

前 言

随着我国国民经济的快速发展,工农业生产中所需电动机的数量与日俱增,势必会促进电动机维修行业的发展,从事电动机维护的人员也会日益增多。为进一步提高电动机维修人员的技术水平和满足其工作需要,特组织人员编写了《三相交流异步电动机维修入门》这本书。

本书从电动机基本知识入手,介绍了电动机的拆装、机械故障、转子绕组和定子绕组的故障及修理,并配有大量插图,使读者在阅读文字内容的同时,又可对照插图进行实践操作。同时又详细介绍了更换电动机定子绕组的操作工艺。为给电动机维修人员提供方便,书中还列出多种电动机的技术参数,并系统地介绍了维修电动机常用的工具和材料。

本书内容浅显易懂,图文并茂,简明实用,适合于初中文化程度的读者使用,可供专业电动机修理人员作参考,也可作为培训用教材。

本书由浙江工贸职业技术学院组织编写,其中第一章由王子彬编写;第二、第三章由章纪顺编写;第四、第九、第十章由冯志民编写;第五、第六章由钱守义编写;第七、第八章由金木春

编写。

鉴于编者水平有限,经验不足,难免存在错误及不足之处,望读者批评指正。

编者

2003年10月



目 录

第一章 三相交流异步电动机的基本知识	1
第一节 三相交流异步电动机的工作原理	1
一、电动机转动的基本原理	2
二、旋转磁场的产生	5
三、旋转磁场的转速与转向	9
第二节 三相鼠笼式异步电动机的结构	10
一、外形	10
二、主要零部件及结构简图	11
三、定子的结构	12
四、转子的结构	15
五、其他机械构件	16
第三节 三相绕线式异步电动机的结构	19
一、三相绕线式异步电动机的基本部件组成	19
二、绕线式转子	19
第四节 三相异步电动机的分类及型号	23
一、三相异步电动机的类型	23
二、三相异步电动机的型号	24
第五节 三相异步电动机的一般要求和规定	27
一、一般技术要求	27
二、铭牌值	29
第二章 电动机修理常用工具及材料	35
第一节 电流表与电压表	35



一、电工仪表的常识	35
二、电流表	38
三、电压表	40
第二节 万用表	41
一、指针式万用表	42
二、数字式万用表	47
第三节 钳形电流表	51
一、钳形电流表的使用方法	52
二、钳形电流表的使用注意事项	52
第四节 兆欧表	53
一、兆欧表的选择	54
二、测量前的准备	54
三、接线	55
四、测量	55
第五节 转速表	57
一、离心式转速表	57
二、数字式转速表	59
第六节 千分尺、游标卡尺、塞尺、线规	61
一、千分尺	61
二、游标卡尺	62
三、塞尺	64
四、线规	65
第七节 黑色金属材料	68
一、电动机转轴常用材料	68
二、硅钢片	69
第八节 有色金属材料	71





一、电磁线	72
二、三相电动机的引出线	74
三、换向器梯形铜排	80
四、轴瓦材料	81
五、锡铅焊料和硬钎焊料	81
第九节 绝缘材料	82
一、绝缘漆	83
二、绝缘纤维制品	87
三、绝缘纸与绝缘纸板	88
四、绝缘层压制品	89
五、云母制品	90
六、电工薄膜及复合材料	92
七、绝缘材料的选用	94
第十节 其他材料	94
一、溶剂和稀释剂	94
二、润滑脂	95
三、轴承	96
四、电刷	101
第三章 三相交流异步电动机的拆装	105
第一节 拆装电动机所需工具	105
一、试电笔	105
二、螺丝刀	106
三、尖嘴钳	107
四、钢丝钳	108
五、活络扳手	108
六、手锤	110





七、拉具	111
八、电动机绕组嵌线工具	112
九、绕线机	113
十、喷灯	114
十一、电烙铁	115
第二节 三相鼠笼式异步电动机的拆装	116
一、三相鼠笼式异步电动机的拆卸	116
二、三相鼠笼式异步电动机的装配	122
第三节 绕线式异步电动机的拆装	130
一、绕线式异步电动机拆卸顺序	130
二、电刷架及滑环的拆装	131
第四章 三相异步电动机检查与维修方案的确定	133
第一节 三相异步电动机的检查	133
一、电动机起动前的准备与检查	133
二、电动机在运行中巡视的检查及维护方法	136
第二节 电动机维修方案的确定	138
一、三相异步电动机的小修	138
二、三相异步电动机的大修	139
第五章 电动机的常见机械故障及检修	141
第一节 轴的故障与修理	141
一、转轴弯曲的检查与修理	141
二、转轴伤裂的检查与修理	142
三、转轴轴颈及键槽磨损的修理	145
第二节 定子铁心的故障及修理	147
一、铁心内腔表面擦伤的修理	148
二、铁心齿或槽表面烧伤的修理	148



三、铁心两端面齿部硅钢片外翘的修理	149
四、铁心松动的修理	150
第三节 机座与端盖的故障与修理	151
一、机座的故障检查与修理	151
二、端盖故障的修理	152
第四节 轴承的故障及修理	155
一、轴承故障的辨别	155
二、轴承故障的检查	156
三、轴承故障的处理	157
第六章 转子绕组的故障及修理	160
第一节 鼠笼式转子的故障及修理	160
一、鼠笼式转子故障的检查	160
二、鼠笼式转子故障的修理	162
第二节 绕线式转子的故障及修理	164
一、绕组端部并接头铜套开焊故障检查与修理	165
二、绕组端部绑扎带的故障与修理	166
三、集电环的故障与修理	168
第七章 定子绕组的常见故障及检修	171
第一节 定子绕组短路故障修理	173
一、相间短路	173
二、匝间短路	178
三、绕组短路故障的检查方法	179
四、绕组短路故障的修理方法	188
第二节 定子绕组接地故障的修理	193
一、定子绕组接地的原因及故障现象	193
二、接地故障的检查	194





三、接地故障的修理	197
第三节 定子绕组断路故障的修理	198
一、定子绕组断路的原因和故障现象	198
二、定子绕组断路故障的检查	199
三、定子绕组断路故障的修理	201
第四节 定子绕组接线错误故障的修理	203
一、定子绕组接线错误的主要类型	203
二、定子绕组接线错误的检查	203
三、定子绕组接线错误的修理	208
第五节 绕组绝缘不良故障的修理	209
一、绕组绝缘不良的故障原因	209
二、绕组绝缘不良的检查方法	209
三、绕组绝缘不良故障的处理方法	210
第八章 重换定子绕组的方法	211
第一节 绕组的概述	211
一、定子绕组的构成原则	211
二、定子绕组的分类	212
三、绕组的常用术语及参数	212
四、三相定子绕组的分布、排列与连接要求	220
第二节 绕组展开图的基本画法	220
一、定子绕组展开图的基本画法	221
二、定子绕组展开图的绘制步骤	222
三、绕组圆形接线参考图(简称接线图)	225
第三节 重换定子绕组的步骤和方法	227
一、查明电动机使用和损坏的情况	228
二、记录原始数据	228





三、拆除旧线圈	234
四、定子槽的清理	238
五、绕组导线和绝缘材料的选择	238
六、绕线模尺寸的选择及制作方法	246
七、绕组的绕制	262
八、绕组的基本嵌线法	266
九、绕组端部的整形	273
十、绕组端部的捆扎	273
十一、绕组的接线	274
十二、绕组试验	280
十三、绕组的浸漆和烘干	280
十四、电动机总装时的检查	291

第四节 常用绕组嵌线工艺实例..... 293

一、单层链式绕组	294
二、单层交叉链式绕组	297
三、单层交叉同心式绕组	298
四、双层迭绕组	300

第九章 三相交流异步电动机的试验..... 302

一、测定绝缘电阻	302
二、测定绕组直流电阻	303
三、耐压试验	304
四、绕组匝间绝缘试验	305
五、空载试验	306
六、短路试验(堵转试验)	308
七、超速试验	310
八、转子开路电压试验	311

电动机维修入门丛书





第十章 三相交流异步电动机的常见故障及检修方法	313
第一节 三相交流异步电动机常见机械故障及排除	
方法	314
一、电源接通后电动机不能转动,或虽能转动但有明显的摩擦 火花,额定负载时转速低于额定值	314
二、电动机有不正常的振动和声响	315
三、电动机温升过高或冒烟	317
四、电动机轴承过热	319
第二节 三相交流异步电动机常见电气故障及排除	
方法	320
一、电源接通后电动机不能启动	320
二、电动机可以启动,但带负载后转速很低或停转	322
三、电动机运行中有异常响声	324
四、电动机温升过高或冒烟	325
五、电动机运行时三相电流不平衡	326
六、电动机外壳带电	327
附表	329
附表 1 JZ系列三相异步电动机铁心、绕组技术数据	329—332
附表 2 JO系列三相异步电动机铁心、绕组技术数据	333—336
附表 3 JO₂系列三相异步电动机铁心、绕组技术数据	337—342
附表 4 JO₃系列电动机技术数据	343—347
附表 5 Y系列三相异步电动机(IP44)定子绕组技术 数据	348—353





第一章 三相交流异步电动机的基本知识

第一节 三相交流异步电动机的工作原理

从事三相交流异步电动机(以下简称电动机)的修理人员,首先应了解电动机能够转动的原理。图 1-1 所示为电动机的直接起动示意图,当闸刀开关合上时,电动机的转轴按箭头方向迅速转动。



图 1-1 电动机的直接起动



一、电动机转动的基本原理

做一个简单的试验,如图 1-2 所示,一个装有手柄的 U 形磁铁,在 N、S 两极之间放一个可以自由转动的、由许多铜条组成的导体,铜条两端用铜环短接,形状与鼠笼相似,称鼠笼式转子。磁极与转子间没有任何机械联系。在 U 形磁铁的 N 极与 S 极间存在着磁场,磁力线方向如图 1-2 所示。

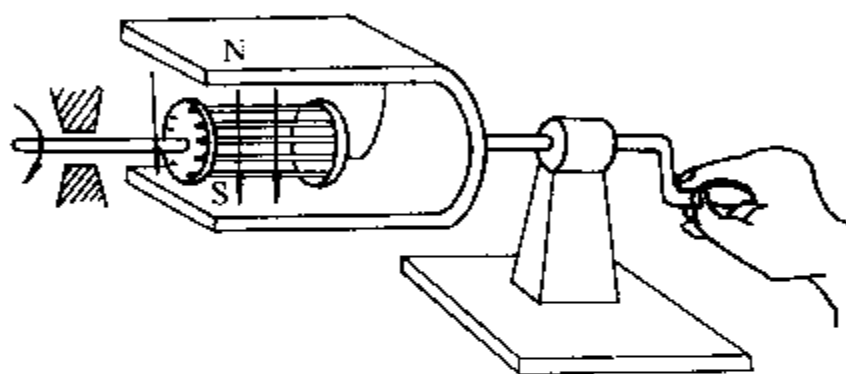


图 1-2 电动机转动原理实验

当摇动手柄使 U 形磁铁转动时,发现转子跟着 U 形磁铁转动。摇得快,转子转动也快;摇得慢,转子转动也慢;改变摇动方向,转子也跟着改变转动的方向。究其原因是 U 形磁铁的转动,使得 U 形磁铁的 N 极与 S 极之间的磁场在转动,这个转动的磁场称旋转磁场。由上述试验可知,当转子做成一个鼠笼状的封闭导体时,它能随着旋转磁场而转动。这就要弄清两个问题,一是转子为什么能随旋转磁场转动,二是在电动机中如何产生旋转磁场的。

1. 转子在旋转磁场作用下的转动

为便于分析,先了解一下电磁感应现象和磁场对通电导体的作用,然后再分析转子在旋转磁场作用下的转动。



(1) 电磁感应现象。如图 1-3 所示,将一根导线置于磁场中,导线两端接一只电流表构成闭合回路。当导线向上运动时,导线切割磁力线,这时电流表指针发生偏转,说明在导线中产生了电流,这种现象称电磁感应现象。电流方向判断方法如下:如图 1-4 所示,伸出右手,四指并拢,大拇指与四指成垂直方向,手掌朝上,使磁力线穿过手心,大拇指指向导线运动的方向,四指的指向就是产生电流的方向,即右手定则。

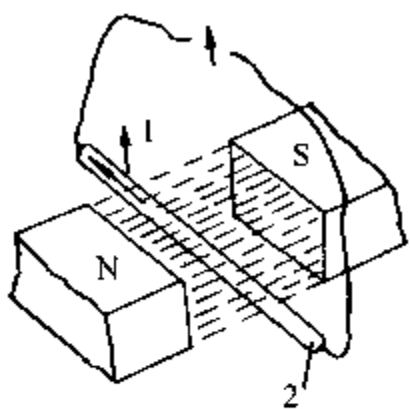


图 1-3 电磁感应现象

1-运动方向;2-导体

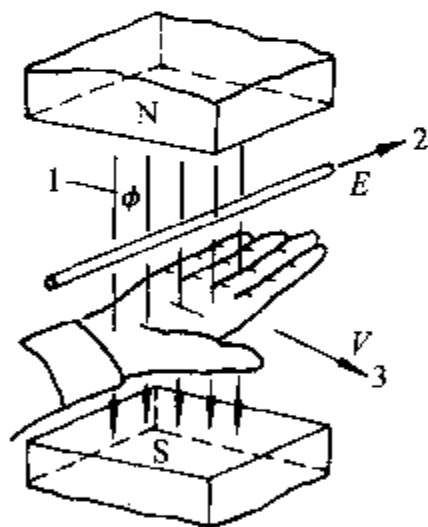


图 1-4 感应电动势方向判断

1-磁力线方向;2-感应电动势方向;3-导体运动方向

(2) 磁场对通电导体的作用。如图 1-5 所示,一根通电导线置于磁场中,当它在磁场中所处位置不与磁力线相平行时,将受到磁场的一个推动导线运动的力(F)的作用,导线的受力方向(F)按左手定则判断。如图 1-6 所示,左手伸开,四指并拢,



大拇指与四指成垂直方向,磁力线穿过手心,四指指向电流方向,大拇指指向该通电导线的受力方向。

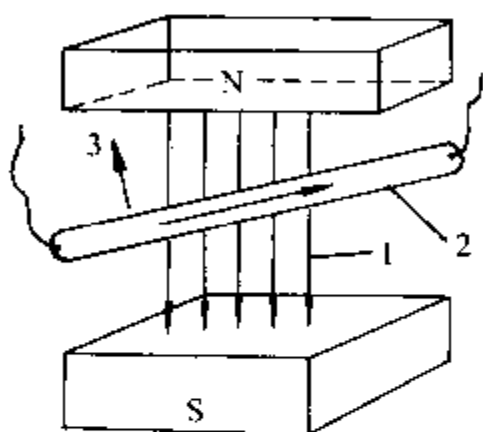


图 1-5 磁场对通电导体的作用

1-磁力线方向;2-电流方向;3-受力方向

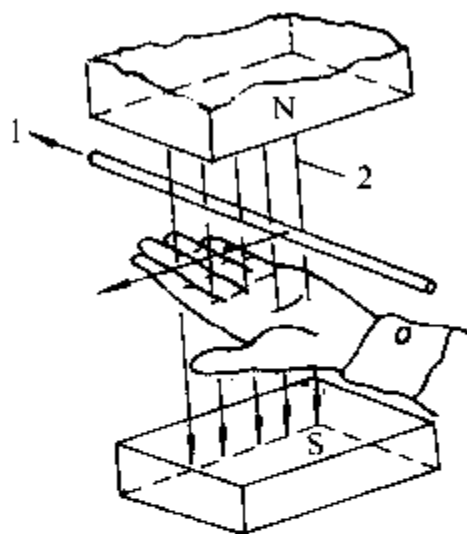


图 1-6 受力方向的判断

1-电流方向;2-磁力线方向

(3) 转子在旋转磁场作用下的转动。将图 1-2 沿着转子铜条的垂直方向连同磁极一起剖开,得到如图 1-7 所示的剖面图。手摇 U 形磁铁逆时针转动时产生的旋转磁场,旋转磁场与转子间产生了相对运动。假定旋转磁场不动,则转子相对于磁场做反方向转动切割磁力线,在转子中产生电流。电流方向可按右手定则判断。若把电流方向流进纸面以符号 \oplus 表示;流出纸面的方向以 \ominus 表示,则转子中产生电流方向如图 1-7 所示。在分析磁场对通电导体作用时,知道通电导体在磁场中受到力(F)的作用,转子的上下受到大小相等、方向相反的 2 个力(F)的作用,相对于转轴形成了一个转矩,在这个转矩的作用下,转子在旋转磁场作用下进行转动。

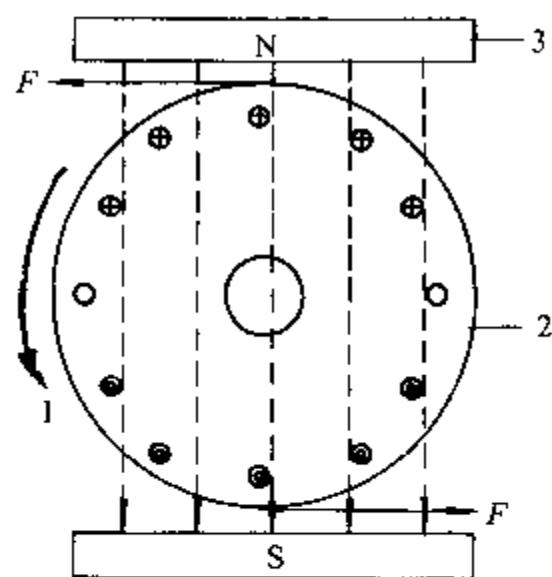


图 1-7 剖面示意图

1-旋转磁场;2-笼形转子;3-磁极

二、旋转磁场的产生

1. 磁场的产生

(1) 一块条形永久磁铁有 N 极和 S 极,在其内部及四周存在着磁场,磁力线分布如图 1-8 所示。磁力线由北极(N)出发,进入南极(S);在磁铁内部再由南极(S)出发回到北极(N)构成一个闭合的环路。

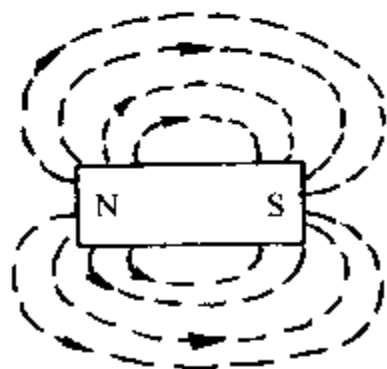


图 1-8 永久磁铁磁场

(2) 通电导线的四周会产生磁场,如图 1-9 所示。将一根导线垂直穿过纸板,纸板上撒上一些铁屑,然后使电流通过导线,并轻敲纸板,铁屑在磁场的作用下,会有规则的围绕导线形成许多同心圆,用小磁针测定,小磁针的 N 极指向磁力线的切线方向。若导线中电流方向改变,小磁针的方向也随之改变,说明通电导线四周有磁

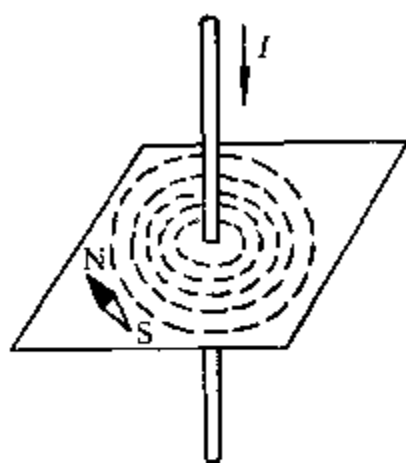


图 1-9 通电导线磁场

场产生。磁场的磁力线方向按右手定则判断,如图 1-10 所示。用右手握住导线并把大拇指伸出,使大拇指指向电流方向,则环绕导线的四指方向就指向磁力线的方向。在电动机中产生的磁场不是用永久磁铁产生的,而是采用通电导线产生的。

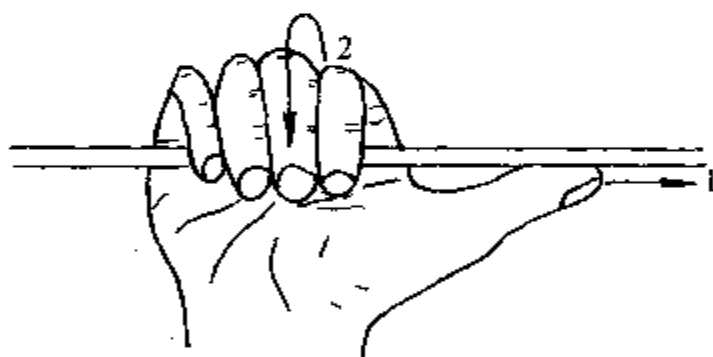


图 1-10 通电导线磁力线方向的判断

1-电流方向;2-磁力线方向

2. 旋转磁场的产生

电动机中的旋转磁场是定子绕组接通三相交流电源时产生的。假设有 3 个线圈(称绕组)分别为 $U_1 - U_2$ 、 $V_1 - V_2$ 、 $W_1 - W_2$,其形状如图 1-11 所示。称 U_1 、 V_1 、 W_1 为绕组的首端, U_2 、 V_2 、 W_2 为绕组的末端。 $U_1 - U_2$ 、 $V_1 - V_2$ 、 $W_1 - W_2$ 绕

组的两边称为有效边。把 $U1 - U2$ 、 $V1 - V2$ 、 $W1 - W2$ 的有效边按绕组首端在空间分别相差 120° 的空间嵌放在定子铁心槽中,并把绕组末端 $U2$ 、 $V2$ 、 $W2$ 联于一点,首端 $U1$ 、 $V1$ 、 $W1$ 分别接到三相交流电源的 A、B、C 相上,电流分别为 i_A 、 i_B 、 i_C 称对称三相电流,如图 1-12(a) 所示。定子绕组接成的形式称为星形,如图 1-12(b) 所示。对称三相电流的波形图如图 1-13(a) 所示,电流的大小、方向随时间按正弦规律变化,其三角函数的表达式为:

$$i_A = I_m \sin \omega t \text{ A}$$

$$i_B = I_m \sin(\omega t - 120^\circ) \text{ A}$$

$$i_C = I_m \sin(\omega t + 120^\circ) \text{ A}$$

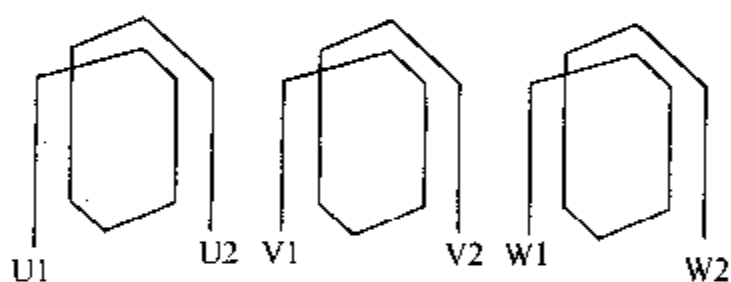


图 1-11 绕组

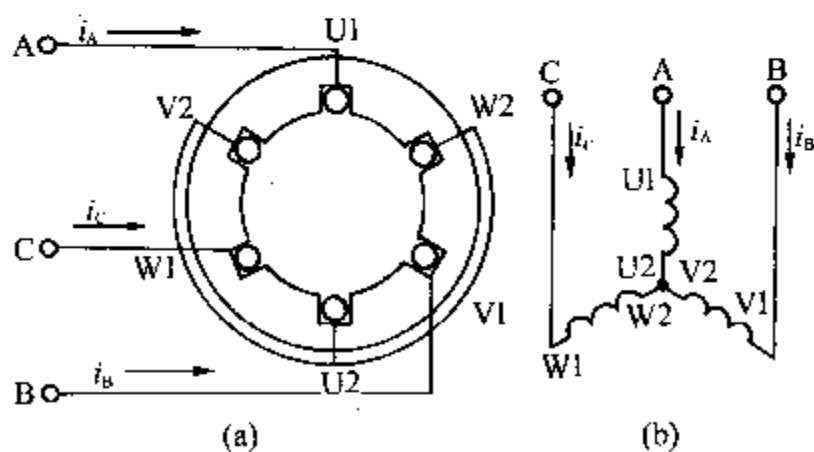


图 1-12 简化的三相定子绕组

式中 I_m 称为幅值,可见对称三相电流的幅值相等,惟一区别是它们在相位上互差 120° 。因为电流的方向随时间变化,所以规定电流为正方向时,电流从首端流进,末端流出;电流为负方向时,从末端流进,首端流出。流进用符号 \otimes 表示,流出用符号 \odot 表示。

在图 1-13(a)中,分别取 $t_0 \sim t_3$ 的 4 个瞬间时刻,分析绕组中电流的流向及产生旋转磁场的情况,分析时结合图 1-12 和图 1-13 进行。

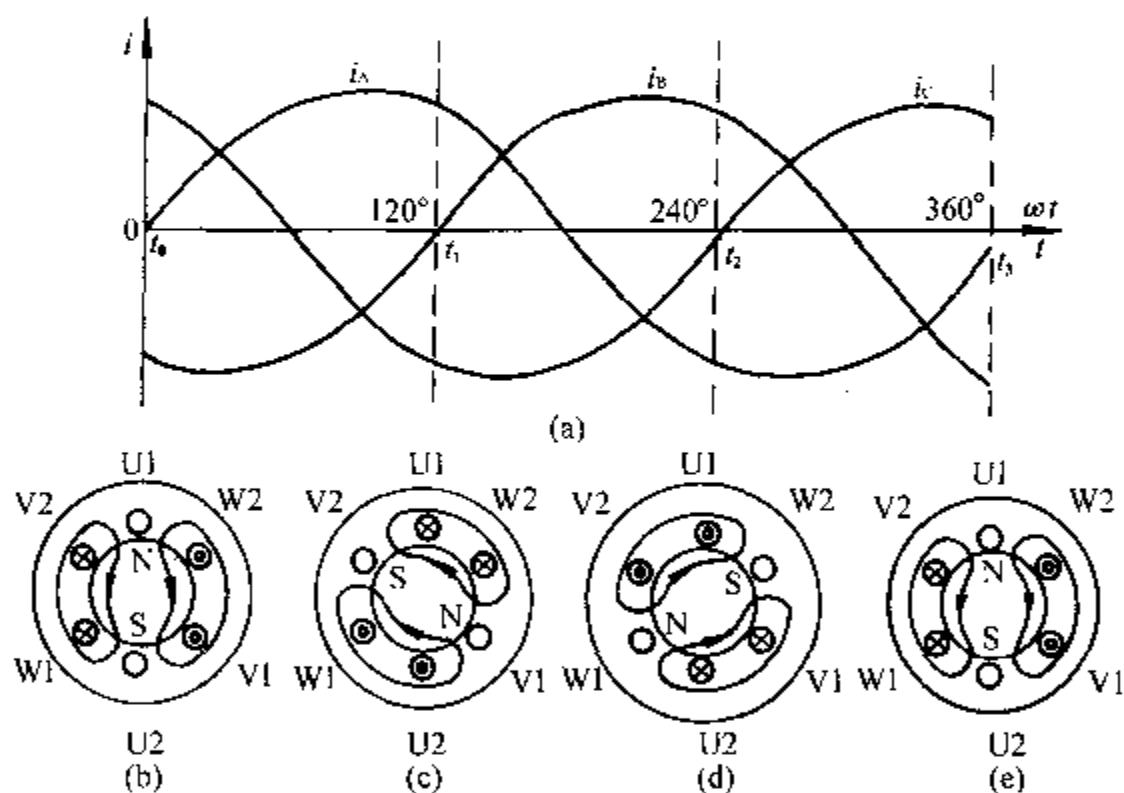


图 1-13 两极旋转磁场

当 $t=t_0$ 时刻,如图 1-13(a)所示, $i_A=0$ 、 $i_B<0$ 、 $i_C>0$ 。 $i_B<0$ 电流从末端 V2 流进,从首端 V1 流出; $i_C>0$ 电流从首端 W1 流进,从末端 W2 流出,绕组中电流方向如图 1-13(b)所示。绕组导线中流过电流,其导线四周产生磁场,磁力线方向用

右手定则判断,如图 1-13(b)所示。左右都有磁场,中部为合成磁场,磁力线由上至下,这也相当于上方为 N 极,下方为 S 极。从磁极数看,这是一个两极磁场,这就是定子绕组在这种布置方式下产生的两极磁场,如果用 P 表示磁场的极对数,则 $P=1$ 。

当 $t=t_1$ 时刻,如图 1-13(a)所示, $i_A > 0$ 、 $i_B = 0$ 、 $i_C < 0$ 。按上述分析,通过绕组导线中的电流方向如图 1-13(c)所示,同样用右手定则判断两极磁场的方向。图 1-13(c)与图 1-13(b)相比较,两极磁场在空间按顺时针方向旋转了 120° 。

同理,在 $t=t_2$ 时刻,电流方向及产生的两极磁场如图 1-13(d)所示,图 1-13(d)与图 1-13(b)相比较,两极磁场在空间按顺时针方向旋转了 240° 。在 $t=t_3$ 时刻,绕组中电流方向及产生的两极磁场如图 1-13(e)所示,图 1-13(e)与图 1-13(b)相比较,两极磁场在空间按顺时针方向旋转了 360° 。由此可知,定子绕组通入对称三相电流时,其形成的两极磁场随着电流的变化在空间不断地旋转,这就形成了旋转磁场。

三、旋转磁场的转速与转向

1. 旋转磁场的转速

从上述的说明中可以看出,产生的两极旋转磁场($p=1$),其旋转速度等于电流每秒钟的交变次数,即频率 f_1 。一般 $f_1 = 50 \text{ Hz}$,则旋转磁场每分钟的转速 $n_1 = 60 \times f_1 = 3\,000 \text{ r/min}$ 。电动机转子的每分钟转速略低于旋转磁场的每分钟转速,也就是说,电动机转子的转速与旋转磁场的转速不同步,这也就是称为异步电动机的由来。旋转磁场的转速称同步转速记为 n_1 ,同步转速与极对数 P 和频率 f_1 的关系为:



$$n_1 = \frac{60f_1}{P}$$

一般电动机的转速略低于同步转速 n_1 的 $0\% \sim 6\%$ ，若已知电动机的极数，则其同步转速 n_1 就可知道了，见表 1-1。

表 1-1 同步转速

极数	2	4	6	8	10	12
n_1 (r/min)	3 000	1 500	1 000	750	600	500

2. 旋转磁场的转向

把三相交流电源的 A、B、C 三相中任两相颠倒接入电动机的定子绕组，旋转磁场方向就会改变，电动机的转子转动方向也跟着改变了。

第二节 三相鼠笼式异步电动机的结构

一、外形

三相鼠笼式异步电动机的外形如图 1-14 所示。

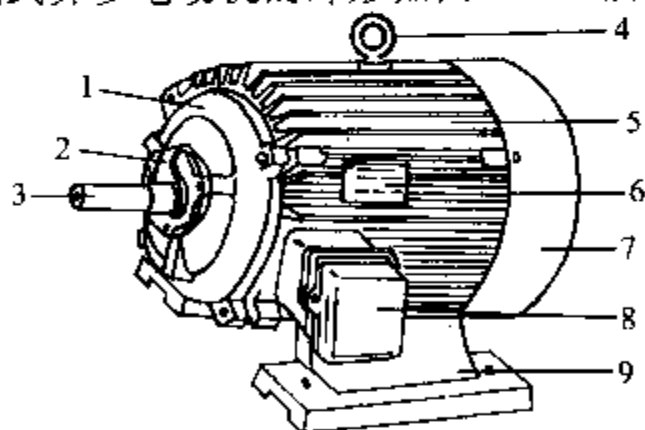


图 1-14 三相鼠笼式异步电动机外形图

1-端盖；2-轴承盖；3-转轴；4-吊环；5-散热翅；
6-铭牌；7-罩壳；8-接线盒；9-机座

从电动机的外形图上可见到的部件有吊环、铭牌、接线盒、机座、端盖、轴承盖、转轴及机座上的散热翅。吊环一般由钢性的圆钢制成，安装在机座上方，便于吊装电动机。每一台电动机的机座上安装一块由薄铝板制成的铭牌，如图 1-15 所示。铭牌上较详细地介绍了电动机的特性和一般技术要求，给使用、检查和修理电动机创造了良好的条件。铭牌上标明的参数有：型号、额定功率、额定电压、额定电流、额定频率、额定转速、接法、工作方式、绝缘等级等。若电动机没有铭牌或铭牌上的内容不清，则不要轻易使用电动机，以免发生事故。

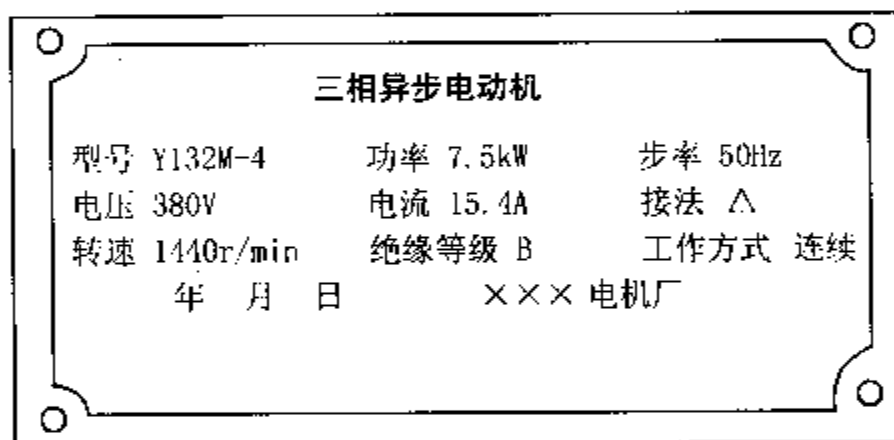


图 1-15 三相异步电动机铭牌

二、主要零部件及结构简图

三相鼠笼式异步电动机主要零部件组成如图 1-16 所示。从图中可见三相鼠笼式异步电动机主要部分为定子和转子，其他的机械构件有：轴承、轴承盖、端盖、风扇、罩壳、接线盒、吊环等。

为了更清楚地了解三相鼠笼式异步电动机的各零部件的相互连接方式及相关位置，可参照结构简图，如图 1-17 所示。该



图为一个以吊环处的散热翅为直线向下垂直切开的剖面图。

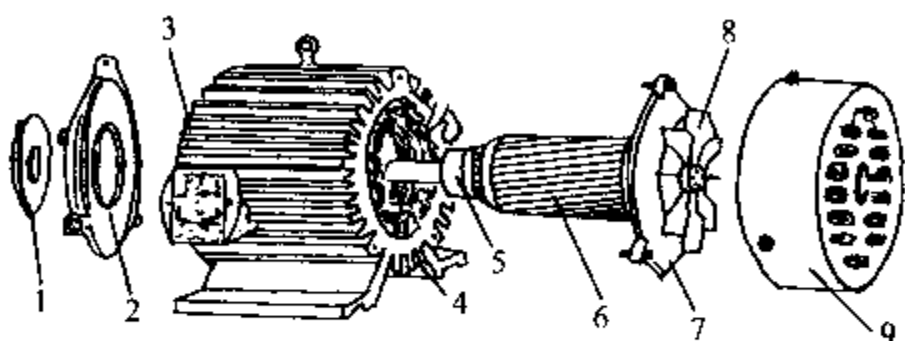


图 1-16 三相鼠笼式异步电动机主要零部件

1-轴承盖;2-端盖;3-接线盒;4-定子;5-轴承;6-转子;7-端盖;8-风扇;9-罩壳

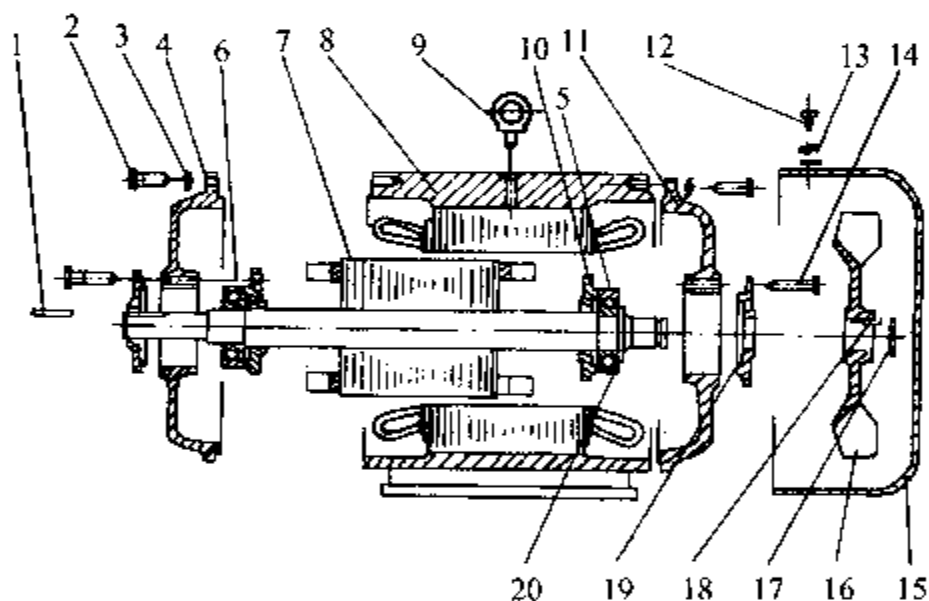


图 1-17 三相鼠笼式异步电动机结构简图

1、18-键;2、14-螺栓;3-弹簧垫圈;4、11-端盖;5、6-轴承;7-转子;8-定子;
9-吊环螺丝;10、19-轴承盖;12-螺钉;13-垫圈;15-罩壳;16-风扇;17、20-挡圈

三、定子的结构

定子由机座、定子铁心和定子绕组组成。

1. 机座

机座是电动机的支架,用于支撑铁心和固定端盖。底座上有螺孔,便于与地基固定,顶部有螺孔用于安装吊环螺丝,还有放置铭牌的部位及定子绕组的出线孔。机座一般由铸铁浇铸而成,外表面有散热翅,便于散热。机座的内腔是一个圆柱形空间,用来安装定子铁心、定子绕组和整个转子,如图 1-18 所示。

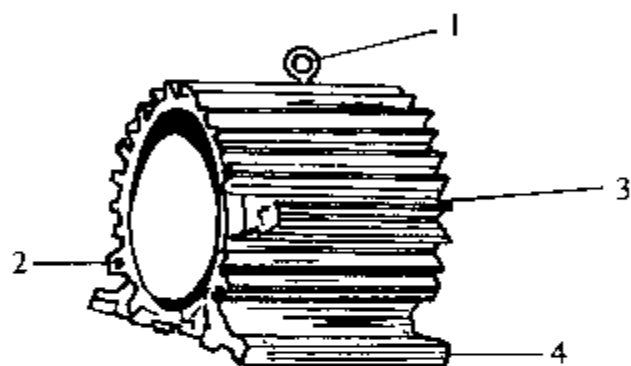


图 1-18 机座

1-吊环;2-接线端盖螺孔;3-引出线孔;4-地脚螺孔

2. 定子铁心

定子铁心是由厚度为 0.35~0.5 mm 硅钢片冲制成圆环形,上有定子槽和压紧口,如图 1-19 所示。把一定数量的定子硅钢片叠压在一起,并通过压紧口用扣片扣住(防止松散)便制成了定子铁心,如图 1-20 所示。

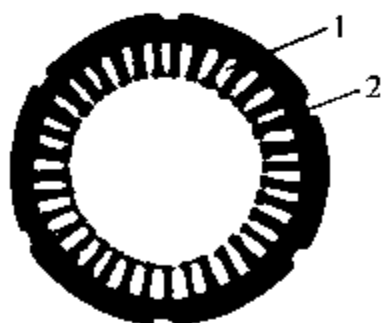


图 1-19 定子硅钢片

1-定子槽;2-压紧口

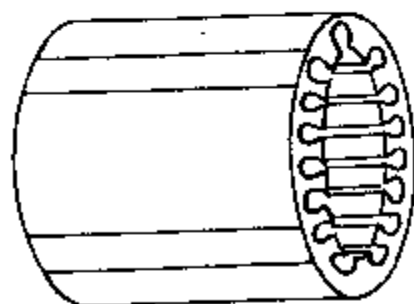


图 1-20 定子铁心



3. 定子绕组

定子绕组由许多线圈连接而成,如图 1-21 所示。每个线圈有 2 个有效边,分别放入 2 个定子槽内,各线圈按照一定规律连接成三相绕组。定子绕组一般可以连接成星形(Y)或三角形(Δ),如图 1-22 所示。绕组一般采用高强度漆包圆铜线绕制而成。

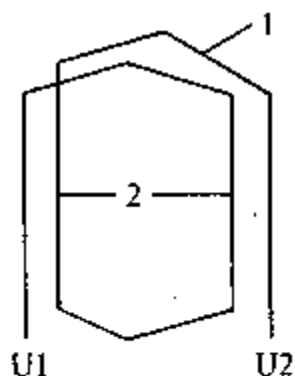


图 1-21 定子线圈

1-端部;2-有效边

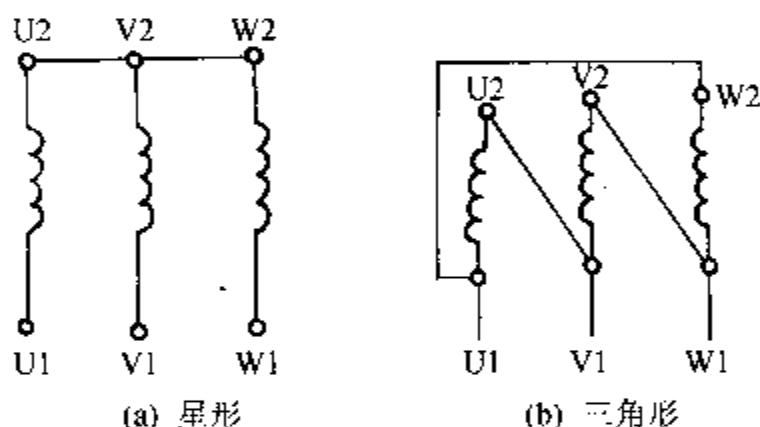


图 1-22 定子绕组联接方法

定子绕组嵌在定子铁心的定子槽内,如图 1-23 所示,定子铁心则装在机座内腔,如图 1-24 所示。

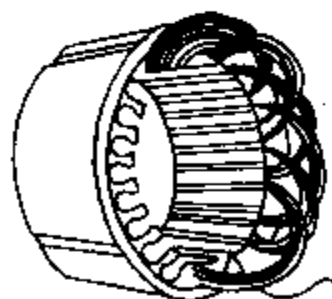


图 1-23 定子铁心和定子绕组

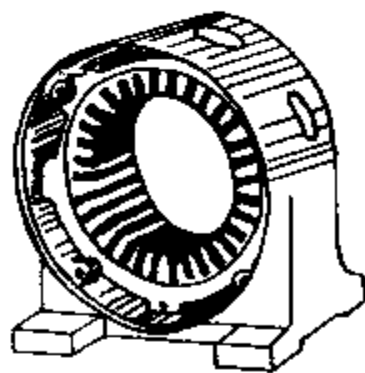


图 1-24 定子机座

四、转子的结构

转子是电动机的旋转部分,由转轴、转子铁心和转子绕组(笼条)组成。转子外形如图 1-25 所示。由于转子在定子腔内需自由转动,故转子与定子之间必须有空气隙,一般为 $0.1 \sim 1 \text{ mm}$ 。气隙对电动机的运行性能影响很大,转子与定子不能相互摩擦(俗称扫膛),否则会引起定子温度升高。

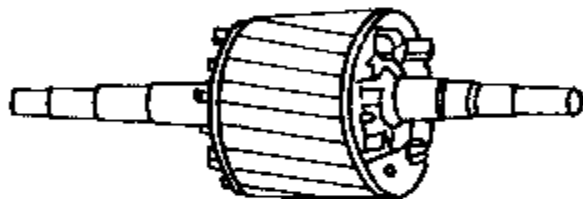


图 1-25 转子外形

1. 转轴

电动机转轴外形如图 1-26 所示,一般由中碳钢加工而成。转子铁心就套在转轴上,转轴支撑着转子的重量,轴两端套上轴承,使转子在定子内腔自由运动。

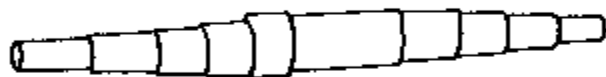


图 1-26 转轴

2. 转子铁心

转子铁心由转子硅钢片组成。转子硅钢片由厚 $0.35 \sim 0.5 \text{ mm}$ 硅钢片冲制成如图 1-27 所示形状,四周有分布均匀的槽。把一定数量的转子硅钢片叠压在一起并压装在转轴上,即成了转子铁心。在转子铁心的四周槽内嵌有导体(铜条或铝条)。



图 1-27 转子硅钢片



3. 转子绕组

鼠笼式转子绕组从材料上分为 2 种,即鼠笼式铜条绕组和鼠笼式铝条绕组。鼠笼式铜条绕组在转子铁心的四周槽内放置有一根根铜条,铜条的两端用短路环焊接起来,如图 1-28(a)所示。中小型电动机一般常用铸铝的办法,把槽中的铝条及两端的短路环和风扇铸成一个整体,如图 1-28(b)所示。如果将铁心拿掉,剩下的转子绕组就好像一只鼠笼,如图 1-28(b)所示,故称鼠笼式转子。转子中的铝条也被称为笼条,转子笼条与转轴不是平行的,而是具有一定的倾斜角度,目的是为了消除锯齿谐波造成的异步附加力矩。

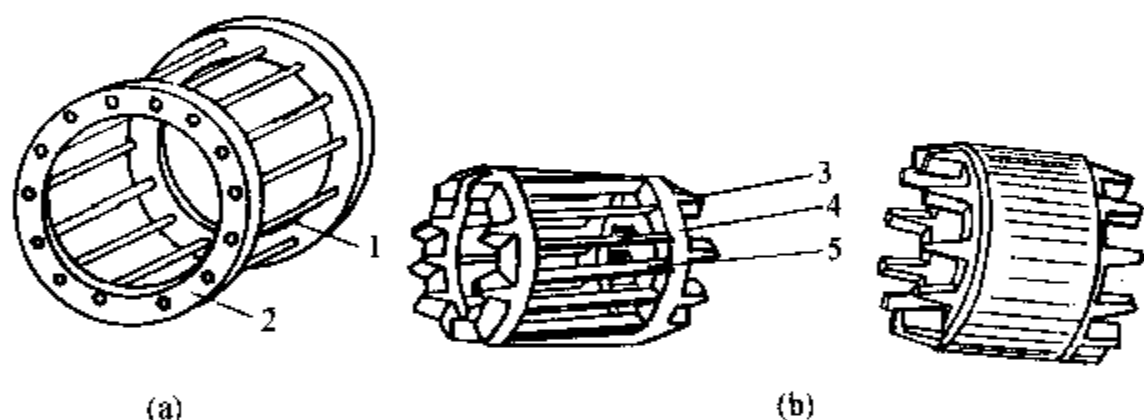


图 1-28 鼠笼式转子绕组

1-铜条;2-短路铜环;3-风扇;4-短路环;5-笼条

五、其他机械构件

电动机除上述主要部件外,还有轴承、轴承盖、端盖、风扇、接线盒等构件。

1. 轴承

轴承分为球轴承和滚动轴承 2 种,每种轴承都是由外圈、内圈及滚动体组成的,如图 1-29 所示。轴承外圈紧紧套入端盖

中心的圆孔内,内圈紧紧套在转轴上。当转子转动时,内圈随之转动,外圈不动。内、外圈之间填充有润滑剂,以减少摩擦。一般按机座号和极对数配备相应尺寸的轴承,轴承尺寸按内径(mm)×外径(mm)×宽度(mm)选配。

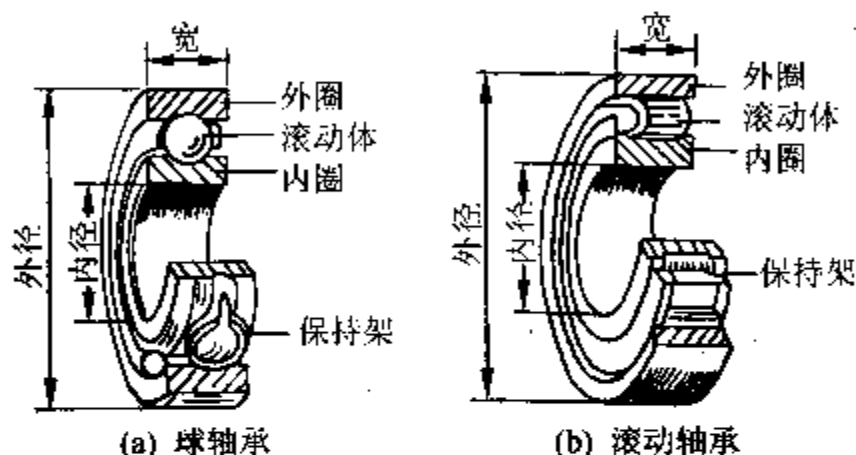


图 1-29 轴承构造

2. 端盖

俗称大盖,电动机有 2 个端盖,分别装在机座的左、右端口上,由铸铁浇铸而成。其作用是把转子支撑在定子内腔的中心。

3. 轴承盖

俗称小盖,也是由铸铁制成。其作用是固定转子上的轴承,限定转子使其仅能沿轴向在极小范围内移动。

4. 风扇

一般由硬质塑料或铸铝制成,用于排风散热。

5. 罩壳

由薄铁板冲压制成,起保护风扇和定向排风的作用。

6. 接线盒

接线盒由底座、盒盖和接线支架构成,如图 1-30 所示。其作用是固定和保护定子绕组的引出端及三相电源线的引入端。



底座和接线盒盖由铸铁浇铸而成。接线支架由绝缘电木制成，其形状如图 1-31 所示。定子绕组是对称的三相绕组，每相之间互成 120° 电角，对称均匀地嵌放在定子铁心槽内。3 个绕组的首端用 U1、V1、W1 表示，末端用 U2、V2、W2 表示，三相绕组共 6 个引出端固定在接线支架上，如图 1-32 所示。通常根据铭牌规定，定子绕组可以接成星形 (Y) 或三角形 (Δ)，如图 1-32 所示。



图 1-30 接线盒构造

1-接线盒底座；2-接线支架；3-接线盒盖

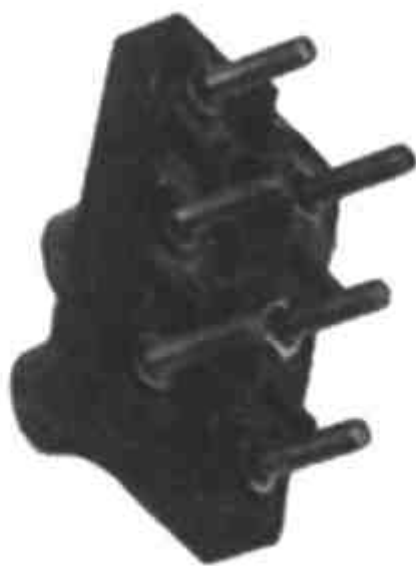
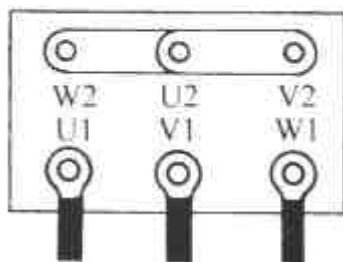
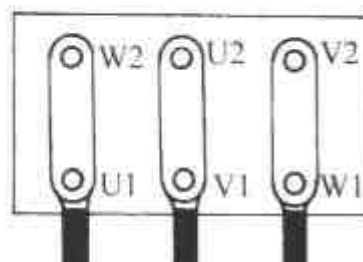


图 1-31 接线支架



(a) Y形接法



(b) Δ 形接法

图 1-32 定子绕组的接线法

第三节 三相绕线式异步电动机的结构

一、三相绕线式异步电动机的基本部件组成

三相绕线式异步电动机的基本部件组成如图 1-33 所示。

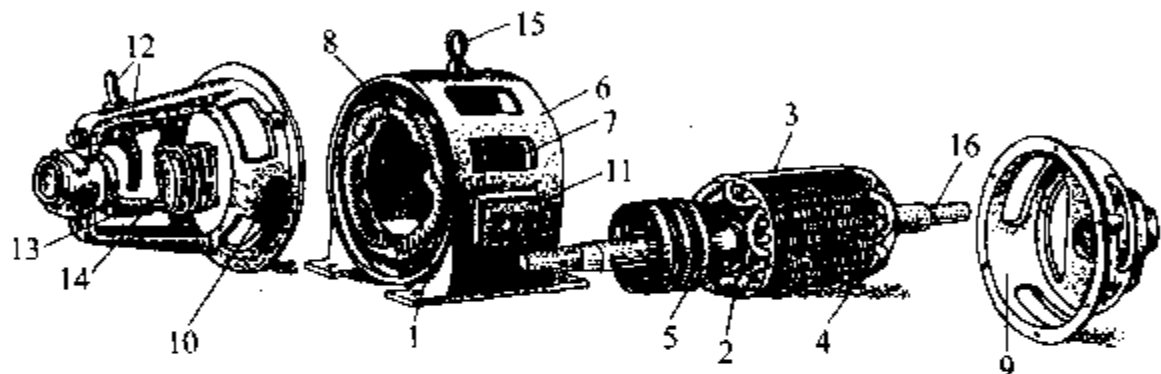


图 1-33 三相绕线式异步电动机的组成部件

1-定子;2-绕线式转子;3-转子铁心;4-转子绕组;5-滑环;6-机座外壳;
7-定子铁心;8-定子绕组;9、10-端盖;11-引线盒;12-离合电刷用的手柄;
13-刷臂;14-连有刷握的电刷;15-吊环;16-电动机轴

三相绕线式异步电动机的工作原理与三相鼠笼式异步电动机基本相同。从图 1-33 可以看出除转子绕组与鼠笼式异步电动机不同外(电动机轴上有 3 个滑环),端盖上还有与电刷有关的装置,如刷臂、连有刷握的电刷、离合电刷用的手柄等,这些也是与鼠笼式异步电动机不同之处。

二、绕线式转子

绕线式转子的结构如图 1-34 所示。

1. 转子绕组

转子绕组与定子绕组一样,也是一个三相对称绕组,它的极

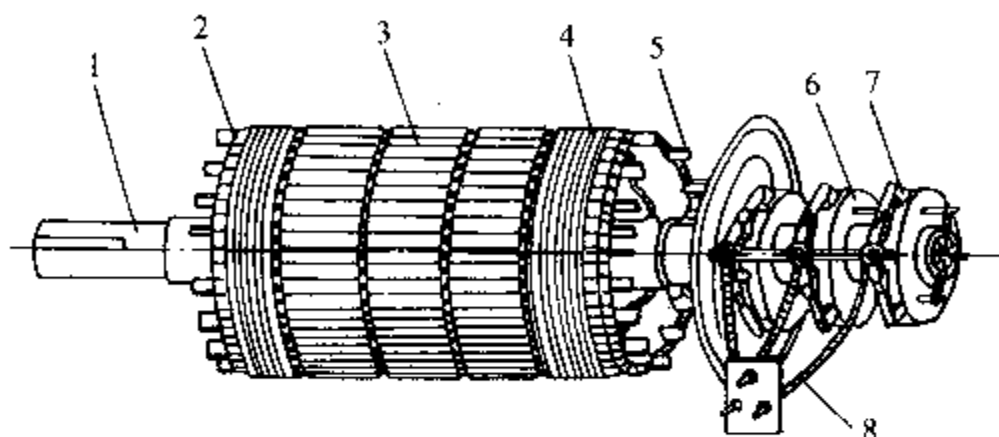


图 1-34 绕线式转子

1-转轴;2-绕组;3-铁心;4-绑线;5-风扇叶;6-集电环;7-电刷;8-引出线
对数与定子绕组的极对数相同,如图 1-35 所示。转子绕组一般都接成星形,3 根引出线分别接到转轴上 3 个彼此绝缘的铜质滑环上。

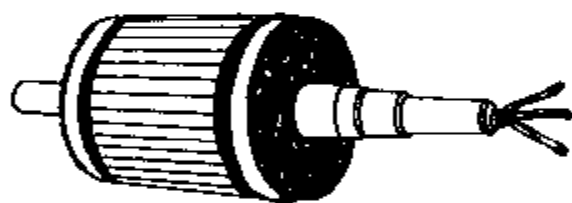


图 1-35 转子绕组引线

2. 滑环

滑环又称集电环,由导电、绝缘和紧固支撑等部分组成。滑环是与电刷相接触的导电金属环。在绕线式异步电动机中,通过滑环中的金属环和电刷与外电路接通,以便在转子中串接变阻器(如图 1-36 所示)。串接三相变阻器的目的是改善起动性能,增大起动转矩。当转速达到额定值时,串联变阻器全部切除,并将转子绕组短路,使电动机正常工作。

一般中、小型绕线式异步电动机,滑环采用塑料制成,常用 4330 酚醛玻璃纤维压塑料连同金属环压制成一个整体,如图

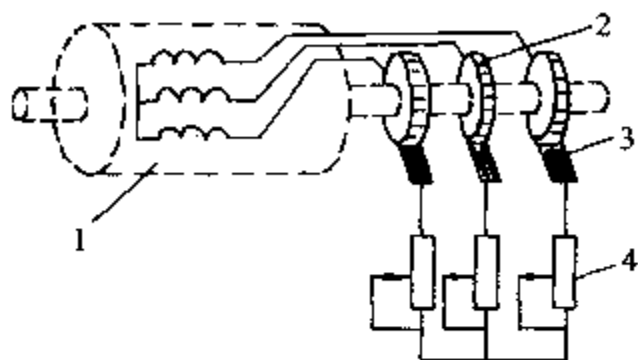


图 1-36 绕线式转子结构和接线

1-转子绕组;2-滑环;3-电刷;4-三相可变电阻器

1-37所示。压制塑料滑环时,须先将金属环与引出线焊接好。

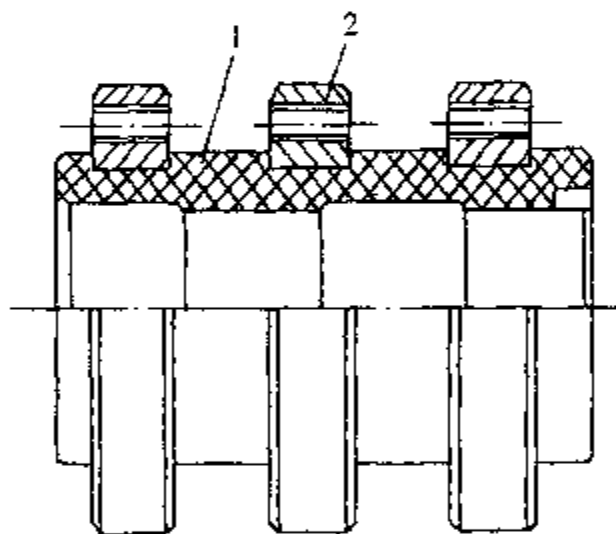


图 1-37 塑料滑环

1-压塑料;2-金属环

3. 电刷及电刷装置

(1) 电刷。常用的电刷有石墨电刷和金属石墨电刷 2 种。因电刷与滑环接触,所以要求电刷耐磨、电阻系数小,一般可依据电动机类型选择电刷型号。

(2) 电刷装置,又称刷架。其作用是使外电路与转子绕组相连接,构成电动机正常的工作回路。



电刷装置由刷臂、刷握、电刷等组成。刷臂是把电刷装置固定到电动机上。刷握由刷盒弹簧和压指等部件组成，它是安装电刷并使其在压力下与滑动面保持接触的部件。

大中型绕线式异步电动机还设有举刷装置和短路装置，如图 1-38 所示。起动时，转子绕组和外电路相通；起动完毕，正常运行不需串接电阻时，可扳动举刷装置到运转位置，将三组电刷提起，减少电刷与滑环间的摩擦。同时，利用短路装置将 3 个滑环短接，电动机处于正常运行。

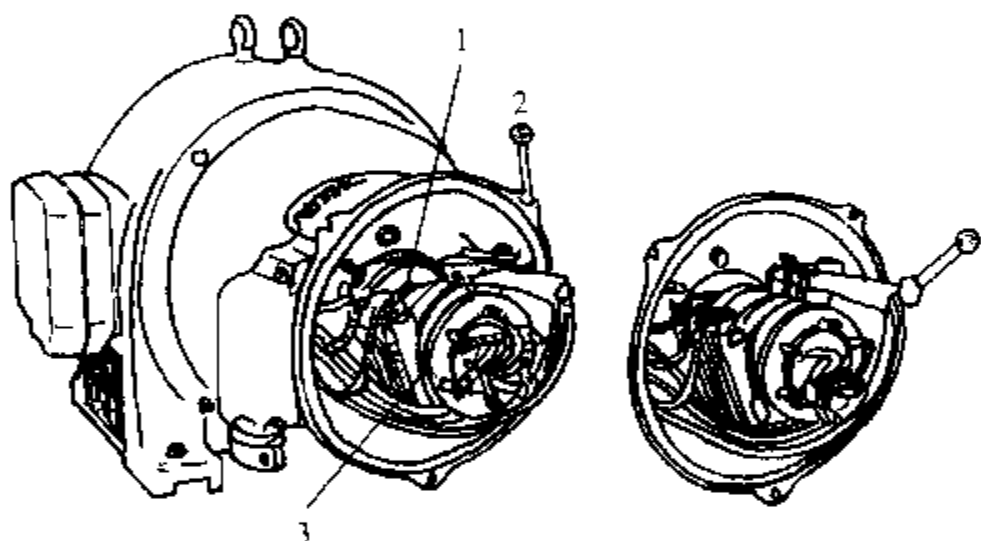


图 1-38 电刷装置

1-短路装置；2-举刷装置；3-滑环

第四节 三相异步电动机的分类及型号

一、三相异步电动机的类型

1. 按转子的结构形式分类

按转子的结构形式可分为鼠笼式三相异步电动机(也称短路式感应电动机)和绕线式三相异步电动机(也称滑环式感应电动机)。

(1) 鼠笼式三相异步电动机特点是:构造简单,价格便宜,坚固耐用,工作可靠,维护方便。不足之处是调速性能差,起动转矩小,易受电源电压波动的影响。由于其优点突出,因此鼠笼式三相异步电动机应用广泛。

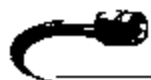
(2) 绕线式三相异步电动机特点是:起动转矩大,调速性能好,过载能力大。但是结构复杂,价格较贵,功率因数和效率低于鼠笼式三相异步电动机。往往适用于要求起动转矩大,在一定范围内调速的场合,如电梯、起重机等。

2. 按防护形式分类

按防护形式可分为封闭式、防护式、开启式、防爆式三相异步电动机。

(1) 封闭式三相异步电动机外壳严密封闭,能防止潮气和灰尘侵入。但体积大、散热差、价格较高,适用于多尘、潮湿的场所。

(2) 防护式三相异步电动机在机壳或端盖处有通风孔,可防雨、防溅及防止铁屑等杂物掉入电动机内部。但不防尘、不防潮,适用于灰尘不多且较干燥的场所。



(3) 开启式三相异步电动机在结构上无特殊防护装置,通风散热好,价格便宜,适用于干燥、无灰尘场所。

(4) 防爆式三相异步电动机适用于爆炸性气体的场合。

3. 按工作定额分类

按工作定额分为连续工作、断续工作和短时工作。

(1) 连续工作指电动机按照额定功率连续使用,如水泵、风机等。

(2) 断续工作指电动机工作和停歇是交替进行的,如吊车。

(3) 短时工作指电动机不能连续使用,只能在规定的时间内按照额定功率短时使用。

4. 按电动机中心高和定子铁心外径分类

中心高是指从机座底脚平面到转轴中心的高度,用字母 H 表示。定子铁心外径用字母 D 表示,中心高及铁心外径以 mm 为单位。按中心高及定子铁心外径不同,可分为大型、中型、小型三相异步电动机。

(1) 大型: $H > 630$ 、 $D > 1\ 000$ 。

(2) 中型: $H \leq 350 \sim 630$ 、 $D = 500 \sim 1\ 000$ 。

(3) 小型: $H = 80 \sim 315$ 、 $D = 120 \sim 500$ 。

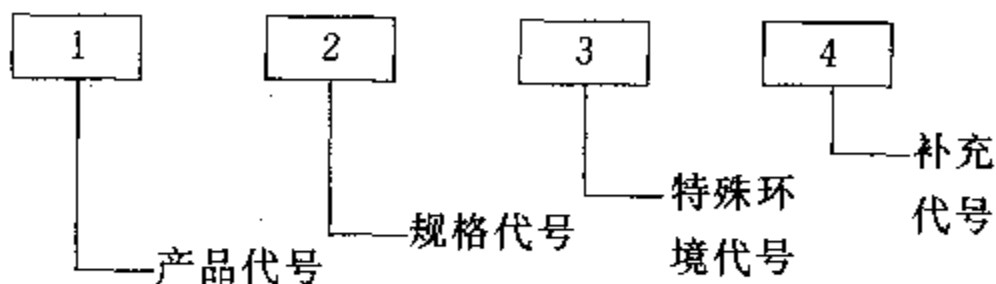
也可按冷却方式分为自冷式、自扇冷式及他扇冷式。还有的按使用环境分为普通、干热、湿热、防爆、户外、高原等等。

二、三相异步电动机的型号

1. 电动机产品型号

电动机产品型号是为统一国家产品的种类,便于使用、制造及设计部门进行业务上的联系和简化技术文件中产品名称、规格、形式等叙述而制定的一种代号。它由四部分组成,即产品代

号、规格代号、特殊环境代号和补充代号,排列顺序如下:



(1) 产品代号。电动机产品代号由电动机类型代号、电动机特点代号、设计序号和励磁方式代号 4 个小节顺序组成。

①类型代号:表示电动机的各种类型,采用汉语拼音字母表示,见表 1-2 规定。

表 1-2 电动机类型代号

产 品 名 称	新代号	汉字意义	旧代号
鼠笼式异步电动机	Y、Y-L	异	J、JO
绕线式异步电动机	YR	异绕	JR、JR0
防爆型异步电动机	YB	异爆	JB、JBS
防爆安全型异步电动机	YA	异安	JA
高起动转矩异步电动机	YQ	异起	JQ、JQ0

表中 Y、Y-L 系列是新产品。Y 系列定子绕组是铜线, Y-L 系列定子绕组为铝线。这两种系列因体积小、效率高、过载能力强,已取代了 J、JO 系列电动机。

②特点代号:表示电动机的性能、结构或用途,采用汉语拼音字母表示。

③设计序号:表示电动机产品的设计顺序,用阿拉伯数字表示,对于第一次设计的产品不标注序号。

④励磁方式代号:用字母表示三次谐波励磁,J 表示晶闸管



励磁, X 表示相变励磁。

(2) 电动机的规格代号。电动机的规格代号用中心高、铁心外径、机座号、机座长度、铁心长度、转速或极数表示, 主要系列产品见表 1-3 的规定选取。

表 1-3 系列产品的规格代号

系列产品	规格代号
小型异步电动机	中心高(mm)-机座长度(字母代号)-铁心长度(数字代号)-极数
中小型异步电动机	中心高(mm)-铁心长度(数字代号)-极数

说明:

①机座长度用国际通用字母符号表示, S 表示短机座, M 表示中机座, L 表示长机座。

②铁心长度按短至长顺序用数字 1、2、3……表示。

(3) 电动机特殊环境代号, 见表 1-4。按表中规定选用, 若同时适用于一个以上的特殊环境时, 则按表 1-4 顺序排列。

表 1-4 电动机特殊环境代号

特殊环境	代号	特殊环境	代号
“高原”用	G	“热”带用	T
“船”(海)用	H	“湿热”带用	TH
户“外”用	W	“干热”带用	TA
化工防“腐”用	F		

(4) 电动机的补充代号, 仅适用于有此要求的电动机。它用汉语拼音字母或阿拉伯数字表示。需要用补充代号代表其内容, 应在产品的标准中作出规定。

2. 电动机产品型号示例

- (1) Y 112S-6
 规格代号,表示中心高 112 mm,
 短机座,6 极
 类型代号,鼠笼式异步电动机
- (2) Y 500-2-4
 规格代号,表示中心高 500 mm,
 2 号铁心长,4 极
 类型代号,鼠笼式异步电动机
- (3) Y 355M2-4
 规格代号,表示中心高 355 mm,
 中机座,2 号铁心长,4 极
 类型代号,鼠笼式异步电动机
- (4) Y 90L-4
 规格代号,表示中心高 90 mm,
 长机座,4 极
 类型代号,鼠笼式异步电动机

第五节 三相异步电动机的一般要求和规定

一、一般技术要求

根据负载的性质和使用场所的不同,对小功率电动机的设计、制造,除各有些不同的特殊要求外,一般均符合以下基本要求:

- (1) 在各种运行条件下,电动机工作应有充分的可靠性。
- (2) 具有适当的工作特性指标,如合适的效率、较好的功率



因数等。

①电动机的效率就是其输出功率与输入功率之比,用百分数表示。如一台 40 kW 的电动机如果输入功率为 44.4 kW,则效率为 $40/44.4 \times 100\% = 90\%$ 。从使用的观点看,电动机效率越高,用电越省。

②功率因数是感应式电动机一个重要的技术经济指标。功率因数的高低直接影响到电站设备利用率的好坏。对于感应式电器都有一个这样的性质,就是必须从电路中占用比其实际所需功率大一些的无功功率,这就增加了发电设备不必要的负担,因此功率因数越高,发电设备的利用率也越高。

(3) 有较大的起动转矩和一定的过载能力。

①有较大的起动转矩。当用力推一个原来静止的物体时,一开始要花费较大力气,但该物体移动后,就不用原来那么大力气了。所有的机械也都有这种性质,因此当电动机拖动负载,起动时,要产生一个比较大的转矩(起动转矩)才能完成起动。所以电动机应该有较大的起动转矩。起动转矩一般用额定转矩的倍数表示。通常电动机的起动转矩是额定转矩的 1.2~2 倍。起动转矩越大的电动机,机械性能越好,反之,如果起动转矩太小,会产生电动机带不动负载的情况。

②具有一定的过载能力。指在电动机的正常运行中,所拖动的负载突然发生短时间的增大,电动机仍能拖动负载转动。当然,负载不能突然增加太大,电动机只具有一定的过载能力。

(4) 电动机在运行过程中,尽量振动小、噪声低,同时外形尺寸和安装方式要经济合理。

(5) 电动机的接线标志。国产 Y 系列电动机的接线标志见表 1-5。首端用 U1、V1、W1 表示,末端用 U2、V2、W2 表

示,星形连接和三角形连接如前所述。

表 1-5 Y 系列三相异步电动机接线端标志

首端	U1	V1	W1
末端	U2	V2	W2

二、铭牌值

每台电动机的机壳上都有一张铭牌,上面注明了这台电动机的一些必要的规格数据,如图 1-39 所示。在使用、检查和维修前,都要弄清楚铭牌上的各种数据和符号。

三相异步电动机

型号	<input type="text"/>	额定功率因数	<input type="text"/>
额定功率	<input type="text"/> kW	额定频率	<input type="text"/> Hz
额定电压	<input type="text"/> V	转子电压	<input type="text"/> V
额定电流	<input type="text"/> A	转子电流	<input type="text"/> A
接法	<input type="text"/>	环境温度	<input type="text"/> °C
额定转速	<input type="text"/> r/min	绝缘等级	<input type="text"/> 级
标准编号	<input type="text"/>	额定效率	<input type="text"/>
产品编号	<input type="text"/>	重量	<input type="text"/> kg
定额	<input type="text"/>	日期	年 月

× × × 电机厂

图 1-39 三相异步电动机铭牌

1. 型号

型号说明见本章第四节,掌握这一点对维修电动机也是有用的。如机座号码是代表大小的,如果要配一台电动机的机座,



不一定要到原制造厂去配,只要知道机座号码,其他制造厂的也可配置。

2. 标准编号

标准编号是指电动机产品按这个标准生产,技术数据能达到这个标准要求。一般有厂标、部标及国标,如 GB755-87。

3. 产品编号

产品编号是对每台电动机产品给予一个号码,以便于区别,否则所有试验结果和使用情况无法分别记录。

4. 额定功率

额定功率是指电动机在铭牌规定的条件下正常工作时,转轴上输出的机械功率,单位千瓦,记为 kW。如一台 10 kW 的电动机,就表示这台电动机转轴能长期带动功率为 10 kW 的工作机械。如果一台 10 kW 的电动机拖动 11 kW 的负载,虽可拖动,但负载过大,电动机易过热,其他性能可能变差,所以电动机一定要在额定功率下运行。电动机的功率除了用 kW 表示外,有的也用马力作为功率单位,1 英制马力等于 0.746 kW;1 公制马力等于 0.736 kW。为便于记忆,1 马力可认为大约等于 0.75 kW。

5. 额定电压

额定电压是指电动机在额定工作状况下运行时,定子绕组应加的线电压值。电压单位为伏特,记为 V。这里要注意 2 个问题,一是如果铭牌上标有 2 个电压数据,如 220 V/380 V,表示该电动机定子绕组在两种不同接法(Δ 接、Y 接)时的线电压;二是电动机只能按铭牌上规定的额定电压使用,但是允许电源电压和铭牌上规定的额定电压上下波动在 5% 以内,电动机仍可以运行,高于或低于这个值,电动机可能引起过热或带不动负载。

6. 额定电流

额定电流是指电动机在额定工作状况下运行时,定子绕组端输入的电流,单位为安培,记为 A。也应注意 2 个问题,一是如果铭牌上标有 2 个电流数据,如 26 A/15 A,表示定子绕组在两种不同接法(Δ 接法、Y 接法)时的输入电流;二是通过对规定的额定电流和电动机使用时的实际负载电流的比较,可以看出电动机的负载情况,是满载、不满载(轻载)、还是过载,以便设法调整负载,使电动机安全运行。

7. 接法

接法是指电动机定子绕组的 6 个引出线头的接线方法,即接成 Y(星)形,还是 Δ (角)形。接线时必须注意,电动机的电压、电流和接法三者之间的关系。如铭牌中标有额定电压 220 V/380 V,额定电流 14.7 A/8.49 A,接法 Δ /Y,说明电源电压不同时,对应着不同的接法,当电源电压为 220 V 时,电动机应接成 Δ 形;当电源电压为 380 V,应接成 Y 形。

8. 额定频率

额定频率是指输入交流电的频率,我国规定标准电源频率为 50 Hz。

9. 额定转速

额定转速是指电动机在额定功率时,转子每分钟的转速。如 1 450 r/min,表示额定转速为 1 450 r/min。电动机空载时,转速接近同步转速,满载时转速稍低。

10. 转子电压

转子电压是对绕线式感应电动机规定的一个指标。当绕线式感应电动机的定子施以额定电压,转子不转动时两滑环之间的电压。测量时要将转子的 3 个线头分开,然后定子施加额定



电压。

11. 转子电流

转子电流是对绕线式感应电动机规定的一个指标。当绕线式感应电动机的转子在额定工作状况下运行时,转子绕组出线端短路后,在转子绕组中的电流。于是可以根据转子的电压和电流选择合适的起动变阻器。

12. 绝缘等级

绝缘等级表示电动机在额定工作状况下运行时,绕组允许温度的升高值(即绕组温度比周围空气温度高出的数值)。允许温升的高低,取决于电动机使用的绝缘材料。绝缘材料的耐热等级见表 1-6。也有的电动机制造厂在铭牌上直接给出电动机的允许温升,如一台电动机其绕组允许温升为 60°C ,使用时,测得电动机绕组温度是 70°C ,当时室温为 20°C ,则绕组的实际温升为 50°C 。实际温升没有超过所允许的温升 60°C ,可以继续运行;超过允许温升,绕组容易受热而损坏。

表 1-6 绝缘材料的耐热等级

耐热等级	极限工作温度($^{\circ}\text{C}$)	绝缘材料及其制品举例
Y	90	棉纱、布带、纸
A	105	黄(黑)蜡布(绸)
E	120	玻璃布、聚酯薄膜
B	130	黑玻璃漆布、聚酯漆包线
F	155	云母带、玻璃漆布
H	180	有机硅云母制品、硅有机玻璃漆布
C	180 以上	纯云母、陶瓷、聚四氟乙烯

13. 额定功率因数

额定功率因数是指额定工作状况下正常运行时,定子绕组的相电压和相电流之间的相位差的余弦值。

14. 额定效率

额定效率是指电动机在额定工作状况下运行的效率。

15. 工作制或定额

工作制或定额用于说明电动机允许连续使用的时间。上面提到过 10 kW 电动机拖动 11 kW 的负载,定子绕组要过热,但不是马上过热,而是须经过一定时间才过热的。因此,在规定电动机的额定功率的同时,还需规定连续工作的时间。工作制或定额可分为:

(1) 连续工作制(S_1)。指这种电动机可长时间带额定负载,温升不会超过规定的值。

(2) 短时工作制(S_2)。指这种电动机不能连续使用,只能按规定的时间带额定负载工作,短时运行持续的时间有 10 min、30 min、60 min 和 90 min。

(3) 继续工作制($S_3 \sim S_8$)。指这种电动机工作是短时的,但可多次重复使用。

16. 制造年月

制造年月表示电动机产品的出厂日期。

17. 重量

重量是指这台电动机的总重量,单位为 kg(公斤)。

18. 制造厂名

标明厂名,便于用户与制造厂联系这台电动机的有关问题。

上述为较详细的铭牌数据值,有的电动机的铭牌上只列出有关的重要几项内容,如图 1-40 所示。



三相异步电动机		
型号 Y132M4	功率 7.5kW	频率 50Hz
电压 380V	电流 15.4A	接法 Δ
转速 1440r/min	绝缘等级 B	工作方式 连续
年 月 日	×××电机厂	

图 1-40 三相异步电动机铭牌

电动机铭牌除标注上述数据和符号外,对防护型电动机还标明了电动机的防护形式。 I_p 表示防护形式, I_p 后的第一个数字代表防尘等级,第二个数字代表防水等级,数字越大,表示防护的能力越强。

第二章 电动机修理常用工具及材料

第一节 电流表与电压表

一、电工仪表的常识

在电动机的安装、调试、运行、维修中,经常进行电流、电压、功率等电量的测量。为帮助读者合理选择仪表及正确使用仪表,首先对电工仪表的常识进行简要介绍。

1. 电工仪表分类

电工仪表按所用的测量方法不同,可分为指示仪表和比较仪表两类。指示仪表的特点是直接将被测电量转换为可动部分的偏转角位移,并通过指示器在标尺上显示被测电量的大小,如电压表、电流表等。比较仪表的特点是将被测量与已知标准量进行比较,从而确定被测量大小的仪表,如电桥等测量仪器。

指示仪表按工作原理分,可分为磁电系(动圈式)、电磁系(动铁式)、电动系、感应系、整流系、静电系等。磁电系仪表由于灵敏度和准确度高,广泛用于直流电路中电流和电压的测量,制作直流标准表。电磁系仪表结构简单,过载能力强,稳定性好,成本低,是交、直流两用表,广泛用于交流电路中电流和电压的测量。电动系仪表除了可以做成交、直流两用外,还可以做成测量功率用的功率表。



2. 电工仪表准确度等级

电工仪表的准确度等级可分为 0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5、5.0 级共 7 个。一般说来,准确度等级越高(数值越小)的仪表,其测量误差越小,价格也越高。但是仪表的准确度等级并不就是测量结果的准确度,因为后者不仅与仪表准确度等级有关,还与仪表的量限有关。只有在测量过程中仪表运用于满量限时,测量结果的准确度才等于仪表准确度。据此,选用仪表时,不要盲目追求准确度等级,要根据被测量值的大小以及对测量结果准确度的要求,兼顾仪表准确度等级和测量上限值进行合理选择。通常,0.1 级和 0.2 级的仪表用作标准表,0.5 级至 1.5 级用于实验,1.5 级至 5.0 级用于工程测量。

3. 指示仪表的符号

仪表的表面有许多标记符号,它们表征了仪表的基本技术特性,只有在识别之后,才能正确选择和使用仪表。表 2-1~表 2-7 列出了几种常用仪表标记符号。

表 2-1 指示仪表表面测量单位的符号

名称	符号	名称	符号
安培	A	千赫	kHz
毫安	mA	兆赫	MHz
微安	μ A	千瓦	kW
千伏	kV	瓦特	W
伏特	V	功率因数	$\cos\Phi$
毫伏	mV	兆欧	M Ω
赫兹	Hz	千欧	k Ω
千赫	kHz	欧姆	Ω

表 2-2 仪表工作原理的符号




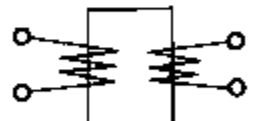
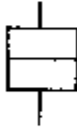
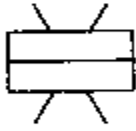
名称	符号	名称	符号
磁电系仪表		磁电式比率表	
电磁系仪表		电磁式比率表	
电动系仪表		电动系比率表	

表 2-3 准确度等级符号



名称	符号
以标尺量限百分数表示的准确度(例 1.5 级)	1.5
以标尺长度百分数表示的准确度(例 1.5 级)	
以指示值百分数表示的准确度(例 1.5 级)	

表 2-4 绝缘强度的符号

名称	符号
不进行绝缘强度试验	
绝缘强度试验电压 500 V	
绝缘强度试验电压 2kV	

电动机维修入门丛书



表 2-5 工作位置的符号

名称	符号
垂直放置	\perp (↑)
水平放置	\sqcap (→)
倾斜 60° 放置	$\angle 60^\circ$

表 2-6 防外磁场和电场等级符号

等级	符号	等级	符号
I 级防外磁场		II 级防外磁场及电场	
I 级防外电场		III 级防外磁场及电场	

表 2-7 端钮、调零器的符号

名称	符号	名称	符号
负端钮	—	与外壳相连的端钮	
正端钮	+	与屏蔽相连的端钮	
公共端钮		调零器	
接地端钮			

二、电流表

电流表按测量电流的种类分,可分为交流电流表和直流电

流表两种。电流表的外形如图 2-1 所示。

使用电流表前,应选择电流表的量程大于被测电流值,最好使电流表指针指向不少于满刻度 $2/3$ 的区域。在测量超过仪表量程的被测电量时,直流电流表可采取并联电阻分流的方法扩大量程,交流电流表可采用电流互感器来扩大量程。

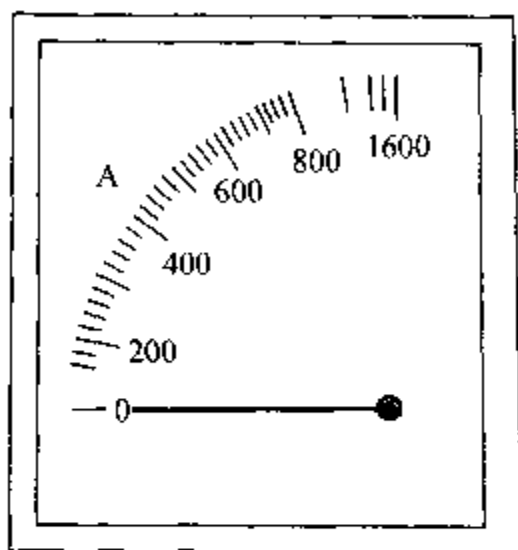
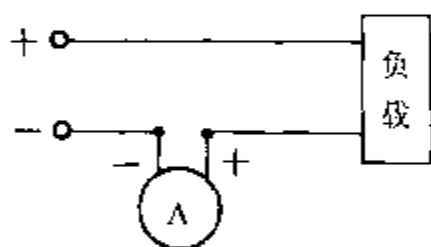
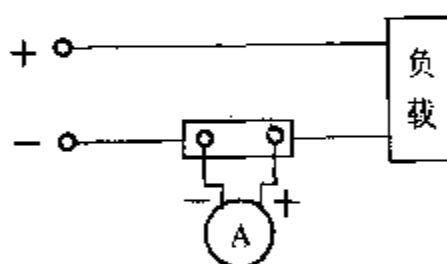


图 2-1 电流表外形

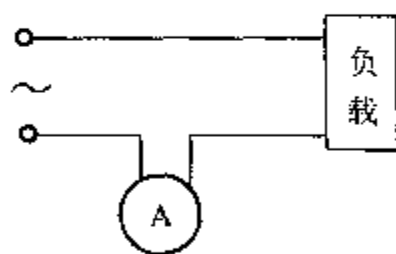
电流表的接线方法如图 2-2 所示。



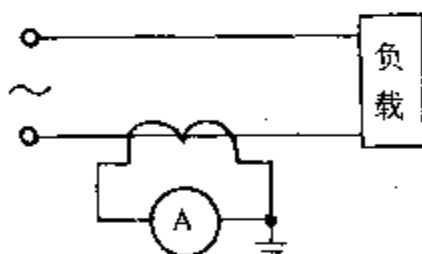
(a) 直流电流表直接接入



(b) 直流电流表带分流器接法



(c) 交流电流表直接接入



(d) 交流电流表带电流互感器接法

图 2-2 电流表接线方法

1. 电流表接线的注意事项

(1) 直流电流表接线时,要让电流从表“+”极流入,“-”极



流出。反接会造成指针反转,损坏仪表。

(2) 交流电流表与互感器配合使用时,电流互感器的一次绕组与负载串联,二次绕组接电流表并且接地。电流互感器的二次回路不得开路。

(3) 电流表接入电路时,要在断电的情况下进行。

2. 电流表的读数方法

电流表的读数方法有以下几种:

(1) 电流表直接接入,根据指针指示直接读数。

(2) 直流电流表带分流器接入,被测电流的实际值等于表头的读数乘以电流量程扩大倍数 K 。

(3) 交流电流表带电流互感器接入,被测电流实际值等于仪表的读数乘以电流互感器变比 K 。

三、电压表

电压表按测量电压的种类分,有直流电压表和交流电压表两种,其外形如图 2-3 所示。

电压表量程的选择与电流表相同。直流电压表可以通过串联电阻器进行分压的方法来扩大量程。交流电压表可以通过带电压互感器来扩大量程。但要注意,电压互感器二次回路不得短路,一次绕组前应加熔断器。

电压表的接线方法如图 2-4

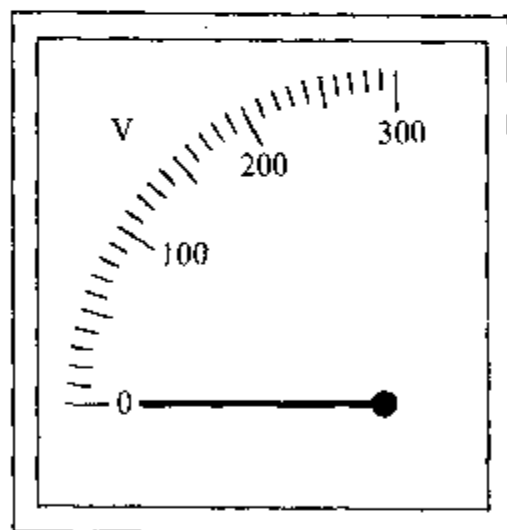
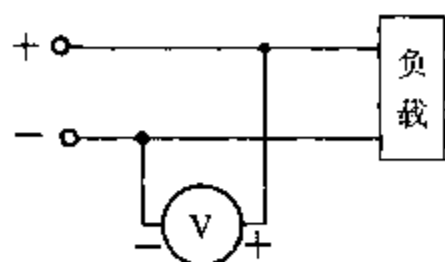


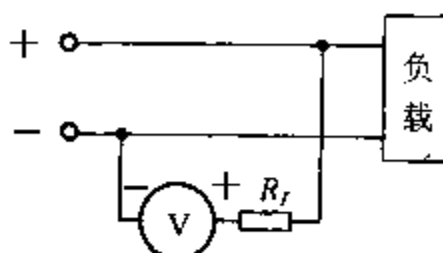
图 2-3 电压表外形



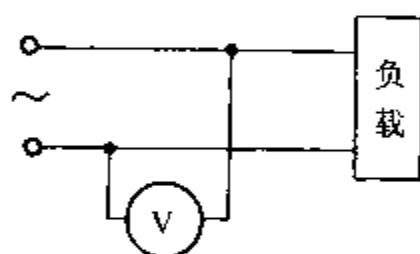
所示。电压表的读数方法类似于电流表。



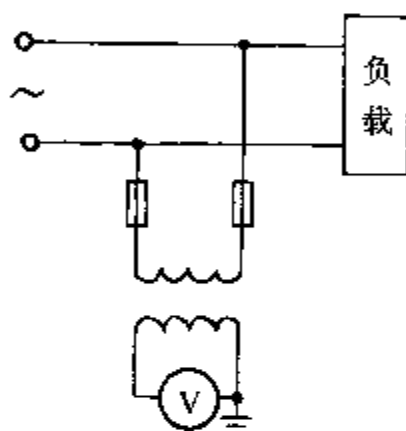
(a) 直流电压表直接接入



(b) 直流电压表带倍率电阻接法



(c) 交流电压表直接接入



(d) 交流电压表带电压互感器接法

图 2-4 电压表接法

第二节 万用表

万用表是多用途仪表。一般的万用表可以用来测量直流电流、直流电压、交流电压、电阻和音频电平等量，有的还可以用来测量交流电流、电感、电容及晶体三极管的电流放大倍数等参数。万用表按指示形式分，有指针式万用表和数字式万用表两种。



一、指针式万用表

1. 结构

指针式万用表主要由测量机构(又称表头)、测量电路和转换开关组成。表头用以指示被测量的数值;测量电路把各种被测量转换成电流;转换开关实现对不同测量电路的选择,以适应各种测量的需要。

常见指针式万用表的外形如图 2-5 所示。

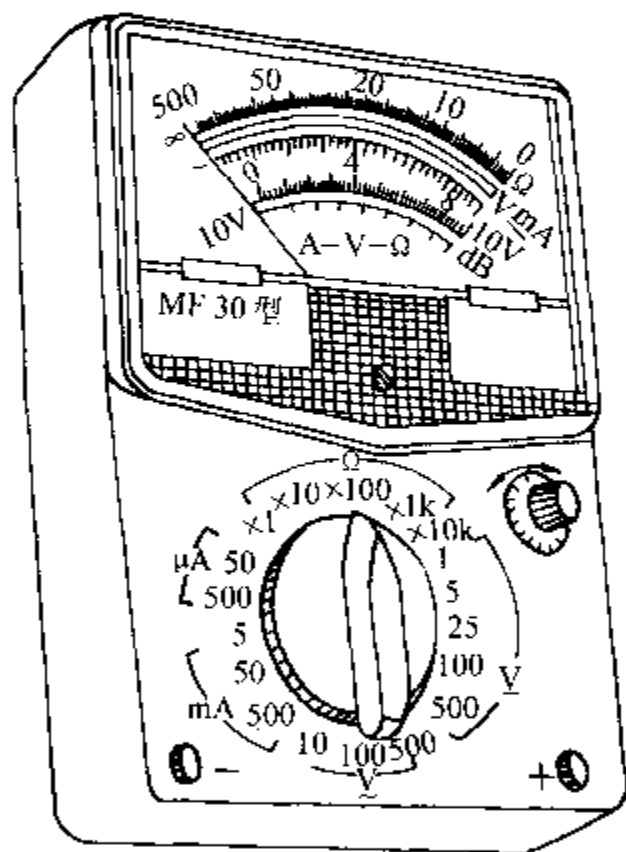


图 2-5 MF30 型万用表外形图

2. 表盘刻度线

指针式万用表的表盘刻度线一般有 5 条,如图 2-6 所示。

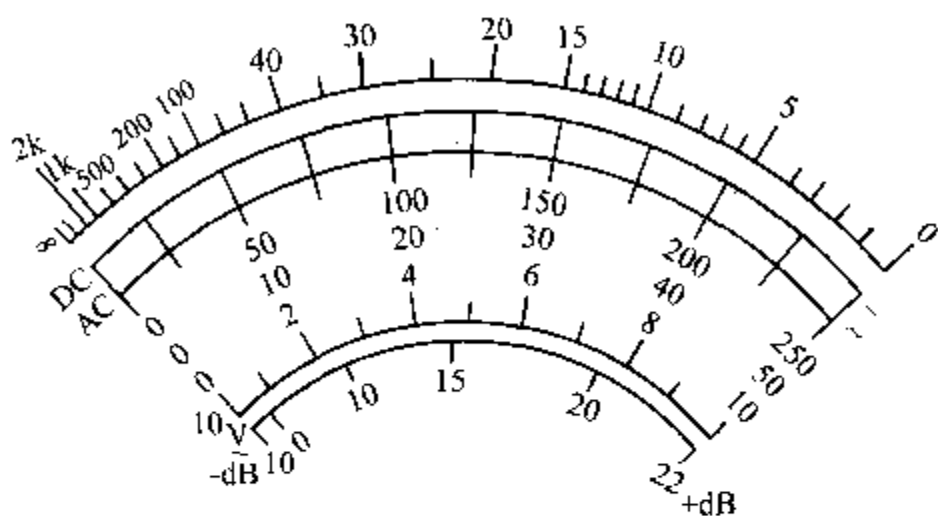


图 2 6 表盘刻度线

表盘上,从上往下数,第一条刻度线上标有“ Ω ”字样,表明该刻度线上的数字为被测电阻值;第二条刻度线两端标有“DC”,用于测量直流电压、直流电流;第三条刻度线两端标有“AC”,用于测量交流电压;第四条刻度线标有 10V ,是专供 10V 交流电压挡测量时用的;第五条刻度线表示被测电平的分贝数。

第三条线与第四条线之间有 3 组数字,是第二、三、四条刻度线共用的,各组数字分别与各自的测量量程挡相对应。

3. 万用表的使用方法

使用万用表前,应检查指针是否在零位。如果指针偏离零位,可以用螺丝刀调整表头上的机械调零旋钮,使指针对准零位,如图 2-7 所示。然后,将红表棒插入“+”孔,黑表棒插入“*”孔。

(1) 测量交流、直流电压。先将转换开关拨至“ V ”或“ V ”挡的适当量程再进行测量。例如测量交流 220V 电压,先将转换开关拨到“ V ”挡 250V 量程上,然后把红、黑表棒分别与电源

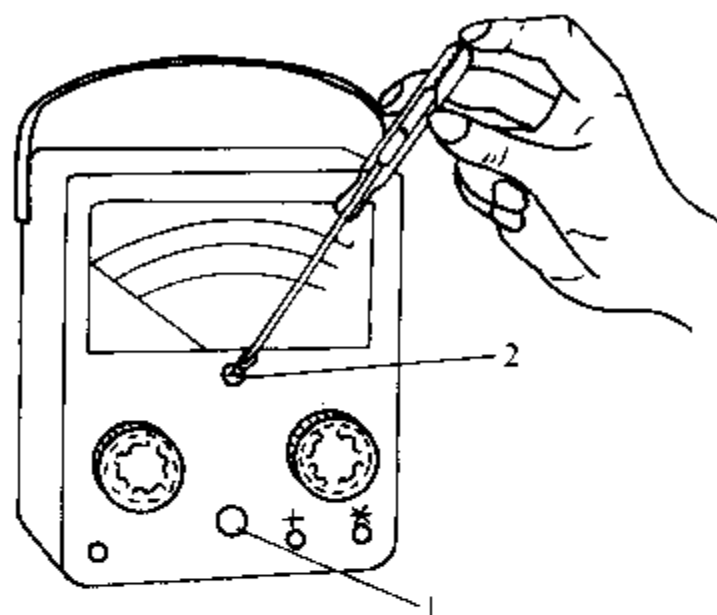


图 2-7 机械调零

1-“欧姆调零”旋钮；2-机械调零旋钮

两端接触，指针指示的数值即为被测的交流电压。如果测量的是直流电压，应把转换开关旋到“V”挡的适当量程上。检测时要注意电源的极性，以防表棒的极性与电源极性相反而打坏指针。

(2) 测量直流电流。先将转换开关拨到直流电流挡的适当量程上，再把万用表串联在被测电路中，红表棒接电源正极，黑表棒接电源负极。应注意表棒的极性不能搞错，否则会损坏表针。若无法估计被测电流大小，应将转换开关旋到最大量程上，再逐步减小量程。

(3) 测量电阻。估计待测电阻的数值后，将转换开关拨到适当的电阻挡，例如，测百欧、千欧数量级拨到 $R \times 100$ 挡，测千欧以上数量级拨至 $R \times 1k$ 电阻挡。然后将黑(负)、红(正)表棒短接，这时表的指针会向右端偏转，调节“欧姆调零”旋钮，使偏转的指针恰好在零欧姆刻度线处，如图 2-8 所示。

准备好被测电阻(或电动机绕组)，分别将万用表的红、黑表

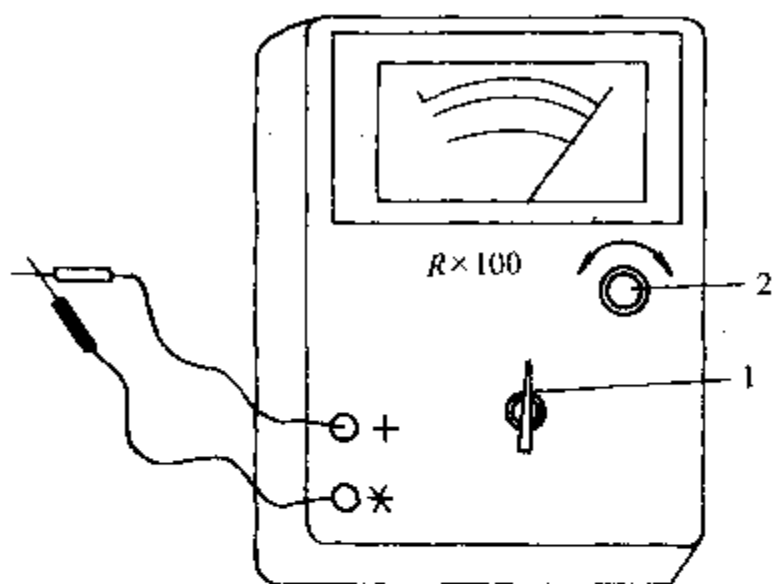


图 2-8 零欧姆调整

1-量程转换开关;2-“欧姆调零”旋钮

棒搭在被测电阻两端引线上。此时在欧姆刻度线上的指针所指的读数再乘以转换开关所指的倍率就是被测电阻的电阻值。即：电阻值=读数×倍率。

由于欧姆刻度线左边刻度较密，不容易看准，所以测量时应通过选择倍率，使表针停留在刻度线的中部或稍靠右边，这样读数比较清楚准确。

(4) 检测电容。在修理单相电动机时，经常要利用万用表检测电容器好坏。在利用万用表检测电容器之前，首先要用螺丝刀或表棒的金属部分将电容器两极短接进行放电，然后把转换开关拨到“Ω”挡的 $R \times 1k$ 或 $R \times 10k$ 挡，将两表棒分别接触电容器两端，这时指针很快摆动一下又较慢地回到原位。若将表棒对调后再测试，指针的摆动幅度更大且能复位，说明电容器是好的。电容器的检测如图 2-9 所示。

在测量过程中，指针摆动越大，电容器的电容量越大。若指

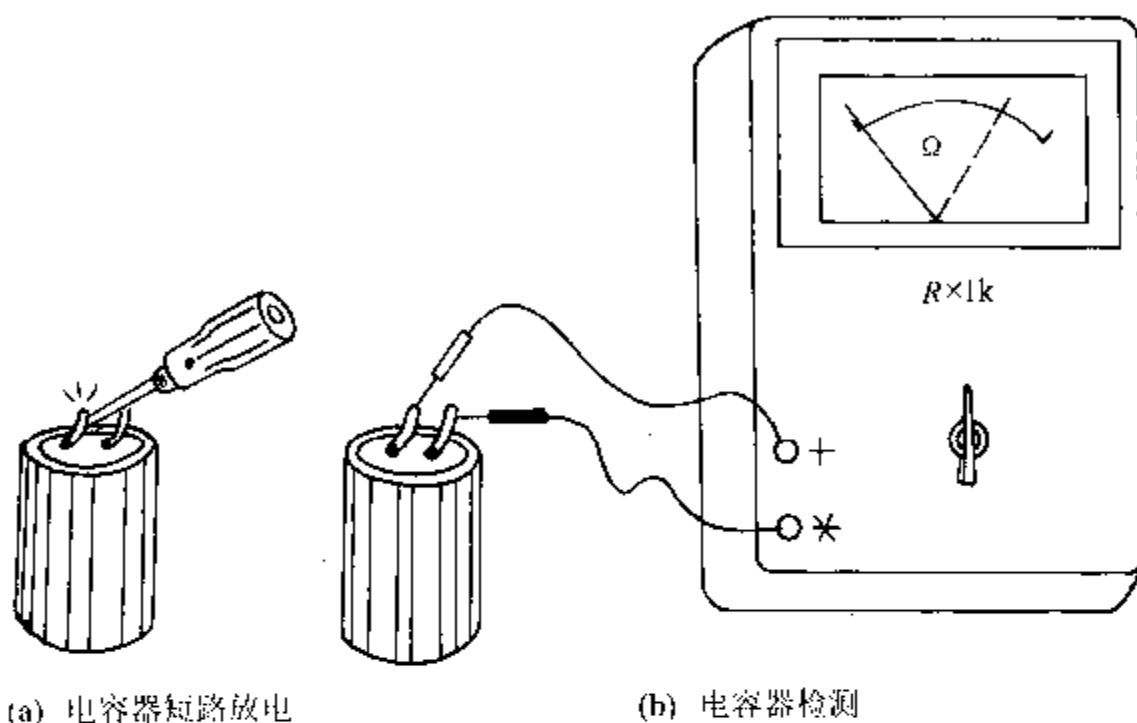


图 2-9 电容器检测

针摆动后不能复位而停留在某一刻度线上,说明电容器漏电,指针指示的电阻就是电容器的漏电电阻;若指针右偏至欧姆零位且不返回,说明电容器短路失效;若指针不动,说明电容器内部断路损坏。

4. 使用万用表的注意事项

万用表是比较精密的仪表,如果使用不当,就会造成测量不准确或万用表损坏。

(1) 在使用万用表之前,必须仔细检查转换开关是否置于适当的位置。切不可用电阻挡或电流挡来测量电压,否则会把万用表烧坏。

(2) 测量直流电压、电流时,切不可将表棒正、负极性换错。如果发现表针向左偏转,应立即调换表棒,以免损坏指针和表头。

(3) 转换开关在变换挡位时,切不可带电操作,以免大电流

或高电压烧坏转换开关的触点。

(4) 测量电阻时,每次变换电阻挡的量程范围都必须进行零欧姆校准。若将两表棒短接,调零旋钮旋至最大后,指针仍达不到零欧姆处,则表明表内电池电压不足,应换上新电池后才能使用。

(5) 测量完毕,应将转换开关拨到 OFF 挡或最高交流电压挡。

二、数字式万用表

数字式万用表具有测量精度高、输入阻抗高、显示直观、过载能力强、功能全、耗电省、体积小等优点,得到了广泛的应用。

数字式万用表的型号很多,这里以 DT-830 型为例,介绍数字式万用表的功能及使用方法。

1. 数字式万用表的面板

图 2-10 所示为 DT-830 型数字式万用表的面板。

(1) 液晶显示屏。液晶显示屏有 $3\frac{1}{2}$ 数位,最大可显示“1999”或“-1999”。在测量直流电流和电压时,能自动显示极性,若测量值为负,则显示数字前面会带有“-”号。当选择小量程时,显示屏上小数点的位置会自动左移;当表内电池电压低于仪表电路工作电压时,则显示屏左端将出现箭头,提醒使用人员更换电池;当显示屏左端出现“1”或“-1”时,即提醒使用人员输入已超过量限。

(2) 选择量程开关。它可作 360° 旋转切换,用于转换工作种类。量程开关周围标有刻度,并用不同颜色和分界线标出各种不同工作状态的范图。在仪表面板上有 2 个较为特别的符

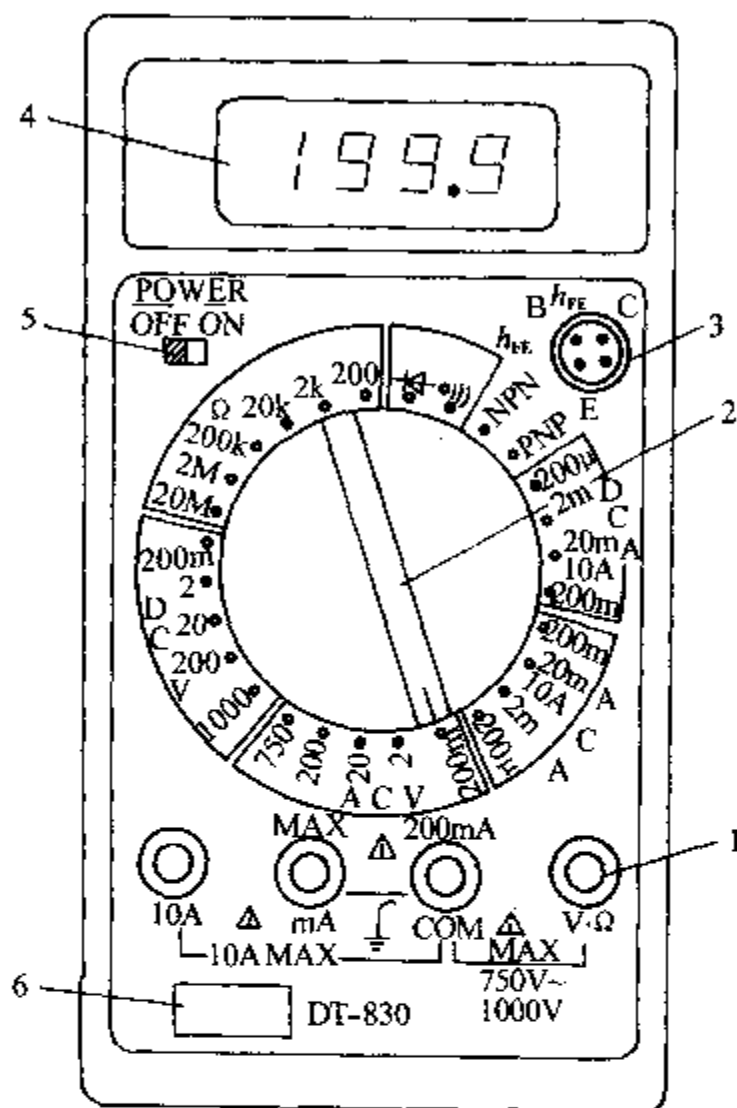


图 2-10 DT-830 型数字式万用表面板

1-输入插孔;2-量程转换开关;3- h_{FE} 插口;4-液晶显示屏;5-电源开关;6-铭牌号,其含义如图 2-11 所示。

(3) 输入插口。输入插口共有 4 个:COM、V· Ω 、mA 和 10A。COM 是公用插口,为黑表棒专用;其他 3 个插口则为红表棒专用,根据工作种类或测量值大小可适当选用。

(4) 电源开关。电源开关标有“OFF”和“ON”,即“关”和“开”。

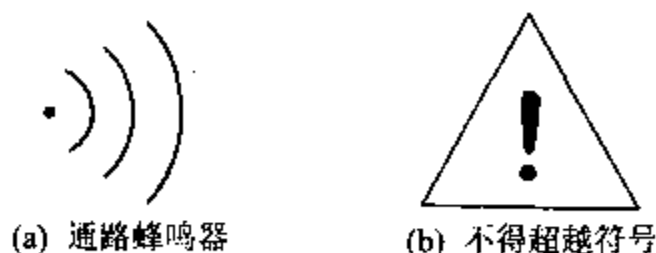


图 2-11 面板上特殊符号

(5) 三极管测试插孔“ h_{FE} ”。标有“B”、“C”处可分别插入三极管的基极和集电极，“E”有两孔，作用都一样，供插入发射极。

2. 数字式万用表的使用

(1) 测量直流电压。将选择量程开关旋到“DC V”区域内，选择适当量程，黑表棒插入“COM”插口，红表棒插入“V· Ω ”插口，红、黑表棒分别接在直流电源的正、负极上，这时显示屏上便会显示测量的电压值。

(2) 测量交流电压。表棒所插的插口不变，根据被测量的估计数值，将选择量程开关旋到“AC V”内适当量程挡，测量方法与测量直流电压相同。

(3) 测量直流电流。当测量的电流小于 200 mA 时，红表棒应插入“mA”插口，黑表棒插入“COM”插口，按照测量值的大小，选择“DC A”内的挡位，将仪表串接入测量回路后，即可显示读数。若被测电流估计大于 200 mA 时，则把量程开关拨至相应位置，再将红表棒插入“10 A”插口，此时读数以 A 为单位。

(4) 测量交流电流。测量交流电流的方法与测量直流电流的方法相同，仅是将选择量程开关旋到“AC A”范围内的适当挡位。

(5) 测量电阻。红表棒插入“V· Ω ”插口，黑表棒插入“COM”公用插口，把选择量程开关旋到“ Ω ”范围内的适当挡位，



把电源开关拨到“ON”位置,便可测量。

测量时,如果显示屏左端出现“1”字,应加大量程,如果显示结果为零,可减小量程再测量。

(6) 检查电路的通断。把选择量程开关拨到“通路蜂鸣器”符号处,黑表棒插入“COM”插口,红表棒插入“V· Ω ”插口,用两根表棒触及被测电路时,若表棒之间电路的电阻值小于 20Ω ,就会发出蜂鸣声,则说明电路处于通路状态,反之,则表示电路不通或接触不良。

(7) 检查半导体二极管。把选择量程开关旋到“ ∇ ”符号的位置上,黑表棒插入“COM”插口,红表棒插入“V· Ω ”插口,将表棒接触被测二极管两端。如果红表棒接的是二极管正端,黑表棒接的是二极管负端,则显示的数字为二极管的正向压降。硅二极管的正向压降介于 $0.5\sim 0.8\text{V}$ 之间;锗二极管的正向压降介于 $0.25\sim 0.3\text{V}$ 之间。如果被测二极管内部短路或开路,将分别显示“0.00”或“1”(显示屏左端)。相反,如果把红表棒接在二极管的负端,黑表棒接在二极管的正端,假设管子是好的,则显示屏左端出现“1”字。若二极管已损坏,则显示“0.00”或其他数字。

(8) 测量三极管的 h_{FE} 。把待测三极管插入三极管测试孔,三极管的 B、C、E 脚要对准测试孔中的 B、C、E 孔插入。根据三极管的类型,把转换开关拨到与三极管相应的挡位上(“NPN”或“PNP”)确认无误后,接通电源(电源开关拨到“ON”位置上),显示屏上所显示的数值即为该三极管的 h_{FE} 值。

3. 数字式万用表的使用注意事项

(1) 数字式万用表不能在高温、烈日、高湿度环境中使用或保存,否则容易损坏显示屏的液晶材料。

(2) 数字式万用表不能反映连续变化的量,例如检查电解

电容器的充放电过程。若使用数字式万用表很不直观,应该采用普通指针式万用表。

(3) 在使用 200Ω 挡测电阻时,应先将两表棒相碰短路,测出两表棒的电阻值,然后从测得电阻的阻值中减去此电阻值,才是被测电阻的实测值。

(4) 数字式万用表一般只能测量 $45\sim 500\text{Hz}$ 的低频信号,不能测量高频信号。若工作频率超过 2kHz ,测量误差很大。

第三节 钳形电流表

钳形电流表可以在不断开电路的情况下测量电流,其外形如图 2-12 所示。

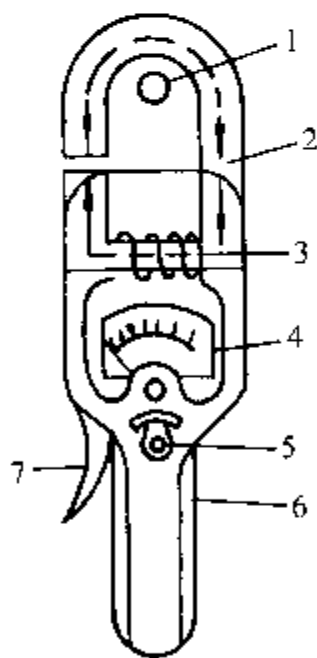


图 2-12 钳形电流表外形

- 1-被测导线;2-铁心;3-二次绕组;4-表头;
5-量程调节开关;6-胶杆柄;7-铁心开关



钳形电流表是根据电流互感器原理制成的,一般的钳形电流表只用来测量交流电流,如 T-301、MG24 等型号。还有一种交、直流两用的钳形表,它是用电磁系测量机构做成的,如 MG20、MG21 等型号。

一、钳形电流表的使用方法

使用钳形电流表测量电流时,将量程调节开关拨到合适位置,手持胶木手柄,用食指勾紧铁心开关,将被测导线从铁心缺口引入到铁心中央,然后松开食指,铁心自动闭合,被测导线的电流就在铁心中产生交变磁力线,表上就感应出电流,可直接从表盘面上读出被测电流值,如图 2-13 所示。

测量小于 5A 以下的电流时,为了获得准确的读数,可将导线多绕几圈放进钳口进行测量,但实际的电流数值应为读数除以放进钳口内的导线根数。

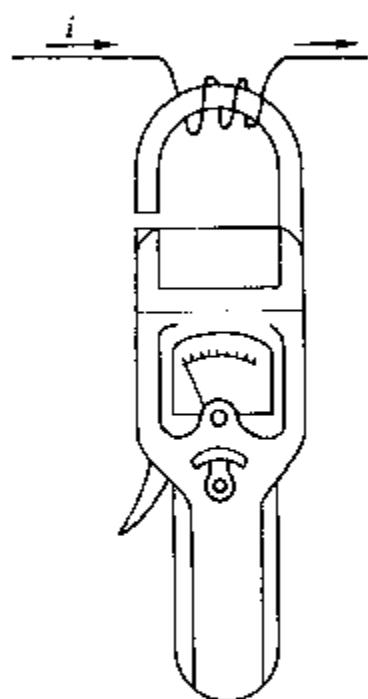


图 2-13 小电流的测量

二、钳形电流表的使用注意事项

(1) 钳形表不得测量高压线路的电流,被测线路的电压不能超过钳形表所规定的使用电压,以防击穿绝缘。

(2) 测量前应估计被测电流的大小,选择适当的量程,不要用小量程去测量大电流。对被测电流大小心中无数时,应将量

程调节开关置于最高量程挡,然后根据测量值的大小,变换到合适的量程。应注意不要在测量过程中切换量程。

(3) 为了提高测量的准确度,被测导线应置于钳口中央部位,并且使钳口的两接合面接触良好,如有杂声,可将钳口重新合一次。

(4) 测量结束应将量程调节开关转到最大量程挡,以便下次安全使用。

第四节 兆欧表

兆欧表又称摇表,是用于测量电气设备或供电线路绝缘电阻的一种可携式仪表,它的计量单位是兆欧,用“ $M\Omega$ ”符号表示。

兆欧表与其他仪表不同的是表本身带有高压电源。这个高压电源多采用手摇直流发电机,在测量时需要摇动发电机的手柄。手摇发电机所产生的电压,有 500 V, 1 000 V, 2 500 V, 5 000 V 等几种。目前,还有利用晶体管直流变换器来代替手摇发电机的兆欧表,如 ZC30 型兆欧表,使用更方便。常用兆欧表的外形如图 2-14 所示。

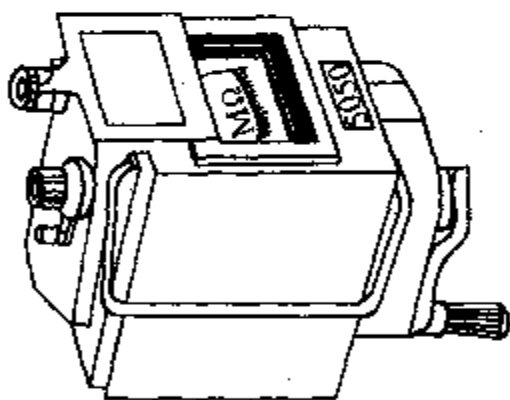


图 2-14 兆欧表的外形



一、兆欧表的选择

兆欧表的选用主要是选择兆欧表的电压及测量范围。

对于额定电压在 500 V 以下的电气设备,应选用电压等级为 500 V 或 1 000 V 的兆欧表;额定电压在 500 V 以上的电气设备,应选用 1 000~2 500 V 的兆欧表。

选择测量范围时,应注意不要使兆欧表的测量范围过多地超出所需测量值,以减少测量误差。

二、测量前的准备

(1) 使被测设备完全不带电。进行测量前必须切断被测设备的电源,并接地短路放电。决不允许兆欧表带电测量设备的绝缘电阻,以防发生人身和设备事故。

(2) 被测物体表面应清洁干净。测定设备的绝缘电阻,目的在于了解设备内部的绝缘性能,而表面绝缘随各种外界影响而变动,如果设备表面脏污,会使测得的结果不准确。

(3) 兆欧表放置位置的选择。兆欧表应放在平稳的地方使用,以免摇动发电机手柄时,表身晃动而影响读数。放置地点应远离大电流的导体和有强外磁场的场合,以免影响读数。

(4) 对连接线的要求。兆欧表与被测设备之间用单根绝缘线分开连接。两根线不可缠绞在一起,也不可与被测设备和地面接触,以免导线绝缘不良而产生测量误差。

(5) 对兆欧表本身的检查。在兆欧表未接上被测物体之前,先摇动其手柄作开路试验,看指针是否指在“ ∞ ”处;再将“L”和“E”两接线柱短接,慢慢地摇动手柄,看指针是否指在“0”处,若能分别指在“ ∞ ”或“0”处,说明兆欧表是好的。

三、接线

兆欧表有 3 个接线柱,其中 2 个较大的接线柱分别标有“线路”(L)和“接地”(E),另一较小的接线柱上标有“保护”或(“屏蔽”)(G)。一般测量时只用“线路”和“接地”两接线柱,“保护”接线柱只在被测物体表面漏电很严重的情况下才使用。

(1) 测量电动机相间绝缘电阻的接线方法。拆开电动机三相绕组之间的连接,分别取出被测两相绕组的 2 个线头与兆欧表的“L”和“E”接线柱相连接,如图 2-15(a)所示。

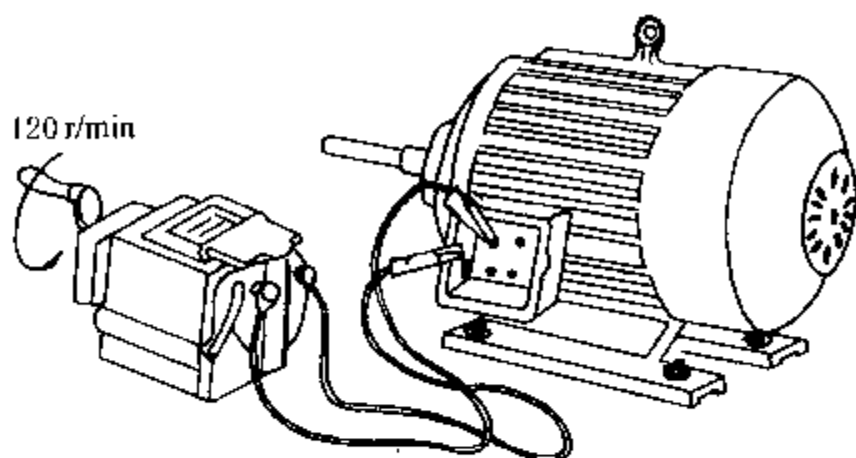
(2) 测量电动机绕组对地绝缘电阻的接线方法。将兆欧表上“L”接线柱与电动机绕组相连,兆欧表上“E”接线柱与电动机金属外壳连接,如图 2-15(b)所示。

(3) 测量电缆的绝缘电阻的接线方法。测量电缆的导线芯与电缆外壳的绝缘电阻时,除将被测两端分别接(E)和(L)两接线柱外,还需将(G)接线柱引线接到电缆壳芯之间的绝缘层上,如图 2-15(c)所示。

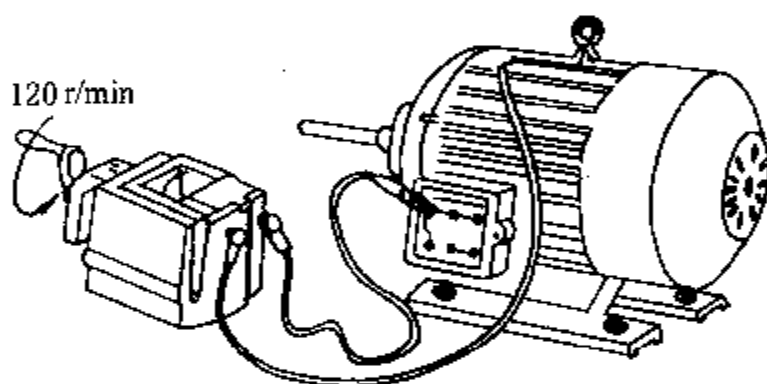
四、测量

(1) 手摇发电机的摇速。测量时,摇动手柄的速度由慢逐渐加快,并保持 120 r/min 左右的转速 1 min 左右,切忌忽慢忽快,而使指针摆动。

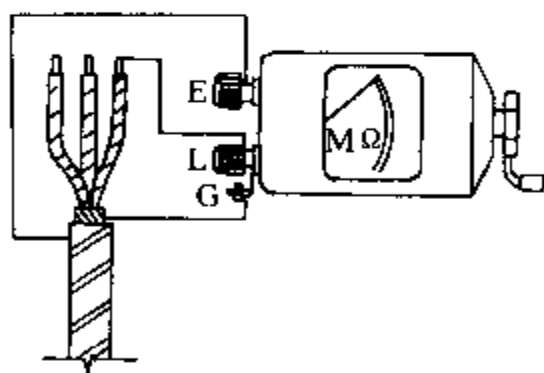
(2) 读数。由于绝缘电阻随着测量时间的长短而不同,所以一般采用摇动手柄 1 min 后读数为准。



(a) 检查绕组相间绝缘



(b) 检查绕组对地绝缘



(c) 测量电缆绝缘电阻

图 2-15 兆欧表的使用方法

第五节 转速表

一、离心式转速表

转速表是用来测量电动机或其他机械设备转速的一种仪表,其结构如图 2-16 所示。

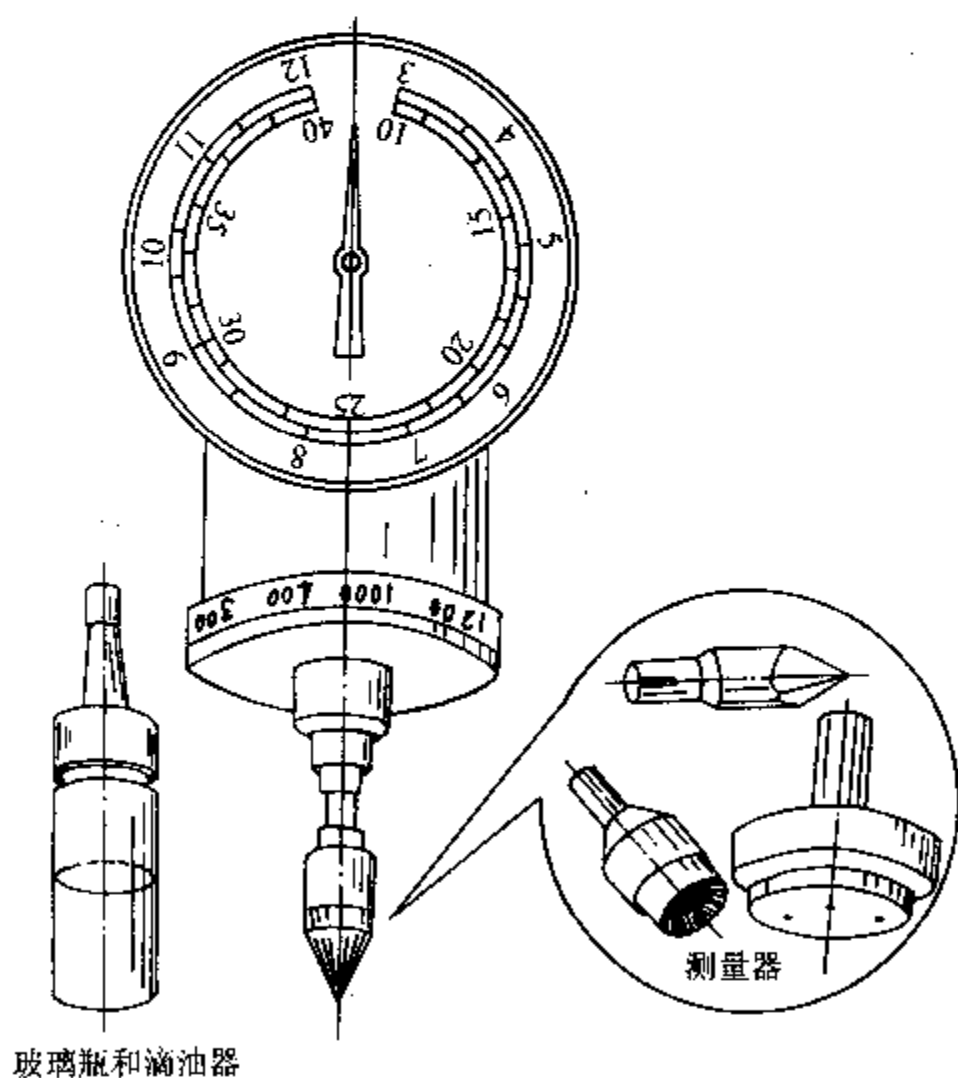


图 2-16 转速表的结构及配件



一般每只转速表应配备橡皮头、嵌环圆锥体、硬质三角针、漏斗、转轴、纹锤分支器、钟表油和滴油器。

为了减少转速表表盘刻度的不均匀性,可选取合适的转速表(指各种参量及测量范围)。离心式转速表通常制成多量程的,如 L2-60 型转速表有以下几挡量程:60~240 r/min;200~800 r/min;600~2 400 r/min;2 400~8 000 r/min;6 000~24 000 r/min,在这种转速表表盘上通常有 2 条刻度标尺,分别适用于 2 组量程。

使用离心式转速表的注意事项主要有以下几点:

(1) 转速量限的选择。首先将调速盘转到所需测量的转速范围内(即将调速盘上的刻度数值转到与表盘处于同一水平面),便可进行测量。若调速盘的数值在 I、II、V 挡,则测得的转速应为刻度盘外圈的数值再分别乘以“10”、“100”、“1 000”。若调速盘的数值在 III、IV 挡,则测得的转速应为刻度盘内圈的数值再分别乘以“10”、“100”。

(2) 操作时不能用低速挡测高转速,应根据被测转轴的转速,选择调速盘的挡数。若不知被测转轴转速范围,可用高速挡测量一个大概数值,然后用相应转速挡进行测量。

(3) 转速表轴与被测转轴接触时,应使两轴心对准,动作要缓慢,同时要使两轴保持在一条直线上。

(4) 测量时,指针偏转与被测转轴转向无关,表轴与被测转轴不要顶得过紧,以两轴接触时不产生相对滑动为准。

(5) 转速表在使用前应加注润滑油(可以从外壳和调速盘上的油孔注入)。

二、数字式转速表

数字式转速表测量精度高,测量范围宽,使用方便,应用广泛。图 2-17 所示为 SZG-20 型数字转速表的外形及表面。它的测量范围为 $25 \sim 25\,000 \text{ r/min}$ 和 $2.5 \sim 2\,500.0 \text{ r/min}$ 。

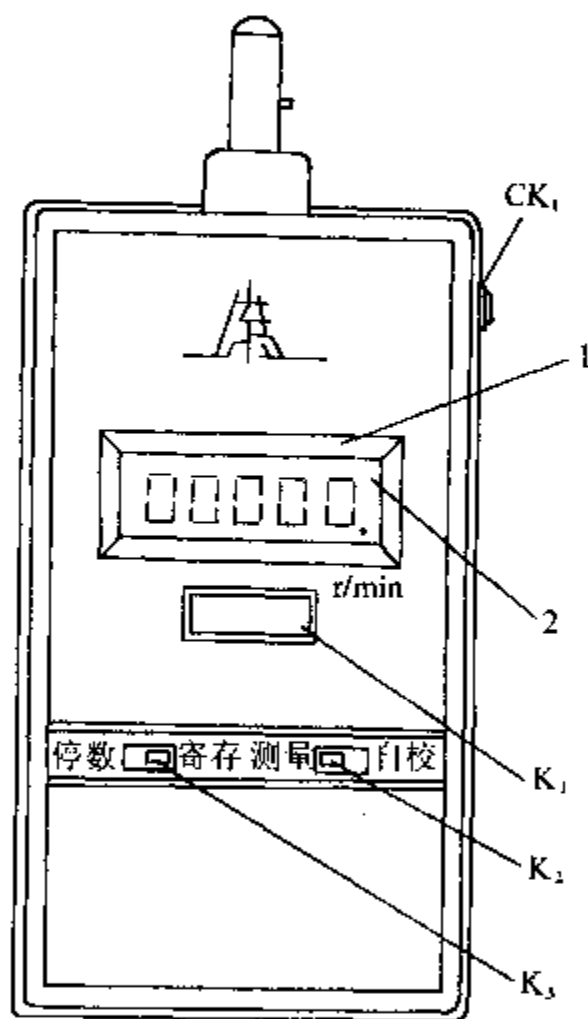


图 2-17 SZG-20 数字式转速表

1-电源电压报警点;2-工作指示点;CK₁-外接讯号插孔;
K₁-电源开关;K₂-工作选择开关;K₃-显示状态开关



1. 各开关功能

K_1 为电源开关,是测速仪的总开关。

K_2 为工作选择开关,拨到“自校”时,液晶显示值若为 32768,说明仪表工作正常,拨到“测量”处即可进行测量。

K_3 为显示状态开关,在测量时拨到“寄存”处,读数为被测转速值。如果要保持测量结果,应在测量结束前将 K_3 拨到“停数”位置,此时即使切断仪表电源,测量结果仍能保持半分钟左右,以便记录。重新测量时仍须拨回“寄存”位置。此功能适用于在环境窄小、光线较暗的场所测量。

CK_1 为外接讯号插孔,用于对外来信号进行频率测量,测量范围为 6~50kHz。若外接转速传感器,还可进行远距离测量。

2. 使用注意事项

(1) 选择合适的测量连接件(如橡皮接头),将其装在表轴端部,按下电源开关即可进行测量。当表轴与被测转轴接触时,动作应缓慢,同时使两轴保持在一条直线上。

(2) 测量时,表轴与被测转轴不应顶得过紧,以两轴不产生相对滑动为准。测量结果与转轴旋转方向无关,并可直接读出转速值。

(3) 当显示屏显示电源电压报警点时,表示仪表电池需要更换。

(4) 仪表不能长期直接承受紫外线辐射,以免液晶显示屏加速老化。

第六节 千分尺、游标卡尺、塞尺、线规

一、千分尺

千分尺是一种精密量具。生产中常用的千分尺的测量精度为 0.01 mm ，一般用于测量加工精度要求较高的零件。千分尺的结构形状如图 2-18 所示。

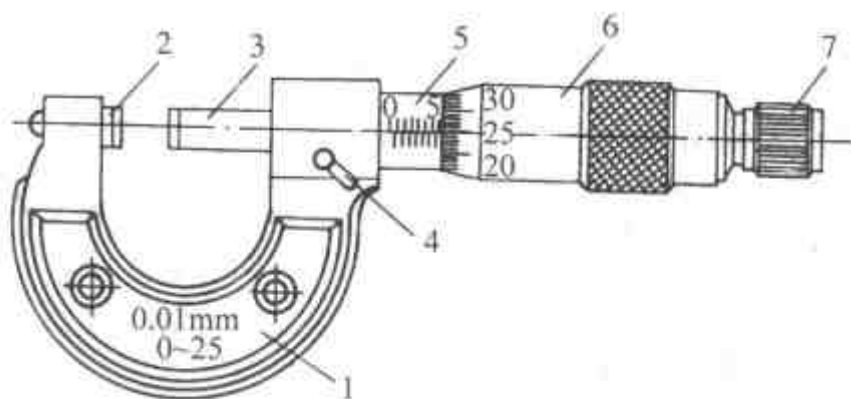


图 2-18 千分尺

1-尺架;2-固定测砧;3-活动测杆;4-止动器;5-固定套筒;6-活动套筒;7-棘轮

1. 测量方法

- (1) 测量前将千分尺测量面擦拭干净后,才能检查零位。
- (2) 将工件被测表面擦拭干净,保证测量准确。
- (3) 用单手或双手握持千分尺对工件进行测量。一般先转动活动套筒 6,当千分尺的测量面刚接触到工件表面时,改用棘轮 7。当听到测力控制装置发出“嗒嗒”声,停止转动,即可读数。

2. 读数方法

读数时,要先看清内套筒(即固定套筒)5 上露出的刻度线,



读出毫米数或半毫米数,然后再看清外套筒(活动套筒)6的刻度线和内套筒的指向刻度线所对齐的数值(每格为0.01 mm),将两个读数相加,其结果就是被测量值。例如,图2-19(a)所示的读数为:6.05 mm;(b)为35.12 mm。

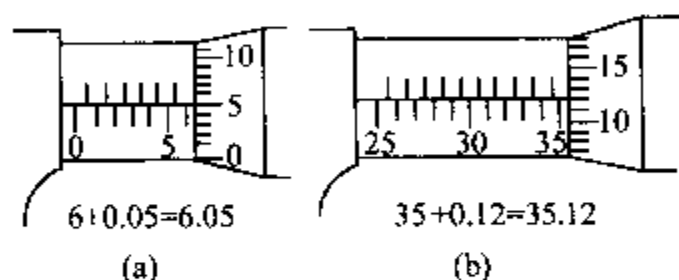


图2-19 千分尺读数

3. 注意事项

不能用千分尺测量毛坯,更不能在工件转动时测量。使用完毕后要擦干净测量面并加油防锈,放入盒中。

二、游标卡尺

游标卡尺是一种结构简单、比较精密的量具,可以直接量出工件的外径、内径、长度和深度,其结构如图2-20所示。它由主尺和副尺组成。主尺和固定卡脚制成一体,副尺和活动卡脚

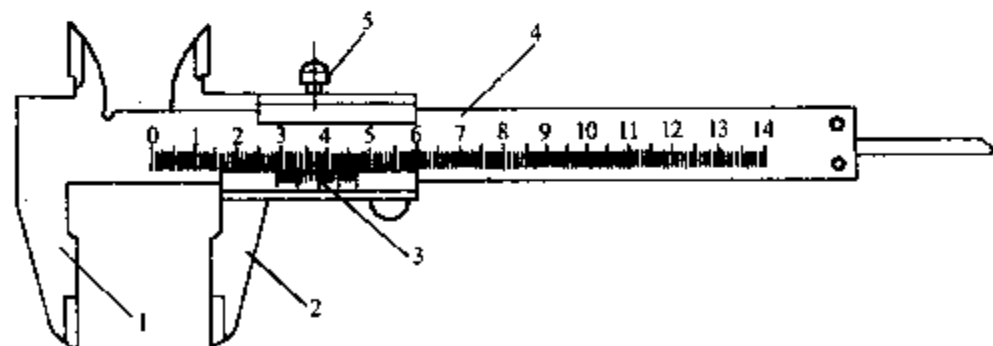


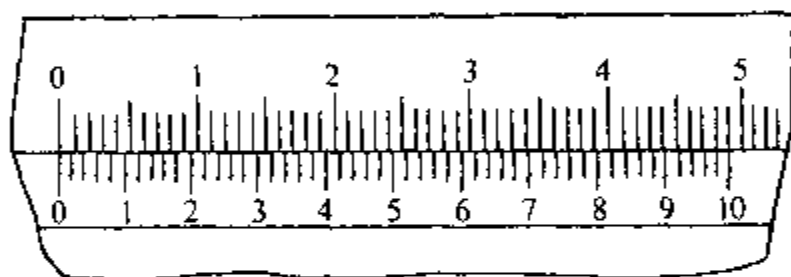
图2-20 游标卡尺

1-固定卡脚;2-活动卡脚;3-副尺;4-主尺;5-制动螺钉

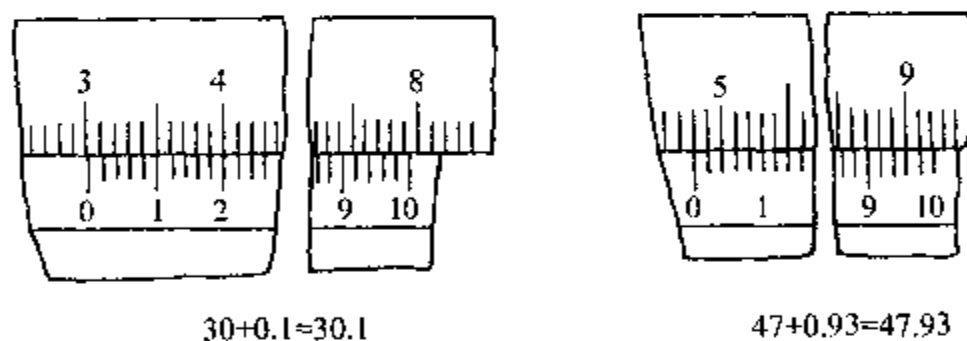
制成一体,并能在主尺上滑动。游标卡尺有 0.02 mm、0.05 mm、0.1 mm 3 种测量精度。

1. 游标卡尺刻度线原理

图 2-21(a)所示为 0.02 mm 游标卡尺的刻度线原理。主尺每小格是 1 mm,当两卡脚合拢时,主尺上 49 mm 刚好等于副尺上 50 格。副尺每格为 $49/50$ mm 即 0.98 mm,主尺与副尺每格相差为 $1\text{ mm} - 0.98\text{ mm} = 0.02\text{ mm}$ 。因此,它的测量精度为 0.02 mm。



(a) 0.02mm 游标卡尺刻线原理



(b) 0.02mm 游标卡尺的尺寸读法

图 2-21 游标卡尺的尺寸读法

2. 游标卡尺的读数方法

在游标卡尺上读尺寸时可以分为 3 个步骤:

(1) 读整数。即读出副尺零线左面主尺上的整毫米数。



(2) 读小数。即读出副尺与主尺对齐刻度线处的小数毫米数。

(3) 把两次读数加起来。

图 2-21(b)所示是 0.02 mm 游标卡尺的尺寸读法。

用游标卡尺测量工件时,应使卡脚逐渐靠近工件并轻微地接触。同时注意不要歪斜,以防读数产生误差。

三、塞尺

塞尺又称测微片或厚薄规,由许多各种厚度的薄钢片组成,如图 2-22 所示。它用于检验 2 个结合面之间的间隙大小。

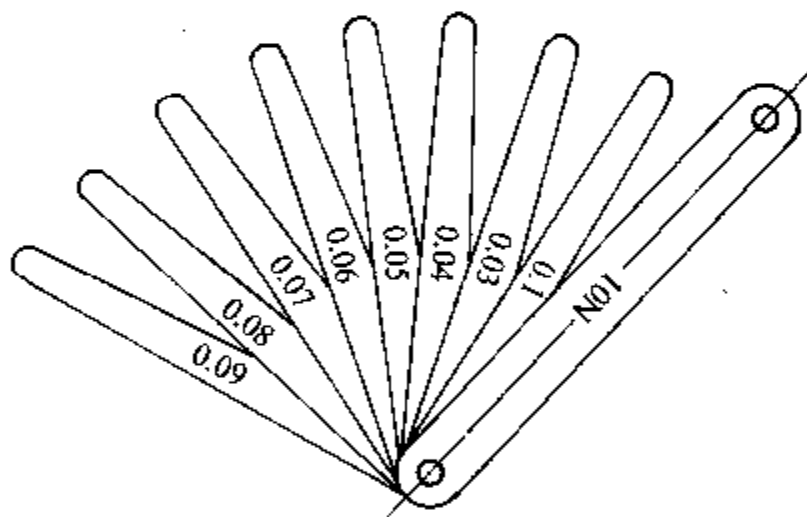


图 2-22 塞尺

塞尺的长度有 50、100、200 mm 3 种,厚度为 0.03 ~ 0.1 mm,中间每片相隔 0.01 mm。

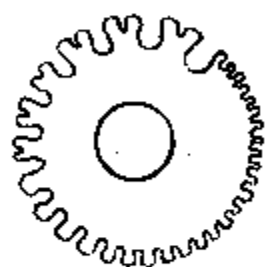
使用塞尺时,根据间隙大小,可用一片或多片重叠在一起插入间隙内。但要注意以下几点:

- (1) 使用前必须擦干净厚薄规和工件上的灰尘和油污。
- (2) 测量时不能施加压力,以免弯曲和折断。

(3) 不能测量温度较高的工件。

四、线规

如果不需要很精确地测量电磁线的线径，则用线规是十分方便的。线规的外形如图 2-23 所示。



线规周边有很多不同大小的开口处，好像卡钳的卡脚，如果某一电磁线恰好能通过某一缺口，那么这根导线就属于这个缺口所标的线规号，查表 2-8 和 2-9 便可得知线径。

图 2-23 线规

表 2-8 英美线规对照表

线规号	相当于线规号的线径(mm)		线规号	相当于线规号的线径(mm)	
	A. W. G(B. S)	S. W. G		A. W. G(B. S)	S. W. G
0000	11.68	10.16	10	2.588	3.251
000	10.40	9.449	11	2.305	2.946
00	9.266	8.839	12	2.053	2.642
0	8.252	8.230	13	1.828	2.337
1	7.348	7.620	14	1.628	2.032
2	6.544	7.010	15	1.450	1.829
3	5.827	6.401	16	1.291	1.626
4	5.189	5.893	17	1.150	1.422
5	4.621	5.835	18	1.024	1.219
6	4.115	4.877	19	0.911 6	1.016
7	3.665	4.470	20	0.811 8	0.914 4
8	3.264	4.064	21	0.722 9	0.812 3
9	2.906	3.658	22	0.643 9	0.711 2



续表

线规号	相当于线规号的线径(mm)		线规号	相当于线规号的线径(mm)	
	A. W. G(B. S)	S. W. G		A. W. G(B. S)	S. W. G
23	0.573 3	0.609 6	37	0.113 1	0.172 7
24	0.510 6	0.558 8	38	0.100 7	0.152 4
25	0.454 7	0.508 0	39	0.089 69	0.132 1
26	0.404 9	0.457 2	40	0.079 85	0.121 9
27	0.360 6	0.416 6	41	0.071 12	0.111 8
28	0.321 1	0.375 9	42	0.063 35	0.101 6
29	0.285 9	0.345 4	43	0.056 41	0.091 44
30	0.254 8	0.335 3	44	0.050 24	0.081 28
31	0.226 8	0.294 6	45	0.044 73	0.071 12
32	0.201 9	0.274 3	46	0.039 84	0.060 96
33	0.179 8	0.254 0	47	0.035 47	0.050 80
34	0.160 1	0.223 7	48	0.031 59	0.040 64
35	0.142 6	0.214 3	49	0.028 13	0.030 48
36	0.127 0	0.193 0	50	0.025 05	0.025 40

注：S. W. G 是英国标准线规，A. W. G 是美国线规（明布朗，夏普线规）。

表 2-9 中国线规与近似英规对照表

中国线规		近似英规(S. W. G)		中国线规		近似英规(S. W. G)	
直径 (mm)	标称截面 (mm ²)	线号	直径 (mm)	直径 (mm)	标称截面 (mm ²)	线号	直径 (mm)
0.05	0.001 96	47	0.050 8	0.09	0.006 36	43	0.091 4
0.06	0.002 83	46	0.061 0	0.10	0.007 85	42	0.102
0.07	0.003 85	45	0.071 1	0.11	0.009 50	41	0.112
0.08	0.005 03	44	0.081 3	0.12	0.011 31	40	0.122

续表

中国线规		近似英规(S. W. G)		中国线规		近似英规(S. W. G)	
直径 (mm)	标称截面 (mm ²)	线号	直径 (mm)	直径 (mm)	标称截面 (mm ²)	线号	直径 (mm)
0.13	0.013 27	39	0.132	0.57	0.255		
0.14	0.015 39			0.59	0.273	23	0.610
0.15	0.017 67	38	0.152	0.62	0.302	23	0.610
0.16	0.020 1			0.64	0.322		
0.17	0.022 7	37	0.173	0.67	0.353		
0.18	0.025 5			0.69	0.374	22	0.712
0.19	0.028 4	36	0.193	0.72	0.407	22	0.712
0.20	0.031 4			0.74	0.430		
0.21	0.034 6	35	0.213	0.77	0.466		
0.23	0.041 5	34	0.234	0.80	0.503	21	0.813
0.25	0.049 1	33	0.254	0.83	0.541	21	0.813
0.27	0.057 3	32	0.274	0.86	0.581		
0.29	0.066 1	31	0.295	0.90	0.636	20	0.914
0.31	0.075 5	30	0.315	0.93	0.679	20	0.914
0.33	0.085 5			0.96	0.724		
0.35	0.096 2	29	0.345	1.00	0.785	19	1.016
0.38	0.113 4	28	0.376	1.04	0.850	19	1.016
0.41	0.132 0	27	0.417	1.08	0.916		
0.44	0.152 1	26	0.457	1.12	0.985		
0.47	0.173 5	26	0.457	1.16	1.057		
0.49	0.188 6			1.20	1.131	18	1.219
0.51	0.204	25	0.508	1.25	1.227	18	1.219
0.53	0.221			1.30	1.327		
0.55	0.238	24	0.559	1.35	1.431		



续表

中国线规		近似英规(S. W. G)		中国线规		近似英规(S. W. G)	
直径 (mm)	标称截面 (mm ²)	线号	直径 (mm)	直径 (mm)	标称截面 (mm ²)	线号	直径 (mm)
1.40	1.539	17	1.422	2.63	5.43	12	2.642
1.45	1.651	17	1.422	2.83	6.29	11	2.946
1.50	1.767			3.05	7.31	11	2.946
1.56	1.911			3.28	8.45	10	3.251
1.62	2.06	16	1.626	3.53	9.79	10	3.251
1.68	2.22			3.8	11.34		
1.74	2.38			4.1	13.2		
1.81	2.57	15	1.829	4.5	15.9	7	4.470
1.88	2.78			4.8	18.1	6	4.877
1.95	2.99			5.2	21.24	6	4.877
2.02	3.21	14	2.032	5.5	23.76	4	5.893
2.10	3.46			6.0	28.3	4	5.893
2.26	4.01	13	2.337	6.5	33.2	3	6.401
2.44	4.68	13	2.337	7.0	38.5	2	7.010

第七节 黑色金属材料

一、电动机转轴常用材料

中、小型电动机的转轴通常采用圆 45 钢或圆 35 钢,大、中型和有特殊要求的电动机,有的采用合金结构 30CrMn 钢或 CrMnTi20 等。

二、硅钢片

硅钢片是由含硅(0.5%~4.5%)的铁合金经轧制而成的片状材料。交流电动机的铁心是由硅钢片叠成的。

硅在硅钢片中的主要作用是提高导磁率,降低磁滞损耗,增加合金的电阻率,降低涡流损耗。

硅钢片按其制造工艺的不同分为热轧和冷轧两种。冷轧硅钢片又有单取向和无取向之分。单取向冷轧硅钢片的导磁率与轧制方向有关,沿轧制方向的导磁率较高,其他方向导磁率低。无取向冷轧硅钢片的导磁率没有方向性。

电动机制造中大量使用硅钢片,其厚度有 0.35 mm 和 0.5 mm 两种。冷轧无取向电工钢带(片)的牌号及性能见表 2-10;冷轧单取向电工钢带(片)的牌号及性能见表 2-11。

表 2-10 冷轧无取向电工钢带(片)的牌号及性能

公称厚度 (mm)	牌 号	最大铁损 $P_{1.5/50}$ (W/kg)	最小磁感 B_{50} (T)	理论密度 ρ (g/cm ³)
0.35	DW240-35	2.40	1.58	7.65
	DW265-35	2.65	1.59	7.65
	DW310-35	3.10	1.60	7.65
	DW360-35	3.60	1.61	7.65
	DW440-35	4.40	1.64	7.65
	DW500-35	5.00	1.65	7.75
	DW550-35	5.50	1.66	7.75



续表

公称厚度 (mm)	牌 号	最大铁损 $P_{15/50}$ (W/kg)	最小磁感 B_{50} (T)	理论密度 ρ (g/cm ³)
0.50	DW270-50	2.70	1.58	7.65
	DW290-50	2.90	1.58	7.65
	DW310-50	3.10	1.59	7.65
	DW360-50	3.60	1.60	7.65
	DW400-50	4.00	1.61	7.65
	DW470-50	4.70	1.64	7.65
	DW540-50	5.40	1.65	7.75
	DW620-50	6.20	1.66	7.75
	DW800-50	8.00	1.69	7.80
	DW1050-50	10.50	1.69	7.85
	DW1300-50	13.00	1.69	7.85
DW1550-50	15.50	1.69	7.85	

表 2-11 冷轧单取向电工钢带(片)的牌号及性能

公称厚度 (mm)	牌 号	最大铁损 $P_{15/50}$ (W/kg)	最小磁感 B_{10} (T)	理论密度 ρ (g/cm ³)
0.30	DQ113G-30	1.13	1.89	7.65
	DQ122G-30	1.22	1.89	
	DQ133G-30	1.33	1.89	
	DQ133-30	1.33	1.79	
	DQ147-30	1.47	1.77	
	DQ162-30	1.62	1.74	
	DQ179-30	1.79	1.71	
0.35	DQ117G-35	1.17	1.89	7.65
	DQ126G-35	1.26	1.89	
	DQ137G-35	1.37	1.89	
	DQ137-35	1.37	1.79	
	DQ151-35	1.51	1.77	
	DQ166-35	1.66	1.74	
	DQ183-35	1.83	1.71	

第八节 有色金属材料

电工常用的有色金属材料主要有铜和铝制品。

铜的导电性能好,在常温时有足够的机械强度,具有良好的延展性,便于加工,化学性能稳定,不易氧化和腐蚀,容易焊接,因此广泛用于制造电动机、电器的线圈和要求较高的动力线、电



气设备的控制线等。

铝的导电性能良好,但稍次于铜,然而由于铝资源丰富,价格低廉,故是目前推广使用的导电材料。导电用铜、铝材料的基本性能见表 2-12。

表 2-12 铜、铝的基本性能

物 理 量	铜(Cu)	铝(Al)
熔 点(°C)	1 084.5	658
密度(20°C)(10^3 kg/m^3)	8.9	2.7
电阻率(20°C)($10^{-3} \Omega \cdot \text{cm}$)	(软态)1.748 (硬态)1.790	(软态或半硬态)2.83 (硬 态)2.90
电阻温度系数(20°C)($10^{-3} 1/^\circ\text{C}$)	(软态)3.95 (硬态)3.85	(软态或半硬态)4.10 (硬 态)4.03
比热容(20°C)($\text{J/kg} \cdot ^\circ\text{C}$)	385.2	921.1
热导率(20°C)($\text{W/m} \cdot ^\circ\text{C}$)	386	217
线胀系数(20~100°C)($10^6 1/^\circ\text{C}$)	16.6	23
抗拉强度(MPa)	(软态)200~240 (硬态)300~450	(半硬态)95~140 (硬态)150~180
伸长率(%)	(软态)30~50 (硬态) >0.5	(软态)20~40 (硬态) >0.5

一、电磁线

电磁线是指应用于电动机、电器及电工仪表中,作为绕组或元件的绝缘导线。由于电磁线外面有绝缘材料,因此电磁线也有耐热等级。常用的电磁线的导电线心有圆形和扁形 2 种,按其绝缘又可分为漆包线和绕包线 2 种。

1. 漆包线

漆包线的绝缘层是漆膜,由在线心上涂覆绝缘漆经烘干而

成。其特点是漆膜均匀、光滑，绝缘层较薄，广泛用于中、小型电动机绕组的制作材料。常用漆包线型号及用途见表 2-13。

表 2-13 电动机常用漆包线型号及主要用途

型号	名称	主要特性及用途	耐热等级
Q	油性漆包圆铜线	适用于制造小型电动机、电器和仪表的绕组，绝缘层的机械强度较差	A
QQ	高强度聚乙烯醇缩醛漆包线	适用于制造电动机、电器、仪表的绕组，漆包线的机械强度高，电气性能好	E
QZ	高强度聚酯漆包圆铜线	适用于制造中、小型电动机、电器、仪表和电信等的绕组，机械强度较高，抗溶剂特性好	B
QY	耐高温聚酰亚胺漆包圆铜线	适用于制造耐温 200℃ 以下电动机、电器和仪表的绕组，具有耐放射性、耐油、耐药品、耐溶剂等性能	H

2. 绕包线

绕包线是用玻璃丝、绝缘纸或合成树脂薄膜紧密绕包在芯线上形成绝缘层，也有在漆包线上绕包绝缘层的。绕包线的特点是绝缘层比漆包线厚，能较好地承受过电压和过电流，一般用于大型电动机、变压器及电焊机等电工产品中。三相异步电动机常用玻璃丝包线的型号及规格等见表 2-14。

表 2-14 三相电动机常用玻璃丝包线

电磁线名称	产品型号	规格(mm)	耐热等级
双玻璃丝聚酯亚胺漆包线	QZYSBEFB	a 边 0.9~5.6 b 边 2.0~18.0	F
双玻璃丝包扁铜线	SBECEB	a 边 0.9~5.6 b 边 2.0~18.0	B
双玻璃丝包扁铝线	SBELCB	a 边 0.9~5.6 b 边 2.0~18.0	B



续表

电磁线名称	产品型号	规格(mm)	耐热等级
硅有机漆双玻璃 丝包扁铜线	SBEGB	a边 0.9~5.6 b边 2.0~18.0	H
硅有机漆双玻璃 丝包圆铜线	SBEG		H
单玻璃丝包聚酰 亚胺漆包扁铜线	QYSBGB	a边 0.9~5.6 b边 2.0~18.0	H
单玻璃丝包聚酯 漆包扁铜线	QZSECB	a边 0.9~5.6 b边 2.0~18.0	B

3. 电磁线的选用

电工产品对电磁线有不同的性能要求,因此,在修理电动机时最好采用与原规格型号相同的电磁线,不要轻易变更。如果没有原规格型号的电磁线,可以根据电动机的原性能、耐热等级选择合适的电磁线。漆包圆铜线的常用数据见表 2-15。

二、三相电动机的引出线

电动机绕组接好后,将引出线接到接线盒中的接线端子上。所用引出线的电气性能必须与电动机的耐热等级、电压、电流相适应,绝缘电阻要求高且稳定。引出线一般采用塑料绝缘软线,如 BVR、BVR-105 等型号,也可以采用电动机电器专用引接线,如 JBXF、JVR、JHG 等型号。无论采用何种引出线,均应套上玻璃丝绝缘管。引出线的规格按电动机的额定电流选择,详细见表 2-16。

表 2-15 漆包圆铜线常用数据

裸导线 直径 (mm)	允许公差 (mm)	裸导线 截面积 (mm ²)	20℃时直流 电阻计算值 (Ω/km)	漆包线最大外径 (mm)		漆包线近似质量 (kg/km)	
				Q	QZ、QQ QY、 QXY、QQS	Q	QZ、QQ QY、 QXY、QQS
0.020	±0.002	0.000 31	55 587	—	0.035	—	—
0.025	±0.002	0.000 49	35 574	—	0.040	—	—
0.030	±0.003	0.000 71	24 704	—	0.045	—	—
0.040	±0.003	0.001 26	13 920	—	0.055	—	—
0.050	±0.003	0.001 96	8 949	0.065	0.065	0.019	0.022
0.060	±0.003	0.002 83	6 198	0.075	0.090	0.027	0.029
0.070	±0.003	0.003 85	4 556	0.085	0.100	0.036	0.039
0.080	±0.003	0.005 03	3 487	0.095	0.110	0.047	0.050
0.090	±0.003	0.006 36	2 758	0.105	0.120	0.059	0.063
0.100	±0.005	0.007 85	2 237	0.120	0.130	0.073	0.076
0.110	±0.005	0.009 50	1 846	0.130	0.140	0.088	0.092
0.120	±0.005	0.011 31	1 551	0.140	0.150	0.104	0.108
0.130	±0.005	0.013 27	1 322	0.150	0.160	0.122	0.126
0.140	±0.005	0.015 39	1 139	0.160	0.170	0.141	0.145

裸导线 直径(mm)	允许公差 (mm)	裸导线 截面积 (mm ²)	20℃时直流 电阻计算值 (Ω/km)	漆包线最大外径(mm)		漆包线近似质量(kg/km)	
				Q	QZ、QQ QY、 QXY、QQS	Q	QZ、QQ QY、 QXY、QQS
0.150	±0.005	0.017 67	993	0.170	0.190	0.162	0.167
0.160	±0.005	0.020 1	872	0.180	0.200	0.184	0.189
0.170	±0.005	0.022 7	773	0.190	0.210	0.208	0.213
0.180	±0.005	0.025 5	689	0.200	0.220	0.233	0.237
0.190	±0.005	0.028 4	618	0.210	0.230	0.259	0.264
0.200	±0.005	0.031 4	558	0.225	0.240	0.287	0.292
0.210	±0.005	0.034 6	506	0.235	0.250	0.316	0.321
0.230	±0.005	0.041 5	422	0.255	0.280	0.378	0.386
0.250	±0.005	0.049 1	357	0.275	0.300	0.446	0.454
0.270	±0.010	0.057 3	306	0.31	0.32	0.522	0.529
0.290	±0.010	0.066 1	265	0.33	0.34	0.601	0.608
0.31	±0.010	0.075 5	232	0.35	0.36	0.689	0.693
0.33	±0.010	0.085 5	205	0.37	0.38	0.780	0.784
0.35	±0.010	0.096 2	182	0.39	0.41	0.876	0.884
0.38	±0.010	0.113 4	155	0.42	0.44	1.03	1.04

续表

裸导线 直径(mm)	允许公差 (mm)	裸导线 截面积 (mm ²)	20℃时直流 电阻计算值 (Ω/km)	漆包线最大外径(mm)		漆包线近似质量(kg/km)	
				Q	QZ、QQ QY、 QXY、QQS	Q	QZ、QQ QY、 QXY、QQS
0.41	±0.010	0.1320	133	0.45	0.47	1.20	1.21
0.44	±0.010	0.1521	115	0.49	0.50	1.38	1.39
0.47	±0.010	0.1735	101	0.52	0.53	1.57	1.58
0.49	±0.010	0.1886	93	0.54	0.55	1.71	1.72
0.51	±0.010	0.204	85.9	0.56	0.58	1.86	1.87
0.53	±0.010	0.221	79.5	0.58	0.60	2.00	2.02
0.55	±0.010	0.238	73.7	0.60	0.62	2.16	2.17
0.57	±0.010	0.255	68.7	0.62	0.64	2.32	2.34
0.59	±0.010	0.273	64.1	0.64	0.66	2.48	2.50
0.62	±0.010	0.302	58.0	0.67	0.69	2.73	2.76
0.64	±0.010	0.322	54.5	0.69	0.72	2.91	2.94
0.67	±0.010	0.353	49.7	0.72	0.75	3.19	3.21
0.69	±0.010	0.374	46.9	0.74	0.77	3.38	3.41
0.72	±0.015	0.407	43.0	0.78	0.80	3.67	3.70
0.74	±0.015	0.430	40.7	0.80	0.83	3.89	3.92

续表

裸导线 直径(mm)	允许公差 (mm)	裸导线 截面积 (mm ²)	20℃时直流 电阻计算值 (Ω/km)	漆包线最大外径(mm)		漆包线近似质量(kg/km)	
				Q	QZ、QQ QY、 QXY、QQS	Q	QZ、QQ QY、 QXY、QQS
0.77	±0.015	0.466	37.6	0.83	0.86	4.21	4.24
0.80	±0.015	0.503	34.8	0.86	0.89	4.55	4.58
0.83	±0.015	0.541	32.4	0.89	0.92	4.89	4.92
0.86	±0.015	0.581	30.1	0.92	0.95	5.25	5.27
0.90	±0.015	0.636	27.5	0.96	0.99	5.75	5.78
0.93	±0.015	0.679	25.8	0.99	1.02	6.13	6.16
0.96	±0.015	0.724	24.2	1.02	1.05	6.53	6.56
1.00	±0.015	0.785	22.4	1.07	1.11	7.10	7.14
1.04	±0.020	0.850	20.6	1.12	1.15	7.67	7.72
1.08	±0.020	0.916	19.1	1.16	1.19	8.27	8.32
1.12	±0.020	0.985	17.8	1.20	1.23	8.89	8.94
1.16	±0.020	1.057	16.6	1.24	1.27	9.53	9.59
1.20	±0.020	1.131	15.5	1.28	1.31	10.2	10.4
1.25	±0.020	1.227	14.3	1.33	1.36	11.1	11.2
1.30	±0.020	1.327	13.2	1.38	1.41	12.0	12.1

续表

裸导线 直径(mm)	允许公差 (mm)	裸导线 截面积 (mm ²)	20℃时直流 电阻计算值 (Ω/km)	漆包线最大外径(mm)		漆包线近似质量(kg/km)	
				Q	QZ、QQ QY、 QXY、QQS	Q	QZ、QQ QY、 QXY、QQS
1.35	±0.020	1.431	12.3	1.43	1.46	12.9	13.0
1.40	±0.020	1.539	11.3	1.48	1.51	13.9	14.0
1.45	±0.020	1.651	10.6	1.53	1.56	14.9	15.0
1.50	±0.020	1.767	9.93	1.58	1.61	15.9	16.0
1.56	±0.020	1.911	9.17	1.64	1.67	17.2	17.3
1.62	±0.020	2.06	8.50	1.71	1.73	18.5	18.6
1.68	±0.025	2.22	7.91	1.77	1.79	19.9	20.0
1.74	±0.025	2.38	7.73	1.83	1.85	21.4	21.4
1.81	±0.025	2.57	6.81	1.90	1.93	23.1	23.3
1.88	±0.025	2.78	6.31	1.97	2.00	25.0	25.2
1.95	±0.025	2.99	5.87	2.04	2.07	26.8	27.0
2.02	±0.025	3.21	5.47	2.12	2.14	28.9	29.0
2.10	±0.025	3.46	5.06	2.20	2.23	31.2	31.3
2.26	±0.030	4.01	4.37	2.36	2.39	36.2	36.3
2.44	±0.030	4.68	3.75	2.54	2.57	42.1	42.2



表 2-16 电动机引出线截面的选择

电动机额定 电流(A)	引出线截 面积(mm ²)	电动机额定 电流(A)	引出线截 面积(mm ²)
6以下	1	61~90	16
6~10	1.5	91~120	25
11~20	2.5	121~150	35
21~30	4	151~190	50
31~45	6	191~240	70
46~60	10	241~290	95

三、换向器梯形铜排

换向器在运行中既要导电,又要与电刷摩擦,同时还要承受离心力的作用。因此,要求换向器的材料具有良好的导电性、导热性、耐磨性、耐电弧性和较高的机械强度。目前应用的换向片材料,一般为电解紫铜冷拉梯形铜排。近年来,有些电动机厂为了提高换向器的耐热等级,以适应更恶劣的工作条件和具有较长的使用寿命,还采用了银铜、镉铜、铬铜、锆铜、稀土铜作为换向器的梯形铜排材料。这些铜排的型号及化学成分见表2-17。

表 2-17 换向器梯形铜排

型号	名称	材料化学成分(%)	
		铜+银 不小于	其中含银
TPT	梯形铜排	99.90	—
TH ₁₁ PT	一类梯形银铜合金排	99.90	0.08~0.15
TH ₁₂ PT	二类梯形银铜合金排	99.90	0.16~0.25

四、轴瓦材料

常用的轴瓦材料及代号见表 2-18。

表 2-18 常用轴瓦材料

材料	代号
锡基轴承合金	ChSnSb ₁₁ -6
铅基轴承合金	ChPbSb ₁₆ -16-1.8
	ChPbSb ₁₅ -5.5-2.8
	ChPbSb ₁₄ -10-1.8
铸造青铜	ZQPb ₃₀
锌铝青铜	ZZnAl ₁₀ -5

五、锡铅焊料和硬钎焊料

常用锡铅焊料的型号及性能见表 2-19, 硬钎焊料的型号及性能见表 2-20。

表 2-19 常用的锡铅焊料

牌号	主要成分(%)			熔点 (°C)	电阻率 (Ω·m)	应用举例
	Sn	Sb	Pb			
HISnPb50	49~51	≤0.8	100-Sn-Sb	210	1.56×10^{-7}	换向器与绕组引出线的焊接
HISnPb58-2	39~41	1.5~2.0	100-Sn-Sb	235	1.70×10^{-7}	各种线圈之间的焊接
HISnPb68-2	29~31	1.5~2.0	100-Sn-Sb	256	1.82×10^{-8}	线头上锡



表 2-20 常用硬钎焊料

牌号	主要成分(%)				熔化温度(°C)		电阻率 ($\Omega \cdot m$)
	Ag	Cu	Zn	P	固相线	液相线	
料 201	—	余量		8	840	710	0.28×10^{-6}
H _L AgCu ₆₀ -5(料 204)	15	余量	—	5	815	640	0.12×10^{-6}
H _L AgCu ₆₀ -25(料 303)	45	30	余量	—	725	660	0.097×10^{-6}
H _L AgCu ₅₀	50	50	—	—	850	779	0.025×10^{-6}

第九节 绝缘材料

绝缘材料又称电介质,由于其电阻率大于 $10^7 \Omega \cdot m$,因此在外加电压作用下,仅有极微小的电流通过,一般认为是不导电的。故绝缘材料的主要作用是用来隔断带电的或不同电位的导体。

绝缘材料在电工产品中占有极其重要的地位,按材料物理状态可分为:气体绝缘材料、液体绝缘材料、固体绝缘材料;按材料的化学成分可分为:无机绝缘材料、有机绝缘材料;按材料的耐热水平可分为 Y、A、E、B、F、H、C 等 7 个等级。每一个耐热等级对应一定的最高工作温度,在这个温度下能保证绝缘材料的长期使用而不影响其性能。绝缘材料的耐热等级见表 2-21。

表 2-21 绝缘材料耐热等级

耐热等级	最高工作温度(°C)	绝缘材料
Y	90	未浸渍过的棉纱、布带、木材等
A	105	青壳纸、油性漆布、漆绸等

续表

耐热等级	最高工作温度(℃)	绝缘材料
E	120	聚酯薄膜、聚酯树脂等
B	130	绝缘漆处理过的玻璃纤维织物、云母制品等
F	155	绝缘漆处理过的玻璃纤维织物
H	180	有机硅玻璃漆布、云母制品等
C	180 以上	石英、玻璃、石棉、陶瓷等

本节主要介绍三相电动机常用的绝缘材料。

一、绝缘漆

绝缘漆主要由漆基、溶剂、稀释剂、填料和颜料等组成。漆基是形成漆膜的物质,如合成树脂、天然树脂、干性植物油等。溶剂及稀释剂用来溶解漆基,调节漆的粘度和固体含量,对漆膜质量影响很大,它们在漆的成膜过程中逐渐挥发。

绝缘漆主要用来浸渍多孔性绝缘零部件或涂覆在工作、材料表面。绝缘漆按用途可分为浸渍漆和涂覆漆两大类。

1. 浸渍漆

浸渍漆主要用来浸渍电动机的线圈和绝缘零部件,以填充其间隙和微孔,并使线圈粘结成一个结实的整体,提高绝缘结构的耐潮性、导热性、击穿强度和机械强度。

浸渍漆可分为有溶剂浸渍漆和无溶剂浸渍漆两大类。

(1) 有溶剂浸渍漆具有渗透性好、贮存期长、使用方便、价格便宜等优点,但也存在浸渍次数多、烘焙时间长、固化慢等缺点。常用的有溶剂浸渍漆型号、特性及用途见表 2-22。



表 2-22 常用有溶剂浸渍漆型号、特性及用途

名称	型号	耐热等级	主要成分	特点及用途
沥青漆	1010 1011 L ₃₀ -9	A	石油沥青、干性植物油等。溶剂为 200 号溶剂汽油和二甲苯	耐潮,耐温度变化,适用于不要求耐油的电动机、电器线圈的浸渍
醇酸绝缘漆	1030 A ₃₀ -1	B	桐油、亚麻油、松香改性醇酸树脂。溶剂为 200 号溶剂汽油	耐油性和弹性好,漆膜平滑有光泽,适用于要求耐油的电动机线圈浸渍,也可作覆盖漆用
三聚氰胺醇酸漆	1032	B	油改性醇酸树脂、丁醇改性三聚氰胺树脂。溶剂为二甲苯和 200 号溶剂汽油	有较好的耐热、耐潮性能,电气性能较高,热固化性好,且耐电弧,供湿热地区电动机、电器线圈浸渍用
环氧酯漆	1033 H ₃₀ -2	B	亚麻油脂肪酸、环氧树脂和三聚氰胺树脂漆等。溶剂为二甲苯和丁醇	有较好的耐油、耐热、耐潮和电气性能,机械强度高,适用于湿热带和化工用电动机、电器线圈的浸渍
聚酯浸渍漆	155 Z ₃₀ -2	F	干性植物油、改性对苯二甲酸聚酯树脂。溶剂为二甲苯和丁醇	耐热性、电气性能较好,粘结力强,供浸渍 F 级电动机、电器线圈用
有机硅浸渍漆	1053 W ₃₀ -1	H	有机硅树脂。溶剂为二甲苯	耐热性和电气性能好,但烘干温度较高,供浸渍 H 级电动机、电器线圈用
聚酯改性有机硅漆	SP931 W ₃₀ -P	H	聚酯改性有机硅树脂。溶剂为二甲苯	粘结力强,耐潮性和电气性能好,烘干温度比 W ₃₀ -1 低,适用高温电动机、电器线圈浸渍用

(2) 无溶剂浸渍漆特点是固化快,粘度随温度变化快,绝缘整体性好,固化过程中挥发物少。应用无溶剂浸渍漆,可提高线圈绝缘的导热性、耐潮性,以及改善劳动条件,缩短生产周期。但该漆贮存期短,粘度较大,价格贵。工厂常用的无溶剂漆主要有环氧型、聚酯型和环氧聚酯型 3 类,见表 2-23。

表 2-23 常用无溶剂绝缘浸渍漆型号、特性及用途

名称	型号	耐热等级	主要成分	特点及用途
环氧无溶剂漆	110	B	6101 环氧树脂、桐油酸酐、松节油酸酐、苯乙烯	粘度低,击穿强度高,贮存稳定性好,可用于沉浸小型低压电动机、电器线圈
环氧无溶剂漆	9102	B	618 或 6101 环氧树脂、桐油酸酐、70 酸酐、903 或 901 固化剂、环氧丙烷丁基醚	挥发物少,固化较快,可用于滴浸小型低压电动机、电器线圈
环氧无溶剂漆	111	B	6101 环氧树脂、桐油酸酐、松节油酸酐、苯乙烯、二甲基咪唑乙酸盐	粘度低,固化快,击穿剪强度高,可用于滴浸小型低压电动机、电器线圈
环氧聚酯酞醛无溶剂漆	5152-2	F	6101 环氧树脂、丁醇改性甲酚甲醛树脂、不饱和和聚脂、桐油酸酐、过氧化二苯甲酰、苯乙烯	粘度低,击穿剪强度高,贮存稳定性好,用于沉浸小型 F 级电动机、电器线圈
环氧聚酯无溶剂漆	EIU	F	不饱和聚酯亚胺树脂、618 和 6101 环氧酯、桐油酸酐、过氧化二苯甲酰、苯乙烯、对苯二酚	粘度低,挥发物少,击穿剪剪强度高,贮存稳定性好,用于沉浸小型 F 级电动机及电器线圈

2. 涂覆漆

涂覆漆主要用于涂刷工件表面,使其形成一层连续而均匀



的漆膜,起到防护工件的作用。涂覆漆包括覆盖漆、硅钢片漆、漆包线漆、防电晕漆等。

覆盖漆可分为瓷漆和清漆。含有填料和颜料的为瓷漆,不含有填料和颜料的为清漆。瓷漆多用于线圈和金属表面涂覆,清漆多用于绝缘零部件表面和电器内表面的涂覆。

硅钢片漆用来涂覆硅钢片,切断涡流通路,减少涡流损耗,增强防锈和耐腐蚀能力。

漆包线漆主要用于导线的涂覆绝缘。

防电晕漆主要作高压电动机线圈防电晕涂层用。

常用覆盖漆的型号、特性及用途见表 2-24。

表 2-24 常用覆盖漆的型号、特性和用途

名称	型号	耐热等级	特性和用途
醇酸晾干覆盖漆	1231	B	晾干或低温干燥,漆膜有较好的弹性、耐温、耐气候性,电气性能好。适用于覆盖电器或绝缘零部件表面
醇酸晾干灰瓷漆	1320	B	烘焙干燥,漆膜坚硬,机械强度高,耐电弧、耐油性好。适用于覆盖电动机、电器线圈
醇酸晾干灰瓷漆	1321	B	晾干或低温干燥,漆膜坚硬、光滑,耐油性好。适用于覆盖电动机、电器线圈及绝缘零部件表面
有机硅红瓷漆	1350	H	烘干漆,漆膜耐热性好,干燥快,并有好的电气性能。适用于覆盖 H 级电动机、电器线圈和绝缘零部件表面
环氧脂灰瓷漆	163	B	烘干漆,漆膜硬度高,耐潮、耐霉、耐油性好。适用于湿热带地区的电动机、电器线圈表面修饰

二、绝缘纤维制品

将纤维材料浸上绝缘漆,便成了绝缘纤维制品。绝缘纤维制品主要有漆布、漆管和绑扎带 3 类。

1. 漆布

漆布主要用作电动机线圈的对地绝缘、槽绝缘和衬垫绝缘。常用漆布型号及特性见表 2-25。

用漆布包绕绝缘时不宜用力过大,以免损伤漆膜。同时,对于玻璃漆布或带严禁 180° 折叠,以免造成机械损伤和电气性能下降。

表 2-25 电动机常用漆布型号及特性

名称	型号	耐热等级	厚度(mm)	特性
醇酸玻璃漆布	2432	B	0.11,0.13,0.15 0.17,0.20,0.24	耐油性好,并有较好的电气性能和一定的防霉性
沥青醇酸玻璃漆布	2430	B	0.11,0.13,0.15 0.17,0.20,0.24	耐潮性好,具有良好的电气性能,但耐变压器油、汽油性能差
聚酯玻璃漆布	2440	F	0.13,0.15,0.17	具有良好的耐寒性、耐磨性,具有较高的耐热性和电气性能
硅有机玻璃漆布	2450 (2451)	E	0.11,0.13,0.15 0.17,0.20,0.24	具有较高的耐热性和良好的电气性能,2450 为软型,适用于包扎绝缘,2451 为硬型,适用作衬垫
聚酰亚胺玻璃漆布	2560	C	0.10,0.15,0.17 0.20	防潮,耐油,耐高温,耐辐射



2. 漆管

漆管主要用作电动机、电器的引出线和连接线的绝缘套管，常用的名称、型号见表 2-26。

表 2-26 电动机常用漆管

名称	型号	耐热等级
油性漆管	2710	A
油性玻璃漆管	2714	E
糊状聚氯乙烯玻璃漆管	2731	E
涤纶漆管		E
醇酸玻璃漆管	2730	B
聚氯乙烯玻璃漆管	2731	B
有机硅玻璃漆管	2750	F 或 H
硅橡胶玻璃漆管	2751	F 或 H

3. 绑扎带

绑扎带主要用来绑扎电动机转子绕组的端部，替代无磁性合金钢丝、钢带等金属。目前应用最广的是环氧型无纬带。

三、绝缘纸与绝缘纸板

绝缘纸和绝缘纸板都是由纤维制成的。常用的绝缘纸有电缆纸、电话纸、电容纸和浸渍纸等。它们的厚度薄，多用于开关、电器、电缆及无线电装置中的绝缘。绝缘纸板又称压层板或纤维纸板，广泛用于三相电动机的槽绝缘和槽楔，其型号、规格见表 2-27。

表 2-27 绝缘纸板的型号、规格及用途

名称	型号	规格(mm)	特性及用途
空气介 质电绝 缘纸板	DK 50/50	0.1, 0.15, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5	DK 50/50 抗弯、抗折强度高, DK 75/25 抗弯、抗折和抗震性能好。可作为低压电动机的槽绝缘和定子的绝缘端环, 槽楔条
	DK 75/25	0.1, 0.15, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5	
	DK 100/00	0.1, 0.15, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.8, 1.0, 1.25, 2.0, 2.5, 3.0	
钢纸板(反 白纸板)	一号 二号	0.5~30	富有弹性, 力学性能好, 吸潮性较大, 供小型低压电动机作槽楔条、铁心端环及衬条

四、绝缘层压制品

绝缘层压制品是以有机纤维、无机纤维纸或布作底材, 浸涂不同的胶粘剂, 经热压、卷制而成的层状结构的绝缘材料。

绝缘层压制品主要有层压板、管或筒、棒等型材。其中层压板主要用作电动机、电器绝缘结构件, 如磁极绕组的托板、框架, 电动机绕组的支架、垫条、槽楔等。常用层压板的型号、特性见表 2-28。

表 2-28 常用层压板的名称、型号

名称	型号	耐热等级	特性及用途
酚醛层压纸板	3021	E	力学性能好, 耐油性好, 适用于作三相电动机的绝缘构件



续表

名称	型号	耐热等级	特性及用途
酚醛层压布板	3025	E	机械强度高,机械加工性能好,适用于作电动机、电器设备中绝缘结构零部件
环氧酚醛层压玻璃布板	3240	F	具有很高的机械强度,电气性能好,耐热性和耐水性好,适用于做要求很高的绝缘结构件
有机硅环氧层压玻璃布板	3250	H	电气性和耐热性好,机械强度较高,适用于做潮热地区的H级电动机、电器的绝缘结构件
酚醛层压玻璃布板	3230	B	有一定的力学性能及电气性能,抗劈性较差,用于抗劈性要求不高的绝缘构件

五、云母制品

云母是一种天然矿物质,它具有不收缩、不燃烧、不吸潮、不怕化学药品侵蚀的特性。

在电动机绝缘中,常用云母板、云母带和云母箔3类云母制品。

云母板由胶粘剂粘合云母片,或者用胶粘剂将云母片或粉云母纸与补强材料经烘焙或烘焙热压而成板状绝缘材料,主要用作电动机换向器中的换向铜片之间的片间绝缘、电动机的衬垫绝缘等。

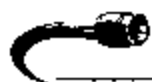
云母带是用胶粘剂粘合云母片或粉云母纸在单面或双面补强材料上,经烘焙(或不烘焙)而成的带状绝缘材料。常态时具有柔软性,适用于做电动机和电器线圈及连接线的绝缘。

云母箔是一种很薄的云母制品,在一定温度下具有可塑性,在室温下弹性较好。

电动机中常用的云母制品见表 2-29。

表 2-29 常用云母制品型号及用途

名称	型号	耐热等级	用途
醇酸纸柔软云母板	5130	B	低压电动机槽衬和端部层间绝缘
醇酸玻璃柔软云母板	5131	B	低压电动机槽衬和端部层间绝缘
醇酸柔软云母板	5133	B	高压电动机定子线圈的排间、换向等绝缘
虫胶换向器云母板	5535	A	一般电动机换向器铜片间绝缘
环氧换向器粉云母板	5536-1	B	中、小型电动机换向器钢片间绝缘
硅有机衬垫云母板	5755	H	高温电动机匝间、槽底衬垫绝缘
醇酸玻璃云母带	5434	B	电动机、电器的线圈绝缘
环氧玻璃粉云母带	5438-1	B	电动机线圈对地绝缘
环氧硼与玻璃粉云母带	D606-1 570-1	F	F级电动机线圈主绝缘



六、电工薄膜及复合材料

1. 电工薄膜

电工薄膜是由高分子化合物制成的一种薄而软的绝缘材料。其特点是厚度薄、柔软,耐潮,电气性能和机械性能好,主要用作三相电动机线圈包绕绝缘和绕组衬垫绝缘。

常用的电工薄膜有聚酯薄膜、聚酰亚胺薄膜、芳香族聚酰胺薄膜、聚四氟乙烯薄膜、聚乙烯薄膜等。常用薄膜品种、特性及用途见表 2-30。

表 2-30 常用电工薄膜型号、规格及用途

名称	型号	耐热等级	规格(mm)	特性和用途
聚酯薄膜	6020	E~B	0.04, 0.05 0.075, 0.10	具有高的机械强度、弹性和介电性能。适用于三相电动机槽绝缘及相间绝缘或包扎绝缘
聚酰亚胺薄膜	6050	H	0.03~0.15	具有耐高温、耐辐射、耐磨、耐电弧性。适用于 H 级电动机、电器的槽绝缘和线圈绝缘
芳香族聚酰胺薄膜		F	0.04~0.5	有良好的耐高温、耐寒、耐辐射、耐腐蚀、抗氧化、抗燃和电气性能。适用于耐热、耐化学腐蚀及航空特殊电动机作槽衬及线圈绝缘
聚四氟乙烯薄膜	BBF-4-1 BBF-4-2 BBF-4-3 BBF-4-4	C	0.02~0.5	有良好的耐热、电气和耐电弧性能,耐潮、耐化学腐蚀(在浓酸、浓碱和强氧化剂中不起作用),在 -170℃ 下仍保持柔性,可供特种电动机的绝缘

2. 薄膜复合材料

薄膜复合材料是在薄膜的一面或两面粘合纤维材料(如绝缘纸和漆布)组成的一组复合绝缘材料。

薄膜复合材料常用于三相电动机的槽绝缘和层间绝缘,其型号、规格及用途见表 2-31。

表 2-31 薄膜复合材料型号、规格及用途

名称	型号	耐热等级	规格(mm)	主要用途
聚酯薄膜绝缘纸复合箔	6520	A~E	0.15,0.20, 0.25,0.30	低压电动机绕组的槽绝缘、层间绝缘
聚酯薄膜复合玻璃漆布箔	6530	B	0.17,0.20, 0.24	同上,但适用于 B 级电动机
聚四氟乙烯玻璃漆布箔		C		C 级电动机作槽绝缘、线圈匝间、相间绝缘
聚酯薄膜聚酯纤维纸复合箔	DMD	B	0.2,0.25	B 级电动机槽绝缘、端部层间绝缘、匝间绝缘和衬垫绝缘
聚酯薄膜芳香族聚酰胺纤维纸复合箔	NMN	F	0.25,0.30	F 级电动机槽绝缘、端部层间绝缘、匝间绝缘和衬垫绝缘
聚酰亚胺薄膜芳香族聚酰胺纤维纸复合箔	NHN	H	0.25,0.30	同上,但适用于 H 级电动机



七、绝缘材料的选用

最理想的绝缘材料要求绝缘电阻大,击穿强度高,损耗小,机械强度大,耐热性和抗潮性好,但这样十全十美的材料是很少的。为了充分发挥绝缘材料的特性,既满足电动机运行的可靠性和使用寿命,又能使绝缘材料的使用经济合理,正确选用绝缘材料是很重要的。

在选用绝缘材料时应按电动机的不同绝缘部位所达到的最高实际温度,有区别地选用绝缘结构的组成材料。例如对槽部等主要部位,应选用与电动机绝缘耐热等级相同的绝缘材料;对出线盒、集电环等其他部位,则按其实际达到的最高温度,分别选用相应耐热等级的材料。但在整个绝缘结构中,较低耐热等级的材料至少应能耐受电动机在制造过程中如烘焙温度等工艺条件的要求。在修理电动机时,一般应选用和原来一样的绝缘材料,如果没有合适材料,应选用和原来绝缘材料相似的材料,或选用性能高于原来的材料。如果无法弄清原来是何种绝缘材料,可按电动机铭牌上规定的绝缘等级选用,否则会影响电动机的修理质量。

第十节 其他材料

一、溶剂和稀释剂

溶剂和稀释剂用来溶解和稀释绝缘漆的漆基,使其达到所需的浓度(或粘度)。对于不同的溶剂和稀释剂,具有不同的溶解性,对绝缘漆的贮存和漆膜的质量有很大的关系。因此,正确

选用溶剂和稀释剂是非常重要的。

电动机线圈在绝缘处理中,常用的溶剂和稀释剂的适用范围见表 2-32。

在使用溶剂和稀释剂时,应注意安全。一是要保持室内有良好的通风,减少因溶剂挥发伤害身体;二是严防高温及接近火源,避免引发爆炸及火灾事故。

表 2-32 常用溶剂及稀释剂的适用范围

名称	适用范围
汽油、煤油、松节油	油性漆、沥青漆等
苯、甲苯、二甲苯	沥青漆、聚酯漆、醇酸漆、环氧树脂有机硅漆等
丙酮、环己酮	环氧树脂、环氧树脂漆等
乙醇(酒精)	酚醛漆、环氧酚醛漆等
乙二醇、乙醚、二甲基甲酰胺	聚酰亚胺漆、聚酯亚胺漆等

二、润滑脂

润滑脂又名黄油或牛油,但不是动物牛身上的油。它是由稠化剂、基础油和添加剂三部分组成的。其中基础油是润滑脂的主要部分,决定润滑脂的性能。

润滑脂在电动机的制造和维护中,主要作为轴承的润滑。在轴承内添加润滑脂,可以降低摩擦阻力,减轻磨损,起防锈及散热等作用。

电动机常用的润滑脂牌号和适用场合见表 2-33。



表 2-33 常用润滑脂的牌号及适用场合

名称(标准号)	牌号	颜色	适用场合
钙基润滑脂 (GB491-65)	1号~5号	从淡黄色到暗褐色,均匀无块状油膏	工作温度低于55~60℃与水接触的封闭式电动机,各种工农业与交通机械设备的轴承润滑。特点是耐水,不耐热
钠基润滑脂 (GB492-77)	2号,3号	从深黄色到暗褐色均匀软膏	较高的工作温度(低于115℃),清洁无水分(不潮湿)工作的开启式电动机
钙钠基润滑脂 (SY1403-62)	1号,2号	从黄色到深棕色均匀软膏	工作温度在80~100℃,有水分或较潮湿环境下工作的电动机,不适用于低温
复合钙基润滑脂 (SY1407-75)	1号~4号	从淡黄色到暗褐色的光滑透明油膏	适用于120~150℃范围内有严重水分场合的封闭式电动机
通用锂基润滑脂 (GB7324-87)	1号,2号,3号	从淡黄色到暗褐色	适用于20~120℃范围内各种机械设备的滚动轴承、滑动轴承及摩擦部位的润滑

三、轴承

电动机的轴承一般可分为滚动轴承和滑动轴承两种类型。滑动轴承常为大型电动机采用,而中、小型电动机多采用滚动轴承。

滚动轴承按滚动体的不同可分为滚珠轴承和滚柱轴承两大类,其结构形状如图2-24所示。

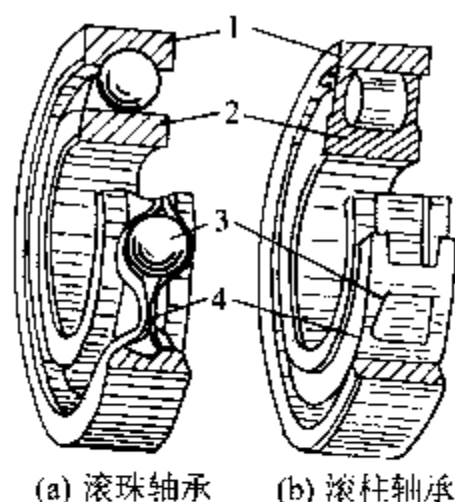


图 2-24 滚动轴承

1-外圈;2-内圈;3-滚动体;4-保持架

1. 滚动轴承的分类

滚动轴承按其所承受的负载作用方向可分为以下 4 种。

(1) 向心推力轴承。它能承受轴向和径向的联合负载,并能以轴向负载或径向负载为主。

(2) 向心轴承。它只能承受径向负载或在承受径向负载的同时承受不大的轴向负载。

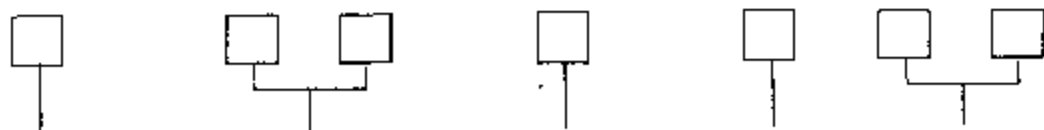
(3) 推力向心轴承。它能承受轴向负载,但也能在承受轴向负载的同时承受不大的径向负载。

(4) 推力轴承。它只能承受轴向负载。

2. 滚动轴承的代号

每个轴承在钢圈上均印有号码、符号,用来表示该轴承的类型、尺寸、系列的精度。当轴承损坏后,必须将旧轴承上的号码、符号全部抄下来,这样才可在市场上买回与原先一样的新轴承。

滚动轴承的代号由七位数字组成,各数字表示的意义如下:



宽度系列 轴承结构特点 轴承类型 直径系列 轴径

(1) 宽度系列。1—正常系列,2—宽系列,3、4、5、6 表示特宽系列,7 窄系列,8、9 表示特殊系列。

(2) 轴承结构特点。用一位或两位数表示。例如:5—表示内圈有制动槽,15—表示带防尘盖。

(3) 轴承类型。其代号意义见表 2-34。

表 2-34 轴承类型代号意义

类型代号	表示意义	类型代号	表示意义
0	向心球轴承	5	螺旋滚珠轴承
1	向心球面轴承	6	向心推力轴承
2	向心短圆柱轴承	7	圆锥滚珠轴承
3	向心球面滚珠轴承	8	推力球轴承或推力向心轴承
4	长圆柱滚珠轴承 或滚针轴承	9	推力滚珠轴承或推力向心滚珠轴承

(4) 直径系列。其代号意义见表 2-35。

表 2-35 轴承直径系列代号意义

代号	表示意义	代号	表示意义
1	特轻系列	5	轻宽系列
2	轻系列	6	中宽系列
3	中系列	7、8	不定系列
4	重系列	9	内径非标准

(5) 轴径。即轴承的内径。内径为 20~495mm 的轴承以

内径被 5 除的商表示, 内径为 10~20mm 的轴承代号见表 2-36。

表 2-36 内径为 10~20mm 的轴承内径代号

轴承内径(mm)	10	12	15	17
代号	00	01	02	03

常用滚动轴承的规格见表 2-37。

表 2-37 常用滚动轴承规格

轻型			尺寸(mm)		
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			
200	6200	-	10	30	9
201	6201	-	12	32	10
202	6202	-	15	35	11
203	6203	-	17	40	12
204	6204	2204	20	47	14
205	6205	2205	25	52	15
206	6206	2206	30	62	16
207	6207	2207	35	72	17
208	6208	2208	40	80	18
209	6209	2209	45	85	19
210	6210	2210	50	90	20
211	6211	2211	55	100	21
212	6212	2212	60	110	22
213	6213	2213	65	120	23
214	6214	2214	70	125	24
215	6215	2215	75	130	25
216	6216	2216	80	140	26



续表

轻型			尺寸(mm)		
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			
217	6217	2217	85	150	28
218	6218	2218	90	160	30
219	6219	2219	95	170	32
220	6220	2220	100	180	34

中型			尺寸(mm)		
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			
300	6300	-	10	35	11
301	6301	-	12	37	12
302	6302	-	15	42	13
303	6303	-	17	47	14
304	6304	-	20	52	15
305	6305	2305	25	62	17
306	6306	2306	30	72	19
307	6307	2307	35	80	21
308	6308	2308	40	90	23
309	6309	2309	45	100	25
310	6310	2310	50	110	27
311	6311	2311	55	120	29

续表

中型			尺寸(mm)		
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			
312	6312	2312	60	130	31
313	6313	2313	65	140	33
314	6314	2314	70	150	35
315	6315	2315	75	160	37
316	6316	2316	80	170	39
317	6317	2317	85	180	41
318	6318	2318	90	190	43
319	6319	2319	95	200	45
320	6320	2320	100	215	47

四、电刷

电动机的电刷用于各种电动机的换向器或集电环上,作为传导电流的滑动接触件。它是用石墨粉或石墨粉与金属粉混合物压制而成的。

正确选择和使用电刷,对电动机能否正常运行有着密切的关系。在更换电刷时,最好采用原规格型号,不要轻易改变。

电刷按其材料的不同分为3类:石墨电刷,型号以字母“S”表示;电化石墨电刷,型号以字母“D”表示;金属石墨电刷,型号以字母“J”表示。国产电刷的型号、特征及主要应用范围见表2-38。



表 2-38 国产电刷型号、特性和主要适用范围

类别	型号	基本特征	主要适用范围
石墨电刷	S-3	硬度较低, 润滑性能较好	换向正常, 负荷均匀, 电压为 80~120V 的直流电动机
	S-4	以天然石墨为基体, 树脂为粘结剂的高阻石墨电刷, 硬度和摩擦系数较低	换向困难的电动机, 如交流整流子电动机、高速微型直流电动机
	S-6	多孔, 软质石墨电刷, 硬度低	汽轮发电机的集电环, 用于 80~230V 的直流电动机
电化石墨电刷	D104	硬度低、润滑性能好、换向性能好	一般用于 0.4~200kW 直流电动机、充电用直流发电机、轧钢用直流发电机、汽轮发电机、绕线转子异步电动机集电环、电焊直流发电机等
	D172	润滑性好、摩擦系数低、换向性能好	大型高速汽轮发电机的集电环、励磁机、水轮发电机的集电环, 换向正常的直流电动机
	D202	硬度和机械强度较高、润滑性好, 耐冲击振动	电力机车用牵引电动机, 电压为 120~400V 的直流发电机
	D207	硬度和机械强度较高, 润滑性好, 换向性能好	大型轧钢直流电动机, 矿山用直流电动机
	D213	硬度和机械强度较 D214 高	汽车、拖拉机的发电机, 具有机械振动的牵引电动机

续表

类别	型号	基本特征	主要应用范围
电 化 石 墨 电 刷	D214 D215	硬度和机械强度较高, 润滑、换向性能好	汽轮发电机的励磁机, 换向困难、电压在 200V 以上的带冲击性负荷的直流电动机, 如牵引电动机、轧钢电动机
	D252	硬度中等, 换向性能好	换向困难、电压为 120~440V 的直流电动机, 牵引电动机, 汽轮发电机的励磁机
	D308 D309	质地硬、电阻系数较高、换向性能好	换向困难的直流牵引电动机、角速度较高的小型直流电动机以及电动机扩大机
	D373 D374	多孔, 电阻系数高, 换向性能好	换向困难的高速直流电动机、牵引电动机、汽轮发电机的励磁机、轧钢电动机
	D479	多孔, 电阻系数高, 换向性能好	换向困难的直流电动机
金 属 石 墨 电 刷	J101 J102 J164	高含铜量, 电阻系数小, 允许电流密度大	低电压、大电流直流发电机, 如: 电解、电镀、充电用直流发电机、绕线转子异步电动机的集电环
	J104 J104A	高含铜量, 电阻系数小, 允许电流密度大	低电压、大电流直流发电机, 汽车、拖拉机用发电机

电动机维修入门丛书



续表

类别	型号	基本特征	主要应用范围
金属石墨电刷	J201	高含铜量,电阻系数小,允许电流密度大	电压在 60V 以下的低电压大电流直流发电机,如:汽车发电机、直流电焊机、绕线转子异步电动机的集电环
	J204	中含铜量,电阻系数较高,电刷含铜量大、允许电流密度较大	电压在 40V 以下的低电压、大电流直流电动机,汽车辅助电动机,绕线转子异步电动机的集电环
	J205	中含铜量,电阻系数较高,电刷含铜量大、允许电流密度较大	电压在 60V 以下的直流发电机,汽车、拖拉机用直流起动电动机,绕线转子异步电动机的集电环
	J206		电压在 25~80V 的小型直流电动机
	J203 J220	低含铜量,与高、中含铜量电刷相比电阻系数较高,允许电流密度较小	电压在 80V 以下的大电流充电发电机、小型牵引电动机、绕线转子异步电动机的集电环

第三章 三相交流异步电动机的拆装

第一节 拆装电动机所需工具

维护和修理电动机时,经常要进行对电动机进行拆装。正确选择和使用工具有助于保证拆装质量。本节主要介绍常用修理工具的结构及使用方法。

一、试电笔

试电笔是检验导线和电气设备是否带电的一种最常用工具,分钢笔式和螺丝刀式 2 种。

1. 试电笔结构

试电笔主要由氖管、电阻、弹簧和笔身等组成,如图 3-1

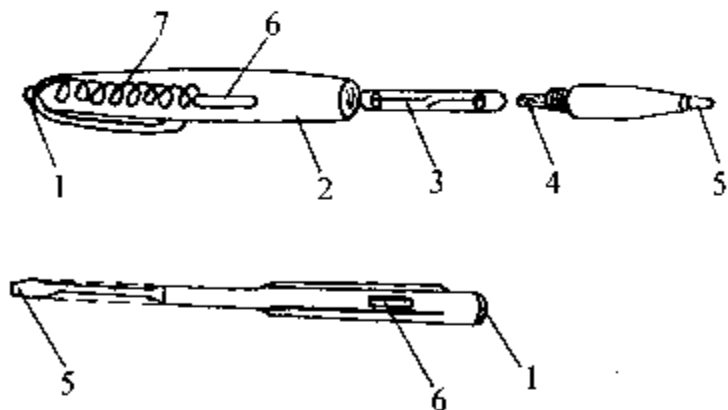


图 3-1 试电笔

1-笔尾金属体;2-笔身;3-氖管;4-电阻;5-笔尖金属;6-小窗;7-弹簧



所示。

2. 试电笔的使用方法

低压试电笔检测电压的范围为 $60 \sim 500 \text{ V}$ 。验电时,以笔尖金属触及带电体,手指触及笔尾的金属体,并使氖管小窗背光朝自己,便于观察,如图 3-2 所示。

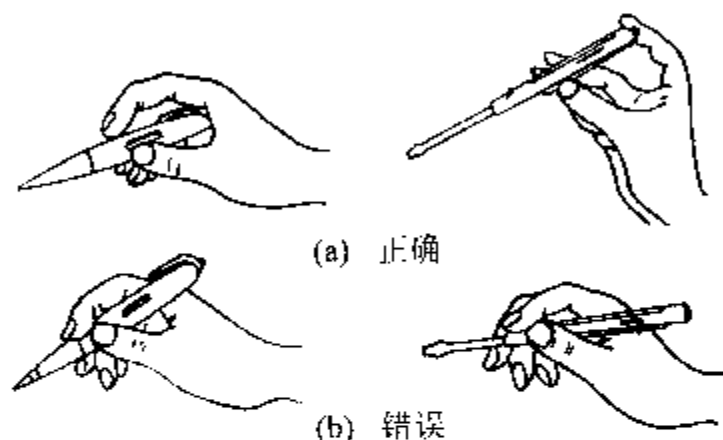


图 3-2 试电笔的握法

为了避免误判断,在使用试电笔判别电气设备是否带电前,先将试电笔在有电压的插座中进行好坏的确认。

二、螺丝刀

螺丝刀又称起子、改锥、旋凿,是一种用于旋紧或起松螺丝的工具。其外形如图 3-3 所示。

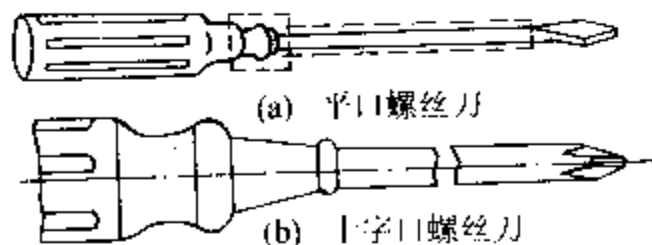
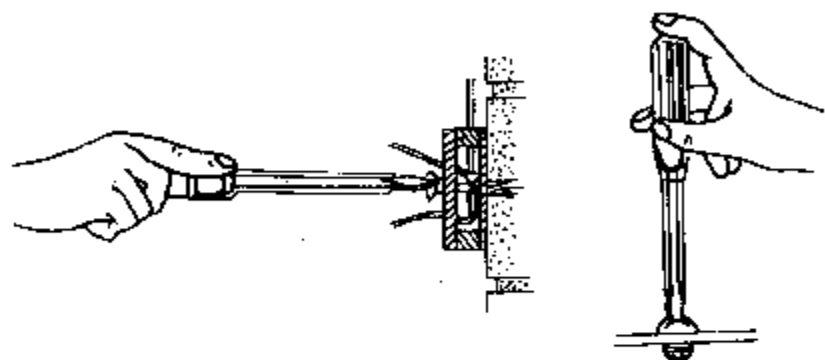


图 3-3 常用螺丝刀

常用螺丝刀规格有:50、100、150、200 mm 等 4 种。

螺丝刀的使用方法如图 3-4 所示。拧大螺丝需要用大的螺丝刀,且螺丝刀的刀头要与螺丝槽形相配合。



(a) 大螺丝旋具的用法 (b) 小螺丝旋具的用法

图 3-4 螺丝刀的使用

注意,电工作业使用螺丝刀时,要选用刀杆部分有绝缘套管的螺丝刀,禁止使用穿心螺丝刀,以免触电伤人。

三、尖嘴钳

尖嘴钳适用于在狭小的工作空间操作。其外形如图 3-5 所示。

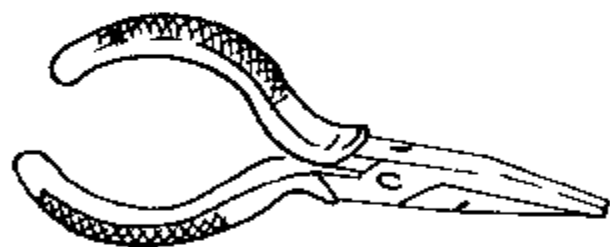
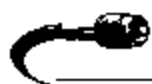


图 3-5 尖嘴钳

电工使用的尖嘴钳是有绝缘手柄的,绝缘柄的耐压为 500 V。

尖嘴钳通常用来剪断细小金属丝,夹持较小的螺钉、垫圈等元件,弯接线鼻等。

尖嘴钳的规格以其全长为准,常用有 130、160、180 mm 等。



四、钢丝钳

钢丝钳的构造如图 3-6 所示。

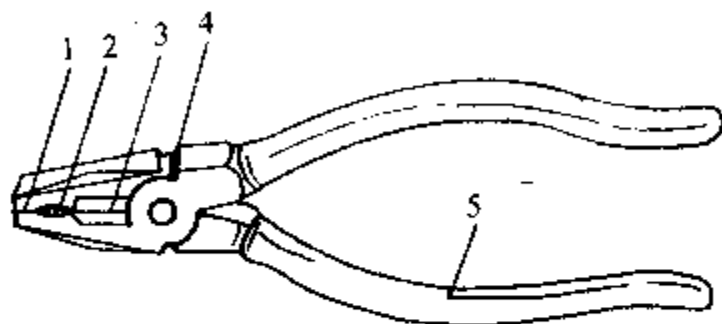


图 3-6 钢丝钳

1-钳口;2-齿口;3-刀口;4-侧口;5-绝缘管

钢丝钳的功能很多,钳口可用于弯绞或钳夹导线线头;齿口可用于起松或紧固螺母;刀口可用于剪切导线或剖削软导线绝缘层;侧口可用于铡切电线线心,钢丝或铅丝等较硬的金属。钢丝钳的具体用法如图 3-7 所示。

电工所用的钢丝钳在钳柄上套有耐压为 500 V 的绝缘管。常用规格有 150、175 和 200 mm 等几种。

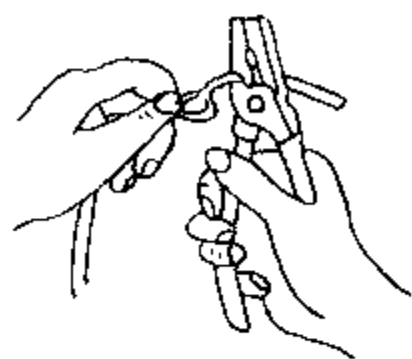
五、活络扳手

活络扳手是用来旋紧或起松六角螺母的工具。旋动蜗轮可调节扳口大小,以适应使用不同规格的螺母。

活络扳手的结构及使用方法如图 3-8 和 3-9 所示。

常用扳手的规格有 6" (150 mm × 19 mm)、8" (200 mm × 24 mm)、10" (250 mm × 30 mm)、12" (360 mm × 36 mm) 4 种。

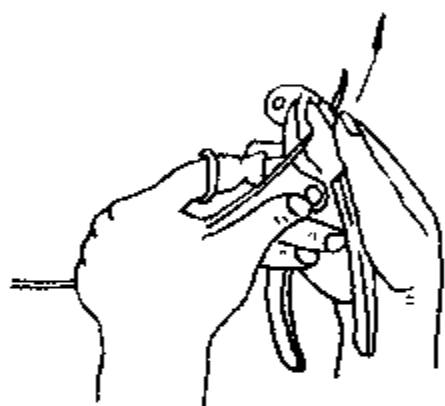
注意,活络扳手不可反用,即活动扳唇不可作为重力点使用,也不得当作撬棒和手锤使用。



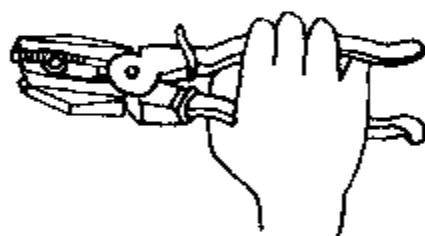
(a) 剪切导线



(b) 弯导线



(c) 剥绝缘层



(d) 紧固螺母

图 3-7 钢丝钳的使用

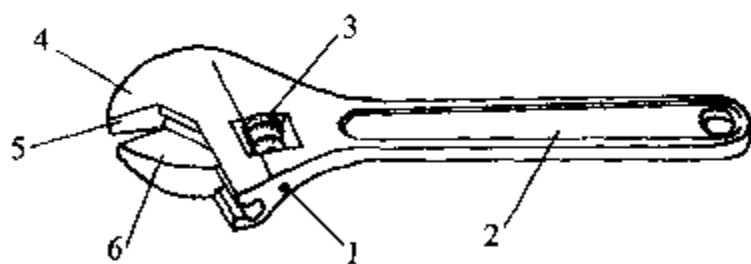
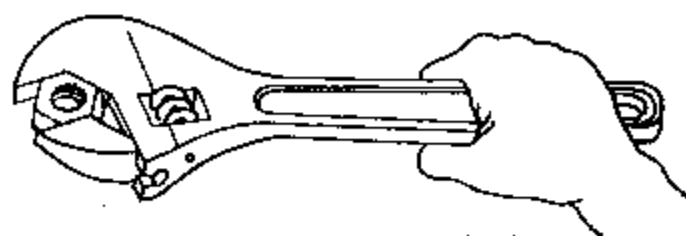


图 3-8 活络扳手的结构

1-轴销; 2-手柄; 3-蜗轮; 4-呆扳唇; 5-扳口; 6-活络扳唇



(a) 扳较大螺母时握法



(b) 扳较小螺母时握法

图 3-9 活络扳手的使用

六、手锤

电动机修理常用的手锤(又名榔头)有铁榔头、木榔头和橡皮榔头等几种。

铁榔头是一种敲打工具,其外形如图 3-10 所示。常用规格有 0.25、0.5 和 0.75 kg 等 3 种。

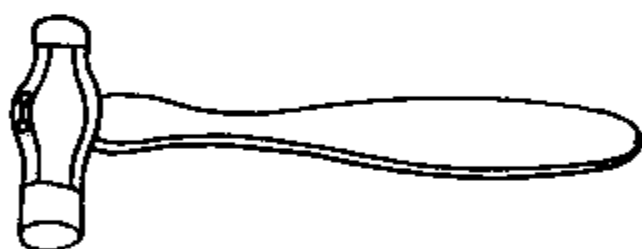


图 3-10 铁榔头

使用榔头时,在需要轻轻敲打的场合,手

可握得离锤头近一些;在需要用力敲打的场合,手应握在木柄尾部。通常握锤的部位在离木柄尾端 15~30 mm 处。

在修理电动机时,还经常用到木榔头和橡皮榔头,其外形如图 3-11 所示。由于它们较铁榔头质软,所以在整理绕组端部时,漆包线绝缘层不易受损伤。

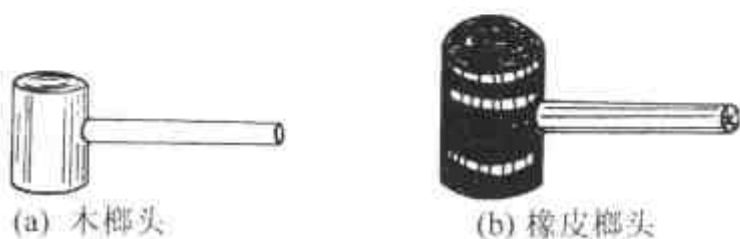


图 3-11 木榔头与橡皮榔头

七、拉具

拉具又称拉模、拉马,是拆卸皮带轮、轴承的工具,有两爪和三爪 2 种。拉具的外形及使用方法如图 3-12 所示。

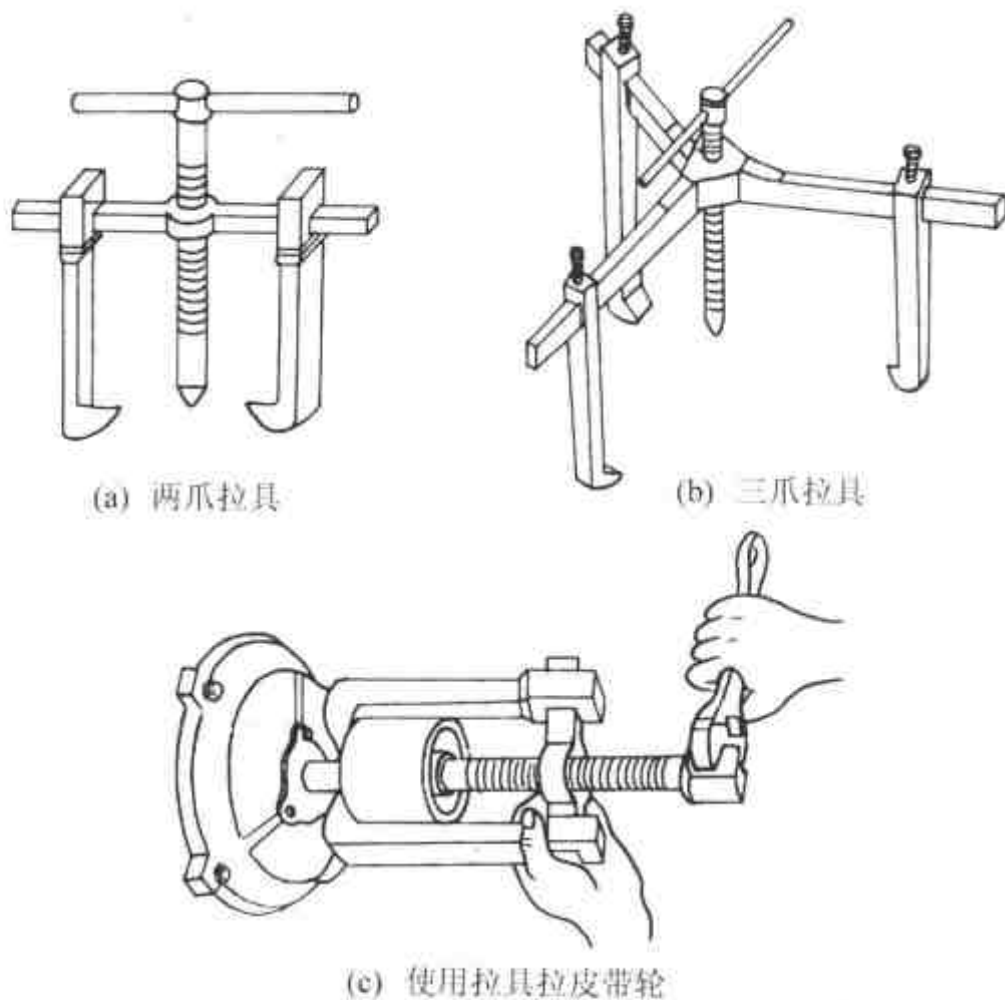


图 3-12 拉具及使用



八、电动机绕组嵌线工具

1. 清槽铲刀

在拆除电动机绕组时,由于绝缘漆的粘结作用,绝缘物会残留在定子铁心的槽内,可以利用清槽铲刀来刮清槽内的污物。

清槽铲刀可以利用废旧扁锉自制,也可以到市场上购买电工凿。其外形如图 3-13 所示。

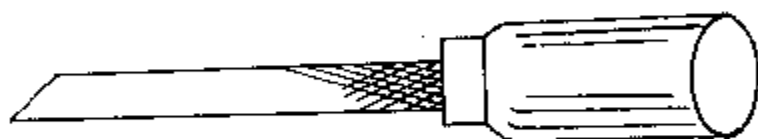


图 3-13 清槽铲刀

2. 弯头剪刀

在下槽绝缘纸时,利用长柄弯头剪刀剪切多余的绝缘纸十分方便。弯头剪刀的外形如图 3-14 所示。

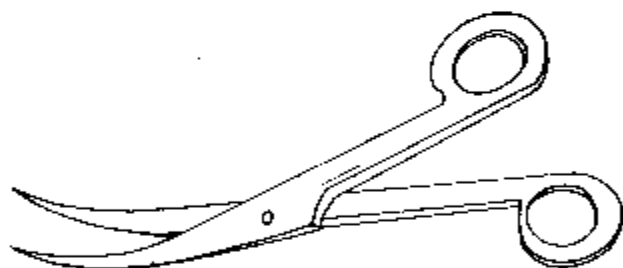


图 3-14 弯头剪刀

3. 划线板

划线板又称滑线板或刮板,它是一种嵌线工具。在嵌线时,先用划线板将槽绝缘纸分开,将导线放入槽口,再用划线板将导线理齐,并压入槽内。

划线板一般都是自制的。其外形如图 3-15 所示。它是利用竹片或层



图 3-15 划线板

压玻璃板为材料,长约 10~20 cm,宽约 1~1.5 cm,尖处厚度约 3 mm,用细砂纸打光制成。

4. 压线板

压线板是用来压紧槽内导线的工具,其外形如图 3-16 所示。

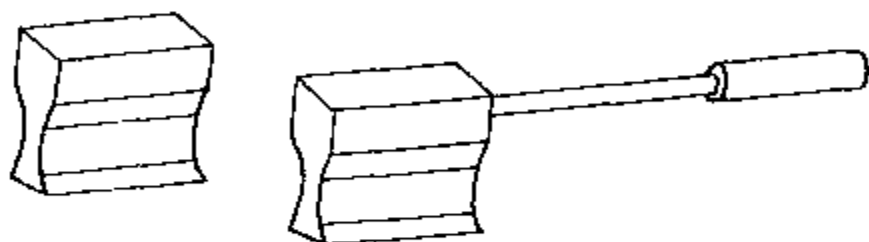


图 3-16 压线板

九、绕线机

小型电动机和低压电器的线圈一般都采用圆铜导线绕制。由于线圈的尺寸一般不大,导线较细,因此可以直接在手摇绕线机上进行绕制。手摇绕线机的外形如图 3-17 所示。

记数盘可记下绕制的线圈数,一个是百位记数盘,另一个是

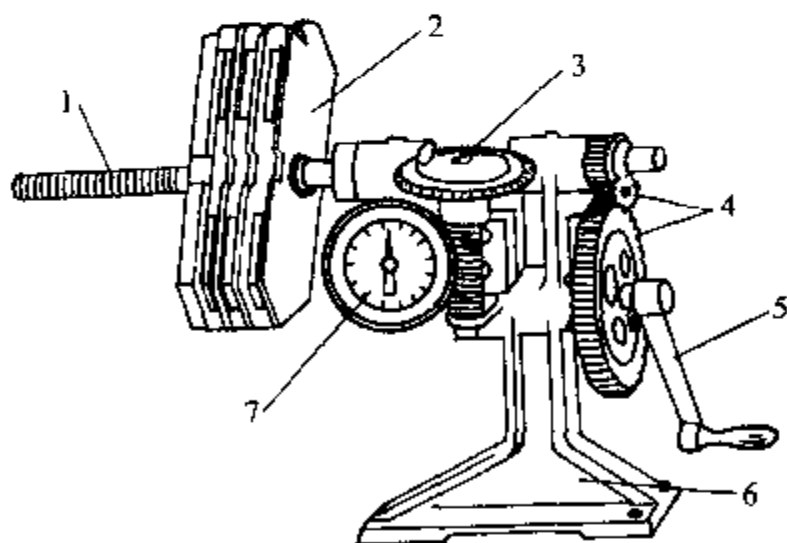


图 3-17 手摇绕线机

1-转轴;2-绕线模;3-个位记数盘;4-传动齿轮;5-手柄;6-机架;7-百位记数盘



个位记数盘。个位记数盘可以记下 0~100 圈数目,超过 100 圈则由百位记数盘记数。开始绕制线圈时,要把两记数盘指针拨到零位,避免记数错误。

手柄由 2 个安装位置来带动转轴转动。一种是套在与转轴直接相连齿轮转轴上,转轴旋转与手柄转动同速度;另一种是将手柄装在传动齿轮的转轴上,使转轴能快速转动,提高线圈绕制速度。因此,操作者可以根据需要的转速快慢来选择手柄的安装位置。

十、喷灯

喷灯是一种利用喷射火焰对工件进行加热的工具,电工常用来焊接较大的铜接线鼻、大面积铜导线连接处的加固焊锡,以及其他电连接表面的防氧化镀锡和机械零件的局部加热等。喷灯的构造如图 3-18 所示。

喷灯的使用方法如下:

(1) 加油。旋下加油阀上的螺栓,倒入适量的油,一般以不超过筒体的 $3/4$ 为宜,加油后应旋紧加油口的螺栓,关闭放油阀的阀杆,并检查各处有无渗漏现象。

(2) 预热。将煤油或汽油加入预热燃烧杯内点燃,预热火焰喷头。

(3) 喷火。待火焰喷头烧热后,压动打气筒打气 3~5 次,旋松放油阀,喷出油雾,喷灯即点燃喷火。而后继续打气,达到火力正常为止。调节放油阀,就能调节火焰大小。

(4) 熄火。喷灯使用完毕,先关闭放油阀,直到火焰熄灭,再慢慢旋松加油口螺栓,放出筒内压缩空气。

使用喷灯要注意安全,不得在煤油喷灯的筒体内加入汽油,

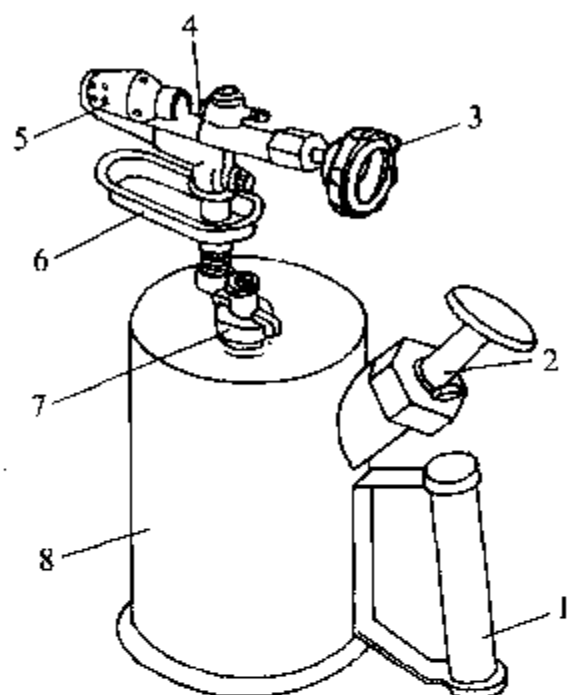


图 3-18 喷灯

- 1-手柄;2-打气筒;3-放油阀;4-喷油针孔;
5-火焰喷头;6-预热燃烧盘;7-加油阀;8-筒体

在易燃易爆场合不准使用喷灯。

十一、电烙铁

电烙铁是锡焊的热源,有内热式和外热式 2 种,如图 3-19 所示。

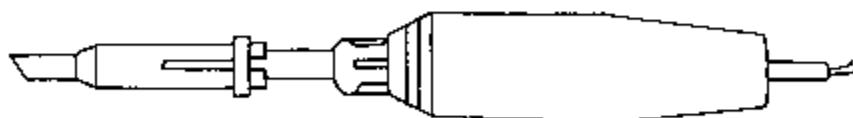
常用电烙铁的规格有 25、40、100、300 W 等几种。焊接电子元件时,宜选用内热式 20~45 W 规格。电动机修理者,一般选用 75 W 或 100 W 外热式电烙铁。

电烙铁使用完毕要随时拔出电源插头,除节约用电外,还能延长电烙铁的使用寿命。

在导电地面(如潮湿地面、混凝土地面等)使用电烙铁时,电烙铁的金属外壳必须妥善接地,以防触电。



(a) 外热式电烙铁



(b) 内热式电烙铁

图 3-19 电烙铁

第二节 三相鼠笼式异步电动机的拆装

三相异步电动机在定期保养、维护及修理过程中,需要拆卸和装配电动机的某一部分或整体。这项工作看起来比较容易,但如果程序混乱、方法不当,就会影响维修质量,甚至还会引发新的故障或造成电动机损坏。因此,在学修电动机之前,首先应该掌握正确的拆卸和组装方法。

一、三相鼠笼式异步电动机的拆卸

三相鼠笼式异步电动机的各组成部件如图 3-20 所示。

1. 拆卸前的准备工作

拆卸电动机前,先要明确拆卸的目的,即要拆到哪一步为止。然后,准备好拆卸工具,清理场地,并在电动机旁边铺一张报纸或布头,供放置拆下的零部件。

2. 拆卸的步骤及方法

(1) 拆卸电动机的外部接线。拆卸电动机的外部接线,必须先切断三相电源,即断开电源开关,并取下熔断器或挂上“禁

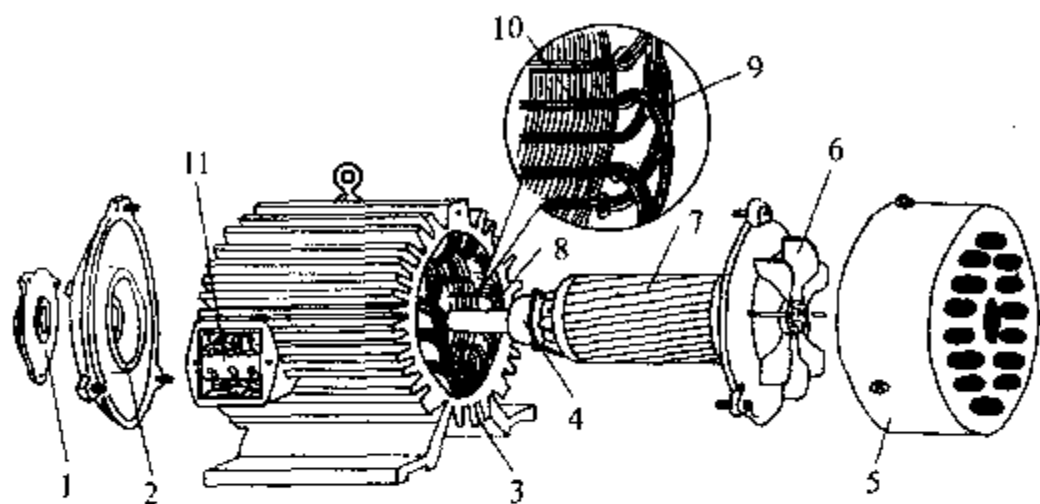


图 3-20 三相鼠笼式异步电动机的结构

1-轴承盖;2-端盖;3-机座;4-轴承;5-风叶罩;6-风扇;

7-转子;8-转轴;9-定子绕组;10-定子铁心;11-接线盒

止合闸”等警示牌。再用试电笔验明电动机接线盒内的接线柱上确实无电后,才可以动手拆卸电动机的外部引线和外壳的接地(接零)保护线。

拆线时,每拆出一根外部线头,应该用绝缘带包好线头,再用白胶布做好记号。电源线用常规的 U、V、W、N(或 A、B、C);三相电动机 6 根引线用 U₁、V₁、W₁、U₂、V₂、W₂ 做标记。为了避免恢复接线时发生错误,还应该记下外部线头与接线盒内接线柱之间的对应联接关系。

(2) 拆卸皮带轮或联轴器。先在皮带轮(或联轴器)的轴伸端做好尺寸标记,如图 3-21 所示。然后取下皮带轮(或联轴器)的固定螺丝,再用两爪或三爪拉具挂住皮带轮(或联轴器),如图 3-12(c)所示,慢慢地转动拉具的手柄,使拉具的丝杆产生顶力,将皮带轮(或联轴器)慢慢地拉出来。

若皮带轮与转轴内孔处锈蚀很难拉出皮带轮,可以在生锈的地方滴入适量的煤油,如图 3-22 所示。待 10 min 后,再按

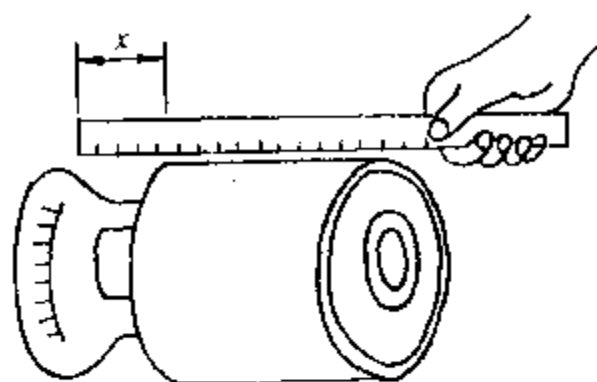


图 3-21 皮带轮尺寸标记

上述步骤拆卸皮带轮。

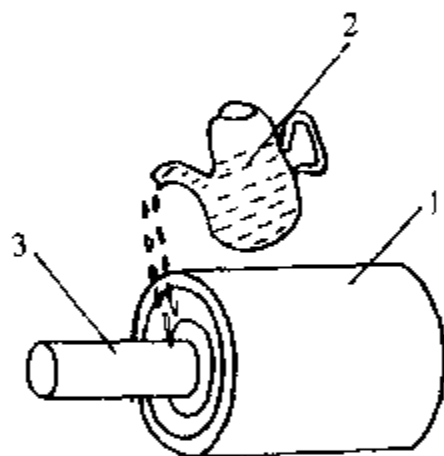


图 3-22 煤油除锈

1-皮带轮; 2-煤油; 3-电动机轴

若皮带轮(或联轴器)与转轴的配合过盈量较大,冷拉不下来时,可用喷灯在皮带轮(或联轴器)四周加热,使其膨胀(为避免电动机轴也加热,可在轴上包 2~3 层石棉或湿布),再用拉具就可拉出,如图 3-23 所示。

注意,拆卸皮带轮(或联轴器)时,切忌用铁锤直接敲打,敲打会使皮带轮(或联轴器)碎裂或使电动机转轴变形,端盖受损害。

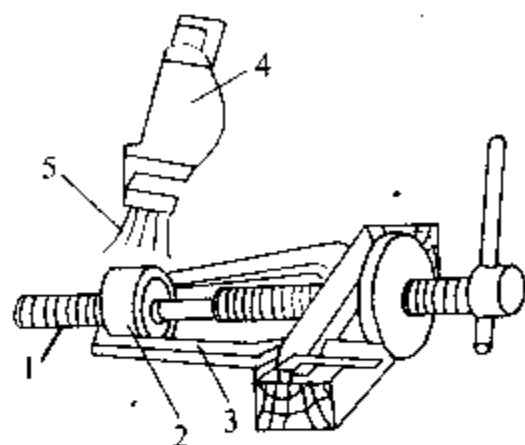


图 3-23 加热拉皮带轮

1-湿布包住转轴;2-皮带轮;3-拉具;4-喷灯;5-火焰

(3) 拆卸风罩和风扇。只要旋出风罩固定螺栓,就很容易卸下风罩。拆风扇时,先把转轴尾端风扇上的定位螺栓或销子松脱卸下,用金属棒或手锤在风扇四周均匀轻敲,风扇就可以松脱下来。

对于用塑料制成的风叶,如果拆不下,可用热水使塑料风叶膨胀后再拆卸。

小型电动机的风扇一般可以不用拆下,随着转子一起抽出,如图 3-24 所示。

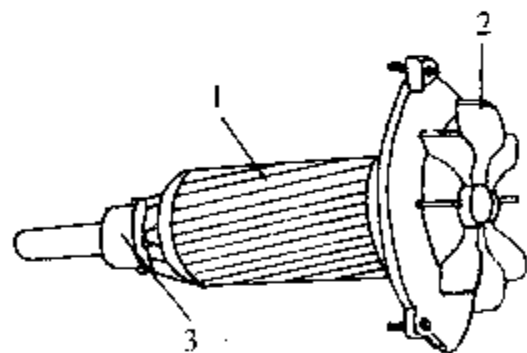


图 3-24 转子连同风扇抽出情形

1-转子;2-风扇;3-转轴



(4) 拆卸轴承外盖和端盖。为了便于装配,在拆卸前应先在端盖与机座的接缝处做好记号,如图 3-25 所示,并且对于前后端盖要用不同记号,以便区分。

然后,旋下轴承外盖及前后端盖所有固定螺栓。用木锤敲打轴伸端的电动机转轴,使另一端的端盖松动并脱离止口,如图 3-26 所示。

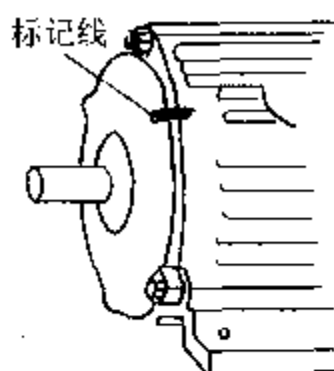


图 3-25 端盖与机座标记

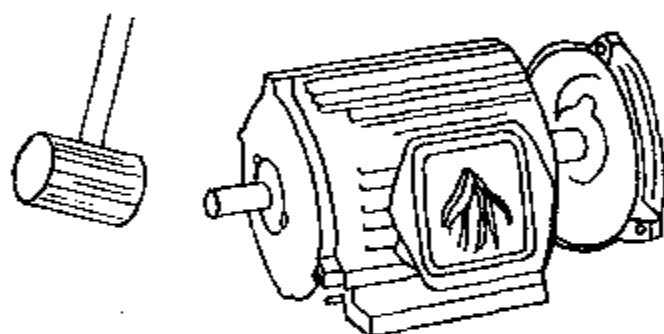


图 3-26 敲出后端盖

用手将转子连同端盖从定子内抽出,如图 3-27 所示。再选用一根大小合适的木棒伸进定子铁心内顶住前端盖,用锤子轻敲木棒,把前端盖敲出,如图 3-28 所示。

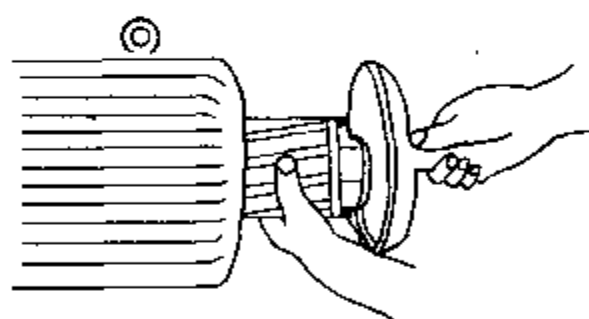


图 3-27 抽出转子

(5) 拆卸轴承。轴承紧紧地套在转子轴上,拆卸时一定要方法得当,避免损坏轴承或转轴。常用拆卸方法如下:

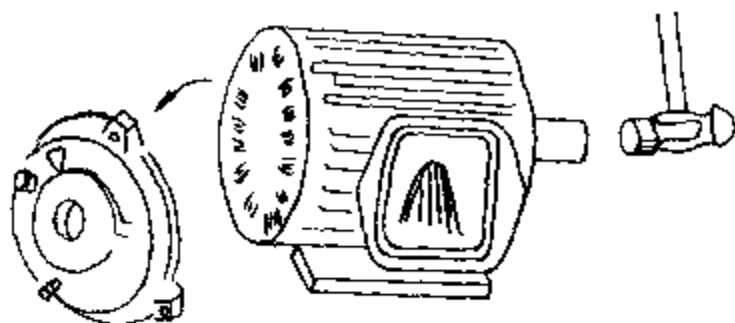


图 3-28 敲出前端盖

①用拉具拆卸,如图 3-29 所示。利用拉具拆卸轴承时,拉钩要钩在轴承内圈上,拉模的丝杆顶点要对准轴中心,扳转要慢,用力要均匀,否则会拉坏轴承。

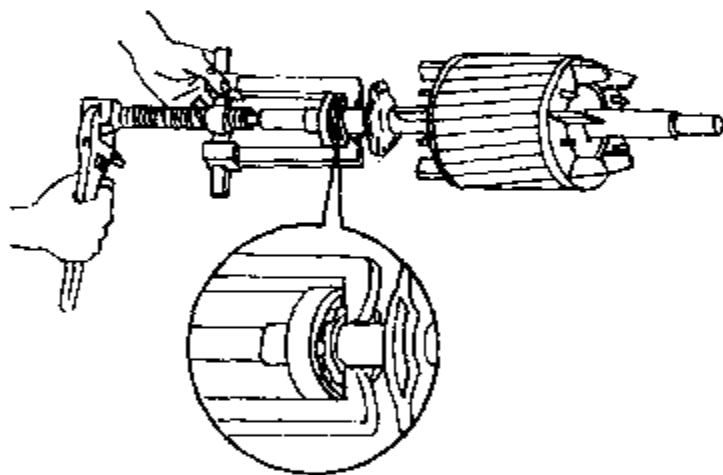


图 3-29 用拉具拆卸轴承

②用铜棒拆卸。轴承内圈垫上铜棒,用手锤敲打铜棒,把轴承敲出,如图 3-30 所示。敲时要沿轴承内圈四周相对两侧轮流均匀敲打,不可偏敲一边,用力不宜过猛。

③搁在圆筒上拆卸,如图 3-31 所示。在轴承内圈下面用两块铁板夹住,搁在一只圆筒上面(圆筒内径略大于转子外径),在轴的端面上垫放一块厚木板,用手锤敲打,着力点对准轴中心。圆筒内放一些棉布头或旧报纸,以防轴承脱下时转子和转

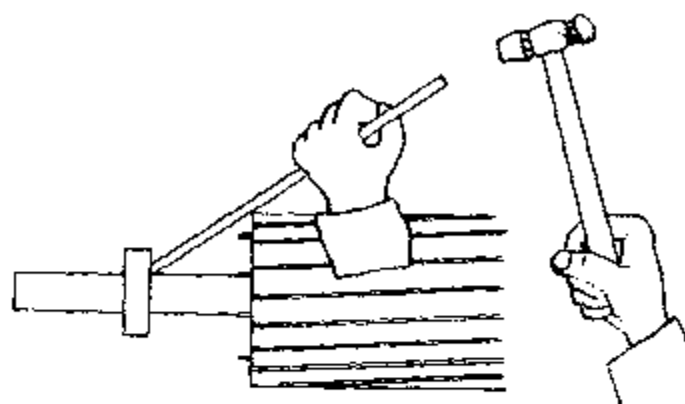
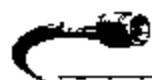


图 3-30 用铜棒敲打轴承

轴摔坏。

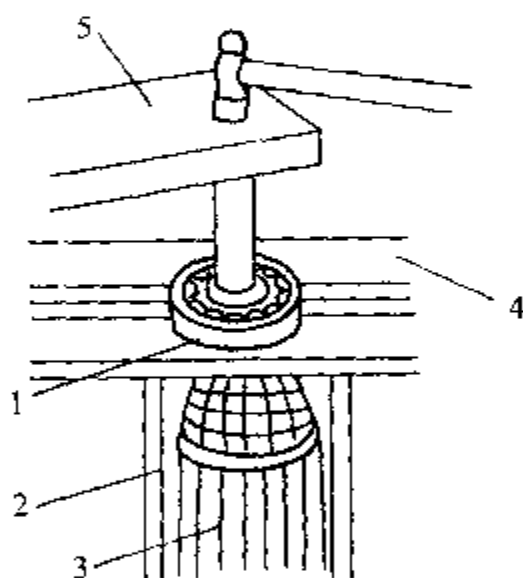


图 3-31 搁在圆筒上敲打

1-轴承;2-圆筒;3-转子;4-铁板;5-厚木板

二、三相鼠笼式异步电动机的装配

电动机的装配工序与拆卸顺序恰好相反,即先拆卸的部分后安装,最后拆卸的部分先装配。

装配前应清除电动机定子内的异物,把定子内腔、机座和端盖止口上的漆瘤和污垢用三角刮刀清除干净,再用干燥的白布

擦拭干净。还要检查定子槽楔、绕组端部绑扎和绝缘垫块有否碰伤、损坏、松动和脱落等现象。

装配时,应将各部位按拆卸时所作标记复位。

1. 轴承的装配

将拆下的轴承和轴承盖先用汽油或煤油清洗干净,并用布擦干,如图 3-32 所示。

检查轴承有无裂纹、内外轴承环有无裂缝等,可用手旋转轴承内、外圈,观察其转动是否灵活均匀,如图 3-33 所示。

如遇轴承卡住或过松现象,要用塞尺检查轴承的磨损情况,如图 3-34 所示。当滚动轴承的磨损超过表 3-1 的允许值,就应更换轴承。

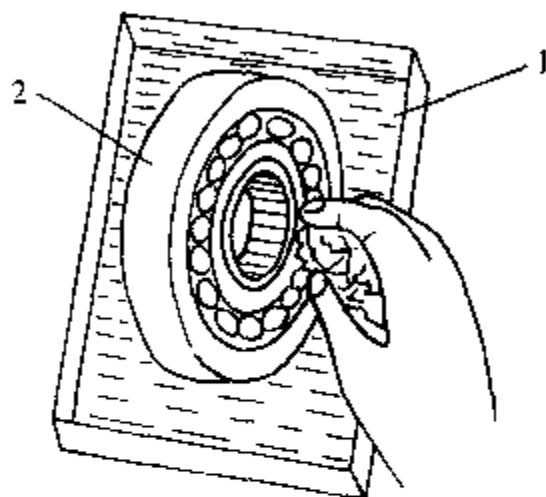
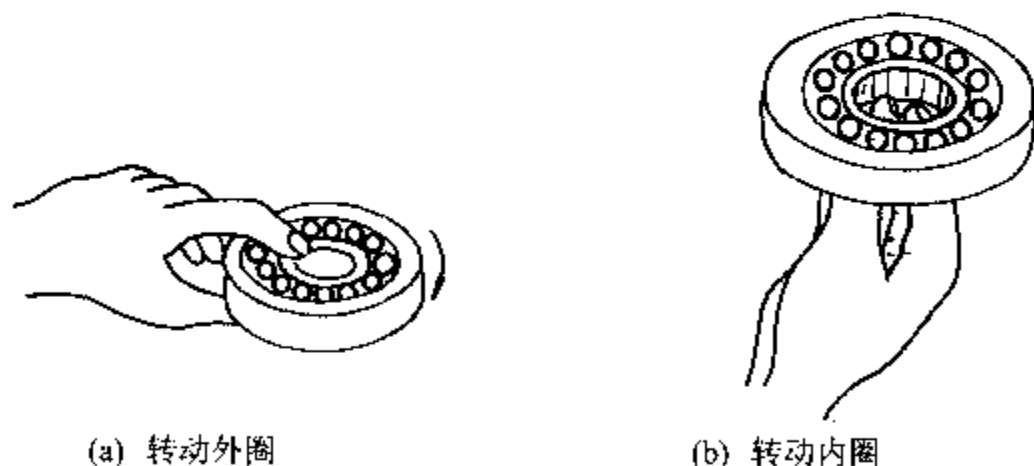


图 3-32 清洗轴承

1-汽油;2-轴承



(a) 转动外圈

(b) 转动内圈

图 3-33 检查轴承



表 3-1 滚动轴承的磨损许可值

轴承内径(mm)	最大径向间隙(mm)
20~30	0.10
35~80	0.20
85~120	0.30~0.40
130~150	0.40~0.50

套装轴承有冷套和热套 2 种方法，一般采用热套法。

冷套法如下：把轴承套到轴上，对准轴颈套一段铁管（其内径略大于轴颈），其厚度约为轴承内圈厚度的 $\frac{2}{3} \sim \frac{4}{5}$ ，管子端口要平整无毛刺。然后用手锤轻轻敲打软铁板，将轴承慢慢压入轴承座中，切不可用力过猛，如图 3-35 所示。

热套法装配轴承方法如下：先将轴承放在 $80 \sim 100^{\circ}\text{C}$ 变压器油中加热 $30 \sim 40 \text{ min}$ 。加热时，轴承要放在网架上，不要与锅底接触，油面要覆盖轴承，加热要均匀，油温不能过高，时间也不宜过长，以免轴承退火，失去原先的硬度。轴承加热法

如图 3-36 所示。热套时，要趁热迅速把轴承一直推到轴颈。如果推不进，应检查原因。若无原因，可用套筒顶住轴承内圈用手锤轻轻敲入。

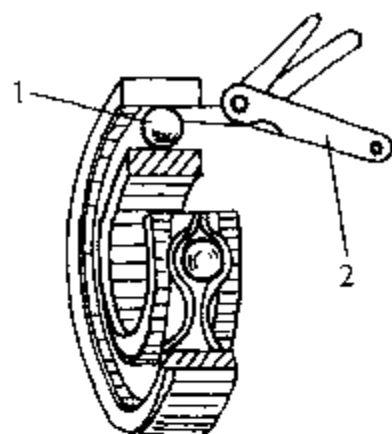


图 3-34 测轴承间隙

1-滚珠；2-塞尺

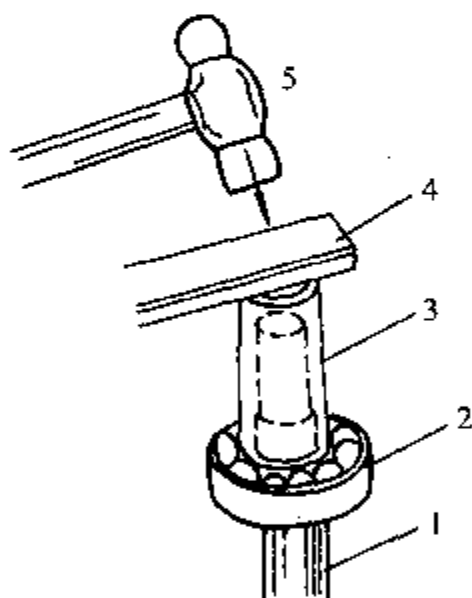


图 3-35 轴承冷套法

1-电动机转轴；2-轴承；3-平口铁管；4-软铁板；5-手锤

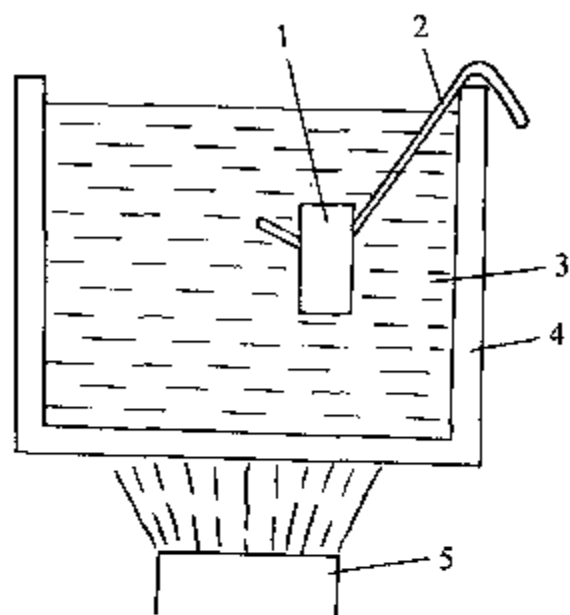


图 3-36 轴承加热法

1-轴承;2-铁丝;3-变压器油;4-铅(铁)盘;5-加热器

为了便于认清轴承型号,装配时要让轴承有型号标志的一面朝外,如图 3-37 所示。

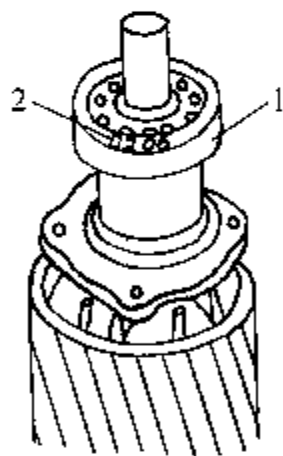


图 3-37 轴承规格牌号的朝向

1-轴承;2-规格牌号

轴承装好以后,用手拨动轴承外圈试转,若不合要求,应拉出轴承重新装配。



最后,在轴承内、外圈面和轴承盖里面注入润滑脂,润滑脂应洁净,塞装要均匀,不应完全装满。注润滑脂的方法是:由轴承的一端挤入,从轴承的另一端挤出,填充轴承总容量的 $1/3 \sim 2/3$ 即可。

2. 端盖和转子的装配

(1) 先装后端盖。

将电动机的转子竖直放置在木板上,轴伸端朝下。将后端盖套在后轴承上,用手一边转动端盖,一边用木锤敲打端盖中部,直到端盖到位为止,如图 3-38 所示。

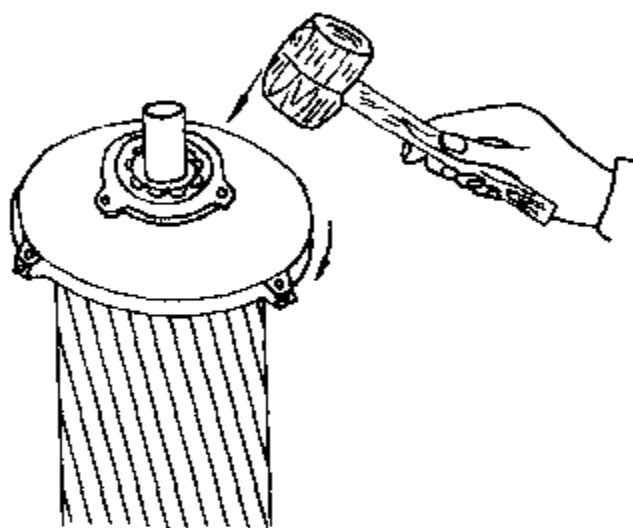


图 3-38 后端盖安装

(2) 装配轴承外盖。

在轴承上套入轴承外盖,拧入螺栓后用扳手紧固,如图 3-39 所示。

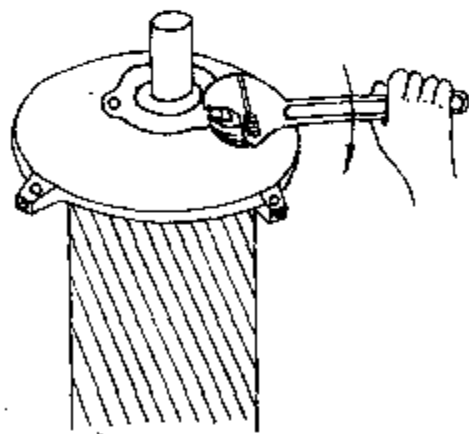


图 3-39 装轴承外盖



(3) 将转子放入定子内腔中。用双手小心地把装好端盖的转子送入定子内腔,较重的转子需要两人抬或用起重设备吊着转子往里送,防止转子擦伤定子铁心及定子绕组,并且要按拆卸时所作的标记合上后端盖。拧上端盖固定螺栓,并用活络扳手按对角交替的顺序拧紧后端盖的螺栓,如图 3-40 所示。

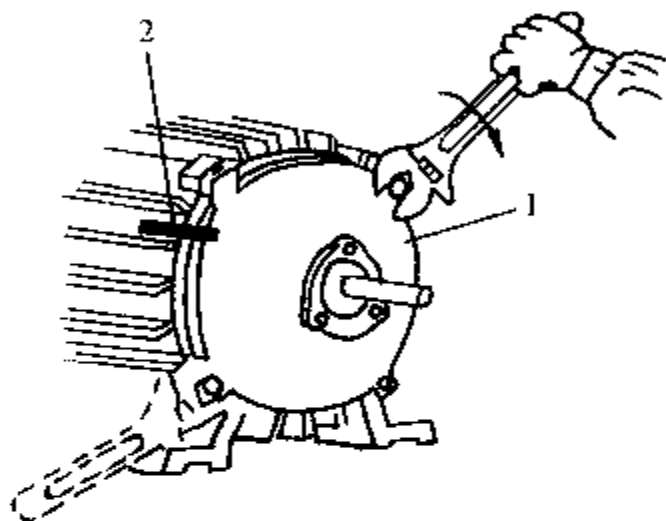


图 3-40 固定后端盖

1-后端盖;2-标记线

(4) 装配前端盖。将前端盖对准机座上的标记线,用木锤均匀敲击端盖四周,不可单边着力,让前端盖贴近机座。再按对角交替的顺序拧紧前端盖的紧固螺栓。

(5) 紧固前轴承内外盖。紧固轴承内外盖时,对孔的技巧很重要。操作不熟练,即使费了很多功夫也难以拧上内外轴承盖的螺栓,这里介绍 2 种常用的技巧:

①先在外轴承盖孔内插入一个螺栓,一手顶住螺栓,另一手缓慢转动转轴,这时轴承内盖也随之转动,当手感到轴承内、外盖螺孔对齐时,就可以将螺栓拧入轴承内盖的螺孔内,然后再装另两根螺栓,如图 3-41 所示。

②在装前端盖之前,先在轴承内盖抹少许润滑脂,使其贴在

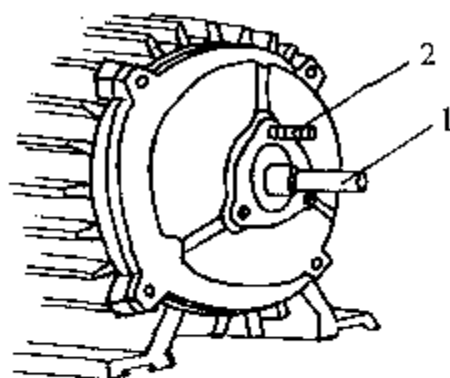


图 3-41 轴承内外盖紧固方法

1-转轴;2-螺栓

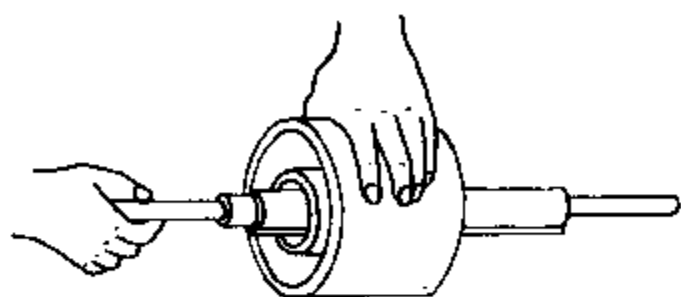
轴承内侧端面上,然后用细铁丝(或钢丝)的一端约 2 cm 处折成 90° 弯,从里侧往外侧穿入孔内,折弯部分勾在内盖的里侧端面。在装外盖时,可将铁丝穿入与内盖对正的外盖孔,对正后稍稍拉紧,再轻轻地将其余 2 个螺栓孔的螺栓拧上,然后慢慢地把铁丝从孔眼中抽出,再拧上此螺孔的螺栓。最后,拧紧 3 个固定螺栓。

3. 皮带轮或联轴器的装配

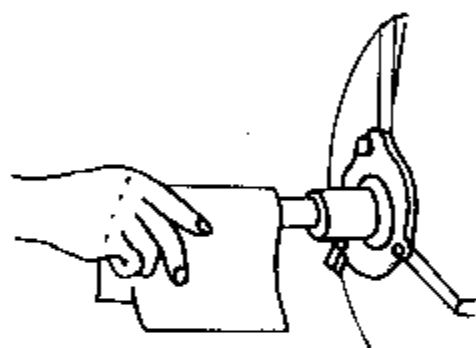
安装时,先将细砂布裹在圆形木棍上,插入皮带轮(或联轴器)的内孔进行砂光,除去污垢,然后用同样的砂布砂光转轴,再对准键槽或止紧螺丝孔,将皮带轮套在转轴上。若是中、小型电动机,在皮带轮的端面垫上木块用手锤打入。若打入有困难时,应将转轴的另一端垫上木块顶在墙上,再打入皮带轮。最后,敲入轴键或拧上压紧螺丝,如图 3-42 所示。

4. 风扇叶及风罩的装配

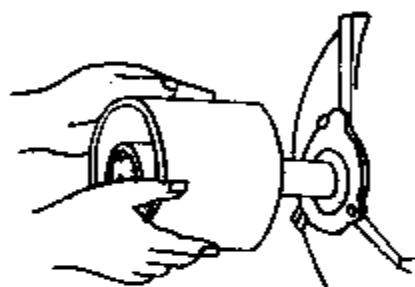
装配时,先装风扇叶,后装风罩,最后拧上风扇的紧固螺丝或定位销子。



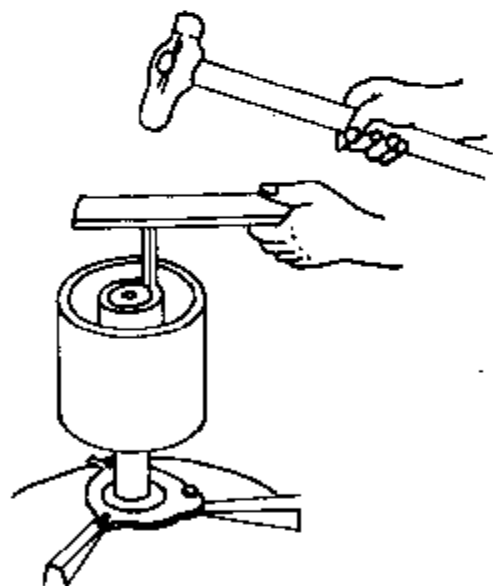
(a) 砂皮带轮内孔



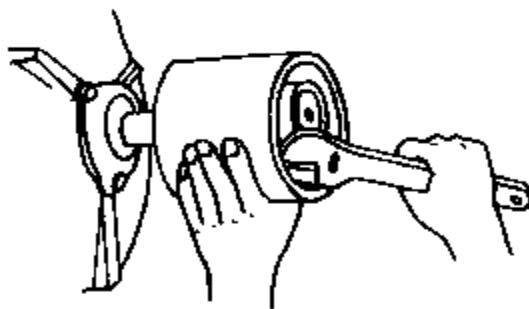
(b) 砂电动机转轴



(c) 对准键槽



(d) 敲入键槽



(e) 旋紧压紧螺丝

图 3-42 装皮带轮



5. 装配后的检验

- (1) 检查所有的固定螺栓是否拧紧。
- (2) 用手扳动皮带轮或联轴器,观察转子转动是否灵活,听内部有无摩擦声。
- (3) 轴承应无杂音、漏油、渗油等现象。
- (4) 所有部件、零件都配置齐全,安装位置正确。
- (5) 风扇与风罩或挡风板应有适当的径向和轴向间隙。
- (6) 接线盒内的接线柱和连接片齐全,出线管及标记完好无误。

第三节 绕线式异步电动机的拆装

绕线式异步电动机的结构如图 3-43 所示。它与鼠笼式异步电动机的主要区别在于转子结构和电刷、刷架部分,本节主要介绍绕线式异步电动机特殊部位的拆卸、装配。

一、绕线式异步电动机拆卸顺序

- (1) 拆除电动机的所有外接线。
- (2) 拆下换向器端的轴承盖螺栓,并取下轴承外盖。
- (3) 拆下前、后端盖的螺栓。
- (4) 打开换向器端的端盖通风窗,从刷握中提出电刷。
- (5) 拆卸换向器端的端盖。拆卸时在端盖边缘垫以木楔,用铁锤沿端盖四周的边缘均匀地敲击,逐渐使端盖止口脱离机座及轴承外圈,卸下端盖。
- (6) 把连同轴伸端端盖的转子从定子内小心地抽出来,不要擦伤转子和定子绕组。

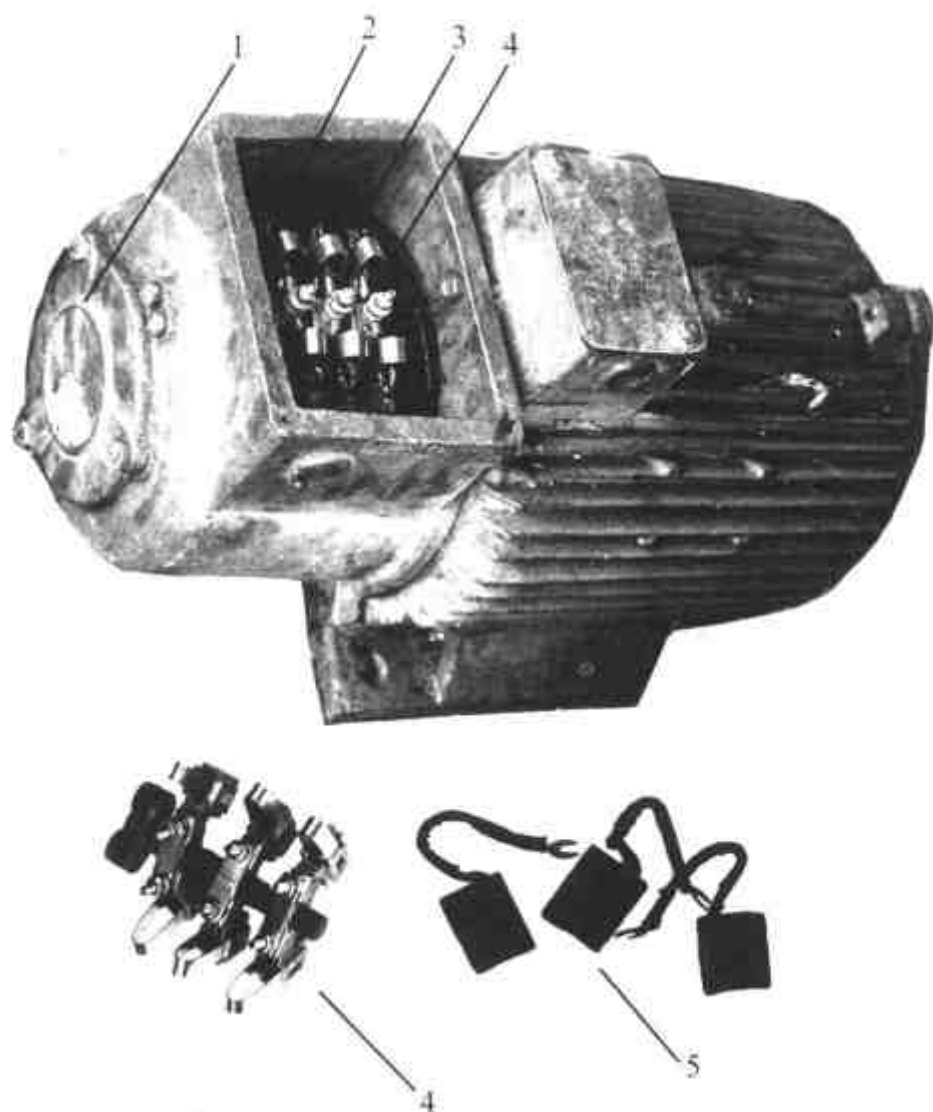


图 3-43 绕线式异步电动机结构

1-轴承盖;2-通风窗;3-刷握;4-电刷架;5-电刷

绕线式异步电动机的装配顺序与拆卸顺序相反,即先拆卸的后装配。

二、电刷架及滑环的拆装

1. 电刷拆卸与装配

拆卸电刷前,要做好电刷位置、方向的标记,然后拨开压电刷的弹簧片,松开电刷外接线螺丝,卸下电刷。



装配电刷时要按原先标记复位。

对于经修理或新更换的电刷，要用 0 号砂布研磨，如图 3-44 所示。

2. 滑环的拆装

只有当电动机的滑环严重烧蚀或破裂时，才需要拆卸滑环。

拆卸滑环前，先要拆除滑环与转子绕组的联接头，然后与拆皮带轮的方法类似，用拉具拉出滑环。

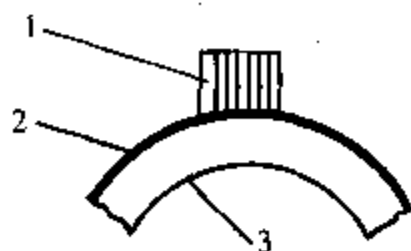


图 3-44 电刷的研磨

1-电刷；2-砂布；3-滑环

第四章 三相异步电动机检查 与维修方案的确定

第一节 三相异步电动机的检查

不论是新购买的,或是放置一段时间的三相异步电动机,在投入正式使用前必须经过检查,以发现电动机可能存在的问题。

一、电动机起动前的准备与检查

电动机起动前一定要进行全面的检查,避免由于准备不充分、检查不周全而造成电动机损坏。起动前的准备与检查项目如下:

(1) 新购置尚未投入运行电动机或停用3个月以上的电动机,起动前应检查绕组间及绕组对地的绝缘电阻值。检查时用兆欧表(摇表)进行测量。兆欧表有不同的电压等级,使用时必须经正确选择,对于500V以下的电动机用500V兆欧表摇测;对于大于500V而小于3000V的电动机用1000V兆欧表摇测;而额定电压大于3000V的电动机用2500V兆欧表摇测。若选择不当,会造成高压电动机的绝缘电阻测试误差大,测试结果不能真实反映电动机的绝缘水平,一旦投入使用绝缘会出问题,同时也会使耐压较低的电动机承受过高的电压而被击穿,所以必须严格按照规定选择。



测量前还应先对兆欧表进行检查,看它是否良好,检查方法见第二章第四节内容。

绕线式电动机除检查定子绕组的绝缘电阻外,还应检查转子绕组及滑环对地和3个滑环之间的绝缘电阻值。根据转子绕组不同的电压等级进行上述绝缘电阻的测量并和说明书对照核实。

(2) 检查电动机主电路供电电压是否和电动机铭牌上的电压值相符,主电路接法是否和铭牌上给定的接法一致。

(3) 检查电动机的底脚螺丝及大小端盖等处的螺丝是否全都拧紧。有可能的话打开小端盖看轴承是否缺油;转轴转动是否灵活自如(小电动机用手即可转动,大、中型电动机可用卷扬机或盘车机构转动)。

(4) 检查电动机转轴与外部负载连接情况。若电动机转轴和外部负载用联轴器连接,则检查联轴器的螺丝及销子是否紧固;若电动机转轴和外部负载用皮带轮连接,则要看皮带连接处是否良好,皮带的松紧度是否合适,皮带和皮带轮之间有无摩擦、窜动、卡住或其他不正常的声响出现。

(5) 鼠笼式电动机一般封闭性能好,很少存在杂物,而对于绕线式电动机,特别对大、中型开启式或半开启式电动机来说,可能会有杂物在电动机内部。所以开机前必须用不大于2个大气压的无水压缩空气吹电动机内部,但必须注意不能将定、转子绕组碰坏。

(6) 检查各保险丝是否安装牢固可靠,熔体额定电流值是否符合电动机容量的要求。通常熔体对电动机主要实施短路保护。它的选择应按以下原则:

(a) 保护一台电动机时,熔体的电流 I_{RN} 应按下式选择:

$$I_{R_N} = (1.5 \sim 2.5) I_N (\text{A})$$

I_N ——电动机额定电流

(b) 控制多台并联电动机时,其电流应按下式选择:

$$I_{R_N} = (1.5 \sim 2.5) I_{N_m} + \sum I_N (n-1) (\text{A})$$

I_{N_m} ——一起动电流最大的一台电动机额定电流值;

$\sum I_N (n-1)$ ——其余用电设备额定电流之和。

若检查后熔体选择正确,但电动机起动时却连续熔断,则表明电动机或线路存在故障。应切断电源,查明故障并排除后,换上同样大小熔体后才能再次起动,绝对不能盲目加大熔体额定电流,以免造成更大事故。

(7) 检查起动线路接线及设备接线是否正确,各开关及接触器触头接触是否良好。对自动开关的检查可用万用表测进出线的电压;接触器的检查可用兆欧表或万用表测量触头进出端的接通情况。

(8) 检查电动机的接地、接零系统是否牢固。在三相三线制供电系统中应用接地保护;而三相四线制系统应采用接零保护,否则将对设备及人身构成危害。

(9) 对不可逆转的电动机,要检查转动方向是否和电动机旋转指示的箭头方向一致。检查时,在上面步骤都确信无误后,可点动一下电动机查看旋转方向。

(10) 绕线式电动机应检查滑环上的电刷和滑环的接触面,导线有无相碰,电刷磨损情况及电刷压力是否正常,电刷的提升机构是否灵活。

在完成上述准备与检查,确认无误之后,方可起动电动机投入运行。



二、电动机在运行中巡视的检查及维护方法

对于运行中的电动机,若能及时发现异常情况,可减少事故的发生,延长电动机的使用寿命。值班人员要不断地对运行中的电动机进行监视与维护,重要部位的电动机要设置运行记录,内容主要包括电压、电流、起动次数、运行温度和停机时间等,以便在出现问题时分析电动机运行的第一手资料,及时找出解决问题的方法。

值班人员在巡视检查和维护中应做到以下几方面。

(1) 监视电动机的温升不应超过允许值。当一台电动机的电压过低或过高;三相电压不平衡或三相电流不平衡;电动机负载变大;电动机起动次数过多以及电动机的其他机械故障时,首先变化的是电动机的温升增高。因此,监视电动机温升的变化是监视电动机运行的直接可靠的方法。一般小型电动机的温升,可在运行中用手触摸电动机外壳感觉温度,或将温度计插在吊环螺丝孔中(将吊环螺丝先拧下),每隔一段时间观察一次。正常运行的电动机当温度上升到一定值,即达到动态平衡后,温度变化就很小了。若是温度不断上升,说明电动机在运行中的某个环节有问题,必须认真查找排除。有些重要的大型电动机,在其定子铁心槽内已安放了测温热敏电阻,并将引线引至电动机接线端子板处,用户只要将这些信号送入有关仪表中,就可以得到电动机温度的连续变化值,可以通过记录仪表显示,也可以设置温度报警点等。

(2) 监视电动机有无振动,绕组有无异常响声,是否有不正常气味或冒烟等情况出现。若电动机发出很大的“嗡嗡”声,表明电动机的电流过大或缺相;若有摩擦声,开启式电动机看到有

火花出现,表明电动机定子和转子间互相摩擦(习惯上叫挡膛);若开机后振动声音很大,可能是基础不稳固,底脚螺栓松动,定子绕组断线或短路,也可能是转子断条等情况;若有特殊的焦臭味或冒烟而无振动,表明绝缘老化烧焦或线圈内部短路。运行中往往可用螺丝刀或小铁棒,一端触及轴承盖处,耳朵贴在另一端听轴承运行时发出的声音。若发出均匀的“沙沙”声,表明轴承运行正常;若发出“咕噜咕噜”声,表明轴承运行不正常,可能是轴承中的滚珠、滚柱损坏或轴承和转轴配合过紧;若出现“啞啞”声,则为缺油。通过上述的各种手段可监视电动机运行中的异常现象,通常称为“听、看、摸、闻”四步法。这样能做到及时发现问题,及时维修,将故障消灭在隐患中。

(3) 监视传动装置工作情况。传动装置包括从联轴器开始到变速、转动轴等部件。这些地方出现问题往往会马上改变电动机的负载,多数情况会使电动机的电流突然加大,严重时使电动机出现堵转现象。为预防这种情况发生,除值班人员加强巡查外,一般在值班室内加装电流表随时监视电动机电流变化,并且在控制回路中加装过负荷及过电流保护。小型电动机的过负荷保护用热继电器来实现,过电流保护用熔断器来实现;大、中型电动机一般用过流继电器根据电流大小分开加以保护。当电动机过负荷时,过电流继电器上通过的电流超过整定值使其动作,串接于电动机和控制回路的过电流继电器常闭触头断开,从而使电动机和主回路上的接触器复位,切断电动机与电源连接。

(4) 要经常保持电动机的内外清洁及良好通风。不允许有水滴、油污或灰尘落入电动机内,特别是开启式电动机,运行一段时间后要清洗。若只落有灰尘,则用干燥的不大于2个大气压的压缩空气吹净;若有油污,可用专用的带电清洗剂清



洗,清洗时最好停电,若不能停电,要注意安全。

(5) 巡视中要经常看轴承盖处有无渗漏现象,用手触摸轴承盖处有无发热现象,而且要定期更换润滑脂。更换时要注意用相同型号的润滑脂,不可随意更换。

(6) 对绕线式电动机,还应监视电刷和滑环之间摩擦时是否有火花,经常检查电刷磨损情况及压力,检查滑环磨损情况。当电刷与滑环摩擦打火后,滑环会出现麻坑,这时必须及时修磨滑环,否则火花会越来越严重。

(7) 在巡视过程中,如果发现电动机有触电、冒烟起火、剧烈振动、被电动机拖动的机械损坏,轴承剧烈发热、轴向窜动冲击、挡膻、转速突然下降等情况,要立即停机,排除故障后才能继续运行。

第二节 电动机维修方案的确定

三相异步电动机的维修方案的确定,主要根据电动机工作的周期和发生故障的程度,可分为小修和大修。

一、三相异步电动机的小修

三相异步电动机小修一般为电动机局部修理,周期一般为半年至一年。也有可能发现在运行中发现电动机有局部问题,但经简单处理之后可以立即工作,这些均可作为小修处理。比如更换部分被磨损的电刷;电动机接线盒的引出线绝缘处理等。周期性小修的一般内容为:

- (1) 清除电动机外部灰尘、油垢。
- (2) 检查各转动部分,轴承补油。

(3) 清除集电环(滑环)上的油垢,并用砂布磨光灼痕。

(4) 紧固各部分螺丝,检查接地线是否牢固良好,必要时用兆欧表测量接地电阻值。

(5) 调整刷握支架,更换损坏的电刷及张力不够的弹簧。

(6) 用兆欧表测量定、转子绕组的绝缘电阻值及对地绝缘电阻值。

二、三相异步电动机的大修

三相异步电动机由于故障必须停机进行较长时间修理,或是周期性的定期检修(其周期一般为1~2年)都称大修。大修的主要内容为:

(1) 拆卸电动机,清除内部污垢及绕组表面灰尘,必要时用专用GD系列清洗剂清洗绕组。

(2) 检查绕组绝缘有无变色、焦化、脱落、擦伤。若发现有上述现象,要更换相同的绝缘物并涂上绝缘漆后烘干。

(3) 拆出电动机转子,检查各线圈接头有无脱焊及接触不良的情况,特别是用锡焊接头的电动机更应注意。

(4) 检查槽楔是否松动、断裂、焦化或短缺,中、小型电动机槽楔多为竹楔,经受长期过大电流会焦化,使槽楔松动且绝缘性能下降,必须更换新槽楔。大型电动机多为人造的绝缘材料,也要认真检查有无松动等不利运行的情况。

(5) 对使用较长时间的电动机,可对其绕组的绝缘进行刷绝缘漆、干燥、焊接、重新绑扎紧固等处理。

(6) 更换局部损坏较严重的线圈及重绕烧毁的绕组。

(7) 检查鼠笼转子有无断条、断环。具体检查方法见第六章第一节相关内容。



- (8) 检查转子平衡块及风扇螺丝的紧固情况。
- (9) 检查轴承的好坏,并更换损坏的轴承。检查轴承盖、端盖及轴的平行度。
- (10) 检查与检修通风冷却系统。

第五章 电动机的常见机械故障及检修

第一节 轴的故障与修理

电动机转轴是传递转矩,带动机械负载的主要部件。电动机转轴的常见故障主要有:转轴弯曲、转轴伤裂、转轴轴颈磨损和键槽磨损等。

一、转轴弯曲的检查与修理

转轴的弯曲会使轴承承受外加的应力,严重时将使电动机转子卡在定子内,无法旋转。转轴弯曲后,电动机运行时振动加剧,噪声变大。

1. 转轴弯曲的检查

将转子夹装在车床上或其他检查支架上,如图 5-1 所示。校准时,用百分表沿轴颈或转子表面逐处检查转轴弯曲程度。一般,转轴的弯曲度不应超过 0.1 mm。即旋转转轴,百分表在转轴每处的圆周上各点的读数差值不应大于 0.1 mm。

2. 转轴弯曲的修理

对弯曲度小于 0.2 mm 的转轴,可采用磨削轴颈方法,消除转轴凸出部分;对于小型电动机,也可以磨削转子铁心的凸出部分,但要控制转子与定子间的间隙值不应超过正常间隙的 10%。

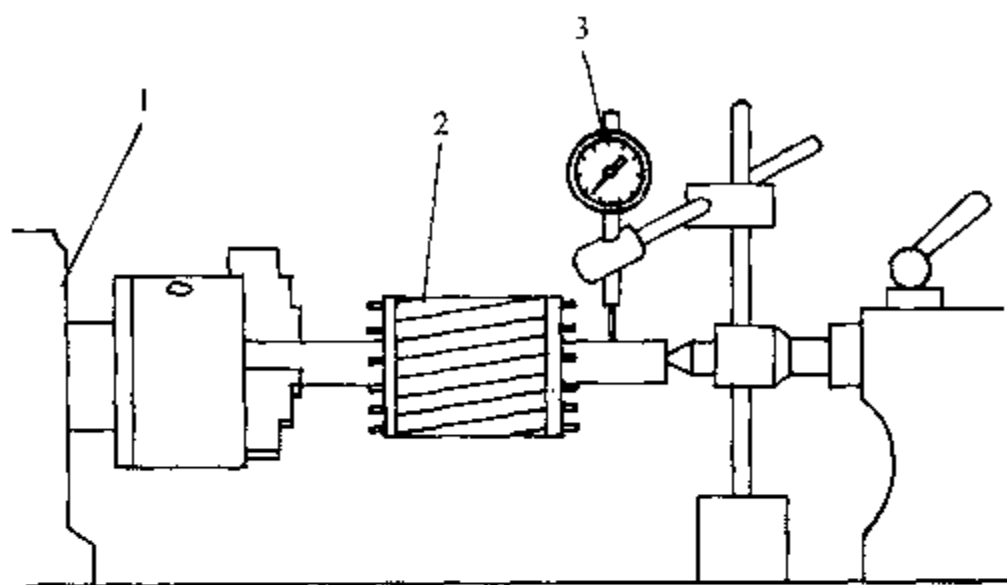


图 5-1 转轴弯曲的检查

1-车床;2-转子;3-百分表

若转轴弯曲程度较大,可采用先捻打矫正,后磨削方法予以消除。捻打矫正方法如下:先检测出转轴凸出部分,并做好记号。将转子置于带 V 型槽的支架上,让凸出处转向上方中央,将 V 型叠块搁于转子铁心上部凸出处,用大小合适的铁锤垂直捻打,如图 5-2 所示。捻打过程中以转轴凸出最高处为中心,依次向两侧(每侧圆心角为 45°)交替捻打,如图 5-3 所示。离凸出最高点越远处,捻打力度与次数均需适量减少。每进行一轮捻打前,应重新检测转轴弯曲度。直到弯曲度在 0.2 mm 以内,再通过磨削修复。

二、转轴伤裂的检查与修理

转轴伤裂不仅使电动机不能正常地传递转矩,并且会导致转轴运行时折断,造成不安全事故。一般对于出现裂痕的转轴,若其裂痕深度或长度不超过轴颈或轴长的 10%,可进行补修,

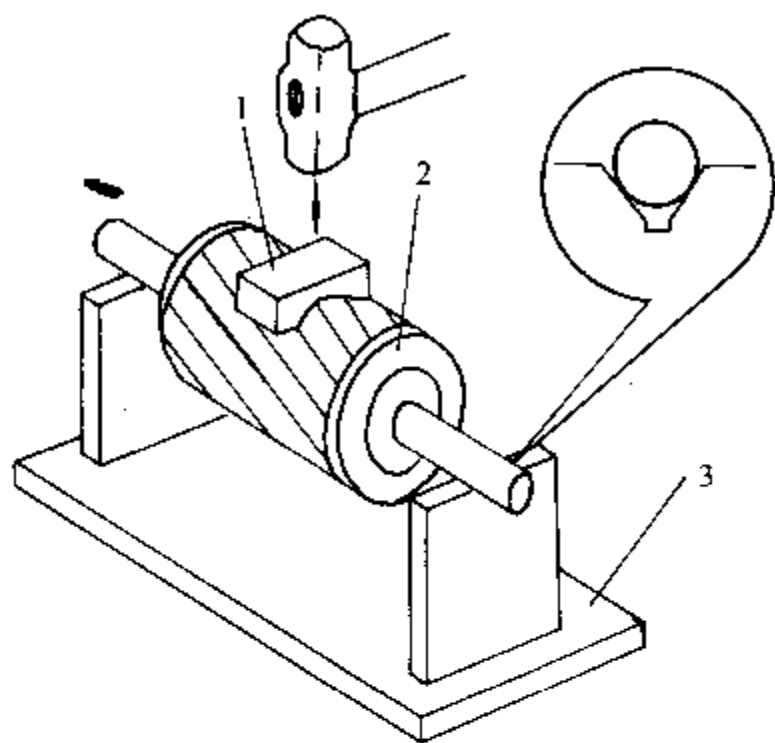


图 5-2 转轴捻打矫正法

1-V型叠块;2-转子;3-支架

捻打范围

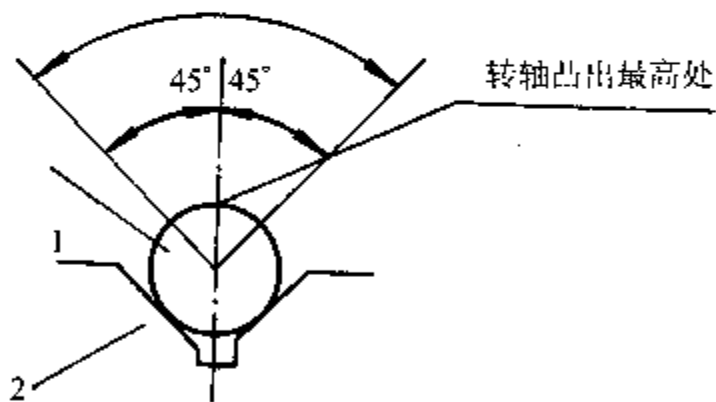


图 5-3 转轴捻打位置

1-转轴;2-支架

否则,应予以更换。



1. 转轴伤裂的检查

一般转轴伤裂发生在转轴两端处居多,可用探伤仪对其伤裂进行检查。对转轴表面出现的开裂,若肉眼一时难以辨认,可先擦干净转轴表面的油污及锈迹,然后在转轴表面涂抹红丹,再擦去表面红丹观察转轴表面,若转轴在表面有开裂,红丹将滞留裂缝内显露裂纹。

2. 转轴伤裂焊补修复方法

用砂轮磨削或钻削挖宽转轴的伤裂缝,深度同裂缝深度,裂缝两端处最好用 $\phi 5$ mm 钻头钻孔至裂缝深处。采用与转轴同材质的焊条对缝沟进行堆焊。注意,堆焊时焊接电流不宜过大,焊毕须对转轴进行退火处理,再进行车削加工,达到原转轴标准要求即可。

3. 转轴的更换及局部换接

对裂痕严重或已折断的转轴,一般应更换转轴。更换转轴时,应注意原转轴材质成分,不可用低劣材质的转轴代替使用。另外,要注意转轴各处的配合尺寸。一般换轴需配备专用套筒,放置于压力机上操作。若换轴不具备条件,可对某些转轴作局部换接。其方法是:切割转轴有裂痕部分,在转轴残余部分的轴中心钻孔,并攻螺纹(注意:螺孔直径不应超过转轴直径的 $1/3$,螺孔深度视转轴直径和切除部分长度而定,一般为 $20\sim 50$ mm)。用与原转轴材质相同的材料加工一段与转轴切除部分相同的轴框(注意:轴框外径留有 $5\sim 10$ mm 的加工余量),并在一端加工成与残余转轴上螺孔相配合的外螺纹。将轴框旋进残留转轴螺孔内后,用电焊在联接处堆焊,如图 5-4 所示。最后,对转轴所接部分进行车、磨加工,并铣削相应的键槽。

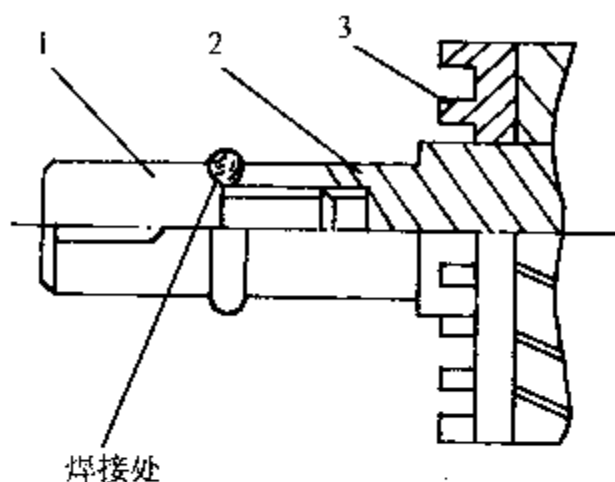


图 5-4 转轴局部换接

1-轴框;2-转轴;3-转子

三、转轴轴颈及键槽磨损的修理

转轴轴颈一旦出现磨损,若不及时修复,将使轴颈磨损加剧,最终导致转子与定子铁心相碰擦,无法正常运行。键槽磨损将使传动皮带轮或齿轮不能与转轴同步旋转,磨损严重时将使转轴与传动皮带轮或齿轮产生脱节,造成设备或人身不安全事故。一般转轴轴颈或键槽出现磨损后,电动机运行时,或多或少伴有异常的响声。转轴轴颈或键槽出现磨损后,应及早给予修复。

1. 转轴轴颈磨损的修理

轴颈磨损的修复方法较多,可根据轴颈磨损的程度选择采用。

(1) 滚花法。在轴颈处滚花,使轴颈表面的部分材料受挤压凸起,以增大轴颈,弥补磨损部分。此方法一般用于轴颈磨损轻微的修复,且不宜在同一转轴同一轴颈上重复多次采用。

(2) 电镀法。在轴颈磨损处电镀一层铬,再磨削至规定的



尺寸。此法一般用于轴颈磨损微小的情况。

(3) 堆焊法。将轴颈处毛刺车削去除,用二氧化碳保护焊在轴颈表面均匀堆焊一层。注意:焊接电流不宜过大,焊丝宜选用 $\phi 0.5 \sim 0.8$ mm,材质应与原转轴材质相同。将堆焊后的转轴轴颈车、磨至所需的尺寸。此方法用于轴颈磨损较大的转轴修复。由于大面积的堆焊会导致转轴变形,因此,尽可能少采用。

(4) 镶套法。将轴颈磨损部分的直径车小 $4 \sim 10$ mm。注意:尽量避免车削转轴端部,用与转轴材质相同的圆钢车制一套筒,套筒内径应与车削加工后的轴颈外径作过盈配合,套筒外径应比原轴颈外径大 $2 \sim 3$ mm,套筒的长度与轴颈车削加工的长度一致。将加工好的套筒放入高温的油中加热后套入轴颈处。在套筒与轴交界处用电焊绕焊一周,最后将套筒外径加工到原轴颈配合尺寸,如图 5-5 所示。

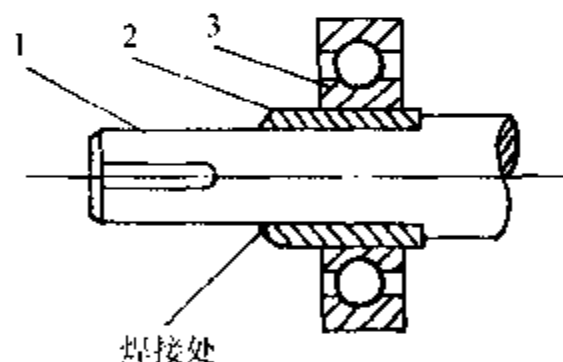


图 5-5 镶套法

1-转轴;2-套筒;3-轴承

2. 转轴键槽磨损的修理

常用的键槽磨损修理方法有:键槽修整、堆焊修补和键槽重开等。

(1) 键槽修整。对已磨损的键槽进行铣削加工,去除键槽磨损的不平整处。注意:此方法仅用于键槽磨损不严重的情况。

铣削修整键槽时要以原键槽为基准,对称加工。加工的宽度和深度都不应超过原宽度和深度的 10%~15%。同时要换上与修整后的键槽相匹配的键。

(2) 堆焊修补。对键槽磨损处堆焊时应注意焊条材质应与转轴材质相同,然后通过车、铣加工,恢复转轴外圆及键槽至原标准尺寸。此方法用于键槽磨损稍大的场合。

(3) 键槽重开。如图 5-6 所示,对应于磨损键槽,在转轴的另一侧重新铣一键槽,并处理好原键槽附近转轴表面的毛刺。此法仅用于键槽磨损过大或无法通过堆焊修补的情况。

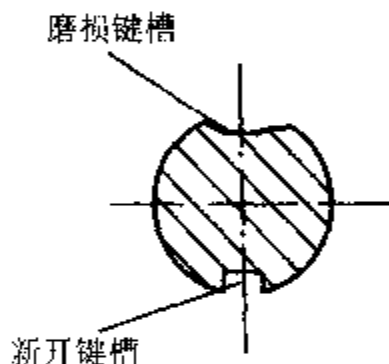


图 5-6 键槽重开

第二节 定子铁心的故障及修理

定子铁心由硅钢片叠压而成,其内腔与转子间隙很小。因此,在检修电动机过程中,如拆卸绕组重绕、电动机重新装配,或相关运动部件磨损等情况下运行时,易造成定子铁心损坏。定子铁心的常见故障有:铁心内腔表面擦伤;铁心齿或槽表面烧损;铁心两端面齿部硅钢片外翘及铁心松动等。



一、铁心内腔表面擦伤的修理

铁心内腔表面受到碰擦后,将使铁心碰擦处的硅钢片起毛,引起硅钢片间短路,铁心中的涡流增大,电动机局部温升变高,铁损增大。此外,硅钢片的毛刺还容易使定子绕组的表面绝缘层遭受损坏,从而导致绕组匝间短路或搭壳短路。电动机运行时,若发生铁心内表面受到碰擦,用手触摸电动机外壳,可能会有局部温度过高现象,并有可能伴随异常声音。对铁心内表面受碰擦的修理工艺是:打开电动机一端端盖,取出转子后,检查定子铁心内表面,并找出碰擦损伤处,取废锯条折断后,利用折断处锋利端刮掉碰擦损伤处硅钢片间的毛刺。注意:不要刮伤定子绕组绝缘层。刮完毛刺,检查硅钢片间是否因碰擦出现松动。若有松动用适当厚度填料填入,并外涂一层薄薄的绝缘漆。此外,检查电动机其他零件,排除引起碰擦的故障,再组装复原电动机。

二、铁心齿或槽表面烧伤的修理

铁心齿或槽表面烧伤主要由绕组碰壳或匝间短路产生电弧引起。此外,铁心硅钢片间短路也会导致其过热烧损。铁心齿或槽表面烧伤故障可通过检查电动机运行时是否产生局部过热现象予以初步确定。铁心齿或槽表面烧伤一般需取出相关铁心槽内或齿旁的绕组进行修理。修理工艺是:将烧损区域范围内的线圈取出,用小扁铲清除硅钢片间的熔焊结块(对于即将烧断的铁心齿片应铲去齿部)。用小砂轮打磨伤疤及不平表面,用刀片将相关齿部的硅钢片撬开,刮掉齿片边缘的毛刺,在维修的相关部位涂刷硅钢片绝缘漆。最后,重新补嵌线圈。

修理中应注意的事项：对鑿去的齿片必须配镶相同形状
的假齿，其材料要采用耐热非导磁绝缘材料，如胶木板等。假齿应
涂绝缘胶后打嵌于缺口处，以防松动。此外，在撬齿片和清除齿
片边缘毛刺时，不宜用力过大，避免复原后产生齿片变形错位。

三、铁心两端面齿部硅钢片外翘的修理

铁心端面齿部硅钢片外翘主要是拆除旧绕组时工艺控制不
当所致，如敲击冲棒压出槽内旧绕组时，使端面齿部硅钢片受力
外翘；用喷灯烧除旧绕组绝缘漆，使端部过热变形外翘等。铁心
硅钢片外翘后，在电动机运行时会产生振动，引起噪声。同时，
产生振动的外翘硅钢片有可能刮破绕组的绝缘漆，引起绕组间
或对壳短路。此外，外翘的硅钢片长时间处于振动状态将造成
疲劳折断，其折断片将损伤电动机内部各零部件。

一般电动机端面齿部硅钢片允许在规定的范围内有微量外
翘量。其外翘值如下：

当铁心长度 <100 mm，铁心端面齿部外翘值 <3 mm；当铁
心长度为 $100\sim 200$ mm，铁心端面齿部外翘值 <4 mm。若外
翘超过允许值，必须进行修理，其主要修理方法如下：

1. 机械力矫正法

用螺栓夹紧圆盘压板矫正所有外翘硅钢片，使其恢复到原
位或在误差允许值范围内，螺丝拉紧力一般不小于
 200 N/mm^2 ，如图5-7所示。对于铁心端面局部硅钢片外翘，
可用铜棒对准外翘硅钢片齿顶部，用锤子敲打铜棒矫正复原。

2. 粘结法

采用机械力矫正无法使外翘硅钢片恢复到误差允许值时，
可用粘结法进一步修复。粘结方法如下：用汽油清洗外翘硅钢

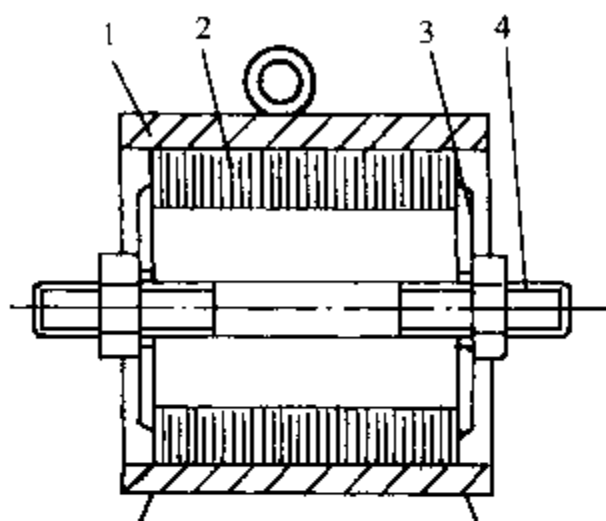


图 5-7 铁心端面硅钢片外翘矫正

1-机座;2-铁心;3-圆盘压板;4-螺栓

片及相关铁心部位的油污和锈迹,用环氧树脂胶涂抹外翘硅钢片与铁心间的缝隙面,再用螺栓和圆盘压板夹紧外翘硅钢片到正常位置,在室温下经 8~12 h 后,卸下夹具。

外翘硅钢片通过矫正修复后,若出现铁心齿高低不平,应用扁铲轻轻铲下突出部分,然后用压缩空气将铁屑吹出,再涂刷绝缘漆。注意:不可用锉刀锉削不平整的齿部,以免产生毛刺联接,使硅钢片间形成短路,造成铁心发热。

四、铁心松动的修理

铁心与机座采用过盈配合或定位螺钉固定。若铁心相对于机座松动,则电动机将不能正常工作。对于铁心有松动的电动机,应检查定位螺钉是否有松动,并重新紧固。若定位螺钉已失效(螺孔滑牙或螺钉断在螺孔内),可在机座其他部位重新制作定位螺孔进行固定。如果铁心与机座相对松动严重,有较大范围的相对转动现象,可将铁心压圈或铁心外圈与机座用电焊点

焊联接。对小功率电动机也可将定子铁心压出,在其外表面涂沫环氧树脂后,再压入机座,进行粘结固定。

第三节 机座与端盖的故障与修理

一、机座的故障检查与修理

三相异步电动机的机座一般为铸铁件,电动机安装不平整,运行或受机械外力作用,容易造成机座开裂或断裂。机座开裂或断裂发生在机座底脚部位居多,机座出现裂损,应及时给予修复。

1. 开裂的检查

一般的机座开裂都能通过肉眼直接检查出,对于开裂程度不很严重且用肉眼难以检查的,可通过敲击法初步确定开裂范围,然后用涂沫红丹法找出裂纹。敲击法是用榔头敲击机座可能发生开裂的部位,根据敲击声可大概判定开裂部位。一般敲击无开裂部位时,敲击声较清脆,而敲击有开裂部位时,敲击声较混哑。

2. 用堆焊法作机座开裂的修复

在裂缝两端处钻 $\phi 5$ mm孔,深度同裂缝深度,用錾子在裂缝处开好坡口。若机座已断裂,可用手提砂轮打磨断裂处成坡口,用直流电焊(需用同机座材料焊条)或气焊(一般采用铜焊条)进行堆焊。采用电焊时,必须用喷灯对焊缝加热至 $400\sim 600^{\circ}\text{C}$ 后再焊接。焊接后用木炭粉对焊缝进行保温冷却,防止产生新的裂缝。注意:采用此法修补,必须事先拆卸定子绕组(一般将定子绕组连同定子铁心一起压出机座),以免修复时



温度过高烧损绕组及绝缘材料。

3. 用加固法作机座开裂的修复

机座开裂不很严重或拆卸带绕组的定子铁心有困难时,可用加固法。此方法是:先在裂缝两端处钻 $\phi 3$ mm孔,深度同裂缝深度(为防止裂缝扩大),根据开裂的部位,选用角钢或扁钢并加工成相应的形状,用紧固螺栓固定于机座裂缝的两侧。注意:紧固螺栓的位置应根据裂缝的位置、机座的结构等因素确定。图5-8所示为用角钢对机座底脚开裂进行加固的示意图。

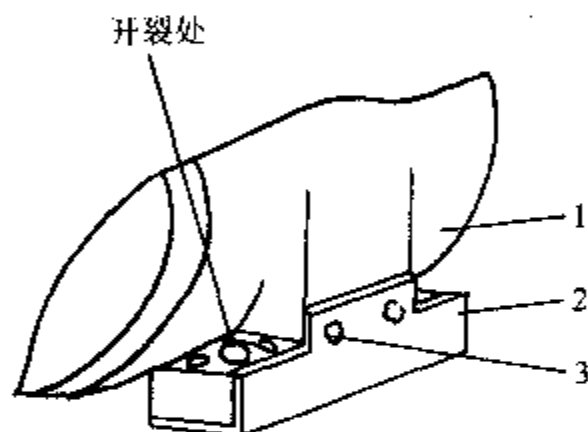


图5-8 机座底脚开裂加固

1-机座;2-角钢;3-螺栓

二、端盖故障的修理

端盖通常由铸铁制成,且盖体较机座薄。端盖在使用、搬运,尤其是拆修过程中,经常受到外力的撞击或磕碰,而造成损伤。端盖的常见故障有:端盖开裂和断裂、端盖止口磨损及轴承孔磨损等。

1. 端盖开裂和断裂的修理

端盖出现断裂,若有条件应尽可能予以更换。若不易找到配件,更换有困难,或端盖出现的开裂不很严重,可进行修补。

对开裂微小的端盖在修补前可采用涂抹红丹检查开裂裂纹。端盖裂损修理方法如下：

(1) 堆焊法。此方法同机座堆焊修理法，补焊完毕后，需检查端盖有否变形，否则应加工修整端盖各配合尺寸，使之符合配合要求。

(2) 粘接法。采用混合粘补剂，其成分为 914 室温快速固化环氧粘接剂 A、B 两组、还原铁粉和氧化铝粉，配比为 A : B : 还原铁粉 : 氧化铝粉 = 5 : 1 : 6 : 6。粘接前，先用丙酮清洗裂缝内的油污，然后用压缩空气吹净裂缝内的所有铁末、尘末等脏物，用刮板将配制好的混合粘补剂刮入裂缝中，在 25℃ 下经 3 h 后（室温低时需延长时间），才能安装使用。注意：此方法对小型电动机的端盖开裂程度不很严重的修复较为适合，其他情况下应尽量避免采用此法。

2. 端盖止口磨损的修理

端盖止口与机座一般采用过渡配合，对于止口直径小于 300 mm 的电动机，其配合最大间隙一般不大于 0.05 mm。配合间隙过大，将影响到电动机的正常运行。端盖止口若受磨损，造成与机座配合间隙过大，必须进行修理，常用修理方法如下：

(1) 打“麻点”。用尖冲头在止口外圆周面上均匀打出凹凸点，使外圆周直径扩大，从而达到减少与机座的配合间隙。此方法适用于磨损轻微的小型电动机端盖，且不能多次用于同一端盖的修复。

(2) 喷镀或刷镀。用专用设备将金属镀在磨损的止口外圆表面，镀毕后通过磨削加工，使止口外圆达到原规定尺寸。此方法一般用于磨损深度不超过 0.2 mm 的场合。

(3) 重新加工止口。将端盖夹放于车床卡盘上，车削掉磨



损的止口,在留下的端盖上重新车削加工一个符合配合尺寸要求的止口,并加工轴承孔内侧端面或转轴轴承颈台阶位置,使其符合装配要求。

3. 轴承孔磨损的修理

轴承与端盖轴承孔的配合也属过渡配合。正常情况下,轴承外圈与端盖轴承孔无相对转动,一旦轴承孔出现磨损,即轴承外圈与轴承孔间的间隙过大,则导致轴承走外圈。此时若电动机频繁正反转,将加剧端盖轴承孔的磨损,最终将引起转子与定子相磨擦,致使电动机不能正常工作。电动机的轴承外径与端盖轴承孔的配合公差见表 5-1。

表 5-1 轴承外径与端盖轴承孔配合公差

轴承外径(mm)	18	>30~50	>50~80	>80~120
端盖轴承 孔偏差(μm)	+13 -6	+16 -7	+20 -10	+23 -12

当配合公差超出规定值时,应对轴承孔进行修理。其修理方法如下:

- (1) 在轴承孔内表面打“麻点”。
- (2) 喷镀或刷镀。

以上具体修理方法参见端盖止口修理方法。

(3) 镶套。将端盖轴承孔内径加工至大于原尺寸 8~10 mm,采用过渡配合,车制一壁厚为 6~7 mm 铸铁套圈镶嵌于端盖轴承孔内,在结合面处加装轴向骑头螺钉固定,如图 5-9 所示。最后,将镶套内孔加工至规定的配合尺寸,注意要与端盖止口同心。

(4) 用汽油清洗端盖及轴承的油污、尘末,再用丙酮进一步清除端盖轴承孔内表面及轴承外圈的污尘,用铁锚 350 粘结剂

(该粘结剂能再次拆卸和粘结)均匀涂抹于端盖轴承内孔表面及轴承外圈表面。注意:非配合面不得涂抹粘结剂。然后,按规定程序装配电动机。安装完毕后,用手转动转轴,应旋转自如。在常温下经 24 小时或 120℃ 下经 8 小时后粘结剂固化,电动机方可投入使用。

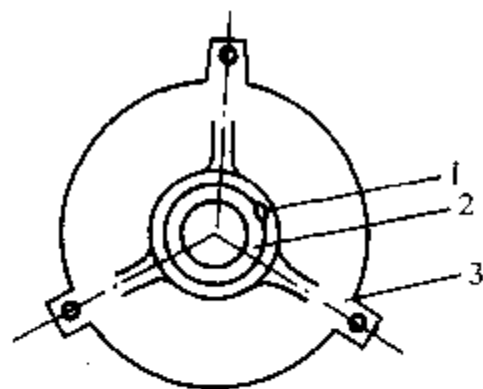


图 5-9 端盖轴承孔镶套

1-骑头螺钉;2-镶套;3-端盖

第四节 轴承的故障及修理

轴承是运动部件,一般中、小型电动机轴承采用滚珠轴承较多。电动机基础安装不稳固引起的振动,皮带轮张力过大或传递负载过大,润滑脂有杂质、过多或过少及拆卸安装轴承不当等,都会引起轴承的故障。

一、轴承故障的辨别

轴承带故障运行时会产生过热及异声现象。轴承过热时,其温度能超过 90℃,用手触摸轴承盖会有烫手的感觉。轴承的异声可通过螺丝刀头抵触运行中电动机轴承盖处,用耳靠近螺丝刀握把部位辨别。常见的异常声有:

- (1) 明显的滚动及振动响声,一般为轴承过磨损所致。
- (2) 不规则的撞击声,一般为滚珠或轴承圈有破损。
- (3) 声音发哑、沉闷,可能是润滑脂过多或有杂质。
- (4) 声音尖刻,夹杂滚动声,可能“渴”油。



二、轴承故障的检查

轴承最常见的故障是磨损,轴承磨损可通过如下方法检查。

1. 经验检查

将转子(连带轴承)拆下后,除去轴承中的润滑脂,再用汽油将轴承洗干净,用手握住轴承外圈,于轴向方向来回有节奏地施加作用力,应无外圈与其他部件间相对运动的感觉。否则,轴承已磨损,不能使用。此外,均匀施加力于轴承外圈,使外圈缓慢旋转,应无受“卡”感觉;飞速旋转轴承外圈,声音匀柔,否则,都说明轴承已损坏,应予以更换。

2. 仪器测量法

安放固定好电动机,将千分表测量头贴靠在转轴表面,千分表指针调零后用手握住转轴端头,径向施加作用力,如图 5-10 所示。观察千分表读数,一般小型电动机轴承的径向间隙值应

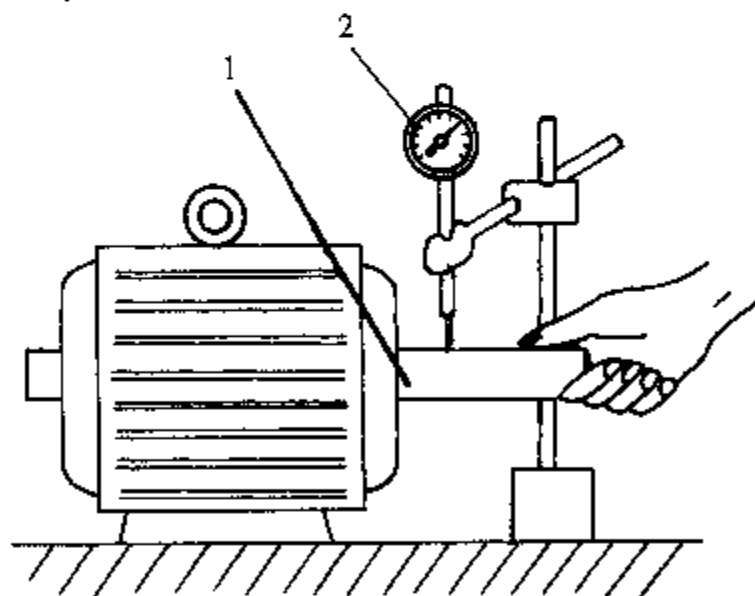


图 5-10 轴承磨损检查

1-转轴;2-千分表

符合的数值是： $\phi < 25$ mm 的轴承为 0.025 ~ 0.07 mm； $\phi < 100$ mm 的轴承为 0.01 ~ 0.10 mm。

注意：用这种方法检查时，必须确保电动机固定，且确认轴承内外圈与轴和端盖配合良好，否则，将产生误差。

三、轴承故障的处理

1. 轴承润滑脂有杂质、变质的处理

电动机经过一定时间运行后，轴承中的润滑脂不但会损耗，而且里面也会混入机械杂质或发硬变质，若继续使用会加速轴承磨损，最终导致轴承运行时温度升高，产生异响。因此，一般在轴承使用 2 500 ~ 3 000 h 后，需要更换润滑脂。

更换润滑脂时，应先用汽油或柴油作清洗剂对轴承进行清洗。可用牙刷刷清油垢，但要注意不要让刷毛掉入轴承内部。清洗完毕后，用干净的布擦干。用手转动轴承外圈，确认轴承转动灵活，无异声后，再添加润滑脂，常用润滑脂及应用见表 5-2。必须注意：新添润滑脂的量要适度，不宜过多或过少。另外，更换润滑脂后，必须清洗原轴承盖内的油污。

表 5-2 常用润滑脂及应用

电动机系列	JO	JO ₂	J	湿热带用电动机
工作温度(°C)	70~90	160~200	110~130	150~200
润滑脂种类	钙基润滑脂	复合钙基 润滑脂	钠基 润滑脂	二氧化钼 润滑脂

2. 轴承损坏的处理

轴承在使用过程中，滚珠和轴承圈出现破损或磨损量超过极限值时(参照上述标准)，必须更换新轴承。轴承的更换原则上采用同型号、同规格轴承代换，常用电动机轴承型号见表 5-3



和表 5-4。

表 5-3 J、JO 系列电动机轴承型号

电动机极数 电动机座号	二极		四极	
	负载侧 轴承	非负载 侧轴承	负载侧 轴承	非负载 侧轴承
3	304		304	
4	306		306	
5	308		308	
6	308		310	
7	310		2310	312
8	312		2314	314
9	314		2317	

表 5-4 J₂、JO₂ 系列电动机轴承型号

电动机极数 电动机座号	二极		四极	
	负载侧 轴承	非负载 侧轴承	负载侧 轴承	非负载 侧轴承
1	204		204	
2	305		305	
3	306		306	
4	308		308	
5	309		309	
6	309		2309	309
7	311		2311	311
8	314		2314	314
9	317		2317	317

在更换轴承时,若一时无法找到相同型号、规格的轴承,在

万不得已的情况下,可用相近型号规格轴承代换。若存在几何尺寸差异,可在轴上加设止推环或加设内外套方法处理解决。轴承的更换涉及到轴承的拆装,有关轴承的拆装方法,参照本书第三章第二节相关内容。



第六章 转子绕组的故障及修理

三相异步电动机的转子主要有 2 种结构形式：鼠笼式转子和绕线式转子。因其结构的差异，所产生的故障及修理方法有所不同。

第一节 鼠笼式转子的故障及修理

鼠笼式转子的常见故障是笼条断裂和端环(转子两端的短路环)开裂。鼠笼式转子若发生笼条断裂或端环开裂，电动机在运行时会发生以下故障现象：电动机起动时，转矩比正常时小，无法带负载起动；电动机满负载运行时，转速比正常时低，并伴有噪声大、温升高及机身剧烈振动等现象。用钳形电流表测量电动机带负载运行时的工作电流，仪表指针有周期性摆动。引起鼠笼式转子笼条断裂和端环开裂的原因一般有：频繁起动、制动机正反转电动机，电动机超载运行及鼠笼制造工艺和材料有问题等。

一、鼠笼式转子故障的检查

三相鼠笼式异步电动机若出现上述故障现象，可拆解电动机，对转子进行检查，一般有 3 种检查方法。

1. 外部观察法

用肉眼或放大镜仔细观察裸露在转子外表面处的端环和笼

条是否断裂。注意,一般在断裂处周围因过热会产生变色现象。另外,在铁心槽口附近容易引起断裂。

2. 铁末显示检查法

将可调低压电源(可用电焊机或自耦变压器二次输出端代替)与待检转子两端环相联接,如图 6-1 所示。调整可调低压电源的电流或电压于最小值,闭合开关后逐渐调高电流或电压,使通过转子的电流达到 150~200 A。将铁末撒在转子表面,观察转子表面铁末分布情况。完好转子的表面沿各铁心槽口均匀分布着铁末,若沿某一铁心槽口无铁末或铁末分布稀少,说明该处铁心槽内的笼条已断裂。

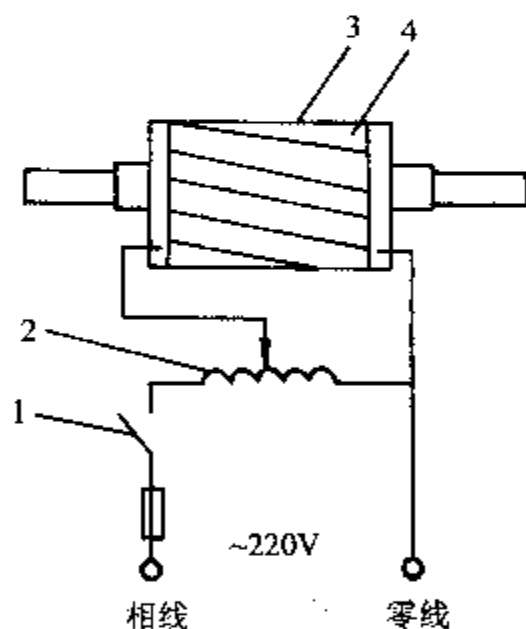


图 6-1 铁末显示检查法

1-开关;2-自耦变压器;3-转子;4-铁末

用此法检查必须注意在低压电源与转子两端环可靠连接后再接通电源,以免因接触电阻过大而产生连接处过热熔焊。此外,使用自耦变压器作电源时,要注意电源一次侧接线柱的正确联接,相线与零线不能接错。



3. 短路侦察器检查法

用短路侦察器对转子断条进行检查,其操作安全性和有效性好,适用于专业电动机修理时对转子笼条断裂检查。

短路侦察器由两组铁心线圈组成(即一次铁心线圈和二次铁心线圈)。短路铁心可自行制作,按图 6-2 所示形状,将 0.35~0.5 mm 厚度的硅钢片叠成厚度为 70 mm 作一次和二次铁心,用 $\phi 1$ mm 高强度漆包线绕制 2 个线圈(每线圈 600 匝),套装于一次铁心的两铁心柱上,并正串联接(异极性端相连)。用 $\phi 0.9$ mm 漆包线在二次铁心横轭上绕制一线圈(2 500 匝)。

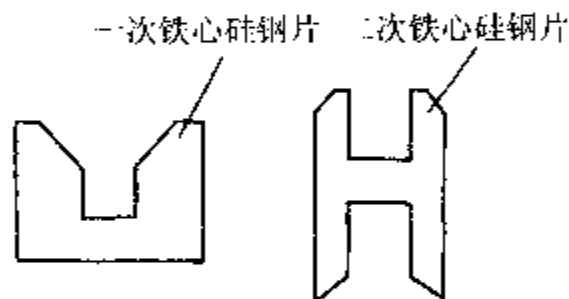


图 6-2 短路侦察器铁心

短路侦察器检查转子笼条断裂方法如下:

将转子搁放于一次铁心线圈上,接通电源,将二次铁心线圈与毫伏表连接,并对转子逐槽检测,如图 6-3 所示。正常时,各槽所测得的读数相差无几,若某槽所测得的读数与其他槽的读数相差很大,说明该槽内的笼条已发生断裂。检测时要注意每次针对转子不同的槽检测时,二次铁心窗口与转子槽相对位置要保持一致。

二、鼠笼式转子故障的修理

鼠笼式转子修理方法因故障情况不同而不同,常用的修理方法有 3 种。

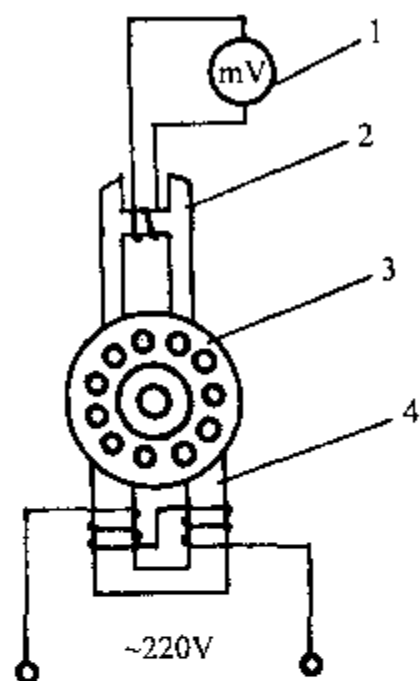


图 6-3 短路侦察器检查法

1-毫伏表;2-二次铁心线圈;3-转子;4-一次铁心线圈

1. 补焊法

对转子端环开裂或断裂在外表处,且开裂处数量不多的情况,可采用此法修理,具体方法如下:

(1) 沿裂纹用凿或钻加工成“V”型沟槽。若开裂在端环与笼条的连接处,可用较大的钻头钻透端环形成焊接工艺孔,如图 6-4 所示。

(2) 用气焊补焊。将断裂处周围用气焰加热至 450°C 左右,再进行补焊。焊条材料成分为:适用于铸铝转子绕组的锡为 63%、锌为 33%、铝为 4%;适用

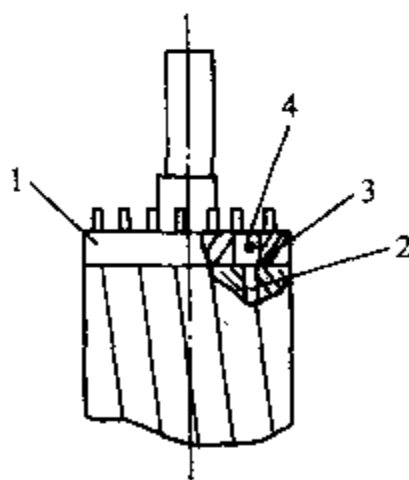
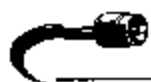


图 6-4 补焊法工艺孔

1-端环;2-笼条;3-断裂处;4-工艺孔



于铜转子绕组用纯铜。注意,在补焊时必须用焊料填满裂纹“V”型槽或端环工艺孔。

(3) 补焊后进行静平衡校验。将修补后的转子搁在两根纵横水平的圆钢上,转动转子于任意位置摆放,观察转子是否静止不动。若总是转向某一位置才能静止,则用橡皮泥在转子最高处粘结进行配重,直至转子能在任意位置静止。然后,在橡皮泥粘结处对称于轴中心位置钻削等重量的材料,重复校验,直到转子能在水平圆钢导轨上任意位置静止。

2. 笼条部分更换法

当笼条断裂,断条数量又不多,且断裂处在转子内部时,可采用此法。具体方法如下:

(1) 用立式铣床将断条端部铣一缺口,露出槽形孔。

(2) 用略小于笼条直径的深孔钻头沿断笼条槽钻穿。

(3) 用与钻孔同直径的轧制铝条打入钻孔内,其两端长出端环约 5 mm。

(4) 补焊、校平衡,方法与补焊法相同。

3. 总成更换法

对于断条较多、断于转子内部,且有现成的转子总成配件,配件成本又不高的,可采用更换转子总成。注意,更换的转子规格必须与原转子规格相同。

第二节 绕线式转子的故障及修理

绕线式转子绕组常见的故障有:绕组接地、绕组断路及绕组短路。引起绕组上述故障的原因除了与绕组本身故障有关,还与绕组端部并接头铜套、包扎带(钢线)及集电环有关。由于绕

线式转子绕组的结构和嵌线工艺与定子绕组基本相同,因此,对绕线式转子本身故障的修理方法可参照本书定子绕组故障修理相关章节的内容,此处不作赘述,本节仅对绕组其他相关部分的修理作介绍。

一、绕组端部并接头铜套开焊故障检查与修理

绕组端部并接头是通过铜套与钎焊连接的,其连接强度有限,且转子是运动部件,若电动机运动环境不良会使并接头严重氧化腐蚀,容易产生绕组端部并接头铜套开焊故障。

1. 绕组端部并接头开焊故障的检查

拆下转子后先用肉眼观察并接头处,若发现有发黑或长铜绿,则有可能为并接头开焊。用电桥由集电环处测量相间电阻,当测出某两相阻值偏大后,保持电桥与绕组连接并用竹签或胶木签逐个撬触相关两相绕组并接头套,同时观察电桥指针变化。若在撬动某一并接头套时电桥指针偏向低阻值方向,则表示该并接头套内绕组接头接触不良,存在开焊故障。

2. 绕组端部并接头开焊故障修理

在确定某并接头套开焊后,用丙酮清洗开焊处表面的氧化层,用大功率(300~500 W)电烙铁对并接头进行焊接,焊料尽可能采用高熔点焊锡,通常配方为:锡:20%,铅:78.5%,银:1.5%,焊剂可用松香末、酒精溶液。电烙铁焊头用锉刀锉成扁形,使之能插入两并接头套之间,焊接时注意在充分加热并接头套后要缓慢地送焊料,使焊料浸入套筒内并填满,如图6-5所示。焊接后要清理并接头套周围多余的锡滴,并涂刷绝缘漆或用缘绝带包扎,以防并接头套之间相互短路。

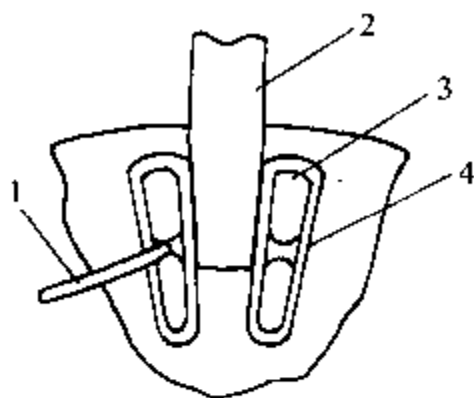


图 6-5 绕组端部并接头开焊修理

1-焊料;2-电烙铁焊头;3-转子绕组并接头;4-绕组并接头套

二、绕组端部绑扎带的故障与修理

为了防止转子绕组端部接头在电动机运转时受到机械损伤,一般绕线式电动机转子端部接头处都有钢线或无纬玻璃丝带绑扎。对于用钢线绑扎的转子,若处于并接头与钢线之间的绝缘材料出现老化、脆裂脱落,有可能引起转子绕组短路。另外,若绑扎的钢线接头开焊或因绝缘层收缩等使钢线发生移位、脱落和刮伤绕组,同样会造成绕组短路故障。绕组绑扎带出现故障后,一般应进行重新绑扎。

1. 钢线绑扎

绑扎前先检查绕组有无刮伤等损伤,并予以处理,用 0.17 mm 云母纸夹于两层青壳纸间,卷绕包于绕组端部外表处,然后,可将转子夹装在车床上,用弹性强度不小于 $1.57 \times 10^8 \text{ Pa}$ 且与原绑扎线直径相同的钢线进行包扎,如图 6-6 所示。图中绑扎钢线夹紧器 4 可固定在车床的刀架上。绑扎时,钢线保持一定的张力。不同直径钢线的张力见表 6-1。绑扎区域沿圆周表面每隔 20 mm 左右均匀放置铜片(事先搪好锡),待绑扎完

毕将铜片朝里卷压,并连同绑扎线端头一并焊牢,如图6-7所示。注意:绑扎时绑扎匝数、宽度及排列应尽可能与原绑扎情况一致,绑扎边缘应留出绝缘材料20~30 mm,绑扎成型后,外径应小于转子铁心外径约5 mm。绑扎完成后,用兆欧表测试绕组与绑扎线间的绝缘电阻,其阻值应大于或等于5 M Ω ,同时,应做转子静平衡校验。

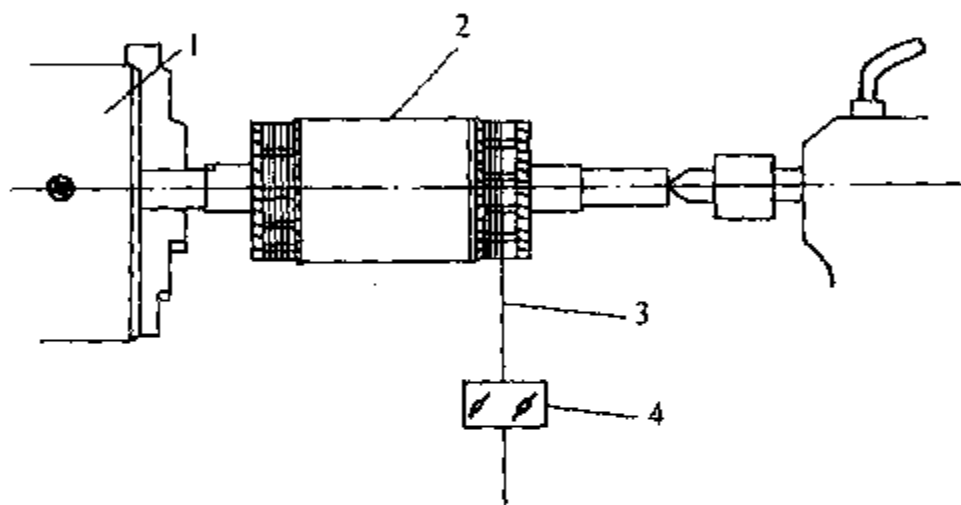


图 6-6 钢线绑扎

1-车床;2-转子;3-绑扎钢线;4-夹紧器

表 6-1 不同钢线的绑扎张力

钢线直径(mm)	张力(N)
0.5	120~150
0.6	170~200
0.7	250~300
0.8	300~350
0.9	400~450
1.0	500~600

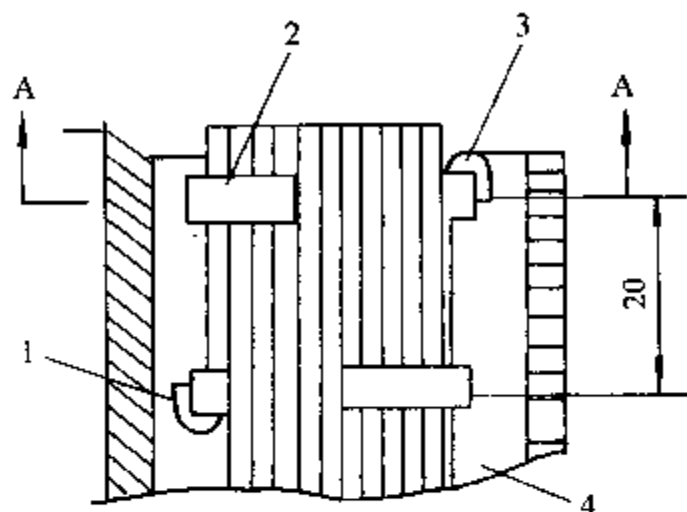


图 6-7 绑线绑扎工艺处理

1-绑线端头;2-钢片;3-绑线端尾;4-绝缘纸

2. 无纬玻璃丝带绑扎

无纬玻璃丝带是一种有一定强度的绝缘性绑扎材料,一般自带有粘性。无纬玻璃丝绑带出现剥落后,可用相同规格的绑带(一般为聚酯无纬玻璃丝绑带,厚 0.17 mm,宽 15 mm 或 25 mm)重新绑扎。绑扎工艺为:将转子绕组端头原绑带清除并用木锤进行整形,然后,将转子放入烘箱内,调节烘箱温度为 80℃ 烘烤 1.5 h,再取出转子绑扎绑带。注意绑扎时控制好绑扎带的张力,一般需达到 300 N 以上,绑扎厚度要大于 1 mm。最后,在绑扎处涂刷绝缘漆,并作烘干处理。

三、集电环的故障与修理

集电环是转子绕组与电动机外部相连接的动连接点。因此,集电环的接地、环间短路或绕组、电刷与集电环连接或接触不良,皆会导致转子绕组接地、绕组间短路或断路故障。集电环的常见故障有:集电环外圆偏磨失圆及烧损;集电环松动;集电环短路等。



1. 集电环外圆偏磨失圆及烧损修理

集电环表面烧损程度不严重,可用 00 号砂纸或油石沿圆周表面旋转打磨进行修复。若出现失圆或表面烧损严重,可夹于外圆磨床上,对其进行修磨。注意在磨削时集电环外圆与转子转轴同轴度的校正一般不超过 0.05 mm;集电环表面磨削量不宜过多,一般要小于 1 mm;集电环修磨后表面粗糙度应达到 $R_a=0.8\mu\text{m}$ 。

2. 集电环松动的修理

集电环松动可在其圆周上均匀地加工 3 个 M 4 沉头螺孔。注意:要避开导电杆,螺孔不穿透绝缘衬套。用 3 个 M 4 铜质沉头螺钉将松动的集电环进行固定,并用铜焊将沉头螺钉与集电环焊牢。最后,车磨集电环外圆,如图 6-8 所示。

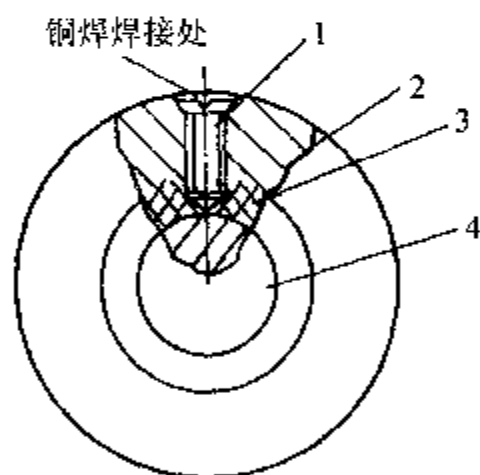
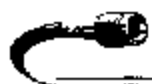


图 6-8 集电环松动修理

1-沉头铜螺钉;2-集电环;3-绝缘衬套;4-转轴

3. 集电环短路的检修

集电环发生短路故障时,首先应检查集电环周围是否堆积了电刷磨损下来的粉末。若有,可用刷子刷清,并用汽油清洗。其次用万用表或兆欧表检查集电环对转子转轴的绝缘情况。若



仍有短路现象,对于组装式集电环可将导电杆拆除,并断开集电环与绕组的连接,进一步逐个检查集电环与转轴及集电环之间的绝缘电阻,同时检查导电杆外部的绝缘管有无击穿烧损。若导电杆绝缘损坏可更换相同规格的绝缘套管。若在拆除导电杆后集电环对转轴仍存在短路,则仔细检查集电环侧面内径与绝缘套座有无破裂、烧焦的痕迹,并挖宽裂痕或挖除烧焦的痕迹,直至用兆欧表测量无短路现象,再用环氧树脂注入挖去处并填平干固。对于塑料整体式集电环,出现短路故障后一般用新配件总成更换。

第七章 定子绕组的常见故障及检修

从前面有关电动机故障及检修的章节中可知,三相异步电动机的故障颇为繁多。而其中定子绕组又是最容易损坏且故障率很高的部件。

电动机的故障繁多,但故障的产生总是与一定的因素相联系的。如定子绕组绝缘损坏是与绕组过热有关,而绕组的过热总是与电动机的电流过大有关等。只要根据电动机的基本原理、结构和性能,以及有关方面的情况,就可对故障作出正确的判断和处理。而正确的判断和处理又源于正确的检修步骤和方法。为此,下面先就电动机定子绕组故障一般的检修步骤与方法作一介绍。

1. 电动机定子绕组故障的检修步骤

- (1) 发现故障现象。
- (2) 根据故障现象结合定子绕组的结构特征找到故障发生的部位,并尽可能地缩小故障范围。
- (3) 根据故障部位找出故障点。
- (4) 根据故障点的不同情况,采取正确的检修方法排除故障。
- (5) 空载试验。
- (6) 正常运行试验。

在以上检修步骤中,找出故障点是检修工作的难点和重点。在寻找故障点时,首先应分清故障在外部还是在内部,是机械故



障还是电磁故障。然后根据“由外到里,先机械后电磁”的顺序进行检查和修理。

2. 电动机定子绕组故障的检查和分析方法

常用的故障检查和分析方法有:调查研究法、试验法和测量法等几种。在一般情况下,调查研究法能帮助我们发现故障现象;试验法不仅能发现故障现象,而且还能找到故障部位;测量法是找出故障的基本、可靠和有效的方法。

在检查和分析故障时,并不是仅采用某一种方法就能找出故障点的,往往需要用几种方法同时进行才能迅速找出故障点。现将几种故障的检查方法分述如下:

(1) 调查研究法。调查研究法主要是通过询问操作人员;看有无由于故障引起明显的外观征兆;闻电动机有无由于故障引起明显的异常气味;听电动机在运转时与正常运行时的声音有无明显的差异;摸电动机外壳或定子绕组的温度是否正常等。

(2) 试验法。即直接通电试验。采用三相调压变压器,开始时施加约30%的额定电压,再逐渐上升到额定电压,可发现故障现象及故障部位。

(3) 测量法。利用校验灯、试电笔、万用表、钳形电流表、电桥和兆欧表等对电动机进行带电或断电测量。在测量时应特别注意是否有并联支路存在对被测绕组的影响,以防止产生误判断。

总之,故障不是千篇一律的,就是同一故障现象发生的部位也并不相同,不要生搬硬套,而应按不同的故障情况灵活处理,力求迅速准确找出故障点,判别故障原因,及时排除故障。

在实际检修工作中,应做到每次排除故障后,及时总结经验,并作好检修记录,作为档案以备日后维修时参考。并要通过

对历次故障的分析和检修,采取积极有效的措施,防止再次发生类似的故障。

三相异步电动机定子绕组的常见故障有:绕组短路、绕组接地、绕组断路、绕组连线错误、绕组绕线不良等。

第一节 定子绕组短路故障修理

定子绕组短路主要有相间短路和匝间短路两种。而相间短路又包括相邻线圈间短路及极相组间连线短路。

一、相间短路

相间短路是三相绕组之间因绝缘损坏而引起的短路。

1. 相间短路产生的主要原因

(1) 绕组端部相间薄膜、漆布、绝缘纸没有垫妥、尺寸过小或脱落(漏垫)等,形成相间、极相组间绝缘的薄弱环节,在电动机受热或受潮情况下,被电场强行击穿而短路,如图 7-1 中 A 点、B 点和 C 点所示。

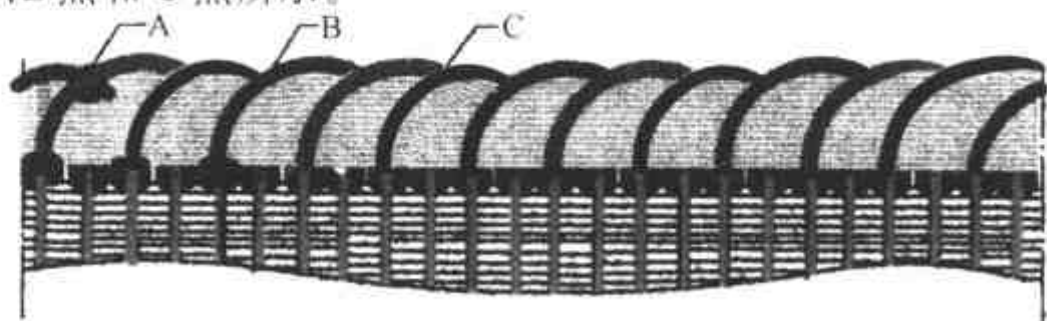


图 7-1 单层绕组相间短路示例图

- A-相间绝缘损坏引起 U、W 相间短路;
- B-相间绝缘漏垫或脱落引起 V、W 相间短路;
- C-相间绝缘纸尺寸过小引起 U、W 相间短路。



(2) 如图 7-2 所示,极相组连线的绝缘套管处理不妥而短路,或者因有些电动机修造者不了解聚氯乙烯塑料套管的耐热性能较差,把它应用在电动机绕组上,当电动机绕组发热使塑料熔化时,造成连线间短路。

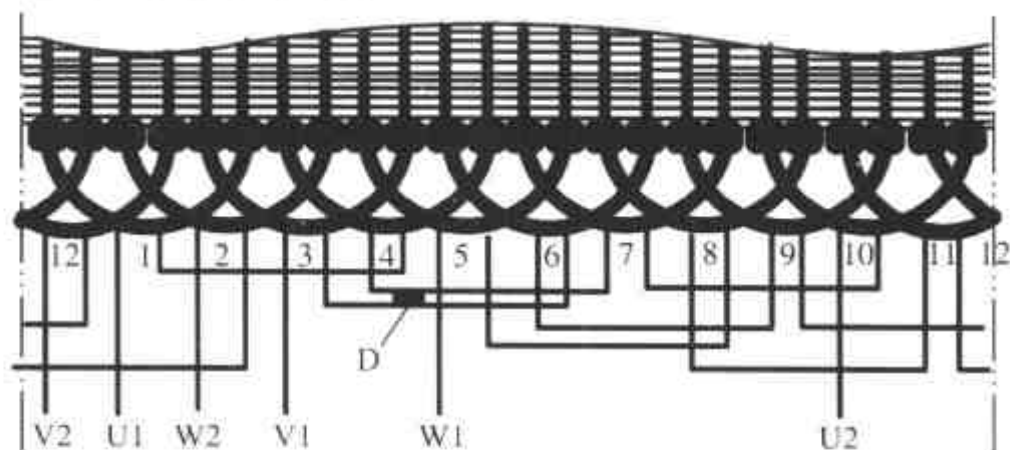


图 7-2 单层绕组极相组间短路示例图

(注:绕组下端各极相组之间绝缘层未画出)

D-极相组间连线绝缘不良造成相间短路故障

(3) 导线绝缘的老化、下线不慎致使导线绝缘损伤等,在电动机电流过大,电源电压波动过大或电动机发热的情况下而形成的短路。

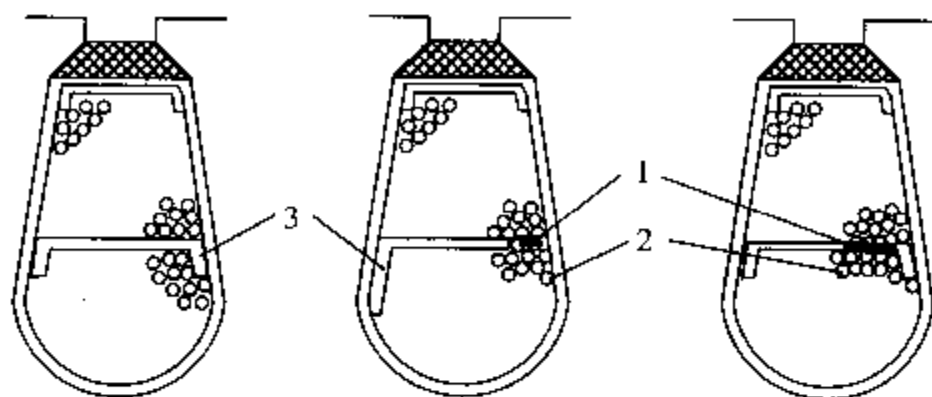
(4) 对于双层绕组来说,除了上述原因以外,还有因槽内层(相)间绝缘垫条没有垫妥或尺寸偏小,形成相间或极相组间的绝缘被电场强行击穿而短路,如图 7-3 所示。

2. 相间短路的故障现象

相间短路的故障现象主要表现为:

(1) 电动机不能起动或起动时保护装置动作。如熔断器熔丝熔断或爆断;过流继电器动作。

(2) 电动机虽能起动,但三相电流不平衡,使电动机运行时振动和噪音加剧。



(a) 层间绝缘正常 (b) 层间绝缘位移或偏小 (c) 层间绝缘损坏

图 7-3 双层绕组相间短路示例图

1-短路故障点;2-绝缘导线;3-层间绝缘纸、布

(3) 定子绕组过热、冒烟,严重时甚至烧坏。

(4) 相间短路时,往往在短路处出现绝缘薄膜、漆布等垫布(纸)脆化或焦化,有焦臭味,导线绝缘变色或脱落。

(5) 在短路处发生爆断,引起很多导线熔断,且附近有熔化的铜屑,而其他线圈组或另一端部没有烤焦现象。这种故障现象是相间短路的主要特征。

3. 相间短路故障分析

现仍以图 7-1 和图 7-2 所示的故障点为例,图 7-1 所示是一台三相单层链式定子绕组的展示图(即相间短路的示例图)。

(1) 故障点 A 故障分析:图 7-4 所示为图 7-1 中 A 点故障的示意图。当电动机为星形联接时,U 相因 U1 与 V2 之间短路而产生环形电流,使 U 相绕组因过流发热而损坏;而 V 相、W 相的相电压升高了 70% 左右,使电动机的电流相应增大,导致电动机一旦起动,保护装置即动作,如熔断器熔丝烧断或过流继电器动作或在短路处发生爆断,如图 7-4(a)所示。

当定子绕组为三角形联接,如图 7-4(b)所示时,形成两相

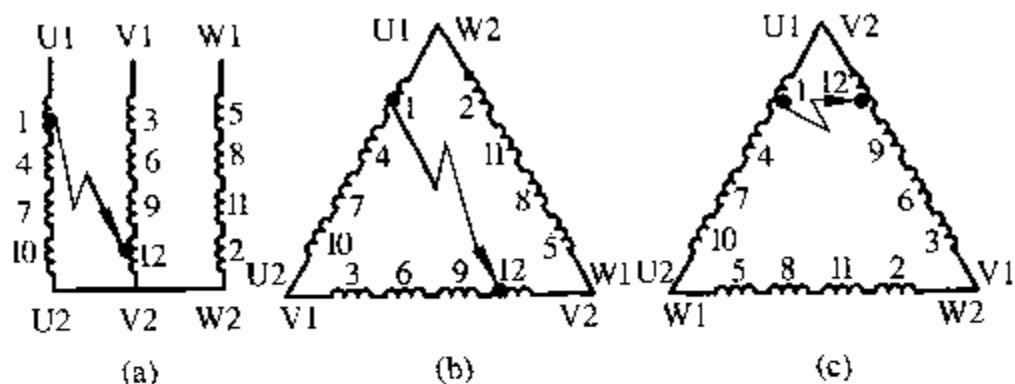


图 7-4 图 7-1A 点相间短路(绝缘受损)示意图

电源直接或近于直接短路的更为严重事故。

当定子绕组接成如图 7-4(c)所示的三角形联接时,其故障情况有 2 种:其一,当短接点产生于 U1 与 V2 的引出线之间时,无故障现象,即对电动机的正常运行无影响;其二,当短接点发生在 U1 和 V2 的圈匝间(即 1 号线圈与 12 号线圈的圈匝间)时,此时的故障现象与匝间短路相似。

(2) 故障点 B 的故障分析:图 7-5 所示为图 7-1 中 B 点故障的示意图。其故障产生的主要原因是:下线时疏忽,未填放相间绝缘而形成相间短路。由图 7-5(a)、(b)、(c)中可知,其故障现象雷同于图 7-4 中(a)、(b)、(c)所示的故障现象,只不过相序不同而已。

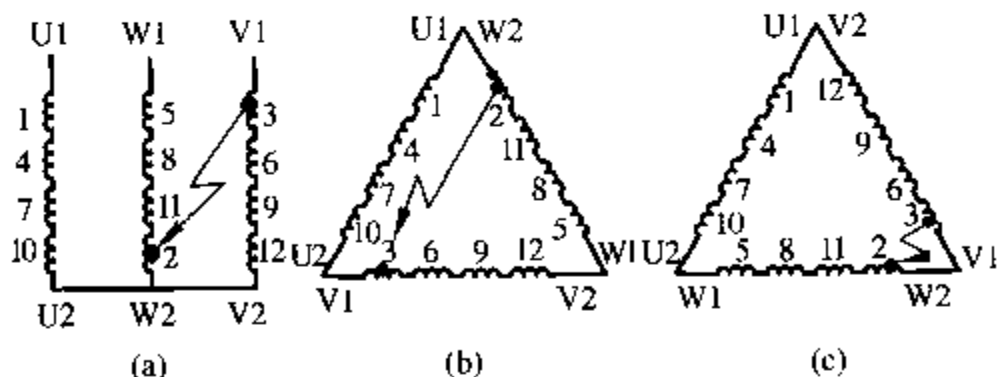


图 7-5 图 7-1B 点相间短路示意图

(3) 故障点 C 的故障分析:图 7-6 所示为图 7-1 中 C 点故障的示意图。其故障产生原因是相间绝缘垫布(纸)位移或尺寸偏小。图 7-7 所示为图 7-2 中 D 点故障分析图。它们的故障现象及检修方法,由读者按示图自行分析,这里不再赘述。

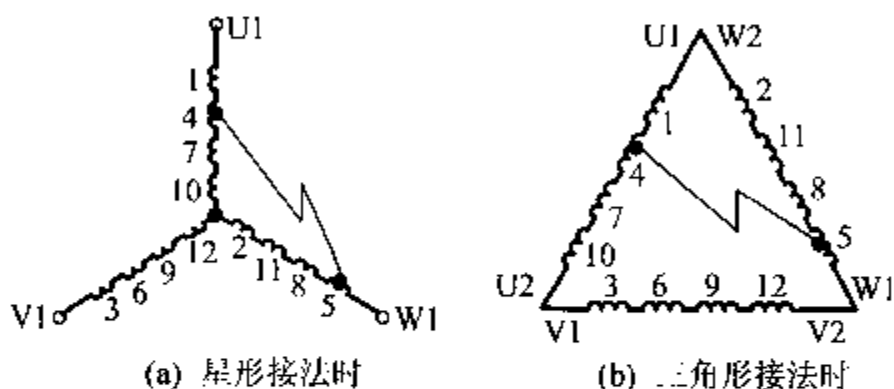


图 7-6 图 7-1C 点相间短路(层间绝缘位移)示意图

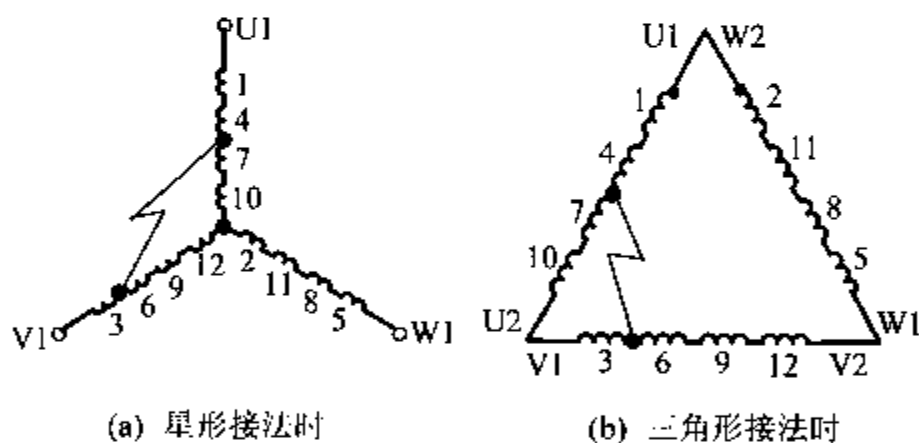


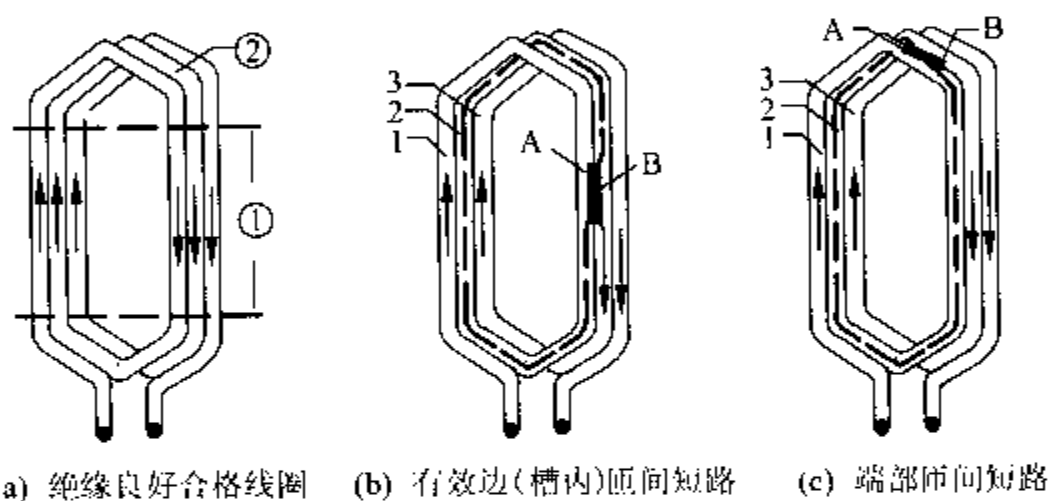
图 7-7 图 7-2D 点极相组连线间短路示意图

通过上述故障分析可知,定子绕组的故障现象虽然相似,但发生的部位各不相同,而当故障部位相同时,由于电动机绕组联接形式不同,产生的故障现象及其后果也有所不同。为此,电动机修理人员必须予以高度重视。



二、匝间短路

在正常情况下,导线表面都有绝缘层,所以匝与匝之间是绝缘的,电流只能按照规定的途径一匝一匝地通过,就是说线圈内部的各个线匝是串联的,且每匝的电流走向是一致的。各匝产生的感应电动势(即反电动势)与外加电压相反,相互抵消,如图7-8(a)所示。



(a) 绝缘良好合格线圈 (b) 有效边(槽内)匝间短路 (c) 端部匝间短路

图 7-8 绕组匝间短路展示图

在图7-8(b)中,线匝1的A处与线匝2的B处因绝缘层损坏而直接接触,形成匝间短路,短路匝自成闭合回路。当电源接通时,交变磁通穿过被短路的线匝时,线匝中没有外加电压而只有感应电动势。假如该线匝的阻抗为 $0.01\ \Omega$,产生的感应电动势为 $1\ \text{V}$,则在此闭合回路中将有 $100\ \text{A}$ 的电流通过而产生环流,如图7-8(b)中虚线所示,大大地超过了导线的额定电流值,导致这一线匝因过流发热烧焦,殃及其他线匝的绝缘遭到破坏,引起更大的故障。

1. 匝间短路的产生原因

(1) 漆包线的漆膜过薄或绝缘性能差;电动机内绝缘导线

绝缘性能下降或受损伤。

(2) 嵌装线圈时不慎碰破或损伤两导线绝缘层,使相邻导线失去绝缘作用或绝缘性能下降而短路。图7-8(b)所示的有效边(槽内)匝间短路故障产生就是其中原因之一。

(3) 抽出电动机转子时,碰坏线圈端部线匝间的绝缘层,使相邻导线短路,如图7-8(c)中端部匝间短路所示。

(4) 长时间工作在潮湿环境中,电动机因导线绝缘强度下降而短路。

(5) 长期高温运行或过载,使匝间绝缘过热、老化变质等。

2. 匝间短路的故障现象

(1) 电动机带负载时不能起动或在增加负载时电动机停下来,即起动或最大转矩不足。

(2) 电动机虽能起动,但电流很大且三相不平衡;电动机产生振动、发出“嗡嗡”响声;绕组发热、冒烟、有焦臭味甚至烧坏。

(3) 电动机在起动过程中,熔断器熔丝烧断或过流继电器动作等。

三、绕组短路故障的检查方法

1. 外部检查

使电动机空载运行5~20 min左右停下来,马上拆卸两边端盖,用手摸线圈的端部,如果某一个或某一组线圈比其他的热,这部分线圈很可能已短路。也可以观察线圈有无焦脆现象,若有,该线圈可能短路。

若在空转过程中,发现有异常情况,应立即切断电源,采用以下列举的方法予以检查。



2. 万用表、电桥检查法

(1) 先按图 7-9 所示,打开示意图(a)中接线盒 1 上的盒盖 2,拆下三相绕组的短接片 3,其示意图(b)中 3 为 Δ 接法的短接片;(c)中 3 为 Y 接法的短接片。

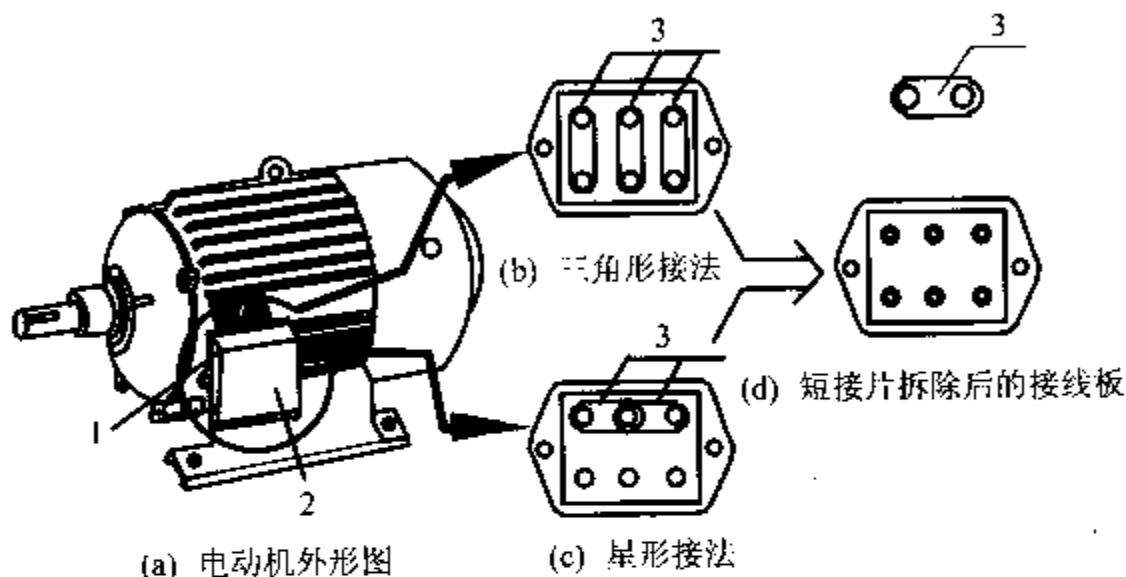


图 7-9 电动机接线端子的拆除示意图

1-接线盒;2-接线盒盖;3-短接片

(2) 当电动机各相绕组的直流电阻较大时,可用万用表测量检查;当电动机各相绕组的直流电阻值小时,应用电桥来检查。相间绝缘电阻的检查方法是:依次测量 $U_1 - V_1$ 、 $U_1 - W_1$ 、 $W_1 - V_1$ 两端的电阻,若阻值很低,说明该两相间有短路。例如: $U_1 - V_1$ 、 $U_1 - W_1$ 之间阻值很大,而 $W_1 - V_1$ 之间很小,则 W 相和 V 相之间存在相间短路。

(3) 测量各相绕组的直流电阻值。用仪表测量 U 相的直流电阻,读数越准确越好,并要作好记录。

(4) 判断相间短路部位。先测 $W_1 - V_1$ 之间的直流电阻值并记录,然后依次测量 $W_2 - V_2$ 、 $V_1 - W_2$ 、 $V_2 - W_1$ 之间的直流电阻值,作记录。



(5) 根据绕组的结构形式画出绕组展开图或圆形接线参考图。以 U 相的阻值(因 U 相为正常的绕组)为基准,比较 W1 - V1、W2 - V2、V1 - W2、V2 - W1 电阻值的差异,结合展开图进行分析,即可判断出相间短路的部位,如图 7-10 所示。

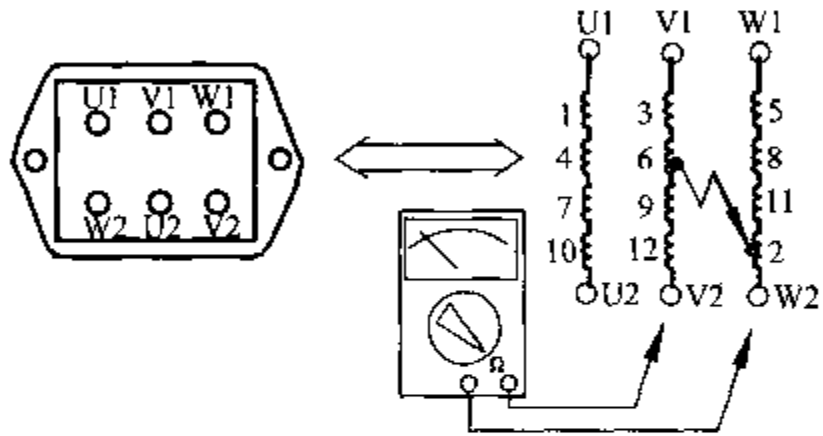


图 7-10 万用表(电桥)相间短路检查法

3. 电阻法

采用该法时,若电动机为三角形接法,应先拆下接线端上任意一片短接片,如图 7-11 所示。用万用表或电桥分别测量各相绕组的直流电阻,若一相绕组的电阻值小,则说明该相有可能是匝间短路。

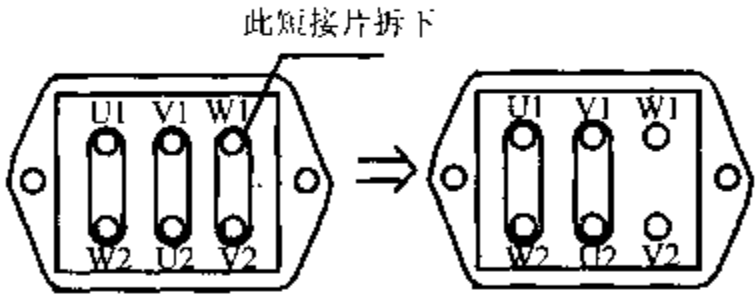


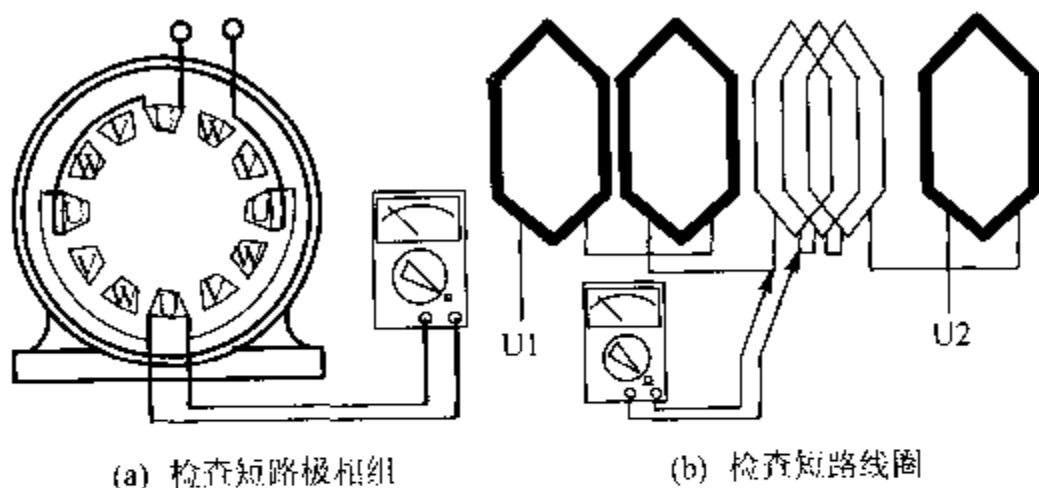
图 7-11 三角形联接时短接片的拆除

拆开端盖,取出转子,将短路相各极相组连接线的绝缘刮去一小段,然后分别测量各极相组的直流电阻,最后查出短路线

电动机维修入门丛书



圈,如图 7-12 所示。



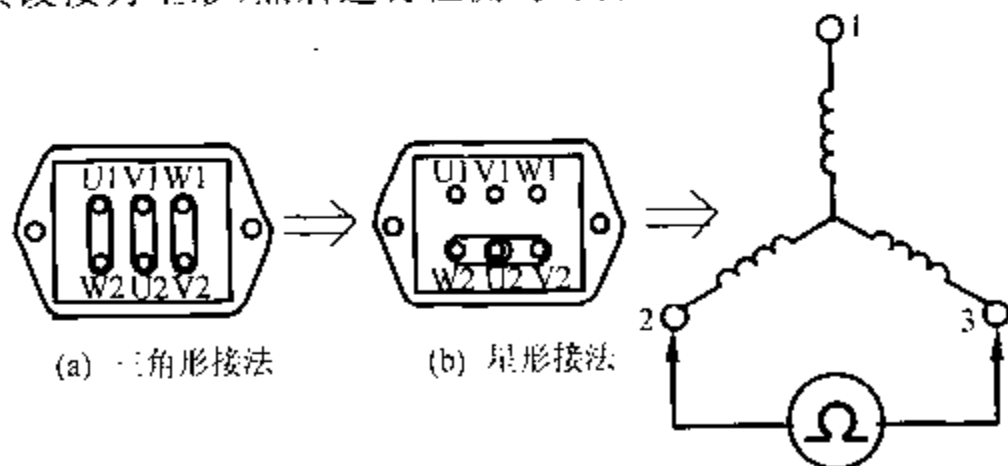
(a) 检查短路极相组

(b) 检查短路线圈

图 7-12 电阻法

由于电动机每相绕组的电阻值一般都比较小,为了提高检测的准确度,避免差错,常采用串联比较法,并通过公式计算,电阻值小的相绕组为短路相。具体检查方法如下:

当电动机为星形接法时,可每次测量两相串联后的电阻值,即:1-2、1-3、2-3 各测一次,如图 7-13 所示。这时,各绕组的电阻值可由公式 7-1 计算。当电动机为三角形接法时,应先将其改接为星形,然后进行检测与计算。



(a) 三角形接法

(b) 星形接法

图 7-13 串联法测试示意图

$$R_3 = \frac{R_{1-3} + R_{2-3} - R_{1-2}}{2}$$

$$R_1 = R_{1-3} - R_3$$

$$R_2 = R_{1-2} - R_1 \quad (7-1)$$

4. 电流平衡法和电压降法

先用电流平衡法检测出故障相,其接线图如图 7-14 所示。图中电源变压器 TC 可采用行灯变压器或交流电焊机,次级电压约为 36~100 V 左右,每一相串联一只电流表后并联接到 TC 的次级,通电后电流过大的一相为短路相。然后用电压降法,将故障相各极相组连接线的绝缘刮去一小段,如图 7-15 所示,通入单相交流电压(30~100 V),用万用表电压挡测量每一极相组的电压降。如读数相差过多且电压降为最小的极相组是短路极相组。切断电源,再将短路极相组各线圈的连线绝缘层刮净,以同样方法测量各线圈的电压降,便可找出短路线圈。若

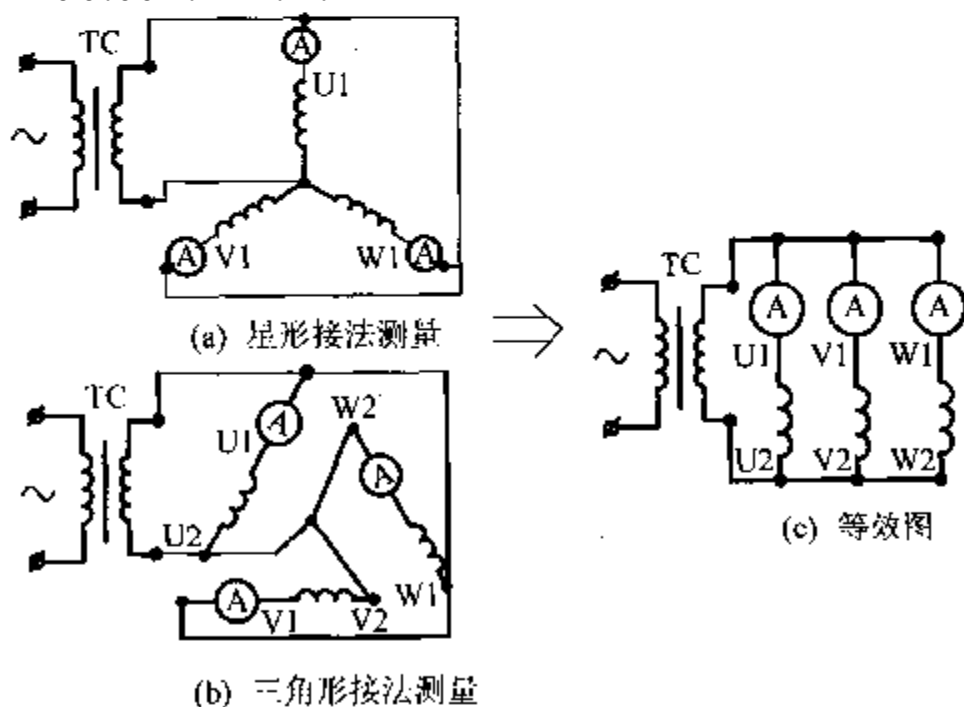


图 7-14 电流平衡法检查短路相的示意图



线圈短路严重,短路线圈会有明显的绝缘层脱落及发黑现象。

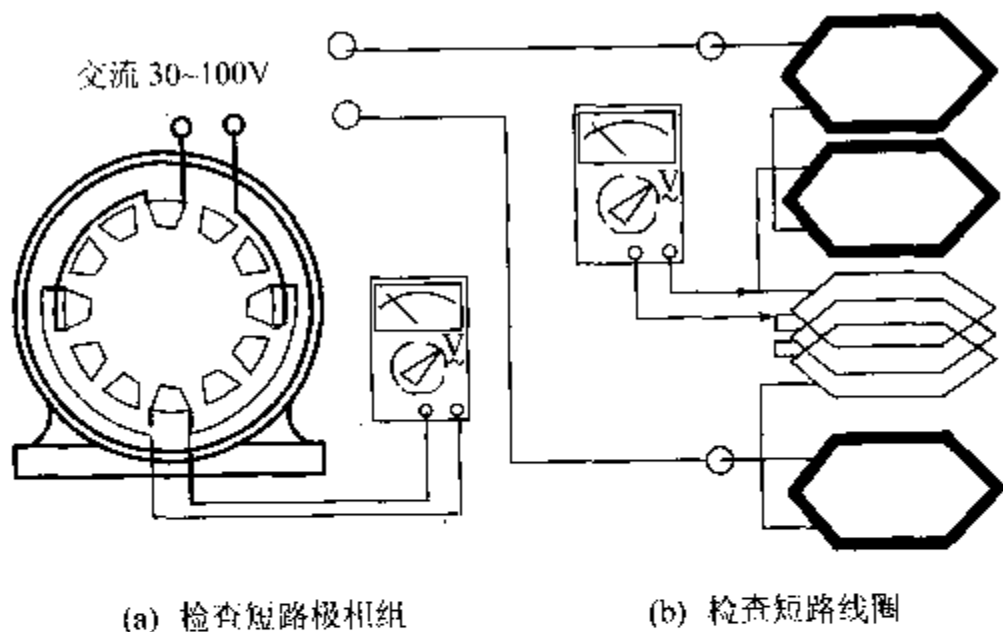


图 7-15 电压降检查法

5. 感应电压法

本法利用电磁感应原理测量匝间短路,如图 7-16 所示。将 12~36 V 交流电压先接入 U 相,测量 V、W 相感应电压。然后,将交流电通入 V 相,测量 U、W 相感应电压,再将交流电通入 W 相,测量 U、V 相的感应电压。最后,进行比较,感应电压

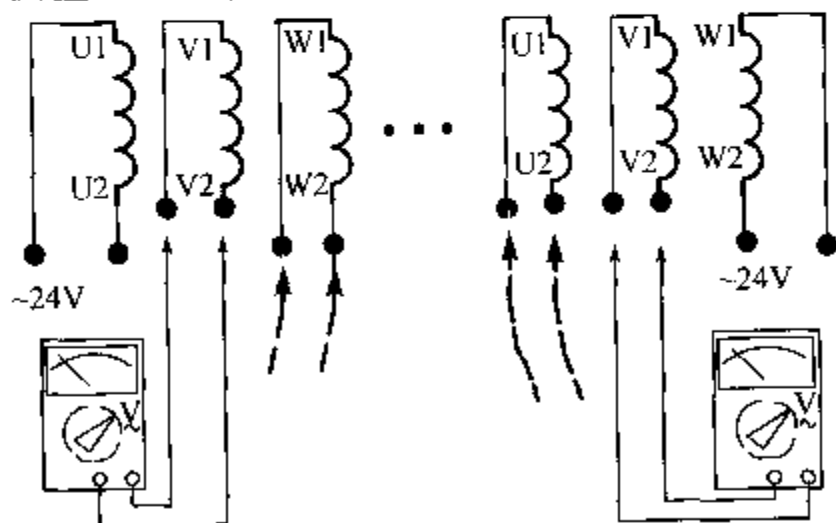


图 7-16 感应电压法

最小的一相为短路相。

现以 7 kW 二极电动机的实测数据为例,由表 7-1 所示可知,U 相的感应电压最低,说明该相有匝间短路,然后可用电阻法或电压降法找出故障线圈。

表 7-1 检修电动机实测数据

通电相别	电源电压(V)	各相感应电压(V)		
		U	V	W
U	24	—	10	10
V	24	7	—	9
W	24	7	9	—

6. 短路侦察器检查法

短路侦察器是利用变压器工作原理来检查绕组匝间短路的。它的铁心外形如图 6-2 所示,外形结构如图 7-17 所示,技术数据见表 7-2。短路侦察器的测量原理如图 7-18 所示。

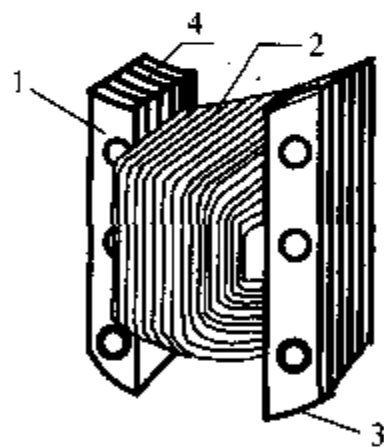


图 7-17 短路侦察器的结构图

1-H 形铁心;2-励磁绕组;3-定子测试面;4-绕线式转子测试面

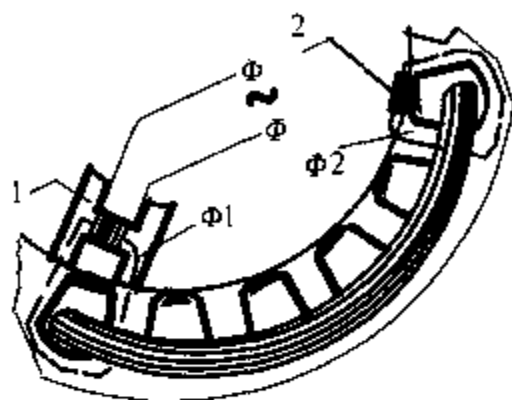


图 7-18 短路侦察器工作原理

1-短路侦察器;2-薄铁皮或弓锯条

表 7-2 短路侦察器技术数据

组 合	电源侧				感应侧			
	铁心截面 (mm ²)	线径 (mm)	匝数	电压 (V)	铁心截面 (mm ²)	铁心截面 (mm ²)	匝数	电压表 量程(V)
1	6	0.47	270	36	6	0.23	2 700	0~50
2	8	0.47	2 068	220	厚 0.5 mm 薄钢板			

将短路侦察器放在定子铁心的内圆表面,且正好放在所要检查的一个线圈边的槽口上,同时还应将电动机的 6 根引出线各自分开,不和外界相接。交流电通入励磁绕组,产生磁通 Φ_1 与被测线圈相交链。若被测线圈正常,即相当于变压器的次级绕组开路,没有什么反应;若线圈有匝间短路存在,则相当于变压器次级短路,励磁绕组(即变压器的次级线圈)电流值增大,短路电流产生的磁通 Φ_2 使薄铁皮(约 0.5 mm 厚)或弓锯条产生振动,严重时发出“吱吱”声。按顺序逐槽移动侦察器,便可找到短路槽。

对于多支路并联的电动机绕组,使用该法时,均须把并联支

路点拆开,否则绕组支路中有环流,无法分清哪一槽的绕组短路。图7-19所示为短路侦察器的2种检查方法。图7-19(a)所示为电流表检查法;图7-19(b)所示为铁片检查法。铁片可采用薄铁皮或弓锯条。

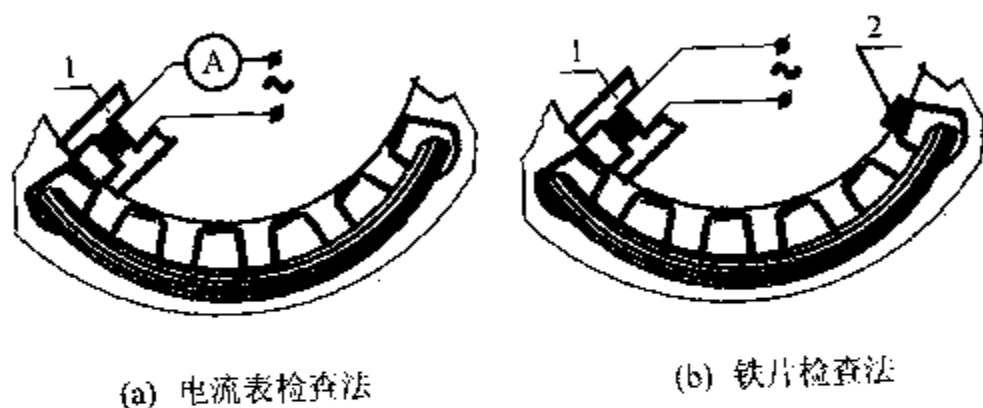


图7-19 定子绕组短路侦察器检查法

1-短路侦察器;2-薄铁皮或弓锯条

对于双层绕组或混合绕组,因为在一个槽内往往有2个线圈边,故必须检查每个线圈的另一边,方能断定短路槽,即将铁片分别放在与侦察器所在槽线圈相对应的另一边槽口上进行检测,如图7-20所示。

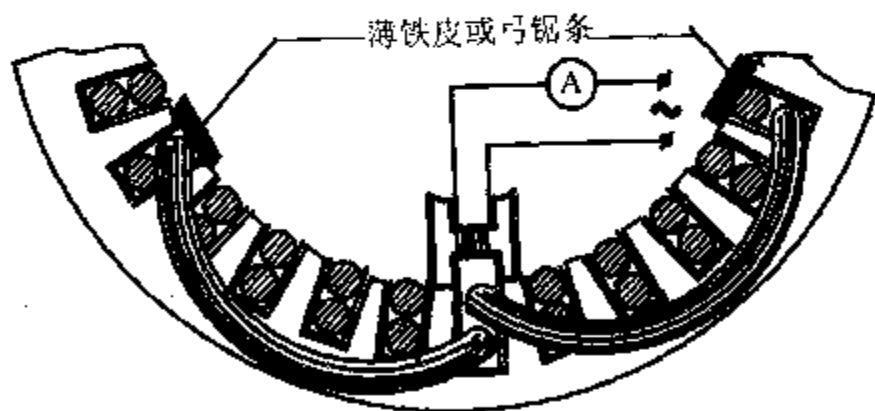


图7-20 双层绕组检查法



四、绕组短路故障的修理方法

1. 局部修理

如果短路绕组的导线还未烧坏,可采用局部修理法。

(1) 当短路点发生在端部时,可将绕组加热软化,用理线板将线圈的线匝一根一根地挑开,直至找出故障的导线为止。在损坏的线匝处涂上绝缘漆,包绝缘带或垫绝缘物,然后整形,包扎定位。

(2) 当短路点在槽内的上层边,将绕组加热软化或在故障线圈线槽的槽楔上用毛刷刷上适当的溶剂(配方为丙酮 40%、甲苯 35%及酒精 25%),约 30 min 待绕组软化。然后轻轻地打出槽楔,细心地用理线板将线圈的线匝一根根挑出来,直至挑出故障的导线为止。然后用绝缘物将绝缘损坏处包扎好,再仔细地将线圈嵌回线槽原位置处,垫上绝缘垫条,打入槽楔,然后整形、包扎并浸渍绝缘漆烘干。

(3) 当极相组间的连接线圈绝缘套管损坏或位置偏离而导致短路,则应将绕组加热至 80 °C 左右,使绕组绝缘软化,用理线板撬开引线处分别作绝缘处理。当故障现象如图 7-21(a)所示,且绝缘套管绝缘良好时,只要将绝缘套管重新套到槽的根部,如图 7-21(b)所示。若极相组的连接线绝缘套管绝缘损坏,可将连接线剪断,换上新的绝缘套管(有一小一大两种),先将小套管套至槽的根部,再把连接线接上并焊接好,然后将大套管回套至连接线的焊接处。极相组连线短路现象以同心式绕组最为多见。

若短路部位烧损严重,单独处理有困难,可采用面层嵌线法、废弃法或穿绕法进行修理。

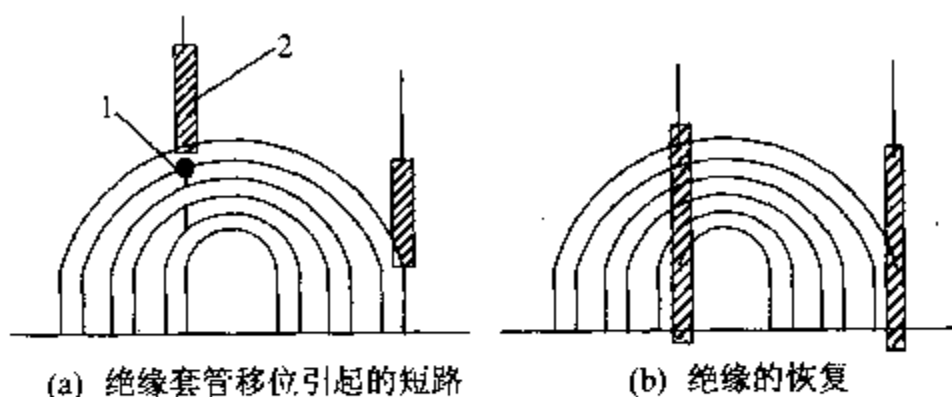


图 7-21 极相组线圈间(连线套管移位)短路示意图

1-短路点;2-连线套管

2. 面层嵌线法

这是更换部分故障线圈的好方法。其工艺过程如下:将线圈加热到 $100\sim 120\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右,对单层绕组,应趁热打出槽楔,剪断故障线圈两端并迅速拆除,用压线板将原来压在故障线圈上面的那一部分绕组端部轻打、下压并整形,留足新线圈面层嵌放的空位,然后换上与原绝缘等级相同的槽绝缘,将新线圈嵌入槽内,如图 7-22 所示(图内槽绝缘、槽楔未画出)。对于极对数较多的双层绕组,也可用本法进行修理。在拆除坏线圈,补充适当

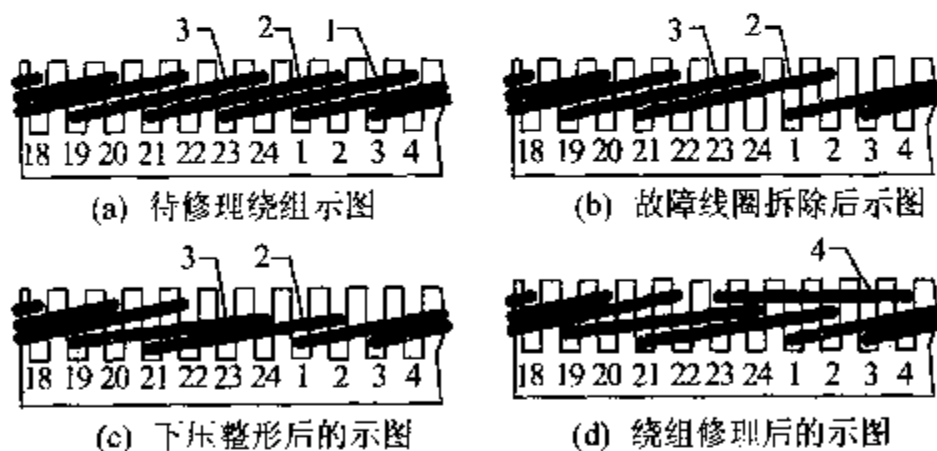


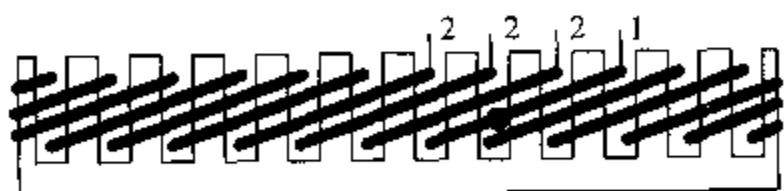
图 7-22 面层嵌线法(单层)示意图

1-待拆除故障线圈;2、3-待下压整形正常线圈;4-新线圈

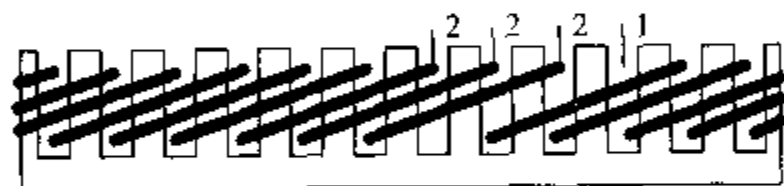
(注:槽内绝缘纸、槽楔等未画出)



的槽绝缘之后,用等于铁心长度的薄铁片插入槽口中,把保留的上层线圈边下压到槽底,其面上留出嵌放新线圈的空位,将留下的线圈整形后,放入新的层间绝缘,再将新线圈嵌入槽中。图7-23所示为双层绕组面层嵌线法的示意图。



(a) 待修理绕组示图



(b) 故障线圈拆除后示图



(c) 正常线圈下压整形、新线圈嵌入后的示图

图7-23 面层嵌线法(双层)示意图

1-待拆除故障线圈;2-待下压整形正常线圈;3-新线圈

(注:槽内绝缘纸、槽楔等未画出)

3. 废弃法

废弃法又名跳接法,有线圈跳接与线匝跳接2种。跳接法是在找出短接点后无法进行局部修理时,把短路线圈或线匝从绕组中切除出去的一种应急修理办法。事后应采取补救措施,及早地将跳接线圈或线匝替换下来重新修理。

具体步骤如下:当损坏线圈的故障点在槽内或无法确定时,可用图7-24所示的办法,将故障线圈2的端部剪断,并包好绝

缘,然后用导线把线圈 1 和线圈 3 连接起来,跳过线圈 2,使之空着。当损坏线圈的匝间短路匝数不多时,可用图 7-25 所示的方法,将短路的线匝 3、4 和 5 的端部割断,并分匝包好绝缘,然后用跳接线将 3 与 5' 连接起来。这样便可以跳过短路,并保证线圈有一定的匝数投入运行(根据维修后的应用实例,有时电动机可以正常运行很长时间)。

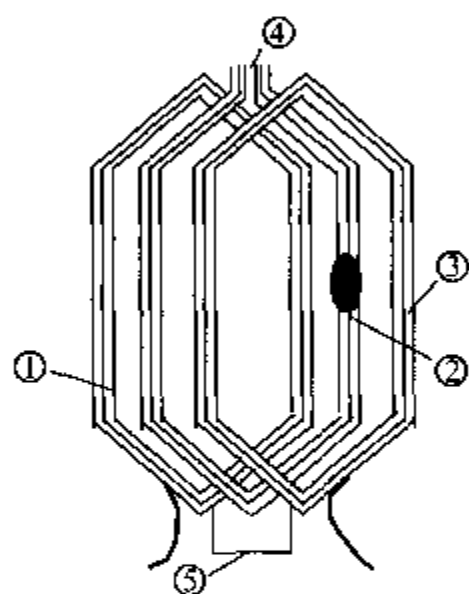


图 7-24 故障线圈废弃法

①、③-正常线圈;②-故障线圈;
④-故障线圈端部断口处;⑤-跨接线

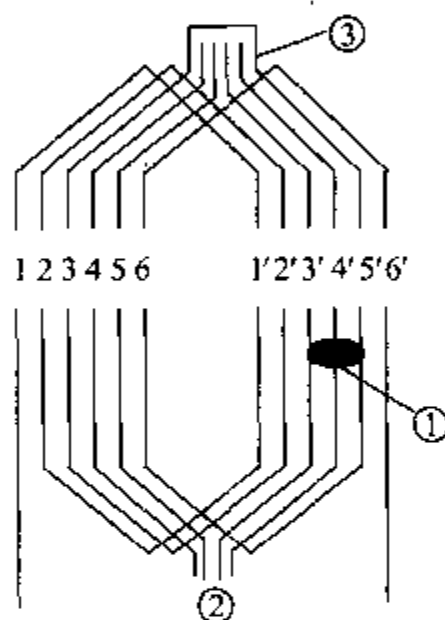


图 7-25 短路线匝废弃法

①-线匝短路点;②-线匝
端部断口处;③-跨接线

跳接法仅适用单相星形绕组或轻载电动机作应急处理。一般切除匝数不得超过相绕组总匝数的 $1/12$, 或不超过槽内线匝的 30% 。对于多路星形或三角形接法的绕组,为了保持磁通分布的对称,需相应切除其他支路的完好线圈或线匝,故不宜采用本法。对于二极电动机,尤其是同心式绕组亦不宜应用本法。

4. 穿绕法

电动机绕组局部损坏时,不论是短路、接地、断路等故障,若



全部拆换既费时又费料。局部拆换时,往往容易将本来完好的线圈也弄坏,尤其是双层迭绕组损坏的机会更多。为此,克服这个困难的途径是采用穿绕修补的方法。

穿绕法较为省时省料,还可避免损坏其他好的线圈。修补时,先将绕组加热使之软化,然后迅速地将故障线圈的槽楔打出,割断故障线圈的两端部,将故障线圈的上、下层边从槽中一根一根地抽出并把线槽清理干净(原来的槽绝缘不必清除)。另外用一层聚酯薄膜青壳纸做成绝缘圆筒塞进槽内,用原来规格的导线(长度比原线圈的总长稍长些),从中点开始穿线。在穿线前,在绝缘圆筒内插入比导线略粗的、上过蜡的竹签作引线棒,竹签的根数与线圈的匝数相等。然后,如图7-26所示进行穿线。导线的一端(右端)从下层边穿起,按下1、上2、下3、上4的次序穿绕。另一端(左端)从上层边穿起,按上5、下6、上7、下8的顺序穿绕。穿绕时,抽出一根引线棒时,随即穿入一根新导线,以免导线或引线棒在槽内发生移动。穿绕完毕,整理好端部,然后接线、检验、浸漆烘干。

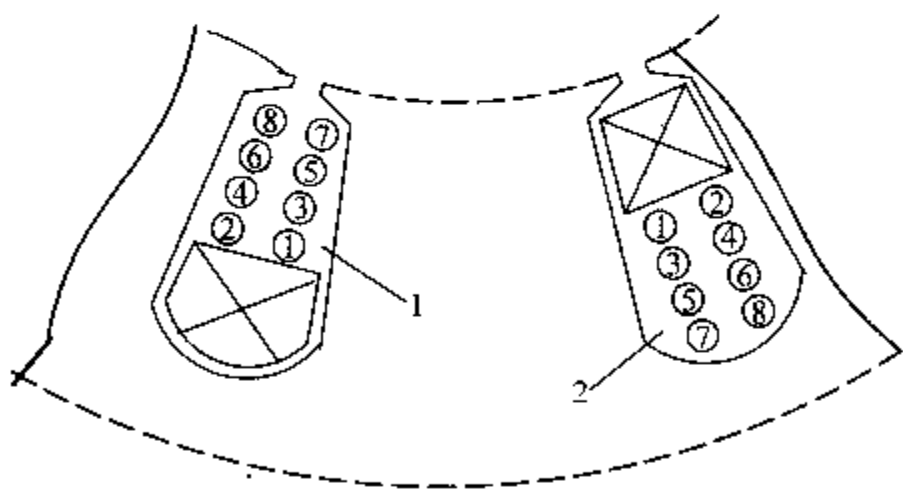


图7-26 穿绕法修理定子故障线圈

1-上层;2-下层

第二节 定子绕组接地故障的修理

一、定子绕组接地的原因及故障现象

绕组接地是指绕组与铁心或机壳间绝缘破坏而造成的通地现象,俗称“碰壳”。出现这种故障,会使机壳带电,引起人身触电伤亡事故;也可能使一些控制线路造成失控;绕组发热而导致短路,使电动机无法正常运行。用兆欧表测量时绝缘电阻为零。绕组接地的主要原因有以下几种:

1. 绝缘老化

电动机长期过载运行,使温升超过规定,导致绕组及引线的绝缘老化发脆、降低或丧失绝缘强度而引起电击穿,形成绕组接地。绝缘老化一般表现为:绝缘发黑、枯焦、酥脆、剥落等。

2. 机械性损伤

产生机械性损伤包括:导线松动、硅钢片未压紧有尖刺;端部绑扎不实;绕组下线时主绝缘受损伤;在电动机运行中线圈发生振动、摩擦及局部位移而损坏主绝缘等原因。

3. 局部烧损

由于轴承损坏或其他机械故障造成定转子相擦,铁心产生的局面高温烧坏主绝缘而接地。

4. 铁磁损坏

槽内或线圈上附有铁磁物质时,会在交变磁通作用下产生振动,将绝缘磨成洞或沟状。若铁磁物质较大,则产生涡流,引起绝缘的局部发热损坏。

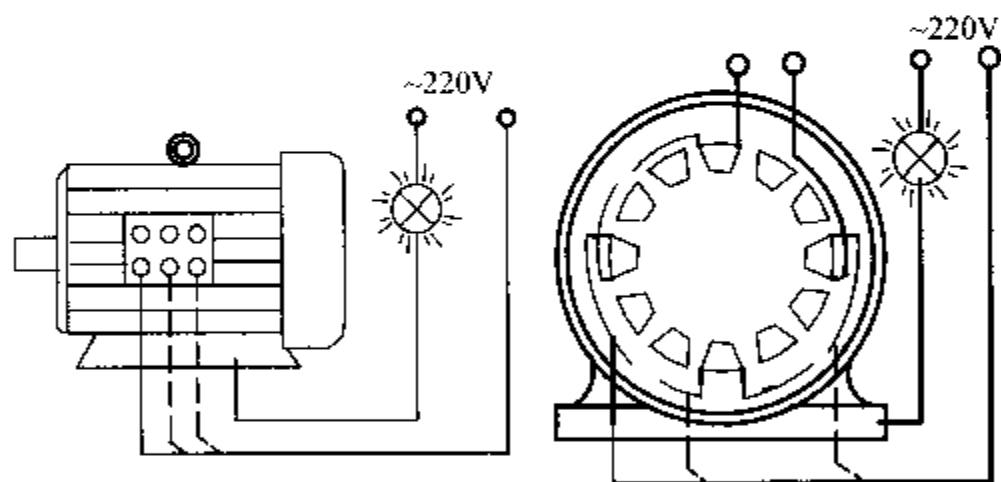


二、接地故障的检查

首先用兆欧表或万用表确定故障相,然后采用下列方法查找接地点。

1. 校验灯

拆去机壳的接地线和固定的地脚螺钉,将电动机放在绝缘板上或工作台上,然后用一只 40~100 W 灯泡与故障相绕组按图 7-27 所示串接。要注意安全,以防触电。如果灯泡稍亮,表示绕组绝缘已损坏;若灯泡全亮,表示绕组已直接接地。此时可用木片或绝缘条,敲击或撬动槽口处线圈,灯闪时的撬动处即为接地点。



(a) 用校验灯检查相绕组接地的示意图 (b) 极绕组接地检查的示意图

图 7-27 灯光检查法

2. 电压击穿法

(1) 可用上述方法串联功率较大的灯泡进行检查,这时故障点可能冒烟或有火花产生,从而便可发现故障点。有条件的可用高压试验变压器来检查,将电压升高到 500~1 000 V 时,跳火花处便是接地点,但检查时应注意绕组的温升。

3. 电流烧穿法

在线圈与铁心之间加低压电源,其接线如图 7-28 所示。图中 TV 为自耦变压器(0~220 V),TL 为行灯变压器(220/36V),电流表可用钳形表测量,TA 为电流互感器。小容量电动机通以 2 倍的额定电流,时间为 30 s 左右;大容量电动机通以 0.2~0.4 倍额定电流;高压电动机限制在 5 A 之内。通电后仔细观察定子内圆、槽口等部位,冒烟或绝缘有焦痕处即为接地点。

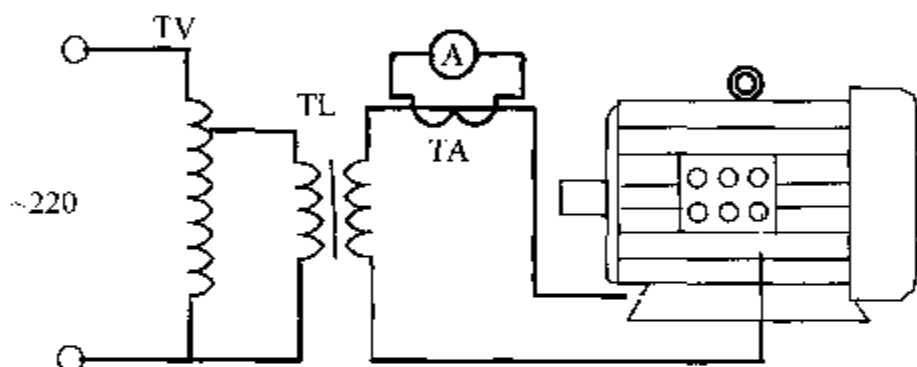


图 7-28 电流烧穿法接线示意图

4. 电流定向法

如图 7-29 所示,将故障相(例如 U 相)首、末端并联后加直流电压。电源可用 6~12 V 蓄电池(GB)串接可变电阻(R)、直流电流表(A)。调节 R,使电路中电流为 0.2~0.4 倍电动机的额定电流。由图可见,故障所在槽内的电流一同流向接地点。将小磁针逐槽移动,磁针改变方向处即为接地点所在的槽。再将磁针沿该槽轴向移动,磁针在故障点 g 处(接地点)会改变指向。

5. 电压降法

电压降法接线如图 7-30 所示,电源为 6~12 V 蓄电池(GB)。测试时,调节可变电阻(R),使直流电流表(A)、直流电

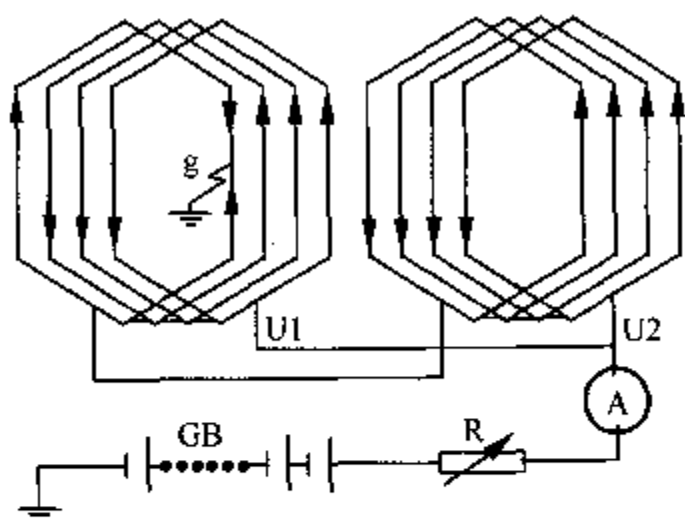


图 7-29 电流定向法接线示意图

压表指示适当数值后作好记录,用公式 7-2 计算,找出接地点。

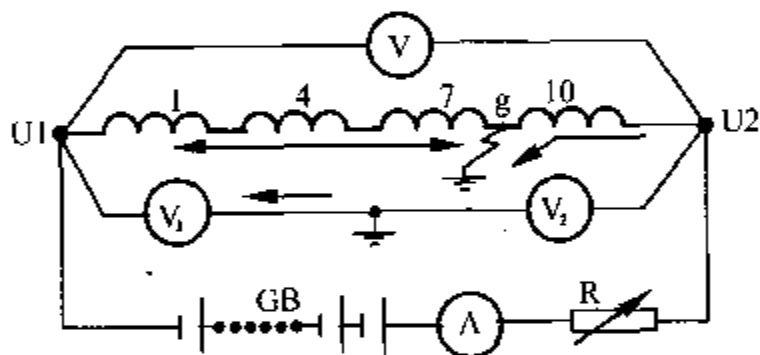


图 7-30 电压降法接线示意图

GB-蓄电池 6~12 V;R-可变电阻;A-直流电流表;

V、V₁、V₂-电压表;g-接地点

$$\frac{L_1}{L} = \frac{V_1}{V_1 + V_2} = \frac{V_1}{V} \times 100\% \quad (7-2)$$

式中 L_1 ——绕组首端(假设)主接地点的导线长度;
 L ——相绕组(导线)的总长度。

测量、计算原理:串联电路中的电流处处相等,电阻上电压降与电阻的阻值大小成正比。

此法适用于金属性接地的高压电动机。对于小型低压电动

机可以参照此法进行检测,也可以用电桥测量法,分别测出 $U1-g$ 、 $U2-g$ 、 $U1-U2$ 的直流电阻值,用公式 7-3 计算后,找到接地点。

$$\frac{R_1}{R_1+R_2} = \frac{R_1}{R} \times 100\% \quad (7-3)$$

式中 R_1 ——绕组首端至接地点的电阻值;

R ——绕组的总电阻。

绕组接地故障的检查方法还有分组淘汰法,即把故障相的极相组间的联接线剪开,分组检测,即可找到接地点等。

三、接地故障的修理

排除接地故障时,应仔细观察绕组的损伤情况,除绝缘已老化发脆外,都可以进行局部修补。如果接地点在槽口或槽底线圈出口处,而且只有一根导线绝缘损伤,则可将绕组加热,待绝缘物软化后,用理线板撬开接地点的槽绝缘,插入适当的绝缘物。绕组绝缘恢复后,趁热在修补处刷上自干绝缘清漆,然后再用上述方法复试。如果接地点有 2 根以上导线绝缘损坏,则槽绝缘和导线绝缘要同时修补好,以免发生匝间短路故障。如果接地点在槽内,可参照短路故障修理方法进行。

在检查接地故障过程中,有时会出现这样的故障现象:电动机的端盖未打开时,接地故障存在,打开端盖后,故障消失。其原因往往是定子绕组重绕后,因线圈尺寸过大,使线圈端部与端盖相碰所致。将绕组加热软化后,重新整形并作好绝缘处理即可。



第三节 定子绕组断路故障的修理

一、定子绕组断路的原因和故障现象

电动机绕组内部导线断开、内部接线点没有焊牢会造成绕组断路故障。有时,可能是绕组先接地或短路后造成导线烧断而形成断路故障。

对星形接法电动机,一相绕组断路通电后即不能自行起动,断相电流为零。如果在运行中断相,电动机可能会继续运转,但电流增大,转矩迅速下降,只能带60%的额定负载。若满负载工作时,电动机的转速会迅速下降,绕组很快发热,几分钟之内即可将尚未断路的二相绕组烧坏。同时,电动机断相运行会发出“嗡嗡”的响声。

对三角形接法的电动机,虽然能自行起动,但三相电流极不平衡,其中一相电流比另外两相约大70%,且转速低于额定值。采用多根并绕或多路并联绕组的电动机,其中一根导线断线或一条支路断路并不造成一相断路,这时用电桥可测得断路(或断支路)相的电阻较另外两相大。造成绕组断路的原因还有以下几点:

(1) 电磁线或绝缘导线质量低劣、导线截面有局部缩小处、原设计或重绕修理时导线截面选择偏小、嵌线时不慎刮削或弯折损伤导线或运行中通过电流时局部发热产生高温而绕组断路。

(2) 接头脱焊造成多根并绕或多支路并联绕组断线未及时发现,经一段时间运行后发展为—相断路。

二、定子绕组断路故障的检查

1. 兆欧表、万用表、校验灯检查法

将三相绕组的首、尾全部拆开,用万用表、兆欧表测量,或用校验灯检查各相绕组,表针不动或灯不亮的为断路相。图7-31所示为万用表检查相绕组断路示意图。

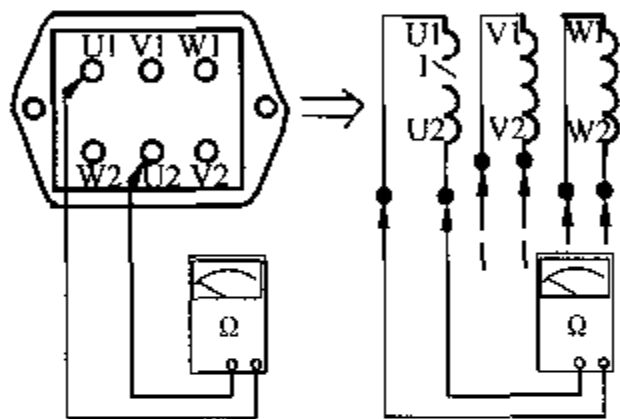


图 7-31 万用表检查相绕组断路的示意图

2. 通断试探法

在确定断路相后,先将端盖拆下,取出转子,把电动机极相组连线绝缘刮去,用万用表的一根表棒接在故障相的一个引出线端,另一根表棒依次测量每个极相组的连接线。当测到某一个极相组,万用表指针不动(即无偏转)时,此极相组即为断路极相组。仿照此法,即可找到断路线圈,如图7-32所示。

3. 电阻法

对于并联支路的绕组可用电桥分别测量各相直流电阻值,电阻值偏大的那一相可能有断路或支路断路,如图7-33(a)所示。然后,再分组寻找,便可查出故障线圈。

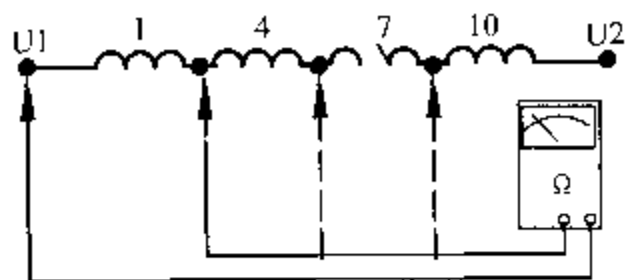


图 7-32 通断试探法检查极相组断路

4. 电流平衡法

对于功率较大的电动机,其绕组大多数采用多根导线并绕或多路并联,有时只有一根导线或一条支路断路,这时应采用三相电流平衡法检查。测试方法及接线如图 7-33(b)所示。当某相电流为零或偏小(即三相电流相差 5% 以上),则电流小的一相即为断路相。如图,断路相 A2 电流小于 A1、A3。此时再

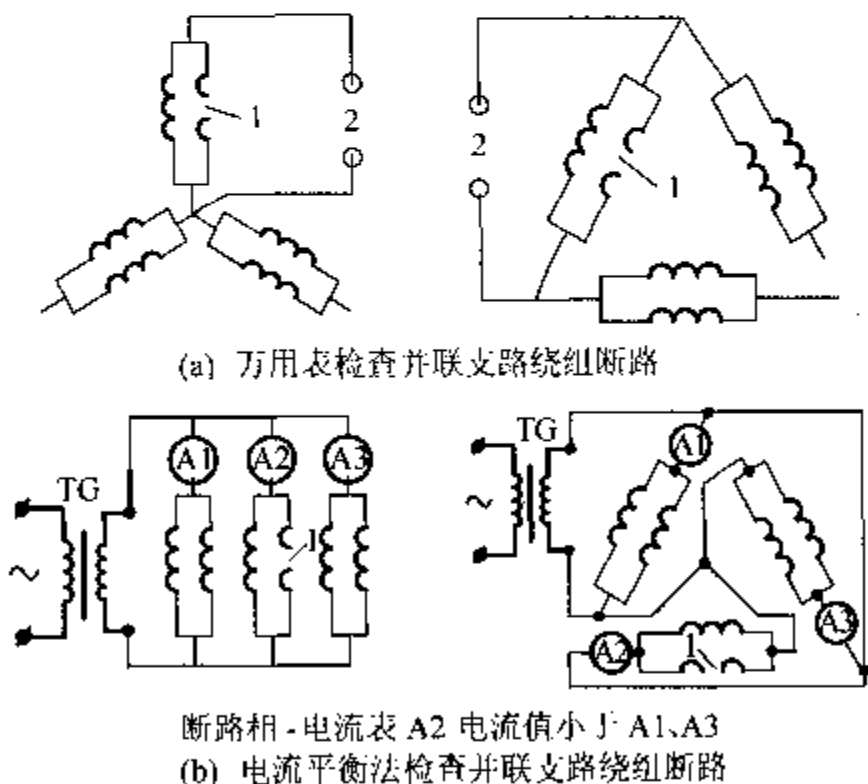


图 7-33 并联支路绕组断路检查的示意图

1-断路点;2-测试点(电阻值比另两相大)

将断路相的并联支路拆开,用万用表逐路检查。

三、定子绕组断路故障的修理

电动机绕组出现断路需要拆开电动机检查。如果只有一个线圈的端部被烧断几根或槽内线匝较少且断线线匝仅为1~2匝时,可进行局部修理,但是修理的前提是绕组绝缘良好。

1. 跳接法

线圈有断路故障,但又查不到断裂点时,可试用线匝跳接法。刮开断路线圈的端部匝绝缘,找出如图7-34所示4、4'互不相通的两点(其他线匝正常),则可如图所示,先将4'和5的端部剪断,并将4'作绝缘处理,然后将4、5的端部连接起来,并作好绝缘处理。这样便可以跳过断路的线匝,并保证故障线圈有一定的匝数投入运行。

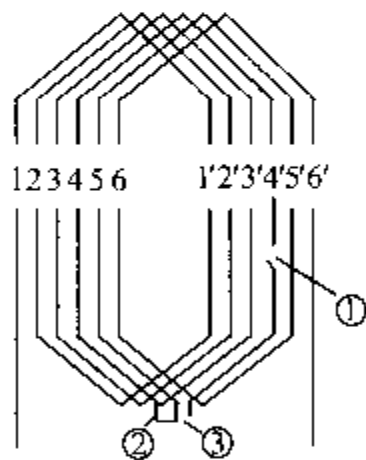


图7-34 线匝跳接法处理断路故障的示意图

①-断路线匝;②-跳接线;③-断路线匝剪开处

2. 端部断路修补法

当断路故障发生在线圈的端部时,而绕组无发热焦臭现象且绝缘性能良好,则可采用本法进行修补。



首先,将线圈端部烧断的多根断头用划线板慢慢地撬起来,再剪断这个线圈与另一个线圈的连接线(以断开并联支路)并抽出,如图 7-35 所示。数数烧断处有 6 根,再加上这个线圈的 2 个头,共有 8 个线头。然后借助万用表分别找出每组的 2 个头,在不改变原线匝电流方向的条件下,将这 4 组线匝再串联起来(这项工作要细心谨慎)。测出一组线匝后,将这组线匝的 2 头标上数字。每个线组左边的头用单数表示,右边的头用双数来表示,如图 7-35(a)。在接线前,为了避免因连错线而导致线匝或线组短路故障,应再测量和核对一次,确认无误方可接线。

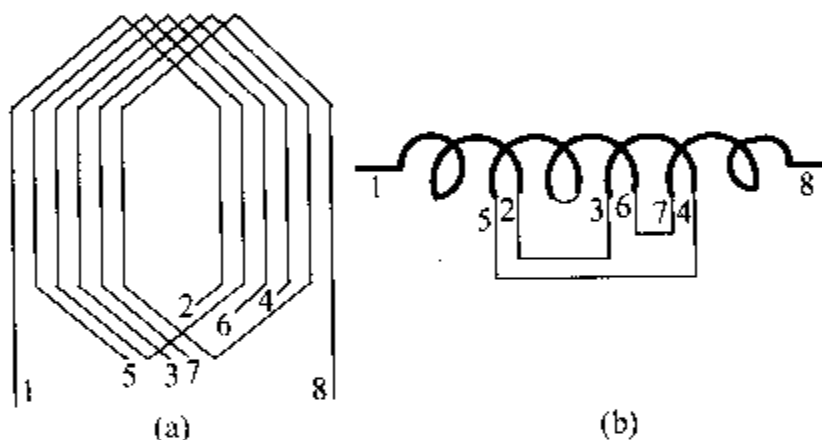


图 7-35 线圈多匝断线(端面)修理示意图

接线基本规律和要求如下:左边的头应与右边的头相连;不允许左边的头与左边的头连接,右边的头与右边的头连接。工作时应做到一次接好,并作必要的绝缘处理。连接图如图 7-35(b)所示。

第四节 定子绕组接线错误故障的修理

一、定子绕组接线错误的主要类型

1. 极相组或个别线圈接错或嵌反

产生这类错误主要原因是电动机修理人员在更换绕组时,工作疏忽。个别线圈接反或虽然接线正确,但线圈嵌线时嵌反,通电时绕组中的电流方向反向,导致电动机不能正常运行。由于电动机磁场不平衡,会引起电动机剧烈振动、噪声异常、三相电流严重不平衡、温度升高、转速降低。极少数电动机的极相组接错,则电动机无法起动,若不及时切断电源,就有烧毁电动机绕组的可能。

为了避免极相组接错,最好在线圈绕制时,将极相组的始、末端套上两种不同颜色的套管,这样即使接错,也容易查找。

2. 引出线首、尾端接反

在换接电源线时,由于工作不慎,线头标记错误或不清,便会使其中一相首、尾端接反。引出线首、尾端接反后,电动机将不能正常起动,运行时噪音较大且转速低于额定值,三相电流严重不平衡。

二、定子绕组接线错误的检查

发现定子绕组有接线错误的故障现象时,应首先检查三相定子绕组首、尾端及其连接是否正确,然后再检查极相组及其连接是否正确。三相定子绕组首、尾端的判别方法主要有以下几种。



1. 交流感应法

(1) 用兆欧表或万用表的电阻挡分别找出三相定子绕组各相的两线头。

(2) 给三相绕组的线头作假设编号 U_1 、 U_2 、 V_1 、 V_2 、 W_1 、 W_2 。并把 U_2 、 V_1 连接起来，构成两相绕组串联。

(3) 在 U_1 、 V_2 线头上接一只灯泡。

(4) 在 W_1 、 W_2 两线头上接通 36 V 交流电源。如果灯泡发亮，说明 U_1 、 U_2 和 V_1 、 V_2 的编号正确；如果灯泡不亮，则把 U_1 、 U_2 或 V_1 、 V_2 中任意两线头的编号对调一下。

(5) 再按上述方法对 W_1 、 W_2 两线头进行判别。判别时的接线如图 7-36 所示。

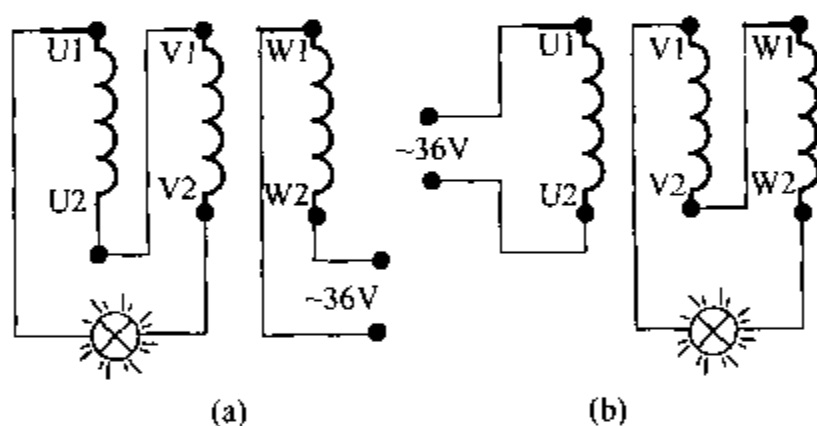


图 7-36 交流感应法

2. 干电池法

(1) 先分清三相绕组各相的两线头，并进行假设编号。按图 7-37 所示的方法接线。

(2) 将万用表量程拨至直流“mA”挡，合上开关瞬间，注视万用表指针摆动的方向。若指针摆向大于零的一边，则接电池正极的线头与万用表负极所接的线头同为首端或尾端（即同名端）；若指针反向摆动，则接电池正极的线头与万用表正极所接

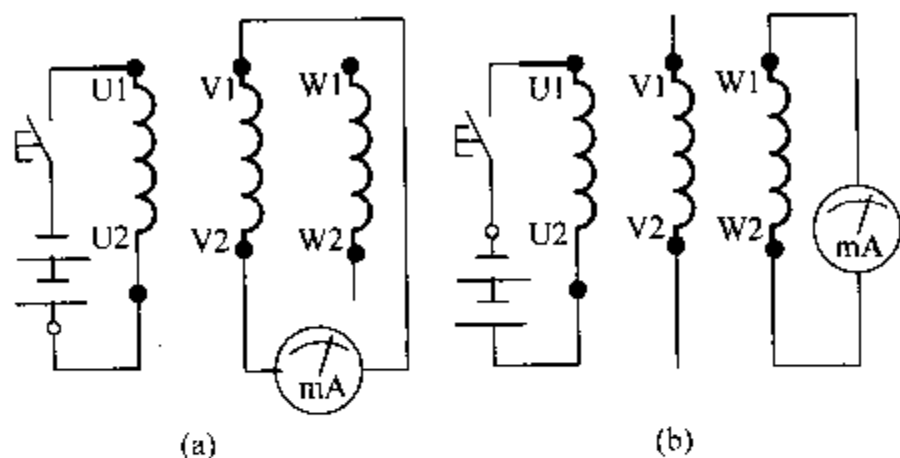


图 7-37 干电池法

的线头为同名端。

(3) 再将电池和开关接另一相两线头,而原来接万用表的那一相维持不变,如此进行测试,就可正确判别各相的首、尾端。

图中的开关可选用按钮开关或电铃开关。

3. 微安表剩磁法

(1) 先分清三相绕组的各相两线头并作假设编号。

(2) 将万用表量程挡置于直流“ μA ”挡,按图 7-38 接线。用手转动电动机转子,若万用表指针不动,则证明假设的编号正确。若指针左右摆动,说明其中一相首、尾端假设编号不对,应逐相对调重测。

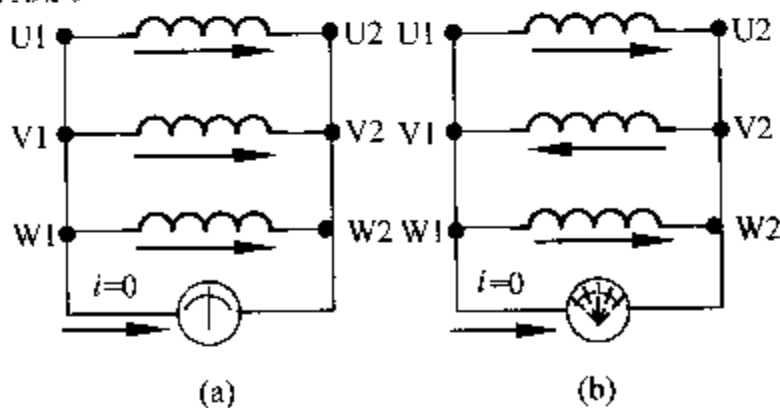


图 7-38 用微安表判别绕组首、尾端的示意图



(3) 逐相对调重测方法是:将万用表固定接在某--相(如 U 相),按图 7-38 的接线方法转动转子时,若万用表指针摆动,可将 V1、V2 两线头对调后,再重新检测;若无摆动,说明首、尾端已正确。若仍有摆动,再将 W1、W2 的两接头对调重测;若转动电动机转子时,万用表表针仍有摆动,这时,再将 V1、V2 两接头对调过来,转动电动机转子,万用表表针无摆动,则说明首、尾端已正确。

使用本法时值得注意的是:电动机的铁心应存在剩磁。判断电动机有无剩磁存在的方法是将--相绕组的两线头与万用表(“ μA ”挡)两表棒相接,转动电动机转子,若万用表指针有摆动,说明电动机铁心有剩磁存在,否则,电动机定子绕组不能感应出电动势,产生感应电流,不能使用本法检查。

4. 电动机转向法

先将三相定子绕组接成星形并将中性点接地,若供电电源变压器为中性点不接地系统时,则应改为接零。另外三线头分别作 U1、V1、W1 记号,交流 220 V 的电源输入线也以 1、2 为记号。然号,分别按顺序接到电动机的两引出线上作 3 次试验,看电动机的旋转方向,来判断三相定子绕组的首、尾端,如图 7-39 所示。

判断的方法如下:

(1) 3 次通电试验,电动机的转向均相同,说明三相定子绕组的首、尾端接线正确。

(2) 若只有 2 次的旋转方向是相同的,则说明参与过 2 次且同方向的那相绕组首、尾端接反。例如:试验中第一次是 U1、V1 线头和第二次 U1、W1 线头时,电动机旋转方向相同,而第三次为 V1、W1 线头时,电动机旋转方向与前两次相反,则说明

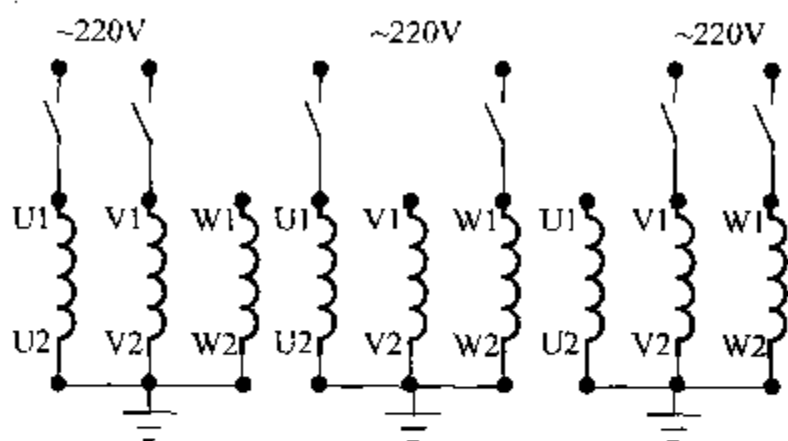


图 7-39 用转向法判别绕组首、尾端的示意图

参与过前两次试验的 U 相绕组首、尾端接反。将 U 相两线头调换即可。

采用本法的优点是无需仪表和低压电源,只需利用电动机原有的电源就可以进行判别,较为方便。但应注意:电动机绕组的星点必须按规定要求接地或接零,否则,电动机将成单相联接而转不起来。

本法只适用于小容量电动机在空载状态下进行试验。同时,由于试验时的电流较大,故试验时间不宜太长。

5. 指南针法

若绕组内部个别线圈或极相组接错或嵌反,可用指南针法检查。检查方法如下:将低压直流电源 3~6 V(蓄电池或整流电源)接入某一相绕组,用指南针沿定子内径表面移动逐点检查,如图 7-40 所示。若绕组没有接错,则在一相绕组中指南针经过相邻的极相组时,所指示的极性应相反,且在三相绕组中相邻的(不同相的)极相组极性也应相反。若指南针移向相邻的两极相组时,指南针指示的极性方向不变,则说明有一极相组接反。若指南针经过某一极相组时,指南针指向不定,则表示该极相组内某一线圈有嵌反或接错。

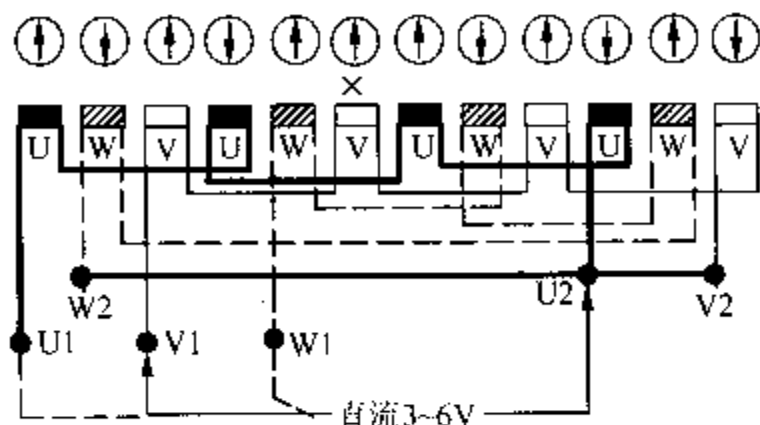


图 7-40 指南针检查极相组接错的示意图

三、定子绕组接线错误的修理

1. 接法不符合要求的修理

在仔细核对铭牌上的接法之后,若发现接法与电源电压不相符,应根据铭牌上的接法要求进行接线,使电源电压与电动机绕组的线电压相符。

2. 绕组引出线首、尾接反的修理

绕组引出线首、尾接反的电动机经“交流感应法”等检查后,将 3 个首端分别标上 U₁、V₁、W₁ 的标号,再将 3 个尾端与首端相对应的标出 U₂、V₂、W₂ 的标号,并根据电动机铭牌上接法要求进行连接。

3. 线圈或极相组接错的修理

用指南针法找出接错或嵌反的线圈或极相组,经重新接线修复并检查无误后,电动机必须先经过空载试验方可投入正常运行。

第五节 绕组绝缘不良故障的修理

一、绕组绝缘不良的故障原因

绕组绝缘不良,通常是指绕组相间绝缘或绕组对地的绝缘电阻大于零而低于合格值。合格的绝缘电阻值应 $\geq 1 \text{ M}\Omega/1 \text{ kV}$,即每千伏工作电压不小于 $1 \text{ M}\Omega$ 。三相(380 V)电动机的绝缘电阻应大于 $0.5 \text{ M}\Omega$ 方可使用。绕组绝缘不良主要有以下几个方面原因。

1. 绕组受潮

电动机长期不用或储存、受周围潮湿空气、雨水、腐蚀性气体、灰尘及油污等侵入,使绕组表面附着一层导电物质,引起绝缘电阻下降。

2. 绕组的绝缘存在薄弱环节

电动机使用时间较长,受温度及电磁力的作用主绝缘开始出现龟裂、分层、酥脆等轻度老化现象;选用的绝缘材料质量欠佳、厚度不够、在嵌线时被损伤等;绕组绝缘处理不良,经使用后绝缘状况变得更差等均会使电动机绕组绝缘电阻低于规定值。

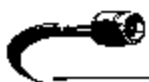
二、绕组绝缘不良的检查方法

1. 测量相与相之间的绝缘电阻

将接线盒内三相绕组的短接片全部拆开(如图7-10所示),用兆欧表依次测量U-V、U-W、V-W之间的绝缘电阻。

2. 测量相绕组对机壳的绝缘电阻

把兆欧表的“L”端接在电动机绕组的引出端上(可分相测



量:即 U—机壳、V—机壳、W—机壳;也可三相并在一起测量),把“E”端接在电动机的机座上,测量相绕组对地的绝缘电阻。经测量,若相与相或相与地之间的绝缘电阻小于 $0.38\text{ M}\Omega$,且无短路、接地等其他故障,则可认为电动机绕组因受潮或绝缘不良导致绝缘电阻下降。

三、绕组绝缘不良故障的处理方法

对于因长期停用或储存引起受潮或绕组表面附着有导电物质的电动机,可先对其表面作清洁处理,然后进行一次干燥处理,使电动机绕组绝缘电阻回升达到规定值。

对于绝缘轻度老化或存在薄弱环节的电动机绕组,不宜用通电烘干方法进行烘干,尤其是被水浸泡过的电动机。为防止绝缘被击穿,一般宜用灯泡、电炉、烘箱等加热烘干。干燥后还要进行一次浸漆与烘干,并需作必要的电动机试验项目,如耐压试验、短路试验、空载试验等,经试验认定为合格后方可投入正常运行。

有关浸漆、烘干工艺请详见第八章第十三节的“绕组的浸漆与烘干”。

第八章 重换定子绕组的方法

由第一章三相交流异步电动机的工作原理内容可知,定子绕组在异步电动机的运行中起着很重要的作用,它是电动机进行机电能量转换的关键部件。因此,掌握定子绕组的重绕工艺及试验方法对于电动机修理人员来说有着十分重要的意义。

本章主要介绍三相异步电动机定子绕组的结构形式、展开图绘制、连接方法及重绕定子绕组的步骤和方法等。

第一节 绕组的概述

一、定子绕组的构成原则

三相异步电动机的定子绕组是由许多嵌放在定子铁心槽内的线圈按照一定的规律分布、排列并连接而成的。为满足异步电动机的运行要求,在设计和绕制定子绕组时应遵循以下原则:

(1) 在一定的导体数量下,力求获得较大的基波磁势和基波电势,且磁势和电势的波形力求接近正弦波。

(2) 各相定子绕组的磁势和电势要对称,电阻和电抗应相等。为此,必须保证各相绕组的形状、尺寸及匝数都相同。

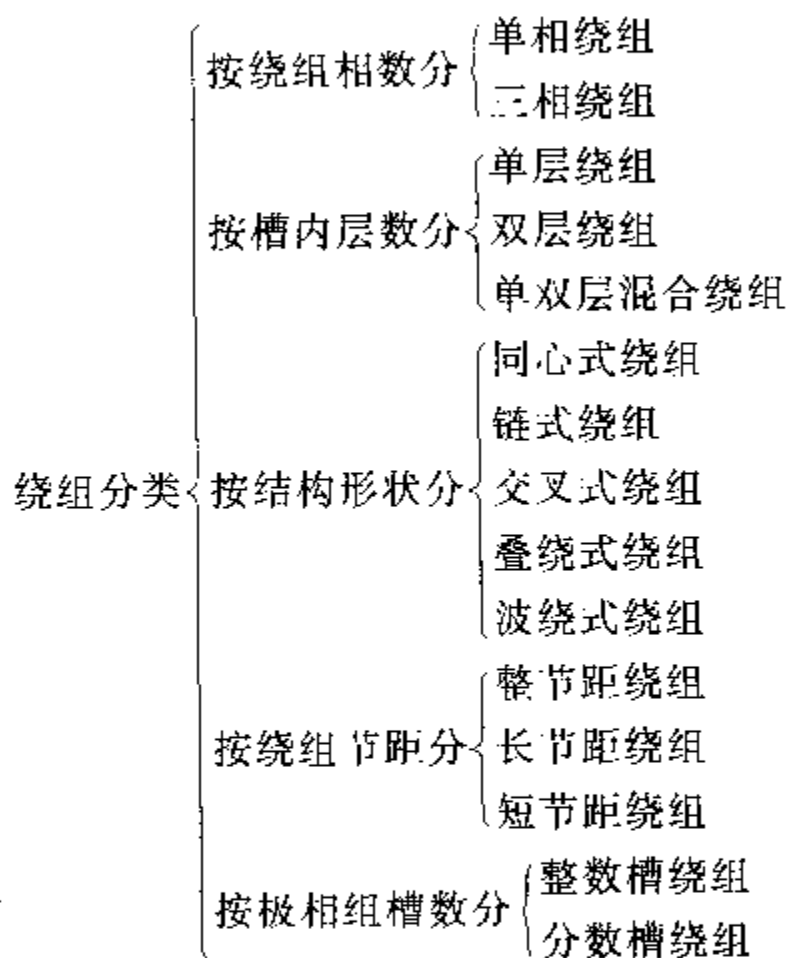
(3) 各相绕组在空间的分布应彼此相差 120° 电角度。

(4) 绝缘性能和机械强度可靠、制造工艺简单、用铜量少、散热条件好、检修方便。



二、定子绕组的分类

三相异步电动机的定子绕组一般采用分布式绕组的形式。定子绕组的分类大致如下：



三、绕组的常用术语及参数

1. 线圈、线圈组、绕组

线圈也称绕组元件，是构成绕组的最基本单元。它是用绝缘导线（圆线或扁线）按一定形状绕制而成的，可由一匝或多匝组成。多个线圈连接成一组就称为线圈组。由多个线圈或线圈组按照一定的规律连接在一起就形成了绕组。

图 8-1 所示是常用的梭形线圈示意图。图中 2 为线圈嵌入槽内的直线部分,称为有效边,它是进行电磁能量转换部分;1 为伸出铁心槽外的部分,称为端部,它仅起连接作用,不能直接转换能量。

有关线圈、线圈组的个(组)数、匝数、线径等参数可根据电动机的结构及功率等来确定。

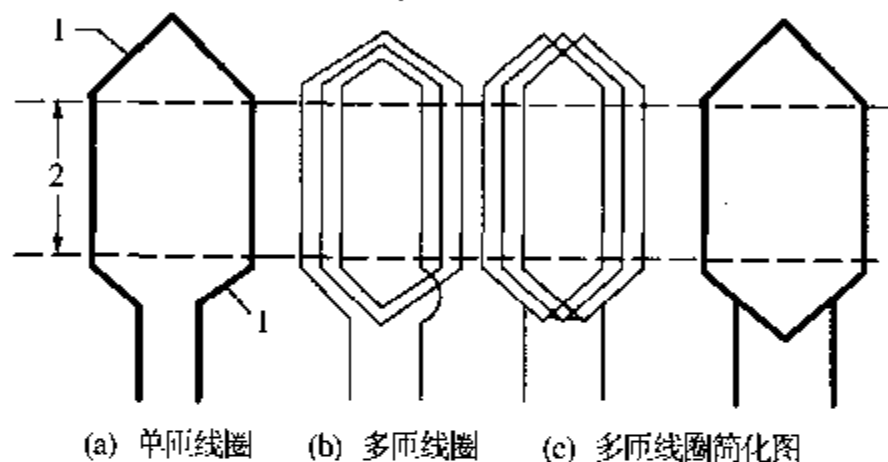


图 8-1 线圈示意图

1-端部;2-有效边

2. 总线圈数

由于每个线圈的两有效边嵌入铁心槽内,即每个线圈要占有两槽。在单层绕组中,每槽只嵌放线圈的一个有效边,所以总线圈数等于定子铁心总槽数的一半。如:12 槽单层绕组的总线圈数为 6 个。而双层绕组,因每一铁心槽里的上、下层各嵌放了两线圈的一个有效边,即两线圈等于两槽,所以它的总线圈数等于定子铁心的总槽数。如:12 槽双层绕组的总线圈数为 12 个,如图 8-2 所示。

3. 并绕根数

额定功率较大的电动机,因其工作电流较大,就需用较粗线



径的导线绕制线圈。但当线径大于 1.6 mm 以上时,由于线硬而造成绕制、嵌制困难,可采用几根线径小且合成截面积相等的导线并线代替。故当电动机定子绕组需重绕拆线时,务必注意搞清原始的并绕根数,以免误作线圈匝数。

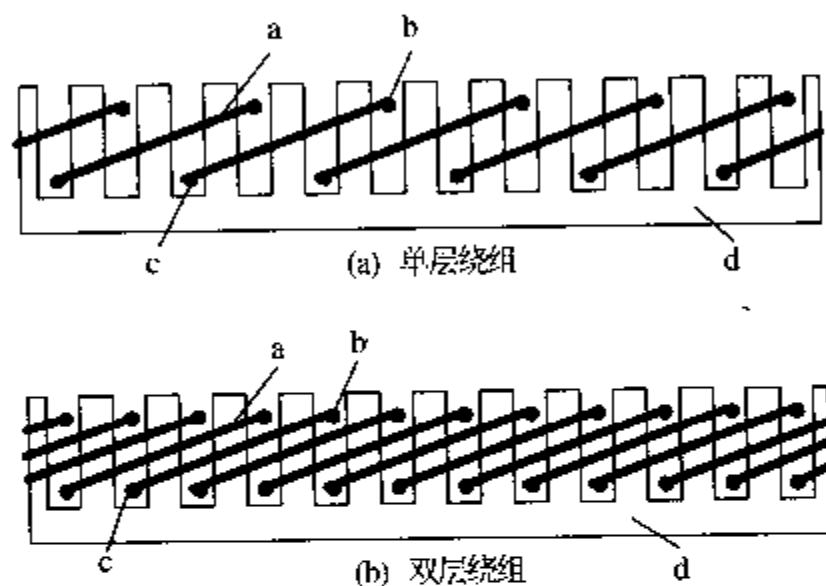


图 8-2 12 槽定子绕组总线圈展示图

a-线圈;b-槽内上层导线;c-槽内下层导线;d-定子铁心

4. 并联支路数

额定功率小的电动机定子绕组,一般是将每相的所有线圈组依次串联成一路再接入电源。但额定功率较大的(一般在 7.5 kW 以上)电动机,所需电流较大,有时就要把每相的所有线圈分别串联成二路或多路,然后再按规定方式并联接入电源。这种连接方式所指就是绕组的并联支路数。在修理或重绕电动机定子绕组时,必须查清原始的绕组并联支路数。

5. 极距 τ

定子绕组一个磁极所占有定子圆周的距离称为极距,一般用定子槽数来表示,即

$$\tau = \frac{z_1}{2p} \quad (8-1)$$

式中 z_1 —— 定子铁心总槽数；

p —— 磁极对数。

【例 8-1】 Y-100L₁-4 型三相异步电动机，定子槽数 $z_1 = 24$ ， $2p = 4$ ，问极距为多少？

解：根据公式(8-1)得

$$\tau = \frac{z_1}{2p} = \frac{24}{4} = 6 \text{ 槽} \quad (1-7 \text{ 槽})$$

即极距为 6 槽，也就是第一槽到第七槽[见图 8-3(b)]。

6. 节距 y

一个线圈的两有效边所跨定子圆周的距称为节距，一般也用定子槽数来表示。如：某线圈的一个有效边嵌放在第 1 槽，而另一个有效边嵌放在第 6 槽，则其节距 $y = 6 - 1 = 5$ 槽。从绕组产生最大磁势或电势的要求出发，节距 y 应接近于极距 τ ，即

$$y \approx \tau = \frac{z_1}{2p} \quad (8-2)$$

当 $y = \tau$ 时，称为整距绕组； $y < \tau$ 时，称为短距绕组； $y > \tau$ 时，称为长距绕组。

实际应用中，常采用短距和整距绕组，长距绕组因其端部较长、用铜量较多等弊端，一般不采用。

例如：由例 8-1 中可知 $\tau = 6$ 槽，则可取 $y = \tau = 6$ ，即线圈两边间距为 6 槽。若嵌放线圈的一个有效边为第 1 槽时，该线圈的另一有效边应嵌放在第 7 槽，因此，该线圈节距(亦称跨距)可称为 1-7，即

$$y = 6 \quad (1-7) \text{ 槽}$$



但为了消除谐波,改善起动性能和节约用铜而又不改变线圈所发挥的作用,可适当缩短节距,如取 $y=5$,使线圈节距 y 缩短 1 槽,即由 6 槽变为 5 槽。这时,该线圈的节距 y 为 1-6,线圈的两有效边分别放置在第 1 槽和第 6 槽。图 8-3 所示为绕组全节距、短节距示意图。

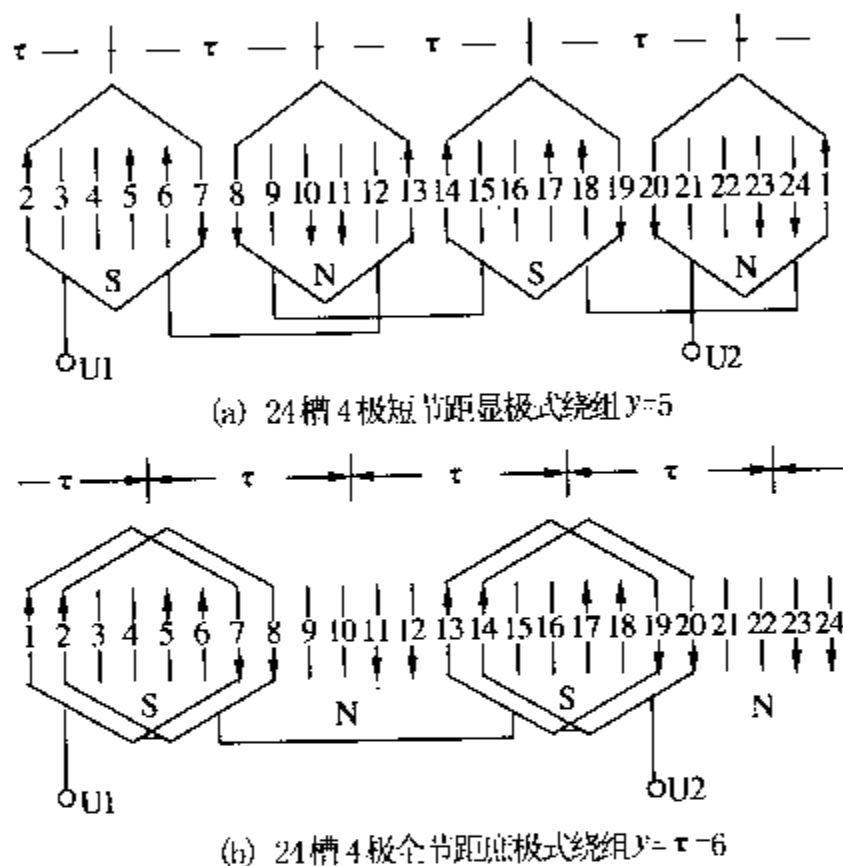


图 8-3 绕组节距及联接方式的示意图

7. 显极式接线

显极式接线是同相相邻极相组按“尾—尾、头—头”相连接。其特点是相邻磁极的极相组里的电流方向相反,每相绕组的极相组数等于磁极数,如图 8-3(a)所示。

8. 庶极式接线

庶极式接线是同相相邻极相组按“尾—头、头—尾”相连接。

其特点是所有极相组里的电流方向相同,每相绕组的极相组数等于磁极对数,如图 8-3(b)所示。

9. 极相组、极相组数

将一个磁极下属于同一相的线圈按一定方式串联成的线圈组称极相组,如图 8-4 所示,其中(a)为形象图,(b)为简化图。

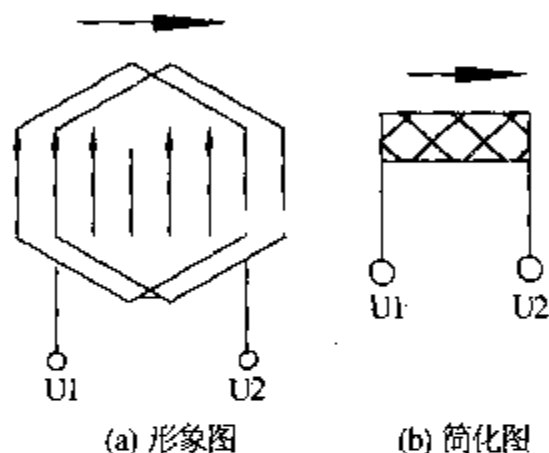


图 8-4 一个极相组示意图

在三相异步电动机显极式绕组中,因一相中每组线圈形成一个磁极,则绕组的极相组数为:

$$\text{极相组数} = 2pm \quad (8-3)$$

而在电动机庶极式绕组中,因一相中每组线圈形成一对磁极,则绕组的极相组数为:

$$\text{极相组数} = 2pm/2 \quad (8-4)$$

式中 p ——磁极对数(即等于 N、S 两极个数);

m ——相数,如三相 $m=3$,单相 $=1$ 。

例如:三相 4 极显极式绕组的极相组数 $= 2pm = 2 \times 2 \times 3 = 12$;三相 6 极显极式绕组的极相组数 $2pm = 2 \times 3 \times 3 = 18$;三相 4 极庶极式绕组的极相组数则等于 $2pm/2 = (2 \times 2 \times 3)/2 = 6$;三相 6 极庶极式绕组的极相组数则等于 9。由此可知,在同等



的相数和磁极数下,庶极式绕组的极相组数总是减少一半。注意:这里指的是极相组数,并非线圈个数,如图 8-3 所示。

10. 每极每相槽数

每相绕组在每个磁极下所分到的槽数,称每极每相槽数,即极相槽,用字母 q 表示。可由下式计算:

$$q = \frac{z_1}{2pm} \quad (8-5)$$

对于三相异步电动机的定子绕组来说,它的每极每相槽数为:

$$q = \frac{z_1}{m \cdot 2p} = \frac{z_1}{6p} \quad (8-6)$$

每极每相槽数可以是整数,也可以是分数,前者称为整数槽绕组,后者称为分数槽绕组。中小型异步电动机定子绕组一般的都采用整数槽绕组。

【例 8-2】 一台三相异步电动机的定子槽数 $z_1 = 36$,磁极对数 $p = 3$,求极相槽为多少?

解:已知 $m = 3$,可用式(8-6)求得

$$q = z_1 / 6p = 36 / (6 \times 3) = 2 \text{ 槽}$$

11. 机械角度和电度角

一个圆周所对应的几何角度为 360° ,该几何角度称为机械角度。而从电磁方面来看,导体每经过一对磁极(N、S),其电动势就完成一个交变周期,也即电动势的相位变化了 360° ,这种交变电动势或电流在交变过程中所经历的角度就称为电角度。显然,对于两极的电动机,磁极对数 $p = 1$,这时的电角度等于机械角度;对于四极的电动机, $p = 2$,这时导体每旋转一周要经过 2 对磁极,对应的电角度为 $2 \times 360^\circ = 720^\circ$,依次类推,由上可知电

角度与机械角度的关系为：

$$\text{电角度} = \text{磁极对数}(p) \times \text{机械角度}$$

【例 8-3】 一台电动机定子槽数 $z_1 = 36$, $p = 3$, 问电角度为多少？每槽的机械角度和电角度各为多少？

解：已知机械角度 $= 360^\circ$, $p = 3$ 得

$$\text{电角度} = p \cdot r = 3 \times 360^\circ = 1080^\circ$$

$$\text{每槽机械角度} = 360^\circ / z_1 = 360^\circ / 36 = 10^\circ$$

$$\text{每槽电角度} = p \cdot 360^\circ / z_1 = 1080^\circ / 36 = 30^\circ$$

12. 相带

一个磁极下每一相所占有的电角度称为一个相带。相带可由下式计算：

$$\text{相带} = q \cdot \alpha \quad (8-7)$$

式中 α ——每槽电角度。

$$\alpha = \frac{p \cdot 360^\circ}{z_1} \quad (8-8)$$

通常情况下，三相异步电动机每个磁极下可按相(m)分为 3 个相带。因一个磁极所对应的电角度为 180° ，故每个相带占有的电角度为 60° 。并根据三相各间隔 120° 的原则，可以得到三相定子槽内分配次序为 $U_1 \rightarrow W_2 \rightarrow V_1 \rightarrow U_2 \rightarrow W_1 \rightarrow V_2 \dots$ ，依次类推。

对于交流电动机定子绕组来说，不论极数多少，通常都采用 60° 相带。例如：二极和四极 60° 相带划分如图 8-5 所示。对于有些绕组，如分数槽绕组和双速电动机的绕组等，由于较为复杂，需用电势星形图来分相。

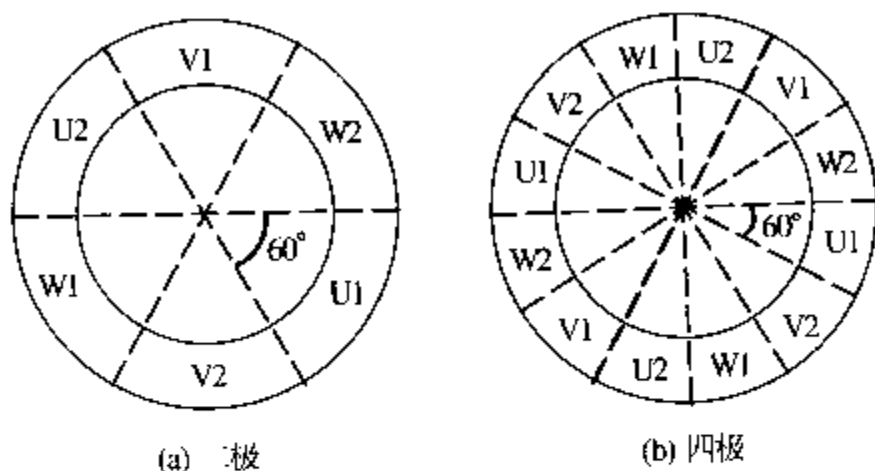


图 8-5 60°相带三相绕组

四、三相定子绕组的分布、排列与连接要求

三相异步电动机定子绕组的作用是产生对称的旋转磁场，因此要求定子绕组是对称的三相绕组，其分布、排列与连接应按下列要求进行：

- (1) 各相绕组在每个磁极下应均匀分布，以达到磁场对称。为此，先将定子槽数按极数均分，每一等分代表 180° 电角度（称为分极），再把每极下的槽数分为 3 个区段（即相带），每个相带占 60° 电角度（称为分相）。
- (2) 各相绕组的电源引出线应彼此互相 120° 电角度。
- (3) 同一相绕组的各个有效边在同性磁极下的电流方向应相同，而在异性磁极下的电流方向相反。
- (4) 同相线圈之间的连接应顺着电流方向进行。

第二节 绕组展开图的基本画法

正确地理解和掌握三相异步电动机定子绕组展开图的绘制

方法是每一个电动机修理人员所必须具备的专业知识和职业技能。因为定子绕组所有线圈的联接方法、结构形式及嵌线程序等均以展开图为依据。

一、定子绕组展开图的基本画法

三相异步电动机的定子铁心定子槽分布在定子铁心内圆周上,用图 8-6(a)所示的圆筒形来表示,用圆筒内表面上的相互平行且等距的直线表示定子槽的线圈边(有效边),并以逆时针排列,标上槽号。如果沿 1 槽与 24 槽之间剪开,如图 8-6(b)所示,然后把这张图展开,如图 8-6(c)所示,即为定子展开图。把三相定子绕组及其分布、排列、连接均画在定子展开图上称为三相绕组展开图,如图 8-7(d)所示。三相绕组画在一起不便查看,把三相绕组分开画,以每相绕组所在的槽号组成的展开图称为展开分解图,如图 8-7(a)、(b)、(c)所示。

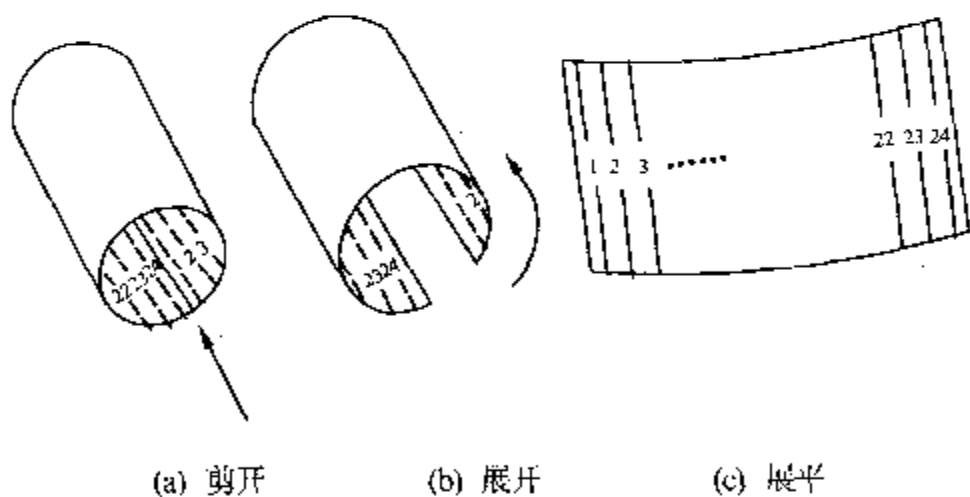


图 8-6 定子绕组展开示意图

绘制定子绕组展开图时,必须遵循本章第一节中所述的定子绕组构成原则,根据绕组的基本技术参数来绘制。



二、定子绕组展开图的绘制步骤

绘制定子绕组展开图的步骤是：画槽、标号；定极距、分极性；标出电流方向、分相带、标相序；联接各相绕组及端部接线。现以一台三相 24 槽 4 极单层等节距链式、庶极式接线、节距 $y=6$ （即 1-7）槽的定子绕组为例，绘制定子绕组展开图。

1. 画槽、标号

在纸上把所需修理的异步电动机定子槽以直线为代表，画出等距离平行直线 24 条，并标明槽的序号，如图 8-8(a) 所示（两端线为剪切线）。

2. 分极、分相

已知该电动机定子槽数 $z_1=24$ ，根据公式 8-1、8-5 可知

$$\text{每极所占槽数 } \tau = \frac{z_1}{2p} = \frac{24}{2 \times 2} = 6 \text{ 槽}$$

$$\text{每极每相槽数 } q = \frac{z_1}{2pm} = \frac{24}{2 \times 2 \times 3} = 2 \text{ 槽}$$

(1) 分极：将定子全部槽数按极数均分，则每极下分有 6 槽。磁极按 S、N、S、N……排列，如图 8-8(b) 所示。

(2) 分相：将每个磁极下的槽数按相数均分为 3 个相带（ 60° 相带），则每个相带占有 2 槽。因一个磁极下有 3 个相带，则每对极共有 6 个相带（电角度为 360° ），将这 6 个相带按 U1、W2、V1、U2、W1、V2 顺序排列，如图 8-8(c) 所示。各槽号所属磁极和相带见表 8-1。

表 8-1 三相 4 极 24 槽定子绕组导线所属槽号、磁极、相带分布表

相带 槽号 极对	U1	W2	V1	U2	W1	V2
	第一对极	1、2	3、4	5、6	7、8	9、10
第二对极	13、14	15、16	17、18	19、20	21、22	23、24
极 性	S			N		

3. 标出同一相中线圈两有效边的电流方向

按相邻两磁极下线圈边中的电流方向相反的原则进行,如设 S 极下线圈边的电流方向向上,则 N 极下线圈边电流方向向下,如图 8-8(d)所示。

4. 按绕组节距的要求把相邻异极性下同一相槽中的线圈边连成线圈

由图 8-8(c)、(d)可知,U 相绕组包含第 1、2、7、8、13、14、19、20 八槽中的线圈边,线圈边 1、2 与 7、8 分别处于 S 极与 N 极下面,它们的电流方向相反,故线圈边 1、2 中的任意一个与线圈边 7、8 中的任意一个都可组成一个线圈;同样,13、14 中任意一个与 19、20 中任一个也都可组成一个线圈。在本例中, $y=6$,故将 U 相带下八槽中导体组成以下 2 个线圈组:

(1) 线圈 1—7 与线圈 2—8 为一组,以正串方式(“尾—头”)连接成极相组,两端头分别从第 1 槽和第 8 槽引出。

(2) 线圈 13—19 与线圈 14—20 为一组,也以正串方式连接,两端头分别以第 13 槽和第 20 槽引出,如图 8-7(a)所示。

同理,V 相的 4 个线圈为 5—11、6—12、17—23、18—24;W 相的 4 个线圈是 9—15、10—16、21—3、22—4,如图 8-7(b)、



(c)所示。

5. 确定各相绕组的电源引出线

各相绕组的电源引出线应彼此相隔 120° 电角度。由于相邻两槽间相隔的电角度为：

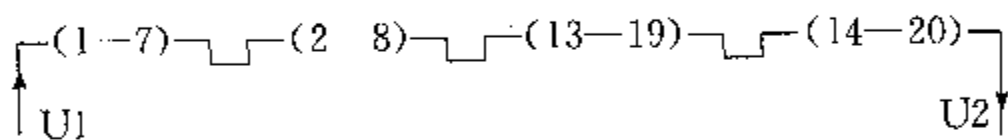
$$\alpha = \frac{360^\circ p}{z_1} = \frac{360^\circ \times 2}{24} = 30^\circ$$

则 120° 电角度应相隔 $120^\circ/30^\circ = 4$ 槽。

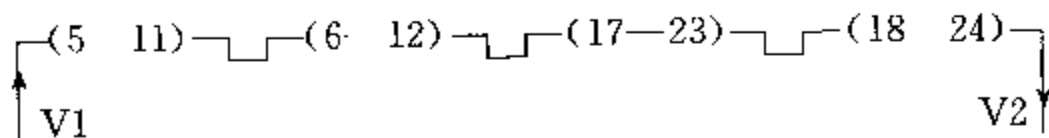
现将 U 相电源引出线的首端 U1 定位在第 1 槽，则 V 相的首端 V1 应定位在第 5 槽(即 $1+4$)，W 相的首端 W1 则定位在第 9 槽(即 $5+4$)，如图 8-7(d)所示。

6. 顺着电流方向把同相线圈连接起来

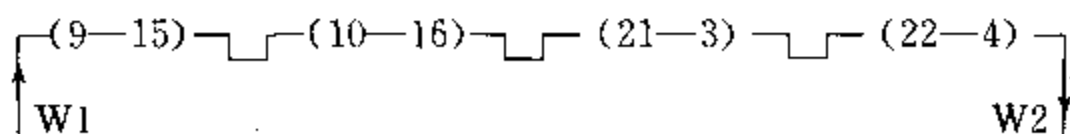
依照同一相绕组的各个有效边在同性磁极下的电流方向相同，而在异性磁极下的电流方向应相反的原则，将 U 相各线圈沿电流方向连接起来，便形成 U 相绕组的展开图，如图 8-7(a)所示。从图示中可知，该电动机定子绕组为庶极式接线，即极相组间的连接为“尾—头”相连的正串联接方式。U 相线圈的连接顺序如下：



按同样的方法，可连成 V 相和 W 相绕组，从而得到三相绕组的展开图，如图 8-7 所示。其中，V 相绕组的连接顺序如下：



W 相绕组的连接顺序如下：



至此,三相异步电动机定子绕组的展开图完整地展示在平面图上。各相绕组在定子槽中的位置和所占的槽数清晰明了,还可以清楚地看出各相绕组的联接方式、端部接线方法及引出线的具体位置。因此,展开图是嵌线的重要依据。

为了能更清楚、容易地区别各相绕组在定子槽内的分布情况、安置位置以及联接方法,在画展开图时,最好用3种不同颜色的笔来画,使图示清晰明了,如图8-7所示。在制作黑白的图形时,为了便于辨别,可分别用空白双线、“轨道”双线及黑双线表示3个不同相绕组,如图8-9(a)所示。但这种画法较麻烦,且线条所占的位置比较宽,故一般黑白图形均采用粗黑线(约0.5~0.7 mm)、细黑线(约0.18~0.25 mm)及细虚线或双点划线组成3种不同的线条,代表3个不同相绕组,如图8-9(b)所示。但在有条件的情况下,建议还是使用3种不同颜色的笔画展开图为佳。

三、绕组圆形接线参考图(简称接线图)

以上介绍的三相定子绕组的展开图,可以很清楚地表示出绕组的节距、极相组数、每极相组的线圈数及连接方法。但由于线圈边的重迭,画起来比较复杂,因此在工厂实际生产或修理电动机时,为了能清楚地看出各极相组之间的连接方式,常采用一种简化了的圆形接线参考图(又名端面图)。画圆形接线图时,不管每极每相有几个槽,或一个极相组内有几个线圈,每一个极相组都用一个小方框来表示。现以三相36槽4极双层绕组的



电动机定子绕组为例,展开图如图 8-10 所示。说明接线图的画法和含义:

(1) 将定子圆周按极相组数均分成 $2pm$ 段,每段的小方框代表一个极相组。在每一个小方框内侧都标上一个带箭头的圆弧短线来表示每一个极相组的电流方向,如图 8-11 所示。对本例来说,三相共有 $2pm=2 \times 2 \times 3=12$ 个极相组,故图中有 12 个小方框。为了识图方便,对同一相的极相组(小方框)以同一颜色表示,即三相的极相组分别用 3 种不同颜色标出,或者以黑方框、剖面方框、底色方框标出。

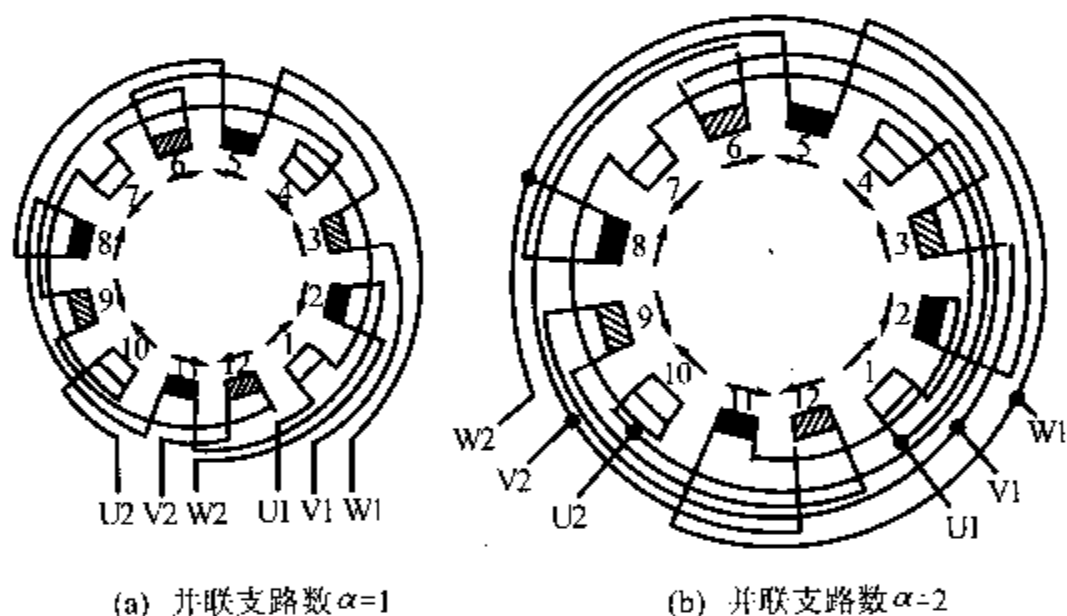


图 8-11 三相 4 极电动机绕组圆形参考图

(2) 极相组的排列顺序应与三相绕组展开图一致,依次给每个极相组编号。如极相组 1 为①、②、③ 3 个线圈串联而成,极相组 2 为④、⑤、⑥ 3 个线圈串联而成,……其余类推,36 个线圈共组成 12 个极相组 1、2、3、……12。根据 60° 相带的分配原则,1、4、7、10 极相组应属 U 相;3、6、9、12 极相组属 V 相;余下的 2、5、8、11 极相组属 W 相。

(3) 三相绕组的首端应相隔 120° 电角度, 因而可确定: 若 U 相的首端 U1 以极相组 1 为头; 则 V 相的首端 V1 应是极相组 3 为头; W 相的首端 W1 是极相组 5 为头。

(4) 根据各相极相组间的联接规则联接各相的极相组。

根据各相邻极相组要产生异极性的原则, 绕组应采用“尾-尾”相连、“头-头”相连的反串联接法(一般都采用这种接法)。设三相电流由 3 根电源引出线 U1、V1、W1 通入各相绕组, 从图 8-11(a) 中可以看出, U 相各极相组中的电流依次是一正一反, 按此规律将电流方向(箭头)标注到接线图的相应的圆弧上, 并顺着箭头方向把同相各线圈组(极相组)连接起来。

如果绕组是多支路并联的, 可将每个支路各自串联后再并联起来, 联接的方向应符合上述要求。8-11(b) 所示为并联支路数 $a=2$ 时的绕组接线图。

第三节 重换定子绕组的步骤和方法

当电动机定子绕组损坏, 局部修理无法修复时, 必须拆换全部绕组。所谓重绕, 就是按照原样更换全部绕组。重换前, 应详细了解分析故障情况, 必要时对绕组数据作少量计算及调整, 以提高电动机的运行可靠性。附表 1~5 分别为: JZ、JO、JO₂、JO₃、Y 系列电动机的绕组及铁心技术数据供修理及备料时参考。

重绕定子绕组的步骤是: 查明、分析损坏原因; 记录原始数据; 拆除定子绕组; 配置槽绝缘; 绕线模尺寸的选择与制作; 线圈绕制; 绕组的嵌制; 绕组浸漆、烘干和绕组的试验等。



一、查明电动机使用和损坏的情况

电动机定子绕组的损坏除了使用维护不当等原因之外,可能是电动机本身设计或工艺上有问题,或是已经修理过的电动机修理的质量不高,或是机械方面的间接原因。修理人员应向用户或操作者查询使用情况,找出损坏原因,以便进一步改进绕组质量和电气性能,防止修复后重新烧坏。

二、记录原始数据

电动机定子绕组的原始数据随机种不同有所差异,但重要项目的数据均应逐一查明记录,否则旧绕组拆除后就无法查测。电动机的检修重绕记录数据内容见表 8-2,它可作为绕线模的尺寸选择、线径选用、绕制线圈和复算等依据。

单绕组多速电动机也可参照三相异步电动机定子绕组记录内容酌情予以增补或删减。

表 8-2 三相异步电动机定子绕组重绕记录表

1. 铭牌数据							
型号	功率	转速					
电压	电流	频率	接法				
功率因数	绝缘等级	工作制					
生产厂	日期	编号					
2. 铁心数据							
定子外径	定子内径	定子有效长度					
转子外径	空气隙	定转子槽数					
通风槽数	通风槽宽	定子轭高					

续表

3. 定子绕组

导线规格_____ 每槽线数_____ 线圈匝数_____ 并绕根数_____
每极相槽数_____ 节距_____ 绕组形式_____ 并联支路数_____

4. 绝缘材料

槽绝缘_____ 绕组绝缘_____ 外覆绝缘_____

5. 槽形和线圈尺寸(绘图标明尺寸)

6. 试验数据

空载:平均电压_____ 平均电流_____ 输入功率_____
负载:平均电压_____ 平均电流_____ 输入功率_____
定子每相电阻_____ 转子每相电阻_____ 室温_____
负载时温升:定子绕组_____ 转子绕组_____ 测量时室温_____

7. 修理重换摘要

修理者:

修理日期:

在记录各项数据时,必须特别注意电动机极数、绕组形式、绕组并绕根数、绕组并联支路数、绕组节距、导线直径、线圈周长及兼顾绕组的联接方式,这些数据必须在拆线前或拆线过程中查明,另外有些电动机只有3根引出线,其内部并接头及联接方式也需搞清楚。为了便于理解,特举例简述几项具体查测方法。

1. 查极数

三相异步电动机极数可通过查铭牌上的转速,再根据电动机同步转速 n 与电源频率 f 、磁极对数 p 关系式 $p=60f/n$ 来计算。若铭牌失落,可从定子铁心内径 D 与极距 τ 的关系式 $\tau=$

$\pi D/2p$ 估算,或以定子铁心内径 D 与定子轭高 h_c 关系的经验公式 $p = a28D/h_c$ 估计。图 8-12 所示为定子槽形尺寸,定子轭高 $h_c = hc_1 + 1/3R$ 。

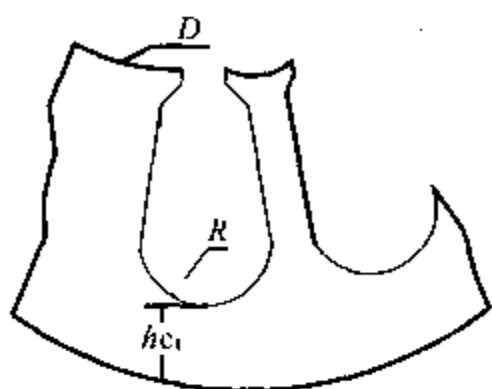


图 8-12 定子槽形的尺寸

三相异步电动机单层绕组的极数可从定子铁心槽数 z_1 、绕组极距或节距 y 的关系式 $y \approx \tau = z_1/2p$

求得。对双层绕组来讲,这一关系式不一定适用。例如:三相电动机 36 槽、节距 $y=6(1-7)$ 的双层绕组,可能是四极,也可能是六极,这就要从每极相组的线圈数或每极的槽数来估计。只要查明每组线圈数或每极相槽数 q ,并根据 $2p = z_1/qm$ 公式就能估算出极数。由图 8-13 中可知,图(a)与图(b)均为 36 槽双层绕组,但它们的每极相槽数不同。图(a)中 $q=2$,而图(b)中 $q=3$;按公式图(a)的极数 $2p = z_1/qm = 36/(2 \times 3) = 6$ 极,而图(b)的极数 $2p = z_1/qm = 36/(3 \times 3) = 4$ 极。

2. 判别绕组形式

判别绕组形式主要指判别绕组的排列结构(显极式或庶极式),不是指绕组的形状。直流电动机、单相罩极电动机的绕组排列结构较易判别,而三相异步电动机的绕组属于显极式还是庶极式较难判断,必须细心分辨。国产电动机中只有少数小功率电动机采用庶极式绕组,尚有技术数据表可查,但进口电动机中不论功率大小,较多采用庶极式绕组。因此,拆线前务必查明绕组形式。查看的方法如下:

(1) 从跨接线的连接方式来判别。根据前一节可知,相邻两线圈组的跨接线是“尾—尾、头—头”的属于显极式绕组;如为

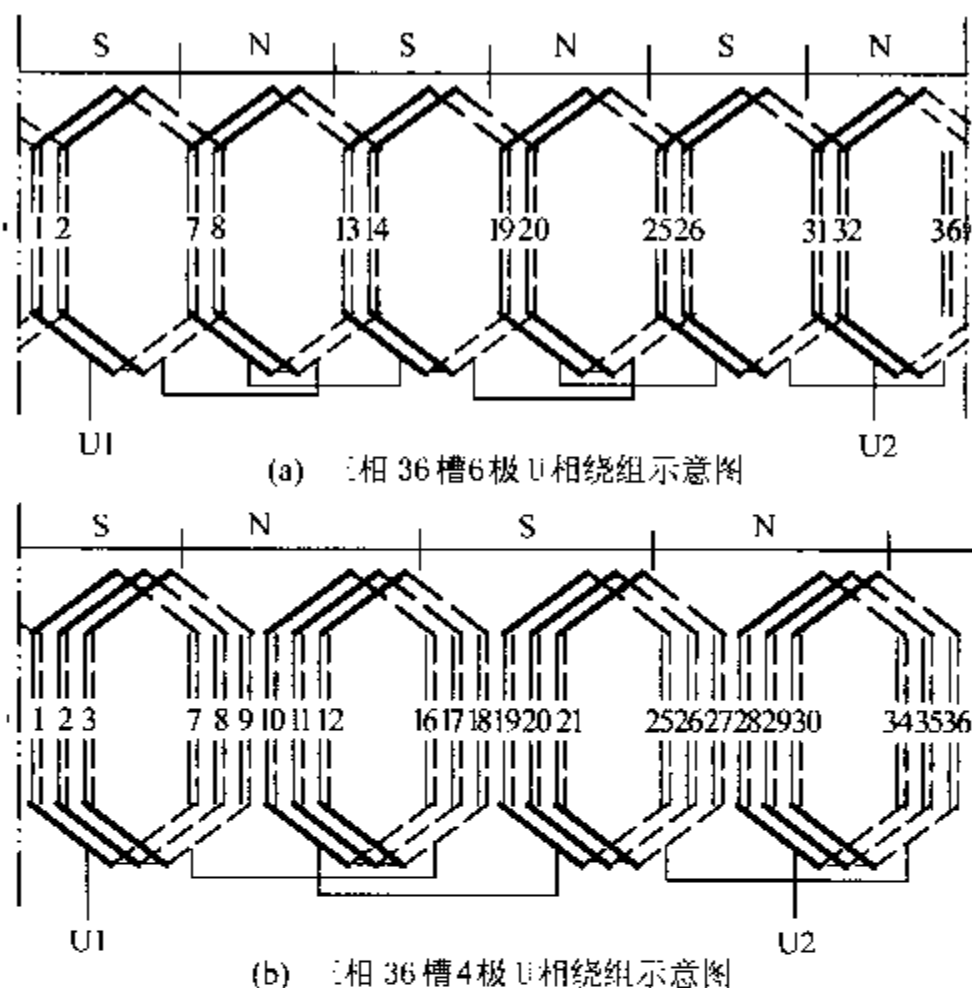


图 8-13 查测极数(根据 $2p = z_1 / qm$ 估算)

“尾一头、头一尾”的属于庶极式绕组。

(2) 从线圈组(极相组)数来估算判别。根据前一节可知,显极式绕组的极相组数 $= 2p \times m$; 庶极式绕组的极相组数 $= (2p \times m) / 2$ 。由此,不能单从线圈的组数判别极数,而应结合绕组的排列结构形式。例如:三相 24 槽单层绕组极相组数为 6 个,它可能是 2 极显极式绕组,也可能是 4 极庶极式绕组,如图 8-14(a)所示。又如三相 36 槽双层绕组极相组数为 12 个,它可能是 4 极显极式绕组,也可能是 8 极庶极式绕组,如图 8-14(b)所示。

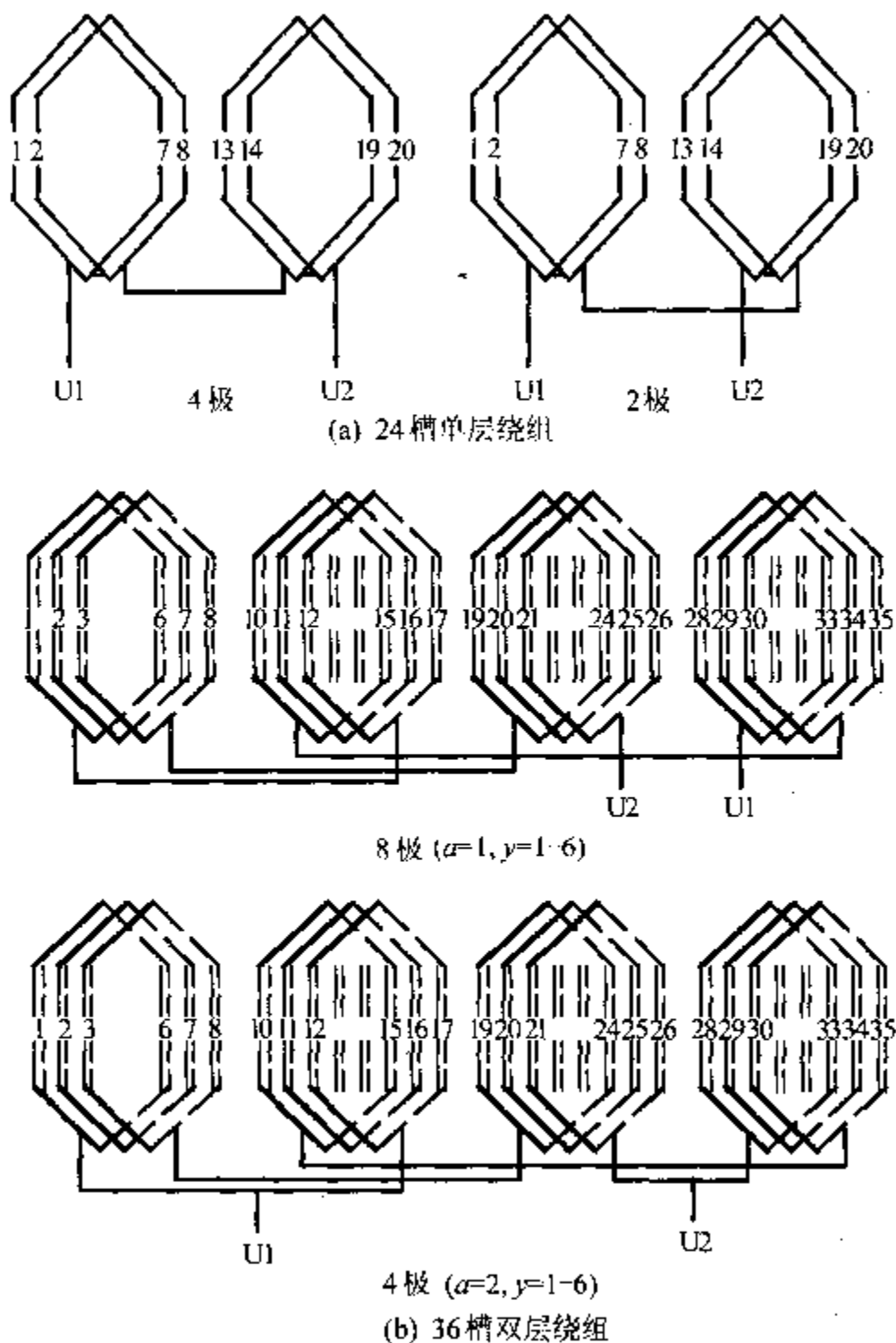


图 8-14 极相组连接方式判别磁极对数

判别绕组的结构形式,有以下规律可循:凡极相组数是奇数

绕组,必定是庶极式,因为电动机极数总是偶数,显极式绕组的极相组数也必定是偶数,只有庶极式绕组才有奇数的可能。比如,6极庶极式绕组的极相组数 $=2pm/2=(6\times 3)/2=9$;10极庶极式绕组的线圈组数(极相组数) $=(10\times 3)/2=15$ 。

3. 判别绕组的并绕

查看绕组并绕的根数,只要把两极相组间的跨接线剪断,数一下里面导线的根数即为并绕根数。但须注意每个线圈匝数应除尽并绕根数。

4. 判别绕组的并联支路数

绕组并联支路数的判别可将连接引出线的端线剪断,数一下端线里的导线的根数,再除以并绕根数即为并联支路数,如图8-14(b)所示。

如果三相异步电动机只有3根向外引出线(其他3根在机壳内并接头者除外),则可将绑扎并接头的纱带(黄腊套管)拆开,查看有无3根引出线的并接头。有,说明是星形联接,上述结论同样适用。若没有3根并接头,说明端线是三角形联接,则其并联支路数应考虑并绕根数加倍除端线导线总根数。

功率在4 kW以上的大中功率电动机绕组采用多路并联的很多,拆线时务必注意。

5. 判别绕组的节距

因绕组的极相组有等节距与不等节距之分,故查看绕组节距时应充分注意。例如:单层交叉链式绕组(三相36槽)中,单圈的节距 $y=7(1-8)$ 槽,而双圈的节距 $y=8(1-9)$ 槽。最好在线圈拆去一个极距之后,再复查一次较为可靠。拆线时,要保留几个线圈能完整地拆下,以便核点每个线圈的匝数,同时作为样品保留下来,作为制作绕线模的参考。



6. 测量导线线径和线圈匝的平均长度

测量导线的线径时,先把导线放在酒精灯火焰上烧去绝缘层,用纱布擦去表面遗留的氧化物及污垢,然后用千分卡测量并记录。这样的测量应进行多次,以求准确。对导线绝缘层的处理,切不可用砂布(纸)或刀片刮,以防线径测量的不准确,影响绕组质量和工作性能。

线圈匝平均长度的测量,要选其中最短的几匝求出平均值,并保留 1~2 根样品供制作绕线模的参考。

7. 绘制定子绕组展开图与接线图

绘制定子绕组展开图和接线图,必须遵循本章第一节中所述的定子绕组构成原则,根据绕组的具体数据,如实记录并绘制,如极对数、节距、极相组绕组形式、接线形式、线径、匝数等。有关绘制方法可参阅本章第二节的相关内容。

三、拆除旧线圈

为了保证线圈数据的真实性,旧绕组拆除时一定要细心,千万不要把导线弄乱或拆断。

拆除旧绕组前,最好先将旧绕组加热到一定温度,再将电动机定子绕组槽楔打出去。若是双层绕组,应先拆靠近定子铁心内圆侧的有效边,即上层边导线,拆至一个节距后,就可以将旧线圈一个一个地拆下来。

拆除线圈的具体方法有如下几种:

1. 加热拆除法

绕组在冷态时,由于绝缘漆层的固化作用,拆除很困难,因此必须加热使绕组绝缘软化后,趁热迅速拆除。加热拆除方法有以下几种:

(1) 用电热鼓风恒温干燥箱加热法。将待拆的电动机放入电热鼓风恒温干燥箱内,如图 8-15 所示,当加热到 $80\sim 100^{\circ}\text{C}$ 时,取出电动机,这时绝缘已软化,须趁热打出槽楔,将导线迅速拆除。此法的应用最为广泛,不受电动机原有的故障限制,受热均匀,加热温度可在一定范围内进行自动控制,对定子铁心原有的质量基本上无损害。

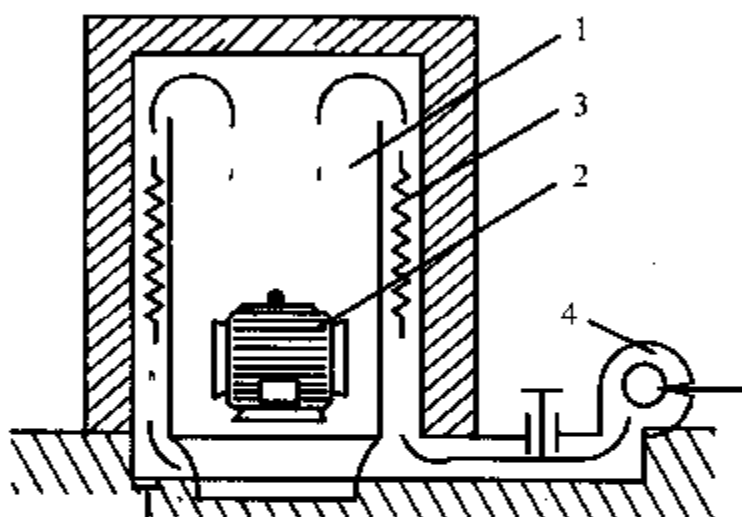


图 8-15 电热鼓风恒温干燥箱加热示意图

1-干燥室;2-电动机;3-电热丝;4-鼓风机

(2) 电流加热法。利用电压为 $60\sim 70\text{ V}$ 的交流电源(适用于 $25\sim 75\text{ kW}$ 电动机加热),也可以利用交流电焊机二次侧或调压器作电源(适用于 $75\sim 300\text{ kW}$ 电动机加热),如图 8-16,8-17 所示,以便控制通入电动机定子绕组的电流。电流的大小控制在额定值的 300% 左右,使绕组温度逐渐升高,最高温度不宜超过 110°C ,加热至绝缘软化与槽楔发焦即可。对于有极相组故障的电动机,可对绕组以极相组或线圈为单位通入电流加热,但存在有局部加热不均现象。

(3) 用煤球炉、煤气、乙炔、喷灯等加热法。在加热过程中

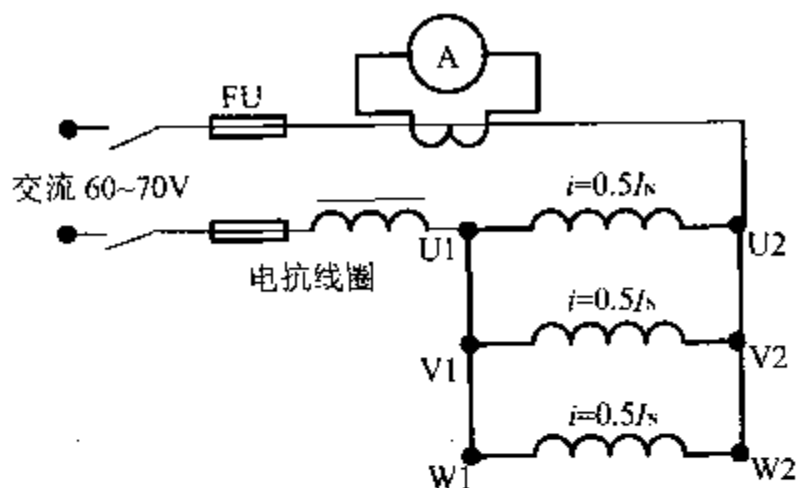


图 8-16 25~75 kW 电动机的电流加热(烘燥)接线图

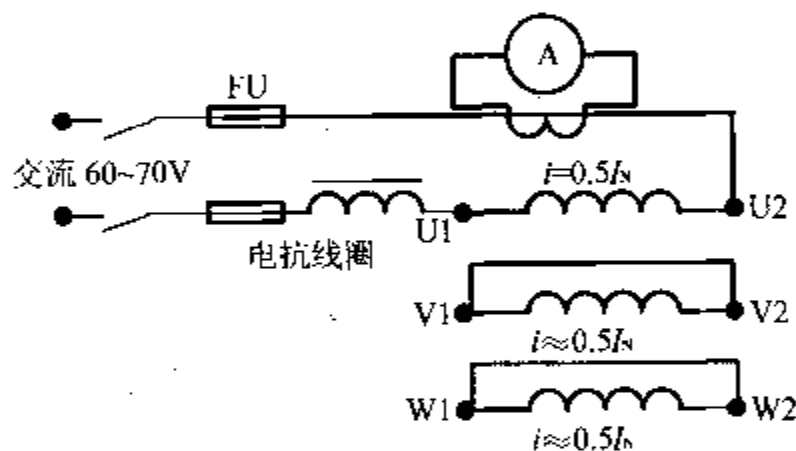


图 8-17 75~100 kW 电动机的电流加热(烘燥)接线图

应特别注意防止烧坏铁心,使硅钢片之间绝缘遭到损伤,影响电动机运行性能。

(4) 用木柴火烧法。在没有条件使用通电加热法等上述加热方法的情况下,可使用本法,这种方法拆除旧绕组较容易。方法如下:先把电动机立放,在定子内孔中放入木柴焚烧,待绝缘软化后,趁热拆除旧绕组。在加热过程中,要注意火势不能太猛,时间不宜太长,一般当旧槽楔自行燃烧时就少添柴火,再经 5~10 min 即可熄火。此法对拆除旧绕组较容易,但因定子铁

心在火烧后硅钢片间的绝缘会遭到破坏,使铁耗增加,故不提倡采用此法。

2. 化学处理法

用体积分数分别为 25% 的丙酮、20% 的酒精、55% 的甲苯配制而成的混合溶液装在大容器中,然后将定子绕组放在容器内浸泡,待绝缘软化后,即可取出拆线,此种方法适用于 0.6 kW 以下的小型电动机。拆除 7 kW 以下的电动机绕组时,为了节约溶剂,可改用溶液浸刷法,其成分是丙酮 50%、甲苯 45%、石蜡 5%。将石蜡加热熔化后,移开热源,先加入甲苯,后加丙酮搅和。把电动机定子立放在有盖的铁盘内,将溶液用毛刷刷在绕组的两边端部和槽口,然后加盖,防止溶剂挥发太快,等 1~2 h 后,即可取出拆线。

使用溶剂时要注意防火,并在通风良好的地方使用,以防人体吸入苯的气体引起中毒。

此法费用较大,除微型电动机外,一般不宜采用。

3. 冷拆法

旧绕组冷拆方法如下:把定子垂直起来,绕组引出线一端在上面的,用一把锋利的扁铲挨铁心端面把绕组一端铲掉,在另一端用钳子将导线拉出。若绝缘漆粘结,槽内导线形成一个整体时,可用一根比槽稍小点的齐头铁棒顶住割断的线圈端部,用锤子轻轻敲打出线圈。敲打线圈时,应在另一端顶住槽两边的齿部,以防引起齿扩张或变形。对槽满率高的电动机绕组,可先取出槽楔,再将上层边导线的一部分取出,在跨过一个节距后即可同时拆除下层边。对同心式绕组以二平面嵌制的,则可在取出槽楔后,先拆上层边的极相组线圈,后拆下层边极相组线圈。若条件许可的话,用特制的电动机拉线机更为方便,它尤其适用于



大型电动机拆除旧线圈,效率更高、质量更好。

在拆除旧绕组时,应留下一个较完整的线圈,以便量取各部分尺寸。然后,将线圈的一端剪断,取其中3个周长最短的单元线圈,量其长度并取平均值,作为线模模型周围尺寸。测量线径时,应量取线圈的直线部分,烧去漆皮,用棉纱擦净,且多量几根导线,即使是同一根导线,也应在不同位置量取3次,取其平均值。

线圈拆除后,用一张较厚的白纸按在定子铁心槽口的端部,印下槽形痕迹,再绘制出槽形图,标注各部分的尺寸并存档备查。

四、定子槽的清理

在拆除定子绕组之后,定子槽内留有残余的绝缘物和杂质,必须加以清理,以不影响槽满率和保证电动机的运转性能。在清理过程中,可用断锯条或头上磨成刃口的细钢条把残存的一切绝缘材料、绝缘漆斑、铁锈斑等杂物铲除干净,再用钢丝布带或通条来回磨刷几次,最后用铁砂布裹以细铁条在槽内来回抽磨,直至定子槽内全部干净、光滑为止。磨刷时还须注意检查铁心硅钢片有无受损缺口、凸片、弯片,若有,应予以修理。清理完成后用压缩空气或皮老虎吹扫干净。总之,务必使铁心槽内、外不残留任何细微杂物或留有高低不平处。值得注意的是:不可用锯条、凿子在槽内乱凿乱锯,以免使槽内产生毛刺,影响嵌线质量。

五、绕组导线和绝缘材料的选择

1. 定子绕组导线

定子绕组由QQ或QZ型高强度漆包线绕制,导线外的绝缘层作为股间和匝间的绝缘。常用的圆漆包线规格见表8-3。

表 8-3 Q 型、QQ 型及 QZ 型漆包线规格

裸线直径 (mm)	最大外径 (mm)		重量 (kg/km)		截面积 (mm ²)	20℃时	75℃时
	Q	QQ、QZ	Q	QQ、QZ		(Ω/km)	(Ω/km)
						Q、QQ、 QZ	Q、QQ、 QZ
0.51	0.56	0.58	1.846	1.843	0.204	86.0	106.2
0.53	0.58	0.60	1.992	1.987	0.221	79.4	98.2
0.55	0.60	0.62	2.144	2.144	0.238	73.7	91.2
0.57	0.62	0.64	2.302	2.302	0.255	68.8	85.0
0.59	0.64	0.66	2.466	2.466	0.273	64.2	79.5
0.62	0.67	0.69	2.720	2.720	0.302	58.0	72.0
0.64	0.69	0.72	2.897	2.897	0.322	54.5	67.4
0.67	0.72	0.75	3.173	3.163	0.353	49.6	61.5
0.69	0.74	0.77	3.374	3.374	0.374	47.0	58.0
0.71	0.78	0.80	3.637	3.640	0.407	43.0	53.3
0.74	0.80	0.83	3.882	3.882	0.430	40.6	50.5
0.77	0.83	0.86	4.196	4.196	0.466	37.6	46.5
0.80	0.86	0.89	4.427	4.527	0.503	34.9	43.1
0.83	0.89	0.92	4.870	4.842	0.541	32.4	40.1
0.86	0.92	0.95	5.227	5.227	0.581	30.2	37.3
0.90	0.96	0.99	5.721	5.709	0.636	27.5	34.1
0.93	0.99	1.02	6.107	6.107	0.679	25.8	31.9
0.96	1.02	1.05	6.525	6.494	0.724	24.3	30.0
1.00	1.07	1.11	7.069	7.069	0.785	22.3	27.6
1.04	1.12	1.15	7.634	7.620	0.849	20.7	25.6



续表

裸线直径 (mm)	最大外径 (mm)		重量 (kg/km)		截面积 (mm ²)	20℃时	75℃时
	Q	QQ、QZ	Q	QQ、QZ		(Ω/km) Q、QQ、 QZ	(Ω/km) Q、QQ、 QZ
1.08	1.16	1.19	8.240	8.240	0.916	19.20	23.7
1.12	1.20	1.23	8.860	8.860	0.985	17.80	22.0
1.16	1.24	1.27	9.50	9.510	1.057	16.60	20.6
1.20	1.28	1.31	10.16	10.61	1.131	15.50	19.17
1.25	1.33	1.36	11.02	11.02	1.227	14.30	17.68
1.30	1.38	1.41	11.91	11.91	1.327	13.20	16.35
1.35	1.43	1.46	12.84	12.83	1.431	12.30	14.10
1.40	1.48	1.51	13.81	13.82	1.539	11.49	13.90
1.45	1.53	1.56	14.81	14.80	1.651	10.60	13.13
1.50	1.58	1.61	15.84	15.85	1.767	9.33	12.28
1.56	1.64	1.67	17.13	17.13	1.911	9.18	11.35
1.62	1.71	1.73	18.51	18.46	2.060	8.53	10.50
1.68	1.77	1.79	19.82	19.84	2.220	7.90	9.78
1.74	1.83	1.85	21.22	21.26	2.380	7.37	9.12
1.81	1.90	1.93	23.11	23.03	2.570	6.84	8.45
1.88	1.97	2.00	24.93	24.85	2.78	6.31	7.80
1.95	2.04	2.07	26.73	26.73	2.99	5.88	7.26
2.02	2.12	2.14	28.77	28.66	3.20	5.50	6.78
2.10	2.20	2.23	30.88	31.00	3.46	5.11	6.27
2.26	2.36	2.39	32.37	35.89	4.01	4.39	5.41
2.44	2.54	2.57	34.54	41.80	4.68	3.76	4.63

2. 槽绝缘

槽绝缘厚度在 0.2~0.5 mm 之间。不同绝缘等级的槽绝缘材料见表 8-4。

表 8-4 不同绝缘等级的槽绝缘材料

机座号	绝缘等级	材 料(mm)	总厚度 (mm)
JO-3	A	0.1 绝缘纸 + 0.17 黄腊布 + 0.1 绝缘纸	0.37
JO-4~5	A	0.17 绝缘纸 + 0.17 黄腊布 + 0.17 绝缘纸	0.51
JO ₂ -1~3	E	0.27 聚酯薄膜青壳纸复合箔, 槽两端折边, 上盖槽盖绝缘	0.27
JO ₂ -4~6	E	0.27 聚酯薄膜青壳纸云母箔 + 0.06 聚酯薄膜(或 0.15 绝缘纸)	0.33(0.42)
Y80-112	B	0.30 聚酯纤维聚酯薄膜青壳纸复合箔(DMD, DMDM)	0.3
Y132-180	B	0.35 聚酯纤维聚酯薄膜青壳纸复合箔(DMD, DMDM)	0.35
Y200-280	B	0.45 聚酯纤维聚酯薄膜青壳纸复合箔(DMD, DMDM)	0.45

(1) 单层绕组的槽绝缘。较老式电动机的槽绝缘的高度超过气隙槽口, 如图 8-18(a) 所示。嵌线后应剪去露出槽口部分, 将槽口附近多余的绝缘纸拆入槽内, 再用槽楔压紧封口, 如图 8-18(b) 所示。

(2) 双层绕组的槽绝缘。除上、下层线圈边之间要垫放层间绝缘纸外, 其余与单层绕组的槽绝缘相同, 如图 8-19 所示。

(3) 两端槽口的绝缘形式有 3 种:

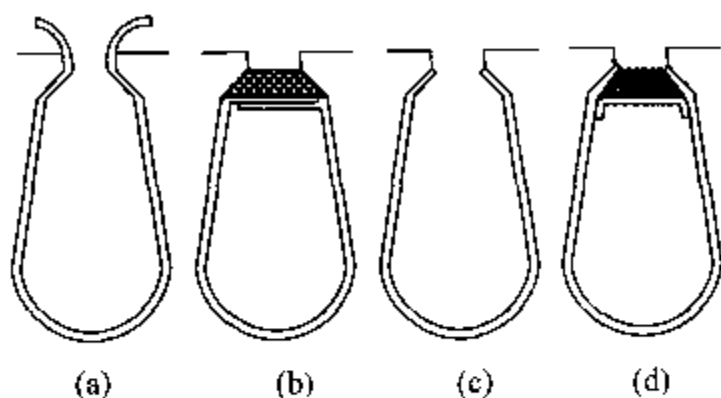


图 8-18 单层线圈槽绝缘结构

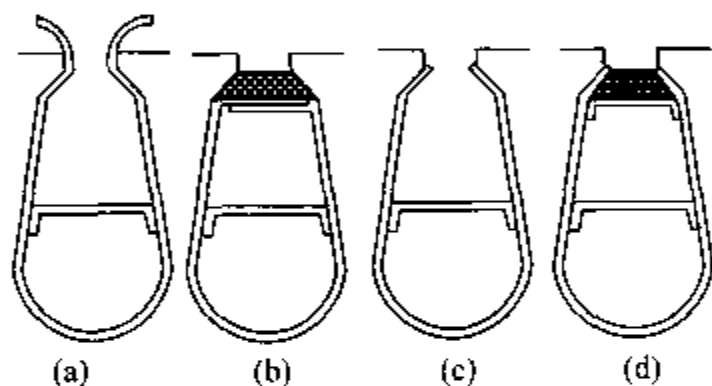
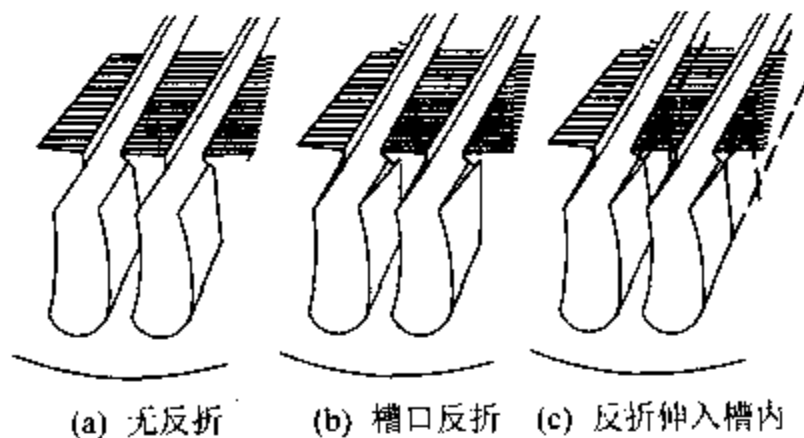


图 8-19 双层线圈槽绝缘结构

- ①不再另外加强,如图 8-20(a)所示。
- ②反折加强但不伸入槽口,如图 8-20(b)所示。
- ③反折且伸入槽内,如图 8-20(c)所示。



(a) 无反折 (b) 槽口反折 (c) 反折伸入槽内

图 8-20 线圈出槽口处绝缘方式

常见的两端槽口绝缘为图 8-20(b) 的形式。槽绝缘伸出铁心的长度见表 8-5。

表 8-5 端部绝缘伸出长度

机座号	绝缘等级	伸出铁心长度(mm)
JO-3~5, JO ₂ -1~3	A、E	7.5~10
JO ₂ -4~6	E	10~15
Y80-180	B	7.5~10
Y200-280	B	10~15

槽楔下衬垫绝缘材料的规格应和槽绝缘材料相同。槽楔材料用厚为 2.5~4 mm 的竹楔制成, 并经变压器油煎煮处理, 或用 3240 环氧酚醛玻璃布板制成并浸漆处理, 或用铁磁槽楔封口等。

3. 端部绝缘

端部相间、线圈间的绝缘用一层与槽绝缘规格相同的材料, 其几何形状基本上与旧绕组拆除前的端部形状相同或略大。为了减少因电动机运行时产生的导线匝间摩擦, 其端部必须绑扎, 对 1~5 号机座的电动机线圈接线后, 用经浸 1032 漆处理的无碱玻璃丝带疏绕扎紧。

4. 引出线绝缘

电动机的引出线采用丁腈聚氯乙烯或丁腈橡胶线, 见表 8-6 和表 8-7。它与线圈端头的绞接处先用 0.15 mm × 15 mm 醇酸玻璃漆布带半垫包一层, 外部再套醇酸玻璃丝套管(黄腊管)一层, 最后把电动机引出线及联接部位端部在一起绑扎牢固。



表 8-6 丁腈橡胶绝缘耐燃护套电动机引出线

标称截面 (mm ²)	导电芯线结构		外径 (mm)	重量 (kg/km)	铜重 (kg/km)
	根数	直径(mm)			
0.20	12	0.15	3.3	14	1.4
0.35	20	0.15	3.4	16	3.3
0.50	16	0.20	3.6	19	4.6
0.75	24	0.20	3.8	23	6.9
1	32	0.20	3.9	26	9.2
1.50	48	0.20	4.2	32	13.7
2.50	19	0.41	5.3	52	22.6
4	19	0.52	5.8	71	36.4
6	19	0.64	6.4	96	55.8
10	19	0.82	8.1	154	90.5
16	49	0.64	9.8	233	143.2
25	98	0.58	12.1	362	235.6
35	133	0.58	13.1	462	319.8
50	133	0.68	15.4	635	439.6
70	189	0.68	17.8	864	626.2
95	256	0.68	19.9	1148	859.2

表 8-7 电动机、电器用丁腈聚氯乙烯绝缘引线的规格

标称截面 (mm ²)	导电芯线结构		标称绝缘 厚度(mm)	电线最大 外径(mm)	电线重 (kg/km)
	根数	直径(mm)			
0.2	12	0.15	0.4	1.6	3.7
0.3	16	0.15	0.5	1.9	5.3
0.4	23	0.15	0.5	2.1	6.8

续表

标称截面 (mm ²)	导电芯线结构		标称绝缘 厚度(mm)	电线最大 外径(mm)	电线重 (kg/km)
	根数	直径(mm)			
0.5	28	0.15	0.5	2.2	7.8
0.6	34	0.15	0.7	2.7	11
0.7	40	0.15	0.7	2.9	12
0.8	45	0.15	0.7	2.9	13
1.0	32	0.20	0.7	3.0	16
1.2	38	0.20	0.7	3.3	18
1.5	48	0.20	0.7	3.4	21
2.0	49	0.23	1.0	4.5	32
2.5	49	0.26	1.0	4.8	39
3	49	0.28	1.0	5.0	44
4	77	0.26	1.0	5.2	54
5	98	0.26	1.0	6.0	68
6	77	0.32	1.0	6.6	79

5. 绝缘材料的裁制

为了保证电动机的质量,新绕组的绝缘必须符合电动机绝缘等级的要求,或与原绕组的绝缘等级相同。绝缘纸两端伸出长度与反折长度以相等为宜,使伸出槽外部分为双层,以增加机械强度和绝缘强度。槽绝缘宽度以放到槽口下转角为宜(嵌线时另用引线纸),如图 8-20(b)所示。

对于微型电动机因定子内径较小,插放引线纸不方便,槽绝缘一般采用高出槽口 20~30 mm 的方法,如图 8-20(a)所示,并且所有槽的绝缘纸是放一槽,线圈嵌放一槽,嵌放好后,即用长柄弯头剪刀沿槽口将绝缘纸剪平、封口及插入槽楔。

在双层绕组中,因每个槽中嵌有不同线圈组(极相组)的 2



个线圈有效边,在两层之间必须加隔一层绝缘纸,常用的是0.2~0.25 mm厚的薄膜青壳纸,其宽度为槽中间宽度的1.7倍。长度应与线圈的直线边相等,以利相间绝缘。

六、绕线模尺寸的选择及制作方法

电动机定子绕组重绕能否顺利进行,绕线模尺寸做得是否合适起着决定性的因素。绕线模尺寸做得太短,则端部长度不足,嵌线时会发生困难,甚至嵌不去;绕线模尺寸做得过长,则绕组电阻和端部漏抗增大,影响电动机性能,而且浪费铜线,还容易造成与端盖或机座相碰的接地、短路故障。因此,必须选用合适尺寸的绕线模。

1. 选用绕线模的方法

(1) 拆线时拆下一个完整的旧线圈予以保存,作为选用新绕线模尺寸的依据。选取旧线圈中线匝最短的一匝长作为线圈周长,按该尺寸来制作新绕线模的模芯。在制作模芯时,应使线圈的两直线边有适当的裕量,以使嵌线、整形时方便、美观。

(2) 若定子为空壳(无绕组)或认定原线圈尺寸不合适时,可用简单的方法估测。方法是用一段导线按已决定的节距在定子上先测量一下,做成线圈形状放在定子槽内,然后往下压线圈的两端,在与定子机座稍有相碰时,即可认为该线圈周长基本合适。图8-21所示为绕线模简单估测的示意图。

(3) 计算绕线模尺寸。绕线模分为菱形和圆弧形2种,如图8-22所示。

菱形绕线模主要由木模宽度 τ 、木模直线长度 L 、木模两端长度(CCR)3个主要尺寸组成,如图8-23所示。

现将常用的双层菱形绕线模尺寸的简易计算方法介绍

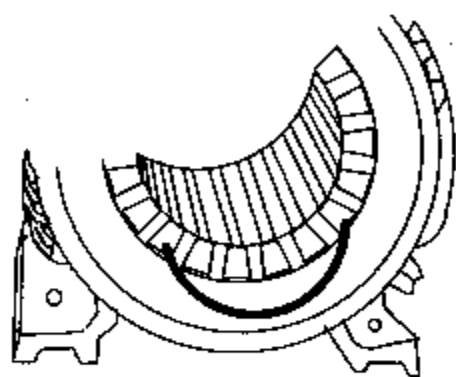


图 8-21 绕线模简单估算示意图

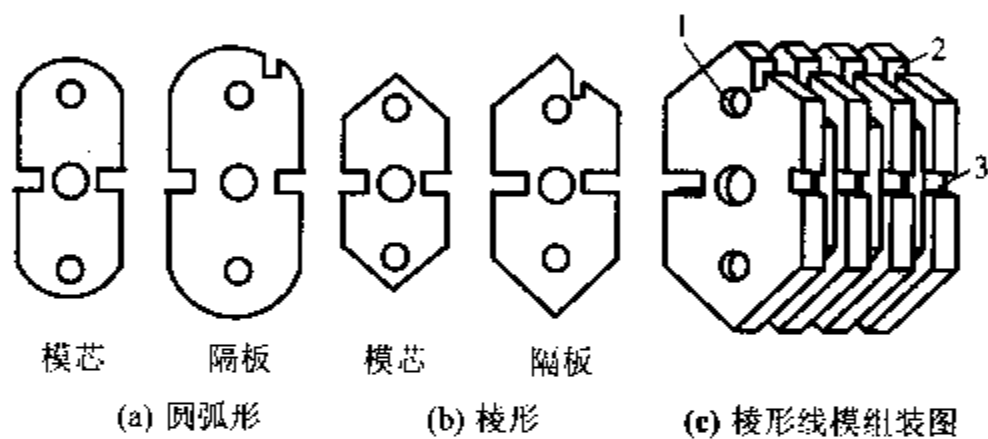


图 8-22 固定绕线模形式

1-螺栓; 2-跨线槽; 3-扎线槽

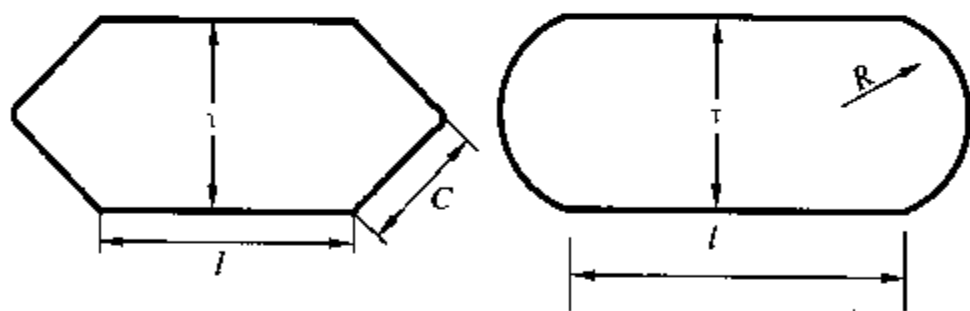


图 8-23 绕线模尺寸

如下。

木模宽度为：



$$\tau = \frac{\pi(D+h_z)}{Z_1} y$$

式中 D ——定子内径(mm);
 y ——线圈节距(槽);
 h_z ——定子槽高度(mm);
 Z_1 ——定子槽数。

木模直线部分长度为:

$$l = L + 2d$$

式中 L ——定子铁心长度(mm);
 d ——线圈直线部分伸出定子铁心的长度(一般取
 10~20mm)。

木模端部长度为:

$$2C = K\tau$$

式中 K ——系数,可查表 8-8。

表 8-8 系数 K 的选择

磁极对数	双层绕组	单层绕组
1	1.16~1.2	1.2~1.25
2	1.2~1.25	1.25~1.3
3	1.25~1.3	1.35~1.4

单层链式绕组的绕线模尺寸也可用上式算出,如圆弧形绕线模,其系数 K 值应取得稍大些。

由计算得出线圈尺寸,制作绕线模。为保证一次嵌线成功而不返工,可先绕制一个线圈试嵌,查看线圈尺寸是否符合要求,若认为尺寸过大或过小,绕线模应予以修正,并再绕一个线圈重试。总之,制作的绕线模芯越精确越好。最后将已确定下来的绕线模尺寸填入表 8-9,以备查找。

表 8-9 绕线模尺寸数据记录表

跨距	宽(τ) (mm)	长(L) (mm)	端部尺寸 (R 或 C)(mm)	线模厚(b) (mm)

注:绕线模隔板参照模芯尺寸适量放大。

2. 绕线模的制作

绕线模分固定式与可调式 2 种。固定式仅适用于单一规格的电动机定子绕组的绕制;可调式可以适用于多种规格的电动机定子绕组的绕制。

(1) 固定式绕线模。固定式绕线模一般用干燥的硬木制作,使其不易翘裂变形。大量、长期生产用的电动机绕线模可用层压板制作。绕线模由模芯和隔板组成,模芯的尺寸即为前面所讲的绕线模尺寸,隔板的尺寸则参照模芯尺寸作适量地放大,以能容纳线圈匝数为度。说具体一点就是,绕线时导线是绕在模芯上,隔板是起到挡着导线不脱离模芯的作用。绕线模一般根据每极每相的线圈数来做。如每极每相有 3 个线圈,则做 3 块模芯、4 块隔板,使 3 个线圈可以连绕,省去线圈间连接线的联接与焊接工序。大批量生产的,还可以每相连绕,省去极相组间的连接与焊接,即每相绕组只有 2 根引出线。当仅对一台电动机绕组进行修理时,可只做 1 个模芯、2 个隔板,在绕完一个线圈后,用扎线将线圈扎牢卸下。为了使线圈脱模方便,保证导



线绝缘不受损伤,最好将绕线模作一次浸腊处理。

为了更有效地快速脱模,在制作固定绕线模时,常将模芯制成两半结构,一半钉在上夹板上,另一半边钉在下夹板上,如图 8-24和图 8-25 所示。

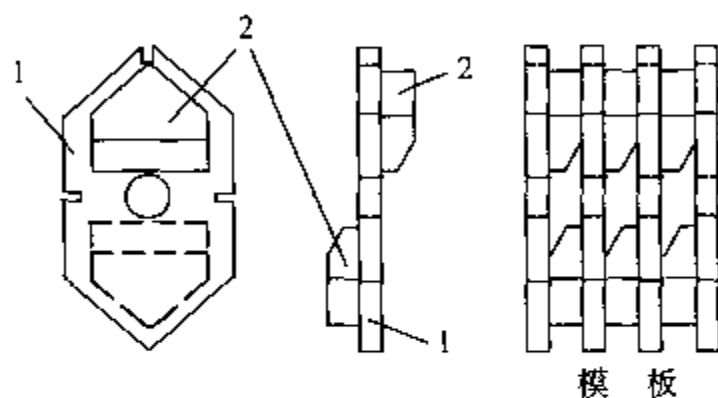


图 8-24 模芯对开的梭形固定绕线模

1-隔板;2-模芯

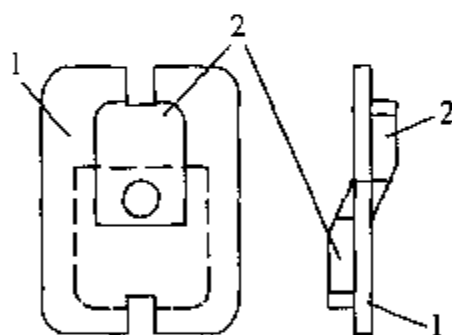


图 8-25 同心式绕线模

1-隔板;2-模芯

(2) 可调式绕线模。

①可调节尺寸的绕线模。可调绕线模型式较多,现列举 2 种。图 8-26 所示的绕线模特点是:调节 2 个端模的距离即可绕制不同长度的线圈(组),具有一定的通用性。图 8-27 所示为长度、宽度和斜边均可调节的通用性绕线模。图 8-28 所示为图 8-27 通用性绕线模的各部件尺寸。

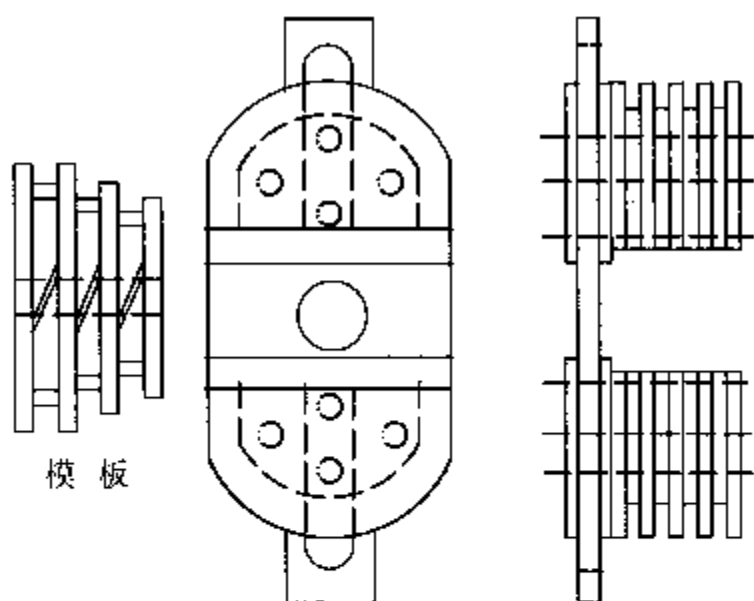


图 8-26 端模可调的绕线模

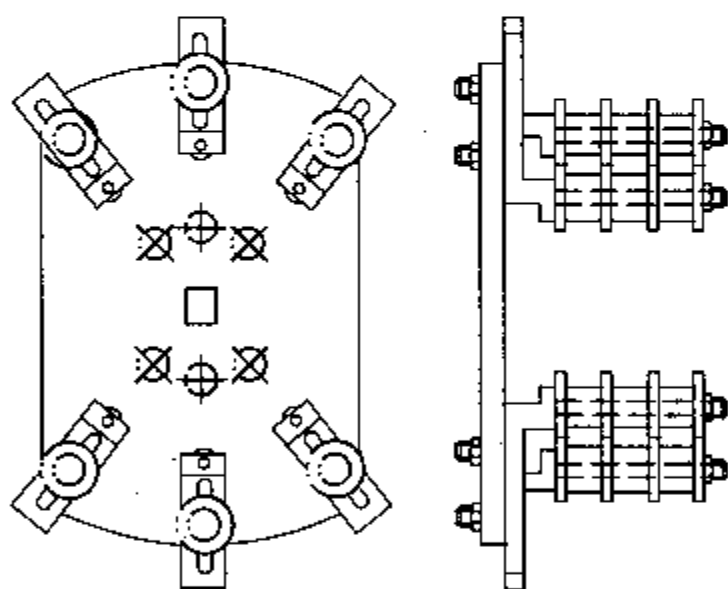
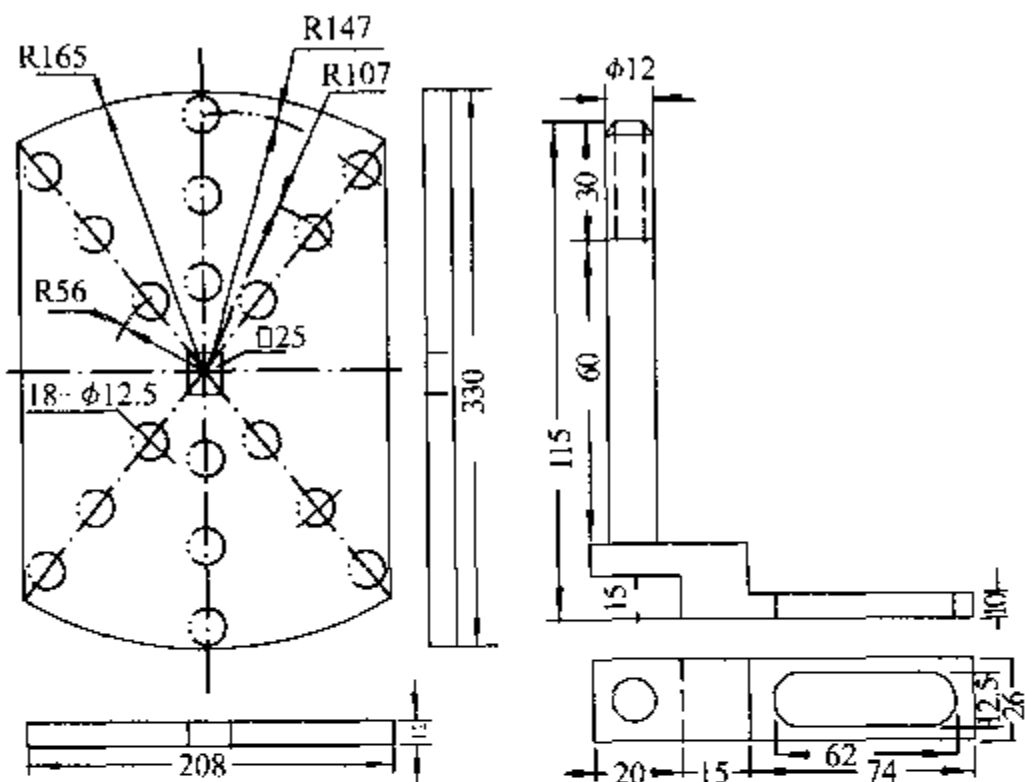


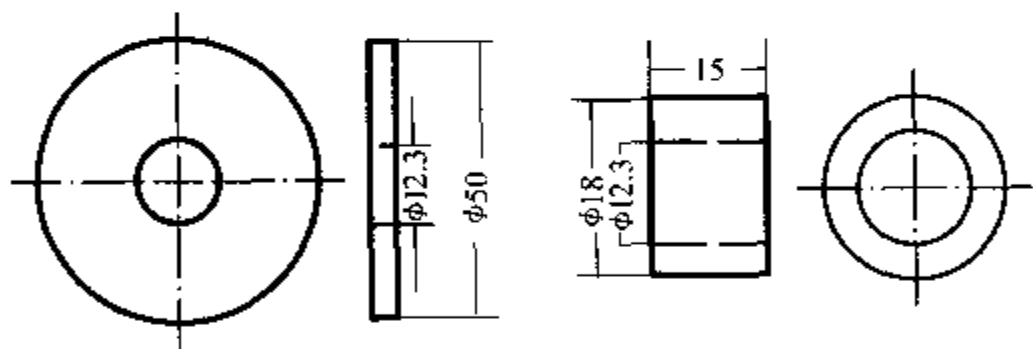
图 8-27 通用性绕线模

②万能绕线模。由于电动机的种类繁多,在修复烧毁绕组的过程中,如果为每一种电动机制作一副绕线模,不但费工费料,而且还要延迟修理时间,影响修理进度。现介绍一种万能绕线模,这种绕线模只要备上一两套,就可以绕制一般电动机的线



名称：电动机绕线模底板
材料：胶木或铝板
件数：1件

名称：电动机绕线模支架
材料：中碳钢
件数：6件



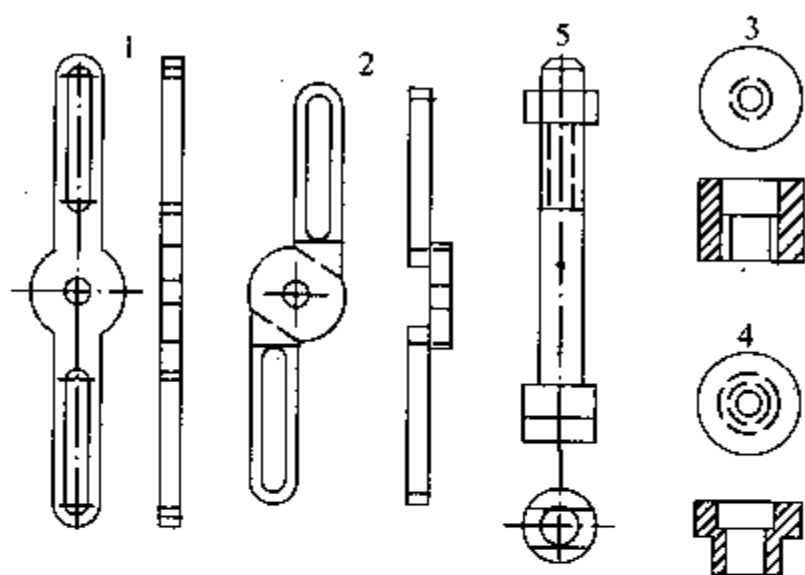
名称：垫圈
材料：胶木或铝板
件数：24件

名称：垫圈
材料：胶木或铝板
件数：18件

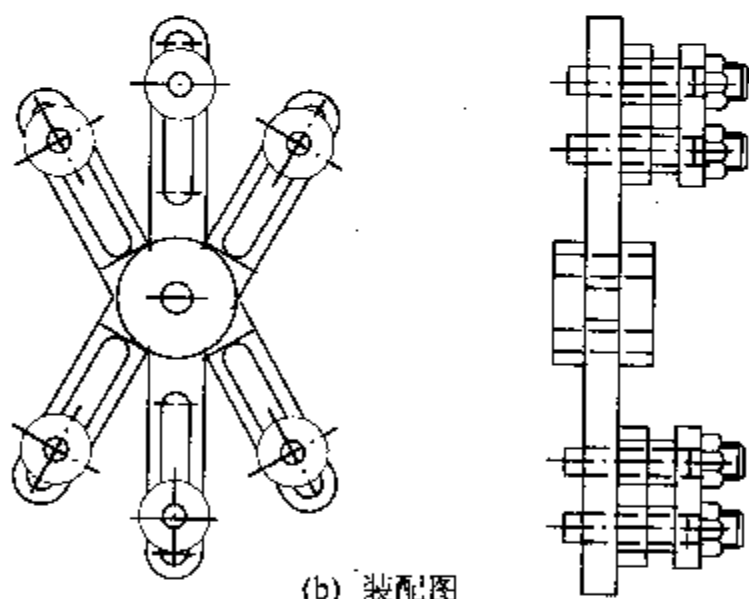
图 8-28 通用性绕线模的各部件尺寸

圈，而且使用方便，只需根据所需的尺寸调节绕线模上 6 个圆柱的位置就能应用。万能绕线模零件及装配图如图 8-29 所示，

其示意图如图 8 - 30 所示。



(a) 零件图



(b) 装配图

图 8 - 29 万能绕线模零件及装配图

1 - 钢材料 1 件; 2 - 钢材料 2 件; 3 - 钢材料 6 件; 4 - 铝材料 18 件; 5 - 钢材料 6 件

还有一种万用绕线模是在图 8 - 29 万能绕线模基础上, 由遵义市电动机维修技术研究所生产的 SB - 1 型万用绕线模如图 8 - 31 所示。它由 36 块塑料端部模块, 2 块 1.52 mm 厚的铁挡

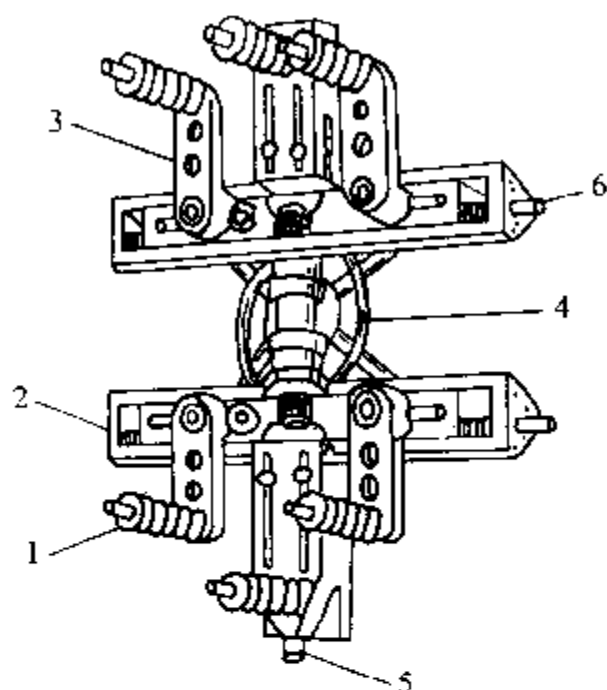


图 8-30 万能绕线模结构示意图

1-梭端线轮;2-滑轨;3-线轮架;4-底座;5-左右纹螺杆 1;6-左右纹螺杆 2

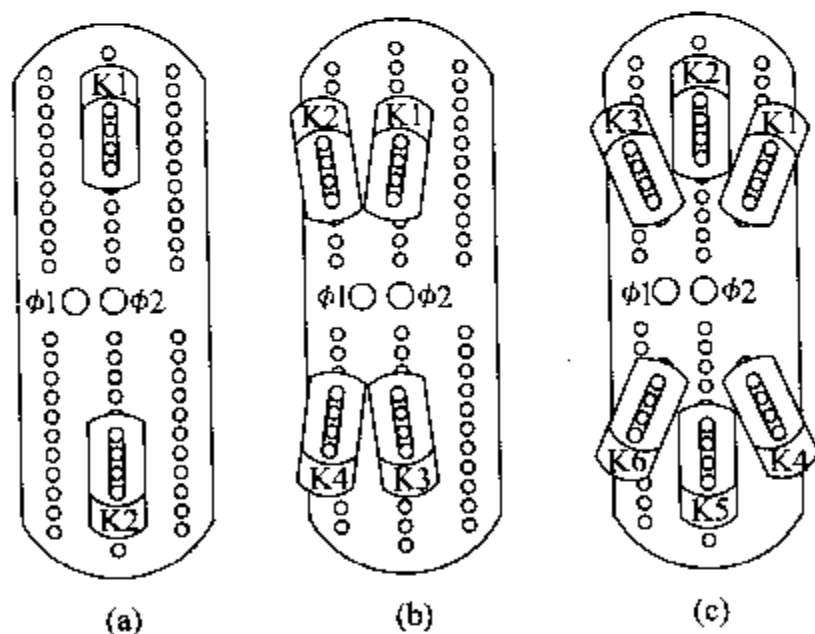


图 8-31 SB-1 型万用绕线模调试方法

板和 6 根长固定螺杆、12 根细螺丝杆组成。适用于绕制单相和

三相电动机不同形式的线圈,按每相绕组线圈数增减每组模块数,一相绕组可一次成形,中间无接头,同心式、交叉式、链式和迭式绕组全部通用。

图 8-32 标出了各种形式线圈的各部位名称代号, L 代表线圈两边长度,一般比定子铁心长度长 20~40 mm。 τ_1 代表小线圈两边间的宽度, τ_2 代表中线圈两边间的宽度, τ_3 代表大线圈两边间的宽度。 C_1 、 C_2 、 C_3 分别代表小、中、大线圈周长。为了初学者的方便,特将常用的 JO₂、Y 系列电动机定子绕组绕线模的 τ 、 L 、 C 数值见表 8-10 和表 8-11,供修理时参考。有关电动机铁心及技术数据,请详见附表。

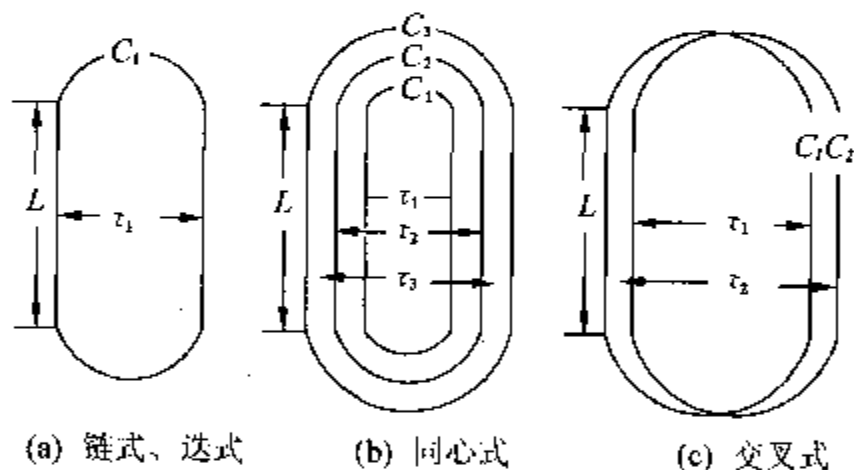


图 8-32 各种绕组部位代号示意图

表 8-10 JO₂ 系列电动机定子绕组绕线模尺寸参考表

极数	机座号	功率 (kW)	槽数	绕组形式	绕线模尺寸 (mm)				
					r_1	r_2	L	C_1	C_2
2 极	11	0.8	24	同心式	60	80	100	388	451
	12	1.1			60	80	120	428	491
	21	1.5	18	交叉式	90	95	100	483	498
	22	2.2			90	95	122	526	542
	31	3	24	同心式	95	120	120	538	617
	32	4			95	120	150	598	677
	41	5.5			110	140	140	625	720
	42	7.5			110	140	165	625	770
	51	10			130	170	150	708	834
	52	13			130		190	788	914
	61	17	30	双迭式	140		195	910	
	71	22	36		180		195	910	
	72	30			180		250	1020	
	82	40			202		280	1180	
	91	55	42		234		300	1308	
	92	75			234		340	1388	
93	100	234				400	1508		

续表

极数	机座号	功率 (kW)	槽数	绕组形式	绕线模尺寸(mm)					
					τ_1	τ_2	L	C_1	C_2	
4 极	11	0.6	24	链式	50		100	397		
	12	0.8					115	387		
	21	1.1			60		95	378		
	22	1.5					125	438		
	31	2.2	36	交叉式	65	70	114	432	448	
	32	3					154	512	528	
	41	4					144	492	508	
	42	5.5					170	544	560	
	51	7.5			95	140	563	578		
	52	10				90	180	643	658	
	61	13			双迭式	100	183	680		
	62	17					218	790		
	71	22					140	194	828	
	72	30					160	300	968	
	82	40	48	170			315	1066		
	91	55	60	197			300	1080		
	92	75					380	1240		
	93	100			420	1320				



续表

极数	机座号	功率 (kW)	槽数	绕组形式	绕线模尺寸 (mm)				
					τ_1	τ_2	L	C ₁	C ₂
6 极	21	0.8	36	链式	50		95	347	
	22	1.1					125	407	
	31	1.5					120	397	
	32	2.2					160	477	
	41	3			60		135	458	
	42	4					165	518	
	51	5.5	36	链式	70		157	534	
	52	7.5					197	614	
	61	10	54	双迭式	100		219	658	
	62	13					264	748	
	71	17			110		222	728	
	72	22					290	828	
	81	30	72		120		260	864	
	82	40			124		350	1004	
91	55	138				360	1064		
92	75					460	1264		

表 8-11 Y 系列电动机定子绕组绕线模尺寸参考表

机座号	功率 (kW)	槽数	绕组 形式	绕线模尺寸(mm)							
				τ_1	τ_2	τ_3	L	C_1	C_2	C_3	
2 极											
801	0.75	18	交叉 式	60	65		110	410	426		
802	1.1						126	438	456		
90S	1.5			65	70		120	446	462		
90L	2.2						147	500	518		
100L	3	24	同心 式	80	100		133	516	580		
112M	4	30			105	120	152	560	624	688	
132S	5.5			90	112	148	154	596	656	766	
132M	7.5						175	634	696	812	
160M ₁	11			121	148	172	185	745	826	905	
160M ₂	15						215	806	886	965	
160L	18.5						255	886	966	1045	
180M	22			36	双迭 式	198			210	918	
200L ₁	30	230						225	1012		
200L ₂	37		260			1072					
225M	45	261					252	1138			
250M	55	280					256	972			
280S	75	42	314					276	1320		
280M	90			316	1392						



续表

机座号	功率 (kW)	槽数	绕组形式	绕线模尺寸(mm)				
				τ_1	τ_2	L	C_1	C_2
4 极								
801	0.55	24	链式	50		75	307	
802	0.75					106	367	
90S	1.1					112	380	
90L	1.5					141	437	
100L ₁	2.2	36	交叉式	65	70	126	454	472
100L ₂	3					145	492	510
112M	4			90	95	125	535	552
132S	5.5					126	536	554
132M	7.5			95	100	175	634	652
160M	11					190	677	696
160L	15					229	759	776
180M	18.5			48	双迭式	130		231
180L	22		261				835	
200L	30	150				260	897	
225S	37	190				246	948	
225M	45					275	1020	
250M	55	200				290	1058	
280S	75	60	220				290	1060
280M	90				375	1210		

续表

机座号	功率(kW)	槽数	绕组形式	绕线模尺寸(mm)				
				τ_1	τ_2	L	C ₁	C ₂
6 极								
90S	0.75	36	链式	50		112	382	
90L	1.1					136	426	
100L ₁	1.5					121	398	
112M	2.2					137	428	
132S	3				60	122	428	
132M ₁	4					159	508	
132M ₂	5.5					201	588	
160M	7.5				70	181	582	
160L	11					220	662	
180L	15	54	双迭式	80	233	715		
200L ₁	18.5			90	219	721		
200L ₂	22				268	782		
225M	30			100	246	806		
250M	37	72	双迭式	120	261	897		
280S	45			160	266	932		
280M	55			170	308	1022		
315S	75			310		351	1162	

在绕制 τ 小于 60 mm 的线圈时,采用图 8-31(a)所示的调试方法:图中由 2 个模块 K1、K2 组成,若每相绕组或每个极相组有 n 个线圈,则每组就用 $2n$ 个模块,并用细螺丝杆固定成一个整体,穿在粗螺丝杆上,改变粗螺线杆孔位和每个模块位置,



可以调试出每个线圈的周长,绕线机轴选择 ϕ_2 。

在绕制 τ 大于60 mm的线圈时,采用图8-31(b)所示的调试方法:图中由4个模块K1、K2、K3、K4组成,若每相绕组或每个极相组有 n 个线圈,则每组就用 $4n$ 个模块,绕线机轴选择 ϕ_1 。改变K1、K2、K3、K4的角度可以调试 τ 的尺寸,改变螺杆孔位和K1~K4的位置,可以调试 L 和 C 的尺寸。

在绕制 τ 大于90 mm的线圈时采用图8-31(c)的调试方法:由6个模块组成,若每相绕组或每个极相组有 n 个线圈,则每组就有 $6n$ 个模块,绕线机轴选择 ϕ_2 。改变K1、K2、K3和K4、K5、K6的角度,可以调试出 τ 的尺寸,改变螺杆孔距可以调试 L ,同时配合调整K1~K6模块位置可以调试线圈周长 C 。

在调试链式、迭式绕组的线圈时,将模块擦在一起直接调试;在调试同心式、交叉式绕组的线圈时,可用 $\phi 1$ mm左右的导线按小、中、大线圈的周长焊成圈,套在模块的模芯上进行调试。SB-1型万用绕线模特别适用于电动机修理的初学者,因不管调试什么型式的线圈,只要 L 、 C 、 τ 与原电动机线圈尺寸相符即可。

将调试好的万用绕线模每组模块用2根细长螺丝杆固定在一起,并记录清楚位置,将每组模块穿在粗螺丝杆上,固定在所对应孔的两块挡板之间,最后将装配好的绕线模固定在绕线机上。按原电动机线圈匝数和个数分别绕制每相电动机所需的线圈数。

七、绕组的绕制

1. 导线的检查

新绕组所用导线的粗细、匝数及截面积均应按旧绕组的数据选择,并用千分尺检查线径是否合适,然后检查导线绝缘漆层

的质量,若发现质量有缺陷应换掉;若经检验质量是上乘的,仅某一小段绝缘漆层脱落或受损,可涂上绝缘漆晾干后才可绕线。

2. 绕制过程

(1) 将绕组组合模具紧固在绕线机上,把线轴上的漆包线端头从线盘架拉出,经拉线夹板拉至组合模具上固定,并在挡板槽上放置扎线(白线绳),如图 8-33 与图 8-34 所示。

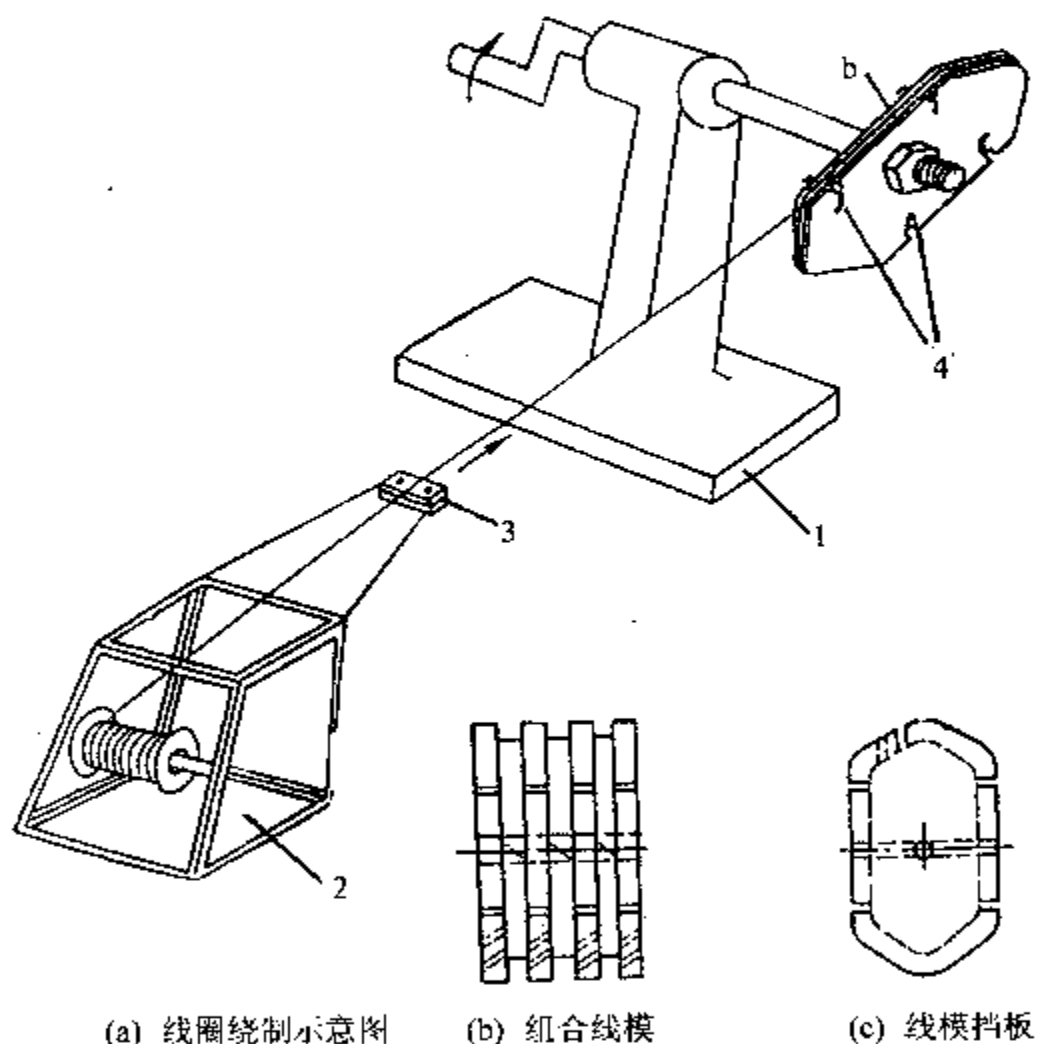


图 8-33 绕线示意图

1-绕线机;2-线架;3-夹板;4-扎线

(2) 校准绕线机上的计数器零位。

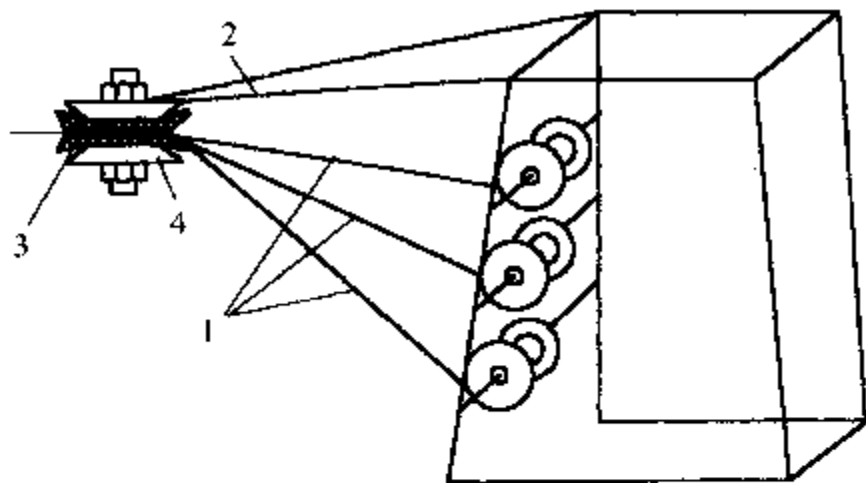


图 8-34 典型的放线架

1-导线;2-拉线;3-毛毡;4-层压板

(3) 绕线。从左向右开始绕制,要求导线在绕线模槽里尽量紧密排列平整,不得交叉相迭。绕线时,最好用纱布裹住白蜡包住导线,既能使导线表面滑润,又便于今后嵌线。绕线的匝数和并绕根数应符合原始记录数据。

(4) 绕线完毕,将扎线上翻扎紧线圈,以防松散。然后取下绕好的线圈退出线模,再绕下一个(组)线圈。

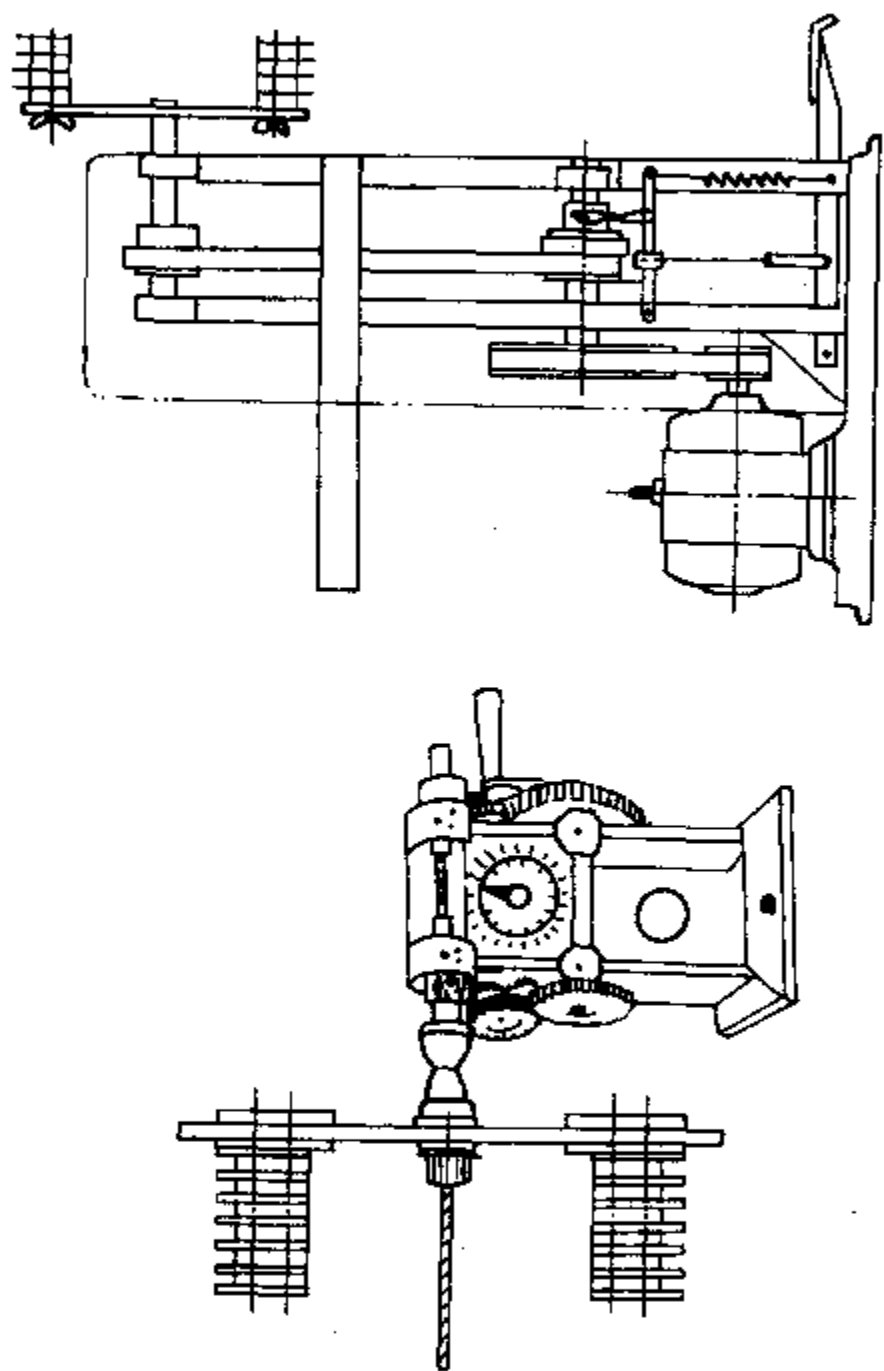
(5) 绑扎线圈。用白线绳将线圈两端绑扎紧(两线头应套黄腊管后和线圈扎在一起),然后拆除绕线时的扎线。

3. 绕制时注意事项

(1) 使用手动绕线机或电动绕线机时,如图 8-35 所示,绕线机旋转的速度都不应太快,也不应忽快忽慢,以免损伤导线或拉下放线架上的线盘,发生碰倒伤人事故。

(2) 拉线夹板松紧要适宜,太紧会损伤导线;夹板中间的毛毡应浸石蜡,以保护漆膜。

(3) 如果是连续绕制线圈,在移绕后一个线圈时需留有适当长度裕量;如果线圈是相绕组连续,极相组之间的连接线更应



(a) 手动绕线机

(b) 电动绕线机

图 8-35 绕线机示意图



注意留出相应长度裕量。线圈连绕时,线圈之间、极相组之间的连接线应扎在端部引出线的同一侧。每组线圈的首、尾端的长度一般可取线圈周长的40%,而且首、尾端要留在同一方向上。

(4) 连绕的线圈应注意:在绕线前,先将各极相组连线的黄蜡套管套进导线,然后开始绕线,以免影响绕组的质量。

(5) 在绕制过程中,应随时注意导线的质量,如果绝缘有损伤应及时修好;如果绕制中导线中断,可以接起来再绕,但接头必须处于端部,不准处于有效边位置,即定子槽内导线不允许有接头存在,且每个线圈只允许有一个焊接头。多根并绕发生断线时,应错开位置焊接及绝缘。

绕线完毕后扎好线圈,按次序将线圈从线模上取下来,整齐地摆放在搁线架上,以免碰伤导线绝缘层或搞脏、搞乱,影响线圈质量。

八、绕组的基本嵌线法

线圈(组)绕好后,接着就是嵌线。绕组的嵌装是一道比较细致的工序,需要事先了解绕组的有关参数与形式,最好先画出绕组展开图作为参考。这样做既可以保证嵌装、接线的正确性,又可合理安排下线次序,而且还可保证绕组布置的整齐和合理,提高绕组嵌制的质量。嵌线时,一定要按工艺要求进行,要耐心细致、有条不紊地精心操作,同时要有一定的工艺技术。

1. 嵌线基本规律

(1) 每组线圈总有2个引出端,线圈绕制时的始端称为首端(头),末端即为尾端(尾)。

(2) 嵌装线圈时,对双层绕组来说,先嵌放的线圈边必定在槽底层(外层),其引出端就是底线,即线圈组的首端,后嵌的线

圈边必定在槽的上层(里层),其引出端就是面线,即线圈或线圈组的尾端。嵌放单层绕组时,先嵌的位置称外挡,后嵌覆盖上去的位置称里挡。

(3) 各相绕组的引出线必须从定子的出线孔一侧引出。为此所有线圈(组)的端线也必须要嵌放在定子的出线孔一侧,以便联接或引出。

为了防止嵌线时线圈发出错乱,特将待嵌的线圈(组)的位置作出下列习惯性的规定:

①电动机空壳定子位置的摆放是将有出线孔一侧摆放在右面,如图 8-36 所示。

②待嵌绕组的摆放应将线圈组的首端在上、尾端在下平放于定子腔的右方,并使它的 2 个引出端线朝向定子腔,如图 8-36 所示。嵌线时,须将线圈逐一逆时针翻身嵌放进定子腔内,使这些线圈的引出线、线圈组间连接线变为背向定子腔,自始至终照样操作,进行嵌线,就不会发生错乱,如图 8-37 所示。

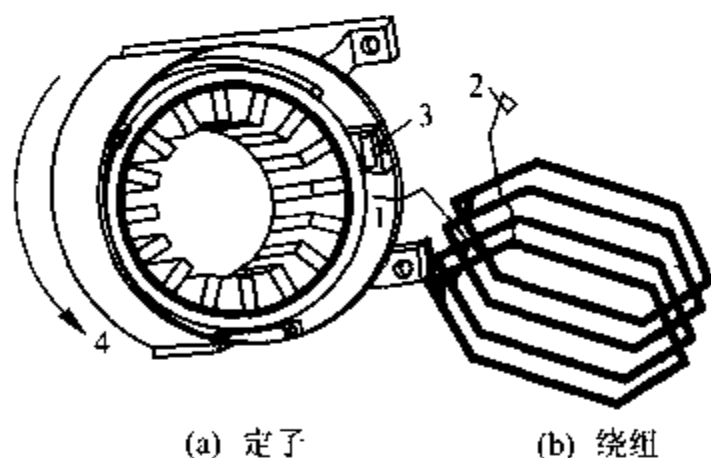


图 8-36 待嵌线圈组的摆法

1-线圈首端;2-线圈尾端;3-出线口;4-嵌线时定子旋转方向

2. 绕组的基本嵌线法

(1) 引出线处理。先把线圈的引出线理直,套上黄蜡管。

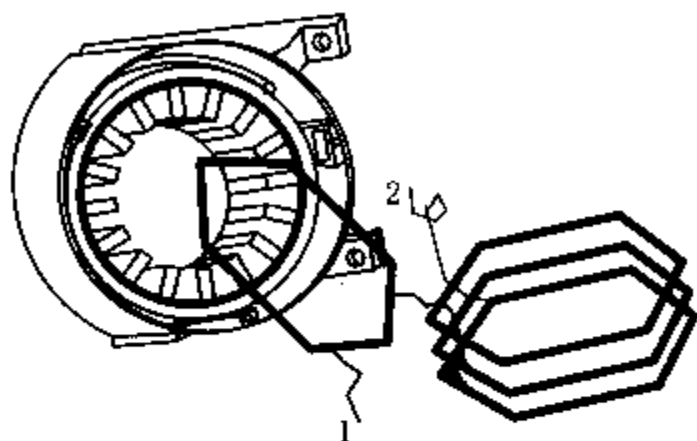


图 8-37 线圈逆时针翻入定子腔示意图

1-线圈首端;2-线圈尾端

根据一般嵌线习惯是右手捏线的,所以要求绕线时右侧挂线头,这样将线圈组头部的那一个线圈有效边作为第一边嵌放在靠定子引出孔的定子槽内,顺此右视顺时针嵌放,使线圈组间连接线的跨距比节距增大一槽,把连接线处理在线圈的内侧,避免连接线拱出在外面,造成端部外圆上的连线交叉而不整齐。绕组端部排列如图 8-38(a)所示。

如果绕线时为左侧挂线头,而嵌线时仍是用右手捏线,则过桥线(连接法)跨距比节距少一槽,使连接线拱出在外边,造成端部外圆上的连线交叉而不整齐,如图 8-38(b)所示。

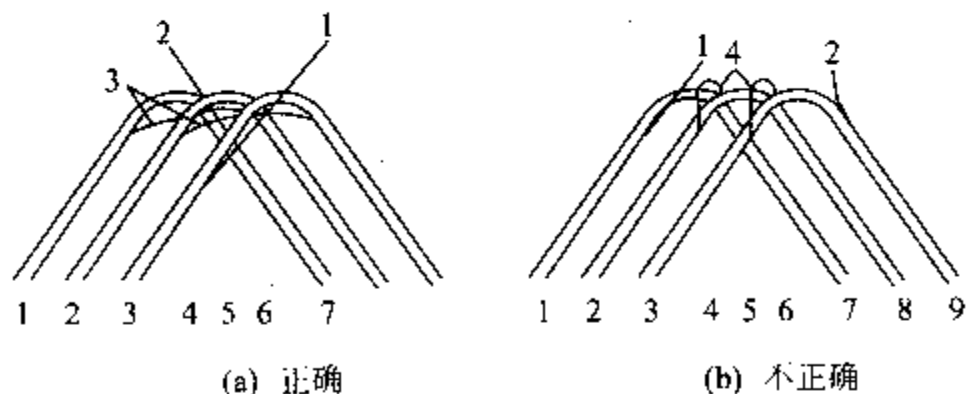


图 8-38 梭形绕组端部排列示意图

1-绕组首端;2-绕组尾端;3-过桥线;4-拱出的过桥线

(2) 线圈捏法。先将线圈宽度稍作压缩,以小于定子腔的直径为宜,然后用右手大拇指和食指捏住下层边,左手捏住上层边,趁势将两有效边扭一下,使上层边外侧导线扭向上面,下层边内侧扭向下面。然后,将下层边捏紧,压成扁平状、尽量扁薄,以轻松、容易一次性入槽为度,如图 8-39(a)所示。

这种捏法是能否将线圈顺利嵌入,且导线排列整齐的关键措施。因为这样把线圈一扭一捏扁,使下层边变薄,更容易入槽。线鼻处是斜而顺序的排列,减少两线鼻处的压强,如图 8-39(b)所示,使线鼻处十字交叉的压强要比不扭时小得多,避免此处导线绝缘被压破,减少造成匝间短路的机会。更重要的是因为绕组是在平直的线模板上绕制的,而定子槽是分布在圆周上的,即线圈两边所在的两槽呈八字形排列,所以槽上的导线所跨的弧长要比槽底部所跨的弧长小些。如果嵌线时不按上述的捏法,则在槽上部的导线势必拱起来。由于将线圈两有效边扭一下使其导线变位,线圈端部就有了自由伸缩的余地,嵌线、整形就很便利,易于嵌线的平整服帖。

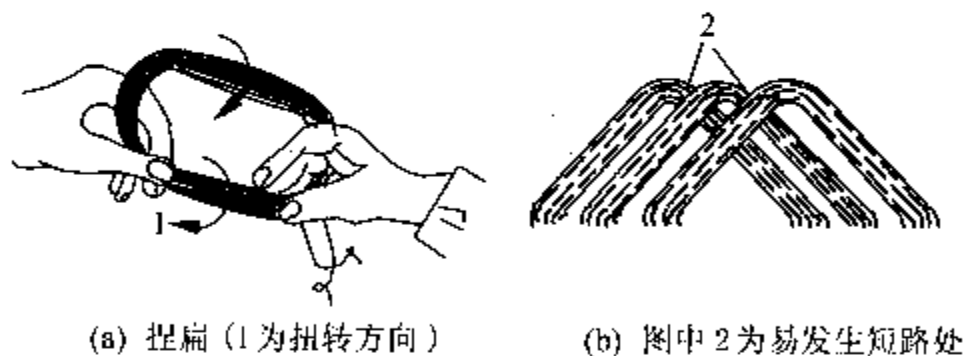


图 8-39 线圈捏法

(3) 嵌装线圈。嵌放线圈时,先将绝缘纸对称地放入槽内,但绝缘纸(引槽纸)要高出槽口 25~30 mm、且在槽外部分张开。

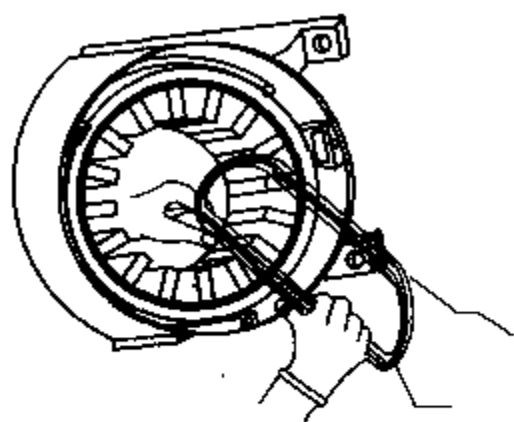


①嵌放线圈时,将线圈向左翻至定子腔的右侧的定子槽口,将线圈下层边继续捏扁,使线圈下层边的左端以槽口的右侧倾斜着推进槽里。此时,将左手从定子腔的左侧伸入腔内,捏住导线左侧端部,配合右手逐渐向左移动,左手拉、右手推,这样边推边拉,边下压,来回滑动,使导线全部嵌进槽内,如图 8-40(a)所示。

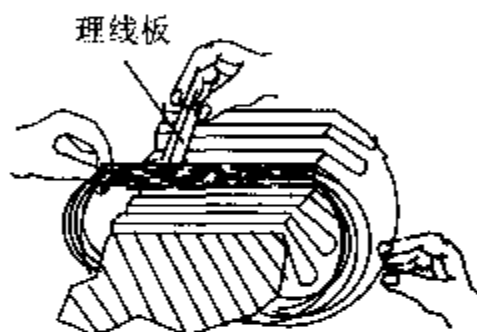
②如果有小部分导线压不进槽内,可用理线板(划线板)插入槽口,沿着槽的方向及线圈的绕线顺序边划边压地把导线一根一根压进槽内。但应注意理线板必须从槽的一端一直划到另一端,并且必须使所划的导线有效边整根嵌放入槽内后再划压其余的导线。切忌随意乱划或局部掀压,以免几根导线产生交叉,轧在槽口无法进槽。如果在槽内导线有高低不平的凸起,则可在压线板下衬树脂薄膜,从槽口的一端插入槽内,以小铁锤轻轻敲压线板的背部,并边敲边移动,使槽内导线压平为止,如图 8-40(b)、(c)所示。

每嵌好一个线圈后要检查一下,看其位置是否正确,然后再嵌放下一个线圈。嵌线时,要注意将导线放在绝缘物内,否则,若把导线放在绝缘物与定子槽的中间,将会造成线圈接地或短路。另外还要注意的是:不可过于用力地把线圈的两端部向下按压,以免定子槽的端口将导线和绝缘物划破,造成不良的后果。

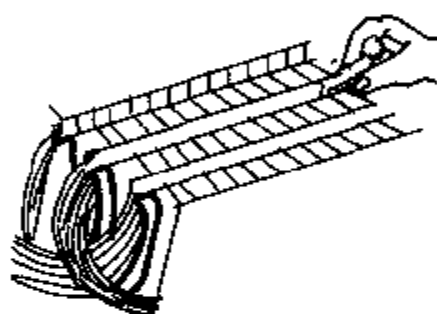
(4) 压实导线。嵌完线圈后若发现槽内导线太满,可用压线板顺定子槽来回压几次,将导线压紧、压实,以便能将槽楔顺利地打入槽口,但一定要注意不要猛撬。若是双层线圈,则在下层边嵌完后,将压线板放在线圈上用小铁锤轻轻敲打,把嵌放在槽内的导线敲打紧实,再垫上层间绝缘纸,为下一步嵌放上层线



(a) 线圈嵌放示意图



(b) 理线板的使用



(c) 压线板的使用

图 8-40 线圈的嵌放

圈边作准备。端部槽口转角处往往容易凸起,使导线嵌不下去,可用木板垫着轻轻打压至平整为止。

(5) 包覆槽绝缘纸方法。把高出槽口的槽绝缘纸(布)用弯头剪刀沿槽口剪平,如图 8-41 所示,再用

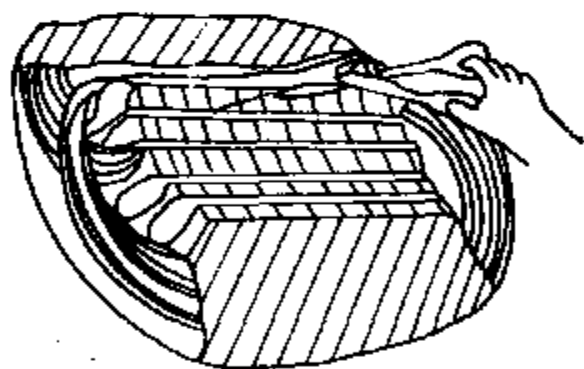


图 8-41 弯头剪刀的使用

理线板将槽口附近多余的绝缘纸(布)折入槽内,将压线板插入槽内用力压实后,把槽楔敲插进定子槽里封口,如图 8-42 所



示。如是双层绕组,须待上层边嵌完后方可包覆槽绝缘。

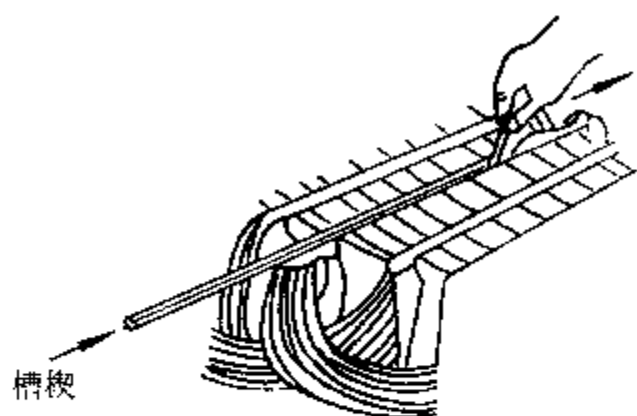


图 8-42 插入槽楔

(6) 上层边的嵌放。嵌完一个节距线圈的下层边,再嵌放新线圈时,可将新线圈的上层边从嵌入的下层边槽起,按节距嵌入另一定子槽内。但嵌放方法与下层边有所不同,具体嵌放工艺是:先将所需嵌放的线圈上层边拉向节距等于 $y+1$ 的定子槽附近,并平整导线,然后将线圈放在节距等于 y 的槽口,一手持理线板,一手捏线圈,将 3 根或 5 根导线顺拨(自右至左)滑入槽内,直到将全部导线都嵌进槽内止。最后平整、压实导线;包覆绝缘纸;打入槽楔;衬垫端部层间绝缘纸(布);下压线圈两端部等,至此上层边的嵌放工作完毕,可开始下一个下层边的嵌放工作。

在线圈的嵌装过程中,应遵循如下顺序:

先嵌下层边,相应的上层边吊起待嵌,待嵌放完一个节距后,即可按一个线圈的下层边→上层边→另一线圈的下层边→另一线圈的上层边……→最后依次嵌放被吊起待嵌的上层边。要求每一槽内导线嵌装完毕都应立即给予平整、压实、包覆绝缘纸和打入槽楔封口等工作,以利后续嵌放工作的顺利进行。

九、绕组端部的整形

全部线圈嵌装完毕后,应仔细检查一遍,特别要注意有无损伤绕组的绝缘,若有不合要求的部位,随即修整。然后用橡胶锤或木锤轻轻敲打绕组的端部,或用圆锥形木模按压端部,使绕组两端成为圆形的喇叭口。喇叭口直径要适当,过小会影响通风散热,甚至使转子放不进去;也不宜过大,以免使端部离机壳太近,降低对地绝缘的效果。最后还要修整端部层间绝缘纸(布),一般应比绕组宽 $2\sim 3\text{ mm}$,并与端部轮廓相适应。图8-43所示为绕组端部整形示意图。

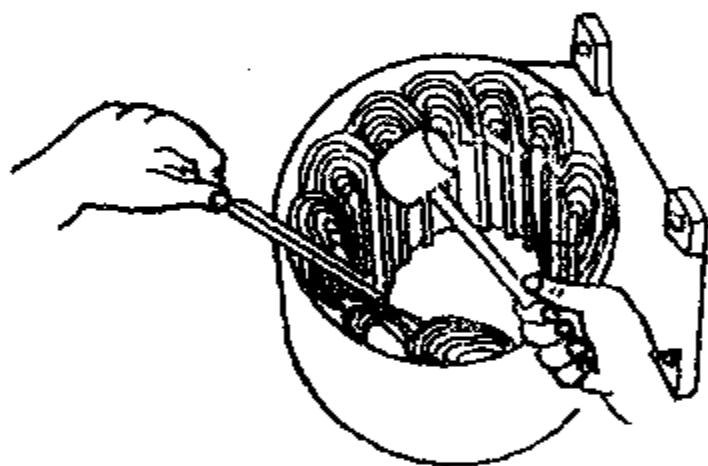


图 8-43 端部整形示意图

十、绕组端部的捆扎

对于容量较大的或端部较长的绕组,为了防止在电动机启动时和电磁力作用下的振动而引起松动或损坏,应在线圈鼻端包以无碱玻璃丝带,所包长度约为端部全长的 $1/3$,如图8-44所示。注意:不要将引出线包在线圈鼻端内,应距离鼻端 $10\sim 15\text{ mm}$ 为宜。

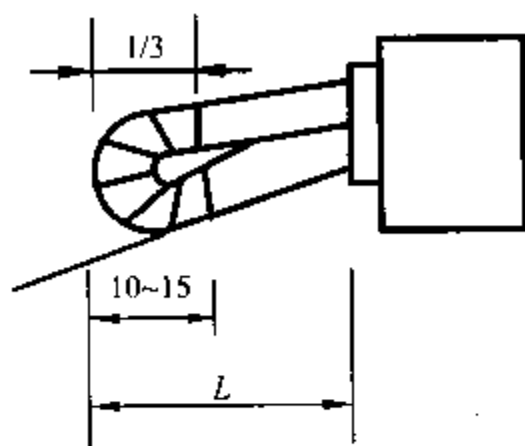


图 8-44 端部包扎

十一、绕组的接线

如果电动机绕组是以极相组为单元绕制的,嵌线后还要进行一次接线,把属于同一相的各个极相组连成整相。以我国主要电动机生产厂的生产工艺来看,单层绕组一般采用一相连接的工艺,可省去一次接线,因此一次接线仅用于双层绕组或维修中的单层绕组。

在实际接线时,均需绘制圆形接线参考图,或绕组展开图,按图示方向进行连接。各极相组的连接方向及相头位置(即 U、V、W 端位置)可按以下规律确定。

(1) 先将各个极相组或线圈组用短圆弧均匀分布在圆周上,如图 8-45 所示。

(2) 在短圆弧上画出箭头,表示接线方向。箭头方向的规律为一正一反相间隔。

(3) 对每相支路 $a=1$ 的电动机,选择一个极相组(或线圈组)的箭头尾端为 U 相的相头,把属于 U 相的极相组或线圈组接箭头方向串联连接好,就组成 U 相绕组,然后依 U 相第一个

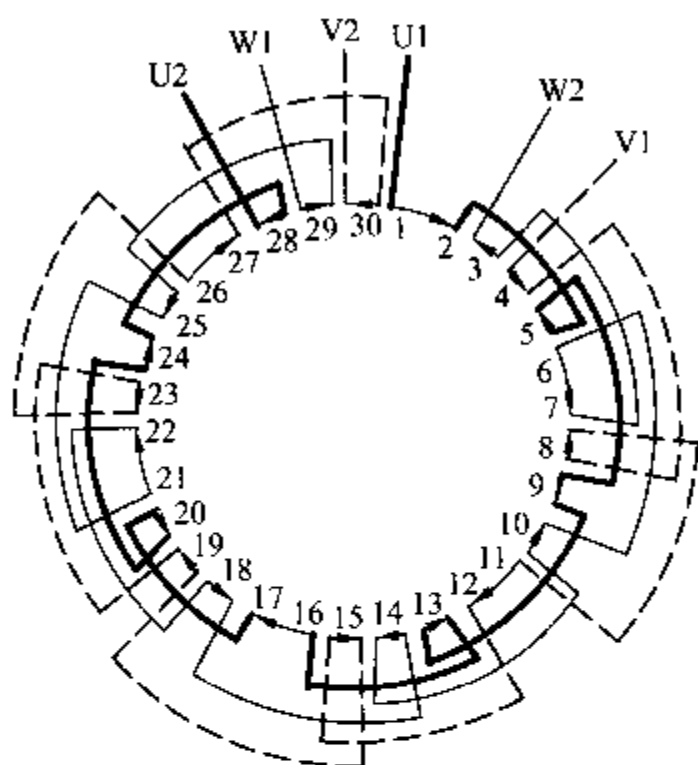


图 8-45 三相 30 槽 8 极电动机分数槽绕组简化接线图

极相组的箭头方向向前移过 120° 电角度(即 60° 相带的 2 个相带), 就找出 V 相相头的位置。依同样的规律, 把 V 相绕组接好后, W 相也照此连接。

为了使三相绕组的相头互差 120° 电角度, 可有不同的引出线位置。图 8-46 表示 4 极单支路电动机 2 种不同的出线位置联接图。图 8-46(a) 中 V 相相头比 U 相相头滞后 120° 电角度, W 相相头又比 V 相相头滞后 120° 电角度, 从电气原理讲这种接法是正确的, 但 6 根引出线的位置比较分散。如果按图 8-46(b) 所示, 将 W 相相头安排在比 U 相相头超前 120° 电角度, 在电气上的效果是一样的, 但这样的好处是: 6 根引出线的位置比较集中, 既有利于线头的引出, 又节省了引出线。因此, 较多地被生产厂家所采用。

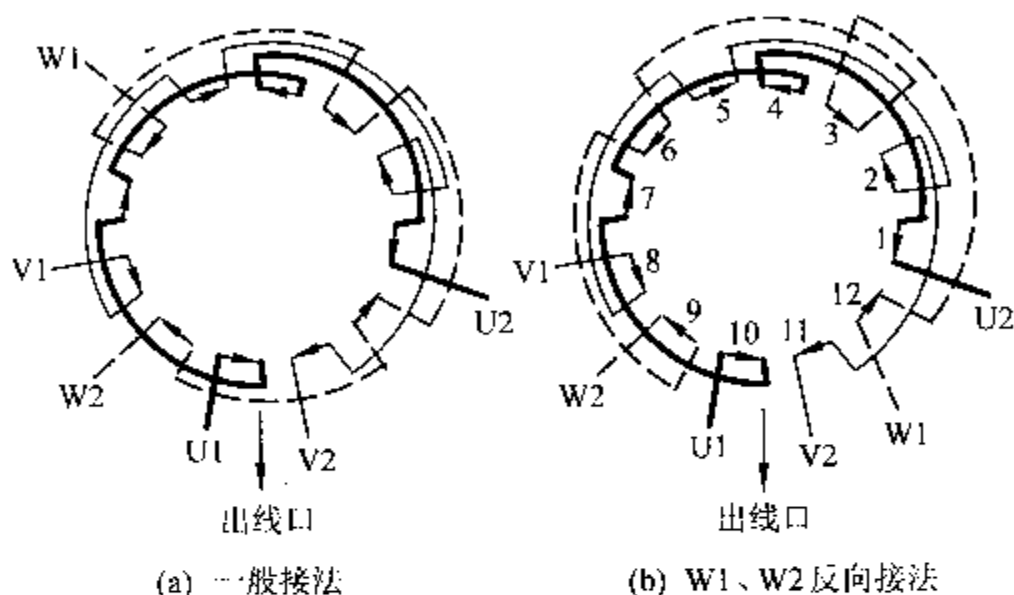


图 8-46 极相组联接图

(4) 对每相支路数 $a > 1$ 的电动机,支路之间并联连接的原则是:

- ①各支路均顺着箭头方向连接。
- ②各支路的相头与相头相连接、相尾与相尾相连接,不能颠倒。
- ③并联后各条支路的线圈组数应相等。

现仍以三相 4 极电动机为例,按上面所说的原则接成 2 条支路并联。首先将每相线圈组分别串联成 2 条支路,再将 2 条支路并联。其并联方法有 2 种:一是底面线(即下层边与上层边)并联,如图 8-47(a)所示;另一是底线(即下层边与下层边)并联,如图 8-47(b)所示。这两种接法效果是相同的,但习惯上大多使用图 8-47(b)连接方法。这样 U 相绕组电流分 2 条支路流过,每条支路的电流仅为相电流的一半。

(5) 整理好极相组的引出线,将每相连的 2 根引出线整形、定位,并留足所需长度,剪去多余导线。

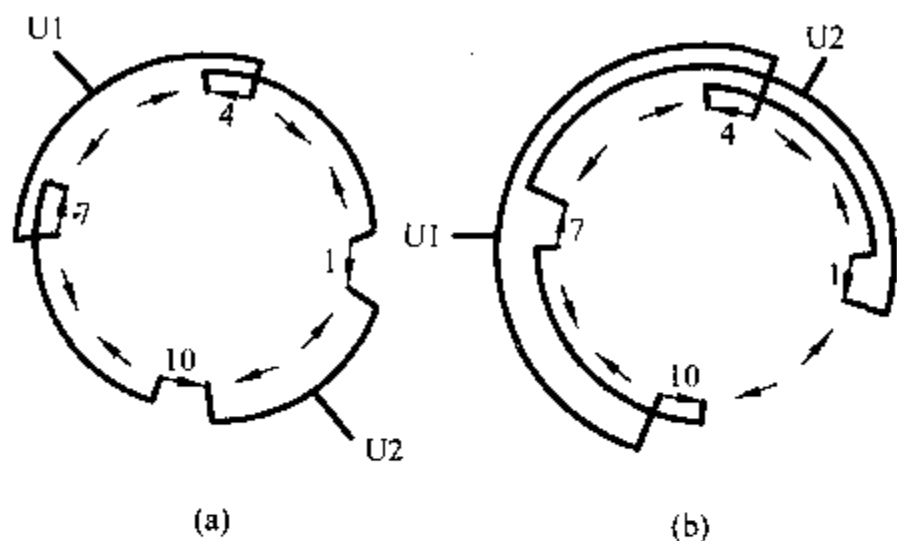


图 8-47 4 极电动机 ($a=2$) 的 2 种连接方法

(6) 穿套管。套管一般采用玻璃丝黄腊管,其大小及长度视具体情况而定。注意不能采用聚氯乙烯套管。因为该套管的耐温低,而电动机绕组的工作温度又较高,容易引起短路事故。

一般线圈引线的套管在绕线时已套上,接线时可根据具体情况适当修剪,并再串套一段长度为 40~80 mm 的较粗的套管,如图 8-48 所示。穿好的套管先推到一边,露出连接部分的接头,如图 8-48(a) 所示,待焊接后将套管移至中间,如图 8-48(b) 所示。

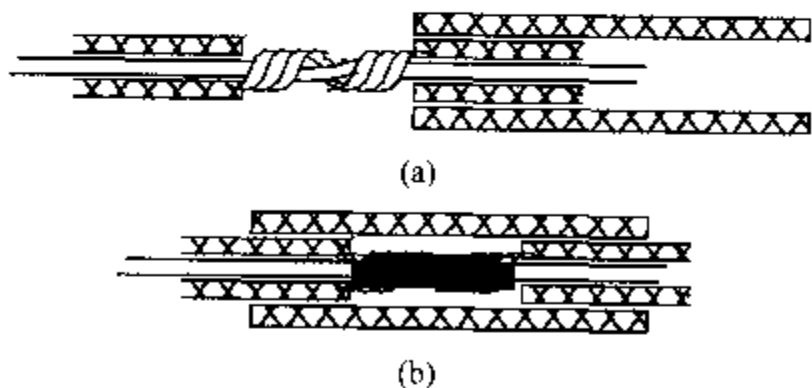


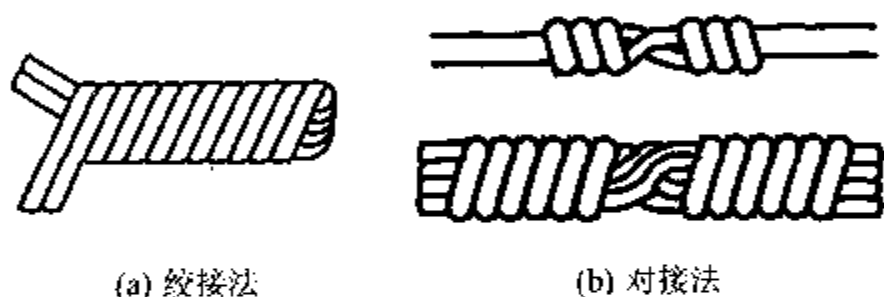
图 8-48 套管的配置

(7) 刮净线头。将待焊接线头的漆膜用电工刀或双面刮刀刮净,如图 8-49 所示,再用砂布打磨,去除氧化物及油污以备连接。



图 8-49 双面刮刀

(8) 线头的连接。线头的线较细时,可将线头直接绞合,如图 8-50(a) 所示。若是多根并绕的,则采用对接法,如图 8-50(b) 所示。

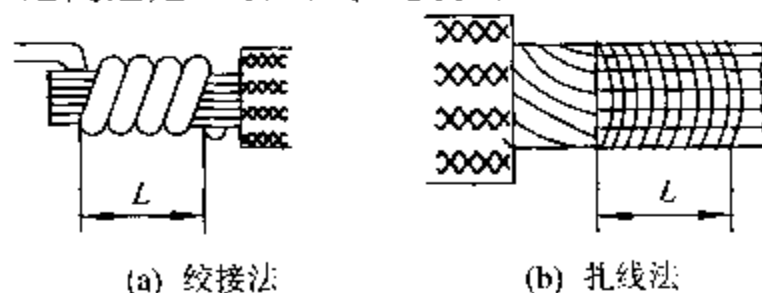


(a) 绞接法

(b) 对接法

图 8-50 线头联接方法示意图

(9) 引出线的连接。线圈引出线在 3 根及以下和电缆为 $19 \times 0.64 (6 \text{ mm}^2)$ 及以下者用绞接法,如图 8-51(a) 所示;引出线为 4 根及以上和电缆为 49×0.52 (即 10 mm^2) 及以上者采用扎线法,如图 8-51(b) 所示,扎线一般采用 $\phi 0.5 \sim 1.0 \text{ mm}$ 的裸导线。绞接法和扎线法的扎线长度 L 视导线粗细在 $15 \sim 45 \text{ mm}$ 之间选定。引出线(电缆)截面积根据电动机额定电



(a) 绞接法

(b) 扎线法

图 8-51 引出线联接方法示意图

流大小按表 8-12 确定。

表 8-12 引出线(电缆)截面积选择

电动机额定电流 (A)	电缆截面积 (mm ²)	电动机额定电流 (A)	电缆截面积 (mm ²)
6 以下	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	95

(10) 线头焊接。焊接的焊料采用含锡量 30%~40% 的锡铅合金,焊剂采用松香精溶液,禁止使用酸性焊剂,以免腐蚀绕组。小型电动机可用 150 W 或 300 W 电烙铁焊接。焊接时,先在线头上涂焊剂,将烧热挂锡的烙铁头紧贴在线头下,当松香沸腾时,将焊料熔在线头上,待焊料填满线缝时,平移开烙铁,以免留下焊料尖角而割破绝缘,同时注意防止熔焊料掉入端部线缝中。

(11) 端部连接线的绑扎。线头焊接完毕,经检查确认无误后,可将套管移过来套住焊接部位,最后将引出线(电缆)的接头进行绝缘处理,按顺序布置在绕组的顶部,并用黄蜡线绑扎,如图 8-52 所示。

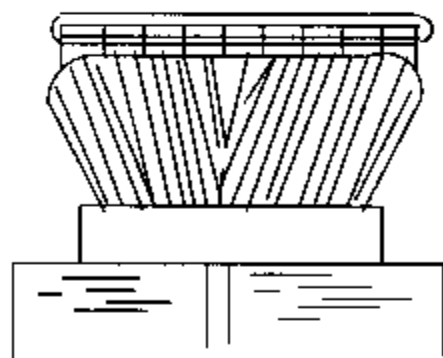


图 8-52 端部连接线的绑扎



至此,绕组的整个嵌线工艺过程全部结束。

十二、绕组试验

绕组嵌制、整形、接线及绑扎后,应检查三相绕组是否接错或嵌反,检查方法参见第七章第四节,或在三相绕组内通入60~100 V三相交流电,定子腔内放一只小钢球,若钢球沿着腔内旋转,表明绕组头、尾是接对的;若钢球被吸住不旋转,表明绕组可能接错或有短路、断路等故障。

在绕组接线正确的前提下做三相电流平衡试验,将三相绕组并联通入单相交流电(电压为24~36 V),测量三相电流。若三相电流平衡表示没有故障;若不平衡,可能绕组有短路、断路或三相绕组电阻不平衡等现象。

对于更换过绕组的电动机应进行每相绕组对机壳及绕组间的绝缘强度试验(即耐压试验)。绕组应能承受1 min的耐压试验而不发生击穿即可。对额定电压为380 V、额定功率为1 kW及以上的电动机,绝缘强度试验电压为交流50Hz、1 760V;对额定电压为380 V、额定功率小于1 kW的电动机,绝缘强度试验电压为50Hz、1 260 V。有关电动机的试验详见第九章内容。

十三、绕组的浸漆和烘干

1. 绕组浸漆和烘干的目的

浸漆烘干处理的目的一般说来有以下几点:

(1) 增强电气绝缘强度,提高防潮性能。因电动机槽绝缘用的纸、导线外皮的棉纱或玻璃纤维等都有毛细孔,很容易吸收潮气。即使是云母纸板和一般漆包线也有细微空隙。但经过烘干浸漆处理后,这些毛细孔中的潮气被烘干,而且填充了绝缘

漆,起到固化密封的作用,提高了防潮性能。同时,绝缘漆的介电强度比空气大得多,增强了电气的绝缘强度。

(2) 改善散热条件。因为电动机绕组的使用寿命决定于该电动机长期运行的绕组温升,如以常用的封闭扇冷式电动机工作为例,这种电动机定子绕组工作时发出的热量大部分经槽绝缘传导至铁心,再经铁心传导给机壳,最后由散热片经风扇吹冷散发出去。由于绝缘体传导热量的能力比空气大得多,经过浸漆、烘干处理后槽绝缘和导线缝隙内充满了绝缘漆,大大地改善了电动机的散热条件。实践证明,10 kW 封闭扇冷式电动机在处理前后测得的温升往往相差 10°C 左右。

(3) 加固绕组端部的机械强度。因为导线通过电流时会产生电动力,尤其是鼠笼式异步电动机起动时电流很大,导线会发生强烈的振动,时间长了导线绝缘层很可能被摩擦破损,而发生短路或接地故障。经浸漆、烘干处理后,使疏散的导线胶合成一个结实的整体,加固了绕组端部的机械强度,避免导线发生振动。

此外,绝缘漆使绕组端部比较光滑,铁屑油污等杂物不易进入线圈内部,便于维修。综上所述,可见绝缘处理的重要性,它是电动机修理制造的关键工艺。

2. 浸漆和烘干设备

为了使绕组彻底干燥,而且使绝缘漆灌满每一个空隙内,最好是采用真空干燥压力浸漆设备,但这种设备很复杂。制造电动机一般采用烘干浸漆设备可因地制宜、因陋就简,只要能便于控制温度,炉内温度均匀,有防火条件等就可以,一般常用的有以下几种:

(1) 烘箱或烘房。批量较大的电动机修理可以用烘箱或烘



房。热源有电热丝、蒸气或烧煤等。一般的电热丝烘箱结构示意图如图 8-15 所示。图中箭头表示热空气循环方向。

为了使烘箱内部温度均匀，一般装有鼓风机，以搅拌箱内的热空气。同时装有活门，必要时通入新鲜空气，排出漆的溶剂蒸气，加速干燥。

电热丝在箱底下的这种烘箱不宜作绝缘烘干处理用，不然必须加装滴漆盘，防止在烘干时余漆滴在电热丝上起火。烘箱要留有一定出气孔，否则大量溶剂挥发，容易造成事故。

如果有条件，应尽量采用管状加热元件或红外线加热板间接加热，可防止明火在烘箱内直接与漆溶剂蒸气相接触引起爆炸或火灾。管状加热元件结构如图 8-53 所示，其常用型号为 SRQ-3。

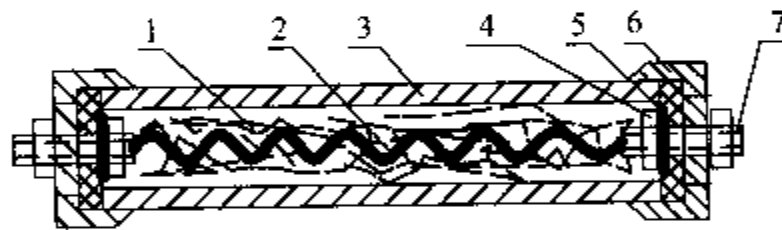


图 8-53 管状加热元件结构

1-石英砂；2-电热丝；3-铁管；4-螺帽；5-瓷绝缘子；6-盖；7-螺栓

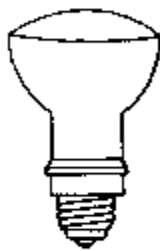
(2) 红外线烘干法。近年来已普遍采用红外线加热烘干电动机绕组。采用此法缩短了烘焙时间，增加了烘焙效率，其主要的优点如下：

①热能大部分由辐射传达，故可以不需要炉子，以节省设备的费用。

②红外线的透射力甚高，其热能穿过表面后，能使绕组很快地干燥，缩短烘焙时间，并且绕组内的水分是以内向外逐出，比一般烘箱以空气导热情况好。红外线灯泡的用途、外形、规格

与使用见表 8-13。

表 8-13 红外线灯泡的用途、外形、规格与使用

用 途					外 形 图				
在交直流并联电路上作烘干之用,亦可作为医疗家畜急性病饲养及灯光孵化等用。玻璃壳内壁有反射涂层,能将红外线集中向一个方向辐射,使受热均匀									
灯泡型号	额定电压 (V)	额定功率 (W)	最大功率 (W)	全辐射能量不小于 (W)	辐射效率不小于 (%)	辐射宽度 (cm)	最大直径 (mm)	全长 (mm)	灯座型号
HW110-250	110	250	268	175	70	17±3	127	190±7	E-27
HW220-250	220								

③烘焙温度以调整灯泡数量的多少来控制,使用非常方便。

④加热元件支架甚短,便于移动,且可方便地调节各种位置和角度。

据初步统计,用红外线加热与加热元件加热所需烘焙时间进行比较,红外线加热可节省时间 4 倍以上。

(3) 白炽灯烘焙法。对于修理单件电动机,且其容量较小时可以直接把功率较大的普通照明灯泡放在电动机定子内烘焙。这种方法简单安全,但应注意防止烤坏电线与灯头。

(4) 短路法(电流烘焙法)。这个方法是将绕组短接后通以 50%~70%的额定电流,使绕组的铜导线受热,并释放热量逐步烘干绕组。



从对 0.4 kV、容量 300 kW 以下的电动机试验中,得出通入定子绕组的电流应等于额定值的 50%~70%,或者每千瓦容量的电动机通入 1 A 左右的电流。0.4 kV 的电动机在 10~15℃ 的环境温度下,当用 0.5~0.6 I_N 的电流通入定子绕组加热时(I_N 为电动机的额定电流),在 3~4 h 内温度可达 70~80℃。

对于 0.4 kV、25~75 kW 的电动机,应用图 8-16 的接线方式加热;而对于 75~100 kW 的电动机可参照图 8-17。按照图 8-15 烘烤电动机时,必须仔细地连接,使电流均匀地分流到三相绕组中,并用钳形电流表来检验各相电流是否均匀分配,为了使定子绕组均匀地受热,应每经 5~6 h,将电源由一相绕组轮换到另外一相绕组。

下面以按图 8-17 所示接线方法烘烤绕组为例,滑环式电动机的规格数据为:180 kW、380/220 V、 $I_N=400$ A、加热电流 $I=170$ A。在烘烤前,定子和转子的绝缘电阻为 10 kΩ,将转子短路后经过 48 h 烘烤处理,绝缘电阻可升高到 20 MΩ。

对于 1~10 kW 的小型电动机,可由 2 台电焊机馈送 120 V 电压进行烘烤,2 台电焊机二次绕组应予以串联。

对于防燃式和封闭式三相电动机的绕组用电流加热法烘烤时,必须在定子腔内造成空气的通路,以便借助空气的对流来驱除水分。为此必须拆开电动机或打开端盖作为备用的出气口。防燃式电动机加热时,空气不对流会造成不良的后果。因为,凝结在外壳里冷却部分的潮气多多少少会重新使绕组潮湿。

烘干绕组用的电流可用直流,也可用交流。当用直流时,需要有足够容量的直流发电机,故这种方法在修理厂以外一般很难实现。但用直流电的优点是电流容易调节,故绕组的温度容

易控制,且绕组上导电的扎线不会有过热的危险,其缺点是需要较长的烘干时间。为了避免过电压可能引起的绝缘击穿,不应该用开关来截断直流电流,而应在直流电流平滑地减少到零以后才关闭开关。

交流电烘干法应用较为广泛。交流电烘干绕组时,绕组之一加上降低了的电压,而其他的绕组短接。通常在转子制动和短路时,定子绕组上加上 $15\% \sim 20\%$ 的额定电压值,定子内的电流应当等于额定电流值,否则,需要有一个在一定范围内可调电压的电源。当用此法烘干时,应注意转子扎线的温度,宜将转子抽出,以利潮气外溢。烘干电压可取额定值的 15% 。

(5) 铁损法。这种方法的实质是利用定子铁心里的交变磁通所产生的磁滞及涡流损耗,使电动机发热到必需的温度。铁心里的磁通由特殊的磁化绕组产生,磁化绕组穿过定子孔绕在定子上,它是集中绕制,不必均匀地绕于定子圆周上。

在烘干时,必须非常留心定子孔内有否任何金属物体,因为金属物体可以引起定子铁心的短路而使它遭到损伤。磁化绕组导线截面选择应使导线里的电流负荷为其允许负荷的 $0.5 \sim 0.7$ 倍。由于在定子内部导线的运行温度较其额定温度高,如果有必要,磁化绕组可由几根导线并联,经开关接入电路后,为了控制电流,在绕组电路中需接入电压表和电流表进行监视。加到磁化绕组上的电压通常不超过 220 V 。

按所耗电能来说,铁损法是最经济的一种,用于大型电动机的烘干最为适合。图8-54所示是定子铁损法的接线图。如图所示,磁化绕组的绕线方向应一致,所需磁化线圈匝数 W 按下式计算:

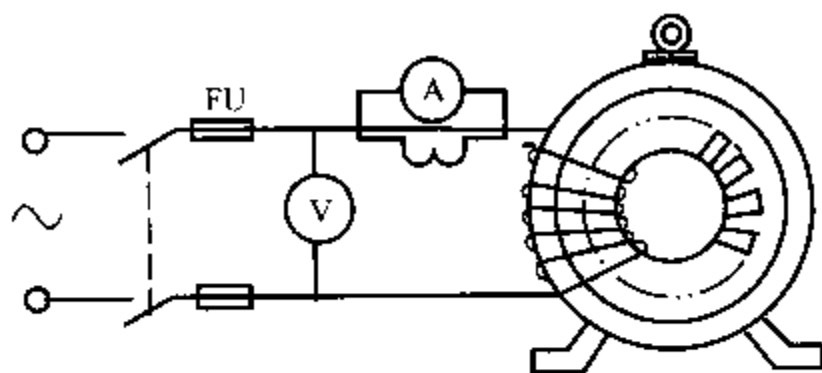


图 8-54 定子铁损干燥接线图

$$W = \frac{45U}{S_{Fe}} \quad (8-9)$$

式中 U ——电源电压(V)；

S_{Fe} ——铁心截面积(cm^2)。

磁化电流 I 按下式求得：

$$I = (1.5 \sim 2.5) \frac{\pi D}{W} \text{ (A)} \quad (8-10)$$

式中 D ——定子铁心平均直径(cm)。

根据以上公式算得的电流值，即可选择绝缘导线的截面。磁化绕组绕好后，在通电前要测量电动机绕组和磁化绕组的绝缘电阻，并在铁心上、中、下 3 部位安放 3 支温度计，温度计的感温球要紧贴铁心，并用油灰粘封，升温速度控制在 $5 \sim 8^\circ\text{C}/\text{h}$ ，最高温度控制在 90°C 左右，特别要注意铁心上部温度，以免局部过热。改变磁化绕组匝数或周期性地切断电流可调节烘干温度。

3. 浸漆和烘干工艺

浸漆、烘干的基本要求是：浸透、填满、烘干、粘牢，并在外表面形成一层化学性能稳定、坚韧而富有弹性的保护膜。

(1) 浸漆方法。电动机绕组浸漆方法主要有滴浸、沉浸、真

空压力浸、滚浸和浇浸 5 种。表 8-14 列出了常用的浸漆方法。

表 8-14 电动机绕组常用浸漆方法

名 称	工 艺 要 求	一般适应范围
滴浸法	绕组加热并旋转,滴在绕组端部的漆在重力、毛细管和离心力作用下,均匀渗入绕组及槽中	小型电动机
沉浸法	绕组加热排潮后,将整个定子沉入漆液内,利用漆液压力、毛细管作用,使漆达到渗透和填充	中、小型电动机
真空压力法	在密封容器中,利用真空排除绕组内层空气、潮气和挥发物,浸漆后,在液面上加 $2\sim 7 \text{ kg/cm}^2$ 的压力	要求质量高的,采用整体浸漆工艺的高压电动机
滚浸法	绝缘漆浸没部分绕组,滚动铁心向绕组端部及槽内渗透和填充	大、中型电动机
浇浸法	使绕组受漆充分、均匀	大、中型电动机绕组端部

从表 8-14 中可以看出,真空压力法浸漆质量好,但设备价格贵;滚浸法、浇浸法不受设备限制,修理时也可采用;滴浸法工艺适用于自动化生产,用无溶剂漆,可缩短烘焙时间,但对规格多、批量少的电动机修理等情况采用此法尚有困难。

(2) 绝缘处理工艺。主要包括预烘、浸漆与干燥 3 个过程。浸漆前先要将白坯预烘,预烘温度为 $120 \pm 5^\circ\text{C}$,时间为 $6\sim 10 \text{ h}$,将水分排除。在烘干时应每隔一小时测量一次相与相、相与地的绝缘电阻,待绝缘电阻稳定不变时(一般为 $3 \text{ M}\Omega$ 以上),取出冷却至 $60\sim 80^\circ\text{C}$ 后,放入浸渍池浸漆,直至不冒气为止。然后取出电动机竖放在盛漆盆中,滴漆 $30\sim 40 \text{ min}$ 后,送入烘房进行烘焙,温度控制在 120°C 左右,时间为 $7\sim 15 \text{ h}$,绝缘

电阻应达到 5 MΩ 以上。待漆膜坚韧不粘手时,便可取出进行第二次浸漆……。

表 8-15 中列举了沉浸 1032 漆的烘干浸漆工艺参数。表 8-16 为 1032 漆的温度、时间对照表。

表 8-15 沉浸 1032 漆的烘干浸漆工艺参数

序号	工序名称	绝缘等级	烘炉温度 (°C)	机座号	时间 (h)	热态绝缘电阻 (MΩ)
1	预烘	A	110±5	JO ₂ 1~5	4	>50
				JO ₂ 6~9	6	>30
		E、B	120±5	JO ₂ 1~5	4	>100
				JO ₂ 6~9	6	>30
2	第一次浸漆	定子铁心温度 60~80°C, 浸漆时间 >15 min				
3	滴干		室温	>30 min		
4	第一次干燥	A	120±5	JO ₂ 1~5	9	>10
				JO ₂ 6~9	12	>8
		E、B	130±5	JO ₂ 1~5	9	>10
				JO ₂ 6~9	12	>8
5	第二次浸漆	定子铁心温度 60~80°C, 浸漆时间 >10~15 min				
6	滴干		室温	>30 min		
7	第二次干燥	A	120±5	JO ₂ 1~5	11	>8
				JO ₂ 6~9	14	>5
		E、B	130±5	JO ₂ 1~5	11	>8
				JO ₂ 6~9	11	>5
8	喷表面漆		室温		24	

表 8-16 1032 漆的温度、时间对照表

温度 (°C)	时间(s)	时间(s)	温度 (°C)	时间(s)	时间(s)
	一次浸漆	二次浸漆		一次浸漆	二次浸漆
1	36	62	21	19.8	29.5
2	35	60.5	22	19.4	29
3	34.5	58	23	19	28.5
4	33.5	55	24	18.7	28
5	33	53.5	25	18.4	27.5
6	32	52	26	18.2	27
7	30	50.5	27	18	26
8	28.5	47	28	18	25.5
9	28	45.5	29	17.8	24.8
10	27	43.5	30	17.6	24
11	26	42	31	17.4	23.5
12	25.5	40	32	17.2	23
13	25	39.5	33	17	22.5
14	24.5	37.5	34	16.5	22
15	24	36.5	35	16.2	21.5
16	22.5	35.5	36	16.2	21
17	22	35	37	16	20.8
18	21.5	34	38	16	20.4
19	21	32.5	39	16	20
20	20	30	40	16	19.5

浸漆时,应掌握好烘炉的温度和漆的粘度,因为温度过高会引起漆中溶剂迅速挥发,使绕组表面形成的漆膜不易浸透;若温度过低,绕组又会吸入潮气,且漆的粘度增大,流动性和渗透性减弱,浸漆效果差。浸漆后,应将余漆滴干,并用白布蘸汽油或



甲苯擦铁心内表面的余漆,以免烘干后定子内表面留有残余漆,使转子不能进入定子内腔或不能转动自如。

若无条件用沉浸法,可采用浇漆法。浇漆时,电动机应竖放,下面放一个盛漆盆,先浇一端,等余漆基本滴干后,再翻转 180° 浇另一端,要多浇几次,其他工艺与上述相同。

二次烘干后,绝缘电阻在3 h内稳定不变(达 $5\text{ M}\Omega$ 以上),便可结束烘干。最后在绕组端部喷刷一层薄的1231晾干漆或H312环氧树脂灰磁漆,干后即形成防潮、耐油的光滑保护膜。

表8-17所示为电动机常用绝缘漆,供参考。

表8-17 电动机常用绝缘漆

耐热等级	浸渍漆		表面覆盖漆		硅钢片漆
	名称	特点	名称	特点	
E	三聚氰胺醇酸漆 1032 环氧酯漆 1033	耐油,漆膜光滑 耐潮,粘性好	晾干醇酸漆 1231(C31-1) 晾干醇酸灰磁漆 1321(C32-9)	耐油性,弹性及电气性能较好 漆膜硬,耐油,耐电弧	油性漆 1611
	环氧聚酯快干无溶剂漆 1034 环氧无溶剂漆 594 环氧聚酯酚醛无溶剂 5152-2	固化快,耐霉性较差(适用于滴漆) 粘度低,稳定性好,用于高压电机浸渍 粘度低,稳定性好,击穿强度高	晾干环氧酯灰瓷漆 164(H31-2) 环氧聚酯铁红瓷漆 6341(H31-7)	漆膜硬,耐油,耐潮 漆膜附着好,耐油,耐潮,耐霉	醇酸漆 9161

续表

耐热等级	浸渍漆		表面覆盖漆		硅钢片漆
	名称	特点	名称	特点	
F	聚酯浸渍漆 155	粘 结 力 强,耐热,电 气性能好 粘度低, 稳定,击穿 强度高			环氧酚 醛 漆 H52-1
	环氧聚酯 无溶剂漆 EIU				
H	有脂硅浸 渍漆 1053	耐 热,电 气性能好, 烘干温度高 耐热较 1053 差些, 干燥快 粘 结 力 强,耐潮,电 气性能好, 烘干温度较 1053 低	晾干有机 硅红瓷漆 167	耐油,电 气性能好	有脂硅 漆 W35-1 聚酰胺, 酰亚胺漆
	低温干燥 有机硅漆 9111 聚酯改性 有机硅漆 931		有机硅红 瓷漆 1350 (W32-3)	耐油,电 气性能较 167 好,硬 度高	

十四、电动机总装时的检查

为了保证电动机的修理质量,在绕组嵌装、浸漆、总装等各阶段,都必须进行检查试验。一般检查试验项目如下:

(1) 接线后检查。检查绕组端部长度是否一致、喇叭口是否符合要求,其内圆必须比定子铁心内圆要大,绕组与机座之间须保持一定绝缘距离;槽楔应是松动的,无高出槽口部分;槽绝缘应无破裂、端部相间绝缘位置正确、面积足够,且无松动、凸出



等现象；导线应无伤痕、漆膜无刮伤脱落等。

(2) 浸漆后检查。主要检查浸漆是否饱满、有无遗漏之处，表面漆膜应均匀光亮、不粘手，铁心表面的余漆应铲除干净，以免影响转子的插入。

(3) 装配后检查。零部件是否齐全完好，所有螺栓是否紧固，出线端标记是否清晰正确，转子转动是否灵活。

(4) 测量绝缘电阻。用兆欧表测量绕组相间和绕组与铁心之间的绝缘电阻应都合格。实际上，380 V 电动机绕组的绝缘电阻一般都在 5 MΩ 以上。耐压试验前后的绝缘电阻不得有过大的差别（不大于 30%），否则应分析原因或重新测试。

(5) 测量每相的直流电阻。测量电动机绕组的直流电阻一般在冷态情况下进行，它的测量仪表是电桥。小于 1Ω 应用双臂电桥，大于 1Ω 的可用单臂电桥。所测各相电阻值之间的误差与三相平均值之比不得大于 5%。即

$$R_{\max} - R_{\min} / R_{\text{平均值}} \leq 5\%$$

$$R_{\text{平均值}} = (R_U + R_V + R_W) / 3 (\Omega)$$

式中 R_U 、 R_V 、 R_W 分别为测得的三相绕组直流电阻值。

如果电阻相差过大，表示绕组中有短路、断路、焊接头接触不良或绕组匝数有误，尤其是多支路并联绕组，三相绕组电阻相差太大，可能是其中某条支路断路。如果三相绕组的电阻都偏大，则可能是线径偏小或匝数偏多造成的，必须认真找出原因并加以解决。

(6) 有关电动机的试验方法及各项技术指标的测定，请详见第九章“电动机的试验”。

第四节 常用绕组嵌线工艺实例

要顺利地嵌放好绕组,我们必须做好嵌线前的一些准备工作。除前面已介绍过的准备各种绝缘材料、槽楔等物外,还得准备好嵌线的工具。嵌(下)线的工具一般有:

(1) 压线板。压线板用优质钢制成,它是用来压线及折复绝缘的。根据电动机槽形尺寸不同要多备几把。压脚宽度一般以小于槽上部宽度 $0.6 \sim 0.7 \text{ mm}$;脊部以槽口宽度的 $1/3 \sim 1/2$;长度一般以 $40 \sim 45 \text{ mm}$ 为宜。压线板应光滑、无锐角,以免使用时损伤导线绝缘。

(2) 理(划)线板。理线板一般用竹、塑料、红钢纸或胶木板制成,其头部磨得光滑且厚薄适合,能划入铁心槽内 $2/3$ 处。它是用来划顺导线引入槽内的工具。由于理线板还具有劈的作用,能劈开槽口的绝缘纸、使堆积在槽口的导线不交叉地滑向槽内。有一种钢皮划线板是专用来折合槽绝缘纸用于封闭槽口的。图 8-55 为压线板与理线板的外形图。

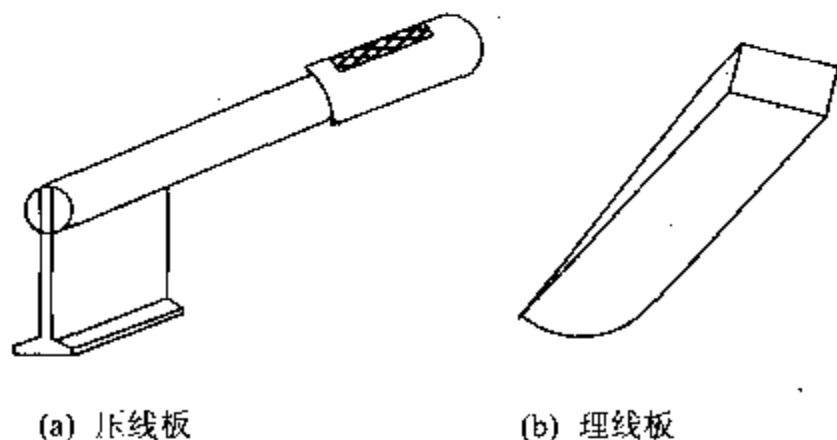


图 8-55 压线板与理线板外形图



(3) 弯头剪刀。它是用于剪除引槽纸,也可用一般的剪刀代替,但使用会不方便,且引槽纸不易剪平,如图 3-14 所示。

(4) 手锤。手锤是用来敲打线圈、压线板及槽楔用的,锤头有木质、橡胶、铜质、铁质等几种,重约 0.5 kg。木质和橡胶锤可直接敲打线圈,用铜、铁锤敲打线圈时必须垫木条、竹条或胶木板,以防损伤导线绝缘。手锤外形如图 3-10、3-11 所示。

其他工具与材料有:电烙铁、扎线、白纱带、焊锡、松香等。

在工具与其他所需的材料都准备齐全后,还得把待修的电动机定子绕组展开图搞清楚,才能保证嵌线、接线的正确,还可合理安排嵌线的次序,保证绕组布置的整齐、合理。在此,还要再一次强调嵌线时,尽可能将引出线位置互相靠近、且靠近电动机定子绕组引出线的出线端。一切准备工作就绪后,方可开始嵌线。现分别讨论几种不同绕组形式的嵌线工艺要求与步骤。

一、单层链式绕组

单层链式绕组适用于 J_2 、 JO_2 系列 1~5 机座(即 7 kW 以下)和 Y 系列定子铁心外径为 260 mm 及以下的三相异步电动机。现以 $z_1=24$, $2p=4$, $q=2$, $y=5$ (即 1-6)的定子绕组为例说明其嵌线过程。绕组的展开图如图 8-56 所示。

其嵌制工艺如下:

(1) 由图 8-56 可知,每相绕组有 4 个线圈、三相绕组共有 12 个线圈。若每个线圈自成独立单元时,其嵌制工艺:

①任意设定某槽为 1 号、将①号线圈首端的一边作为下层边(即外档)嵌入 6 号槽,因另一边作为上层边(即里档)要压在线圈①及②的外档、故要等线圈①和②的外档嵌入 4 号槽及 2 号槽后,线圈①的里档才能嵌入 1 号槽。所以①号线圈的里档

要暂时吊起,并在线圈的里档与铁心内圈之间垫上绝缘纸、布,以免损伤导线绝缘。

②向左空一槽(7号槽),将②号线圈的外档嵌入8号槽,其另一边也要等到线圈⑫的外档嵌入4号槽内后,才能嵌入3号槽。所以也要暂时吊起不嵌。

③再向左空一槽(9号槽),将③号线圈的外档嵌入10号槽内后,用钢皮划线板折合槽绝缘封闭槽口……打入槽楔。然后将③号线圈的里档按节距($y=5$)的要求拉至5号槽口,平整理顺直线边嵌入5号槽内……打入槽楔。用左、右手将③号线圈两端整形、下层呈喇叭口。

④按照线圈③的嵌法依次把所有线圈嵌完,然后将各相的4个线圈按反向串接法(即显极式联接)连接起来。从结构上看即里档接里档、外档接外档。三相引出线应靠近定子出接端,且三相引线的首端(或尾端)在空间互隔 120° 电角度,即4个槽。

由此可见,单层链式绕组的嵌线特点是:嵌一、空一、吊二,如图8-57所示。

(2) 当每一相绕组(本例为4个线圈)连绕为一个单元时,其嵌线的工艺是:

①先将每相每一个线圈的两有效边按嵌线先后编上顺序号1、2、3……24。然后将三相绕组依次摆放在定子的右侧,如图8-58所示。按照绕组基本嵌线法的要求进行嵌线,并在嵌第一个槽时就要预先安排好出线位置,使得三相的出线为最短,设第一个槽为6号槽。

②把带 U_1 的线圈①的1号边向左翻 180° 嵌入6号槽、线圈①的23号边暂时吊起不嵌。

③向后空一槽(7号槽),将线圈②的2号边(即 W_2 端)向左



翻 180° 嵌入 8 号槽内, 线圈②的 24 号边也要将其暂时吊起不嵌。

④向后空一槽(9 号槽)、将线圈③的 3 号边(即 V_1 端)向左翻 180° 嵌入 10 号槽内。另一边按 $y=5$ 的规定嵌入 5 号槽内。

⑤向后空一槽(11 号槽), 将 U 相第二个线圈即线圈④向左翻 180°, 同时要将线圈④旋转 180°, 使两有效边位置互换, 变线圈间的连线顺串为反串联接。然后将线圈④的 5 号边嵌入 12 号槽内后, 再将线圈④的 6 号边嵌入 7 号槽内。

⑥按线圈④的嵌法将线圈⑤、⑥的 7、8、9、10 号边依次嵌入 14、9、16、11 号槽内。

⑦按线圈③的嵌法将线圈⑦、⑧、⑨的 11、12、13、14、15、16 号边依次嵌入 18、13、20、15、22、17 号槽内。

⑧按线圈④的嵌法将线圈⑩、⑪、⑫的 17、18、19、20、21、22 号边依次嵌入 24、19、2、21、4、23 号槽内。

⑨最后将线圈①的 23 号边和线圈②的 24 号边依次嵌 1 号槽和 3 号槽内。

表 8-18 所示是单层链式绕组连绕嵌线顺序对照表(供参考)。

表 8-18 24 槽 4 极 ($y=5$) 单层链式绕组嵌线顺序对照表

定子槽号		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
极相组编号		①	⑪	②	⑫	③	①	④	②	⑤	③	⑥	④
线圈边 顺序号	外档		19		21		1		2		3		5
	里档	23		24		4		6		8		10	
定子槽号		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
极相组编号		⑦	⑤	⑧	⑥	⑨	⑦	⑩	⑧	⑪	⑨	⑫	⑩
线圈边 顺序号	外档		7		9		11		13		15		17
	里档	12		14		16		18		20		22	

二、单层交叉链式绕组

J_2 、 JO_2 系列 1~5 号机座和 Y 系列铁心外径为 260 mm 及以下的电动机定子绕组,当 $q=3$ 时,采用单层交叉链式绕组。现以 $Z_1=36, 2p=4, q=3, y=7$ (即 $1-8$)/1, $y=8$ (即 $1-9$)/2 (表示在 3 个线圈中,节距为 $1-8$ 的线圈有 1 个, $1-9$ 线圈有 2 个)的定子绕组为例,其展开图如图 8-59 所示。

这种绕组可按以下工艺程序嵌线:

(1) 选择好嵌第一个槽的位置。

(2) 把第一相的两大线圈 ($y=8$) 中带有引出线 (U_1) 的线圈边嵌入槽中,里档的边不嵌,紧接着嵌另一个大线圈边的外档,里档的边也不嵌。

(3) 向左空一个槽把第二相的小线圈 ($y=7$) 有引出线 (W_2) 的一边嵌入,另一边也暂不嵌。

(4) 向左再空两槽把第三相的两大线圈 ($y=8$) 中带有引出线 (V_1) 的一边嵌入,并按节距 $1-9$ 把里档(上层边)嵌入对应的槽内,紧接着嵌入另一个大线圈 ($y=8$) 的外档和里档。

(5) 向左再空一槽嵌第一相的小线圈的外档(下层边),这时应注意大线圈和小线圈的连接方式应是上层边与上层边相连或下层边与下层边相连,即相绕组为连绕形式时,应将线圈旋转 180° ,使两有效边移位互换。然后按小线圈的节距 $1-8$ 把上层边嵌入槽内。

(6) 再向左空两槽嵌第二相的大线圈,按上层边与上层边相连或下层边与下层边相连的原则(即按“尾-尾、头-头”反向串接法),把一个大线圈的下层边嵌入槽内后,再按节距 $1-9$ 把上层边嵌入相应的槽内,紧接着嵌另一个大线圈。



(7) 再向左空一槽嵌第三相的小线圈,嵌法与第一相的小线圈相同。按上述方法,再把第一、二、三相线圈嵌入槽内,最后把第一、二相的两大线圈和一小线圈的里档边嵌入槽内。

由此可见,单层交叉链式(简称交叉式)绕组的特点是:嵌二空一、嵌一空二、吊三,如图 8-60 所示。同相线圈之间的连接规则是:极相组内线圈间的连接为顺串联接,而极相组间的连接为反串联接。图 8-61 所示为三相绕组的相绕组分解图,图中标有极相组的顺序号及线圈边嵌装的顺序编号。表 8-19 所示为定子槽号与线圈边顺序编号对应表,供参考。

表 8-19 36 槽 4 极交叉绕组嵌线顺序对照表

定子槽号		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
极相组编号		⑩	①		⑪		②	⑫	③		④		⑤
线圈边 顺序号	外档	26			28	30		32			1	2	
	里档		34	35			36		5	7			9
定子槽号		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
极相组编号		②	⑤		③		⑥	④	⑦		⑤		⑧
线圈边 顺序号	外档	3			4	6		8			10	12	
	里档		11	13			15		17	19			21
定子槽号		25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
极相组编号		⑥	⑨		⑦		⑩	⑧	⑪		⑨		⑫
线圈边 顺序号	外档	14			16	18		20			22	24	
	里档		23	25			27		29	31			33

三、单层交叉同心式绕组

J₂、JO₂ 系列 1~5 号机座和 Y 系列铁心外径为 260 mm 及

以下的电动机定子绕组、当 $q=4$ 时,采用单层交叉同心式绕组。现以 $Z_1=24, 2p=2, q=4, y=11$ (即 1-12), $y=9$ (即 2-11)的定子绕组为例,其展开图如图 8-62 所示。

单层交叉同心式绕组可按以下工艺程序嵌线:

(1) 先选好第一个槽的位置。

(2) 先把 U 相第一组中带 U1 引出线的小线圈的下层边嵌入槽内,另一边吊起暂时不嵌,接着把大线圈的下层边嵌入小线圈的下层边的左边槽内,另一边也吊起暂时不嵌。

(3) 向左空两槽,将 W 相第一组中带 W2 引出线的一组两下层边嵌入槽内,上层边也吊起暂时不嵌。

(4) 向左空两槽,将 V 相第一组中带 V1 引出线的一组两下层边嵌入槽内,并根据节距 2-11 和节距 1-12 把两上层边也嵌入槽内。

(5) 按空两槽、嵌两槽的规律及显极式连接方式依次把其余的线圈嵌完,最后,把 U 相、W 相的第一组的上层边嵌入槽内。

图 8-63 与表 8-20 分别为其展开图的分解图与绕组嵌线顺序表。

表 8-20 24 槽 2 极交叉同心式绕组嵌线顺序对照表

定子槽号		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
极相组编号		⑥		③		①		④		②		⑤	
线圈边 顺序号	外档	17	19			1	2			3	4		
	里档			8	6			12	10			16	14
定子槽号		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
极相编组号		③		⑥		④		①		⑤		②	
线圈边 顺序号	外档	5	7			9	11			13	15		
	里档			20	18			22	21			24	23



单层交叉同心式绕组的嵌线特点是：嵌二、空二、吊四，如图 8-64 所示。在同一极相组（线圈组）内嵌线顺序是小线圈（ $y=9$ ）先嵌、大线圈（ $y=11$ ）后嵌；同相极相组间的连接是上层边与上层边相连、下层边与下层边相连。

上面所说的 3 种单层绕组的嵌线方法中，起吊线圈（称起把线圈）数均等于 q ，且事先都要套好连线套管。由于连线较长，连线之间易出现交叉现象，因此，目前我国有些电动机制造厂采用“单层绕组穿线工艺”。在嵌线前，先将三相绕组按一定规律穿好，然后根据以上方法把穿好的线圈按次序嵌入槽内。采用穿线工艺时，连接线不需要用套管，也不需要放长，因此绕组端部整齐，且节约原材料。

四、双层迭绕组

J_2 、 JO_2 系列 6 号机座以上及 Y 系列铁心外径为 260 mm 以上的电动机定子绕组基本上采用双层迭绕组。双层绕组的线圈一般按极相组绕制，嵌线工艺比较简单。现以 $Z_1=24$ ， $2p=4$ ， $q=2$ ， $y=5$ 的定子绕组为例，其展开图如图 8-65 所示。

双层迭绕组可按以下工艺程序嵌线：

(1) 先选好第一槽的位置。

(2) 确定起把线圈边数。双层绕组的起把线圈边数等于（ $y=5$ ），则有 5 个线圈的上边层要暂时吊起不嵌，即嵌线方法是：吊起线圈的边数等于节距。依次嵌完①～③号线圈组的下层边，从线圈组③的 6 号边开始，它的下层边嵌入槽内后，接着就可以将上层边嵌入节距 $y=1-6$ 的槽内……直至嵌完为止，如图 8-66 和图 8-67 所示。

(3) 每嵌完一个下层边，都要在其上面垫好层间绝缘。

(4) 全部线圈的下层边嵌完后,再将起把线圈依次嵌入相应槽的上层。

(5) 每相极相组间连线的联接按“显极式联接方式”联接,即上层边与上层边相连、下层边与下层边相连。

在实际接线时,均需绘制圆形接线参考图,这样不仅看图方便,也易于操作。三相4极圆形接线图如图8-68所示,表8-21为其绕组嵌线顺序表。

表8-21 24槽4极双层绕组($y=5$)嵌线顺序对照表

定子槽号	24	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
极相组编号	⑩		⑪		⑫		①		②		③	
线圈边顺序号 (下层边)	32	34	36	38	40	42	1	2	3	4	5	6
线圈边顺序号 (上层边)	43	44	45	46	47	48	7	9	11	13	15	17
极相组编号	⑫		①		②		③		④		⑤	
定子槽号	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
极相组编号	④		⑤		⑥		⑦		⑧		⑨	
线圈边顺序号 (下层边)	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
线圈边顺序号 (上层边)	19	21	23	25	27	29	31	33	35	37	39	41
极相组编号	⑥		⑦		⑧		⑨		⑩		⑪	

在本节中所列举的绕组展开图、嵌线方法是从定子右侧嵌入,并以后退(靠身)方式进行线圈的嵌装,槽号的排列顺序与前几节列举的展开图正好相反,特此说明。



第九章 三相交流异步电动机的试验

三相交流异步电动机的试验分为型式试验和检查试验两种。型式试验是制造厂对每种新产品按标准规定进行的全面试验。本章主要对检查试验作一说明。检查试验的目的是检查制造厂生产的成品和大修后电动机的质量。其主要内容有：绝缘电阻的测定、绕组直流电阻的测定、转子开路电压的测定、空载试验、短路试验、超速试验、匝间绝缘试验、耐压试验等。

在着手进行电动机试验前，应首先进行外观检查。既要检查电动机各部件是否完整无缺、是否安装正确，又要检查电动机装配的紧固情况。可在无负载的情况下，用手转动轴，看看转子转动是否平稳轻快，轴承部位有无异常声音，出线端接线是否正确以及轴向、径向偏摆情况等。如果一切均正常，则表明电动机可以进行以下各种试验。

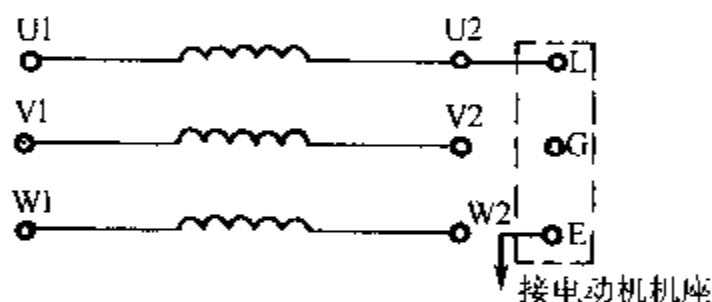
一、测定绝缘电阻

测量各相绕组之间以及各相绕组对机壳之间的绝缘电阻，是最简便且对绝缘无破坏的绝缘试验项目，它可以判别绕组绝缘是否严重受潮或有严重缺陷。绝缘电阻可在热态与冷态2种状态下测定。一般小型电动机只需测冷态（常温）绝缘电阻。

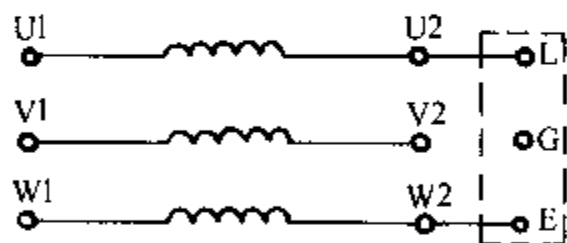
测量时所用工具为兆欧表。额定电压低于500V的电动机用500V兆欧表测量，额定电压在500~3000V的电动机用1000V兆欧表测量，额定电压大于3000V的电动机用

2 500 V兆欧表测量。测量绝缘电阻前需拆除电动机的外部接线,如测量各相绕组对地绝缘电阻可按图 9-1(a)所示接线;测量各相绕组之间的绝缘电阻按图 9-1(b)所示接线。测量时,兆欧表放置在水平位置,首先校验一下兆欧表的好坏。手摇兆欧表手柄,并使转速基本保持恒定(120r/min),兆欧表摆动 1 min 后读出其指针所指数值。500 V 以下的电动机其绝缘电阻不应低于 0.5 M Ω ,绕组全部更换的电动机不应低于 5 M Ω 。

大型电动机可通过测量绝缘电阻来判断绕组是否受潮,其吸收比系数 R_{60}/R_{15} 应不小于 1.3,其中 R_{60} 和 R_{15} 分别为兆欧表摇动 60 s 和 15 s 时读出的绝缘电阻值。



(a) 测每相绕组对地绝缘电阻值



(b) 测绕组相间绝缘电阻值

图 9-1 三相异步电动机绝缘电阻的测量

二、测定绕组直流电阻

绕组在冷态时的直流电阻是三相异步电动机的主要参数之一,把测出的绕组电阻值与设计值比较,可判断绕组匝数、线径



和接线方法的正确与否和焊接质量的好坏。根据电动机绕组冷态和热态时的电阻值,还可以推算出绕组的平均温升。

测量电动机定子绕组的直流电阻值可采用电流、电压表法和电桥法。由于用电桥测量直流电阻较为直接,所以多数采用电桥法测量。在使用电桥时应注意,电动机定子绕组的电阻值低于 $1\ \Omega$ 时要用双臂电桥测量,而直流电阻值大于 $1\ \Omega$ 时用单臂电桥测量。电桥的准确等级不应低于0.5级。所测各相电阻值之间的误差与三相电阻平均值之比不得大于5%,即

$$\frac{R_{\max} - R_{\min}}{R_{\text{平均值}}} \times 100\% \leq 5\%$$

式中 $R_{\text{平均值}} = \frac{R_U + R_V + R_W}{3}$ (Ω),若测量结果电阻值相差太

大,说明电动机绕组中有短路、断路、绕组匝数有误、接头处焊接不良等故障。如果三相电阻值都超过规定范围,则说明导线过细。

三相异步电动机各相定子绕组的直流电阻值约为:10 kW以下,一般为 $1\sim 10\ \Omega$;10~100 kW为 $0.05\sim 1\ \Omega$;100 kW以上的低压电动机为 $0.001\sim 0.1\ \Omega$,而高压电动机为 $0.1\sim 5\ \Omega$ 。

三、耐压试验

电动机定子绕组经过修复后,为了保证绕组的绝缘性能,防止设备及人身安全事故发生,要考核各绕组之间及各相绕组对机壳之间的绝缘性能的好坏,即检验它的绝缘强度(耐压试验)。

耐压试验一般在单相工频耐压试验机上进行,试验电压种类为工频交流,对于1 kW以下的电动机试验电压的有效值为 $(500 + 2U_N)V$ (U_N 为电动机额定电压);对额定电压380 V、功

率在 1~3 kW 的电动机试验电压取 1 500 V;对额定电压 380 V、功率 3 kW 以上的电动机试验电压取 1 760 V,所有试验时间均为 1 min。

作耐压试验的电动机要处于静止状态,出线端上所有的外接线全部拆除,电动机本身的各个部件均处于正常工作位置,转子放在定子内。绕线式电动机作耐压试验时应分定子、转子两部分进行,转子应放在正常工作位置,转子绕组作耐压试验时定子应接地;定子作耐压试验时转子绕组应接地。

耐压试验电压应从零开始逐步升高到规定的数值,经 1 min 后再逐步减小到零。试验时无关人员不得进入现场以确保人身安全,试验结束后,被试绕组必须放电后人才可触及被测件。

若条件允许,还可以再提高电压作绕组的高压试验。电压为 50 Hz,大小为 $(2U_N + 1\ 000)$ V,试验时间 1 min。第一次将三相绕组并联,电压加在绕组和机壳间,也就是所有绕组和地间绝缘;第二次将其中二相并联,电压加在并联绕组和另一相绕组上;第三次在两绕组上加电压测试。若这三次测量都不击穿,说明绕组质量良好。其接线原理图如图 9-2 所示。

四、绕组匝间绝缘试验

绕组大修后,更换的新绕组必须进行匝间绝缘试验。试验目的是检查定子、转子绕组匝间绝缘的介电强度。

试验时先将电动机空载起动,然后将电源电压升高到 $1.3 U_N$,电动机继续空载运行 3 min。试验中若出现电动机冒烟、跳弧和发出臭味;绕线式电动机转子在带负载情况下自起动,电动机有强烈的振动和电磁噪声;三相电流变化不正常或三

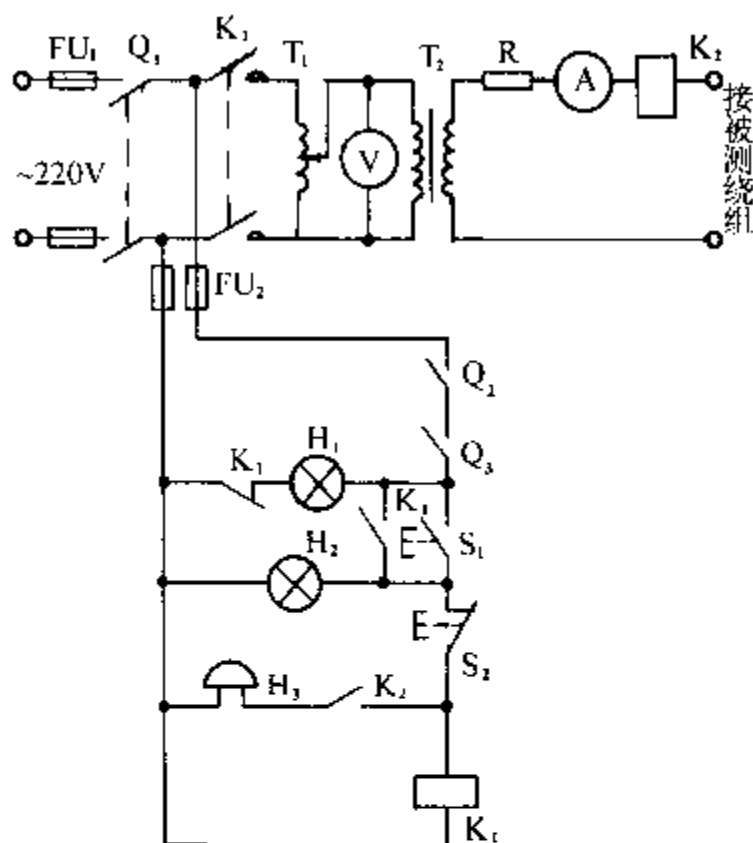


图 9-2 三相异步电动机绕组高压试验接线图

Q - 单投双刀开关; FU₁、FU₂ - 熔断器; Q₂ - 脚踏开关; Q₃ - 安全拦门开关;
 S₁ - 起动按钮; S₂ - 停止按钮; K₁ - 交流接触器; K₂ - 过流继电器; T₁ - 调压器;
 T₂ - 电压互感器; H₁ - 红色信号灯; H₂ - 绿色信号灯; R - 附加电阻; H₃ - 电铃
 相电流严重不平衡等, 均说明电动机绕组匝间存在着短路, 需立即切断电源防止故障扩大。

进行匝间绝缘试验时, 空载电流应低于额定电流 I_N , 而功率因数只有 0.1 左右。

五、空载试验

经过修理后电动机的各方面参数可能发生一些变化, 从而使空载电流和空载损耗改变, 这样会影响电动机的功率及效率, 所以必须进行空载试验以确定空载电流和空载损耗, 从而求出

铁损耗和机械损耗。三相异步电动机空载试验线路如图9-3所示。

利用自耦变压器 T 来调节加在电动机定子绕组上的电压值,用电流表 A 测量空载电流,用功率表(二表法) P_1 、 P_2 测量三相功率。由于空载时功率因数低,最好用低功率因数功率表测量,以免引起不必要的误差,并在三相定子绕组间接入电压表测量三相线电压。

空载试验时,要密切注意电动机的运行情况,如铁心是否过热、有无异常声响,轴承的声音及温度。若是绕线式电动机,还应检查电刷有无火花。试验时电动机施加额定电压,转子不接任何负载,记录下空载电流、空载时功率消耗,并计算出空载电流与额定电流的百分比值。一般来说小型电动机,极数高的比极数低的电动机空载电流占额定电流的百分数高。表 9-1 给出常用电动机空载电流和额定电流的百分比。

表 9-1 常用电动机空载电流和额定电流百分比

功率/极数	0.125 kW	0.55 kW 以下	2.2 kW 以下	10 kW 以下	55 kW 以下	125 kW 以下
2	70~95	50~70	40~55	30~45	23~35	18~30
4	80~96	65~85	45~60	35~55	35~40	20~30
6	85~97	70~90	50~65	35~65	30~45	22~33
8	90~98	75~90	50~70	35~70	35~50	25~35

按国标规定,当三相电源对称时,三相异步电动机在额定电压下的三相空载电流值中任一相与平均值的偏差不得大于平均值的 10%。若测得的空载电流和上述附表有差别,说明电动机有缺陷。若试验结果空载电流超出范围较多,说明定子和转子间在修理时加工量过大,使间隙超过允许值,或定子绕组匝数太

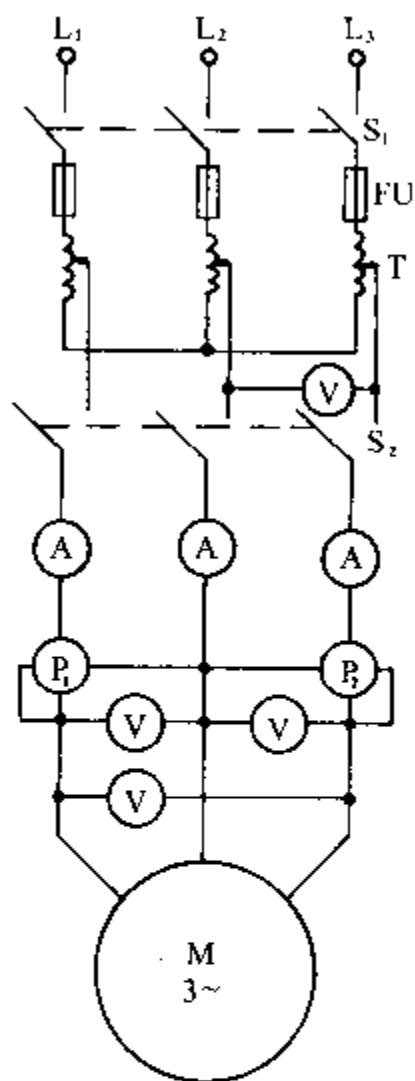


图 9-3 三相异步电动机空载试验线路

S_1 、 S_2 - 三相单投刀开关； T - 自耦变压器； V - 交流电压表；

P_1 、 P_2 - 低功率因数功率表； A - 交流电流表

少。若空载电流过小，可能是电动机定子绕组匝数太多，也可能是将两路并联误接成一路，或是将三角形接法误接成星形。可以根据电动机的实际情况加以判断。

六、短路试验(堵转试验)

短路试验可以判断电动机制造中或经过大修后的质量，从

而为电动机的保护提供可靠数据,保证电动机能正常运行。

短路试验一般有 2 种方法,一种为恒流法,另一种为恒压法。这 2 种方法的接线相同,试验时转子是不转动的。其试验线路如图 9-4 所示。

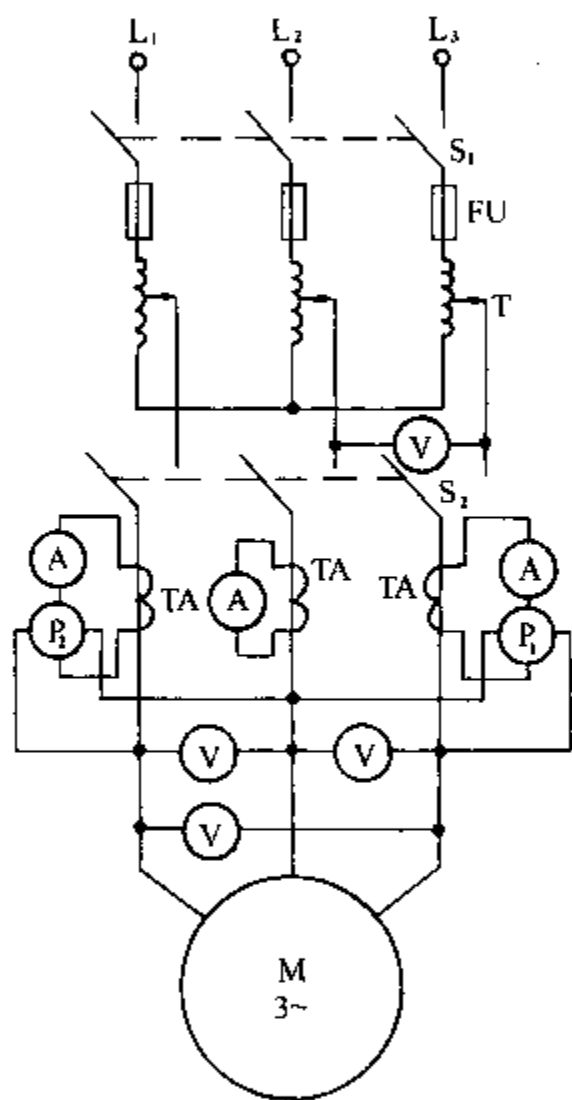


图 9-4 三相异步电动机短路试验线路

S_1 、 S_2 —单投三相刀开关;T—自耦变压器;TA—电流互感器;

A—交流电流表;V—交流电压表;FU—熔断器

(1) 恒流法。电动机在大、中修后多用此方法。这种方法



主要以电流的额定值为基准,用自耦变压器 T 从零电压开始逐步升高加入电动机定子绕组,使定子绕组的电流达到额定值 I_N 后,测出加在定子绕组上的电压称为短路电压值 U_K 。若电动机额定电压为 380 V 时,短路电压 U_K 约为 70~95 V 可以认为是合格,小功率电动机一般取较大的 U_K 值。

(2) 恒压法。这种方法是对三相异步电动机的定子绕组加一恒定电压,对于额定电压为 380 V 的电动机一般加 100 V 左右。先用自耦变压器 T 将电压调到此值,此时对应的电流值为短路电流 I_K 。此法测出的 I_K 值在 $(1\sim 1.4)I_N$ 之间即可认为合格,功率越小电动机的 I_K 值越小。

在用上述方法中的任何一种测得电动机的短路电流 I_K 值过大时,可能是定子绕组的匝数太少,漏抗小造成的。这种情况会使电动机的空载电流大,起动电流大,损耗大,功率因数及效率均不合格,电动机在运行时温升也会很高。

七、超速试验

由于绕线式三相异步电动机转子绕组在工作中要承受很大的离心力,如果转子结构不紧密,在高速运行时线圈可能被甩出,所以技术要求规定,绕线式异步电动机必须进行超速试验,以检查转子及其转子绕组的机械强度和装配质量等。鼠笼式异步电动机的转子结构坚固、可靠,一般不需要作超速试验。但对于大型 2 极电动机,由于鼠笼转子短路环的圆周速度相当高,机械应力很大,因此要作超速试验。

超速试验是将电动机转速调至 $1.2n_N$ 下连续空载运行 2min。提高转速的方法有以下 2 种:

(1) 提高电源频率。将供给电动机电源的频率由 50Hz 提

高到 60Hz(早期用机械式变频机组来实现,目前多采用晶闸管变频技术作成变频电源来实现)。

(2) 辅助电动机拖动。调节辅助电动机的转速或传动机构的转速比,使被测电动机达到 $1.2n_N$ 的转速。

超速试验最好在电动机热态下进行,使电动机转子的动平衡、应力及绕组焊点的受力更接近实际运行情况。

超速试验前,应检查转子有无损伤、变形或松动,并首先在额定转速下运行检查是否正常。在额定转速下一切正常后,方可进行超速试验。超速试验结束后,要认真检查定子、转子间有无摩擦痕迹,绕组是否甩漆,是否有脱焊现象,转子动平衡块是否有松动,绕组联线及槽楔有无松动等。若一切均和试验前相同,则说明电动机机械强度高,超速试验合格。

八、转子开路电压试验

转子开路电压试验的目的是检查定、转子绕组的匝数、节距和接线是否正确。由于鼠笼式电动机转子的结构无法测试开路电压,所以本项试验仅对绕线式异步电动机而言。

绕线式异步电动机转子开路时的工作情况类似变压器的空载运行。定子绕组通入三相交流电后,在三相转子绕组中就会感应电压。此时,在转子任意两集电环(滑环)之间测出的电压值就为转子开路电压值。

试验方法如下:将转子绕组和外界连接的电阻拆掉,使转子回路开路,在定子绕组上加额定电压 U_N ,测量转子三相绕组的开路电压值。若测得开路电压大于 600 V,可将通入定子绕组的电压降至 $0.5 U_N$ 。测试过程中若发现转子有缓慢转动,则应立即将转子卡住后再进行测量。



开路电压测试规定：转子绕组测得的开路电压的最大值或最小值与平均值之差不得超过平均值的 $\pm 1\% \sim 2\%$ 。外施电压为额定电压时转子的开路电压值应不超过电动机铭牌上规定值的 $\pm 5\%$ 。若出现开路电压过低时，则表示电动机绕组有短路或接线错误等故障。

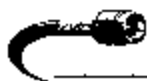
第十章 三相交流异步电动机的 常见故障及检修方法

(1) 故障的分类。三相异步电动机的故障可分为机械故障和电气故障两类。机械故障包括轴承、铁心、风扇叶、机座、转轴等故障,这类故障一般是比较容易观察与发现的。电气故障主要是定子绕组、转子绕组、电刷等导电部分出现的故障。

(2) 故障的检测步骤。不论电动机出现机械故障或电气故障都将对电动机运行带来不利影响,轻者使电动机运行性能变坏,重者会出现电动机烧毁的现象。因此如何通过分析电动机在运行中出现的各种不正常的现象,从中找出电动机故障发生部位及准确的故障点是处理电动机故障的关键,也是衡量修理者技术熟练程度的重要标志。

由于电动机的结构形式、制造质量、使用和维护情况不同,往往会出现同一故障有不同的外观现象;或同一外观现象有不同的故障原因引起。因此,要正确判断故障必须先认真细致的观察、分析研究,然后用不同的检测手段找出故障所在部位,并采取相应措施予以排除。检查电动机故障的一般步骤是:

①调查。首先了解电动机的型号、规格、使用条件及使用年限,察看电动机在发生故障前、后的运行记录,向值班人员了解电动机运行情况,如所带负载情况、温升、有无不正常的声音等。询问操作人员有关电动机操作的情况。



②观察故障现象。观察故障应按电动机情况灵活掌握,有时也可将有故障的电动机通电短时间运行,直接观察故障现象,将看到、听到、闻到的情况综合分析研究;有时电动机已坏不能接上电源试运转,可通过仪表测量或观察等手段进行分析判断,然后将电动机拆开,测量并仔细观察内部情况,以便能准确地找到故障所在点。

第一节 三相交流异步电动机 常见机械故障及排除方法

三相交流异步电动机的机械故障,如轴承的磨损、铁心升温、风扇叶动平衡不好、机座的振动、轴的弯曲等均会引起电动机运转不正常,有时还会出现和电气故障相同的外部现象,所以必须搞清产生不正常现象的原因,才能找出正确解决的办法。

一、电源接通后电动机不能转动,或虽能转动但有明显的摩擦火花,额定负载时转速低于额定值

故障部位及原因有如下几种:

1. 轴承损坏、电动机不能转动或轴承部分损坏、电动机转动不平稳

故障分析及维修:停电后转动电动机,若电动机根本转不动,说明轴承完全损坏;若能转动但极不平稳,说明轴承内、外套磨损严重。此处需要更换新轴承。

2. 电动机转轴弯曲

故障分析及维修:电动机转轴弯曲严重时,整个圆周均不能转动;不太严重时,会发现定、转子局部相擦现象。可将电动

机转子拆出,在车床上用外径千分表校正。

3. 定子间间隙不合理

故障分析及维修:定子间间隙不合理多产生于绕线式大型异步电动机。一般用轴瓦代替轴承使用的电动机,轴瓦的间隙量调整不合理,会使定、转子相碰擦。可打开电动机侧向保护罩,重新用塞尺测量轴瓦上、下间隙量的大小,间隙量的调整应按“上大下小”的原则处理。

4. 负载过重或转动机构被卡住

故障分析及维修:有些电动机的机械转动机构用轴瓦支承、瓦卡固定,当电动机超过允许负载而瓦卡又打得过紧时,造成轴和瓦的间隙量过小而卡住。首先将负载和转动机构分开,然后启动电动机,若能恢复正常运行,则问题出在负载上;若仍不能转动,说明转动机构有问题,可将其拆开检查。

5. 轴承使用的润滑脂牌号有误(润滑脂过硬)

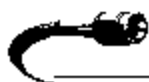
故障分析和维修:通常,环境温度低时,润滑脂粘度大。上述情况,这种现象就更为严重。可将电动机轴承小端盖打开,在轴承内、外套中间的滚道上加点滴机油,使润滑脂浓度下降,即可消除故障。

二、电动机有不正常的振动和声响

故障部位及原因有如下几种:

1. 电动机中心高与所带负载中心高不相等

故障分析及维修:由于装配时造成的误差,或者初装配时中心高合适,而电动机基础或负载基础发生变化,使负载轴线和电动机轴线不重合。可将联轴器拆开,重新测量电动机中心高及负载中心高,并处理好变化的基础,用加垫片的办法将两者中心



高调到一致。

2. 皮带轮或联轴器动平衡不好

故障分析及维修:由于皮带轮或联轴器动平衡不好或动平衡配重脱落,导致转轴在一个圆周内转动惯量不平衡,相当于电动机接上一偏心负载。可将皮带轮或联轴器拆下,在专用设备上重新调整动平衡。

3. 电动机轴头部分弯曲

故障分析及维修:可能在拆装皮带轮或联轴器时未用专用设备,导致电动机轴头弯曲。可将转子取出后在车床上校正。

4. 电动机底脚螺丝松动或底座钢性差

故障分析及维修:底脚螺丝不合格、固定底脚螺丝的混凝土标号不够或用粘接法粘接底脚螺丝的粘接剂不合格。另外,大型电动机往往带有钢制底座,当钢板厚度不够或加强肋少时,也会造成底座钢度不够,使电动机随底座振动。可拆除松动的底脚螺丝,重新换上合格螺栓,而后重新浇注混凝土。钢制底座钢度不够时应多加纵横肋且焊牢。

5. 滚动轴承在轴上装配不良或轴承损坏

故障分析及维修:在电动机运转时用大号螺丝刀放在轴承外侧小端盖处听声音,若声音不均匀或有振动,均说明轴承装配不良或损坏。可在电动机停止运行后拆开电动机,取出转子换上新轴承。

6. 轴承严重缺少润滑脂

故障分析及维修:由于轴承严重缺少润滑脂,使金属与金属间不断摩擦而产生响声并发热。可先清洗轴承,并加上和原性能相同的润滑脂解决。

7. 转子风扇叶碰外壳

故障分析及维修:电动机有不正常的声响且声音比较清脆。可通过清除杂物,校正风叶的动平衡解决。

8. 定子与转子摩擦

故障分析及维修:开启式异步电动机有时会看到火花,封闭式电动机时间长有焦糊气味出现。可能是转轴有轻度弯曲、轴承损坏或大型电动机轴瓦间隙量调整不合适。可取出电动机转子,检查轴承有无损坏。将电动机转子放在车床上卡好后,用千分尺校验转轴有无弯曲,轴瓦支撑的电动机要重新调整间隙量。

9. 电动机负载突然加重

故障分析及维修:可能是负载变化或被卡住,也可能是传动部分如变速齿轮等出问题造成。可用逐级淘汰法检查究竟是哪部分出现问题。先从负载查起,然后变速部分,最后电动机本身。

10. 转子动平衡不好或动平衡配重脱落

故障分析及维修:转子动平衡不好导致整个圆周上转动惯量不平衡而振动。可取出电动机转子重新校验动平衡,或补齐脱落的动平衡配重解决。

三、电动机温升过高或冒烟

电动机运行时因多种原因超越正常运行产生的温升,使原设计的热平衡被破坏而产生热量的积累,导致绝缘老化加剧甚至损坏,电动机冒烟。其故障部位及原因有如下几种:

1. 手触摸电动机外壳烫手甚至不能停留,严重时会在端盖、接线盒等处及电动机内部沟道处冒烟

故障分析及维修:



(1) 电动机过载致使转子、定子电流过大,绝缘加速老化最终冒烟烧毁。应重新核算并减小电动机的负载或更换功率大的电动机使用。

(2) 启动过于频繁。无论鼠笼式电动机还是绕线式电动机启动时电流均很大,若前次启动热量尚未散尽,后一次启动又开始,使热量迭加导致电动机的定、转子绝缘老化烧毁。可通过尽可能地减少启动次数来解决。特别是大中型电动机,可根据启动时消耗能量和空载时消耗能量的关系,确定空载运行多长时间停机更为有利,以减少电动机的启动次数。

2. 转子运转时和定子相摩擦,造成局部过热,严重时冒烟

故障分析及维修:如果定子或转子铁心局部突出变形就会使转子和定子相摩擦,此时抽出转子观察时会在定子铁心或转子铁心上有环状擦痕。若定子有突出变形,环状擦痕在转子上;若转子有突出变形,环状擦痕在定子上;若轴有局部不严重弯曲,摩擦产生在某一局部位置;若轴承内的滚珠或滚柱损坏,擦痕不规则;使用轴瓦的电动机间隙量调得不好,往往在启动时有摩擦。可将电动机转子抽出来检查铁心是否变形,然后将转子放在车床上校验转轴是否弯曲。用轴瓦支撑转子的电动机要重新调整上、下轴瓦的间隙量,使电动机在静止时转子和定子间的间隙应为“上大下小”才行。

3. 电动机通风不良,故障部位可能在风叶或风道上

故障分析及维修:在电动机运行时,可用手在其散热片间或出口处试有无风吹动的感觉,若没有,可能是缺少风扇或风道被阻塞不畅。可将电动机保护罩取下检查风扇及风道。大型电动机有时还应重点检查其外风道中的堵塞物。

四、电动机轴承过热

电动机轴承过热,严重时轴承盖处有冒烟现象,润滑脂被熔化流出。大型电动机轴瓦过热会冒烟,严重时会使轴瓦和电动机轴抱在一起,电动机会停止转动,转子、定子电流均升高出现设备事故。其故障部位及原因有如下几种:

1. 轴承损坏

故障分析及维修:轴承质量不好或长期超负载运行。必须通过更换轴承解决。

2. 轴承和轴配合过紧或过松

故障分析及维修:在电动机带负载运行情况下,会使轴承内套和轴有相对运动而产生热量;轴承与轴配合过紧时会使轴承内套变形,从而影响滚珠(柱)在内外套间的运动,而使轴承发热。当轴承和轴配合过松时,可将轴承拆下,若尺寸相差不多可滚花;若相差较多可采用局部电镀加层的办法解决;当轴承和轴配合过紧时,可将轴放在车床或外圆磨床上加工到合适的尺寸。

3. 润滑脂太多、太少或太脏,混有铁屑等杂物

故障分析及维修:润滑脂太多会使滚珠(柱)转动阻力加大而发热;太少又会使滚珠(柱)和内外套之间直接摩擦发热;有杂物存在时会影响润滑,而且也会使杂物在其中的和内外套间摩擦产生热量。若只是油量问题,则只要调整滚动轴承的油量,使润滑脂不超过轴承室容积的 $2/3$ 。对有杂物存在的润滑脂要先清洗干净轴承后重新加合格的润滑脂。

4. 联轴器装得不好或传送带过紧

故障分析及维修:无论是联轴器装得不好,还是传送带过紧,均会使电动机所带负载加重,导致轴承过载发热。可重新校



正联轴器的水平度、垂直度或调整传送带张力来解决。

5. 电动机端盖或轴承盖未装平

故障分析及维修:电动机端盖或轴承盖未装平,使电动机端盖中心线和轴中心线不重合,这时会产生扭矩,体现在轴承上会发热。可拆下电动机端盖和轴承盖重新装好,电动机端盖止口处要平正,螺丝要拧紧。

第二节 三相交流异步电动机常见电气故障及排除方法

三相交流异步电动机的电气故障主要出现在电动机绕组或其他导电部位。电气故障发生时,往往会使电动机停止转动,也可能对人身安全造成危害,所以必须及时、准确地辨明故障,找到故障点。

当故障发生后,要立即切断电源,并仔细观察、分析产生的现象,找出解决的办法。

一、电源接通后电动机不能启动

常见故障部位及原因有如下几种:

1. 电源开关虽然合上,但电动机仍有一相或二相处于无电状态

故障分析及维修:可能是电源开关触头问题,也可能是线路的接头松脱或接头不洁,使电气接触不良或根本不导电。可用万用表在进线端、出线端检查电压。如果是开关问题,则更换开关;如果是接头松脱或接头有氧化物,只要处理干净后重新接好即可,并要校核电压值。

2. 定子绕组极相组内部接错、极相组间接错或三相绕组首、尾端判断错误

故障分析及维修:绕阻本身极相组内、极相组间及首、尾端有误均会对旋转磁场产生影响,甚至不能建立磁场。此时通入三相电后,电动机只有“嗡嗡”声而不能转动。可拆开电动机,将6 V直流电通入某相绕组,用第七章第四节介绍的指南针法检查,也可参照图7-36所示的交流感应法测试,并按上述介绍进行维修。

3. 定子绕组断路或外部电源缺相

故障分析及维修:外部电源缺相可能是保险丝断,也可能是某相断线。定子绕组断路多发生在电动机绕组的端部,各绕组的接头处或电动机引出线端部。可能是在制造或维修时不慎弄断;受机械力拉断;线头本身焊接不良;线头过热后脱落或绕组电流过大、短路而烧断。外部电源缺相可用万用表逐相检查,找出熔断的保险丝或断路处。绕组断路可参照第七章第三节介绍的方法检查和维修。通常找到断路点后,能接起来的尽量接好,并作好绝缘处理,若不能接上的,则必须更换绕组。

4. 定子绕组短路且很严重

故障分析及维修:定子绕组短路的电动机,通电时会冒烟。造成短路故障的原因主要是电动机电流过大;电源电压过高;单相运行;机械损伤;绝缘碰坏;绝缘老化脆裂等。维修时需先找到短路点,然后根据情况进行处理。寻找短路点及具体处理方法详见第七章第一节介绍。若短路点在槽内且很严重时,一般要更换绕组。

5. 绕线式电动机转子回路开路

故障分析及维修:绕线式电动机转子回路经滑环、电刷引到



外部,且和串联在转子回路的电阻构成星形接法的电路。若有一处开路时,转子回路就有电压无电流,不可能产生转矩,电动机肯定不转动。开路可能出现在电刷部位,也可能出现在外部电阻上。可用万用表或兆欧表逐相检查有无断开现象,最简单的办法是在电阻中心点处测量。从每相绕组引出的电刷处与中心点处进行测量,看是否通路,若不通说明该相断路。检查要特别注意电刷和电阻部位,具体检查和维修详见第六章第二节介绍。

6. 电源电压过低

故障分析及维修:电源电压过低时,电动机启动力矩很小,若带负载就很困难。造成电压过低的原因可能是电源本身电压低;电动机星形、三角形接法搞错;电源引线太细造成较大的压降。首先检查电源电压是否过低,电源容量是否与电动机启动方式相对应,再检查电动机铭牌上标注的接线方式与实际接线是否相符,通过验算电流值,特别是启动时的电流值,并与所选导线截面的载流量比较,看是否导线选得过细,最后,进行相应的改接和更换。

二、电动机可以启动,但带负载后转速很低或停转

造成这种现象的原因很多,常见故障部位及原因有如下几种:

1. 电源电压过低

故障分析及维修:电动机的力矩和电源电压的平方成正比,当电源电压低于额定值的5%以下时,电动机的力矩就会大大下降,在额定负载时转速会很慢。可用万用表测量输入到电动机定子绕组的电压值,若低于额定值5%以下时,设法调整变压

器的分接开关,使其输出电压提高。

2. 电动机负载过大

故障分析及维修:若电动机所带负载过大或被卡住会造成超负载,电动机此时可能转速很低或根本不转。检查负载情况可将联轴器打开,用卷扬机带一下负载,若仍带不动可能有什么地方被卡住;若能带动但很费力,说明负载过大。可重新核算负载力矩是否超过电动机的额定力矩,若确已超过,只有更换大容量电动机。

3. 控制设备接线错误,将三角形接法接成星形接法

故障分析及维修:这种接线错误电动机空载时能启动,但带负载时星形接法产生的力矩只有三角形接法的 $1/3$,所以带负载时肯定转速很低。检查电动机铭牌的接线方法与具体接线方法是否相同,如果两者不同则必须更正。

4. 过载保护设备动作

故障分析及维修:过载保护动作有2种可能的情况,一是电动机负载确实过大,过载保护动作属于正常工作;二是其保护值调整不当,引起误动作。若属过载保护正常工作,那就要减轻负载或加大电动机容量;若是误动作,就要按实际负载来调整过载保护的動作值。

5. 三相鼠笼式异步电动机转子断条或脱焊

故障分析及维修:转子断条或脱焊不严重的三相鼠笼式异步电动机空载时能够启动,但一带负载,由于此时电动机本身力矩很小,转速会马上降下来,转子会产生过热现象,使整个电动机温度上升。引起转子断条的原因很多,主要是在浇铸或焊接时存在质量上的问题,而电动机又在带负载的情况下频繁地正、反转启动,致使缺陷部位受力过大而断开。可将电动机定子绕



组接在 $(0.15 \sim 0.3)U_N$ 的三相电源上,用手转动电动机轴,测量定子三相电流值。若有转子断条,定子电流肯定不稳定。确定转子有断条后,还要进一步找到断点在何处,以便确定修理方法。故障点的查找方法和维修方案参照第六章第一节内容。

6. 绕线式异步电动机转子绕组接触不良或断开

故障分析及维修:绕线式异步电动机转子绕组包括绕组本身、滑环、电刷、外接电阻,其中有一部分接触不良或断开均会使转子电流减小或消失,力矩下降或变为零,转速变慢或停转。可先检查转子绕组本身有无断线,然后检查电刷有无接触不良、磨损是否超过 $1/3$ 电刷长度、弹簧压力是否减弱,最后检查外接电阻有无接触不良或断开,这样逐级检查,除采用观察外,还可借助万用表或兆欧表来检查是否通路会更准确。

三、电动机运行中有异常响声

电动机运行中有异常响声的电气原因往往是由缺相引起的。电动机缺相时,若尚未启动,则启动不起来;若在运行中缺相就会造成一相绕组中无磁场产生,从而使三相旋转磁场畸变,转子在畸变磁场的作用下运行会产生振动,发出“嗡嗡”声并伴随发热。其检查和维修方法如下:

(1) 检查供电开关是否缺相,必要时更换开关。

(2) 检查熔断器是否被熔断,必要时更换熔断器。

(3) 检查接触器主触点接触是否良好,触头压力是否足够。

若发现主触点接触不良,则看动、静触点是否变形及有严重灼伤的情况,一般可用小细锉将电弧灼伤处锉削修复,否则更换动、静触点。最后检查电动机绕组有无断线。

四、电动机温升过高或冒烟

常见故障的部位及原因有如下几种：

1. 电源电压过高或过低

故障分析及维修：电动机供电电压高于额定值的10%或低于额定值的5%，都属于不正常的供电电压。此时电动机电流均会上升，加速绝缘老化，温升过高而冒烟。可通过测量并调整电源电压值的方法解决。若是整个线路的电压高或低，就要调整变压器的分接开关；若把三角形接法的电动机误接成星形，则电压过低；若把星形接法的电动机误接成三角形，则电压过高，发现此情况要立即改正。

2. 电动机缺相运行

故障分析及维修：定子绕组缺相运行时，旋转磁场不对称，从而引起转子工作不稳，另外电动机另两相电流会骤增超过额定值，使电动机温度升高。可先检查三相熔断器是否被熔断，然后检查自动开关及接触器主触点接触是否良好，视情况予以修复。

3. 定子线组有短路或接地

故障分析及维修：电动机定子绕组有短路或接地故障时，均会使电动机电流上升，从而造成电动机温升过高或冒烟。具体检查和维修参照第七章第一、二节内容处理。

4. 电动机受潮或重修后浸漆未烘干

故障分析及维修：电动机受潮或浸漆未烘干都会使绕组绝缘水平降低，从而引起相间或相对地漏电流加大，电动机发热，绝缘加速老化，严重时会冒烟。有关电动机受潮烘干和浸漆工艺详见第八章第三节内容。



5. 环境温度过高

故障分析及维修:环境温度太高,使电动机运行时产生的热量不能及时散发,温度不断积累致使电动机产生过热现象。可采取各种降低环境温度的措施:室外运行电动机可搭凉棚遮挡阳光直接照射;室内运行可加风扇强冷;重要的电动机室加装空调降温。

6. 电动机通风不畅

故障分析及维修:通风不畅使电动机产生的热量不能及时排出,而使电动机温度不断升高。可检查电动机风扇是否脱落,移开堵塞通风的物件,使空气流通。有标志转向要求的电动机察看是否因转向不对而通风不畅。

五、电动机运行时三相电流不平衡

常见的故障部位及原因有如下几种:

1. 三相电源电压不平衡

故障分析及维修:当三相电源电压不平衡时,定子三相电流肯定不平衡。用电压表或万用表测量三相电源并调整电压,使它达到平衡。

2. 定子绕组部分线圈短路

故障分析及维修:定子绕组部分线圈短路后,使三相绕组的直流电阻及阻抗不相等。短路的那相电流大,工作时间一长电动机绕组会烧坏。定子绕组局部短路的检查和维修详见第七章第一节内容。

3. 电动机定子绕组重绕后部分绕组匝数错误或绕组间接线错误

故障分析及维修:电动机部分绕组匝数错误或绕组接线错

误都会使相与相间阻抗发生变化,导致电流不平衡。用单、双臂电桥测量各相绕组的直流电阻值。如果阻值相差过大,说明匝数有误或接线错误。先查找接线错误处,再看是否匝数有误视情况处理。

六、电动机外壳带电

发生电动机外壳带电现象会危及人身安全,所以必须杜绝。电动机外壳带电的部位及原因有如下几种:

1. 接地不良或接地电阻太大

故障分析及维修:在三相三线制系统中,接地装置是保护人身安全的。一旦有人触及带电外壳的电动机时,能有效地降低人体的接触电流和接触电压到安全值以下,确保人身不被触电。若接地电阻大时,接触电压就降不下来,人容易触电。接地电阻规定小于 $4\ \Omega$,可用接地电阻测试仪测量。将接地不良的接地线连接好;接地电阻大的要采取措施降至 $4\ \Omega$ 以下。

2. 绕组受潮后绝缘电阻下降

故障分析及维修:在电动机接近额定温升时,绕组的绝缘电

阻不应低于 $R = \frac{U(V)}{1000 + \frac{P(kW)}{100}}$ (M Ω),其中 U 是通入绕组的电

压值、 P 是电动机的额定功率。绕组绝缘电阻降低的原因可能有:

(1) 潮气浸入、雨水滴入电动机内部或电动机长期放置不用又经过梅雨季节,均会使绕组受潮。

(2) 绕组上灰尘油垢太多,使绕组绝缘水平下降。

绕组受潮处理详见第七章第五节内容。绕组上的灰尘油垢



太多,可选用 GD 系列清洗剂清洗。清洗时最好停机停电,若不能停机或停电时也可直接喷洒清洗,但必须注意安全。

3. 绝缘被碰坏或电动机绕组引出线碰壳

故障分析及维修:在绕组下线或重绕时,因工作疏忽可能将绕组绝缘漆碰坏,而恰好绝缘受损部分又和电动机外壳接触而带电。可找出绝缘碰坏点,然后垫上绝缘物并涂绝缘漆,待绝缘漆干后再用兆欧表摇测检查。引出线有问题时,就要更换引出线。

附表

附表 1 JZ 系列三相异步电动机铁心、绕组技术数据

机座号	定子铁心			槽数	绕组型式	节距	线规 (n-mm)	并联支路数	线圈匝数	线重 (kg)	线模尺寸		
	功率 (kW)	外径	内径								长度	C	τ ₁
2 极													
61	17	280	155	110	双 层 迭 绕	1-13	1-φ1.35	1	16	5.04	100	158	
62	22	280	155	130			1-φ1.40		4.70				
71	30	327	182	130			2-φ1.60	10	15.75	135	190		
72	40	327	182	155			4-φ1.30	8	17.70				
81	55	368	210	180			2-φ1.50	2	14	18.90	155	202	
82	75	368	210	230			1-φ1.45		11	8.83			
91	100	423	245	220			2-φ1.25	1-15	3-φ1.35	8	32.70	185	245
92	125	423	245	260			5-φ1.45		7	40.80			



续表

机座号	功率 (kW)			定子铁心			绕组型式	节距	线规 (n-mm)	并联支路数	线圈匝数	线重 (kg)	线模尺寸	
	外径	内径	长度	槽数	C	r								
													(mm)	
61	13	280	182	120	36	1-8	2- ϕ 1.20	1	17	7.10	75	125		
								2	27	7.80				
62	17	280	182	155	36	1-9	3- ϕ 1.30	1	12	12.05	90	170		
								2	19	14.82				
71	22	327	210	145	48	1-11	1- ϕ 1.50	4	27	18.90	110	180		
								2	10	23.80				
81	40	368	245	180	48	1-13	4- ϕ 1.50	2	8	31.80	125	195		
								4	13	39.80				
91	75	423	280	210	60	1-13	3- ϕ 1.45	4	13	39.80	125	195		
								4	13	39.80				
92	100	423	280	260	60	1-13	3- ϕ 1.45	4	13	39.80	125	195		
								4	13	39.80				

4 极

续表

机座号	功率 (kW)		定子铁心			绕组型式	节距	线规 (n-mm)	并联支路数	线圈匝数	线重 (kg)	线模尺寸			
			外径	内径	长度							槽数	C	r	
															(mm)
6 极															
61	10	280	200	155	54	双层迭绕	1-9	2- ϕ 1.12	1	14	7.90	62	105		
62	13	280	200	205				2- ϕ 1.25	1	11	10.00				
71	17	327	230	155				1- ϕ 1.40	1-11	20	10.10	16	12.30	70	120
72	22	327	230	200				1- ϕ 1.62		2					
81	30	368	260	180	72	双层迭绕	1-11	2- ϕ 1.40	12	18.90	80	130			
82	40	368	260	210				2- ϕ 1.35	3	14			23.70		
91	55	423	300	255				1- ϕ 1.56	6	23	28.10	17	34.00	90	145
92	75	423	300	340				2- ϕ 1.30		6					
8 极															
61	7.5	280	200	165	54	双层迭绕	1-7	1- ϕ 1.45	1	18	8.00	46	74		
62	10	280	200	205				1- ϕ 1.20	2	27	9.50				



续表

机座号	功率 (kW)	定子铁心			绕组 型式	节距	线 规 (n-mm)	并 联 支 路 数	线 圈 匝 数	线 重 (kg)	线模尺寸		
		外径	内径	长度							C	r ₁	
											(mm)		
8 极													
71	13	327	230	155	双 层 迭 绕	1-7	1- ϕ 1.30	2	25	9.88	55	90	
72	17	327	230	200			54	1- ϕ 1.50	1	10			6.20
								1- ϕ 1.45	1	10			5.80
81	22	368	260	180	双 层 迭 绕	1-9	2- ϕ 1.25	2	15	17.60	65	100	
82	30	368	260	240			72	1- ϕ 1.50	2	23			22.50
								2- ϕ 1.16	4	18			22.8
91	40	423	300	255			72	1- ϕ 1.40	2	14			15.70
					1- ϕ 1.45	2		14	16.80				
92	55	423	300	340						75	112		
10 极													
81	17	368	260	180	双 层 迭 绕	1-6	1- ϕ 1.16	2	20	7.90	50	80	
82	22	368	260	240			60	1- ϕ 1.25	2	15			9.10
								2- ϕ 1.35	5	18.35			
91	30	423	300	240	60	1- ϕ 1.35	5	31	19.40				
						2- ϕ 1.16	5	24	26.70				
92	40	423	300	320						55	90		

注:JZ系列三相异步电动机额定电压均为 Δ 380V。

附表 2 JO 系列三相异步电动机铁心、绕组技术数据

机座号	功率 (kW)	定子铁心			槽数	绕组型式	节距	线规 (mm)	并联支路数	每槽线数	线重 (kg)	线模尺寸 (mm)		
		外径	内径	长度								τ_1	τ_2	C
2 极														
31	0.6	145	80	55	24	单层同心	1-12	1- ϕ 0.57	1	88	1.22	107	132	
32	1.0	145	80	82				1- ϕ 0.69		78	1.65	107	132	
41	1.7	182	102	72	24	单层同心	2-11	1- ϕ 1.00	1	56	2.8	129	160	
42	2.8	182	102	105				1- ϕ 1.12		41	3.0	129	160	
51	4.5	245	145	82	24	单层同心	1-13	1- ϕ 1.56	1	34	5.23	175	220	
52	7	245	145	115				2- ϕ 1.25		25	5.7	175	220	
62	10	327	182	100	36	双层迭绕	1-13	2- ϕ 0.86	2	36	10.5	209	133	
63	14	327	182	130				2- ϕ 0.86		28	11.7	209	133	
72	20	368	210	135	36	双层迭绕	1-13	4- ϕ 1.45	1	12	13.2	240	156	
73	28	368	210	180				1- ϕ 1.56		18	3.8	240	156	
82	40	423	245	180	36	双层迭绕	1-13	3- ϕ 1.56	1	16	18.5	290	176	
83	55	423	245	240				5- ϕ 1.45		16	25.0	290	176	
93	75	493	280	250	36	双层迭绕	1-13	2- ϕ 1.45	2	12	21.0	290	194	
94	100	493	280	320				4- ϕ 1.56		10	9.0	290	194	
								8- ϕ 1.56		8	44.0	340	210	
								12- ϕ 1.56		8	53.0	340	210	



续表

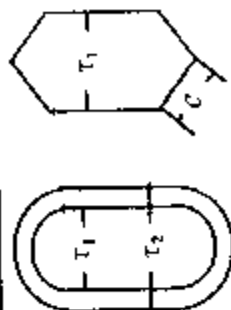
机座号	定子铁心			绕组型式	节距	线规 (n -mm)	并联支路数	每槽线数	线重 (kg)	线模尺寸				
	功率 (kW)	外径	内径 (mm)							长度	槽数	τ_1	τ_2	C (mm)
4 极														
31	0.6	145	90	55	24	单层链式	1-6	1- ϕ 0.57	116	1.12	60			
32	1.0	145	90	82				1- ϕ 0.64	86	1.34				
41	1.7	182	110	72				1- ϕ 0.93	50	2.55	97			
42	2.8	182	110	105			1/1-8	1- ϕ 1.12	35	2.92				
51	4.5	245	155	82			2/1-9	1- ϕ 1.35	29	3.82	131			
52	7	245	155	115				2- ϕ 1.16	21	4.82				
62	10	327	210	100	36			2- ϕ 1.16	42	10.0	134	90		
63	14	327	210	130				2- ϕ 1.35	32	13.0				
72	20	368	230	135			1-8	5- ϕ 1.56	14	17.0	150	95		
73	28	368	230	180				2- ϕ 1.35	42	18.0				
82	40	423	280	180		双层迭绕		2- ϕ 1.56	30	25.5	185	135		
83	55	423	300	240	48		1-11	1- ϕ 1.35	22	19.3	194	143		
93	75	493	327	260				2- ϕ 1.45	14	43.7	250	163		
94	100	493	327	320	60		1-12	5- ϕ 1.45	12	49.5				
								6- ϕ 1.45						

续表

机座号	功率 (kW)	定子铁心			绕组型式	节距	线规 (n-mm)	并联 支路 数	每槽 线数	线重 (kg)	线模尺寸			
		外径	内径	长度							槽数	E ₁	E ₂	C
6 极														
41	1.0	182	110	72	单层 链式	1-6	1- ϕ 0.77	1	72	2.44	51			
42	1.7	182	110	105			1- ϕ 0.93		50	2.57				
51	2.8	245	155	82			1- ϕ 1.12		45	3.02	75			
52	4.5	245	155	115			1- ϕ 1.40		31	4.00				
62	7	327	210	100	双层 迭绕	1-9	1- ϕ 1.35	2	48	4.20	92	70		
63	10	327	210	130			1- ϕ 1.45		22	9.8				
72	14	368	260	135			1- ϕ 1.45		26	15.3	106			
73	20	368	260	180			1- ϕ 1.56		28	8.00			9.20	
82	28	423	300	180	72	1-11	2- ϕ 1.56	2	20	21.4	150	104		
83	40	423	300	240			4- ϕ 1.56		10	24.5				
93	55	493	350	260			1- ϕ 1.25		6	11.0	172			
94	75	493	350	320			2- ϕ 1.35			26			26.7	131
							3- ϕ 1.56		20	46.5				

机座号	功率 (kW)			定子铁心			绕组型式	节距	线规 (n -mm)	并联支路数	每槽 线数	线重 (kg)	线模尺寸		
	外径	内径	长度	槽数	τ_1	τ_2							C		
														(mm)	
8 极															
62	4.5	327	230	100	48	1-6	2- ϕ 1.25	1	28	8.2	83	59			
63	7	327	230	130					22						2- ϕ 1.45
72	10	368	260	135	54	1-7	2- ϕ 1.25	2	34	13.0	90	62			
73	14	368	260	180					26						2- ϕ 1.45
82	20	423	300	180	72	1-9	2- ϕ 1.35 1- ϕ 1.45	4	16	11.7 6.7	115	83			
83	28	423	300	240					26						2- ϕ 1.35
93	40	493	350	260	72	1-9	2- ϕ 1.45 3- ϕ 1.45	4	22	34	120	92			
94	55	493	350	320					16						2- ϕ 1.35 2- ϕ 1.45

注: JO 系列三相异步电动机额定电压为 220/380V, 线模尺寸图见右图。



附表3 JO₂系列三相异步电动机铁心、绕组技术数据

极数	机座号	功率 (kW)	定子铁心				绕组型式	节距	线规 (n-mm)	接法	每槽线数	线圈总数	线重 (kg)
			外径	内径	长度	槽数							
2极	11	0.8	120	67	65	24	单层 同心	1-12、 2-11	1- ϕ 0.67 1- ϕ 0.77	99 72	12	1.62 1.80	
	12	1.1	120	67	85								
	21	1.5	145	82	75	18	单层 交叉	2/1-9、 1/1-8	1- ϕ 0.83 1- ϕ 0.96	80 60	9	1.81 1.88	
	22	2.2	145	82	100								
	31	3	167	94	95	24	单层 同心	1-12、 2-11	1- ϕ 1.16 1- ϕ 1.00 2- ϕ 1.00 2- ϕ 1.12 1- ϕ 1.40 1- ϕ 1.35	41 56 53 44 40	12	2.80 3.03 5.81 6.90 10.50	
	32	4	167	94	125								
	41	5.5	210	114	110								
	42	7.5	210	114	135								
	51	10	245	136	120								
	52	13	245	136	160								



续表

极数	机座号	功率 (kW)	定子铁心				绕组 型式	节距	线规 (n -mm)	接法	每槽 线数	线圈 总数	线重 (kg)
			外径	内径	长度	槽数							
2 极	61	17	280	155	155	30	1-11	1- ϕ 1.45	2 Δ	50	30	9.50	
	71	22	327	182	155	36	1-13	4- ϕ 1.35	Δ	20	36	18.00	
								2- ϕ 1.56		16			
	72	30	327	182	200	36	1-13	2- ϕ 1.62	Δ	26	36	22.00	
								1- ϕ 1.50		26			
	82	40	368	210	240	42	1-15	2- ϕ 1.56	2 Δ	20	42	39.00	
								4- ϕ 1.56		20			
	91	55	423	245	260	42	1-15	5- ϕ 1.56	2 Δ	16	42	43.00	
	92	75	423	245	300	42		7- ϕ 1.56		12			
								93		100			423

续表

极数	机座号	定子铁心			功率 (kW)	绕组 型式	节距	线规 (n -mm)	接法	每槽 线数	线圈 总数	线重 (kg)
		外径	内径	长度								
4 极	11	120	75	85	0.6	单层 链式	1-6	1- ϕ 0.57	Y	115	12	1.30
	12	120	75	100				1- ϕ 0.67		96		
	21	145	90	85				1- ϕ 0.72		80		
	22	145	90	115				1- ϕ 0.83		62		
	31	167	104	95	1- ϕ 0.96	41	2.40					
	32	167	104	135	1- ϕ 1.12	31	2.75					
	41	210	136	100	1- ϕ 1.00	52	3.56					
	42	210	136	125	1- ϕ 1.20	41	4.00					
	51	245	162	120	2- ϕ 1.00	38	6.10					
	52	245	162	160	2- ϕ 1.12	29	6.60					
	61	280	182	155	1- ϕ 1.25	54	7.60					
	62	280	182	190	1- ϕ 1.45	42	8.80					
	71	327	210	175	2- ϕ 1.35	40	17.00					
	72	327	210	235	2- ϕ 1.56	30	19.00					



续表

极数	机座号	功率 (kW)	定子铁心				绕组 型式	节距	线规 (n-mm)	接法	每槽 线数	线圈 总数	线重 (kg)
			外径	内径	长度	槽数							
4极	82	40	368	245	275	48	1-11	3- ϕ 1.40	2 Δ	22	48	25.00	
	91	55	423	280	260	60	1-13	2- ϕ 1.50	4 Δ	34	60	37.50	
	92	75	423	280	340			3- ϕ 1.45		26		46.00	
	93	100	423	280	380	4- ϕ 1.40	22	51.00					
6极	21	0.8	145	94	85	36	1-6	1- ϕ 0.67	Y	81	18	1.62	
	22	1.1	145	94	115			1- ϕ 0.77		61		1.90	
	31	1.5	167	114	95			1- ϕ 0.93	60	2.30			
	32	2.2	167	114	135			1- ϕ 1.04	42	2.84			
	41	3	210	148	110			1- ϕ 1.20	40	3.50			
	42	4	210	148	140			1- ϕ 1.04	55	4.10			
	51	5.5	245	174	130			1- ϕ 1.20	47	4.80			
	52	7.5	245	174	170			1- ϕ 1.40	37	5.90			

续表

极数	机座号	功率 (kW)	定子铁心				绕组 型式	节距	线 规 ($n \sim \text{mm}$)	接 法	每 槽 线 数	线 圈 总 数	线 重 (kg)
			外径	内径	长度	槽 数							
6 极	61	10	280	200	175	54	1-9	1- ϕ 1.16	Δ	22	54	4.50	
					220			1- ϕ 1.12				4.10	
	62	13	280	200	220	54	1-9	1- ϕ 1.35	Δ	18	54	5.50	
								1- ϕ 1.30				5.10	
	71	17	327	230	200	54	1-9	1- ϕ 1.50	Δ	28	54	5.90	
					250			1- ϕ 1.45				5.50	
	72	22	327	230	250	72	1-11	2- ϕ 1.20	2Δ	32	72	13.50	
					240			2- ϕ 1.25				23.50	
	81	30	368	260	240	72	1-11	2- ϕ 1.20	3Δ	24	72	27.50	
					310			3- ϕ 1.40				34.00	
	82	40	368	260	320	72	1-11	2- ϕ 1.40	6Δ	30	72	40.00	
					320			2- ϕ 1.40				40.00	
91	55	423	300	320	72	1-11	2- ϕ 1.40	6Δ	30	72	40.00		
				320			2- ϕ 1.40				40.00		
92	75	423	300	420	72	1-11	2- ϕ 1.40	6Δ	30	72	40.00		
				420			2- ϕ 1.40				40.00		



续表

极数	机座号	功率 (kW)	定子铁心			绕组 型式	节距	线 规 (n -mm)	接 法	每 槽 线 数	线 圈 总 数	线 重 (kg)	
			外径	内径	长度								槽 数
8 极	41	2.2	210	148	110	单层 链式	1-6	1- ϕ 1.12	Y	37	3.45		
	42	3	210	148	140			1- ϕ 1.30				31	4.40
	51	4	245	174	130			Δ	1- ϕ 1.12	48	5.10		
	52	5.5	245	174	170				1- ϕ 1.30	37	6.10		
	61	7.5	280	200	175			双层 迭绕	1-7	1- ϕ 1.04	2 Δ	58	8.00
	62	10	280	200	220					1- ϕ 1.20			
	71	13	327	230	200	54	1- ϕ 1.35			42	10.40		
	72	17	327	230	250		1- ϕ 1.56			34	13.00		
	81	22	368	260	240	72	1-9			2- ϕ 1.35	4 Δ	24	19.00
	82	30	368	260	310					2- ϕ 1.62			
	91	40	423	300	320			34	2- ϕ 1.30	34	31.00		
	92	55	423	300	420				2- ϕ 1.50	26	38.00		

注: JO₂ 系列三相异步电动机定子绕组(2~6极)绕线模尺寸见表 8-10。

附表 4 JO₂ 系列电动机技术数据

型号	功率 (kW)	定子铁心			槽数	转子 槽数	绕组 型式	节距	绕 规 ($n - mm$)	接 法	线圈 匝数	线圈 总数	线重 (kg)
		外径	内径	长度									
2 极													
801	1.1	130	70	75	18	16	单层	2/1-9	1- ϕ 0.86		94	9	0.64
802	1.5	130	70	95			交叉	1/1-8	1- ϕ 0.96		74		0.65
90S	2.2	145	80	100					1- ϕ 1.16	Y	46		0.83
100S	3	167	94	100					1- ϕ 0.93 1- ϕ 0.96		38		0.91
100L	4	167	94	130					1- ϕ 1.16		51		1.07
112S	5.5	188	104	130	24	20		1-12 2-11	2- ϕ 1.08	Δ	48	12	1.90
112L	7.5	188	104	160			单层 同心		2- ϕ 1.20		39		2.1
140M	11	245	136	155					1- ϕ 1.40		62		2.98
160S	15	280	150	160					2- ϕ 1.35	2 Δ	27		4.60
160M	18.5	280	150	200					2- ϕ 1.50		23		5.20
180M	22	328	174	145					5- ϕ 1.45		15		7.00
180L	30	328	174	195					6- ϕ 1.56	Δ	11	18	7.80
200M	40	368	205	200	36	28		1-18 2-17 3-16	5- ϕ 1.50		19		12.3
225S	55	400	220	240					6- ϕ 1.56	2 Δ	15		13.4
250S	75	405	220	300			双层	1-14	11- ϕ 1.56 12- ϕ 1.68		8	36	23.3
280S	100	462	250	280							7		28.8



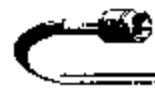
续表

型号	功率 (kW)	定子铁心			转 子 槽 数	绕 组 型 式	节 距	绕 线 规 格 (n -mm)	接 法	线 圈 匝 数	线 圈 总 数	线 重 (kg)		
		外 径 (mm)	内 径 (mm)	长 度										
													槽 数	
801	0.75	130	80	85	22	单 链	1-6	1- ϕ 0.77	Y	100	12	0.57		
802	1.1	130	80	105				1- ϕ 0.90		79		0.67		
90S	1.5	145	90	110				1- ϕ 1.00		63		0.71		
100S	2.2	167	104	100	26			1- ϕ 0.83	Y	41		0.47		
								1- ϕ 0.86				0.50		
								1- ϕ 1.00				0.61		
100L	3	167	104	130	32			1- ϕ 0.96	Y	32		0.58		
112S	4	188	118	125	32	单 层 交 叉	2/1-9 1/1-8	1- ϕ 1.20	Δ	48	18	1.40		
112L	5.5	188	118	165	36			1- ϕ 1.00	Δ	36		0.96		
140S	7.5	245	162	120	26			1- ϕ 0.96	Δ	35		2.2		
140M	11	245	162	170				2- ϕ 1.12		24		2.60		
160S	15	280	180	170				2- ϕ 1.35		11		3.52		
160M	18.5	280	180	210	28		1-8	2- ϕ 1.62	2Δ	9	36	3.90		
180M	22	328	200	160				2- ϕ 1.25		20		7.10		
								2- ϕ 1.62		15				
180L	30	328	200	210	43	双 层	1-9	2- ϕ 1.56	2Δ	15		7.90		
								1- ϕ 1.50						
200M	40	368	235	230	46		1-11	4- ϕ 1.56		13	48	10.7		

4 极

续表

型号	功率 (kW)	定子铁心			转子槽数	绕组 型式	节距	线 规 (n-mm)	接 法	线 圈 匝 数	线 圈 总 数	线 重 (kg)	
		外径	内径	长度									槽 数
4 极													
225S	55	368	230	290	44	双层	1-12	4- ϕ 1.35	Δ	17	48	15.00	
250S	75	405	250	320				6- ϕ 1.35		14		20.30	
280S	100	465	280	290	50		1-14	7- ϕ 1.45		10	60	27.00	
6 极													
801	0.55	130	80	90	24	双层	1-5	1- ϕ 0.74	Y	57	27	0.59	
802	0.75	130	80	110				27		46		1- ϕ 0.83	0.68
90S	1.1	145	94	115	26	单链	1-6	1- ϕ 0.96	Y	57	18	0.80	
100S	1.5	167	114	105				36		53		1- ϕ 1.04	0.87
100L	2.2	167	114	140	33	单链	1-6	2- ϕ 0.86	Y	40	36	1.05	
112S	3	188	128	135				36		36		1- ϕ 1.00	0.65
112L	4	188	128	165	36	单链	1-6	1- ϕ 1.04	Δ	49	48	1.60	
140S	5.5	245	174	120				33		46		2- ϕ 0.90	1.90
140M	7.5	245	174	170	33	单链	1-6	1- ϕ 1.16	Δ	66	66	2.23	
160S	11	280	200	180				29		29		1- ϕ 1.45	2.90
160M	15	280	200	240	33	双层	1-6	1- ϕ 1.56	2 Δ	22	36	3.8	
180M	18.5	328	230	200				22		22		1- ϕ 1.45	2.80
								1- ϕ 1.35				2.60	



续表

型号	功率 (kW)	定子铁心			转子槽数	绕组型式	节距	线规 (n -mm)	接法	线圈匝数	线圈总数	线重 (kg)
		外径	内径	长度								
6 极												
180L	22	328	230	240	33	1-6	2- ϕ 1.45	2 Δ	19	36	6.00	
200M	30	368	245	235			36		4- ϕ 1.35		17	9.6
225S	40	368	245	320	44	1-9	2- ϕ 1.40 2- ϕ 1.35	3 Δ	16	54	15.3	
250S	55	405	275	320	53	1-12	4- ϕ 1.56	3 Δ	10	72	16.5	
280S	75	462	315	310			72		6- ϕ 1.56		9	20.5
8 极												
100S	1.1	167	114	105	33	1-6	1- ϕ 0.96	Y	49	48	0.85	
100L	1.5	167	114	145			36		1- ϕ 1.12		36	1.04
112S	2.2	188	128	135	44	1-6	1- ϕ 0.93 1- ϕ 0.96	Y	35	24	0.56 0.59	
112L	3	188	128	165			48		1- ϕ 1.04 1- ϕ 1.08		28	1.61
140S	4	245	174	120	44	单链	1- ϕ 1.30	Δ	44	24	2.08	
140M	5.5	245	174	170			34		2- ϕ 1.08		34	2.50
160S	7.5	280	200	180	44	1-6	1- ϕ 1.25	2 Δ	31	24	3.28	
160M	11	280	200	240			22		1- ϕ 1.50		22	4.10

续表

型号	功率 (kW)	定子铁心			转 子 槽 数	绕 组 型 式	节 距	线 规 (n -mm)	接 法	线 圈 匝 数	线 圈 总 数	线 重 (kg)	
		外 径	内 径	长 度									槽 数
180M	15	328	230	200	44	8	1-6	2- ϕ 1.30	2 Δ	21	48	5.40	
180L	18.5	328	230	250				48		17		2- ϕ 1.45	6.2
200M	22	368	260	240				56		15		2- ϕ 1.56	6.5
225S	30	368	260	280	58	8	1-8	2- ϕ 1.35	4 Δ	23	60	10.2	
250S	40	405	275	320				72		17		3- ϕ 1.35	15.4
280S	55	462	315	290				72		15		1- ϕ 1.56 2- ϕ 1.62	18.1

极

8

附表5 Y系列三相异步电动机(IP44)定子绕组技术数据

型号	功率 (kW)	定子铁心			绕组 型式	节 距	绕 规 (n-mm)	接 法	每 槽 线 数	线 圈 总 数	线 重 (kg)
		外 径	内 径	长 度							
2 极											
801	0.75	120	67	65	18	2/1-9 1/1-8	1- ϕ 0.63	Y	111	9	1.3
802	1.1	120	67	80			1- ϕ 0.71		90		1.45
90S	1.5	130	72	80			1- ϕ 0.80		77		1.6
90L	2.2	130	72	110			1- ϕ 0.95		58		1.9
100L	3	155	84	100	24	1-12 2-11	1- ϕ 1.18	12	40	2.8	
112M	4	175	98	105		1- ϕ 1.06	48		3.7		
132S _t	5.5	210	116	105	30	1-16 2-15 3-14 1-14 2-13	1- ϕ 0.90 1- ϕ 0.95	Δ	44	15	5.7
132S ₂	7.5	210	116	125			1- ϕ 1.00 1- ϕ 1.06		37		6.3
160M ₁	11	260	150	125			2- ϕ 1.18 1- ϕ 1.25		28		11
160M ₂	15	260	150	155			2- ϕ 1.12 2- ϕ 1.18		23		12
160L	18.5	260	150	195	30		3- ϕ 1.12 2- ϕ 1.18		19	13.3	



续表

型号	功率 (kW)	定子铁心			槽数	绕组 型式	节 距	绕 规 (n-mm)	接 法	每 槽 线 数	线 圈 总 数	线 重 (kg)
		外径	内径	长度								
2 极												
180M	22	290	160	175	36	双层 迭绕	1-14	2- ϕ 1.30	Δ	16	36	14.6
200L ₁	30	327	182	180				2- ϕ 1.40				20.2
200L ₂	37	327	182	210				2- ϕ 1.12	24	22.4		
225M	45	368	210	210				2- ϕ 1.18		22		28.8
250M	55	400	225	195				1- ϕ 1.40	20			
280S	75	445	255	225				2- ϕ 1.50		14		
280M	90	445	255	260				1- ϕ 1.40	12			
				42				3- ϕ 1.50		42		
4 极												
801	0.55	120	75	65	24	单层 链式	1-6	1- ϕ 0.56	Y	128	12	1.15
802	0.75	120	75	80				1- ϕ 0.63		103		1.30
90S	1.1	130	80	90				1- ϕ 0.71		81		1.40
90L	1.5	130	80	120				1- ϕ 0.80		63		1.60
100L ₁	2.2	155	98	105				2- ϕ 0.71	41	2.50		
100L ₂	3	155	98	135				1- ϕ 1.18	31	2.90		
112M	4	175	110	135				1- ϕ 1.06	46	3.70		
								2/1-9 1/1-8	Δ			



续表

型号	功率 (kW)	定子铁心			槽数	绕组 型式	节 距	绕 规 (n-mm)	接 法	每 槽 线 数	线 圈 总 数	线 重 (kg)
		外 径	内 径	长 度								
4 极												
132S	5.5	210	136	115	36	单层 交叉	2/1-9 1/1-8	1- ϕ 0.95	Δ	47	18	5.70
132M	7.5	210	136	160				1- ϕ 1.09		35		6.50
160M	11	260	170	155				2- ϕ 1.06 2- ϕ 1.30		28		8.40
160L	15	260	170	195				1- ϕ 1.18 2- ϕ 1.25		22		9.90
180M	18.5	290	187	190				2- ϕ 1.18		32		12.5
180L	22	290	187	220			1-11	2- ϕ 1.30	2 Δ	28		14.2
200L	30	327	210	230				2- ϕ 1.06 2- ϕ 1.12		24		18.4
225S	37	368	245	200	48	双层	1-12	2- ϕ 1.25	4 Δ	46	48	24.1
225M	45	368	245	235				2- ϕ 1.30 2- ϕ 1.40		20		26.3
250M	55	400	260					3- ϕ 1.30		36		
280S	75	445	300	240	60		1-14	2- ϕ 1.25 2- ϕ 1.30		26	60	
280M	90			325				5- ϕ 1.30		20		

续表

型号	功率 (kW)	定子铁心			绕组 型式	节 距	绕 规 (n -mm)	接 法	每 槽 线 数	线 圈 总 数	线重 (kg)	
		外 径	内 径	长 度								
												槽 数
6 极												
90S	0.75	130	86	100	链 式	1-6	1- ϕ 0.67	Y	77	18	1.70	
90L	1.1	130	86	125			1- ϕ 0.75		60		1.90	
100L	1.5	155	106	100			1- ϕ 0.95		53		2.00	
112M	2.2	175	120	110			1- ϕ 1.06		44		2.80	
132S	3	210	148	110			36		1- ϕ 0.85		38	3.50
									1- ϕ 0.90			
132M ₁	4	210	148	140			1- ϕ 1.06		52		4.00	
132M ₂	5.5	210	148	180					1- ϕ 1.25			42
160M	7.5	260	180	145			2- ϕ 1.12				38	7.10
160L	11	260	180	195					4- ϕ 0.95			



续表

型号	功率 (kW)	定子铁心			槽数	绕组 型式	节 距	绕 规 (n-mm)	接 法	每 槽 线 数	线 圈 总 数	线 重 (kg)
		外 径	内 径	长 度								
180L	15	290	205	200	54	双 层 迭 绕	1-9	1- ϕ 1.50	2 Δ	34	54	11.0
200L ₁	18.5	327	230	195				1- ϕ 1.12		32		12.3
								1- ϕ 1.18		28		13.8
200L ₂	22	327	230	220				2- ϕ 1.25	26	23.8		
225M	30	368	260	210				1- ϕ 1.30	28	27.2		
								2- ϕ 1.40				
250M	37	400	285	225	1- ϕ 1.12	3 Δ	72	34.4				
280S	45	445	325	215	2- ϕ 1.18							
					1- ϕ 1.40							
280M	55			260	2- ϕ 1.30	26						
					1- ϕ 1.40	22						

6 极

续表

型号	功率 (kW)	定子铁心			槽数	绕组 型式	节 距	绕 规 (n -mm)	接 法	每 槽 线 数	线 圈 总 数	线 重 (kg)
		外径	内径	长度								
8 极												
132S	2.2	210	148	110	48	单层 链式	1-6	1- ϕ 1.12	Y	38	24	4.00
132M	3	210	148	140				1- ϕ 1.30		30		4.40
160M ₁	4	260	180	110	48	单层 链式	1-6	1- ϕ 1.25	Δ	49	24	6.3
160M ₂	5.5	260	180	145				2- ϕ 1.00		39		7.20
160L	7.5	260	180	195	48	单层 链式	1-6	1- ϕ 1.12	Δ	30	24	8.70
180L	11	290	205	200				1- ϕ 1.18		46		9.90
200L	15	327	230	195	54	双层 迭绕	1-7	1- ϕ 1.06	2 Δ	38	54	12.00
225S	18.5	368	260	170				1- ϕ 1.12		38		20.30
225M	22	368	260	210	54	双层 迭绕	1-7	2- ϕ 1.40	2 Δ	32	54	22.00
250M	30	400	285	225				2- ϕ 1.50		22		24.00
280S	37	445	325	215	72	双层 迭绕	1-9	3- ϕ 1.30	4 Δ	40	72	30.00
280M	45	445	325	260				1- ϕ 1.40		34		35.70

注: Y 系列三相异步电动机(IP44)定子绕组(2~6极)线模尺寸见表 8-11。

[G e n e r a l I n f o r m a t i o n]

书名 = 三相交流异步电动机维修入门

作者 = 钱守义主编

页数 = 353

SS号 = 11688515

出版日期 = 2004年05月第1版

前言

目录

- 第一章 三相交流异步电动机的基本知识
 - 第一节 三相交流异步电动机的工作原理
 - 一、电动机转动的基本原理
 - 二、旋转磁场的产生
 - 三、旋转磁场的转速与转向
 - 第二节 三相鼠笼式异步电动机的结构
 - 一、外形
 - 二、主要零部件及结构简图
 - 三、定子的结构
 - 四、转子的结构
 - 五、其他机械构件
 - 第三节 三相绕线式异步电动机的结构
 - 一、三相绕线式异步电动机的基本部件组成
 - 二、绕线式转子
 - 第四节 三相异步电动机的分类及型号
 - 一、三相异步电动机的类型
 - 二、三相异步电动机的型号
 - 第五节 三相异步电动机的一般要求和规定
 - 一、一般技术要求
 - 二、铭牌值
- 第二章 电动机修理常用工具及材料
 - 第一节 电流表与电压表
 - 一、电工仪表的常识
 - 二、电流表
 - 三、电压表
 - 第二节 万用表
 - 一、指针式万用表
 - 二、数字式万用表
 - 第三节 钳形电流表
 - 一、钳形电流表的使用方法
 - 二、钳形电流表的使用注意事项
 - 第四节 兆欧表
 - 一、兆欧表的选择
 - 二、测量前的准备
 - 三、接线
 - 四、测量
 - 第五节 转速表

- 一、离心式转速表
- 二、数字式转速表
- 第六节 千分尺、游标卡尺、塞尺、线规
 - 一、千分尺
 - 二、游标卡尺
 - 三、塞尺
 - 四、线规
- 第七节 黑色金属材料
 - 一、电动机转轴常用材料
 - 二、硅钢片
- 第八节 有色金属材料
 - 一、电磁线
 - 二、三相电动机的引出线
 - 三、换向器梯形铜排
 - 四、轴瓦材料
 - 五、锡铅焊料和硬钎焊料
- 第九节 绝缘材料
 - 一、绝缘漆
 - 二、绝缘纤维制品
 - 三、绝缘纸与绝缘纸板
 - 四、绝缘层压制品
 - 五、云母制品
 - 六、电工薄膜及复合材料
 - 七、绝缘材料的选用
- 第十节 其他材料
 - 一、溶剂和稀释剂
 - 二、润滑脂
 - 三、轴承
 - 四、电刷
- 第三章 三相交流异步电动机的拆装
 - 第一节 拆装电动机所需工具
 - 一、试电笔
 - 二、螺丝刀
 - 三、尖嘴钳
 - 四、钢丝钳
 - 五、活络扳手
 - 六、手锤
 - 七、拉具
 - 八、电动机绕组嵌线工具

- 九、绕线机
- 十、喷灯
- 十一、电烙铁
- 第二节 三相鼠笼式异步电动机的拆装
 - 一、三相鼠笼式异步电动机的拆卸
 - 二、三相鼠笼式异步电动机的装配
- 第三节 绕线式异步电动机的拆装
 - 一、绕线式异步电动机拆卸顺序
 - 二、电刷架及滑环的拆装
- 第四章 三相异步电动机检查与维修方案的确定
 - 第一节 三相异步电动机的检查
 - 一、电动机起动前的准备与检查
 - 二、电动机在运行中巡视的检查及维护方法
 - 第二节 电动机维修方案的确定
 - 一、三相异步电动机的小修
 - 二、三相异步电动机的大修
- 第五章 电动机的常见机械故障及检修
 - 第一节 轴的故障与修理
 - 一、转轴弯曲的检查与修理
 - 二、转轴伤裂的检查与修理
 - 三、转轴轴颈及键槽磨损的修理
 - 第二节 定子铁心的故障及修理
 - 一、铁心内腔表面擦伤的修理
 - 二、铁心齿或槽表面烧伤的修理
 - 三、铁心两端面齿部硅钢片外翘的修理
 - 四、铁心松动的修理
 - 第三节 机座与端盖的故障与修理
 - 一、机座的故障检查与修理
 - 二、端盖故障的修理
 - 第四节 轴承的故障及修理
 - 一、轴承故障的辨别
 - 二、轴承故障的检查
 - 三、轴承故障的处理
- 第六章 转子绕组的故障及修理
 - 第一节 鼠笼式转子的故障及修理
 - 一、鼠笼式转子故障的检查
 - 二、鼠笼式转子故障的修理
 - 第二节 绕线式转子的故障及修理
 - 一、绕组端部并接头铜套开焊故障检查与修理

- 二、绕组端部绑扎带的故障与修理
- 三、集电环的故障与修理
- 第七章 定子绕组的常见故障及检修
 - 第一节 定子绕组短路故障修理
 - 一、相间短路
 - 二、匝间短路
 - 三、绕组短路故障的检查方法
 - 四、绕组短路故障的修理方法
 - 第二节 定子绕组接地故障的修理
 - 一、定子绕组接地的原因及故障现象
 - 二、接地故障的检查
 - 三、接地故障的修理
 - 第三节 定子绕组断路故障的修理
 - 一、定子绕组断路的原因和故障现象
 - 二、定子绕组断路故障的检查
 - 三、定子绕组断路故障的修理
 - 第四节 定子绕组接线错误故障的修理
 - 一、定子绕组接线错误的主要类型
 - 二、定子绕组接线错误的检查
 - 三、定子绕组接线错误的修理
 - 第五节 绕组绝缘不良故障的修理
 - 一、绕组绝缘不良的故障原因
 - 二、绕组绝缘不良的检查方法
 - 三、绕组绝缘不良故障的处理方法
- 第八章 重换定子绕组的方法
 - 第一节 绕组的概述
 - 一、定子绕组的构成原则
 - 二、定子绕组的分类
 - 三、绕组的常用术语及参数
 - 四、三相定子绕组的分布、排列与连接要求
 - 第二节 绕组展开图的基本画法
 - 一、定子绕组展开图的基本画法
 - 二、定子绕组展开图的绘制步骤
 - 三、绕组圆形接线参考图（简称接线图）
 - 第三节 重换定子绕组的步骤和方法
 - 一、查明电动机使用和损坏的情况
 - 二、记录原始数据
 - 三、拆除旧线圈
 - 四、定子槽的清理

- 五、绕组导线和绝缘材料的选择
- 六、绕线模尺寸的选择及制作方法
- 七、绕组的绕制
- 八、绕组的基本嵌线法
- 九、绕组端部的整形
- 十、绕组端部的捆扎
- 十一、绕组的接线
- 十二、绕组试验
- 十三、绕组的浸漆和烘干
- 十四、电动机总装时的检查

第四节 常用绕组嵌线工艺实例

- 一、单层链式绕组
- 二、单层交叉链式绕组
- 三、单层交叉同心式绕组
- 四、双层迭绕组

第九章 三相交流异步电动机的试验

- 一、测定绝缘电阻
- 二、测定绕组直流电阻
- 三、耐压试验
- 四、绕组匝间绝缘试验
- 五、空载试验
- 六、短路试验（堵转试验）
- 七、超速试验
- 八、转子开路电压试验

第十章 三相交流异步电动机的常见故障及检修方法

第一节 三相交流异步电动机常见机械故障及排除方法

- 一、电源接通后电动机不能转动，或虽能转动但有明显的摩擦火花，额定负载时转速低于额定值
- 二、电动机有不正常的振动和声响
- 三、电动机温升过高或冒烟
- 四、电动机轴承过热

第二节 三相交流异步电动机常见电气故障及排除方法

- 一、电源接通后电动机不能启动
- 二、电动机可以启动，但带负载后转速很低或停转
- 三、电动机运行中有异常响声
- 四、电动机温升过高或冒烟
- 五、电动机运行时三相电流不平衡
- 六、电动机外壳带电

附表

- 附表 1 J Z 系列三相异步电动机铁心、绕组技术数据
- 附表 2 J O 系列三相异步电动机铁心、绕组技术数据
- 附表 3 J O 2 系列三相异步电动机铁心、绕组技术数据
- 附表 4 J O 3 系列电动机技术数据
- 附表 5 Y 系列三相异步电动机 (I P 4 4) 定子绕组技术数据