材料隔开。因此, 从相间绝缘可数出极相组数, 将极相组数除以相数, 就可得出电动机的极数。

④根据跨接线的数目确定极数。例如, 如果某台电动机绕组的连接是二路并联星形连接, 并有 6 根跨接线, 则显而易见, 这是一台四极电动机 (图 3-7)。

⑤从电动机型号中查取极数。一般国产三相异步电动机的极数, 可从其铭牌上的型号中查得。如 Y132S-4 型中的“4”表示 4 极。

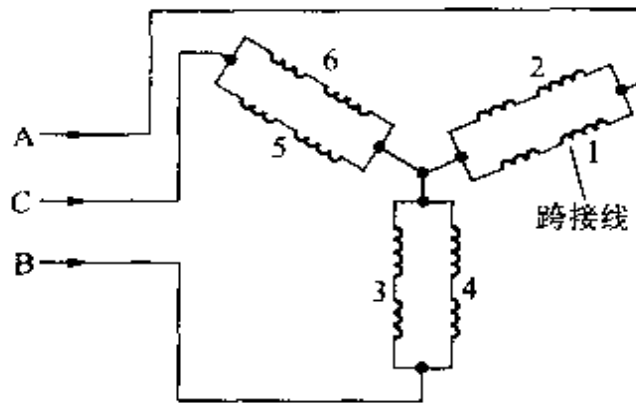


图 3-7 二路并联星形连接 (4 极, 有 6 根跨接线)

⑥根据电动机铭牌上标出的额定转速 n 来判断极数。电源频率为 50 Hz 时, 三相异步电动机的额定转速 n 一般小于但很接近于同步转速 n_1 , 而 n_1 与极数之间有表 3-16 所示的关系。

表 3-16 同步转速 n_1 与电动机极数的关系

| 极数 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 |
|---------------|------|------|------|-----|-----|
| n_1 (r/min) | 3000 | 1500 | 1000 | 750 | 600 |

(2) 单相异步电动机的极数可按下述方法之一来判断:

①按线圈组数求取极数。 $2p = u_m$

式中 u_m ——主绕组线圈组数。

②根据凸极数查极数。 $2p =$ 定子凸极数

③根据上述三相异步电动机极数判别方法中的第⑤、第⑥项求极数。

156. 怎样选择绕组引出线? 对引出线的连接在工艺上有哪些要求?

绕组引出线虽然位于电动机外部, 其工作温度比铁芯和绕组的温度低, 但它往往与铁芯和绕组一起浸漆和烘干。因此, 选用引出线时, 其耐热等级与配套电机的耐热等级应一致, 并且要求绝缘电阻高而稳定。此外, 由于引出线的安装位置一般都比较狭小, 安装时会受到刮、挤、弯折等机械外力, 因此, 还要求它具有一定的机

机械强度。通常，引出线可采用塑料绝缘软线或蜡克线，而特殊电动机则可采用特殊的引出线（如丁基橡胶线等）。绕组引出线的截面一般应根据电动机的额定电流来选择（表 3-17）。

对电动机绕组引出线的连接在工艺上有以下要求：

(1) 绕组的引出线应尽可能靠近接线盒，以使引出线最短，节约导线。

(2) 引出线的标志应符合国家标准的规定，引出线长短应一致，符号应标志清楚。例如，中小型电动机绕组的引出线，常采用两种不同的颜色来区分首尾端；三相绕组有 6 个出线端，用 U1、V1、W1 标明绕组首端，用 U2、V2、W2 标明绕组尾端。如果没有接线板，还应在出线端标上字头，以供接线时参考。

表 3-17 电动机引出线截面

| 额定电流 (A) | 引出线截面积 (mm ²) | 额定电流 (A) | 引出线截面积 (mm ²) |
|-------------|------------------------------|-------------|------------------------------|
| <6 | 1.0 | 61~90 | 16 |
| 6~10 | 1.5 | 91~120 | 25 |
| 11~20 | 2.5 | 121~150 | 35 |
| 21~30 | 4.0 | 151~190 | 50 |
| 31~45 | 6.0 | 191~240 | 70 |
| 46~60 | 10 | 241~290 | 90 |

(3) 绕组引出线一般采用铜接线头与接线板连接，并用绝缘套管加强引出线端部绝缘。接线时，还采用铜接线片使绕组接成 Y 或 Δ 接法。

(4) 转子的三相引出线焊接点和两极绕组的引出线焊接点应呈 120° 圆周均匀布置。线圈连接和焊接前，应除掉接线头上的漆膜并打磨干净，扁铜线头、并头套、铜楔、接线鼻等应挂好锡。

(5) 如果引出线直径为 1.35 mm 及以下，并有两根或一根并

绕，以及引出线截面为 8 mm^2 及以下，则可按图 3-8 并绞连接；如果引出线直径为 1.5 mm 及以下，并有 4 根及以下并绕，以及引出线截面为 16 mm^2 及以下，则可实行对绞连接；如果引出线直径在 1.5 mm 以上，并有 4 根及以上并绕，以及引出线截面在 16 mm^2 以上，或者导线为扁铜线，则可按图 3-9 辅助绑扎连接；如果引出线截面在 25 mm^2 以上，则应分两股绑扎连接。采用并头套连接时，并头套长度应为 $20 \sim 25 \text{ mm}$ （图 3-10）。接线鼻应包合并打紧，中间部位应轧压紧坑，线鼻距引出线绝缘应为 $5 \sim 10 \text{ mm}$ （图 3-11）。

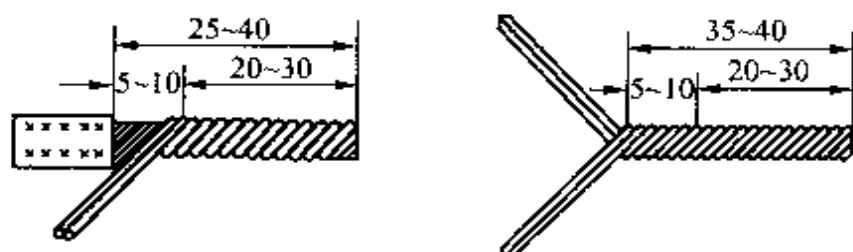


图 3-8 并绞连接示意图

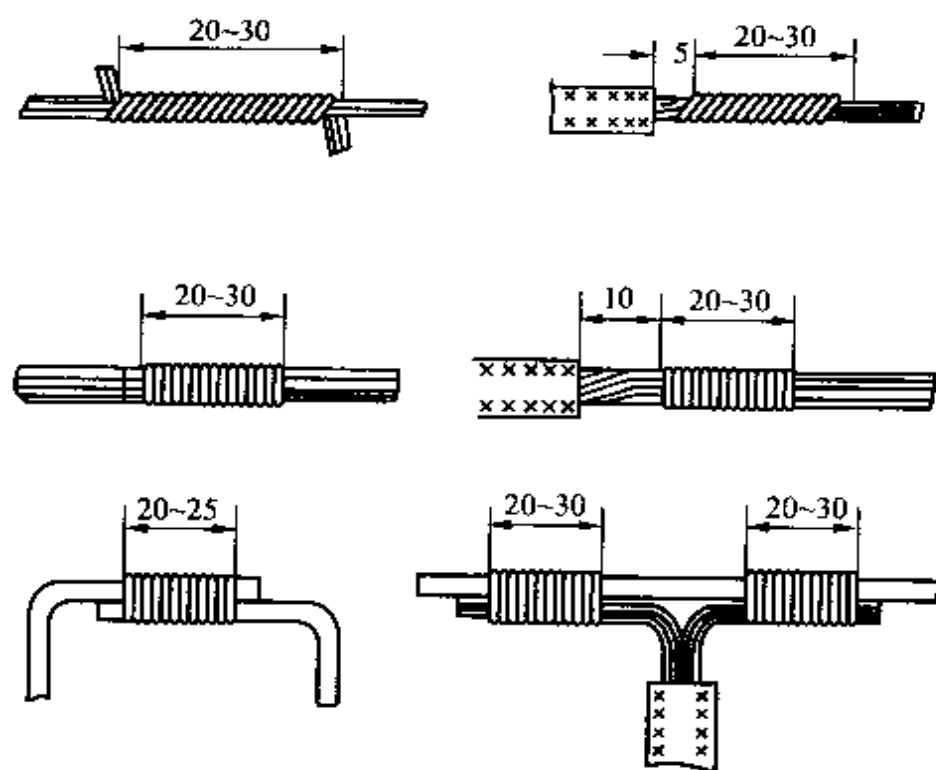


图 3-9 辅助绑扎连接图

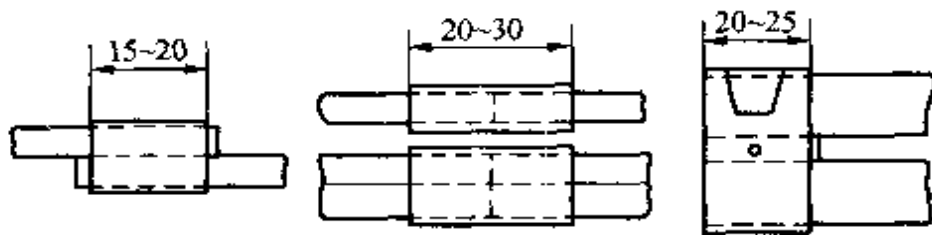


图 3-10 并头套连接图

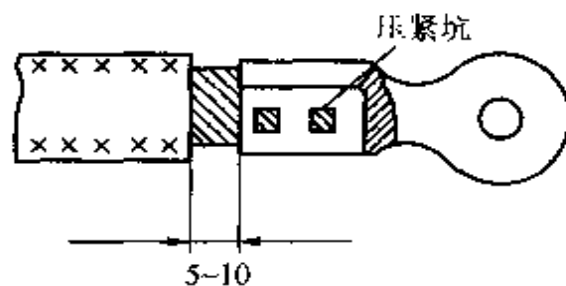


图 3-11 线鼻压接图

(6) 引出线接头应严实牢固，焊接部位的表面应光滑、清洁，连接面不应小于导线截面，并头套和接线鼻的规格应符合要求。并头套的开口或进锡孔应朝上，下层端线的弯曲应朝下。

(7) 引出线的绝缘包扎可按交流电动机绕组的绝缘规范进行，包扎应紧密，无空隙。转子并头套绝缘应包扎整齐，方向一致。

157. 怎样判断电动机出线端的组别？为什么低压大容量电动机多采用 Δ 接法，小容量电动机多采用Y接法？

电动机出线端的组别，一般可用以下方法之一来判断：

(1) 导通法。将万用表拨到电阻 $R \times 1$ 挡，用一支表笔接电动机任一根出线，另一支表笔分别接其余出线。测出电阻值时，两表笔所接的出线即为同一绕组的两出线端。用同样方法可区分其余出线的组别。查明后用白胶布做好标记。

(2) 电压表法。将小量程电压表一端接电动机任一根出线，另一端分别接其余出线，然后转动电动机轴。如果表针摆动，则电压表所接的两根出线属同一绕组。用同样方法也可区分其余出线的组别。查明后做好标记。

此外，也可用万用表的电压 IV 挡代替电压表进行判断。但此时要注意，必须缓慢地转动电动机轴，以免指针大幅度反打而损坏表头。

在额定电压相同的情况下， Δ 接所需的匝数是 Y 接的 $\sqrt{3}$ 倍；在功率相同的情况下， Δ 接绕组的导线比 Y 接的细。由于小容量电动机的铁芯小，每匝的反电动势低，所以本身的匝数就多，且导线较细，机械强度低，绕制费工时；同时，它在铁芯槽内的绝缘所占比例也较大，影响电机的容量。因此，小容量电动机若采用 Δ 接法，则上述缺点更加突出。

大容量电动机的铁芯较大，每匝的反电动势高，所以本身的匝数少，且导线也较粗。若采用 Y 接法，则导线更粗，绕制更困难。并且，为限制大容量电动机的起动电流，常需降压起动，对 Δ 接就可采用较简单的 Y - Δ 起动方法。因此，低压小容量电动机一般采用 Y 接法，低压大容量电动机大多采用 Δ 接法。

158. 三相异步电动机绕组出线端标志的含义是什么？

绕组出线端标志，是指电动机机座上的接线盒内各接线端子的符号，它表示某一接线端子属于哪一相绕组，是该相绕组的首端、末端还是中接头。

三相异步电动机绕组出线端标志由字母和数字组成，其中大写英文字母表示某相绕组，字母右侧的数字表示该端子是这相绕组的某端，例如 U_1 、 V_2 、 W_2 等。如果用一个字母来表示同一类型的绕组，则在字母前面冠以数字区别，如 $1D_1$ 、 $2D_5$ 等。

图 3-12 是一台 Y 系列电动机接线盒内接线端子的标志，具体意义是：“ U ”表示第一相绕组，“ V ”表示第二相绕组，“ W ”表示第三相绕组；“1”表示绕组首端，“2”表示绕组末端。

图 3-13 是一台 JO_2 系列电动机接线盒内接线端子的标志，具体意义是：“ D_1 ”表示第一相绕组首端；“ D_2 ”表示第二相绕组首端；“ D_3 ”表示第三相绕组首端；“ D_4 ”表示第一相绕组末端；“ D_5 ”表示第二相绕组末端；“ D_6 ”表示第三相绕组末端。

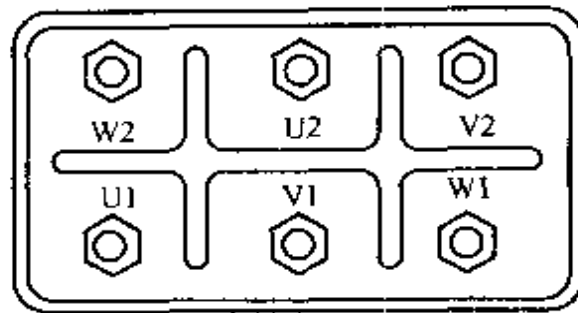


图 3-12 Y 系列电动机接线盒

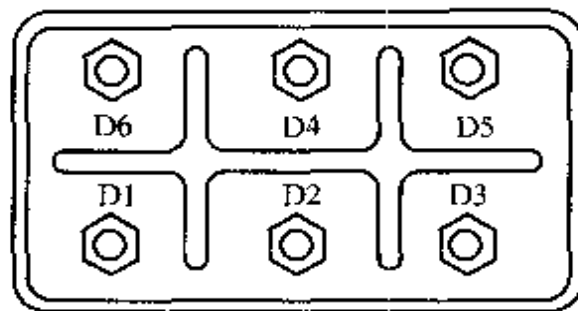


图 3-13 JO2 系列电动机接线盒

表 3-18 列出部分三相异步电动机绕组出线端标志。

表 3-18 三相异步电动机绕组出线端标志

| 序号 | 绕组名称 | | 出线端标志 | | | |
|----|-------------|-----|-------|------|-------|------|
| | | | 首端 | | 末端 | |
| | | 相序 | JO 系列 | Y 系列 | JO 系列 | Y 系列 |
| 1 | 定子绕组各相不连接 | 第一相 | D1 | U1 | D4 | U2 |
| | | 第二相 | D2 | V1 | D5 | V2 |
| | | 第三相 | D3 | W1 | D6 | W2 |
| 2 | 定子绕组各相连接 | 第一相 | D1 | | | |
| | | 第二相 | D2 | | | |
| | | 第三相 | D3 | | | |
| 3 | 定子绕组 (复式绕组) | 第一相 | 1D1 | 2D1 | 1D4 | 2D4 |
| | | 第二相 | 1D2 | 2D2 | 1D5 | 2D5 |
| | | 第三相 | 1D3 | 2D3 | 1D6 | 2D6 |

续表

| 序号 | 绕组名称 | | 出线端标志 | | | | | |
|----|-----------|-----|-------|------|------|------|------|------|
| | | | 首端 | | | 末端 | | |
| 4 | 变极电动机 | 4极 | 4D1 | 4D2 | 4D3 | 4D4 | 4D5 | 4D6 |
| | | 6极 | 6D1 | 6D2 | 6D3 | 6D4 | 6D5 | 6D6 |
| | | 8极 | 8D1 | 8D2 | 8D3 | 8D4 | 8D5 | 8D6 |
| | | 12极 | 12D1 | 12D2 | 12D3 | 12D4 | 12D5 | 12D6 |
| 5 | 异步电动机转子绕组 | 第一相 | | | | 21 | | |
| | | 第二相 | | | | 22 | | |
| | | 第三相 | | | | 23 | | |

159. 什么叫做三相异步电动机的 Δ 、Y，双 Δ 和双Y接线？怎样接线？接错线有何危害？

将三相异步电动机每相的绕组串联，然后将A相的尾端接于B相的首端，B相的尾端接于C相的首端，C相的尾端接于A相的首端，之后再将A、B、C三点接于三相电源，这种接线方法称为 Δ 接法。

将三相异步电动机每相的绕组串联，将三相的同一端接在一起（如首端），将三相的另一端接三相电源，这种接线方法称为Y接法。

双 Δ 和双Y接法，是指每相有两个电路，这样连接的电路叫做双路并联电路，双路并联电路接成 Δ 形或Y形，就叫做双 Δ 和双Y接线。

三相交流电源的线电压一般是380V，但个别地区的电源线电压是220V，而特殊工矿企业（如煤矿井下）用电则是660V。一台三相电动机的绕组通常可采用两种不同的连接方法，分别接于两种不同线电压的电源上正常运转。

如果三相电动机的三相绕组按Y形连接的额定电压是380V，

则每相绕组所承受的电压就是 220 V (图 3-14a)。只要能满足这一条件,也只有在这一条件下,电动机才能正常运转。如果电源线电压是 220 V,则把三相绕组按 Δ 形接线,每相绕组承受的电压等于线电压 220 V (图 3-14b),电动机就能正常运转。所以,三相电动机的绕组选用 Y 接或 Δ 接的两种不同接法,就可接于两种不同线电压的电源上正常运转。电动机铭牌上标出电压 220/380 V、接法 Δ /Y,或电压 380/660 V、接法 Δ /Y,就是这个道理。

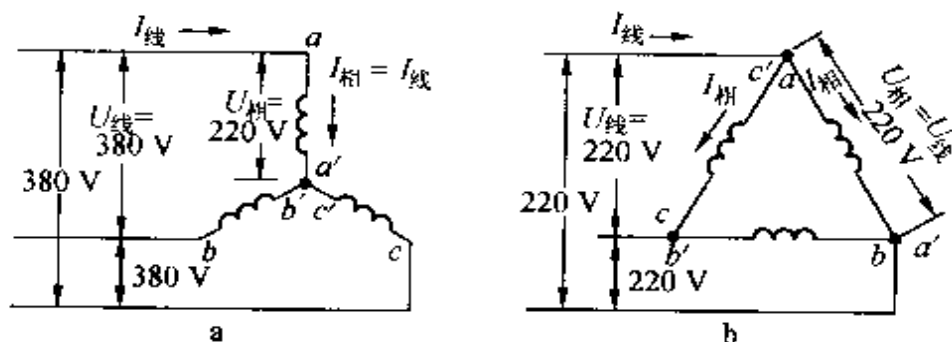


图 3-14 电动机绕组的连接

为了便于三相绕组选用两种不同的连接方法,每台电动机上都有一个特制的接线盒,盒内有 6 个接线柱。图 3-14 上的三相绕组引出线首端 a 、 b 、 c 和尾端 a' 、 b' 、 c' ,在接线盒内另有几种标志 (表 3-19)。

表 3-19 接线盒内绕组的标志

| 相别 种 别 | 接电源的进线 | | | 出线 | | |
|-------------------|--------|-----|-----|-----|-----|-----|
| | A 相 | B 相 | C 相 | A 相 | B 相 | C 相 |
| 第 1 种方式 | A | B | C | X | Y | Z |
| 第 2 种方式 | D1 | D2 | D3 | D4 | D5 | D6 |
| 第 3 种方式 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 最新规定 ^① | U1 | V1 | W1 | U2 | V2 | W2 |

①最新规定是指 Y 系列电动机的标志方法。

接线盒内 6 个接线柱的排列及其与三相绕组的连接如图 3-15 所示。

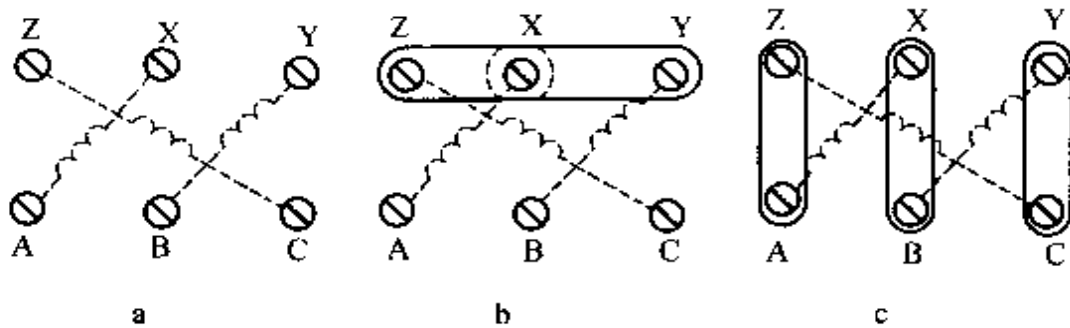


图 3-15 电动机接线柱的排列和绕组的连接

如果三相绕组需按 Y 形连接，则用两个铜片把 X、Y、Z 三个接线柱连接起来（图 3-15 b）；如果需按 Δ 形连接，则用三个铜片分别把 A 与 Z、B 与 X、C 与 Y 连接起来（图 3-15 c）。通常，每个接线盒内都有三个铜片，供绕组 Δ 形连接之用。Y 形连接时可将多余的一片与任何一片叠在一起，以免丢失。

通常，容量为 4 kW 及以上的低压电动机，为便于采用星-三角起动器，定子绕组大都是三角形接线（老产品除外）。如果应为三角形接线的电动机误接成星形运行，则电动机的每相定子绕组由承受线电压变为承受相电压（电压降低 $1/3$ ）。因此，起动电流、起动转矩仅为三角形接线的 $1/3$ 。在这种情况下，轻载电动机的起动是毫无问题的，并且也能达到额定转速。但是，一旦增加负载，由于转矩不够，电动机的转速就直线下降，甚至不能运行。转速下降，电动机就过电流、过热或冒烟烧毁。至于重载电动机，根本就不能起动，并且出现过电流和嗡嗡声，若不立即拉闸，电动机也会烧毁。

如果定子绕组应作星形连接的电动机误接成三角形运行，则每相定子绕组由承受相电压变为承受线电压（电压增加 $\sqrt{3}$ 倍）。在这种情况下，由于定子铁芯严重饱和，不但起动电流增大，而且起动后的空载电流甚至超过额定电流，此时电动机无法运行。若不立即切断电源，电动机很快就会烧毁。

160. 怎样使用万用表将一台没有引出线标志的电动机接成星形或三角形而不发生差错?

- (1) 将万用表置于电阻挡，找出每一相的两个引出线端。
- (2) 用剩磁法测定每相绕组的首末端。

(3) 将三相绕组的首端（或末端）连接起来，就成为星形接法；把每相绕组的首端接另一相的末端，即把三相绕组首、末顺向连接，就成为三角形接法。此时应注意，这种连接会出现两种可能的三角形接法（图 3-16），但二者都是正确的，而且电动机的旋转方向也相同。

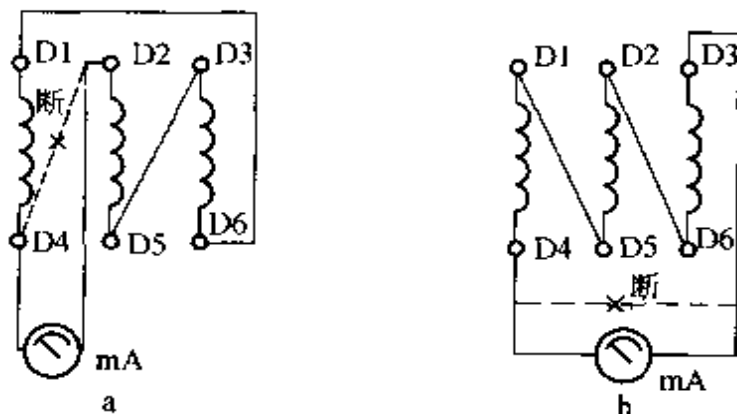


图 3-16 判别三角形接线的两种接法

a. 表针不动，正确；b. 表针不动，正确

(4) 检查三角形接法是否操作失误而出现差错。检查时，将一个接线头打开，使三相绕组串联，接上万用表（置于 mA 挡），盘动电动机转轴，如果三相绕组接线正确，则表针应不摆动。如果表针左右摆动，则表明操作失误，此时三相的连接是错误的。如果三相绕组为首末相接，则盘动转轴时，三个绕组都产生大小相等、相差 120° 电角度的感应电势，其矢量和为零，没有电流通过万用表，所以表针不动。

161. 电动机的铭牌上标明额定电压为 380/220 V，定子绕组接法为 Y/ Δ ，如果将定子绕组接成 Y 接，接在 220 V 电源上，将出现什么现象？

如果电源电压为 220 V，而定子绕组接成 Y 接，则此时加于定子每相绕组的电压为原设计电压的 $\frac{1}{\sqrt{3}}$ ，气隙每极磁通量大大减小。

若电动机空载，其空载电流大大增加；若电动机在额定负载下运行，其电流会大大超过额定值，使定、转子的铜损明显增大（铜损与电流的平方成正比），运行时间一长，电动机可能烧毁；若电动机长期轻载运行，其定、转子的电流又不超过额定值，则定子绕组 Y 接，由于气隙每极磁通量减少，可以降低铁芯损耗、节约电能。因此，长期轻载运行的 Δ 接电动机，将其改为 Y 接，是一种经济运行方式（详见 400 问）。

162. 两种电压的三相电动机怎样接线？

有些电动机能适用于两种电压，即同一电动机可用于两种不同电压的场合。这类电动机，伸出电动机外的引线可以接成串联连接，以便能在高电压下运转。同时，也可接成双路并联连接，以便在低电压下运转。拆修这类电动机时，要特别注意其接法，一旦接错，绕组就会烧毁。

例如，有 4 只线圈，每只线圈的电压为 110 V，使其具有适于电源电压为 440 V、220 V 和 110 V 的三种接法。

(1) 将 4 只线圈接成串联，可用于 440 V 交流电源，每只线圈的电压为 110 V（图 3-17）。

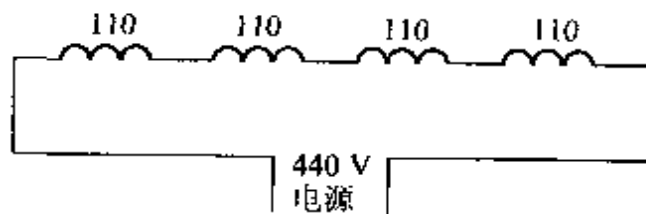


图 3-17 4 只线圈串联适于 440 V 电源

(2) 将 4 只线圈接成双路并联，可用于 220 V 交流电源，每只线圈的电压也为 110 V (图 3-18)。

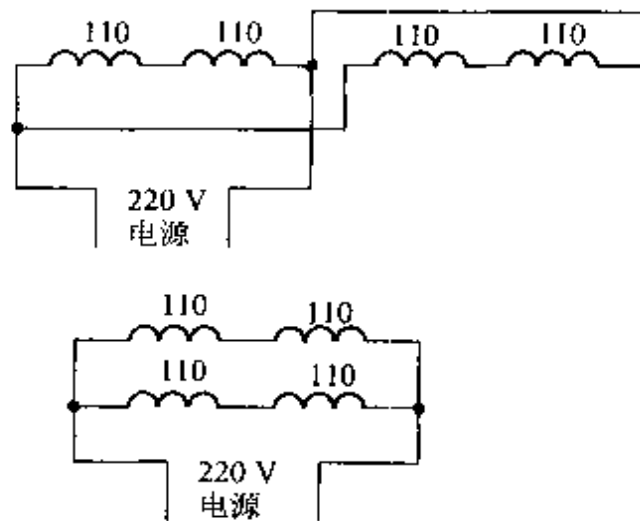


图 3-18 4 只线圈接成双路并联适于 220 V 电源

(3) 将 4 只线圈接成四路并联，可用于 110 V 电源，每只线圈的电压仍为 110 V (图 3-19)

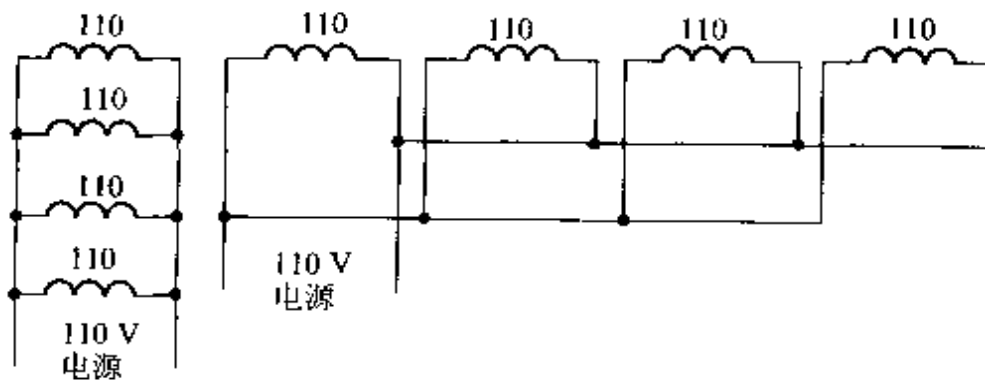


图 3-19 4 只线圈接成四路并联适于 110 V 电源

若错将每只线圈接成在 220 V 或 440 V 下运行，则接通电源线圈就会立即烧毁。

163. 电动机接线时发现引出线上没有编号怎么办？

可用电池定相法或通电试验法进行鉴别。而对于已通电运转过的电动机，则可用剩磁法进行判断。

(1) 电池定相法。先用万用表的欧姆挡将 6 个引线头分成三

组，然后将第一组的两个线头分别接于万用表毫安挡的正、负极，将第二组的一个线头用手指按在干电池的负极上，将另一个线头触碰电池正极。如果万用表的指针偏向右侧，则表明万用表的正极线头与干电池负极线头属同一组编号；如果指针偏向左侧，则表明万用表正极线头与干电池正极线头属同一组编号。作好记号后，将干电池接于第三组，用同样方法可判断其编号。

(2) 通电试验法。也先用万用表的欧姆挡将 6 个引线头分成三组，然后将任意两组串联接在交流电源上，第三组上串联一个灯泡（15W 或 25W，更大功率的灯泡不亮）。通电后，如果灯泡发亮（图 3-20 a），则表明串联的两组为首尾相连；如果灯泡不亮，则表明尾尾相连或首首相连（图 3-20 b），用同样方法可确定第三组的首尾端。

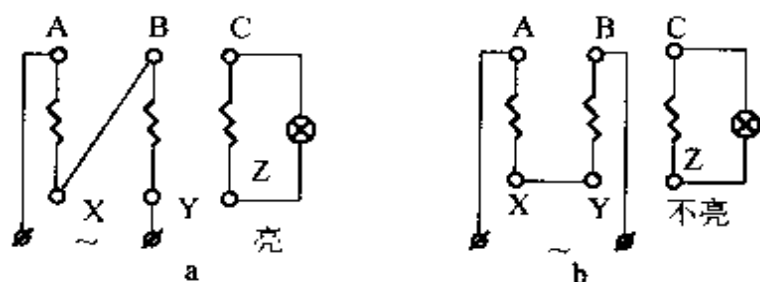


图 3-20 电动机引出线通电试验

a. 灯泡亮；b. 灯泡不亮

(3) 剩磁法。这种方法只适用于有剩磁的电动机。测试时，先用万用表的欧姆挡找出属于同组的两个接头，然后任意假设各组接头的首尾端，并将三个首端扭接在一起接于万用表毫安挡的一极上，将三个尾端分别接于另一极，用手慢慢盘动转子。如果万用表指针指零，则表明原假设正确；如果指针摆动，可将任一组倒头后再测，直到万用表指针指零为止。

164. 电动机内部导线接线应注意哪些问题？接线不良的原因是什么？

电动机内部导线接线，是指导线中导电体的连接，通常采用焊接或螺栓连接等形式。当导线与导线连接时，常采用焊接方式；当导线与接线板等端子连接时，常采用螺栓连接方式。电动机内部导

线接线，应注意以下几点：

(1) 在电动机中，由于导线接头小、接头数量多，而接线操作又大多在邻近绝缘物、空间狭小的条件下进行，所以容易出现虚接或接头连接不牢固等问题，使导线接头成为电动机内部布线的薄弱环节。因此，连接导线接头时应思想集中，细心操作，边接线边检查，务求万无一失。

(2) 电动机运行时，如果导线接头处脱焊、甩焊或紧固件松弛，就会导致接触不良而局部过热，烤焦周围绝缘物，结果接头处丧失绝缘能力。如果接头连接质量差，接头松动，则连接导体之间的实际接触面积减小，接触电阻增加。当工作电流流过时，电流与接触电阻作用所产生的电能损耗也相应增加，接触部位的温度上升，导致局部过热和火花闪烁，严重时熔融接头、烧坏绝缘及其支持物，最终可能引起火灾或触电事故。因此，接线必须紧密牢靠，接头处的机械强度不应低于导线机械强度的 80%，接头处的绝缘强度不应低于导线的绝缘强度。

电动机内部导线接线不良的原因如图 3-21 所示。

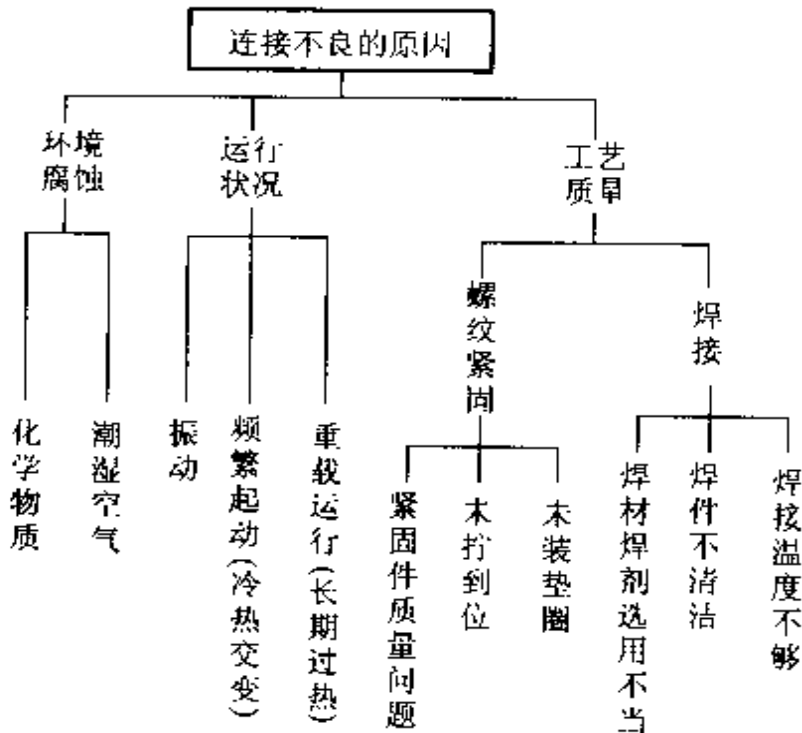


图 3-21 导线连接不良的原因

165. 怎样将三相异步电动机接在单相电源上运行?

在生产中往往遇到这样的情况：仅有单相电源而没有三相电源，手头只有三相电动机而没有单相电动机，又需要电动机来拖动生产机械。此时，可将三相异步电动机改为单相异步电动机，接在单相电源上运行。

以三相鼠笼式电动机为例，将其接在单相电源上运行以前，应了解电动机的功率、电压、电流、转速和频率，同时还要考虑改接后电动机定子绕组所承受的电压是否符合现有单相电源电压，如果符合，便可进行改接。改接的方法如下：

三相鼠笼式电动机在直接并入电容后作为单相电动机使用的接线图如图 3-22 所示。采用这种接线方法，不需要改变电动机的结构和绕组参数，即可将其接在单相电源上运行。如果三相电动机绕组为星形接法，可首先将适当容量的电容器并联在绕组引出线的任意两个端点上（如图 3-22 中 2、3 两个接线端），然后将单相交流电压接至 1、3 两端（图 3-22a），将电源改接在 1、2 两个端点，即可改变电动机的旋转方向。

如果三相电动机的绕组为三角形接法，则不必改变电动机绕组原来的接线，只须将电容器直接并联在电动机的任意两个接线端子上，然后将单相电源的一端接在电动机未接电容器的接线端子上，

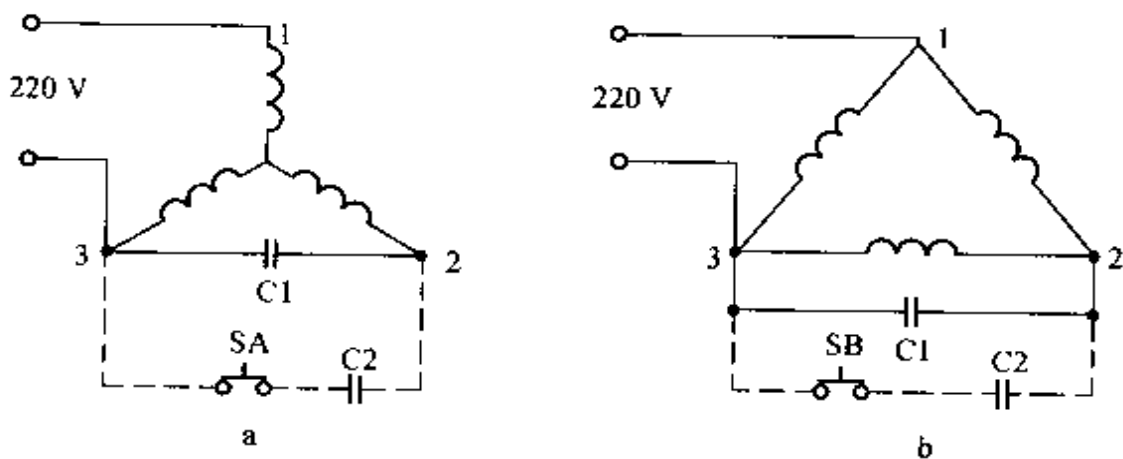


图 3-22 三相异步电动机并入电容后单相使用接线图

将单相电源的另一端接在其余两端的任意一个接线端子上（图 3-22b），此时改变电源线 2 或 3 的位置，就可改变电动机的旋转方向。

采用这种直接并入电容器的改接方法，不但能使电动机顺利起动和正常运行，而且还可提高供电网路的功率因数。

为了提高电动机的起动转矩，在定子绕组中除接入工作电容 C_1 外，最好再并入一个起动电容 C_2 ，起动电动机时将 C_2 与长期运行的工作电容 C_1 并联在一起。当电动机起动后，转速接近额定转速时，可用按钮 SB 将起动电容 C_2 与绕组断开（如图 3-22 中虚线所示）。由于起动电容与工作电容并联后，总容量将增加几倍，此时的起动力矩也将大大提高，同时通入绕组的电流也明显增大，若不及时使起动电容退出，电动机绕组就会烧毁。

电动机应并入的工作电容的容量可按下式计算：

$$C_1 = \frac{1950I_e}{U\cos\varphi}$$

式中 C_1 ——工作电容量， μF ；

I_e ——电动机铭牌上标出的额定电流，A；

$\cos\varphi$ ——电动机铭牌上标出的功率因数。

例如，有一台 Y90S-4 型、1.1 kW 电动机，电压为 380 V，电流为 2.7 A，功率因数为 0.78，如果将其接在 220 V 单相电源上运行，则需并入的工作电容的容量为

$$C_1 = \frac{1950I_e}{U\cos\varphi} = \frac{1950 \times 2.7}{220 \times 0.78} (\mu\text{F})。$$

起动电容器 C_2 的容量可根据电动机起动时的负载大小来选择，通常为 C_1 的 1~4 倍。对于 1 kW 以下的电动机，可不并入电容器 C_2 ，只要将 C_1 适当加大一些即可。

将三相异步电动机并入电容器后接在单相电源上运行，应注意以下几点：

(1) 电容器最好采用纸介质电容器，其耐压值至少应为电动机工作电压的 1.25 倍。

(2) 改接后的电动机，其使用功率要减少 10% ~ 40%，究竟减少多少，随电动机的功率因数而定。

(3) 为提高改接后的电动机的功率，可将电压加于中性点上，并在线路中接入电阻 R 和电容器 C3 (图 3-23)，二者的计算式如下：

$$R \approx 0.25 \frac{U_e}{I_e} \quad (\Omega)$$

$$C_3 \approx 2C_1 \quad (\mu\text{F})$$

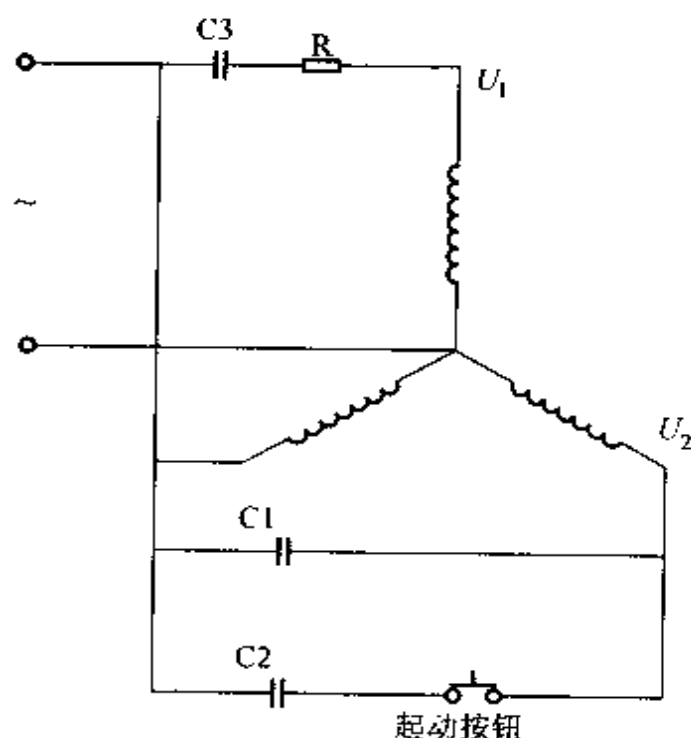


图 3-23 三相异步电动机改接后的单相起动原理图

(4) 380 V 三相异步电动机改接在 220 V 单相电源上运行，其定子绕组上的电压降低到原来的 $\sqrt{3}$ ，即降低到原来的 58%，如果原定子绕组的接法为星形连接，则应改为三角形连接，此时电动机的出力将大大提高；如果原定子绕组的接法为三角形连接，则应将其改为两路星形连接，改接后电动机的出力也将有所增加。

(5) 电动机接在 220 V 单相电源上起动后，转速达到额定转速

时，应立即断开电容器 C2。否则，电动机将迅速发热，甚至烧毁。

166. 起动转矩不合格的鼠笼式电动机，怎样改善其起动性能？

最初起动转矩（堵转转矩）不合格的鼠笼式电动机，在效率、功率因数和温升都有较大裕度的前提下，可采取以下措施来改善其起动性能：

(1) 适当减小转子外径，增大气隙，以减小差漏抗和谐波转矩。

(2) 适当减小转子端环截面，以增大转子电阻，这对于 2、4 极电机较为有效。

(3) 在保证转子端环有足够机械强度的前提下，在端环上离铁芯约为环厚的 $\frac{1}{4}$ 处，车出一道深（环高的 $\frac{5}{6}$ ）而窄（3mm 宽）的槽 2（图 3-24），将端环分为紧靠铁芯的起动部分 1 和截面较大的工作部分 3。起动电动机时，转子电流集中在导条和端环的上层，电流几乎不在端环下层的跨接段 4 和工作部分 3 中通过，因此转子起动电阻增大。

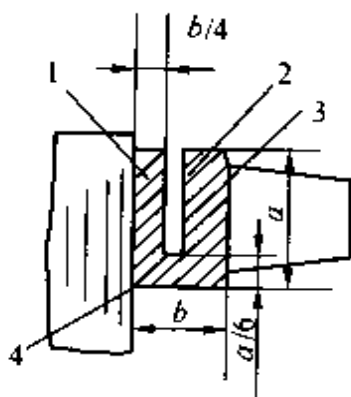


图 3-24 铸铝转子端环开槽以改善起动性能

对于新设计制造的电动机，在电动机的功率因数和堵转电流都有较大裕度的情况下，可采取下列措施提高堵转转矩：

(1) 适当减少定子绕组的每槽导体数，以减小漏抗。

(2) 减小转子槽口高度和定子槽深，以减小槽漏抗。

(3) 适当减小转子槽面积和端环面积，以增加转子电阻。

(4) 转子采用深槽结构或由单笼改为双笼，即利用集肤效应，使起动时转子电阻增大，提高堵转转矩并抑制堵转电流。

167. 两台电动机拖动一台生产机械（设备）时，怎样送电？

在某些特殊情况下，由于受场地限制，无法安装一台大容量电动机，此时可选用同型式、具有相同“转速——转矩”特性的两台小容量电动机来拖动一台生产机械（设备）。组合的这两台电动机，其允许的负荷功率总和为

$$\sum P = P_{1e} + \frac{S_1}{S_2} P_{2e}$$

式中 P_{1e} 、 S_1 分别为转差率小的电动机的额定功率和转差率；

P_{2e} 、 S_2 分别为转差率大的电动机的额定功率和转差率。

显然，理想的工况是 $S_1 = S_2$ ，此时输出的功率最大。如果 $S_1 \neq S_2$ ，则转差率小的电动机，其转速高，负载大，可能过负荷。为了避免过载，必须限制设备的总出力。

两台电动机拖动一台生产机械，只有力矩相加，才能运转。如果转动方向不一致，则力矩就抵消，电动机转动不起来。初次投入运行或检修后试运转、试送电，应按以下步骤操作：首先对两台电动机分别送电，通过单独试运转，检查转动方向正确后，才把它们接到同一电源开关上；带负载后，通过实测电流对两台电动机的负载分配情况进行检查，防止其中一台过载。

168. 什么叫做三相异步电动机的起动特性？对三相异步电动机的起动有哪些要求？

三相异步电动机接通三相交流电源，转速由零逐渐升高到稳定转速（额定转速）的过程，称为三相异步电动机的起动。三相异步电动机的起动特性，是指电动机的起动电流、起动转矩、起动时间、起动的可靠性、起动时绕组的能耗和绕组的发热情况等，其中起动转矩和起动电流这两个参数的大小是主要特性。

对三相异步电动机的起动一般有以下要求：

(1) 起动转矩。起动转矩是三相异步电动机起动特性中一项最重要的参数。通常各种生产机械对电动机有不同的起动转矩要求，如车床等机械设备，起动时负荷很小，起动后速度上升到稳定值时才加入大负荷，因此对电动机起动转矩的要求不高。而另外一些机械，如卷扬机和起重机，要求起动时和正常运转时都有同样的转矩，这就要求电动机有较大的起动转矩。一般来说，只有起动转矩大于起动时电动机轴上的堵转转矩，电机才能起动，并且起动转矩越大，加速越快，起动时间越短。

(2) 起动电流。在保证起动转矩的前提下，起动电流应尽可能小。起动电流过大，会造成电网电压明显下降，影响同一电源（变压器）上其他用电设备的正常工作（如白炽灯光色变暗，荧光灯闪烁，其他电动机不能起动等），严重时甚至使正常工作的电动机停转。对于频繁起动的电动机，过大的起动电流引起的铜损耗使电机过热，影响其使用寿命。因此，应根据电源容量的大小，将电动机的起动电流加以限制。

(3) 起动设备。起动设备的结构应尽可能简单、经济，而操作又方便，同时运行可靠。

(4) 能量损耗。起动过程中，绕组的能量损耗应尽可能少。如果不能同时满足上述四项要求，则首先应满足前两项要求。

169. 起动三相异步电动机时为什么要合理选择起动方式？

这种电动机直接起动和降压起动各有哪些优缺点？

电动机从定子接入电源，转子开始转动到转速稳定这个过程称为起动。当定子绕组与三相电源接通后，由于转子还处于静止状态，此时旋转磁场以最大的相对速度切割转子导体，转子产生很大的感应电动势，因而转子导体内的电流很大，又由于转子中的电能是由定子那里传递过来的，所以定子绕组中跟随着出现很大的电流。在电动机起动过程中自电源流入定子绕组的电流称为起动电流（一般以 I_Q 表示），其值约为绕组额定电流的 4~7 倍。这种大起动

电流维持的时间并不长（约为几分之一秒到几秒），所以对电动机本身的不利影响并不大。但是，这种大起动电流会造成电网电压显著下降，以致影响接在同一电网的其他用电设备的工作。例如，使附近照明灯变暗，使附近正在工作的其他异步电动机的转矩减小，转速下降等。由此可见，起动电动机时，应将起动电流限制在一定数值内，以保证同一线路上的其他用电设备正常工作。因此，起动三相异步电动机时，应根据电网的容量合理选择起动方式（直接起动或降压起动）。

电动机直接起动，也叫做全压起动，是最简单的一种起动方法。起动时，利用闸刀开关或接触器将电源电压直接接到电动机的接线端上。由于起动时定子绕组承受额定电压，所以叫做全压起动。电动机直接起动的优点是起动设备简单、操作方便、起动迅速。其缺点是起动电流大，造成电网电压下降，影响同一电网中其他负载的正常工作。

电动机降压起动，就是在起动时利用降压起动设备将电源电压适当降低到电动机额定电压以下之后，再加入到电动机的定子绕组上，使电动机起动。电动机降压起动具有起动电流小、压降变化小的优点。但与直接起动相比，存在着投资大、起动设备复杂、故障率高、起动转矩小和起动时间长等缺点。特别是有些单位对电动机实行降压起动时，为了使其在起动过程中顺利地克服负载的静态反抗转矩，人为地加大电动机的配套功率，结果使电动机长期处于轻载运行状态，造成电能的浪费。

目前许多工业发达国家提倡在条件许可时，对电动机优先采用直接起动方式，主要目的是力求减少一次投资，降低故障率，提高负载率，节约电能。

因此，选择电动机的起动方式，应考虑负载特性、电源容量、线路压降和节电等问题。

170. 怎样判断鼠笼式电动机能否直接起动？

目前国内有些电工手册和电工参考书都指出，可根据下列经验

公式来判断鼠笼式电动机能否直接起动，亦即如果

$$\frac{I_q}{I_e} \leq \frac{3}{4} + \frac{\text{电源总容量(kV} \cdot \text{A)}}{4 \times \text{电动机容量(kW)}}$$

则电动机就可直接起动（式中 I_q 为定子绕组电流）， I_e 为电动机额定电流）。但有人认为，这一经验公式只可供参考，不宜作为判断鼠笼式电动机能否直接起动的依据（见《电动机的起动、制动和调速》第 2~3 页，周希章编著，机械工业出版社出版，1993 年）。为了清楚起见，引用该书资料说明如下：

设有一台 JO82-4 型鼠笼式异步电动机，额定容量 $P_e = 40 \text{ kW}$ ， $\frac{I_q}{I_e} = 6.5$ 。如果供电变压器容量为 $560 \text{ kV} \cdot \text{A}$ ，该电动机能否直接起动？

由上列经验公式的右半部可得

$$\frac{3}{4} + \frac{\text{电源总容量(kV} \cdot \text{A)}}{4 \times \text{电动机容量(kW)}} = \frac{3}{4} + \frac{560}{4 \times 40} = 4.25$$

$$6.5 > 4.25, \text{ 所以 } \frac{I_q}{I_e} > \frac{3}{4} + \frac{\text{电源总容量(kV} \cdot \text{A)}}{4 \times \text{电动机容量(kW)}}$$

根据上式，得出该电动机不能直接起动的结论。但一些厂矿企业常用 $560 \text{ kV} \cdot \text{A}$ 变压器对 40 kW 电动机（如 B215、B115 型刨床用的电动机组）供电，并且电动机一般都是直接起动，这恰与公式得出的结论相反。问题在于电动机起动时，其起动电流的冲击和电压降落是否影响同一电网中其他用电设备的正常运行。根据上列经验公式，即使由 $750 \text{ kV} \cdot \text{A}$ 变压器对 40 kW 电动机供电，该电动机也不能直接起动，因

$$\frac{3}{4} + \frac{750}{4 \times 40} = \frac{87}{16} \approx 5.4 < 6.5$$

综上所述，上列经验公式不宜作为判断鼠笼式电动机能否直接起动的依据，而建议参照表 3-20、表 3-21 和表 3-22 来判断。

表 3-20 根据电动机功率与供电变压器容量之比来选择鼠笼式电动机的起动方式

| 容量比 = $\frac{\text{电动机功率 (kW)}}{\text{供电变压器容量 (kV}\cdot\text{A)}}$ | 0.3 以下 | 0.3~0.58 | 0.58 以上 |
|--|---------------------------|---------------------------|-------------------|
| 起动方式 | 直接起动, 采用闸刀开关、电磁起动器或空气断路器等 | Y- Δ 起动 控制器降压起动 | 自耦降压起动器 (即补偿器) 起动 |

表 3-21 根据电源容量确定鼠笼电动机直接起动的功率

| 电源情况 | 允许直接起动的鼠笼式电动机最大功率 (kW) |
|----------|-----------------------------|
| 小容量发电厂 | 每 1 kV·A 发电机容量为 0.1~0.12 kW |
| 变电所 | 经常起动时, 不大于变压器容量的 20% |
| | 偶尔起动时, 不大于变压器容量的 30% |
| 高压线路 | 不超过电动机连接线路上的短路容量的 3% |
| 变压器-电动机组 | 电动机容量不大于变压器容量的 80% |

表 3-22 6(10)/0.4 kV 变压器允许直接起动的鼠笼式电动机最大功率

| 变压器供电的其他负荷 S_1 和功率因数 $\cos\varphi$ | 起动时允许电压降 (%) | 供电变压器容量 S_b (kV·A) | | | | | |
|---------------------------------------|--------------|----------------------|-----|-----|-----|-----|-------|
| | | 100 | 180 | 320 | 560 | 750 | 1 000 |
| | | 起动鼠笼式电动机最大功率 (kW) | | | | | |
| $S_1 = 0.5S_b$ $\cos\varphi = 0.7$ | 10 | 22 | 40 | 75 | 115 | 155 | 215 |
| | 15 | 30 | 55 | 100 | 185 | 240 | 280 |
| $S_1 = 0.6S_b$ $\cos\varphi = 0.8$ | 10 | 17 | 30 | 75 | 100 | 130 | 185 |
| | 15 | 30 | 55 | 100 | 185 | 240 | 280 |

注: 表中所列数据, 指电动机与变压器低压母线直接相连而言。

171. 电动机起动时间的长短与哪些因素有关？为什么不允许电动机的起动时间过长？

电动机起动时间的长短，与额定转速、额定力矩、转子直径和重量、起动过程中过剩力矩的大小等因素有关。

一般来说，电动机的额定转速愈高，转子直径和重量愈大，则起动时间愈长；额定转矩愈大，起动过程中过剩力矩愈大，则起动时间愈短。在其他条件都相同的情况下，电动机起动时间的长短只取决于 bk_u^2 。其中 $b = \frac{T_{\max}}{T_e}$ 叫做最大负载转矩倍数， T_{\max} 是最大负载转矩， T_e 是额定转矩； $k_u = \frac{U_1}{U_e}$ ， U_1 是加于定子绕组的电压， U_e 是额定电压。实际上，电动机起动时间与电压的关系最密切，即电压愈高，起动时间愈短。

电动机所拖动的各种负载机械，其阻力力矩（即堵转转矩）随转速而变化的特性各不相同，并且起动过程中过剩力矩的变化规律也不一样。例如，电动机拖动水泵、风机、磨煤机等机械设备时，起动时间就各不相同。具体地说，钢球式磨煤机实际上具有恒定阻力力矩，亦即其阻力力矩不随转差（或转速）而变化；送风机和吸风机等的阻力力矩随转差而变化的规律可用下式近似地表示：

$$T_m = 0.15 + 0.85(1 - S)^2$$

式中 T_m ——阻力力矩相对值： $T_m = \frac{T_z}{T_e}$ ， T_z 为阻力力矩；

T_e ——额定力矩（即额定转矩）；

S ——转差率。

上式表明，风机这类机械的力矩随转速的平方而变化。与静压力（水头）有关的离心式水泵，也具有与转速的平方成比例变化的阻力力矩。

电动机起动时，起动电流往往是额定电流的 4~7 倍，此时电动机绕组温度迅速上升，若起动时间过长，则绕组绝缘就会受到损

伤甚至烧毁。当电动机的电流增大时，允许过流而不致损伤绕组绝缘的时间如图 3-25 所示。

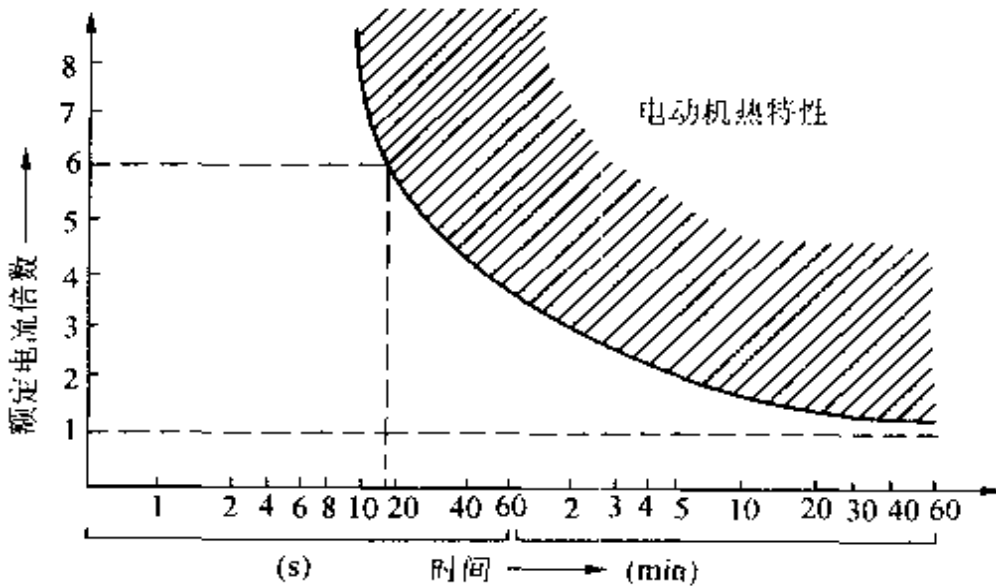


图 3-25 E 级绝缘的电动机热特性

由图可见，当电动机的电流为额定电流的 6 倍时，电动机的热特性约为 15s，即电动机从接通电源起动至全速运转的时间最好在 15s 以内。否则，由于电动机的温升超过正常的允许温升，将加速绕组绝缘的老化，时间过长，就会烧毁绕组。因此，电动机的起动时间不宜过长，应使其在规定的时间内起动运转，否则，应立即停机进行检查。

172. 怎样使用一台起动器来起动两台电动机？

在采用同容量电动机的多机组生产场所，如果缺乏起动设备，一般可用一台起动器来起动两台电动机。起动器和电动机的接线图如图 3-26 所示。

在图 3-26 a 中，每台电动机前面都装有一只空气断路器作为电机的过载、短路和失压保护装置，而在起动器下面则装有一只双投闸刀开关。操作时，先合上开关 DK1、DK2，当起动电动机 M1 时，将双投开关 DK3 投向 a 点，然后对起动器按起动、运转顺序进行操作，待电动机起动后达到正常转速就合上空气断路器 ZK1，

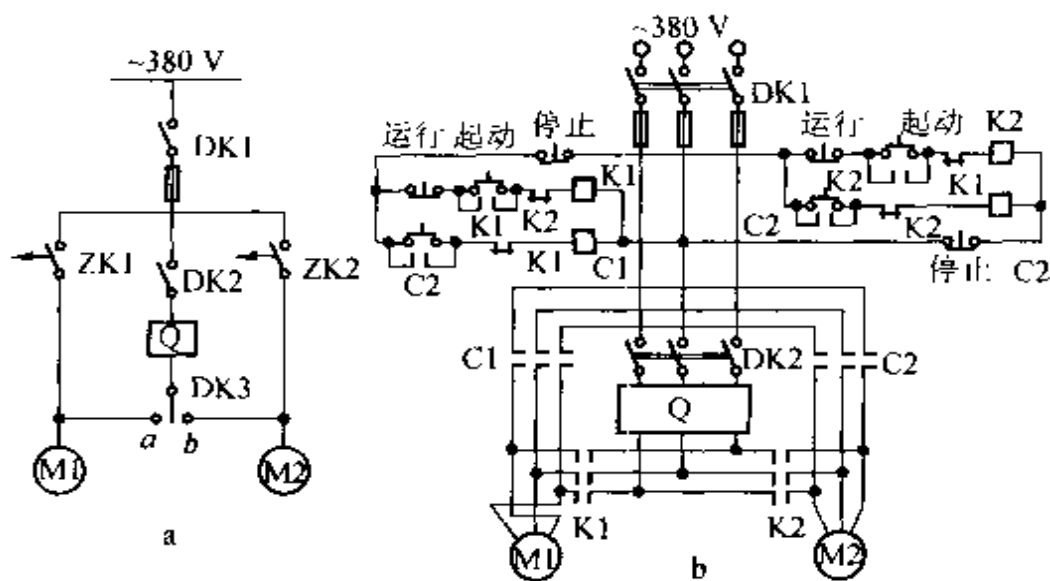


图 3-26 用一台起动器起动两台电动机接线图

随后拉开开关 DK3 即可。电动机 M2 的起动步骤与 M1 相同。当全部电动机都起动完毕，则拉开刀开关 DK2。

在图 3-26 b 中，每台电动机的电路上都装有两只交流接触器（二者互相联锁）作为操作开关，当需要起动其中任一台电动机时，只需按下相应的起动、运转按钮即可。当全部电动机都起动完毕，也拉开刀开关 DK2。

电动机的保护装置，可按技术规范的要求设置。但必须指出，缺相运行是电动机在运行中烧毁的主要原因之一。为此，除在配电变压器高低压侧装设断相保护装置外，每台电动机的分支线上都应装设断相保护装置。断相保护一般有以下几种方案：

(1) 使用中间继电器保护。在每相上接入线圈电压为 220 V 的中间继电器，将三只继电器的常开接点串联后接入主电路交流接触器线圈回路。这样，当任一相失电时，中间继电器便释放，于是交流接触器失电而切断主电路。

(2) 使用欠电流继电器保护。在三角形接线的电动机的各相线路中接入电流继电器（如果电流较大，可使电流先通过电流互感器，再通过继电器），将三只继电器的常开接点串联后接入主电路交流接触器线圈回路。当发生断相故障时，相应继电器的接点返

回，交流接触器失电，使电源断开。

(3) 使用指示灯监视断相。在电动机电源侧的每相上都装设指示灯，将三只指示灯接成星形，并将其中性点接于公用中性线上。当某相发生断相故障时，接于该相的指示灯不亮，而其余两相的灯则发光。另一种接法是：将三只指示灯跨接于电源侧的熔断器两侧，熔体熔断的一相上的灯发光，而其余两相上的灯则不亮，在这两种接线情况下，操作者一旦发现灯光信号，就可及时断电停机。

173. 怎样测定不可逆转的异步电动机的旋转方向？

对于不可逆转的负载机械用的不许反向旋转的异步电动机，在其起动运转以前，应检查其转向与负载机械要求的方向是否一致。如果电动机已安装就位，不便从连接机械上拆下进行单独运转，则可按下述方法测定其旋转方向：

(1) 用彩色粉笔在接线端子的三根电源线上标出白、红、蓝记号，在胶带轮侧的端盖上也画上标记（图 3-27）。

(2) 将直流毫伏表（或万用表的直流毫安挡）接在有白色记号的相线与中性线间，按顺时针方向慢慢盘动胶带轮。如果是 4 极电动机，则胶带轮每旋转一周，表针会左右摆动 4 次。这样，当胶带轮上有两点与端盖上的标记相

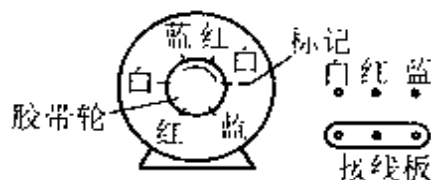


图 3-27 确定电动机旋转方向示意图

重合时，表针由零位开始向正向偏转，将该两处画上白色记号。

(3) 将毫伏表接在有红色记号的相线与中性线间，仍按顺时针方向盘动胶带轮，则当胶带轮上另外两点与端盖上的标记相重合时，表针由零位开始向正向偏转，将该两处画上红色记号。

(4) 按同样方法将毫伏表接在有蓝色记号的相线与中性线间，又在胶带轮上的两处画上蓝色记号。这样，胶带轮上便有不同颜色的 6 点（图 3-27）。由于胶带轮上有粉笔标记所示的顺序，依次在有白、红、蓝色记号的相线上通以 A、B、C 相序的电源，电动

机就会在胶带轮侧看来是顺时针方向旋转

如果不知道电源相序，可采用示波器、相序表或灯泡法来确定。灯泡法的测试方法如下：如图 3-28 所示，用两个规格相同的灯泡和一个电容接

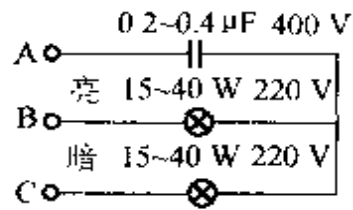


图 3-28 灯泡法测定相序

成星形，A、B、C 分别接到三相电源上，此时两个灯泡的发光程度将不相同，即一个较亮，一个较暗。如果将接电容的一相作为 A 相，则灯泡发光较亮的那一相便是 B 相，剩下的一相为 C 相。

对于绕线式电动机，可按下述方法确定其旋转方向：

使转子开路，接入适当量程的三相交流电压表，在定子绕组中通入额定三相交流电压（此时定子绕组中的电流接近空载电流），然后按要求的旋转方向盘动转子。转子转动时，如果电压表读数下降，则表明定子电源相序正确。为验证接线是否正确，可往相反方向盘动转子，此时电压表的读数上升。

174. 电动机起动过程中有哪些特点？

(1) 电动机转子导体中感应电势和电流的大小，与定子旋转磁场切割转子导体的速度有关。但在定子绕组刚接通电源的瞬间，转子还是静止不动的，此时定子旋转磁场对静止的转子具有最大的相对转速，因此转子导体中所产生的感应电势和电流最大。实测表明，电动机的起动电流可达额定电流的 4~7 倍。

(2) 电动机起动后，转子的转速从慢到快。随着转子的转速不断增大，定子旋转磁场与转子的相对转速逐渐减小，因此，转子导体中的电流和定子绕组中的电流也相应减小。当电动机在额定负载下，以额定转速运行时，定子电流便达到额定值。

(3) 在电动机起动后的瞬间，虽然定子电流为额定电流的 4~7 倍，但由于电动机的起动时间很短（容量不大的电动机，起动时间为 5~10s），还来不及使电动机发热。因此，起动电流大并不是一个严重问题。但对于频繁起动的电动机，由于热量不断积累，则

应考虑其发热问题。

(4) 电动机很大的起动电流所引发的主要问题，是造成供电线路的电压显著下降，这不仅使电动机的起动转矩减小（起动转矩与电源电压的平方成正比）而起动困难，并且还影响接于同一电网的其他用电设备的工作。尤其是大容量电动机，由于它的起动电流较大，起动时间较长，对同一电网的其他用电设备的影响更大（解决这一问题的办法见 175 问）。

175. 容量较大的异步电动机在容量相对较小的供电系统中起动会出现哪些问题？怎样解决？

容量较大的异步电动机在容量相对较小的供电系统中起动（例如电动机的额定容量为供电系统变压器额定容量的 50% 以上），可能出现以下问题：

(1) 由于受电动机较大起动电流的影响，供电系统中的过电流保护装置可能发生动作跳闸。

(2) 较大的起动电流在供电系统中产生较大压降，影响电动机的起动性能。

(3) 由于起动电流在供电系统中产生很大的压降，低压保护装置也可能发生动作跳闸。

(4) 较大的起动电流可能使供电系统中的电器触头发热，甚至“打火”烧坏。

(5) 起动电流引起的压降使供电系统的电压质量下降，影响系统中其他用电设备的正常工作。

对上述问题，一般可采用无功补偿装置来解决。例如，某化肥厂的鼓风机用电动机（185kW）由一台 320 kV·A 变压器供电，电动机的额定电流为 340 A，降压起动时的实测最大起动电流为 1 100 A，变压器 380V 侧的额定电流为 462 A。由此可见，电动机的起动电流为变压器额定电流的 2 倍以上。为了减小电动机起动对供电系统的影响，可在起动前将无功补偿装置投运，使补偿装置的电流为变压器额定电流的 120%（约 560 A），接着起动电动机。这

样，流过供电系统的起动电流下降为 540 A 左右（约为变压器额定电流的 1.1 倍）。这是因为无功补偿电流 I_c 为容性电流，而电动机的起动电流 I_D 基本上为感性电流，通过供电系统的总电流 $I_{\text{总}} = I_c + I_D \approx 1100 - 560 = 540$ (A)。这就是电动机起动时通过供电系统的起动电流明显减小的原理。这一降低起动电流的方法有很大的实用意义。

176. 长期停用的电动机投入运行前，为什么要进行绝缘检查？怎样判断绕组绝缘电阻是否合格？

长期停用的电动机，其绕组绝缘会逐渐老化，绕组会吸潮而使绝缘电阻下降。如果不经检查和干燥处理即投入运行，会因泄漏电流增加而造成绕组绝缘薄弱部位短路击穿。因此，长期停用的电动机再投入运行前，应进行绝缘检查。中小型 380 V 电动机的绕组绝缘电阻可用 500 V 兆欧表来摇测，测得的电阻值 R_i 以不低于下式计算值为合格：

$$R_i \geq \frac{U_e}{1000} \times 2^n \quad (\text{M}\Omega)$$

式中 n ——测量换算系数， $n = \frac{t_r - t_c}{20}$ ，一般取整数；

t_r ——电动机工作温度，一般取 75℃；

t_c ——测量绝缘电阻时的温度，℃；

U_e ——电动机的额定电压，V。

在用的电动机，其绕组绝缘电阻应大于 0.5 MΩ，而新电动机的绕组绝缘电阻应在 5 MΩ 以上才算合格。绕组如果受潮，应进行烘干处理。

177. 怎样判断电动机不经干燥就可直接投入运行？

电动机一般容易受潮，安装前应检查其绝缘情况。检查结果，如果满足下列条件之一，可不经干燥直接投入运行。否则，应进行干燥处理。

(1) 电压在 1000 V 以下，运输和保管期间绕组未显著受潮，绕组绝缘电阻不小于 0.5 MΩ；电压在 1000 V 以上，在接近运行温度时，定子绕组绝缘电阻每千伏不小于 1 MΩ，转子绕组不小于 0.5 MΩ。

(2) 兆欧表在 60 s 时测得的电阻值 R_{60} 与兆欧表在 15 s 时测得的电阻值 R_{15} 之比 ≥ 1.3 (R_{60}/R_{15} 称为吸收比，也叫吸收系数)。

(3) 开始运行时，有可能在低于额定电压下运行一段时间的电机（如励磁机等），并在静止状态下干燥有困难，而绝缘电阻值又不低于 0.2 MΩ，可先在低于额定电压下运行，在运行中干燥。

178. 三相异步电动机投入运行前应进行哪些检查？

(1) 新安装或长期停用（停用 3 个月以上）的电动机。一般应检查以下各项：

① 电源电压和频率与电动机铭牌所示电压和频率是否相符，三相电源电压是否正常，三相电压是否对称等。

② 电动机的基座是否牢固，地脚螺栓是否拧紧，轴承是否缺油，油质是否合格；电动机接线（Y 接或 Δ 接）是否正确，电动机和起动设备的金属外壳是否可靠接地或接零等。

③ 用兆欧表测量三相相间绝缘电阻和三相绕组对地绝缘电阻，冷态下（即环境温度 40℃ 时）绝缘电阻应大于 1 MΩ，最低不得小于 0.5 MΩ。否则，应将绕组进行烘干处理。

④ 熔体安装是否牢固、可靠，其额定电流是否符合要求；起动设备接线是否正确，起动装置动作是否灵活，触头接触是否良好；油浸自耦降压起动设备的油量是否合适，油是否变质。

⑤ 电动机内部有无杂物，特别是有无金属碎屑。检查后，不管有无杂物或金属屑，均应使用 0.2~0.3 MPa 的清洁、干燥的压缩空气吹扫电动机内部（也可使用吹风机或手风箱等来吹扫），吹扫时要防止碰伤绕组。

⑥ 电动机的引出线端与导线（或电缆）的连接是否正确、可靠，引出线的端子与导线之间是否垫有弹簧垫圈，螺帽是否拧紧。

⑦对绕线式电动机，应检查电刷与集电环接触是否良好，电刷在刷盒中能否灵活移动，电刷牌号是否符合要求，提刷装置动作是否正常，电刷压力是否合适（电刷压力一般为1.5~2.5 MPa）。

⑧对电动机所拖动的机械设备是否做好起动的准备。

⑨对不可逆转的电动机，应检查其转动方向与外壳上标出的运转箭头方向是否相符，检查方法见173问。

(2) 正常运行的电动机。检查内容包括：

①三相电源是否中断，电源电压是否过高或过低，熔体是否损伤。

②联轴器的螺栓和销子是否紧固；胶带连接是否良好，胶带松紧度是否合适；机组转动是否灵活，有无摩擦、卡涩和窜轴现象，声响是否正常。

③电动机周围有无妨碍运行的杂物和易燃物品等。

④起动设备、电源开关是否完好，开关合闸时触头接触是否紧密，三相是否一致（应在不带电情况下进行检查试验）；热继电器调整是否适当。

179. 起动三相异步电动机应注意哪些事项？

(1) 电动机接通电源起动以前，应提醒在场人员不要站在电动机和所拖动机械的两侧，同时检查电动机和所拖动的机械上有没有工具或其他杂物，以免工具或杂物在电动机起动时飞出而造成伤害事故。

(2) 操作人员应检查电动机周围有无障碍物，胶带罩盖或围护栅栏是否完整，并整理服装，防止衣袖卷入电动机转轴。

(3) 使用星-三角起动器或自耦降压起动器时，应遵守操作程序。

(4) 几台电动机共用一台变压器时，应先起动容量大的电动机，后起动容量小的，逐台单独起动。

(5) 接通电源前应做好切断电源的准备，以便接通电源后，万一电动机不旋转、起动缓慢和发出不正常的响声，能立即切断电源

进行检查。

(6) 不可逆转的电动机，起动时如果发现旋转方向与外壳上标出的运转箭头方向不一致，则应立即切断电源。停机后，只要将三根电源线中的任意两根对调一下，即可纠正电机的旋转方向。

(7) 如果电动机所拖动的负载机械有几个转动部分，则电动机起动时应由数人分工观察各转动部分，以便能及时判断所拖动的机械设备工作是否正常，并监视各种仪表的读数。若发现异常情况，应停机检查。

(8) 鼠笼式电动机实行降压起动时，连续起动次数不宜过多。电动机冷态时，连续起动次数不可超过4次，两次起动之间的间隔时间一般不应少于5min；热态时，连续起动次数不可超过2次，而间隔时间则应更长些。

(9) 有电刷提升短路装置的绕线式电动机，起动前应将手柄（或操作盘）扳到“起动”位置，此时电刷落到集电环上，短路装置断开，转子绕组与起动变阻器接通，然后接通电源；当电动机的转速接近额定转速时，将手柄迅速扳到“运转”位置，此时电刷提起，短路装置闭合，变阻器被切除，同时转子三相绕组被短路。电动机停车后，应将手柄扳回到“起动”位置，为下次起动做好准备。

(10) 电动机起动完毕，应检查其定子绕组三相电流是否平衡，大小是否合适。空载运行的电动机，其电流应为额定电流的20%~50%；重载运行的电动机，其电流不得超过额定电流。

180. 对电动机怎样进行起动试运行（试车）？

(1) 熟悉起动设备的操作规程，一般不仅要掌握起动电动机的要领，而且还要熟悉如何停车和切断电源，以免发生故障时手忙脚乱，不知所措。

(2) 合闸前用试电笔检查三相电源是否有电。

(3) 合闸时操作人员应站在一侧，以免电弧烧伤。

(4) 使用闸刀开关起动时，合闸动作应迅速果断。使用双闸刀

起动、Y-△起动器或自耦降压起动器起动时，必须遵守操作顺序。

(5) 合闸前要注意电动机周围有无闲杂人员和杂物，要提醒在场人员注意，并清除电动机周围的杂物。

(6) 合闸时要眼看电动机，耳听响声。如果发现电动机不转或者转动时产生强烈的振动和噪声，有冒火、冒烟现象或闻到焦臭味，应立即切断电源。只有查明和排除故障，才可继续起动。如果合闸后电动机正常起动，则应在电动机正常运行 1min 以后，才可离开操作地点。

(7) 降压起动时，起动设备的操作，应根据电动机的起动情况进行。实行绕组星形接线起动时，先将操作手柄扳向 Y 接法的方向，待电动机的转速稳定，不再升高，将手柄扳到△接法的一边。利用自耦降压起动器起动时，操作手柄应在起动位置上停留一段时间，不可在电动机转速还未升高时就将手柄推到运转位置。

(8) 同一台电动机不可多次连续起动，因为较大的起动电流将使电动机绕组严重发热。通常，电动机空载连续起动不宜超过 5 次。

(9) 无论是修理过的或长期闲置未用的电动机，均应空载试运行 2 h，并记录空载电流，一切正常后才可带负载试运行。加负载以前，应检查电机的转向与规定的旋转方向是否相符。如果不符，应切断电源，将三根电源线中的任意两根对调一下，或者将电动机接线板上或起动设备上的任意两根导线对调一下也可。

(10) 在电动机的试运行中应测量电机的温度、起动电流、工作电流。如果这些参数正常，就可拖动生产机械试运行。

(11) 电动机试运行过程中应无杂音、无过热现象，电动机的振动幅值和轴承温升应在允许范围以内。

181. 怎样判断电动机试运行结果是否达到带载运行标准？

(1) 电动机的进、出风口畅通无阻，通风良好；风扇与风扇罩无互相擦碰现象；轴承转动均匀，润滑良好。

(2) 电动机运行音响均匀、正常，无嗡嗡声、碰擦声等异常声音，无异常振动。

(3) 空载电流与额定电流的百分比在规定范围以内，三相电流不平衡度仅为5%左右。

(4) 用手背（不可用手心）触摸电动机外壳各部位（触摸前应使用试电笔测试外壳是否带电），无发烫的感觉，或者用酒精温度计（禁止用水银温度计）在电动机吊环孔内测得的铁芯温度未超过有关规程的规定值。

(5) 起动控制设备动作正常。

(6) 绕线式电动机的电刷与集电环接触良好，无异常火花。

182. 经检查，某电动机的主电路和控制电路接线正确，但电动机试运行时发现主接触器吸合后即释放，如果持续按压起动按钮，则接触器不间断地吸合、释放。试判断其原因是什么？怎样处理？

根据这种故障现象，可判定这是由于电动机的起动电流引起供电线路上产生较大的电压降，造成控制电路的电压降低到额定电压的15%以下，从而主接触器的电磁吸引线圈不能正常吸合。当主接触器的触头断开，电动机的起动电流下降至零时，控制电路的电压又恢复正常。此时如果持续按压起动按钮，便形成接触器不间断地吸合、释放的恶性循环。要排除这种故障，必须使主接触器的控制回路的电压不受或少受电动机起动电流的影响。具体做法是：

(1) 在控制回路的电源上加装稳压器，使控制电源不受电压降的影响。

(2) 从动力干线直接引出控制电源线，以减少控制回路受电动机起动电压降的影响，使接触器能正常吸合。

183. 电动机空载试车时，转子不能转动或转动不灵活的原因是什么？怎样进行调整或处理？

电动机装配、测试完毕，进行空载试车时，一般先用手盘动电动机的转轴，检查转子能否转动和转动是否灵活。如果转子不能转动或转动不灵活，一般有以下几方面的原因，可进行相应的调整或

处理：

- (1) 转轴前后端装倒。将转轴的前后端对调即可。
- (2) 端盖或轴承盖的位置不正确。可调整端盖或轴承盖的位置。
- (3) 端盖或轴承盖的螺钉未拧紧。拧紧该螺钉即可。
- (4) 转轴与轴承间或轴承与端盖间的相对位置不正确。可用木榔头在轴向敲打转轴端，先试敲某方向，若无效，再试敲反方向。
- (5) 端盖与定子的合缝处有污物或漆皮未铲净。可铲除合缝处的污物或漆皮。
- (6) 定子内腔壁有污物或漆皮。可铲除定子内腔壁的污物或漆皮。
- (7) 槽楔突出槽口，轧住转子。削去槽楔突出槽口部分即可。

184. 对普通车床电动机怎样进行起动和保护？

普通车床一般都有两台电动机，一台是主轴电动机（图 3-29 中的 ZM），另一台是油泵或冷却液泵用的电动机（图 3-29 中的 LM）。图 3-29 为 C620-1 型普通车床的控制线路。图中符号的意义为：HK1、HK2、HK3 为转换开关，用来控制电动机的正反转，

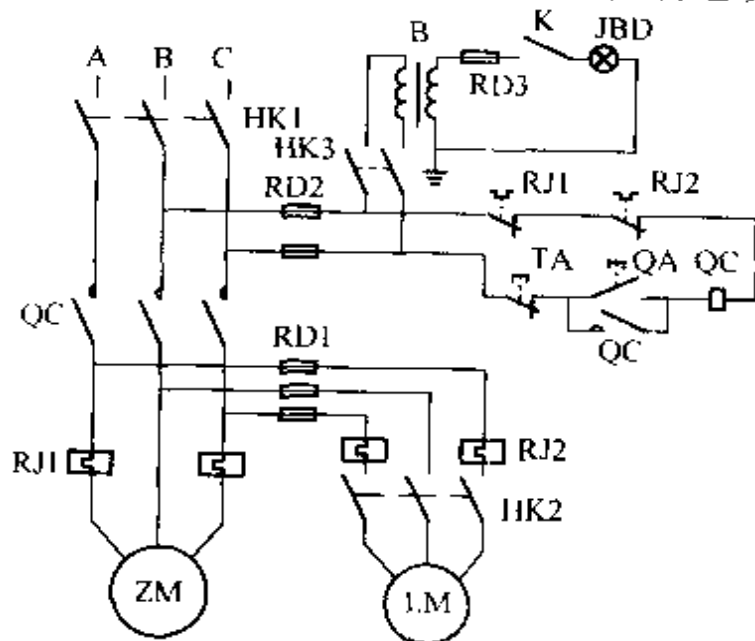


图 3-29 C620-1 普通车床的控制线路

同时也起闸刀开关的作用；RD1、RD2、RD3 为熔断器；K 为单相开关；RJ1、RJ2 为热保护继电器；QC 为交流接触器；B 为安全变压器；JBD 为照明灯；TA、QA 为停止、起动按钮开关。

由于主轴电动机 ZM 一般为 7 kW 四极异步电动机，油泵或冷却液泵用电动机 LM 一般为 0.125 kW 二极异步电动机，二者的功率都不大，所以实行全压直接起动。合上 HK1 后，按下 QA，QC 线圈通电，电动机 ZM 起动运转；合上 HK2，电动机 LM 也起动运转；合上 HK3，安全变压器 B 通电；合上 K，照明灯 JBD 亮。

在电动机的运行过程中，无论 ZM 或 LM 过载而发热，RJ1 或 RJ2 便动作，将接触器 QC 的电路断开，使电动机的主电路断电，电机停止运转。如果电动机发生短路故障，则 RD1、RD2、RD3 中的熔体熔断，从而对电机提供短路保护。

185. 机床电动机不能起动和停车的原因是什么？怎样处理？

以典型的常用 C620-1 型普通车床为例。

(1) 主轴电动机不能起动。其原因和采取措施如下：

①配电箱或铁壳开关中的熔断器熔体熔断。一般调换原规格熔体即可。

②热继电器动作后，其常闭触点未复位。应检查热继电器动作的原因，可能的原因是：电动机长期过载；热继电器选配不当（规格不符合要求）；热继电器的整定电流太小。此时消除故障原因，使热继电器复位，电动机即可起动。

③电源开关接通后，按下起动按钮，接触器未吸合。这种故障一般发生在控制电路中，可能的原因是：控制电路中的熔断器熔体熔断，应更换熔体；起动按钮或停止按钮内的触点接触不良，应修复或更换控制按钮；交流接触器损坏（线圈烧毁或触点接触不良），应修复或更换接触器。

④电动机损坏，应修复或更换电动机。

(2) 按下起动按钮，电动机发出嗡嗡声，不能起动。这是电动机断相造成的，可能的原因是：

①熔断器有一相熔体熔断，调换原规格熔体即可。

②接触器有一对主触点接触不良，应修复触点。

③电动机的接线有一处断线，此时应立即切断电源，否则，会烧坏电动机。消除断线故障，接好线之后，重新起动电动机，直到电机正常工作为止。

(3) 主轴电动机起动后不能自锁。此时按下起动按钮，电动机能起动；松开按钮，电动机就自行停止。故障原因是接触器上的自锁用辅助触点接触不良或接线松开，一般修复该触点或接好线，电动机就可起动运转。

(4) 按下停止按钮，主轴电动机不停止运转，其原因是：

①接触器的主触点因熔焊、被杂物卡住或有剩磁而不能复位，此时应修复或更换接触器。

②停止按钮的常闭触点被卡住，不能断开，应更换停止按钮。

(5) 冷却泵电动机不能起动，其原因是：

①主轴电动机未起动，应先起动主轴电动机。

②熔断器的熔体熔断，应调换原规格熔体。

③转换开关损坏，应更换该开关。

④冷却泵电动机损坏，应修复或更换该电动机。

186. 不允许鼠笼式电动机直接起动时，怎样选择适当方式进行降压起动？

如果鼠笼式电动机不允许全压直接起动，则可选择降压起动方式进行起动。所谓降压起动，就是电动机起动时，利用起动设备降低加于定子绕组的电压来限制起动电流。选择降压起动方式，一般应遵循下述原则：所采取的降压起动方式，必须使电动机的起动转矩大于负载的阻力矩。否则，不但不能满足起动要求，而且还会使电动机受到损坏。因此，电动机所拖动负载（生产机械）的性质，是合理选择降压起动方式的依据。表 3-23 列出一些负载的电动机降压起动方式，表 3-24 列出一些降压起动器的主要技术数据，二者都可供实际选择电动机降压起动方式时参考。

表 3 - 23

电动机降压起动方式的选择

| 负载性质 | 对起动的要求 | | 负载举例 |
|-----------------------|---|--------------|---|
| | 限制起动电流 | 减小起动电流对机械的冲击 | |
| 无载或轻载起动 | 星形-三角形降压起动。 电阻或电抗降压起动 | | 车床、钻床、铣床、镗床、齿轮加工机床、圆锯、带锯等。 带有离合器的卷扬机、绞盘和带卸料机的破碎机。 带离合器的普通纺织机械和其他工业机械。 电动发电机组 |
| 负载转矩与转速成平方关系的负载(风机负载) | 延边三角形降压起动。 自耦降压起动。 电抗或阻抗降压起动 | | 离心泵、叶轮泵、螺旋泵、轴流泵等。 离心式鼓风机和压缩机, 轴流式风扇和压缩机等 |
| 重力负载 | | 电阻、电抗或阻抗降压起动 | 卷扬机、倾斜式传送带类机械、升降机、自动扶梯类机械 |
| 摩擦负载 | 延边三角形降压起动。 电阻或电抗降压起动 | 电阻、电抗或阻抗降压起动 | 水平传送带、活动台车、粉碎机、混砂机、压延机和电动门等 |
| 阻力矩小的惯性负载 | 三角形降压起动。 延边三角形降压起动。 自耦降压起动。 电抗降压起动 | | 离心式分离机、脱水机、曲柄式压力机等(限于阻力矩小的机械) |
| 恒转矩负载 | 延边三角形降压起动 电阻或电抗降压起动 | 电阻或电抗降压起动 | 往复泵和压缩机、罗茨鼓风机、容积泵、挤压机 |
| 恒重负载 | | 电阻、电抗或阻抗降压起动 | 织机、卷纸机、夹送辊、长距离胶带输送机、链式输送机 |

表 3-24

降压起动器的主要技术数据

| 起 动 器 名 称 | 型号 | 可控电动 机的功率 (kW) | 起 动 时 间 (s) | 备 注 |
|----------------------|------|----------------------|---|--|
| 星-三 角起 动器 | QX1 | 13、30 | 13 kW, <15 30 kW, <25 | 手动操作, 无任 何保护 |
| | QX3 | 13、30 | 最高操作频率为 30次/h, 并且两次 操作的间隔时间不 少于90 | 自动操作, 有过 载和失压保护 |
| 自耦降 压起 动器 | QJ13 | 10~75 | 30~60 | 手动操作, 有过 载和失压保护 |
| | XJ01 | 14~300 | <120 | 自动操作, 有过 载和失压保护 |
| 延边 三角 形起 动器 | XJ1 | 11~190 | 最高操作频率为 30次/h | 自动操作, 有过 载和失压保护, 可 兼作星-三角降压起 动器 |
| 电阻 降 压起 动器 | QJ1 | 10~40 | 通电时间不得超过 20 | 手动操作, 有过 载和失压保护 |
| | QJ7 | 20 | | 自动操作, 有过 载和失压保护 |
| | BU1 | 50~500 | 在完全冷却的情 况下允许连续起 动2-3次, 但每两次 操作的间隔时间不 得少于两次起动的 时间, 而且每级的 停顿时间不得超过3 | 手动操作, 有失 压保护 |

187. 对鼠笼式电动机怎样进行 Y- Δ 降压起动?

对鼠笼式电动机进行 Y- Δ 降压起动时, 先将电动机的定子绕组接成星形 (Y 接), 待电动机起动后转速接近额定转速, 再改接成三角形 (Δ 接), 使电动机在额定电压下正常运行。由于电动机起动时定子绕组每相承受的电压为相电压 (220 V), 电动机正常运

行时定子绕组每相承受的电压为线电压 (380 V)，所以叫做降压启动。这种启动方式的启动电流是三角形接法直接启动时的 1/3，启动转矩也是三角形接法直接启动时的 1/3，因此这种启动方式适用于定子绕组为三角形接法、空载或轻载启动的鼠笼式电动机。

Y-△启动器的结构简单，操作方便，价格低廉，广泛用于高启动转矩异步电动机的启动。Y-△启动器分为手动 Y-△启动器和自动操作的 Y-△启动器两种，二者启动电动机的方法分述如下。

(1) 手动 Y-△启动器。用于小功率电动机的 Y-△启动器有 HZ5 和 HZ10 系列转换开关中的 Y-△启动器和 QX1、QX2 系列手动空气 Y-△启动器（其主要技术数据如表 3-25 所示）。下面以 QX1-13 型 Y-△启动器为例，说明使用这类启动器启动电动机的操作方法和注意事项。

表 3-25 Y-△启动器主要技术数据

| 型号 | 额定电压 (V) | 额定电流 (A) | 可控电动机最大功率 (kW) | | 热元件额定电流 (A) | 热元件额定范围 (A) | 时间继电器整定值 (s) |
|------------------|----------|----------|----------------|----------|----------------|--------------------------|--------------|
| | | | 220 V | 380 V | | | |
| QX1-13 QX1-30 | 380 | 26 | 7.5 | 13 | | | |
| | | 60 | 17 | 30 | | | |
| QX2-13 QX2-30 | 500 | 12 | | 13 | | | |
| | | 36 | | 30 | | | |
| QX3-13 | 500 | 12.5 | 7.5 | 13 | 11 16 22 | 6.8~11 10~16 14~22 | |
| QX4-17 | 380 | 26 33 | | 13 17 | | 15 19 | 11 13 |

QX1-13 型手动 Y-△启动器用于 380 V、13 kW 以下、定子绕组有 6 个引出接线端子的异步电动机。这种启动器主要由 4 个结构相似的触头元件和一个定位机构组成，其结构分开启式和保护式两种，保护式有金属外罩。启动器有停止 (0)、启动 (Y) 和运行 (△) 三个位置，用双滚轮卡棘轮定位。4 个触头元件是相同

的双断点式银触头，其分合动作由不同外缘形状的凸轮作机械控制，有金属冲制的灭弧罩可靠地灭弧。图 3-30 是 QX1-13 型 Y- Δ 起动器的接线图。

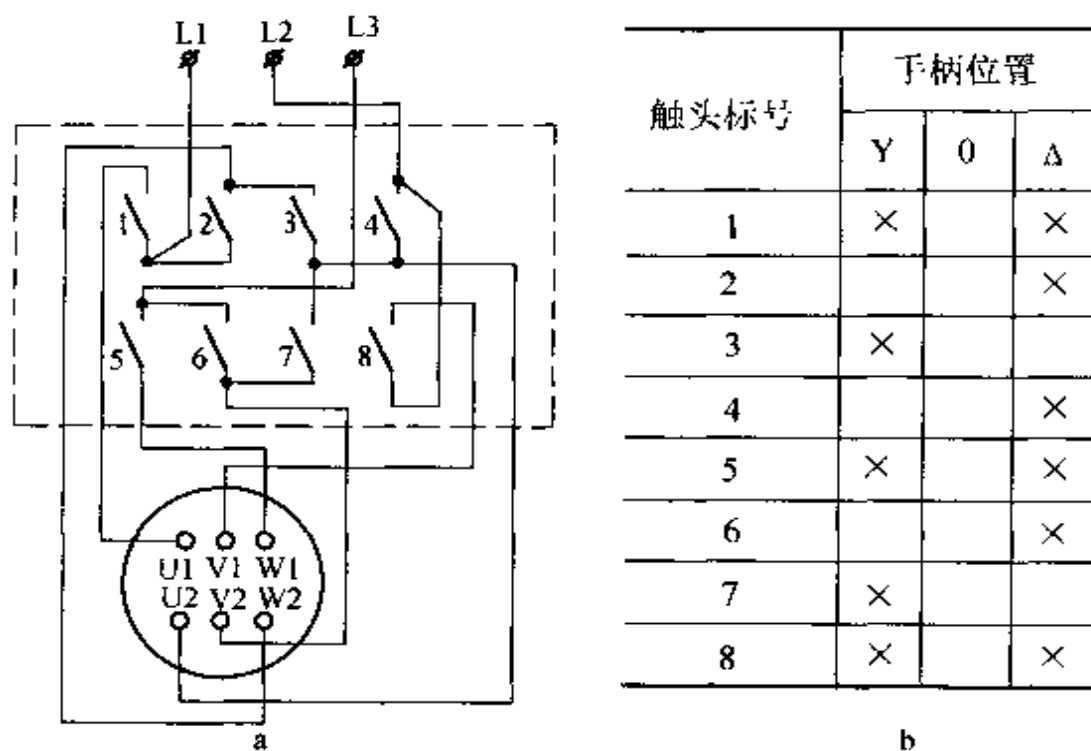


图 3-30 QX1-13 型 Y- Δ 降压起动器接线图

a. 停机状态；b. 手柄位置与触头闭合情况

当手柄置于“0”位时，全部触头断开；当手柄置于“Y”位时，触头 1、3、5、7、8 闭合，2、5、8 断开，电动机的定子绕组按星形接法接到电网上，电机开始起动运转。待电动机的转速接近额定转速，将手柄迅速扳至“ Δ ”位，触头 1、2、4、5、6、8 闭合，电动机的定子绕组按三角形接法接到电网上，电动机在额定电压下正常运行。需要电动机停止运转时，只要将手柄扳回到“0”位即可。

使用 Y- Δ 起动器应注意以下几点：

①应与空气断路器（或铁壳开关）、熔断器等配合使用，它们的动作值按降压起动情况整定为 $(3 \sim 5) I_e$ (I_e 为电动机额定电流)。

②起动器应水平或垂直安装，也可倾斜安装，但不允许触头朝

下倒装。

③ 起动器的起动频率不宜超过 30 次/h，操作时要求动作迅速。

④ 当电动机失压停止运转时，应立即将手柄扳至“0”位，以免电压恢复时电动机全压自行起动。

对于小功率电动机，如果只有单投胶盖闸刀开关或双投胶盖闸刀开关，也可按图 3-31 所示电路进行 Y- Δ 起动。按图 3-31 a 所示电路起动时，应注意操作顺序：合闸时，SA2 必须在断开位置，然后先合 SA3，再合 SA1；当电动机的转速接近额定转速时，应改变为三角形接法运转，即先断开 SA3，然后合上 SA2。

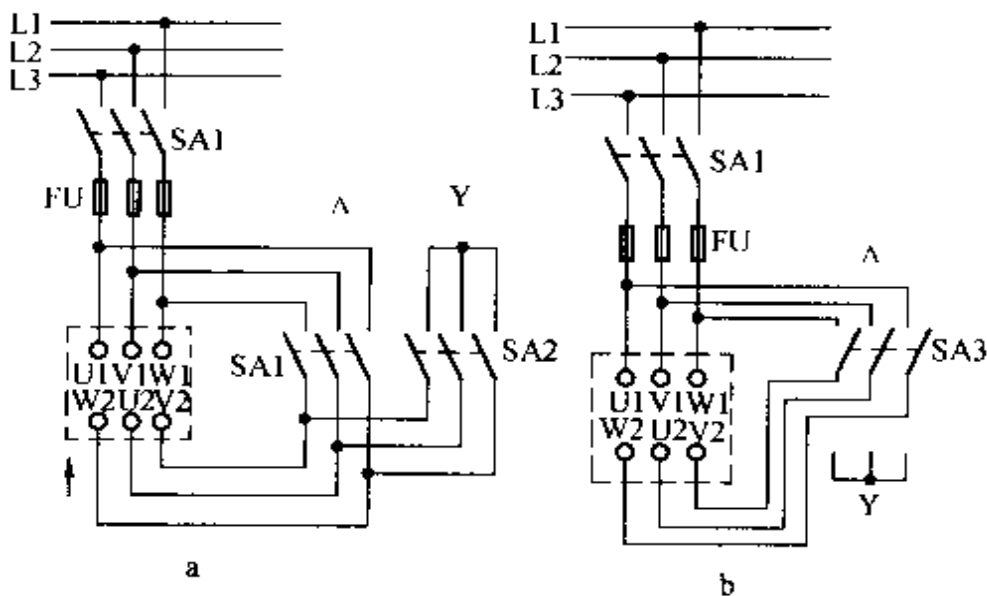


图 3-31 利用闸刀开关实行 Y- Δ 降压起动线路

a. 利用两只单投闸刀开关；b. 利用一只双投闸刀开关

按图 3-31 b 所示电路起动时，操作顺序为：先合上 SA2，绕组由 Δ 接改变为 Y 接，然后合上 SA1；当电动机的转速接近额定转速时，应断开 SA2，使绕组由 Y 接变换为 Δ 接。

(2) 自动操作的 Y- Δ 起动器。通常，利用按钮和交流接触器或者利用时间继电器和交流接触器都可完成 Y- Δ 降压起动的自动操作。下面介绍利用按钮和交流接触器操作的起动控制线路（图 3-32）。

起动电动机时，按下起动按钮 SB2，交流接触器 KM1 的线圈

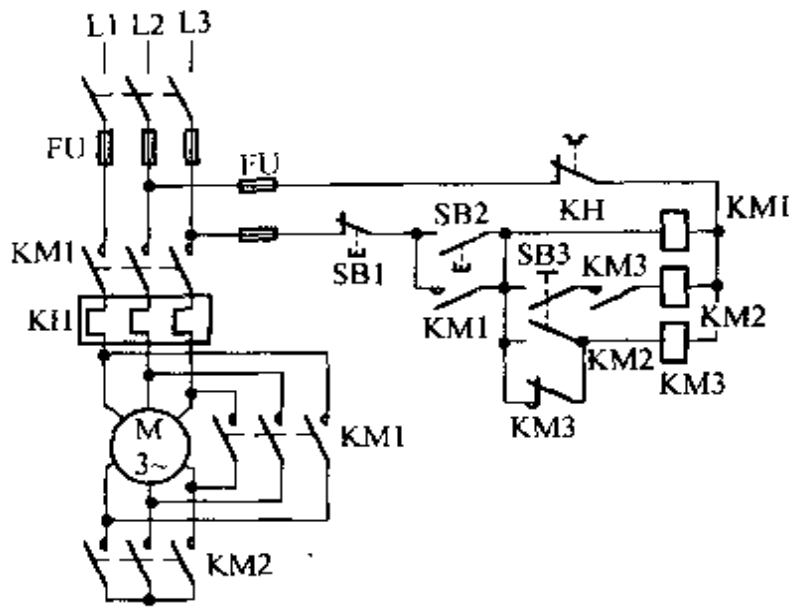


图 3-32 按钮控制式 Y- Δ 降压起动控制线路

通电，接触器 KM1 动作，主触头使主电路闭合；与此同时，自锁触头 KM1 也闭合，交流接触器 KM2 的线圈也得电，其主触头将 W2、U2、V2 短接，电动机接成星形起动。但 KM3 线圈不通电，因此 KM3 主触头是断开的，电路不会短接。待电动机的转速接近额定转速，按下复合按钮 SB3，KM2 线圈失电，KM2 主触头断开，同时 SB3 的常开触头接通，KM3 线圈得电，KM3 主触头接通，电动机绕组接成三角形，同时 KM3 自锁，电动机在三角形接线正常运行。

需要电动机停止运转时，只要按下停止按钮 SB1 即可。如果电动机过载，则热继电器的触头断开，KM1 线圈失电，接触器 KM1 的主触头断开主电路，从而电动机退出运行，得到保护。

188. 对鼠笼式电动机怎样进行自耦降压起动器降压起动？

自耦降压起动器又称自耦补偿起动器（简称补偿器）。所谓自耦降压起动器降压起动，是利用起动器中的变压器的不同抽头（65% 和 80%）得到不同的变压比，降低起动电压来起动电动机。如果使用变压比为 80% 的抽头，则起动电流为全压直接起动时的

0.64 倍，即为额定电流的 3~4 倍。而起动转矩为全压直接起动时的 0.64 倍，比 Y- Δ 起动时的转矩几乎增大一倍。因此，自耦降压起动器可用来起动负载较重的鼠笼式电动机。

补偿器有手动操作和自动操作两种。QJ10 系列空气式自耦降压起动器是全国统一设计的手动补偿器（表 3-26）；而 XJ01 系列则是自动控制式补偿器，二者都有功率不同的数种规格，可用于鼠笼式电动机的不频繁起动。

表 3-26 QJ10 系列手动补偿器技术数据

| 型号 | 额定电压 (V) | 额定电流 (A) | 热继电器整定电流 (A) | 最长起动时间 (s) | 控制电动机功率 (kW) |
|---------|----------|----------|--------------|------------|--------------|
| QJ10-10 | 380 | 20.5 | 20.5 | 30 | 10 |
| QJ10-13 | | 25.7 | 25.7 | 30 | 13 |
| QJ10-17 | | 34 | 34 | 40 | 17 |
| QJ10-22 | | 43 | 43 | 40 | 22 |
| QJ10-30 | | 58 | 58 | 40 | 30 |

(1) QJ10 系列空气式手动补偿器。这种补偿器由箱式金属外壳、触头系统、操作机构、自耦变压器和保护装置等组成；采用陶土灭弧室灭弧，因此灭弧性能较好，并且分、合闸速度也快；除有热继电器可进行过载和断相保护外，还有欠压和失压保护。

QJ10 系列空气式手动补偿器的原理图如图 3-33 所示，图中 ZQB 为自耦变压器，SY 为失压脱扣线圈，SB1 为停止按钮。电动机起动时使用手柄操作。

起动电动机时，将手柄扳到“起动”位置，电动机便起动运转，待电动机的转速接近额定转速，将手柄扳到“运行”位置，电动机就在额定电压下正常运行。需要电动机停止运转时，只要按下停止按钮即可。在电动机的运行过程中，如果电压降低（降至额定电压的 70% 以下）或消失，失压脱扣器线圈中的铁芯便落下，推动连杆机构，使手柄从“运行”位置自动跳到“停止”位置，切断电源，于是电动机便停止运行。

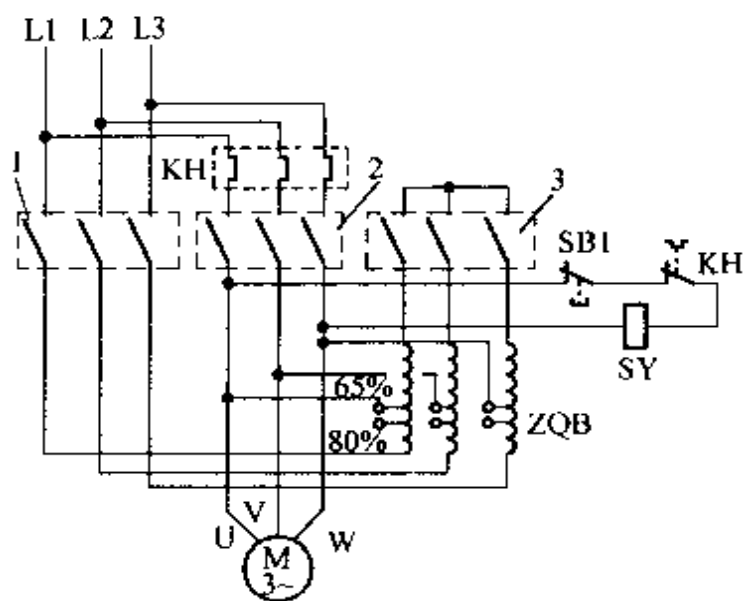


图 3-33 QJ10 系列手动补偿器原理图

1. 起动触头；2. 运行触头；3. 中性触头

QJ10 系列补偿器有落地式和墙挂式两种安装方式，安装应牢固，外壳应接地。使用时应注意以下几点：

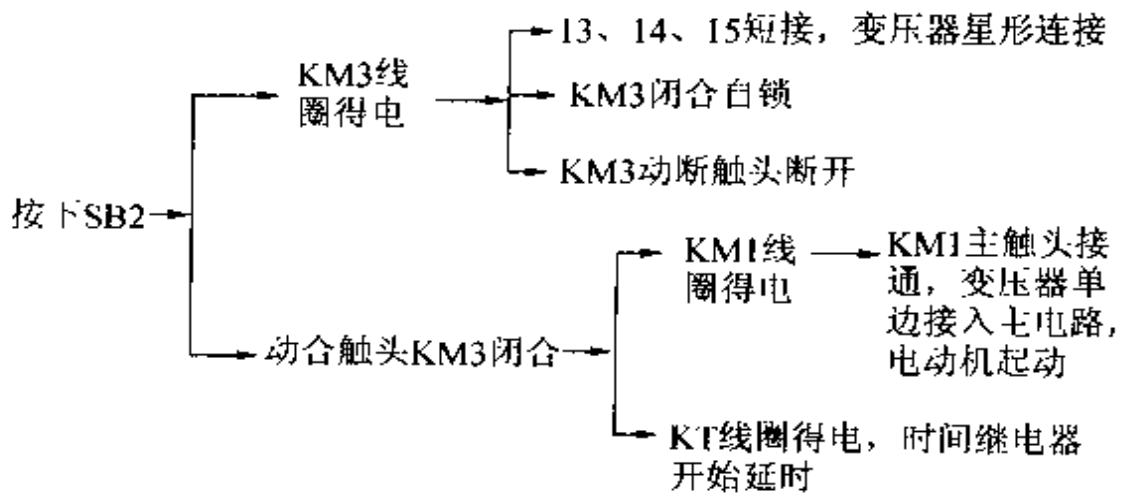
① 起动一次或连续起动数次，起动时间之和不得超过其最长起动时间。否则，需冷却 4h 后才能再次起动。如果起动时间总和小于规定值，则冷却时间可以缩短。

② 如果电动机在 65% 额定电压下起动困难，则可改换抽头，移到 80% 额定电压抽头上起动，切不可因起动困难而延长起动时间。

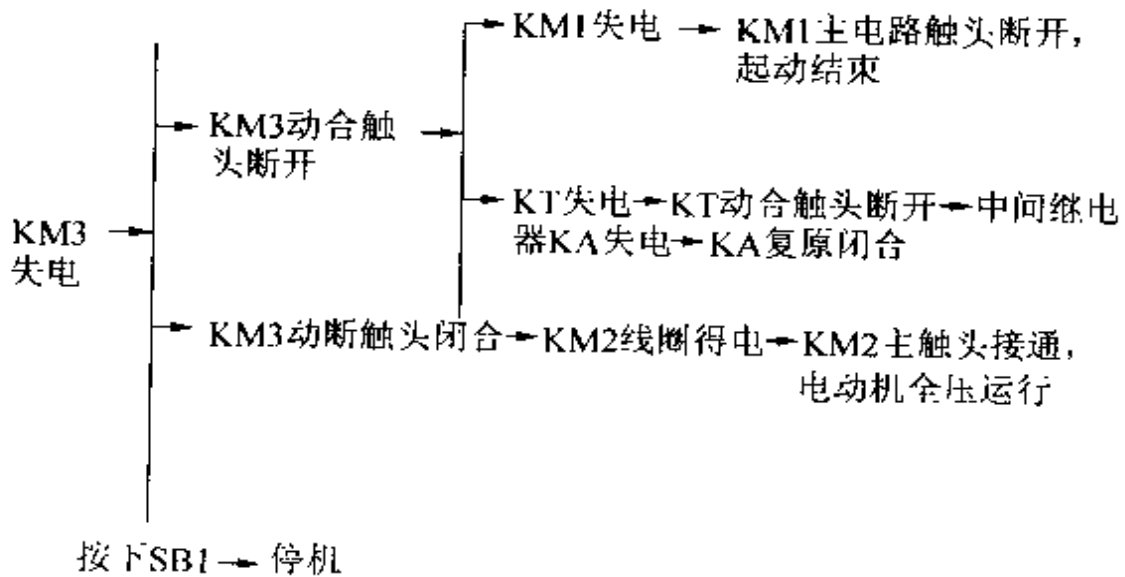
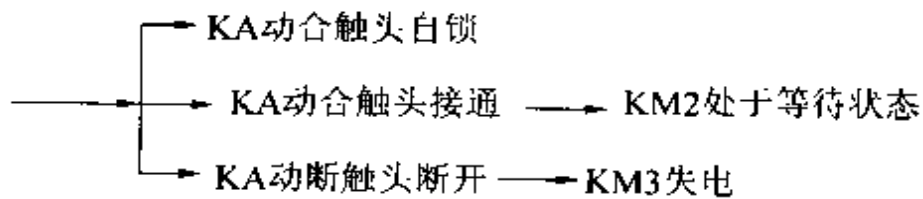
③ 操作机构应保持动作灵活，并定期添加润滑剂。

④ 经常检查触头闭合的同时性和接触是否良好。如果发现触头烧毛，可用细锉修整。

(2) XJ01 系列自动控制式补偿器。这种起动器由装在箱体内的自耦变压器、交流接触器、热继电器、时间继电器（一种延长一定时间后接通电路的继电装置）等组成。图 3-34 为 XJ01 系列中 28~75 kW 补偿器的原理图，其起动动作的顺序如下：



KT延时后动作 → KT动合触头闭合 → KA线圈得电动作



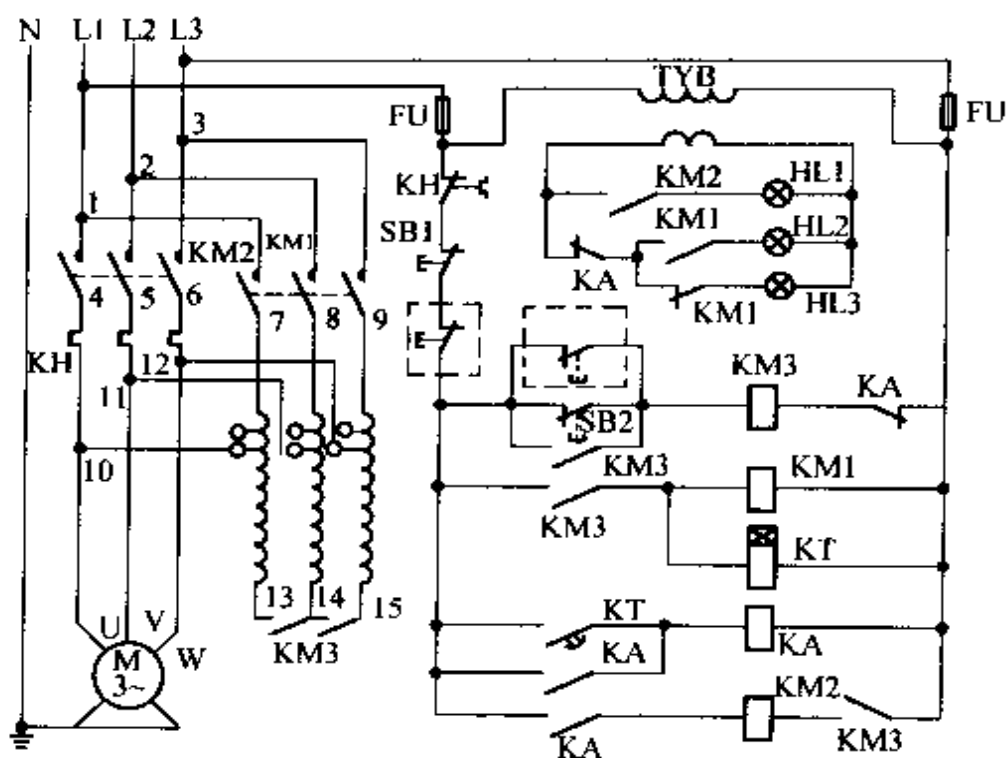


图 3-34 XJ01 系列 28~75 kW 补偿器原理图

189. 怎样使用时间继电器对鼠笼式电动机进行自耦降压启动器降压启动?

使用时间继电器对鼠笼式电动机进行自耦降压启动器降压启动的基本电路如图 3-35 所示。启动时，按下启动按钮 QA，交流接触器 C1 和 C2 线圈得电，主触头 C1 和 C2 闭合，自耦变压器 ZOB 串入电动机降压启动；同时，时间继电器 SJ 线圈也得电，SJ 的触头延时动作，SJ 常闭触头延时先断开，C1、C2 和 SJ 线圈都先后失电，C1 和 C2 主触头断开，变压器脱离电动机电路，而 SJ 常开触头后闭合，C3 线圈也在 C1 和 C2 失电之后得电，C3 主触头闭合，电动机进入全压运行。各辅助触头都具有自锁或互锁作用。采用这种控制电路，电动机的“启动—自动延时—运行”一次操作完成，非常方便、安全。

JJ1 和 XQ01 系列降压启动箱的电路，就是在图 3-35 这种基本电路的基础上增加一些其他控制电路（如信号指示灯控制电路等）而构成的。

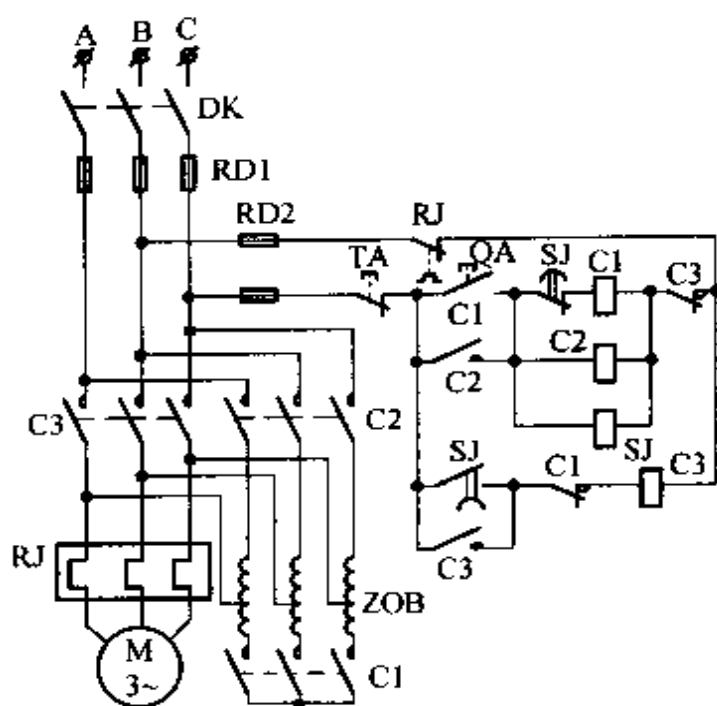


图 3-35 用时间继电器控制的自耦降压起动电路

190. 对鼠笼式电动机怎样进行串联电阻或电抗降压起动？一般采用什么起动设备？

所谓对鼠笼式电动机进行串联电阻或电抗降压起动，就是在定子电路与电源之间串联电阻器或电抗器，在电阻或电抗上产生一定的电压降，使定子绕组承受的电压小于额定电压（即降压起动），待电动机起动运转，转速达到或接近额定转速，就将电阻器或电抗器短路，使电源额定电压直接加于定子绕组上，电动机在全压下正常运行。电动机串电阻或电抗降压起动电路如图3-36所示。起动时，先断开三相单投开关K2，电阻器或电抗器便串入定子电路与电源之间，此时开关K1闭合，于是便实现定子电路串联电阻器或电抗器降压起

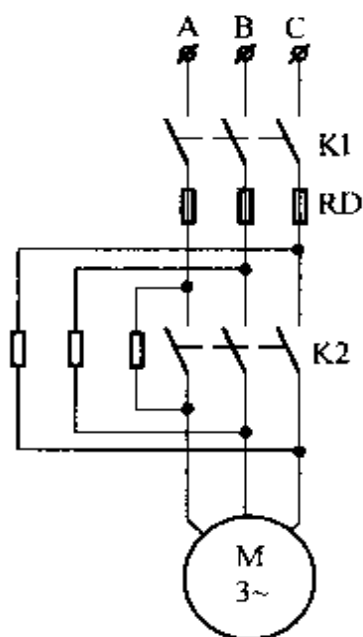


图 3-36 串联电阻或电抗起动电路

动电动机。起动完毕，立即将开关 K2 闭合，使电阻器或电抗器短路，电动机便全压运行。

电阻降压起动电动机，一般采用专用的电阻降压起动器，常用的为 QJ1 系列起动器，其技术数据如表 3-27 所示。

表 3-27 电阻降压起动器的技术数据

| 型号 | 额定电压 (V) | 额定电流 (A) | 可控制电动机容量 (kW) |
|--------|----------|----------|---------------|
| QJ1-40 | 380 | 40 | 20 以下 |
| QJ1-75 | 380 | 75 | 28~40 |

191. 三相鼠笼式电动机实行延边三角形降压起动有何优点？有哪几种常见的延边三角形降压起动控制线路？其工作原理是什么？

三相鼠笼式电动机的定子绕组常见接法是星形 (Y) 或三角形 (Δ)。若将这两种接法结合起来，使定子绕组一部分接成 Y 形，另一部分接成 Δ 形，则从图形上看，就好像将一个三角形的三条边延长，因此，称为延边三角形，一般用符号 “ Δ ” 表示。

一台鼠笼式电动机，正常运行时其绕组接成 Δ 形，而起动时则接成 Y 形，起动电流将大大下降，这就是 Y- Δ 起动。但是，改为 Y 形接法起动，电动机的定子绕组相电压降为 Δ 接时的 $1/\sqrt{3}$ 。而电动机的起动转矩与电源相电压的平方成正比。因此，Y- Δ 降压起动的转矩较小，只适用于空载或轻载起动的场合。如果实行延边三角形降压起动，鼠笼式电动机起动时接成 Δ 形，则可降低起动时的相电压，使相电流随之减小。但是，接成 Δ 形时，相电压比接成 Y 形时要高，因此，起动转矩也大，而且还可采用不同的抽头比例来满足不同的使用要求，这就是延边三角形降压起动的优点。

图 3-37 为电动机三相定子绕组抽头示意图。

图 3-38~图 3-41 为常见的延边三角形降压起动控制线路。

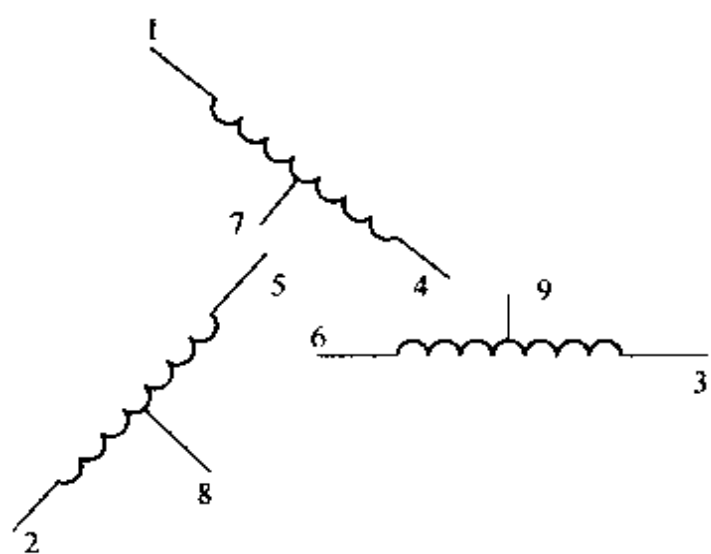


图 3-37 电动机定子绕组抽头

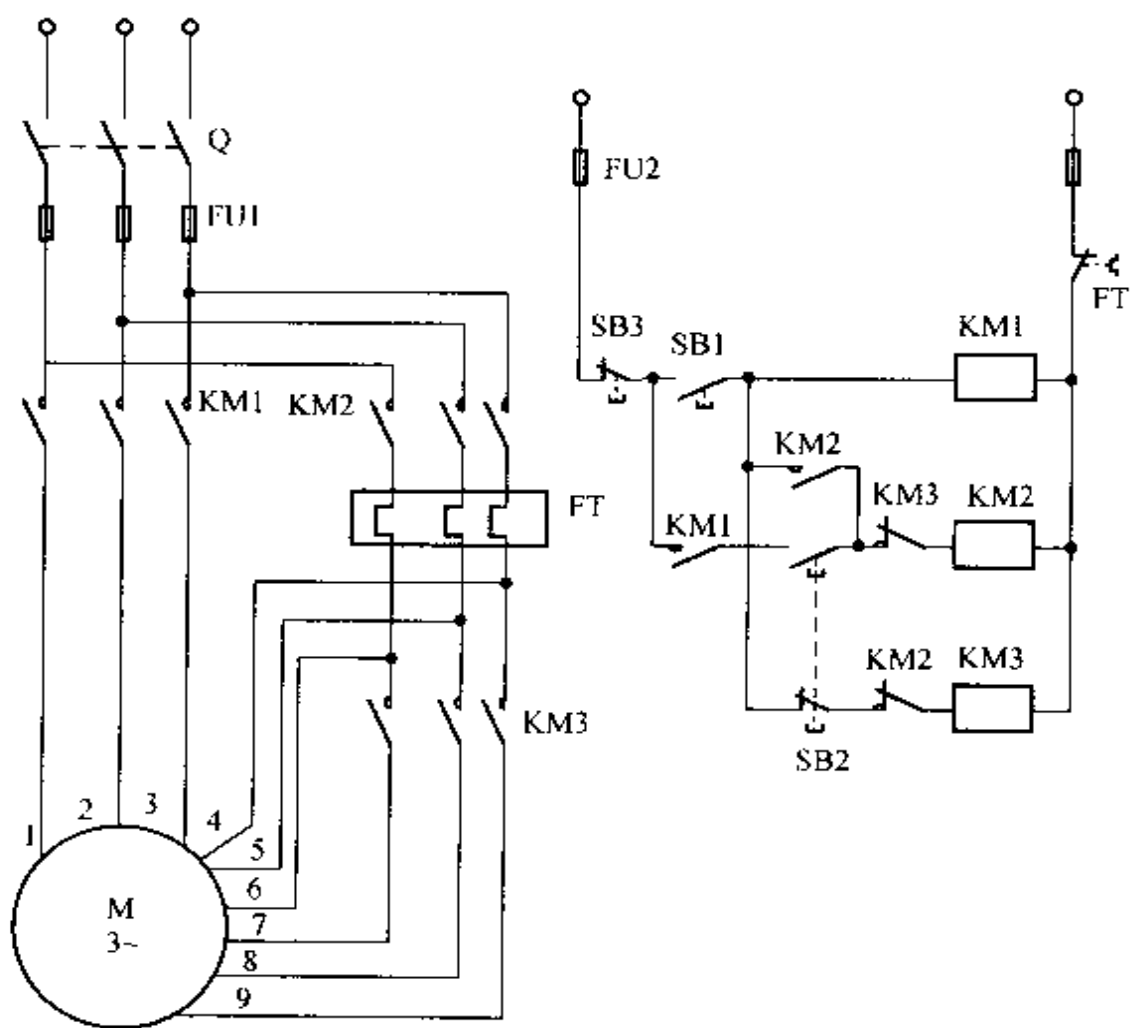


图 3-38 延边三角形降压启动控制线路 (一)

图 3-38 所示控制线路的工作原理是：起动时，按下按钮 SB1，交流接触器 KM1 和 KM3 吸合，KM1 自锁，将电动机的三相绕组接成 Δ 形降压起动。起动完毕，按下按钮 SB2，KM3 断电释放，KM2 吸合并自锁，将电动机换接为 Δ 形。此时起动过程结束，电动机投入正常运行。按下 SB3，电动机便停止运行。

图 3-39 所示控制线路的工作原理是：电动机由 Δ 接转换为 Δ 接时，不是用按钮手动控制，而是由时间继电器 KT 自动控制。起动完毕，交流接触器 KM2 吸合，其辅助常闭触点断开，切断 KM3 和 KT 线圈电路，使 KM3 和 KT 断电释放。电机正常运行时，只有 KM1 和 KM2 吸合。按下 SB2，电动机便停止运行。

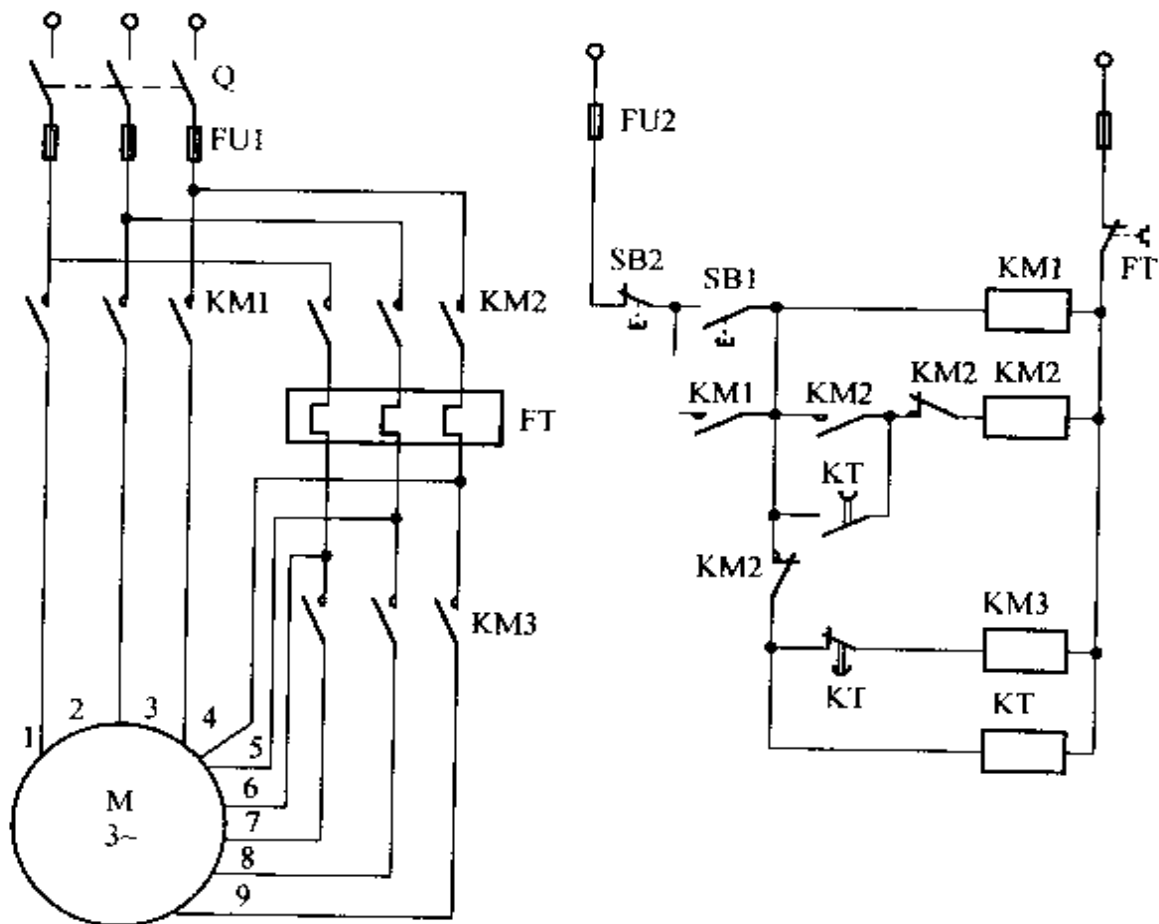


图 3-39 延边三角形降压起动控制线路 (二)

图 3-40 所示控制线路的工作原理是：起动时，将电动机先接成 Y 形，然后转换为 Δ 形，最后接为 Δ 形，这是两级降压起动。

起动过程是：按下起动按钮 SB1，交流接触器 KM1、KM2 吸合，KM1 自锁，KM2 主触点将绕组抽头 6、4、5 闭合为一点，电动机接成 Y 形起动；延时一定时间，第一级降压起动结束，再按下起动按钮 SB2，交流接触器 KM2 断电释放，KM3 吸合并自锁，使绕组抽头的 6 与 7、4 与 8、5 与 9 分别连接，电动机转换为 Δ 接，开始第二级降压起动；再过一定时间，第二级降压起动结束；最后按下起动按钮 SB3，KM3 断电释放，KM4 得电吸合并自锁，使绕组抽头的 1 与 6、2 与 4、3 与 5 分别连接，电动机接成 Δ 形，投入正常运行，此时整个起动过程便告结束。

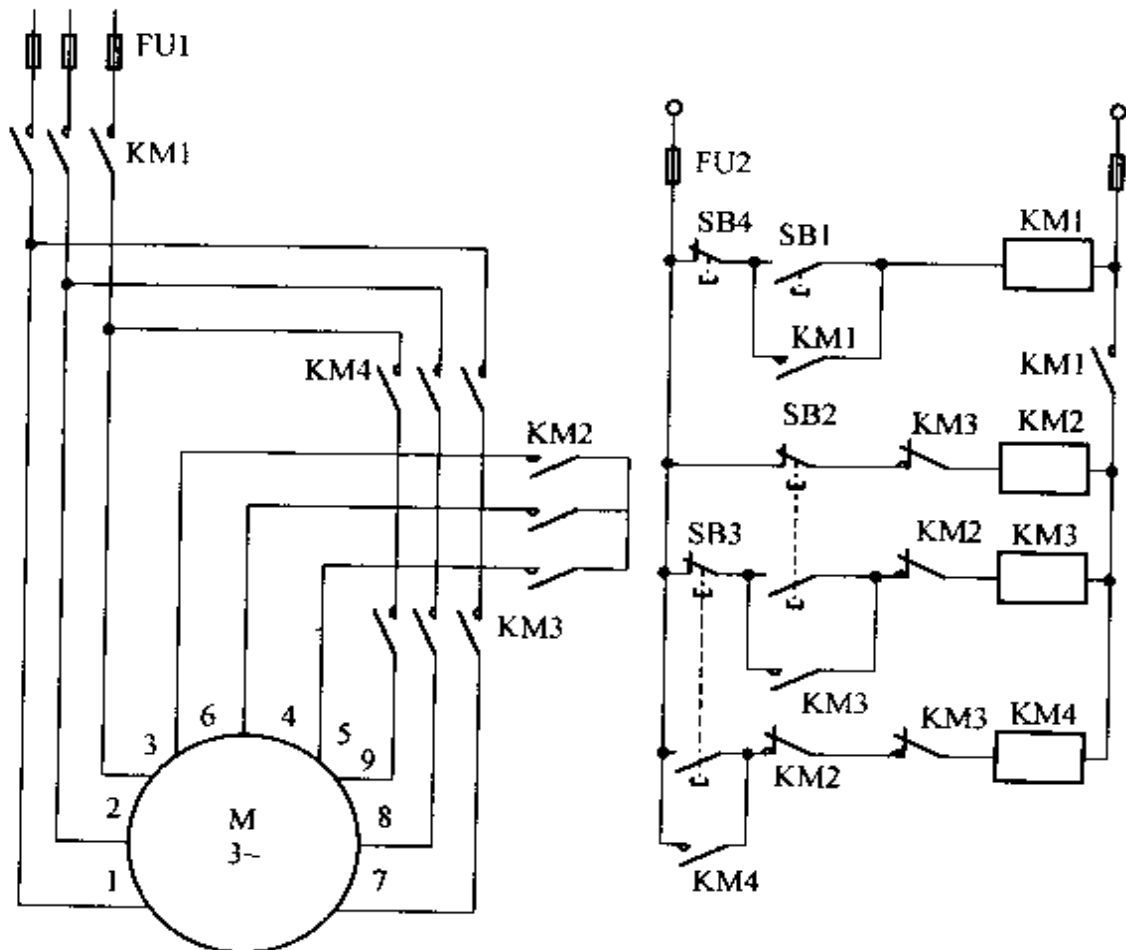


图 3-40 延边三角形降压起动控制线路 (三)

图 3-41 所示控制线路的工作原理是：电动机起动时，先接为 Y 形，然后再先后转接为 Δ (2:1)、 Δ (1:2)，最后接为 Δ 形投

入正常运行，这是三级降压起动。

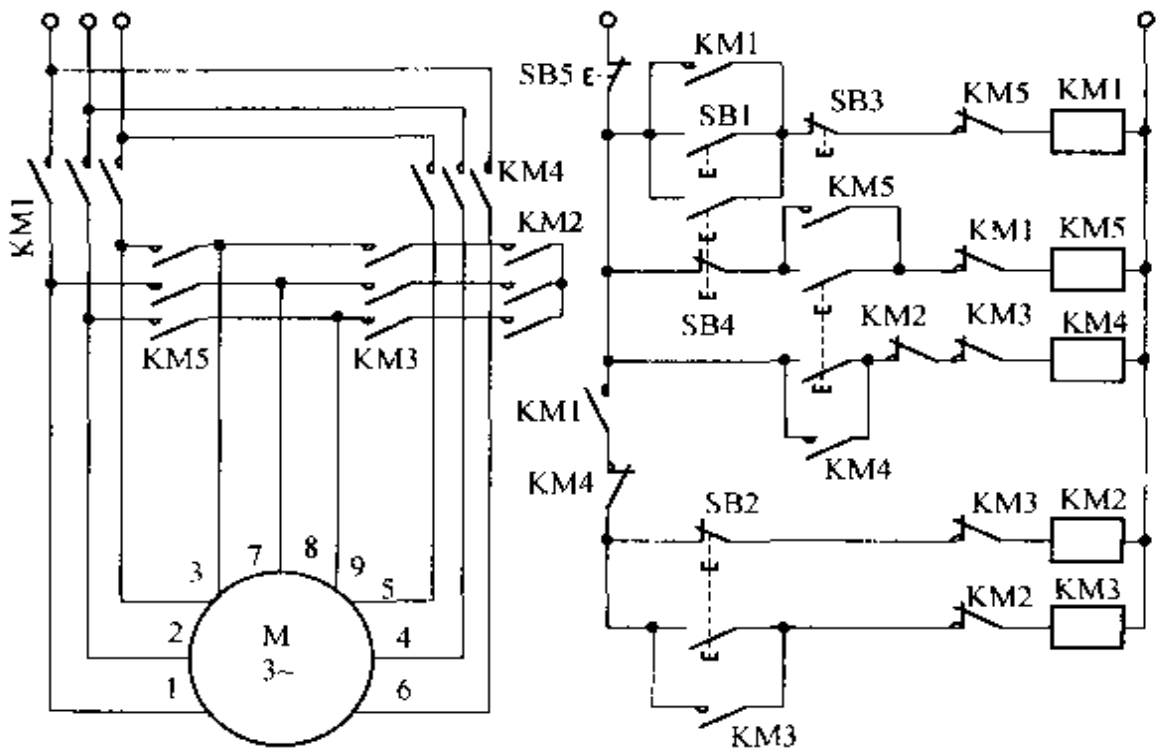


图 3-41 延边三角形降压起动控制线路（四）

192. 对三相异步电动机进行延边三角形起动时应按什么法则改接？

对三相异步电动机进行延边三角形起动时，除了多抽出 3 个中间抽头（即接成 9 个出线头）外，还要注意在接线方式上达到平衡。不同的接线和抽头方法对电动机的起动和运转性能都有较大影响。如果平衡性不好，就会造成电动机产生单边磁拉力，出现磁动势不平衡和局部环流等现象，甚至电动机不能运转。

三相异步电动机作延边三角形起动时，在改接线过程中，应针对不同情况，按不同法则改接。

(1) 通则。改接时，要使同相中相对的两磁极（即相隔 180° 几何角度的两磁极）处于相同位置（同样接在延边部分或内部△接部分），使相对的两个极电压分布一致，以消除单边磁拉力（图 3-42 a）。

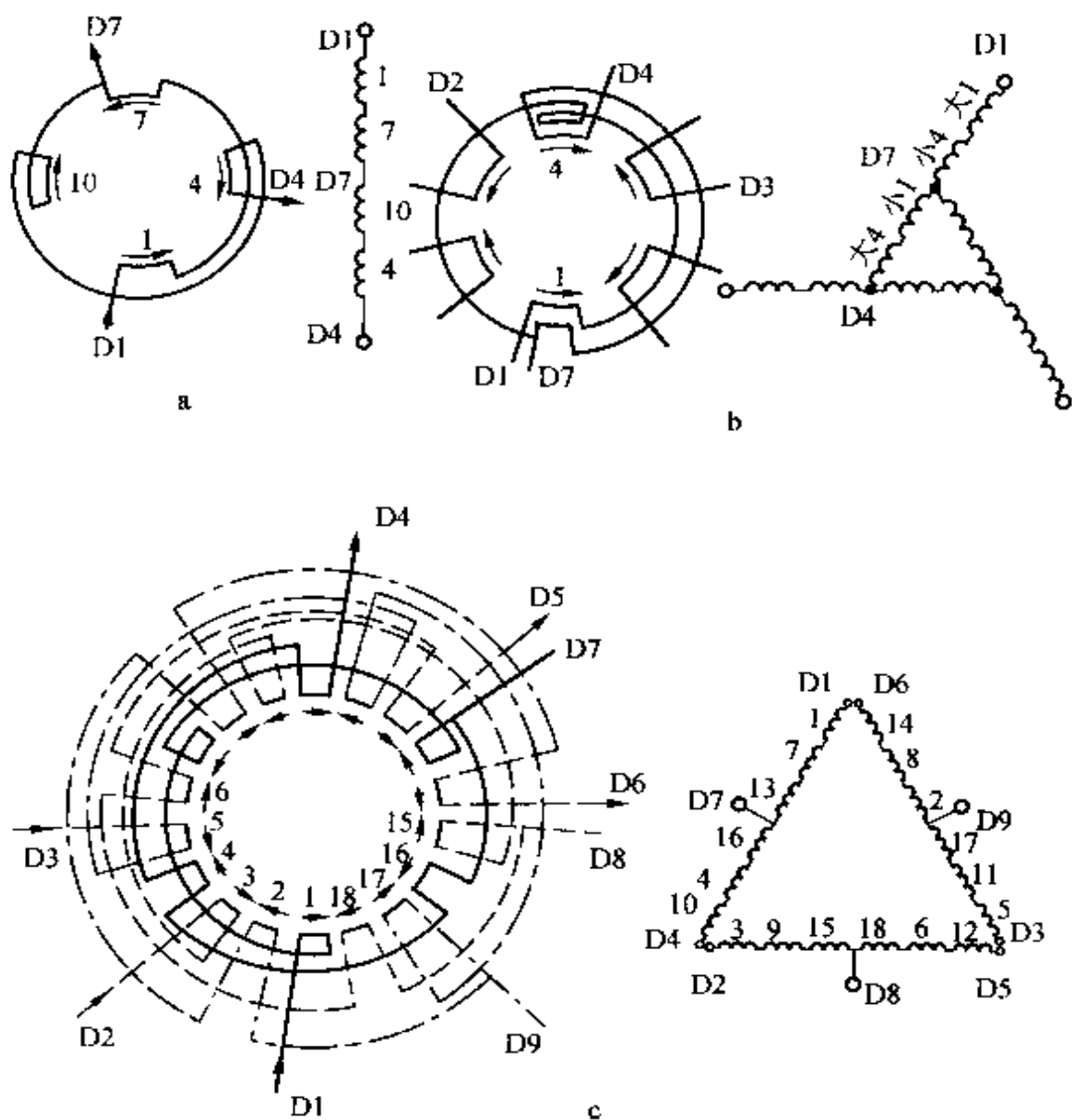


图 3-42 三相异步电动机改成延边三角形起动的接线方法

(2) 对于二极电动机，每相只有一对磁极，应将每一磁极的极相组绕组拆成两半，使相应的半组绕组接在延边三角形接法的同一位置（图 3-42 b）。每个极相组各有一半绕组接成 Y 形，一半绕组接成 Δ 形，以使两个极相组间的电压接近一致。

(3) 对于六极电动机，应将各相中的六个极相组绕组分为互成 120° 几何角度的两组，即互成 120° 几何角度的三个极相组构成一组，共两组。在延边三角形接法中，接在同一位置，如图 3-42 c

所示为六极单开、1:1 抽头方式。

(4) 当极相组为分数槽时，除按上述法则改接外，还必须保持每相中对应并联支路内的绕组匝数相等，延边部分或 Δ 接部分的绕组数均衡。

193. 对三相异步电动机怎样进行绕组串-并联起动?

三相异步电动机常见的降压起动方式有 Y- Δ 起动器起动、电抗器起动和补偿器起动等。但 Y- Δ 起动时，起动电流只减小 $2/3$ ，且起动转矩也相应减小。电抗器起动和补偿器起动的缺点是起动设备的价格高，投资大。因此，有人提出，定子绕组并联的三相异步电动机可实行绕组串-并联起动。起动时，将同相中本来并联的绕组串联起来，待电动机起动后正常运转，再恢复到并联状态。这样，就可将起动电流控制到原来的 $1/4$ ，同时起动转矩也控制到原来的 $1/4$ 。

这种起动方法适用于定子绕组并联的三相异步电动机（图 3-43 a）。由图可见，每相都由两个绕组组成，它们分别为 A-X、A'-X'；B-Y、B'-Y'；C-Z、C'-Z'。起动时采用图 3-43 b 所示的星形接线，即 A 相是线圈 A-X、A'-X' 串联；B 相是线圈 B-Y、B'-Y' 串联；C 相是线圈 C-Z、C'-Z' 串联。电机正常运行时，接线方式转换为图 3-43 c 所示的方式，即同相的绕组两两并联。由图 3-43 b 到图 3-43 c 这两种状态可用开关进行转换（图中未画出）。

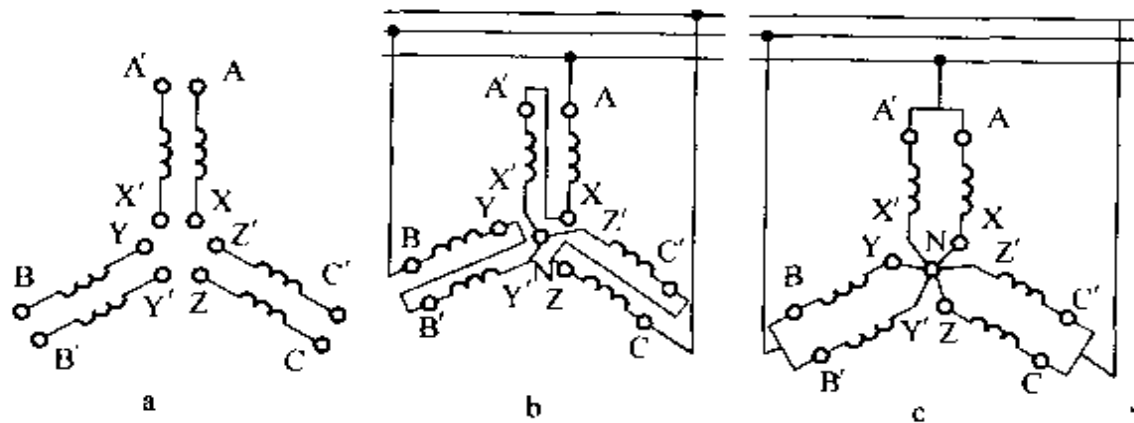


图 3-43 三相异步电动机的串-并联起动示意图

采用这种起动方法，对电动机的引出线不需作太大的改动，各相绕组的 A'、B'、C' 都接在电动机内部，只将中性点 N 引出到外部。电机起动和运行时接线开关的转换可以手动或自动进行，但最好能采用测速离心开关进行自动转换。

194. 怎样使用安全电压控制电动机的起动和停车？

使用安全电压控制电动机起动和停车的线路（图 3-44）在厂矿企业得到广泛应用。这种线路主要用于环境条件恶劣、阴暗潮湿易发生漏电事故的场所，以保证电动机操作人员接触按钮时，即使按钮漏电，也不会发生触电危险。这种线路通常由一台行灯变压器供电，线路上的交流接触器线圈的吸合电压选为 36 V，线路的工作原理与电动机的常规起、停线路完全相同，这里不作介绍。

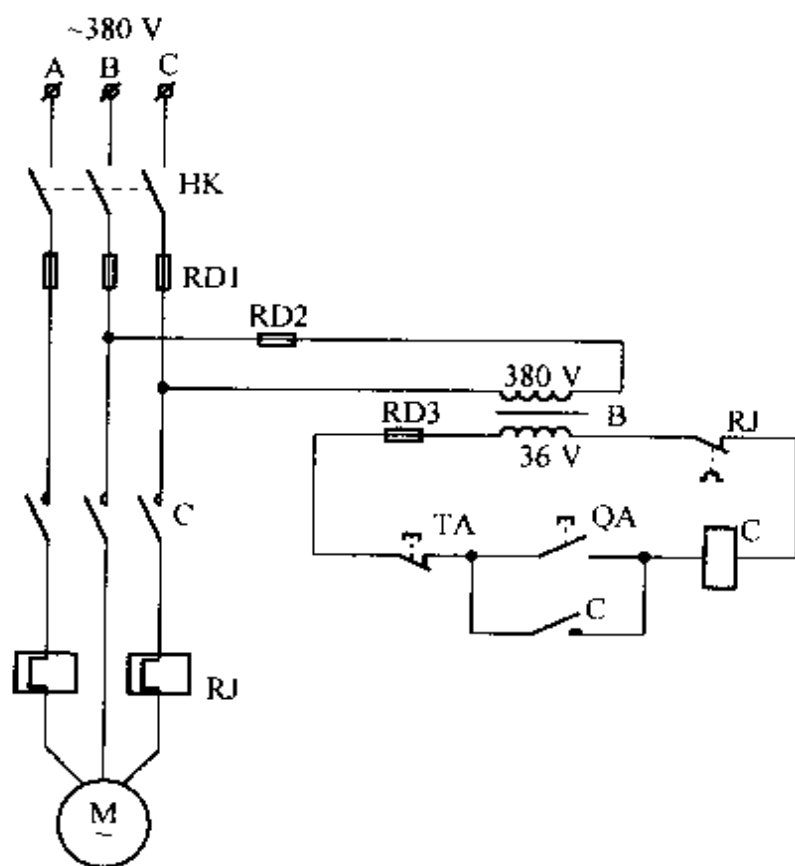


图 3-44 安全电压控制电动机起、停线路

195. 怎样使用单根导线远地控制电动机的起动和停车?

厂矿的水泵房或农村的排灌站，一般都离操作维护人员的住处较远。为了在住处也能起动电动机和使电动机停止运转，一般需要架设控制线路。而用两个按钮控制一台电动机的起动和停车，通常需要三根导线。如果能用一根导线远地控制电动机的起动和停车，则可省掉两根导线。若线路架设距离很远，则从节约的观点来看，用一根导线远地控制电动机是具有很大的经济意义的。

图 3-45 为一种单根导线远地控制电动机起、停线路。远地控制时，按下起动按钮 SB3，远地的 L3 相电源便对交流接触器 KM 供电，于是 KM 吸合，电动机起动运转。放松按钮 SB3 后，就地 L3 相电源经电阻 R 对 KM 供电。在远地停车时，按下按钮 SB4，KM 线圈两端短路，KM 释放，电动机停止运转。

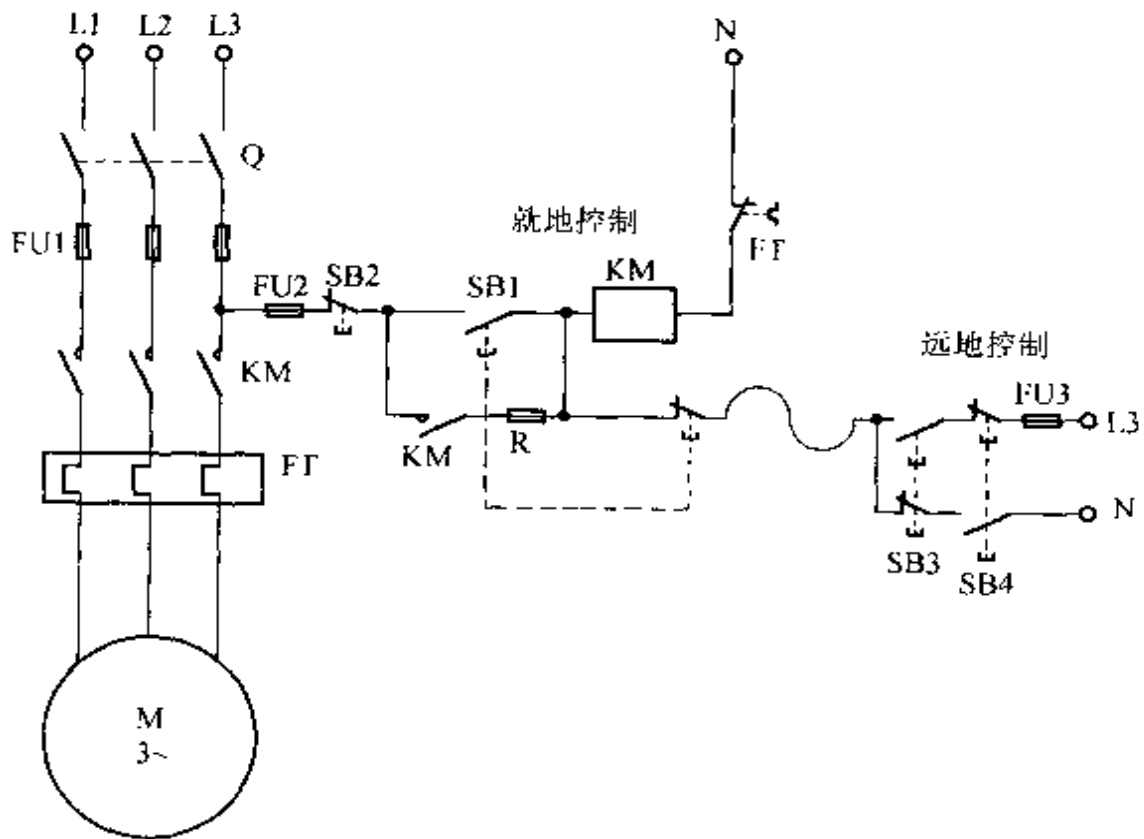


图 3-45 单根导线远地控制电动机起、停线路

在电动机正常运行时，KM 线圈与电阻 R 相串联。电阻 R 的阻值应选择得合适。阻值过大，起动时交流接触器 KM 会回跳；阻值过小，在远地停车时，流经 R 中的电流太大，而且电阻的功率和体积都会很大。R 的阻值可根据试验确定，原则上以交流接触器能可靠起动，在远地停车时流经 R 中的电流不太大为准。

图中 SB1、SB2 分别为就地控制的起动、停车按钮。

SB1 按钮常闭触点的作用是：如果凑巧，就地有人按下起动按钮 SB1，而与此同时，远地有人误按下停止按钮 SB4，要是不接 SB1 的常闭触点，则从图中可以看出，就地的 L3 相电源对零线短路，将造成事故。而串接了 SB1 的常闭触点，则就地起动时，通过 SB1 的常闭触点切断就地和远地之间的连线，从而可避免发生上述事故

安装线路时，将交流接触器 KM、起动按钮 SB1、停止按钮 SB2 和电阻 R 就地安装，而起动按钮 SB3、停止按钮 SB4 和熔断器 FU3 则远地安装。就地与远地之间一般只架设一根导线，接线时要注意找对相序。如果就地控制线路接 L1 或 L2 相，则远地的熔断器 FU3 也要接 L1 或 L2 相。

196. 绕线式电动机的试车（试运行）有何特点？使用频敏变阻器起动时怎样进行适当的调整？

绕线式电动机的试车（试运行），与鼠笼式电动机基本相同。但是，前者有一套集电装置，试车时应检查集电环与电刷接触是否良好，运行中有无火花。若火花过大，则应修理集电装置。此外，用频敏变阻器起动的绕线式电动机，试车时应按实际情况对频敏变阻器进行适当调整，以满足电动机起动的要求。调整项目如下：

(1) 匝数调整。如果希望电动机起动加速快一点，而频敏变阻器又有增加起动电流的裕度，则可减少电阻器绕组的匝数。绕组匝数减少，电阻器的等值电阻也随之减小，于是转子的起动电流增加，起动转矩增大，从而可缩短起动时间。

如果电动机的起动电流过大，起动太快，而频敏变阻器又有增

加匝数的抽头，则可增加电阻器的匝数来减小起动电流。这种调整必须使电动机能够顺利起动，只是起动时间延长而已。若电机的负担太重，则不宜采用这种调整方法。

(2) 磁路调节。如果电动机刚起动时，起动转矩过大，机械有冲击现象，而起动完毕，稳定转速又低，则可调大频敏变阻器上轭板与铁芯柱间的气隙（也可改变铁芯管壁的厚度）。调节磁路的实质就是增加励磁电流，减小电阻器的等值阻抗，降低起动功率因数。虽然气隙增加，使起动电流略增，起动转矩略小，但电机的机械特性变陡，起动完毕转矩增加，从而可提高稳定转速。

197. 使用凸轮控制器控制绕线式电动机时怎样接线和进行试运转？

(1) 选择和检查所用电器时，要特别注意凸轮控制器和电阻器的规格是否符合要求，一般应按原理图（图 3-46）根据所控电动机的额定电流来选择控制器（例如选用 KT10-25J/1 型凸轮控制器，其额定工作电流为 25A）。检查电阻器时，主要是检查电阻器的规格与所控电动机是否匹配，电阻器是否完好，有无缺损、断片和绝缘垫损坏现象。选择过电流继电器 KI 时，其额定电流一般应为电动机额定电流的 1.2 倍；选择主接触器 KM 时，其额定电流应稍大于电动机的额定电流。

(2) 根据电动机的额定电流从电工手册有关室内配线用铜芯绝缘导线的允许连续载流量表中选择导线截面，要求导线的允许连续载流量略大于负载电流。

(3) 按图进行接线，要求配线牢固，电气接触良好，电气元件位置合理，接线整齐、交叉少。

(4) 试运转以前进行以下检查，检查合格后进行试运转：

①检查电动机的装配质量，要求全部紧固件固定牢靠，转子转动灵活，部件齐全，电刷与集电环接触良好，集电环光滑。

②按图检查接线情况，要求接线正确，各接线端接触良好，无漏接、虚接现象。

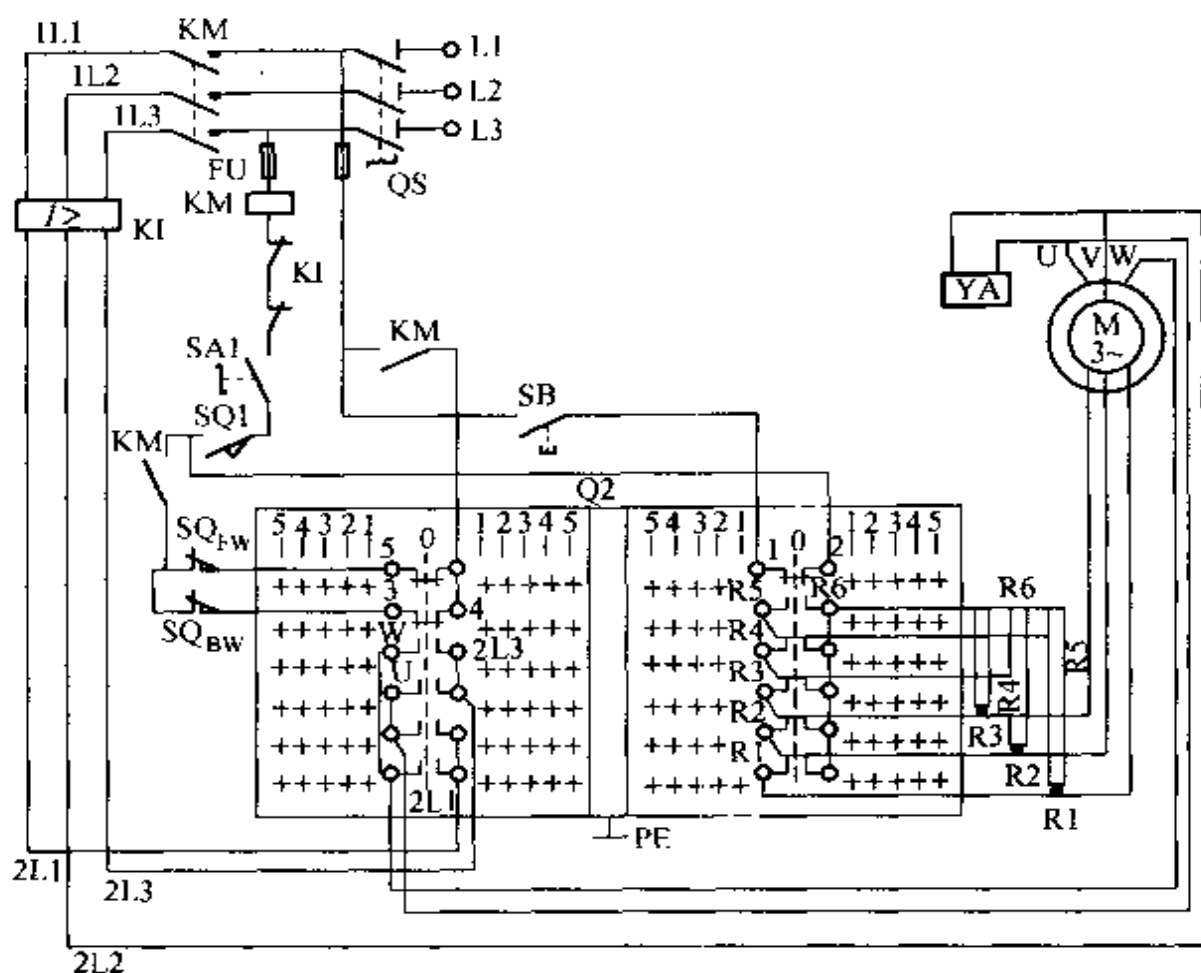


图 3-46 凸轮控制器控制绕线式电动机的电气原理图

③调整好过流继电器的动作值，一般按电动机额定电流的 1.2 倍进行整定。

④拆开接触器 KM 主触头 1L1、1L2、1L3 的接线，装好控制回路中的熔断器 FU，合上 QS，将凸轮控制器置于零位，试验控制回路工作是否正常，检查各种电器的控制功能和动作是否符合线路图的控制要求。

⑤恢复 1L1、1L2、1L3 的接线，将凸轮控制器置于零位，合上紧急开关 SB，按下 SA1，使 KM 吸合，转动控制器手柄，接通主回路电源，使电动机逐级起动升速运转，用转速表测量控制器在不同档次时电动机的转速。

使用凸轮控制器控制绕线式电动机时，接线和试运转应注意以

下问题：

(1) 要熟悉电阻器各段的切除顺序和各电阻器被切除时与凸轮控制器触头动作顺序的对应关系。

(2) 电阻器接线前，要核对电阻器的接线端，作好标记。接线时不要将控制器的主触头与电阻器出线端的联线接颠倒，此时可按原理图对控制器和电阻器进行核对后，根据图中所标线号分别作好标记，再按标记一一进行连线。

(3) 由于可选的过流继电器型号很多，它们的结构和调整方法各不相同，因此在整定过流继电器的动作值时，应了解所用继电器的结构和调整方法。

(4) 使用转速表测量电机的转速时，要注意转速表的量程，一般可根据电动机铭牌上所标出的额定转速来选择量程，所选量程应大于电机的额定转速。测量时转速表应放平，使转速表的测试轴与电动机轴的中心线在同一水平线上，并保持一定压力，以免使用不当而损坏仪表。

198. 绕线式电动机不对称起动的原理是什么？它有何优点？

在绕线式电动机的起动过程中，如果转子电路各相串入的起动电阻的阻值始终不等（图 3-47 a），则这样的起动就称为不对称起动，此时各相电流不平衡。

当三相电路作星形连接时，一般可将三相不平衡电流分解为正序分量和逆序分量，它们分别产生正向转矩 T_F 和附加转矩 T_A ，电动机的转矩就是这两者之和。由于正序电流旋转磁场相对转子的转速为 $n_s - n_r$ （ n_s ——同步转速； n_r ——转子转速），而逆序电流旋转磁场相对转子的转速为 $-(n_s - n_r)$ ，因此，对定子来说，正序旋转磁场的转速 $n_F = n_r + (n_s - n_r) = n_s$ ；逆序旋转磁场的转速为 $n_A = n_r - (n_s - n_r) = -n_s + 2n_r = n_s(1 - 2S)$ 。据此，当 $S < 0.5$ 时， $n_A > 0$ ，逆序磁场的旋转方向与转子的旋转方向一致，它与定子中相应频率的电流互相作用，产生制动转矩；当 $S > 0.5$

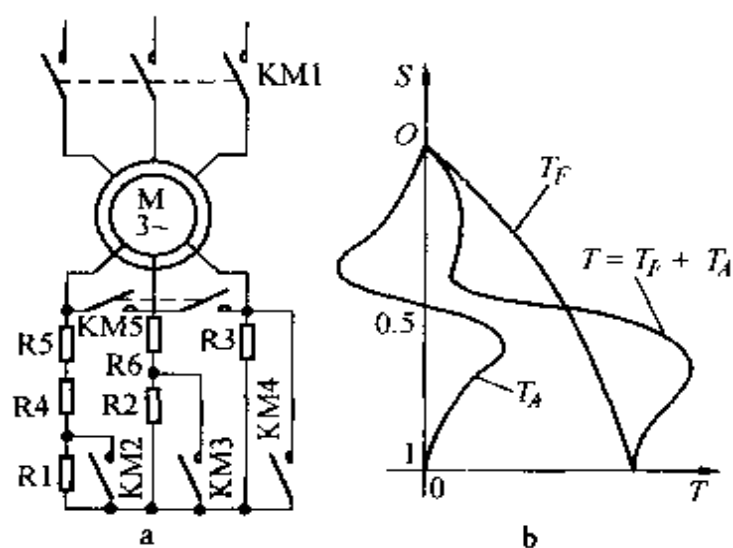


图 3-47 绕线式电动机不对称起动原理图

时， $n_A < 0$ ，所以产生运动转矩。这样，电动机的转矩特性就有图 3-47 b 所示的形式。

不对称起动的优点是逐个短接电阻，使起动级数增加很多，从而最大限度地减轻了起动时的跳跃冲击。

采用不对称起动方式，由于要增加切换元件，所以只有采用凸轮控制器实行手动控制才适宜。通常，起重机械所用的电动机大都采用这种起动方式。

199. 怎样起动绕线式电动机？

目前主要是采用变阻器起动和频敏变阻器起动这两种方法。

(1) 转子绕组串联变阻器起动。即电阻分级起动。这是一种常用的起动方法，起动电流不超过额定电流的一倍，起动转矩可以达到电动机的最大转矩。但起动设备复杂、体积大、价格高、操作和维护都较繁琐。这种起动方法适用于要求重载起动或频繁起动和制动的机械设备（如卷扬机、龙门吊车、铲土机、锻压机等）用的绕线式电动机。用起动变阻器起动的原理电路图如图 3-48 所示。三相起动变阻器接成星形，通过电刷、集电环串接到转子绕组中，起动操作步骤如下：

① 起动前，将变阻器的操作手轮旋转到电阻最大的“起动”位

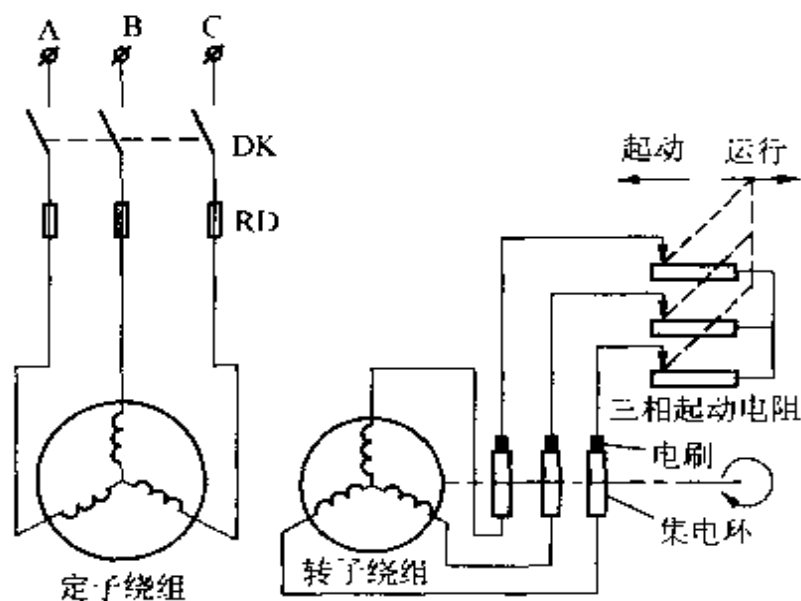


图 3-48 绕线式电动机用变阻器起动的电路图

置，即将全部外接电阻串入转子绕组中。对于转子上有举刷和短路装置的电动机，应将举刷装置的手柄扳到“起动”位置，使电刷与集电环接触。

②起动时，将定子绕组与电源开关 DK（可采用空气断路器）接通，电动机便开始起动，转速逐步上升。

③随着转速的增加，旋转变阻器的手柄将电阻逐渐减小（实际设备如图 3-49 所示，通过触头逐段短接部分电阻），直到转速接近正常值时，电阻便减小到零（即电阻被全部短接），此时起动过程结束。

④待电动机的转速稳定，将转子上的举刷手柄从“起动”位置扳到“运行”位置，三只集电环被短接（即转子绕组被短接），电动机进入正常运行状态，同时电刷被举起而脱离集电环，以

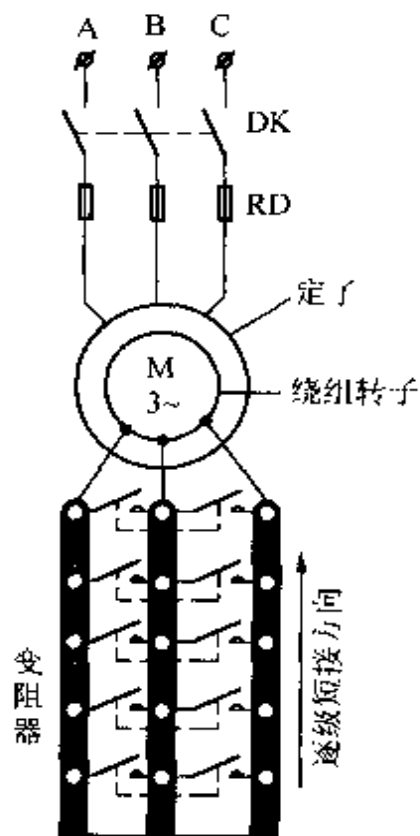


图 3-49 逐段短接变阻器

减少电刷的磨损。

⑤电动机停转后，将转子上的手柄扳回到“起动”位置，使电刷与集电环接触，并将变阻器的手轮转回到电阻最大的“起动”位置，以便下一次起动。

(2) 转子串联频敏变阻器起动。采用这种起动方法，也可减小起动电流（起动电流不超过额定电流的 2.5 倍），增大起动转矩（可达额定转矩的 1.2 倍左右，但只有电动机最大转矩的 50% ~ 60%），但这两方面的起动性能都不如变阻器起动。然而，有起动过程平稳可靠、设备结构简单、体积小、价格低、使用和维护方便等优点，所以也得到广泛应用，主要用于轻载和重轻载起动，但不宜用于要求电机在低速下运行和大转矩起动的场合。

使用频敏变阻器起动绕线式电动机时，如果转子回路中有举刷和短路装置，则起动控制电路就很简单（图 3-50），频敏变阻器经电刷和集电环串入转子回路，定子绕组经空气断路器或交流接触器的主触头接入电源。起动前，将转子上的举刷手柄扳到“起动”位置，起动时合上电源开关，电动机便开始起动运转。待转速正常，起动即结束，将举刷手柄扳到“运行”位置，电刷举起，脱离集电环，同时三只集电环短路（即转子短路运行）。需要停机时，断开电源开关，把举刷手柄扳回到“起动”位置，以便下次起动。

如果电动机没有举刷和集电环短路装置，而且又是偶尔短时起动，则频敏变阻器长期经电刷和集电环与转子回路串联。在电动机运行时为了使频敏变阻器脱离转子，减小电刷磨损，可采用闸刀开关或交流接触器控制线路来控制电动机。图 3-51 就是用交流接触

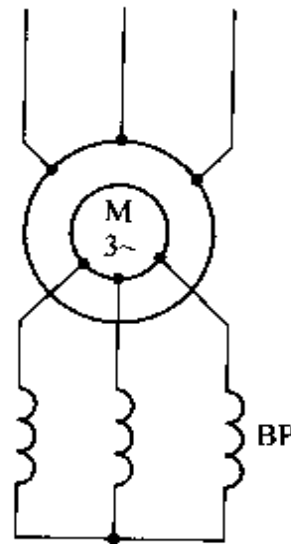


图 3-50 频敏变阻器经电刷和集电环直接串入转子回路

器控制电动机。图 3-51 就是用交流接触

器手柄控制或自动控制（接入时间继电器）电动机的过程。

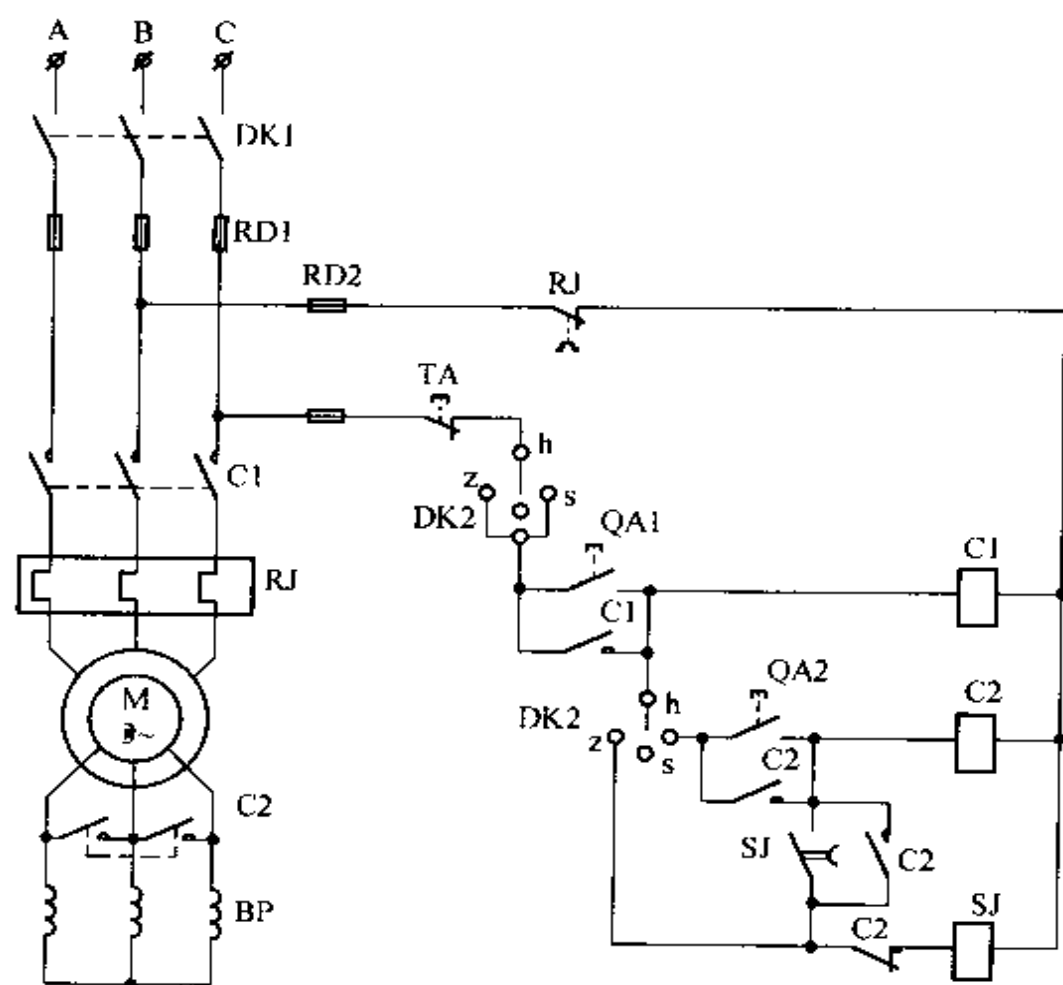


图 3-51 绕线式电动机串接频敏变阻器的起动电路

当需要手动控制电动机的起动过程时，将转换开关 DK2 扳到“手动”位置 (S)，此时时间继电器 SJ 不起作用，按下 QA1 按钮，接触器 C1 线圈得电，C1 主触头闭合，转子回路串接频敏变阻器 BP 起动。待电动机的转速升高到接近额定转速，按下 QA2 按钮，接触器 C2 也得电，主触头 C2 闭合，频敏变阻器被短接而脱离转子回路，电动机进入正常运行状态，辅助常开触头 C1 和 C2 起自锁作用。

当需要自动控制起动过程时，将转换开关 DK2 扳到“自动”位置 (Z)，时间继电器 SJ 接入控制电路，按下 QA1 按钮，接触器 C1 带电动作，电动机接通电源，串接频敏变阻器起动。与此同时，

时间继电器 SJ 带电，常开触头 SJ 延时动作，延时到 SJ 触头闭合，接触器 C2 便带电动作，频敏变阻器被短接切除，电动机进入正常运行状态。此时继电器 SJ 起 QA2 按钮的作用，QA2 不起作用，同时接触器 C2 的常闭辅助触头使时间继电器 SJ 在电动机运行时不带电。

如果只实行自动控制，则转换开关 DK2 和按钮 QA2 都可省掉，同时与 QA2 并联的 C2 触头也可不接。如果无时间继电器，只实行手动控制，则转换开关 DK2 和时间继电器 SJ 都可省掉。

对于重复短时起动的绕线式电动机，频敏变阻器可以长期接在电动机的转子回路中，不需另设短接频敏变阻器的设备，可采用图 3-50 所示电路。

频敏变阻器有多种型号，分别适用于轻载起动、重轻载起动、重载起动以及偶尔短时起动或重复短时起动等场合，应根据起动过程中负载的反抗转矩大小，以及接上频敏变阻器后电动机起动转矩的大小来选择频敏变阻器。通常，频敏变阻器允许连续起动数次，但起动时间的总和有限制，轻载系列不得超过 80s，重轻载系列不得超过 120s。

200. 怎样防止绕线式电动机操作失误而造成直接起动？

通常，绕线式电动机起动完毕，就应将接入转子电路中的变阻器切除。有些绕线式电动机的集电环上带有短路装置，当电动机起动完毕，转动举刷短路手柄，把电刷提起，同时把同轴旋转的动插片插入静插片，使三个集电环短路，于是接入转子电路中的变阻器便切除，电动机正常运行。

但是，停机后，操作人员必须将举刷短路手柄转动到起动位置，使变阻器重新接入转子电路。否则，一旦操作失误，大容量绕线式电动机就会直接起动，造成合闸接触器的触头烧损，电网电压突然下降而影响同一电网中其他用电设备的正常运行。

为了防止绕线式电动机的操作失误而造成直接起动，一般可采取以下措施：

(1) 取一块 2mm 厚的铁片，将其弯成 L 形，在其上端钻一个孔，然后套在举刷短路手柄的定位顶丝上并拧紧。

(2) 在 L 形铁片下端固定一只限位开关（要选择好距离），然后多次转动举刷短路手柄，在由起动位置转动到运行位置时，观察限位开关中的常闭接点能否断开，直到调整合适为止。

(3) 将限位开关中的常闭接点接到控制回路中，当电动机起动完毕，举刷短路手柄转动到运行位置时，常闭接点被顶开，控制回路由交流接触器的自保持接点接通。停机后，只有将举刷短路手柄转动到起动位置，限位开关中的常闭接点才能闭合。

201. 切断起动运行中的绕线式电动机的电源时，为什么应先将转子集电环短接？这种电动机在其起动电阻切除后转速降低的原因是什么？怎样处理？

绕线式电动机通常是在其转子电路中接入变阻器进行起动的，如果在其起动过程中突然切断电源，则由于转子电路中有较大的电阻，电动机的磁场将很快衰减，从而在定子绕组中产生很高的过电压（在转子开路的情况下，过电压可达额定电压的 3~4 倍）。这样，开关的触头上就会产生强烈的电弧、火花，甚至触头被烧坏。所以，在切断起动运行中的绕线式电动机的电源时，应先将转子集电环短接。

绕线式电动机在其起动电阻切除后转速降低可能有以下几方面的原因，可根据检查结果采取相应措施予以处理：

(1) 电刷压力不足或集电环接触面不光滑，导致电刷与集电环接触不良而产生火花，造成电动机转速很低。此时应调整电刷压力，修磨集电环接触面，以改善接触条件。

(2) 电动机某相转子绕组与集电环连接处的紧固螺钉松动或脱落，以致绕组与集电环的连接线断开，造成电机旋转缓慢。在这种情况下，应拆开电动机，紧固或装配螺钉，保证转子绕组与集电环可靠连接。

(3) 举刷手柄未拨到预定位置，致使集电环短路装置的触头接

触不良。此时应认真操作举刷手柄，定期检查集电环短路装置的触头。

(4) 所拖动的机械运转不平衡或轻微卡住。此时应会同机械维修人员检查所拖动的机械，使转轴转动灵活。

202 使用起动变阻器起动绕线式电动机时，变阻器过热或者起动档次不明显或速度突然增高的原因是什么？怎样处理？

变阻器过热的原因和处理方法：

(1) 变阻器工作环境温度过高，通风不良。应改善变阻器工作场所的通风条件，或者在电动机起动时加开风扇散热。

(2) 起动时间过长，变阻器长时间不能退出运行或未被短接。应调整起动时间，使电动机起动完毕，电阻器就迅速退出运行，同时检查线路有无故障。如果调整起动时间后，变阻器仍长时间停留在“起动”位置上，则应进一步查找原因，更换损坏的电气配件。

起动档次不明显或速度突然增高的原因和解决方法：

(1) 变阻器的控制器动、静触头接触不良。应调整触头弹簧压力，并用细锉修整触头，使其光滑平整，然后重新装配。

(2) 变阻器的电阻片烧坏。可用万用表测试变阻器的每相电阻值，若发现电阻片烧坏，则应予以更换。

(3) 线路接线错误。可对照线路图查找接线错误，查明后更正接线。

(4) 线路中有接触不良处。应检查线路中是否有接触不良处，线路中是否有因起动电流太大而烧坏的接触点，查明故障后，消除接触不良现象，接好线。

203. 使用频敏变阻器起动绕线式电动机时，有哪些常见的异常现象？怎样检查和处理？

(1) 电动机正常，起动接触器合上后，电动机不能起动。这是电网、频敏变阻器和控制系统不正常造成的，可按图 3-52 进行

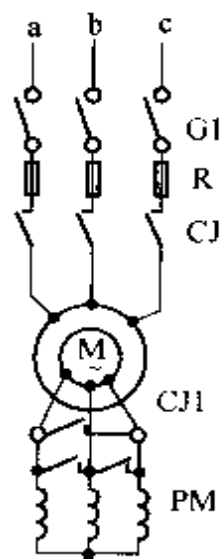
分析。

①频敏变阻器控制仅适用于绕线式电动机。若电源无电压、刀开关 G1 未合上，熔体熔断，电动机均不能起动。此时应仔细检查故障，并对症处理。

②频敏变阻器开路，电动机的转子集电环（滑环）与电刷接触不良，接触器 CJ 触头接触不良或电刷未置于刷盒内，查明具体原因后作相应处理。

③电动机堵转或缺相，此时电机可能发出嗡嗡声，如果电网电压正常，应迅速断开电源，以免烧坏电动机；停机后检查堵转或缺相原因，分别予以处理。

图 3-52 频敏变阻器控制绕线式电动机主电路原理图



(2) 电动机起动过快。这是频敏变阻器和控制系统不正常造成的。

①频敏变阻器未接入电路或接线有误。将频敏变阻器接入电路或纠正接线即可。

②频敏变阻器严重短路。应查明和消除短路原因，或者更换频敏变阻器。

③控制系统和电气元件的整定时间有误，使 CJ1 过早闭合。应重新调整整定时间。

(3) 电动机起动后，转速达不到额定值，运行电流居高不下。这是控制系统不正常造成的。

①接触器 CJ1 接触不良，甚至没有及时吸合。应检查控制线路和电气元件，查明故障后对症予以处理。

②时间继电器调整过于滞后。应重新调整继电器的整定时间。

(4) 频敏变阻器投运后，控制系统正常，但电动机运行中有的发热，有的起动转矩时大时小，有的频敏变阻器严重发热。这是频

敏变阻器选型不当造成的。通常，频敏变阻器有 BP1、BP2、BP4、BP6 等系列，不同系列，应用场合不同。

①偶尔起动、断续周期工作的电动机，宜选用 BP1 系列频敏变阻器。

②轻载、偶尔起动的电动机，宜选用 BP2 系列频敏变阻器。

③重载、偶尔起动的电动机，宜选用 BP4 系列频敏变阻器。

④BP6 系列是改进系列，性能好，在功率因数相同的条件下，应优先选用该系列频敏变阻器。

(5) 频敏变阻器调整不当，电动机运行状态不良。这是对频敏变阻器的结构和性能了解不够造成的。由于频敏变阻器调整不当，起动冲击电流过大，起动快，甚至控制开关跳闸。

频敏变阻器的结构如图 3-53 所示。由图可见，频敏变阻器的铁芯上边绕有三组绕组，在三柱铁芯端有一个衔铁，在衔铁和铁芯之间有三组非磁性垫片，在每组绕组上均有若干个抽头，以供调整之用。图上的绕组 a 有抽头 a1、a2、a3；绕组 b 有抽头 b1、b2、b3；绕组 c 有抽头 c1、c2、c3。调整方法如下：

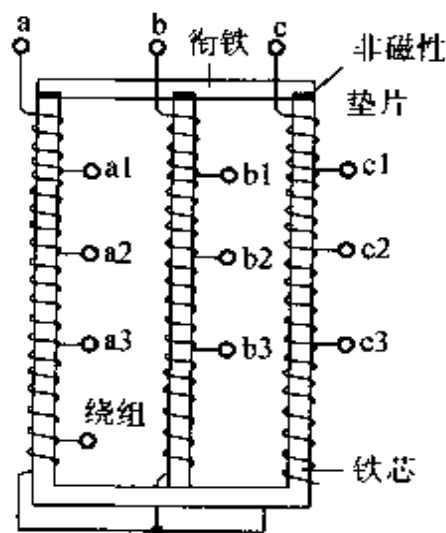


图 3-53 频敏变阻器结构图

①如果电动机起动过快，起动电流过大，则可调整 a、b、c 三绕组抽头，使匝数增加，三绕组匝数以相同比例调整。如果电动机起动过慢、电流过小，则可减少匝数。

②匝数调整稳定后，要进一步调整非磁性垫片的厚薄。在调整中，三组垫片厚薄应以相同尺寸同步调试。如果起动过快、起动电流过大，则应加厚三相非磁性垫片；如果起动过慢、电流过小，则应减小三相非磁性垫片的厚度。

③改变频敏变阻器的连接方式。频敏变阻器有单台、2 台并

联、2台串联、4台先串联后并联四种连接方式（图3-54）。其中任何一种连接方式，在电动机起动、运行不正常时，都要对每台频敏变阻器进行以下检查：各连接端子是否正常，螺栓是否拧紧；频敏变阻器的有关绕组是否受潮、短路、开路；频敏变阻器每相的非磁性垫片是否垫牢，有无脱落现象；频敏变阻器的铁芯夹紧螺栓、地脚螺栓是否松动。

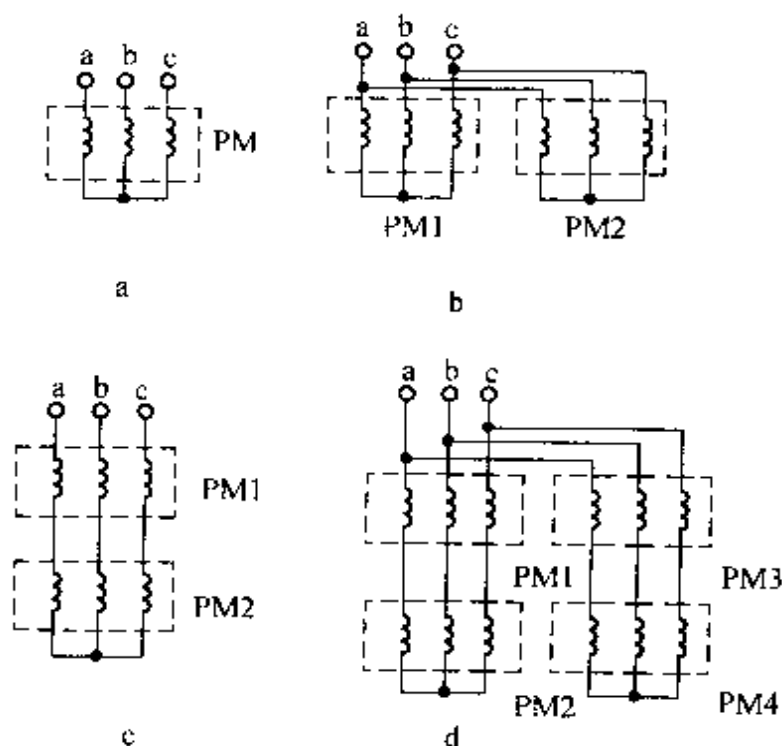


图3-54 频敏变阻器连接方式

a. 单台；b. 两台并联；c. 两台串联；d. 四台先串联后并联

204. 绕线式电动机在其转子绕组开路时为什么不能转动？怎样测量转子绕组的开路电压？根据开路电压的高低可作出什么判断？

绕线式电动机是一种感应电动机，它是靠三相对称定子绕组通入三相交流电流，在定、转子的气隙间产生旋转磁场而旋转的。其原理是：转子绕组切割磁场而产生感应电动势和感应电流，二者与旋转磁场相互作用，进而产生电磁转矩，使转子转动。如果转子绕组开路，便没有电流通过，因此转子绕组不受力的作用，转子静止

不动，当然电动机也就不能起动运转。此时的电动机，相当于变压器空载运行。所不同的是由于电动机的定、转子间存在气隙，励磁电流（即空载电流）要比变压器的励磁电流大得多。异步电动机的励磁电流一般为额定电流的 20% 左右（小容量电动机的励磁电流甚至达额定电流的 50%），而变压器的励磁电流只为额定电流的 2% ~ 10%。

测量转子绕组开路电压的目的是取得定、转子绕组间的电压比。测量方法如下：

(1) 电动机转子应静止不动并开路（有举刷装置的电刷应置于与集电环接触的位置），转子电压可通过试验台引线接到集电环连接螺钉上。

(2) 试验时，应适当降低定子外施电压（可采用堵转试验电源电压），用转换开关分别测量定、转子三相电压，检查三相电压是否平衡，有无匝间短路或转子开路自起动等异常现象。如果一切正常，则对定子外施额定电压，同时分别测量定子和转子的三相线电压，接线方法如图 3-55 所示。

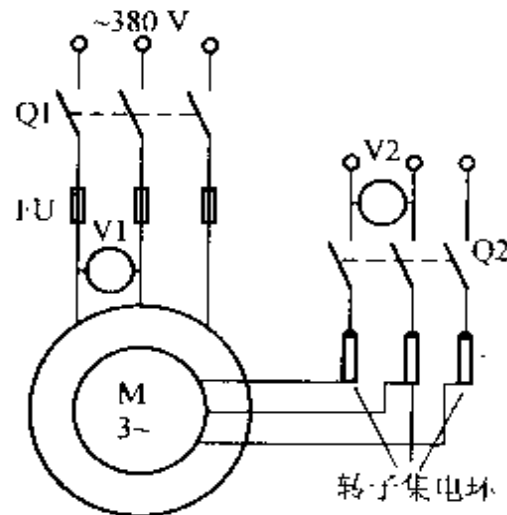


图 3-55 绕线式电动机电压比测定接线图

(3) 对于转子电压高于 600 V 的电动机，试验时施于定子绕组的电压可适当降低，以便电压表不经过电压互感器，而直接测量转子电压。

(4) 测量高压 (3000 或 6000 V) 电动机的转子电压时, 定子电压可适当降低 (最好采用堵转试验电源电压)。对额定电压为 3000 V 的电动机, 可采用 600~800 V 电源做试验, 而额定电压为 6000 V 的电动机则可采用 1300~1400 V 电源进行试验, 以免转子接线错误而发生短路、转子直接起动或并头套间有焊接锡末而出现跳弧等现象。

(5) 如果定子三相电压对称, 则转子三相开路电压最大值 (或最小值) 与平均值之差不应超过平均值的 $\pm 2\%$ 。

(6) 试验时, 如果绕线转子绕组开路自起动不是转子铁磁性零部件中的涡流所引起, 则应检查转子是否短接, 不同相的电刷引线是否短接, 相邻并头套是否直接短接, 焊接锡末是否造成短接, 以及有无接线错误等。

在确认定子绕组正常的条件下, 如果转子绕组开路电压过高或过低, 则可判定转子绕组的匝数、节距或接线不正确, 或者绕组有匝间短路故障, 以及并联支路匝数不等而存在环流等缺陷。

如果定子的三相电压和三相空载电流都平衡, 而转子三相开路电压不平衡, 则可判定转子绕组不对称。

205. 鼠笼式电动机起动时出风口冒火星是什么原因?

(1) 机械摩擦。当转子有扫膛现象或者转动部分与不转动部分凸起处相碰时, 由于机械摩擦, 可能爆发火星。这种现象在电动机轴承损坏或大修后往往出现。

(2) 鼠笼断条。转子鼠笼条的焊接头或鼠笼条离槽口不远处, 往往容易断裂或脱焊。若断裂处似接非接, 在起动后两端受离心力作用时, 由于受力不均, 导致断头错开, 切断起动过程中转子鼠笼条中产生的大电流而出现弧光, 弧光向外冒出火星, 这与电焊时焊条突然碰“地”断开产生的弧光一样。当断裂口变大, 两端根本不接触, 或者起动完毕断裂处两端又对接时, 火星又消失。

(3) 引线绝缘不良。有时 380 V 电动机的某一相引线绝缘不良, 起动时由于引线振动而与外壳搭连 (接地) 时断时接, 也因切

断接地电流而产生火花，从出风口冒出火星。

无论哪种原因引起火星，都应先切断电源，将电动机停下来，找出原因，消除隐患后再起动，以免造成更大的故障。但是，如果鼠笼条脱焊不严重，为了不影响生产，可以继续运行，但要避免开、停机，并加强监视，待准备好备用电动机，再将有缺陷的电动机停运检修。

206. 一台长期闲置未用的电动机，起动后不久便冒出无味的白烟，是什么原因？该电动机能否继续运行？

长期（特别是夏季或我国南方的霉雨季节）闲置未用的电动机，其定子绕组很容易吸收空气中的水分而受潮。由于电动机起动时，起动电流一般达额定电流的4~7倍，所以受潮的绕组在电动机起动时，因通入大电流而急剧发热，促使其内部的大量水分蒸发，形成白色无味的烟雾排出。一旦出现这种情况，电动机就不宜继续运行，应立即切断电源，用兆欧表测量绝缘电阻。若测得的绝缘电阻值低于 $0.5M\Omega$ ，则必须进行干燥处理才可再投入运行。否则，绕组绝缘很快就会过热而烧毁。

207. 一台具有铜导条的两极鼠笼式电动机起动时转子槽口冒火花，但起动后能正常运转，拆开检查未找出缺陷，该电动机有无故障？

在两极鼠笼式电动机起动的瞬间，转子导体中的感应电势最高，导条间的电位差也最大，此时导条间的电流有一部分经过电阻较高的铁芯传导；同时，在电动机起动时导条受到起动电流很大的电动力作用，如果它与槽配合较松，就可能发生振动，从而导条与铁芯时而断开，时而接触，因此产生火花（槽内的火花是看不见的，只能在槽口发现）。电动机起动后，导条电势常下降到起动时电势的5%左右，对于这种很低的电压，铁芯几乎就是绝缘体；同时，由于导体的电流减小，振动也随之减弱。因此，不会再产生火花。实际上该电动机无故障，所以起动后能正常运转。

但是，在电动机的运行中，如果气隙内产生较大的火花，则可能是定、转子相擦，转子导条、端环断裂或绕线转子导线接头松脱等故障造成的。遇到这种情况，就应立即停机进行检查。

208. 如果异步电动机三相绕组的一相首、尾端接反，起动时会出现哪些现象？

(1) 起动困难。三相绕组的一相一旦接反，则各相绕组的相互磁场关系将发生变化（即互感发生变化），从而破坏磁场的对称性，导致各绕组的感抗各不相同。这样，由电动机三相绕组组成的三相负载，从电路方面来看，就变成了不对称的三相负载。按对称分量法，可把电流、电压各分解成正序、负序、零序分量。正序电流产生正序旋转磁场，它与正常情况的旋转磁场方向相同，只是大小比正常情况要小一些；负序电流产生负序旋转磁场，其旋转方向与正序磁场方向相反。正序磁场产生的力矩使电动机转动，负序磁场产生的力矩阻碍电动机旋转，因此，二者互相牵制，电动机起动就困难。通常，如果电动机空载（不带任何机械），有可能起动，但因起动力矩小，转速很低；若带上机械负载，则往往难以起动。

(2) 一相电流很大。如上所述，由于一相接反，各相绕组之间的互感发生变化。对于绕组首、尾颠倒的那一相，当三相同步通电时，正常情况下其他两相的磁通穿过该相，与该相本身电流产生的磁通方向相同的比较多，而现在却是方向相反的比较多。这就相当于该相绕组流过单位电流所产生的总磁通减少，亦即该相绕组的感抗（感抗与电感系数成正比，而电感系数等于单位电流产生的磁通）小了，因此该相电流增大。这就是电动机不能起动时，往往接反的那一相熔断器熔体熔断的原因。

(3) 响声很大。响声由振动而来。一相接反，电动机机身就会严重振动，因此响声很大。为什么电动机严重振动呢？其原因是：三相绕组接线正确时，三相对称绕组流过三相对称电流，会在电动机定子膛内产生一个幅值不变、速度均匀的旋转磁场，它对转子的拉力是均匀的，因此转子转动很平稳。但是，当一相接反时，所产

生的便是一个幅值变化、速度也不均匀的旋转磁场（这里不像前面所述的分成对称分量来看，而是综合起来看），这个磁场每转一周，对转子的拉力是时大时小，因此转子的转速也是时快时慢，这就必然引起转子和机身剧烈振动，就好像转子在定子机身内摇晃一样，所以响声很大。

209. 电动机接通电源后不能起动是什么原因？怎样进行检查？

(1) 有嗡嗡声，并且电机轻微振动。

①一相未通电。应检查三相电源熔体是否一相熔断，开关是否接触不良，电动机绕组是否一相断路。

②绕组引出线首尾端接错或绕组内部接反。在定子绕组中通入直流电，检查绕组极性（用指南针）；检查绕组首尾端是否接错。

③负载过重。电动机的起动转矩小，不足以拖动负载机械，而熔体又选得太大，未能熔断。可调低负载再进行试起动，并检查熔体规格是否符合要求。此外，还应检查传动装置和定、转子有无卡住现象。

④电源电压过低。应使用万用表检查电源电压是否过低，如果过低，则与供电部门联系，请求调高电压。

⑤鼠笼转子端环脱焊或部分导条断裂，造成电机的起动转矩过小，无法拖动负载机械。但卸去负载后，电机可起动运转，一加上负载，电机的转速就立即降低，甚至不转。此时应注意，这种情况往往易误认为负载过重。

⑥定、转子局部短路，起动转矩很小，而电流尚不足以使熔体熔断。可用短路侦察器进行检查。

⑦匝间严重短路。一般可用直接观察法、电阻法或短路侦察器进行检查。

⑧气隙不均匀。当定、转子的气隙不均匀时，通电后单边磁拉力会使定、转子吸合。此时可仔细观察电机振动情况，将转子转动一个角度后再送电观察，转子又会在原来的地点吸住。此故障可进行适当调整或重新装配就可排除，必要时更换有关零件。

⑨卸掉负载后，用手盘动电动机的转轴，观察转轴能否转动。若堵住不转，则可能是轴承损坏，润滑脂干涸。

(2) 无嗡嗡声，也无振动。

①电源未接通。用万用表检查开关、熔体、各对触点和电动机引出线头是否断开或是否接触不良。

②绕组断路。一般可用万用表测量绕组电阻值，或采用灯泡法和电流法来检查。

③绕组接线错误。可对照接线图进行检查，改正接线即可。

④过电流继电器整定值太小。可调节继电器的整定值，使其与电动机的电流相匹配。

(3) 起动瞬间，熔体迅速熔断或空气断路器立即跳闸，其原因和处理方法见 216 问。

210. 合上闸刀开关未按下起动按钮电动机即旋转的原因是什么？怎样处理？

(1) 起动按钮的触点或接触器的常开触点，因长期使用而被电火花灼伤，出现粘连现象，此时即使按下停止按钮，一松手电动机又会旋转起来。

(2) 如果起动按钮触点的容量小于接触器线圈的容量，或者接触器的机械部分动作不灵活，也易出现粘连故障。

一旦发生这种故障，若触点损坏面积占其整个面积的 $1/3$ 以上，则必须更换触点；若损坏面积在 $1/3$ 以下，可使用 00 号砂纸研磨接触面，使之平滑。如果接触器的机械部分动作不灵活，可拆开接触器，将卡住部位用 00 号砂纸磨平。

211. 按下起动按钮，电动机即起动旋转，但手离开按钮，电动机又停下来，其故障原因是什么？怎样处理？

(1) 自保（自锁）触点接触不上。

①触点压力弹簧失去作用。更换弹簧即可。

②触点位置偏移、下落。应重新调整触点位置。

③触点烧坏、氧化或接触不良。烧坏的触点应予以更换，氧化的触点可用细砂纸打磨，使其接触良好。

此外，也可在接触器上找出另一对备用的常开触点，将接线换接到这对触点上，或者用导线将这对触点与原触点并联（图 3-56 a）。

如果接触器上没有备用的常开触点，而生产流程又不允许电动机长期停运检修，则可按图 3-56 b 进行应急接线。

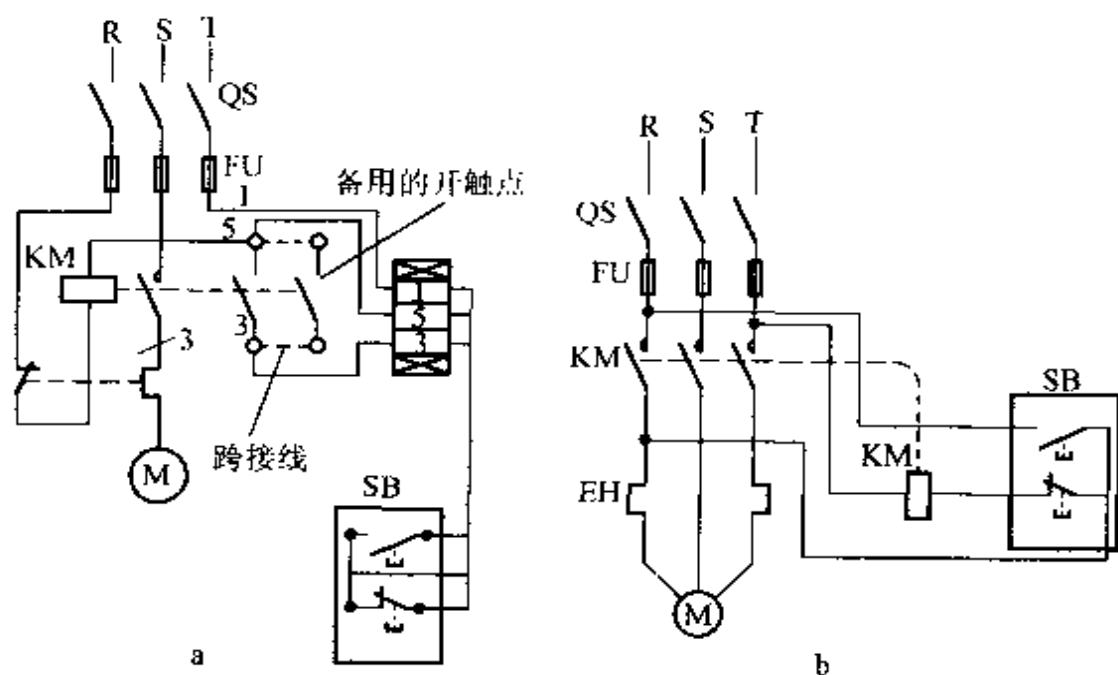


图 3-56 应急接线

a. 有备用的常开触点；b 无备用的常开触点

(2) 自锁线路故障。

①断线查明断线处，重新接好线，或者调换新线。

②线头松动或脱落。将线头重新拧紧或重新装上。

③热继电器中的热元件老化或动作次数太多。应更换热元件或更换热继电器。

④热继电器的额定值选得过小，则应重新选用额定值符合要求的热继电器；如果热继电器的整定值太小，应重新进行整定。

212. 按下起动按钮，虽然电动机立即起动，但控制开关迅速跳闸的原因是什么？怎样处理？

(1) 电动机起动后，瞬间缺相运行，起动力矩不足。可检查电源三相电压是否平衡，有无缺相故障；熔断器的熔体是否熔断；接触器、热继电器的触头接触是否良好。然后对症处理。

(2) 过热元件整定错误。对过热元件一般可以粗调，如果发现过热元件确实调整有误，则通用过热元件的整定值可按表 3-28 调整，而特殊过热元件的整定值则按产品说明书的规定进行调整。

表 3-28 通用过热元件整定值

| 通入电流 I_c (%) | 脱扣时间 |
|----------------|--------------|
| 100 | 2h 内不动作 |
| 120 | 20min 内动作 |
| 200 | 2 ~ 3min 内动作 |
| 300 | 40 ~ 60s 内动作 |
| 400 | 20 ~ 30s 内动作 |
| 500 | 15 ~ 30s 内动作 |
| 600 | 10 ~ 15s 内动作 |

注： I_c 为电动机额定电流

(3) 起动按钮按下时间过短。按下起动按钮的时间，应长于接触器的动作时间。

(4) 二次回路瞬间接地。应查出二次线路的接地点或查明绝缘电阻低的原因，然后作相应处理。

(5) 负载过大（即带重载起动）。电动机起动前，用手盘动转轴，检查有无卡涩现象。如果转轴转动灵活，负载机械也无卡阻现象，则应降载或空载起动，必要时调换容量较大的电动机。

(6) 电动机检修质量差，电机起动瞬间有卡涩现象。如果电动机必须带载起动，则开始应带轻载，起动后再加载。例如风机起动时有风门的，先将风门关小，起动后再加大风门。

(7) 电动机内部有杂物 电动机内部若有杂物，可能造成定、转子相擦（扫膛）。为避免出现这种现象，在有粉尘的场所，特别是采用开启式电动机时，应尽量保持环境清洁，加强通风，防止灰尘、杂物进入电机内部。多尘场所最好采用封闭式电动机。此外，要防止漆皮、槽楔等掉落。

(8) 转子严重断条、定子瞬间短路或定子瞬间接地。可按 531 问、441 问或 436 问所介绍的方法进行检查和处理。

(9) 电源三相电压严重不平衡。三相电压不平衡，即三相线电压不相等，一旦出现这种现象，会造成转子绕组和定子绕组的电流大大增加而出现三相电流严重不平衡故障，因此导致控制开关跳闸。在单相和三相动力混合用电的电网中，如果单相负载（如电炉、电焊机、干燥箱等）很大或电源发生故障、都会造成三相电压不平衡。

213. 按下起动按钮，电动机不旋转，且无响声，检查发现交流接触器不动作（不吸合），其故障原因是什么？怎样处理？

(1) 控制回路中的熔体熔断，控制回路断线。此时可用万用表检查并排除熔体熔断原因后更换熔体；查明控制回路的断线处，重新接好线或调换新线。

(2) 主电源闸刀未合上。这是维修保养中将闸刀拉开，维修结束忘记合上闸刀，或者检修时在接触器铁芯之间加有卡板，检修完毕忘记将其取下。合上闸刀或取下卡板即可。

(3) 主回路中的熔断器熔体熔断一相（A 相或 C 相）。通常，控制电源取于 A 相或 C 相，若其中某相熔体熔断，则控制回路便无电。查明并排除熔体熔断原因后，更换熔体即可。

(4) 热继电器动作后未复位。通过检查确认电动机绕组无故障后，按下复位键，使热继电器复位。

(5) 接触器线圈烧毁或内部断线。更换线圈即可，但换上的线圈的工作电压应符合原线路的接线方式。

(6) 停止按钮（闭接点）接触不上或线头脱落。此时打开控制按钮即可发现故障点，若按钮损坏不能修复，则应更换。

214. 按下起动按钮，水泵电动机不旋转，交流接触器的电磁铁振动并向闭合方向用力，发出嗡嗡声，当在铁芯（磁铁）上加一点力便吸合，电动机即运转，故障原因是什么？怎样处理？

这种故障是交流接触器的吸合电压不足造成的，检查、处理的步骤和方法如下（图 3-57）。

(1) 用万用表检测接触器 KM 电源侧 A、B、C 三相电压为 380 V，测得自锁触点 K2 两端的电压为 260 V。

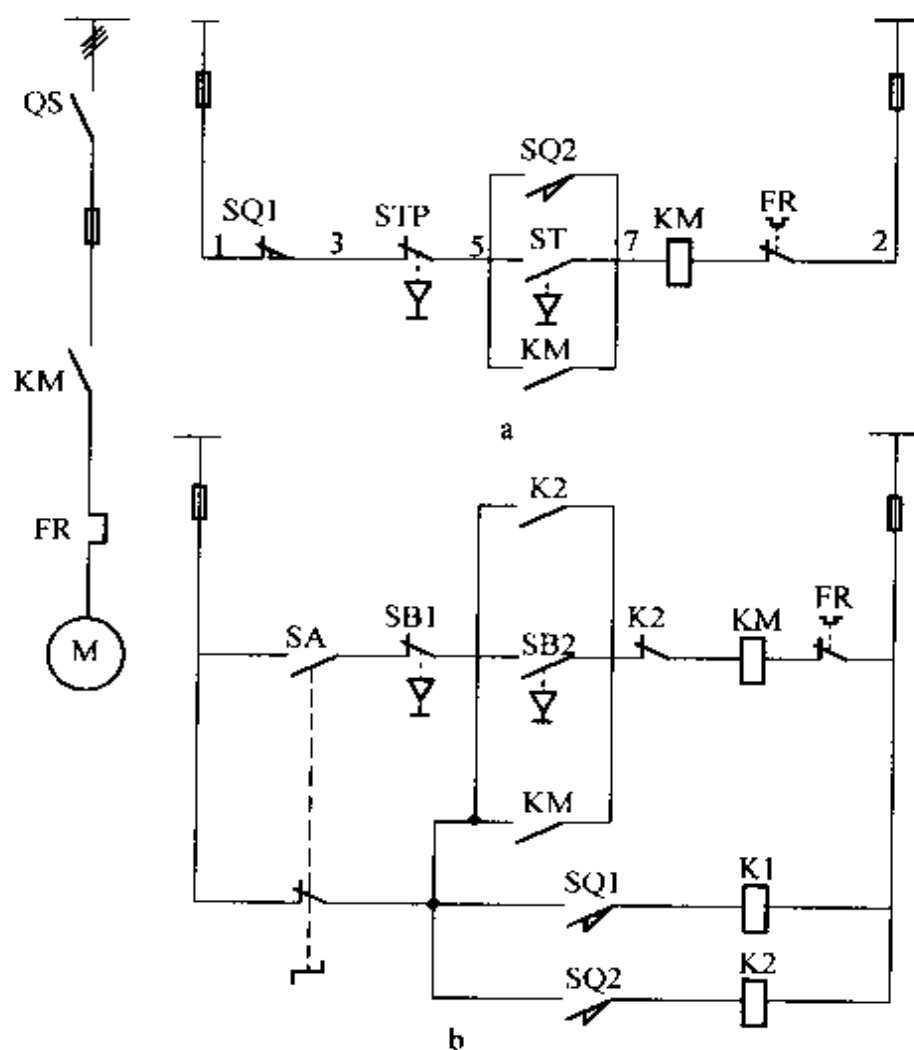


图 3-57 水泵电动机的控制线路

(2) 用 500 V 兆欧表测量负荷电缆（包括电动机绕组）对地绝缘电阻为 $200\text{M}\Omega$ ，控制回路 1 号线和 3 号线对地绝缘电阻为 0Ω ，控制回路接地。

(3) 为明确分清 1 号线和 3 号线中是哪根线接地，从接触器的自锁触点上拆下 3 号线，用兆欧表测量 3 号线对地绝缘电阻为零，从而确定是 3 号线接地。

(4) 查 3 号线所接的限位开关 SQ1（停止）。打开接线盒，从里面流出积水，将线头抽出，测得绝缘电阻为零。根据经验分析，如果塑料绝缘导线接头在水中浸泡时间太长，则其绝缘电阻降低而漏电，造成线圈两端电压降低，使接触器不能吸合。将接触器至限位开关的 3 号线调换新线后，测得对地绝缘电阻在 $300\text{M}\Omega$ 以上。

(5) 通电试车，接触器吸合动作正常，电动机顺利起动运转，水泵正常工作。

215. 鼠笼式电动机直接起动用的电磁起动器，有时在电动机起动时跳开，是什么原因？

鼠笼式电动机直接起动用的电磁起动器上有一油杯，是过电流跳开的延时装置。如果油杯内无油，则不起延时作用。电动机起动时的瞬时电流常为额定工作电流的 5 倍左右，若电动机起动时油杯内无油，起动器就立即脱扣而跳开。如果油杯内有油，则一定时间内的过电流不能使起动器脱扣，因此电动机可以顺利起动。但是，在电动机的运行中，若线路电流超过电动机的正常工作电流，经过一定的延时（起动器动作的延时时间整定得长于电机起动时间），起动器即动作而切断电源，从而对电动机起过流保护作用。

216. 电动机接通电源后空气断路器立即分断或熔断器熔体立即熔断的原因是什么？怎样处理？

(1) 电动机接通电源后，空气断路器立即分断。

① 过电流脱扣器的瞬时整定值太小。调高整定值即可。

② 脱扣器的某些零件（如半导体器件、橡皮膜等）损坏。应更

换脱扣器或损坏的零部件。

③脱扣器的反力弹簧断裂或落下，应更换弹簧或重新将弹簧装上。

(2) 电动机起动时，连续出现刚一合闸，熔体就熔断。

①定子绕组是否接地。可用兆欧表、万用表或串联灯泡检查各相定子绕组对地绝缘情况。如果绕组绝缘损坏（兆欧表、万用表的指针指零，串联的灯泡发光），则应进一步查出接地点，在接地点垫上绝缘纸，涂上绝缘漆，然后换上同规格的熔体进行试送电。

②定子绕组相间是否短路。可用兆欧表摇测定子绕组各相间的绝缘电阻。如果兆欧表指针指零，则应进一步查出短路点，并进行绝缘处理。

③定子绕组是否反相。检查定子三相绕组的首尾端与规定的接线顺序是否一致。如果接反，则应调换。

此外，有时电动机的电源接线不牢固造成单相起动，开关与电动机之间的连线短接，电动机机械部分卡锁或负载过重，以及熔体截面选择过小，也会造成熔体熔断。

217. 为什么改用与原来熔断电流值相同而型号不同的熔断器后，电动机无法起动？

通常，熔断器对中小型电动机只起短路保护作用，而不起过载保护作用。选用熔断器时只根据电动机的额定电流考虑熔断器的熔体熔断电流，而忽略熔体的熔断时间是欠妥的。实践中常有这样的情况：一台电动机因更新负载机械或检修，改用与原来熔断电流值相同而型号不同的熔断器，电动机带负载起动时，熔断器的熔体就熔断，无法起动；有时即使起动电流稍小，电动机勉强能起动运转，但在运行中偶有瞬间过载或多次起动，由于热量的积累，熔断器的熔体熔断特性变坏，也往往熔断而导致电机缺相运行。这是因为两种不同型号的熔断器的安秒标准不同。通常，熔断器在电流通过时产生热量，这种热量的大小可按焦耳·楞次定律来计算，计算式为

$$Q = 0.24 I^2 R t$$

式中 I ——流过熔体的电流；

R ——熔体的电阻；

t ——电流流过的时间。

熔断器的熔体熔断所需的热量为

$$Q' = mC(\theta - \theta_0)$$

式中 m ——熔体质量；

C ——熔体的热容量；

θ ——熔体熔化温度；

θ_0 ——熔体周围介质温度。

当熔体熔断时, $Q = Q'$, 而 $R = \rho \frac{L}{S}$, $m = LS\delta$

式中 ρ ——电阻率；

S ——熔体截面积；

L ——熔体长度；

δ ——熔体密度。

$$\text{可见 } I^2 t = \frac{\delta c (\theta - \theta_0)}{0.24 \rho} S^2 = K S^2$$

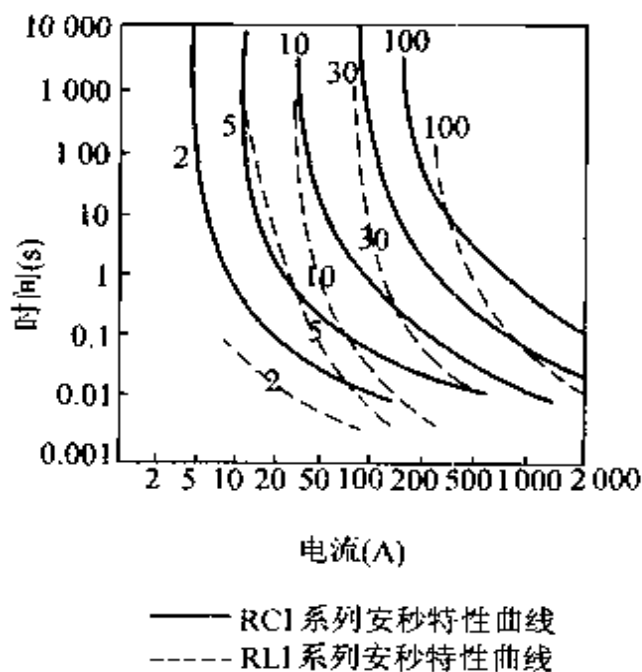


图 3-58 RCI 系列和 RLI 系列熔断器的安秒特性曲线

式中 K ——系数，起动时间在 3s 以下 K 值取 $0.25\sim 0.40$ ， $3\sim 8\text{s}$ 取 $0.35\sim 0.50$ ， 8s 以上取 $0.5\sim 0.6$ 。对重要电动机，应取大值。

因此， I^2t 值与熔体的材料和尺寸有关。不同型号的熔断器，根据 I^2t 值绘制的安秒特性曲线也不同（图 3-58）。流过同样大小的电流时，RCI 系列熔断器的熔体熔断时间比 RLI 系列熔断器的熔体熔断时间要长得多。例如，采用 10A 熔体的 RCI 系列熔断器，当流过 24A 电流时，熔体经 40s 才熔断，而同样选用 10A 熔体的 RLI 系列熔断器，其熔体经 2s 就熔断。

218. 有时中型三相异步电动机的电源、开关和保护装置均正常，但电动机起动时零序电流保护装置发生误动作，为什么？

当使用三个电流互感器构成零序过滤器时，由于三个互感器的电流变比存在误差而在中线上产生不平衡电流，或者使用零序电流互感器时，由于一次回路在空间的不对称而产生很大的不平衡电流。通常，电动机起动时，起动电流为额定电流的 $4\sim 7$ 倍，峰值甚至可达 10 倍，如果零序保护装置的整定电流整定不合适，电动机起动时产生的较大不平衡电流就会使零序保护装置动作。因此，若零序电流保护装置在电动机起动时发生误动作，而通过检查又未发现其他故障，则可适当提高零序电流保护装置的一次电流整定值（应调到能可靠地避开起动电流）。

219. 为什么双鼠笼式电动机正常使用一段时间后，在较大负载时不能起动？如何检查判断其原因？

通常，电动机负载较大时不能起动的原因是负载过重，轴承损坏造成定、转子相擦或转子损坏。

当电动机的负载过重时，电流较大，并因过载而发热，于是热继电器动作。如果轴承损坏造成定、转子相擦，则噪声很大，严重发热甚至冒烟。但是，如果电动机只是重载时起动无力，而一旦轻

载起动，又能加负载正常运行，不产生振动和过流，则不属于过载或定、转子相擦这一异常情况，而可能是转子损坏。

由于双鼠笼式电动机的转子槽内嵌有内、外两层导条，这两层导条的作用不同，即起动时以外层为主，运行时以内层为主。当外层导条与端环脱离或导条断裂时，起动力矩减小；当内层导条损坏时，电流增大，电机不能正常运行，甚至根本不能拖动负载。如果电动机只是起动困难，但运行正常，则可初步判定转子外鼠笼部分断裂。

为了进一步作出判断，可将电动机接入三相低压（约 36 V）电源，使其不能起动运转为原则，然后用手缓慢地盘动转子，检查三相电流的变动情况。若转子完好，则三相电流应平衡并稳定；若转子断条，则定子三相电流在转子缓慢地转动时应发生周期性变化，若变化幅度超过 5%，可判为转子断条，若仅有微小变动，则对起动无妨碍。此时作出分析判断后，可取出转子进一步检查。

220. 为什么有些三相异步电动机采用 Y- Δ 起动器起动会烧毁？

三相鼠笼式电动机常采用 Y- Δ 起动器起动，以减小起动电流。但是，并非所有接于 380 V 电源的三相异步电动机都可实行 Y- Δ 降压起动，而应根据电动机铭牌上标出的接法而定。对于 380 V Δ 接法、660/380 V Y/ Δ 接法的电动机，由于每相绕组的额定电压为 380 V，起动时接成 Y 形，使每相绕组承受的电压为 220 V，实行小电流起动；待电动机起动后转速上升到额定转速，就改为 380 V Δ 接，电动机就可正常运行。但是，对于 380/220 V、Y/ Δ 接法的电动机，由于每相绕组的额定电压为 220 V，当电动机起动时，Y 接已是额定电压，如果起动后改为 Δ 接，即每相绕组接入 380 V 电压，则每相绕组承受的电压比设计电压提高 $\sqrt{3}$ 倍，导致铁芯严重过热，定子电流过大，此时熔体若不熔断，电机绕组就会烧毁。

由此可见，对铭牌上标有“380/220 V、Y/ Δ ”的电动机，在电源电压为 380 V 时，不能采用 Y- Δ 起动器起动。

221. 自耦降压起动器起动后能合闸或吸合，但电动机不能起动运转的原因是什么？怎样处理？

(1) 起动时三相熔体熔断一相、两相，或三相都熔断。此时可检查分析熔体熔断是负载方面的原因还是降压起动器内部存在短路故障所引起。检查时，可用 500 V 兆欧表测试相间和对外壳的绝缘电阻，以及绝缘油的绝缘电阻，排除故障后，调换原规格的熔体即可。

(2) 电源电压过低，起动转矩不够。可用万用表测试供电线路的电压。如果线路电压太低，可将自耦变压器抽头改接到高一级电压的抽头上，然后再起动电动机。

(3) 一相或多相触头烧坏，电磁铁吸合后动、静触头接触不良。可将起动器的手柄扳到“起动”位置上，检查动、静触头的接触面压力。如果动、静触头烧坏，则应予以更换；如果是弹簧压力不够，则应适当调整弹簧压力，然后将起动器的手柄扳到“起动”位置上，按上述方法进行检查处理；如果触头烧毛，但接触面大，同时压力也够，则用砂纸将触头打磨平整，就可使用。

222. 某△接法三相异步电动机起动运行一段时间，起动转矩明显减小，停机再起动困难的原因是什么？怎样检查和处理？

根据该电动机的起动转矩明显减小，停机后再起动困难这一现象，可以判断该电动机的三相绕组中有一相绕组内部发生断路故障。当△接电动机的绕组内部有一相折断时，电动机便变成“V”形接法，未断相的两绕组的电流互差 120° 电角度，两个不同相位的电流可产生两相旋转磁场，电动机仍能够产生电磁转矩，但两相旋转磁场比三相旋转磁场要弱得多，因此电动机产生的电磁转矩也小得多，不足以克服电动机的阻力矩，所以起动困难。

如果电动机正在运行或者勉强起动，由于绕组断掉一相，该相绕组便不再做功，其他两相绕组的负载增加为原来的 1.5 倍，即每

相绕组的电流增加为原来电流的 1.5 倍，结果电动机严重发热，时间一长，绕组就会烧毁。

这种故障的检查和处理方法如下：

由于定子三相绕组为 Δ 接，所以应先将各绕组间的连线拆开，用灯泡测试法进行检查（图 3-59 a）。若灯泡不亮，则表明该绕组有断路处。

查明断相绕组后，需进一步找出断线点。若仍采用灯泡测试法，可将一根测试棒接在断线相的首端或尾端，而在另一根测试棒上装一金属针（图 3-59 b）。测试时，使金属针从该相的首端或尾端开始，依次向绕组的另一端移动，先刺各绕组间的连接点，若刺到某一组前灯都是亮的，则表明以前部分无断路故障；若刺到某点以后，灯就不亮，则表明该线圈间有断线点，然后在该线圈之间逐步缩短刺点间距，即可找到断线点。

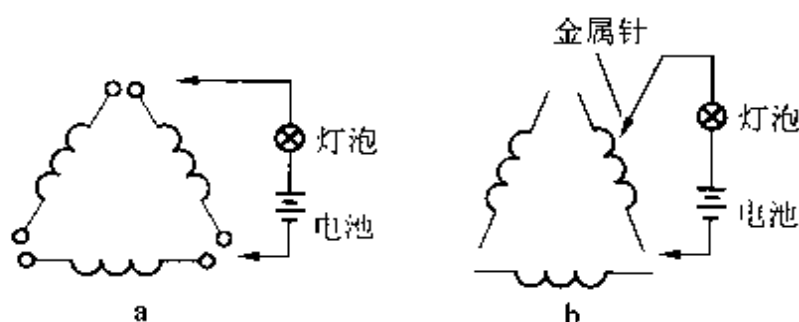


图 3-59 三相绕组内部断相检查方法

a. 断相检查法；b. 断线点检查法

断线点找到后，如果是接线头松脱或接触不良，则重新焊接牢固，包扎好绝缘即可；如果断线处在绕组端部，则将绕组适当加热软化后，也把接头重新焊接和包扎绝缘；如果断线处在绕组内部，则必须更换该绕组。

223. 电动机有哪些常见的转速故障？故障原因是什么？

(1) 电动机起动后，负载为额定值，但转速低于额定转速。其原因是：电网电压下降；转子回路接触不良；转子电阻过大；把 Δ 接的三相绕组误为 Y 接。此时应检查电网电压是否正常，绕组连

接是否正确，转子回路所有焊接和接触部分是否良好，鼠笼转子笼条是否脱焊、断裂等。

(2) 电网电压正常，电动机带额定负载起动和运转都尚好，但各线内的电流不同（一线内的电流比其他两线内的电流大 70%），转速低于额定转速，定子某相绕组处于冷状态。这是因为定子作三角形连接时，定子绕组某相断线而形成开口三角形，所以起动良好。但由于只有两相参与运行，所以功率减少 1/3。此时应使用兆欧表或检验灯来查明断线原因，并予以修复。

当定子作星形连接时，如果电动机起动后一相突然断路，也会发生类似情况，通常将这种现象称为电动机缺相运行。

(3) 电动机半速运行时响声很大，特别是在起动时响声更大，电机能以额定转速运行，但当负载增大时，又重新降至半速。这是转子一相发生断线，缺相运行造成的。应查明转子断线处并予以修复。

(4) 电动机不能起动，或起动后在某低速（如 1/7 或 1/13 额定转速）下运行。这是电动机改绕或重绕时，改变了电动机的极数，定子与转子的槽数配合不当造成的。通过检查，若确认极数有误，则应予以改正。

(5) 同步电动机运行中发生追逐，甚至失步，以致转速降为零。这是电网电压降低、励磁电流减少、励磁绕组短路或过载造成的，应分别进行检查和修理。

224. 按下停止按钮，电动机不停止旋转，或者按下停止按钮，电动机虽停止运转，但手离开按钮，电动机又旋转起来，怎么办？

按下停止按钮，电动机不能停下来的原因：

(1) 接触器的动、静铁芯表面有油。当铁芯表面受热时，油稀化，将铁芯紧紧粘住，就像在两块平板玻璃中间加点水，两块玻璃粘在一起一样。此时，按下停止按钮，线圈断电，铁芯表面的粘合力超过铁芯反作用弹簧的弹力而不能使动、静铁芯分开，因此主触

头仍处于吸合状态，电机停不下来。

(2) 接触器由于频繁动作而严重烧伤，电弧将触头熔焊在一起。按下停止按钮，线圈断电，铁芯释放，因主触头处于闭合状态，电动机仍在运转，停不下来。

(3) 由于停止回路中出现短接故障，使停止按钮失去作用，不能将接触器线圈电路断开而使接触器保持吸合状态，所以电动机不能停止运转。

如果按下停止按钮，电动机虽停止运转，但手离开按钮，电动机又起动旋转，则首先应切断电源，使电动机停下来，然后查明原因和进行对症处理。

停车方法：

(1) 控制回路中装有熔体时，可将熔体取下。

(2) 值班电工到配电盘该回路闸刀前，待操作员按下停止按钮，接触器释放后，拉开闸刀。

(3) 一个闸刀带两个回路时，其中一个回路在运行中，此时可让操作员按着停止按钮不松手，检查接触器确在断开位置后，一相一相地取下主回路中的熔体。

故障原因和处理方法：

(1) 辅助线和接至接触器线圈的导线绝缘损坏，两线短接。查明短接处，将两线分开，包好绝缘。如果导线绝缘严重损坏，则应调换新线。

(2) 起动按钮中的动触片脱落，使触点接通或触点两端的线头脱落碰在一起。此时应更换按钮。若线头脱落，则重新装上即可。

225. 怎样改变三相异步电动机的旋转方向？

三相异步电动机正常运行时，其旋转方向与定子旋转磁场的旋转方向始终一致。因此，要改变电动机的旋转方向，就必须改变旋转磁场的方向。而旋转磁场的方向取决于定子绕组中通入的三相交流电流的相序。例如，定子接在相序为 A、B、C 三相交流电源上，假设它的旋转磁场和转子的转向为顺时针方向，则此时只要将任意

两相（例如 B、C 相）加以调换，定子电流的相序就变为 A、C、B，于是旋转磁场和旋转转子的转向便变成逆时针方向，从而电动机的旋转方向也就改变。

如果需要经常改变电动机的旋转方向，就要不断地改变定子绕组的接线，这是非常麻烦的。为了避免这一点，可采用换向开关来调换两根相线的接头（图 3-60）。要使电动机正向（顺时针方向）转动时，可把换向开关推到正向位置；要使电动机反向（逆时针方向）转动时，则把换向开关推到反向位置。

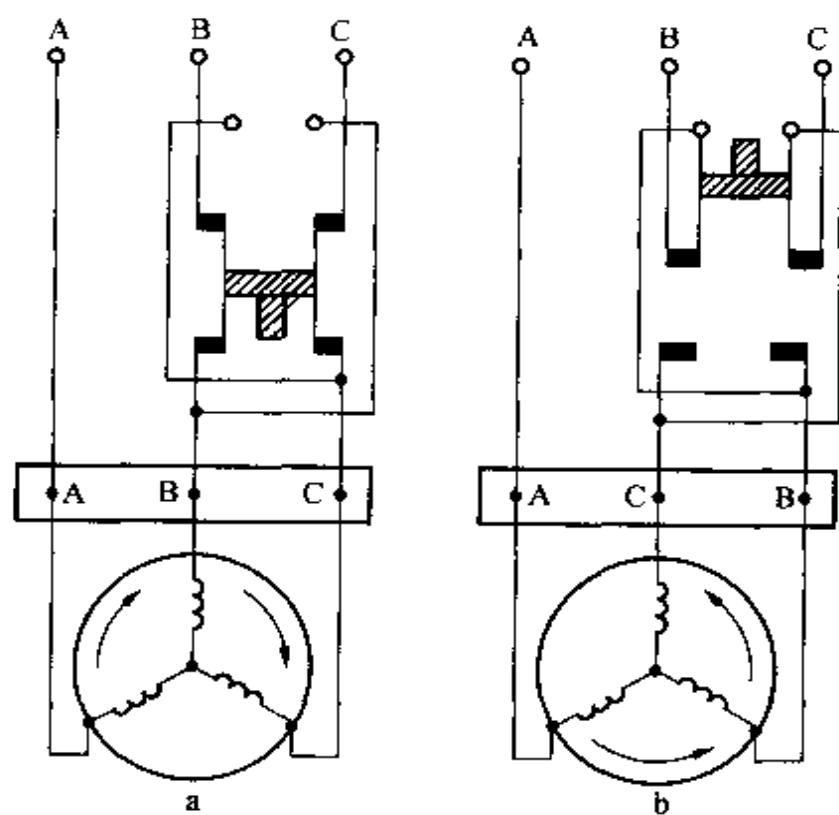


图 3-60 换向开关工作示意图

如果没有换向开关，把三相插头上任意两根导线的位置互相调换一下也可，但不得将三根导线的位置都调换。

换向开关也可作为制动开关。因为由惯性而旋转的三相电动机加上一个适当的反向力矩，电动机就会立即停止转动。但此时应注意，直接用换向开关来制动三相电动机，制动电流将会很大（一般比起动电流还要大得多），所以用换向开关来制动三相电动机，通常要在制动电路中串联一个适当大小的电阻，以免产生过大的制动

电流。

改变三相异步电动机的旋转方向，应注意以下问题：

(1) 对于装有正反转开关，可以自动倒相序的电动机，在两个开关之间应加装电气和机械闭锁装置，以免万一同时合闸而造成两相短路。

(2) 如果对电动机的旋转方向不清楚，而机械设备又不允许反转，则在送电试运转前，应将电动机的靠背轮甩开，只有证明转动方向正确，才可正式拖动机械设备运行。

(3) 对于装有差动保护装置的高压电动机（如给水泵），改变其旋转方向时，要特别注意以下几点：

①只能改变装有差动电流互感器的 A、C 相电源相序（图 3-61 a）。如果按图 3-61 b 改变 A、B 相电源相序，则是错误的，将引起差动继电器 CJ1 误动作，设备不能起动投入运行。

②在改变电动机一次电源相序的同时，必须改变差动保护装置二次回路电流的相序（图 61 中的虚线），使之与一次回路相序的改变相适应。否则，电动机起动时，差动保护装置二次回路上差动继电器 CJ1、CJ2 的电流将是起动电流的 $\sqrt{3}$ 倍，引起差动保护装置误跳闸，造成设备不能投入运行。

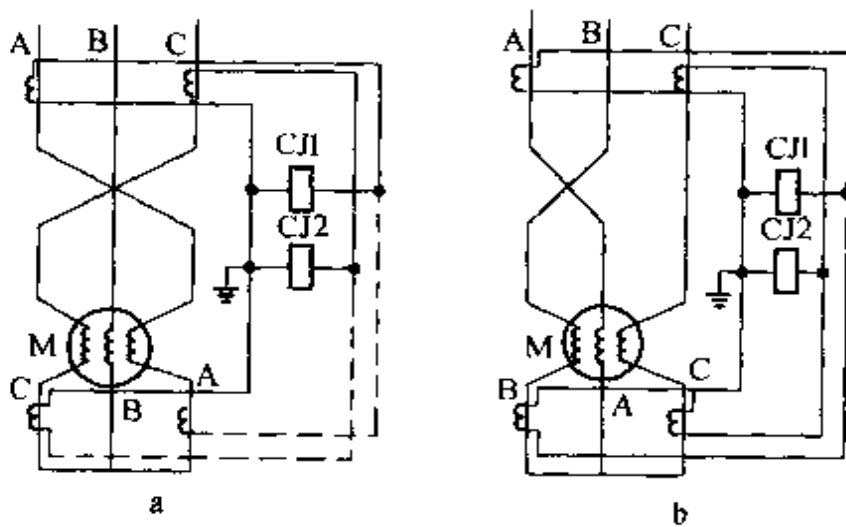


图 3-61 电动机改相序示意图

a. 正确接线；b. 错误接线

226. 发现三相异步电动机不能反转怎么办？

装有换向开关的三相异步电动机，有时将其换向开关扳到“反转”位置，电动机的旋转方向不变，亦即此时换向开关动作失灵。遇到这种情况，应首先检查开关的接线是否正确和接触是否良好。如果未发现故障，则应进一步检查电动机是否缺相运行，特别是空载或轻载电动机，缺相运行与正常运行很难区别。

为什么电动机缺相运行就不能反转？这是因为，电动机的换向开关是通过改变电源相序，以改变旋转磁场方向而使电动机反转的（详见 225 问）。如果运行中的电动机某相的熔体熔断，则该电动机便变为单相电动机，此时即使改变电源相序，其旋转磁场方向仍然不变，因此电动机也就不能反转。

227. 为什么鼠笼式电动机都实行变极调速？变极调速的原理是什么？

通常，一般鼠笼式异步电动机都采用改变磁极对数这一方法来调速。这是因为，要改变定子的极数，必须同时改变转子的极数。而鼠笼式转子本身没有固定的极数，它的极数随定子磁场的极数而定，所以鼠笼式电动机变极调速，不需要在转子方面进行变极改接，方法简单，操作方便。正因为如此，为了避免对转子进行变极改接，变极调速不适用于绕线式电动机。

鼠笼式电动机变极调速的原理简述如下：

在恒定的电源频率下，电动机的转速与磁极对数 P 成反比关系。当 $P=1$ 时，旋转磁场转速为 3000 r/min；当 $P=2$ 时，旋转磁场转速为 1500 r/min。改变一台鼠笼式电动机的磁极，就可获得转子的不同转速。

图 3-62 为电动机定子绕组的两种接法。若将 A 相绕组分成两半，即线圈 A1X1 和 A2X2，则图 3-62 a 是两个线圈串联，得到 $2P=4$ 。图 3-62 b 是两个线圈并联，得到 $2P=2$ 。在换接时，一个线圈的电流方向没有改变，而另外一个线圈的电流方向则必须改变。

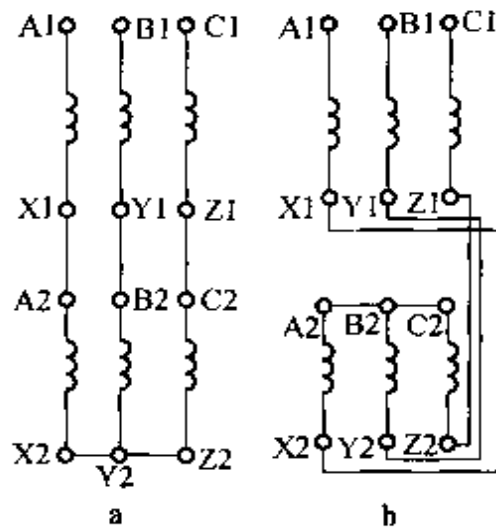


图 3-62 改变极对数调速方法

图 3-63 是三相双速绕组的接线图。将接线端 1、2、3 接电源，4、5、6 空着，则绕组为三角形 (Δ) 接线，每相绕组串联，得到四个磁极，即为四极电动机运行状态；若将 4、5、6 端分别接电源，而将 1、2、3 端短接，则绕组接成双星形 (YY) 接线，每相的两组线圈为并联，得到两个磁极，因此电动机的转速就提高。

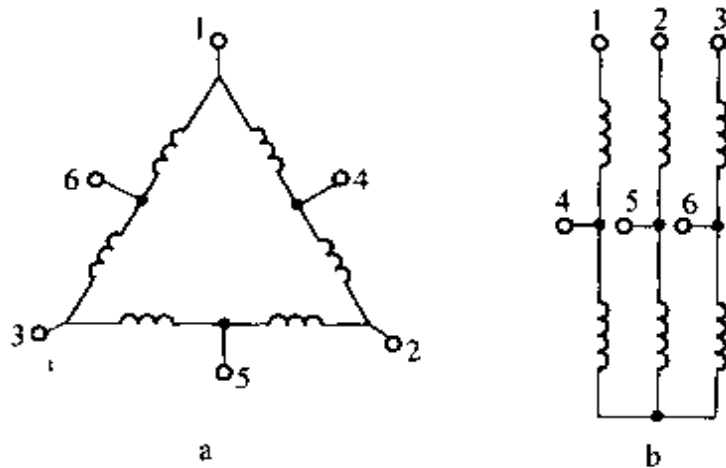


图 3-63 单绕组双速电动机定子绕组接线图

有些多速电动机的定子腔内嵌有几组绕组，采用不同的转速时，接于电源的绕组也不同，从而达到变极调速的目的。变极调速是有级调速，即速度变化分成几级。

228. 对鼠笼式异步电动机怎样进行变极调速？对鼠笼式电动机进行变极调速时，其功率将发生什么变化？

鼠笼式异步电动机调速，就是改变它的机械特性，使它在同一负载下具有不同的转速，以适应生产的需要。根据公式 $S = (n_1 - n) / n_1$ 和 $n_1 = \frac{60f}{P}$ 可得出转子的转速公式

$$n = n_1(1 - S) = \frac{60f}{P}(1 - S)$$

式中 n ——电动机转子的转速；
 n_1 ——电动机的同步转速；
 S ——电动机的转差率；
 f ——电源频率；
 P ——电动机磁极对数。

由上式可见，在电源频率 f 一定时，电动机的同步转速 n_1 与极对数 P 成反比，改变极对数 P 就可改变同步转速 n_1 ，从而改变转子的转速 n 。

图 3-64 示出定子一相绕组从正串接法改为反串接法或并联、使磁极数变化一倍的改接方法。在图 3-64 a 中，根据安培定则可以判定：定子绕组产生 4 极磁场，同步转速 $n_1 = 1500 \text{ r/min}$ ；如果将绕组中的一半线圈（U21、U22）反接，线圈 U21、U22 中的电流方向便如图 3-64 b 所示，此时定子绕组产生 2 极磁场，同步转速 $n_1 = 3000 \text{ r/min}$ ，该种电机称为双速电机，其调速比为 2:1。因此，只要在电动机外部改变定子绕组的连接方法，就可改变其极对数，从而得到不同的转速。通常，凡是磁极可以改变的电动机，都称为多速电动机。多速电动机一般以双速电动机为基础，例如，三速电动机的定子嵌有两套独立绕组，其中一套是双速绕组，另一套是单速绕组；四速电动机的定子也嵌有两套独立绕组，每一套绕组都可改接成双速绕组。

多速电动机的定子绕组接线方法很多，双速电动机常见的接线

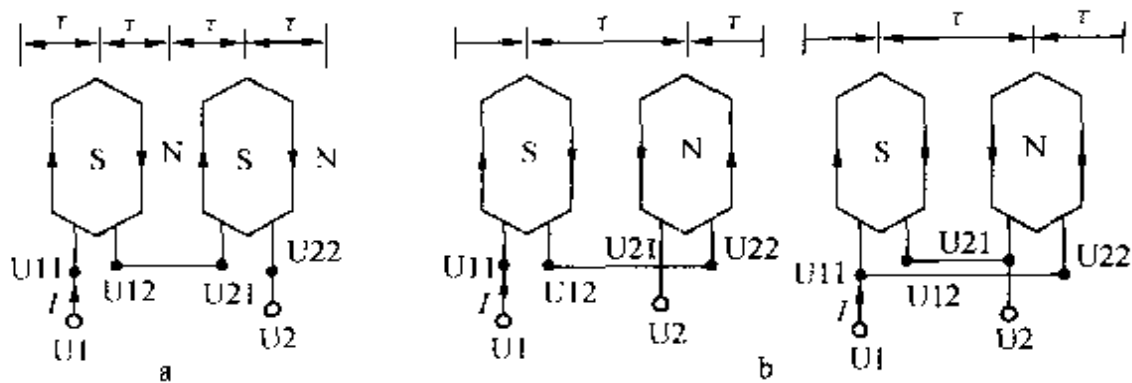


图 3-64 改变极对数的接线方法
a. 4极; b. 2极

方法有两种：一种是绕组从单星形（Y）改接成双星形（YY），如图 3-65 a 所示；另一种是绕组从三角形（ Δ ）改接成双星形（YY），如图 3-65 b 所示。这两种接线方法都是使磁极数减少一半而使转速增加一倍，但电动机相应的机械特性和允许负载却不相同，究竟采用哪一种接线方法，随生产机械的要求而定。

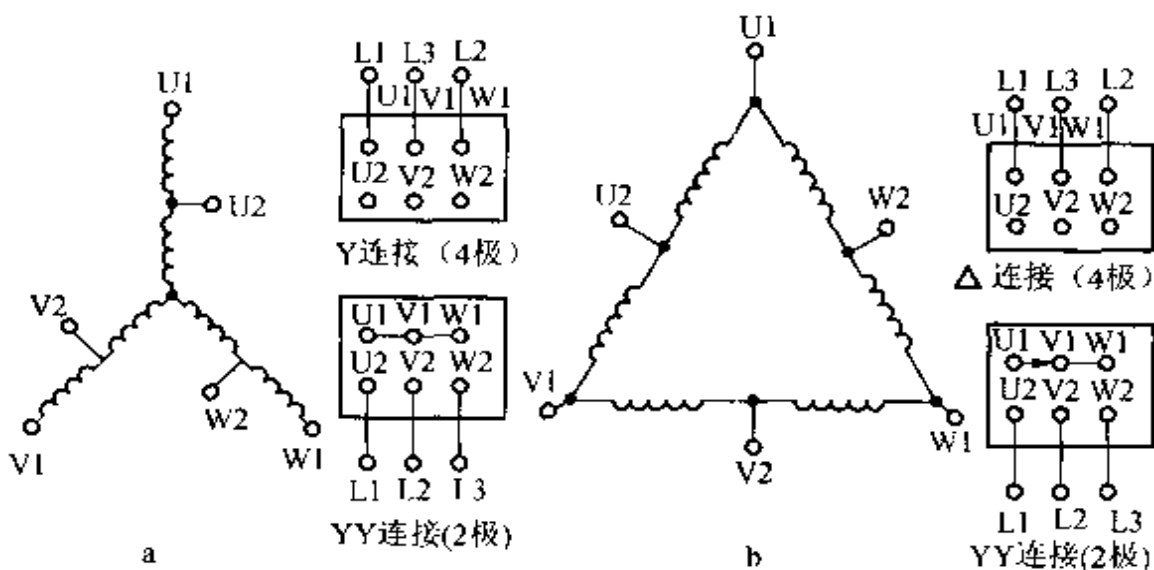


图 3-65 双速电动机定子绕组接线图
a. Y/YY 接线; b. Δ /YY 接线

(1) 单星形与双星形的换接。将定子绕组接成单星形时，绕组每相额定电流为 I_e ，电动机的输出功率为

$$P_{Ye} = 3 \frac{U_e}{\sqrt{3}} I_e \cos \varphi_1 \eta$$

式中 U_e ——电网额定电压，单 Y 接线时相电压等于 $U_e/\sqrt{3}$ ；

I_e ——电动机每相绕组的相电流，单 Y 接线时相电流等于线电流。

将单星形 (Y) 改接成双星形 (YY)，保持改接前后线圈中的电流 I_e 不变，则 YY 接线时的线电流为 $2I_e$ ，此时电动机的输出功率为

$$P_{YYe} = 3 \frac{U_e}{\sqrt{3}} 2I_e \cos\varphi_1 \eta$$

若改接前后 $\cos\varphi_1$ 、 η 都近似不变，则电动机输出功率之比为

$$\frac{P_{YYe}}{P_{Ye}} = \frac{3 \frac{U_e}{\sqrt{3}} 2I_e \cos\varphi_1 \eta}{3 \frac{U_e}{\sqrt{3}} I_e \cos\varphi_1 \eta} = 2$$

由此可见，单星形 (Y) 改接成双星形 (YY)，电动机的功率增加一倍。

电磁转矩 $T = 9.55P/n$ ，改接后功率 P (即 P_{YYe}) 增加一倍，转速 n 也增加一倍，而功率 P 与转速 n 的比值未变，所以电磁转矩 T 也未变，这种调速方法适用于恒转矩负载。

(2) 三角形与双星形的换接。将定子绕组由原来的三角形 (Δ) 接线改为双星形 (YY) 接线，电动机的极对数减少一半，转速增加一倍。

改接前电动机为 Δ 形接线，其输出功率为

$$P_{\Delta e} = 3U_e I_e \cos\varphi_1 \eta$$

式中 U_e ——电网额定电压， Δ 形接线时，相电压等于线电压；

I_e ——电动机每相绕组的电流。

将三角形 (Δ) 接线改为双星形 (YY) 接线，保持改接前后线圈中的电流 I_e 不变，则相电压等于 $U_e/\sqrt{3}$ ，线电流等于 $2I_e$ ，电动机的输出功率为

$$P_{YYe} = 3 \frac{U_e}{\sqrt{3}} 2I_e \cos\varphi_1 \eta$$

如果 $\cos\varphi_1$, η 近似于不变, 则改接前后电动机输出功率之比为

$$\frac{P_{YY}}{P_{\Delta}} = \frac{2\sqrt{3}U_e I_e \cos\varphi_1 \eta}{3U_e I_e \cos\varphi_1 \eta} = \frac{2\sqrt{3}}{3} = 1.15$$

三角形 (Δ) 改接成双星形 (YY), 电动机的输出功率变化很小, 只有 15% 的改变; 电磁转矩 $T = 9.55P/n$, 由于功率 P (即 P_{YY}) 变化很小, 而电动机的转速 n 则增加一倍, 所以转矩 T 几乎减小一半。这种调速方法适用于恒功率负载。

变极调速的优点是所需的设备较简单。其主要缺点是不能无级调速, 调速平滑性差。这种调速方法适用于不需要无级调速的金属切削机床。

由于绕线式转子变极困难, 而鼠笼式转子能适应定子的任意极数, 所以变极调速不适用于绕线式电动机, 只适用于鼠笼式电动机。

必须指出, 对于多数极是少数极一倍的双速电动机, 改变极数后, 如果电源相序不变, 电动机的旋转方向将由原来少数极时的正转变为反转。为了使电机的旋转方向不变, 在变极的同时, 必须将接到电源的任意两相出线端对调, 或者改变三相电源的相序 (图 3-64)。

229. 变频调速有哪些特点? 怎样使用变频机组对三相异步电动机进行调速?

变频调速具有以下特点:

- (1) 调速范围大, 一般可达 10:1 至 50:1。
- (2) 调速平滑性好。
- (3) 改变频率时, 机械特性硬度基本不变。
- (4) 必须有专用的变频电源。

一般采用变频机组对三相异步电动机进行调速。但由于可控硅元件的批量生产和变流技术的发展, 已逐步采用可控硅变频调速线路取代价格较高的变频机组。可以预料, 一些简单可靠、性能好、费用较低的变频调速线路将不断出现, 这是一种很有前途、比

较合理和理想的调速手段。

使用变频机组对三相异步电动机进行调整的方法如下：

变频机组和接线图如图 3-66 所示。图上 TM 与同步电动机（也可与异步电动机），它拖动直流发电机 ZLF，对直流电动机 ZLM 供电，而 ZLM 又拖动同步发电机 TF，后者供电给需要调速的一组异步电动机 YM。如果要改变异步电动机的转速，只要改变同步发电机发出的电压的频率即可。当同步发电机的励磁保持不变时，其电压与频率成正比地变化。只要改变直流发电机 ZLF 的励磁或直流电动机 ZLM 的励磁，就可改变同步发电机 TF 的频率和电压，使异步电动机 YM 的速度得到调节。

虽然变频调速是一种很理想的调速方法，但由于变频电源相当复杂，设备费用很高，所以变频调速目前只在轧钢机辊道、纺织机械等多电动机驱动的电力拖动系统中应用，这些拖动系统中多台电动机同时工作，它们的调速条件完全相同，可用一套变频电源对多台电动机供电。

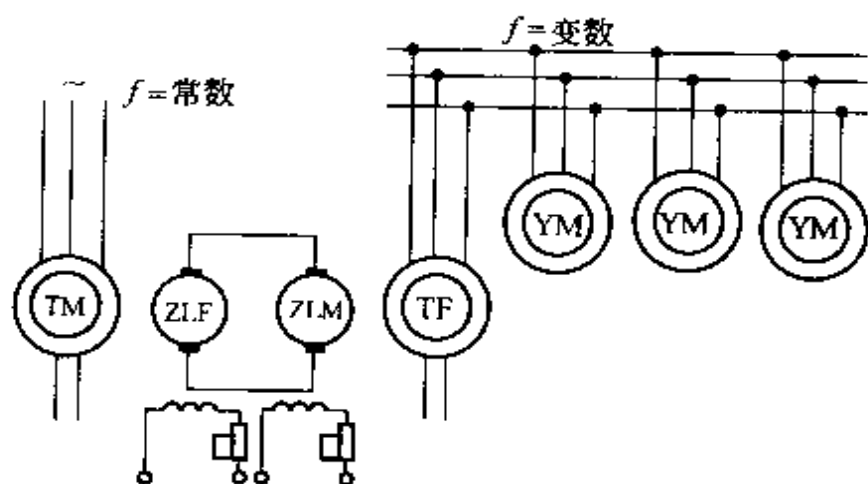


图 3-66 变频机组和接线图

230. 对双速异步电动机的转速怎样进行控制？

鼠笼式异步电动机的转速，与定子绕组的极对数有关，改变极对数，就可改变转速。将电动机的定子绕组接成两种极对数，则该电动机称为双速电动机，如果接成三种极对数，则称为三速电动机。

机，依次类推。通常，双速以上的电动机称为多速电动机。

对于双速电动机，可将定子绕组由 YY 接法形成一种转速，而后将其改变为 Δ 接法，形成另一种转速。此外，也可将 YY 接法变为 Y 接法进行变速。

双速电动机转速的控制，可通过手动操作（双速转换开关）来实现，或者用接触器进行控制。由于手动操作的双速转换开关的容量小，不能带负载操作，所以机床的自动控制系统多采用接触器来控制。

接触器手动控制的双速电动机控制电路如图 3-67 所示。如果需要电动机低速运行，可按下起动按钮 SB1，接触器 KM1 通电，电动机的定子绕组接成 Δ 形，磁极为 4 极，同步转速为 1500 r/min。如果需要电动机高速运行，可按下起动按钮 SB2，接触器 KM1 断电释放，其常闭联锁触点闭合，接通接触器 KM2 和 KM3，电动机的定子绕组接成 YY 形，该电动机成为 2 极电动机，同步转速为 3000 r/min。

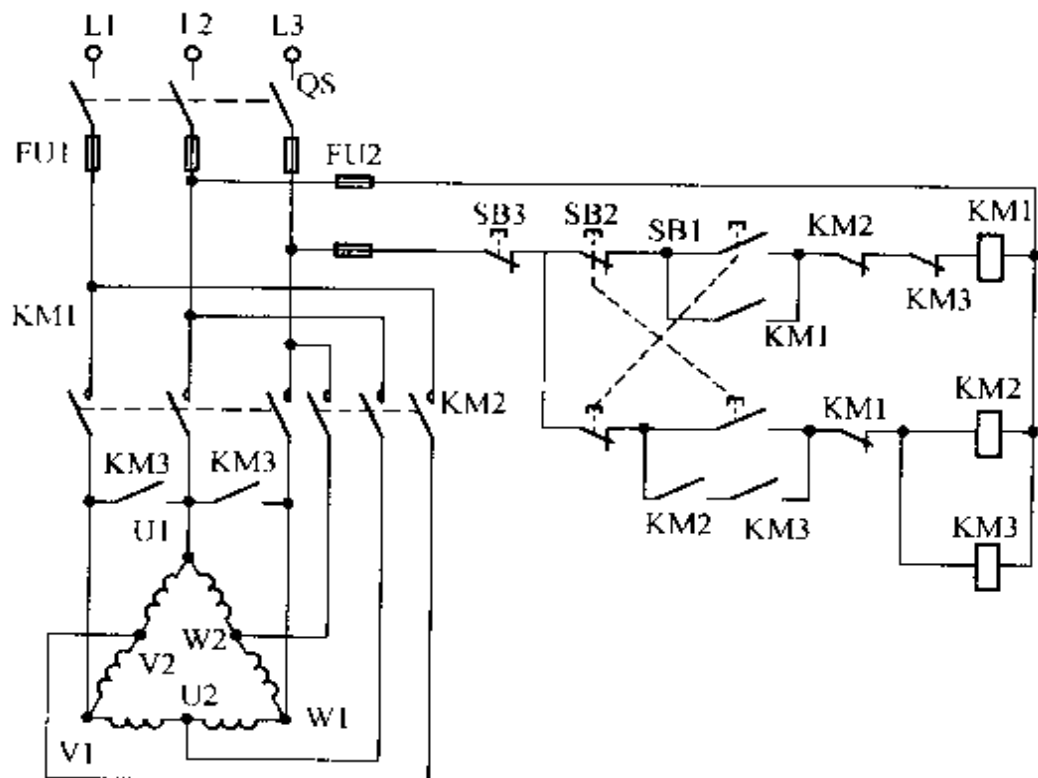


图 3-67 接触器手动控制的双速电动机控制电路

231. 对绕线式电动机怎样进行调速?

绕线式电动机具有较好的起动特性，可在一定范围内进行调速，通常在转子绕组中串接可变电阻即可实现调速。电机起动时，将串联的电阻置于阻值最大的位置上，此时起动电流较小，转速也较低。如果需要调速，可逐渐改变串联的电阻值。当串联电阻值调到零时，亦即将电阻短接，电动机就在额定转速下运行。接触器控制绕线式电动机的调速线路如图 3-68 所示。由于电路中接触器 KM2、KM3、KM4 的常闭触点的作用，电机起动时在其转子绕组中接入全部外加电阻，所以起动电流小。随着 KM2、KM3、KM4 的动作，电机的转速逐渐上升。也就是说，电路保证只有 R1 电阻被短接，R2 电阻才被短接。当 R2 电阻短接后，R3 电阻才被短接。在图 3-68 所示的电路上，实行三级电阻串联，所以有三种速度可调。如果要扩大调速范围，则可增加串联电阻的级数，并在控制线路中增加相应的控制部分。

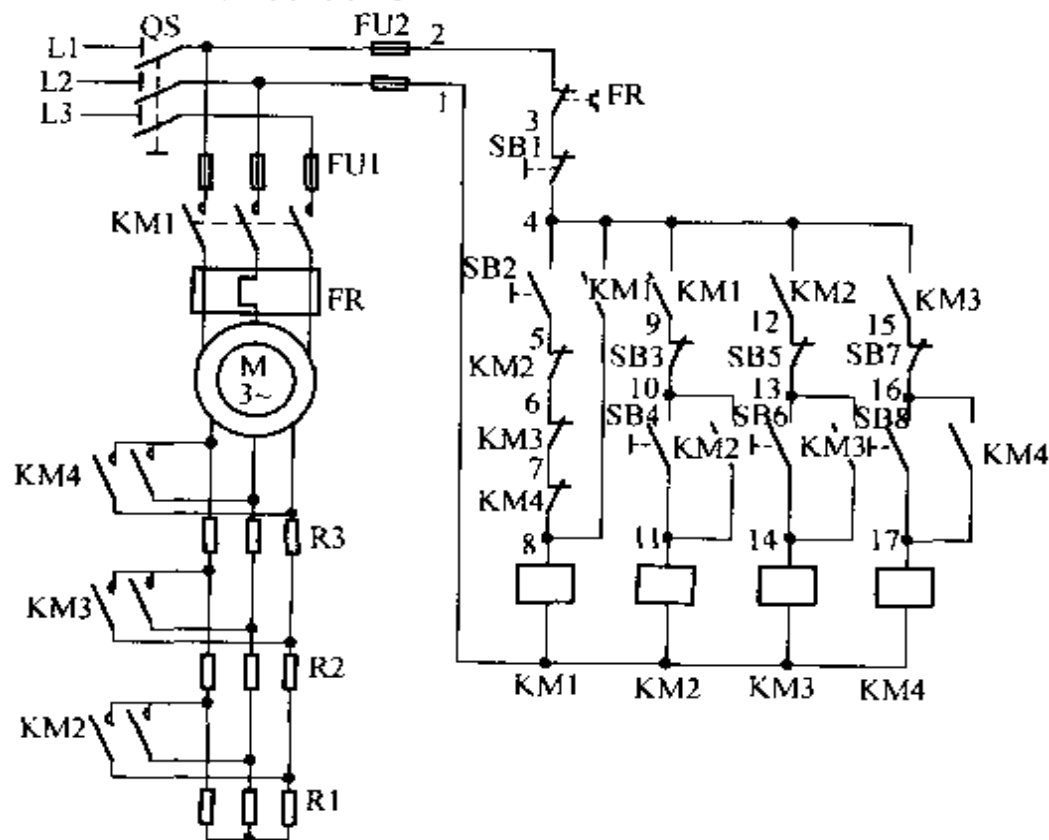


图 3-68 接触器控制绕线式电动机的调速线路

232. 使用离心式转速表测量电动机的转速应注意哪些事项?

使用离心式转速表测量电动机的转速时, 可将转速表的端头插入电动机转轴的中心孔内, 当指针稳定后即可从表上直接读出电动机的转速。

(1) 测量时, 首先将调速盘旋转到所要测量的转速范围内, 两轴之间不要顶得过紧, 以两轴接触不相对滑动为适宜。

(2) 转速表的量程应确定在比较合适的范围内, 量程的最大读数应稍大于电动机的最高转速。如果量程选得过大, 则影响测量的准确度; 如果量程选得过小, 则容易损坏仪表。在测量过程中不许改变仪表量程, 否则, 会损坏转速表的齿轮。测量过程中如果中途需要改变仪表量程, 则应将转速表取下来, 待表针停止再改变量程。

(3) 测量前, 应清除电动机轴中心孔内的油污、杂物。转速表的轴与电动机的轴应保持同心, 不可上下左右偏斜。否则, 会影响读数的准确性, 甚至造成表轴损坏。

(4) 测量时, 用手拿平转速表, 与轴头接触不可用力过猛。否则, 将损坏转速表。

(5) 转速表不可受到严重震动, 以免震坏机械结构。

(6) 测量 1 000 r/min 以上的转速时, 不可使用带橡皮装置的测量器, 而应使用三角钢锥测量器。

(7) 指针偏摆的幅度以不超过 3 mm 为宜。

(8) 转速表应间歇使用, 以减轻齿轮的发热和磨损。

(9) 电动机的转速无法估计时, 可从高速挡开始测量, 逐渐调到合适的档次。

(10) 应经常往转速表中加注润滑油 (钟表油)。

(11) 转速表宜在环境温度为 $-20 \sim +45^{\circ}\text{C}$ 、空气湿度在 85% 以下的场所使用。

(12) 转速表使用后, 应擦拭干净, 放入盒内保存。

233. 怎样使用万用表测量鼠笼式电动机的转速?

如果某台鼠笼式电动机的铭牌模糊不清或丢失,而手头又没有离心式或光电式转速表,则可以利用万用表的 $50\ \mu\text{A}$ (或 $1\ \text{mA}$) 挡来测量该电动机的磁极对数 P , 以确定其大约转速 n (r/min), 测量电路如图 3-69 所示。

测量时,将万用表拨到 RX1 挡,从电动机的六个引出端中找出任意一个绕组(如 5~6 绕组);然后把万用表拨到 $50\ \mu\text{A}$ (或 $1\ \text{mA}$) 挡,跨接在 5~6 两端,并缓慢地盘动电动机轴,使转子均匀地旋转一周。由于刚停用不久的电动机,其转子铁芯上总有一定的剩磁,所以,转子旋转时定子绕组上就会感应出交流电动势,于是电流表上有交流电流(频率极低,由转动速度决定)通过,表针就左右摆动,摆动次数等于电动机的磁极对数 P 。例如,若转子旋转一周,表针摆动一次,则表明电流方向改变两次, $P=1$, 该电动机属于二极电动机,查表 3-29 即可判定电动机的同步转速。对于三相异步电动机,只有转子转速 n 略低于同步转速 n_1 (低于 $1.5\% \sim 6\%$), 电动机才能正常运转。

电网电流频率 $f=50\ \text{Hz}$ 时,电动机的同步转速 n_1 可按下式计算:

$$n_1 = \frac{60f}{P} = \frac{3000}{P} (\text{r}/\text{min})$$

由上式可见,同步转速与磁极对数成反比,磁极对数越多,转速越低(表 3-29)。例如,盘动电动机转子旋转一周,表针摆动两次,查表 3-29 可知, $n_1=1500\ \text{r}/\text{min}$ 。

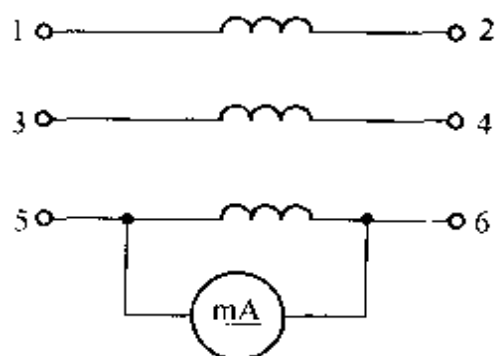


图 3-69 万用表测量电动机转速电路图

表 3-29

表针摆动次数与磁极对数的关系

| 转子旋转一周时 表针摆动次数 | 磁极对数 P | 电动机极数 | 同步转速 n_1 (r/min) |
|-------------------|----------|-------|--------------------|
| 1 | 1 | 2 | 3 000 |
| 2 | 2 | 4 | 1 500 |
| 3 | 3 | 6 | 1 000 |
| 4 | 4 | 8 | 750 |
| 5 | 5 | 10 | 600 |

234. 什么叫做机械制动？对电动机怎样进行机械制动？

所谓机械制动，就是在电动机切断电源后，依靠外加制动闸轮（或摩擦离合器）作用于电动机轴上，使电动机迅速停止运转。机械制动常见的有电磁抱闸式、电磁离合器式和电动机内装制动装置等三种。

(1) 电磁抱闸制动。电磁抱闸是利用电磁铁来实现电动机的机械制动。其工作原理如图 3-70 所示。在图 3-70 a 中，制动轮 3 与电动机装在同一轴上，电磁铁的线圈与电动机使用同一电源。当电动机起动时，电磁铁的线圈同时通电，衔铁 4 起动并拉紧弹簧 1，将压在制动轮 3 表面上的制动闸 2 提起，于是电动机正常运转。当电动机的电源切断时，电磁铁的电源也被切断，在弹簧 1 的作用下，制动闸 2 压紧制动轮 3 而实现制动。这种线路的缺点是电源被切断后，主轴被刹住不能转动，因此手动调整主轴或工作轴就比较困难。为了克服这一缺点，可采用图 3-70 b 所示电磁抱闸制动电路。由图 3-70 b 可见，衔铁电源仅在停止按钮 TA 按下时才接通。当停止按钮 TA 复归后，接触器 C2 复归，衔铁电源被切断，弹簧拉起制动闸，主轴就可转动。但这一制动方式的缺点是电源断电时无法制动，在某些场合这种制动方式很危险，是不允许采用的。

(2) 电磁离合器制动。电磁离合器有通电制动型和断电制动型两种，并有单相和三相之分，其结构如图 3-71 所示。不通电时，制动弹簧 6 将静摩擦片 4 紧紧地压在动摩擦片 5 上，此时电动机通

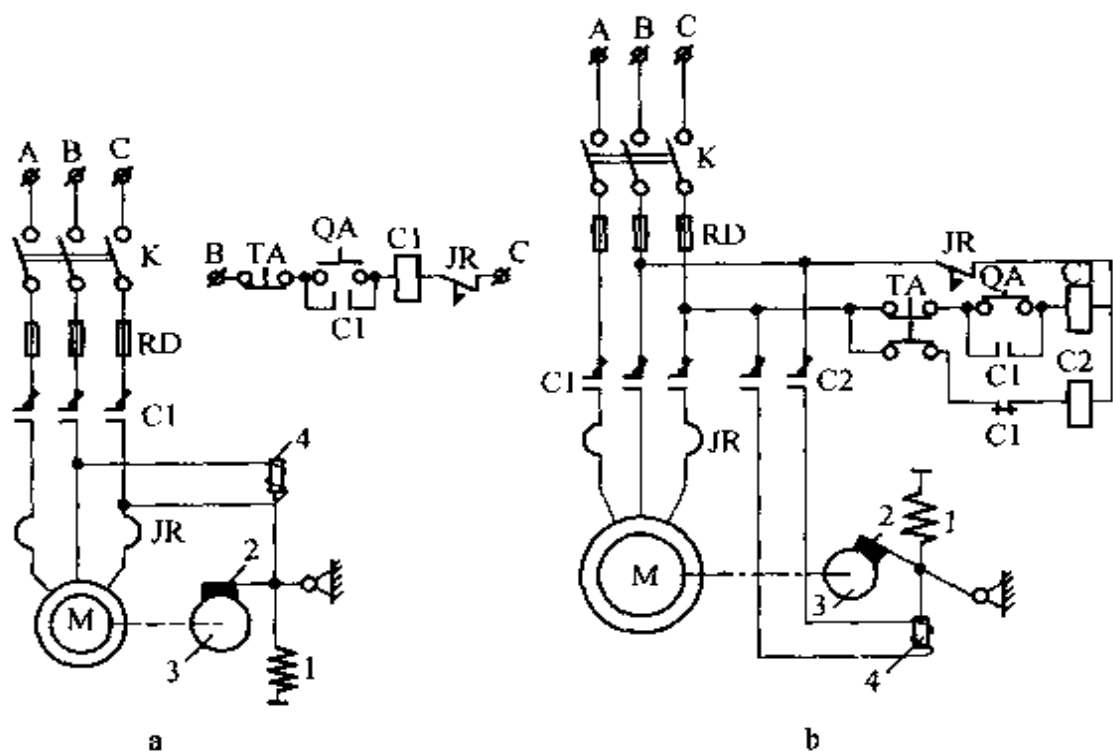


图 3-70 电磁抱闸制动电路

K. 刀开关; RD. 熔断器; C1、C2. 接触器; JR. 热继电器;
M. 电动机; TA. 停止按钮; QA. 启动按钮;
1. 拉紧弹簧; 2. 制动闸; 3. 制动轮; 4. 衔铁

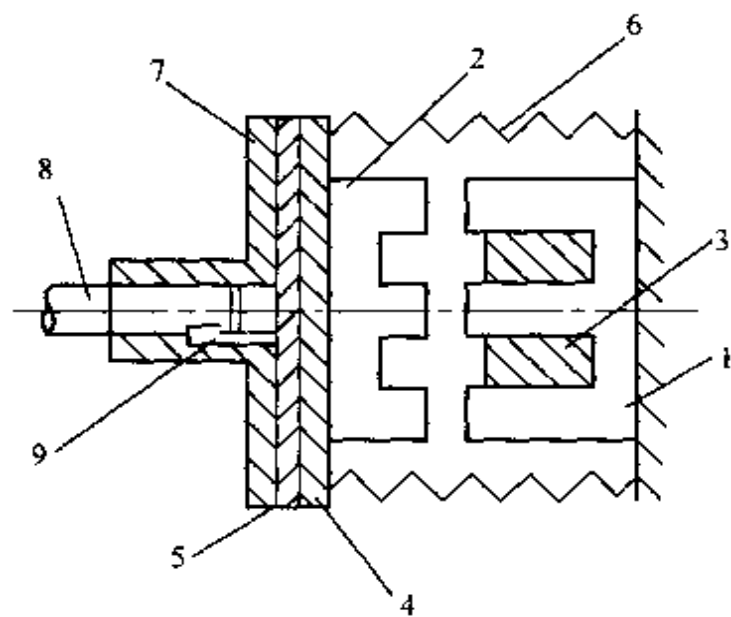


图 3-71 电磁离合器

1. 静铁芯; 2. 动铁芯; 3. 励磁线圈; 4. 静摩擦片;
5. 动摩擦片; 6. 制动弹簧; 7. 连接法兰; 8. 绳轮轴; 9. 键

过绳轮轴 8 被制动。通电时，由于励磁线圈直接并接在电动机的接线柱上，所以通电产生电磁吸力，电磁铁的动、静铁芯吸合，松开动、静摩擦片，使电动机运转。如果电动机断电停车，摩擦离合器将其制动。若将这种电磁离合器用于机床的传动部分，则有时可用单独开关来控制。

(3) 电动机内装制动装置。内装制动装置的电动机，叫做自制电动机，它广泛应用于机床，其性能特点如表 3-30 所示。这种机械制动装置，有的与电动机组合使用，这种装置多为断电制动，其制动强度可通过螺栓和弹簧进行调整；有的与机床进给部分的丝杠或光杠组合，这种装置一般不受电动机通电或断电的控制，而专设电路控制。机械制动控制电路如图 3-72 所示。

表 3-30 自制异步电动机的性能特点

| 产品名称 (代号) | 性能特点 | 适用范围 |
|-----------------------|---|---------------|
| 旁磁制动异步电动机 YEP (JZD) | 带有断电制动的机构；通电时，转子端部的分磁块吸合，导磁环压缩弹簧，打开制动机构 | 用于单梁吊车或机床进给系统 |
| 杠杆制动异步电动机 YEG (JZD) | 带有断电制动的机构；通电时，定子吸合其内圈处的衔铁，通过杠杆压缩弹簧，打开制动装置，断电后制动 | 用于单梁吊车或机床进给系统 |
| 锥形转子制动异步电动机 YEZ (JZZ) | 带有断电制动的机构；定子内圆和转子外圆都呈锥形，有单速单机式和双速机组合式；通电时，定、转子间的轴向吸力压缩弹簧，打开制动装置，断电时制动 | 用于单梁吊车或机床进给系统 |

235. 能耗制动的原理是什么？无变压器半波整流能耗制动控制电路是怎样工作的？

能耗制动，就是在电动机的电源被切断的瞬间，立即在定子的两相绕组中接入一个直流电源，在定子上形成一个静止磁场，此时由于电动机的惯性，其转子切割该静止磁场而产生感应电流，转子

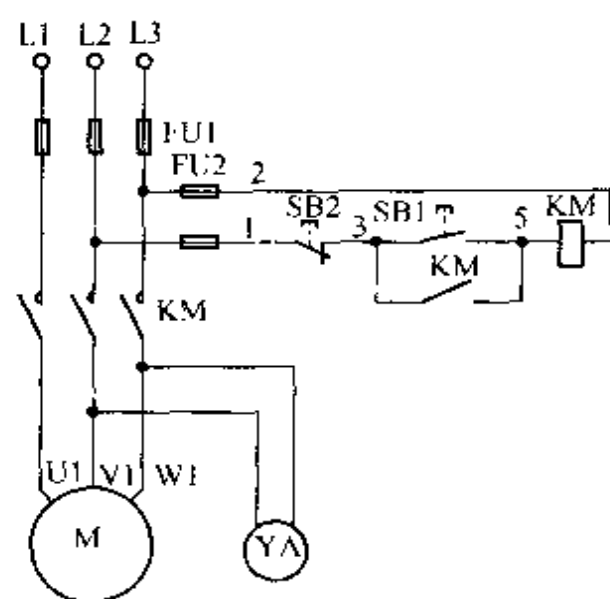


图 3-72 机械制动控制电路

受到与运动方向相反的制动力矩，迅速停转，于是制动即告结束。无变压器半波整流能耗制动控制电路如图 3-73 所示。此电路设备简单，体积小，成本低，直接采用主电路的交流电源，用一只晶体管进行半波整流，适用于对制动要求不高的 10 kW 以下电动机。电动机起动时，先合上电源开关 QS。

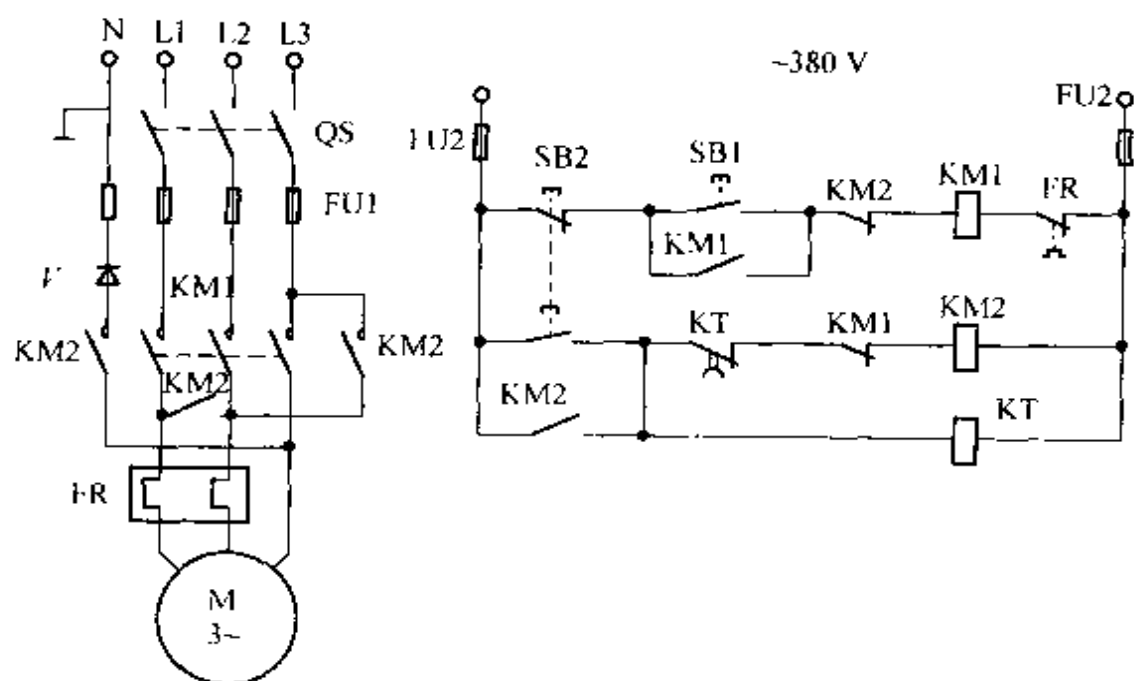
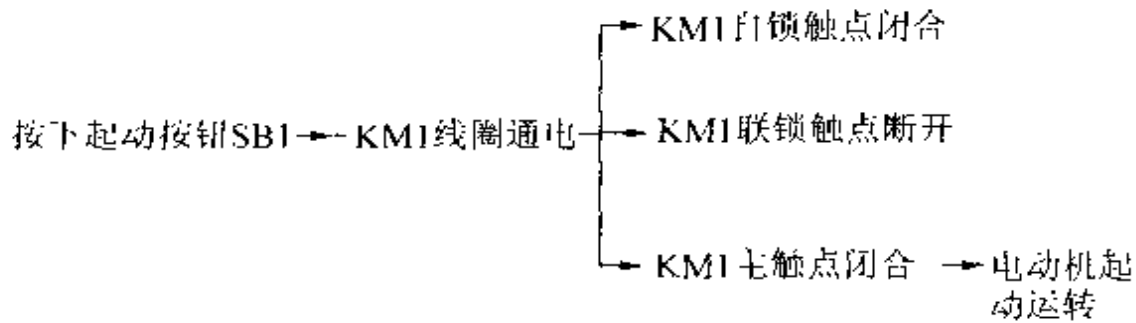
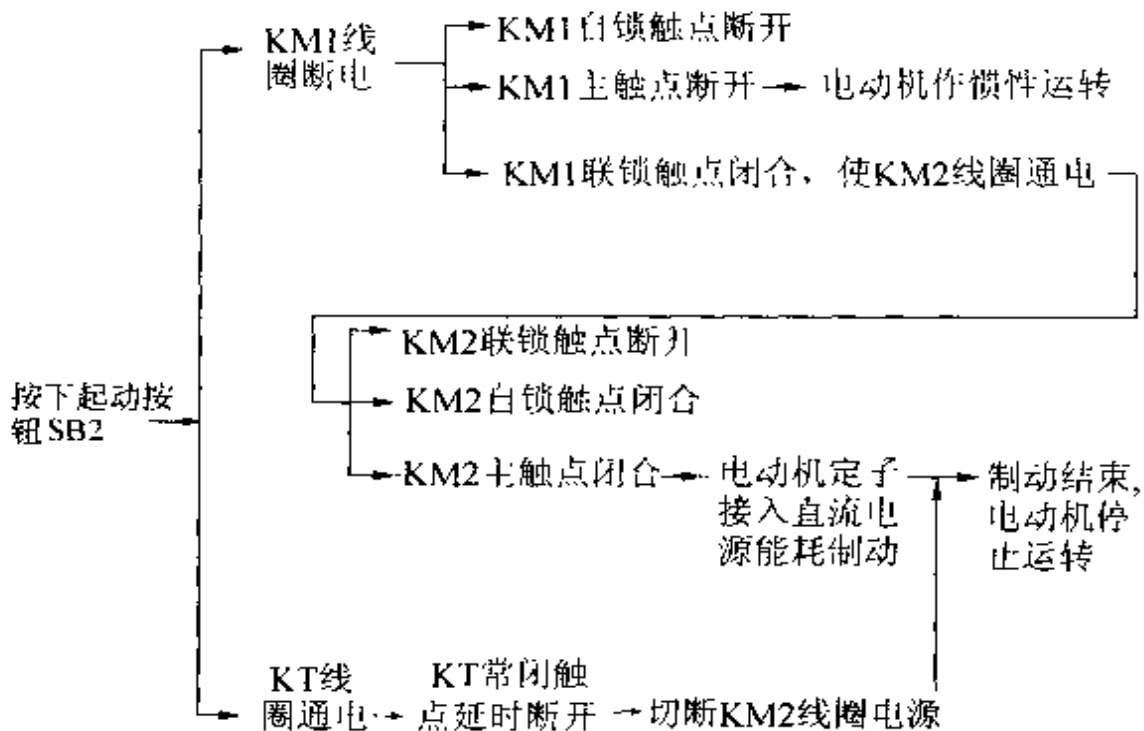


图 3-73 无变压器半波整流能耗制动控制电路

起动控制过程如下：



停车制动过程如下：



236. 接触器手动控制能耗制动电路是怎样工作的？这种电路有哪些常见故障？故障原因是什么？

接触器手动控制能耗制动电路如图 3-74 所示。电动机起动时，先合上电源开关 QS，按下起动按钮 SB1，接触器 KM1 吸合并自锁，KM1 的主触点接通电源，电动机起动运行。需要电动机停止运转时，按下停止按钮 SB2，其常闭触点 SB2 断开接触器 KM1 的线圈电路，KM1 释放，其常闭触点 KM1 闭合。此时 SB2 的常开触点接通接触器 KM2 电路，KM2 吸合，将整流器的直流输出端

接到电动机定子绕组上，电动机在制动状态下迅速停转。松开停止按钮，接触器 KM2 释放，制动过程结束。

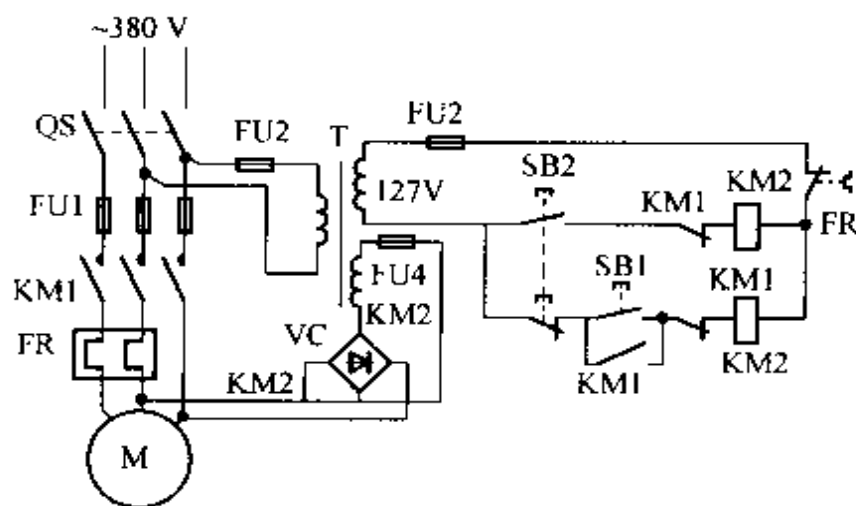


图 3-74 接触器手动控制能耗制动电路

手动控制电路常见故障和故障原因：

(1) 按下停止按钮，电动机不制动。

①检查制动接触器 KM2 是否吸合，如果不吸合，则可能是接触器 KM1 的常闭触点接触不良。此外，也可能是 SB2 的常开触点接触不良或者接触器 KM2 本身存在故障而不能吸合。

②熔断器 FU3 的熔体熔断。

③接触器 KM2 的主触点中某一触点接触不良，整流电路断路。

④整流元件部分烧毁。

⑤变压器烧毁或原、副绕组断路。

(2) 整流器或变压器烧毁。

①整流器或变压器通电时间过长。能耗制动所需的直流电流一般为电动机空载电流的 3~5 倍，或者等于电动机额定电流的 1.5 倍，同时能耗制动的的时间很短，所以整流器和变压器都按短时通电这一原则选择。但是，个别操作人员认为停止按钮按压时间越长，电动机停得越稳，往往因停止按钮按压时间过长而造成制动用的整流器和变压器烧毁。

②整流元件选择不当。更换整流元件时，换上的整流元件应与

原整流元件的规格相同。如果一时购不到原规格的整流元件，可用同类元件代替，但其额定电流和电压均不得低于原整流元件的额定值。

③整流器和保护装置失效。停、送电时会产生较大的感应电势，这就有可能击穿整流元件。由于多数制动整流电路都没有保护回路，所以一旦整流器和保护装置失效，就起不到保护作用。

237. 时间继电器控制的能耗制动电路的工作原理是什么？

时间继电器控制的能耗制动电路如图 3-75 所示。电动机起动时，合上电源开关 QS，按下起动按钮 SB1，接触器 KM1 工作并自锁，电动机起动运转。

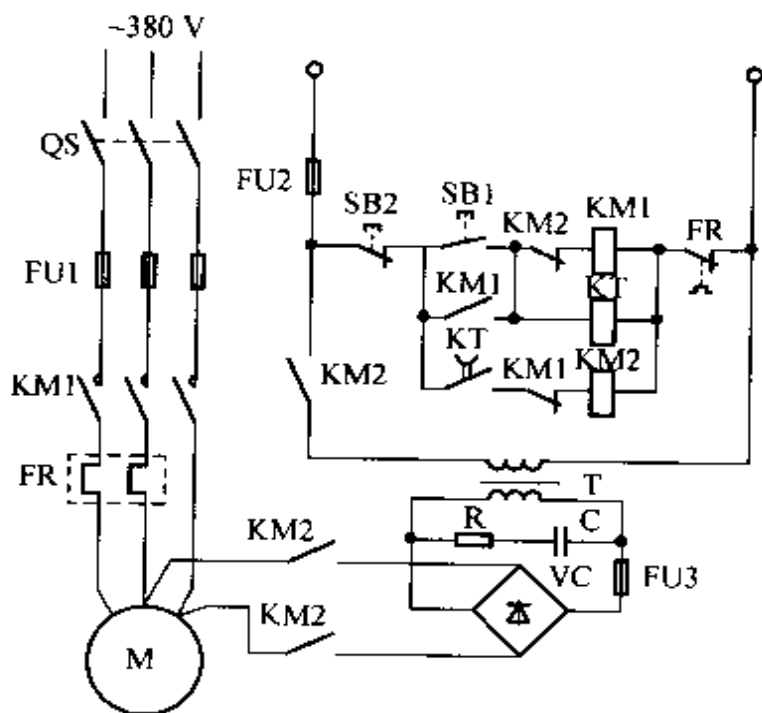


图 3-75 时间继电器控制的能耗制动电路

需要电动机停止运转时，按下停止按钮 SB2，其常闭触点首先断开接触器 KM1 的线圈电路，使 KM1 释放，同时 SB2 的联锁常闭触点闭合，接通制动接触器 KM2 的线圈电路，使其吸合。此外，SB2 的常开触点也接通变压器的输入和输出绕组，并自锁。此

时电动机定子绕组中输入直流电流，电动机开始制动。在接触器 KM2 通电的同时，时间继电器 KT 断电，经一般时间的延时，其常闭触点断开，切断 KM2 的线圈电路，使 KM2 断电释放，主触点断开，切断电动机的直流电源和变压器输入端的电路，同时将 KT 恢复原位，此时电动机制动便告结束。

时间继电器控制的能耗制动电路与接触器手动控制的能耗制动电路相比，前者的优点是：停车制动时操作人员不必长时间按着停止按钮，停车制动准确度高。

238. 对三相鼠笼式电动机怎样进行短接制动或反接制动？无制动装置的电动机，其电源开关断开后，可否立即检修该电动机？

短接制动和反接制动方法如下：

(1) 三相鼠笼式电动机的短接制动线路如图 3-76 所示。由图可见，在定子绕组供电电源断开的同时，可将定子绕组短接，由于此时转子存在剩磁，形成转子旋转磁场，此磁场切割定子绕组，在定子绕组中产生感应电动势。因定子绕组已被接触器 QC 的常闭触点短接，所以定子绕组回路中有感应电流，该电流又与旋转磁场相互作用，产生制动转矩，迫使转子停转。

这种制动方法适用于小容量高速异步电动机和对制动要求不高的场合。其优点是不需要特殊的控制设备，简单易行。

(2) 通常，改变三相异步电动机的电源相序，就可进行反接制动。这是因为，电动机的电源相序改变后，其定子的旋转磁场便反向，电动机产生的转矩与原来的转矩相反，因而起到制动作用。

图 3-77 为异步电动机的反接制动线路。当按下按钮 QA 时，接触器 QC 吸合，使电动机带动速度继电器 SDJ 一起旋转。当电动机的转速升高到额定转速时，SDJ 的常开触点闭合，做好制动准备。当按下停止按钮 TA 时，QC 断电，其常闭触点闭合，在电动机的惯性作用下 SDJ 的触点仍然闭合，此时 TC 吸合，电动机反接制动。当电动机的转速下降直至停止时，SDJ 断开，TC 释放，制

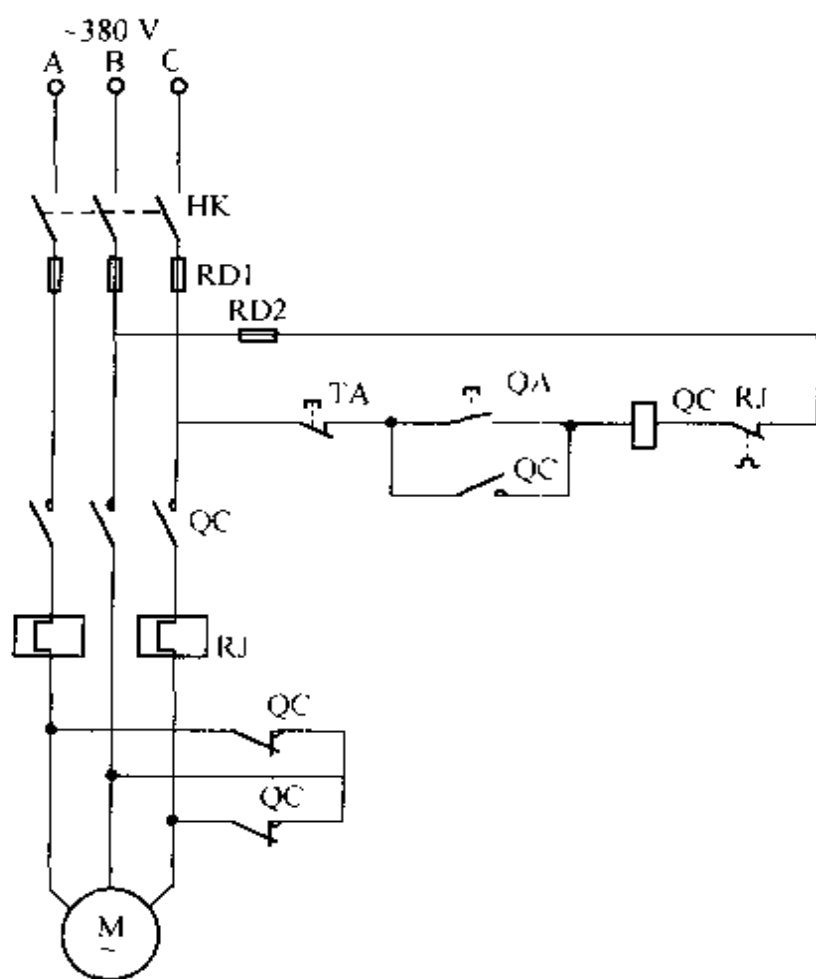


图 3-76 鼠笼式电动机短接制动线路

动完毕。

在使用操作中应特别注意，电动机反接制动时，有时会出现短暂反向转动现象。

无制动装置的电动机，其电源开关断开后，不可立即检修该电动机。因为电动机的电源开关断开后，由于电动机存在惯性，将继续运转一段时间才能停转。而有些大型电动机，甚至要滑行 30 min 以上才能停止。刚切断电源时，由于转子铁芯中有剩磁，在电动机滑行期间，定子绕组将产生剩磁感应电势。在电源断开的瞬间，剩磁电势甚至接近于电源电压。随着电动机转速的下降和剩磁的减弱，感应电势也逐渐下降，直至为零。所以，在电动机完全停转以前，一般禁止检修电动机，以保证人身安全。

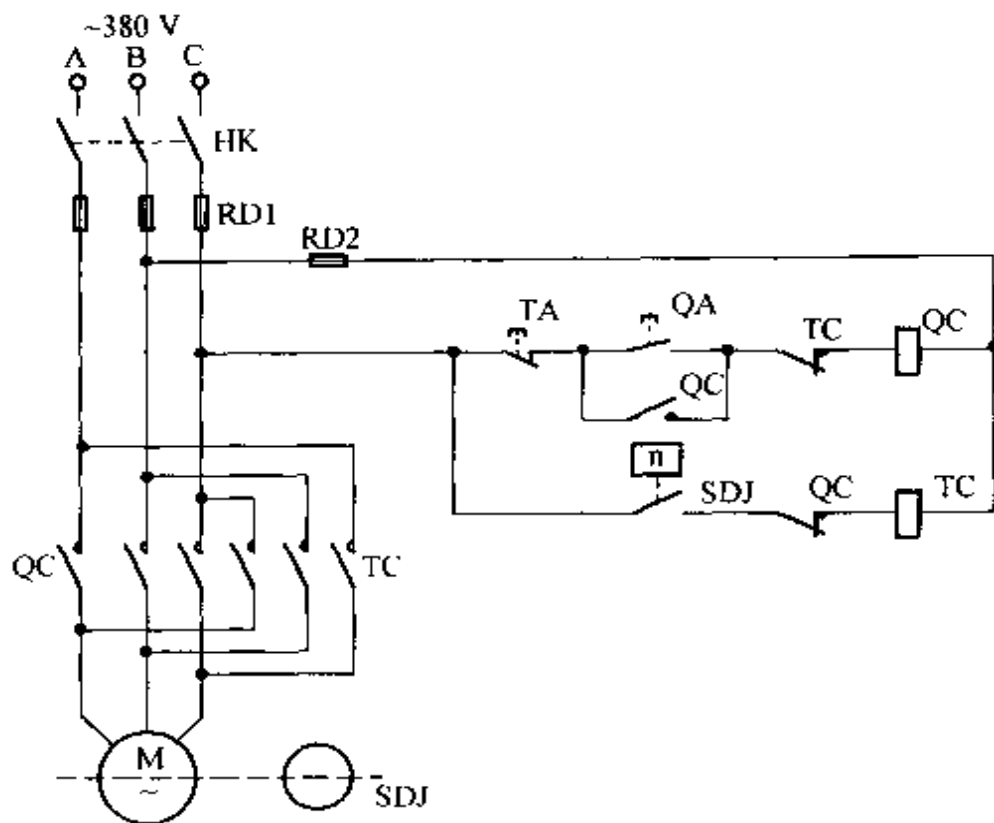


图 3-77 异步电动机反接制动线路

239. 什么叫做速度控制？怎样通过速度控制来实现鼠笼式电动机的反接制动？

在电动机的控制线路中，有时需要根据电动机的转速变化来自动切换线路。例如，在电动机的反接制动的控制线路中，当电动机反接制动后，在转速降到零的瞬间，必须及时将三相交流电源切断，以免电动机反向旋转。此时，就要根据电动机转速的变化来进行控制。这种控制称为速度原则的自动控制，简称速度控制。

反映电动机转速的方法有直接式和间接式两种。直接反映转速时，可采用速度继电器或测速发电机（与电动机同轴）；间接反映转速时，直流电动机常利用电枢反电势来反映转速，交流电动机常利用转子电势或频率来反映转速。

图 3-78 为鼠笼式电动机通过速度控制来实现反接制动的线路。

起动时，按下起动按钮 QA，正转接触器 ZC 线圈通电，常闭

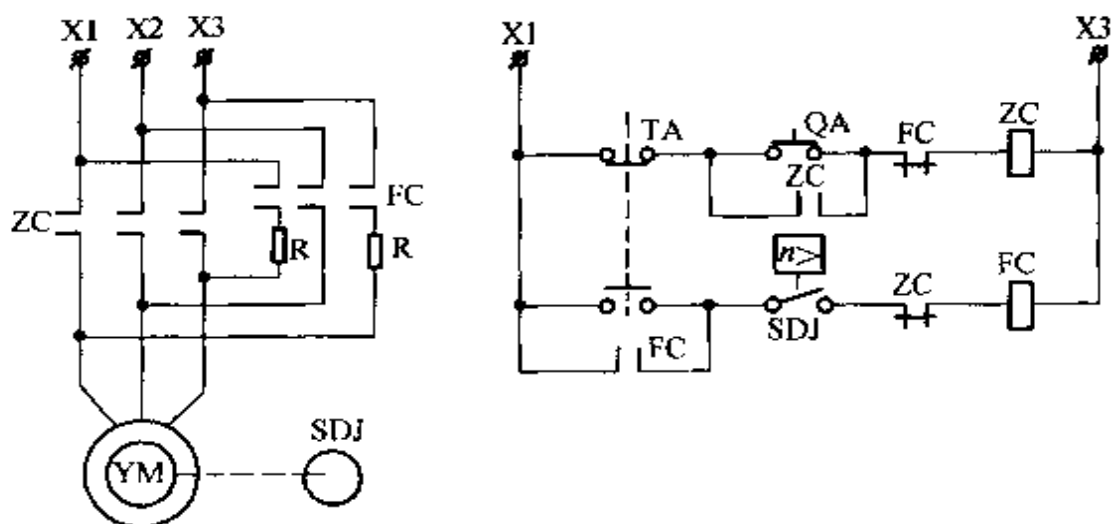


图 3-78 鼠笼式电动机反接制动线路

辅助触点打开，与反转接触器 FC 互锁；接触器 ZC 主触头闭合，电动机直接起动，并同时自锁。当电动机的转速升高后，速度继电器的常开触点 SDJ 闭合，为接触器 FC 通电作准备。停车时，按下停止按钮 TA，TA 的常闭触点打开，常开触点闭合，从而 ZC 断电，其触头系统完全复原，使反转接触器 FC 线圈通电，FC 的主触头闭合，于是电动机进行反接制动。当电动机的转速下降并接近于零时，速度继电器的常开触点 SDJ 复位，反转接触器 FC 断电，此时制动过程即告结束。

240. 什么叫做“查线读图法”？怎样看懂单向运转电动机和可逆运转电动机的控制线路图？

“查线读图法”也称“跟踪追查法”，这是目前广泛采用的一种分析电路图的方法。所谓查线读图法，就是从电动机和执行电器开始，从主电路上观察哪些元件的触点控制该电动机或执行电器；然后根据控制元件触点的组合方式观察其组成的是什么控制方式，例如是单向运转还是正、反转，是有电气制动还是无电气制动，是直接起动还是降压起动等；随后根据主电路控制元件触点的文字符号找到相关的控制环节；接着对控制电路部分，从按起动按钮开始

查线路，按从左至右，从上至下的顺序，跟踪查看哪些继电器和接触器的线圈得电，再查看有关触点如何控制其他元件的动作。按这一方法将电路全部追查到底，搞清各电气控制电路动作的顺序，读懂全部原理图。

单向运转电动机和可逆运转电动机的控制线路图的阅读方法如下：

(1) 单向运转电动机的控制线路图。以 C620 车床的电气控制线路图（图 3 - 79）为例，从该图上可以看出，这台车床有两台鼠笼式电动机 LM1 和 LM2，其中 LM1 是车床的主传动电动机，LM2 是冷却液泵电动机。线路分主回路和控制回路两部分，左边垂直粗实线是电动机的主回路，由三极开关 ZK1 和 ZK2、熔断器 RD2 和 RD3、接触器主触点 XLC 和热继电器 RJ 等组成。右边细实线是控制回路，由按钮 TA 和 QA、接触器吸引线圈 XLC、热继电器的常闭（动断）触点和接触器的联锁触点 XLC 等组成。控制线路可按接触器线圈的额定电压接入 220 V 或 380 V 交流电源。主回路电源经三极开关 ZK1、熔断器 RD2 和接触器的主触点引至电动机 LM1，电动机 LM2 的电源，由接触器的下触点分支出来，经熔断器 RD3 和三极开关 ZK2 引入。其工作原理是：主传动电动机由接触器来接通或断开，起动时按下起动按钮 QA，XLC 线圈有电吸上，主触点闭合，电动机 LM1 开始转动。当松手断开 QA 时，XLC 的动合辅助触点已取代 QA 接点，使 XLC 线圈继续通电，保持吸引状态，因此电动机正常运转。这种用常开（动合）触点短接按钮的做法，在控制线路中叫做“自锁”或“闭锁”。当需要停车时，只要按下停止按钮 TA，接触器线圈 XLC 即断电释放，主触点断开，同时 XLC 辅助自保触点也随着断开，于是电动机 LM1 停止运转。

线路中热继电器 RJ 的作用是保护电动机，当电动机过载时主回路电流增大，热元件 RJ 因过热而弯曲，使闭合的触点 RJ 断开，XLC 吸引线圈断电释放，电动机停转。当电动机或线路发生短路时，由熔断器 RD 保护，此时热元件因受热时间短而不起作用。

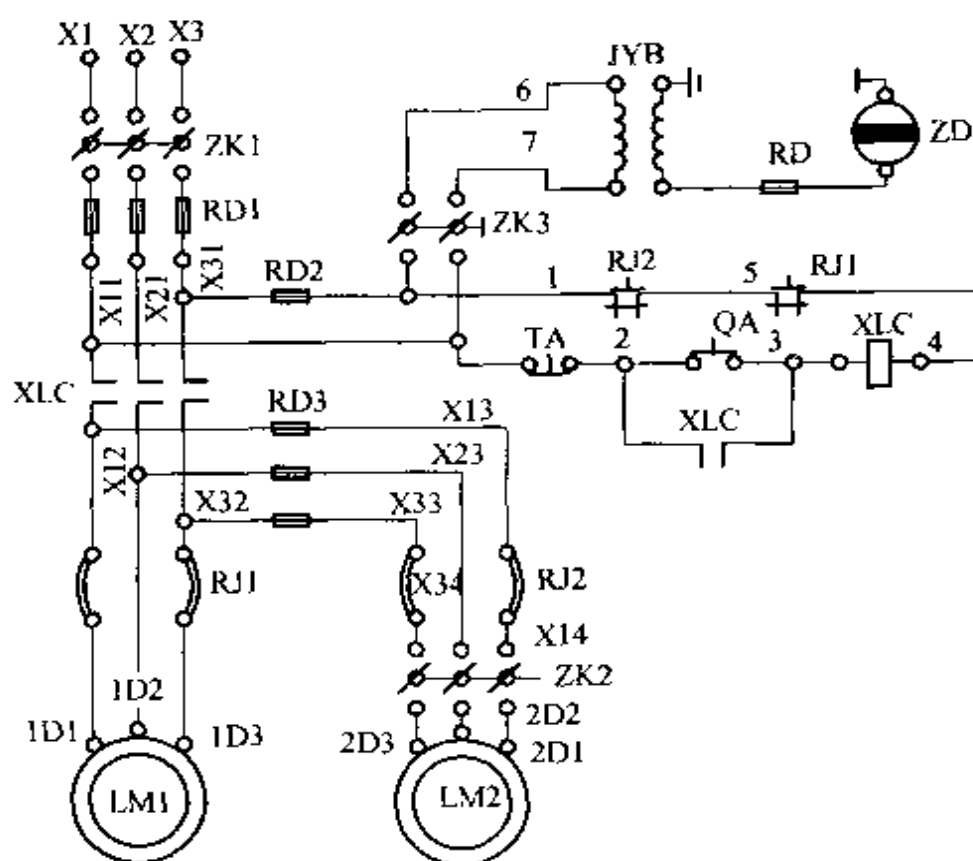


图 3-79 C620 车床的电气控制线路图

冷却液泵电动机 LM2，由于其功率较小，又不频繁起动，所以采用三极开关 ZK 来直接起动和关停。

车床的局部工作照明灯，采用 36 V 安全灯 ZD，由降压变压器 JYB 供电，由开关 ZK 通断，灯头的螺旋部分接地，以保安全。

(2) 可逆运转电动机的控制线路图。图 3-80 是可逆运转电动机的控制原理图。由图可见，基本线路与图 3-79 相似，所不同的只是增加一条可逆控制回路。动作原理是：按下正转按钮 ZA，正转接触器的吸引线圈 ZC 带电，ZC 主触点合上，电动机正转。如果需要电动机反转，则先按下停止按钮，使电动机停止运转，然后按下反转按钮 FA，此时反转接触器吸引线圈 FC 带电，FC 主触点合上，将电动机的电源线 L1、L3 相倒换，因此电动机反转。

为使电动机正反转可靠地动作，在正转吸引线圈 ZC 回路中串联反转接触器常闭触点 FC。这样，当电动机反转时，正转接触器

不能工作。同样，在反转接触器吸引线圈 FC 的回路中串联正转接触器的常闭触点，当电动机正转时，反转接触器不能工作。

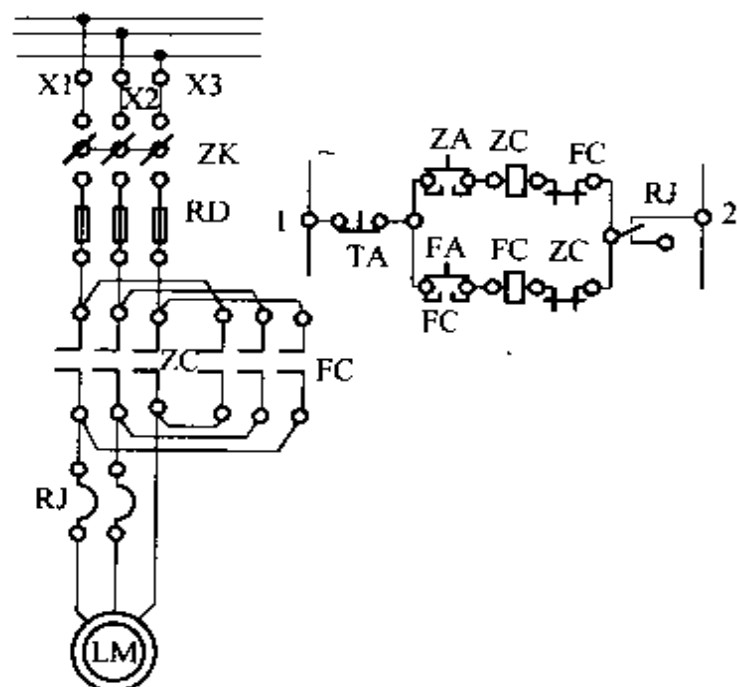


图 3-80 可逆运转电动机的控制原理图

241. 三相异步电动机的控制线路分为哪几部分？对控制线路有哪些要求？

三相异步电动机的控制线路，一般分为主电路和辅助电路（也称控制电路）两部分。凡是通过电动机负载电流的电路，叫做主电路；凡是控制主电路通断或监视、保护主电路正常工作的电路，叫做辅助电路。

主电路中的电流较大，电压等级常为 380/220 V（低压电动机）或 6.10kV（高压电动机）。辅助电路的电流较小，常用的电源电压等级为 380/220、127、110、48、36、24、12 V 等。

主电路，通常由铁壳开关、空气断路器、闸刀开关、熔断器、电磁起动器、接触器的主触点、自耦降压起动器、降压起动电阻、电抗器、电流互感器的一次侧、热继电器的发热元件、电流表、电动机等组成。

辅助电路，一般由转换开关、熔断器、按钮、电磁起动器或接触器线圈及其辅助触点（头）、各类继电器线圈及其触点、信号灯、电铃、电流互感器的二次侧和电流表等组成。

为了确保生产机械安全可靠地运行，对控制线路一般有以下要求：

(1) 能够满足生产机械的工艺要求，并且在操作上没有不合理的特殊部分。

(2) 结构简单，便于安装、维修。

(3) 工作可靠（如对供电线路和电动机可能出现的故障，有可靠的保护装置），并且有相应的手动控制装置，可以机动灵活地进行控制，同时有可靠的联锁机构。

242. 怎样分析机床的控制线路？

(1) 首先看懂主电路。从主电路中观察机床用几台电动机来拖动，每台电动机拖动机床的哪一个部件；这些电动机分别用哪些接触器或开关来控制，是否实行正反转控制和电气制动，有无降压起动设备；各电动机由哪个电器进行短路保护，由哪个电器进行过载保护，还有哪些保护。此外，如果装有速度继电器，则应搞清它与哪台电动机有机械联系。

(2) 其次分析控制电路。控制电路一般可分为几个单元，每个单元控制一台电动机。分析时，可将主电路中接触器的文字符号与控制电路中的相同文字符号一一对照，分清控制电路中哪一部分电路控制哪一台电动机，如何控制，同时搞清它们之间是怎样联锁的，机械操作手柄与行程开关之间有什么联系；各个电器线圈通电时，每个电器的触点会引起或影响哪些动作。

(3) 分析机床上的其他电路。如分析照明电路和信号电路等。

243. 三相鼠笼式电动机低速运行线路的工作原理是什么？

为使机床运动部件准确定位，在定位时要求电动机降低速度运行。图 3-81 和图 3-82 为三相鼠笼式电动机低速运行线路（控制回路未画出）。

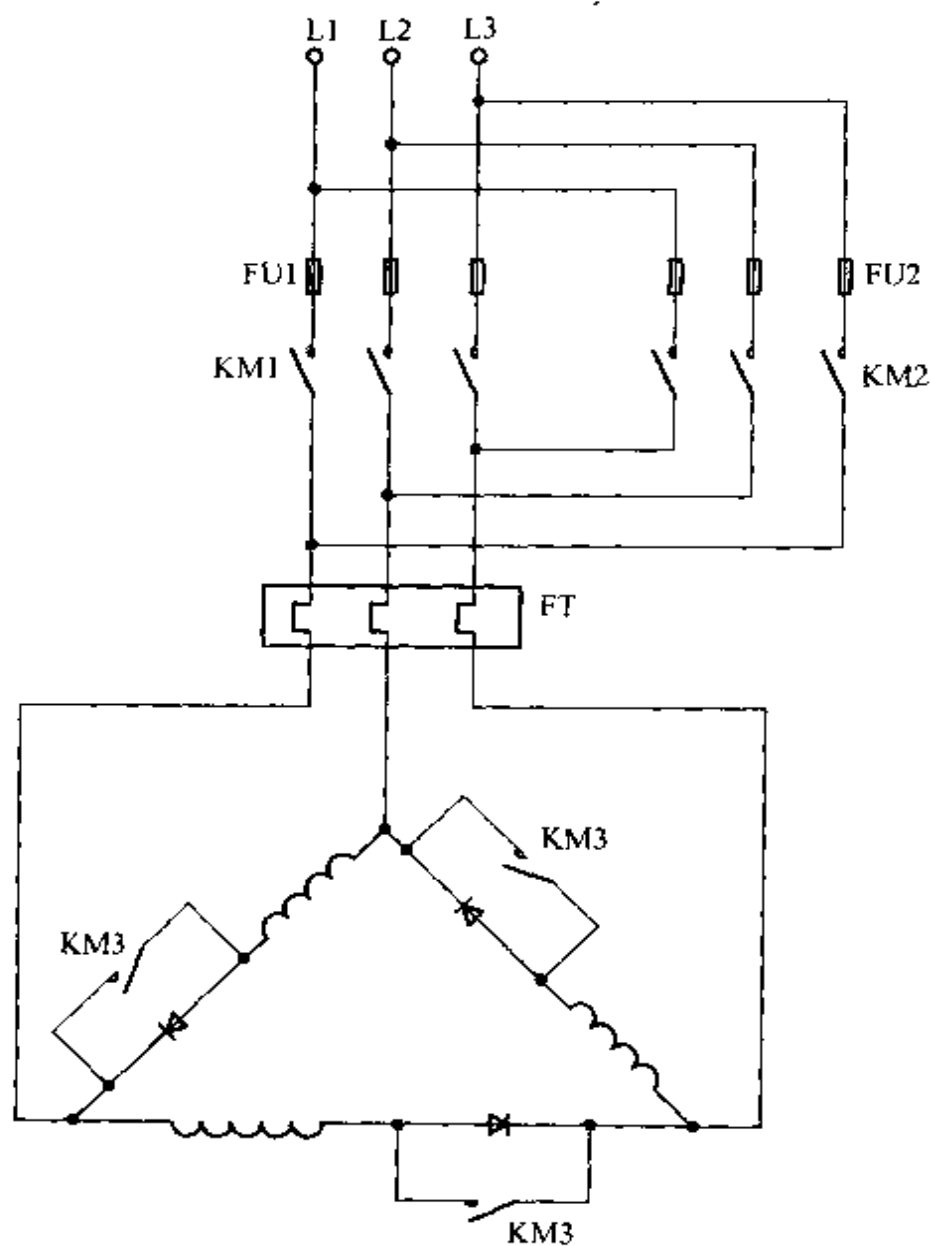


图 3-81 三相鼠笼式电动机低速运行线路 (一)

在图 3-81 中, KM1、KM3 为电动机正常运行时闭合的交流接触器触点, KM2 为电动机低速运行时闭合的交流接触器触点。电动机正常运行时, 绕组接成 Δ 形。

在图 3-82 中, KM1 为电动机正常运行时闭合的交流接触器触点, KM2 为电动机低速运行时闭合的交流接触器触点。电动机正常运行时, 绕组接成 Y 形。

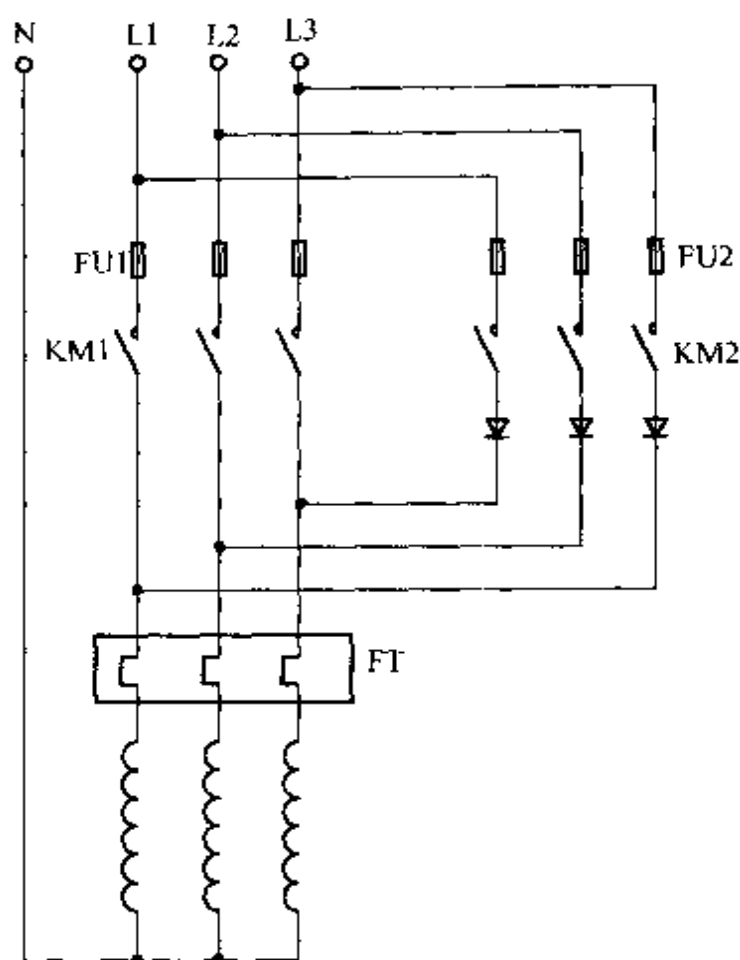


图 3-82 三相鼠笼式电动机低速运行线路 (二)

电动机低速运行时，图 3-81 和图 3-82 中的 KM2 触点闭合，使电动机三相绕组反相序接上电源，并串入整流二极管。由于整流二极管的作用，三相绕组中流过三相对称半波整流电流。这种电流中含有直流成分，既有助于电动机迅速停车，又可使电动机进入低速反转状态。在适当的时候，可切断 KM2，使电动机脱离电源，结束低速运行状态。

244. 重载起动的电动机控制线路的工作原理是什么？

有些设备（如风机等）需要重载起动，其特点是起动时间长。如果按电动机的额定电流来整定热继电器，则电动机还未起动，热继电器就动作，使接触器断开，造成起动失败。如果反复起动，则很大的起动电流将对电动机和电源产生较大的冲击。如果将热继电器

器的整定电流调大，虽然电动机能起动，但当电动机过载时，热继电器不动作，起不到保护作用，从而使电动机的绕组烧毁。

图 3-83 为重载起动的电动机控制线路。电动机起动时，按下按钮 SB1，交流接触器 KM1、KM2 和时间继电器 KT 吸合，KM1、KM2 自锁，电动机通电运转。KM1 的三个主触点分别短接热继电器的三个热元件，使热继电器在电机起动过程中不起作用。起动完毕，延时断开的常闭触点 KT 断开，KM1 和 KT 先后断电释放，此时热继电器的热元件串入电动机的主线路。

需要停车时，只要按下按钮 SB2，KM2 便断电释放，电动机即停转。

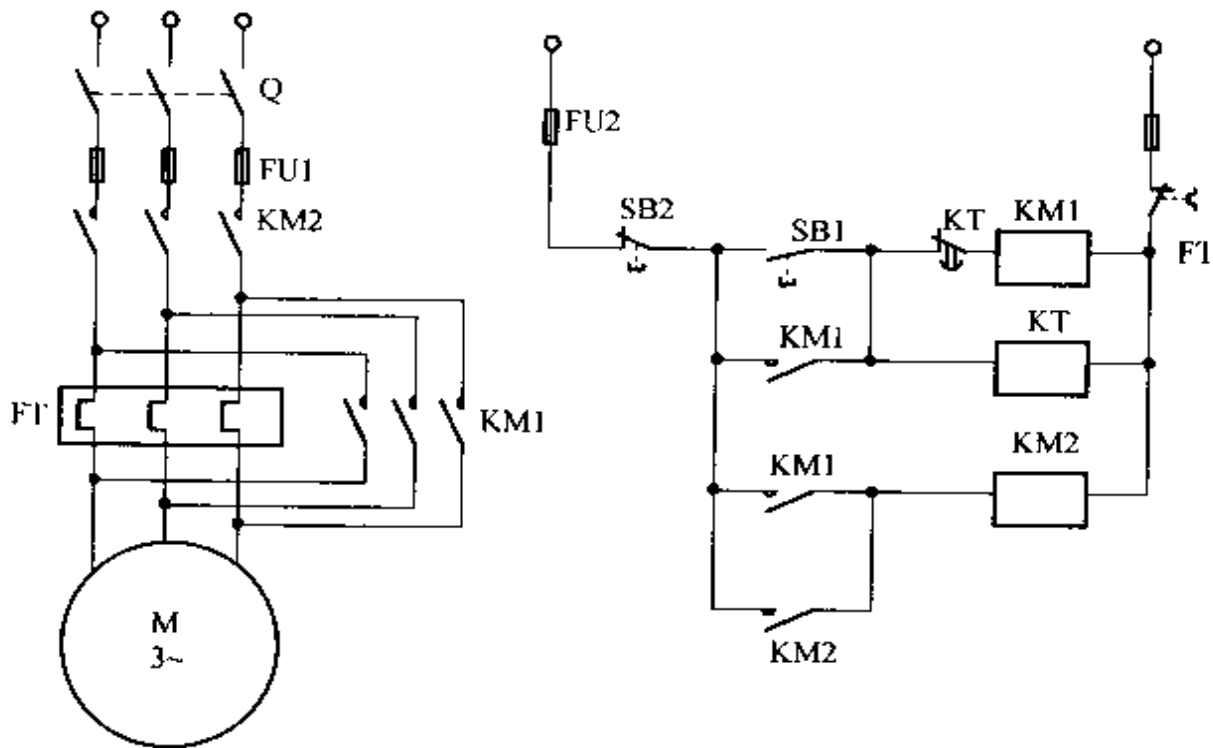


图 3-83 重载起动的电动机控制线路

245. 交流接触器低压起动线路的工作原理是什么？

如果电网电压下降到交流接触器吸引线圈额定电压的 85% 以下，则起动接触器时，其衔铁将跳动不止，不能可靠吸合。若交流接触器远离电源变压器，操作接触器之前，控制电压符合要求，但

当接触器一吸合，则负载（如电动机）的起动电流造成较大的线路电压降，使控制电压瞬时降至额定电压的 85% 以下，于是接触器释放，触头断开，切断负载电流；当控制电压回升，接触器又吸合。如此周而复始，就像电铃一样动作。

如果在交流接触器的控制回路中串联一只整流二极管，改为直流起动，交流运行，就可避免出现上述现象。交流接触器线圈的直流电阻较小，所以起动电流较大，能在较低的控制电压下吸合，接触器的起动电流虽然较大，但由于起动时间很短，接触器的线圈不会烧坏。

交流接触器低压起动线路如图 3 - 84 所示。按下起动按钮 SB1，经二极管 VD 半波整流的直流电压加在交流接触器 KM 线圈上，KM 吸合，其辅助触点将二极管短接，交流接触器投入运行。一般交流接触器的释放电压为额定电压的 40% ~ 65%，因此，吸合后不会因电源电压偏低而释放。

由于起动电流较大，所以这种线路只适用于操作不频繁的场所。

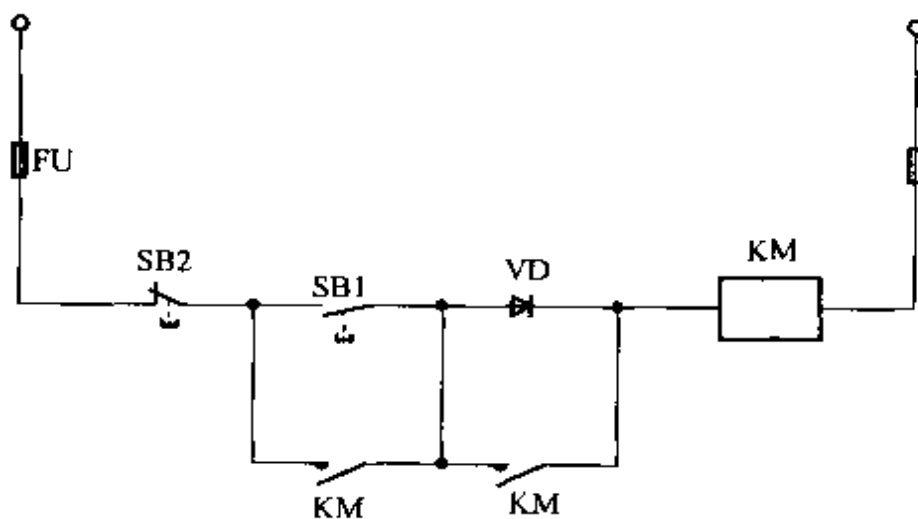


图 3 - 84 交流接触器低压起动线路

246. 三相异步电动机的单向点动控制电路、单向起动控制电路和连续与点动控制电路的工作原理是什么？

(1) 单向点动控制电路的工作原理：

通常，对于需要经常起动和停车的机床和桥式起重机等用的电动机，多采用单向点动控制电路。单向点动（或步进、步退）控制电路如图 3 - 85 所示。它分为主电路和辅助电路，二者共用一种电压。主电路包括电源开关 QS、熔断器 FU、接触器主触点 KM、三相鼠笼式电动机 M；辅助电路包括接触器线圈 KM、按钮 SB。如果需要起动电动机，则先合上电源开关 QS，然后按下按钮 SB，使 SB 的常开触点闭合，接通接触器线圈 KM，于是该线圈便有电流通过。此时接触器吸合，其主触点闭合，电动机接通电源开始起动运转。当需要电动机停止运转时，松开按钮 SB，接触器线圈失电释放，断开主触点，电机停转。

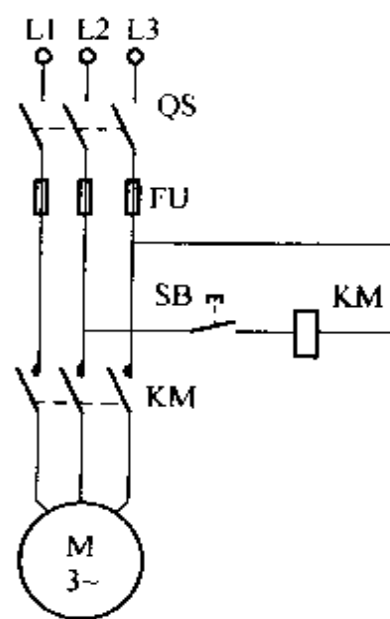


图 3 - 85 单向点动控制电路

当需要电动机停止运转时，松开按钮 SB，接触器线圈失电释放，断开主触点，电机停转。

(2) 单向起动控制电路的工作要求：

单向起动控制电路（图 3 - 86）与单向点动控制电路基本相似，所不同的是主电路上多一副热继电器的感温元件，辅助电路上增加一个热继电器的控制触点 FR，按钮上并联一副接触器 KM 的常开辅助触点（称为自锁触点或自保触点），并增加了一个停止按钮 SB2。电路的工作原理是：合上电源开关 QS，按下按钮 SB1，接触器线圈通电吸合，接触器的主触点接通电路，使电动机通电起动运转，同时又使与起动按钮 SB1 并联的自锁触点 KM 闭合。此时即使松开 SB1，接触器线圈也继续通电，从而起到了自锁（自保）作用。如果需要电动机停止运转，只要按一下停止按钮 SB2，接触器线圈便失电，其主触点断开，电机停转。

单向起动控制电路具有三种保护：

① 短路保护，由熔断器 FU 来完成。

② 过载保护，当电动机由于各种原因过载时，热继电器 FR 的感温元件（也称发热元件）将该继电器的控制触点断开，从而使接

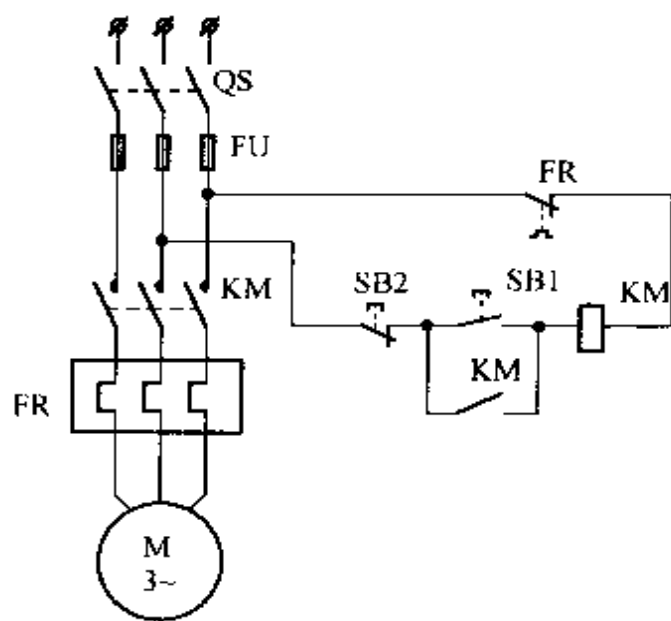


图 3-86 单向起动控制电路

触器线圈断路，电动机停转。

③失压（或欠压）保护，当电源电压消失或电压过低时，接触器线圈失磁或吸力过小，接触器释放，电动机停转。此时，如果电源电压恢复正常，接触器不能自行通电，只有再按下起动按钮，电动机才能再行起动运转，从而起到保护人身和设备安全的作用。

(3) 连续与点动控制电路的工作原理：

以机床设备为例，长期连续工作时，应采用单向起动控制电路，短时工作（如试验和调整）时，应采用单向点动控制电路。这就需要电路具有点动和连续工作两种功能。连续与点动控制电路如图 3-87 所示。图中电路是在具有自锁功能的单向起动控制电路的基础上，在自锁触点支路中串上一个手动开关 SA。设备需要连续工作时，只要将 SA 合上即可；设备需要点动工作时，只要将 SA 断开，切断自锁电路，电路便变为点动控制电路（图 3-87 b）。

另一种方法是在单向起动控制电路的基础上，在自锁电路中增加一个复合按钮 SB3，即可达到连续与点动控制的目的（图 3-87c）。当设备需要连续工作时，只要按一下起动按钮 SB1 即可，此时与自锁触点串联的复合按钮的常闭触点因处于闭合状态，所以不

影响自锁作用。当设备需要点动工作时，只要按下点动按钮 SB3 即可，此时 SB3 的常闭触点先切断自锁回路，然后开始点动工作。松开 SB3，电路即可连续工作。

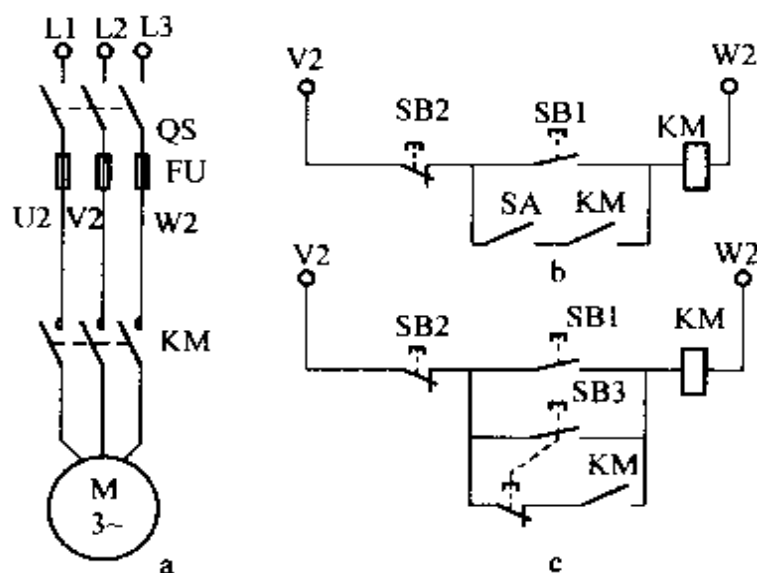


图 3-87 连续与点动控制电路

247. 对多台电动机的同时起(动)、停(转)或分别起(动)、停(转)怎样进行控制?

图 3-88 为多台电动机同时起(动)停(转)控制线路接线图。当按下起动按钮 QA 时，接触器 C1、C2 和 C3 同时吸合并自锁，因

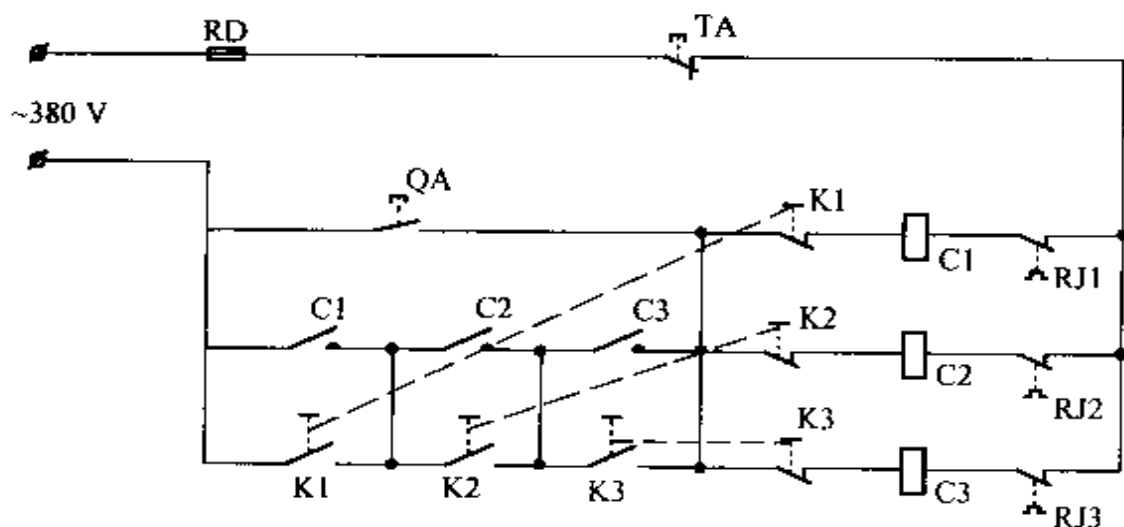


图 3-88 多台电动机同时起(动)停(转)控制线路接线图

此三台电动机同时起动。当按下停止按钮 TA 时，接触器 C1、C2 和 C3 都同时断电释放，因此三台电动机同时停转（主回路未画出）。图中 K1、K2 和 K3 是双刀双掷钮子开关，三者都是选择控制元件。例如，拨动 K1，使其常开触点闭合，常闭触点断开，此时按下按钮 QA，只能接通 C2、C3。这样，经 K1、K2、K3 开关的选择，就可按要求来控制一台或多台电动机的起(动)停(转)。

248. 什么叫做时序控制电路？它是怎样工作的？

时序控制电路在自动控制系统中最常见的基本电路。所谓时序控制电路，就是电路中两个以上受控对象的动作有时间上的先后

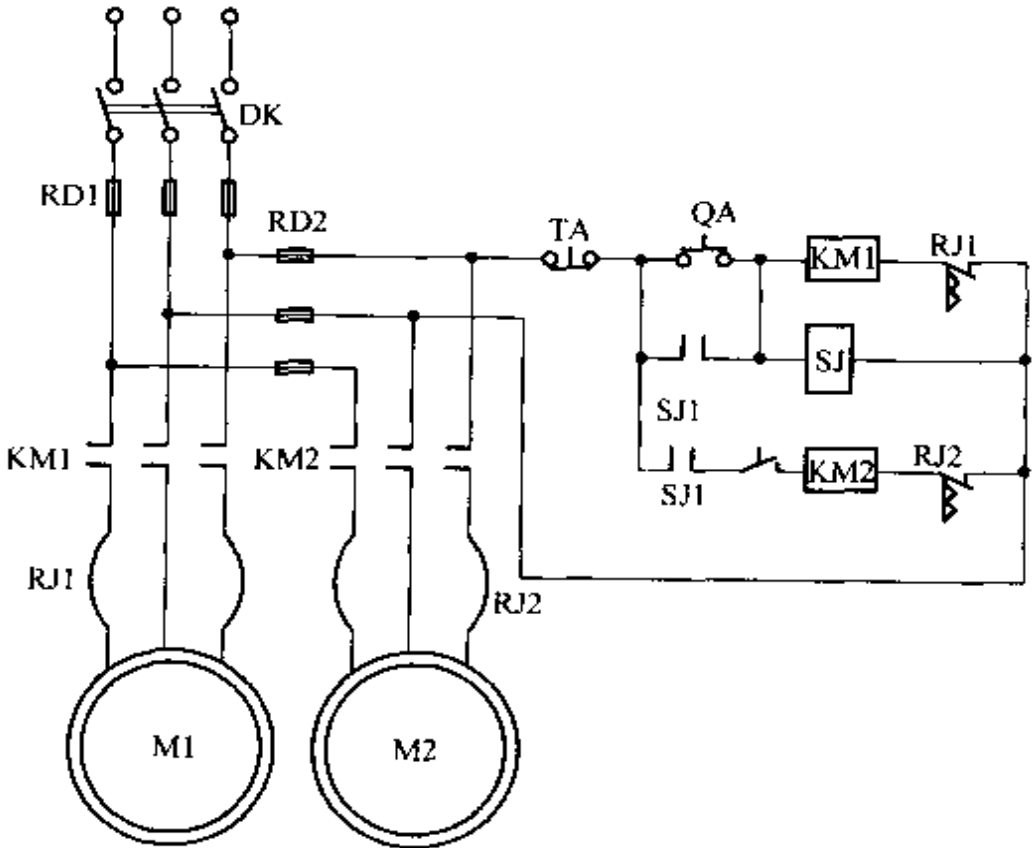


图 3 - 89 时序控制电路

要求。例如两台电动机的起动运行有时间间隔的要求。如第一台电动机 M1 起动 5 min 后，要求第二台电动机自动起动运行。为了实现这一功能，一般采用时间继电器来控制。图 3-89 为时序控制电路，电路的工作过程如下：

按下按钮 QA，接触器 KM1 得电动作，电动机 M1 起动运行，KM1 自锁触点闭合，使 KM1 和时间继电器 SJ 保持得电；时间继电器 SJ 从按下按钮 QA 就开始进入延时过程，一旦 SJ 得电到预定时间，延时动合触点 SJ1 就会自动闭合，从而使接触器 KM2 得电动作，于是电动机 M2 起动运行。

249. 什么叫做电动机的两地或多地控制？怎样进行控制？

某些机械设备（如大型机床）的电动机，为了操作方便，往往需要在两个或多个地点进行控制，就像楼梯上的照明灯，在楼上和楼下都能开闭一样。电动机的这种控制，叫做两地或多地控制。其控制电路如图 3-90 所示。

接线时，将 SB2 和 SB1、SB4 和 SB3、SB6 和 SB5 这三组起停按钮分别装在三个适当的地点，就可对电动机进行三地控制。

起动电动机时，按下任一个起动按钮，接触器都会通电吸合并自锁，使电动机起动运转，拖动机械负载进行工作。需要停机时，按下任一个停止按钮，接触器都会断电释放，使电动机脱离电源而停止转动。

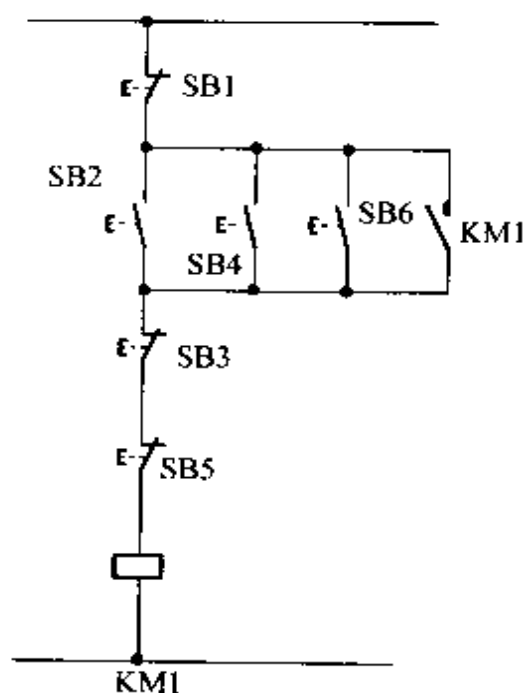


图 3-90 多地控制电路

250. 程序控制线路的特点和工作原理是什么？

组合机床和专用机床中，经常使用继电器程序控制线路，其特点是以一个继电器的得电和失电来表征某一工作程序的开始和结束。由中间继电器组成的程序控制线路如图 3-91 所示。

程序控制线路的工作原理：

按下起动按钮 SB2，中间继电器 KA1 的线圈得电吸合并自锁，从而建立第一个工作程序。此时中间继电器 KA1 的动合 KA1 (5-6) 闭合，为中间继电器 KA2 得电做好准备。

当第一个工作程序结束时，压合行程开关 SQ1，使中间继电器 KA2 的线圈得电吸合并自锁，于是第二个工作程序开始。同时，KA2 的动断触点 KA2 (2-3) 断开，中间继电器 KA1 断电释放，表示第一个工作程序已经结束。KA2 的动合触点 KA2 (8-9) 闭合，为中间继电器 KA3 得电做好准备。其他工作程序的开始和结束可以类推。

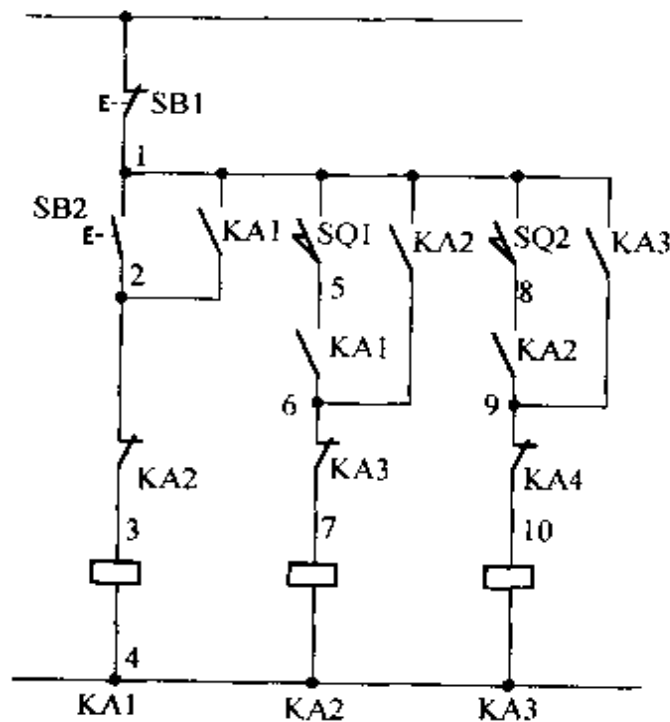


图 3-91 继电器程序控制线路

251. 什么叫做电气联锁和机械联锁？二者的动作原理是什么？

由图 3-92 可见，在正转控制电路中 1、2 结点上串联一个反转接触器的常闭触点 KM2，在反转控制电路中 3、4 结点上串联一个正转接触器的常闭触点 KM1，由这两个触点组成联锁环节，这种电气上互相制约的联锁称为电气联锁，其作用是防止主电路发生相间短路。它的动作原理如下：

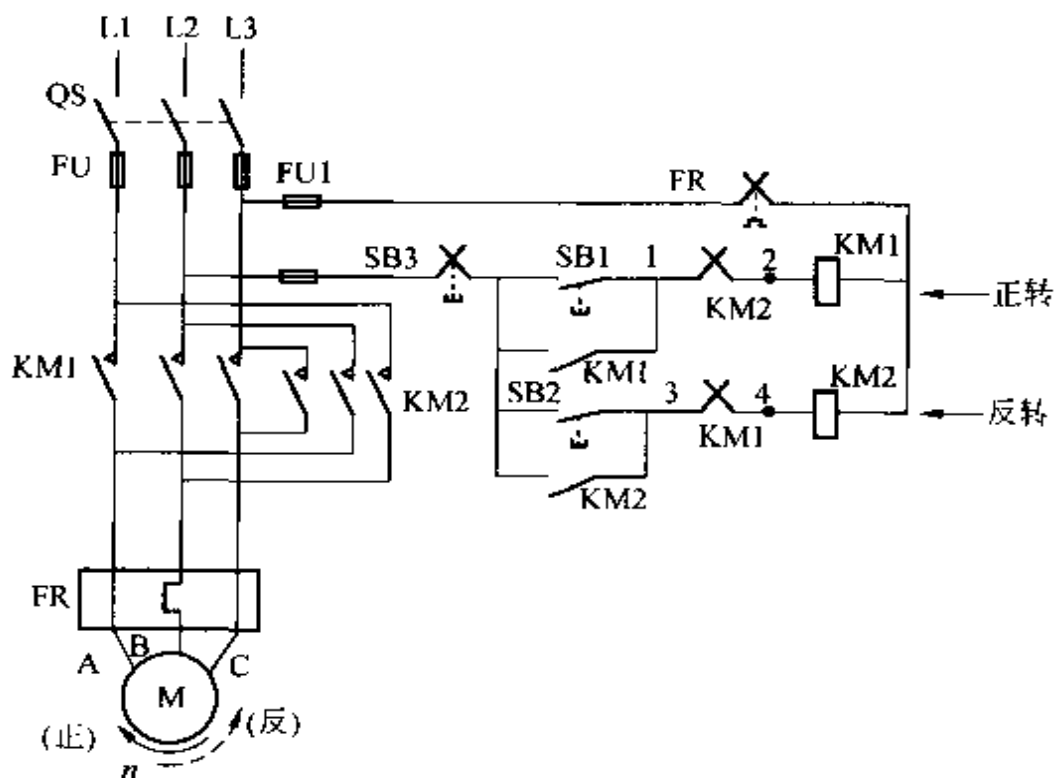


图 3-92 可逆起动控制电路

当 KM1 动作后，其常闭触点 KM1 打开（分断），将反转控制电路中的 3、4 点间断开，保证在电动机正转状态下如果误按下按钮 SB2，KM2 不会动作；同理，KM2 动作后，其常闭触点 KM2 打开，将正转控制电路中的 1、2 点间断开，保证此时即使误按下 SB1，KM1 也不会动作。

如果没有上述联锁环节，即不串联常闭触点 KM1、KM2，则

将产生以下后果：

当 KM1 动作后，主电路中的 KM1 三相全闭合，电动机正转，此时若误按下 SB2，则 KM2 动作，其主电路上的 KM2 闭合，L1、L2 (A、B) 相通过 KM2 的闭合而形成一个短路回路，即电源 L1 与 L2 间发生相间短路而产生事故，这是绝对不允许的。

机械联锁是利用双连动按钮开关来实现联锁的。图 3-93 所示虚线为按钮的机械连动连杆的表示线，机械联锁能够确保电源两相间不发生短路。而电气联锁，其触点可能由于某些原因而接触不良或发生其他故障，不能保证可靠联锁，因此，再装设机械联锁装置，就可确保“万无一失”。机械联锁的动作原理如下：

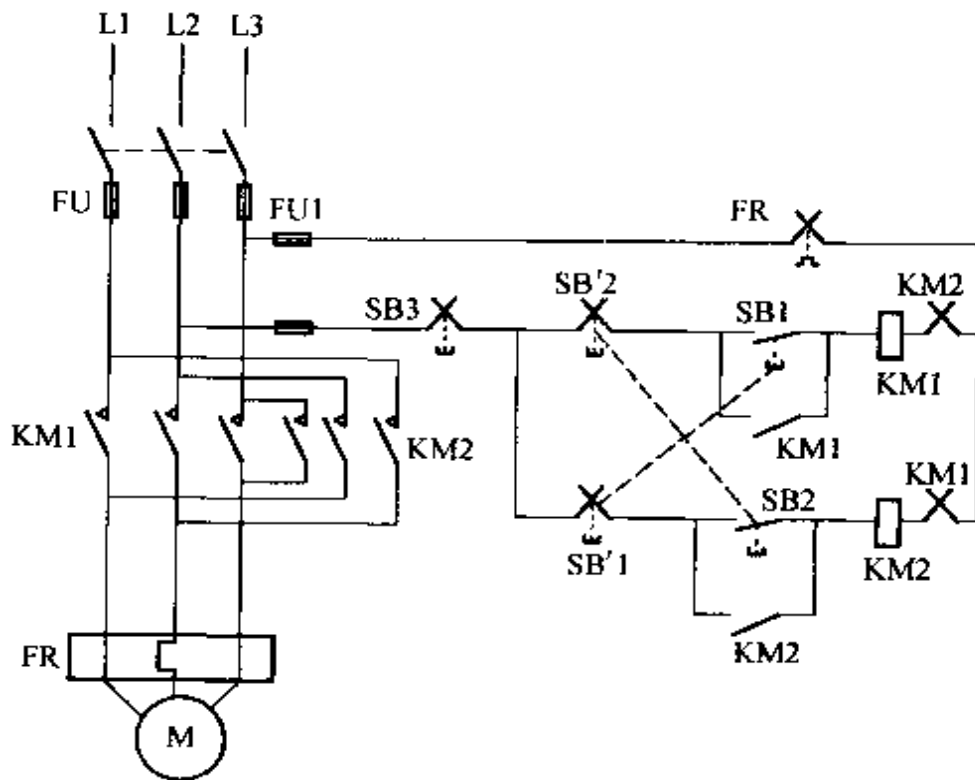


图 3-93 机械联锁电路

双连动开关 SB1 (SB2) 有一个机械连杆相连的常开触点 SB1 (SB2) 和常闭触点 SB'1 (SB'2)，这两个触点分别串接在不同的两个控制电路中。如图 3-95 所示，当按下 SB1 (闭合) 时，由于连杆的作用，串联在另一控制电路中的 SB'1 断开，使 KM2 线圈保持

断路状态（此时该电路中的 KM1 也已断开，确保 KM2 处于断路状态）。同理，在 SB2 闭合的同时，连杆将 SB'2 拉开，确保线圈 KM1 处于断路状态，只有 KM2 动作（通电）。由此可见，由于装有机械联锁装置，在任何情况下都只有一个接触器动作，所以不会发生电源相间短路故障。

252. 什么叫做联锁控制？对两台鼠笼式电动机怎样实行联锁控制？

生产中有些生产机械要求各电路的接通应有一定的顺序。例如机床上的润滑油泵电动机，在它未起动前，就不允许拖动主轴的电动机起动；在油泵电动机停车时，主轴电动机也必须立即停车。也就是说，只有在机床润滑系统有足够的润滑油，才能起动主轴电动机。这种控制称为联锁控制，其控制线路的原理图如图 3-94 所示。

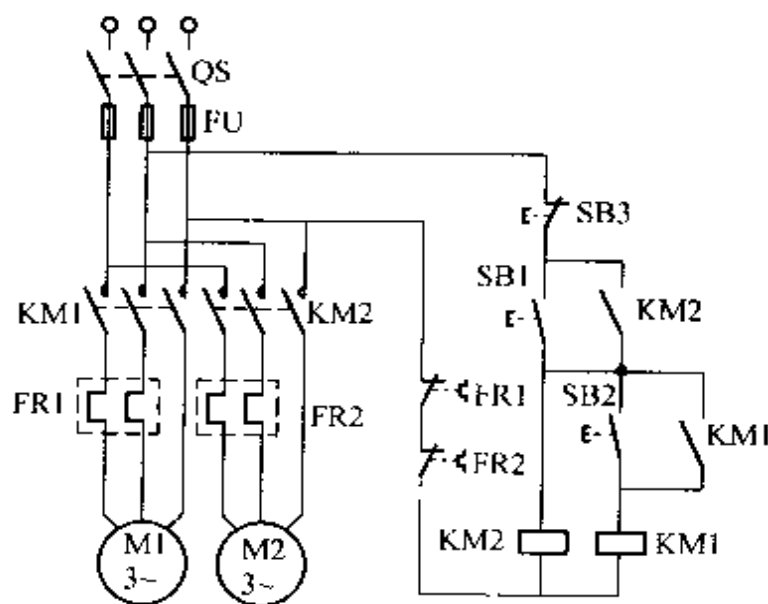


图 3-94 电动机联锁的控制电路

图中 M2 为油泵电动机，M1 为主轴电动机。当按下起动按钮 SB1 时，线圈 KM2 通电，主触头和自锁触头 KM2 闭合，电动机 M2 起动，只有 M2 起动，M1 才能起动。

如果在 M2 起动前，误按下起动按钮 SB2，M1 也不能起动，这就达到了油泵电动机先运行，主轴电动机后运行的目的。当油泵电动机过载时，热继电器的常闭触头 FR2 分断，线圈 KM2 断电，主触头和自锁触头 KM2 分断，控制电路断电，主轴电动机随之停转。

必须指出，两台电动机的主电路必须合用一组熔断器。如果在它们的主电路中分别装接各自的熔断器，则是不安全的。因为万一油泵电动机的熔体熔断，油泵便不能工作，而主轴电动机仍可工作，这就会导致磨坏机件。

生产中联锁控制的情况是常见的。例如，由多条运输胶带组成的运输系统，用鼠笼式电动机拖动，电动机就是按次序控制起动的，即起动第一台电动机后，才能依次起动第二台、第三台电动机，这种控制电路如图 3-95 所示。电动机停止顺序与起动顺序相反。

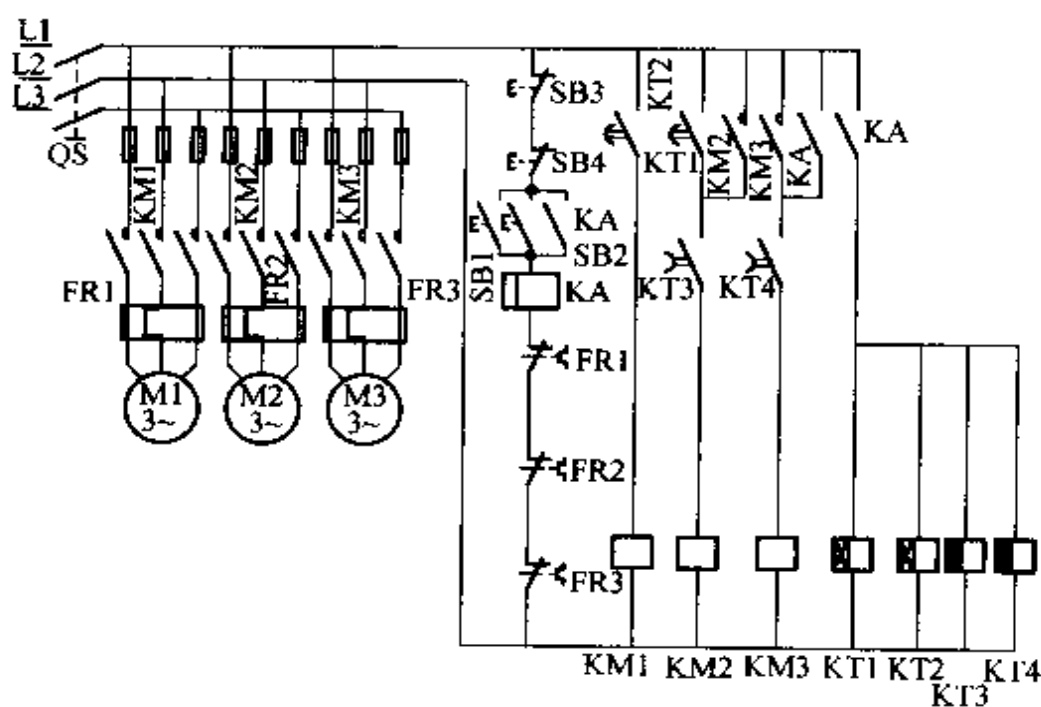


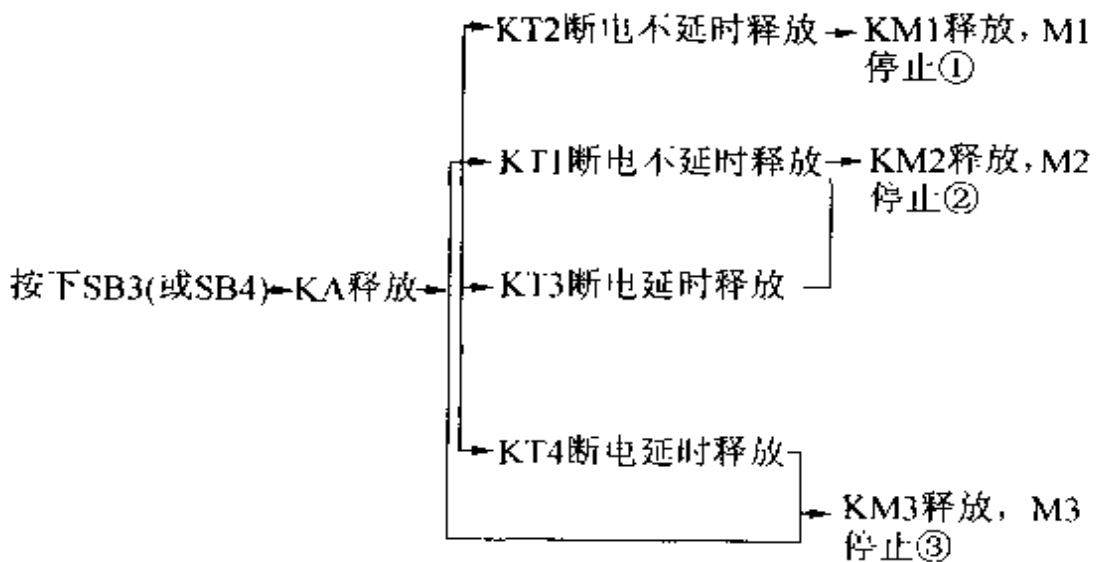
图 3-95 三条运输胶带的控制电路

三台电动机分别拖动具有三条运输胶带的运输机。由图 3-95 可见，起动顺序为 M3、M2、M1，而停止顺序则为 M1、M2、

M3。三台电动机的起动过程是：



三台电动机的停止过程是：按下停止按钮 SB3 或 SB4，继电器 KA 断电释放，四个时间继电器都断电，KT1 和 KT2 断电不延时，立即断开，KM1 失电，电动机 M1 停转。由于 KM2 自锁，所以只有待 KT3 断电后，KM2 断电，M2 才停转，最后 KT4 断开，KM3 释放，M3 停转。过程如下（①、②、③表示停车顺序）：



如果三个热继电器中有一个过载而动作，则停车顺序为 M1、M2、M3。

253. 接触器自锁控制线路的工作原理是什么？这种线路有哪些优点？

接触器自锁控制线路如图 3-96 所示。这种线路的主电路与点动控制电路相同，但在控制电路中增加一个常闭的停止按钮 SB1，在常开的起动按钮 SB2 的两端并联了接触器的一对常开辅助触头 KM。这种线路的工作原理如下（设开关 SA 已合上）：

起动：按下 SB2 → 线圈 KM 得电 → 主触头 KM 闭合 → 电动机 M 起动运转
↳ 常开辅助触头 KM 闭合（将 SB2 短路自锁）

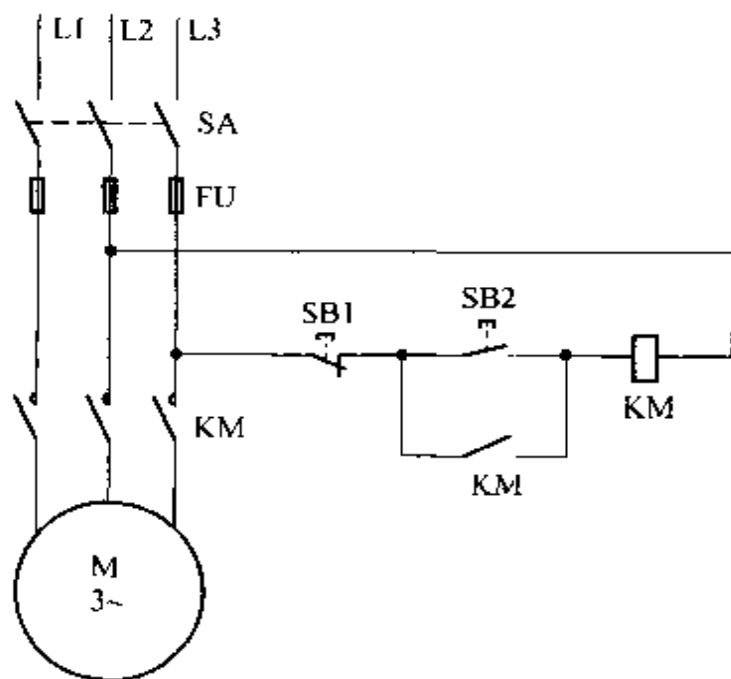


图 3-96 接触器自锁控制线路

停止：按下 SB1 → 线圈 KM 失电 → 主触头 KM 断开 → 电动机 M 断电停转
↳ 自锁触头 KM 断开

当松开 SB2，其常开触头重新断开时，由于接触器的常开辅助触头 KM 闭合时已将 SB2 短接，控制电路仍保持接通状态，所以接触器线圈继续得电，电动机仍持续运转。这种松开起动按钮后，

接触器吸引线圈通过辅助触头，能够保持继续得电的作用叫做自锁（或自保），与起动按钮并联的接触器常开辅助触头叫做自锁触头（或称自保触头）。

当松开 SB1，其常闭触头重新闭合时，由于接触器的自锁触头 KM 在切断控制电路后已断开，停止自锁作用，此时接触器线圈不可能再得电，所以电动机仍处于停转状态。要使电动机重新运转，必须进行第二次起动。

接触器自锁控制线路具有欠压保护和失压保护两方面的优点。

(1) 欠压保护。由于异步电动机对电网电压比较敏感，同时电动机的电磁转矩 T 与电源电压平方成正比，所以电网电压下降会导致电动机的转矩减小，并且转速随之下降，影响生产机械的正常运行，甚至造成电动机烧毁。采用接触器自锁控制线路来控制的电动机，运转中当电网电压降低到一定程度（一般低于额定电压的 85%）时，接触器铁芯的磁通减弱，电磁吸力不足，衔铁释放，常开辅助触头释放，解除自锁，接触器复位，主触头也断开，使电动机很快停止运转，从而保护了电动机。这种保护称为欠压保护。

(2) 失压保护。当电路由于某种原因突然断电时，电动机被迫停转，与此同时所拖动的生产机械也随着停转。此时如果操作人员没有及时切断电源，则当故障排除恢复供电时，电动机和所拖动的生产机械就会自行起动，从而可能造成人身和设备事故。采用接触器自锁控制线路，由于自锁触头和主触头在断电时已一起断开，控制电路和主电路都不能接通，所以当电源恢复供电时，电动机不会自行起动。这种在突然断电时能自动切断电动机电源的保护作用，称为失压保护。

254. 带过载保护的 control 线路的工作原理是什么？为什么 Δ 接电动机应采用带有三个热元件的热继电器来防止过载？

通常，接触器自锁控制线路（图 3-96）仅具有短路保护、欠压保护和失压保护作用，不能对三相异步电动机进行有效的过载保护。如果电动机长期过载，频繁地起动、制动或缺相运行，其工作

电流就可能超过额定值，虽然尚未达到使熔断器熔体熔断的程度，但引起绕组过热，其使用寿命缩短。这种过载的常见保护措施是设置热继电器。

热继电器的工作原理是利用双金属片受热弯曲去控制一个常闭触头。当接在主电路中的热元件因电机过载而发热时，双金属片便严重过热，将串联在控制电路中的常闭触头断开，使接触器的吸引线圈失电，从而电动机停止运转。

图 3-97 是带过载保护的的正转控制线路。图中 FR 是热继电器，起过载保护作用。主电路中的 FR 是热继电器的热元件，控制电路中的 FR 是热继电器的常闭触头。主电路中有两相或三相设置热元件，以防止电动机缺相运行造成的过载。

热继电器的热元件设置数量应认真考虑。异步电动机过载一般有以下两种原因：一是电动机轴上的机械负载超过电动机的额定功率；二是三相电源有一相断线或一相的熔断器熔体熔断。对第一种

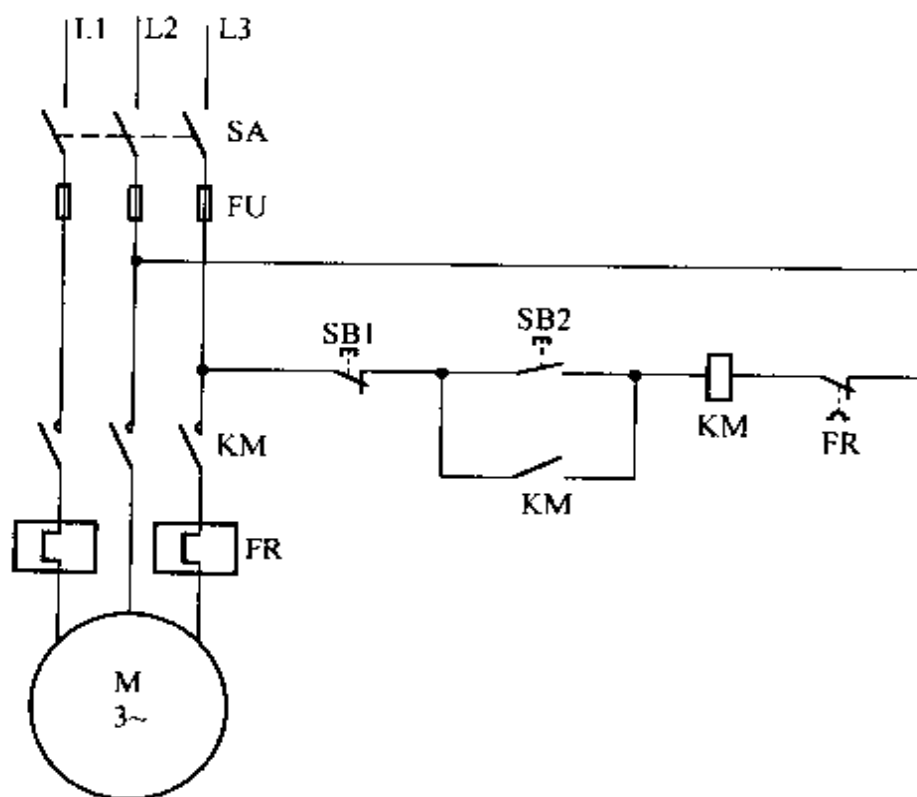


图 3-97 具有过载保护的的正转控制线路

原因造成的过载，电动机的三相电流是一起增大（即三相电流没有不平衡现象），保护这种过载，只要在电动机主电路中任意一相上串联一只热继电器的发热元件即可。对第二种原因引起的过载，串一只热元件可能无法进行保护。例如，正好未装设热元件的那一相发生断线故障，电动机处于缺相运行状态。由于机械负载并没有减小，电动机只由两相供电，所以电动机其他两相绕组的电流必然增大，时间一长，电动机就可能烧毁。为了避免后一种原因引起的过载，必须在电动机任意两相上接入热继电器的热元件。这样，当任何一相断线而电动机缺相运行时，都能起到过载保护作用。

统计数据表明，当电动机的定子绕组为三角形接线时，若电源线有一根断路（缺相运行），则电动机的三相定子绕组均存在电流，且三相绕组的电流不平衡。当电源电流未超过额定电流时，电动机的三相绕组中可能有一相过载（过电流），影响电动机的正常运行。在这种情况下，有两个热元件的热继电器不能提供过载保护。因此，对于定子绕组为三角形接线的电动机，应采用带有三个热元件的热继电器来防止电机过载（也称断相保护）。

255. 鼠笼式电动机的限位开关控制电路怎样分类？各种限位开关控制电路的工作原理是什么？

电动机的限位开关控制，就是用限位开关代替按钮以实现对电动机的控制。限位开关控制电路可分为限位断电控制电路、限位通电控制电路和自动往复循环控制电路等几种。

(1) 限位断电控制电路。图 3-98 是达到预停地点后能自动断电的控制电路，其工作原理是：按下起动按钮 SB，接触器 KM 线圈通电自锁，电动机旋转，经丝杆传动使工作台向左前进。当达到预停地点时，撞块压下限位开关 SQ，KM 线圈断电，电动机停转，于是工作台自动停止运动。

(2) 限位通电控制电路。图 3-99 是达到预定地点后能自动通电的控制电路，其工作原理是：当生产机械运动至预停地点时，限位开关 SQ 动作，使接触器 KM 线圈通电而产生新的控制操作。其

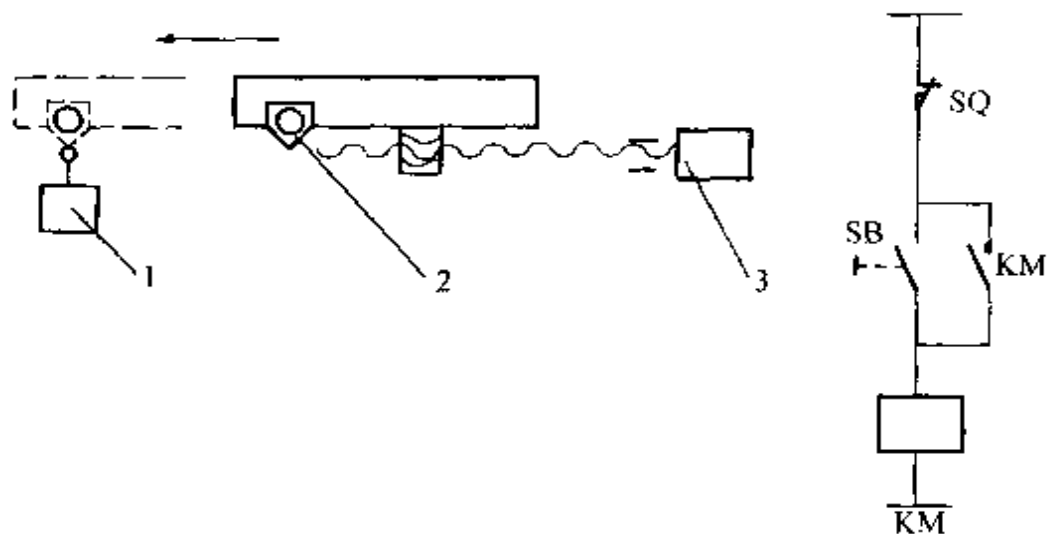


图 3-98 限位断电控制电路

1. 行程开关; 2. 撞块; 3. 电动机

中图 3-99 a 为点动电路, 图 3-99 b 为长动电路。

(3) 自动往复循环控制电路。在实际生产中, 有些生产机械的工作台需要自动往复运动, 最基本的自动往复循环控制电路如图 3-100 所示, 其工作原理是: 按下起动按钮 SB2, 接触器 KM1 线圈通电自锁, 电动机正转, 工作台向左运动; 当撞块 1 使限位开关 SQ1 动作时, KM1 线圈断电, 同时接触器 KM2 线圈通电, 电动机经反接制动转入反转, 工作台向右运动; 当撞块 2 使限位开关 SQ2 动作时, KM2 线圈断电, KM1 线圈通电……。这样, 便实现工作台的自动往复运动, 直至按下停止按钮 SB1, 工作台才停止运动。如果先按下反转按钮 SB3, 则 KM2 线圈通电, 工作台先向右运动, 再转入自动往复循环运动。

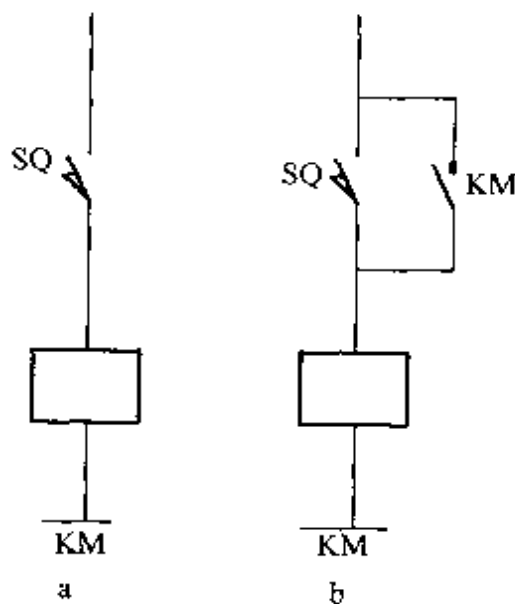


图 3-99 限位通电控制电路

a. 点动; b. 长动

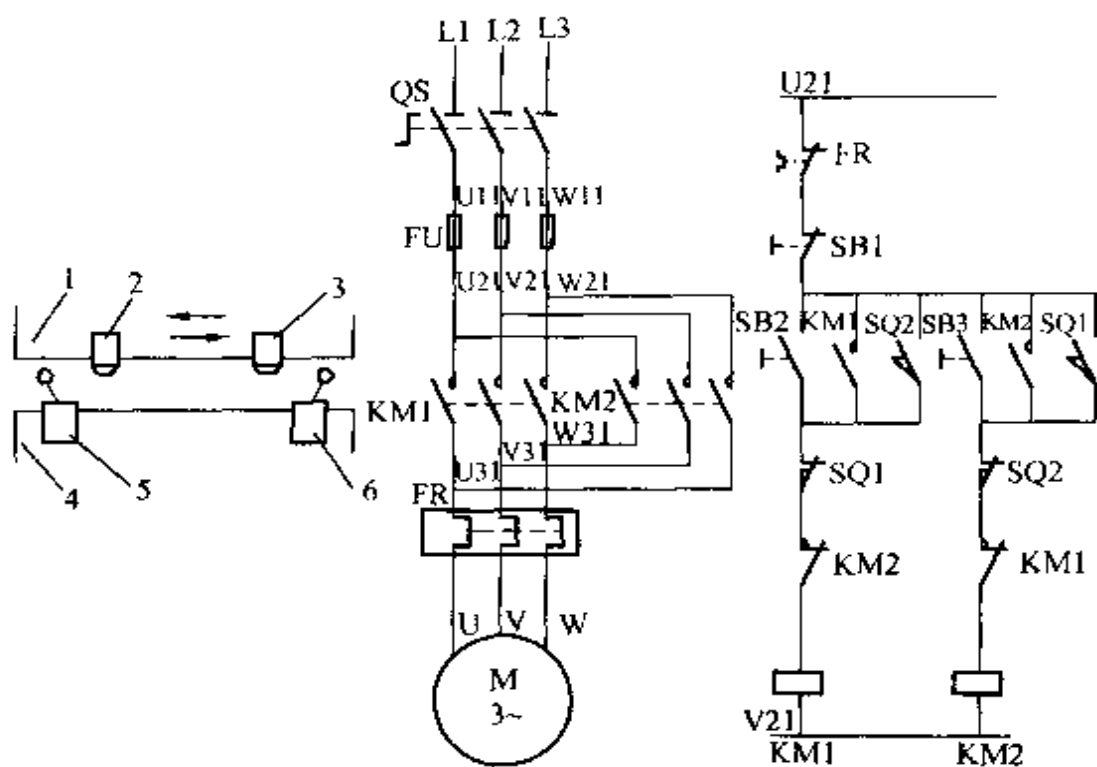


图 3-100 自动往复循环控制电路

1. 工作台; 2. 撞块 1; 3. 撞块 2; 4. 床身; 5. SQ1; 6. SQ2

256. 鼠笼式电动机有哪几种常见的正反转控制线路?

(1) 倒顺开关正反转控制线路 (图 3-101)。倒顺开关是组合开关的一种, 它有停止、顺转和倒转三个操作位置。用倒顺开关控制电动机正反转的线路是最简单的正反转控制线路, 这种线路只宜用来控制功率较小的鼠笼式电动机。否则, 触头容易被电弧烧毁。

(2) 接触器联锁正反转控制线路 (图 3-102)。这种线路的主电路中有一组并联主触点 FC, 将 X1 相与 X3 相的主触点互相反接 (任意两相的主触点互相反接均可), 控制线路中有一条并联回路。这种线路的工作原理可分为正转控制和反转控制这两种状态来分析。

① 正转控制。合上电源开关 HK, 并按下正转起动按钮 ZQA 后, 正转控制线路接通, 其路径为:

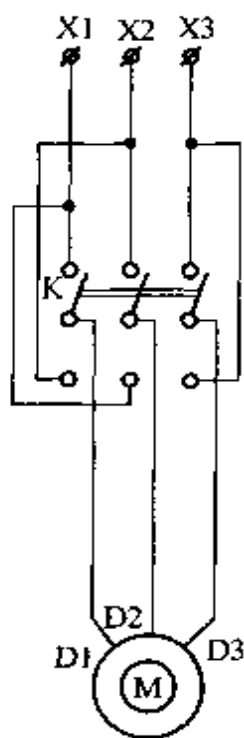


图 3-101 倒顺开关正反反转控制线路

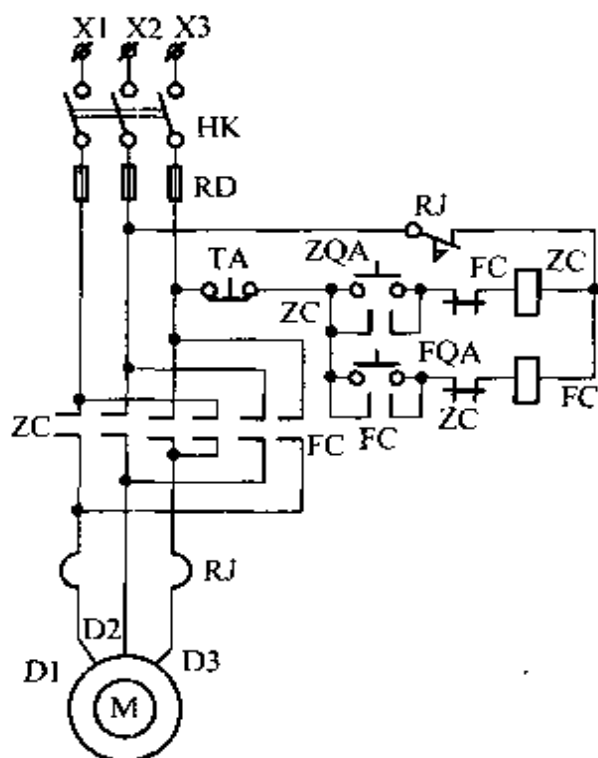


图 3-102 接触器联锁正反反转控制线路

X3 相电源 → TA → ZQA $\begin{cases} \rightarrow \text{ZC 自锁触点闭合} \\ \rightarrow \text{FC 常闭触点} \rightarrow \text{ZC 线圈} \rightarrow \text{RJ 常闭触点} \rightarrow \text{X2 相电源} \end{cases}$

接触器 ZC 动作，主电路按相序 X1-X2-X3 接通，电动机正转。

②反转控制。当需要改变电动机的转向时，应先按下停止按钮 TA，使正转控制线路断开。因为反转控制线路中串接了正转接触器 ZC 的常闭辅助触点，在正转接触器未断电时，其常闭辅助触点正处于断开状态，所以直接去按反转起动按钮 FQA，反转接触器不会动作，从而电动机也就不会改变转向。

反转控制线路接通路径为：

X3 相电源 → TA → ZQA $\begin{cases} \rightarrow \text{FC 自锁触点闭合} \\ \rightarrow \text{ZC 常闭触点} \rightarrow \text{FC 线圈} \rightarrow \text{RJ 常闭触点} \rightarrow \text{X2 相电源} \end{cases}$

接触器 FC 动作，主电路按相序 X3—X2—X1 接通，电动机反转。

这种线路的动作要求就是接触器 ZC 和 FC 的线圈不得同时得

电。否则，它们的主触点便会同时闭合。由于它们有两副主触点分别串联在两相电源之间，所以会造成电源两相短路。为此，在正转和反转控制线路中，分别串接了反转接触器 FC 和正转接触器 ZC 的常闭辅助触点，它们在接触器通电工作时，恰好处于断开状态，从而保证接触器 ZC 和 FC 的线圈不会同时通电。ZC 和 FC 的这两副常闭辅助触点称为联锁触点。

(3) 按钮联锁正反转控制线路（图 3-103）。与图 3-102 相比，去掉了接触器的联锁触点，换上了复合按钮的联锁触点。由于复合按钮是先断后合，从而保证正反转接触器的主触点 ZC 和 FS 不会因同时闭合而发生两相短路故障。

这种线路的优点是便于操作，当需要改变电动机的转向时，只要直接按下反转按钮即可。其缺点是易发生短路故障。例如，如果正转接触器发生故障，或其主触头熔焊而不能脱开，则直接操作反转起动按钮进行换向，就会发生电源两相短路事故。因此，仅用复合按钮联锁的线路不十分安全可靠。

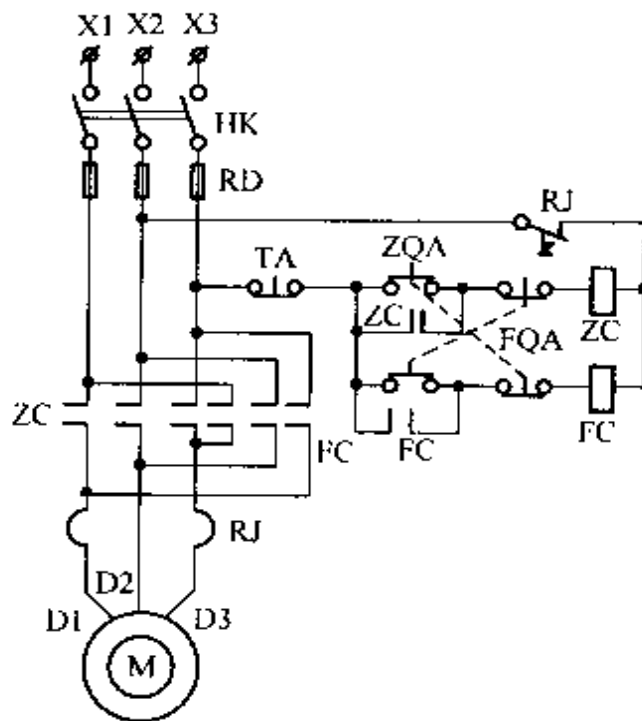


图 3-103 按钮联锁正反转控制线路

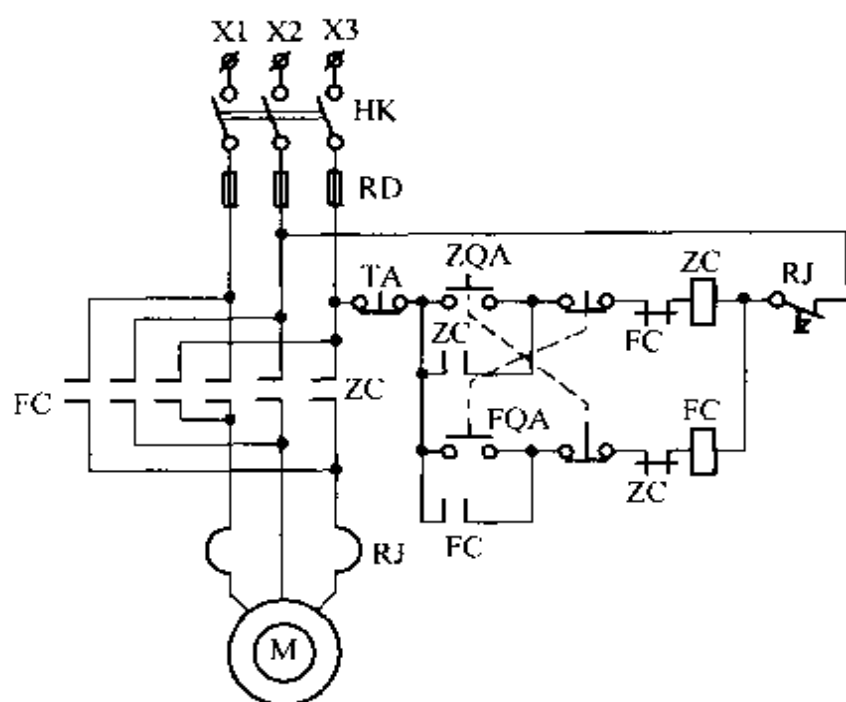


图 3-104 双重联锁正反转控制线路

(4) 双重联锁正反转控制线路 (图 3-104)。这种控制线路既有接触器的常闭触点联锁, 又有复合按钮的常闭触点联锁, 因此它兼有图 3-102 和图 3-103 两种联锁控制线路的优点, 而没有该两种线路的缺点。采用这种双重联锁线路, 既可直接按下正转按钮或反转按钮进行起动 (不必按下停止按钮), 又可避免发生电源两相短路事故。因此, 操作方便, 使用安全。这种线路在工农业生产中得到广泛应用, 是电力拖动系统中最常见的一种控制线路。

257. 在三相异步电动机的控制线路安装接线前, 对线路所用电器元件怎样进行检查?

(1) 检查电器元件是否完整、清洁, 外壳有无裂纹, 零部件是否齐全、有效, 各接线端子和紧固件有无短缺、生锈等现象。

(2) 检查电器元件的触头有无熔焊粘连、变形、严重氧化锈蚀等现象, 触头的闭合、分断动作是否灵活, 触头的开距、超程是否符合标准, 接触压力弹簧是否有效。

(3) 检查电器的电磁机构和传动部件的动作是否灵活, 有无衔

铁卡阻、吸合位置不正等现象。新品使用前，应将其拆开，清除铁芯端面的防锈油，检查衔铁复位弹簧是否正常。

(4) 用万用表或电桥检查所有元器件（包括继电器、接触器等）的电磁线圈通断情况，测量它们的直流电阻并作出记录，以供将来检查线路和排除故障时参考。

(5) 检查有延时作用的电器元件的功能（如时间继电器的延时动作、延时范围和整定机构的作用），热继电器的热元件和触头的动作情况。

(6) 核对各电器元件的规格（如电器的电压等级、电流大小和触头数目，时间继电器的延时类型等）与图纸要求是否一致。如果不符合要求，应予以调整或调换。

258. 怎样安装三相异步电动机的控制线路？控制线路安装完毕，接电前应进行哪些检查？

三相异步电动机的控制线路一般按照接线图规定的走线方位进行安装，从电源端起，按线号顺序接线，先安装主电路，然后安装控制电路（辅助电路）。安装前按主电路、控制电路的电流容量选好规定截面的导线，准备适当数量的线号管。如果使用多股线，还应准备烫锡工具或压接钳。线路的安装要点如下：

(1) 选择适当截面的导线，按接线图规定的方位，测量已固定好的电器元件之间的距离，截取适当长度的导线，剥去其两端的绝缘外皮。为保证导线与端子接触良好，可使用电工刀将芯线表面的氧化物刮掉。如果采用多股芯线，则应将线头绞紧，必要时还要将线头进行烫锡处理。

(2) 走线时尽量避免导线交叉。一般先将导线矫直，把同一走向的导线汇成一束，依次弯向所需要的方向。走线应做到横平竖直、拐直角弯。拐角时，用手将导线做成 90° 的“慢弯”，导线的弯曲半径可为导线直径的3~4倍。弯曲导线时，不宜使用钳子将导线弯成“死弯”，以免损坏导线绝缘层和损伤线芯。准备好的导线束用铝线卡（钢金扎头）垫上绝缘物卡好。

(3) 将成型的导线套上线号管（管子上写好线号），根据接线端子的情况，将芯线慢慢加热，弯成圆环或直接压进接线端子。

(4) 接线端子应紧固好，必要时加装弹簧垫圈紧固，以防止电器动作时接线端子因震动而松脱。

(5) 在接线过程中应对照图纸核对，以防止错接、漏接。必要时用试灯、蜂鸣器或万用表校线。同一接线端子内压接两根以上导线时，可只套一根线号管；导线截面不同时，应将截面大的导线放在下层，截面小的导线放在上层。线号应使用不易退色的墨水（可用环乙酮与龙胆紫调和）用印刷体工整地书写，以避免检查线路时误读或辨认不清。

当电动机的控制线路安装完毕，接电前应进行以下检查：

(1) 各个元部件的代号、标记是否齐全，是否与原理图上的规定一致。

(2) 各种安全保护装置是否完好、可靠。

(3) 控制电路是否具有原理图所要求的各种功能。

(4) 各个电气元件安装是否正确和可靠。

(5) 各个接线端子连接是否牢固。

(6) 布线是否整齐和符合要求。

(7) 各个按钮、信号灯罩、光标按钮和各种电路的绝缘导线颜色是否符合规定。

(8) 电动机及其传动设备的安装是否符合要求。

(9) 保护电路的导线连接是否正确、牢固和可靠；测量外部保护导线端子与电气设备任何裸露导体零件的电阻，以及与外壳的电阻，测得的阻值不应大于 0.1Ω 。

(10) 检查电气线路的绝缘电阻是否符合要求。检查方法是：用 500 V 兆欧表测量短接主电路、控制电路和信号电路与保护电路导线之间的绝缘电阻，测得的电阻值不应小于 $1 \text{ M}\Omega$ 。如果控制电路或信号电路不与主电路连接，则应分别测量主电路与保护电路、主电路与控制电路和信号电路、控制和信号电路与保护电路之间的绝缘电阻。

259. 怎样装接鼠笼式电动机的 Y- Δ 降压起动控制线路?

鼠笼式电动机的 Y- Δ 降压起动控制线路如图 3-105 所示, 一般按下述步骤和方法进行装接:

(1) 准备所用工具和仪表, 即电工常用工具、万用表和兆欧表等。

(2) 检查电动机铭牌和绕组。根据铭牌所示核对该电动机是否采用 Y- Δ 降压起动方式。通常, 只有 Δ 接运行的鼠笼式电动机才可采用 Y- Δ 起动方式。

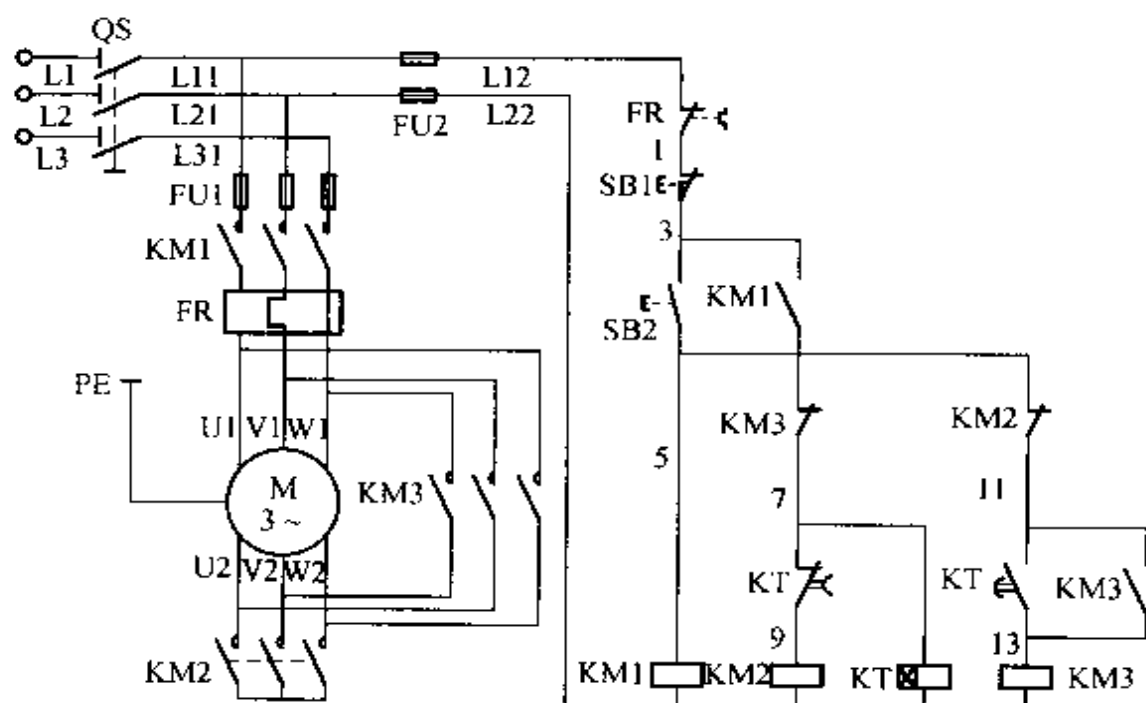


图 3-105 鼠笼式电动机 Y- Δ 降压起动控制线路

将电动机接线柱上的所有连接片去掉, 用万用表核对三相绕组和出线端的首、尾 (如果是老式旧电动机, 绕组首、尾端应作出标记), 然后再用兆欧表摇测各相绕组之间和绕组对地的绝缘电阻, 测得的绝缘电阻值不应低于 $0.5 \text{ M}\Omega$ 。

(3) 根据线路图和所控电动机的容量选择所需的电器 (种类、数量、规格) 和主回路所用导线的截面。

① 电器的选择。图中所示电器均为低压电器。主回路中所用电

器的额定电流应根据所控电动机的额定电流来确定，而线圈电压则应根据控制回路所用电源电压选择。

②导线的选择。外部接线一般选用 BVR 型导线，电器盘上所用导线一般选用 BV 型导线。主回路所用导线截面的选择方法如下：根据电动机的负载电流（即额定电流）从电工手册（或电线产品样本）中“室内配线用铜芯绝缘导线允许连续载流量表”中初步选取导线截面，要求导线的允许连续载流量略大于电动机的负载电流，然后核算导线的电压损失并考虑机械强度的要求，最后确定导线截面。控制回路所用导线截面一般为 1mm^2 。

(4) 按线路图接线。接线时应细心操作，每完成一个工序就立即检查，若有差错，立即纠正。如果整个电路的接线完成后，再来检查，一旦发现差错而返工，则费时费力，也影响工作进度。

(5) 对电器盘进行全面检查。检查项目如下：

①盘面电器固定牢靠，无倾斜、不正现象。

②电器布置符合线路图要求，位置合理，附件无缺损。

③盘内配线布置规整，横平竖直，成排成束的导线都用线夹可靠地固定。

④导线的敷设应不妨碍电器拆卸。线端应有线号，并且字码清楚。

⑤主回路和控制回路的导线颜色各不相同，以便于识别。

⑥各导电部分对底盘的绝缘电阻不应低于 $1\text{M}\Omega$ 。

(6) 试运行。试运行的要点如下：

①试运行前应认真进行检查，一是对电动机装配质量的检查，保证电动机运转灵活、安全；二是对接线的检查，主要是检查接线是否正确，所有线端接线点是否紧固，以防止出现虚接现象。

②调整好时间继电器 KT 的延时时间，KT 的延时时间要调整适当，以保证电动机平稳起动。

③通电试验控制回路，检查线路中的各种电器在起动和停止时动作是否符合控制要求，是否安全、可靠。

④接通主回路电源，电动机应能够正常起动运转。

装接 Y- Δ 降压起动控制线路注意事项：

(1) 并不是所有鼠笼式电动机都可采用 Y- Δ 起动方式进行起动，因此在接线前必须查看铭牌，这一步骤不可忽略。

(2) 可采用的时间继电器有多种型号，它们的结构、调整方法和接线各不相同，因此在接线和调整时，要搞清所用时间继电器的结构、接线规定和调整方法。调整的延时时间不可太短，一般先调整为 30 s 左右，然后根据电动机的容量和起动情况适当整定。

(3) 装接主回路时，要特别注意接触器与电动机引出线间的连线，通常应先核查电动机引出线并作好标记，然后按图接线并仔细检查，以免因接线错误而造成电动机试车或运行中损坏。

(4) 试车时若发现异常现象，应立即切断电源，并分析和检查原因。

260. 怎样装接接触器互锁的可逆运行控制线路？

利用接触器对电动机进行可逆控制的线路如图 3-106 所示，可按下述步骤和方法进行装接：

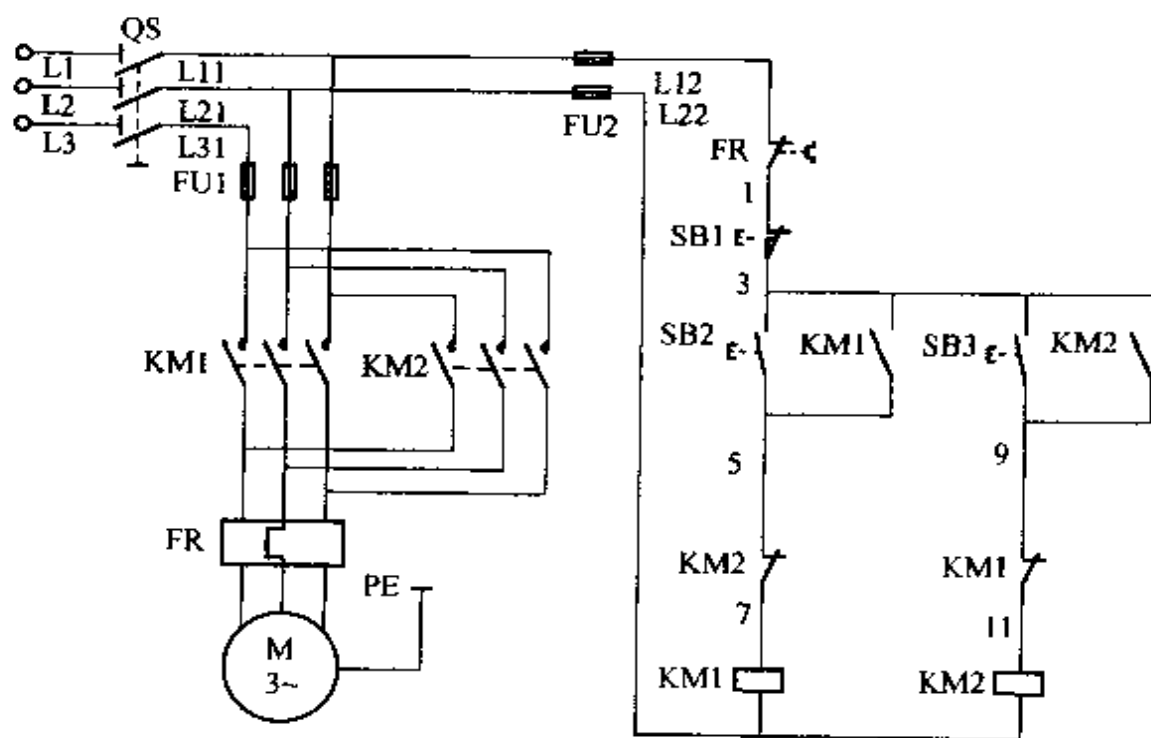


图 3-106 接触器互锁可逆运行控制电路

(1) 准备所用工具和仪表，即电工常用工具、万用表和兆欧表等。

(2) 根据线路图和所控电动机的容量选择所需的电器（种类、数量和规格）和所用导线的截面，选择的原则见 259 问。

(3) 按线路图接线。接线时应细心操作，边接线边检查，发现差错，立即纠正，以免整个电路装接后发现接线错误而返工，造成经济损失和影响工作进度。

(4) 做盘配线，对电器盘进行全面检查，检查项目见 259 问。

(5) 试运行。试运行要点如下：

① 试运行前应认真检查所控电动机的装配质量，测量电动机的绝缘电阻，按图检查接线。

② 对控制回路进行通电试验。试验前，拔掉主回路熔断器 FU1，接好控制回路熔断器 FU2（熔体容量按 1~2A 选用）。然后合上电源开关 QS，进行电动机的正反转起动和停止的控制试验，试验时电动机应能够正常工作，同时检查线路中的各种电器在电动机正反转起动、停止时动作是否正确，是否安全可靠，此时应着重检查两接触器 KM1 和 KM2 的联锁是否可靠。

③ 调整热继电器的动作电流整定值，一般按电动机额定电流的 1.1~1.15 倍调整。

装接可逆运行控制线路应注意以下几点：

(1) 对选用的电器要仔细进行核对，特别要注意接触器的线圈电压与接线图规定的控制电压是否相符。

(2) 图中没有标注主回路和接线的线号，所以在配线前要标注好线号，以便接线时不发生差错，同时也便于接线后的检查。

(3) 试运行时不可同时按下按钮 SB1 和 SB2。接线时要特别注意，接触器 KM1 和 KM2 的主触头上、下口间的过线不要接错。

261. 怎样装接三相异步电动机的辅助触点联锁正反向起动控制线路？

(1) 熟悉电气原理图。图 3·107 是三相异步电动机辅助触点联锁正反向起动控制线路的电气原理图。主电路使用两只交流接触

器 KM1 和 KM2，分别接通电动机的正序、反序电源。其中 KM2 得电时，将电源的 A、C 两相对调后送入电动机，实现反转控制，主电路的其他元件的作用与单向起动线路相同。辅助电路中的 SB2 和 SB3 只使用常开触点进行起动控制，每只接触器除使用一只常开触点进行自保外，还将一只常闭触点串联在相反转向的接触器线圈通路中，以进行联锁，防止电源短路，线路控制动作如下：合上隔离开关 QS。



按规定标好原理图上的线号（图 3-107），应注意辅助电路双导线的标注方法。

(2) 绘制安装接线图。安装接线图如图 3-108 所示。图中刀开关 QS、熔断器 FU1、正转接触器 KM1、热继电器 FR 和接线端子板 XT 的排列要求与单向起动线路相同，将反转接触器 KM2 与 KM1 并列放置。其他要求与单向起动线路相同。辅助电路中，将每只接触器的联锁触点并列画在自保触点旁边。认真对照原理图的线号标好端子号，应特别注意辅助电路中联锁线的线号不可标错。

(3) 检查电器元件。认真检查两只交流接触器的主触头、辅助

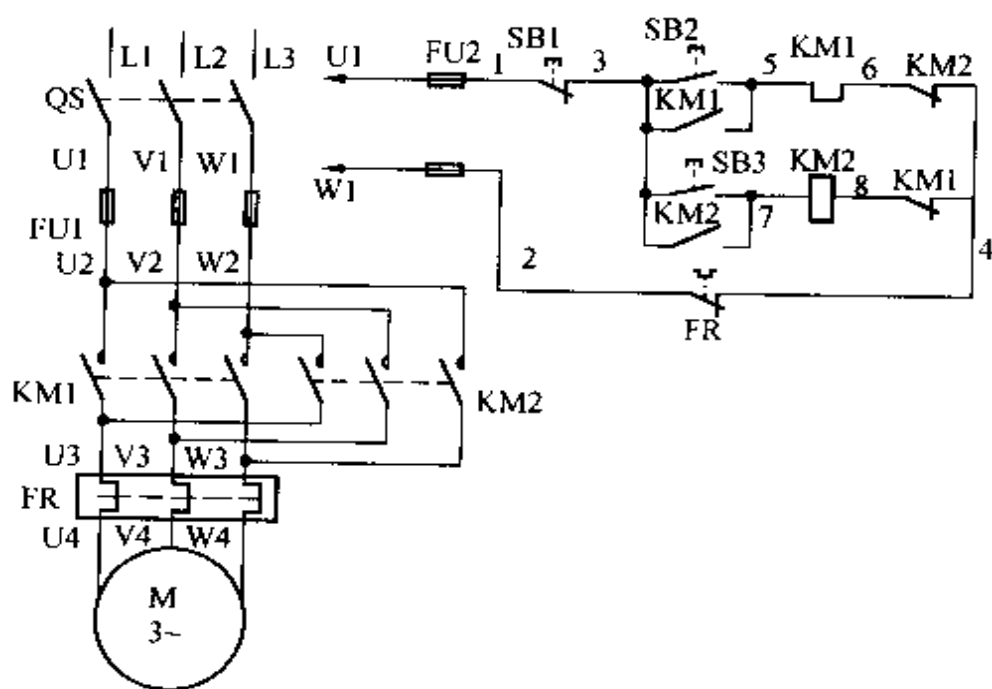


图 3-107 三相异步电动机正反向起动控制线路（辅助触点联锁）
电气原理图

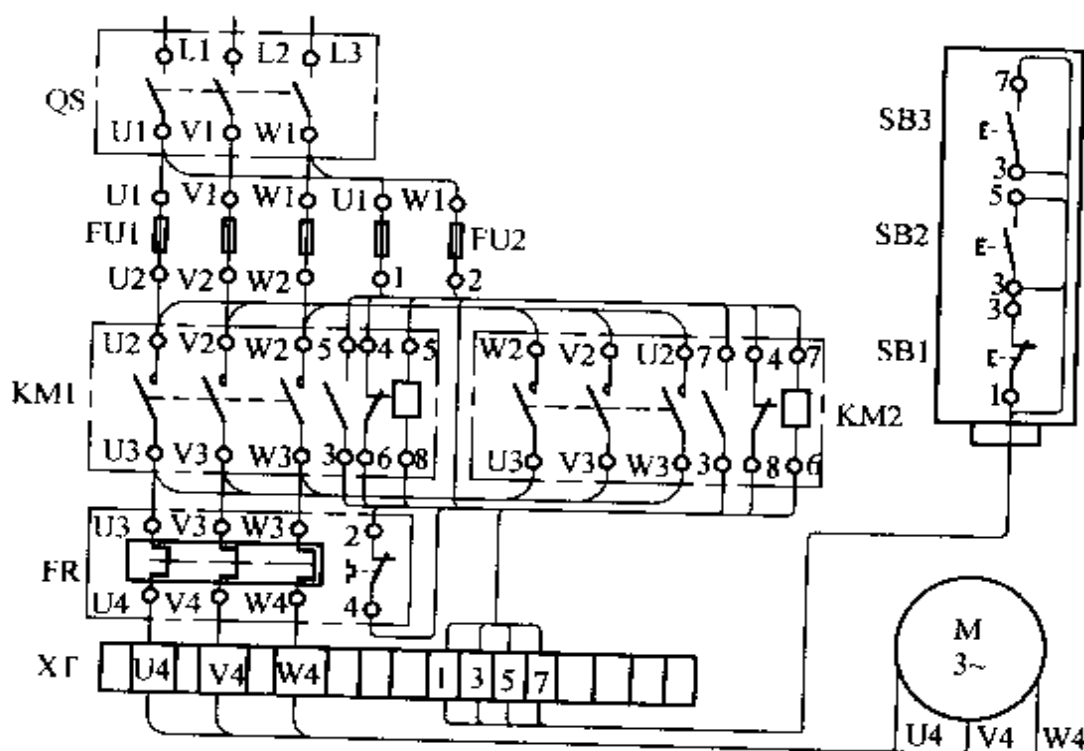


图 3-108 三相异步电动机正反向控制线路（辅助触点联锁）安装接线图

触头的接触情况，按下触头架检查各极触点的分合动作，必要时用万用表检查触点动作后的通断，以保证自保和联锁线路正常工作。此外，还应检查其他电器的结构、动作情况和进行必要的测量、记录，并排除检查中发现的电器故障。

(4) 固定电器元件。按照接线图规定的位置在底板上定位、钻孔和固定电器元件。

(5) 照图接线。接线的顺序、要求与单向起动线路基本相同，但应注意：

①主电路从 QS 到接线端子板 XT 之间的走线方式与单向起动线路完全相同，两只接触器主触点端子之间的联线可以直接在主触点高度的平面内走线，不必向下贴近安装底板，以减少导线的弯折。

②应按线号的顺序接线，特别要注意按钮盒内各端子的接线不要搞错，否则，容易引起 KM1 和 KM2 同时动作而造成短路。

③按钮盒内有五根引出导线，应使用护套线接入安装底板上的接线端子板 XT。接线前应先校线（使用试灯、蜂鸣器或万用表），接线时要套好线号管，以便检查。

敷设辅助电路时，应先敷设两只接触器的自保线路，核查无误后再敷设联锁线路。此时应注意，自保线为单号，联锁线为双号，前者装在接触器线圈的前端，后者装在接触器线圈的后端，这两部分线路没有公共接点，应反复核对，不可接错。

(6) 检查线路和试车。对照原理图、接线图逐线核查，重点检查主电路两只接触器之间的换相线和辅助电路的自保、联锁线路，防止错接、漏接；检查各接线端子处接线情况，排除虚接故障；摘下 KM1、KM2 的灭弧罩，合上隔离开关 QS，用万用表电阻挡 ($R \times 1$) 检查以下各项：

1) 主电路。断开 FU2，切除辅助电路，对主电路进行以下检查：

①检查各相通路。两支表笔分别接 L1 ~ L2、L2 ~ L3 和 L1 ~ L3 端子，测量相间电阻值，未操作前应测得断路；分别按下

KM1、KM2 的触头架，均应测得电动机一相绕组的直流电阻值。

②检查电源换相通路。两支表笔分别接 L1 端子和接线端子板上的 U4 端子，按下 KM1 的触头架，应测得 $R \rightarrow 0$ ；松开 KM1 而按下 KM2 的触头架时，应测得电动机一相绕组的电阻值。用同样方法测量 L3-W4 之间的通路。

2) 辅助电路。断开 FU1，切除主电路，接通 FU2，将万用表两支表笔接于 QS 上端的 L1、L3 端子，对辅助电路作以下检查：

①检查正反向起动和停车控制。操作按钮前应测得断路；分别按下 SB2 和 SB3，应测得 KM1 和 KM2 的线圈电阻值；如果同时再按下 SB1，则万用表应显示线路由通而断。

②检查自保线路。分别按下 KM1 和 KM2 的触头架，应分别测得 KM1、KM2 的线圈电阻值。

③检查联锁线路，按下 SB2（或按下 KM1 的触头架），测得 KM1 线圈电阻值后，再轻轻按下 KM2 的触头架，使其常闭触点分断，万用表应显示线路由通而断；用同样方法检查 KM1 对 KM2 的联锁作用。

④检查过载保护环节。摘下 FR 盖板，轻拨热元件自由端，使其触点动作，应测得电路由通而断（先按下 SB2 或 SB3，使辅助电路接通），然后使该触点复位。

完成上述各项检查后，清理好工具和安装板，检查三相电源电压，将热继电器动作电流整定值按电动机的需要调节好，然后进行试车。试车内容如下：

1) 空操作试验。断开 FU1，切除主电路，合上隔离开关 QS，做以下几项试验：

①正、反向起动、停车。按下 SB2，KM1 应立即动作，并保持吸合状态；按下 SB1，使 KM1 释放；按下 SB3，KM2 应立即动作，并保持吸合状态；再按下 SB1，KM2 应释放。

②联锁作用试验。按下 SB2，使 KM1 得电动作；按下 SB3，KM1 不释放且 KM2 不动作；按下 SB1，使 KM1 释放，再按下 SB3，使 KM2 得电吸合，按下 SB2，KM2 不释放且 KM1 不动作。

反复操作数次，检查联锁线路的可靠性。

③用绝缘棒按下 KM1 的触头架，KM1 应得电并保持吸合状态；再用绝缘棒缓慢地按下 KM1 的触头架，KM1 应释放，随后 KM2 得电吸合；再按下 KM1 的触头架，则 KM2 释放而 KM1 吸合。

做联锁作用试验时，应注意：为保证安全，试验前应检查 FU1 是否已断开，并且必须用绝缘棒操作接触器的触头架。

2) 带负载试车。切断电源后，接通 FU1，装好接触器灭弧罩，合上隔离开关后试车。试车时，操作 SB2，使电动机正向启动；操作 SB1，停车后，再操作 SB3，使电动机反向启动。试车过程中要注意观察电动机启动时的转向和运行声音，如果出现异常现象，则应立即停车检查。

262. 三相异步电动机的辅助触点联锁正反向启动控制线路接线后，通电试运行时有哪些常见故障？怎样检查和处理？

三相异步电动机的辅助触点联锁正反向启动控制线路电气原理图和安装接线图如图 3-107 图 3-108 所示。这种线路接线后通电试运行时，一般有以下几种常见故障，可分别进行检查和处理。

(1) 按下 SB2 或 SB3，KM1 或 KM2 均能正常动作，但松开这两个按钮，两个接触器都释放。

根据上述故障情况，可以判断故障是由于两只接触器的自保线路失效引起的，因为两只接触器的辅助触点同时损坏的可能性很小，所以应怀疑两只接触器的自保线接错。

经检查核对接线情况，发现将 KM1 的自保线错接到 KM2 的常开辅助触点上，而将 KM2 的自保线则错接到 KM1 的常开辅助触点上，二者交叉接错，结果两只接触器都不能自保。此时只要改正二者的接线，故障即可消除。

(2) 按下 SB2，接触器 KM1 剧烈振动，主触点严重起弧，电动机时转时停；松开 SB2，KM1 释放。按下 SB3，KM2 的现象与 KM1 相同。

由于 SB2、SB3 可以分别控制 KM1 和 KM2，而且 KM1、KM2 都可以起动电动机，因此可以判定主电路工作正常，故障是辅助电路引起的。而从接触器剧烈振动这一现象来看，应怀疑自保、联锁线路存在问题。

经检查核对接线情况，按钮接线和两只接触器的自保线均正确。但检查联锁线时，发现从 KM1 线圈下端子引出的 6 号线错接到 KM1 联锁触点的 8 号端子上，而从 KM2 线圈下端子引出的 8 号线则错接到 KM2 联锁触点的 6 号端子上。当按下任一只按钮时，接触器得电动作后，联锁触点分断而切断自身线圈通路，造成线圈失电而触点复位，又使线圈得电动作，如此往复循环，因此接触器振动，电动机时转时停。此时将接触器联锁触点上端子引线改接到相反转向的接触器线圈下端子上，检查后重新通电试车，接触器就会正常动作且有自保作用。

263. 怎样装接三相异步电动机的双重联锁正反向起动控制线路？

(1) 熟悉电气原理图。图 3-109 是双重联锁正反向起动控制线路的电气原理图。这种线路的主电路与辅助触点联锁控制线路的主电路完全相同，而辅助电路则是按钮联锁和辅助触点联锁这两种控制线路的辅助电路的组合，其原理很容易理解，读者可参照“261 问”，自己分析线路的控制动作，并标注好线号（图 3-109）。

(2) 绘制安装接线图。主电路各电器元件的布局 and 位置与辅助触点联锁控制线路的主电路相同，辅助电路的走线方式也与辅助触点联锁控制线路的辅助电路相同，因此双重联锁控制线路的安装接线图可参照 261 问第(2)项所介绍的方法来绘制。但是，必须指出，由于双重联锁控制线路的自保、联锁线号多，绘图时要特别仔细标注端子号，尤其要注意区分触头和线圈的上、下端（图 3-110）。

(3) 检查电器元件。可参照 261 问第(3)项所介绍的方法认真检查电器元件。

(4) 固定电器元件。按照接线图规定的位置将各电器元件定

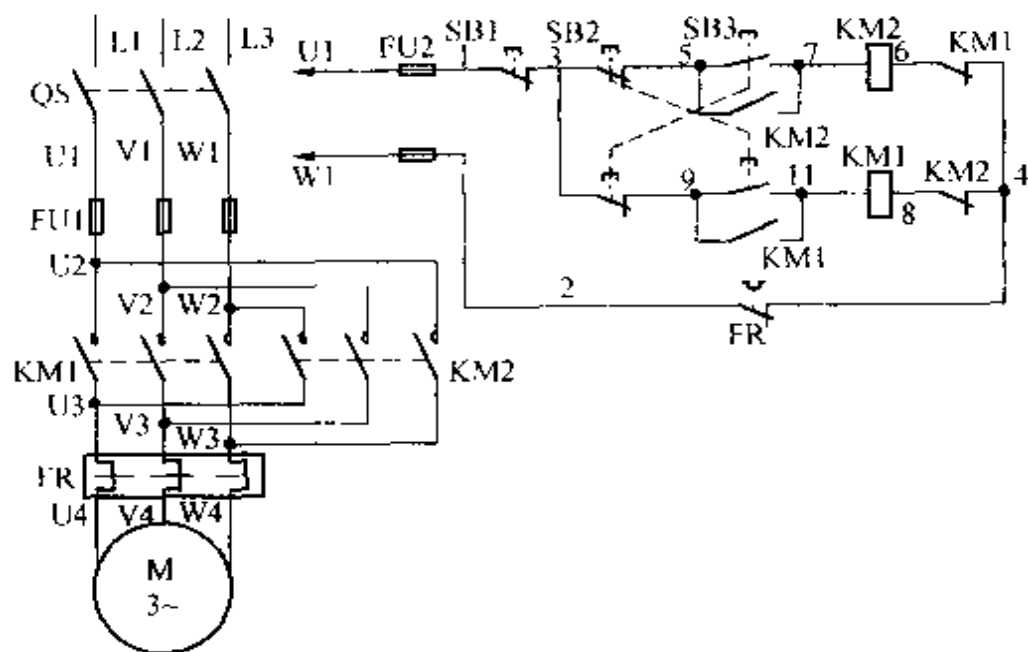


图 3-109 三相异步电动机可逆起动控制线路（双重联锁）电气原理图

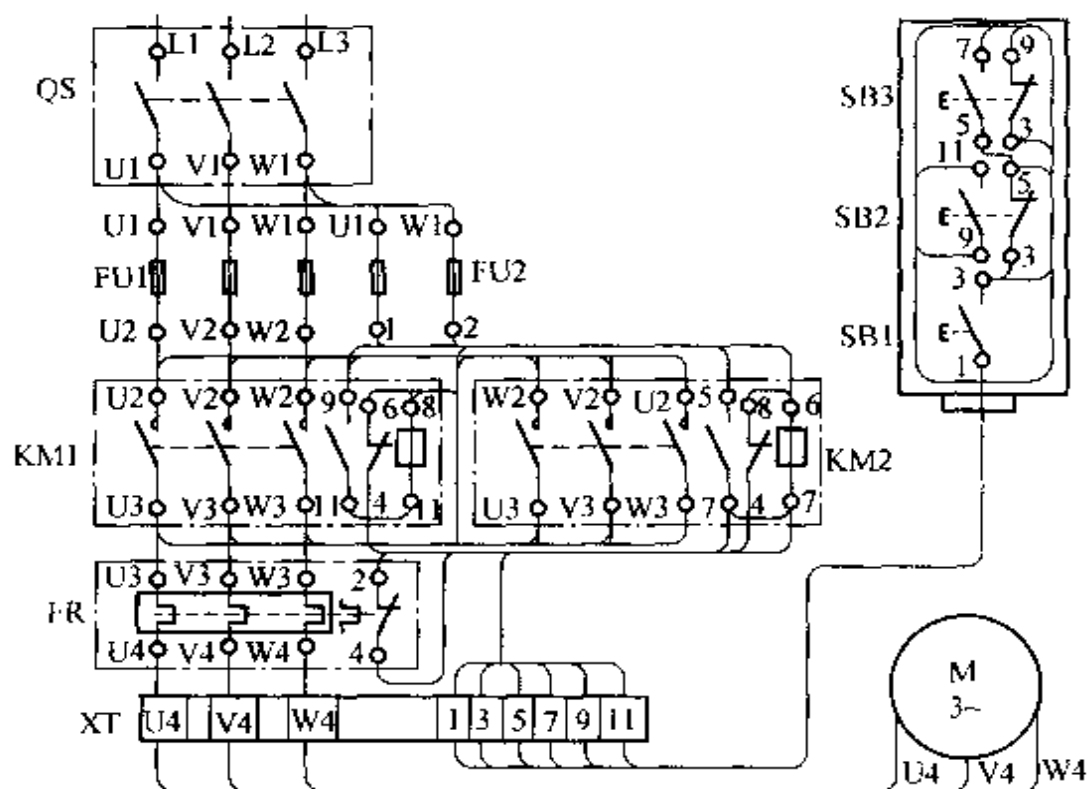


图 3-110 三相异步电动机可逆起动控制线路（双重联锁）安装接线图

位，钻孔后将电器元件固定牢靠。

(5) 照图接线。按 261 问第 (5) 项的要求先接好主电路，然

后接辅助电路。接辅助电路时，可先接各接触器的自保线，然后接按钮联锁线，最后接辅助触点联锁线。由于辅助电路线号多，应随接线随核查，即每接好一条线，就在接线图上标一个记号，以避免漏接、错接和重复接线。

(6) 检查线路和试车。对照原理图、接线图认真逐线核查，重点检查主电路 KM1 和 KM2 之间的换相线和辅助电路中按钮、接触器辅助触点之间的连接线，特别要注意每一对触点的上下端子接线不可颠倒，同一导线两端不可错号；检查各接线端子处接线的紧固情况，排除虚接故障；摘下 KM1 和 KM2 的火弧罩，合上隔离开关 QS，用万用表的 $R \times 1$ 挡检查以下各项：

1) 检查主电路。断开 FU2，切除辅助电路，按照 261 问所介绍的方法检查主电路。

2) 检查辅助电路。断开 FU1，切除主电路，接通 FU2，将万用表表笔接于 QS 上端的 L1、L3 端子，对辅助电路作以下检查：

①检查起动和停车控制。分别按下 SB2、SB3，应测得 KM1、KM2 的线圈电阻值；在操作 SB2 和 SB3 的同时，按下 SB1，万用表应显示电路由通而断。

②检查自保线路。分别按下 KM1、KM2 的触头架，应测得 KM1、KM2 的线圈电阻值；在按下 KM1、KM2 触头架的同时，按下 SB1，万用表应显示电路由通而断。测量时如果发现异常现象，则应重点检查接触器自保触点上下端子的连线。容易错接处是：将 KM1 的自保线错接到 KM2 的自保触点上；将常闭触点用作自保触点等。检查时针对异常现象进行分析、判断，并排除故障。

③检查按钮联锁。按下 SB2，测得 KM1 的线圈电阻值后，再按下 SB3，万用表应显示电路由通而断；同样，先按下 SB3，再按下 SB2，也应测得电路由通而断（测量时如果发现异常现象，则应重点检查按钮盒内 SB1、SB2 和 SB3 之间的连线）；检查由按钮盒引出的护套线与接线端子板 XT 的连接是否正确，若发现错误，应予以纠正。

④检查辅助触点联锁线路。按下 KM1 的触头架，测得 KM1 的线圈电阻值后，再按下 KM2 的触头架，万用表应显示电路由通而断；同样，先按下 KM2 的触头架，再按下 KM1 的触头架，也应测得电路由通而断。测量时如果发现异常现象，则应重点检查接触器常闭触点与相反转向接触器线圈端子之间的联线。常见的错误接线是：将常开触点错当作联锁触点；将接触器的联锁线错接到同一接触器的线圈端子上等。检查时应对照电气原理图和安装接线图认真核查，查出错接现象，应予以消除。

完成上述各项检查后，清理好工具和安装板，检查三相电源电压，将热继电器的动作电流整定值按电动机的需要调节好，然后进行试车。

1) 空操作试验。断开 FU1，切除主电路，合上隔离开关 QS，做以下几项试验：

①检查正反向起动、自保线路和按钮联锁线路。交替按下 SB2、SB3，观察 KM1 和 KM2 受其控制的动作情况，细听它们运行中的声音，观察按钮联锁作用是否可靠。

②检查辅助触点联锁动作。用绝缘按下 KM1 的触头架，当其自保触点闭合时，KM1 线圈立即得电，触头保持闭合状态；再用绝缘棒轻轻按下 KM2 的触头架，使其联锁触点分断，则 KM1 应立即释放；继续将 KM2 的触头架按到底，则 KM2 得电动作；再用同样方法检查 KM1 对 KM2 的联锁作用。反复操作几次，以观察线路联锁作用的可靠性。

2) 带负载试车。切除电源，接通 FU1，检查控制线路带负载的工作情况。合上 QS 后，先操作 SB2 起动电动机，待电动机的转速达到额定值，再操作 SB3，此时要注意观察电动机的转向是否改变。交替操作 SB2 和 SB3 的次数不可太多，动作应慢，以免电动机过载。

双重联锁控制线路接线后试运行时的常见故障，与辅助触点联锁控制线路相同，可参照 262 问所介绍的方法进行检查和处理。

264. 三相异步电动机的控制线路安装后怎样进行通电试车？

如果初学者参与控制线路的安装，为保证他们的安全，控制线路的通电试车，应在有经验的师傅指导下进行，试车前除按照 258 问的要求对线路进行检查外，还应做好以下准备工作：

- ①清点接线时用的工具，检查有无工具遗留在线路上；
- ②清除安装底板上的线头、杂物；
- ③装好接触器的灭弧罩；
- ④检查各组熔断器的熔体是否装好，规格是否符合要求；
- ⑤分断各开关设备，使按钮、行程开关等处于未操作前的状态；
- ⑥检查三相电源是否对称等。

通过以上检查，确认具备试车条件，就可按下述步骤进行通电试车：

(1) 空载试车。先切断主电路（一般可断开主电路的熔断器），装好辅助电路上的熔断器，然后接通三相电源，使线路不带负载（电动机）运行，以检查辅助电路工作是否正常。检查的项目如下：

- ①操作各按钮，检查它们对接触器、继电器的控制作用；
- ②检查接触器的自保、联锁等的控制作用；
- ③用绝缘棒操作行程开关，检查它的行程控制或限位控制作用；
- ④观察各电器的动作是否灵活，有无卡住或阻滞现象；
- ⑤细听各电器动作时有无过大的振动或噪声；
- ⑥检查有无线圈过热等现象。

(2) 带载试车。控制线路经过空载试车，确认其工作正常，就可切断电源，接通主电路，带载试车。试车时，在电动机起动前，应做好停车准备，起动后要注意它的运行情况。如果发现电动机起动困难，发出噪声或线圈过热等现象，则应立即切断电源进行检查。

(3) 进行调试。有些控制线路的控制动作，需要进行调试。例

如定时运行线路的运行时间和间隔时间，Y- Δ 启动线路的转换时间，反接制动线路的终止速度等，均应按照各线路的情况和具体要求进行调试。

控制线路试运行正常后，便可正式投入运行。

265. 电动机控制线路的故障分为哪两类？故障原因是什么？有何后果？

电动机控制线路的故障分为自然故障和人为故障两类。

(1) 自然故障。控制线路的自然故障，是由于电动机运行中过载、振动，金属屑和油垢等侵入，造成电气绝缘强度下降、触点熔焊和接触不良、电路接点接触不紧密、散热条件恶化，甚至发生接地或短路等引起的。

(2) 人为故障。控制线路的人为故障，是由于排除电气故障时未查明故障的真正原因，对控制电路工作原理的基本概念模糊，或者安装控制线路时布线错误，或检修操作不当，不合理更换元件或改动线路等原因引起的。

电动机的控制线路一旦发生故障，其后果是：轻者电动机不能工作，影响正常生产；重者造成人身或设备事故。因此，应加强对电动机的日常维护检查，及时消除隐患，防止发生事故。而事故发生后，则应彻底查明原因并予以排除。

266. 检查测试电动机的控制线路应注意哪些问题？怎样通电检查或使用万用表检查电动机控制线路的故障？

检查测试电动机的控制线路应注意：

(1) 测试前应详细了解电路图、元件布置和电路布线情况，并仔细核对导线标号，以免发生差错。

(2) 测试用的导线，其绝缘应良好，无绝缘的裸露部分应尽量短，以免测量过程中发生短路故障。

(3) 使用兆欧表测量电路绝缘电阻时，测试前应将电子器件（如晶体管、低压电容器等）断开，以免它们被高压击穿。

(4) 需要重新调整电动机、电器和保护装置时, 应按照技术要求进行调整, 整定值不得任意改变, 以免失控。同时, 应详细记录调整前后的数据, 以备参考。一般情况下, 应尽量避免无目的的乱动、乱调。

(5) 在测试过程中, 如果需要拆开电动机或电器的接线, 则应注意有无标号。若无标号, 应补上。否则, 容易发生差错。

(6) 对原来断开的电路送电时, 应先检查有无接地、短路故障; 对裸露的导线接头, 应使用绝缘胶带包好, 以免发生人身触电事故。

(7) 更换熔断器的熔体时, 应换上原规格的熔体。但在检测电路故障的过程中, 可使用额定电流较小的熔体, 以防合闸时故障扩大。

(8) 测试完毕和试车前, 应清理现场, 恢复测试中所有拆开的接线, 并且各种开关设备也应恢复到初始状态。只有线路正常, 电动机才可投入运行。

对电动机控制线路故障进行通电检查的一般顺序是: 先查控制电路, 后查主电路; 先查交流电路, 后查直流电路; 先查主令开关电路, 后查继电器、接触器控制电路。通电检查的一般方法是: 操作某一局部功能的开关或按钮, 观察与其相关的接触器、继电器等动作是否正常。若动作顺序与控制线路的工作原理不符, 则表明与此相关的电路存在故障。

通电检查时应尽可能断开主电路, 只在带电情况下检查控制电路, 以避免运动部件误碰撞而导致故障进一步扩大。总之, 通电检查要特别注意人身和设备安全, 不得随意接触带电部位, 要充分估计局部线路动作可能产生的各种后果。

使用万用表检查控制线路故障, 主要是测量电压和电阻。

(1) 测量电压。使用万用表的交流电压挡逐级测量控制线路中各种电器的输出端(闭合状态)电压, 一般可以迅速查明故障点。以图 3-111 a 的正转控制回路为例, 测量其电压的操作步骤如下:

①将万用表的转换开关置于交流挡 500 V 量程。

②接通控制电路电源（注意先断开主电路）。

③检查电源电压。将黑表笔接到图 3-111 a 中的端点 1 上（俗称接地），再用红表笔去测量端点 2。若端点 2 无电压或电压异常，则表明电源部分有故障，可进一步检查控制电源变压器和熔断器等；若端点 2 的电压正常，则可继续按以下步骤操作。

④按下 SB1。若 KM 正常吸合并自锁，则表明该控制回路无故障，应依次检查其主电路；若 KM 不能吸合或不能自锁，则继续按以下步骤操作。

⑤用红表笔测量端点 3。若测得的电压与电源电压不符，一般可考虑是触头或引线接触不良；若无电压，则应检查热继电器是否动作，必要时还应排除主电路中导致热继电器动作的原因。

⑥用红表笔测量端点 4。若无电压，一般可考虑按钮 SB2 未复位或接线松脱。

⑦最后按住 SB1 来测量端点 5。若无电压，可考虑是触头接触不良或接线松脱；若电压正常，则可能是接触器 KM 内部有开路故障。

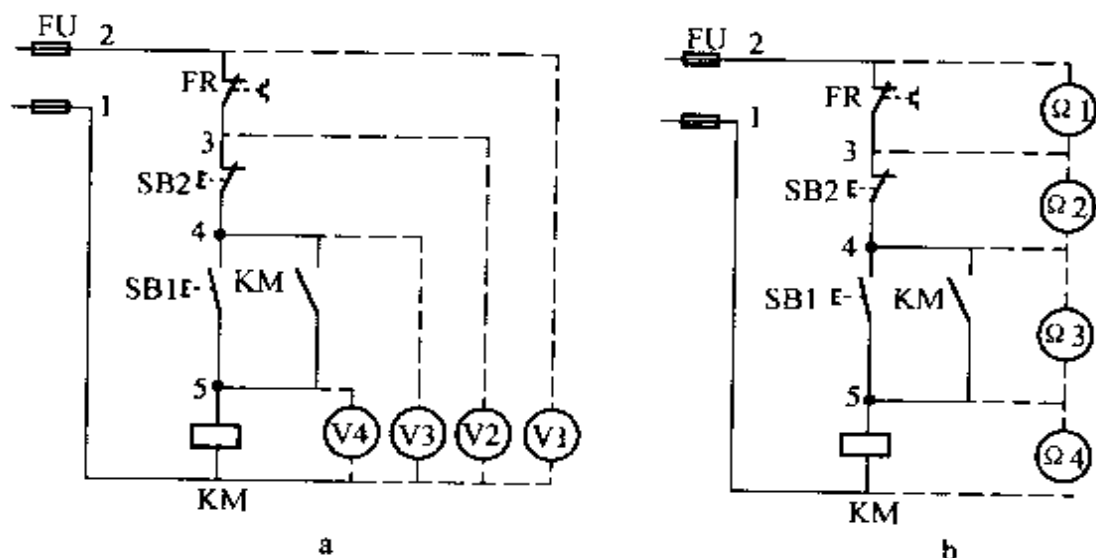


图 3-111 万用表测量电压和电阻

a. 电压测量法；b. 电阻测量法

总之，测量控制线路的电压，应掌握以下要点：

①主令电器的常开触点出线端在正常情况下应无电压，常闭触

点的出线端在正常情况下，所测电压应与电源电压相符。若有外力使触头动作，则测量结果应与未动状态的测量结果相反。

②接触器和继电器的控制触点在前面电路导通的情况下，其出线端的电压应与主令电器的电压一致。

③对于各导电元件（如电磁线圈），仅测量电压还不能确定其故障原因。

(2) 测量电阻。测量控制线路的电压虽然既方便又准确，但必须带电操作，而且不适用于带电元件。而测量电阻则正好可弥补它的不足。以图 3-111 b 所示控制回路为例，测量其电阻的操作步骤如下：

①将万用表的转换开关置于电阻挡的适当量程上。

②断开所测电路的电源。

③断开所测电路与其他电路并联的连线。

④将两支表笔分别接触端点 2 和端点 3。若阻值无穷大，则表明热继电器已动作断开或接线松脱。

⑤将两支表笔分别接触端点 3 和端点 4。若阻值无穷大，则表明 SB2 复位不良或接线松脱。

⑥将两支表笔分别接触端点 4 和端点 5。当按住 SB1 时，两点间的阻值应为零；松开 SB1 时，两点间的阻值应为无穷大。

⑦对于接触器线圈这类耗电元件，其进出线两 endpoint 间的阻值应与该电器铭牌上标出的阻值相符。若实测阻值偏大，则说明其内部接线接触不良；若实测阻值偏小或为零，则表明其内部绝缘损坏甚至被击穿。对未注明阻值的电器，可根据其铭牌上的额定电压和功率将阻值换算出来。

267. Y- Δ 降压起动线路有哪些常见故障？故障原因是什么？

以图 3-112 c 为例，星-三角（Y- Δ ）降压起动线路的常见故障和故障原因分述如下。

(1) 按下起动按钮 SB1，电动机不起动。这种故障的原因可分三步来检查。

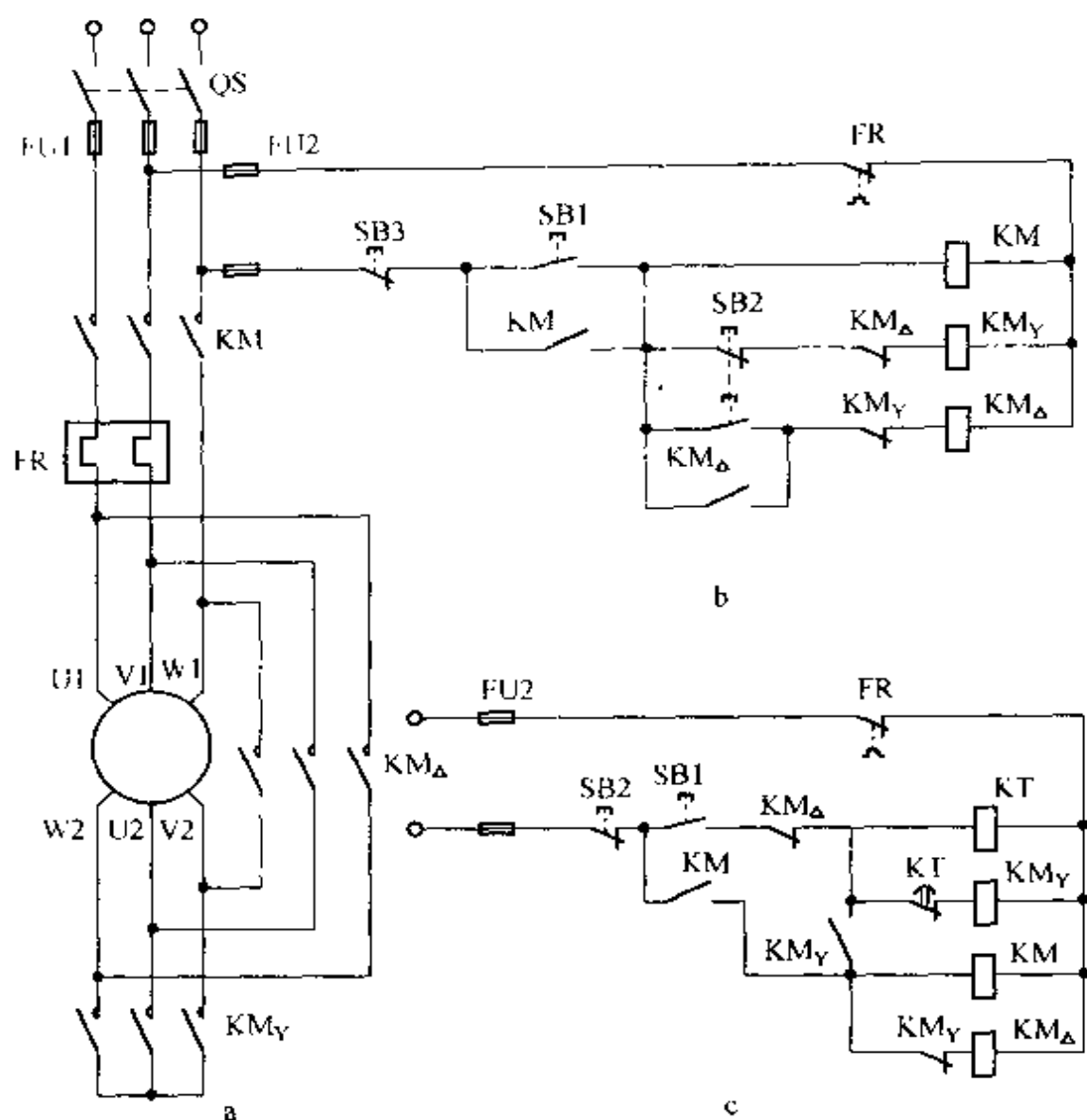


图 3-112 接触器手控和时间继电器控制的 Y- Δ 降压启动线路

a. Y- Δ 启动原理图；b. 接触器手动控制的辅助控制电路；

c. 时间继电器控制的 Y- Δ 启动控制电路

①先观察时间继电器 KT 是否吸合，若不吸合，则故障可能在 KT 的共用电路上，可检查熔断器 FU2、FU1 的熔体是否熔断，电源有无电压，热继电器 FR 的触点是否断开，停止按钮 SB2 的常闭触点是否接触不良，启动按钮 SB1 的常开触点和 KM_{Δ} 的常闭触点是否接触良好，以及 KT 本身有无故障。

②当按下启动按钮 SB1 时，若 KT 动作而 KM_{γ} 不动作，则故

障可能在 KM_Y 的电路上。

③当按下起动按钮 SB1 时，若 KT、 KM_Y 和 KM 都吸合，则故障可能主电路上。

(2) Y- Δ 转换太慢或不能进行 Y- Δ 切换。其原因是：

①时间继电器存在故障。如气室进气孔堵塞、延时时间整定太长、触点 KT 不能分断等。

②接触器 KM_Y 由于触点熔焊或机械原因而不能断开。

(3) 由 Y 接转换成 Δ 接时，电动机停止运转。其原因是：

①接触器 KM_Y 的常闭触点接触不良。

②接触器 KM_{Δ} 由于本身存在故障而不能吸合。

(4) 电动机 Δ 接运行时，接触器振动且触点间的火花很大。其原因是：

①接线错误。单独进行 Y 形或 Δ 形接线时一般不易发生接线差错，但在 Y- Δ 起动控制中，电动机的六根端线必须引到控制盘上，此时接线既要考虑两接触器的连接，又要考虑电动机绕组的接法。Y 接时一般不易出错，但 Δ 接时往往失误较多。例如将三相中某一相的头尾接于一点，或头尾接错，造成电动机缺相运行，以致定子电流过大，电压波动，接触器振动，触点间的火花增大。

②接触器 KM_{Δ} 存在故障。接触器的一个主触点接触不良和连接导线松动，造成电动机缺相运行；灭弧装置损坏或受潮，造成触点间的火花增大。

通常，Y- Δ 起动控制电路借助时间继电器进行自动转换，如果继电器调整不好或出现其他失误，试车时影响范围往往较大。因此，控制电路安装或大修后试车时，先不接电动机或者只接一小容量的 Δ 接电动机对控制电路进行调试，调试完毕，接上所用电动机投入运行。

接触器 KM 和 KM_{Δ} 接通和分断电流较大，容易发生故障，对二者应经常进行保养和调整。

268. 自耦降压起动器的降压起动线路有哪些常见故障？故障原因是什么？

以图 3-113 所示自耦降压起动器的降压起动线路为例，其常见故障和故障原因如下。

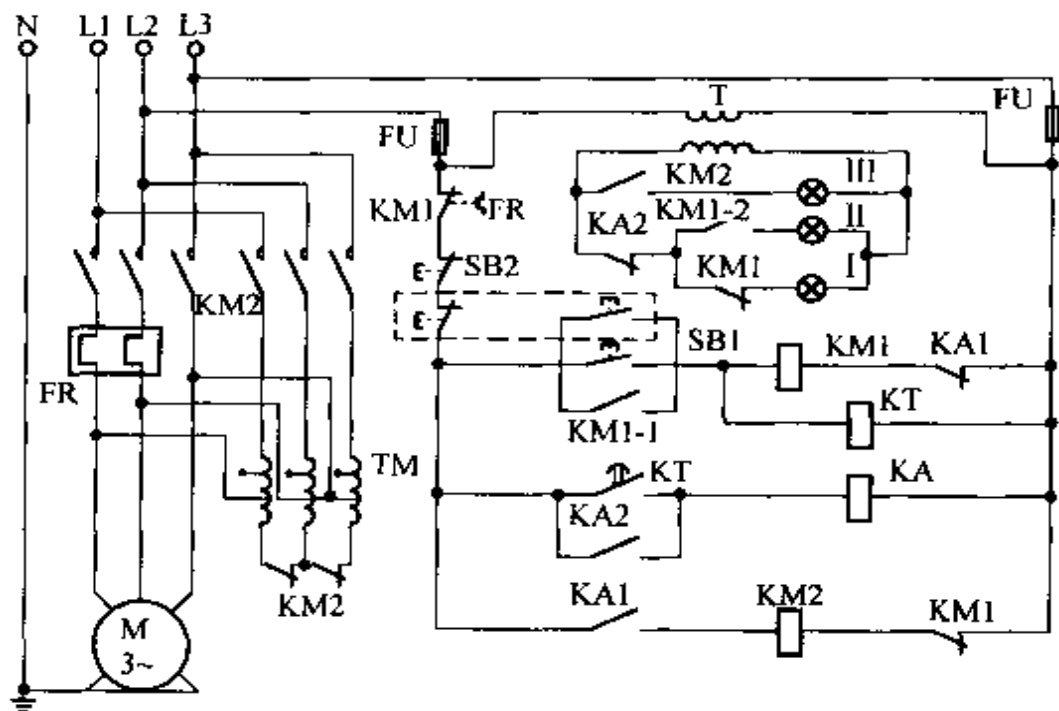


图 3-113 时间继电器控制的自耦变压器降压起动线路

(1) 电动机不能起动。可按下起动按钮，观察接触器 KM1 是否吸合，根据 KM1 的动作情况，按以下两种现象分析故障原因：

1) 接触器 KM1 不吸合。

①看电源指示灯是否亮，如果不亮，说明电源无电压或熔断器 FU 的熔体熔断；

②看时间继电器是否吸合，如果不吸合且指示灯 I 亮，则可能是热继电器触点 FR、停止按钮 SB2 和起动按钮 SB1 等的触点接触不良；

③接触器 KM1 本身存在故障。

2) 接触器 KM1 动作，电动机不转但有嗡嗡声。

①电动机过载，机械部分存在故障，造成反转矩过大；

②传动胶带太紧或电压过低；

③接触器 KMI 的主触点一相接触不良或者 KM2 的一个常闭触点接触不良；

④电压抽头的电压百分比选得太低，电源一相无电压或电动机本身存在故障。

(2) 自耦变压器发出“嗡嗡”声。其原因是：

①变压器铁芯松动或变压器过载等。

②变压器线圈接地。

③电动机短路或其他原因造成起动电流过大。

(3) 自耦变压器过热。其原因是：

1) 自耦变压器短路、接地。

2) 起动时间过长或电路不能切换成全压运行。当发现这种故障时，应立即停车，否则，自耦变压器将烧毁（因为电动机正常起动时间很短，自耦变压器是按短时通电设计制造的，只允许连续起动两次）。此时应从以下几方面查找原因：

①时间继电器由于延时时间整定得过长、线圈短路、机械受阻等而不能吸合；

②时间继电器 KT 的延时闭合常开触点不能闭合或接触不良；

③中间继电器 KA 本身存在故障，不能吸合。

3) 起动过于频繁。

(4) 接触器 KMI 释放后电动机停转。其原因是：

①KMI 常闭触点接触不良，造成接触器 KM2 的电路不通。

②中间继电器 KA 在 KM2 电路上的常开触点接触不良。

③接触器 KM2 由于本身存在故障而不能吸合。

④切换太快（切换时间过短），原因是 KT 整定时间太短，造成电动机起动状态还未结束便转为工作状态，较长时间的大电流通过热继电器的感温元件，热继电器的辅助触点跳开，电动机停车。

269. 电动机的主电路上常发生哪些故障？故障原因是什么？怎样处理？

(1) 电源开关的机械部分动作失灵或操作失误。如未将三相刀片合到位；接触部位的接触电阻大而发热打火，造成触头烧损；由于开关机械部分动作失灵，某一相未合好，导致电动机缺相运行，此时电机发出嗡嗡声，转速降低。

(2) 熔断器熔体熔断。如果更换熔断器的熔体后，电动机仍不能起动或熔断器的熔体再次熔断，就应考虑换上的熔体是否符合要求，或线路其他部分有无永久性故障。

(3) 接触器的主触点接触不良或熔焊。故障原因和处理方法见 97 问。

(4) 热继电器误动作、不动作或热元件烧断。故障原因和处理方法见 120 问。

(5) 连接点接头脱落或螺母松动。接线时接点焊接不牢固或螺母未拧紧，可重新施焊或拧紧螺母。

一旦发生上述故障，往往导致电动机不能起动，不能停转，甚至被烧毁。

必须指出，电动机不能起动并不一定是故障造成的，有时是由于传动机械卡住、机械负载过重或电网电压过低等原因引起的，这些往往为人们所忽视，应予以注意。

270. 什么叫做寄生电路？它是怎样造成误动作的？

寄生电路又称假回路，它是在控制电路的运行过程中，当达到某种特定条件时，出现并非设计所需的意外接通的电路，这种电路属于整个电路的一部分，它在一般正常情况下参与动作不会出现错误，但在一定条件下就会造成误动作。这个误动作往往是由于控制电路设计不够严密或元件布置不合理而产生的，这是一种隐性的设计错误。例如，图 3-114 所示为三相异步电动机带指示灯和过热保护装置的正反转控制电路，电路正常工作时，正、反向起动，停机

和指示信号均能正确执行，但当电流过大等原因造成热继电器 K 动作时，电路就会出现如图 3-114 虚线所示的回路，使正向交流接触器 KM1 不能释放，从而失去过热保护作用。可见，寄生电路的危害是很大的，所以设计控制电路时，应进行多方面的考虑，以适应可能出现的各种情况，避免产生寄生电路。

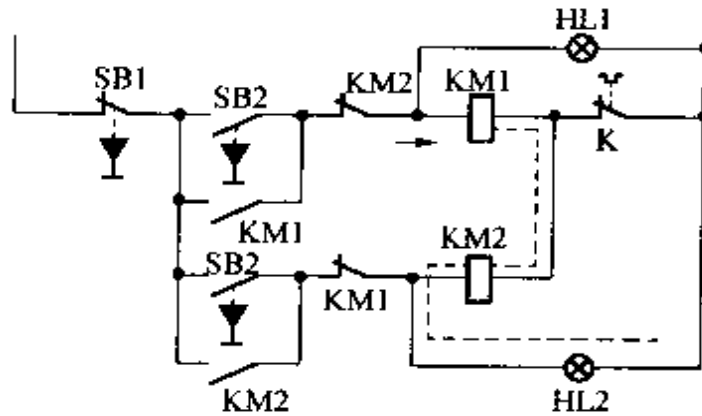


图 3-114 寄生电路现象

271. 怎样检测控制线路的接地故障？

(1) 实接地故障。以图 3-115 为例，假设电磁铁 DT 线圈发生实接地，可用电池灯按下述步骤进行测试：

①使电路断电，取下熔断器 FU，断开 LX (11~13)，使 1 与 2 之间无直接接通的可能。

②将电池灯一端接地，另一端接 1 点，此时若灯不亮，则表明 1 号线未接地。

③将电池灯一端接 2 点，若灯亮，则表明 2 号线接地。

④分别测试 DT、KM1、KA 这三条支路，先断开 DT 线圈的 2 点，若此时接电源 2 对地的电池灯熄灭，则表明该环节接地。

⑤先将电池灯线从电源 2 移到 DT 线圈 2 上，若灯亮，就将常闭触点 KM1 (3~5) 断开，若灯亮度不变，则表明 3 点未接地；最后摘掉 DT 线圈的 5，若灯的亮度仍不变，则可判定 DT 线圈接地。

(2) 虚接地故障。在图 3-115 所示的电路中，如果电磁铁 DT

线圈的绝缘老化，则对地电阻降低，但仍保持一定的接地电阻。在这种情况下，用电池灯测试，灯不会亮。若使用万用表，则必须用万用表的欧姆挡进行测试，才能判明故障。用万用表测试的方法与上述用电池灯测试实接地故障的方法相同。但应注意，只能从所测得的对地电阻值的大小差别上去判断是否存在故障，而不像使用电池灯那样根据灯的亮、灭就可一目了然判定有无故障。此外，由于线圈电阻比电路接地电阻要小得多，测试结果没有多大差别，所以测试时必须逐点断开，直到读数（即仪表示值）有明显差别，才能准确判定故障点。

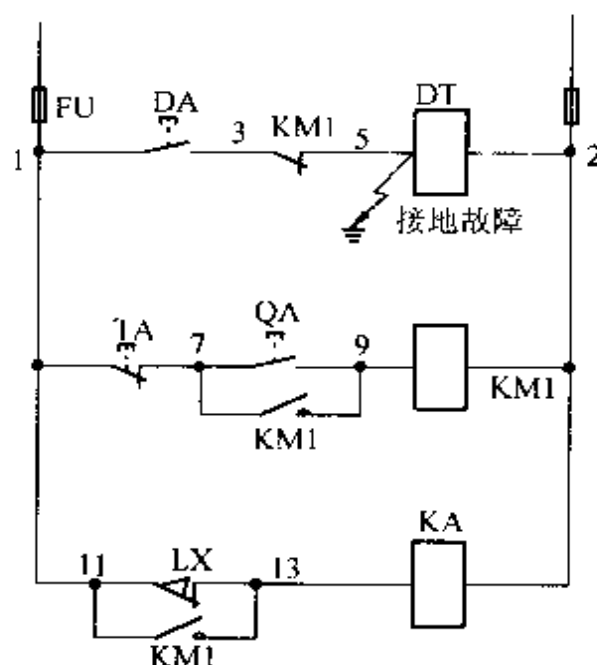


图 3-115 控制线路接地故障

此外，也可使用兆欧表来测试虚接地故障。但应注意，只能使用兆欧表的低压挡才可测出 $50\text{k}\Omega$ 以下的绝缘电阻。因为低压电路在绝缘电阻为 $0.1\sim 0.2\text{M}\Omega$ 时仍能够正常工作，若兆欧表的量程太大，就无法作出正确判断。

(3) 不稳定接地故障。为判断不稳定接地故障，应先检查各裸露部分与接地导体（如电器柜的铁箱、铁芯或金属框架等）接触（或距离太近）而有无闪络痕迹，然后借助合闸时产生的冲击电压，

观察有无放电和弧光现象。若有闪络痕迹或弧光放电现象，则可判定存在不稳定接地故障。

272. 怎样检测控制线路的断路故障和短路故障？

(1) 检测控制线路的断路故障时，首先找出故障环节，然后再逐一查出故障点。图 3-116 是可逆起动控制线路。当按下起动按钮 SB1 时，若交流接触器 KM1 不动作，则先查电源是否接通，熔体是否完好，然后检查电磁线圈是否断路，各连接点是否断开。如果都无问题，则可用一根短导线（为安全起见，可串一只大功率灯泡）将 U21 线和 9 号线短接，如果接触器 KM1 动作，则可初步判定故障点就在 FR、SB3、KM1（动合）、SB2（动断）、KM2（动断）触点上，然后将 1 与 3 号线、3 与 5 号线、5 与 7 号线、7 与 9 号线逐一短接（或者将 1 与 3 号线、1 与 5 号线、1 与 7 号线、1 与 9 号线逐一短接），就可很快查出故障点的具体部位。

采用这种短接法检查控制线路的断路故障比较方便，但要求检查人员对生产设备、生产工艺过程和控制线路十分熟悉；同时，短接时不应形成虚接，要认清线号，短接线的绝缘应良好，裸露线头应尽可能短，以免发生短路或触电事故。这种短接法也可用万用表检查来代替。

(2) 控制线路的短路故障分为电源短路和元件本身短路两种。这种故障大多是由于控制线路的线圈绝缘击穿或中间连接和接线不合理造成的。因此，检查时应首先仔细观察线圈和各接线部位有无烧焦现象。而对于元件本身的短路故障，则可采用断线法来检查。现仍以图 3-116 为例来说明控制线路短路故障的检查方法。

如果接通电源，但未按下正转按钮 SB1 或反转按钮 SB2，电动机就突然转动，则此时可先断开 3 号线，若电动机因此而停转，则可依次检查其余动合（常开）触点是否短路。若断开 3 号线，甚至将控制线路的电源都断开，电动机也仍然转动，则可能是接触器的机械部分卡住、主触点熔焊或由于剩磁等原因而造成接触器主触点闭合。

采用断线法检查控制线路的短路故障，应特别注意，不要将线

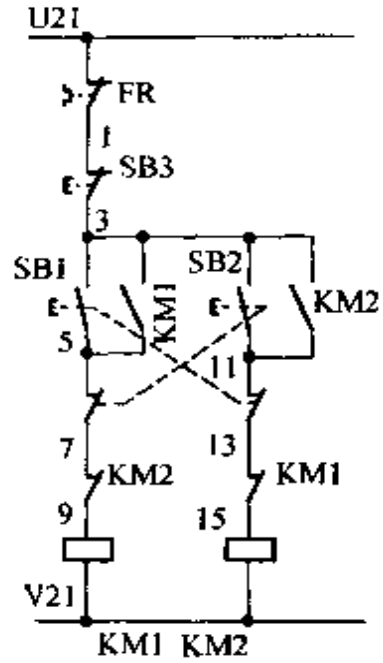


图 3-116 可逆起动控制线路

头调错，以免事故进一步扩大或造成人为故障。断线检查法同样可用万用表检查来代替。

273. 如果电动机的操作（控制）回路断线，怎样进行应急处理？

(1) 采用橡皮软电缆若干米和一个按钮，将该电动机配电屏上的端子排至机前按钮的三根线拆下，将按钮通过橡皮软电缆进行连接。控制按钮应装在便于操作的位置上（图 3-117）。

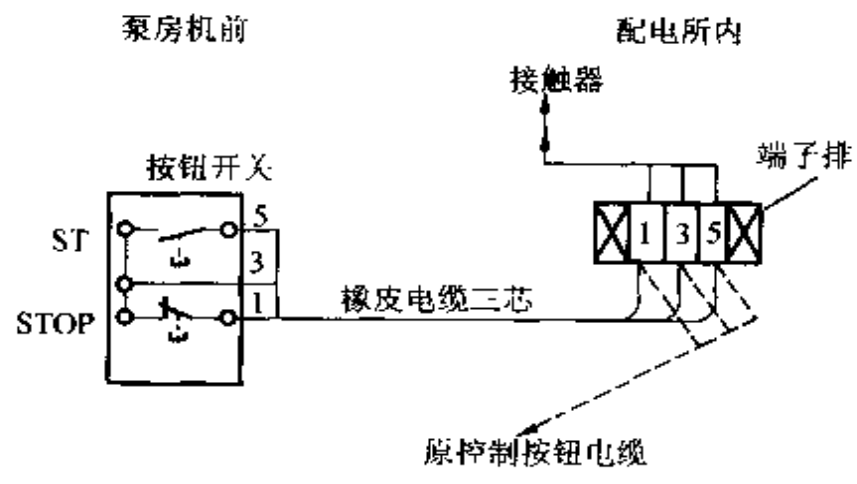


图 3-117 操作线全断的应急接线

(2) 若操作电缆断一根线，无法立即敷设新电缆，则在原线路电压为 220 V 时，可按图 3-118 进行接线。

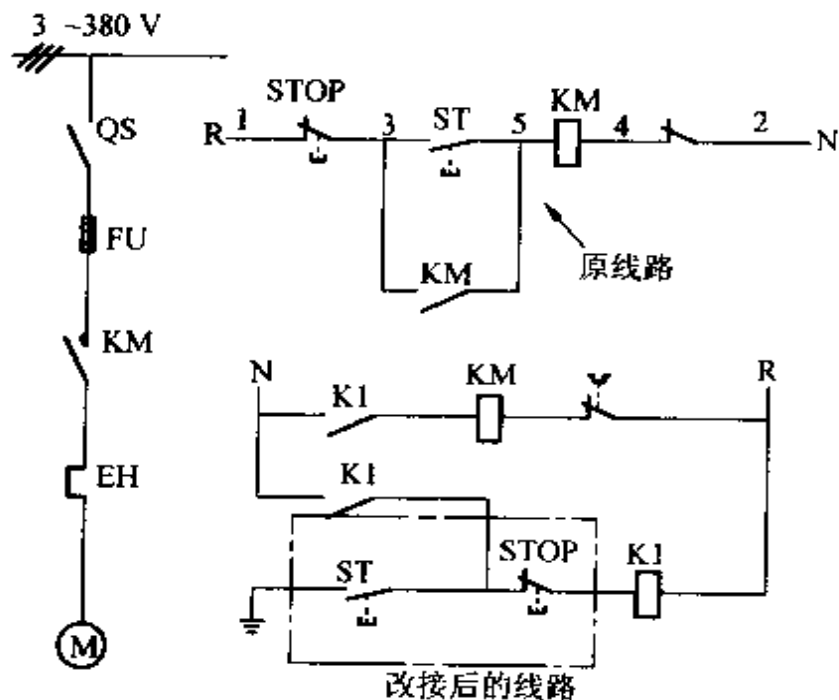


图 3-118 改接后的线路

(3) 若操作线断一根，只剩下两根线，而控制按钮也损坏不能使用，则可用转换开关来控制电动机的起动和停止，其接线方法如图 3-119 所示。

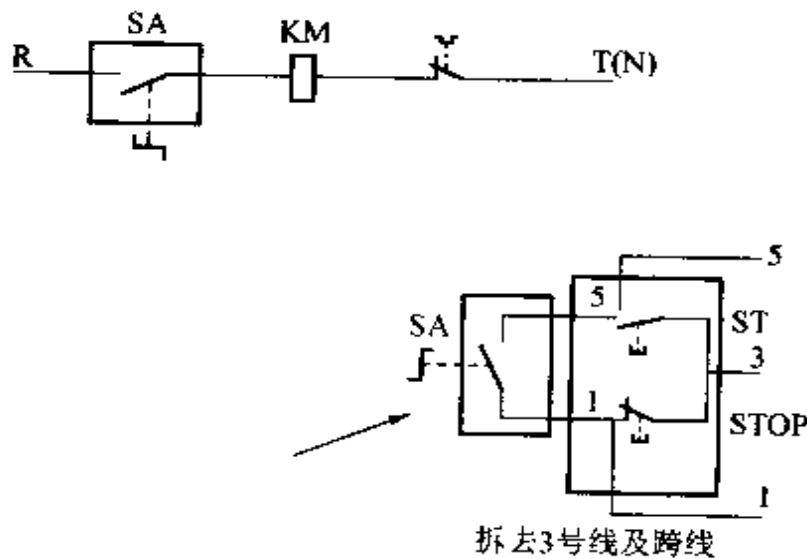


图 3-119 采用转换开关控制线路

274. 怎样检测控制线路的虚接故障和时断时通故障?

当控制线路中存在虚接故障时, 电器不能顺利动作, 或者吸不动或发生抖动。此时可采用试灯法或表测法来查找这种故障。

(1) 试灯法。以图 3-120 为例, 将控制线路接通电源后, 按下 ST, 将一只容量较大的灯泡搭接在 KM 线圈的 2 点处, 把试灯的另一端分别与 9、7、5、3 各点顺次搭接。如果灯光很暗, 则表明电路连接正常。如果试灯接在 1 点时灯光很亮, 则表明 STP (1~3) 间存在较大接触电阻。如果测试 1 点到 2 点之间的各点时, 试灯一直很暗, 则再将试灯的一根导线从 2 点移到 0 点处, 若灯亮, 表明 FR (2~0) 间存在较大接触电阻。也就是说, FR (2~0) 间有虚接点。

(2) 表测法。如图 3-120 所示, 为了使故障暴露出来, 先将一只大灯泡 (200~300 W) 并联在线圈 KM 的两端, 即把灯泡接在 2~9 两点间。由于此时线路中的电流较大, 接触电阻也大, 因此造成故障点的电压降增加, 然后用电压表测试各处的电压。如果某处的接触电阻大, 则该处就有电压指示。

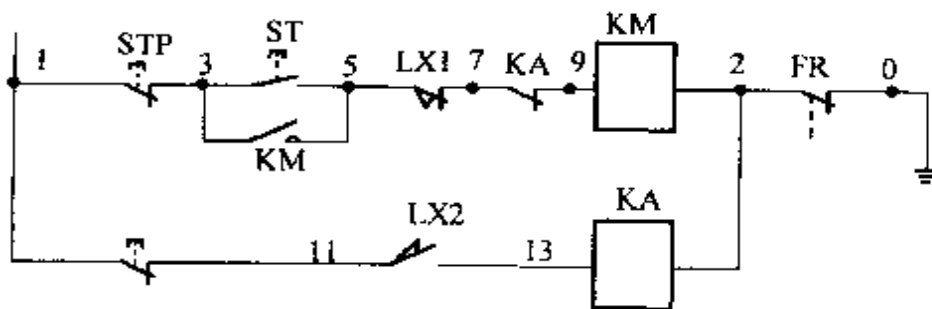


图 3-120 控制线路一端接地示意图

控制线路的时断时通故障一般不易查找, 大多是由于压接导线的螺母松动而造成电路时断时通。这种故障往往很长时间才重复出现一次, 所以测试或查找时应耐心细致。通常可按下述方法进行查找或测试:

(1) 对有关环节的所有接线头或压接导线的螺母进行一次全面

检查和拧紧。

(2) 反复操作(通电、断电)可疑电路中的有关电器,一旦出现故障,就立即用电压表检测开路故障。

(3) 设法先加大有关电路的电流(例如接入大灯泡),然后用短路法测试。

(4) 在条件允许时,利用简易示波器观察合闸通电过程中电路有关部分的电压波形。如果存在时断时通故障,则电路电压的波形就不规则,出现多次冲击尖脉冲。

275. 怎样查找机床电动机控制线路的电气故障?

(1) 调查故障情况。电动机发生故障后,应先向机床操作人员了解故障情况。例如,询问有什么现象(如异常响声、冒烟、焦臭味、无法起动等),故障前按压过哪些按钮,故障后是否有人动过开关或按钮,这类故障是否经常发生等。

(2) 分析故障原因或范围。了解故障前后的情况后,就可对照控制线路的原理图进行分析。如果控制线路比较简单,一般可以很快查明故障原因。例如,若可逆起动的电动机只能正向起动而不能反向起动,则故障原因必然是反向起动的接触器线圈的有关线路不通;若按下起动按钮,电动机嗡嗡响而不能起动,则可判定存在缺相故障,应检查电源的熔断器有无一相熔体熔断现象;若由于热继电器动作而电动机无法起动,则是过载所致,应减小切削的吃刀量,然后按下热继电器的复位按钮,重新起动电动机。如果控制线路比较复杂,则应根据故障现象分析判断故障范围可能在某一单元内;若有信号灯,则可根据信号灯的工作情况判断故障范围。

(3) 外观检查。明确故障范围后,就可对该范围内的电器进行外观检查。为了安全起见,外观检查一般在断开电源后进行。检查时主要是观察熔断器、继电器、接触器和行程开关等的固定螺钉和接线螺钉是否松动,有无断线处,有无线圈烧坏或触点熔焊等现象,电器的活动机构动作是否灵活等。

(4) 断电检查。首先断开电源开关,然后用万用表的电阻挡检

查故障区域的元件有无开路、短路或接地等故障。此外，也可用电池灯、蜂鸣器和兆欧表等进行检查。断电检查如果查不出故障原因，则可进行通电检查。

(5) 通电检查。通电检查应在不带负载下进行，以免发生事故。通常，有下述情况之一时，不能进行通电检查：

- ①发生飞车和传动装置损坏等故障。
- ②由于发生短路故障，熔断器的熔体熔断而未查明原因。
- ③通电时可能烧坏电器或电机。

④尚未确定相序是否正确，因为有些机床（如 Z35 摇臂钻床）的相序不许接反。

通电检查时，应根据动作顺序来检查有故障的线路。通常，操作一只开关或按钮，观察线路中的有关继电器和接触器是否按要求顺序进行工作。如果发现某个电器的工作顺序不正确，则表明该电器或有关电路存在故障，应进一步通电检查故障原因。检查时，一般用万用表的电压挡检测电路有无开路故障。但此时应注意，不得将万用表拨到电流挡或电阻挡来检查，以免损坏电表。如果怀疑某触点接触不良，则可用导线短接该触点进行试验。此外，通电检查时，也可用试电笔或钳形电流表等进行测试。

通电检查应注意以下事项：

①通电前应观察停车按钮和电源总开关位于什么地点，以便一旦发现不正常情况，能立即切断电源停机进行检查。

②不得随意触动带电电器。

③应养成单手操作的习惯。

④一般可断开主电路（即断开主电路的熔断器熔体或开关）来检查控制电路。

必须指出，查找机床电动机控制线路的电气故障时，应与机修工人配合进行检查，因为有些故障是机械故障或液压故障。此外，每次排除故障后，应及时总结经验，并作好详细记录。这样，可以积累检修资料，下次发生类似故障时，能够很快地作出判断和查明原因。

276. 鼠笼式电动机常见的直接起动控制线路一般具有哪几种保护作用？

图 3-121 是中、小型鼠笼式电动机的常见直接起动控制线路，线路上采用组合开关 HK、交流接触器 JC、按钮 A、热继电器 RJ 和熔断器 RD 等几种电器。图上主电路是：

三相电源—HK—RD—JC（主触头）—RJ（热元件）—M
控制电路是：

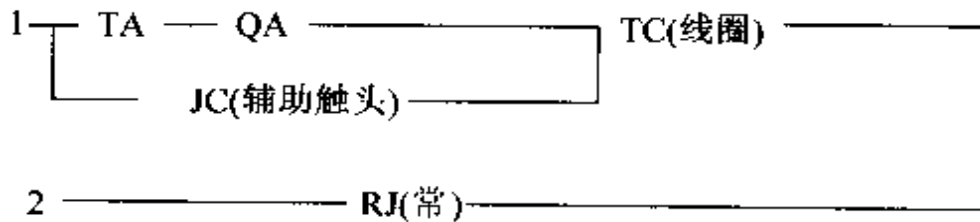


图 3-121 所示控制线路具有短路保护、过载保护和零压保护作用。

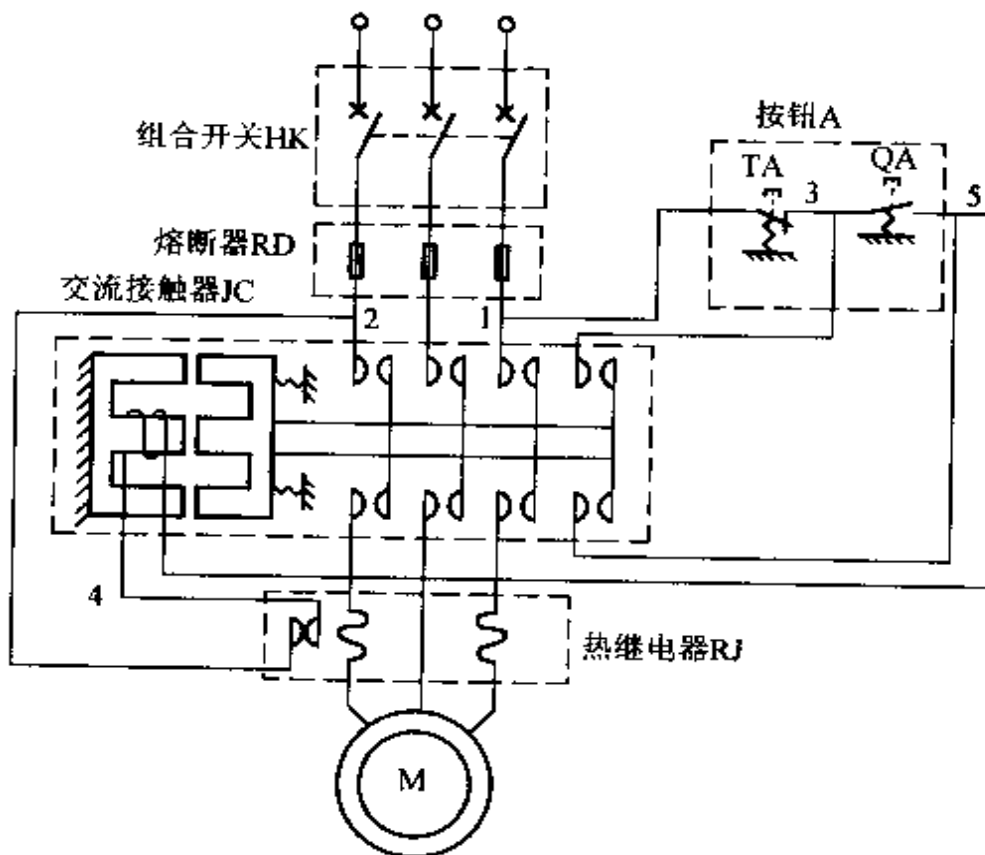


图 3-121 鼠笼式电动机的直接起动控制线路

起短路保护作用的是熔断器 RD。电动机一旦发生短路故障，熔体立即熔断，于是电动机停转。

起过载保护作用的是热继电器 RJ。当电动机过载时，RJ 的热元件便发热，将常闭触头断开，使接触器的线圈断电，主触头断开，于是电动机也立即停止转动。

为了可靠地保护电动机，常将两个热元件分别串接在任意两相中。这样，不仅在电动机过载时热元件起保护作用，而且当任意一相的熔体熔断后，电动机缺相运行时，仍有一个或两个热元件中通有电流，因而电动机仍得到保护。

所谓零压保护，就是当电源暂时中断时，电动机即自动从电源切除。因为此时接触器 (JC) 线圈中的电流消失，动铁芯释放而使主触头断开。由于自锁触头已断开，当电源电压恢复时，若不重按起动按钮 (QA)，电动机就不能自行起动。如果不采用接触器控制而是直接用闸刀开关或组合开关进行手动控制，则由于停电时未拉开开关，当电源电压恢复时，电动机即自行起动，从而可能造成事故。

277. 电动机的电气保护装置怎样分类？选择电动机的各种电气保护装置应掌握哪些基本原则？

根据保护装置的装设部位、保护作用和保护原理，电动机的电气保护装置的分类如图 3-122 所示。表 3-31 示出各种保护方法在分类体系中的关系。

为了使各种保护装置的保护特性互相协调配合，将故障限制在最小范围以内，并按照预期的目的完成保护任务，要求各种保护电器之间要有一定的动作顺序。对保护电器的保护特性配合有以下要求：保护电器或由保护电器组成的保护装置的动作特性曲线，应在电动机的允许发热曲线的下方，二者不得相交（图 3-123）。并且，在电动机起动时，起动电流不引起保护装置动作。

选择电动机的电气保护装置时应掌握以下基本原则：

(1) 空气断路器应能够断开短路电流，以保护电路导线不受短路电流的损坏。

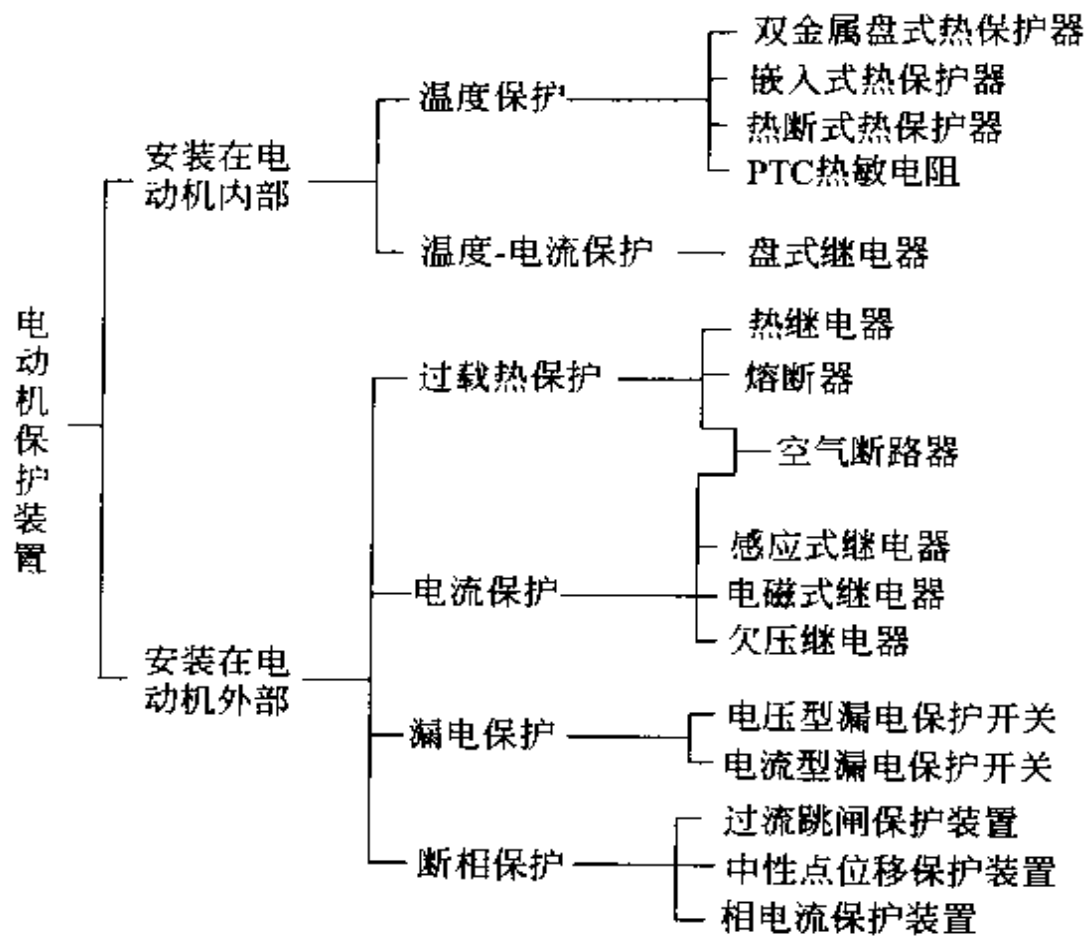


图 3-122 电动机的电气保护装置分类

表 3-31 电动机保护方法在分类体系中的关系

| 分类体系 保护方法名称 | 保护原理 | | | | | | 电气保护作用 | | | | |
|----------------|------|-----|-----|------|-----|-----|--------|------|------|------|------|
| | 信号特征 | | | 效应特征 | | | 过载保护 | 短路保护 | 欠压保护 | 断相保护 | 漏电保护 |
| | 电流量 | 电压量 | 温度量 | 热动型 | 电磁型 | 静止型 | | | | | |
| 过载热保护 | ○ | | | ○ | | | ○ | | | | |
| 电流保护 | ○ | | | ○ | ○ | | ○ | ○ | ○ | | |
| 温度保护 | | | ○ | ○ | | ○ | ○ | | | ○ | |
| 断相保护 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | | | ○ | |
| 漏电保护 | ○ | ○ | | ○ | ○ | | | | | | ○ |

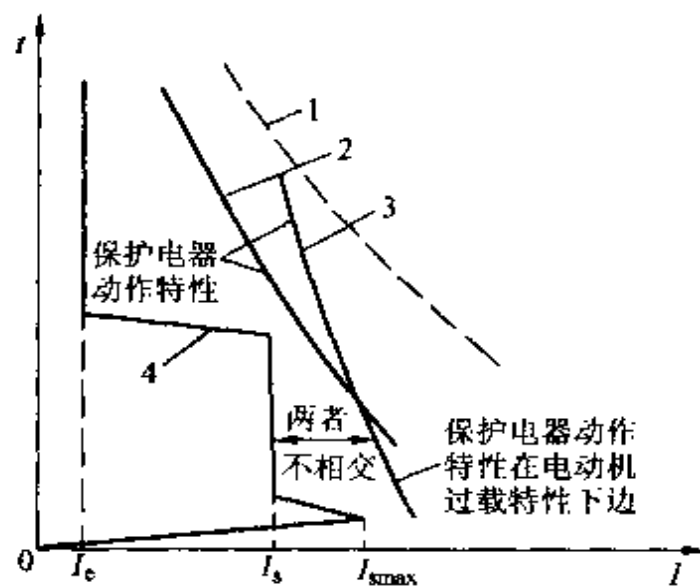


图 3-123 保护电器的保护特性配合示意图

1. 电动机允许过载特性；2. 热继电器动作特性；3. 熔断器特性；4. 电动机起动特性

I_c 电动机额定电流； I_s 电动机正常起动电流； I_{smax} 电动机起动冲击电流。

(2) 电动机电路的导线应能够承受负荷电流、过负荷电流和空气断路器的断开电流。

(3) 电磁接触器在通过电动机正常的最大工作电流时能够可靠地接通或断开；带热继电器的电磁接触器应在电动机过负荷或堵转时动作；当短路电流通过电磁接触器时，在空气断路器断开以前接触器不应损坏。

(4) 空气断路器的动作特性曲线与电磁起动器（即电磁接触器与热继电器的组合）的动作特性曲线应相交，即在全电流范围内，两条特性曲线不得有断开的地方；空气断路器和电磁起动器的动作特性曲线的交点，应在电磁起动器断流容量以内。

278. 对电动机的保护电路有哪些要求？怎样全面考虑中小型鼠笼式电动机的保护问题？

通常，电动机的所有裸露导体（包括电动机外壳、机座等）都必须通过保护导线接到保护电路的接地专用端子上。对电动机的保

护电路一般有以下要求：

(1) 连续性。为了确保保护电路的连续性，保护导线的连接件不得作任何其他机械紧固用，不得由于任何原因而将保护电路拆断，不得利用金属软管作为保护导线。

(2) 可靠性。在保护电路上严禁安装开关和熔断器。除采用特低安全电压电路外，在接通电源电路以前必须先接通保护电路，并且只有断开电源电路以后才能断开保护电路。

(3) 明显性。保护电路的连接处应实行焊接或压接，连接处应有明显标志，以便于检查。

对于中小型鼠笼式电动机的保护应注意以下原则：

(1) 为了运行安全，所有中小型鼠笼式电动机均应装设短路保护装置。如果总计算电流不超过 20 A，可几台电动机或同一机组共用一套短路保护装置。

(2) 3 kW 及以上的电动机，以及容量虽小但长时间无人监视或者容易过载的电动机，应装设过载保护装置。

(3) 3 kW 及以下的电动机，以及定子为星形接线且装有过载保护装置的电动机，可不装设断相保护装置。

(4) 10 kW 及以下的电动机，如果生产工艺和安全条件均允许自起动，可不装设低压（欠压）保护装置。

(5) 采用熔断器保护电动机时，可按 110 问所介绍的方法来选择熔体。

(6) 频繁起动或遥控的电动机，可采用电磁起动器作为控制和保护装置。通常，利用电磁起动器中的热元件作为电机的过载保护装置，其额定电流与空气断路器的长延时过电流脱扣器的整定值相同，但需配用熔断器作为电机的短路保护装置。

(7) 3 kW 以下的电动机，以及不频繁起动的电动机，可采用电动机保护用空气断路器作为保护装置。目前电动机保护用塑壳式空气断路器的最大电流为 60 A，电动机容量较大时，只能采用塑壳式配电用空气断路器，此时应注意校验断路器瞬时脱扣电流的整定值。电流大于 100 A 时，可选用框架式空气断路器，但这种断路

器只宜装在配电柜内。

279. 电动机为什么要有过电压保护？怎样实现这种保护？

当电动机与架空线路直接相连时（包括通过一段电缆与架空线路连接的情况），线路上传来的雷电波将威胁电动机的绝缘。因此，对直接与架空线路相连的（直配电）电动机，应采取适当的过电压保护措施。

由于电动机绕组的绝缘材料都是固体介质，所以，在电动机的运行中，绕组绝缘容易受潮和受污秽物质的侵蚀。同时，绕组绝缘也经受机械力的作用，特别是在导线出槽处，由于电场极不均匀，在过电压作用下，导线受到磨损，时间一久，可能发生绝缘击穿事故。一般来说，电动机的冲击绝缘水平比同一电压等级的变压器要低得多，因此，运行中的电动机预防性试验电压，往往低于磁吹避雷器的残压，单靠磁吹避雷器来保护电动机是不够完善的，必须与电容器、电抗器、电缆段等联合进行保护。

通常，根据电动机容量的不同，而采取相应的过电压保护措施。

(1) 单机容量为 25000~60000 kW，有电缆段的直配电动机，可采用图 3-124 所示的保护接线，图中所示四个主要保护元件的作用说明如下：

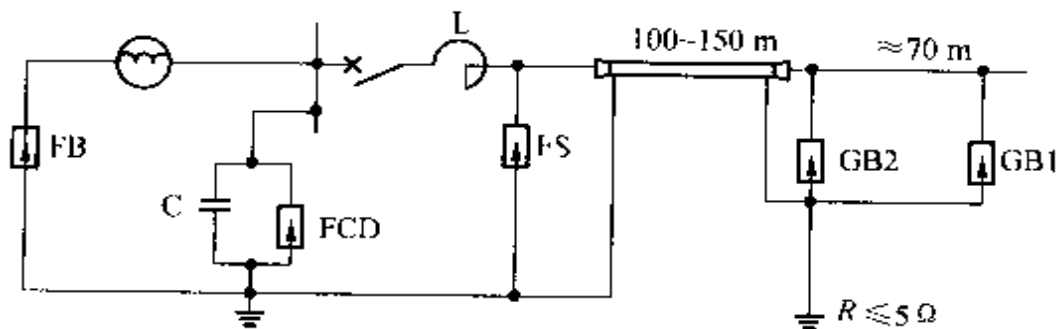


图 3-124 具有电缆段的直配电动机保护接线

① 电容器 C 对感应过电压起保护作用。由于电容两端的电压不能突变，从而限制电压的上升速度，即减小母线上的冲击波陡度。这样，就可降低电动机匝间绝缘所承受的冲击电压值。通常，

装在每相母线上的电容器 C 的电容量应为 $0.25 \sim 0.50 \mu\text{F}$ 。

②电抗器 L 的作用，主要是抬高阀型避雷器 (FS) 前面的冲击电压，以使避雷器容易动作。因为电抗器装在架空线与电缆段之间，如果沿线路有雷电波侵入，由于电抗器 L 中的电流不能突变，当雷电波到达 L 时将产生全反射，雷电波的幅值上升为原来的 2 倍，所以避雷器容易动作。

③电缆段的作用，必须与首端的管型避雷器 $GB1$ 综合起来考虑。当侵入波击穿电缆首端的 $GB1$ 的间隙时，电缆首端的外皮与芯线间就短路 ($GB1$ 的一端与电缆芯线接在一起，而另一端则与电缆外皮连接在一起)。由于雷电流的等值频率很高，强烈的趋肤效应使雷电流沿电缆外皮流动，而流过芯线的雷电流就比较少。这样，电动机母线所承受的过电压就比较低，即使磁吹避雷器 FCD 动作，流过 FCD 中的雷电流及残压值也不会超过允许值。因此， $GB1$ 可以限制侵入波到达电动机母线上的过电压幅值。

由此可见，100 m 长的电缆段对电动机的防雷作用既不是靠它的电容较大，也不是靠它的波阻较低，更不是靠它对波的衰减作用 (1 km 长的电缆使波幅衰减不过 6% 左右)，而是它与管型避雷器 $GB1$ 联合作用的结果。

④阀型避雷器 FB 专门用来保护电动机中性点对地绝缘。

(2) 单机容量为 1500 ~ 6000 kW 的电动机，以及少雷地区无电缆段的直配电动机，一般可采用图 3-125 所示的保护接线。其进线段长度 l_0 一般采用 450 ~ 600 m，这一段线路要用避雷针或避雷线作为直击雷保护装置，并在进线段的首端装设一组管型避雷器 $GB1$ 。当进线段首端受到雷击时， $GB1$ 便放电，于是雷电流大部分由此泄入大地，从而可防止通过母线上磁吹避雷器 FCD 的雷电流超过允许值。

在运行维护工作中，应定期检查防雷接地电阻 R 的数值是否合格。因为流过 FCD 中的雷电流大小与进线段长度 l_0 和 $GB1$ 动作后的压降有关。也就是说，接地电阻 R 愈大，要求 l_0 值也愈大，二者的比值应符合以下要求：

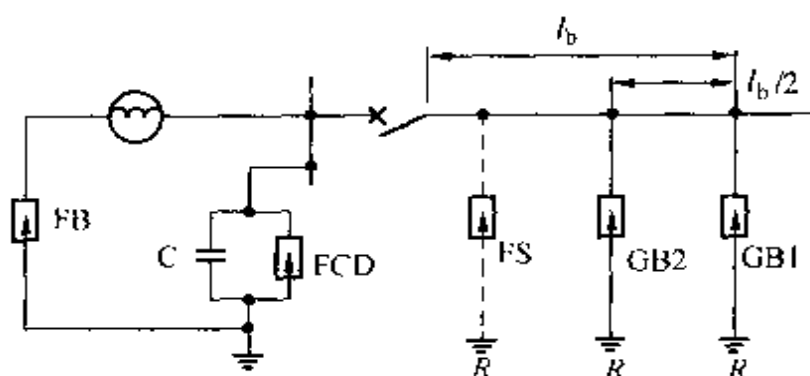


图 3-125 无电缆段的直配电动机保护接线

对 3 kV、6 kV 线路

$$\frac{l_b}{R} \geq 200$$

对 10 kV 线路

$$\frac{l_b}{R} \geq 150$$

式中 l_b ——进线段保护的长度，m；

R ——接地电阻， Ω 。

在进线段上装设 GB2 是使其起到分流保护作用。

(3) 单机容量为 300 kW 及以下的小型电动机，可采用图 3-126 所示的简化保护接线。由于电动机的容量很小，可根据具体情况，只在车间进线处装设一组普通阀型避雷器 FB，并在前一基杆上加装保护间隙，而装在每相母线上的电容器 C，其电容值应为 0.5~1.0 μF 。

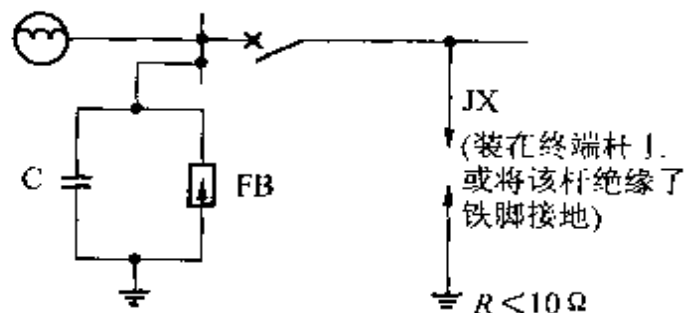


图 3-126 小容量直配电动机进线简化保护接线

保护电动机中性点的阀型避雷器，其额定电压应不低于电动机最高运行相电压。避雷器的型号可按表 3-32 选用。

表 3-32 保护电动机中性点的避雷器型号

| 电动机额定电压 (kV) | 3 | 6 | 10 |
|--------------|---------------|-------------------------|-----------------------|
| 中性点避雷器 型号 | FCD-2 FZ-2 | FCD-4 FZ-4 (FS-4) | FCD-6 FZ-6 FS-6 |

在多雷地区，对于不属架空直配线的特别重要的电动机，也应考虑防止变压器高压侧的雷电波通过变压器危及电动机的绝缘。为此，可在电动机出线上装设一组磁吹避雷器来加以保护。

280. 对 380/220 V 大容量直配线水泵电动机怎样防雷？

通常，远离建筑群的江河湖边水泵房和水泵电动机最易受到直接雷击，因此应采取防雷措施。

(1) 在泵房的屋面上装设避雷带或避雷针，防止受直击雷的威胁。

(2) 如果水泵电动机由架空线路供电，可在架空线路的引出端加装低压管型避雷器或保护间隙，在进入泵房的架空线路末端加装保护间隙，并在配电箱进线端上装设低压氧化锌压敏电阻。

(3) 如果水泵电动机由电缆供电，则在电缆进入配电箱开关前安装低压氧化锌压敏电阻，以防高电位引入。

必须指出，所有避雷设施的接地电阻都不得大于 30 Ω。

281. 什么叫做电动机的欠压（低压）保护？电动机为什么要欠压（低压）保护？怎样实现这种保护？

当电源电压由于某种原因降低到额定电压的 85% 及以下时，保证电动机的电源不被接通的措施，叫做电动机的欠压（低压）保护。采取这种保护措施，可以保证电动机在电源电压过低时自动退出运行。

电动机的转矩和定子电流与电压密切相关。当电源电压上下波动时，电动机的电磁转矩和定子电流也相应发生变化。与过电压相比，电动机欠电压（低电压）运行的危害更大。当电动机的负载一定时，电网电压降低，将使定子电流显著增大，而电动机的电磁转矩则与电压的平方成正比地下降，结果电机的转速降低，温升增高，严重时电机停转而发生堵转短路事故。如果电网电压暂时中断，随后又自行恢复，则电动机一度停机后又会自动起动，这对正在检查电机故障的电工构成人身威胁；如果电网电压恢复过慢，则电动机的自起动时间将很长，此时长时间的大起动电流（达电动机额定电流的4~7倍）会使电动机过热甚至烧毁；如果电动机的起动转矩较小（堵转转矩倍数小于1），不能直接带负载自起动，则可能继续处于堵转或低速爬行状态，同样电动机将承受大起动电流的作用而过热甚至烧毁。因此，电动机应有欠压保护装置，以保证一旦发生欠压故障它能够自动脱离电源。

对于500V以下的低压电动机，常采用空气断路器作为欠压保护装置。当电源电压低于某一值时，空气断路器的欠压脱扣器便动作，断开电动机的主电路。此外，也可采用交流电磁接触器作为电动机的欠压保护装置，其工作原理与空气断路器的欠压脱扣器类似，当电源电压低于接触器的某一整定值时，接触器的吸引线圈便自动释放，使电动机的电源自动切断。

当供电电网出现某种故障导致电压降低时，为保证某些重要电动机尽可能继续运行，通常采用如图3-127所示的逐步切除不重要电动机的欠压保护线路。这一保护线路采用两个欠压继电器，当电网电压降低到某一整定电压时，欠压继电器的常闭触点便动作，使时间继电器断电，时间继电器的动作时限是：按固有动作的时限整定约为0.5s，切除不重要的电动机；按较长动作时限整定约为9s，以便当电网电压长期下降或电源中断时，切除不允许自起动的重要电动机。

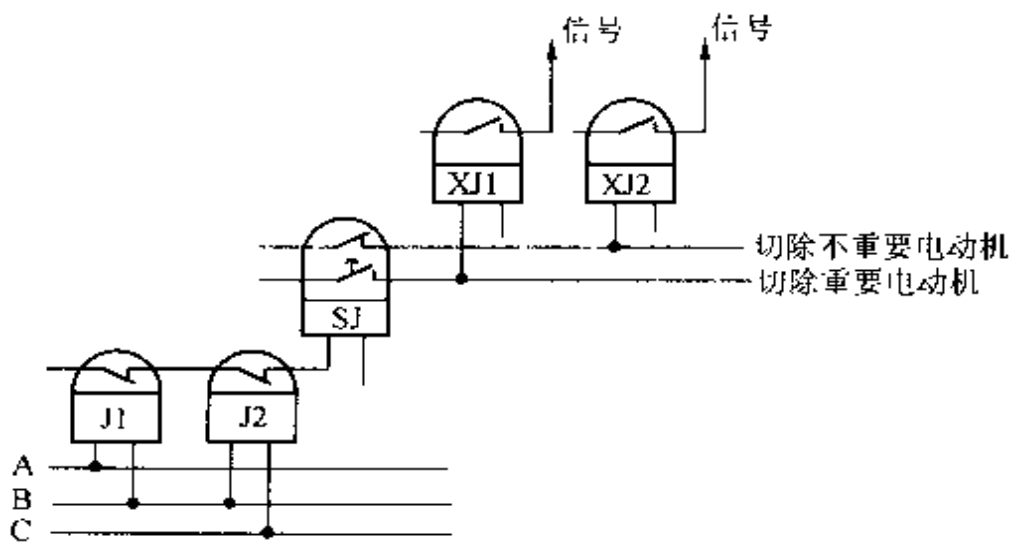


图 3-127 欠压保护控制线路

282. 电动机欠压（低压）保护装置的配置和整定的原则是什么？对欠压（低压）保护装置有哪些要求？

电动机欠压（低压）保护装置的配置和整定的原则是：

(1) 当电源电压短时降低或短时中断后又恢复时，为保证重要电动机自启动而需要断开的次要电动机，应装设欠压（低压）保护装置。其动作电压一般可按下式整定：

$$U_{dzj} = \frac{(0.6 \sim 0.7) U_e}{n_{yH}} \quad (\text{动作时限一般取 } 0.5 \text{ s})$$

式中 U_e ——电源额定电压；

n_{yH} ——电压互感器变比。

(2) 当电源电压短时降低或短时中断后，根据生产工艺过程，不允许或不需要自启动的电动机，应装设欠压（低压）保护装置，其动作电压可按下式整定：

$$U_{dzj} = \frac{(0.5 \sim 0.55) U_e}{n_{yH}} \quad (\text{动作时限一般取 } 0.5 \sim 1.5 \text{ s})$$

(3) 对于需要自启动，但为保证人身和设备安全，在电源电压长时间消失后，须从电网中自动断开的电动机，应装设欠压（低

压)保护装置,其动作电压可按下式整定:

$$U_{\text{dr}} = \frac{(0.4 \sim 0.5) U_c}{n_{\text{yH}}} \quad (\text{动作时限一般取 } 5 \sim 10 \text{ s})$$

为了保证电动机的欠压(低压)保护装置安全运行,避免由于出现某些异常情况而使保护装置误动作,对欠压(低压)保护装置有以下要求:

(1) 电压互感器一、二次侧发生各种断线故障时,保护装置不应误动作,而应发出断线信号。但在断线故障期间,如果母线确实失去电压或电压下降到规定值,保护装置仍应正确动作。

(2) 当电压互感器一次侧隔离开关或隔离触头因误操作而被断开时,保护装置不应误动作,但应发出信号。

(3) 0.5 s 和 10 s 的欠压(低压)保护装置的動作电压应分别整定。

(4) 应采用能长期耐受电压的继电器。

283. 什么叫做电动机的失压(零压)保护?电动机为什么要有失压(零压)保护?怎样实现这种保护?

运行中的电动机,其电源往往由于某种原因而瞬时中断。当排除故障,恢复供电后,应使电动机不能自行起动,以保证人身和设备安全,这种保护措施叫做电动机的失压(零压)保护。

当电网由于某种原因而突然停电时,电源电压下降为零,电动机停转,生产机械的运动部件也随之停止运转。一般情况下,生产机械的操作人员不可能及时拉开电源开关。如果不采取失压(零压)保护措施,则当电网故障排除,电源恢复供电时,电动机便会自行起动运转,从而生产机械也随之转动,此时很可能造成人身和设备事故,并引起电网过电流和网络电压瞬间下降。因此,电动机应有失压(零压)保护装置。

以机床电动机为例。当机床运转时,如果其他电气设备发生故障而造成突然断电,则机床电动机就被迫停转。与此同时,机床的运动部件也跟着停止运动,结果切削刀具的刃口便卡在工件表面

上。此时如果机床操作人员未拉开电动机的电源开关又忘记退刀，则当故障排除恢复供电时，电动机和机床便会自行起动运转，很可能造成工件报废、折断刀具和人身伤亡事故。此时如果采用接触器自锁控制线路（图 3-128），则由于接触器自锁触头和主触头在电源断电时已经断开，控制电路和主电路都不能接通。所以，当电源恢复供电时，电动机就不会自行起动运转。这样，机床操作人员就可从容地退出刀具，然后重新起动电动机，从而可以保证人身和设备安全。

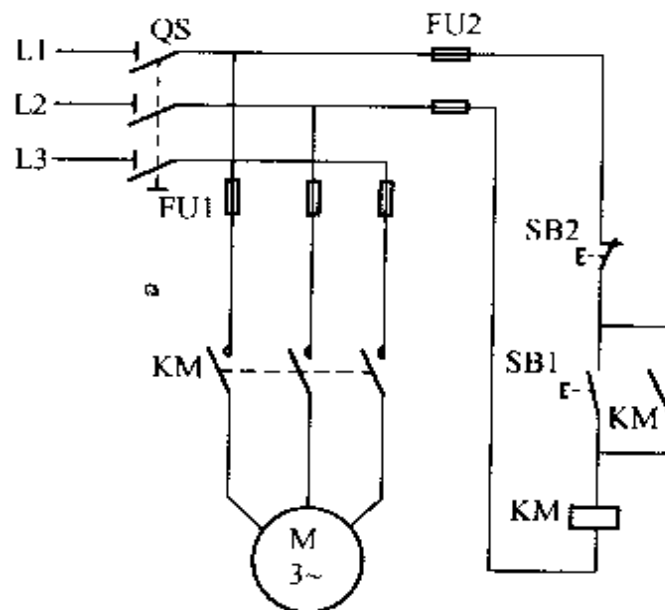


图 3-128 接触器自锁正转控制线路

284. 为什么异步电动机不宜过载运行？电动机过载的原因是什么？怎样处理？

正常运行的异步电动机，若负载变动在允许范围以内，虽然会引起内部电磁关系的变化，但通过自动调整，仍可维持电磁平衡。如果电动机过载运行，就会破坏电磁平衡关系，转速下降，温升增高。如果是短时过载，电动机尚能保持正常运行；如果长时间过载，则电动机将从电网吸取大量的有功功率，从而电动机的电流将大大超过其额定电流，导致绕组绝缘过热老化甚至电动机被烧毁。

因此，不允许异步电动机长时间过载运行。

电动机过载，一般有以下几种原因，可分别进行相应处理：

(1) 端电压太低。所谓端电压，是指电动机起动或满载运行时，在其引线端测得的电压，而不是指线路空载电压。电机负载一定时，若电压降低，电流必然增加，从而电机温升增高。特别是电压过低（例如 300 V 以下）时，情况更为严重，往往因过热时间长而烧坏绕组。造成电压低的原因，有时是高压电源本身的电压较低，这要由供电部门调节变压器分接开关来提高电压；有时是接至电动机的架空线路太长，导线截面小，负荷重（带电机太多），造成线路压降太大，此时应适当增大线路导线截面。

(2) 绕组接法不符合要求。原来为 Y 接的绕组，检修时误为 Δ 接。原来两相绕组承受 380 V 电压，错接后一相绕组承受 380 V 电压，结果空载电流大于额定电流，绕组很快烧毁。

原来为 Δ 接的绕组，检修时误为 Y 接。原来一相绕组承受 380 V 电压，错接后两相绕组承受 380 V 电压（每相绕组只承受 190 V 电压），结果功率下降，在低于额定电压很多的这种情况下，如果电机仍带原负载工作，则输入电流就会超过允许的额定电流，电动机也将过热而烧毁绕组。

上述接线差错，发现后改正接线即可。

(3) 机械方面的原因。机械方面的原因有机械故障和机械使用不当等情况，常见的有轴承损坏、套筒轴承断油咬死、高扬程水泵用于低扬程（压水量增加），这些故障或水泵使用不当，均会造成负荷过重，使电机过载。同样，离心风泵在没有压风的情况下使用，也会使电机过载。此外，某些机械的功率与速度成平方或立方关系，例如风扇转速增加一倍，电机功率必须增加三倍才能适应，因此，不适当地使用配套机械，也会造成电机过载。查明上述各种机械故障或使用不当的情况后，对症处理。

(4) 选型不当，起动时间长。有许多机械（如冲剪机、离心甩水机、球磨机等）具有很大的飞轮惯量，起动时阻力矩大，起动时间长，极易烧坏电动机。这些机械一般都采用起动电流小、起动转

矩大的双鼠笼式或深槽式电动机，选择电动机时不可只考虑满载电流，还要考虑起动时的情况。起动时间长是造成电动机过载的主要原因之一。通常，不允许电动机在热态下连续起动。如果需要电机经常起动，则应改用适当型号的电动机（如绕线式电动机和起重冶金用电动机等）。

285. 三相异步电动机的过载保护装置的配置原则是什么？哪些电动机应装设过载保护装置？哪些电动机可不装设过载保护装置？

对三相异步电动机配置过载保护装置的原则是：

(1) 运行中容易过载和不允许自起动的电动机，应配备过载保护装置。

(2) 如果不能保证电动机自起动或在其运行中无法消除过载现象，则过载保护装置应动作于跳闸。

(3) 在电动机的运行中，如果能手动或自动消除过载现象，并有值班人员监视电动机的运行情况，则过载保护装置应动作于信号。

(4) 电动机的过载保护装置通常采用具有反时限特性的 GL-14 型继电器，利用继电器的瞬动元件作用于断路器跳闸，作为电动机的相间保护；利用继电器的反时限元件作用于信号或跳闸，作为电动机的过载保护（详见 286 问）。

下列电动机应装设过载保护装置：

(1) 运行中容易过载和不允许自起动的电动机。

(2) 由于起动或自起动条件差，可能造成起动失败或需要限制起动时间的电动机。

(3) 长时间运行且无人监视的电动机。

(4) 3 kW 及以上的电动机。

短时工作的电动机，可不装设过载保护装置。以 Z3040 型摇臂钻床为例，其驱动立柱夹紧和摇臂升降用的两台电动机，一般都不装设过载保护装置，因为这两台电动机都是短时工作。对于短时

工作的电动机，为了充分利用它的工作能力，一般应使其在过载情况下运行。这样，就可选用容量较小的电动机，以减少投资。虽然电动机运行时，其工作电流超过额定电流，但由于工作时间很短，其温升也不会超过允许值，所以这类电动机一般都不采用热继电器作为过载保护装置。

此外，运行中不易过载起动和不易自起动的电动机，也可不装设过载保护装置。

286. 怎样快速判断电动机是否过载？对三相异步电动机怎样进行过载保护？

可按下述两种方法来快速判断电动机是否过载：

(1) 将电动机的传动胶带卸下，用手盘动电动机所拖动的负载机械的主轴，观察主轴转动是否灵活。若负载机械的损坏部分或脏污的机构妨碍主轴灵活旋转，则表明电动机因负载机械卡涩或卡住而过载。

(2) 将电流表与电源串联，使电动机带负荷运行，若电流表的读数大于电动机铭牌上标出的额定电流值，则表明电动机过载。

为了防止三相异步电动机因过载而损坏，可采用热继电器和过电流继电器对其进行过载保护。采用热继电器的保护电路如图 3-129 所示。热继电器的两个发热元件串接在主电路中，在紧贴热元件处装有双金属片，它是由两种不同热膨胀系数的金属片压制而成。当有过电流流过时，热元件产生的热量将引起双金属片弯曲，当它弯曲到一定程度时，便将脱扣器打开，使 4 与 2 之间的热继电器触点 RJ 断开，于是接触器 QC 释放，电动机停止运行，以达到过载保护的目。

通常，电动机过载百分比愈大，热继电器的动作愈快。当电动机过载 20% 时，热继电器能在 20 min 内动作。但是，当电动机的短路故障电流很大时，热继电器的动作时间比熔体熔断时间长，所以热继电器不宜作为电动机的短路保护装置，只能作为电动机长时间过载或缺相运转等所引起的过电流保护。

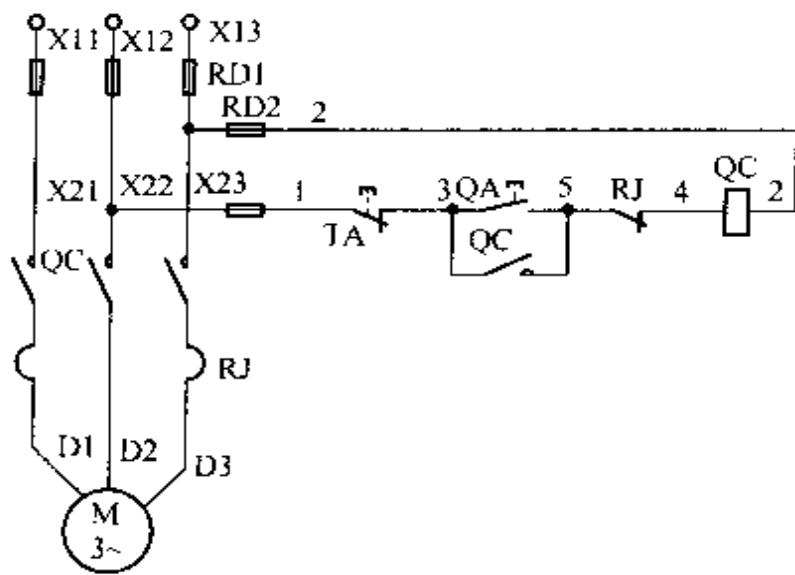


图 3-129 采用热继电器的过载保护电路

三相异步电动机采用过电流继电器的保护电路如图 3-130 所示。过电流继电器的动作线圈串接在主电路中，而其常闭触点则接在控制电路中。当动作线圈中流过的电流超过整定电流时，继电器便动作，使其常闭触点断开而切断控制电路，于是电动机停止运转，从而达到过载保护的目的。过电流继电器也可作为电动机的短路保护装置。

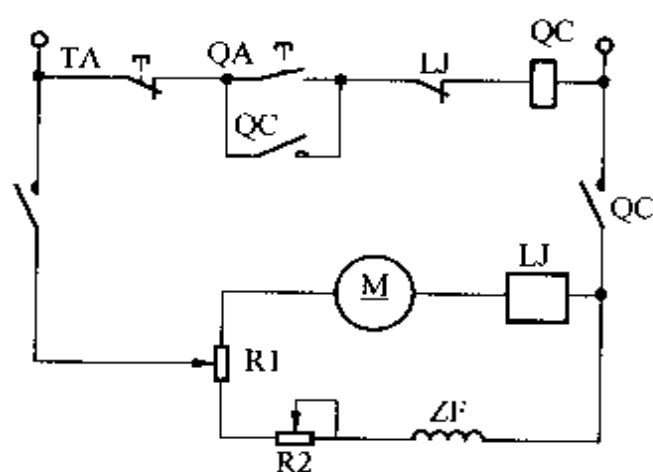


图 3-130 采用过电流继电器的过载保护电路

287. 对电动机的过载除采用保护电器外，还可从哪些方面加强其过载保护？

(1) 正确选用电动机。从电动机过载的原因来看，有些故障完全可以通过正确选用电动机来预防。例如，经常由于电动机容量不足，所拖动的机械功率较大而过负荷；起动时间过长的原因除由于电动机容量偏小外，也可能是本应选用高起动转矩电动机，却选用了普通电动机；通风道常被堵塞，则是由于本来应该选用防护式电动机，但却未选用这一类型的电动机。这类现象，只要正确地选用电动机，是完全可以消除的。

(2) 电动机容量要留有余地。电网电压偏高时，电动机的温升容易因铁损大而增高，且难以用热继电器来保护；电网电压偏低时，在机械负荷一定的情况下，电流必然增大，以致温升过高。因此，选择电动机的容量时，宜留有余地，以适应电网电压的波动。

(3) 做好电动机的维护工作。当轴承因润滑不良或掉入杂物而损坏时，电动机将过载；当通风道堆积尘垢而堵塞时，电动机也将过载。因此，经常维护好电动机，并对其电压和电流加以监控，是防止电动机过载和损坏的有效措施。

288. 生产设备所使用的低压 380 V 电动机，采用二次保护时，电流互感器、热继电器和电流表有哪几种接线方式？

生产设备所使用的低压 380 V 电动机，采用二次保护时，电流互感器、热继电器和电流表的几种接线方式如图 3-131 所示。

289. 电动机的过流保护装置是怎样设计的？为什么电动机起动时电流较大而过流保护装置不会动作？

电动机的过流保护装置的设计，是设定电动机起动后进入正常运行状态，出现过电流时，保护装置才起保护作用。当电动机起动时，时间继电器 KT 的常闭触点闭合，过流继电器的电流线圈未接入电路，因此电动机的起动电流虽然较大，过流保护装置也不会动

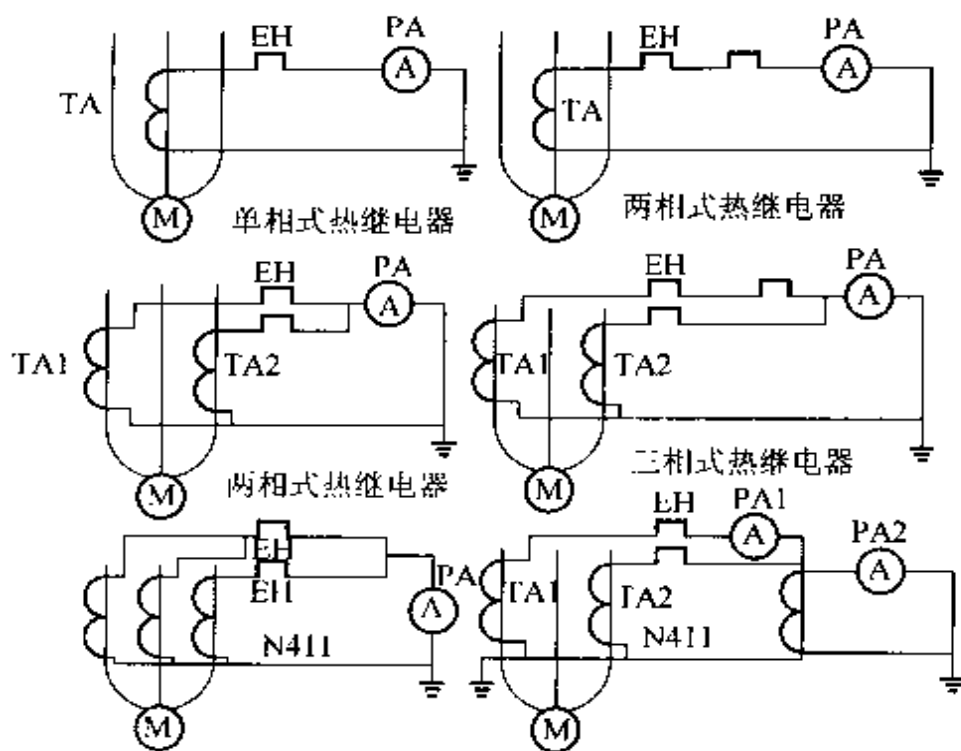


图 3-131 电动机二次保护部分的接线方式

作。时间继电器的延时整定值随电动机的起动时间而定，该延时整定值一般设定在电动机起动结束后，KT 的常闭触点才断开，过流继电器才开始起保护作用。

电动机的过流保护装置接线图如图 3-132 所示。

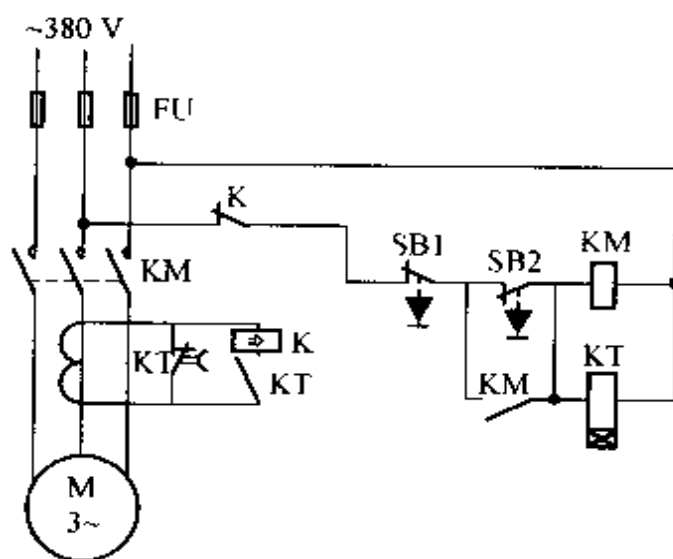


图 3-132 电动机的过流保护装置接线图

290. 对大型电动机怎样进行过热保护?

电动机过载保护所采用的热继电器，并不直接对电动机内部的发热状况作出反应来进行必要的保护，而是当电动机过载时，较大的电流流过继电器的双金属片，金属片发生热效应，带动常闭触点动作，切断电动机的电源，保护电动机不因长时间过载而损坏。由于热继电器的热惯量大，温度特性分散，所以对电流变化不能迅速作出反应，更不能在电动机内部突然发热，有损绝缘时立即作出保护。因此，对大型电动机（或重要设备用的电动机），应通过检测其内部温度状况的过热保护装置（图 3-133）进行保护。

按下起动按钮 QA，接触器得电动作，电动机接通电源运转，辅助绕组感应的电压经整流削波稳压，由 BG 组成的间歇振荡器开始产生脉冲，可控硅触发导通，接通起动按钮，起到一般接触器的自锁作用。当温度超过该绝缘等级的允许温度时，装在电动机定子绕组端部的热敏电阻阻值下降，间歇振荡器停振，控制脉冲中断，

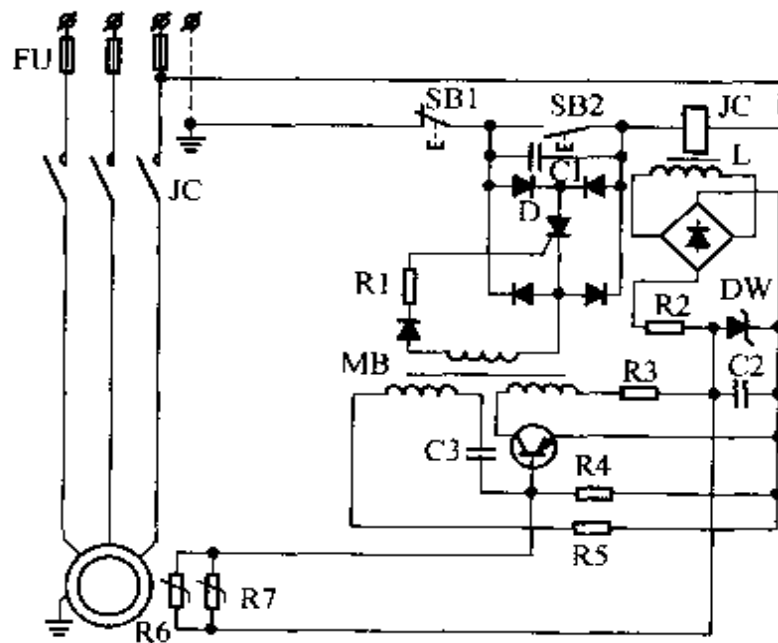


图 3-133 电动机的过热保护装置

C1. $0.01 \mu\text{F}$; C2. 滤波电容 $10 \mu\text{F}$; C3. $0.1 \mu\text{F}$;
 R1. 300Ω ; R2. 560Ω ; R3. 100Ω ; R4. $1 \text{ k}\Omega$; R5. 51Ω ;
 R6、R7. 热敏电阻 ($5.6 \text{ k}\Omega$); L. 用 $\phi 0.14 \text{ mm}$ 漆包线在接触器线圈外绕成辅助绕组; MB. 脉冲变压器

可控硅关断，电动机脱离电源，从而得到保护。

由于该装置采用无触点开关，可靠性高，体积小，可直接装在电磁起动器的铁壳内，将其调至良好状态，线路灵敏度为 0.5°C 。

291. 对在额定负载下连续运行的电动机为什么要进行过热保护？怎样实现这种保护？

在额定负载下连续运行的电动机，如果过载或断相（缺相）运行的时间过长，其绕组绝缘就可能过热而烧毁。因此，对于长期在额定负载下运行的电动机，一般都采用热继电器或空气断路器的热脱扣器作为过热保护装置。

图 3-134 a 为采用两相热继电器对电动机进行过热保护的接线图；图 3-134 b 为采用三相热继电器对电动机进行过热保护的接线图；图 3-134 c 是采用半导体温度继电器对电动机进行过热保护的接线图，图中 BJWO 系列半导体温度继电器由 RRZWO 型热敏电阻检测元件和控制装置组成，其检测元件直接埋入电动机发热最严重的部位。

通常，在额定负载下短时运行的电动机，不需装设过热保护装置。但是，在额定负载下断续运行的电动机，最好采用直接检测电动机绕组发热情况的半导体温度继电器作为过热保护装置。

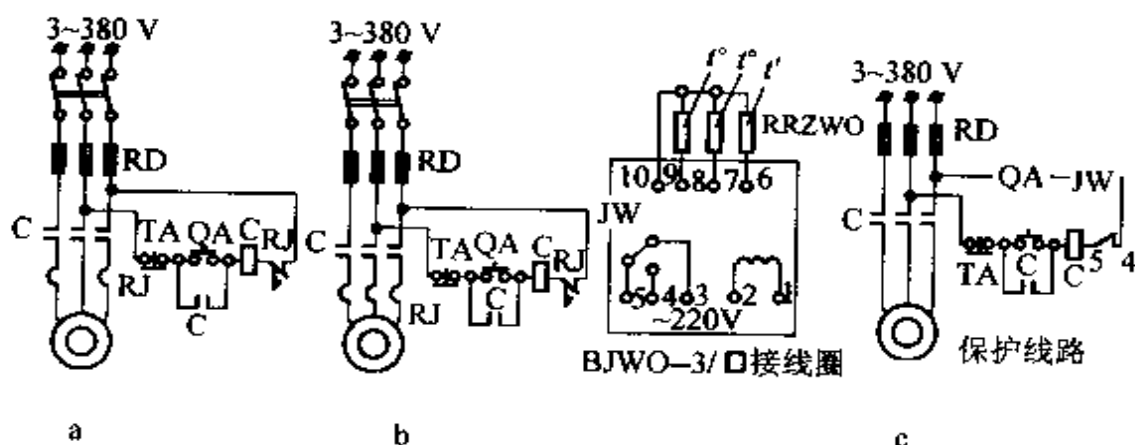


图 3-134 电动机的过热保护线路

292. 对电动机为什么要实行温度保护？怎样实现温度保护？ 电动机常用的温度保护装置有哪几种？

所谓温度保护，就是反应温度高低的保护。通常，运行中的电动机，其绝缘性能是否良好，主要取决于绝缘的发热温度。因此，电动机的各种保护方式，都以绝缘发热温度为依据。例如，过载热保护和过载电流保护虽然直接反应的物理量是电流，但实质上是进行热限制。然而，在电动机的实际运行中，还有另一种情况，即电动机的电流未超过额定值，但由于通风不良、环境温度高等原因，电动机往往过热而达到危险程度，对此过载热保护和过载电流保护都无反应（不起保护作用），因此，对电动机还应实行温度保护。

电动机的温度保护，是利用装在电动机上、直接感受电动机的温度的温度继电器或元件来实现的。通常，将其装在电动机绕组端部或定子铁芯上，某些微小元件也可事先直接埋设在定子槽中。电动机常用的温度保护装置有以下几种：

(1) 双金属盘式温度保护器。这种温度保护器通常装在电动机端盖上，其体积和触头的电流容量一般都较大，外壳用酚醛塑料制成。图 3-135 为双金属盘式温度保护器动作原理图，图 3-136 为其接线图。该温度保护器主要由双金属盘、发热元件等构成。正常工作时，向上凸起的盘使触点闭合（图 3-135 a），电动机通电运行；当电动机过热，温度超过某一整定值时，双金属盘受热突跳而变为凹形，带动边沿触头动作，于是触点分断（图 3-135 b），电动机脱离电源而得到保护；电路断开后，温度逐渐下降，双金属盘又自动

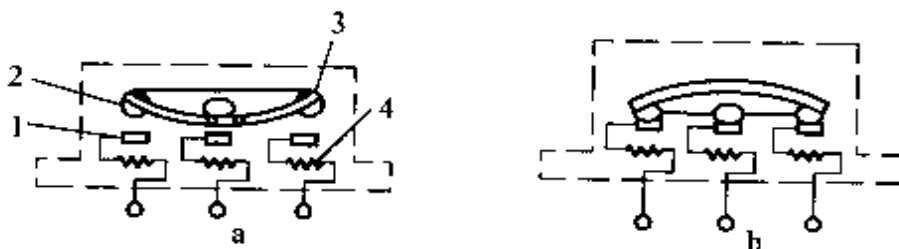


图 3-135 双金属盘式温度保护器动作原理

a. 触点正常闭合或重新闭合；b. 触点断开；

1. 定触点；2. 动触点；3. 双金属盘式温度保护器；4. 发热元件

反跳复原，触点重新闭合。

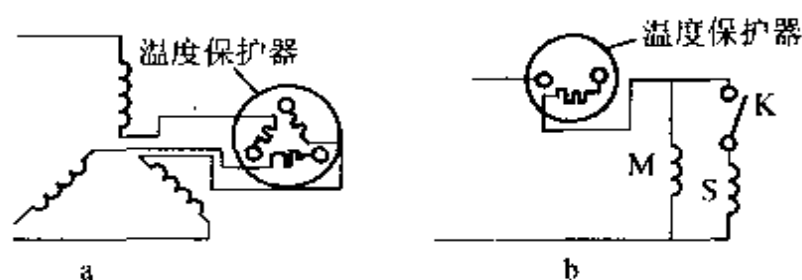


图 3-136 双金属盘式温度保护器接线图

a. 三相；b. 单相

如果电动机从冷态起动时就发生堵转故障，则由于电流急剧增大，绕组将异常发热，而热量传导到端盖上需要一段时间，这就有可能在端盖温度尚未达到温度保护器动作温度时绕组已烧坏。针对这一情况，通常加装发热元件。当堵转电流急剧增大时，发热元件受电流作用而产生热量，以引起双金属盘动作。

由此可见，双金属盘式温度保护器不但对温度敏感，而且对电流也敏感，因此它具有更全面的保护功能。

(2) 嵌入式温度保护器。这种温度保护器通常装在电动机绕组中、绕组表面或绕组端面上，与电动机绕组一起进行浸渍处理。保护器的动作取决于安装部位的温度和自身流过的电流。图 3-137 a 为带发热元件的保护器，它既能反应周围温度的高低引起保护动作，又能反应电流大小引起保护动作；图 3-137 b 为不带发热元件的保护器，它只对温度敏感。

嵌入式温度保护器具有体积小、灵敏度高、可靠性好等优点，常用于各类小容量电动机的直接保护。

(3) 热断式温度保护器。这种温度保护器是一次性动作的热保护器。正常工作时，它呈现图 3-138 a 所示形态，在感温材料 8 的作用下，弹簧 7 压紧，电路接通；当由于某种原因，温度达到感温材料的熔点时，感温材料即熔化，弹簧失去压力而放松，于是电路断开 (3-138 b)。由于感温材料熔化后不能复原，所以这种保护器只能一次性使用，它通常装在电动机的外壳上。

(4) 正温度系数热敏电阻式温度保护器。这类温度保护器是一

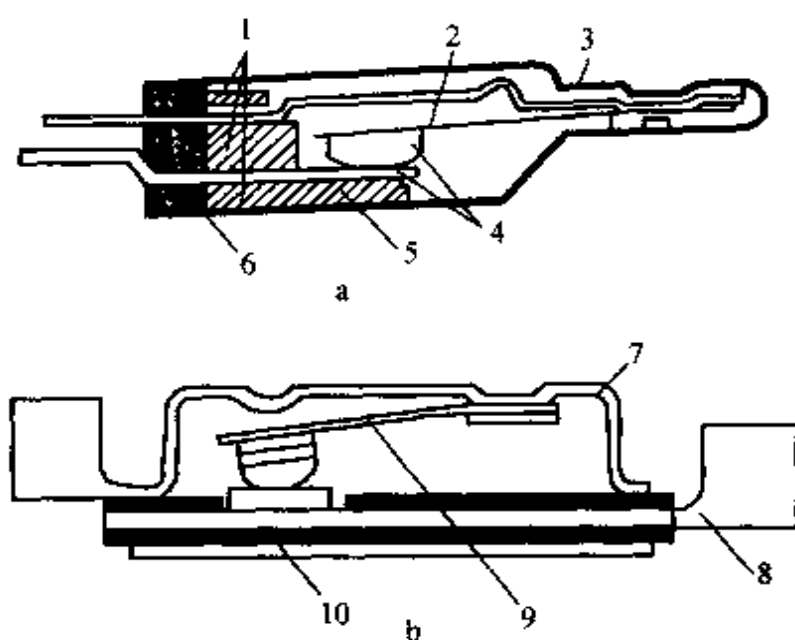


图 3-137 嵌入式温度保护器的结构

a. 带发热元件；b. 不带发热元件

1. 陶瓷板；2. 双金属片；3. 辅助加热元件；4. 银触头；5. 引线板；
6. 外壳；7. 上盖；8. 下盖；9. 双金属片组件；10. 绝缘板

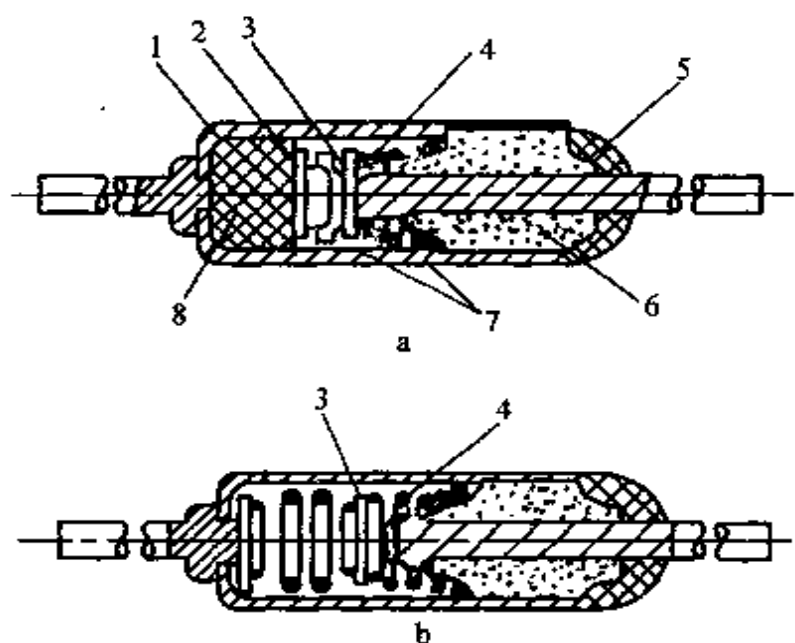


图 3-138 热断式温度保护器的结构

1. 外壳；2. 压板；3. 动触点；4. 星形触点；
5. 密封树脂；6. 陶瓷；7. 弹簧；8. 感温材料

种对温度敏感的新型半导体元件（简称 PTC），即通称的热敏电阻。当温度超过一定值（称参考温度或动作温度）时，其电阻急剧上升（达十倍甚至千倍以上），而冷态时电阻只有几十欧。然而，当温度增加到动作温度时，电阻可增大到 20 kΩ 以上。动作期间电阻变化率非常高，例如国产 RR2S 型热敏电阻，温度每上升 1℃，电阻增加 50~1000 Ω。这种热敏电阻外形很小，可根据实际需要装在电动机绕组的任何部位（例如端部或槽中）。为准确反应电动机绕组的发热温度，通常在电动机制造时将其埋设在定子绕组中，导线绑扎后由电动机接线盒引出。

图 3-139 为热敏电阻式温度保护器接线图。为检测三相绕组温度，将三个 PTC 元件串联。正常工作时，PTC 的电阻值很小，电路中的电流使继电器 J 吸合，保持电动机正常运行。当温度因某种原因而升高时，电阻急剧增加，电流下降，继电器 J 释放，触点断开，接触器线圈 C 断电，电动机脱离电源而得到保护。

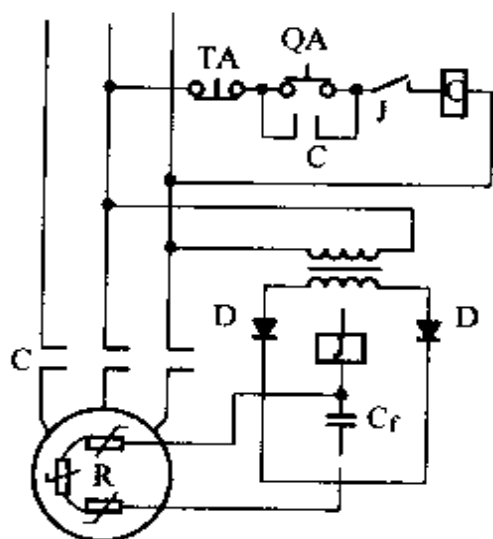


图 3-139 热敏电阻式温度保护器接线图

D. 二极管 (2CP₁₂); C_f. 电容器 (50~100 μF, 50 V); J. 直流电磁继电器 (JRXB-1); R. 电阻 (1250 Ω)

需要指出的是，埋入电动机绕组内的热敏电阻，一旦通过很大的短路电流，就会因过大的电动力作用而损坏。因此，一般认为它只适于保护短路电流密度小于 50 A/mm² 的电动机。

此外，热敏电阻也可用于检测电动机断相温度信号，实现断相保护。

293. 三相异步电动机为什么应有短路保护装置？怎样掌握这种保护装置的配置原则？

当三相异步电动机绕组和导线的绝缘损坏，或者控制电器和线路损坏而发生短路故障时，线路将出现短路现象，产生很大的短路电流，不但电动机、电器、导线等将受到严重的损坏，而且电网电压也将大大降低，影响同一电网内其他用电设备的正常运行。因此，三相异步电动机应装设短路保护装置。该装置应瞬时动作，即瞬时断开发生短路故障的电动机。

三相异步电动机短路保护装置的配置，应掌握以下原则：

(1) 每台三相异步电动机一般都应装设单独的短路保护装置。但符合下述条件之一时，允许数台电动机共用一套短路保护装置：

① 总计算电流不超过 20 A。

② 在工艺上密切相关的一组电动机，其功率不限，但应保证能迅速切除每一台电动机的短路故障。

(2) 在一般情况下，可采用熔断器（图 3-140 a）或带电磁脱扣器的空气断路器（图 3-140 b）作为小容量电动机的短路保护装置。

(3) 100 kW 以上的大容量鼠笼式电动机和反复短时工作制的

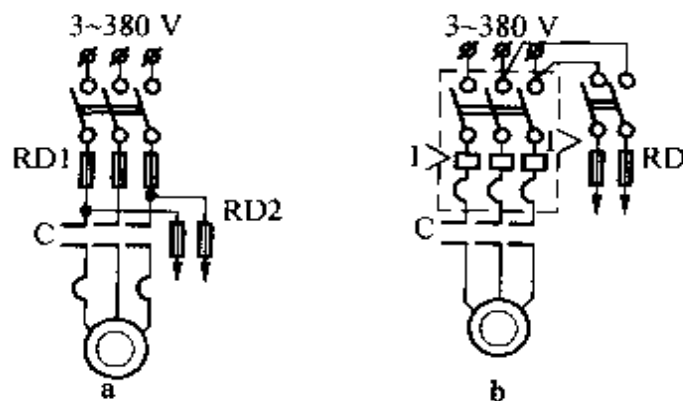


图 3-140 电动机的短路保护线路

绕线式电动机，宜采用电磁式电流继电器作为短路保护装置。采用电磁式电流继电器的优点是：可以多次动作，一旦电动机的短路故障排除，即可重新进行启动。图 3-141 为三相异步电动机采用直接切除短路故障的电磁式电流继电器的短路保护线路图。由图可见，在电动机的每个定子回路中都接有一个电磁式电流继电器（即 DL1、DL2、DL3）。当电动机的任一相发生短路时，都会有一个继电器动作，从而断开接触器线圈电路，使电动机脱离电源，停止故障运行。

(4) 主电路上的短路保护装置，对变压器中性点接地的三相三线制或三相四线制供电线路，应实行三相短路保护。

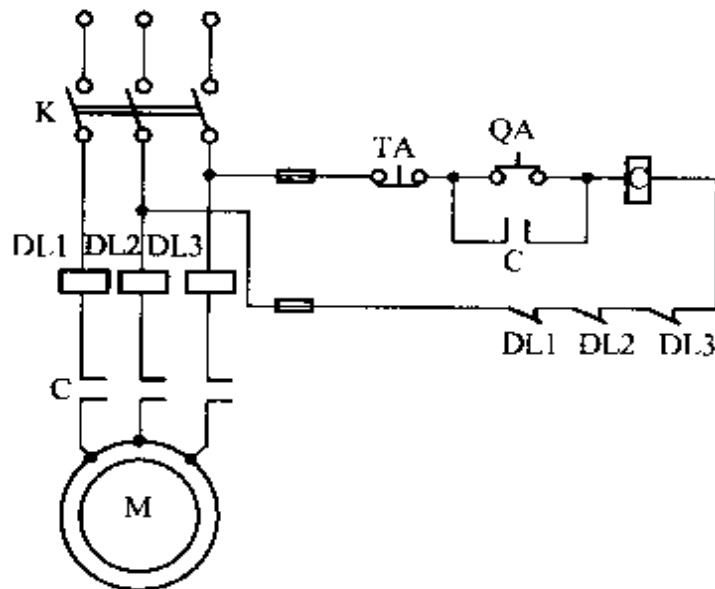


图 3-141 电动机的短路保护控制线路

(5) 小容量电动机的控制线路，可利用主电路上的熔断器作为短路保护装置（例如，此时在图 3-140 a 中可不装熔断器 RD2）。

(6) 如果各负载机械的工作性质不同或者负载机械的容量相差较大，则应分别在主电路、控制电路、照明线路上都装设熔断器或空气断路器。

(7) 在接地线路和三相四线制的中性线路上不允许装设熔断器。顺便指出，在直流电动机的励磁电路中也不得装设熔断器。

294. 熔断器在电动机三相上都装设，而热继电器有时只在两相上装设，这是怎样考虑的？后者有何缺点？

熔断器是电动机的短路保护装置。三相和两相短路时，短路电流会在三相和两相电路内通过，而单相接地短路时，短路电流仅在一相电路内通过。为了可靠地保护三相、两相和单相短路，三相都应安装熔断器。

热继电器是电动机的过载保护装置。电动机过载时，三相电流都会增大，即使缺相运行造成的过载，一般也有两相电流增大，所以过去仅在两相上装设热继电器。当电源电压不平衡引起过载时，这种仅在两相上装设热继电器的过载保护是不可靠的。因为对于三相异步电动机来说，即使线电压不平衡度仅为4%，线电流不平衡度也会达到25%，如果流过较大电流的那一相上恰好未装热继电器，则电动机就可能被烧毁。实际上电源电压不平衡度超过4%的现象是经常出现的，所以只有三相都装设热继电器才比较可靠。此外，为了防止电动机缺相运行，三相也应装设热继电器。

295. 在电动机的控制线路中，有的用熔断器和热继电器保护，有的用过电流继电器和热继电器保护，也有的没有装设热继电器，为什么？

通常，熔断器只能用来保护中小型电动机的短路，而不能保护电动机的过载。因为电动机的起动电流达额定电流的4~7倍，若用熔断器作为电动机的过载保护电器，则熔断器的额定电流应远大于电动机的额定电流。当熔断器的电流很大时，其断路能力不足，动作的选择性也差，并且，较大容量的电动机要求有较完善的保护设备。所以，较大容量的电动机一般都采用保护性能较好的过电流继电器代替熔断器。过电流继电器的动作电流整定得稍大于电动机的起动电流，除能够起短路保护作用外，还能保护电动机的不正确起动。

热继电器能够保护电动机的过载和缺相运转。但是，在电动机

作反复短时运转或可调整运转时，由于电动机的工作状况很难与热继电器的工作特性保持一致，所以此时就不装设热继电器。

296. 三相鼠笼式电动机正反转运行时怎样防止发生相间短路？

在三相鼠笼式电动机从正转到反转的换接过程中，常因交流接触器灭弧不良而造成相间短路（即正转交流接触器尚未灭弧，反转交流接触器就已闭合）。图 3-142 至图 3-147 是几种比较实用的防止相间短路的控制线路。

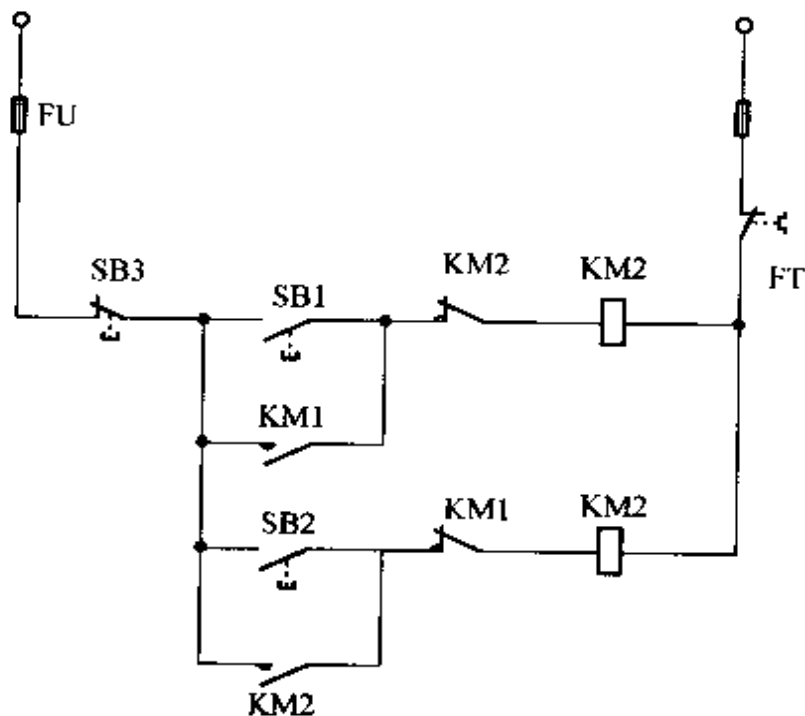


图 3-142 防止相间短路控制线路（一）

在图 3-142 中，KM1、KM2 是分别控制电动机正、反转的交流接触器。正转到反转的操作顺序是：正转—停止—反转。从正转到反转的过程中一般有按下停止按钮的时间，只有在电弧熄灭后，反转接触器才闭合。这样，就能够可靠地防止发生相间短路。

在图 3-143 和图 3-144 中，KM1、KM2 也是分别控制电动机正、反转的交流接触器，而 KA 则是电弧联锁继电器。将 KA 的常闭触点接入正、反转接触器的吸引线圈电路中。在电动机的正、反

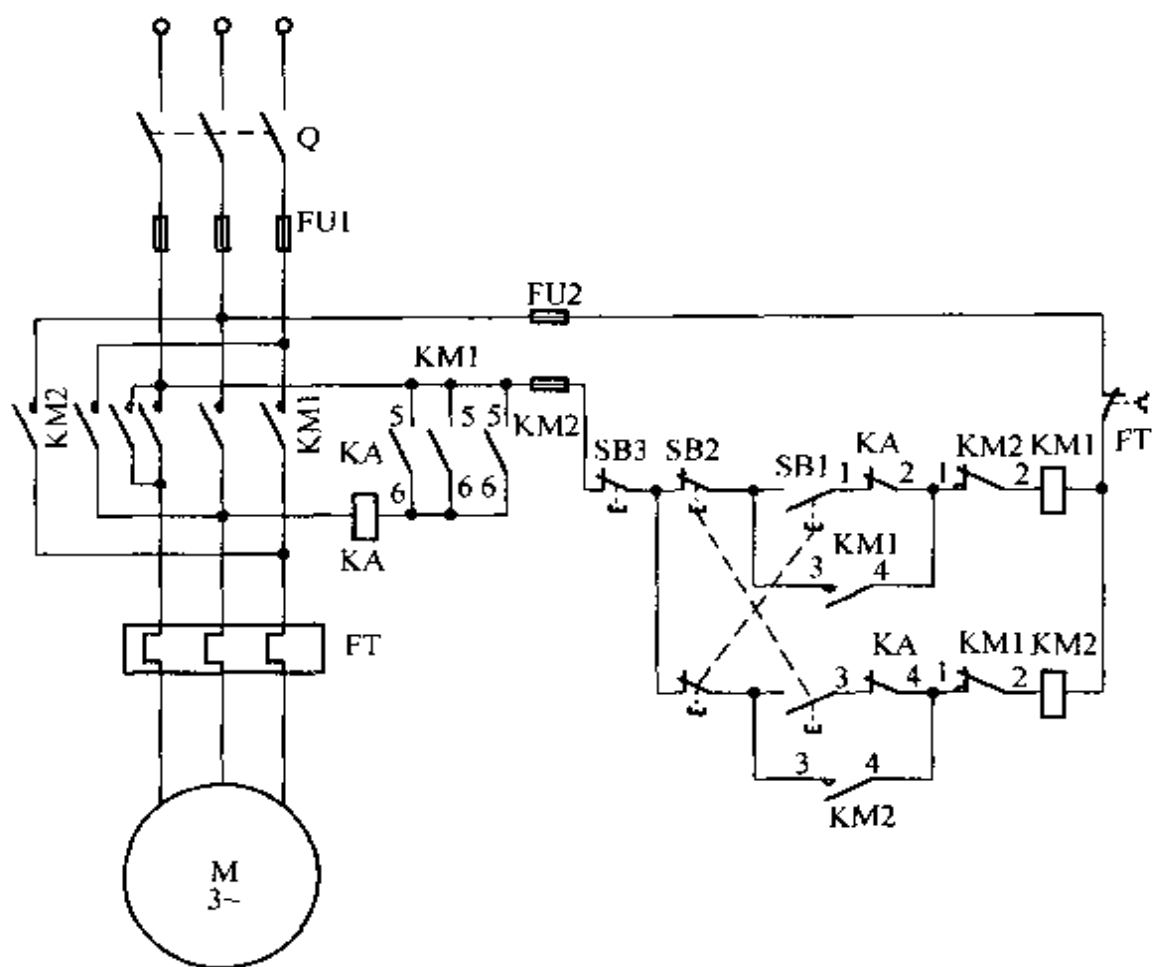


图 3-143 防止相间短路控制线路 (二)

转换接过程中，如果电弧未熄灭，KA 就吸合，即切断转换电路。只有在电弧熄灭后，才能接通转换电路。图 3-143 是继电器电压为 380 V 时的接线，图 3-144 继电器电压为 220 V 时的接线。这两种线路都能够可靠地防止在电动机正、反转过程中发生相间短路，适用于正、反转换接时间远短于灭弧时间的场合。

在图 3-145 中，正、反转换接时，正转接触器 KM1（或反转接触器 KM2）断开后，接触器 KM 也随着断开，KM1（或 KM2）和 KM 这两个接触器组成四断点灭弧电路，能有效地熄灭电弧，防止发生相间短路。这种线路结构简单，但是，要增装一只交流接触器，所以用来控制较大容量的电动机时不经济。

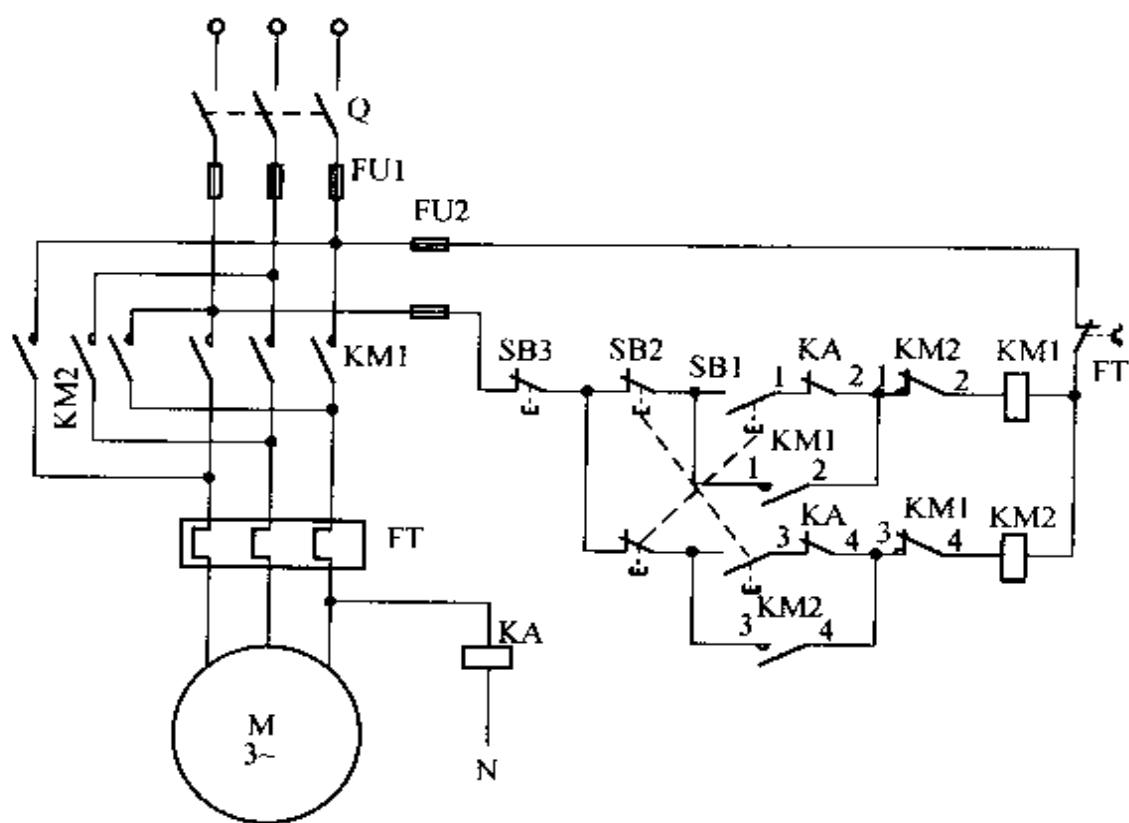


图 3-144 防止相间短路控制线路 (三)

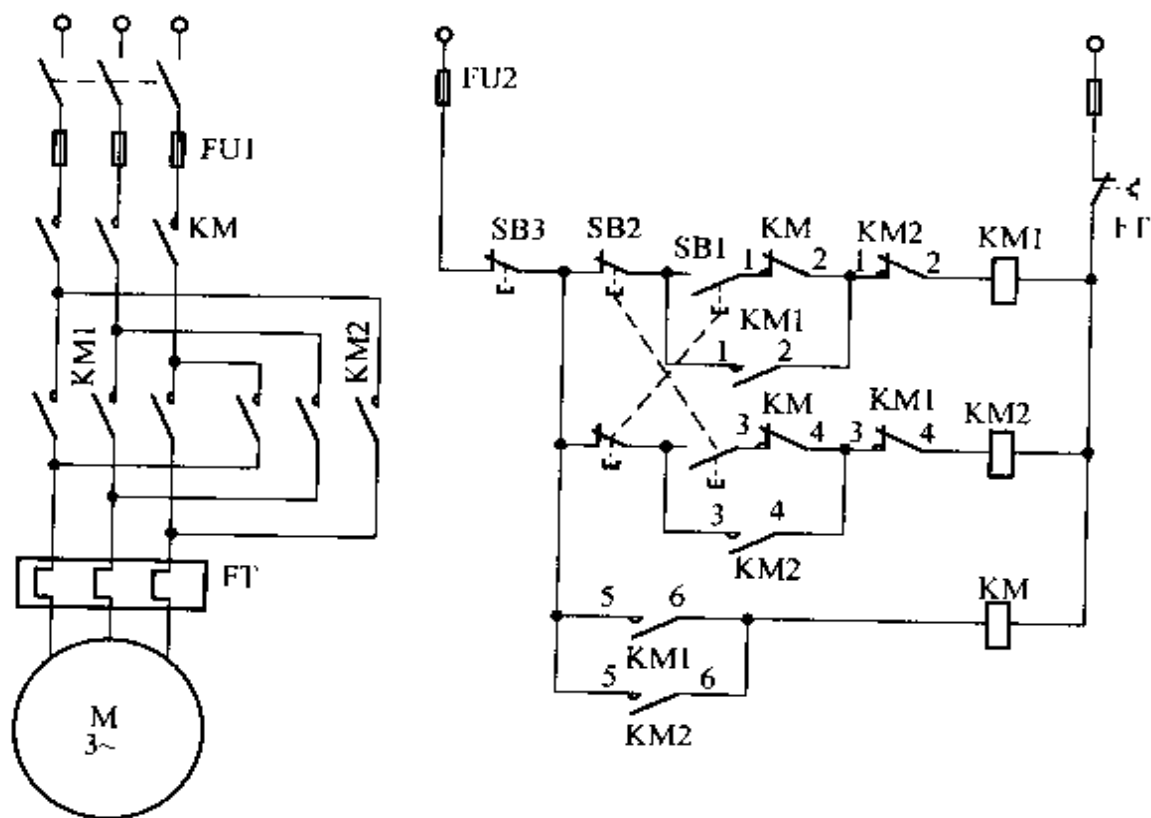


图 3-145 防止相间短路控制线路 (四)

297. 对机床电动机的电路系统短路故障怎样进行检查?

(1) 电源间短路。这是通过电器触头或连接导线而造成电源短路(图 3-146)。例如,行程开关 SQ 中的 3 号线与 0 号线若因某种原因而连接就会将电源短路,此时合上电源开关,熔断器 FU 即熔断。可用电池灯对故障进行检查,检查步骤如下:

①取下熔断器 FU 中的熔体,将电池灯的两根导线分别接到 1 号和 0 号线上,若灯亮,则表明电源间短路。

②将行程开关 SQ 常开触头上的 0 号线拆下,若灯暗,则表明电源短路故障发生在这个环节上。

③再将电池灯的一根线从 0 号线移到 9 号线上,若灯灭,则表明短路故障在 0 号线上。

④将电池灯的两根线仍分别接到 1 号和 0 号线上,然后依次断开 4、3、2 号线,若断开 2 号线时灯灭,则表明 2 号和 0 号线之间短路。

上述短路故障也可用万用表的电阻挡来检查。

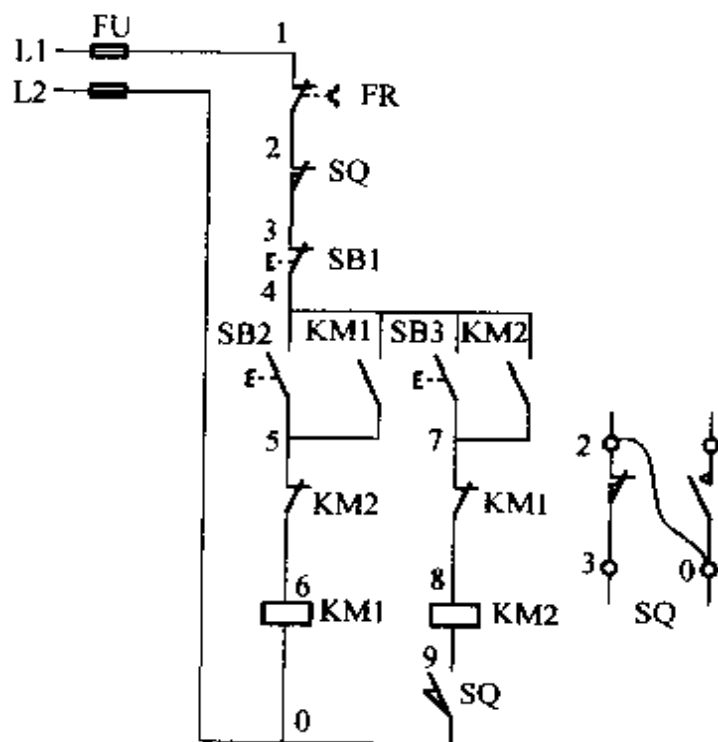


图 3-146 电源间短路故障

(2) 电器触头本身短路。如图 3-146 所示，若停止按钮 SB1 的常闭触头短路，则接触器 KM1 和 KM2 工作后就不能释放。又如，接触器 KM1 的自锁触头一旦短路，则一合上电源开关，KM2 就吸合。这类故障较明显，只要通过分析就可确定故障点。

(3) 电器触头之间短路。由图 3-147 可见，若接触器 KM1 的两副辅助触头 3 号和 8 号因某种原因而短路，则一合上电源开关，接触器 KM2 即吸合。这种故障可用通电和断电两种方法来检查：

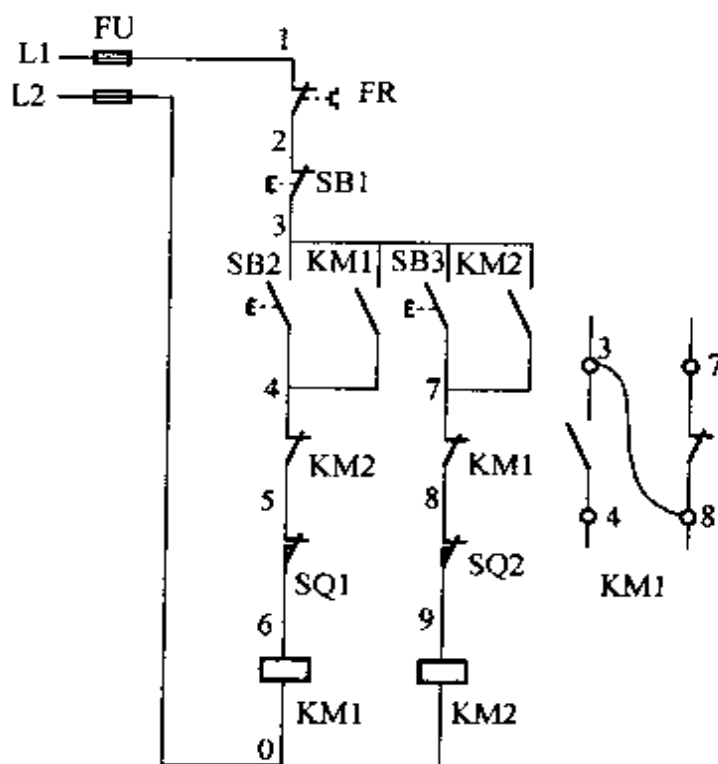


图 3-147 电器触头之间的短路故障

①通电检查。检查时，按下 SB1，若接触器 KM2 释放，则可确定一端短路故障在 3 号；然后将 SQ2 断开，若 KM2 也释放，则表明短路故障可能在 3 号和 8 号之间。如果拆下 7 号线，KM2 仍吸合，则可确定 3 号和 8 号为短路故障点。

②断电检查。将熔断器 FU 拔下，用万用表的电阻挡（或电池灯）测量 2~9 之间的电阻，若电阻值为“0”（或电池灯亮），则表明 2~9 之间有短路故障；然后按下 SB1，若电阻值为“∞”（或电池灯不亮），则表明短路故障不在 2 号；再将 SQ2 断开，若电阻值为“∞”（或电池

灯不亮), 则表明短路故障也不在 9 号; 最后将 7 号断开, 若电阻值为“∞”(或电池灯不亮), 则可确定短路点为 3 号和 8 号。

298. 在中性点不接地电网中为什么要对电动机实行保护接地?

如图 3-148 所示, 在三相中性点不接地电网中, 虽然电网与大地没有直接的电气连接 (即电网对大地绝缘), 但由于某种原因, 电动机外壳带电时, 碰壳电流一旦通过人体, 人体以及电网与大地之间的绝缘阻抗将构成回路。如果各相对地绝缘阻抗相等, 则电动机外壳对地电压 U_d 为

$$U_d = \frac{3UZ_r}{|3Z_r + Z|}$$

式中 U ——电动机相电压;

Z_r ——人体阻抗;

Z ——电网每相对地的绝缘阻抗。

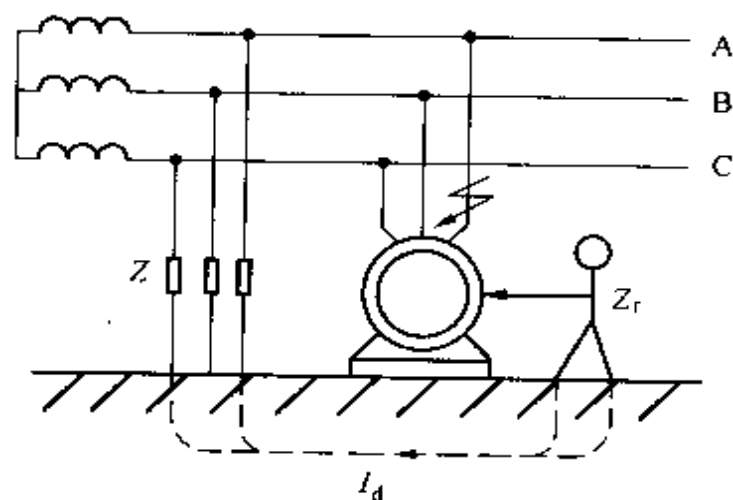


图 3-148 中性点不接地电网中电动机无保护接地示意图

绝缘阻抗 Z 由电网对地绝缘电阻和电网对地分布电容所产生的容抗组成, 将二者并联, 有如下关系式:

$$Z = \frac{R_0 X_c}{R_0 + X_c}$$

式中 R_0 ——电网对地绝缘电阻;

X_C ——电网对地分布电容所产生的容抗。其表达式为

$$X_C = \frac{1}{\omega C}$$

式中 ω ——电源角频率；

C ——每相对地电容。

在上述情况下，流过人体的电流 I_r 为

$$I_r = \frac{U_d}{Z_r} = \frac{3U}{|3Z_r + Z|}$$

如果电网分布范围很小，并且对地绝缘正常，则 X_C 和 R_0 值都很大，因此绝缘阻抗也很大。由上式可知， I_r 值很小，不会危及人身安全。但是，如果电网对地绝缘电阻显著下降或电网分布范围很大（ C 值增大），则 R_0 或 X_C 值将变小，从而绝缘阻抗 Z 也变小，相应地 I_r 值将增大到危及人身安全的程度。为了防止发生人身触电事故，必须对电动机实行保护接地（图 3-149）。

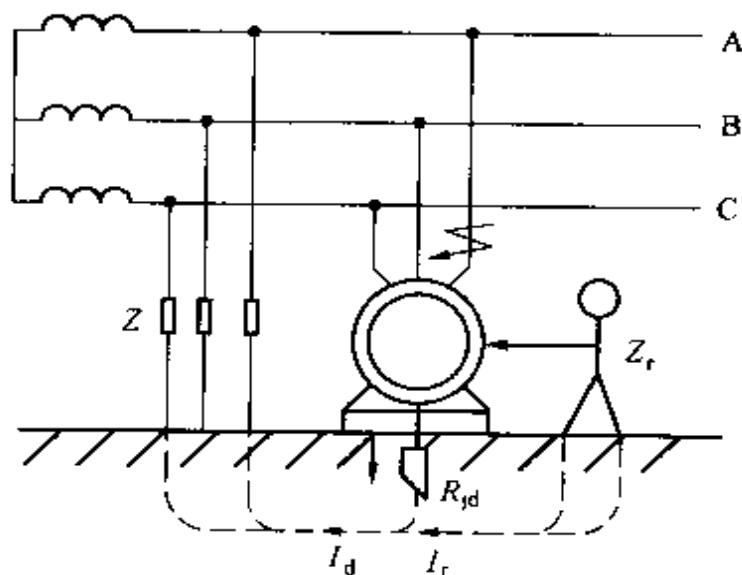


图 3-149 中性点不接地电网中电动机保护接地示意图

由图 3-149 可见，将电动机保护接地后，电动机一旦漏电，则外壳对地电压主要取决于保护接地电阻 R_{jd} 的大小。这是因为， R_{jd} 与 Z_r 并联，并且存在 $R_{jd} \ll Z_r$ 的关系，所以可认为对地电压大致为

$$U_d = \frac{3UR_{jd}}{|3R_{jd} + Z|}$$

此外，由于 $R_{jd} \ll Z$ ，所以 U_d 值大大减小，只要适当控制 R_{jd} 值，就可将电动机漏电时的对地电压控制在安全值以内。

从另一角度来看，将电动机保护接地后，流经大地的电流 I_d 随着 U_d 的降低而大大减小，并且不全部流经人体，其绝大部分从接地电阻 R_{jd} 上分流，此时流过人体的电流 I_r 为：

$$I_r = \frac{R_{jd}}{R_{jd} + Z_r} I_d$$

由于 $R_{jd} \ll Z_r$ ， I_r 值很小，因此可以保证人身安全。

299. 在中性点接地电网中为什么要对电动机实行保护接零？在这种电网中为什么对电动机实行重复接地能加强保护作用，而实行保护接地则不能保证人身安全？

在中性点接地电网中，如果对电动机仅实行保护接地，则人体接触漏电的电动机外壳，要承受 50% 以上的相电压，这对 380/220 V 系统来说，远远超过了安全电压限值。

从另一方面来分析，在上述情况下，电动机外壳带电时，其接地电流为

$$I_d = \frac{U_d}{R_{jd}}$$

$$\text{由于 } U_d = \frac{R_{jd}}{R_{jd} + R_p} U$$

$$\text{所以 } I_d = \frac{U}{R_{jd} + R_p}$$

式中 R_p 为中性点直接接地电网的工作接地电阻，其余符号的意义见 298 问。

按规定， R_{jd} 和 R_p 一般不超过 4 Ω 。若按 4 Ω 考虑，则

$$I_d = \frac{220}{4 + 4} = 27.5(\text{A})$$

从保护装置的额定动作电流来看，在采用空气断路器作为保护装置的线路中，一般要求短路电流大于空气断路器整定电流的 1.5 倍；在采用熔断器作为保护装置的线路中，要求短路电流大于熔断器额定电流的 4 倍。也就是说，只有满足这一条件，保护装置才能迅速动作，切断电源。而对于上述 27.5 A 接地电流，必须采用整定值为 18 A 以下的空气断路器或 6.9 A 以下的熔断器，这与绝大多数电气设备的运行保护都不相适应。

如果采用降低工作接地电阻 R_p 和保护接地电阻 R_d 的办法来增大接地电流，使其足以促使保护装置迅速动作，理论上虽然可以设想，但实际上并不可行。因为，假设熔断器的额定电流为 100 A，则短路电流要大于 400 A，此时接地电阻应为

$$R_{jd} + R_p \leq \frac{U}{I_d} = \frac{200}{400} = 0.55(\Omega)$$

要求接地电阻这样小，不但不经济，而且在土壤电阻较高的地点也是难以满足这一要求的。

因此，在中性点接地电网中，一般都对电动机实行保护接零(图 3-150)。保护接零的原理很简单，当电动机的一相碰壳漏电时，通过外壳可以形成相线对零线的单相短路，此时短路电流很

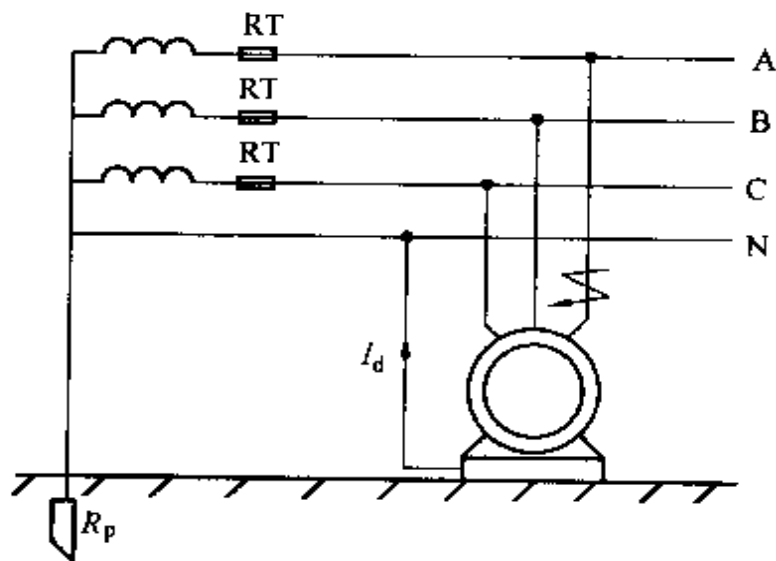


图 3-150 中性点接地电网中电动机保护接零示意图

大，足以使线路上的保护装置（空气断路器或熔断器）迅速动作，切断电源，从而将故障部分与电网分离，避免发生事故。

在中性点接地电网中，对电动机进行保护接零的同时，又实行保护接地，称为重复接地。重复接地可以弥补单纯保护接零（尤其是单纯保护接地）的不足，加强安全保护作用。理由如下：

(1) 人体接触漏电的电动机机壳时，可以降低接触电压。在中性点接地电网中，对电动机实行保护接零，虽然可以起到一定的保护作用，但保护措施仍不够严密。例如，当电动机机壳漏电时，保护装置需要一定的动作反应时间才能切断电源，而在某些场合，人体在这以前就已触及电动机机壳（图 3-151）。此时短路电流 I_d 通过相线、机壳、零线而形成回路，人体触及机壳的接触电压 U_d 等于短路电流在零线上产生的电压降，即

$$U_d = I_d \cdot Z_N$$

式中 Z_N ——零线阻抗。

在一般情况下，零线的导电能力不应低于相线导电能力的1/2，因此零线阻抗（ Z_N ）不应大于相线阻抗（ Z_x ）的2倍，于是可求出

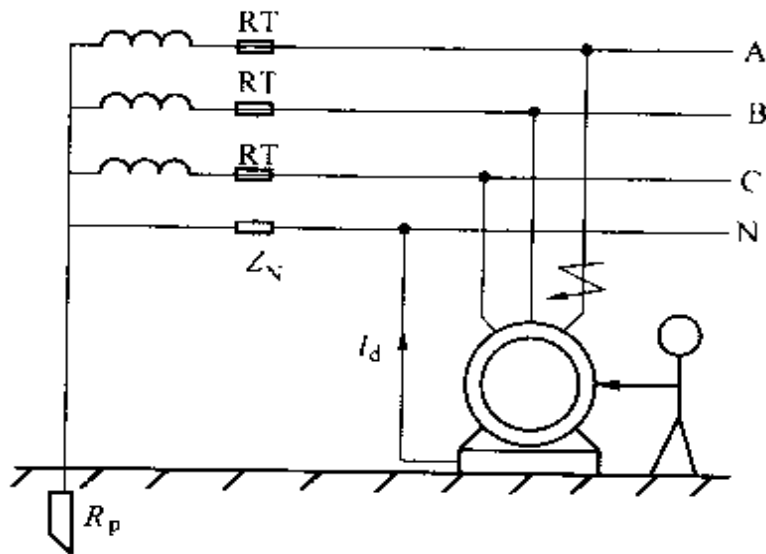


图 3-151 中性点接地电网中电动机保护接零时的触电危险

$$U_d = I_d \cdot Z_N = \frac{U}{Z_N + Z_x} \cdot Z_N = \frac{U}{Z_N + \frac{1}{2}Z_N} \cdot Z_N$$

$$= \frac{2 \times 220}{3} \approx 147(\text{V})$$

可见，上述电压对人身安全威胁很大。

如果对电动机实行重复接地（图 3-152），则情况就完全不同。当电动机的机壳漏电时，短路电流将部分（而不是全部）通过零线形成回路，而另一部分则通过重复接地和工作接地形成回路。此时如果人体触及电动机机壳，其接触电压为部分短路电流在重复接地电阻上的电压降。

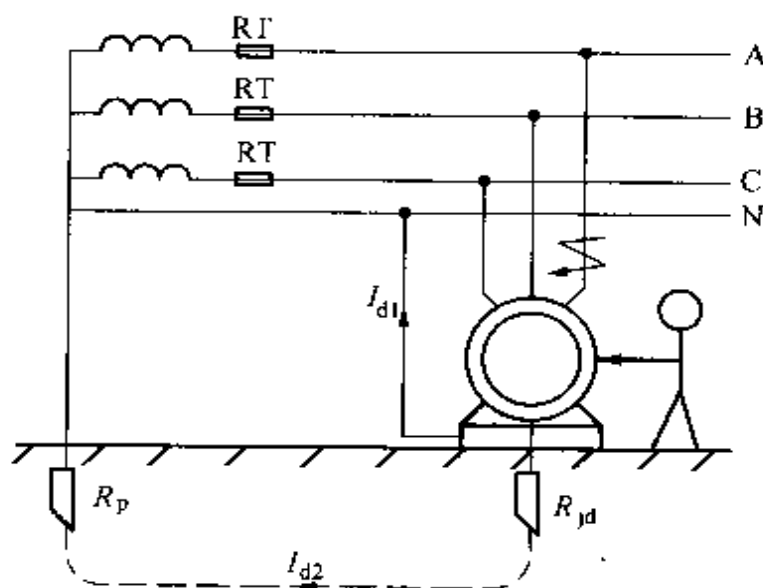


图 3-152 中性点接地电网中电动机重复接地示意图

首先我们求重复接地短路电压 U_{cd} ：

$$U_{cd} = I_d \cdot \frac{Z_N(R_p + R_{jd})}{Z_N + (R_p + R_{jd})}$$

$$= \frac{U}{\frac{Z_N(R_p + R_{jd})}{Z_N + (R_p + R_{jd})} + Z_x} \cdot \frac{Z_N(R_p + R_{jd})}{Z_N + (R_p + R_{jd})}$$

$$= \frac{U}{Z_N + Z_x} \cdot \frac{Z_N + R_p + R_{jd}}{R_p + R_{jd}} \cdot Z_N$$

$$\text{由于 } \frac{Z_N + R_p + R_{jd}}{R_p + R_{jd}} = 1 + \frac{Z_N}{R_p + R_{jd}} > 1$$

$$\text{所以 } U_{cd} < \frac{U}{Z_N + Z_x} \cdot Z_N$$

$$\text{如前所述, } \frac{U}{Z_N + Z_x} \cdot Z_N \approx 147(\text{V})$$

$$\text{因此 } U_{cd} < 147 \text{ V}$$

然后求人体接触电压 U_R :

$$U_R = \frac{U_{cd}}{R_p + R_{jd}} \cdot R_{jd}$$

根据一般要求, R_p 和 R_{jd} 均各取 4Ω , 将其代入上式, 可得:

$$U_R \approx \frac{1}{2} U_{cd}$$

$$U_R < 73.5(\text{V})$$

由此可见, 人体触电的危险程度明显降低。

(2) 当零线断开时, 可以减轻触电危险。如图 3-153 所示, 由于某种原因, 零线断开时, 在电动机未实行保护接地的情况下, 如果电动机有一相碰壳, 则人体触及机壳时, 短路电流将通过人体和

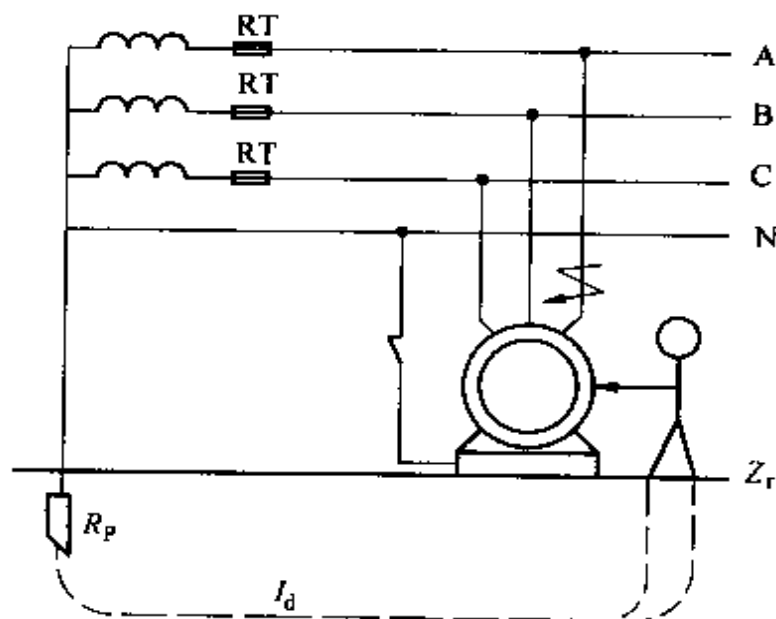


图 3-153 中性点接地电网中电动机保护接零失效的触电危险

工作接地而构成回路。由于人体阻抗远大于工作接地电阻，此时人体几乎承受全部相电压，这是极为危险的。

如果对电动机实行重复接地，即使保护接零失效，短路电流也不会全部通过人体和工作接地构成回路，而主要是通过重复接地 (R_{jd}) 和工作接地 (R_p) 构成回路，此时人体接触电压与 R_{jd} 上的电压降相等。假设 R_{jd} 与 R_p 相等，则人体接触电压只有相电压的一半，其危险程度也大大降低。

如图 3-154 所示，在中性点接地电网中，如果对电动机只实行保护接地，则人体一旦触及漏电的电动机外壳，是非常危险的。理由如下：

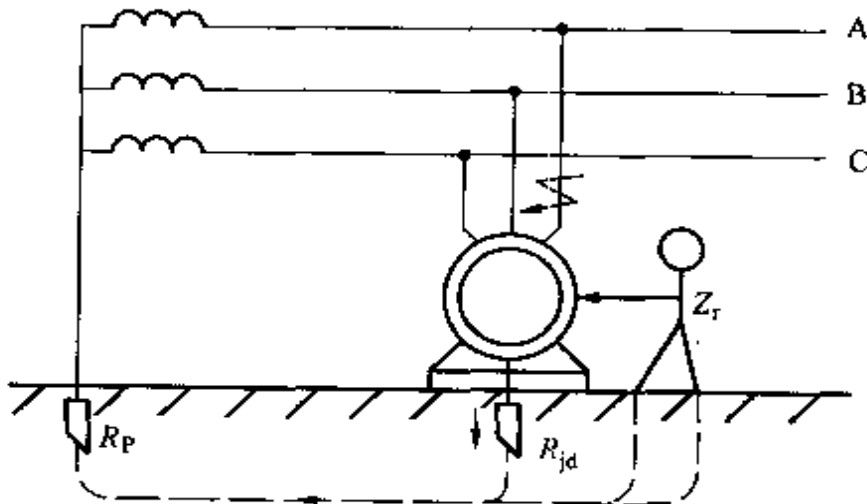


图 3-154 中性点接地电网中电动机只实行保护接地示意图

由于 $R_{jd} \ll Z$ (本问未标注的各符号的意义同 298 问)，所以可认为接触电压 U_d 大致为

$$U_d = \frac{R_{jd}}{R_{jd} + R_p} U$$

通常， R_{jd} 大于 R_p ，即 $R_{jd} \geq R_p$ ，因此 $U_d \geq 0.5 U$ 。这就表明，人体接触漏电的电动机外壳，要承受 50% 以上的相电压，这是很不安全的。所以，只能说，与未实行保护接地的电动机相比，对电动机进行保护接地，可以降低电动机外壳漏电对人体触电的危

险程度，而不能绝对保证人身安全。

300. 怎样安装电动机的保护接地装置？

保护接地装置由接地体和接地线组成（图 3-155）。

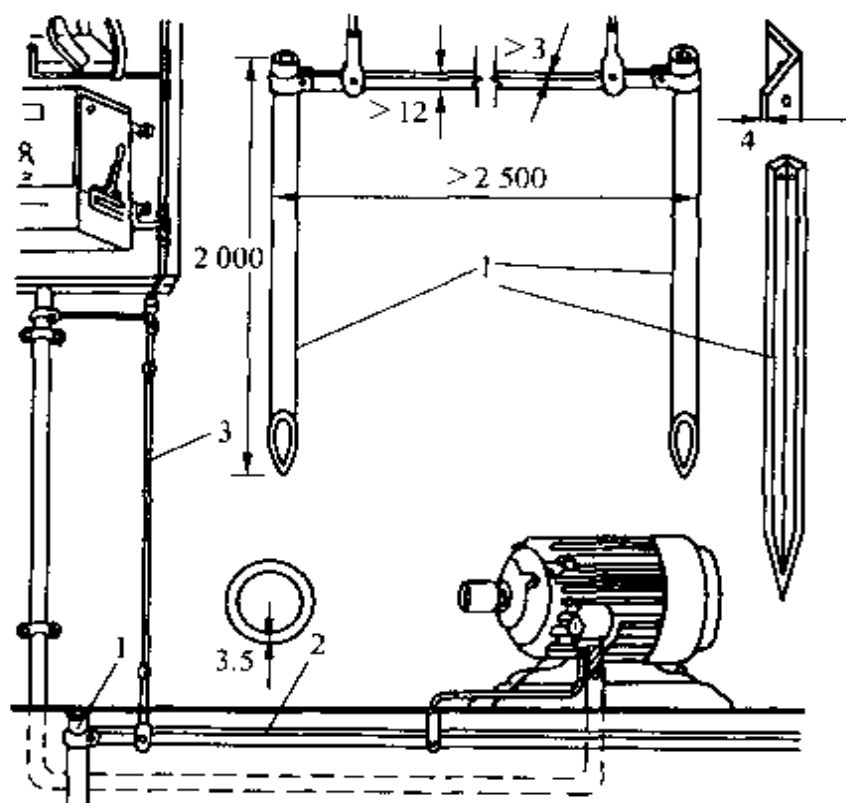


图 3-155 电动机及其附属设备接地示意图

图上尺寸单位为 mm

1. 接地体；2. 接地干线；3. 接地线

(1) 接地体可采用圆钢、角钢或扁钢，头部做成尖形，以便打入地中。接地线可采用圆钢、扁钢或镀锌钢丝，接地线的地下部分容易腐蚀，若采用圆钢或扁钢，最好镀锌或涂上沥青。

(2) 接地体长度一般不应小于 2 m，接地线长度不应小于 0.5 m。

(3) 在土壤有腐蚀性的地区，应采用较大的接地体。

(4) 接地电阻不应大于 4Ω 。如果地下水位太低，接地电阻不合格，可在接地体埋设地点的土壤中加入食盐或木炭；如果遇到砂石土壤，应将接地体周围的砂石换为粘土；如果采用上述方法仍不能降低接地电阻，则应增加接地体。

(5) 按设计要求, 在现场划定接地体和接地线二者的位置, 然后挖坑、开沟, 其深度应在 0.6 m 以上。

(6) 将接地体垂直打入地下, 接地线一端埋入地中, 与接地体相连, 另一端露出地面, 直接与电动机的接地螺栓连接 (详见 301 问)。

(7) 接地体与接地线的连接, 最好采用电焊或气焊焊接。圆钢的搭接长度一般为直径的 6 倍, 扁钢的搭接长度则为宽度的 2 倍。如果现场没有电焊设备, 可用螺栓连接, 但应注意防锈。如果在地下埋入几根接地体, 则各接地体应分别与接地线连接。

(8) 填土并夯实。填土时先填松散的泥土, 以降低接地电阻, 增大接地体的散热能力。

接地装置装好后, 应使用接地电阻测定仪测量接地电阻。若接地电阻太高, 应补充打入接地体或采取其他降低接地电阻的措施, 使接地电阻符合要求。

301. 怎样安装电动机的接地线?

(1) 每台电动机的外壳应以单独的接地线与接地干线相连, 不允许在一根接地线上串接几台电动机。

(2) 电动机的接地线应采用螺栓连接。通常, 每台电动机的外壳上都有专用的接地螺栓, 可采用铜、铝、扁钢等接地支线与其连接。

(3) 接地线的截面除应满足表 3-33 的要求外, 还应符合下述规定:

表 3-33 电动机的外露接地线最小截面 (mm²)

| 名 称 | 铜 | 铝 | 钢 |
|--------------------------------|-----|-----|----|
| 明敷的裸导体 | 4 | 6 | 12 |
| 绝缘导体 | 1.5 | 2.5 | |
| 电缆的接地芯线或和相线包在同一保护外壳内的多芯导线的接地芯线 | 1 | 1.5 | |
| 经常移动的电动机用的多股软铜线 | 1.5 | | |

①在中性点直接接地的系统中，工作零线兼作保护零线，零线的截面不应小于相线截面的 1/2。

②在中性点不接地的系统中，接地干线的截面不应小于相线允许载流量 1/2 所相应的截面，接地支线的截面不应小于相线允许载流量 1/3 所相应的截面。

③在中性点直接接地的三相四线制（接零制）系统中，一般利用配线钢管、金属构架等作为自然接地线。图 3-156 为电动机接地线安装示意图。由图可见，在配线钢管出线口处焊有一只专用接地螺栓（应在穿线之前焊好）。通常，将电源线穿在金属软管或塑料软管中，引至电动机的接线盒内，而将接地线连接在管端上的专用接地螺栓与电动机外壳上的接地螺栓之间。接地螺栓的规格，可根据配管的管径来选择（表 3-34）。

（4）为进一步提高电动机的运行安全性，除将其外壳可靠接地或接零外，还应装设漏电保护装置（特别是在潮湿场所或接近操作人员的地点），二者配合使用，以确保安全。

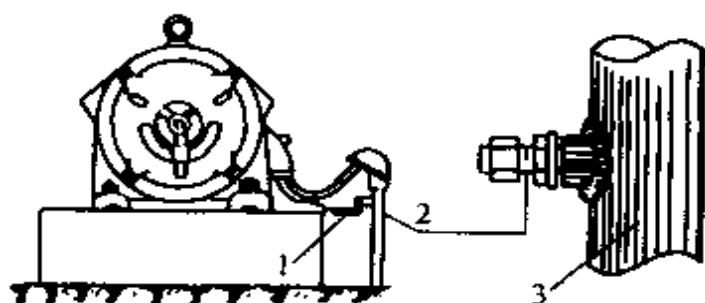


图 3-156 电动机外壳接地线安装示意图

1. 接地线；2. 接地螺栓；3. 配线钢管

表 3-34

接地螺栓规格 (mm)

| 公称口径 | | 螺栓规格 |
|---------|-------|----------------|
| 软管 | 钢管 | |
| ≤25 | ≤20 | 直径×长度 M6×20 |
| 30~(50) | 25~40 | M8×25 |
| (64~76) | 50~80 | M10×30 |

注：括号内的规格，工程上很少选用。

302. 电动机的电源引线实行钢管配线时，怎样进行保护接零（接地）？

如果低压电动机的电源引线实行钢管配线，为了安全起见，配线钢管通常应与保护接零（接地）干线相连，这种与保护接零（接地）干线相联通的配线钢管又可作为其终端设备（如电动机）的保护接零（接地）连接线。如图 3-157 所示，配线钢管同时也是开关外壳的保护接零（接地）连接线。具体做法是：在开关下面线管管口上装一只金属夹头，用 2.5 mm^2 （最小不得小于 1.5 mm^2 ）的绝缘铜线将开关外壳的接地桩与线管金属夹头相连（用螺钉压接）；在线管接电机的出口也装一只金属夹头，用上述同样规格的绝缘导线与接零（接地）干线连通，而电机机座应单独用一根连接线与保护接零（接地）干线连通。连接导线两端应加装接线耳。金属夹头和接线耳须经过镀铜、镀锌或镀锡的防锈处理，连接处的线管表面不应有漆层、铁锈或其他污垢。

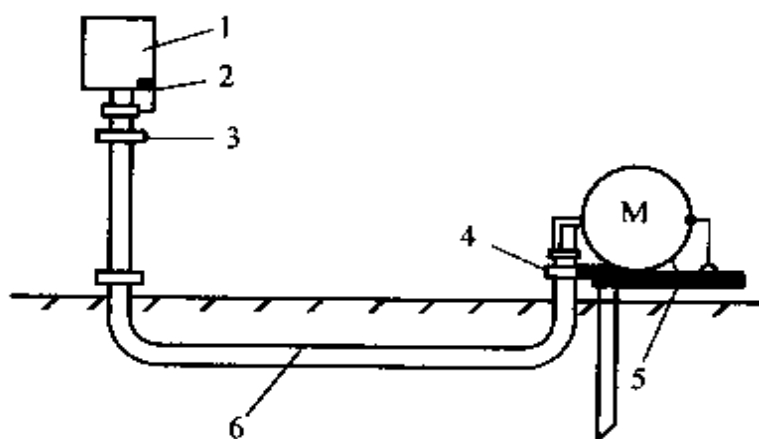


图 3-157 电动机保护接零（接地）示意图

1. 开关外壳；2. 保护接零（接地）；3、4. 金属夹头；
5. 接地下线；6. 电源线保护钢管

管路中如果有管箍接头、接线盒等机械连接点，则应安装跨接线使其连通（图 3-158），以保证管路与保护系统连接的连续性。

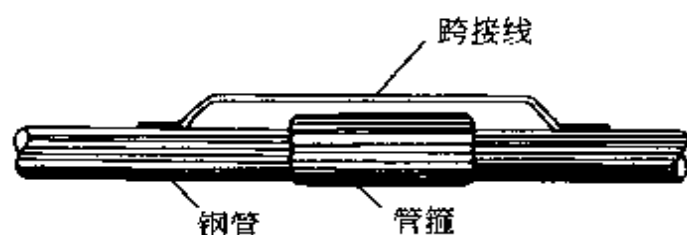


图 3-158 钢管连接处的跨接线安装示意图

303. 电动机接地装置不良的原因是什么？

所谓电动机接地装置不良，是指电动机的保护接地端存在缺陷或故障，接地线路中断（或阻断）或者接地电阻过大。

装设电动机的接地装置，是一项必要的保护措施，必须接触良好，高度可靠，才能确保人身和设备安全。一旦接地装置不良，电动机失去可靠的接地保护，就会发生以下危险：

(1) 当电动机外壳因某种故障而带电时，若人体触及外壳，会造成触电伤亡事故。

(2) 如果电动机周围堆积可燃或易燃物品，电流由机壳经过这些物品流入大地，时间一长，逐渐发热升温，就会发生火灾事故。

电动机的接地装置不良，主要有以下原因：

(1) 由于设计考虑不周，忽略了接地装置。

(2) 由于检修工作马虎，将电动机的接地螺钉或接地标志拆卸后遗失而不在意。

(3) 由于维护保养不及时，接地装置因受潮或腐蚀而生锈。

304. 施工工地抽水用的电动机无接地装置有何危险？

某临时施工工地使用一台 J02-71-4 型、22 kW 三相异步电动机带动离心式水泵排除工地积水，上午机组工作正常，中午机组人员停机休息。下午上班时再合闸起动电动机带动水泵抽水，发现电动机的转速降低，水泵的出水量比上午减小，用试电笔测试电机外壳，发现外壳带电。

经检查，发现以下情况：

(1) 电机定子一相绕组端部绝缘损坏，与机壳相碰。此时若在

断电拆开电动机以前电机操作人员触碰电动机外壳，电流通过人体与地就构成回路，有受到电击的危险。幸好事先用试电笔测试电机外壳，知道外壳带电。

(2) 埋入地中作为接地体的钢钎被人拔走，电动机外壳未接地。

发现上述情况后，在定子绕组端部重新衬垫绝缘，并包扎好，用兆欧表检测，直至绕组绝缘符合要求，同时重新埋设一根铁棒作为接地体，将机壳的接地线接好。合闸后启动电动机，用试电笔测试电机外壳，试电笔的氖管不亮，电机转速和水泵出水量均正常。

这一实例提醒我们，临时施工工地以及农村排灌站使用的单台电动机，必须可靠接地，每次启动电动机以前，应检查接地装置是否良好、牢固；接触通电的电动机以前，必须用试电笔测试电机外壳是否带电。这样，就可确保人身安全。

305. 什么叫做电动机的漏电保护？有哪几种漏电保护装置？怎样选用？

当人体可能触及的电动机漏电时，保护装置以人体接触的安全电压值或流过人体的安全电流值为基准，自动、适时切断电源，以保障人身安全，这种保护称为电动机的漏电保护。电动机的漏电保护装置，根据其动作原理，可分为电压型和电流型两种。

(1) 电压型漏电保护开关。这种保护开关以电动机外壳对地电压作为动作信号，只要该电压达到或超过人体允许的最大安全电压，它就能自动切断电源，因此这种开关具有检测电动机外壳是否漏电、防止人体触电的保护功能。

图 3-159 示出最简单的电压型漏电保护开关线路。继

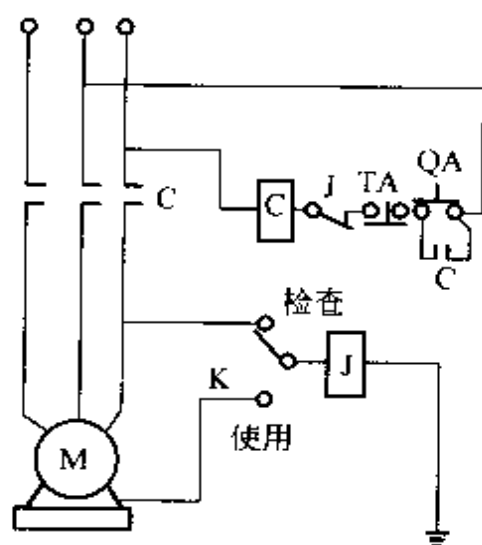


图 3-159 电压型漏电保护开关线路

电器 J 的一端接地，另一端在使用时与电动机的外壳相连。当电动机的绝缘损坏到一定程度，机壳漏电，机壳对地电压达到危险值时，继电器 J 便迅速动作，切断接触器 C 的主控制回路，于是接触器 C 释放，电动机脱离

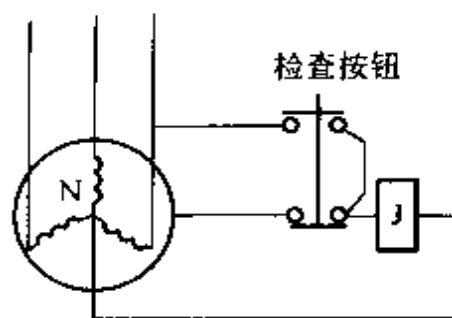


图 3-160 不接地的漏电保护开关线路

电源。图中双投开关 K 的另一端供检查用，即用以检查继电器 J 的接地是否正确，接触器 C 的工作是否可靠。双投开关 K 也可用复式按钮代替。如果电动机是星形接线，继电器 J 也可以不接地，而将其接地的另一端接向电动机的中性点（图 3-160）。

在上述保护线路中，除继电器 J 的动作电压不应超过安全电压外，还要求其动作速度越快越好。IEC（国际电工委员会）标准规定，当接地电阻为 $200\ \Omega$ 时，24 V 电压线圈的动作时间应在 0.5 s 以内，42 V 电压线圈应在 0.2 s 以内，220 V 电压线圈应在 0.1 s 以内。

选用电压型漏电保护开关时，要求其动作电压不超过安全电压范围（表 3-35）。

表 3-35 电压型漏电保护开关的安全电压

| 安全电压（交流有效值） | | 选 用 举 例 |
|-------------|-----------|---|
| 额定值 (V) | 空载上限值 (V) | |
| 42 | 50 | 有触电危险场所使用的手提式电动工具 |
| 36 | 43 | 矿井、有导电粉尘的场所使用的行灯等 |
| 24 | 29 | 可能偶然触及带电部分的电器，以及在金属容器和锅炉内进行焊接、检查工作所使用的手提灯（12 V 以下电压）等 |
| 12 | 15 | |
| 6 | 8 | |

(2) 电流型漏电保护开关。这种保护开关反应电动机外壳漏电时的泄漏电流或零序电流。只要该电流达到或超过允许流经人体的最大安全电流，继电器就立即动作，切断电源。这类开关分为以下几种：

①使用环形互感器的电流型漏电保护开关。其原理图如图 3-161 所示。电动机正常工作时，三相电流平衡，合成磁场为零，互感器二次侧无感应电流，继电器 J 不动作；当电动机的绝缘损坏漏电时，一相或两相电流显著增大，三相电流不平衡，合成磁场不为

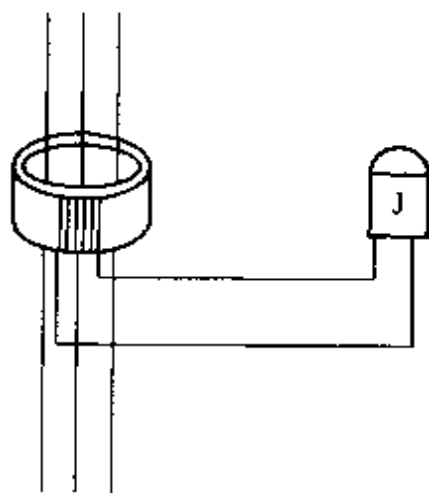


图 3-161 使用环形互感器的漏电保护原理

零，互感器二次侧产生感应电流，使继电器 J 动作，切断主回路，电动机脱离电源。为提高开关的灵敏度，常在互感器与继电器之间加入放大环节。

②无互感器的电流型漏电保护开关。其原理如图 3-162 所示。继电器 J 接在低压中性点与大地之间。电动机正常工作时，继电器 J 中无电流通过，主回路保持联通。当一相对地绝缘损坏或有人

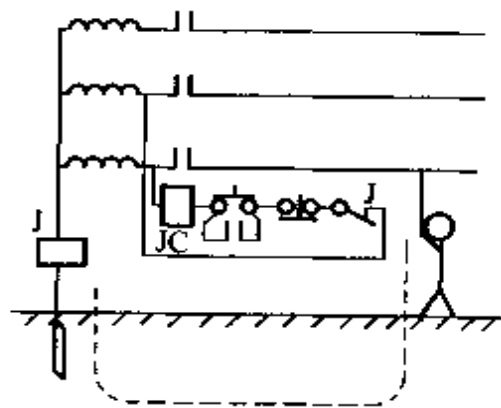


图 3-162 无互感器的漏电保护原理

单相触电时，便有电流通过继电器 J 的线圈而构成回路，于是继电器动作，切断主回路，接触器 JC 释放，使电动机脱离电源。为保障人身安全，要求继电器具有较高的阻抗，而动作电流则不超过 15 mA。

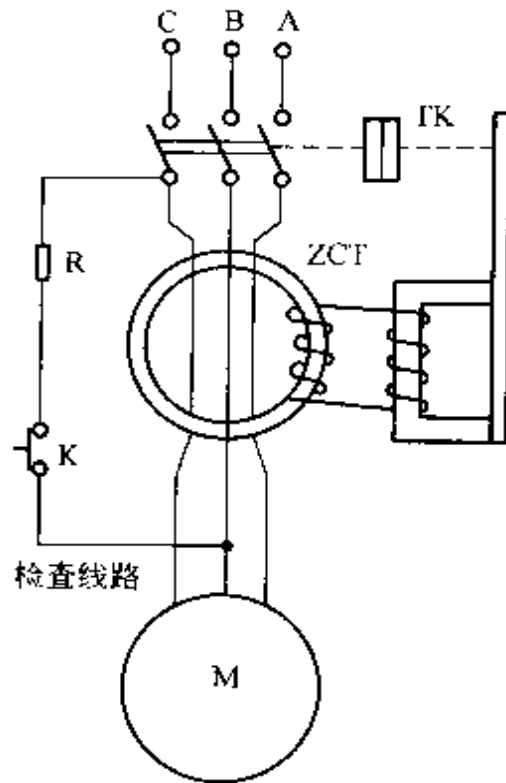


图 3-163 电磁型漏电保护开关的保护原理

③电磁型漏电保护开关。其原理如图 3-163 所示。这种开关以极化电磁铁 TK 作为中间动作机构。电动机正常工作时，环形互感器 ZCT 二次侧无感应电流，因此极化电磁铁 TK 的吸力可以克服弹簧拉力，使漏电保护开关保持接通状态。当电动机漏电或有人触电时，互感器二次侧感应出电流，该电流使极化电磁铁 TK 的线圈感应生成去磁磁通，减弱电磁吸力，从而使漏电保护开关在弹簧力的作用下脱扣，切断电源。图中左侧电阻 R 和按钮开关 K 供检查保护开关动作可靠性之用。在电动机正常运行中，当按下检查开关 K 时，保护开关应动作而将电源切断，否则，说明保护开关存在故障，须立即检修。

选用电流型漏电保护开关时，要求其动作电流（灵敏度）与不同场所的安全电流相适应。电流型漏电保护开关可分为 5、10、30 mA 高灵敏度，100、300、1000 mA 中灵敏度和 1000 mA 以上低灵敏度三挡。表 3-36 列出不同电流灵敏度的漏电保护开关选用实例，可供根据电动机使用场所选用漏电保护开关时参考。

表 3-36 电流型漏电保护开关的安全电流

| 安全电流 (mA) | 选 用 举 例 |
|------------|--|
| 5~30 | 防止人体触电、住宅和商店等总电流容量不超过 100 A (照明) 或 50 A (动力) 的场所 |
| 100 - 1000 | 防止漏电引起火灾的场所 |
| >1000 | 防止漏电损坏机器设备的场所 |

306. 使用漏电保护开关时，电动机外壳怎样接地？

通常，漏电保护开关所保护的电动机的外壳都应接地。只有采用高灵敏度（动作电流在 15 mA 以下）电流型漏电保护开关对单台电动机进行保护时，才允许该电动机不接地。

(1) 条件许可时，所保护电动机的外壳应实行单独接地。此时，如果采用动作电流在 30 mA 以下、15 mA 以上的非高灵敏度电流型漏电保护开关，则接地电阻应在 500 Ω 以下。

(2) 所保护电动机的金属外壳的接地，最好与电源中性点的接地分开。如果无法分开或者分开接地存在困难，则在采用电磁型漏电保护开关时可接至保护地线 (PE)，该地线不应通过零序电流互感器，因为它是直接从进线端引来的。如果采用电子式漏电保护开关，则应校核发生单相接地时，漏电保护开关的辅助电源电压是否在允许的电压范围以内，以保证其可靠动作。

307. 怎样认识三相异步电动机“两相一零”运行的危害？

三相异步电动机“两相一零”运行，是由于将一根相线与电动

机金属外壳上的保护接零线相连接造成的，此时电动机外壳带电，触电危险性很大。在这种情况下，供给电动机的电压为不对称三相电压，即一个线电压、两个相电压，一般可表示为（图 3-164 a）

$$\dot{U}_1 = U / 0^\circ$$

$$\dot{U}_2 = \frac{U}{\sqrt{3}} / -150^\circ$$

$$\dot{U}_3 = \frac{U}{\sqrt{3}} / 150^\circ$$

应用对称分量法可求得 $U_+ = \frac{2}{3} U$ 、 $U_- = \frac{1}{3} U$ 。因此，正转转矩约为额定转矩的 $\frac{4}{9}$ ，反转转矩约为额定转矩的 $\frac{1}{9}$ （图 3-164 b）。

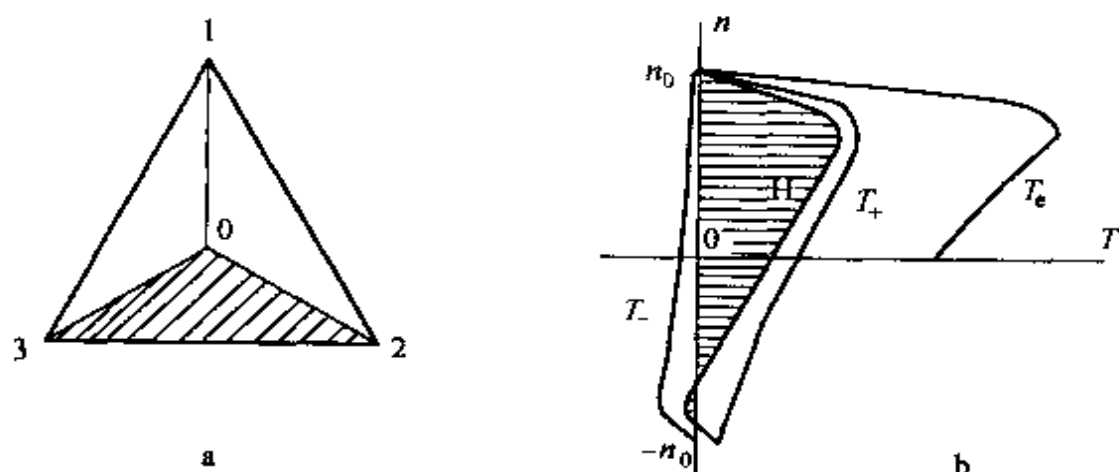


图 3-164 三相电动机“两相一零”运行

a. 电压矢量；b. 机械特性

三相电动机的这种“两相一零”运行不同于缺相运行。在这种情况下，堵转转矩为额定堵转转矩的 $1/3$ 。因此，如果负载转矩不大，接通电源时，电动机仍能正常起动；运行时转速变化很小，异常声音也不严重。正因为如此，这种情况往往给人以错觉，误以为电动机处于正常运行状态而忽视其金属外壳带电的危险，这是值得高度警惕的。

308. 什么叫做三相电动机缺相运行？缺相运行的原因是什么？
缺相运行有何危害？

三相电动机缺相运行，是指三相供电电源缺少一相或电动机三相绕组中有一相从电源断开而造成的一种电动机故障运行状态，也叫断相运行、双相运行或单相运行，俗称“走单相”。三相电动机缺相运行的原因很多，常见的有以下几种：

(1) 气候恶劣（如刮风、下雨、下雪等），造成电网一相电源断线。

(2) 室外的输入端电源线与电网之间的接头经长期使用而接触不良，形成一相电源断电。

(3) 输入端电源线上的控制开关存在触点烧伤损坏、松动、接触不良等现象，使电动机缺少一相电源。

(4) 闸刀开关上的熔体没有拧紧，或拧得过紧（将熔体端头压断），熔体出现浮接现象。当通过的电流稍大时，熔体便熔断，造成电动机缺相运行。此外，熔体选择不当，有一相熔体较细而熔断，也会造成电动机缺相运行。

(5) 电动机绕组内部接线头或引出线端未焊牢，引起接触电阻增大，当通过大电流时，内部导线接头或引出线端逐步氧化而断路，电动机缺相运行。

(6) 配电变压器高压侧或低压侧一相断电（熔断器一相熔断），造成电动机缺相运行（在这种情况下，由该变压器供电的所有电动机都会缺相运行）。

(7) 电动机某处接地或短路，出现局部过热现象，将导线烧断，使电动机缺相运行。

由于三相电动机在运行中断开一相仍能够转动，因此不易察觉而成为“带病”运行隐患，造成严重的三相电压、三相电流不平衡，绕组过热，转速下降，时间稍长，电动机就会烧毁。在电动机的运行中，一旦发现其声音异常，就应立即停机进行检查。若三相电流有一相为零（Y接）或一相电流大于另外两相电流（ Δ 接），

则表明电动机缺相运行，应及时停机进行检修。

309. 三相电动机缺相运行会出现哪些现象？怎样检查？

三相电动机缺相运行的几种现象：

(1) 星形接法断一相电源。如图 3-165 a 所示，如果电动机正在运行，由于某种原因，有一相断路（如 A 相绕组在 d 处断开），则 A 相绕组中就无电流，B、C 两相绕组成为串联关系，接在 380 V 线电压上，这两相绕组中流过同一电流（单相电流），这就是电动机缺相运行。此时电动机仍可继续运转，但工作着的两相绕组，每相两端电压只有 190 V（电动机正常运行时相电压为 220 V）。由于相电压降低，旋转磁通 Φ 也相应降低。但是，负载没有变，电动机的输出转矩也应该不变，因此定子电流将增加。此外，从功率角度来分析，电动机正常工作时，三相绕组平均分担额定功率；缺相运行时，断电相不再做功，另两相绕组负担的功率必然增大，绕组电流也必然增加。总之，一相绕组断电后，其余两相绕组的负担明显增加。此时绕组的电流值比电动机过载时的电流值大，但比短路电流小。

(2) 三角形接法断一相电源。如图 3-165 b 所示，如果 d 点断开，则整个绕组便接在两条相线之间，这也是电机缺相运行。此时虽然三相绕组都在工作，但它们已不是对称绕组，而是 CA 相绕组

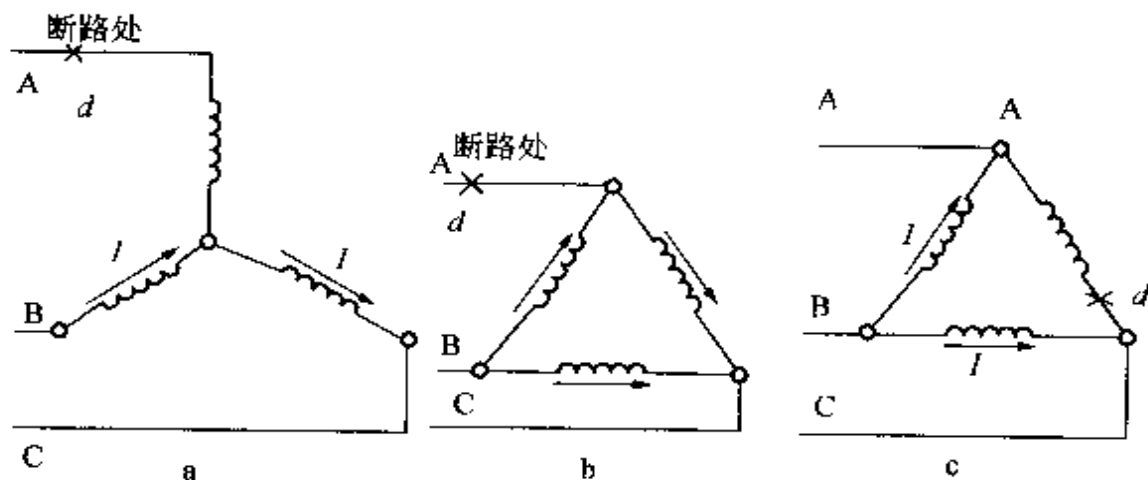


图 3-165 三相电动机缺相

a. Y 接法电源断一相； b. Δ 接法电源断一相； c. Δ 接法一相绕组断路

与 AB 相绕组串联，然后与 BC 相绕组并联。在这种情况下，绕组中的电流、功率不仅与正常工作时的电流、功率不同，而且两支路电流也不均衡。理论和实践都证明，绕组为三角形接线时，一旦断一相电源，各相电流都将增加，电动机可能因拖不动负载而停转。如果电动机停转时未立即切断电源，则电流会更大，其危害比星形接法的电动机缺相运行更严重。

(3) 三角形接法的绕组内部一相断路。如图 3-165 c 所示，此时电动机的两相绕组形成“V”形连接。这种连接，起动转矩过小，原来静止的电动机难以起动；正在运行中的电动机，其断路相电流为零，不再做功，其余两相绕组的负载加重，电流增大，绕组温升增高。

(4) 多台三角形接法的电动机并联运行断一相电源。电源一相断线的运行电路如图 3-166 所示。此时与单台电动机运行时电源一相断线的情况不同，即 $I_B \neq 0$ ，所以负载最小的一台电动机将因流过较大的电流而比负载较大的电动机先受到损坏。因此，多台定子绕组为三角形接线的电动机并联运行时，应加强对负载最小的电动机的断相保护。

检查缺相运行故障的步骤：

(1) 检查定子绕组。将接在输入端接线板上的三根电源线取下来，用万用表检查三相绕组是否导通。如果导通，则表明故障发生在供电线路上。

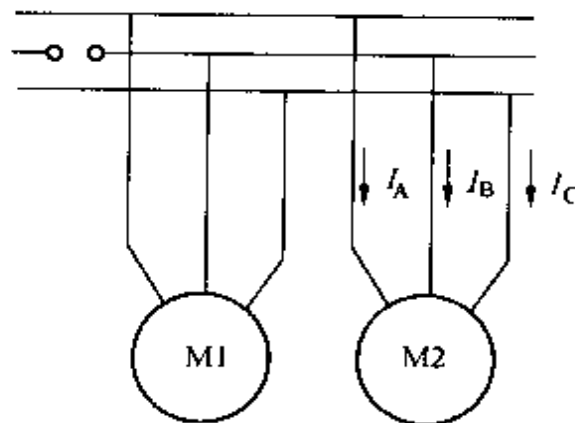


图 3-166 多台 Δ 接电动机并联运行时电源断一相

(2) 检查三相交流电压。将从输入端接线板上取下的三根电源线固定在某个物件上（不得短路），合上供电线路上的电源开关，用万用表 500 V 交流电压挡检查三根相线（火线）的线电压，若均为 380 V 或 220 V，则正常；若两根相线之间的电压正常，而这两根相线与另一根相线之间的电压在 100 V 以下，则表明缺少一相电源，即第三根相线未与电网接通。

(3) 检查熔体和触点的接触情况。主要是检查各熔体是否熔断，有关螺钉是否松动，动触点或刀片与静触点接触是否良好。如果供电线路上有多道开关，可实行分段检查。

310. 怎样判断电动机的电源一相和定子绕组一相是否开路？运行中的三相异步电动机断开一相电源，为什么其保护熔体一般不熔断？

电动机的电源一相开路或定子绕组一相开路，都会造成电机缺相运行。可按下述方法检查、判断：

(1) 电源一相开路。用万用表电压挡测量电动机主接触器上接线端头的三相交流电压。测量方法如下：

使万用表的两支表笔依次两两测量三个端头，共测量三次，如果只有一次测出电压，而其他两次均测不出电压，则表明电源一相开路（即电源缺相）。

如果接触器上的接线端不缺相，则应先断电，然后按下述两种方法之一检查接触器触头的通断情况：

① 拆开接触器的灭弧罩，用力压合触头，用万用表电阻挡检查三个触头的闭合状态是否良好。

② 先拆除接触器下接线端头上的三根电动机负载线，然后通电并起动控制按钮，使接触器得电吸合，随后用万用表电压挡测量接触器下接线端头（测量方法与电源一相开路的查找方法相同），同样可以判断触头闭合状态是否良好。

(2) 定子绕组一相开路。拆开电动机的接线盒，用万用表电阻挡分别两两测量连接三相电源进线的三个端头。如果有两次或一次

测得的电阻值很大或无穷大，则表明绕组有开路故障，应检查和修理或更换绕组。

三相异步电动机在额定负载下运行时，如果电源断开一相，则另外两相绕组的电流将是额定电流的 $\sqrt{3}$ 倍左右。而电动机的保护熔体通常是按电动机额定电流的1.5~2.5倍选择的，熔体熔断电流一般与本身额定电流的1.3~2.1倍，因此熔体的熔断电流至少是电动机额定电流的 $1.5 \times 1.3 = 1.95$ 倍。显然，熔体在 $\sqrt{3}$ 倍绕组额定电流下不会熔断。但是，如果电动机继续运行，将因电流过大而过热或烧毁。

311. 怎样使用校验灯检查熔体是否熔断？

(1) 如图3-167所示，将熔体取下，接上校验灯。若校验灯发光，则表明熔体完好。否则，表明熔体已熔断。

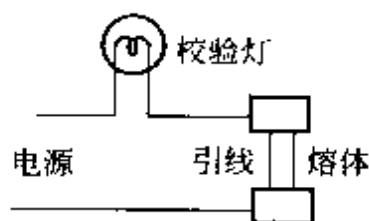


图 3-167 取下熔体用校验灯检查

(2) 不将熔体从支座上取下，只要在开关推上闭合后，把校验灯跨接于熔体的两端（图3-168）。若校验灯发光，则表明熔体已熔断。否则，表明熔体完好。

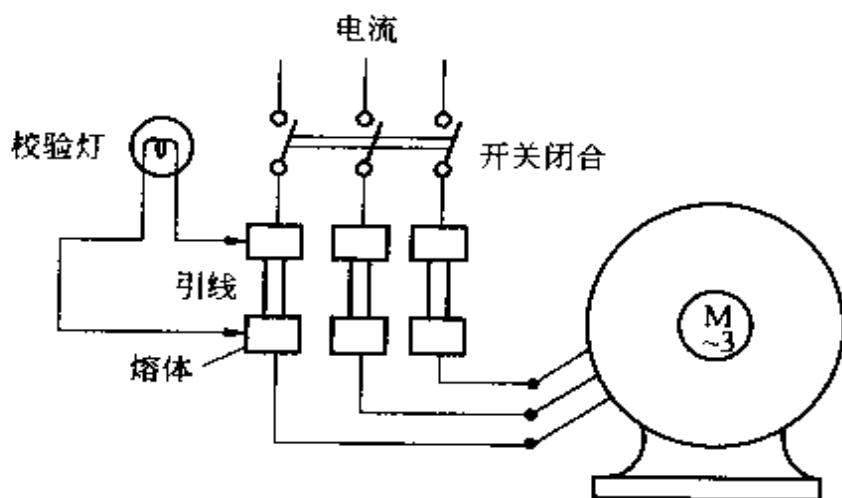


图 3-168 不取下熔体用校验灯检查

312. 三相异步电动机缺相运行为什么会烧毁定子绕组?

下面首先以一台额定电压（指线电压）为 380 V、Y 形接线的三相异步电动机为例，说明该电机缺相运行时定子绕组烧毁的原因。

如图 3-169 a 所示，若 A 相电源断开，则 A 相绕组中的电流为零。此时 B、C 两相绕组串联起来接在 380 V 电压之间，即加于每相绕组的电压为 $380 \text{ V} / 2 = 190 \text{ V}$ 。大家知道，Y 形接法的三相异步电动机，加于每相绕组的电压为相电压，即 220 V。若电动机所带的负载未变，则原来由三相绕组承担的整个负载要由 B、C 两相绕组来负担，而 B、C 两相绕组的电压则由原来的 220 V 降低到 190 V。因此，B、C 两相绕组中的电流显著增大。计算和实测都表明，运行的两相绕组中的电流将增大到额定电流的 1.73 倍左右。这一电流比一般的过负荷电流要大得多，从而这两相绕组急剧发热而烧毁。

对于一台额定电压也为 380 V，但与 Δ 形接线的三相异步电动机来说，正常运行时每相绕组通过的电流为额定电流（指线电流）的 $1/\sqrt{3}$ ($\approx 0.58 I_e$)。若 A 相电源断开，则线电流增大到额定电流的 1.73 倍，这一电流分两路通过 A、B 两相绕组和 C 相绕组（图 3-169 b）。由于 C 相绕组的阻抗是 A、B 两相绕组串联阻抗的一半，

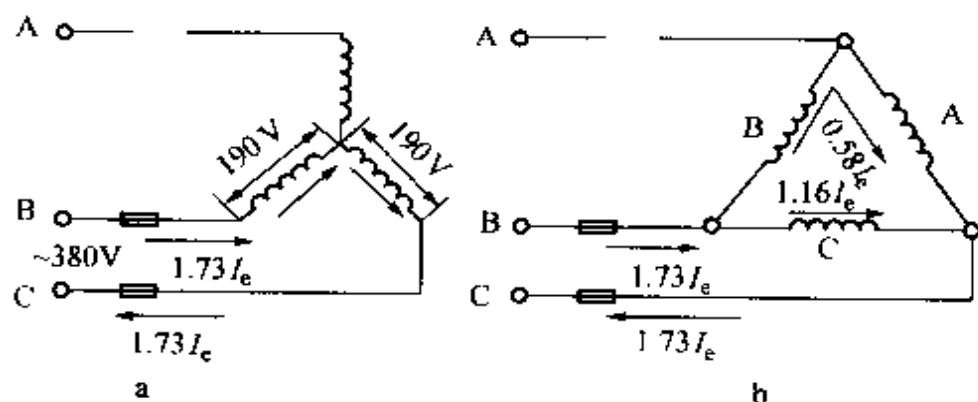


图 3-169 电动机缺相运行的分析

a. Y 形接线；b. Δ 形接线

所以通过 C 相绕组的电流为 A、B 两相绕组电流的 2 倍。具体地说，通过 A、B 两相绕组的电流为 $0.58 I_e$ ，通过 C 相绕组的电流为 $0.58 I_e \times 2 = 1.16 I_e$ 。由此可见，通过 C 相绕组的电流为正常电流（注意：正常电流为 $0.58 I_e$ ）的 2 倍，因而 C 相绕组必然烧毁。

综上所述，无论是 Y 接或 Δ 接三相异步电动机缺相运行，其定子绕组都将因电流增大而过热烧毁。

313. 绕组为星形接线的三相异步电动机，其中性点对地电压为什么不等于零？为什么电动机缺相运行时对地电压反而会升高？

定子绕组为星形接线的三相异步电动机，其中性点对地电压在理论上应等于零，但实际上正常运行时并不等于零（约为相电压的 3.6%）。这是因为，三相电源电压和电动机的三相阻抗不可能完全平衡，即使电压和阻抗平衡，定子绕组中也会由于气隙磁场的非正弦分布而产生三次谐波电势。在三相绕组中，三相谐波电势相位相同，但其总和不等于零，所以中性点存在对地电压。

当运行中的三相电动机突然断去一相电源而成为缺相运行时，它便处于不对称运行状态。不对称的三相电压（或三相电流）可分解为三相对称的分量，即正序对称分量、负序对称分量和零序分量。零序电压分量与三次谐波电压分量相似，其各相电压相位相同，方向指向中性点。由于存在零序电压分量，中性点对地电压便升高很多。中性点对地电压的高低与电动机的容量大小无关，主要与电动机的负载大小有关。如果在电动机空载时发生断相故障，则在额定电压为 380 V 时，中性点对地电压约为十几伏，轻载时为二十几伏，满载时可达 45 V 左右。根据电动机缺相运行时中性点对地电压升高这一特点，可以进行电动机的缺相运行保护。

314. 为什么三相异步电动机在静止时缺相就不能起动？在运转中缺相却能够继续运行？

在三相异步电动机的静止状态下，当定子绕组为星形接线时，

如果电源或定子绕组有一相断线，则电动机起动时，由于正序电压与负序电压相等，所以正序旋转磁场与负序旋转磁场也相等，此时起动转矩为零，电动机根本无法起动。

当定子绕组为三角形接线时，如果电源有一相断线，基于上述绕组为星形接线时同样的原因，起动转矩等于零，所以电动机也无法起动。

如果电动机定子绕组为三角形接线，只有绕组一相断线，而电源未断线，则情况就有所不同。此时由于绕组是开口三角形连接，两相绕组的电压相位不同，起动转矩并不为零。但是，此时一相的起动电流与三相正常起动时一样，而另外两相的起动电流则只有正常起动电流的 58%，所以，当电动机的负载在额定负载的 67% 以下时，电动机能起动。

在电动机的运行过程中，如果电源一相断电，则绕组磁场也可分成两个大小相等、方向相反的旋转磁场。但与电动机转向相反的磁场与转子间的相对转速很大，在转子中产生的感应电动势也很大，同时电流频率几乎是电源频率的两倍，而转子的感抗很大，此时决定转矩大小的电流有功分量很小，所以逆向转矩远小于正向转矩，从而电动机能够继续运行。但此时转速降低，电流增大，只允许电动机带一半负载运转。如果带额定负载运行，则通过绕组的电流势必超过额定电流而造成电动机发热甚至烧毁。

315. 怎样判断电动机在什么情况下应装设断相保护装置？在什么条件下可不装设断相保护装置？

通常，凡是连续运行的三相交流电动机，均应装设防止缺相运行的断相保护装置。断相保护装置可采用带断相保护的三相热继电器或其他专用保护装置。

凡具有下列条件之一者，可不装设断相保护装置：

(1) 定子绕组接成星形运行，且装有三相或两相过载保护装置的电动机。

(2) 经常有人监视，能及时发现电动机的断相故障。

- (3) 电动机装有能直接反应绕组过热的过负荷保护装置。
- (4) 3 kW 以下不易过载的鼠笼式电动机（潮湿场所除外）。
- (5) 采用空气断路器作为电动机的短路保护装置。

316. 对三相异步电动机的缺相运行和绝缘危险状态怎样进行综合保护？

三相异步电动机缺相运行或者其绕组绝缘处于危险状态，都会缩短使用寿命。为保证电动机正常运转，不过早损坏，可采用图 3-170 所示简单可靠的综合保护电路。

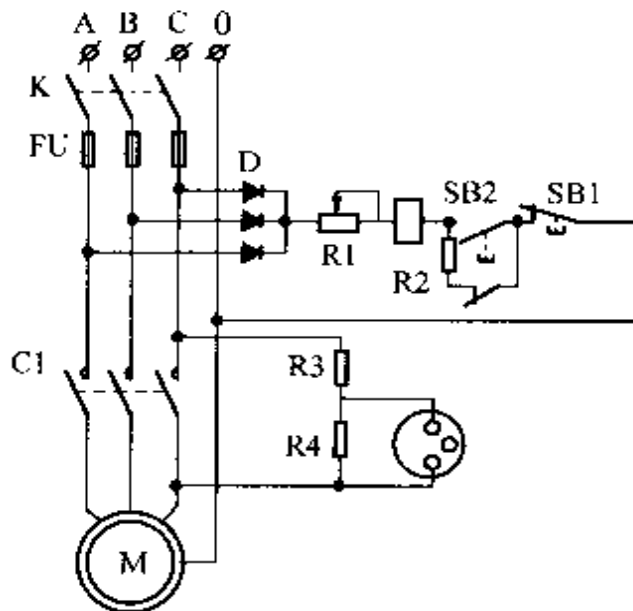


图 3-170 电动机的综合保护电路

缺相保护部分由三个二极管 D1、D2、D3 和电阻 R1、R2 组成。当出现缺相现象时，经过二极管整流加于接触器线圈 C1 的电压降低，流过线圈的电流减小，接触器断开。R1、R2 串联后限制接触器吸合后的线圈电流，通过调节电阻值，进一步提高返回系数，使接触器的动作更准确。

当电动机的绕组绝缘性能恶化而出现危险状态时，由 R3、R4、氖泡组成的绝缘危险状况指示器便发出警告信号；当电动机停机时，指示器即投入运行。限流电阻 R3、标准电阻 R4、电动机本身的绝缘电阻和氖泡串联。当电动机绕组的绝缘状况良好时，绝

缘电阻值很大，R4 上的压降远小于氖泡发光电压，氖泡不亮；当电动机受潮或绝缘老化脱落，绝缘电阻下降而出现危险状态时，R4 上的电压降增大，氖泡发光，此时若氖泡间歇地闪亮或保持发光状态，则表明电动机绕组绝缘处于危险状态，应停机进行检修。

317. 常见的三相异步电动机断相保护电路是怎样构成的？其工作原理是什么？

三相异步电动机的断相保护电路如图 3-171 所示。

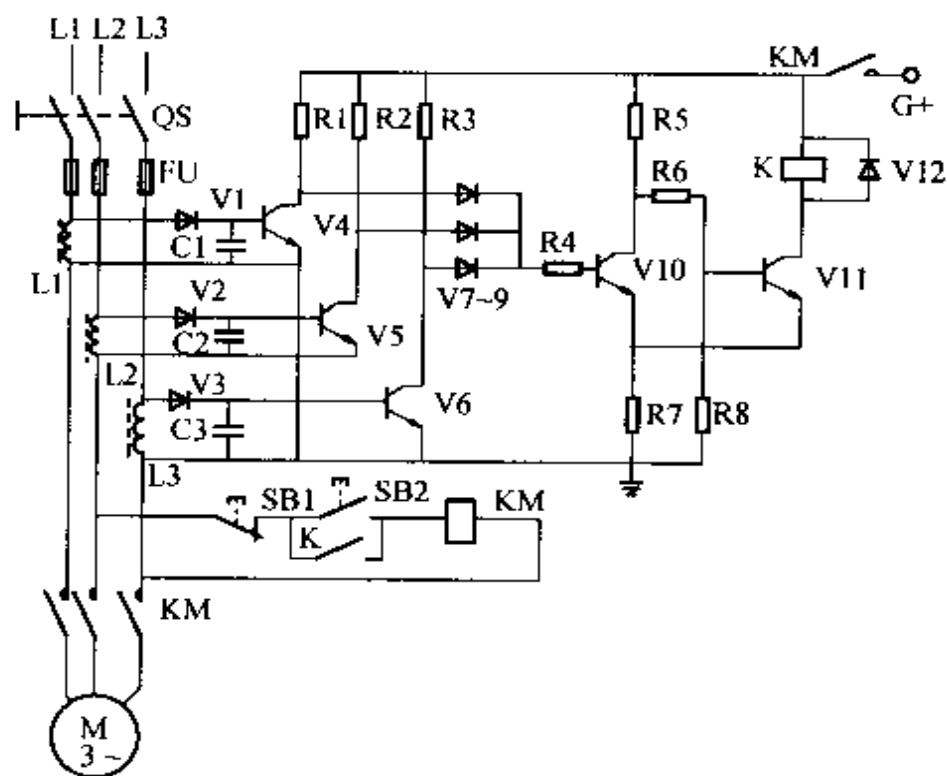


图 3-171 三相异步电动机的断相保护电路

(1) 电路构成。电动机经接触器 KM、熔断器 FU、开关 QS 与三相电源连接，并装有三只磁环 L1、L2 和 L3。由 L1~L3、二极管 V1~V3、三极管 V4~V6、电容器 C1~C3 和电阻 R1~R3 组成缺相故障信号取样电路。V4~V6 与 R1~R3 组成反相器，相互并联成或非门电路，V7~V9 构成或门电路。V10 与 R5、R7、R4 构成反相器，R6、R8、R11、R12、继电器 K 构成保护出口电路。

(2) 工作原理。电动机全相工作时：L1～L3 的感应电势经 V1～V3 整流，C1～C3 滤波后→V4～V6 导通→集电极输出低电位“0”，对 V7～V9 构成的或门输入低电位“0”，其输出为低电位“0”→V10 截止→反相器输出高电位“1”→V11 饱和导通→K 通电动作，动合触点闭合→接触器 KM 回路得到保证→电动机正常运行。

断相时（设 L1 断相）：磁环 L1 的感应电势为“0”→V4 截止→输出高电位“1”→使或门输出高电位“1”→V10 饱和导通，V11 截止→K 断电释放，动合触点断开→KM 电源切断→切断电动机电源→电动机得到断相保护。

318. 三相异步电动机的反应电流变化、反应电压变化和反应相位变动的断相保护线路是怎样起断相保护作用的？

(1) 反应电流变化的断相保护线路。其工作原理如图 3-172 所示。按下起动按钮 QA，接触器 C 工作，相应的触点闭合，电动机起动运行。当 B、C 相中任一相断开时，接触器 C 所在回路不通，相应的触点随之断开，使电动机脱离电源；当 A 相断开时，继电器 J 所在回路不通，相应的串接在接触器回路中的触点断开，引起接触器及其触点动作，也使电动机脱离电源。

线路中加装的热继电器 JR 另起过载热保护作用。

(2) 反应电压变化的断相保护线路。其工作原理如图 3-173 所示。合上闸刀开关后，按下起动按钮 QA，接触器 C 通电工作，相应的三个常开触点 C 闭合，电动机接通三相电源正常起动运行。电动机运行时，中性点 N' 对地电压为零（由于各相

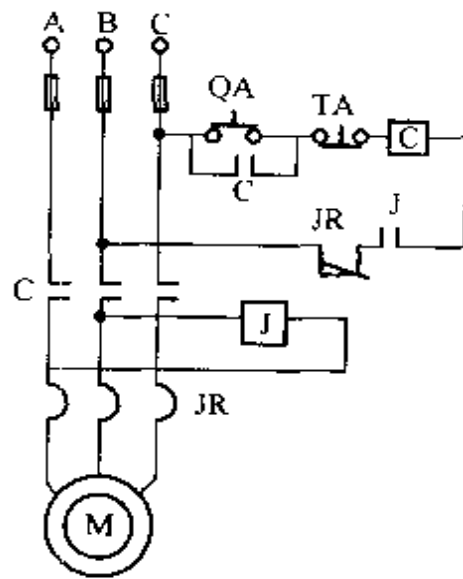


图 3-172 反应电流变化的断相保护线路

不完全对称，实际上有一定电压，但很低)，继电器 J 不工作，电动机保持运转状态。当电动机断相运行时，中性点 N' 对地之间出现一个较高的电压，继电器 J 立即动作，相应的串接在控制回路中的继电器常闭触点断开，控制电路失电，接触器释放，电动机停止转动。

由于三相电动机接通电源时瞬间可能有相间先后的误差，因而也可能使继电器 J 产生误动作。为防止出现这一误动作，在继电器 J 的回路中专门串接一个常闭按钮 AN，且 AN 与起动按钮 QA 联动。按下起动按钮 QA 使电动机起动时，联动的常闭按钮 AN 同时断开，可有效地防止继电器 J 在电动机起动过程中误动作。起动完毕，松开按钮 QA 以后，常闭按钮 AN 将继电器 J 所在电路接通，对运行中的电动机起断相保护作用。

需要电动机停止运行时，按下停止按钮 TA，断开控制回路，接触器释放，切断电源使电动机退出运行。

(3) 反应相位变动的断相保护线路。电动机三相正常运行时，三个线电流大小相等，相位相差 120° (电角度)。断相运行时，两个线电流大小相等，相位相反。利用这个特点反应断相状态的保护线路如图 3-174 所示。保护电路中三个磁环线圈工作在饱和状态，

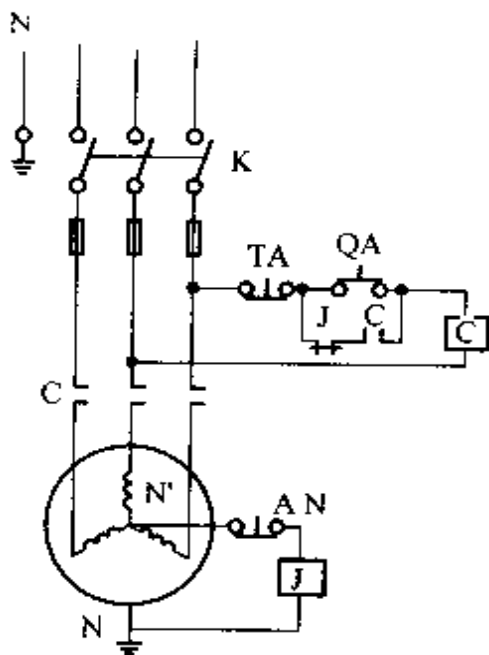


图 3-173 反应电压变化的断相保护线路

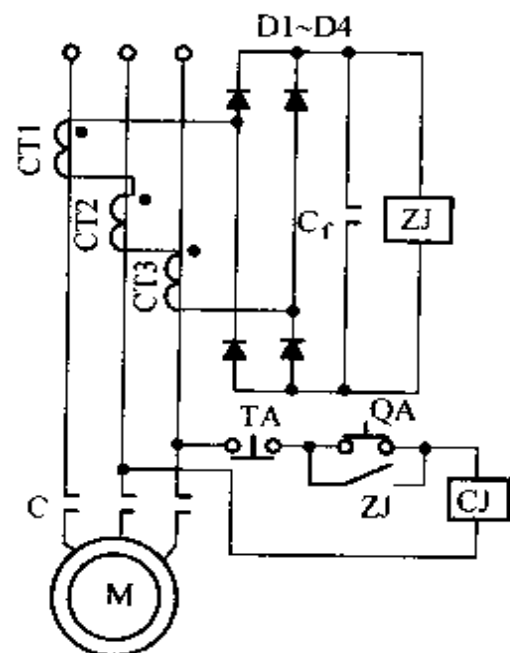


图 3-174 反应相位变动的断相保护线路

其感应电势除基波外还有三次谐波。电动机在三相状态下运行时，三个基波电势大小相等、相位差 120° （电角度），串联后合成电势为零，而三次谐波电势经整流滤波，输出到继电器 ZJ，使 ZJ 保持吸合状态，控制回路保持联通，接触器 CJ 也保持吸合状态，电源继续向电动机供电。断相时，无论是基波电势还是三次谐波电势均消失，继电器 ZJ 释放，并引起接触器 CJ 也释放，于是电动机脱离电源。

这一电路的特点是结构简单，它利用信号电流直接作用于高灵敏度继电器 ZJ，因此这种电路只能用于小容量电动机的断相保护。

319. 怎样自行设计三相异步电动机的断相保护线路？

下面所介绍的能够自行设计安装的三相异步电动机断相保护线路，只用一个交流接触器，不用其他附件，简单易行，能在电源断相时自动切断电源，以保护电动机。断相保护线路如图 3-175 所示。由图可见，电动机的控制线路中增加了一个同型号的交流接触

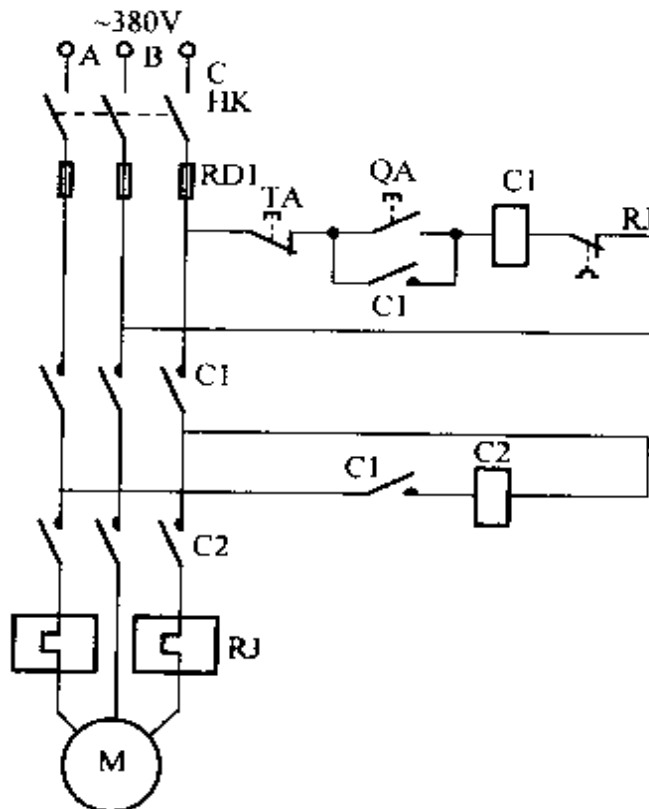


图 3-175 三相异步电动机缺相保护线路

器。当按下按钮 QA 时，C 相电源经 TA、QA、C1 到 B 相，使上方的交流接触器 C1 吸合，同时 C1 的常开触点闭合，经下方的交流接触器线圈 C2 接到 A 相，使下方的交流接触器 C2 得电吸合，于是电动机 M 起动运转。这样，由于增加了一个同型号的接触器，两个接触器线圈的电压分别来自 A、B、C 三相中的电压回路，所以，如果 A、B、C 三相中任何一相断相，都能使两个接触器中的一个（或两个）释放，从而保护电动机不因电源断相而烧毁。

此断相保护线路适用于 10 kW 以上、负载较重的电动机，能可靠地防止电动机缺相运行。

320. 怎样利用中间继电器对三相异步电动机进行断相保护？

在三相异步电动机的运行中，因断相而烧坏绕组的几率最高。所以，实践中有许多断相保护电路，图 3-176 所示采用中间继电器 ZJ 的断相保护电路便是其中之一。

电动机起动运行时，按下 SB1，线圈 KM 得电动作，对电动机 M 的定子通入三相电压 A、B、C，从而中间继电器 ZJ 通电，其常开触点 ZJ 闭合，保证 SB1 自锁，使 KM 不断电继续工作。

当电源处 BC 相之一断线时，控制电路便失电而使接触器 KM 断电，于是电动机停止运行。若 A 相断线，则中间继电器线圈回路断电，于是 ZJ 释放（不工作），自锁触点 ZJ 分断而使线圈 KM 断电，结果电动机停车。

这种保护电路的主要缺点是对电机内部断线不起保护作用。

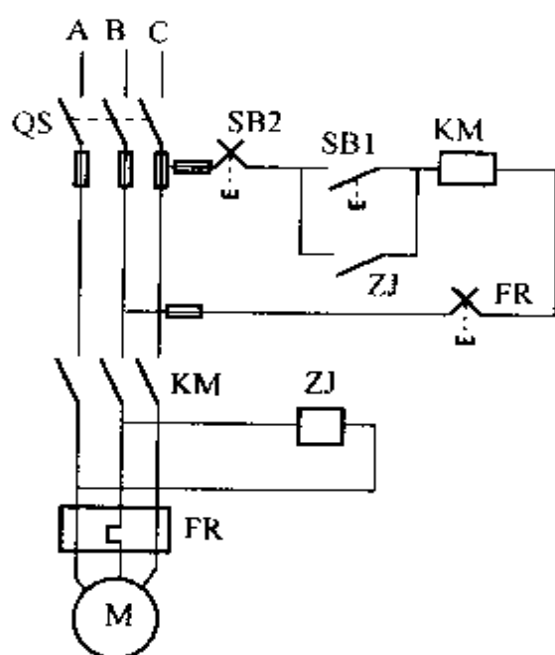


图 3-176 采用中间继电器的断相保护电路

321. Y接电动机和 Δ 接电动机的中点位移断相保护电路各有何特点？

Y接电动机利用中性点位移原理的断相保护电路（图 3-177）的最大特点是，无论是电源线路还是电动机绕组内部断线（断相），都能起保护作用。

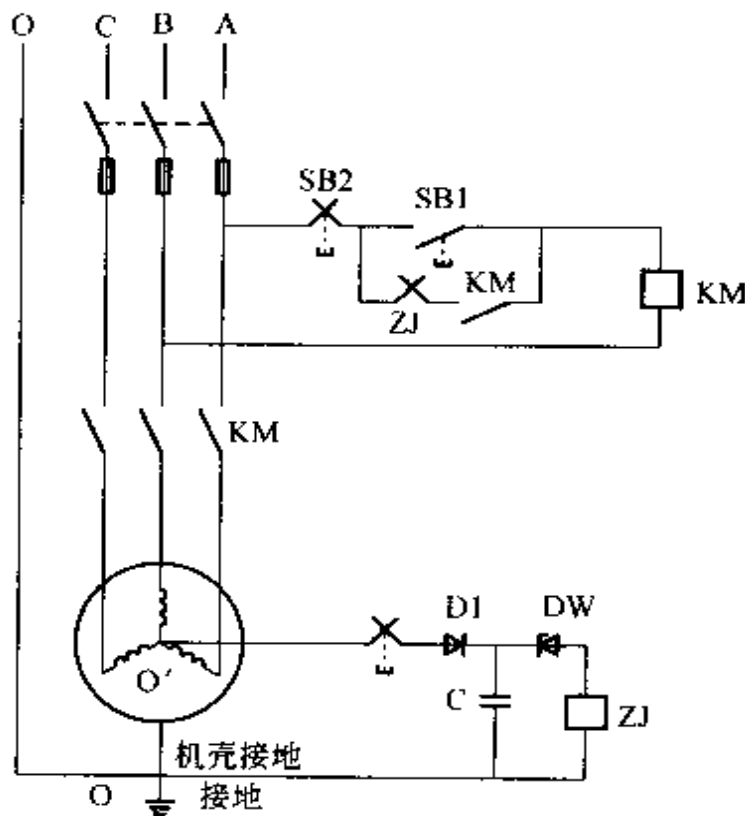


图 3-177 Y接电动机的中点位移断相保护电路

为了保证中间继电器 ZJ 运行可靠，最好采用 12~24 V 小型直流灵敏继电器。控制电路分为两部分：一部分为操作电路，电路上有一台交流接触器 KM，按下 SB1，电动机便起动运行；另一部分是中性点电路，电路上有一台中间继电器 ZJ、一只二极管 D1、一只稳压管 DW 和一只滤波电容器 C。D1 的作用是将中性点 O' 与大地之间产生的交流电流整流成直流；电容器 C 的作用是将整流后的脉动成分的交流滤掉，起滤波作用；稳压管 DW 的作用是：只有在电动机缺（断）相运行状态下，O O' 之间出现较高电压时，

DW 才被击穿导电而使继电器 ZJ 动作，从而使接触器 KM 断电，结果电动机停止运行，得到断相保护。

由于三相异步电动机的定子绕组接成 Δ 形时，没有中性点，显然不能采用 Y 接电动机的断相保护电路。但是，可以做一个人工中性点，办法如下：

用三只电容器（也可用三只电阻或三个指示灯）组成人为的星形（Y）负载（图 3-178），并将它们并联在电动机的端子上，就构成人为的中性点 O' 。三只电容器 $C1 \sim C3$ 相同，其电容值不宜太小，一般可采用 $2 \sim 4 \mu F$ ，电容器额定电压为 400 V 及以上。若电容值过小，则会增大中间继电器回路中的内阻。如果采用电阻或指示灯，则阻值应选得合适。若阻值过小，则会使继电器回路内的电流过大，产生较大损耗；若阻值过大，虽然损耗可以减少，但继电器回路的内阻增大，使继电器难以动作。

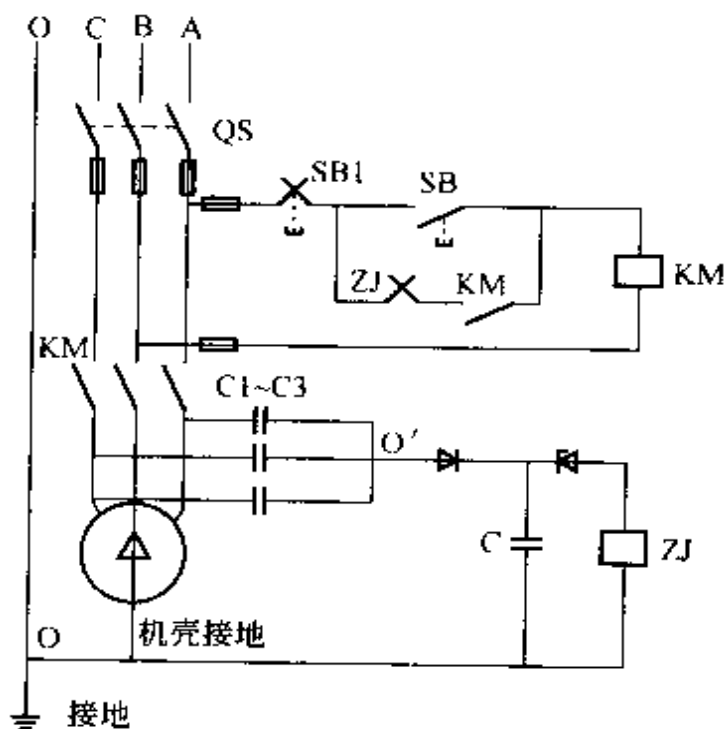


图 3-178 Δ 接电动机的中点位移断相保护电路

这种保护电路的其他部位与 Y 接电动机的保护电路相应部位完全相同，其动作原理和功能也完全一样。由于有人工中性点 O' ，

所以当线路或电机绕组发生断相故障时，中性点 O' 便发生位移（正常时该点不位移或很小位移，即电压为零或很小），在对地点 O 之间产生高电压，使中间继电器 ZJ 动作而进行保护。

322. 具有显示功能的三相异步电动机断相保护电路是怎样设计的？

设计该电路时，采用电流信号对电动机进行断相保护。由图 3-179 可见，主回路电源的每一相上都分别接有电流互感器 $TA1$ 、 $TA2$ 、 $TA3$ 。当电动机起动后，电流便流经互感器，在其副绕组两端的取样电阻 $R5$ 、 $R6$ 、 $R7$ 上产生电压降，该电压经整流、滤波、稳压而得到直流电压信号，通过 $VD7 \sim VD9$ 、 $VD16 \sim VD17$ 、 $VD18 \sim VD19$ 和 $VD20 \sim VD21$ 所组成的或门后，分别施加于四个

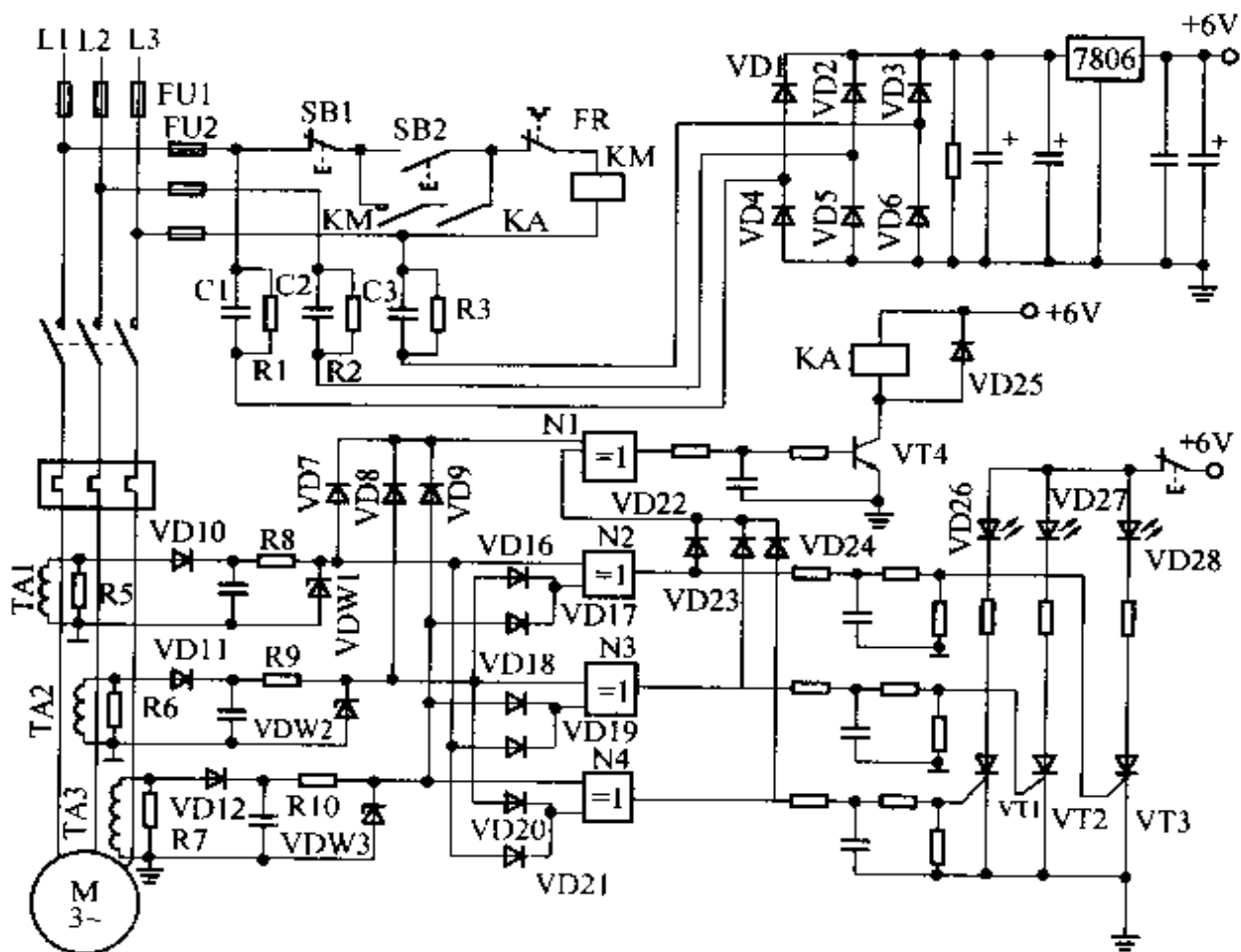


图 3-179 具有显示功能的电动机断相保护电路

异或门 N1~N4 的一个输入端。异或门的逻辑关系是：若两个输入信号均为低电平或高电平，则其输出为低电平；若只有一个输入信号为低（或高）电平而另一输入信号为高（或低）电平，则其输出为高电平。

当三相电源正常时，异或门 N2~N4 的两个输入端均为高电平，因此其输出端为低电平，经或门 VD22~VD24，使异或门 N1 的一个输入端为低电平，而异或门 N1 的另一输入端则为高电平，使异或门 N1 输出高电平，导致 VT4 导通，继电器 KA 得电吸合，电动机保持正常工作状态。

当三相电源的某一相断路时，与该相对应的异或门的一个输入端将变成低电平，而另一输入端则仍为高电平，该异或门的输出将由低电平变为高电平，该高电平信号一路去触发晶闸管，使发光二极管发光，作缺相显示；另一路则通过或门 VD22~VD24 送至异或门 N1 的一个输入端，使该输入端为高电平，异或门 N1 的另一输入端信号来自或门 VD7~VD9 仍为高电平。因此，异或门 N1 的输出由高电平变为低电平，VT4 由导通变为截止，继电器 KA 失电释放，切断主回路电源，从而电动机停止运行。

为了提高抗干扰能力，在异或门 N1~N4 的输出端均设置延时电路。N1 输出端的延时电路不仅保证电动机能可靠起动，而且还保证在缺相情况下缺相信号先触发晶闸管，使故障显示电路工作后，再切断主电源电路。N2~N4 输出端的延时电路保证在电动机起动过程中不使晶闸管误触发。稳压电路 R8~R10、VDW1~VDW3 的作用是限制电动机起动时的起动电流在电流互感器次级所产生的过电压，以免保护电路误动作。

供电电源由 C1~C3 降压，经三相桥式整流，并由三端稳压器 7806 稳压供给。这样，一旦外电路发生断相故障，仍能够保证保护电路正常工作。

323. 空气压缩机用电动机的断相保护电路有何特点？

空气压缩机（以下简称空压机）电动机的断相保护电路与一般

电动机的断相保护电路不同。通常，空压机都装有气压自动开关，根据压缩空气的压力变化情况，该开关自动断开或闭合电动机电路，自动调节压缩空气的压力，使空压机储气罐内保持一定的气压，以达到空压机安全运行的目的。因此，设计空压机电动机的断相保护电路时，必须把正常的线路无电流和由于缺相造成的无电流区分开。图 3-180 所示为空压机电动机的断相保护电路，图中 GY 为气压自动开关。

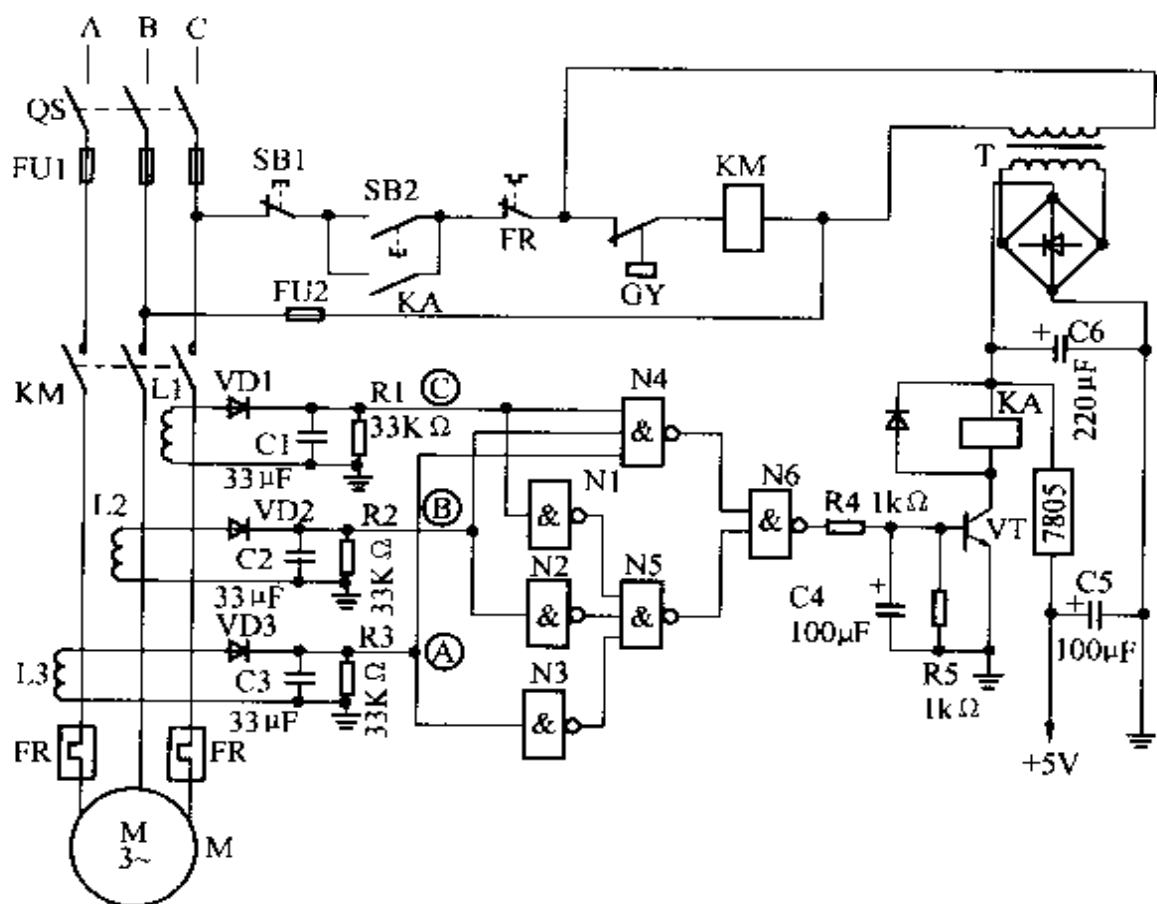


图 3-180 空压机电动机的断相保护电路

操作时，按下起动按钮 SB2，接触器 KM 得电吸合，其主触头闭合，使电动机起动运转，于是空压机开始工作。由于分别穿过三个磁环的电源线中都有交流电流通过，所以线圈 L1、L2 和 L3 都会感应出电压，经 VD1、VD2、VD3 整流和 C1R1、C2R2、C3R3 滤波，①、②、③点便分别输出高电平电压 ($>3\text{ V}$)，使四个与非

门 N1~N4 的输入均为高电平，输出均为低电平，从而使与非门 N5 输出高电平。与非门 N6 的输入，一个为低电平，另一个为高电平，其输出为高电平，所以晶体管 VT 导通，继电器 KA 得电吸合，其常开触点闭合，对接触器 KM 进行联锁，使电动机正常运转，空压机正常工作。

电动机正常运转后，空气压力逐渐增高，当储气压力超过上限额定工作压力时，气压自动开关 GY 的常闭触点断开，接触器 KM 断电释放，电动机停止运转。此时由于穿过三个磁环的导线均无电流通过，L1、L2、L3 中无感应电压，Ⓐ、Ⓑ、Ⓒ点均输出低电平，与非门 N1~N4 均输出高电平，与非门 N5 输出低电平。与非门 N6 的输入，一个为高电平，另一个为低电平，其输出仍为高电平，晶体管 VT 仍导通，继电器 KA 仍吸合，其常开触点仍闭合。当储气罐内的气压低于下限额定工作压力时，气压自动开关 GY 的常闭触点复位，接触器 KM 得电吸合，电动机又起动运转。

当发生缺相运行故障时，如 C 相断路，则 C 相就无电流通过，此时Ⓐ、Ⓑ点电压为高电平，Ⓒ点电压为低电平，与非门 N1、N4 输出高电平，与非门 N2、N3 输出低电平，与非门 N5 输出高电平。因此，与非门 N6 输出低电平，晶体管 VT 截止，继电器 KA 失电释放，其常开触点复位，接触器 KM 失电释放，切断电源，电动机停止运转，从而避免电机缺相运行。

从以上分析可以看出，在电动机由正常工作到停止或由停止到正常工作的过程中，继电器 KA 始终得电吸合，只有电动机缺相运行时，继电器 KA 才失电释放。

采用这一断相保护电路，应调整 L1、L2、L3 的匝数，使Ⓐ、Ⓑ、Ⓒ三点的电压在最轻负载时能达到 3 V 左右，以确保门电路的正常转换。此外，还应注意，当Ⓐ、Ⓑ、Ⓒ三点的电压超过 4.5 V 时，应进行分压，使 N1~N4 的输入电压不超过 4 V。

324. 断相保护负荷开关的结构有何特点？应用于什么场合？

以国产 HHX-30 型断相保护负荷开关为例，开关由触刀部分、

熔体脱扣机构、脱扣跳闸机构三部分组成，其结构简单，使用安全。在操作机构与壳盖之间设有机械联锁装置，当壳盖打开时不能合闸，而合闸后壳盖不能打开。这种开关中装有特殊结构的熔断器，一旦熔断器中有一相熔体熔断，就带动脱扣机构动作，即开关带负荷跳闸，防止电动机缺相运行。这种开关的技术数据如表 3-37 所示。

表 3-37 HHX-30 型断相保护负荷开关技术数据

| 额定电压 (V) | 额定电流 (A) | 熔体额定电流 (A) | 熔体材料 |
|----------|----------|------------|---------------------|
| 380 | 30 | 15 | 铅丝 |
| | | 20 | 铅丝或 $\phi 0.57$ 紫铜丝 |
| | | 25 | 铅丝或 $\phi 0.67$ 紫铜丝 |
| | | 30 | 铅丝或 $\phi 0.77$ 紫铜丝 |

HHX-30 型断相保护负荷开关应用于交流频率 50 Hz、额定电压 380 V、额定电流 30 A 及以下的电路，作为农用机井电泵手动不频繁操作、网路末端短路保护和熔体熔断而引起电动机缺相运行保护之用。

325. JS1 系列断相保护器对电动机怎样进行断相保护？

JS1 系列断相保护器是一种结构简单、性能良好、价格低廉的断相保护装置，其主要技术数据列于表 3-38，其保护原理和保护电路如图 3-181 所示，图中虚线框内示出 JS1 系列断相保护器。断相保护的原理是：利用速饱和电流互感器 A 将三相初级线圈串接在电动机的主电路中，三相次级线圈首尾端相串联，接成开口三角形；电动机起动时，按下按钮 QA，在正常运行情况下，速饱和电流互感器 A 的次级开口三角形的 a 、 b 两点间，各相基波电压的相量和虽然为零，但三次谐波电压的相量则相互叠加，这个三次谐波电压经桥式整流和滤波，使灵敏继电器 J 动作，于是其常闭触头闭合，电动机连续正常运行；当任一相断路，电动机缺相运行时，该相线电流为零，而其余两相的线电流大小相等，相位相反，此时在

表 3-38

JS1 系列断相保护器的主要技术数据

| 型 号 | 断相器的电流范围 (A) | 配电动机功率范围 (kW) | 外形尺寸(长×宽×高,mm) |
|-----------|--------------|---------------|----------------|
| JS1-200-0 | 0.6~1.5 | 0.3~0.75 | 83×69×86 |
| JS1-200-1 | 1.5~3 | 0.75~1.5 | |
| JS1-200-2 | 3~6 | 1.5~3 | |
| JS1-200-3 | 6~10 | 3~5 | |
| JS1-200-4 | 10~20 | 5~10 | |
| JS1-200-5 | 20~40 | 10~20 | 110×68×98 |
| JS1-200-6 | 40~80 | 20~40 | |
| JS1-200-7 | 80~120 | 40~50 | |

注：表中所列电动机功率范围，适用于 380 V 电动机。

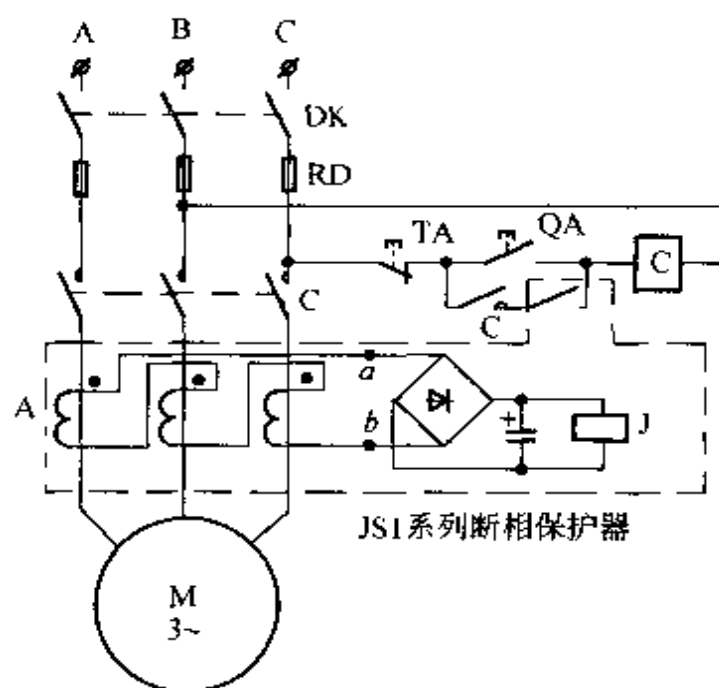


图 3-181 JS1 系列断相保护器的保护电路

a 、 b 两点间，三次谐波电压的相量和为零（此时基波电压的相量和也为零），继电器失电，其常开触头断开，电动机三相电源完全切断而停机。

这种断相保护器的缺点是：对三角形接线的电动机，当绕组内部断相时不能起保护作用。

326. 国产断相保护继电器怎样分类？各有何特点？适用于什么场合？

断相保护继电器是防止三相异步电动机因电源或绕组断相而缺相运行的保护装置。国产断相保护继电器分为 LDX-1 型和 DDX-1 型两种。

(1) LDX-1 型断相保护继电器。它由磁环、电容、整流桥、干簧继电器组成。磁环上的三组线圈的一次侧分别串接在主回路的三相中，二次侧接成开口三角形，主要利用磁环中的三次谐波电压的矢量和来控制继电器。电机正常运行时有三次谐波电压，断相时电压为零，以此鉴别回路中是否断相。如果断相，则继电器动作，将主回路切断。此继电器适用于各种接线方式的交流三相 50 Hz、380 V（或 220 V）电动机的断相保护，所保护电动机的额定电流不大于 250 A，磁环一次侧的匝数可调。当电流小于 15 A 时可适当增加匝数。

(2) DDX-1 型断相保护继电器。它是利用负序电压原理构成的，由负序电压过滤器和测量元件组成主回路断相的信号源。电动机正常运行时，信号源没有输出电压；而电动机断相运行，则输出负序电压，出口继电器动作，切断电源。此继电器适用于交流三相 50 Hz、380 V（或 220 V）电动机的断相保护。负序起动电压为：额定电压 380 V 时不大于 25 V；额定电压 220 V 时不大于 20 V。出口继电器接点断开容量在 220 V 时为 2.5 A。

此外，还有 JS 系列断相保护器，这种保护器分为 JS1、JS2、JS3 和 JS4 四种型式。JS1 型适用于交流三相 50 Hz、电压 500 V 及以下、电流 200 A 及以下电动机的断相保护。并且，当三相电流严重不平衡时，也能起保护作用；JS2 型是断相保护综合起动器，由 JS1 型断相保护器、RL1-A 系列熔断器、JRO 系列热继电器、CJ10 系列交流接触器等组成，具有断相、短路、过载、失压等保护功能，可用来控制 2.8~20 kW 电动机的远距离直接起动和停车，是一种保护性能比较完善的控制器件。JS3、JS4 型断相保护开关是

JS1 型断相保护器的派生产品，可用来直接断开小容量三相异步电动机的主回路，并且对失压和断相运行也起保护作用。

327. 带缺相保护装置的热继电器为什么能对三相异步电动机起缺相保护作用？而不带缺相保护装置的普通热继电器为什么就不能提供这种保护？

带缺相保护装置的热继电器，其结构特点是在普通热继电器结构的基础上增加了一个差动动作机构。图 3-182a 示出带缺相保护装置的 JR16 型热继电器的结构，该继电器既可对电动机三相均衡过载起保护作用，又可对电动机缺相运行起保护作用。由图可见，三相双金属热元件 1、2、3 串接在电动机三相主电路中。当电动机三相平衡过载时，双金属片受热向左弯曲，推动外导向板 5 向左移，通过杠杆 8 和补偿双金属片 9 推动常闭触点断开。由于触点串联在控制电路上，从而使接触器线圈失电而切断主电源。同时，内导向板 4 也由杠杆 8 带动，因此它也随外导向板一起左移。当某相断路时，该相的双金属片便逐渐冷却而带动内导向板 4 向右移动（图 3-182b）。此时杠杆 8 上的绞盘 6 和 7 将由内、外导向板带动而

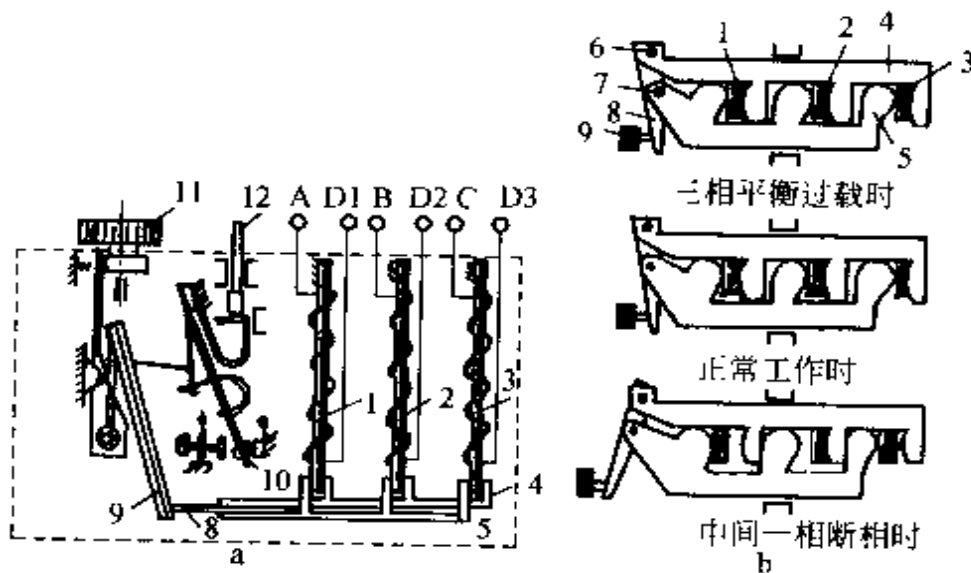


图 3-182 带缺相保护装置的 JR16 型热继电器
1~9. 所代表的元件或零件文中已说明；10 常闭触点；
11. 整定电流调节旋钮；12. 复位按钮

向相反的方向移动。在这种差动动作下，经杠杆8的放大作用，将加速触点的动作，从而对电动机起到缺相保护作用。

当三角形接线的三相异步电动机在额定负载下运行时，每相绕组的电流为线电流的58%（图3-183a）。如果发生缺相运行故障，则正常运行的两根供电线中通过的电流，为额定电流的173%（图3-183b），此时仅在两相上装设热继电器也能够对电动机的缺相运行进行保护，因为热继电器在出现120%额定电流时能在20min内可靠动作。但是，如果电动机未满载运转，而是在额定负载的55%~67%下运行，则当一相开路时，情况就不同了，此时各相绕组的电流关系如图3-185c所示。由图可见，在这种情况下，即使三相上都装设普通热继电器，也不能对电动机的缺相运行提供可靠的保护。因为过载保护装置一般在额定电流的120%左右动作，而图上所示的线电流为112%，保护装置不会动作，但绕组中却有一相绕组长期超载27.6%（即 $\frac{74-58}{58} \times 100\% = 27.6\%$ ）而烧毁。

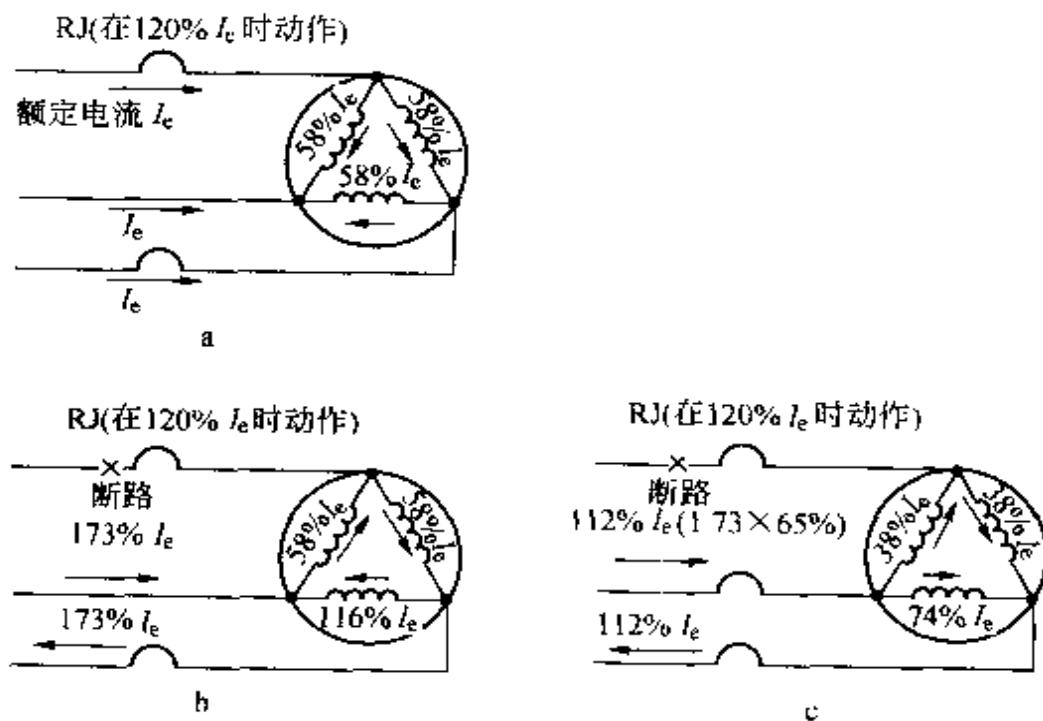


图3-183 三相异步电动机正常运行和缺相运行时各相的电流关系

- a. 电动机在额定负载下正常运行；
- b. 电动机在额定负载下缺相运行；
- c. 电动机在65%额定负载下缺相运行

由此可见，不带缺相保护装置的普通热继电器对电动机的缺相运行不能提供可靠保护。为了克服这一缺点，对于三角形接线的三相电动机，应将普通热继电器串联在电动机的每相绕组上，或者改用带差动机构的热继电器（如JR16-□/3D型）进行保护。

328. 对 Y- Δ 起动和自耦降压起动的三相异步电动机怎样进行缺相保护？

Y- Δ 起动的三相异步电动机，一般采用图 3-184 所示的缺相保护电路。由图可见，按下起动按钮 SB2，通电延时时间继电器 KT 和接触器 KM3 同时得电吸合，此时 KT 的瞬动常开触点 KT (1~2) 闭合，使 SB2 复位，而 KT 和 KM3 仍保持通电状态。接触器

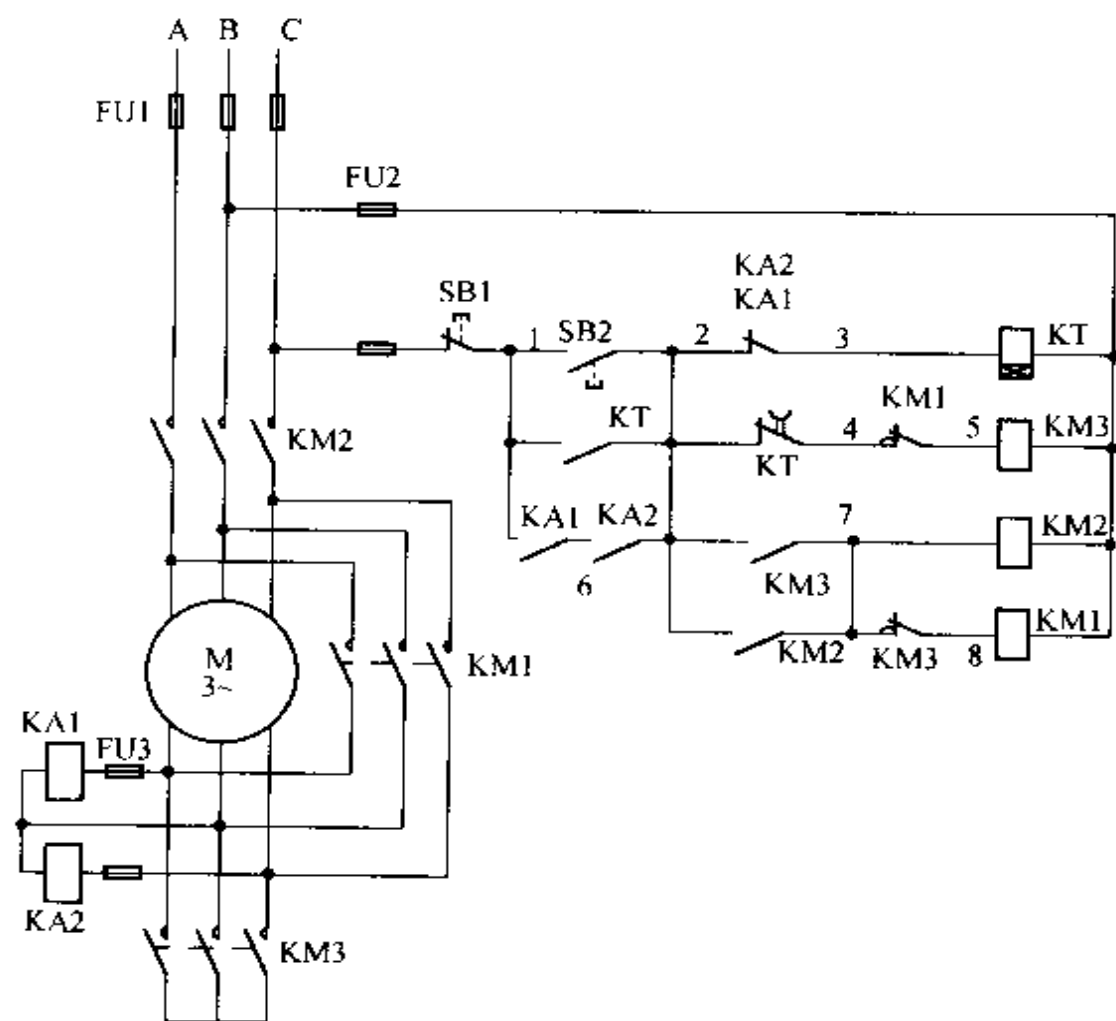


图 3-184 Y- Δ 起动电动机的缺相保护电路

KM3吸合后，其辅助常开触点 KM3 (2~7) 闭合，使接触器 KM2 得电吸合并自保，电动机作 Y 接起动。由于电动机绕组为 Y 接线，Y 接处的电位基本上为零，因此，中间继电器 KA1、KA2 的线圈两端不存在电位差，它们不可能动作。经过适当延时，通电延时时间继电器 KT 的延时动断触点 KT (2~4) 打开，接触器 KM3 失电释放，其常闭触点 KM3 (7~8) 复位，使接触器 KM1 得电吸合，电动机作 Δ 接运行。由于 Y 接线断开，中间继电器 KA1、KA2 得电吸合，其常开触点 KA1 (1~6)、KA2 (2~6) 闭合，接替通电延时时间继电器 KT 的瞬动常开触点 KT (1~2)，使控制电路继续维持，其常闭触点 KA1 (2~3)、KA2 (2~3) 断开 (请注意，这两个触点是并联的)，使时间继电器失电释放，其瞬动常开触点 KT (1~2) 复位。

当电源任意一相断电或接触器 KM1、KM2 的任一主触头开路时，KA1 或 KA2 便立即失电释放，于是接触器 KM1、KM2 也失电释放，从而切断电源，避免电动机缺相运行。

自耦降压起动的三相异步电动机，一般采用图 3-185 所示的缺相保护电路。由图可见，按下起动按钮 SB2，通电延时时间继电器 KT 和接触器 KM2 便同时得电吸合，时间继电器 KT 的瞬动常开触点 KT (1~4) 闭合，使 SB2 复位后，KT 和 KM2 仍保持得电吸合状态。接触器 KM2 的主触头闭合后，电动机作降压起动。经过适当延时，通电延时时间继电器 KT 的延时动断触点 KT (2~3) 打开，而延时动合触点 KT (4~6) 则闭合，使接触器 KM2 失电释放，接触器 KM1 得电吸合，于是电动机作全压运行。

接触器 KM1 得电吸合后，其辅助常闭触点 KM1 (4~5) 断开，时间继电器 KT 失电释放。与此同时，中间继电器 KA1、KA2 得电吸合，其常开触点 KA1 (8~9)、KA2 (6~9) 闭合。此时触点 KM1 (1~8)、KA1 (8~9)、KA2 (6~9) 串联组成接触器 KM1 的保持电路。

当任意一相断电，中间继电器 KA1 或 KA2 或者 KA1 和 KA2 便立即失电释放，使接触器 KM1 断电释放，从而切断主电源，电

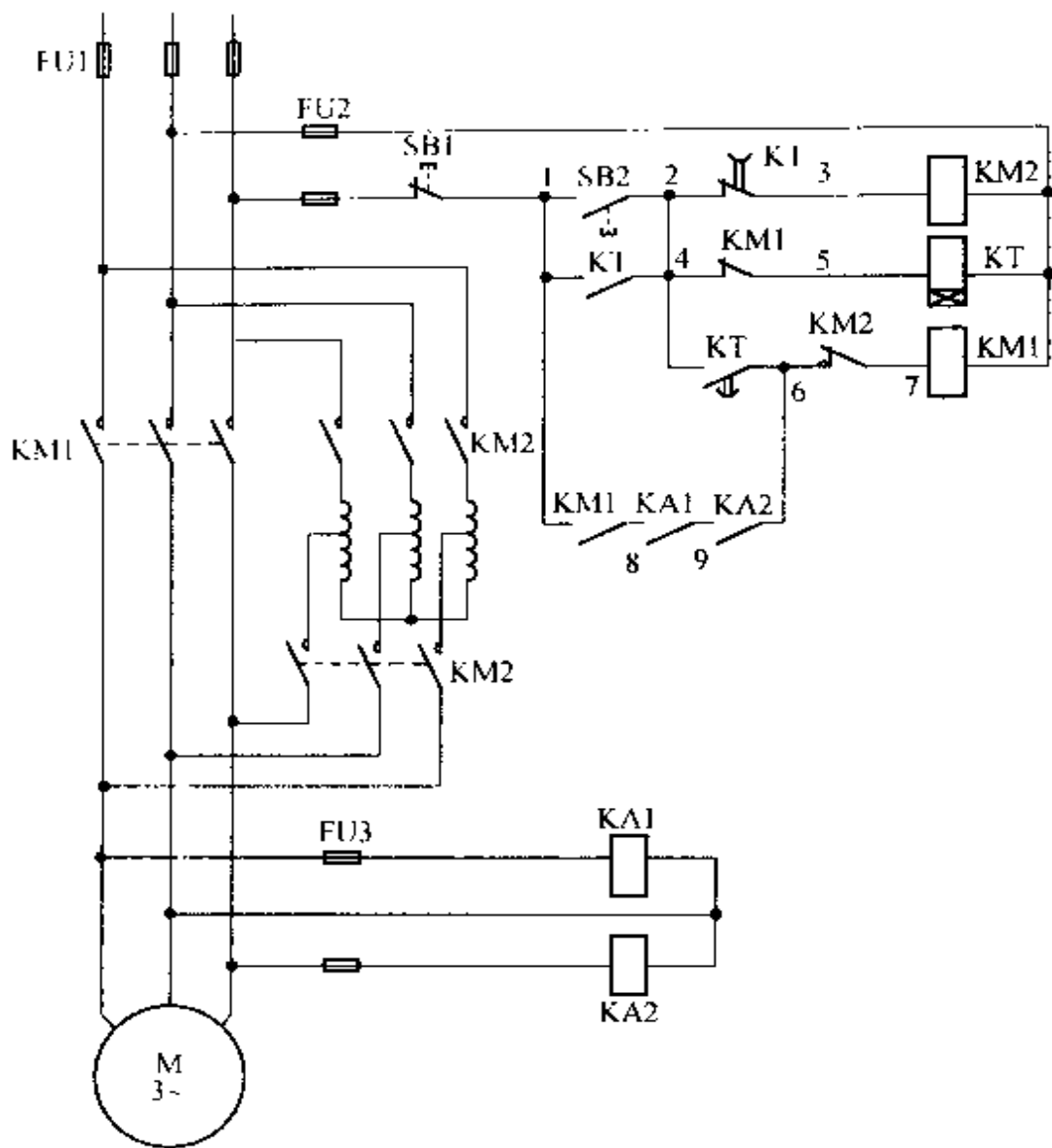


图 3-185 自耦降压起动电动机的缺相保护电路

动机停止运行。

329. 怎样利用欠电流继电器对三相异步电动机进行缺相运行保护?

如图 3-186 所示, 在电动机的每相线路中各串联一个欠电流继电器, 分别流过三相线电流。当电动机正常运行时, 三个继电器的常开触点 1KUC、2KUC、3KUC (它们一个接一个地串联在接触器 KM 的线圈回路中) 全部接通。当某相发生断线故障时, 串接

在该相上的欠电流继电器就因失电而动作，断开接触器 KM 的线圈电路，KM 跳闸，断开电源，于是电动机停转。此时即使断线故障发生在电动机定子绕组为三角形接线的某一相绕组，由于有两相的线电流大幅度地降低，该相的欠电流继电器也会动作，同样对电动机能起保护作用。

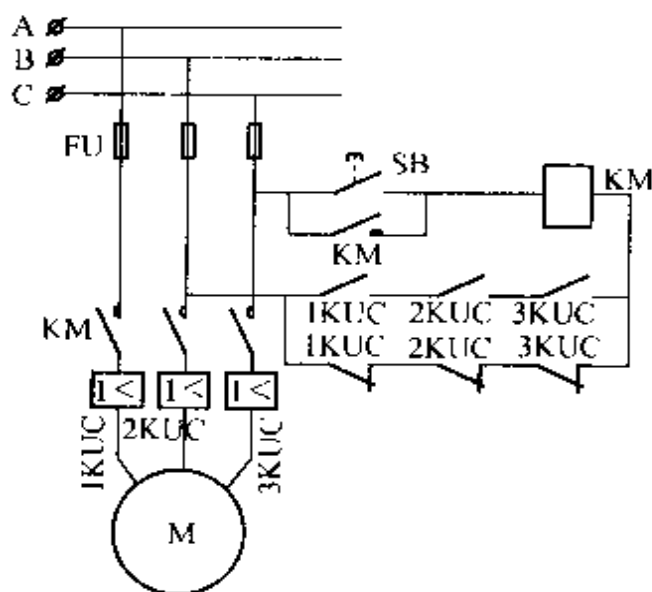


图 3-186 欠电流继电器缺相运行保护线路

这种保护方案具有动作准确、可靠的优点，其缺点是继电器线圈长期通过电动机的工作电流，而且当电动机的容量较大时，还需要配用电流互感器，因而费用较高。但对一些重要的生产机械或科研设备来说，采用欠电流继电器来保护其拖动电动机，还是很适宜的。

330. 怎样利用断丝电压或零序电压对三相异步电动机进行缺相运行保护？

接在三相异步电动机三相线路上的熔体（熔丝）有一根熔断后，在其两端会存在一个电位差，通常将这个电位差简称为“断丝”电压。这个电压的大小与电动机的容量、负载都有关。表 3-39 和表 3-40 是试验数据，可供参考。

表 3-39

JO2 系列电动机的断丝电压试验数据

| 电动机型号 | 额定容量 (kW) | 定子绕组连接 方式 | 额定线 电 压 (V) | 断丝电压 (V) | | |
|----------|--------------|--------------|-------------------|----------|------|------|
| | | | | A相 | B相 | C相 |
| JO2 | 0.125 | 星形连接 | 380 | 146 | 144 | |
| JO2-11-4 | 0.6 | | | 100 | 99 | 102 |
| JO2-12-4 | 0.8 | | | 89 | 85 | 89 |
| JO2-21-4 | 1.1 | | | 69.5 | 66 | 70.5 |
| JO2-21-2 | 1.5 | | | 62 | 59 | 61 |
| JO2-32-4 | 3 | 三角形连接 | | 51 | 46.5 | 52.5 |
| JO2-61-6 | 10 | | | 48 | 46 | 49 |
| JO2-61-4 | 13 | | | 47 | 42 | 48.5 |
| JO2-62-4 | 17 | | | 48 | 45 | 50 |

表 3-40 JO2-41-4 型 4 kW 电动机在不同负载下的断丝电压

| 电压 (V) | 电流 (A) | 断丝电压 (V) | | |
|--------|--------|----------|-----|-----|
| | | A相 | B相 | C相 |
| 380 | 8.12 | 118 | 112 | 125 |
| | 7.5 | 115 | 103 | 102 |
| | 6.2 | 90 | 80 | 79 |
| | 5.5 | 76 | 72 | 66 |
| | 4.0 | 52 | 48 | 46 |
| | 3.7 | 45 | 42 | 41 |

图 3-187 是利用断丝电压对电动机进行缺相运行保护的线路。当熔断器只有一相熔断时，跨接在该熔断器两端的中间继电器 KA 便动作，切断接触器 KM 的线圈回路，使它释放，于是电动机便

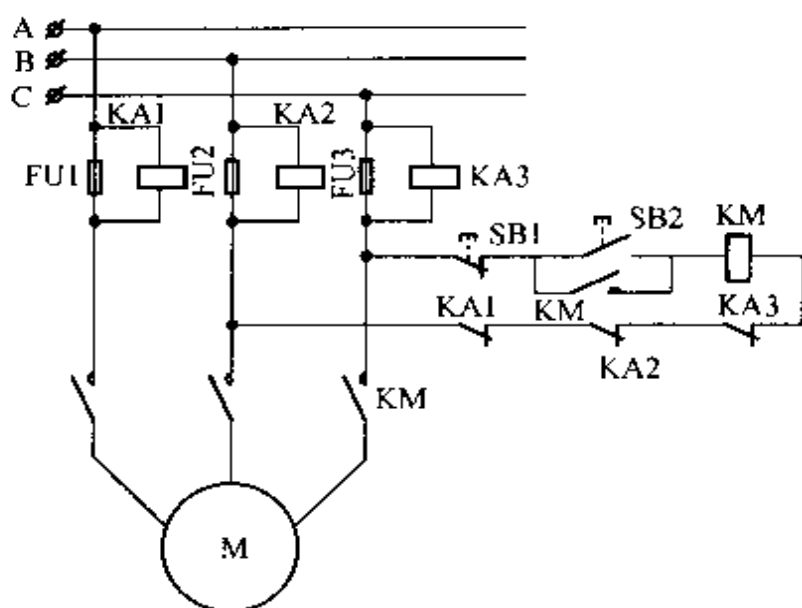


图 3-187 利用断丝电压对电动机的缺相运行保护线路

停止运行。

这种保护方案虽然具有简单易行的优点，但也存在以下两方面的问题：

(1) 它只能对熔断器熔断造成的缺相运行起保护作用，所以在应用方面有很大的局限性。虽然如此，但由于熔断器熔断所造成的缺相运行占全部缺相运行故障的 75% 以上，所以仍有一定的实用价值。

(2) 由于断丝电压随电动机型号和负载大小而变化，从而给继电器的选择带来一定困难，亦即选用继电器时，必须知道断丝电压与电动机型号和负载的关系。

利用零序电压对三相异步电动机进行缺相运行保护的原理是：在中性点接地的三相平衡系统中，定子绕组为星形接法的电动机，其中性点对地电压理论上为零（实际上三相电压不会绝对平衡，总要相差几伏电压）；当电动机缺相运行时，由于定子三相电压不平衡，中性点对地的零序电压升高，在电动机满载时，此零序电压可达 25~45 V。利用这一原理，可通过串接在电动机中性线上的零序电压继电器 J 来对电动机进行缺相保护（图 3-188 a）。电动机正常运行时，由于中性点对地电压较低，电压继电器 J 不动作。电动

机缺相运行时，中性点对地电压升高，使电压继电器 J 动作的常闭触点断开而切断三相电源。

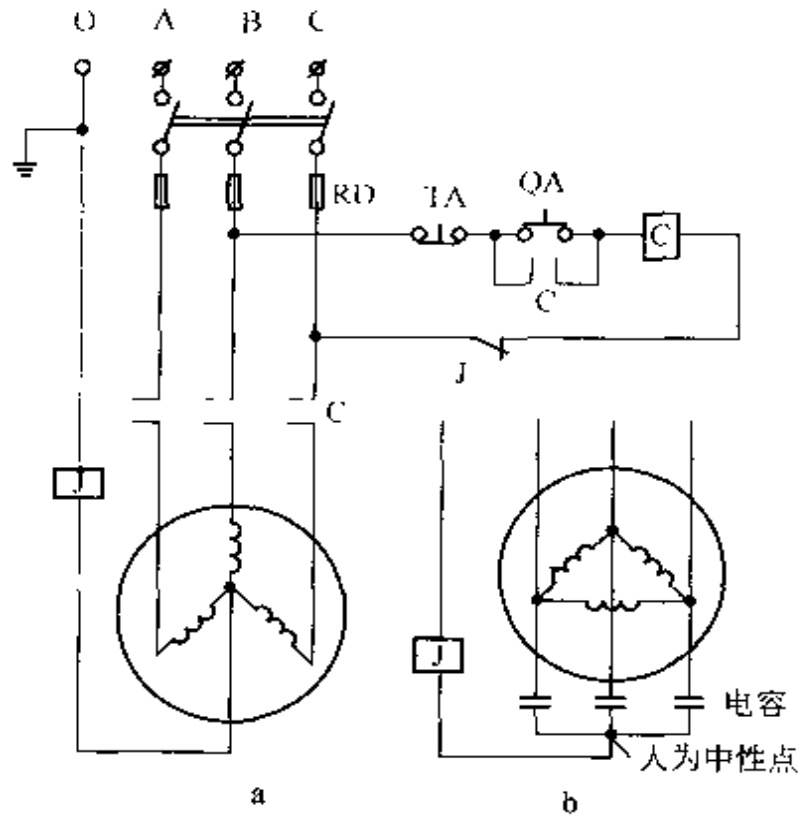


图 3-188 利用零序电压对电动机的缺相保护接线图

对于定子绕组为三角形接法的电动机，可将接成星形的电容器（其容量以 $2 \sim 4 \mu\text{F}$ 为宜）接在三角形绕组上，引出人为中性点（图 3-188 b）。由于实际电路的中性点对地总有几伏电压（一般为相电压的 $3\% \sim 4\%$ ），因此，可将继电器的动作电压整定为 $12 \sim 24 \text{ V}$ 。此外，也可采用 12 V 或 24 V 的小型中间继电器来取代电压继电器。这样，既经济，又便于推广应用。

331. 怎样采用重锤式自动掉闸装置对三相异步电动机进行缺相运行保护？

重锤式自动掉闸装置如图 3-189 所示。

在每相熔体两端分别并联一段电热丝（可采用电炉上的电阻丝），将一根塑料线穿过电热丝，把塑料线的一头在电热丝上方用

钉子固定，另一头拴在重锤上。开关合闸后，重锤被塑料线吊住，拉闸木柄并不受力（如图中虚线所示）。由于电热丝的电阻比熔体电阻要大得多，所以熔体处于正常状态时，通过电热丝的电流很小，电热丝不会发热。当任一相的熔体熔断后，通过该相电热丝的电流为电动机的线电流，于是电热丝发热，使塑料线熔断，此时重锤因失去支持而下落，因此通过塑料线和木柄便把开关拉开，使电动机停止运转。

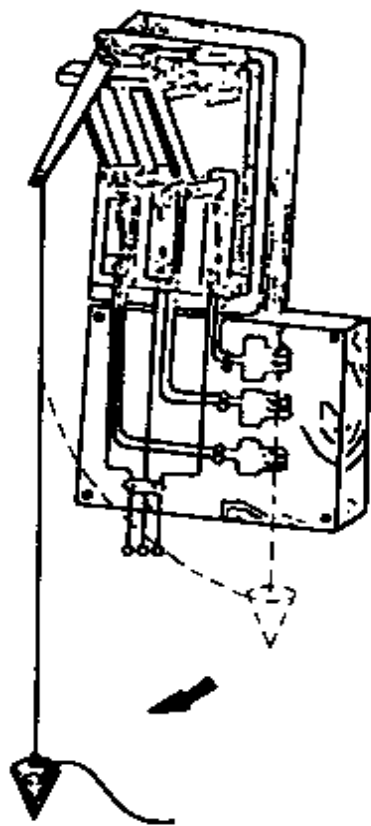


图 3-189 电动机的重锤式自动掉闸装置

332. 怎样利用灯光信号报警装置或双刀开关对三相异步电动机进行缺相运行保护？

由于三相异步电动机的缺相运行大多是一相熔断器的熔体熔断造成的，所以在条件很简陋而又有值班人员经常值班的场合，给每一熔断器并联一只小灯泡（最好是红色的），就可及时发现一相断

线故障（图 3-190）。如同采用断丝电压保护方案一样，这种方法也只能反映熔断器熔体熔断所引起的缺相运行，而不能反映其他原因造成的断相故障。此外，由于灯泡只能给出故障信号，不能产生保护性动作，所以值班人员必须经常注意监视。如果设法装设蜂鸣器，则在出现故障时还能发出音响信号，以增强报警效果。

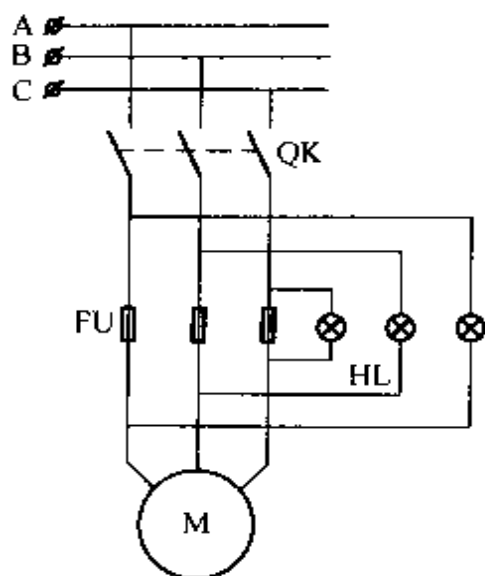


图 3-190 灯光信号报警装置线路

双刀开关保护装置也是一种因陋就简的装置。由图 3-191 可见，起动时先合上刀开关 QK1（与它配合的熔体 FU1 是按电动机额定电流的 1.5~2.5 倍选择的），由于其熔体额定电流较大，且又是使用高熔点熔体，虽然遇到 6~8 倍 I_e 的起动电流，在起动过程（仅几秒钟）中也不至于熔断。待起动结束，先将刀开关 QK2 合上，再将 QK1 断开。QK2 所用熔体是按等于或略小于电动机额定电流选择的。由于它不受起动冲击电流的影响，熔体不易氧化或老化，所以三相正常运行时，熔体一般不会熔断，这就大大地降低了发生断相故障的几率。当然，如果电动机长期过载，FU2 也会熔断而使电动机立即停转。当电动机由于其他原因而处于缺相运行状态时，电流剧增，QK2 的两相熔体熔断，从而起到保护作用。

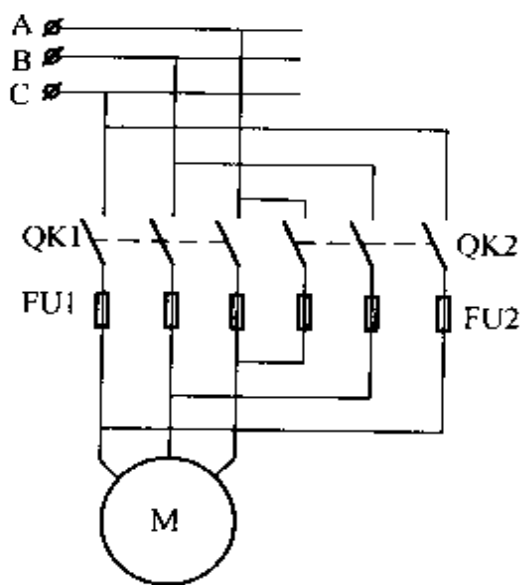


图 3-191 双刀开关缺相运行保护线路

此外，在电动机负载较轻的场合，FU2 熔体的额定电流最好根据电动机电流的实测值来选择。顺便指出，当电动机经常非满载运行时，可大致按电动机额定电流的 80%~90% 来选择熔体。

333. 电动机的运行条件不合通常引起哪些故障？

表 3-41 电动机的运行条件不合通常引起的各种故障

| 运行条件 | 条件特性 | 原因 | 引起的故障 |
|---------|-------------|--|--|
| 负载条件 | 工作机械和工作过程特性 | (1) 经常过载。 (2) 起动次数过多。 (3) 负载机械振动 (4) 冲击负荷。 (5) 连续、重载起动 | (1) 电动机过热、轴承损坏、换向不良。 (2) 异步电动机过热、断条。 (3) 轴承损坏，换向不良。 (4) 转子结构部件松动和疲劳，轴扭振。 (5) 阻尼绕组开焊、笼型绕组断条 |
| 电源条件 | 电网或电源特性 | (1) 电网电压缓慢波动。 (2) 操作过电压。 (3) 高次谐波 | (1) 起动困难、转速不稳、过热。 (2) 定子绝缘击穿。 (3) 谐波转矩增加，换向恶化 |
| 安装和基础条件 | 电动机的安装状态 | (1) 不对中。 (2) 接触不良 (3) 轴承绝缘接地。 (4) 地脚螺栓松动 (5) 基础振动。 (6) 吊装碰撞 | (1) 振动大。 (2) 接头处局部发热。 (3) 产生轴电流。 (4) 机座振动。 (5) 机座振动 (6) 绝缘局部损伤 |
| 环境条件 | 作业场地特点 | (1) 高温。 (2) 有害气体 | (1) 电动机过热、绝缘老化。 (2) 结构件和绝缘腐蚀，氧化膜异常 |
| | 地理、气象特点 | (1) 高湿度。 (2) 低湿度。 (3) 海拔 > 1000 m | (1) 绝缘吸潮、击穿。 (2) 电刷产生噪声，氧化膜不易建立。 (3) 允许温升降低，换向困难 |
| | 污染情况 | 粉尘、油雾 | 绝缘电阻降低，电刷磨损增大 |

334. 怎样保证电动机安全可靠地运行？

(1) 电动机应经常保持清洁，防止水滴、油脂、铁屑或其他杂物进入电动机内部。

(2) 电压波动和电压不平衡度不得太大。由于电动机的转矩与电源电压平方成正比，所以在一般情况下，电源电压波动不得超过额定值的+10%和-5%，亦即电压只能在额定值的+10%~-5%范围内波动；三相电压不平衡会引起电动机额外发热，因此三相电压不平衡度（不对称度）不得超过5%。

(3) 三相电流不平衡度不得太高。电动机的电流表一般只装在一相上，必要时应使用钳形电流表分别测量三相电流。当各相电流均未超过额定值时，最大不平衡电流不得超过额定电流的10%。

(4) 温度不得太高。在任何情况下，电动机的温度都不得超过允许的最高温度。关于电动机的温升允许值，可参照有关规程或生产厂家的规定。

(5) 音响和振动不得太大。电动机正常运行时，声音应正常，无杂音，振动值应在规程规定的允许值以内，用手触摸轴承部位，若有发麻感，则说明振动很严重，应进一步用振动表测量。

(6) 电动机运行中不得冒烟，并且无焦臭味。如果出现这类异常情况，应立即停机查明原因，并采取措施予以处理。

(7) 轴承润滑不得干枯，轴承温度不得过高，并且应无杂音。对于大型电动机，要特别注意保持润滑油系统和冷却水系统正常运行。

(8) 三相电动机不得缺相运行，机械部分应不卡、不刮。

(9) 传动装置应工作正常，胶带轮或联轴器松紧合适，胶带无打滑现象（打滑表明胶带太松），胶带接头良好。

(10) 机壳有可靠的接地或接零。

(11) 对于绕线式电动机，电刷与集电环之间应接触良好，不产生火花。

(12) 由室外引入冷却空气的空气管路应畅通无阻，各连接处应紧密，管路上的闸门位置应正确。

335. 影响电动机使用寿命的主要因素是什么？

(1) 负载（电流）波动的影响。如果频繁接通和切换电动机电路，则负载（电流）也会频繁波动而引起电流短时间急剧改变，从而在载流导线和电动机绕组中产生明显的附加力。这些力与电流平方有关，并通过载流导体的绝缘物质作用于固定件（包扎件、铆接件、支承件、槽楔等），久而久之，便破坏绝缘而引起短路或断路等故障，使绕组损坏而缩短电动机的使用寿命。

(2) 转速变化和波动以及反转过程的影响。这些过程会在绝缘导线中产生附加的机械力并作用于运动部件上，同时机械连接件（如叠片组、转轴等）也会产生附加负荷，从而这些运动部件和机械连接件将发生疲劳老化而失去工作能力。

(3) 热过负荷和温度波动的影响。热过负荷会破坏绝缘材料，因为最高温度与绝缘材料使用寿命有着直接关系，所以不允许电动机的工作温度超过绝缘材料允许的极限温度。温度波动同样也对绝缘材料的使用寿命产生影响。所谓温度波动，是指电动机处于冷状态和热状态之间的温差。当电动机受到交变负荷作用时，上述影响特别明显。通常，温度波动会使导线、绝缘层和包扎件等有不同程度的膨胀变化，从而也容易造成脱漆和松动，影响电动机的使用寿命。

(4) 环境条件的影响。如机车电动机、矿山用电动机、化学工业用电动机，都工作在不同的恶劣环境条件下，易受环境影响而缩短使用寿命。例如，周围介质不纯或有腐蚀性气体以及较高的湿度，都会损害电动机的电气性能和机械性能。所以，选择电动机时，必须根据环境条件选用相应防护结构的电动机。

336. 怎样理解电动机日常维护保养的“五勤”？

(1) 勤看。经常巡视检查电动机的工作状态是否正常；查看轴承中是否有润滑油（用油环润滑时，还要查看轴承中的油环是否旋转，油环是否粘着油）；传动装置运转是否正常，传动齿轮、耦合

器是否跳动；用钳形电流表检查电动机的负荷（电流）是否正常；经常查看各线圈、触点和连接线接头处有无松动、冒烟、跳火等现象，以及有无烧伤痕迹和焦臭味。

(2) 勤听。经常监听电动机的运转声音是否正常，开关控制设备和其他电器动作是否正常，有无异常声音。

(3) 勤摸。经常摸测电动机外壳和接触器、继电器线圈及其他部位的温升是否正常（触摸以前应使用试电笔检测待摸部位是否带电）。

(4) 勤问。经常向生产设备操作人员询问电动机及其控制设备的使用和运行情况。若发现缺陷，应及时分析查找原因，消除故障隐患。

(5) 勤动手。严格执行电动机的维护保养制度，经常擦拭电动机外壳，用清洁的软棉布擦去元器件上的油垢、粉尘，用砂纸打磨各动、静触点上的电弧痕迹，调整触头接触点压力，及时修复或更换损坏的电器和失灵的零部件。

337. 怎样作好电动机的运行值班记录？

通常，从电动机正式投入运行时起，值班人员就应定时作好值班记录，记录内容如表 3-42 所示。

表 3-42 电动机运行值班记录

| 时间 | 电动机名称 | 三相运行电流 (A) | 三相运行电压 (V) | 电动机运行温度 (℃) | 备注 |
|----|-------|---------------|---------------|----------------|----|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

运行情况记录

值班员 年 月 日

表中“时间”可每隔4~8h(如8~12点或8~16点)记录一次;“电动机名称”可按所配机械的运行编号名称填写(如1号水泵电动机);“三相运行电流”是指用盘表或钳形电流表测得的一相或三相电流;“三相运行电压”是指用盘表或万用表交流电压挡测得的任意两相间或三相间的线电压(如 U_{AB} 、 U_{BC} 、 U_{CA});“电动机运行温度”是指在电动机定子上实际测得的温度,把这-温度减去电动机周围的空气温度(即环境温度)就是电动机的温升;“备注”栏内可记录任何需要说明或补充的事宜;“运行情况记录”栏内可记录电动机运行中发生的主要情况(如何时停机检修和检修情况,何时发生故障和故障处理情况等,以及其他需要说明的事宜)。最后,值班人员签上自己的姓名,填好日期。这种记录表应妥为保存。因为通过查阅电动机的长期运行记录,可以了解它的整个运行情况,便于进行运行分析,做好维修工作。

338. 对运行中的电动机进行日常维护保养的目的是什么?怎样维护保养?

对运行中的电动机进行日常维护保养的目的是,排除一切不利于电动机正常运行的因素,及早发现并消除故障隐患,以免故障扩大而造成重大损失。对运行中的电动机一般应按以下要求进行维护保养:

(1) 电动机的周围应经常保持清洁、干燥,电机内部不得落入水滴、油垢或铁屑等杂物。

(2) 绕组应整齐、清洁,标志清晰;电动机外壳及其拖动机械上应有表明运转方向的箭头(可正反向旋转的电动机,其外壳上一般不标出方向箭头);起动装置上应有“起动”、“运转”和“停止”标志。

(3) 检查紧固螺栓和传动机构,如果松动,应立即紧固;检查机身受力部分有无裂纹或是否破损,如果发现缺陷,应及时修复。

(4) 检查转子转动是否正常,测量定、转子之间的气隙是否合适、均匀。

(5) 检查电动机绕组绝缘是否破损，并定期测量绝缘电阻；对于长期停用或有可能受潮的电动机，起动前应测量其绝缘电阻，绝缘电阻不合格者应进行干燥处理。

(6) 电动机正常运行时，其负载电流不得超过铭牌标出的额定值。在检查电动机负载电流是否超过额定电流时，还应检查三相电流是否平衡。通常，三相中任何一相的电流与三相平均电流相差不应超过 10%。否则，表明电动机存在故障，只有查明原因并采取措​​施予以消除，电动机才可继续运行。

(7) 经常检查电源电压和频率与铭牌所示值是否相符，电源三相电压是否对称。

(8) 经常检查电动机各部分的最高温度和最大允许温升是否超出表 3-46 所示值。如果有可能，应对电机的温升采取有效的监视措施。特别是无电压、电流和频率监视装置，以及无过载保护装置时，经常检查电机的温升尤为重要。

(9) 经常检查电动机有无异常噪音、严重振动和不正常气味，以及是否冒烟。如果发现上述现象，应立即停机进行检查。

(10) 经常检查电动机的轴承是否过热，润滑系统工作是否正常，有无漏油现象，并经常添加润滑油。

(11) 检查闸刀接口是否平滑，触头有无电弧烧伤斑点和凹凸不平现象。

(12) 检查接地线是否牢固，有无断股或断开现象，接触是否良好，接地电阻是否符合要求。

(13) 经常检查出线盒密封是否严密；电源电缆在出线盒入口处的固定和密封情况；电源线接头与接线柱接触是否良好，有无烧伤现象。

(14) 如果电动机采用空—空冷却器进行冷却，则应经常检查冷却器内是否沉积灰尘和进入异物，并清除外风扇上和风罩内的灰尘和异物。对于水—空冷却器，每天应检查通入冷却器的冷却水压力是否在 0.1~0.2 MPa 以内，并定期清除冷却水管中的沉积物。

(15) 对于绕线式电动机，还应检查电刷与集电环间的接触压

力和电刷磨损程度，以及有无火花。如果发现火花，则应清理集电环表面，用0号砂纸将集电环表面均匀地磨平，并校正电刷压力。

339. 怎样分析电动机运行中的效率问题？

选择电动机时，从电机的合理利用、必要时的过载和效率等方面考虑，选用额定功率比实际负载功率高10%左右的电动机最为合理。通常，设计制造电动机时，将最高效率点确定在电机额定功率的70%~100%之间。电动机运行中的效率和功率因数的典型曲线如图3-192所示。

如果电动机在额定功率的80%时具有最高效率点，则从节能的观点来看，电机在80%的负载下运行效果最佳，因为此时转换效率最高。当电动机的平均负载在70%以上时，其效率与额定效率相差不大，可认为电机负载合理。当电动机的平均负载为45%~70%时，其效率比额定效率稍低，应经过核算来确定是否调换较小容量的电动机。当电动机的负载为25%~40%时，则应调换合适容量的电动机，或者将 Δ 接电动机改为Y接运行（详见第400问）。

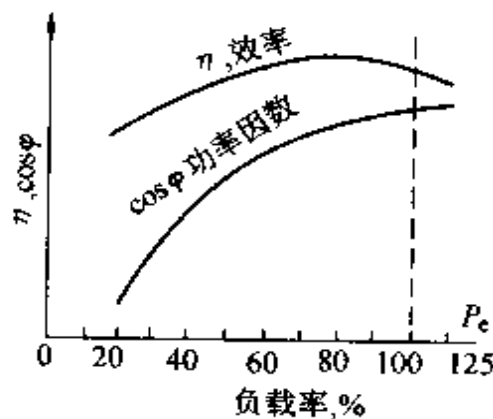


图 3-192 电动机的效率和功率因数曲线

340. 在电动机的使用和维护过程中容易发生哪几种触电事故？

(1) 单相触电。单相触电是指人体的某一部位触及一相带电体时电流流经人体的触电。当电动机一相碰壳或绕组绝缘损坏而使机壳带电时，最易发生单相触电。单相触电的危险程度与电网运行方

式有关。通常，实行工作接地的电网上的单相触电比无工作接地的电网上的单相触电危险性要大得多。无工作接地的电网上的单相触电如图 3-193 所示。

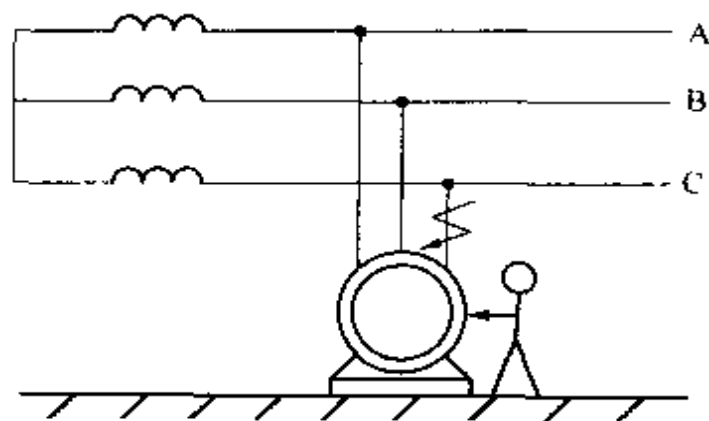


图 3-193 单相触电

(2) 两相触电。两相触电是指人体两处同时触及从同一电源引出的两相带电体。此时人体将两相带电体短路，电流从一相经人体流到另一相，加在人体上的电压为线电压（为相电压的 $\sqrt{3}$ 倍）。所以，两相触电流过人体的电流比单相触电大，从而危险性也更大。这种触电情况如图 3-194 所示。

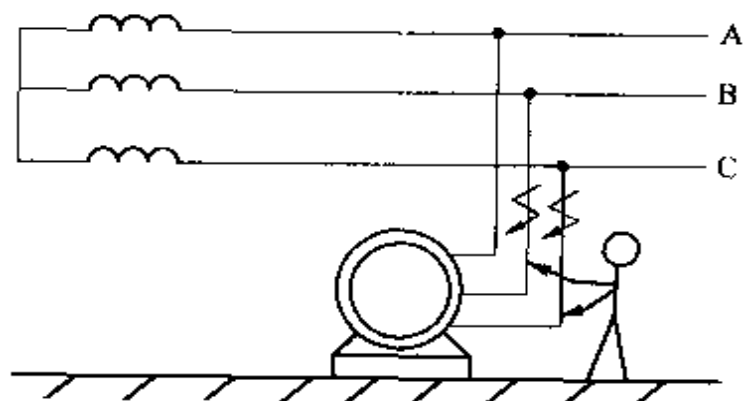


图 3-194 两相触电

(3) 跨步电压触电。当带电体接地有电流流入地下时，电流在接地点周围的地面上产生散流场。由于散流场内电位分布不均匀，若有人不慎迈步跨人，两脚间的电位不同，此电位差即为跨步电

压。通常，距离接地点愈近，跨步电压愈大（图 3-195）。由于电动机漏电而造成的跨步电压触电事故，往往发生在电动机安装地点的潮湿地面或有金属导板的场合。

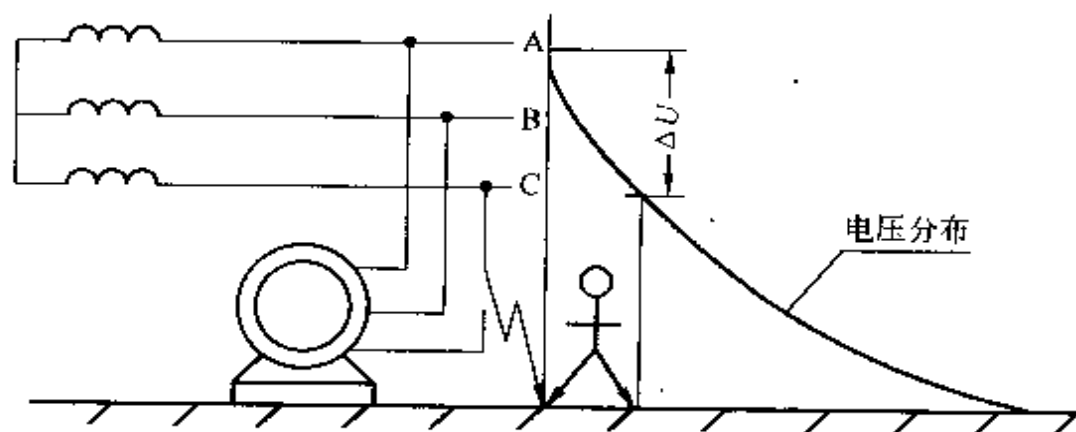


图 3-195 跨步电压触电

341. 电动机安全事故有哪些特点？曾发生过哪些典型电动机安全事故？

电动机安全事故的特点是：事故发生突然；事故前的征兆不明显；事故大多由于有关人员疏忽大意或责任心不强而发生；事故后果严重，直接或间接造成人员伤亡或巨大财产损失。我们从实际工作中以及文献资料中收集了一些有关电动机安全事故的典型事例，触目惊心，希望读者从中吸取教训，引以为鉴。

(1) 电动机接线端子绝缘损坏，造成一人触电死亡。某机械加工车间的洗手池附近装有一台砂轮机，地线接于自来水管上，该砂轮机长期无人使用。某天打扫车间卫生时，地线被某外行人拆掉。数天后电工甲来使用砂轮机，未检查砂轮机的地线就合上电源开关（长期未使用的生产机械，起动其动力设备以前必须进行安全检查），他立即倒在机架上。工人乙见状迅速切断电源，甲经抢救无效死亡。事故后调查发现，拖动砂轮机的电动机接线端子绝缘材料老化，焦脆脱落，使整台砂轮机各部位都带电，又因其接地线已被拆除，造成砂轮机周围潮湿地面有电，以致电工甲先承受跨步电压

倒靠在机架上，接着从机架上承受接触电压而死亡。

(2) 电动机漏电造成触电摔伤。某配料车间的搅拌机用电动机的引接线破损，电工甲刚将其修好，回电工班拿绝缘包扎带（此时该电工应挂牌或留下纸条说明线路未完全修复，不得合闸开动搅拌机或留下专人看护）。操作工乙不知此情况就开机试车，刚合上电源开关便倒身摔在地上，幸好电工甲赶来及时，立即切断电源，乙经抢救脱险。事故后调查发现，电动机接线碰壳，机壳带电，与电动机连接的搅拌机及其整个操作台的钢板都有电，乙站在钢板上触电摔伤。

(3) 电动机长期运转过热引燃聚积物。某生产车间的电动机长期运转，其表面聚积物暗燃起火（对长期运转的电动机应经常检查其温升是否过高），造成厂房、仓库发生火灾，直接经济损失数百万元。事故后调查发现，由于电动机长期运行过热，机壳表面温度过高，使表面聚积物受热自燃起火。

(4) 电动机“闷车”导致电线起火成灾。某村电工从附近工厂材料库的接户线电杆上引下电源线，经过铁壳开关用电缆引至60 m远的小麦脱粒机用电动机上，多余的电缆线收卷在一起，用木板支撑在材料库的墙壁上。脱粒机工作时，因麦秆缠住滚轮，造成电动机数次“闷车”，库房墙壁上的电缆线突然起火（这是电气接线违反安全规程，未安装热继电器作为电动机的过载热保护装置和未看管好电动机，未及时发现闷车现象造成的），引燃库房和库内物品。事故后调查发现，由于电动机堵转，电流突然增大，造成电缆线严重发热，其绝缘包皮燃烧，酿成火灾。

(5) 电动机试车前未清点工具，电动机起动后工具弹出击中电工脑部，造成脑震荡（详见179问）。

(6) 电动机引出线绝缘失效，严重漏电造成脚部砸伤。试验员甲在电机试验室进行电动机负载试验时，发现测功机的负载秤杆有偏移现象，于是用右手去扶，刚一触及秤杆便有麻电剧痛感觉，惊恐中缩回右手将秤杆打翻，当作负载用的砝码坠落将其右脚砸伤。事故后调查发现，电动机的引出线为一般软线（应使用绝缘等级较

高的特种导线), 在绕组浸漆处理后烘干时被烧焦, 绝缘老化失效, 造成电动机严重漏电而发生上述事故。

(7) 电动机控制开关的螺钉松动, 造成开关损坏。某装配车间的电动机控制开关通电时曾多次出现冒火花现象 (这是有关人员对待故障现象视而不见, 责任心不强所致), 未引起足够重视。某天工人甲接通电源后就离开现场, 0.5 h 后工人乙发现电动机的控制开关冒烟并有明火, 便立即切断电源。事故后调查发现, 电动机控制开关的螺钉松动, 电流通过时严重发热, 产生电弧火花, 螺钉发黑, 周围绝缘物烧焦, 开关损坏。

(8) 电动机运转中法兰盘崩裂飞出砸死旁人。某铸造车间的机电工甲从旧材料堆中找来一个生锈的法兰盘, 请钳工加工后装在电动机上拖动鼓风机, 试运转时法兰盘严重抖动, 由于急于使用, 未引起警觉。工作一段时间后, 法兰盘突然崩裂, 飞出的碎块击中附近工人乙, 经抢救无效死亡。事故后调查发现, 法兰盘砂眼太多 (使用旧材料、旧器件, 必须严格检查其质量), 装配时电动机与鼓风机的转轴中心未对准, 以致电动机高速运转中法兰盘崩裂。

(9) 电动机单相运行, 造成电缆线短路, 引起火灾。某粮食仓库的输送机由可逆转换开关控制, 电工甲将转换开关扳到倒合位置后就离开工作现场 (他应在输送机正常工作 10 min 后才可离开现场), 数分钟后输送机的电缆线接头冒烟起火, 引燃覆盖在电缆线上的玉米秸等易燃物品, 酿成特大火灾, 烧毁仓库数座, 粮食数十万吨, 大型机械设备 20 多台, 直接经济损失 1000 多万元。事故后调查发现, 可逆转换开关倒合位置失灵, 有两相熔体熔断 (这是未经常检查关键电器所致), 造成电动机单相运行, 电流剧增, 电缆接头处熔融出现明火, 引起火灾。

(10) 电动机电源进线短路引起火灾。某职工路过某一精密机加工工房时, 听到工房内有响声, 并看见从窗户内闪出一道弧光, 但未引起重视。数分钟后, 另一职工经过该工房时发现室内向外冒烟, 便立即报警。厂消防队赶到现场, 停电扑救, 火势才未蔓延。事故后调查发现, 工房内的电动机已使用很久, 进线处橡皮绝缘和

电线绝缘包皮陈旧老化（对长期运行的电气设备和电气线路应定期进行检查），事故当天电动机在无人看管下工作时，发现接地短路故障（精密机加工工房内的电动机运行时应有专人看管），产生强烈电弧，将进线处烧出一缺口，导线熔化，金属熔渣飞落到附近易燃物上，引起易燃物燃烧而酿成火灾。由于路过该工房的第二位职工及时报警，才未造成很大经济损失。

（11）电动机的联轴器紧固螺钉外露过长，绞伤操作人员。某电工在调试电动机时，用一个较长螺钉紧固电动机的联轴器，试验中该螺钉随电动机轴旋转，电工上衣的右长袖被螺钉绞住（工作时衣袖不得过长），造成右手骨折。事故后调查发现，紧固螺钉外露太长，突出轴外约 10 mm，尖锐部位绞住柔软衣袖。

（12）电动机火花引燃汽油造成工伤。某真空泵的油污较多，电工甲便取来 4 kg 汽油刷洗正在运行的真空泵（在任何情况下都禁止用汽油刷洗正在运行的电气设备或机械设备），3~4 min 后真空泵便起火，其他职工赶来将火扑灭，事故中甲受伤。事故后调查确认，用汽油刷洗正在运行的真空泵时，电动机产生的电火花点燃汽油而着火。

342. 电动机运行中发生故障怎么办？处理电动机故障的过程中应注意哪些事项？

运行中的电动机发生故障，一般可按下述步骤进行检查、分析：

（1）了解情况。了解电动机的型号、规格（主要是查看铭牌和产品说明书）和运行特点，向操作人员询问故障前电动机的运行情况以及故障发生的过程和出现的各种现象。

（2）现场检查。对电动机的工作场所进行观察，查看电动机的机壳、端盖、机座等是否损伤、破裂，起动设备是否完好；然后用手盘动转子，检查电动机转动是否灵活，有无卡涩现象。

（3）检查绝缘。用兆欧表测量绕组的绝缘电阻，检查绕组是否接地，有无相间短路现象。

（4）试车鉴别。通过以上检查，如果未发现电动机的严重缺

陷，可进行空载试车，仔细观察其运行情况，如有无严重振动、异常声音和焦臭味，以及温升、电流、电压和转速等的变化情况。据此作出进一步的判断。此外，对于某些故障，还可在试车过程中切断电源迅速进行检查。如断电后立即打开电动机端盖，用手触摸有无严重发热部位。同时，断电后还可大致判断电动机的故障性质。例如，切断电源后，若故障现象立即消失，则可判定是电磁方面的故障；若故障仍然存在，则可判定是机械方面的故障。

必须指出，在试车过程中，一旦出现异常现象，应立即切断电源，以免故障进一步扩大。

通常，查明电动机的故障后，就着手进行处理、试运转和作出记录，然后交付使用。在这个过程中应注意以下事项：

(1) 找出故障点和排除故障时，不可把找出的故障点作为寻找故障的终点，还必须进一步分析查明产生故障的根本原因。

(2) 排除电动机的故障时，一般情况下应尽量做到“复原”。但是，有时为了尽快恢复生产机械的正常运行，根据实际情况也允许采取一些适当的应急措施予以处理，但不可凑合，必须保证电机能安全可靠地运行一定时间，并且应作出详细记录，待大修时进行彻底修理。

(3) 电动机通电试运行时，应与操作者配合，避免出现新的故障。

(4) 每次排除电动机的故障后，应及时总结经验，并作好维修记录。记录的内容一般包括：电动机的型号、名称、编号、故障发生日期、故障现象、故障部位、故障原因、处理措施和修复后的运行情况等。记录的目的是：作为技术档案，以备今后维修时参考；通过对历次故障的分析，采取相应的有效措施，防止类似事故再次发生，或者对电动机本身的设计向生产厂家提出改进意见等。

343. 电动机发生故障的原因不详怎么办？

如果电动机发生故障的原因不详，可按图 3-196 所示步骤进行检查：

(1) 开亮电灯或观察电压表查看电源是否正常；

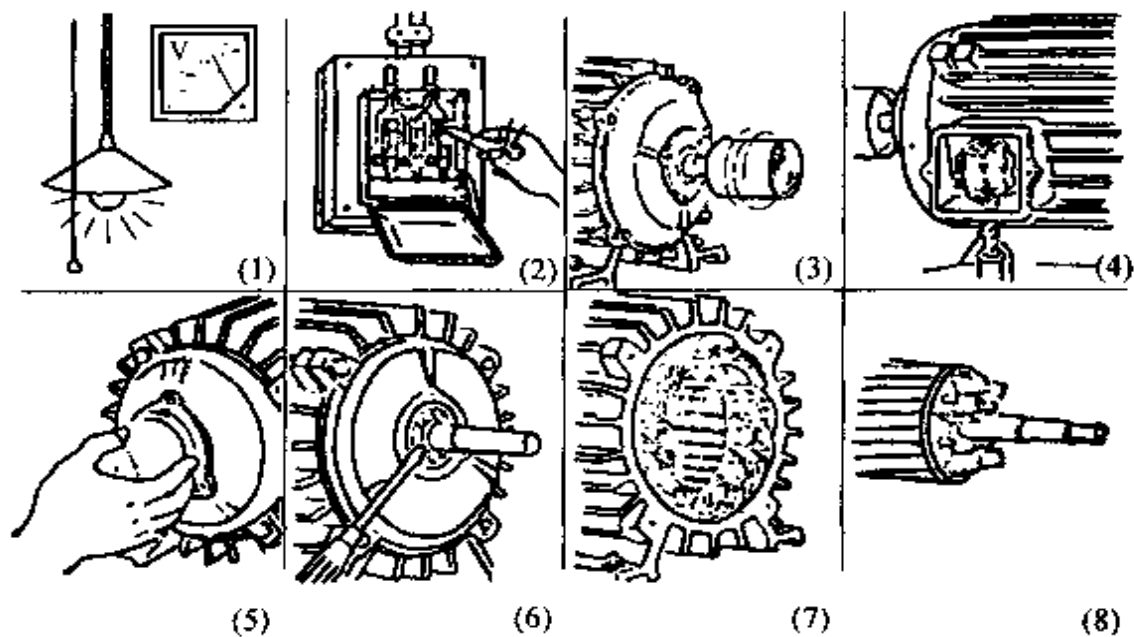


图 3-196 电动机故障检查步骤

- (2) 如果电源有电，则应检查开关和起动设备有无故障；
- (3) 如果开关和起动设备完好，则应卸下传动胶带（或联轴器），使电机空载运转，检查故障是否为负载所引起；
- (4) 如果电机本身发生故障，则应卸下接线盒，检查接线是否断裂或有无焦痕；
- (5)、(6) 如果接线良好，则应检查轴承是否损坏，润滑油是否干涸；
- (7) 如果轴承也完好，则应检查定子绕组有无焦痕，是否断路或碰壳；
- (8) 最后检查转子是否断条。

通常，电动机发生故障时，往往出现转速变慢、有噪音、温度显著升高、冒烟、有焦臭味、机壳带电、三相电流不平衡或增大等现象。通过对这些现象的归纳分析，可以判断发生故障的原因。

344. 对机床电动机及其附属电器的故障怎样进行调查、分析和通、断电检查？

故障调查：

(1) 问。机床电动机及其附属电器发生故障后，首先应向机床操作人员了解故障发生前后的情况；故障发生在开车前、开车后还是发生在运行中；电动机运行中是自行停车还是出现异常情况；操作者切断电源后停车；电动机发生故障时，机床工作在什么工作顺序，按动了哪个按钮，扳动了哪个开关；发生故障前后有些什么异常情况，如声音、气味、冒烟或冒火（弧光）等；以前是否发生过类似的故障，是怎样处理的。在听取机床操作者介绍故障情况时，要认真分析和判断是机械故障、液压故障还是电气故障，或者是三者均有的综合故障。

(2) 看。熔断器内的熔体是否熔断，其他电气元件是否烧坏、发热、断线，导线连接螺钉是否松动，电动机的转速是否正常等。

(3) 听。电动机及其附属电器运行时声音是否正常，有哪些异常音响（如嗡嗡声、尖叫声、嚓嚓声等）。

(4) 摸。电动机及其附属电器的线圈发生故障时，线圈温度一般显著上升，可迅速切断电源后立即用手去摸试。

故障分析：

(1) 参考该机床的电路图和有关说明书进行电路分析，大致判断故障是发生在主电路上还是控制电路上，是发生在交流电路上还是直流电路上，通过分析逐渐缩小故障范围，迅速找出故障点。

(2) 分析故障应有重点和针对性。例如，对于接地故障，一般应先考虑电器柜外面的电气装置，后考虑电器柜内的元器件；对于断路和短路故障，应先考虑动作频繁的元件，后考虑其他元件。

(3) 分析故障时应把复杂电路划分为若干单元，在各个单元中要分清主次，这样可以迅速发现故障。

断电检查：

检查前先切断机床总电源，然后根据故障可能发生的部位，逐步找出故障点。检查时应先检查电源线进线处有无因碰伤而引起的电源接地、短路等故障，螺旋式熔断器的熔断指示器是否跳出，热继电器是否动作；然后检查电器外部有无损坏，连接导线是否断路、松动，绝缘是否过热或烧焦。

通电检查：

如果断电检查未发现故障，则可对电动机及其附属电器进行通电检查。通电检查时，应使电动机与所拖动的生产机械断开，将控制电器和转换开关置于零位，行程开关还原到正常位置；然后用校灯或万用表检查电源电压是否正常，有无缺相或电压严重不平衡现象。如果电源无问题，便可进行通电检查，检查的顺序是：先检查控制电路，后检查主电路；先检查辅助系统，后检查主传动系统；先检查交流系统，后检查直流系统；先检查开关电路，后检查调整系统。此外，也可按下述方法进行检查：先断开所有开关，取下全部熔断器，然后按顺序逐一插入要检查部位的熔断器，合上开关，观察各电气元件是否按要求动作，有无冒烟、冒火、熔断器熔体熔断等现象，直至查出发生故障的部位。

345. 怎样加强电气管理来防止或减少电动机烧毁事故？

(1) 新装或大修后的电动机及其操作控制设备，投入运行前应严格进行检查，不合格者不得投入运行。

(2) 检查电动机的熔断器熔体与所拖动机械的特性是否匹配。例如梳棉机用的电动机，其转矩和起动电流均较大，起动时间也较长，熔体应适当加大。这样，电动机起动时就不致因一相熔体熔断而造成电机缺相运行，导致绕组烧毁。

(3) 完备并经常检查各种电气保护装置（如过载热保护、过载电流保护、短路电流保护、欠压保护、断相保护、漏电保护等装置），以便电动机一旦出现过载、过热、短路、欠压、断相和漏电等情况，这些保护装置能自动动作，切断电源。

(4) 建立定期维护检修制度。对开关、熔体要定期进行检修，对电动机要定期进行维护保养和修理。

(5) 严格执行日常巡回检查清扫制度。对生产车间（场所）的电动机及其附属设备，每日要由电工人员至少巡回检查一次，特别是粉尘多的地点，更要检查电动机风路是否堵塞，散热是否良好。此外，电动机的日常清扫工作，要落实到电动机操作人员，主要车

间的电动机，每日要清扫一次。

(6) 加强对电动机操作人员的宣传培训工作，严禁违章操作，严禁电机“带病”运行；要责成操作人员一旦发现电动机不正常运行就立即切断电源，并及时通知电工人员进行检修。

346. 怎样采用机械方式防止电动机被机械卡住而烧毁？

将连接电动机输出轴和联轴器的矩形销子取出，在联轴器和输出轴上钻一个共用孔，然后插上一个直径合适的圆条状轴键，使电动机轴与联轴器牢固地连接。轴键的两端可打弯或铆定。当电动机严重过载或忽然被卡住时，轴键便被剪断，于是电动机轴空转。当过载现象或机械卡住故障排除后，再插入新轴键，电动机即可起动运转。制作轴键的材料和轴键直径可参照表 3-43 选择。

表 3-43 电动机均匀负荷用的轴键直径 (mm)

| 轴键材料 | 电动机功率 (kW) | | 2.2 | 5.5 | 7.5 | 10.0 |
|------|------------|--|-----|-----|-----|------|
| | 转速 (r/min) | | | | | |
| 钢 | 1500 | | 2.0 | 2.9 | 3.4 | 10.0 |
| | 1000 | | 2.5 | 3.2 | 3.8 | 4.2 |
| 铜 | 1500 | | 2.9 | 4.3 | 4.6 | 5.3 |
| | 1000 | | 3.4 | 4.8 | 5.6 | 6.1 |

347. 电动机运行中冒烟的原因是什么？怎样处理？

电动机运行中冒烟一般是以下原因引起的：

- (1) 定子绕组短路或接地。
- (2) 转子绕组接头松脱。
- (3) 传动胶带太紧。
- (4) 扫膛（定、转子相擦）。

如果是定、转子绕组发生故障，应在短路、接地点垫以绝缘纸，并刷上绝缘漆或接好松脱的接头，确认故障已消除，才可投入

试运行；如果是胶带太紧，可适当放松，以消除过大的张力；扫膛故障一般是端盖轴承等的位置变动，使转子偏移，此时应先测量定、转子之间的气隙，并进行调整，若不奏效，应更换有关零件（详见 529 问）。

处理电动机冒烟故障的时间一般较长，在多数情况下需要拆开电动机进行内部检查。对电机冒烟故障的处理，必须完全彻底，不得留有隐患。

348. 电动机运行中绕组烧毁有何现象？烧毁的原因是什么？怎样处理？

电动机运行中如果绕组烧毁，则转速降低，电流增大，发出“吭吭”声，甚至从机内发出焦臭味和冒浓烟（图 3-197）。此时应立即切断电源。

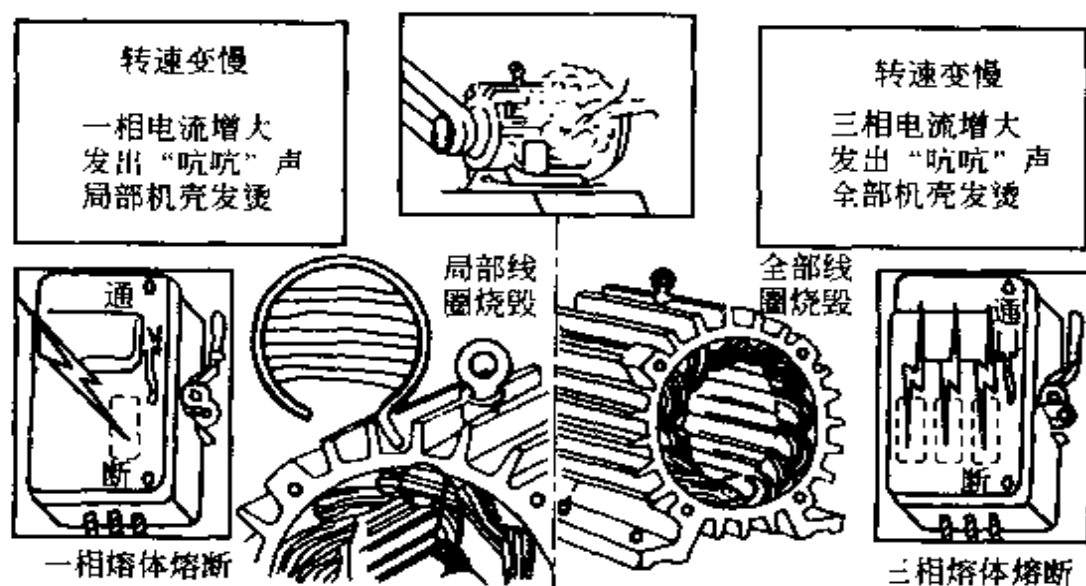


图 3-197 绕组烧毁示意图

电动机绕组烧毁的原因和处理方法分述如下：

(1) 电机受潮后未经烘干，在绝缘电阻很低的情况下投入运行，造成绕组烧毁。受潮的电机必须烘干，并且只有绝缘电阻测试合格才可使用。

(2) 电动机的风扇损坏，电机散热不良而过热，导致绝缘老

化，最后绕组烧坏。损坏的风扇应及时修理或更换。

(3) 电机经常超载运行。应安装负载调节器，避免电机过载。

(4) 电机起动后缺相运行。应及时检查电源、绕组有无缺相故障，熔体是否单相熔断。

(5) 对于防爆电动机，由于防爆面严重腐蚀或损坏，易燃、易爆气体进入机体内燃爆。应加强维护，不使防爆面锈蚀损坏，已损坏的防爆面应及时修复。

(6) 重绕更换绕组时，线径选用过细或接线错误，绕组过热而烧毁。重绕绕组前应作好原始记录或者拆卸旧绕组时保留 1~2 个完整的线圈，以便正确选用导线；绕组绕好后应细心接线，接线后认真检查，避免接线发生差错。

349. 电动机发生“崩烧”事故的原因是什么？怎样防止发生这种事故？

电动机之所以发生“崩烧”事故，一般有以下几方面的原因：

(1) 过载运行时间太长，电流过大，使绕组过热而发生崩烧。

(2) 电源电压过高，电流增大，使铁芯内的磁通增加，损耗增大，从而铁芯发热；电源电压过低，使负载较大的电动机过热。

(3) 电动机通风不良，无法散热，或者所拖动的机械卡涩，运转不灵，摩擦阻力太大，造成电动机温升过高而崩烧。

(4) 缺相运行。三相电源有一相断线或三相熔体有一相熔断，引起电动机两相绕组过热而崩烧。

(5) 电动机绕组绝缘损坏而发生短路，造成电机发热崩烧。

(6) 电动机转子与绕组发生摩擦，使绕组绝缘损坏，造成电动机短路崩烧。

(7) 接线错误。电动机的接线发生差错，使一相绕组的相位反接，造成电动机崩烧。

(8) 由于频繁起动，电动机发热崩烧。

针对电动机发生崩烧事故的上述原因，可采取以下措施来防止这类事故：

(1) 严禁电动机长期过载运行，并加强过载保护；经常监测电动机的电流是否过大和温升是否过高，三相熔体是否完好。

(2) 在日常的维护工作中注意电动机有无异常声响，通风是否良好，有无机械摩擦，轴承是否发热。

(3) 经常检查电动机的绕组绝缘是否良好，有无短路现象；如果发现绕组受潮，应将其烘干才可投入运行。

(4) 在电动机投入使用前，要仔细检查接线是否正确。只有经过严格检查，电动机才可接通电源运转。

(5) 在电动机的运行过程中，经常测试电源电压是否过高或过低，有条件时对电源电压进行调低或调高，或者向供电部门反映，请求调整电压。

350. 电动机已烧坏，而热继电器却不动作怎么办？

可以从以下几方面查找原因和作相应处理：

(1) 热继电器的额定电流值与电动机的额定电流值不符。此时应按电动机的容量来选择热继电器（不可按接触器的容量来选择热继电器）。

(2) 动作机构卡住，导板脱出。处理时应打开热继电器的盖子，检查动作机构，重新放入导板，并按动复位按钮，检查机构动作是否灵活。

(3) 热元件通过短路电流，双金属片产生永久性变形，电动机过载时热继电器无法动作，使电动机烧毁。此时应更换双金属片，并重新调整。

(4) 检修热继电器时，由于疏忽，将双金属片装反，或者双金属片和发热元件用错，当过电流通过发热元件时，双金属片不能推动导板，电动机过负荷运行烧毁而热继电器不动作。处理时应检查并调整双金属片的安装方向，或者换上合适的双金属片和发热元件。

(5) 热继电器的整定值偏大，触头接触不良。此时应合理调整热继电器的整定值，清除触头表面的污垢和氧化物。

(6) 电动机本身发生故障或运行条件不良，如自冷风扇损坏和风道堵塞而造成散热不良，或者环境温度过高，都会导致电动机烧毁而热继电器不动作。这不是热继电器的缺陷，应着手排除电动机的故障，改善电动机工作场所的通风散热条件。

351. 电动机着火的原因是什么？怎样防止电动机引起火灾？

电动机发生火灾，扑灭时应注意哪些事项？

就电动机本身而言，着火有以下几方面的原因：

(1) 内部短路。由于绕组受潮、绝缘老化、过电压击穿、机械性损伤等原因，绕组和端子处发生相间、匝间或对地短路，电动机的温度急剧上升，甚至“打火”放电，引起火灾。

(2) 接触不良。由于电动机内部和外部接线松动，造成接触不良，接触电阻增大，轻则接头过热，重则“打火”放电，引起绕组绝缘或周围的可燃物体燃烧。

(3) 缺相运行。三相电动机缺一相运行时，对于恒值负载，电流将增大为正常值的 $\sqrt{3}$ 倍，时间过长，电动机就可能着火。如果缺相的三相电动机在堵转状态下接通电源，由于其堵转转矩为零，将不能起动，而此时的起动电流为额定电流的4~7倍，绕组将过热而烧毁起火。

(4) 机械性堵转。如果电动机安装不良或有异物进入，轴承润滑油不足和润滑油脏污而卡住转子，以及由于所拖动的机械被杂物卡住而不能转动，导致电动机的电流增大，造成绕组过热而发生火灾。

(5) 严重过载。电动机严重过载或长时间过载运行，或者将断续工作制的电动机用于连续工作，都可能出现危险高温而引起绕组燃烧。

(6) 散热失效或环境温度过高。例如，电动机的外风扇或外风扇罩拆卸后未装上，或者环境温度超过40℃，都可能导致电动机温度过高而引起燃烧。

(7) 频繁起动。因为每次起动电动机都要承受堵转电流的冲击，如果在短时间内连续多次起动，绕组将因温度急剧上升而燃烧。

(8) 铁芯短路。铁芯一旦短路，其涡流损耗将大大增加，从而铁芯过热，可能导致电机着火。

(9) 电压波动太大。电压过高，将使铁芯发热增加；电压过低，对于恒值负载，电流将明显增大，也将使发热增加。二者都可能使电动机出现危险高温而着火。

(10) 维护不良。例如，强制冷却系统发生故障，未及时排除，通风槽（沟）被粉尘或纤维等堵塞未进行清扫，造成热量不能排散，引起绕组过热起火。

为了防止电动机引起火灾，必须做到以下几点：

(1) 应根据工作环境的特征，考虑防潮、防腐、防尘、防爆等要求，正确选择电动机的型号。例如，多尘和水土飞溅的场所应选用封闭式电动机；干燥、清洁的场所可选用防护式电动机；易燃易爆场所应选用防爆式电动机。此外，电动机的功率、工作制、转速等参数也应与所拖动的机械相匹配。

(2) 电动机及其起动装置与可燃建筑构件或可燃物体之间应保持适当距离，并将其装在不燃材料的基座上。如果装在可燃材料的基座上，则这种基座应铺上铁板或其他非燃烧材料。此外，电动机周围不得堆放杂物。

(3) 电缆接入电动机时，应穿管保护，以免受到机械损伤；电动机的引入电缆接头或电缆套管应直接接入电动机的接线盒。

(4) 每台电动机应装设独立的操作开关和适当的保护装置，并根据计算选用合适的熔断器和空气断路器作为短路保护装置。对于中小型电动机，还应装设过载脱扣器或热继电器作为过载保护装置。对于容量较大的三相电动机，应在三相电源上全都安装指示灯，当一相断电时就能立即发现，以免电机缺相运行。此外，也可装设断相保护装置。

(5) 长期闲置未用的电动机，起动前应测量其绕组绝缘电阻，测得的绝缘电阻值不得低于 $0.5 \text{ M}\Omega$ 。

(6) 对运行中的电动机应经常检查、维护，定期清扫和添加润滑油，并注意电源电压的波动不得超过 $+10\%$ 或 -5% ，电压不平衡度不得超过 $\pm 5\%$ ，电流不平衡度不得超过 10% ，温升不超过规定值。

(7) 电动机使用完毕，应断开电源开关，以保证安全。

电动机发生火灾，扑灭时应注意以下事项：

(1) 迅速切断电源。

(2) 凡是旋转电机，在灭火时要防止轴和轴承变形。

(3) 只能使用二氧化碳、四氯化碳、1211 灭火器和蒸汽等灭火，不得用干粉、砂子、泥土等灭火，因为这些硬性物质落入电动机内部，会损坏绝缘和轴承而造成严重后果。

352. 电动机遭受火灾后怎样进行检查？

火灾烧损的电动机在哪些情况下应予以报废？

首先应从外观进行检查：

(1) 机壳和端盖有无严重的红锈、变形和裂纹。铝制铭牌是否还存在，如果已烧熔，则说明火焰温度高于 600°C 。

(2) 风扇罩和塑料外风扇是否烧熔。如果风扇罩未变形，仅塑料外风扇烧烤变形，则说明火焰温度在 300°C 左右，电机有可能经局部修理便可继续使用。

(3) 接线板绝缘是否烧焦。如果接线柱烧毁，则会引起电动机绕组短路或接地。此时即使外界火势不大，电动机绕组也会被烧毁。因此，在这种情况下，测试电动机的绝缘电阻后，应进行解体检查。

(4) 对于开启式电动机，首先应检查绕组端部绝缘是否烧焦。如果端部绝缘烧焦不严重，则局部修理后电机可恢复使用。

(5) 对于绕线式电动机，首先应检查集电环表面、电刷装置、转子绕组引线、转子绕组等的烧损情况。如果这些部位烧损不严重，则电动机经过简单修理即可恢复性能。

通过以上外观检查，如果未发现问题，则可用仪表校验。若查明绕组无故障，则电动机经一般修理就可继续使用。反之，修理就困难，甚至无法修理而只有将电动机报废。上述烧损情况大部分可通过电动机气隙均匀度的变化反映出来，因此中小型电动机可用手或专用工具推动转子，根据转子转动情况可以间接判断电动机烧损程度。经过火烧的电动机，以下几种烧损情况对气隙的均匀度有影响：

(1) 机座和端盖被烧损变形后，影响机座和端盖配合止口的精度，从而影响气隙的均匀度。

(2) 轴承被烧毁或变形，使转子下沉，造成气隙上边大，下边小，甚至转子与定子铁芯相擦。

(3) 转轴弯曲，影响定、转子铁芯同心度，转动转子后，凸起

的转子铁芯会在定子铁芯圆周上擦出圆弧痕迹。

(4) 定、转子铁芯受热不均，发生局部变形，造成气隙不均匀。

(5) 风扇罩或外风扇严重烧损变形，风扇与风扇罩相擦，阻止转子转动。

火灾烧损的电动机，在下述情况下应予以报废：

(1) 机壳、端盖变形，裂纹很深，产生红锈。要修复这种电动机，需要重新制造模型和进行翻砂，成本高、工期长，不如更新电动机。因为机壳和端盖被烧损变形，说明火焰温度至少在 1000°C 左右，铁芯导磁性能大大减退，绕组绝缘已被烧焦或老化。

(2) 铁芯被烧熔，结成整体。电机修理单位要更换铁芯是困难的，一般只能报废，换上新电动机。

(3) 转轴烧熔。这说明火焰温度达到 1000°C 以上。这么高的温度使“娇气”的绕组绝缘早已烧焦，铁芯也被烧结，因此修理工作量很大，修理质量也难以保证，只能更新。

(4) 外观检查电动机时，发现有铜渣溅出。这说明电动机遭受火灾时，绕组发生故障而“放炮”溅出铜渣，表明电动机遭受“内外夹攻”，铁芯在高温作用下变形，进行修理得不偿失，不如报废。

353. 怎样检修遭受水淹的电动机？

检修时应注意哪些事项？

可根据水淹时间长短和浸透程度，按以下办法进行检修：

(1) 首先拆下电动机，将其搬运到检修场地，用清水冲洗电动机机座表面，清除泥砂。如果水淹时间很短，电动机又是密封式的，绝缘只是受潮，未被污水浸透，可不必拆开电动机，将整台电动机进行干燥，测试绝缘电阻合格后，便可进行出厂试验。如果经过干燥，电动机绝缘电阻很低，则说明污物已进入电动机内部，并粘在绝缘表面上，经过烘干，只是体积电阻上升，而表面绝缘电阻不会上升（因未清除脏物），因此需要解体检查和清洗线圈。

(2) 如果水淹时间较长，外观检查发现电动机严重受潮，在出线口处测试绝缘电阻为零，则应将电动机解体检查。解体后检查，

如果绕组绝缘尚好，只是出线口受潮接地，则可局部修复。如用汽油轻擦绝缘表面，对金属表面进行除锈处理并涂防锈漆，然后测量绝缘电阻。如果绝缘电阻正常（低压电动机绝缘电阻值不应低于 $0.5\text{ M}\Omega$ ），便可穿心组装，做出厂试验。如果绝缘电阻在 $0.1\sim 0.5\text{ M}\Omega$ 之间，则需进一步烘干。

(3) 电动机解体后，如果发现绕组表面已被污水浸透，并有脏物和泥砂粘满绝缘表面，则应使用中性洗涤剂进行冲洗，冲洗工艺如下：

如果电动机被含盐污水浸泡，应先将电动机浸泡在清水中，使绝缘表面和缝隙中的盐分溶解在水中，然后用中性洗涤剂进行冲洗。如果电动机被酸性水分浸泡，则应使用含有火碱（ $1\%\sim 2\%$ 浓度）成分的水溶液进行中和，然后用清水冲洗两遍，最后用中性洗涤剂清洗。如果电动机被碱性水分浸泡，则先用酸性水溶液清洗中和，然后也用清水冲洗两遍和最后用中性洗涤剂清洗。

根据绕组绝缘表面的脏污程度，中性洗涤剂可按第 354 问所介绍的方法配方，并按该问所说明的清洗工艺进行清洗。

清洗干净后，再用 50°C 左右的清水冲洗两遍，然后将电动机进行烘干。电动机烘干后，有三种可能：

① 绝缘正常，此时可清洗轴承，更换润滑脂，然后穿心组装，做空载、短路试验。如果试验合格，电动机可继续使用。

② 几经干燥，绝缘电阻仍很低，此时可考虑重绕线圈或进行局部绝缘处理。这是因为绝缘内部有缺陷，靠清洗不能彻底解决问题。

③ 绝缘电阻大于 $0.1\text{ M}\Omega$ ，但小于 $0.5\text{ M}\Omega$ 。这可能是电动机尚未完全烘干，要继续干燥。如果再次干燥，绝缘电阻仍不能提高，则可考虑重复清洗、干燥。若几经重复处理，绝缘电阻还是上不去，则应重绕线圈。

检修水淹电动机，应注意以下事项：

(1) 清洗前要搞清污水中的主要成分。否则，即使将绕组清洗多次，也不易清洗干净。

(2) 干燥前，要把绕组上的污垢清除干净。否则，电动机虽然烘干，但绝缘表面脏污，体积电阻虽然合格，仍然会引起表面绝缘电阻下降，总电阻也不会合格。因为用兆欧表测得的绝缘电阻值是体积电阻与表面电阻的并联电阻值。

(3) 清洗烘干后的电动机，要经浸漆或涂漆处理，最后喷 1~2 次耐弧灰瓷漆。

354. 中性洗涤剂有何优点？

怎样使用这种洗涤剂来清洗绕组线圈？

采用中性洗涤剂取代汽油、酒精、四氯化碳或三氯乙烯等来清洗电动机的绕组线圈，既可降低成本，而且也无毒，同时这种洗涤剂来源广，防火性能好。目前市面上出售的普通洗涤剂大部分是阳离子型，易吸潮，潮解后变为电介质，不易清除。并且，清洗线圈后，残余的洗涤剂留在绝缘缝隙或毛细孔中，对绝缘有腐蚀作用。

中性洗涤剂常见的有上海产的 105 号洗涤剂、北京产的 781 号洗涤剂和天津产的海鸥合成洗涤剂。此外，也有其他省市产的中性洗涤剂。下面以使用 781 号洗涤剂清洗线圈为例来说明清洗方法：

(1) 配方（重量比）。781 号洗涤剂 1.5%~2.0%，自来水 98.5%~98%。

根据线圈绝缘上的油泥多少，确定选用的洗涤剂重量，称好后将洗涤剂倒入容器内用开水溶化，然后按重量比倒入自来水，搅拌均匀，使配好的洗涤剂溶液保持 70~80℃ 以供使用。

(2) 清洗工艺。通过水泵经喷枪用洗涤剂溶液冲洗线圈绝缘，喷射压力为 0.2~0.3 MPa。若无水泵，也可用棕刷（严禁使用钢丝刷）刷洗，冲洗或刷洗到洗涤剂溶液呈灰白色为止；然后用清水反复清洗几遍；随后用干燥压缩空气将绕组绝缘上的浮水吹干或静止滴干；最后将电机置于炉内或烘箱中烘烤，并测量绕组绝缘电阻，当绝缘电阻上升后，若稳定 6~8 h 不变，则可认为烘干结束。将电机从炉内取出后，再测量绕组绝缘电阻，若绝缘电阻值合格，就可进行浸漆处理。

如果线圈绝缘接近于老化，绝缘电阻值在 0.2 MPa 以下，端部线圈绑扎开裂，槽楔局部腐蚀、剥落，绝缘表面和缝隙中堆积油垢和粉尘并结成硬壳，则先将槽楔敲出，然后用洗涤剂溶液彻底清洗，并在清洗过程中用棕刷和竹片刮去清洗不掉的硬壳和粘结块，同时也清除铁芯和通风沟内的油垢。清洗干净并烘干后，打入槽楔，垫好绝缘，绑扎线圈端部并涂上环氧树脂，在室温下固化后，浸一次绝缘漆，然后在线圈表面喷涂两次风干灰瓷漆。

355. 现场带电清洗电动机有哪些优点？怎样清洗？

长期在恶劣环境中运行的电动机，由于其绕组绝缘受粉尘、潮湿、高温等的侵蚀和影响，绕组绝缘电阻降低。当绝缘电阻降低到一定程度时，需停机进行检查和清扫，严重时需清洗绝缘。过去一般是采用四氯化碳、汽油或二氯甲烷等溶剂作为清洗剂进行人工擦拭，这种方法的缺点是：

(1) 必须停机处理，对于某些连续生产工艺，停机会给生产带来很大损失。

(2) 擦拭不彻底，因为有些绝缘缝隙和角落无法擦拭干净。

(3) 这些溶剂都有一定的毒性，对操作人员的健康有一定影响。

有时采用中性洗涤剂清洗绕组绝缘，虽然能彻底清除绝缘上的油垢和粉尘，但清洗后的电动机需要进行干燥。现场对电动机进行干燥处理，需要很长时间，要耗费许多能量和人力。如果在烘炉内干燥电动机，则需要来回运输电动机，尤其是大型电动机，起吊非常困难，而且大型烘干炉也不是所有修理单位都具备的。

为了克服上述困难，可采用 GD 系列带电清洗剂清洗电动机，其优点是：

(1) 不必停机就可清洗。

(2) 清洗后电动机不需要干燥，可节省时间和能源。

(3) 清洗效率高（可达 99%），并且这种清洗剂具有较强的去污能力，清洗彻底。

(4) 清洗剂本身无毒，并且在自身燃点 $(122 \pm 3)^\circ\text{C}$ 以下时，在无明火的环境中不会自燃、自爆，安全可靠。

(5) 对金属有防锈作用，所以对机壳、铁芯、端盖、转轴等均有防锈能力。

(6) 这种清洗剂能承受较高电压，平均击穿电压在 30 kV 以上。

目前我国生产的 GD 系列带电清洗剂，其型号和主要技术指标如表 3-44 所示。

表 3-44 GD 系列带电清洗剂型号和主要技术指标

| 清洗剂型号 | 外观 | 燃点 ($^\circ\text{C}$) | 耐电压 (kV) | 水分 (%) | 清洗率 (%) |
|-------|---------|-------------------------|-----------|----------|----------|
| GD-1 | 无色透明，液体 | 122 ± 3 | ≥ 25 | < 0.02 | > 99.5 |
| GD-3 | | > 130 | ≥ 10 | | > 99 |
| GD-2 | | > 134 | ≥ 6 | | > 99 |

使用 GD 系列清洗剂带电清洗电动机的方法如下：

(1) 为了节省清洗剂，在喷洗前，应使用清洁干燥的压缩空气将绕组绝缘表面和缝隙中的粉尘吹扫干净。

(2) 喷洗时，将清洗剂注入专制的喷枪容器内，通过压力为 $0.4 \sim 0.6 \text{ kPa}$ 的压缩空气加压，使清洗剂从喷枪口喷出，对绕组绝缘进行喷洗，以清除固结的粉尘和油垢。

(3) 喷洗步骤是先上后下，先内后外。

采用这种方法清洗电动机绕组绝缘，经济效益显著。例如，某厂采用 GD 系列清洗剂在现场清洗 4 000 kW 电动机，与过去的清洗方法相比，由于未停产，增加经济效益 20 多万元，节省检修费用 1.3 万元。

356. 电动机的控制开关自动跳闸的原因是什么？怎样处理？

通常，当运行中的电动机发生定子回路一相断线、绕组层间短

路、绕组相间短路等故障，以及电力系统的电压下降时，在继电保护装置的作用下，该电动机的断路器便会自动跳闸。

电动机的断路器自动跳闸后，一般按有无备用电动机分别进行处理：

(1) 如果有备用电动机，应立即起动该电机并断开故障电动机的电源，以保证整个系统正常运行。当备用电动机起动后正常运行时，应对故障电动机进行检查。检查项目包括：所拖动的机械有无卡住现象；电动机的定子绕组和转子绕组、电缆、断路器、熔断器等有无短路痕迹；保护装置是否误动作。必要时应测量电动机的绝缘电阻。

(2) 如果没有备用电动机，或者起动备用电动机需要较长时间而影响生产，在不至威胁人身和设备安全的个别情况下，允许将控制开关已跳闸的电动机强行送电一次，但在下述情况下不许强行送电：电动机及其回路上有明显的短路或损伤现象（电动机的电流表指针有严重冲击现象，电动机冒烟、产生火星或音响异常）；发生需要电机立即停止运行的人身事故；电动机所拖动的机械严重损坏。

357. 运行中的电动机出现哪些异常情况就应立即停机进行检修？

- (1) 发生与运行电动机有关的人身伤亡事故。
- (2) 电动机所拖动的机械发生故障。
- (3) 电动机或起动机内冒烟起火。
- (4) 电动机轴承温升过高，行将损坏。
- (5) 电动机的电流超过允许值，或者电流剧增，原因不明，无法排除。
- (6) 电动机严重发热或发出异声，同时转速急剧变化。
- (7) 电动机内部发出冲击声（如转子窜轴等）。
- (8) 传动装置失灵、卡涩或损坏。
- (9) 电动机发生剧烈振动，影响安全运行。

(10) 起动装置、保护装置等附属设备发生故障，影响电动机的安全运行。

(11) 电动机的定、转子相擦，有焦臭味。

(12) 电动机缺相（两相）运行（转速低、有嗡嗡声）。

(13) 电动机出现碰壳接地短路事故。

(14) 电动机温度超过允许值，且转速下降。

切断电动机的电源后，只有查明故障原因并予以排除，才可合闸送电，使其继续运行。

358. 怎样检查电动机联轴器的平行度和同心度？

如果电动机联轴器的两个面间的平行度或同心度不精确，就会导致电动机负载过重、温升增高、振动加剧，从而使电动机不能正常运行。对于新安装的电动机，一般应调整其联轴器的平行度和同心度，以使二者的误差不超过允许值。对于运行中的电动机，如果发现联轴器的平行度或同心度降低，则可能是电动机过载而导致转轴热膨胀，轴承座变形，基础偏位或局部下沉等故障引起的，此时应首先排除这些故障，然后调整联轴器的平行度和同心度。

检查联轴器平行度和同心度的方法如图 3-198 所示。检查时，使用千分表在联轴器上、下、左、右四个位置上测定平行度和同心度的偏差，根据千分表在各点的示值判断偏差的大小。在正常情况

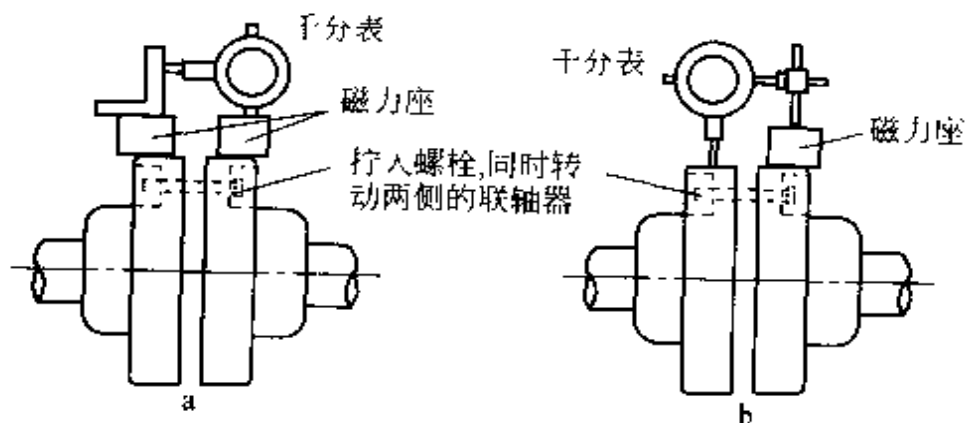


图 3-198 检查联轴器平行度和同心度示意图

a. 检查两个面间的平行度；b. 检查同心度

下，千分表在联轴器两个面间示出的平行度偏差最大值不应超过 0.05 mm，同心度偏差最大值不应超过 0.03 mm。

359. 使用和维护联轴器应注意哪些事项？

(1) 应对联轴器进行机械平衡校验，以免机械不平衡而引起机组异常振动。

(2) 轴与联轴器之间的公差配合应适当，不允许有过大的间隙。否则，将造成机械松动，在机组运行振动和机械加速冲击力的作用下，轴和键的弹性下降，发生变形，甚至疲劳折断。

(3) 轴中心高度应一致，两法兰端面应平行（图 3-199）。如

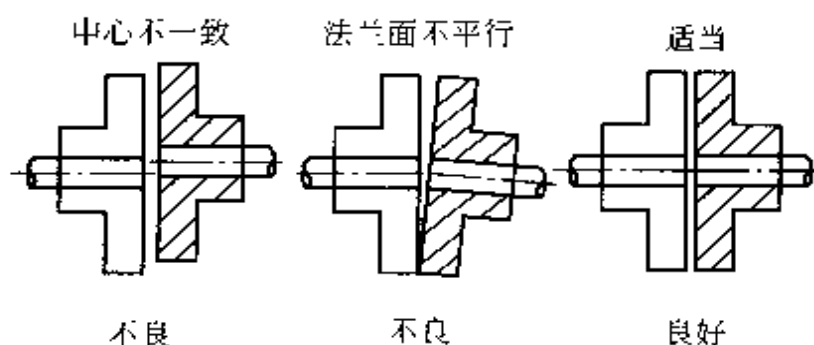


图 3-199 联轴器直接连接示意图

果轴中心高度不一致或两法兰端面不平行，则轴将在弯曲状态下旋转，在长期弯曲力的作用下，轴将发生塑性变形甚至疲劳折断。为此，安装时可用钢板尺校正（图 3-200）。校正的方法是：盘动转轴，观察联轴器轮缘与钢板尺之间有无空隙。如果转轴沿圆周移动都无间隙或间隙一致，则说明轴中心高度一致，两法兰端面平行，安装良好。

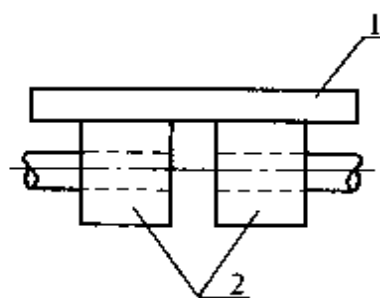


图 3-200 钢板尺校正法

1. 钢板尺；2. 联轴器

(4) 键不应有间隙，定位螺钉应充分拧紧。一般认为，经轻轻敲打，就可进入键槽的键为尺寸合适的键。

(5) 尽可能选用弹性联轴器。因为弹性材料具有缓冲减振作

用，采用弹性联轴器可以消除两轴安装误差可能引起的不良后果。

360. 采用胶带传动时为什么要张紧胶带？

有哪几种常用的张紧方法？怎样使用和维护传动胶带？

由于胶带传动是借助带与带轮间的摩擦作用来传递动力和功率，所以装配胶带时就应使带与带轮间具有一定的压紧力，保持传动带处于张紧状态和具有足够的初拉力。

在胶带的运行中，由于它长期受拉力作用，会发生永久变形，伸长后的传动带，与带轮间的摩擦力减小，传动能力降低，易出现“打滑”现象。所以，应使用张紧装置来调整，使其保持应有的张紧力，以防止打滑。

常用的张紧方法有：

- (1) 利用导轨（滑槽）调节
- (2) 利用摆动的座架调节。
- (3) 利用浮动的摆动架自动调节。
- (4) 利用张紧轮定期调节。

使用和维护传动胶带应注意以下事项：

(1) 胶带轮与轴之间应有适当的配合公差，间隙不可过大。否则，轴易受冲击而变形，甚至损坏。

(2) 胶带裁剪要准确，胶带长度应根据计算和实地测量来确定。胶带不可太紧或太松。如果太紧，胶带轮将承受过大的拉力而造成胶带与胶带轮的摩擦阻力增大，传动困难；如果太松，则胶带与胶带轮之间便没有正常的摩擦，容易打滑而使传动失效（经常掉带）。

(3) 胶带割口应与胶带边成直角，不得偏斜。否则，胶带两边的长度将不相等，转动起来容易脱落，并且还会导致胶带或生产机械损坏。

(4) 半胶带采用蟹壳螺钉搭接时，胶带内侧（即贴附胶带轮的那一侧）的搭口应顺着胶带轮旋转方向（图 3-201）。这样，可防止搭口撞击胶带轮而发生跳动。目前标准三角胶带已制成闭合环

形，没有搭口，所以三角胶带不存在这一问题。

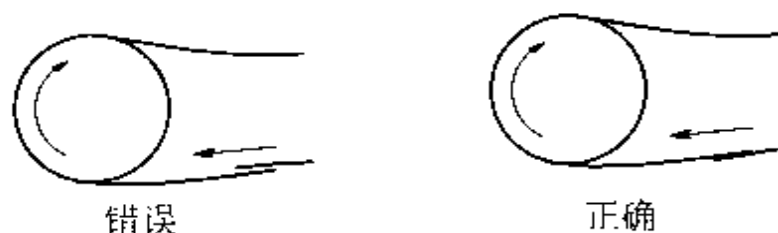


图 3-201 胶带搭接示意图

(5) 键与键槽之间不应有间隙，定位螺钉应充分拧紧。

(6) 轴与胶带轮配合外侧端面应无轴伸，以免机组正常工作时高速运转的轴伸伤及周围的人和物体。

(7) 两轴的轴中心线应平行，两带轮的平面差应控制在 2 mm 以内，以免传动带扭曲。

(8) 胶带传动方向应如图 3-202 所示，松边在上面，紧边在下面，以增大胶带与胶带轮的接触面积，提高传动效率。

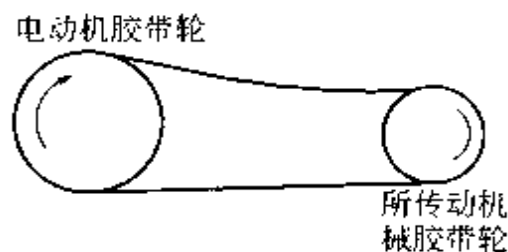


图 3-202 胶带安装方法

(9) 三角胶带是借助其两侧面与轮槽的摩擦作用来传递动力的，所以，安装时要正确选择三角胶带的型号（应与轮槽型号相同），保证胶带与轮槽正确接触（图 3-203）。

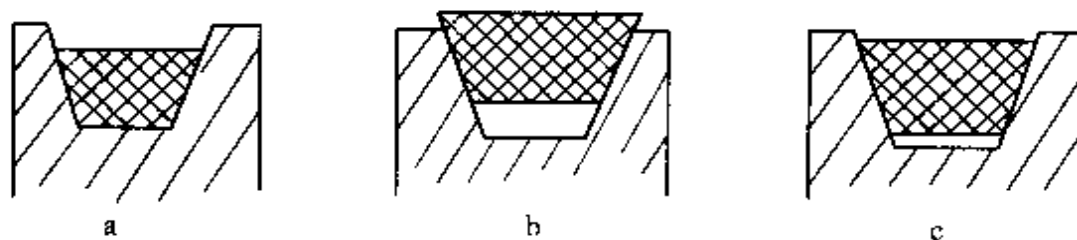


图 3-203 三角胶带的安装

a 错误；b. 错误；c. 正确

(10) 一组中的几根三角胶带的长度、新旧程度应一致。否则，拉力不是平均分配，而是集中在少数三角带上，从而使其过负荷而

缩短使用寿命。

(11) 调换三角胶带时，应先将传送带放松，然后进行拆卸和调换，不可硬撬，以免损坏传动带。调换新带时，应全组都换，尚能使用的旧带可与其他旧带合成一组使用。

(12) 调换平胶带时，不可按旧带长度计算，因为旧带在运转中已拉长。

(13) 胶带应经常保持清洁，不得沾染机油、汽油或柴油等油类物质，也不可受潮，以免胶带受到腐蚀。

(14) 应随时注意胶带在胶带轮上的松紧度是否合适。新胶带使用一段时间后，可能被拉长，应随时观察和及时调整。

(15) 如果运行中的胶带打滑，可按图 3-204 所示，在胶带轮的出带边涂上胶带蜡。

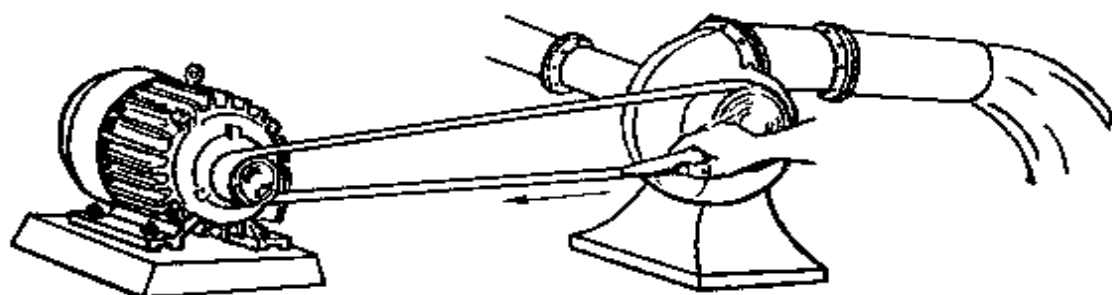


图 3 204 胶带涂蜡示意图

(16) 停转时间较长时，应将胶带放松或卸下，以免胶带始终处于拉紧状态而影响使用寿命。

(17) 机组工作时，应使用铁丝网或木栅栏将胶带轮罩住或围护，以防止周围人员与之接触或被物体撞击而发生事故。

(18) 胶带不使用时，应涂上滑石粉，将其挂起来存放。

361. 为什么要为电动机装设电压表和电流表？

怎样选配电压表和电流表？

为电动机装设电压表和电流表，主要是为了加强对电动机运行情况的监视。电动机一旦出现异常现象或缺相运行，通过仪表读数

就可及时发现和进行处理，以免故障扩大而烧毁电动机。

根据有关规程的规定，在下述情况下，电动机需要安装电压表和电流表：

(1) 40 kW 以上的电动机，应在操作地点（配电盘或配电板上）装设电压表和电流表。

(2) 40 kW 及以下的电动机，可根据需要装设电流表。

(3) 对于大中型电动机、多台小功率电动机和有较高要求的电动机，为了监视电源电压和额定电流，应在总控制盘（板）上安装电压表和电流表（图 3-205）。

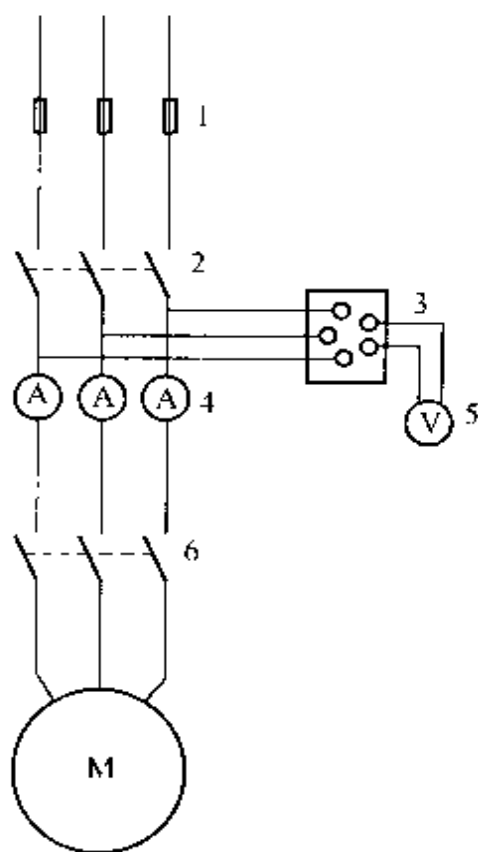


图 3-205 电压表和电流表接线图

1. 隔离熔断器；2. 控制开关；
3. 电压表换相开关；4. 电流表；
5. 电压表；6. 操作开关

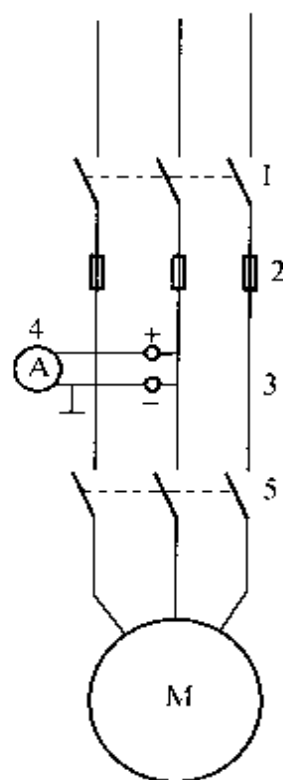


图 3-206 电流互感器与电流表配用接线图

1. 控制开关；2. 保护熔断器；3. 电流互感器；4. 电流表；
5. 操作开关

选配检测电动机用的电压表和电流表，应满足以下要求：

(1) 电压表通常只安装一只，其量程为 450 V 或是 500 V，通过换相开关进行换相测量。

(2) 一般电动机可只装一只电流表（串接在第二相上），而有较高要求的电动机则应装三只电流表。电流表的规格应允许通过电动机的起动电流，其量程应比电动机的额定电流大 3 倍。

(3) 如果电动机的额定电流大于 50 A，应通过电流互感器进行变流测量。电流互感器的电流同样要比电动机的额定电流大 3 倍。配用电流互感器的电流表，应选用 5 A 的仪表，其接线图如图 3-206 所示。

362. 怎样监视电动机电压的变化？

三相电压不对称（不平衡）对电动机的运行有何影响？

电源电压过高或过低都会对电动机产生不良影响。一般要求电源电压变动不超过 $\pm 10\%$ ，即当额定电压为 380 V 时，最高为 $380 + 380 \times 10\% = 418$ V，最低为 $380 - 380 \times 10\% = 342$ V。

如果电动机的三相电压大小不一，则会引起电机额外发热，因此，三相电压之间的差值，不得超过 5%。

一旦发现电动机的电压超出上述范围，就应查明原因并进行调整。

通常，大中型电动机的配电盘上都装有电压表，以监视电源电压。小型电动机一般不装电压表，无法经常监视电源电压，只在检查电动机运行不正常的原因时才用电压表来测试电压。如果电动机运行不正常，又查不出原因，则可能是电源电压过高或过低。在厂矿用电高峰期和农村的农忙季节，电压过低现象是经常出现的，对此要特别注意。

除了检查电压高低外，还应注意三相电源是否都有电。测试电源是否有电最简单的方法是用试电笔在刀闸夹座上进行检查，或者停机后试合闸一下再迅速拉闸，观察刀片上有没有火花，没有火花的那一相就是没有电压相。显然，若有一相断电，电动机起动时就不能旋转，只发出嗡嗡声，此时应立即拉闸断开电源。如果合上闸刀，电动机静止不动，拉闸也看不到火花，则表明至少有两相没有电压。

如果三相熔体完好，也无电，则表明供电线路或变压器端存在

问题，应沿线路逐步检查，以排除故障。如果是高压侧发生故障，则应向供电部门询问，不许擅自处理。

当供电系统的单相负载（如电炉、干燥箱、电焊机等）很大，以及电源发生单相断线、线路接头处接触不良，都有可能造成三相电压不对称（不平衡），即三相电压在数值上彼此不相等。

三相电压一旦不平衡，就会引起定、转子绕组的电流额外增大，从而绕组发热；同时，又使电机的转矩减小，噪音增大。所以，当三相电源电压严重不平衡时，禁止电动机继续运行。

按照国家有关标准的规定，电动机应在电源电压对称的系统中运行。然而，实际上三相电压之间总是有差值，不符合国家标准的规定，三相电压完全对称平衡是不可能的。但是，一般要求三相电压中任何一相电压与三相电压平均值之差值的百分数，应小于5%，即

$$\frac{U - U_p}{U} \times 100\% < 5\%$$

式中 U ——任一相的相电压，V；

U_p ——三相平均电压，V，其值为

$$U_p = \frac{U_A + U_B + U_C}{3}$$

式中 U_A 、 U_B 、 U_C 分别为 A、B、C 相的电压。

363. 电动机的三相电压严重不平衡（不对称）或三相电流同时增大的原因是什么？怎样检查？

(1) 电源电压不平衡。首先用万用表测量三相电压是否平衡，如果严重不平衡，则应从供电变压器查起。若高压平衡，则应查低压，检查低压线路有无断相、接地故障或某处是否接触不良。

(2) 电动机缺相运行。其原因和检查方法见 308 和 309 问。

(3) 电源电压过低或过高。可用万用表进行检查，若电压过低，则可能是电源线过长过细或线路负载过重；若电压过高，则应检查电源线路上的无功功率补偿是否过多或供电线路的电压是否过

高（如果过高，可适当调低供电电压）。

（4）电动机过载。可使电动机断电停止运行，用手盘动电动机的对轮或胶带轮，观察有无卡涩或过重现象。若一时判断不清，可使电动机空载运行，测量其空载电流是否正常。如果空载电流正常，则使电动机重新带载运行，再测量其电流，若电流超过额定值，则可判定电机过载。此外，判断电动机是否过载时，还应注意它本身的不明显故障，如转子转轴不同心、绕组有较轻的匝间短路等。

（5）电动机大修中更换绕组时，部分线圈接线有误或三相绕组接线发生差错。可按 465 问所介绍的方法进行检查。

（6）电动机绕组采用多根导线并绕或多路并联方式时，部分导线断线或个别支路断路。此时应拆开电动机，检查多根并绕的漆包线某接头是否脱焊而造成线圈横截面面积减小，或某支路是否断路。

（7）电动机的轴承损坏，导致定、转子相擦。可按 482 问所介绍的方法进行检查和 529 问的说明予以处理。

364. 异步电动机三相电流不平衡有何后果？ 其原因是什么？怎样查找？

异步电动机的三相电流不平衡，除使电动机额外发热外，还会造成三相旋转磁场不平衡，使电动机发出特殊的低沉声音，同时机身也因此而振动。

异步电动机三相电流不平衡的原因和查找方法如下：

（1）三相电源电压不平衡。可用电压表测量三相电源电压。

（2）匝间短路。可用以下两种方法检查：

①观察法。由于绕组一旦发生短路故障，故障处就会产生高热量而使绝缘焦脆。因此，可仔细观察绕组外部有无烧焦痕迹，或者嗅闻有无绝缘烧焦气味。

②短路侦察器法。如果线圈短路，则串联在侦察器线圈回路中的电流表的读数就会增大。

（3）绕组断路或并联支路中一条或几条支路断路。可测量三相

电阻，通常电动机三相电阻的最大差值不超过三相电阻平均值的3%。

(4) 定子绕组部分线圈接反。可将低压直流电通入某相绕组，用指南针沿铁芯槽上逐槽检查。如果在每个极相组上指南针的指示方向依次改变，则表明接线正确；反之，则表明某极相组接反。如果在同一极相组的邻近几槽上，指南针的方向变化不定，则说明该极相组有个别线圈接错。

(5) 三相匝数不相等。可首、尾串联，测量分段压降。首先测量每相电压是否相等，然后测量不正常一相的各相组电压是否相等，最后测量不正常相组的各线圈电压是否相等。这样，就可查出匝数有错误的线圈。

365. 怎样判断异步电动机三相电流不平衡是外部原因还是电机本身故障引起的？

为确定三相电流不平衡的真正原因，可用“换头法”进行试验(图3-207)：

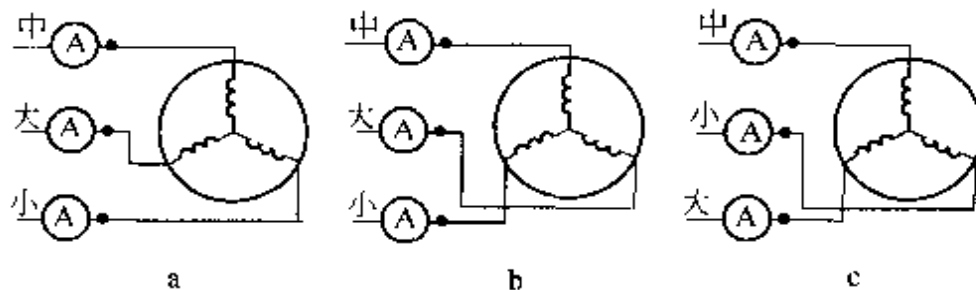


图3-207 “换头法”判断三相电流不平衡原因示意图

a. 三相空载电流不平衡；b. 电机外部原因引起三相电流不平衡；c. 电机内部故障引起三相电流不平衡

使外加电源引线固定不动，对于星形接线的电动机，将电流最大和最小的两根电机相线交换。如果各相电流表的读数不变(图3-207b)，则说明三相电流不平衡是电源电压不平衡引起的，电机内部并无故障；如果电流表的读数随电机相线的互换而互换(图3-207c)，则说明三相电流不平衡的原因来自电机内部，应进一步

详细检查。

对于三角形接线的电动机，可暂时将其改为星形接法，这样做虽然使相绕组电压降低到额定电压的 $1/\sqrt{3}$ （即降低到 220 V），但三相电流的偏差不会十会明显，而且试验时间很短。如果有三相调压器，可将电源电压提高到额定电压的 $\sqrt{3}$ 倍（即 660 V）后，再进行上述“换头法”试验。

366. 一台鼠笼式电动机在三相电流不平衡、转子已很热的情况下仍能够负载继续运行，查不出故障怎么办？

通常，凡是定子绕组短路、开路、接错线造成三相电流不平衡，电动机都可能负载正常运行而使转子发热。当三相端电压不平衡时，电压分成正序和负序两个分量，正序分量使电机正常运行，负序分量在转子中引起很大的短路电流，此时虽然三相不平衡的定子电流都未超过额定值，但转子内的电流却已大大超过，因而引起转子发热。这种情况不是电动机本身的故障造成的，必须从电源方面查找原因，只有调整电源电压，才能消除转子的发热现象。

367. 三相绕组的电阻不平衡的原因是什么？怎样处理？

(1) 接线有误。可能有部分线圈未接入电路。查出漏接部分后，拆开跨接线重接即可。

(2) 匝间短路。新嵌绕组匝间短路，一般是导线的绝缘层损坏所致。可用短路侦察器查出短路故障点，然后予以处理。如果短路故障点在线圈端部，则找出短路部位后，将导线分开，涂上绝缘漆并包覆绝缘纸即可。如果短路故障点在槽内，则应将线股挖出，涂漆加垫绝缘纸后，予以重嵌。若线圈严重短路，则应予以重绕。

(3) 线圈匝数有误。线圈匝数一般相差不多，影响不大。可在试车时根据电流不平衡程度再确定处理办法。

(4) 绕组断路。可按 453 问和 455 问所介绍的方法进行检查和处理。

368. 电动机长期低压运行怎么办？

通常，电动机低压运行，其转速和定子绕组的阻抗都下降。由于电压降低的幅度比阻抗降低的幅度小，所以电流增大。通常，电压越低，电流越大，温升越高，对电动机的危害也越大。

如果电动机长期在低压下运行，应采取措施降低危害程度。当电压下降 10% 时，应降低电动机输出功率 15%，降低输出功率的方法随电动机所拖动的生产机械的工作情况而定。例如粉碎机，可减小加料量；又如水泵，可用放松传动胶带等方法减小电动机的输出功率，以使电动机的工作电流不超过额定电流。

如果电动机的运行电压长期在 340 V 左右，应换上功率比所拖动物机械的功率大 20% 的电动机，或者调高电源电压（如利用变压器的调压开关进行调节），缩短电动机与电源的距离或增大导线截面。

369. 电源频率高低对异步电动机的运行有何影响？

通常，在电源额定电压下，电动机可以在频率变动 ± 0.5 Hz 的范围内运行，其额定出力不变。一般来说，频率发生变化，铁芯中的磁通密度将与频率成反比地变化，而空载电流也将相应变化。若频率比额定值低 0.5 Hz，则将引起磁通增加，电磁转矩增大。此时如果不增加外面的负载，使电动机的转矩与制动转矩达到新的平衡，势必引起转子的转速升高，转差减小，从而使转子导体内的感应电势和电流随着减少，并且感应电势与定子磁通 Φ 间的相互作用也减弱，结果造成电磁转矩减小，直到与制动转矩达到新的平衡为止。在这种情况下，由于转子电流减小，定子电流也必然减小，以抵消转子磁通对定子旋转磁通的影响。这样，由于绕组电流减小，绕组的温度降低。但由于磁通增加，空载电流也随之增大，使铁芯中的温度升高。不过，铁芯温度升高对电动机的正常运行影响不大。所以，电动机的电源频率比额定值低 0.5 Hz，对电动机的绝缘没有很大影响，但电动机做功少了，实际上相当于减负荷。

在额定电压、恒定负载下，若频率高于额定值 0.5 Hz，则情

况就与上述相反。

370. 什么叫做异步电动机的空载电流？空载电流的大小与哪些因素有关？合理的空载电流值是多少？

异步电动机空载运行时，定子三相绕组中通过的电流叫做空载电流。空载电流 I_0 的大小与下式中的各量有关：

$$I_0 \approx \frac{\Phi R_m}{W_1}$$

式中 Φ ——每个磁极下的磁通；

R_m ——电动机磁路的电阻（包括铁芯磁阻和气隙磁阻）；

W_1 ——每相绕组中串联的总匝数。

由上式可见，每相绕组串联的总匝数 W_1 通常是一定的，因此空载电流 I_0 与磁通 Φ 和磁阻 R_m 的乘积成正比。在一般情况下，如果电源电压较高，则铁芯中的磁通 Φ 和磁阻 R_m 都增大。而当电源电压高到一定值时，铁芯中的磁阻急剧增加，绕组感抗急剧下降，此时电源电压稍有增加，就会导致空载电流明显增大，这种现象称为铁芯的饱和现象。电源电压 U_1 与空载电流 I_0 的变化关系称为电动机的空载特性曲线。

异步电动机的空载电流主要由两部分组成，一部分电流用来产生旋转磁场，它是空载电流的主要部分，称为空载励磁电流分量，由于它没有做功，所以又称为无功电流分量；另一部分电流用来产生一定的有功功率去补偿电机空载运行时的各种功率损耗（如摩擦、通风和铁芯中的损耗等），这一部分电流称为空载电流的有功分量。由于电机空载运行时的各种损耗一般都比较小，所以空载电流的有功分量是次要部分，一般情况下可以忽略不计。

由于励磁电流是无功电流，所以空载电流基本上是无功电流的性质，因此希望电动机的空载电流不要太大。国家标准对交流电动机的空载电流无具体规定。但是，有关部门根据多年的实践经验和试验结果，认为鼠笼式电动机的合理空载电流可为额定电流的

20%~30%，而绕线式电动机则可达额定电流的50%。

371. 异步电动机的空载电流偏大或偏小的原因是什么？ 怎样处理？

如上一问所述，异步电动机的空载电流一般为额定电流的20%~50%。如果空载电流超出上述范围，可从以下几方面查找原因和采取相应措施予以处理：

(1) 定子绕组的相电压是否过高。可用交流电压表测量电源电压，如果经常超出电网额定电压的5%，可向供电部门反映，请求调整电压。

(2) 定子绕组Y接是否误接成 Δ 接。若是，应纠正接线。

(3) 转子是否装错（极数少的转子是否装入极数多的定子内）。应拆开电机进行检查，若接错，则换上极数正确的转子即可。

(4) 绕组内部接线是否有错（如将并联线圈串联）。若有错，应予以纠正。

(5) 电动机的定、转子气隙是否过小或过大。可用内卡、外卡测量定子内径和转子外径。若气隙过小，可适当车小转子直径；若气隙过大，应换上合格的转子，或将电机降低功率使用。

(6) 铁芯导磁性能是否良好。若导磁性能差，可改用导磁性能好的硅钢片。

(7) 定、转子铁芯是否齐整。可打开电动机的端盖进行观察，若发现铁芯不齐整，应予以调整。

(8) 定、转子铁芯是否错位而使铁芯的有效长度减小。若是，应拆开电动机，将定、转子铁芯压装到正确位置。

(9) 重绕定子绕组时，线圈的匝数是否足够或内部极性是否接错。若是，应重绕定子绕组并增加匝数，核对极性。

(10) 线圈节距是否嵌错。若嵌错，应拆除线圈，重新嵌线。

(11) 绕组的线圈组是否接反。若接反，应按绕组展开图或接线原理图重新接线。

(12) 绕组内部有无短路、断路或接地故障。应查出故障点，

并进行浸漆、焊接或绝缘处理。

(13) 轴承润滑是否良好，轴承是否损坏。若轴承润滑不良或损坏，应添加润滑油或更换轴承。

(14) 转轴是否弯曲而造成定、转子相擦。若是，应拆开电机，取下转轴，将其矫直。

(15) 风扇是否装错（如 2 极电动机是否装上了 4 极或 6 极电动机的风扇）。若是，更换风扇即可。

如果电动机的空载电流小于额定电流的 20%，则说明电机的空载电流偏小。修复后的电动机的空载电流偏小，可能是以下原因引起的：

(1) 定子绕组的线径太小，应选用与原绕组线径相同的导线重绕绕组。

(2) 接线错误，将 Δ 形接线误为 Y 形接线。应纠正接线。

(3) 定子绕组内部接线有误，如两个并联绕组错接成串联，结果每相绕组的匝数增加一倍，造成空载电流下降到原来的 $1/4 \sim 1/6$ ，即原来为 6 A 的空载电流，错接后只有 1.0~1.5 A，同时输出功率也减少了 $1/2$ 。

372. 鼠笼式电动机的三相空载电流差在 10% 左右，怎样确定它是由于电源电压不平衡还是电动机本身缺陷引起的？

鼠笼式电动机之所以产生 10% 左右的三相空载电流差，一般有以下两方面的原因：

(1) 三相电源电压相差较小（小于 0.5%），电压表上的读数相差不明显。

(2) 电动机磁路不均匀或三相绕组匝数不相等。

究竟是哪一原因引起的误差，可用下述方法来查找：

进行几次调换三相电源线与电动机线端的连接顺序，观察空载电流的变化。如果电流大小的顺序随着电源相序的变化而变动，亦即总是某一相（例如电源的 A 相）的电流最大，则三相空载电流差是电源三相电压不平衡引起的。

如果电流大小不随电源相序的变化而变动，亦即总是与电动机某一线端（例如电动机的 U1 线端）相连的那根线上的电流最大，则说明是电动机本身的缺陷导致产生三相空载电流差。

如果电流大小不按上述规律变动，而是反复变化不定，则说明电源、电动机二者都有缺陷。

373. 检查电动机的定子绕组接线正确，电压、频率、气隙和定、转子的位置也正常，但发现电动机的空载电流过大怎么办？

(1) 设计生产电动机时磁密选取太高，或修理电动机重绕绕组时线圈匝数不足（匝数计算有误），造成铁芯处于饱和状态，磁阻很大，导致空载电流过大。此时可适当增加每相绕组的匝数（一般可增加 2%~5%）。

(2) 电动机曾多次被烧毁，铁芯多次过热，或者拆卸损坏的旧绕组时加热绕组的温度过高，加热时间过长，造成铁芯的导磁率降低，磁阻增大，从而导致空载电流过大。在这种情况下，最好改变绕组型式。例如，如果原来是双层绕组，可改为单层绕组。改为单层绕组后，短矩系数由双层时小于 1 而变为等于 1。虽然绕组匝数和分布系数不变，但有效匝数增加 3 匝，当外加电压不变时，每极磁通下降，铁芯饱和程度降低，磁阻减小，从而空载电流降低。

必须指出，由于将双层绕组改为单层绕组，不能利用短矩来改善磁场波形，因此电机的起动性能变差。所以，改变绕组型式这一方法只适用于电动机容量不大和空载或轻载起动的场合。

此外，还必须注意，如果电动机原来的槽满率较高，则允许增加匝数的百分比就较小，仅靠增加匝数不能明显降低空载电流，此时除适当增加绕组的匝数外，还可同时改双层绕组为单层绕组，以使降低空载电流的效果更好。

374. 三角形接线的异步电动机运行中三相空载电流变得“二小一大”（相差约 20%）的原因是什么？怎样处理？

曾有一台 JO2-71-4 型、22 kW、二路并联、三角形接线的

三相异步电动机，过去一直运行良好，但突然发生剧烈振动，三相空载电流变得“二小一大”（相差约 20%），而电动机不发热不冒烟，也无特殊响声，电源电压也基本平衡。一般来说，三相异步电动机空载运行时，三相电流不平衡有以下原因：

（1）三相电源电压不平衡。本例电源电压基本平衡，可以排除这一因素。

（2）电动机一相绕组部分线圈组接反或接错。这也不可能，因为该电动机过去一直运行良好，而接线也未改动过。

（3）电动机绕组发生短路。若绕组短路，则电动机不仅会很快发热，而且还会产生异常响声，而该电动机没有这些现象，所以这一原因也不存在。

（4）电动机的定子绕组断路。对这一原因，作如下分析：

该电动机为三角形接线，二路并联，若其中一相绕组断路（如图 3-208 中 *a* 处所示），则此时电动机成为 V 形连接，虽然三相空载电流也是“二小一大”，但一相大的电流为两相小的电流的 1.73 倍，比 20% 要大得多，这是其一；当 A 相断路后，该相绕组不再产生电磁转矩，而其他两相绕组产生的电磁转矩在圆周上仍是平衡对称的，机身不会振动，这是其二。显而易见，该电动机不是整相绕组断路。

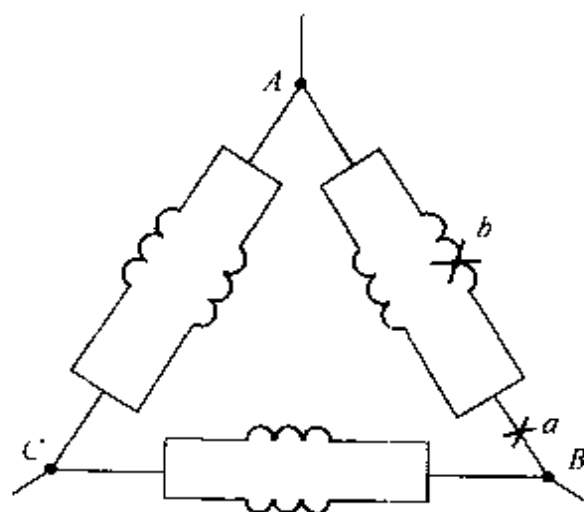


图 3-208 三角形接线的电动机内部断路示意图

如果并联支路中某一支路断路（如图 3-208 中 *b* 处），则此时三相电流也是“二小一大”，但三相电流的差数比整相绕组断路要小得多。因为此时仍有一条支路通过电流，产生转矩，使整台电动机的转矩不再平衡，造成电动机剧烈振动。

为证明二路并联绕组中有一条支路断路，我们拆开电动机，分别测量各相绕组的直流电阻，结果发现 A 相绕组较其他两相绕组的阻值大一倍以上，这表明 A 相绕组有一条支路断路。

进一步用万用表欧姆挡测量 A 相绕组两并联支路，发现一条支路不通，经仔细查看和用竹片拨动该支路接线端，发现接头脱落。将接头重新焊接，并包扎绝缘，将电动机接通电源，运行正常。

375. 怎样测量三相电动机的空载电流？

(1) 验表。观察钳形电流表的外表是否完整、干净，钳口是否清洁；检查钳口闭合时铁芯是否对正，闭合是否良好。

(2) 将电动机的三相电源导线分开，分开距离应保证导线能放入钳口中央；检查电动机的接地线是否完好；做好停车的准备后，起动电动机。

(3) 测量。先将钳形电流表的量程拨到最大量限，然后使钳口张开，将一相电源线放入钳口中央，随后闭合钳口，读取数值。若数值太小，则应张开钳口，变换量程。如果待测电流小于 5 A，则应将导线多绕几圈放入钳口测量，所测得的数值除以放入钳口内的导线根数即为实测值，然后分别测量其余两相电源线的电流。测量时若有杂音，将钳口张开一下再闭合即可消除。测量结果为：

第一相空载电流 (A)；

第二相空载电流 (A)；

第三相空载电流 (A)。

必须指出，测量时应注意安全，防止触电；转换钳形表量程时，应打开钳口，以免转换时烧坏电表；测量后将钳形表量程拨到最大量限，以防止下次使用时忘记转换量程而损坏电表。

376. 怎样凭感官和经验来监视电动机的运行情况?

在许多场合，凭感官和经验也可判断电动机运行中是否有故障。例如，如果用手背触摸电动机外壳（不可用手心触摸，因为万一外壳带电，手心通过电流时，手心里的筋便抽缩，手就不由自主地抓住所接触的外壳部位，无法脱离，这是很危险的。而用手背触摸，若外壳带电，手容易脱离电源），无烫手的感觉，则表明电动机未过热；如果手背一接触电动机外壳就立即缩回，则表明电动机过热。但此时应注意，用手触摸电动机外壳以前，应使用试电笔测试外壳是否带电，以免因外壳漏电而发生触电事故。

此外，判断电动机是否过热，还有一种简单的经验方法，即在电动机外壳上洒上2~3滴水，如果只看到冒热气而无声音，则表明电动机未过热；如果不仅看到冒热气，而且还听到“滋滋”声，则表明电动机已过热。

表3-45示出凭感官和经验对电动机故障的判断，可供电动机操作维护人员参考。

表 3-45 凭感官和经验对电动机故障的判断

| 感觉 | 现象 | 主要原因 | | | |
|----|----|--|---|--|-------------------------------|
| | | 电 源 | 电 动 机 | 负 载 | 环 境 |
| 触觉 | 过热 | (1) 电压过低或过高 (2) 熔体熔断 (3) 接头处接触不良或断线、断相 | (1) 绕组断相或短路 (2) 接线错误 (3) 机械故障 (4) 轴承故障 (5) 硅钢片绝缘失效，涡流增大 (6) 风扇失效 | (1) 机械故障 (2) 负荷过大 | (1) 环境温度过高（高于40℃） (2) 粉尘过多 |
| | 振动 | (1) 电压不平衡 (2) 熔体熔断，缺相运行 | (1) 转轴损坏（弯曲或有裂纹） (2) 机械不平衡 (3) 缺相运行 | (1) 机械不平衡 (2) 机械连接校正不准 (3) 传动胶带有接头 | (1) 安装基础不稳固 (2) 机械安装松动 |

续表

| 感觉 | 现象 | 主要原因 | | | |
|----|-------|--------------------------------|--|--|----------------------|
| | | 电 源 | 电 动 机 | 负 载 | 环 境 |
| 嗅觉 | 气味 | 单相供电 | (1) 过热运行 (2) 局部短路 (3) 堵转 (4) 轴承故障 (5) 机械故障 | (1) 负载过大 (2) 机械堵转 | |
| 听觉 | 声音拍频 | (1) 电压不平衡 (2) 单相供电 | (1) 缺相运行 (2) 堵转 (3) 低速爬行 (4) 机械不平衡 (5) 轴承故障 | (1) 机械不平衡 (2) 机械连接校正不准或松动 (3) 负载过大 | 安装松动 |
| 视觉 | 冒烟 | 短路 | (1) 过热 (2) 绕组烧毁 | 负载过大 | 粉尘、污物过多, 电机过热 |
| | 监控仪异常 | (1) 电压不平衡 (2) 电网电压波动 | (1) 缺相运行 (2) 转子电阻不平衡 (3) 过热 (4) 堵转 (5) 机械故障 | (1) 机械不平衡 (2) 机械堵转 | |
| | 停转 | (1) 断电 (2) 电压过低 (3) 单相供电 | (1) 断相 (2) 堵转 (3) 分相起动元件失效 (4) 机械故障 (5) 轴承故障 | (1) 负载过大 (2) 机械堵转 | (1) 转轴锈死 (2) 异物卡转 |

377. 为什么说温升是一个综合反映电动机运行状态的参数?
电动机运行时间越长其温度就越高吗?
电动机各部分的允许温度和温升是多少?

所谓温升, 是指电动机运行温度与环境温度 (或冷却介质的温度) 的差值。例如, 若环境温度 (即电动机未通电的冷态温度) 为

40℃，电动机运行后绕组温度为 100℃，则电动机的温升为 60℃。电动机温度的升高，是负载引起发热、电压波动引起铁芯和绕组发热、三相电流不平衡引起发热等综合作用的结果。电动机的温升高低可以说明其负载高低、电压波动大小和三相电流不平衡程度的高低。也就是说，温升能反映电动机的运行状态是否良好，因此温升是一个综合反映电动机运行状态的参数。

电动机运行时间越长，其温度并不越高。因为电动机运行几小时后，其温度就不再升高，稳定在某一温度下运行。电动机通电运行时，定、转子电流在其线圈中产生的铜损、铁芯中磁场交变产生的铁损以及其他损耗都会产生热量，这些热量中一部分散发到周围大气中，一部分使电动机温度升高。电机运行一段时间后，由于温度升高而散发出来的热量越来越多，最后电动机产生的热量会与散发出去的热量相等，所以电动机继续运行不会有多余的热量来使温度升高。也就是说，电机稳定在某一温度下继续运行。

电动机各部分的允许温度和温升如表 3-46 所示。表中所列允许温升是指环境温度为 40℃ 时的温升值。若环境温度低于 40℃，允许保持表内温升值不变；若环境温度高于 40℃，则应以最高允许温度为准，即此时的允许温升为最高允许温度减去环境温度。例如，若环境温度为 42℃，则 E 级绝缘的定子绕组的允许温升为 $105 - 42 = 63℃$ （温度计法）。

表 3-46 电动机各部分的允许温度 (℃)

| 电动机部件 | A 级绝缘 | | | | E 级绝缘 | | | | B 级绝缘 | | | |
|-------|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|
| | 最高允许温度 | | 最高允许温升 | | 最高允许温度 | | 最高允许温升 | | 最高允许温度 | | 最高允许温升 | |
| | 温度计法 | 电阻法 | 温度计法 | 电阻法 | 温度计法 | 电阻法 | 温度计法 | 电阻法 | 温度计法 | 电阻法 | 温度计法 | 电阻法 |
| 定子绕组 | 90 | 100 | 50 | 60 | 105 | 115 | 65 | 75 | 110 | 120 | 70 | 80 |
| 定子铁芯 | 100 | | 60 | | 115 | | 75 | | 120 | | 80 | |
| 滑动轴承 | 80 | | 40 | | 80 | | 40 | | 80 | | 40 | |
| 滚动轴承 | 95 | | 55 | | 95 | | 55 | | 95 | | 55 | |

378. 电动机空载运行和负载运行时温升异常的原因是什么？
怎样处理？

空载运行时温升异常的原因和处理措施：

(1) 电源电压高于额定值的 10% 以上，励磁电流和铁损增大。应检查电源电压，若电压长期偏高，则应改变电源变压器次级接线抽头。

(2) 电源电压不平衡。应检查电源变压器的输出电压是否平衡，以及是否由于导线过细而造成某相电压降太大，若者配电柜内某相的接触电阻是否过大。

(3) 冷却风量不足。其原因通常是吸气冷却风道和空气过滤器网眼等堵塞，风扇装反。应从进风口检查有无足量空气吸入，清理或更换空气过滤器，清除风道中堆积的尘土和其他杂物，重新正确安装风扇。

(4) 冷却水量不足。主要原因是供水设备存在问题或冷却器性能变差。应检查并消除供水设备或冷却器的故障。

负载运行时温升异常的原因和处理措施：

(1) 过载。应检查三相电流是否平衡，电流是否大大超过额定值，此时可适当减小负载。

(2) 电源缺相。应检查开关接触情况和三相熔体是否熔断一相。

(3) 电动机端电压比额定值低 10% 以上，电流增大。应检查电源电压是否下降，供电线路是否太长或导线截面是否太小而造成线路压降过大。

(4) 电源电压不平衡。检查内容与上述（空载运行温升异常）的（2）相同。

(5) 冷却风量不足。检查内容与上述（空载运行温升异常）的（3）相同。

379. 电动机投入运行不久，绕组和铁芯就整体严重发热，却查不出明显故障，怎么办？

如果电动机投入运行不久，绕组和铁芯就整体严重发热，又查不出短路、摩擦、振动等明显故障，则可能是由于电动机曾多次烧毁后又重修，或者加热拆卸牢固的旧绕组时，长时间加热绕组，铁芯受加热影响而过热，以致其导磁率下降，磁阻增大。此时可根据电机空载运转时的功率和在绕组电阻上损耗的功率之差来估计铁芯损坏的程度。如果这两个功率的差值很大，则表明铁芯已变质损坏，应更换铁芯；如果由于铁芯长时间过热，造成片间绝缘损坏短路，则可将铁芯拆开，在硅钢片上喷涂绝缘漆后重新装配。装配时必须注意，铁芯的两端应压平、紧固，并且把可能在修理时产生的毛刺除掉。

380. 电动机严重过热而热继电器却未动作的原因是什么？怎样处理？

曾有一台 JZ82 - 4 型、55 kW 三相异步电动机，其额定电流为 103 A，额定电压为 380 V，装有热继电器作为过载保护装置。在一次运行中电机的温升突然增高，随后便闻到焦臭味，而热继电器却未动作。当时立即拉闸，才避免电动机烧毁事故。

经检查，热继电器良好，并无故障。但发现仅在两相上装有热继电器（这是我国目前电动机过载保护比较常见的情况），这种过载保护是不完善的。因为若三相同同时过载，则在两相上装设热继电器，可起过载保护作用。可是，若由于三相电流不平衡而引起过载，就会导致电动机的线电流不平衡，此时如果三相中有两相电流均未超过热继电器的动作电流整定值，而另一相电流虽然超过热继电器的动作电流整定值，但该相又恰好未装热继电器，所以热继电器的两相未动作。上述实例即属于这种情况。解决这一问题的办法是在三相上均装设热继电器，以完善电动机的过载保护。

381. 电动机的工作电流未超过额定值，但电动机内部温度过高，原因是什么？怎样检查和处理？

(1) 电动机工作地点的环境温度过高，而电机又是满载运行，则热量就不易散发，因而电机内部的温度过高。此时可加强通风（如采用大排风扇降温），降低环境温度。如果需要电动机连续工作且又必须在高温环境运行，则应选用绝缘等级较高的B级、F级绝缘的电动机。

(2) 电动机外壳上的粉尘、油泥过多，影响散热，或者通风不畅。可清除电机外壳上的粉尘、油泥；检查电动机的通风孔道是否畅通，若通风孔道不畅通，则应清除孔道内的堵塞物，保持通风良好。

(3) 电动机上的风扇叶片损坏或风扇安装角度不正确。应修复风扇叶片或更换风扇；如果风扇安装角度不正确，则应重新正确安装风扇。

(4) 装在室外的电动机受太阳直接辐射。对于装在室外使用的电动机，如果是临时施工使用，使用期不长，可搭一临时凉棚，既防晒又防雨淋；如果电动机装于室外长期使用，则可在电动机安装地点焊一个铁架子，上面加装铁皮，对电动机进行长期防晒雨淋。

(5) 电动机受潮或浸漆后未彻底烘干。此时应拆下电动机，对其进行彻底的干燥处理。

(6) 电源电压过高或过低。可用万用表检查电动机三相电压是否过高或过低，如果由于电源电压不正常电动机过热，则应对供电线路进行检查，消除电压不正常的原因。

(7) 转子运转时与定子相擦，或者铁芯部分硅钢片之间绝缘不良（硅钢片上有毛刺，损伤绝缘）。定、转子相擦故障可按529问所介绍的方法予以处理；个别硅钢片上的毛刺可用细锉锉掉，然后进行绝缘处理。

382. 电动机带负载运行 0.5 h 后即过热，但不冒烟，也无焦臭味，而定子绕组电流明显不平衡，怎样进行分析和处理？

曾有一台长期使用的电动机（三相电流分别为 80 A、47 A 和 46 A），过去一直运行正常，这表明绕组接线无错误，并且三相电压也基本平衡，造成三相电流不平衡的原因只能是定子绕组短路或断路。但电动机只过热，而不冒烟，也无焦臭味，则证明不存在短路故障。

从三相不平衡电流来看，46 A 与 47 A 很接近，而 $80 = 1.73 \times 46$ ，这正好与三角形接线的电动机一相断路，构成 V 形连接的情况相同（图 3 - 209）。由图可见，流过 AC 相绕组的电流是 46 A，流过 CB 相绕组的电流是 47 A，而每相绕组的额定电流是 $\frac{59}{1.73} = 34.1$ A。由此可见，流过每相

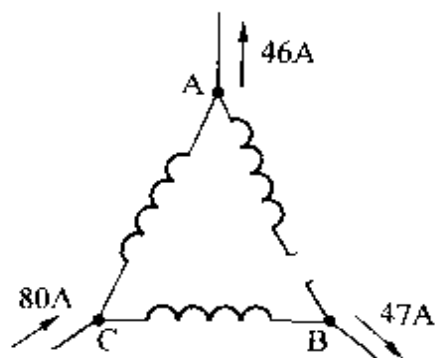


图 3 - 209 三角形接线的电动机内部一相断路

绕组的电流均大大超过额定电流，所以电动机带负载运行 0.5 h 后即过热。

该电动机使用星-三角形开关启动，启动正常，表明启动时（即绕组接成星形）电动机无断路故障。若有一相断路，则电动机就不能启动，这说明电动机三相绕组不存在断路故障。电动机启动后，改为三角形接线，运转中一相断路，问题应出现在星-三角形开关的运转挡，即三角形连接部分。检查星-三角形开关运转挡的各触头，发现有一触头不能接触，是压力不足造成的。经过对触头进行调整、紧固，故障即消除。

383. 怎样防止运行中的电动机温升过高（过热）？

装设过热保护装置；

(1) 用熔体或空气断路器作为短路保护装置，且其保护特性曲线与电动机的发热特性曲线相配合。

(2) 用热继电器等作为电动机的过载保护装置，且其保护特性曲线也与电动机的发热特性曲线相配合。

(3) 在定子绕组内安装温度保护装置，当电动机的温度接近最高允许温度时便自动切断电源。

(4) 在电动机的控制线路中装设断相保护装置，当电动机断相运行时则切断电源。

(5) 在电动机的控制线路中安装低压保护装置，当电压低于一定值时也切断电源。

对电动机经常进行检查：

(1) 检查电动机的控制线路中是否装有以上五种保护装置，保护特性是否匹配，动作值整定得是否合理。

(2) 测量电压并计算电压不对称度，分析电压是否过高，电压不对称度是否过大。若电压过高，则应调低电压；若电压不对称度过大，则应解决电压不对称问题。通常，不必每台电动机都安装闪变性过压保护装置，但电源侧则必须装设闪变性过压保护装置。

(3) 经常检查电动机是否过热，若过热，则应进一步查明原因，如风口是否堵塞，电流是否过大等。

(4) 检查电动机的接线是否正确、完好。

(5) 如果是绕线式电动机，由于易产生环火，应采取隔离措施。

384. 转子绕组过热的原因是什么？怎样处理？

(1) 集电装置故障。如电刷与集电环表面接触不良，电刷与刷盒配合不当，电刷牌号不对等。

①首先应检查电刷牌号。如果牌号不对，应调换制造厂规定牌号的电刷。

②检查电刷刷面和滑动表面研磨是否良好，接触面是否在75%以上。如果不符合要求，应重新研磨。

③用手提升或降低电刷，检查电刷与刷盒配合情况，电刷表面

是否光滑。正常情况下，电刷在刷盒内应活动自如而又不过松晃动。否则，应研磨或更换电刷，使电刷表面光滑，使电刷与刷盒配合间隙在 0.1~0.2 mm 以内。

(2) 焊接部位故障。如绕组与接线环或与并头套接触不良，铜笼与端环焊接处开裂。通常，通过外观检查、测试直流电阻和采用大电流升温法均可查明焊接故障。对于铜笼与端环焊接的开焊部位，用手锤轻轻敲击，根据发出的声音来判断更为方便。如果开焊，就会发出空荡（非清脆）的声音。

查出故障后，按工艺要求进行补焊。对于铜焊接材料，可采用 FW 型无银焊料来取代银焊料。因为这种焊料的价格仅为银焊料的 1/2 左右，而焊接质量则更可靠。

(3) 铸铝转子故障。如转子断笼、转子端环开裂、转子风扇叶片变形或折断。

①如果铸铝转子断笼，由于熔铝和铸铝工艺都比较复杂，一般可改为铜笼转子。改铜笼转子的方法见 535 问。

②如果铸铝转子的端环开裂，可采用氩弧焊机进行补焊。补焊前，应沿端环裂纹两边用尖凿剔出坡口或梯形槽（图 3-210），然后进行焊接。如果没有氩弧焊机，也可按下述方法进行补焊：

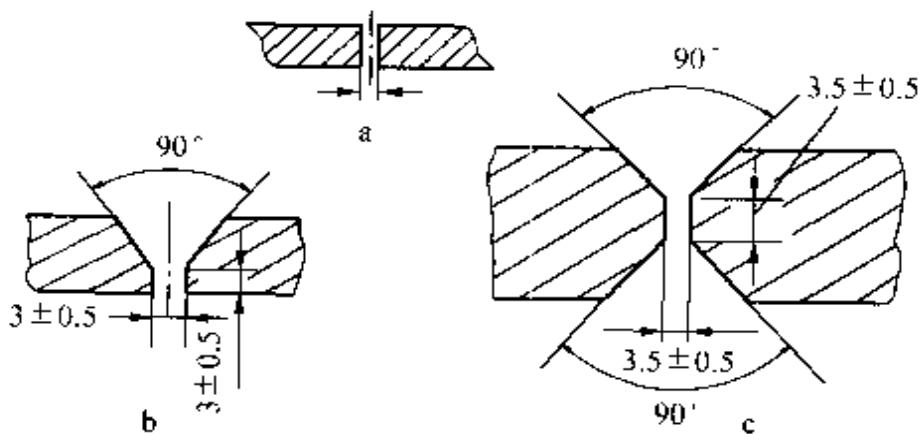


图 3-210 沿端环裂纹两边剔出坡口示意图

a. 厚度 6 mm 以下；b. 厚度 6~12 mm；c. 厚度 12 mm 以上

首先将锡（63%）、锌（33%）、铝（4%）混合并加热熔化，然后铸成直径为6~8 mm、长约300 mm的焊条待用。

施焊时，将端环待焊处朝上放置，擦去油垢，在裂纹两边剔出坡口，用喷灯加热待焊部位至400~500℃便可开始补焊，此时将熔化的焊剂注入裂缝的坡口，至填满焊缝为止。

③如果风扇叶片变形，可予以矫正。如果风扇叶片折断，可用2~3 mm厚的钢板制成扇叶（其尺寸应与原尺寸相同），将其固定在端环上，但固定后应找正转子的动平衡。

（4）通风散热故障。如进风温度或环境温度偏高、绕组重绕后浸漆不良、风道堵塞、缺少风扇或扇叶等，可按383问所介绍的方法予以预防。但是，如果绕组浸漆不良，补救就比较困难。例如，绕组毛细孔中未浸透绝缘漆，而外表面又被粘度大的绝缘漆包上一层（如同冰糖包糖葫芦一样），再重复浸漆也不会有效，甚至因绝缘层增厚而影响散热，不得不降低负载使用。此时若不降低负载就应加强通风来散热。

（5）绕组匝间短路故障。可按441问所介绍的方法进行检查和按443问的说明予以处理。

385. 有时在电动机进线上安装了熔体和过载热继电器，但电动机仍会发生过热或烧毁现象，为什么？怎样处理？

在电动机的进线上安装熔体，只能在电动机绕组或线路发生短路故障时熔体才及时熔断，防止电机烧毁。同样，在进线上安装反应灵敏的过载热继电器，也只能在电机过载时才及时断开开关，防止过大的或时间过长的过载电流造成电机过热或烧毁。但是，这两种保护装置都不能防止由于电机散热不良而过热或烧毁这类故障。例如，棉纺厂或多尘场所使用的电动机（特别是开启式电动机），有时由于纤维或粉尘堵塞散热风道而使电机过热或烧毁。

为了消除上述现象，最好在电动机的绕组内再安装过热保护继电器，直接反应绕组温度。这样，就可防止绕组本身散热不良而引起的事故。

386. 怎样测量电动机各部位的温度？

测量时为什么禁止使用水银温度计？

(1) 温度计法。这是用温度计直接测量电动机各部位的温度。当电机达到额定运行状态时，其温度也逐渐上升到某一稳定值而不再上升，此时可用温度计测量电机各部位的温度，测得的温度与环境温度之差就是电机的温升。需要指出的是，用温度计（一般是使用酒精温度计）直接测得的温度是机壳表面温度，比电动机绕组最高温度点一般要低 10°C 左右。因此，将测得的温度加上 10°C ，才是电动机的实际温度。

使用温度计测量电动机的温度，要注意以下几点：一是温度计必须与所测部位接触良好；二是防止外界条件影响温度计读数；三是温度计不可水平放置或以过小的倾斜度放置，以免出现膨胀液体爬动现象。

测量时，将温度计的玻璃球用锡箔裹住（图 3-211a）；为防止气流的影响，外面还需包一层长、宽各为 $2\sim 3\text{ cm}$ 、厚 $1\sim 2\text{ cm}$ 的棉花团（图 3-211b），然后用线绳紧紧地绑在线圈上。如果将软木削成适当形状，也可用来塞紧温度计（图 3-211c）。

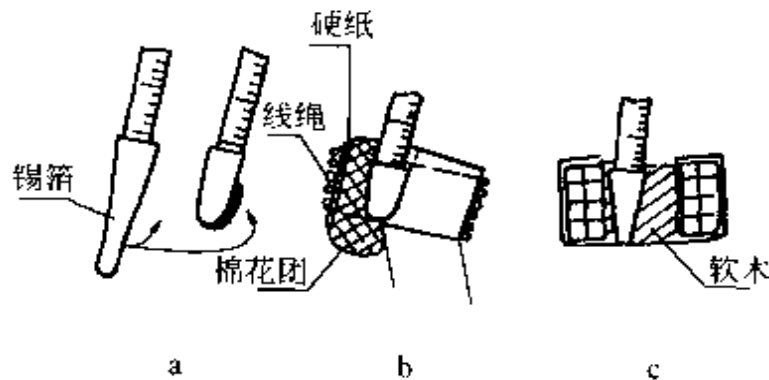


图 3-211 用温度计测量电动机温度示意图

测量铁芯或其他金属部分的温度时，可将温度计的玻璃球贴在金属面上，然后用油灰粘住（油灰覆盖整个玻璃球），而温度计的

玻璃杆则用线绳系好。

对于封闭式电动机，不可能将温度计直接贴在线圈上进行测量，此时可用锡箔裹住温度计的玻璃球，将其放在电机的吊环孔中，并用棉花堵塞吊环孔。

(2) 电阻法。这是利用导线电阻随温度升高而增大的原理进行测温。通常，只要分别测出冷态和热态电阻，即可算出电动机的平均温度。

测量方法是：首先测量绕组的相电阻 R_1 ，记录此时绕组的温度 t_1 ；电动机起动后，使其在额定的正常情况下运行，每隔一定时间（如 0.5 h）测量一次电阻，至电阻值不再增加（连续两次测得的电阻值不变），记录热态下的电阻 R_2 （必须在断电后 0.5 min 内测量完毕）。

如果以环境温度 t_0 为标准，则绕组对环境的温升为

$$\Delta t_0 = \frac{R_2 - R_1}{R_1} K + t_1 + (t_1 - t_0)$$

式中 K ——常数，对铜为 235；对铅为 228。

电阻法测温可以使用电桥，也可接入直流电源，测得电流、电压，再算出电阻。通常，电阻法只能求出绕组的平均温升，它比绕组的实际温升约低 5°C 。

(3) 埋置检温计法。检温计有热电偶和电阻温度计两种，一般在装配电动机时就将其埋置在需要测温的部位（如上、下层导体之间或导体与槽底之间）。在电动机的运行中，测量热电偶的电势或电阻温度计的电阻便可确定被测部位的温度。检温计法虽然比较复杂，但能测得接近电动机内部最热点的温度，因此，对大型电动机测温广泛采用这种方法。

测量电动机的温度一般只能使用酒精温度计，禁止使用水银温度计。因为水银属于良导体，当水银温度计处于电动机内部很强的交变磁场时，将产生涡流，从而使温度上升，造成测量误差，不能测得电动机的准确温度。而且，万一温度计破损，由于水银本身有毒，将产生有毒气体，同时它与有色金属生成水银合金，很难清除。

酒精温度计没有上述弊病和缺陷，且酒精本身无毒，万一温度计破损，酒精也容易清除。所以，测量电动机和变压器等的温度时，一般都不得使用水银温度计，而应使用酒精温度计。

387. 带电测量低压电动机绕组温升有何优点？怎样测量？

通常，使用普通电桥测量低压电动机绕组的热态电阻，只能在电动机断开电源并停机后才能测量，以免铁芯剩磁在绕组中感应的电势损坏电桥的检流计。在这种情况下，即使切断电源后立即测量电动机绕组的电阻，也与电机运行时的电阻有差异。而带电测量绕组电阻，不仅换算求出的绕组温升值准确，而且也易于绘出温升曲线。带电测量绕组温升的方法如下：

(1) 低压电动机带电测温的原理如图 3-212a 所示，这是应用双臂电桥原理测量绕组电阻。为使交流电压降低到最小值，以免影响桥臂和测量部分，分别在桥臂回路中串入电压扼流圈 D 和在直流测量回路中串入电流扼流圈 D'。滤波器 L 采用电感、电容二级 π 形滤波，滤去检流计回路中残余的交流电势，补偿电阻 R' 用来平衡 D 的电阻值，使桥臂电阻可以同步调节。 R' 和 D 的电阻都是

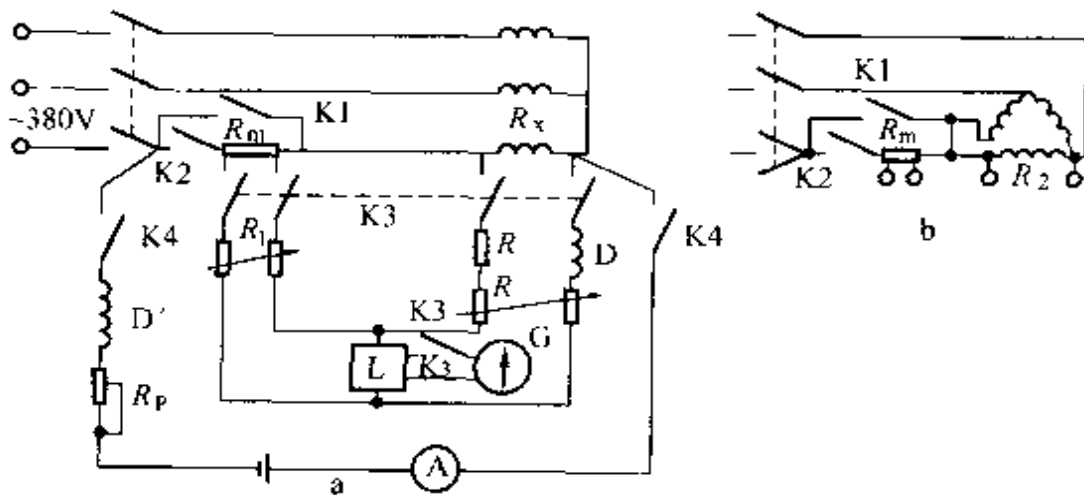


图 3-212 低压电动机带电测温装置原理图

a. 星形接法；b. 三角形接法

R_m 、大功率标准电阻； R_x 、绕组电阻；D、电压扼流圈；D'、电流扼流圈； R' 、补偿电阻； R_p 、可变电阻器；L、滤波器；G、检流计；A、电流表；K1、K2、转换开关；K3、四相开关；K4、直流回路开关

1000 Ω ， R 的电阻值可在 0 ~ 9 999 Ω 之间调节， R_1 是电桥比例臂，其阻值为 10、100、1000 Ω 。测量时调节 R_1 和 R ，使电桥平衡，则根据双臂电桥原理可得被测电机一相绕组的电阻 R_x 为

$$R_x = R_m \frac{R + R_D}{R_1} = R_m \frac{R + 1000}{R_1}$$

式中 R_m ——大功率标准电阻值， Ω 。

(2) 标准电阻 R_m 在短时内要通过被试电动机的额定电流，电流容量大，其阻值约为电动机绕组电阻的 1/50 ~ 1 倍。为保护带电测温装置，在不测量数值时，所有测量元件都应断电，标准电阻要用截面较大的开关 K1 短接，每次测量时间不宜超过 3 min。

(3) 对三角形接法的电动机，应将标准电阻 R_m 串入被测相绕组中（图 3-212b）才能进行测量。高压电动机的带电测温装置，大都测量三相电阻，其结构与低压测量装置不同，不得使用低压测量装置去带电测量高压电动机的热态电阻。

388. 怎样鉴别电动机的噪声是通风噪声、机械噪声还是电磁噪声？

通风噪声：

(1) 去掉风扇或堵住风口，使电动机在无通风气流下运行，如果此时噪声消失或显著减弱，则说明是通风噪声；

(2) 在电动机的不同部位测量噪声，如果进风口或风扇附近的噪声最大，则是通风噪声；

(3) 电磁噪声和机械噪声有时不稳定，时高时低，而通风噪声通常是稳定的；

(4) 选用外径和型式不同的风扇在不同的转速下试运转，如果电动机的噪声有明显差别，则说明电动机的噪声主要是通风噪声；

(5) 机械噪声或电磁噪声较大的电动机，往往振动也较大，而通风噪声与电动机振动大小的关系不大。

机械噪声：

(1) 机械噪声与外施电压高低和负载电流大小无关；

(2) 如果噪声不稳定，时高时低，则是机械噪声。

电磁噪声：

电磁噪声大小随磁场强弱、负载电流大小和电机转速高低而变化，根据这些特点可用下述方法来鉴别：

(1) 突然断电法。由于机械惯性过程比电磁过渡过程要慢得多，所以突然断电，无电磁因素影响，此时电动机转速几乎不变。如果此时电动机的噪声立即消失或显著降低，可判定是电磁噪声。

(2) 改变电压法。由于异步电动机的转速随电压变化不大，所以改变电压，机械噪声和通风噪声基本不变，但电磁噪声随电压变化很大。

(3) 对拖法。用一台低噪声电动机拖动高噪声电动机，如果噪声降低或消失，则说明被拖动电动机的噪声是电磁噪声。

(4) 如果电磁噪声是绕组不对称、匝间短路等故障引起的，则三相电流不平衡；如果是转子断笼或绕线转子三相绕组不对称引起的，则定子电流会有波动。

389. 怎样根据噪声和振动特点来判断电动机的故障？

有经验的电工人员能根据电动机发出的噪音来判断其故障。通常，电动机正常运行时，声音平稳、均衡。如果有刺耳的“滋滋”响声，可能是轴承缺油出现干磨现象；如果有“梗、梗”声，可能是轴承钢圈破裂或滚珠（柱）有了疤痕；如果有很大的沉闷“吼”声，可能是电机过载；如果有特别大的“嗡嗡”响声，则表明负载电流过大或电动机处于断相运行状态；如果有忽高忽低的“嗡嗡”声和电流忽大忽小，则可能是鼠笼转子断条；如果有时强时弱的碰撞声，则可能是电机表面某部件松脱与转动部分周期性碰撞，或者定、转子相擦（扫膛）；如果更换绕组、新嵌线的电动机试运行产生一种特别的机械噪音，则是定子槽内绝缘纸或槽楔突出于槽口外，转子外壁与它相擦而发声。这种声音与扫膛声的不同在于不是金属与金属相擦，一般只要仔细倾听，多听几次，就可区分不同的金属相擦声和非金属相擦声。一旦听到电动机的异常声音，就应立即停机进行检查，只有查明并排除产生异常响声的原因，电机才可

继续投入运行。

电动机的振动幅度过大或振动起伏波动，也是异常现象，它反映的故障大多与噪音反映的故障相同。电动机的振动值可采用振动表来测量，如果没有振动表，可凭感觉来判别。当振动较大时，会伴随着相应的噪音，监听噪音即可判断电动机的振动是否严重；当振动不均衡且噪音又较小时，噪音往往淹没在工作场所的其他噪声中，不易察觉，此时可用手背触摸电机外壳（触摸前应使用试电笔测试外壳是否带电），凭经验来判断。在实际工作中，应不断总结积累这方面的经验，细心分辨判断。

390. 电动机严重振动有何危害？振动的原因是什么？怎样处理？

电动机运行中，轻微振动是不可避免的，只要振程值（两倍振幅）在允许范围以内（表 3-47），就属于正常现象。但是，如果振程值超出允许值，则属于异常情况，将产生以下几种危害：

(1) 电动机严重振动，会损伤人体（振动频率为 2~20 Hz 时，人体内部器官也会随之振动），并直接影响电动机的正常运行和使用寿命。

(2) 电动机振动过大，所拖动机械将受到严重影响，轻则影响产品加工精度，重则造成生产机械停止运转。

(3) 电动机严重振动，使其本身发生故障。例如，机座底脚螺栓与螺母松动或疲劳损坏，轴承和绕组绝缘的使用寿命缩短，导体、零部件等疲劳损坏。

表 3-47 电机的允许振程值

| 电机转速 (r/min) | 允许振程值 (mm) | | 电机转速 (r/min) | 允许振程值 (mm) | |
|-----------------|------------|-------|-----------------|------------|------|
| | 一般电机 | 防爆电机 | | 一般电机 | 防爆电机 |
| 3000 | 0.06 | 0.05 | 1000 | 0.13 | 0.10 |
| 1500 | 0.10 | 0.085 | 750 以下 | 0.16 | 0.12 |

电动机严重振动的主要原因：

(1) 地基不平、电动机安装不当或电动机长期运行造成地脚螺栓松动，从而电机产生异常振动。为此，应检查电动机地基的水平度和安装是否正确、牢固。

(2) 机座振动过大。在某些情况下，电动机的机座也会发生振动，这是因为底座的自振频率恰好等于电动机的转速，转子上的剩余不平衡重量，周期性撞击底座，使之发生振动。消除底座振动的方法是：平衡电动机的转子和加强支撑底座，增加基础的强度，尤其是增加振动方向的强度。

(3) 轴承装配不良，引起电动机振动。例如，轴承盖和电动机端盖安装不当，会影响转子正常运转，严重时将造成转子无法转动。因此，安装滚动轴承时，装配必须良好；安装滑动轴承时，滑动轴承与轴颈的间隙必须在允许范围以内。

(4) 轴承过度磨损。轴承的间隙如果明显超出允许值，则定、转子就会相擦（扫膛）。在高速电动机中，这种情况尤为显著，其中又以滑动轴承最易产生振动，这是因为轴承与机轴间的润滑油膜具有粘性，机轴会浮起，同时机轴本身的重量或不平衡重量又向下压至原来的位置，这种作用周而复始，便造成一种颤动。通常，机轴重量愈大，颤动愈剧烈。如果改变轴承润滑油的温度，机身振动便消失，则可判定电动机的振动是机轴颤动所致。消除机轴颤动的方法是减小轴承径向间隙。

(5) 传动机构失调。一是耦合失调。如果电动机与拖动机械间的中心线未校准，则必然产生振动。耦合器的平面不得有侧面摆动，但转子轴由于本身的重量，多少会有些下垂，所以安装耦合器时就要特别注意这一点。二是胶带、链条和齿轮传动失调。若胶带接合处搭接不良，周期性敲击胶带轮，会使电动机产生振动；若胶带的运动方向与电动机轴承呈倾斜状态，电动机受到往返的冲力，也会振动。用链条传动时，若链条与铁轮咬合不适当，或用齿轮传动时，齿轮节距不准、加工不良、磨损过度、轮面不圆、轮轴不平行或轴向间隙过大等，均会造成电动机振动。

(6) 电动机的定子绕组发生局部短路或接地故障时，三相电流

不平衡，使磁场不对称，而引起电动机振动。此时应使用电桥或兆欧表查明定子绕组的短路点或接地点，并排除故障。

(7) 电动机的定子铁芯硅钢片叠压不紧，或定子铁芯与机座内径之间配合不紧而引起振动。此时应将定子铁芯重新压紧，并用电焊点焊几处。若是定子铁芯与机座内径配合不紧，也可用电焊点焊几处，或者在机座外向定子铁芯钻螺孔，用螺栓加固。

(8) 绕线式转子绕组发生局部短路故障，使转子磁场不对称而引起电动机振动。此时可将转子绕组开路，在定子绕组上施加三相平衡的额定电压，使转子转动，测量转子绕组的三相开路电压，并与电动机铭牌上标出的数值进行比较，确认转子绕组存在局部短路故障时，对症予以处理。

(9) 转子机械不平衡。转子机械不平衡的原因见 542 问，校正转子静平衡的方法见 543 问。

391. 怎样减轻电动机的严重振动？

(1) 对三相异步电动机的转子校动平衡，风扇单独校静平衡，转子带风扇校动平衡。转子的允许不平衡量为：转速为 3000 r/min 时， $\leq 8 \mu\text{m}$ ；1500 r/min 时， $\leq 10 \mu\text{m}$ ；1000 r/min 时， $\leq 24 \mu\text{m}$ ；750 r/min 时， $\leq 32 \mu\text{m}$ 。

(2) 减小笼型转子的端面偏摆和径向偏摆，控制铸铝转子风叶和平衡柱的残缺度。为了减小转子的固有不平衡度，必要时也可加工非配合面。

(3) 在三相异步电动机轴伸端轴承外圈与轴承外盖之间加波形弹簧片，借助轴向预载力补偿轴承的轴向游隙，增大滚动体与外圈滚道的接触角，以减小电动机的轴向窜动或振动。

(4) 提高转子动平衡精度，保证定子与转子铁芯对齐，控制斜槽度，减小转子端面偏摆，以减小引起轴向窜动的机械力和轴向电磁力。

(5) 选用适当的槽配合，加强机座的刚度（包括加大机座壁厚和增加加强筋）。

(6) 装配轴承前对轴承进行精选，最好选用振动加速度低的轴承。选用的轴承用汽油仔细清洗后加入优质润滑剂（全封闭轴承不需清洗和加润滑脂）。装配过程中要注意轴承与轴配合的精度，特别要保证定、转子的气隙均匀。

392. 异步电动机的定、转子之间为什么要有气隙？
为什么气隙不宜过大也不宜过小？

气隙是指定、转子之间的空隙。为了保证转子能在定子膛内自由转动，转子与定子之间必须保持一定气隙。从表面上看，二者之间有气隙，似乎没有直接的电磁联系。但实际上，当定子绕组通电后，就类似变压器原理，转子与定子之间将产生电磁感应（即电磁联系），从而实现电能

与机械能的相互转换。

三相异步电动机定、转子之间的气隙是关系到电机能否正常运行的重要参数。如果气隙过大（图 3-213a），则磁阻（空气对磁通的阻力称为磁阻）增大，励磁损耗增加，从而励磁电流随之增大，造成

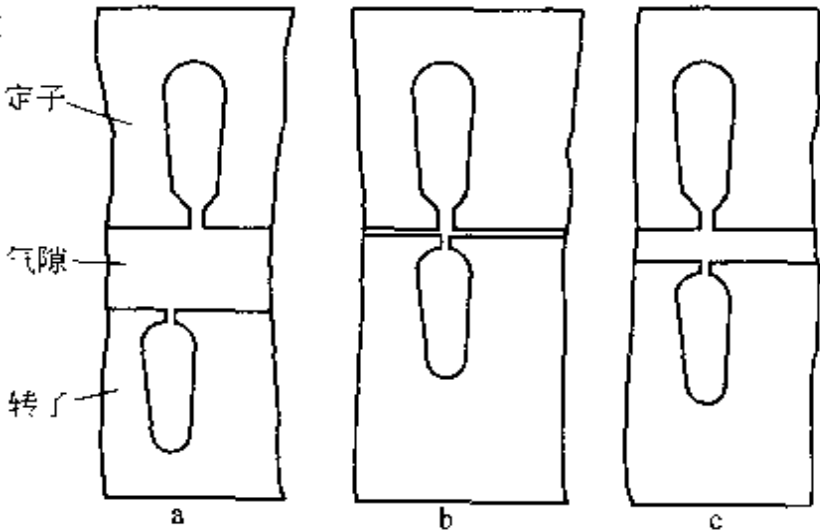


图 3-213 定、转子的气隙
a 过大；b 过小；c 合适

电动机的运行性能恶化，效率和功率因数都降低。如果气隙过小（图 3-213b），将使气隙谐波磁场增大，杂散损耗增加，噪音增大，最大转矩和起动转矩都减小；同时，气隙过小，容易造成运行中的转子与定子相擦，出现扫膛现象，从而降低电动机的运行可靠性。因此，三相异步电动机的气隙不得过大，也不得过小（图 3-213c）。

393. 怎样测量电动机的气隙？对电动机的气隙大小和对称性有哪些要求？

在实际工作中，电动机气隙的大小常用塞尺来测量。塞尺是一套校准的、长度不小于 250 mm、宽度为 6 mm 的钢片。钢片宽度之所以不大，是为了便于测量直径较小的转子的气隙，以使测量误差最小。如果测量直径较大的转子的气隙，则可采用特殊塞尺（图 3-214）。这种塞尺由固定在两根杆子 3 和 4 上的两个楔块 1 和 2 组成。在杆子 3 上铆着带有切口的夹圈 5，夹圈的切口处有游标刻度，而杆子 4 上则有刻度线。测量时将塞尺插入气隙内，移动楔块 2，直到两个楔块紧放在被测的气隙内为止，此时可按刻度读取读数。

如果没有特殊塞尺，也可采用一套由直径为 2~3 mm 的金属丝制成的塞尺（图 3-215）来测量。这种塞尺用游标卡尺来检验，或者采用两根界限塞尺来测量，其中一根塞尺的大小等于允许的最小气隙的尺寸（即塞尺在气隙内任何一处都能通过），而另一根塞尺的大小则等于允许的最大气隙的尺寸（即塞尺不应在气隙内任何一处都能通过）。将这种塞尺平着放一般很容易塞入气隙内，测量时将塞尺转动 90°，按图 3-215 所示位置摆放。

通常，用较小的推力就可将塞尺插入气隙内，用力过小或过大都会造成测量不准确，因此测量精度取决于测量人员的技巧和熟练程度。

电动机的气隙大小和对称性（二者集中反映电动机的修理和总装质量）对电动机的性能和运行可靠性都有很大影响。通常，大型座式轴承电动机的气隙不均匀度可按下列式计算：

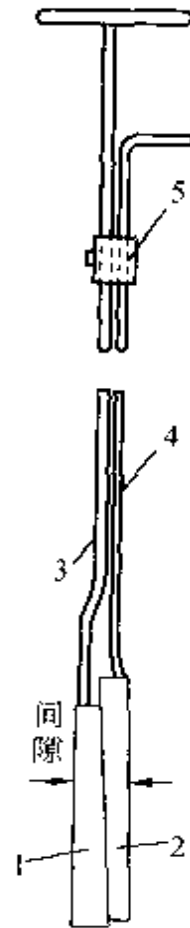


图 3-214 特殊塞尺

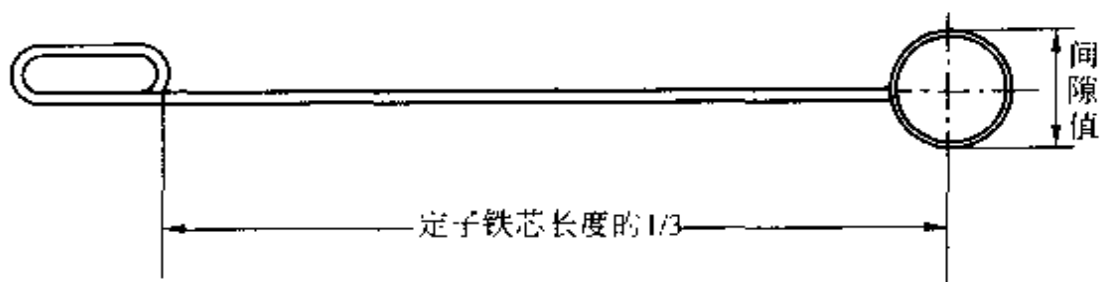


图 3-215 测量定、转子气隙用的金属丝塞尺

$$\text{气隙不均匀度} = \frac{(\text{气隙最大值或最小值} - \text{气隙平均值})}{\text{气隙平均值}} \times 100\%$$

对大型电动机的气隙对称性，一般要求较高，铁芯任一端的气隙不均匀度都不得超过 10%，同一方向两端气隙之差不得超过气隙平均值的 5%。对于采用滑动轴承的大型电动机，通常将上端气隙调整到比下端气隙大 0.5 mm，因为测量气隙时，转子轴颈与下轴瓦紧密接触，上轴瓦与轴颈有 0.1~0.25 mm 的间隙。如果上端气隙较小，则单边磁拉力容易引起定、转子相擦或使电动机的运行性能恶化。

中小型电动机的气隙不均匀度不应大于表 3-48 所列值。

表 3-48 气隙不均匀度容差

| | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| δ (mm) | 0.20 | 0.25 | 0.30 | 0.35 | 0.40 | 0.45 | 0.50 | 0.55 | 0.60 | 0.65 | 0.70 | 0.75 |
| e/δ (%) | 26.5 | 25.5 | 24.5 | 23.5 | 23.0 | 22.0 | 21.5 | 20.5 | 19.7 | 19.0 | 18.5 | 18.0 |
| δ (mm) | 0.80 | 0.85 | 0.90 | 0.95 | 1.00 | 1.05 | 1.10 | 1.15 | 1.20 | 1.25 | 1.30 | >1.40 |
| e/δ (%) | 17.5 | 17.0 | 16.0 | 15.5 | 15.0 | 14.5 | 14.0 | 13.5 | 13.0 | 12.5 | 12.0 | 10.0 |

注： δ 为气隙公称值； e 为不均匀值，其定义为

$$e = \frac{2}{3} \sqrt{\delta_1^2 + \delta_2^2 + \delta_3^2 - \delta_1\delta_2 - \delta_2\delta_3 - \delta_3\delta_1}$$

式中 δ_1 、 δ_2 、 δ_3 为相距 120° 测得的气隙值。

394. 怎样调整电动机的气隙?

通常, 小型端盖轴承整体装配式电动机, 其气隙的均匀性在零部件加工时, 在工艺上就予以保证, 因此装配时不需要再调整气隙。但是, 对于采用座式轴承的大中型电动机, 在装配过程中则应对其气隙的均匀性进行调整。

首先调整定子的中心高, 使其符合表 3-49 的要求; 然后将定子与底板之间的紧固螺栓拧紧, 并通过调节两端轴承座下的垫片来调整上下气隙; 上下气隙校正后, 将定子与轴承座的紧固螺栓松开, 通过沿底板平面调节定、转子位置来调整左右气隙; 当左右气隙校正后, 将定子与轴承座的紧固螺栓拧紧; 最后测量一次气隙值, 并作出记录。如果气隙值符合要求, 则分别配钻、配铰机座与底板之间和轴承座与底板之间的定位锥销孔, 然后安装定位销。

表 3-49 电动机轴中心线的高度允差 (mm)

| 中心高公称尺寸 | 允 许 偏 差 |
|------------|---------|
| 0 ~ 50 | -0.4 |
| 50 ~ 160 | -0.5 |
| 160 ~ 250 | -0.8 |
| 250 ~ 630 | -1.0 |
| 630 ~ 1000 | -1.5 |
| 1000 以上 | -2.0 |

395. 从节约用电方面考虑, 怎样加强电动机的运行管理?

(1) 保持电源额定电压。电源电压如果发生波动, 将影响电动机的转矩和负荷电流。据测试, 电源电压下降 10%, 电动机的额定负荷电流将增加 11%, 效率下降 2%。因此, 应保持电源额定电压和三相电压平衡。

(2) 使电动机保持较高的负荷率。电动机在额定负荷下运行, 其效率可达 92%, 而在 25% 额定负荷下运行, 效率下降至 40% 以

下。因此，应使电动机保持较高的负荷，方法如下：

①选择适当的输出功率，避免出现“大马拉小车”现象，使电动机的负荷率在40%以上。

②采用 Δ -Y变换接法，降低电动机轻载时的运行电压（这是机床电动机广泛采用的一种节电方法），即在电动机轻载时，由380V Δ 接变换为Y接运行， Δ -Y变换接线见400问。

③合理选择经济运行方式。当使用多台电动机时，通过调整工作台数，合理分配负荷，使电动机保持较高的负荷率。

(3) 防止或减少电动机空载运行。电动机不带负载空转时，消耗的有功电能为额定负荷时所消耗的电能量的14%~17%，消耗的无功功率占电动机额定负荷时所消耗的无功功率的60%~80%。因此，减少电动机空载时间是拖动设备节电的重要措施。节电的主要方法有：空载运行持续时间超过5min的中小型电动机，应及时停机（在便于操作的地点多装一些停止按钮）；电动机在工作中周期性反复出现上述情况时，应安装空载自停装置（其中包括电焊机）。

(4) 提高功率因数。抑制无功功率，提高功率因数是最有效的节电措施。为此，首先应按GB345-83《评价企业合理用电技术导则》的规定，合理选择和使用电动机，提高电动机的自然功率因数；其次，用安装移相电容器等补偿手段和用同步电动机取代异步电动机的方法来提高功率因数。

(5) 减少起动次数，缩短起动时间。电动机起动时，起动电流一般为额定电流的4~7倍。因此，电动机起动时的损耗较大，并且对拖动机械的冲击也增大。对于大型电动机，应根据生产需要，采用合理的起动方式，并适当规定起动次数，以减少损耗。

(6) 实行定期维修。电动机若不及时维修，就会增加功率损耗，降低工作效率。因此，对电动机进行日常维护和定期修理，并经常监视其运行中的技术状态，使其正常运行，也是节电的重要措施。

396. 为什么对交流电动机进行调速可以节电？

交流电动机调速节电，是指交流电动机拖动某些变负荷运行的

生产机械时，改变这些机械的转速以节约电能。变负荷运行的生产机械主要是量大、面广、耗电量高的风机、水泵等机械设备。此外，冶金、化工、石油、煤炭、建材等行业也有一批需要调速运行的生产机械。拖动这些机械的电动机调速运行，可以节约大量电能。

风机、水泵等机械运行效率低，电能浪费严重。如果对拖动这些机械的电动机进行调速，改变这些机械的运转速度，以调节风量或水量，可以取得显著的节能效果。

风机、水泵运行中的轴功率与转速的三次方成正比。负荷降低后，风机、水泵的转速随着降低，这就使拖动二者的电动机的轴功率也降低，从而减小电动机从电网吸收的功率，以达到节电目的。

电动机调速的方法很多，如改变电源频率的变频调速，改变电动机极对数的变极调速，改变转子回路运行参数的串级调速，改变电动机输入电压的调压调速，改变电动机耦合传动装置参数的液力耦合器调速等。

397. 电动机轻载运行有何后果？

轻载运行的原因是什么？怎样处理？

电动机轻载（欠载）运行，是指电动机在输出功率小于额定功率下运行（即低负荷运行）。此时电动机的效率降低，运行不经济；同时，电动机的功率因数也降低，造成电源的利用率低，对电网不利。

电动机轻载一般有以下几方面的原因，可分别采取相应措施予以处理：

(1) 工作机械负载是变动的负载，在运转过程中存在着一段时期的轻载。如城市供煤气用的压缩机，供水用的水泵等，都存在着一段时期的峰值负荷（满载）和谷值负荷（轻载）。在工作机械轻载时可采用控制手段，对电动机进行速度控制和台数控制。

(2) 对恒定性质的负载，选用的电动机容量偏大，所留的裕量较多。因此，凡是平均负载率低于45%的异步电动机，都应调换容量较小的电动机，使其负载率保持75%~90%。

(3) 采用的运转方式不当。按工作机械的特性来说，有恒转矩

特性的和恒功率特性的（不是机械固有的，而是人为的）。若用恒转矩的调速系统去配合恒功率特性的工作机械，或者用恒功率的调速系统去配合恒转矩特性的工作机械，在某些工作区就会出现轻载或过载现象。对电动机实行变速调节时，这一点必须予以特别注意。只有使二者的特性得到合理匹配，才能避开轻载区和过载区，使电动机的容量得到充分利用。

398. 怎样解决三相异步电动机运行中的“大马拉小车”问题？

三相异步电动机经常在轻载下运行的现象，称为“大马拉小车”。解决办法如下：

(1) 合理调整电动机。在用电负荷于短期内不会增长的前提下，如果电动机的平均负载在其额定功率的 45% 以下，则可调换功率较小的电动机。调换电动机时，应考虑其机座是否合适，转速是否一致，转矩是否符合要求，并且应重新调整熔断器（或空气断路器的脱扣器）的整定电流。

(2) 降低轻载电动机的运行电压。当电动机在轻载下运行，无适当的小功率电动机可供调换时，可改变电动机内外接线方式来降低其运行电压，以减少它的输出功率，使其与负荷相适应，从而提高功率因数和效率，达到减小损耗的目的。例如，电动机在 50% 额定负载下运行时，将其运行电压降低 10%，效率可提高 1% 以上，功率因数可提高 0.04~0.05。

通常，三相异步电动机的转矩与外加电压的平方成正比，在转速不变时，电动机的功率也与外加电压的平方成正比。因此，采用降低电动机运行电压这一方法，应考虑降低电压后的转矩与所拖动负载的配合问题。也就是说，改变电动机的内外接线方式，应满足起动条件和稳定性条件这两方面的要求，使电动机在降低运行电压后能正常运行。

降低三相异步电动机运行电压最常见的方法是“ Δ -Y”法。所谓“ Δ -Y”法，就是将电动机的绕组由三角形接线改为星形接线，改接的方法见第 400 问。

399. 调换运行中的电动机的原则是什么？ 怎样计算电动机调换后节约的功率？

调换运行中的电动机的原则是：

(1) 长期轻载运行的电动机，可用与其额定电压和同步转速都相同、容量较小的电动机替换，或者改变该轻载电动机绕组的接法（例如△接改为Y接），但应作起动和过载试验。

(2) 年运行时间在 3000 h 以上、负载率大于 50% 的电动机，应选用高效率电动机来替换。选用高效率电动机所增加的投资，很快可从节电中得到回收。

(3) 短时定额电动机用连续定额电动机替换时，应满足所拖动机械对最大负载、最大转矩和堵转转矩的要求。

(4) 是否调换运行中的电动机的判别条件是：设原电动机为 A，其额定效率为 η_{ea} ，空载损耗为 P_{ca} ，额定功率因数为 $\cos\varphi_{ea}$ ；替换的电动机为 B，其额定效率为 η_{eb} ，空载损耗为 P_{cb} ，额定功率因数为 $\cos\varphi_{eb}$ 。如果符合下列条件，就可用电动机 B 替换电动机 A：

$$P_{ca} - P_{cb} > \beta^2 \left\{ \left[\left(\frac{1}{\eta_{eb}} - 1 \right) P_{cb} - P_{cb} \right] \left(\frac{P_{ca}}{P_{cb}} \right)^2 - \left[\left(\frac{1}{\eta_{ea}} - 1 \right) P_{ca} - P_{ca} \right] \right\} \quad (1)$$

式中 β ——电动机 A 的负载率；

P_{ea} 、 P_{eb} 分别为电动机 A、B 的额定功率，kW， $P_{cb} \leq P_{ea}$ 。

电动机调换后节约的有功功率和无功功率可分别按以下公式计算：
节约的有功功率为

$$\Delta P = P_{ca} - P_{cb} + \beta^2 \left\{ \left(\frac{1}{\eta_{ea}} - 1 \right) P_{ca} - P_{ca} - \left[\left(\frac{1}{\eta_{eb}} - 1 \right) P_{cb} - P_{cb} \right] \left(\frac{P_{ca}}{P_{cb}} \right)^2 \right\} \quad (2)$$

式中 ΔP ——用电动机 B 替换电动机 A 节约的有功功率，kW。

节约的无功功率为

$$\delta Q = Q_{ca} - Q_{cb} + \beta^2 \left[\frac{P_{ca}}{\eta_{ca}} \operatorname{tg} \varphi_{ca} - Q_{ca} - \left(\frac{P_{cb}}{\eta_{cb}} \operatorname{tg} \varphi_{cb} - Q_{cb} \right) \left(\frac{P_{ca}}{P_{cb}} \right)^2 \right] \quad (3)$$

式中 ΔQ ——用电动机 B 替换电动机 A 后节约的无功功率, kvar。

例 A 电动机的型号为 Y132S2-2, $P_{ca} = 7.5$ kW, $P_{ca} = 0.30$ kW, $Q_{ca} = 3.027$ kvar, $\eta_{ca} = 0.865$, $\cos \varphi_{ca} = 0.88$, $\beta = 0.3$; 替换用的 B 电动机的型号为 Y132S1-2, $P_{cb} = 5.5$ kW, $P_{cb} = 0.265$ kW, $Q_{cb} = 2.304$ kvar, $\eta_{cb} = 0.855$, $\cos \varphi_{cb} = 0.88$ 。试判别替换是否合理? 并计算替换后节约的功率。

解 由替换判别公式 (1) 可得

$$\begin{aligned} P_{ca} - P_{cb} &= 0.30 - 0.265 = 0.035(\text{kW}) \\ \beta^2 \left\{ \left[\left(\frac{1}{\eta_{cb}} - 1 \right) P_{cb} - P_{cb} \right] \left(\frac{P_{ca}}{P_{cb}} \right)^2 - \left[\left(\frac{1}{\eta_{ca}} - 1 \right) P_{ca} - P_{ca} \right] \right\} \\ &= 0.3^2 \left\{ \left[\left(\frac{1}{0.855} - 1 \right) \times 5.5 - 0.265 \right] \times \left(\frac{5.5}{7.5} \right)^2 - \right. \\ &\quad \left. \left[\left(\frac{1}{0.865} - 1 \right) \times 7.5 - 0.3 \right] \right\} \\ &= -0.046 \end{aligned}$$

由此可见, 判别公式 (1) 成立, 用 5.5 kW 电动机替换 7.5 kW 电动机合理。

由公式 (2) 可得节约的有功功率 δP 为

$$\begin{aligned} \Delta P &= P_{ca} - P_{cb} + \beta^2 \left\{ \left(\frac{1}{\eta_{ca}} - 1 \right) P_{ca} - P_{ca} - \right. \\ &\quad \left. \left[\left(\frac{1}{\eta_{cb}} - 1 \right) P_{cb} - P_{cb} \right] \left(\frac{P_{ca}}{P_{cb}} \right)^2 \right\} \\ &= 0.30 - 0.265 + 0.3^2 \left\{ \left(\frac{1}{0.865} - 1 \right) \times 7.5 - 0.3 - \right. \\ &\quad \left. \left[\left(\frac{1}{0.855} - 1 \right) \times 5.5 - 0.265 \right] \times \left(\frac{7.5}{5.5} \right)^2 \right\} \end{aligned}$$

$$= 0.0164 (\text{kW})$$

由公式 (3) 可得节约的无功功率 ΔQ 为

$$\begin{aligned} \Delta Q &= Q_{\text{ca}} - Q_{\text{cb}} \\ &= \beta^2 \left[\frac{P_{\text{ca}}}{\eta_{\text{ca}}} \text{tg} \varphi_{\text{ca}} - Q_{\text{ca}} - \left(\frac{P_{\text{cb}}}{\eta_{\text{cb}}} \text{tg} \varphi_{\text{cb}} - Q_{\text{cb}} \right) \left(\frac{P_{\text{ca}}}{P_{\text{cb}}} \right)^2 \right] \\ &= 3.027 - 2.304 + 0.3^2 \left[\frac{7.5}{0.865} \text{tg} 28.35^\circ - 3.027 - \right. \\ &\quad \left. \left(\frac{5.5}{0.855} \text{tg} 28.35^\circ - 2.304 \right) \left(\frac{7.5}{5.5} \right)^2 \right] \\ &= 0.681 (\text{kvar}) \end{aligned}$$

400. 在哪些条件下可将三相异步电动机的定子绕组由 Δ 接改为Y接? 怎样改接?

工矿企业和农村使用的电动机，大多是三相异步电动机。由于选配电动机时，一般都是按照设备的最大负荷设计配套的，因而电动机在运行中，或者经常处于轻载状态（俗称“大马拉小车”），或者长时间处于空载状态。异步电动机轻载或空载运行，都要从电网吸取大量的滞后无功功率，从而造成电网功率因数降低，线路损耗增加，变配电设备得不到充分利用等不良后果。在这种情况下，凡是其接线方式为 380 V Δ 接或 380/660 V Δ /Y 接的异步电动机（例如 4 kW 以上的 JO2 型电动机都具备这一条件），特别是所拖动的机械负载为时大时小者（如车床主轴电动机，其容量是根据最大切削负荷来选择的，而车削小零件或小进刀量的时间往往很多），都可将 Δ 接线改换为 Y 接线，这是一种比较简单而又行之有效的节电方法。

但是， Δ 接电动机轻载运行时，如果将其改为 Y 接运行，则涉及两个问题，即容量是否允许，效率是否提高。 Δ 接电动机改为 Y 接，其主要参数的变化如表 3-50 所示。由表可见，改接后，每相电压降低 $1/\sqrt{3}$ ，铁损只有原来的 $1/3$ 。但要保持原来的功率，电流将增加 $\sqrt{3}$ 倍，从而使铜损增加 3 倍。因此，当负载率高时，由于受温升限制，不能保持原来的输出功率，也不能提高电动机的效率。

表 3-50

电动机 Δ 接和 Y 接的主要参数变化

| 接法 项目 | 函数 | Δ | Y | Y/ Δ |
|-------------------|-------|------------------|------------------|--------------|
| 电压 | U | U | $U/\sqrt{3}$ | $1/\sqrt{3}$ |
| 电流 | I | $I/\sqrt{3}$ | I | $\sqrt{3}$ |
| 铁损耗 P_{Fe} (每相) | U^2 | U^2 | $(U/\sqrt{3})^2$ | $1/3$ |
| 铜损耗 P_c (每相) | I^2 | $(I/\sqrt{3})^2$ | I^2 | 3 |

注: U 、 I 为线电压、线电流。

综合分析表明,电动机由 Δ 接改为 Y 接,极限允许负载大致为铭牌所示容量的 33% ~ 45%。在不同负载率下改接后的效率比 η_Y/η_Δ 如表 3-51 所示。由表 3-51 可见,在负载率 β 为 0.5 时,改接并无经济效果。只有在 $\beta < 0.3$ 时,电动机的效率才会明显提高,功率因数才会显著改善。电动机由 Δ 接改为 Y 接的功率因数比值 $\cos\varphi_Y/\cos\varphi_\Delta$ 、负载率 β 和额定功率因数 $\cos\varphi_c$ 的关系如表 3-52 所示。

表 3-51

电动机不同负载率下的效率比

| 负载率 | 0.1 | 0.15 | 0.2 | 0.25 | 0.3 | 0.35 | 0.4 | 0.45 | 0.5 |
|--------------------------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-----|
| 效率比 η_Y/η_Δ | 1.27 | 1.14 | 1.10 | 1.06 | 1.04 | 1.02 | 1.01 | 1.005 | 1 |

表 3-52 电动机的功率因数比值、负载率和额定功率因数的关系

| $\cos\varphi_Y/\cos\varphi_\Delta$ | β | | | | $\cos\varphi_Y/\cos\varphi_\Delta$ | β | | | |
|------------------------------------|---------|------|------|------|------------------------------------|---------|------|------|------|
| | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 |
| 0.78 | 1.94 | 1.80 | 1.64 | 1.49 | 0.86 | 1.66 | 1.55 | 1.41 | 1.27 |
| 0.79 | 1.90 | 1.76 | 1.60 | 1.46 | 0.87 | 1.63 | 1.52 | 1.38 | 1.24 |
| 0.80 | 1.86 | 1.73 | 1.58 | 1.43 | 0.88 | 1.60 | 1.49 | 1.35 | 1.22 |
| 0.81 | 1.82 | 1.70 | 1.55 | 1.40 | 0.89 | 1.59 | 1.46 | 1.32 | 1.19 |
| 0.82 | 1.78 | 1.67 | 1.53 | 1.37 | 0.90 | 1.57 | 1.43 | 1.29 | 1.17 |
| 0.83 | 1.75 | 1.64 | 1.49 | 1.35 | 0.91 | 1.54 | 1.40 | 1.27 | 1.14 |
| 0.84 | 1.72 | 1.61 | 1.46 | 1.32 | 0.92 | 1.50 | 1.36 | 1.26 | 1.11 |
| 0.85 | 1.69 | 1.58 | 1.44 | 1.30 | | | | | |

综上所述，当 Δ 接电动机的负载率在40%以下时，可将其改为Y接运行。

通常，要将一台三相异步电动机的定子绕组由 Δ 接改为Y接，首先应测定定子绕组的首尾端，这就造成改线很费时间。下面介绍一种简便的改线方法。

如果已知需要改线的电动机有六个出线端，两两接在一起，并且曾通电运行过，则表明该电动机的原接线为 Δ 形接线，就不必再测试定子绕组的首尾端，只要按下述步骤和方法改接即可：

(1) 先将分别接在一起的出线端按图3-216编号，如1和2，3和4，5和6。

(2) 将三对线头都打开。

(3) 用兆欧表（或万用表）测量出线端的通断。若1与6通，则令该绕组为A相绕组；3与2通，则令该绕组为B相绕组；5与4通，则令该绕组为C相绕组，如图中A、B、C所示。若1为A相绕组的首端，则6为

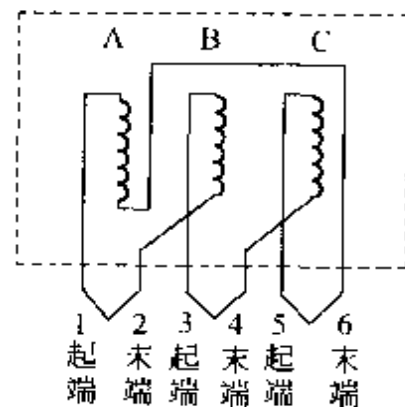


图3-216 三相异步电动机绕组由 Δ 接改为Y接示意图

尾端；由于2与1相连，所以2为B相绕组的尾端，3为首端；由于4与3相连，所以4为C相绕组的尾端，5为首端。只要将三个尾端2、4、6（或三个首端1、3、5）连在一起，另外三个1、3、5（或2、4、6）接电源，便完成改接任务。

必须指出，绕组由 Δ 接改为Y接，负载电流有10%以上的下降，因而对保护装置的整定值要作相应的调整。同时，还要修改铭牌上所标明的接法，以免日后使用时仍认为绕组是 Δ 接而发生接线错误，导致电动机烧毁。

401. 在技术方面对三相异步电动机怎样采取节电措施？

(1) 用磁性槽泥改造旧电动机。磁性槽泥是一种可塑性材料

(俗称 CC 材料), 由高纯度铁粉、高粘度树脂和固化剂组成, 有一定的导磁性, 磁通密度为 0.8 T 时, 其相对导磁率为 4.5、3.5、2.0 等。使用时, 调和成泥状, 抹压在槽口内, 固化成高强度磁性槽楔, 并与槽口两侧硅钢叠片紧密结合, 以代替模压成型的槽楔。磁性槽泥的节电效果显著, 可使中小型异步电动机的效率提高 1.25%, 温升平均下降 13℃。

(2) 电动机与机械负载合理配套。一般情况下, 当电动机的负载率小于 30% 时, 表明电动机的容量过大, 应调换小容量电动机; 负载率大于 65% 时, 无需更换电机; 负载率在 30%~65% 以内时, 是否需要更换电机, 应视更换电机后能否提高效率和功率因数而定。

(3) 使用 Y-Δ 节能转换仪。我国生产的异步电动机, 容量挡距很大, 很难与风机、水泵的轴功率相匹配, 有时只好选用高一挡的电动机, 从而出现“大马拉小车”现象。异步电动机空载或轻载时, 吸收电网的滞后无功功率。

电动机由 Δ 接改为 Y 接运行, 定子绕组的相电压降到额定值的 $1/\sqrt{3}$, 其空载电流也大致减少到额定值的 $1/\sqrt{3}$, 所以磁化无功功率大约减少到额定值的 $1/\sqrt{3}$ 。这就减少了从电网吸取的无功功率 (详见 400 问)。

目前 SJ 系列电动机自动控制节电仪已得到广泛应用。由于这种节电仪采用集成电路, 转换灵敏可靠, 电动机在正常负荷时工作在 Δ 接方式下, 在空载或轻载时转换成 Y 接方式。

402. 什么叫做异步电动机的功率因数? 其大小有什么意义?

异步电动机的功率因数可用来衡量这种电动机输入的视在功率 (即容量, 等于总电流与电压的乘积) 中, 真正消耗的有功功率所占比重的大小, 其值为输入的有功功率 P_1 与视在功率 S 之比, 一般用 $\cos\varphi$ 表示, 即 $\cos\varphi = \frac{P_1}{S} = \frac{P_1}{UI}$ (对单相异步电动机而言, 而对于三相异步电动机, 则应加 $\sqrt{3}$, 即 $\cos\varphi = \frac{P_1}{\sqrt{3}UI}$)。

此外，功率因数也可以说是定子电流中的有功电流分量与定子总电流之比。功率因数愈大，表明有功电流分量占总电流的比重愈大，电动机所做的有用功愈多，电动机的利用率愈高；另一方面，功率因数大，电源的利用率就高，即可以提高电源设备（如发电机、电力变压器和输电线路等）的利用率（或称供电能力）。在电动机的运行中，功率因数是变化的，变化大小与负载大小有关。电动机空载运行时，定子绕组的电流基本上是产生旋转磁场的无功电流分量，有功电流分量很小，此时功率因数很低（约为0.2）。当电动机带负载运行时，要输出机械功率，定子绕组电流中的有功电流分量增加，因此功率因数也随之提高；当电动机在额定负载下运行时，功率因数达到最大值（称自然功率因数，一般为0.75~0.9）。因此，电动机应避免空载或轻载运行，防止出现“大马拉小车”现象。

403. 三相电动机的功率因数降低的原因是什么？怎样处理？

(1) 修理电动机时，盲目车小转子，使定、转子之间的气隙增大，要求的无功励磁电流增加，因此功率因数降低。在电动机的修理中切不可盲目车小转子，已车小的转子应予以更换。

(2) 任意锉修槽口（相当于增大气隙长度），其后果与上述相同。因此不许任意锉修槽口，只宜采用合适工具校正不齐的冲片。

(3) 定、转子铁芯的两条中心线未对齐。其原因是：调换新轴时，铁芯位置尺寸不准确；同型号电动机的转子装错或装反。结果铁芯的有效长度减小，造成励磁磁势增大，无功电流增加，功率因数降低。在电动机的修理中配制、加工和组装机座、端盖、转轴和转子支架等时，应以原始记录或图纸为准，不许有误。

(4) 安装电动机时，气隙调整不均匀，使铁芯各部分的磁通密度饱和程度不一致，造成功率因数降低。因此，安装电动机时应将气隙调整均匀。

(5) 重绕线圈时匝数不够或改小线圈节距，使空载电流增大，功率因数降低。由于励磁电流与匝数平方成反比，所以线圈匝数不

可减少。如果原电动机的功率因数偏低，重绕线圈时还可适当增加匝数，但不可减小导线截面积。由于匝数增加，要考虑槽满率高，槽满率一般不宜超过 80%。否则，不易嵌线，即使勉强嵌入，也很难保证质量。此时可选用薄绝缘结构加以补救。

(6) 由于电动机长期运行，定、转子偏心，槽漏抗增大，从而降低功率因数。可拆出线圈，拧开铁芯的紧固螺栓，调整后重新压紧铁芯，拧紧紧固螺栓。

404. 怎样提高异步电动机的自然功率因数？

自然功率因数，是指未经过补偿的实际功率因数。在供电系统中，引起功率因数变化的主要用电设备是异步电动机和变压器，它们是提高自然功率因数的主要对象。

异步电动机需要的无功功率（即励磁功率），大部分用来建立磁场（异步电动机所需励磁功率的多少，主要取决于外加电压的高低，而与负荷大小无关。当电压升高时，励磁功率增加，功率因数降低），其余部分是漏磁所需的无功功率（即漏磁功率），它与负荷系数的平方成正比。提高异步电动机自然功率因数的方法一般有以下几种：

(1) 提高电动机的负荷系数或安装空载限制器。异步电动机空载时，由于转速接近同步转速，转差率 $S \approx 0$ ，所以转子电流近似于零，定子从电网吸收的电流基本上用于建立磁场，此时电动机的功率因数很低。随着电机负荷的增加，定子电流中的有功分量也增加，因此定子的功率因数提高。当电机在额定负载下运行时，其功率因数最高（可达到额定值）。由此可见，提高异步电动机自然功率因数的主要方法是提高其负荷系数。此外，应避免电机空载运行或尽量缩短空载运行时间，必要时装设空载限制器，在电机空载时自动将其从电源上切除。

(2) 使异步电动机同步化运行。例如，在绕线式电动机的转子中通入直流电，使其在过励磁下运行，利用其超前的电流成分补偿其他功率因数低的用电设备所需的无功功率。

(3) 合理选择电动机的容量和经常检查电机的负荷情况。对于新安装的电动机，应根据工作机械所需的功率合理选择电动机的容量。如果电动机的容量选择过大，不但负荷系数低，使功率因数恶化，增加线路有功功率损耗，而且还造成浪费。对于运行中的电动机应经常检查其负荷情况。如果发现负荷过小应调换小容量电动机，以减少无功功率需要量，提高效率因数和降低功率损耗，同时也可使工作机械的运行更臻于合理。

(4) 将轻载运行的 Δ 接异步电动机改为Y接。异步电动机轻载运行时，电流的主要成分是无功励磁电流，所以功率因数较低。如果将其改为Y接，由于电机绕组相电压降低到原来的 $1/\sqrt{3}$ ，并且铁芯中的磁通密度也降低到原来的 $1/\sqrt{3}$ ，所以无功励磁电流明显减小，从而提高了功率因数。但应注意，在同样负载下，改接后绕组中的电流将增加 $\sqrt{3}$ 倍，为使绕组不至过热，应保证电流不超过额定值。

(5) 改装或淘汰老系列电动机。老系列电动机损耗大，性能差，如果采取节能改造措施，可提高效率3%~4%，功率因数也相应提高。对于没有修理、改造价值，功率因数又低的老系列电动机，可予以淘汰（报废）而选用新系列（如Y系列）电动机。

405. 为了提高厂矿的自然功率因数，怎样更换容量过大的异步电动机？

提高厂矿的自然功率因数是合理使用和节约电能的一项有效措施，而合理选用异步电动机则是提高自然功率因数的有效措施。异步电动机在不同负载下的功率因数和效率如表1-9所示。

由表1-9可见，应保证电动机在75%以上的负载下运行，尽量减少备用容量。否则，不仅降低功率因数，增加电能损耗，而且也增大设备和供电系统的投资。

例如，如果某电动机的额定功率 $P_e = 10 \text{ kW}$ ，所拖动机械的实际负载 $P_2 = 2.5 \text{ kW}$ ，试调换容量合适的电动机，并计算调换电动

机后的自然功率因数和节约的电量。

10 kW 电动机的负载率 β 为

$$\beta = \frac{P_2}{P_e} = \frac{2.5}{10} = 25\%$$

由表 1-9 可见, 当负荷率 $\beta = 25\%$ 时, 效率 $\eta = 0.78$, 由此可求得 10 kW 电动机的输入功率 P_1 为

$$P_1 = \frac{P_2}{\eta} = \frac{2.5}{0.78} = 3.21(\text{kW})$$

由表 1-9 可见, 当 $\beta = 25\%$ 时, 功率因数 $\cos\varphi = 0.5$, 由此可求得 10 kW 电动机消耗的无功功率 Q 为

$$\begin{aligned} Q &= P_1 \operatorname{tg}\varphi = P_1 \frac{\sin\varphi}{\cos\varphi} = P_1 \frac{\sqrt{1 - \cos^2\varphi}}{\cos\varphi} \\ &= 3.21 \times \frac{\sqrt{1 - 0.5^2}}{0.5} = 5.56(\text{kvar}) \end{aligned}$$

如果调换 $P_e = 3.5$ kW 的电动机, 则负载率 $\beta = \frac{P_2}{P_e} = \frac{2.5}{3.5} = 75\%$ 。由表 1-9 可见, 自然功率因数由原来的 $\cos\varphi = 0.5$ 提高到 $\cos\varphi = 0.85$, 效率由原来的 $\eta = 0.78$ 提高到 $\eta = 0.88$ 。此时输入的有功功率 P_1 和电动机消耗的无功功率 Q 分别为

$$P_1 = \frac{P_2}{\eta} = \frac{2.5}{0.88} = 2.84(\text{kW})$$

$$Q = P_1 \operatorname{tg}\varphi = P_1 \frac{\sqrt{1 - \cos^2\varphi}}{\cos\varphi} = 2.84 \times \frac{\sqrt{1 - 0.85^2}}{0.85} = 1.76(\text{kvar})$$

由此可求得调换电动机后减少的有功功率 ΔP 和减少的无功功率 Q :

$$\Delta P = 3.21 - 2.84 = 0.37(\text{kW})$$

$$\Delta Q = 5.56 - 1.76 = 3.80(\text{kvar})$$

如果电动机全年运行, 则每年节省的有功电能为 $8760 \times 0.37 = 3241.2$ kW·h, 节省的无功电能为 $8760 \times 3.80 = 33288$ kvar·h。

406. 怎样快速测量小型三相异步电动机的功率因数?

三相异步电动机的功率因数，一般用功率表、电流表和电压表来测量。这些仪表的接线较为复杂，需要技术熟练的电工人员来测试。下面介绍一种既快速又能准确测量小型异步电动机功率因数的方法。

图 3-217 为测量线路接线图（图上 M 为电动机，R 为三相变阻器），用钳形电流表分别在 1、2 和 3 处测量，然后根据测得的电流 I_1 、 I_2 和 I_3 按其比例作出矢量图（图 3-218），由矢量图可得

$$\cos\varphi = \frac{I_3^2 - I_1^2 - I_2^2}{2I_1 I_2}$$

由于是使用同一个测量仪表来测量同一个参数（电流），所以测量的准确度并不低于 0.5~1.0 级功率表、电流表和电压表的准确度。

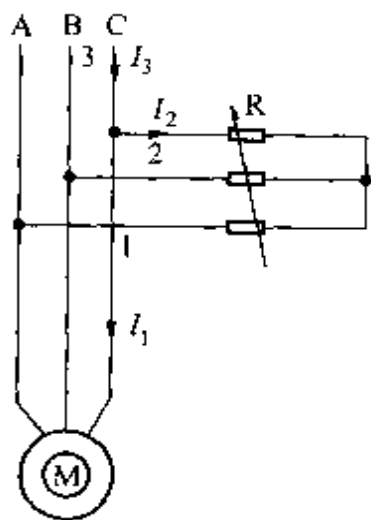


图 3-217 测量线路接线图

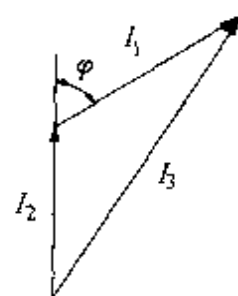


图 3-218 矢量图

通常，多数小型三相异步电动机的功率因数都可采用这种方法来测量。但是，这种方法不宜用来测量大型异步电动机的功率因数，因为要增大变阻器的容量在技术上存在一定困难。

407. 怎样采用移相电容器对三相异步电动机进行无功功率补偿？对电动机采用电容器个别补偿时，怎样计算补偿容量？

电动机的无功补偿方法：

(1) 个别补偿。电容器直接装在电动机附近（图 3-219），以减少企业供电线路、内部低压配电线路和配电变压器的无功功率供应量，并相应地减少线路和变压器的有功电能损耗。通常，适当配置低压电容器，可以减小车间线路的导线截面和变压器的容量。而对于运行中的线路和变压器，则可提高它们的输出容量。因此，个别补偿是最佳的补偿方法。其缺点是电容器的利用率低，投资大和电容器可能受到震动。此外，如果操作不当，还可能产生自励现象而使电动机受到损坏。因此，个别补偿只适用于需要补偿的无功负荷很大，供电线路较长和长时间运行的大容量电动机。

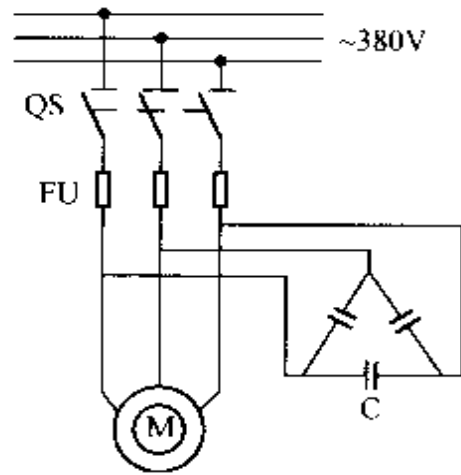


图 3-219 对电动机个别补偿的移相电容器接线图

(2) 分组补偿。将移相电容器接于车间的配电母线上（图 3-220），对多组电动机进行无功补偿。其特点是电容器的电流不流经母线与电动机之间的线路，该段线路的无功功率未得到补偿，其损耗可能很大，因此只能补偿变压器的无功需要，补偿效果不如个别补偿。

单台三相电动机采用电容器个别补偿时，一般是将电动机空载时的功率因数补偿到 1。这是因为空载时无功负载最小。如果在负载情况下进行补偿，则空载（或轻载）时势必过补偿（即功率因数超前）。在电动机过补偿时，若切断电源，由于电动机的转速不能立即降为零，电容器的放电电流将相当于励磁电流继续供给电动机，使仍在旋转中的电动机变成感应发电机，这就会使电动机的端

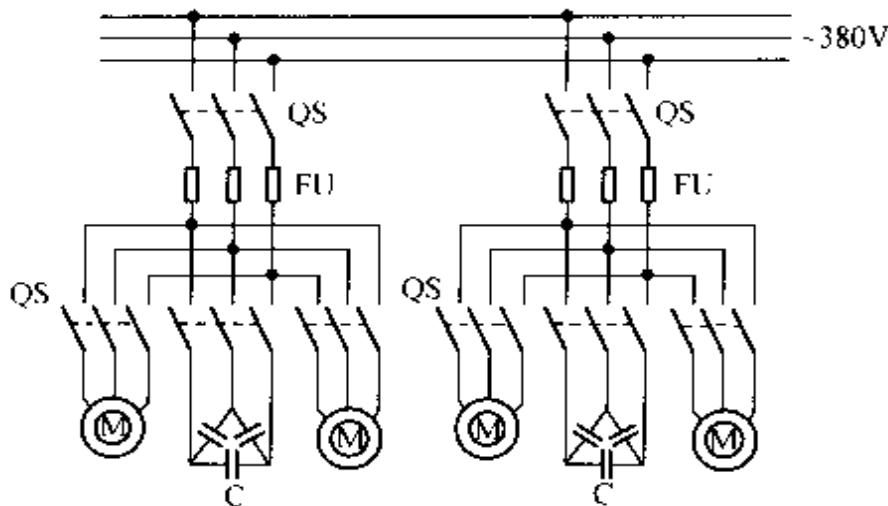


图 3-220 对电动机分组补偿的移相电容器接线图

电压超过额定电压许多倍，因而对电机的绝缘，特别是对电容器的绝缘将产生有害作用。此外，在电动机仍旧转动时重新合闸，会出现相当大的冲击电流，使电动机产生很大的瞬时转矩，可能造成电动机的转轴损坏。因此，采用电容器进行个别补偿时，应考虑在电动机空载下进行补偿，补偿容量 Q 一般可按下式计算：

$$Q \leq \sqrt{3} U_c I_0 (\text{kvar})$$

式中 U_c ——电动机的额定电压，kV；

I_0 ——电动机的空载电流，A。

由于一般三相异步电动机的空载电流 I_0 约占额定电流的 25%~40%，所以电动机的单台无功补偿容量也相应为其容量的 25%~40%。

例如，某台三相异步电动机额定容量为 75 kW，其空载电流为 41 A，无功补偿容量为

$$Q = \sqrt{3} \times 0.38 \times 41 = 27 (\text{kvar})$$

408. 什么叫做电动机“自励”？“自励”有何危害？怎样避免？

采用并联电容器对电动机进行个别补偿时，如果电容器的容量足够大，则在电动机切除后，由于惯性作用，电动机将继续运转—

定时间。此时电容器将供给电动机励磁电流，反过来电动机又发出电力对电容器充电，这种电磁振荡现象就叫做电动机“自励”。电动机发生自励时，将产生一定的过电压，对电容器造成危害。如果将自励中的电动机再接入电网，则电动机和所连接的生产机械将受到严重冲击，甚至被损坏。

为了避免出现这种自励现象，对工作惯性转矩较大的电动机（如起重机和水泵用电动机），应尽量不采用个别补偿方式，而应限制补偿容量，使之低于电动机空载运转所需无功功率的 90%，并小于电动机额定负载下进行无功补偿所需的无功功率值。必要时可采用并联阻抗来防止出现自励现象。

409. 怎样采用空载自停装置来限制机床电动机空载运行？

在机床加工工件的过程中，在装配或拆卸工件时经常出现工作间隙，此时电动机的空载损耗较大，据测定，约占有效消耗电能的 30%，而电动机起动时的耗电量约为空载 15~20 s 的耗电量。如果装配或拆卸工件的时间超过 20 s，则可在工件加工完后切断电源，待下一个工件装好再接通电源。为此，可采用电动机空载自停装置。

图 3-221 为齿轮机床电动机的空载自停装置，用机床的操作手柄来控制电动机。工作时，先使电动机起动，然后离合器衔接。这样，可减轻电动机起动时的负

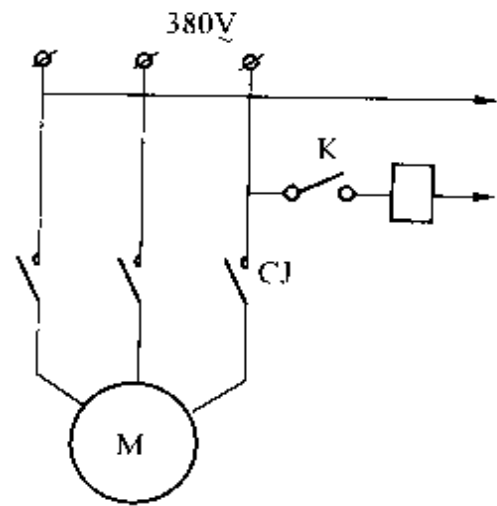


图 3-221 齿轮机床电动机的空载自停装置线路（一）

载，即当操作手柄扳到一半行程时电动机便起动，待手柄扳足行程，离合器就开始衔接。在接触器线圈 CJ 回路中装有单极开关 K（装于机床上），若机床停用，他人误触手柄，电动机也不会起动。此外，顶杆上部还装有缓冲弹簧，以防止开关损坏。

图 3-222 为另一种齿轮机床电动机的空载自停装置，限位开关 XK 触点与机床接触器 CJ 线圈串接，即将一个限位开关装在电动机控制线路上代替开停按钮，它与机床操作手柄有联动作用。当操作手柄拉上时，XK 常闭触点接通，使接触器线圈 CJ 获电吸合，于是电动机起动；当操作手柄拉下时，XK 常闭触点断开，CJ 线圈失电，主触头断开，电动机停转。

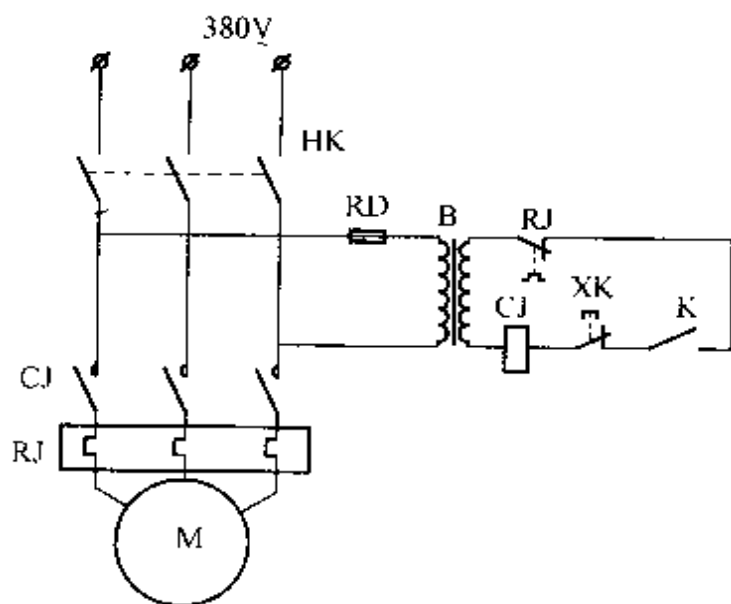


图 3-222 齿轮机床电动机的空载自停装置线路 (二)

图 3-223 为 C620·1 型车床电动机的空载自停装置。当接通电源，按下起动按钮 QA 时，接触器线圈 CJ 吸合，常开触点 CJ1 闭合自锁，主触头 CJ 接通，电动机起动运行。若机械控制手柄（与离合器连接）处于空挡位置，行程开关 XK 被压合，时间继电器 SJ 线圈获电，经过整定时间（随需要限定的空转时间而定，一般整定 15~25 s），机械手柄仍处于空挡位置（手柄仍不向上或向下，车床处于停转状态），串联在接触器线圈 CJ 回路中的时间继电器切断触点 SJ1 延时断开，CJ 断电释放，电动机 M 停转，时间继电器 SJ 断电释放。若空转时间不满 20 s，控制手柄向上或向下扳动，XK 被压合或断开，时间继电器 SJ 断电，接触器 CJ 不动作，也不影响机床正常工作。改装时采用 JLXK1-411 型行程开关和 JS7·

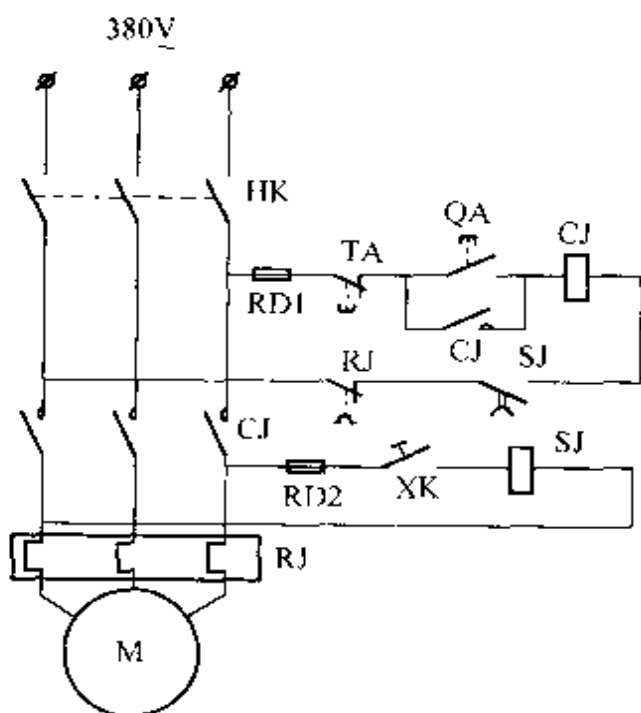


图 3-223 车床电动机的空载自停装置线路

2A 型时间继电器。

上述三种机床电动机的空载自停装置，线路简单，易于改装，操作方便，节电效果显著。

410. 电动机节电器有何作用？它适用于哪些场合？ 不用于哪些场合？

异步电动机节电器是电动机空载或轻载时的自动节电装置。它根据电动机负载率的变化，自动改变电动机的端电压。因此电动机空载或轻载时，其电压低于额定值，从而降低电动机的有功、无功损耗，减小电动机的工作电流，提高功率因数。节电器调节电动机的端电压时，电动机的转速几乎没有变化，只改变电动机的输出功率，这是区别于异步电动机调压调速装置的主要之点。

电动机节电器在合理应用的情况下，对某些特定负载工况具有良好的节电效果。

电动机节电器一般应用于以下场合：

(1) 短时反复工作制的机械。长时间空载或轻载，短时间重载，负载率小于 0.3，即空载率或轻载率较高、重载持续率较低的机械，如起重机、胶带输送机、压延机、车床、刨床、剪床等。

(2) 频繁起动的机械。有些机械经常频繁起动、停车，如果允许轻载起动，则可采用具有软起动功能的异步电动机节电器。

(3) 电动机设计不合理，空载和轻载时损耗很大，或者电动机运行时功率因数一直较低。

(4) 电网电压偏高，如高于 110% 额定电压的场合。

但是，对于负载恒定且连续长期运行的电动机，无论是满载或轻载，都不宜采用电动机节电器，而应选用高效率电动机或调换小容量电动机。此外，对于负载虽然变化，但负载率大于 0.3 的电动机，也不宜采用电动机节电器，因其节电效果不明显。

411. 怎样分析判断电动机采用节电风扇的效果？

通常，二极、四极 JO2 系列电动机的外通风电耗相当大。例如，二极电动机通风电耗约占电动机总电耗的 1/3，相当于电动机容量的 3%，而四极电动机的通风电耗则相当于电动机容量的 1.5%。

电动机节电风扇是一种新的电动机轴流通风系统，其结构紧凑，效率可达 67%，比一般双向旋转盒式风扇的效率高一倍以上，在满载温升不变的前提下，通风电耗降到原来的 1/3 以下，电动机效率提高 2%。部分节电风扇的节电效果如表 3-53 所示（按年运行 5000 h 计）。

表 3-53 节电风扇节电效果

| 电动机型号 | JO2 92-2 | JO2 91-2 | JO2 83-2 | JO2 82-2 | JO2 72-2 | JO2 71-2 |
|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 电机容量 (kW) | 75 | 55 | 55 | 40 | 30 | 22 |
| 风机功率减少 (kW) | 1.24 | | 1.00 | 0.70 | | |
| 年节电量 (kW·h) | 6200 | | 5000 | 3500 | | |

节电风扇换装十分方便，只要将电动机原来的外风扇和风罩拆下来，换上该风扇即可，电动机内部接线完全不动，一般花半小时就可换装完毕。

节电风扇主要用于转向固定的封闭外扇冷式异步电动机。用于二极电动机节电效果明显，四极电动机次之，六极、八极电动机不宜使用。根据理论分析和实测结果，JO2 系列 22 kW 及以上的二极电动机改用节电风扇，节电量相当于电动机容量的 2%，这相当于电动机总电耗比原来减少 22%。此外，节电量还与电动机运行小时数成正比，因此，节电风扇不宜用于不经常开动的电动机。

412. 三角形接线的异步电动机运行中转子突然停转，随后即冒烟，怎样分析这一故障的原因？

当电动机冒烟时立即切断电源，灭火后拆开电动机检查绕组，发现一相线圈绝缘完全烧焦，另两相绕组有部分烧坏。

三相异步电动机正常运行中转子突然停转，可能有以下原因：

(1) 电动机运行中负载突然增大，超过电机的过载能力（即额定负载的 2 倍左右），或所带负载突然卡住，使电机立即停转。经检查，负载不存在这一现象。

(2) 电网中有较大功率的其他电动机起动。通常，同一电网中的大功率电动机起动时，由于起动电流较大，导致线路电压降低，往往造成正在运行中的其他电动机停转。但是，当大功率电动机起动完毕，线路电压就会恢复到正常值，停转的电机会自行起动，不至于造成电动机冒烟。如果大功率电动机起动时间较长，停转的电动机绕组有 4~7 倍额定电流通过，使电机起火冒烟，则三相绕组应全部烧毁，而不应只烧毁一相绕组，其余两相绕组仅局部烧坏。所以，该电动机突然停转，不是电源电压过低造成的。

(3) 电动机的电源进线一相断路。当三角形接线的异步电动机电源进线有一相断路时（图 3-224），由于 AB 相绕组和 BC 相绕组变成串联后与 AC 相绕组并联，AC 相绕组的电流猛增，可能达到正常负载相电流的 2.8 倍左右，超过电动机最大出力而拖不动负

载，因而电机自行停转。电动机停转未与电源脱离，电流更大，AC相绕组便发热而使绝缘烧焦甚至起火冒烟。由于AC相绕组是平均分布在定子四周，发热起火往往波及相邻的其余两相绕组，只是因为切断电源较快，AB相绕组和BC相绕组才未全部烧毁。所以，电动机的转子突然停转是电动机B相的电源进线断路造成的。

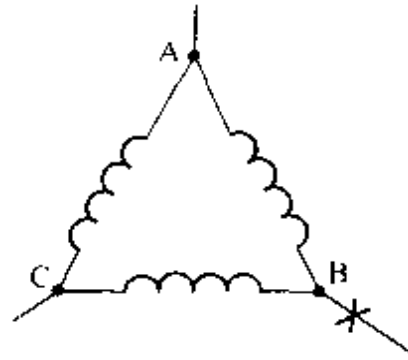


图 3-224 三角形接线的电动机进线一相断路示意图

这一情况说明，电动机带负载运行时，应经常检查熔体和星-三角形开关的运转挡，一旦发现电机停转或缺相运行，就应立即切断电源。

413. 某绕线式异步电动机在运行中突然停车，而接于同一低压母线上的其他电动机却运转正常，怎样查找该电动机的故障？

(1) 检查保护装置。由图 3-225 可见，主回路上的熔断器 RD1 是电动机和电力电缆的短路（相间短路和单相接地短路）保护装置，过电流继电器 GL1、GL2 是电动机的过载保护装置。要查找电机的故障原因，首先应检查这两个保护装置的動作情况。

①过电流继电器的检查。电动机一般采用 GL 型过流继电器作为过载保护装置，该继电器动作后有掉牌指示，所以很容易判断继电器是否动作。若继电器动作，则表明电动机过载。电动机过载一般有两个原因：一是工艺上过载（例如绕线式电动机常用于鼓风机、球磨机，鼓风机的风门开启过大和球磨机进料太多，都属于工艺上过载）；二是电动机缺相运行，在负载不变的情况下，若电动机缺相运行，其定子电流明显增大。一旦发现 GL 动作，就应判断是上述哪一原因造成的。首先向现场值班人员了解电机是否过载，现场的指示电流表指针是否超过红线（满载电流指示线）。若确实

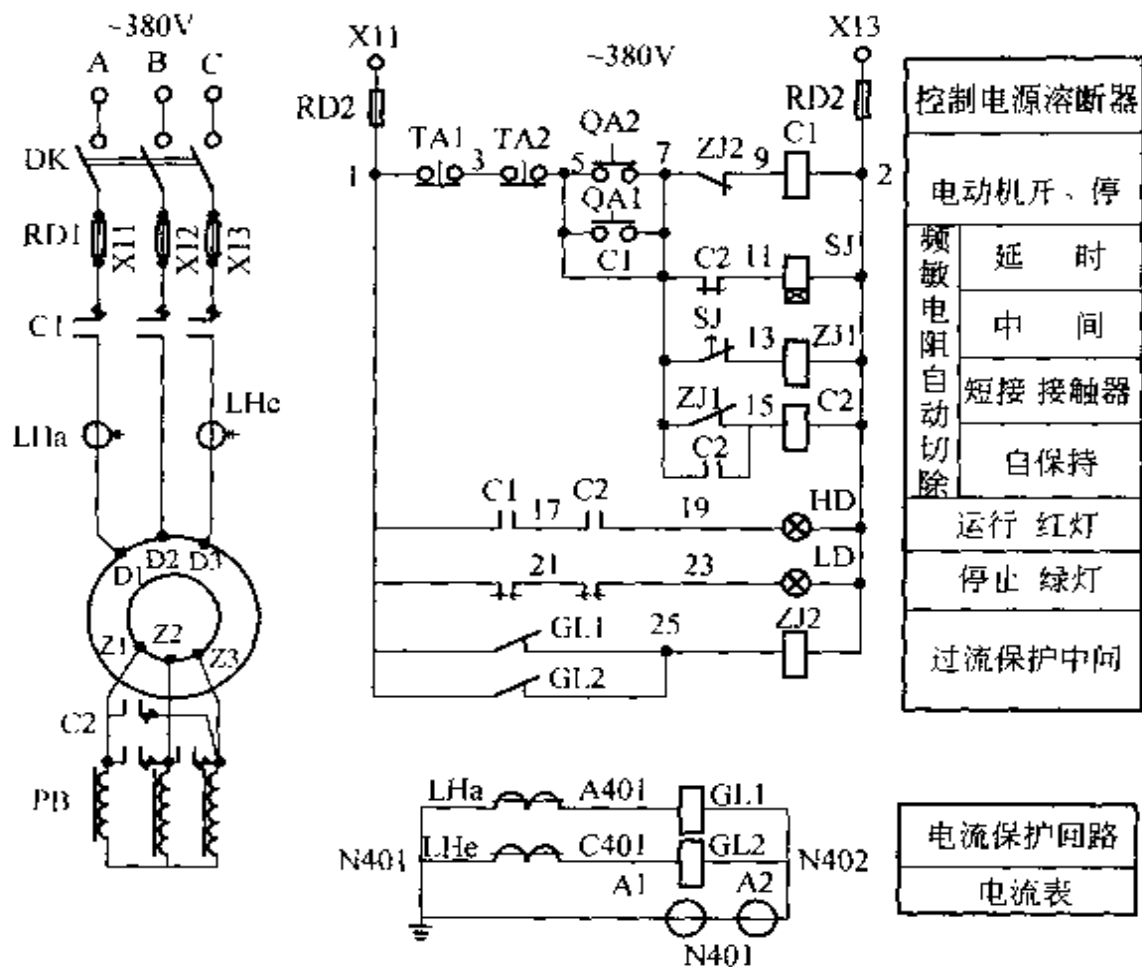


图 3-225 绕线式电动机的控制线路原理图

是电机过载，则故障原因已查出。造成电动机缺相运行的原因大多是某相熔体熔断，用试电笔或万用表检查熔体是否熔断，即可判定电动机是否缺相运行。

②主回路熔断器的检查。如果 GL 继电器未动作，则电动机停车很可能是主回路短路造成 RD1 熔断所引起。检查时可用试电笔测试 RD1 下端是否有电，或者断开刀开关 DK，用万用表检查 RD1 上下端之间是否通路。若 RD1 熔断，则表明主回路有短路故障，应进一步查找主回路上的故障点。若 RD1 完好，则电机停车的原因可初步判断是控制回路存在故障（后面说明检查方法）。

(2) 检查主回路。由于绕线式电动机一般是在其转子上串接频敏变阻器起动，所以这种电机的主回路有定子回路和转子回路两部分。

①定子回路的检查。定子回路包括电缆和电动机的定子绕组。定子回路常见故障是短路（相间短路和单相接地短路）和断路。检查时可用 500 V 兆欧表测量接触器 C1 负荷侧的对地绝缘电阻，并检查三相间彼此是否能构成回路，以判断回路有无接地或断路故障（对三角形接线的定子绕组，此法对一相绕组断路不能判定）。若发现不正常，则将电缆与电动机的连接螺钉卸下，分别测量电动机和电缆的对地和相间绝缘电阻。测量电动机的绝缘电阻时，应将电机引出线的连接板拆开，分开六个引出端。否则，无法测量相间绝缘电阻，同时对 Δ 接绕组也无法判定绕组是否断相。若发现电缆有单相接地或相间短路故障，则应进一步查明故障点。对电动机的接地、短路和断路故障可分别按 436 问、441 问和 453 问所介绍的方法进行检查。

②转子回路的检查。由图 3-225 可见，该电动机是在转子上串接频敏变阻器起动，起动结束由接触器 C2 将频敏变阻器短接，C2 的吸合时间由时间继电器 SJ 控制。由于电动机是在运行中自动停车，所以转子回路的工作部分应是转子绕组、集电环、电刷和转子接触器 C2，不包括频敏变阻器。转子回路的常见故障是断路，一旦转子回路某相断路，电动机的转矩就下降，在负载不变的情况下，定子电流增加，以至造成过电流继电器动作而使电动机停车。检查时首先查看电刷与集电环有无接触不良现象，然后测量转子回路的绝缘电阻。测量时，将电刷抬起，单独检查转子绕组有无断路和接地故障。

(3) 检查控制回路。检查控制回路时，首先应检查熔断器 RD2。若 RD2 的熔体熔断，则可判定控制回路中有短路故障点。一般来说，如果控制回路有短路故障，则在配电盘或控制盘上都能看到很明显的烧伤痕迹。若无明显的烧伤，则应顺次断开各线圈和信号灯与 2 号线的连接点，测量 1 号线与线圈（或信号灯）断头之间的电阻。若测得某回路的电阻值特别小，则表明该回路存在短路点，通常只要仔细查找降压元件（线圈或信号灯）的连接线，就可发现故障点。由于控制电源 X11、X13 来自主回路熔断器 RD1

的下端，所以，如果 RD1 的 A 相或 C 相熔断，则电动机由于无控制电源而立即停车。

如果 RD2 未熔断，同时主回路和保护装置也无故障，则应进一步从控制回路去查找原因。由图 3-225 可见，电动机运行时通电吸合的电器元件有接触器 C1 和 C2，而且只有 C1 释放才能使电动机停车。C1 吸合时，电流通路是 TA1、TA2、C1 常开触点（5、7 号线间）、ZJ2 常闭触点（7、9 号线间）和 C1 线圈，其中任一元件断路都会造成 C1 释放。检查时可分别测试各元件的导通情况，检查的步骤是：先用万用表或兆欧表检查 C1 线圈是否断线，然后用万用表测试 ZJ2 常闭触点接触是否良好，查看 C1 常开触点吸合时接触是否可靠，以及 TA1、TA2 的接触情况。对于控制线路故障的查找，主要是对原理图所示相应的支路、各个按钮、触点、线圈等逐一进行检查，按照此法一般都能顺利地查出故障点。但是，必须指出，要迅速、准确地查出控制线路的故障，必须熟练地掌握电路的工作原理，了解各电器元件的实际安装位置。

414 绕线式转子绕组有哪些常见故障？怎样检查？

绕线式转子绕组的结构、型式都与定子绕组相同，发生故障的情况也相仿，可参照定子绕组故障检查方法来检查。但绕线式转子比鼠笼式转子增加一套导电装置，它是较易发生故障的部件，常见的故障是接触导电部分发热和产生强烈的火花，检查方法如下：

(1) 集电环和电刷装置接地。这是由于未进行正常的日常维护，大量电刷粉末积聚而使绝缘强度下降引起的，一般可用兆欧表检查。

(2) 转子缺相运行。绕线式转子缺相运行会产生强烈的噪声，定子电流增大，电流表指针有较大幅度的摆动，电动机转矩下降，温升增高。一般可进行三相电阻测量来检查。

(3) 转子绕组开焊。容量较小的电动机，其转子绕组的脱焊或开路，可按定子绕组断路故障检查方法来检查。容量较大的电动机转子绕组，其线圈端部一般都采用并头套焊接。由于转子电流较大，起动和过载频繁，如果原来焊接质量差，铜质并头套的热量散

发不出去，运转中就容易甩锡，造成线圈导体脱离接触而引起放电，甚至烧坏线圈。

如果端部并头套严重开焊，一般通过外观检查就可发现。但较轻的脱焊或焊接质量不良，则只有通过检测才能确定。通常，可按图 3 - 226 所示分流电压降法来检测焊接电阻。检测时，合上开关，先接通检测电源，使检测器的探针与相邻两并头套接触，则低压直流电流将通过并头套流过线圈，此时将检测器往下压，使探针接通直流毫伏表，测量该两个并头套在接通瞬间的分流电势。如果测量其中一个并头套的分流电势时，毫伏表读数增大，则表明该并头套有脱焊现象。

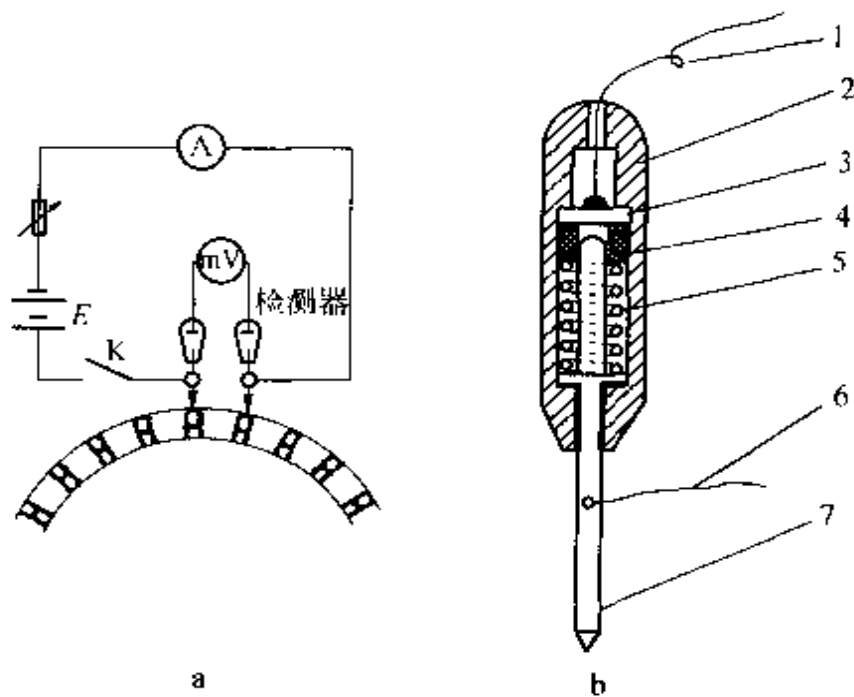


图 3 226 分流电压降法检查并头套焊接质量示意图

1. 毫伏表引接线；2. 绝缘外壳；3. 铜电极；4. 定位绝缘套；5. 弹簧；6. 检测器电源线；7. 探针

415. 绕线式电动机运行时，为什么转子线圈不得开路？ 在异步电动机的转子开路时切断电源有何危险？

绕线式电动机的定子三相绕组通入三相交流电流时，定子与转

子的气隙产生旋转磁场，磁场切割转子导体产生感应电动势。如果转子线圈开路，在转子回路中便不能产生感应电流，也就不会产生电磁力矩，因此转子不能转动。由此可见，绕线式电动机运行时转子线圈不得开路。

通常，电动机运行时总是储有大量电磁能。特别是异步电动机，由于存在气隙，便有利于电磁能的储存。当电动机从电网上切除时，此种储存的电磁能量应通过某种方式消耗掉。如果异步电动机在其转子开路时与电源断开，则内部所储存的这些电磁能量只能在定子中很快消失。由于切断电源时定子磁通瞬时变为零，所以储存的电磁能在定子中将引起高达3~5倍额定电压的过电压，极易导致开关上产生电弧，并且有可能击穿绕组绝缘。

416. 测量转子开路电压的目的是什么？

怎样测量转子的开路电压？

绕线式电动机在其转子绕组开路的情况下，与变压器相似，只要对其定子绕组通电，转子绕组上就会有感应电压。此时转子任意两集电环之间的电压称为开路电压，定、转子相电压之比称为变压比。

测量转子开路电压的目的是检查定、转子绕组的匝数、节距和接线是否正确，定、转子三相绕组是否对称。当定子三相电压对称时，转子三相开路电压最大值或最小值与平均值之差，应在 $\pm(1\% \sim 2\%)$ 以内。对定子外施额定电压时，转子开路电压与型式试验检验过的设计值之差，应在 $\pm(2\% \sim 5\%)$ 以内。

测量转子开路电压时，对定子外施额定电压，如果无匝间短路或转子开路自起动等现象，则同时测量定子绕组和转子集电环上的三相线电压。转子电压，可将引线接到试验台上进行测量，或者通过绝缘探针直接在集电环上测量，但此时应注意防止集电环相间短接。

如果转子开路电压在600V以上，则测量时可适当降低定子的外施电压（如外施电压可为 $0.5U_n$ ），以便能够用电压表直接测量

转子电压。此时转子电压测定值 U'_2 可按下式换算到定子电压为额定值时的数值：

$$U'_2 = U_2 \frac{U_e}{U}$$

式中 U_2 ——为转子额定电压；
 U ——为定子外施电压；
 U_e ——为定子额定电压。

测量高压电动机的转子电压时，定子电压最好由 0.1~0.2 倍额定电压逐渐升高到所需值，以免因转子有短接回路而直接起动，或因并头套间有锡末而跳弧。

测量时，电动机气隙不均匀所产生的单边磁拉力和转子重量在轴承上产生的静摩擦力矩，一般能使转子处于静止状态。但采用滚动轴承的电动机，轴承静摩擦力矩很小，当气隙磁场在转子铁芯、压圈和钢丝箍中感应的涡流较大时，即使绕组开路，转子也会慢慢转动。此时应将转子堵住后再测量。若转子电压和电机噪声均正常，则表明转子无短路故障。

417. 连续运行的电动机是否会受潮？怎样防止高温、高湿场所的闲置电动机受潮？

连续运行的电动机，由于其绕组的铜损和铁芯的铁损会引起发热，电机本身的温度大大超过环境温度，潮气不易侵入，所以电动机不会受潮，并且绕组中的潮气还会被驱逐出来。但是，如果电动机断续运行，则停车后容易受潮。

高温、高湿场所使用的电动机，一旦停止运行，其绕组绝缘就可能受潮，从而绕组的绝缘电阻下降。如果电机再次投入运行前，对其绕组不进行干燥处理，则绕组绝缘将被击穿，造成电机烧毁事故。

为了避免发生这种事故，对于短期闲置的电机，可使其铁芯和绕组温度高出环境温度 5℃ 左右。这样，即使电机处于高温、高湿环境，绕组也不会凝结水气而受潮。为此，当电机闲置时，可在其

绕组中通入电流，利用铜损耗产生的热量来加热绕组绝缘和铁芯，使绕组和铁芯的温度高于环境温度。

往绕组中通电时，电压可为额定电压的 5% ~ 10%。例如，380 V 电动机，可通入 20 ~ 40 V 交流电压。通电干燥时间与施加电压的高低、电动机容量大小和绕组受潮程度有关。通常，施加的电压越低、电动机的容量越大、绕组受潮越严重，通电时间越长。这种通入低电压烘干绕组的方法，特别适用于小型 380 V 电动机。

418. 怎样利用无功补偿电容器对电动机进行预热防潮？

当电动机在温度较高的环境中运行时，由于电动机本身发热，可以排除内部的潮气。但是，停机时，潮气容易渗入绕组，使绕组绝缘受潮。因此，对于高温场所常开常停的电动机，在停机时进行预热防潮是很有必要的。通常，采用无功补偿电容器来直接对电动机进行预热防潮，预热时可按图 3-227 接线，预热所需的功率和预热电流的计算方法如下。

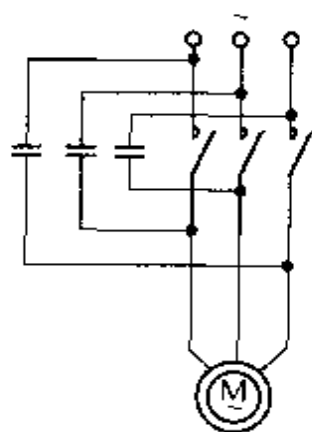


图 3-227 利用电容器对电动机预热防潮接线图

总预热功率 P_T 的计算式为

$$P_T = KP_M$$

式中 K ——单位预热功率（约 3~11 W/kW）；

P_M ——电动机的额定功率，kW。

预热电流 $I_{\text{预}}$ 可按下式计算：

$$I_{\text{预}} = \sqrt{\frac{P_T}{3R_K}}$$

式中 R_K ——预热时的短路有效电阻， $R_K = Z_K \cos\varphi_k$ ；

Z_K ——预热时的短路阻抗；

$\cos\varphi_k$ ——预热时的功率因数。

根据实践经验，预热电流 $I_{\text{预}} = (0.17 \sim 0.2) I_{\text{额定}}$ ，每相上的电容器电容取 $C \approx 14.5 \times I_{\text{预}}$ ， μF 。

419. 为什么要定期测量备用电动机的绕组绝缘电阻？

电动机绕组绝缘的好坏，主要取决于绝缘电阻的高低。因此，测量绕组的绝缘电阻，就可判断其绝缘是否良好，有无严重受潮和脏污情况，以及是否存在贯穿性导电通路。

备用电动机经常处于停用状态，其温度低于运行中的电动机，容易吸收空气中的水蒸气而受潮。同时，长期存放的电动机，其机壳和绕组上往往积聚一层灰尘（特别是金属粉尘危害更大）或其他脏物而降低绝缘能力，甚至一投入运行就发生接地、短路事故。为了在紧急情况下能将备用电动机立即投入正常运行，必须经常监视其绝缘情况。而定期测量绕组的绝缘电阻，则是监视其绝缘情况的有效手段。一旦发现绝缘电阻不符合要求，就立即进行清扫和干燥处理，使电动机经常处于良好待用状态。

420. 测量电动机绕组绝缘电阻的目的是什么？怎样测量？

测量电动机绕组绝缘电阻的目的是：检查绕组绝缘材料受潮和受污染的情况，以及绕组与机壳和三相绕组间是否短路，以保证电动机安全可靠地运行。

测量电动机绕组绝缘电阻的工具是兆欧表。根据所测绕组的不同额定电压，采用不同电压等级的兆欧表。例如，额定电压在 500 V 以下的电动机，采用 500 V 兆欧表来测量其绕组的绝缘电阻。

绕组绝缘电阻的测量，主要是测定绕组对机壳（对地）和绕组相互间的绝缘电阻。测量步骤如图 3-228 所示。测量时，如果各相绕组的首尾端都引出机壳外，则应断开各相之间的连接线，分别测量每相绕组对机壳的绝缘电阻，然后测量各相绕组之间的绝缘电阻。如果只有绕组的首端或尾端引出机壳外，则允许只测量所有绕组对机壳的绝缘电阻。而对于绕线式电动机，则应分别测量定、转子绕组的绝缘电阻。测量绕组绝缘电阻的方法如下：

将兆欧表上用来接地的一端与电动机的外壳相接，另一端依次与所测线圈相接，然后均匀地摇动兆欧表的手柄（摇动速度以120 r/min为宜），待指针稳定，读取的兆欧表示值，就是绕组对地的绝缘电阻。至于绕组相互间的绝缘电阻，可借助绕组的六个引出线接头来测量。测量时，将兆欧表的两端轮流地接到各相邻两绕组的引线接头上，逐次测量各相之间的绝缘电阻。

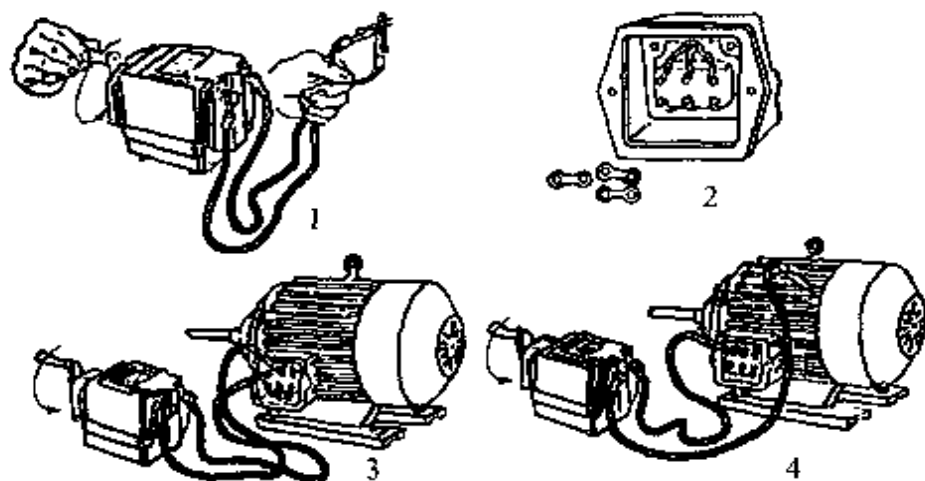


图 3 - 228 绕组绝缘电阻测量步骤

测量大型电动机的绝缘电阻时，为了判断高压绕组绝缘的干燥情况，应测定吸收比（也称吸收多数） K ，即读取兆欧表开始旋转第15 s时的绝缘电阻 r_{15} 和第60 s时的绝缘电阻 r_{60} ，则吸收比

$$K = \frac{r_{60}}{r_{15}}$$

通常，若 $K \geq 1.3$ ，可认为绕组绝缘干燥。否则，可判定绕组绝缘受潮。

一般来说，绕组绝缘电阻值越大越好。如果绝缘电阻为零，则表明绕组有短路故障；如果绝缘电阻不等于零，但其数值很小，也判为不合格。各类电动机绕组的绝缘电阻最小限值，在各自相应的产品标准（产品目录或产品说明书）中都有规定。通常，要求不小于下式求出的值：

$$r = \frac{U}{1000 + (P/100)}$$

式中 r ——绝缘电阻, $M\Omega$;

U ——绕组的额定电压或最高工作电压, V ;

P ——电动机的额定功率, kW 。

例如, 额定电压为 $380 V$ 、功率为 $10 kW$ 的三相异步电动机, 其绝缘电阻不得低于 $0.38 M\Omega$ 。

通常测得的电动机绝缘电阻是“冷态”绝缘电阻, 亦即是电动机不工作时的绝缘电阻。当电动机运行时, 绕组中通过电流总要发热, 造成电机温度增高, 而温度变化会影响电动机各部分的电阻, 绝缘电阻值将随温度的升高而减小, 所以要求一般中小型电动机的绝缘电阻在 $0.5 M\Omega$ 以上。

测量电动机绕组绝缘电阻应注意以下事项:

(1) 测量绕组绝缘电阻以前, 应将所测电动机的电源切断, 并短路放电 (约放电 3 min), 消除残存电荷, 以确保人身和仪表的安全。

(2) 应按电动机的额定电压选用相应电压等级的兆欧表 (表 3-54)

表 3-54 不同电压等级的电动机选用的兆欧表规格

| 电动机额定电压 | 兆欧表规格 |
|--------------|--------|
| 500 V 以下 | 500 V |
| 500 ~ 3000 V | 1000 V |
| 3000 V 及以上 | 2500 V |

(3) 测量前, 对兆欧表应做一次开路试验和短路试验。也就是说, 使兆欧表接线端开路, 摇动兆欧表的手柄, 观察指针是否指在“ ∞ ”处, 然后将两接线端短接一下, 观察指针是否指在“0”处。否则, 表明兆欧表有故障。对兆欧表做短路试验时, 表针指“0”后不得继续摇动手柄, 以免损坏兆欧表。

(4) 从兆欧表到所测电动机的引线, 应使用绝缘良好的单芯导线, 不得使用双股绝缘线或绞线; 两根连接线不得缠绕在一起, 并且, 所使用的导线表面应清洁、干燥, 以免造成测量误差。

(5) 摇动兆欧表手柄时，应保持一定的摇速，制造厂规定为 120 r/min，允许摇速在 $\pm 20\%$ 范围内变动，此时兆欧表的测量误差不会超过允许误差值。

(6) 对于额定电压为 3000 V 及以上的电动机，每次测量绝缘电阻后，应使绕组与机壳连接一段时间，即 1000 kW 以下的电动机不少于 15 s，1000 kW 以上的电动机不少于 1 min。

(7) 有时测得某电动机绕组绝缘电阻值很高，却并不一定表明该电动机的绝缘性能良好。例如，绕组绝缘老化或绝缘受机械损伤的电机，如果导线之间或导线与铁芯之间尚未形成短路故障，则用兆欧表测量其绝缘电阻值可能很高。这种故障经耐压试验便可发现。

(8) 测量工作一般由两人来完成。在兆欧表未停止转动和所测电动机绕组未短路放电之前，不得用手去触摸绕组和兆欧表的接线柱或进行拆除导线等工作，以免发生触电事故。

421. 一台 B 级绝缘的电动机，分别用三种不同电压 (500 V、1 kV、2.5 kV) 的兆欧表来测量其绝缘电阻，结果相差几百兆欧，为什么？

兆欧表的电压越高，测得的绝缘电阻值就越低。在高电压下绝缘电阻降低的原因是电机绕组绝缘有极化现象，电压越高，绝缘的吸收电流就越大。而吸收电流越大，所反映的绝缘电阻就越低。所以，有关规程规定，测量各种电气设备（其中包括电动机）的绝缘电阻时，必须使用相应电压等级的兆欧表。例如，测量 500 V 以下电动机的绝缘电阻时应使用 500 V 兆欧表，500 V 以上至 1000 V 的电动机应使用 1000 V 兆欧表，1000 V 以上的电动机应使用 2500 V 兆欧表，不可随意使用任一等级的兆欧表来测量。通常，测量电动机的绝缘电阻时，要记下所用兆欧表的电压等级。并且，为了判断电动机的绝缘是否良好，还要与历次的测量结果进行比较。所以，为了便于比较，对于同一台电动机，每次测量绝缘电阻时，应使用同一电压等级的兆欧表，严禁随意使用不同电压等级的兆欧表来测量，以免作出错误的判断。

422. 怎样判断电动机绕组的绝缘电阻是否合格？
绕组绝缘不良的原因是什么？怎样处理？

如果高压电动机定子绕组每千伏工作电压的绝缘电阻不低于 $1\text{ M}\Omega$ ， 380 V 鼠笼式电动机的定子绕组和绕线式电动机的转子绕组的绝缘电阻不低于 $0.5\text{ M}\Omega$ ，则可判定绕组的绝缘电阻合格。此外，运行中的电动机，其绕组的绝缘电阻合格与否，应与原始记录进行比较来判定。当电动机绕组的绝缘电阻较以前同样情况下（温度、电压、使用的兆欧表等级均相同）测得的绝缘电阻值降低 50% 以上，则认为绕组的绝缘电阻不合格。

通常， 380 V 电动机起动以前，应使用 500 V 兆欧表来测量其绕组绝缘电阻，只有测得的绝缘电阻值不低于 $0.5\text{ M}\Omega$ 才能起动。如果低于这一值，则说明绕组绝缘不良，可能发生绝缘击穿、绕组烧毁、人身触电等事故，因此该电动机不得投入运行。电动机绕组绝缘不良（电阻过低）一般是以下原因引起的，查明后可采取相应措施予以排除：

(1) 长期存放或处于备用状态的电动机，由于环境潮湿，水汽进入电机内部，或者室外通风道中的冷空气侵入电机内部，使绕组受潮，绝缘电阻降低。通常，可进行干燥处理来提高绕组绝缘电阻，恢复其绝缘性能。如果干燥后测试电机的绝缘电阻值仍未增高，则应通过试验来找出故障点和进行处理。

(2) 由于电机长期运行，绕组积尘太多，尤其是绕组上沉积导电性粉尘（例如集电环或电刷磨损下来的导电性粉尘落在绕组上），会使绝缘电阻大幅度降低。此时应拆开电机进行彻底清扫。

(3) 绕组绝缘存在薄弱环节，如所用绝缘材料的材质不良，厚度不够或嵌线时导线绝缘受到损伤，以致整机或某一相的绝缘电阻偏低。应调换合格的新绝缘材料，重新浸漆或重绕绕组。

(4) 电动机的引出线绝缘和接线盒中的接头绝缘损坏。可用绝缘胶带重新包扎损坏部位。

(5) 由于电机长期过载运行，发热量大，散热不良，绕组过热

而绝缘老化。可重新浸漆或重绕绕组。

(6) 接线胶木板炭化或击穿，应更换胶木板。

(7) 绕组绝缘受机械损伤或化学腐蚀导致绕组接地。可按 440 问所介绍的方法予以处理。

(8) 绕组绝缘自然老化，使用寿命接近终了。应重绕绕组和进行绝缘处理。

423. 绕组的绝缘电阻值很低甚至为零，怎样判断是绕组受潮还是绕组短路或接地？对一般受潮的绕组怎样进行干燥处理？

如果绕组的绝缘电阻值很低甚至为零，一般可按下述方法来判断是绕组受潮还是绕组短路或接地：用 500 V 兆欧表（对 380 V 电动机）测量绕组对地的绝缘电阻，如果测得的绝缘电阻值为零，则再用万用表的欧姆挡来测量，若测得的绝缘电阻值也为零，则可判为绕组短路或接地；若用万用表测得的绝缘电阻值不为零，则可判为绕组受潮。

表 3-55 电动机干燥浸漆工艺过程

| 工艺过程 | 绝缘等级 | 温度 (°C) | 时间 | 绝缘电阻 (MΩ) | 备注 |
|------|------|---------|----------------------------|-----------|--------|
| 预烘 | A | 110~120 | 绝缘电阻达到一定稳定值，不再增加（差值小于 10%） | 稳定 | 预烘必须彻底 |
| | E、B | 125~135 | | | |
| 浸漆 | A | 60~70 | 超过 15 min | | |
| | E、B | | | | |
| 滴干 | | 室温 | 超过 30 min | | |
| 干燥 | A | 100~120 | 12 h | 大于 2 | |
| | E、B | 125~135 | | | |

对一般受潮的电动机绕组可按下述方法进行干燥处理（必要时还进行浸漆）：

对绕组进行预烘，预烘的目的是排除绝缘物和铁芯中的水分、

潮气，预烘必须彻底，这是恢复绕组绝缘性能的关键。预烘的最低温度为 100℃，最高温度随电动机的绝缘等级而定。预烘时间原则上要保证绕组绝缘电阻达到一定稳定值，直到绝缘电阻值不再增加（差值小于 10%）为止。

如果预烘温度过低或预烘时间太短就急于浸漆，则绝缘电阻值不会增加多少。即使增加，由于潮气被绝缘漆包在里层，当电动机运行时，在电压的作用下，也容易产生电离作用而使绝缘加速损坏。同时，绕组产生的热量不易散发出来而影响电动机的散热，使其温升增高，从而缩短电机的使用寿命。

电动机预烘后是否需要浸漆处理，根据实际情况而定。电机的干燥、浸漆处理工艺如表 3-55 所示。

424. 为什么不宜使用试电笔来测试电动机定子绕组绝缘的好坏？怎样快速判断绕组绝缘是否良好？

大家知道，通电绕组和人体均存在一定的对地电容和泄漏电流，即使绝缘良好的电动机定子绕组，用试电笔来测试，试电笔的氖管也会发光。只有对地电容与泄漏电流所形成的回路电压低于氖管的起辉电压，氖管才不会发光。若定子绕组对地绝缘电阻很低，达不到规定值，而机座已通过某些金属件接地，则此时即使氖管接触机座，也会因接触点电压过低而不能发光。由此可见，使用试电笔测试定子绕组，不能反映绕组的实际绝缘情况的好坏。

500 V 以下低压电动机定子绕组的绝缘情况，一般应使用 500 V 兆欧表来检查。如果手头无绝缘检测仪器，又需要迅速判断电动机的绝缘情况，可使用信号灯大致进行判断。方法如下：

将一只 220 V 信号灯按图 3-229 接线。通电后，如果灯泡不亮，则表明绕组绝缘尚好，电机可以投入运行；如果灯泡的灯丝发红，则表明有漏电现象，绕组绝缘轻微损坏，在生产不能中断的情况下，若保护装置灵敏可靠，电动机可以暂时使用，但应加强监测；如果灯泡发光正常或很明亮，则表明绕组绝缘严重损坏或老化变脆，电动机不能使用，否则，将发生短路崩烧事故。

同理，虚线表示可检查电缆的绝缘情况。

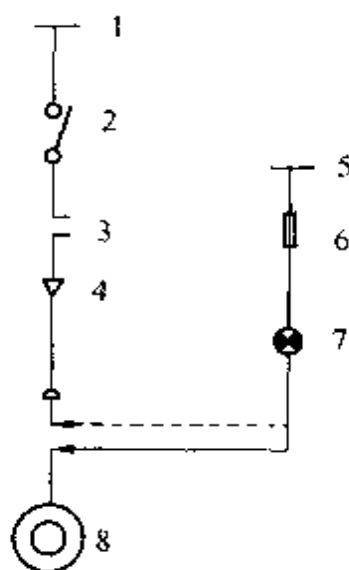


图 3-229 使用灯泡判断电动机绕组绝缘情况

1. 主母线；2. 闸刀；3. 接触器；4. 电缆；
5. 电源；6. 熔断器；7. 220 V 信号灯；8. 电动机

425. 油污造成电动机绕组绝缘电阻降低的原因是什么？ 怎样处理？

曾有一台 2.6 kW 电动机，其两相之间的绝缘电阻只有 0.1 MΩ，各相对地（机座）绝缘电阻都为 0.1~0.2 MΩ，槽口和引出线处都正常，无问题。

起初认为是电动机绕组受潮，所以曾长时间对绕组进行加热烘干，但绝缘电阻并未升高。经检查，电动机非负载端绕组中有较厚的油泥。这是电动机轴承的润滑脂甩出后，沾在定子绕组上，形成油泥，长时间腐蚀绕组和相间绝缘纸，使绝缘纸老化，造成相间绝缘电阻降低，所以在电动机的运行中要经常检查轴承的润滑脂是否甩出，检修电动机时要注意清除绕组上的油泥。

针对上述原因，用竹片（禁止用铁片）仔细将油泥刮出，各相对地绝缘电阻便立即升高到 0.75 MΩ 以上，但相间绝缘电阻中仍有两相为 0.1 MΩ。后来用一只 500 V 兆欧表测量绕组对相间绝缘

纸的绝缘电阻，一支表笔接有问题绕组的引出线，另一支表笔搭接在各相间绝缘纸上，绝缘纸处出现火花，这说明相间绝缘电阻低的原因是相间绝缘纸老化。随后加热绕组，使绕组绝缘软化后，用竹片撬开绕组端部，更换相间绝缘纸，重新绑扎、浸漆、烘干，相间绝缘电阻便升高到 $5\text{ M}\Omega$ 以上。

426. 电动机的绝缘老化的原因是什么？绝缘老化有何特征？

在电动机的长期运行中，其绝缘性能不可避免地会渐趋劣化，电动机的绝缘老化过程与热、电、机械和环境因素等密切相关。

(1) 热老化。在电动机的运行中，其绝缘结构（绝缘材料）因长期受热会产生各种物理和化学变化（如挥发、裂解、起层、龟裂等），结果绝缘变质劣化。通常，绝缘热老化速度与绝缘受热温度密切相关，温度越高，老化越快。此外，电动机反复启动和停机，负载急剧变化，绝缘结构也反复、急剧受到热循环作用，同时线圈绝缘也反复、急剧发生机械变形而疲劳损坏。

(2) 电老化。电动机绝缘结构的电老化主要表现为局部放电、漏电劣化和电腐蚀。局部放电的原因是：电机内部的电场分布不均匀；绝缘层内存在空隙和线圈与铁芯之间存在空隙，造成电场集中。局部放电在绝缘层内产生十分微细的树枝状放电途径，造成放电区域内的绝缘腐蚀，同时不断的放电使腐蚀孔加深，并且与其他空隙的桥接使劣化规模扩大，最终导致绝缘损坏。

所谓漏电劣化，是指在有电位差的绝缘表面上形成炭化电路（漏电路径），使绝缘结构丧失绝缘功能。当绝缘结构表面污染或附有异物时，有电位差的部分绝缘表面便产生泄漏电流而发热，使一部分绝缘材料分解而形成碳化物。

电腐蚀最常见的现象是电晕，电晕一般发生在高压绕组端部或线圈出槽口处，这也是局部电场集中引起的。

(3) 机械老化。主要表现为绝缘结构疲劳、出现裂纹、松弛、磨损等，这是电动机启动时的电磁力和热应力，运行中的振动和热循环等引起的。电动机启动时，电磁力在线圈绝缘内产生很大的应

力，在弯曲和挤压应力的反复作用下，线圈绝缘层往往产生疲劳甚至断裂。热老化引起绝缘收缩和绝缘层蠕变收缩而导致绝缘结构松动，造成线圈端部绝缘和槽内部分绝缘磨损。由于起动、停机以及负载变化的热循环，在线圈的绝缘层与导线之间因二者的热膨胀系数不同而产生热应力，导致绝缘与导线之间剥离而形成空隙，这些空隙又导致局部放电加剧和散热困难。

(4) 环境老化。主要表现为粉尘、油垢、盐分和其他腐蚀性物质对绝缘的污染和侵蚀，以及绝缘吸潮或表面凝露。这些因素导致绝缘电阻降低和介质损耗增加。随着电机老化程度的增高，绝缘对环境的敏感程度更加明显，此时环境因素对电动机的绝缘老化起催化剂作用。

电动机绝缘老化的特征是：由于吸潮、变质、污损而绝缘电阻降低、泄漏电流增加；由于绝缘层脱壳、剥落、龟裂而造成局部放电加剧。出现这些现象的结果，绝缘的电气性能变差，机械强度降低，剩余耐压水平下降，最终绝缘结构损坏。电动机绝缘老化的诸因素和产生的老化征象如表 3-56 所示。

表 3-56 电动机的绝缘老化因素和产生的老化征象

| 老化因素 | 表现形式 | 老化征象 |
|------|----------------|--------------------------------------|
| 热 | 连续 | 挥发、枯缩、化学变质、机械强度降低、散热性能变差 离层、龟裂、变形 |
| | 冷热循环 | |
| 电压 | 运行电压 | 局部放电腐蚀、表面漏电灼伤 树枝状放电 |
| | 冲击电压 | |
| 机械力 | 振动 | 磨损 离层、龟裂 离层、龟裂 |
| | 冲击 | |
| | 弯曲 | |
| 环境 | 吸潮 凝露 浸水 | 泄漏电流增大、形成表面漏电通道和炭化灼伤 |
| | 导电物质污损 | |
| | 油、药品污损 | 浸蚀和化学变质 |

427. 怎样判断绕组是否漏电？

绕组漏电有哪两种情况？怎样处理？

在电动机的正常负载下，如果电流表上的读数长期大于额定电流，电度表上示出的耗电量偏大，但无噪音和焦臭味，则可判定绕组漏电（图 3-230）。

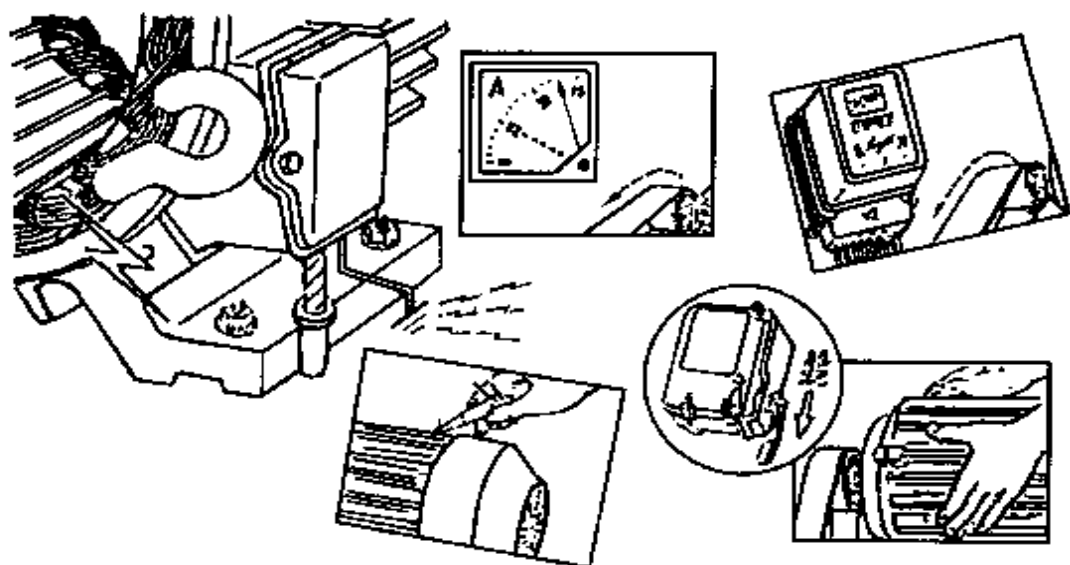


图 3 230 绕组漏电检查示意图

电动机的绕组漏电有以下两种情况：

(1) 绕组与外壳间漏电，此时拆下接地线，用试电笔测试电机外壳，会发现机壳带电。

(2) 绕组相间漏电，此时可拆下电动机的六个接线头，用兆欧表分别摇测 1、2 和 2、3 接线抽头。测得的绝缘电阻越小，则说明漏电越严重。通常，绕组漏电会使机壳严重发热。

绕组漏电是电机使用日久，绕组绝缘老化变质（焦脆），或绕组受潮，绝缘能力降低造成的。如果是绕组绝缘老化而造成漏电，则应重新进行绝缘处理（如浸漆）；如果是绕组受潮而漏电，则应将绕组进行烘干处理，排除其中的潮气。烘干后只有绝缘电阻测试合格，绕组才可重新使用。

428. 绕组匝间和相间绝缘击穿的原因是什么？ 怎样预防这两种绝缘击穿事故？

绕组匝间绝缘击穿的原因：

(1) 绕组端部固定不紧或浸渍处理不良，绝缘漆粘结不牢固，电动机运行时在电磁力作用下匝间绝缘相互摩擦，使导线外包绝缘产生小裂痕和局部损伤，最后形成绕组端部线匝间击穿。

(2) 嵌线时槽内导线排列不整齐或浸漆时绝缘漆未填满线匝之间的空间，造成匝间绝缘击穿。

(3) 槽满率较高、嵌线交叉、嵌线时将导线硬压入槽内划伤导线绝缘，导致匝间绝缘击穿。

(4) 绕组并联支路多，使槽内匝间电压升高，在电动机起动或正反转时，产生过电压击穿线圈匝间绝缘。

(5) 高压电动机线圈首尾匝未加强绝缘，过电压使绕组匝间电压分布不均，也会造成线圈匝间击穿。

(6) 绕组对地或相间发生击穿故障，造成线圈匝间绝缘击穿。

通常，可采取以下措施来防止匝间绝缘击穿：

(1) 嵌线前严格检查电磁线质量，不合格者不许使用。

(2) 保持合适的槽满率（一般为75%左右）。

(3) 浸漆时采用粘度合适的绝缘漆，并按操作规程对绕组进行浸漆，使绝缘漆填满槽内所有空间，使槽口与绕组端部形成坚实的整体。

(4) 加强线圈端部的固定。对大容量低压电动机，每个线圈端部要用绑扎带（或无纬玻璃丝带）半叠包扎一层，一直包到槽口处为止。嵌线后端部要用涤纶丝套管按工艺要求包扎。

(5) 对高压电动机的绕组首尾匝要加强绝缘，使用与电动机绝缘等级相同的涤纶带将首尾匝半叠包一层，以免受到过电压冲击时被击穿。

绕组相间绝缘击穿的原因：

(1) 槽内层间垫条宽度不够或垫偏。

(2) 端部相间三角垫放置不正确，如三角垫未接触铁芯根部，三角垫边缘未突出线圈边 3~5 mm。

(3) 引线焊接处有毛刺或绝缘包扎不严实。

(4) 绕组浸渍处理质量不良。

防止绕组相间绝缘击穿的措施有以下几项：

(1) 异相线圈端部的相间三角垫尺寸应正确，三角垫应放在铁芯根部，并与伸出槽口的槽绝缘重叠 5~10 mm。

(2) 槽内层间垫条宽度应合适。对于散嵌绕组，要求垫条能包住下层线圈，使上下层线圈隔离开。

(3) 应彻底清除连接线接头处残留的锡瘤和毛刺，焊接处包扎的绝缘厚度应不小于槽绝缘厚度。

(4) 嵌线时应严格遵守嵌线工艺规程，不得任意敲打导线。打入槽楔时，应先将槽楔端头削成圆弧，以免槽楔推入槽内时刮伤绝缘纸。

(5) 认真贯彻执行绕组浸渍处理工艺规程。

429. 绕组绝缘对地击穿的原因是什么？

怎样预防绕组绝缘对地击穿？

造成绕组绝缘对地击穿的原因是：

(1) 修理铁芯时留下毛刺，槽内有残余铁屑或锉槽时槽口被锉出毛刺，这些毛刺或铁屑刺破绕组绝缘造成对地击穿。

(2) 嵌线时，由于槽满率高，强行敲打绕组导线，使其绝缘破损或被毛刺刺破。

(3) 线圈轴向尺寸过大，造成线圈端部顶撞端盖，线圈被击穿；线圈尺寸过小，在槽口弯喇叭口时槽绝缘被槽口压破。

(4) 绝缘材质不佳（如绝缘材料过期、老化变脆），导线太硬，造成嵌线不合格，绝缘失效。

为了避免绕组发生对地击穿故障，可采取以下措施：

(1) 绕线前严格检查电磁线和绝缘材料的质量，不合格者不许使用。

(2) 制造合格的绕线模，使其尺寸符合要求。

(3) 嵌线前仔细清除槽内、槽口毛刺，并用压缩空气吹净槽内铁屑和其他脏物。

(4) 严格按工艺规程嵌线。

430. 电动机外壳有时带电的原因是什么？

(1) 带电体（如引出线）的绝缘老化或破裂，接线盒处的绝缘损伤而造成外壳带电。

(2) 设计不合理，带电体与外壳间的爬电距离小于 8 mm，绝缘质量差，从而发生漏电。

(3) 绕组绝缘老化对地击穿，绕组绝缘受潮损坏而碰壳。

(4) 绕组端部太长，碰擦端盖。

(5) 线槽的两端槽口绝缘损坏；导线松动、铁芯硅钢片未压紧或有尖刺等，电动机振动时擦伤导线。

(6) 线槽内有铁屑等杂物，嵌线时导线绝缘被擦伤或受到其他机械损伤而碰壳。

(7) 定、转子相擦，造成铁芯过热而烧焦槽楔和绝缘，导致线圈碰壳。

(8) 相线触及外壳；电源线与接地线搞错；接地线的接头毛刺与外壳相碰；接地线的接头脱落；接地线失效或接零的零线中断。

(9) 电动机长期过载运行，造成绕组绝缘老化龟裂，或者雷电击穿绕组绝缘而使绕组接地。

(10) 电源电压过高，电动机的绕组绝缘不能承受，造成绕组绝缘被高压击穿，或者绕组绝缘处理不当而造成漏电。

431. 电动机绕组上聚积灰尘或绕组内进入铁屑有何危害？怎样处理？

主要危害为：

(1) 造成绕组绝缘电阻下降，诱发击穿短路等故障。因为附着在绕组表面的灰尘容易吸收空气中的水分，从而降低绕组（尤其是

相间)的绝缘强度。如果灰尘中含有导电微粒,则对绕组绝缘的危害就更大。

(2)妨碍电动机内部通风散热,使电机的温升增高。由于聚积的灰尘影响通风,从而使绕组的散热能力降低,造成温升不正常升高,导致电动机的输出功率减小,甚至不能正常工作或烧毁。

清除的方法是:

(1)首先用干燥、清洁的压缩空气吹扫,为防止损伤绕组绝缘,压缩空气的压力应控制在 $0.2\sim 0.3\text{ MPa}$ 以内;然后用棕刷或其他软毛刷(严禁使用钢丝刷)刷除绕组表面和缝隙中的脏物,每刷一次,用压缩空气吹扫一次,直至绕组清洁为止;最后用清洁柔软的棉布将绕组表面擦拭干净。

(2)如果绕组缝隙中粘有粘度较大的油泥等脏物,则应使用四氯化碳或汽油与四氯化碳的混合溶液(配比为 $1:2$)进行清洗。清洗时要将绕组加热到 $40\sim 60^{\circ}\text{C}$,用上述溶液冲洗 $20\sim 30\text{ min}$,使脏物溶解后自行脱离绕组。如果冲洗后仍有脏物残留在绕组缝隙中,则应再次一边用溶液冲洗,一边用棕刷将脏物刷出。

必须指出,四氯化碳有毒,作业人员操作时必须戴口罩、手套和防护眼镜,工作结束应更换工作服和洗手。

如果电动机的定子绕组内进入铁屑,则在定子接通电源后,由于受磁性作用,铁屑会全部直立起来,造成转子与定子通过铁屑相擦,使电机温升增高,并降低电机的效率。定子内的铁屑可用下述方法清除:

拆下转子,在定子中通入 $1/3$ 额定电压,在磁场作用下,这些铁屑会像刺一样竖起,然后用压缩空气吹出。

432. 定子绕组线圈绝缘磨损或电腐蚀的原因是什么?

怎样处理?

(1)线圈与槽壁之间的间隙过大(指采用“模压”工艺的成型绕组)。可浸1032漆或树脂漆,将槽部空隙填满。

(2)槽楔松动。

①槽楔材质老化收缩。应更换槽楔（目前F级、B级绝缘的电动机，多采用3240环氧玻璃布板制作的槽楔，其物理、化学性能均较稳定，并具有较好的热稳定性）。

②槽楔下的垫条老化、松动。应更换垫条，重新放入槽楔。

③槽楔尺寸与铁芯配合不当。应重新选择合适尺寸的槽楔，使其与铁芯正确配合。

④整块磁性槽楔在电磁力作用下磨损。应改用磁性槽泥。

(3) 线圈外形尺寸超差。应按图纸重绕线圈。

(4) 防晕漆失效。可起出线圈，重新喷涂半导体防晕漆。

(5) 绝缘沾有油垢或粉尘。可清洗或吹扫绕组，除去绝缘上的油垢或粉尘。

433. 怎样根据绕组烧坏现象来分析判断绕组烧坏的原因？

(1) 绕组全烧。即绕组全部均匀烧黑，并且有时绕组端部和机壳边出现“白霜”。这是电动机过载运行或者所拖动的生产机械发生故障或卡住，电流显著增大而烧毁绕组。

(2) 绕组烧坏一相或两相。如4极24槽电动机的绕组共有12个极相组，若其中烧坏4个或8个极相组，其他极相组均完好，则烧坏的极相组都有规律地均匀分布。这是电机缺相运行所致，即电机运行中三相电源的一相熔体熔断或内部绕组一相断线。电动机一旦缺相运行，便有轻微的“嗡嗡”声，转速也略有降低。若经常有值班人员，可以及时发现电机的缺相运行故障；若无值班人员或不注意，电机缺相运行时间稍久，就可能烧坏绕组。一般来说，负载重就烧坏得快一些，负载轻就烧坏得慢一些。

(3) 烧坏一个线圈。这是匝间短路造成的。绕组短路故障是电动机的“绝症”，即使只有一匝短路，由于这一匝的电流大，也会影响周围线匝而引起多匝短路，最后该匝所在的线圈就会烧坏。有时相间短路，也会出现一个线圈烧坏现象。这是因为极相组间的跨接线绝缘不良，碰上其他相的绕组端部或其他跨接线，产生电弧高温而烧熔绕组端部很多根铜线，其特点是机座端部出现很多小铜

珠。此外，功率较大的电动机发生扫膛故障，机座端部也会出现小铜珠，但绕组端部则相当完好。

(4) 绕组端部因碰端盖而烧坏。这是绕组重绕时线圈绕得太大所致。

有时槽口绝缘剥落，多处接地，也会烧坏绕组，但这属于相间短路范畴。

434. 怎样保养电动机绕组的绝缘？

(1) 经常用蘸有汽油的清洁棉布擦拭绕组绝缘，或者用压缩空气吹扫，并每隔一定时间用干漆来浸渍（预防浸渍），因为干漆可以提高绕组对油、化学蒸汽和落在绝缘上的粉尘的稳定性。

(2) 如果电动机在恶劣的条件（过载、高温、潮湿、空气中含有粉尘、工作场所有酸碱物质或其气体）下运行，往往由于绕组绝缘损坏而丧失工作能力。但是，这种工作条件又不可能改善，在这种情况下，一般在电动机检修时加强绝缘，如在绕组上增添云母、玻璃纤维、玻璃-云母绝缘材料等，以提高绕组的耐热性和抗腐蚀能力，从而可保持电动机正常运行。

435. 绕组接地一般有哪两种情况？

怎样认识经久性接地的后果？

绕组接地一般有间歇性接地和经久性接地两种情况。间歇性接地是指绕组导线绝缘并未完全损坏，导线有时因机身振动而碰壳，碰壳后又因机身振动而暂时不碰。

经久性接地是指接地电弧持续存在，有关部分多数被烧断，其中最危险的情况是电机线路上并无适当保护装置而听任电弧长期存在。在这种情况下，碰铁（接地）故障会很快发展为匝间短路，甚至造成整个线圈都短路。此外，经久性接地所产生的电弧对铁芯也很不利，有时甚至将铁芯局部烧熔，若任其发展下去，可能将整块铁芯都烧坏。因此，将电机机座可靠接地，防止绕组出现经久性接地故障，对避免人身或设备事故是非常重要的。

436. 什么叫做定子绕组接地？绕组接地有何危害？
绕组接地的原因是什么？怎样检查？

三相异步电动机正常运行时，其机壳一般都接地，定子绕组与机壳之间是绝缘的，绝缘电阻在热状态下大于 $0.5\text{ M}\Omega$ 。如果绕组绝缘损坏，线圈导线与铁芯或机壳相碰，就叫做绕组接地。绕组接地与绕组短路是互相影响的，接地可发展为短路，短路也可发展为接地。

在电动机的运行中，如果其机壳接地不良或没有接地，由于电源（如发电机或变压器）的绕组中点通常是接地的（图 3-231），所以电动机某一相绕组在点 1 处绝缘损坏，点 1 与机壳 2 便相碰，机壳电位就等于点 1 的电位（带电）。人体未接触机壳之前，电流

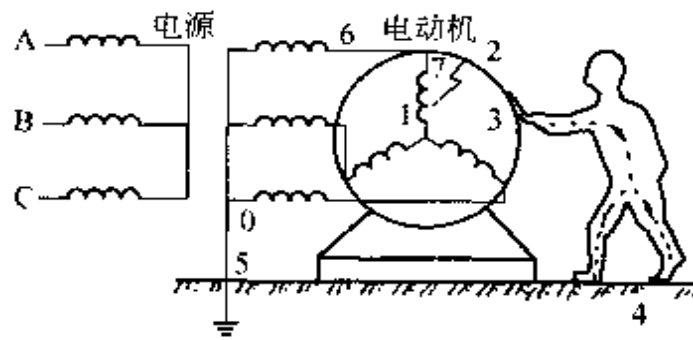


图 3-231 电源中点接地、相绝缘损坏、人身触电示意图

不成回路，电动机仍继续运行。一旦人体接触机壳，则人体、大地、电源、电动机绕组便构成回路（图 3-231），电流沿 1—2—3—4—5—0—6—7—1 的路径流通，形成回路，因而人身就触电。

如果电动机机壳良好接地，某一相绕组的导线绝缘损坏而碰机壳（图 3-232），则此时便构成 1—2—8—9—5—0—6—7—1 回路。由于该绕组的有效匝数减少，因此相电流增加，严重时可能烧坏绕组。如果两相绕组有两点接地，造成相间短路，则电动

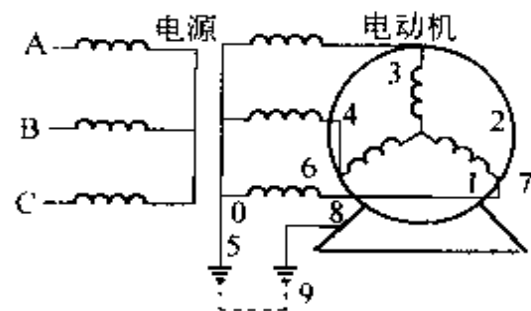


图 3-232 机壳接地时一相碰壳

机就不能工作。

绕组接地的原因很多，常见的有：

(1) 制造或检修时嵌线质量不高，从铁芯槽口线圈直线部分至端部转角处有急转弯，或槽口绝缘封卷不当，槽绝缘受压力而挤破；嵌线时用力过猛，不慎划破槽口处的绝缘，使线圈接地；竹楔与导线直接接触，竹楔受潮后绝缘下降而造成接地。

(2) 电动机机械加工质量不高，定、转子铁芯同心度低，造成定、转子铁芯相擦，或定子铁芯某一部分受摩擦产生高温，烧焦槽绝缘而接地。

(3) 电动机长期过载或高温运行，使槽绝缘烤焦、老化变脆，或者绕组严重受潮，因而槽绝缘被击穿而接地。

(4) 硅钢片未压紧或有尖刺，或者有松动的零件，将绕组绝缘刮伤或擦伤而造成短路接地。

(5) 电动机工作场所的空气中含有铁屑、煤屑、炭屑或其他导电粉尘，这些杂质进入电动机内部，沉积下来，日积月累，便构成导电通道，使带电部分接通机身不带电的金属部分，造成碰铁（接地）。特别是潮湿季节，这种接地故障更易发生。

(6) 有些工厂或农村的低压供电架空线路，往往未装避雷器，雷雨天受到雷击，一次可能有多台电动机受到接地破坏。

定子绕组接地故障可按以下方法检查：

(1) 兆欧表检查。一般根据电动机的电压等级来选择兆欧表，380 V 电动机可选用 500 V 兆欧表。测量时，兆欧表的一线 (L) 接绕组，另一线 (E) 接电动机金属外壳 (图 3-233a)。按每分钟 120 转的速度摇动兆欧表发电机手柄，兆欧表指针指“0”表明绕组接地。但由于兆欧表是高阻值测量仪表，指针指“0”不一定就表明绕组电阻值为 0Ω ，特别是指针在“0”处摆动时，可认为绕组尚有一定的电阻值。所以，究竟是绕组绝缘受潮还是故障击穿，测试者可按 442 问所介绍的方法来判断。

(2) 万用表检查。用万用表的 $R \times 10 \text{ k}\Omega$ 挡进行测量，方法同兆欧表。它可以较准确地确定绕组的金属性（直接）接地（电阻为

零) 和非金属性 (有很小的阻值) 接地。但是, 它很难区别绕组绝缘焦脆 (故障击穿) 或受潮引起的绝缘电阻下降。

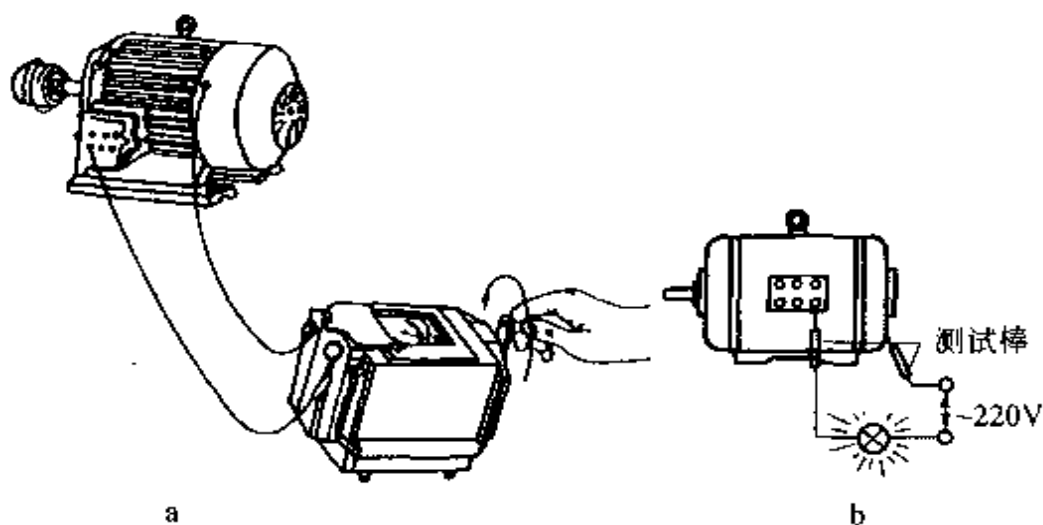


图 3-233 用兆欧表和试灯检查绕组接地故障

a. 兆欧表检查; b. 试灯检查

(3) 试灯检查。将两根测试棒分别接入绕组和机体金属部位, 灯亮说明绕组接地; 微亮说明绝缘击穿老化; 不亮则说明绝缘良好 (图 3-233b)。有时灯泡虽不亮, 但测试棒接触电动机时却出现火花, 这说明绕组绝缘尚未击穿, 只是严重受潮。有时, 用试灯检查, 还可根据绕组冒烟或出现火花的部位找出故障点。

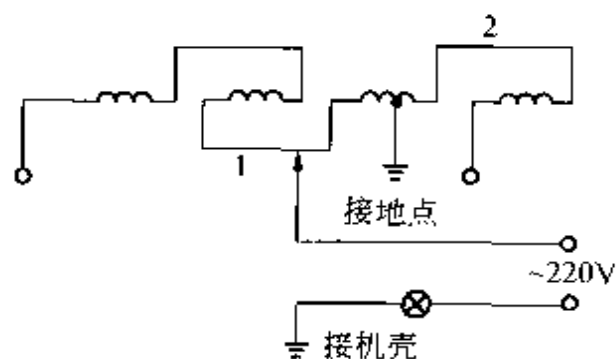


图 3-234 检查接地极相组示意图

图中 1、2 是对半分断检查的断开次序

对于绝缘击穿的绕组, 找出故障所在相后, 将电动机拆卸解体, 把接地相绕组对半分断, 查出接地的极相组 (图 3-234), 然后将接地极相组的每个线圈分开, 查出故障线圈, 酌情进行修理。

437. 怎样用分组淘汰法寻找电动机的故障线圈?

所谓分组淘汰法寻找电动机的故障线圈, 就是将故障相绕组分

成两半断开，把无故障的一半淘汰掉（不再进一步检测），把有故障的一半再分成两半断开，依次类推，逐步将故障点缩小到某一个极相组或某一个线圈的范围内。

(1) 接地故障点的寻找。

图 3 - 235 为四极三相异步电动机的一相绕组接线简图。如果绕组为单层链式绕组，并假定图中第 3 个线圈有接地故障，则采用分组淘汰法寻找接地线圈时，应先断开第 2 和第 3 个线圈之间的连接线（俗称过线），然后将兆欧表的 E 表笔接机座（例如插在螺孔中），L 表笔分别触及过线的两个断

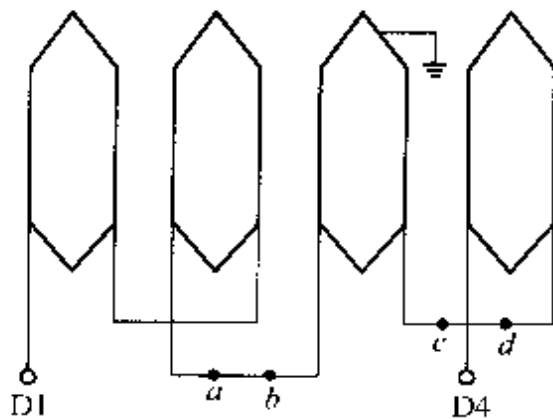


图 3 - 235 用分组淘汰法寻找定子绕组接地故障线圈

开的线头 a 和 b ，淘汰未接地的绕组，随后继续用分组淘汰法检查接地绕组。从图上可以判断，当兆欧表的 L 表笔触及线头 b 时，指针将迅速指零，这表明线圈 3 和线圈 4 中必有接地点。此时断开这两个线圈的过线，再用上述方法检查，最后接地点必然在线圈 3 中。寻找接地线圈和具体的故障点时，也可用校验灯代替兆欧表来检查（详见 436 问）。

(2) 相间短路故障点的寻找。在相间短路的两相绕组中，首先用分组淘汰法找出两相间短路的极相组或故障线圈，然后找出故障点。绕组相间短路大都发生在各极相组过线之间或绕组端部。如果过线之间短路，一般只要重新包缠好短路处的绝缘即可；如果绕组相间绝缘损坏或未垫妥，可按 443 问所介绍的方法进行处理。

(3) 内部断相故障点的寻找。如果某相绕组严重断路，也可用分组淘汰法查出断路线圈。检查时，可将该相绕组从中间断开（图 3 - 235），用兆欧表（或校验灯）分别测试 $D1-a$ 、 $D4-b$ 是否通路，淘汰通路部分，检测断路部分，直至找到断路线圈，然后按 455 问所介绍的方法进行处理。

438. 怎样判断绕组是否碰壳接地？

电动机运行时，如果发现其转速变慢，一相电流显著增加，而且一相熔体经常熔断，则可初步判定一相绕组碰壳接地（图 3-236）。如果两相绕组同时碰壳，则两相电流显著增加，熔体更容易熔断，甚至发生相间短路、绕组烧毁等事故。

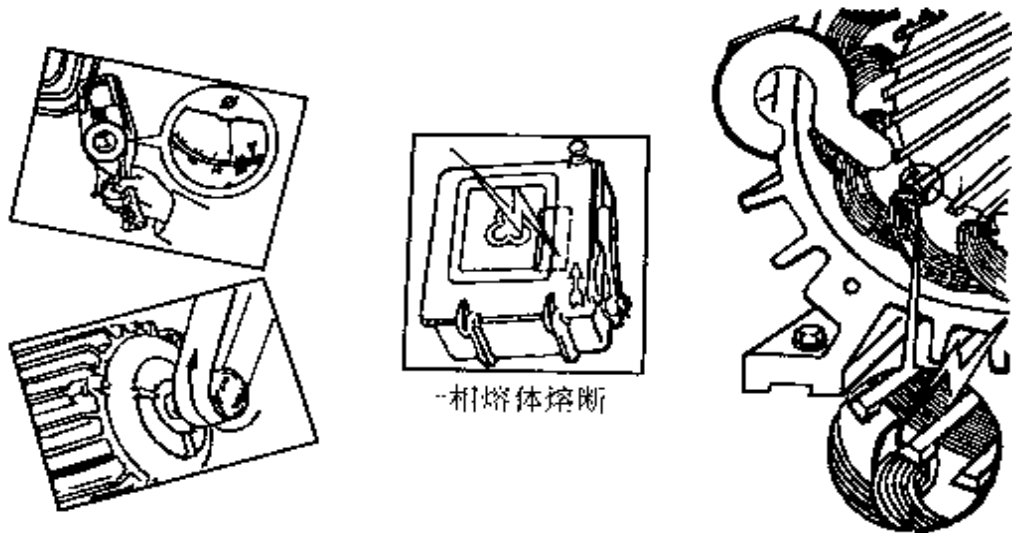


图 3-236 线圈碰壳接地

遇到这种故障，只要拆下接地线，用试电笔测试电机外壳，就会发现外壳带电；断开电动机的电源开关，用手触摸外壳，会感到外壳个别部位烫手。

绕组碰壳接地，是电动机使用日久或维护不良，或者检修不慎损坏个别绕组的绝缘层（绕组绝缘层损坏后与定子铁芯接触）等原因引起的。若故障点在定子线圈的外露部分，可视具体情况涂刷绝缘漆或用绝缘带缠绕。若故障点在线圈内部，则应更换线圈。

439. 定子绕组单相接地怎么办？

由于电动机定子绕组某一相的绝缘损坏而使导体与铁芯或外壳（机座）相通，称为定子绕组单相接地，或称绕组接壳。通常，接在不同电压系统的电动机，发生单相接地的情况也不同。以 380 V

低压电动机为例，若接在中性点接地系统内，其定子绕组一旦单相接地，则接地相电流显著增大，电动机振动，发出不正常声响，并且绕组发热，甚至绕组过热而损坏。

如果发生定子绕组单相接地故障，应迅速切断电源，立即从以下几方面查找原因：

- (1) 绕组是否受潮。
- (2) 绕组是否长期过载或局部产生高温而使绝缘烧焦、脱落。
- (3) 电机制造和修理时是否留有隐患，如嵌线时擦伤导线绝缘、槽绝缘发生位移、掉入金属粉末等。
- (4) 铁芯硅钢片是否松动，有无尖刺割伤硅钢片之间的绝缘。

有时绕组单相接地易发展成两相短路而烧毁电动机。因此，查明绕组单相接地原因后，应立即采取相应措施予以处理。

440. 定子绕组接地有哪几种情况？怎样处理？ 应注意哪些事项？

定子绕组接地有以下几种情况，可分别予以处理：

(1) 槽口接地。槽口接地一般有“虚接”和“实接”两种。为了查明虚接故障，可升高电压，将虚接部分击穿，根据火花和冒烟痕迹即可判定虚接部位。实接部位可根据放电烧焦的绝缘痕迹查出。

查明槽口接地部位后，先将线圈加热到 130℃ 左右，使绝缘软化，然后用划线板或竹片撬开接地部位的绝缘，将接地或烧焦部位的绝缘清理干净，垫入新绝缘纸板，并涂上环氧树脂胶。

(2) 槽内接地。如果接地点在槽内，可在故障线圈线槽的槽楔上用毛刷刷上适量溶剂（其配方为丙酮 40%、甲苯 35% 和酒精 25%），约 0.5 h 后，绕组绝缘即软化，此时轻轻地抽出槽楔，用划线板将线圈的线匝一根一根地取出，直至取出有接地故障的导线为止，然后用绝缘带将绝缘损坏部位包好，再仔细地将线圈导线嵌回线槽。如果多根导线的绝缘损坏，处理后将线圈导线再嵌回槽内有困难，则可用同规格的电磁线取代损坏的导线，而匝数不变。对

于重要设备所使用的电动机，为了确保电动机可靠运行，可调换绕组，但修理费用较高。

(3) 双层绕组线圈接地。如果竹楔受潮、油污和槽下绝缘垫偏，均会引起双层绕组的上层边对铁槽发生接地。处理的方法是：先将线圈加热到 130°C 左右，剔除接地线圈上的槽楔，将故障线圈的上层边抬起槽口，把新绝缘纸垫入槽内，同时检查故障点的匝间绝缘是否损伤。若已损伤，应予以修复。处理完毕，将上层边嵌入槽内，折合槽绝缘，打入槽楔。

双层绕组下层边对地击穿时，可采用局部换线法或穿线法修复。

(4) 整个绕组受潮。如果发现整个绕组都受潮，首先应将绕组预烘，然后浇上绝缘漆并烘干，直到绕组对地绝缘电阻超过 $0.5\text{ M}\Omega$ 为止。如果绕组严重受潮，绕组绝缘大部分老化焦脆而脱落，且接地点又较多，则应把整机绕组拆下，调换新绕组。

(5) 硅钢片突出。有时铁芯槽内有一片或几片硅钢片突出，将绕组绝缘割破而造成接地。遇到这种情况，只要将突出的硅钢片敲去，将导线绝缘割破部位用绝缘带重新包好即可。

处理定子绕组接地故障，应注意以下几点：

(1) 熟悉定子绕组接地的原因和接地故障的检查方法。

(2) 熟悉所修电动机的定子接线、并联路数，以及对定子绕组通入低压电源或采用其他热源加热的方法，使绕组绝缘软化，以便于修理。

(3) 熟悉利用分段淘汰法检查接地点（图 3-237a）。

(4) 熟悉槽口部位对地绝缘击穿故障，以及垫入绝缘的修复方法（图 3-237b）和翻起上层绕组（指绕组为双层绕组时）修复对地击穿的方法（图 3-237c）。

(5) 熟悉绕组修复后应满足的嵌线外观质量要求。

(6) 绕组绝缘对地击穿修复后，做耐压试验时如果发现新的击穿点，则是修复过程中损伤了邻近的绝缘。为此，在修理中应注意不得损伤绕组各处的绝缘，若有损伤，应立即修复。

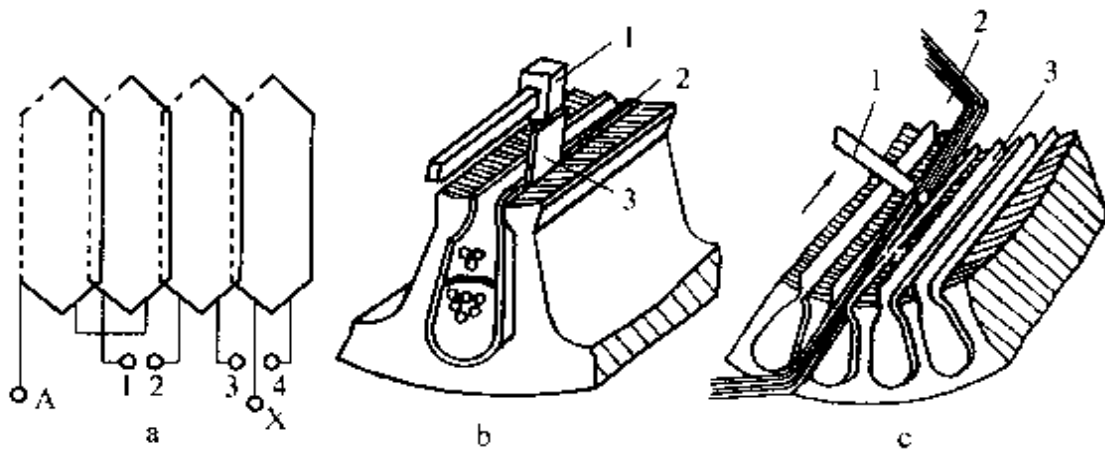


图 3-237 绕组接地故障检查和排除方法

a. 检查接地点；b. 垫绝缘（1 榔头；2. 槽绝缘；3. 划线板）；c. 翻出一半线圈（1. 划线板；2. 线圈；3. 槽绝缘）

(7) 将翻出的线圈重新装入槽内后，如果发现端部导线交叉或凸起，则应立即返工，将线圈导线按顺序依次嵌入槽内。否则，容易造成匝间短路故障。

441. 定子绕组短路有何危害？短路的原因是什么？ 怎样检查绕组短路故障？

定子绕组短路，是指绕组的线圈导线绝缘损坏，造成不应该相通的线匝直接相碰，构成一个低阻抗环路。绕组一旦短路，将造成定子的磁场分布不均匀，三相电流不平衡，从而使电动机的振动和噪音加剧，严重时电动机不能起动，在短路线圈中产生很大的短路电流，导致线圈迅速发热，甚至烧毁。

三相异步电动机的定子绕组短路故障分相间短路（两相绕组之间短路）、匝间短路（同一只线圈内导线之间短路）和极相组短路（同一个极相组的两根引出线间或线圈间短路），常见的是前两种短路，二者短路的原因和检查方法分述如下：

(1) 绕组相间短路。定子绕组发生相间短路的主要原因是：

- ①绕组端部相间绝缘没有垫好。
- ②线圈组之间的接线套管没有套好。

③绕组的引出线套管没有套好。

④双层绕组的层间绝缘没有垫好，以及套管材料不耐热或耐热性能差等。当电动机受热或受潮时，绝缘薄弱部位就会被击穿而出现相间短路现象。相间一旦发生短路故障，短路的绕组往往烧坏，短路点附近的绝缘被烤焦，电机发热或冒烟，熔体熔断。

检查相间短路故障的方法：

①观察法。拆开电动机，检查有无烧焦、烧断痕迹。如果未发现这些迹象，则短路可能发生在槽内。

②串灯法。如图 3-238 所示，拆开绕组端头，串入灯泡。如果灯泡不亮，则检查另外两相。检查另外两相时，如果灯泡亮，则表明两相之间发生了短路故障。找到短路相以后，可将短路相的线圈分成若干组，分组进行测试，直到找出短路线圈为止。

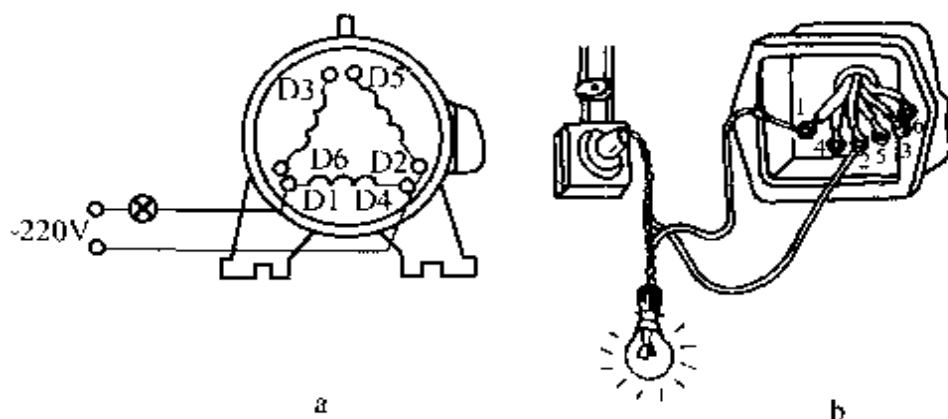


图 3-238 串灯法检查相间短路故障

a. 接线图；b. 示意图

③万用表（或兆欧表）法。用万用表（或兆欧表）进行测试，如果测得相间绝缘电阻接近于零或等于零，则表明两相已经短路。

(2) 绕组匝间短路。定子绕组发生匝间短路的主要原因是：

- ①电源电压太高，电动机的电流过大。
- ②绕组受潮，绝缘老化。
- ③线圈端部碰伤。
- ④绕制线圈时将导线绝缘擦破。
- ⑤线圈组之间的接线套管未套好等。

如果只有几匝线圈短路，电动机可以勉强起动，但是起动电流增大，三相电流不平衡，起动转矩减小，声音异常，电动机局部发热，甚至绕组烧坏。绕组因匝间短路而烧坏时，从其端部可以看出几匝或一组线圈烧焦的痕迹。

定子绕组发生匝间短路时，为什么线圈会烧焦呢？如图 3-239 所示，绕组发生匝间短路时，电流自线圈的 A 端流入，经线圈边 2、1、11 至短路点 X，经 13 由 B 端流出。同时，被短接的线圈 3 至线圈 12 内，由于切割旋转磁场而感应一个电压，所产生的电流经 3、X 和 12 而构成回路（如图 3-239 中虚线箭头所示），

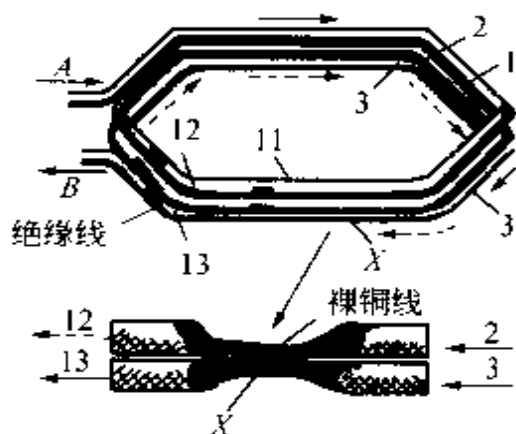


图 3-239 匝间短路示意图

此电流比正常时的电流大 2~10 倍甚至 10 倍以上，从而使该线圈迅速发热。由于热量来不及散发，因此线圈温度升高，既影响电动机的出力，又使外包绝缘老化，严重时甚至烧毁电动机。

匝间短路故障的检查：

①外表检查法。电动机停转后检查线圈有无焦痕或是否发出焦臭味，或者使电机空转 5~10 min，停机后立即卸下端盖，触摸哪个线圈烫手。

②短路侦察器法。这是检查线圈是否短路最简单最有效的方法（图 3-240）。短路侦察器实际上就是一个 H 形铁芯，其横轭上绕有许多线圈。测试时将它放在定子铁芯槽口上，使其铁芯与定子铁芯构成闭合磁路。短路侦察器接通电源后，就相当于一台变压器，其线圈相当于变压器的原绕组，定子槽内的线圈相当于变压器的副绕组。如果定子槽内无短路故障，则相当于变压器空载运行，短路侦察器中的电流较小；如果槽内线圈有短路故障，则相当于变压器二次短路，此时侦察器内的电流增大。因此，只要观察串接在短路侦察器线路中的电流表读数，便可判断定子有无故障。如果无仪

表，可将一小块薄铁片（或旧手锯条）放在被测线圈另一边所在的槽口上，若被测线圈有短路故障，则短路电流所产生的磁通便通过槽齿，使铁片（或手锯条）受到吸力而产生振动，并发出振动声。否则，铁片（或手锯条）就不振动。将侦察器沿定子槽依次移动，同时使铁片也相应地移动，并保持等距离，就可查明所有线圈是否短路。

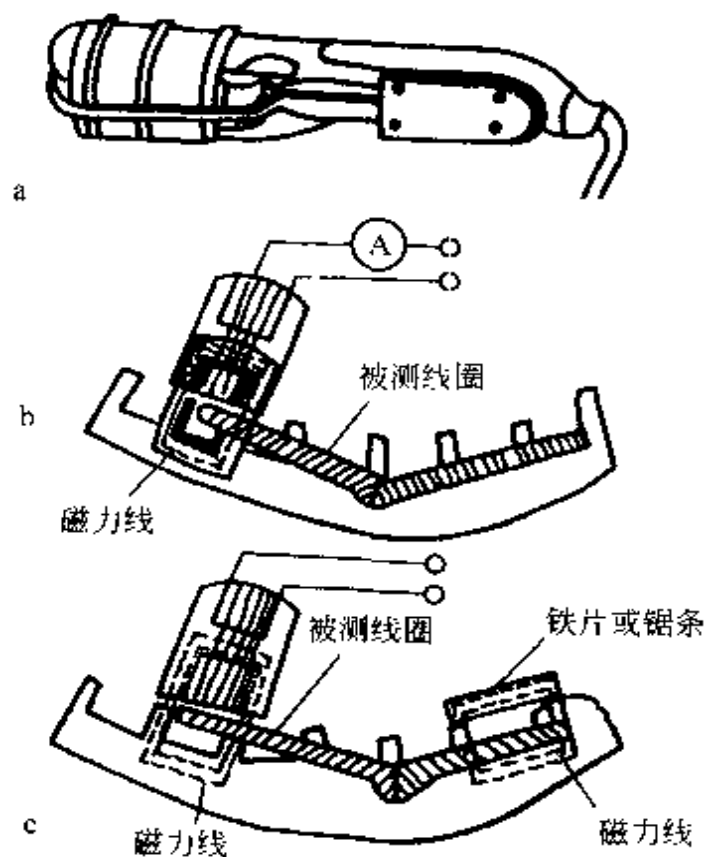


图 3-240 短路侦察器检查匝间短路故障

a. 短路侦察器外形；b. 用电流表检查；c. 用铁片或锯条检查

对于双层绕组，由于一个槽内有两个线圈边，必须检查每一线圈的另一边，即先将铁片（或手锯条）放在左面槽上，与侦察器所在槽相隔一个节距，再移到右面相隔一个节距的槽上各测一次。只有这样，才能测出短路线圈（详见 447 问）。

442. 有时用兆欧表测量电动机定子绕组的绝缘电阻，读数几乎接近于零，但电动机照常运行，为什么？

这种情况在现场测量电动机定子绕组的绝缘电阻时往往出现，其原因是绕组并未直接短路或接地，绝缘电阻也并不等于零，只是阻值很小。若用万用表电阻挡来测量，仍可获得读数。我们曾发现一台绕组绝缘电阻低至 $5\text{ k}\Omega$ 的电动机也在运行。经检查，主要是绕组受潮，并无其他故障。但该电机的机壳严重漏电，此时若有人触及是很危险的。所以，如果使用兆欧表测得电动机绕组的绝缘电阻为零或接近于零，就应怀疑测量结果是否准确，一般应使用万用表（电阻挡）再测试，并同时测量机壳的泄漏电流，以免作出错误判断而发生人身触电事故。

443. 怎样处理定子绕组短路故障？

(1) 如果短路发生在绕组端部或在槽口处，可将绕组加热软化，用划线板细心地撬开故障处的线圈，将预先准备好的绝缘纸予以衬垫，绑好端部，故障便可消除。

(2) 如果短路发生在槽内，对于单层绕组，应更换损坏的线圈；对于双层绕组，则是层间绝缘未垫好或被击穿，可将绕组加热软化，拆下上层线圈，重新垫上新的层间复合绝缘纸或绝缘胶布，再将上层线圈嵌入槽内，封好槽，并在绕组的一端浇入绝缘漆，使漆沿被修理的槽渗透到另一端，最后进行烘干处理，故障即可消除。

(3) 如果极相组间的连接线的绝缘套管未套好，套管未起绝缘作用而发生故障，也可将绕组加热软化，重新套上绝缘套管，或者用复合绝缘纸或绝缘胶布隔开。

(4) 如果同心式绕组的上层线圈损坏，可将绕组适当加热软化，完整地取出损坏的线圈，绕制一个相同规格的新线圈，嵌入原来的线槽中。

(5) 如果单层链式或交叉式绕组的线圈短路，可在拆除故障线

圈之后，将上面的线圈端部压下来填满空隙，另绕制一组与原线圈导线直径和匝数均相同的新线圈，从绕组表层嵌入原来的线槽内。

(6) 如果短路范围不大而又急需使用电动机，可采用跳接法（见 449 问）进行应急处理。但是，短路线圈经过跳接处理，电动机重新投入运行后，应减轻负载，并注意监视电机的运转情况。

(7) 如果绕组发生短路故障，经过检查，仅发现个别线圈损坏，需要更换。为了避免将其他线圈从槽内翻起时因不慎而损伤这些线圈，该损坏的线圈可不予更换，而采用穿绕修补法（见 448 问）予以处理。

444. 线圈端部短路，经检修故障仍未排除，怎样再行处理？

曾有一台 JO2-61-6 型、10 kW 三相异步电动机，系线圈端部短路，经某电工拆机检查、修理，通电起动时发现故障仍未排除。为此，又拆开电动机进行检查，发现原检修人员只对线圈过桥线的短路处进行绝缘处理，在交叠处插入了绝缘物，而没有对线圈组的连接线绝缘套管进行检查。这次检查中发现不仅绝缘套管本身破裂失去了绝缘作用，而且有的绝缘套管没有套到线圈接近直线部分处。针对这一情况，更换了破裂的该绝缘套管，并且将绕组加热到 80℃ 左右，使线圈绝缘软化，然后用划线板撬开引线处，将未到位的绝缘套管套到接近槽部（图 3-241）。经过这次再行处理，故障即排除，电动机起动运转正常。

445. 线圈端部的极相组间短路和双层线圈层间短路怎么办？

(1) 线圈端部的极相组间短路。这是施焊时焊锡掉在线圈端部极相组间的三角形绝缘垫上，冷却后形成锡瘤或毛刺，刺破绝缘垫，或者焊锡将绝缘垫烧焦，使相间绝缘垫局部失去绝缘作用而被击穿，从而造成极相组间短路。处理方法是：先将线圈加热，软化绝缘，然后用划线板或竹片撬开线圈组之间的线圈，重新插入新绝缘垫，并涂刷绝缘漆。

(2) 双层线圈层间短路。双层线圈上下层之间的短路故障，是

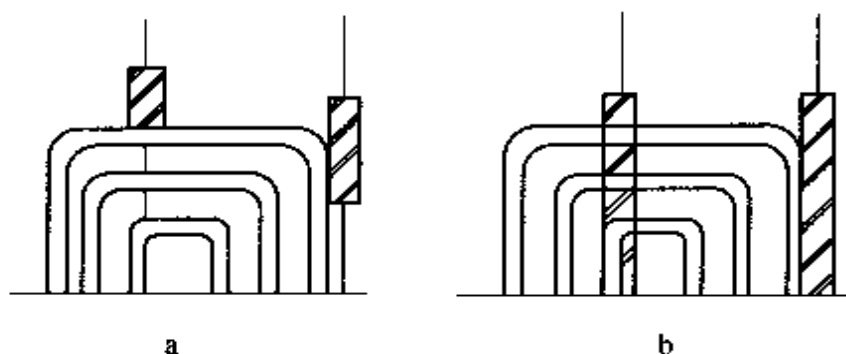


图 3-241 线圈引出线的绝缘套管检修方法

a. 绝缘套管位置不正确；b. 绝缘套管位置正确

层间绝缘材质不佳、层间绝缘垫条尺寸不当、层间绝缘垫条垫偏或移位等原因造成的。此时主要是消除槽内上下层之间的短路故障或上下层线圈本身的匝间短路故障。处理方法是：先将线圈加热到 130°C 左右，剔除故障线圈上的槽楔，将故障线圈的上层边抬出槽口，把新绝缘纸垫入槽内，同时检查故障点的匝间绝缘是否损伤。若已损伤，则应予以修复。处理完毕，将上层边嵌入槽内，折合槽绝缘，打入槽楔。

双层绕组下层边对地击穿时，可采用局部换线法或穿线法修复。

如果拆下线圈进行绝缘包扎处理，则在处理后应检查拆除过程中是否损伤线圈的匝间绝缘，检查时可使用图 3-242 所示的简易变压器装置（一般可自行改装），上轭铁可以开闭，套拆线圈比较方便。

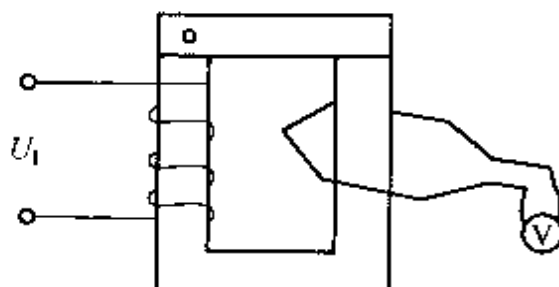


图 3-242 线圈匝间短路简易检查装置

446. 定子绕组端部线匝短路、绕组端部连接线或过桥线绝缘损伤引起绕组短路怎么办？

(1) 定子绕组端部线匝短路。这种短路故障是由于浸漆不良、线匝振动磨损绝缘造成的。采用压降法查明短路线圈后，为了快速找出线匝的短路点，可首先在该相线圈中通入单相低电压，并将交流电压表接在短路线圈的两端，然后用划线板或竹片轻轻撬动短路线圈的各线匝。若电压表指针突然指在正常电压值上，则表明划线板或竹片所撬动的该线匝有短路点（短路点已被划线板或竹片隔开），此时将绝缘垫板垫在短路处，再涂绝缘漆即可。

(2) 定子绕组端部连接线或过桥线绝缘损伤引起绕组短路。这是由于连接线的绝缘套管被压破，或者连接线的塑料套管在烘干后软化，不起绝缘作用，造成绕组短路。处理方法是使用划线板或竹片撬开连接线处，清理旧套管，然后套上新绝缘套管，或者用绝缘带包扎。

线圈之间的过桥线处，由于嵌线或整形不当，也会发生线圈短路故障。处理方法是将线圈加热软化，用划线板或竹片撬开过桥线处，增垫绝缘材料。

447. 三相异步电动机运行中突然异常振动，并有噪声，同时严重过热，怎么办？

如果双叠绕组三相异步电动机运行中突然异常振动，并有噪声和严重过热现象，但电源电压正常，同时轴承和转轴都完好无损，可判定是由于绕组短路而导致电动机发生异常振动和过热。一般可按图 3-243 进行检查。

在双叠绕组中，一个槽内嵌有不同线圈的两个边，要确定短路发生在哪一个线圈，应分别将铁片放在左边相隔一个节距的槽口和右边相隔一个节距的槽口上各试一下。当短路侦察器的线圈接通电源时，应先将侦察器放在铁芯上，使其磁路闭合。如果磁路不闭合，则侦察器的线圈中会产生很大的电流，时间稍长，线圈就会烧毁。

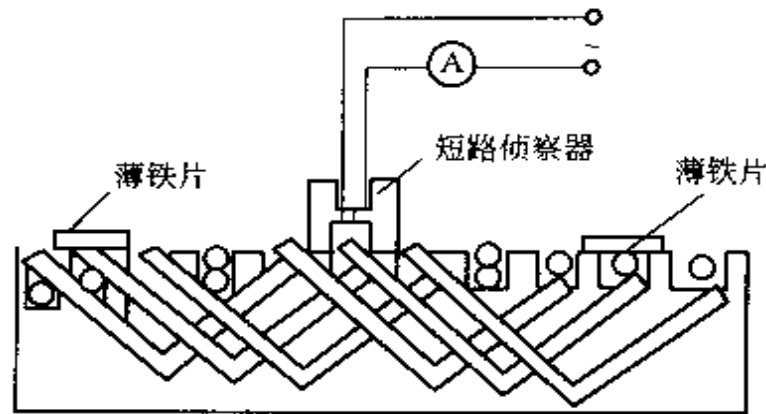


图 3-243 用短路侦察器检查双叠绕组短路故障

若双叠绕组的某个线圈存在短路故障，则检查时该线圈内将产生感应电流，铁片被槽口的磁性吸引而发生振动，并伴有“吱吱”响声。逐槽移动侦察器，并使铁片也相应地移动进行检查，即可查出短路线圈的位置。

如果短路线圈在下层，可将上层线圈轻轻地往上拉出槽外，然后进行相应处理。如果几匝导线间局部短路，绝缘损坏较严重，必须将短路的几匝导线在端部剪开，然后把故障线圈加热软化，将其抽出，把完好的线圈接通（按 449 问所介绍的方法进行跳接处理），电动机即可起动正常运转。

448. 定子绕组个别线圈损坏，怎样进行穿绕修补？

穿绕修补有何优点？

如果三相异步电动机的定子绕组个别线圈损坏，不宜用加强绝缘法或跳接法来修复，则可采用穿绕法进行修补。

(1) 先将绕组加热到 80°C 左右，线圈绝缘软化后，取出坏线圈上层边的槽楔，剪断坏线圈两端部，将端部导线分开理直，并刮去粗糙的绝缘物，用钳子把底层边的导线从槽底一根一根地抽出，同时把坏线圈上层边从槽口起出；接着清除槽中杂物，并将槽内吹扫干净，同时检查其他线圈是否受损，然后在损伤部位加垫绝缘。

(2) 穿线前，先做一个长度与槽绝缘相同的聚酯薄膜青壳纸半

圆筒，将其插入槽内作为新导线的槽绝缘；把直径稍大于导线的竹签打蜡后插入圆筒内作为假导线，竹签根数等于线圈匝数；新导线按坏线圈导线总长（加适当余量）剪断，从线圈导线总长的中点开始穿绕（图 3-244），有时只对下层边实施穿绕，而上层边则从槽口嵌入。

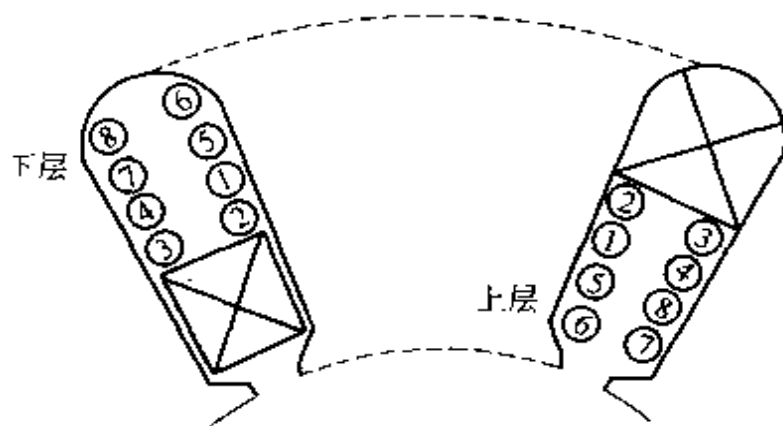


图 3-244 穿绕修补线圈

(3) 穿线时，导线的一端（左端）从下层边穿起，按下 1、上 2、下 3、上 4 的次序穿绕，而另一端（右端）则从上层边穿起，按上 5、下 6、上 7、下 8 的次序穿绕。穿绕时，可边抽出一根竹签（假导线），边穿入新导线。为了避免导线在槽内交叉，可将一半导线穿入置于纸筒的上半区（靠近上层边），而且先穿入线圈节距内侧靠近槽壁的导线，穿绕完一半后，把另一端穿入槽底的下半区。

(4) 如果新导线过长，也可将其截为两段，分别穿绕好后再在线圈端部连接。

(5) 穿绕完毕便进行接线和整形，并检查绝缘和进行必要的试验。如果绝缘良好，试验合格，就可进行浸漆和烘干处理。

穿绕修补比局部拆换线圈在质量上更为可靠。因为拆换线圈时，翻槽容易损坏相邻线圈的绝缘。所以，穿绕修补是一种省时、省工和省料的修理方法。但是，如果损坏的线圈较多，则不宜采用此法，而应全部拆换线圈。

449. 什么叫做跳接？跳接分为哪几种？
怎样进行跳接处理？

跳接（也称甩线圈）是将接地、短路或断路的故障线圈从绕组中切除的一种应急修理措施。跳接一般分为线圈跳接和线匝跳接两种。线圈跳接是在损坏的线圈故障点无法确定时，将该线圈从端部剪断（图 3-245a），把断点绝缘后用导线将该线圈原来的两个线头连接起来，使导线跳过这个故障线圈。

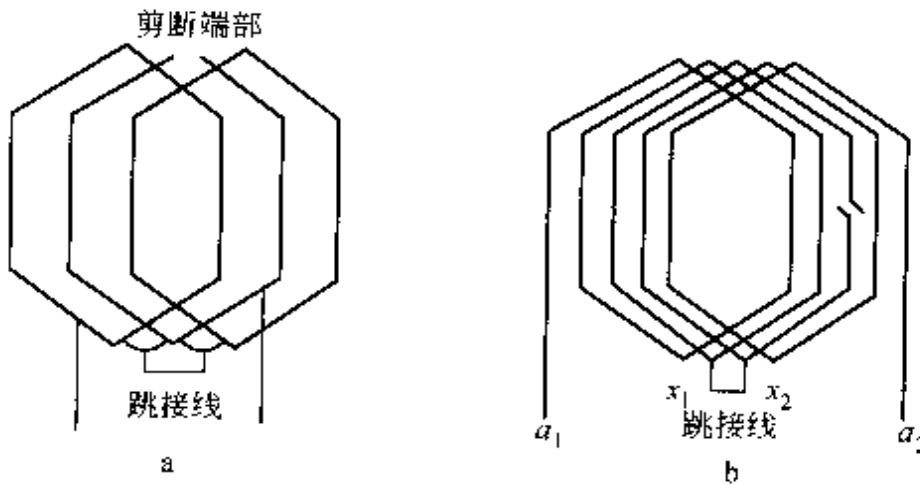


图 3-245 跳接法处理线圈故障示意图

a. 短路线圈的跳接；b. 开路线圈的跳接

如果绕组存在断路故障，仅查出故障线圈但找不到断裂点，则可进行线匝跳接处理。具体做法是：将断路线圈端部的线匝绝缘分几处刮开，找出如图 3-245b 所示的 x_1 、 x_2 互不相通的两点，但 x_1 与 a_1 、 x_2 与 a_2 必须分别相通，然后将 x_1 与 x_2 连接起来并包好绝缘。这样，就可跳过一些断路的线匝，并保证故障线圈有一定的匝数投入运行。为了减少被跳接的匝数，应多选几点进行测试，选其中阻值 R_x 最大者进行连接。

通常，发生短路故障的线圈，只能进行线圈跳接处理，不宜进行线匝跳接处理。而发生接地或断路故障的线圈，则既可进行线圈跳接处理，又可进行线匝跳接处理。但修理时应尽量进行线匝跳接处理。这样，可以较大限度地保留原绕组的运行性能。

跳接处理这一方法不适用于二极电动机，只适用于 Y 形接线、一路串联的非满载电动机。如果用于 Δ 形接线或并联的电动机，则跳接后会因三相不平衡或并联支路不平衡而产生环流。此外，进行跳接处理时，被跳接的线匝不宜超过 10%。

对故障线圈进行跳接处理应注意以下几点：

(1) 如果短路线圈在绕组的中心或接近中心，则拆除故障线圈后，只要将相邻两个线圈连接起来即可。如果短路线圈在一个相的两端，跳过时要注意它原来的连接线头，不得接错。图 3-246 示出一个相端线圈的正确接法。

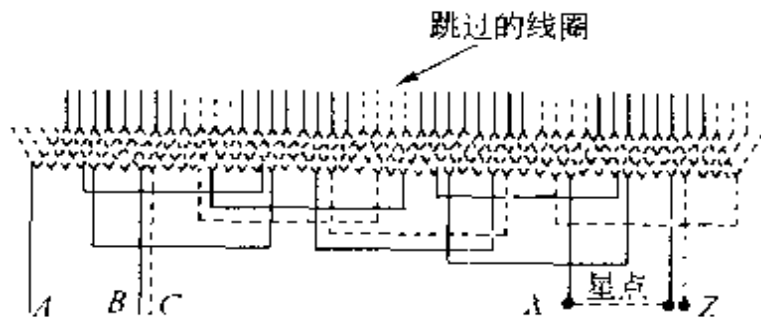


图 3-246 一个相端线圈的接法

(2) 如果短路线圈没有断路而绝缘材料已烧坏，则这个线圈必须取出。因为只把接线端拆去而不将故障线圈拆下来，则该线圈由于短路也会感应电流而发热，烧坏其邻近的线圈。

(3) 如果每一相有几只线圈烧毁而进行跳接处理，则应注意处理后有无足够的匝数，以免电流太大而发热。

(4) 拆除故障线圈时，要特别小心谨慎，不要损伤相邻的完好线圈。

450. 跳接处理故障线圈时应考虑哪些问题？

(1) 故障线圈跳接处理后，电动机能否继续正常运行。

(2) 跳接处理后，电动机的电流应控制在什么范围以内，电机的温升才不超限。

(3) 如果生产机械允许跳接处理后降低电动机的输出功率，则输出功率允许降低到什么程度。

为了回答上述问题，假设跳接处理后电动机的最大负载电流为 I_{\max} ，只要计算出来的 $I_{\max} < I_e$ （电动机铭牌上标出的额定电流），就可对电动机的故障线圈进行跳接处理。此外，设电动机在跳接处理以前的定子电流为 I_1 ， $I_1 < I_e$ ，只要满足这一条件，就可保证电动机跳接处理后能正常运行。下面举例说明。

例1 一台 JS117-4 型三相异步电动机，150 kW，额定电压 3 kV，额定电流 36 A。已知每相导线数为 24，定子槽数为 48，双层绕组，并联支路数为 1，空载电流为 10 A，有一只线圈对地击穿。为了满足生产急需，拟将此故障线圈进行跳接处理，跳接处理后电动机的空载电流为多少？最大负载电流 I_{\max} 是多大？已知此电动机在满载下运行，其实际定子电流 I_1 等于额定电流 I_e ，那么跳接处理后电动机的负载电流将超过额定电流，问超过多少？在不超过额定电流的条件下，如果将负载电流 I_2 控制在 35 A 左右，问定子电流 I_1 应是多少？

解 已知电动机的绕组为双层绕组，所以线圈总数等于电动机槽数或齿数，因此每相的线圈数为 $\frac{48}{3} = 16$ ，现在将故障线圈进行跳接处理，只剩下 15 只线圈，跳接处理后电动机的空载电流 I_{02} 为

$$I_{02} = 1.15 \left(\frac{16}{15} \right)^2 \times 10 = 13.08 \text{ (A)}$$

已知电动机的实际定子电流 I_1 为 36 A，所以最大负载电流 I_{\max} 为

$$\begin{aligned} I_{\max} &= \sqrt{(I_1^2 - I_{01}^2) + I_{02}^2} = \sqrt{(36^2 - 10^2) + 13.08^2} \\ &= 36.97 \text{ (A)} \text{ (已知 } I_e = 36 \text{ A)} \end{aligned}$$

可见，跳接处理后电动机的最大负载电流大于额定电流。为了使用这台电动机，应降低它的输出功率，即降低负载电流 I_2 ，例如将 I_2 降低到 35 A，此时电动机的定子电流 I_1 为

$$I_1 = \sqrt{I_2^2 + I_{01}^2 - I_{02}^2} = \sqrt{35^2 + 10^2 - 13.08^2} = 33.96 \text{ (A)}$$

因此，电动机运行时，只要控制其定子电流不超过 34 A，就

可保证最大负载电流在额定电流以内。也就是说，可以保证电动机不发热，能够正常运行。

例2 一台 JS115 - 6 型三相异步电动机，75 kW，额定电压 380 V，额定电流为 140 A，每槽导线数为 12，双层绕组，三路并联，空载电流为 36 A，定子槽数为 72，实测定子电流 I_1 为 120 A。现发现有一个线圈接地，拟将此故障线圈进行跳接处理，跳接处理后电动机的空载电流是多少？电动机能否带原负载继续正常运行？

解 由于定子绕组是双层绕组，所以每相线圈数为 $72/3 = 24$ ，但每相是三路并联，因此，每相每个并联支路的线圈数为 $24/3 = 8$ ，跳接处理后只剩下 7 只线圈，处理后电动机的空载电流为

$$I_{02} = 1.15\left(\frac{8}{7}\right)^2 \times 36 = 54.07(\text{A})$$

进行跳接处理时，为了保持各支路平衡，每相每支路都应跳过一个线圈，所以三相绕组共跳过 9 个线圈，并且应在定子内圆对应部位跳过线圈，以免各支路不对称而产生循环电流，烧毁电动机。

跳接处理后电动机的最大负载电流 I_{\max} 为

$$I_{\max} = \sqrt{(I_1^2 - I_{01}^2) + I_{02}^2} = \sqrt{(120^2 - 36^2) + 54.07^2} = 126.6(\text{A})$$

由于计算出的 I_{\max} 值比额定电流小，所以跳接处理后电动机能正常运行。

对于并联支路数为 1 的电动机绕组（见例 1），跳过某相线圈时，另外两相的相应线圈可以不跳接。实践表明，这种做法对电动机的运行没有明显影响。但是，进行跳接处理时，应将所切断线圈的切断处用绝缘材料包扎好（不切断故障线圈的端部不用包扎），因为短路线圈匝间还会感应出电动势而形成环流。

451. 怎样局部更换个别损坏的线圈？

(1) 若同心式绕组的上层线圈损坏，可将绕组加热到 80°C 左右，待绝缘软化，把上层线圈完整地拆出来，随后绕制一个规格相同的线圈，嵌入原来的位置即可。

(2) 若同心式绕组的底层线圈或双叠绕组的线圈损坏，可将绕

组适当加热软化，将损坏的线圈一端剪断，从另一端将线圈导线逐根地全部抽出槽外，然后垫好新的槽绝缘，用同规格但长度比原线圈导线长度稍大的新电磁线回旋地穿绕在原来的线圈槽内。当穿入适当线匝后，在导线上面用工具将其压紧，随后再继续穿绕。如果穿绕最后几匝有困难，可用比导线稍粗的竹棒疏通出空隙，继续穿绕，力争所穿绕的匝数与原匝数相等或接近。为便于穿绕到原有的匝数，可考虑选取绝缘等级稍高、截面积稍小的电磁线代替原导线。

(3) 若单层链式或交叉式绕组的线圈损坏，可在拆除故障线圈后，将位于上面的线圈端部压下来填满空隙，另绕制一组线径和匝数相同的线圈，从绕组表层嵌入原来的线槽内。为嵌放方便，新线圈的尺寸可适当更改，匝数可稍微减少。

452. 怎样制作短路侦察器？

短路侦察器是检修电动机常用的测试工具之一，实际上它就是一只简单的开口变压器，铁芯用 0.35~0.5 mm 厚的硅钢片冲成 H 或 n 形叠成（也可用废旧荧光灯镇流器的铁芯或小型变压器铁芯改制），两边用 1.5~2.0 mm 钢板压紧固定。图 3-247 是 H 形铁芯的尺寸示意图。为了做到一物两用，可将铁芯开口一端做成凸面圆弧，用以测试电动机定子绕组的短路故障；另一开口端做成凹面弧形，用以测试电动机转子笼条的断条故障。图中 a 是铁芯宽度，等于定子的齿宽； b 是铁芯窗口宽度，等于定子的一个或两个槽宽； c 是铁芯叠厚； h 是铁芯窗口高度。

短路侦察器铁芯数据的计算，分正规铁芯计算和废旧铁芯计算两种。

正规铁芯计算方法如下：

(1) 根据所测电动机的功率选择短路侦察器的铁芯截面积。如果截面积选得大一些，其功率也较大，使用

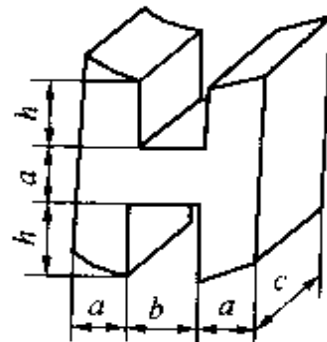


图 3-247 短路侦察器 H 形铁芯尺寸

效果会好些。但是，铁芯过大，就不能用来测试小型电动机，所以应视具体情况而定。如果有条件，最好制作几个大小不同的侦察器，以供检测不同功率电动机时使用。通常，若侦察器用来测试1~50 kW电动机，其铁芯截面积可为6.0~12.5 cm²；若用来测试50~500 kW电动机，则铁芯截面积可为13~40 cm²。如果利用废旧铁芯，可不受此限制。

$$\text{铁芯几何截面积 } S = \frac{S_H}{0.9} \quad (\text{cm}^2)$$

$$\text{铁芯叠厚 } c = \frac{S}{a}$$

式中 S_H ——铁芯净截面积，cm²；

a ——铁芯宽度，mm。

(2) 励磁线圈匝数

$$\omega = \frac{450000 U}{BS_H} \quad (\text{匝})$$

式中 U ——侦察器电源电压，V（通常使用220 V单相电源，也可使用36 V安全电压）；

B ——磁通密度，为保证侦察器有足够的灵敏度，此值不宜取得太低，一般可取1.3~1.4 T。

(3) 励磁线圈电流

$$I = \frac{0.64 S_H^2}{U} \quad (\text{A})$$

(4) 励磁线圈导线直径

$$d = 0.9\sqrt{I} \quad (\text{mm})$$

式中 I ——励磁线圈电流，A。

根据计算值选取接近的标准导线直径。

(5) 铁芯窗口面积

$$S_0 = bh \quad (\text{mm}^2)$$

式中 b ——铁芯窗口宽度，mm；

h ——铁芯窗口高度，mm（根据线圈厚度 h' 确定）。

$$h = \frac{d'\omega}{0.9 b/d'} + p \quad (\text{mm})$$

式中 d' ——导线（包括绝缘）直径，mm；

0.9——导线间空隙系数；

p ——绝缘纸厚度，一般取 5~8 mm。

废旧铁芯计算方法如下：

(1) 铁芯净截面积

$$S_H = 1.25 \sqrt{P} \quad (\text{cm}^2)$$

铁芯叠厚
$$c = \frac{S_H}{a} \quad (\text{mm})$$

式中 P ——短路侦察器功率，测试 1~30 kW 电动机， P 取 20~50 V·A，测试 30 kW 以上电动机， P 取 50~500 V·A；

a ——铁芯宽度，mm。

(2) 励磁线圈匝数

$$\omega = \frac{KU}{S_H} \quad (\text{匝})$$

式中 K ——常数，一般取 34~40；

U ——侦察器电源电压，V。

(3) 励磁线圈导线直径

$$d = 0.9 \sqrt{I} = 0.9 \sqrt{P/\bar{U}} \quad (\text{mm})$$

(4) 铁芯窗口面积

$$S_0 = bh \quad (\text{mm}^2)$$

453. 定子绕组断路有何现象？断路的原因是什么？

怎样检查绕组断路故障？

如果定子绕组是一路接线，则一相断路后，运行中的电动机仍可继续运转，但声音异常，电机发热，停机后不能再起动。如果定子绕组是二路并联，则一路中发生断线故障后，电动机轻载时可以起动，但转矩减小，转速降低，温度上升。

绕组发生断路故障的原因是：

- (1) 绕组接头松动或脱落而断开；
- (2) 绕组受到碰撞或承受机械应力而拉断；
- (3) 绕组严重短路而使线圈熔断；
- (4) 电动机引线由于绝缘磨损引起短路而烧断。

绕组断路故障大多发生在绕组的端部、各绕组元件的接头处或电动机引出线端等地点，因此，首先应检查这些部位。通常，可按以下方法来检查定子绕组断路故障：

(1) 灯泡检查法。检查那一相断路时，如果绕组是一路星形接线，可将电源的一端接在中性点上，而电源的另一端串联灯泡后，分别与三个引出线端相碰。若灯泡发光，则表明这一相没有断线。若灯泡不亮，则表明这一相已断线。如果绕组是两路星形接线或者是三角形接线，则应将引线的连接处全部拆开，分别检查断路相。

查出断路相以后，再将线圈组之间的连接线拆开，按上述方法一相一相地找出断路的线圈。

(2) 万用表或兆欧表检查法。如果绕组为星形接线，可用万用表（低阻挡）或兆欧表测量各点间的电阻。若测得 A、C 间的电阻小，A、B 和 B、C 间的电阻都是无穷大，则表明断路点在 B 相中。如果绕组为三角形接线，则测量前应将三相绕组的连接端拆开，然后分别测量各相电阻。

(3) 电流表检查法。将三相电流表串联接在电动机引线上，接通电源，使电机空载运行。如果三相电流不平衡，但无短路现象，则电流较小的一相绕组部分断路；然后用电桥测量直流电阻，如果某一相的电阻比其他两相的电阻大，则表明该相有部分断路。

454. 怎样判断绕组是否断线？

如图 3-248 所示，如果电动机运行时转速变慢，发出“吭吭”声，并发现一相无电，则可判定绕组断线（也可能是一相熔体熔断或开关设备一相触点未接通，造成电机缺相运行）。此时先断开电动机的开关设备，切断电源，然后用手触摸电机外壳，必然感到外

壳四周烫手。如果再合上开关，电动机很难起动，或者根本不能起动。

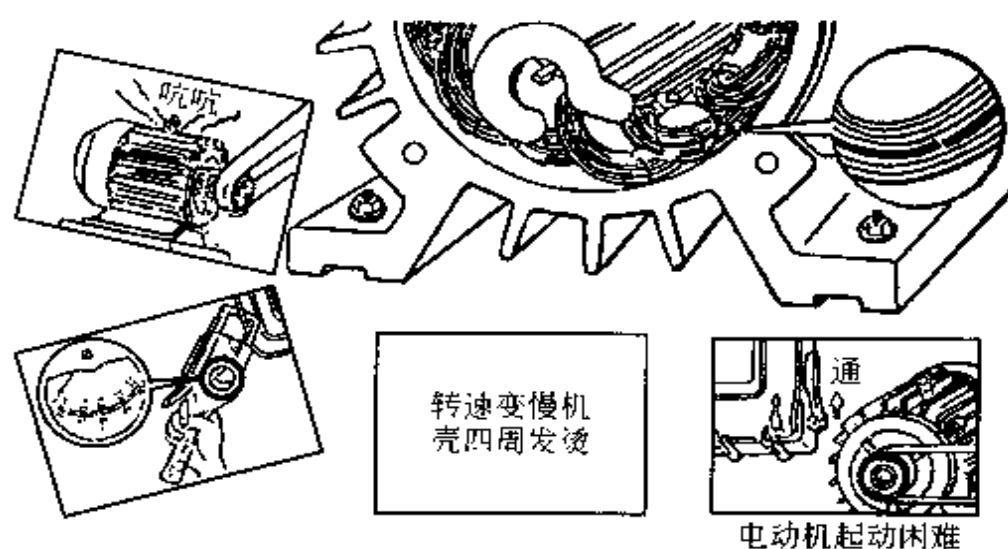


图 3 248 绕组断线故障

这种故障是线头连接不当或检修时不慎折断定子铁芯槽口处的线圈，或绕组碰壳接地等原因引起的。处理方法是：如果线圈断裂处在铁芯两端外露部位，则先进行焊接，然后恢复绝缘层；如果线圈断裂处在铁芯内部，则应更换绕组。

455. 怎样处理定子绕组断路故障？

(1) 如果绕组断路部位在铁芯槽外端，则可将断裂的导线重新连接并焊好，然后包扎绝缘（若导线是 2 根以上并绕，连接时应分清导线端头，否则，会引起电流增大）；如果绕组连接并头处焊接不良，则重新焊接即可。

(2) 如果绕组引出线断裂造成断路，则应更换引出线。

(3) 如果绕组断路部位在槽内，则应先将绕组加热到 $60 \sim 70^{\circ}\text{C}$ ，然后将故障线圈翻出槽外，放入一根合适的绝缘导线，将接头引至槽口以外的端部进行连接，焊接好之后包以绝缘带，最后在绝缘带上再包扎一层白纱带作为保护层，并在白纱带上涂刷风干绝缘漆。

(4) 对于焊接不良而脱焊的线头，可重新补焊。

(5) 如果电动机负荷较轻，且其线圈又是用多股导线绕制，则个别线圈的导线断股可不予处理。但断头处必须用绝缘材料包好隔开，以免电动机运行时因振动和其他原因，刺伤其他正常线圈而造成匝间短路或接地。

(6) 如果高压电动机绕组的导线断股故障发生在接头处，则应使用银焊重新焊接。若无法接长，则应调换备用线圈。若电动机急需使用，时间不允许，则可采取应急措施，切除故障线圈，使电动机暂时运行，事后列入计划检修。

(7) 有些低压电动机的绕组浸漆较多，槽内槽外部分都粘合成整体，取出故障线圈时容易损伤其他导线，检修中应特别予以注意。遇到这种情况，可采用临时办法处理，即将断股导线在两端剪断，用一根绝缘良好的导线穿越铁芯背部，将其两端连接起来。

(8) 如果绕组严重断路，需予以更换，而电机又急需使用，则可按 449 问所介绍的方法进行跳接处理。

(9) 如果是由于绕组匝间短路、接地故障而造成断路，则一般应更换绕组。

456. 多根导线并绕或多路并联的绕组断路怎么办？

通常，功率较大的电动机，其绕组大多采用多根导线并绕或多路并联，如果其中一根（或几根）导线或一个支路断路，一般可采用以下两种方法来检查：

(1) 电流平衡法。对于星形（Y）接线的电动机，可将三相绕组并联，通入低压大电流交流电（一般可采用单相交流弧焊机作为电源）。如果三相电流相差在 5% 以上，则电流小的一相为断路相（图 3-249a）；然后将断路相的并联支路拆开，逐路检查，直到查出断路相中的断路支路为止。

对于三角形（ Δ ）接线的电动机，可先将定子绕组的一个接点拆开，再逐相通入低压大电流交流电，测量其电流，其中电流小的一相即为断路相（图 3-249b）；然后将断路相的并联支路拆开，逐路检查，也直到查出断路相中的断路支路为止。

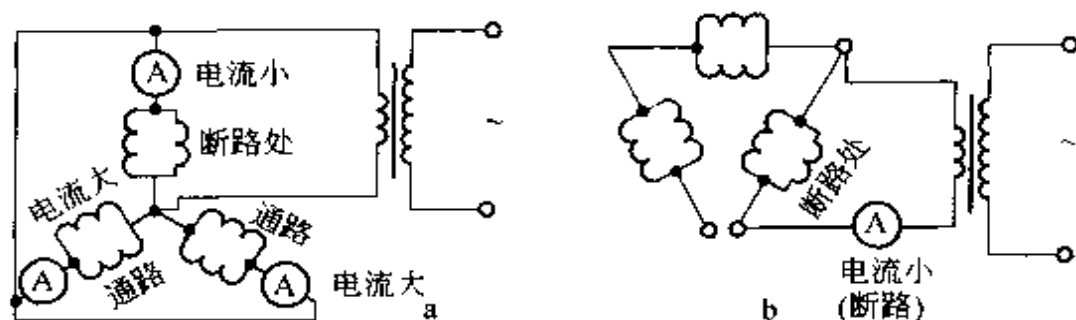


图 3-249 用电流平衡法检查绕组断路故障

a. Y接电动机; b. Δ 接电动机

(2) 电阻法。用双臂电桥测量三相绕组的电阻。如果三相绕组的电阻值相差在 5% 以上, 则电阻较大的一相绕组可能有断路故障。

457. 三相异步电动机发生断路故障时, 线圈端部一处烧断多根导线怎么办?

三相异步电动机一旦发生断路故障, 一般应拆开电机进行检查。检查时如果发现只有一个线圈的端部几根导线被烧断(图 3-250), 则表明是该处受潮造成绝缘强度降低, 或导线绝缘层碰破而出现短路故障等原因引起的。此时可进一步检查整个绕组。如果整个绕组的



图 3-250 线圈只有一处烧坏

绝缘良好, 无过热现象, 则将该线圈几根导线的断头连接起来, 线圈就可继续使用。如果由于电动机过热, 整个绕组的绝缘烧焦变色, 同时也有--处的几根导线烧断, 就不得将导线断头连接起来继续使用, 而应更换绕组。下面介绍在前一种情况下将线圈端部一处烧断的多根导线线头连接起来的方法。

首先将线圈端部烧断的几根导线的所有线头用划线板慢慢地撬起来, 然后将这个线圈的两个头剪断, 并将其抽出来(图 3-251), 数一下就知道烧断处有 6 个头, 再加上线圈的两上头, 一共

8 个头，这就表明该线圈烧断变成匝数不等的 4 个线圈（每两个头为一个线圈）。随后用万用表查出每个线圈的两个头，在不改变原绕组电流方向的条件下，将这 4 个线圈串联起来。串联时，应仔细测量，测出一个线圈后，



图 3-251 将线圈导线断头撮起来

将该线圈的两个头标上数字。通常，每个线圈左边的头用单数表示，右边的头用双数表示（图 3-252），线圈左边长头用 1 表示，线圈右边长头用 8 表示。接着进行测量，与头 1 相通的右边的头用 2 表示；任意将一个线圈左边的头命为 3，其右边的头定为 4；将一个线圈左边的头命为 5，其右边的头定为 6；剩下与 8 相通的最后一个线圈，其左边的头定为 7。4 个线圈共有 8 个头，1 和 2 是一个线圈，3 和 4 是一个线圈，5 和 6 是一个线圈，7 和 8 是一个线圈。检修时可将这 8 个线头分别穿上白布条，在布条上标明数字（切勿标错）。为了防止万一发生差错，接线前应再测量一次。只有确认无误，才可着手接线。如果线头不够长，可在一边的每个线头上接上一段导线，套上套管。接线时按 2 和 3、4 和 5、6 和 7 的顺序连接。具体接线方法如下：

第一步将线头 2 和线头 3 接好，套上套管，用万用表测量线头

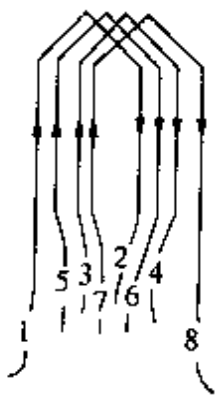


图 3-252 在撮起的导线断头处标上数字

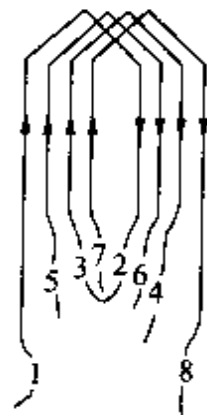


图 3-253 线头 2 与线头 3 相连接

1 和线头 4，如果表针指向 0Ω ，则表明接线正确；如果表针不动，则表明接线有误，此时应查明并消除发生差错的原因，至接线正确为止（图 3-253）。

第二步将线头 4 与线头 5 相连接，接好后用万用表测量线头 1 和线头 6，如果表针往 0Ω 方向摆动，则表明接线正确；如果表针不动，则表明接线有误（图 3-254）。

第三步将线头 6 与线头 7 相连接，接好后用万用表测量线头 1 和线头 8，如果表针往 0Ω 方向摆动，则表明接线正确（图 3-254a 和 b），然后将线头 1 和线头 8 分别接在原位置上。接线完毕，涂上绝缘漆，捆好接头，再进行烘干即可。

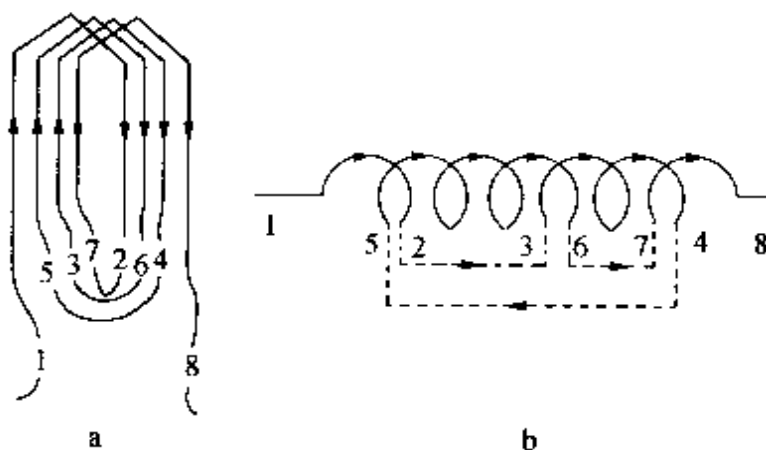


图 3-254 线头 4 与线头 5、线头 6 与线头 7 相连接

必须指出，连接线圈端部烧断的几根导线线头时，左边的线头应与右边的线头相连接。如果左边的线头与左边的线头或者右边的线头与右边的线头相连接，将造成流进流出该线圈的电流方向相反，线圈不能使用。如果一个线圈的头尾连接在一起，就构成一个短路线圈，通电试运转时该短路线圈将烧坏，造成整个绕组过热而烧毁。所以，查找线头、为线头命名和接线都要特别细心，做到不发生差错，一次修复，不再返工。

458. 怎样检查和处理定子绕组两根或三根导线断裂故障？

(1) 两根导线断裂。将两根导线割断，整个线圈被分割成三

段，有四个断头。同一线圈有效边内的两个断头分别标以 a 、 b 和 b' 、 c' （图 3-255）。不难看出，同一有效边内的断头 a 和 b 或 b' 和 c' 不可相接，否则，同一有效边导线内的电流方向就不一致。用万用表逐一探测任何两个断头，当探测到 b 和 b' 这两个断头时，

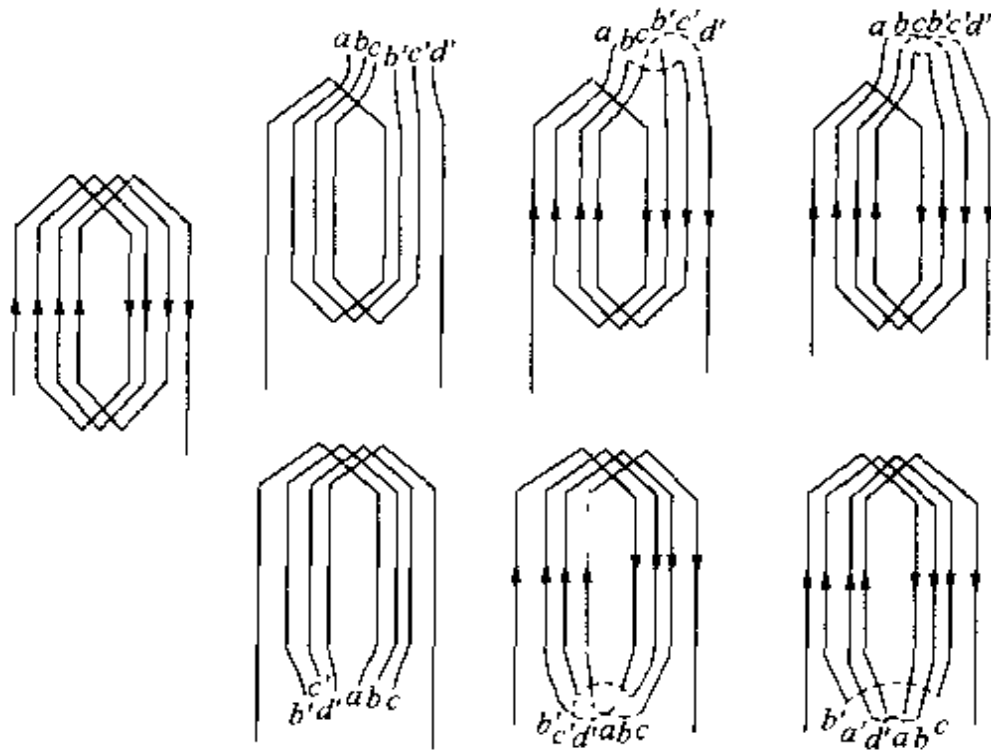


图 3-255 两根导线断裂的焊接

万用表会指示通路，这说明 b 和 b' 是同一段线圈的两个断头，不可连接，否则，这段线圈就构成闭合回路，与另一部分线圈不通。 a 和 c' 也不可连接，否则，线圈段 bb' 就不会接入电路。由此可见，断头 b 应与另一有效边的另一个断头 c' 相连接，断头 b' 应与断头 a 相连接，如图中虚线所示。

(2) 三根导线断裂。将三根导线割断，整个线圈被分割成四段，有六个断头。同一线圈有效边内的三个断头分别标以 a 、 b 、 c 和 b' 、 c' 、 d' （图 3-256），也不难看出，同一有效边内的断头 a 、 b 、 c 和 b' 、 c' 、 d' 不可连接。同样，用万用表逐一探测任何两个断头，当探测到 b 和 b' 两个断头或 c 和 c' 两个断头时，万用表都表示通路，这说明 b 与 b' 和 c 与 c' 都不可连接，同时还能探测出断

头 a 和 d' 与任何一个断头都不通，这说明它们分别是最前和最末的两段线圈的断头，它们也不可连接，否则，中间的两段线圈就不会接入电路。所以，断头 a 只可与断头 b' 或 c' 相连接。各断头的连接顺序有以下两种：① $a \rightarrow b'$ ， $b \rightarrow c'$ ， $c \rightarrow d'$ ；② $a \rightarrow c'$ ， $c \rightarrow b'$ ， $b \rightarrow d'$ 。以上连接如图中虚线所示。从两种接法的图中箭头所示电流方向可以看出，二者的效果完全相同。

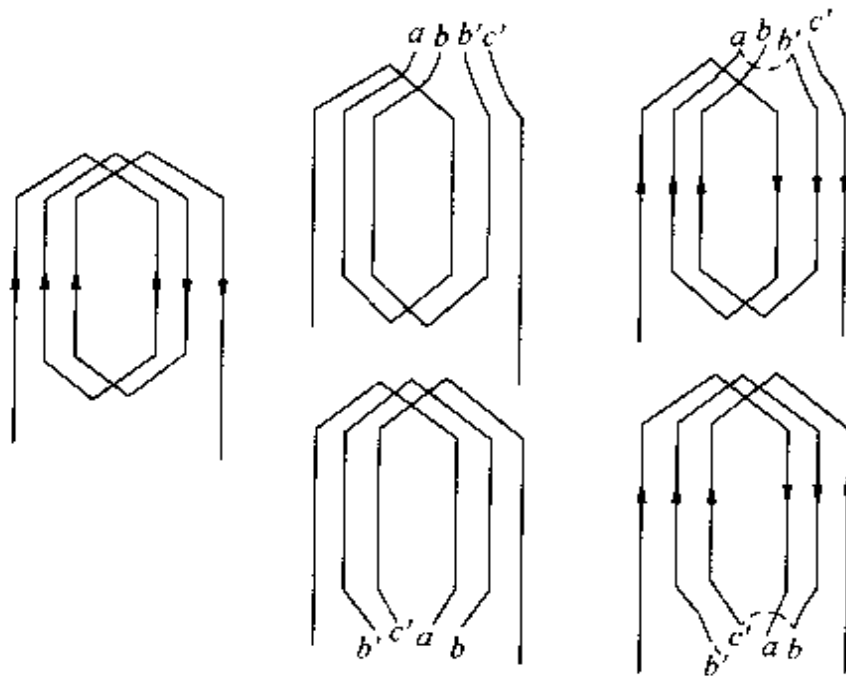


图 3-256 三根导线断裂的焊接

459. 绕组引出线和过桥线开焊、端部线圈或槽内导线烧断怎么办？

(1) 引线和过桥线开焊。如果查明是绕组引出线或线圈过桥线的焊接部位开焊，可先将开焊部位清理干净，并在待焊点附近的线圈上铺垫一层绝缘纸，以防止焊锡流入线圈而损伤线圈绝缘，然后进行补焊。

(2) 端部线圈烧断。如果查明端部线圈烧断一根或几根导线，可先将线圈加热到 130°C 左右，使其绝缘软化；然后用划线板或竹片将烧断的线匝撬起，查明每根导线的端头，将相同规格的导线接

在烧断的导线端点上，接着进行焊接，焊接后，包扎绝缘，涂刷绝缘漆。

(3) 槽内导线烧断。槽内导线烧断故障的处理与线圈接地或短路故障的处理方法相似，也需加热线圈，软化绝缘，剔除槽楔，从槽内抬起烧断的线圈，将烧断的线匝两端从端部剪断，把焊接点移于端部，避免线槽内过于“拥挤”；然后用相同规格的新导线焊接好，并在焊接处包好绝缘；最后将处理好的线匝嵌入槽内，垫好绝缘纸，打入槽楔，涂刷绝缘漆。

460. 怎样局部修理交流电动机的绕组？

(1) 将故障处的槽楔轻轻打出，能继续使用的槽楔予以擦净。

(2) 将半开口槽的线圈绝缘打开，按顺序提出线圈（若是整开口槽的线圈，可把整圈按原型提出）。

(3) 提出线圈时，应使用专用工具，不得使用电工钳或尖锐改锥来掀起线圈或导线。

(4) 根据提出的线圈的故障情况，焊接导线断口点或将导线露铜处用绢布带包好。

(5) 若修理绕线式转子，必要时可将绕组两端的钢丝拆除。

(6) 线圈修好后，按顺序装入槽内，将槽绝缘（根据电压等级决定）装好，打入槽楔，然后恢复原接线。

(7) 绕线式转子修好后，用适当的钢丝将绕组两端缠好，再用焊锡焊牢。

(8) 绕组的全部故障都消除后，涂上绝缘漆送干燥室，在85~110℃下干燥4~6 h。

(9) 干燥后，按规程规定进行试验，如果合格，即可投入运行。

461. 一台绕组为双层叠绕的低压电动机，由于突然碰壳，其定子某一槽内的线圈烧断数根铜线，线圈其余部分的绝缘均完好，怎样快速修复？

如果电动机突然碰壳，定子某一槽内的线圈烧断数根铜线，线

圈的绝缘未受到损伤，则只要将导线烧断处接好，电动机便可继续照常运转，绕组不必局部或全部拆开重绕。但槽内不许有接头。如果导线在槽内烧断，可将烧断处剪去一部分，使两个断头位于槽外，每两个断头之间改用一段新线放在槽内，新线两端在槽外与断头焊接（接头处用薄铜片包好）。接头接好未焊接前，应检查有无与整个绕组不通的部分。若有，应排除故障后再焊。如果槽衬烧坏，则应予以更换。焊接和更换槽衬后，初步试验若无故障，并且三相空载电流平衡，则进行浸漆和烘干处理。

462. 相绕组并联支路断路怎么办？

曾有一台 JO73-6 型、20 kW、380 V 三相异步电动机，额定电流为 40 A，并联支路数为 3，一直运行良好，未大修过。但突然三相空载电流变得极不平衡（分别为 40 A、26 A 和 13 A），而测量电机冷态时的相间和对地绝缘电阻，又符合要求，同时三相电源电压也基本平衡，并且电机无明显的振动和电磁噪声。

根据上述故障情况，可以判断其绕组不存在短路或接反现象，因为电动机未过热，也没有在大修中重绕绕组。经初步分析，造成该电机三相空载电流极不平衡的原因，可能是绕组存在局部断路故障。

通常，若电动机每相绕组有几条支路并联，其中一条或几条支路断路，则三相阻抗就不相等，从而三相电流不平衡。此时应停机检测三相电阻，如果电机继续运行，就会发生断相事故。

上述电动机每相绕组为三路并联，若有一条支路断路，则测得的该相电阻应是绕组完好时相电阻的 1.5 倍；若有两条支路断路，则测得的该相电阻应是绕组完好时相电阻的 3 倍。

根据已知的三相不平衡电流， $13 \times 3 = 39 \text{ A}$ ， $26 \times 1.5 = 39 \text{ A}$ ，均与 40 A 很接近，这说明三相绕组中有一相绕组的三条并联支路断一条，另一相绕组的三条并联支路断两条。测量三相绕组的直流电阻，测得的数值与分析结果基本相符。

经进一步查找每相绕组并联支路的断路处，又发现断路都发生

在接头处，将接头重新接好焊牢，三相空载电流不平衡这一故障便消失，将电动机接通电源重新投入运行，运转正常。

463. 三相异步电动机一相绕组的三匝线圈导线烧断怎么办？

如果三相异步电动机的绕组线圈中有多匝导线断线，修理时必须接线正确。否则，会导致线匝短路。

本问所提及的烧断一相绕组的三匝线圈导线，共有6个断头1、2、3、4、5、6（图3-257），可用万用表电阻挡查明哪些线头相通，然后分别连接起来。例如，查明线头2与3相通，4与5相通，1与A相通，6与B相通。连接时，一是1与2、3与4、5与6直接焊接起来，然后包扎绝缘；二是将断头1与4、2与5、3与6分别焊接起来（图3-257b）。两种连接方式的效果和作用均相同。但不可将断头1与6、2与5、3与4分别焊接起来，否则，会导致线匝短路。

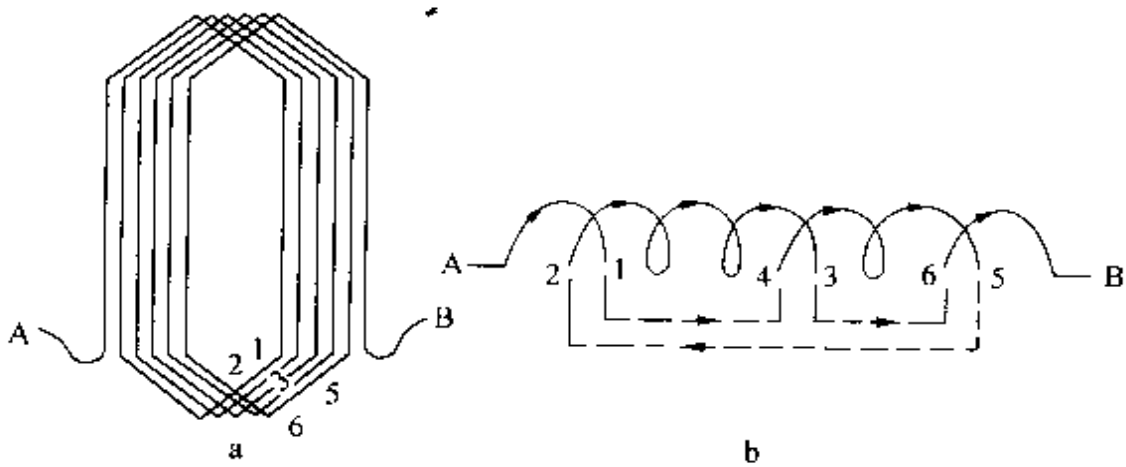


图3-257 多匝导线断线连接方法

如果断线太短，断头焊接有困难，则可按图3-258所示进行焊接。焊接前选一段直径与断线直径相同的导线，刮去其上的绝缘后涂上锡，作为断线的添加线头；选一段直径略小的铜导线，密绕成螺旋圈，再拉成螺距1mm左右的弹簧状，以使焊接时空隙填满锡；刮去断线两端的绝缘，在断线长的一端套上一段比螺旋圈外径略大的绝缘套管，然后将添加线头和断线两端分别插入螺旋圈内，

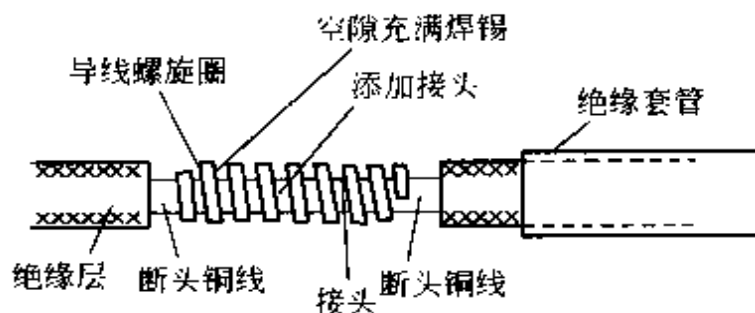


图 3-258 线圈断头连接方法

用钳子扎紧（图 3-258）。焊接时，使用电烙铁施焊，直至螺旋圈的空隙内充满焊锡为止，随后套上绝缘套管。如果没有绝缘套管，则用绝缘带包扎也可。这种修理方法，不仅能解决断头过短无法直接连接问题，而且还可使断头连接紧密、牢固。

464. 在电动机的使用和检修中常发生哪些接线错误？

(1) 将 Y 形接线错接成 Δ 形接线。图 3-259 是把 Y 形接线错接成 Δ 形接线，原来的相电压是 220 V，现在却成了 380 V，电压增大 $\sqrt{3}$ 倍，仅空载电流就可能超过额定电流，以致电动机绕组迅速发热而烧毁。

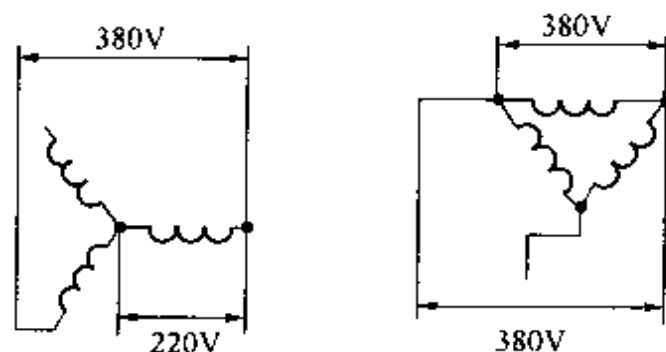


图 3-259 Y 接错接成 Δ 接

(2) 将 Δ 形接线错接成 Y 形接线。图 3-260 是把 Δ 形接线错接成 Y 形接线。这样，电源电压本来是 380 V，现在却成了 220 V，只有原电压的 58%，相当于电动机降低电压运行。此时电动机的

劲头（转矩）很小，一带负载电流就迅速增加，甚至被迫停止转动，结果不是熔体熔断就是绕组烧毁。但是，如果电机的负载不超过额定负载的 $1/2$ ，电流就不会过大，且功率因数反而提高。因此，可利用这种“大马拉小车”的特点，有意将 Δ 接改为 Y 接，使电动机降压运行，以提高功率因数和效率，节约电能（详见 400 问）。

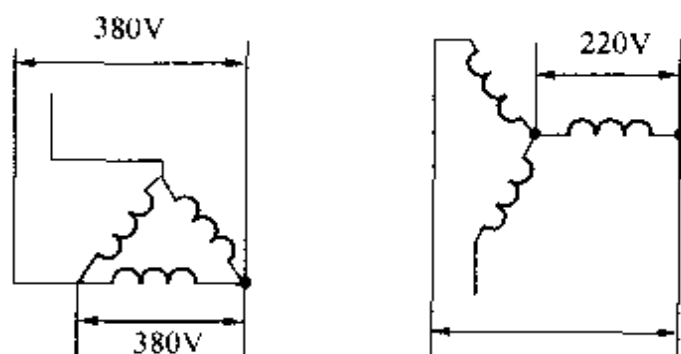


图 3-260 Δ 接错接成 Y 接

(3) Y 形接线时中性点没有并联。在 Y 形接线中，未将三相绕组的尾端 D4、D5、D6 连在一起（图 3-261），结果合上开关，电动机毫无动态（无反应）和响声，因为三相电源未接通，电动机自然不能起动。

(4) 一相的首端与尾端接反。J2、JO2 系列电动机的 6 个抽头中，D1、D2、D3（Y 系列电动机为 U1、V1、W1）分别为三相绕组的首端，D4、D5、D6（Y 系列电动机为 U2、V2、W2）则分别为三相绕组的尾端。如果把同一绕组的首端 D1 和尾端 D4（或 D2 和 D5、D3 和 D6）互相颠倒，则叫做一相接反。合闸时，由于定子绕组建立的不是对称旋转磁场，电动机产生强烈振动和沉闷的嗡嗡声，出现不能起动或转速不能上升现象，三相电流不平衡，绕组急剧发热，若不及时断开电源，时间稍长绕组就会烧毁。

(5) 零线当作火线（相线）使用。在三相四线制供电系统中，若错把零线当作火线（相线）使用，则通电后电动机绕组中的电压不是三相对称电压，结果其中有两相的电流过大。测试和计算都表

明，在同样的负载下，该两相的电流比正常时的电流要大1~2倍，即使在空载情况下，也往往达到额定电流值。当电动机满载运行时，由于两相电流迅速增大，电动机将异常发热或烧毁。

在电动机的检修中更换线圈时，由于绕组端部接线复杂，稍有疏忽，就会将极相组或个别线圈接错。一旦接错，电动机接通电源就不能起动，即使能起动，转速也不会正常，并且三相电流不相等，声音异常。极相组或个别线圈一般有以下几种常见的接线错误：

①电动机的少数极相组接错，造成电动机无法起动。

②极相组分组错误或少数线圈接反，造成三相电流不相等。

③有时极相组和线圈接线正确，但个别线圈嵌反，电动机虽能起动，但运转不正常。

极相组分组错误，在分数槽绕组电动机的接线中最易发生。如图3-262所示，实线为正确串联，虚线为错误连接（指在正常的显极接线情况下）。

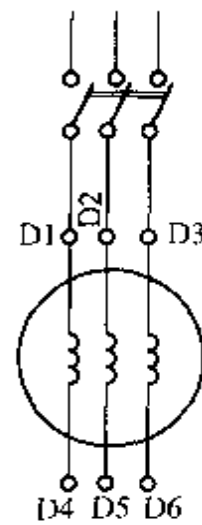


图3-261 Y接时中性点没有并联

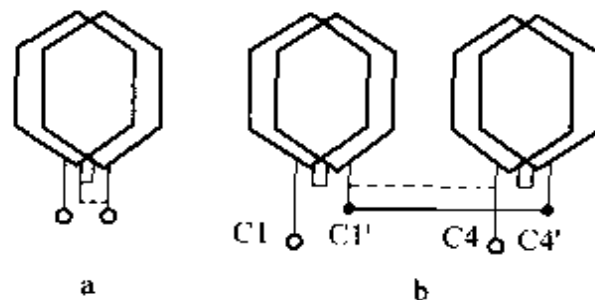


图3-262 线圈间和极相组间的串联接线

a. 线圈间串联接线；b. 极相组间串接接线

在电动机的检修中重绕更换线圈时，为了避免发生接线错误，可在绕制线圈时，将首端和末端套上不同颜色的塑料管，以便于识别。

465. 怎样检查三相异步电动机绕组接线错误?

(1) 指南针法。将一相绕组接到低压 (3~6 V) 直流电源 (蓄电池、干电池或低压整流器) 上, 把一指南针沿定子内圆周移动 (图 3-263)。如果绕组接线正确, 指南针依次经过每一极相组时就南北交替变化; 如果指南针经过某一极相组时, 指针摇摆不定, 则表明该极相组的线圈接反或嵌反。按照同样方法, 可依次测试三相绕组。

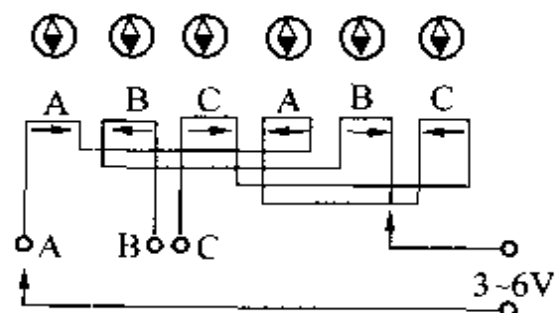


图 3-263 用指南针检查绕组接线

对于 Y 接绕组, 测试时不必拆开连接点, 只需将电源两端分别接到中性点和某一相绕组的出线端即可; 而对于 Δ 接绕组, 则必须拆开三相绕组的连接点, 再分别测试。

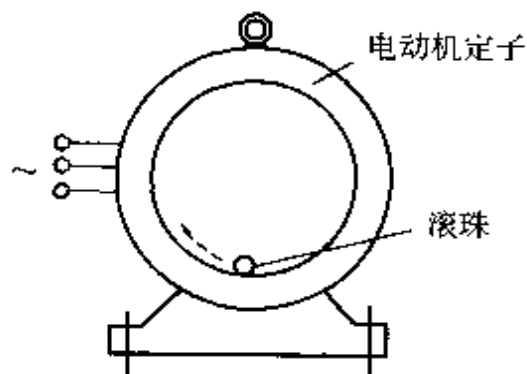


图 3-264 用滚珠法检查绕组接线

(2) 滚珠法。将电动机的转子抽出, 在定子铁芯腔内放一个滚珠 (即滚动轴承的滚珠), 往定子绕组中通入三相电流。如果绕组接线正确, 则三相电流产生的旋转磁场就会使滚珠沿定子铁芯内圆滚动 (图 3-264); 如果有接反的绕组, 则磁场错乱, 滚珠不会滚动或者反向滚动。必须指出, 这一试验的时间不宜过长, 以免烧

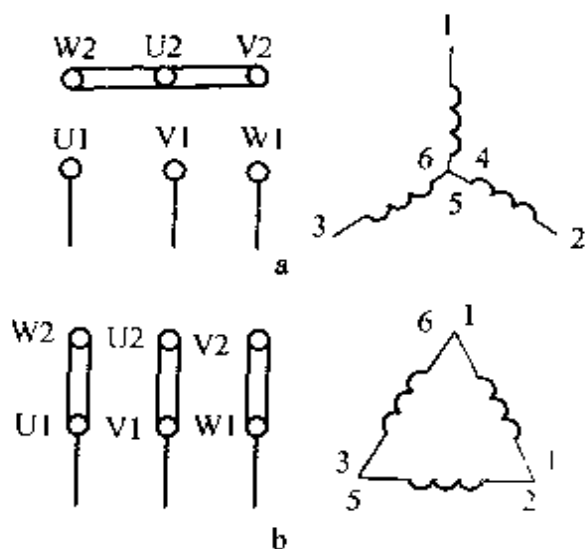


图 3-265 三相绕组的连接和接法

a 星形接法; b. 三角形接法

坏定子绕组。应用此法可以简便地查明定子绕组是否接错或嵌反，但不能确定哪个线圈或哪个绕组接错。

(3) 灯泡法。一般电动机的绕组有 6 个引出线端，每个线端上都标明绕组的符号（图 3-265）。如果符号不清楚或无标记，就易将相位接反（图 3-266）。在这种情况下，必须先判明绕组的首尾端。判断方法见 466 问。

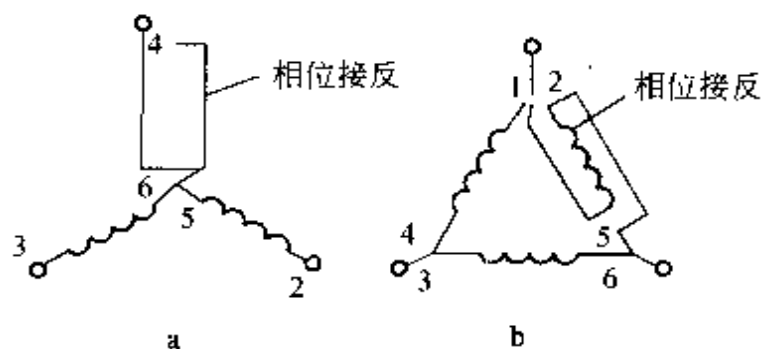


图 3-266 相位接反

a. 星形接法；b. 三角形接法

(4) 万用表法。将三相绕组接成 Y 形，其中任一相接上低压 36 V 交流电源（如街灯变压器），其余两相的出线端接上万用表 10 V 交流挡（图 3-267a），记下有无读数；然后改接成图 3-267b 的形式，再记下有无读数。若两次都无读数，则表明接线正确；若两次都有读数，则表明两次都没有接电源的那一相的首尾端颠倒；若两次中只有一次无读数，另一次有读数，则表明无读数的那一次接电源的一相颠倒。

如果没有 36 V 交流电源，则可用干电池作为电源，选万用表

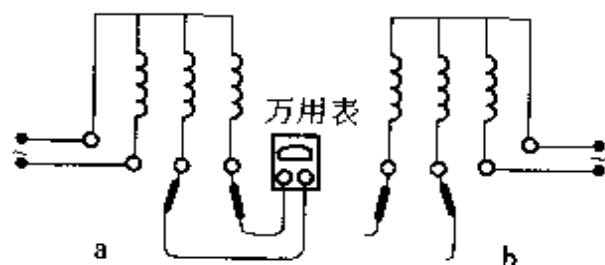


图 3-267 用万用表判别绕组首尾端

的 10 V 以下直流电压挡。一个引线端接在电池的正极，将另一引线端去触电池的负极。若电表指针摆动，则表明有读数；若电表指针不摆动，则表明无读数。判断绕组首尾端的方法见 466 问。

(5) 转向法。对于小型电动机，不用万用表也可判别绕组接法是否正确（图 3-268）。判别时，首先分清哪两个线头属于同一相，然后每相任取一个线头，将 3 个线头接成一点，并将该点接地；将 2 根 380 V 电源线分别顺序接在电动机的 2 个引线头上，观察电动机的旋转方向。若三次接上去，电动机转向都相同，则表明三相首尾接线正确；若三次接上去，电动机有两次反转，则表明参与过这两次反转的那一相的绕组接反。例如，第一次 A、B 相，第二次 B、C 相都反转，B 相有两次参与，说明 B 相接反，将 B 相的两个线头对调即可。

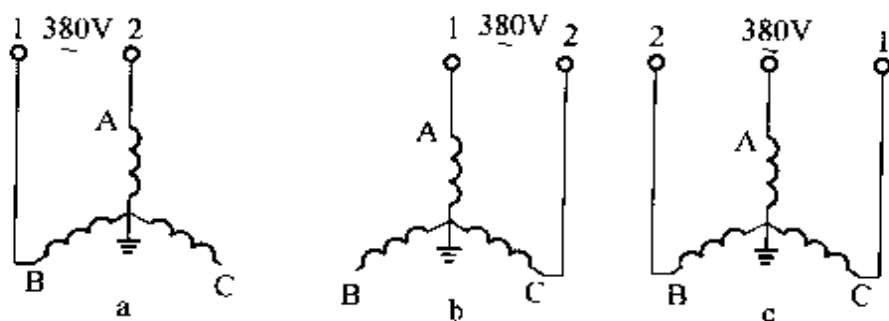


图 3-268 用转向法判别绕组首尾端

466. 在三相异步电动机定子绕组接线前，为什么要严格分清各相绕组的首、尾端？怎样辨别绕组的首、尾端？

通常，在三相异步电动机的定子绕组接线前，应严格区分各相绕组的首、尾端，以免发生接线差错。在接线中，若将某相绕组的首、尾端接反，则接通电源后，该相绕组中将产生大电流。因为绕组中的电流反向，将造成磁路中的磁通抵消，自感应电动势减小而增大电流。若电动机的容量较大，该相中较大的起动冲击电流会使开关跳闸，电动机不能正常起动。若电动机的容量较小，并且又是轻载起动，则电动机起动运转后，定子中的三相电流极不平衡，出

现两相电流小、一相电流很大（甚至超过额定电流）的现象，电动机不能带动负载，运转时间一长，绕组就会烧毁。因此，在三相异步电动机定子绕组接线前，必须正确辨别各相绕组的首、尾端标志，以免将绕组首、尾端接反而发生绕组烧毁故障。

异步电动机的三相绕组的首尾端，与变压器三相绕组的首尾端一样，也是不能任意指定的。如果某台异步电动机的定子绕组首尾端未标明记号或记号模糊不清，对三相绕组的6个出线头无法从外观上分清首、尾端，可用下述方法之一来判别：

(1) 剩磁电压法。用一只万用表（500 mA 以下者）先测试所测电动机定子三相绕组的6个引出线头，将通路的2个引出线头作为一组，共分成三组；然后将万用表（作毫安表使用）接入三组中任意两组的2个引出线头间，其余4个线头可随意串联（图3-269）。此时用手慢慢盘动转子，如果万用表指针不动或摆动幅度很小，则表明接线正确，即“ Δ ”首尾相连（图3-269a）。如果万用表指针摆动，则表明接线有误（图3-269b），此时可先将未与万用表相连的一组的2个引出线头调换后再试，若指针不动，则表明

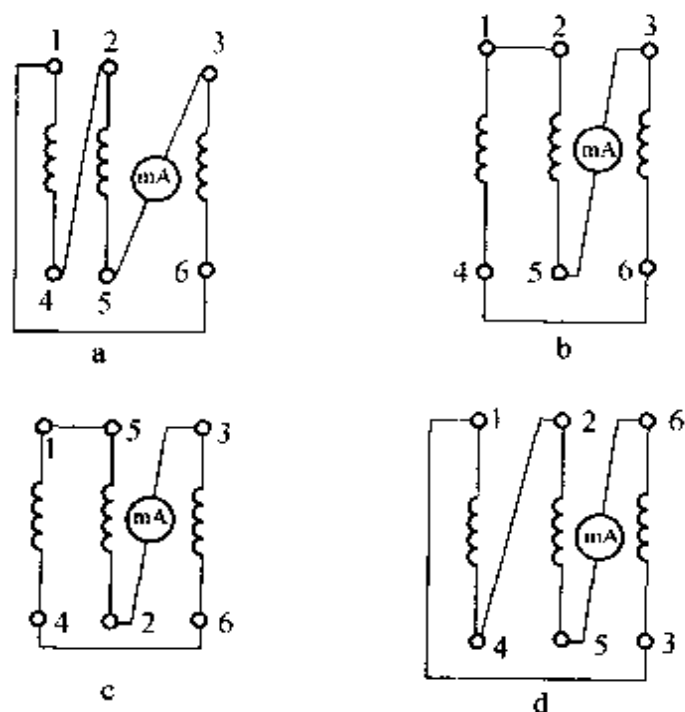


图3-269 剩磁电压法判别绕组首、尾端

对调正确，2个线头为首尾相连；若指针仍摆动，则表明万用表接入的两组引出线头中，均为首端或尾端（图3-269c、d），应调换万用表接入的两组或另一组的引出线的首尾再试，直至指针不动，接线正确为止。

这一方法是靠转子旋转时，转子中的剩磁在定子三相绕组中感应出电动势，才使万用表辨别出引出线头的首尾。所以，测试时必须注意以下两点：

①电动机的转子必须有剩磁，即电动机必须是通过电的或运转过的。

②盘动转子时，转子转动速度应均匀，转速不可相差太大。

(2) 低压直流电源和万用表法。一般分以下两种检查方法：

①将万用表调到测直流毫安挡，量限可以小些。按图3-270将万用表与任意两相绕组连接，此时不必考虑正、负极；将第三相绕组任一线头与电池负极连接，再把另一线头与电池正极作短暂接通和断开。在接通和断开的瞬间，如果万用表的指针不摆动，则表明接在一起的两线头中，一个是首端，另一个是尾端；随后指定其中一端为首端，用同样方法可查出第三相的首、尾端。

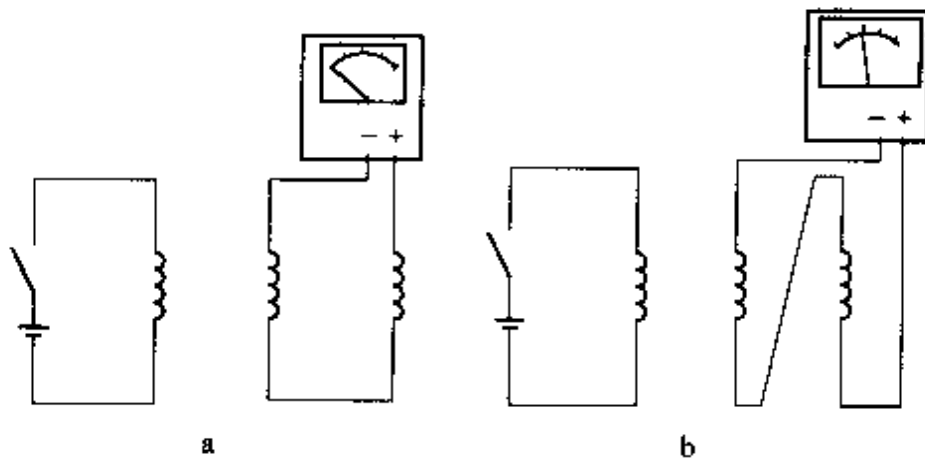


图3-270 低压直流电源和万用表法判别绕组首、尾端（一）

②将万用表较小量限的毫安挡与任一相的两线头相连接（图3-271），指定接万用表的“+”端线头为首端，另一端为尾端；

再将另一相的一个线头接电池负极，另一个线头与电池正极作瞬时接通。如果万用表指针往右摆动，则与电池正极连接的是尾端，与电池负极连接的是首端；如果万用表的指针往左摆动，则与电池正极连接的是首端，与电池负极连接的是尾端。

如果接通电源，万用表指针不动，则将电池改接到另一相绕组上，指针就会摆动。需要注意的是，应看准指针偏转方向，因为接通电源不久，指针又会返回原位。

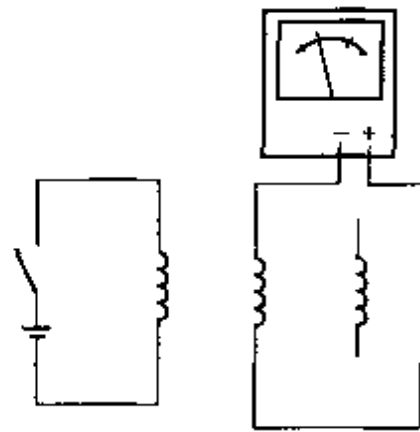


图 3-271 低压直流电源和万用表法判别绕组首、尾端 (二)

(3) 低压交流电源和电压表法。首先用万用表查明每相绕组的两个出线端，然后把其中任意两相绕组串联 (图 3-272)，串联后再与电压表 (或万用表的交流电压挡) 连接，并将第三相绕组与低压交流电源接通。如果电压表无读数，则表明连接在一起的两个线端同为首端或尾端；如果电压表有读数，则表明连接在一起的两个线端中一个是首端，另一个是尾端；然后以任一端定为已知首端，用同样方法可把第三相的首、尾端查出来。

(4) 220 V 交流电源和灯泡法。将图 3-272 中的电源改为

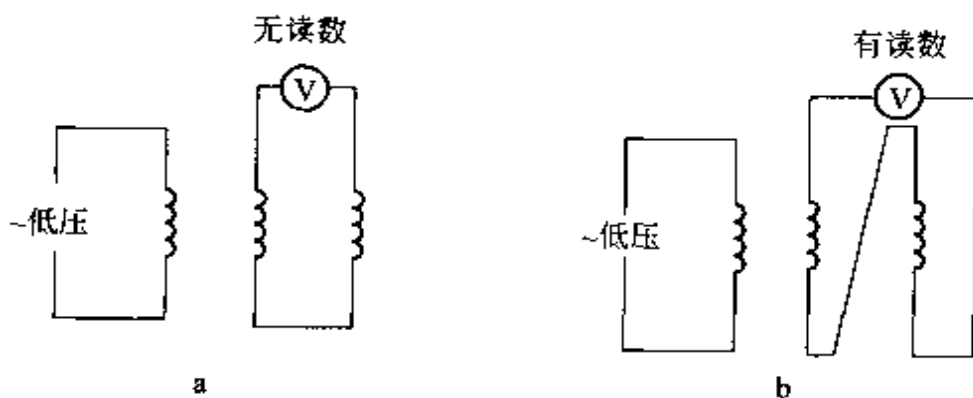


图 3-272 低压交流电源和电压表法判别绕组首、尾端

220 V电源，电压表改用 60 W 或 100 W 的灯泡（图 3-273）。接通电源后，如果灯泡不亮，则表明接在一起的两端同为首端或尾端；如果灯泡亮，则表明接在一起的两端中，一个是首端，一个是尾端。按照同样方法，可以把另一相的首、尾端检查出来。应用此法，通电时间应尽量短，以免绕组过热。

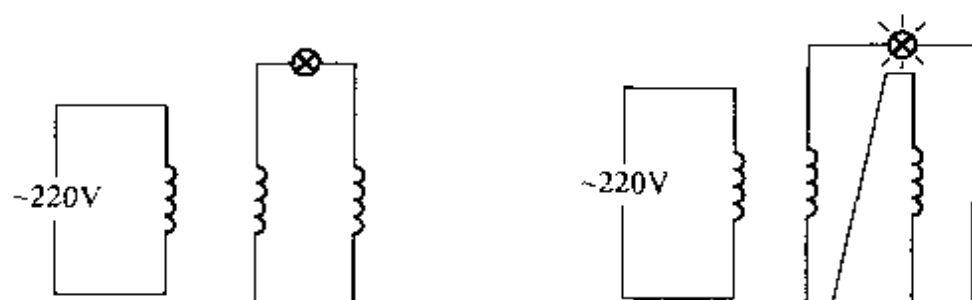


图 3-273 220 V 交流电源和灯泡法判别绕组首、尾端

467. 电动机常用的轴承怎样分类？为什么中小型电动机多采用滚动轴承？有哪些常用的滚动轴承？

电动机常用的轴承分为滑动轴承（又称套筒轴承）和滚动轴承两大类。滑动轴承精度高、振动小，在保证液体摩擦条件下能够长期高速工作，但安装和维修工艺较复杂。这种轴承由于能承受较大的径向负荷（垂直向下的负荷）和允许多次修理，因此多用于对传动要求高的大型电动机。滚动轴承安装方便，磨损小，使用寿命长，维护简单，轴承与轴配合紧密，不易造成定、转子相擦（扫膛）。其价格虽然较高，但维护费用少。据统计，滚动轴承的维护费用比滑动轴承要少 30% 以上，可以弥补价格高这一缺点。由于滚动轴承具有上述优点，所以目前中小型电动机几乎全部采用滚动轴承。

电动机常用的滚动轴承规格如表 3-57 所示。

表 3-57

常用滚动轴承规格

| 轻型 | | | 尺寸 (mm) | | | 中 型 | | | 尺寸 (mm) | | |
|--------------|--------------|-------------|------------|--------|--------|--------------|--------------|-------------|------------|--------|--------|
| 滚珠轴承 | | 滚柱轴承 | 内 径 | 外 径 | 宽 度 | 滚珠轴承 | | 滚柱轴承 | 内 径 | 外 径 | 宽 度 |
| 单列向心 滚珠轴承 | 单列向心 推力轴承 | 单列向心 短圆柱 | | | | 单列向心 滚珠轴承 | 单列向心 推力轴承 | 单列向心 短圆柱 | | | |
| 200 | 6200 | — | 10 | 30 | 9 | 300 | 6300 | — | 10 | 35 | 11 |
| 201 | 6201 | — | 12 | 32 | 10 | 301 | 6301 | — | 12 | 37 | 12 |
| 202 | 6202 | — | 15 | 35 | 11 | 302 | 6302 | — | 15 | 42 | 13 |
| 203 | 6203 | — | 17 | 40 | 12 | 303 | 6303 | — | 17 | 47 | 14 |
| 204 | 6204 | 2204 | 20 | 47 | 14 | 304 | 6304 | — | 20 | 52 | 15 |
| 205 | 6205 | 2205 | 25 | 52 | 15 | 305 | 6305 | 2305 | 25 | 62 | 17 |
| 206 | 6206 | 2206 | 30 | 62 | 16 | 306 | 6306 | 2306 | 30 | 72 | 19 |
| 207 | 6207 | 2207 | 35 | 72 | 17 | 307 | 6307 | 2307 | 35 | 80 | 21 |
| 208 | 6208 | 2208 | 40 | 80 | 18 | 308 | 6308 | 2308 | 40 | 90 | 23 |
| 209 | 6209 | 2209 | 45 | 85 | 19 | 309 | 6309 | 2309 | 45 | 100 | 25 |
| 210 | 6210 | 2210 | 50 | 90 | 20 | 310 | 6310 | 2310 | 50 | 110 | 27 |
| 211 | 6211 | 2211 | 55 | 100 | 21 | 311 | 6311 | 2311 | 55 | 120 | 29 |
| 212 | 6212 | 2212 | 60 | 110 | 22 | 312 | 6312 | 2312 | 60 | 130 | 31 |
| 213 | 6213 | 2213 | 65 | 120 | 23 | 313 | 6313 | 2313 | 65 | 140 | 33 |
| 214 | 6214 | 2214 | 70 | 125 | 24 | 314 | 6314 | 2314 | 70 | 150 | 35 |
| 215 | 6215 | 2215 | 75 | 130 | 25 | 315 | 6315 | 2315 | 75 | 160 | 37 |
| 216 | 6216 | 2216 | 80 | 140 | 26 | 316 | 6316 | 2316 | 80 | 170 | 39 |
| 217 | 6217 | 2217 | 85 | 150 | 28 | 317 | 6317 | 2317 | 85 | 180 | 41 |
| 218 | 6218 | 2218 | 90 | 160 | 30 | 318 | 6318 | 2318 | 90 | 190 | 43 |
| 219 | 6219 | 2219 | 95 | 170 | 32 | 319 | 6319 | 2319 | 95 | 200 | 45 |
| 220 | 6220 | 2220 | 100 | 180 | 34 | 320 | 6320 | 2320 | 100 | 215 | 47 |

468. 滚动轴承的配合公盈过大或过小有何后果？

正确的配合公盈是怎样规定的？

滚动轴承发生故障的原因之一是安装不正确，配合公盈过大或过小。

对于卧式电动机，装配良好的滚动轴承只承受径向力。如果将轴承内、外套圈的平面装歪，则两平面间便产生一个角度，虽然是微小偏差，但足以使滚子之间产生刮削作用。若轴承内套圈与轴装配的公盈过大，则轴承间隙过小或接近于零，造成转动不灵活，轴承发热。正确的配合公盈如表 3-58 所示。

表 3-58 滚动轴承内套配合公盈

| 轴承内径 (mm) | | 100 kW 以下电动机 | | | | | | 100 kW 以上电动机 | | |
|--------------|-----|--------------|----------------------|-----|----------|----------------------|-----|--------------|----------------------|-----|
| | | 向心轴承 | | | 短圆柱滚子轴承 | | | 配合 种类 | 公差 (μm) | |
| 超过 | 到 | 配合 种类 | 公差 (μm) | | 配合 种类 | 公差 (μm) | | | 种类 | 上差 |
| | | | 上差 | 下差 | | 上差 | 下差 | | | |
| 6 | 10 | qd_1 | -4 | -3 | | | | | | |
| 10 | 18 | qd_1 | +5 | -3 | | | | | | |
| 18 | 30 | qc_1 | +12 | +2 | | | | | | |
| 30 | 50 | qc_1 | +14 | +2 | qb_1 | +14 | +2 | qb | +27 | +9 |
| 50 | 80 | qc_1 | +16 | +3 | qb_1 | +28 | +12 | qb | +30 | +10 |
| 80 | 120 | qb_1 | +28 | +12 | qb | +40 | +13 | qa | +45 | +13 |
| 120 | 180 | qb | +40 | +13 | qa_1 | +45 | +26 | qu | +52 | +25 |
| 180 | 250 | | | | | | | qa | +60 | +30 |

若轴承外套与轴装配的公盈过小，则在电动机的运行中轴与内套相对旋转，不仅使轴严重磨损，导致电动机过热，而且还会造成电动机不能运转。

滚动轴承外套与端盖采用推入配合（即过渡配合）时，其正确的配合公盈如表 3-59 所示。

表 3-59

滚动轴承外套与端盖配合公差

| | | | | | | | | | |
|----------------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 轴承外径 (mm) | 超过 | | 18 | 30 | 50 | 80 | 120 | 180 | 260 |
| | 到 | 18 | 30 | 50 | 80 | 120 | 180 | 260 | 360 |
| 公差 (μm) | 上差 | +13 | +16 | +18 | +20 | +23 | +27 | +30 | +35 |
| | 下差 | -6 | -7 | -8 | -10 | -12 | -14 | -16 | -18 |

469. 滚动轴承怎样代用?

(1) 为了降低电动机的噪声, 提高轴承的运行质量, 更换损坏的轴承时, 可选用高级或更高精度的轴承代用。

(2) 在超负荷的情况下, 可选用重系列轴承代用, 以达到延长轴承使用寿命的目的。

(3) 型号相近的轴承可以代用。在电动机的检修中, 有时没有符合旧轴承规格的新轴承, 为了应急, 可选用型号相近的轴承代用。由于新轴承的尺寸与旧轴承的尺寸往往不完全相同, 所以装配时应采取补加垫圈或侧圈等措施。

①如果新轴承的内孔比轴颈尺寸大, 则应在轴承内孔处补加内垫圈。

②如果新轴承的外径比旧轴承小, 则应在轴承外径处补加外垫圈。

③如果新轴承的外圈比旧轴承窄, 则应补加侧垫圈。

④如果新轴承的外径比旧轴承小, 并且外圈也比旧轴承窄, 则应补加垫圈。

必须指出, 如果调换尺寸比旧轴承小的新轴承, 则后者在运行中会过载而缩短使用寿命。

470. 怎样检查运行中的电动机轴承?

(1) 听声音。电动机正常运行时, 滚动轴承仅有均匀连续的轻微“嗡嗡”声, 而滑动轴承的噪声则更小。如果出现异常噪声, 则

表明轴承有故障。一般可根据不同的杂音来判断轴承的故障性质。

①若听到“骨碌、骨碌”的声音，则表明滚动轴承缺油。

②若听到不连续的“梗、梗”声，则可能是轴承钢圈破裂或滚珠（柱）有了疤痕。

③若听到轻微的杂音，则表明轴承内混有砂土等杂物或轴承零件轻度磨损。

通常，轴承的严重杂音，可以直接听出来，而轻微的杂音，则不易听到，此时可取一只直径在 120 mm 以上的大改锥（螺丝刀，也称螺钉旋具），将其金属杆尖端部分抵在轴承外盖上，耳朵贴近改锥木柄来监听（图 3-274）。

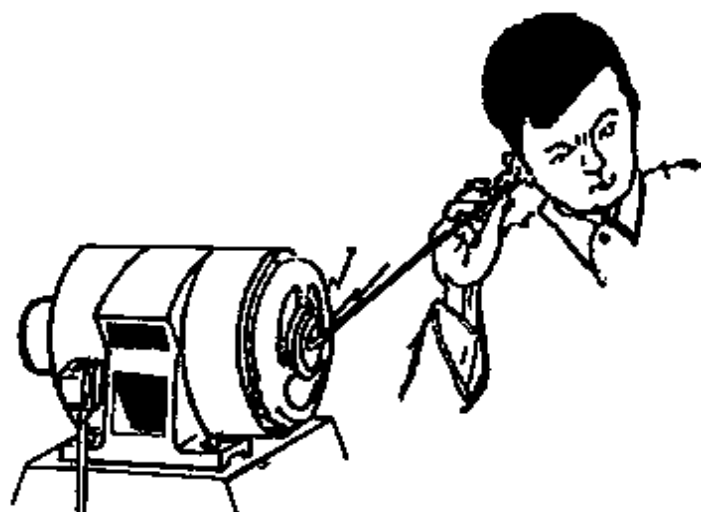


图 3-274 监听轴承故障杂音

(2) 查发热。在电动机的运行中，轴承有了故障，就会出现过热现象。因此，注意轴承的发热情况，也是判断轴承有无故障的基本方法。轴承温度可用温度计来测量。滑动轴承上一般有测温孔，而滚动轴承的温度则可在轴承盖上测定。通常，轴承制造厂在产品说明书中都规定了轴承的最高工作温度。当环境温度低于 40°C 时，滚动轴承的最高允许温升为 55°C ，滑动轴承的最高允许温升为 40°C 。

(3) 看松动。轴承松动，会引起电机振动。停机后，可用手推

动电动机转轴的伸出端。如果伸出端摇晃，则表明轴承松动。正常的轴承是觉察不出松动的。

471. 滚动轴承过早磨损的原因是什么？怎样处理？

滚动轴承过早磨损，有以下几方面的原因：

(1) 安装不当、护封不妥、润滑剂不纯，以及砂土、铁屑等杂物进入，造成轴承磨损。有人认为，在电动机的运行中，将轴承盖打开，有利于轴承散热。这种观点是不正确的，因为打开轴承盖，砂土、铁屑等就会侵入轴承，加剧摩擦，使轴承过早磨损。

(2) 润滑不足，滑油增加，造成表面磨损。

(3) 内圈与轴颈、外圈与端盖的镗孔之间发生游转，从而产生磨损。

(4) 轴承生锈或有裂纹，转动不灵活而磨损。

(5) 制造不良，淬硬表面的硬度不足或有软点，造成严重磨损。

滚动轴承磨损程度，可根据磨损允许值（表 3-60）来判断，以确定是否需要更换。

磨损后间隙不合格（超过表 3-60 所列值）的轴承应予以更换。原则上应调换同规格的轴承。如果无所需规格的轴承，则可用另一规格的轴承来代替，但代用轴承的载重量应接近原轴承的载重量，代用的原则见 469 问。

表 3-60 滚动轴承磨损允许值 (mm)

| 轴承内径 | 最大磨损允许值 |
|---------|---------|
| 20~30 | 0.1 |
| 35~50 | 0.2 |
| 55~80 | 0.2 |
| 85~120 | 0.3~0.4 |
| 130~150 | 0.4~0.6 |

472. 为什么轴承容易发生故障？滚动轴承有哪些常见故障？故障原因是什么？

电动机的定子是**通过轴承来支撑整个转子的**，轴承是电动机中承受严重机械磨损而负载又最重的部件，所以它最容易发生故障，在电动机的机械故障中，轴承故障所占比例最大。通常，轴承圈上印有**号码、符号**，表示该轴承的类型、尺寸、系列和精密度等级等。当轴承发生故障损坏，须调换号码、符号完全相同的新轴承。

滚动轴承的常见故障和故障原因如下：

(1) 破裂。如轴承的内外钢圈或滚珠、滚柱等破裂，这是轴承的一种严重故障。轴承一旦出现这种故障，则在电机运行时可听到“咕噜、咕噜”或“梗、梗”响声，可察觉轴承部位严重发热，甚至发现定、转子铁芯相擦。轴承破裂的主要原因是：

①轴承与转轴或者轴承与轴承座之间的配合不适当，安装时强力压接；

②由于轴承的钢圈等部件较脆，拆装方法不合理（如硬敲硬打或用力敲打钢圈）而使钢圈、滚珠或滚柱破裂；

(2) 变色。滚动体（滚珠、滚柱等）、夹持器（俗称花篮）、内外钢圈等零部件因受热而变成紫蓝色，此时轴承的硬度因退火而降低，以致其使用寿命大大缩短。造成这种故障的原因是：

①电动机运行中轴承盖与轴或与轴承相摩擦；

②轴承与转轴配合不恰当。例如，轴承内钢圈与轴配合如果过松，则电机运行中将出现内钢圈相对转轴而运动的现象（俗称走内圈或跑内套），此时摩擦加剧，严重发热。同样，外钢圈与轴承座配合如果过松，也会出现外钢圈相对于轴承座而运动的现象（俗称走外圈或跑外圈），也会使轴承严重发热；

③传动胶带过紧或联轴器不同心；

④轴承中的润滑油脂干涸，摩擦加剧。但是，加入轴承中的润滑油脂过多，也会因润滑油脂受到高速运转的滚动体和夹持器的猛烈搅拌而产生很大热量。因此，一次加入轴承中的润滑油脂不宜过

多，润滑油一般只要填满轴承室容积的 $1/2 \sim 2/3$ ，在轴承盖上薄薄地抹一层即可。

(3) 珠痕。由于拆装轴承的方法不当或传动胶带太紧，将滚珠硬轧在滚道上，使滚道产生永久变形，这种与滚珠形状相同的凹状变形，称为珠痕。这种珠痕用食指和拇指紧压轴承内外钢圈，缓缓用力推动就能发现。造成珠痕的原因是：

①轴承安装方法不正确；

②传动胶带拉得太紧。

(4) 振痕。由于定、转子相擦产生强烈振动，而在轴承钢圈滚道上出现振痕，振痕一般呈凹形，类似珠痕，只是痕迹较广，深度较小。

(5) 麻点。轴承材质因长期受负载作用，产生疲劳而逐渐老化，轴承滚道上的金属呈片状或粒状剥落，从而滚道上出现坑坑点点，造成轴承运行中增加摩擦损耗，并且噪声和振动也加剧。此外，电蚀也可能使滚动体和外圈上出现麻点。电蚀是指电流流过轴承，产生火花放电，灼伤滚动体或内外圈滚道。

(6) 保持架损坏。保持架的类型和材质种类很多，常见的有浪形保持架、黄铜保持架、塑料保持架等。保持架损坏的原因，一般是润滑不良、清洁度不够，以及安装不当使轴承承受角负荷等。如果轴承只有保持架损坏，而其他零件未损伤，则调换一个新保持架即可，或者拆下其他废弃的同规格轴承的保持架换到该轴承上。

(7) 座圈爬行。又称走套。主要原因是：配合间隙太小，轴承润滑不良，造成内圈与轴颈或外圈与端盖的镗孔产生座圈爬行。由于轴承的内外圈硬度较高，所以轴颈或镗孔的磨损量也较大。磨损的结果，可能使定、转子相擦，电机的温度升高而烧毁绕组。在高速电动机中，如果出现内圈与轴颈爬行现象，在很短时间内轴颈和内圈就会烧结在一起。为了防止座圈爬行，应正确调整配合的松紧度（即配合间隙）。如果镗孔磨损较大，则必须镶套；如果轴颈磨损，则应进行电镀处理。

(8) 压伤或蹭伤。拆卸轴承时，如果拉钩的钩爪拉住外圈（如

轴承内圈与轴颈配合很紧),用力拉出,则滚动体就会在外圈或内圈上压出小凹坑。安装轴承时,如果所采用的套管口径太大而压住外圈进行敲击,则可能造成滚动体或内外圈出现压痕。这种压痕在电动机的运行中往往扩展或疲劳剥落,造成轴承损坏。

如果轴承的滚动体不是滚动而是滑动,则滚动体可能产生蹭伤。蹭伤的特征是滚动体或滚道呈暗色,失去原有光洁度。滚动体蹭伤的轴承在运行中会发热。滚动体蹭伤,是轴承润滑不良或保持架变形,使滚动体不能灵活转动造成的。

(9) 卡死。所谓卡死,是指整个轴承不能转动。主要是缺油、滚动体破碎、轴承零件间的间隙不适当、杂质进入轴承跑道或负载过大等原因造成轴承温度太高,降低座圈和滚动体的硬度,从而二者迅速磨损。磨损下来的金属粉末,堵塞游隙,造成保持架损坏,滚动体不能滚动。

凡是有卡死故障的轴承,一般都不能再使用。但是,如果故障发现及时,而且是杂物进入跑道或缺油等原因造成轴承卡死,清洗后检查破损度在允许范围以内,而内外圈又未变色,滚动体无麻点,则轴承可继续使用。

(10) 滚珠轴承内外圈边缘不在同一平面上。可将轴承外盖拆开,内盖仍由螺钉固定,仔细检查轴承的内外边缘是否在同一平面上。如果外圈向外突出,可将内轴承盖止口在车床上车短一些;如果外圈向内突出,可将合适的钢丝或铁丝砸扁后做成垫圈垫在内轴承盖的止口处。修理后,使电动机运行 0.5 h,如果轴承无杂音又不发热,则表明轴承已修好,可以继续投入运行。

(11) 轴承盖与轴相摩擦。轻微摩擦时轴承发热,严重摩擦时轴承冒烟,甚至烧坏电动机。如果是由于毛刺所致,可用细锉或砂纸打磨;如果是由于轴承盖内圈偏心,可进行加工修整;如果轴承盖和轴的相擦部位有明显的变形,则应将轴补焊后进行车削加工,而轴承盖则应予以更换。

(12) 轴颈和轴承室磨损。一般有两种磨损情况:一是轴承外圈随着电动机转子转动,磨损轴承室,使轴承外圈与端盖之间的间

隙增大；二是整个轴承不动，电动机的轴颈与轴承内圈相摩擦，造成间隙增大。这种故障可采用电火花处理，处理工艺见 473 问。

473. 异步电动机的滚动轴承过紧或过松怎么办？

(1) 轴承过紧。如果异步电动机的滚动轴承与轴或端盖与轴承外径配合过紧（公差小），以及安装时强力压装或将轴承盖装偏，都会使轴承受到外力作用，结果轴承因过紧而发热，影响电动机的正常运行。有些新电动机或刚调换新轴承的电动机空转时，轴承就发热。如果电动机组装符合规定，大多是轴承过紧而引起的。这种故障，使电动机空转一段时间一般就可消除。方法是：首先使电动机空转，当轴承发热到接近熔化润滑油脂的温度时，便停机，待温度下降，再使电动机空转，这样循环进行几次，轴承温度一般就可恢复正常值。

如果电动机带载运行一段时间，轴承仍然发热，则应卸去电动机的负载，再使其空载运转，细听有无杂音。若稍有声音，可在停机加润滑油脂之前将原有的旧油脂取出，并将轴承清洗干净，再加新油脂，然后使电动机继续空转。如果仍然出现发热现象，并有杂音，则多数是轴承损坏造成的，应调换新轴承。如果只发热而无杂音，则可能是轴承盖与轴承相摩擦或润滑油脂已经变质，此时可松开轴承盖的螺钉，将其调整到没有相摩擦的感觉为止，或者调换新润滑油脂。

如果轴承无故障，润滑油脂也未变质，确是轴承与轴配合过紧（公差小），则根据公差大小用砂纸研磨轴或将轴置于外圆磨床上进行加工。

(2) 轴承过松。其原因是：电动机机械部分发生振动；多次拆装，使轴承内圈与机轴配合不紧或轴承外圈与端盖内圆配合不紧。这种故障多发生在旧电动机上。轴承一旦松动，也会发热，有时还可能发出“吱哇、吱哇”的怪叫声。处理轴承松动故障的方法是：如图 3-275 所示，将降压变压器次级（电压不超过 15 V）两根引线中的一根接在轴承上，另一根接在一根旧手锯锯片上；当降压变

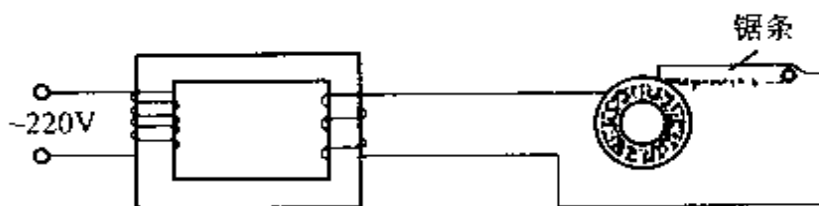


图 3-275 电火花处理轴承松动故障示意图

压器通电以后，使该锯片断续地接触轴承外圈，此时变压器就会短路而打出火花，在轴承外圈上留下很多痕迹，以此来增大轴承外圈的外径，使轴承与端盖紧密配合。如果电动机的轴颈与轴承内圈配合松动，也可按此法在轴颈上打火花，以增大轴颈外径。

474. 轴承过热有何危害？过热的原因是什么？怎样处理？

轴承过热是异步电动机常见故障之一。如果用温度计测得滚动轴承的温度在 95°C 以上，滑动轴承的温度在 80°C 以上，则可判定轴承过热。轴承过热，轻则使润滑脂稀释漏出，重则造成轴承损坏。

轴承过热的原因和处理方法如下：

- (1) 轴承损坏。调换同规格轴承即可。
- (2) 滚动轴承润滑脂过多、过少或有杂质。应调整润滑脂用量（润滑脂宜占轴承室容积的 $1/3 \sim 1/2$ ），或清洗轴承和轴承盖，换上清洁的润滑脂。
- (3) 滑动轴承的润滑油不够、有杂质或油环卡住。应加油到标准油面或换上新油；查明并消除油环卡住原因，如果是油的粘度过大所致，则应调换新润滑油；若油中含有杂质，也应换上新油。
- (4) 轴承中夹有杂物。应拆下轴承进行清洗，清洗后调换新润滑油脂。
- (5) 挡油圈有毛刺，与轴承盖相擦。应拆开并修复挡油圈，重新安装。
- (6) 轴承与轴配合过松（走内圈）或过紧。若过松，可在轴颈上喷涂金属；若过紧，则应重新加工轴（详见 473 问）。

(7) 轴承与端盖配合过松（走外圈）或过紧。若过松，可将端盖镶套；若过紧，则按 473 问所介绍的方法予以处理。

(8) 轴承磨损过大或轴承内、外圈破裂。应调换同规格的新轴承。

(9) 电动机两侧端盖或轴承盖未装配好（不平行）。应将两侧端盖或轴承盖止口装平，并拧紧螺栓。

(10) 联轴器安装不当。应重新安装联轴器，使两轴在一条直线上。

(11) 传动胶带过紧或过松。应调整胶带松紧度。

(12) 电动机运行时产生振动。应查明并消除振动原因。

(13) 轴承未与轴肩贴合。应拆开轴承盖，将套筒或铜棒抵在轴承内圈上，用手锤敲进。

(14) 选用的轴承型号不对。调换原型号轴承即可。

475. 轴承异常摩擦会出现哪些现象？

轴承异常摩擦的原因是什么？

轴承异常摩擦会出现以下现象：

(1) 发出异常响声。

(2) 润滑脂变稀，溢出轴承室。

(3) 轴承严重磨损时，转子扫膛，定、转子相擦部位温度可高达 1000℃。

(4) 轴承滚珠碾碎时，转子卡住。

轴承异常摩擦有生产质量和维护两方面的原因。

生产质量方面的原因有：

(1) 由于设计疏忽（例如，与轴承配合部件的尺寸错误或轴承室椭圆度超差等），轴承外圈过紧而内圈过松，造成与转轴产生相对移动或与轴承室非圆柱面接触。

(2) 由于加工粗糙，如止口不同心或止口平面不平行等，造成滚珠卡死、滚道局部过负荷。

(3) 轴承质量差，如轴承硬度低，滚珠与保持圈接触过紧，滚

道表面留有装配时敲打过猛的压痕等。

(4) 装配工艺不精细，如轴承热套时加热温度过高($>100^{\circ}\text{C}$)、加热时间过长，金相组织发生变化，造成轴承内圈与转轴相对移动。

(5) 润滑脂进货把关不严，如润滑脂不纯，含有杂质等。

使用维护方面的原因有：

(1) 未定期保养，如未定期清洗轴承和加油，轴承积有污垢而干磨。

(2) 由于库存保管不善，轴承生锈、腐蚀。

(3) 由于检修粗心，拆装不当，轴承发生机械变形。

轴承一旦不正常摩擦，将产生局部过热，轴承温度升高，润滑脂溢出而造成润滑不良，而润滑不良又使过热加剧，如此恶性循环，严重时可能烧毁电动机，同时也是火灾事故的一种隐患。

476. 滑动轴承运行中有哪些常见故障？故障原因是什么？

(1) 乌金胶着，即乌金局部熔化，其原因是：

①由于轴承运行中局部或全部缺油，发生干摩擦，温度升高，轴承合金被烧熔，造成转轴与轴瓦熔结在一起，发生烧瓦事故。

②润滑油中的杂质进入轴瓦间隙内，研磨发热，使乌金熔化。

③轴瓦间隙不合适，不能形成油膜，造成表面金属直接接触，引起烧瓦。

(2) 轴承过热。除局部或全部缺油和轴瓦内含有杂质等原因外，还有以下原因：

①润滑油油质不良，油中含有酸性成分或水分。

②未使用规定牌号的润滑油，即使用了杂牌润滑油。

③轴瓦与轴颈没有正确研合，使轴的承力面不能沿全长受力。

④轴的间隙过大或过小，使油膜不稳定。

⑤轴瓦的轴向位置固定不当，轴瓦与轴肩受运行中的机械推力或磁推力的作用而摩擦。

(3) 轴承工作面产生裂纹或轴瓦脱胎，其原因是：

①电动机的转轴与生产机械的转轴的轴线不正，产生过大的上下张口。

②电动机的转轴弯曲，转动时振动过大，使乌金承受过大的冲击或局部受力过大。

③合金浇注质量不佳，乌金成分配比不正确，熔化的合金未能形成一个整体，熔化合金之间有夹层，使轴瓦脱胎。

④由于轴瓦工作面承受交变载荷，局部产生擦伤，高温时合金强度降低，在温差压力和油膜最大峰值压力作用下，高温部位产生显微裂纹，润滑油侵入此裂纹后，进一步加深裂纹，最后造成轴瓦工作面出现裂纹。

(4) 快速磨损，其原因是：

①由于瞬间缺油，金属之间直接接触形成干摩擦，造成局部磨损，使径向间隙增大。由于径向间隙超限，不能保持正常润滑，破坏液体正常润滑条件，使磨损加剧，电机产生振动，一直到不能运行。

②润滑油中混入杂质，造成轴瓦快速磨损。

477. 滑动轴承磨损间隙过大、脱胎、震裂或局部破裂怎么办？

(1) 首先用喷灯或乙炔中性火焰熔化轴瓦上的乌金，用钢丝刷和砂纸清理轴瓦与乌金接触的全部表面，特别是燕尾槽的尖角处，整个接触面都应擦到发亮；然后将轴瓦浸在含 10% 苛性钠或磷酸三钠的沸腾溶液内，浸泡 5~10 min，取出后立即将轴瓦放在热水中冲洗。

(2) 为了使乌金与轴承内表面很好地结合，浇注乌金前，轴承内表面应挂锡。挂锡前，先在挂锡表面涂抹盐酸或硫酸，然后用热水冲洗并晾干，用喷灯将轴瓦加热到 250~270℃，涂上一层氯化锌溶液，再撒上一层氯化铵粉，最后用锡焊条或纯锡摩擦轴承内表面，进行挂锡。若温度过低，挂不上锡，则应再次加热。此外，也可把轴瓦加热到 100~120℃，将其直接浸入 320℃ 的锡锅内，10 min 后取出，进行揩擦，直至挂锡表面锡层均匀地呈银白色为

止。

(3) 挂锡完毕，就可浇注乌金。浇注时，在轴承孔内要放一只直径稍小于轴颈直径的泥芯，然后将熔化的铅液浇入泥芯与轴承孔壁之间的间隙内，铅层厚度 S 一般为

$$S = 0.02 d + 2 \quad (\text{mm})$$

式中 d ——轴颈直径，mm。

铅层厚度最大不应超过 10 mm，但也不可小于表 3-61 所列值。青铜或铸钢轴承上面的乌金厚度可取表 3-61 数据的一半。

表 3-61 轴承乌金的最小厚度与轴颈的关系 (mm)

| 轴颈直径 d | 20~50 | 50~80 | 80~120 | 125~150 | 150~200 |
|-----------|-------|-------|--------|---------|---------|
| S (最小值) | 2.5 | 3 | 3.5 | 4 | 5 |

(4) 套筒或轴瓦浇注乌金后，要镗内孔，轴承的内孔比轴颈的外径应稍大。这样，就可使润滑油进入轴承与轴颈的间隙内。轴承与轴颈的间隙 S 可按下列经验公式求出：

$$S = d_1 - d = (0.0015 - 0.0025) \sqrt[3]{d} \quad (\text{mm})$$

式中 d ——轴颈直径，mm；

d_1 ——轴承孔径，mm。

(5) 轴承内孔镗好后，应在孔壁上开油槽，使润滑油能流布到轴颈的周围。油槽可在车床上车出或手工刻凿。油槽的形状可为螺纹、斜纹或曲纹等。开油槽时应注意以下两点：

①油槽不可开在轴承内壁受轴压力的部位。

②油槽不可在轴承的边端，以免漏油。油槽尺寸与轴径的关系如表 3-62 所示。

表 3-62 油槽尺寸 (mm)

| 轴颈直径 d | 50 | 100 | 200 | 300 |
|----------|---------------------------|-----|-----|-----|
| 油槽宽度 b | 3~4 | 5 | 7 | 8 |
| 油槽深度 t | $(0.5 \sim 0.8) \times b$ | | | |

478. 润滑油滴入电动机内部的原因是什么？怎样处理？

(1) 密封圈不严密或失效。滑动轴承的密封圈有迷宫式、毛毡式和气封式（将风扇后的高压风通入一支管子内来密封）。对于迷宫式密封圈，可在其下部钻几个小孔，使油流回轴承座内。对于毛毡式密封圈，若出现漏油现象，不宜用漆片之类的油漆去涂刷，否则，油漆干枯后毛毡会失去弹性，反而造成漏油现象更严重，一般用聚四氟乙烯塑料代替毛毡，密封效果更好。气封式密封发生故障的几率很小，即使管子破裂，更换一根即可。

(2) 润滑油箱内的油位过高。油位指示器应低于轴承座口，满足油圈的浸入深度即可。在电动机的运行中，由于油圈带油和油室内处于真空状态，油位往往下降，此时不应加油，否则，油过多将造成漏油。

(3) 润滑油被吸入电动机内部。当密封圈失效时，风扇的抽力会将轴承内的油吸出，溅于电动机的各部位。所以，要求将轴承密封好，窥视孔盖应有弹簧，并加装毡垫密封，使电动机运行时轴承座内形成负压。

(4) 两半式端盖的接合面接合不严密。应将接合面及时仔细研磨，研磨后把接合面刮扫干净，必要时可加上毛线，重新涂以漆片之类的油漆。

(5) 轴承内产生油蒸气。采用压力油循环冷却的电动机，由于其转速较高，轴承内常产生油蒸气，从间隙内进入电机内部，结成油珠，附在电动机的各部位。所以，在电动机端盖外面的轴承上部应装一个排气管，将油蒸气排到电动机的外面。

(6) 润滑油的粘度过小。如果使用粘度较大的机械油能满足轴承的润滑要求，就不必选用粘度较小的透平油，因为粘度过小的透平油易被吸入电机内部而溅落在绕组上。

479. 滚动轴承不正常剥落的原因是什么？怎样处理？

滚动轴承不正常剥落一般是轴承安装、使用不当造成的。对于

不同种类的轴承，应按其安装工艺的要求安装。例如，两侧均采用向心球轴承的电动机，安装时应留有一定的膨胀间隙。如果没有间隙或间隙太小，在外界气温突变时，轴承噪声迅速增大，温度急剧升高，所产生的温度应力使推力负载过大，轴承产生剥落。

此外，轴头弯曲、轴颈起翘、两轴承偏心都会造成角负荷，使滚动体斜切沟道表面不正常剥落。

轴头弯曲的处理方法见 522 问。

轴颈起翘，主要是设备安装时，电动机轴与所拖动物机械的轴不在一条直线上，或靠背轮偏心度太大造成的。处理方法是重新调整轴线，检查靠背轮的偏心度。

两轴承偏心，主要是电动机两端盖间的同心度低或止口太松造成的。处理方法是：检查两端盖的同心度；如果止口太松，可在端盖止口镀一层铬或采用刷镀等方法，使止口与机座配合紧密。

480. 滚动轴承与轴颈配合表面磨损怎么办？

如果滚动轴承与轴颈配合表面磨损，但磨损值在 0.2 mm 以下，可用农机 2 号胶粘剂修复。这种胶粘剂是由环氧树脂和固化剂组成的常温固化型胶粘剂，其特点是：

(1) 固化速度快，适合应急修理使用，在室温 25℃ 下经 2~3 h 固化即可使用。如果加热到 60℃，则 1 h 后便可使用。

(2) 粘接工艺简单，粘结强度高。

(3) 无毒、不易燃、耐热（可耐 120℃）、耐油、耐一般化学产品。

粘接修复工艺如下：

(1) 将环氧树脂、固化剂按 7:1（重量比）称好重量后倒入清洁的容器内，迅速调匀便可使用。但要现配现用，一次用完。

(2) 粘接前，用清洁的棉布蘸汽油擦拭磨损的轴颈和滚动轴承的内外圈表面。

(3) 粘接时，首先在轴颈配合表面上均匀涂刷胶粘剂，10~20 min 后，将轴承套入轴颈内。由于磨损量小，有局部金属点接

触，所以不必考虑同心度问题。胶粘剂固化后轴承便可装配使用。运行一段时间后，检修中再拆卸也无困难，用手锤将轴承轻轻敲击几下，就可拆下来。

481. 滚动轴承锈蚀的原因是什么？怎样处理？ 这种轴承上出现锈斑怎么办？

滚动轴承锈蚀的原因是：

- (1) 库存保管不善；
- (2) 电动机长期闲置不用，而又未经常检查维护；
- (3) 电动机进水或用有汗的手捏取无润滑油的轴承。

通常，如果锈蚀部位不在滚道或滚动体上，则对轴承的运行无多大影响；如果锈蚀部位在滚道或滚动体上，则在清洗轴承后，用00号砂纸研磨，再置于汽油中清洗，即可继续使用。否则，可能形成剥落故障。

如果轴承内外圈与轴颈和端盖配合不良或电动机长期受潮，造成轴承内外圈与电动机轴颈或端盖锈在一起，就会导致拆卸困难，甚至损坏轴承。处理方法是：在轴颈与轴承内圈之间或轴承座与轴承外圈之间滴些煤油，经一段时间，用铜棒敲击轴承的内圈或外圈，待内圈或外圈活动时，再用拉钩卸下轴承。将轴承清洗后，用砂纸清除各零件上的锈斑，在轴颈或轴承座上涂一薄层黄油，然后重新装配，即可继续使用。

由于电动机进水，滚道和滚动体严重锈蚀的轴承，一般不宜再使用，应予以更换。

如果滚动轴承上出现锈斑，可按以下方法予以清除：

(1) 如果轴承外表有锈斑，可用00号砂纸研磨，然后用汽油将轴承清洗干净。

(2) 如果滚珠或滚道上只有轻微锈斑，一般不必处理；如果有严重的锈斑或有锈蚀现象，可将轴承置于煤油中浸泡1~2h，然后取出用手正反向拨动轴承外圈，使其多次转动，利用滚珠与滚道的相互摩擦作用，除去锈斑或锈蚀层，随后将轴承用煤油清洗干净，

清洗后再用手拨动轴承外圈，仍然使其多次转动，直到锈斑或锈蚀层完全消失为止。

482. 滚动轴承损坏有何后果？怎样判断轴承是否损坏？

由于电动机长期运行，往往滚动轴承磨损，轴承的保持架损坏，轴承的滚珠和滚槽出现斑纹，造成电动机的转轴下沉，以致定、转子相擦而使铁芯发热。铁芯发热导致槽内绝缘物烧坏和线圈短路，使电动机运转时产生喧哗声，严重时电动机不能转动。

滚动轴承是否损坏，一般可按以下方法来原因：

(1) 如图 3-276 所示，手握电动机的转轴，用力上下揪动，若转轴摇晃，有松动现象，而松动程度又超过定、转子铁芯的正常气隙，则表明轴承损坏。

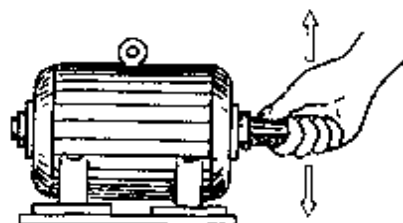


图 3-276 检查轴承是否损坏 (一)

(2) 将端盖拆下，清除轴承内的废油，用汽油或煤油把轴承刷洗干净，然后用手往返地晃动轴承的外圈，若外圈与内圈之间的活动量很大 (图 3-277)，也表明轴承已损坏。

通常，都是电动机负载端的轴承损坏，所以检查时应特别注意带负载端的轴承。如果轴承确已损坏，则应调换同规格的新轴承。

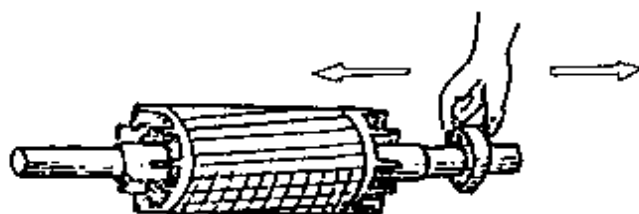


图 3-277 检查轴承是否损坏 (二)

483. 为什么要对运行中的电动机轴承定期添加或更换润滑油脂？何时添加或更换？怎样选择润滑油脂？

通常，轴承运行一定时间，其中的润滑油脂不但会损耗，而且还会混有机械杂质，若不及时添加或更换，将加速轴承的磨损。因此，对轴承应定期添加或更换润滑油脂。一般来说，轴承运行1000~1500 h 就应加一次润滑油脂，而运行2500~3000 h 则应更换润滑油脂。必须指出，不同型号的润滑油脂不得混用，更换润滑油脂时应将旧油脂清洗干净。

轴承分为滑动轴承和滚动轴承两种，选择二者用的润滑油脂应注意以下事项：

(1) 滑动轴承用润滑油的选择。采用油环润滑方式的滑动轴承，其润滑油可根据电动机的功率和转速参照表3-63来选择。润滑油的加入量可按下式确定：

$$D = 25 \sim 40 \text{ mm 时 } t = \frac{D}{4}$$

$$D = 40 \sim 70 \text{ mm 时 } t = \frac{D}{5}$$

$$D = 70 \sim 310 \text{ mm 时 } t = \frac{D}{6}$$

式中 D ——油环直径，mm；

t ——油位高度，即油环内腔底部至油面距离（图3-278），mm。

表 3-63 滑动轴承润滑油的选择

| 电机转速 (r/min) | 100 kW 以下电机 | 100~1 000 kW 电机 | 1 000 kW 以上电机 |
|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| 250 以下 | 30 号机油 | 40 号机油或标准油 | 40 号机油或标准油 |
| 250~1 000 | 30 号机油 | 30 号机油 | 30 号、40 号机油或标准油 |
| 1 000 以上 | 30 号机油 | 20 号或 30 号机油 | 30 号机油 |

此外，滑动轴承用的润滑油，也可按轴颈旋转的圆周速度 v

来选择：

①当 $v \leq 5 \text{ m/s}$ 时，选用 40 号机油。

②当 $v > 5 \text{ m/s}$ 和 $v \leq 15 \text{ m/s}$ 时，选用 30 号机油或 30 号透平油。

③当 $v > 15 \text{ m/s}$ 时，选用 22 号透平油。

(2) 滚动轴承用润滑脂的选择。润滑脂的温度高于滴点（滴点即润滑脂受热后开始滴下第一滴时的温度，它标志润滑脂的耐热能力高低）就会流失，因

此规程对各种牌号的润滑脂都根据它们的滴点规定最高允许工作温度（表 3-64）。滚动轴承用的润滑脂，应根据环境状况、工作温度和电动机的转速等来选择。当环境温度较大时，应选用抗水性强的润滑脂；当电动机的转速很高时，应选用稠度较小（即较稀）的润滑脂，以免电机高速运转时润滑脂内产生很大的摩擦损耗，使轴承温升增高，电机效率降低。不同场合、不同工作温度的电动机，其滚动轴承润滑脂的选用如表 3-64 所示。

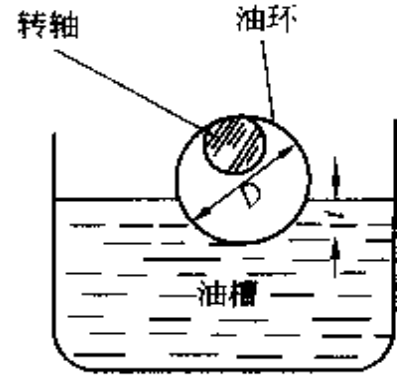


图 3-278 油位高度示意图

表 3-64

滚动轴承润滑脂的性能和选用

| 名称 | 钙基润滑脂 | | | | 钠基润 滑脂 | | 钙钠基 润滑脂 | | 复合钙 基润滑脂 | | | | 复合铝 基润滑 脂 | 二硫化 钼润滑 脂 |
|---------------------------------|-----------------|-----|-----|-----|--------------------|-----|------------|-----|-------------|-----|-----|-----|-----------------|---|
| | ZG | | | | ZN | | ZGN | | ZFG | | | | ZU-2 | (HSY- ¹⁰¹ / ₁₀₃) |
| 牌号 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 2 | |
| 滴点不 低于 (°C) | 75 | 80 | 85 | 90 | 130 | 150 | 120 | 135 | 180 | 200 | 220 | 240 | 75 | |
| 针入度 150 g, 25°C (1/10 mg) | 310 | 260 | 210 | 160 | 230 | 180 | 250 | 200 | 310 | 260 | 210 | 160 | 230 | |
| | 350 | 300 | 250 | 200 | 270 | 220 | 290 | | 350 | 300 | 250 | 200 | 280 | |
| 最高工作温 度 (°C) | 70 | 75 | 80 | 85 | 120 | 140 | 110 | 125 | 170 | 180 | 190 | 200 | 200 | 200 |
| 最低工作温 度 (°C) | -10 | | | | -10 | | -10 | | -40 | | | | | -40 |
| 抗水性 | 不易溶于水, 抗水性较强 | | | | 易溶于 水, 抗 水性弱 | | 抗水 性弱 | | 抗水性弱 | | | | 抗水 性强 | 抗水性 强 |

市面上近来出现的锂基润滑脂是一种新产品，具有耐高温（150℃）和低温（-60℃）、耐高速和高负荷、耐水等性能，已得到广泛应用，分为1号和2号两种产品，冬季可选用1号，夏季可选用2号。

滚动轴承腔内的润滑脂不宜过多也不宜过少，电机的转速低时可适当多加一些，转速高时则应少加，具体标准如表3-65所示。

表 3-65 滚动轴承添加润滑脂的标准

| 转速 (r/min) | 润滑脂加入量 |
|-------------|---|
| 1500 以下 | 加入量为轴承腔容积的 1/2 以上；对圆柱形轴承加到最下面一个滚柱的 2/3 即可 |
| 1500 ~ 3000 | 加入量为轴承腔容积的 1/2，对圆柱形轴承加到最下面一个滚柱的 1/2 即可 |

484. 怎样判断轴承是否缺油？

在轴承缺油的情况下电动机长期运转有何后果？

在电动机的长期运行中，如果不定期往轴承中添加润滑油脂，或者不定期清洗轴承和换油，将造成轴承因润滑油干涸而缺油，并且在电动机运行时轴承发热和磨损。若轴承长期在这种状态下运转，会使电机的转子下沉，导致定、转子相擦。

轴承是否缺油，可按下述方法进行检查来判断：

(1) 电动机起动后，用试电笔测试电机外壳是否带电，若不带电，则用手背（不可用手心）触摸电机两端部。如果手感觉两端部的温升比其他部位的温升增高得快，则可判定热源来自轴承。

(2) 取一只直径在 120 mm 以上的改锥，按图 3-274 所示，分别触碰电动机两端端盖部位，仔细倾听有无连续的“骨碌、骨碌”异常响声，若有，则可判定轴承缺油或已损坏。

(3) 将电动机解体，拆下轴承，用煤油或汽油将其清洗干净，然后观察轴承的内外套与轴颈的配合是否适当，并检查轴承的磨损情况和定、转子铁芯有无擦伤痕迹。经检查，如果轴承没有损坏，

将其清洗擦干后，换上润滑脂即可；如果轴承确已损坏，则应予以更换。

如果电动机在轴承缺油的情况下长期运转，由于滚珠与轴承内、外圈的摩擦力增大，容易出现以下两种情况：

(1) 轴承外圈随着电动机转子轴转动，磨损轴承室，结果轴承外圈与端盖之间的间隙增大。

(2) 整个轴承不动，电动机的轴颈与轴承内圈相摩擦，二者的间隙也增大。

一旦出现上述两种情况，若不及时处理，就会造成定、转子相擦，从而导致铁芯发热，严重时甚至损伤绕组绝缘，造成绕组发生短路故障。

485. 滑动轴承润滑不良的原因是什么？

(1) 轴承中的油圈变形，磨损严重，以致油圈不转动或转动得很慢；对接式油圈的螺钉脱扣（或螺纹损坏）或螺孔处断裂。

(2) 轴承中的润滑油太脏、油量不足，或润滑油不合适（两种不同牌号的润滑油相混或不是规定牌号的润滑油）。

(3) 轴承安装不良，引起转子轴向窜动，造成轴承的圆根磨损。

(4) 轴承间隙太小，轴承中的油槽开得不当，或轴承刮研不合格，轴承发生偏心，使轴承的上半部磨损；轴与轴承的接触角太大，未能形成油楔，破坏液体摩擦而引起轴承发热。

(5) 冷却水水质不良（水中含有杂质），造成轴承的冷却水管经常堵塞。

(6) 压力油循环润滑的滑动式轴承，其油管道堵塞，或油泵发生故障。

486. 怎样测定轴承的磨损程度？

检查电动机轴承的间隙时，往往要测定轴承的磨损程度。轴承分为滑动轴承和滚动轴承两种。对于整体式滑动轴承，用塞尺来测量。而对于分解式滑动轴承，则用压铅丝的办法来测定（图 3 -

279)。测量时，在轴颈上沿其全长放一根直径为 1~2 mm 的铅丝 C，在下半轴承衬的两剖面上各放一根同样直径的铅丝 C₁ 和 C₂，放好后装上轴承盖，拧紧螺钉，铅丝即被压扁。根据压扁的铅丝厚度，可按下式确定轴承间隙：

$$\delta = C - \frac{C_1 + C_2}{2} \quad (\text{mm})$$

式中 C——轴颈上被压扁的铅丝厚度，mm；

C₁、C₂——轴向两剖面铅丝的平均厚度，mm。

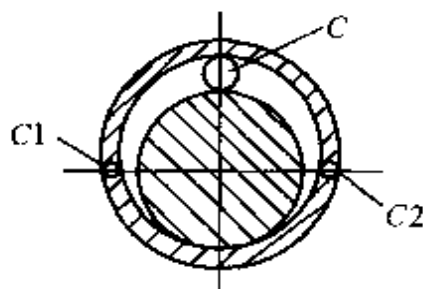


图 3-279 压铅丝法测量轴承间隙

滑动轴承的最大允许间隙，不得超过表 3-66 所列值。表中数值为轴颈与上轴承衬间的间隙，而轴衬与轴颈间两侧的间隙比表中值应大 1.5~1.7 倍。

至于强制润滑轴承，其间隙值应比表中数值大 30%~50%。

表 3-66 滑动轴承允许间隙

| 项目 | 900 r/min 以下者 | | | 900 r/min 以上者 | | |
|-------------|---------------|-------|----------|---------------|----------|----------|
| | 30~50 | 50~80 | 80~120 | 30~50 | 50~80 | 80~120 |
| 轴的直径 (mm) | 30~50 | 50~80 | 80~120 | 30~50 | 50~80 | 80~120 |
| 两边间隙之和 (mm) | 0.1~0.15 | 0.15 | 0.15~0.2 | 0.15 | 0.15~0.2 | 0.2~0.25 |

滚动轴承的间隙有径向间隙和轴向间隙两种。径向间隙是指滚子与滚道间的总间隙（图 3-280），测量时可将塞尺或铅丝插入滚子或滚道之间，然后盘动机轴，塞尺或铅丝即夹入轴承外圈与滚子之间（图 3-281），用千分尺测量被夹铅丝厚度即可，测出的径向间隙不应超过表 3-67 所列值。

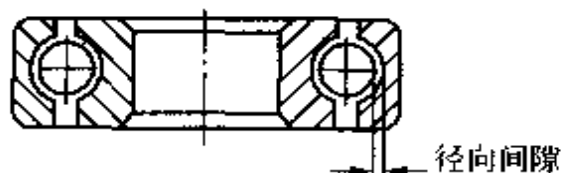


图 3-280 滚动轴承径向间隙

表 3-67

滚动轴承允许径向间隙

| 轴径 (mm) | 25 以下 | 100 以下 | 100 以上 |
|---------|---------------|------------|------------|
| 间隙 (mm) | 0.007 ~ 0.025 | 0.01 ~ 0.1 | 0.06 ~ 0.3 |

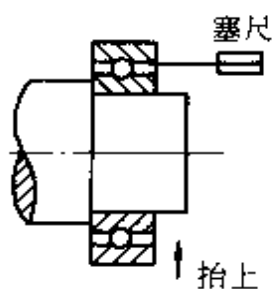


图 3-281 测量滚动轴承径向间隙

轴向间隙的大小取决于内、外圈的最大轴向位移，测量方法如图 3-282 所示。测量时，先将轴向着图中所示左方推进，在右方放上千分表，然后将轴向右方推紧，千分表上即测出其间隙大小。

轴承内圈与轴肩之间的间隙，可用塞尺按图 3-283 来测量，测得的最大间隙不许超过 0.05 mm。

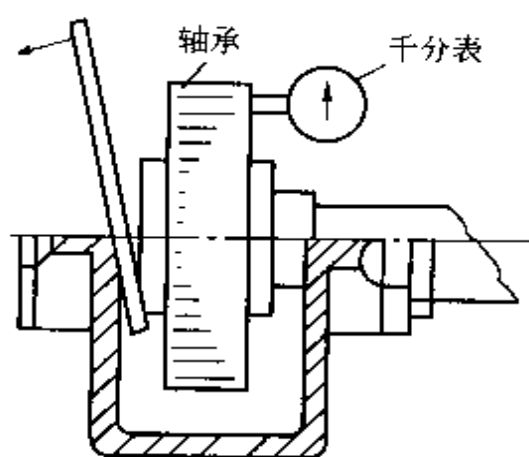


图 3-282 测量滚动轴承轴向间隙

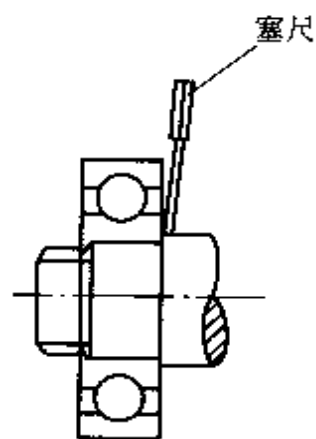


图 3-283 测量轴承内圈与轴肩的间隙

487. 修理电动机时在哪些情况下才考虑拆卸滚动轴承？ 怎样拆卸？

在电动机的检修中，通常只有在下述情况下才考虑拆卸滚动轴承：

- (1) 修理或更换有故障的轴承。
- (2) 轴承正常磨损已超过允许值，需要换上新轴承。
- (3) 更换其他零部件（如换轴）需要拆下轴承才能进行。
- (4) 轴承安装不良，需要返工重新装配。

拆卸轴承的方法如下：

- (1) 从轴上拆下轴承时，应使轴承内圈均匀受力；从轴承室拆下轴承时，应使轴承外圈均匀受力。
- (2) 应使用图 3-284 所示工具拆卸轴承。

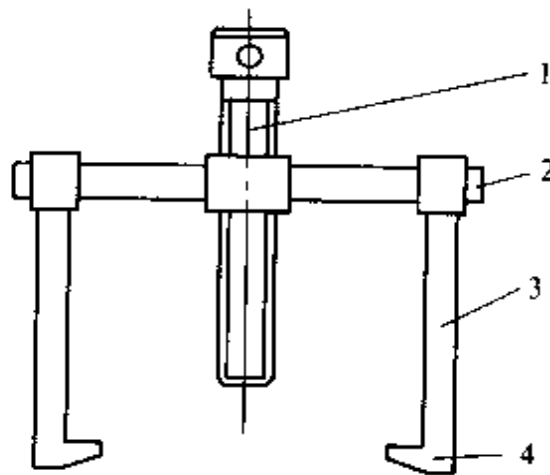


图 3-284 拆卸轴承用的工具

1. 主螺杆；2. 横梁；3. 拉杆；4. 钩爪

(3) 架设拆卸工具时，要使各拉杆（通常有 2~3 个拉杆）长度相等，并且至主螺杆中心线的距离也相同，同时各拉杆不得偏斜。钩爪要平直地勾住轴承内圈，并且主螺杆应与转轴中心线重合。为了保护转轴端的顶尖孔，主螺杆不得直接顶在顶尖孔上，而应在二者之间垫上金属板或滚珠。

(4) 拧紧的主螺杆向外拉轴承时，用力要均匀，每个钩爪的作

用力要一致，动作要平稳，不可使劲猛拉。

(5) 在拆卸轴承的过程中，应保持转轴的轴颈配合表面的精度不变。

(6) 热套装的轴承，由于过盈量较大，不许使用冷拆法拆卸。否则，不但拆卸困难，而且还会破坏轴承的配合精度，增大轴承噪声（约增大 5 dB），所以必须采用热拆法拆除，步骤如下：

①将拆卸工具架设好，钩爪勾住轴承内圈后，把螺杆拧紧到一定程度；

②用石棉布将轴承附近的转轴表面包上，以免浇上热油时转轴与轴承内圈同时膨胀而不易拆除；

③将油加热到 110°C 左右（可用废变压器油），用油壶或油勺将热油迅速浇在轴承内圈上，内圈受热膨胀后与轴颈的配合强度降低，此时用拆卸工具就可很容易拆下轴承；

④操作时要戴手套，以免烫伤。

(7) 遇到老式电动机的特殊轴承结构时，可采用一些特殊方法来拆卸。例如拆卸图 3-285 所示的轴承时，为了使钩爪勾住轴承内圈，必须将内轴承盖移开，但由于受内风扇阻碍，轴承盖移开后的间隙小于钩爪的厚度，所以不可直接用钩爪拆卸。此时可将螺钉拧在轴承盖的螺钉孔中，利用轴承盖将轴承拉出。

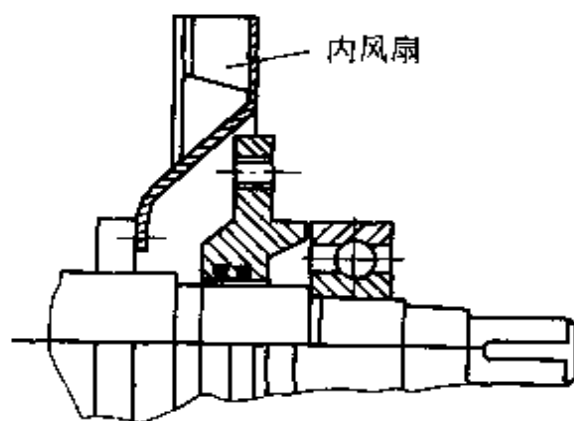


图 3-285 利用轴承内盖拆卸轴承

如果轴承盖的强度不够，可将两块对缝的薄铁板插入轴承盖与轴承的间隙内，然后用螺钉固定成整体，将拆卸工具的钩爪勾在整体薄板上，则可拉出轴承（图 3-286）。

(8) 有些电动机轴颈处的轴肩太高，影响钩爪勾住轴承的内圈，不得不勾住轴承外圈拉出轴承。由于外圈所承受的力通过滚动体传到轴承内圈，使滚动体和滚道受到损伤。为了防止二者被损

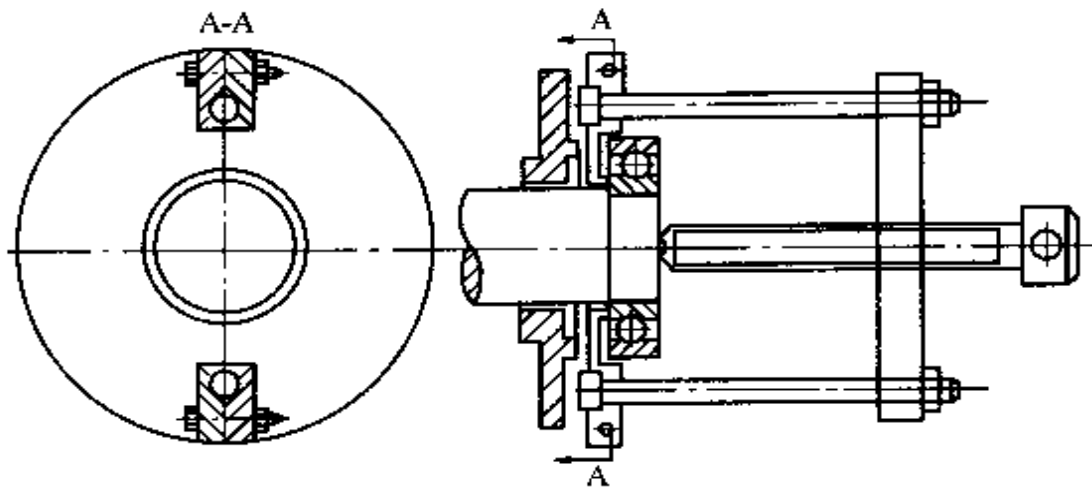


图 3-286 利用两块对缝铁板拆出轴承

伤，应采取以下措施：

①在拆卸过程中，转动轴承外圈，使滚动体作用于滚道的力由集中一点变成均匀分布；

②缓慢地拉出轴承外圈，以使外圈受力平稳、均匀；

③当轴承拉出一段距离，能够伸入钩爪时，及时改为轴承内圈受力，一直到轴承拆下。

拆卸轴承一般应注意以下事项：

(1) 拆卸轴承的作用力，既不可加在滚动体和保持架上，也不可加在防尘盖和密封装置上，以免这些零部件受到损伤和变形。

(2) 不可用手锤直接敲击轴承，以免过盈量较大的轴承套圈断裂。

(3) 对不必报废、修理后仍可使用的轴承，拆卸时应小心谨慎，避免将其损坏，拆下后应妥善存放。

(4) 拆卸严重磨损、需予以报废的轴承时，除注意不要损伤轴、端盖和其他零部件外，也应尽可能不损伤轴承，以保留原样，便于分析损坏原因。

(5) 拆卸轴承前，可在轴上或轴承室涂抹润滑油，以便易于拆卸。

488. 怎样拆卸和装配滑动轴承?

拆卸滑动轴承时，拆卸前应将端盖油箱内的机油倒出。对于套筒式滑动轴承，应仔细检查外面的紧固螺栓，把它拧下来，然后将端盖平放，查看轴承突缘在端盖内侧还是外侧；如果突缘在端盖内，则应使端盖止口面向下，但端盖下面须垫套管（图 3-287），反之就将端盖翻过来放置；然后将油环槽内的油环放在轴承外面，以免油环压断或卡住轴承；最后用铜棒或钢棒顶住轴承内圈，用手锤将轴承敲出。

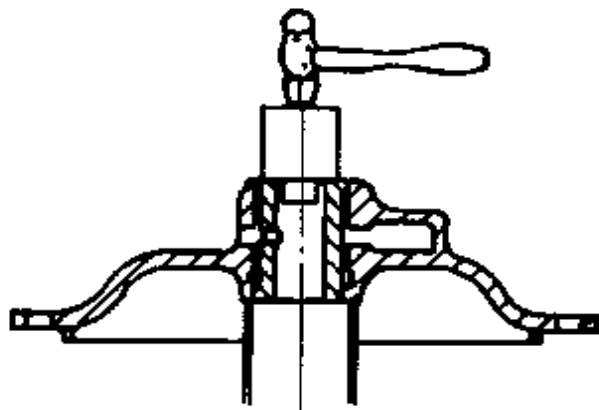


图 3-287 敲出滑动轴承

滑动轴承的装配，一般应按以下要求进行：

(1) 装配前应将油箱清理干净。若有渗漏油现象，可先用汽油冲洗内壁，再用清洁的棉布擦拭内表面，然后用酒精或丙酮等溶剂清洗干净，最后再用清洁的棉布擦拭内表面，并晾干。此时可将农机 2 号胶粘剂涂刷在渗漏部位，并反复多刷几次，但胶层要薄。涂刷后先在 25℃ 下晾干 0.5 h，然后在常温下固化 3~5 h 即可。

(2) 检查油管路，确认管路畅通无阻后，将测温计放在能接触瓦皮的位置上。下瓦经过刮研先放在轴颈下面，然后测轴向窜动量、侧间隙和顶间隙等。

(3) 油环应不呈椭圆，无毛刺，不扭斜，装配后油环在槽内转动应灵活，在转轴爬行运转时也不停转，并且也不与其他零件相

擦。油环浸入油内深度为

$$h = \left(\frac{1}{4} \sim \frac{1}{6}\right) D \quad (\text{mm})$$

式中 D ——油环直径，mm。

(4) 经过全面检查和测量，先填写原始记录单，然后将上轴瓦和瓦盖安装好，打入定位销。检查轴瓦接合面的间隙不应大于 0.05 mm，然后把上轴承盖取下，先在接合面涂上密封胶，再将上瓦盖扣好，旋紧螺钉，打入定位销。

(5) 注入原牌号润滑油，检查密封环与转轴的间隙应在 0.1~0.3 mm 以内。轴承装配完毕，接好油路，检查轴承座绝缘。

489. 滑动轴瓦与轴颈的配合应满足哪些要求？

(1) 轴颈与轴瓦间隙允许值，应符合制造厂的规定。如果无制造厂的规定，则应符合表 3-68 的要求。

表 3-68 轴瓦与轴颈间隙允许值 (mm)

| 间 隙 轴 径 | 上间隙的允许值 | | |
|------------|---------------|-----------------|---------------|
| | 1000 r/min 以下 | 1000~1500 r/min | 1500 r/min 以上 |
| 18~30 | 0.040~0.093 | 0.060~0.130 | 0.140~0.280 |
| 30~50 | 0.050~0.112 | 0.075~0.160 | 0.170~0.340 |
| 50~80 | 0.065~0.135 | 0.095~0.195 | 0.200~0.400 |
| 80~120 | 0.08~0.160 | 0.120~0.235 | 0.230~0.460 |
| 120~180 | 0.100~0.195 | 0.150~0.285 | 0.260~0.530 |
| 180~260 | 0.120~0.225 | 0.180~0.330 | 0.300~0.600 |
| 260~360 | 0.140~0.250 | 0.210~0.380 | 0.340~0.680 |
| 360 以上 | 0.170~0.305 | 0.250~0.440 | 0.380~0.760 |

(2) 轴承盖与上瓦间隙，圆柱形轴瓦为 $-0.05 \sim -0.15$ mm，环形轴瓦为 ± 0.03 mm。

(3) 轴颈与轴瓦的侧面间隙，每侧为轴颈直径的 0.75% — 1.00% 。

(4) 接触弧面应为 $60^\circ\sim 90^\circ$ ；接触面上的接触点数，每 1 cm^2 内至少应有两点。

(5) 轴承下瓦瓦枕垫块与轴瓦的接触面应大于 60% ；轴承座与轴瓦瓦背的接合面间隙不得大于 0.05 mm 。

(6) 双向推力瓦的止推面间隙不应大于 0.40 mm 。

(7) 单向推力瓦的止推面间隙应在 $1.5\sim 2.0\text{ mm}$ 以内。

(8) 轴与轴承挡油板间隙，上部为 $0.20\sim 0.25\text{ mm}$ ，下部为 $0.05\sim 0.10\text{ mm}$ ，两侧为 $0.10\sim 0.20\text{ mm}$ 。

(9) 轴承盖与轴承座接合面间隙不应大于 0.03 mm 。

(10) 轴与端盖轴封圈的间隙，每侧为 $0.25\sim 0.75\text{ mm}$ 。

(11) 端盖与风扇的间隙，每侧为 $2.4\sim 3.0\text{ mm}$ 。

490. 怎样清洗滚动轴承？

滚动轴承的清洗，有以下三种方法：

(1) 轴承不拆下（在轴上）清洗。先用竹片将轴承上的大部分润滑油脂刮下（不可用金属片刮除，以免损伤轴承工作面），然后用加热到 $70\sim 80^\circ\text{C}$ 的中性洗涤剂（ 1% 中性洗涤剂兑 99% 自来水）刷洗或用喷枪喷射冲洗。如果润滑油脂已固结，则应使用 105°C 左右的热油冲洗，清理干净后再用汽油冲洗两遍。

(2) 轴承拆下后成批清洗。先用竹片刮除润滑油脂，然后将轴承置于煮锅中的铁丝网上进行煮洗。煮洗液可采用加热到 $80\sim 90^\circ\text{C}$ 的中性洗涤剂，煮洗 20 min 左右取出轴承在室温下晾干。如果一次煮洗不干净，则应反复煮洗，并更换洗涤剂。这种煮洗方法安全，煮洗液无毒，节省洗涤剂，可降低修理费用。

在电动机检修现场，一般有很多废变压器油，也可利用这种废油（加热到 100°C 左右）煮洗轴承，但应注意防火，煮洗后要用清洁的汽油冲洗两遍。

(3) 新轴承清洗。新轴承必须经过清洗才可使用。经验表明，

未经清洗的轴承直接使用，电机噪声比经过清洗的轴承大 5 dB 左右，并且使用寿命也缩短。

国产轴承使用的防锈剂有油剂防锈剂、水剂防锈剂和气相防锈剂三种。第一种防锈剂能溶解于汽油，可用汽油冲洗。后两种防锈剂不溶解于汽油，应使用油酸钠皂水溶液或 664 号水溶液清洗。因此，在清洗新轴承之前，拆除包装纸后，除检查产品合格证和型号外，还应了解轴承的防锈剂种类，然后选用合适的洗涤剂。否则，轴承清洗不干净，影响其使用寿命。

带有防尘盖或密封圈的轴承，出厂时已涂封好润滑剂，现场不必清洗和涂脂；此外，涂有防锈和润滑两用油的轴承，也不必清洗。

清洗滚动轴承应注意以下几点：

(1) 仔细检查珠架和滚动体的缝隙中是否残存油脂和污物，轴承内外表面有无锈斑、划痕，珠架是否变形，滚动体是否磨损。

(2) 用手盘动轴承外圈，检查轴承转动是否灵活、平稳，声音是否正常。

(3) 热油或煮沸液的最高加热温度不得超过 105°C ，轴承离煮锅底部至少 50 mm。几种不同规格的轴承同煮时，轴承外圈不要混淆。煮洗时不许远离现场，要注意防火，要戴手套和口罩。

(4) 清洗时不可转动轴承，以免杂物压入轴承滚道。

(5) 凡是用煤油清洗过的轴承，都要再用汽油清洗。因煤油中含水分较多，用汽油冲去轴承上残留的水分，可防止轴承生锈。

(6) 洗净的轴承，应使用清洁的软棉布将其擦干，不得用棉纱来擦拭，以免绒毛落入轴承内。同时，也不得用手触摸轴承，以防止轴承沾上汗水而锈蚀。擦净的轴承，可放在清洁的软棉布或纸上，使残余的汽油蒸发。

(7) 洗净擦干的轴承，若无明显摇动和滚珠表面无剥落现象，则按规定加入纯净的润滑油脂，就可投入使用。

(8) 轴承清洗、擦干和其上残留的汽油或煤油蒸发后，如果暂时不使用，可用清洁的软棉布或干净的纸（不可用棉丝）包装起

来，并妥为保存，以防落入灰尘或其他杂质。

491. 清洗后的轴承完好的标志是什么？

怎样判断损伤或有缺陷的轴承能否继续使用？

清洗后的轴承完好的标志是：

(1) 轴承的加工平面光滑，无划痕、裂纹或锈迹；轴承内、外圈无裂缝。

(2) 用手推动轴承，无杂音，转动轻快、灵活、均匀，无阻涩、卡住或过松现象。

(3) 外圈不松动，滚珠（滚柱）和滑槽上没有陷窝和剥落现象。

(4) 用塞尺测得的轴承磨损值，未超过表 3-60 所示范围。

损伤和有缺陷的轴承能否继续使用，一般可根据以下特征来判断：

(1) 如果滚动面上导致轴承损伤的材料疲劳老化，硬度降低和出现裂纹，滚珠锈蚀或有麻点、锈斑，滚珠因剥落而不圆，轴承内外圈槽内有压痕，无法修复，则这种轴承就不能再使用。

(2) 如果腐蚀性的锈斑、锈坑，能用钢丝轮抛光或用 320 号细砂纸除掉，而又不影响轴承游隙和旋转精度，则这种轴承可以继续使用。

(3) 热变色的轴承，无论是出现深蓝色或淡稻草色，都应一律予以更换。但是，如果轴承表面异常颜色只局部出现在滚道上，而且是由于润滑脂氧化或类似原因造成色污，则不可与热变色混为一谈，这种轴承仍可继续使用。

(4) 外圈滚道擦伤，擦伤深度不超过 0.025 mm，抛光后不影响轴承游隙和旋转精度，则这种轴承也可继续使用。但是，如果内圈与滚动面擦伤，并粘有金属，则这种轴承应予以报废。

(5) 凡是电蚀损伤的轴承，均不可再使用。

(6) 用双手捏住轴承外圈（若轴承已拆下，则应捏住轴承内圈），前后拨动，若有明显晃动现象，则表明轴承内部磨损过度，应予以更换。

492. 怎样安装滚动轴承？安装时应注意哪些事项？

轴承的安装方法随轴承的结构型式、尺寸和配合情况而定。目前滚动轴承的安装方法常见的有热套法和冷压法。实践表明，为了降低轴承运行中的振动和噪声，以热套法为好。下面介绍滚动轴承热套和冷压这两种安装方法。

(1) 热套法。对于过盈量较大的大中型轴承，应采用热套法来安装。由于大中型轴承的尺寸和过盈量均较大，若采用冷压法安装，则需施加很大的压力，在工艺上存在困难，操作也麻烦。而采用热套法安装，则只要施加很小的压力，就可平稳地将轴承装上。此外，轴承在加热热套装过程中，变形很小，而且，由于加热，轴承中的油脂均匀地附着在钢球与内、外圈沟道的表面。这样，一方面能使轴承润滑良好，另一方面对噪声和振动也有一定的阻尼作用。轴承热套装时通常在油中加热，加热方法如下：

将轴承（或可分离轴承的内圈）置于油箱中加热至 $80 \sim 100^{\circ}\text{C}$ 。加热用的油应是无腐蚀作用的矿物油，最好是变压器油。为防止轴承局部受热和避免油中沉淀杂质进入轴承中，在距箱底

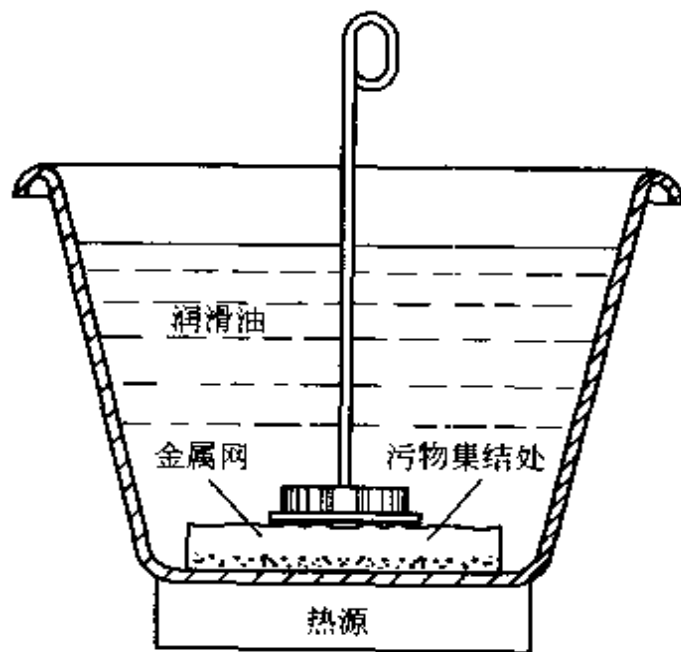


图 3-288 轴承在油箱中加热

50~70 mm 处应设一铁丝网架。此外，油箱中还必须装有温度计，严格控制油温不超过 100℃（图 3-288）。从油箱中取出轴承后，应立即用清洁的白棉布将轴承表面的油迹和附着物擦拭干净，然后用清洁的白棉布垫好两手将轴承端平，趁热套在转轴上，并将其推到安装部位，冷却后轴承就紧固在轴上（图 3-289）。

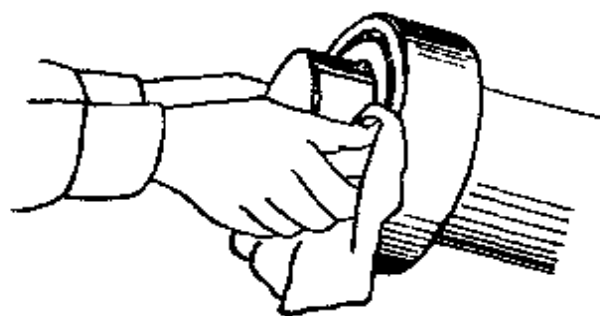


图 3-289 轴承热套到轴上

(2) 冷压法。所谓冷压法，就是在常温下用机械式或液压式压力机将轴承平稳地压装到轴上的安装部位（图 3-290）。压装时，应使压力机的压轴中心与轴承中心线重合，防止轴承歪斜；同时，压力只能施加在轴承内圈上，而不可通过保持架进行压装。

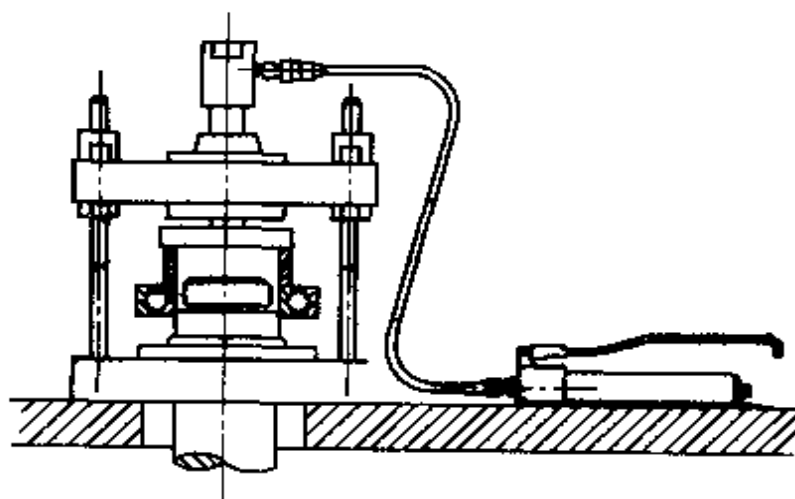


图 3-290 用压力机压装轴承

冷压与热套相比，有以下缺点：

(1) 润滑脂不能牢固而均匀地附着在钢球与外圈沟道表面上，

电动机运行时，润滑脂往往被挤出，造成钢球与沟道干摩擦，轴承噪声增大。只有当电机运行一段时间，轴承温度升高时，润滑脂才重新进入沟道，使轴承的润滑情况有所改善。

(2) 在冷压过程中，压装设备上的脏物可能落入轴承内部，造成轴承运行不稳定，电机噪声增大和振动加剧。

安装滚动轴承一般应注意以下事项：

(1) 装配轴承的地点应保持清洁，不可靠近车床、磨床等机械加工设备，以免粉尘、金属切屑、磨粒等进入轴承。否则，易造成轴承运行时产生振动、噪声，加快磨损而缩短使用寿命。

(2) 安装前，应检查轴承滚动件转动是否灵活而又不松旷，轴承内圈与轴、外圈与端盖轴承孔之间的公差和粗糙度是否符合要求。

(3) 装配前，应按照图样要求检查与轴承相配合的零件。如果发现轴、轴承室、衬套、密封圈、端盖等的尺寸精度、形位公差和表面粗糙度不符合要求，则不得装配。此外，还要注意轴肩根部的圆角尺寸和轴肩对轴的垂直度误差是否超出允许值。通常，只有轴肩根部的圆角半径小于轴承内圈的圆角半径，轴承才能靠紧轴肩。

(4) 装配轴承时应尽量使用专用工具，并且要准备一套拆卸工具，以便装配不当时，将轴承无损地拆下，重新装配。

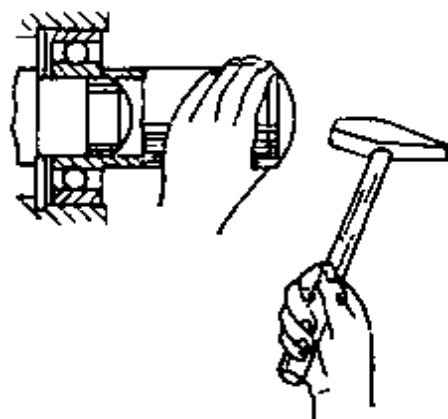
(5) 与轴承相配合的零件装配表面，应使用汽油或煤油擦洗干净，不得有锈蚀、斑点或固体颗粒（如金属屑、磨料、砂土等）。

(6) 原来是热套装的轴承，装配时仍要热套配合，不得改为冷套配合。否则，轴承运行时会产生噪声、发热，使用寿命缩短。

(7) 过去有人在常温下用手锤通过铜套筒（或垫圈）敲打（间接敲打）轴承内圈，将轴承安装到轴上（图 3-291）。这种方法目前禁止采用。其原因有二：一是手锤敲击套筒（或垫圈），轴承内圈跑道和滚动体承受冲击力，造成轴承内圈跑道表面的波纹度和粗糙度均受到破坏，结果电动机运行时噪声增大，轴承发热；二是轴承与轴颈之间产生冲击力，轴承内圈或外圈受力不平衡，使轴颈表面或轴承室表面因受到损伤而降低配合精度。

(8) 装配轴承时，轴承带型号的一面应朝外，以便今后检修、更换轴承时查阅。

(9) 配装轴承时，应先在轴承盖涂上润滑脂，并将其套入轴上，然后套装轴承。在轴颈上应涂上一层机油，然后着手装配轴承。



(10) 轴承内应塞满润滑脂，通常由轴承的一端塞入润滑脂，从轴承的另一端挤出，使润滑脂填充在轴承内。

图 3-291 习惯上常用的敲入法
安装轴承（禁止采用）

(11) 轴承安装后，应检查轴承是否已靠紧到轴肩的位置，否则，轴承会发热。检查方法可用塞尺测量轴承内圈与轴肩的间隙，如果轴肩圆角半径过大，卡住轴承，则应拆下轴承，重新处理轴肩再装配。

493. 轴颈轻微磨损时怎样装配滚动轴承？

如果轴颈只有轻微磨损（磨损量在 0.1 mm 以下），则可采用环氧树脂粘补磨损的轴颈后装配轴承，工艺如下：

(1) 胶粘剂的配制。胶粘剂的配方为：6101 号环氧树脂 78%；邻苯二甲酸二丁脂 15%；乙二胺 7%。胶粘剂用量视轴颈磨损情况而定，一般为 10~20 g。将上述配料盛在干净容器中搅拌均匀即可使用。冬天气温较低，为了保证胶粘剂的质量，可将乙二胺的用量增大到 8%。

(2) 轴承装配。先将待装配的轴承置于盛有机油或变压器油的铁盒内加热到 100℃ 左右并保温，用清洁的棉布蘸丙酮将磨损的轴颈擦净，待丙酮挥发，在轴颈上均匀地涂一层胶粘剂；然后从铁盒内取出轴承，用蘸有丙酮的清洁棉布（禁止用棉纱）擦净轴承内圈的装配面；随后将轴承套入涂有胶粘剂的轴颈上，固化后便可装配使用。

494. 轴承盖上出现裂纹或镗孔磨损怎么办？ 怎样组装内、外轴承盖？

若轴承盖上的裂纹较小，可用堆焊法或喷镀法进行修补；若轴承盖上的裂纹很大或裂开，则应予以更换。若轴承盖镗孔的环状突缘上和轴承配合处有磨损凹痕和毛刺，可用细锉和刮刀修整；若尺寸不足，可用轴颈堆焊法加厚，但不宜镀铬；若磨损过大，可采用镶套法处理。

若轴承与轴承座间配合不正确，而一时又找不到同规格的新轴承盖来更换，则可局部予以修复：

(1) 当轴承室壁较厚时，可将轴承室内径镗大一些，然后选用大一号的轴承，或者将轴承室内径镗大后，镶入一个合适的套圈，使其与轴承外径有适宜的松紧配合。

(2) 将轴承室的配合面用样冲均匀地冲出毛刺，使其与轴承外圈有较紧的配合。但这样处理，使用时间不长，所以只能是应急措施，应设法购到新轴承盖予以调换。

较大功率的电动机通常都有内、外轴承盖，检修后组装电动机时，一般很难对上内轴承盖的固定螺孔。如果采用下述方法，则可顺利地完成内、外轴承盖的组装工作：

(1) 组装前，在内轴承盖各固定螺孔中拧入一根长度合适的螺杆；组装电机端盖时，先将各根螺杆从端盖螺钉孔中穿出，然后再将端盖组装到位；装外轴承盖时，要逐根拧下螺杆，换上紧固螺钉，并将其拧紧。

(2) 组装一端内、外轴承盖时，先将电机另一端垫高 30° 左右。这样，内轴承盖在重力作用下就会滑向电机端盖；将螺钉插入端盖螺钉孔中，一手慢慢盘动电动机转轴，另一手慢慢旋转螺钉。这样，就会很快将螺钉拧入内轴承盖的螺孔内。

495. 怎样保管滚动轴承？

无论是新滚动轴承，还是能继续使用的旧滚动轴承，如果暂时

不用，均应妥善保管，保管时应注意以下几点：

(1) 对包装运来的新轴承，不可随意拆包，以免水、湿气和酸、碱、盐类物质直接接触轴承而使其锈蚀或腐蚀。

(2) 存放的地点应清洁、干燥，不可与化学物品或其他有腐蚀性的物品放在一起。

(3) 存放轴承的房间温度应稳定，即温差要小（24 h 内的温差不超过 5℃），并且温度不可过高或过低（一般保持 5~25℃ 为宜）。如果温度过高，将造成防锈剂溶化，加速轴承锈蚀；如果温度过低，则会引起轴承的防锈剂硬化，降低保护作用。

(4) 轴承应水平放置，不可堆放。

(5) 由于轴承出厂防锈期一般在一年以内，因此，先存者应先使用。长期存放的轴承，每 10~12 个月应清洗一次，并涂油封存。否则，轴承会因防锈剂失效而锈蚀。轴承清洗和涂油封存的步骤如下：

① 将轴承原有的防锈油脂清洗干净，清洗方法见 490 问。

② 涂油包装。轴承封存方法有用防锈油、气相剂、水溶性防锈剂封存三种，目前广泛采用的是防锈油封存。常用的防锈油有 204-1、FY-5 和 201 等。使用 204-1 防锈油浸涂比较简便，浸涂后将轴承置于室内晾干，然后用聚乙烯薄膜和牛皮纸（或苯甲酸钠纸和牛皮纸）进行包装。

496. 电动机定期维修期限是怎样规定的？

定期维修包括哪些工作？

定期维修分小修和大修两种。

(1) 小修。一般情况下，每季度小修一次。小修时，对电动机及其起动设备只作一般性检修，不作大的拆卸。小修项目如下：

① 清除电动机外壳上的粉尘和脏物，以利散热；测量绕组绝缘电阻，以判断电动机绝缘是否良好。

② 清除接线盒中的灰尘和污物，检查压线螺钉是否松动和烧伤，拧紧接线螺母。

③检查接线端子是否牢固，修理出线盒和风扇，局部喷漆。

④检查接地螺钉、端盖螺钉和轴承盖螺钉是否紧固，接地是否可靠。

⑤拆下轴承盖，检查轴承是否缺油、漏油或油是否脏污。如果缺油，应予以补充；如果漏油，应进行堵漏处理或更换轴承；如果油脏污，应调换新油。拆下一边端盖，检查气隙是否均匀，以判断轴承是否磨损。

⑥检查传动装置是否可靠，有无损坏，传动胶带松紧度是否合适。

⑦对于起动设备，应清除外壳上的粉尘和污垢；检查触头是否烧伤，接触是否良好，各触头动作是否一致，并擦净触头；检查接线头是否烧伤和电蚀；测量绝缘电阻；检查接地是否可靠。

⑧对于绕线式电动机，应调整或更换电刷（电刷磨损 1/3 就应更换）。

（2）大修。一般情况下，每年大修一次。大修时，应拆开电动机进行全面检查，彻底清扫和修理。大修项目如下：

①对电动机内外进行清扫。先清除机壳表面的粉尘和脏物，然后拆开电动机，用压力为 0.2~0.3 MPa 的干燥压缩空气（或皮老虎）吹除电机内部的灰尘，并用清洁的棉布擦除污物，擦拭完毕再吹扫一遍。

②清洗轴承。刮除轴承上的旧油，将轴承浸入柴油中洗刷干净，然后用清洁的棉布擦干；洗净轴承盖。如果轴承完好，仍可继续使用，则应添加新润滑脂。

③检查定子绕组有无接地、短路或断路故障，绕组绝缘是否老化焦脆。如果有以上故障或现象，应彻底处理和消除。测量绝缘电阻是否符合要求，若不符合要求，应进行干燥处理。

④检查转子是否断条，若断条，应予以修复或更换。

⑤检查定、转子铁芯是否相擦，观察有无相擦痕迹。若有，应调整定、转子之间的气隙。

⑥清除起动设备、测量仪表和保护装置上的粉尘和污物。检查

起动设备的触头是否良好，接线是否牢固；各仪表是否准确；保护装置是否良好，动作是否准确。

⑦清除传动装置上的灰尘和油污。检查传动胶带松紧度是否合适，联轴器是否牢固，连接螺钉是否松动。

⑧对于绕线式电动机，还要检修集电环和电刷装置。

⑨装配好电动机，测量绝缘电阻；检查各转动部分转动是否灵活、安装是否牢固，起动和运行时的电压、电流是否正常，有无不正常的振动和声响。

检修完毕，应填写检修记录单，以便维护和检修时参考。

497. 对电动机及其开关和控制电器怎样进行配套检修？

所谓电动机及其开关和控制电器的配套检修，就是考虑某些连续生产设备不能经常停产的特点，对其电动机进行小修的同时，对电动机的开关和控制电器也进行检查和修理，亦即进行全面检修。检修周期一般为3~6个月，检修内容包括以下几项：

(1) 清扫电动机可见部分的积灰和油污。

(2) 拆开电动机的前后轴承外端盖，检查润滑油脂的质量和数量。若润滑油脂变质（如油脂中混有机械杂质），则应予以更换；若润滑油脂不足，则应添加同型号的润滑油脂。

(3) 拆开电动机的接线盒盖，检查引线连接螺钉是否松动，引线有无过热现象。若发现导线端头鼻子有过热变色现象和焊锡熔化，则应重新焊接。

(4) 拆下电动机的风扇罩，检查风扇叶片是否断裂，并清除积灰，疏通风道。

(5) 拧紧各部位的螺钉，如果发现螺钉或其他零件短缺，则应予以补齐。

(6) 清扫绕线式电动机的集电环。如果集电环表面有腐蚀痕迹和烧疤，则应打磨光滑。如果发现炭刷严重磨损，则应调换同型号的新炭刷。

(7) 打开所属交流接触器的灭弧罩，检查触点是否烧伤。若触

点上有烧疤，则应使用细板锉进行修整。

(8) 对控制箱内部进行清扫，并检查按钮动作是否灵活、可靠。

(9) 测量电动机和线路的绝缘电阻，测得的绝缘电阻值应在 $0.5\text{ M}\Omega$ 以上。

(10) 检查电动机及其附属设备的外壳接地线接触是否良好。经过以上检修，并且试运转正常，电动机就可投入运行。

498. 检修电动机应注意哪些事项？

检修电动机一般应注意以下事项：

(1) 电动机的故障多种多样，它与电动机的结构型式、制造质量、使用条件和维护情况等有密切关系。同一种故障可能有不同的外观现象，而同一种外观现象也可能由不同故障原因所引起。但只要有深厚的电工理论基础，了解电动机的结构和工作原理，掌握它的运行规律，又有丰富的实践经验，通过仔细检查、分析，把故障范围逐渐缩小，就可准确判断电动机的故障性质，查出故障部位，最后对症予以处理。

(2) 接受电动机修理任务时，应作出详细记录（如电动机型号、使用范围、使用时间长短、工作环境的特点、所配用的机械名称等）。

(3) 向用户详细询问电动机发生故障前的运行情况（如负荷大小、温升高低、有无不正常的声音等）和故障现象。

(4) 接他人中途未修完的电动机时，应向移交人员了解电动机的故障性质、故障现象和已采取的修理措施。如果不了解情况，切勿贸然动手修理，而应使用万用表对电机的电路系统进行静态测量，判断是否存在电路故障。此外，也可在不通电的情况下，用手盘动转轴，检查转子转动是否灵活，倾听有无异常声响。靠直接感觉，估计故障性质和故障范围，然后着手修理。

(5) 通电查找故障前，用万用表测试电源是否正常，接地是否良好，外壳是否可能带电，以免发生触电事故。

(6) 必须通电才能判断故障时，应采取相应的防触电措施（如脚下和工作台上加垫绝缘胶板，用试电笔等工具去接触带电体等）。查明故障后，断电检修。

(7) 检修电动机的目的在于使其恢复正常工作，所以，不要因操作不当而增添故障或因磕碰而使电动机损坏加重。

(8) 拆下来的大小零部件应有条不紊地放置在一定地点，以免杂乱无章或丢失。在拆卸的同时要观察取下的零部件是否完好。

(9) 若需要更换零部件，换上的零部件尺寸、规格应与原尺寸、规格相符。否则，将使整机性能变差。同时，应作好更换零部件的记录。

(10) 排除电动机故障后，应作重点技术记录，以利资料的积累和技术水平的提高，而且还能触类旁通，逐渐提高检修技能和积累检修经验。

499. 三相异步电动机修理以前怎样对其进行外部检查？

三相异步电动机修理以前的外部检查包括机械和电气这两方面的检查，检查内容如下：

(1) 机械方面的检查。一般应检查以下各项：

①机座、端盖有无裂纹，转轴有无裂痕或是否弯曲变形。

②用手盘动电动机的转轴，检查转轴转动是否灵活，有无不正常的声音（如轴承滚珠破损就有“咯当”声，定、转子轻微相擦就有“沙啦”声）。

③风道是否堵塞，风叶和散热片等是否完好。

④容量较大的电动机端盖上一般都有测气隙孔，测得的气隙不均匀度应在平均值的10%~15%以内。否则，会引起电机振动，损坏轴承，甚至电机不转。

(2) 电气方面的检查。通常应进行以下检查：

①电动机的接线是否符合铭牌规定（如 Δ 形接法或Y形接法是否搞错），绕组首、尾端是否正确。

②测量绝缘电阻和直流电阻，以检查绕组绝缘是否损坏，绕组

中无断路、短路和接地等故障。

③进行上述检查，如果未发现问题，则可直接通电进行试验。试验时，通过三相调压器首先对电动机施加较低的电压（约30%额定电压），然后逐渐升高电压至额定值。若电机发出异常声音或有焦臭味，或者不能转动，应立即分断开关进行检查，以免引发更严重的故障。若电机起动正常，则可测量三相电流是否平衡。如果三相电流不平衡，则电流大的一相可能有短路故障，电流小的一相，其原因可能是多路并联的绕组中有支路断路故障。如果三相电流基本平衡，则可使电机连续运行1~2h，随时用手背（不可用手心）触摸机座铁芯部分和轴承端盖（为确保安全，触摸前应使用试电笔测试这些部位是否带电），若有烫手的感觉或手背立即缩回，则应切断电源，迅速拆开电动机，用手触摸绕组端部和铁芯部分。如果绕组过热，则可能有短路故障；如果铁芯过热，则表明绕组匝数不足，或铁芯硅钢片间的绝缘损坏。

500. 三相异步电动机修理以前怎样对其进行内部检查？

三相异步电动机修理以前，经过外部检查，如果确认其内部存在故障，则应将其拆开，从以下几方面作进一步检查。

(1) 绕组部分。主要应检查以下几项：

①绕组端部有无积尘或油垢，绝缘是否损伤，接线和引出线是否损坏。

②绕组是否烧伤。若绕组有烧伤部位，则烧伤处的颜色为暗黑色或者该处完全烧焦，且有焦臭味。若只烧坏一个线圈中的几匝导线，则表明是匝间短路引起的；若烧坏几个线圈，则多半是相间绝缘或接线（过桥线）的绝缘损坏所致；若烧坏一相，则可能是三角形接线时有一相电源断电；若烧坏两相，则可能是一相绕组断路；若三相绕组全部烧坏，则可能是电机长期过载、起动时卡住（堵转）或绕组接线有误。如果是接线错误，则由于接错的绕组中电流方向相反，不能产生旋转磁场，因而电动机不能起动运转，或者由于磁动势和电抗不平衡，电动机剧烈振动，发出低沉的吼声，此时

三相电流严重不平衡，电流迅速上升，电机的转速降低，以致绕组过热而烧毁。

③绕组导线是否烧断。绕组导线烧断现象多数出现在绕组端部或槽口附近，这是短路造成的。同时，检查绕组焊接处是否脱焊，若焊接质量不良而造成假焊，会使接头电阻增大。

(2) 铁芯部分。一般应进行以下检查：

①检查定、转子铁芯表面有无擦伤痕迹。若转子表面只有一处擦伤，而定子表面全部擦伤，则是转轴弯曲或转子不平衡引起的；若转子表面一周都有擦痕，而定子表面只有一处擦伤，则是定、转子不同心造成的（如机座和端盖止口变形或轴承严重磨损使转子下落，均会导致定、转子不同心）；若定、转子表面均有擦痕，则是上述两种原因共同引起的。

②检查铁芯位置是否对正，主要是察看定、转子铁芯是否对齐。若未对齐，就相当于铁芯缩短，由于磁通密度增大而引起铁芯过热，这是转子铁芯轴向窜位或新换转子不合适造成的，此外，还要察看定、转子铁芯是否沿圆周方向移动。若有移动现象，则是定子的紧固螺钉失去作用或丢失，或者轴与转子铁芯配合不紧造成的。

(3) 转子部分。首先检查风叶是否损坏或变形，端环有无裂纹或是否断裂，然后用短路侦察器检查笼条是否断裂。

(4) 轴承部分。检查轴承内外套与轴颈和轴承室的配合是否合适，轴承磨损程度，润滑油脂是否干涸。

501. 怎样选择修理电动机用的绝缘材料？

绝缘材料的等级是如何划分的？

修理电动机用的绝缘材料，主要应根据所修电动机的绝缘等级和耐压等级来选择。通常，选择修理电动机用的主绝缘材料（如聚酯薄膜、漆布等）时，还配以适当的补强绝缘材料（如青壳纸、木材等），以保护主绝缘材料不受损伤。

在电动机的修理中，所选用的绝缘材料应与电动机铭牌上标出

的绝缘等级相符合，可以用耐热等级高的绝缘材料代替耐热等级低的绝缘材料。但是，后者不能代替前者。例如，B级绝缘材料可以用于E级绝缘的电动机，但E级绝缘材料不能用于B级绝缘的电动机。此外，还要注意，主绝缘材料与引出线、套管、绑线、浸渍漆等应为同一绝缘等级（不同耐热等级的各种绝缘材料不得混用），做到配套使用。

电动机使用的绝缘材料品种很多，按材料的形态可分为固态、液态和气态三种；按材料的化学成分可分为有机和无机绝缘材料；按材料耐热程度的高低可分为Y、A、E、B、F、H、C等7个等级，每一耐热等级对应一定的最高工作温度（表3-69），能保证材料在该温度以下长期使用而不影响其绝缘性能。

表 3-69 绝缘材料的耐热等级和最高工作温度

| 绝缘等级 | 最高工作温度,℃ | 材料举例 |
|------|----------|--|
| Y | 90 | 未处理过的有机材料，如棉纱、纸等 |
| A | 105 | 经过浸渍处理或使用浸于油中的棉纱、纸、丝等有机材料或其组合物，油性漆包线用漆 |
| E | 120 | 在A级材料上复合或衬垫一层聚酯薄膜，如聚酯薄膜纸、复合箔、环氧树脂等 |
| B | 130 | 以云母、石棉、玻璃纤维等无机材料为基料，以A级材料为补强，用有机漆胶合而成，如云母板、纸、醇酸、玻璃漆布、聚酯薄膜、石棉纸等 |
| F | 155 | 与B级相同，但用耐热硅有机漆胶合而成，如硅有机玻璃漆布 |
| H | 180 | 与B级相同，但无A级材料补强，如硅有机物以及云母、石棉、玻璃丝等用硅有机漆作粘合剂制成的材料 |
| C | >180 | 天然云母、玻璃、瓷料、石棉水泥、聚四氟乙烯等 |

502. 拆卸电动机应注意哪些事项？

拆卸电动机应注意以下事项：

(1) 拆卸前应使用 0.2~0.3 MPa 的清洁、干燥压缩空气吹净电动机表面的粉尘，并将表面污垢用清洁的棉布擦拭干净。

(2) 选择好拆卸电动机的场所，并清理现场环境。

(3) 熟悉待拆电动机的结构特点、拆卸要领和电动机所存在的缺陷。

(4) 备齐拆卸工具，特别是拉具、套筒等专用工具。

(5) 作好以下各项标记：①标出电源线在接线盒中的相序；②标出胶带轮或联轴器与轴台的距离；③标出端盖、轴承、轴承盖的负荷端和非负荷端；④标出机座在基础上的准确位置；⑤标出绕组引出线在机座上的出口方向。

(6) 开始拆卸时用力要平稳、均匀，并且始终要保持拆卸工具的两臂平衡，逐渐加力将连接件拆下。

(7) 不得使用铁锤敲击电动机的任何部分。因为电动机的机壳、端盖、轴承盖等都是用生铁铸造的，而铸铁性脆易碎，如果用铁锤直接敲击，极易破裂。转轴虽然是用圆钢制成，但直接敲打也会变形。所以，需要敲击这些部件或部位时，最好使用木榔头（木槌）。若手边无木榔头，而须使用铁锤，则应在被敲击部位垫一木块或铜板（铁板也可），即间接敲打。

(8) 对于配合面生锈的连接件，可先涂上煤油或柴油，稍后再进行拆卸。如果这一方法不奏效，则可进行加热。加热时，先将拆卸工具架设好，把螺杆拧紧到一定程度，用湿石棉布将轴包好，然后用氧-乙炔火焰迅速均匀地加热连接部位。当温度达到 200℃ 左右时，拧紧拆卸工具的螺钉，连接件便可顺利拆下。

(9) 对于齿轮传动件，拆卸时不得进行高温直接加热，以免齿轮退火。

(10) 电机解体时，往往需要将其整体移开原安装地点，移开前应拆除地脚螺栓和定位销，拆除电机外部的连接线，检查有无影

响电机吊运的障碍物，然后用起重设备移动电动机，将其整体吊出或在安装位置上移位或转动。

(11) 吊出或移动电动机时，要记录电机与机座间的垫片厚度和数量，并将垫片妥为保存，以免电机复位时重新调整和配制垫片。

503. 按什么步骤拆卸电动机？怎样拆装电动机的线头？

运行中的电动机发生故障需要停机拆卸进行修理时，拆卸步骤如图 3-292 所示。

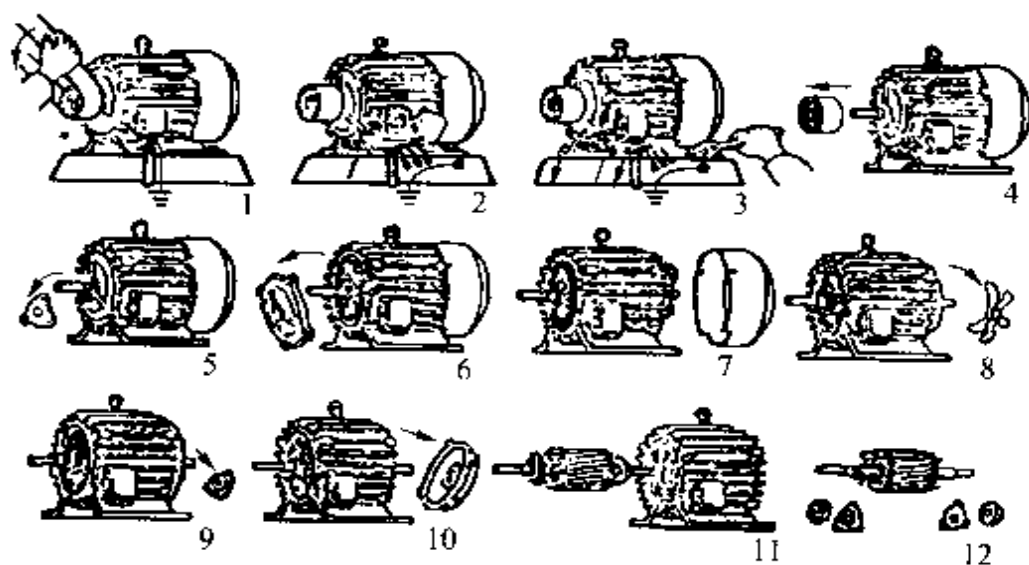


图 3-292 一般电动机拆卸步骤

1. 卸下胶带；2. 拆除接线盒内的电源接线和接地线；3. 卸下地脚螺母、弹簧垫圈和平垫圈；4. 卸下胶带轮；5. 卸下前轴承外盖；6. 卸下前端盖；7. 卸下风罩；8. 卸下风叶；9. 卸下后轴承外盖；10. 卸下后端盖；11. 卸下转子；12. 卸下前后轴承和前后轴承的内盖

新购置的或者重新喷涂油漆的或前后端盖与机体配合十分紧密的这三类电动机，需要拆卸检查时，为了避免因拆装而破坏漆层和防止损坏端盖，可按图 3-293 所示步骤拆卸前后端盖。

电动机线头的拆装方法和拆装步骤如图 3-294 所示。拆装线头前，应切断电源。如果电动机的电源开关在远处，则应将开关中的三个熔体盒插盖拔下，并挂上“有人检修，禁止合闸”的标示牌；然后打开接线盒，用试电笔测试每个接线桩头。如果接线桩头无电，则可动手拆装。

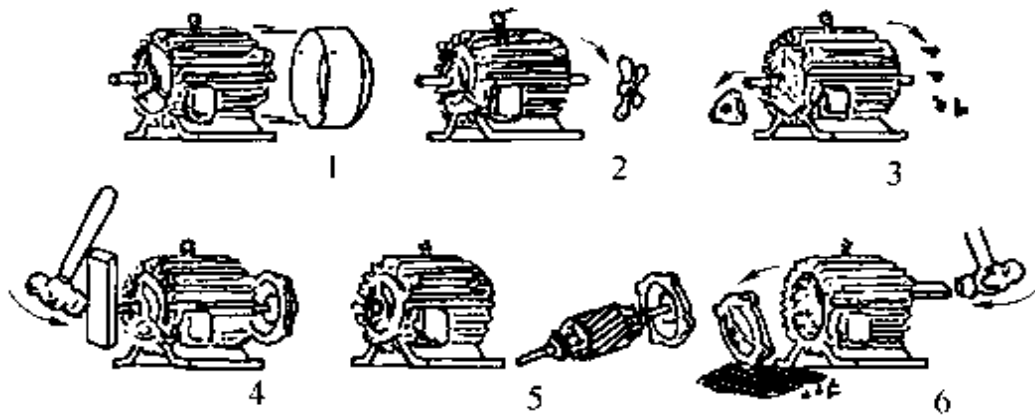


图 3-293 新电动机拆卸步骤

1. 拆下风叶罩；2. 拆下风叶；3. 拆下前轴承外盖和后端盖螺栓；4. 用木榔头（如果用铁锤，应衬垫木块）敲打轴端，使后端盖脱离机体；5. 当后端盖稍与机体脱离时，即可将后端盖连同转子从机体上取出（此时应注意，转子不要碰坏线圈）；6. 拆下前端盖螺栓，并用硬质木条的一头顶住前端盖内部外沿（四周对称地移动），在木条的另一头用铁锤敲打。为了避免前端盖脱离机体时落地跌坏，敲打时最好有人扶住前端盖，或者在前端盖脱离落地处垫一些厚实质软的物品（如棉花、纸等）

拆线时，每拆下一个线头，应随即用绝缘带包好，以防通电而造成短路或触电事故；同时，把拆下的平垫圈、弹簧垫圈和螺母仍套到相应的接线桩头上，以免遗失。

接线时可按图 3-294 的要求操作：①看清铭牌；②按规定的接线方式接线；③将电动机的外壳接地。

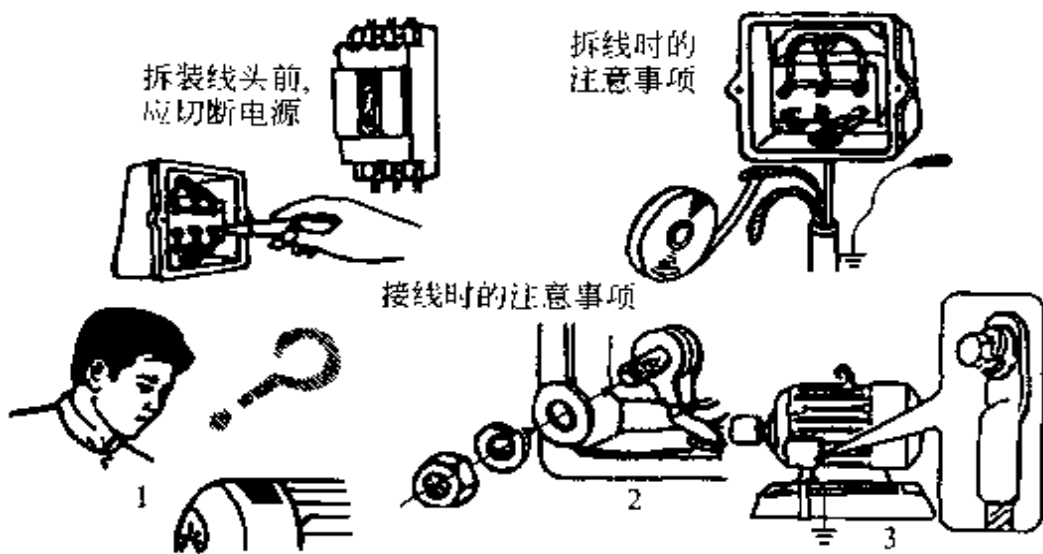


图 3-294 电动机线头拆装示意图

504. 怎样拆装三相异步电动机的端盖？

三相异步电动机的端盖可按以下方法拆卸：

(1) 拆卸前，详细检查所有紧固零件（如小螺钉、垫圈、垫片等）是否短缺，有无损伤，并作出记录，以免装配时紧固零件遗落在电机内部。

(2) 为便于装配时复位，应在端盖与机座接合处作好标记后，才松开端盖的紧固螺栓，然后用手锤轻轻敲打端盖四周（敲打时应垫以垫木或铜板），把端盖拆下来。大中型电动机的端盖较重，应先用起重设备将端盖吊住，以免端盖跌碎或碰坏绕组。小型电动机的转子较轻，可只拆下胶带轮（或联轴器）一侧的端盖和轴承盖，而把另一侧的端盖螺栓卸下，就可将端盖、转子和风扇一起抽出。

(3) 拆下的小零件应存放在专用的零件箱内，并将每组零件按原样装配在一起。这样，就便于装配，节省装配时找零件的时间。

(4) 对于绕线式电动机，应先拆前端盖，后拆后端盖，因为前端盖装有电刷装置和短路装置。

(5) 拆卸绕线式电动机的端盖前，应先将电刷提起、绑牢，并作好刷架位置标记，以免拆卸端盖时碰坏电刷和电刷装置。

(6) 对于负载端装有滚柱轴承的电动机，应先拆卸非负载端。

(7) 有些老式电动机，需先拆下集电环，才能拆开端盖，所以要根据电机的具体结构来确定端盖的拆卸步骤。

(8) 对于装有滑动轴承的老式中型电动机，在拆卸端盖前，应将润滑油放净，并把油环提起、绑好。

端盖分后端盖和前端盖，二者的安装方法如下：

(1) 后端盖的安装。安装时，将轴伸端朝下垂直放置，在其端面上垫以木板，将后端盖套在后轴承上，用木榔头轻轻敲打，把后端盖敲进去，然后装轴承外盖，并拧紧内外轴承盖的螺栓。拧紧螺栓时，各个螺栓要逐步拧紧，不可先拧紧一个，再拧紧另一个。

(2) 前端盖的安装。将前端盖对准机座上的标记，用木榔头均匀地轻轻敲打端盖四周（不可单边着力），并拧上端盖的紧固螺栓。

拧紧前后端盖的紧固螺栓时，也要四周均匀用力，要按对角线上下左右逐步拧紧，不可先拧紧一个，再拧紧另一个（图 3-295）。否则，易造成耳攀断裂和转子同心度不准。随后，装前轴承外端盖，安装时，先在外轴承盖孔内插入一只螺栓，一手顶住螺栓，另一只手缓慢盘动转轴，于是轴承内盖也随之转动。

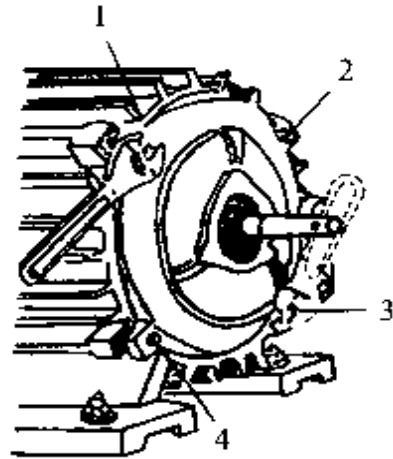


图 3-295 拧紧端盖螺栓的正确方法

1. 机座；2、4. 端盖固定螺栓；3. 扳手

当手感觉到轴承内外盖螺孔对齐时，就可将螺栓拧入内轴承盖的螺孔内，然后装另两只螺栓。紧固螺栓时，也应逐步均匀地拧紧。

505. 怎样拆装胶带轮或联轴器？热套（装）时如何加热？

胶带轮或联轴器的拆卸和装配方法如下：

(1) 拆卸。胶带轮或联轴器的拆卸方法和步骤如下：

①先旋松胶带轮或联轴器（以下只称胶带轮）上的固定螺钉或敲下销子，在胶带轮的内孔和转轴的接触缝内加入煤油，使之渗透润滑；然后用拉轴器（俗称拉模）的两只拉钩紧紧勾住胶带轮的内圈，螺杆尖端顶正转轴头的轴心（图 3-296a），扳动螺杆，就可将胶带轮逐渐拆下。此时拉钩切不可勾住胶带轮的外缘，以免外缘碎裂。

②如果胶带轮装得很紧或锈住，不易拆下，可在螺杆旋紧到不能再旋时，用小铁锤轻轻敲打螺杆的尾端，螺杆和螺帽受到振动就会松动，此时可将螺杆再旋紧，再敲打，如此反复交替进行多次，最后就可能把胶带轮拉下。

③如果用上述方法仍不能把胶带轮拉下，则可用湿布包住转轴，用煤油喷灯急火将胶带轮迅速均匀加热，使之受热膨胀，此时趁热就可拉下胶带轮。

另一种方法是用端部成楔形的方铁斜方向顶住胶带轮的内圈(图3-296b),用小铁锤敲打方铁的另一端,也可把胶带轮拆下。

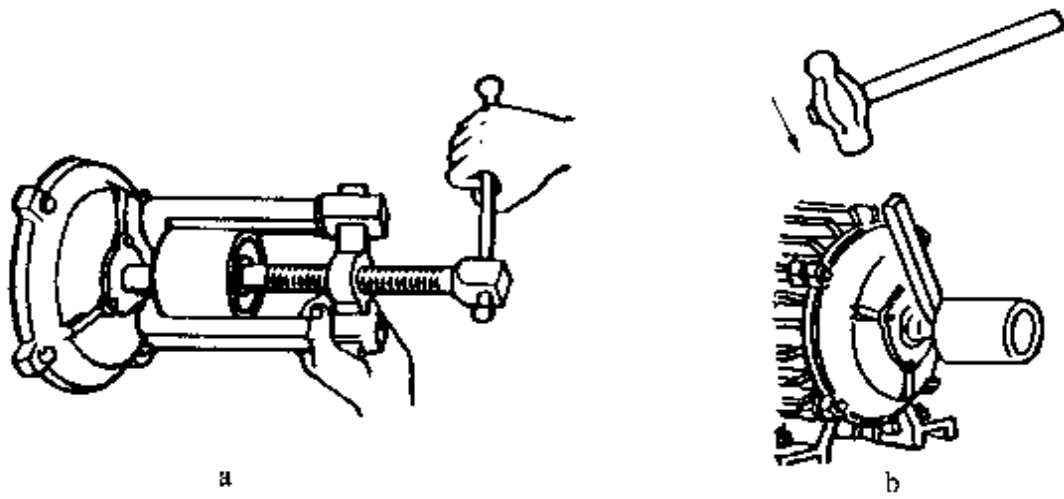


图3-296 胶带轮拆卸示意图

a. 用拉轴器拆卸胶带轮; b. 用敲打法拆卸胶带轮

(2) 安装。胶带轮或联轴器的安装有冷装和热套装两种方法。

①冷装。冷装时,要注意对准键槽或止紧螺钉孔。对于中小型电动机,可在胶带轮或联轴器的端面上垫上木块,用手锤慢慢打入。如果打入有困难,则在轴的另一端垫上木块顶在墙上,再打入胶带轮或联轴器。对于大型电动机,可用千斤顶将胶带轮或联轴器顶入,但要用固定支持物顶住电动机的另一端和千斤顶的底部。

②热套装。胶带轮的孔与轴一般实行过盈配合传递扭矩。对过盈配合的胶带轮应进行加热,使其膨胀到一定程度,然后迅速套到轴上。胶带轮的加热温度,取决于胶带轮的配合过盈量和热套时所需的热套间隙(表3-70)。热套温度可按下式计算:

$$T = \frac{\Delta a + \Delta b}{\alpha D} + T_0 (\text{℃})$$

式中 Δa ——胶带轮与轴的过盈量(一般取设计的最大过盈量), mm;

Δb ——热套时所需的热套间隙(一般取最小间隙,见表3-70), mm;

D ——室温下胶带轮的孔径, mm;

α ——钢的线膨胀系数, mm/(m·K);

T_0 ——室温, ℃。

表 3·70

胶带轮热套所需最小间隙

| 联轴器重量 (kg) (不含下限) | 被加热件直径 D (mm) (不含下限) | | | | |
|-------------------------|------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 80 ~ 120 | 120 ~ 180 | 180 ~ 260 | 260 ~ 360 | 360 ~ 500 |
| | 最 小 间 隙 (mm) | | | | |
| < 16 | 0.05 | 0.06 | 0.07 | | |
| 16 ~ 50 | 0.07 | 0.09 | 0.10 | 0.12 | |
| 50 ~ 100 | 0.12 | 0.15 | 0.17 | 0.20 | 0.24 |
| 100 ~ 500 | 0.17 | 0.20 | 0.24 | 0.28 | 0.32 |
| 500 ~ 1000 | | 0.23 | 0.27 | 0.31 | 0.36 |
| ≥ 1000 | | | 0.30 | 0.36 | 0.40 |

热套时对胶带轮一般可采用以下两种方法之一进行加热:

①烘炉加热。将胶带轮置于烘炉中, 升温速度以每小时 60°C 为宜, 升温不可过快, 以免影响胶带轮温度的均匀性, 加热时间随膨胀量而定。为了获得理想的胶带轮内径, 可制备胶带轮需膨胀的内径尺寸样针, 当样针能放入胶带轮内孔时, 便可进行热套。

②热油煮。在装有变压器油的油箱中装一支承架, 将胶带轮置于支承架上, 然后将油加热, 使胶带轮受热膨胀。必须指出, 胶带轮不可与油箱底板直接接触, 以免受热不均匀。

506. 怎样拆卸刷架、风罩和风叶?

三者的拆卸方法如下:

(1) 对于绕线式电动机, 应先松开刷架弹簧, 抬起刷握卸下电刷, 然后取下电刷架, 拆卸前应作好标记, 以便装配时复位。

(2) 对于封闭式电动机, 在拆卸胶带轮或联轴器之后, 就可拧下外风罩的螺栓, 取下风罩; 然后拧下转子轴尾端风扇上的定位螺钉或销子, 用木榔头轻轻地均匀敲击风扇四周, 风扇即可松脱。

(3) 小型电动机的风扇一般不必拆下, 可随转子一起抽出。如

果后端盖内的轴承需要加油或更换，则必须将风扇拆下。

(4) 风叶的拆卸方法随安装方法不同而异，一般有图 3-297 所示的几种拆卸方法。拆卸时，先分别将夹紧螺钉旋松，或将支头螺钉退出，或连销子一起拔出，然后用铁棒把风叶撬下，或用拉轴器把它拉下。

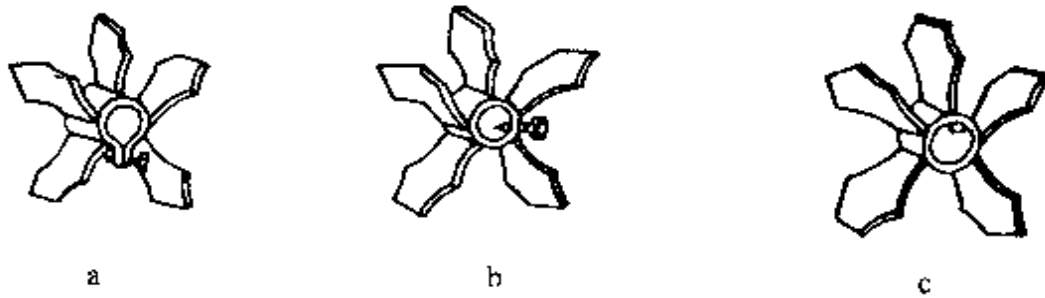


图 3-297 风叶的拆卸

a. 先将夹紧螺钉旋松；b. 先将支头螺钉退出；c. 连销子一起拔出

新式塑料风叶上专门开有两个方孔（图 3-298a），拆卸风叶时把拉轴器的两只拉钩插入孔内勾住风叶，使螺杆尖端顶住转轴中心，扳动螺杆，就可把风叶拉下。

大型电动机的风叶装得较紧，不易拆下。因此，风叶上近轴处专门钻有两个螺纹孔（图 3-298b），拆卸时用两只螺纹与孔相称的螺钉旋入孔内，交替地稍微拧紧螺钉，风叶就会被顶出来。但应

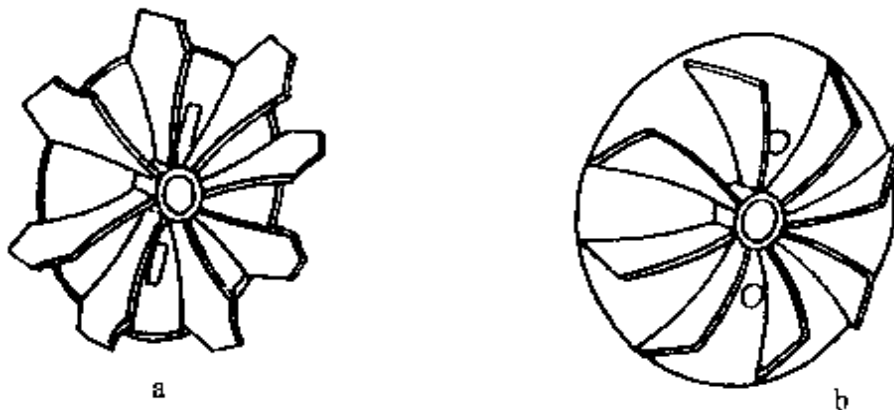


图 3-298 塑料风叶或大型风叶的拆卸

a. 塑料风叶的拆卸；b. 大型风叶的拆卸

注意，切勿只拧紧一边的螺钉，以免顶碎风叶。

507. 怎样自制抽转子和拆卸轴承的工具？

在电动机转子的拆卸和安装中，常常要使用各种垫子、杠杆和支柱等，既要消耗大量劳动力，也无安全保障，同时也难免不损伤转子线圈。

如果使用拆卸转子的专用工具，既可大大缩短拆装过程，同时也节省人力，并且也不威胁人身安全。这种工具的主要零部件如图3-299所示。制作时，用角钢做成1~2个支架1，并在支架上按所需高度钻孔（用来安放撑杆2），用外径42.25 mm、内径35.75 mm的铁管制作撑杆，在铁管内插入一个直径30 mm的圆钢柱。三

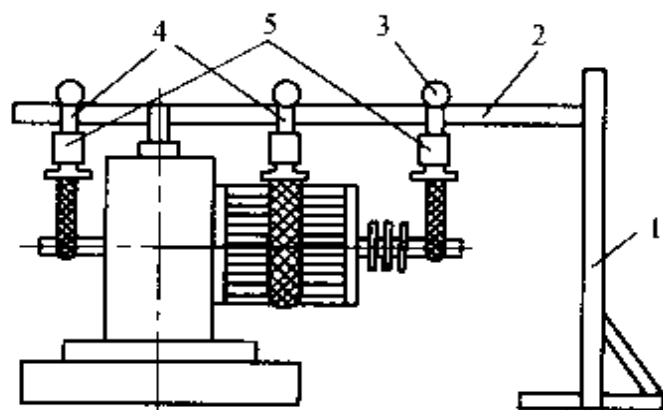


图 3-299 抽转子专用工具结构图

个金属滑车3用来沿撑杆移动负重，三个金属夹子4用螺栓装在滑车上，并用螺钉与牵紧关节5接在一起，三个牵紧关节可用绳子吊起转子。

不用“铁牛”来拆卸电动机轴承的简易工具如图3-300所示。这种工具只用两块开孔的铁板和两个螺钉即可制成，制作很简单，用以拆卸轴承很方便，适用于条件较差的场所。

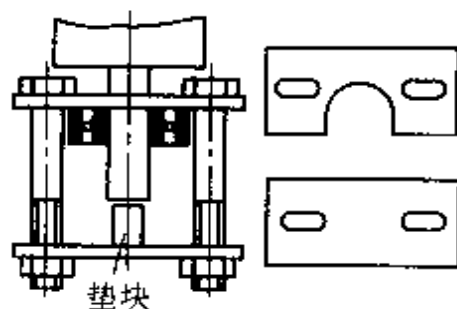


图 3-300 拆卸轴承用的简易工具

508. 怎样抽出电动机转子？抽出转子时应注意哪些事项？

抽出电动机转子的方法取决于转子的结构和重量以及修理场所现有的起重设备。下面介绍抽出转子的常用方法：

(1) 对于内风扇的外径比定子铁芯内径大的电动机，为了不再拆卸内风扇，可朝内风扇端抽出转子。但是，也有一些结构特殊的电机，只有先拆下内风扇，才能抽出转子。带有集电环的转子，朝集电环方向抽出转子较为方便。

(2) 对于 J2、JO2 等系列电动机，只要拆除后风扇罩、端盖固定螺钉、前轴承盖螺钉，就可从后端盖方向抽出转子，而不必拆下外风扇和后轴承盖。

(3) 如果转子重量在 35 kg 以下，一般可用手直接将转子从定子内抽出（图 3-301）。如果转子较重，而轴伸又较长，则可用起吊工具吊出转子（图 3-302）。

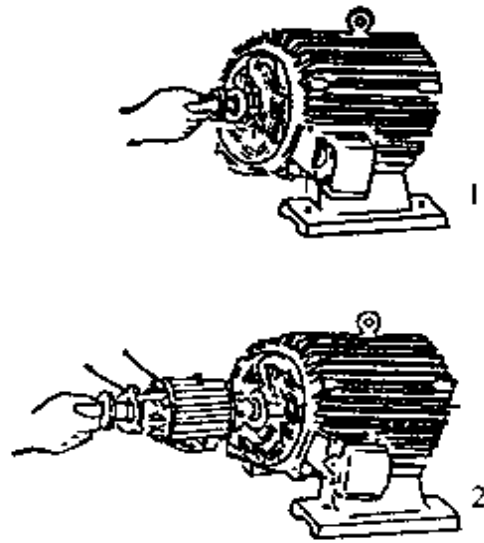


图 3-301 抽出小型电动机转子示意图

(4) 如果转子轴伸出机座部分较短，则可在转子轴的一端或两端套上钢管接长，形成所谓“假轴”，然后将转子吊出（图 3-303）。

(5) 对于无法套装假轴的转子，可采用两次抽转子方法将其抽出：首先用双钩抽转子，抽出一定长度后，将转子的抽出部分放在

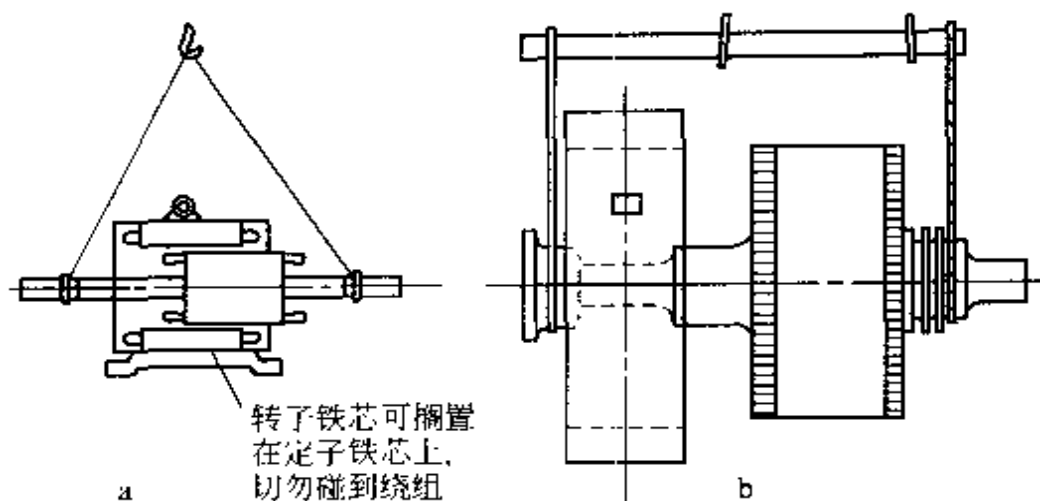


图 3 - 302 直接抽出转子

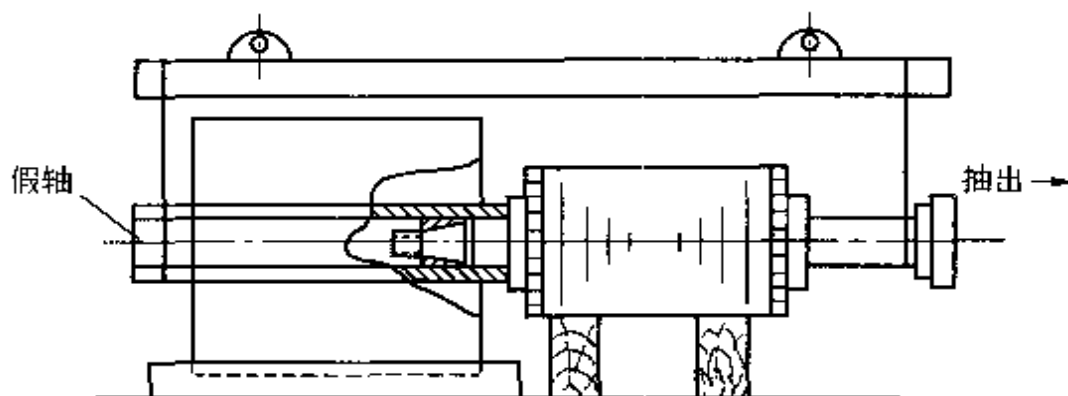


图 3 - 303 接假轴抽转子方法

高度可调的支架上，定子内的那一部分暂时支撑在定子铁芯上（图 3 - 304），然后将转子吊起。

抽出转子时应注意以下事项：

(1) 抽转子前应将轴颈、集电环、绕组端部等保护好，同时钢丝绳不得直接作用于这些部位。为此，要用硬木垫上。在吊运过程中，钢丝绳不得撞击转子轴颈、风扇、集电环、定子绕组等部分。

(2) 吊装时，钢丝绳与转子接触部位应衬垫油毛毡、橡胶片或纸板，以免擦伤转子、铁芯或转轴，并且应尽量避免在轴颈等重要配合面上起吊。

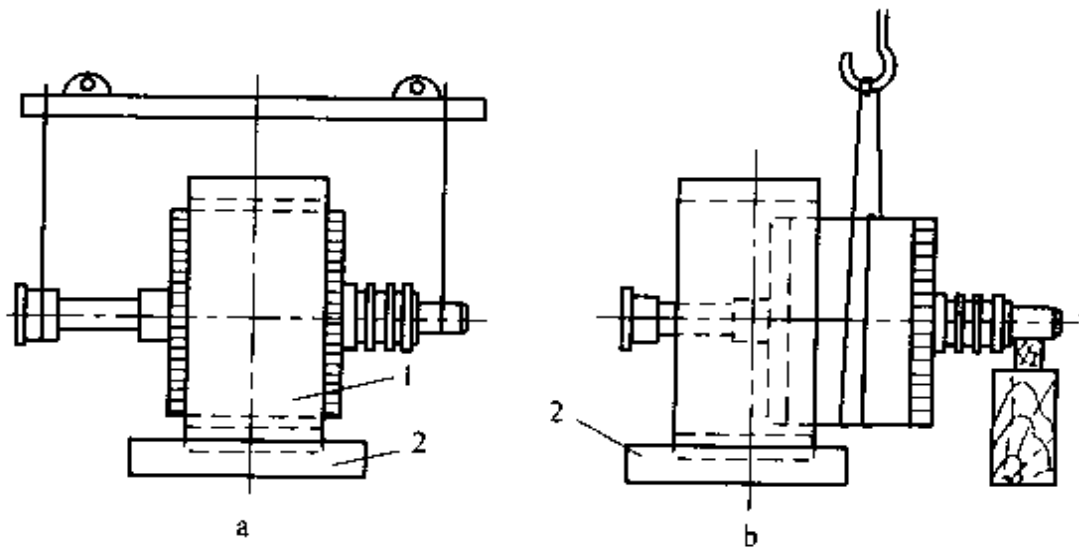


图 3-304 二次抽出转子方法

1. 机座；2. 地脚

(3) 小型电动机的转子可连同后端盖一起取出。

(4) 应防止定子内孔与转子外表面相擦而使转子受到损伤，转子抽出时可在定子内圆下半部衬垫纸板，并且用手电筒照射定子内圆，以便观察抽出过程中转子与定子之间是否保持间隙地移动。起吊时转子应保持水平和平衡。

(5) 抽出绕线式转子时，应防止损伤滑环面和刷架等。

(6) 如果定子结构不能承受转子的重量，则可将转子两端用方木支撑，使转子铁芯与定子铁芯下方有一定的间隙。

(7) 转子和定子与场地接触处应垫放橡胶板、纸板或木板。

(8) 抽出转子后，要及时检查线圈、铁芯、槽楔、端部绑扎处是否碰伤，碰伤部位要及时修复。

509. 交流电动机的转子从定子中抽出后，可否送电？

不可以。如果要送电，必须降低电源电压。因为电动机的转子抽出后，定子磁通只能通过空气形成回路，磁阻 R_m 大大增加。当电源电压 U 和频率 f 一定时，为产生一定量的反电势 E ($E \approx U$) 所需要的磁通量 Φ 就是定值。磁通 $\Phi = I_0 \omega / R_m$ ，电动机的绕组匝数 ω 是固定不变的， R_m 增大多少倍，相应的励磁电流 I_0 就必须

增大多少倍。因此，电动机的转子抽出后，在全电压下合闸送电，回路电流大大超过额定电流，定子绕组将被烧毁。有时由于特殊需要（例如，对电动机进行试验或干燥），抽出转子后，要求向定子回路送电。在这种情况下，必须降低电源电压 U ，即降低 Φ ，减小 I_0 ，将定子电流控制在合适的范围内，以免绕组过热。

510. 电动机解体后怎样检查和清理定、转子？

电动机解体后，对定、转子应进行详细检查和清理，要求如下：

(1) 清理铁芯、线圈和换向器等部件时，不应使用金属工具，而应使用干净的毛刷和抹布。

(2) 吹扫用的压缩空气应清洁干燥，压力一般为 $0.2\sim 0.3\text{ MPa}$ 。

(3) 线圈上的油垢，应使用清洁的棉布蘸酒精或四氯化碳等溶液擦洗干净。

(4) 线圈绝缘应无气泡、剥落和损伤现象。若有，应修补或补刷绝缘漆。

(5) 线圈的绑线、垫块、槽楔等应齐全、紧固，且无松脱、窜动和槽楔突出铁芯等现象。

(6) 铁芯叠片应紧密，应无毛刺、折角等缺陷，通风沟内应无杂物堵塞，夹紧螺栓应对称压紧，键销等应无松动现象，通风片应焊接牢固。

(7) 磁极和线圈应固定牢靠，使用绝缘螺栓者绝缘应良好，极掌上的补偿线圈应楔紧，连线应无弯折、短路等现象。

(8) 电枢绑线应紧固完好，并头套、升高片和引线等应焊接良好，缝间应清理干净（无金属异物）。

(9) 同步电动机极间和阻尼连接线的连接应可靠，垫块应无松动现象，绝缘应良好。

(10) 转子上的平衡块应固定牢靠。

(11) 鼠笼转子铜条（铝条）与端环的焊接应牢固，无裂纹和松脱现象。

(12) 引线应无损伤。

511. 在转子装入定子以前，为什么要用压缩空气吹扫线圈表面和铁芯内圆？怎样往定子内穿入转子？

在电动机的检修过程中，定子经过一系列加工，定子线圈表面和铁芯内圆上可能残留一些微小的金属粉末。如果不用清洁、干燥的压缩空气吹扫干净，则在电动机运行时，由于磁场作用，这些粉末会被吸入定、转子的气隙和线圈间隙中，造成电动机发生短路等故障。所以，在转子装入定子以前，必须用压缩空气将定子线圈表面和铁芯内圆仔细吹扫干净。

往定子内穿入转子，一般可按以下方法进行：

(1) 对于小型电动机，仍用拆卸转子的专用工具将转子穿入定子内，穿入的方向与抽出的方向相反。在转子穿入定子以前，要先擦拭铁芯和装配零部件，并检查槽楔、绕组端部绑扎是否完好，必要时要用纸板将端部绕组保护好，以免穿转子时擦伤绕组绝缘。

(2) 对于装有滑动轴承的大中型电动机，如果前轴承与转子铁芯端面距离较大，可以采用移动定子方法将转子穿入。直流电动机

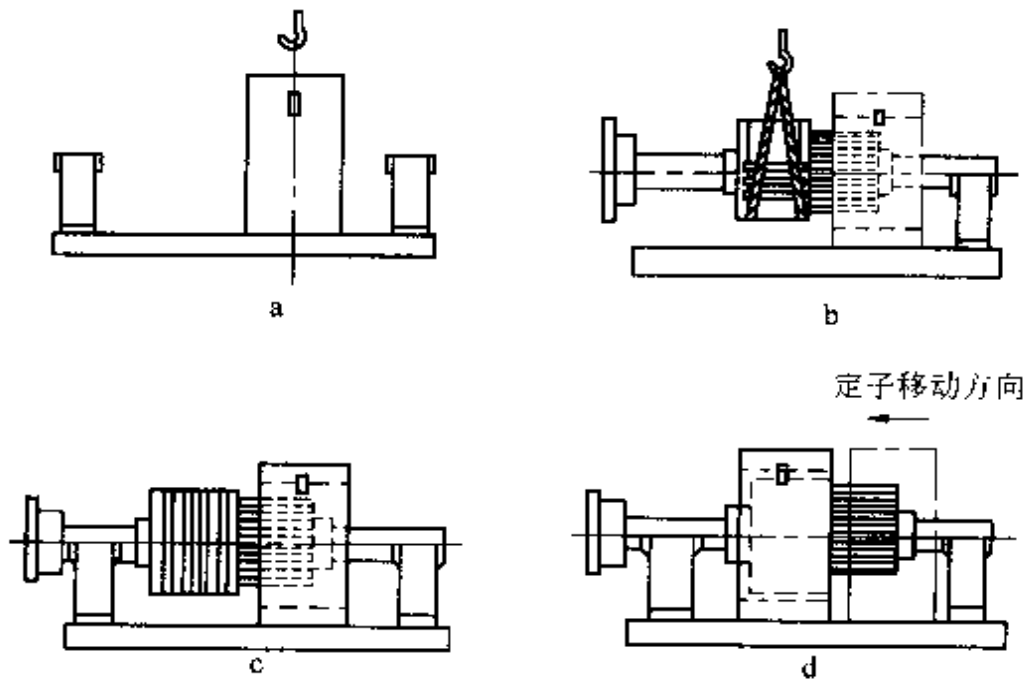


图 3-305 移动定子穿入转子的装配图

a 吊放定子；b. 转子穿进定子；c 装轴承座；d. 移动定子

用移动定子方法穿入转子的装配图如图 3-305 所示，移动转子穿入定子的吊装方法见图 3-306。

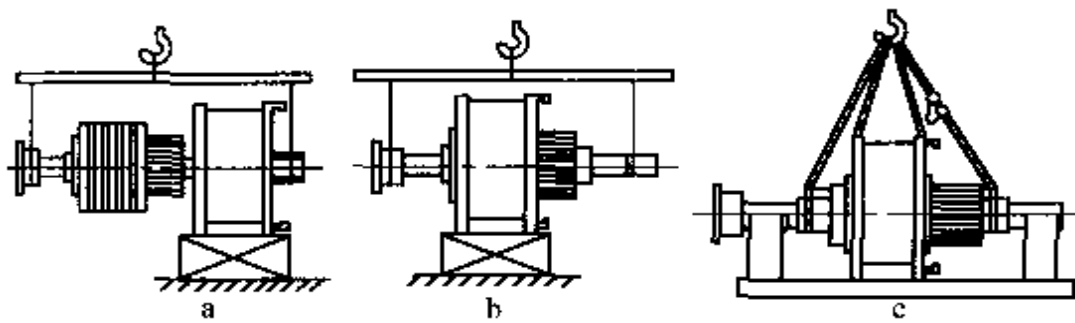


图 3-306 移动转子穿入定子的吊装图

a. 转子向定子移动；b. 转子穿入定子；c. 转子和定子吊装到底板上

(3) 对于分半定子的穿转子方法是先吊装和安装下半定子，然后吊装转子，最后吊装上半定子。吊装下半定子时，要采用支撑杆，以防吊装引起定子变形。直流电动机分半定子吊装方法如图 3-307 所示。

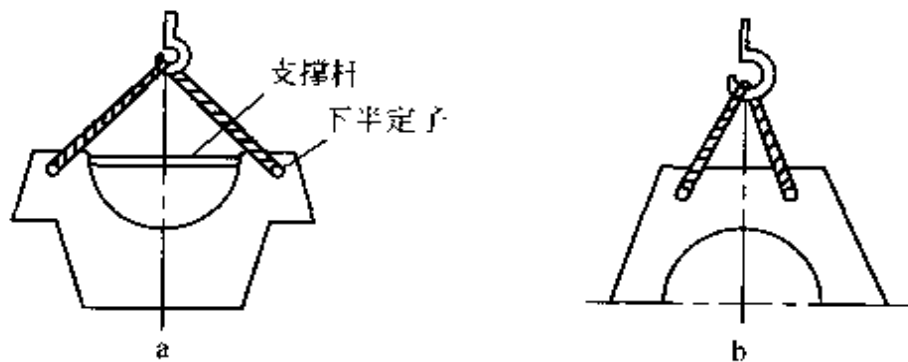


图 3-307 分半定子吊装图

a. 下半定子起吊；b. 上半定子起吊

512. 铁芯表面擦伤的原因是什么？怎样修复？

通常，轴承损坏、转轴弯曲、装配质量不良、端盖止口磨损和落入异物等，都可能造成定、转子铁芯相擦而使铁芯表面擦伤。铁芯表面一旦擦伤，可按以下方法修复：

(1) 硝酸腐蚀法。此法简便，不必起出线圈，对硅钢片绝缘也无影响。腐蚀处理以前，配好浓度为 34% 的硝酸溶液；将铁芯段

间的通风沟用湿石棉布或玻璃丝布堵塞；将施工附近的线圈和槽楔表面以及铁芯间的缝隙处用油灰堵严，防止酸液流入线圈内部；使待处理的短路铁芯部分露出，其余部分用石棉布覆盖。

腐蚀工艺分为以下几个步骤：

①用手砂轮顺铁芯纹路方向打磨短路处的钢片，以防短路深度扩大。打磨后应能够看清片间纹路，并用压缩空气吹扫。

②用毛刷蘸硝酸溶液涂刷短路处，此时该处有深褐色的生成物，然后用另一毛刷蘸清水将生成物刷掉。如此反复进行腐蚀，直至将冲片短路毛刺烧除，呈现清晰的片间纹路为止。

③用毛刷蘸清水将腐蚀过的铁芯表面刷洗干净后，用吹风机吹干，然后将酒精浸湿的试纸贴在该表面上。如果试纸不呈红色，则表明无酸性反应。

④根据硅钢片的绝缘等级，将 1611 号（B 级以下）或 9163 号（F 级）绝缘漆涂刷在处理过的铁芯表面，使绝缘漆流入硅钢片缝隙内。

⑤最后将铁芯进行烘干处理。

必须指出，一氧化氮气体有毒，操作时要采取保护措施；硝酸浓度不宜大于 34%，否则，将影响腐蚀效果；无硝酸时，采用硫酸也可。

(2) 车削转子表面法。铁芯表面擦伤会引起电机振动，这是因为在擦伤瞬间铁芯表面局部过热变形，破坏转子平衡。简单处理方法是将转子车光一周，车削深度为 0.10~0.20 mm。

513. 铁芯的扇张现象有何危害？扇张的原因是什么？ 怎样处理？

铁芯的扇张现象一般比较普遍。由于它是一种隐患，不会立即造成事故，所以检修电动机时往往未予重视。其实，扇张现象的危害是很大的：①向外扇张的齿部冲片在电磁力的作用下，经常产生振动，使电动机的噪声增大；②扇张的冲片长期不间断地磨损线圈绝缘，造成线圈发生接地故障；③齿部冲片长期振动，疲劳而折

断，断下的齿片易刮伤端部线圈的绝缘。

铁芯出现扇张现象一般有以下几种原因：①拆除旧线圈时，不慎将齿部冲片压倒，造成冲片弯曲、变形；②用喷灯烧掉旧线圈的绝缘时，齿端部受热变形，使冲片向外翘曲，片间绝缘烧焦，形成扇张现象；③端部压紧装置不完善，或者根本就没有压紧装置，从而造成扇张现象。

在小型电机的运行中，其齿部扇张值不得超出表 3-71 所列值。

| 定子铁芯长度 | 小于 100 | 101~200 | 大于 200 |
|---------|--------|---------|--------|
| 齿部扇张允许值 | 3 | 4 | 5 |

扇张现象可按以下方法予以消除：①增加辅助压圈（图 3-308）；②采用环氧树脂胶胶粘冲片。胶粘前，用汽油清洗扇张冲片上的锈迹和油污，然后将配制好的环氧树脂胶填入扇张冲片缝内（为了使树脂胶填入内部，可事先将铁芯加热到 50~60℃），并用夹具将扇张冲片压紧（在允许压力下）到正常位置，在压力下室温固化 8~12 h，固化后卸下压紧装置。

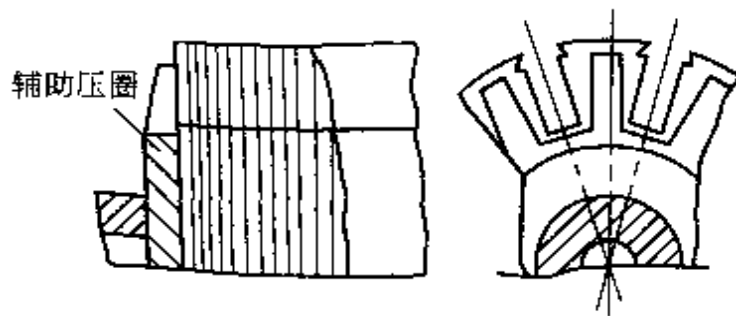


图 3-308 增加辅助压圈

514. 铁芯齿、槽局部烧损的原因是什么？怎样处理？

铁芯齿、槽局部烧损有直接和间接两种原因。

(1) 直接原因。冲片短路发热，烧毁铁芯齿、槽部分。造成冲

片短路的原因是：①冲片绝缘老化或过热炭化；②锉铁芯槽时留下大量毛刺；③铁芯叠压时压力过大，破坏漆膜；④铁芯叠压时将金属物压入铁芯内；⑤嵌线时落入金属物，造成冲片短路等。

(2) 间接原因。线圈匝间短路或线圈对地绝缘击穿产生电弧，烧毁铁芯齿、槽部分。烧毁的程度取决于故障线圈电弧能量的大小和持续时间的长短。齿、槽烧熔的结果，槽壁或槽底铁芯烧成深坑或形成一片烧结区。

铁芯齿、槽局部烧损的处理方法如下：

(1) 将烧损区域内的线圈起出来，用扁凿或风铲清除烧熔硅钢片上的粘结块，然后用小直径（30~50 mm）风砂轮打磨铁芯伤痕和凹凸不平表面。砂轮片有圆柱形、碗形、碟形等几种，可根据铁芯烧结区大小和形状选用。

(2) 铁芯清理干净后，用刀片将齿部冲片一片一片地撬开，用刮刀刮除毛刺，然后涂以硅钢片绝缘漆。

(3) 槽内硅钢片烧结区的清除，要用刀片撬开冲片是比较困难的，一般可用硝酸溶液进行腐蚀处理，处理方法见 512 问。

(4) 嵌线前应进行铁损耗试验，确认无局部过热现象，才可嵌线。

(5) 为防止线圈绝缘在烧损的熔坑或缺齿部位膨胀损伤，在熔坑或缺齿部位应填塞绝缘物。

515. 转子铁芯与转轴配合不紧密有何后果？

配合不紧密的原因是什么？怎样处理？

电动机的转子铁芯除导磁外，还用来将转矩和功率传递给负载，所以存在着转子铁芯与转轴（或支架）之间的轴向、周向和径向的紧固问题。小型异步电动机的转子铁芯与转轴之间一般采用滚花、热套或键槽三种配合方式，其中滚花配合传递转矩的能力较小，这种配合方式多用于 1 号到 5 号机座的小型电动机，而热套和键槽配合传递转矩的能力较大，多用于功率较大的电动机。

如果转子铁芯与转轴配合不紧密，则铁芯与转轴之间会发生相

对位移，使电动机在起动和运行中产生异常的响声和振动，并在定、转子之间的气隙中冒出火花和烟雾，同时电动机的温度随之升高，严重时电动机停止运转。

转子铁芯与转轴配合不紧密的原因是：

(1) 电动机频繁起动、制动和反转，使转轴承受较大的冲击载荷，或者公差配合选择不当，造成转子铁芯与转轴配合松动。

(2) 由于机加工精度不够，依靠加工表面的“凸峰”接触，接触面积不够，虽然压轴时压力很大，但经短期运行，“凸峰”被压坏、磨平，降低配合强度，从而造成转子铁芯与转轴配合松动。这类故障在JZR、JZR2系列电动机中常见。

(3) 有些中型电动机的转子支架与转轴配合不紧密是斜键加工质量不高和配合不紧造成的。转子支架配合处即使轻微松动，运行后也会导致支架与转轴配合表面磨损。

一旦发现转子铁芯与转轴配合不紧密，就应及时修理。修理的方法是：将转子从电动机中抽出来，平放在工作台或地面上，从转子的一端用力扳动转轴，观察铁芯与轴之间的位移情况；条件允许时也可将转子置于车床上，使其旋转，观察铁芯跳动情况，以此来判断铁芯与转轴之间配合的紧密程度。如果配合较松，则应将轴从铁芯中取出，重新滚花，或者调换新轴；若键锈蚀，则应调换新键。为防止转子铁芯偏于轴承的一侧面造成运转时不平衡或转子与定子相擦，不允许用加大键尺寸的方法来达到使轴与铁芯紧固的目的。

转子铁芯其他故障的处理方法与定子铁芯基本相同。

516. 机座有哪些常见故障？发生故障后有何现象？怎样处理？

电动机的机座一般用铸铁制成，其作用是支撑、固定定子铁芯和轴承，并使整台电机安装成型。由于制造、搬运、使用和拆修时不慎等原因，往往造成机座破损或出现裂纹，影响电动机的正常运行。机座常见的故障是变形、散热片损坏、破裂和止口处损伤变形。上述故障一旦发生，电动机就会运行不平衡而振动、扫膛、温

升高、响声严重，同时也给电机的拆装带来困难。机座如果严重变形、损坏，一般应予以更换；如果变形、损坏不严重或只有微小的裂纹、裂缝，可用局部焊接法来修复。

(1) 铸铁焊条热焊。如果机座上有纵向或横向裂缝，其长度不超过机座长度或宽度的 50%，则可以焊补。焊补时采用铸铁焊条热焊（将机座预热到 $700\sim 800^{\circ}\text{C}$ ），或者用铜焊条焊补，采用直流弧焊机作为焊接电源。焊补后，应将机座置于保温炉内逐渐冷却，以消除内应力。

(2) 锡铅合金焊补。首先配制焊料，将 73% 的锡和 23% 的铅置于坩埚或铁制器皿中加热软化，均匀混合后，铸成细长形焊条。其次，将被焊件的裂纹处用凿子剔出坡口，并清除铁屑和油污，然后将其加热到 100°C 左右（可用煤油喷灯加热）即可焊补。焊补时先用镪水或其他强氧化剂

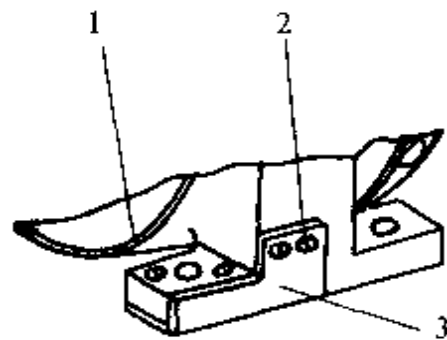


图 3-309 用角铁修补机座示意图

1. 机座；2 螺栓；3. 角铁

除去坡口的铁锈，然后用少量锡铅合金在上面打底，待合金能与坡口的铸铁材料结合，再涂焊，直至焊平为止。

如果机座断裂，可将钢板或角铁用紧固螺栓固定在机座上（图 3-309）予以加固。

517. 电动机的端盖有哪些常见故障？怎样处理？

电动机的端盖多为铸铁制成，其作用是保护线圈端部，同时在中小型电动机中还起支撑转子的作用。其常见故障是端盖破裂、端盖止口损伤、端盖止口松动和端盖轴承孔与轴承之间的间隙增大，可分别按下述方法处理：

(1) 端盖破裂。端盖一般用铸铁制成，如果出现严重的裂纹，对于具备浇铸和机械加工条件的修理单位，可予以更换。如果受条件限制，无法浇铸新端盖，则可根据裂纹程度，采用电焊、铜焊、

接缝、胶粘剂粘补等方法予以修复。

①电焊或铜焊。为了防止端盖裂纹在焊接时延伸，如果裂纹从端盖边缘伸向轴孔方向，则应在裂纹终端钻一个 $\phi 2.5 \sim \phi 3\text{mm}$ 的孔，如果裂纹在平面的中间，则应在裂纹的两端各钻一个 $\phi 2.5 \sim \phi 3\text{mm}$ 的孔；然后在裂纹处开出 60° 坡口，将端盖加热到 $180 \sim 250^\circ\text{C}$ 后，用铸铁焊条进行焊接。如果用铜焊条焊接，则端盖可不必预热。焊接完毕，用木炭粉对焊缝进行保温冷却，以免产生新的裂纹。焊接部位完全冷却后，应检查端盖是否变形，并将配合面加工到原来的尺寸和粗糙度。

②铆接或螺栓紧固。如果不具备焊接条件，而生产又急需，或者裂纹较多，不宜焊接，则可根据端盖破裂或裂纹情况，实行铆接来修复，亦即用厚度为 $5 \sim 8\text{mm}$ 的钢板来修补。修补时，按裂缝形状截取大小合适的钢板，并在钢板和端盖上分别钻好相应的孔，然后将二者用铆钉铆紧，或者用螺栓将钢板固定在端盖上，以弥补裂纹所降低的机械强度（图 3-310）。

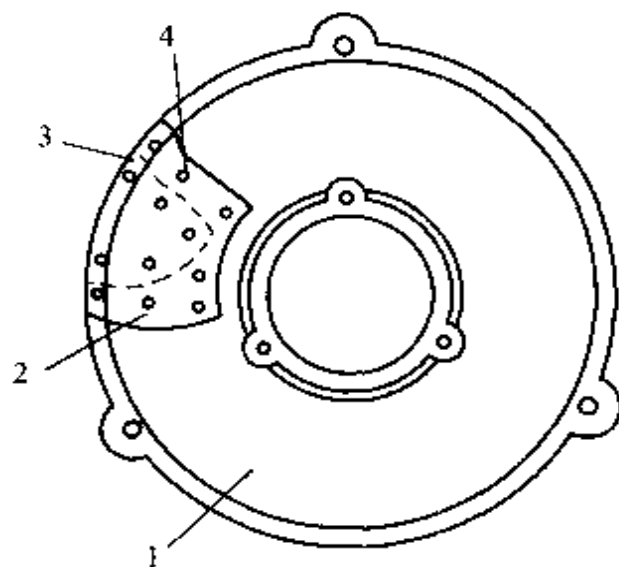


图 3-310 端盖破裂修补方法

1. 端盖；2. 钢板；3. 裂纹；4. 螺栓或铆钉

③胶粘剂粘补。如果不具备焊接、铆接或螺栓紧固等条件，则可实行胶粘剂粘补（见第 518 问）。

(2) 端盖止口损伤。拆修电动机时，由于操作不慎，往往将端盖、机座止口表面碰伤。如果端盖、机座止口表面有伤痕和污垢，可用刮刀将污垢刮掉，然后用锉刀和油石将伤痕修整平滑，并抹上机油，即可进行装配。

(3) 端盖止口松动。端盖止口与机座配合的松紧度，直接关系到电动机能否正常运行，二者之间的允许最大间隙如表 3-72 所示。端盖止口松动故障一般可用电镀法予以处理。

| 端盖止口尺寸 | <300 | 500 | 800 | 1000 |
|--------|------|-----|------|------|
| 最大间隙 | 0.05 | 0.1 | 0.15 | 0.20 |

(4) 端盖轴承孔与轴承间隙增大。端盖轴承孔与轴承的间隙，如果比规定值大 0.05 mm 以上，则会造成电机扫膛。此时可按下述方法予以处理：

① 镶套。在车床上将端盖轴承孔车去一部分，再车削一个合适的套筒镶进去，然后车成原轴承孔尺寸。

② 电镀。在磨损的轴承孔内表面上电镀一层镍，使孔径恢复到原来尺寸，电镀的布置如图 3-311 所示。

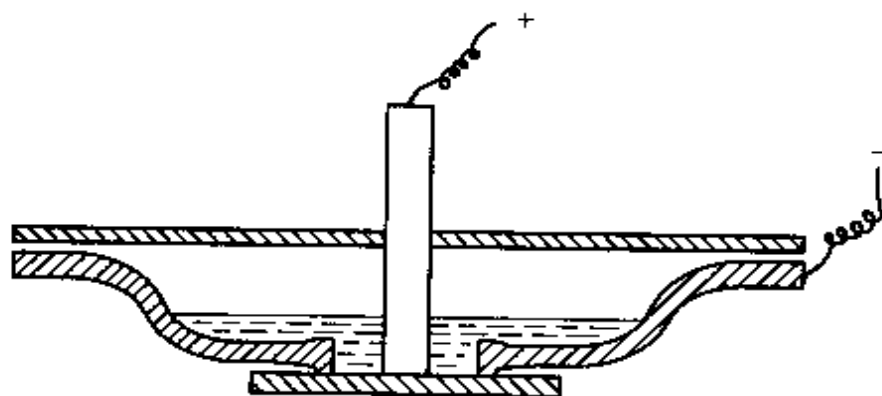


图 3-311 电镀法修理端盖轴承孔

518. 怎样使用胶粘剂粘补电动机端盖裂纹?

使用胶粘剂粘补电动机端盖裂纹的方法如下:

(1) 钻止裂孔。用汽油清洗裂纹后,找出裂纹的始、末端,分别在裂纹的始端和末端用手电钻钻一个 $\phi 2 \sim \phi 3$ mm 的小孔,以防止裂纹再延伸。

(2) 开出 V 形槽。用錾子沿裂纹开出 60° V 形槽至两端的止裂孔。槽底深度为端盖厚度的 50% 为宜。

(3) 清理 V 形槽的粘接面。首先用白布带浸酒精擦洗粘接面 2~3 次,然后用脱脂棉签浸丙酮擦洗粘接面,至洁净为止。

(4) 配胶。将铁锚牌 101 甲、乙两组分聚氨脂胶,按体积比为甲:乙 = 2:1 放在玻璃器皿中搅拌均匀即可使用。

(5) 粘接。将胶粘剂填满 V 形槽(略高出端盖表面),然后用刮刀刮平。

(6) 固化。将端盖放入烘箱内,在 100°C 下烘焙 2 h,使胶粘剂完全固化。胶粘剂固化后,端盖即可组装使用。

519. 装上端盖后,电动机的绝缘电阻降低的原因是什么? 怎样处理?

修理鼠笼式电动机时,往往未装两端盖之前,绕组对机壳绝缘良好,但装上两端盖后,绕组绝缘电阻却降低。这种故障多发生在绕组的两端部。造成绕组绝缘电阻降低的原因是:漆包线上的漆膜局部破损,或绕线模偏大,造成绕组端部伸出较长,端盖装上后,端盖内壁靠近或接触故障点,造成故障部位的绝缘电阻降低。

要排除这种故障,首先应判断故障在电动机的哪一端。判断的方法是:先装上一端的端盖,用 500 V 兆欧表(对 380 V 电动机)测量绕组的绝缘电阻,如果绝缘电阻很低,则说明这端的绕组存在故障;然后拆下这端的端盖,再装上另一端的端盖,如果测得的绝缘电阻也低,则说明另一端的绕组也存在故障。在拆、装端盖的过程中,电动机的转子可不装上。

确定故障端后，一般将绕组端部稍加整形，并喷涂绝缘漆，然后烘干即可。如果不奏效，绕组绝缘电阻仍很低，则在绕组端部外侧容易与端盖内侧接触处垫上一层薄膜青壳纸，故障便可消除。

520. 电动机的机壳有何作用？如何保养机壳？ 机壳破裂怎么办？

三相异步电动机的机壳起着支撑定子铁芯和固定电机的作用，而中小型电动机的机壳两个端面还用来固定端盖和轴承，所以机壳应完整，应具有足够的强度。封闭式电动机的机壳表面有散热片，散热片一方面起扩大散热面、加强散热的作用，另一方面，在外风罩的配合下起导风作用。所以，电动机的外壳应经常保持清洁，切勿堆积尘土或其他杂物。

如果电动机长期在湿度较高的或空气中含有腐蚀性气体的场所工作，其外壳很容易锈蚀或腐蚀而影响使用寿命。为了保护电动机的外壳，加强防锈、防腐性能，当电动机在不利环境中运行时，应将其外表面清理干净，涂上一层环氧铁红底漆。当底漆干燥后，再喷涂一层灰色的醇酸磁漆。如果电动机运行日久，漆层剥落，则应重新进行喷涂处理，使电动机外壳经常保持良好的耐锈和耐腐蚀性能。

电动机的机壳一般不易发生故障。现场发现的机壳故障多半是由于外力造成机壳破裂或变形。如果破裂较轻，只有细小裂缝，可采用机械卡固和焊接处理。但应注意，焊接引起的机壳变形不应影响端盖轴孔的位置。如果轴孔位置变动，会使定、转子不同心而相擦。若裂缝很大，焊接后要使机壳不变形是很困难的。为此，可到原电机制造厂购置一个新机壳予以更换。

521. 为什么轴和端盖与轴承内、外圈的配合不宜太紧也不宜太松？

轴承装配示意图如图 3-312 所示。轴承装配质量的好坏，直接影响电动机能否正常运行。轴是转动部件，要求轴与轴承的配合

紧密，二者之间不可出现间隙。如果配合有过大的过盈量，则会造成轴承内圈胀大，使轴承钢球与内、外圈之间的间隙减小，引起轴承产生噪声或发热。如果轴承外圈与端盖配合过紧，也会引起轴承产生噪声或发热，并且装配和维修时不便于装拆端盖。如果轴承外圈与端盖配合过松，则电机运行时轴承外圈会在端盖内转动，导致配合松动，间隙增大，严重时发生扫膛，电机烧毁。

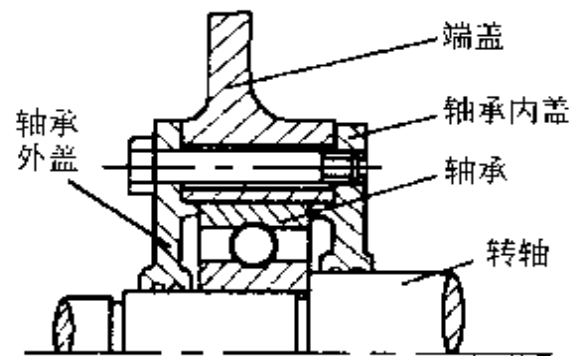


图 3-312 轴承装配示意图

端盖轴承室与球轴承外圈的配合一般选用 J7/h6。实际上为了降低轴承噪声，在不使轴承外圈转动的情况下，可适当放大端盖轴承室的尺寸，但轴承室尺寸的公差不应超过表 3-73 所列值。

滚动轴承内径与轴承挡外径的配合一般选用 H7/k6。在保证轴与轴承连接牢固的前提下，可保持轴的 k6 下偏差不变，适当缩小公差带，使轴的外圆尺寸较小，以保证轴承钢球有合理间隙，降低轴承噪声。具体的公差带数值可根据设备的精度来确定。

表 3-73

轴承室尺寸公差

(mm)

| 轴承室内径 | 轴承室尺寸公差 |
|---------|---------|
| 30~50 | +0.020 |
| | -0 |
| 50~80 | +0.022 |
| | -0 |
| 80~120 | +0.025 |
| | -0 |
| 160~180 | +0.029 |
| | -0 |

522. 对电动机的转轴有哪些要求？转轴弯曲怎么办？

电动机的转轴是传递转矩、带动机械负载的重要部件，一般用35号或40号钢制成。它支持转子铁芯旋转，保持定、转子之间有适当的均匀气隙。因此，转轴除应具有足够的机械强度和刚度外，还要求它的几何中心线呈直线；轴颈保持正圆；表面光滑，无穴坑、波纹和刮痕；键槽工作面平整、垂直，没有裂痕和损伤。这样，就可保证电动机运行中不发生较大的振动，定、转子不相擦。

如果发现转轴弯曲，可按下述方法进行检查和处理：

将需要检查的转子放在平整的工作台上，用两个V形铁块支住轴承，缓慢地盘动转子（图3-313），或者将转子置于车床上（图3-314）或检查支架上，用划线针或百分表检查确定弯曲部位和

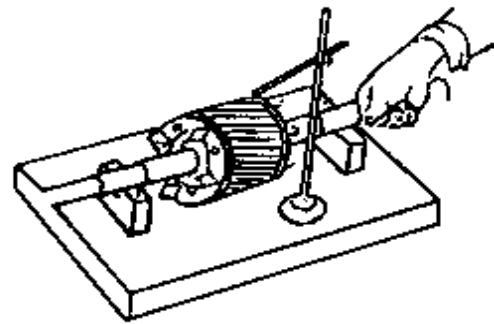


图3-313 用划线针检查转轴弯曲度

弯曲程度。如果弯曲度不大，为了消除转轴弯曲对转子铁芯段的影响，可磨光轴颈、集电环或换向器等。对于小型异步电动机，也可磨光转子铁芯段，但定、转子间的气隙增大值不应超过正常气隙值的10%。如果弯曲度超过0.2 mm，就应加以矫正，一般根据转轴

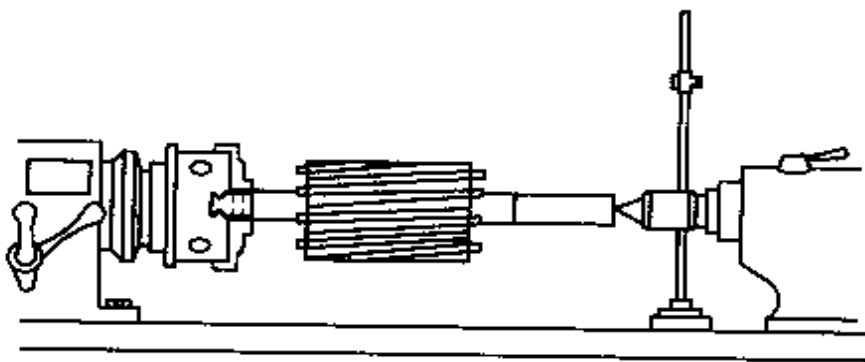


图3-314 在车床上检查转轴弯曲度

的弯曲部位、弯曲直径大小而采用冷态矫轴法、热态矫轴法或堆焊法。

(1) 冷态矫轴法。分压力矫轴法和捻打矫轴法两种。

①压力矫轴法。小型电动机的转轴如果弯曲，一般可在油压机或螺旋压床上进行矫正（图 3-315）。矫正时，不必压出转子铁芯，可首先将转子置于两个等高的支架上，使转子转动 360° ，用百分表找出铁芯或轴的凸出面；然后让凸出面朝上，使压力机的压杆对此凸面施加压力，在测量点用百分表检测轴的弯曲度；施加的压力使百分表指示轴已反向弯曲为止，再慢慢撤除压力，记录百分表的变化值。如此反复进行，并逐渐加大压力予以矫正，达到百分表指示轴已反向弯曲 $0.03\sim 0.05\text{ mm}$ 即可。

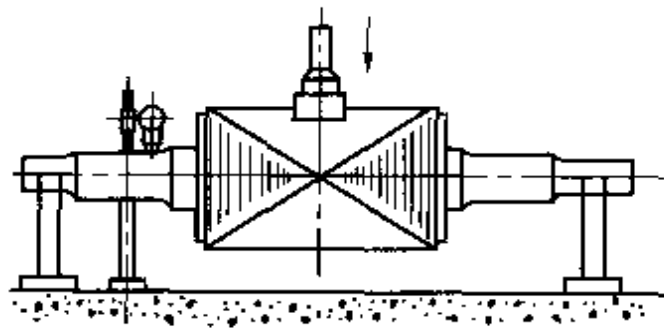


图 3-315 冷态矫轴法

此外，也可用千斤顶或带有拉杆的卡子将轴矫直。矫直的操作要点如下：将轴置于平台上，而平台的立柱则焊接在横梁结构上面，利用卡子将轴固定在横梁结构上，轴的最大弯曲凹入面朝上，千斤顶放在轴下面，对轴的凸出部位加力，即可将其矫直。

②捻打矫直法。直径较大的转轴如果弯曲，可采用捻打矫直法矫直。方法如下：使轴的凹陷面朝上（图 3-316a），在支架 A 处垫放一块厚度为 $8\sim 10\text{ mm}$ 、宽度为 $80\sim 100\text{ mm}$ 的铝板，铝板上放两根直径为 $20\sim 30\text{ mm}$ 的锡条，铝板和锡条成圆弧状（图 3-316b）。在距捻打位置最近的一端用螺栓压板向下加压，转轴的弯曲部位承受捻打力，于是该部位的金属纤维在凹陷处承受拉伸力，在凸起处承受压缩力，从而弯曲部位被拉直。

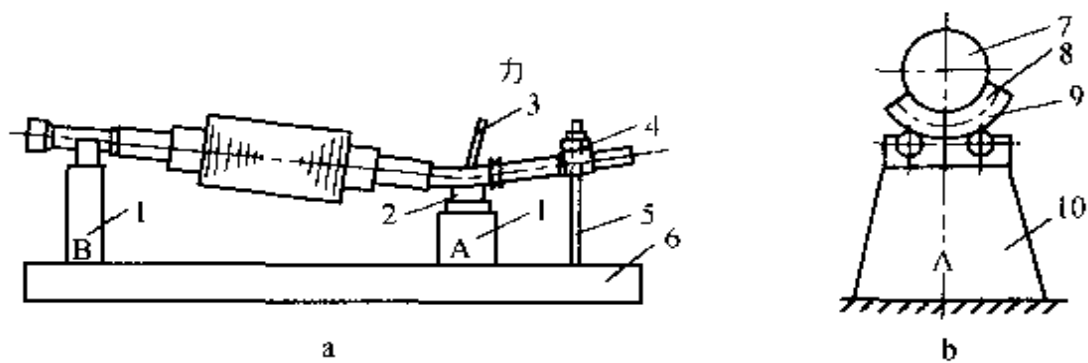


图 3-316 捻打矫轴法

a. 转子凸出面朝下，凹陷面朝上，固定在支架 A 和 B 上；

b. 支架 A 上垫放铝板和锡条

1、10. 转子支架；2. 垫块；3. 捻棒；4. 压板；5. 螺栓；

6. 平台；7. 轴；8. 锡条；9. 铝板

捻打工具是 1~2 kg 的手锤，用手锤敲打由直径为 25 mm 黄铜棒制成的捻棒，以振动转轴弯曲部位。捻棒长度约为 350 mm，下端呈弧形，与轴面吻合，以免捻打时损伤轴面。捻打时应注意，切勿将捻打力直接加于轴面，以免在轴面打出凹痕。

轴面受力范围为圆周的 1/3 左右，预先在轴上画出受力范围（图 3-317），捻打起点是 1/3 圆周中心“1”处，即凹陷最大的部位，然后按图示次序进行捻打。在中心部位“1”处捻打次数应多

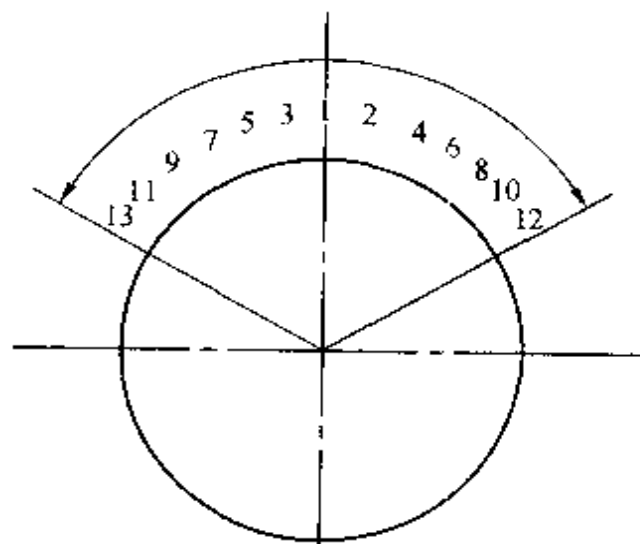


图 3 317 捻打范围和顺序

些，向左右均匀移动捻棒，在离“1”处越远的地点，捻打次数应越少。每捻打一遍，应使用百分表测量转轴弯曲度变动值一次，并作出记录。最初捻打时，转轴伸直速度较快，以后速度减慢。最后接近矫直时，要特别注意防止矫正过头。

(2) 热态矫轴法。直径较大的转轴，弯曲度较大时，可采用热态矫轴法来矫直。由于在热态下矫直转轴时，首先要将转轴加热到 $600\sim 700^{\circ}\text{C}$ ，而转子上有铁芯和绕组，此高温会烧毁绝缘，所以加热前，应将带线圈的铁芯一起压出来。

热态矫直转轴有两种方式，一是先加压力后加热矫直，一是先加热后加压力矫直。

①先加压力后加热矫直。使转轴凸出部位朝上（即凹陷部位朝下），并将转轴两端在支架上放稳，在弯曲部位附近施加压力。压力要逐渐加大，使转轴向凸出面的反方向变形，并用百分表检测变形程度，然后用湿石棉布将不需要加热的部位包好，露出需要加热的部位。此时在压力下开始加热，加热时间和加热用的焊枪根据转轴直径大小和弯曲程度来确定。通常第一次加热时间为 $3\sim 20\text{ min}$ ，采用3号、4号或5号焊枪来加热。

加热时应逐渐扩大加热范围，均匀地移动焊枪，使加热区温度达到 $600\sim 700^{\circ}\text{C}$ ，呈现暗樱桃色。在加热过程中，随时用百分表检查转轴凸出部位的变形程度，并且根据需要也可补加一些压力。

当加热矫直符合要求时，立即将干石棉布盖在加热部位保温，使转轴自然冷却到室温。此时撤除压力，用百分表测量。如果转轴尚未矫直到要求的程度，可按上述方法再矫直一次。根据检修经验，矫直转轴时可以矫过头 $0.05\sim 0.075\text{ mm}$ 。因为转轴矫直后，要进行局部或全部退火处理。退火处理后，这个矫过头的数值会自然消失，从而转轴的矫直可“恰到好处”。

②先加热后加压力矫直。严重弯曲的转轴，可采用这种矫直方式。矫直时，先在弯曲部位的整个圆周上均匀加热到 $600\sim 650^{\circ}\text{C}$ ，然后用压力机加压，将转轴矫直。在矫直过程中，用装在轴端的百分表进行检查。如果检查合格，使压力保持不变，也用干石棉布盖

在加热部位，使转轴冷却到室温。

(3) 堆焊法。堆焊时，如果采用交流弧焊机，可使用不锈钢钢条；如果采用直流电焊机，可使用 506 或 507 电焊条。通常，在转轴弯曲部位的圆周堆焊或对称堆焊一层，堆焊高度以能够加工车圆为准。堆焊后进行车削加工，尺寸公差根据规定的金属零件配合公差确定。

523. 转轴上出现裂纹或转轴的铁芯挡与铁芯配合松动怎么办？

如果转轴上出现裂纹，而横向裂纹深度不超过轴颈直径的 15%，纵向裂纹长度不超过轴长的 10%（对轴向而言）或不超过圆周长的 10%（对横向而言），则予以焊补即可。施焊前，在裂纹处开出坡口（如电弧气刨坡口），钻好止裂孔，然后在坡口用电焊法进行堆焊（不宜气焊，以免轴变形）或补焊。施焊时，焊接电流不宜过大。焊接后应退火，并进行车削加工，使焊补部位达到原来的尺寸和粗糙度。

如果转轴横向裂纹深度大于 15%，纵向裂纹长度大于 10%，则应调换新轴。换轴方法见 527 问。

如果转轴的铁芯挡与铁芯配合松动，而轴又未滚过花，则可将轴的相应部分滚花，然后在滚花部位浇些 501 粘合剂，使其与铁芯重新配合。如果铁芯在轴上发生轴向位移（轴向窜动），则可在铁芯两端各开一个环形槽，配上相应的弧形键，然后将轴与键焊在一起（图 3-318）。

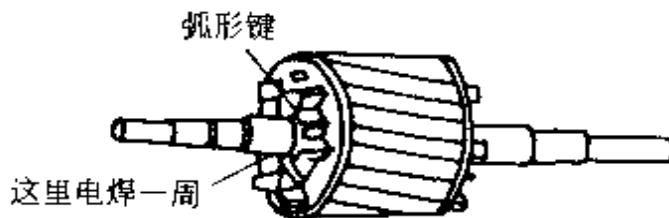


图 3-318 用弧形键紧固铁芯轴

524. 轴颈磨损的原因是什么？怎样处理？

轴颈是转轴最重要而又最易磨损的部位，其强度高和几何尺

寸是否正确，决定电机能否正常运行。轴颈最常见的故障是轴颈与滚动轴承配合面磨损和轴颈表面磨损。磨损的主要原因是：

(1) 生产转轴时，由于机加工精度不够，在转轴的运行中轴颈一旦承受冲击负荷，加工表面的“凸峰”就被磨平，结果配合强度削弱，导致配合面磨损。

(2) 在电机的多次修理过程中，由于拆装轴承工艺不正确，轴颈表面受到损伤。例如，热套轴承改为冷拆冷装；装配轴承时，轴承受力不均，将轴承以“扭动”方式装入轴颈，并使轴承也遭受损伤。这样，电机就在轴承配合松动的情况下运转，轴承内圈与轴相对运动，造成配合面磨损。

轴承磨损这一故障，可根据磨损程度分别按下述方法处理：

(1) 如果轴颈表面只有轻微刮伤、锈斑和凹陷，可使用细锉或0号砂纸浸机油，一边打磨一边用千分尺检查轴颈的椭圆度，至基本上消除轴颈缺陷为止，力求轴颈的椭圆度不超出表3-74的允许值。轴颈的椭圆度和圆锥度有时也用平均值表示，即轴颈椭圆度平均允许值是轴颈直径的0.2‰，轴颈的圆锥度平均允许值是轴颈直径的0.3‰。

表 3 - 74 轴颈椭圆度允许公差 (mm)

| 轴颈直径 | 新品允许公差 | | 旧品允许公差 | |
|----------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | 1000 r/min 以上 | 1000 r/min 以下 | 1000 r/min 以上 | 1000 r/min 以下 |
| 50 - 70 | 0.01 | 0.03 | 0.03 | 0.05 |
| 70 - 150 | 0.02 | 0.04 | 0.04 | 0.06 |

(2) 如果轴颈表面局部有刻痕，刻痕面积不大于轴颈总面积的4%，则不必车削整个轴颈，只须将损伤部位手工磨光或在机床上抛光即可。

(3) 如果轴颈磨损不大，可用电镀法在磨损部位镀一层铬，然后研磨到所需尺寸。

(4) 如果轴颈磨损比较严重而又无电镀条件，则可在磨损部位

进行堆焊，堆焊厚度一般应有 3~5 mm 的车削余量（图 3-319）。堆焊时要对称轮焊，以免轴颈局部受热不均而变形。堆焊后进行车削磨光，使其符合要求尺寸。

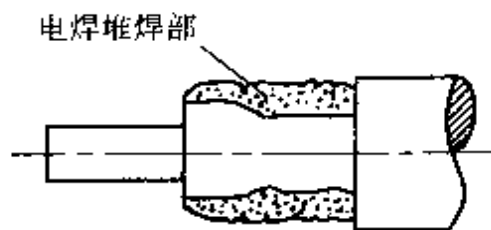


图 3-319 堆焊法

(5) 如果轴颈严重磨损，采用堆焊法焊补又可能造成轴颈变形，则可进行镶套处理。镶套处理的要点是：将磨损部位车小 4~10 mm，用与轴同材质的圆钢车制一套筒，其内孔与已车好的轴外径选用过盈配合，其外径比原轴大 2 mm 左右；将用机油煮过的套筒热套在轴上，在套筒与轴结合处用 $\phi 2.5 \sim \phi 3\text{mm}$ 的电焊条焊一圈（图 3-320），然后精车到所需尺寸。

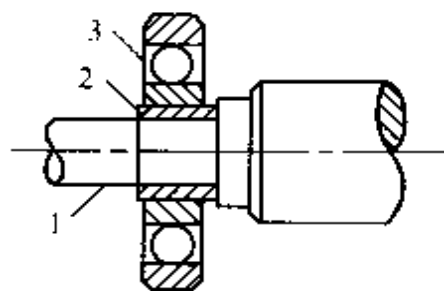


图 3-320 镶套法

1. 转轴；2. 套筒；3. 转轴

(6) 如果轴颈磨损量为 0.2 mm 及以下，则可采用农机 2 号胶粘剂胶粘修复。这种胶粘剂是由环氧树脂（基本成分）和固化剂组成的常温固化型胶粘剂，它的特点是：其一，固化速度快，适于修理时应急使用，在室温 25℃ 时经 2~3 h 固化即可使用，若加热到 60℃，则经 1 h 固化就可使用；其二，耐油、耐水、耐一般化学药品，粘结强度高，密封性能好；其三，可耐 120℃ 高温，抗剪强度高（钢与钢可达 20 MPa），无毒。胶粘工艺如下：

①清洗。用汽油擦洗磨损的轴颈，并将轴颈内外圈表面也擦拭干净。

②配胶。将环氧树脂和固化剂按 7:1（重量比）混合，倒入清洁的容器内，迅速调匀（现用现配，一次用完）。

③胶粘。在轴颈表面均匀涂刷胶粘剂，经 10~20 min，将轴承套入轴颈。由于轴颈磨损量小，有局部金属点接触，所以不存在不同轴问题，固化后便可进行总装。

525. 怎样处理键槽磨损或花键损坏故障？

如果键槽磨损，一般可按以下方法修补：

(1) 若键槽磨损不大，则将磨损的键槽扩宽和加深即可。但扩宽的宽度和加深的深度不应大于正常键槽宽度和深度的 15%，并配制新键。

(2) 若键槽不宜加宽，则可在磨损处用电焊法堆焊（不宜气焊，以免轴变形），除去熔渣后在车床上车圆，再重新铣槽（图 3-321a）。

(3) 在磨损键的对面另铣一个键槽（图 3-321b）。

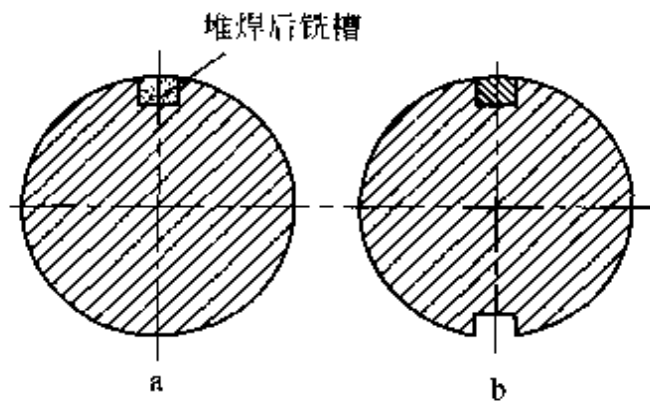


图 3-321 键槽磨损的修补

a. 堆焊后重铣键槽；b. 另铣键槽

带花键的轴，如果花键损坏，一般应予以更换。更换的步骤和方法如下：

(1) 在铁芯未压出旧轴之前，作必要的原始记录（如轴与铁芯的相对位置关系）。

(2) 烫开固定环键（或半圆环）的搭接口，取下环键。

(3) 准备好支架。对于直流电动机，应将电枢铁芯和换向器用夹具固定成一个整体。

(4) 压出旧转轴。

(5) 测绘旧轴，参照有关的公差配合表确定有关部位的配合公差，并画出轴的加工图。

(6) 用 35 号钢或 45 号钢（对于特殊电动机，应分析轴的材质

成分), 或用原轴同质材料加工一根新轴。

(7) 将新轴压入转子铁芯或绕组支架 (或直流电动机的换向器)。

526. 在哪些情况下转轴断裂不必更换? 怎样修复断裂的转轴?

通常, 如果小型电动机的转轴断裂深度在轴颈直径的 10% ~ 15% 以内, 断裂长度不大于轴长的 10%, 则不必换轴, 可采用粗焊丝进行堆焊修复。施焊时, 先用电弧气刨或氧-乙炔火焰扩大裂缝处的坡口, 然后清除焊渣, 在坡口和裂缝处进行堆焊。堆焊时, 由中心向外施焊。堆焊后进行退火处理。

如果小直径转轴断裂也不必更换, 焊接修复即可。但焊接前, 应将断开的两端车成圆锥形坡口 (图 3-322a), 然后施焊。此外, 也可采用热套接轴法 (图 3-322b) 修复断轴。

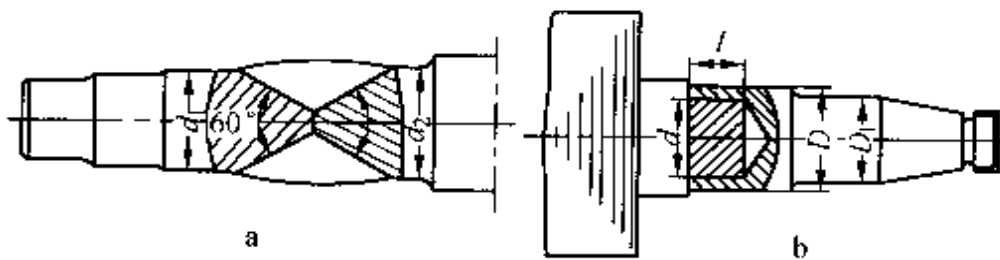


图 3-322 转轴接长法

- a. 小型电动机断轴补焊接长 $d_1 = d_2 + (3-4) \text{ mm}$;
b. 热套接轴法 $D_1 = d + (5-7) \text{ mm}$, $l = (1.0-1.2) D$
 $D = 1.3D_1$, $d = (0.8-0.83) D_1$

如果较大直径的转轴断裂, 一时换轴有困难, 而生产设备又急需使用电动机, 则在不影响转轴质量 (保证修复后仍可使用) 的前提下, 可在断裂处进行补接。补接方法如下: 先在车床上将断轴的断裂端面车光, 然后在端面钻一个小孔 (孔径约为轴径的 1/3), 内攻螺纹, 再在车床上车一根与断裂部分相同的短轴, 并在其一端车螺纹, 把这段短轴拧入断轴的螺孔内, 然后用电焊在断裂端面与

新镶入部分交界处堆焊，再在车床上磨光并铣键槽（图 3-323）。

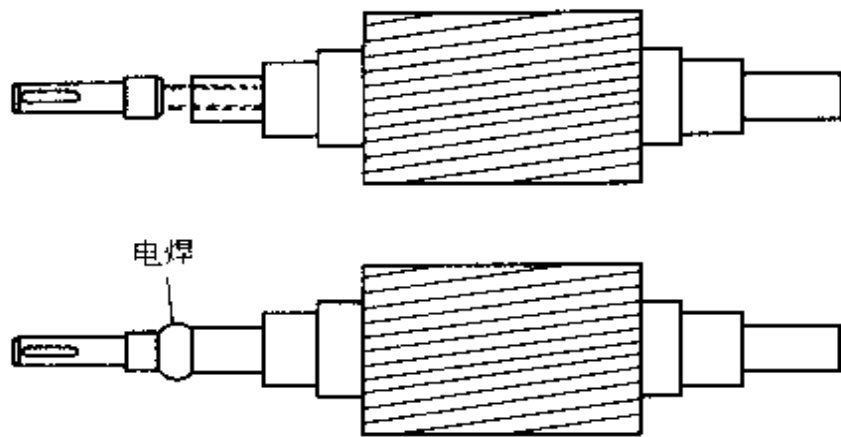


图 3-323 断轴修复示意图

527. 在哪些情况下需要换轴？怎样换轴？

如果异步电动机的转轴出现以下情况，无法用矫直、电焊、电镀和镶套等办法进行处理，则应调换新轴：

- (1) 由于电动机使用不当，轴伸端被严重撞弯。
- (2) 由于轴承使用不当，造成轴承走内圈，轴肩和轴颈严重磨损。
- (3) 零部件生产过程中，由于转轴的铁芯挡加工尺寸偏心，虽与转子铁芯能配合，但使用一段时间，转轴和转子铁芯内孔就松动。
- (4) 多次修理过的转轴又断裂。
- (5) 直径在 100 mm 以上的转轴齐头断开（通常是在滚动轴承配合的轴颈根部断开）。

转子换轴包括卸轴和换轴两项工作。

(1) 卸轴。一般按以下步骤进行卸轴：

①首先查看轴与转子铁芯是用键槽、热套还是滚花配合，然后确定转子铁芯应从哪一端压出。此时应注意以下几种情况：有些电机生产制造时，转子铁芯是根据轴定位，定位尺寸大于铁芯内孔尺寸，因而只能从没有定位的一端加压将轴卸出（图 3-324）；有时转轴和转子铁芯锈死，应加煤油，使其渗透在二者之间，然后加压卸轴；有时转轴与转子铁芯是用键槽配合，拆卸时应查看有无螺母锁紧，若有，应先旋下螺母，然后用油压机按图 3-324 所示卸轴。

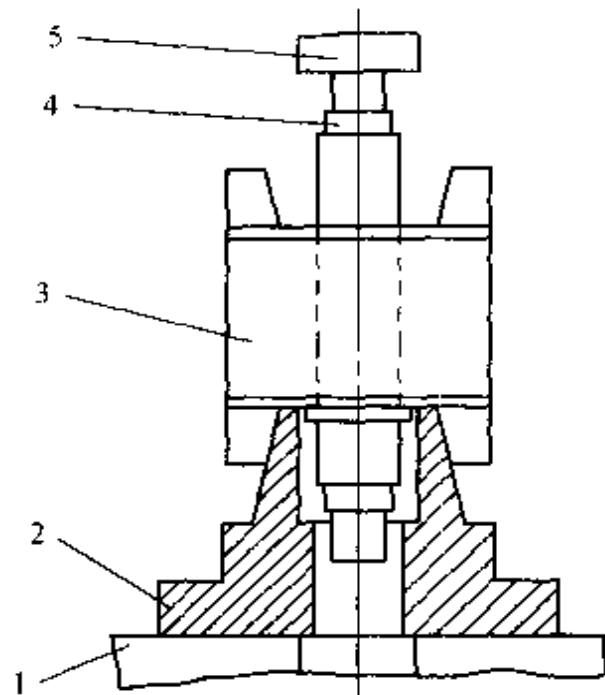


图 3-324 卸轴示意图

1. 油压机下工作台；2. 下垫压圈；3. 转子铁芯；4. 转轴；5. 上压头

②卸下转轴后，仔细观察损坏部位，并测量各部位尺寸，画出加工草图。

③测量转轴尺寸，特别要准确测量转子铁芯内孔与转轴铁芯挡的尺寸。

(2) 换轴。转轴的铁芯挡与转子铁芯内孔的配合，一般采用滚花配合或键槽配合方式。下面以滚花配合方式为例说明换轴步骤和注意事项：

①按原轴尺寸并考虑加工余量选好与原轴材质相同的毛坯，车好与转子铁芯配合的转轴铁芯挡，保证配合紧密。如果转子冲片公差选用 H8，则铁芯挡的公差可按表 3-75 选用。

②按原轴要求粗车其余部位，保留适当的加工余量，用油压机将转轴压入转子铁芯中。

③用四爪卡盘夹住转轴一端，将中心架架在转轴的另一端，校正转子外圈，保证同心度符合要求。

④按要求用中心钻切削出轴的端面中心孔，再调头校正转子外圆，切削出转轴另一端的端面中心孔。

表 3-75

转轴铁芯挡公差

(mm)

| 铁芯挡直径 | 滚花前 | 滚花后 | 磨削后 |
|--------|--------|--------|--------|
| 24~30 | -0.052 | +0.250 | +0.100 |
| | | +0.150 | +0.048 |
| 30~50 | 0.062 | +0.270 | +0.122 |
| | | +0.170 | +0.060 |
| 50~65 | -0.062 | +0.270 | +0.132 |
| | | +0.170 | +0.070 |
| 65~120 | -0.062 | +0.300 | +0.161 |
| | | +0.190 | +0.087 |

⑤以转轴两端中心孔为基准，精车所有部位，使其尺寸完全符合要求。

⑥复查转子外圆与转轴轴承挡的同轴度，误差一般不应超过 0.03 mm。

⑦从车床上卸下转轴后，完成铣键槽等工序，有条件的单位可做动平衡试验。

大型电动机一般采用带键槽的配合方式，更换转轴时，也应采用原来的配合方式，而转轴铁芯挡公差一般选用 k6。铁芯挡车好后，再在立式铣床上按原尺寸铣出键槽，然后按滚花配合方式的换轴步骤进行换轴。

528. 转子窜轴有何后果？窜轴的原因是什么？怎样处理？

电动机的转子窜出定子铁芯，发生轴向位移，叫做转子窜轴。在正常情况下，定、转子铁芯两端应对齐，或转子稍短于定子铁芯。当转子铁芯窜出定子铁芯达 5 mm 及以上时，电动机的三相空载电流将明显增大，结果不但降低电动机的效率，而且带上负载后，定子电流还会超过额定电流而使电机温升超出额定值，如果转子严重窜轴，电机就根本无法带动负载运行。

转子窜轴是电动机的常见故障，窜轴原因和处理方法分述如下：

(1) 转子装反，纠正的方法是使电动机轴伸端位于接线盒的左边。

(2) 电动机的转轴轴线不在水平位置上，或者电动机的机械中心与电磁中心不重合，此时可沿轴向逐步移动定子，直到定、转子的磁力中心线完全重合。

(3) 转子铁芯端面严重偏摆，定子内圆或转子外圆有锥度等，此时可适当增大轴承的轴向间隙，以免转子轴肩与轴瓦端面摩擦。

(4) 转轴前后自由窜动，这是由于多次拆装，端盖的轴承孔变大造成的。处理方法是：拆下轴承外盖，在一个或两个端盖轴承孔内垫入一个适当厚度的挡圈，然后装上轴承外盖即可。必须指出，大修中拆卸电动机时，如果发现这样的挡圈，应妥为保存，检修完毕装配电机时切勿忘记将其垫入。

通常，转子轻微轴向窜动是难免的，电机制造厂一般在产品说明书（产品目录）中都规定转子轴向窜动的最小允许值。如果无制造厂的规定值，则不得超过表 3-76 所列值。

表 3-76 转子轴向窜动允许值 (mm)

| 电动机容量 (kW) | 轴向窜动范围 | |
|------------|--------|------|
| | 向一侧 | 向两侧 |
| 10 以下 | 0.50 | 1.00 |
| 10~30 | 0.75 | 1.50 |
| 31~70 | 1.00 | 2.00 |
| 71~125 | 1.50 | 3.00 |
| 125 以上 | 2.00 | 4.00 |

注：向两侧的轴向窜动，可根据磁场中心位置确定。

529. 什么叫做电动机扫膛？扫膛分为哪两种情况？

怎样根据铁芯擦伤部位来判断定、转子扫膛的原因？

如何正确处理扫膛故障？

电动机旋转时，转子与定子内圆相碰擦，称为电动机扫膛（也

称定、转子铁芯相擦)。电动机扫膛时，转子外表面和定子内圆都会出现擦痕。

扫膛分为实扫和虚扫两种情况。实扫是指定、转子铁芯相擦，这说明定、转子之间的气隙过小或气隙不均匀。严重的扫膛会使定子内圆局部产生高温，线槽表面的绝缘在高温下变得焦脆，从而造成绕组接地或短路。此外，还可能导致电动机产生较严重的振动和噪声，并使电机的电气性能变差。

虚扫是指定、转子铁芯没有实际相擦，而是转子与定子内圆突出的绝缘物或油垢相擦，这表明电动机内部不清洁。

引起电动机扫膛的因素很多，而且各种因素都互相交织在一起。通常，可根据铁芯擦伤部位的不同，初步判断定、转子扫膛的原因。

(1) 如果定子圆周被擦伤一圈，而转子只擦伤一处，则可能是转轴弯曲、轴承发生故障、转子铁芯表面某处凸起或偏心。

(2) 如果转子圆周被擦伤一圈，而定子某一部分被擦伤，则可能是：定子铁芯局部变形凸起；轴承磨损，转子下沉；转子中心线偏移；定子前、后端盖与机座配合过松，转子整体下沉。

(3) 如果转子铁芯两端圆周有擦伤，而定子铁芯两端有两处相反位置的擦伤，则可能是两端轴承严重磨损，造成转子轴线倾斜。此外，端盖与机座之间装配不严密（有间隙），也会使转子轴线倾斜。

(4) 如果定子铁芯内表面的某个局部有摩擦擦伤的痕迹，则可能是前、后端盖装配质量不良引起扫膛的结果。

当电动机出现扫膛故障时，切不可采取将转子外圆车小这一办法来排除。因为如上所述，扫膛是由于轴承磨损、转子下沉或机轴的挠度过大（即弯曲）而使转子偏心所致。如果简单地将转子外圆车小，则会增大定、转子之间的气隙，使励磁电流增加，从而造成电动机的运行性能恶化，效率和功率因数均降低。

正确的做法是认真检查电动机的轴承和机轴等部件，用塞尺测量定、转子之间的气隙，测量时可用手慢慢地盘动转子，观察不同

角度时的气隙变化情况。如果在任何角度下总是下部气隙过小，则表明轴承严重磨损，不宜再继续使用，应予以更换；如果总是在某一角度时气隙过小，则说明机轴向该方向弯曲，应予以矫直（见522问）或换上新轴（换轴方法见527问）。

如果定子铁芯内表面的某个局部有摩擦擦伤的痕迹，一般只要重新调整和装配前、后端盖，就可消除扫膛现象。

如果轴承与轴承座内孔配合过松（这是轴承与轴承座内孔之间的间隙过大所致），所造成的后果与轴承过旷的结果相同（也叫“跑外圈”）。通常，可用以下三种方法来减小间隙：

(1) 在轴承座内孔壁上打“麻点”。具体做法是：先卸下前端盖或后端盖，并固定好，用一只冲子和一个小手锤沿轴承座孔内壁均匀地冲出一些“麻点”。由于冲眼（坑）外圈金属变形凸起，在宏观上能减小轴承座孔直径，以使轴承与轴承座孔紧密配合，从而消除扫膛现象。这种方法虽然简单易行，但轴承与轴承座孔紧密配合的时间不长，电动机运行一段时间，配合又会过松。因此，这种方法只是权宜之计。

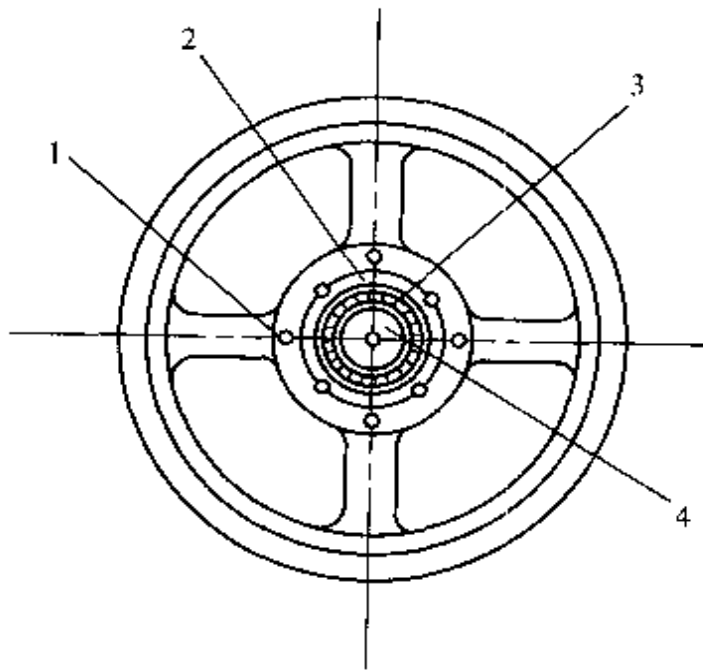


图3-325 在轴承座孔内加补圈
1. 轴承压盖螺栓孔；2. 补圈；3. 轴承；4. 轴

(2) 在轴承座内孔壁上“补肉”。这是在轴承座内孔壁上钎焊或熔焊一层金属。钎焊采用气焊，熔焊采用手工电弧焊。由于电动机前、后端盖一般都是用铸铁或铸钢制成的，因此常采用熔焊这一方法进行焊补，“焊肉”厚度达1~2 mm。焊好后，在车床上按轴承标号进行精加工，精车时必须找正轴心。否则，无法使用。

(3) 加补圈。首先加大轴承座孔径，然后用碳钢等材料加工出一个金属圈，并镶嵌在轴承座内，利用金属圈内孔与轴承的紧密接触，以消除配合过松现象。金属圈的厚度一般为5 mm左右，厚度过小效果不好，厚度过大则会降低轴承座的性能。与轴承座之间的接触面上要攻四个直径为4 mm左右的螺栓孔，并拧上螺栓，以防止松动。补圈装在轴承座孔内的结构形式如图3-325所示。

530. 怎样判断异步电动机定子膛孔是否偏心?

为了判断异步电动机的定子膛孔是否偏心，在确认转子呈圆形的前提下，首先将电动机定子周围划分为几个等分，如8等分或16等分（图3-326），然后将转子上的一部分，按1、2、3……的次序用塞尺测量间隙。测量结果，如果各部分一致，则说明电动机的定子膛孔没有偏心；如果各部分不一致，则说明定子膛孔偏心，而且差值越大，偏心越严重。此时膛孔偏心应予以矫正。

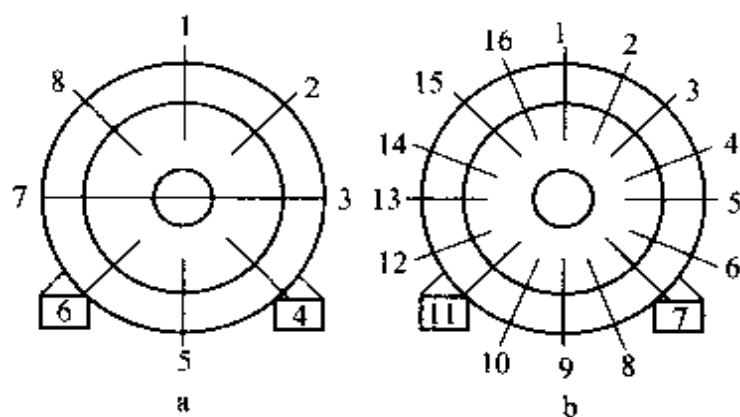


图3-326 电动机偏心检查图

a. 画8等分检查；b. 画16等分检查

531. 什么叫做鼠笼转子断笼？断笼的原因是什么？
断笼有何现象？怎样检查断笼故障？

通常，转子冲片直径在 6000 mm 以下的电动机，采用铸铝转子，而中型电动机则采用铜笼转子。鼠笼转子断条和断环，总称为断笼。断条是指笼条中一根或数根断裂（或有严重气泡），断环是指端环中一处或几处裂开。

鼠笼转子一般比较坚固，不易损坏。但是，如果铸铝或铸铜鼠笼质量不佳、制造工艺粗糙或设计不合理，运行起动频繁，操作不当，急促的正反转造成剧烈的冲击，则可能发生转子断笼故障。

断笼是鼠笼式电动机常见的故障。如果只有一二根断条，暂时无明显影响；如果断笼严重，将出现以下现象：

- (1) 带负载运行时，三相电流表指针周期性摆动。
- (2) 起动转矩降低。若停止运行后再次送电，转子左右摆动，电动机不能起动运转。
- (3) 满载时转速降低，转子过热，温升增高。
- (4) 满载时机身剧烈振动，并有较大杂音。
- (5) 起动时从通风道内飞出火星。

鼠笼转子的断笼故障，一般可按以下方法检查：

(1) 换转子检查。换上一个同型号的良好转子进行试运转。若电动机的负载能力、转速、声音和振动等均正常，则表明原转子确有断笼故障。

(2) 外观检查。根据检修经验，铝笼断裂点多在槽轴向长度的中心附近，铜笼断裂点多在笼条与端环焊接处，双笼转子故障点多在上笼部位。同时，取出转子，仔细观察其铁芯表面，尤其是端环与导条交接处。若该处有过热或变色迹象，则说明该处是断条处。

(3) 通入电流检查。在定子绕组中通入电压约为额定电压 10% 的低压电流，在一相中串入电流表，用手慢慢盘动转子，观察电流表上的读数是否稳定。如果有断条故障，则电流表读数的大小会循环地变动。

(4) 整机检查。首先在定子绕组中通入三相低电压 (380 V 电动机可通入 50~60 V 电压), 以转子不能自转为原则, 然后用手缓慢地盘动转子。如果有断笼故障, 则三相电流不平衡, 并且电流随转动角度而变化。

(5) 拆下端盖后检查。拆下端盖, 将转子抽出 1/3 左右, 在转子周围垫上绝缘纸, 使转子不与定子铁芯接触。通入三相低电压, 将旧手锯条 (或其他薄铁片) 放在露出的定子铁芯转子槽口上, 观察振动情况; 然后盘动转子, 重复逐槽检测, 有断笼故障时, 锯条 (或薄铁片) 的振动力较正常值小。

(6) 铁粉检查。检查时将开关 S 合上 (图 3-327), 使调压变压器从零开始升压。当升流器电流逐渐增大时, 转子表面便产生磁场, 然后将铁粉撒在转子上, 此时铁粉会整齐地一行行沿导条方向排列, 而电流加大到能清楚地看到铁粉一行行排列为止。若导条断裂, 则铁粉不可能如此整齐地排列, 而且铁粉也撒不上去, 由此便可判定鼠笼导条断裂。

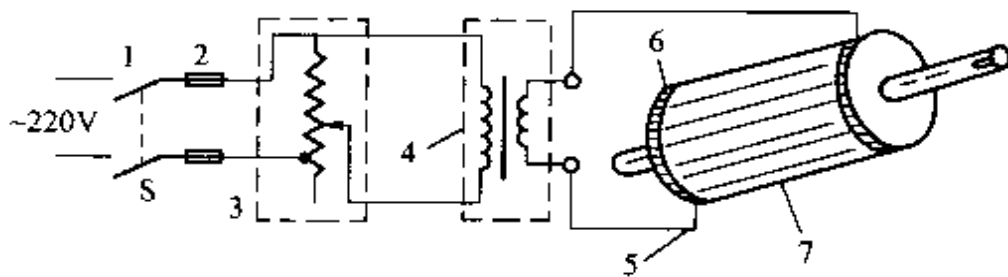


图 3-327 用铁粉检查转子示意图

1. 单极闸刀开关; 2. 熔断器; 3. 0~250 V 调压变压器; 4. 升流器, 电压 220 V/1.5 V, 二次侧电流 300~500 A; 5. 多股软线两根, 其截面积根据电流确定; 6. 鼠笼转子; 7. 通入电流时铁粉分布情况

(7) 互感探测器检查。互感探测器是根据互感器的原理设计而成。它由大小两个开口铁芯组成, 形状如图 3-328 所示。当线圈 1 接上电源, 铁芯 1 与转子铁芯形成闭合磁路时, 其部分磁通交链到铁芯 2。若被测槽内的笼条完好, 笼条便流过电流, 形成一只相当于铁芯 2 的短路线圈, 其作用将阻止磁通通过铁芯 2, 于是此时线圈 2 的感应电势很小。当移动铁芯 2 到断条槽口时, 则相当于短

路线圈开断，使通过铁芯 2 的磁通增加，因此毫伏表的读数增大，由此说明笼条断裂。

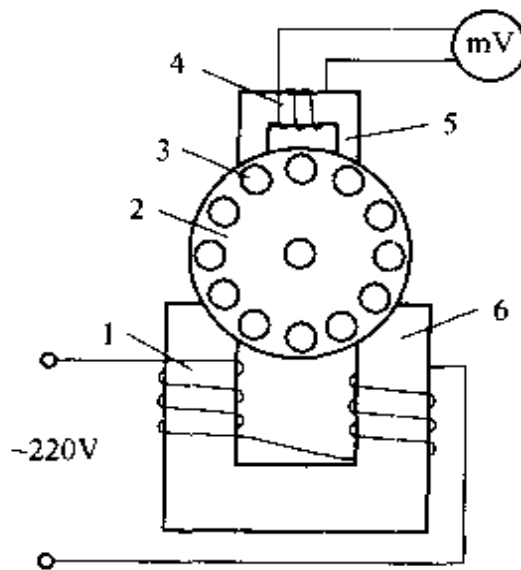


图 3-328 用互感探测器检查笼条断裂故障

1. 探测器线圈 1; 2. 转子; 3. 转子笼条;
4. 探测器线圈 2; 5. 铁芯 2; 6. 铁芯 1

532. 转子铜笼条在槽内松动的原因是什么？ 有何后果？怎样处理？

转子铜笼条在槽内松动是一种常见现象。其原因是铜笼条与槽配合尺寸不当、铁芯槽尺寸不一、槽部冲片有毛刺等。铜条在槽内松动会引起转子不平衡，电动机产生噪音和振动，铜条在槽内由于不停地高频度振动而疲劳断裂，首先是铜条与端环焊接不良处（薄弱环节）断裂，严重时铜条本身也断裂。这种故障可按下述方法处理：

(1) 浸环氧树脂胶。将转子用中性洗涤剂清洗干净后，加热到 $60\sim 70^{\circ}\text{C}$ ，将配制好的环氧树脂胶（环氧树脂和 650 固化剂各 35%，将丙酮和酒精按 1:1 比例配制作作为稀释剂）浇入各槽内（一般浇两遍），灌满为止，固化后对转子进行动平衡试验。这种处理方法的缺点是：

①环氧树脂胶挂胶加热时流失，浇入各槽内不均匀，并且需要

进行动平衡试验。

②环氧树脂胶耐热指数不够时易老化而失去粘性。

③由于热胀冷缩和各种材料的膨胀系数不同，环氧胶会出现干裂现象。

④如果电动机的温升高，不能采用这种方法进行处理。

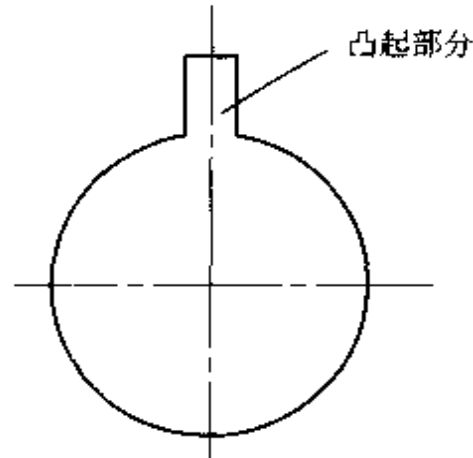


图 3-329 顶部凸起的笼条形状

(2) 挤压。老式电动机的笼条顶部为凸起形状（图 3-329），铜条入槽后，打击此凸起部分，就可使铜条向槽壁胀紧。但是，新式电动机的铜条大部分是圆形，无此凸起部分，因此应采取适当措施使圆铜条在槽内胀紧。具体做法如下：

①将旧扁铲（或扁锉）的端部磨成圆弧状（图 3-330），使其宽度与槽口一致，正好能插入槽口内，成为专用工具。

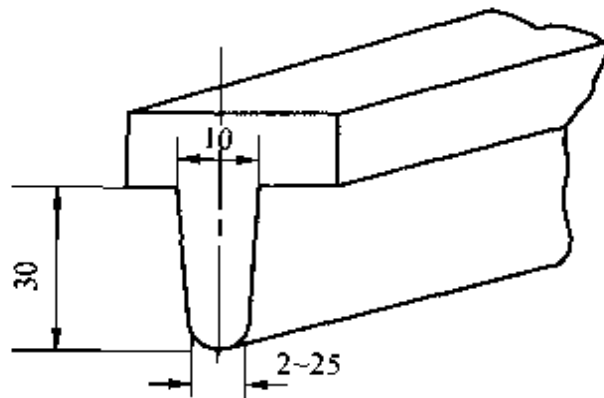


图 3-330 扁铲

②将上述磨好的专用工具从槽口插入，压在铜条顶端，然后用手锤敲打专用工具（也可用其他压紧设备），使铜条挤入约 1 mm，此时铜条被挤压而向铁芯槽两壁挤胀，于是铜条在槽内贴紧牢固。

③按上述方法沿轴向逐次挤压铜条，或选择几个部位挤压，最后使整根铜条胀紧在槽壁上。

这种方法虽然比浸渍环氧树脂胶费工费时，但检修质量可靠。

533. 伸出铁芯部分的笼条拱起或端部笼条沿转子旋转方向弯曲怎么办？

如果伸出铁芯部分的笼条拱起，一般是以下原因引起的，可采取相应措施予以处理：

当电动机处于起、制动和正、反转状态时，笼条内流过较大的电流，在电热效应作用下笼条局部热胀；当起、制动终了时，笼条便开始收缩，在离心力作用下，由于笼条端部强度不够，笼条便拱起。此时可根据具体情况采用下述方法之一进行处理：加热拱起部分，用机械方法将其调直；拆下笼条，将拱起部分调直后再插入槽内并予以焊接；调换强度较高的笼条。

端部笼条沿转子旋转方向弯曲这一故障多发生在圆周速度较大、采用实心端环的电动机转子上，其原因是钢制端箍固定不良，导致笼条在端箍圆周惯性力作用下而弯曲。这种故障的处理方法是：端箍改用无纬玻璃丝带绑扎，或者调换玻璃钢制作的端箍；加强端环与转子支架的配合，选择合理的公差配合尺寸。

534. 怎样修复铜笼转子？

通常，根据铜笼转子的不同损坏情况，可采用以下方法来修复：

(1) 笼条与端环处局部开焊。如果在槽外明显的地点铜条与端环焊接处脱焊，一般重新焊接即可。焊接步骤和方法如下：

①施焊前，用锉刀清除故障部位的旧焊瘤和氧化皮，在焊缝周围用尖凿凿出坡口，然后用30%硫酸溶液清洗。

②选用45%银钎焊料（303号焊料），用数把焊炬（焊炬应为中性火焰）同时加热端环，加热要均匀。当温度达到400℃左右时，改用一把焊炬集中加热施焊部位，待温度达到约800℃，可将银钎焊料润湿并填满焊缝，固化后笼条与端环便焊接牢固。

(2) 少数笼条断裂。一般有以下两种处理方法：

①如果槽外少量笼条断裂，可先加热笼条较长部分的端环焊缝处，待焊剂熔化，用铁锤打出此笼条段，然后用加热法除去短段。若直线部分有凸起圆形笼条，则应先铣去端环焊接孔部位的铜料(图 3-331)，然后用加热法除去笼条。

打出笼条后，清除槽内杂物，选用与旧笼条材质和几何尺寸相同的新笼条插入槽内，然后予以焊接即可。

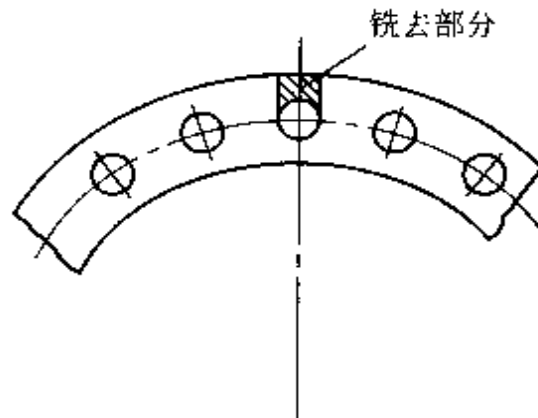


图 3-331 铣去端环焊接孔铜料示意图

②如果槽内少数笼条断裂，可在断条两端的端环上开一个缺口，用凿子把断裂的铜条凿去，换上与原铜条相同截面的新铜条。铜条两端伸出端环约 15 mm，把伸出端敲弯贴紧在端环上，然后用气焊焊牢。端环的缺口处用铜焊补上，堆积的高度必须略高于端环面，焊好后在车床上将突出于端环表面的高低不平处车平，并校准转子的静平衡。

(3) 大量笼条断裂。修复方法是：

①首先用 4~6 把氧-乙炔焰火炬加热端环，待全部焊缝都熔

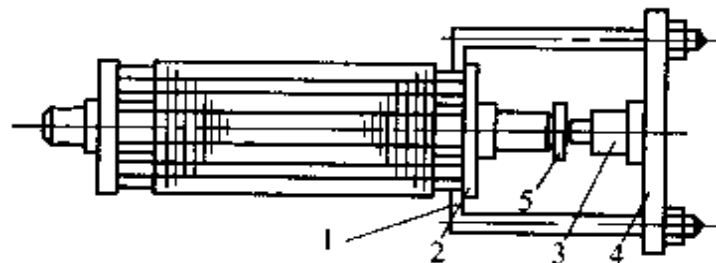


图 3-332 拆卸端环专用工具

1. 铜爪；2. 端环；3. 千斤顶；4. 铁板；5. 垫板

化，使用专用工具（图 3-332，一般可自行制作）将端环卸下。

②清理笼条端头，抽出槽内全部笼条。

③如果利用原有笼条和端环，则应仔细检查。若实际配合精度不够，仍会产生断笼故障。

④插笼条时先检查槽内确实清洁，然后用大锤将端口垫上软金属的笼条打入槽内，并检查松紧程度，同时使笼条伸出铁芯端的长度相等。

⑤按原始记录套入端环，要求笼条与端环孔配合间隙为 0.1 mm 左右。

⑥套装完毕，进行焊接即告修复。

(4) 端环断裂。端环断裂是鼠笼转子的常见故障，一般可用下述两种方法之一予以修复：

①首先将断裂处适当挖大，然后将该处加热到 450℃ 左右，用锡（63%）、锌（33%）、铝（4%）焊料焊补。如果断裂处很大，无法焊补，则应重新浇铸。

②将转子加热到 650~700℃，待端环全部熔化，便将其倒出，然后将槽孔清洗干净，用比转子铁芯略长、形状与槽孔相似的紫铜棒插入槽孔中，将紫铜棒长出部分敲弯倒向一边互相重叠，再用气焊焊成一体成为端环，在车床上加工后，即可投入使用。

535. 怎样处理铸铝转子断裂故障？

铸铝转子断裂故障，可根据转子的不同断裂情况，分别予以处理。

(1) 在开裂的铝导条或铝端环的裂纹两边用尖凿剔出坡口或梯形槽，然后用氩弧焊进行补焊。

(2) 在导条或端环的裂缝处剔出坡口，并用喷灯将其加热到 400~500℃，用锡（63%）、锌（33%）和铝（4%）熔铸成的焊条以气焊补填裂缝。

(3) 冷接处理。在导条裂口处用一只与槽宽相近的钻头钻孔，并攻丝，然后拧上一个铝螺钉，再在车床上（或用铲刀）除掉螺钉

的多余部分。

(4) 对于小型电动机，可用长钻头将故障笼条钻通，然后清理槽内残铝，插入直径相同的新铝条，并将其两端焊接，与端环形成整体，最后填平焊接处。

(5) 换条。如果铸铝转子严重断裂，一般到原制造厂购置一个同样规格的新转子换上即可。若买不到同规格产品，由于现场一般不具备铸铝设备，同时要制作铸铝模在技术上存在很大困难，并且也不经济，所以，现场处理铝条转子严重断裂故障时，一般都使用烧碱溶铝法将铸铝笼改换为铜笼，改换的方法如下：

①溶铝前，测量并记录端环尺寸和扇叶尺寸，并在车床上车去转子两端的铝扇叶和端环（铝屑可回收利用），而大型转子则可从槽口铣去槽内铝金属。

②压出转轴，以免烧碱溶液腐蚀轴颈。

③为防止铝溶下后铁芯松散，事先应使用夹具将铁芯两端夹紧。此时要注意，夹具不得堵住槽口，以免妨碍槽内铝条溶化。如果铁芯有固定装置，则两端无需夹紧。

④配制 30% 浓度的烧碱水溶液，将已夹紧的转子垂直或倾斜地置于溶液中，使溶液浸没铁芯表面 50 mm 以上。

⑤将烧碱溶液加热到 80~90℃，经 3~5 h 铝条即全部溶化在烧碱溶液中。

⑥铝条溶化后，吊出转子并用清水冲洗，然后将转子投入 0.25% 浓度的冰醋酸溶液中煮沸，以中和残碱。

⑦经 15 min 左右吊出转子，再投入开水中煮沸 1~2 h，取出后用清水冲洗并烘干。

⑧烘干后，清除铁槽内和两端的残铝、污垢。

⑨将截面积等于转子槽形面积

70%左右的矩形（或圆形）铜条插入槽内，铜条必须顶住槽口和槽底，不得悬空（图 3-333）。

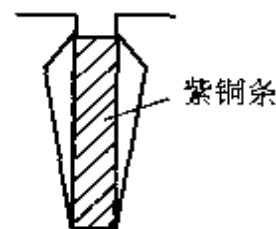


图 3-333 转子铜条的位置

⑩选择铜条时，不得采用多根导体代替一根导体，以免焊接质量受影响；选择铜条截面时，对于斜槽转子，应使铜条截面宽度略小于槽形宽度，否则，插条困难，甚至不能插入；端环截面取原端环截面积的 70%~80%，截面积过大或过小都会影响电机的起动性能；若发现铜条在槽内松动，可用铁磁物质（如硅钢片）在槽底将铜条塞紧，但不可放在槽口下面，以防漏磁太大而降低起动转矩。

⑪转子铜条的焊接方法有两种：对于小型转子，可将伸出铁芯两端（15~20 mm）的铜条敲弯（图 3-334a），然后进行紫铜焊；对于大中型转子，可加装铜短路环，其断面积不得小于铝短路环的 70%，导条和短路环的接点用银焊或磷铜焊焊牢（图 3-334b）。

最后对转子校静平衡。

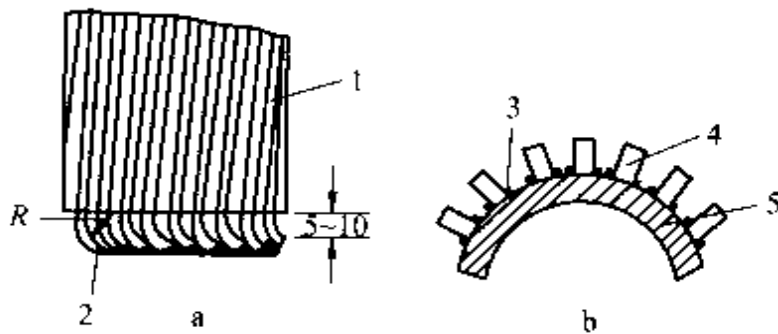


图 3-334 转子铜条端头的焊接

a. 小型转子铜条的焊接；b. 大中型转子铜条的焊接

1. 转子；2. 堆焊；3. 焊接点；4. 紫铜导条；5. 紫铜环

536. 绕线式转子有哪些常见故障？故障原因是什么？

怎样检查和处理？

绕线式转子比鼠笼式转子多一套集电环和电刷装置，这是容易发生故障的部分。

绕线式转子常见故障是绝缘电阻下降、转子单相运转和转子端部并头套脱焊。产生这些故障的原因是：

- (1) 起动条件恶劣，如正、反转起动频繁，重载起动等。
- (2) 电动机频繁过载，造成转子电流增大，绕组温升增高。

(3) 并头套间积存炭粉较多，片间绝缘电阻值降低。当并头套开焊放电时，往往出现电弧飞越现象，导致片间短路和弧光接地，严重时还可能使绑扎钢丝箍崩裂，绕组烧断。

(4) 由于集电环端并头套离集电环很近，积存炭粉较多，所以并头套间的绝缘电阻降低，爬电的可能性增大，从而容易发生片间击穿故障。

(5) 从绕线式电动机的嵌线工艺来看，转子绕组在嵌线前，一端是预先成型的，另一端是嵌线时插入转子槽内再弯折成型。由于弯折处在集电环端槽口处，弯折成型时绕组绝缘往往受到损伤。

绕线式转子故障的检查和处理方法分述如下：

(1) 绝缘电阻下降。由于未经常维护或维护不当，大量电刷粉末积聚在集电环和电刷架上，造成集电环和电刷装置的绝缘强度下降，严重时造成短路故障而将整个装置烧毁。因此，必须加强集电环和电刷架的日常维护，并定期进行清扫。

(2) 转子单相运转。绕线式电动机单相运转会发出强烈噪音，定子电流增大，电流表指针大幅度摆动，电动机的转矩下降，转速降低。这种故障大多是电刷机构动作失灵或电刷太短（接触不良）造成的，可检查电刷机构的拉簧是否失效。如果运转中电刷机构的短路卡环和短路夹因过热而失去弹性，也会导致单相运转，此时应更换短路卡环和短路夹。如果电刷过短，应换上同牌号、同规格的新电刷，并用00号砂纸磨出相吻合的接触弧面。

此外，电刷的压力不当，也会产生火花或快速磨损。检修时可用弹簧秤检查，一般炭-石墨电刷所需单位压力约为 2 N/cm^2 ，电化石墨电刷为 $1.5\sim 4\text{ N/cm}^2$ ，铜-石墨电刷为 $1.5\sim 2.5\text{ N/cm}^2$ 。

对于集电环部分已损坏且无法修复的绕线转子，在电源容量允许的条件下，可试将转子绕组的三根引线并接，改为鼠笼转子使用，或者在导线伸出铁芯外约 20 mm 处将线圈端部切断，并同方向敲弯重叠，再焊成两端短路环，车光、校正后作为鼠笼电动机使用。

(3) 转子端部并头套脱焊。可按539问所介绍的方法进行检查

和处理。

537. 绕线式电动机的转子绕组甩锡和甩无纬带的原因是什么？怎样处理？

绕线式电动机的转子绕组通常采用圆铜导线或扁铜排绕制而成。采用扁铜排绕制的杆形绕组，一般用并头套连接（用锡铅焊料焊接）。为了使绕组不在离心力作用下而散开，绕组两端部用无纬带绑扎。但在电动机的运行中，经常发生甩焊锡和甩无纬带故障。其原因是：

(1) 并头套与导线焊接质量不良，造成并头套与导线之间的接触电阻增大，温升增高，将焊锡熔化，在转子离心力的作用下，并头套内的焊锡被甩出。

(2) 在转子绕组两端绑扎无纬带的工艺不当（如绑扎时拉力不够、无纬带材质不佳、绑扎工艺有误、固化时间短等），造成无纬带甩开。正确的做法是将无纬带绑扎在并头套宽度的 $1/3 \sim 1/2$ 处，使无纬带压住并头套。否则，会造成并头套甩开（“开花”）而呈喇叭口状，甚至刮破定子绕组端部绝缘。

(3) 转子绕组和并头套表面上积聚粉尘过多，造成并头套之间短路而“放炮”，同时覆盖过多的粉尘也影响绕组散热。

上述故障一般可按下述方法处理：

(1) 拆除被甩开的无纬带。

(2) 用 $2\% \sim 3\%$ 的中性洗涤剂加水冲洗绕组绝缘，将转子绕组绝缘上的油泥、粉尘彻底清洗干净，然后用清水（最好是温水）冲洗绝缘，使转子绕组和绝缘缝隙内不残存尘垢。

(3) 将转子置于炉温为 $110 \sim 130^\circ\text{C}$ 的烘炉内烘干，烘焙时间为 $12 \sim 42$ h，具体烘焙时间视电动机容量和结构而定。如果电动机的容量大、转子结构的密封性强，则烘焙时间应长一些。当绝缘电阻达到 $40 \text{ M}\Omega$ 以上，并稳定不变，则转子可以出炉。

(4) 转子出炉后，趁热对甩开和胀开的并头套以及端部变形的铜排进行整形处理，使铜排和并头套恢复原来形状。

(5) 检查并头套是否短缺和损坏。如果短缺、损坏，则应配齐和修复。

(6) 检查风扇叶是否甩掉。如果甩掉，应按原来尺寸配好。

(7) 清除套入并头套内的铜排端部氧化膜，将插入并头套内的风扇叶事先搪锡，然后全面检查，补焊牢固。

(8) 检查焊接质量，测量每相绕组的直流电阻。

(9) 在并头套上包扎绝缘材料，以防止粉尘聚积在相邻并头套内而造成短路故障。

(10) 按工艺要求包扎无纬带。

(11) 对转子进行浸漆和干燥处理。

538. 绕线式转子绕组端部有哪些常见故障？怎样处理？

绕线式转子绕组的端部一般用钢丝绑扎（也有用无纬玻璃丝带绑扎的），常见故障是导体绝缘破损后导体与钢丝短路，钢丝散落、断裂、开焊、甩开等。

转子绕组端部绑线的结构如图 3-335 所示。通常，在绑扎线与绕组之间填有绝缘材料，以免由于膨胀收缩或机械力作用而损伤绕组绝缘。

在转子绕组端部绑扎钢丝的打箍工作一般在车床上进行，但也可使用简易木制机械来完成（图 3-336）。为了消除上述故障而重新绑扎绕组端部时，所选用的钢丝的弹性极限应不低于 160 MPa，钢丝的拉力应符合表 3-77 所示值。拉力过大，易损伤绝缘；拉力过小，易使钢丝箍脱落。

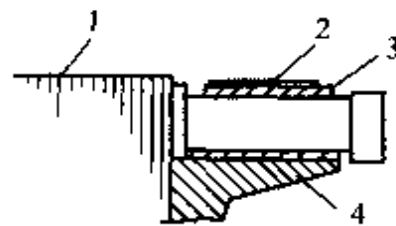


图 3-335 转子绕组端部绑线结构

- 1. 转子铁芯；2. 钢丝；
- 3. 绝缘材料；4. 转子支架

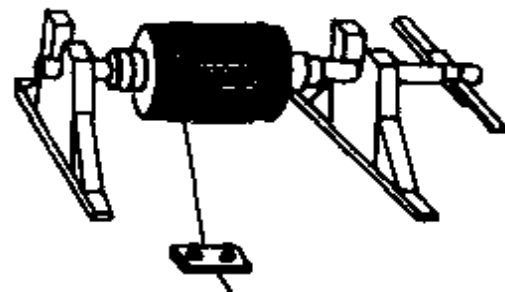


图 3-336 绑扎钢丝箍的简易机械

选择钢丝时，应使钢丝直径、绑扎匝数、绑扎宽度和钢丝箍的排列布置尽量与原来的相同。在绑扎钢丝箍以前，应先在绑扎部位包扎2~3层白纱带，然后卷上1~2层青壳纸，1层云母。青壳纸板宽度应比扎线宽度大10~30mm。为了使钢丝扎紧，在钢丝下面每隔一定间距应放置一块铜片。当该段钢丝扎好后，将铜片两端弯到钢丝上，用锡焊牢。绑扎时，钢丝的首端和尾端均应放在铜片所弯曲部位，以便由铜片卡紧。

表 3-77 绑扎钢丝预加的拉力

| 钢丝直径 (mm) | 拉力 (N) | 钢线直径 (mm) | 拉力 (N) |
|-----------|---------|-----------|-----------|
| 0.5 | 120~150 | 1.0 | 490~590 |
| 0.6 | 170~200 | 1.2 | 640~780 |
| 0.7 | 250~300 | 1.5 | 980~1200 |
| 0.8 | 300~340 | 1.8 | 1370~1570 |
| 0.9 | 390~440 | 2.0 | 1770~2000 |

539. 绕线式转子并头套脱焊的原因是什么？

怎样补焊？补焊后如何检查？

转子绕组的并头套脱焊是绕线式转子常见故障之一，其主要原因是焊接时清理不彻底，或者焊得不透，因此接触电阻增加，通电发热后焊锡熔化，造成插入式绕组导条与并头套脱焊。

并头套的补焊包括焊前检查、焊前准备和施焊三个步骤。

(1) 焊前检查。一般可按以下几种方法进行检查：

①仔细观察绕线式转子所有并头套有无焊锡脱落或变色现象。

②用小手锤轻轻敲打并头套（敲打不要过重，以免破坏绝缘），若发现脱锡，焊接部位呈黄褐色，或者敲打时有哑声和松脱现象，都表明插入式绕组导条与并头套需要重新焊接。

③并头套的开焊故障，若肉眼观察，不能确定，可用电桥测量相间电阻，找出电阻值偏大的一相或两相，并使电桥准确指零，然

后用较软的木板或层压布板逐一撬动此一相或两相的并头套，同时观察电桥指针，若撬动某一个并头套时指针偏离零位，则表明该并头套接触不良。

④通电检查。这是最准确的检查方法。检查时，往转子绕组中通入电流（相当于焊接处的额定电流），经 10~15 min，用手触摸焊接部位。如果焊接良好，焊接部位与其他部位的发热都一样；如果焊接不良，则焊接部位严重发热，温度较高，此时可在发热部位作好记号，准备补焊。

(2) 焊前准备。焊料一般采用锡铅焊料（如 H1SnPb58-2 型锡铅焊料）。因为这种焊料的熔点低于 400℃，含锡量在 18%~40% 之间，锡成分多，流动性好。焊剂一般有两类：一类为氯化锌、硼砂，它们能溶解氧化物，产生有效清除作用，但对铜和绝缘物有腐蚀性，若采用，应清洗焊头；另一类是松香、蜡、凡士林等，这类焊剂不但不产生化学作用，反而具有不使氧气侵入的保护作用，特别是松香在酒精、汽油溶液中能形成坚硬薄膜，保护焊接部位不受腐蚀。但这类焊剂要求焊头很清洁，否则，焊接质量不好。此外，也可用焊锡膏作为焊剂，它有清除氧化物的作用，但也有腐蚀性。

(3) 施焊。并头套的焊接一般使用紫铜烙铁作为焊接工具。根据并头套的清洁情况，可以不脱开焊接，也可先预热，把并头套取下，清理并头套和绕组的导条后，再将并头套套在导条上焊接。采用后一种方法，去除污物比较彻底。焊接的简单工艺过程是：将 300~

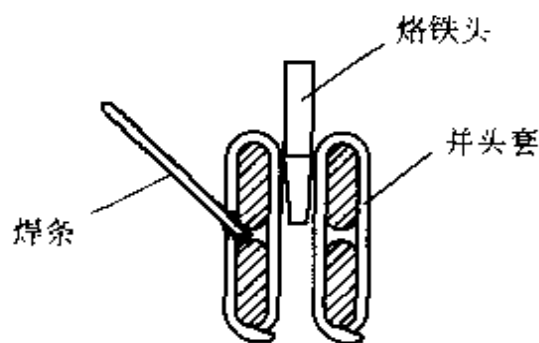


图 3-337 并头套补焊示意图

500 W 烙铁的烙铁头磨成扁平状，使它能插入相邻两并头套之间（图 3-337）；清理待焊的导条、并头套，涂上焊剂（松香酒精溶液），左手拿锡铅焊条触碰并头套与导条的缝隙之间，边加热边加

锡铅焊料，直到填满为止。焊接时烙铁不要过热，以免焊锡和烙铁氧化而失去效用，同时也要防止烙铁烧坏线圈和熔化的焊锡流入线圈内。

对于运行温度较高的转子，并头套开焊不一定是原来焊接不良，而是由于锡铅焊料熔点较低，此时应改用银铜焊料，用氧-乙炔火焰进行钎焊。由于银铜焊料熔点较高，焊接时要用石棉带包好线圈绝缘，且边焊边浇水冷却，使绝缘不被高温烧坏。焊接后将绕组进行烘干处理。

补焊后，应检查焊接处是否被焊锡填满。若有凹陷现象，则可能是焊接部位未清理干净，或者是导条与并头套之间的缝隙太大。若焊接处有黑点，可在黑点部位插入细铁丝进行检查，根据铁丝插入深度来确定焊接质量。如果在焊接处表面未发现缺陷，则可用以下两种方法来检查焊接质量：

(1) 测量接触电阻。并头套是否焊牢，可测量接触电阻来判断。试验接线如图 3-338 所示。图中 5 为 12 V 蓄电池组，1 为带分流器的直流电流表（可测量 0.01 ~ 10 A 电流），3 为毫伏表（可测量 0.003 V 以下的电压），4 为附加电阻，6 为特殊试杆（图 3-339），其作用是使电流在它的内部中断，而不是在它的端头中断。合上开关 7，将试杆放在焊接处的两端，压紧试杆，使电流回路接通，利用变阻器 2 调节电流，调节到很容易看出毫伏表指针偏移为止，记录每个接头处毫伏表读数。如果某个接头处毫伏表读

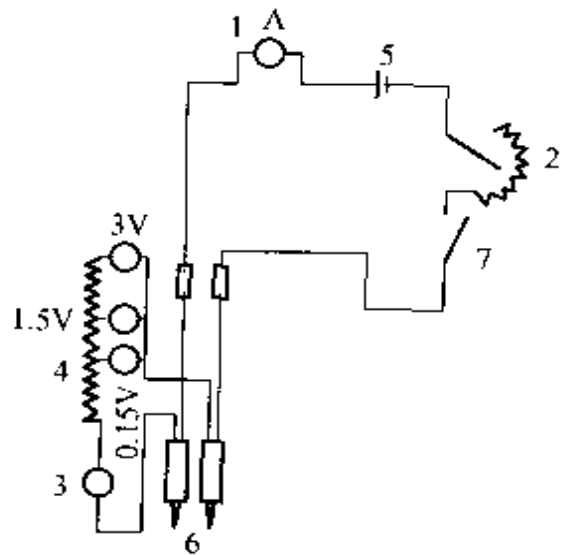


图 3-338 接触电阻测定原理图

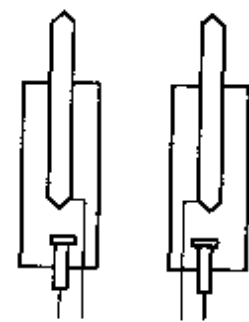


图 3-339 试杆的结构

数明显增大，超过其他接头电压，则表明该焊接处质量不佳。

(2) 通电发热检查。与前面焊前检查方法中的通电检查相同，通电 15 min 后，再继续通电。如果焊接处的焊锡熔化，焊料流出，则应重新清理、补焊。

540. 在绕线式转子并头套脱焊的检修中应注意哪些问题？

在中小型绕线式电动机转子并头套脱焊的检修中，一般应注意以下几点：

(1) 了解电动机极数、槽数、节距、引线方向、并联支路数、绕组排列和端伸尺寸等（图 3-340），以及转子铜条绕组并头套示意图（图 3-341）。

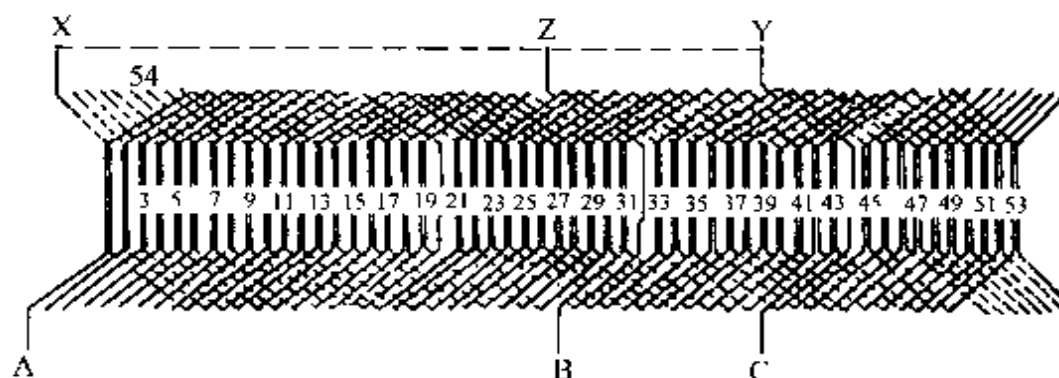


图 3-340 54 槽 6 极波形绕组接线图

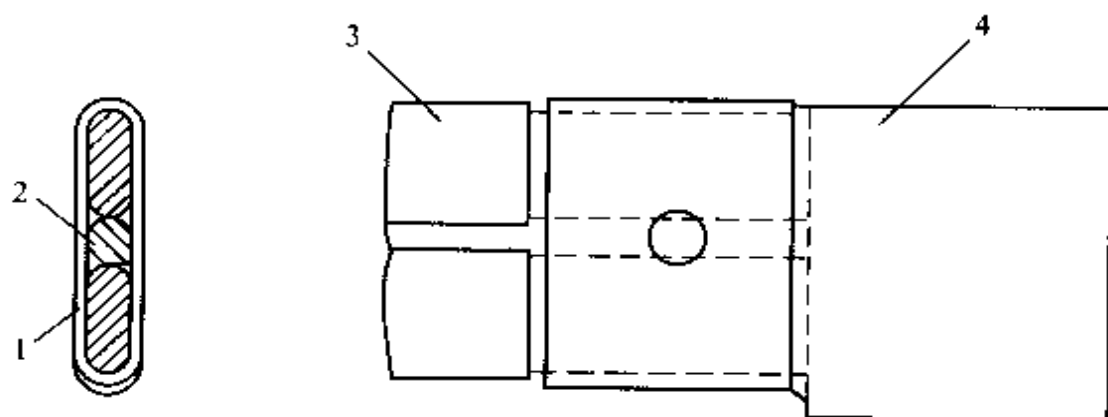


图 3-341 转子铜条绕组并头

1. 并头套；2. 铜楔；3. 线棒；4. 风叶片

(2) 熟悉在转子线棒上安装并头套、向并头套内打入铜楔和焊接并头套等工序的技术要求。

(3) 熟悉用电桥测量转子波形绕组直流电阻的操作程序。

(4) 用电桥测量绕组的电阻来检查并头套开焊故障时，若发现电阻值很大，应检查电桥引线的接线是否良好。如果接触不良或接触面有锈蚀现象，应打磨干净后重新连接。

(5) 若焊接后并头套之间短路，则是焊接并头套时流入的焊锡，顺着线棒流向内部而形成锡瘤所致。此时可用电烙铁加热并头套，使锡瘤熔化，然后进行清理，或者将并头套摘下来，清理后再装到线棒端头上进行焊接。为此，应在转子端部底层线棒向下弯曲侧焊接并头套，以防止焊锡向里流。

(6) 焊接并头套时若不粘锡，则是焊接前未将并头套清理干净，或者并头套与线棒的间隙过大。此时应将并头套取下来重新烫锡（线棒也要烫锡），然后再将并头套装在线棒上，用扁钳夹紧后焊接。

(7) 如果并头套与线棒焊接后，并头套内部焊锡灌不满（达不到80%），则除了上面第（6）项的原因外，可能是线棒在并头套内歪斜，或者并头套内未打入铜楔，使两线棒间隙过大。为此，应摘下并头套，重新整理线棒弯头，使其平整，然后装上并头套，打入铜楔，夹紧后焊接。

541. 怎样查找绕线式转子并头套的虚焊隐患？

如何提高并头套的焊接质量？

绕线式转子并头套的焊接质量好坏，直接影响电动机能否正常运行。由于绕线式电动机一般都运行于恶劣环境，起动和制动频繁，受负载冲击较大（例如起重冶金用电动机），如果转子的并头套焊接点出现虚焊现象，则在冲击电流和大电流作用下，并头套虚焊点的电阻将会剧增，温升迅速增高，很快就会出现甩焊锡和燃弧现象，一直到大部分并头套断裂，转子绕组烧毁。

有时进行外观检查，看到并头套焊接部位的“焊肉”饱满，但

其内部往往存在虚焊点，用仪表很难检测出来。因为焊接点并未断开，而是虚假连接，用仪表检查，测得三相直流电阻的差值在允许范围以内，从而误判为合格，实际上存在虚焊隐患。例如，我们在一次检测中，测得一台绕线式电动机三相直流电阻之差为1%，但拆开并头套进行检查，发现存在虚焊现象。下面介绍在现场简陋条件下，查出并头套虚焊点的简易方法。

用电桥测试三相绕组的直流电阻，并同时用木榔头轻轻敲打并头套的端部（敲打时用力要适当，不使仪表的线夹受到振动）。如果并头套有虚焊不实现象，则电桥指针就会大幅度摆动；如果焊接良好，则指针就不会摆动。经过仪表测试，查出虚焊的并头套后，再重复检测，就会发现三相直流电阻不再平衡，从而可确认并头套存在虚焊隐患无疑。

根据检修经验，一般可采取以下措施来提高并头套的焊接质量：

(1) 焊接温度要合适，温度过高或过低都会影响焊接质量。

(2) 烙铁容量要足够大，应保证对并头套的施焊过程中焊接温度不过分降低。

(3) 烙铁外形和尺寸要合适，烙铁插入并头套间要达到一定深度。为此，要求烙铁前部分应呈扁平形状，后部分应有足够的容积，以保证烙铁有足够的热容量。

(4) 焊锡应符合要求，一般中小型电动机并头套的焊接，可采用HSnPb58-2型锡铅焊料。

(5) 并头套制作尺寸要合适，应使并头套与导线之间的间隙保持在0.15~0.2 mm以内。

(6) 与并头套焊接的导线端，应清理干净，搪锡应完善。

(7) 铜楔尺寸要正确，搪锡也应完善，以保证表面光滑。

(8) 安装时，应保证铜楔、导线端与并头套之间的间隙符合规定值。

542. 转子不平衡有哪两种情况？不平衡的原因是什么？
转子不平衡对电动机的运行有何影响？

转子不平衡有静不平衡和动不平衡两种情况。静不平衡是指转子轴心偏离轴线时，由于离心力不平衡，转子轴心在轴承中作偏心旋转，造成过度振动。若离心力超过转子重量，对轴承顶面也有压力，振动更为严重。这样的转子静止时，较重的一侧总是朝向地面（图 3-342）。动不平衡是指转子重心虽然在轴线上，静止时表现平衡，但由于两端重量不均，朝相反方向偏移，旋转时也造成过度振动（图 3-343）。

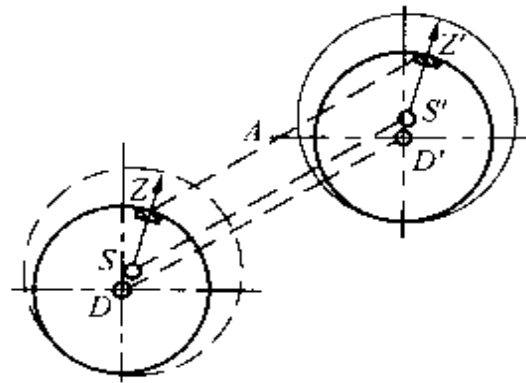


图 3-342 转子静不平衡

转子不平衡的主要原因是：

(1) 平衡试验时未校准。

要使转子旋转时的振动值不超出允许值（转子轻微振动是不可避免的），必须消灭重量分布不均匀现象。通常是在转子上加平衡块或钻若干孔眼（减小重量），把整个重心重新移至旋转轴上。通常，电动机的所有转动部分（如转子、耦合器、

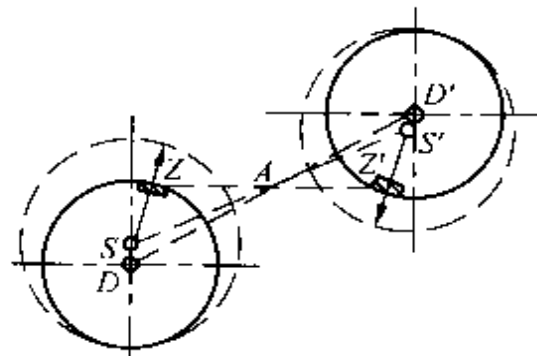


图 3-343 转子动不平衡

胶带轮等）都要经过平衡，而高速旋转的细长部件，则特别需要动平衡。平衡试验的准确度，随平衡仪器和设备而定，有时由于仪器不准确，或调试粗心而造成未校准。通常，电动机出厂前即已校准，必要时应重新作平衡试验。

(2) 机轴翘曲。老式电动机若发生严重振动，首先应检查机轴（特别是搁在轴承上的部分）是否翘曲或失去圆形（呈椭圆）。如果

机轴翘曲，整个转子便会偏心，其振动频率约等于电动机转速的2倍，因此翘曲的转轴应予以矫直。

(3) 转子零件松动。电动机转子的某些部分（如磁极、胶带轮、换向器座、转子辐等）有时也会松弛，结果造成转子在低速旋转时也发出敲击或“喳喳”声，通常将铁棒的一端支在轴承上，耳朵贴近另一端，即可清楚地听到异常响声。零件一旦出现松弛故障，会日益严重，因此一经发现，应立即予以排除。

如果转子不平衡，则在转子绕电动机轴旋转时，其重心对轴线产生偏移。这种偏心作用能产生一种离开中心外甩的离心力，此离心力与不平衡量、偏移半径和转子转速有关。通常，一个较小的不平衡力转动，将产生较大的离心力。电动机在这种离心力的作用下就会发生振动，从而加速轴承的磨损，电动机的使用寿命缩短，甚至电动机被烧毁。

543. 怎样校验转子静平衡？校验时容易出现哪些问题？ 如何解决？

检修后的电动机，其转子往往不平衡。若不校验转子就进行组装，则电动机运行时会出现噪声大、转动不平稳、轴承损坏等现象。因此，凡是拆开电机修理，或更换过转子铁芯、绕组、机轴、换向器等部件的电动机，在总装前都应校验转子是否平衡。

转子不平衡有两种情况，一种是静态不平衡，另一种是动态不平衡。对于转子的动态不平衡，一般使用专用的校验仪器（如闪光

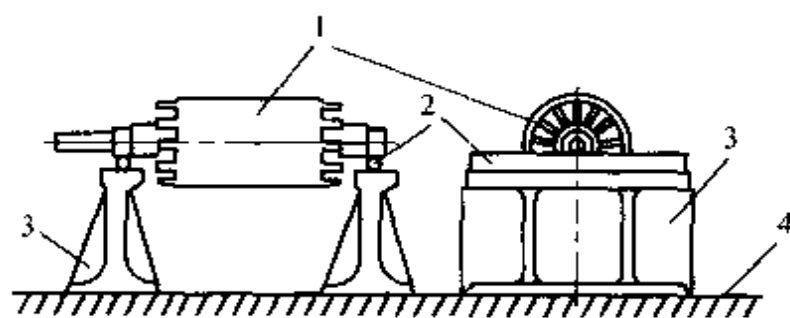


图 3-344 静平衡架

1. 转子；2. 导轨；3. 支架；4. 底板

式动平衡机) 进行校核, 而且只检验大型高速电动机。下面介绍转子静平衡校验方法。

转子的静平衡校验, 一般在水平刀刃式平衡架上进行(图 3-344)。校验时, 先将两导轨之间的距离按转子长度调整好, 将轨面调到水平; 然后将转子轴颈部分清理干净, 水平地放在导轨上(如果两端轴颈直径不等, 可在较细的一端加套环), 用手盘动一下转子, 直到它自动停下。此时观察转子停留位置, 并反复几次盘动转子。如果发现转子某一面总是停在下面, 则说明该面较重。

处理转子不平衡这一故障的方法一般都是加减配重, 即在较轻的一面适当增加配重或在较重的一面适当减少配重, 以调整不平衡量。增加配重的措施包括加铆钉或螺钉, 加平衡圈, 焊补金属等。无论采取哪种措施, 都要注意掌握配重量和保持配重物的牢固可靠。减少配重的方法通常是钻浅孔或铣去一些不影响转子强度的材料。转子加减配重后, 应重新校验平衡, 反复调整, 直到转子在平衡架上无自动转动的倾向为止。

在转子静平衡的校验过程中, 一般容易出现以下问题, 可分别予以解决:

(1) 忽视清洁问题, 轴承卡涩或轴颈与导轨摩擦加剧。为此, 对小型电动机的转子采用 V 形铁校正静平衡时, 校正前应清洗轴承, 以保证轴承能润滑、快速地滚动; 使用平衡架校正静平衡时, 要注意导轨的清洁, 以减小轴颈与导轨的摩擦系数, 同时也要注意保持两支承面的水平和平行。

(2) 转子在导轨上往一个方向旋转时, 观察转子是平衡的; 转子往相反方向旋转时, 出现不平衡现象。其原因是: 进行校正平衡操作时, 加入平衡块后, 只校正了转子某一位置的平衡, 而未注意校正其他几个位置是否平衡。为此, 应使转子在导轨上往返旋转, 无论转到哪个位置, 转子都应处于平衡状态。否则, 应继续进行校正静平衡, 直到转子转到任一位置都保持平衡为止。

544. 为什么要对高速电动机的转子进行动平衡校验？ 怎样校验？

通常，经过校静平衡的转子，其不平衡力矩 PR 和重力矩 QR_1 虽然能使转子重心处于转子中心线 AB 上（图 3-345），但 P 、 Q 两点重量却不在同一平面上（如图 3-345 所示相距 L ）。电机运行时， P 、 Q 会各自产生离心力而形成一个力偶，此力偶将导致转子振动。此力矩 T 值的大小与电机转速 n 的关系为： $T = PRn^2L$ ，高速电机每分钟转速 n 在几千至几万转之间，所以 T 值是不可忽视的，必须进行动平衡校验，以消除这个力矩 T 值。

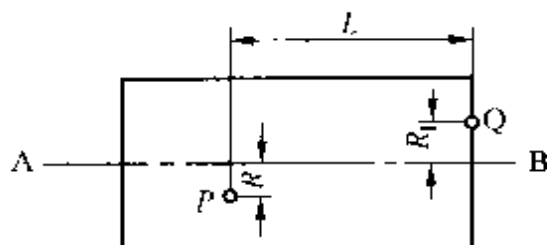


图 3-345 转子产生动不平衡的原理

转子体的动平衡校验，一般在动平衡机上进行。校验高速电机和微、小型电机用的国产动平衡机有闪光式 PYS 系列和 DS 系列两种小型规格的产品，以及较先进的 YYW 系列产品。校验方法与转子静平衡校验一样，也是加、减重量，形成一个新的力偶矩 T' ，以抵消力偶 T ，达到消除不平衡残余量的目的，或者将不平衡残余量降低到该类电机允许的不平衡残余量范围以内。

校验前，将转子上的风叶和轴承均卸下（风叶要单独做动平衡试验），检查和调整好动平衡机，试车无异常后将转子的轴颈搁在摇摆架的轴衬中，并紧固好，开机进行检查和调整动平衡机的测量精度及闪光读数的清晰度，选择好转子动平衡的速度，根据各种动平衡机的不同操作机构，对好各转柄和转换开关的挡次。

校验时，一般先测出右支承平面的动不平衡量，再测出左支承平面的动不平衡量，利用闪光机构确定不平衡的位置，采用加重法

试重，正式确定动不平衡的准确位置和残余量大小，视具体情况采用加重或减重法消除不允许的残余量。对于我国生产的 JW082 - 2 150型中频电动机的振动，要求不大于 $3\ \mu\text{m}$ ，而对于与其配套的变频机组则要求不大于 $0.01\ \text{mm}$ 。

一般以振动值大小为准来衡量。如果找不到标准，可按下式计算许用不平衡量：

$$e = Gr/W$$

式中 e ——转子单位质量的许用不平衡量 ($9.8 \times 10^{-3}\ \text{N} \cdot \text{mm}/\text{kg}$)，或称转子的质心与轴心线的偏心距， μm ；

G ——不平衡量 ($9.8 \times 10^{-3}\ \text{N}$)；

r ——不平衡量离旋转中心轴线的距离， mm ；

W ——转子的质量， kg 。

对于具体的转子，其平衡精度可用 $G \cdot r$ 的乘积来表示。当两校正面与重心的距离相等时，每个校正面上的许用不平衡量应为总和之半。

545. 怎样检查、维护运行中的绕线式电动机的电刷？

电刷冒火花怎么办？

第一，对运行中的绕线式电动机的电刷，一般应进行以下检查和维护：

(1) 整流子和集电环上的电刷是否冒火花。若火花小，应清理电刷；若火花大，可按本问第二部分所介绍的方法查找原因和进行处理。

(2) 电刷上的压力应为保证电刷不冒火花的最小压力，电刷在刷握内应无晃动和卡住现象，电刷与刷握之间的间隙应保持在 $0.1 \sim 0.2\ \text{mm}$ ，刷握下面边缘与整流子表面之间应保持 $2 \sim 3\ \text{mm}$ 距离。

(3) 电刷软导线是否完整，接触是否紧密，是否与外壳发生短路，有无过热现象。

(4) 电刷边缘是否磨损。如果电刷磨损到离铜辫子只有

2~4 mm, 则应换上同一品种的电刷。因为不同品种的电刷, 导电率和截面都不相同, 会引起电刷振动。

(5) 电刷和刷握内有无积垢。若有积灰, 应使用刷子清扫或吹风机吹扫干净。

进行上述检查、维护工作时, 应注意安全, 要穿绝缘靴和站在绝缘垫上, 要避免衣物卷入转动部分。

第二, 绕线式电动机运行中电刷冒火花, 一般是以下原因引起的, 可采取相应措施予以处理:

(1) 集电环表面不平整, 集电环不圆或不清洁。可用细砂纸磨平集电环表面, 或者修整集电环并校正同心度, 清除集电环上的污垢。

(2) 电刷在刷架内卡住。可取出电刷, 用砂纸将其稍微磨小, 使其在刷架内能活动自如。

(3) 电刷型号、尺寸与刷架不匹配。应调换与刷架匹配的电刷。

(4) 电刷与集电环接触不紧密。可用细砂纸仔细研磨电刷, 使其与集电环接触紧密。

(5) 电刷压力过小或过大。检查电刷是否磨得过短, 如果严重磨损, 则应予以更换。如果电刷尚能使用, 只是压力不当, 则适当调整电刷弹簧压力即可。

546. 刷握内表面磨损和弹簧失去弹性的原因是什么?

怎样处理?

在正常情况下, 电刷在刷握框中应能够上下自由移动, 面不应在刷握框中摇晃。刷握内表面磨损和弹簧失去弹性的原因和处理方法分述如下:

(1) 刷握内表面磨损。如果电刷与刷握框配合不当, 过紧或过松, 以及换向器振动, 均会导致刷握框内表面磨损。刷握与转动体表面的距离一般应在 2~4 mm 以内, 刷握前后两端与转动体表面的距离必须保持相等, 不得倾斜 (图 3-346)。刷握框与电刷的允许空隙如表 3-78 所示。

表 3-78

刷握框与电刷的允许空隙

(mm)

| 空隙 | 轴向 | 沿旋转方向 | |
|------|-----|---------|-----------|
| | | 宽度 5~16 | 宽度 16 以上 |
| 最小空隙 | 0.2 | 0.1~0.3 | 0.15~0.40 |
| 最大空隙 | 0.5 | 0.3~0.6 | 0.4~1.0 |

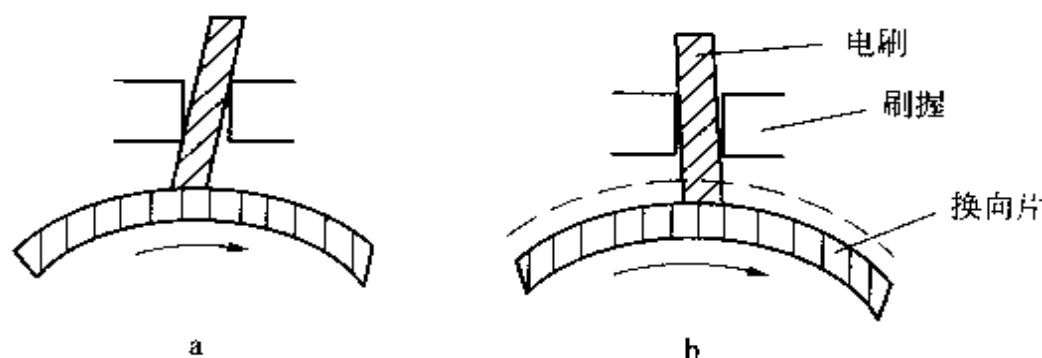


图 3-346 电刷与刷握框配合不正确示意图

刷握内表面一旦磨损，应使用细锉锉光刷握框内表面的毛刺，并校正刷握框的空隙，使电刷只能在刷握内上下自由移动，而不倾斜、不摇晃。

(2) 弹簧失去弹性。电刷是借助弹簧的压力与换向器或集电环接触的。如果配件损坏和绝缘不良，则将有较大的电流流过弹簧，造成弹簧因退火而失去弹性。弹簧一旦失去弹性，除检修配件和绝缘外，还应更换弹簧。如果无备用弹簧，可选用钢丝在一根直径相当且端部带孔的钢棒上自行绕制弹簧。

547. 电刷的刷架、刷握和电刷的安装应符合哪些要求？

对电刷怎样进行调整？

电刷的刷架、刷握和电刷的安装，应符合以下要求：

- (1) 同一组刷握应均匀排列在同一直线上。
- (2) 刷握的排列，一般应使相邻不同极性的一对刷架彼此错开，以使换向器均匀磨损。

- (3) 各组电刷应调整在换向器的电气中性线上。
- (4) 带有倾斜角的电刷，其锐角尖应与转动方向相反。
- (5) 集电环应与轴同心，其摆度应符合产品说明书的规定，一般不应大于 0.05 mm。集电环表面应光滑，无损伤和油垢。
- (6) 接至集电环的电缆，其金属护层不应触及带有绝缘垫的轴承。
- (7) 电刷架及其横杆应固定牢固，绝缘衬管和绝缘垫应无损伤、污垢，并且测量其绝缘电阻应合格。
- (8) 刷握与集电环表面的间隙应调整为 2~4 mm。

电刷的调整，应按以下规定进行：

- (1) 同一台电动机上必须使用同一制造厂生产的同一型号的电刷。
- (2) 电刷的编织带应连接牢固，接触良好，不得与转动部分或弹簧片相触碰；具有绝缘垫的电刷，绝缘垫应完好。

(3) 电刷在刷握内应能够上下自由移动，电刷与刷握的间隙应符合制造厂的规定，一般为 0.10~0.20 mm。

(4) 恒压弹簧应完整，无机械损伤，其型号和压力应符合产品说明书的规定。

(5) 电刷的接触面与集电环的弧度应相吻合，接触面积不得小于单个电刷截面的 75%。电刷研磨后，应将炭粉清扫干净。

(6) 非恒压电刷弹簧，其压力应符合制造厂的规定。若制造厂无规定，应调整到不使电刷冒火花的最低压力，同一刷架上各个电刷的压力应均匀，一般应保持在 0.015~0.025 MPa 以内。

(7) 电动机运行时，电刷应在集电环的整个表面内工作，不得靠近集电环的边缘。

548. 电动机中的粉尘是怎样产生的？如何减少和清除粉尘？

在电动机的运行中，集电环刷握装置空腔内的电刷粉尘进入定、转子空腔而粘在绕组端部和铁芯槽口上，飞扬在并头套之间，常常造成绕组短路接地、两相间并头套“飞弧”等故障。要杜绝电动机中的粉尘一般是不可能的，只能采取减少粉尘和及时清除粉尘的措施。

(1) 减少粉尘。提高集电环表面的光洁度，是减少粉尘的最有效措施。通常，使滚轮挤压集电环表面，可将集电环表面的光洁度提高到 $\frac{0.8}{\sqrt{\quad}}$ 以上。

(2) 清除粉尘。定期（例如冶金用的电动机，半年一次）煮漆定、转子绕组，可以除去定、转子上的粉尘。煮漆时，将定、转子置于中性洗涤剂中煮沸 0.5~1.0 h，然后取出用清水冲净并烘干即可继续使用。

(3) 定、转子端部密封。环境恶劣、污染严重的场所（如冶金车间、棉纺车间、水泥厂等）可采用环氧树脂混合剂将电动机的定、转子绕组端部予以密封。运行经验表明，这样处理效果较好。环氧树脂混合剂的配方如表 3-79 所示。

表 3-79 环氧树脂混合剂的配方

| 序号 | 环氧树脂 | 固化剂 | 增韧剂 | 填充料 | 稀释剂 |
|----|------|-------|--------------|--|-------------------------|
| 1号 | F-44 | 二乙烯三胺 | 邻苯二甲酸 二丁酯 | 200目石英粉 1份 | 环氧 丙烷 丁基醚 0.1份 |
| 2号 | 1份 | 0.1份 | 0.2份 | 气相 SiO ₂ 0.1份 200目石英粉 0.3份 | |

① 定子绕组端部密封。将表 3-79 中 2 号环氧树脂混合剂均匀地涂刷在绕组端部，待环氧树脂混合剂固化，即可装配使用。

② 转子绕组端部密封。将表 3-79 中 1 号环氧树脂混合剂浇注在绕组端部，以使其密封。浇注工艺如下：

浇注前，用 0.5 mm 厚的玻璃层压板分别衬于绕组端部的内外侧。对外侧层压板可用环氧玻璃丝带打箍，内侧层压板可固定在线圈支架上（图 3-347）。为了防止浇注时泄漏，可用堵漏物堵住层压板与绕组间的气隙。浇注准备就绪后，可将充分搅拌好的环氧树脂混合剂徐徐注入端部绕组内。当树脂混合剂基本凝固后，将转子移入烘房或烘箱内进行加热固化，加热温度控制在 $[(80\sim90) \pm 5]^\circ\text{C}$ ，加热 6 h 左右即可取出装配使用。（对高速电机，转子需进行动、静平衡试验）

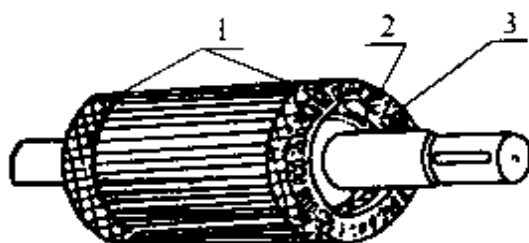


图 3-347 绕组端部层压板衬入示意图
1. 外侧层压板；2. 绕组支架；3. 内侧层压板

549. 绕线式电动机的集电环应具备哪些特性？ 它有哪些常见缺陷？怎样排除？

绕线式电动机的集电环的基本部分有金属环和套筒，以及绝缘层和引出线等。三个金属环之间和三者与套筒之间应可靠绝缘，金属环应有良好的导电性、耐磨性和硬度，金属环外表面应光滑。集电环常见的缺陷和排除方法分述如下：

(1) 集电环表面出现较宽的凹痕。若凹迹宽度与电刷宽度相似，并且凹迹表面很粗糙，则可能是选用的电刷硬度太高造成的，应全部调换硬度合适的电刷；若凹迹表面较光滑，可能是电刷布置不均、不正所致，应调整电刷位置。对集电环表面的凹迹，应进行研磨修整，使其平滑。

(2) 集电环表面出现细长的丝痕。若痕迹形状不一样，大多是集电环表面落入金属颗粒（或砂粒）或电刷材质不纯造成的，应清扫集电环表面和检查电刷质量。对集电环表面的丝痕，一般稍加修磨即可。

(3) 集电环表面出现烧伤疤痕。这是集电环产生火花面烧伤造成的，应查明产生火花的原因，根据烧伤疤痕的面积大小和深度，采取不同的修整方法，轻者予以研磨，重者应拆下集电环，在车床上进行轻微车光。

(4) 集电环表面出现局部磨损痕迹。大多是电机振动或集电环本身呈椭圆状而产生的。应查明电动机振动的原因，消除振动，然后修整集电环，或者消除集电环的椭圆形状或更换集电环。

(5) 集电环表面严重损伤。如果集电环表面的凹凸沟槽低于或高于平面 1 mm 以上, 损伤面积占整个集电环面积的 20% ~ 30%, 则应将其置于车床上进行车削。车削前, 应确定需车去的表面厚度(消除损伤表面缺陷的最小厚度); 车削时, 进给量应尽可能小, 一次吃刀深度为 0.1 mm 左右, 表面线速度为 1 ~ 5 m/s, 转动要平稳, 加工后的偏心距应在 0.03 ~ 0.05 mm 以内; 车削完毕, 用涂上一层凡士林的 00 号砂纸对集电环表面进行高速旋转抛光, 使表面粗糙度达到 $\sqrt{1.6} \sim \sqrt{0.8}$ 。

(6) 集电环有裂纹、对地击穿或相间绝缘击穿。出现这些缺陷的集电环, 一般无法修理, 应予以更换。

550. 绕线式电动机的集电环松动或温度过高的原因是什么? 怎样修理集电环?

集电环主要分为塑料集电环和紧固式集电环(也叫装配式集电环)两种, 二者松动的原因是:

(1) 塑料集电环。集电环与轴配合公差过盈不够, 以及塑料集电环运行一段时间后, 由于塑料收缩和开裂而松动。此外, 塑料集电环内孔若没有铁套筒, 直接与轴配合, 经过几次拆装, 也会出现配合松动现象。

(2) 紧固式集电环。主要是环与套之间松动。这是集电环绝缘套筒配合过盈不够造成的, 尤其是实行冷配合时, 松动现象更为常见。通常, 集电环经 100 ~ 200℃ 热套配合, 就不易松散, 同时也可避免由于层间绝缘漆老化或绝缘收缩等原因而造成的松动现象。

集电环温度过高的原因是:

(1) 电刷压力过大或过小。电刷压力过大, 机械磨损加剧; 电刷压力过小, 则电能损耗增大。电刷的机械磨损加剧或电能损耗增大, 均会造成集电环温度过高。

(2) 电动机振动导致电刷与集电环工作面接触不稳定, 电能损耗增大, 造成集电环温度升高。

(3) 修理中更换电刷时，选用了允许电流密度较低的电刷，因电刷工作电流密度偏高而发热。在检修中，有时增设一排电刷可以解决电火花和过热的问题。

(4) 电刷表面和集电环工作面有油污和脏物，造成集电环温度过高。通常，电刷与集电环工作表面的接触面积应为电刷面积的80%左右。否则，由于电流密度增高而造成集电环过热。

绕线式电动机的塑料集电环和装配式集电环损坏后，只要导电环完整无缺，且磨损又很小，就可采用铁套筒外包绝缘，再将导电环过盈压入这一方法进行修理。修理工艺如下：

(1) 修复改制集电环。修复改制塑料膜压式结构集电环的导电环时，先烧去塑料，取下导电环；凿去引出线；将三只导电环的内径在车床上加工成统一尺寸，刨出引出线焊接槽，焊上引出线；最后用聚酰亚胺薄膜绕包引出线（图3-348）。

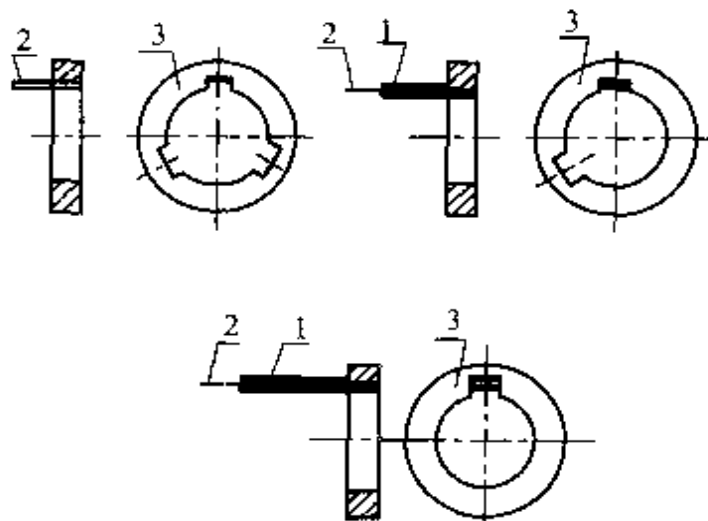


图3-348 导电环

1. 绝缘层；2. 引出线；3. 导电环

(2) 配制铁套筒。重新配制新铁套筒，加工后其外径比改制后的导电环内径小4mm。对于装配式结构的集电环，其原有铁套筒仍可使用。

(3) 包缠和车削绝缘。在新配制的铁套筒外圆上涂一层绝缘浸渍漆，用浸渍过的无碱玻璃丝带均匀地包扎在铁套筒外圆上。包扎后的铁套筒，其绝缘外径应比导电环内径大3mm左右，然后将包扎好绝缘的铁套筒放入烘箱内进行干燥处理，烘干后取出铁套筒，使其自然冷却。最后将铁套筒置于车床上按一定过盈量加工绝缘层。加工好的铁套筒绝缘层外径与导电环内径的过盈量，可取导电

环内径的 0.3%。例如，若导电环内径为 150 mm，则过盈量为 $150 \times 0.3\% = 0.45$ (mm)，铁套筒绝缘层的外径为 $150 + 0.45 = 150.45$ (mm)。

(4) 装压导电环。先将改制后的一组 (三只) 导电环放入烘箱内加热至 150°C 左右取出，用压力机将铁套筒压入导电环内，即成为一个集电环整体 (图 3-349)，最后将装压后的集电环浸漆烘干便可使用。

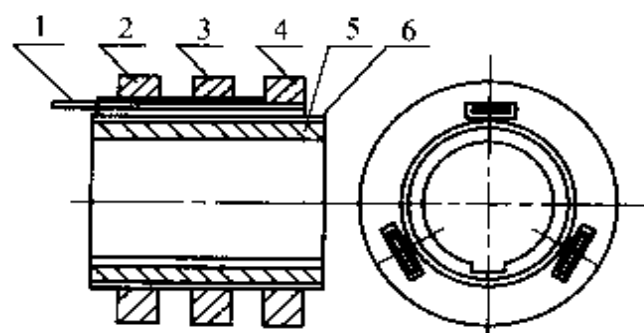


图 3-349 修理后的集电环结构图

1. 引出线；2. 上导电环；3. 中导电环；4. 下导电环；
5. 铁套筒；6. 绝缘层

必须指出，修复集电环的传统工艺成本高、工期长、工艺复杂。下面介绍修复集电环的简易方法：

采用图 3-350 所示的改进结构，用无纬玻璃丝带绑扎并浸漆固化后形成的“玻璃钢”代替绝缘板车制的绝缘圈，其特点是粘接强度高、牢固、耐电弧，修理工艺简单。

由于取消了集电环的相间环氧板，可以节省大量材料和加工工时。例如，按常规修复 JZR 型 125 kW 电动机的集电环，转子相间环氧板约为 1.7 kg，而下料则需 6.8 kg 环氧板，改用无纬玻璃丝带绑扎和浸漆处理，完全能够保证集电环的机械性能和电气性能。所以，按上述简易方法修复集电环，既可节省大量原材料和工时，又可缩短修理时间。

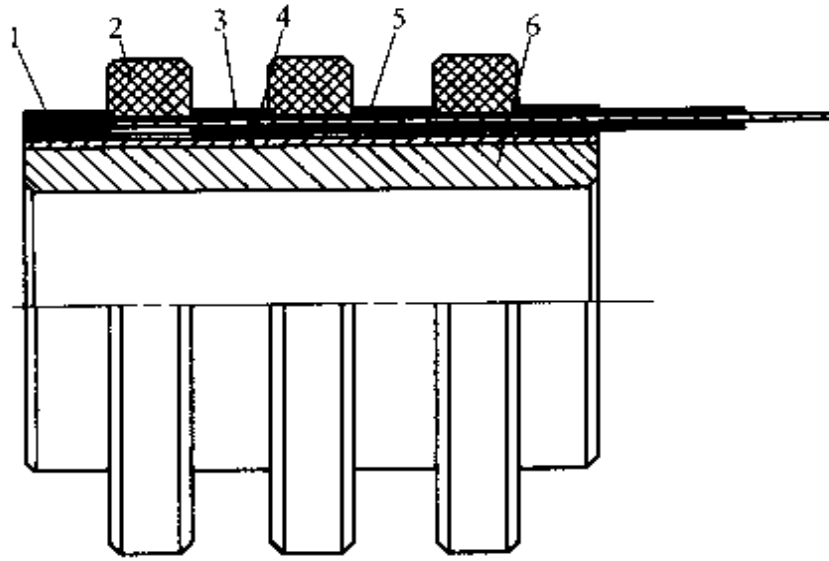


图 3-350 集电环简易修复结构图

1. 无纬带绑扎, 无纬带厚度 4~5 mm; 2. 铜环; 3. 引线绝缘, 可用粉云母带包扎; 4. 套筒 (A3); 5. 塑料云母板, 板厚 1.5~3.0 mm; 6 铸铁套

551. 集电环火花过大怎么办?

如果发现绕线式电动机的集电环火花过大, 可从以下几方面查找原因, 并根据检查结果作相应处理:

(1) 电刷在刷握内配合不当, 造成电动机的集电环火花过大。经检查, 若是电刷在刷握内配合过紧, 可将电刷适当磨去一些; 若是电刷在刷握内配合过松, 则应调换电刷。为使新电刷与集电环接触良好, 应研磨电刷与集电环的接触弧度, 并使电动机在 50% 负载下运行 1 h。

(2) 刷握松动或者刷握离集电环表面的距离过大, 以致电刷与集电环的接触倾斜或不稳定, 造成集电环火花过大。经检查, 若是刷握松动, 应紧固刷握螺钉, 并使电刷与集电环垂直接触; 若是刷握离集电环表面距离过大, 则应调整二者的距离, 使其保持 2~4 mm, 并保证刷握前后两端与集电环表面保持相等距离。

(3) 电刷与集电环的接触压力过小, 造成集电环火花过大。此时应调整电刷压力, 使其保持在 $(1.5 \sim 2.5) \times 10^4$ Pa。在实际工作中, 只要将电刷的压力调整到电刷不冒火花, 不在刷握内跳动,

摩擦声很小即可。此外，各组的电刷弹簧压力应保持均匀，相互的压力差不应超过 10%。

552. 怎样排除集电环短路故障？

常见的集电环分塑料集电环和紧固式集电环两种，二者的短路故障排除方法如下：

塑料集电环短路故障的排除：

(1) 先将烧毁部分用尖铲剔除干净，然后进行擦洗。

(2) 用兆欧表检查短路点，一直检查到无短路点为止。

(3) 将 6101 号环氧树脂胶和 650 号固化剂（各一半）混合后，涂在剔除故障点的空穴处，并且要填平，一般在室温下经 6~8 h 即可干燥。

(4) 如果短路处烧损严重和裂纹较大，可采用涂有上述混合剂的无碱玻璃丝带（或玻璃丝布）在集电环周围缠绕和加固，但这种缠绕工艺只适于处理相间短路故障。

(5) 如果铜环对地击穿，则应将铜环取下，用上述混合剂将故障点空穴填平，并将铜环套入一起固化。

紧固式集电环短路故障的排除：

(1) 拆卸前的工艺准备。如果铜环和对地绝缘都严重烧毁，无法恢复，则应解体检修。在取下集电环之前，要详细记录铜环与铁套筒边缘的距离和各环之间的距离。若有短路装置，还要标出各铜环相对铁套筒键槽的位置，并画出装配草图。

(2) 拆卸工艺步骤。拆卸集电环上的零件时，先用拆卸工具将铜环单个按顺序拆下，取下薄铁皮制的紧圈；然后用氧-乙炔火焰或喷灯加热铁套筒，加热后用拆卸工具即可很容易取下铁套筒。如果利用压力机拆卸零件，则先用拆卸工具将集电环整体拆下，然后放在压力机上把每个铜环从绝缘套上压出。有时铜环配合很紧，可加热至 200℃ 左右，使铜环热胀，使云母被烘干收缩，即可取下铜环。

(3) 修理工艺。集电环解体后，先清理铁套筒外面的旧绝缘，然后清洗和检查，若无缺陷，即可待用。铜环要重新铸造，其加工

尺寸为：内孔和两侧的尺寸与旧环相同；外圆粗车后应留出 1.5~2.0 mm 的加工余量，待集电环压入轴上再精车外圆。

铜环对地绝缘一般采用塑形云母板制作。制作方法是：先将 0.1~1.0 mm 厚的塑形云母板裁成矩形条，其长度取紧圈周长，宽度取紧圈圆周长的 1/2~1/3；然后用几个裁好的云母条叠成圆圈，将铁套筒加热到 100℃ 左右，趁热将几个云母条圈叠套在铁套筒表面上预热成型；叠套云母条个数按所需总厚度计算，各层的接缝应错开；最后将预热成型的云母条取出待用。

将铜环与铜环之间垫放的绝缘板放在胎具上（图 3-351），检查其出线孔位置是否正确；将预热成型的云母板叠放在铜环的内圆周上，每层之间涂刷酚醛树脂漆，排好后，将紧圈放入其中，紧圈外表面事先也要涂上一层酚醛树脂漆；用胀胎将紧圈胀开，并压紧云母板，此时因未加热，所加的作用力不可过大；当压到一定程度后，将其整体置于干燥炉中加热到 150~180℃，30 min 后取出；随后取出胀胎，换上铁套筒，将云母板再次压紧，使绝缘漆流出；铁套筒放入前，也应在其外表面涂上一层酚醛树脂漆。作用力的选取，对于 3~100 kW 电动机，可为 30~100 kN，或者根据集电环外径选择（表 3-80）。

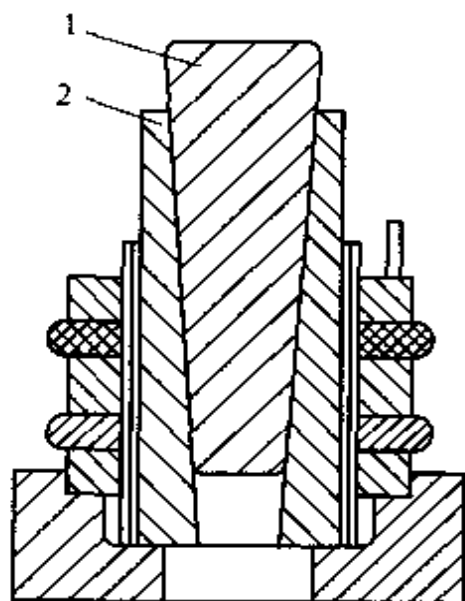


图 3-351 胀胎和紧固装置
1. 胀胎心；2. 胀胎瓦

表 3-80 按集电环外径选取作用力值

| 集电环外径 (mm) | 最大作用力 (kN) |
|------------|------------|
| 250 及以下 | 100 |
| 280~360 | 150 |
| 450 以上 | 200 |

压装后，检查外形尺寸和绝缘电阻。如果合格，则外露的云母

部分用无纬带绑扎，使密封良好。组装好的集电环在 $(130 \pm 5)^\circ\text{C}$ 下烘干 3~4 h，此时绝缘电阻不应低于 $1\text{ M}\Omega$ 。集电环从烘炉中取出后，在 $60\sim 70^\circ\text{C}$ 温度下浸 1032 号绝缘漆一次，再入炉烘干。最后经耐压试验合格，压入转轴，精车铜环外圆。

553. 塑料集电环损坏怎么办？

中小型异步电动机的塑料集电环，制造时其配方和压模都比较复杂，现场一般不具备生产塑料集电环的条件。如果这种集电环损坏，而又没有备件，可改换为组装式集电环（图 3-352）。图 3-352a 为边环，内径上铸有三只脚，向外伸出，每只脚靠里圆方向有一只耳朵，并钻有孔作为本身固定用，同时还用一只耳朵不向左右伸出，耳孔有丝扣供连接引线用。图 3-352b 为中环，内径上铸有 4 只耳朵，不向左右伸出，其中三只钻有孔的耳朵供本身固定用，另一只也有丝扣，用来连接引线。图 3-352c 为套筒，其内径上有键槽，其外缘紧夹着已经加工好的绝缘板，板的外缘钻有互为 40° 的 9 个孔。所以铜环脚上的孔都互成 120° ，以便在绝缘板上组装集电环时能互相替换。

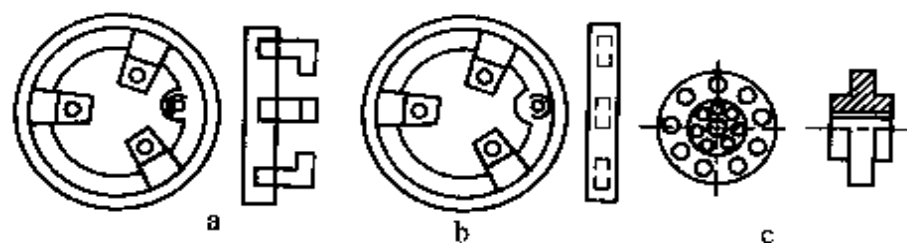


图 3-352 组装式集电环配件

安装时，先将中环装在绝缘板上，然后把两个边环装在绝缘板的左右两面。所有环上的耳孔都应与绝缘板上的孔对准，并用螺钉紧固。已组装好的集电环如图 3-353 所示。

综上所述，用组装式集电环取代塑料集电环比较简便，且套筒多数仍可利用。损坏的旧集电环可作为翻砂模型。砂型做好后，将外径和厚度加大一些，内径缩小一些，以作为车削余量。车光后留

出 0.5 mm 左右的余量，将新环装上，连同转子一起架到车床上，将三只集电环车一刀，使三环处于同一平面。这样，对其他集电环也进行了一次车修。

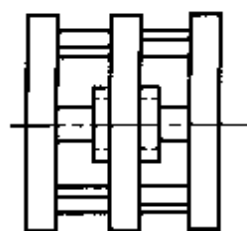


图 3-353 组装式集电环

必须指出，新、旧环材质不宜相差太大，以免三组电刷磨损差异太大。此外，组装式集电环要保持环与环之间、环与地之间有良好的绝缘，环的表面粗糙度应达到 $\sqrt{3.2} \sim \sqrt{1.6}$ 。

554. 怎样修整损伤的集电环？

通常，根据集电环的损伤情况，可分别采用以下两种方法对其进行修整：

(1) 在电机上修整。如果集电环表面只有轻微的斑点、刷痕和磨伤，一般不必将其拆下，可把电刷抬起，先用细板锉、油石和砂纸等进行研磨，再用 0 号细砂纸抛光，使其整个表面有均匀的粗糙度，力求达到 $\sqrt{6.3}$ 。

(2) 拆下修整。如果集电环表面烧伤，凹凸不平，痕迹深度大于 1 mm，损伤面积占集电环表面面积的 20% 以上，则应将集电环拆下进行修整。修整的方法是在车床上车削集电环表面。车削时车刀要锋利，进刀量要小（一次为 0.1~0.2 mm），车速在 400~500 r/min 左右，加工到集电环表面无疤痕为止，偏心度不超过 0.05 mm。车削后应在车床上抛光（使用 0 号砂纸，并在砂纸上涂一层凡士林），抛光后集电环表面应呈金属光泽，粗糙度最好达到 $\sqrt{3.2}$ 。

此外，集电环呈椭圆状时，也应将其拆下在车床上进行矫正。为找准同心度，对于小容量电机，可将集电环和转子一起置于车床上车削，这样便于找正和纠正偏心。对于较大容量的电机，由于不易将转子和集电环一起置于车床上矫正，可车一个假轴套入集电环上的套筒内，使电机的轴中心与集电环中心一致，然后在车床上车

削和抛光，这样可保证矫正后的集电环装上电机后，不再偏心。

555. 怎样处理集电环绝缘局部烧伤故障？

能否带电更换电刷？应注意哪些事项？

集电环与转轴的铁套筒之间一般都垫有绝缘套。如果电动机运行于恶劣环境，周围的粉尘、潮气和电刷粉末往往聚积在集电环之间，缩短集电环之间的爬电距离。特别是电动机正反转运行时，过高的脉冲电压很容易击穿集电环之间和对地之间的绝缘。此时绝缘击穿所产生的弧光放电造成绝缘套局部烧伤。局部烧伤的绝缘套，一般可局部修复，不必拆卸集电环进行大修。具体工艺如下：

(1) 首先确定局部故障范围，查明故障点。

(2) 用酒精彻底擦去绝缘表面的污垢。

(3) 用电工刀在击穿部位切出坡口（绝缘套厚度一般为 1.5~2.0 mm），然后用压缩空气吹净坡口坑，使坑内无粉尘。

(4) 将环氧树脂胶和无碱玻璃丝绒（也可用电工用的粘合剂）混合后垫入坑内，将坑口垫平，最后用无纬玻璃丝带或涂有环氧树脂胶的玻璃丝带沿集电环绝缘套缠绕 2~3 层，在室温下固化。

(5) 测量集电环的绝缘电阻，如果绝缘电阻值合格，便可投入使用。

在电动机的运行中，一般可以不停机带电更换电刷，但应注意以下事项：

(1) 对于调换的电刷，事先应检查其牌号、规格，不可混刷，并且事先还要研磨好电刷与集电环接触的圆弧面，使其与集电环表面接触良好（吻合）。

(2) 每次只更换电刷一只，不可正负极同时更换电刷。

(3) 更换同步电动机的电刷时，要考虑以下要求：如果降低励磁电流，应使励磁电流至少保持大于失步时所需的临界电流值。

556. 集电环内套与转轴配合间隙过大怎么办？

如果集电环内套与转轴配合间隙过大，则电机运行时，固定刷

架的螺杆就会严重振动，往往导致集电环烧毁。按照规定，转速在 1000 r/min 以下的集电环，径向振动不应超过 0.1 mm；转速高于 1000 r/min 时，则不应超过 0.05 mm。通常，集电环在轴向的振动不应大于集电环本身宽度的 3%（在特殊情况下也不得大于 5%）。集电环内套与转轴配合间隙一旦过大，一般可按下述步骤和方法进行处理：

(1) 卸下集电环，用砂纸将转轴表面打磨光滑，并用汽油擦洗干净。

(2) 将适量环氧树脂与铁粉混合拌匀成为胶液，然后涂在转轴表面，在室温下晾干后进行车削加工。加工的方法是：将车床上的刀架卸下装在现场，将电动机的转子引线短接，卸去联轴器螺栓，起动电动机，利用电动机本身自转进行车削，把动配合间隙缩小到 0.1~0.15 mm。

(3) 装上集电环，在现场对其进行外圆同心度加工，加工完毕，用油石精磨集电环表面，使其光滑。

(4) 装上研磨好的电刷，使电动机空转 0.5 h 左右，以达到电刷与集电环接触良好。

(5) 装上联轴器螺栓，使电机带负荷运行，观察刷架固定螺杆振动情况。如果只有轻微振动，则表明集电环内套与转轴配合间隙合适。

557. 绕线式电动机的短路环有何作用？

短路环损坏的原因是什么？怎样修理？

容量较大的绕线式电动机的集电装置上常配有手动举刷装置和短路环，其作用是：在电动机起动前，举刷手柄置于“起动”位置；当电动机起动时，电刷落下与集电环接触，短路环与集电环上的触点脱离，电机转子绕组通过电刷与外电阻相连；当电动机起动后，转入正常运行时，将举刷手柄扳到“运行”位置，此时电刷被提起，与集电环表面离开，断开转子绕组与外电阻的连接，同时短路环与集电环上的触头相接通，使转子绕组短接。这样，就可避免

电刷在运行中经常受到机械磨损，同时也可增高电机运行中的可靠性。

短路环装在电动机的轴上，与集电环同速旋转，受举刷手柄上的滑叉支配，可沿轴向自由滑动，以与集电环上的静触头接触和分离。短路环损坏的原因一般有以下几种：

(1) 电动机起动时短路过早。电动机起动时，转子转速逐渐上升，定子旋转磁场切割转子绕组的相对速度逐渐减小，转子绕组中的感应电动势也随之下降，此时应逐段切除转子回路中的外接电阻，最后将举刷手柄扳到“运行”位置。如果过早将举刷手柄扳到“运行”位置，将造成转子电流突然增大而将短路环的触头烧坏，同时电刷抬起时冒火花，也会烧伤集电环表面。因此，应在转子外电阻全部切除，转速稳定后，才可将举刷手柄扳到“运行”位置。

(2) 短路环触头接触不良。转子电流通过短路环的触头时，如果触头接触不良就会发热。若三相中的一相触头接触不良，会造成其他两相转子绕组中的电流增大，这相当于转子绕组断相，将引起电机振动，定子电流升高，影响电动机的正常运行。

(3) 用短路环短接外电阻直接起动。这种起动状态与鼠笼式电动机的起动相同，将有很大的起动电流通过短路环的触头，触头会被烧伤，电机转子绕组承受不了这样大的起动电流（起动电流为5~7倍电机额定电流）。制造厂规定，绕线式电动机不许直接起动。有举刷装置的电动机，起动前必须把举刷手柄置于“起动”位置。

短路环的修理主要在于触头部分。如果触指轻微烧伤，可用细锉修整平滑，并保持一定压力。如果触指严重烧伤（出现疤痕），则应调换新触指，更换后的触指应与原尺寸相同，保证三相触指互成 120° 角，与集电环上触片的接触应紧密可靠。

558. 集电环的短路装置有哪些常见故障？怎样处理？

通常，当大中型异步电动机起动完毕，应将转子绕组短接，同时将电刷提起，以使其脱离集电环。这两个动作一般由电刷提升短路装置（以下简称短路装置）来完成。短路装置有以下常见故障，

可采取相应措施分别予以处理：

(1) 短接与举刷动作不协调。当短接盘上的接触头与集电环上的短接片尚未接触时，电刷已被举起，或者接触头与短接片已脱离，而电刷尚未落到集电环上。由于接触头与短接片之间有电位差，因此产生较大的火花，烧焦短接片和接触头。一旦出现这种故障，应使用细砂纸、细锉刀将烧焦处清理干净，然后调整有斜面脊状边的固定凸轮，使短接与举刷动作协调。

(2) 接触头与短接片接触不良。这是接触头受热后丧失弹性所致。从外表来看，接触头与短接片已接触，但接触不紧密，接触电阻增大而引起接触头发热，造成电动机不能正常运行。应查明并消除二者接触不良的原因。

(3) 电刷提升装置动作不灵活。主要原因是平时维护保养不够。应仔细检查拨杆与心轴的转动是否灵活，滚柱与短接盘是否被卡死，固定凸轮的的运动位置是否正常，根据检查结果予以相应处理。

559. 怎样拆装集电环？拆装集电装置应注意哪些事项？

集电环可按下述步骤和方法拆卸：

(1) 取下集电环保护罩。

(2) 抬起电刷（如果有举刷装置），将电刷从刷握中取出。

(3) 拆下转子绕组与集电环间的连接线，并作好标记。有些电动机，从其转子绕组中引出六根线，实际上是每相并联引出两根，与同相金属环的接线柱相连接。遇到这种情况，必须作好标记。否则，装接时不易区分和查找。

(4) 将集电环与转轴端的固定片（或弹簧环）取下，拆下集电环。

(5) 对于有举刷装置的电动机，先拆下滑叉销轴，然后取下短路环。

集电环的装配步骤与拆卸顺序相反。

集电装置包括电刷、集电环和短路环等部件，拆装时应注意以

下事项:

(1) 拆装电刷时, 应防止它受到损坏。如果发现电刷损坏或磨短, 应调换原牌号和原规格电刷。调换的新电刷, 应按集电环的外径磨成弧状, 装配后使其达到规定的接触面积和压力。

(2) 拆装集电环时, 严禁用手锤直接敲击集电环的金属环和绝缘衬层, 应借用铜套管(或铜棒)顶住集电环内套, 轻轻敲击。当发现集电环与电刷的接触面有轻度烧疤时, 应先用0号砂纸磨平, 然后用油石研磨光滑。如果有严重烧疤, 则应将集电环轻微车光后再组装。

(3) 装配后短路环与轴应滑动自如, 短路环上的接触头与集电环上的接触片, 位置要正确, 短路时应接触良好。

(4) 在集电环装配以前和装配以后, 要测定转子绕组和集电环的绝缘电阻(包括相间和对地绝缘电阻), 测得的绝缘电阻值应大于0.5 MΩ。

(5) 接线应正确, 各相电刷提升和落下应一致。

560. 怎样判断集电环检修质量是否符合要求?

如果集电环检修后达到下述标准, 则可判定检修质量符合要求:

(1) 集电环工作表面无伤痕、砂眼、气孔和污垢, 表面粗糙度达到 $\sqrt{1.6} \sim \sqrt{0.8}$, 不圆度(椭圆度)小于0.06 mm。

(2) 引线导杆与铜环焊接牢固, 引线导杆外包绝缘可靠, 固定良好。

(3) 三相铜环之间相互平行, 间距符合要求(间距误差小于1 mm), 与绝缘套固定良好。

(4) 装配式集电环的相间绝缘板绝缘良好, 无烧焦痕迹, 无变形、裂纹和老化现象, 固定可靠, 并经浸漆处理。

(5) 绝缘套筒无松动现象, 铁套筒与转轴紧固可靠。

(6) 集电环组装后各部分的尺寸要符合要求, 外径和内径的不

同心度不大于 0.05 mm，引线三相电阻差不大于平均值的 $\pm 2\%$ 。

(7) 原有的胶纸和胶布绝缘件，在集电环大修时已改为用玻璃丝布层压板制作。

(8) 组装后的集电环绝缘电阻和耐压试验均合格。

561. 电动机检修后组装前应进行哪些检查和准备？ 组装电动机应注意哪些事项？

电动机检修后组装前，一般应进行以下检查和准备：

(1) 清扫定、转子内外表面的灰尘，清除各配合处的锈斑，并用蘸汽油的清洁软棉布擦拭干净。

(2) 清除电动机内部的异物和浸漆留下的漆瘤。特别是机座和端盖止口上的漆瘤和污垢，应使用刮刀或铲刀将其清除干净。否则，会影响电动机的装配质量。

(3) 检查槽楔、齿压板、绕组端部绑扎和绝缘垫块是否松动和脱落，槽楔和绑扎的无纬玻璃丝带或绑绳是否高出铁芯表面。

(4) 检查定、转子气隙，风道和其他空隙有无杂物；轴承是否松旷，轴承的润滑油脂是否加得过多或过少（如滚珠轴承的润滑油脂应加至与滚珠相平为限）；轴承是否良好，如果发现轴承不能使用，则应换上同型号的新轴承。

(5) 检查绕组绝缘、引线绝缘和出线盒绝缘是否良好；测量绕组对机壳（对地）和绕组相互间的绝缘电阻是否符合规程的规定值，因为在电动机未组装前，如果发现某相与机壳短路，容易排除故障。而在电动机组装后查出故障，就需要拆开电动机进行处理，既费时费力，也容易出现新的差错，同时推迟电动机投入使用的日期。

(6) 检查定子外壳有无裂缝，转轴是否弯曲，端盖是否损坏；电机上的所有零部件是否齐全，质量是否合格，有无损伤。

(7) 检查后，用 0.2~0.3 MPa 的干燥压缩空气或皮老虎（吹风机）彻底吹扫电机铁芯和绕组上的灰尘和其他脏物。

通过以上检查和准备，如果确认电动机的各零部件都齐全、良

好，绕组绝缘电阻合格，一切准备就绪，就可着手组装电动机。

组装电动机时一般应注意以下事项：

(1) 严格保持工作地点、零部件、工具和手（手套）的清洁，防止灰尘、泥砂和其他杂物进入电机内部。

(2) 凡是检修中调换或配制的零部件，组装时应进行核对、检查，并作好详细记录。

(3) 组装电动机时，各零部件应按拆卸时所作的标记“各就各位”。

(4) 组装时只可使用死扳手和套管扳手来旋动六角螺钉，禁止用扳口大的扳手和钳子来旋动螺钉，以免造成下次拆装困难。

(5) 组装过程中不许使用手锤直接敲击零部件，只能用木槌敲打。如果手边无木槌，可垫上铜板（铁板也可）或厚木板用手锤间接敲打。

(6) 在整个装配过程中要小心谨慎，操作不要过急，用力不要过猛，要严防损坏零部件和绝缘。

(7) 所有连接和紧固件（如定位销、螺栓等）都要装上，严禁隔一个装一个或空一些不装。也就是说，连接和紧固件既不得短缺，也不得剩余。

(8) 拧紧螺栓时应上下左右对角逐个均匀拧紧，不可依次拧紧一个再拧紧下一个。否则，易造成耳攀断裂或转子的同轴度低（如不适当拧紧端盖螺栓就会出现这种现象）。

562. 电动机检修完毕怎样进行组装？

电动机检修完毕，组装前应先用刮刀刮去止口、定子和转子表面以及其他配合面的绝缘漆，用棉布蘸煤油或柴油擦去各部件上的油垢和其他脏物，用压缩空气（或皮老虎）吹净定子和转子，在绕组端部喷上一层灰瓷漆以加强绝缘和防潮，然后按拆卸时相反的顺序进行组装。按采用轴承的不同，电动机分为滚动轴承式电动机和滑动轴承式电动机两种。滚动轴承式电动机的组装方法如下：

(1) 先在轴上套进内轴承盖，盖的凹槽内应加黄油，然后擦净

轴颈，热套轴承至轴颈肩胛为止。热套方法是将洗净的轴承放在油槽内的支架上，使轴承悬于油中，然后将油槽逐步加热（一般以每小时约 100°C 的速度升温，油温上升速度不宜太快，否则，轴承内、外套膨胀不一致会出现破裂现象）。当油槽的油温上升到 70°C 左右时停止加热，保持 0.5 h 后，继续加热到 $90\sim 100^{\circ}\text{C}$ ，此时可取出轴承套在轴上。套轴承时，不得用铁锤在轴承周围敲打，可采用特制的钢管套，钢套一端镶一个铜圈，将有铜圈的一端贴在轴承里圈的侧面，朝套入方向敲打钢套。这样，轴承套就会逐渐向前移动至预定位置，冷却后即紧紧地箍在轴颈上。在滚珠轴承空间一般应涂上黄油，黄油约占空间容积的 $1/2\sim 2/3$ 。

(2) 将转子放入定子膛内。小型转子可直接放入，较大的转子需用起重工具将其平行地送入定子膛内。装入转子时应注意转子轴伸端与线盒的相对位置。

(3) 先装挡风板，后装端盖。装端盖前，应先清除端盖内的灰尘，擦净锈蚀部位并涂上红丹漆。装端盖时，先将第一个端盖的轴承室套在外座圈套上，此时只许用铜棒（或铅棒）轻敲端盖四周，禁止用铁锤直接敲打端盖，以免造成端盖出现裂纹。

(4) 用螺栓将内、外轴承盖固定在端盖上。拧紧螺栓时，应对角依次均匀地拧，不可将一个螺栓一次就拧紧，以免造成轴承盖破裂或歪斜而卡住轴端。

(5) 装第二个端盖时，应先将转子吊成水平，接着把止口对合，拧上螺栓，然后用手盘动转子，检查两个端盖装得是否同心和平正。若端盖稍有歪斜，转子就会卡住。若端盖上设有通风孔，则应在端盖未装好以前用长螺杆或铁丝穿过端盖上的螺孔，将内轴承盖拉住。否则，端盖装好后，就很难对准内轴承盖的丝口。

滑动轴承式电动机的组装，除了与滚动轴承式电动机相同的部分外，还要组装集电环和举刷装置。其安装步骤和注意事项如下：

(1) 将保护盒固定在端盖上。

(2) 套上短路环，使其能在轴上灵活滑动，而径向转动则被键所限制。

(3) 热套集电环，并检查集电环上的三个插脚和短路环上的三个插座的连接是否良好。

(4) 将举刷杆和刷握装到保护盒上。此时要注意，举刷杆应全部套上绝缘。

(5) 装上举刷杆和手柄等，并接好电气线路和盖好保护盖。

举刷装置组装后，必须检查其可靠性，即电刷举起前，短路环必须先短接，短路环离开时，电刷必须接触集电环。

滑动轴承式电动机组装后，应进行以下检查和调整：

(1) 定、转子的气隙最大偏差不得超过平均值的 10%，否则，应进行调整。

(2) 转子的轴向窜动量不得超过表 3-76 所列值。如果完全无游隙，则转子受热伸长时，转子对轴承的端面会产生很大的摩擦力，甚至被卡住，所以应将游隙调整到规定的范围以内。

563. 在电动机的组装中容易发生哪些差错？

对电动机的运行有何影响？

电动机检修后，组装过程中容易发生的差错和对电动机运行的影响分述如下：

(1) 胶带轮装配不到位。应按复位标记装配到位。否则，套上胶带后，电动机运行时胶带就会打滑或掉下。

(2) 定、转子气隙不匀。由于未按复位标记装配，机座与端盖的同心度低，或者端盖平面与轴不垂直，造成定、转子之间的气隙不匀，甚至导致定、转子相擦。定、转子气隙不匀会造成三相电流不平衡，严重时还会出现较大的单边磁拉力而导致电动机严重振动；如果定、转子相擦，则铁芯会因摩擦发热而烧毁绕组，严重的定、转子相擦将使转子不能转动。

(3) 定、转子轴向不对中心。这是定、转子压装定位不当造成的，结果电动机产生偏向拉力，发生振动，降低出力，出现电流不均匀和发热等现象，严重时定、转子也相擦，后果与上述第 (2) 项相同。

(4) 轴承盖磨轴。由于轴承盖的活动余地较大，装配时稍有疏忽，就会使其内孔靠轴，造成电动机运行时轴和盖都发热。

(5) 轴承松动。这是轴承外圈与端盖内圆装配不紧造成的，其后果是轴承发热和发出“吱哇吱哇”的怪声，严重时定、转子也会相擦，甚至造成电动机无法运转。

(6) 转子窜轴。转子窜轴的原因和后果见 528 问。

必须指出，电动机组装后，如果出现以上多种差错，应彻底返工，重新进行装配。

564. 怎样判断三相异步电动机的修理质量是否符合要求？

三相异步电动机修理后，如果达到以下标准，则可判定检修质量符合要求：

(1) 定、转子铁芯紧固，无松动、锈蚀现象。

(2) 槽楔紧固，无松动、变色现象。

(3) 定子绕组端部紧固、完整，绑扎的钢丝箍（或无纬玻璃丝带）无松动现象。

(4) 定子铁芯通风孔畅通，无积垢。

(5) 鼠笼转子的笼条与短路环连接可靠，无裂纹，无松动、脱焊现象。

(6) 所有固定螺栓均已拧紧，转子转动灵活，轴伸端径向无偏摆现象。

(7) 集电环表面光滑，无锈斑和过热烧伤痕迹，凹凸度不超过 1.0 mm。

(8) 集电环固定可靠，其绝缘套管完整无损，绝缘电阻不低于 0.5 MΩ。

(9) 集电环转动时的摆动偏差：1500 r/min 以上时小于 0.05 mm；1000 r/min 以下时小于 0.1 mm。

(10) 电刷压力在 0.2~0.3 MPa 以内，同一集电环上的电刷压力的相对误差不超过 ±10%。

(11) 刷握架安装位置正确，电刷与刷握之间有 0.2~0.3 mm

的间隙，电刷在刷握内活动自如，弹簧压力均匀、足够。

(12) 电刷与集电环表面接触良好（吻合），接触面积不小于70%；刷握底边与集电环表面的距离为2~4 mm，刷握与集电环装在同一平面内。

(13) 滚动轴承的润滑脂加至轴承室容积的2/3，滚动轴承架无摩擦、卡涩现象。

(14) 各相绕组的直流电阻与最初值相差不超过2%（换算到同一温度的数值）。

(15) 用500 V兆欧表测量380 V电动机定子绕组相与相、相对地的绝缘电阻，以及绕线式电动机转子绕组间和绕组对地的绝缘电阻时，测得的绝缘电阻值，均不低于0.5 MΩ。

(16) 定、转子之间的气隙与平均值相差不超过±5%。

(17) 各项电气试验均合格。

565. 电动机修复后，怎样测量其轴伸径向偏摆值？

电动机修复后，其轴伸径向偏摆值可按下述方法测量：将电动机和千分表座放在平板上，千分表的测针对准轴伸长度的中间，用手慢慢盘动转子，此时千分表的读数即为轴伸径向偏摆值。通常，测得的偏摆值不应超过表3-81所列值。

表 3-81 电动机轴伸的允许径向偏摆值 (mm)

| 轴伸直径 | 允许偏摆值 | 轴伸直径 | 允许偏摆值 |
|-------|-------|---------|-------|
| 6~10 | 0.025 | 50~80 | 0.060 |
| 10~18 | 0.030 | 80~120 | 0.080 |
| 18~30 | 0.040 | 120~180 | 0.100 |
| 30~50 | 0.050 | | |

566. 三相异步电动机的绕组重绕后，空载电流过大的原因是什么？怎样处理？

三相异步电动机的绕组重绕后，空载电流偏大的原因一般是由

每相绕组匝数不够造成的。例如，曾有一台 JO2-51-4 型、7.5 kW 三相异步电动机，经大修重绕后，定、转子间的气隙合乎要求，轴和轴承也正常，但测得的空载电流超出正常范围。大家知道，当外加电压一定时，电动机定子的反电动势也一定，根据电动势 $E = 4.44fW\Phi K_d K_p \times 10^{-8}$ 这一公式（式中： f 为电源频率， K_p 为绕组分布系数），如果每相绕组的匝数 W 减少，而要求所产生的电动势 E 不变，则磁通 Φ 必然反比例地增加。而磁通增加过多，将引起铁芯的磁路饱和，结果造成电机的空载电流增大。每相绕组匝数不够的原因和处理方法分述如下：

(1) 绕线时匝数计数有误，使每槽导线匝数比原来少。对于绕线计数错误，可通过测量直流电阻或查每槽导线匝数来检查，然后补嵌所缺匝数。

(2) 节距较重绕前小，使短距系数 K_d 减小，这相当于电动机每相绕组的有效匝数 WK_d 减少。应拆除线圈，按要求的节距重新嵌线。

必须强调指出，为确保电动机大修重绕质量，凡是绕线计数有误和节距减小，均应拆除绕组，按原参数重绕重嵌。

(3) 接线错误。如果每相绕组内部的线圈组接反或个别元件接反（图 3-354），则有两个线圈组的电势相互抵消，这相当于半个

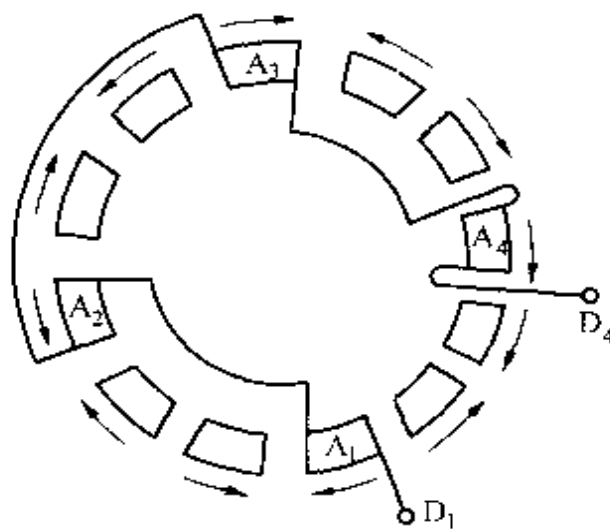


图 3-354 每相绕组内部一组线圈 (A_4) 接反

绕组不起作用，使有效匝数减少一半。对于接线错误，可用指南针（见 574 问）等方法来检查，然后予以纠正。

(4) 应串联的线圈组错接成并联，使绕组匝数减少。应按绕组展开图或接线原理图重新接线。

567. 一台三相异步电动机更换定子绕组后，空载运行正常，三相空载电流平衡，但只有 2 A 左右，怎样分析和处理这一故障？

曾有一台 J61-4 型、10 kW 三相异步电动机，更换定子绕组后，空载运行正常，三相空载电流平衡，但只有 2 A 左右，带水泵运行时，电动机的转速很低，水泵出水量明显小于更换定子绕组以前。

从产品目录（或电工手册）中查 J61-4 型、10 kW 电动机的技术数据，其额定电流为 19.9 A，空载电流为 7~10 A。现在空载电流只有 2 A 左右，这表明重绕绕组后接线发生差错。对这一故障做以下分析：

(1) 原为三角形接法的绕组是否误接成星形。若是，则每相绕组的电压将下降到原电压的 $1/\sqrt{3}$ （即下降到原电压的 58%），空载电流也随之降为原来的 $1/3$ 。如果原来空载电流为 7 A，则接错后空载电流正好为 2 A 左右。然而，该电动机在 380 V 电压时应接成三角形，查定子绕组接线也确为三角形接法，不存在接线错误，所以该电动机的故障不是三角形接线误为星形接线所引起。

(2) 该电动机的定子绕组为二路并联，若错接成一路串联，则每相绕组匝数增加一倍，空载电流随之降为原来的 $1/4 \sim 1/6$ 。原空载电流为 7 A，错接后空载电流为 1.7~1.0 A，电动机出力减少一半，此时电动机仍带原水泵运转，势必转速降低，出水量减小，长时间过载运行会造成绕组过热而烧毁。

本例情况正好与二路并联错接成一路串联后的情况相符。拆开该电动机检查接线，正是二路并联错接成一路串联。改接后，电动机带动水泵运转正常，水泵出水量与更换定子绕组以前相同。

568. 三相异步电动机的定子绕组重绕后，三相绕组的电阻平衡，接上稍粗的熔体电动机虽能够起动运转，但三相电流明显不平衡，怎样分析和处理这一故障？

曾有一台 J71-4 型、20 kW 三相异步电动机，电压为 380 V，绕组为三角形接线。大修中定子绕组重绕后，三相绕组的电阻平衡，相间绝缘良好。但绕组按三角形接法接入 380 V 电源后，熔体立即熔断，后换上稍粗的熔体，再接通电源，电动机虽然起动运转，但机身振动，响声很大，三相电流明显不平衡。加负载后，电动机的转速降低，并迅速发热。对这一故障可做以下分析和处理。

电动机起动时，熔体立即熔断，一般有以下几种原因：

(1) 定子绕组有严重的短路故障，如单相或相间短路，此时短路电流虽小，但起动转矩却很大，电动机尚未转动，大起动电流就使熔体熔断。根据本例中三相电阻平衡，相间绝缘良好这一情况，该电动机绕组短路故障是不存在的，所以这一因素可以排除。

(2) 所拖动的机械卡住或传动胶带过紧，导致负载阻力矩增大，起动电流猛增，若不拉闸，时间稍长，熔体即熔断。若换上较粗的熔体，电动机仍难以起动，即使转动起来，三相电流应该是平衡的，而不会相差很大。本例三相电流明显不平衡，不属于这种故障，所以这一因素也应排除。

(3) 定子绕组一相接反，三相电流不平衡，其中接反的那一相绕组的电流特别大，而电动机的起动转矩则很小。当电动机尚未起动运转时，电流大的那一相的熔体就熔断。一相接反的电动机，即使空载时能起动，也不能带负载运行。如果带负载，则电动机的转速明显下降，定子电流大大增加，熔体立即熔断，而且电流不平衡，造成电动机的响声很大，机身严重振动。本例的故障即属于绕组一相接反这一情况。

定子绕组一相接反这种故障，可按 465 问所介绍的方法检查电流特别大的那一相绕组的首尾相接情况，发现首尾接错，纠正接线，故障即可排除。

569. 三角形接法的三相异步电动机，大修中重绕绕组后，空载运行正常，但带负载转速就立即下降，并且严重发热，怎么办？

三角形接法电动机的绕组重绕后，电机空载运行正常，表明绕组本身无故障，而带负载不能正常运行，一般可从以下两方面查找原因：

(1) 绕组原来为三角形接法，若重绕后误为星形接法，则绕组电压由线电压变为相电压，电压降低，带负载后，定、转子电流增加，转速立即明显下降，绕组很快过热。

(2) 转子断条，电动机空载或轻载能正常运行，加上额定负载转速就立即下降。

拆开该电动机，用短路侦察器对着每个槽口进行测试，发现测试各个槽口时，指针所反映的读数都相同，这表明转子正常，不存在断条故障。

检查定子绕组接线，发现绕组为星形接法，而原来为三角形接法。由于绕组接线发生差错，所以电动机一带负载，转速就下降，绕组很快发热。经改正接线，恢复三角形接法，电动机便带载正常运行。

570. 电动机修理后温升偏高的原因是什么？怎样降低温升？

通常，除外界因素（如工作环境温度高）造成电动机温升增高之外，在电动机的修理中工艺不正确，修理质量不佳，也会造成电动机温升偏高。其原因可从产生热量和热量排散这两方面来分析。

(1) 绕组重绕计算方面的原因。①电磁负载选择偏高，如选择的电流密度和磁通密度超过正常值很多；②线圈匝数选少或线圈节距选小，使气隙磁密增高；③电流密度计算偏大，导线线径选小。

(2) 通风散热方面的原因。①忘记装风扇或风扇装反，冷却风量减小；②杂物堵塞通风沟；③封闭式电动机机座的散热筋撞坏、残缺，减少散热面积；④忘记装电动机内部挡风板或外风罩，外风

扇不能形成风路，降低通风效果；⑤定子铁芯与机座配合松动，增加铁芯至机座之间的热阻，影响散热。

(3) 绕组修理方面的原因。①槽满率低，浸漆不足，匝间有空隙；②浸漆不良，应浸两遍，只浸一遍；③ Δ 接误为Y接，满载时绕组过热；④三相绕组中有一相断开，三相电流不平衡，引起绕组过热；⑤绕组有短路故障；⑥绕制线圈时，拉力过大，将导线拉细变形，导线截面积减小；⑦绕组端部整形不符合要求，未形成正确的喇叭口，影响散热，尤其是2极和4极电动机，影响更大；⑧高压电动机端部未包紧，绝缘臃肿，减小散热能力。

通过修理降低电动机温升的措施一般有以下几种：

(1) 改善电磁负载。①按槽形尺寸调整导线截面积。如果电流密度偏高，可采用薄绝缘结构；②线圈匝数按原始记录确定。如果需要降低磁通密度，可增加1~2匝，但导线截面积不得小于原导线。

(2) 改进通风。①改进风扇形状。例如，对于大刀式或盆式外风扇，可加大扇叶宽度或增加叶片来增大风量；②调整风扇出口导向角，保持最佳的气流导向，以减少风阻；③适当加大外风罩的轴向长度，提高外风扇吹拂效果；④将径向通风改为轴向通风，可降低电动机温升；⑤加强维修质量管理，严格执行检修工艺规程。

(3) 改进绕组修理质量。①为了使模压高压线圈或硬线圈的端部各线圈边之间有足够的散热间隙，不可采用软线圈。否则，端部散热困难，造成绕组发热；②高压电动机端部垫块和绑扎不可太密，绕组端部绝缘不可太厚（最好经过热压处理）；③低压电动机端部线圈边的相间绝缘，用包扎绝缘带来代替相间三角纸垫，可提高端部绝缘的通风散热效果。

571. 电动机修理后，噪声和振动增大的原因是什么？

怎样降低噪声和振动？

通常，电动机的噪声和振动都是同时发生的。电动机的噪声包括通风噪声、电磁噪声和机械振动噪声。由于对电动机的修理操作

不当，造成其噪声和振动都增大，增大的原因是：

(1) 机械方面的原因。①转子固定键未拧紧，有松动现象；②未做风扇静平衡试验，或试验精度不够；③转子不平衡，未做静、动平衡试验；④定、转子铁芯变形；⑤转轴弯曲，定、转子相擦；⑥地脚螺栓固定不稳，安装不正、不牢固；⑦铁芯和铁芯齿压板松动；⑧零部件加工不同心，装配公差太大；⑨电动机组装和安装质量不良；⑩端盖、轴承盖的螺钉未拧紧或装偏。

(2) 电磁方面的原因。①三相绕组不对称；②绕组有短路或断路故障；③电刷接触不良，压力过大或过小，电刷材质不符合要求；④转子断条或端环开裂、松动；⑤改极时，定、转子槽数配合不当；⑥集电环的短接片与短路环触头接触不稳定；⑦电源三相不平衡，有高次谐波等。

(3) 通风方面的原因。①风扇有缺陷或损坏（如掉叶、变形、风扇不平衡）；②风扇在轴上固定不牢固；③风罩与风扇叶片之间的间隙过小或偏斜；④风路局部堵塞。

通常，可采取以下措施来降低电动机的噪声和振动：

(1) 降低机械噪声。①拧紧所有装配件上的紧固螺钉，保证端盖、轴承盖、定子铁芯、转子铁芯、固定键、齿压板、风扇座、集流装置等配合紧密；②选用精细研磨、波纹小于 $0.2\ \mu\text{m}$ 的电动机专用轴承；③装配轴承时使用合理工具，实行热套装，不猛打猛敲，使轴承受力均匀；④增大修配零部件的机械强度和精度；⑤适当降低电刷硬度，使刷压合适，使电刷在刷盒内不过松也不过紧（间隙一般为 $0.1\ \text{mm}$ 左右）；⑥校正转子平衡；⑦提高电动机组装质量，保证同心度，使电动机与拖动机械连接正确，做好定中心工作；⑧检查铁芯的偏心度，必要时可适当车圆转子表面（切削量控制在 $0.1\sim 0.2\ \text{mm}$ 以内）；⑨检查电动机轴伸和集电环的偏摆，使之符合要求。

(2) 降低电磁引起的噪声和振动。①使三相绕组对称；②经常检查并消除绕组故障（如匝间短路、举刷装置的短路元件接触不良、转子断条、端环开焊等）；③选择先进的绕组型式和合理的跨

距，以降低高次谐波；④采用磁性槽楔或磁性槽泥，以降低齿槽效应；⑤提高气隙均匀度，按工艺规程正确组装和安装电动机；⑥改变极数时，校核定、转子槽数与新极数是否对应。

(3) 降低通风引起的噪声和振动。①当电动机的负载在 30% 以下时，可适当减小风扇外径，以降低风扇噪声和振动；②调整风扇叶与风扇罩之间的间隙，以降低通风噪声；③组装电动机时，使定、转子铁芯径向通风沟对齐；④对于单向旋转的电动机，可改用高效轴流风扇；⑤提高定、转子绕组端部表面的平滑度；⑥将大刀式风扇改为盆式风扇，以降低噪声。

572. 电动机修理后，堵转电流过大、过小或不平衡是什么原因？怎样根据这些参数的变化来判断电动机的故障？

规格相同的电动机，其堵转电流一般只差 3%~6%，要求三相中任何一相的堵转电流与三相平均值之差不超过三相平均值的 3%。

电动机修理后，堵转电流过大的原因是：①铁芯槽口铰大；②定、转子铁芯中心线未对齐；③线圈端部尺寸减小等。

电动机修理后，堵转电流过小的原因是：①修理中为了排除铁芯偏心和定、转子相擦等故障，将转子外圆车小，使气隙增大；②铜笼焊接质量不良，铝笼转子铸铝有缺陷等。

电动机修理后，堵转电流三相不平衡的原因是：①定子绕组匝间短路；②转子绕组断条或焊接不良；③铝笼铸造有缺陷等。

为了判断电动机的故障是定子绕组造成的还是转子绕组造成的，可在定子绕组上施加低电压（对于 380 V 电动机，可施加 50~60 V 电压），以转子不转动为原则，用手盘动转子。如果定子三相电流波动较大，则说明转子存在断条或开焊故障；如果定子电流明显不平衡，但每相电流的大小与转子转动的位置无关，则说明定子绕组有匝间短路故障。

573. 电动机修理后，堵转转矩降低的原因是什么？ 怎样提高堵转转矩？

电动机与具有额定电压、额定频率的电源接通后，转子将要起动的瞬间，所产生的转矩叫做堵转转矩（也叫起动转矩）。堵转转矩大，表明电动机的起动性能好，起动损耗低，所以堵转转矩是电动机的主要技术指标之一。

堵转转矩与电源电压的平方成正比。重绕电动机线圈时，若增加线圈匝数，就相当于降低电源电压，而电动机的堵转转矩与线圈匝数的平方成反比，因此，堵转转矩降低，电动机的起动性能变坏。

此外，电动机的漏抗与线圈匝数的平方成正比。重绕电动机线圈时，若匝数增加，则漏电抗将显著增大，使堵转电流减小，从而堵转转矩进一步降低。

通常，可采取以下措施来提高堵转转矩：

- (1) 适当减少线圈匝数。
- (2) 适当车削转子，减少槽漏抗。
- (3) 车削转子端环，适当减小端环截面积。但要考虑改极使极数减少时，端环截面积不足的问题。
- (4) 由于堵转转矩与转子电阻大小有关，调换电阻率较大的转子导条，可增加转子电阻。但要考虑电动机运行时转子铜耗增大的问题。

574. 三相异步电动机的绕组重绕后，转速明显降低的原因是什么？怎样处理？

以 JO72-2 型、20 kW 电动机为例，如果大修中重绕绕组后，接通电源，起动电动机，其转速明显降低，无法使用该电机。遇到这种情况，首先应考虑接线是否有误（通常，检修人员接线不熟练或粗心大意，最易将电动机接线改极），例如，若将上述 JO72 系列二极电动机错接成四极顺串联电动机（图 3-355）或二极反串

联电动机（图 3 - 356），则旋转磁场的同步转速由原来的 3000 r/min 降为 1500 r/min，因此电动机的转速也随之明显降低。

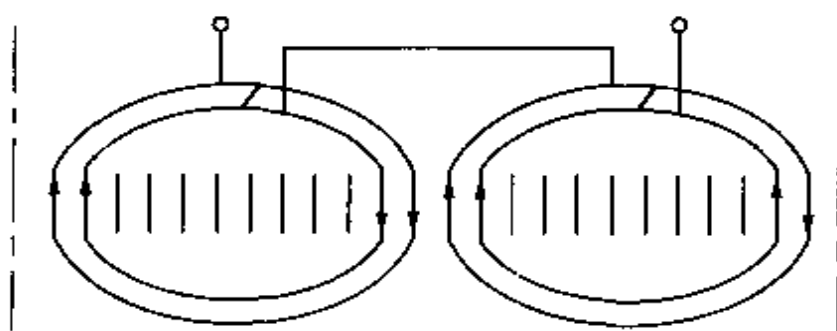


图 3 - 355 二极电动机错接成四极顺串联时一相绕组展开图

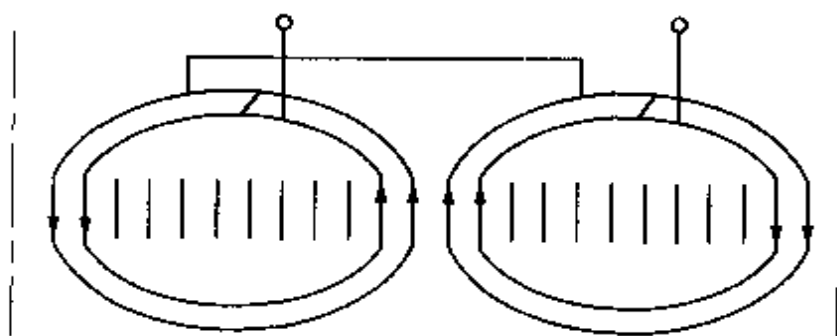


图 3 - 356 二极电动机错接成二极反串联时一相绕组展开图

一旦出现这种情况，可拆开电动机，按图 3 - 263（本图在 465 页）所示用指南针来检查极性。检查时，将指南针沿定子铁芯内圆移动，若指南针经过各极相组时，其方向交替变化，则表明接线正确；若指南针经过某极相组时，指针方向不变，则表明该极相组接线有误，此时只要纠正接线即可。如果指针方向变化不明显，则可适当提高电源电压，重新进行检查。

如果绕线式电动机的转子绕组一相断路，形成转子绕组单相运行，则电动机只能半速运转。因此，在绕线式电动机的运行中，若发现其转速只为额定转速的一半，则首先应检查转子三相是否闭路，然后再检查定子绕组接线是否有误。

575. 电动机修理后功率因数降低的原因是什么？怎样处理？

电动机修理后，功率因数降低的原因和处理方法分述如下：

(1) 盲目车小转子，使气隙增大。由于气隙增大，要求的无功励磁电流增加，因此功率因数降低。在电动机的修理中切不可盲目车削转子，已车小的转子应予以更换。

(2) 任意锉槽口（相当于增大气隙长度），其后果与上述相同。因此不许任意锉槽口，只宜采用合适工具校正不齐的冲片。

(3) 定、转子铁芯的两条中心线未对齐。其原因是：调换新轴时，铁芯位置尺寸不准确；同型号电动机的转子装错或接反。结果铁芯的有效长度减小，造成励磁磁势增大，无功电流增加，功率因数降低。在电动机的修理中配制、加工和组装机座、端盖、转轴和转子支架时，应以原始记录或图纸为准，不许有误。

(4) 安装电动机时，气隙调整不均匀，使铁芯各部分的磁通密度饱和程度不一致，造成功率因数降低。因此，安装电动机时应将气隙调整均匀。

(5) 重绕线圈时匝数不够或改小线圈节距，使空载电流增大，功率因数降低。由于励磁电流与匝数平方成反比，所以线圈匝数不可减少。如果原电动机的功率因数偏低，重绕线圈时还可适当增加匝数，但不可减小导线截面积。由于匝数增加，要考虑槽满率高低这一问题。槽满率一般不宜超过 80%，否则，不易嵌线，即使勉强嵌入，也很难保证质量。此时可选用薄绝缘结构加以补救。

(6) 由于电动机长期运行，定、转子偏心，槽漏抗增大，从而降低功率因数。此时可拧开铁芯的紧固螺栓，调整后重新压紧铁芯，拧紧紧固螺栓。

576. 在哪些情况下电动机需要干燥？干燥时应注意哪些问题？

电动机经过运输和保管，或者经过大修，其绕组往往受潮，安装前应检查其绝缘情况。根据规范要求，在下述情况下，电动机需要干燥。

(1) 所有新购置的电动机，其绝缘电阻或吸收比应符合以下规定，否则，对电动机应进行干燥处理：

①额定电压在 1000 V 以下的电动机，常温下绝缘电阻应不低于 0.5 MΩ。

②额定电压为 1000 V 及以上的电动机，在接近运行温度时的绝缘电阻值，定子绕组应不低于 1 MΩ/kV；如果是环氧粉云母绝缘，在常温下不低于 1 MΩ/kV；转子绕组应不低于 0.5 MΩ/kV。绝缘电阻温度换算系数如表 3-82 所示。

表 3-82 定子绕组绝缘电阻温度换算系数

| 定子绕组温度 (°C) | | 70 | 60 | 50 | 40 | 30 | 20 | 10 | 5 |
|-------------|----------|-----|-----|------|------|------|------|------|-----|
| 换算 系数 | 热塑性绝缘 | 1.4 | 2.0 | 5.7 | 11.3 | 22.6 | 45.3 | 90.5 | 128 |
| | B 级热固性绝缘 | 4.1 | 6.6 | 10.5 | 16.8 | 26.8 | 43.0 | 68.7 | 87 |

注：表中温度时所测得的绝缘电阻值除以换算系数，即为运行温度时的绝缘电阻值。

③1000 V 以上电动机应测量吸收比，吸收比应不低于 1.3，有条件时应分相测量。

(2) 凡是检修时全部或部分更换线圈的电动机，都应进行干燥。

(3) 对运行中停机检修的电动机，或者备用停运时间超过规定时间（该时间随厂矿所处地区和现场环境不同而异，一般以当地有关部门或厂矿的具体规定为准）的电动机，所测得的绝缘电阻或吸收比如果不合格，也要进行干燥处理。

对电动机进行干燥处理，一般应注意以下几点：

(1) 干燥场所（周围环境）应保持清洁（加热干燥应在清洁的空气中进行），干燥前应使用 0.2~0.3 MPa 压缩空气将电机内部的粉尘、脏物吹扫干净。

(2) 为避免干燥时的热量损失，对电机应采取保温措施（如用帆布遮盖）。但应有一定的排气孔，以排除电机绝缘在干燥过程中散发出来的潮气和溶剂蒸气。特别是封闭式电动机，应将其端盖稍稍打开，使机内潮气易于排散。

(3) 在干燥过程中，应多点设置温度计，以便及时掌握电机各部位的温度，防止出现局部过热现象。

(4) 干燥时，电机铁芯或绕组的温度应逐渐缓慢上升，一般每小时允许温升为 $5\sim 8^{\circ}\text{C}$ 。缓慢加热到 $50\sim 60^{\circ}\text{C}$ ，并保持 $3\sim 6\text{h}$ ，然后加热到最高允许温度。异步电动机绕组的干燥温度如表 3-83 所示。

表 3-83 异步电动机绕组干燥温度 ($^{\circ}\text{C}$)

| 绝缘等级 | A | E | B |
|------|-----|-----|-----|
| 温度计法 | 90 | 105 | 110 |
| 电阻法 | 100 | 115 | 120 |

(5) 在干燥过程中，应定期测量绝缘电阻和温度，并作好记录。通常，干燥开始时，每隔 30min 测量一次绝缘电阻和温度，温升稳定后，每隔 1h 测量一次绝缘电阻。所使用的兆欧表，中途不得更换。

(6) 干燥过程中绕组绝缘电阻的变化，一般是开始温度上升，潮气蒸发，绝缘电阻下降；随着潮气的逐渐蒸发，绝缘电阻又逐步上升，直至一定的稳定值。在恒定温度下，如果绝缘电阻连续保持 $3\sim 5\text{h}$ 不变，则可认为绕组干燥合格，干燥工作可以结束。

(7) 在干燥过程中，值班人员不得离开干燥场所，必须随时注意绕组温度和绝缘电阻值的变化，以免损坏绕组和发生火灾。

(8) 应采取防火措施和准备必要的消防器材（如四氯化碳灭火器、消防工具、砂子、水等）。干燥过程中不得在干燥场所附近进行电焊或气焊等作业。

(9) 对于非常潮湿或被水浸湿的电动机，应参照 583 问所介绍的方法进行干燥处理。

(10) 采用电流干燥时，应将电动机外壳可靠接地，以确保人身安全。

(11) 带转子干燥的电动机，当温度达到 70°C 后，为防止转轴长时间受热变形，至少每隔 2h 应将转子转动 180° 。

(12) 无论采用哪种干燥方法，在电动机干燥后，当线圈冷却到 60°C 时，应测量定子绕组的绝缘电阻。通常，400 V 定子绕组和转子绕组的绝缘电阻不应低于 $0.5\text{ M}\Omega$ 。

顺便指出，电动机绕组浸漆干燥后，严禁用钢丝刷来刷除铁芯内腔的漆膜。否则，一旦刷上的钢丝折断，就可能有小段钢丝头掉在铁芯的槽口上，尤其是将钢丝刷插到槽楔的边缘时，若有折断的钢丝残留下来，即使用压缩空气吹扫也吹不掉。而在电动机运行时，残留的钢丝头会擦坏转子。通常，只宜使用竹片或硬塑料片来刮除铁芯内腔的漆膜。

577. 现场怎样快速干燥处理受潮的电动机？

现场长期闲置未用的电动机，由于其绕组绝缘吸收空气中的潮气，绝缘电阻降低，如果不经干燥处理就投入运行，则会发生绕组绝缘击穿事故。因此，长期闲置未用的电动机（或怀疑受潮的电动机），投入运行前，一般都要测量其绝缘电阻。如果测得的绝缘电阻值不合格（低于 $0.5\text{ M}\Omega$ ），就应进行烘干处理。但是，现场往往不具备烘干设备。而采用普通干燥方法（如铁损干燥、铜损干燥、短路通风干燥等）进行烘干处理，时间又较长。如果将电动机搬运到有烘干设备的场所，则搬运时间也长，而且来回搬运，诸多不便。最理想的办法是现场就地干燥电动机。下面介绍一种现场快速干燥电动机的方法。

(1) 干燥材料。SS-25 型洗涤剂 and NC-123 型防湿防腐绝缘保护剂。

(2) 干燥工艺。包括以下工序：

① 将电动机解体，并作好记录。拆卸的步骤是：拆下联轴器或胶带轮；拧开地脚螺栓；断开电源线；拆下外风扇罩和风扇；松开端盖固定螺钉，拆下端盖；抽出转子。

② 检查定、转子绕组及其绝缘情况，并测量定子绕组的绝缘电阻（对鼠笼式电动机），作好记录。

③ 用 $0.2\sim 0.3\text{ MPa}$ 清洁干燥的压缩空气对电动机进行全面清

扫，特别是绕组绝缘部位，要反复彻底吹扫干净（对于小型电动机，也可用皮老虎或电吹风工具清扫）。

④对电动机进行吹风清扫后，将定子机座立放在平台上待清洗。

⑤用 SS-25 型洗涤剂对绕组和接线盒等的绝缘部位进行喷洗（洗涤剂从其包装塑料瓶的喷嘴喷出），反复均匀地喷洒 5~20 min（喷洒时间随电动机容量和受潮程度而定），然后将定子机座翻过来，按上述操作要求再喷洗一遍。

⑥喷洗后经 20~40 min，再用干燥清洁的压缩空气对喷洗过的部位进行吹风干燥。

⑦吹风干燥后经 20~30 min，用 NC-123 型防湿防腐绝缘保护剂对绕组进行全面均匀喷洒（保护剂装在喷壶内向外喷出），此时绕组绝缘内部所含水分与保护剂混合后被吸出。

⑧喷洒保护剂后经 20~30 min，测量定子绕组的绝缘电阻。绝缘电阻值一般从零开始上升，经 3~5 h，可上升到 5 MΩ 以上。

⑨当绕组绝缘电阻符合要求，就可装配电动机。电动机装配后，安装联轴器或胶带轮，然后找正、接线。当电动机复装、接线完毕，确认符合运行要求，就可通电进行试运转。

578. 对电动机怎样进行外部加热干燥？

通常，电动机绕组浸漆后或者绕组受潮，绝缘电阻偏低时，都要进行干燥处理。电动机绕组的干燥分外部加热干燥和内部通电干燥两类。外部加热干燥方法有生石灰干燥、灯泡（光热）干燥、烘房（烘箱）干燥、热风干燥、煤炉干燥和土烘干炉干燥等几种，修理现场可根据所具备的干燥条件和所修电动机的多少选择其中的某种干燥方法对电机进行干燥处理。

(1) 生石灰干燥。将电动机置于一个密闭的大木箱内，使电机四周有 0.5 m 左右的空间，在电动机周围放置生石灰（石灰数量随电动机的容量而定），经过 48~72 h，石灰即可吸收电动机绕组中的潮气。此法特别适用于农村单台小容量电动机的干燥处理。

(2) 灯泡（光热）干燥。中小型异步电动机可采用红外线灯

泡、碘钨灯或普通白炽灯泡进行干燥，通过对流和辐射来烘干电机绕组（图 3-357）。灯泡烘干装置简单、方便、耗电少。烘干时，将电动机置于灯泡之间，使灯泡的热能向电动机辐射。在烘干过程中，箱盖上应开排气孔，保持排气畅通，以便排出潮气和绕组浸渍漆中的溶剂挥发的蒸气。需要调节烘干温度时，只要改变灯泡的大小、数量或烘焙距离即可。需要注意的是，电动机距离灯泡不可太近，以免局部过热或烧焦绕组绝缘。灯泡的安装功率可按 $4\sim 5\text{ kW/m}^3$ 计算。

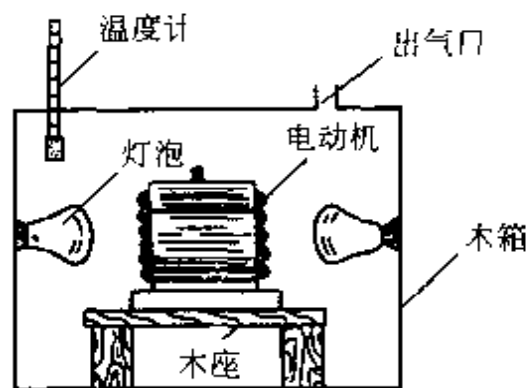


图 3-357 灯泡干燥法

(3) 烘房（烘箱）干燥。如果修理现场备有烘房或烘箱，则这是最简便的烘干方法，它适于干燥处理任何受潮程度的电动机。烘房通常用耐火砖砌筑（烘箱可用铁皮焊接而成），如图 3-358 所示。发热元件（一般采用电热丝）装在烘房两面侧壁上，发热元件外面用铁皮罩住。这样，可使发热元件的热量通过铁皮传导，房内温度更为均匀。另一方面，用铁皮罩住发热元件，可以加强保护，不使火星溅在电机绕组上。在通电过程中，逐渐调高温度，并用温度计监控烘房的温度，温度最高可达 100°C 左右。烘房顶盖上也应开排气孔来排出潮气和溶剂蒸气。

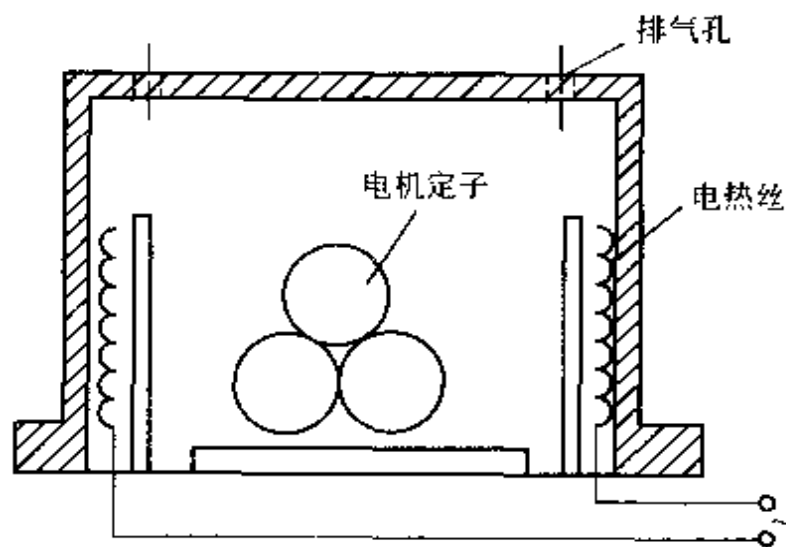


图 3-358 烘房干燥法

(4) 热风干燥。通常，用耐火砖（或红砖）砌成夹层干燥室，夹层中填以石英粉等隔

热材料，利用鼓风机将电热丝（电阻丝）产生的热量变成热风，吹拂电动机，将潮气带走（图 3-359）。干燥过程中，改变电热丝的连接法或数量，就可调节温度，同时利用风道阀门来调节风量。电热丝的功率 P 可按下式计算：

$$P \approx 0.105 CV (\theta_2 - \theta_1), \text{ kW}$$

式中 C ——空气的定压比热，其值一般取 0.31；

V ——干燥室容积， m^3 ；

θ_1 ——环境温度， $^{\circ}\text{C}$ ；

θ_2 ——进口热风温度，一般取 $\theta_2 \leq 95^{\circ}\text{C}$ 。

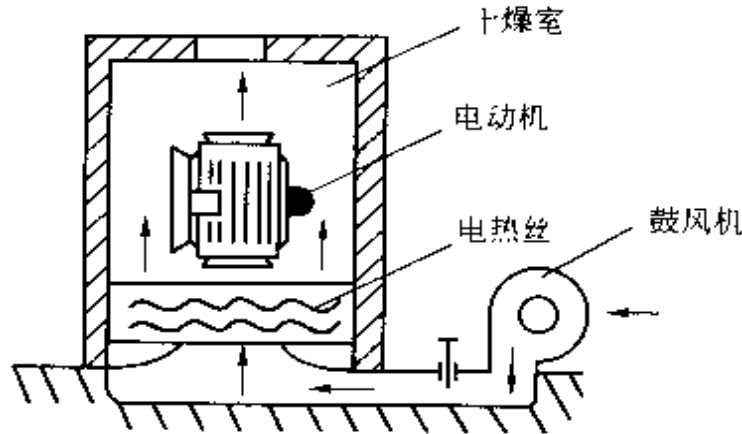


图 3-359 热风干燥法

(5) 煤炉干燥。煤炉干燥如图 3-360 所示，此法适于干燥小型电动机。烘干时，将电动机放在两条木凳上，在定子下面放一只煤炉，燃烧煤（或木炭）加热（禁止燃烧木柴，以减少烟灰）。如果在绕组浸漆后立即烘干，则应在煤炉上放一块铁板，以防漆滴入炉内而引起燃烧。定子上端放一个端盖，并用旧麻袋覆盖保温。改变煤炉与定子之间的距离，就可控制烘干温度。为了使定子受热均匀，烘焙一段时间后，应将定子上下翻转一次。在烘干过程中，应注意防火，并经常检查绕组温度。

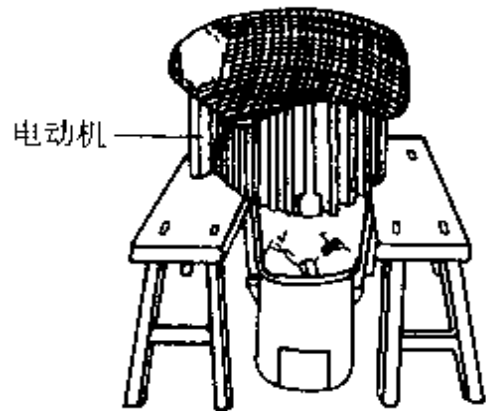


图 3-360 煤炉干燥法

(6) 土烘干炉干燥。烘干炉可用砖砌成(图3-361a),也用煤作为燃料,采用这种干燥方法,费用少,也适于烘干小型电动机,但灰尘较多。此外,也可用铁桶作为烘干炉(图3-361b和图3-361c),在铁桶内干燥电动机,安全可靠,不易发生故障,成本也低。

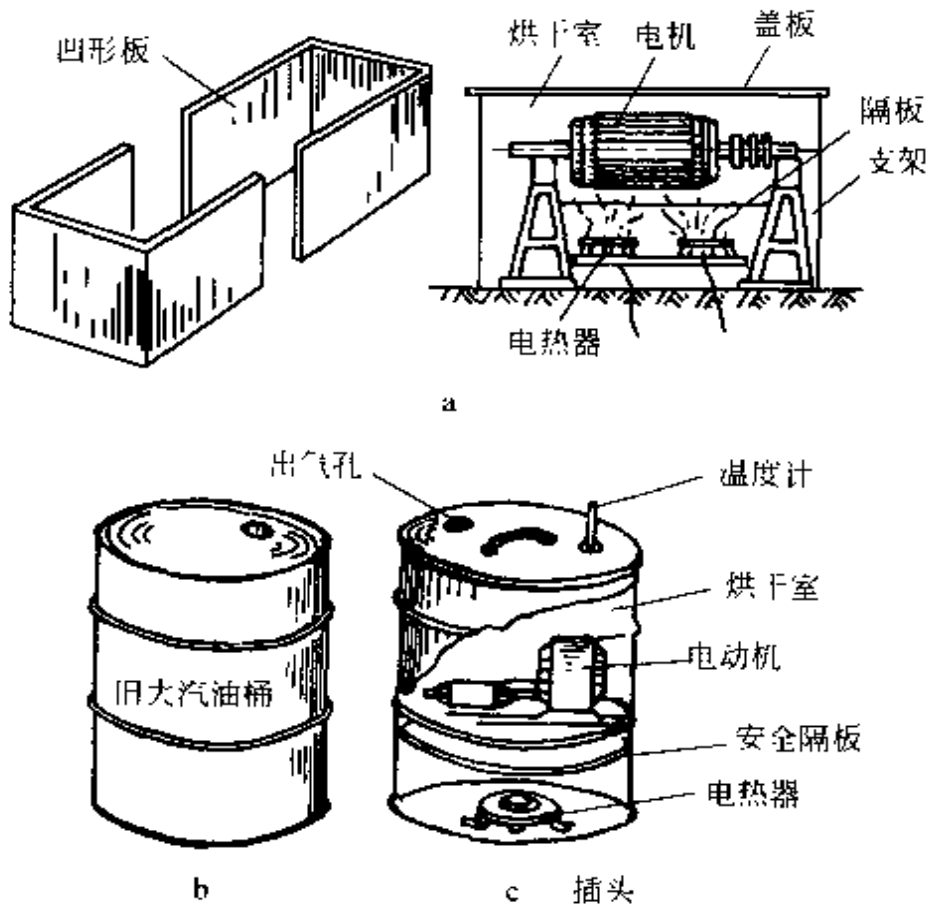


图3-361 土烘干炉

579. 对电动机怎样进行内部通电干燥?

电动机内部通电干燥方法常见的有电流干燥法(铜损干燥法)和涡流干燥法(铁损干燥法)两种。

(1) 电流干燥法(铜损干燥法)。此法是在电动机绕组中按一定接线方式输入低压电流,利用绕组本身的铜损发热,进行干燥。通电加热的接线方式有绕组并联加热式、串联加热式、混联加热式、星形加热式、三角形加热式等几种。但是,无论采用哪种接线方式加热,分配到每相绕组的烘烤电流都应控制在它的额定电流的

60%左右。由于各种电动机的体积、烘烤条件不尽相同，电流的控制以通电3~4 h、绕组温度达到70~80℃为宜。

①并联加热。并联加热的接线图如图3-362所示。通常，采用电焊变压器次级低压交流电源对并联的三相绕组供电，电焊变压器次级电流可连续调节。此时低压电流能均匀地分配到三相绕组，这种加热方式适用于25~75 kW及以下电动机绕组的烘烤。

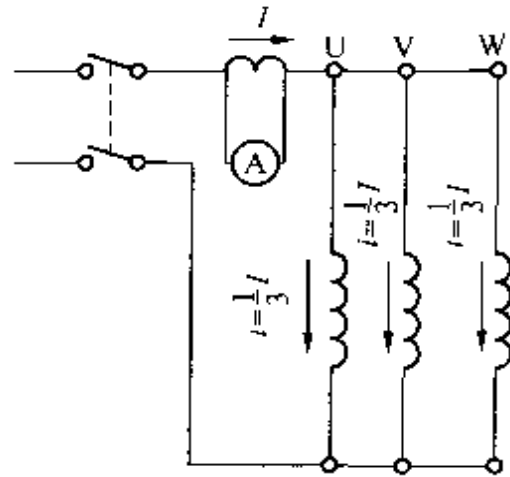


图3-362 并联加热法

②串联加热。串联加热的接线图如图3-363所示。这种接线方式也叫开口三角形接法，其优点是三相绕组受热均匀，在加热过程中不需要改动接线，而且对一些小型电动机可以直接送入220 V交流电流加热，不需另备低压电源。这种加热方式适用于三相绕组的六根引出线都在接线板上的电动机绕组的加热。

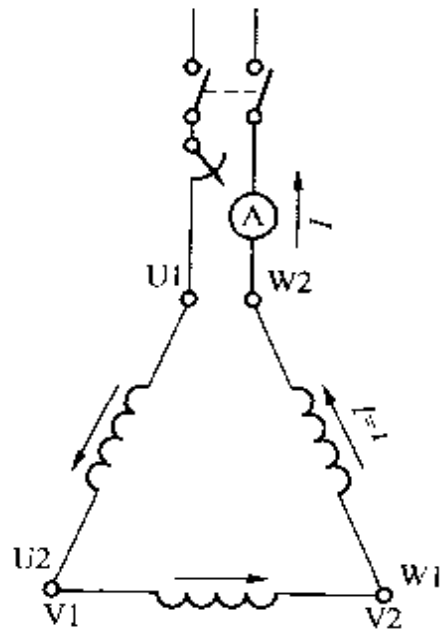


图3-363 串联加热法

③混联加热。混联加热的接线图如图3-364所示。加热时，先将两相绕组分别短接，然后在未短接的一相中输入低压交流电流。为使三相绕组受热均匀，每隔5~6 h应依次将低压电源调换到另外一相，原接电流的一相也应短接。这种加热方式适用于功率较大的电动机。

④星形加热和三角形加热。这两种加热方式的接线图如图3-365a和3-365b所示。当现场有三相调压器时，可采用这两种加热方式进行加热，其优点也是三相绕组受热均匀，并且只要三相

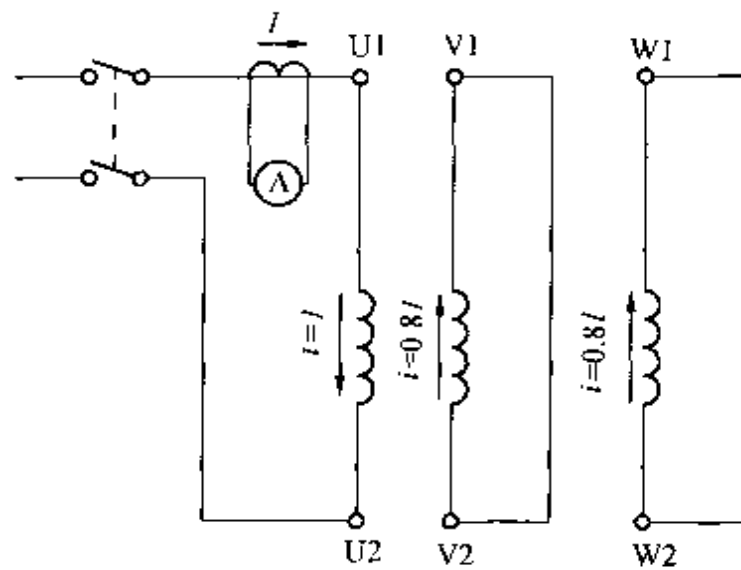


图 3-364 混联加热法

绕组有三根引出线即可，同时在烘焙过程中也无须改动接线。

采用上述各种接线方式，可以通过改变绕组接法来获得适当大小的干燥电流。若电焊变压器或三相调压器等低压电源提供的电流不足，则可将两台电焊变压器或两台三相调压器的次级串联供电，或者将转子从定子中抽出一定长度来控制烘焙电流的大小。通常，转子从定子中抽出的长度越大，烘焙电流也越大。如果转子全部从定子中抽出，则烘焙电流可增大到 1.5~2.0 倍。

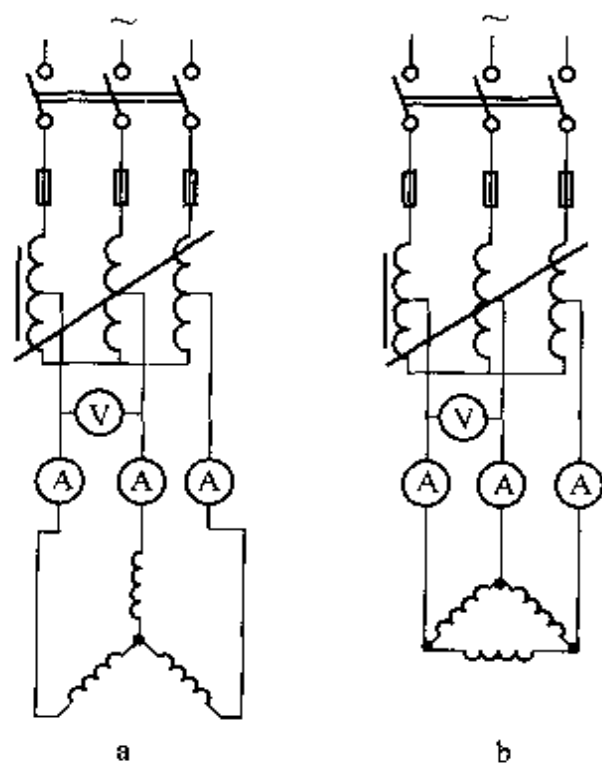


图 3-365 星形和三角形加热

如果电动机是成批烘烤，则可将几台电动机的绕组串联后接于 380 V 交流电路上，以省去低压电源。如果低压电源容量有富余，

也可将几台电动机并连接于低压电源变压器次级上同时进行烘烤。这样，可以提高工作效率。

在电动机的修理中，若不具备上述加热条件，而且又是修理小型电动机，则可将电动机的三相绕组接成开口三角形（图 3-366），送入 220 V 交流市电，加装变阻器来调节绕组的输入电压进行烘烤。此时电流、电压的大小可参照采用三相调压器烘烤电动机的数据来确定。

(2) 涡流干燥法（铁损干燥法）。电动机的涡流干燥法分带转子干燥和不带转子干燥两种。前者适用于小型电动机，后者适用于大型电动机。干燥时，可在定子上绕以励磁线圈，通入单相交流电，使定子铁芯产生磁通而发热。涡流干燥法的接线图如图 3-367 所示。对电动机进行涡流干燥前，应计算励磁绕组的匝数和励磁绕组的电流，并选择导线截面。当电动机抽出转子进行干燥时，可按以下方法进行计算：

①励磁绕组匝数为

$$W = \frac{45U}{\theta B} \times 10^3$$

式中 U ——电源电压，V；

θ ——定子磁铁有效截面， cm^2 ；

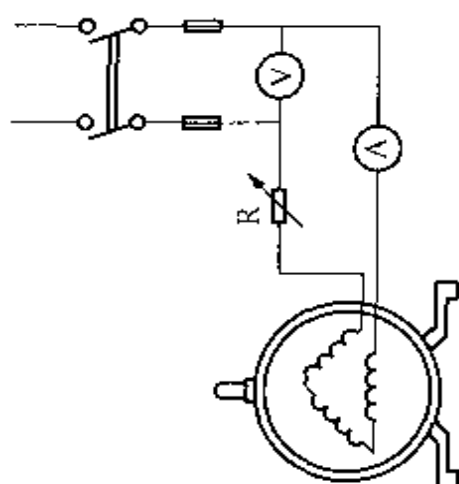


图 3-366 开口三角形加热

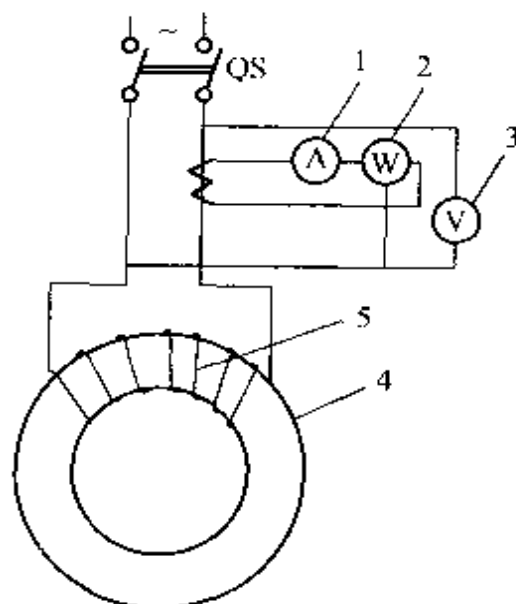


图 3-367 涡流干燥接线图

1. 电流表；2. 功率表；3. 电压表；4. 定子铁芯；5. 励磁线圈；QS. 刀开关

B ——磁通密度, T, 通常取 0.7~0.9 T。

θ 值的表达式为

$$\theta = KL_1 h_1$$

式中 K ——铁芯填充系数, 一般取 0.9~0.95;

L_1 ——定子的有效铁芯长度 (不计各通风沟的宽度), cm;

h_1 ——定子的有效铁芯高度 (不计槽深), cm。

②励磁绕组电流为

$$I = \frac{\pi D_1 aW}{W}$$

式中 D_1 ——定子铁芯平均直径; cm;

aW ——定子铁芯单位长度 (cm) 所需的安匝数, 其值可从表 3-84 中选取。

③选择导线截面。一般采用 BX 或 BLX 型绝缘导线, 并按允许载流量的 60%~70% 选用导线截面。

表 3-84 铁芯单位长度所需安匝数

| B (T) | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 |
|--------------|------|------|------|------|-------|
| aW (安匝/cm) | 0.7~ | 1.0~ | 1.3~ | 1.7~ | 2.15~ |
| | 0.85 | 1.2 | 1.45 | 2.0 | 2.8 |

涡流干燥法比较安全、可靠, 一般在电动机安装前应用此法对其进行干燥处理。涡流干燥法既适用于交流电动机, 也适用于直流电动机。但对容量较小的电动机则不太适用, 因为采用此法干燥小容量电动机, 需要较多的励磁线圈。

必须指出, 采用涡流干燥法干燥电动机, 应注意以下事项:

①若将电动机的转子抽出, 则在定子上缠绕励磁线圈时, 不要压坏电动机的线圈, 并且绕线方向应一致。导线与铁芯之间应使用石棉板、石棉布或隔热纸等绝缘材料予以绝缘。

②为了在干燥过程中能控制铁芯温度, 缠绕励磁线圈时应留有足够的抽头, 以便调节励磁安匝数。

③干燥前应清扫电动机，防止电动机绕组和铁芯中遗留金属杂物，导致铁芯短路引起局部过热而损坏定子绕组。同时，应测量电动机和临时线路的绝缘电阻，并作出记录。

④线圈第一次通电时，接通电源后应立即断开电路，检查有无异常情况（如打火、冒烟、电流过大等）。开始干燥时，要随时检查温度和干燥情况，一般每隔 10 min 检查一次。2 h 后，可每隔 30 min 检查一次，并记录检查的时间、温度和绝缘电阻等数据。

⑤开始干燥时，为了提高温度的上升速度，可增大励磁安匝数。具体做法是：保持电压不变，减少励磁绕组匝数（ W ），于是电流增大，从而使总安匝数增加，铁芯损耗增大。在干燥过程中，对电动机应加强保温，以防止热量散失。

⑥为了加快电动机干燥速度，涡流干燥也可配合其他干燥方法同时进行。由于涡流干燥时，励磁绕组产生的磁通不切割定子绕组，在定子绕组中不感应出电势，所以在干燥过程中可直接测量定子绕组的绝缘电阻。

580. 现场怎样使用单相低压电源烘干电动机？

在现场，可将需要干燥的电动机三相绕组串、并联，留出两个端头与单相低压电源（交流或直流）连接，利用绕组的铜损耗发热来烘干电动机。电压高低取决于电流大小，而电流的确定一般选为每相绕组最大电流的 50%~60%（交流电源）或 60%~80%（直流电源）。至于选上限还是选下限，随温度上升的快慢而定，一般通电 3~4 h，使定子铁芯温度达到 60~80℃ 的电流最为合适。通常，现场可利用交流或直流电焊机作为单相低压电源。这种烘干方法的工艺过程如下：

（1）首先将鼠笼转子抽出，对定子绕组进行吹风清扫，然后将定子绕组按图 3-368a 和图 3-368b 串联接成一路（这种接线方式可增加定子绕组匝数），最后将串联后的一个端头接在电焊机低压绕组端的接点上。但是，有时三相绕组只引出三个端头，在这种情况下，只能按图 3-368c 和图 3-368d 串并联接成电路。

(2) 将电动机接到电焊机后, 要用保温材料将电动机外壳和两端部进行保温, 但要留出排潮气口。通常, 采用 2~3 只酒精温度计进行测温。

(3) 将电焊机的次级电压调至最低, 合上电源开关, 此时绕组两端将有 30 V 以下的电压; 然后逐渐升高电焊机的二次输出电压, 使电动机绕组中的电流达到额定电流的 60% 左右 (可用钳形电流表测量电流), 此时加于绕组的电压为额定电压的 15% 左右。

(4) 每隔 1 h 停电测量绝缘电阻一次, 同时测量并记录铁芯和绕组的温度以及电流和电压值。绕组表面最高温度控制在 80~90℃, 升温速度控制在 (5~8)℃/h。如果按图 3-368c 和图 3-368d 接线, 由于三相绕组中流过的电流不同, 发热不均匀, 应每隔一定的时间改变接线方式, 以使三相绕组受热均匀。当绕组绝缘电阻上升并稳定达 6~8 h, 即可认为电动机烘干合格。

(5) 电焊机的容量 S 按 $S = 0.15 U_e \times (0.5 \sim 0.7) I_e \times 10^{-3} \text{ kV} \cdot \text{A}$ 计算和选择, 式中 U_e 和 I_e 分别为电动机的额定电压和额定电流。

(6) 如果电动机内部清洁, 确认无清扫的必要, 也可整机进行烘干。此时转子可不动, 按图 3-368c 和图 3-368d 接线, 参照上述工艺烘干。在烘干过程中应每隔 1~2 h 停电调换转子位置, 使

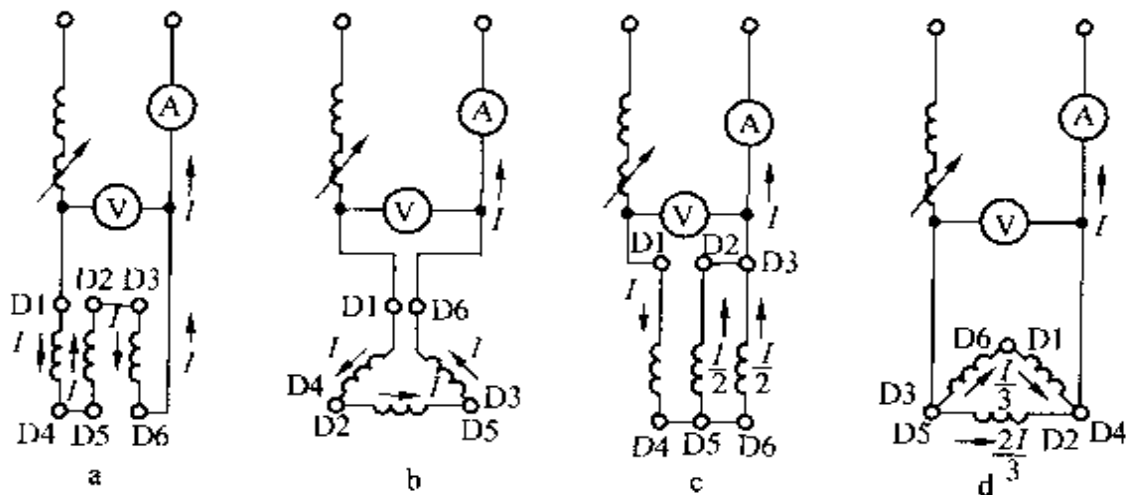


图 3-368 用单相低压电源加热绕组接线方式

a、b. 三相绕组串联; c、d. 三相绕组串并联

其受热均匀，然后卡住转子，继续合闸烘干。

581. 现场怎样直接使用 220 V 交流电源烘干电动机？

采用 580 问所介绍的方法对电动机进行干燥处理，须通过调压器或电阻器降压或者将电焊机二次低电压供给电动机绕组。有时现场不具备这些条件，所以可考虑将小型待干燥的电动机直接接入 220 V 交流电源进行烘干。

(1) 定子绕组反相接法。首先将待干燥电动机的三相绕组串联 (580 问中的图 3-368a 和图 3-368b)，然后将某相反接 (图 3-369)。此时绕组两端可直接接在 220 V 交流电源上，从而定子电流可大大降低。例如，JO2-41-4 型 4 kW 三相异步电动机的额定电流为 8.4 A，相电流为 5 A，如果按 580 问中的图 3-368a 或图 3-368b 接线，定子电流为 10 A，超过了额定电流；如果一相反接，则定子电流为 4.5 A，这在允许电流范围以内。

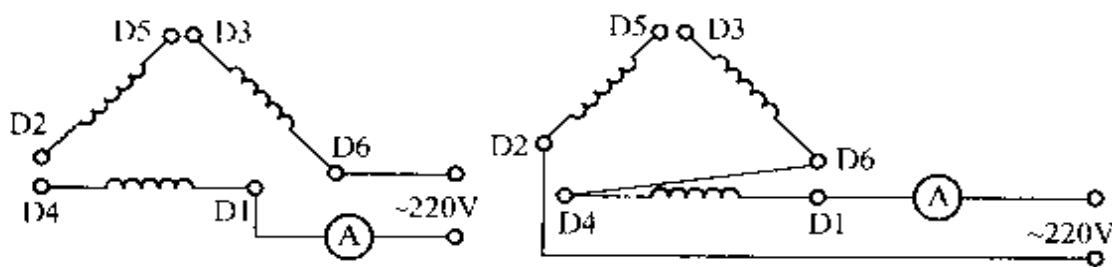


图 3-369 电动机一相反接后接入 220 V 电源烘干

如果有两台或三台功率相同的三相异步电动机需要干燥，也可按 580 问中的图 3-368a 或图 3-368b 串接，最后再将两台电动机的绕组串联，直接接入 220 V 交流电源进行烘干 (图 3-370)。

(2) 移动转子铁芯调节电流法。按图 3-369 接线，如果定子电流大于额定电流，则可将转子穿入定子膛孔中，改变转子铁芯在定子膛孔中的位置来调节电流大小。这是因为定子和转子铁芯位置不同，绕组感抗不同，所以电流大小也不同。例如，JO42-2 型 7.5 kW 三相异步电动机，额定线电流为 14.8 A，三角形接线，额定电压为 380 V，相电流为 8.6 A。当转子全部插入定子铁芯膛孔

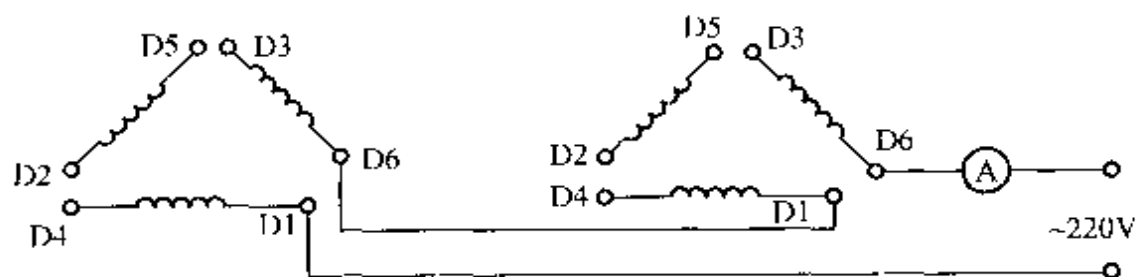


图 3-370 多台功率相同的电动机定子绕组串联烘干

内时，测出绕组电流为 6 A 左右，随着转子抽出长度的增加，电流值上升；当转子从定子铁芯膛孔内全部抽出时，测出绕组电流为 12 A 左右。

582. 在不采用设备的情况下，怎样通电干燥电动机？

不采用任何设备，通电干燥电动机的方法如下：

将要干燥的电动机绕组串联起来，接至 220 V 交流电源，在定子腔内加入一根重量为 1~2 kg、与定子铁芯同样长度的铁管（直径 50~60 mm，壁厚 1~2 mm），将电流控制在允许范围以内。例如，在 10 kW 电动机的定子内放入一根重量为 1.5 kg、长度约 170 mm、直径为 60 mm、壁厚为 2 mm 的铁管，就可将电流控制在 9 A 左右，电流随放入铁管的增多而减少，随放入铁管的减少而增大。但要注意，不可将转子放入被干燥电动机的定子膛内。否则，就变成了一台二次线圈短路的变压器，无法将电流降至最小值。如果无铁管，也可放入铁块、铁板等，但二者控制电流的能力只有铁管的 1/3。例如，若烘烤 10 kW 电动机，仍将电流控制在 9 A 左右，则需要放入 5.2 kg 铁块，并且还会出现温度不均匀现象。为了便于控制烘烤温度，可将电动机吊环放下，把酒精温度计插入吊环孔中，观察温度计的示值变化。如果需要干燥多台电动机，可将它们串联、并联或串并联。操作时，铁件可先多放些，以免起始电流太大。上述方法除不适用于被水浸泡过或绕组严重受潮的电动机外，一般 13 kW 以下的电动机都可采用，效果比灯泡、煤炉等土法干燥好。

**583. 被水浸湿的电动机为什么不可通入电流进行干燥？
怎样干燥绕组严重受潮或被水浸湿的电动机？**

被水浸湿的电动机，其绕组严重受潮，如果采用交流电流干燥法或铁损干燥法来烘干处理，则绕组绝缘会被电解。因此，被水浸湿以及严重受潮的电动机，不得通入电流进行干燥，一般只能采用灯泡（光热）干燥、烘房（烘箱）干燥和热风干燥这三种方法（578问）来进行烘干处理。现场和电机修理单位可根据所具备的干燥条件选择上述三种方法之一来烘焙被水浸湿或绕组严重受潮的电动机。

必须指出，这三种外部干燥方法简单易行，操作方便，适用于任何绝缘和不同受潮程度的电动机。

**584. 电动机检修后试验前，测量绕组直流电阻的目的是什么？
怎样测量？根据测量结果如何判别故障？**

电动机检修后试验前，测量绕组直流电阻的目的是：确定三相绕组的电阻是否平衡；检查线圈的接头连接是否牢固，有无虚焊和接触不良现象；各相绕组的匝数是否相等；线圈本身有无匝间短路、断线故障等。通常使用电压降法或电桥法来测量。

（1）电压降法。测量时按图 3-371 接线。所测电阻大于电流表内阻 200 倍者称为大电阻，不足电流表内阻 200 倍者称为小电阻，通常根据电流表和电压表所测得的读数，按欧姆定律求出直流电阻值。

（2）电桥法。测量时按图 3-372 接线。通常在电动机接线盒的接线端子上进行测量。出厂的电动机，其定子绕组一般都按 Δ 形或 Y 形接线，测量前应将其打开，找出每相绕组的首端和尾端，然后进行测量。对测得的三相绕组电阻值要进行分析。例如，容量为 100 kW 或电压在 1000 V 以上的电动机，各相绕组的直流电阻值相差不应超过最小值的 2%。有些电动机没有中性点接头，测出的线间电阻相差不应超过 1%。对小容量电动机的直流电阻未作统

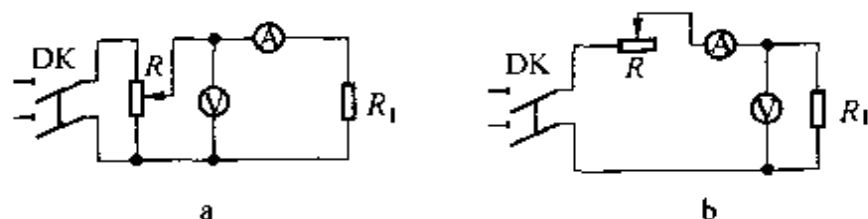


图 3-371 电压降法测量直流电阻原理图

a. 大电阻; b. 小电阻

一规定, 但应作好测量记录, 以便于以后测量时进行比较。

如果各相绕组的直流电阻相差太大, 则应对电动机进行检查。在未查明原因之前, 严禁对电动机进行通电。

在一般情况下, 可根据测量结果按下述方法判别故障:

(1) 如果三相定子绕组为星形接线, 测得一相的线电阻为正常值, 其余两相的线电阻为无穷大, 则可判定是一相断线。

(2) 如果三相定子绕组为三角形接线, 测得两相线电阻为正常值的 1.5 倍, 另一相的线电阻为正常值的 3 倍, 则可判定该相断线。

(3) 如果测得三相线电阻都比正常值大 3 倍, 则可判定三角形接线的绕组误接成星形。

(4) 如果绕组的电阻不合格, 但阻值变化不大, 又无上述规律, 则可通过空载试验来分析原因。空载试验时, 如果三相电阻不平衡, 并且测得三相电流也不平衡, 则电阻大而空载电流又小的一相绕组的匝数可能过多; 如果三相电阻不平衡, 但三相空载电流平衡, 则可判定绕组焊接不良或部分细导线在绕线时被拉伸。

(5) 如果转子绕组电阻不合格, 则可测定转子开路电压来判别原因。通常, 电阻偏大而转子开路电压又偏高的一相, 可判定该相

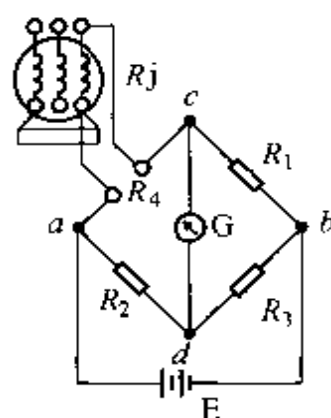


图 3-372 电桥法测量直流电阻原理图

G. 检流计; R_1 、 R_2 、 R_3 . 标准电阻; E 直流电源; R_j . 被测电阻

绕组匝数过多；如果三相电阻不平衡，但转子三相开路电压正常，则可判定是焊接不良；如果三相电阻不平衡，并且转子三相开路电压也不平衡或转子开路自行起动，则大多是绕组引出线头接线错误，并头套短路，部分导线自成短路回路而使电机转动。

585. 三相绕组的直流电阻不平衡的原因是什么？怎样处理？

在电动机绕组嵌线、焊接和接好引出线之后，测量绕组直流电阻时，如果发现三相绕组的直流电阻不平衡，可能是以下原因引起的，可采取相应措施予以处理：

(1) 接线错误，有部分线圈未接入电路。可检查故障部分，拆开跨接线重接。

(2) 导线绝缘层损坏，或者有匝间短路故障。可用短路侦察器查出短路故障部分，并予以修复。若短路故障点在线圈端部，则查明故障部位后，将导线分开，涂上清漆并包覆绝缘纸即可；若是槽内导线绝缘层破损，则应拉出故障导线，涂以清漆，并加垫绝缘纸重嵌。如果故障严重，则应重绕线圈。

(3) 线圈匝数有误差。若线圈匝数与原始数据相差不多，则影响不大；若匝数相差很多，则应予以纠正。

586. 对三相电动机怎样进行三相电流平衡试验？

三相电动机的定子绕组干燥后，可按下述方法进行三相电流平衡试验：

将三相绕组并联，通入24~36V单相交流电（图3-373）。如果三相电流平衡，则表明绕组没有故障；如果三相电流不平衡，则表明绕组匝数或导线规格可能有误，或者有匝间短路、接头接触不良等现象，此时应进一步查明具体原因，并采取针对性措施予以消除。

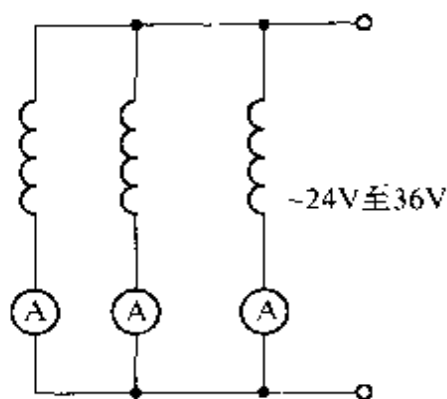


图 3-373 三相电流平衡试验接线图

587. 对检修后的三相异步电动机为什么要进行交流耐压试验？怎样试验？试验时应注意哪些事项？

在检修后的三相异步电动机的绕组绝缘电阻测试中，有时测得的绝缘电阻高，并不一定表明绕组绝缘性能好。因为绕组绝缘受到机械损伤时，只要线圈与外壳之间无金属性接通，在导线之间或导线与铁芯之间尚未形成短路以前，绝缘电阻仍可能很高（例如，电动机的定子槽衬破裂时，断裂处的空气隙仍有很高的绝缘电阻）。只有交流耐压试验才能全面检查绕组绝缘是否良好，才能确切地发现绝缘局部或整体所存在的缺陷。因为这种缺陷的发展比绝缘普遍劣化的发展要快得多，在电机的运行中易造成绝缘击穿事故，所以每台修复后的电动机，在继续投入运行以前，都应进行交流耐压试验。

电动机定子绕组相与相之间和每相与机壳之间经过绝缘处理，能承受一定的电压而不被击穿，称为耐压。交流耐压试验主要是考核各相绕组之间和各相绕组与机壳之间的绝缘性能好坏，以确保电动机安全运行和操作人员的人身安全。交流耐压试验一般应按以下要求进行：

(1) 应在电动机静止状态进行试验，试验电压加于绕组与机壳之间，铁芯和其他不参与试验的绕组均应与机壳相连。

(2) 试验电压的频率为 50 Hz，电压波形应尽可能接近正弦波

形，试验电路如图 3-374 所示，试验电压值可按下述原则确定：

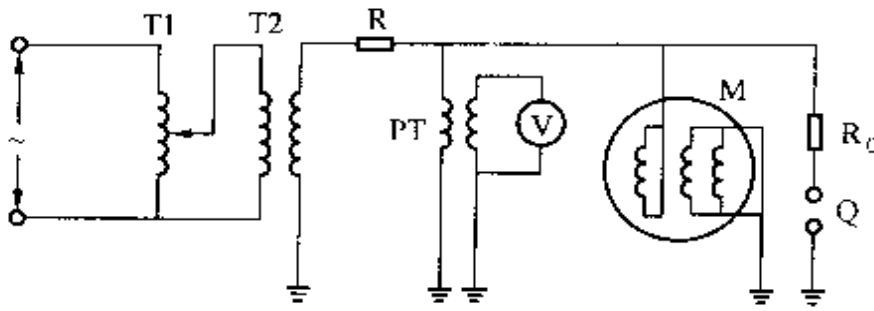


图 3-374 交流耐压试验线路

T1. 调压变压器；T2. 高压试验变压器；R. 限流保护电阻（每伏 0.2~1Ω）；PT. 电压互感器；V. 电压表；Q. 保护球隙；R₀. 球隙保护电阻（低压电动机不接）；M. 被试电动机

①绕组完全重绕的电动机。额定电压不超过 380 V、1 kW 以下的电动机： $500 V + 2U_e$ （ U_e 表示额定电压）；1 kW 以上的电动机： $1000 V + 2U_e$ 。有特殊要求的电动机，其试验电压可参照有关标准的规定值选取。

②绕组部分重绕的电动机。试验电压不应超过上述第①项所列电压的 75%，试验前应对未重绕的绕组进行清扫和干燥处理。

③拆装整修过的电动机。在整修干燥后用 1.5 倍额定电压进行试验。额定电压为 100 V 及以上的电动机，试验电压应不低于 1000 V；额定电压在 100 V 以下的电动机，试验电压应不低于 500 V。

(3) 应对每相绕组轮流进行试验。试验时，施加的电压从不超过试验电压全值的一半开始，然后以每次不超过全值 5% 的电压均匀地或分段地升到全值。从开始施加电压到升至全值的时间应在 10 s 以上。全值电压试验时间为 1 min。对于 380 V 以下的电动机，如果现场无高压试验设备，可用 1000 V 兆欧表作为试验电源，摇测 1 min。试验过程中，如果绕组绝缘无闪络和击穿现象，则可认为试验合格。

试验完毕，应匀速降低电压。当电压降至全值的 1/3 时断开电源，并将所试绕组接地放电。

(4) 在试验过程中, 如果发现电压表指针摆动很大, 示值降低, 电流表示值急剧上升, 尤其是电流上升而电压不变, 甚至电压有下降趋势, 则表明绝缘损坏, 此时绝缘伤损部位可能出现冒烟或发出异常声音等现象。遇到这种情况, 应立即断开电源, 将绕组接地放电后进行检查。断开电源后绕组未完全放电以前, 严禁靠近绕组进行测试工作, 以免发生触电事故。

对三相异步电动机进行交流耐压试验应注意以下事项:

(1) 施加电压以前, 应检查试验接线是否正确, 仪表和试验设备是否完好, 开关和调压器的位置是否合适。

(2) 试验过程中, 应细心监视绝缘表面状态。经验表明, 外表监视常常可以发现试验仪表所不能显示的绝缘不正常现象(如表面电晕、放电和微电弧等)。

(3) 升压过程中产生的表面电晕, 多出现在槽口和不同线棒端部的缝隙中, 表现为一束束亮光。如果表面电晕起始电压高于相电压, 且在升压过程中颜色不变, 则没有危险。

(4) 在升压过程中, 有时个别端部出现一些光亮的白点, 并随着电压的升高而逐渐变为黄色和红色, 这种现象叫做微电弧。微电弧是电容电流沿端部绕组流向定子铁芯或其他接地体时, 在流经的路径上通过某段高电阻而产生的稳定的小容量电弧。在微电弧作用的区域内, 若有可燃材料(如未经浸渍的绑绳或棉布带等), 则可能燃烧。不过, 微电弧出现的几率是很小的。

(5) 在试验过程中, 如果击穿点出现在槽部, 则可采用通入大电流烧穿这一方法寻找故障部位。

(6) 为了避免电机绝缘损坏而缩短绝缘使用寿命, 同一台电机不应重复进行本项试验。但是, 如果用户提出要求, 则允许再进行一次试验, 试验电压以不超过第一次试验电压全值的 80% 为原则。

(7) 试验用变压器的容量, 对于低压电动机, 每 1 kV 试验电压应不小于 1 kV·A。

(8) 在试验过程中要注意安全, 高压试验变压器和调压变压器的外壳必须接地。

588. 对三相异步电动机怎样进行短路（堵转）试验？ 试验时应注意哪些事项？

对三相异步电动机进行短路（堵转）试验的目的是测定短路电压和短路损耗（对鼠笼式电动机）。试验时堵住转子，用调压器从零值逐步升高电压，使定子绕组的电流达到额定值，此时施加于定子绕组的电压称为短路电压 U_k 。当额定电压为 380 V 时，若 U_k 值在 70~95 V 之间，可认为试验合格（小型电动机一般取较大短路电压值）。这种试验方法称为定流测量法。此法适用于电动机修理后的短路试验。另一种方法叫做定压测量法，即转子不动，在定子绕组中施加恒定电压（一般为 95~100 V），测得的电流称为短路电流 I_k ，若 I_k 值在 $(1\sim1.4) I_r$ 之间可认为试验合格（功率小的电动机，其 I_k 值也小）。

如果测得的短路电流过小，则可能是串联匝数太多，漏抗过大。此时电动机的性能表现为空载电流过小。因此，起动电流和起动转矩均小，电动机过载能力低。

如果测得的短路电流过大，则可能是串联匝数太少，漏抗过小。此时电动机的空载电流、起动电流均大，损耗也大，功率因数和效率都低，温升较高，输出功率下降。

上述两种情况对电动机的运行均不利。只有短路电流和短路电压都在规定范围以内，电动机才能正常运转。

如果三相短路电流不平衡，则表明定子绕组短路、接错或转子绕组断路。

短路（堵转）试验步骤如下：

(1) 按图 3-375 接线后，仔细检查接线是否有误，线路是否正常。

(2) 先接通电源，使电机试运转，观察其转向是否正确，然后切断电源停机，将转子堵住。

(3) 接通电源，调节调压器，使外施电压尽可能从额定值 U_r 开始逐步降低，直至电流达到额定值 ($I_k = I_r$) 为止，测取 I_k 、

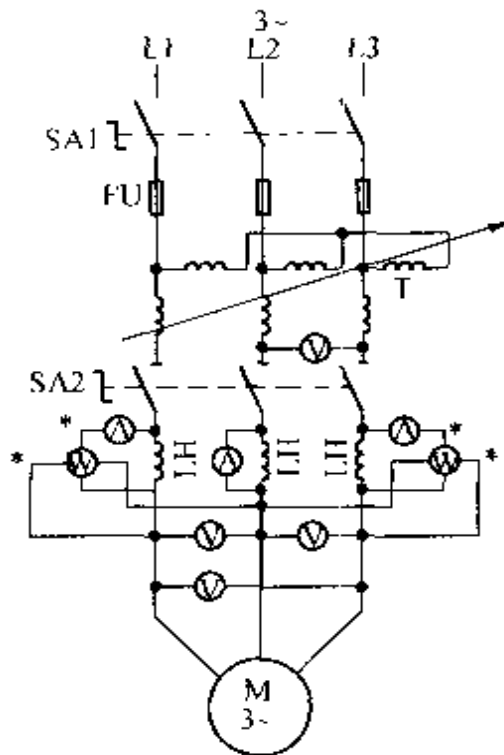


图 3 375 电动机短路（堵转）试验接线图

U_k 和 P_k 值 7~8 组，记入表 3-85 中。

表 3-85 短路特性数据表

| 序号 | U_{k1} | U_{k2} | U_{k3} | 倍数 | U_k | I_{k1} | I_{k2} | I_{k3} | 倍数 | I_k | P_{k1} | P_{k2} | 倍数 | P_k | G | L | T_k |
|-------|----------|----------|----------|----|-------|----------|----------|----------|----|-------|----------|----------|----|-------|-----|-----|-------|
| 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |

表 3-85 中的 U_{k1} 、 U_{k2} 、 U_{k3} (I_{k1} 、 I_{k2} 、 I_{k3}) 为 A 相、B 相、C 相的短路电压（短路电流）刻度； T_k 为堵转（短路）转矩； G 为重力，即弹簧秤的读数； L 为臂长。

如果限于设备，则试验可在 $(1\sim 3) I_c$ 范围内进行。测取数据 U_k 、 I_k 、 P_k 时，可同时用磅秤（或弹簧秤）实测电动机的转矩 T_k ，但每次读数后应测定相应的定子电阻。

对三相异步电动机进行短路（堵转）试验时应注意以下事项：

(1) 电流表和瓦特表的电流线圈应按电动机的额定电流来选择量程。

(2) 试验时应使用制动设备将电动机的轴卡住，不使转子转动（10 kW 以下的电动机，可用手抓住转轴）。

(3) 读取试验数据要迅速、正确，尽量缩短堵转时间。

(4) 短路试验时，电动机不转，不输出机械功率，摩擦损耗为零，所以试验时的输入功率可认为是消耗在定子和转子的铜损耗上。

(5) 在短路试验过程中，电机的损耗全部变成热量，在未进行通风冷却的情况下，绕组温度会迅速升高，因此操作应迅速，每次通电时间不超过 10 s。

(6) 对绕线式电动机一般不进行短路试验。

589. 三相异步电动机空载试验前应进行哪些检查？

通常，三相异步电动机空载试验前应进行以下检查：

(1) 检查电动机各部件的装配是否正确，各固定螺栓是否齐全、完整、坚固。用手盘动电动机的转轴，检查转子转动是否灵活。如果转子不能转动或转动不灵活，可按表 3-86 查找原因和进行调整。对于滑动轴承，应检查转子的轴向游动量是否超过允许值（一般每边不得超过 3 mm）。

(2) 摇测绕组绝缘电阻，绝缘电阻的合格标准是：每 1000 V 工作电压的绝缘电阻大于 1 MΩ，380 V 电动机的绝缘电阻大于 0.5 MΩ；测量绕组的直流电阻，三相绕组的直流电阻应平衡，其最大值（或最小值）与平均值之差不应超过平均值的 ±2%。如果绕组没有拆动，可不测量直流电阻。

(3) 根据电机铭牌上标出的额定电压和电源电压，检查电动机绕组接线是否正确，检查电动机与起动器的连接有无差错，接线端子是否牢固，有无松动脱落现象。

(4) 检查电动机内部有无杂物，并用压缩空气吹扫（也可用吹

风机或皮老虎吹净), 吹扫时不要碰坏绕组。

表 3-86 转子不能转动或转动不灵活的原因和调整方法

| 原 因 | 调 整 方 法 |
|----------------------|-----------------------------------|
| 转轴前后端装倒 | 将转轴的前后端位置对调 |
| 端盖或轴承盖的位置不对 | 调整端盖或轴承盖的位置 |
| 端盖或轴承盖的螺钉未拧紧 | 拧紧端盖或轴承盖的螺钉 |
| 转轴与轴承间或轴承与端盖间的相对位置不对 | 用木槌在轴向上敲打转轴端, 先试敲某方向, 若无效, 再试敲反方向 |
| 端盖与定子的合缝处有污物或漆皮未铲净 | 铲净合缝处的污物或漆皮 |
| 定子内腔壁有污物或漆皮 | 铲净定子内腔壁的污物或漆皮 |
| 槽楔突出槽口, 轧住转子 | 削去槽楔突出槽口的部分 |

(5) 检查轴承是否缺油, 润滑油脂规格是否符合要求。

(6) 检查电动机和起动器的外壳接地线是否中断, 接地螺栓是否松动、脱落。

(7) 如果是绕线式电动机, 则应检查集电环扳手(即短接集电环装置的手柄)是否在起动位置上, 电刷表面是否全部贴紧集电环, 导线是否相碰, 电刷提升机构动作是否灵活, 电刷的压力是否正常, 起动变阻器的控制手柄是否在起动位置上。

(8) 对于不可逆转的电动机, 应检查运转方向与外壳上标出的运转指示箭头方向是否相同。

(9) 检查熔体是否熔断, 熔体规格是否符合要求, 装接是否牢固。

(10) 彻底清除电动机上的灰尘和污垢, 检查电动机周围有无易燃、易爆物品和其他杂物。

590. 三相异步电动机空载试验的目的是什么？

试验应满足哪些要求？

空载试验是检修后的三相异步电动机必须进行的一项基本试验，一般在电机耐压试验合格后进行。空载试验的目的是：测定电动机的空载电流和空载损耗功率；检查电动机的装配质量，观察电机运行是否平稳，有无异常声音和振动；检查铁芯和轴承是否过热。

三相异步电动机的空载试验应满足以下要求：

(1) 起动正常，无严重振动和噪声，无焦臭味，不冒烟，三相电流平衡，换向器无刷火，电机转向正确。

(2) 电刷和电刷装置工作正常。

(3) 换向器摆度、轴伸的径向偏摆和电机轴伸窜动间隙均符合要求。

(4) 集电环的偏摆符合以下要求：

①电机滚动轴承的集电环偏摆不超出表 3-87 所列值。

表 3-87 电动机滚动轴承的集电环允许偏摆

| 同步转速 (r/min) | 3000 | 1500 | 1000 | 750 及以下 |
|--------------|------|------|------|---------|
| 允许偏摆 (mm) | 0.06 | 0.10 | 0.13 | 0.16 |

②电机座式轴承的集电环允许偏摆：转速在 1000 r/min 以下的电机不大于 0.1 mm；转速为 1000 r/min 及以上的电机不大于 0.05 mm。

(5) 轴承和油环运行正常，润滑系统无甩油和渗、漏油现象，集电环温度不超过 65℃，滚动轴承温度不超过 95℃，滑动轴承温度不超过 85℃，油温不超过 65℃。

(6) 转子轴向窜动值不超出表 3-76 所列值（见第 528 问）。

591. 对三相异步电动机怎样进行空载试验？

三相异步电动机的空载试验，一般应按以下要求进行：

(1) 试验前, 首先应检查电动机出线端头的标志是否正确, 全部螺栓是否拧紧, 转子转动是否灵活。

(2) 如果检查合格, 便在定子绕组上施加 50 Hz 三相平衡额定电压 (图 3-376), 使电动机不带负载进行空转。

(3) 倾听电动机空转时有无异常音响; 检查轴承转动是否平稳轻快; 相电流是否平衡, 空载电流是否正常。通常, 几十千瓦以下的 2、4、6 极电动机的空载电流为额定电流的 20% ~ 50%, 高速和大容量电动机的空载电流占额定电流的百分比较小 (20% ~ 35%), 小容量低速电动机的空载电流占额定电流的百分比较大 (35% ~

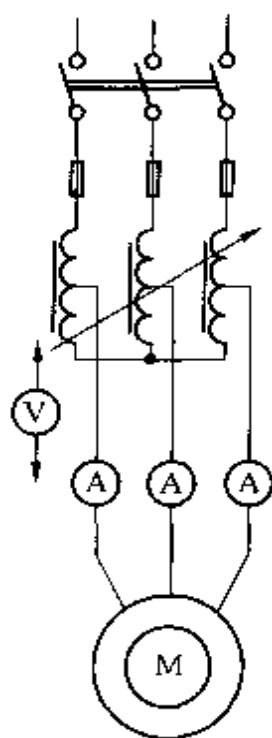


图 3-376 电动机空载试验接线图

50%)。各种规格的异步电动机在额定电压下的空载电流占额定电流的百分数如表 3-88 所示。

表 3-88 空载电流与额定电流百分比

| 容量 (kW) 极数 | 空载电流与额定电流百分比 | | | | | | 备注 |
|---------------|--------------|---------------|-------|-------|-------|--------|----------------------------------|
| | 0.125 | 0.125 ~0.5 | 0.5~2 | 2~10 | 10~50 | 50~100 | |
| 2 | 70~80 | 45~70 | 40~55 | 30~45 | 23~35 | 18~30 | 表中 空载 电流 指三 相平 均值 |
| 4 | 80~90 | 65~85 | 45~60 | 35~55 | 25~40 | 20~30 | |
| 6 | 85~97 | 70~90 | 50~65 | 35~65 | 30~45 | 22~33 | |
| 8 | 90~98 | 75~90 | 50~70 | 37~70 | 35~50 | 25~35 | |

空载电流不得过大或过小。过大, 可能是检修时选取的定子绕组匝数太少或接线错误, 以及气隙太大或不均匀等原因引起的; 过小, 说明定子绕组的匝数选取过多或接线发生差错。

当三相电压平衡时，三相中任何一相的空载电流与三相空载电流平均值相差不得大于 10%。如果三相空载电流不平衡，则可能是三相绕组的匝数不相等、接线错误或绕组匝间短路造成的。若是三相绕组的匝数不等引起三相电流不平衡，则在空载试验过程中电流基本稳定不变；若是绕组匝间短路引起三相电流不平衡，则电流会不断增大。因此，如果发现三相电流不平衡且不稳定，应立即停机进行检查。通常，匝间短路的那一相往往绕组温度较高。

(4) 空载试验时间不得小于 1 h，同时还应测量电动机的温升（温升不得超过绝缘材料等级允许的限度）。

(5) 试验结束时应测量电动机两端轴承的温度，二者不得有明显的差值。

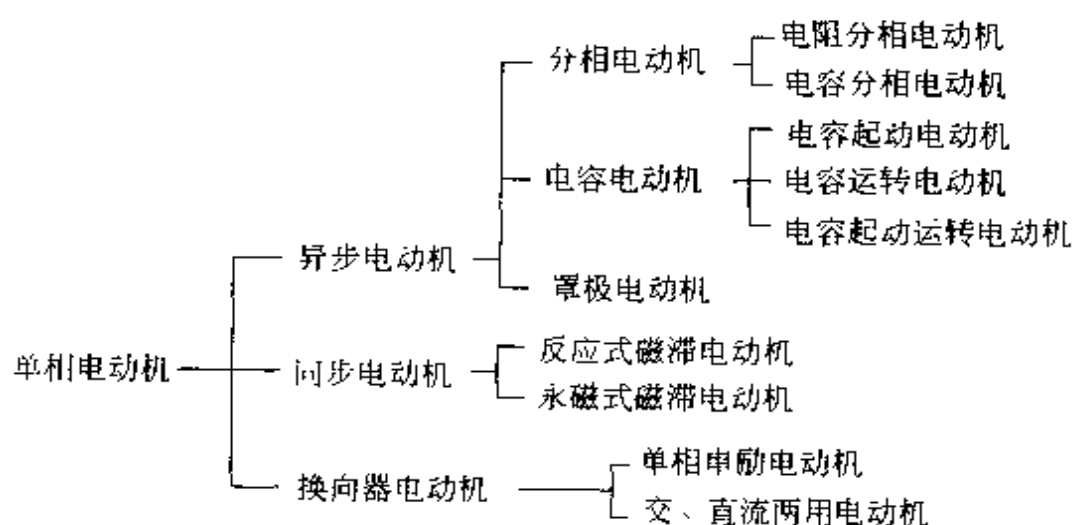
四、单相异步电动机的使用、维护、故障预防与处理

592. 单相异步电动机有何特点？怎样分类？

单相异步电动机，是指仅一相定子绕组由单相交流电源供电的异步电动机。它是一种分马力电机，其容量大都在 1 kW 以下。由于它的结构简单、成本低、运行可靠和维护方便，只需要单相交流电源便能运转，所以功用很多，应用广泛。如工业上可用于电动工具、鼓风机、控制和传动装置，生活上可用于电风扇、电冰箱、洗衣机、电吹风、吸尘器和空调器等。

单相异步电动机是鼠笼式三相异步电动机的派生品种，它们之间通用性、互换性强。与同容量的三相异步电动机相比，单相电动机的体积较大，运行性能较差，因而一般情况下，它的容量仅几十到几百瓦。近年来，随着科学技术的发展，单相异步电动机的容量显著增大，已生产出几千瓦到几十千瓦的单相异步电动机，而体积在缩小，性能在改善。

单相异步电动机按工作原理、起动方式和结构型式分类如下：



593. 在什么情况下可选用三相电动机取代单相电动机?

实测表明, 在额定容量相同的情况下, 三相电动机的额定效率比单相电动机的额定效率高 3% ~ 7.5%。因此, 在有三相电源的情况下, 选用三相电动机取代单相电动机, 可获得较好的节电效果。为便于比较, 将小容量三相电动机和单相电动机的额定效率列于表 4-1, 以供选择单相电动机时考虑可否用三相电动机来取代。

表 4-1 单相电动机和三相电动机的额定效率 η

| 相数 | 电动机系列 | 极数 | 额定容量 (W) | | | | | | | | | | | |
|----|-------|----|----------|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | | 750 | 550 | 370 | 250 | 180 | 120 | 90 | 60 | 40 | 25 | 15 | 8 |
| 单相 | BO | 二 | | | 0.65 | 0.63 | 0.60 | 0.56 | 0.52 | 0.42 | | | | |
| | | 四 | | | 0.63 | 0.60 | 0.56 | 0.50 | 0.44 | 0.38 | 0.32 | | | |
| | CO | 二 | 0.70 | 0.68 | 0.65 | 0.63 | 0.60 | | | | | | | |
| | | 四 | 0.69 | 0.66 | 0.63 | 0.60 | 0.56 | | | | | | | |
| | DO | 二 | | | | | 0.65 | 0.62 | 0.58 | 0.53 | 0.48 | 0.42 | 0.36 | |
| | | 四 | | | | | 0.57 | 0.53 | 0.49 | 0.45 | 0.40 | 0.35 | 0.30 | 0.23 |
| 三相 | JO2 | 二 | (0.775) | | | | | | | | | | | |
| | | 四 | (0.765) | (0.74) | | | | | | | | | | |
| | Y | 二 | 0.7765 | | | | | | | | | | | |
| | | 四 | 0.7616 | 0.7452 | | | | | | | | | | |

注: 1. 表中 () 内的数字是相近容量的电动机额定功率。

2. BO 系列电动机为电阻分相式单相异步电动机, CO 系列电动机为电容启动式单相异步电动机, DO 系列电动机为电容运转式单相异步电动机。

采用三相电动机取代单相电动机时, 应根据实际负载按经济运行原则选择三相电动机的容量。表 4-2 列出小容量三相电动机对应于典型负载的实测运行效率, 将表 4-1 与表 4-2 对照, 便可针对实际负载选择具有最高运行效率的三相电动机。

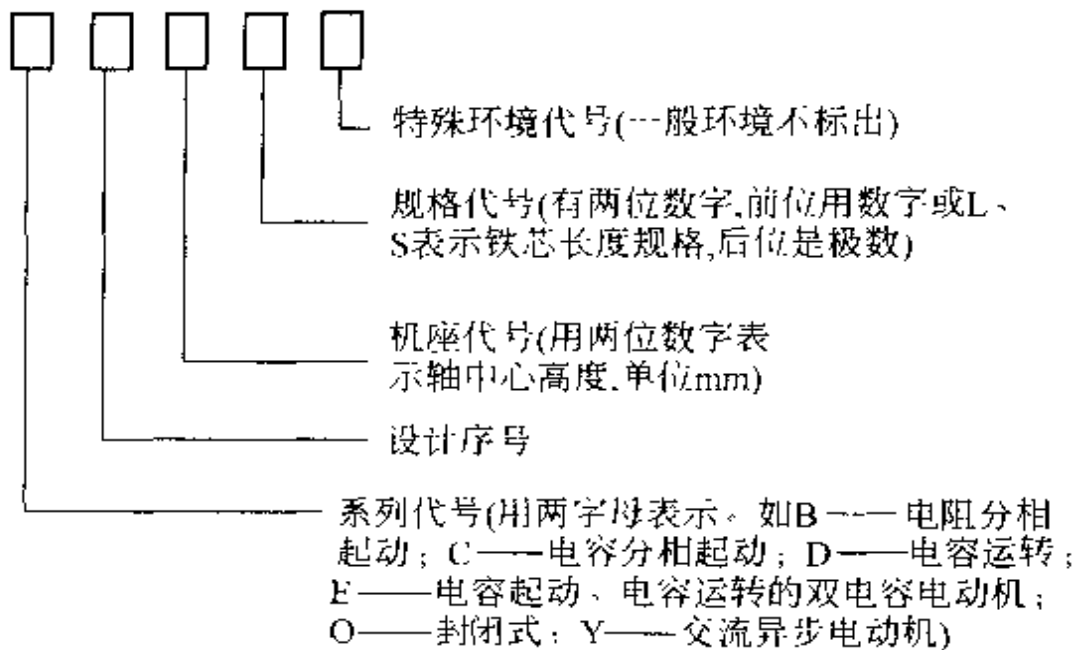
表 4-2 JO2 系列电动机对应于典型负载的实测运行效率 η

| 额定容量 (kW) | 负载 (W) 极数 | 750 | 550 | 370 | 250 | 180 | 120 | 90 | 60 | 40 | 25 | 15 | 8 |
|--------------|-----------------|-------|-------|-------|-------|-----|-----|----|----|----|----|----|---|
| | | 0.6 | 四极 | | | | | | | | | | |
| 0.8 | 二极 | 0.804 | 0.804 | 0.775 | 0.722 | | | | | | | | |
| | 四极 | 0.83 | 0.81 | 0.78 | 0.69 | | | | | | | | |
| 1.1 | 二极 | 0.809 | 0.792 | 0.75 | | | | | | | | | |
| | 四极 | 0.85 | 0.83 | 0.80 | | | | | | | | | |
| 1.5 | 二极 | 0.83 | 0.80 | 0.75 | | | | | | | | | |
| | 四极 | 0.82 | 0.79 | 0.74 | 0.69 | | | | | | | | |

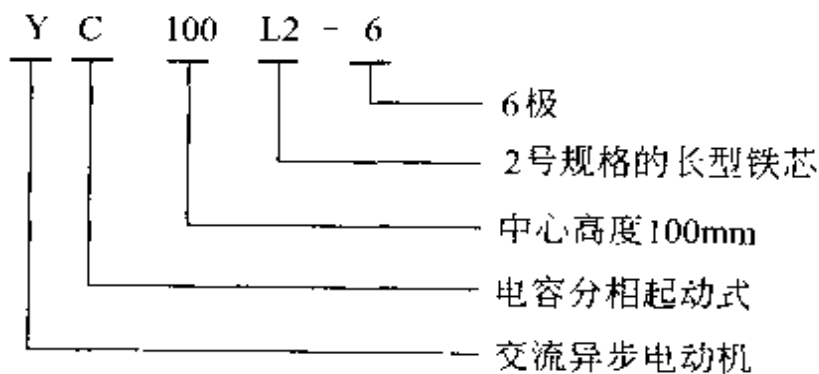
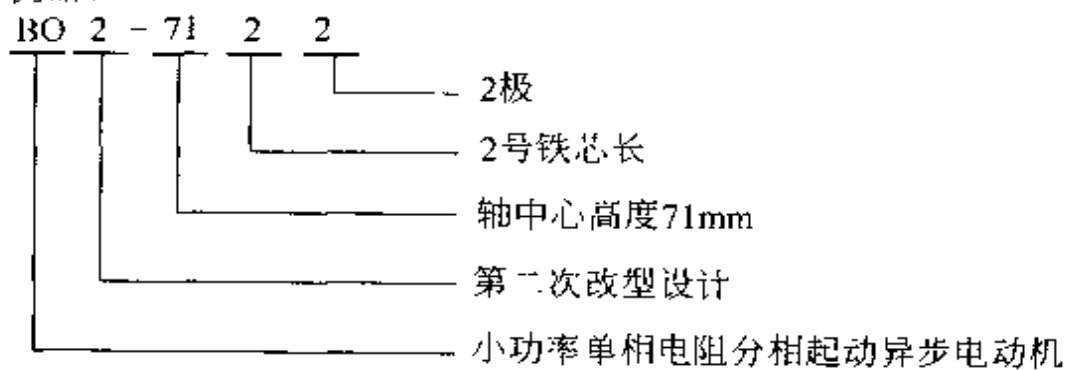
594. 通用型单相异步电动机有哪些型号？型号由几部分组成？
型号顺序是怎样排列的？型号的含义是什么？

通用型单相异步电动机有 BO2、CO2、DO2 三个基本系列。该产品是采用 IEC（国际电工委员会）标准生产的，其功率等级与机座号对应关系如表 4-3 所示。电动机外壳防护等级为 IP44，采用 E 级绝缘，绕组具有很高的机械强度和良好的绝缘性能，接线盒在电机顶部，便于接线和维修。该系列电动机是我国自行设计生产、具有 80 年代国际水平的节能型新产品，用以取代 JX、JY、JZ 和 BO、CO、DO 等老系列电动机。随着我国科学技术的发展，目前又研究出新型 YC 系列单相电容起动异步电动机。YC 系列单相电动机与 Y 系列电动机的功率等级对应关系如表 4-4 所示。

单相异步电动机的型号组成、型号排列顺序和型号的意义说明如下：



例如:



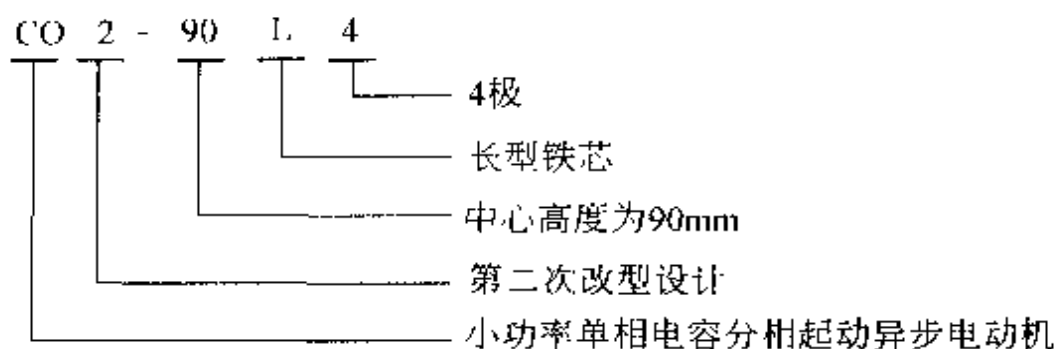


表 4-3 单相异步电动机功率与机座号对应关系

| 机座号 | | | 45 | | 50 | | 56 | | 63 | | 71 | | 80 | | 90 | |
|-----------|---------------------|------|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 铁芯长度代号 | | | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | S | L |
| BO2 系列 | 同步 转速 (r/min) | 3000 | | | | | | | 90 | 120 | 180 | 250 | 370 | | | |
| | | 1500 | | | | | | | 60 | 90 | 120 | 180 | 250 | 370 | | |
| CO2 系列 | 同步 转速 (r/min) | 3000 | | | | | | | | | 180 | 250 | 370 | 550 | 750 | |
| | | 1500 | | | | | | | | | 120 | 180 | 250 | 370 | 550 | 750 |
| DO2 系列 | 同步 转速 (r/min) | 3000 | 10 | 16 | 25 | 40 | 60 | 90 | 120 | 180 | 250 | | | | | |
| | | 1500 | 6 | 10 | 16 | 25 | 40 | 60 | 90 | 120 | 180 | 250 | | | | |

表 4-4 YC 系列单相异步电动机与 Y 系列电动机的功率等级对应关系

| 机座号 | | 铁芯 代号 | 同步转速 (r/min) | | | | | |
|-----|---|----------|--------------|------|-------|------|-------|------|
| | | | 3000 | | 1500 | | 1000 | |
| | | | 功率 (kW) | | | | | |
| | | | YC 系列 | Y 系列 | YC 系列 | Y 系列 | YC 系列 | Y 系列 |
| 90 | S | | 0.75 | 1.5 | 0.55 | 1.1 | 0.25 | 0.75 |
| | L | | 1.1 | 2.2 | 0.75 | 1.5 | 0.37 | 1.1 |
| 100 | L | 1 | 1.5 | 3 | 1.1 | 2.2 | 0.55 | 1.5 |
| | | 2 | 2.2 | | 1.5 | 3 | 0.75 | |
| 112 | M | | 3 | 4 | 2.2 | 4 | 1.1 | 2.2 |
| 132 | S | 1 | 3.7 | 5.5 | 3 | 5.5 | 1.5 | 3 |
| | | 2 | | 7.5 | | | | |
| | M | 1 | | | 3.7 | 7.5 | 2.2 | 4 |
| | | 2 | | | | | | 5.5 |

595. 单相异步电动机主要由哪几部分组成？

单相异步电动机主要由定子、转子、端盖、轴承、外罩等组成（图 4-1）。

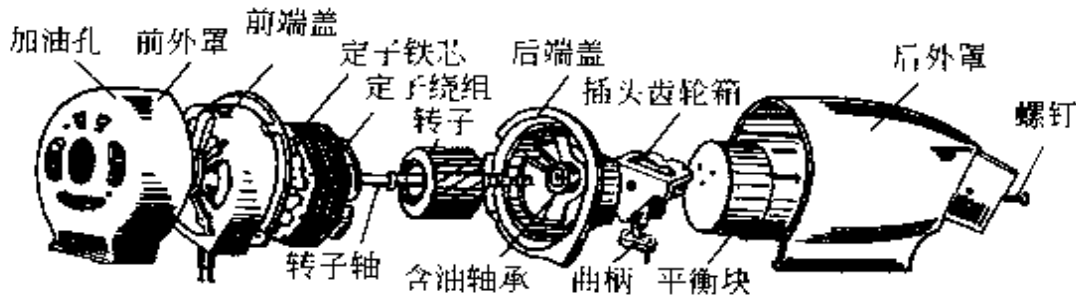


图 4-1 单相台扇电动机结构图

(1) 定子。定子铁芯由硅钢片叠压而成。铁芯槽内嵌有两套独立的、在空间错开 90° 电角度的绕组，一套叫主绕组，一套叫副绕组（也称辅助绕组、起动绕组）。

(2) 鼠笼转子。与三相异步电动机的鼠笼转子相同，是在叠完转子铁芯的基础上，再铸入铝条，同时在两端用铝铸成闭合绕组（端环），端环与铝条形如鼠笼。

(3) 端盖。由铸铝或铸铁制成，其作用是容纳轴承，支撑转子，使转子在定子腔内定位，同时也起着保护定子绕组端部的作用。

(4) 轴承。按电动机的容量、种类不同，所用轴承有滚动轴承和滑动轴承两类，滑动轴承又有轴瓦和含油轴承两种。台扇和落地扇电动机多用含油轴承，吊扇、排风扇和鼓风机电动机多用滚动轴承。

(5) 外罩。其作用是罩住定子和转子，使粉尘、杂物不能侵入二者内部。

596. 单相异步电动机与三相异步电动机有何异同？

单相异步电动机是鼠笼式三相异步电动机的派生品种，其结构与三相异步电动机的结构基本相同，转子也是鼠笼型的。单相异步

电动机的故障与三相异步电动机的故障也基本相同，如绕组短路、接地、断路、接线错误以及不能起动、电机过热等，其检查和处理方法与三相异步电动机基本相同。

单相异步电动机与三相异步电动机不同之点是：

(1) 三相电动机的定子绕组为 A、B、C 三个对称绕组，单相电动机的定子绕组只有两个绕组，即主绕组和副绕组。主绕组的各极相组是对称的，副绕组的各极相组也是对称的，但主绕组的极相组与副绕组的极相组则不一定是对称的（洗衣机电机的绕组除外）。

(2) 三相电动机的定子绕组 A、B、C 三相之间必须相隔 120° 电角度，单相电动机的定子绕组的主绕组与副绕组应相隔 90° 电角度，但有的单相电动机的主绕组与副绕组之间相隔大于或小于 90° 电角度也无问题，不像对三相绕组的要求那么严格。

(3) 三相绕组嵌线一般都采用吊把嵌法，而单相绕组则采用两平面嵌法，即先全嵌主绕组（主绕组都在外层），后嵌副绕组（副绕组都在里层），在嵌线方面比三相绕组简单、容易。

(4) 单相副绕组的线径比主绕组的线径细，容易烧坏。如果副绕组烧坏，主绕组未坏，则允许只更换副绕组，并且全换或只换一两个线圈都可。三相绕组因采用吊把嵌法，要换一个线圈很不容易，一般要以绕组为单位进行更换。

此外，单相绕组的结构比三相绕组复杂，单相定子绕组的主绕组和副绕组的导线线径不一样，修理一台单相电动机需要两种不同线径的导线（洗衣机电机除外），同时一个极相组的各线圈的匝数也不一定相等（如正弦绕组）。并且，单相绕组的型号复杂，有些单相电动机不是国家统一设计生产的产品，而是生产厂家自己设计生产的，因其起动方式不同，所以绕组的形式多种多样。而三相绕组则是严格按照统一标准绕制的，同时三相电动机是定点厂按国家统一设计标准生产的，修理时有统一的技术规范作为依据，即“有章可循”，只要严格按工艺规程操作，修理中不易发生差错。而单相电动机的修理则与此相反，需要修理人员“灵活处理”，仔细琢磨。

597. 单相异步电动机的接线标志是怎样规定的？

对这种电动机怎样进行正反转控制？

单相异步电动机定子主绕组标志为 U_1 、 U_2 ，副绕组标志为 Z_1 、 Z_2 ，离心开关标志为 V_1 、 V_2 。接线标志示例如图 4-2 所示。

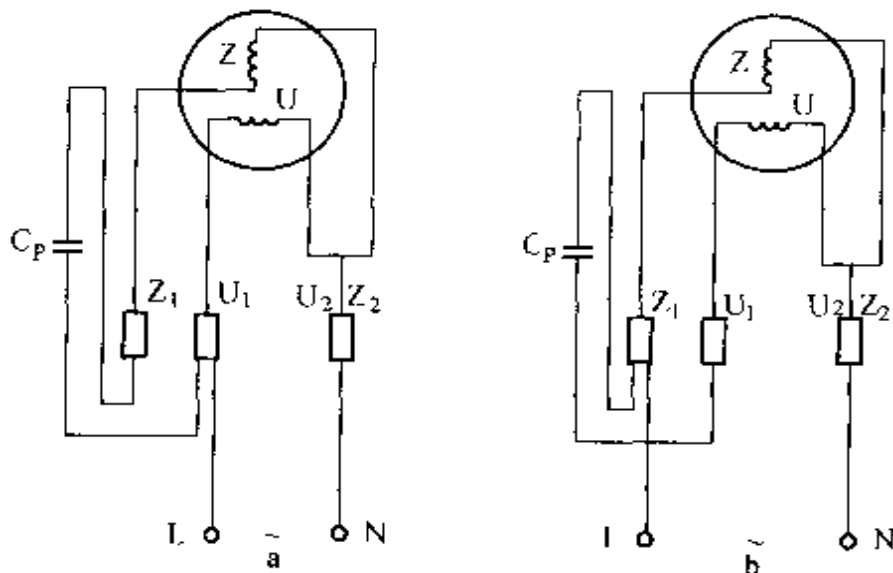


图 4-2 电容运转电动机正反转固定接线图

a. 正向；b. 反向

U 、主绕组； Z 、副绕组； C_p 、运转电容

常用单相异步电动机正反转控制方法如表 4-5 所示。变换主绕组或副绕组接法来改变电动机正反转的接线示意图如图 4-3 所示。主、副绕组完全相同的电容运转电动机正反转自动控制电路见图 4-4。由图 4-4 可见，将转换开关 S 转向“1”，运转电容 C_p 与副绕组 Z 串联，电动机便正转（假定）；将转换开关 S 转向“2”，运转电容 C_p 与主绕组 U 串联，电动机便反转。这种正反转控制方法广泛应用于要求频繁换向的工作机械（如洗衣机在洗涤时就是采用定时器作为转换开关 S 来控制其电动机的正反转）。

电容运转电动机正向或反向固定接线图见图 4-2。图 4-2a 中，运转电容 C_p 与副绕组 Z 串联，假定为正转；图 4-2b 中，改变了接线，运转电容 C_p 与主绕组 U 串联，电动机为反转。常见的

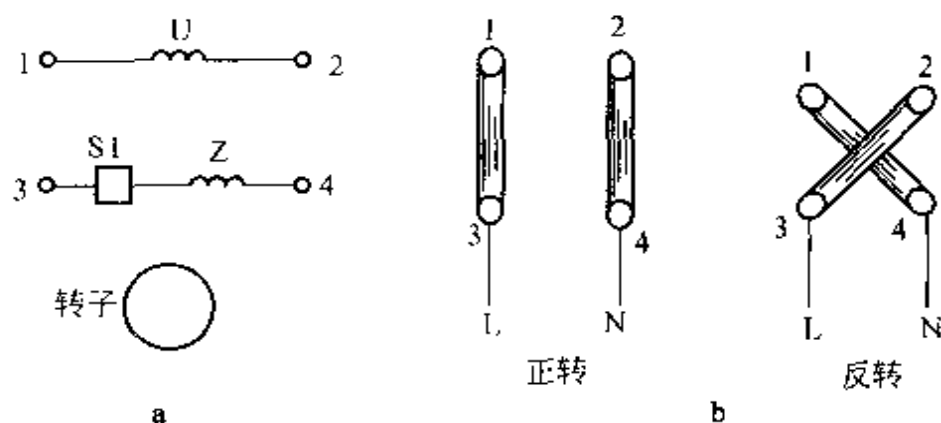


图 4-3 变换主、副绕组接法改变电动机正反转示意图

a. 接线端子示意图; b. 接线示意图

U. 主绕组; Z. 副绕组; S1. 起动装置 (含电容器和离心开关)

家用电风扇, 若转向反了, 只要按此方法改变接线, 其转向就会改变过来。

表 4-5 常用单相电动机正反转控制方法

| 名称 | 正反转控制方法 |
|----------|---------------------------------------|
| 分相起动式 | 改变主绕组或副绕组的接法 |
| 电容起动式 | 改变主绕组或副绕组的接法 |
| 电容运转式 | 改变主绕组或副绕组的接法; 对于主、副绕组完全相同的电机, 可改变电容接法 |
| 电容起动和运转式 | 改变主绕组或副绕组的接法 |
| 推斥式 | 挪动电刷位置。在运行中改变方向困难 |
| 罩极式 | 一般都不能改变旋转方向 |

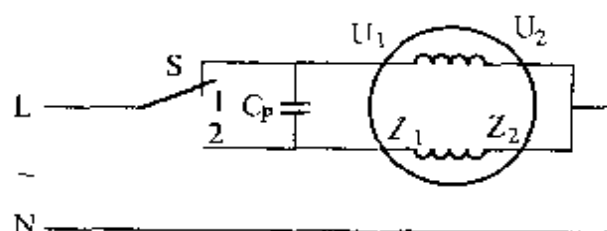


图 4-4 电容运转电动机正反转自动控制电路图

S. 自动转换开关; C_p . 运转电容

598. 怎样区分单相异步电动机的引出线？

在单相异步电动机中，只有罩极电动机比较特殊，它一般只从主绕组引出两根线连接电源。而其他分相电动机的主绕组和副绕组都各有引出线，所以分相电动机至少有三根引出线，其中一根是公共端引出线，而另外两根分别为两个绕组的另一引出线。至于有调速绕组的电动机，其绕组引出线则更多。

如果单相异步电动机只有三根引出线，则按一般常规，黑色线为公共端引出线，红色线为主绕组的引出线，绿色线为副绕组的引出线。有些电机生产厂家采用白、黑、绿三种颜色来表示三根引出线，即白色线为主绕组引出线，黑色线为公共端引出线，绿色线为副绕组引出线。此外，还有一些电机生产厂家采用红、白、绿三种颜色来表示三根引出线，即红色线为公共端引出线，白色线为主绕组引出线，绿色线为副绕组引出线。目前国内生产的单相异步电动机，其绕组引出线的颜色基本上就是以上三种情况。当然，偶尔也有采用白、绿、黄三色线或红、绿、黄三色线的。为了在电动机接线时不发生差错，接线前应使用万用表的最低电阻挡测试任意两根引出线的电阻值，根据测得的电阻值大小来判别各个绕组的引出线。如果用万用表测得某两根线之间的电阻值最大，则该两根线分别为主绕组和副绕组的引出线，而其余的一根线就是公共端引出线；然后再分别测试公共端引出线与另外两根引出线之间的电阻值，其中电阻值大者是副绕组的引出线，电阻值小者是主绕组的引出线。如果单相电动机能够正、反转，则主绕组与副绕组完全相同，所以电阻值也基本相同（如洗衣机的洗涤电动机），至于哪一根线为主绕组的引出线，则随电动机的转向而定。

599. 怎样确定单相异步电动机的旋转方向？

每一台单相异步电动机，在其固定的使用场合，一般都有其确定的旋转方向。例如，用于抽油烟机的单相异步电动机，应该逆时针方向旋转。在维修过程中，确定单相异步电动机旋转方向的方法如下：

(1) 对于决定重绕绕组的电动机，在拆除旧绕组之前，先将主、副绕组的出线和接线作好记录，以便重绕时按原记录出线和接线。这样，重绕后的电动机，其旋转方向就与原方向相同。

(2) 经过拆修的电动机，若旋转方向与原方向不同，则可将主绕组（或副绕组）的两个接线头对换一下接线位置（此时应注意，不要同时改变两绕组的接线），即可改变其旋转方向。因为单相异步电动机的旋转方向取决于主、副绕组的相序。

**600. 单相异步电动机接在三相供电系统中运行有何后果？
对同系统中的三相异步电动机有何影响？**

单相异步电动机只能接在单相电源（220 V）上使用。如果将其接在三相供电系统中运行，一旦安排不合理，就会造成三相电流不平衡。不平衡电流在系统的各相中将产生不同的电压降，导致电网三相电压不平衡。而三相电压不平衡对同一电网中的三相异步电动机将产生以下影响：

由于三相电压不平衡，三相异步电动机的定子上将产生一个逆序旋转磁场，此时电动机在正、逆两个旋转磁场的作用下运行。由于正序旋转磁场的强度比逆序旋转磁场要高得多，所以电动机按正序方向旋转，但电动机的转子逆序阻抗很小，所以逆序电流较大。由于存在逆序电流，将产生较大的逆序制动力矩，从而使电动机的输出功率大大减少，并且电动机的绕组也会出现过热现象。

**601. 单相异步电动机的起动机构包括哪几部分？
各部分的工作原理是什么？
怎样用按钮开关来取代损坏的离心开关和起动继电器？**

单相异步电动机的起动机构包括离心开关、起动继电器和 PTC 起动元件，三者的工作原理分述如下：

(1) 离心开关。它包括静止部分和旋转部分。静止部分装在前端盖内，而旋转部分则装在转轴上。离心开关利用转子转速的变化来改变其旋转部分的重块所产生的离心力大小，通过滑动机构来闭

合或分断触头，达到在起动时接通副绕组（起动绕组）的目的；电动机运转时重块飞离，触头断开，切断电源；电动机静止时，重块因有弹簧拉力而复位，触头闭合以备起动时接通电源。离心开关的结构比较复杂，电动机接通电源后，若离心开关的触头氧化或被电火花烧蚀而接触不良，则电动机就不能起动；如果电动机起动后，重块不能飞离，则副绕组也参与运行，运行不久副绕组就会因高温而烧毁。离心开关一旦损坏，必须予以更换。如果其触头接触不良，可用细锉修整或用砂纸研磨。

(2) 起动继电器。它受起动电流大小的控制，即起动电流使它动作，从而接通或切断副绕组。起动继电器一般装在电动机外壳上的接线盒内。电动机起动时，主绕组的起动电流较大，流过继电器线圈（继电器线圈串接在主绕组电路中）的电流产生足够大的电磁力吸引衔铁而使常开触头闭合，接通副绕组电路，从而电动机起动，转子的转速上升。随着电机转速的升高，主绕组的电流减小，当电流减小到一定程度时，由于继电器线圈的吸力不足，继电器释放复位，其常开触头随之断开，切除副绕组，使主绕组单独运行。如果在电动机的运行中发现继电器的动作失灵，可检查其触头是否接触不良，弹簧是否因氧化而失去拉力，线圈是否断路。此时能修则修，不能修复就更换继电器。

以上两种起动电器一旦损坏而在市场上又买不到相同规格产品，则可用按钮开关来代替：将按钮开关与副绕组串联后，串接于主绕组电源端，通过此开关来接通或切断电源。电动机起动时，按下按钮开关，接通副绕组电源，于是电动机起动运转；当电动机的转速达到 75% ~ 80% 额定转速时，松开按钮开关，便切断副绕组的电源，使主绕组单独运行。

(3) PTC 起动元件。它实际上就是一种正温度系数热敏电阻，由“通”至“断”的过程即为由低阻态向高阻态转变的过程。一般电冰箱用的 PTC 元件，其体积只有二分硬币大小，其优点是：无触点，无电弧，工作比较安全可靠；安装方便，价格较低。其缺点是：不能连续起动；两次起动之间需间隔 3 ~ 5 min。PTC 起动元

件低阻时的阻值为几欧至几十欧，而高阻时的阻值则高达几十千欧。常温下如果测得此起动元件的阻值较大，则表明它已损坏，应予以更换。

602. 怎样起动单相异步电动机？

单相异步电动机的起动有分相起动和罩极起动两种方法。

(1) 分相起动。包括电阻分相起动和电容分相起动。

①电阻分相起动。图 4-5 是电阻起动分相电动机接线图。在主绕组 Z_1Z_2 支路中，感抗是主要的。而在副绕组 F_1F_2 支路中，则采用加大电阻的办法（如采用高电阻线材或外接附加电阻）使支路中的阻抗以电阻为主。这样，就在两相电流之间产生相位差，使单相电源变为“两相”电源。这种电动机称为电阻起动分相电动机或单相电阻起动异步电动机。

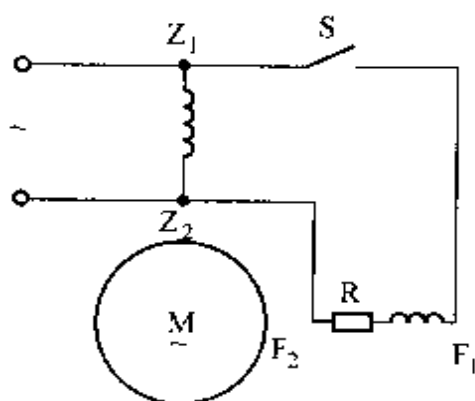


图 4-5 电阻起动分相电动机接线图

②电容分相起动。图 4-6 是几种电容起动电动机接线图。副绕组 F_1F_2 与电容器串联后，则与主绕组 Z_1Z_2 并联到电源上。如果绕组设计得合适，并选择适当的电容器容量，则可使起动时两相电流的相位差为 90° ，并使两相绕组的磁势幅值正好相等，从而获得理想的旋转磁场。

图 4-6a 中的副绕组和电容器 C_1 只在电动机起动时使用。当转速达到 $75\% \sim 80\%$ 额定转速时，由起动开关 S 将支路与电源切断，由主绕组单独运行。这种电动机称为电容起动电动机或单相电

容起动异步电动机。

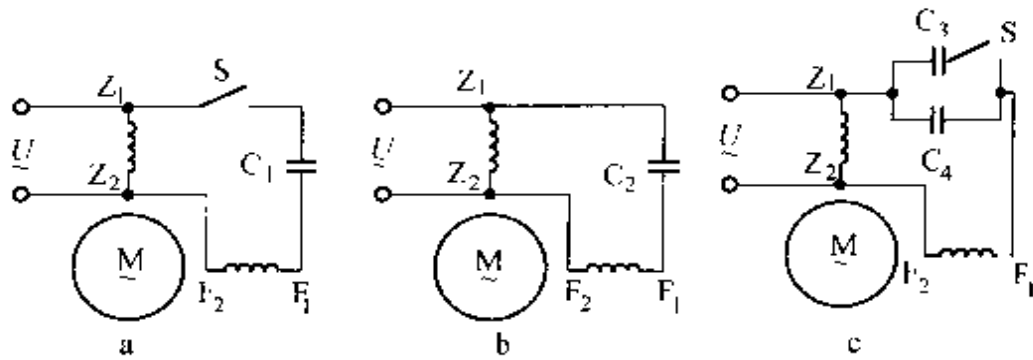


图 4-6 几种电容起动电动机接线图

图 4-6b 中的副绕组和电容器 C_2 在起动和运行时都接在电路上。这种电动机称为电容起动和运行电动机或单相电容运行异步电动机。

图 4-6c 中的副绕组电路中串联两个并联电容器 C_3 和 C_4 。考虑到电机在起动和运行两种状态下都需要不同的电容量，所以起动时 C_3 和 C_4 都接在电路中，当电机正常运行时，将 C_3 切除，使 C_4 单独参与运行。这种电动机称为单相双值电容电动机或单相双值电容异步电动机。

(2) 罩极起动。罩极电动机也有两套绕组，其中副绕组是短路线圈。罩极电动机按结构可分为凸极式和隐极式两种。图 4-7a 是

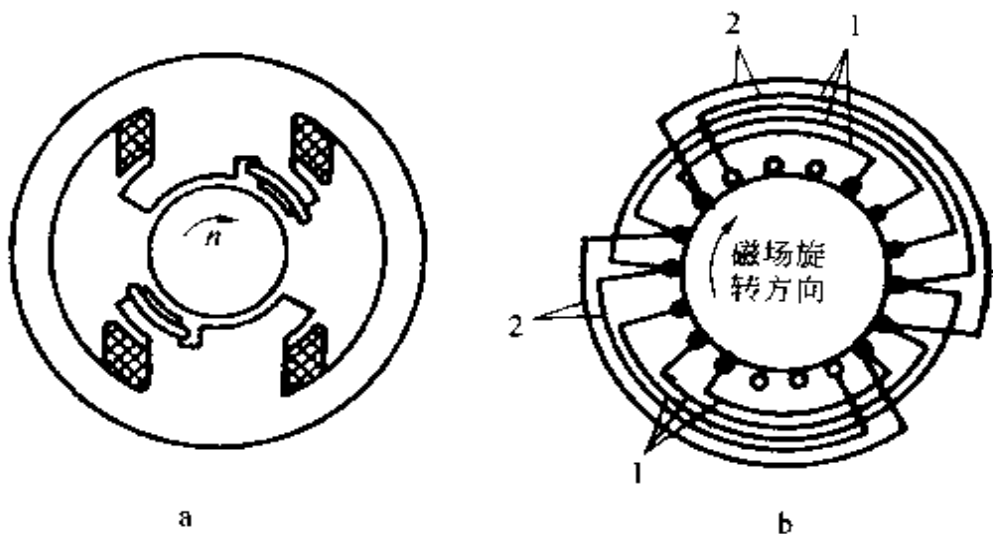


图 4-7 罩极电动机结构示意图
1. 主绕组；2. 副绕组

凸极式罩极电动机结构图。其定子铁芯由硅钢片叠成，每个极上绕有主绕组，在极面的一边开一小槽，槽中嵌一短路铜环作为副绕组，转子为笼型。隐极式罩极电动机（图 4-7b）的定子铁芯与一般交流电机相同，其主绕组和副绕组均嵌在槽内，两相相距约 45° 电角度。副绕组匝数较少，用粗导线绕制，自成闭路。这种罩极式电动机也能产生旋转磁场和起动力矩。

603. 单相电动机不能起动的原因是什么？怎样检查？

单相电动机最常见的故障是不能起动。不能起动一般有以下现象：合上闸刀开关电动机不转；电动机“嗡嗡”响，转轴只转而起动不起来或伴有冒烟现象；电动机在低速下转动，达不到额定转速。单相电动机不能起动一般有以下几方面的原因：

(1) 电源电压过低，闸刀接触不良，熔体熔断。

(2) 负载过大，传动机构卡住。

(3) 轴承损坏偏心，端盖装配不正，严重卡涩，转轴弯曲。

(4) 绕组短路或线路接错，罩极环开裂，转子断条（此时电机低速运转，速度忽高忽低）。

(5) 电容器断路、短路或电容量不足。

(6) 离心开关的弹簧压力不足，触点接触不良，焊点脱开。

单相电动机不能起动，可按以下方法检查：

在合闸接通电源以前，先对电机、机械负载、传动机构等进行外观检查，排除机械故障；随后检查电源电压、闸刀开关和熔体等，若无故障，然后接通电源，使电动机试运转。一般来说，单相电动机不能起动，大多是副绕组电路存在故障，应在这方面进行重点检查。

检查副绕组本身以前，先检查与其相连接的起动开关是否完好；将开关的两个接线端用一根导线短接后，起动电动机，若电机起动正常，则表明副绕组无问题，是起动器存在故障；若电机不能起动，则表明副绕组有故障。

604. 单相异步电动机起动后，其副绕组未及时切除有何后果？怎样检查副绕组是否切除？副绕组不能切除的原因是什么？

单相异步电动机起动后，其副绕组应立即退出电路。如果未及时将其切除，则电动机的电流将增大而电机发热，并产生噪声，同时转速也不能达到额定值。

单相异步电动机起动后，其副绕组是否切除，一般可按以下方法进行检查：将副绕组的两个引出线端拆开，使其脱离电源；用手盘动转轴，在转轴旋转时，迅速将主绕组接上电源，此时转子将立即升速而达到正常转速，噪声也消失。如果切断电源后，重新接入副绕组，电动机通电起动时产生噪声，转速达不到额定值，则表明副绕组在电动机起动运行时未切除。

单相异步电动机起动后，副绕组不能顺利切除的主要原因是：

- (1) 离心开关或起动继电器的触头烧蚀或不能断开。
- (2) 起动继电器的弹簧失效。
- (3) 转轴的轴向位置调整不当，将离心开关压得过紧，以致无法断开。此时应调整纸垫圈厚度，使离心开关能在规定速度时动作，切断副绕组电源。

605. 离心开关有哪些常见故障？故障原因是什么？怎样检查？

离心开关常见故障和故障原因如表 4-6 所示。

离心开关的故障可按下述方法检查：

(1) 开路故障。用万用表测量副绕组引出线头，一般可测得电阻为数百欧。如果阻值很大，则表明起动回路有断路故障。此时可拆开电机进一步直接测量副绕组电阻。如果阻值正常，则表明离心开关存在故障，然后按表 4-6 所列举的原因逐项检查处理。若构件严重磨损，则应予以更换。

(2) 触头失灵故障。对于电容分相或副绕组引线外接的分相电动机，可在副绕组回路中串入电流表，若电流表有电流指示，则表明触头失灵不能断开，此时应拆开进行检查和处理。

表 4 6

离心开关常见故障和故障原因

| 故障现象 | 故障原因 | |
|------------|--------|--|
| 电动机不能起动 | 离心开关开路 | (1) 弹簧失效, 无足够的张力使触头闭合 (2) 动作机械卡住 (3) 触头烧坏脱落 (4) 触头簧片过热失效 (5) 接线螺钉松脱或线头断开 (6) 动静触头间有杂物、油垢, 接触不良 (7) 触头绝缘板断裂, 触头不能闭合 |
| 电动机副绕组发热烧坏 | 离心开关短路 | (1) 弹簧过硬, 电动机达到预定转速时仍不能断开副绕组 (2) 机械构件磨损、变形, 导致触头不能断开副绕组 (3) 簧片式离心开关的簧片过热失效 (4) 动静触头烧熔粘结 (5) 甩臂式离心开关的铜环极间绝缘击穿 |

606. 使用和维护单相异步电动机应注意哪些事项?

单相异步电动机发生故障时按什么步骤进行检查?

使用和维护单相异步电动机, 一般应注意以下几点:

(1) 单相分相起动异步电动机, 只有在电机静止或转速降低到使离心开关闭合, 才能对其进行改变方向的接线。

(2) 单相异步电动机接线时, 应正确区分主绕组和副绕组, 并注意它们的首尾端。如果出现标志脱落现象, 则电阻大者为副绕组。

(3) 更换电容器时, 换上的电容器的容量和工作电压应与原规格相同。起动用的电容器, 应选用专用的电解电容器, 其通电时间一般不得超过 3 s。

(4) 额定频率为 60 Hz 的电动机, 不得用于 50 Hz 电源。否则, 将引起电流增加, 造成电动机过热甚至烧毁。

顺便指出，为了出口的需要，我国也生产频率为 60 Hz 的交流电动机。例如，从 Y (IP44) 系列派生的 60Hz 电动机，以及频率为 50 Hz 或 60 Hz 的 NEMA 标准电动机。选用出口转内销的电动机和使用引进设备所带的电动机（如美国、日本等国生产的设备所带的电动机）时，要特别注意这一问题。

单相异步电动机一旦发生故障，接通电源后就不能起动，或者虽能起动，但转速很低、出力小、严重发热或产生较大噪声等。修理时首先要搞清电动机的运行和使用情况，然后仔细检查、诊断和分析电机的故障。检查步骤如下：

(1) 外观检查。首先检查、观察电动机外部各零部件，如端盖、转子轴是否变形或损坏，接线是否松动，各部位的螺钉是否缺损、锈蚀，零件是否齐全等。如果发现转轴变形、弯曲，则应在车床上用千分表进一步测出其挠度大小，以确定是否存在定、转子相擦（扫膛）故障。

(2) 轴承和润滑油脂检查。先将转子辐向晃动，以检查轴承是否松动；然后将转子轴向推动，以判断轴承是否窜动；接着盘动转子，观察其转动是否灵活，查看润滑油多少、是否变质或干涸；最后仔细检查轴承是否破损和磨损程度。

(3) 起动装置检查。先检查起动开关、起动继电器是否损坏，动作是否灵敏；然后检查电容器是否开路、短路、变质、击穿或失效。

(4) 定、转子绕组检查。先检查定子绕组接线是否正确，观察绝缘是否老化或过热；然后检查绕组是否短路、断路、接地；最后检查笼型转子铸铝导条和端环是否断裂（如果是铜导条，则还要检查导条与铜端环焊接处是否断裂或有无裂纹）。

607. 怎样区分单相异步电动机主、副绕组的故障？

这种电动机的“单边磁拉力”故障有何特征？

是什么原因引起的？

区分单相异步电动机主、副绕组故障最简单的方法是：将副绕

组的两个引出线端子拆开，使其脱离电源，将一根细绳任意地紧绕在转轴上，然后将绳子用力一抽，则电机就立即转动起来，此时迅速将主绕组接通电源，若电机立即高速旋转并达到正常转速，同时无噪音或振动，则表明主绕组无故障，故障存在副绕组中。

检查副绕组故障之前，先使该绕组一端的引线从离心开关上脱离（烫开）。这样，就将离心开关的故障分离出去。副绕组本身的故障种类和排除方法与三相电动机相同，这里不作介绍。

单相异步电动机有一种奇特的故障现象：不通电时，电动机的转子可以用手盘动，但通电以后不仅不能起动，反而造成转子被定子吸住，虽加很大外力，也不能使它转动。这就是单相异步电动机的“单边磁拉力”故障的重要特征。

单边磁拉力故障在单相异步电动机中发生的几率较高，主要是气隙不匀引起的。而造成气隙不匀的主要原因是轴承磨损、转轴磨损、转子偏心、转轴弯曲、端盖与机座止口松动、端盖轴承孔与止口偏心、定子铁芯内圆与止口偏心等，查明具体原因后，可对症予以处理。

608. 单相异步电动机的绕组重绕布线工艺与三相异步电动机的绕组重绕布线工艺有何不同？修理单相异步电动机应注意哪些事项？

单相异步电动机的绕组重绕布线工艺与三相异步电动机的绕组重绕布线工艺基本相同，所不同的只有以下几点：

(1) 单相电动机只有主、副两相绕组，两绕组排列的相对位置只相隔 90° 电角度。

(2) 两相绕组的每组线圈数，每一线圈的匝数、线径和各线圈的节距一般都不相同。

(3) 同相绕组各线圈的匝数不一定相同。

(4) 各种型号的单相电动机，其绕组各有独特的数据，不像三相异步电动机那样有一定的规律，因此重绕绕组时应以原始数据为依据。

(5) 单相电动机绕组多数为同心式，一般主绕组嵌在底层，副

绕组嵌在上层，成两平面型，但也有单双层混合的。

(6) 特殊的单相电动机（如吊扇电动机）与一般单相电动机不同，其定子绕组不是嵌在定子腔周围，而是嵌在圆柱形定子的外缘线槽内，定子固定不动，而转子则设计成圆筒形，套在定子外围转动。此外，主、副绕组采用双层叠式间隔槽嵌线。

修理单相异步电动机要特别注意以下几点：

(1) 由于单相异步电动机的副绕组和主绕组的匝数和线径都不相同，并且同一组线圈中各线圈的匝数也不相等，所以拆除旧绕组记录数据时这一点应予以特别注意。

(2) 离心开关容易失灵。如果失灵，副绕组很快就会烧毁。旧的离心开关很难修复，如果它不能可靠地起断路作用，可在副绕组电路中串联一只按键开关来取代它。起动电动机时，按下按键开关，使副绕组通电，待电动机起动运转后达到正常转速，便立即松开按键，切断副绕组的电路。

(3) 小型排气风扇的电容分相电动机在重嵌绕组后，如果转速不能达到额定值，可能是副绕组和主绕组装错。纠正的方法是将电容器改接入另一绕组，使副绕组和主绕组对调一下。这样，转速就可调整到正常值。如果发现电动机的转向不对，则将副绕组与主绕组并头的线端对调一下，转向就会纠正过来。

(4) 很多老式小型单相异步电动机不使用轴承，而使用油令。运行日久，由于油令或转轴磨损，转子下沉，因此转子偏心而被定子吸住，电动机不能起动。验证的方法是用手使转轴上下移动。若出现松动现象，则表明油令或转轴确已磨损，应换上新油令。

609. 电容起动电动机、电容运转电动机和电容起动运转电动机各有何特点？

起动单相异步电动机时，为了保证通入两套绕组（主绕组和副绕组）中的电流有不同的相位，常在副绕组中串联电容器，使其中的电流相位超前，这种串联电容器起动的单相电动机称为电容起动电动机（图4-8）。这种电动机的电路中装有离心开关，当电动机

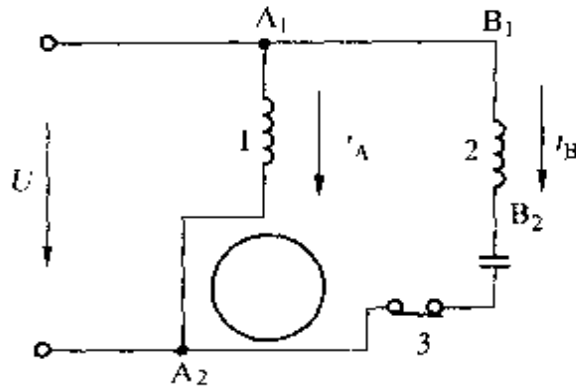


图 4-8 电容起动电动机原理图
1. 主绕组；2. 副绕组；3 离心开关

起动后其转速接近额定转速时，接点能自动打开，以断开副绕组。副绕组从电路中断开后，主绕组的单相电流所产生的在空间不旋转的脉振磁场可以分解为正、反两个旋转磁场，但旋转的转子对正、反向旋转磁场的作用不同，所产生的正向转矩比反向转矩要大得多，所以电动机能继续运转。

电容运转电动机（图 4-9）在结构上除没有离心开关或起动继电器外，其余部分均与电容分相电动机相同。其特点是：

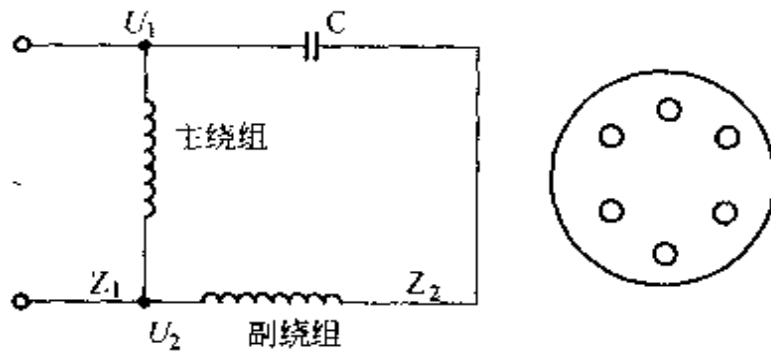


图 4-9 电容运转电动机原理图

(1) 旋转磁场的形成必须满足以下条件：主、副绕组在空间相差 90° 电角度嵌放；主、副绕组的电流在相位上相差 90° （因为装有电容器）。

(2) 主绕组的漆包线较粗，匝数少，电阻小；副绕组的漆包线较细，匝数多，电阻大。匝比 K （副绕组匝数与主绕组匝数之比）大于 1，这一点与分相式电动机不同。

(3) 具有较好的运行特性，效率、功率因数都较高，但起动转矩较小。电容运转电动机有 C02 基本系列产品，广泛用于电风扇、洗衣机。

电容起动运转电动机（图 4-10）在结构上除副绕组中有两个电容外，其余部分与电容运转电动机相同。

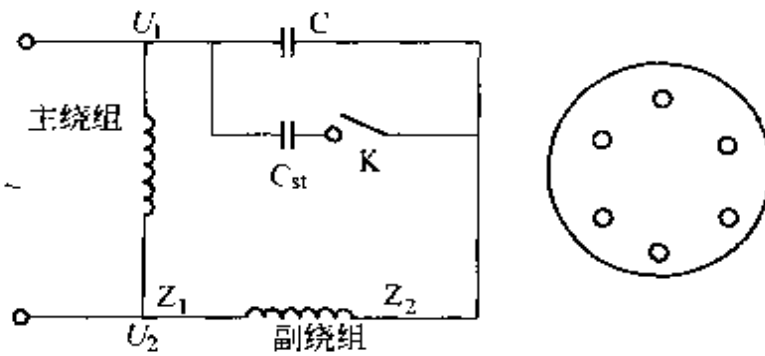


图 4-10 电容起动运转电动机原理图

当电动机起动后，转速达到 $75\% \sim 80\% n_1$ (n_1 为旋转磁场的转速) 时，通过起动开关将起动电容器 C_{st} 切除，而副绕组和工作电容 C 继续参与运行。这种电动机具有较好的起动性能，较高的过载能力、功率因数和效率，没有电容运转电动机起动性能差的缺点，适用于家用电器、水泵和小型机床等。

610. 电容电动机怎样正确接线？

许多家用电器（如台扇、吊扇、洗衣机等）都使用电容电动机。在维护、检修这种电动机时，常常遇到如何正确接线的问题。如果接线错误，电动机就不能正常运转，严重时甚至造成事故。下面介绍电容电动机的正确接线方法。

电容电动机的定子内有主绕组和副绕组，一般有三根引出线，其中一根是公共引出线。主绕组应接电源，副绕组应串电容后接电源（图 4-11）。要做到接线正确，应注意以下两点：

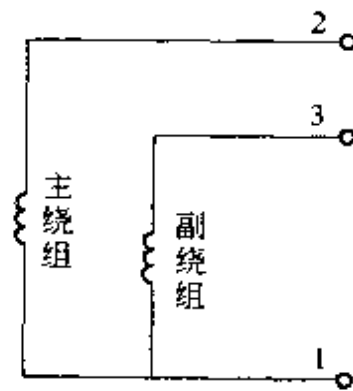
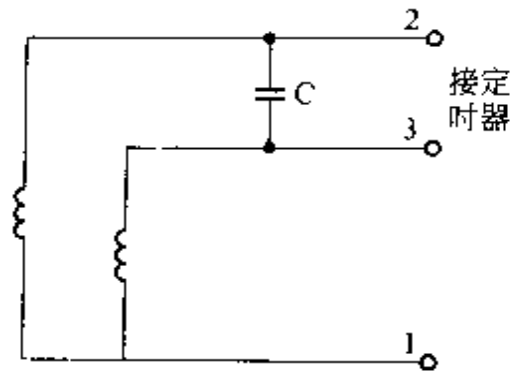


图 4-11 电容电动机引出线

(1) 找出公共引出线和主、副绕组引出线。查找方法见第 598 问。但是，洗衣机用的电容电动机是可逆运转的，两套绕组对称，阻值相等，因此只要找出公共引出线即可，然后将电容器接在两绕组的单独引出线之间（图 4-12）。



洗衣机用的电动机靠定时器控制，使两绕组轮流承担主、副绕组的作用。

电容电动机的接线如果发生差错（如误将电容器串接在主绕组中），就会造成电机不能转动或转速很低。遇到这种情况，就要按上述方法（即 598 问）仔细核对接线。此外，也可将电容器的接线位置改换在另一绕组上，然后通电试车，如果故障消除，则表明接线正确。

(2) 调整电动机的转向。多数情况下，都要求电动机有固定的转向，如吊扇、台扇、落地扇和家用鼓风机等（洗衣机除外）用的电容电动机，其转向都是固定的（即单向运转）。电动机大修后，如果起动、运转都正常，但转向不对，则将副绕组两引出线的接线位置对调一下，即可纠正转向。所以，在更新定子绕组时，最好引出四根线，以便于调整电动机的转向。

611. 怎样改进分相电动机绕组的接线？

在分相电动机的检修中，经常发现起动用的离心开关已损坏到无法修复的程度，有时也遇到由于离心开关动作失灵，电动机绕组被烧毁的情况。为了避免离心开关发生故障，可在按钮控制的基础上改进接线，用继电器来辅助起动，在电源开关合上后，不使电动机立即受电。单相电动机绕组改接线原理图如图 4-13 所示。起动电动机时，先将开关合上，此时继电器线圈无电，不能动作，动触头也未与静触头接触，所有各绕组都无电流。将按钮按下后，所有

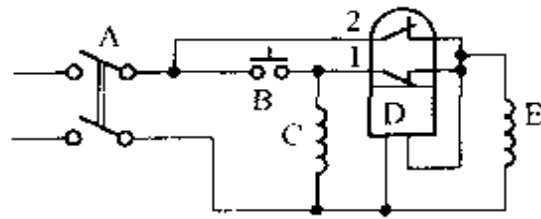


图 4-13 单相电动机绕组改接线原理图

A. 闸刀开关；B. 按钮开关；C. 副绕组；
D. 继电器；E. 主绕组；1、2. 触头

绕组都有电（主绕组和继电器线圈由触点 1 接通电源，因此继电器动作，常开触点 2 闭合，此时主绕组和继电器线圈经触点 2 接通电源），电动机起动运转。起动完毕，将按钮放开，副绕组的电源被切断，电动机正常运转。如果需要电动机停止运行，将开关拉开，便切断电源，电动机恢复原来静止状态。这种接线的优点是不会因操作错误而烧坏电动机。

612. 分相电动机不能起动或者虽能起动但转速很低、电流大、出力小怎么办？这种电动机的起动装置有哪些常见故障？怎样处理？

分相电动机不能起动或者起动时转速很低、电流大、出力小，可能有以下几方面的原因，可采取相应措施予以处理：

(1) 熔体熔断、插头接触不良或电源线断路。首先检查熔体是否熔断。如果熔断，查明并排除熔断原因后，可换上相同规格的熔体。如果熔体未断，则再检查插头和插座是否松动、外张或断裂，若存在缺陷，则对插头和插座进行修整或更换。如果插头和插座未存在问题，则分段查找电源线是否断线，若断线，则将断线接好并包好绝缘。

(2) 电源电压过低。检查电源电压，如果电压比额定值低 5% 以上，则应将电压调整到额定值。若无法调整，则应加装稳压器。

(3) 主绕组或副绕组开路或短路。可按 622 问表 4-13 所介绍的方法进行检查。

(4) 主绕组或副绕组部分线圈嵌反或连接线接错。在主绕组或

副绕组中通以低压直流电（电流不宜过大，使指南针能正确反应即可），用指南针逐槽检测，即可查出嵌反的线圈或接线错误。将嵌反的线圈起出后，重新按正确方向嵌好，同时改正错误接线。这类故障一般只可能出现在修理过线圈或连接线后的第一次试运行。

(5) 严重过载。如果电动机容量选择合适，而运行中突然出现过载，则可能是所拖动物机械出现故障，应检查所拖动物机械。如果机械运行正常，则是电动机容量过小，应调换大容量电动机。

(6) 电容器容量选择不当。通常，电容量过小会造成起动转矩不足而使电动机起动困难或不能起动，应调换容量合适的电容器。

(7) 电容器损坏。可按 618 问所介绍的方法进行检查和处理。

(8) 离心开关动作失灵。可按表 4-7 进行检查和处理。

表 4-7 分相电动机起动装置常见故障和处理方法

| 故障现象 | 可能原因 | 处理方法 |
|-----------|---|---|
| 开关触头磨损大 | (1) 触头脏污，油垢多 (2) 开关机构卡住，动作不灵活 (3) 触头接触不良或灼伤 (4) 转轴轴向窜动大 (5) 滑板滑动失灵 | (1) 消除污物和油垢 (2) 进行检查和调整，使机构动作灵活 (3) 调整弹簧压力到适中，修复灼伤面 (4) 检查后在轴的一端加适当厚度的绝缘垫 (5) 调整弹簧和滑板，使滑板滑动灵活 |
| 起动开关运转不灵活 | (1) 开关与起动线圈连接处接触不良 (2) 起动开关安装位置不对 (3) 弹簧压力过大或过小 (4) 电机过载，开关发热 (5) 开关调整不当，离心力不正常 (6) 开关触头接触不良 | (1) 检查后将连线拧紧或焊牢 (2) 检查后调整安装位置 (3) 测试后，若压力过大，则对弹簧进行退火处理；若压力过小，则将弹簧淬火或予以更换 (4) 减轻负载到合适值 (5) 检查后调好开关 (6) 用细砂纸磨光触头，对好活动片 |

续表

| 故障现象 | 可能原因 | 处理方法 |
|-------|---|--|
| 继电器烧坏 | (1) 接线错误 (2) 继电器线圈匝数不对 (3) 线圈严重短路 (4) 电源电压过高 (5) 继电器选型不当 (6) 铁芯严重锈蚀、片间短路 | (1) 检查后改正接线 (2) 按规定匝数进行增减或更换线圈 (3) 更换线圈 (4) 调整电压到额定值 (5) 按要求换上合适的继电器 (6) 调换铁芯 |

(9) 气隙中有脏物卡住。检查气隙，清除脏物。

(10) 轴承损坏或卡住。检查轴承磨损情况，如果严重磨损，则应予以更换。如果轴承内进入脏物，则应清洗轴承。如果润滑油脂干涸，则首先应清洗轴承，然后换上新润滑脂。如果轴承装配不良，则应重新装配，使转轴转动灵活。

(11) 所拖动机械卡住。检查和排除所拖动机械的故障。

必须指出，分相起动电动机在低速下运转时间过长，将导致副绕组烧毁。因为电机转速达不到一定值，离心开关的触头就不能打开，使副绕组长时间接入电路而过热烧毁。所以，对电机转速低这一故障不可掉以轻心，一旦发现，应及时处理。

分相电动机在起动方面比罩极电动机复杂，它不仅有专门的起动绕组（副绕组），而且还有起动用的离心开关或起动继电器。起动装置发生故障，同样将造成电动机起动困难或不能起动。起动装置常见故障、故障原因和处理方法如表 4-7 所示。

613. 对电容电动机怎样进行调速？

图 4-14 是电容电动机串电抗器降压调速的电路原理图。在图 4-14a 中，电抗器仅作降压调速用；在图 4-14b 中，电抗器除作降压调速之用外，还兼作指示灯电源。指示灯电源线圈 aa' 与降压用线圈 bb' 应反向串联（即头头相接），以使指示灯电压较稳定。线圈 aa' 串接在电机的副绕组中。

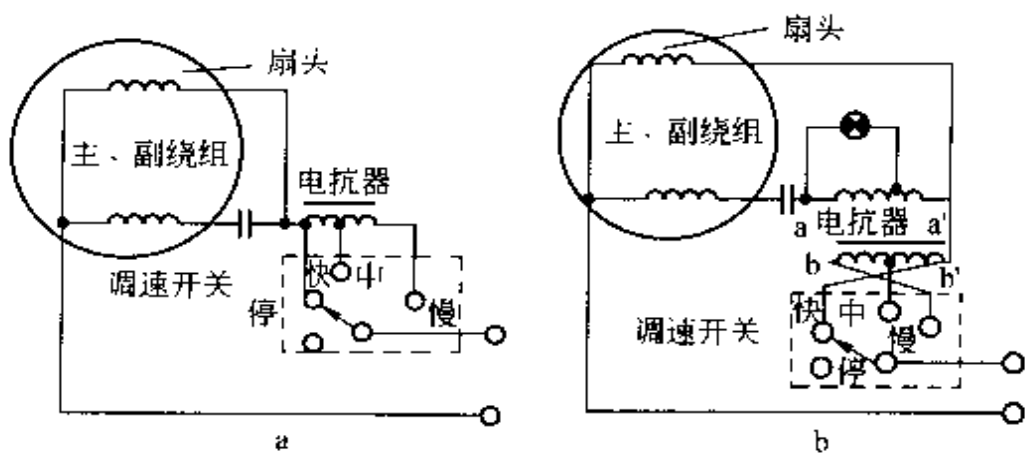


图 4-14 电容电动机串电抗器调速电路

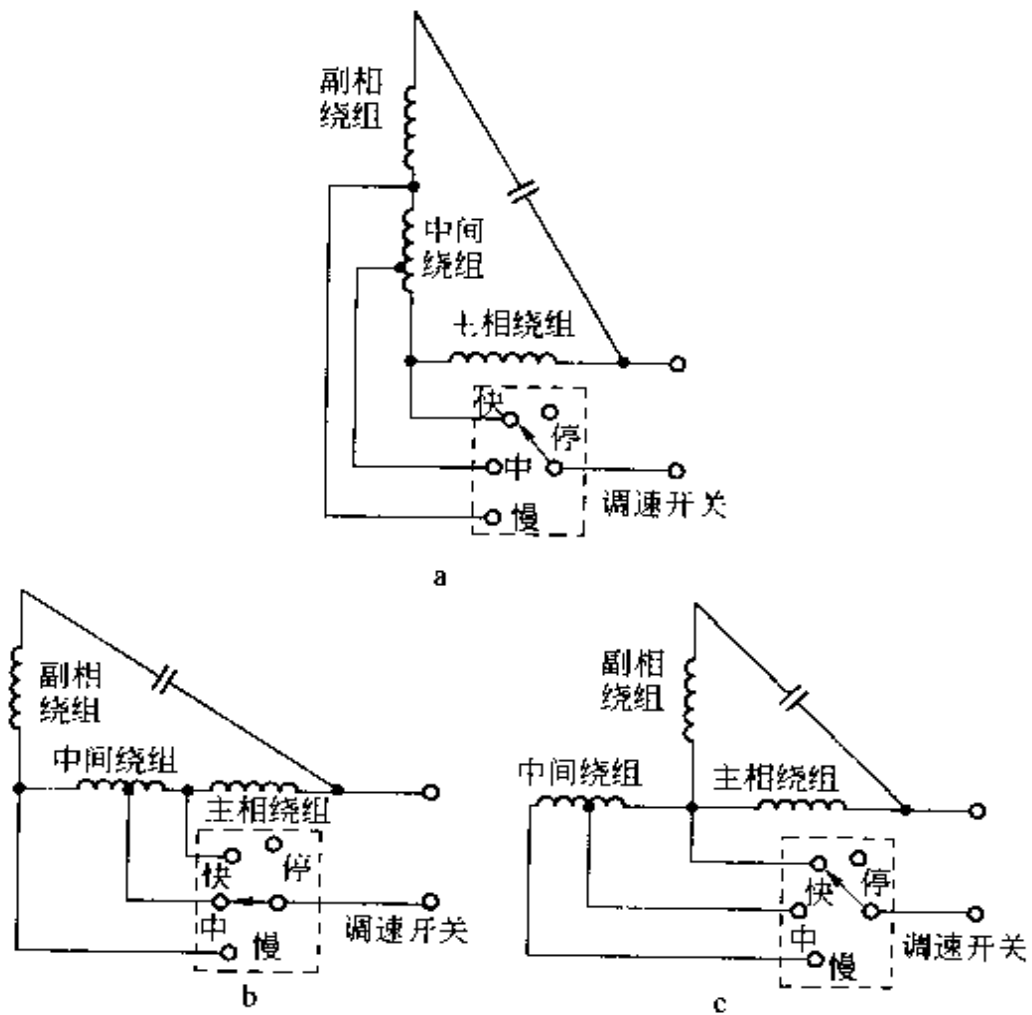


图 4-15 电容电动机抽头调速电路
a. L-I 接法; b. L-II 接法; c. T 接法

图 4-15 是电容电动机抽头调速的电路原理图。电机除有主、副绕组外，还有一个中间绕组。图 4-15a 为 L I 接法，中间绕组与副绕组串联；图 4-15b 为 L II 接法，中间绕组与主绕组串联；图 4-15c 为 T 接法，中间绕组在主、副绕组回路之外。

614. 怎样选配电容器？

电容器分为电容起动异步电动机用的起动电容器、电容运转异步电动机用的运转电容器及双值电容异步电动机用的起动电容器和运转电容器。电容器的选配方法如下：

(1) 起动电容器。起动电容器为电解电容器，一般为圆柱形，铝外壳，主要参数如下：额定电压 250 V；电容量精度 $\pm 10\%$ ；适用环境温度为 $-10 \sim +70^{\circ}\text{C}$ ；耐湿热时间分为 4、10、21、56 d，正常应用时为 21 d；损耗角正切 $\text{tg}\delta = 0.08 \sim 0.15$ 。

电容器的额定电压，是指在电容器设计规定的额定频率和额定工作状态时的正弦波电压有效值。电解电容器的最高电压，是指在起动和断开电容器的两个瞬时之间电容器引线头上的允许最高电压有效值（其值约为额定电压的 1.25 倍）。

电容器的选配除应使电动机达到技术条件规定的起动转矩外，还须保证起动过程中电容器端电压不超过其允许最高电压值。一般用途的电容起动异步电动机不同额定功率所配用的起动电容器容量如表 4-8 所示。

表 4-8 电动机额定功率与起动电容器容量关系

| | | | | | | | | | |
|------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 额定功率 (W) | 120 | 180 | 250 | 370 | 550 | 750 | 1100 | 1500 | 2200 |
| 起动电容 (μF) | 75 | 75 | 100 | 100 | 150 | 200 | 300 | 400 | 500 |
| 容抗 ^① (Ω) | 42.4 | 42.4 | 31.8 | 31.8 | 21.2 | 15.9 | 10.6 | 7.95 | 6.36 |

注：①电源频率为 50 Hz 时。

(2) 运转电容器。运转电容器为油浸式金属箔电容器或金属化薄膜电容器，后者的电极是介质上沉淀的金属层（例如通过蒸发来

获得)。目前已能够生产在介质击穿时能恢复功能的自愈电容器。运转电容器有铁壳、铝壳和塑料壳三种。铁壳和塑料壳一般做成扁方形，而铝壳则呈圆柱形。运转电容器的主要技术参数如下：额定电压 250、400 (450)、500、660 (630) V；电容量精度 $\pm 5\%$ ；适用环境温度为 $-40 \sim +100^\circ\text{C}$ ；耐温热时间分为 4、10、21、56 d，正常应用时为 21 d；损耗角正切 $\text{tg}\delta < 0.004$ （金属箔或金属化膜电容器）或 < 0.01 （金属化纸介电容器）。

金属箔和金属化电容器，无论其运行种类如何，都适于在 1.1 倍额定电压下长期运行，该电压不包括由于接通和断开电容器所引起的瞬态电压，但包括谐波和电源电压波动的影响。

电动机副绕组电路中电容器端电压 U_c 可按下式计算：

$$U_c = \sqrt{U_m^2 + (aU_m)^2} = U_m \sqrt{1 + a^2}, \text{V}$$

式中 U_m 为主绕组电压，V； U_m 为副绕组电压，V； a 为副绕组有效匝数与主绕组有效匝数之比。

所选择的电容器，其额定电压应大于上述计算值，以保证电动机从空载到满载运行时电容器端电压都不超过其额定电压。运转电容器电容量的选配，应力求电动机实现对称运行，使电动机具有良好的运行性能，并使电动机的堵转转矩、堵转电流和最大转矩等指标都符合要求。一般用途的电容运转电动机不同额定功率所配用的运转电容器容量如表 4-9 所示。

表 4-9 电动机额定功率与运转电容器容量关系

| | | | | | | | | | | |
|------------------------------|------|------|----------------|------|------|-----|-----|-----|-----|-------|
| 额定功率 (W) | 4 | 8 | 15 | 25 | 40 | 60 | 90 | 120 | 180 | 250 |
| 运转电容 (μF) | 1 | 1 | 2 ^① | 2 | 2 | 4 | 4 | 4 | 6 | 8 |
| 容抗 ^② (Ω) | 3180 | 3180 | 1590 | 1590 | 1590 | 795 | 795 | 795 | 530 | 397.5 |

注：① 2 极电动机配用 $1 \mu\text{F}$ 。

② 指电源频率为 50 Hz 时。

(3) 起动和运转电容器。双值电容异步电动机配用的起动电容器和运转电容器的容量如表 4-10 所示。

表 4-10

双值电容异步电动机电容器选配

| 额定功率 (W) | 250 | 370 | 550 | 750 | 1100 | 1500 | 2200 | 3000 |
|------------------------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|
| 起动电容 (μF) | 75 | 75 | 75 | 75 | 100 | 200 | 300 | 300 |
| 运转电容 (μF) | 12 | 16 | 16 | 20 | 30 | 35 | 40 | 50 |

615. 为什么不可随意改变电容电动机（电扇电机）上的电容器容量？

电容电动机分为电容起动电动机、电容运转电动机和电容起动运转电动机三种，其中以电容运转电动机应用较广。

单相电容运转电动机的工作原理类似交流两相电动机（图 4-16）。由于一般家庭仅有单相电源，所以采用电容器来起分相作用，因而电容器的容量的选用比较严格，以保证电机在额定或给定负载下能产生接近圆形的旋转磁场，从而具有良好的起动和运行性能。因此，更换电扇的电容器时，应换上相同型号、容量和容差的电容器，不得随意改变电容量。同时，还要注意电容器的耐压值，以免因耐压强度低而在运行中被过电压击穿。对于电容运转电动机，从空载到满载，电容器两端的工作电压应不大于电容器的额定电压；对于电容起动电动机，电容器的最高耐压值应不低于从起动开始到电容器在电路中被切除的瞬间可能受到的最高电压值。

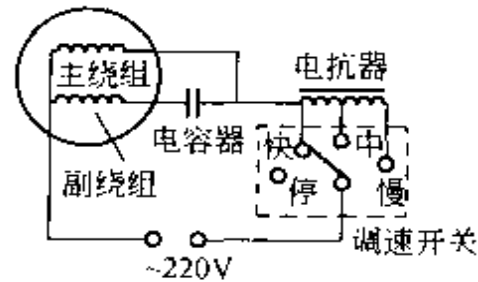


图 4-16 电容运转电动机接线图

如果把电容量小的电容器换到电扇上，则会造成电扇起动困难，在电源电压降低的情况下甚至无法起动，即使勉强能起动，转速也会下降，同时风量减小；相反，如果把电容量大的电容器换到电扇上，则电扇的工作电流和功率就会增大，转速就会增加，结果使电动机的绕组发热而损坏，当工作电压升高时，绕组损坏更为严

重。表 4-11 列出电容式台扇配用的电容器容量和工作电压。

表 4-11 电容式台扇配用的电容器容量和工作电压

| 电扇规格 (mm) | 250 | 300 | 350 | 400 |
|-----------------------|---------|---------|---------|---------|
| 电容量 (μF) | 0.8~1.0 | 1.0~1.5 | 1.2 | 1.2 |
| 工作电压 (V) | 400 | 400~500 | 400~500 | 400~500 |

616. 什么叫做电容器失效？怎样测量电容器的容量？

所谓电容器失效，从广义上来说，是指电容器发生各种故障而损坏，但一般是指电容器的充放电能力降低，导致容量发生变化。电容器失效除故障引起的原因外，还可能是过电压和制造材料、制造工艺不良等所致。电容器的容量不足可能导致电动机的起动性能和运行性能均恶化。

电容器容量的测量方法如下：

(1) 电压-电流表法。在电容电路中，于外加正弦电压作用下，电流与容抗的关系符合欧姆定律，按图 4-17 所示电路检测即可由下式求出电容器的电容量：

$$C = \frac{I}{2\pi fU} \times 10^6$$

式中 U ——电容器两端外加的试验电压，V；

I ——电容电路中的电流，A；

f ——试验电源频率，Hz；

C ——所测电容器的电容量， μF 。

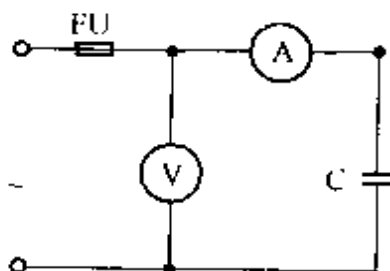


图 4-17 电容器的电压-电流表测量电路

(2) 电容量直读测量法。测量电路如图 4-18 所示。图中 R 为标准电阻箱的无感电阻，其值可根据测量范围从表 4-12 中选取。测量时，先将开关 S 倒向 L，并把电压调至表中选定数值；然后转换到 R 侧，所测得的电压值 (V) 对应的电容量即是所测电容量 (μF)。

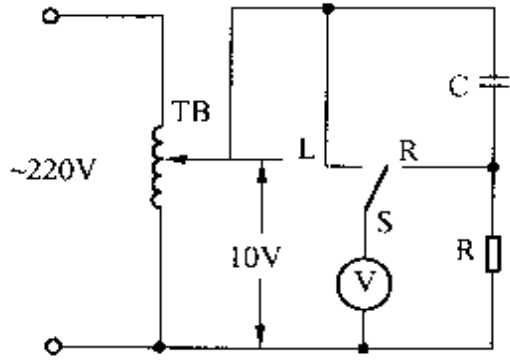


图 4-18 电容器测量电路

TB. 调压器；V. 电压表（高内阻数字式）；C. 所测电容器；R. 标准电阻箱

表 4-12 电容量测定的电压、电阻值选择表

| 测量范围 (μF) | 0.2 ~ 4.84 | 1.0 ~ 24.2 | 0.637 ~ 15.4 |
|------------------------|------------|------------|--------------|
| 测定电压 (V) | 10 | 50 | 31.83 |
| 选用标准电阻值 (Ω) | 318.3 | 63.66 | 100 |

617. 电容器外壳带电的原因是什么？怎样处理？

电容器外壳带电一般有几方面的原因：

(1) 装配质量不佳。电容芯子装配质量差（不牢固），运输过程中电容器受到振动而降低绝缘强度，导致外壳带电。

(2) 制造工艺不良。由于工艺不完善，在油浸金属化纸介电容器的极板上喷涂金属层时，极板上出现金属颗粒，这些颗粒在极板边缘形成尖角，不但减小绝缘距离，而且还形成对地放电途径，从而使外壳带电。

(3) 材质不良。电容器壳盖采用胶皮封装时，由于胶皮材质不

良，封装部位受潮，表面电阻急剧下降，也往往造成外壳带电。

(4) 线路结构存在缺陷。为满足电磁性能上的要求，电容起动运转电动机常采用如图 4-19 所示的串、并联电容器线路，若 C_1 、 C_2 的公共极板 A 为外壳，且 $C_1 \approx C_2$ ，则 A 点便形成高电位，从而使外壳带电。

如果检查确认是装配、制造或材质方面的原因造成电容器外壳带电，则应调换合格的新电容器。如果是线路结构存在缺陷而引起外壳带电，一般与地不会构成完整的回路，人体与外壳接触不至受到伤害。改进线路结构的方法是：将电容器外壳接地，使其与地等电位，同时在外壳上加塑料绝缘套管。

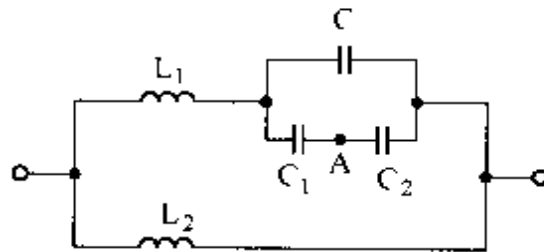


图 4-19 单相电容起动、运转电动机的接线

L_1 ：副绕组； L_2 ：主绕组

618. 电容器发生故障的主要原因是什么？怎样检查和处理？

电容器是单相电容起动电动机、单相电容起动运转电动机和单相电容运转电动机不可缺少的一个重要元件。电容器的质量直接影响单相电容电动机的工作可靠性，因此对电容器的故障不可掉以轻心。引起电容器发生故障的主要原因是：

(1) 电容器经过长期使用，引线头断开，或者由于长期存放，保管不善而受潮腐蚀，使引线霉烂，造成引出线接触不良或断线。电容器断路会使副绕组电路不通，电扇无法起动运转。

(2) 电解电容器或复合介质金属化电容器的容量逐渐变小（自然失效），使电动机的起动转矩随之降低，导致电机起动困难甚至不能起动。自然失效的电容器有时会使电扇运转失常或倒转，有时通电后扇叶不转，拨动扇叶，则扇叶按拨动方向转动。

(3) 由于电动机长期运行于过高的电压下, 电容器的绝缘介质被击穿而短路或断路。短路的电容器接在副绕组中, 会使回路中的电流过大, 造成绕组过热或烧毁。

电容器的故障可按下述方法检查:

(1) 将万用表拨到 $1\text{ k}\Omega$ 或 $10\text{ k}\Omega$ 挡, 为安全起见, 先用万用表的一支表笔将电容器的两个接线端短路, 使之放电, 然后将万用表的两支表笔接电容器的两个出线端, 观察万用表指针摆动情况:

①如果指针静止不摆动, 则表明电容器有断路故障。

②如果指针大幅度摆动, 摆向电阻为零的方向, 然后慢慢回到某一电阻值 (约几百千欧以上), 则表明电容器良好, 无故障。

③如果指针大幅度摆动到电阻为零的位置后, 指针不再返回, 则表明电容器有短路故障。

④如果指针摆动到某刻度的位置后, 停下来不返回, 则表明电容器严重漏电, 此时指针所指示的电阻值就是电容器的漏电电阻值。

⑤如果指针的摆动比测量正常电容器时的摆动小, 则表明电容器的容量下降, 未达到标准容量的数值。

⑥将万用表拨到 $R \times 100$ 挡, 用一支表笔接电容器的一端, 另一支表笔接电容器另一端的外壳, 如果指针指零, 则表明电容器对外壳短路, 然后对电容器的另一端也测量一次。

必须指出, 用万用表的 $1\text{ k}\Omega$ 或 $10\text{ k}\Omega$ 挡测试时, 不得用手捏住两支表笔的金属部位, 因为人体也有几百千欧电阻, 会影响测量结果。

(2) 将电容器接至交流电源 $1 \sim 2\text{ s}$ (不得超过 3 s , 以免烧坏电容器), 此时电容器已充电; 然后用改锥将电容器两端短接, 正常的电容器, 放电时应有火花, 电容量越大, 放电能量越高, 火花越清脆强烈; 如果无火花, 则表明电容器断路或电容量减小。检查时不可用手去触摸电容器两端, 以免发生危险。

(3) 按图 4-20 所示, 将电流表和电压表分别与电容器串联和并联, 通过熔体接在适当电压 (根据电容器的额定电压决定) 和 50 Hz 的交流电源上; 对电解电容器, 通电时间应控制在数秒钟以

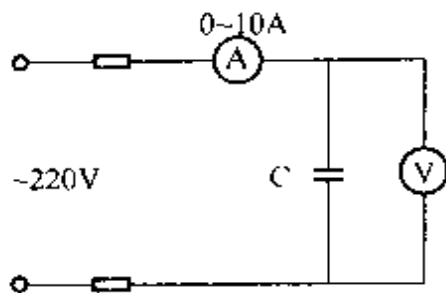


图 4-20 电容器的电容量测试线路图

内，以免损坏电解电容器；记录电流表和电压表的读数，按下式算出电容器的容量：

$$C = 3180 \frac{I}{U}, \mu\text{F}$$

式中 I ——电流表读数，A；

U ——电压表读数，V。

将计算值与电容器的标准容量比较，即可得出容量下降的数值。若计算值小于电容器额定值的 60%，则表明电容器已失效，应予以更换。

检查结果，如果电容器发生短路、断路故障，一般是调换同型号、同容量的电容器。如果电容器的容量下降，但尚能满足使用要求，则可继续使用；如果造成电动机的性能明显恶化，则应调换同规格的新电容器。

619. 单相异步电动机常使用哪两种轴承？轴承发生故障时怎样检查和处理？

小功率单相异步电动机常使用滚珠轴承和滑动轴承。如果滚珠轴承损坏或者滚珠轴承因润滑脂干涸而卡住，出现“走内圈”或“走外圈”现象，其检查和处理方法与三相异步电动机的滚珠轴承相同。

通常，容量较小的单相异步电动机，大多采用滑动轴承，这是因为它的价格较低，并且还可降低电动机的噪音。但是，滑动轴承的使用寿命较短，所以应经常加润滑油，以延长其使用期限。然而，即使如此，滑动轴承也会因磨损而损坏。滑动轴承一旦磨损，

电动机就会产生较大的噪音，严重时甚至导致定、转子相碰，因为小功率单相异步电动机的气隙小，转子铁芯易被定子磁场吸住而根本不能起动（较大功率的单相异步电动机在轴承磨损时虽然能够起动，但很快就会出现扫膛故障，定子绕组会因摩擦产生的高温而烧坏），当然更谈不上运转。

滑动轴承是否损坏，可按下述方法检查：使转轴向四周摆动，只要有少许松动，就表明轴承已损坏，不能再使用，应予以更换。如果轴承未损坏，但转轴转动不灵活，接通电源后出现转子铁芯被定子磁场吸住现象，则应检查机壳是否变形，因为机壳变形会使转轴偏离中心而导致转子被磁场吸住。所以，检修中拆下机壳时，除了作好记号外，应小心地将机壳卸下。因为小功率单相异步电动机（如电扇电动机）的机壳都是铝制的，很容易变形。机壳一旦变形，就应细心矫正，使其恢复原状。转轴只有“归中心”，才能起动和灵活运转。

620. 分相电动机的副绕组烧坏的原因是什么？怎样处理？

分相电动机有两套绕组，一套是主绕组，另一套是副绕组，主绕组和副绕组都接到单相电源上（图 4-21）。副绕组一般是按短时运行状态设计的，所以在副绕组线路中要串接离心开关，当电动机转子转速达到额定转速的 75%~80% 时，该开关便自动断开，使副绕组脱离电源，此后只有主绕组单相运行。离心开关一般装在电动机的转子上。如果离心开关发生故障，则当转子转速达到额定转速的 75%~80% 时，离心开关不断开，这就造成副绕组长时间运行而烧坏。下面举一实例来说明副绕组烧坏情况和处理方法。

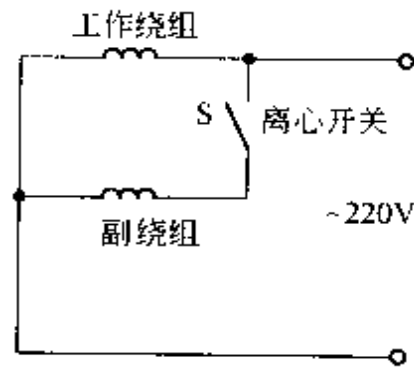


图 4-21 分相电动机接线图

曾有一台 4.18 W、JZ09A-4 型单相电动机，大修后投入运行约 2 h，就发现副绕组烧坏，但主绕组完好。修理后空载试运行时，

在电机起动和停车时都能听到离心开关动作的声音，检修后所带的负载未变，电机的转速正常。

在正常情况下，电动机起动运转后，副绕组脱离电源，因此它不会烧坏。但是，实际上副绕组已烧坏，由此可以判断，在电动机运行时，副绕组并未脱离电源，即离心开关并未断开。后来将这台电动机拆开，检查手动离心开关的动作机构，发现开关触点未断开，仍然闭合。由此可见，电动机起动运转后，虽然离心机构随电动机转子转速的升高而动作，但开关的触点并未断开。

修理带离心开关的单相电动机时，不仅要检修定子绕组，而且还要仔细检查离心开关。如果发现副绕组烧坏，则很可能是离心开关发生故障，必须认真检修。如果电动机不能起动，也要重点检查离心开关的触点是否可靠闭合。如果离心开关的触点在电动机起动时不能可靠闭合，则电动机是不能起动的。在这种情况下，接通电动机电源，时间稍长，就可能烧毁主绕组。

如果离心开关发生故障，则可适当修整簧片，使触点平时接触良好，电动机起动过程结束转为正常运转时，开关触点能断开。

检查离心开关的触点是否确已断开时，不宜只听开关动作的声音，还应使用钳形电流表来测量电流，以进行分析判断。电动机起动完毕正常运转时，副绕组中应无电流，如果测出电流值，则表明离心开关的触点未断开。

如果离心开关存在故障，而又不能立即修复或更换，则可采取下述应急措施予以处理，使电动机继续运行：

将接在离心开关上的两根线从电动机接线盒处引出，在电动机外边另接一只手动开关；在电动机起动以前，将这只开关合上，起动完毕，使开关立即断开。这样，电动机便可正常运行。

621. 分相电动机的定子绕组单根断线或多根断线怎么办？

如果分相电动机的定子绕组单根断线或多根断线，一般可按下述方法进行修复：

(1) 绕组单根断线。如果引线或极相组过桥线断线，可找出两

个断头，清理后重新铰接焊牢，再包上绝缘。如果断点在绕组端部的外层或内层，则可先将绕组加热，使线圈漆膜软化，将断头挑出，把断头处的漆膜用细砂纸打磨掉，再取一段适当长度的漆包线（其直径等于或略大于绕组导线直径），除掉其两端接头的漆皮，与两个断头铰接并焊牢后，包上 $0.03\text{ mm} \times 100\text{ mm}$ 绢带或 0.05 mm 厚的聚酯薄膜（也可用 5438-1 粉云母带衬垫）；然后仔细检查断点附近几根导线的绝缘是否破损。若破损，也应进行绝缘处理。包垫好绝缘之后，可用吹风机将该处预热，刷上 1032 漆，然后再用吹风机加热，使绝缘固化。如果要提高整机的绝缘电阻，则可将整个定子置于烘箱内进行干燥处理。

(2) 绕组多根断线。如果绕组端部有多根导线断线，则可先用万用表电阻挡或试灯查明哪个断头与线圈首端联通（图 4-22a），哪个断头与线圈尾端联通（本例中假定断头 1 与线圈首端联通，断头 6 与线圈尾端联通），然后查出哪两个断头属于同一根断线的两端。本例中 2 与 4 相通，3 与 5 相通，查清后即可进行断头对号连接。连接的原则是两个对应但又不相通的断头接在一起，先由端头 1 开始，1 与 4、2 与 5、3 与 6 各接在一起（图 4-22b）。接头的绝缘处理方法与上面所述绕组单根断线的处理方法相同。

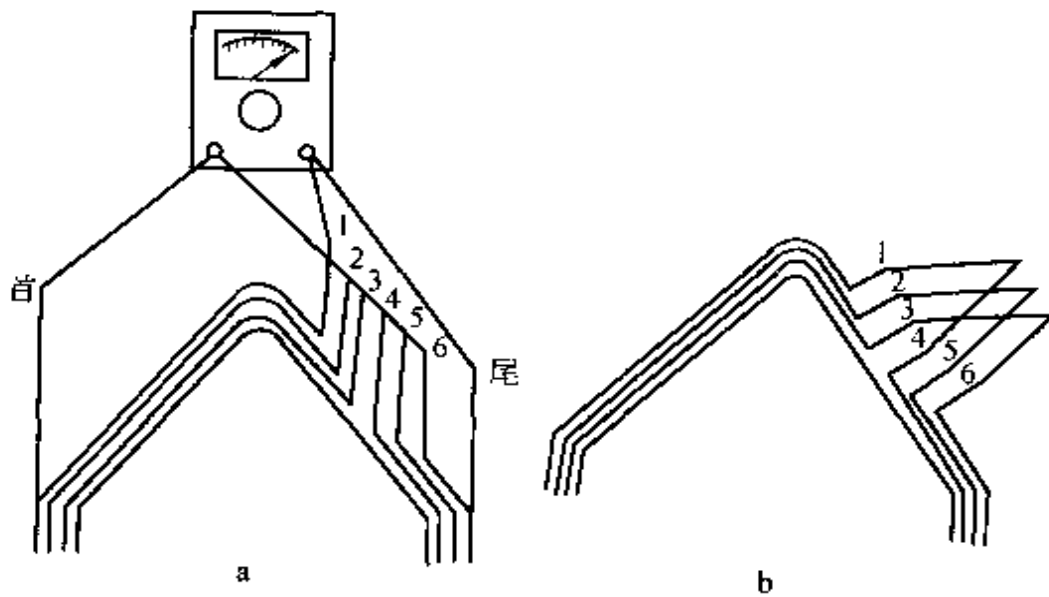


图 4-22 绕组端部多根导线断线处理示意图

a. 多根断线检测；b. 多根断线修复后接线

622. 分相电动机有哪些常见故障？故障原因是什么？

分相电动机常见故障和故障原因如表 4-13 所示。

表 4-13 分相电动机常见故障和故障原因

| 故障现象 | 故障原因 | |
|---------|------|---|
| 电动机不能起动 | 电气方面 | (1) 电源电压不符合要求 (2) 起动开关触头损坏，处于开断状态 (3) 分相电容器损坏、失效或容量过小 (4) 主绕组断路、短路或接地 (5) 电动机过载，使保护装置动作而切断电源 (6) 转子严重断条或端环断裂 |
| | 机械方面 | (1) 轴承卡住、锈蚀或损坏 (2) 端盖安装不正 (3) 转轴弯曲，造成与定子相擦（扫膛） (4) 转子铁芯与转轴配合过松而产生滑动 (5) 负载过重或机械部分局部卡住 |
| 电动机转速慢 | 电气方面 | (1) 电源电压过低 (2) 电动机过载 (3) 副绕组未脱离电源 (4) 主绕组局部短路 (5) 主绕组部分接线错误 (6) 转子导条脱焊或严重断裂 |
| | 机械方面 | (1) 轴承损坏或轴承室与轴承配合过紧 (2) 转子没有轴向窜动量，运行发热卡紧 (3) 端盖安装不正，未校正 (4) 负载过重或有机械故障 |
| 电动机温升过高 | 电气方面 | (1) 主绕组短路 (2) 主、副绕组间短路或接地 (3) 副绕组未脱离电源 (4) 电源电压过低或过高 |
| | 机械方面 | (1) 电动机过载 (2) 轴承损坏，轴承润滑油过多、缺油或有杂质 (3) 电动机冷却风道堵塞 |

续表

| 故障现象 | 故障原因 | |
|-----------|------|--|
| 电动机运行时有噪音 | 电气方面 | (1) 绕组极性接错 (2) 绕组局部短路 (3) 转子导条脱焊或松动、断裂 (4) 铁芯硅钢片有个别片断裂、振动 |
| | 机械方面 | (1) 纸屑或杂物落入电机内腔 (2) 槽楔高出铁芯或绝缘纸凸出 (3) 风罩开裂或松动 (4) 风罩装配不正, 造成与叶片碰撞 (5) 风冷却叶片松动 (6) 轴承间隙过大 (7) 轴承润滑油中混入杂质或尘粒 (8) 转子轴向窜动量过大 (9) 转子动平衡未校正好 (10) 离心开关部件松动, 产生机械碰擦 |

623. 怎样拆卸和清洗电容运转电动机?

以台扇上的电容运转电动机为例, 其拆卸和清洗一般按以下方法进行:

(1) 拆前准备。①记录引出线的接法, 一般电容运转式电动机绕组的引出线头共有三个, 其中主绕组、副绕组和公共接地线使用不同颜色的导线, 拆卸前必须记住各引出线的颜色 (可作标记或画符号); ②记下端盖的负荷端 (前端) 和非负荷端 (后端); ③在前后罩壳接缝处作好记号; ④在前后端盖与定子铁芯的结合处作上记号; ⑤作好前轴承和后轴承的记号。

(2) 拆卸步骤和方法。①拆除电动机的外接电源线和电容器接线; ②拆除前后罩壳。前罩壳往往有不同的固定形式, 有的用螺帽将前罩壳固定在前端盖上, 有的则直接将前罩壳代替前端盖用四只螺钉与定子铁芯和后端盖固定在一起。拆卸后者时, 必须交替分步

旋松 4 只紧固螺钉，不可一次拆除一只。否则，可能造成端盖翘曲而失去同心度，并且还可能导致转轴翘弯变形而引起故障；③拆除前后端盖，取出定子和转子。从定子铁芯中抽出转子时，动作要缓慢、平稳，以免擦伤绕组；④拆下前后轴承压圈和含油轴承。旋松压圈螺钉时，同样要将三只紧固螺钉交替旋松。

拆下的各种螺钉、垫圈、螺母、轴承和其他零部件，应装事先准备好的容器内，以便清洗和修配，同时也要防止零部件脏污和失落。

(3) 清洗。电容运转式电动机中需要清洗的主要部件是轴承、转轴、轴承座、毛毡垫圈、摇头齿轮和齿轮箱。清洗时按上述拆卸步骤将待洗机件置于煤油中，用刷子或棉布进行刷洗，除去机件上的油污，然后用清洁的揩布擦干。擦洗时要注意，不得使用棉纱擦洗，因为棉纱上的纤维易粘附在机件上而引起不良后果。含油轴承洗净后，可套在转子轴上，用手试盘动，大致检查其磨损程度。若磨损严重，应予以更换。对于滚珠轴承，洗净后可将内圈套在指头上，拨动外圈，使其旋转，旋转时应非常灵活，但沿轴向和径向推动时，又不应有松散感觉。若磨损过度，应予以更换。此外，还要注意检查转子轴有无锈蚀斑痕和齿轮是否磨损过度。若齿轮磨损过度，影响摇头机构正常工作，也应予以调换。

624. 怎样装配电容运转电动机？

电容运转电动机的装配，与拆卸顺序相反，其装配步骤、方法和注意事项如下：

(1) 在含油轴承中和毛毡垫圈上注以适量润滑油（缝纫机油、变压器油或钟表油），分别将其装在前后端盖的轴承座内，并拧紧轴承压盖螺钉（交错拧紧）。若是滚珠轴承，则只能在轴承空位的 2/3 注以黄油，先装上转轴，再装入轴承座内。

(2) 将内表面和绕组端部均已擦拭干净的定子按拆卸时所作的记号装入前端盖止口内。此时要注意四周必须密合平整。否则，将造成定子与转子之间的空气间隙不均匀，导致电机起动困难或无法

起动。

(3) 将转子负荷端插入前端盖轴承，使转子铁芯端面与定子铁芯端面前后对齐。

(4) 按标记将后端盖止口卡上定子铁芯，使其四周密合平整，并装上四周的紧固螺钉，边拧螺钉边旋动转轴。在拧紧紧固螺钉的过程中，应保持转轴转动灵活，不得出现卡涩现象。

(5) 装好摇头机构的传动齿轮，边装边加润滑油，并转动转轴，以检查齿轮传动是否灵活可靠。

(6) 接好电容器引线和电源线，并通电空载试运转，以检查能否空载起动和运转性能是否良好。所谓空载试运转，是指台扇电动机不带扇叶试运转。

625. 对单相分相电动机和电容运转电动机怎样进行重绕计算？

单相分相电动机包括电阻分相电机和电容起动电机，二者的副绕组仅供起动用，运转时只有主绕组接在电源上。电容运转电动机的主、副绕组均接于电源，一起参与运行。由于单相电动机的磁路和性能主要取决于主绕组，所以重绕计算时首先应确定主绕组的数据，然后根据电动机的类型和使用要求确定副绕组的数据及电容量的大小。下面介绍单相电动机的空壳重绕计算方法。

(1) 确定极数。空壳重绕时，若不知道原电动机的极数，可根据定子铁芯内外径的比值来判别。国产单相异步电动机系列 2、4 极铁芯内外径的比值分别是：2 极为 0.5~0.54，4 极为 0.58~0.63。

(2) 绕组形式。可参照有关参考书介绍单相电动机绕组的内容来选择。

(3) 每极匝数。应分别计算主绕组和副绕组的每极匝数。

①主绕组的每极匝数 W_m 。当电源电压为 220 V、频率为 50 Hz 时，可按下列式计算：

$$W_m = \frac{0.5 \times 10^4}{D_{11} L B_8}$$

式中 D_{ji} ——定子铁芯内径，cm；

L ——定子铁芯长度，cm；

B_g ——气隙磁密，其值一般取 0.4~0.65 T，电动机容量较大时取大值，电动机容量较小时取小值。

②副绕组的每极匝数 W_a 。副绕组的匝数和导线直径对电动机的起动性能影响很大，绕组重绕时可根据副、主绕组之间的有效匝比 a 来确定匝数：

$$a = \frac{W_a K_{dpn}}{W_m K_{dpm}}$$

式中 K_{dpm} ——副绕组的绕组系数；

K_{dpm} ——主绕组的绕组系数。

如果二者的分布相同，绕组系数一样，则 $a = \frac{W_a}{W_m}$ 。通常，不同型式的单相异步电动机，其 a 值各有一定的范围。例如，电阻分相电动机的 a 值为 0.4~0.7，电容起动式为 0.7~1.2，电容运转式为 1.2~2.0。

求出每极匝数，根据主、副绕组每极所占槽数 Q_m 和 Q_a ，就可确定主、副绕组每槽的线数 $N_{s1} = \frac{W_m}{Q_m}$ 和 $N_{s2} = \frac{W_a}{Q_a}$ 。

如果采用正弦绕组，由于各槽的线数不同，应按所选择的绕组形式，根据其百分比分别算出每槽的线数。

(4) 确定电容量。电容起动电动机的电容器容量可按下列经验公式估算：

$$C_c = \frac{350000 I}{P f U_c \cos \varphi}, \mu F$$

式中 I ——电动机的电流，A；

$\cos \varphi$ ——电动机的功率因数，其值一般取 0.55~0.75，电动机容量较大时取大值，电动机容量较小时取小值。

为了保证电容器在运行中不被击穿，其耐压强度应不低于 $\sqrt{2} U_c$ 。根据计算结果可选用电动机起动专用的电解电容器。

电容运转电动机的电容器容量估算如下：

$$C_p = \frac{120000 I}{P f U_e \cos \varphi}, \mu\text{F}$$

式中， $\cos \varphi$ 值一般取 0.8~0.98，容量较大的电动机取大值，容量较小的电动机取小值。

电容器的工作电压一般应为 2~2.3 U_e ，并且应选用油浸或金属膜纸介电容器。

(5) 确定线规。如果采用正弦绕组，由于各槽的线数不同，各槽的槽满率也不一样，确定主、副绕组的线径和核算槽满率时，应根据绕组的分布情况以槽满率最高的一槽为准。

单相电动机的重绕计算与三相电动机的重绕计算一样，可根据槽形尺寸和所用绝缘材料算出净槽面积 AW_c 。设主、副绕组的线径分别为 d_m 和 d_a ，相应绝缘直径为 d'_m 和 d'_a ，则对于不同类型的单相异步电动机，其主、副绕组的线径间大致具有以下关系：电阻分相式电动机，其 $d_a = (0.5 \sim 0.7) d_m$ ；电容起动式电动机，其 $d_a = (0.6 \sim 0.8) d_m$ ；电容运转式电动机，其 $d_a = (0.7 \sim 1.0) d_m$ 。

$$\text{槽满率 } F_k = \frac{N_{sm} d_m'^2 + N_{sa} d_a'^2}{AW_c} \quad (F_k \text{ 值一般不应大于 } 0.8)$$

式中 N_{sm} 和 N_{sa} ——槽满率最高的主、副绕组的线数。

根据以上步骤求出的绕组数据进行重绕后，若电机的性能能满足使用要求，还可针对下述情况进行适当调整：

(1) 对电容电动机，如果起动转矩过小，可适当增高匝比 a 和电容量 C 。

(2) 对电阻分相电动机，如果起动转矩过小，可适当减小匝比 a ，即减少副绕组的匝数。

(3) 如果起动电流过大，可适当增加副绕组的匝数，并同时减小起动电容器的容量。

(4) 如果电容器上的电压过高，可减小 a 或增大 C ，或者增加电容器的电压等级。

626. 罩极电动机有何特点？其定子绕组怎样接线？

罩极电动机的定子铁芯由硅钢片叠成，按磁极形式分为凸极式和隐极式两种。其特点是：

(1) 结构简单，价格低廉。

(2) 功率因数 ($\cos\varphi = 0.2$ 左右) 和效率 ($\eta = 5\% \sim 30\%$) 均低，但堵转能力强。

(3) 起动转矩和最大转矩小，主要用于对起动转矩要求不高的场合（如小型风扇、电吹风、打字机等）。

(4) 需要改变电动机的旋转方向时，可拆下定子铁芯进行调端装配。能倒转的罩极电动机，采用两组主绕组和一组罩极线圈。当电动机顺时针方向旋转时，只利用一组主绕组，另一组主绕组断开；当逆时针方向旋转时，则应用另一组主绕组，原主绕组断开。

罩极电动机定子绕组的接线方式如下：

(1) 凸极式定子绕组接线。凸极罩极式电动机一般为 2 极或 4 极电机，定子主绕组接线采用反串接法（图 4-23）。

(2) 隐极式定子绕组接线。功率较大的罩极式电动机采用分布

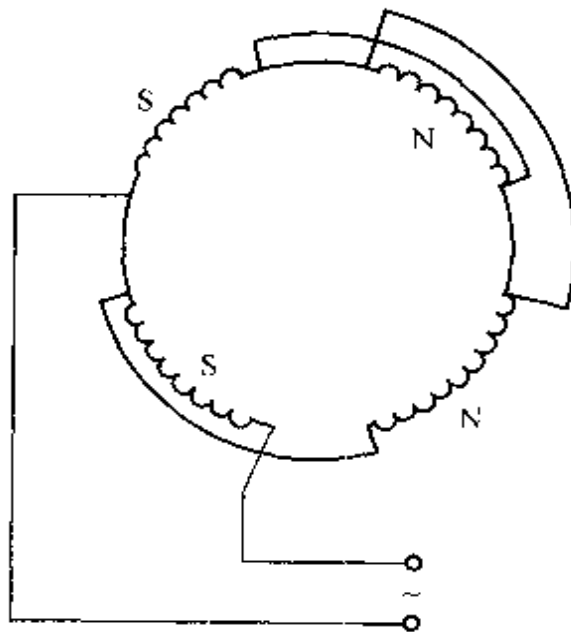


图 4-23 4 极凸极式电动机绕组接线图

绕组，罩极线圈（相当于凸极式的短路环）嵌放在定子槽中，但该线圈只占总槽数的 1/3，将各罩极线圈串联成一条电路，每部分的罩极线圈采用反串接法（图 4-24 和图 4-25）。主绕组和副绕组（罩极线圈）轴线在空间相差 $30^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 电角度（常取 45° 电角度）。

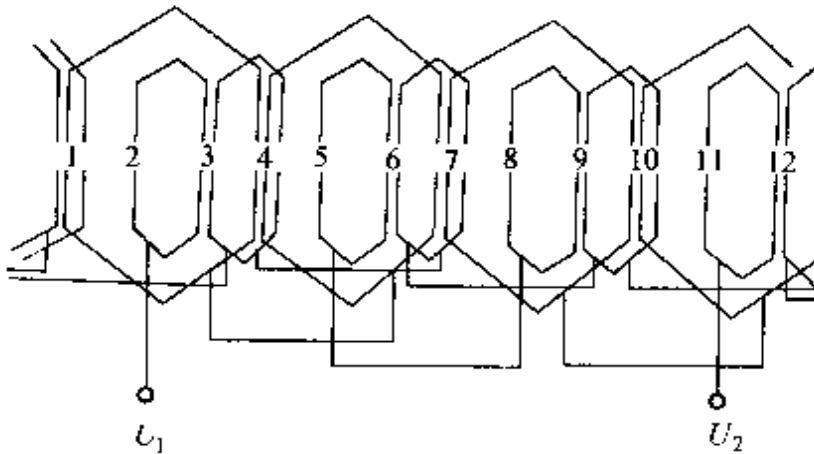


图 4-24 12 槽 4 极隐极式电动机绕组展开图

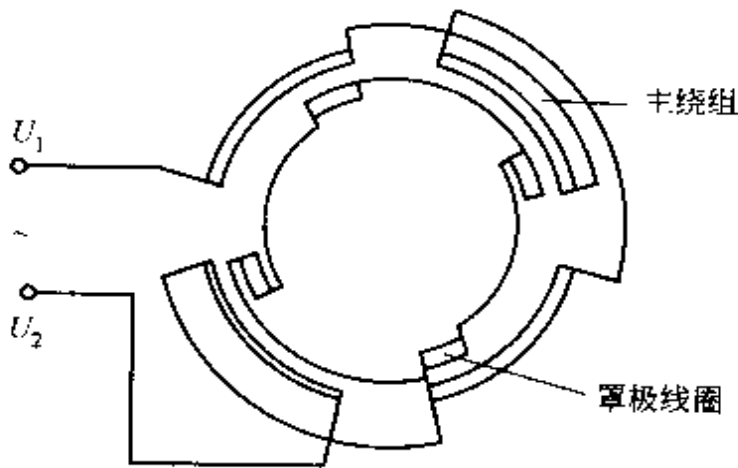


图 4-25 12 槽 4 极隐极式电动机绕组接线图

627. 罩极电动机起动困难的原因是什么？怎样处理？

罩极电动机起动困难的原因和处理方法分述如下：

(1) 罩极线圈断裂或开焊。罩极线圈大多是用裸铜条或裸铜管

煨成矩形环并在环口处焊接而成。如果煨弯时操作不当，使铜管胀裂，或者环口焊接不良而存在虚焊、假焊现象，则使用一段时间，上述隐患就会扩大而造成短路环脱焊裂开，从而使电动机起动困难。通过检查，如果确认环口存在虚、假焊现象，则可将环口重新焊接；如果短路环胀裂，无法修复，则应予以更换，更换时可用原规格材料重新煨制短路环并焊好。

(2) 负载过大或所拖动的设备存在故障。经检查，如果负载过大，电动机的起动转矩不足，则应调换合适容量的电动机；如果电动机没有故障，起动困难是所拖动设备的故障引起的，则应查明和排除所拖动设备的故障。

(3) 轴承严重磨损或润滑油脂干涸、变质。经检查，如果轴承损坏，则应调换同规格的轴承；如果缺少润滑油或润滑油变质，则应将轴承和轴承室内残存的油脂清除干净，并用汽油清洗，然后涂上合格的润滑油脂。

(4) 转子笼条和端环断裂或开焊。通过检查，找出断裂或开焊处，重新焊好。如果是铸铝转子存在严重砂眼、气孔、缩孔或很多笼条断裂，则应调换同规格的转子。

(5) 主绕组断路。如果主绕组断路，则电源不能接通，电机不能起动，可用万用表电阻挡来测量，并进一步查明断路的线圈和断点，将断点重新焊好，在焊接处包、垫绝缘，刷上绝缘漆，经局部烘干即可。

(6) 主绕组短路或接错。凸极式罩极电动机的主绕组为集中绕组，其短路故障一般为匝间短路，造成匝间短路的原因是：①绕制和套装主绕组时操作不当，将漆包线的漆皮擦破，造成多匝短路；②电动机经常过载运行，绕组导线的漆皮老化，造成匝间短路。

匝间短路故障的处理方法是：①先用万用表或电桥分别测出几只线圈的电阻，阻值小的为短路线圈；②将短路线圈从磁极上取下（凸极式集中绕组）或从槽内取出（隐极式分布绕组），视线圈损坏情况，将短路匝予以绝缘处理或重绕线圈。

如果定子绕组极间连线接错，则查出错误连接线，将其改正即

可。

(7) 有时能起动，有时不能起动。其原因是：①修理时操作不当，定、转子铁芯中心线不在一条直线上，或转子严重碰伤和转轴弯曲，造成定、转子相擦（扫膛）；②定子绕组浸漆时，由于绝缘漆浓度大，部分磁极铁芯表面漆层过厚或有小疙瘩，而装配时又未彻底清除，使该部分气隙减小，造成定、转子相擦，电机起动困难。

发生这类故障后，经检查，如果转轴弯曲，则应进行调直处理；如果定、转子中心线未成一直线，则应调整定、转子位置；如果磁极表面漆层过厚或有小疙瘩，则应使用锋利的小铲铲除漆层，但此时应注意，不要划伤铁芯表面。

628. 为什么不可随意改变罩极电动机的旋转方向？

罩极电动机的旋转方向一般是不可随意改变的，因为它总是从未罩极往被罩极方向旋转。因此，在拆装罩极电动机时，应注意转子输出轴的方向，以免装好后，因旋转方向相反而重新拆装。

不可随意改变罩极电动机旋转方向的原因是：当定子绕组通入正弦电流时，凸极磁场就由零开始增强。根据电磁感应定律，罩极绕组中感应电流所产生的磁通与主磁通方向相反，从而抵消部分磁通，使被罩部分的磁力线减少，而大部分磁力线则通过未罩部分，所以此时磁场中心线位于未罩部分（图4-26a）。当电流上升到最大值时，电流和磁通的变化率最小，罩极绕组的感应电流趋于零，被罩部分的（与主磁通相反的）磁通亦趋于零。此时主磁通在整个磁极中均匀分布，磁场中心线移至极面中心。当磁场绕组的电流从最大值减小时，罩极绕组产生的感应磁通与主磁通方向相同，被罩部分的磁力线较多，磁场中心线移至被罩极。这样，当电流为正半波时，磁场由未罩极向被罩极移动，转子在磁场作用下，产生电磁力 F 也同样由未罩极指向被罩极，使转子由未罩极向被罩极转动。当电流为负半波时，磁场旋转方向仍保持不变，只是磁极的极性改变。

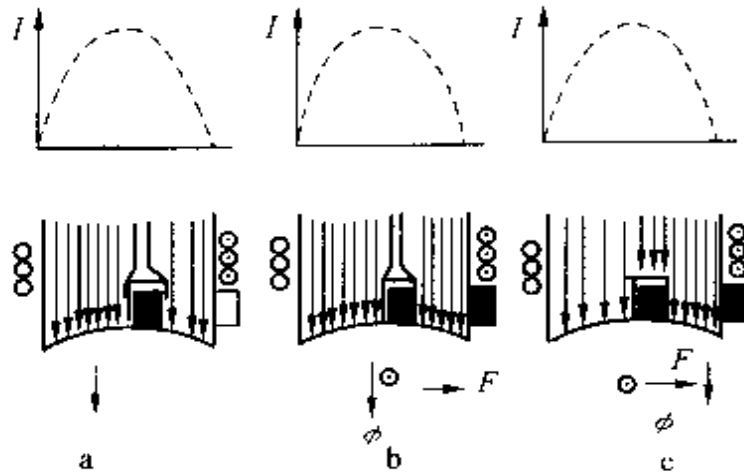


图 4-26 罩极电动机旋转方向示意图

629. 怎样改变罩极电动机的转速和转向?

图 4-27 是罩极电动机串联电抗器调速的电路原理图。在图 4-27a 中，电抗器仅作降压调速用；在图 4-27b 中，电抗器除作降压调速之用外，还兼作指示灯电源。指示灯电源线圈 aa' 可以是自耦变压器或降压变压器。线圈 aa' 应与降压用线圈 bb' 顺向串联（即头尾相接）。

图 4-28 是罩极电动机抽头调速的电路原理图。电机磁极上除有主绕组 ab 和 cd 外，还有调速绕组 de ，二者串联后接电源。调速开关与调速绕组引线相接。使用时，主绕组 ab 和 cd 及调速绕组 de 的匝数，必须使相邻两极磁势之和在电扇各调速挡运转时都相等。

罩极电动机的转向一般是不能改变的。要改变它的转向，必须采取特殊措施。如果由于生产需要，可采用以下方法来改变罩极电动机的转向：

(1) 将定子铁芯从外壳内顶出，再翻转装入，以改变罩极方向，从而改变电机的转向。

(2) 将转子抽出后，调头再装入，因连接负载的轴伸方向不能变，此法实际上相当于将定子铁芯和外壳一起翻转，所以机座接线盒的方向也要改变。如果安装地点无特殊要求，则采用此法来改变电动机转向比较简单。

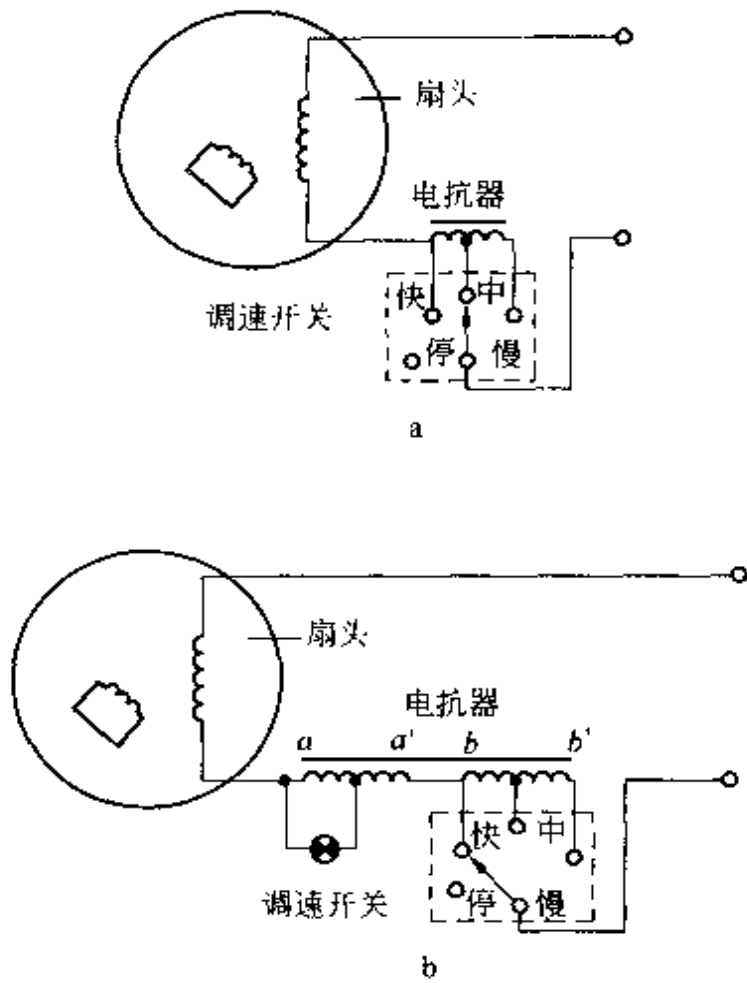


图 4-27 罩极电动机串电抗器调速电路

(3) 对于隐极式电动机，可将其罩极线圈拆下，在另一方向相应位置重新嵌入一罩极线圈，即可改变电机转向。对于凸极式电动机，将其短路环取下，在另一极尖的 1/3 处重新开出一小槽，放置一个新短路环，也可改变电机转向。

必须指出，上述方法都是永久性改变电机转向。如果要求在电

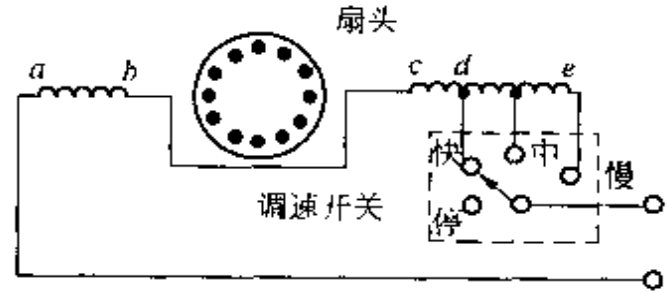


图 4 28 罩极电动机抽头调速电路

机运行中随时改变转向，则必须在电机内部设置两套罩极线圈，不在内部短接而将线圈端头引出机外。这样，可根据需要闭合某一罩极线圈，电机就在该方向旋转。

630. 罩极电动机带额定负载运转无力（转矩不足）的原因是什么？这种电动机有哪些常见故障？怎样处理？

罩极电动机带额定负载运转无力（转矩不足），一般有以下几方面的原因：

(1) 电源电压过低，导致运行功率达不到额定值。

(2) 轴承缺油或损坏，造成电动机的功率消耗在额外的机械摩擦上，从而使电机运行显得出力不足。

(3) 负载机械损坏而卡住，导致过载能力本来就低的罩极电动机的转速降低，甚至堵转。

(4) 罩极电阻值过小，造成磁极被罩部分与未罩部分的相位失调，脉动旋转磁场畸变，使转矩特性变差。

(5) 罩极线圈脱焊，使电机绕组电抗增大，最大转矩急剧下降，而罩极电动机的满载转矩接近于最大转矩，所以带负载运行必然转速降低，显得运行无力。

(6) 转子笼条或端环断裂，使电机的运行转矩明显降低。

罩极电动机一般有以下几种常见故障，可分别采取相应措施予以处理：

(1) 罩极线圈断裂。如果断裂点在铁芯外，可进行焊接；如果断裂点在铁芯内，或者由于多次断裂，金属导体呈疲劳状态，则应将线圈抽出，调换相同直径的铜导线后再焊好闭合点。

(2) 罩极绕组过热。罩极绕组过热的主要原因是：

①由于罩极线圈导线截面过大或线材电阻率过小，电阻值低而导致短路电流过大，从而线圈发热。

②罩极线圈导线的电阻率过大，线圈本身消耗的功率多，线圈也可能发热。

③分布式罩极线圈匝数过多，感应电势高，导致功率消耗过

大，使线圈发热。

④由于磁通密度选择得过大，主绕组匝数过少，因此每匝电势过高，导致短路电流增加而使线圈发热。

罩极绕组过热故障，应通过调整试验予以排除。

(3) 漏磁片松动。两磁极极面两端之间的漏磁片如果松动，则在交流磁场作用下将产生振动而发出铃响似的噪声。处理时可将漏磁片退出，放在平垫上（凸面向上）用小锤轻轻敲击，使其稍为伸展，然后插入两极端部槽中，其松紧度以用手推入 2/3 部位，再轻敲到位为适宜。

(4) 反转故障。一般罩极式电动机是众多电动机中唯一不能借助调换电机接线头极性来实现反转的电动机。因为罩极电动机的转向取决于磁极中的罩极部分所处位置，即转子必定从磁极的未罩部分转向罩极部分。由此可见，反转故障必然是由于拆装过程中将定子铁芯反向装配入机座所致。因此，拆卸罩极电动机时必须作好标记。对于已倒转的电动机，可将其定子铁芯从机座中取出，反向重新装入，即可改变转向。

631. 罩极电动机运行中产生噪声和振动的原因是什么？怎样处理？

罩极电动机运行中产生的噪声和振动一般是许多共同因素造成的，因此应综合分析这两种故障产生的原因，并采取相应措施予以处理。现以台扇、吊扇用罩极电动机为例，将其噪声和振动的原因和处理方法列于表 4-14。

表 4-14 台扇、吊扇用罩极电动机产生噪声和振动的原因和解决方法

| 故障原因 | 处理方法 |
|-----------------|-----------------|
| (1) 转子不平衡 | (1) 校验转子静、动平衡 |
| (2) 转子断条或端环开裂 | (2) 换条或补焊，或更换转子 |
| (3) 罩极线圈焊接不良或开焊 | (3) 查出故障点，并重新补焊 |
| (4) 轴承严重磨损或转轴弯曲 | (4) 更换轴承或调直转轴 |

| 故障原因 | 处理方法 |
|----------------------------|-------------------------------------|
| (5) 极间漏磁片松动 | (5) 重新紧固极间漏磁片 |
| (6) 扇叶角度不对或扇叶不平衡 | (6) 调整扇叶角度, 或对扇叶做动平衡校正 |
| (7) 主绕组接地或短路 | (7) 查出接地或短路点并修复 |
| (8) 定子铁芯松弛或有扇张现象 | (8) 紧固铁芯, 加固齿压片, 消除扇张现象 |
| (9) 主绕组接线错误 | (9) 查出接线错误, 并改正接线 |
| (10) 气隙不均 | (10) 检查转轴和轴承, 并修复 |
| (11) 线圈有短路处 | (11) 查出短路点并修复 |
| (12) 主极线圈匝数有误 | (12) 查出匝数有误的线圈, 改正匝数, 或调换合格线圈 |
| (13) 减速齿轮装得不正, 啮合不良 | (13) 重新装正, 使啮合正常 |
| (14) 摇头装置装配不良或齿轮磨损 | (14) 更换齿轮, 装止摇头装置, 加润滑油 |
| (15) 转子轴向窜动大 | (15) 在一端轴颈处加垫圈, 将定、转子铁芯对齐 |
| (16) 定、转子不同心度偏大, 有严重“哼哼”叫声 | (16) 检查定、转子椭圆度以及轴承磨损和止口配合情况, 然后予以修复 |

632. 罩极电动机没有磁分路片会产生什么故障? 怎样选择和制作磁分路片?

罩极电动机的磁分路片一般嵌在相邻的两个凸极之间, 其作用有三: 一是减少极间空位, 使合成旋转磁场沿气隙的分布接近正弦波, 以改善运行性能; 二是减少磁闭合回路的磁阻, 使空载电流减小; 三是使定子内沿气隙均匀。

如果罩极电动机未装上磁分路片, 则电流将大大增加, 起动转矩减小, 造成电动机起动困难甚至不能起动。在拆装罩极电动机时, 应检查是否漏装磁分路片或此分路片是否安装不良。

选择磁分路片时, 分路片不宜太厚或太薄。太厚, 则会造成漏磁太大; 太薄, 则会造成电机起动困难。磁分路片的厚度以 1.0—1.5 mm 为宜。

制作磁分路片时，不宜使用硅钢片，而应使用普通碳质薄钢板。为了控制漏磁，使磁分路片接近饱和状态，可在分路片上开一个长孔，以增大磁阻，减少漏磁。

罩极电动机的磁分路片如图 4-29 所示。安装磁分路片时，应平稳地将其打入，使它与凸极接合良好。否则，不能取得良好效果，造成空载电流过大。

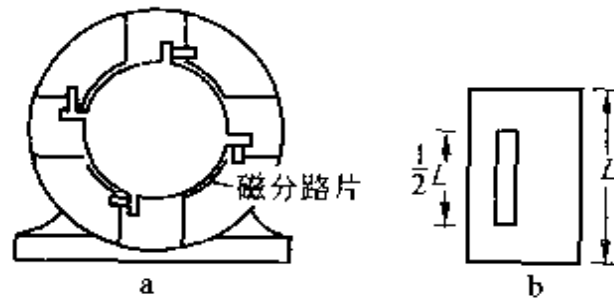


图 4-29 罩极电动机的磁分路片

a. 磁分路片的安装；b. 开有长孔的磁分路片

633. 对凸极式罩极电动机怎样进行重绕和改压计算？

罩极电动机是单相异步电动机中结构最简单的一种，这种电机分为凸极式和隐极式。隐极式罩极电动机的重绕计算可参照分相式单相电动机的重绕计算方法进行，凸极式罩极电动机的重绕和改压计算方法如下：

(1) 重绕计算 凸极式罩极电动机的结构虽然简单，但其内部的电磁关系较为复杂，电机数据一般难以准确计算。重绕这种电机的绕组，最好参照原绕组数据或从电工手册中查到的这种电机数据进行。如果无法获得原始数据，可按下述方法进行估算：

① 电动机的功率

$$P_2 = \frac{\alpha_i D_{li}^2 L B_s A n_s}{5.5 \times 10^4}, \text{VA}$$

式中 α_i ——极弧系数，其值一般取 0.6~0.9；

D_{li} ——定子内径，cm；

L ——定子铁芯长度，cm；

B_g ——气隙磁密，当电机的功率很小时其值取 0.15~0.35 T，电机的功率较大时取 0.35~0.5 T；

A ——线负载，其值一般取 60~130 A/cm²；

n_s ——同步转速，r/min。

② 电动机的电流

$$I = \frac{P_2}{K_E U_e}, \text{A}$$

式中 K_E ——压降系数，其值一般取 0.8~0.92；

U_e ——电动机的额定电压，V。

③ 每极磁通

$$\Phi = \alpha_1 \tau L B_g \times 10^{-4}, \text{Wb}$$

式中 τ 为极距， $\tau = \frac{\pi D_{11}}{p}$ (p 为极数)。

④ 每极匝数

$$W_1 = \frac{K_E U_e}{4.44 f p \Phi}$$

式中 f ——电源频率，Hz。

⑤ 极身磁密校验

$$B_m = \frac{\alpha \Phi \times 10^4}{0.95 b L} \text{ (其值一般不大于 } 0.8 \sim 1.0 \text{ T)}$$

式中 α ——主绕组漏磁系数，其值一般取 1.1~1.16；

b ——极身宽度，cm。

⑥ 定子轭部磁密校核

$$B_j = \frac{\alpha \Phi \times 10^4}{1.9 L h_{j1}} \text{ (其值一般不大于 } 0.8 \sim 1.0 \text{ T)}$$

式中 h_{j1} ——轭高，cm。

⑦ 确定线规

$$\text{导线截面 } S = \frac{I}{j}, \text{ mm}^2$$

式中 j ——导线电流密度，其值一般取 3~5 A/mm²。

导线直径 $d = 1.13\sqrt{s}$ (mm), 可查线规表求出相近的标准导线, 并根据铁芯空间校核线径是否合适, 否则, 应调整线径。

(2) 改压计算 当进行改压重绕时, 由于电压与匝数成正比, 若已知原电压 U_e 、绕组匝数 W 和线径 d , 就可根据改绕前后电压间的比例关系确定新绕组的匝数 W' 和线径 d' :

$$W' = \frac{U_e'}{U_e} W, \text{ 匝}$$

$$d' = d \frac{\sqrt{U_e'}}{U_e}, \text{ mm}$$

634. 在罩极电动机的大修中怎样增大其起动转矩?

(1) 隐极式罩极电动机。可采取以下方法之一来增大起动转矩:

①拆开电动机时, 如果发现其定子主、副绕组轴线间夹角 β 小于 45° , 则起动转矩就较小, 因为起动转矩与 $\sin(2\beta)$ 成正比。重绕时, 可使 β 角保持 45° 左右。

②在电机重绕大修时, 适当减小副绕组端部尺寸, 嵌线时将副绕组放在上层。如果有的槽中只嵌有副绕组, 则在槽底垫上适当厚度的垫条, 使副绕组仍在上层, 而不应将它嵌在槽底。因为副绕组在上层, 其端部就短, 且副绕组靠近槽口, 其漏抗也小, 所以起动转矩就会增大。

③槽满率不大的电动机, 重绕时通过计算和试验, 适当增大副绕组导线截面或增加匝数, 可增大起动转矩。

④电机重绕大修时, 在不影响嵌线的前提下, 缩短线圈端部长度, 可减小平均匝长, 从而能增大起动转矩。

⑤对于极数和槽数都一定的罩极电动机, 其副绕组的跨距有大、小之分, 大跨距有利于起动, 所以大修时适当加大副绕组的跨距, 可增加起动转矩。

⑥气隙较小的罩极电动机, 特别是转子呈椭圆时, 精车转子铁芯外圆, 也可增加起动转矩。但车削量应控制在 0.1 mm 以下, 否则将影响电机的性能。

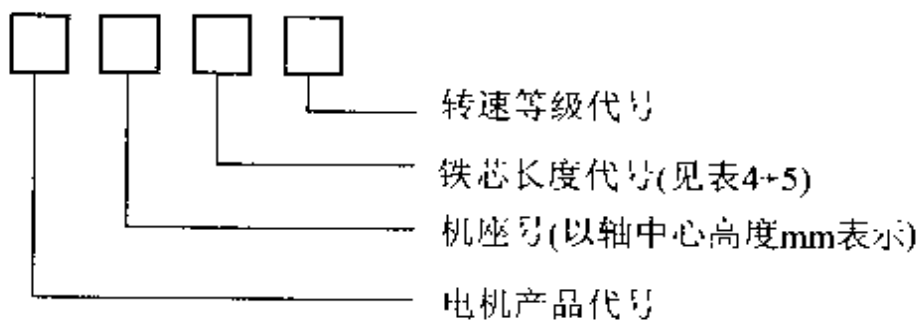
(2) 凸极式罩极电动机。可按下述两种方法之一增大起动转矩：

①在极面开槽宽度允许的条件下，适当增大短路环的截面积，可增加起动转矩。

②在极间增设磁分路片（也叫磁桥），可改善气隙磁密分布，增加起动转矩。

635. 单相串励电动机的型号是怎样组成的？其含义是什么？

单相串励电动机是换向器式交、直流两用串励电动机的基本类型，属G系列产品。G系列单相串励电动机是我国在70年代设计生产的新产品，包括4种转速等级，4个机座号，12个功率等级，共38个规格，其功率等级与机座号对应关系如表4-15所示，其型号组成和含义说明如下：



例如：

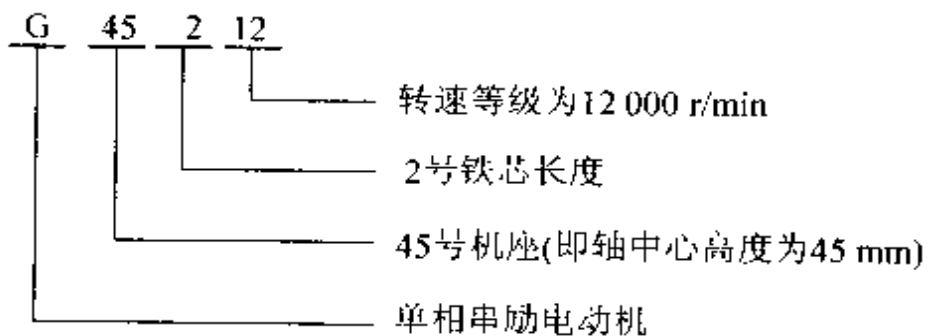


表 4-15

G 系列单相串励电动机功率等级
与机座号对应关系

| 机座号 | 铁芯长度代号 | 额定功率 (W) | | | |
|-----|--------|------------|------------|------------|-------------|
| | | 4000 r/min | 6000 r/min | 8000 r/min | 12000 r/min |
| 36 | 1 | 8 | 15 | 25 | 40 |
| | 2 | 15 | 25 | 40 | 60 |
| | 3 | 25 | 40 | 60 | 90 |
| 45 | 1 | 40 | 60 | 90 | 120 |
| | 2 | 60 | 90 | 120 | 180 |
| | 3 | 90 | 120 | 180 | 250 |
| 56 | 1 | 120 | 180 | 250 | |
| | 2 | 180 | 250 | 370 | |
| | 3 | 250 | 370 | 550 | |
| 71 | 1 | 370 | 550 | | |
| | 2 | 550 | 750 | | |
| | 3 | 750 | | | |

636. 什么叫做交流换向器电动机？这种电动机怎样分类？
它们有何共同特点？应用于什么场合？

小功率交流换向器电动机，是指具有电枢绕组、换向器和电刷的小功率单相交流换向器电动机。换向器电动机的定子部分由定子铁芯并在其上面绕制线圈而成，一般制成 2 极电机。其转子与直流电动机的转子一样，都是由转子冲片叠装后用电磁线绕制成一对极，将各线圈的引线接于换向器上，用电刷将转子的电流接通，然后与定子线圈串联，接上电源电机就能工作。

交流换向器电动机主要分为单相交流串励电动机，交、直流两用串励电动机和推斥电动机三类。它们的共同特点是：

(1) 转速高（一般为 4000~12000 r/min），所以这种电机的体积和重量均小。

(2) 具有串励特性，起动转矩大，转速随负载转矩的增加而大幅度下降，而输出功率则变化不大。

(3) 调速方便，可以用简单的方法进行调速。

(4) 由于这类电机是由单相交流电源供电，其气隙磁场的磁势为脉动磁势，与直流串励电动机相比，它们的绕组除有电抗电势外，还有变压器电势，并且换向较直流串励电动机困难。

由于换向器电动机具有以上特点，所以广泛用于高速离心机、小型机床、搅拌机、电动工具、电子仪器、医疗器械和家用电器。

637. 交、直流两用串励电动机有何优点？它有哪些主要技术数据？其工作原理是什么？

交、直流两用串励电动机（又称单相串励电动机和通用电动机）是单相小功率电动机中最常见的一种电机，既可在直流电源上使用，又可在交流电源上运行，所以叫做交、直流两用串励电动机。由于它具有电压适应性强、转速高、体积小、起动转矩大、转速可调等优点，加之可交、直流两用，所以广泛用于电动工具。目前电动工具多使用DT系列交、直流两用串励电动机。由于串励式电钻使用面广，规格多，产量大，所以DT系列电动机的生产制造，以适应电钻产品为主，并考虑在其他工具上的应用。其主要技术数据如表4-16所示。

表 4-16 DT 系列交、直流两用串励电动机的主要技术数据

| 型号 | DT21 | DT22 | DT23 | DT31 | DT32 | DT41 | DT42 | DT51 | DT52 | DT61 | DT62 | DT71 | DT72 | DT81 | DT82 |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|
| 定子冲片 外径(mm) | 50 | 50 | 50 | 56 | 56 | 62 | 62 | 71 | 71 | 80 | 80 | 90 | 90 | 102 | 102 |
| 功率(W) | 60 | 90 | 120 | 120 | 150 | 150 | 180 | 210 | 250 | 300 | 350 | 400 | 500 | 600 | 800 |
| 转速 (r/min) | 14000 | 14000 | 14000 | 13000 | 13000 | 12000 | 12000 | 11000 | 11000 | 10000 | 10000 | 9000 | 9000 | 8000 | 8000 |

交、直流两用串励电动机的工作原理与串励直流电动机类似。其励磁绕组与电枢绕组串联后接到直流电源上，按左手定则可以判断转子的转向为逆时针方向（图4-30a）；如果将电源极性反过

来，则主磁通和电枢电流的方向也随之反向，所以转子的转向仍为逆时针方向（图 4-30b）。当电源极性周期地变化时，显然转子转向总是朝一个方向，因此单相串励电动机可以接在交、直流两种电源上运行。

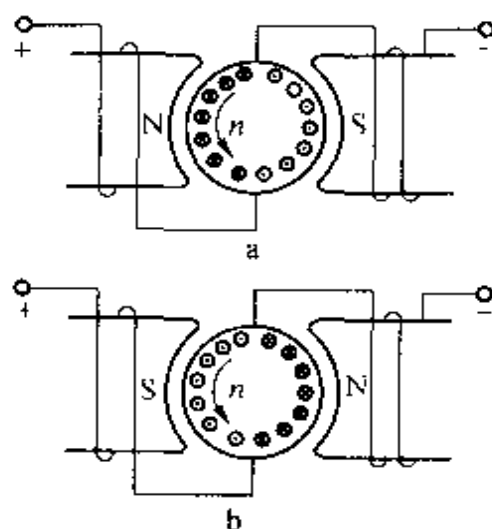


图 4-30 单相串励电动机原理线路图

由于单相串励电动机的机械特性软，轻载时转速很高（可达 2000 r/min），所以使用单相串励电动机的电动工具（例如电钻），在检修后进行试验时，应带减速机构一起试运行，否则，将造成飞车事故而损坏绕组。

638. 为什么不可将直流串励电动机直接接入交流网络中运行？应采取什么措施来使这种电动机作为交、直流两用电动机使用？

直流串励式电动机并不就是单相交流串励式电动机。如果将直流串励式电动机直接接入交流网络中运行，则其运行情况将变得十分恶劣，其原因是：

(1) 磁极铁芯和磁轭中将产生很大的涡流损耗。

(2) 励磁绕组和电枢绕组中将产生很大的电压降。

(3) 由于换向元件中的短路电势没有得到补偿，换向将发生困难，并且还可能引起严重火花。

因此，要将直流串励电动机作为交、直流两用电动机使用，除了应改善整个磁路系统之外，还应在电动机的定子上加设补偿绕组和换向绕组，以消除上述现象。其原理接线图如图 4-31 所示。

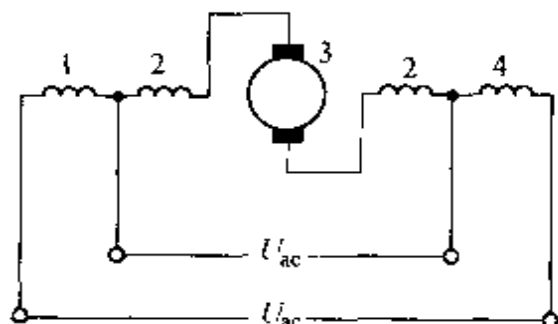


图 4-31 交、直流两用电动机电路

1. 励磁绕组；2. 换向绕组；3. 电枢绕组；4. 补偿绕组

639. 换向器的结构有何特点？换向器发生故障怎么办？

换向器（又称整流子）是交、直流串励电动机的一个重要部件，也是易发生故障而又难以排除的部件。它由紫铜换向片、云母片和铁芯等组成，通常装在电动机轴上，并随电枢一起转动。换向器的主要部分是图 4-32 所示的燕尾形换向片 2，在铜片之间和铜片与轴之间都用云母绝缘。电枢绕组的末端焊接在换向铜片的尾部（肩部）。换向片排成圆筒形，用钢质 V 形套筒和 V 形环与换向器的燕尾部配合，另一端螺旋压圈与套筒紧固而形成一整体。目前小型通用电动机采用由酚醛玻璃纤维塑料或 ABS 塑料压制而成的换向器，这种换向器用来代替 V 形结构。

正常运行的换向器，应有圆柱形的平滑表面，且表面上应有一层坚硬的紫红色光泽的氧化膜。但换向器使用日久，由于自然磨损、油污侵入等原因，往往发生各种故障。如果发现换向器表面只有轻微伤痕、粗糙和积污，则只要用 00 号玻璃砂纸打磨平滑即可。

如果换向器表面失圆或严重烧伤，云母片显著凸出，则应将电枢卸下来，在车床上将换向器表面车光，再用小锯条进行刮沟，然后把换向器研磨光滑，并清除沟槽中的铜屑，装配后即可使用。

如果换向片间发生短路、碰壳，则应调换一个新换向器。但

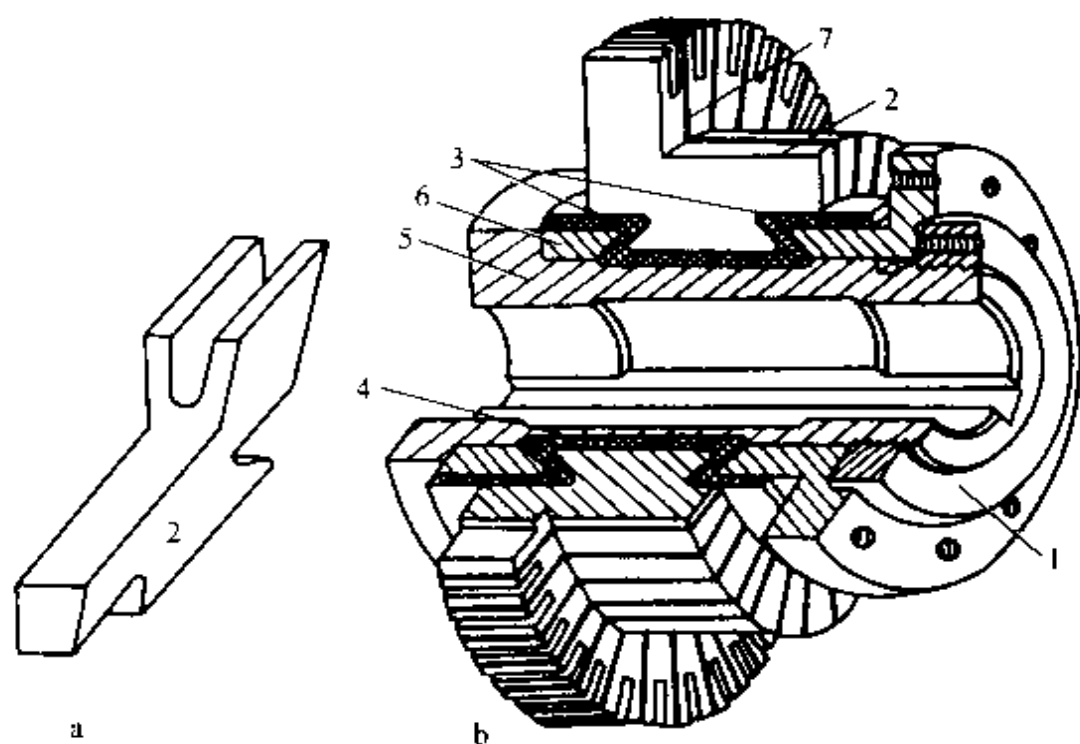


图 4·32 换向器结构

1. 螺旋压圈；2. 换向片；3. V形云母环；4. 绝缘套筒；
5. 铜套筒；6. V形钢环；7. 云母片

是，目前换向器的规格不一，在市场上很难买到所需产品，所以，换向器一旦发生这类故障，往往需要维修人员来修复，使其具有原有性能。换向器的修理，一般可按下述步骤和方法进行：

(1) 将损坏的换向器从电动机轴上卸下，测量其外径、长度，焊线处凸肩的外径，以及换向片数目，把这些数据逐一记录下来。

(2) 取一段内径略小于换向器外径的钢管（可选用自来水管），在车床上加工钢管内径，使其等于换向器外径，把换向器镶入钢管内。车去钢管一端的剩余部分。这样，就形成一个钢箍，以防止拆卸过程中换向片散开。

(3) 在车床上车削换向器铁芯胀铆部分的铆边，然后从车床上取下换向器，用小锤轻轻敲击铁芯，使其退出。

(4) 重新加工一副铁芯，加工的方法有两种：一是按原样车制，只是在长度方向留出 2~3 mm 余量，以作为铆边之用；二是在铁芯的两部分均车出 5 mm 长的螺纹，组装时不需要胀铆，只要

用专用的扳手将螺扣拧紧即可。这样，拆装方便，省时省力。

(5) 将铁芯周围的云母衬垫轻轻撬下，用游标卡尺测量其厚度；准备新云母片，其厚度应与原云母片的厚度相同；如果新云母片较厚，则用小刀除掉其多余部分，反复进行校正、调换，使其符合要求的厚度。

(6) 测量换向片的内径，并作出记录；将换向器从铁箍内取出，用手锤轻轻敲击，使换向片与云母片全部分离；量出云母片的厚度，并将新云母片裁剪成许多长方形小块，边缘部分留出0.5 mm的加工余量。

(7) 用铁皮按原换向片沟槽形状和大小做一块精确的样板卡。

(8) 在硬木块上按原换向片的斜度开一斜槽，以换向片能完全嵌入槽内为准。

(9) 把紫铜板（其厚度与原换向片厚度相同）截成同样的长方块，逐块放入木制斜槽内，并用锉刀锉削。与此同时，用样板卡测量，直到完全合格为止，然后用细砂纸磨光。

(10) 用橡皮筋把所有换向片围成辐射状，再插入云母片，以形成换向器的锥形。

(11) 加工车制一铁箍，其内径等于锥形换向器的外径，将锥形换向器压入铁箍内，按原换向片两端的“V”形在车床上进行车削（斜度、深度应与原换向片的斜度、深度相同），然后按上述第(6)项记录的尺寸加工换向片内径。

(12) 将压入换向器的铁箍从车床上取下，细心剔除铜屑，并放置云母衬垫和装配铁芯；然后用喷灯或其他加热方法加热（云母片受热后变软），使换向片压紧，并将铁芯铆合成一体。

(13) 从铁箍中取出换向器，利用校验灯或仪表检查各换向片间的绝缘情况。若无短路、碰壳现象，就可将换向器装到电动机轴上，然后在车床上将换向器表面车光，最后进行削沟、研磨光滑和清除铜屑。

640. 怎样检查和排除交流串励电动机的电枢绕组匝间短路或换向器片片间短路故障？

交流串励电动机常用于手持电动工具（如电钻、电吹风、电刨等）。这种电动机的转速较高，容易发生换向器火花及线圈断路、接地和短路等故障。

如果交流串励电动机的电枢绕组匝间短路或换向器片片间短路，可按下述步骤和方法进行检查：

(1) 先将电刷对磁极线圈的相对位置作好标记，然后拆卸电动机，把转子抽出，放在“□”形电磁铁上（图4-33）。

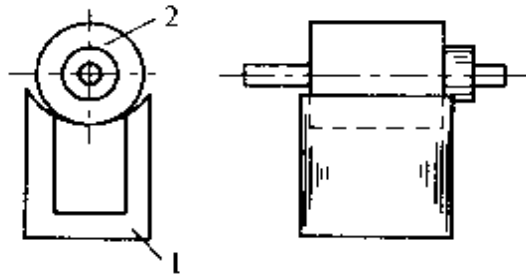


图4-33 检查电枢绕组匝间短路示意图
1. “□”形电磁铁；2. 转子

(2) 在“□”形电磁铁线圈中通以36V单相交流电，用手慢慢盘动转子，将小锯条顺轴向放在槽口。如果电枢线圈或换向片有短路故障，则锯条将发生振动。此外，也可用低压交流电压表（0~5V）测量各相邻两换向片间的电压。如果某两个相邻换向片间的电压比其他换向片间的电压低，则表明该两个换向片之间存在短路点。

查明电枢绕组的短路或接地故障后，只能采用重绕线圈的办法进行修理。修理的步骤和注意事项如下：

(1) 拆除旧线圈以前，应详细记录线圈匝数、导线直径和牌号、绝缘的材质和尺寸、线圈节距、线圈绕线方向、线圈排列方向、线圈首尾端与换向片连接的位置，并绘出电枢绕组接线展开图（图4-34），完成上述准备工作，便可拆除线圈。

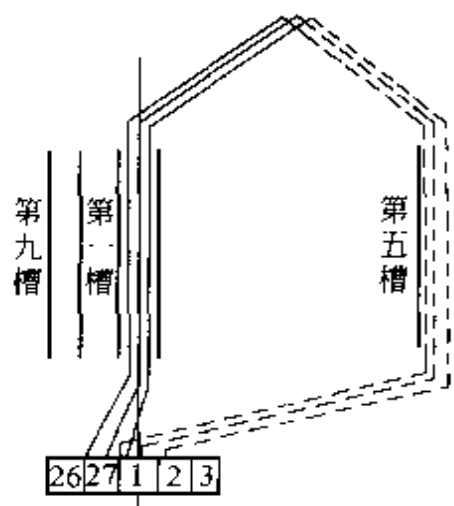


图 4-34 J12-6 型 (6 mm) 手电钻电枢绕组接线展开图

(2) 线圈拆除后，用兆欧表或试灯检查各换向片有无短路或接地故障，并用汽油清洗换向片。

(3) 按原来的绕法绕制（模绕或手绕）线圈。绕线时必须特别注意，不要碰伤导线绝缘，以免绕好后又发生短路。

(4) 绕好线圈并完成焊接工作后，首先进行匝间短路试验和测量换向片间的绝缘电阻，然后进行浸漆和干燥处理。

(5) 进行带电试验。试验中若发现旋转方向相反，则将电刷架上的两个定子绕组头尾位置对调即可。

(6) 带电试验合格后，测量电钻对地绝缘电阻，测得的电阻值应不低于 $1\text{ M}\Omega$ 。

641. 怎样检查串励电动机转子绕组故障？如何重绕转子绕组？

由于串励电动机的转速和温度都较高，且运行时电流急剧改变，所以转子绕组故障多于定子绕组。转子绕组故障最简单的检查方法是根据换向片电压的大小来分析。检查换向片的电压时，将一只干电池或蓄电池接于相隔 180° 电角度的换向片上，用一只毫伏表依次测量两相邻换向片之间的电压降（图 4-35）。完好的转子绕组，片间电压大小基本一致。如果绕组有短路线匝，则该线匝处的电压明显减小；如果绕组有断路故障，则断开处的电压明显增

大。此外，还可将毫伏表的一端接换向片，另一端接在轴上，检查绕组有无接地故障。

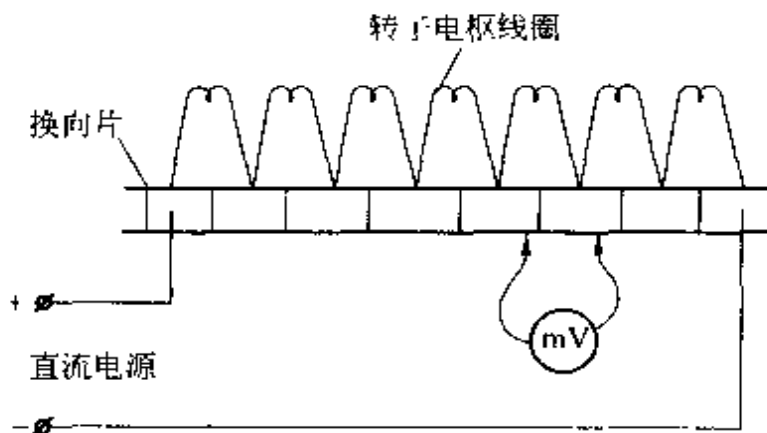


图 4-35 换向片片间电压检查方法

重绕串励电动机的转子绕组以前，先加热拆除旧绕组，拆除旧绕组时应记录有关数据，如槽数、节距、每槽匝数、导线型号、缠绕型式等。串励电动机通常为 2 极电机，转子铁芯的槽数为 7、8、9、10、11、12、13、14，换向器的片数与槽数之比一般为 2:1 或 3:1，绕组缠绕的型式分为叠绕和对绕两种，但叠绕较多。

在已知槽数的条件下，线圈节距可按下式计算：

$$y_2 = \frac{Q_2 - 1}{2p} = \frac{Q_2 - 1}{2}$$

式中 Q_2 ——转子铁芯槽数；

$2p = 2$ ，电机极数。

例如，若 $Q_2 = 9$ ，则 $y_2 = \frac{9-1}{2} = \frac{8}{2} = 4$ ，即 1~5 槽嵌线，具体绕（嵌）线方法如图 4-36 所示。先绕第一线圈， $y_1 = 1 \sim 5$ （图 4-36a），并将其两个线头焊在相应的两换向器片上；然后绕第二线圈， $y_2 = 2 \sim 6$ （图 4-36b），照此绕下去，并把线圈线头与相应的换向片焊好。图 4-36c 为叠绕完 2/3 的情况，每槽都是双层线圈边。对绕式的端部平整，平衡性较好，但工艺复杂，接线也不方便，其缠绕方法这里不作介绍。

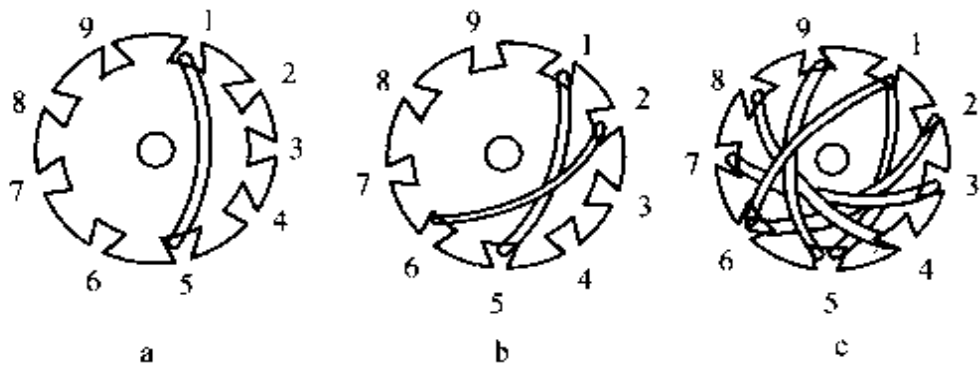


图 4-36 串励电动机转子电枢叠绕示意图

642. 改善换向器电动机换向的方法有哪几种？

怎样改善单相串励电动机的换向？

改善换向器电动机换向的方法一般有三种：加装换向极；移动电刷；将元件移动到换向器的焊头位置。其中加装换向极是改善换向最有效的方法，但这种方法只能用于 1 kW 以上的电机。对于小容量单相串励电动机，由于其内部空间很小，不可能加装换向极，因此这种电机只能采用后两种方法来改善换向。

(1) 移动电刷。将串励电动机的电刷逆旋转方向移动一个角度，主极就可起换向极的作用，促进换向，但移动角度要适当。移动角度过大，换向元件切割主磁极磁通密度过高，产生的速度电势很大，使换向过分提前，同时也导致电刷下出现火花；移动角度过小，换向元件切割主磁极磁通密度过低，产生的速度电势很小，不足以抵消电抗电势，换向滞后，电刷下面也会出现火花。

(2) 移动元件到换向器的焊头位置。移动电刷虽然比较方便，但有些电动机的电刷固定在端盖上，要改善这种电动机的换向，只能顺转向移动每个元件到换向器的焊头位置，此时移动距离也要恰当。否则，仍然会产生火花。

三种改善换向方法的比较（如电刷位置和线圈元件边位置）如图 4-37 所示。

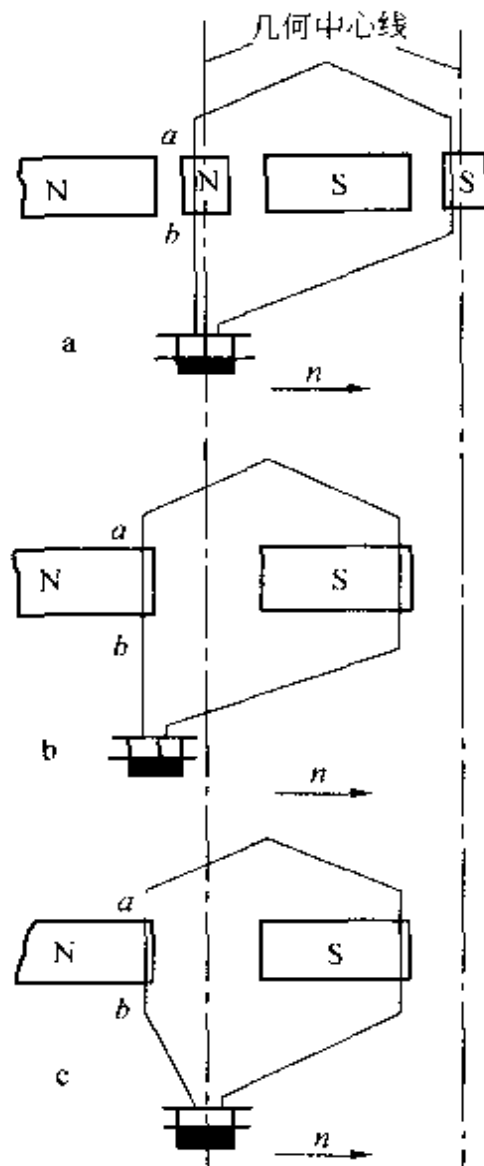


图 4-37 三种改善换向方法的比较

643. 换向器电动机有哪些常见故障？故障原因是什么？怎样处理？

换向器电动机常见故障、故障原因和处理方法如表 4-17 所示。

表 4-17 换向器电动机常见故障和处理方法

| 故障现象 | 可能原因 | 处理方法 |
|---------|----------------|----------------------|
| 电动机不能启动 | (1) 集电环与电刷接触不良 | (1) 找出二者接触不良原因，并予以处理 |

续表

| 故障现象 | 可能原因 | 处理方法 |
|-------------|--|--|
| 电动机不能启动 | <ul style="list-style-type: none"> (2) 换向器与电刷接触不良 (3) 电刷转盘不在最低额定转速位置 | <ul style="list-style-type: none"> (2) 找出二者接触不良原因, 并予以处理 (3) 调整电刷转盘位置 |
| 电机过热 | <ul style="list-style-type: none"> (1) 换向器上有多块电刷不与换向器接触 (2) 换向器上火花较大 (3) 两个电刷转盘的相对位置不符合要求 (4) 定子绕组匝间短路 | <ul style="list-style-type: none"> (1) 检查全部电刷有无卡住、过短、引线脱开现象, 并予以处理 (2) 检查并处理火花较大的故障 (3) 进行校正 (4) 测量定子绕组各相直流电阻值, 找出短路点, 并予以处理 |
| 转速不能调节 | <ul style="list-style-type: none"> (1) 定子绕组与电刷引线接线错误 (2) 两个电刷转盘的相对位置不符合要求 | <ul style="list-style-type: none"> (1) 查出引出线错接处, 重新接线 (2) 检查校正 |
| 调速范围不符合要求 | <ul style="list-style-type: none"> (1) 两个电刷转盘的限位板装错 (2) 两个电刷转盘的相对位置不符合要求 | <ul style="list-style-type: none"> (1) 调整限位板位置 (2) 检查校正 |
| 换向器过热 | <ul style="list-style-type: none"> (1) 电刷牌号不对 (2) 换向器火花较大 (3) 两个电刷转盘的相对位置不符合要求 (4) 电刷压力过大 | <ul style="list-style-type: none"> (1) 调换电刷 (2) 找出原因, 并予以处理 (3) 检查校正 (4) 用弹簧秤检查电刷压力, 并进行调整 |
| 换向器上的电刷磨损太快 | <ul style="list-style-type: none"> (1) 换向器上火花较大 (2) 换向器表面太粗糙或两侧有毛刺 (3) 电刷牌号不对 | <ul style="list-style-type: none"> (1) 找出原因, 并予以处理 (2) 检查换向器表面光滑程度, 并予以修整 (3) 调换电刷 |
| 换向器上的火花过大 | <ul style="list-style-type: none"> (1) 部分电刷与换向器接触不良 (2) 电刷压力过大或过小 | <ul style="list-style-type: none"> (1) 检查接触不良处, 并设法排除 (2) 用弹簧秤检查压力, 并予以调整 |

续表

| 故障现象 | 可能原因 | 处理方法 |
|--------------------------|--|---|
| 换向器上的火花过大 | (3) 两个电刷转盘的相对位置不符合要求 (4) 有一块或几块换向片凸出, 每凸出一块换向片, 就有 P 对角处换向片内边或外边被灼伤 (5) 调节绕组和换向器竖片间脱焊, 在换向器内、外边都有 P 对角处被灼伤, 而脱焊的换向片却异常光滑 (6) 电刷牌号不对 | (3) 检查校正 (4) 切断电源, 在电机未停止前将手按在内外两排电刷上, 检查电刷是否跳动。若跳动, 则应整修换向器 (5) 拆下后端盖, 并将额定电压加于转子绕组, 用交流电压表 (低量程) 逐一测量相邻两换向片间的电压, 找出脱焊处, 并重新焊好 (6) 调换电刷 |
| 按下加减速按钮时, 遥控机转动, 但主机不能调速 | (1) 遥控机前面盖板上的过载打滑螺母太松 (2) 电刷转盘与端盖接触面生锈卡住 (3) 限位板位置装错 | (1) 适当拧紧过载打滑螺母 (2) 清除铁锈, 并加少量润滑油脂 (3) 重新安装限位板 |

644. 单相异步电动机绕组怎样嵌线?

(1) 单相单层同心式绕组的嵌线。一般是先嵌主绕组, 嵌线时一个线圈组一个线圈组地嵌。嵌每个线圈组时, 先嵌小线圈, 后嵌大线圈。将主绕组嵌好后, 再用同样方法将副绕组一一嵌入槽内。

(2) 单相双层短距绕组的嵌线。单相双层短距绕组的嵌线方法与三相双层短距绕组的嵌线方法完全相同, 现以 $2p=4$ 、 $Q_1=24$ 槽为例, 说明嵌线方法:

在图 4-38 中, ①、②、③……⑦、⑧为线圈组号, 其主绕组、副绕组的线圈节距 $y=4$, 即 1 跨 5, 线圈数 $q_1=4$, $q_2=2$ 。具体嵌线工艺如下:

嵌线前。将线圈的引出线置于靠近机壳、有出线孔的一端, 以

免引出线引出困难。嵌线时，如果从左端嵌入线圈，则应将机壳上有出线孔的一端朝左，且放置应平稳。

嵌线时。首先应确定暂时不嵌的起把线圈的上层边，然后将线圈组①的四个线圈的下层边依次嵌入5、6、7、8槽内。而线圈组①的上层边，由于要压着线圈组⑧的全部下层边和线圈组⑦的部分下层边，所以暂时不能嵌入相应的1、2、3、4槽内。

嵌完四个起把线圈的下层边以后。在其上面垫放好层间绝缘并压紧，然后依次嵌入线圈组②、③、④、⑤、⑥、⑦、⑧的各个线圈的下层边和上层边。每个下层边嵌入槽内后，都应在其上面垫放好层间绝缘。

当全部线圈的下层边都嵌入槽内后。可将起把线圈的四个上层

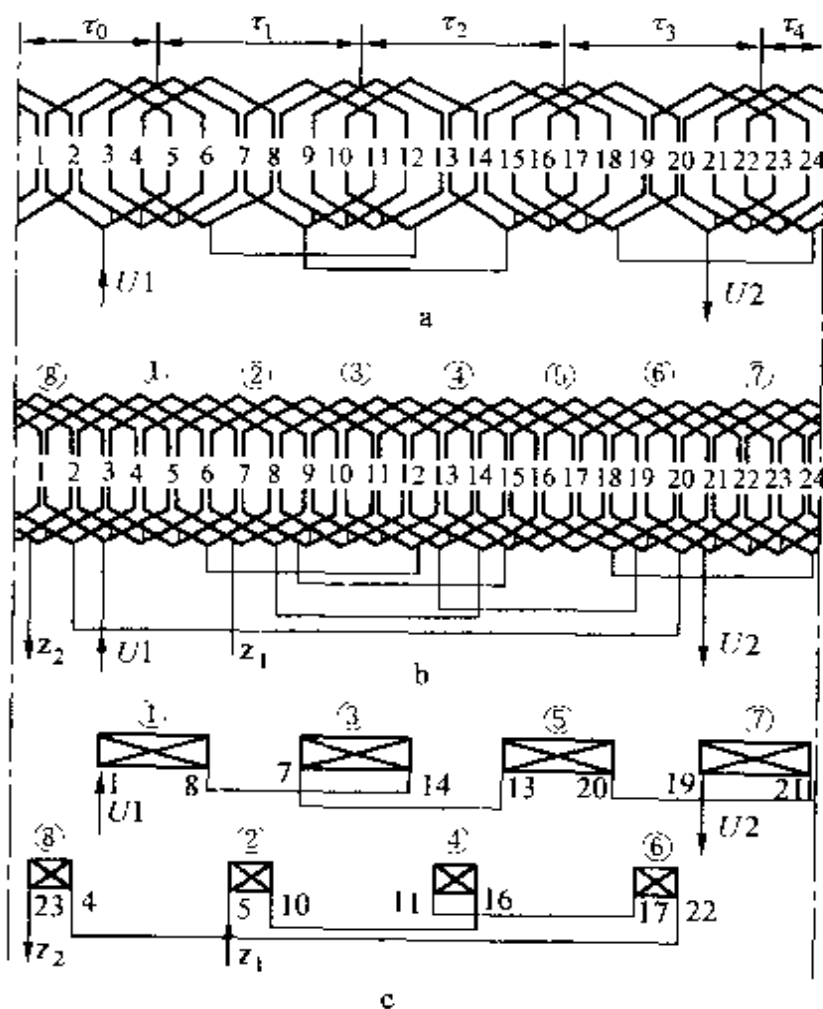


图 4-38 单相 24 槽双层绕组的端部接线和嵌线展开图

边依次嵌入槽内的上层。线圈组①的第4只线圈的上层边是最后嵌入4号槽内的一个上层边。

最后同相各线圈组之间按反串联规律连接，即上层边引出线接上层边引出线，由于它们位于上面，所以又称面接线。下层边的引出线接下层边的引出线，由于它们位于槽底，所以又称底接线（图4-38c）。

645. 单相异步电动机绕组重绕和嵌线完毕，绕组接线有哪些特点？怎样接线？

单相异步电动机绕组重绕和嵌线完毕，绕组接线有以下两个基本特点：

(1) 主、副绕组的接线方式基本一致。如果主绕组（工作绕组）是串联接法，则副绕组（起动绕组）也是串联接法。

(2) 无论电动机极数多少，同一绕组相邻两磁极的极性必须相反，所以两相邻线圈组的接法是：串联接线时应为“反串联”，即“头—头”连接或“尾—尾”连接。

单相异步电动机绕组接线方法如下：

(1) 主绕组串联接法。图4-39为4极分相电动机主绕组的基本接法。为了作图简单，分相电动机绕组的接线图可以简化，例如图4-39可以简化为图4-40。图4-40中的长方形表示产生一个磁极的线圈组，S、N、S、N表示各线圈组产生的磁极极性，箭头表示流经各线圈组的电流方向。

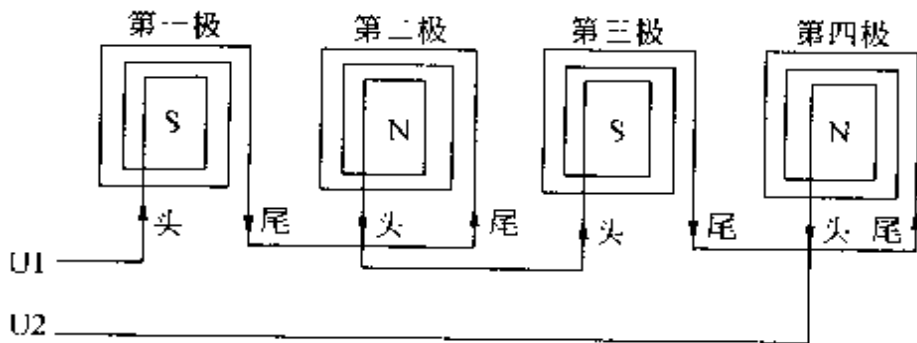


图4-39 4极分相电动机主绕组快速接法

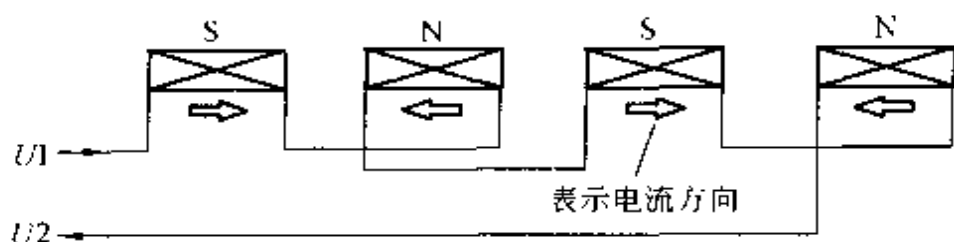


图 4-40 主绕组接线图的快速简化画法

(2) 副绕组串联接法。副绕组的接法与主绕组的接法基本相同，不同之点是多一个起动开关。根据开关串联位置的不同，有两种接法：一是串接在副绕组的中间，即串在第二和第三绕组中间；二是串接在副绕组的首端或末端（图 4-41）。

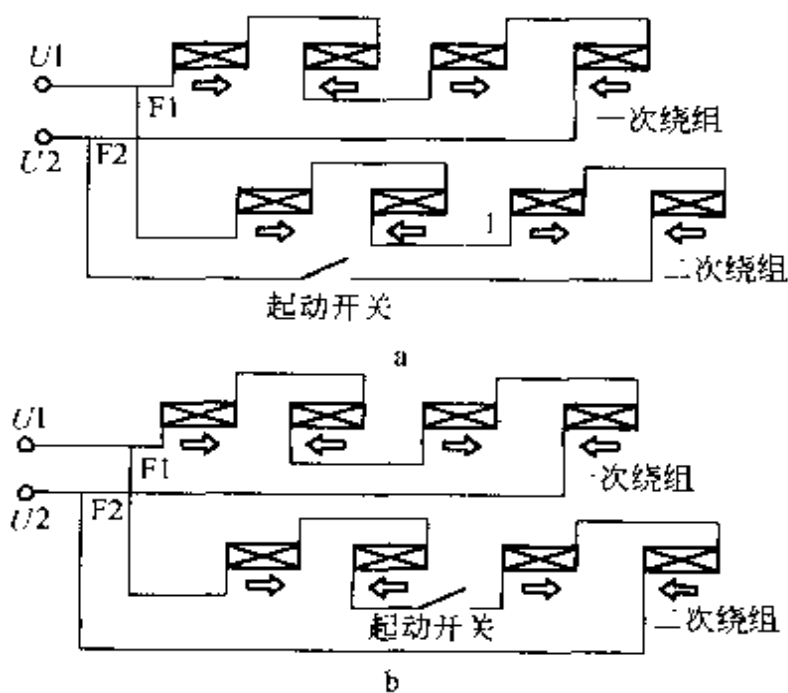


图 4-41 单相 4 极电动机接线图

a. 起动开关在引线端；b. 起动开关在副绕组中

(3) 并联接法。普通分相电动机一般采用串联接法，但也有少数电动机采用并联接法（或称双联法）。并联也有两种接法：一是“头—头”或“尾—尾”相接（图 4-42）；二是“头—尾”相接（图 4-43）。

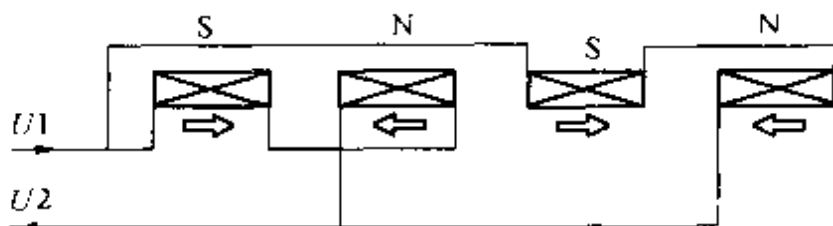


图 4-42 主绕组并联的第一种接法

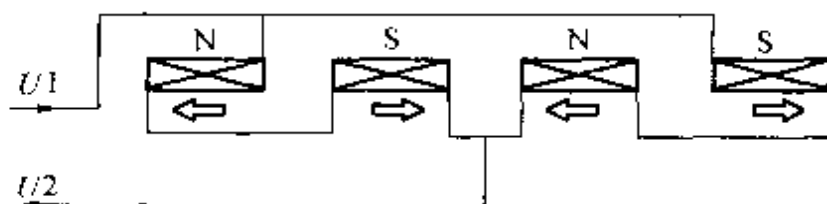


图 4-43 主绕组并联的第二种接法

646. 为什么要对修理过的单相异步电动机进行高压耐压试验?

使用兆欧表测量单相异步电动机定子绕组的绝缘电阻，仅仅是对其绝缘性能进行检查的一个方面。定子绕组的绝缘电阻值并非在所有情况下都能反映绕组绝缘性能的好坏。例如，某台电动机由于线圈短路发热而造成绝缘烧坏，如果不使绕组受潮或震动，则测量其绝缘电阻时，会发现其阻值仍然很高，但在较高电压作用下却极易被击穿。相反，当电动机绕组在短期内受潮或受到污染时，其绝缘电阻值可能明显下降，但它所能承受的电压都不一定降低。因此，对修理过的单相异步电动机，尤其是修理过的定子绕组，除了测量其绝缘电阻外，还应尽可能进行电气强度试验，而电气强度试验中最重要的内容就是高压耐压试验（详见 647 问）。

647. 单相异步电动机修理完毕应进行哪些检查和试验?

单相异步电动机修理完毕，一般应进行以下检查和试验：

- (1) 定子绕组引出线的拉力试验。通常，单相异步电动机的三根引出线中任意一根的耐拉力都应在 10 kg 以上。试验时，提起任

意一根引出线，如果电动机被提起，而导线既未断开，也无延长现象，则可判为拉力试验合格。要做到这一点，电动机至少应有一次软线（塑料软线）与定子绕组单股引线相接。但最好是二次接线，即将定子绕组的单股线先与较细的多股软线相接，然后再用较粗的多股软线与较细的多股软线相接（图 4-44）。这样，就能够保证定子绕组的引出线耐拉力符合要求。

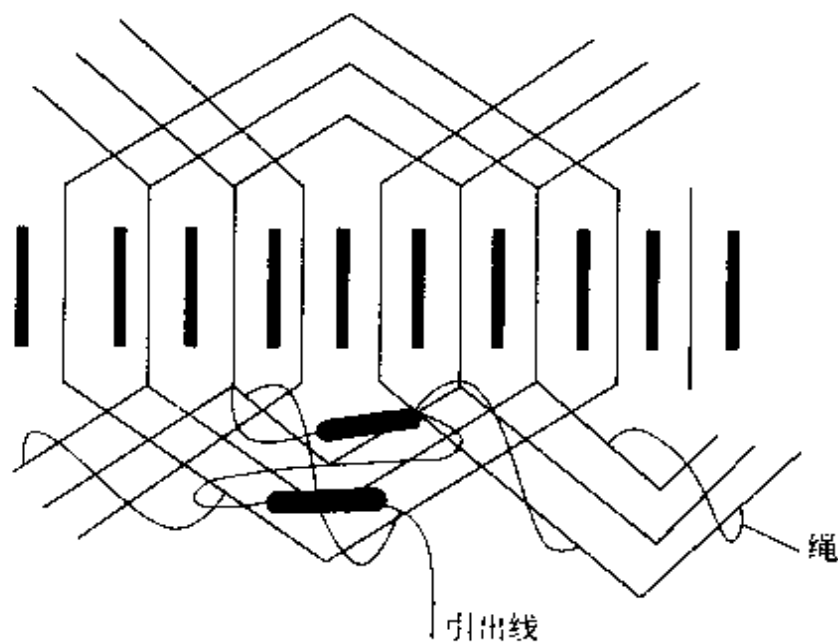
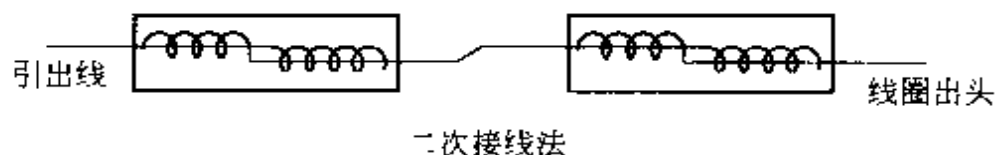


图 4-44 单相电动机定子绕组引出线接线示意图

(2) 绝缘电阻测试。单相电动机的绝缘电阻包括定子两相绕组之间的绝缘电阻和定子绕组对地（机壳）之间的绝缘电阻。当电动机的额定电压为 380 V 以下正弦电压时，测试绝缘电阻所用的仪表为 500 V 兆欧表。

通常，定子绕组对地的绝缘电阻以及定子相间绝缘电阻均应大于 5 MΩ。如果单相电动机的绕组受潮，则其绝缘电阻值便下降。

若测得的绝缘电阻值小于 $2\text{ M}\Omega$ ，就可判定绕组的绝缘电阻值不合格。此时可对电动机施加低电压（使电机空载运行），使其运转一段时间，待绕组内的潮气排出，再测试绝缘电阻，如果测得的绝缘电阻值符合要求，就可视为绕组绝缘合格，电机可以投入运行。

(3) 电气强度试验（即耐压试验）。单相异步电动机多为民用电动机，所以对其电气强度有严格要求，即对电动机要进行耐压试验。国标规定单相异步电动机耐压试验所加电压为正弦交流电压 $1000\text{ V} + U_e$ 。（ U_e 为电动机额定电压）。单相电动机耐压值规定为 1500 V ，加压时间为 1 min 。在试验过程中绕组绝缘不得出现击穿和闪络现象。进行耐压试验时，应有专用的高压试验台。

(4) 绝缘气隙测试。绝缘气隙，是指带电导体与机壳、电动机端盖之间的间隙。国标规定电动机的绝缘气隙不得小于 3 mm 。绝缘气隙值可用标准塞规片来测试。但是，实际上我们用肉眼也可直接作出判断。若绝缘气隙小于 3 mm ，则应在气隙较小部位夹垫绝缘纸或其他绝缘材料，以提高电动机的绝缘强度。

(5) 电动机性能检测。电动机性能检测，是指对电动机的起动力矩和最大力矩以及起动电流和空载电流进行测试。

①对电动机起动力矩（起动能力） T_Q 的要求

$$\frac{T_Q}{T_e} = 1.8 \sim 2.0 (\text{对电冰箱电动机为 } 2.5)$$

式中 T_Q ——起动力矩；

T_e ——额定力矩；

②对电动机最大力矩（过载能力） T_{\max} 的要求

$$\frac{T_{\max}}{T_e} \geq 2 (\text{对电冰箱电动机应大于 } 2.5)$$

式中 T_{\max} ——最大力矩。

③电动机起动电流 I_Q 和空载电流的测试。一般用钳形电流表或电流表来测量电动机的起动电流和空载电流。单相电动机的空载起动电流应不超过 5 倍额定电流，空载运行电流应为 $25\% \sim 30\%$ 额定电流，或者小于 25% 额定电流。具体测试电流时，要特别注

意仪表量程的选择。若仪表电流量程选得太大，则测量误差大；反之，若仪表电流量程选得太小，则会将表针打弯，甚至烧毁仪表。

上述检查和试验如果合格，则电动机接入额定电压试运行一段时间，观测其温升和监听其噪音。若电动机空载运行一个多小时，无明显温升，温度变化很小，噪音也不大，则可判定电动机运行正常，可以投入使用。

648. 电扇怎样分类？其电动机有何特点？ 各类电扇分别配用哪种单相电动机？

目前电扇的种类、牌号繁多，并往新造型、多功能方向发展。按其主要结构和使用特征，大致可分为台扇、换气扇、鸿运扇和吊扇等几种。电扇使用的电动机一般制成防护式或封闭式。

(1) 台扇。常见台扇按扇叶边旋转形成圆周的直径可分为 200、250、300、350、400 mm 五种规格。它是电扇家族中使用最早最多的一种。台扇电动机属于专用电动机，其外壳、端盖、定子、双轴伸长转轴转子、轴承等的结构均有别于一般单相电动机。

壁扇、顶扇、落地扇和坐地扇属于台扇的派生品种，与台扇具有相同功能，仅支承方式、安装使用场合不同，其电动机与台扇通用。

(2) 换气扇。又称排气（风）扇，分开敞式、自启百叶窗式和轴流式等几种，其电动机多制成单轴伸封闭式。此外，净、排油烟机也属于换气扇品种，只是扇叶造型不同，其电动机与换气扇通用。

(3) 鸿运扇。又称转页扇或折页扇，由箱式风扇改进而成，是近年出现的电扇新品种，其摇摆机构以转盘代替，扇页则装在电动机后面，从而有利于电机散热冷却。鸿运扇使用的电动机，是采用扁铁芯定子、单轴伸转子的封闭式 4 极单相电动机。驱动转盘的单相永磁同步电动机为 12 极电机，输出功率为 3 W，转子采用永磁钢制造，转速为 500 r/min，经二级变速输出为 30 r/min，再经齿轮传动变速，使转盘恒速为 4~6 r/min。电动机可双向运转。

(4) 吊扇。一般用于较大面积的室内。常见规格有 900、

1050、1200、1400、1500、1800 mm 等几种。其特点是转速慢、扇叶长、旋转圆周直径大，相对台扇而言，其风量要大得多。例如，54 W、350 mm 台扇风量约为 $46 \text{ m}^3/\text{min}$ ，而 50 W、900 mm 吊扇风量可达 $140 \text{ m}^3/\text{min}$ ，即一台吊扇的吹风效果相当于三台台扇。

吊扇电动机也属于专用电动机，分罩极、电容两种类型，一般为封闭式、多极（12~18 极）、低速、外转子、轴中心悬挂结构的特殊形式。

各类电扇配用的不同单相电动机如表 4-18 所示。

表 4-18 各类电扇配用的单相电动机

| 电扇类型 | 电扇规格 (mm) | 配用的电动机 ^① | 电动机极数 |
|------|---------------------|------------------------|----------|
| 台扇 | 200 | 罩极异步电动机 | 2 |
| | 250 | 罩极异步电动机 单相电容运转异步电动机 | 2 2、4 |
| | 300、350、400 | 单相电容运转异步电动机 | 4 |
| 换气扇 | 150、200、250 | 罩极异步电动机 单相电容运转异步电动机 | 2 4 |
| | 300、350 | 单相电容运转异步电动机 | 4 |
| | 400、500、 600、750 | 单相电容运转异步电动机 三相异步电动机 | 4、6 |
| 鸿运扇 | 300、350、400 | 单相电容运转异步电动机 | 4 |
| 吊扇 | 900、1050 | 罩极异步电动机 单相电容运转异步电动机 | 12、14 |
| | 1200 | 单相电容运转异步电动机 | 16、18 |
| | 1400 | | 16、18、20 |
| | 1500 | | 18、20、22 |
| 1800 | 22、24、26 | | |

注：①车、船用电扇也有配用直流电动机的。

649. 吊扇有何优点？它由哪些主要部件组成？

在消耗同样功率的情况下，吊扇的风量是台扇风量的三倍左右，而且吊扇的扇风范围大，风力柔和，所以它是极有发展前途的电扇产品。

吊扇主要由扇叶、扇头、吊杆、吊攀、上下罩和独立安装的调速器及开关等组成（图 4-45）。吊扇主要部件的结构特点分述如下：

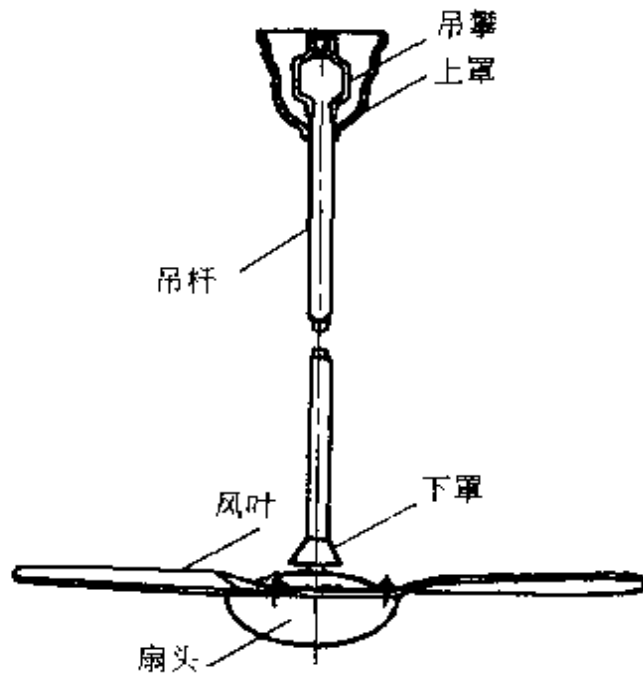


图 4-45 吊扇结构

(1) 扇叶。目前国产吊扇的扇叶多为三叶长条形，制成阔形和狭形两种。扇叶采用厚度为 1~2 mm 的铝板冲压成型，用螺钉将其固定在叶脚上。叶脚应有足够的刚度和合理的倾角，常用厚度为 3.0~3.5 mm 的冷轧钢板冲成。扇叶喷涂油漆后称重分组，以保证每组扇叶具有等量的重心力矩，使吊扇运转平稳。

(2) 扇头。扇头是吊扇的主要部件（图 4-46），它主要由定子、转子、上盖、下盖等组成。吊扇电动机多为电容运转电动机，但也有采用罩极电动机的。吊扇电动机的另一结构特点是采用封闭式和外转子结构，目的是力求用料省、装配方便，并使扇叶直接紧

固在扇头的外壳上。

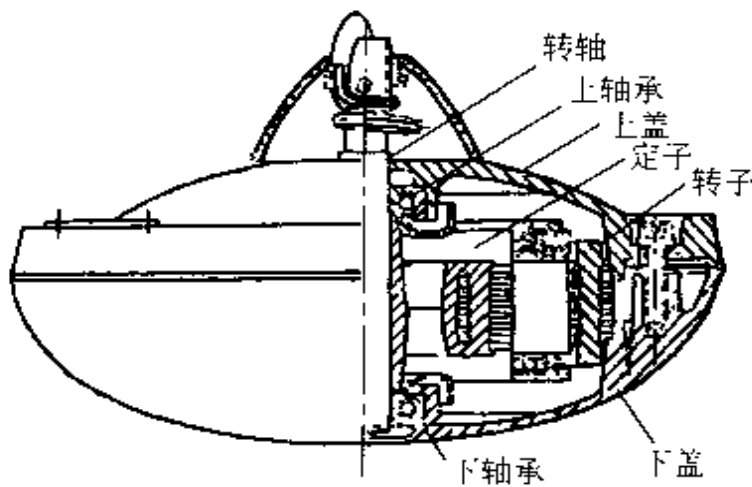


图 4-46 吊扇扇头结构

吊扇上轴承因承受扇头的轴向力，所以一般采用滚珠轴承，而下轴承仅起导向定位作用，既可采用滚珠轴承，也可采用粉末冶金含油轴承。吊扇轴常用无缝钢管制成，电动机的引线从轴内孔引出。上盖一般用铸铁制成，而下盖则用铝压铸或用铸铁制成。

(3) 吊杆、吊攀。二者是悬挂吊扇的重要部件，要求它们能承受 9800 N 的拉力和 49 N·m 的扭力而不断裂。为确保安全，吊杆多用无缝钢管制成，电机引线从管内接出，根据需要，吊杆可制成多种长度。

随着科学技术的发展，目前已流行古典式吊扇，其特点是：吊扇的上下盖和其他零件都用镀铜合金制成，使整台吊扇呈现金黄色或古铜色，外观闪光夺目，有豪华富丽之感。扇叶采用 4~6 只木制扇叶，要求叶片在长期使用中不变形，有的还将木叶中间挖空，然后配上藤织图案和镀金花边，下而再挂上华丽的吊灯，看上去优雅别致，古色古香，使吊扇成为艺术与实用相结合的家用电器。

650. 怎样判别吊扇电动机的主绕组和副绕组？

对吊扇电动机的主绕组和副绕组必须准确识别，才能正确接线。由于电动机的电容器是由外部接入的，因此从吊扇内引出的只

有三个接线头（图 4-47b）。图中 1、2、3 各引出线的颜色为红、黄、白或红、绿、黑等，不同牌号的吊扇，其引出线的颜色也可能不同。

如果吊扇说明书遗失，或者贴在吊杆上端的线路图也失落或模糊不清，则应查明哪个绕组是主绕组，哪个绕组是副绕组。只有查明这两个绕组，即确认图 4-47a 中线头“1”和“2”，才能按图 4-47 所示正确接线。主绕组和副绕组的判别方法如下：

(1) 先测出公用线头，即用万用表的电阻挡轮流测量三个线头之间的电阻（不同吊扇，其阻值也不同）。如果测得的电阻值最大（如 $500\ \Omega$ ），则它就是主绕组和副绕组串联后的总阻值，剩下的一个线头就是公用线头。

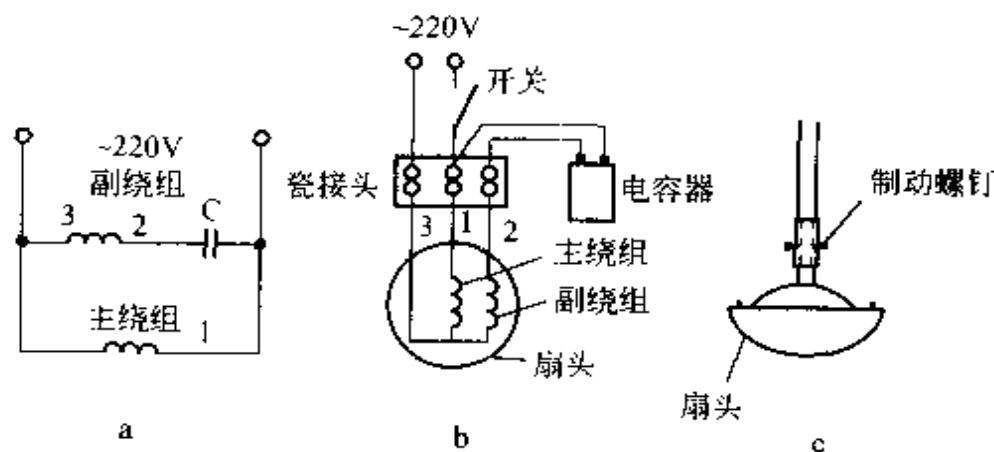


图 4-47 吊扇接线示意图

a. 原理图；b. 实物示意图；c. 制动螺钉位置

(2) 然后测量主绕组和副绕组的电阻，即将万用表的一支表笔搭在公用线头上，另一支表笔分别接触另外两个线头，测得阻值较小的绕组是主绕组，阻值较大的绕组是副绕组。

651. 一般电扇是否需要经常加油？

电扇电动机没有加油孔但需要加油怎么办？

台扇、落地扇等用的电动机，其轴承一般是铜基粉末冶金含油轴承，在轴承外面覆盖着浸足机油的毛毡油圈。由于含油轴承内部

充满毛细孔，所以生产厂在电扇装配前一般都将轴承置于机油中浸泡数小时或数天，使轴承毛细孔内充满机油。当电扇运转时，含油轴承内的机油不断释放，润滑轴承。轴承外面覆盖的毛毡油圈起贮油和使油路循环的作用，以补充轴承内的润滑油。所以，采用含油轴承的电扇，一般长期使用也无需加油。但是，由于机油的蒸发，对台扇、落地扇应每隔1~2年加油一次，加油时可采用20号机油或缝纫机油。此外，在连接头的袖衬里、角度盘内，以及变速箱内的摇头机构中，也应每隔1~2年加入适量的黄油，加油前应使用汽油或煤油将这些部件清洗干净。

吊扇电动机一般采用滚动轴承（单列向心球轴承），这种轴承在制造装配过程中或维修时都加入润滑脂（黄油），所以吊扇在使用过程中无需加油。但是，在吊扇长期使用中，如果发现轴承干摩擦而产生噪声，则应将轴承清洗后加入适量黄油。

通常，电扇电动机的端盖上都设有加油孔，当电机需要加油时，在端盖的加油孔内滴入数滴机油，轴承和轴即可得到润滑。但是，由于电机端盖的结构问题或者电扇设计者忽视电机的加油，端盖上往往没有加油孔。在这种情况下，如果电机需要加油，可拆去网罩、风叶和后罩壳，将电机直立（前端盖在上），盘动转轴，在紧靠前端盖和后端盖的转轴上滴入数滴机油，使其慢慢渗透，端盖内的轴承和轴档便可得到润滑。若电扇电动机的后端盖既无通风孔面轴承又密封在后端盖内（如鸿运扇电动机、换气扇电动机就是这种结构），则只有将前端盖拆开，取出转子，然后在前后轴承内注入机油，最后按原样装配。

吊扇的润滑，如前所述，是采用黄油，所以吊扇端盖上没有加油孔。如果需要加油，只能拆开上下端盖，取出定子，用汽油或煤油将轴承清洗后加入适量黄干油，然后按原样装配。

652. 对电扇的电源线和接地线有哪些要求？

怎样判别电扇电动机的引出线？

对电扇的电源线和接地线有以下要求：

(1) 电扇的电源线应为双重绝缘线，导线的截面积和长度应符合表4-19的规定。维修电扇或更换电源线时，导线必须符合要求，以免大电流、高电压施于导线而出现温升过高现象或发生火灾。

表 4-19 电扇电源线的截面积和长度

| 电风扇型式 | 规格 (mm) | 导线截面积 S (mm ²) | 电源线外露部分长度 L (从插头尾端至基座引出处) (mm) |
|------------|---------|----------------------------|--------------------------------|
| 台扇 壁扇 | 200 | S = 0.5 S = 0.75 | 1700 < L < 2000 L > 1700 |
| | (230) | | |
| | 250 | | |
| | 300 | | |
| | 350 | | |
| | 400 | | |
| 台地扇 落地扇 | 300 | S = 0.75 | L > 2500 |
| | 350 | | |
| | 400 | | |
| | 500 | | |
| | 600 | | |

(2) 电源线引出处应使用夹紧装置加以固定，在金属管或墙壁侧经过时应加绝缘（绝缘管或双唇胶垫圈）保护，以防导线松动而损伤。夹紧装置应使用绝缘材料制成。若使用金属夹紧装置，则应加装绝缘内衬。

(3) 按标准规定，接地线应使用黄绿双色花线，此色线不许移作他用。

(4) 从电源插头的接地极至电扇机头端盖螺钉之间的接地线电阻不得大于 0.2 Ω。接地线不许使用铝线。采用铜线作为接地线时，其截面积不应小于 4 mm²，而采用铁线时则不应小于 6 mm²。

(5) 不带接地线的电扇，应有供接地用的专用装置，并标有接地符号“ \equiv ”或“E”。三线插头中标有 E 的插头为接地插头，接线柱中标有 N 的接线柱为专供中性线使用的接线柱。由接地装置至扇头端盖螺钉间的电阻不得大于 0.1Ω 。

电扇电动机一般有三根引出线，在电机检修中容易将三者搞错而分不清主、副绕组。为了快速判断主、副绕组，可用万用表的最小欧姆挡测量电机各绕组的线圈电阻。如果测得两根引出线的电阻为最大值，则表明该电阻值是主、副绕组的串联电阻值，余下的那根引出线就是中心抽头；然后用万用表测量中心抽头与其余两根引出线的电阻值。如果测得中心抽头与其中某一引出线的电阻比较小，则表明该引出线为主绕组的引出线，另一引出线为副绕组的引出线。

653. 电扇常用调速器线头怎样编号和接线？

电扇常用的调速器，其绕组分为有指示灯和无指示灯两种。而绕组有指示灯的调速器又分为感应式（图 4-54）和自耦分压式（图 4-49~图 4-51）。电扇常用调速器的线头编号和接线图如图 4-48~图 4-54 所示。图中符号意义和应注意的事项说明如下：

(1) “ \odot ”表示接电容，“ \otimes ”表示接指示灯，“ M ”表示接电动机，“ \odot ”表示起端线。

(2) 图 4-51 中也有将 L3 绕组取出（图 4-54 中 L5 方法）作感应式使用的，指示灯不带高压电。

(3) 铁芯叠厚按电流校核，叠片多少对转速有一定影响。

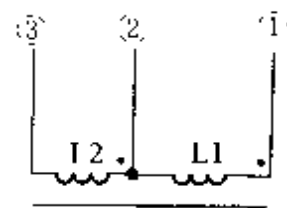


图 4-48 电容、罩极三速图

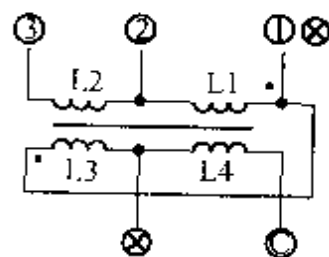


图 4-49 有指示灯、电容三速图

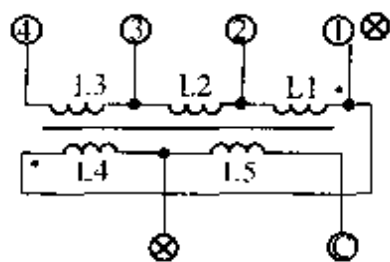


图 4-50 有指示灯、电容四速图

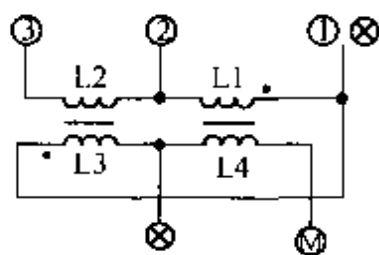


图 4-51 有指示灯、单极三速图

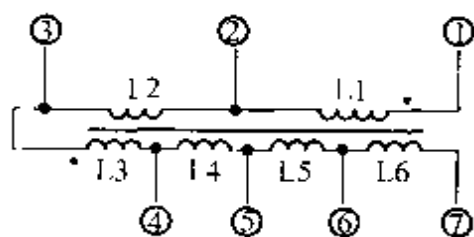


图 4-52 吊扇七速图

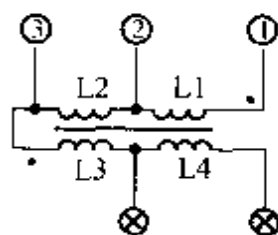


图 4-53 吊扇五速图

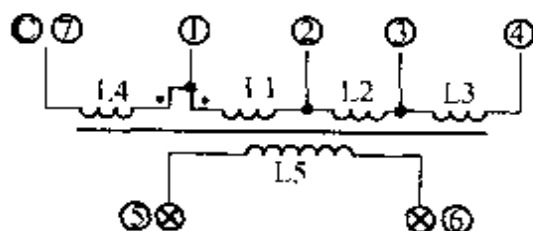


图 4-54 有指示灯、电容四速图

654. 电扇电动机怎样调速和变向?

常用的电扇电动机为单相异步电动机，其机械特性较软，其转矩与外加电压的平方成正比，而电扇的负载则随电动机转速的减小而减小。因此，电扇可通过改变电动机绕组电压来调速。

(1) 电抗器调速。见 655 问。

(2) 自耦变压器调速。为了使电扇能适用两种不同电压的电源，可采用自耦变压器调速线路（图 4-55），根据不同的使用电源相应变换电源转换插座即可。

(3) 电动机内部抽头调速。见 656 问。

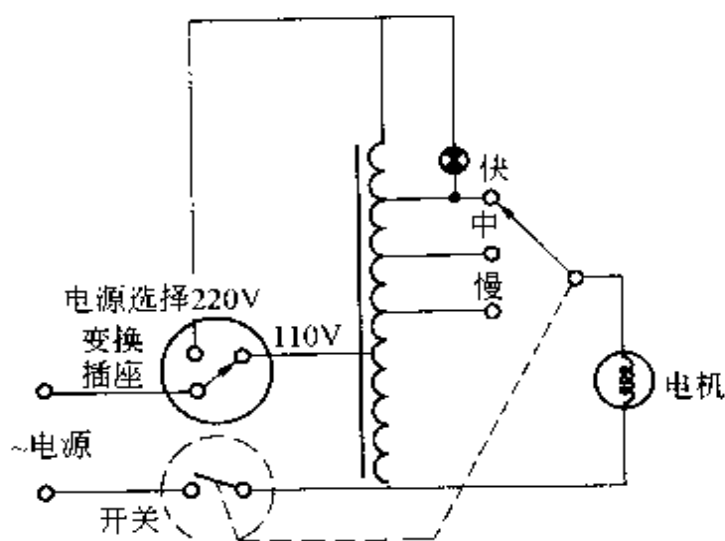


图 4-55 110/220 V 两用自耦变压器调速接线图

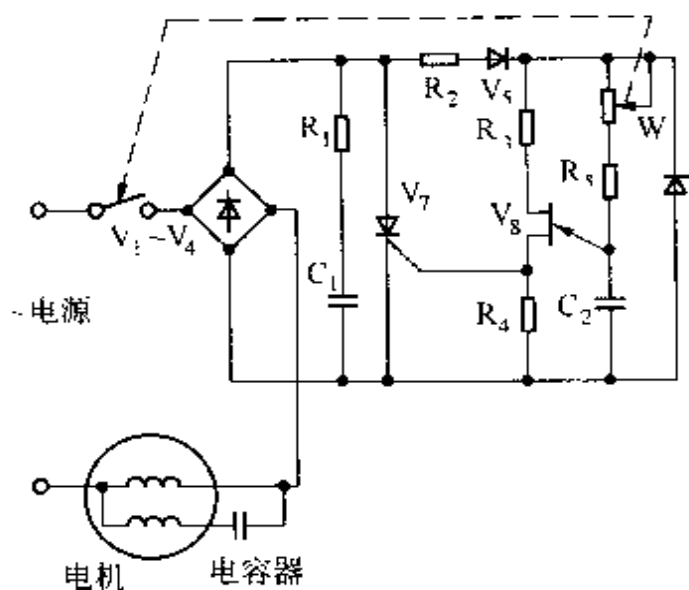


图 4-56 电扇用交流可控硅调速接线图

(4) 交流可控硅调速。图 4-56 为交流可控硅调速电路，触发器采用单晶体管弛张振荡电路，可无级调速。该线路的缺点是产生电磁噪音。

电扇电动机的运转方向取决于定子绕组所产生的旋转磁场的方向，而旋转磁场的方向总是由电流超前相转向电流滞后相。

在單极电动机内，主绕组的电流是超前的，單极内的电流是滞后的，因此电机旋转方向取决于單极在磁极中所处的位置。單极电动机旋转方向如图 4-57 所示。

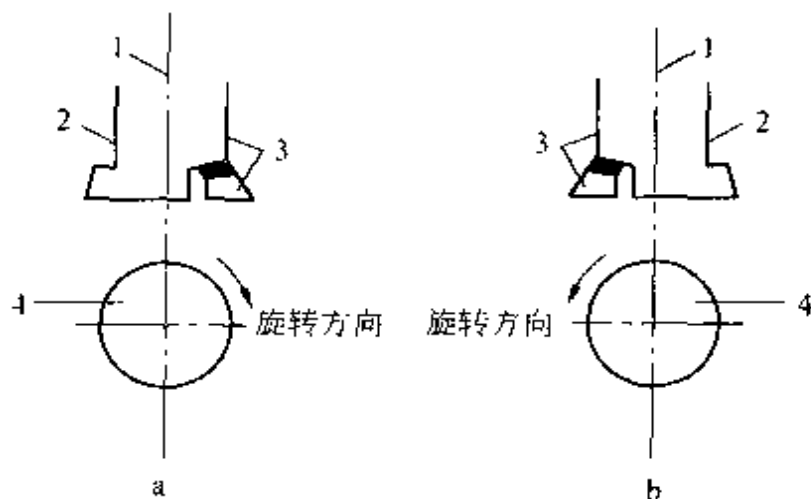


图 4-57 單极式电动机旋转方向

a. 电动机顺时针方向运转；b. 电动机逆时针方向运转；

1. 磁极中心；2. 磁极；3. 單极；4. 转子

在电容运转电动机内，副绕组电流是超前的，主绕组电流是滞后的，旋转方向如图 4-58 和图 4-59 所示。

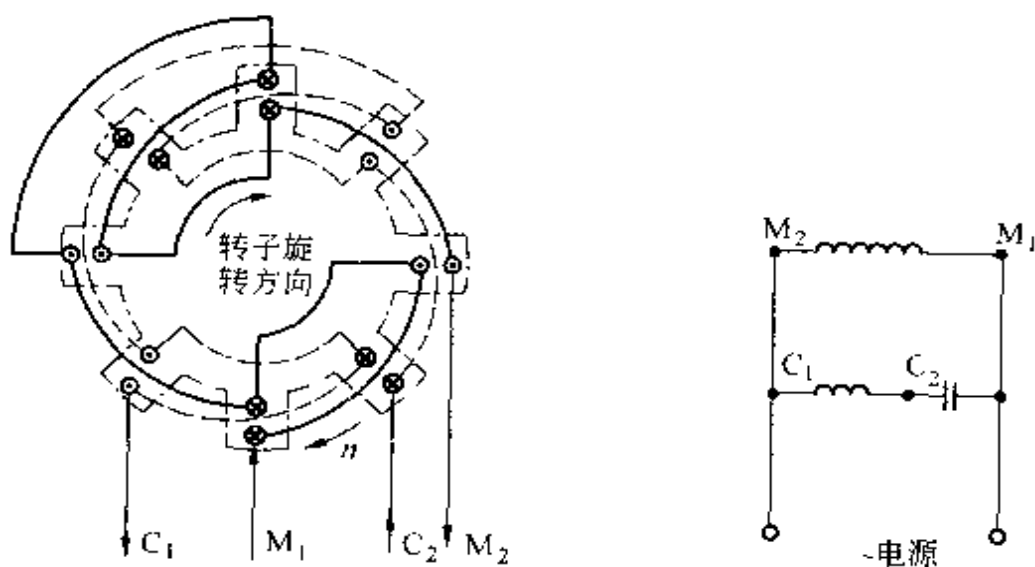


图 4-58 电容运转式电动机顺时针方向运转接线图

1. 主绕组；2. 副绕组；3. 电容器

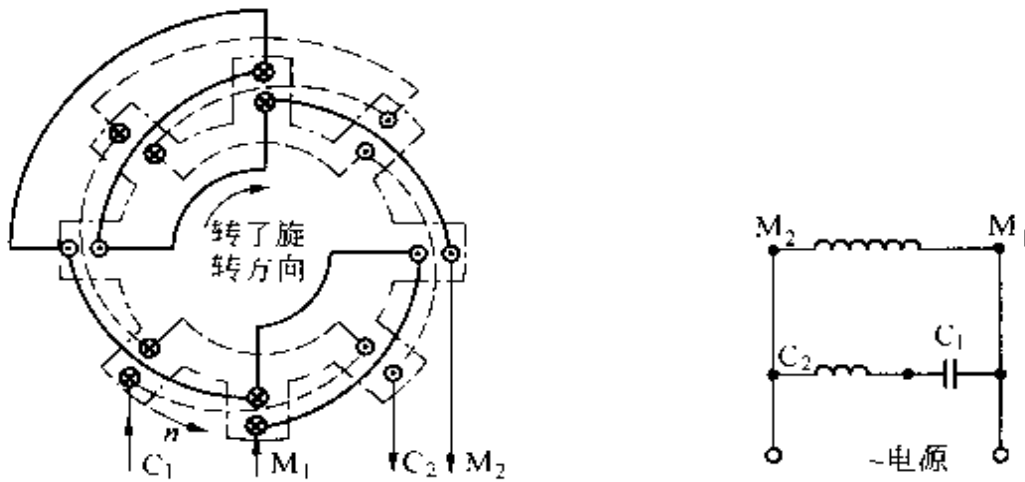


图 4-59 电容运转式电动机逆时针方向运转接线图

1. 主绕组；2. 副绕组；3. 电容器

655. 对电扇电动机怎样进行串联电抗器调速？

目前大多数电扇电动机都采用串联电抗器这一方法进行调速。

电容式电动机采用电抗器调速的电路如图 4-60 所示。由图可见，在电机绕组的主电路上串接一个带有抽头的电抗器，电抗器采用硅钢片作为铁芯的扼流圈。一般设计三个抽头，分别对应电扇电动机快、中、慢挡（一般电扇上标为 1、2、3）。按国家标准规定，电容式电动机慢挡转速不大于快挡转速的 70%（对于罩极式电动机则不大于 80%），而对中挡则未作具体规定，只要其速度能明显区别于快挡和慢挡即可。

图 4-61 为电容式电动机的一种带指示灯的电抗器调速电路，

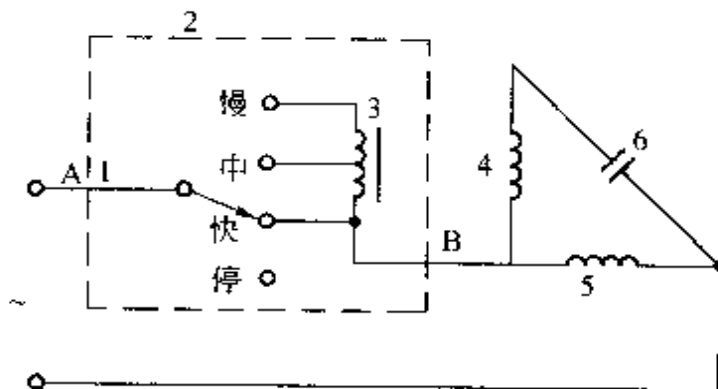


图 4-60 电容式电动机的电抗器调速电路

1. 调速琴键开关；2. 调速器；3. 电抗器；
4. 副绕组；5. 主绕组；6. 电容器

其中图 4-61a 的指示灯直接串联在供电回路中，而图 4-61b 的指示灯则由一组单独的绕组变压来供电，二者没有根本的区别。

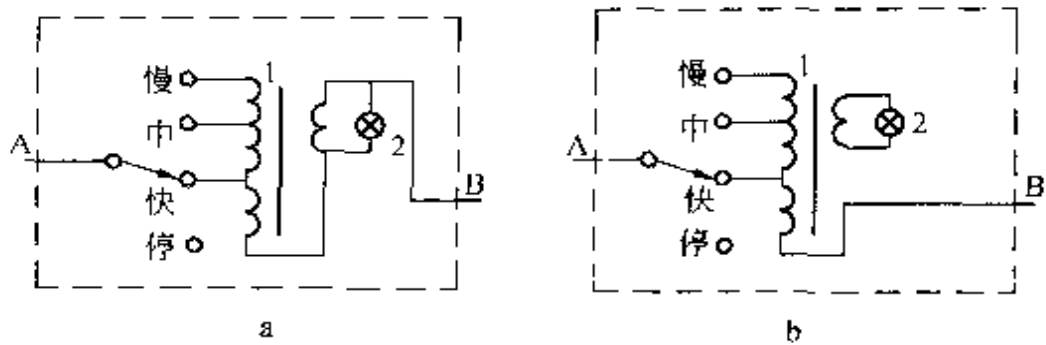


图 4-61 电容式电动机带指示灯的电抗器调速电路
1. 电抗器；2. 指示灯

在图 4-60 中，当开关接到快挡时，电抗器线圈未被接入电路，于是电源电压直接加到电扇电动机绕组的两端，工作电压最高，转速达到额定值，送风量也最大。当开关接到中挡或慢挡时，电抗器线圈部分或全部接到电扇电动机绕组上，当电源电压加上后，一部分电压降落在电抗器的线圈上，于是电扇电动机绕组两端的电压下降，从而达到调速的目的。

罩极式电动机串联电抗器调速的电路如图 4-62 所示。

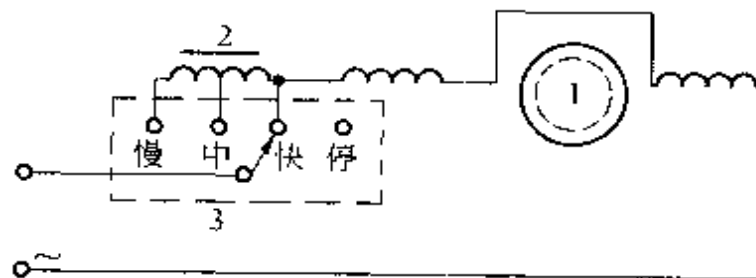


图 4-62 罩极式电动机的电抗器调速电路
1. 转子；2. 电抗器；3. 调速器

串联电抗器调速，各挡速度易于调整。但外加电抗器，不仅影响电动机的运行性能，而且也增加电动机的损耗。调速后，电动机的起动机性能变差。

常见的几种电抗器的技术数据如表 4-20 所示，可供修理电扇时参考。

表 4-20

电抗器技术数据

| 类别 | 规格 (mm) | 铁芯尺寸 | | | | 调速线圈 | | | 指示灯线圈 | | | 配合电 机型号 和序号 |
|--------|------------|------|---------------|---------------|------------|------------|-----------------------------|------------|--------|-----------|--|-------------------|
| | | 形式 | 窗口尺寸 (mm) | | 叠厚 (mm) | 线径 (mm) | 匝数 | 线径 (mm) | 匝数 | 电压 (V) | | |
| | | | 外形尺寸 (mm) | 尺寸 (mm) | | | | | | | | |
| 台 扇 | 200 | U | φ10 | | | 0.17 | 1600 | | | | | 罩极式 1 |
| | 250 | E | 63.4× 60.3 | 38.1× 12.7 | 13 | 0.17 | 1400+200+200 | | 72+600 | 6.3 | | 电容式 1 |
| | 300 | E | 63.4× 60.3 | 38.1× 12.7 | 13 | 0.27 | 750+100 | | | | | 罩极式 3 |
| | 300 | E | 63.4× 60.3 | 38.1× 12.7 | 13 | 0.17 | 1100+250+200 | | 70+30 | 6.3 | | 电容式 3 |
| | 350 | E | φ57 | 12 | 18 | 0.21 | 800+350+250 | | 70 | 4 | | 电容式 5 |
| | 400 | E | φ57 | 12 | 18 | 0.23 | 640+300+200 | | 65 | 4 | | 电容式 7 |
| | 400 | E | 63.4× 60.3 | 38.1× 12.7 | 17 | 0.41 | 380+70 | | | | | 罩极式 4 |
| | 400 | E | φ57 | 12 | 18 | 0.23 | 200+850+350 | | 70 | 4 | | 电容式 9 |
| 顶 扇 | 350 | E | φ57 | 12 | 18 | 0.23 | 190+520+220 | | 65 | 4 | | 电容式 10 |
| | 400 | E | φ57 | 12 | 18 | 0.29 | | | | | | |
| 吊 扇 | 900 | E | 63.4× 60.3 | 38.1× 12.7 | 18 | 0.38 | 250+100+100+100 +100+100 | | | | | 罩极式 15 |
| | 1200 | E | 63.4× 60.3 | 38.1× 12.7 | 18 | 0.27 | 380+120+110+100+ 100+100 | | | | | 电容式 13 |
| | 1400 | 全封闭 | 60.3 | 40×60 | 20 | 0.38 | 414+69+81+43 +73+88 | | | | | 电容式 14 |

656. 对电扇电动机怎样进行抽头调速?

(1) 罩极式电动机。通常，在电动机主绕组上配置调速绕组来实现抽头调速（图 4-63）。在实际应用中，对于 2 极罩极电动机，其两磁极线圈各自的匝数均为主绕组和调速绕组匝数总和的一半，调速绕组放在一个磁极上。

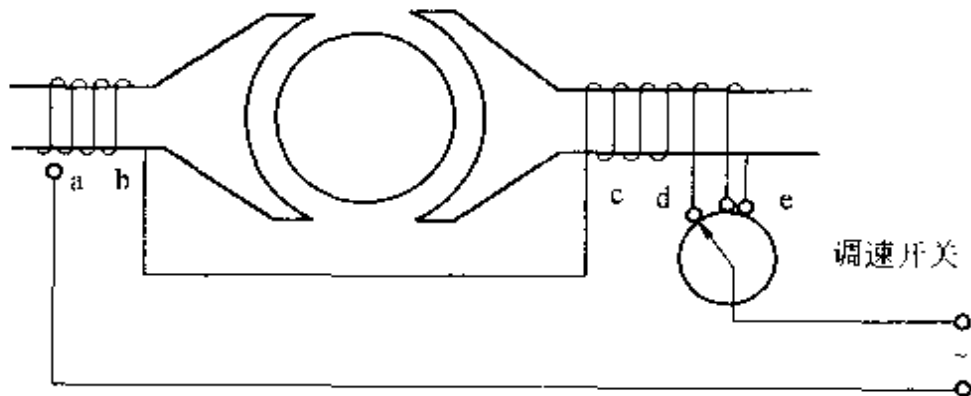


图 4-63 2 极罩极电动机抽头调速

(2) 电容运转式电动机。分 L 形抽头、双抽头和 T 形抽头三种调速方法。

① L 形抽头调速。副绕组的 L 形抽头调速，只要将开关接到快、中、慢位置，就有快、中、慢转速（图 4-64）。这是采用减少副绕组匝数，同时又使主绕组匝数增加的办法进行调速。至于主绕组的 L 形抽头调速（图 4-65）这一方法多在额定电压比较低（如 $U_e = 110\text{ V}$ ）的情况下使用。

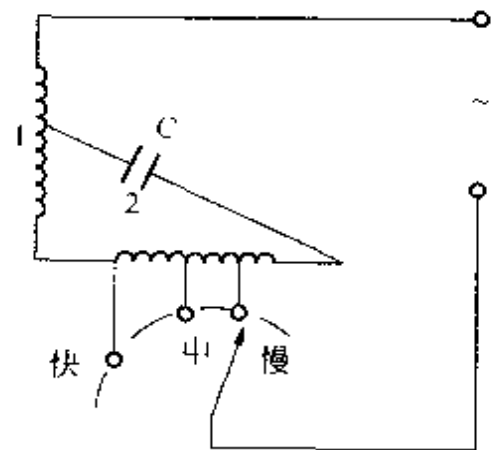


图 4-64 副绕组 L 形抽头调速
1. 主绕组；2. 副绕组

② 双抽头调速。这是在副绕组 L 形抽头调速的基础上演变而来的调速方法（图 4-66），不是简单改变电容器的接线位置，而是对绕组数据重新进行计算。双抽头调速具有起动转矩大、调速效

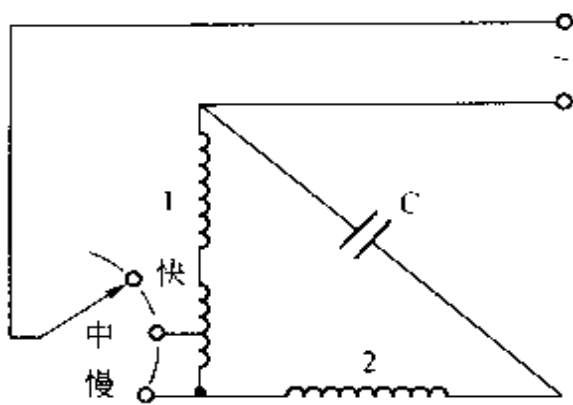


图 4-65 主绕组 L 形抽头调速
1. 主绕组; 2. 副绕组

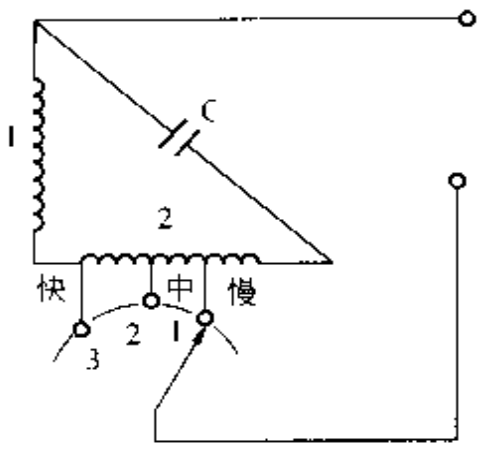


图 4-66 双抽头调速原理图
1. 主绕组; 2. 副绕组

果好、副绕组用铜少等优点。

③T 形抽头调速。这是在原高速挡加一部分线圈而产生一定压降进行调速 (图 4-67a、b)。这些外加线圈与电抗器一样, 也是起降压作用。此外, 也可改变原高速挡主、副绕组的抽头位置, 以减少主绕组或副绕组的匝数来进行调速 (图 4-67c、d)。

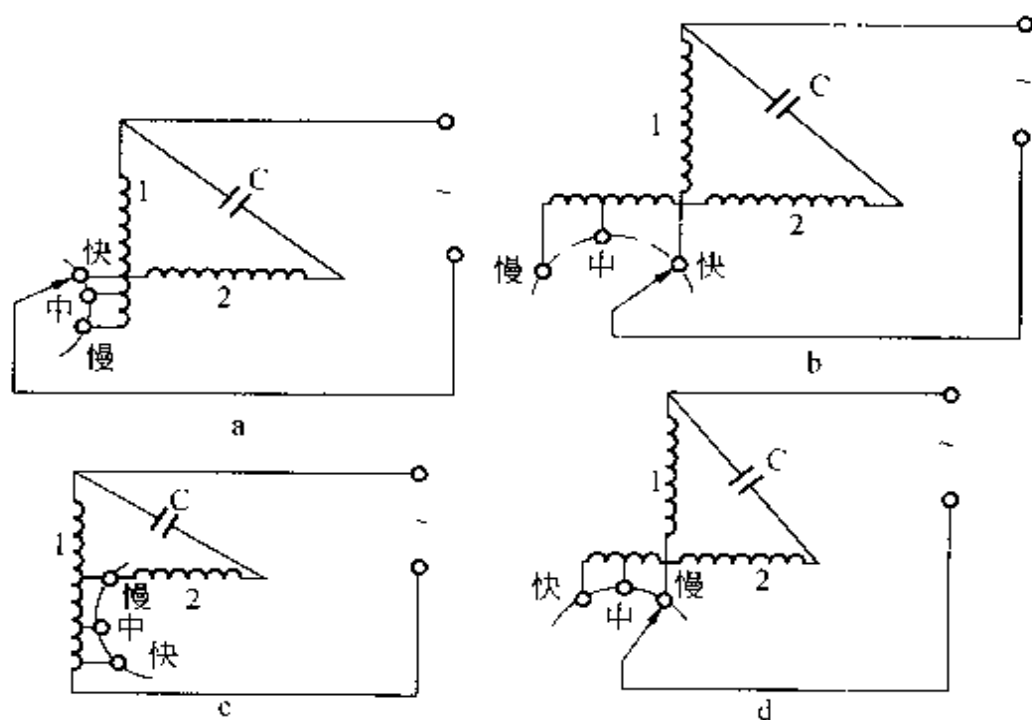


图 4-67 T 形插头调速

a. 主绕组外抽头; b. 副绕组外抽头; c. 主绕组内抽头; d. 副绕组内抽头
1. 主绕组; 2. 副绕组

657. 怎样将电扇的速度由三挡改为六挡?

用户往往需要电扇的调速范围宽一些,风量小一些。为此,只要按图4-68所示,在原电扇上串联一只电容器、开关和小灯泡,就可增加速度档次。

电容器的容量可为 $2\sim 5\mu\text{F}$,电容越小,转速越低。电容器可采用油浸纸介电容器或金属化聚丙烯薄膜电容器,其耐压强度应在 400V 以上。 K 为一钮子开关, K 接通时,电扇为原功能; K 断开时,电扇作低速运行。灯泡功率可为 $3\sim 10\text{W}$,电压为 220V ,灯泡既可在弱风挡作指示用,又可在停电后作电容器的放电电阻用。当然,用一个 $100\text{k}\Omega$ 左右的电阻代替灯泡作为放电电阻也可。

上述方法简单实用,不影响电扇的原有性能,可使调速挡数由原来的3挡或5挡变成6挡或10挡。

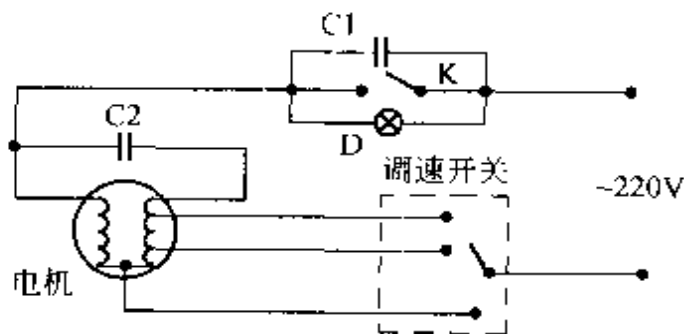


图 4-68 调速接线原理图

658. 怎样安装吊扇?

一般来说,安装吊扇时,扇叶与天花板的距离应保持 $0.4\sim 0.5\text{m}$,离地面高度应为 $2.5\sim 3.0\text{m}$ (实在无条件满足这一要求时,至少不得小于 2.2m),否则,会影响排风量,同时也不安全。

吊扇的安装分三个步骤,即吊钩的安装、吊扇的装配和接线。

(1) 吊钩的安装。安装吊钩前,应先了解天花板的结构,再确定安装方法。一般房顶结构不外乎木梁结构、水泥梁结构和预制板结构等(图4-69)。目前大部分房屋的天花板是钢筋混凝土预制

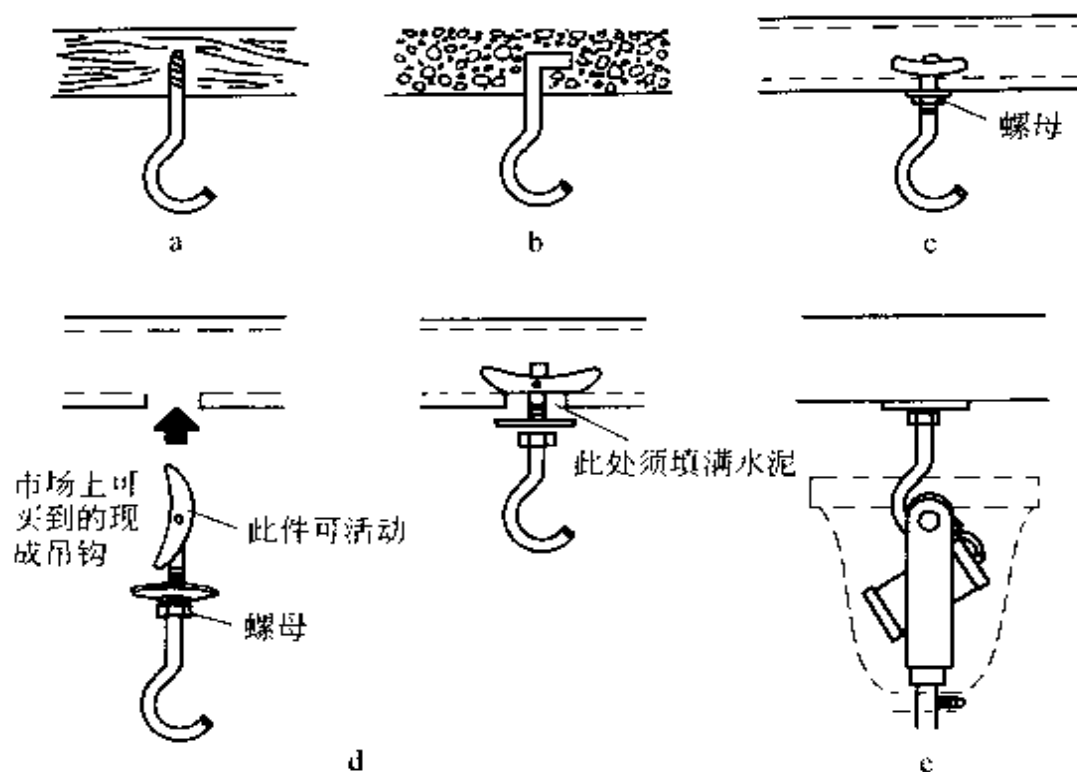


图 4-69 吊钩在不同房顶结构上的安装

- a. 木梁结构上的安装；b. 水泥梁结构上的安装；c. 预制板结构上的安装；
d. 现成吊钩在预制板结构上的安装；e. 吊钩与吊杆的结合

板，有宽度为 50 cm 的五孔板和宽度为 60 cm 的六孔板，各孔中心的距离为 10 cm，两边两孔中心到边缘的距离为 5 cm。将五孔板分成 5 等分，六孔板分成 6 等分，则每一等分线段的中心就是预制板通孔的中心。确定通孔中心后，先用手锤和小钢凿凿一个小圆孔，并检查穿孔是否偏移。如果正好在预制板通孔的中心，其深度应为 2 cm 左右，可将穿孔扩大成 4 cm 左右的圆孔；如果穿孔很深，则说明未穿在通孔中心，在扩孔时应调整通孔的位置（图 4-70）；然后用一根长约 20 cm 的扁铁条，中间钻一个 12 cm 的孔，在孔上面焊接

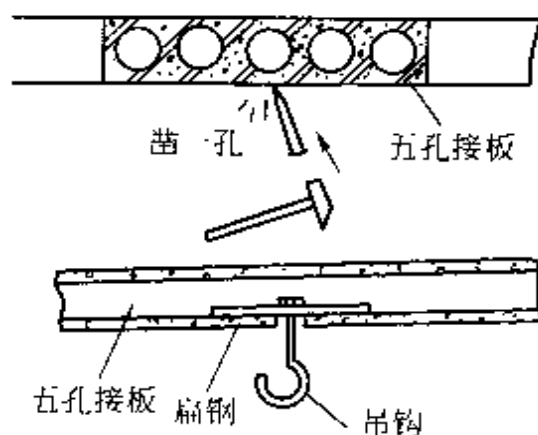


图 4-70 预制板上的穿孔

一枚 10 mm 的螺母，再将扁铁横放在预制板的通孔中；取一根 $\phi 10$ mm 的圆钢，将其一端加工成外径为 10 mm 的螺纹，螺纹长度约 20 mm，将其另一端弯成钩状，做成吊钩；将吊钩的螺纹端旋入扁铁条的螺母中，并用力拧紧；最后将水泥砂浆填入孔中，待水泥砂浆凝结硬化，便可安装吊扇。

目前从市面上可买到现成的吊钩（图 4-69d），其安装方法与上述自制吊钩相同，可省掉自制的麻烦。如果天花板由槽板组成（图 4-71），则应在筋上钻孔，且孔应尽量钻在靠近筋的根部；然后取一根直径为 8 mm 的圆钢，将其弯成 S 形弯钩，并穿入槽板孔中，再用水泥砂浆填实，待水泥砂浆凝结硬化，即可安装吊扇。

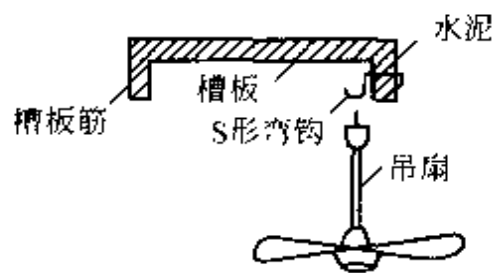


图 4-71 吊扇在槽板上的安装

此外，也可将吊扇安装在天花板的电线安装孔中，安装步骤是：将电线安装孔中的木楔取出；用手锤和小钢凿将孔扩大；然后按图 4-69c 所示安装吊钩。

吊钩安装好之后，就可将吊扇连同吊杆吊到吊钩上（图 4-69e）。

(2) 吊扇的装配。安装吊扇前，应先进行部件的组装，组装顺序如图 4-72 所示。组装时，先将上、下罩套入吊杆，把扇头轴孔中引出的电源线穿过吊杆，拆下扇头定子轴上的两只止动螺钉，使吊杆上的内螺纹与扇头定子轴上的外螺纹旋合，直至吊杆上的止动孔与扇头定子轴上的止动螺孔对准为止；然后安装两只止动螺钉并旋紧，此时应注意，止动螺钉不可过长，以刚露出扇头定子轴的内孔为宜。若止动螺钉过长，则将顶住轴孔中的电源引出线而损坏电源线的护套，严重时甚至损坏电源线的绝缘而使吊扇外壳带电。

吊扇扇头的上盖一般有几个螺栓，其中三个是固定吊扇上、下盖，如果这三个螺栓松动，则会使吊扇电机松开，影响原来的组装；其余六个螺栓用来安装三个扇叶，安装叶片时应找准这六个螺

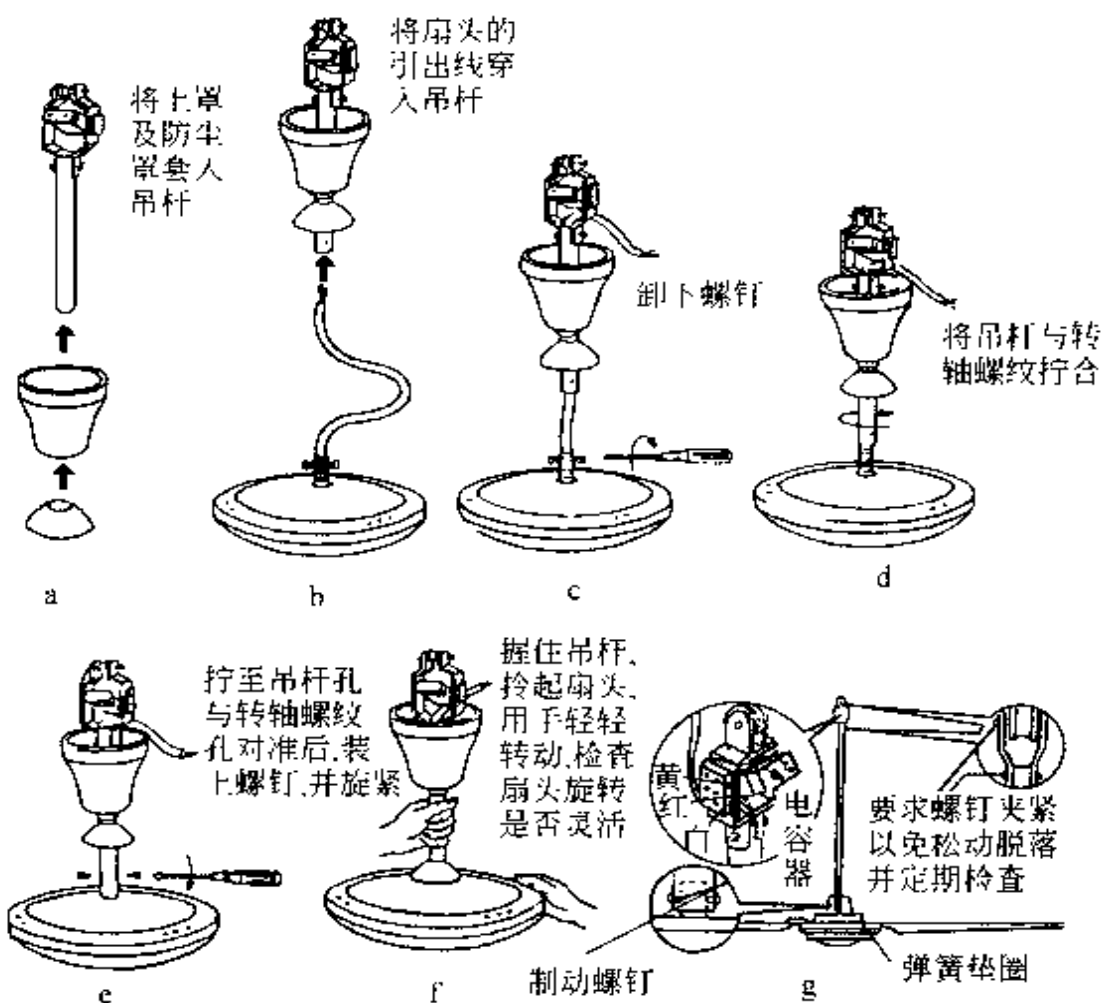


图 4-72 吊扇的组装

栓，并且叶片的凹面应朝下。

(3) 接线。吊扇的接线包括调速开关的接线和吊杆顶部接线柱的接线，接线方法如图 4-73 所示。

659. 怎样连接吊扇调速器？

吊扇调速器有电感式分挡调速器和电子式无级调速器两种。后者可由用户根据需要进行选择任一转速，接线方便。目前常用的是电感式调速器。它是一个带硅钢片铁芯的线圈，从线圈内引出几个抽头，用以调节电感量，从而实现调速。其原理图和实物示意图如图 4-74 所示。当动触头从 1 到 5 逐级接通时，串入电路的线匝从无到有，从少到多，吊扇的转速即从全速到最低速变换。当换挡开关处

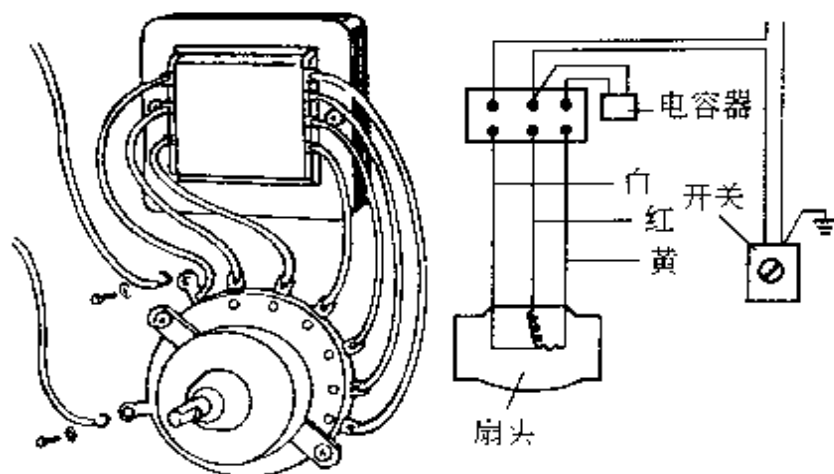


图 4-73 吊扇接线图

在图 4-74 中 1-M 之间的空档时，电路便处于断开状态，因此不必另装开关来控制，只要将原来接开关的两导线头接在 M 和 1 上即可。

电感式调速器应与吊扇配套使用，一些电扇生产厂家将它与吊扇一起供货。如果在市场上随便买一只配上，很有可能调速效果不好。

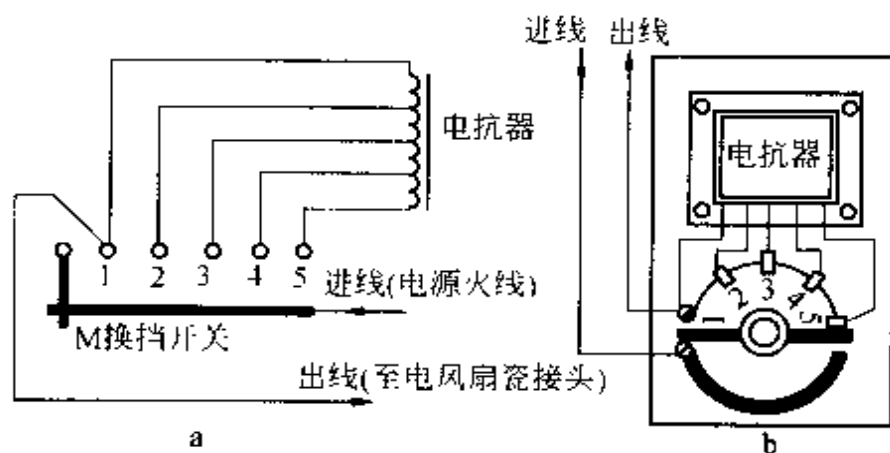


图 4-74 电感式调速器

a. 原理图；b. 实物示意图

660. 在普通电扇上如何增加微风挡？

普通家用电扇上一般只设有三个速度挡，由于风量大，不适于身体虚弱的人和老年人使用，特别不适于晚上睡后使用。下面介绍在普通电扇上增加微风挡的方法：

(1) 加电容法。从市面上买一只电压为 400 V、容量为 1.5 ~ 2.0 μF 的电扇电容器，打开电扇的控制盒后盖，将此电容器并接在定时器的两个焊片上，把定时器定到“OFF”处。这样，普通电扇上就增加了一个微风挡。需要注意的是，电容器的容量必须合适，容量过大，不会产生微风，失去微风效果；容量过小，则风力太弱，无吹拂作用。

(2) 加镇流器法。取一只 40 W 荧光灯镇流器，按图 4-75 所示线路制作一块接线板即可使用。当开关 K 合上时，电扇接通电源仍有三挡调速功能；而当开关 K 断开时，电源与镇流器 L 串联后进入电扇。原先的三挡调速因镇流器的限流而转变为慢一个级别的“三挡调速”。这样，通过接线板的作用，电扇就有六挡调速功能。当夜间睡觉时，可将电扇调至最低速度挡，此时凉风微吹，风量似有似无，十分惬意。

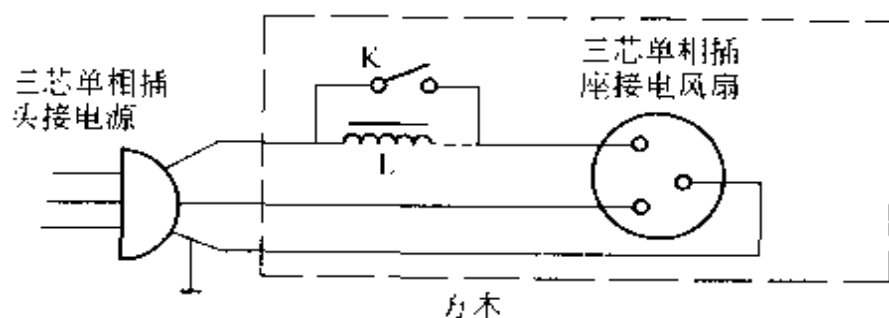


图 4-75 电扇加装镇流器示意图

661. 怎样将三速电扇改装成模拟自然风的自变速电扇？

将一块 50 mm × 20 mm 的金属片和一个微动开关 K 用环氧树脂分别粘在图 4-76b 所示的位置上，改装后的接线图如图 4-76a 所示。

将电扇变速选择开关置于 II 挡时，电扇电机得电转动，通过摇头装置转动到金属片压下微动开关 K 时，开关的常闭触点断开，常开触点闭合，使 I 挡接通，此时电扇电机高速运转。当摇头装置回转到金属片离开微动开关时，微动开关复位，电扇电机回复到 II

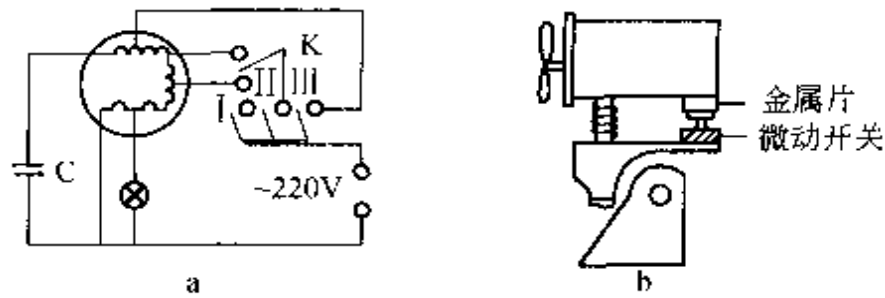


图 4-76 二速电扇改为自变速电扇示意图

a. 自变速电扇接线图；b. 微动开关固定示意图

挡，电机的转速减慢，如此循环下去，电扇每摆动一个来回，电机的转速便由中速转变为高速，随后又回到中速，再变为高速，使风量大小来回变化，达到模拟自然风的目的。

由于变速开关置于 I 挡和 III 挡时，微动开关不起作用，所以此时不能变换风量大小，也无模拟自然风的效果。

662. 在台（地）扇通电前和通电时应进行哪些检查？

在台（地）扇通电前和通电时应进行下述检查

(1) 扇头仰俯角动作的调整是否灵活，锁紧是否可靠；在最大的仰角或俯角下，扇叶、网罩与立柱应保持一定距离，不得相碰，并且扇座应保持稳定，不得翻倒。

(2) 各旋钮、开关操作是否灵活、可靠，调速琴键开关不得有两挡同时按下现象；按下停止键，各速度挡键应能够复位。

(3) 卸下前网罩，用手轻轻拨动扇叶，检查扇叶转动是否灵活；用手抓住扇叶中心，沿轴向推拉，其最大窜动量不得超过 0.5 mm，而径向则不允许有窜动。

在台（地）扇通电时应进行以下检查：

(1) 接通电源，用试电笔测试台（地）扇外壳的金属部分，应无漏电现象。

(2) 检查台（地）扇的低速起动性能。将摇头开关置于摇摆位置，按下低速挡键，台（地）扇起动并正常运转后，切断电源，待扇叶完全停止转动，再重复上述过程，反复操作几次，观察台

(地)扇起动情况。如果按下低速挡键,起动快,按下停止键,惯性大、继续转动时间长,则可判定台(地)扇的起动性能良好。

(3) 检查台(地)扇的运转情况。分别按下电扇的低速挡、中速挡、高速挡,使电扇起动运转,各挡的转速和风量应有明显差异。最低挡的转速应小于最高挡转速的70%。电扇在各速度挡运转时,要求扇叶平衡,振动和噪声均小,而风量则大。在正常情况下,应该只能听到连贯和均匀的风声,而不应有“嗡嗡”声、“嚓嚓”声或其他噪音。电扇在最高挡运转时,扇叶、网罩不得有明显的抖动现象,否则,说明扇叶安装不平衡。

(4) 在电扇的运行过程中,反复调节摇头按钮至摇摆和不摇摆位置,应调节灵活可靠。电扇摇头时要求摇摆平稳,不应有阻滞和震颤现象。摇摆角度应符合以下要求:250 mm以下的台扇应大于 60° ;300 mm以上的台(地)扇应大于 80° 。台(地)扇在高速挡运转时,其摇摆次数每分钟应在四次以上。

(5) 对于带定时装置的台(地)扇,还应进行短时的定时试验,以检查定时是否正确灵敏,并且“常开”(ON)、“常闭”(OFF)要控制可靠。

663. 电扇漏电是怎么回事?发现电扇漏电怎么办?

如果电扇导电部分的绝缘脱落或损坏,带电部分直接接触电扇的金属外壳,造成外壳带电(漏电),人体接触外壳,就有电流通过人体。在电扇的使用过程中,为了防止发生触电事故,除了电扇导电部分有绝缘外,还设有接地装置,也就是电扇的金属外壳通过接地线鼻与大地可靠连接。如果导体的绝缘损坏,导电部分直接接触及外壳,由于电扇的接地电阻很小(一般不大于 $0.2\ \Omega$,远低于人体电阻),当人体与外壳接触时,则外壳与大地之间就形成两条并联支路,接地线的接地电阻越小,通过的电流越大,而通过人体这一支路的电流则越小(因为人体电阻较大),从而可防止发生触电事故。一般来说,厂家在电扇总装完毕时,要进行一系列严格的出厂试验,其中很重要的一项就是耐压试验。所谓耐压试验,就是在

定子绕组与金属外壳之间施加 1500 V 电压，持续 1 min。如果定子绝缘良好，它与接地装置之间就能安全承受 1500 V 电压而不击穿。如果导电部分的绝缘脱落或损坏，导电部分直接与外壳接触，则绕组与外壳之间已不存在电位差，电压表指针迅速指零，耐压机上出现对地击穿信号。这表明此项试验不合格，需要找出击穿部位，修复后重新进行检验。我们曾检验一台落地扇，发现由于电抗器与调速开关接头处的绝缘套管脱落，焊点的毛刺直接接触碰盖板而对地击穿。这种击穿故障是由于电扇生产厂家在组装电扇时不细心造成的。所以，修理电扇后复装电扇时，切不可忽略接地问题。例如，只使用两芯插头，在焊点外不加牢固的绝缘套管，指示灯座上不加绝缘垫，接地端有杂质，均会造成电扇漏电而可能发生触电事故。

如果发现电扇漏电，可按表 4-21，所示查找原因和进行相应处理。

表 4-21 电扇漏电原因和处理方法

| 可能原因 | 处理方法 |
|------------------------|--|
| (1) 绝缘脱落 | (1) 将绝缘套管或绝缘垫圈牢固地装上 |
| (2) 接地线鼻脱落，有可能与导电部分接触 | (2) 将接地线鼻可靠地装上 |
| (3) 接地端有漆层或其他杂质，接触不良 | (3) 用小锉刀刮除漆层或杂质后，装上接地线鼻 |
| (4) 电扇进水，造成绕组受潮，绝缘强度降低 | (4) 将扇头的后罩壳和其他受潮部位打开，置于阳光下曝晒后，再装好，带上扇叶通电运转数小时。如果绕组严重受潮，则应置于烘箱中烘烤 |
| (5) 插上电源，不按开关，外壳就漏电 | (5) 将插头的火线和零线调换一下位置 |

664. 在电扇上怎样装接漏电报警灯或漏电保安器？

漏电报警灯的装接方法如下：

在零线与顶端铜片（或外壳）之间接一只氖灯泡和一只 $2\text{ M}\Omega$ 电阻（图 4-77），或直接接一只 220 V、15 W 小灯泡，作为漏电

报警灯。氖灯或小灯泡发光，则表明电扇外壳带电，应立即切断电源进行检修。

漏电保安器的装接，可按下述方法进行：

在零线与外壳之间接一只 JRX-13F 小型继电器（图 4-78），一旦外壳漏电，外壳与零线之间就存在 220 V 交流电流，于是该继电器动作，其常闭触点 K 切断火线（相线）上的 220 V 交流电，从而可保证安全。

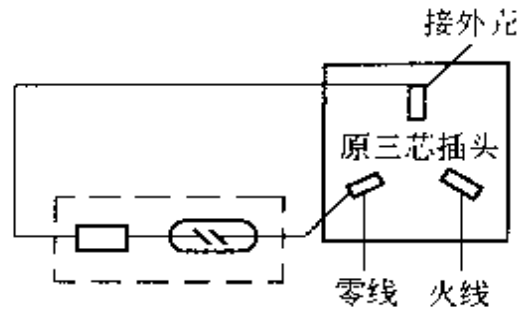


图 4-77 漏电报警灯电路

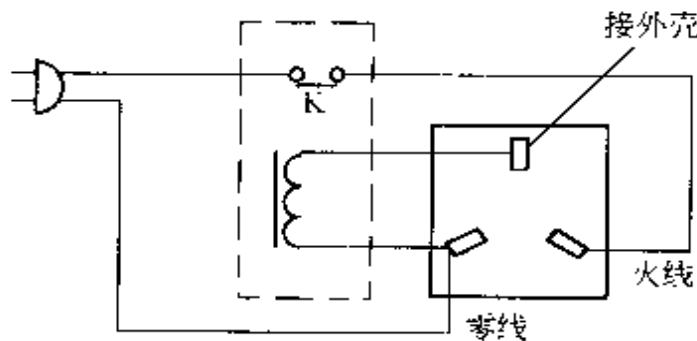


图 4-78 漏电自动保护电路

必须指出，装接报警灯或保安器时，应分清电源的火线和零线。判断火线和零线的方法是：用试电笔检测这两条线，若试电笔的氖管发光，则被测线为火线；若氖管不亮，则被测线为零线。同时，报警灯或小型继电器只有接在零线与外壳（或顶端铜片）之间，才有报警效果。否则，不起报警作用。

665. 电扇的指示灯不亮或时亮时不亮怎么办？

电扇的指示灯一般采用两种接线方法：一种是在电抗器内加绕指示灯感应线圈，用 6.3 V、0.15 A 的小钨丝灯泡作为指示灯，其接线图如图 4-79a 所示；另一种是在电抗器二挡与扇头电机之间并联一只 NHO-4 氖气灯泡和一只 220 kΩ (1/8 W) RT 碳膜电阻 R，其接线图如图 4-79b 所示。

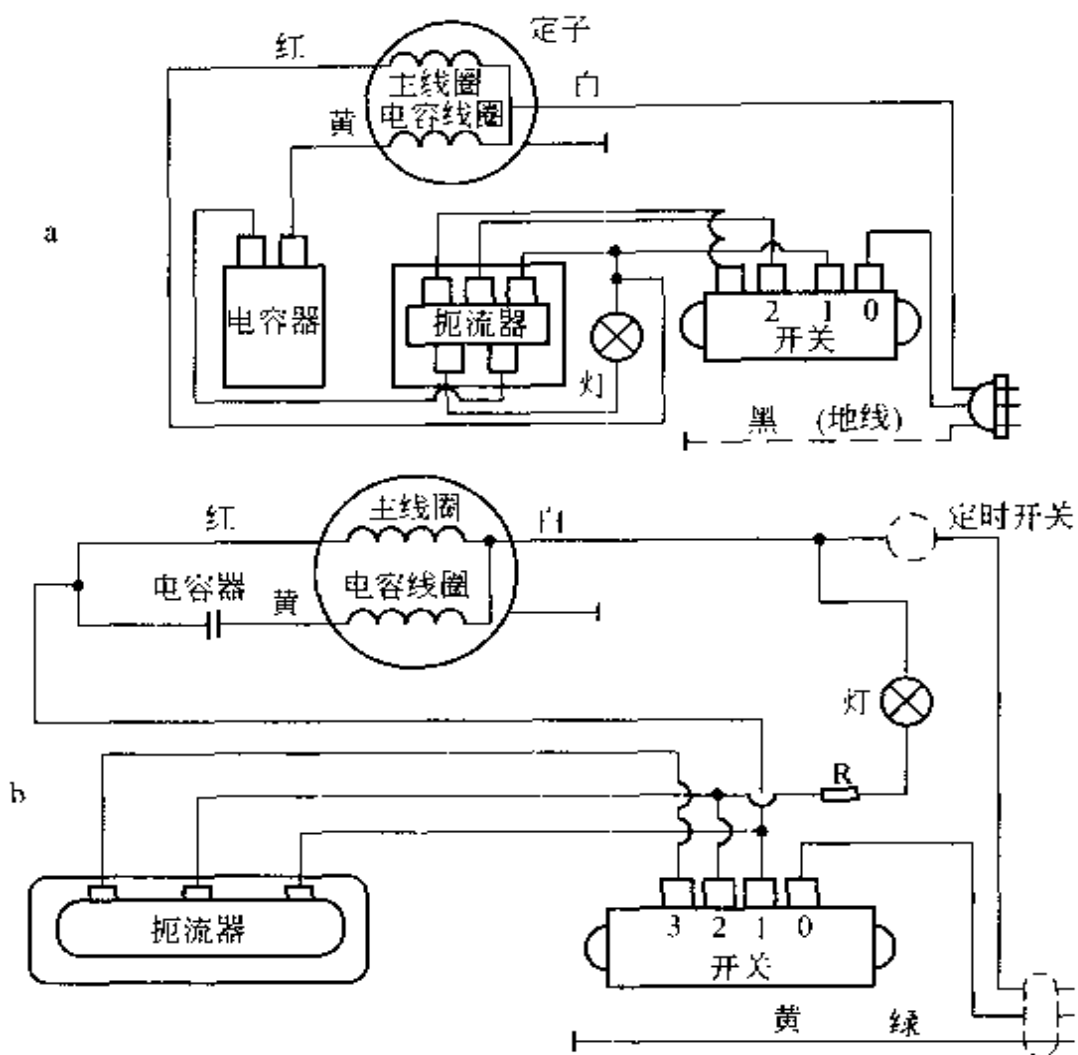


图 4 - 79 指示灯接线图

如果起动电扇，电扇就开始运转，但指示灯不亮，这可能是钨丝灯泡内的灯丝烧断或氩气灯泡烧毁。此时可先检查灯泡是否烧毁，一般可按以下两种方法来检查钨丝灯泡的好坏：

(1) 将两节 1.5 V 的电池串联后接灯泡两极，若灯亮，则灯泡未坏；若灯不亮，则灯泡已损坏（图 4 - 80）。

(2) 小钨丝灯泡的冷态电阻一

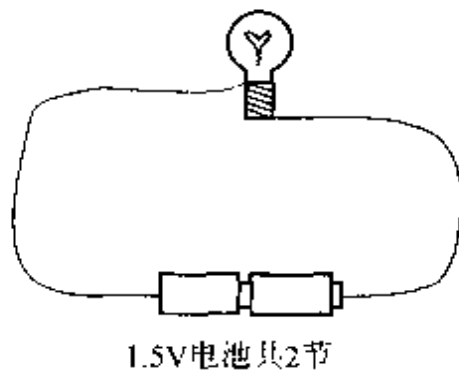


图 4 - 80 电池测试法

一般为 $5\ \Omega$ 左右，将万用表拨在 $RX200$ 挡进行测量，若指针指在 $5\ \Omega$ 左右，则表明灯泡未坏；若指针指在无穷大处，则表明灯泡已损坏。

判断氖灯是否损坏，也有两种方法：

(1) 用 $500\ V$ 兆欧表摇测，若氖灯完好，则轻摇几转后，氖灯即可起辉；若兆欧表将达到额定转速时，氖灯仍不起辉，则表明氖灯已损坏，必须予以更换；若兆欧表指针指零，则表明氖灯内的两极已粘合，此时用手指轻弹往往可以复原。

(2) 将氖灯与一只 $220\sim 250\ k\Omega$ 电阻串联，接上 $220\ V$ 电源，若氖灯不起辉，则表明氖灯已损坏。

检查氖灯前，应先用万用表检测与氖灯串联的碳膜电阻的阻值（有些电扇的氖灯不串联电阻），若阻值在 $200\ k\Omega$ 左右，则说明电阻完好；否则，说明电阻已损坏，应予以更换。

如果钨丝灯或氖灯损坏，则应换上同规格的灯泡；如果灯泡完好，则应检查各接线处的焊头是否脱焊，有无断线故障，若有脱焊或断线处，则应重新焊接或更换连接线。

如果灯泡、接线、电阻均正常，则可能是灯泡与灯座接触不良，这也是引起指示灯不亮或时亮时不亮的原因之一。对于螺旋式灯座，可先将灯泡拧紧试试。此外，还可调整灯座内的接触簧片，一般只要用小号改锥将接触簧片稍往上扳一下即可。

经上述检查和处理，如果指示灯还是不亮，则可能是电抗器内的指示灯感应线圈发生故障。此时先检查感应线圈上的引出线是否脱离接线板上的接线片（接线耳），若已脱离，可将导线重焊。如果引出线不够长，则可用一根漆包线接长，并套上绝缘套管，然后将接长的引出线焊接在接线片上。

感应线圈的故障可用万用表来检查。检查时，先将感应线圈的两根引出线用烙铁烫下来，把万用表拨到 $RX200$ 挡，若万用表显示为 $4\ \Omega$ 左右，则表明感应线圈完好，因为感应线圈的内阻一般为 $3.7\sim 4.0\ \Omega$ 。若测出的电阻为无穷大，则表明感应线圈断路；若测出的电阻为 $0\sim 1\ \Omega$ ，则表明感应线圈短路。感应线圈断路和短路，都应将其拆除重绕。感应线圈一般采用线径为 $\phi 0.193\ mm$ 的漆包

线(QZ-2型)来绕制,直径350 mm电扇的感应线圈为70匝,直径400 mm电扇的感应线圈为65匝。绕好后用万用表检查线圈绕制是否正确,最后进行绝缘处理。

666. 电扇电动机的绕组绝缘性能变差的原因是什么? 怎样处理?

如果电扇接通电源运转后,用手触摸电扇金属外壳有麻手感觉,则很可能是绕组受潮、绕组绝缘老化,或绕组受油污染、受腐蚀性气体侵蚀而绝缘性能变差。此时用兆欧表检查,可发现绕组绝缘电阻低于 $2\text{ M}\Omega$ 。

处理绕组绝缘性能变差问题的方法是:先将电动机从电扇上拆下来,然后从电机上拆出定子绕组,将其置于烘箱内烘烤,烘烤温度可为 $70\sim 80^{\circ}\text{C}$,一般烘烤几小时即可。此外,也可往绕组中通入低压交流电,使其自行发热烘烤。

定子绕组烘烤后,再用兆欧表检查。如果测得绝缘电阻大于 $2\text{ M}\Omega$,则可认为绕组绝缘性能已恢复,可以继续投入使用。如果仍存在漏电现象,或烘烤后运行不久又出现漏电现象,则应将定子绕组重新进行浸漆处理并烘干,以提高绝缘电阻。

667. 在防触电方面对电扇有哪些要求?

在防触电方面对电扇有以下要求:

(1) 电扇外壳和网罩结构应具有防止人体与带电部分接触的保护作用。

(2) 电扇的操作旋钮、手柄等在正常工作情况下不应带电,所以要求这些零件用绝缘材料制成或用绝缘材料作为保护层。

(3) 电器元件的支承或固定件应保证元件脱落、断裂或脱焊后,不与金属部分接触。电容器、电抗器、耦合变压器、定时器、调速开关等带电部分不应与易触及的金属件相连接。若元件外壳是金属外壳,则应使用补充绝缘与易触及的金属部分隔开。电扇断电后,人体触及插头时,不应因电容器的放电而发生危险。

(4) 对于电扇原有的或修理后的补充绝缘，要采取能防止灰尘沉积或防止受运动部件磨损的保护措施，以免因爬电距离和电气间隙减小而发生危险。

(5) 塑料电扇应能够阻止危险的耗电集聚。如果做不到这一点，则应在维修后采取特殊安全手段使其变得无害。

668. 电扇通电后电动机不转动且无“嗡嗡”声怎么办？

如果电扇通电后电动机不转动且无“嗡嗡”声，则说明电路不通。此时可按以下方法进行检查：

(1) 检查电源线、电源插头、熔断器或限温器和各种电器元件的连接是否断开；接头是否脱落。查出故障点后，接好断线，更换熔体或限温器，而接头脱落处则重新焊接即可。

(2) 检查调速开关触头接触是否良好，如果接触不良，则应调整触头距离或清除触头上的污物。

(3) 检查定时器触头接触是否良好，如果接触不良，可打开定时器盖，调整触片角度，使其接触紧密。

(4) 检查电抗器是否断线，如果断线，则除快速挡以外的各挡有可能无电流通过。此时应找出断线头，将其焊好，并套上合适的绝缘套管，或者更换电抗器。

(5) 检查定子上、副绕组是否断线，如果断线，一般应更换定子或重绕线圈。此外，也可找出断头后，将其焊好，并进行相应的绝缘处理。

寻找故障点时，可按电扇的接线原理图查找，常见的电扇接线原理图见 655 问和 656 问中的插图。

669. 电扇在低速挡不能起动怎么办？

电扇在低速挡起动，相当于在低压下起动。如果电扇起动时电源电压偏低，则起动就困难。当按下慢挡开关，若电源接通，但电扇不转，则应立即切断电源，或先按动快挡开关，待电扇起动，再按下慢挡开关。这样，电扇电机就不会烧坏。原因如下：当按下低

速挡开关而电扇不转时，此时电扇实际上处于堵转状态，虽然低速挡电压不高，但电机定子绕组中的电流却相当高，扇叶不转，电机无冷却风量，时间一长，很可能烧坏电机。因此，在关于电扇的国家技术标准中，把摇头状态下低压低速启动作为电扇安全性能指标来考核。

电扇在低压下不能起动的因素很多，除了电源电压偏低外，电容器损坏或电容器的电容量不足也是电扇在低压下不能起动的原因之一。从制造上来说，零部件制造加工精度低，定、转子不同心，轴承卡滞等使电扇启动时阻力增大；从电气上来说，由于主、副绕组短路或转子铸铝断条，使起动力矩不足而造成启动困难。

针对上述原因，对不同故障应采用不同方法进行处理。如更换电容器，调整定、转子气隙，调整轴承同心度，调换定子或转子等。而对于制造厂来说，则应提高零部件的加工精度，以减少电扇运转时的阻力，使电扇在低速挡也能启动运转。

670. 按下台扇的琴键开关或转动吊扇的调速开关时，为什么在有些挡电扇能转动，而在另一些挡却不能转动？怎样检查？

出现这种现象的主要原因是：

(1) 调速开关存在故障。例如，琴键开关或转动分线器的触片与触点接触不良，使某一挡不能接通电源。

(2) 电气故障。例如，对于电抗器调速的电扇，可能是电抗器线圈开路或电抗器引出线脱焊；对于抽头调速的电扇，可能是抽头开路。

上述故障可按下述方法检查：

切断电源，打开底板，检查琴键开关的弹簧片是否失灵；用万用表检查琴键开关或旋转开关，观察其接触是否良好。如果开关部分无故障，则应检查电抗线圈和定子绕组抽头线路。如果外观检查找不出故障原因，则应使用烙铁烫开接线口，用万用表来检查线路是否开路，电抗线圈是否断线。

671. 怎样检查电扇摇头机构动作是否正常？

如果电扇通电后不能起动或者起动困难，可将摇头机构置于停止摇头位置，重新通电起动，若电扇起动顺利，则说明摇头机构的阻力太大，其原因是：

(1) 电扇经过长期使用或停用一段时间，摇头的减速机构（齿轮箱）润滑脂变质硬化，使减速机构的阻力增大。

(2) 蜗轮蜗杆中减速机构的蜗轮不呈圆形而是呈椭圆形，或者蜗轮变形，使蜗轮杆的传动阻力增大。

电扇通电运行中，摇头机构不工作的原因是：

(1) 摇摆连杆两端连接松脱。

(2) 摇摆盘的轴向定位失灵，此时在电扇运行中可以观察到摇摆盘也在作往复运动。

(3) 减速传动中有齿轮打滑，使运动不能传到摇摆连杆。

(4) 减速传动机构中的牙嵌离合器打滑，这是因为摇头机构受阻，或者传动过程中阻力过大，使保持装置动作，此时能听到“嗒嗒”响声。

(5) 牙嵌离合器啮合不到位，不能有效啮合。

电扇运行中如果一直摇头而不能控制其停止，则是离合器分离不彻底所致，应检查旋钮式的钢丝是否过松或固定处是否松脱，掀拔式的掀拔操作是否灵活、正常。

672. 摇头电扇起动时有“死点”怎么办？

有摇头机构的电扇往往出现下述故障：在慢速挡通电起动时，在某一个位置上出现卡死（“死点”）现象，电扇不能起动，而在其他各个位置上都能够顺利起动。并且，在不能起动的该位置上，如果将电扇置于不摇头状态，则电扇也能够正常起动运行。

产生上述故障的主要原因有二：一是蜗轮蜗杆机构中的蜗轮（斜齿轮）不圆，存在较严重的椭圆现象，当蜗轮的凸起部分与蜗杆啮合时，顶死蜗杆，使蜗杆不能转动，从而电扇也不能转动；二

是与摇头曲柄连接的大齿轮不圆，顶死与蜗轮连接的小齿轮，使蜗轮、蜗杆不能转动，因此电扇也不能转动。

对于上述两种故障情况，只要更换不圆的蜗轮或大齿轮，故障即可排除。如果在市面上买不到蜗轮或大齿轮，则可用什锦锉对不圆的蜗轮或大齿轮进行精心修整，使二者基本上呈圆形，或者放大齿轮轴与孔之间的配合间隙，使蜗轮或大齿轮有回旋余地，不至于顶死而造成电扇不能起动。

673. 电扇摇头失灵或有时摇摆有时不摇摆的原因是什么？ 怎样处理？

电扇摇头的这种故障属于机械故障，常见的原因和处理方法如下：

(1) 摇头拉线端部位不正，使离合齿不能脱离。应校正拉线位置，此时可旋松固定拉线端部的螺钉，调整拉线的松紧度（图4-81）。

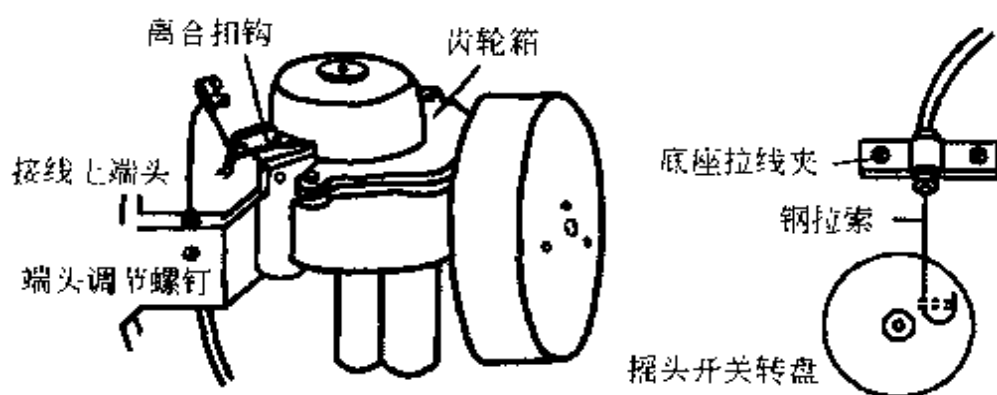


图4-81 电扇拉索的调整

(2) 摇头拉线断线，摇头失灵，不摇摆。应更换拉线。

(3) 摇头旋钮打滑，旋钮转到摆动位置时，不能带动拉线动作。应调整或紧固摇头开关，并在滚珠部分加润滑油。

(4) 齿轮损坏，或斜齿轮的部分齿顶磨损，而另一部分齿顶仍与转子蜗杆啮合，从而造成摇头有时摇摆有时不摇摆。此时应更换齿轮。必须指出，对于新电扇，如果斜齿轮质量差，压塑成型后收

缩不均匀，也会造成斜齿轮内孔与齿节径产生偏心，造成啮合不良，使电扇有时摇摆有时不摇摆。此时拆开检查，由于并非齿顶磨损，不易发现故障，所以对这种质量缺陷造成的摆头故障应予以注意。

(5) 齿轮箱杠杆松脱。应校正杠杆位置。

(6) 齿轮箱盖螺钉松动，造成盖板移位，而盖板有一轴孔是齿合轴的另一端轴承，所以盖板移动会引起斜齿轮不能与蜗杆啮合。

(7) 离合齿式的摇摆机构有故障。例如，上离合齿是用尼龙制造的，如果齿合轴横销钉有毛刺，上离合齿就不能沿齿合轴下滑与下离合齿啮合，从而使摆头摇摆失灵。修理时，应先检查离合齿的压缩弹簧片是否断裂或是否失去弹性，如果弹簧片有问题，则应予以更换；如果弹簧片正常，则可用钢锉锉掉横销钉上的毛刺，然后加少量润滑油，装上离合齿，使离合齿能上下滑动自如，即可使用。

(8) 移动板式摇摆机构有故障。对于采用移动板式摇摆机构的电扇，如果移动板滑道有毛刺或杂物，则会阻碍移动板在滑道上前后移动。此时应清除毛刺或杂物，修平滑道。如果移动板上的杠杆与摇摆盘凹处打滑，使摇摆盘不能定位，则应调节拉线，使杠杆能紧扣摇摆盘凹处。

674. 为什么不允许将电扇琴键开关的两个琴键同时按下？
对电扇进行调速换挡时，其风量和转速都无明显变化的原因是什么？

目前电扇多采用旋钮式开关或琴键开关来调节速度。设四挡琴键开关的，可有三挡速度；设五挡琴键开关的，可有四挡速度。当琴键未按下时，电扇电路不通，如果按下不同挡琴键，则有不同转速。但是，如果同时按下两挡琴键，若是抽头式调速电扇，则由调速接线图可知，将造成一部分调速绕组短路，该部分绕组感应的电势将产生较大的短路电流而烧损定子绕组；若是电抗器调速电扇，其后果可能不严重。由于琴键开关是一种通用开关，因此国家标准规定这种开关应有互锁装置，以避免同时按下两挡琴键而产生

不良后果。

在正常情况下，电扇在各个转速挡位运行时，其风量和转速都有明显差别，通过感觉和观察能够分辨出来。如果电扇调速换挡时，其风量和转速都无明显变化，则说明电扇的调速部分存在问题，其原因是：

(1) 抽头调速的电扇，其调速绕组存在匝间短路故障。

(2) 电抗器调速的电扇，所用的调速器与电动机不匹配，表现为调在最慢挡时，电扇的转速也很高，其他各挡几乎不起作用，或者调在最慢挡时，电扇转速较慢，而调在其他各挡时，不是转速都慢就是都快，各挡的转速差异不明显，影响电扇的使用。这种情况多出现在电扇的调速器损坏后，换上一个新调速器，该调速器的参数与原调速器的参数出入较大。

(3) 电容调速的电扇，其调速电容器的电容量发生变化或者电容器损坏不能正常工作。

通过以上几个步骤的检查，一般能查出电扇的调速故障原因，维修时“对症”处理，故障便可消除。

675. 为什么有的电扇运转时扇叶前后移动？怎样处理？

电扇运转时，如果扇叶前后移动，运转就会不稳定，甚至产生噪音。其原因和处理方法如下：

(1) 扇叶与转轴没有紧固。一般只要将扇叶套筒上的紧固螺钉与转轴紧固槽对准，拧紧紧固螺钉即可。

(2) 电动机转轴的轴向间隙过大和磁场不对称。出现这种故障时，应重新装配电机。装配时，定子和转子铁芯部分应对准，使二者形成一对平面（最好是平行的两个平面）。同时，应按工艺要求调整好轴向窜动量（轴向窜动量一般不应大于1mm）。这样，定子产生的磁场与转子感应的磁场就会对称。

排除上述故障后，通电进行试运转，检查扇叶是否还存在前后移动（也称轴漂）现象。如果仍有轴漂现象，一般加垫圈即可消除这种现象。如果加垫圈无济于事，则应重新装配和检查，直至扇叶

不再前后移动为止。

676. 电扇运转无力，快速挡变慢怎么办？

如果电扇能运转，但运转无力，即使扳到快速挡，转速也很低，几乎无风送出，则这种故障有电气和机械两方面的原因。

(1) 电气方面的原因。在电扇未通电前，用手盘动扇叶，如果扇叶能够灵活转动，则说明机械方面无故障，故障发生在电气部分。

①电源电压过低。可用万用表交流电压挡检查电源电压是否过低。

②电容器容量降低。可用一个同容量、同耐压等级的完好电容器取代原电容器进行试验，如果电扇转速正常，则说明原电容器的容量降低。

③电抗器快慢挡抽头搞错或抽头调速电动机的调速绕组抽头搞错。对这两种抽头搞错故障，可用万用表欧姆挡来检查。检查时，将一支表笔搭接在线圈或绕组的一端，另一支表笔顺序搭接该线圈或该绕组的抽头，如果电阻值不是逐渐增大或逐渐减小，而是忽大忽小，则说明抽头搞错，此时只要将抽头位置加以调整即可。

④用手触摸电动机外壳，如果感觉很烫手，则可能是电动机发生短路故障，可用观察法等方法进行检查，详见 376 问。

⑤鼠笼转子的导电部分有断笼故障或有严重气孔、缩孔等缺陷，使电扇运转时电磁噪声加剧、严重振动和转速下降。转子断笼故障可按图 4-82 所示方法进行检查。检查时，往定子绕组通入 36 V 交流电，用电压表测量主相绕组中各个线圈的电压值（设法使主相绕组各个线圈的接头露出）。如果某线圈的电压比其他线圈的电压高，则说明与它对应的转子槽的铝条断开或有严重气孔。转子断笼后，应调换新的转子。

(2) 机械方面的原因。用手盘动扇叶，如果扇叶转动不灵活，则故障发生在机械部分。如果拆除齿轮箱内的蜗轮，并将扇头作一番调整，电扇仍运转无力，则可能是轴承孔与转轴配合过紧，或转

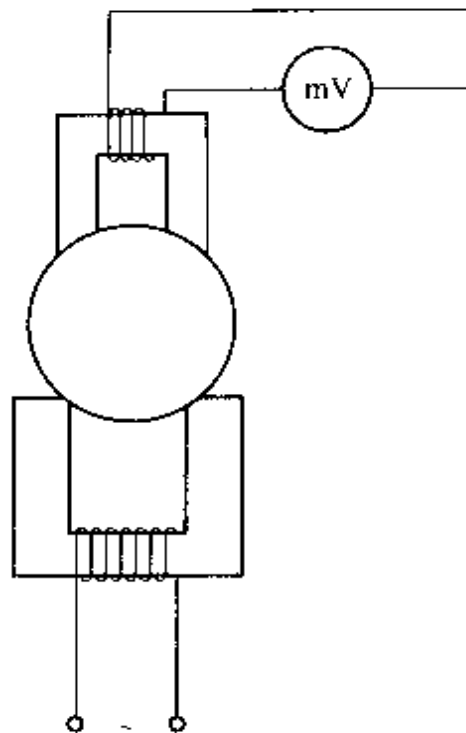


图 4-82 转子断笼的检查

轴与轴承孔的配合处有弯曲现象，从而卡住转轴。此时应更换轴承或更换转子。

677. 落地扇在微风挡不能起动的原因是什么？怎样处理？

通常，落地扇使用一段时间，微风挡往往就不能起动。而微风挡正是一般家庭常用的一挡。不懂电扇工作原理的用户，发现微风挡不能起动，就用手指去拨动扇叶，这是很危险的，轻则手指擦破皮，重则打断手指。也有一些用户在微风挡失灵时，干脆就不使用这一挡，这又造成不能充分发挥电扇的功能。

落地扇微风挡不能起动的原因是：电扇使用一定时间，其电动机轴与轴承发生摩擦，结果机轴在轴向上产生微小位移，从而使电动机的定、转子铁芯错位，导致气隙增大，主磁路的磁阻增加，最终使电动机的起动力矩减小。由于微风挡本身的起动转矩很小，磁阻增大，电动机的起动力矩就更小，直至不能起动。

落地扇在微风挡不能起动这一故障，可按下述方法处理：在原

来的起动电容上并联一个 $0.5 \sim 1.0 \mu\text{F}$ 、耐压强度在 400 V 以上的电容，增加起动力矩，电扇在微风挡就可顺利起动。

678. 台扇的定时器有哪些常见故障？怎样处理？

台扇的定时器使用一定时间，会发生定时不准或定时控制失效、停摆、走时变慢等故障。一旦发现定时器存在故障，就应及时处理，以保证电扇使用安全。由于定时器的价格不高，如果修复比较困难，或者修复后可靠性和准确性都难以保证，则最好调换一只新定时器。下面列举定时器的常见故障及其简易处理方法：

(1) 引出线折断或损坏。可重新焊上同样规格的新导线，并注意避免虚、假焊。

(2) 触点不通。可能是触点磨损或凸轮损坏。若触点只有轻微损坏，只要调整接触片的弯曲度，使触点闭合后保持一定的初始压力即可；若凸轮损坏，则应予以更换。

(3) 停摆。新定时器一般不会出现这种情况。若发生这种故障，则是定时器内部有脏物，造成转动轮卡住（电子式定时器除外）。此时可清除定时器内部脏物，清洗全部传动零件，加润滑油后重新装配即可投入使用。

(4) 漏电。目前电扇定时器已按国标要求装有接地装置，产生这种故障的原因可能是定时器内部的绝缘件脱落或破损，或者接地装置不良。若是绝缘件脱落，则应换上可靠的绝缘件；若是绝缘件破损，则应调换新定时器；若是接地装置不良，则应重新接地。

(5) 走时变慢。首先应检查定时器的旋钮有无刮蹭现象，器件内部润滑是否良好，部件是否清洁等，然后针对故障原因作相应处理。

679. 使用吊扇应注意哪些问题？

使用吊扇应注意以下几点：

(1) 每年使用吊扇前，应认真检查悬吊装置的各个接头部位是否牢固，以免发生吊扇坠落事故。检查内容如下：

① 装在天花板上的吊钩是检查的重点。若发现吊钩松动，则应

重新安装牢固，切勿“凑合”使用，否则后果不堪设想。安装牢固的半圆形吊钩，应能够承受3~4倍吊扇重量。

②检查吊攀与吊杆的连接是否可靠，螺栓是否磨损、螺栓、螺母是否紧固，应安装的安全销是否脱落。

③检查吊杆和扇头定子轴的安装是否到位，安全止动螺钉是否松动，吊杆端部和扇头定子轴端是否损坏。轴和吊杆通常是用优质碳素钢制成的，在一般情况下不会损坏。但是，若轴或吊杆的材质不稳定，经过长期使用二者就有可能损坏。轴和吊杆的端部经过钻孔、铣槽等机械加工便成为强度薄弱环节，在吊扇长期处于非正常运转情况下，若吊扇振动、晃动，就会使轴和吊杆的孔或槽逐渐磨损扩大，从而可能导致轴或吊杆断裂。因此，当发现扇头定子轴和吊杆端部有缺陷时，应及时予以更换。

(2) 保持吊扇清洁、使油漆有光泽，经常用沾有肥皂水的清洁软棉布擦除污垢，然后用干燥的软棉布擦干，再用上光蜡上光。必须指出，切勿用汽油、苯等溶剂擦拭油漆上的污垢，否则会损伤油漆。擦拭时不必将吊扇从空中卸下，但用力要小，不可过猛，以免扇叶变形。

(3) 对于长期停止使用的吊扇，可将扇叶拆下捆扎在一起，妥善保存。保存时不要使扇叶受到重压而变形，固定扇叶的螺钉，应仍旋在原来的螺孔内，以免遗失。如果不取下扇头，则可用牛皮纸或软布将其包好。保管期间吊扇电动机的引出线应与电源线断开，以免调速开关意外接通而使电机长期运转，烧坏绕组。

(4) 吊扇使用2~3年后，应拆下吊扇上的电动机，取出轴承，用汽油清洗轴承后，加入优质润滑脂。

680. 吊扇的定时器有哪些常见故障？怎样处理？

吊扇定时器一般有以下两种常见故障，可分别进行处理：

(1) 通常，用户希望电扇定时器面板上的指示刻度准确，即电扇运转时间与指示刻度值没有误差或误差很小。目前生产的机械定时器，虽然质量不断提高，但还有一定的误差范围，有的由于组装

质量问题，误差就更大。通常，在定时器摆轮上端的夹板上装有一个三面皆空的伸长臂，改变长臂上的轴孔位置，即用改锥（螺丝刀）将长臂推向棘轮方向，就可使摆轮增幅，走时就会相应增加；反之，走时就会缩短。但应注意，每次改动长臂位置的量要小，即应逐步调整长臂位置，调整的量不可过大，以免长臂折断。

(2) 有时 400 mm 电扇的定时器使用不久就失灵停走。打开定时器后盖，可看到中心轴端部铆接着-块带一缺口、灵活易动的圆片，它起着迅速断开电源的作用，称为控制板。一般来说，控制板的外圆应与控制臂齐平或高出控制臂。但是，有一部分定时器的结构不是这样，而是一个台阶，使电极控制臂在定时器运转时顶住控制板，造成弹簧扭力传不到齿轮上而使之停走。通常，多次使用后，弹性减小，机件阻力增加或总装时底座不平，都会发生这种故障。排除的方法是用什锦锉刀将控制臂锉短一些，定时器就会恢复正常工作状态。

681. 吊扇的转速过低怎么办？

如果吊扇的转速过低，则风力很弱，其原因可能是绕组匝间短路和转子断条，一般可从这两方面来检查。

(1) 检查绕组匝间是否短路。首先抽出转子，然后将定子绕组接头上的套管全部拆除，向定子绕组通入 $1/3$ 额定电压，并用一只 50 V 交流电压表来测量（图 4-83）。如果测得每只绕组的电压都一样，则说明匝间没有短路。否则，绕组匝间就有短路故障，应拆开吊扇进行检查，并采取相应措施予以排除。

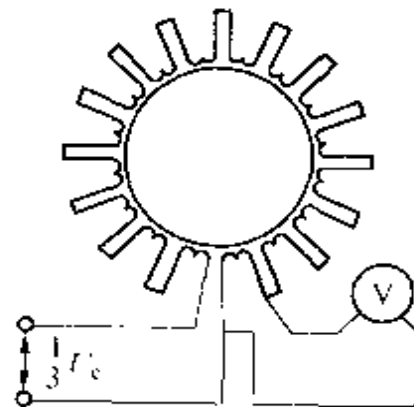


图 4-83 绕组匝间短路的检查

(2) 检查转子是否断条。消除定子绕组的匝间短路故障后，再检查转子。检查前，装进转子，使其不能转动。检查时，向定子绕

组通入额定电压（由于时间短，无危险），仍用 50 V 电压表来测量（图 4-84）如果测得某一绕组的电压很高，则说明该处转子铜排内层已脱焊或断条。

查出故障后，只要将脱焊处重新焊好，吊扇便可继续使用。焊接时，必须先将转子加热到一定温度，否则，焊接就不牢固，仍可能脱焊。

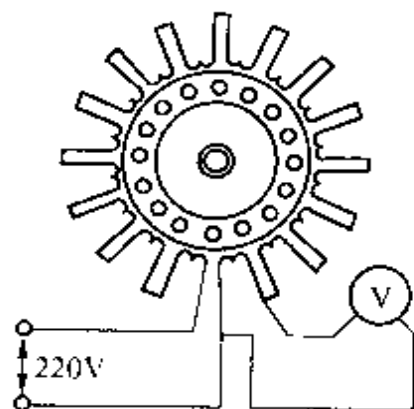


图 4-84 转子断条的检查

682. 怎样排除吊扇的严重摆动故障？

吊扇出厂时三片（有的四片）扇叶是配成等重的。如果销售中任意调换各组中的扇叶，或者旧扇叶除锈喷漆，就会造成同一台吊扇中的扇叶不等重。这样，吊扇运转时就会产生摆动现象。对于明显的、严重的摆动故障，应予以排除。排除的方法如下

卸下扇叶，分别称出它们各自的重量，并作好记号，然后用悬挂法找出各叶片的重心位置。找重心位置时，利用叶片上的螺钉孔进行两次悬挂，两次悬挂的轴线在竖直方向上的延长线的交点即是重心位置。一般情况下，三叶（或四叶）的重心位置会在叶片相同的部位。找出叶片的重心位置后，可按下述三种方法之一排除摆动故障：

(1) 将两块特制的铁垫片加在轻叶片一边，与轻叶片一起固定在电扇头上。每块铁垫片的重量约为轻叶片与重叶片重量差值的 1.5 倍。因为此时铁垫片固定位置，对于以悬挂点为固定转动轴计算力臂大约是铁垫片在扇叶重心位置时计算力臂的 $1/3$ 。从力矩平衡方面考虑，两块铁垫片总重量大约是轻叶片与重叶片重量差值的 3 倍。这种做法能满足各扇叶对于竖直方向转轴力矩的平衡，使扇叶在转动时保持竖直方向而不发生晃动。为了在固定铁垫片时不使其靠在上轴承盖凸台上，铁垫片应加工成偏心的，使孔位置与扇叶

固定孔位置对齐时，内侧边缘不超过扇叶内边缘。当然，铁垫片的重量最好通过实验调整到最佳重量。

(2) 如果吊扇的转速不高，可先将磁铁片吸附在铁制扇叶上调试，然后改用重量与磁铁重量相等的铁片，固定在磁铁吸附的位置上。需要注意的是，用磁铁调整平衡时，不得使用吊扇的高速挡，以免磁铁因离心力作用而飞出。

(3) 取一小块铁片，使其重量等于轻、重叶片重量差值，然后用万能胶或强力胶将铁片粘在扇叶上背的重心位置上。这样处理，扇叶能很好地达到平衡，不必调试就能获得最佳效果。

683. 什么叫做电扇调速不良？调速不良的原因是什么？怎样处理？

大多数电扇都采用电抗器作为调速器。对于台扇和落地扇，若慢速挡转速不能降为快速挡的 70%，对于吊扇，若慢速挡转速不能降为快速挡的 50%，则叫做电扇调速不良。电扇调速不良的原因和处理方法分述如下：

(1) 所用电抗器的型号和规格与电扇不匹配。例如，900 mm 吊扇的电抗器不能用 1200 mm 吊扇的电抗器来代替，与 16 槽定子铁芯匹配的电抗器不能用与 8 槽定子铁芯匹配的电抗器来代替。

(2) 电抗器的参数发生变化，降低调整效果。调整电抗器参数的方法是：先将电抗器按图 4-85 接线，再将电抗器两端的电压调整到 90 V 左右，观察电流表的数值。

如果原来慢速挡的转速过快，则应将电抗器的硅钢片与硅钢片

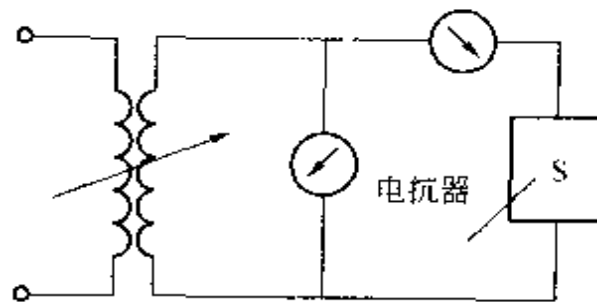


图 4-85 电抗器参数测试线路

对接处的气隙增大一些，或者减少硅钢片片数，使电流表读数下降到接近规定值。如果原来慢速挡的转速过慢，则应将电抗器的硅钢片与硅钢片对接处的气隙减小一些。减小气隙的办法是用木槌将电抗器的铁芯敲打结实（图4-86），以减小气隙，或者增加几块硅钢片，使电流表读数上升到接近规定值。

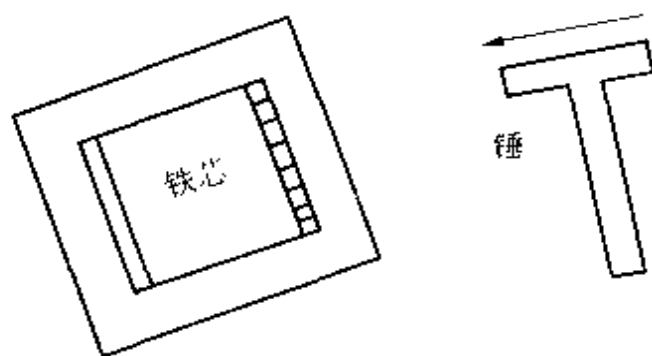


图4-86 铁芯敲打结实示意图

电抗器的铁芯调整好之后，最好再浸渍绝缘漆，并将绝缘漆烘干，以保持电抗器的参数。浸烘后应再测试一下电抗器的电流值，若与浸烘前的电流值无多大差异，则表明电抗器的参数已调整好。

(3) 电抗器线圈抽头接线错误，使电扇快-慢挡混乱。遇到电扇调速不正常情况时，可检查一下是否发生上述抽头接线错误。

(4) 电抗器线圈局部短路并发热，使调速不正常，此时应重新绕制线圈。拆卸旧线圈时，应一边拆一边将线圈数据记录下来，例如记录线径、规格、层、圈数、抽头圈数、总圈数、抽头位置等。这些数据都是重绕线圈的依据。线圈绕好后，叠装硅钢片，校正电压、电流值，然后浸漆烘干。

(5) 电抗器调速时有“嗡嗡”噪声。这主要是硅钢片叠压松散，造成通电时的电磁噪声。此时可在铁芯两端用螺栓把松散的硅钢片叠压结实，然后进行浸烘处理，使所有硅钢片都凝固成一体。

684. 电扇轴向定位失灵怎么办？

电扇的轴向定位机构一般由摇摆盘和装在连接头上的胀紧弹

簧、顶子（或钢珠）组成。经过长期使用，胀紧弹簧的弹力减弱，顶子不能顶住摇摆盘，在摇头连杆的作用下，摇摆盘往复运动，而电扇却不摇头。这种故障的现象是：电扇正常运行时，置摇头机构于摇头工作状态但却不摇头，只听到“嗒嗒”声。此时只要仔细观察，就可发现摇头传动机构工作正常，但摇摆盘却往复运动。

电扇一旦出现上述故障，可找一个合适的弹簧取代原来的弹簧，使顶子能有效地顶住摇摆盘。这样，摇摆盘的运动阻力就大于摇头阻力，电扇就能恢复正常摇头状态。如果没有合适的弹簧，可在原来弹簧的底部垫一粒钢珠。这样，也可增加弹簧的弹力。

更换或调节弹簧时要注意，弹簧的弹力不宜过大，以免将摇摆盘顶得太紧，造成使用时用手拨动扇头，轴向定位的位置也不改变，而失去轴向定位可改变的作用。

685. 电扇运行中扇头点头的原因是什么？怎样处理？

(1) 中心轴铆接处松脱，使扇头不能固定而出现摇动现象，即所谓点头。这种故障的处理是重新铆接。为保证铆接质量，可制作一套简单的铆接设备：取一个套筒，中心开一个与中心轴直径同样大小的孔，孔的长度等于中心轴露出前盖部分的长度，这个套筒在铆接中心轴时可以防止中心轴弯曲和变形。如果中心轴弯曲或变形，则它就不能插入连接头的轴承中，即使能插进去，也会影响摇头的灵活性，甚至产生噪音。铆接底座上有一个向上的圆冲头，把前盖套在底座的模具上，中心轴安装孔对准圆冲头，再把套筒套在中心轴上，由上而下压入或敲入前盖。在冲压或敲击时，要保持套筒垂直。铆接好之后，可将套筒转动几下，若转动灵活，则说明中心轴未弯曲；若转动不灵活，则说明中心轴稍有弯曲，可用木槌敲击几下，直至套筒能灵活转动

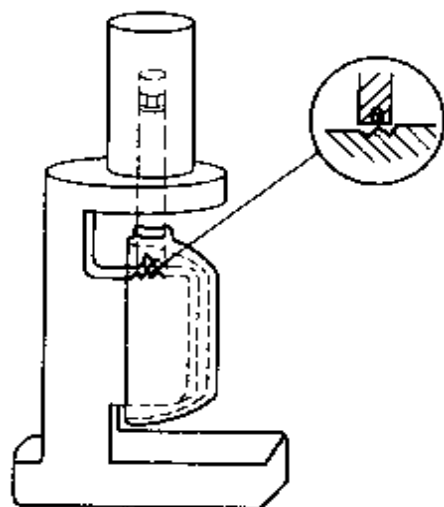


图 4-87 中心轴铆接器

为止（图 4-87）。

(2) 中心轴铸接处松动。可重新进行铝焊，或者用环氧树脂粘合。松动处用环氧树脂充填后，再在钻床上钻孔，用销钉销紧即可（图 4-88）。

(3) 接头中的铜轴承磨损，使轴承与中心轴配合松动。铝压铸的接头，轴承是与接头一起压铸的，很难更换，一般需调换新接头。如果是老式电扇，没有备件，则可在钻床上将接头内的轴承钻去，再车制一个外径稍大的铜轴承压入即可。

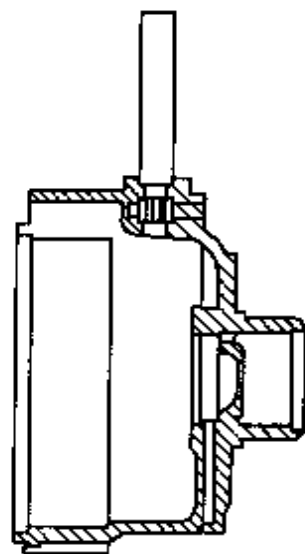


图 4-88 中心轴的紧固

通常，塑料接头的铜轴承是压铸在接头内的，铜轴承一旦磨损，一般都是调换新接头。

686. 电扇倒转和扇罩抖动怎么办？

刚修好的电扇如果出现倒转现象，可能是组装时将定子铁芯装反。若是电容式电动机，只要将主、副绕组的线头对调即可。若是罩极式电动机，则必须拆下定子和线圈，将其反向装入。因为罩极式电动机的旋转方向取决于罩极所在位置，即罩极装在铁芯一边时，转子转向这一边；罩极装在铁芯另一边时，转子转向另一边。

如果电扇运转正常，只是扇罩抖动，可能是扇罩有局部轻微变形或者前后扇罩未紧固。扇罩轻微变形，往往不易察觉，必须仔细检查，查明后进行校正处理。如果前后扇罩固定不紧，予以紧固即可消除扇罩抖动现象。

687. 台扇发出“咯啦、咯啦”异常响声怎么办？

如果台扇运转时发出“咯啦、咯啦”异常响声（严重时甚至变成“咯嗒嗒”声），则这种声音往往来自含油轴承。此时往机头两端含油轴承处加足润滑油，并适当调整端盖螺栓的松紧度和同心

度，噪声一般就可明显降低。

如果电扇运转一段时间，又发出这种异常响声，则可将含油轴承调换安装位置 90° 或 180° ，以调整轴中心高度，便可消除或减弱这种噪声。

轴承调整后，套上端盖时，不要立即拧紧螺栓，而要通电使电机旋转，一边使电机旋转，一边旋紧螺栓，直至噪声消除或明显减弱，最后将螺栓拧紧。必要时在端盖接触而低凹处，根据情况垫上厚度为 0.02 mm 的薄膜青壳纸数层，并用万能胶粘牢。

688. 怎样使用敲击法消除或减弱台扇的异常响声？

台扇电动机运行中常伴有异常声音，这种异常响声往往由多种原因造成，如轴承缺油、轴承碎裂、扇叶不平衡（运转中抖动）等。如果排除这些原因，异常响声仍然存在，则异常响声就是定、转子的气隙不匀而引起的。此时异常响声通常为“嗡嗡”声，有时一阵一阵的，有时低沉，有时尖锐，俗称“电磁声”。在这种情况下，可试用木槌（不可用铁锤）在台扇于低速挡运转时，轻轻敲击电机定子外壳周边，敲击时要注意敲击的顺序和方法：选中定子外壳的某一点，敲击一下后，如果异常响声变小，则表明敲击部位正确；如果敲击后，异常响声反而变大，则应将定子外壳旋转 180° 角，在敲点的对面再敲，这样异常响声就会消除或减弱。如果敲击后响声依然不变，则应将定子外壳旋转 90° 角再敲，这样反复进行，直到噪声消除或减弱为止。如果是吊扇，也可按此法在电扇慢速运转时用木槌自下而上敲击，但应注意安全。

689. 电扇电动机的转子为什么会出现轴向窜动现象？

怎样处理？

夏季人们在休息或学习时，总是将电扇扳到慢速挡。但是，不少新旧电扇往往在慢速挡运转时发出无规律的“哐哐”声，特别是在不摇头或电扇低头运转时“哐哐”声更为严重。电扇在慢速挡产生这种噪声的原因是：一般电扇电动机的转子装配时，允许有 0.3

mm 左右的轴向窜动量，使用电扇时，通常它总是稍向前低倾，使转子和扇叶的重心向前；当电扇高速运转时，由于风压产生的向后推力，足以克服转子和扇叶向前的重力，使转子的纸质垫圈牢牢地靠在后含油轴承的平面上，所以不会向前窜动；当电扇慢速运转时，扇叶向后的推力明显减小，且与重力接近平衡，此时转轴容易产生向前、向后的窜动，从而发出令人烦恼的“哐哐”声。

为防止转子轴向窜动而产生这种噪声，装配和维修电扇时，应尽量减小由于电动机转子铁芯与定子铁芯的错位而引起的窜动量。具体办法是：在原硬纸垫片里面放几片薄青壳纸垫片，或者放几片质地较好的尼龙纸垫片（但不可放置薄橡胶片，因为它极易氧化变形）。制作纸片时，孔径应与轴外圆一致，以便将其紧紧套在轴上。由于纸层之间有一定的弹性和微小间隙，所以能起一定的轴向浮动作用。装配时最好先试装一下，测出其窜动量，然后垫上相应的纸垫片，以转轴不卡死（用手能轻轻盘动）为准。

此外，在拧开端盖时可能遇到困难，因为电扇制造厂是用专用扳手来紧固端盖的，一般起子无法打开。为此，可自制一个专用扳手，方法是：取一只废 M10 的内六角螺栓（正好能套在 M5 的端盖螺帽上），用 $\phi 5.5 \sim 6.5$ mm 钻头在内六角头内钻一深为 15 mm 左右的孔，并在螺栓的一端钻一小孔，穿入一小杠杆，用起来很方便（图 4-89）。

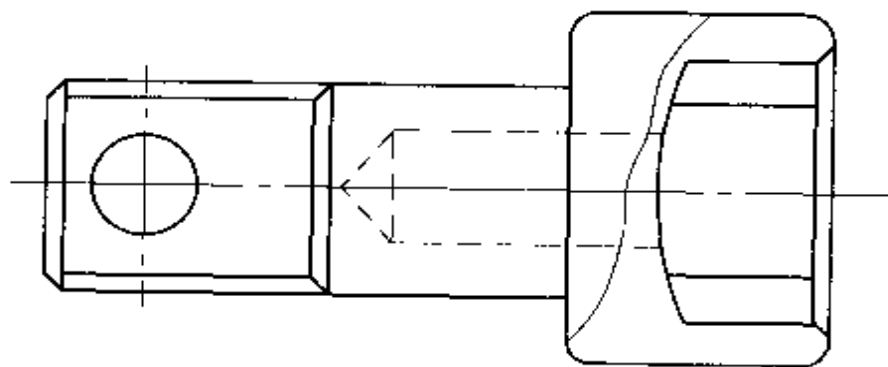


图 4-89 自制专用扳手

690. 电扇的转子轴磨损或含油轴承磨损，怎样进行应急处理？

电扇经过长期使用，其转子轴与含油轴承的接触处往往磨损，造成轴与轴承之间的间隙增大，引起径向跳动，轻则产生杂音和晃动，重则定、转子相擦，导致电动机发热或停转。如果更换含油轴承后故障仍未消除，则只有更换转子，故障才能排除。若一时找不到合适的转子，则可按下述方法进行应急处理：

准备一块木板，将其平衡地放在地面上，用手握紧转子铁芯，使转子轴一端垂直向下，向木板撞击，开始时用力稍小一点，撞几次后，如果转子铁芯在转子轴上不移动，则可加大力量撞击，直至转子铁芯在轴上移动 5 mm 左右为止，然后即可重新装配使用。经过这样处理，转子轴的磨损处与轴承便产生相对错位，它们之间的配合基本上可达到原来的配合精度。

应急处理完毕，重新装配电扇时要注意，如果由于转子铁芯在轴上移动而使扇叶安装时出现触碰网罩现象，则可在转子轴上重新锉一个槽位，调整扇叶的前后位置，使转子铁芯在轴上的位移得到补偿。如果由于转子轴一端过长而影响电扇的运行，则可将转子轴长出部分锯掉。

经过以上应急处理，电扇就可再次投入正常使用，待找到合适的新转子，再将原转子换下。

电扇经过长期使用，如果其含油轴承磨损，会引起多种故障，如电扇起动困难，运行时抖动，产生噪声等。此时只要拆下前后端盖中央的含油轴承，调换同规格新轴承，故障即可排除；如果一时找不到同规格的含油轴承，则可按下述方法进行应急处理：

找一块方形铁块，其长宽高约为含油轴承长宽高的两倍；在方形铁块的中心钻一个与含油轴承外径相同的孔，沿孔的水平直径把铁块锯成上下两半，用锉刀将锯面锉平，并去掉锐边和毛刺；然后把含油轴承放在铁块的中间圆孔内，用锤子敲打铁块，铁块压下轴承，使轴承内孔收缩，一边敲打，一边均匀地转动轴承，使轴承内孔得到均匀收缩而不至于形成椭圆；轴承内孔经过收缩，先将轴承

套在转子轴上，然后检查松紧情况，如果合适即可安装使用，待购买到同型号的新含油轴承，再将原轴承换下。

691. 维修电扇应注意哪些事项？

维修电扇一般应注意以下几点：

(1) 接活时应有情况记录，如电扇牌号、已使用多长时间、保修单上的故障记录、有无产品说明书等。

(2) 向用户问清故障现象，如造成故障的原因，以前是否修理过，日常使用中发生过什么异常现象，用户是否拆卸过电扇等。掌握这些情况对判断故障是很有帮助的，维修中可节约很多时间。

(3) 接他人未修理完的电扇时，应了解故障现象和排除故障已采取的措施，以便着手继续修理。如果什么情况都不了解，则在动手修理以前，应使用万用表对电路系统进行静态测量，判断有无电路故障。同时，在不通电的情况下，用手拨动扇叶，倾听有无异常声音，凭直观感觉，估计故障范围和故障性质。

(4) 通电查找故障以前，先用万用表测试电源是否正常，接地线接触是否良好，并检查外壳是否带电，然后才接通电源进行检查，以免发生触电事故。

(5) 排除电气故障时，应尽量避免带电操作。维修人员要学会熟练地使用万用表的电阻挡和其他挡位，以便得心应手地查找判断故障。必须通电才可判断故障时，应采取必要的防触电措施（如在脚下和工作台上加垫绝缘胶板，用试电笔接触带电体等）。查明故障原因后，应先断开电源，然后着手修理，排除故障。

(6) 维修电扇的目的在于使其恢复正常工作，所以，不要因修理中操作不当而扩大故障范围或因磕碰而增加电扇的损坏程度。

(7) 拆下的大、小零件，应有序地放在固定位置或容器中，以免丢失或组装时东查西找，造成工作很零乱。扇叶取下后，不得乱扔乱放，而应使用绳子将其悬吊起来或放在不挤不压的地点，要严防扇叶角度发生变化或扇叶变形。因为对扇叶的扭角要求很严格，调整扭角是电扇检修中的一大难题。如果扇叶变形，则电扇运转时

会出现抖动现象和产生噪音，矫正扇叶也是一项复杂的工作。

(8) 更换零部件时，其尺寸、规格应与原来的尺寸、规格相同。禁止随意选配零部件，否则，将造成整机质量下降。

(9) 排除电扇故障后，应作重点技术记录，以利资料的积累和技术水平的提高，而且还能触类旁通，逐渐提高检修技能和积累检修经验。

692. 如何寻找吊扇电动机绕组断头？

有些吊扇电动机的绕组实行单个嵌线，每两个绕组的线圈间有一个接头。例如，一台 1400 mm 的吊扇，其电动机约有 35 个接头，接头虚焊或接头松脱是常见的故障。

电容式吊扇电动机有主、副两相线圈（图 4-90）。如果主、副相线圈的各个绕组均完好，则用万用表的电阻挡交替测量线圈的三个出线口，有一对出线口的电阻值最大（如图 4-91 中的 1、2

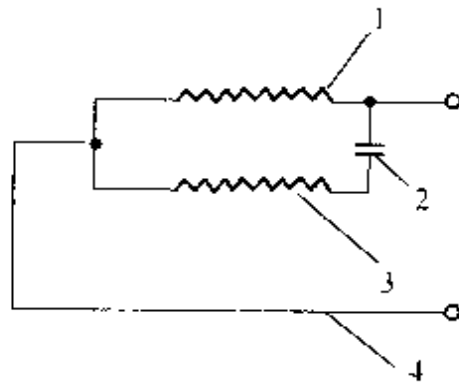


图 4-90 电容式吊扇电动机绕组
1. 主相线圈；2. 电容；3. 副相线圈；4. 中线

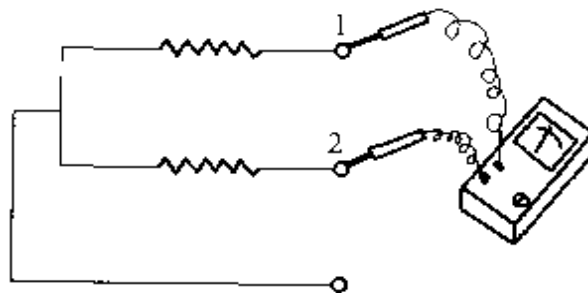


图 4-91 线圈检查方法之一
1、2. 出线口

出线口), 其余两对出线口的阻值是一大一小。当两相线圈中有一相线圈的绕组出现断头时, 则在测量中有两对出线口测不到阻值, 此时只能逐个顺序检查。

如果手头没有万用表, 则可串联灯泡来寻找绕组断头 (图 4-92)。

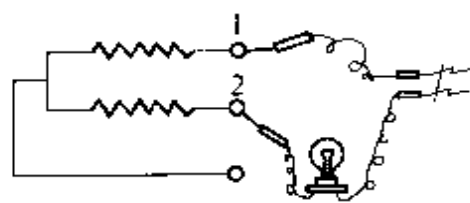


图 4-92 线圈检查方法之二
1、2. 出线口

693. 怎样拆卸电扇电动机?

以台扇电动机和吊扇电动机为例, 二者的拆卸方法如下:

(1) 台扇电动机的拆卸。台扇电动机转子的拆卸比较方便, 在拆除网罩、扇叶和后罩壳后, 旋下后盖上的四只紧固螺钉, 即可轻轻卸下后盖, 再取出转子。台扇电动机的定子一般是压入铸铝前盖止口内, 拆卸比较麻烦。拆卸时既要防止碰坏绕组, 又要防止端盖变形。拆卸前将定子露出的一端倒放在一个圆桶内 (圆桶内径略大于定子外径), 支承住端盖, 圆桶内放入碎纸、棉纱等软性材料, 防止定子落下时摔坏; 然后把铁棒从端盖空挡插入到定子铁芯端面上, 用手锤轻轻敲击, 敲几下就换一个位置, 直至定子即将脱离端盖时, 即可用手把定子从端盖内取出 (图 4-93)。敲击时要注意, 铁棒不要碰伤绕组, 更要注意不要只在一边用力敲击, 以免端盖变形。此外, 用撞击法也能取出定子, 但容易引起端盖变形。

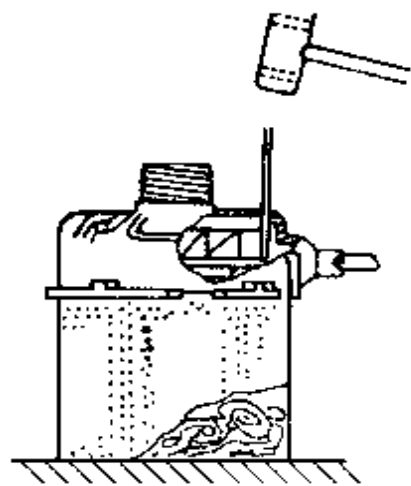


图 4-93 取出定子示意图

另一类台扇电动机的前后端盖是用穿钉长螺杆紧固的 (图 4-94), 拆卸时首先要旋下前盖端部的紧固螺母, 抽出穿钉螺杆, 再拆下后盖, 抽出转子, 最后轻轻敲下定子

(2) 吊扇电动机的拆卸。拆卸时, 取下吊扇, 卸下扇叶和吊

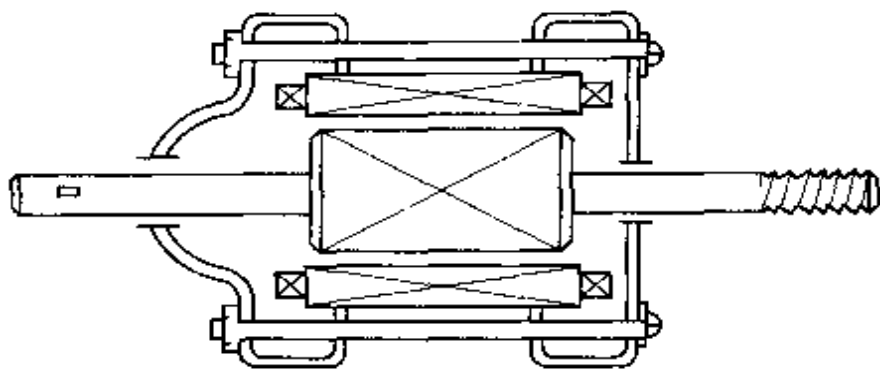


图 4-94 前后盖用长螺杆紧固的电动机

杆，抽出电源进线，旋下扇头上的全部螺钉；用一根长约 150 mm 的圆钢穿过定子轴上的横孔，用手提起扇头；在上下盖紧固螺孔内插入粗细合适、长约 100 mm 的圆钢（也可插入粗细合适的螺钉旋具，即改锥），用木工锤轻轻地敲打，每敲几下就换一个螺孔（注意不要插入紧固扇叶用的螺孔内），这样就能很快分离上下盖（图 4-95）。操作时也应在工作台上放些碎纸、棉纱等软性材料，以免下盖脱落时碰坏底部涂层。

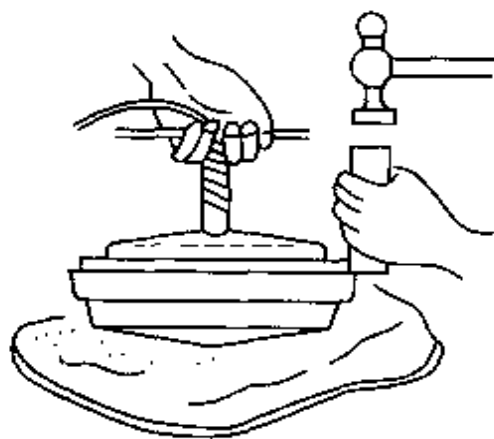


图 4-95 吊扇电动机拆卸方法之一

此外，也可将螺钉旋具轻轻地插入扇头上下盖夹缝内，在整个圆周上轻轻地把上下盖逐渐撬开（图 4-96）。但这样拆卸，往往损坏装饰圈而影响外观。

取下下盖后，应小心地旋下转子。若转子不易旋下，可用木槌

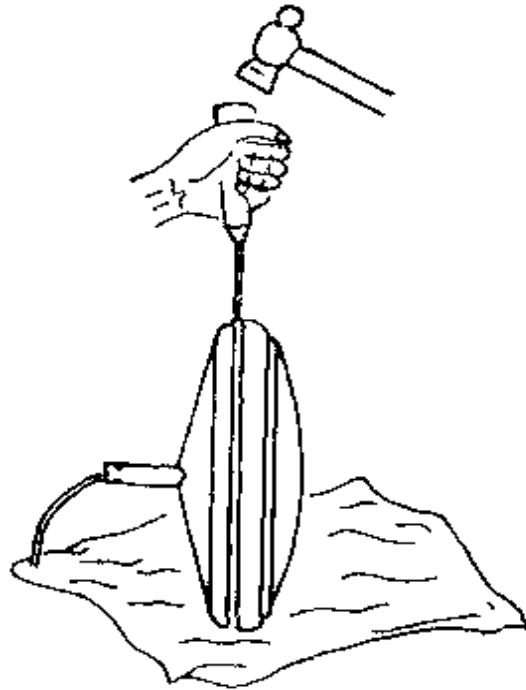


图 4-96 吊扇电动机拆卸方法之二

敲击，使其震落。取下的转子，应妥善保存，切勿碰伤；然后用三块稍厚的硬木架往上盖，使其平整稳妥，再用木槌平直地敲击定子轴，使定子从上盖中脱下，这样敲下定子，不会损坏上盖的轴承。取出定子时要注意，切勿碰坏绕组，以免增加不必要的修理步骤。

694. 电扇电动机的绕组损坏有哪几种情况？怎样修复？

电扇电动机的电气故障，多数是由于绕组损坏而引起的。绕组损坏，一般有以下几种情况：绕组槽绝缘损坏，使电动机外壳带电；绕组断路或匝间短路。绕组一旦发生这些故障，就应进行修复，修复的步骤和方法如下：

- (1) 拆下电动机。
- (2) 拆出定子铁芯。

对于台扇、落地扇等用的电动机，首先旋松并取下前后端盖的固定螺钉，然后用一字改锥沿着端盖接口圆周轻轻地缓慢撬动，直到撬开一个端盖。由于定子铁芯与端盖之间的配合一般不会过紧，所以撬开端盖后，通常就可将定子铁芯取出来。如果取不出来，可

用木槌在四周轻轻地敲打，使定子铁芯松动后，将其取出。

对于吊扇用的电动机，其上下端盖通常用三个螺钉固定。拆卸时，将三个固定螺钉松开，换上三个同样大小但长一些的螺钉装上，用改锥穿过电机轴上横孔提起电动机，然后用锤子依次轻轻敲打三个螺钉，直至下端盖脱落，随后将电动机反转过来，使电机轴朝下，轻轻撞击放在地上的木板等物，使上端盖松脱，就可取出定子铁芯。

(3) 查找绕组损坏部位。取出定子铁芯后，仔细检查绕组端部和表面，如果发现有黑点、断线或匝间短路等故障，可进行局部修复处理，方法是：对绕组损坏部位进行低温局部加热，使绝缘软化（或用其他加热方法使绕组绝缘局部软化）；然后用镊子仔细挑出损坏的线头，将线头拉出约 5 mm 长，以便焊接；将线头表面的漆层刮干净，并搪上锡；取一段线径相同或相近的漆包线，在其两端搪锡后焊接到线头上，再在焊接部位涂上绝缘漆，并套上比线径略大的绝缘套管，将其整理绑扎好；用万用表检查焊接是否正确无误，如果焊接正确，则局部修复工作便告完成。

如果匝间短路点在绕组内部，则可将电扇通电运行数分钟，然后切断电源，用手触摸绕组端部，如果明显感觉某一匝线圈的温度较高，则说明该匝线圈存在匝间短路故障。

如果绕组内部发生断线故障，必要时可将线圈间的连线断开，用万用表进行检查，找出断线的线圈。

如果线圈严重损坏，无法进行局部修复，则应拆除整个故障线圈，重绕一个新线圈来取代。

(4) 拆除故障线圈。拆除故障线圈的方法有冷拆、热拆和溶剂溶解三种。冷拆的修理质量较好，但拆除较困难；热拆由于要加热，往往损伤铁芯的绝缘，但拆除较容易。

冷拆是先将槽楔用电刀劈开、取出，然后把线圈的一端剪断，另一端用钳子夹紧用力拉出，或者找一根与槽的大小相同的铁棒，放在线圈剪断一端，用锤子敲打铁棒，把线圈顶出。

热拆是取出槽楔后，对故障线圈局部加热，待绝缘软化，将线

圈拉出。加热时要注意温度不可过高，以免损坏铁芯和邻近线圈的绝缘。

溶剂溶解法所使用的溶剂是丙酮 25%、酒精 20%、苯 55% 的混合剂。使用时，用滴管将溶剂滴入电机定子槽中和绕组端部，经 45 min 左右，在溶剂的溶解作用下，绝缘软化，就可将线圈拆下来，然后清除槽内的残留物。

(5) 重绕一个新线圈换上，并进行绝缘处理。

(6) 重新装配好电动机。

经过以上修理，电动机就可正常运行，电扇也能正常工作。

695. 扇叶变形怎么办？

扇叶是电扇的关键零件之一，它与电扇的主要性能指标（如风量、噪声等）密切相关。所以，台扇出厂前对扇叶一般都进行严格校验，保证电扇运转时扇叶基本上无抖动现象，噪声很小。

电扇运转时出现抖动现象的主要原因是扇叶受到碰撞或挤压而变形，转动不平衡。若扇叶只有轻度变形，一般校正即可。下面介绍几种简易的校正方法：

(1) 取一根铁丝或铜丝，将其固定于前网罩上，使铁丝（或铜丝）刚好触及在某扇叶轮廓上所选的一点，然后用手拨动扇叶，比较另外两只扇叶上对应位置的点是否刚好擦及铁丝。若有距离或铁丝被扇叶撞弯，则表明扇叶变形。此时可用手顺成型扇叶方向轻轻扳动叶片，这样反复进行几次，使在三只扇叶上所取的几组对应点都正好擦过铁丝；然后再在后网罩上也固定一根铁丝，按上述方法再对扇叶进行校调。一般来说，经前后网罩上的铁丝校正，基本上能消除扇叶变形所造成的电扇运转中的抖动和噪声。

(2) 将扇叶紧固在支承架的活动转轴上，使顶针的针尖正好擦过校正点，校正点应选在未发生变形的那一只扇叶上（图 4-97）；然后用手拨动一只扇叶，观察它是否与顶针尖端吻合，若不吻合，则用手对该扇叶进行整形，直至在该扇叶上选定的那一点刚好擦过针尖为止；随后，再按上述方法校正其余扇叶。校正变形的扇叶，

是一项细致的工作，必须严肃认真，不可马虎。当扇叶的扭角与曲线轨迹基本相符，就可大致消除电扇运转中的抖动现象

(3) 制作一个简易的小木条校正架（图 4-98），从内、外侧面和扇叶外圆这三个基准处对扇叶进行校正。若三只扇叶的对应处分别与校正架等距离，则表明扇叶未变形；

若三只扇叶的对应处与校正架的间隙过大或过小，则表明扇叶变形，此时可轻扳扇叶进行调速。调整方法是：使校正架逐点靠近，以不触碰校正架为准，间隙越小越好，直至三只扇叶的几组对应点与木架都等距，再装上网罩进行试验，试验合格，就可基本消除电扇运转中的抖动现象。

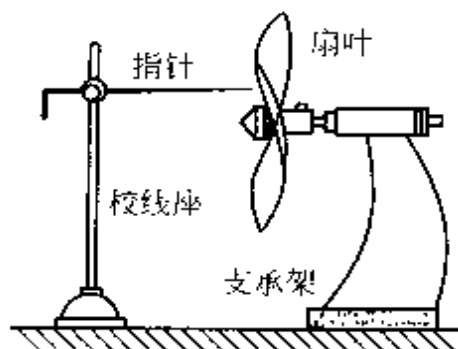


图 4-97 扇叶校正

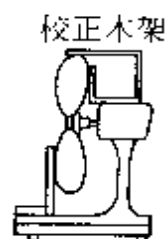


图 4-98 简易校正架

696. 怎样测试修复后的电扇调速电抗器？

通常，电扇调速用的电抗器修复后，应在给定的测试电压下调整其工作电流值。电抗器线圈的简单测试线路如图 4-99 所示，电源电压经调压器 TY 调整到所需的测试电压，然后将电压施加于电抗器线圈的始、末端，并按图 4-99 接入电压表和电流表。在规定的测试电压下，如果测得的电抗器绕组电流过小，则该电抗器若接入电扇电路进行

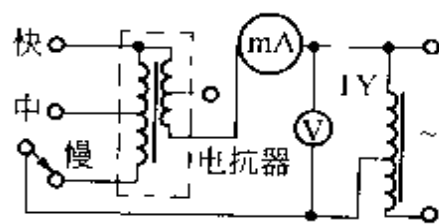


图 4-99 电抗器线圈测试线路

调速，将引起慢挡转速降低，甚至造成电扇起动困难。在适当的调节范围内，如果测得的电抗器绕组电流过大，则可将铁芯接缝敲紧，使铁芯气隙减小，并增加 1~2 只铁芯冲片；如果测得的电流过小，则应将铁芯气隙增大，并减少 1~2 只铁芯冲片；如果测得

的电流与标准值（或规定值）相差甚大，则可能是电抗器绕组匝间短路，或绕组匝数和线径不符合要求。

此外，还应将修复后的电抗器接到电扇电路中，然后测量快、中、慢挡的转速及绕组和铁芯的温升，并将调速比调整到规定值，即电容式台扇的慢挡转速不大于快挡转速的 70%，而罩极式台扇的慢挡转速则不大于快挡转速的 80%，。对中挡转速一般不作具体规定，但温升不得高于表 4-22 所列值。此外，对电抗器还应进行匝间耐压试验和对地耐压试验。只有测试和耐压试验均合格并进行绝缘处理，电抗器才可接入电扇电路，投入正常使用。

表 4 22 调速电抗器线圈的允许温升

| 测量部位 | 温升 (°C) | | 测量方法 |
|-------|---------|-------|-----------|
| | A 级绝缘 | E 级绝缘 | |
| 电抗器线圈 | 60 | 75 | 电阻法 |
| 电抗器铁芯 | 45 | 60 | 温度计法或热电偶法 |

697. 电动工具怎样分类？各有何特点？

电动工具一般按电气保护方式分为 I 类工具、II 类工具和 III 类工具三类，三者的特点分述如下：

(1) I 类工具。这是普通电动工具，其额定电压在 50 V 以上。这类工具在防止触电的保护方面不仅具有基本绝缘，而且还采取附加的安全预防措施。预防措施是：将工具上可触及的导电（金属）零件与固定线路中的保护（接地）导线相互连接，使导电零件在基本绝缘损坏时不成为带电体。

I 类工具中在基本绝缘失效时会成为带电体的可触及导电（金属）零件，应永久地、可靠地与工具内的接地端子连接起来。对于装有不可重接电源插头的工具，工具内的接地端子必须与软电缆或软导线中用作保护接地的芯线连接起来。

(2) II类工具。这是绝缘结构全部为双重绝缘结构的电动工具，通常带有“回”标志（“回”表示双重绝缘，这是一种国际上通用的符号），其额定电压在50V以上。双重绝缘结构，是指双重绝缘或加强绝缘或二者综合的绝缘形式。双重绝缘除基本绝缘外，还有一层独立的附加绝缘，当基本绝缘损坏时，由附加绝缘保证操作者与带电体隔离而不致触电。加强绝缘是对基本绝缘的加强和改善，使其具有与双重绝缘相当的介电强度和机械强度，从而有相当的安全保护效能

II类工具又分为以下两类：

①绝缘外壳II类工具。它具有一个牢固而连续的绝缘外壳，除了一些小金属零件（如铭牌、铆钉、螺钉等）外，其他金属件都位于绝缘外壳内。同时，小金属零件使用相当于加强绝缘的绝缘物与带电零件隔离。

②金属外壳II类工具。它具有一个牢固而连续的金属外壳，壳体内除了某些显然不能实现双重绝缘而采用加强绝缘的部位外，其余所有部位都具有双重绝缘。

(3) III类工具 这是安全电压电动工具，其额定电压在50V以下，在防止触电的保护方面是由安全电压电源供电，工具内部不会产生比安全电压更高的电压。这类工具由工具内部电源（如蓄电池）或其他独立电源（如小型内燃发电机组）供电。如果由电网供电，则必须经过安全隔离变压器或具有同等隔离程度、单独分开绕组的变压器。

III类工具的触电保护采用可靠的基本绝缘、电源对地绝缘和50V以下特低电压的所谓“三重保护”，因此具有较好的使用安全性能。

698. 双重绝缘电动工具的泄漏电流和绝缘电阻是如何规定的？怎样试验这类工具的绝缘介电强度？

双重绝缘电动工具的泄漏电流和绝缘电阻规定如下：

(1) 泄漏电流。在1.1倍额定电压下空载运行时，由电源任一

极流向不可触及的金属零件的泄漏电流不得大于 3.5 mA；流向可触及金属零件的泄漏电流不得大于 0.5 mA。

(2) 绝缘电阻。用 500 V 直流电压加压 1 min 后测量绝缘电阻，测量部位和要求的电阻值如下：

- ①机壳与带电零件之间——大于 4 MΩ。
- ②带电零件与不可触及金属零件之间——大于 2 MΩ。
- ③机壳与不可触及金属零件之间——大于 2 MΩ。

对双重绝缘电动工具的绝缘介电强度进行试验时，在下列各零部件之间，施加实际正弦波形、50 Hz 的以下电压，历时 1 min，应不出现击穿和闪络现象：

- (1) 开关在断开位置时，各触头之间——1500 V；
- (2) 带电零件与不可触及的金属零件之间——1500 V；
- (3) 导线与内接线工作绝缘外表面上贴附的金属箔之间——1500 V；
- (4) 不可触及的金属零件与机壳之间——2500 V；
- (5) 机壳与绝缘衬套内表面上贴附的金属箔之间——2500 V；
- (6) 保护绝缘隔开的电缆（软线）上紧贴的金属箔与机壳之间（包括机壳进线口、夹紧装置、护套等）——2500 V；
- (7) 加强绝缘隔开的带电零件与机壳之间——4500 V。

699. 电动工具用的交、直流两用串励电动机的定子绕组怎样接线？电源插座离电动工具的工作地点较远时，如何选择延伸软电缆？

电动工具用的交、直流两用串励电动机定子绕组的接线，应保证两个励磁线圈产生的磁通方向一致，并使转子按指定方向旋转。具体接线方法如下：

(1) 电枢绕组串联在两只定子线圈中间。将定子两个线圈的首线连接起来，两个线圈的尾线分别接在两个电刷上，或者将定子两个线圈的尾线连接起来，两个线圈的首线分别接在两个电刷上。如果发现电动机的旋转方向与指定转向相反，则只要将接到电刷上的

定子两线对调一下即可。

(2) 两只定子线圈串联后，再与电枢绕组串联。将定子两个线圈的首线（或尾线）连接起来，把余下的两尾线（或首线）中的一根接在电刷上，另一根接在电源的零线上。两个电刷中一个与另一定子线圈相连，一个与相线相连。如果发现电动机的旋转方向与指定转向相反，则只要将接到电刷上的两线对调一下即可。

如果电源插座离电动工具的工作地点较远，一般可接用一根长度合适、额定电流能满足使用要求的延伸软电缆。延伸软电缆一端连接插头，与电源的插座连接；另一端连接连接器，由连接器与电动工具的电源线连接。不允许将延伸软电缆直接与电动工具的电源线连接在一起使用。

延伸软电缆的长度、芯线截面与电动工具额定电流的对应关系如表 4-23 所示。

表 4-23 延伸软电缆长度、芯线截面与电动工具额定电流的关系

| 额定电流(A) | 0-2.0 | 2.1-3.4 | 3.5-5.0 | 5.1-7.0 | 7.1-12.0 | 12.1-16.0 |
|------------|-------------------------|---------|---------|---------|----------|-----------|
| 延伸软电缆长度(m) | 芯线截面 (mm ²) | | | | | |
| 7.5 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.5 | 2.0 |
| 15 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 3.5 |
| 22.5 | 1.0 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 3.5 | 5.5 |
| 30 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 3.5 | 5.5 | |
| 45 | 1.5 | 2.0 | 3.5 | 3.5 | | |
| 60 | 1.5 | 2.0 | 3.5 | 5.5 | | |

700. 对电动工具使用的电源线和护套有哪些要求？

对电动工具使用的电源线和护套有以下要求：

(1) 电动工具使用过程中经常移动，造成连接电源和工具的软电缆或软电线要承受频繁的弯曲和扭转。因此，电动工具用的电源线，除应选用柔软、不易扭结和具有较高耐磨强度的软电缆或软电线外，还应在工具进线处安装橡胶护套加以保护。

(2) 电动工具用的电源线应轻便、色泽鲜艳。软电缆或软电线的线芯颜色如下：

- ①两芯电缆——浅蓝色、棕色。
- ②三芯电缆——绿/黄双色、浅蓝色、棕色。
- ③四芯电缆——绿/黄双色、浅蓝色、黑色、棕色。

软电缆一般采用 QY 型轻便橡胶套电缆，其规格和芯线的股数如表 4-24 所示。

表 4-24 电动工具常用软电缆规格

| 规格 (mm ²) | 芯线股数 | 规格 (mm ²) | 芯线股数 |
|-----------------------|---------|-----------------------|------|
| 2×0.75 | 0.15×42 | 2×1.0 | 27 |
| 3×0.75 | 0.15×42 | 3×1.0 | 27 |
| 4×0.75 | 0.15×42 | 4×1.0 | 27 |

(3) 电动工具的电源线护套有 A 型和 B 型两种，其结构如图 4-100 所示，其尺寸列于表 4-25。护套应使用橡胶等弹性绝缘材料制成；应能够承受 20 000 次弯曲而不出现裂纹和撕裂等缺陷；在频率为 50 Hz 的 2500 V 试验电压下，应能够承受历时 1 min 的耐压试验。

表 4-25 电动工具电源线护套结构尺寸

| 序号 | 配用的电源线 | | a | b | c | d |
|----|-------------|-----------------|-----|-----|-----|-------|
| | 芯线× 标称截面 | 平均外径 上限 (mm) | | | | |
| 1 | 2×0.75 | 8.2 | φ20 | 3.5 | φ14 | φ8.5 |
| 2 | 3×0.75 | 8.8 | φ22 | 3.5 | φ15 | φ9.0 |
| 3 | 4×0.75 | 9.6 | φ22 | 3.5 | φ16 | φ10.0 |
| 4 | 2×1.00 | 8.8 | φ22 | 4 | φ15 | φ9.0 |
| 5 | 3×1.00 | 9.2 | φ22 | 4 | φ16 | φ9.5 |
| 6 | 4×1.00 | 10.0 | φ24 | 4 | φ17 | φ10.5 |
| 7 | 2×1.50 | 10.5 | φ24 | 4.5 | φ17 | φ11.0 |
| 8 | 3×1.50 | 11.0 | φ26 | 4.5 | φ18 | φ11.5 |
| 9 | 4×1.50 | 12.5 | φ26 | 4.5 | φ19 | φ13.0 |

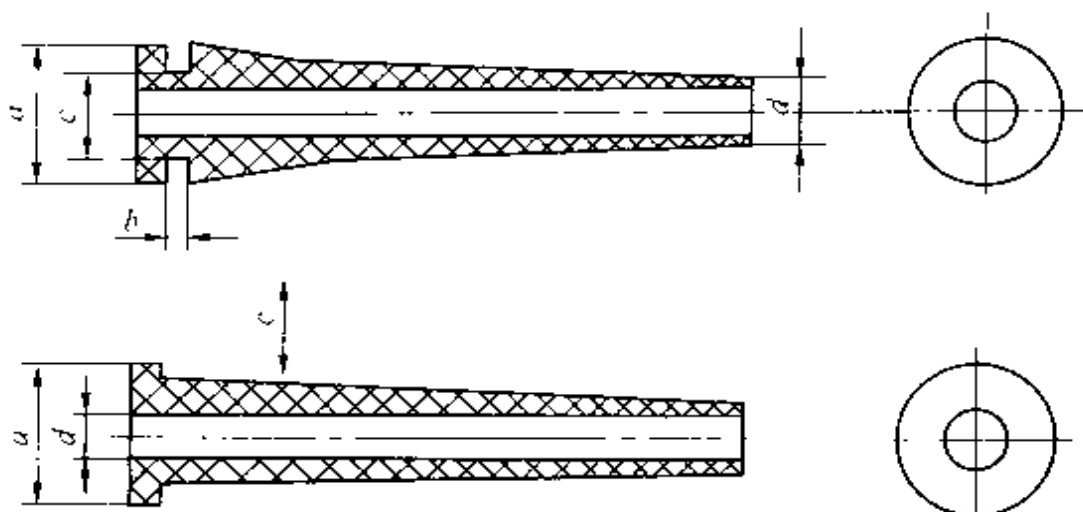


图4-100 电动工具电源线护套

701. 什么叫做电动工具的保护接地和保护接零？
二者的原理是什么？有哪些要求？

通常，工作电压在 50 V 以上的 I 类电动工具都应实行保护接地或保护接零。所谓电动工具的保护接地（也称外露导电部分接地），就是将 I 类电动工具在故障情况下可能出现危险对地电压的可触及金属零件与大地可靠地连接起来。所谓电动工具的保护接零，就是将 I 类电动工具在正常情况下不带电的可触及金属零件与供电电网的保护零线可靠地连接起来。电动工具的保护接地、保护接零原理及对其要求说明如下：

(1) 保护接地原理和要求如图 4-101 所示，在不接地的低压

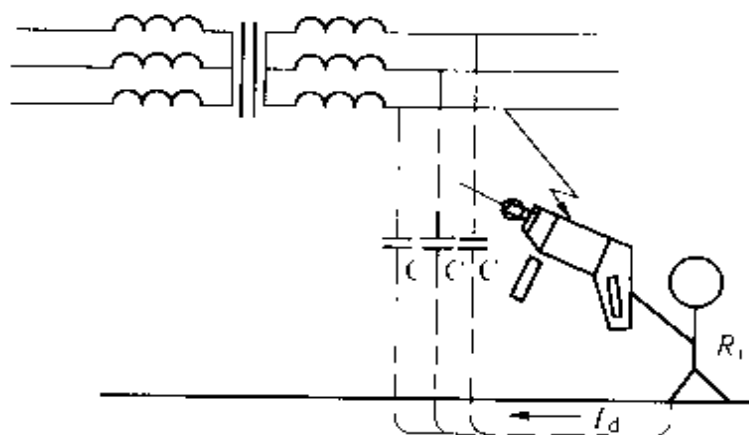


图4-101 电动工具不接地的危险

系统中，当电动工具的一相对外壳短路时，接地电流 I_d 通过人体和电网对地绝缘阻抗形成回路。如果各相对地电容越大，电流也越大；电容量越小，电流也越小。一般情况下，该电流很小。但是，如果电网分布很广或者电网绝缘介电强度显著下降，则该电流有可能达到危险值。

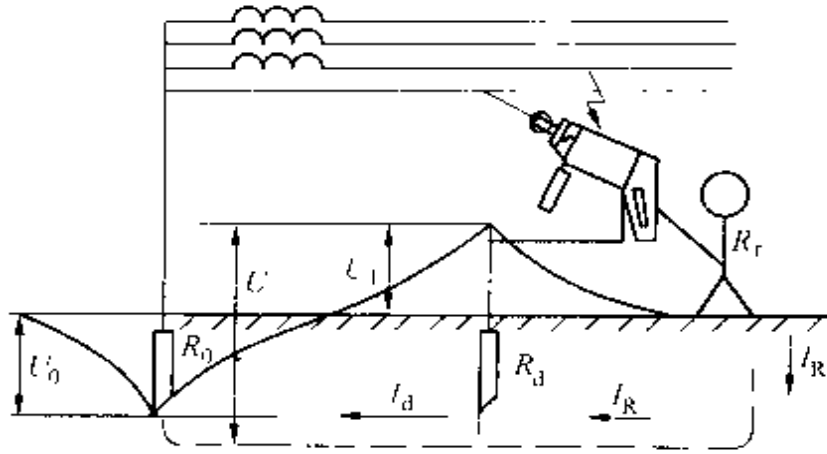


图 4-102 电动工具保护接地的触电分析

图 4-102 是常见的低压配电系统中，I 类电动工具的基本绝缘失效，采用保护接地的触电分析结果。图中：

$$U = U_0 + U_1$$

$$U_1 - I_d \cdot R_d = I_r R_r$$

$$U_0 = I_d R_0$$

式中 U ——电源电压，V；

U_1 ——人体接触电压，V；

U_0 ——工作接地电阻的电压降，V；

I_d ——接地故障电流，A；

I_r ——通过人体的电流，A；

R_d ——保护接地系统的接地电阻， Ω ；

R_r ——人体电阻，一般为 1000—2000 Ω ；

R_0 ——工作接地电阻， Ω 。

设 $U = 220$ V，则 R_0 值按电力设计规程规定不超过 4 Ω 。

如果 $R_d = R_0 = 4 \Omega$, $I_d = 27.5 \text{ A}$, 则 $U_d = U_0 = U/2 = 110 \text{ V}$, 于是

$$I_r = \frac{U_d}{R_r} = \frac{110}{1000 \sim 2000} \approx 55 \sim 110 \text{ mA}$$

上式求出的电流值对人体是非常危险的。要保证人体接触的电压为安全值, 即小于 50 V , 则

$$R_d < \frac{U_d R_0}{U_0} = \frac{50 \times 4}{220 \cdot 50} = 1.18 \Omega$$

如果 R_0 再小, 则 R_d 相对还要小。但 R_d 是网络中保护接地装置的接地电阻、电动工具本身接地装置的流散电阻和接地电阻、连接软电缆的接地导体电阻和各连接部位的接触电阻之和, 要使这些电阻之和保持很小是很困难的。而且, 由于电动工具的接地连接中可能多次实行插接连接, 这种插接连接的可靠性差, 难以保证在工具的使用中接地回路始终良好。因此, 保持完好和正确连接的接地回路和很小的保护接地电阻, 是保证 I 类电动工具安全使用的关键。为保证电动工具的安全使用, GB3883《手持式电动工具的安全》对 I 类工具的接地保护装置提出严格的要求, 主要有:

①工具必须有牢固可靠的专用接地装置, 其各金属零件之间应能够有效地防止电腐蚀。

②工具的可触及金属零件与接地装置必须是电气连接, 接地电

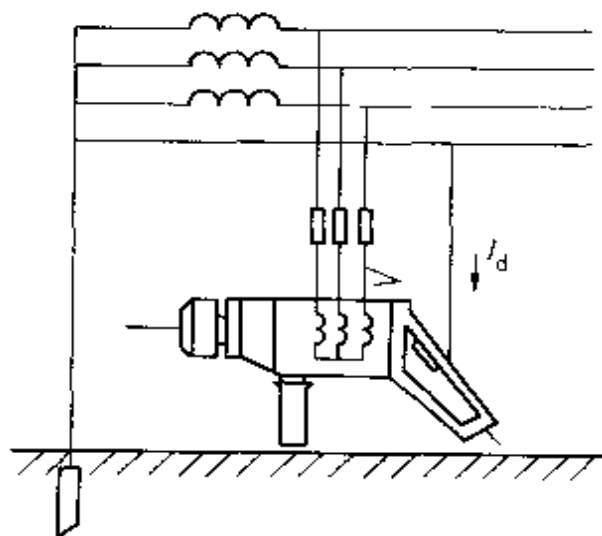


图 4-103 电动工具保护接零原理图

阻不应大于 0.1Ω 。

③工具的接地部位应有明显清晰的接地标志。

(2) 保护接零原理和要求。保护接零的原理图如图 4-103 所示。当工具的一相对外壳发生短路，即形成该相经外壳与保护零线的单相短路。短路电流 I_d 使线路上的保护装置（如熔断器、漏电开关等）迅速动作，从而断开电源，避免发生触电事故。

实行保护接零的电动工具，其供电变压器低压端的中性点必须可靠接地。

702. 什么叫做重复接地？对电动工具实行重复接地为什么能减小触电危险？

将保护零线上的一点或多点通过接地装置与大地再次连接，称为重复接地。图 4-104 是无重复接地的保护接零系统。当电动工具的外壳发生单相短路时，线路保护装置便动作，从而切断电源。但从发生单相短路起，到保护装置动作完毕这一瞬间，工具外壳是带电的，其对地电压（即短路电流在零线上产生的电压降）为

$$U_d = U_n = I_d Z_n = \frac{U}{Z_s + Z_n} Z_n$$

式中 I_d ——单相短路电流，A；

Z_n ——零线阻抗， Ω ；

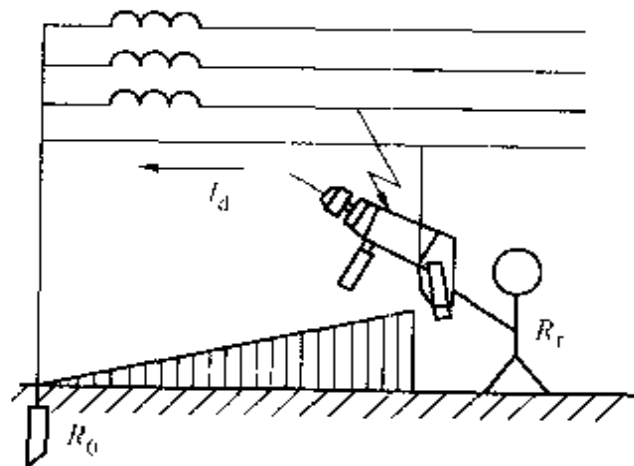


图 4-104 电动工具无重复接地的保护接零

Z_x ——相线阻抗, Ω ;

U ——电网相电压, V 。

通常, 零线阻抗越大, 工具外壳对地电压越高。一般情况下, 零线导电能力仅为相线的 $1/2$, 所以相线阻抗 $Z_x = 1/2 Z_n$ 。此时

$$U_d = \frac{2 \times 220}{3} \doteq 147 \text{ V}$$

因此, 工具外壳发生单相短路, 还是有触电危险的。

由图 4-105 可见, 在工具接零处加一接地装置, 就可降低工具对地电压, 从而触电危险性也可减小。在图 4-105 中, R_d 是重复接地装置的接地电阻, 它使零线的对地电压重新分布, 此时工具的对地电压为接地电流 I_d 通过接地电阻 R_d 的电压降, 于是

$$U_d = U_0 = \frac{U}{R_d + R_0} \cdot R_d$$

如果零线上的电压降为 147 V , R_0 和 R_d 均为 4Ω , 则

$$U_d = \frac{147}{4+4} \times 4 \doteq 73.5 \text{ V}$$

实际上 R_d 和 R_0 与零线阻抗 Z_n 并联, 所以零线上的电压降还可降低一些, 因此 U_d 值也随之下落。

综上所述, 重复接地可使工具外壳对地电压降大大降低, 从而触电危险性也相应减小。

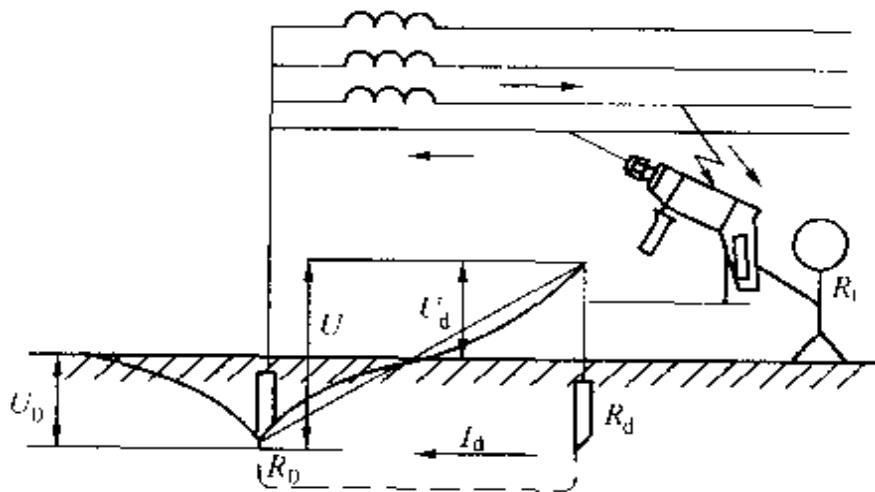


图 4-105 电动工具有重复接地的保护接零

703. 怎样根据使用场所选择手持电动工具?

手持电动工具按电气保护方式分为Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ类三种,不同场所应使用不同保护类型的手持电动工具。

(1) 一般场所应选用Ⅱ类手持电动工具,并装设额定漏电动作电流不大于15 mA、额定漏电动作时间不超过0.1 s的漏电保护器。

如果采用Ⅰ类手持电动工具,则必须实行保护接零。

Ⅰ类手持电动工具只有基本绝缘,其对地电压为220 V,是Ⅲ类工具中最不安全的,所以应采取接零或接地的保护措施。Ⅲ类手持电动工具的安全性能最好,因为它使用的电压为安全电压,但需装设安全变压器。Ⅱ类手持电动工具有双重绝缘,不必实行保护接零(单相可使用二芯电缆、三相可使用三芯电缆),也不需要装设安全变压器,所以应优先选用Ⅱ类手持电动工具(这是广泛使用的一种手持电动工具),最好不使用Ⅰ类手持电动工具。

(2) 露天、潮湿场所以及金属构架上的作业,必须选用Ⅱ类手持电动工具,并装设防溅的漏电保护器(其额定漏电动作电流不大于15 mA,额定漏电动作时间不超过0.1 s)。上述场所严禁使用Ⅰ类手持电动工具。

(3) 狭窄场所(如锅炉、金属容器、地沟、管道内等处),宜选用带隔离变压器的Ⅲ类手持电动工具。若选用Ⅱ类手持电动工具,也必须装设防溅的漏电保护器(其漏电动作电流和动作时间同上)。上述场所使用Ⅲ类或Ⅱ类手持电动工具时,应将隔离变压器或漏电保护器装在场所外面(漏电保护器装在开关箱内,隔离变压器也应设保护箱,以防雨、防潮、防触电)。在狭窄场所使用手持电动工具操作时,应设专人监护。

704. 高速电动工具电动机使用前应进行哪些检查?

高速电动工具电动机使用前一般应从电气和机械这两方面进行检查。

电气方面的检查内容包括:

(1) 检查接地线是否良好 对高速电动工具电动机的接地线,一般不用试灯检查,而采用大电流检验法进行检查。检查时,采用一台小型低压变压器,往地线中通入不小于 10 A 的电流,观察地线有无发热烧伤处。若无发热烧伤现象,则表明地线良好。如果用试灯检查,则损坏的地线不易查出,这点与普通低速电机不同。检查时应注意,电源引线头不得触碰转轴或轴承。否则,大电流可能烧伤转轴或轴承表面。

(2) 摇测绝缘电阻。对于低压特高速手提电动工具使用的电动机,可用 500 V 兆欧表摇测其绝缘电阻,测得的电阻值应大于 2 M Ω 。低于 2 M Ω 者不得使用,只有查明原因并修复后,绝缘电阻合格才可投入运行。

摇测这类电机的绝缘电阻以前,应将电源开关合上。因为这类电机配用的开关一般为双极开关,开关不合上,摇测的仅仅是电动工具接线部分的绝缘电阻。只有合上开关,才能测得电机绕组部分的绝缘电阻。

(3) 检查变频器的参数。变频器的种类很多,老式的为硅整流结构,新式的为晶闸管整流结构,晶闸管有电流型和电压型逆变器两种。通常,应检查其输出电压和输出频率是否符合规定,以及控制信号是否正常。

机械方面的检查内容有以下几项:

(1) 检查电动工具外表是否损伤、锈蚀、受潮,以及有无油垢和灰尘。若有以上现象,应予以消除。

(2) 检查钻头直径是否超过规定值。若超过规定值,则只有更换后才可使用。此外,还要检查卡头转动是否灵活,钻头卡得是否紧固。

(3) 通电空转,检查有无机械相擦现象和异常噪声,并测量空载电流和检查电流平衡情况。

705. 电动工具使用中造成机械伤害的主要原因是什么? 怎样避免机械伤害?

电动工具使用中造成机械伤害的主要原因有以下几种:

(1) 操作者意外触及电动工具内部的运动部件。

(2) 操作者意外触及运行中的作业工具的未保护部分（例如高速运动的磨具、锯片的锯齿等）。

(3) 电动工具运行中，由于作业工具损坏（如砂轮、圆锯片碎裂或夹持不当）而飞出造成伤害。

(4) 电动工具运行中，由于负载变化产生突然制动而引起的过大反扭矩，使操作者失去控制。

(5) 由于电动工具外形设计不合理、稳定性差，工具倾倒或跌落。

(6) 电动工具表面有锐边或锋利的凸出物。

为了避免由于上述原因而造成伤害，选购电动工具时应注意工具的结构和运动部件的布置，操作时应合理使用工具。综合起来，应注意以下几点：

(1) 危险的作业工具应具有可靠而有效的保护装置，如砂轮、圆锯片应有合适的保护罩。

(2) 电动工具的夹持结构应能够保证正确而有效地夹持作业工具，如砂轮夹持螺母的螺纹旋向应使工具在正常运行中螺纹被拧紧而不是相反。

(3) 电动工具上的各种防护器件，只有用工具才能拆除。

(4) 旋转方向改变会造成伤害的工具（如砂轮机、电圆锯等），其外壳上应标有旋转方向标志（如箭头）。

(5) 速度超过规定值会造成危害的工具，应设置限速机构或器件。

(6) 电源开关的位置和操作方式，应保证在电动工具不正常运行时能够方便地、及时地切断电源。

706. 怎样安全使用电动工具？使用中应注意哪些事项？

电动工具的特点是电力驱动，手持操作。为保证操作者的安全，获得满意的加工质量和工作效率，使用电动工具应做到以下几点：

(1) 使用前详细阅读产品说明书，以了解工具性能和掌握正确的使用方法。

(2) 不任意拆除电动工具的保护器件。

(3) 不使用防护器件有缺陷的电动工具。

(4) 使用完好的作业工具，特别是砂轮、圆锯片等，使用前必须仔细检查，确认其完好无损，并且符合电动工具的要求。

(5) 个人防护用品的使用必须符合规定。例如，不得戴普通纱手套操作手持电钻等高速旋转的工具。

(6) 操作电动工具时，操作姿势要正确，站立要平稳。

使用电动工具一般应注意以下几点：

(1) 电动工具使用前，应仔细进行以下检查：外壳、手柄有无裂纹或是否破损；电源线是否完好无损；电源开关动作是否正常、灵活，有无缺陷或是否破裂；电气、机械保护装置是否完好；转动部分运转是否灵活、轻快，有无卡阻现象。

(2) 长期闲置未用的电动工具，使用前必须用 500 V 兆欧表测量其绝缘电阻。如果 I 类工具绕组与外壳的绝缘电阻低于 $2\text{ M}\Omega$ ，II 类工具低于 $7\text{ M}\Omega$ ，则必须将工具进行干燥处理，直至绝缘电阻合格才可使用。

(3) I 类工具使用前必须妥善接地。相线和接地线不得接错，中线和接地线不得连接在一起，以免外壳带电而造成触电事故。电源线中的绿黄双色芯线应牢固地接在工具外壳的专用接地装置上。这样，当工具使用中一旦绝缘损坏、外壳带电，就可将外壳对地故障电压限制在一定的安全值以内或自动切断电源。

(4) 电动工具的电源插头应有足够的机械强度。通常，单相 I 类工具采用二极接地插头，三相 I 类工具采用三极接地插头。带有接地插头的电源插头应按规定接触顺序插拔，即电源插头插入插座前，应先将接地插头插入插座的接地销孔内，严防误插入。

II 类工具只许采用不可重接电源插头，插头体的介电强度、爬电距离、电气间隙等必须符合加强绝缘的要求。

II 类工具和 III 类工具的电源插头不许有接地极。

(5) 带有漏电保护器、漏电保护插头的工具，使用前必须先对按钮进行漏电试验，试验合格才可使用。

(6) 电动工具上防护危险的运动零、部件的保护装置（如保护罩、保护盖等），使用时不得任意拆卸。

(7) 如果电动工具的绝缘损坏、软电缆或软导线的护层破裂、保护接地或保护接零线脱落、电源插头开裂或发生有害于安全的其他机械故障，应立即进行修理，未修复前严禁继续使用。

(8) 普通电动工具不宜在雨、雪天的露天场所和含有爆炸性或腐蚀性气体的场所使用。

707. 电动工具工作时，其外露金属零件往往带电和引发触电事故，怎样分析和判断其原因？

通常，电动工具工作时，如果出现下述故障，其外露金属零件就可能带电：

(1) 电动机的绝缘损坏或老化。

(2) 绝缘表面覆盖导电的粉尘、金属微粒、潮气等，造成沿着两个绝缘系统向外壳形成爬电途径，构成绝缘表面的导电通路。

(3) 工具内部的接线、螺钉、垫片、弹簧等零件脱落，并跨接在带电零件与可触及的金属零件之间，造成可触及的金属零件带电。

(4) 工具电源线的芯线部分或全部脱出，触碰可触及的金属零件或接地装置，造成金属外壳带电。

(5) 组件绝缘损坏。例如，电源开关接地，刷握（刷架）绝缘裂开，金属嵌件与塑料外壳之间通过裂缝形成爬电通路等。

(6) 电动工具使用中，工作头切割或击中带电导体而引起整个工具带电。

综上所述，在电动工具的使用中发生触电事故的主要原因是：在工具内部是由于各种绝缘结构损坏，零部件脱落而引起外壳带电；在工具外部是由于保护系统失效，或工具操作中不慎击中带电体而使外壳带电。

708. 维修电动工具应注意哪些问题？

电动工具的维修，必须根据三类工具的特点进行。维修中应注

意以下几点：

(1) 非专业维修人员不得擅自拆卸和修理工具。

(2) 使用人员和维修部门不得任意改变工具的设计参数，不得采用比原用材料性能差的代用材料，同时也不得采用与原有零部件规格不符的零部件。

(3) 检修时，工具内的绝缘衬套、套管等不得任意拆除、调换或漏装。

(4) 工具的电气绝缘部分修理后，应按表 4-26 测量绝缘电阻和按表 4-27 进行绝缘耐压试验。

表 4-26 绝缘电阻测量

| 测量部位 | 绝缘电阻 (MΩ) |
|------------------|-----------|
| I 类工具带电零件与外壳之间 | 2 |
| II 类工具带电零件与外壳之间 | 7 |
| III 类工具带电零件与外壳之间 | 1 |

注：使用 500 V 兆欧表测量。

表 4-27 绝缘耐压试验

| 试验电压施加部位 | 试验电压 (V) | | |
|-------------------------------|----------|--------|-------|
| | III 类工具 | II 类工具 | I 类工具 |
| 带电零件与壳体零件之间： 仅由基本绝缘与带电零件隔离 | 380 | 2800 | 950 |
| 仅由加强绝缘与带电零件隔离 | | | |

注：绝缘耐压试验时间应保持 1 min。

709. 单相电动工具电动机的检修特点是什么？对其检修有哪些基本要求？

单相电动工具电动机多数属于专用电动机，并与各功能工具组装成整体，使用时手直接与之接触。为确保绝对安全，万无一失，除使用中将其可靠接地外，在检修或重绕绕组时，最大的特点是严格保持电动机原有的参数、原有的绝缘水平和工具原有的结构。

检修电动工具电动机时，对检修的基本要求是：

(1) 首先应彻底清理双重绝缘受损部位，然后将绝缘修补完整，并经耐压试验合格，才可重绕绕组。

(2) 不同极性的带电零件（或带电体）与非带电体之间应有足够的电气间隙。

(3) 绕组与非带电金属导体之间应有足够的绝缘穿通厚度，并能够经受规定的耐压考验。

(4) 大修时绕组须用高强度绝缘漆包线绕制。

(5) 绕组浸漆必须采用二次浸漆工艺。对高速旋转电枢，应采用无溶剂环氧树脂漆进行浸渍，以保证它具有足够的机械强度。

710. 手电钻怎样分类？目前国内生产哪几个系列的普通手持电钻？

手电钻是一种电动钻孔工具，常用它在金属、塑料或木材制作的构件上钻孔。手电钻的种类和规格很多，常用的有手枪式和手持式两种。手枪式电钻大多是交、直流两用，按电源电压分为 36 V 和 220 V 两种，其夹持钻头直径有 6、10 和 13 mm 三种。手持式电钻按电源电压分为单相 220 V 和三相 380 V 两种，其夹持钻头直径有 13、19 和 23 mm 三种。

目前国内生产以下三个系列的普通手持电钻：

(1) J1Z 系列交、直流两用电钻。采用交、直流两用单相串励电动机，机壳一般用铝合金制成，开关为手掀式。电动机的转动通过两对减速齿轮传至电钻轴。

(2) 回J1Z2 系列双重绝缘交、直流两用电钻。也采用交、直流两用单相串励电动机，其特点是电枢铁芯与转轴之间压注有绝缘材料作为转子的保护绝缘。电动机的机壳用工程塑料制成，或者用铝合金铸造，但在其内壁衬以与定子铁芯壳隔绝的绝缘套作为定子的保护绝缘。

(3) J3Z 系列电钻。采用三相 50 Hz 鼠笼式异步电动机，机壳用铝合金铸成，开关一般为跷板式。电动机的转动通过一对或两对减速齿轮传至钻轴。

711. 手电钻由哪几部分组成？为什么手电钻等手持电动工具都采用单相串励电动机？

手电钻多数是小型的，为了满足生产需要，一般制成多种规格的产品。图 4-106 是常用手电钻的外形，它主要由以下几部分组成：

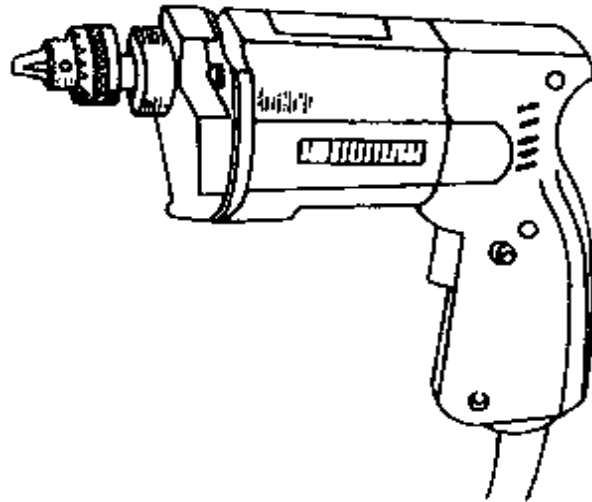


图 4-106 电钻外形

(1) 转子。转子由铁芯、轴、转子绕组、整流器（换向器）和轴承等组成（图 4-107）。铁芯由硅钢片叠压而成，并固定在轴上，它的表面有槽，直槽内绕有绝缘导线（称为转子绕组）。轴的一端铣有传动齿，以配合其他齿轮进行旋转。

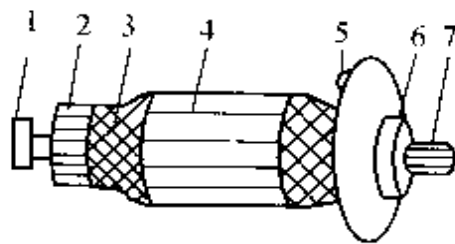


图 4-107 转子部分

1. 轴承；2. 整流器；3. 转子绕组；4. 转子铁芯；
5. 散热风叶；6. 轴承；7. 主轴传动齿

转子的另一端装有整流器，整流器由许多个特殊形状的铜片和云母片间隔组成，以使各铜片之间相互绝缘。整流器的每一铜片与转子的每个绕组的一端相焊接，以进行换向。轴的两端各装一个轴

承，以支承转子灵活转动。

(2) 定子。定子由铁芯（磁极）、外壳和定子绕组这三部分组成（图 4-108）。铁芯也是用硅钢片叠压而成，一般形成两个磁极。绕组用绝缘导线先在线圈模型上绕成，用绝缘布包缠后，将其嵌在铁芯的磁极上，然后用螺钉将铁芯固定在外壳上。

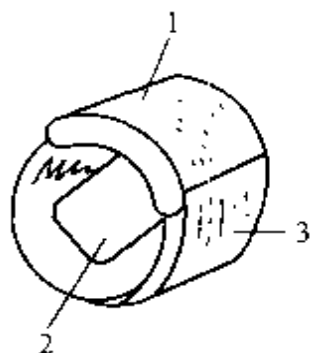


图 4-108 定子部分

1. 绕组；2. 磁极；3. 铁芯

(3) 传动齿轮。齿轮箱内装有数个相互配合的齿轮（图 4-109）。齿轮箱由转子轴输入功率，经减速后传递给卡头主轴，从而减小钻头的转速，并提高钻头的扭矩。

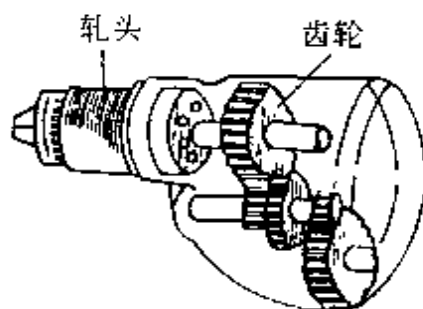


图 4-109 齿轮箱部分

(4) 炭刷和炭刷架。电钻的炭刷架装在电钻的外壳上。炭刷架一般分为两种，一种是固定炭刷架，一种是可调节位置的活动炭刷架。后一种多用于较大型的电钻（图 4-110）。

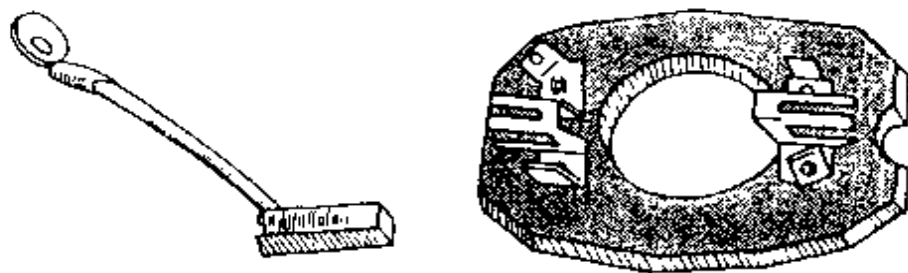


图 4-110 炭刷和炭刷架

(5) 散热风叶。散热风叶一般装配在转子轴上。当转子旋转时，它也随着旋转而产生风，以排散定子绕组和转子绕组内所产生的热量（图 4-107）。

(6) 开关。电钻的开关类型很多，一般根据电钻的外形装上相应类型的开关，用来接通和切断电源。图 4-111 所示是电钻开关的一种。

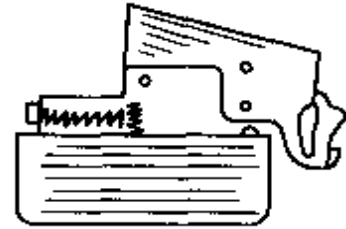


图 4-111 电钻开关

(7) 轧头。轧头又称钻卡子，是电钻上的机械零件（图 4-109），一般根据电钻的容量和工作的要求装上适当尺寸的轧头，以夹住钻头进行钻孔。

通常小型单相串励电动机有较高的转速，在 50 Hz 电源下，普通异步电动机的转速不超过 3000 r/min，而串励电动机的转速可高达 20000 r/min；同时，小型串励电动机的起动转矩都很大（可达额定转矩的 3~4 倍），而起动电流却较小。这两种特性特别适用于需要频繁起动和高速运转的手电钻等电动工具。此外，单相串励电动机具有较软的机械特性，当负载增加时，转速下降，而转矩则增大，这一特性对于电钻也尤为适用。并且，在额定功率相同的情况下，单相串励电动机的重量比其他电动机要小得多，所以手电钻等手持电动工具一般都采用这种电动机。

712. 使用普通手持电钻或冲击电钻应注意哪些事项？

使用普通手持电钻应注意以下几点：

(1) 使用前详细了解电钻的性能和掌握正确的使用方法，不使用有缺陷的电钻，不任意拆除电钻上的保护器件；个人防护用品的使用必须符合规定，例如不得戴普通纱手套操作；操作电钻时，操作姿势要正确，站立要平稳。

(2) 电源线必须使用橡皮电缆，不宜使用胶质线（花线）、塑料绝缘电线。因为这类电线不耐热不耐湿，抗拉抗磨强度低，使用中绝缘很容易损坏。

(3) 电源线长度一般不宜超过 5 m，中间不得有接头。当电源线长度不够时，可使用插座板驳接，插座板的引线也不许有接头。短时间临时使用电钻时，如果电源电缆长度不够，允许例外使用胶质线、塑料电线连接，但接线头必须包缠好绝缘带，使用中切勿受水浸和乱拖、乱踏，同时也不可触及热源和腐蚀性介质。使用完毕，必须及时拆除这种临时连接的导线。

(4) 应根据需要钻孔的孔径，选择相应规格的电钻，以免电钻受到损坏。

(5) 使用前要认真检查电源线和插头是否完好。对于金属外壳电钻，必须可靠接地（接零），通电后用试电笔测试外壳是否带电。如果做不到将电钻金属外壳可靠接地（接零），则使用时必须戴绝缘手套，穿绝缘靴，或者站在绝缘垫或干燥的木板上。

(6) 使用前应按电钻铭牌上注明的电压选择电源，不可在超过或低于铭牌电压 10% 的电源上使用，以免损坏电动机。

(7) 使用时严格按操作规程操作，先使电钻空转 10 s，以检查传动是否正常。对三相电钻要试验正、反转方向。使用过程中切勿将电源线缠绕在手臂上，以免万一电源线破损或漏电而造成触电事故。

(8) 手电钻应保持清洁，严防铁屑等杂物进入电钻内部。

(9) 为保证电钻正常工作，应经常检查、保养换向器。如果发现换向器表面有黑痕，使电刷下的火花增大，则应立即进行检修。如果电钻使用一段时间，电刷架弹簧压力减小，则应适当调整弹簧压力。如果电刷损坏，则应及时调换。

(10) 钻头的切削刃，必须根据所钻材质的物理性能选用。

(11) 钻孔时用力不可过猛，以免产生过大的扭矩而使电钻过载。在电钻上施加的轴向压力不应超过表 4-28 所列值。操作时，若转速突然降低，则表明扭矩过大，应立即放松压力；若突然停转，应迅速切断电源，用手使电钻逆时针方向旋转，然后提起钻头。

(12) 钻孔过程中，当即将钻透工件时，推力应逐渐减小。移动电钻时，要防止橡皮软线擦破、割破和轧断。

表 4-28

电钻钻孔时的轴向压力

| 电钻规格(mm) | 4 | 6 | 10 | 13 | 16 | 19 | 23 | 32 | 38 | 49 |
|----------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|
| 轴向压力(N) | 250 | 350 | 550 | 900 | 1200 | 1700 | 2300 | 3500 | 4300 | 6000 |

(13) 无防爆装置的电钻，不得在易燃、易爆或有腐蚀性气体的环境中使用。

(14) 使用中如果电钻温升过高或声音异常，应立即停机检查和处理。

(15) 长期存放或新购的电钻，使用前要用兆欧表测量其绝缘电阻。若绕组与机壳间的绝缘电阻低于 $0.5\text{ M}\Omega$ ，则应将电钻进行干燥处理。

(16) 手持电钻时，应握住手柄，不可利用其电缆提拉。

(17) 电钻不使用时应及时拔掉电源插头，并注意轻放，避免因受到冲击而损坏外壳或其他零件，同时应将电源导线绕在电钻上。电钻应存放在台架上或箱柜中，并注意防潮、防腐。

冲击电钻与普通电钻类似，但用途不同于普通电钻，它是一种旋转带冲击的钻孔工具。将调节旋钮调到“锤击”位置，电钻既旋转又冲击，装上镶有硬质合金的钻头，就可在混凝土、红砖墙或瓷砖等材料上钻孔。将调节旋钮调到“旋转”位置，则与普通电钻一样，装上普通麻花钻头，就可在金属材料上钻孔。冲击电钻所钻的孔径一般在 20 mm 以下。

冲击电钻有 Z1J 型和回 J1ZC、回 Z1J 型等几种。Z1J 型不实行保护接地（接零），使用单相二极插头。由于其电气安全性能比较好，所以使用这种冲击电钻可不戴绝缘手套或穿绝缘靴。

冲击电钻使用时的注意事项与普通手持电钻相同。

713. 手电钻使用中易发生哪些典型触电事故？

(1) 手电钻接地不良造成触电。某车间工人甲使用手电钻钻孔时，将手电钻的接地线临时接在附近机床手柄上，钻头刚触及工

件，该工人便触电倒地，当时无其他人在场，后来工人乙进入车间，见状立即拉断电源。由于工人甲触电时间太长，经抢救无效死亡。事故后调查发现，该机床的接地线已断开，手电钻的接地线与该机床手柄连接无接地效果，手电钻漏电时 220 V 电压直接加于工人甲身上，再加上车间地面潮湿，又是混凝土地面，所以加重了触电的伤害，而触电后又未及时抢救，因而造成触电死亡事故。这一实例表明，手电钻的接地线必须可靠接地，使用手电钻以前应仔细检查接地线是否接地良好。

(2) 手电钻连接线破损造成触电。某机修工甲晚上加班安装设备，使用手电钻时碰到手电钻的电源进线损坏部位而触电死亡。事故后调查发现，手电钻电源进线处因长期弯曲、磨损，其绝缘有裂口，由于晚上光线昏暗未能发现，该机修工不慎碰到电源进线绝缘裂口裸露部分。这一实例也表明，使用手电钻以前，对手电钻的电源线也应进行仔细检查，特别是使用已久的电源线，更应加强检查。

714. 手电钻电源线路断路或短路的原因是什么？怎样检查和处理？

为了确保手电钻使用的安全，其电源线一般都采用三股橡胶线。这三股线各用不同颜色的橡胶作为绝缘（图 4-112），以便区别电源线和接地线。由于使用手电钻时，往往不按规定将电源线吊挂起来，而是使其在地面上拖来拖去，受到外界物体损伤，造成三股线中的一股或两股折断，或者两股同时在一处折断而形成短路。手电钻电源线的这种断路或短路故障，在手电钻的使用中时有发生，无论是使用者或修理人员，对此都应予以充分注意。手电钻电源线断路和短路的检查和处理方法如下：

(1) 断路故障的检查和处理。首先从电源线的起始端开始检查，一般使用检验灯或万用表来测试。测试时，将检验灯的一个导线端依次接触电源插头的三个接线点，另一个导线端分别接触电源线另一端的三个接线点。如果检验灯发光，则表明电源线没有断

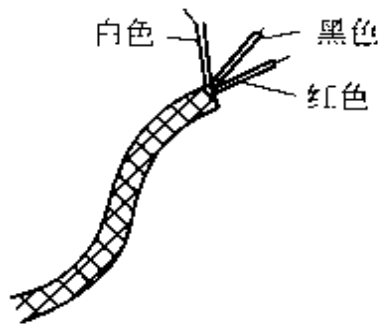


图 4-112 电钻使用的三股电源线

路，如果检验灯不亮，则表明该电源线有断路点。

发现电源线断路后，将其从电源上断开，然后查出断路导线的断头处，将断头处的外层拆开，接上导线头，并包扎绝缘，即可使用。如果查不出断路点，则可更换整根导线。

(2) 短路故障的检查和处理。如前所述，电源线路受到外力作用时，两股导线可能在同一处断裂而碰到一起，这就造成电源线路短路。检查时，可将接在开关一端的电源线从开关处切断，将检验灯的两根导线分别接触电源插头的三个触点，如果每接触两个触点，检验灯就发光，则表明这两根导线有相碰之处。查明两根导线相碰的地点，将相碰处的线头外皮拆开，把短路处分开，包上绝缘即可使用。如果严重短路，则可调换一根新电源线。

715. 手电钻定子绕组断路的原因是什么？怎样检查和处理？

手电钻的定子绕组一般固定在磁极上，定子唯一的活动部分就是绕组的两根引出线。引出线处于温度较高的电钻内部。如果长时间连续使用电钻，则引出线的绝缘就会老化而变硬。又由于引出线处于转子旁边，转子旋转时可能碰擦引出线；拆装电钻时，由于操作不慎，可能损伤引出线而造成定子绕组之间断路。通常，定子绕组内部断路的几率较小，一般是由于定子绕组短路或接地，烧断线圈而造成断路。

手电钻的定子绕组一旦发生断路故障，一般可按下述方法进行检查和处理：

定子绕组一旦断路，则接通电源电钻不能起动。如果断路发生在引线上，一般容易发现和处理；如果绕组内部断路，则可用检验灯或万用表进行检查，检查方法与手电钻电源线路断路的检查方法相同（见714问）。

定子绕组的断路故障，无论发生在引线处或绕组内部，都应先将铁芯从电钻外壳上取下，然后进行修理。如果是引线折断，则将折断处用绝缘导线连接起来并包好绝缘即可；如果是绕组内部断路，则查出断路点，将导线断头连接起来并包好绝缘，就可继续使用；如果是多根导线断路，则应重绕定子绕组。

716. 手电钻转子绕组断路的原因是什么？怎样检查和处理？

手电钻转子绕组断路故障，一般多发生在绕组的接头部分（图4-113），因为该部分最可能受到外力作用。此外，电钻重载运行或由于其他原因，造成整流器与炭刷之间产生很大火花，也易使转子绕组接头从整流器上脱焊而形成断路。如果绕组断路故障发生在铁芯槽内，则大多是由于绕组发生短路或接地故障而烧断线圈。

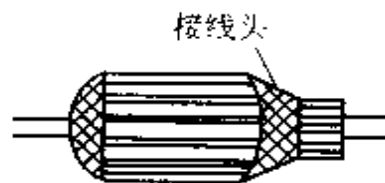


图4-113 转子绕组接线头部分

转子绕组断路故障的检查和处理方法分述如下：

(1) 转子绕组断路故障的检查。转子绕组断路分为严重断路和轻微断路两种情况。严重断路是指转子绕组断路的部分较多。转子绕组一旦发生严重断路，则在电源输入电钻后，转子不能起动，因为电路已在转子绕组内中断。轻微断路是指转子绕组断路部分很少，电路没有全部断开，仍有电流通路。图4-114所示为整个转子绕组中只断了一根导线，接入电源后转子仍能够起动。在这种情况下，带电试验将出现以下现象：整流器与炭刷之间产生电火花，

形成细圆环，飞溅在整流器周围。

在空载试验中，转子的转速正常；在负载试验中，转子的转速低，力矩小，转速不稳定并伴有振动，同时还发热。

出现上述现象的原因是：电钻电动机一般为两极电机，因此转子绕组电路也是由两条电路合并而成

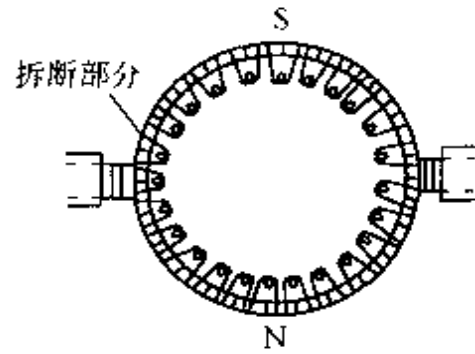


图 4-114 转子绕组轻微断路

的一条并联电路。当一根导线断路时，电流还可从另一条电路通入，但电路导线截面积却减小一半，并且与磁场作用的线圈也只有半面，因此力矩减小，转速降低，转子运转时因产生的力不平衡而发生振动。

图 4-115 所示为整个转子绕组中，只有一个接线头在整流器的铜段条上完全脱焊或折断的情况。带电试验时，出现的现象与上述断一根导线出现的现象完全相同，只是转子运转中，在炭刷接触断路铜段条的瞬间，电源被暂时切断，但惯性使转子继续旋转到前一段条，因而照常通电。

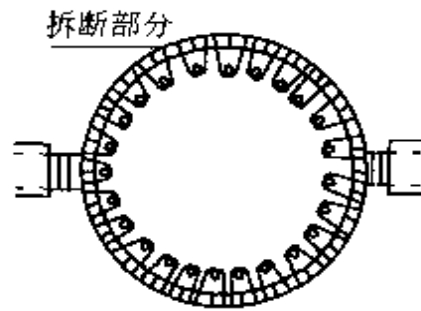


图 4-115 转子绕组一个接头完全断路

图 4-116 所示为整个转子绕组中有少数接线头（2~3 个）在整流器的段条上脱焊或折断的情况，通入电流后，可能出现以下两种情况：

①当转子处于静态时，若炭刷接触断路范围以外的段条，则通入电源后，转子可以起动。在转子运行中，虽然炭刷接触断路范围

内的段条而使电路中断，但由于惯性，转子仍能够继续运转，在运转中出现的现象与上述相同。如果断路范围达到整流器外圆的 180° ，则转子在静态和接通电源时均不能起动。

②当转子处于静态时，若炭刷正处于断路范围以内，则通入电源后，转子不能起动，因为电源的两条电路都已切断。检查时，可使用一个电阻

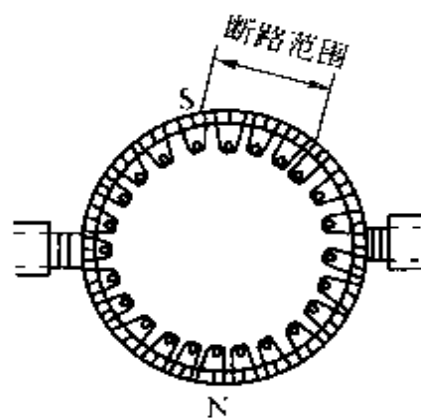


图 4-116 转子绕组严重断路

表（电桥或万用表）在整流器每相邻的两个段条上依次测量内部绕组的电阻。在未断路的地点，每个绕组的电阻大致相同。如果接触某两个线段，发现该绕组的电阻比其他绕组的电阻大若干倍，则可判定刚接触的一个段条所连接的绕组内必有一根导线折断。

测量时，若接触某两个段条，在电阻表上发现不通现象，则可判定刚接触的段条所连接的线头全部断路，或者断一根导线，并且别的部分还有断路故障，要搞清这一现象，应将刚接触的一个段条再与它后面的一个段条同时接触测量。如果在电阻表上发现已成通路，且其电阻与原来各绕组的电阻大致相同，则表明该段条所连接的绕组只断了一根导线，并且其他绕组内仍有断路处，应依此类推检查下去。查出断路点后，应在断路点所在段条上作上记号，以免缠错绝缘。

(2) 转子绕组断路故障的处理。查出断路点后，将捆扎在绕组外面的蜡线拆除，仔细找出断线头，然后重新焊接。如果线头脱焊，则只要重新焊接即可。如果断路点很难找出，则线路断路故障可能发生在铁芯槽内，在这种情况下，只能重绕绕组。

717. 手电钻转子绕组或整流器段条接地怎么办？

手电钻转子绕组接地故障，一般多发生在铁芯槽的转角处。如果有一二片硅钢片移动位置，则可能碰伤线圈而造成接地。此外，

转子绕组接地也可能发生在铁芯内，情况与上述类似。检修经验表明，整流器段条接地故障比转子绕组接地故障严重，主要原因是转子运行时，整流器后面轴承的润滑油有可能飞溅到整流器的后面，以致整流器的绝缘受到损伤，再加上段条所载反电动势的作用，容易使整流器因绝缘被击穿而发生接地。总之，如果整流器的绝缘部分在粘有污物或受潮的同时，又受到电动势的冲击，则其绝缘就有可能被击穿而使段条接地。

(1) 绕组接地的检查。为了防止操作人员发生触电事故，电钻外壳一般都装有接地线。但当转子绕组发生接地并接通电源时，熔断器的熔体熔断的可能性就较小。转子绕组一旦发生接地故障，通入电源后，将出现以下现象：

① 转子在图 4-117 所示的静止状态通入电流后，转子能够起动运转，但是转速很低，力矩很小，并产生剧烈振动；在整流器与炭刷之间产生很大的电火花，在很短时间内就产生很大的热量，可能烧毁内部绕组。

② 转子绕组如果发生接地，则在图 4-117a 所示的静止状态下通入电流后，转子不能起动，因为电流没有经过转子绕组或只经过很少转子绕组就与大地短接。在这种情况下，如果熔体不熔断，就会烧断内部绕组。总之，转子的接地绕组越接近电源相线所连接的炭刷，转子绕组就越难以起动运转，并且也越容易被烧毁。

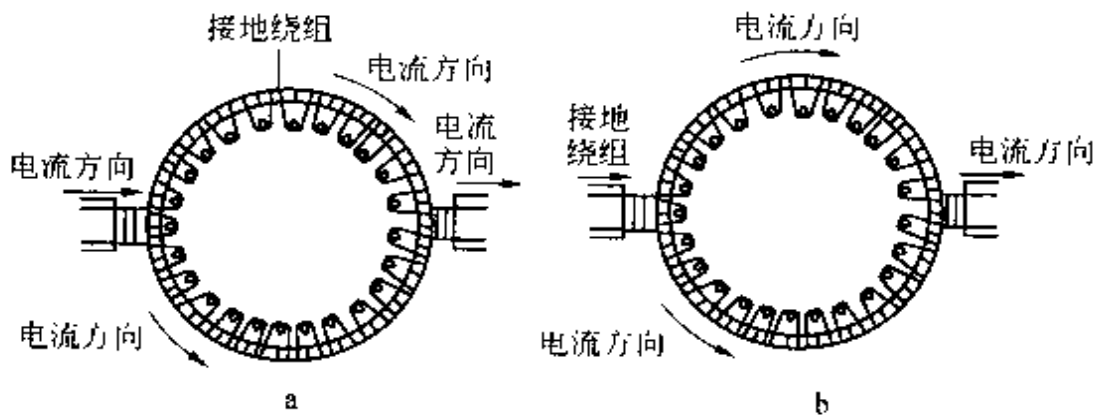


图 4-117 转子绕组接地示意图

对电钻进行初步检查时，如果发现接地故障，就应将电钻拆开，进行分步检查。检查转子绕组是否接地时，可将串联检验灯的两根导线中的一根接触任意一根整流器的段条，而另一根则接触转子铁芯。如果检验灯发光，则表明绕组接地故障确实发生在转子绕组中。

如果转子绕组接地故障发生在铁芯槽口处，则可凭肉眼仔细观察两端的绝缘纸是否移动。从移动部分或绝缘纸破裂的地点就很容易找到绕组的接地线圈。如果没有发现接地线圈，而要确实查明接地点，则可将转子置于短路试验器上接通电源，使转子绕组受到感应电动势的作用，然后将一只交流毫伏表的一根导线接触转子铁芯，而另一根导线则依次接触整流器的每个段条。如果触到某一个段条时，毫伏表上的指针停在零点，则表明该段条所接的线圈就是接地线圈。找到接地线圈后，在此线圈的周围就可找到接地点。如果找不到接地点，则绕组接地故障可能发生在铁芯槽内。

如果接地故障发生在整流器的段条上，则整流器的接地点将出现红色的电火花，这种火花就是带电时接地点绝缘被击穿的现象。

(2) 绕组接地故障的处理。找到接地线圈后，可用竹片将接地线圈与铁芯隔离开，然后在绝缘损坏部位重新包上绝缘即可。如果绕组接地故障发生在铁芯槽内，则必须重绕转子绕组。

如果接地故障发生在整流器部分，则可拆出转子，从整流器上找到的绝缘烧黑处就是段条的接地点。处理该处的故障时，可先用锯条磨成的钩子将烧黑处的云母挖出，然后用串联检验灯检查是否还存在接地现象。如果已无接地故障，则可将新云母塞入挖空部位，塞满后，将转子绕组置于烘箱内烘干，使绕组温度达到 $60\sim 70^{\circ}\text{C}$ ，然后在塞入云母处用刷子刷上一些清漆，再烘干即可。

718. 手电钻转子绕组短路的主要原因是什么？怎样检查和处理？

转子绕组短路是手电钻最常见的故障，造成这种故障的原因很多，但最主要的原因是：转子每转半周（ 180° ），就要通过整流器

换向一次，这样每分钟就要换向两万多次，同时其反电动势也不例外要跟随着变更，这两种电动势相互激烈的变更作用，极易击穿导线之间的绝缘，从而导致转子绕组短路。此外，由于手电钻使用中的种种原因，也会引起转子绕组短路。

手电钻转子绕组短路的检查和处理方法分述如下：

(1) 转子绕组短路故障的检查。转子绕组短路的现象是：电钻接通电源，转速低，力矩小，整流器与炭刷之间产生很大的电火花，电钻运行不久即产生高热，发出杂乱（无规律）而响声很大的噪音。如果转子绕组严重短路，则通入电源后电钻不能起动，只发出“嗡嗡”声，此时应立即切断电源进行检修。

为了查明短路故障发生在转子绕组的哪一部分，可制作一个用硅钢片和线圈组成的短路试验专用设备，简称短路试验器（图 4-118）。试验时，将交流电源接到短路试验器的线圈内，利用短路试验器产生的磁力线，就可准确测定和判断转子是否短路和转子的哪一部分短路。试验方法如下：

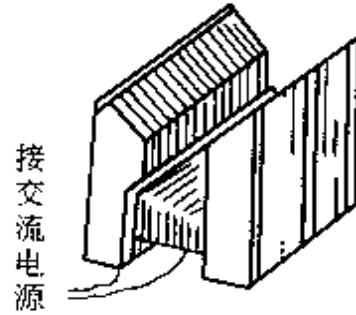


图 4-118 短路试验器

将转子平放在试验器上，把一根旧手锯条平放在转子的一个槽上（图 4-119），然后慢慢移动转子，使锯条在每一个槽上都试验一次。试验时，每个槽内都会产生一定的吸力。如果绕组完好，无故障，则所有槽内的吸力都是均衡的；如

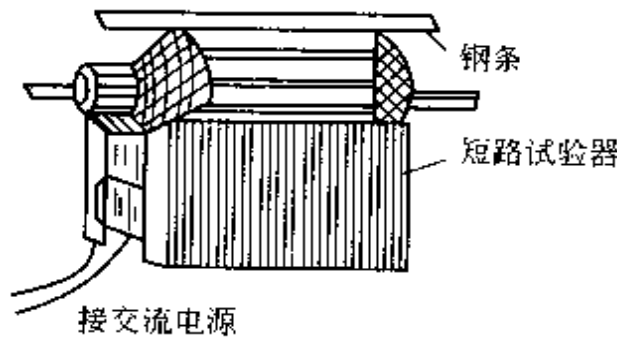


图 4-119 在短路试验器上检查转子绕组短路故障

果某一个槽内发生短路故障，则该槽内所产生的吸力就要大得多，且锯条将剧烈振动。



图 4-120 安放转子的木架

如果用短路试验器试验时，所有正常绕组所产生的吸力都很大，则可做一个木架（图 4-120），将

木架放在短路试验器上，再将转子平放在木架上，按照上述方法进行试验。试验时，如果发现某一个槽内或数个槽内有短路现象，则应在这些槽上作上记号，但不可立即认为短路故障就发生在槽内绕组部分，或认为短路绕组已烧毁，很有可能整流器各铜段条之间相互短接，但没有使内部绕组烧毁。

(2) 转子绕组短路故障的处理。查明转子绕组短路故障槽位置后，应先从整流器方面进行处理。处理时，将一根旧手锯条的一端用砂轮磨成薄而尖的形状（图 4-121a），将这一特制的工具伸进整流器相应铜段条之间的云母处，将云母上的污物剔出，然后使串联检验灯依次接触整流器的每两个段条（图 4-122）。检验灯依次接触每两个段条时都应发光，而且如果在铜段条之间的云母处发出红色火花或有云母被烧红现象，可用图 4-121a 所示的工具在发出红色火花的云母处再作一次刮除处理，或者用图 4-121b 所示工具将烧红的云母挖出，然后重新塞入新云母。

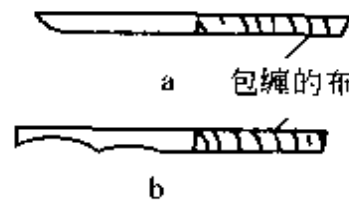


图 4-121 锯条磨成刀子和钩子形状

a. 磨成刀子形状；b. 磨成钩子形状

进行上述处理后，将转子置于图 4-118 所示的短路试验器上再做一次试验。如果未发现短路槽，则表明短路故障发生在整流器上，但还未影响到绕组。如果槽内仍有短路现象，则表明短路故障发生在槽内绕组中，处理方法只能是重绕绕组。

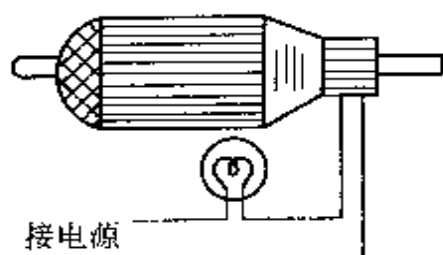


图 4-122 检查整流器段条是否短路

此外，转子绕组短路故障也可能发生在铁芯槽外面，这是绕组的绝缘部分受到摩擦或碰伤造成的。这种短路现象一般凭肉眼就可发现。发现后，可将经过绝缘处理的转子绕组加热软化，然后用一块削成如图 4-123 所示形状的竹片板将相互短路的线圈分开，再用绝缘纸或黄蜡绸垫在线圈绝缘破损处或将破损处包裹好，此时转子绕组短路故障便可修复。

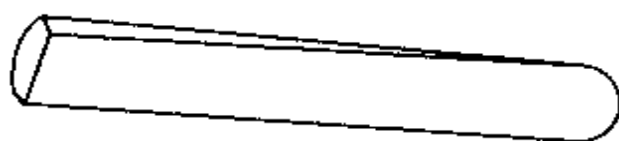


图 4-123 竹片板

719. 单相电钻的刷握接地会出现哪些故障现象？怎样分析判断？

单相电钻的内部电路一般有两种连接方式：一种是电枢一端直接与电源连接，另一端与两个串联起来的定子绕组连接（图 4-124a）；另一种是电枢串接于两个定子绕组之间（图 4-124b）。当电钻受潮，受到酸、碱腐蚀性气体侵蚀，或者刷握绝缘块局部炭化而造成刷握接地时，由于电路的接线方式不同，以及刷握接地部位的不同，会出现以下六种故障现象：

(1) 如图 4-124c 所示，电源相线经过一个定子绕组后到接地刷握，由于电钻外壳接地，这就相当于定子绕组直接接入额定电源电压。由于定子绕组阻抗很小，电流很大，熔体应熔断。若熔体选

择不当而未熔断，则定子绕组就会烧毁。

(2) 如图 4-124d 所示，电源相线经过一个定子绕组和整个电枢绕组后，到达有接地故障的刷握，此时电枢能起动并运行，但由于另一个定子绕组没有电流通过，所以定子磁场强度减弱一半，电枢转速比正常时要快得多，整个电钻发生剧烈振动，换向器上出现绿色的电火花，电枢绕组很快发热，运行时间稍长，电枢绕组就会烧毁或换向片灼伤。

(3) 如图 4-124e 所示，电源相线未经过定子，电枢绕组直接经接地刷握而形成短路，当一合上电钻开关，熔体就立即熔断。

(4) 如图 4-124f 所示，电源相线经整个电枢绕组后，到达接地刷握，而定子绕组无电流流通，只有极小的剩磁，因而电枢转速很快，力矩很小，换向器火花非常大，电枢绕组很快就烧毁。如果磁场的剩磁几乎为零，而电钻的传动齿轮又较紧，则电钻不能起动，电枢绕组迅速过热而烧毁。

(5) 如图 4-124g 所示，此时刷握接地相当于两个定子绕组串联后接到电源上，熔体应立即熔断。否则，两个定子绕组都可能过热而烧毁。

(6) 如图 4-124h 所示，电源相线经定子、电枢绕组才与刷握

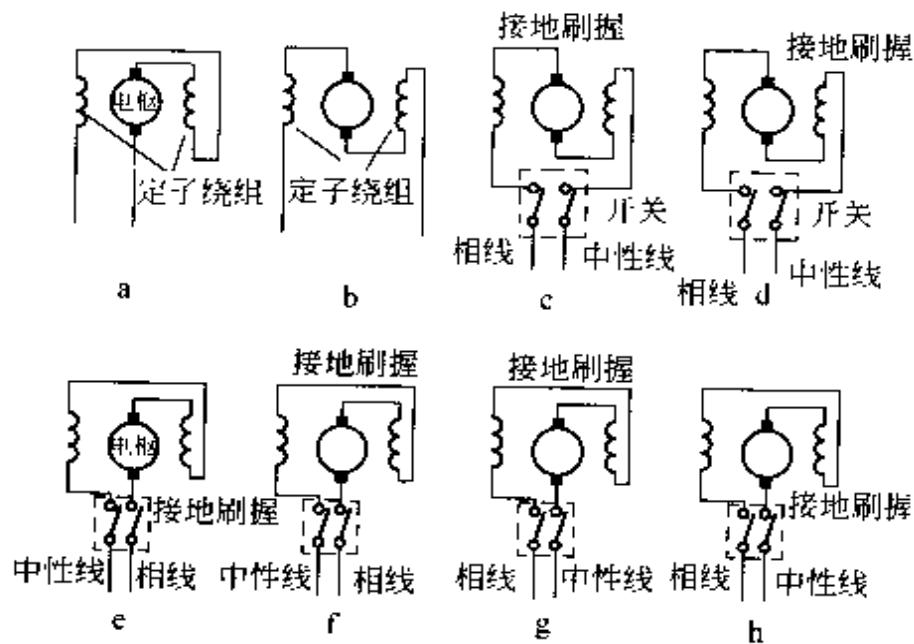


图 4-124 刷握接地的几种情况

接地，此时电钻能正常起动和运转，不易觉察接地故障，只是与上述几种接地故障电路一样，一旦电钻的接地线与大地接触不良，使用者就会触电而发生危险。

720. 手电钻炭刷严重磨损怎么办？手电钻的炭刷和整流器接触不良的原因是什么？怎样处理？

小型手电钻的炭刷是易损件。炭刷一旦严重磨损，它与转子之间就会严重“打火”，此时应调换同规格的新电刷。如果一时手头没有合适的备品，可用2号废旧电池的炭棒按原炭刷尺寸磨好代用。

如果手电钻的炭刷和整流器之间接触不良，将会产生电火花。二者接触不良的原因很多，如炭刷磨损、弹簧压力不够、炭刷末尾的铜辫松脱、整流器失圆不平或表面不清洁等。下面介绍几种主要原因的排除和处理方法：

(1) 炭刷磨损、弹簧压力不够。通常，炭刷经过长时间使用之后会逐渐磨短。炭刷一旦磨短，弹簧的压力就不够或失去压力。此外，炭刷上的热量传到弹簧上面，使弹簧长时间受热而失去弹性，其压力也会减小。弹簧压力不够，炭刷就接触不到转子的整流器上，此时转子没有接上电源而不能转动。在图4-125所示的情况下就要更换炭刷或弹簧。更换时应注意以下几点：

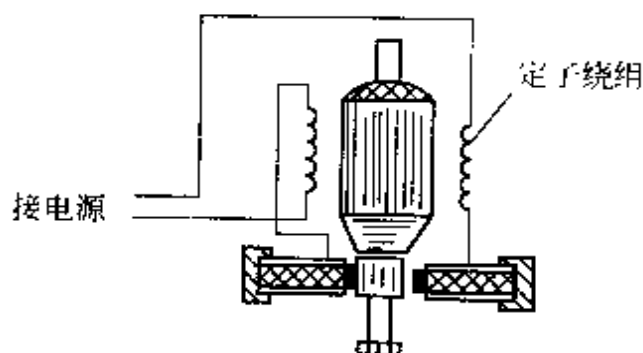


图4-125 炭刷接触不良形成断路

①炭刷的质量和规格应与原来的相同。炭刷不宜太硬，以免磨损整流器的平面；同时，也不宜太软，否则，不仅炭刷本身磨损

快，而且炭刷也容易碎裂。

②新配置的炭刷，其形状和几何尺寸应与炭刷架相匹配，不宜太松或太紧。太松，炭刷定位不好，会摇晃，造成接触不良，同时炭刷也容易断裂；太紧，电刷不能自由活动，也会造成接触不良。因此，更换电刷时应特别注意这一点。

为了使炭刷与整流器的接触面接触良好，研磨炭刷的接触面时，应在整流器上包一条细砂布，将炭刷在砂布上轻轻摩擦，以使炭刷面形成与整流器一样的弧度。这样，炭刷与整流器就会全面接触。但要注意，研磨炭刷时，炭末切不可掉入整流器和绕组内。

③重新制作炭刷时，应在炭刷后面钻一个小孔，其深度约为炭刷厚度的一半，剪一段比弹簧略长的铜辫插入此小孔中，并在孔中填入铜粉屑，使铜辫安装牢固。铜辫套入弹簧后，在它的另一端焊上一块小铜片（比炭刷座盖的内部面积略小），用来将电流传导到炭刷。如果铜辫松脱，电流就要完全依靠弹簧来传导，而弹簧因传导电流受热后容易失去弹性，以致在整流器上产生环火。

(2) 整流器表面不平。由于炭刷与整流器经常不断地摩擦，所以整流器表面往往出现一个槽而不平整。在这种情况下，炭刷与整流器的接触就不会良好。此时可将转子拆下，在车床上将整流器的表面车平，然后用旧手锯条磨成的刀片将车削过的整流器铜段条之间的铜皮刮净，以免绕组发生短路。

如果整流器表面由于沾着油垢或砂尘而不平，则应使用干燥的清洁棉布或细砂布将油垢或砂尘清除干净，以消除炭刷与整流器表面的接触不良现象。

721. 手电钻有哪些常见故障？故障原因是什么？怎样检查和处理？

手电钻主要由单相交流串励电动机、减速齿轮箱、快速自动复位手揷式开关和钻头等组成，因此单相交流串励电动机的故障也包括在电钻故障之中。手电钻常见故障、故障原因及检查和处理方法如表 4-29 所示。

表 4 - 29

手电钻常见故障、故障原因及检查和处理方法

| 故障现象 | 可能原因 | 检查和处理方法 |
|----------------------------|---|---|
| 外壳带电 | (1) 带电部分触及壳体 (2) 励磁绕组或电枢绕组的绝缘损坏 | 使用兆欧表逐一检查励磁绕组、电枢绕组及其带电部分, 发现问题, 采取相应措施予以解决 |
| 按下开关, 电钻不转动 | (1) 电源未接通 (2) 电刷与换向器接触不良 (3) 定子绕组断路 (4) 转子绕组断路 (5) 转子主轴齿磨损或齿轮箱内的齿轮损坏 | (1) 逐级检查电源、熔断器、插头、开关、接线头, 发现缺陷, 采取相应措施予以消除 (2) 调整弹簧压力, 调换电刷, 或用细砂纸打磨换向器表面, 使二者接触良好 (3) 见 715 问 (4) 见 716 问 (5) 应调换有关部件 |
| 电源接通后, 发出不正常响声, 电钻不转动或转得很慢 | (1) 开关接触不良, 时断时合 (2) 轴向推力过大, 电钻严重过载 (3) 机械传动部分卡住 (4) 定子绕组接地或短路 (5) 转子绕组短路或断路 (6) 轴承和齿轮损坏 | (1) 检查、修理开关 (2) 减小钻削时的轴向进给力 (3) 检查、修理机械传动部分 (4) 用兆欧表检查绕组对地绝缘电阻, 绕组严重短路时有焦臭味, 并可看到绕组有烧黑现象。若故障点在引线附近, 修复即可; 若严重短路或接地, 则应重绕绕组 (5) 见 718 问或 716 问 (6) 应调换轴承或齿轮 |

续表

| 故障现象 | 可能原因 | 检查和处理方法 |
|------------|--|--|
| 换向器表面火花较大 | (1) 电枢绕组短路 (2) 电枢与换向器接触不良 (3) 换向器表面不平整, 或径向跳摆严重 (4) 定、转子绕组短路或断路 (5) 负载过大 | (1) 检查电枢绕组, 若发现短路, 修复绕组即可 (2) 检查、调整弹簧压力, 使二者接触良好 (3) 检查换向器, 找正、磨光换向器外圆表面 (4) 见 715 问、716 问或 718 问 (5) 若是电钻本身轴承和弹簧太紧, 可进行适当调整; 若确是负载太大, 则应调换容量较大的电钻 |
| 电动机旋转而钻轴不转 | 齿轮轴或半圆键折断, 传动失灵 | 检查齿轮和半圆键, 发现问题采取相应措施解决 |
| 减速器外壳严重发热 | (1) 润滑脂变质或缺乏 (2) 齿轮啮合过紧或其间落有杂物 | (1) 更换或添加同牌号润滑脂 (2) 检查、调整齿轮, 清除杂物 |
| 电钻外壳表面过热 | (1) 负载过大 (2) 电源电压过低或过高 (3) 定、转子绕组短路 (4) 主轴齿磨损或齿轮损坏 (5) 弹簧压力过大或轴承过紧 (6) 钻头磨钝 | (1) 检查、调整负荷 (2) 用万用表交流电压挡检查电源电压, 若发现电源电压过低或过高, 则应予以调整 (3) 见 714 问。若定、转子绕组严重短路, 则应予以重绕 (4) 应调换有关部件 (5) 进行适当调整即可 (6) 发现钻不动时检查钻头。若磨钝, 则在砂轮上打磨 |

722. 修理手电钻前、后怎样进行检查？

手电钻一旦发生故障，在修理前一般应进行一系列检查，根据检查结果判断故障性质，以确定修理内容和修理方法。

检查时，可将一只 220 V 白炽灯泡作为检验器（图 4-126），分别检查以下各项：

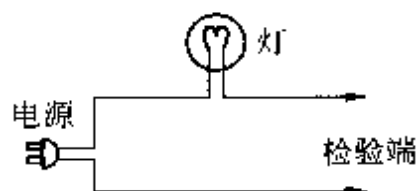


图 4-126 串联式检验灯

(1) 外壳是否接地。将检验器的两根导线端的一端接触电钻外壳，另一端接触电源插头的接地线。如果检

验灯泡发光，则表明电钻外壳接地。此时应立即查明接地线断路处。通常，故障位置不外乎从电源插头开始到接外壳处的一根接地线中，只有排除这一故障，才能进行以下各项检查。否则，可能发生人身触电事故。

(2) 内部是否接地。将串联检验灯的一根导线接触接地线，另一根依次接触电钻的两根电源线，检查电钻内部电路有无接地故障。如果检验灯泡不发光，则表明内部电路正常，无接地故障。如果灯泡发光，则表明电钻内部有接地处。由于电钻是一个机件较为复杂的工具，可能发生接地故障的范围较广，所以应对内部电路仔细进行检查，以发现接地点。

(3) 检查整个电钻内部电路。当上述两项检查查出的故障经过处理达到正常时，再将检验灯的两根导线端接触电钻两端的电源线，将开关闭合，检查整个电钻内部电路是否通路。在这项检查中，根据检验灯的亮度可以发现以下四种不同的情况：

① 检验灯发光，但光线略暗。这是由于电流通过电钻绕组，增加检验灯电路中的电阻，降低灯泡电压所致。这种现象表明电钻内部电路正常。

② 检验灯发光，但亮度与没有串联电钻时的亮度相同。出现这种现象，可能是电钻内部电路在输入端附近发生短路，此时应从短路故障方面进行检查和处理。

③检验灯忽亮忽暗。出现这种现象，可能是电钻内部电路有接触不良处。这种情况包括的范围较广，应仔细检查。

④检验灯不发光。出现这种情况，表明电钻内部电路有断路处，这种故障的范围也较广，应从断路故障方面进行检查和处理。

手电钻故障经过检查和处理，恢复正常状态后，应再做以下检查：用手扳动电钻轧头，使其朝任何一个方向转动。如果轧头转动灵活，则表明内部齿轮、铁芯和轴承等均没有被轧住，此时可接通电源，扳动开关进行通电试验，检查有无故障，以确认电钻是否工作正常。

723. 按什么步骤和方法重绕手电钻电动机的定子绕组？

重绕的步骤和方法如下：

(1) 记录数据。为了使定子绕组重绕时有足够的参考资料，拆除旧绕组时应记录以下数据：电钻的最大工作电流值；绕组的内径尺寸；线圈匝数；线径和导线型号。

(2) 拆除旧绕组。由于电钻的两个磁极和铁芯是联成一体的，所以拆除定子绕组时必须将铁芯从外壳中取出，再将夹住绕组的夹子或插钉等取下，然后将绕组从磁极上拆下。取下绕组后，将绕组压平，再将绕组外面包缠的绝缘带拆除，测得绕组的内径和厚度。拆除旧绕组时应将绕组的匝数数清，并测出导线直径，将这几项数据记录下来。

(3) 绕制绕组。重新缠绕定子绕组时，应按测出的原绕组尺寸制作一个木模（图4-127），木模的大小和厚度应与旧绕组的内径和厚度相同。木模两边的两块挡板用于绕制时挡住绕组，挡板上刻出的条缝用来卡绑绕组，模心和挡板用穿钉联在一起，可以任意拆装。

绕制时把木模装在绕线机上，在挡板缝内卡入绑线，就可开始缠绕。缠绕时，要将漆包线排列整齐。绕完应有的匝数后，先用绑线将绕组绑住，然后将绕组从木模上取下。这样，就可保证绕组不变形。



图 4-127 绕制定子绕组的木模

取下绕组后，在绕组的两端焊接多股细软的胶质引线。焊好引线后，在绕组内部留一部分引线（图 4-128），在引线的焊接处与绕组之间用黄蜡绸将二者隔开。

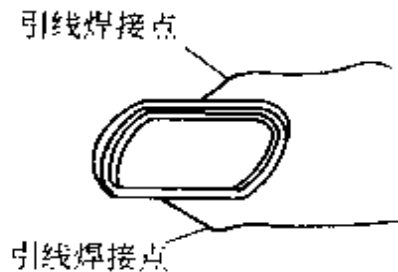


图 4-128 定子绕组焊接引线位置

下一步工作就是包缠绕组绝缘。由于绕组所处的位置有限，应使用既薄又柔软，同时能耐高压的黄蜡绸条按半重叠方式将绕组包缠一遍，并将部分软引线包缠在绕组内（图 4-129），使引线固紧在绕组上而不易被拉断；然后用棉纱带也按半重叠方式在黄蜡绸条的缠绕层上再包缠一遍，此时绕组包缠工作便告完成，包缠后的绕组如图 4-130 所示。



图 4-129 引线由绕组引出的位置

(4) 绝缘处理。为了防止潮气侵入定子绕组，新绕的绕组应经过浸漆和烘干处理。通常，先将绕组套入磁极内，然后进行浸漆和烘干。否则，浸过漆的绕组烘干后便变得很坚硬，难以套入磁极。

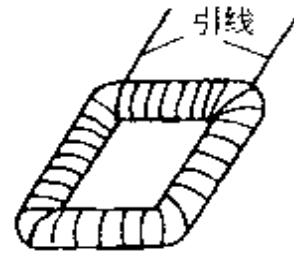


图 4-130 包缠后的绕组

将绕组套入磁极时，应先将绕组弯成与磁极一样的弯度，再将绕组套入磁极内；然后将绕组两端整形，以免与运转部分相摩擦而损伤绕组绝缘（图 4-131）；最后用夹子、穿钉或其他紧固件将绕组牢固地安装在磁极上。

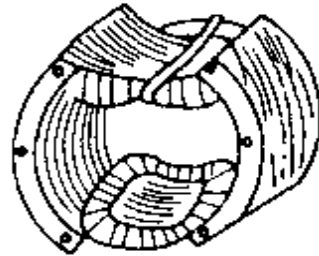


图 4-131 套入磁极后的绕组形状

下一步将套入绕组的铁芯置于烘箱内，在 $100 \sim 120^{\circ}\text{C}$ 的温度下将绕组预烘 4 h，以排除绕组及其绝缘中的潮气，然后按转子绕组浸漆和烘干的方法进行操作。

(5) 绕组的连接。电钻电动机是两极电动机，两个磁极又称为一个极对。在一个极对中，两个极的极性必须相反。例如，若其中一个磁极为北极，则另一个磁极就是南极。要使两个磁极的极性相反，连接绕组时，必须使相邻两个绕组产生相反方向的电流，此时只要将两个绕组的尾端与尾端或首端与首端连接起来即可（图 4-132）。

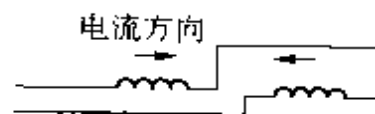


图 4-132 两个电流方向相反绕组的连接

手电钻电动机的转子绕组与定子绕组是相互串联的，但串联时又有两种不同的连接方法：

- ①转子绕组串联在两定子绕组中间（图 4-133a）。
- ②两定子绕组串联后，再与两转子绕组串联（图 4-133b）。

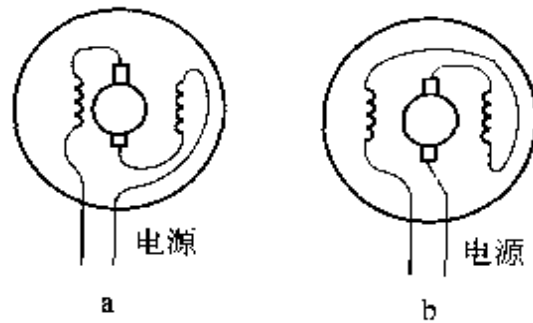


图 4-133 定子绕组和转子绕组的不同连接方法

这两种串联方法的原理完全相同，连接时可任意选用，但一般多采用第一种连接方法。

(6) 改变电钻的运转方向。电钻运转方向取决于定子绕组和转子绕组二者所载的电流方向。如果要改变电钻的运转方向，只要改变定子绕组或转子绕组的电流方向即可。通常，采用互换两炭刷架上所接的两个定子绕组的引线这一方法来改变电钻的运转方向。

724. 重绕手电钻电动机的转子绕组之前怎样检查和处理换向器故障？

换向器一般有两种常见故障：一是换向片之间短接；二是换向片接地。通常可串联检验灯进行检查，即将 220 V 电源与一只 220 V、75 W 以上灯泡串联（图 4-134），检查换向片有无短路和接地故障。

(1) 检查和处理短路故障。将两根测棒接触相邻换向片，若检验灯不亮，则表明该换向片无短路故障；若检验灯亮，则表明该换向片短路，此时可看到

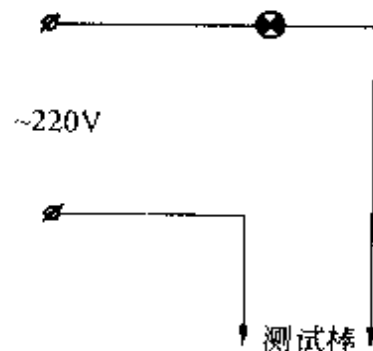


图 4-134 检验灯

两换向片间的云母发红或冒出红色火花，发红或冒火花处就是片间短路处。处理片间短路故障的方法如下：用竹片将发红处的云母挖除，以削掉造成换向片间短路的金属屑、电刷粉末、腐蚀性物质和尘垢等，然后再用检验灯检查，直到灯泡不发光为止。灯泡不发光，则表明片间短路故障已消除，随后用云母粉末或小块云母加上胶水填补片间孔洞，使其硬化干燥即可。

(2) 检查和处理接地故障。将检验灯的一端测棒接触转子铁芯，另一端测棒依次接触每一换向片，如果接触到某一换向片时灯泡发光，则仔细进行观察，通常换向片绝缘部分冒红色火花的地点或绝缘发红处就是接地处，同样可用竹片将冒火花或发红的绝缘挖掉，再用检验灯检查，直到灯泡不亮为止，随后按上述方法进行绝缘处理。

725. 按什么步骤和方法重绕手电钻电动机的转子绕组？

(1) 记录数据。重绕绕组以前，拆除旧绕组时应详细记录原有绕组的各项数据，以免数据不全而造成重绕困难。记录内容有：转子槽数、线圈节距、每一线圈匝数、导线线径、导线种类、缠绕型式、线头焊接位置（将任一线圈所在的槽和槽中线圈引出线头所焊接的换向片作上明确标记）。

(2) 拆除旧绕组。首先将转子绕组加热，待绕组绝缘软化，敲出槽楔，将缠绕在绕组外面的蜡线拆除，然后将绕组一端剪断，拉出导线；随后将绕组和槽内的绝缘物清理干净，用电烙铁将换向器各换向片上的焊接线头和焊锡全部烫下；接着用一根锯条将残存在换向片焊接槽内的线头和焊锡锯成碎屑，使所有安放线头的槽沟都一样深（此时应注意，所用锯条的厚度，必须使锯出来的沟只比接线头的截面积略大，不要大得太多）；再后检查转子的硅钢片有无高低不平现象，若有凸出处，应使用锉刀锉平，以免线圈绕成后，绝缘被凸出部分损伤而造成绕组接地；最后将铁芯槽内、槽外和换向器上的所有污物全部清理干净。

(3) 检查和处理换向器的故障。见 724 问。

(4) 裁剪铁芯槽绝缘。铁芯槽绝缘一般采用聚酯薄膜青壳纸，槽绝缘尺寸由铁芯槽的尺寸决定。绝缘材料裁剪后，暂时不必放在槽内，可在缠绕过程中随放随绕。此外，在两端铁芯绕组所围住的主轴部分，应使用绝缘带（玻璃丝带或蜡绸等）包缠数层，使绕组与地绝缘。

(5) 缠绕线圈。见 726 问。

(6) 焊接线头。见 727 问。

(7) 缠捆扎线。转子运转时，线圈和焊接在换向片上的线圈接线头将承受很大的离心力，如果不绑扎绕组，绕组就会甩散。因此，绕组缠绕后，在其外面应缠捆扎线。扎线一般采用蜡线，蜡线的粗细应与转子的大小相配合。缠绕扎线的步骤和方法（图 4-135）如下：

①从换向器附近开始缠绕，始端线头留 3~4 cm 长（图 4-135a）。

②缠绕几匝，使始端线头留在下面，但还有一长段扎线留在外面（图 4-135b）。

③将留在外面的始端做一个圈，在圈的外面继续缠绕，绕满绕组部分（图 4-135c）。

④将末端线头穿过圈去，用力拉始端线，把圈抽小，最后把末端拉到缠绕线的下面，再将两线头剪去（图 4-135d）。

(8) 检查和试验绕成的绕组。见 728 问。

(9) 浸漆绝缘处理。绕组重绕工作全部完成后，如果检查和试验合格，便可进行浸漆和烘干处理。绕组经过浸漆绝缘处理，就不易受潮，并能承受转子运行中的正常振动。

手电钻电动机转子绕组浸漆绝缘处理工艺，与三相异步电动

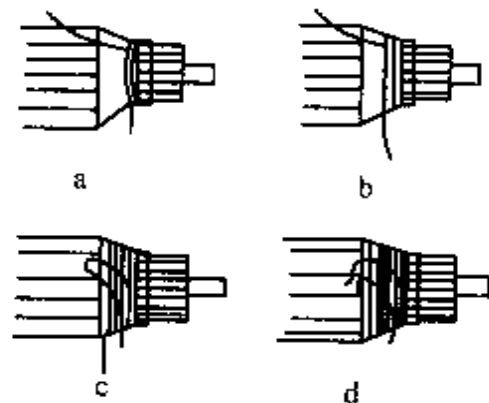


图 4-135 绕组缠捆扎线方法

机定子绕组的浸漆绝缘处理工艺大致相同。但需要注意的是，浸漆时，如果换向器和轴承也被浸上漆，则应先使用甲苯等溶剂将换向器和轴承上的残漆清洗干净，再进行烘干处理。

726. 怎样绕制手电钻电动机的转子绕组线圈？

手电钻电动机的转子绕组线圈，一般使用耐压强度较高的单丝漆包线或高强度漆包线来绕制。手电钻电动机的转子铁芯槽数通常为 7、8、9、10、11、12、13、14 等，手电钻电动机大多是两极电机，其转子绕组线圈的节距 y 为：

$$\text{对单数槽转子 } y = \frac{Q_2 - 1}{2}$$

$$\text{对双数槽转子 } y = \frac{Q_2 - 2}{2}$$

式中 Q_2 ——转子总槽数。

手电钻电动机的转子绕组线圈，一般均按拆卸旧绕组时所记录的线圈节距来绕制。换向片数与槽数之比一般为 2:1 或 3:1。

转子绕组的绕制分叠绕式和对绕式两种，两种绕制方法虽然不同，但绕成后电路原理相同。

(1) 叠绕式绕组绕制方法。叠绕式绕组分单数槽绕组、双数槽绕组两种，二者的绕制方法相同。下面以转子槽数 $Q_2 = 13$ 槽、换向片为 26 片为例，说明绕组的绕制方法。

$$\text{线圈节距 } y = \frac{Q_2 - 1}{2} = \frac{13 - 1}{2} = 6 \text{ (即节距 } 1 \sim 7)$$

如图 4-136 所示，绕制时可任选一槽作为第 1 槽，将第 1 绕组的第 1 线头放入第 1 槽内，作为所有绕组的第 1 接线头，向第 7 槽缠绕，并继续缠绕到该绕组线圈数的 1/2 时，引出一个接线头（作为第 2 接线头），然后继续缠绕另外 1/2 的线圈。绕完后，将第 1 绕组的末尾线放在第 2 槽内，并引出一个接线头（作为第 3 接线头）。

在第 2 槽与第 8 槽之间缠绕第 2 绕组，绕到一半线圈时，也引

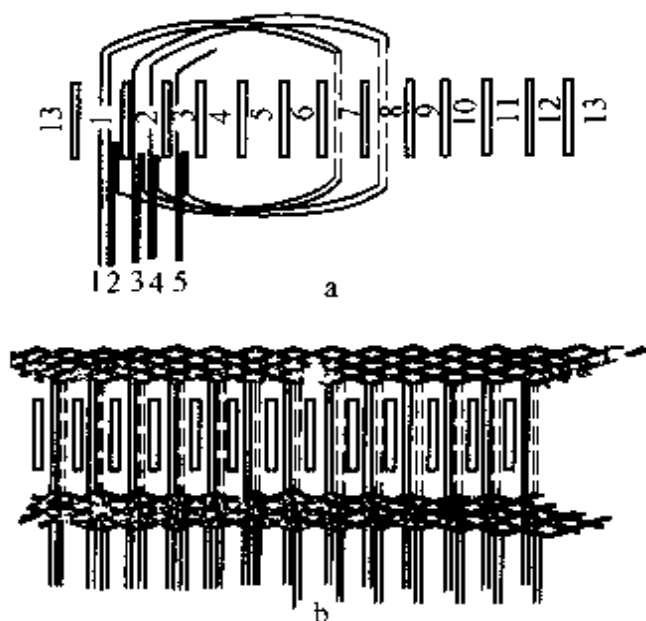


图 4-136 叠绕式绕组

a. 工作图; b. 缠绕型式

出一个接线头（作为第 4 接线头），然后继续缠绕另一半线圈。绕完后，同样将第 2 绕组的末尾线放在第 3 槽内，也引出一个接线头（作为第 5 接线头）。

在第 3 槽与第 9 槽之间缠绕第 3 绕组，方法与前相同。以后各绕组也这样缠绕下去，一直绕到最后一个绕组（在第 13 槽与第 6 槽之间），而第 13 绕组的最后一个末尾线头则与第 1 槽的第 1 绕组起始线头相接。这样，就将整个转子的 13 个绕组串联成一个回路。全部绕组形成后，每个铁芯槽内就有两个线圈边，共有 26 个接线头引出。

(2) 对绕式绕组绕制方法。对绕式绕组也分为单数槽绕组、双数槽绕组两种，二者的绕制方法如下：

①对绕式绕组单数槽的缠绕方法。仍以上面转子槽数 $Q_2 = 13$ 槽、换向片为 26 片为例，说明绕组的绕制方法。

如图 4-137 所示，线圈节距 $y = 6$ （即节距 1~7）。缠绕时任选一槽作为第 1 槽，将第 1 绕组的开始线头放在第 1 槽内，向第 7 槽缠绕，连续绕到该绕组线圈数的 $1/2$ 时，引出一个接线头，然后

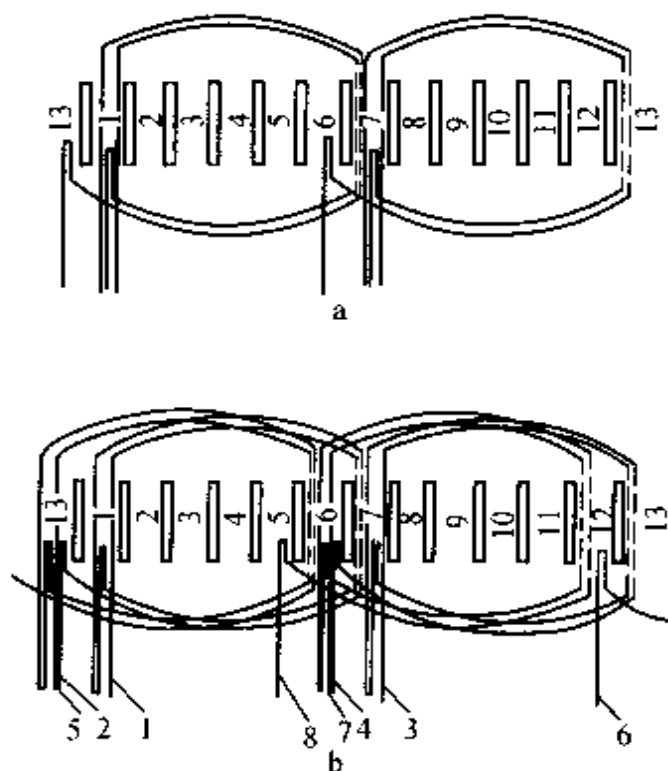


图 4-137 单数槽对绕式绕组工作图

1. 第 1 绕组开始端线头；2. 第 1 绕组末尾线头；3. 第 2 绕组开始端线头；
4. 第 2 绕组末尾线头；5. 第 3 绕组开始端线头；6. 第 3 绕组末尾线头；
7. 第 4 绕组开始端线头；8. 第 4 绕组末尾线头

再缠绕另外 $1/2$ 的线圈。绕完后，将线剪断，末尾线暂时仍放在第 1 绕组的第 1 槽内不动；随后将另一开始线头放在第 7 槽内，向第 13 槽内缠绕，同样绕到 $1/2$ 线圈时，引出一个接线头，再继续缠绕另一半线圈。绕完后，将线剪断，末尾线仍暂时放在第 7 槽内不动，此时可将第 1 槽内的末尾线移到第 13 槽内，与第 3 绕组的开始线头连接在一起；在第 13 槽和第 6 槽中缠绕第 3 绕组，也与上面一样引出接线头和继续绕完另一半线圈。第 3 绕组绕完后，将线剪断，末尾线仍暂时放在第 13 槽内不动，而将第 7 槽内的末尾线移到第 6 槽内，与第 4 绕组的开始线头连接在一起。在第 6 槽与第 12 槽之间缠绕第 4 绕组；第 4 绕组绕完后将线剪断，末尾线仍暂时放在第 6 槽中，此时再将第 13 槽中的末尾线移到第 12 槽中与第 5 绕组的开始线头连接在一起，随后在第 12 槽与第 5 槽之间缠绕第 5 绕组。以下依次类推继续缠绕绕组。

第 12 绕组是在第 2 槽与第 8 槽之间缠绕，绕完后，将线剪断，末尾线放在第 1 槽中与第 1 绕组的开始线头连接在一起。最后一个绕组是在第 8 槽与第 1 槽之间缠绕，绕完后将线剪断，末尾线放在第 7 槽中与第 2 绕组的开始线头连接在一起。这样，就完成了整个转子绕组的绕制工作，使 13 个绕组串联成一个回路。

②对绕式绕组双数槽的缠绕方法。例如，某一转子，其槽数 $Q_2 = 14$ 槽，换向器铜条是 28 条，缠绕时线圈节距为

$$y = \frac{Q_2 - 2}{2} = \frac{14 - 2}{2} = 6 \text{ (即节距 } 1 \sim 7 \text{)}$$

如图 4-138 所示，缠绕时任选一槽作为第 1 槽，将第 1 绕组的第 1 个线头放在第 1 槽中，向第 7 槽中缠绕；当绕到该绕组的 $1/2$ 线圈时，引出一个接线头，再继续缠绕另一半线圈。绕完后，将线剪断，末尾线仍放在第 1 槽内，再将另一开始线头放在第 8 槽

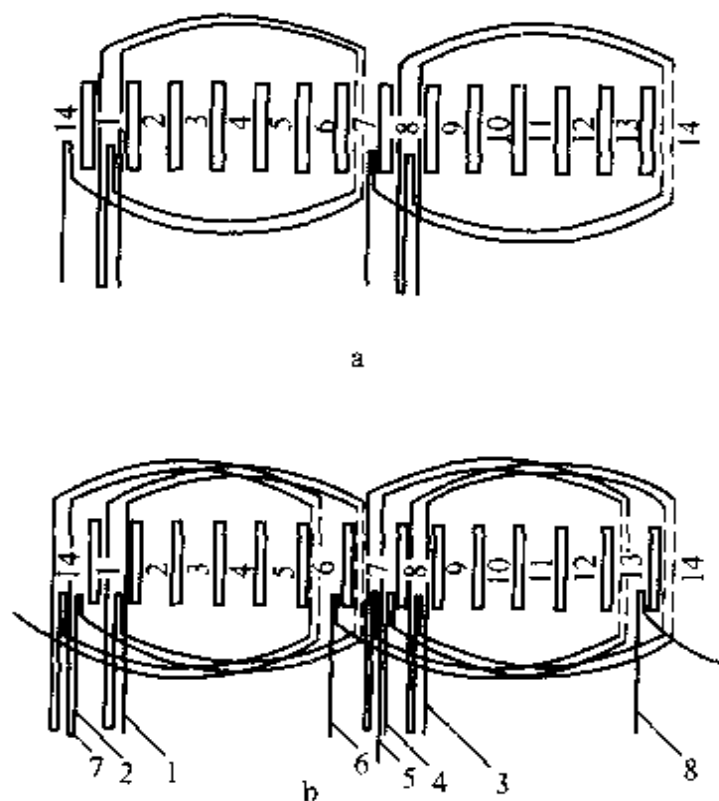


图 4-138 双数槽对绕式绕组工作图

1. 第 1 绕组开始端线头；
2. 第 1 绕组末尾线头；
3. 第 2 绕组开始端线头；
4. 第 2 绕组末尾线头；
5. 第 3 绕组开始端线头；
6. 第 3 绕组末尾线头；
7. 第 4 绕组开始端线头；
8. 第 4 绕组末尾线头

中，在第 8 槽与第 14 槽之间缠绕第 2 绕组，同样绕到绕组的 $1/2$ 线圈时，引出一个接线头，再继续缠绕另一半线圈。绕完后，将线剪断，末尾线放在第 7 槽内与第 3 绕组的开始线头连接，在第 7 槽与第 13 槽之间缠绕第 3 绕组，也同样绕到一半线圈时，抽出一个接线头，再继续缠绕另一半线圈。绕完后，将线剪断，末尾线仍暂时放在第 7 槽内，此时将第 1 槽内第 1 绕组的末尾线移到第 14 槽内，与第 4 绕组的开始线头连接在一起，在第 14 槽与第 6 槽之间缠绕第 4 绕组，也与上面一样引出接线头再继续缠绕。第 4 绕组绕完后，将线剪断，末尾线仍暂时放在第 14 槽内，再将第 7 槽内的末尾线头移到第 6 槽内，与第 5 绕组的开始线头连接在一起，随后在第 6 槽与第 12 槽之间缠绕第 5 绕组。以下依此类推继续缠绕绕组。

缠绕绕组时，必须掌握下述规律：凡是新剪断的末尾线总是暂时放在原槽内不动，而将前次剪断的末尾线移到其右面的一个槽内，与新线头绞合在一起。第 13 绕组是在第 2 槽与第 8 槽之间缠绕，该绕组的末尾线头放在第 1 槽中，与第 1 槽第 1 绕组的开始单根线头连接在一起。最后一个绕组是在第 9 槽与第 1 槽之间缠绕，绕完后将该绕组的末尾线放在第 8 槽内，与第 2 绕组的单根线连接在一起。此时整个转子的 14 个绕组便全部绕完，有 28 个接线头焊接在换向器的换向片上，将 14 个绕组串联成一个完整的回路。

下面列出常见的几种槽数采用对绕式绕法的缠绕次序。

11 槽铁芯：1—6、6—11、11—5、5—10、10—4、4—9、9—3、3—8、8—2、2—7、7—1。

12 槽铁芯：1—6、7—12、6—11、12—5、5—10、11—4、4—9、10—3、3—8、9—2、2—7、8—1。

13 槽铁芯：1—7、7—13、13—6、6—12、12—5、5—11、11—4、4—10、10—3、3—9、9—2、2—8、8—1。

14 槽铁芯：1—7、8—14、7—13、14—6、6—12、13—5、5—11、12—4、4—10、11—3、3—9、10—2、2—8、9—1。

15 槽铁芯：1—8、8—15、15—7、7—14、14—6、6—13、13—

5、5—12、12—4、4—11、11—3、3—10、10—2、2—9、9—1。

16 槽铁芯：1—8、9—16、8—15、16—7、7—14、15—6、6—13、14—5、5—12、13—4、4—11、12—3、3—10、11—2、2—9、10—1。

在绕制线圈的过程中，应注意：手必须清洁，不允许污泥和汗水等沾在导线的绝缘上，以保证绝缘的可靠性。开始绕制线圈以前，先在第 1 绕组的两槽内放入绝缘物，然后将开头的这根线套入一根绝缘套管内（绝缘套管的截面积比两根导线的截面积应略大些）。

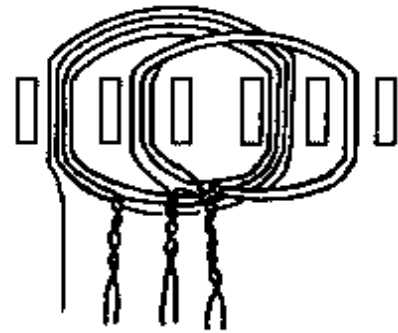


图 4-139 抽出接线头扭成麻花形

缠绕时，左手拇指和食指捏住转子，右手拇指和食指捏住导线。缠绕时导线应拉得紧些，以免绕出来的线圈太松。但是，也不可将导线拉得过紧，以免导线的截面积变小或将导线拉断。此外，导线还要排列整齐，以延长其使用寿命，但不要使导线碰到铁芯和换向器的棱角处，以免损伤导线绝缘。同时，绕制时绕组圈数应数得准确。当每一绕组绕到应有圈数时，将导线头抽出槽外，把两根线扭成一个麻花（图 4-139），套入一个绝缘套管内，以完成抽头工作。为了区别同一槽内的先后两个接线头，可将接线头套入不同颜色的套管中，或者将先后接线头做成不同的长度。

由于转子所处的地方狭小，缠绕时应随时注意，使绕组的位置低于转子铁芯表面，以免电动机运转时转子绕组与定子绕组相擦。

全部绕组绕完后，将凸出槽口的绝缘纸剪去一大部分，再将剩余的一小部分用木拨棒（或竹拨棒）塞入槽中，使它盖在线圈上面。为了防止转子运转时因离心力作用而将绕组甩散，在绕组一端的两面应使用白纱带（或玻璃丝带）或蜡绳（纱带或蜡绳绞成十字形）把绕组绑住，带端或绳端应放在铁芯槽内（图 4-140），然后把槽楔打入槽内将绕组固定，使导线不从槽内自动脱出。



图 4-140 用白纱带将绕组一端绑住

727. 手电钻电动机的转子绕组绕完后怎样焊接线头?

手电钻电动机的转子绕组缠绕工作全部完成后,便可开始焊接线头,线头的焊接方法如下:

(1) 将转子放在小木架上,首先将绕组线头的套管剪齐(一般剪到换向片接线的槽口处),然后把线头焊接处的绝缘刮干净,以便于焊接。刮除绝缘时要防止刮下来的碎屑落入线圈内,因为刮下来的碎屑中含有铜屑,易损坏绕组绝缘。

(2) 焊接时,首先应确定线头的焊接位置。线头的焊接位置一般是根据旧绕组线头的位置确定的。但是,拆除旧绕组时往往没有注意,或者将线头焊接所斜的方向缠错,造成盲目地焊接,以致转子运转时,换向器上产生很大的火花。通常,线头所斜的方向应与转子的旋转方向一致。虽然所有电钻钻孔时,其轧头的旋转方向都一致,但其内部转子的旋转方向却不一定一致,主要是由于转子与电钻轧头之间经过了不同的齿轮转动,因而转子的旋转方向也就不能一致。如果齿轮箱内的齿轮副数是单数,则转子的旋转方向必与电钻轧头的旋转方向相反;如果齿轮副数是双数,则转子的旋转方向必与电钻轧头的旋转方向一致。因此,焊接线头时,首先要确定转子的运转方向,然后查明槽中心位置所对的是换向器的换向片还是两换向片之间的云母。如果槽中心位置所对的是换向片,则可将线头朝转子旋转方向斜出一个换向片来焊接。图 4-141 示出斜向左方一个角度的焊接,图 4-142 示出斜向右方一个角度的焊接。如果槽中心位置所对的是两换向片之间的云母,则可将线头朝转子的旋转方向斜出一片半换向片进行焊接。图 4-143 示出斜向左方

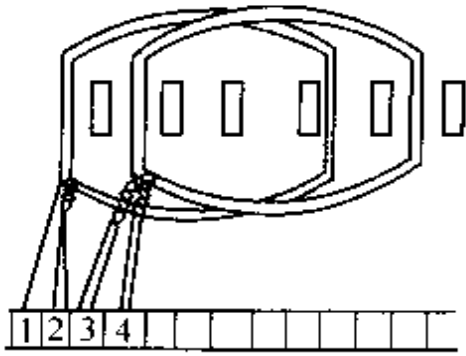


图 4 - 141 槽中心对正换向片引线斜向左方一个角度的焊接

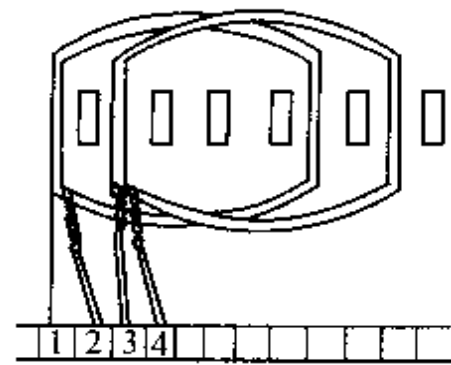


图 4 - 142 槽中心对正换向片引线斜向右方一个角度的焊接

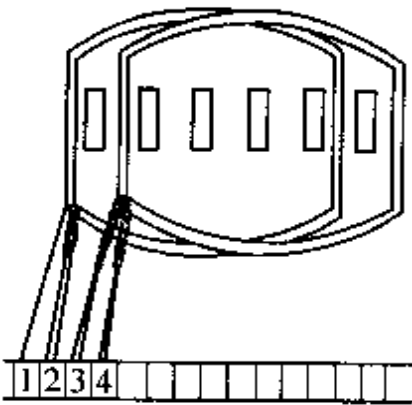


图 4 - 143 槽中心对正云母引线斜向左方一个角度的焊接

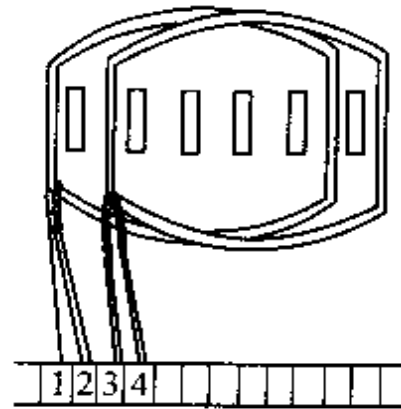


图 4 - 144 槽中心对正云母引线斜向右方一个角度的焊接

一个角度的焊接，图 4 - 144 示出斜向右方一个角度的焊接。拆除旧绕组时，往往发现某些型式电钻的转子绕组接线头所焊接的位置是对正槽中心位置（图 4 - 145），这是由于设计时，转子绕组内部磁极与刷架所对位置有所不同。因此，拆除旧绕组时，必须注意线头的焊接位置。

(3) 线头的焊接位置确定后，根据转子的大小选择一把合适的电烙铁，按线头的先后依次进行焊接。焊接时应使用松香焊剂，严禁使用焊锡药膏或焊锡药水（二者均有腐蚀作用）。焊接时，将线头置于换向片的槽口内，用一根竹片按住线头，然后将烧到一定程度的电烙铁按一定的角度置于槽口的线头上（图 4 - 146）。电烙铁

在线头上应停留一定时间，待焊锡流下，就可移开电烙铁。当焊锡全部凝固后，再将竹片移开。焊接完毕，用小刀将冒出换向片槽外的线头割掉，然后将换向片之间的焊锡清理干净。

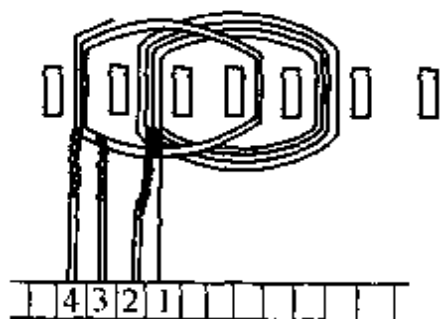


图 4-145 引线角度对正槽中心位置

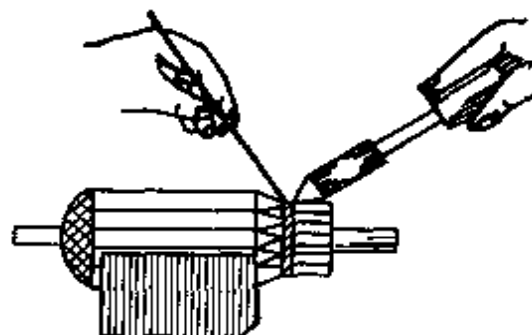


图 4-146 焊接线头的姿势

728. 对手电钻电动机的转子绕组怎样进行检查和试验？

手电钻电动机的转子绕组重绕和线头焊接等工作全部完成后，应检查转子绕组有无短路、断路、脱焊等故障，并同时检查线圈头尾是否接错。此外，还应按照 724 问所介绍的方法用交流 220 V 检验灯试验绕组有无接地故障。如果检验结果证明转子绕组正常，则可将转子装入电钻外壳内，进行通电试验。接通电源后，转子运转时，其旋转方向如果与所需的旋转方向相反，则可将接于刷架上的两个定子绕组线头位置相互对换，改变磁极极性（图 4-147），就可改变转子的运转方向。

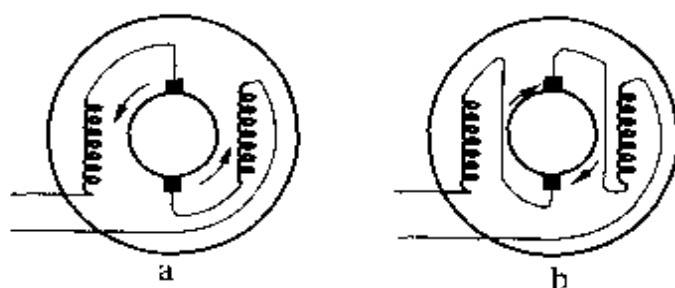


图 4-147 改变磁极的极性

a. 反转方向；b. 正转方向

如果转子按照所需的方向运转，转速正常，换向器上的电火花很小（正常的电火花呈蓝色），并且转矩也正常，则表明重绕的绕组符合要求，绕组线头的焊接也无差错，此时就可将转子从电钻外壳内拆出。必须指出，未经绝缘处理的转子，不允许多次或长时间进行运转试验。因为转子绕组在未进行浸漆处理以前，若多次或长时间进行运转试验，易被运转时的离心力所甩散。

根据电钻电动机转子绕组的检修经验，确定转子绕组线头的焊接位置，是电钻修理中一项较困难的工作。因为绕组线头的焊接位置与电钻内部磁极及其刷架的相对位置有关。而不同型式的电钻，其内部磁极与其刷架相对位置是不同的。如果电钻的电刷接触面和弹簧压力都正常，则通电试验时，电钻的转速和转矩也会正常。如果在换向器与电刷的接触处发现较大的蓝色火花，则表明转子绕组线头的焊接位置不正确，此时若刷架固定地装在电钻外壳上，则只可将焊好的线头用电烙铁烫下，使线头在换向片上的焊接位置移到右边一个换向片上（也就是朝转子旋转方向移动一个换向片距离），然后重新焊接。若电钻的刷架是活动的，则不必移动线头，只要将刷架与转子旋转方向反向移动一个角度即可。线头或刷架经过移动，若换向器上的电火花变小，则表明线头重新焊接的位置正确；若换向器上的电火花比原来更大，则表明线头或刷架的移动方向反了，此时只可将线头拆开，朝与转子旋转方向相反的方向移动一个换向片距离，然后重新焊接，或者将刷架朝转子的旋转方向移动一定角度，直至换向器上的电火花小至符合要求。



A0848526



如果转子按照所需的方向运转，转速正常，换向器上的电火花很小（正常的电火花呈蓝色），并且转矩也正常，则表明重绕的绕组符合要求，绕组线头的焊接也无差错，此时就可将转子从电钻外壳内拆出。必须指出，未经绝缘处理的转子，不允许多次或长时间进行运转试验。因为转子绕组在未进行浸漆处理以前，若多次或长时间进行运转试验，易被运转时的离心力所甩散。

根据电钻电动机转子绕组的检修经验，确定转子绕组线头的焊接位置，是电钻修理中一项较困难的工作。因为绕组线头的焊接位置与电钻内部磁极及其刷架的相对位置有关。而不同型式的电钻，其内部磁极与其刷架相对位置是不同的。如果电钻的电刷接触面和弹簧压力都正常，则通电试验时，电钻的转速和转矩也会正常。如果在换向器与电刷的接触处发现较大的蓝色火花，则表明转子绕组线头的焊接位置不正确，此时若刷架固定地装在电钻外壳上，则只可将焊好的线头用电烙铁烫下，使线头在换向片上的焊接位置移到右边一个换向片上（也就是朝转子旋转方向移动一个换向片距离），然后重新焊接。若电钻的刷架是活动的，则不必移动线头，只要将刷架与转子旋转方向反向移动一个角度即可。线头或刷架经过移动，若换向器上的电火花变小，则表明线头重新焊接的位置正确；若换向器上的电火花比原来更大，则表明线头或刷架的移动方向反了，此时只可将线头拆开，朝与转子旋转方向相反的方向移动一个换向片距离，然后重新焊接，或者将刷架朝转子的旋转方向移动一定角度，直至换向器上的电火花小至符合要求。



A0848526



如果转子按照所需的方向运转，转速正常，换向器上的电火花很小（正常的电火花呈蓝色），并且转矩也正常，则表明重绕的绕组符合要求，绕组线头的焊接也无差错，此时就可将转子从电钻外壳内拆出。必须指出，未经绝缘处理的转子，不允许多次或长时间进行运转试验。因为转子绕组在未进行浸漆处理以前，若多次或长时间进行运转试验，易被运转时的离心力所甩散。

根据电钻电动机转子绕组的检修经验，确定转子绕组线头的焊接位置，是电钻修理中一项较困难的工作。因为绕组线头的焊接位置与电钻内部磁极及其刷架的相对位置有关。而不同型式的电钻，其内部磁极与其刷架相对位置是不同的。如果电钻的电刷接触面和弹簧压力都正常，则通电试验时，电钻的转速和转矩也会正常。如果在换向器与电刷的接触处发现较大的蓝色火花，则表明转子绕组线头的焊接位置不正确，此时若刷架固定地装在电钻外壳上，则只可将焊好的线头用电烙铁烫下，使线头在换向片上的焊接位置移到右边一个换向片上（也就是朝转子旋转方向移动一个换向片距离），然后重新焊接。若电钻的刷架是活动的，则不必移动线头，只要将刷架与转子旋转方向反向移动一个角度即可。线头或刷架经过移动，若换向器上的电火花变小，则表明线头重新焊接的位置正确；若换向器上的电火花比原来更大，则表明线头或刷架的移动方向反了，此时只可将线头拆开，朝与转子旋转方向相反的方向移动一个换向片距离，然后重新焊接，或者将刷架朝转子的旋转方向移动一定角度，直至换向器上的电火花小至符合要求。



A0848526



如果转子按照所需的方向运转，转速正常，换向器上的电火花很小（正常的电火花呈蓝色），并且转矩也正常，则表明重绕的绕组符合要求，绕组线头的焊接也无差错，此时就可将转子从电钻外壳内拆出。必须指出，未经绝缘处理的转子，不允许多次或长时间进行运转试验。因为转子绕组在未进行浸漆处理以前，若多次或长时间进行运转试验，易被运转时的离心力所甩散。

根据电钻电动机转子绕组的检修经验，确定转子绕组线头的焊接位置，是电钻修理中一项较困难的工作。因为绕组线头的焊接位置与电钻内部磁极及其刷架的相对位置有关。而不同型式的电钻，其内部磁极与其刷架相对位置是不同的。如果电钻的电刷接触面和弹簧压力都正常，则通电试验时，电钻的转速和转矩也会正常。如果在换向器与电刷的接触处发现较大的蓝色火花，则表明转子绕组线头的焊接位置不正确，此时若刷架固定地装在电钻外壳上，则只可将焊好的线头用电烙铁烫下，使线头在换向片上的焊接位置移到右边一个换向片上（也就是朝转子旋转方向移动一个换向片距离），然后重新焊接。若电钻的刷架是活动的，则不必移动线头，只要将刷架与转子旋转方向反向移动一个角度即可。线头或刷架经过移动，若换向器上的电火花变小，则表明线头重新焊接的位置正确；若换向器上的电火花比原来更大，则表明线头或刷架的移动方向反了，此时只可将线头拆开，朝与转子旋转方向相反的方向移动一个换向片距离，然后重新焊接，或者将刷架朝转子的旋转方向移动一定角度，直至换向器上的电火花小至符合要求。



A0848526



如果转子按照所需的方向运转，转速正常，换向器上的电火花很小（正常的电火花呈蓝色），并且转矩也正常，则表明重绕的绕组符合要求，绕组线头的焊接也无差错，此时就可将转子从电钻外壳内拆出。必须指出，未经绝缘处理的转子，不允许多次或长时间进行运转试验。因为转子绕组在未进行浸漆处理以前，若多次或长时间进行运转试验，易被运转时的离心力所甩散。

根据电钻电动机转子绕组的检修经验，确定转子绕组线头的焊接位置，是电钻修理中一项较困难的工作。因为绕组线头的焊接位置与电钻内部磁极及其刷架的相对位置有关。而不同型式的电钻，其内部磁极与其刷架相对位置是不同的。如果电钻的电刷接触面和弹簧压力都正常，则通电试验时，电钻的转速和转矩也会正常。如果在换向器与电刷的接触处发现较大的蓝色火花，则表明转子绕组线头的焊接位置不正确，此时若刷架固定地装在电钻外壳上，则只可将焊好的线头用电烙铁烫下，使线头在换向片上的焊接位置移到右边一个换向片上（也就是朝转子旋转方向移动一个换向片距离），然后重新焊接。若电钻的刷架是活动的，则不必移动线头，只要将刷架与转子旋转方向反向移动一个角度即可。线头或刷架经过移动，若换向器上的电火花变小，则表明线头重新焊接的位置正确；若换向器上的电火花比原来更大，则表明线头或刷架的移动方向反了，此时只可将线头拆开，朝与转子旋转方向相反的方向移动一个换向片距离，然后重新焊接，或者将刷架朝转子的旋转方向移动一定角度，直至换向器上的电火花小至符合要求。



A0848526

