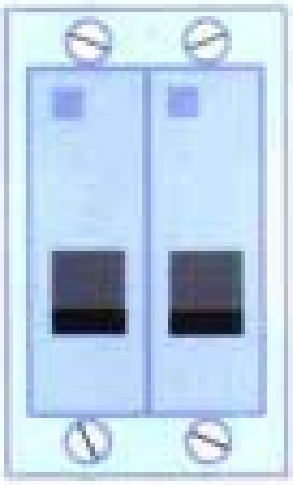
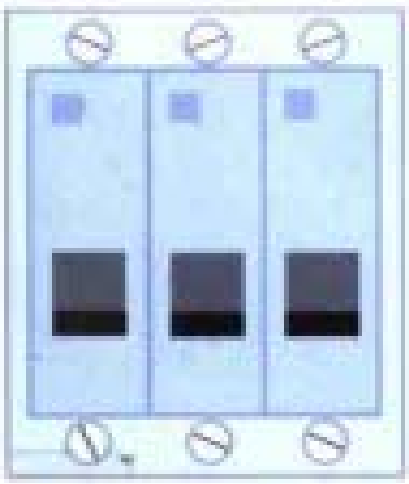
www.plcworld.cn

电工1000个怎么办

DIANGONG
1000GE
ZENMEBAN





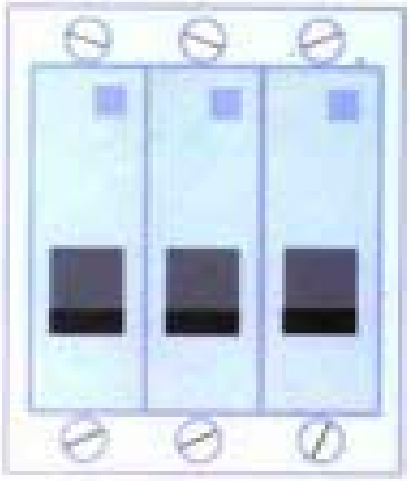
金盾出版社

www.plcworld.cn

封面设计：吴大伟

电工1000个怎么办

DIANGONG
1000GE
ZENMEBAN



ISBN 7-80022-585-2
9 787800 225857 01>

ISBN 7-80022-585-2
TM·17 定价:29.00元

www.plcworld.cn

电工1000个怎么办

主　编　张盖楚
主　审　秦华棣
编　者　张盖楚　刘　捷　刘泽发　崔尚玉
李建熙　韩剑凌　陈福长　陈振明
徐元浩　张寿松

金盾出版社

www.plcworld.cn

内 容 提 要

本书以问答形式较全面地阐述了35千伏及以下电气线路和电气设备的使用、维护与故障排除方面的主要问题。内容包括一般电工知识，以及电动机和其他用电设备、电气照明、变压器、变配电装置和高低压电器、电容器、内外线路、电工测量仪表、接地与接地装置、电工安全用具的运行维护和管理，并说明了触电与防护，以及电气防火、防爆和防雷应注意的事项。

图书在版编目(CIP)数据

电工1000个怎么办/张盖楚等编著. 北京：金盾出版社，1994.9

ISBN 7-80022-585-2

Ⅰ.电… Ⅱ.张… Ⅲ.电工-问答 Ⅳ.TM-44

金盾出版社出版、总发行

北京太平路5号(地铁万寿路站往南)

邮政编码：100036 电话：68214039 66882412

传真：68276683 电挂：0234

封面印刷：北京精美彩印有限公司

正文印刷：北京金盾印刷厂

各地新华书店经销

开本：787×1092 1/32 印张：30 字数：670千字

2003年6月第1版第12次印刷

印数：219001—230000册 定价：29.00元

(凡购买金盾出版社的图书，如有缺页、倒页、脱页者，本社发行部负责调换)

www.plcworld.cn

前　言

随着我国现代化建设事业的不断发展，各部门、各行业从事电气工作的人员迅速增加，其中尤以青年电工居多，他们急需学习实用电工技术。为此，我们编写了这本通俗读物。

本书是以三四级电工为对象，重点选编35千伏及以下电气线路和电气设备的使用、维护与故障排除方面的问题。电气安装方面，由于青年电工一般都是在师傅的指导下工作的，很少单独从事外线和大件的安装，并且，新线路、新设备的安装，一般都有图纸作为依据。因此，本书只选入电气线路和电气设备运行过程中某些器件损坏后，新件的安装，以及特殊设备或临时设备的安装方面的内容。此外，本书也选入了一少部分扩大青年电工技术视野和丰富实用技术知识的题目。

本书所选题材，内容由浅入深，兼顾了不同技术水平的读者需要，一二级电工也可看懂书中大部分内容，并可通过阅读本书，不断提高技术水平。

本书的特点，一是实用性强，所选题目，绝大多数都是实际工作中遇到的问题；二是条理清楚，层次分明，内容充实，重点突出，文字简炼，通俗易懂；三是内容很少涉及具体电气设

www.plcworld.cn

备的型号，因为电气设备的型号是不断更新的，而本书所阐述的具体问题的原则是不会轻易改变的，因此本书对读者具有较长时间的参考使用价值。

本书承冯宗恒高级工程师阅读部分初稿，柳长虹同志审读初稿 1800 多问，对题目的筛选提出了宝贵意见，刘军同志提供了部分参考资料，在此表示衷心感谢。限于编者水平，书中难免有错误之处，敬请广大读者批评指正。

编　者

1993 年 11 月

www.plcworld.cn

目　　录

一、一般电工知识 …… (1)

1. 怎样认识电力系统中发、供、用三者之间的关系？ …… (1)
2. 怎样对厂矿企业配电？ …… (1)
3. 如何划分用电负荷的等级？怎样确定各级用电负荷的供电方式？ …… (2)
4. 什么叫做高压用户和低压用户？怎样划分对用户进行高压供电或低压供电的界限？ …… (3)
5. 怎样划分厂矿企业内部配电方式？ …… (4)
6. 怎样理解电力系统的异常运行方式？电力系统一般有几种最危险的异常运行方式？ …… (6)
7. 怎样阅读电气原理图？ …… (7)
8. 什么叫做电气接线图？怎样区分一次接线图和二次接线图？ …… (9)
9. 负荷随时间变动有什么规律？对不同时间出现的各种负荷怎样命名？ …… (10)
10. 什么叫做负荷率？怎样提高负荷率？提高负荷率有何意义？ …… (11)
11. 怎样计算日用电量、日平均负荷和瞬间负荷？ …… (12)
12. 怎样计算用电设备利用率、变压器利用率和年最大负荷利用小时？ …… (13)
13. 怎样计算厂矿企业用电设备的功率因数？ …… (14)
14. 负荷定量器怎样分类？装设负荷定量器有何优点？ …… (15)

www.plcworld.cn

15. 住宅家用电器的安装容量与其计算负荷有何区别和联系？怎样计算住宅的安装容量？ …… (15)
16. 怎样理解单一制电价和两部制电价？ …… (17)
17. 电工人员怎样坚持文明生产？ …… (17)
18. 电工人员怎样学会自我保护？ …… (18)
19. 对电气事故的原因怎样进行分析？ …… (18)
20. 需要改动电气线路时，为什么要办理申请报批手续？怎样书写申请报告？ …… (19)
21. 怎样认识三相用电不平衡的危害？ …… (20)
22. 如何判断电压质量是否符合要求？怎样计算电压合格率？ (20)
23. 什么叫做电压波动？波动的原因是什么？怎样认识电压波动的危害？ …… (22)
24. 怎样调查电气设备的故障？ …… (23)
25. 怎样掌握电气设备拆修和调整的一般原则？ …… (24)
26. 怎样表示绝缘材料的绝缘性能好坏？什么叫做损耗角？ …(25)
27. 怎样判断电气线路和设备的绝缘电阻是否符合标准？ …… (25)
28. 怎样进行泄漏电流试验？ …… (27)
29. 怎样计算节约的电量？ …… (28)
30. 怎样理解违章用电？哪些用电行为属于违章用电？ …… (29)

二、电动机和其他用电设备 …… (30)

31. 电动机如何分类？怎样合理选用电动机？ …… (30)
32. 怎样根据生产环境特征选择不同防护型式的电动机？ …… (30)
33. 电动机的“连续工作制”、“周期工作制”和“短时工作制”有何区别？怎样运用？ …… (31)
34. 什么叫做电动机的过载保护？怎样实现？ …… (32)
35. 为什么电动机的控制电路应有欠电压保护？怎样实现这种保护？ …… (32)

www.plcworld.cn

36. 怎样正确选用电动机的控制和保护方式？ …… (33)
37. 怎样选择和安装电动机全压起动的操作开关？ …… (33)
38. 怎样安装电动机的传动装置？ …… (34)
39. 怎样选择电动机与生产机械之间的传动胶带？使用胶带传动装置应注意哪些事项？ …… (35)
40. 怎样正确操作电动机的开关设备？ …… (36)
41. 怎样做好电动机起动前的准备工作？ …… (37)
42. 怎样做好电动机试运行中的检查工作？ …… (38)
43. 怎样划分运行中的电动机发生故障的外因和内因？ …… (39)
44. 电动机自动跳闸怎么办？ …… (40)
45. 哪些原因造成电动机过热？怎样防止电动机过热？ …… (41)
46. 运行中的电动机严重过热而保护装置又不动作怎么办？ …(42)
47. 电动机运行中出现不正常声响的原因是什么？ …… (43)
48. 电动机运行时强烈振动怎么办？ …… (43)
49. 怎样测量电动机的绝缘电阻？ …… (44)
50. 电动机的绝缘电阻过低怎么办？ …… (45)
51. 发现电动机的外壳带电怎么办？ …… (46)
52. 发现电动机冒烟怎么办？ …… (46)
53. 电动机扫膛怎么办？ …… (47)
54. 电动机的转子不平衡怎么办？ …… (47)
55. 三相异步电动机的转轴出现裂纹、断裂或弯曲现象怎么办？ …… (48)
56. 电动机的轴颈和轴承室磨损怎么办？ …… (49)
57. 怎样判断异步电动机滚动轴承的好坏？ …… (50)
58. 异步电动机的轴承过紧或过松怎么办？ …… (50)
59. 电动机的轴承过热怎么办？ …… (51)
60. 轴承漏油怎么办？ …… (52)
61. 怎样清洗轴承？ …… (53)
62. 怎样浇铅修复电动机的滑动轴承？ …… (53)
63. 怎样选择修理电动机用的绝缘材料？绝缘材料的等级是

www.plcworld.cn

如何划分的？ …… (54)
64. 在修理电动机以前怎样进行整体检查和做好标记？ …… (56)
65. 怎样确认电动机不经干燥即可投入运行？ …… (57)
66. 怎样校正电动机？ …… (58)
67. 重绕的绕组怎样浸漆？ …… (59)
68. 怎样研磨电刷？ …… (60)
69. 从节约用电方面考虑，怎样加强电动机的运行管理？ …… (61)
70. 怎样计算三相异步电动机的输入功率、转矩和在非额定电压下的输出功率？ …… (62)
71. 怎样正确选择低压电动机的接线方式？ …… (64)
72. 三相异步电动机的定子绕组怎样接线？接错线会产生什么后果？ …… (65)
73. 怎样进行电动机接线盒中的接线？ …… (66)
74. 电动机接线时发现引出线上没有编号怎么办？ …… (67)
75. 怎样正确选择保护中小型异步电动机用的熔断器熔体？ …(68)
76. 怎样选择鼠笼式感应电动机的起动方式？ …… (69)
77. 怎样选择绕线式感应电动机的起动方式？ …… (70)
78. 怎样选择单相异步电动机的起动方式？ …… (72)
79. 接通电源后三相异步电动机不能起动怎么办？ …… (72)
80. 电动机不能采用直接起动方式起动怎么办？ …… (73)
81. 电动机接通电源后低压断路器立即分断或熔断器熔体立即熔断怎么办？ …… (74)
82. 电动机带负载不能起动或加上负载转速就急剧下降怎么办？ …… (75)
83. 切除绕线式电动机的起动电阻后，其转速降低怎么办？ … (75)
84. 鼠笼式异步电动机有哪几种制动方法？怎样进行制动操作？ …… (76)
85. 怎样鉴定无铭牌电动机的极数？ …… (77)
86. 怎样维护运行中的防爆电动机？ …… (78)
87. 怎样改变单相电动机的旋转方向？ …… (79)

www.plcworld.cn

88. 电动机的三相电流不平衡怎么办？ …… (79)
89. 发现三相异步电动机不能反转怎么办？ …… (80)
90. 电动机的空载电流偏大或偏小怎么办？ …… (80)
91. 鼠笼式电动机的三相空载电流差在10%左右，怎样确定它是由于电源电压不平衡还是电动机本身缺陷引起的？ …… (81)
92. 怎样快速判断低压电动机的绝缘是否良好？ …… (82)
93. 异步电动机的绝缘不良怎么办？ …… (83)
94. 电动机长期低压运行怎么办？ …… (83)
95. 三相电动机缺相运行有何危害？怎样处理？ …… (84)
96. 电动机发生“崩烧”事故的原因是什么？怎样防止？ …… (84)
97. 电动机已烧坏，而热继电器不动作怎么办？ …… (85)
98. 运行中的三相异步电动机温升过高怎么办？ …… (86)
99. 怎样对三相异步电动机进行转速调整？ …… (87)
100. 异步电动机定子绕组相间短路有哪些现象？是什么原因引起的？怎样处理？ …… (88)
101. 异步电动机的定子绕组匝间短路有哪些现象？是什么原因引起的？怎样处理？ …… (88)
102. 怎样查找异步电动机定子绕组相间或匝间的短路点？ … (89)
103. 怎样判别异步电动机三相绕组的首尾端？ …… (91)
104. 异步电动机的定子绕组接错线怎么办？ …… (93)
105. 三相异步电动机的绕组接地怎么办？ …… (94)
106. 三相异步电动机的绕组短路怎么办？ …… (96)
107. 怎样自制短路侦察器？ …… (97)
108. 三相异步电动机的定子绕组断线怎么办？ …… (98)
109. 鼠笼式电动机的转子断条怎么办？ …… (100)
110. 怎样测量绕线式转子的开路电压？ …… (101)
111. 绕线式电动机集电环(滑环)出现故障怎么办？ …… (101)
112. 绕线式电动机集电环(滑环)发生故障的原因是什么？怎样消除？ …… (102)
113. 绕线式电动机的电刷冒火星怎么办？ …… (102)

www.plcworld.cn

114. 同步电动机有何特点？怎样起动？ …… (103)
115. 同步电动机不能起动怎么办？ …… (103)
116. 同步电动机起动后转速不能增大到正常值并有较大的振动或产生异常噪声怎么办？ …… (104)
117. 同步电动机的阻尼绕组焊接处断裂怎么办？ …… (105)
118. 同步电动机的定子接线处开焊怎么办？ …… (106)
119. 怎样拆卸三相异步电动机？ …… (106)
120. 怎样对电动机进行内部检查？ …… (107)
121. 电动机旧绕组不易拆除怎么办？ …… (108)
122. 修理铝线绕组时没有铝线怎么办？ …… (109)
123. 怎样部分修理交流电动机的绕组？ …… (109)
124. 电动机的绕组重绕后，怎样计算电动机的相电流和额定功率？ …… (110)
125. 怎样判断电动机检修中重绕绕组的质量好坏？ …… (111)
126. 在电动机的检修中绕组接错或嵌反怎么办？ …… (112)
127. 定子绕组重绕后怀疑接线有误怎么办？ …… (113)
128. 怎样整体组装修复后的三相异步电动机？ …… (114)
129. 怎样测试大修后的三相异步电动机？ …… (115)
130. 对三相异步电动机怎样进行通电试验？ …… (116)
131. 怎样对电动机绕组进行耐压试验？ …… (117)
132. 怎样做三相异步电动机的空载试验？ …… (118)
133. 怎样做三相异步电动机的短路试验？ …… (118)
134. 怎样做电动机的超速试验？ …… (119)
135. 怎样对绕线式转子电动机进行开路电压试验？ …… (119)
136. 怎样做三相异步电动机的匝间绝缘试验？ …… (120)
137. 怎样做好直流电动机起动前的准备工作？ …… (120)
138. 怎样起动直流电动机？ …… (121)
139. 直流电动机不能起动怎么办？ …… (123)
140. 需要直流电动机反转怎么办？ …… (124)
141. 直流电动机的转速与传动机械要求的转速不符怎么办？

www.plcworld.cn

…… (124)
142. 直流电动机有哪几种制动方法？怎样进行制动操作？ … (125)
143. 直流电动机的转速不稳怎么办？ …… (125)
144. 直流电动机能否低速运行？怎样降低其转速？ …… (126)
145. 直流电动机严重振动怎么办？ …… (127)
146. 直流电动机的轴承过热怎么办？ …… (127)
147. 直流电动机换向不良怎么办？ …… (128)
148. 直流电动机温升过高或突然"失磁"怎么办？ …… (129)
149. 直流电动机的电枢绕组接错或接反怎么办？ …… (129)
150. 直流并励电动机的并励绕组突然断线会产生什么后果？怎样保护并励绕组？ …… (130)
151. 直流电动机的电枢绕组短路或断线怎么办？ …… (130)
152. 怎样查找直流电动机的电枢绕组接地故障和定子绕组接地故障？ …… (132)
153. 直流电动机出现有害火花或环火怎么办？ …… (133)
154. 直流电动机空载时电刷下无火星，稍带负载即冒火星，或者某一极电刷下的火星比另一极电刷下的火星大怎么办？ …… (134)
155. 怎样维护保养直流电动机的换向器？ …… (135)
156. 直流电动机的换向片间短路怎么办？ …… (135)
157. 换向器接地怎么办？ …… (136)
158. 直流电动机的刷握常出现哪些故障？怎样处理？ …… (137)
159. 怎样判别电刷是否在中性线位置上？ …… (137)
160. 怎样拆卸直流电动机？ …… (138)
161. 怎样在墙壁上安装台壁两用扇？ …… (139)
162. 怎样在钢筋混凝土空心天花板或预制天花板上安装吊扇？ …… (141)
163. 怎样区别和检查电扇的故障？ …… (142)
164. 电扇有哪些常见故障？怎样排除？ …… (143)
165. 怎样拆卸电扇？应注意哪些事项？ …… (149)

www.plcworld.cn

166. 手持式电动工具怎样分类？使用中应注意哪些事项？ … (150)
167. 手电钻怎样分类？使用时应注意哪些事项？ …… (151)
168. 手电钻有哪些常见故障？怎样检查和处理？ …… (153)
169. 怎样进行电焊机的并联运行操作？应注意哪些事项？ … (154)
170. 使用交流电焊机时，怎样节电？ …… (155)
171. 交流电焊机中修前怎样检查其故障？ …… (155)
172. 怎样拆卸、修理和试验交流电焊机？ …… (157)
173. 直流电焊机有哪些常见故障？怎样处理？ …… (157)
174. 怎样选用电烙铁？ …… (159)
175. 怎样使用和维护电烙铁？ …… (160)
176. 怎样提高电烙铁的效能？ …… (161)
177. 怎样选用焊料？ …… (163)
178. 焊剂有何作用？怎样选用焊剂？ …… (163)
179. 几种常用焊剂怎样配方？ …… (164)
180. 怎样进行烙铁钎焊？ …… (164)
181. 锡焊有何优点？怎样进行锡焊？ …… (165)
182. 怎样认识假焊和虚焊的危害性？ …… (166)
183. 怎样拆焊？ …… (166)
184. 怎样快速修理电烙铁的电热丝？ …… (167)

三、电气照明 …… (168)

185. 怎样选择照明线路的供电方式？ …… (168)
186. 照明方式分为哪几种？怎样掌握选择照明方式的一般原则？ …… (168)
187. 怎样理解应急照明？哪些场所应装设备用照明和疏散照明？ …… (169)
188. 怎样选择企业的照明电源？ …… (170)
189. 怎样设计和计算一般照明线路？ …… (170)
190. 怎样选择照明灯头导线截面？ …… (172)

www.plcworld.cn

191. 怎样区别灯具和照明器？ …… (172)
192. 怎样掌握选择电光源的一般原则？ …… (172)
193. 怎样选择照明器？ …… (175)
194. 怎样掌握选择企业照明灯具的一般原则？ …… (176)
195. 怎样合理选择住宅室内照明灯具？ …… (177)
196. 安装住宅照明设备以前，为什么要了解建筑图纸资料？怎样分析研究这方面的资料？ …… (177)
197. 怎样布置室内照明器？ …… (178)
198. 怎样限制眩光？ …… (179)
199. 怎样安装普通照明灯具？ …… (180)
200. 怎样安装固定式局部照明灯具？ …… (181)
201. 怎样安装吊式电灯？ …… (182)
202. 怎样选用和安装吸顶灯？ …… (183)
203. 怎样安装壁灯？ …… (184)
204. 怎样安装天棚照明器？ …… (185)
205. 怎样安装嵌入顶棚内的装饰灯具？ …… (186)
206. 怎样安装简易节能指示灯？ …… (186)
207. 厨房白炽灯的胶木灯头漏电怎么办？ …… (186)
208. 怎样防止灯泡头生锈后与灯头牢固地结合在一起？ …… (187)
209. 白炽灯有哪些常见故障？怎样排除？ …… (187)
210. 怎样安装常用荧光灯？ …… (188)
211. 怎样判别荧光灯的正误两种接线方式？ …… (190)
212. 怎样判别双线圈镇流器的主、副线圈？ …… (190)
213. 双线圈镇流器有何特点？怎样接线？ …… (191)
214. 在电源电压过高或过低时，荧光灯与镇流器怎样匹配连接？ …… (192)
215. 什么是三基色节能型荧光灯？它有何优点？怎样配用镇流器？ …… (193)
216. H 形三基色节能型荧光灯有哪几种常见故障？怎样处理？ …… (195)

www.plcworld.cn

217. 怎样接用荧光灯？ …… (196)
218. 怎样使用串联灯泡法检查荧光灯的好坏？ …… (197)
219. 在气温较低或电源电压低于额定电压的场所，荧光灯不易启动怎么办？ …… (197)
220. 普通荧光灯有哪些常见故障？怎样排除？ …… (198)
221. 怎样安装高压汞灯？ …… (200)
222. 怎样使用和维护高压汞灯？ …… (201)
223. 高压汞灯有哪些常见故障？怎样排除？ …… (202)
224. 怎样使用和维护高压钠灯？ …… (204)
225. 怎样使用和维护金属卤化物灯？ …… (205)
226. 怎样安装、使用和维护碘钨灯？ …… (206)
227. 怎样使用和维护管形氙灯？ …… (207)
228. 管形氙灯有哪些常见故障？怎样排除？ …… (208)
229. 怎样使用试灯检查照明线路的短路故障？ …… (208)
230. 照明电路开路怎么办？ …… (210)
231. 照明线路漏电的原因是什么？怎样查找漏电点？ …… (210)
232. 怎样使用和维护灯具？ …… (212)
233. 有爆炸危险场所的照明灯具怎样接地？ …… (212)
234. 需要在室内照明线路上大量增设照明灯具或其他用电设备怎么办？ …… (213)
235. 怎样安装常用照明开关？ …… (213)
236. 常用照明灯开关怎样接线？ …… (214)
237. 怎样使用插销？ …… (216)
238. 怎样识别单相三孔插座的标志和正误接线？ …… (217)
239. 怎样识别低压用电设备三芯电源线中接地线的颜色？ … (219)
240. 怎样正确使用多联插座？ …… (219)
241. 怎样使用简单方法统一三相插座的接线？ …… (220)
242. 照明装置安装不合格怎么办？ …… (221)
243. 照明装置投入运行前，怎样进行试灯检查？ …… (223)
244. 怎样维护车间照明设备？ …… (223)

www.plcworld.cn

245. 怎样调查和改善照明条件？ …… (224)
246. 某住户的电灯突然熄灭怎么办？ …… (226)
247. 住户某一电灯不亮怎么办？ …… (226)
248. 怎样安装照明配电盘？ …… (228)
249. 灯头、扳动式开关和拉线开关出现故障怎么办？ …… (229)
250. 怎样拆除部分照明线路和个别灯头？ …… (229)
251. 怎样使用行灯？ …… (230)
252. 企业照明存在哪些不合理现象？怎样节约企业照明用电？ …… (231)
253. 怎样安装建筑工地的照明设施？ …… (232)
254. 怎样自制并安装双面开门的暗设配电箱？ …… (233)
255. 怎样安装住宅照明配电箱(盘)？ …… (233)
256. 怎样判断在中性线或零线上是否应装设开关或熔断器？ …… (234)
257. 住宅照明线路怎样接电？ …… (235)
258. 怎样安装室外路灯？ …… (235)
259. 室外路灯怎样接线？ …… (237)
260. 室外路灯的光控开关怎样接线？ …… (238)
261. 怎样安装节日彩灯？ …… (239)
262. 什么叫做霓虹灯？怎样安装？ …… (239)
263. 怎样安装霓虹灯用的变压器？ …… (240)
264. 什么叫做黑光灯？怎样安装？ …… (241)

四、变压器 …… (243)

265. 怎样掌握选择配电变压器容量的一般原则？ …… (243)
266. 怎样计算变压器的相、线电流和相、线电压？ …… (243)
267. 怎样选择三相变压器绕组的接线方式？ …… (244)
268. 怎样识别变压器绕组的极性和标志？ …… (245)

www.plcworld.cn

269. 怎样测定变压器绕组的极性和匝数？ …… (246)
270. 怎样测定配电变压器的变压比？ …… (248)
271. 怎样计算变压器的效率？它与哪些因素有关？ …… (248)
272. 什么叫做变压器的利用率？怎样提高利用率？ …… (249)
273. 对变压器的绝缘性能有怀疑怎么办？ …… (250)
274. 怎样对变压器进行密封处理？ …… (250)
275. 怎样安装柱上变压器？ …… (251)
276. 怎样安装临时变压器台？ …… (252)
277. 怎样安装变压器的套管？ …… (253)
278. 怎样安装变压器的散热器、油枕和呼吸器？ …… (253)
279. 怎样安装变压器的瓦斯(气体)继电器？ …… (255)
280. 新装或检修后的变压器投入运行前怎样进行检查？ …… (255)
281. 变压器投入运行前怎样检查其监视装置和熔断器？ …… (256)
282. 变压器投入运行前为什么要检查瓦斯(气体)继电保护装置？怎样检查？ …… (258)
283. 变压器投入运行前怎样检查其防雷保护装置？ …… (258)
284. 强迫油循环水冷式变压器和油浸风冷式变压器投入运行前，怎样分别检查其冷却装置？ …… (259)
285. 变压器怎样投入试运行？ …… (260)
286. 瓦斯保护装置怎样投入运行？ …… (261)
287. 新装或大修后的变压器刚投入运行时，瓦斯继电器为什么会频繁动作？遇到这种情况怎么办？ …… (261)
288. 大修后的变压器刚投入运行就产生异常响声怎么办？ … (262)
289. 对变压器进行冲击合闸试验时差动保护装置掉闸怎么办？ …… (262)
290. 怎样进行主变压器停送电操作？为什么？ …… (263)
291. 为什么要采用变压器并联运行方式？怎样实现并联？ … (263)
292. 在变压器投入并联运行前怎样进行核相试验？ …… (264)
293. 怎样对运行中的变压器进行外部检查？ …… (265)
294. 怎样对变压器进行特殊巡视？ …… (266)

www.plcworld.cn

295. 测量变压器绕组的直流电阻和绝缘电阻的目的是否相同？怎样测量直流电阻？ …… (266)
296. 怎样摇测配电变压器的绝缘电阻？ …… (267)
297. 变压器的绝缘强度降低的原因是什么？怎样鉴别绕组绝缘的劣化程度？ …… (268)
298. 怎样使用单相电源测量 Y/△变压器的变压比？ …… (269)
299. 变压器的冷却系统发生故障时怎样确定变压器的允许负荷和允许持续时间？ …… (270)
300. 变压器高压侧的熔断器熔体熔断怎么办？ …… (270)
301. 怎样拉、合变压器的高压跌落式熔断器？ …… (271)
302. 变压器低压侧的熔断器熔体熔断怎么办？ …… (272)
303. 怎样选用配电变压器高压侧跌落式熔断器的熔体？ …… (273)
304. 怎样变换变压器无载调压的分接头？ …… (273)
305. 怎样合、拉变压器的冷却装置？ …… (274)
306. 怎样监视变压器运行中的负载情况？ …… (275)
307. 变压器运行中出现异常情况怎么办？ …… (275)
308. 怎样判别变压器运行中的“大马拉小车”现象？ …… (276)
309. 变压器过负荷或三相电压不平衡怎么办？ …… (276)
310. 变压器冷却系统发生故障怎么办？ …… (277)
311. 轻瓦斯保护装置动作怎么办？ …… (278)
312. 变压器绕组匝间短路有何危害？怎样处理？ …… (279)
313. 变压器绕组的主绝缘击穿怎么办？ …… (279)
314. 变压器套管脏污、破裂有何危害？发现这种缺陷怎么办？ …… (280)
315. 运行中的变压器温升过高会出现哪些现象？是什么原因造成的？怎样处理？ …… (281)
316. 变压器着火的原因是什么？怎样处理？ …… (282)
317. 怎样延长变压器油的使用寿命？ …… (282)
318. 怎样从变压器中取油样？ …… (283)
319. 怎样使用简易方法鉴别变压器油的质量？ …… (284)

www.plcworld.cn

320. 不同牌号的变压器油能否混合使用？混合使用时怎样处理？ …… (284)
321. 变压器油位不正常或油温超过允许温升限度怎么办？ … (285)
322. 变压器漏油怎么办？怎样给运行中的变压器补充油？ … (286)
323. 变压器油中含有水分怎么办？ …… (287)
324. 怎样过滤处理变压器油？ …… (288)
325. 怎样再生处理变压器油？ …… (289)
326. 怎样接用热虹吸过滤器？ …… (290)
327. 变压器的热虹吸(硅胶罐)在运行中起什么作用？怎样进行维护？ …… (290)
328. 怎样通过试验发现变压器的故障？ …… (291)
329. 怎样检查调压开关的故障？ …… (292)
330. 变压器的分接开关接触不良怎么办？ …… (293)
331. 怎样判断变压器绕组的绝缘状况是否良好？ …… (293)
332. 检修变压器前怎样查找其缺陷和故障？ …… (294)
333. 吊芯检修变压器时怎样做好吊芯前的准备工作？起吊芯子时应注意哪些事项？ …… (295)
334. 吊芯检修变压器时怎样拆卸变压器和吊出芯子？ …… (296)
335. 怎样对变压器进行吊芯检查？ …… (297)
336. 怎样检修变压器的铁芯和绕组？ …… (298)
337. 怎样检修无载分接开关和有载分接开关？ …… (299)
338. 怎样检修油枕和防爆管？ …… (301)
339. 怎样检修瓦斯继电器？ …… (302)
340. 怎样检修冷却装置？ …… (302)
341. 怎样清洗变压器油箱、绕组和套管？ …… (303)
342. 怎样组装检修后的变压器？ …… (304)
343. 35 千伏变压器检修后怎样注油？ …… (304)
344. 怎样选择修理变压器用的绝缘材料？ …… (305)
345. 怎样配制镁、水泥胶合剂和封口胶？ …… (306)
346. 怎样配制胶粘剂封堵油箱上的渗油砂眼？ …… (306)

www.plcworld.cn

347. 怎样确定检修后的变压器不经干燥就可投入运行？ …… (306)
348. 怎样使用热风干燥法烘干变压器？ …… (307)
349. 怎样使用油箱铁损干燥法烘干变压器？ …… (308)
350. 怎样使用真空热油喷雾干燥法烘干变压器？它有何优点？ …… (309)
351. 怎样使用零序电流烘干变压器？ …… (310)
352. 怎样使用铜损干燥法烘干变压器？ …… (312)
353. 怎样选择耐压试验用变压器的容量？ …… (312)
354. 对变压器怎样进行工频交流耐压试验？ …… (313)
355. 对变压器怎样进行空载试验？ …… (314)
356. 对变压器怎样进行短路试验？ …… (315)
357. 怎样搬运变压器？ …… (316)

五、变、配电装置 …… (319)

358. 怎样选择变电所的主变压器？选用两台主变压器有哪些优点？ …… (319)
359. 怎样敷设变、配电所 3～10 千伏引入和引出线？ …… (319)
360. 怎样敷设变、配电所 1000 伏以下引出线？ …… (320)
361. 怎样认识单母线接线的优缺点？分段的单母线接线有哪些优点？ …… (321)
362. 变电所怎样接线？ …… (322)
363. 送电前对高、低压电气装置怎样进行检查和试验？ …… (322)
364. 在变、配电所内建立运行分析制度的目的是什么？怎样确定运行分析的主要内容？ …… (323)
365. 怎样做好变、配电系统送电前的准备工作？ …… (323)
366. 怎样对环网进行并、解列操作？ …… (324)
367. 怎样进行双路电源倒换和备用电源投入？ …… (325)
368. 母线或主变压器的电源总开关发生故障跳闸怎么办？ … (325)

www.plcworld.cn

369. 母线差动保护装置的保护范围是什么？保护装置动作后怎样检查、判断和处理？ …… (326)
370. 配电装置和电气设备上的母线为什么要着色？怎样识别母线的颜色标志？ …… (327)
371. 怎样检修母线？ …… (328)
372. 低压配电盘如何分类？怎样布置盘面？ …… (329)
373. 怎样安装低压配电盘(箱)？ …… (329)
374. 怎样确定低压配电装置的距离？ …… (330)
375. 怎样巡视检查运行中的低压配电盘？配电盘有哪些常见故障？怎样排除？ …… (331)
376. 低压配电盘上的母排连接处过热怎么办？ …… (332)
377. 低压开关板上发生短路故障的原因是什么？怎样预防？ …… (333)
378. 怎样维护低压配电装置？ …… (334)
379. 怎样判别电气设备的四种基本状态？ …… (335)
380. 什么叫做倒闸操作？怎样认识倒闸操作的重要性？ …… (335)
381. 怎样进行母线的倒闸操作？ …… (336)
382. 在高压电气作业的操作中怎样保持安全距离？ …… (337)
383. 怎样进行停、送电操作？ …… (338)
384. 怎样确定变、配电所的巡视检查路线？为什么要在控制盘和保护盘前标出警戒线？ …… (338)
385. 怎样在停电情况下清扫、检查高压配电装置？ …… (338)
386. 怎样对变、配电所进行特殊巡视检查？ …… (339)
387. 什么叫做变、配电所全部停电和部分停电？在全部或部分停电的电气设备上进行作业时，怎样采取安全措施？ … (340)
388. 电力线路运行中突然停电怎么办？ …… (341)
389. 怎样对变、配电所的防雷装置进行特殊巡视检查？ …… (341)
390. 怎样掌握处理变、配电系统事故的一般原则？ …… (342)
391. 变电所内中性点不接地的 10 千伏系统发生一相接地故障怎么办？ …… (343)

www.plcworld.cn

392. 变、配电所的配出架空线路的开关掉闸怎么办？ …… (343)
393. 变、配电所突然断电或开关越级掉闸怎么办？ …… (343)
394. 在变、配电所内值班怎样履行值班职责？ …… (344)
395. 变、配电所容易发生哪些事故？值班人员怎样进行紧急操作？ …… (345)
396. 变、配电所的运行日志应包括哪些内容？怎样运用运行日志掌握设备的运行情况？ …… (345)
397. 怎样区别强送电和试送电？在哪些情况下可以进行强送电或试送电？ …… (346)
398. 怎样判断变、配电装置是否处于带电状态？ …… (347)
399. 怎样查找变、配电所电力系统的接地故障？ …… (347)
400. 变电所 35 千伏及以下系统发生单相接地故障有哪些现象？怎样处理？ …… (348)
401. 怎样自制定相器？ …… (349)
402. 为什么要进行验电和放电？怎样验电和放电？ …… (350)
403. 对继电保护装置有哪些基本要求？继电保护装置怎样分类？ …… (351)
404. 怎样安装继电保护盘？ …… (352)
405. 怎样校验继电保护装置和维护运行中的继电器？？ …… (353)
406. 怎样检查继电器的接点？ …… (354)
407. 继电保护装置和二次回路发生故障怎么办？ …… (355)
408. 在变压器送电前后怎样检测差动保护装置？ …… (356)
409. 变压器的差动保护装置动作后怎样进行检查和处理？ … (356)
410. 横差动保护装置的保护范围是什么？保护装置动作后怎么办？ …… (357)
411. 瓦斯继电器上端接线盒内的二次线怎样排列？对二次线的安装有哪些要求？ …… (358)
412. 怎样维护管理运行中的瓦斯继电器？ …… (358)
413. 对瓦斯保护装置怎样采取反事故措施？ …… (359)
414. 瓦斯继电器动作后怎样收集气体和判断故障？ …… (360)

www.plcworld.cn

415. 对继电保护和自动装置怎样进行投、停操作？ …… (360)
416. 什么叫做操作电源？怎样分类和选用？ …… (361)
417. 发现变电所直流系统的电压降低怎么办？ …… (362)
418. 变电所直流系统发生接地故障怎么办？ …… (363)
419. 怎样配制电解液？ …… (363)
420. 怎样往新电池中注入电解液和更换旧电池的电解液？ … (364)
421. 铅酸蓄电池过冲电或欠充电有何危害？怎样判断过充电或欠充电？ …… (365)
422. 怎样防止铅酸蓄电池爆炸？ …… (365)
423. 蓄电池极板硫化后会出现哪些现象？怎样防止极板硫化？ …… (366)
424. 怎样防止极板弯曲和断裂？已弯曲变形或断裂的极板如何处理？ …… (367)
425. 怎样保持蓄电池正常运行？ …… (367)
426. 怎样倒换消弧线圈的分头？ …… (378)
427. 消弧线圈出现故障怎么办？ …… (370)
428. 怎样选择二次回路配线用的导线或电缆？ …… (370)
429. 怎样掌握操作二次回路的一般原则？ …… (371)
430. 怎样查找二次回路的故障？ …… (372)
431. 在变、配电所设备上怎样刷写标志？ …… (373)

六、高低压电器 …… (375)

432. 高压断路器有何用途？怎样分类？ …… (375)
433. 怎样选择高压断路器及其合闸回路中的保护熔断器？ … (376)
434. 在高压断路器合闸送电前怎样进行检查？ …… (376)
435. 怎样进行一般高压断路器的停、送电操作？ …… (377)
436. 高压断路器的分、合闸速度不符合要求怎么办？ …… (378)
437. 怎样防止高压断路器发生短路崩烧事故？ …… (378)
438. 高压断路器合闸后，合闸接触器的触头打不开怎么办？ (379)

www.plcworld.cn

439. 运行中的断路器的红灯或绿灯不亮怎么办？ …… (380)
440. 高压断路器发生哪些故障时禁止将其分闸？怎样处理？ (380)
441. 断路器的主回路电阻过大怎么办？ …… (381)
442. 怎样判断断路器灭弧罩的灭弧性能是否良好？灭弧室受潮怎么办？ …… (382)
443. 高压断路器的操作机构怎样分类？各有何特点？ …… (382)
444. 高压开关的操作机构在电压偏低时不能合、分闸怎么办？ (383)
445. 高压断路器操作机构的分、合闸线圈烧毁怎么办？ …… (384)
446. 断路器气动操作机构的气压不足或液压操作机构的液压降到零怎么办？ …… (384)
447. 怎样维护高压断路器的电磁操作机构？ …… (385)
448. 高压断路器的弹簧操作机构有何特点？怎样维护？ …… (386)
449. 怎样使用和维护高压开关的手动操作机构？ …… (387)
450. 怎样正确使用油断路器？ …… (387)
451. 怎样保持柱上油断路器正常运行？ …… (388)
452. 怎样分析判断油断路器在操作中发生爆炸的主要原因？ (389)
453. 高压油断路器的触头应具备哪些性能？触头怎样分类？ …… (390)
454. 怎样正确操作油断路器的电动合闸机构？ …… (391)
455. 运行中的油断路器自动跳闸怎么办？ …… (391)
456. 高压油断路器合闸后拉力瓷瓶或弹簧断裂怎么办？ …… (391)
457. 对油断路器怎样进行三相触头接触同期性试验？ …… (392)
458. 高压油断路器合、分闸失灵怎么办？ …… (393)
459. 高压油断路器的放油阀和油位计漏油，或者油断路器严重缺油或油标内无油，怎么办？ …… (395)
460. 怎样认识油断路器的油面过高或过低的危害？ …… (396)
461. 高压油断路器运行中掉相怎么办？ …… (396)
462. 高压油断路器运行中严重过热怎么办？ …… (397)
463. 高压油断路器的导电部分接地怎么办？ …… (398)
464. 怎样对油断路器进行小修？ …… (398)

www.plcworld.cn

465. 大修时怎样检查高压油断路器的油箱？ …… (399)
466. 怎样检修高压少油断路器？ …… (400)
467. 少油断路器与隔离开关配合使用时，怎样进行停、送电操作？ …… (401)
468. 怎样防止老、旧少油断路器发生爆炸伤害事故？ …… (402)
469. 什么叫做高压负荷开关？怎样区分室内和室外高压负荷开关的结构特点？ …… (403)
470. 怎样使用和维护高压负荷开关？ …… (403)
471. 怎样维护真空断路器？ …… (404)
472. 怎样更换真空断路器的灭弧室？ …… (405)
473. SF_6 断路器漏气怎么办？ …… (405)
474. 隔离开关怎样分类？在哪些情况下可以直接操作隔离开关？ …… (406)
475. 怎样正确使用和操作隔离开关？ …… (407)
476. 怎样实现隔离开关与少油断路器的机械联锁和电磁联锁？ …… (408)
477. 带负荷错拉错合隔离开关怎么办？ …… (410)
478. 新安装或检修后的隔离开关，操作时动、静触头相互撞击或三相触头合闸不一致怎么办？ …… (411)
479. 隔离开关不能分、合闸怎么办？ …… (411)
480. 隔离开关的接触部分过热或触头表面发黑怎么办？ …… (412)
481. 怎样检修隔离开关？ …… (413)
482. 怎样调整隔离开关？ …… (414)
483. 高压熔断器有何用途？怎样分类？各类熔断器的特点和适用场合如何？ …… (415)
484. 怎样正确选用高压熔断器？ …… (416)
485. 怎样安装和操作跌落式熔断器？ …… (416)
486. 怎样正确选择和安装跌落式熔断器的熔体？ …… (417)
487. 跌落式熔断器的熔体管误跌落和熔体误熔断怎么办？ … (418)
488. 跌落式熔断器的熔体熔断后，熔体管不能迅速跌落怎么

www.plcworld.cn

办？ …… (418)
489. 怎样保管和使用高压电器的瓷件？ …… (419)
490. 怎样保管高压电器的密封零件？ …… (419)
491. 怎样保管和使用高压电器的绝缘零件？ …… (420)
492. 低压电器按功能、工作条件和工作环境怎样分类？ …… (420)
493. 从技术要求方面考虑怎样选用低压电器？ …… (423)
494. 怎样根据工作制选择低压电器？ …… (424)
495. 怎样划分低压电器外壳的防护等级和低压电器的防污染等级？ …… (424)
496. 怎样正确掌握低压电器安装和使用的一般原则？ …… (425)
497. 如果将长期工作制的电器用于短时工作制或断续周期工作制，怎样计算可增大的负载量？ …… (426)
498. 按 380 伏设计的低压电器要用于 660 伏电网怎么办？ …(427)
499. 怎样安装低压电器的保护箱？ …… (428)
500. 怎样调整和检查低压电器触头的主要参数？ …… (428)
501. 怎样判断低压电器触头的接触情况和触头用到什么程度就必须更换？ …… (429)
502. 怎样使用简易方法判断低压电器的触头是否过热？触头熔焊在一起怎么办？ …… (430)
503. 低压电器的触头表面氧化、烧毛、有污垢和蚀痕怎么办？ (431)
504. 低压电器的短路环断裂怎么办？ …… (431)
505. 为什么要经常测量低压电器的绝缘电阻？怎样测量？ … (432)
506. 导电膏有何用途？怎样正确使用？ …… (433)
507. 低压电器的灭弧罩受潮有何危害？怎样处理？ …… (433)
508. 怎样维护低压电器的电磁系统？发现低压电器的铁芯和衔铁接触面不平整怎么办？ …… (434)
509. 运行中的低压电器铁芯噪声很大怎么办？ …… (435)
510. 低压电器的铁芯粘住不释放怎么办？ …… (436)
511. 为什么要对低压电器进行工频耐压试验？怎样判断低压电器的绝缘电阻是否合格？ …… (437)

www.plcworld.cn

512. 对低压电器进行工频耐压试验时，怎样选取试验电压值？ (437)
513. 对低压电器进行耐压试验时，怎样确定施加电压的部位和加压时间？ …… (438)
514. 低压开关出现灭弧不良现象怎么办？ …… (439)
515. 刀开关和刀形转换开关有何用途？怎样选用和安装？ … (439)
516. 什么叫做铁壳开关？怎样选用？ …… (441)
517. 怎样安装和维护铁壳开关？ …… (442)
518. 组合开关有何优点？怎样选用？ …… (442)
519. 组合开关有哪些常见故障？怎样处理？ …… (443)
520. 怎样拆装和维修组合开关？ …… (443)
521. 熔断器有何用途？怎样分类？ …… (444)
522. 怎样正确掌握选用熔断器的一般原则？ …… (445)
523. 怎样选用和维护一般工业用熔断器？ …… (445)
524. 熔断器上下级之间以及与其他电器之间的选择性保护怎样协调配合？ …… (447)
525. 运行中的熔断器可能出现哪些故障？怎样预防？ …… (477)
526. 怎样防止熔断器的熔体误熔断？ …… (448)
527. 怎样正确掌握选择低压断路器的一般原则？ …… (449)
528. 塑料外壳式断路器和万能式断路器的特点是什么？怎样选用？ …… (450)
529. 怎样选择配电用低压断路器？ …… (451)
530. 怎样选择电动机、导线保护用低压断路器？ …… (452)
531. 怎样安装低压断路器？ …… (453)
532. 低压断路器与相邻电器的保护特性怎样协调配合？ …… (454)
533. 低压断路器与熔断器怎样协调配合使用？ …… (454)
534. 怎样使用和维护低压断路器？ …… (455)
535. 低压断路器运行中温升过高怎么办？ …… (457)
536. 低压断路器合闸后过一段时间又自行分断或分闸失灵怎么办？ …… (457)
537. 手动或电动操作的低压断路器合闸失灵怎么办？ …… (458)

www.plcworld.cn

538. 低压断路器的辅助触头不通电怎么办？ …… (459)
539. 在低压供电系统中怎样接用断路器？ …… (460)
540. 低压断路器的失压脱扣器运行中产生噪声和振动怎么办？ …… (460)
541. 分励脱扣器或失压脱扣器不能使低压断路器分断怎么办？ …… (461)
542. 漏电保护器有何用途和怎样分类？它有哪几种保护方式？各存在什么缺点？怎样克服？ …… (461)
543. 怎样对比电子式漏电保护器和电磁式漏电保护器？ …… (463)
544. 怎样根据使用目的和电气设备所在场所选择漏电保护器？ …… (464)
545. 怎样根据电路和设备的正常泄漏电流选择漏电保护器？ (466)
546. 全网用漏电保护器保护时，怎样选择保护器的动作特性？ (467)
547. 怎样安装漏电保护器？ …… (468)
548. 在不接地配电系统中怎样接用漏电保护器？ …… (469)
549. 怎样正确选择漏电保护器的接线方法？ …… (469)
550. 使用漏电保护器时，设备外壳怎样接地？ …… (470)
551. 漏电保护器刚投入运行就动作跳闸怎么办？ …… (471)
552. 漏电保护器误动作怎么办？ …… (471)
553. 什么叫做接触器？有何用途？怎样分类？ …… (474)
554. 怎样识别交、直流接触器的使用类别符号？ …… (474)
555. 怎样根据电动机的负载选配交流接触器？ …… (475)
556. 对于电热设备负载和电容器负载怎样分别选配交流接触器？ …… (476)
557. 交流接触器投入运行后怎样进行定期检查？ …… (477)
558. 交流接触器通电后不能吸合或吸合后又断开怎么办？ … (478)
559. 交流接触器吸合不正常怎么办？ …… (479)
560. 交流接触器线圈断电后铁芯不能释放怎么办？ …… (480)
561. 交流接触器的主触头过热或熔焊怎么办？ …… (480)
562. 交流接触器的电磁铁噪声过大怎么办？ …… (481)

www.plcworld.cn

563. 对交流接触器怎样进行日常巡视检查？ …… (482)
564. 怎样选用控制直流电动机的直流接触器？ …… (482)
565. 怎样拆装和维修接触器？ …… (483)
566. 怎样试验和调整接触器？ …… (484)
567. 热继电器有哪些类型？怎样选用？ …… (484)
568. 怎样安装、试验和调整热继电器？ …… (485)
569. 怎样测试热继电器的整定电流？ …… (487)
570. 热继电器接入后主电路或控制电路不通怎么办？ …… (487)
571. 热继电器误动作或热元件烧毁怎么办？ …… (488)
572. 什么叫做电磁式控制继电器？怎样分类？ …… (489)
573. 怎样使用和维护电磁式控制继电器？ …… (490)
574. 怎样防止电磁式控制继电器的触头出现虚接现象？ …… (491)
575. 怎样试验和调整电磁式控制继电器？ …… (492)
576. 电压继电器和电流继电器怎样分类？如何使用？ …… (492)
577. 过电流继电器运行中常发生哪些故障？怎样处理？ …… (493)
578. 怎样检验中间继电器的动作值和返回值？ …… (494)
579. 怎样选用时间继电器？ …… (494)
580. 电磁阻尼式时间继电器是怎样获得延时的？怎样改变这种继电器的延时？ …… (495)
581. 什么叫做通用继电器？怎样将其改装为电压继电器或电流继电器？ …… (496)
582. 电感负载电路中的继电器触头磨损过快或火花太大怎么办？ …… (496)
583. 怎样选用和检修磁力起动器？ …… (498)
584. 怎样借助磁力起动系统安装电源指示灯？ …… (499)
585. 自耦减压起动器不能合闸，操作手柄无法停留在“运转”位置上怎么办？ …… (500)
586. 自耦减压起动器起动电动机后，电动机运转太慢或者太快怎么办？ …… (500)
587. 运行中的自耦减压起动器产生异常声响怎么办？ …… (501)

www.plcworld.cn

588. 怎样使用和调整电磁铁？ …… (502)
589. 怎样检查电磁铁的故障？ …… (503)
590. 怎样检修交流电磁铁？ …… (503)
591. 怎样选择、检修和调整制动电磁铁？ …… (503)
592. 怎样维护电磁制动器？ …… (505)
593. 频敏变阻器有何优缺点？怎样选用？ …… (505)
594. 怎样调整频敏变阻器？ …… (506)
595. 控制器有何用途？怎样分类？ …… (507)
596. 怎样调整和使用凸轮控制器？ …… (508)

七、电容器 …… (509)

597. 提高功率因数有何效果？怎样提高功率因数？ …… (509)
598. 怎样选择电容器的安装场所？ …… (509)
599. 怎样安装室内、外电容器？ …… (510)
600. 怎样确定电容器的补偿容量？ …… (512)
601. 单台电动机个别补偿时，怎样计算补偿容量？ …… (512)
602. 怎样使用高、低压移相电容器分别进行集中补偿和分散补偿？ …… (513)
603. 怎样选择电容器组的接线方式？各种接线方式有何优缺点？ …… (515)
604. 电容器的串联补偿装置怎样接线？ …… (516)
605. 当使用电容器调整系统末端的电压时，怎样确定电容器的容量？ …… (517)
606. 怎样对 1000 千伏以上电容器组进行放电？ …… (518)
607. 怎样串联低压电容器组的放电电阻？ …… (518)
608. 怎样计算移相电容器的有功功率损耗？ …… (519)
609. 电容器的额定电压与电源电压不符有何后果？怎样处理？ …… (519)

www.plcworld.cn

610. 电容器组的自动投切装置有何作用？怎样选择低压电容器的投切方式？ …… (520)
611. 怎样选择电容器组的开关设备？ …… (520)
612. 怎样正确操作电容补偿装置？ …… (521)
613. 什么叫做“自励”现象？有何危害？怎样避免？ …… (522)
614. 怎样防止电容器组过电压运行和限制操作过电压？ …… (522)
615. 怎样限制电容器的涌流？ …… (523)
616. 为电容器组装设串联电抗器有何作用？选用电抗器时怎样确定其电抗值和电压？ …… (524)
617. 怎样选用熔断器来保护电容器？ …… (524)
618. 怎样抑制高次谐波对电容器组的危害？ …… (525)
619. 运行中的电容器出现过电流或发热怎么办？ …… (525)
620. 怎样选择电容器组的零序电压保护装置和零序电流保护装置？ …… (526)
621. 怎样选择电容器组的相间过电流保护装置和失压保护装置？ …… (527)
622. 移相电容器爆炸起火的原因是什么？怎样预防？ …… (529)
623. 怎样对电容器进行防火检查？ …… (529)
624. 电容器渗、漏油和“鼓肚”怎么办？ …… (530)
625. 电容器的开关掉闸怎样处理？查不出故障怎么办？ …… (531)
626. 电容器损坏有哪些基本规律？怎样判断电容器是否损坏？ …… (531)
627. 处理故障电容器时怎样防止触电事故？ …… (532)
628. 对运行中的移相电容器组怎样进行巡视检查？ …… (532)
629. 怎样维修和更换电容器？ …… (533)
630. 为什么要定期测量电力电容器的电容量？怎样测量？ … (534)
631. 新装或新换的电容器投入运行前怎样进行检查？ …… (535)
632. 怎样摇测补偿电容器的绝缘电阻？ …… (535)
633. 怎样监视运行中的移相电容器？ …… (536)
634. 怎样验收试验电容器？ …… (537)

www.plcworld.cn

八、内外线路 …… (538)

635. 怎样划分高压输电线路、高压配电线路和低压配电线路？目前我国电力线路有哪几种电压等级？ …(538)
636. 怎样确定不同电压线路的合理输送容量和输送距离？ … (538)
637. 企业厂区多回路同杆架设时怎样排列线路上下次序？ … (539)
638. 怎样计算电力线路的电压损失？ …… (539)
639. 怎样计算电力线路的功率损耗、电能损耗和线损率？ … (541)
640. 怎样减少网络电能损耗？ …… (542)
641. 怎样确定架空线路与各种设施接近和交叉的最小距离？ …… (543)
642. 怎样选择架空线路的电杆杆型？ …… (544)
643. 怎样确定电杆长度？ …… (545)
644. 怎样选定杆位？ …… (547)
645. 为什么木电杆已逐渐为钢筋混凝土电杆所取代？怎样确定钢筋混凝土电杆的埋设深度？ …… (548)
646. 安装钢筋混凝土电杆以前和电杆竖立后怎样进行检查？ (548)
647. 采用拉桩杆拉线时怎样安装拉桩杆？ …… (549)
648. 怎样制作和安装横担？ …… (550)
649. 对绝缘子如何进行外观检查？怎样安装绝缘子？ …… (551)
650. 怎样安装线夹？ …… (552)
651. 低压架空配电线路由哪几部分组成？怎样表示其完整的结构和排列电杆上的导线？ …… (553)
652. 怎样在针式绝缘子或瓷横担上固定导线？ …… (554)
653. 怎样连接铜铝导线？ …… (555)
654. 怎样使用爆炸压接法压接导线？ …… (556)
655. 怎样使用钳压法连接导线？ …… (557)
656. 怎样连接架空线路的弓子线？ …… (559)

www.plcworld.cn

657. 拉线的主要用途是什么？有哪几种类型？怎样安装？ … (560)
658. 架空线路的哪些施工项目属于隐蔽工程？怎样进行验收检查？ …… (562)
659. 在架空线路上怎样进行紧线？ …… (563)
660. 怎样使用紧线器？应注意哪些事项？ …… (564)
661. 怎样为架空线路定相？ …… (564)
662. 在架空线路投入运行前，怎样进行检查？ …… (565)
663. 在新建或改建的架空线路投入运行前为什么要测量线路绝缘电阻？怎样测量？ …… (566)
664. 为什么要对架空输电线路进行定期巡视检查？怎样检查？ …… (567)
665. 怎样巡视检查架空配电线路？发现缺陷和不安全因素怎么办？ …… (568)
666. 为什么要进行夜间巡线，怎样巡视？ …… (569)
667. 怎样对架空线路进行特殊巡视？ …… (570)
668. 怎样检修架空线路？ …… (571)
669. 夏季架空线路容易发生哪些事故？怎样预防？ …… (571)
670. 钢筋混凝土电杆腐蚀怎么办？ …… (573)
671. 怎样对金属杆塔基础和地下拉线棒进行防锈处理？ …… (573)
672. 怎样防止低洼地点的杆塔“冻鼓”？ …… (574)
673. 杆塔倾斜的原因是什么？发现杆塔倾斜怎么办？ …… (574)
674. 怎样防止拉线折断和拉线基础上拔？ …… (575)
675. 什么叫做污闪事故？怎样预防？ …… (576)
676. 怎样正确使用绝缘子防污涂料？ …… (577)
677. 在中性点不接地系统中，发现线路绝缘子闪络或严重放电怎么办？ …… (578)
678. 在哪些情况下需使用兆欧表测量绝缘子的绝缘电阻？怎样测量？ …… (578)
679. 怎样带电测量绝缘子串上的分布电压？ …… (579)
680. 为什么运行中的绝缘子会老化？发现老化不合格的绝缘

www.plcworld.cn

子怎么办？ …… (580)
681. 架空线路的导线为什么会振动断股？怎样预防？万一导线损伤、断股怎么办？ …… (581)
682. 怎样防止架空线路发生断线事故？ …… (583)
683. 怎样测量架空线路导线接头电阻？ …… (584)
684. 架空线路的保护装置动作怎么办？ …… (585)
685. 在中性点不接地或经消弧线圈接地的电网中，线路发生单相接地故障怎么办？ …… (586)
686. 对架空线路停电进行大修时怎样确定检修范围？ …… (587)
687. 怎样在低压带电线路上进行检修作业？ …… (588)
688. 怎样保管带电作业使用的绝缘工具？ …… (589)
689. 怎样检修铁塔和杆塔基础？ …… (590)
690. 钢筋混凝土电杆出现缺陷怎么办？怎样防止杆上混凝土大面积脱落？ …… (591)
691. 怎样确定停电登杆检修项目？ …… (592)
692. 需要登杆进行检修作业怎么办？ …… (592)
693. 怎样清扫绝缘子？ …… (594)
694. 怎样带电用压力水冲洗绝缘子？ …… (594)
695. 在架空线路停电检修之后怎样做好恢复送电前的准备工作？ …… (595)
696. 怎样正确敷设临时线路？ …… (596)
697. 怎样正确结扎绳扣？ …… (597)
698. 在架空线路的施工中怎样做好安全防范工作？ …… (598)
699. 电缆的敷设方式有哪几种？怎样选择？ …… (600)
700. 怎样确定电缆线路施工的一般原则？ …… (600)
701. 怎样在电缆隧道和电缆沟内敷设电缆？ …… (602)
702. 在排管内敷设电缆有何优缺点？怎样敷设？ …… (603)
703. 怎样直接埋地敷设电缆？ …… (605)
704. 什么叫做电缆桥架？其应用范围如何？怎样敷设电缆桥架？ …… (606)

www.plcworld.cn

705. 敷设电缆时现场温度过低怎么办？怎样预热电缆？ …… (607)
706. 电缆明敷设后怎样固定？怎样装设标志牌？ …… (608)
707. 怎样制作环氧树脂封端电缆头和电缆中间接头？ …… (609)
708. 对电缆中间接头怎样进行防腐处理？ …… (610)
709. 怎样判断电缆头的制作质量好坏？ …… (610)
710. 怎样配制环氧树脂涂料和浇注料？ …… (611)
711. 怎样安装 1 千伏塑料电缆的中间接头？ …… (612)
712. 怎样安装 1 千伏塑料电缆的室内和室外终端头？ …… (614)
713. 在电缆头的安装中怎样手工绕包绝缘？ …… (615)
714. 电力电缆需要分支怎么办？ …… (615)
715. 怎样确定电缆线路的接地部位和如何装设接地线？ …… (616)
716. 怎样对电缆线路进行绝缘试验？ …… (617)
717. 怎样测量电缆线路的绝缘电阻？ …… (619)
718. 三条有金属外皮的三芯电缆在三相电路中并联使用时，可否将三根芯线接在同一相上？怎样连接才算正确？ …… (620)
719. 怎样确定电缆的允许最高温度？ …… (621)
720. 怎样监测电缆线路的电压、负荷和温度？ …… (622)
721. 怎样巡视检查直埋电缆线路、沟道和隧道内的电缆线路？ (623)
722. 怎样检查纸绝缘电缆是否受潮？ …… (624)
723. 怎样防止高位差垂直安装的电缆发生铅包龟裂事故？电缆终端头下部铅包龟裂怎么办？ …… (625)
724. 充油电缆及其附件的电缆油介损不合格怎么办？ …… (625)
725. 电缆绝缘击穿的原因是什么？怎样防止电缆绝缘击穿？ (626)
726. 铠装电缆的铅包皮与钢带怎样接地？ …… (628)
727. 怎样确定电缆线路的故障性质？ …… (628)
728. 怎样测寻电缆的高电阻接地故障点？ …… (628)
729. 怎样测寻电缆的单相低电阻接地故障点？ …… (630)
730. 怎样测寻电缆线路两相短路故障点和三相短路故障点？ (632)
731. 电缆发生接地故障或短路崩烧怎么办？ …… (633)
732. 怎样防止电缆终端头套管的污闪事故？ …… (634)

www.plcworld.cn

733. 室外电缆终端头的铁匣胀裂或磁套管碎裂怎么办？ …… (634)
734. 电缆终端盒发生爆炸起火的原因是什么？怎样防止电缆终端盒发生爆炸？ …… (636)
735. 需要迁移电缆、中间接头或终端头怎么办？ …… (637)
736. 为什么能带电迁移电缆或中间接头？怎样迁移？ …… (637)
737. 需要带电紧急修理伤损的电缆外皮怎么办？ …… (638)
738. 检修电缆线路时怎样切割电缆？ …… (639)
739. 处理电缆故障后怎样做好收尾工作？ …… (639)
740. 怎样敷设接户线？ …… (640)
741. 怎样敷设进户线？ …… (641)
742. 母线按材质可划分为哪几种？怎样分类？ …… (643)
743. 怎样敷设裸母线供电干线？ …… (644)
744. 怎样判断母线的安装质量是否符合要求？ …… (645)
745. 怎样判断低压配线是否符合要求？ …… (646)
746. 怎样保护配电线路？ …… (647)
747. 怎样正确确定低压配电线路保护装置的整定值？ …… (648)
748. 低压配电线路过电压击穿怎么办？ …… (648)
749. 怎样确定选择导线截面的一般原则？ …… (649)
750. 怎样选择低压线路的导线截面？ …… (650)
751. 怎样选择室内配线用导线？ …… (653)
752. 怎样选择室内配线方式？ …… (654)
753. 怎样进行穿管配线？ …… (655)
754. 怎样连接配线管？ …… (657)
755. 配线管通过建筑物伸缩缝(或沉降缝)时怎样装设补偿装置？ …… (658)
756. 穿管配线时钢管怎样接地？ …… (659)
757. 怎样进行钢索配线？ …… (659)
758. 怎样进行瓷瓶配线？ …… (661)
759. 怎样进行瓷珠配线？ …… (662)
760. 怎样进行瓷夹板配线？ …… (664)

www.plcworld.cn

761. 怎样进行塑料护套线配线？ …… (666)
762. 怎样进行槽板配线？ …… (667)
763. 怎样正确进行粘结法配线施工？ …… (668)
764. 怎样在工业厂房内敷设裸导线？ …… (670)
765. 室内配线与各种管道平行敷设或交叉时怎么办？ …… (671)
766. 怎样敷设机床的电线管？ …… (672)
767. 机床实行管路配线时怎样穿线？ …… (673)
768. 怎样进行机床配线？ …… (673)
769. 怎样认识机床电气线路的维护特点？ …… (674)
770. 怎样排除机床电气线路的故障？ …… (675)
771. 怎样安装起重机的滑触线？ …… (676)
772. 怎样敷设施工现场的配电线路？ …… (677)
773. 怎样敷设特殊场所的照明线路？ …… (678)
774. 低压配线中导线穿钢管保护时，怎样确定管径和一根钢管中穿相同截面导线的根数？ …… (679)
775. 怎样用缠绕法连接导线？ …… (680)
776. 怎样用焊接法连接铝导线？ …… (680)
777. 怎样用压接法连接铝导线？ …… (682)
778. 怎样连接铜导线？ …… (684)
779. 怎样在铜导线接头上焊锡？ …… (687)
780. 连接绝缘导线时，怎样确定接头的连接长度？ …… (688)
781. 怎样在接线桩上连接导线线头？ …… (689)
782. 怎样做好导线封端连接工作？ …… (690)
783. 怎样对车间线路停电进行清扫和检查？ …… (691)
784. 怎样使用断线测定器测定绝缘导线的断裂点？ …… (691)
785. 为什么试温蜡片能测量电气设备或导线的发热温度？怎样配制试温蜡片？ …… (692)
786. 怎样粘贴示温蜡片？ …… (693)
787. 变色漆有什么用途？怎样配制和应用？ …… (693)

www.plcworld.cn

九、电工测量仪表 …… (695)

788. 怎样选择和使用电压互感器？ …… (695)
789. 怎样测定电压互感器的极性？ …… (696)
790. 电压互感器的二次侧为什么必须接地？怎样接地？ …… (697)
791. 怎样选择电压互感器用的熔断器？ …… (697)
792. 在线路检修中怎样防止电压互感器反送电？ …… (698)
793. 电压互感器运行中出现异常现象怎么办？ …… (699)
794. 电压互感器断线有何特征？怎样处理？ …… (699)
795. 运行中的 10 千伏电压互感器一次侧熔体熔断的原因是什么？怎样处理？ …… (700)
796. 电压互感器二次负荷回路发生故障怎么办？ …… (700)
797. 怎样巡视检查运行中的电压互感器？ …… (701)
798. 怎样维修电压互感器？ …… (702)
799. 怎样选择和使用电流互感器？ …… (703)
800. 怎样从配电盘用交流电流表的刻度盘满刻度值直接推算其配套电流互感器的变流比？ …… (704)
801. 怎样测定电流互感器的极性？ …… (704)
802. 电流互感器二次侧怎样接地？ …… (705)
803. 怎样在运行中的电流互感器二次回路上进行带电作业？ (706)
804. 电流互感器的二次绕组为什么不允许开路？发现开路怎么办？ …… (706)
805. 怎样巡视检查运行中的电流互感器？ …… (707)
806. 仪表与电压互感器、电流互感器组配使用时，怎样计算倍率？ …… (707)
807. 怎样合理选择与仪表配套的扩程装置的准确度？ …… (708)
808. 怎样合理选择电工仪表？ …… (708)
809. 怎样衡量电工仪表的质量？ …… (710)
810. 电工仪表按测量的准确度分为几级？怎样选用不同级别的

www.plcworld.cn

仪表？ …… (712)
811. 怎样按结构和用途将电工仪表分类？ …… (713)
812. 怎样按使用条件将电工仪表及其附属设备分类？各类仪表分别适用于哪种环境？ …… (713)
813. 怎样应用仪表的准确度来估计测量误差？ …… (714)
814. 怎样减小或消除电工仪表的测量误差？ …… (715)
815. 电工仪表一般按哪些步骤进行检修？修理仪表以前怎样进行检查？ …… (716)
816. 怎样拆装电工仪表？ …… (718)
817. 怎样区别电流表和电压表？二者能否相互代替使用？ … (719)
818. 怎样使用和校验直流电流表？ …… (720)
819. 怎样使用和校验交流电流表？ …… (721)
820. 用分流电阻扩大电流表量限时，怎样计算分流电阻的阻值？ …… (723)
821. 怎样使用钳形电流表？ …… (725)
822. 钳形电流表有哪些常见故障？怎样排除？ …… (726)
823. 怎样使用和校验直流电压表？ …… (727)
824. 怎样使用和校验交流电压表？ …… (728)
825. 用分压电阻来扩大电压表量限时，怎样计算分压电阻的阻值？ …… (729)
826. 用一只 0.5 级 100 伏电压表和一只 1.5 级 15 伏电压表分别测量 10 伏电压，怎样判断哪只仪表的测量误差小？ …(731)
827. 怎样使用功率表？ …… (731)
828. 怎样正确选择功率表的量限？ …… (732)
829. 怎样正确选择功率表的接线方式和判别错误接线方式？ (734)
830. 怎样使用单相功率表测量三相电路的功率？ …… (736)
831. 功率表的指针反转怎么办？ …… (736)
832. 怎样安装电度表？ …… (737)
833. 怎样使用单相电度表或三相电度表测量有功电能？ …… (738)
834. 怎样使用单相电度表测量三相无功电能？ …… (739)

www.plcworld.cn

835. 怎样计算电度表的实用倍率？ …… (742)
836. 怎样判断三相三线电度表接线是否正确？ …… (742)
837. 电度表的负载太大或太小对测量准确度有何影响？怎样选择电度表的容量？ …… (744)
838. 怎样判别单相电度表常见的两种错误接线方式？ …… (744)
839. 怎样使用简便方法确定单相有功电度表的内部接线是否正确？ …… (745)
840. 怎样避免错接电度表？ …… (746)
841. 怎样保持电度表正常运行？ …… (747)
842. 电度表易发生哪些故障？怎样处理？ …… (748)
843. 怀疑某住户的电度表不准确怎么办？ …… (749)
844. 电度表发出异常响声的原因是什么？怎样处理？ …… (750)
845. 怎样校验三相电度表？ …… (750)
846. 怎样测量功率因数？ …… (752)
847. 怎样拆装功率因数表和调整其误差？ …… (752)
848. 怎样选择兆欧表？ …… (753)
849. 怎样正确使用兆欧表测量电气设备的绝缘电阻？ …… (755)
850. 使用兆欧表测量电气设备的绝缘电阻时怎样消除泄漏电流的影响？ …… (757)
851. 怎样做好兆欧表维修前的检查工作？ …… (757)
852. 兆欧表有哪些常见故障？怎样排除？ …… (758)
853. 怎样全面校验兆欧表？ …… (760)
854. 怎样选择万用表？ …… (761)
855. 怎样正确使用万用表？ …… (762)
856. 怎样使用万用表测量直流电压和直流电流？ …… (764)
857. 怎样使用万用表测量交流电压？ …… (765)
858. 怎样使用万用表测量电阻？ …… (765)
859. 怎样读取万用表标度尺上的数据？ …… (766)
860. 怎样检查和排除万用表直流电流部分的故障？ …… (768)
861. 怎样检查和排除万用表直流电压部分的故障？ …… (769)

www.plcworld.cn

862. 怎样检查和排除万用表交流电压部分的故障？ …… (770)
863. 怎样检查和排除万用表电阻部分的故障？ …… (771)
864. 怎样检查和调整万用表的个别误差？ …… (772)
865. 怎样正确使用检流计？ …… (773)
866. 怎样选择电位差计？ …… (773)
867. 怎样使用直流电位差计？ …… (774)
868. 怎样使用电位差计测量直流电流？ …… (775)
869. 电位差计有哪些常见故障？怎样排除？ …… (775)
870. 怎样使用直流单臂电桥？ …… (777)
871. 单臂电桥有哪些常见故障？怎样排除？ …… (779)
872. 怎样使用直流双臂电桥？ …… (780)
873. 怎样使用交流电桥？ …… (781)
874. 怎样判断交流电桥是否存在干扰因素？如何消除交流电桥的各种干扰对测量的影响？ …… (782)
875. 使用电子电压表以前，怎样进行调节？ …… (783)
876. 怎样使用电子电压表？应注意哪些问题？ …… (784)
877. 怎样判断电子示波器是否良好？ …… (785)
878. 怎样使用电子示波器测量交流分量电压和瞬时电压？ … (785)
879. 怎样使用接地电阻测定器测量接地电阻？应注意哪些问题？ …… (787)

十、触电与防护 …… (789)

880. 按触电危险程度，用电场所怎样分类？ …… (789)
881. 为了防止发生触电事故，对用电设备应采取哪些必要的防护措施？ …… (790)
882. 直接触电和停电设备(或线路)突然来电的原因是什么？怎样防止突然来电？ …… (791)
883. 怎样认识电气火灾中的触电危险性？ …… (792)

www.plcworld.cn

884. 什么叫做接触电压触电？怎样预防？ …… (792)
885. 跨步电压引起触电伤亡事故的原因是什么？怎样预防跨步电压触电？ …… (794)
886. 怎样减小接触电压和跨步电压？ …… (795)
887. 怎样使用电流表-电压表法测量跨步电压和电位？ …… (795)
888. 电工人员在日常维修工作中触电的原因是什么？怎样预防触电？ …… (797)
889. 什么叫做剩余电荷触电？怎样预防？ …… (798)
890. 变、配电所作业人员怎样防止发生触电事故？ …… (799)
891. 误登有电杆塔的原因是什么？怎样防止误登有电杆塔？ …… (800)
892. 施工现场常发生触电事故的原因是什么？怎样预防？ … (802)
893. 发现有人触电怎么办？ …… (803)
894. 触电者受到电弧灼伤时怎样进行抢救？ …… (804)
895. 发现触电人骨折怎么办？ …… (804)

十一、接地与接地装置 …… (806)

896. 如何区别接地电流和接地短路电流及大接地短路电流系统和小接地短路电流系统？怎样计算大接地短路电流系统和小接地短路电流系统的接地电阻？ …… (806)
897. 怎样理解接地装置？接地装置有哪几种形式？ …… (807)
898. 怎样理解工作接地？它有何作用？ …… (808)
899. 怎样理解保护接地、保护接零和重复接地？三者各有何作用？ …… (809)
900. 怎样掌握电气设备接地的一般原则？ …… (811)
901. 怎样确定保护接地的应用范围？ …… (812)
902. 哪些地点应重复接地？怎样进行重复接地？ …… (813)
903. 怎样确定接地装置的接地电阻？ …… (814)

www.plcworld.cn

904. 怎样选用接地线和计算接地线的最小截面积？ …… (815)
905. 怎样选择接地装置的埋设地点？ …… (817)
906. 怎样加工钢管和角钢人工接地体？人工接地体如何装设？ …… (818)
907. 怎样敷设接地干线？ …… (820)
908. 怎样敷设接地支线？ …… (822)
909. 敷设接地线时实行分相单独接地(接大地)有何差错？怎样纠正？ …… (824)
910. 怎样连接接地线？ …… (824)
911. 怎样敷设接零线？ …… (825)
912. 保护接零有哪些局限性？怎样弥补它的不足？ …… (826)
913. 怎样校验保护接零是否符合要求？ …… (827)
914. 怎样装设变、配电所的接地装置？ …… (828)
915. 架空输电线路和电缆线路怎样接地？ …… (829)
916. 易爆、易燃场所的电气设备怎样接地或接零？ …… (830)
917. 变压器怎样接地？ …… (831)
918. 机床上的电动机和局部照明装置怎样接地？ …… (831)
919. 起重机械(吊车)怎样接地？ …… (832)
920. 携带式电气设备和移动式电气设备怎样接地？ …… (833)
921. 直流电气设备怎样接地？ …… (834)
922. 怎样检查接地装置的安装质量？ …… (835)
923. 为什么要将配电变压器的外壳及其低压侧的中性线与避雷器的接地线相连，并且“三点”共同接地？怎样规定接地电阻？ …… (835)
924. 没有合格的接地线，临时用金属线将检修的电气设备的三相短路有何危害？怎样避免？如何装拆临时接地线？ …… (836)
925. 怎样选择携带型接地线的截面？ …… (837)
926. 怎样判断同一供电系统中保护接地和保护接零并存的后果？ …… (838)

www.plcworld.cn

927. 怎样判断中性点直接接地的低压电力系统中电气设备实行保护接地和保护接零的不同结果？ …… (839)
928. 怎样判断中性点不接地的低压电力系统中电气设备实行保护接地和不实行保护接地的不同结果？ …… (841)
929. 怎样判断变压器中性点不接地和接地时一相碰地的不同结果？ …… (841)
930. 在电气设备的某一相上进行检修作业时，只将该相接地有何差错？怎样纠正？ …… (843)
931. 在中性点不接地系统中，怎样防止高压窜入低压？ …… (844)
932. 接地电网中零线带电的原因是什么？怎样处理？ …… (845)
933. 怎样带电和停电测量相零回路的阻抗？ …… (846)
934. 接地点的土壤电阻率很高怎么办？ …… (848)
935. 接地装置出现异常现象怎么办？ …… (849)
936. 什么叫做高层建筑物接地系统的反击放电？怎样预防？ (850)
937. 怎样防止变电所的电子设备受反击放电的危害？ …… (850)
938. 怎样对低压未接地电网和高压未接地电网进行绝缘监视？ …… (851)
939. 怎样使用断路器寻找接地故障？ …… (852)

十二、电工安全用具 …… (854)

940. 怎样掌握使用电工安全用具的一般原则？ …… (854)
941. 使用电工安全用具以前，怎样对其进行外观检查？ …… (855)
942. 怎样使用高压验电器？ …… (855)
943. 怎样使高压验电器显示明亮？ …… (856)
944. 低压验电笔(试电笔)怎样分类？使用它能进行哪些测试？ …… (858)
945. 怎样正确设置临时遮栏、绝缘隔板和围栏绳？ …… (860)
946. 怎样正确使用标示牌？ …… (860)

www.plcworld.cn

947. 怎样使用梯子进行登高电工作业？ …… (861)
948. 怎样使用安全带？ …… (863)
949. 怎样使用登杆踏板？ …… (864)
950. 怎样使用脚扣？ …… (865)
951. 怎样试验高压验电器？ …… (866)
952. 怎样使用和试验绝缘垫？ …… (867)
953. 怎样使用和试验绝缘站台？ …… (867)
954. 怎样试验绝缘手套和绝缘靴(鞋)？ …… (868)

十三、电气防火、防爆和防雷 …… (869)

955. 怎样划分火灾危险场所和爆炸危险场所的等级？ …… (869)
956. 怎样区别爆炸危险场所和火灾危险场所的新旧等级？ … (870)
957. 怎样掌握电气防火和防爆的一般原则？ …… (871)
958. 防爆电气设备怎样分类？ …… (872)
959. 防爆电气设备怎样选型？ …… (874)
960. 火灾危险场所的电气设备怎样选型？ …… (875)
961. 在爆炸危险场所怎样合理使用电气安全装置？ …… (875)
962. 怎样拆装防爆电动机？ …… (876)
963. 怎样掌握防爆电气设备的检修要点？ …… (877)
964. 怎样处理损伤或锈蚀的防爆面？ …… (878)
965. 怎样防止电缆发生火灾？电缆一旦着火怎样扑灭？ …… (879)
966. 低压配电线路怎样防火？ …… (881)
967. 怎样防止油断路器引起火灾？ …… (882)
968. 怎样防止电动机引起火灾？ …… (882)
969. 怎样防止低压配电盘(箱)发生火灾？ …… (883)
970. 怎样防止开关、插销引起火灾？ …… (884)
971. 怎样防止电热器具和工业用电热烘箱发生火灾？ …… (884)
972. 万一发生电气火灾怎么办？ …… (886)

www.plcworld.cn

973. 什么叫做直击雷？怎样防直击雷害？ …… (886)
974. 什么叫做感应雷？怎样防感应雷害？ …… (887)
975. 防雷保护装置包括哪几部分？怎样安装避雷针和避雷带？ …… (888)
976. 怎样选用避雷针、避雷带、避雷网和避雷线？ …… (889)
977. 怎样安装防雷接地装置？ …… (891)
978. 阀型避雷器怎样分类？其结构特点和主要用途是什么？ …… (891)
979. 怎样区别磁吹阀型避雷器和普通阀型避雷器？前者有何用途？ …… (892)
980. 使用管型避雷器作为防雷保护装置时，怎样保证它能够可靠熄弧或正常动作？ …… (893)
981. 怎样安装管型避雷器和阀型避雷器？ …… (893)
982. 什么叫做保护间隙？它起什么作用？怎样安装？ …… (895)
983. 什么叫做雷电侵入波？怎样防止雷电侵入波的危害？ … (896)
984. 10 千伏柱上变压器怎样防止雷电侵入波的危害？ …… (897)
985. 变、配电所的 3～10 千伏配电装置怎样防雷？ …… (898)
986. 变电所 35 千伏进线防雷保护怎样接线？ …… (898)
987. 怎样加强架空线路交叉跨越处的防雷保护？ …… (899)
988. 怎样加强 3～10 千伏柱上油断路器的防雷保护？ …… (900)
989. 为什么 6～10 千伏架空配电线路的雷害事故较多？怎样加强防雷措施？ …… (901)
990. 多雷地区的低压(380/220 伏)线路和设备怎样防雷？ … (902)
991. 按防雷要求建筑物怎样分类？ …… (903)
992. 各类建筑物怎样防雷？ …… (905)
993. 水塔和烟囱怎样防雷？ …… (905)
994. 油罐防雷应满足哪些要求？油罐怎样防雷？ …… (906)
995. 室外架空管道怎样防雷？ …… (907)
996. 建筑工地怎样防雷？ …… (908)
997. 怎样分析变电所的雷害事故？ …… (908)

www.plcworld.cn

998. 阀型避雷器内部受潮怎么办？ …… (909)
999. 运行中的阀型避雷器爆炸怎么办？ …… (910)
1000. 管型避雷器误动作或动作不准确怎么办？ …… (911)

www.plcworld.cn

一、一般电工知识

1. 怎样认识电力系统中发、供、用三者之间的关系？

电能生产的特点是产、供、销同时发生和同时完成。在电力系统中，电能既不能中断，也不能储存。因此，电力系统是一个由发、供、用三者组成的整体。其中任何一个环节配合不好，都不能保证电力系统安全而合理地运行。并且，要求发、供、用三者之间始终保持平衡。

通常，发电厂的发电计划，要按照供用电负荷的需要制订。发电量不足，将导致系统的频率下降，造成供电质量变差，影响用户用电。如果频率过低，还会造成系统崩溃和瓦解。

如果供电与用电脱节，不能协调配合，除了造成用电单位的损失外，还影响系统中其他用户的正常用电，使整个系统或电网不平衡。用户用电不合理或者不能有计划地用电，有时会造成高峰期供电不足，系统频率下降，夜间低谷时电能过剩，使系统频率上升，同样将造成不平衡，导致系统运行失去经济、合理性，严重时甚至造成事故。

2. 怎样对厂矿企业配电？

除极少数企业有自备发电厂之外，绝大多数厂矿企业都是从电网取得高压电能，经企业总降压变电所降压，通过配电线路输送到各用电设备。工业企业配电系统的组成，取决于高压受电距离、企业的总负荷、负荷的分布和负荷的性质等因素。通常，企业配电系统包括高压配电线路、配电所、变电所、低压配电线路等，其高压部分如图 1-1 所示。其中各部分设立与否及其连接方式，随企业的具体情况而定。工业企业配电方

www.plcworld.cn

式一般有以下四种：

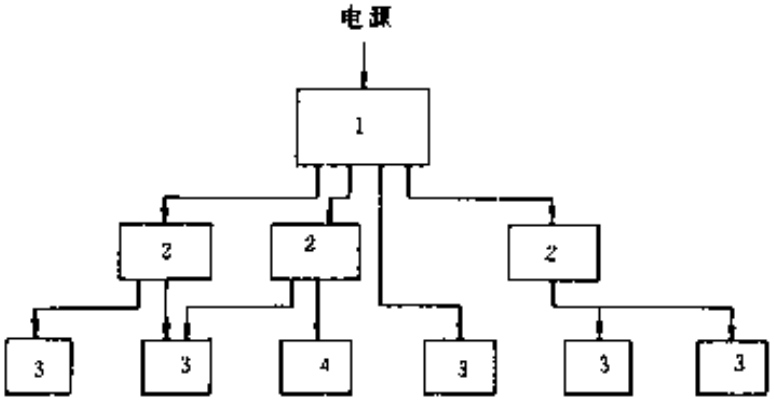


图 1-1　企业高压配电系统

1. 总降压变电所　2. 配电所　3. 车间变电所　4. 高压用电设备

(1)在厂内设置总降压变电所，将电力网输入的 35～110 千伏电压降为 6～10 千伏，通过高压配电线路将电能输送到各车间变电所，由车间变电所再降为 0.4 千伏，分送到车间的各配电箱或用电设备。这种供电方式适用于大、中型企业。

目前，也有由 35 千伏电压直接降为 380/220 伏，送车间使用的供电方式，这种方式称为 35 千伏电源直配方式。

(2)在厂内设置总配电所，将电力网输入的 6～10 千伏电能分送到各车间变电所，由车间变电所降为 0.4 千伏输送到配电箱或用电设备。这种供电方式也适用于大、中型企业。

(3)在厂内设置降压变电所，将电力网输入的 6～10 千伏电压降为 0.4 千伏，通过低压配电线路输送到车间各配电箱和用电设备。这种供电方式适用于中、小型企业。

(4)在厂内设置配电室，将配电网络输入的 0.4 千伏电能分送到各车间或直接送到各配电箱或用电设备。这种供电方式适用于小型企业。

3. 如何划分用电负荷的等级？怎样确定各级用电负荷的

www.plcworld.cn

供电方式？

根据事故停电在经济上造成损失的大小或影响程度，用电负荷可分为以下三级：

(1)一级负荷　指突然停电有造成人身伤亡的危险，或重大设备损坏且难以修复，或者在经济上造成重大损失的负荷。

(2)二级负荷　指突然停电将产生大量废品，大量减产，损坏生产设备，在经济上造成较大损失的负荷。

(3)三级负荷　指突然停电损失不大的负荷，包括不属于一级和二级负荷范围的用电负荷。

各级用电负荷的供电方式，一般根据当地供电条件，按下述原则确定：

(1)一级负荷　应由两个独立电源供电。有特殊要求的一级负荷，两个独立电源应来自不同的地点。

(2)二级负荷　一般由双回线路供电。当建立双回线路有困难时，允许由单回专用线路供电。重要的二级负荷，其双回电源线路应引自不同的变压器或母线段。

(3)三级负荷　对供电电源一般无严格要求，有无备用电源都可，随当地供电情况而定。

所谓独立电源，是指若干电源中，任一电源发生故障或停止供电，都不影响其他电源连续供电。母线分段之间无联系，或虽有联系，但当其中一段发生故障时，能自动将其联系断开，不影响另一段母线继续供电者，也属于独立电源。

4. 什么叫做高压用户和低压用户？怎样划分对用户进行高压供电或低压供电的界限？

由供电部门直接以 10 千伏及以上高压供电的用户，称为高压用户；由供电部门直接以 220/380 伏低压供电的用户，称为低压用户。

www.plcworld.cn

由于用户所需供电容量不同，为了在供电和配电方面力求经济上合算、技术上合理，供电部门便以不同等级的电压对用户供电。划分高压供电或低压供电的标准各地稍有不同，大致的划分界限是：

(1)用户所需供电容量在 320 千伏·安以下时，实行低压供电；用户所需供电容量在 320 千伏·安以上时，实行 10 千伏高压供电，此时用户应建立 10 千伏变配电所。

(2)用户所需供电容量在 3000 千伏·安以上时，实行 35 千伏高压供电，此时用户应建立 35 千伏变配电所。

(3)用户所需供电容量在 10000 千伏·安以上时，实行 110 千伏高压供电，此时用户应建立 110 千伏变配电所。

5. 怎样划分厂矿企业内部配电方式？

厂矿企业内部配电方式，一般可分为以下几种：

(1)单回路放射式(图 1-2)　一般用于对二、三级负荷或专用设备配电。若对二级负荷配电，应尽量设立备用电源；若有独立备用电源，可对一级负荷配电。

(2)双回路放射式(图 1-3)　线路互为备用，用于对二级负荷配电；若有独立电源，可对一级负荷配电。

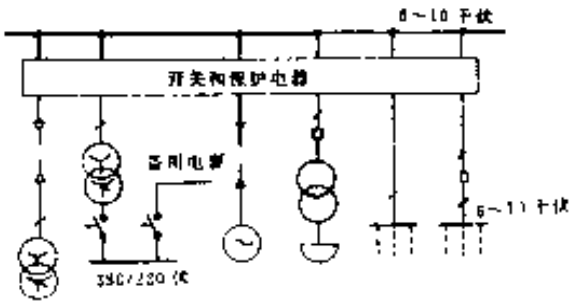


图 1-2　单回路放射式接线

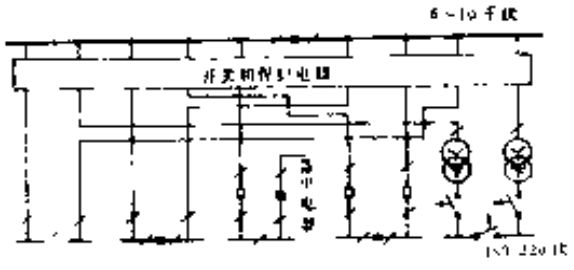


图 1-3　双回路放射式接线

(3)有公共备用干线的放射式(图 1-4)　一般用于对二

www.plcworld.cn

级负荷配电；若备用干线有独立电源，且分支线又很少，也可对一级负荷配电。

(4)单回路树干式(图 1-5)　一般用于对三级负荷配电，每条线路上装接的变压器在 5 台以内，总容量一般不超过 2000 千伏·安。

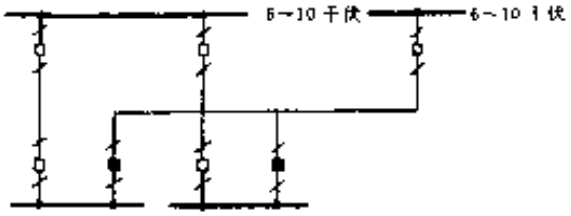


图 1-4　有公共备用干线的放射式接线

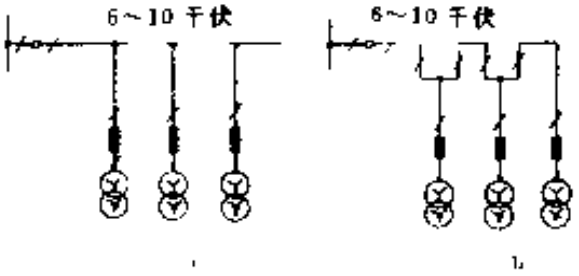


图 1-5　单回路树干式接线
a. 架空线路　b. 电缆线路

(5)单侧供电双回路树干式(图 1-6)　供电可靠性稍低于双回路放射式，但投资较少，一般用于对二、三级负荷配电。

(6)双侧供电单回路树干式(图 1-7)　一般用于对二、三级负荷配电。正常运行时由一侧供电或在线路的负荷分界处断开，发生故障时手动切换，寻找故障时要中断供电。

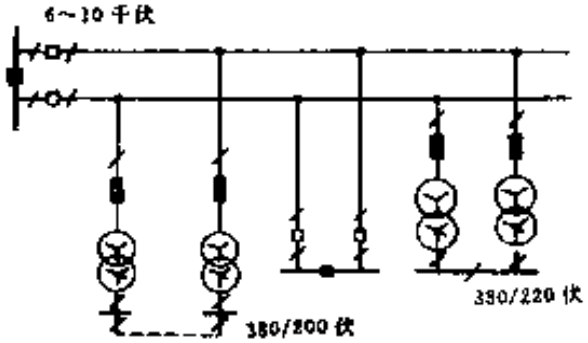


图 1-6　单侧供电双回路树干式接线

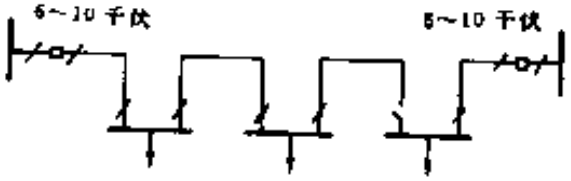


图 1-7　双侧供电单回路树干式接线

www.plcworld.cn

(7)双侧供电双回路树干式(图 1-8)　分别由两个电源供电。与单侧供电双回路树干式相比,供电可靠性稍高,主要用于对二级负荷配电。

(8)环式(图 1-9)　由同一电源供电,一般用于对二、三级负荷配电。正常情况下,一般为开环运行,寻找故障时要中断供电。

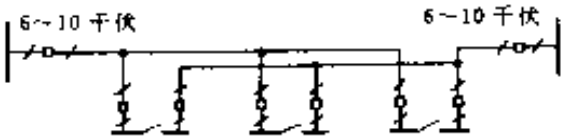


图 1-8　双侧供电双回路树干式接线

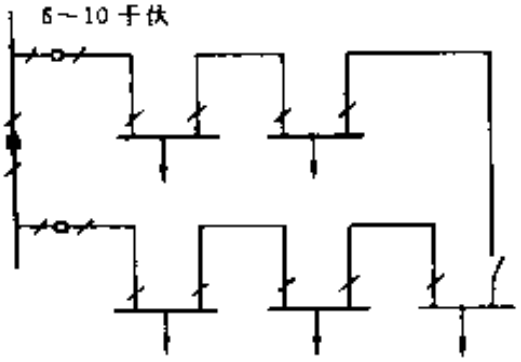


图 1-9　环式接线

6. 怎样理解电力系统的异常运行方式?电力系统一般有几种最危险的异常运行方式?

所谓电力系统的异常运行方式,是指电力系统的正常运行方式被破坏,但还没有发生故障。电力系统一般有以下三种最危险的异常运行方式:

(1)电气设备过负荷　通过设备的电流大于设备的额定电流,称为过负荷。电气设备如果长时间过负荷,则温升增高,其绝缘加速老化和损坏,甚至设备烧毁。

(2)电力系统发生功率缺额而引起频率降低　电网频率降低,导致电动机不能维持原来的转速,影响由电动机带动的机械的生产工艺过程。如果频率极度降低,会使整个电力系统不能稳定运行,甚至瓦解。

(3)电压超过允许值　当加于用电设备的电压太高时,其

www.plcworld.cn

绝缘受到损害，造成短路甚至损坏设备等事故。

7. 怎样阅读电气原理图？

电气原理图一般分为主电路和辅助电路两大部分。主电路中通过的电流较大，它主要是对电动机等主要用电设备供电，通常用粗实线画在图纸左边或上部（图 1-10），它受辅助电路的控制。

辅助电路主要是对控制电器供电，它是控制主电路动作的电路，所以又叫控制电路或控制回路，一般用细实线画在图纸右边或下部（图 1-10）。

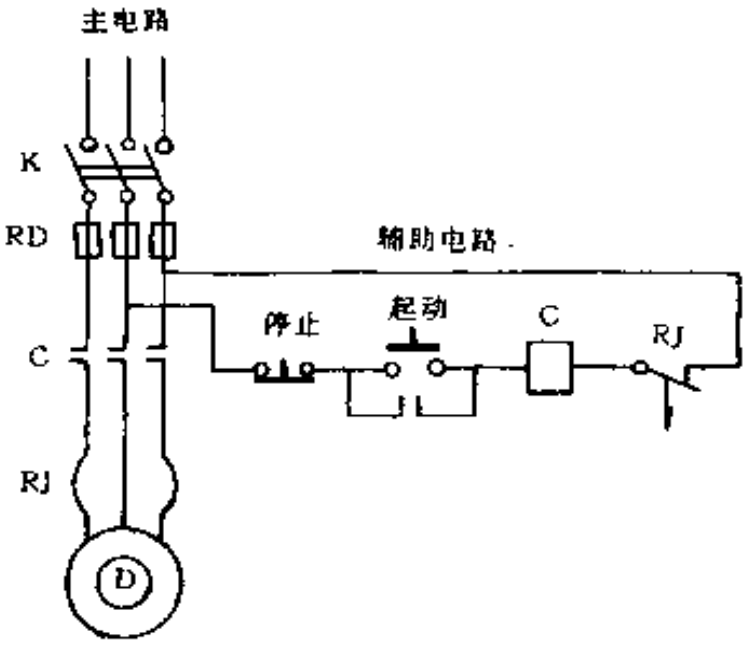


图 1-10　电气原理图

通常，在熟记电气图形符号的基础上就可以阅读电气原理图。看图时，首先看主电路，其次看辅助电路，最后看照明、信号、保护等电路。

（1）看主电路的步骤：①看主电路中有些什么用电设备（如电动机、电弧炉等），它们的用途和工作特点。例如电动机的起动方式，有无正、反转，调速和制动等要求（图 1-10 中 D

www.plcworld.cn

是电动机)；②看主电路中的用电设备是用什么电器控制的(图 1-10 中电动机用一接触器 C 控制)；③看主电路中还接有什么电器，这些电器起什么作用。通常，主电路中除了用电设备和控制电器之外，还有电源开关、熔断器、热继电器等。图 1-10 中 K 是电源开关，用以控制电源；RD 是熔断器，作为短路保护装置；RJ 是热继电器，作为过载保护装置；④看电源。要了解主电路的电源电压是 380 伏还是 220 伏。

(2)看辅助电路的步骤：①看电源。首先要看清电源是交流电源还是直流电源，其次要看清电源是从何处接来，电压有多大。通常，从主电路的两根相线上接来的电源，其线电压为 380 伏；从主电路的一根相线和一根地线上接来的电源，其相电压为 220 伏。此外，从变压器上接来的电源电压有 127 伏、36 伏、24 伏或 6.3 伏等几种。在图 1-10 中，辅助电路的电源线从主电路的两根相线上接来，其电压为 380 伏；②根据辅助电路的回路研究主电路的动作情况。在电路图中，整个辅助电路构成一条大回路，大回路又分为几条独立的小回路，每一条小回路控制一个用电设备或一个电器的一个动作。在图 1-10 中，辅助电路只有一条回路。按下起动按钮，接通原来断开的电路，电流进入接触器的线圈 C，主电路中的主触头闭合，于是电动机接入电源而运转。按下停止按钮，电路断开，C 断电，接触器释放，主触头断开，于是电动机被切断电源而停止运转。这就是开关(或按钮)——→接触器(或继电器)——→电动机的控制方式，也是机械自动化或半自动化的基本形式；③研究电器之间的相互联系。电路中的所有电器都是相互联系、相互制约的。有时用甲电器去控制乙电器，甚至用乙电器再去控制丙电器，在阅读电路图时应仔细查明它们之间的相互联系。

(3)看其他电路。其他电路是指照明、信号、保护等电路，

www.plcworld.cn

这些电路一般比较简单，只要看清它们的线路走向、电路的来龙去脉即可。

通常，每一用电设备都有不同的电气控制电路，但任一控制电路都是由一些单元线路（即基本环节）组成的。因此，阅图时，可以逐步分析各个基本环节，然后再综合起来，全面分析。如果电路比较复杂，可以先看简单的部分，后看复杂的部分。

8. 什么叫做电气接线图？怎样区分一次接线图和二次接线图？

按照国家颁布的有关电气技术标准，使用电气系统图形符号和文字符号表示电气装置中的各元件及其相互联系的工程图，称为电气接线图，又叫电气线路图。电气接线图按其在电力系统中的作用，可分为一次接线图和二次接线图。

（1）一次接线图　也叫主接线图，是表示电能输送和电能分配路线的接线图。与一次接线直接相连的电气设备，称为一次设备或一次元件。一次接线图一般用单线绘出，图中的设备（如开关）位置都是无电压时的位置。图 1-11 是低压配电的一次接线图，包括以下三个单元：

第一个单元由配电变压器 B、电流互感器（三只）1LH、刀开关 1DK、自动空气开关 1ZK 和连接导线组成，它是电能输入部分。

第二个单元由刀开关 2DK、电流互感器（三只）2LH、自动空气开关（四只）2ZK～5ZK 和连接导线组成。

第三个单元由刀开关 3DK、熔断器 1RD 和 2RD、电流互感器（单只）3LH 和 4LH 及连接导线组成。

第二个单元和第三个单元是电能输出（分配）部分。

B、1LH、1DK、1ZK 等都是一次设备。

（2）二次接线图　上述一次接线图所绘出的三个单元，只

www.plcworld.cn

表明电能的输送和分配，而未表明电路的控制、指示、监视、测量和保护。表明电路的控制、指示、监视、测量和保护电器正常运行的接线图，称为二次接线图，也叫副接线图。与二次接线直接相连的电器，称为二次设备或二次元件。

二次接线图往往只绘出一次接线图中的一个单元的某一元件、某一参量或表明某一功能。例如，图 1-12 是图 1-11 中电能输入单元的电流互感器 1LH（电流参量）的电流测量二次接线图。由该图可见，电流表 A 就是二次元件。

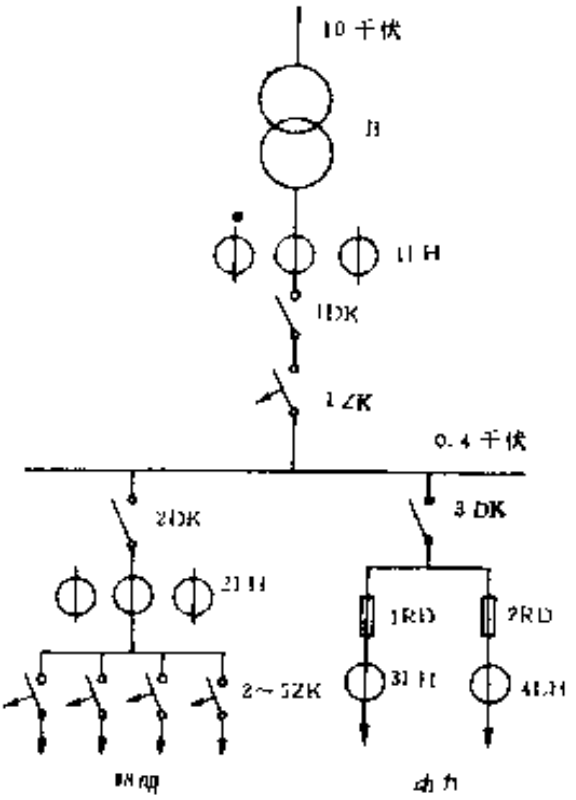


图 1-11　低压配电一次接线图

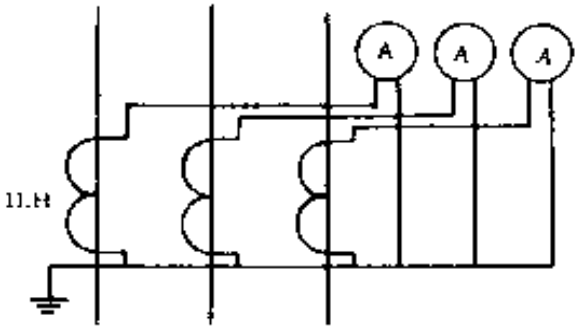


图 1-12　电流测量二次接线图

9. 负荷随时间变动有什么规律？对不同时间出现的各种负荷怎样命名？

由于电力负荷是随时间而变动的，因此在某一间隔时间内可能会出现一个最大负荷，该负荷称为最高负荷，在一日的 24 小时内出现的最高负荷，称为日最高负荷。

在某一时间范围内电力负荷的平均值，称为平均负荷。如某用户的日用电量为 24000 千瓦·时，则该用户的平均有功

www.plcworld.cn

负荷 P＝24000/24＝1000 千瓦。

在一昼夜间出现的最高负荷也称高峰负荷，出现的最低负荷称为低谷负荷。通常，不同用户出现的高峰负荷和低谷负荷的时间各不相同。但是，对于电力系统来说，则是比较有规律的。一般春冬季节早上 9～11 时出现早高峰，14～16 时出现午高峰，17～21 时出现晚高峰。而在夏秋季节，由于昼长夜短，早高峰提前出现，晚高峰推迟。夜间低谷时间一般都在深夜 0 时至次日 7～8 时左右。

10. 什么叫做负荷率？怎样提高负荷率？提高负荷率有何意义？

负荷率是一定时间内的平均有功负荷与最高有功负荷之比的百分数，用以衡量平均负荷与最高负荷之间的差异程度。从经济运行方面考虑，负荷率愈接近 1，设备的利用程度愈高，用电愈经济。其计算式为

$$\text{负荷率}(\%)=\frac{\text{平均有功负荷(千瓦)}}{\text{最高有功负荷(千瓦)}}\times 100$$

日、月、年负荷率可按以下公式计算：

$$(1)\text{日负荷率}(\%)=\frac{\text{日有功负荷(千瓦)}/24}{\text{8～24 时中某时最高负荷(千瓦)}}\times 100$$

$$(2)\text{月平均日负荷率}(\%)=\frac{\text{月内日负荷率之和}}{\text{日负荷率天数}}\times 100(\text{算术平均值})$$

$$(3)\text{年平均日负荷率}(\%)=\frac{\text{各月平均日负荷率之和}}{12}\times 100(\text{近似计算})$$

要提高负荷率，主要是压低高峰负荷和提高平均负荷。因为负荷率就是二者的比值。

企业负荷率的高低与生产班制和用电性质有关。例如，实

www.plcworld.cn

行三班制生产的企业，24 小时内的负荷平稳，变化不大，所以负荷率就比较高。而实行一班或两班制生产的企业，负荷率就比较低。也就是说，连续性生产的企业，负荷率就较高，非连续性生产的企业，用电负荷高峰一般比较集中，冲击性负荷所占比重较大，负荷率就比较低。所以，要提高负荷率，就必须调整高峰负荷。一般采取以下措施来调整负荷：

(1)降低全厂内部总的高峰负荷，即错开各车间的上、下班时间，午休时间和用餐时间。

(2)调整大容量用电设备的工作时间，即避开高峰用电时间。例如，规定某些大型用电设备只能在深夜运行。

(3)调整各车间的生产班次和工作时间，实行在高峰用电时间让电。

(4)实行车间计划用电，严格控制高峰用电时间的电力负荷。

(5)采取技术措施(如安装定量器)，合理分配高峰电力指标等。

调整电力负荷，实行计划用电，提高负荷率，是一项具有全局性的工作。用电单位提高负荷率，可以减少受电变压器容量，降低高峰负荷，减少基本电费开支，降低生产成本。用户提高了负荷率，避开了高峰用电时间，供电部门就可充分发挥输配电线路和变压器等供电设备的效能，减少供电网络中的电能损耗，从而可以减少国家投资。

11. 怎样计算日用电量、日平均负荷和瞬间负荷?

(1)日用电量的计算

一是未装变流倍率装置的电度表(直通表)，电度表在 24 小时内的累积数就是日用电量，即

本日正 24 时电度表的读数－上日 24 点的电度表读数＝

www.plcworld.cn

日用电量

二是装有变流倍率装置的电度表，电度表在24小时内的累积数乘以变流倍率所得数就是日用电量：

只装有电流互感器(CT)的电度表

日用电量＝电度表(0～24时)累计数×CT(倍率)

同时装有电流互感器(CT)、电压互感器(PT)的电度表

日用电量＝电度表(0～24时)累积数×CT(倍率)×PT(倍率)

(2)日平均负荷的计算

$$\text{日平均负荷(千瓦)}=\frac{\text{日用电量(千瓦·时)}}{24\text{(时)}}$$

(3)瞬间负荷的计算

一是根据实测电流、电压计算：

$$\text{有功功率(千瓦)}=\frac{\sqrt{3}\times\text{电流(安)}\times\text{电压(伏)}\times\text{功率因数}}{1000}$$

二是用秒表法计算：

$$\text{有功功率(千瓦)}=\frac{3600\times R\ K_{CT}\ K_{PT}}{NT}$$

式中 R为测量时间内有功电度表圆盘的转数(通常测量10～20转)；

T为测量时间，秒；

K_{CT}为电流互感器倍率(变流比)；

K_{PT}为电压互感器倍率(变压比)；

(无电流、电压互感器时，K_{CT}、K_{PT}均为1)

3600为1小时的秒数；

N为有功电度表铭牌上标明的常数，转/(千瓦·时)。

12. 怎样计算用电设备利用率、变压器利用率和年最大

www.plcworld.cn

负荷利用小时？

用电设备利用率，是指用电设备实际承担的综合最高负荷与其额定容量之比。其计算式为

$$\text{用电设备利用率}=\frac{\text{实际综合最高负荷(千瓦)}}{\text{用电设备额定容量之和(千瓦)}}$$

变压器利用率，是指变压器实际最高负荷与其额定容量之比。其计算式为

$$\text{变压器利用率}=\frac{\text{变压器实际最高负荷(千瓦)}}{\text{变压器额定容量(千伏·安)}}$$

年最大负荷利用小时，是年总用电量除以年最高实际负荷所得的小时数。其计算式为

$$\text{年最大负荷利用小时(时)}=\frac{\text{全年总用电量(千瓦·时)}}{\text{年最高负荷(千瓦)}}$$

13. 怎样计算厂矿企业用电设备的功率因数？

厂矿企业用电设备的功率因数，随负荷性质的不同而异。通常，用电设备的瞬时功率因数值可直接从功率因数表(力率表)读出。如果无功率因数表，则可根据电压表、电流表和瓦特表在同一时间的读数，按下式计算：

$$\text{功率因数}=\frac{\text{瓦特表读数}}{1.73\times\text{电压表读数}\times\text{电流表读数}}$$

$$\text{即}\qquad \cos\varphi=\frac{P}{\sqrt{3}UI}$$

例　某用户的瓦特表读数为 100 千瓦，电压表读数为 380 伏，电流表读数为 200 安，该用户的功率因数是多少？

解　根据上式求出

$$\cos\varphi=\frac{P}{\sqrt{3}UI}=\frac{100\times1000}{1.732\times380\times200}=0.76$$

计算某一段时间(如一个月)的平均功率因数时，可根据

www.plcworld.cn

有功和无功电度表在该段时间内的读数(表底差)按下式计算：

$$\cos\varphi=\frac{P_t}{\sqrt{P_t^2+Q_t^2}}$$

或

$$\cos\varphi=\frac{1}{\sqrt{1+\left(\frac{Q_t}{P_t}\right)^2}}$$

式中 P_t 为有功电量；

Q_t 为无功电量。

14. 负荷定量器怎样分类？装设负荷定量器有何优点？

负荷定量器的种类较多，按所控制的参数可大致分为：

(1)控制电流(包括有功和无功电流)。

(2)控制有功功率。

(3)控制用电量。

(4)控制瞬时功率和日用电量。

装设负荷定量器是计划用电的一项较为重大的技术保证措施，是加强用电科学管理的一种手段。归纳起来，安装负荷定量器具有以下优点：

(1)落实了“谁超限谁”、“不超不限”的原则，切实保证按计划用电。

(2)促进了“移峰填谷”，提高了系统的日负荷率。

(3)促进了革新挖潜，降低了电耗，节约了电量。

(4)保证了系统的正常供电，消除了因超负荷而线路经常拉闸的现象。

15. 住宅家用电器的安装容量与其计算负荷有何区别和联系？怎样计算住宅的安装容量？

安装容量和计算负荷是两个不同的概念。住宅家用电器

www.plcworld.cn

的安装容量，是指住宅内所有家用电器额定容量的总和，它不能作为选择导线截面、开关和保护电器的依据。因为住宅的家用电器不可能同时使用，如用户使用电饭煲时，不一定同时开动洗衣机、电吸尘器等。也就是说，住宅的所有家用电器不会在同一时间都处于工作状态。此外，各户的用电量也不会同时达到最大值，即使同时达到最大值，持续时间也不会太长（一般不超过 30 分钟）。因此，选择一栋住宅或一个住宅单元的总进线截面、开关和保护电器时，要将该住宅或该单元的家用电器安装容量乘一个需要系数，乘以该系数得出的数值就是计算负荷。

目前，住宅负荷的需要系数尚无实测统计资料，大都沿用较老的经验数据。由于住宅电气化程度越来越高，家用电器越来越多，安装容量越来越大，因此，负荷的需要系数也就越来越小（因为家用电器越多，闲置不用的也越多，所以需要系数就越小），一般取 0.25～0.35。

怎样计算住宅家用电器的安装容量呢？一般采用负荷密度法和单位容量法来计算。

负荷密度法，是以单位住宅面积用电量来计算容量。对一般住宅，考虑将来用电量的增加，可采用 5～10 瓦/米^2。但是，住户用电量的多少，不一定取决于住宅面积的大小。居住面积不同的住户，有可能拥有同样多的家用电器。因此，按负荷密度法求出的安装容量，往往有较大误差，最好采用单位容量法来计算安装容量。

单位容量法，是在调查实际用电情况的基础上，按每户照明灯具、家用电器的大致数目，确定每户的平均容量（即单位容量），然后求一栋住宅的总容量。如果住宅内有公用设备（如电梯、水泵、中央系统空气调节设备、排烟电机等），则可直接

www.plcworld.cn

从这些设备的铭牌上查出安装容量。因此，住户的总容量加上公用电气设备的设备容量，就是住宅的安装容量。

16. 怎样理解单一制电价和两部制电价？

所谓单一制电价，是以用户电度表每月示出的实际用电量为计费依据。实行单一制电价的用户，每月应付电费与其设备容量和用电时间无关，无论用电量多少均是一个单价。

所谓两部制电价，就是将电价分成两部分。一部分称为基本电价，它反映电力工业企业成本中的容量成本，即固定费用部分。计算基本电费时，以用户设备容量（千伏·安）或用户最大需量（千瓦）为单位，用户每月所付的基本电费仅与其容量或需量有关，与其实际使用电量无关。另一部分称为电度电价，它反映电力工业企业成本中的电能成本，即流动费用部分。在计算电度电费时，以用户实际使用电量为计费依据。两种电价分别计算后之和即为用户应付的全部电费。

两部制电价，目前只对设备容量较大的工业电力用户实行。

17. 电工人员怎样坚持文明生产？

在电工作业中，文明生产，是保持设备和线路正常运行，实现安全用电，防止发生人身和设备事故的可靠保证。因此，要求每个电工人员从工作态度到工作作风，从工作水平到工作效益，都符合文明建设的需要，做到有理想，守纪律，谦虚谨慎，戒骄戒躁，有条理、有秩序、认真负责地从事电气工作。具体地说，应做到以下几点：

（1）完成安装工作要干净利落，查找故障要迅速及时，排除故障要完全彻底。

（2）工作既要注意安全可靠，又要讲究整洁卫生，既要符合技术要求，又要厉行勤俭节约。

www.plcworld.cn

(3)工作结束,要认真检查、整理和清扫现场。

(4)电气工作室和值班室应保持清洁卫生,备品、备件和材料应按规定位置摆放,仪器仪表和安全用具要妥为保管,定期检查,使其经常处于待用状态。

(5)对电气设备应建立档案,定期进行检修并做好检修记录,对重要电气设备应作运行记录。

18. 电工人员怎样学会自我保护?

所谓自我保护,不是只顾自己安全,不管他人和集体的安全,而是严格遵守电业安全工作规程和执行集体安全作业措施,并在这一前提下,在个人作业的范围内,确保自身安全。

对于电工人员具有共性的自我保护的具体做法是,每一电工人员在工作前必须养成"一停、二看、三想、四动手"的习惯。所谓一停,是开始工作以前,特别是触及带电部分以前,必须养成先停顿一下的习惯,不要一上去就动手干,停顿的目的是看一看、对一对,看一下两侧的刀闸是否确已断开并接地,对一对线路或设备的名称和编号是否正确无误,最后想一想,考虑一下是否存在不安全因素或疑问,确认安全无疑,再动手工作,这就是自我保护的主要内容。如果每一电工人员都真正养成这一安全作业习惯,就可防止发生意外伤亡事故。显而易见,"一停、二看、三想、四动手"这一自我保护的做法,绝不会构成对他人和集体安全的危害。

19. 对电气事故的原因怎样进行分析?

对电气事故的原因,一般从设备事故和触电事故这两方而进行分析。

(1)设备事故原因:①误操作。违反操作规程或不符合技术规定误操作而发生的事故,如带负荷拉隔离开关,未拆除接地线合闸,错合电源开关等;②设备失修。如充油设备长期漏

www.plcworld.cn

油而造成缺油烧损，未及时进行定期检修或检修质量差，少油断路器的触头多次切断故障电流未进行拆修，对设备未定期清扫而出现污垢闪络，以及其他因维护管理不善而发生的事故；③设备制造不良，选型不当，使用不合格的或未经技术鉴定的改装设备；④设计失误。设计中未充分考虑负荷状况、环境因素和气象条件等；⑤自然灾害和外力破坏。

(2)触电事故原因：①违反操作规程。如带电连接线路或电气设备，触及破损的导线或设备，带电拉高压隔离开关，带地线合闸，带电接照明灯线，带电移动用电设备，湿手拧灯泡等；②设备不合格。如电气距离不够，二线一地制接地电阻过大，接地线不合格或接地线断开，导线或设备的绝缘破损裸露在外，设备爬线等；③设备失修。如大风刮断导线或刮倒电杆未及时修理，瓷底胶盖刀闸的胶木盖损坏未及时更换，瓷瓶破裂造成火线与拉线短接，设备外壳带电等；④其他因素。

20. 需要改动电气线路时，为什么要办理申请报批手续？怎样书写申请报告？

在电气设备的安装和维修中，往往发现一些电气线路存在不足甚至错误。在这种情况下，每个电工人员都可提出自己的修改意见。但在改动以前，须办理申请报批手续。因为：

(1)一个人或几个人认为线路有错或不合理，不一定真错或真不合理，必须经领导与工程技术人员研究作出决定。

(2)对一台设备来说，如果谁认为它的线路不合理或存在错误，可以任意改动，势必缺乏全盘考虑，会越改越乱，甚至出现不可收拾的局面。

(3)如果报告中申请改动线路的意见是正确的，则领导可以及时采纳，并在相同设备上推广，使该意见发挥更大作用。

因此，要改动电气线路，应先写出书面申请报告，经领导

www.plcworld.cn

或技术主管部门批准，才可更改。申请报告包括以下内容：

(1)电气线路上存在什么缺陷，缺陷的严重性和危害性。

(2)改动线路的具体方案，改动后预计的效果。

(3)线路改动后是否会产生不利因素及其影响程度。

(4)附材料预算表、工时费用单及修改前后的原理图和接线图。

21. 怎样认识三相用电不平衡的危害？

某些电气设备仅适于单相用电，如果将其接在三相供电系统中，一旦安排不合理，就会造成三相电流不平衡。不平衡电流在系统的各相中将产生不同的电压降，导致电网三相电压不平衡。而三相电压不平衡将造成以下危害：

(1)由于三相电压不平衡，感应电动机的定子上将产生一个逆序旋转磁场，此时电动机在正、逆两个旋转磁场的作用下运行。由于正序旋转磁场的强度比逆序旋转磁场要高得多，所以电动机按正序方向旋转。但电动机的转子逆序阻抗很小，所以逆序电流较大。由于存在逆序电流，将产生较大的逆序制动力矩，从而使电动机的输出功率大大减少，并且电动机的绕组也会出现过热现象。

(2)增大变、配电设备的电能损耗。通常，所有发电机、变压器等电气设备都是按三相负荷平衡这一条件设计的。如果三相负荷不平衡，只能以负载最大的一相的负荷为限，因此，设备出力必然减少。

22. 如何判断电压质量是否符合要求？怎样计算电压合格率？

供用电设备理想的工作电压应保持额定电压。但是，在实际运行中不可能保持额定电压，总是或多或少产生上下偏移。因此，规程允许设备的运行电压比额定电压稍有出入。通常，

www.plcworld.cn

设备电压偏移的范围是根据该设备对电压偏移的敏感性以及可能造成后果的严重程度决定的。根据《全国供用电规则》规定的电压合格标准，电压变动在下述范围以内者（指用户受电端的电压变动幅度），可判定电压质量符合要求：

（1）35 千伏及以上供电和对电压质量有特殊要求的用户：±5%。

（2）10 千伏供电和低压电力用户：±7%。

（3）低压照明用户：+5%、−10%。

（4）对于动力和照明混合的低压用户：+5%、−7%。

电压合格率分两步计算：

（1）计算电压波动幅度。电压波动幅度是指实际电压偏移值的大小，其计算式为

$$\Delta U = U - U_n$$

式中 ΔU 为电压实际偏移值，千伏或伏；

U 为实际运行电压，千伏；

U_n 为电网额定电压，千伏。

一般用相对值表示：

$$U\% = \frac{\Delta U}{U_n} \times 100\% = \frac{U - U_n}{U_n} \times 100\%$$

（2）根据实际电压波动幅度，对照允许的电压变动范围，计算电压合格率。

$$\text{监测点的电压合格率}(\%) = \frac{\text{电压合格小时数}}{\text{运行小时数}} \times 100\%$$

$$= 1 - \frac{\text{累计超过偏差的时间}}{\text{总运行时间}} \times 100\%$$

$$\text{全网电压合格率}(\%) = \frac{\text{各测点的合格率} \times 100}{\text{监测点的总数}}$$

对于城市电网，其计算方法是：

www.plcworld.cn

$$电压合格率=0.6A+0.2B+0.2C$$

式中　A 为城市变电所 6～10 千伏母线电压合格率；

B 为高压用户电压合格率；

C 为低压用户电压合格率。

23. 什么叫做电压波动？波动的原因是什么？怎样认识电压波动的危害？

在某一段时间内，电压急剧变化而偏离额定值的现象，叫做电压波动。电压变化的速率大于 1%每秒的，称为电压急剧变化。

电压波动一般有以下三方面的原因：

(1)电力网的运行方式改变，引起功率分布和电网阻抗发生变化。

(2)电力负荷随不同季节、昼夜不同时间和用户生产流程的改变而变化。

(3)电力网的某些设备发生事故或故障。

上述原因使电力网的无功功率失去平衡，从而引起电压波动。

电压的波动(升高或降低)如果超出了允许范围，便会造成电力网和用户电气设备在电压偏高或偏低条件下运行，既不经济，也不安全。电网和用户电气设备在电压偏高或偏低条件下运行的危害性分述如下：

(1)在电压偏高条件下运行的危害性：①使供、用电设备的绝缘加速老化，缩短设备的使用寿命；②造成电压波形畸变，加大电力网的高次谐波，严重时导致过电压，危及网络和设备的安全；③增加变压器和电动机的空载损耗，从而使网络的功率和电能损耗均增加；④迫使部分无功补偿装置退出运行，降低无功补偿效益，导致网络的线损增加；⑤影响用户的

www.plcworld.cn

正常生产和产品质量。

(2)在电压偏低下运行的危害性:①降低发、供电设备的效率;②增加电网的功率和电能损耗;③危及电网安全运行,严重时导致电压崩溃,造成部分电网瓦解;④造成电动机起动困难,电动机长期在电压偏低下运行会被烧毁;⑤降低用电设备的效率,影响产品质量。

24. 怎样调查电气设备的故障?

调查电气设备的故障,就是在处理故障以前,通过问、看、听、摸来了解电气设备故障前后的操作情况和故障发生后出现的异常现象,以便根据调查结果迅速判断故障可能发生的部位、故障规模和故障性质,从而及时采取准确地排除故障的措施。

(1)问　向操作维护人员了解电气设备故障前的工作情况和故障后的"症状"。因为操作维护人员熟悉电气设备的性能,他们对经常发生的故障的处理有丰富的经验。询问的项目一般包括:故障是经常发生还是偶尔发生;有哪些征兆(如声响、冒火、冒烟等);故障发生前有无误操作,是否定期保养、检修,是否改动过线路、设备等。

(2)看　有些电气设备的故障有明显的外观征兆,如各种信号、熔断器指示装置的各种显示、热继电器脱扣、接线脱落、触点熔焊、线圈烧毁等。

(3)听　电机、变压器和某些电器正常运行的声音和发生故障后的声音有明显的差异,听听它们的声音是否正常,就可判断故障性质,找到故障部位。

(4)摸　电机、变压器和电磁线圈等发生故障后,温度显著上升,可立即切断电源用手去触摸。

问、看、听、摸是寻找故障的第一步,有些故障,只有进一

www.plcworld.cn

步检查、测试才能查明。

25. 怎样掌握电气设备拆修和调整的一般原则?

通常,凡是大型电气设备(如变压器、油断路器、电容器等)的拆修,都要做好拆修前的准备、拆卸修理和拆修后组装调整这三个阶段的工作。下面是这三方面应该遵循的一般原则。

拆修前的准备:

(1)准备好必需的图纸和技术资料。

(2)判断待拆修设备的现状和达到正常工作状态的差距,以便制订检修方案。

(3)从规格、品种和数量方面备足检修所需的零部件和材料。如果无法备齐,则不得拆修。

(4)配备拆修所需的工具、量具和仪表。

(5)备齐零星辅料(如绝缘油、汽油、润滑油、砂纸、棉纱头、导线、紧固件等)。

(6)安排参加拆修工作的人员。

(7)落实保证安全的组织措施和技术措施。

拆修注意事项:

(1)边拆边核对图纸,凡与图纸不符者要做好详细记录。

(2)记住组装顺序(作出标记),了解零部件之间的关系。

(3)较复杂的设备,应按拆卸顺序排列拆下的零部件。

(4)清洗和擦拭时要防止损坏零部件。

(5)损坏的零部件应予以更换。

(6)如果发现已损件,但无备件,则应采取补救措施,并作出详细记录;对有缺陷但可继续使用的零部件,也要作出记录。这两类不合格的零部件,在下次检修时应首先更换。

拆修后组装调整注意事项:

www.plcworld.cn

(1)按与拆卸相反的顺序组装。

(2)组装后要达到原定的质量标准和具备原有性能。

(3)核对图纸资料,修改处要记录清楚。

(4)对试验和调整的有关数据,要记录准确、清楚。

(5)拆修用的工具、量具、仪表和辅料要逐项清理。

(6)检修、安装完毕,须进行例行试验,只有试验合格才可投入运行。

(7)拆修者与运行人员办理移交手续。

26. 怎样表示绝缘材料的绝缘性能好坏?什么叫做损耗角?

绝缘材料的绝缘性能好坏,一般用绝缘材料的电阻大小来表示。绝缘材料的绝缘电阻,是加于绝缘的直流电压与流经绝缘的电流(称泄漏电流)之比。

绝缘电阻分为体积电阻和表面电阻两种。前者是电流通过绝缘体内部的电阻值,后者是电流通过绝缘体表面的电阻值。而绝缘的全电阻就是这二者之和。与此相对应的是绝缘材料的电阻率,电阻率也有体积电阻率和表面电阻率之分。

绝缘材料如果具有足够的绝缘电阻,就能够将泄漏电流限制在很小范围以内,能够防止漏电流造成的触电事故。绝缘电阻通常用兆欧表(也称摇表)来测量。

介质损耗角也可表征绝缘材料的绝缘性能好坏。它是超前电流和电压所构成的角度与90°角之比。良好的绝缘体中,电流超前电压90°,因此损耗角是零度。但一般绝缘材料不可能是绝对完美的绝缘体,总有成多或少的漏电流通过它。而损耗角就是用来度量这种不完美(绝缘)性(成称无效性)。损耗角常用δ表示。

27. 怎样判断电气线路和设备的绝缘电阻是否符合标

www.plcworld.cn

准？

不同的线路和设备，对其绝缘电阻有不同的要求。一般来说，高压较低压要求高，新设备较老设备要求高，移动设备较固定设备要求高。以下几种主要线路和设备的绝缘电阻如果不低于所列值，则可判定它们的绝缘电阻符合标准：

(1)新装或大修后的低压线路和设备，其绝缘电阻不低于0.5兆欧；运行中的线路和设备，平均每伏工作电压的绝缘电阻不低于1000欧(对于潮湿场所的线路和设备，允许降低为500欧)。

(2)携带式电气设备的绝缘电阻不低于2兆欧。

(3)配电盘二次线路的绝缘电阻不低于1兆欧(在潮湿环境允许降低为0.5兆欧)。

(4)10千伏高压架空线路每个绝缘子的绝缘电阻不低于300兆欧；35千伏及以上者不低于500兆欧。

(5)运行中的6～10千伏和35千伏电力电缆的绝缘电阻分别不低于400～1000兆欧和600～1500兆欧(干燥季节取较大值，潮湿季节取较小值)。

(6)高压电气设备的吸收比大于1.3(从开始测量绝缘电阻算起，第60秒的绝缘电阻与第15秒的绝缘电阻之比，称为吸收比；吸收比越大，设备的绝缘性能越好)。

(7)电力变压器的绝缘电阻不低于出厂时的绝缘电阻的70%，或不低于表1-1所列值。

表1-1　电力变压器的绝缘电阻　　兆欧

额定电压千伏	温度，C							
	10	20	30	40	50	60	70	80
3～10	450	300	200	130	90	60	40	25
20～35	600	400	270	180	120	80	50	35
60～220	1200	800	540	360	240	160	100	70

www.plcworld.cn

28. 怎样进行泄漏电流试验?

泄漏电流，是指线路或设备在外加电压作用下流经绝缘部分的电流。通常，在交接、验收工作中，对35千伏及以上的变压器和断路器、电力电缆、部分电工安全用具均应按规定进行泄漏电流试验。泄漏电流试验，实际上就是直流泄漏电流试验。试验装置主要由直流高压发生器和微安表组成(图1-13a)。微安表有三种安装位置：μA_1，安装简单、安全、读数准确，但试品不得接地；μA_2，位置、读数均准确，允许试品接地，但微安表带高压，测量时必须保持安全距离；μA_3 安装简单、安全，允许试品接地，但必须考虑由杂散电流引起的误差。无论微安表处于什么位置，都应予以屏蔽(图中虚线)，以减小测量误差。

图1-13b示出微安表的各种保护方式。图中R是限流电阻，约0.2～2兆欧；L是防冲击电流的线圈，电感约1亨；S是短路开关；C是防冲击电流(电压)并使微安表读数稳定的电容器，电容约1～2微法；F是防过电压的放电器。

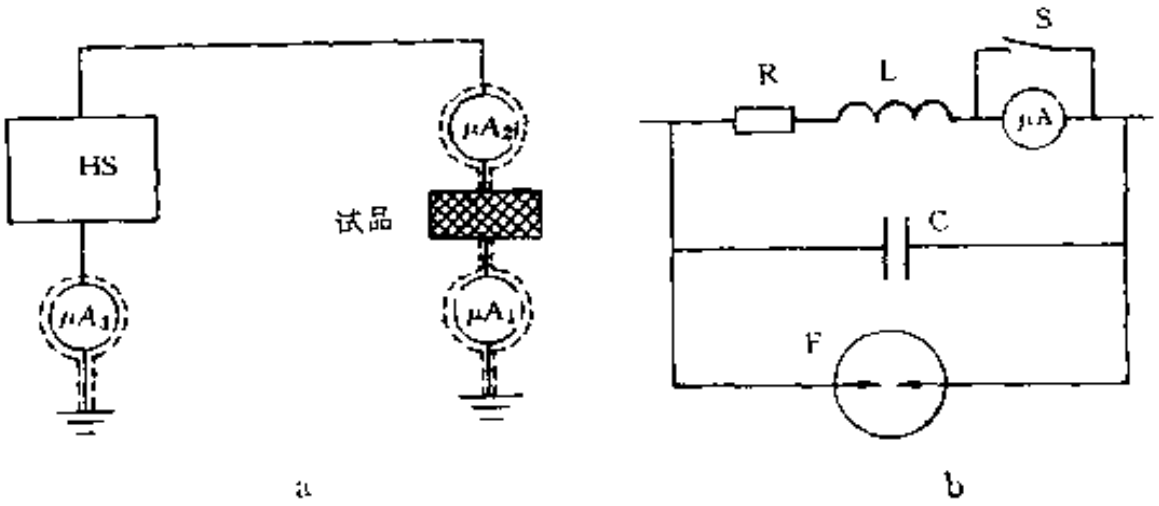


图1-13 泄漏电流试验

a. 测量接线图 b. 微安表接线图

www.plcworld.cn

例如，对油浸电力变压器进行泄漏电流试验时，试验电压如表 1-2 所示，泄漏电流约在数十至数百微安之间，其值随温度和电压的升高而增大；对断路器进行泄漏电流试验时，试验电压为 40 千伏，泄漏电流不得大于 10 微安。

加直流电压于试品时，漏导电流保持不变，但充电电流随时间的延长而逐渐衰减至零。因此，一般加压 1 分钟，待稳定后读数。

表 1-2　变压器泄漏电流试验电压标准

线圈额定电压 千伏	3	6～10	20～35	>35
试验电压 千伏	5	10	20	40

29. 怎样计算节约的电量？

采用各种节电方法所节约的电量，可分别按以下公式计算：

(1)用电单耗同期对比法

节约电量(千瓦·时)＝本期产量×(以前同期单耗
－本期实际单耗)

(2)用电定额对比法

节约电量(千瓦·时)＝本期产量×(单耗定额
－实际用电单耗)

(3)同期产值单位耗电计算法

节约电量(千瓦·时)＝本期实际产值
×[以前同期单位产值耗电量(千瓦·时/万元)
－本期单位产值耗电量(千瓦·时/万元)]

此法适用于产品品种多不易计算产品单位耗电量的企

www.plcworld.cn

业。

按以上公式计算的结果，正数为节电，负数为多耗电。

(4)用电设备容量减少时

节约电量(千瓦·时)＝计算期实际运行时间
×(改进前实际用电容量
－改进后实际用电容量)

(5)劳动生产率提高时

节约电量(千瓦·时)＝改进前产品实际单耗
×计算期实际提高的产量

(6)单项措施节电效果

节约电量(千瓦·时)＝改进前所需功率
－改进后实测功率)×使用时间
×推广使用(设备)台数

30. 怎样理解违章用电？哪些用电行为属于违章用电？

所谓违章用电，是指减少国家电费收入，危及人身、设备安全的用电行为。以下用电行为属于违章用电：

(1)在电价低的供电线路上，私自接用应高价计算电费的用电设备，或者私自改变用电类别。

(2)用户设备容量超过报装容量，私自增加用电容量。

(3)擅自使用已报暂停的电气设备或启用封存的电气设备。

(4)私自迁移、更动和擅自操作供电局的电度计量装置、电力定量装置、线路或其他供电设施。

(5)未经供电局同意，自行引入备用电源。

www.plcworld.cn

二、电动机和其他用电设备

31. 电动机如何分类？怎样合理选用电动机？

电动机分为交流电动机和直流电动机两大类。交流电动机又分为异步电动机(感应电动机)和同步电动机。而异步电动机又有单相和三相之分。

单相电动机的功率一般比较小，多用于生活用电器，如吹风机和电风扇等。

三相异步电动机由于其转子构造不同，又分为两种：一种是三相鼠笼式异步电动机，也叫短路式转子电动机；另一种是三相绕线式转子电动机，也叫滑环式电动机。

合理选择电动机，是正确使用电动机的先决条件。电动机的选择，包括很多内容，如机械特性、结构形式、容量、电压、频率、转速、起动转矩等，现就几项主要内容介绍如下：

(1)电动机的机械特性，如转速、多级变速、无级调速、起动力矩、滑差率(冲压机、剪刀机、冲击锤等用的高滑差率电机)、恒转矩、速制动等，应满足生产机械的要求。

(2)电动机的结构形式应适应周围环境条件(如防尘、防腐、防震、防潮、防爆等)。

(3)电动机的容量大小应适当，要防止“大马拉小车”或“小马拉大车”现象。有铭牌标明功率的机械，可按铭牌功率选配电动机。

32. 怎样根据生产环境特征选择不同防护型式的电动机？

下列场所，应采用与其环境特征相适应的防护型电动机：

www.plcworld.cn

(1)室内一般生产场所，宜采用防护式电动机；在能够保证人身和设备安全的条件下，也可采用无防护式电动机；使用地点可能有水滴落、飞溅时，应采用防滴、防溅式电动机。

(2)湿热带地区，应尽量采用湿热带型电动机；如果采用普通电动机，则应采取适当的防潮措施。

(3)空气中经常含有较多粉尘的场所，当为导电性粉尘时，宜采用尘密型电动机；当为非导电性粉尘时，宜采用防尘型电动机。

(4)空气中经常含有腐蚀性气体或游离物的场所，应尽量采用化工用的防腐型电动机或管道通风冷却式(引入清洁的冷却空气)电动机。

(5)室外露天场所，宜采用室外型电动机；如果采取防止日晒、遮蔽雨雪等措施，也可采用防尘型电动机。

(6)有火灾或爆炸危险的场所，应采用防爆型电动机。

33. 电动机的“连续工作制”、“周期工作制”和“短时工作制”有何区别？怎样运用？

电动机的工作制一般都标在其铭牌上。“连续工作制”，是指电动机在额定电压和额定负载下可以连续运行，不必停车。“周期工作制”，是指电动机在额定条件下只能断续运行，即工作时间与停车时间循环交替，且有一定比值，通常以暂载率表示。所谓暂载率，就是在10分钟的一个周期内，电动机持续负载运行的时间与周期之比的百分数，一般有15%、25%、40%和60%四种暂载率。例如，按暂载率40%运行的电动机，在一个周期内是4分钟工作，6分钟停车，如此循环交替满载运行。如果电动机的运行超过暂载率，就可能过载而烧毁。“短时工作制”，是指电动机在额定条件下，只能在限定的短时间内运行，短时工作时间一般分为10、30、60、90分钟四种。当电

www.plcworld.cn

动机在额定负载下运行的时间达到了规定时间，就必须停车，只有冷却后才能重新起动。超过了规定时间继续运行，电动机就可能过热而损坏。

34. 什么叫做电动机的过载保护？怎样实现？

电动机运行时，一般允许短时间过载（输出功率超过额定值称为过载）。但是，如果过载时间太长，电动机的温升超过允许值，就会造成绝缘老化，缩短使用寿命，严重时甚至烧毁绕组。因此，为了防止电动机长时间过载运行而造成损坏，过载时间必须加以限制，这种保护就是过载保护。

通常，采用热继电器作为电动机的过载保护装置。使用时，将热继电器的热元件（三相式或两相式）串接在电动机的主电路上，将热继电器的常闭触点串接在接触器线圈电路上。当电动机过载运行时，电流增大，发热元件温度上升，双金属片逐渐弯曲，进而超过定值，最后推开常闭触点，使接触器线圈断电，从而切断电动机电源，避免电动机长期过载运行而被烧毁。

35. 为什么电动机的控制电路应有欠电压保护？怎样实现这种保护？

通常，电网供给的交流电压并不是一个稳定电压，并且，电网负荷变化造成输电线路上的压降也发生变化。由于这两个原因，负载端的电压不稳定，经常发生波动。如果电源电压低于电动机的额定电压太多，就会使电动机的电流大幅度增加，甚至出现电动机带电停止运转现象。此外，如果由于某种原因，供电电压暂时失去，随后又自行恢复，则电动机随着一度停机然后又自行起动。一旦出现这种情况，可能损坏所传动的机械设备，并且还威胁正在检查故障的工作人员的人身安全，所以电动机的控制电路应有欠电压保护。

www.plcworld.cn

如果电动机的主电路和辅助电路由同一电源供电，并且主电路由接触器控制，而辅助电路上又有接触器线圈的自保触点，则控制电路本身就具有欠电压保护作用。因为当电源电压低于额定值的85%时，接触器线圈的吸力就不能再吸住动铁芯，于是动铁芯复位，带动触点断开，从而切断电动机的电源。同时，接触器线圈的自保触点断开，切断线圈电路。当电源电压恢复正常后，只有重新按下起动按钮，接触器线圈才能通电，电动机才能再次起动。这样，在电源电压恢复时电动机就不能自行起动。

如果辅助电路由另一电源供电，或者接触器线圈电路未接自保触点，则应采用欠电压继电器作为欠电压保护装置。

36. 怎样正确选用电动机的控制和保护方式？

电动机的控制和保护方式一般有以下两种：

(1)使用刀闸开关、负荷开关、组合开关、接触器或电磁起动器控制电动机，另设熔断器作为短路保护手段。这种保护方式的缺点是：一旦熔断器一相熔断或接触不良，就会导致电动机断相运行，从而烧毁电动机。据统计，这类事故在一些单位占电动机总事故的一半以上，在农村则更为常见。

(2)使用具有复式脱扣器的断路器(常用塑壳式断路器)来控制和保护电动机。其优点是：脱扣器本身就具有短路保护功能，不需要借助熔断器作为保护手段，因此，可避免电动机断相运行，同时还可间接地提高线路运行的安全性和可靠性。

综上所述，第一种控制和保护方式是不足取的，而应选用带复式脱扣器的断路器来控制和保护电动机。

37. 怎样选择和安装电动机全压起动的操作开关？

电动机全压起动的操作开关，应按以下要求选择：

(1)容量为7千瓦及以下的电动机，一般可采用瓷底胶盖

www.plcworld.cn

刀闸开关，其额定电流为电动机额定电流的 3 倍。

(2)容量为 7 千瓦以上至 14 千瓦的电动机，宜采用铁壳开关，其额定电流至少应为电动机额定电流的 2 倍。

(3)采用空气断路器和起动器时，其额定功率不应小于电动机的额定功率。

安装电动机的操作开关，应注意以下几点：

(1)在操作开关的安装地点应能够监视电动机的起动和所传动机械的运转情况。

(2)各种机床的操作开关，应装在既便于操作又不易为人体和工件所触碰而产生误动作的部位。

(3)开关装在墙上时，宜装在电动机的右侧。

(4)如果开关需要装在远离电动机的地点，则必须在电动机附近加装供紧急切断电源用的应急开关，同时还要加装在开关合闸前发出信号的预警装置，以便处于电动机和所传动机械周围的人员事先得到警告。

(5)操作开关的安装，应保证操作人员操作时的安全。

38. 怎样安装电动机的传动装置？

电动机的传动装置有齿轮传动、胶带传动和联轴节传动三种。安装这三种传动装置应分别注意以下事项：

(1)齿轮传动　安装时，齿轮与电动机要配套，转轴的纵横尺寸要与齿轮的尺寸配合；所装齿轮的模数、直径和齿形等应与被动轮配套；齿轮装好后，要检查啮合情况，不得过松或过紧，中心不应偏移。

(2)胶带传动　胶带有三角胶带和平胶带两种。安装时，电动机机座与底座间的衬垫不可太厚。否则，会影响两个胶带轮的间距，尤其是三角胶带轮更是如此；两个胶带轮的直径大小必须配套，二者应装在一条直线上，两轴要平行；塔形三角

www.plcworld.cn

胶带必须装成一正一反。否则，不能调速；平胶带的接头必须正确，胶带扣的正反面和胶带轮的正反面都不得颠倒。

(3)联轴节传动　常用的是弹性联轴节。安装时，先将两半片联轴节分别装在两机的轴上，然后将电动机移近连接处；移动电动机，使两轴相对地处于一条直线上，初步拧紧电动机机座的安装螺栓，但不可拧得太紧；将钢尺搁在两半片联轴节上，然后用手盘动电动机转轴，旋转 180°，看两半片联轴节有无高低。若有高低，应予以纠正，纠正方法是增减电动机机座下面衬垫的厚度，直至高低一致，此时两机已处于同轴心状态，可将联轴节和电动机分别固定，拧紧安装螺栓和螺帽。

39. 怎样选择电动机与生产机械之间的传动胶带？使用胶带传动装置应注意哪些事项？

当电动机的转速与所传动的生产机械的转速不相同时，不能采用直接传动方法，多实行胶带传动。胶带传动分平胶带传动和三角胶带传动两种。如果传动比(电动机的转速与生产机械的转速之比)在 5 以下，应采用平胶带传动；如果传动比在 5 以上(可达到 10)，应采用三角胶带传动。平胶带传动的缺点是：由于平胶带与胶带轮是平滑的，传动时容易打滑，因而传动效率较低，占机房面积也较大。采用三角胶带传动时，两胶带轮的中心距小，效率高，运转时机械振动也小，但三角胶带成本高，使用寿命也较短。

使用胶带传动装置应注意以下事项：

(1)胶带长度应合适，不得过长或过短；换上新带时，不要按旧带长度计算，因为旧带在运转中已拉长。

(2)用蟹壳螺钉连接的胶带，搭口与轮轴关系要正确(图 2-1)。否则，在运转中接口不断撞击胶带轮，容易损坏轴承。

(3)胶带传动方向应如图 2-2 所示，紧边在下面，松边在

www.plcworld.cn

上面，以增大胶带与胶带轮的接触面积，提高传动效率。

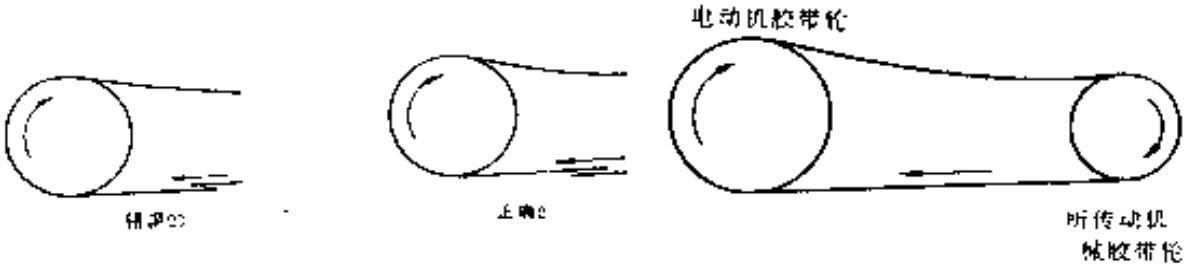


图 2-1　胶带搭接示意图　　图 2-2　胶带安装方法

(4) 一组中的几根三角胶带的长度、新旧程度应一致。否则，拉力不是平均分配，而是集中在少数三角带上，从而使其过负荷而缩短使用寿命。调换新胶带时，应全组都换，尚能使用的旧带可与其他旧带合成一组使用。

(5)应保持胶带清洁，不要沾染机油、汽油等油类物质，以防止胶带受到腐蚀；防滑剂也应尽量少用或不用，以免影响胶带使用寿命。

(6)停转时间较长时，应将胶带放松或卸下，以免胶带始终处于拉紧状态。

(7)应使用铁丝罩或木栅栏将胶带和胶带轮罩住或围护，以保护人身安全。

40. 怎样正确操作电动机的开关设备？

操作电动机的开关设备，应保持正确的操作姿势：操作者应站在开关手柄的右侧，面对电动机和被传动的机械，双目注视合闸后电动机的起动、传动装置的传动和被传动机械的转动情况；若发现异常，应立即拉闸停车，严禁推上合闸手柄就离开操作位置。

各种开关设备的操作要点如下：

(1)按钮　要一按到底，动作要快，切不可作断续的点按，以免电磁开关误动作。

(2)瓷底胶盖刀闸开关　合闸时，要向上推足，使动触头

www.plcworld.cn

刀片完全插入静触头中；分闸时，要向下拉到底，切不可把手柄停在刚离开静触头的位置上，以免动、静触头太近而发生跳弧或误合闸事故。

(3)负荷刀开关　切不可开盖进行分、合闸操作(开关联锁机械损坏时，在未修复前，作为例外情况可以一次性的开盖分、合闸，严禁经常如此操作)，以防受电弧灼伤。

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

(5)组合开关　每旋一次，手柄位置变换 90°，360°内分、合间隔各两次。手柄必须顺时针方向旋转，否则，手柄会被拧出轴柄。手柄每次变位到触头停住时，会发生“嗒”声。如果手柄停住而未发出声音，应注意触头是否确已停住，以防停位不当而误合闸。

(6)起动器　常见的操作机构是手柄操作合闸，按钮操作分闸。手柄的停位有三档：中间是空位，即分闸位，标有“停”字，说明停车；内档是“起动”位；外档是“运转”位。开车时，应把手柄推上“起动”位，但不可松手，并应注意电动机起动情况，待转速稳定、声响均匀，再把手柄拉到“运转”位置。变位切不可过快，否则，就不能达到降压起动的目的。停车时，只要按一下“停车”按钮即可。

41. 怎样做好电动机起动前的准备工作？

为了防止电动机起动时发生故障，在起动前应做好以下准备工作：

(1)新安装的或停用三个月以上的电动机，应使用 500 伏兆欧表测量其绝缘电阻。通常，电压在 1 千伏以下、容量为 1000 千瓦及以下的电动机，其绝缘电阻应不低于 0.5 兆欧。

(2)检查电动机引出线的连接是否正确，相序和旋转方向

www.plcworld.cn

是否符合要求，接地或接零是否良好，导线截面是否符合要求。

(3)检查电动机紧固螺栓是否松动，轴承是否缺油，定子与转子的间隙是否合理，间隙处是否清洁和有无杂物。

(4)根据电动机的铭牌数据，检查所接电源电压是否相符，电源电压是否稳定(通常允许电源电压波动范围为±5%)，绕组接线是否正确。如果是降压起动，还要检查起动设备的接线是否正确。

(5)电刷与换向器或滑环接触是否良好，电刷压力是否符合制造厂规定。

(6)用手扳动电动机转子和所传动机械的转轴，检查转动是否灵活，有无卡涩、摩擦和扫膛现象。

(7)检查传动装置有无缺陷，如胶带是否过紧或过松和是否断裂，联轴器连接是否完好。

(8)检查控制装置的容量是否合适，熔体容量是否符合要求和装接是否牢固。

(9)检查起动设备接线是否正确，动、静触头接触是否良好，油浸起动设备是否缺油或油质是否变坏。

(10)检查电动机的通风系统、冷却系统和润滑系统是否正常。

(11)检查机组周围有无妨碍运行的杂物，电动机和所传动机械的基础是否牢固。

42. 怎样做好电动机试运行中的检查工作?

在电动机的试运行中，应做好以下几项检查工作：

(1)注意电动机的旋转方向与要求的旋转方向是否相符，运行中有无杂音。

(2)记录起动时间和空载电流。

www.plcworld.cn

(3)检查电动机的轴向窜动(指滑动轴承)是否超过表 2-1 的规定。

(4)测量电动机的振动是否超过表 2-2 的数值(对容量为 40 千瓦及以下的不重要电动机,可不测量振动值)。

(5)检查换向器、滑环和电刷的工作是否正常,观察其火花情况(允许电刷下面有轻微的火花)。

(6)检查电动机外壳有无过热现象,轴承温度是否符合制造厂的规定(对绝缘的轴承,还应测量其轴电压)。

表 2-1 电动机轴向允许窜动量

电动机容量 千瓦	轴向允许窜动范围,毫米	
	向一侧	向两侧
10 及以下	0.50	1.00
10～20	0.75	1.50
30～70	1.00	2.00
70～125	1.50	3.00
125 以上	2.00	4.00

注:向两侧的轴向窜动范围,系根据转子磁场中心位置确定。

表 2-2 电动机的允许振动值

转数,转/分	允许振动值,毫米	
	一般电动机	防爆电动机
3000	0.06	0.05
1500	0.10	0.085
1000	0.13	0.10
750 以下	0.16	0.12

43. 怎样划分运行中的电动机发生故障的外因和内因?

运行中的电动机发生故障的原因分外因和内因两类,其中外因包括:

(1)电源电压过高或过低。

www.plcworld.cn

(2)馈电导线断线,包括三相中的一相断线或全部馈电导线断线。

(3)起动和控制设备出现缺陷。

(4)周围环境温度过高,有粉尘、潮气及对电机有害的蒸气和其他腐蚀性气体。

(5)电动机过载。

电动机发生故障的内因包括:

(1)机械部分损坏,如轴承和轴颈磨损,转轴弯曲或断裂,支架和端盖出现裂缝。

(2)铁芯损坏,如铁芯松散和叠片间短路。

(3)绑线损坏,如绑线松散、滑脱、断开等。

(4)旋转部分不平衡。

(5)绕组损坏,如绕组对外壳和绕组之间的绝缘击穿,匝间或绕组间短路,绕组各部分之间以及与换向器之间的接线发生差错,焊接不良,绕组断线等。

(6)集流装置损坏,如电刷、换向器和滑环损坏,绝缘击穿,震摆和刷握损坏等。

44. 电动机自动跳闸怎么办?

在电动机的运行中,如果突然出现喇叭、警铃齐鸣,电流表指示到零,断路器绿灯闪烁,电动机停转等现象,则说明电动机已经自动跳闸。此时应立即按下列步骤和原则进行处理:

(1)如果备用机组自动投入,应恢复警报,将各控制开关扳回到正常位置。

(2)如果备用机组未自动投入,应迅速合上备用电动机的控制开关。

(3)如果没有备用机组或起动备用机组需要较长时间而影响生产,在不致威胁人身和设备安全的个别情况下,允许将

www.plcworld.cn

已跳闸的电动机强送电一次，但在下列情况下不许强送电：电动机及其回路上有明显的短路或损伤现象（电动机的电流表指针有严重冲击现象，电动机冒烟、着火或声响异常）；发生需要立即停止运行的人身事故；电动机所传动的机械严重损坏。

（4）通知电气值班人员对故障电动机进行停电操作和检查处理。

45. 哪些原因造成电动机过热？怎样防止电动机过热？

引起电动机过热的原因如下：

（1）周围环境温度过高。环境温度如果超过 40℃，便会引起电动机温度上升。

（2）周围环境粉尘污染严重。在这种环境中长期运行的电动机吸入大量粉尘，使端部线圈间的间隙、铁芯通风孔堵塞（若轴承漏油，堵塞更为严重），造成吸入的风量大大减小，导致电动机过热。

（3）所传动的机械发生故障（有摩擦或卡涩现象），引起电动机过电流发热，甚至造成电动机卡住不转，使电动机温度急剧上升，绕组很快被烧毁。

（4）冷风和热风短路。对于离心式风扇，由于端盖的挡风圈与风扇的间隙过大，低压风与高压风短路，减小了进入电动机内部的风量，导致电动机过热。

（5）电源电压过高。电动机在额定电压变动－5～＋10%以内运行，可以保持额定出力不变。如果电源电压超过额定电压的 10%，则会引起铁芯磁通密度急剧增高，由于铁损增大导致电动机过热。

（6）电源断相。如果电源断相，造成电动机单相运行，短时间就会使电动机的绕组急剧发热烧毁。

（7）电动机的冷却器发生故障，或者堵漏风不严，热风直

www.plcworld.cn

接漏入冷风区，使电动机入口风温增高，导致电动机过热。

(8)室内排风系统发生故障，电动机排出的热风不能很快排散，又立即被电动机吸入，导致电动机过热。

(9)采用轴流式风扇的电动机，如果风扇旋转方向反了，也会引起电动机过热。

通常，装设过热保护装置来防止电动机过热，过热保护装置一般有以下几种：

(1)用熔体或空气断路器作为短路保护装置，且保护特性曲线与电动机的发热特性曲线相配合。

(2)用热继电器等作为电动机的过载保护装置，且保护特性曲线与电动机的发热特性曲线相配合。

(3)在定子绕组内安装温度保护装置，当电动机接近最高允许温度时便自动切断电路。

(4)在电动机的控制线路中装设断相保护装置，当断相时则切断电动机的电源。

(5)在控制线路中安装低电压保护装置，当电压低于一定值时切断电源。

46. 运行中的电动机严重过热而保护装置又不动作怎么办?

普通电动机的保护装置(如熔断器、过负荷继电器等)，一般只对电动机的绕组或线路短路以及过载提供保护。也就是说，当发生这些故障时，可以防止电动机过热或烧毁，因此装有保护装置的电动机，一般不易因内部故障而出现过热或烧毁事故。但是，当电动机散热不良而引起过热时，这些保护装置就不会动作，因此当运行中的电动机严重过热而保护装置又不动作时，应立即停车，首先检查保护装置是否完好。如果保护装置完好，则应检查电动机的散热系统(如散热风道是否

www.plcworld.cn

堵塞），特别是在脏污环境中工作的电动机，如果经常出现这种情况，最好换上相应防护等级的电动机，或者在电动机的绕组中装设过热保护继电器，直接反应绕组温度，以防电动机因散热不良而过热烧毁。

47. 电动机运行中出现不正常声响的原因是什么？

在正常运行情况下，电动机只有很小的声响，并且声音很均匀。如果听到异常的刺耳声音，可判定电动机存在故障。电动机的异常声响，既有机械方面的原因，也有电气方面的原因。前者比较显露，容易查找，但不会随着电源的断开而消失；后者通常伴有不正常发热和剧烈振动，一般断开电源后就立即消失。

机械方面的原因是：①风扇叶片触碰端罩；②轴承严重磨损或滚珠损坏；③轴承内环与轴接触不牢；④扫膛。

电气方面的原因是：①绕组接地或相间短路；②绕组匝间短路；③绕组或部分线圈的极性接错；④缺相运行。

此外，电动机过载时，其声响增大，往往发出沉闷的“吼声”；如果鼠笼转子断条或绕组断线，会发出忽高忽低的嗡嗡声，并且电流忽大忽小。

48. 电动机运行时强烈振动怎么办？

电动机的振动可分为三种情况：

(1)空载振动。

(2)加负载后振动。

(3)运行中突然振动。

通常，可针对不同情况，分别进行判断和检查。如果空载振动，可初步判断是以下原因引起的：

(1)电动机基础不牢、刚度不够或固定不紧。

(2)风扇叶片损坏，破坏了转子的机械平衡。

www.plcworld.cn

(3)机轴弯曲或有裂纹。

如果加负载后振动,一般是传动装置的故障引起的,可判断以下部位存在缺陷:

(1)胶带轮或联轴器转动不平衡。可校正传动装置,使之平衡。

(2)联轴器中心线不一致,使电动机与所传动的机械轴线不重合。

(3)传动胶带接头不平滑。

如果电动机运行中突然振动,大多是缺相造成的,应重点检查熔断器熔体是否熔断、开关接触是否良好,并测量电网各相是否有电。

49. 怎样测量电动机的绝缘电阻?

测量电动机的绝缘电阻,就是测量电动机绕组对机壳和绕组相互间的绝缘电阻。对于修复后的电动机,测量其绝缘电阻是一项必须完成的基本工作。应按以下要求操作:

(1)测量一般交流电动机的绝缘电阻时,如果各相绕组的始末端均引出机壳外,应断开各相之间的连接线,分别测量每相绕组对机壳的绝缘电阻,即绕组对地的绝缘电阻;然后测量各相绕组之间的绝缘电阻,即相间绝缘电阻。如果绕组只有始端或末端引出机壳外,则应测量所有绕组对机壳的绝缘电阻。

(2)对于绕线式转子电动机,应分别测量定、转子绕组的绝缘电阻。

(3)对于多速多绕组电动机,应逐个地测量各绕组对机壳的绝缘电阻和绕组间的绝缘电阻。

(4)对于直流电动机,应分别测量电枢回路绕组、串励绕组和并励绕组对机壳及其相互间的绝缘电阻。

(5)通常使用兆欧表来测量绝缘电阻。按照所测电动机绕

www.plcworld.cn

组的不同额定电压采用不同等级的兆欧表，如额定电压在500伏以下的电动机，可采用500伏兆欧表。

(6)测量时，应先拆除电动机与电源的连线，将兆欧表上用来接地的一端与电动机的外壳相接，另一端依次与所测试绕组相接；然后均匀摇动摇柄(摇速以120转/分为宜)，待指针稳定，所读取的兆欧表数值，即为绕组对地绝缘电阻。绕组各相间的绝缘电阻，可借助绕组的六个引出线接头来测量。测量时可将兆欧表的两个接头轮流接到各相绕组的引线接头上，逐次测量各相之间的绝缘电阻。

(7)电动机的绝缘电阻不应低于下式计算值：

$$\text{绝缘电阻(兆欧)}=\frac{\text{电动机额定电压(伏)}}{\frac{\text{电动机额定功率(千瓦)}}{100}+1000}$$

50. 电动机的绝缘电阻过低怎么办？

电动机的绝缘电阻一般不得低于0.5兆欧。如果低于这一值，则说明绝缘不良，可能发生绝缘击穿，绕组烧毁，人身触电等事故。绝缘电阻过低的电动机不得投入运行。电动机的绝缘电阻过低一般是以下原因引起的，查明后应立即予以排除：

(1)长期搁置不用或浸水，造成绝缘受潮。可用烘烤的办法恢复绝缘性能。

(2)由于长期运行，绕组积尘太多，尤其是绕组上沉积导电性粉尘，会使绝缘电阻大幅度降低。此时应拆开电动机进行彻底清扫。

(3)引出线和接线盒的绝缘损坏。可重新包扎损坏部位。

(4)由于绕组过热而造成绝缘老化。可重新浸漆或重绕绕组。

www.plcworld.cn

51. 发现电动机的外壳带电怎么办？

如果发现电动机的外壳带电，可从以下几方面进行检查：

(1)绕组是否受潮，绝缘是否老化。对受潮的绕组应进行干燥，绝缘严重老化的绕组应予以更换。

(2)相线是否触及外壳。可先查接线盒桩头，再查保护钢管管口。

(3)电源线与接地线是否搞错，接地线的接头毛刺是否与外壳相碰，接地线线头是否脱落，接地线是否失效和接零的零线是否中断。可先查电源线和接地线的接头，再查接地装置和中性线。

(4)引出线或接线盒的接头的绝缘是否损伤而接地。可查接头的绝缘情况，若已损坏，接头部位应套上绝缘管和包扎绝缘布。

52. 发现电动机冒烟怎么办？

如果发现运行中的电动机冒烟，应立即停车进行检修。电动机冒烟一般是以下原因引起的：

(1)定子绕组短路或接地。

(2)转子绕组接头松脱。

(3)传动胶带太紧。

(4)扫膛。

如果是定、转子绕组发生故障，应在短路、接地点垫以绝缘纸，并刷上绝缘漆或接好松脱的接头，确认故障已消除，才可投入试运行；如果是胶带太紧，可适当放松，以消除过大的张力；扫膛故障一般是端盖轴承等的位置变动，使转子偏移，应先测量定、转子之间的气隙，并进行调整，若不奏效，应更换有关零件。处理电动机冒烟故障的时间一般较长，在多数情况下需要拆开电动机进行内部检查。对冒烟故障的处理，必须完

www.plcworld.cn

全彻底，不得留有隐患。

53. 电动机扫膛怎么办？

当电动机出现扫膛故障时，切不可采取将转子外圆车小的办法来排除。因为扫膛一般是由于轴承磨损，转子下沉或机轴的挠度过大使转子偏心所致。如果简单地将转子外圆车小，会增大定、转子之间的气隙，使励磁电流增加，从而造成电动机的运行性能恶化，效率和功率因数降低。

正确的做法是认真检查电动机的轴承和机轴等部件，用塞尺测量定、转子之间的间隙，测量时可用手慢慢拨动转子，观察不同角度时的间隙变化情况。如果在任何角度下总是下部间隙过小，则表明轴承磨损严重，应更换轴承；如果总是在某一角度时间隙过小，则说明机轴向该方向弯曲，应予以矫直或换上新轴。

54. 电动机的转子不平衡怎么办？

检修后的电动机，其转子往往不平衡。如不校验转子就进行组装，则电动机运行时会出现噪声大、转动不平稳、轴承损坏等现象。因此，凡是拆开修理或更换过转子铁芯、绕组、轴、换向器等部件的电动机，在总装前都应校验转子是否平衡。

转子不平衡有两种情况，一种是静态不平衡，另一种是动态不平衡。对于动态不平衡，一般使用专用的校验仪器（如闪光式动平衡机）进行校核，而且只检验大型高速电动机。下面介绍静态平衡校验方法。

转子的静态平衡校验，一般在水平刀刃式平衡架上进行（图 2-3）。校验时先将两导轨之间的距离按转子长度调整好，将轨面调到水平；然后将转子轴颈部分清理干净，水平地放在导轨上（如果两端轴颈直径不等，可在较细的一端加套环），用手拨动一下转子，直到自动停下。此时观察转子停留位置，并

www.plcworld.cn

反复几次拨动转子。如果发现转子某一面总是停在下面，则说明该面较重。

处理转子不平衡的方法一般都是加减配重，即在较轻的一面适当增加配重或在较重的一面适当减少配重，以调整不平衡量。增加配重的措施包括加铆钉或螺钉，加平衡圈，焊补金属等。无论采取哪种措施，都要注意掌握配重量和配重物的牢固可靠。减配重的方法通常是钻浅孔或铣去一些不影响转子强度的材料。转子加减配重后，需要重新校验平衡，反复调整，直到转子在平衡架上无自动转动的倾向为止。

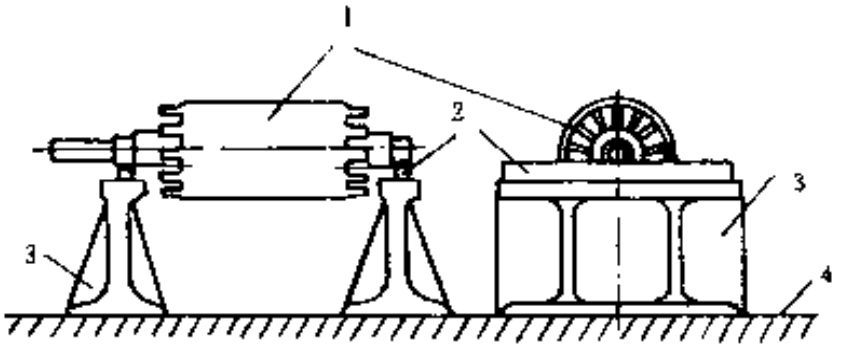


图 2-3　静平衡架

1. 转子　2. 导轨　3. 支架　4. 底板

55. 三相异步电动机的转轴出现裂纹、断裂或弯曲现象怎么办？

电动机转轴出现裂纹，不一定非换上新轴不可。如果横向的裂纹不超过轴径的15%，纵向的裂纹不超过轴长的10%，可用堆焊法修补，车平后即可继续使用。如果裂纹达到一定程度或轴断裂，影响电动机的安全运行，则应换上新轴。换轴时应仔细测量原轴尺寸，绘制加工图，并正确选用材质。国产小型电动机的转轴一般用 35 或 45 号钢制成，大、中型电动机的转轴材质应按产品说明书或通过化验原轴成分来确定。

如果三相异步电动机的转轴弯曲，会使轴承受到外加压

www.plcworld.cn

力，严重的弯曲会产生扫膛现象，甚至使电动机转子不能在定子内腔中旋转。

通常，可将轴卡装在车床上，用千分表来检查：把轴的一端置于卡盘上找正并卡紧，另一端用顶尖顶住，将千分表放在需要检查的部位上，然后用手缓慢地盘动卡盘，通过表头就可直接看出轴的弯曲程度。若轴的弯曲度每米不超过0.1毫米，且全长的弯曲度也不超过0.2毫米，一般不需要矫正；若弯曲度稍稍超过上述值，可在压力机上将轴矫直；若弯曲度较大，可在弯曲部位的表面均匀堆焊，然后在车床上将其加工到原来的尺寸；若弯曲度很大，则须用相同材质重车一根换上。

56. 电动机的轴颈和轴承室磨损怎么办？

当电动机在长期缺油情况下运行时，由于滚珠与轴承内、外圈的摩擦力增加，往往出现以下两种情况：

(1)轴承外圈随着电动机转子轴的转动，摩擦轴承室，使轴承室与轴承外圈的间隙增大。

(2)整个轴承不动，而轴承内圈与转轴相对滑动，使轴承内圈与转轴颈的配合不紧。

如果不及时消除这两种现象，可能使定、转子铁芯相擦，从而导致铁芯发热，严重时会烧坏电动机绕组，造成绕组短路。通常，可采用下述方法来处理这种故障：

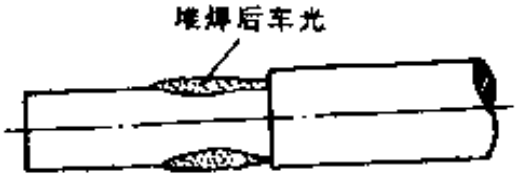


图2-4 轴承挡堆焊

首先在转轴颈磨损部位施以堆焊，然后磨削加工到所需尺寸(图2-4)。此外，也可在磨损部位镀一层铬，然后车磨到正常尺寸。如果磨损过大，则将轴颈车小之后用热套套上一个套筒，然后加工到所需的配合

www.plcworld.cn

尺寸(图 2-5)。

57. 怎样判断异步电动机滚动轴承的好坏?

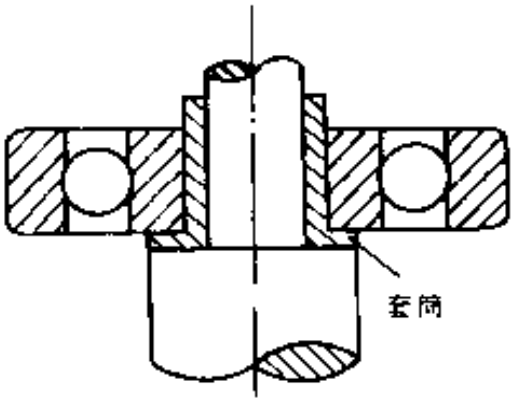


图 2-5　轴承挡锅套

滚动轴承故障在异步电动机的机械故障中占有很大比例。电动机上的滚动轴承损坏的原因是:电动机的基础不牢固、机械传动不在一条直线上、润滑油过多或过少或者油内有杂质、振动严重以及拆装轴承工艺不合理等。通常,可从以下两方面来判断滚动轴承的好坏:

(1)听声响　电动机运转正常时,转动声音是均匀的轻微嗡嗡声。如果听到轴承中发出"梗、梗"声,说明内外钢圈或滚珠破裂;如果听到"骨碌、骨碌"杂音,则说明轴承中缺油。

(2)拆下轴承进行检查　如果轴承因某种原因发生严重故障而发热,则应将轴承拆下,查明发热原因;如果轴承发热并伴有杂音,则可能是轴承盖与轴相擦或润滑油脂干枯。此外,还可用手摇动轴承外圈,使之转动,若没有松动现象,转动平滑,则轴承是好的;若转动中有松动或卡涩现象,则说明轴承存在缺陷。此时应进一步分析和查找原因,以确定轴承能否继续使用。

58. 异步电动机的轴承过紧或过松怎么办?

如果轴承与轴或端盖与轴承外径配合过紧(公差小),安装时强力压装或将轴承盖装偏,都会使轴承受到外力作用,结果轴承因过紧而发热,影响电动机的正常运行。

一旦发现轴承过紧,可根据公差大小用砂纸研磨轴或将

www.plcworld.cn

轴置于外圆磨床上进行加工。如果由于装配不当而过紧，则应重新装配；如果是由于润滑油脂的粘度太高而造成卡涩，则应更换润滑油。

电动机运行中，由于机械部分的振动，以及电动机检修中的多次拆、装，轴承最容易过松，一般有以下三种异常情况：

(1)轴承滚珠破损。

(2)轴承内圈与轴配合松动，出现内钢圈与转轴相对运动的现象，俗称“跑内套”。

(3)轴承外圈与端盖配合不紧，出现外钢圈相对于轴承座而运动的现象，俗称“跑外套”。

由于存在以上故障，轴承位置不固定，造成定子与转子发生摩擦，使电动机局部过热，严重时电动机不能正常运行。

通常可采取以下两种办法来检查：

(1)取下轴承，擦去轴承内的润滑脂，用汽油将轴承洗净，然后用手将外圈相对于滚珠往复晃动。良好的轴承，其间隙几乎觉察不出来。若外圈与内圈的间隙很大，说明轴承已损坏。

(2)用手握住电动机轴，用力上下掀动，即可查明轴承是否松动。如果定、转子之间接触摩擦或松动的程度超过了定、转子铁芯的正常间隙，则说明轴承损坏，也不能使用。

处理的原则是：凡是轴承损坏、滚珠破碎或滚珠支架损坏，均必须换上新轴承；跑套轻时，可把轴置于车床上，用滚花刀在轴的外表滚花纹，但这是应急措施，较好的办法是镶套圈，使套圈与轴的配合实行静配合，在结合面处用骑缝螺栓固定。最好的办法是在轴与轴承接触的部位喷涂一层金属物质(如镍)，这样处理，轴承的使用时间较长。

59. 电动机的轴承过热怎么办？

电动机的滚动轴承温度超过100℃，称为轴承过热。电动

www.plcworld.cn

机轴承过热的原因可从以下几方面来检查和处理：

(1)轴承、滚珠或轴瓦是否损坏。若损坏，应予以更换。

(2)润滑油是否脏污，油的牌号是否符合要求。若脏污或牌号不对，应换油。

(3)轴承室是否缺油。若缺油，润滑脂应充满油室 2/3 容积，润滑油应加至标准油位线。

(4)滚动轴承的润滑脂是否过多，滑动轴承中的润滑油温度是否过高或过低。

(5)轴承与转轴、大盖配合是否良好。若太紧，易使轴承变形，而太松则易跑套。

(6)主轴是否弯曲，轴承内有无灰砂等杂质。

(7)组装时是否将轴承调到正确位置，有无扭斜、卡阻。

(8)传动胶带是否过紧，联轴器装配是否正确。

60. 轴承漏油怎么办？

轴承漏油不但造成润滑不良，污损轴承，而且严重时还可能烧毁轴承。通常，可查明原因采取相应措施予以处理。

(1)沿轴面漏油。这是由于电动机转动的吸气作用和油槽太长，或顺轴瓦边缘溢出等原因造成的。消除的方法是使用油毡阻止吸气，在轴上车制突缘油挡和将轴瓦边缘切成圆角，以防止沿轴面漏油。

(2)油环溅油，油环偶有不规则的运动，往往带出润滑油。防止的方法是在油环顶上装一油封，阻止带出的油外溢。

(3)零件部分损坏，油环有裂缝等原因造成漏油。除临时使用涂料处理(如用铅油、磁漆等封堵)之外，应进行修理。

(4)立式电机漏油是结构关系造成的，因其严密程度不如卧式电机。立式电机可使用较稠的润滑油，或者采取特殊装置以防止漏油。

www.plcworld.cn

61. 怎样清洗轴承？

如果发现轴承出现故障征兆、轴承内有砂土等杂质、润滑油开始发硬变质，或者轴承运行 2500～3000 小时以后，就应清洗轴承。清洗时应注意以下事项：

(1)先将轴承中的旧油清除，然后用毛刷或布块蘸汽油或煤油将轴承清洗干净(至少清洗两遍)，同时也洗净轴瓦盖并擦干。

(2)清洗时不得转动轴承，以免杂物压入轴承滚道。

(3)用煤油清洗过的轴承，应再用汽油清洗。因煤油中含水分较多，用汽油冲去轴承上残留的水分，以防止生锈。

(4)洗净的轴承，应使用清洁的揩布擦干，不得用棉纱来擦拭，以免绒毛落入轴承，同时也不得用手触摸轴承，以防止轴承沾上汗水而锈蚀。擦净的轴承可放在清洁的木板或纸上，让残余的汽油或煤油蒸发。

(5)洗净擦干的轴承，如无明显摇动和滚珠表面无剥落现象，则按规定加入纯净的润滑油，重新投入使用。

62. 怎样浇铅修复电动机的滑动轴承？

滑动轴承精度高、振动小，适用于对传动要求高的大型电动机。由于对滑动轴承的材质和制作工艺均要求很严，所以其价格较高。在电动机的运行中，若发现滑动轴承间隙过大，一般尽量修复，以供继续使用。常用的修理方法是浇铅法，即在轴承磨损的内表面浇上一层铅，然后镗成所需的孔径。

(1)在轴承内表面沿圆周和轴向凿出一些窄槽，以便铅与轴承牢固结合。

(2)在轴承内表面挂锡。挂锡前先在挂锡部位涂抹盐酸或硫酸，数分钟后用热水冲洗、晾干；用喷灯将轴承加热到 250～270℃，在挂锡面涂上一层氯化锌溶液，再撒上一层氯化铵

www.plcworld.cn

粉，然后挂锡。

(3)在锡尚未完全冷凝之前立即浇铅。浇铅时先将一只直径略小于轴颈的泥芯置于轴承内，然后将熔融的铅液浇于泥芯与轴承孔壁之间的间隙中。

(4)铅层厚度如表 2-3 所示。表中列出允许的最小铅层厚度，通常铅层最大厚度不得超过 10 毫米。如果是青铜或铸钢轴承，允许铅层厚度可按表 2-3 所列值减半，同时也不必在轴承内表面凿窄槽。

表 2-3　允许的最小铅层厚度　　毫米

轴颈直径	20～50	50～80	80～120	120～150	150～200
铅层厚度	2.5	3	3.5	4	5

(5)待铅层冷却牢固就镗内孔。一般按轴承内径与轴径的差值(间隙)计算轴承内孔径，其计算式为

$$j=(0.0015\sim0.0025)\sqrt[3]{d}\text{，毫米}$$

式中　j 为间隙，毫米；

　　d 为轴径，毫米。

(6)镗好内孔后，在车床上车出油槽，油槽的参考尺寸见表 2-4。

表 2-4　油槽的参考尺寸　　毫米

轴颈直径	40 以下	40～80	80～100	200
油槽宽度	3	4	5	7
油槽深度	1.5	2	2.5	3.5

63. 怎样选择修理电动机用的绝缘材料？绝缘材料的等级是如何划分的？

修理电动机用的绝缘材料，主要根据所修电动机的绝缘

www.plcworld.cn

等级和电压等级来选择。通常，选择修理电动机用的主绝缘材料（如聚脂薄膜、漆布等）时，还配以适当的补强绝缘材料（如青壳纸、木材等），以保护主绝缘材料不受机械损伤。

选用绝缘材料时，可以用极限温度高的绝缘材料代替极限温度低的绝缘材料。但是，后者不能代替前者。例如，B 级绝缘材料可以用于 E 级绝缘的电动机，但 E 级绝缘材料不能用于 B 级绝缘的电动机。此外，选用绝缘材料时，还要考虑主绝缘材料与引出线、套管、绑线、浸渍漆等应为同一绝缘等级，做到配套使用。

电动机常用的绝缘材料及其极限工作温度主要分为五个等级，这是在规定的环境温度为 40℃时，绕组的绝缘材料和导线所能承受温度的极限等级。例如，若电动机铭牌上的温升为 65℃时，则表明在环境温度为 40℃时，绕组的温升不得超过 65℃，即绕组的温度不得超过 105℃。绕组的允许温升是由电动机的绝缘等级决定的。

绝缘材料的等级，按其耐热极限温度高低分为五级：

（1）A 级绝缘　其极限温度为 105℃，绝缘材料为经过浸漆处理的棉、丝、木、纸等有机纤维材料，如层压布纸板、黄蜡布、黄蜡绸等；常用的电磁线有单纱油性漆包线、双纱包线、纸包线等。

（2）E 级绝缘　极限温度为 120℃，绝缘材料为在 A 级绝缘上复合或垫衬一层耐热硅有机漆膜，如聚酯薄膜复合青壳纸、三醋酸纤维薄板等；常用的电磁线有高强度聚酯漆包线、高强度聚乙烯醇缩醛漆包线等。

（3）B 级绝缘　极限温度为 130℃，绝缘材料是用云母、石棉、玻璃纤维等无机材料为基础，以 A 级绝缘材料补强，用有机漆胶合而成，如云母纸（板）、醇酸玻璃漆布聚酯薄膜、石

www.plcworld.cn

棉纸等；常用的电磁线有高强度聚酯漆包线、环氧漆包线等。

(4)F 级绝缘　极限温度为 155℃，绝缘材料与 B 级绝缘材料相同，但用耐热硅有机漆胶合而成，如硅有机玻璃布等；常用的电磁线为聚亚胺漆包线、硅有机漆浸渍的双玻璃丝包线等。

(5)H 级绝缘　极限温度为 180℃，绝缘材料与 B 级绝缘材料相同，但未用 A 级绝缘材料补强；常用的电磁线为硅有机酸浸渍的双玻璃丝包线、聚酯亚胺漆包线等。

需要说明的是，由于 J、JO 系列电动机属淘汰产品，国内已不再生产，A 级绝缘材料现在一般都不采用，因此，即使修理 J、JO 系列电动机，也是使用 E 级绝缘材料。但是，如果电动机是 B 级绝缘，重绕绕组时仍应使用 B 级绝缘材料。否则，就不能保证电动机的修理质量。

64. 在修理电动机以前怎样进行整体检查和做好标记？

在修理电动机以前进行整体检查的目的是全面查明故障，预先估计必要的修理范围和性质，确定修理的总工作量。因此，进行整体检查时，应一丝不苟，严肃认真。否则，在检修前漏查故障，在修理中留下隐患，一旦到验收试验时发现，往往需要重新进行修理或部分返工，既延长修理时间，又增加修理费用。所以这一工作通常由富有检修经验和技术水平较高的人员担任。检查项目如下：

(1)检查电动机的外壳和外壳端盖，观察有无裂缝。

(2)检查转子由一侧到另一侧的轴向偏移值(轴向走游值)。

(3)检查定子和转子或电枢空隙。

(4)检查轴承间隙，即测定磨损程度。

(5)用手推动转子，看其能否转动；查看油环是否平稳。

www.plcworld.cn

(6)测量绕组和电动机各部分的绝缘电阻，鉴定绝缘好坏。

(7)测量各绕组的电阻，以检查电路是否完整。

(8)必要时在试验台上通电检查电动机的运转状态和特性，以确定故障性质。

通过检查，大体确定故障范围和性质之后，便可拆卸电动机。必须注意，在拆卸过程中还要进一步确定故障点，检查有无漏查的故障，以便精确确定修理范围，完全彻底修好电动机。

修理电动机时，在拆卸前应详细做好以下标记：

(1)标记电源线在接线盒中的接线位置，以免组装电动机后接线时造成相序错误。

(2)标记联轴器与轴台的距离。

(3)标记端盖、轴承、轴承盖的负荷端和非负荷端。

(4)标记机座在基础上的准确位置。

(5)标记引出线入口位置，以辨别机座的负荷端和非负荷端。

65. 怎样确认电动机不经干燥即可投入运行？

满足下述条件之一的电动机，不经干燥即可投入运行：

(1)电压在 1000 伏以下，运输和保管期间绕组未严重受潮，绕组绝缘电阻不低于 0.5 兆欧。

(2)电压在 1000 伏以上，在接近运行温度时定子绕组的绝缘电阻不低于 1 兆欧，转子绕组的绝缘电阻不低于 0.5 兆欧。

(3)$R_{60}/R_{15} \geqslant 1.3$。

(4)在静止状态下干燥有困难，而投入运行后有可能在低于额定电压下运行一段时间的电动机(如励磁机等)，且其绝

www.plcworld.cn

缘电阻又不低于 0.2 兆欧，则可先投入运行，在运行中干燥。

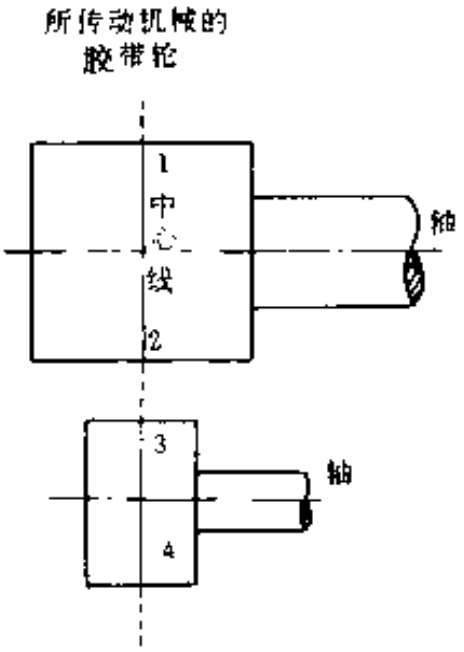


图 2-6　胶带传动校正标准

66. 怎样校正电动机？

电动机必须经过校正，才能投入运行。否则，可能出现运行不平稳和振动现象，结果造成轴承加速磨损，缩短电动机的使用寿命。同时，由于增加电动机的拖动力，也浪费电能。因此，必须认真做好电动机的校正工作。下面介绍采用不同传动方式的电动机的校正方法：

(1)胶带传动　若采用这种传动方式，要使电动机与所传动的机械保持平稳运行，必须满足的条件是：两胶带轮的轴互相平行；两胶带轮的宽度中心线在一条直线上(图 2-6)。校正时先画好两胶带轮的中心线，然后拉一根细绳，使其对准所传动机械胶带轮的宽度中心线 1、2。如果电动机胶带轮的宽度中心线 3、4 不与细绳重合(图 2-7a)，则说明未校正好。此时应移动电动机和在机座下垫薄铁片，直到电动机胶带轮的宽度中心线 3、4 与细绳重合(图 2-7b)，才可确认完全校正。

(2)联轴器传动　要使采用这种传动方式的电动机与所传动的机械保持平稳运行，必须满足的条件是：两个联轴器的侧面平行，同时两轮的轴心要对准。通常可将钢板尺置于所传动机械联轴器的轮缘上，检查电动机联轴器的边缘与钢板尺之间有无空隙，此时把钢板尺沿一个轮缘的圆周移动，如果另一个轮缘与钢板尺之间没有空隙或者各处的空隙大小都相

www.plcworld.cn

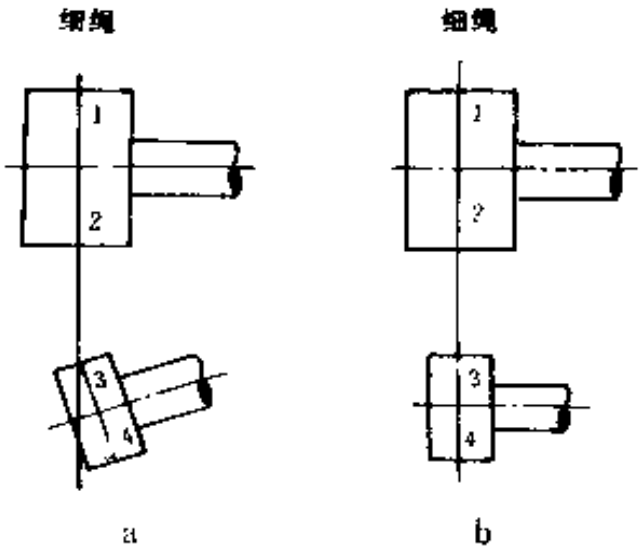


图 2-7　胶带传动校正法

a. 未校正　b. 已校正

同，则说明电动机已校正(图 2-8)。

67. 重绕的绕组怎样浸漆？

在电动机的检修中，应将重绕的绕组浸漆，其目的是提高绕组的绝缘强度、机械强度、耐潮性、耐热性和耐腐蚀的能力，延长绕组的使用寿命。浸渍电动机绕组时，要选用绝缘性能好、粘合性强、易于烘干、有防潮和防腐蚀能力的绝缘漆。通常，可按下述步骤将绕组进行浸漆处理：

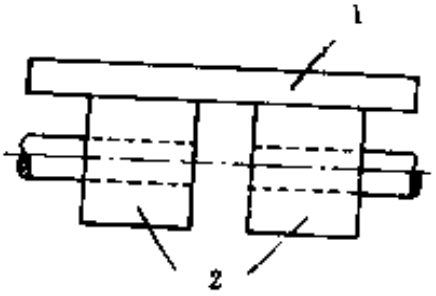


图 2-8　联轴器传动校正法

1. 钢板尺　2. 联轴器

(1)绕组初步测试合格后，将其分段烘干预热。烘干处理的目的是排除绕组中的潮气和水分，以使绝缘漆易于浸透。预热时要特别注意时间和温度，温度过高、时间过长将使绝缘漆烧焦或变脆。在干燥处理开始阶段，由于潮气正在蒸发，因此绝缘电阻较低，然后逐渐升高，并趋于稳定。绕组预热时间约为 6～8 小时或其绝缘电阻达到 30～50 兆欧即可进行浸漆。当烘烤加热的绕组冷却到 55～70℃左右，就可将其置于漆槽内浸漆。如果现场无大型浸漆设施，小型电动机可置于漆桶内浸漆，批量不大或一二台电动机也可用漆浇灌绕组。

www.plcworld.cn

在漆槽或漆桶内浸漆时，应使漆面高出绕组，并保持 10～15 分钟，以使绕组完全浸透。如果浇灌绕组，应将绕组上下灌满绝缘漆。在浸漆过程中，要注意漆内不得有粉尘等杂物，同时也要注意安全，附近不得有烟火。此外，对于浸漆时可能灌满漆的螺孔，应拧上螺栓，以免漆液封堵螺孔而造成安装困难。

(2)在绕组浸透或灌满漆后，将其取出在漆槽或漆桶上静置 30 分钟左右，以使绕组上过多的漆滴净，然后将已浸漆的电动机置于加热装置内加热。一般加热 6 小时以上，或者在热态绝缘电阻达到 2 兆欧以上就可停止加温。

有时，为了提高电动机的绝缘和防潮能力，对绕组进行两次浸漆，这样能增加漆膜厚度。

第二次浸漆，应在绕组温度降到 60℃左右进行，浸漆时间一般约 15 分钟，将电动机从漆槽或漆桶取出静置一定时间，待绕组上多余的漆滴净即可进行第二次烘干。

68. 怎样研磨电刷？

在电动机的运行中，电刷要承受两种外力作用：一是通过负荷电流时，要承受电气作用；二是直接与换向器或滑环摩擦，经受机械磨损。因此，电刷在电气和机械这两方面都可能产生故障，通常以机械故障较多。

如果电刷与转动体(换向器或滑环)的接触面小于电刷面积的 70%，就要研磨电刷，以保持它与转动体接触良好。此外，换上新电刷，也要对其接触面进行研磨，以确保电刷与转动体接触紧密、良好。无论哪种情况，研磨后的电刷，与转动体的接触面积必须达到电刷面积的 75%以上。研磨方法如下：

取一块长、宽分别等于转动体周长和宽度的 00 号砂纸，包在转动体上，有砂的一面对着电刷。按转动体的旋转方向将

www.plcworld.cn

砂纸一端贴在转动体上(图 2-9),使电枢以适当速度旋转,此时砂纸便在电刷表面磨出与旋转体贴切良好的表面。然后取下砂纸,清除炭末和砂粒,用干净的揩布将表面擦拭干净。

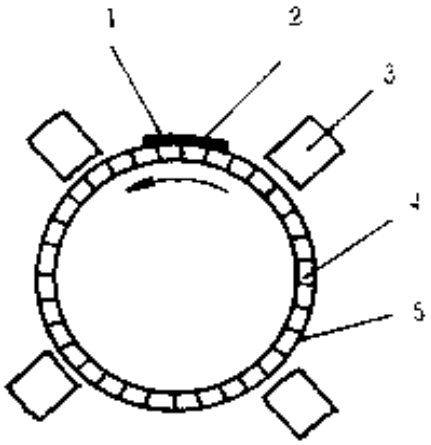


图 2-9 电刷的研磨(一)
1. 砂布的自由端 2. 橡皮胶 3. 电刷 4. 换向器 5. 砂布

如果只需研磨个别电刷,也可取一块 00 号砂纸紧贴在旋转体上(两端不得拉起),在砂纸与电刷能接触的范围内前后转动电枢进行研磨(图 2-10)。无论采用哪种研磨方法,都不得使用金刚砂布。否则,脱落的金刚砂粒附在电刷上或落入换向器的沟缝中,都会损坏电刷和转动体。

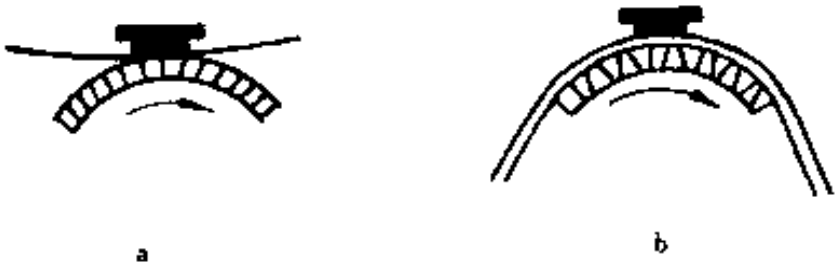


图 2-10 电刷的研磨(二)
a. 错误的方法 b. 正确的方法

69. 从节约用电方面考虑,怎样加强电动机的运行管理?

电动机是厂矿企业的主要动力设备,它消耗的电能一般占企业总耗电量的 2/3 以上。因此,降低电动机的耗电量,对企业节约用电具有举足轻重的意义。为了节约用电,可从以下几方面加强电动机的运行管理:

(1)加强电压管理 电源电压波动,影响电动机的转矩和

www.plcworld.cn

负荷电流。据测试，电压下降10%，使电动机的额定负荷电流增加11%，效率下降2%。因此，应采取措施保持电源的额定电压和三相电压平衡。

(2)使电动机保持较高的负荷率　具体办法是：①避免"大马拉小车"现象，保持电动机的负荷不低于40%；②采用Δ-Y变换接法，降低电动机轻载时的运行电压(这是对机床电动机广泛采用的一种节电方法)，即在电动机轻载时由380伏Δ形接线改变为Y形接线；③合理选择经济运行方式。当使用多台电动机时，通过调整工作台数，合理分配负荷，使电动机保持较高的负荷率。

(3)防止或减少电动机空载运行　电动机的空载损耗一般很大，有关规程规定，空载运行持续时间超过5分钟的中、小型电动机应及时停车；如果电动机运行中周期性反复出现上述情况(其中包括电焊机)，应安装空载自停装置。

(4)提高功率因数　抑制无功功率、提高功率因数是有效节电方法之一。因此，首先应合理选择和使用电动机，提高电动机的自然功率因数；其次，安装移相电容器等补偿装置和采用同步电动机代替异步电动机，人工提高电动机的功率因数。

70. 怎样计算三相异步电动机的输入功率、转矩和在非额定电压下的输出功率？

通常，电动机的铭牌上和产品样本中都标出电动机的额定输出功率(轴功率)P_{2e}、额定转速n、额定电压(定子绕组应加的线电压)U_e和额定电流(定子绕组在额定运行状态的线电流)I_e等，从电工手册或样本中一般可以查到电动机的效率η、功率因数$\cos\varphi$(定子绕组在额定运行状态的功率因数，φ是定子绕组相电压与相电流的相位差)、起动电流与额定电流的比值I_Q/I_e、起动转矩与额定转矩的比值M_Q/M_e、过载能力

www.plcworld.cn

M_m/M_e 等数据。

知道了电动机的输出功率和效率，就可求出电动机的输入功率 P_{1e}：

$$\eta=\frac{P_{2e}}{P_{1e}},$$

所以 $$P_{1e}=\frac{P_{2e}}{\eta}$$，瓦或千瓦

也可按下式计算电动机的输入功率：

$$P_{1e}=\sqrt{3}U_eI_e\cos\varphi$$

知道了电动机的输出功率和额定转速，就可按下式计算电动机的额定转矩 M_e：

$$M_e=9550\frac{P_{2e}(\text{千瓦})}{n(\text{转/分})}\text{，牛·米}$$

例　有一台 Y160M-6 型异步电动机，其额定功率 $P_{2e}=7.5$ 千瓦，额定转速 $n=971$ 转/分，起动转矩（堵转转矩）与额定转矩之比为 2.0，最大转矩与额定转矩之比（即过载能力）也为 2.0，额定效率 $\eta=85\%$，求额定转矩、起动转矩、最大转矩和额定输入功率各为多少？

解　额定转矩 $M_e=9550\frac{7.5}{971}=73.76$ 牛·米

起动转矩 $M_Q=2.0\times M_e=2.0\times 73.76$

$=147.5$ 牛·米

最大转矩 $M_m=2.0\times M_e=2.0\times 73.76$

$=147.5$ 牛·米

额定输入功率 $P_{1e}=\frac{P_{2e}}{\eta}=\frac{7.5}{0.85}=8.672$ 千瓦

通常，三相异步电动机的电源电压很难保持额定电压，总是在某一范围内波动。此时电动机的输出功率与其铭牌上标出的额定功率不同。电动机在非额定电压下的实际输出功率

www.plcworld.cn

可按下式计算：

$$P=P_e\sqrt{\frac{I_1^2-I'^2_e}{I'^2_e-I'^2_0}}，千瓦$$

式中 P_e 为电动机铭牌上的额定功率，千瓦；

I'_0 为在电源实际电压 U 时用钳形电流表测得的空载电流，安；

I_0 为在额定电压 U_e（电动机铭牌上的电压）时的空载电流，$I_0\approx I'_0\times\frac{U_e}{U}$，安；

I_1 为用钳形电流表测得的电动机负载电流，安；

I'_e 为额定电流换算到电源实际电压 U 时的电流，$I'_e=\sqrt{(\frac{U}{U_e})^2(I_e^2-I_0^2)+I'^2_0}$，安；

I_e 为电动机铭牌上的额定电流，安。

71. 怎样正确选择低压电动机的接线方式？

选择电动机的接线方式所要达到的目的是：电动机正常运行时，所承受的电源电压等于其额定电压。电动机的额定电压和接线方式一般都标在其铭牌上。中小型低压（500 伏以下）电动机的额定电压有两种：一种是 220/380 伏 Δ/Y 接线，另一种是 380 伏 Δ 接线。

一般三相电动机，其电源电压是 220/380 伏，即线电压为 380 伏（相线之间的电压），相电压为 220 伏（相线与中性线之间的电压）。

在电源电压为 220/380 伏系统中，220/380 伏的电动机只能接成星形使用，此时每相绕组承受 220 伏电压，可以正常运行。如果接成三角形，则每相绕组承受 380 伏电压，提高了 1.73 倍，电动机会因电压过高而烧毁。额定电压为 380 伏、Δ

www.plcworld.cn

形接线的电动机，只能接成三角形使用，此时每相绕组的电压也是 380 伏，可以正常运行。如果接成星形，则每相绕组电压只有 220 伏，降低了 57.7%，电动机会因电压太低而烧毁，也可能无法起动。

72. 三相异步电动机的定子绕组怎样接线？接错线会产生什么后果？

三相异步电动机定子的三相绕组共有六个出线端头，每相的首尾端分别用 D_1-D_4、D_2-D_5、D_3-D_6 标记，这六个出线端头接在机座上的接线盒中(图 2-11)。定子绕组可接成星形，也可接成三角形(图 2-12)。在电动机的铭

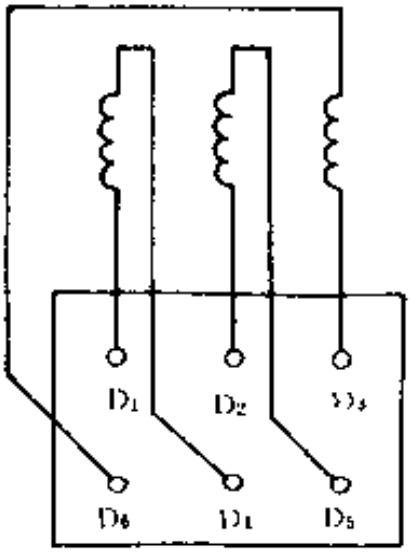


图 2-11　接线盒中六个出线端头的排列

牌上一般标有定子三相绕组的接线方法和三相绕组应接的电源线电压额定值。例如，若电压标为 380 伏，接线方法标为△形，则表示所接电源的线电压应为 380 伏，定子绕组应接成△形。如果接成 Y 形，则电动机的输出功

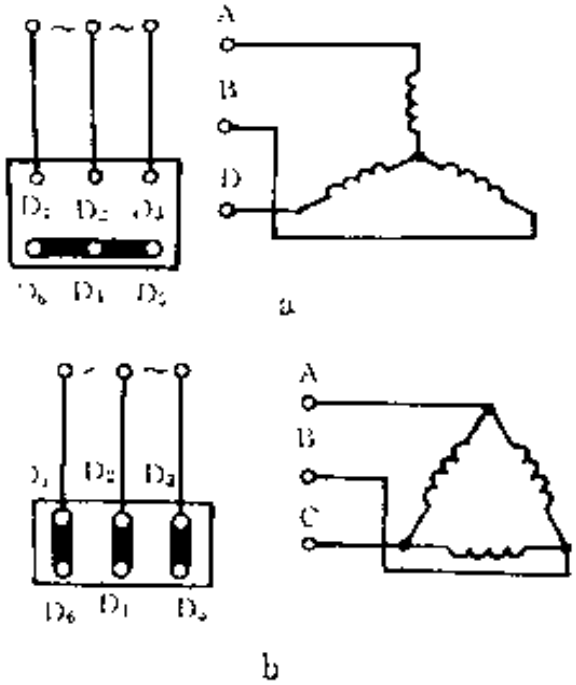


图 2-12　定子绕组接线方法

a. 星形接线　b. 三角形接线

www.plcworld.cn

率会降低，同时由于电流增大，还可能引起电机过热。若电压标为 220/380 伏，接线方法标为△/Y，则表示电源线电压为 220 伏时，定子绕组应接成△形。如果电源线电压为 380 伏，误将这台电动机的定子绕组接成△形，则电机将被烧毁。

73. 怎样进行电动机接线盒中的接线？

电动机的接线盒中一般都有一块接线板，电动机三相绕组的六个端头排成上下两排，规程规定上排三个接线桩自左至右的编号为 1、2、3，下排自左至右的三个接线桩的编号为 6、4、5（图 2-13a）。凡制造和维修电动机都必须遵守这一规定。接线时应注意以下几点：

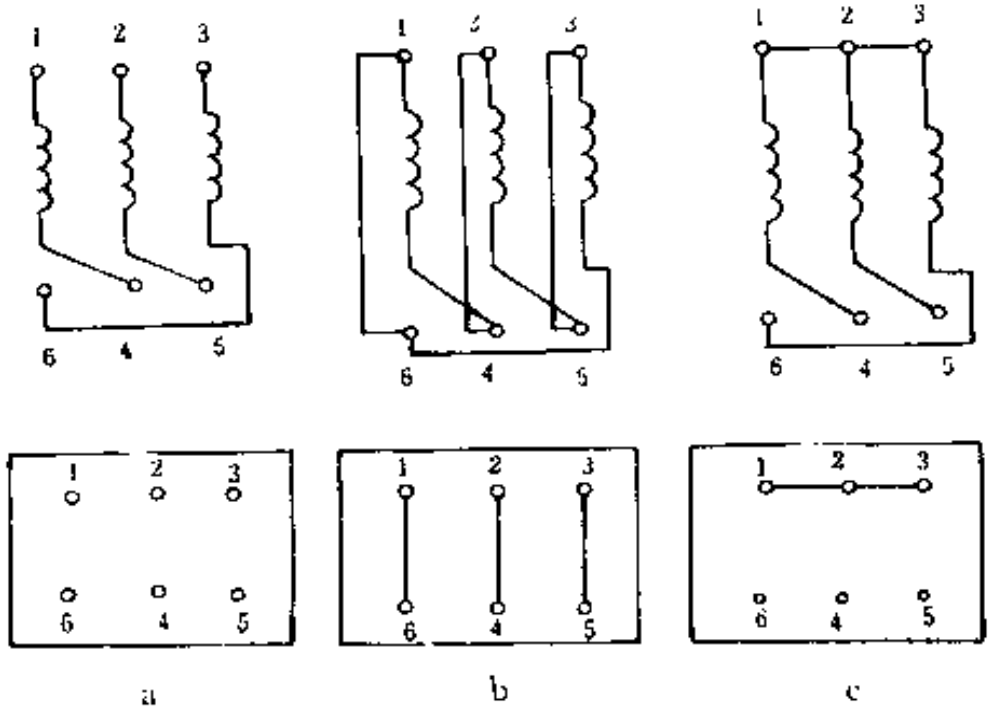


图 2-13　电动机的接线板

a. 接线桩的排列　b. △形连接　c. Y 形连接

（1）根据电动机铭牌上标出的额定电压和接线方式确定电动机接线桩的连接方法。例如，若铭牌上标出 380 伏△形连接，则应按图2-13b连接；若标出 380 伏 Y 形连接，则应按图

www.plcworld.cn

2-13c连接。

(2)将来自操作开关的三根导线的线头分别与6、4、5连接(电动机接线盒的出线口一般都在下方,接下排比较方便)。如果电动机出现反转,将任意两根导线的线头对换接线桩位置即可正转。

(3)如果采用星-三角起动器,则需使用六根同型号、同规格的导线,每根导线的两端应作出标记,把六根导线线头分别与接线盒内六个接线桩连接,另一端的六个线头接在星-三角起动器的相应接线桩上。

(4)连接线头以前,从线管口到接线桩这段导线(三根或六根),应使用绝缘带包扎在一起,并且要缠包两层(从近管口处缠起),同时要封堵管口,以防水滴和杂物进入管内;如果线管口与接线盒有衔接结构,则不需包缠。

74. 电动机接线时发现引出线上没有编号怎么办?

在实际工作中,常常遇到电动机无引出线端子板或引出线没有编号这类情况,此时如果贸然接线,就会发生误接而造成事故。遇到这种情况,通常可用电池定相法或通电试验法进行鉴别,而对于已通电运转过的电动机,可用剩磁法进行判断。

(1)电池定相法　先用万用表的欧姆档将六个引线头分成三组,然后将第一组的两个线头分别接于万用表毫安档的正负极,将第二组的一个线头用手指按在干电池的负极上,用另一头触碰电池正极,如果万用表的指针偏向右侧,说明万用表的正极线头与干电池负极线头属同一组编号;如果指针偏向左侧,则说明万用表正极线头与干电池正极线头属同一组编号。做好记号后,将干电池接于第三组,用同样方法可判断其编号。

www.plcworld.cn

(2)通电试验法　先用万用表欧姆档将六个引线头分成三组，然后将任意两组串联接在交流电源上，第三组上串联一只灯泡(15 或 25 瓦，大功率灯泡不亮)。通电后，如果灯泡发光(如图 2-14a)，表示串联的两组为首尾相连；如果灯泡不亮，表示尾尾相连或首首相连(图 2-14b)，用同样方法可确定第三组的首尾端。

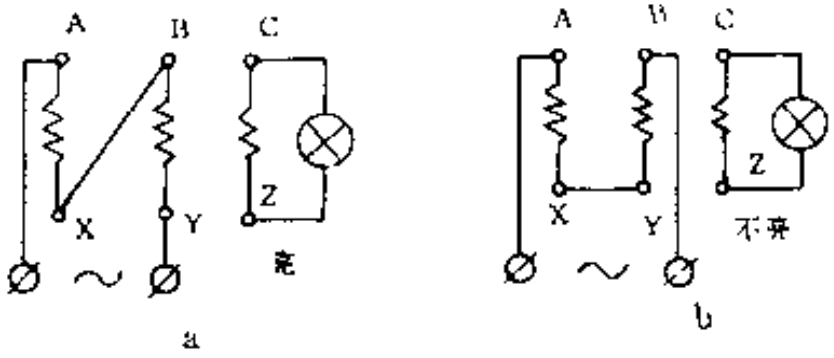


图 2-14　电动机引出线通电试验

a. 灯泡亮　b. 灯泡不亮

(3)剩磁法　这种方法只适用于有剩磁的电动机。先用万用表的欧姆档找出属于同组的两个接头，然后任意假设各组接头的首尾端，并将三个首端扭接在一起接于万用表毫安档的一极上，将三个尾端分别接于另一极，用手慢慢拨动转子，如果万用表指针指零，说明原假设正确；如果指针摆动，可将任一组倒头后再测，直到万用表指针指零为止。

75. 怎样正确选择保护中小型异步电动机用的熔断器熔体？

一般中小型异步电动机多采用熔断熔体的方法来切断故障电流。选择熔断器的熔体应注意以下几点：

(1)只有一台电动机时，熔体的额定电流应大于或等于电动机额定电流的 1.5～2.5 倍。如果电动机容易起动(容量较小，或者起动时不带负载或负载很轻)，倍数可取得小些；如果

www.plcworld.cn

电动机起动困难(容量大,或者起动时带有重负载),则倍数应取得大些。常用异步电动机的熔体额定电流见表 2-5。

表 2-5 常用异步电动机熔体选配规格

电动机容量,千瓦	2.8	4.5	7	10	14	20	28
熔体额定电流,安	10～15	15～25	25～35	30～50	45～70	60～100	90～150

(2)一条线路有几台电动机运行时,总熔体的额定电流可按下式计算:

总熔体额定电流≥(1.5～2.5)×最大容量电动机的额定电流+其余电动机额定电流的总和

应该指出,熔体的额定电流不得大于变压器的额定电流。否则,短路时可能烧毁变压器。

选择熔体时,必须注意,熔体额定电流过小或过大都是不合理的。如果熔体额定电流太小(例如等于电动机额定电流),由于电动机的起动电流是其额定电流的 4～7 倍,这么大的电流通过熔体,会使熔体立即熔断,造成电动机不能起动;如果熔体额定电流太大(例如等于电动机的起动电流),则在发生短路故障时,很大的短路电流通过电动机,可能在熔体熔断之前,电动机已经烧毁。因此,必须合理选择保护电动机用的熔断器熔体。

76. 怎样选择鼠笼式感应电动机的起动方式?

鼠笼式感应电动机的起动方式,有直接起动和降压起动两种。而降压起动又分为星-三角(Y-△)降压起动、自耦变压器降压起动、延边三角形降压起动和接入电阻(或电抗)降压起动等方式。各种起动方式各具特点,但都必须满足下列三个条件:

www.plcworld.cn

(1)起动所引起的电网电压降,一般不应大于15%电网额定电压。

(2)起动容量不应超过供电设备(如变压器)的负荷能力。

(3)电动机的起动力矩应大于所传动机械的静阻力矩,以保证电动机能正常起动。

表2-6列出鼠笼式感应电动机各种起动方式的起动电压、起动力矩、起动电流、适用场合和起动特点等,可供选择该种电动机的起动方式时参考。

77. 怎样选择绕线式感应电动机的起动方式?

从原理上,凡是鼠笼式感应电动机的起动方式和起动设备(接于定子电路中),都适用于绕线式感应电动机。但一般绕线式感应电动机,多在转子电路中接入电阻器或频敏变阻器进行起动。因为这两种起动方式,与在定子电路中接入起动设备的起动方式相比,具有更好的起动特性,即在较小的起动电流下,仍可产生较大的起动转矩。下面简单介绍这两种起动方式:

(1)转子接入变阻器的起动　首先将变阻器全部电阻接入转子绕组电路中,转子串入电阻后,起动电流减小,但转子电流与感应电动势的相角也减小,而电流的有功分量增加,因此,在一定范围内能使起动转矩增加。待转速升高,再一级一级将电阻切除。起动完毕,将全部电阻切除,而使转子绕组中的变阻器短接。

(2)转子接入频敏变阻器的起动　这是将频敏变阻器接入转子电路中,以降低起动电流的起动方式。频敏变阻器是一种无触点的电磁元件,相当于一个铁芯损耗很大的等值阻抗。它的阻抗随着通过转子电流的频率变化而改变。由于转子电流频率与转差率成正比,电动机刚起动时,转差率较大,转子

表 2-6　鼠笼式感应电动机各种起动方式对比

起动方式	全压起动	三相电阻降压起动	电抗器降压起动			自耦变压器降压起动			星-三角降压起动	延边三角形降压起动		
			降压百分数			降压百分数				抽头比例(K)		
			50%	45%	37.5%	73%	64%	55%		1∶2	1∶1	2∶1
起动电压/额定电压	1	0.8	0.50	0.45	0.375	0.73	0.64	0.55	0.58	0.78	0.71	0.66
起动力矩/全压起动力矩	1	0.64	0.25	0.20	0.14	0.53	0.41	0.30	0.33	0.6	0.5	0.43
起动电流/全压起动电流	1	0.8	0.50	0.45	0.375	0.57	0.45	0.36	0.33	0.6	0.5	0.43
适用场合	高、低压电动机	低压电动机	高压电动机			高低压电动机			绕组额定电压380伏，具有6个出线头的电动机，如JO_2、JO_3、J_2、J_3系列电动机	绕组额定电压380伏，具有9个出线头的电动机，如JO_3、J_3系列电动机		
起动特点	起动简便，起动电流和电动力较大，起动电压降低	起动电流和电动力较大，起动起都较过阻耗较大，程电动机消起和矩起中能	起动电流较大，起动力矩较小			起动电流较小，起动力矩较大			起动电流和起动力矩都小	起动电流小，起动力矩较大，具有自耦变压器和星-三角两种降压起动方式的优点		

www.plcworld.cn

www.plcworld.cn

电流频率也大，相应频敏变阻器阻抗亦大，所以能限制转子起动电流。随着转子速度不断升高，即转差率逐渐减小，转子电流频率也逐渐下降，频敏变阻器的阻抗也逐渐减小。这样，用一级变阻器就可以将电动机平稳地起动。

采用频敏变阻器起动，结构和线路均简单，且制造容易，造价低，运行可靠，维修方便，便于实现自动操作，所以绕线式感应电动机应尽量采用这种起动方式起动。

78. 怎样选择单相异步电动机的起动方式？

单相异步电动机，一般可选用以下三种方法之一来起动：

(1)分相起动　分相起动分为电阻分相起动和电容分相起动两种。起动时在电动机辅助绕组中串联电阻(使辅助绕组的电阻大于主绕组)或串联电容器，当电动机的转速达到同步转速 80%左右时，通过起动装置使起动绕组或电容器脱开电源。使电阻脱开电源的称为电阻分相起动，使电容器脱开电源的称为电容分相起动。

(2)电容运转电动机　所谓电容运转电动机，就是在运行中不切除辅助绕组和电容器，按二者长期接在电源上进行计算和选择。

(3)罩极起动　用短路铜环或短路线圈将磁极的 1/3～1/4 部分罩起来，以产生旋转磁场来起动电动机，这种电动机称为罩极电动机。罩极起动不需要起动装置和电容器。

79. 接通电源后三相异步电动机不能起动怎么办？

空载电动机接通电源后，如果电动机无反应，可初步判断定子绕组的两相或三相未通电。此时可进行以下检查和处理：

(1)用试电笔检查三相电源是否有电　如果发现电源缺相，应检查上一级断路器或熔断器，或汇报给有关部门，等候来电。

www.plcworld.cn

(2)检查电源开关接触是否良好　如果开关接触不良，应进行修理或更换。

(3)检查电动机的熔断器　若发现熔体熔断，应予以更换。

(4)检查电动机接线板上的接头　若发现接头有锈蚀、松动、接触不良等现象，应将接头除锈和重新接牢。

(5)检查电动机的绕组是否断路　如果断路，应进一步查出断开点，并重新连接好。检查绕组是否断路时，可使用兆欧表、万用表或串联灯泡进行试验。

(6)检查定、转子绕组有无短路故障　因为定子绕组如果短路，由于电压降低，电磁力矩很小，可能造成电动机不能起动，也可能导致继电保护装置动作而断开定子回路。如果转子绕组短路，会减小转子回路电阻而降低起动力矩。

如果电动机带负载不能起动，还应检查负载是否太重、有无卡涩现象。此外，若定子绕组接线有错，带负载的电动机也常常不能起动。

80. 电动机不能采用直接起动方式起动怎么办？

当电动机的容量大于30%变压器容量时，如果直接起动，由于起动电流很大(为额定电流的4～7倍)，往往造成线路过负荷，使保护装置跳闸。此外，大容量电动机直接起动，也会使电网电压下降，影响线路中其他电气设备的正常工作(如电灯变暗，电磁铁松扣)。因此，大容量电动机是不能直接起动的。这种电动机一般采用专用的起动设备协助起动，常见的有以下几种：

(1)星-三角起动器　实际上是一个转换开关，起动器表面标有“起动”、“运转”、“停止”三个档位。起动时，手柄扳向“起动”档，使绕组呈星形接线，此时起动电压为$1/\sqrt{3}$额定

www.plcworld.cn

电压。当转速接近额定转速时，再扳向“运转”档，将绕组改为三角形接线，电压恢复额定值。

(2)自耦变压器起动器　也称补偿起动器。起动时，将手柄扳向“起动”档，电源经自耦变压器降压。当转速稳定后，切除自耦变压器，于是电动机在额定电压下运行。

(3)电阻、电抗降压起动　起动时，将一定值的电阻或电抗串接到电动机定子回路中，使起动电压下降到一定值，待转速稳定，便切除电阻、电抗器，此时电动机也在额定电压下运行。

81. 电动机接通电源后低压断路器立即分断或熔断器熔体立即熔断怎么办？

电动机接通电源后，如果低压断路器立即分断，可能是以下原因引起的，可作相应处理：

(1)过电流脱扣器的瞬时整定值太小。通常调整瞬时整定值即可。

(2)脱扣器的某些零件(如半导体器件、橡皮膜等)损坏。此时应更换脱扣器或损坏的零部件。

(3)脱扣器反力弹簧断裂或落下。此时应更换弹簧或重新将弹簧装上。

如果电动机连续出现刚一合闸，熔体就熔断这一现象，一般应进行以下检查：

(1)定子绕组是否接地　可用兆欧表、万用表或串联灯泡检查各相定子绕组对地绝缘情况。如果绝缘损坏(兆欧表、万用表的指针指零，串联灯泡点亮)，应进一步查出接地点，在接地点垫上绝缘纸，涂上绝缘漆，然后试送电。

(2)定子绕组相间是否短路　用兆欧表摇测定子绕组各相间的绝缘电阻。如果兆欧表指针指零，则应进一步找出短路

www.plcworld.cn

点，并进行处理。

(3)定子绕组是否反相　检查定子三相绕组的首尾端与规定的接线顺序是否一致。如果接反，应予以调换。

有时，电动机电源接线不牢固造成单相起动，开关与电动机之间的连线短接，电动机机械部分卡锁或负载过重，以及熔体选择过小，也会造成熔体熔断，因此应根据不同情况分别进行检查处理。

82. 电动机带负载不能起动或加上负载转速就急剧下降怎么办？

有时，电动机空载运行转速基本正常，但加上负载转速就急剧下降；如果带负载起动，则起动不起来。这主要是转矩不足造成的。此时可进行以下检查：

(1)电源电压是否过低　可用万用表测量电源电压，若发现电压过低，应向供电部门反映，请求进行调整。

(2)电动机负载是否过大　如果空载时电压基本正常，加载后电压就急剧下降，则说明电动机负载过大，应设法减载。

(3)支路压降是否过大　带负载起动时，如果测得的电源母线电压为正常值，但电动机出线端电压过低，则说明电动机支路压降过大，可换上截面较大的导线，并尽量减小电动机与电源的距离。

(4)接线错误　如将定子绕组的△接线误接成Y形。

(5)鼠笼转子断条　可用短路侦察器进行检查，或者在轻载运行一段时间后，根据转子的发热情况判断。

83. 切除绕线式电动机的起动电阻后，其转速降低怎么办？

切除绕线式电动机的起动电阻后，其转速降低有以下几方面的原因，查明后可针对具体情况予以处理：

www.plcworld.cn

(1)电刷压力不足或集电环接触面不光滑，导致电刷与集电环接触不紧密而产生火花，结果造成电动机的转速降低。此时应调整电刷压力，并修磨电刷和集电环接触面，改善接触条件。

(2)电动机某相的转子绕组与集电环连接处的紧固螺栓松动或脱落，造成绕组与集电环的连接线断开，导致电动机的转速降低。在这种情况下，应拆开电动机进行检修，紧固松动的螺栓。

(3)举刷手柄未拨到预定位置，造成集电环短路装置的触头接触不良，或者转子电路一相断路。此时应将举刷手柄操作到位，并定期检查集电环短路装置的触头。

(4)所传动的机械运转不平衡或轻微卡住，造成电动机的运转卡滞，转速降低。遇到这种情况，应通知机械维修人员检修所传动的机械。

84. 鼠笼式异步电动机有哪几种制动方法？怎样进行制动操作？

使旋转中的电动机获得一个逆旋转方向的力矩，以使其较快地降低转速的过程，称为电动机的制动。对于传动生产机械的异步电动机，有时需要很快地使其运动完全停止；有时需要在电动机的运动中加入一个一定的均匀的制动力矩，但不要求电动机立即停止。如起重机在提吊的重物下降时，电气机车在下坡时，都需要后一种制动。鼠笼式异步电动机有三种制动方法，即反接制动、发电制动(再生制动)和动力制动(能耗制动)，制动操作的要点如下：

(1)反接制动　通常，电动机断电后，由于惯性作用，还有一段惯性时间。鼠笼式感应电动机的反接制动，是在断电的同时，把输入电源的相序变换一下，改变电动机定子旋转磁场的

www.plcworld.cn

方向，使转子产生一个逆旋转方向的制动力矩。经过短暂的时刻，再把输入的电源切断，电动机便很快就停止转动。

(2)发电制动(再生制动)　发电制动是在电动机的转速高于旋转磁场同步转速时进行的。因为按右手定则，此时转子导体产生感应电流，而该电流在旋转磁场的作用下，产生一个反旋转方向的制动力矩，电动机便处于发电制动状态。

(3)动力制动(能耗制动)　在供电电源切除后，立即向定子绕组通以直流电流，于是形成一个固定(静止)的磁场，而转子由于惯性仍按原方向转动。根据右手定则，转子中会产生感应电流，此电流在固定磁场的作用下，产生一个力矩，其方向与电动机按惯性转动的方向恰好相反，所以起到制动作用。

85. 怎样鉴定无铭牌电动机的极数？

如果需要鉴定退出运行的无铭牌电动机的极数，可采用剩磁法进行判断，方法如下：

将一只毫伏表(或毫安表)接到三相定子绕组任一相的引出线上(图 2-15)，并在转轴的初始位置作好标记，然后用手慢慢地盘动转子一周。由于电动机铁芯中有剩磁，当转子转动时，定子绕组中就会产生交流电流，于是接在定子绕组中的毫伏表指针就会偏转。如果仪表双向刻度，则指针偏离零位的次数就是电动机的极数；如果仪表单向刻度，则指针偏离零位的次数就是电动机的极对数。

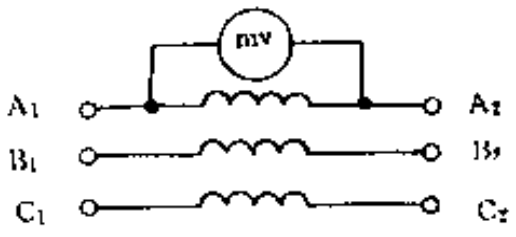


图 2-15　剩磁法判断电动机极数示意图

此外，根据相间绝缘的极相组数，有时也能判断电动机的极数。因为电动机绕组的极相组数等于相数与极数的乘积，而电动机各极相组之间(由于线圈端部绝缘的需要)往往用绝缘

www.plcworld.cn

隔开。因此，从相间绝缘可数出极相组数，用极相组数除以相数就可得出电动机的极数。

86. 怎样维护运行中的防爆电动机？

防爆电动机虽然具有隔爆机壳，密封性能良好，在有易爆介质（如氢、乙炔、石油气、二硫化碳等）的场所正常运行时不易发生爆炸。但是，如果维护不当，或者发生故障而未及时发现和处理，也可能爆炸酿成事故。因此，对在易爆易燃场所运行的防爆电动机，应加强日常的维护管理，一般应注意以下几点：

（1）由于防爆电动机的起动电流较大，熔体和其他过流保护装置应按规定时间更换和调整。

（2）注意电动机有无异常声响和焦臭味。

（3）检查接地是否完整，各处导体的连接是否可靠。

（4）检查电动机外壳和轴承温度是否过高。

（5）控制电动机转子运转中突然停住的时间不超过 10 秒，起动时间不超过 17 秒（一般为 8.5 秒）。

（6）检查电动机的机壳有无裂纹，隔爆面接合处、进线装置是否良好。

（7）电动机轴承油脂应每 3 个月（连续运转）检查一次。

（8）检查电动机各部分的紧固螺栓是否松动，接线盒内的接线柱是否牢靠和有无氧化现象。

（9）电动机在高温环境中连续运行时每半年应解体清扫一次，同时对其附属设备也要进行全面检查。

（10）在油瓦斯不浓、室温一般、粉尘不多的场所，每年也应解体清扫一次。

通常，每当电动机停车，就应检查转子轴上风扇固定是否牢靠，轴承磨损情况和油量，定、转子间有无扫膛现象，并用兆

www.plcworld.cn

欧表测量绝缘电阻是否符合要求。

87. 怎样改变单相电动机的旋转方向？

单相电动机一般分为分相式、推拒式、罩极式和普通串激式四种。由于四者的结构各有差异，改变其旋转方向的方法也不同，现分述如下：

(1)分相式电动机　共有两组线圈，一组是运行线圈，另一组是具有较高电阻的起动线圈。颠倒这两组线圈中任一组的两个线端，就可使电动机反向旋转。

(2)推拒式电动机　有一组电枢线圈、一只换向器和一组刷握，这种电动机与直流电动机大致相同，只是电刷由离心开关短路。通常，移动电刷在换向器上的相对位置，就可改变电动机的旋转方向。

(3)罩极式电动机　由于只有一组线圈接在交流电源上运行，所以不能用颠倒线端的办法来改变电动机的旋转方向。通常，将定子铁芯取出，倒一个方向即可使电动机反转。

(4)普通串激电动机　变换电枢或磁场的电源线头就可改变电动机的旋转方向，其原理与改变串激直流电动机的方向相同。

88. 电动机的三相电流不平衡怎么办？

如果发现电动机的三相电流不平衡，应首先检查电动机三相电源的电压是否平衡(可用交流电压表测量)。若不是电源方面的原因，则应进行以下检查：

(1)各相定子绕组首尾端或定子绕组中部分线圈是否接反。如果接反，应予以纠正。

(2)各相定子绕组匝数是否相同(特别是大修中重绕定子绕组后，各线圈的匝数有可能多少不一)。如果不同，应重绕。

(3)定子绕组匝间是否短路或接地。如果短路或接地，应

www.plcworld.cn

查出短路点或接地点，并予以消除。

(4)多路并联定子绕组是否有个别支路断线。若查出个别支路断线，应重新焊接，并做好绝缘包扎工作。

89. 发现三相异步电动机不能反转怎么办？

装有反向开关的异步电动机，有时将开关扳向“反转”位置，电动机的旋转方向不变，亦即此时反向开关失灵。遇到这种情况，应首先检查开关的接线是否正确和接触是否良好。如果未发现故障，应进一步检查电动机是否缺相，特别是空载或轻载电动机，缺相运行与正常运行很难区别。

为什么电动机缺相就不能反转？这是因为，电动机的换向开关是通过改变电源相序，以改变旋转磁场方向而使电动机反转的。如果运行中的电动机某相的熔体熔断，则该电动机便变为单相电动机，此时即使改变电源相序，其旋转磁场方向仍然不变，因此电动机也就不能反转。

90. 电动机的空载电流偏大或偏小怎么办？

电动机的空载电流一般为额定电流的 20～50%。如果空载电流偏大，应进行以下检查：

(1)定子绕组的相电压是否过高。可用交流电压表测量电源电压，如果经常超出电网额定电压的 5%，可向供电部门反映，请求进行调整；检查是否将 Y 形接线错接成△形，若是，应予纠正。

(2)电动机的气隙是否过大。可用内卡、外卡测量定子内径和转子外径。

(3)绕组内部接线有无错误(如将并联线圈串联)，若有，应予纠正。

(4)定子绕组线径是否过小。重绕定子绕组时，往往选用线径过小的导线，应重新计算，并更换绕线。

www.plcworld.cn

(5)定、转子的铁芯是否齐整。可打开电动机的端盖进行观察,若发现不齐,应予以调整。

(6)装配质量是否合格,轴承润滑是否良好。二者若不合乎要求,将增加电动机本身的机械损耗,增大空载电流。

(7)修理定子绕组时匝数是否足够或内部极性是否接错,若是,应重绕定子绕组并增加匝数,核对极性。

(8)铁芯重量是否过小,铁芯材料是否合格。

(9)绕组内部有无短路、断路或接地故障。应查出故障点,并进行浸漆、焊接或绝缘处理。

如果电动机的空载电流小于20%额定电流,则说明电动机的空载电流偏小。修复后的电动机的空载电流偏小,可能是以下原因引起的:

(1)定子绕组的线径太小,应选用与原绕组线径相同的导线。

(2)接线错误,将△形接线误为Y形接线,应纠正接线。

(3)定子绕组内部接线有误,如两个并联绕组错接或串联,结果每相绕组的匝数增加一倍,造成空载电流下降到原来的1/4～1/6,即原来为6安的空载电流,错接后只有1～1.5安,同时输出功率也减少了1/2。

91. 鼠笼式电动机的三相空载电流差在10%左右,怎样确定它是由于电源电压不平衡还是电动机本身缺陷引起的?

鼠笼式电动机之所以产生10%左右的三相空载电流差,一般有以下两方面的原因:

(1)三相电源电压相差较小(小于0.5%),电压表上的读数相差不明显。

(2)电动机磁路不均匀或三相绕组匝数不相等。

究竟是哪一原因引起的误差,可用下述方法来查找:

www.plcworld.cn

几次调换三相电源线与电动机线端的连接顺序，观察空载电流的变化。如果电流大小的顺序随着电源相序的变化而变动，亦即总是某一相（例如电源的 A 相）的电流最大，则三相空载电流差是电源三相电压不平衡引起的。

如果电流大小不随电源相序的变化而变动，亦即总是与电动机某一线端（例如电动机的 D_1 线端）相连的那根线上的电流最大，则说明是电动机本身的缺陷导致产生三相空载电流差。

如果电流大小不按上述规律变动，而是反复变化不定，则说明电源、电动机二者都有缺陷。

92. 怎样快速判断低压电动机的绝缘是否良好？

低压（500 伏以下）电动机的绝缘情况，一般应使用 500 伏绝缘摇表来检查。如果无绝缘测定器，又需要迅速判断电动机的绝缘情况，可使用信号灯大致进行判断。方法如下：

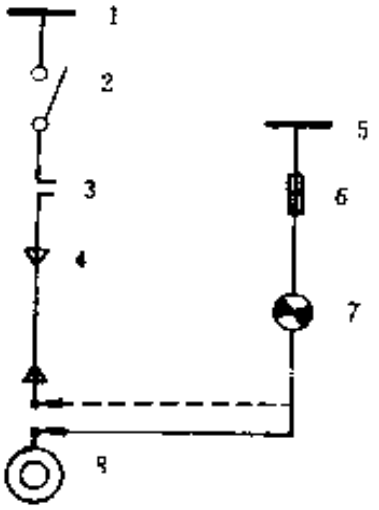


图 2-16　使用灯泡判断电动机的绝缘情况

1. 主母线　2. 刀闸　3. 接触器　4. 电缆　5. 电源　6. 熔断器　7. 220 伏信号灯　8. 电动机

将一只 220 伏信号灯按图 2-16 接线。通电后，如果灯泡不亮，说明电动机的绝缘尚好，可以投入运行；如果灯泡的灯丝发红，说明有漏电现象，电动机的绝缘轻微损坏，在生产不能中断的情况下，若保护装置灵敏可靠，电动机可以暂时使用；如果灯泡发光正常或很明亮，则说明电动机的绝缘严重损坏，不能使用。否则，将发生短路崩烧事故。

同理，虚线表示可检查电缆的绝缘情况。

www.plcworld.cn

93. 异步电动机的绝缘不良怎么办？

长期运行、长期存放或处于备用状态的电动机，如果其绝缘电阻值不符合规程要求，或者绝缘电阻等于零，则表明该电动机的绝缘不良。其原因一般有以下几种：

(1)由于环境潮湿，水滴落入电动机内部，或者室外通风道冷空气侵入电动机，使绝缘受潮，绝缘电阻降低。

(2)电动机长期过载运行，发热量大、散热不良，使绝缘老化。

(3)绕组上积尘，或者轴承严重漏油，绕组上油污沾尘，造成绝缘电阻降低。

(4)接线胶木板炭化或击穿。

(5)滑环或电刷磨蚀掉下的导电粉末落入绕组内部，造成转子绝缘电阻降低。

(6)绝缘受机械损伤或化学腐蚀，导致绕组接地。

对绝缘不良的电动机，首先应进行清扫，然后检查绝缘是否损伤。若无损伤，则进行干燥处理。干燥后测试绝缘电阻，若仍偏低，则用试验方法查出故障点并进行检修。

94. 电动机长期低压运行怎么办？

电压过高或过低，都会引起电动机过热，一般要求电动机的电压变动不超过±10%。电动机低压运行，转速和定子绕组的阻抗都下降。

由于电压降低的幅度比阻抗降低的幅度小，所以电流增大。通常，电压越低，电流越大，温升越高，对电动机的危害也越大。

如果电动机长期在低电压下运行，应采取措施降低危害程度。当电压下降10%时，应降低电动机输出功率15%，降低输出功率的方法随电动机所传动的生产机械的工作情况而

www.plcworld.cn

定。例如粉碎机，可减小加料量；又如水泵，可用放松传动胶带等方法减小电动机的输出功率，以使电动机的工作电流不超过额定电流。

如果电动机的运行电压长期在340伏左右，应换上功率比所传动机械的功率大20%的电动机，或者调高电源电压（如利用变压器的调压开关进行调节），缩短电动机与电源的距离或增大导线截面。

95. 三相电动机缺相运行有何危害？怎样处理？

所谓三相电动机缺相运行，就是三相电动机在电源一相断路或定子绕组一相断路下运行。例如，一相熔断器熔断或接触不良，断路器、隔离开关、电缆头和导线中的一相接触松动，以及电动机定子绕组中一相断线等，均可能造成电动机缺相运行。据统计，三相异步电动机烧毁绕组的事故，绝大多数都是由于缺相运行引起的。三相电动机缺相运行时，如果负荷未变，即两相绕组承担原来三相绕组担负的工作，则这两相绕组的电流必然增大，造成电流表的示值上升或为零（如果正好安装电流表的一相断线，则电流指示为零），电动机本体温度增高，振动加大和声音异常。

一旦发现三相电动机缺相运行，应立即起动备用机组，迅速切除故障电动机，报告班长或电气值班人员派人检查原因和采取对策。

96. 电动机发生“崩烧”事故的原因是什么？怎样防止？

电动机之所以发生“崩烧”事故，一般有以下几方面的原因：

（1）超载运行时间太长，电流过大，使绕组过热而发生崩烧。

（2）电压过高，电流增大，使铁芯内的磁通增加，损耗增大

www.plcworld.cn

而发热；电压过低，使负载较大的电动机过热。

(3)电动机通风不良，无法散热，或者所传动的机械卡涩，运转不灵，摩擦阻力太大，造成电动机温升过高而崩烧。

(4)单相运行。三相电源有一相断线，引起电动机两相绕组过热而崩烧。

(5)电动机绕组绝缘损坏而发生短路，造成电动机发热崩烧。

(6)电动机转子与绕组发生摩擦，使绕组绝缘损坏，造成电动机短路崩烧。

(7)接线错误。电动机的接线发生差错，使一相绕组的相位反接，造成电动机崩烧。

(8)电动机频繁起动，使电动机发热崩烧。

针对电动机发生崩烧的上述原因，可采取以下措施来防止这种事故：

(1)严禁电动机长期超载运行，并加强过载保护；经常监视电动机的电压、电流是否过高。

(2)在日常的维护工作中注意电动机有无异常音响，通风是否良好，有无机械摩擦，轴承是否发热。

(3)经常检查电动机的绕组绝缘是否良好，有无短路现象；如果发现电动机受潮，应将其烘干才可使用。

(4)在电动机投入使用前，要仔细检查接线是否正确。只有经过严格检查，电动机才可投入运行。

97. 电动机已烧坏，而热继电器不动作怎么办？

如果电动机已烧坏，而热继电器尚未动作，可能有以下几方面的原因，查明后可作相应处理：

(1)热继电器的额定电流值与电动机的额定电流值不符。此时应按电动机的容量来选择热继电器(不可按接触器的容

www.plcworld.cn

量来选用热继电器)。

(2)动作机构卡住,导板脱出。处理时应打开热继电器的盖子,检查动作机构,重新放入导板,并按动复位按钮,检查机构动作是否灵活。

(3)热元件通过短路电流,双金属片产生永久性变形,电动机过载时热继电器无法动作,使电动机烧毁。此时应更换双金属片,并重新调整。

(4)检修热继电器时,由于疏忽,将双金属片装反了,或者双金属片和发热元件用错,当过电流通过热元件时双金属片不能推动导板,电动机过负荷运行烧毁而热继电器不动作。处理时应检查并调整双金属片的安装方向,或者换上合适的双金属片和发热元件。

(5)热继电器的整定值偏大,触头接触不良。此时应合理调整整定值,消除触头表面的污垢或氧化物。

(6)电动机本身发生故障,如自冷风扇损坏和风道堵塞而造成散热不良,或者环境温度过高,都会导致电动机烧毁而热继电器不动作。这不是热继电器的缺陷,应着手排除电动机的故障。

98. 运行中的三相异步电动机温升过高怎么办?

运行中的三相异步电动机温升过高,不仅使用寿命缩短,严重时还会酿成火灾。因此,若发现电动机温升过高,应立即停车处理。电动机温升过高,一般是以下原因造成的:

(1)负载过大　电动机负载过大,将过载运行,应设法调整负载,使电动机在额定负载下运行。

(2)电源电压过高或过低　可用交流电压表测量母线电压和电动机的端电压。如果是电网原因,应向供电部门反映;如果是接线错误,应予纠正;如果是支路压降过大,应更换导

www.plcworld.cn

线和缩短电动机与电源的距离。

(3)三相电压严重不平衡　定子绕组相间或匝间短路，定子绕组接地。

(4)转子导条太小　导条截面过小，使损耗增加而发热，可在停车后测试转子温度，并与其他部位比较来判断。

(5)缺相运行　可先检查电动机的熔断器和开关状况，然后测量前部线路。

(6)正反转起动过于频繁。

(7)轴承润滑不良或卡锁　检查轴承室温度是否高于其他部位；检查润滑脂是否太少或干枯。

(8)环境温度过高。

(9)通风装置发生故障，风路堵塞。

(10)散热片积灰太多，油垢太厚太重而影响散热。

如果温升高并伴随有电流增大，应检查前五项原因；如果温升高但电流值正常，则检查后五项原因。

99. 怎样对三相异步电动机进行转速调整？

由同步电动机的同步转速公式和转差率公式

$$n_1=\frac{60f}{P}\qquad S=\frac{n_1-n}{n_1}$$

可得出异步电动机的转速公式

$$n=\frac{60f}{P}(1-S)$$

由上式可见，异步电动机的调速，可采用改变电源频率 f、改变转差率 S 和改变旋转磁场磁极对数 P 等三种方法。

(1)改变电源频率　这种调速方法以采用交流电源为前提。一般采用可控硅变频调速系统，先将交流电变换为电压可调的直流电，然后再变换为频率可调的交流电。由于变频设备

www.plcworld.cn

复杂、价格高昂，因而限制了这种调速方法的推广应用。

(2)改变转差率　这种调速方法只适用于绕线式转子异步电动机。因为通常在转子回路中串联电阻，通过改变转子回路的电阻来改变转差率，以进行调速。一般只有绕线式转子才能够通过滑环和电刷在机外连接调速电阻。这种调速方法功率损耗大、效率低，很少用来调整机床电动机的转速。

(3)改变磁极对数　由于磁极对数只能成对改变，因此只能是有级调整，一般可做到二速、三速或四速调速。机床上常用的是由三角形接线改为双星形接线，以对电动机进行从四极变为二极的二速调速。

100. 异步电动机定子绕组相间短路有哪些现象？是什么原因引起的？怎样处理？

如果异步电动机的定子绕组发生相间短路，往往绕组被烧坏，短路点附近的绝缘被烧焦，电动机发热或冒烟，熔体烧断。

引起异步电动机定子绕组相间短路的主要原因是：绕组匝间或端部相间的绝缘层未垫好；绕组引出线套管或线圈组之间的接线套管未套好；绕组绝缘受潮、老化；绕组受到机械损伤；电动机过热；电源电压过高等。

如果定子绕组的相间短路点在端部，损伤又不严重，一般将绝缘进行加强处理即可；如果端部短路损伤严重或者短路发生在槽内，则应更换绕组。

101. 异步电动机的定子绕组匝间短路有哪些现象？是什么原因引起的？怎样处理？

如果异步电动机定子绕组的线圈绝缘损坏，导体相互接触，便形成匝间短路。一旦发生匝间短路，会出现以下一些现象：被短路的线圈中将流过很大的环流(常达正常电流的 2～

www.plcworld.cn

10 倍），使线圈严重发热；三相电流不平衡，电动机的转矩降低；产生杂音；短路严重时，电动机不能带负载起动。

引起异步电动机定子绕组匝间短路的主要原因是：电源电压太高，绕组受潮，绝缘老化，线圈端部碰伤，绕制线圈时将绝缘擦破，线圈受振动而磨损，线圈组之间的接线套管未套好等。

按照 102 问“怎样查找异步电动机定子绕组相间或匝间的短路点？”所介绍的方法找出短路点后进行修复。如果短路匝数较少，而电动机又急需使用，可临时采用跳接办法，把短路线圈跳过不用，但应减轻电动机负载，并注意检查监视。如果故障点在槽内，对于单层绕组应更换损坏的线圈；对于双层绕组，可根据烧损程度，进行局部修理或更换绕组。

102. 怎样查找异步电动机定子绕组相间或匝间的短路点？

如果异步电动机的定子绕组发生相间短路，首先可用观察法查找短路点，即拆开电动机，检查有无烧焦、烧断痕迹。若外观检查未发现短路点，可用兆欧表或万用表进行测试。测试结果，如果相间绝缘电阻接近或等于零，则说明被测量的两相之间发生短路。

此外，也可用灯泡法进行试验。试验时，拆开绕组的各端头，把灯泡与电源串联，将二者的端头分别触及两相绕组的端头（图 2-17）。如果灯泡发光，则说明该两相之间有短路点。

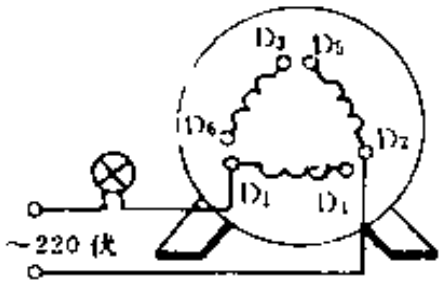


图 2-17　使用串联灯泡法查找相间短路线圈示意图

查出短路相后，可把短路相的线圈分成若干组，再分别进

www.plcworld.cn

行检查，直到找出短路线圈为止。

如果异步电动机的定子绕组发生匝间短路，首先应观察绕组外表有无烧焦痕迹。对于小型电动机，也可通电进行短时（约 1 分钟）空转试验，停机后立即拆开电动机，用手触摸线圈是否均匀发热，如果有高热或烧焦部位，则该部位就是短路点。

如果外观检查未发现短路点，则可用短路侦察器进行检查（图 2-18）。短路侦察器有一工字形铁芯，其上绕有一个线圈。检查时将该铁芯跨在定子槽口上，使之与定子铁芯构成一个闭合磁路。当短路侦察器的线圈通电后，侦察器就相当于一

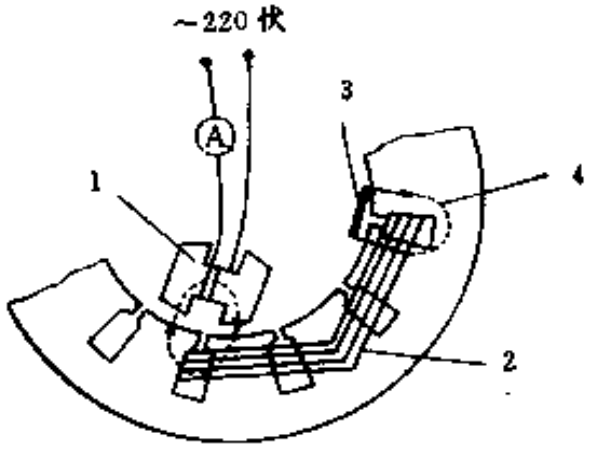


图 2-18　使用短路侦察器查找匝间短路线圈示意图

1. 短路侦察器　2. 被测线圈　3. 铁片　4. 磁力线

个变压器，其线圈为原线圈，而槽内绕组线圈则为副线圈。如果未发生匝间短路，则相当于变压器空载，侦察器线圈中的电流较小；如果存在匝间短路故障，则相当于变压器短路，侦察器内的电流较大。此时根据电流表的读数就可判断有无短路故障。

若不接电流表，也可在被测线圈另一边所在的槽口上放一块小铁片进行观察。如果被测线圈短路，则短路电流产生的

www.plcworld.cn

磁通会通过槽齿，对铁片产生吸力，使铁片发生振动；如果被测线圈未发生短路，则铁片就不振动。将侦察器沿定子槽依次移动检查，即可查出短路线圈。对于双层绕组，由于一个槽内有两个线圈边，所以必须检查相应线圈的另一边，才能查出短路线圈。

103. 怎样判别异步电动机三相绕组的首尾端？

异步电动机三相绕组的首尾端，与变压器三相绕组的首尾端一样，也是不能任意指定的。如果某台异步电动机的定子绕组首尾端未标明记号或记号模糊不清，可用下述方法之一来判别：

(1)用干电池和万用表判别：①先判别三相绕组的各自两个首尾端　将万用表调到电阻档进行测量，凡是同一相的阻值就很小，因此，根据电阻大小可分清哪两个线端属于同一相；②判别其中两相绕组的尾端　将万用表调到直流电流档(量程要调得小一些)，再将任意一相绕组的两个线端接到表上，指定表上“＋”端为该相绕组的首端，“－”端为尾端，然后将第二相绕组的两个线端分别接干电池的“＋”和“－”极(图2-19)。在干电池接通的瞬间，如果表针正转(摆向大于零的一边)，则与电池“＋”极相接的线端为第二相绕组的尾端；如果表针反转，则第二相绕组的首、尾端与上述相反；③判别第三相绕组的首尾端　万用表所接的这相绕组不动，将第三相绕组的两个线端去接干电池的“＋”和“－”极，用上述同样方法可判别第三相绕组的首尾端。

(2)用36伏低压电源和灯泡判别：①先判别三相绕组各自两个出线端　将三相绕组任意两个出线端串接灯泡，接通36伏低压电源。如果灯泡亮，则该两出线端属于同一相(图2-20a)；如果灯泡不亮，则该两出线端不属于同一相绕组(图2-

www.plcworld.cn

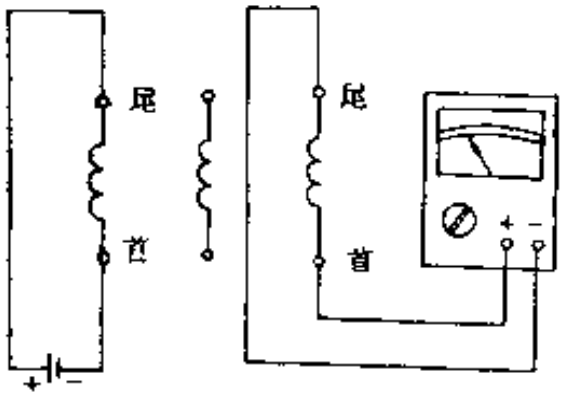


图 2-19　用干电池和万用表判别绕组首尾端

20b)；②判别任意两相绕组的首尾端　将任意两相绕组串联并接上灯泡，将第三相绕组的两个出线端接通 36 伏低压电源。如果灯泡亮(图 2-20c)，则与灯泡相连的两个出线端，一个是第一相绕组的首端，另一个是第二相绕组的尾端，做好首尾标记；如果灯泡不亮(图 2-20d)，则与灯泡相连的两个出线端

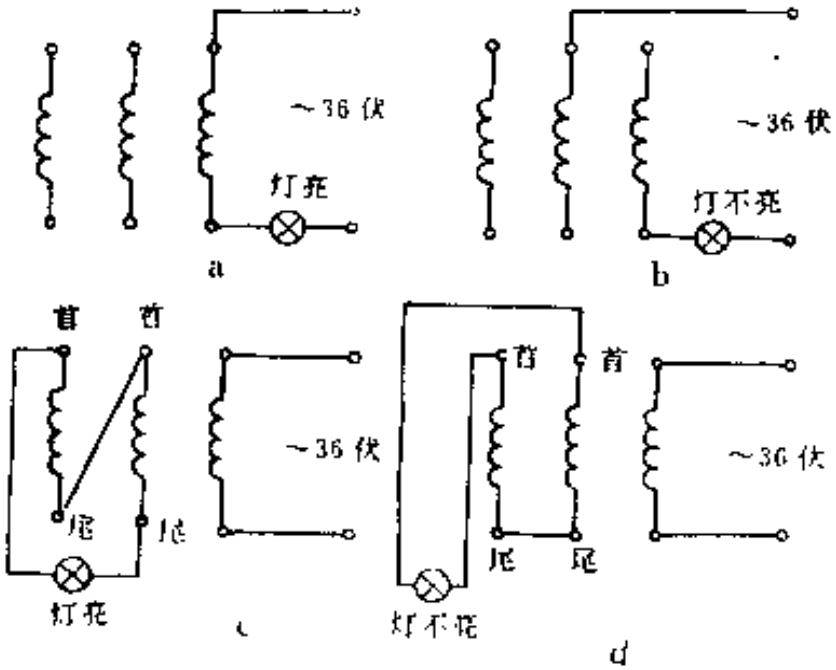


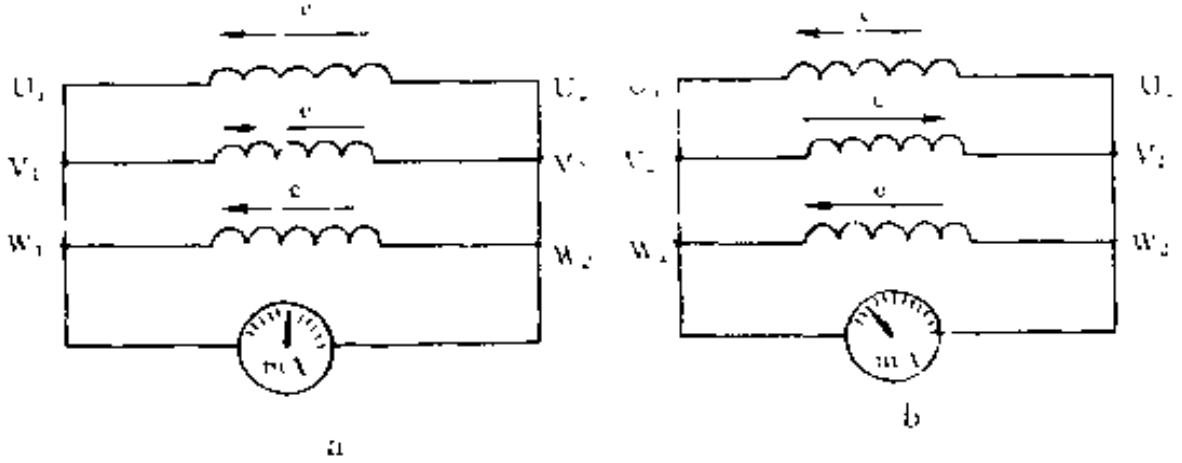
图 2-20　用 36 伏低压电源和灯泡判别绕组首尾端

分别为这两相绕组的首(或尾)端；③判别第三相绕组的首尾

www.plcworld.cn

端　将已知首尾的第一相(或第二相)绕组与第三相绕组串联，用上述同样方法可判别第三相绕组的首尾端。

(3)用万用表判别：首先将万用表的转换开关扳到电阻档，判别每相绕组的各自两个出线端；然后将万用表的转换开关扳到直流毫安档，并将三相绕组接成图 2-21 所示线路，随后用手转动电动机的转子。如果万用表指针不动(图 2-21a)，则表明三相绕组首尾端的区分是正确的；如果指针摆动(图 2-21b)，则表明有一相绕组的首尾反了，应一相一相分别对调后重新试验，直到万用表指针不动为止。这一试验是利用转子铁芯中的剩磁在定子三相绕组内感应出电动势的原理进行的。



a　　b

图 2-21　用万用表判别绕组首尾端

a. 万用表指针不动　b. 万用表指针摆动

104. 异步电动机的定子绕组接错线怎么办？

异步电动机的定子绕组接线，常出现以下两种差错：一种是绕组的首、尾端接反，另一种是绕组中个别线圈接反。在这两种情况下，电动机的电流增大、三相电流不平衡，绕组发热，出现异常声响，电动机的转速降低甚至不能起动。通常，可按以下方法进行检查：

www.plcworld.cn

首先按照 103 问“怎样判别异步电动机三相绕组的首尾端?”所介绍的方法,检查绕组首尾端是否接反。如果未接反,再用磁针(指南针)检查个别线圈是否接反(图 2-22a)。图上示出四极电动机,检查时首先将三相绕组拆开,在一相绕组中通入直流电(可用四节干电池),然后用一个磁针沿铁芯内表面缓慢地移动一周。如果接线正确,则每移动 1/4 周(一个磁极),磁针指向将改变一次(图 2-22a 和 c);如果有一组线圈接反,则磁针经过该组线圈时就不改变方向(图 2-22b 和 d)。按上述方法逐相进行检查,就可查出接反的线圈组。若双层叠绕组的个别线圈接反,则磁针会摇摆不定,此时应仔细检查线圈的接线。

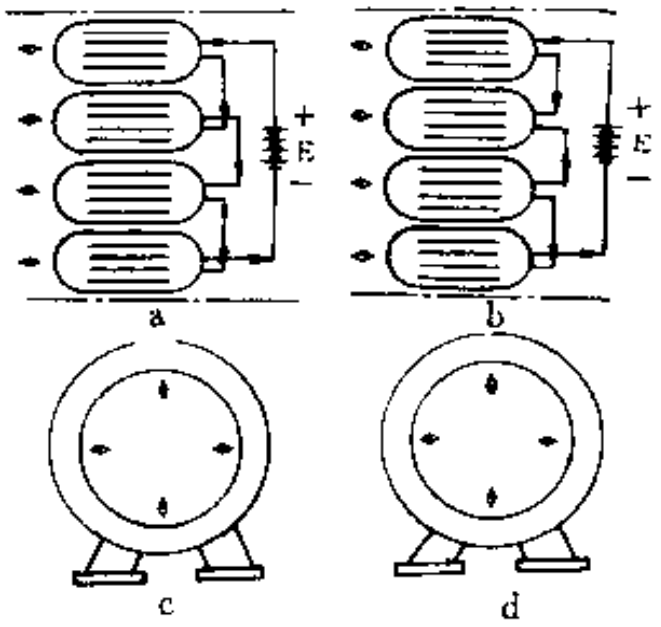


图 2-22　使用磁针检查线圈接线是否接反

a. 接线正确　b. 第二组线圈接反　c. 接线正确时磁针的方向　d. 第二组线圈接反时磁针的方向

105. 三相异步电动机的绕组接地怎么办?

电动机的绕组接地,是指电动机的绕组绝缘损坏,线圈导

www.plcworld.cn

线与铁芯或机壳相碰。绕组接地后，线圈的有效匝数减少，电流增大，绕组严重发热，烧坏尚未损坏的绝缘，有时还伴有异常声响、振动；严重的绕组接地可能导致绕组短路，使电动机不能工作，甚至造成人身触电事故。

判断绕组是否接地，可用兆欧表或试验灯进行检查。当判定确有接地故障时，还应按下述方法进一步查找接地点：

(1)直接观察　接地故障通常发生在铁芯槽口附近，接地处常有绝缘破裂、烧焦等痕迹，因此有时可以通过观察发现。

(2)试验灯法　当接地点损伤不重，直观不易发现时，可用试验灯法检查。检查时取一只功率较大的灯泡，用两根测棒通过导线分接于绕组和外壳，向试验灯供以低压直流电或220伏交流电。接通电源后，如果绕组绝缘良好，则灯泡不亮；若灯泡发光，则表明该相绕组有接地故障。

(3)淘汰检查　如果用上述两种方法不能找出接地点，则必须拆开绕组进行分组淘汰检查。此时先查出接地相，把该相各极相组之间的联线断开，用兆欧表或试灯逐组查出接地的极相组，再用同样方法查找有接地故障的线圈。

找出接地点后，可根据具体情况进行处理，一般的处理原则是：

(1)如果接地点在端部槽口附近，且烧损不严重，可在导线与铁芯之间垫以绝缘材料，然后涂刷绝缘漆即可，不必拆出线圈。

(2)如果接地点在槽的里面，应轻轻地抽出槽楔，用划线板将线匝一根一根地取出(应使用溶剂软化僵硬的绕组，以便拆卸)，直至取出故障导线为止，然后用绝缘带把绝缘损坏处包好，再将导线仔细嵌回线槽。重要的电动机不宜使用这种方法处理。

www.plcworld.cn

(3)如果绕组受潮，应把整个绕组预烘，然后浇上绝缘漆并烘干。

(4)如果是铁芯硅钢片凸出，划破了绝缘，则应把凸出的硅钢片敲下，在破损处重新包好绝缘。

106. 三相异步电动机的绕组短路怎么办？

绕组短路，是指绕组的线圈导线绝缘损坏，不应相通的线匝直接相碰，构成一个低阻抗环路。通常使用短路侦察器来查找绕组短路点，也可用直接观察法和直流电阻法进行检查。根据短路故障出现的部位和故障严重程度，一般可按以下方法处理：

(1)局部垫绝缘　适用于绕组端部或外层短路故障的处理。当短路线圈的绝缘尚未焦脆时，可在短路处垫上绝缘纸，然后涂上绝缘漆，最后烘干。

(2)局部重嵌　其工艺与105问"三相异步电动机的绕组接地怎么办？"所介绍的处理工艺相同。如果短路点在底层，则必须先取出上层线圈，待故障线圈修好，再顺序放回槽内。

(3)跳接　把短路线圈导线全部切断，包好绝缘，把该线圈原来的两个线头连接起来，跳过该线圈接线。跳接法会破坏相电流的平衡，只可用来进行应急处理。跳过的线圈数量一般不得超过一相绕组线圈总数的10～15%，同时电动机应减载。

(4)穿线修补　当损坏的线圈数量不多时，可用穿线法修补。修补时先把绕组加热到80℃，然后用钳子从槽底或槽面一根一根地抽出损坏的线圈导线，清除槽中杂物，将卷好的聚酯薄膜青壳纸插入槽内作为新导线的槽绝缘。此时取一支直径略大于导线并打过蜡的竹签作为引线，将新导线随竹签穿入绝缘套内。穿线时应从新导线的中点开始，分头进行，穿线

www.plcworld.cn

完毕就可进行接线和必要的检查、试验，最后浸漆烘干。

107. 怎样自制短路侦察器？

短路侦察器是检修电动机常用工具之一，其基本结构就是一个开路铁芯变压器。制作短路侦察器时，应通过必要的测量和计算，使侦察器的结构参数和电磁参数与被测电机的有关参数一致，并尽量做到一物多用。图 2-23 是一个具有双重用途的短路侦察器，其铁芯开口一端为凸面圆弧形，用来检测电动机定子绕组的短路故障；另一端为凹面圆弧形，用来检测电动机转子鼠笼导条的断条故障。

短路侦察器的结构参数和电磁参数如下：

(1)侦察器的铁芯宽度 a，应与所测电机的定子齿宽相等(图 2-23)。

(2)铁芯叠片厚 b(图 2-23)。

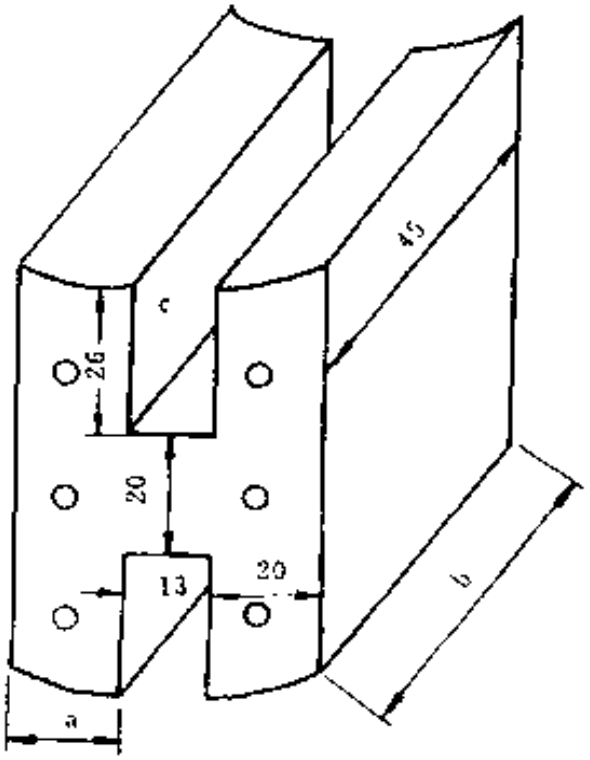


图 2-23　用于 20 千瓦电动机的短路侦察器的铁芯尺寸

(3)铁芯窗口宽度 c(图 2-23)，应等于一个或两个定子槽

www.plcworld.cn

宽。

(4)铁芯截面积可按下式计算：

$$A=1.25\sqrt{P}$$

式中 A 为侦察器铁芯截面积，厘米^2；

P 为所测电动机容量，1～50 千瓦电动机取 20～100 伏·安，50～500 千瓦电动机取 100～1000 伏·安。

(5)励磁线圈每伏匝数和总匝数可分别按下式计算：

$$N_0=4500/BA \quad N_{总}=N_0U$$

式中 N_0 为励磁线圈每伏匝数；

$N_{总}$ 为励磁线圈总匝数；

B 为磁通密度，一般取 1.3～1.4 特(不可取得太低，否则短路侦察器不灵敏)；

A 为铁芯截面积，厘米^2；

U 为侦察器电源电压，伏。

(6)励磁线圈的电流可按下式计算：

$$I=\frac{P}{U}\text{，安}$$

(7)励磁线圈导线直径可按下式计算：

$$d=0.9\sqrt{P/U}\text{，毫米}$$

(8)铁芯窗口面积可按下式计算：

$$S=Ch\text{，厘米}^2$$

式中 C 为铁芯窗口宽度，厘米；

h 为铁芯窗口高度，厘米。

在上述计算的基础上用 H 型或口型硅钢片叠成铁芯，两边用钢板固定，在铁芯窗口垫几层绝缘纸，然后把导线分层排布在窗口内，最后浸漆烘干。

108. 三相异步电动机的定子绕组断线怎么办？

www.plcworld.cn

三相异步电动机的定子绕组断线，往往是电动机起动时电流过大导致接头脱焊，以及焊接不良和机械损伤等原因造成的。通常，可用高阻计（万用表或兆欧表）或检验灯来查找断线点。

如果绕组为星形接线，则将检验灯或高阻计的一端接子中性点，另一端依次与三相的三根引线相接（图 2-24a），此时灯不亮或高阻计的读数不为零的一相即为断线相；如果绕组为三角形接线，则先将各相拆开，然后再分别测试（图 2-24b）。

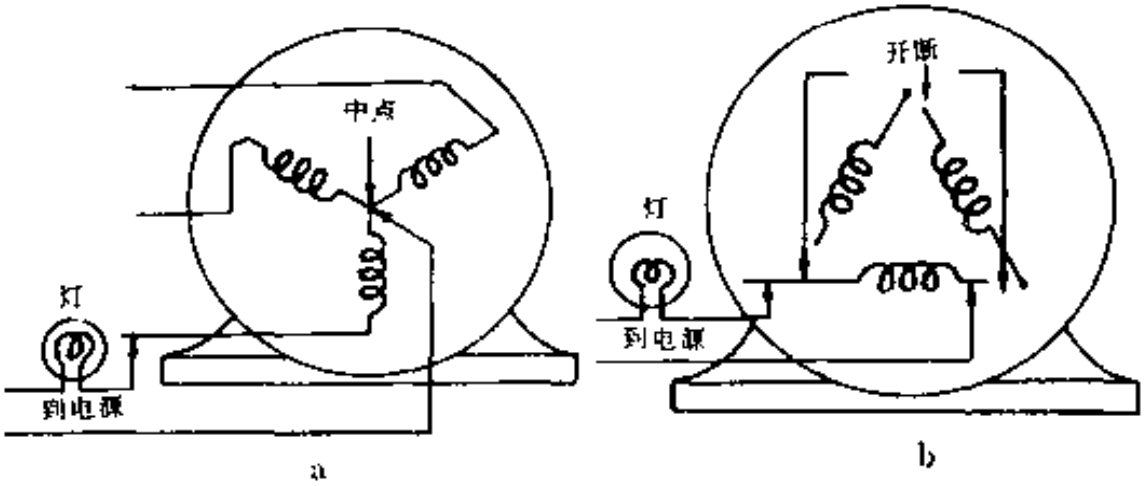


图 2-24　绕组断线相的确定

查出断线的一相后，接着测定开路的极相组，将检验灯或高阻计的一端接断线相的起端，另一端依次与该相各极相组的末端相接（图 2-25），灯不亮或高阻计读数不为零的一个极相组即为断线的极相组。用同样方法追踪可找出断线线圈（图 2-26）。

如果是线圈的绞接线或端头脱焊，将接头焊好即可；如果是线圈断线，应更换线圈，或者采取应急措施，将有故障的线圈从电路中隔离。隔离的方法是：确定断线的线圈，然后连接

www.plcworld.cn

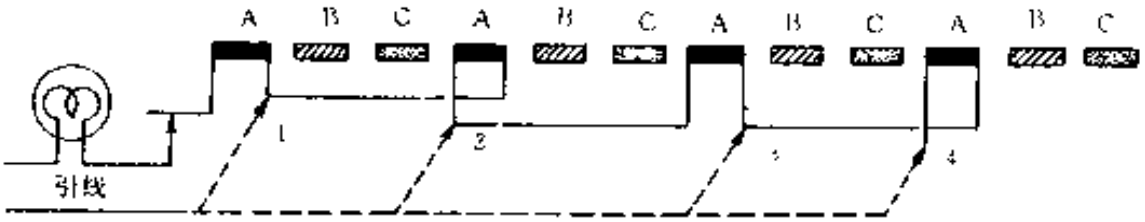


图 2-25　用检验灯确定断线极相组

断线线圈的起端和终端。这是一种临时办法，只有在无法获得新线圈时才可应用。

109. 鼠笼式电动机的转子断条怎么办？

鼠笼式电动机的转子是否断条，一般可根据电动机的运行状态作出初步判断。如果电动机的转速明显下降，定子电流增大或时高时低，转子严重发热，则说明电动机的转子可能断条；如果断条比较严重，电动机会突然停车，而且再次送电不能起动。

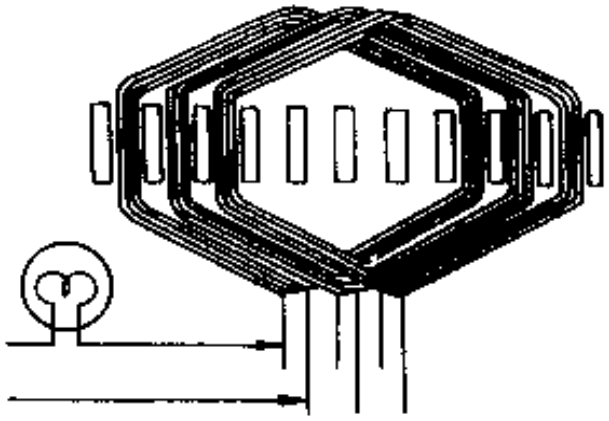


图 2-26　用检验灯确定断线线圈

如果初步判断电动机转子可能断条，应进一步查明证实；用调压器将定子 380 伏电压降到 100 伏左右，在任一相中串入一块电流表，用手缓慢拨动转子轴，观察电流表指针摆动情况。如果出现电流突然下降现象，则说明转子确实有断条。此时可取出转子，用短路侦察器准确地测出断条部位。

修理时，首先将断条敲出，然后用硼砂气焊，焊上相同截面的铝条或铜条。对损坏严重的铸造转子，应将铝笼条全部拆除，然后换上适当规格的紫铜条，方法如下：

(1)先车去转子两面的铝端环(应用夹具夹紧铁芯)。

www.plcworld.cn

(2)配制足以浸没转子的30%烧碱溶液，并加热到80～100℃。

(3)将铸铝转子置于烧碱溶液中进行腐蚀(溶液温度应保持80～100℃)，直到铝溶完为止。

(4)取出转子，用水冲洗干净后，立即投入0.25%的冰醋酸溶液中煮沸，以中和残余的烧碱，然后置于开水中煮1～2小时，取出后冲洗干净、烘干。

(5)检查转子槽内和铁芯两端是否有残余的铝层、油污等。若有，应予以清除。

(6)将选好的紫铜条插入槽内，并将其与导条焊接好。

110. 怎样测量绕线式转子的开路电压？

测定绕线式转子开路电压的目的，是判断转子绕组的匝数与修理前的匝数是否相同，并检查转子绕组有无匝间短路或连接错误。

测量时，使转子静止不动，将转子绕组开路，断开起动电阻器，对定子绕组施加额定电压，测量转子绕组接线桩头之间的电压。在三相开路电压中，任一相与三相平均值之差，应不大于2%。三相平均开路电压与铭牌值之差应在±3%以内。如果某相绕组的开路电压低于铭牌值，则可能是该相有匝间短路或连接错误，应查明原因，并予以排除。

111. 绕线式电动机集电环(滑环)出现故障怎么办？

绕线式电动机集电环(滑环)的常见故障有磨损、烧伤、外圆变形、裂纹等，可分别予以处理。处理方法如下：

(1)表面轻微损伤，如有斑点、刷痕或轻度磨蚀，可用油石或细牙板锉在滑环转动情况下轻轻研磨，直至故障消除，再用00号砂纸在滑环高速旋转下抛光，使其表面达到$\frac{0.025}{\nabla}$～$\frac{3.2}{\nabla}$的粗糙度即可继续使用。

www.plcworld.cn

(2)表面损伤严重,如表面凹凸度、槽纹深度大于1毫米,损伤面积超过滑环表面的20～30%,应在车床上进行车修。车削时,车刀必须锋利,吃刀深度控制在0.1毫米左右,转动应平稳,线速度可为1～1.5米/秒,车后的偏心度应在0.05毫米以下。车完后,先用00号砂纸抛光,然后将砂纸涂一层凡士林油在滑环高速旋转下进一步细抛光,以使其表面呈现金属光泽,粗糙度达到▽25级为合格。

(3)滑环外圆变形,如呈椭圆形,也应车修,车修工艺与本问第(2)项相同。

(4)若滑环出现裂纹,应予更换。

112. 绕线式电动机集电环(滑环)发生故障的原因是什么?怎样消除?

绕线式电动机集电环(滑环)发生故障的原因和消除方法如下:

(1)电刷硬度太高,磨损集电环表面,使该表面出现粗糙凹痕。应更换电刷,若凹痕太深,应检修或更换集电环。

(2)电刷与集电环接触不均匀,导致集电环表面有细小的凹痕。应调整电刷与集电环的接触面,使两者接触均匀。如果凹痕较深,应检修集电环。

(3)火花大,烧伤集电环表面。消除产生火花的原因后,检修集电环。

(4)电刷中有金刚砂或硬质磨粒,使集电环表面出现粗细、长短不一的线状痕迹。应更换电刷,并修理集电环。

(5)集电环呈椭圆形或运行时产生机械振动,使集电环表面被火花烧出电刷痕迹。此时应对症处理。

113. 绕线式电动机的电刷冒火星怎么办?

由于长时间运行或进入异物,绕线式电动机的电刷有时

www.plcworld.cn

会产生火星，一般可从以下几方面进行检查和处理：

(1)由于电刷型号、尺寸不合适和电刷在刷握内轧住，以及研磨不良、长时间磨损、电刷开裂等原因，接触面不平或与滑环接触不良。可用细砂纸研磨接触面或换上新电刷。

(2)滑环不平或不圆。可用砂纸将滑环磨平或将滑环车圆。

(3)电刷压力不够或压力不均匀。应按要求调整压力，以保证电刷与滑环接触均匀、良好。

(4)轴承上的油滴或其他杂物落入滑环与电刷之间，滑环和电刷严重脏污。可用干净的棉纱稍蘸汽油将电刷和滑环擦拭干净，除去轴承和电刷上的油污，并采取可靠的防污措施。

114. 同步电动机有何特点？怎样起动？

同步电动机的最大特点是：转速不随负载的变化而变化，功率因数可以调节。因此，这种电动机广泛用于负载功率较大、长期运行而不需要调节转速的机械设备。例如，常用来拖动轧钢机、空气压缩机、鼓风机、水泵和球磨机等。但是，由于同步电动机的结构复杂，需要直流励磁，造价高，运行维护较异步电动机复杂，所以使用范围受到限制。

为了起动三相交流同步电动机，通常采用异步起动法，即在转子磁极的极掌上安装与鼠笼转子相似的短路导体(鼠笼绕组)，利用异步电动机的起动原理使其自行起动。当转子转速接近旋转磁场的转速时，便给转子磁极的励磁绕组通以直流电流，此时定子的旋转磁场吸引转子磁极，使转子以相同的转速旋转。当转子的转速与定子旋转磁场的转速相同时，定、转子磁场相对静止，产生单一方向的电磁转矩，于是起动绕组(鼠笼绕组)就不起作用，同步电动机被牵入同步运行。

115. 同步电动机不能起动怎么办？

www.plcworld.cn

同步电动机不能起动，一般有以下几方面的原因，查明后可针对具体情况予以处理：

(1)定子绕组的电源电压太低，起动转矩过小。如果是降压起动，可适当提高起动电压，以增大起动转矩。

(2)定子绕组开路。修复开路绕组即可。

(3)轴承损坏，或端盖螺钉松动，造成端盖与机座发生位移，转子下沉与定子铁芯相擦。应更换轴承或拧紧端盖螺钉，使定、转子之间的气隙均匀。

(4)所传动机械的转轴运转不灵活，有卡涩现象，造成电动机转轴负载太重。应检修所传动的机械。

(5)定子绕组的电源线路或控制电路有缺陷或接线有错。应检查电源线路和控制电路，并消除缺陷和接线差错。

(6)起动鼠笼断条或连接处接触不良。应检修阻尼绕组和端环铜排的连接处。

116. 同步电动机起动后转速不能增大到正常值并有较大的振动或产生异常噪声怎么办？

同步电动机起动后转速不能增大到正常值，并有较大振动，可能是以下原因引起的，可采取相应措施予以处理：

(1)励磁系统发生故障，不能投入额定励磁电流。首先检查并消除励磁系统的故障，然后用电流表测试励磁电流是否符合要求。

(2)励磁绕组发生匝间短路。应检修或更换短路线圈。

(3)励磁绕组的接线有错，或绕制方向有误和匝数不符合规定。应检查绕组接线方式、绕制方向和匝数，并消除差错。

同步电动机起动后运转时产生异常噪声，可能是以下原因引起的，也可采取相应措施予以处理：

(1)励磁绕组松动或发生位移。应检查绕组固定情况，消

www.plcworld.cn

除松动和位移现象。

(2)励磁绕组绕制有错、接线不正确或发生匝间短路。应检修或更换绕组,纠正接线差错。

(3)定、转子之间的气隙不均匀。应调整定子或转子的安装位置。

(4)转子不平衡。应使转子保持静平衡或动平衡。

(5)所传动的机械运转不正常。应检查所传动机械的工作情况,消除不正常现象。

(6)电动机在底座上固定不良或底座强度不够。应将电动机可靠地固定在底座上或加强底座基础。

(7)轴承支座安装不良。应使轴承支座安装牢固。

(8)转轴弯曲。应矫直或更换转轴。

117. 同步电动机的阻尼绕组焊接处断裂怎么办?

同步电动机的阻尼绕组由阻尼条和阻尼环组成,两者用铜焊或银焊连接。如果焊接质量差,则在电动机的运行中,由于电磁力和机械力的作用,焊接处便发生断裂而产生火花,并有异常电磁声,断裂部位一般呈黑色。

一旦发现同步电动机阻尼绕组焊接处断裂,应立即停机进行检查,查出故障点后进行铜焊或银焊予以修复。焊接步骤如下:

(1)焊接前焊点附近用浸水的石棉绳包裹,以保护完好部分。

(2)用炭精(炭精选用电阻较大的硬质电刷)钳加热断裂处。操作时,断续接通电源,将焊接温度控制在600～700℃之间。

(3)当断裂处的阻尼条呈暗红色时,将磷铜焊片置于断裂处,待其熔化即可焊合。磷有去氧化作用,所以不需添加助焊

www.plcworld.cn

剂。如果进行银铜焊，则焊接时应添加硼砂作为助焊剂。

(4)焊接后，将焊接部位打磨平整。

118. 同步电动机的定子接线处开焊怎么办？

如果发现同步电动机的定子接线处开焊，一般使用炭精钳修理，焊接材料可用磷铜焊料。这种焊料不会因发热而开焊，其接触电阻和机械强度均优于普通焊锡。在某些特殊情况下，可采用银铜焊料，其导电性能和机械强度又优于磷铜焊料。

焊接前，应使用细砂布将被焊导线清理干净。为保护线头附近的绝缘，应在线头附近包上浸水的石棉绳，以防止焊剂、焊料流入线圈缝内。使用炭精钳焊接时，炭精宜采用电阻较大的硬质电刷，不可使用铜石墨电刷。

焊接时，将炭精钳夹在已搭接好的导线上，断续接通电源，温度可控制在600～700℃之间。当导线出现暗红色时，将磷铜焊片置于焊缝内，待其熔化便断开电源，移去焊钳。

焊接后应使用电桥测量焊接处的直流电阻，测得值与安装时测量的原始电阻值相差不应超过±2%。

119. 怎样拆卸三相异步电动机？

在电动机的检修和维护保养中，经常需要将其拆卸和装配。在拆卸前应准备好各种工具，应先在线头、轴承、端盖、刷握等处做好标记，以便修复或维护保养后进行装配；在拆卸过程中应同时进行检查和测试。电动机的拆卸，一般应按以下步骤进行：

(1)切断电源，拆开电动机与电源的连接线或引线，并将电源线线头作好绝缘处理。

(2)拆卸胶带轮或联轴器(靠背轮)。在拆卸之前，如有顶丝(即支头螺钉)，需先松开；拧松地脚螺栓和接地线螺栓。

www.plcworld.cn

(3)拆卸风扇或风罩，小型电动机的风扇可以不拆卸，与转子一起吊出。

(4)拆卸轴承盖和端盖。应先拆下后轴承外盖(有些小型电动机采用半封闭轴承，没有轴承端盖)，再旋下后端盖的紧固螺栓，然后将前端盖的紧固螺栓卸下；对于绕线式转子电动机，先提起和拆除电刷、电刷架和引出线。

(5)拆卸前后轴承和轴承内盖。拆卸轴承时要细致、耐心，避免损坏本来可以使用的轴承而造成不必要的损失；即使报废的轴承，拆卸时也不能胡敲乱拉，否则，会碰伤轴。

(6)抽出或吊出转子。抽转子时，不要碰坏定子绕组和转子；如果电动机气隙较大，抽转子前应在转子与定子之间垫一层薄纸板；转子重量不大时，可以用手抽出；转子重量较大时，先在转子轴上套好起重用的钢绳，用起重设备吊住转子慢慢移出。

120. 怎样对电动机进行内部检查？

经过机械和电气两方面的外观检查，如果确认电动机内部存在故障，就应拆开电动机，进一步对其内部进行以下检查：

(1)绕组部分　查看绕组端部有无积尘和油垢，绝缘是否损坏，接线和引出线是否损伤，导线是否烧断；查看绕组的焊接处有无脱焊、假焊现象，绕组是否烧伤，若有烧伤，烧伤部位的颜色会变成暗黑色或烧焦，且有焦臭味。若烧坏一个线圈中的几匝线圈，说明是匝间短路造成的；若烧坏几个线圈，多半是相间或连接线(过桥线)的绝缘损坏引起的。若烧坏一相(多发生在三角形接线系统中)，则是电源断裂一相引起的；若烧坏两相，则是一相绕组断路造成的；若三相全部烧坏，多半是长期过载或起动时卡住引起的，也可能是绕组接线错误造成

www.plcworld.cn

的。

(2)铁芯部分　查看转子、定子铁芯表面有无擦伤痕迹。如果转子表面只有一处擦伤，而定子表面全部擦伤，多半是轴弯曲或转子不平衡造成的；如果转子表面一周都有擦伤痕迹，而定子表面只有一处擦伤，则是定子、转子不同心引起的(如机座和端盖止口变形或轴承严重磨损使转子下落)；如果定子、转子表面都有局部擦伤痕迹，则是上述两种原因共同引起的。

(3)风扇部分　首先查看风叶是否损坏或变形，转子端环有无裂纹或是否断裂，然后用短路侦察器检查导条是否断裂。

(4)轴承部分　查看轴承的内外套与轴颈和轴承室配合是否合适，以及轴承的磨损情况。

121. 电动机旧绕组不易拆除怎么办？

电动机的冷态旧绕组一般都很硬，很难拆除，必须将绕组绝缘加热软化，乘热将线圈迅速拆除。此外，也可用化学药品将绝缘腐蚀、溶解，然后拆下线圈。实际检修工作中常用的是加热法，一般分为电流加热、烘烤、明火加热等几种。

(1)电流加热　用调压器或电焊机往电动机绕组中通入较大的三相电流(通常为1.8倍电动机额定电流)。当绝缘软化、绕组冒烟时，立即切断电源，敲出槽楔，拆除线圈。如果没有三相电源或三相调压设备，可将电动机三相绕组接成开口三角形，然后通入单相低压大电流。

(2)烘烤　在有条件的地点，可将待修电动机直接置于烘干室或烘箱内加热，待温度达到一定值，绕组绝缘便软化，此时很容易拆除线圈。

(3)明火加热　先将槽楔敲出，把绕组两端部剪断，然后用喷灯、煤炉、木柴等直接烧烤绕组、槽口，待绝缘软化，将导

www.plcworld.cn

线逐根从槽中取出。

无论采用哪种加热方法，都应注意控制加热温度（一般不应超过 180℃），以免损坏铁芯绝缘，增加铁芯损耗。因此，有条件的地点，应尽量不用明火加热，因为用这种方法加热，温度不易控制。

通常，不管用哪种方法拆除线圈，都应保留几个完整的旧线圈，以便绕制新线圈的绕线模。

122. 修理铝线绕组时没有铝线怎么办？

修理铝线绕组时，如果手边没有铝线，可用铜线代替。在保持线圈的匝数和节距不变的前提下，代用铜线直径（d_t）可按下式计算：

$$d_t = d_L \sqrt{\rho_t / \rho_L}\text{，毫米}$$

式中 d_L 为铝线直径，毫米；

ρ_t 为铜线电阻率，当电动机为 A、E、B 级绝缘时取 0.0217，当电动机为 F、H 级绝缘时取 0.0245；

ρ_L 为铝线电阻率，当电动机为 A、E、B 级绝缘时取 0.0346，当电动机为 F、H 级绝缘时取 0.0392。

对于常用的 A、E、B 级绝缘的电动机，将电阻率值代入上式，可以得出铜、铝线的互换关系：

$$d_t \approx 0.79 d_L, d_t \approx 1.26 dt$$

根据上式计算结果，就可选用标准直径的铜质漆包线代替原来的铝线。同理，也可用铝线取代铜线。

123. 怎样部分修理交流电动机的绕组？

所谓部分修理交流电动机的绕组，就是绕组基本上完好，不需重绕或更换，只需补焊脱焊接头、修复个别的绝缘伤损部位和进行清擦等工作。绕组的部分修理，一般应注意以下几

www.plcworld.cn

点：

(1)将故障处的槽楔轻轻打出，能继续使用的槽楔子以擦净。

(2)将半开口槽的线圈绝缘打开，按顺序提出线圈(若是整开口槽的线圈，可把整圈按原型提出)。

(3)提出线圈时，应使用专用工具，不得使用电工钳或尖锐改锥来掀起线圈或导线。

(4)根据提出的线圈的故障情况，焊接导线断口点或将导线露铜处用绢布带包好。

(5)若修理绕线式转子，必要时可将绕组两端的钢丝拆除。

(6)线圈修好后，按顺序装入槽内，将槽绝缘(根据电压等级决定)装好，打入槽楔，然后恢复原结线。

(7)绕线式转子修好后，用适当的钢丝将绕组两端缠好，再用焊锡焊牢。

(8)绕组的全部故障都消除后，涂上绝缘漆送干燥室，在85～110℃下干燥 4～6 小时。

(9)干燥后，按规程规定进行试验，如果合格，即可投入运行。

124. 电动机的绕组重绕后，怎样计算电动机的相电流和额定功率？

在电动机的检修中，如果需要重绕绕组，对于有铭牌或原始数据的电动机，只要按照原参数绕制即可。但对于无铭牌的空壳电动机，除需要计算绕组的各项参数外，还要计算电动机的相电流和额定功率，计算方法如下：

(1)计算额定电流

$$I_e = js$$

www.plcworld.cn

式中　I_ϕ 为电动机的相电流，安；

j 为绕组导线电流密度，安/毫米^2；

S 为绕组导线截面，毫米^2。

采用 A 级绝缘时，电流密度可从表 2-7 中查找。

(2)计算额定功率

$$P_e = 3U_\phi I_\phi \eta \cos\varphi \times 10^{-3}$$

式中　P_e 为电动机额定输出功率，千瓦；

U_ϕ 为电动机相电压，伏；

I_ϕ 为电动机相电流，安；

η 为电动机的效率；

$\cos\varphi$ 为电动机的功率因数。

η 和 $\cos\varphi$ 值可参考同类型同极数或同容量的电动机选取。

表 2-7　A 级绝缘铜线系列电动机的电流密度

结构型式 \ 极数		2	4	6	8
A 级绝缘	封闭式	4～4.5	4.5～5.5	4.5～5.5	4～5.0
	防护式	5.0～6.0	5.5～6.5	5.5～6.5	5.0～6.0

注：1. 采用 E 级绝缘时，应将表中数值增大 10～20%；使用铝线时，表中数值应乘以 0.6。

2. 如果电动机是老产品，则表中数值应减少 10～15%。

3. 计算时，对于小型电动机，应取表中大值，而大功率电动机则取小值。

125. 怎样判断电动机检修中重绕绕组的质量好坏？

对于在电动机的检修中重新绕制的绕组，在浸漆绝缘处理以前，可通过以下检测来判断其质量好坏：

(1)外观检查　从外观上看，绕组两端应整齐一致，喇叭口大小合适，端部内圆不小于定子铁芯内圆，槽口绝缘纸未破

www.plcworld.cn

裂，相间绝缘垫完好；从接线方面来看，应无线圈反接、线圈组接反、绕组首尾端接反或外部接线接反等现象。

(2)仪表测试　三相绕组的直流电阻应平衡，其平均值与任一相的电阻之差，不应超过平均值的±4%。用兆欧表测得的绕组对地(即对机壳)绝缘电阻和绕组之间的绝缘电阻，应不低于按下式求出的值：

$$R_g = \frac{U_e}{1000 + \frac{P_e}{100}}$$

式中　U_e 为电动机的额定电压，伏

P_e 为电动机的额定功率，千瓦。

如果测得的绝缘电阻为零，则表明绕组有接地或相间短路故障。若有条件，应进行绕组相间和对地的工频耐压试验。对于小型电动机的重绕绕组，一般在绕组浸漆前和整机装配后分别进行耐压试验。

对于已装配好的电动机的绕组，可通过检查三相绕组电流是否平衡来判断绕组有无故障。检查时用调压器缓慢地加压，直到达到额定电流。此时如果三相电流平衡，则说明绕组完好，接线正确；如果三相电流相差很大，则说明绕组有故障或接线不正确。

126. 在电动机的检修中绕组接错或嵌反怎么办？

在电动机的检修中，如果绕组接错或嵌反，会引起电动机振动、发出噪声、三相电流严重不平衡、电动机过热、转速降低，甚至造成电动机不转或熔断器熔体熔断。绕组接错或嵌反一般有两种情况：一种是外部接线错误，另一种是绕组的某极相组中一只或几只线圈嵌反或极相组接错。此时可进行以下检查和处理：

www.plcworld.cn

拆开电动机，取出转子，将一相绕组接到3～6伏直流电源上（对于星形接线的绕组，须将直流电源两端分别接到中性点和某相绕组的出线头；对于三角形接线的绕组，则必须拆开三相绕组的连接点），将指南针沿定子内圆周移动（图2-27），如果绕组未接错或未嵌反，则指南针依次经过每一极相组时，南北交替变化；如果指南针经过邻近的极相组时，指南针的指向相同，则说明该极相组接错；如果指南针经过同一极性组不同位置时，南北指向交替变化，则表明该极相组中有个别线圈嵌反。此时可以将绕组故障部位的连接线或过桥线加以纠正。如果指南针的指向不清楚，应适当提高直流电源的电压，或调换磁性较强的指南针再进行检查。按照这一方法分别测试三相绕组。

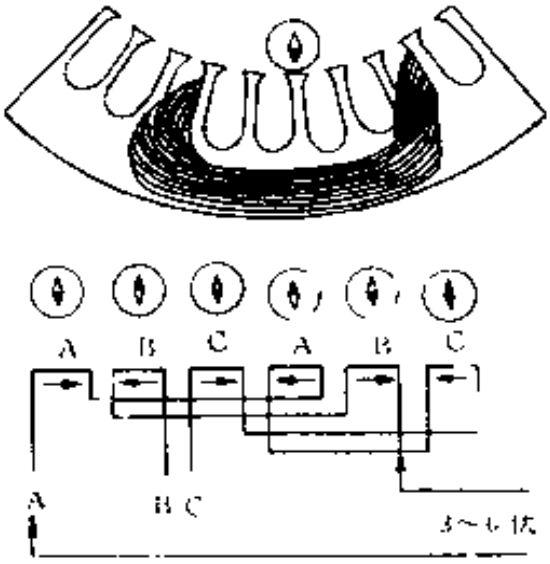


图2-27　用指南针法检查绕组是否接错或嵌反

127. 定子绕组重绕后怀疑接线有误怎么办？

定子绕组重绕嵌线后，如果怀疑接线有误，切不可贸然通电试车。因为线圈的极、相、组接线如果有误，通电后可能烧毁

www.plcworld.cn

绕组。特别是大容量电动机，一旦接线出现差错，绕组更易烧毁。此时可用一块硅钢片和一根铜条进行检查，方法如下：

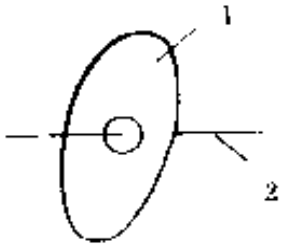


图 2-28　用硅钢片检查定子绕组接线

1. 硅钢片　2. 铜条

将硅钢片剪成圆形，中间钻一孔，套在铜条上作为转子（图 2-28），对定子绕组施加 30～50%额定电压。如果通电后硅钢片立即转动，说明接线正确；如果极、相、组接线有误，硅钢片就不能正常转动，尤其将硅钢片沿定子内圆表面中心放置时，无论是极、相、组还是某一线圈接线错误，硅钢片均不旋转。这样，就可很快判断绕组接线是否有误。若有，便可及时排除。

128. 怎样整体组装修复后的三相异步电动机？

电动机的所有零部件都经过修理、检查和补充，便可进行整体组装。在组装前，应将各零部件集合在一起。组成部件的各零件要互相精密配合，特别是修理后的零件，更要注意仔细配合。电动机的组装顺序大体与拆卸顺序相反，一般应注意以下事项：

（1）装配地点应严格保持清洁；所有零部件、绕组端部、转子表面和各接触面都必须干净，不得有油污或斑点；风道和定子膛内不得有杂物或遗留物品。

（2）将轴承内盖、滚动轴承、滑环（绕线转子式）、风扇等先装配到转子上，平衡实验后，装入定子，然后装上端盖。

（3）装端盖时，可用木锤（若用铁锤，则应加垫木板）均匀敲击端盖四周，按对角线均匀对称地轮番拧紧螺栓（不可一次拧到底，每次拧半圈）。此时要注意，装上的端盖应符合拆卸时作的记号。

www.plcworld.cn

(4)装好端盖后，用手盘动转子，转子转动应灵活、均匀，无停滞或偏重现象。确实装配正确后，再装上轴承外盖和联轴器。

(5)在装胶带轮前，用砂纸将机轴和胶带轮轴孔打磨光滑，然后将胶带轮套在轴上并对准键槽位置，垫着硬木块用锤子将键轻轻打入槽内。

(6)再次用手盘动转子，如果转动部分未擦及固定部分，并且转子的偏移值(走游值)正常，则装配工作即告完成。

如果是装配直流电动机，在装好以前，要检查各磁极的极性是否N、S极依次交错。检查的方法是：往磁极绕组通入直流电，然后用指南针沿各极进行检查。

129. 怎样测试大修后的三相异步电动机？

大修后的三相异步电动机，一般应按以下几项基本要求进行测试：

(1)绝缘电阻和吸收比(系数)　绝缘电阻用兆欧表测试，380伏电机用500伏兆欧表，3～6千伏电机用1～2.5千伏兆欧表。新嵌线的绕组，在耐压试验前的绝缘电阻一般规定为：低压电机不小于5兆欧，3～6千伏高压电机不小于20兆欧。测定大型电机的绝缘电阻时应判断绝缘是否受潮，其吸收比R_{60}/R_{15}应不小于1.3(R_{60}为兆欧表摇60秒时的绝缘电阻，R_{15}为兆欧表摇15秒时的绝缘电阻)。

(2)直流电阻　为了消除测量导线接触电阻的影响，直流电阻一般用双臂电桥测量，三相电阻的不平衡度应小于下述值：

$$\frac{R_{最大}-R_{最小}}{R_{平均}}<5\%$$

如果电阻相差太大，则说明焊接不良。

www.plcworld.cn

(3)定子绕组的交流耐压试验　测得的绝缘电阻和吸收比均合格后，即可进行此项试验。绕组对机壳的交流耐压试验时间为 1 分钟，试验电压值见表 2-8。

表 2-8　定子绕组交流耐压试验标准　　千伏

额定电压	≤0.4	0.5	2	3	6	10
试验电压	1	1.5	4	5	10	16

对新换的绕组，试验电压执行下列标准：

容量为 1 千伏·安及以下者为 $2U_e+1000$ 伏；

容量为 1～3 千伏·安者为 $2U_e+1500$ 伏；

容量在 3 千伏·安以上者为 $2U_e+2500$ 伏。

(4)空载试验　如果绕组数据改变，应做空载试验，检查三相空载电流是否平衡。若三相电流相差较大且有嗡嗡声，则可能是接线有误或存在短路现象。检修后的电机，其空载电流一般较大，约为额定电流的 30～50%；高速大型电机，空载电流的百分值较小；低速小型电机，空载电流的百分值则较大。

(5)定、转子之间的气隙　各处的气隙与平均值之差不应大于平均值的±5%。

130. 对三相异步电动机怎样进行通电试验？

如果从机械方面检查未发现电动机的故障，则可直接通电试验。试验时，用三相调压变压器向电动机开始施加约 30%额定电压，再逐渐上升至额定电压。如果发现声音不正常，或有焦臭味，或不转动，应立即断开电源进行检查，以免故障进一步扩大。如果起动时未发现缺陷，应测量三相电流是否平衡。若某一相的电流大，说明是绕组短路；若某一相的电流小，说明多路并联的绕组中有支路断开故障。如果三相电流基本平衡，可使电动机连续运行 1～2 小时，随时用手触摸机壳

www.plcworld.cn

部位和轴承端盖，一旦感到烫手，应立即停车，并迅速拆开电动机，用手触摸绕组端部和铁芯部分。若线圈过热，则是绕组短路；若铁芯过热，则说明绕组匝数不足，或铁芯硅钢片间的绝缘损坏。

经过通电试验，若确认电动机内部存在故障，就应拆开电动机，进一步进行检查和修理。

131. 怎样对电动机绕组进行耐压试验？

电动机绕组的耐压试验，应按以下要求进行：

(1)应在电动机静止状态进行试验，试验电压加于绕组与机壳之间，采用单相升压变压器作为试验电源，铁芯和其他不参与试验的绕组均应与机壳相连。

(2)试验电压的频率为50赫，并尽可能为正弦波形。试验电压值可按下述原则确定：

①绕组完全重绕的电动机。额定电压不超过380伏的1千瓦以下电动机：500伏＋2U_e(U_e表示额定电压)；1千瓦以上的电动机：1000伏＋2U_e。有特殊要求的电动机，其试验电压可按规定标准选取；②绕组部分重绕的电动机。试验电压不应超过上述电压的75%。试验前应对未重绕的绕组进行清扫和干燥处理；③拆装整修过的电动机。在整修干燥后用1.5倍额定电压进行试验。额定电压为100伏及以上的电动机，试验电压应不低于1000伏；额定电压在100伏以下的电动机，试验电压应不低于500伏。

(3)应对每相绕组轮流进行试验。试验时，施加的电压从不超过试验电压全值的1/2开始(一般为30%U_{max})，然后逐渐增加到全值(U_{max})。从开始施加电压到升至全值的时间应在10秒以上。全电压试验时间一般为1分钟。试验完毕，应匀速降低电压。当电压降至全值的1/3时断开电源，并将所试

www.plcworld.cn

绕组接地放电。

(4)在试验过程中，如果电压表示值降低，电流表示值急剧上升，则说明绝缘损坏，此时绝缘伤损部位可能出现冒烟或发出异常声音等现象。遇到这种情况，应立即断开电源，将绕组接地放电后进行检查。断开电源后绕组未完全放电以前，严禁靠近绕组进行测试工作，以免发生触电事故。

132. 怎样做三相异步电动机的空载试验？

做三相异步电动机的空载试验，一般应按以下要求进行：

(1)试验前，应首先检查电动机出线端头的标志是否正确，全部螺栓是否拧紧，转子转动是否灵活。

(2)如果检查合格，便将三相电源接入电动机，使电动机不带负载进行空转。

(3)倾听电动机空转时有无异常音响；检查轴承转动是否平稳轻快；相电流是否平衡，空载电流是否正常。通常，大容量高速电动机的空载电流为其额定电流的 20～35%，小容量低速电动机的空载电流为其额定电流的 35～50%。

空载电流不得过大或过小。过大，可能是检修时选取的定子绕组匝数太少或接线错误，以及气隙太大或不均匀等原因造成的；过小，说明定子绕组的匝数选取过多。如果发现三相电流不平衡且不稳定，应立即停机检查。

(4)空载试验时间不得少于 1 小时，同时还应测量电动机的温升(温升不得超过绝缘等级允许的限度)。

(5)试验结束时应测量电动机两端轴承的温度，两者不得有明显的差值。

133. 怎样做三相异步电动机的短路试验？

做三相异步电动机的短路试验，应注意以下几点：

(1)试验时，用制动设备控制电动机的转子，使其固定不

www.plcworld.cn

转。

(2)使三相调压器的输出电压由零值逐渐升高，当电流达到电动机额定电流时即停止升压，此时的电压称为短路电压。额定电压为380伏的电动机，其短路电压一般为75～90伏。

短路电压的大小，反映漏电抗的大小。短路电压过高，表示漏电抗太大，这是定子绕组匝数过多造成的；短路电压过低，说明漏电抗太小，这是定子绕组匝数过少引起的。

(3)如果三相电流不平衡，可慢慢地转动转子；如果三相电流的大小轮流变动，可能是转子断条，应对转子进行检查。

134. 怎样做电动机的超速试验？

对电动机进行超速试验的目的是检查电动机的安装质量，试验转子各部分承受离心力的机械强度和轴承在超速时的机械强度。试验时应注意以下几点：

(1)对于异步电动机，可增大被试电动机电源电压的频率，或用辅助电动机拖动被试电动机，以提高其转速。

(2)对于直流电动机，可减小励磁电流或增加电枢端电压，以提高转速。但端电压的增加不得超过130%额定电压。减小励磁电流时应使转速平稳上升。

(3)一般将电动机的转速提高到120%额定转速。要求所有被试电动机在增高转速下能支持两分钟而无有害变形。

135. 怎样对绕线式转子电动机进行开路电压试验？

对绕线式转子电动机进行开路电压试验的目的是：判断转子绕组的匝数与修理前的匝数是否相同，检查转子绕组有无匝间短路或接线错误。

试验时，让转子静止不动，使转子绕组开路，将起动电阻器断开，向定子绕组施加额定电压，测量转子绕组接线桩头之间的电压。在三相开路电压中，任一相的开路电压与三相平均

www.plcworld.cn

值之差不应大于2%。三相平均开路电压与铭牌值之差应在3%以内。如果某相绕组的开路电压比铭牌值低，则可能是该相发生匝间短路或接线有误，应查明原因并予以消除。

136. 怎样做三相异步电动机的匝间绝缘试验？

三相异步电动机的匝间绝缘试验，一般应按以下规定进行：

(1)对于鼠笼式电动机，应在空载运行的情况下进行试验。

(2)对于绕线式转子电动机，应将转子绕组开路，在转子静止不动时进行试验。此时转子绕组所感应的电压也将高于其额定电压30%，这就同时试验了转子绕组的匝间绝缘。

(3)对于多速电动机，应对每一额定转速的绕组分别进行试验；若为单一绕组，可仅对其最大转速接线方式进行试验。

(4)需要进行超速试验的电动机，匝间绝缘试验必须在超速试验之后进行。

(5)试验电压可由变压器或电压调整器供给。试验中若匝间被击穿，损坏处将会发热，有时还有焦味、冒烟、三相电流不平衡现象，可根据这些现象判断匝间绝缘情况。

137. 怎样做好直流电动机起动前的准备工作？

起动直流电动机以前，一般应做好以下准备工作：

(1)用压缩空气吹扫电动机内部灰尘、电刷上的粉末，并清除电动机上的污垢、杂物。

(2)拆除与电动机连接的一切接线，用兆欧表测量绕组对机壳的绝缘电阻。如果绝缘电阻值低于0.5兆欧，应烘干后再测量。

(3)检查换向器表面是否光洁。如果发现有机械损伤或火花烧焦痕迹，应按“换向器保养法”进行处理。

www.plcworld.cn

(4)检查电刷是否磨损得过短，刷架的压力是否适当，刷架的位置是否符合规定的标记。

(5)检查电动机的接线是否牢固、可靠，与测量仪表的连接是否正确，起动器的弹簧是否灵活，转动臂是否在断开位置上。

(6)如果是变速电动机，应将调速器调整到最低转速位置。

138. 怎样起动直流电动机？

直流电动机一般按以下三种方法之一进行起动：

(1)直接起动　直流电动机直接起动时，其电枢电流 I_s、电磁转矩 M_{dc}和转速 n 的变化关系曲线如图 2-29 所示。

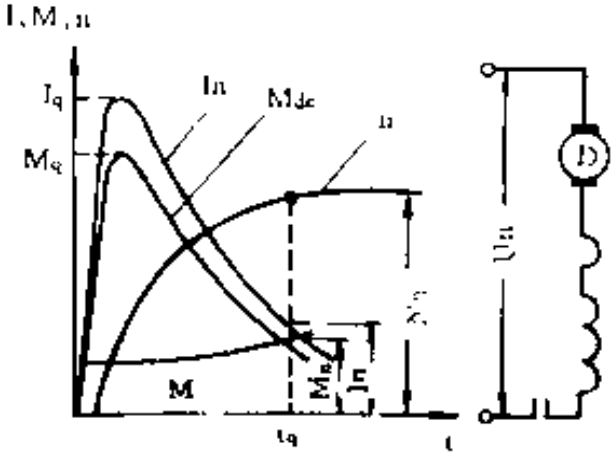


图 2-29　直接起动时 I_s、M_{dc}和 n 的变化关系曲线

由于直流电动机的电枢回路的电感一般很小，而所传动的机组又具有一定的惯性，因此，在电枢回路接入电网的瞬间，电枢仍处于静止状态，反电动势为零，电流 I_q 将迅速上升到最大值 $I_q=\frac{U}{R_s}$(R_s——电枢电阻)，并产生相应的转矩 $M_q=C_T\Phi I_q$。如果电磁转矩 M_{dc}大于阻转矩 M_z，则在加速转矩($M_{dc}-M_z$)的作用下，所传动机组开始转动并加速。随着转速的升高，反电动势将随之增大而使电枢电流和电磁转矩相应减小，直至 M_{dc}与 M_z 相等，加速转矩为零，转速趋于稳

www.plcworld.cn

定。

直接起动不需要附加起动设备，操作简便。但起动电流很大，最大冲击电流可达额定电流的 15～20 倍。因此，电网将受到电流冲击，所传动的机组将受到机械冲击，电动机的换向不良。通常，只有功率不大于 4 千瓦、起动电流为额定电流 6～8 倍的直流电动机才适于直接起动。

(2)电枢回路串联电阻起动　起动时，电枢回路上串入起动电阻，以限制起动电流。起动电阻为一可变电阻，在起动过程中可及时逐级短接(图 2-30)。

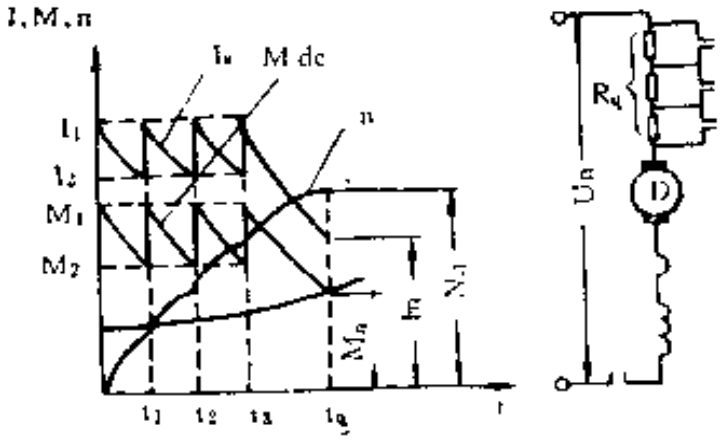


图 2-30　电枢回路串联电阻起动时 I_a、M_{dc}和 n 的变化关系曲线

在 t＝0、电枢回路接入电网时，串入全部电阻 R_q，使起动电流 I_q 不超过允许值：

$$I_{q1}=\frac{U}{R_a+R_q}$$

对应于 I_{q1}的起动转矩为 M_{q1}。此时转速上升，反电动势增加，电流和转矩下降，至 $t=t_1$ 时，降到 I_{q2}和 M_{q2}，切除部分电阻，使电流和转矩回升到接近 I_{q1}和 M_{q1}，这样继续升速，再切除部分电阻，如此进行，直到 R_q 全部切除，所传动的机组达到稳定运行点。在起动过程中，I_a、M_{dc}和 n 的变化关系曲线如图

www.plcworld.cn

2-30 所示。

这种起动方法广泛应用于各种中小型直流电动机。起动过程中能量消耗较大，不适用于经常起动的大、中型电动机。

(3)降压起动　由单独的电源供电，用降低电源电压的方法来限制起动电流。降压起动时，起动电流将随电枢电压的降低程度成正比地减小。为使电机能在最大磁场下起动，在起动过程中励磁应不受电源电压的影响，所以电动机应实行他励。电动机起动后，随着转速的上升，可相应提高电压，以获得所需的加速转矩。

降压起动消耗能量小，起动平滑，但需要专用的电源设备。这种起动方法多用于经常起动的直流电动机和大、中型直流电动机。

139. 直流电动机不能起动怎么办？

如果某直流电动机不能起动，应从以下几方面进行检查和处理：

(1)电动机的负载是否过重。若过重，应减轻负载或换上一台容量较大的电动机。

(2)轴承是否太紧。若发现轴承太紧，以致电刷被轧住，应把端盖内孔或轴承颈适当刮去一些，或者更换轴承。

(3)熔体是否熔断。若熔体容量太小而熔断，应换上适当规格的新熔体。

(4)励磁回路变阻器和励磁绕组是否断路，复励电动机的串励线圈是否接反。若存在这些故障，应修复绕组，调换串励线圈端子的位置。

(5)换向极线圈接线是否正确。若发现反接，应调换换向极线圈端子的位置。

(6)电刷和换向器接触是否良好。若接触而不平滑，应重

www.plcworld.cn

新研磨或更换；若刷握弹簧太松，应调整或更换弹簧。

(7)电刷是否在中性线上。若不在中性线上，可用感应法调整电刷位置。

140. 需要直流电动机反转怎么办？

通常，可采用下面两种方法来使直流电动机反转：

(1)将电枢两端电压反接，改变电枢电流的方向。

(2)改变励磁绕组的极性，即改变主磁场的方向。

在实际运行中，由于直流电动机的励磁绕组匝数较多，电感很大，把励磁绕组从电源上断开将产生较大的自感电动势，使开关产生很大的火花，并且还可能击穿励磁绕组的绝缘。因此，要求频繁反向的直流电动机，应采用改变电枢电流方向这一方法来实现反转。

此外，还必须指出，仅采用上述方法之一即可实现电动机的反转，如果同时使用这两种方法，则反反为正，反而不能达到电动机反转的目的。

141. 直流电动机的转速与传动机械要求的转速不符怎么办？

如果直流电动机的转速与传动机械要求的转速不符，一般可调整电动机的转速，使两者达到一致。根据转速方程

$n=\dfrac{U-I(R_a+R_f)}{C_e\Phi}$，调速方法有以下三种：

(1)改变串联在电枢回路中的附加电阻 R_f　改变串联电阻 R_f 的阻值，可使电枢回路的总电阻发生变化，因而电枢电流也发生变化，结果电动机的转速改变。

(2)减弱磁通 Φ　在负载转矩一定的前提下，减弱磁通 Φ，电动机的转速就会增加。但一般情况下，不允许增大磁通 Φ，以避免铁芯磁通过饱和。

www.plcworld.cn

(3)改变电枢端电压　用这种方法调速，可保持机械特性硬度不变，调速平滑，范围宽。

142. 直流电动机有哪几种制动方法？怎样进行制动操作？

直流电动机有三种制动方法，即动力制动(能耗制动)、反接制动和发电制动(再生制动)。制动操作的要点如下：

(1)动力制动　从电源切断直流电动机的电枢回路，将其接在一个附加电阻(也称制动电阻)上，利用电动机旋转的惯性使其发电。此时电动机作为发电机运行，从而使电枢电流反向。在这种情况下，电磁转矩变为制动转矩，与电动机的旋转方向相反，因此起到制动作用。

(2)反接制动　在电动机正常运行时，不改变励磁回路的方向，而将电枢绕组电压极性经一限流电阻突然反接。由于电枢端电压的极性改变，电枢回路中将产生一个较大的反接电流，从而产生一个与电动机旋转方向相反的制动转矩，以实现制动。但是，当电动机的转速下降为零时，必须切断电源。否则，会发生反向起动。

(3)发电制动　也称回馈制动。当励磁不变时，由于电动机的负载发生变化，从而使电动机的实际转速大于理想的空载转速。当转速增大到一定程度时，电源电压小于电枢反电势，使电流改变方向，于是电动机作为发电机运行，电动机加速的位能转化为电能向电网回馈。此时电磁转矩变为制动转矩，与电动机旋转方向相反，从而起到制动作用。

143. 直流电动机的转速不稳怎么办？

直流电动机的转速不稳，一般是以下两方面的原因引起的，可分别采取措施予以处理：

(1)电源电压波动或控制系统的参数调整不当，使电动机

www.plcworld.cn

的转速时快时慢，严重时甚至引起电机振荡。处理的方法是：注意测试电枢回路、励磁回路的电源电压有无变化，若电源电压波动较大，应首先排除电源故障。电源电压的波动常与调速系统的参数调整不当有关，应根据具体情况，将有关参数调整好。

(2)电动机的内部故障，如电刷偏离中心线位置，串励绕组、换向极绕组的极性接反，使电动机的负载发生变化，造成转速波动较大。处理的方法是：注意检查校正电刷的中性线位置，检查各绕组的连接线极性是否正确，同时也要观察电刷下有无火花，电枢电流有无明显变化，以便全面分析判断故障原因。

144. 直流电动机能否低速运行？怎样降低其转速？

在一般情况下，如果直流电动机低速运行，将使温升增高，产生许多不良影响。但是，若采取改善通风条件的措施(如增设风扇或附设风机等)，提高电动机的散热能力，则在不超过额定温升的前提下，直流电动机可以长期低速运行。

以并励直流电动机为例，可采取以下三种办法来降低转速：

(1)降低端电压。由于电源电压一般是固定的，难以改变。而且，降低端电压，将导致励磁电流减小，因此又会使电动机的转速升高，所以这种方法很少采用。

(2)增加励磁电流，即增高磁场强度。由于受磁路饱和的限制，且电源电压难以升高，励磁绕组的固有电阻不能改变，所以这种方法也应用不广。

(3)在电枢回路中串联电阻，降低电枢端电压。这种方法最简单，容易实行，所以是降低直流电动机转速的一种最常用的方法。

www.plcworld.cn

145. 直流电动机严重振动怎么办？

直流电动机运行中严重振动，可能是以下原因引起的，可针对具体情况予以处理：

(1)更换电枢绕组、车削换向器和紧箍电枢绕组后，未对电机转子进行平衡试验，或者电枢两端平衡块移位或脱落。通常对电动机进行动平衡试验，就可消除振动现象。

(2)由于转轴弯曲、组装时气隙不均匀、轴承磨损，导致电动机发生振动。处理的办法是调整转轴、气隙，更换轴承，并做动平衡试验。

(3)轴承过热。参阅 146 问“直流电动机的轴承过热怎么办？”所介绍的方法进行处理。

(4)地脚螺栓松动。应拧紧螺栓，并加弹簧垫圈或定位销。

(5)安装电动机的底座不平或底座强度不够。应重新安装电动机，或加强底座基础。

(6)与所传动机械配套时联轴器未校正。应重新配套，使联轴器成一直线。

146. 直流电动机的轴承过热怎么办？

如果直流电动机的轴承过热，可参照表 2-9 查找原因和进行处理。

表 2-9 直流电动机轴承过热的原因和排除方法

可能原因	排除方法
(1)润滑脂质量不佳或存放过久而变质	(1)更换合格的润滑脂
(2)轴承室中的润滑脂过多	(2)减少润滑脂，使轴承室内的润滑脂所占体积为整个轴承室体积的 2/3 左右
(3)轴承室中的润滑脂太少，滚珠干磨发热	(3)加足润滑脂

www.plcworld.cn

续表 2-9

可能原因	排除方法
(4)轴承中夹有杂物	(4)清洗轴承，更换润滑脂
(5)挡油圈有毛刺与轴承盖相擦	(5)拆开检修，清除毛刺
(6)轴承与轴承挡或轴承与端盖轴承室配合过松	(6)将轴承挡滚花镀铬，在端盖轴承挡加紧固圈
(7)轴承磨损过大	(7)更换轴承
(8)轴承内圈或外圈破裂	(8)更换轴承
(9)联轴器安装不当	(9)重新调整联轴器，使之成一直线
(10)传动胶带太紧	(10)在不影响转速的前提下，适当放松皮带
(11)所选用的轴承型号不符合要求	(11)换上型号合适的轴承
(12)轴承未与轴肩贴合	(12)拆开轴承盖，用套筒或铁棒抵住轴承内圈，用锤子敲入轴承

147. 直流电动机换向不良怎么办？

直流电动机换向不良，可能是以下原因引起的，查明后可针对具体情况予以处理：

(1)电刷压力过大或过小，电刷与换向器接触不良。

(2)换向器表面粗糙，云母片有毛边，且高出换向片。

(3)换向器脏污。

(4)电刷的磁极几何中性线位置不对。

(5)刷握与换向器的表面距离太大。

(6)更换的电刷，其电阻率与原电刷相差太大。

(7)电刷研磨不良，且间距不等。

(8)换向器的拉紧螺栓松动。

(9)换向极、补偿绕组、并联回路接触不良。

(10)磁场或电枢绕组短路。

(11)周围空气中有影响电刷与换向器正常接触的油污、有害气体或耐磨性粉尘。

www.plcworld.cn

(12)电刷润滑性能差或不能形成氧化膜。

148. 直流电动机温升过高或突然"失磁"怎么办?

直流电动机的温升过高,可能是以下原因引起的,可采取相应措施予以处理:

(1)长期过载。此时电枢回路中各绕组都会发热,可将负载调整到额定值。

(2)未按规定运行。应按铭牌规定运行,"短时"、"断续"工作制的电动机都不得长期运行。

(3)斜叶风扇的旋转方向与电动机旋转方向不配合。换上合适的斜叶风扇即可。

(4)风道堵塞。可用圆毛刷清扫风道。

(5)外通风量不足。可换上大风量、高转速通风设备。

直流电动机如果突然失去磁场,会出现两种情况:若是轻载电动机,转速将大大升高,以致超过额定值数倍;若是重载电动机,电枢电流将大大超过额定值。这两种情况都是危险的,因此他励或并励电动机的磁场都不许开路。为了防止直流电动机突然失磁而发生意外,可在电动机磁场电路中串接一只欠电流继电器,当电动机失磁时,此继电器便立即断开电枢回路的电源。

149. 直流电动机的电枢绕组接错或接反怎么办?

直流电动机的电枢绕组元件分为波绕组和叠绕组两种。在单波绕组或双叠绕组嵌线时,往往将引出线端放错,即把元件的换向片节距搞错。此时用毫伏表测量换向片间的电压可找出接错部位。通常有以下两种接错情况:

(1)个别绕组元件(线圈)的换向片节距接错　用毫伏表依次测量相邻两换向片间的电压,若毫伏表出现负值,则说明该处元件接反。此外,还可用指南针沿通电的绕组依次移动,

www.plcworld.cn

若在移动过程中发现指南针的指针方向突然反向，则表明该处元件接反。

(2)换向器节距多数或全部接错　此时用毫伏表测量换向器片间的电压，如果毫伏表示值无规则的变化，或者用指南针检查，指针方向变化不定，均表明多数或全部节距接错。

150. 直流并励电动机的并励绕组突然断线会产生什么后果？怎样保护并励绕组？

如果并励电动机的并励绕组突然断线，磁极的主磁通将骤然降为数值很小的剩磁，而电动机的转速不能立即改变，此时电动机的反电势也将降为很小的剩磁电势，因而电枢的电流剧增，电磁转矩增大。其结果或者电动机转速上升到危险值，或者下降为零。无论出现哪种情况，电枢电流都会增大到危险值。

为了保护并励绕组，可在电枢回路中串接一只断路器，当并励绕组断线时便可及时断开电枢电路。

151. 直流电动机的电枢绕组短路或断线怎么办？

直流电动机的电枢绕组如果有短路线圈，将导致该支路上其他线圈中的电流过大而产生局部过热，发出焦臭味，甚至冒烟，而且与线圈相连的换向片也会发热变黑。电枢绕组短路，将造成电动机起动困难，达不到额定转速，转动不平稳。

通常将短路侦察器置于电枢上，用一根锯条片即可查出短路点。如果是换向器铜片造成短路，可将短路片上的两根导线甩出焊在一起，并将接头包扎好，然后把短路铜片焊接起来。通电试运行时，如果无火花，则表明已修好。否则，必须割断短路线圈进行跳接。

直流电动机的电枢绕组一旦断线，可先找出断线点，然后进行处理。方法如下：

www.plcworld.cn

(1)用毫伏表探测断线点　首先将直流电源加于两相对

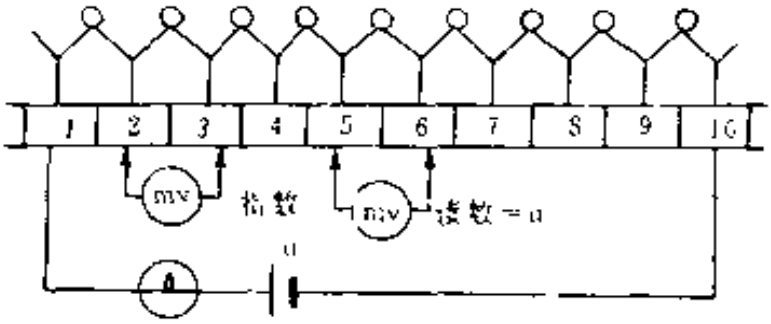


图 2-31　用毫伏表探测断线故障

的换向片(图 2-31),然后将毫伏表跨接到两相邻的换向片上。如果毫伏表指示有读数,则说明接在该两换向片间的线圈断线。

(2)断线故障的处理　如果是叠绕组断线,并且有若干线圈开路,最好全部线圈都调换,重绕电枢。若不重绕,可将铜线焊在被查出换向片的槽内,以跨接这两个换向片。另一跨接的方法是将换向片间的云母刮去一些,然后在槽内嵌入一条铜线而焊接于换向片上。

如果是波绕组断线,由于在四极波绕组电枢中,每一线圈是接在两个对面的换向片上,所以开路线圈应加以跨接(图 2-32)。另一种方法是移去两个线圈,跨接查出的相邻换向片(图 2-33)。

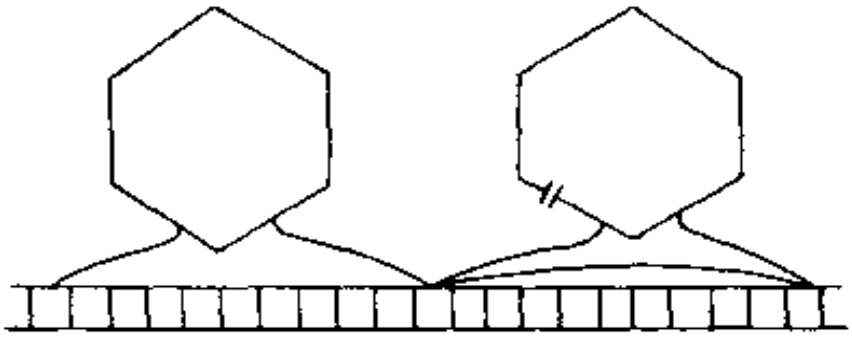


图 2-32　在波绕组中跨接断线线圈

www.plcworld.cn

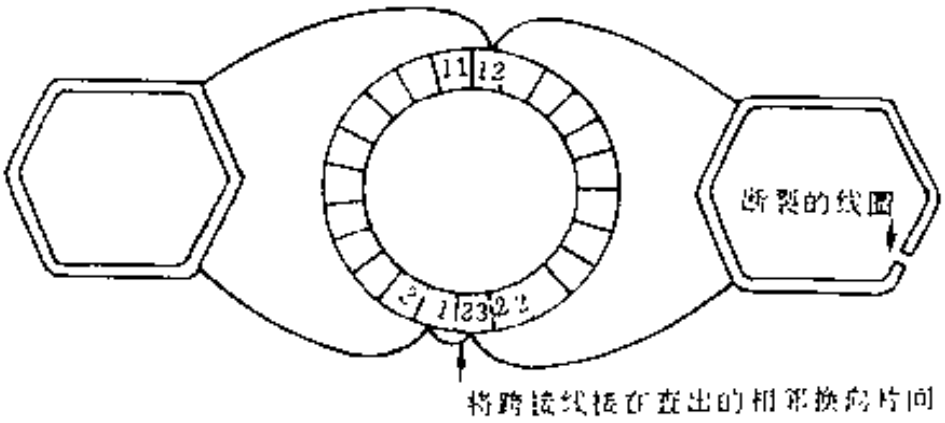


图 2-33　在波绕组中跨接断线线圈的简捷方法

152. 怎样查找直流电动机的电枢绕组接地故障和定子绕组接地故障？

直流电动机的电枢绕组接地，一般分为绕组在槽部(槽口或槽底)对地击穿、绕组端部对支架击穿或换向器对地击穿等。通常，如果只有一处击穿接地，并不影响电动机的运行；如果两点接地，则变成短路，就会导致电枢绝缘烧毁。

电枢绕组接地故障，通常可用以下两种方法查找：

(1)用毫伏表检查　将电刷的引线拆去，接上低压直流电源(如蓄电池、干电池等)，然后将毫伏表的一端接在转轴(或铁芯)上，另一端依次触碰各换向片。如果电枢有接地点，毫伏表就有指示。当触及某一片时，若毫伏表读数很小或为零，则说明该换向片附近有接地点。

(2)用高压交流电检查　如果用毫伏表查不出接地点，则可用一台高压输出电压为 1000 伏左右的变压器进行测试。测试时，可将变压器的高压输出端分别接在转轴和换向器上，将变压器一次低压侧经熔断器接在相应的低压电源上。此时绕组或换向片接地点就会因发热而冒烟。应用这种方法进行检查，应采取相应的安全措施，事前做好充分准备，检查时集中观察。找出接地点后，立即切断电源。

www.plcworld.cn

如果直流电动机的定子绕组接地，将引起接地保护装置动作和报警。此时可按以下方法查找接地故障点：

(1)首先用兆欧表测试绕组的绝缘电阻，以辨别绕组是接地还是受潮造成绝缘电阻降低。如果用兆欧表无法确定绕组是否接地，则可用万用表测量绕组对外壳的电阻来判断绕组是接地还是受潮。

检查时应注意，当无法判断绕组是接地还是受潮时，不得用交流 220 伏试灯来检查。否则，会击穿受潮绕组的绝缘，从而增加修理工作量。

(2)通过上述检查，如果确认绕组发生接地故障，则应打开励磁线圈(或换向极线圈)之间的连接线，用兆欧表逐个检查，以查明接地点所在的线圈。

(3)当查明接地线圈后，若无法确定接地点位置，可用交流 220 伏试灯进行检查，通常接地点会产生放电声、电火花或烟雾，根据这些迹象就可确定接地点。

153. 直流电动机出现有害火花或环火怎么办？

直流电动机正常运行时，电刷与换向器之间的火花细密、微弱，并呈淡蓝色。如果电机内部发生故障，就会造成电刷与换向器之间出现有害的火花或火花增大，严重时可能灼伤换向器表面，影响电动机的正常运行。因此，一旦直流电动机出现有害火花，应从以下两方面查找原因，并采取相应措施予以处理：

(1)机械方面　机械故障主要是电动机振动，换向器表面不光洁、不圆整或有油污，电刷与换向器等接触不良引起的。直流电动机的电刷与换向器的连接属于滑动连接，两者必须接触良好。否则，将因滑动接触不良面造成电刷与换向器之间产生有害的火花。如果是单纯的机械故障引起换向火花增大，

www.plcworld.cn

则可听到电刷不正常的跳动声，手指触及电刷感到有明显的振动；若用手指压紧电刷，火花就可能减弱。这是由于电刷磨损伴随有炭粉脱落而使火花呈紫红色。此时应停机进行检修。

(2)电气方面　电气故障主要是电枢绕组开路和短路、励磁绕组接线有误或发生故障、磁极和电刷安装位置不正确等造成的。电气故障所引起的有害火花呈淡蓝色，火花严重时将大量向外喷射火星，并可听到火花的爆炸声。若用手指压紧电刷，火花往往增大。此时应立即停车进行处理，以免烧毁电刷和换向器。

如果直流电动机的换向器周围出现环火，可能是电刷位置不正确，或主极与换向极顺位不对(换向极与电枢连接有误)，或电刷太软，或电枢短路。此时除试调电刷位置和检查主极与换向极是否顺位之外，还可换用电化石墨电刷进行调试，或者安装速断自动空气断路器以防止短路。

154. 直流电动机空载时电刷下无火星，稍带负载即冒火星，或者某一极电刷下的火星比另一极电刷下的火星大怎么办？

有时直流电动机空载无火星，稍带负载就冒火星，并且随着负载的增加，火星也扩大，甚至达到不能允许的程度。其原因可能是：

(1)电刷位置不对。

(2)主极与换向极极性顺序不对。

(3)换向极与主极间发生连接，以致换向极部分或全部被分流。

针对上述原因，可将电刷置于中性线位置上(参见159问“怎样判别电刷是否在中性线位置上？”)，检查并纠正主极与换向极的顺序(顺位)，用兆欧表检查主极与换向极之间的绝

www.plcworld.cn

缘电阻，必要时进行修理。

直流电动机某一极电刷下的火星比另一极电刷下的火星大，其原因可能是电刷距离不均，或火星较大地点的主极（或换向极）发生匝间连接或短路。对前一原因可用纸条校正换向器上各电刷的距离，使其间距均匀；对后一原因可测量换向极或主极各线圈的电压，将故障线圈取下予以重绕。

155. 怎样维护保养直流电动机的换向器？

正常运行的换向器，应具有平滑的圆柱形表面，且表面有一层紫红色的光亮氧化膜。这层氧化膜既可保护换向器，又可改善换向，因此要加以保护，不得擦去。

对换向器的维护保养，应做到以下几点：

（1）在不运行时用干净的毛刷或蘸酒精的布清除换向片间的污垢，擦净换向器接触面，必要时用压缩空气吹净电刷粉末。

（2）按时测量换向器表面的偏心度（不得大于 0.1 毫米）；如果换向器表面灼伤或有熔渣，应磨平灼伤面，用 00 号砂纸擦去熔渣，处理后应吹净表面粉尘。

（3）由于正极电刷对换向器的磨损比负极严重，所以要经常注意检查换向器的圆柱形表面磨损程度，按极性将电刷相互交替分开，以防表面磨损不均匀。

（4）如果换向器表面出现严重灼痕或粗糙不平，表面不圆或有局部凸凹等现象，则应将其拆下重新车削。

156. 直流电动机的换向片间短路怎么办？

在直流电动机的运行过程中，由于换向片间落入铜屑、炭屑（电刷磨下的）、粉尘等而降低片间绝缘，有时电刷火花太大，烧坏片间云母，从面导致片间短路。

片间短路故障可用检验灯来检查。检查时，先拆下绕组，

www.plcworld.cn

在220伏电源上接一只220伏75瓦以上的灯泡，将检验灯的两个测棒分别接触相邻的换向片。如果灯亮，说明片间发生短路，片间云母发红或冒出火花处就是短路部位。检修时可用一段报废的手锯条磨成有尖端的刮刀，先用刮刀刮削短路部位，清除已炭化的云母（直到刮出的云母粉末呈白色为止），然后用检验灯再次检验。如果灯泡不再发光，则表明清除工作已完成，此时可用云母粉或小块云母拌胶水制成的修补剂填补刮掉云母留下的孔洞，孔洞封堵后短路故障的排除工作即告完成。

修补后的换向器不得立即投入使用，因为胶水是导体，应待其硬化干燥，再通电试车。

157. 换向器接地怎么办？

换向器接地，是指换向片与铁芯或与转轴短路。这种故障多发生在拱形换向器中的V形绝缘套上。换向器接地，可能是组装过程中云母套受损、金属碎屑未清除干净、火花过大或换向器过热等原因造成的。

换向器接地故障可用检验灯来检查。检查时，将检验灯的一个测棒接触转子铁芯，另一测棒依次接触各换向片，以查找接地部位（绕组应与换向片断开）。

如果接地点在换向器前端部的外面，可先用锯条刀将烧坏的云母清除，然后使用由云母粉与胶水制的修补剂将洞填平，固化后即可恢复绝缘。

如果接地点在换向器内部或后端部（接绕组端），可用铁丝将换向器捆紧，松开紧固螺帽，把V形压环和V形云母套一起取出，将云母套击穿部位清理干净，然后用虫胶漆和云母材料填补。如果击穿部位较大，则把边缘刮削成坡形，用厚为0.2～0.3毫米的可塑性云母板一层层覆盖。每覆盖一层就涂

www.plcworld.cn

刷一次虫胶漆，直至盖平。云母片应一层比一层宽，以与刮削的坡形口吻合。修复后再按原样装到换向器上。拧上螺栓后应将换向器加热到130℃以上，使云母软化，然后再次拧紧螺栓，最后测试绝缘电阻和进行耐压试验。

需要注意的是，修理中应仔细检查各部位的尺寸，所垫补的云母应与原体齐平。否则，安装后换向器将变形。

158. 直流电动机的刷握常出现哪些故障？怎样处理？

直流电动机的刷握常出现以下故障，查明原因后，可采取相应措施予以处理：

(1)刷握的内表面和电刷两侧磨损很快，可能是整流子振动、刷握内有毛刺造成的，可车光整流子、修理刷握。

(2)刷握熔化，可能是环火造成刷握熔化，可检查整流子运行情况，清除故障后，更换刷握。

(3)弹簧压力不足，可能是弹簧过热而退火，可更换弹簧，调整电刷压力。

(4)电刷卡在刷握内，可能是刷握的机械损坏、电刷研磨粗糙(上大下小)、电刷温度过高等原因造成的，可更换刷握，将电刷研磨整齐，并调整好压力。

159. 怎样判别电刷是否在中性线位置上？

电刷一旦偏离中性线，刷下火花就比较严重，可能导致电枢绕组和励磁绕组发热，甚至造成整流不正常。因此，直流电动机的电刷必须与磁感应强度为零的线圈连接，即必须在中性线上。判别电刷是否在中性线位置上的方法很多，下面仅介绍几种常用的检查方法：

(1)感应法　在电枢静止时将毫伏表接到相邻两组电刷上，励磁绕组通过开关K接到1.5～3伏直流电源上(图2-34)。如果电刷位置不对，则开关K交替开合时，毫伏表指针

www.plcworld.cn

就会左右摆动。在这种情况下，可正、反方向移动刷架，以调整电刷位置，直到开关开合时毫伏表指针几乎不动为止。此时电刷的位置就是中性线位置。

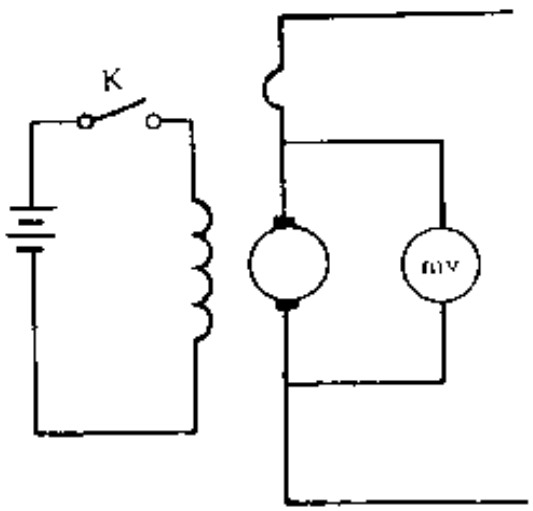


图 2-34　感应法判别电刷位置

(2)动静法　往电枢绕组和换向极绕组通以适当电流(不接励磁绕组)，如果电枢不动，则表明电刷位置正确。否则，电刷位置就不在中性线上。

(3)火花观察法　如果电动机没有其他故障，可观察火花判断电刷位置是否正确。若电刷处于中性线位置，则刷下应无火花或火花最小。否则，应调整电刷位置。

160. 怎样拆卸直流电动机?

中小型直流电动机的拆卸，一般应按以下要求和步骤进行：

(1)拆卸前，应使用仪表进行检查测试，查明绕组对地绝缘情况，绕组间有无短路、断线和其他故障，以确定检修的大致范围；在拆卸过程中边拆卸、边检查、边测量，并做好记录，以进一步精确确定检修内容。

(2)着手拆卸时在线头、端盖、刷架等处做好复位标记，以便修好后进行装配。

(3)拆除电动机上的所有接线。

(4)拆下换向器端的端盖螺栓、轴承盖螺栓，并取下轴承外盖。

(5)打开端盖的通风窗，从刷握中取出电刷，再拆下接到刷杆上的连接线。

www.plcworld.cn

(6)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，逐渐使端盖上口脱离机座和轴承外圈，取出刷架。

(7)用厚纸或布将换向器包好，并用纱线扎紧，以保持清洁和避免碰伤。

(8)拆下轴伸端的端盖螺栓，将连同端盖的电枢从定子内小心地抽出或吊出，此时应避免擦伤绕组。

(9)将连同端盖的电枢包好置于木架上，拆下轴承端的轴承盖螺栓，取下轴承外盖和端盖。如果轴承未损坏，则不必拆卸。

(10)拆卸中要小心谨慎，不得损伤各个零部件。

161. 怎样在墙壁上安装台壁两用扇？

有的台扇可装在墙上作壁扇使用，这种台扇称为“台壁两用扇”。这种两用扇的仰角能够调整到60°以上，底板上有钥匙孔和挂板。

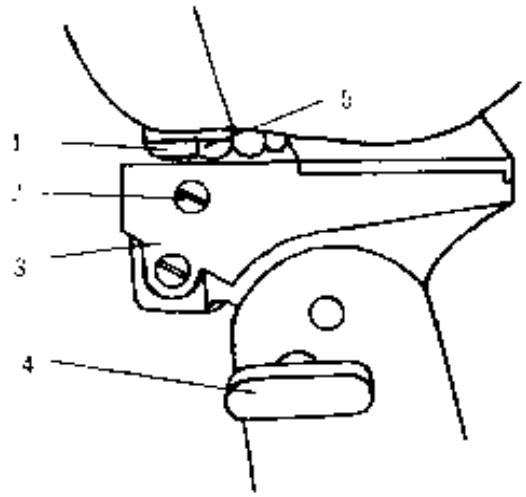


图 2-35　台壁两用扇摆动轴线控制图

1. 角度盘　2. 制动螺钉　3. 连接头　4. 夹紧螺钉　5. 红线

安装时，首先将角度盘上的红线对准连接头上的制动螺钉，将制动螺钉拧紧即可把摆头位置固定在正前方，如图 2-35 所示(一般情况下，制动螺钉不旋紧，用手轻推网罩即可改变扇头摆动的轴线位置)；然后松开底板上的挂板螺钉，将挂板拉出再旋紧该螺钉(图 2-36)；随后在墙壁上选择合适的位置钉入钉子，将底板上的钥匙孔套在钉子

www.plcworld.cn

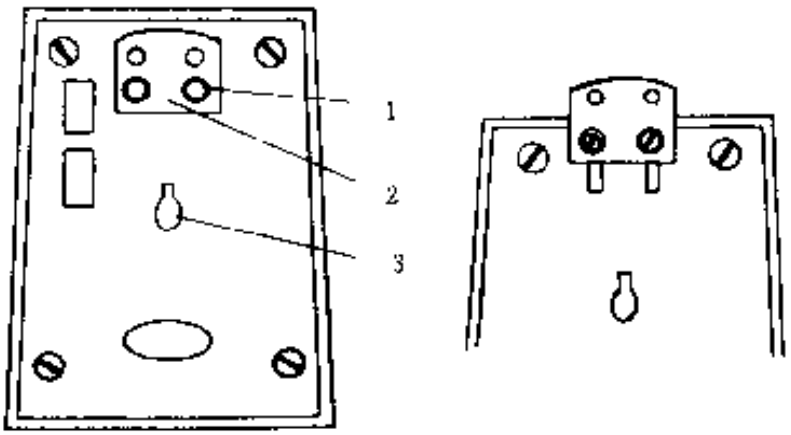


图 2-36　台壁两用扇挂板图

1. 挂板　2. 挂板螺钉　3. 钥匙孔

上挂住，再用木螺钉将挂板固定在墙壁上。用挂板固定风扇可使重心低于支点，稳固可靠；最后，松开夹紧螺钉，将扇头轴线调整到合适的角度，旋紧夹紧螺钉即可将风扇投入试运转(图2-37)。

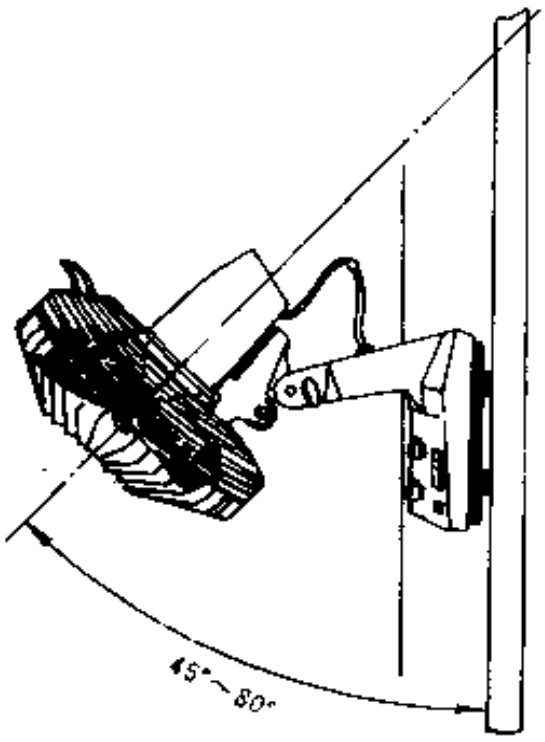


图 2-37　台壁两用扇作壁扇使用工作图

www.plcworld.cn

162. 怎样在钢筋混凝土空心天花板或预制天花板上安装吊扇?

在钢筋混凝土空心天花板上安装吊扇时,先观察天花板,从拼缝量出每块空心板的宽度,一般有 50 厘米、60 厘米两种宽度的空心板。50 厘米宽的空心板通常有五个贯通圆孔(图 2-38),60 厘米宽的有六个贯通圆孔。如果将 50 厘米宽的空心板划分为五等分,60 厘米宽的划分为六等分,则每一等分中间必然是圆孔所在部位,均可以凿孔。此时可根据房间具体情况,确定凿孔位置。

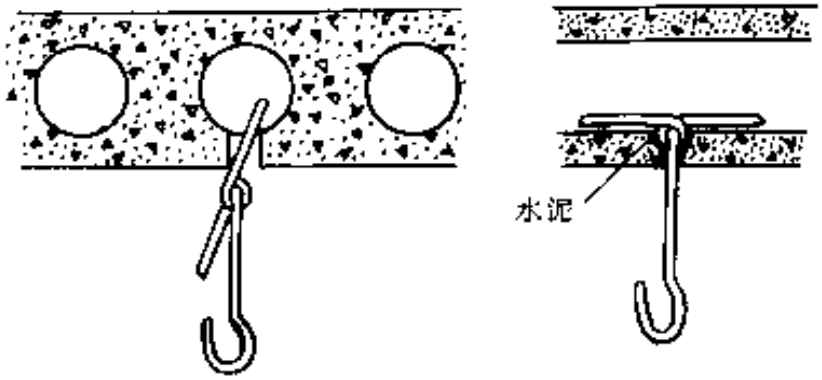


图 2-38 在空心天花板上安装吊扇

在确定的凿孔位置上用榔头和直径 10～12 毫米的冲子细心地凿打,凿出直径约 2 厘米的圆孔。凿打时不可急于求成,须一点一点地凿,直到在预制板上凿出孔洞为止。凿好后用刮刀伸进孔内稍作清理,然后塞入吊钩(用直径 6～8 毫米的圆钢制成),填入水泥灰浆,将吊钩找正(垂直)。一天后水泥灰浆凝固,便可在吊钩上安装吊扇。

如果天花板不是平的,而有一道道格子,则这种天花板就是预制板,一道道格子的框架就是筋。对于这种天花板,应在筋上凿孔,并从水平方向将筋凿穿。孔的大小与空心板上的孔相同。由于预制板的筋比较厚,所以凿孔时比较费力,凿打进度较慢。孔的位置应尽可能选在筋的根部(与平顶相连接的地

www.plcworld.cn

点)。孔凿好后,按照上面的方法安装吊扇(图 2-39)。

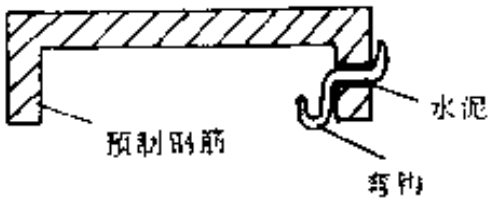


图 2-39　在预制天花板的筋上安装吊扇

安装吊扇时,扇叶与天花板的距离为 40～50 厘米,以免妨碍叶背气流的流动而降低风量。扇叶顶距不宜过大,否则,吊杆便较长,运转时容易晃动。悬挂吊扇的吊钩直径不得小于 6 毫米,并且应能够承受 4～5 倍风扇重量。吊装后要仔细检查,确认吊挂牢靠才可接线(图 2-40)。安装扇叶时,扇叶的凹面应朝下,将防震片置于扇头与扇叶之间,再用螺钉拧紧。

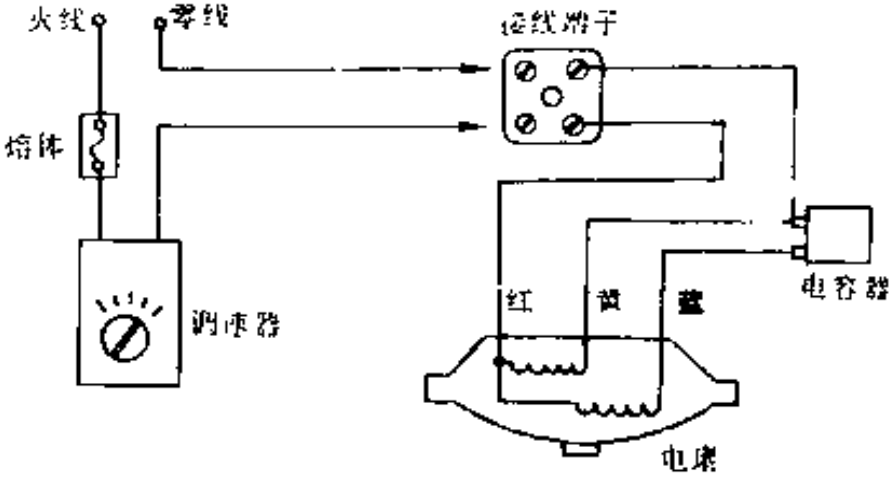


图 2-40　吊扇接线示意图

163. 怎样区别和检查电扇的故障?

电扇的故障分为电动机故障和机械故障两类。区别这两种故障的方法是:首先使电扇通电运转,然后断开电源,观察故障现象。如果断开电源后故障仍然存在,则说明电扇故障是机械故障;如果断开电源后,故障随之消失,则说明电扇故障是电动机故障,可按下述步骤进一步检查:

(1)查看产品说明书　从产品说明书中了解电扇的规格、

www.plcworld.cn

构造、起动方法、调速方式和摇摆方式等。

(2)检查零件　检查电扇内部零件的情况，如风叶、转子轴是否变形和弯曲等。

(3)检查电动机　用兆欧表或校验灯检查电动机绕组是否完好，绝缘是否损坏，绕组是否通地、短路等。

(4)观察电扇运转情况　接通电源，仔细观察电扇能否起动，转速是否正常，有无响声，外壳是否发热，有无焦臭味或冒烟等现象。

查出故障后，根据故障性质，采取相应措施予以处理。

164. 电扇有哪些常见故障？怎样排除？

电扇常见故障和排除方法如表 2-10 所示。

表 2-10　电扇常见故障和排除方法

常见故障	可能原因	排除方法
1. 接通电源后，电扇不能起动	(1)电源线损坏，电源开关、调速开关和定时开关接触不良或连接线断开	(1)修理或更换电源线和各种开关，焊好断开的连接线
	(2)定时器处于"0"位	(2)将定时器扳到运行位置
	(3)转子轴与轴承配合过紧或不同心	(3)若是配合过紧，可加润滑油，如果加润滑油也无济于事，则应扩孔或更换轴承；若是不同心，可重新组装轴承部分
	(4)轴承损坏或单边磨损过大，导致定、转子相碰	(4)若轴承损坏，应予更换；若单边磨损大，可前后调换轴承位置或更换轴承
	(5)电容器短路、断路或老化	(5)用万用表测量，若确认电容器损坏，应予更换
	(6)定、转子之间的气隙中掉入异物，造成堵转	(6)清除异物，并调整气隙
	(7)罩极短路环开路	(7)查出故障点，重新施焊
	(8)定子绕组断线	(8)查出断线点，并焊好，然后做绝缘处理；若无法焊接，则应更换绕组
	(9)电抗器断线	(9)同上

www.plcworld.cn

续表 2-10

常见故障	可能原因	排除方法
2. 电扇时转时停	(1)电源插头接触不良	(1)修复插头或插座，使二者接触良好，或者更换插销
	(2)引出线焊接不良	(2)重新施焊，消除虚焊点
	(3)开关、定时器或调速器的触点接触不良	(3)修复或更换故障器件
	(4)主、副绕组断线或碰线	(4)修复断线处，并做绝缘处理，或更换定子绕组
	(5)电抗器线圈断线	(5)焊好断线点，并做绝缘处理，或更换线圈
	(6)电容器接触不良	(6)焊好接点
	(7)摇头机构配合过紧	(7)修理和调整摇头机构，加润滑油
	(8)罩极短路环断开	(8)找出断开点，并焊牢
3. 电扇旋转速度慢	(1)磁桥插接不实	(1)微调磁桥弧度，使之接触紧密
	(2)电容器容量显著减小	(2)更换电容器或并联一定容量的电容器
	(3)转子导条断开	(3)调换新转子
	(4)电机绕组匝间短路	(4)查出短路点，重新进行绝缘处理，或者更换绕组
	(5)部分绕组接头反向	(5)纠正反向接头
	(6)电机绕组匝数过多或线径太小	(6)核实数据，撤除多余线匝，或者重新绕制绕组
	(7)电抗器匝数过多	(7)同上
	(8)扇叶太重或扭角过大，轴承缺油，吊扇转子下沉或平面轴承损坏	(8)更换扇叶，校正扭角，添加润滑油，更换平面轴承
	(9)电压低	(9)调高电压
4. 电扇运转时有抖动现象	(1)扇叶变形，叶片角度不对称	(1)矫正扇叶，调整叶片角度，使其保持平衡
	(2)350 毫米以上转子不平衡(转子轴弯曲)	(2)调整转子的静平衡(矫直转子轴)
	(3)扇叶轴套与转子轴配合尺寸超差	(3)调换扇叶轴套
	(4)扇叶轴套上的紧固螺钉松动	(4)拧紧紧固螺钉
	(5)轴承孔磨损	(5)调换新轴承或径向作 90°移位
	(6)底座不稳	(6)调平底座或加大配重

www.plcworld.cn

续表 2-10

常见故障	可能原因	排除方法
5. 电动机温升过高	(1)电源电压显著下降 (2)电源电压过高 (3)三相电源电压不平衡 (4)三相电扇两相运行 (5)电动机冷却风道堵塞 (6)摇头机构卡住 (7)扇叶扭角过大，负载加重 (8)电动机转子断条 (9)轴承磨损 (10)轴与轴承配合过紧 (11)电动机部分绕组接反 (12)电动机绕组短路 (13)轴承润滑油老化或缺油	(1)调高电源电压 (2)调低电源电压至合理值 (3)同上 (4)修复断路的一相或绕组 (5)清除风道堵塞物 (6)调整配合公差，添加润滑油 (7)调整扇叶角度，使其保持平衡 (8)修复或更换 (9)调换轴承，并调整间隙 (10)添加润滑油，扩大轴承孔 (11)纠正绕组接线头 (12)更换绕组 (13)清洗轴承后，更换润滑油
6. 电扇外壳烫手，但仍可运行	(1)定子绕组短路 (2)定子绕组接地 (3)轴承出现故障 (4)润滑不良	(1)有短路的极，温度较高，断电后立即用手触摸，即可找出(也可拆机检查)，然后更换短路的绕组 (2)将校验灯或万用表的一端与外壳相接，另一端与绕组相接，灯亮或表针移动，表明绕组接地，应更换绕组 (3)若主轴有明显的轴向移动、晃动和轴承气隙很大，则应更换轴承；若主轴只有轻微的牵动或晃动，轴承整体移动，则加垫固定即可 (4)添加适量润滑油
7. 电扇运转时有杂音(磁噪或机噪)	(1)扇叶平衡不良 (2)扇叶螺钉松动 (3)气隙中有杂物 (4)轴承松动、磨损或缺润滑油 (5)轴向窜移量过大 (6)调速绕组铁片松动 (7)罩极圈和磁桥松动 (8)紧固件松动或变形 (9)摇头机构松动	(1)调整扇叶静、动平衡 (2)紧固螺钉 (3)清除杂物，并调整气隙 (4)调整或更换轴承，或添加润滑油 (5)在转子轴前后加垫圈进行调整 (6)夹紧铁片，拧紧螺钉 (7)重新焊接罩极圈 (8)修复或更换紧固件 (9)修复或更换元件
8. 电扇运转时有啸叫声，转速下降或停转	(1)三相电动机单相运行 (2)电容器线圈断线 (3)电容器损坏 (4)传动部分卡阻 (5)电压低或电源中断	(1)检修线路或更换绕组 (2)修复或重绕线圈 (3)更换电容器 (4)清除异物、重新调整、装配 (5)调高电压或修复电源

www.plcworld.cn

续表 2-10

常见故障	可能原因	排除方法
9. 电动机起动后打火	(1)定子主绕组与起动绕组之间的绝缘击穿 (2)线圈受潮老化 (3)定子绕组端部与机体太近或接触 (4)定子主绕组部分线匝短路	(1)重新下线浸漆 (2)风干后重新浸漆 (3)停电调整打火部位或进行绝缘处理(缠包绝缘、涂清漆并烘干) (4)查出短路线匝，垫上绝缘物后，涂清漆并烘干
10. 通电后电扇底座内打火	(1)电抗器线圈的绝缘破坏，造成短路 (2)琴键开关的绝缘板击穿 (3)琴键开关自锁失灵，造成电抗器或电动机一相烧毁 (4)开关式控制器的触点接触不良，接线脱落并接地	(1)重新绕制线圈，并浸漆烘干 (2)更换绝缘板或琴键开关 (3)更换琴键开关，修理(或重绕)电抗器或电动机的绕组，然后重新组装电扇 (4)调整触点，使其接触良好；重新接好线，并加强绝缘
11. 电扇起动时或运转中冒火花	(1)电动机绕组短路烧毁 (2)电动机绕组导线绝缘损坏或碰线 (3)电动机绕组碰外壳 (4)电动机主、副绕组间的绝缘损坏	(1)更换绕组 (2)恢复导线绝缘或更换绕组 (3)加垫绝缘物或更换绕组 (4)同上
12. 慢档速度太快	(1)电源电压太高 (2)电动机绕组匝数太少 (3)电抗器匝数太少 (4)电抗器铁芯片数不足	(1)调低电源电压 (2)核对数据，加线匝或重新绕制绕组 (3)同上 (4)核对数据，加足铁芯片
13. 电扇外壳带电(麻手)	(1)电动机绕组烧毁 (2)电动机绕组绝缘老化 (3)电抗器与地击穿 (4)各元器件的连接线绝缘损坏并碰壳 (5)电源线绝缘破裂或与外壳接触	(1)更换绕组 (2)绕组重新浸漆或更换绕组 (3)更换电抗器 (4)查出故障点，加强绝缘 (5)更换电源线，重新接好
14. 指示灯不亮	(1)指示灯松动或损坏 (2)灯座接触不良 (3)指示灯的电阻线断开 (4)灯座与电抗器引线接头松脱 (5)感应线圈断线或短路 (6)无接地线或接地不良	(1)旋紧或更换指示灯 (2)修复或更换灯座 (3)重新焊接或更换电阻 (4)重新焊接 (5)更换感应线圈 (6)重新装好接地线

www.plcworld.cn

续表 2-10

常见故障	可能原因	排除方法
15. 调速失灵	(1)电动机调速绕组或电抗器线圈短路 (2)调速开关接触不良 (3)开关的电源引线脱落	(1)排除短路点，更换电动机调速绕组或电抗器线圈 (2)修复或更换调速开关 (3)重新焊好电源引线
16. 按钮脱落	(1)按钮脱胶 (2)按钮磨损、破裂	(1)用万能胶粘牢 (2)加垫片或更换按钮
17. 琴键开关拨下后不通电，或任何两挡同时卡住	(1)导线与开关脱焊 (2)通电簧变形，与通电片接触不良 (3)自锁片脱落或失去作用	(1)重新焊接 (2)拆下开关，修理通电簧片 (3)重新修配
18. 定时器不定时或不复位或定时不准	(1)传动齿轮损坏 (2)发条松脱或断裂 (3)主轴磨损，组装尺寸超差 (4)缺润滑油 (5)触头损坏 (6)旋钮与面板(或旋钮孔)磨损、接触，顶丝脱落 (7)接线脱焊	(1)修复或更换传动齿轮 (2)重新装配或更换发条 (3)调换轴承或转子轴，修正误差 (4)加适量润滑油 (5)修复或更换触头 (6)调整间隙，扩孔后重新紧固 (7)重新焊好
19. 摇头电扇时摇时停	(1)摇头机构单边磨损 (2)摇头机构传动失灵 (3)蜗轮轴孔磨损 (4)传动齿轮或蜗轮掉齿	(1)更换零件 (2)擦洗并修整传动机构 (3)更换轴套或蜗轮 (4)更换齿轮或蜗轮
20. 摇头失灵(不摇)	(1)摇头钢丝软轴损坏或位置不正 (2)钢丝软轴接头或套管松脱 (3)齿轮损坏、掉齿、不能传动 (4)摇头转动部分不灵活 (5)缺少偏心轮垫圈 (6)离合器失灵或损坏，或不到位 (7)齿箱杠杆松脱 (8)离合器弹簧(片)断裂或无弹力 (9)过载保护钢珠开脱 (10)连杆变形，开口销脱落 (11)倾斜运转时，角度盘打滑 (12)角度盘的钢珠脱落，弹簧窜入而卡住角度盘 (13)钢珠在连接头内卡住角度盘	(1)更换软轴或调正位置 (2)重新接好接头或套好套管，并调直钢丝 (3)更换齿轮 (4)调整、擦洗、加润滑油 (5)加装垫圈 (6)修复或更换离合器(或弹簧)，并重新装配 (7)校正杠杆位置，重新装好 (8)更换弹簧(片) (9)新重安装 (10)调整连杆，重配开口销 (11)使角度盘的红线对准松紧螺钉，然后拧紧螺钉 (12)重新装配 (13)取出钢珠，重新调整、装配

www.plcworld.cn

续表 2-10

常见故障	可能原因	排除方法
21. 摇头时在一定位置停顿	(1)变速箱齿轮各配合间隙超差 (2)角度盘弹簧的弹力不足 (3)过负载保护装置的弹簧片弹力下降 (4)齿轮有椭圆度，造成单边磨损	(1)更换齿轮 (2)拧紧弹簧顶丝或更换弹簧 (3)更换弹簧片 (4)更换齿轮
22. 摇头不止	(1)摇头控制钮未回到"0"位 (2)钢丝软轴头未焊牢 (3)上离合器被齿轮箱盖卡住，而不能上升 (4)软轴钢丝过长 (5)软轴钢丝头过长 (6)上离合器弹簧的弹力过大	(1)将控制钮调到"0"位，并旋紧顶丝 (2)焊牢后重新组装 (3)重新组装 (4)重新调整软轴钢丝长度后予以铆作，即可使用 (5)切断钢丝头过长部分，重新焊好 (6)烘烧弹簧以减小弹力，或更换弹簧
23. 顶扇摇头失灵(不摇)	(1)蜗轮严重磨损 (2)摇头圈销轴脱落 (3)环形支柱销轴损坏 (4)摇头轴与连杆断开 (5)球形支点中心偏位 (6)摇头机构卡住	(1)更换蜗轮 (2)重新装好 (3)修复或更换销轴 (4)重新装配好 (5)同上 (6)擦洗、调整、加润滑油
24. 扇头不能定位	(1)连接头与立柱配合超差 (2)紧固螺钉未旋紧或脱扣 (3)金属螺杆和塑料旋柄松脱	(1)加垫圈 (2)拧紧或更换紧固螺钉 (3)更换紧固螺钉或用硅胶粘合
25. 扇头运行中点头	(1)立轴铆接松脱 (2)立轴铸接处松脱 (3)立轴孔径过大	(1)重新铆接 (2)进行铝焊或用 502 胶水粘合 (3)更换立轴轴承
26. 电扇运行中发生位移或倾倒	(1)底座不平 (2)整机抖动严重 (3)扇头与底座之间配重不合理	(1)调整底座 (2)参见故障 4 的处理方法 (3)调整配重
27. 落地扇升降动杆不能定位	(1)动杆过细 (2)紧固旋把脱扣 (3)护圈脱落	(1)换粗杆或在空隙中加垫 (2)调换旋把 (3)重装护圈
28. 电容式电动机有时倒转	(1)电容器损坏 (2)起动绕组开路	(1)更换电容器 (2)修理或更换绕组

www.plcworld.cn

165. 怎样拆卸电扇？应注意哪些事项？

通过检查，如果确认电扇存在故障，则在修理前，应细心进行拆卸。故障电扇的拆卸，分简单拆卸和扇头全部拆卸两种。

(1)简单拆卸　主要是拆卸前后网罩、扇叶、后网壳、摇头齿轮箱等。拆前网罩时，只需将前后网罩之间的搭扣向外翻出即可拆下前网罩；接着用改锥松开扇叶套筒上的紧固螺钉，取下扇叶；最后拧下紧固后网罩的紧固螺母(有的用四只小螺钉固定在电动机前罩壳上，有的用大螺母直接紧固在电动机前盖上)，取下后网罩。

接着将后罩壳的螺钉拧下，就可取下扇头外壳；再卸下摇头齿轮箱盖板，掀开齿轮箱盖，就可看到箱内的离合器和传动件，此时就可进行擦洗和加注润滑油。

电扇的底座由面板和底板组成。在底座面板上常装有调整开关和摇头控制开关以及电器元件。面板起装饰作用和保护电器元件的作用。当电器元件损坏需要修理时，只要将电扇座放倒，用改锥拧下底板紧固螺钉，就可对内部元件进行维修。

(2)扇头全部拆卸　在一般情况下，电动机是不需要拆开的，只有当电动机发生故障，才进行拆卸。拆卸时，先将摇头连杆和电动机前后盖上的固定螺钉拧下，再用木榔头敲击电动机轴伸端，就可将电动机后盖和转子取出。前盖通过中心轴固定在连接头上，与定子铁芯配合较紧，如果无损坏，一般不应拆开。

如果拆开定子绕组，发现绕组已烧坏，应记录主、副绕组(抽头调速电动机还有调速绕组)的匝数、节距和线径，并画下接线图，以免数据不全给维修带来困难。

www.plcworld.cn

拆卸电扇，一般应注意以下事项：

(1)准备好拆卸电扇用的工具、存放小部件的零件盒和适量的棉纱。

(2)使用的工具要整齐地放在待拆电扇的右侧；换用工具时，换下的工具不要随便乱扔，而应放在原来摆放的地点。

(3)拆下的大部件要按顺序从实验台的左上方依次摆放，将小部件(如螺钉、垫圈、齿轮、上下离合齿等)放在带格零件盒内(按电扇的几个部分分格存放)，以免丢失，同时也为组装提供方便。

(4)关键部件要轻拿轻放，以免造成损坏。电扇前后网罩要扣放在实验台上，以防止网罩受挤压或掉落地上而变形。扇叶是电扇的重要部件，其扭角是一定的，不要使其变形。否则，扇叶工作时会因风阻不均、风扇颤动而造成噪声增大。

(5)用一字、十字改锥拧螺钉时，要使刀口对准螺钉槽口，用力要平稳，不要强拧，以免拧坏螺钉槽口而损坏螺钉，甚至造成无法拆卸。

166. 手持式电动工具怎样分类？使用中应注意哪些事项？

国标 GB3787—83《手持式电动工具的管理、使用、检查和维修安全技术规程》将手持式电动工具分为三类：① Ⅰ类工具　在防止触电的保护方面除依靠基本绝缘外，还采用接零保护；② Ⅱ类工具　工具本身具有双重绝缘或加强绝缘，不采取保护接地等措施；③ Ⅲ类工具　由安全特低电压电源供电，工具内部不产生比安全特低电压高的电压。

由于手持式电动工具在使用过程中需要经常移动，工作人员经常与之接触，而且多在紧握的情况下使用，所以危险性较大，使用中应特别注意以下事项：

www.plcworld.cn

(1)一般场所应选用Ⅰ类工具。如果使用Ⅰ类工具,必须采用漏电保护器和安全隔离变压器。否则,使用者必须戴绝缘手套、穿绝缘靴或站在绝缘台(垫)上。

(2)在潮湿场所或在金属构架上进行作业,应选用Ⅱ类或Ⅲ类工具。如果使用Ⅰ类工具,必须装设额定漏电动作电流不大于30毫安、动作时间不超过0.1秒的漏电保护器。

(3)狭窄场所(如锅炉、金属容器、管道内等)应选用Ⅲ类工具。如果使用Ⅱ类工具,必须装设额定漏电动作电流不大于15毫安、动作时间不超过0.1秒的漏电保护器。

(4)特殊环境,如湿热地点、室外(雨雪天),以及有爆炸性或腐蚀性气体的场所,使用的电动工具应符合相应防护等级的安全技术要求。

(5)Ⅰ类工具的电源线必须采用三芯(单相工具)或四芯(三相工具)多股铜芯橡皮护套软电缆或护套软线,其中绿黄双色线在任何情况下都只能用作保护接地线或接零线。

(6)Ⅲ类工具的安全隔离变压器,Ⅱ类工具的漏电保护器,以及Ⅰ、Ⅱ类工具的控制箱和电源转接器等应放在外面,并设专人在外监护。

(7)使用前应检查工具外壳、手柄有无裂缝和是否破损,接零(地)是否正确,导线和插头是否完好,开关动作是否正常、灵活,电气保护装置和机械防护装置是否完好,工具转动部分是否灵活。

(8)使用电动工具时不许用手提着导线或工具的转动部分,使用过程中要防止导线被绞住、受潮、受热或碰损。

(9)严禁将导线线芯直接插入插座或挂在开关上使用。

167. 手电钻怎样分类?使用时应注意哪些事项?

手电钻是一种电动钻孔工具,常用它在金属、塑料或木材

www.plcworld.cn

制作的构件上钻孔。手电钻的种类和规格很多，常用的有手枪式和手提式两种。手枪式电钻大多是交直流两用，按电源电压分为36伏和220伏两种，其夹持钻头直径有6、10和13毫米三种。手提式电钻按电源电压分为单相220伏和三相380伏两种，其夹持钻头直径有13、19和23毫米三种。

使用手电钻应注意以下事项：

(1)有金属外壳的手电钻，其电源线一般采用防潮的三芯橡皮软线，其中黑色或黄绿色芯线为接地线，应与电钻外壳相连；插头采用单相三柱插头，最大铜柱为接地柱，与之对应的插座孔的桩头必须与接地系统(或接零系统)牢固连接。

(2)长期搁置不用的手电钻，使用前必须用500伏兆欧表测量绕组对地绝缘电阻(一般应大于0.5兆欧)；若绝缘电阻小于允许值，应进行干燥处理。

(3)使用有金属外壳的手电钻时，必须戴绝缘手套，穿绝缘靴或站在绝缘台(垫)上。

(4)电源线不得通过车道或人行道；不许两台电钻合用一个插销或开关。

(5)移动电钻时，应同时握住电钻手柄和橡皮绝缘线，以防止电钻与导线接头松脱。

(6)钻孔时，用力不可过猛；当电钻转速很低时，应放松压力，以免电钻过载发热而损坏绝缘。

(7)使用中若出现严重火花，电钻过热等现象，应立即停止使用，并进行检修；如果电刷严重磨损，应及时更换。

(8)经常对电钻进行维护保养，尤其要注意整流子的清洁。

(9)手电钻不使用时，应将其存放在干燥、清洁、无腐蚀性气体的室内。

www.plcworld.cn

168. 手电钻有哪些常见故障？怎样检查和处理？

手电钻的常见故障及检查和处理方法见表 2-11。

表 2-11　手电钻常见故障及检查和处理方法

故障现象	可能原因	检查和处理方法
外壳带电	(1)带电部分触及壳体 (2)励磁绕组或电枢绕组的绝缘损坏	使用兆欧表逐一检查励磁绕组、电枢绕组及其带电部分
按下开关，电钻不转动	(1)电源未接通	(1)逐级检查电源、熔断器、插头、开关、接线头，发现问题采取相应措施解决
	(2)电刷与换向器表面未接触	(2)检查、调整电刷弹簧压力，使二者接触良好
电源接通后，发出不正常响声，电钻不转动或转得很慢	(1)开关接触不良，时断时合 (2)轴向推力过大，电钻严重过载	(1)检查、修理开关 (2)减小钻削时的轴向进给力
	(3)机械传动部分卡住	(3)检查、修理机械传动部分
换向器表面火花大	(1)电枢绕组短路	(1)检查电枢绕组，若发现短路，修复绕组
	(2)电枢与换向器接触不良	(2)检查、调整弹簧压力，使二者接触良好
	(3)换向器表面不平整，或径向跳摆严重	(3)检查换向器，找正、磨光换向器外圆表面
电动机旋转而钻轴不转	齿轮轴或半圆键折断，传动失灵	检查齿轮和半圆键，发现问题采取相应措施解决
减速器外壳严重发热	(1)润滑脂变质或缺乏 (2)齿轮啮合过紧或其间落有杂物	(1)更换或添加同牌号润滑脂 (2)检查、调整齿轮、清除杂物
外壳表面过热	(1)负荷过大	(1)检查、调整负荷
	(2)电源电压过低或过高	(2)用万用表交流电压档检查电源电压，若发现电压过高或过低，则予以调整
	(3)钻头磨钝	(3)发现钻不动时检查钻头。若磨钝，则在砂轮上修理

www.plcworld.cn

169. 怎样进行直流电焊机(弧焊发电机)的并联运行操作？应注意哪些事项？

通常，当焊接电流超过单机最大允许电流时，可将两台焊机并联运行。并联运行的操作步骤如下：

(1)用截面为 70 毫米² 的橡皮绝缘多股芯线将两台发电机的出线柱的同极性端相连，其中同极性两方之间通过并联刀闸开关 S_1、S_2 相连接(图 2-41)；起动前两刀闸开关应断开。

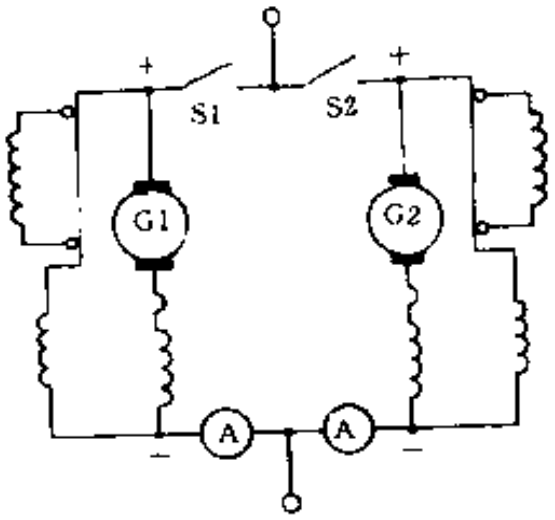


图 2-41　两电刷的弧焊发电机并联接线

(2)起动后用万用表测试两台发电机的输出电压极性是否正确。如果两台发电机的正极(或负极)间电压为零，则说明极性相同；如果电压约等于 2 倍额定电压，则说明极性相反，应更换接线，使电压极性相同。

(3)分别调整两台发电机的电压，使二者的电压相等。

(4)分别调整两台发电机的电流，使每台的电流约为 1/2 焊接电流。

(5)合上并联刀闸开关 S_1、S_2，测试总电流，并调整两焊机的电流，使电流平均后即可进行焊接。

并联运行操作应注意以下事项：

(1)不得任意改变单机的焊接电流。如果需要改变，应使两机同时改变到相同的负载电流。

(2)注意运行中的电流变化情况，尽可能使两机的负载电

www.plcworld.cn

流相等。

(3)在并联的情况下，也可使用单机进行焊接，但此时另一台焊机的刀闸开关必须断开。

170. 使用交流电焊机时，怎样节电？

使用交流电焊机时，一般可采取以下节电措施：

(1)加装空载节电器。近年来，许多用电单位为各类空载率大于50%的交流电焊机都加装空载节电器，取得了明显的节电效果。例如，一台18.4～31千伏·安的交流电焊机，原空载电流为3.5～9安，加装空载节电器后，空载电流为0.8～2.2安，即空载耗电量可降低3/4。

(2)选用节能型电焊机。在满足生产工艺要求的前提下，应正确选用前国家经委和机械工业部推广应用的节能型电焊机。

(3)合理选择二次侧电缆截面和电缆长度，以减少线损。例如，当焊机二次电流为300安时，一条10米长的XHH-120型电缆，线损约为140瓦；若使用一条长为40米的XHH-50型电缆，线损为1400瓦，其损耗相差10倍。由此可见，合理选择电缆截面和电缆长度，能大大节约电能。

此外，焊机电缆卷成圈状使用，电抗大大增加，功率因数降低，其电能损耗是电缆展开成直线时的4倍。因此，进行电焊作业时，应尽量将电缆展开成直线而不成圈状使用。

(4)适当安装低压补偿电容，改善功率因数，以降低线损。

(5)使用多台电焊机时，要合理分配负荷，尽量保持三相供电系统的负荷均衡，以减少线损，提高效率，延长电焊机使用寿命。

171. 交流电焊机中修前怎样检查其故障？

对交流电焊机一般不规定检修周期，只有发现它在运行

www.plcworld.cn

中出现异常现象，不能满足使用要求时，才安排中修。中修前必须对电焊机的故障进行检查和判断，以便确定修理的重点。交流电焊机常见故障的检查方法如下：

(1)绕组过热　用钳形电流表测量电焊机工作电流，以判断是过载还是内部绕组发生匝间短路。若匝间短路，应修补绕组或重绕线圈(大修)。

(2)铁芯过热　检查电源电压是否波动。如果电源电压稳定，则可能是铁芯硅钢片松弛、硅钢片漆层损坏或固定夹紧用的穿心螺杆的绝缘损坏。若硅钢片漆层损坏，应进行大修，拆开铁芯重新涂漆。

(3)焊接电流不稳定　大多是动铁芯或动线圈的位置不稳定引起的。应检查调节手柄机构，使其在使用时定位。

(4)电焊机振动，有强烈的嗡嗡声　出现这种振动，除铁芯硅钢片松动之外，大多是动铁芯或动线圈的传动机构(如手柄、螺杆、齿轮等)引起的。

(5)电焊机不起弧或电流过小　首先应检查一次线圈接线端是否正确，电压等级是否相符(如 380 伏错接 220 伏)，电源线或焊接线(手把线)是否过长、过细，焊接线是否盘成圈而造成电感很大；其次，应检查电焊机绕组有无短路或断路故障，此时测量一、二次电压即可判断故障性质。

(6)熔体经常熔断　应使用兆欧表检查电源线和一、二次绕组有无短路、接地故障。若发现局部缺陷，中修时应修补绝缘；若是绕组绝缘老化，应进行大修，重绕线圈。

(7)外壳带电　可使用兆欧表检查电源线、绕组或端子板等的绝缘是否损伤，查明损伤部位后予以处理。

(8)绝缘电阻太低　一般是线圈受潮、绝缘老化等原因引起的。如果绝缘电阻低于 0.5 兆欧，应进行干燥处理；若干燥

www.plcworld.cn

后绝缘电阻仍很低，则应更换线圈。

172. 怎样拆卸、修理和试验交流电焊机？

如果交流电焊机发生故障，则在查明故障后，即可进行拆卸和修理，步骤如下：

(1)首先断开电源，拆下外壳；然后把一、二次线端子作好标记，并将其拆下。

(2)拆卸调节机构、手柄、螺杆、齿轮和弹簧等，并记好位置；然后检查这些元件的损坏程度，严重损坏者予以更换。

(3)检查绕组故障点。如果二次线圈外层有短路或接地等局部缺陷，一般可用玻璃丝带、黄蜡绸或云母垫片等将损坏处包好；如果一次线圈内层短路，则应重绕线圈。

(4)重绕线圈或检修铁芯时，应先松开铁芯夹板，拆除横轭铁，再取出二次和一次线圈。

(5)检查各连接点，卸下后除锈，然后重新拧紧。

(6)清除各零部件上的灰尘和锈蚀，并在外壳上刷防锈漆。

检修后组装电焊机，组装顺序与拆卸相反。组装后进行以下检查和试验：

(1)测量初、次级绕组的绝缘电阻，其值应不低于 0.5 兆欧。否则，应进行干燥处理。

(2)测定一次侧空载电流，其值应不超过额定值的 10%；测量二次侧空载电压，其值不应超过 80 伏。

(3)检查焊接电流的调节范围。最小焊接电流应在额定值的 25%以上，最大焊接电流不应小于额定值的 120%；相应的工作电压 U 一般为 $U=20+0.04I$(伏)。如果起弧稳定，电焊机即可投入使用。

173. 直流电焊机有哪些常见故障？怎样处理？

www.plcworld.cn

直流电焊机的常见故障和处理方法见表 2-12。

表 2-12 直流电焊机的常见故障和处理方法

故障现象	可能原因	处理方法
焊接时电流忽大忽小	(1)电缆线与焊件接触不良 (2)电流调节器可动部分松动 (3)电刷与换向器接触不良 (4)网络电压不稳定	(1)使电缆线与焊件接触良好 (2)固定电流调节器的松动部分 (3)使电刷与换向器接触良好 (4)稳定网络电压
电焊机过热	(1)电焊机过载 (2)发电机电枢线圈短路 (3)换向器短路或有污垢	(1)减小焊接电流 (2)排除短路故障 (3)清理换向器，除去污垢
电刷有火花，使换向器发热	(1)电刷未研磨好 (2)电刷盒的弹簧压力太小 (3)电刷在盒中跳动或摆动 (4)电刷架歪曲或未拧紧 (5)电刷边直线未与换向片对准 (6)换向器脏污	(1)研磨电刷，使其与换向器有良好的接触；若换上新电刷，不可同时换下原有电刷总数的 1/3 (2)调节弹簧压力，必要时可调换框架 (3)检查电刷与刷盒的间隙，间隙不得超过 0.3 毫米 (4)校正并固定电刷架 (5)校正各组电刷，使其与换向片排成一直线 (6)用蘸有汽油的干棉布擦净换向器
导线接触处过热	接线处的接触电阻过大或接线处螺钉松动	将接线松开，用砂纸或小刀将接触导电处清理出金属光泽，再拧紧螺钉
换向器工作面大部分发黑	换向器振动	用千分表检查换向器，若摆动超过 0.03 毫米，则应在车床上将其加工
一组电刷中有个别电刷跳火	(1)电刷与换向器接触不良 (2)无火花电刷的刷绳线间接触不良，引起相邻电刷过载并跳火	(1)仔细观察接触表面，并清除接触表面上的污物 (2)更换不正常的电刷，排除故障
发电机不发电	(1)换向器不清洁 (2)励磁电路断路 (3)发电机已去磁(自励剩磁消失)	(1)擦拭换向器 (2)检查励磁电路与变阻器接头的连接是否可靠 (3)用直流电源充磁

www.plcworld.cn

续表 2-12

故障现象	可能原因	处理方法
电机运转中断	(1)负载超过允许值 (2)换向器过热，污垢过多，电刷压力过大，换向器表面不平，导致换向不良	(1)减轻负载 (2)擦拭换向器，并仔细研磨，适当调整电刷压力
电刷有火花，且个别换向片下有灰迹	个别换向片凸出或凹下	若故障不严重，可用细油石研磨；若研磨后无效，应将其在车床上加工

174. 怎样选用电烙铁？

电烙铁的选用，主要应考虑以下四个因素：

(1)设备的电路结构形式。

(2)被焊器件的吸热、散热状况。

(3)焊料的特性。

(4)使用是否方便。

选用的电烙铁，其功率、加热形式和烙铁头的形状等应满足上述四方面的要求。

通常，小件(如小型元器件、电路板等)的焊接，宜选用 20～25 瓦电烙铁；大件(如接线柱等)的焊接，宜选用 35～75 瓦的电烙铁。但是，选用电烙铁的功率时，应注意电烙铁的加热方式。加热方式相同的电烙铁，一般是功率越大，烙铁头的温度越高，热容量也越大。若加热方式不同，相同瓦数的电烙铁的实际功率却相差很大。例如，一个 20 瓦的内热式电烙铁，其实际功率就相当于一个 25～45 瓦外热式电烙铁的实际功率。

烙铁头的状态要适合焊接面的要求和焊点的密度。烙铁头有直轴式和弯轴式两种。直轴式烙铁头便于垂直操作，其头端是焊接工作面，一般与轴的垂直面成 10°～25°夹角，也有采用 45°夹角的，外形如马蹄形，使用比较方便(图 2-42a)。根据

www.plcworld.cn

不同装配物体的焊接需要，烙铁头还有图 2-42b、c、d、e 所示的几种形状。如果在烙铁头切面上钻小孔，则便于焊接针状部分；头端细小的烙铁头，可焊接焊接面较小的部位。焊接小型元件和电路板铜箔用的烙铁头，其合理直径是 4～5 毫米。

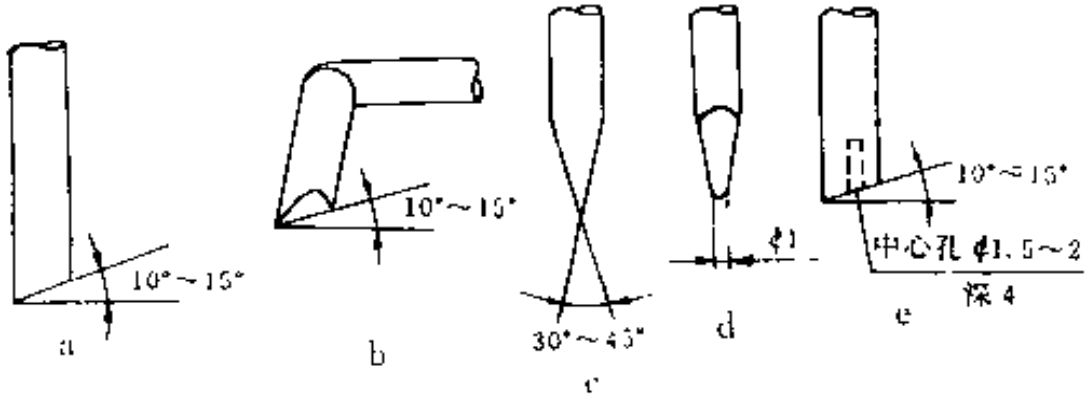


图 2-42　电烙铁头

175. 怎样使用和维护电烙铁？

使用和维护电烙铁，应注意以下事项：

(1)使用电烙铁以前，应认真检查。如有损坏，不得使用。

(2)应通过两相三线插座获得电源，并将接地线可靠接地或接零。

(3)电源线不应接得太长，不得卷曲，不得使用强度低的塑料线作为电源线。

(4)初次使用电烙铁时，首先应将烙铁头浸上一层锡。浸锡的方法是将烙铁头加热后，擦去其上的氧化层，蘸上松香，然后浸在熔锡中。

(5)电烙铁使用一段时间后，应将烙铁头取下，去掉与传热筒接触部位的氧化层，然后将其装上，以防止以后不能取下烙铁头。

(6)使用过程中不得任意敲击烙铁头，电烙铁应轻拿轻放，以免损坏内部发热元件。

(7)烙铁头要经常保持清洁。使用中可经常将烙铁头在石

www.plcworld.cn

棉毡上摩擦几下，以除去氧化层。使用一定时间后，烙铁头表面可能出现不能上锡（“烧死”）现象，此时可先用刮刀刮去焊锡，再用锉刀清除表面黑灰色的氧化层，然后重新浸锡。

（8）使用一定时间后，烙铁头表面会出现腐蚀凹坑，失去原有形状，影响正常焊接。此时可用锉刀将其整形，修整到符合要求的形状后浸锡。

（9）焊接过程中暂时不使用电烙铁时，应将其置于专用的支架上，避免损坏导线或其他物件；电烙铁的放置地点应远离易燃物体，以防止引起电气火灾。

（10）焊接结束时，应立即拔下插头；电烙铁冷却后应妥善保管，以备再用。

176. 怎样提高电烙铁的效能？

常用电烙铁的内部结构是一个中空的瓷管，瓷管上缠绕电热丝，瓷管中插入铜棒。在使用过程中，电热丝发出的热量仅有一部分传入瓷管，并且瓷管很厚，所以只有一小部分热量用来加热铜棒，电热丝不易散热，往往因过热而烧断。近来有人将烙铁头的尾部做成中空的铜管，用云母片绝缘后，将其套在电热丝上。这样，可使电烙铁的效能提高一倍以上，并大大延长了烙铁的使用寿命。普通 45 瓦电烙铁改装后，其发热量相当于 100 瓦的电烙铁，并且能长期连续工作而不损坏。具体改装方法如下：

改装用的合金线规格如表 2-13 所示，加热芯子见图 2-43a。将直径 10 毫米的瓷管（可采用 5 瓦 2000 欧线绕电阻用的瓷管）两端用砂轮磨出两个槽，其中一端还需磨出一缺口，用直径约 0.2 毫米的电热丝在凹槽中绕两圈绞住作为引出线。

电热丝的电阻可按下式计算（以 220 伏 45 瓦电烙铁为

www.plcworld.cn

例)：

$$R=\frac{U^2}{P}=\frac{220^2}{45}=1070\text{ 欧}$$

式中　R 为电热丝电阻，欧；

U 为电源电压，伏；

P 为电烙铁的功率，瓦。

电烙铁工作电流的计算式为

$$I=\frac{P}{U}=\frac{45}{220}=0.2\text{ 安}$$

根据电烙铁的工作电流，查表 2-13 可以确定电热丝的线径。

表 2-13　电热用圆形镍铬合金线规格

线号	线径，毫米	电阻，欧/米(500℃)	最大载流量，安
36	0.1270	95.2	0.47
37	0.1131	118.0	0.39
38	0.1007	149.0	0.32
39	0.0897	195.0	0.26
40	0.0799	264.0	0.21

表 2-13 中最大载流量以每毫米^2 载流 40 安计算比较安全。

上式计算的工作电流为 0.2 安，为耐用起见，选用 39 号镍铬线。由于在加热过程中电热丝表面产生具有绝缘作用的氧化层，所以在瓷管上可以单层密绕，两端在引出线上多绕几圈，以使其固定。

烙铁头用紫铜棒按图 2-43b 车制。将绕好的电热丝瓷管用厚度为 0.1～0.2 毫米的云母片包一层，插入烙铁头中，引出线用小瓷珠套好，将线引出即改装完毕。

www.plcworld.cn

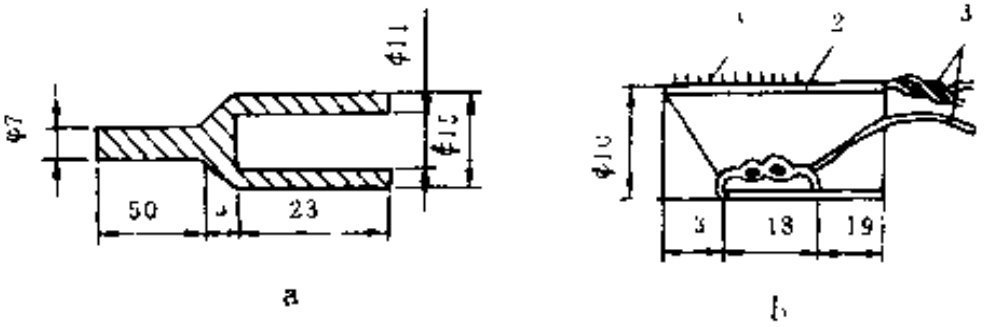


图 2-43　烙铁头和加热芯子示意图

a. 加热芯子　b. 烙铁头

1. 电热丝　2. 瓷管　3. 引出线

177. 怎样选用焊料？

凡是用来熔合两种或两种以上的金属面，使之成为一个整体的金属或合金，都叫做焊料。按组成成分，常用焊料可分为锡铅焊料、银焊料和铜焊料。在电子设备的装配和维修中，常用锡铅焊料，也叫焊锡。按锡、铅的不同比例组成的各种合金，其熔点和物理性能各不相同。例如，由锡、铅各为 50％组成的合金，其熔点为 212℃，凝固点为 182℃，在 182～212℃之间为半凝固状态。这种合金的含锡量低，可用于一般焊接。由于其熔点高，在电子设备的装配和维修中一般不采用。

锡、铅为 62％、38％的合金叫做共晶焊锡，其熔点和凝固点都是 182℃，由液态到固态几乎不经过凝固状态，所以用于焊接时，焊点凝固快，可以缩短焊接时间。这种焊锡的焊接强度较高，适于在电子线路的焊接中使用。在印刷线路板上焊接元件时，通常采用低温焊锡丝。这是一种空心焊锡丝（心内贮有松香），熔点为 140℃，其成分为锡 51％、铅 31％、镉 18％，外径有 1、1.5、2 毫米等几种。

178. 焊剂有何作用？怎样选用焊剂？

金属在空气中，特别是在加热时，其表面会生成一薄层氧化膜。焊接时，这种氧化膜会阻碍焊锡的浸润，同时也影响接

www.plcworld.cn

点合金的形成。采用焊剂(也称助焊剂),能改善焊接性能。焊剂一般有三种作用:①破坏金属氧化物,使氧化物漂浮在焊锡表面,有利于焊接;②覆盖在焊料表面,防止焊料或金属继续氧化;③增强焊料和金属表面的活性,从而可增大浸润能力。

选用焊剂应考虑被焊金属的性能和氧化、污染等情况,还应从焊剂对被焊件的焊接面的影响,如焊剂的腐蚀性、导电性和焊剂对元器件损坏的可能性等方面进行全面考虑。例如:

(1)铂、金、银、铜、锡等金属,或有锡层的金属材料,其焊接性能较好,可选用松香或松香酒精溶液作为焊剂。

(2)铅、黄铜、铍青铜和有镍层的金属,其焊接性能较差,可选用中性焊剂。

(3)焊接板金属时,可选用无机系列的焊剂(如氯化锌和氯化铵的混合物)。这种焊剂有很强的活性,对金属的腐蚀性大,其挥发气体对电路和元器件都有破坏作用,施焊后必须将其清除干净。在电子线路的焊接中,一般禁止使用这类焊剂。

(4)焊接半密封器件,必须选用焊后残留物无腐蚀性的焊剂,以防止渗入被焊件内部的焊剂残留物产生不良影响。

179. 几种常用焊剂怎样配方?

几种常用焊剂的配方如表 2-14 所示。

表 2-14 常用焊剂的配方

名　称	配　方
松香酒精焊剂	松香 15～20 克,无水酒精 70 克,溴化水杨酸 10～15 克
中性焊剂	凡士林(医用)100 克,三乙醇胺 10 克,无水酒精 40 克,水杨酸 10 克
无机焊剂	氯化锌 40 克,氯化铵 5 克,盐酸 5 克,水 50 克

180. 怎样进行烙铁钎焊?

烙铁钎焊应注意以下几点:

www.plcworld.cn

(1)用电工刀或纱布清除连接线端的氧化层，并在焊接处涂上焊剂。

(2)将含有焊锡的烙铁焊头先沾一些焊剂，然后对准焊接点下焊，焊头停留时间随焊件大小而定。

(3)焊接点必须焊牢焊透，焊接点的锡液必须充分渗透，焊接点表面应光滑并有光泽。

(4)防止出现虚假焊点和夹生焊点。虚假焊是焊件表面没有充分镀上锡层，焊件之间没有被锡固定。出现虚假焊的原因是焊件表面未清理干净或焊剂用得太少。夹生焊是锡未被充分熔化，焊件表面的锡晶粒粗糙，焊点强度很低。出现夹生焊的原因是烙铁温度不够高，焊头停留时间太短。

(5)焊接大件时，应先用电烙铁将焊件加热到一定温度，再加锡施焊。

181. 锡焊有何优点？怎样进行锡焊？

锡焊是利用受热熔化的焊锡对铜、铜合金、钢、镀锌薄钢板等进行焊接的一种方法。锡焊的优点是：接头具有良好的导电性和一定的机械强度，焊锡加热熔化后，可以很方便地进行拆卸。因此，锡焊在焊接工艺中得到广泛应用。

进行锡焊时应注意以下事项：

(1)焊接前应将母材焊接处进行清洁处理，这是保证焊接质量的关键。常用砂布、锉刀或刀片清除焊接处的油漆或氧化层；焊接处处理后应立即涂上焊剂。

(2)使用电烙铁加焊(适于焊接薄板和铜导线)时，要注意控制焊锡的熔化温度：温度过高易使焊锡氧化面失去焊接能力；温度过低会造成虚焊，降低焊接质量。

(3)沾焊时，首先用加热设备(如电炉、煤炉等)将容器中的焊锡熔化，再将涂有焊剂的焊接头浸入熔化的焊锡中进行

www.plcworld.cn

焊接。这种方法焊接质量较好，生产率也较高。

(4)使用喷灯(喷灯是一种喷射火焰的加热工具)加焊时，先用喷灯将母材加热，并不时涂擦焊剂。当母材加热到合适温度时，使焊锡接触母材，于是焊锡熔化并铺满焊接处。这种方法适于焊接较大尺寸的母材。

182. 怎样认识假焊和虚焊的危害性?

假焊使电路完全不通；虚焊使焊点成为有接触电阻的连接状态，造成电路工作时噪声增大，工作状态不稳定，时好时坏，没有规律。此外，也有一部分虚焊点，在电路开始工作的一段较长时间内，接触尚好，电路工作正常，但在温度、湿度和振动不断发生变化的条件下工作一段时间后，焊点接触表面逐渐氧化，接触电阻不断增大，最后导致电路工作不正常，这一过程有时长达一二年之久。所以，假焊现象易于发现，返工再施焊即可，而虚焊则是潜伏性的隐患，一时难以发现，必须提高焊接质量，予以避免。

183. 怎样拆焊?

在电气设备的装配和检修中，有时需要将已焊接的焊点和元器件拆除，这个拆除过程叫做拆焊。拆焊比焊接更复杂更困难。拆开元器件或导线的焊点时，只有使用恰当的方法和利用必要的工具，才不会损坏元器件或破坏原焊点。实际拆焊作业，分一般焊点拆焊和印刷线路板上装置件拆焊两种。

(1)一般焊点拆焊　一般焊点有钩焊、搭焊、插焊和网焊四种，前三种的拆焊比较简单，一般可使用烙铁将需要拆开的焊点加热，熔化焊锡，用镊子或尖嘴钳拆下元器件引线。而拆除网焊接点就比较困难，稍不注意就会损坏元器件或烫坏绝缘材料。在设备检修中需要拆开这类焊点时，一般可在离焊点约 10 毫米处将欲拆的元器件的引线剪断，然后再与新的元器

www.plcworld.cn

件焊接。

(2)印刷线路板上装置件的拆焊　一般采用分点拆焊法和集中拆焊法进行拆焊。

①分点拆焊法　焊接在印刷线路板上的电阻、电容元件，一般只有两个焊点。在元件水平安装的情况下，两个焊点之间的距离较大，可分点拆除，即首先拆除一端焊点的引线，再拆除另一端焊点的引线，最后将元器件拔出。

②集中拆焊法　如集成电路、中频变压器、插焊在印刷线路上的多接点插接件、转换开关、三极管以及直立安装的电容元件等，其焊接点除后面两种元器件的焊点较少而距离很远外，其余各元器件的焊点一般多而密。对于这类元器件的焊点，可集中拆除，即首先使用电烙铁和吸锡工具将每一焊点上的焊锡吸掉，再使用排锡管将元器件引线逐个与焊盘分离，最后将元器件拔下。

无论采用哪种拆焊方法，都要求操作时加热要迅速、注意力要集中、动作要快。如果焊接点上的引线弯成一定角度，则拆焊时首先应吸去焊锡，然后用镊子撬直才进行拆除。

184. 怎样快速修理电烙铁的电热丝？

电烙铁常见的故障是电热丝断裂。最简单的修理方法是将断裂处绞接，但这样连接后常因接点松动而出现火花，并且用不多久，接点又断裂。有一种快速可靠的修理方法：将电热丝从筒中取出，先除去断裂附近的氧化物，然后紧紧地绞接，绞接后在接头周围撒少许玻璃和电料瓷的混合粉末(将二者按 6∶1 研磨而成)，装好后，通电几分钟，粉末便熔化而附着在接点上。这样修理，接点就不会出现火花，并且也比较耐用。

www.plcworld.cn

三、电气照明

185. 怎样选择照明线路的供电方式？

照明线路的供电，可以是单相供电（线路上的电气设备工作电流≤30 安时），也可以是三相四线制供电（线路上的电气设备工作电流＞30 安时）。如果实行三相四线制供电，则应力求每相的负荷均衡。

灯数较多的荧光灯照明装置，可采用两相或三相供电方式（将荧光灯分别接于各相），以减小频闪效应。必须指出，除医院手术室和某些有特殊需要的场所外，同一室的灯具和单相插座均必须由同一电源供电，以免发生事故。

室内小型动力设备和仪器等专用的插座，应由单独的线路供电，且线路上应装有控制开关。应急照明（附带蓄电池的应急照明除外）、值班照明、太平灯和路灯等应接在与工作照明分开的线路上。

186. 照明方式分为哪几种？怎样掌握选择照明方式的一般原则？

照明方式一般分为以下四种：

（1）一般照明　整个场所或场所某部分的照度基本上是均匀的照明。

（2）局部照明　局限于工作部位的固定的或移动的照明。

（3）局部的一般照明　按工作对象和工作场所的功能来布置灯具的照明。这种照明方式所用的照明器，也可用来对房间进行一般照明。其优点是：照明设备的利用系数高；由于可变换灯具的位置，能防止产生使人心烦意乱的阴影、直接眩光

www.plcworld.cn

和反射眩光。

(4)混合照明　一般照明和局部照明同时应用就是混合照明。混合照明较为灵活，容易做到节约用电。

选择照明方式一般应遵循以下原则：

(1)工作位置密度很大而对光照方向又无特殊要求，或者在工艺上不适宜装设局部照明装置的场所，宜采用一般照明。其优点是工作表面和整个视野范围内均具有较好的亮度对比，并可采用功率较大的光源，因而可获得光效高、灯具少、投资低、节约用电的效果。

(2)如果局部地点需要高照度或者要求灯光按一定方向照射，则宜采用局部照明。

(3)工作位置需要较高照度和要求灯光按一定方向照射的场所，宜采用混合照明。

(4)为便于工作人员进行维护和巡视，除临时性工作外，在一个工作场所内，不应只装局部照明而无一般照明。

187. 怎样理解应急照明？哪些场所应装设备用照明和疏散照明？

当正常(工作)照明发生事故而熄灭时，能在短时间内保证必要的继续生产所需的工作面照度的照明，以及供人员安全疏散用的照明，称为应急照明。应急照明分为备用照明和疏散照明两种，一般应在正常照明熄灭后自动投入，也可作为正常照明的一部分不间断工作。应急照明线路应由独立电源(如直流电源或其他备用电源)供电，不得与动力线路或其他照明线路共用电源。应急照明线路的设备(如应急照明灯具)应有明显标志，以便平时维护检查。

凡是正常照明因故障熄灭将造成爆炸，火灾、中毒或人身伤亡等严重事故的场所，可能引起生产操作长期混乱的厂房，

www.plcworld.cn

以及变、配电场所和其他动力供应站，均应装设备用照明；凡是正常照明熄灭后，易发生工伤事故的厂房和车间通道，以及通行时易发生危险的场所（如楼梯，集会场所的出口，宾馆、饭店的走廊和门厅等），均应装设疏散照明。

188. 怎样选择企业的照明电源？

企业照明电源，一般根据照明种类或照明方式来选择，例如：

（1）正常照明，通常与电力负荷合用变压器，但不宜与较大冲击性电力负荷合用。如果必须合用，应校核电压波动值。照明容量较大而又集中的场所，如果电压波动或电压偏移过大，严重影响照明质量或灯泡使用寿命，则在技术、经济合理的前提下，可装设照明专用变压器或调压装置。

（2）暂时继续工作用的备用照明，应按一级负荷供电。疏散照明，最好由单独的专用变压器供电。如果只装有一台变压器，可在母线处或建筑物进线处与正常照明的供电线路分开，另设专用供电线。

当正常照明因故障熄灭后，应急照明电源应自动投入。但是，如果有专人值班，也可实行手动切换。

（3）机床和固定工作台的局部照明，由电力线路供电。

（4）移动式（非固定式）照明，可由电力或照明线路供电。

（5）厂区道路照明，可以集中由一个车间变电所供电，也可分别由几个车间变电所供电，但尽可能在一处集中控制（手动或自动控制），控制点应设在有人值班的地方。

（6）露天工作场地、露天堆场的照明，可由道路照明线路供电，也可从附近有关建筑物的进线处接电。

189. 怎样设计和计算一般照明线路？

设计一般照明线路，应考虑以下几个问题：

www.plcworld.cn

(1)分支线的最大负荷电流不宜超过 15 安。

(2)每一分支线的灯头数(一个插座也算作一个灯头)一般在 20 个以内;最大负荷电流在 10 安以下时可增至 25 个。

(3)分支线的供电半径不应超过 30 米。

(4)重要房间和次要房间可分别由独立的分支线供电;如果插座电路装有漏电保护器或插座较多,可专门敷设一条分支线对其供电。

(5)电热设备应由独立的分支线供电,以便电热设备一旦发生故障,可缩小事故范围;如果电热设备的负荷电流在 15 安以上,插座应加装熔断器。

(6)配电盘由三相电源供电时,各分支线的负载应保持三相平衡。

(7)分支线的路径应最短,尽量避免沿凸出的梁和柱子敷设,并减少穿墙次数,同时与生产机械,冷、热水管和暖气管道等应保持规定距离。

(8)干线布置可分为放射式或树干式。

支线、干线的功率和电流可按下述方法计算:

(1)白炽灯电流的计算式为

$$I = \frac{P}{U}$$

式中 I 为电流,安;

P 为功率,瓦;

U 为电压,伏。

(2)荧光灯的电流按上式计算后,再乘以 1.2。

(3)计算照明干线的功率和电流,应考虑利用系数,其值可自电工手册或一般电工参考书中选取。

(4)当采用三相电源时,应使三相负荷分配均匀;如果分

www.plcworld.cn

配不均，则应根据最大一相的负荷来计算干线的功率和电流。

190. 怎样选择照明灯头导线截面？

照明灯头导线截面的大小，随不同安装场所和用途而定，一般可参照表 3-1 选择。

表 3-1　照明灯头导线线芯最小截面

安装场所和用途		线芯最小截面，毫米²		
		铜芯软线	铜　线	铝　线
照明灯头线	民用建筑物室内	0.4	0.5	1.5
	工业厂房内	0.5	0.8	2.5
	室外	1.0	1.0	2.5
移动式用电设备	生活用	0.2		
	生产用	1.0		

191. 怎样区别灯具和照明器？

有人认为灯具就是光源。其实不然，二者是两回事。光源是指发光元件或发光体，如白炽灯泡、荧光灯管等。而灯具则是指控制光源发光及其分布的一种装置，其主要作用是固定光源，使光有效地射向需要光的地点和提高光源的利用率，装饰照明场所，防止光源引起的眩光，保护光源不受外力、潮湿和有害气体的影响。在实际应用中，灯具与照明器并无十分严格的界线。灯具与光源组成照明器。可以认为，灯具就是不带光源的照明器，当然也可以说照明器就是带有光源的灯具。

192. 怎样掌握选择电光源的一般原则？

在节电和满足显色性要求的前提下，选择电光源一般应遵循以下原则：

（1）一般室内照明，宜用荧光灯代替白炽灯，最好选用三基色荧光灯。

www.plcworld.cn

(2)处理有色物品的场所，应满足显色性要求，宜采用显色性好的光源或三基色荧光灯。

(3)灯具悬挂较低的工作场所，宜采用荧光灯或低功率高压钠灯。

(4)安装高度在4米以上的室内光源，宜采用金属卤化物灯。为了产生必要的照度和具有较好的显色性，也可考虑高压钠灯、金属卤化物灯和荧光灯混合使用。

(5)高大厂房和露天工作场所的一般照明，宜采用高压钠灯、金属卤化物灯或外镇流高压水银荧光灯。除特殊情况外，不宜采用管形卤钨灯和大功率白炽灯。

(6)生产场所应尽量不用自镇流式高压汞灯和大功率白炽灯，只在开闭频繁、面积小、要求照度不高的地点，才考虑采用普通白炽灯，但最好选用新式双绞丝型、充氪氮混合气、蘑菇形白炽灯。

(7)1～15℃的低温场所，宜采用与快速启动镇流器配套的荧光灯。

(8)企业厂区和居民小区的道路照明，宜采用高压钠灯或外镇流式高压汞灯。

表3-2列出了各种电光源的性能和特点，表3-3列出了各种电光源适用场所，可供选择电光源时参考。

表3-2　常用电光源的性能和特点

光源种类	发光效率，流/瓦	额定工作时间，时	优　点	缺　点
白炽灯	7～16	1000	结构简单，价格低廉，使用和维修方便，光质较好(发出热光)，功率因数高	光效低，寿命短，耐震性差

www.plcworld.cn

续表 3-2

光源种类		发光效率，流/瓦	额定工作时间，时	优　点	缺　点
荧光灯		46～60	3000	光效较高（比白炽灯高 4 倍），寿命长，光色近于日光	光质不如白炽灯（属冷光），功率因数低，需附件多，故障比白炽灯多，装设成本较高
碘钨灯		19.5～21	1500	光效较高（约比白炽灯高 1/3），光色好，构造简单，体积小，使用和维修方便	灯管必须水平装设，倾斜度应＜4°，灯管表面温度高（可达 500～700℃），不耐震
高压水银荧光灯	外附镇流器式	38～50	5000	光效高，寿命长，耐震性好	功率因数低，需要附件，价格高，启动时间长，初启动 4～8 分钟，再启动 5～10 分钟
	自镇式	22～30	3000	光效高，寿命较长，无需镇流器附件，使用方便，光色较好，初启动无延时	价格高，不耐震，再启动需延时 3～6 分钟
钠　灯		90～100	3000	光效很高，省电，寿命长，紫外线辐射少，透雾性好	价格高，辨色性差，初启动时间约 4～8 分钟，再启动需 10～20 分钟

www.plcworld.cn

表 3-3　常用电光源适用场所

光源种类	适用场所	举例
白炽灯	(1)要求照度不高的生产厂房、仓库 (2)局部照明，应急照明 (3)要求频闪效应小的场所，开、关频繁的地点 (4)需要避免气体放电对无线电设备或测试设备产生干扰的场所 (5)需要调光的场所	高度较低的机加工车间、配电所、变电所、小型动力站房、仓库、办公室、礼堂、宿舍、厂区次要道路等
钨卤灯	(1)照度要求较高，显色性要求较好，且无振动的场所 (2)要求频闪效应小的场所 (3)需要调光的场所	装配车间、精密机械加工车间和礼堂等
荧光灯	(1)悬挂高度较低，又需要较高照度的场所 (2)需要正确识别色彩的场所	表面处理、计量、仪表装配地点，主控室，设计室，阅览室，办公室等
高压水银荧光灯	照度要求高，但对光色无特殊要求的场所	大中型机械加工车间、热加工车间、大中型动力站房和厂区主要道路等
管形氙灯	宜用于要求照明条件较好的大面积场所，或在短时间需要强光照明的地方，一般悬挂高度在 20 米以上	露天工作场所
金属卤化物灯	厂房高、要求照度较高和光色较好的场所	铸钢车间、铸铁车间的熔化工段、总装车间、冷焊车间等
高压钠灯	(1)需要照度高，但对光色无特殊要求的场所 (2)多烟尘的车间	铸钢车间、铸铁车间的熔化工段、清理工段、露天工作场地、厂区主要道路

193. 怎样选择照明器？

选择照明器，应注意以下几点：

(1)需要观察设备的场所，以及要求室内整个空间的光线

www.plcworld.cn

都柔和的场所，应选用上半球有光通分布的照明器。

(2)在可能遭受机械损伤的场所，应选择带铁丝防护罩的照明器；生产中有较大冲击震动的场所，应采用加强保护的特制照明器，如采用挂钩式柔性连接的照明器。

(3)选择某一类型照明器时，应考虑保持灯泡光线中心的正确位置和保护角，灯具尺寸应与灯泡容量相适应。

(4)在通风散热不良的场所，应选择有散热孔的灯罩。

(5)高压水银荧光灯的外形尺寸一般大于同功率的白炽灯，当室内照明同时使用白炽灯和高压水银荧光灯时，应注意校验灯具尺寸，必要时可为高压水银荧光灯选择较大的灯具。

194. 怎样掌握选择企业照明灯具的一般原则？

选择企业照明灯具应遵循的一般原则是：

(1)应考虑维修方便和使用安全。

(2)有爆炸性气体或粉尘的厂房内，应选用防尘、防尘防水或防爆式灯具，控制开关不应装在同一场所，需要装在同一场所时应采用防爆式开关。

(3)潮湿的室内外场所，应选用具有结晶水出口的封闭式灯具或带有防水灯口的敞开式灯具。

(4)灼热、多尘场所应采用投光灯。

(5)有腐蚀性气体和特别潮湿的室内，应采用密封式灯具，灯具的各部件应做防腐处理，开关设备应加保护装置。

(6)有粉尘的室内，根据粉尘的排出量及其性质，应采用完全封闭式或密封式灯具。

(7)灯具可能受到机械损伤的厂房内，应采用有保护网的灯具；震动场所(如有锻锤、空压机、桥式起重机的地点)，应采用带防震装置的灯具。

(8)在密封式灯具内和大于150瓦的灯泡，均不得采用胶

www.plcworld.cn

木灯头，而应使用瓷灯头。

195. 怎样合理选择住宅室内照明灯具？

住宅室内照明灯具的选择，随室内条件（家具多少和摆设位置等）和具体要求（主人格调和个性）而定，总的原则是室内照明光线要柔和，色调应统一。

住宅室内灯具一般有吊灯、吸顶灯、壁灯、台灯、落地灯、厨房用灯等。吊灯和吸顶灯属于一般照明灯，壁灯、台灯、落地灯属于局部照明灯。现代住宅的室内照明，趋向于混合照明。卧室中以壁灯、落地灯和台灯为主，照度稍低；起居室以吊灯和吸顶灯为主，照度稍高。

各种灯具一般都应设灯罩，灯罩的色调应与整个房间的格调相适应。一般住宅室内人工照明要求如表 3-4 所示。

表 3-4　室内人工照明要求

房间名称	最低照度①，勒	
	白　炽　灯	荧　光　灯
一般卧室	30	
高级卧室	20～50	40～100
起居室、书房②	15～30	40～60
厨　　房	15～30	
厕所、浴室	5～15	

注：①有人建议，为了保护眼睛，无论采用白炽灯或荧光灯，最好按 4 瓦/米^2 标准安装室内电灯。

②儿童、老年人的写字台宜加设一台合适的台灯。

196. 安装住宅照明设备以前，为什么要了解建筑图纸资料？怎样分析研究这方面的资料？

安装住宅照明设备以前，除了应熟悉和掌握住宅电气施工图外，还要了解建筑方面的图纸资料。这是因为，电气施工

www.plcworld.cn

图只画出设备的大致位置，不可能准确地标出设备的空间坐标。如果机械地从施工图上按比例量取诸如开关、插座和灯具等的安装位置就进行安装，往往发生差错或者不符合实际需要。所以，为了正确地安装住宅照明设备，在安装前还要仔细分析研究以下有关住宅建筑方面的图纸资料：

(1)研究建筑物的平面、立面和剖面图，了解室内间隔情况，门窗的位置和大小，门的开向，楼层高度，天花板和墙壁装饰情况等，以便确定电气器件的具体安装位置。

(2)研究建筑物的结构图，了解梁、柱的位置及其大小，了解楼板和楼梯间的构造，以便确定管线的具体走向。

(3)阅读室内布置图，从中知道房间的划分，家具的布置和家用电器的最佳摆放位置，了解用电设备的容量和相数。

(4)征求建筑人员对住宅照明设备施工的要求和建议，并了解施工程序，以便与土建施工密切配合。

197. 怎样布置室内照明器？

布置室内照明器应遵循的一般原则是：满足一定的照度要求；保证照度均匀；尽量减少眩光和阴影；力求经济合理；满足局部照明的需要。

为使照度均匀，照明器应按正方形、矩形和菱形等形式均匀布置。照明器布置是否合理，主要取决于照明器的间距 L 和计算高度 h(灯具至工作面的距离)的比值(即距高比)是否合理(图 3-1)。距高比大，说明布灯稀，照度

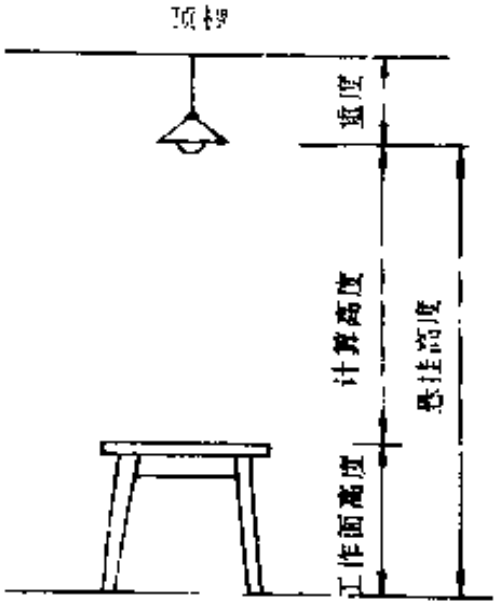


图 3-1　照明器的距高比

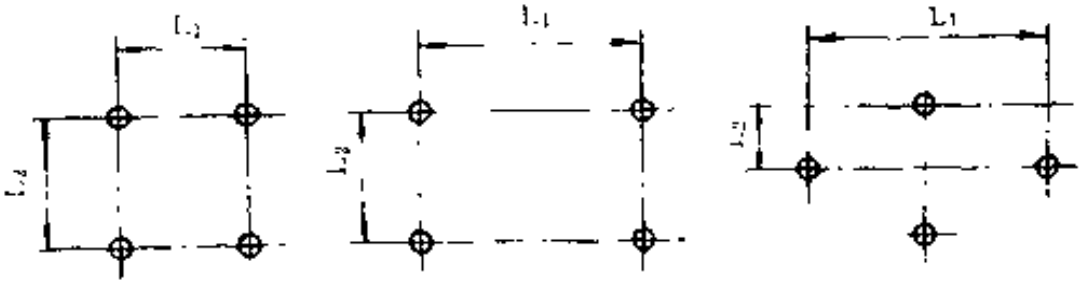
www.plcworld.cn

不均匀；距高比小，说明布灯密，照度均匀，但经济性较差。

各种照明器较合理的距高比如表 3-5 所示，照明器的间距 L 可按图 3-2 计算。

表 3-5　各种照明器较合理的 L/h 值

照明器类型	L/h		单行布置时房间最大高度
	多行布置	单行布置	
配罩型、广照型工厂灯	1.8～2.5	1.6～2.0	1.2h
深照型	1.6～1.8	1.5～1.8	1.0h
防爆灯、吸顶灯、防水防尘灯	2.3～3.2	1.9～2.5	1.2h
荧光灯(40 瓦)	A-A 方向	B-B 方向	注：光通量为 2400 流明
	1.62	1.22	



a 正方形　$L=L_1=L_2$

b 长方形　$L=\sqrt{L_1L_2}$

c 菱形　$L=\sqrt{L_1L_2}$

图 3-2　照明器间距计算图

198. 怎样限制眩光？

视野内有亮度很高的物体或者有很大的亮度对比，引起眼睛不舒适感或视觉降低的现象，称为眩光。眩光对视力危害很大，严重时可使人感到眩晕，甚至造成事故；即使轻微的眩光，时间过长，也会使视功能逐渐衰退。

照明器的眩光效应，与光源和背景的亮度、照明器的保护

www.plcworld.cn

角和悬挂高度有关。因此，为了限制直射眩光，照明器距地面的悬挂高度和保护角应小于表 3-6 所列值。

表 3-6　照明器最小悬挂高度

光源种类	反射器类型	保护角度	灯泡或灯管容量瓦	最小悬挂高度米
白炽灯	搪瓷反射型	10～30	100 及以下 150～200 300～500 500 以上	2.5 3.0 3.5 4.0
	乳白玻璃漫反射型		100 及以下 150～200 300～500	2.0 2.5 3.0
高压水银荧光灯	搪瓷反射器 铝抛光反射器	10～30	250 及以下 400 及以上	5.0 6.0
卤钨灯	搪瓷反射器 铝抛光反射器	30 及以上	500 1000～2000	6.0 7.0
荧光灯	无反射器		40 及以下	2.0
金属卤化物灯	搪瓷反射器 铝抛光反射器	10～30 30 以上	400 1000	6.0① 14.0 以上
高压钠灯	搪瓷反射器 铝抛光反射器	10～30	250 400	6.0 7.0

①如果对 1000 瓦金属卤化物灯的紫外线采取防护措施，悬挂高度可适当降低。

199. 怎样安装普通照明灯具？

安装普通照明灯具，应注意以下几点：

(1)灯具安装必须牢固(特别是吊灯)，灯具重量在 3 公斤以上者，应固定在预埋的吊钩或螺栓上。

(2)普通吊线灯，灯具重量在 1 公斤以下者，可直接用软导线吊装；1 公斤以上者应使用铁吊链吊装，软导线宜编插在铁链内，以防止导线承受拉力。

www.plcworld.cn

(3)采用钢管作为灯具的吊杆时，钢管内径不应小于10毫米，管内导线不得有接头。

(4)固定花灯的圆钢吊钩，其直径不应小于灯具吊挂销钉的直径，且不得小于6毫米。

(5)装在重要场所的大型灯具的玻璃罩，应有防止其碎裂后向下溅落的装置。

(6)软线吊灯，在吊盒和灯头内应做结扣。

(7)灯具内的导线不得有接头；灯具的金属外壳必须接地时，应有接地螺栓与接地网相连。

(8)采用螺口灯头时，相线应接灯头顶心，零线接螺口，开关应能够切断火(相)线。

(9)各种灯具装在易燃结构部位或暗装在木制吊顶内时，在灯具周围应设防火隔热装置。

(10)同一室内成排安装的灯具，其中心偏差不应大于5毫米。

(11)安装灯具时，应使灯具线条与室内建筑线条协调配合，保持整齐、美观。

(12)固定灯具用的螺钉或螺栓不应少于两个；木台直径为75毫米及以下时，可用一个螺钉或螺栓固定。

200. 怎样安装固定式局部照明灯具？

所谓固定式局部照明灯具，是指固定在移动结构(如活动托架等)上的局部照明灯具。安装时应注意以下事项：

(1)应采用两根截面不小于0.75毫米^2、绝缘不低于500伏的软线。

(2)电压超过36伏时，导线应穿入托架内部，或采用其他方法保护，以防止机械损伤而发生事故。

(3)托架上的穿线孔，其孔径不应小于8毫米，狭窄处允

www.plcworld.cn

许减小至 6 毫米，穿孔处导线应加绝缘套管予以保护。

(4)导线在托架的活动连接处不应受到拉力和磨损。

201. 怎样安装吊式电灯？

吊式电灯(以下简称吊灯)由灯头、灯罩和灯泡等组成，分卡口灯头吊灯和螺口灯头吊灯两种，装有 100 瓦以上灯泡的吊灯多为螺口灯头吊灯。下面介绍卡口灯头吊灯的安装方法(图 3-3)：

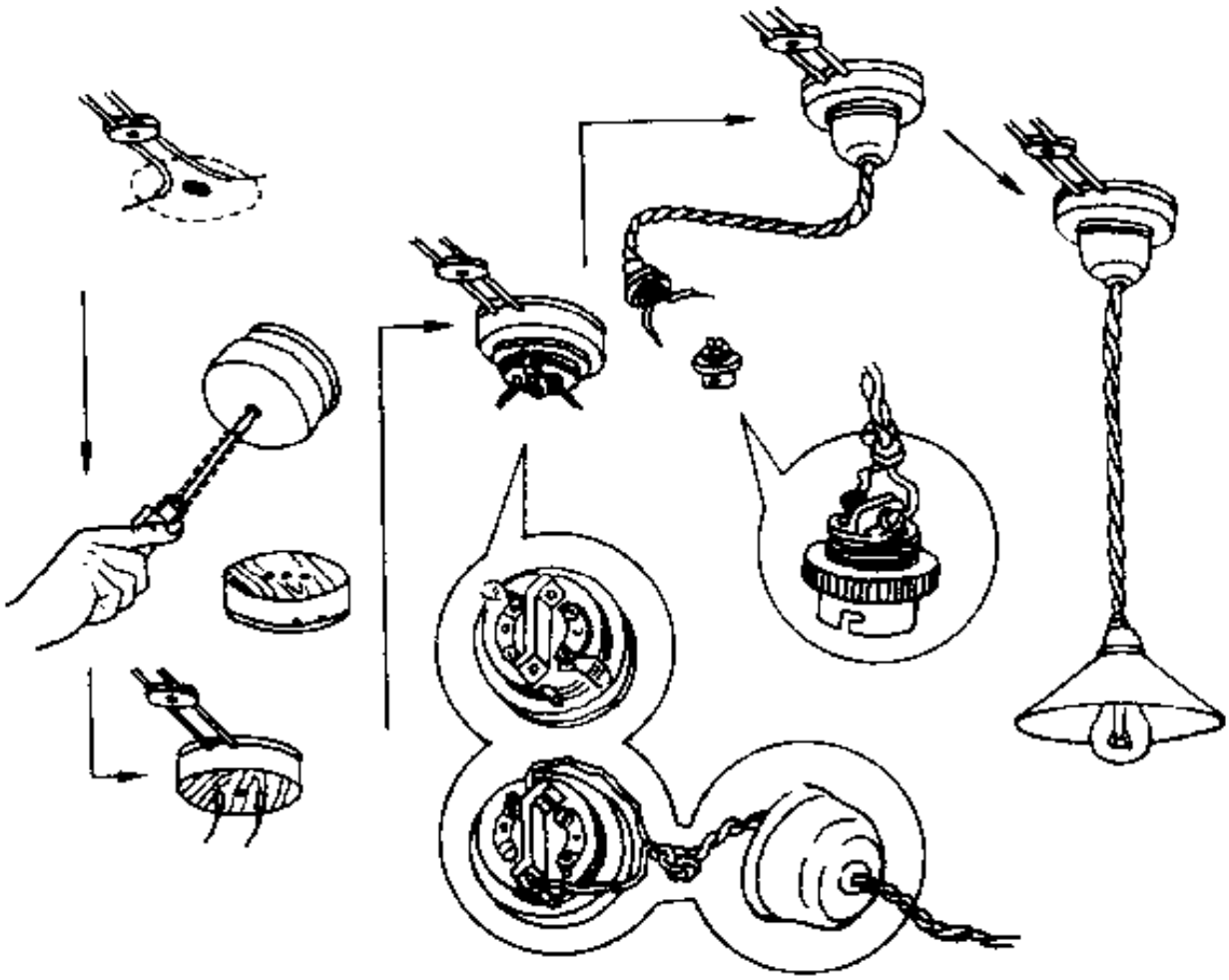


图 3-3　吊灯安装示意图

(1)在天棚上准备装挂线盒的地点居中塞入木枕。

(2)用旋凿在木台上钻三个孔(孔的排列方向应与木纹垂直)：中间孔是螺钉孔，两旁的孔是穿线孔(这两个孔要对准挂线盒底座上的两个穿线孔)；然后在木台的一边开两个进线

www.plcworld.cn

槽。

(3)将地线线头和灯头与开关连接线的线头对准位置穿入木台上的两个孔内，用木螺钉将木台连同底板一起固定在枕木上。

(4)将两个线头分别穿入挂线盒底座上的两个穿线孔内，并用两个木螺钉将底座固定在木台上。

(5)将两个线头分别接到底座上穿线孔旁边的接线桩上。

(6)取一段长度合适的两根绞合软线作为挂线盒与灯头的连接线。在软线离上端约50毫米的地点打一个结，使其能承担吊灯重量，然后将软线上端的两个线头分别穿入底座正中凸起部分的两个侧孔内，再分别接到孔旁的接线桩上，并装上接线盒盖子。

(7)将卡口灯头的盖子卸下，穿入软线的下端，在离下端约30毫米的软线上也打一个结，然后将软线下端的两个线头分别接到灯头的接线桩上，并装上灯头的盖子。

(8)装上灯罩和灯泡，此时吊灯的安装工作即告完成。

202. 怎样选用和安装吸顶灯？

吸顶灯是直接装在天花板上的一种固定式灯具，供室内一般照明用，与吊灯的作用大致相同。通常，层高较小或有天花板的房间，适宜安装吸顶灯。

由于吸顶灯的净高度很小，给人一种灯具似乎吸附在天花板上的感觉。层高很小的房间，一般应选用较薄的灯具；层高较大的房间，可选用有一定高度的圆筒式灯具。在大房间内，为了避免产生呆板平淡的气氛，可在天花板上安装大小不一的吸顶灯，使之排列组合成各种图案。

通常，应尽可能采用向四周都发出光线(即亮侧边)的吸顶灯，给天花板以一定的照明，使人感觉舒适；否则，如果天花

www.plcworld.cn

板太暗，人进入房间就会有压抑感。然而，由于亮侧边离天花板很近，也不宜采用使四周几乎都透明的灯具。否则，天花板照得太亮，既刺目又冲淡了灯具的形象。一般宜选用半透明亮侧边的吸顶灯具。

安装吸顶灯时，要将木台固定在混凝土天花板的预埋木砖上或木质天花板上，有时也可将灯具直接固定在天花板上。但应注意，在灯具与木台之间或灯具与木天花板之间必须铺垫石棉板等隔热材料，以免灯具烘烤而引起火灾。需要特别指出的是，灯具与安装面的连接必须稳固可靠，连接处应能够承受相当于灯具重量 4 倍的悬挂重量而不变形（人眼观察）。

203. 怎样安装壁灯？

壁灯是一种装在墙壁、建筑物支柱和其他立面上的灯具。壁灯的作用是弥补室内一般照明的不足。因此，壁灯的光源功率较小，如白炽灯壁灯，最大功率一般不超过 80 瓦，而荧光灯壁灯则不超过 30 瓦。

壁灯分枝形壁灯和吸壁灯两种，无论哪种壁灯，一般都有一个底座。枝形壁灯的底座图案和形状应与灯罩的造形相融合，吸壁灯的底座被灯罩遮盖，可不必精细加工。

壁灯底座支承灯头座、灯罩和支架，并在其上安装开关、镇流器等附件。因此，底座承担壁灯及其附件的全部重量。灯具在墙面上固定是否可靠，完全取决于底座是否牢固。通常，用 4 倍于灯重的物体来试验，底座不应发生位移。

当壁灯装在砖墙上时，一般在砌墙时应预留木砖，不宜用木楔代替木砖（也可在墙上预埋金属构件）；当壁灯装在柱上时，可在柱上预埋金属构件或用包箍将金属构件固定在柱上。最后，将壁灯底座固定在木砖或金属构件上。如果是坚固厚实的墙壁和柱子，可用射钉枪将射钉螺栓射入墙（柱）内，然后将

www.plcworld.cn

金属构件和灯具底座用螺母加以固定。

壁灯一般装在离地面 1.8～2 米的墙壁上，室内四面的壁灯安装高度可以各不相同，但同一墙面上的壁灯高度则应一致。

204. 怎样安装天棚照明器？

将照明器与顶棚结合在一起设计，使照明器与顶棚一体化，这种照明器称为天棚照明器。照明器与天棚结合的方式一般有两种：一是将照明器与天棚框架配合，使二者成为天棚上的一个装置；二是在工厂将照明器组装在天棚板上。天棚照明器一般可分为发光天棚、格栅天棚、组合天棚和成套装置天棚四种。安装的方法如下：

(1)发光天棚　将灯具装于天棚内，灯下覆盖半透明的漫射材料，这就是发光天棚。为了使装饰美观，在发光天棚的周边应安装向下直射光的灯具，以衬托发光天棚。

(2)格栅天棚　用格栅代替发光天棚的漫射材料，就形成格栅天棚。格栅天棚的保护角可减少眩光。格栅一般由不透明或半透明的格片组成，网格可为方形、圆形、矩形或椭圆形，表面经过镀膜处理，显得豪华气派。

(3)组合天棚　将天棚与灯具结合在一起形成“天棚单元”，再将这些单元编排成一定图案，即成为造型美观大方的组合天棚。

(4)成套装置天棚　将照明器、空调装置、消除噪声装置和防火装置等排列而成。其优点是：结构紧凑、照明环境舒适、具有现代气息。目前各宾馆多安装空调照明器，即在顶棚的空调进、出风口处安装照明器，既可提高灯的发光效率和降低空调的冷负荷，又可改善室内的环境条件。

www.plcworld.cn

205. 怎样安装嵌入顶棚内的装饰灯具？

嵌入顶棚内的装饰灯具的安装，应符合以下要求：

(1)灯具应固定在专设的框架上，电源线不得贴近灯具外壳，灯线应留有余量，固定灯罩的边框边缘应紧贴在顶棚面上。

(2)矩形灯具的边缘应与顶棚面的装修直线平行。如果灯具对称安装，其纵横中心轴线应在同一条直线上，偏斜不应大于5毫米。

(3)由荧光灯管组合的开启式灯具，灯管排列应整齐，其金属间隔片不应有弯曲扭斜等缺陷。

206. 怎样安装简易节能指示灯？

楼道、厨房、厕所等处的照明灯，常常无人关灭，白白浪费电能。如果将一只指示灯串联到电路中，并装在醒目的地点，就可达到节电的目的。如图3-4所示，指示灯与导线的连接实行锡焊，焊接点和裸露的线头都用绝缘胶布缠包。

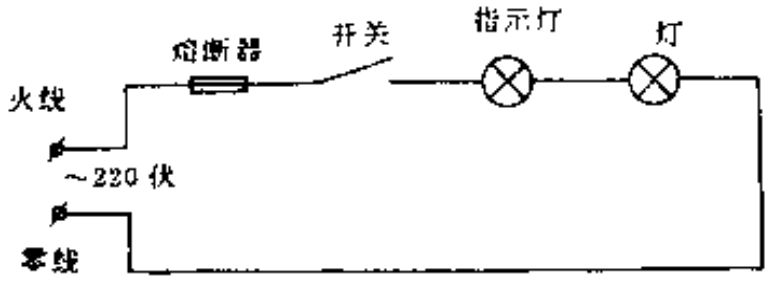


图3-4　简易节能指示灯接线示意图

通常，15瓦照明灯，可串联12伏、0.15安指示灯；25瓦照明灯可串联6.3伏、0.15安指示灯；40瓦照明灯可串联3.8伏、0.3安指示灯。

207. 厨房白炽灯的胶木灯头漏电怎么办？

某食堂炊事员打扫厨房卫生时，用干布擦拭灯泡，当手接触胶木灯头时被电击。后来电工人员用试电笔测试灯头，发现

www.plcworld.cn

试电笔氖管如同直接测试电源线一样明亮。经检查，发现灯头是普通胶木灯头，灯头上有很多油泥，灯头绝缘电阻大大下降，灯头外壳严重漏电。这是因为胶木灯头长期受厨房油烟、潮气、高温的影响而腐蚀变质，绝缘老化。这一实例也说明，原安装人员违反安全规程的规定，未在厨房（高温、潮湿场所）安装防水防腐的瓷灯头。因此，发生这类事故后，应立即换上瓷灯头。

208. 怎样防止灯泡头生锈后与灯头牢固地结合在一起？

在有腐蚀性气体或潮湿的场所，如电镀车间、锅炉房、洗衣房、厨房等处，灯泡头生锈后往往与灯头牢固地结合在一起。当灯丝断裂后，无论螺口灯泡还是插口灯泡，都不能从灯头上取下。所以，更换灯泡时只好连灯头一起调换，既不方便，也造成浪费灯头而产生经济损失。根据实践经验，在灯泡头的锌皮上先涂一薄层工业凡士林或耐高温润滑脂（不可涂得太厚，以免受热后熔化滴下来），再装在灯头上，在运行中灯泡头就不会生锈而与灯头牢固地结合。这样，当灯泡头损坏时，将它从灯头上取下，换上新灯泡即可，既方便，又可延长灯头使用寿命。

209. 白炽灯有哪些常见故障？怎样排除？

白炽灯常见故障和排除方法如表 3-7 所示。

表 3-7　白炽灯常见故障和排除方法

常见故障	可能原因	排除方法
灯泡不亮	(1)灯泡钨丝烧断 (2)电源熔断器的熔体熔断 (3)灯座（或开关）接线松动或接触不良 (4)线路断路	(1)调换新灯泡 (2)查明并消除熔体熔断原因后，更换熔体 (3)检查灯座（或开关）的接线端，重新接线 (4)查明并消除线路断路点

www.plcworld.cn

续表 3-7

常见故障	可能原因	排除方法
合上开关，熔断器的熔体立即熔断	(1)灯座内两线头短路 (2)螺口灯座内中心铜片与螺旋铜圈相碰、短路 (3)线路发生短路 (4)电器发生短路 (5)用电量超过熔体容量	(1)检查灯座内两接线头，消除短路现象 (2)检查灯座，扳准中心铜片 (3)检查导线是否老化或损坏，更换或修复导线 (4)查明并消除电器短路原因 (5)减小负载或更换熔断器
灯泡忽亮忽暗或忽亮忽熄	(1)灯丝烧断，但受震后忽接忽离 (2)灯座或开关接线松动 (3)熔断器熔体接头接触不良 (4)电源电压不稳定	(1)调换灯泡 (2)检查灯座和开关，重新接线 (3)检查并修复熔断器 (4)检查电源电压，消除不稳定因素
灯泡发强烈白光并瞬时或短时烧坏	(1)灯泡额定电压低于电源电压 (2)灯泡钨丝有搭丝，使电阻减小，电流增大	(1)换上与电源电压相符的灯泡 (2)调换新灯泡
灯光暗淡	(1)灯泡内钨丝蒸发，灯丝变细，电阻增大，电流减小，光通量降低 (2)电源电压过低 (3)线路年久失修，绝缘损坏，有漏电现象	(1)正常老化现象，可更换灯泡 (2)调高电源电压 (3)检查线路，更换导线
灯丝易断	(1)电源电压太高 (2)开闭频繁 (3)灯泡受到严重震动 (4)灯泡质量不佳 (5)安装灯泡时，将灯丝与灯泡头连接处的焊接线碰开，使其处于似接非接状态，灯丝受到断续电压冲击而烧断	(1)调低电源电压 (2)尽量减少开闭次数 (3)消除震动源，或将灯装于另一地点，避开震源 (4)选购优质灯泡 (5)细心安装灯泡

210. 怎样安装常用荧光灯？

常用荧光灯由灯管、灯座、镇流器、启辉器座、木架(或铁架)等组成。通常，荧光灯都装成悬挂式，以免受震，同时也便

www.plcworld.cn

于镇流器散热(图 3-5)。荧光灯的安装方法如下：

(1)将灯座、启辉器座和镇流器按图 3-5 所示装在木架上，镇流器一般装在木架的中间部位。

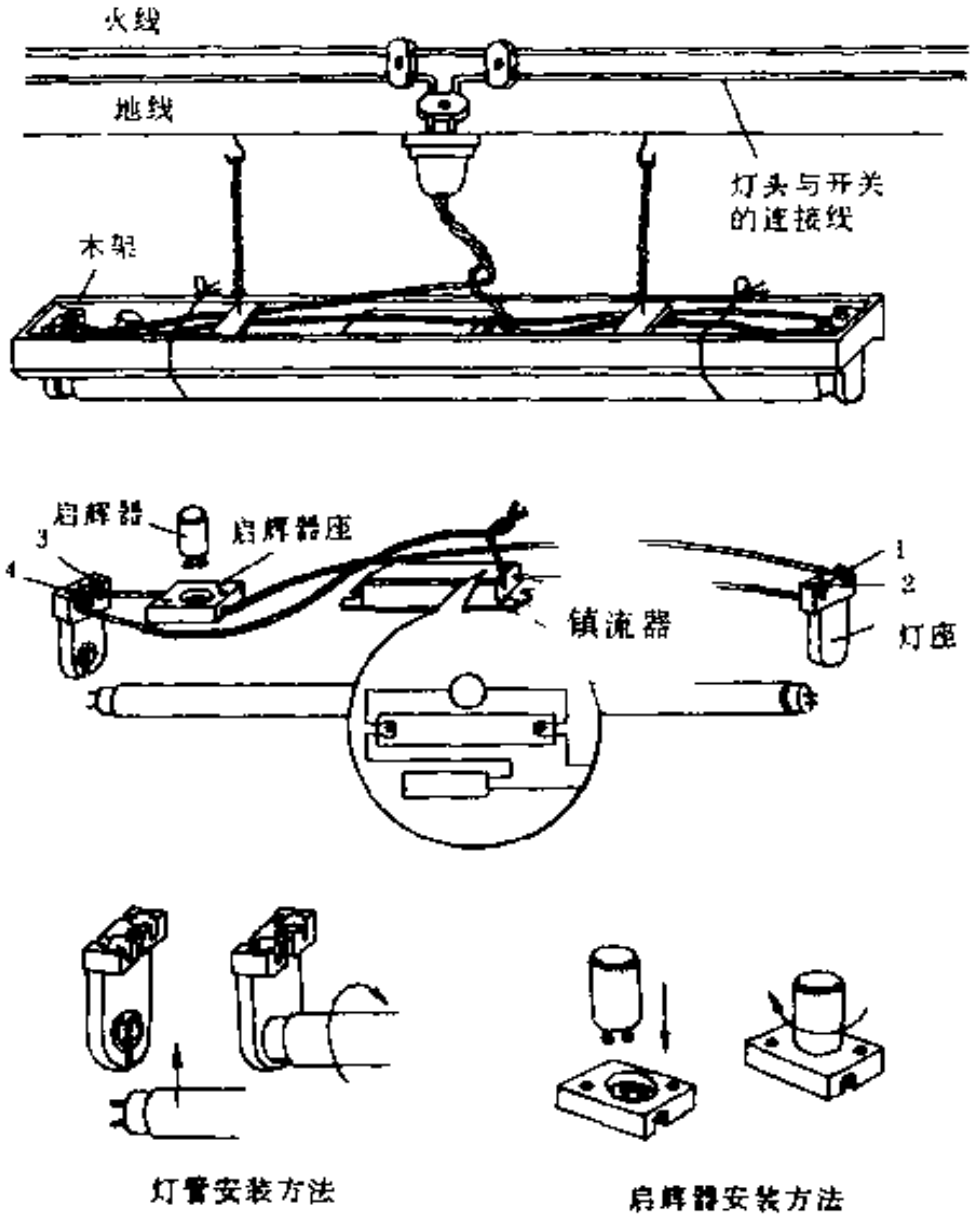


图 3-5　荧光灯安装图

(2)按下述步骤进行接线：先用一根导线将右面灯座上的接线桩头 1 与启辉器座的一个接线桩头相连，再用一根导线将启辉器座的另一个接线桩头与左面灯座上的接线桩头 3 相连；另取一根导线，用它将右面灯座上的接线桩头 2 与镇流器

www.plcworld.cn

的一个接线桩头连接；然后从左面灯座上的接线桩头4和镇流器的另一个接线桩头上引出两根绞合软线，通过接线盒使这两根软线将零线和灯头与开关的连接线连接起来。

(3)将启辉器装在启辉器底座内，将灯管装在灯座内。如果荧光灯管的长度不一致，则应调整灯座位置。但是，灯座的位置既定，一般不再轻易变动。因此，在这种情况下，大多用两根细绳将灯管的两端绑在灯架上。

目前已出现电子镇流器，荧光灯的接线可大大简化，不需要启辉器，只须按产品说明书所规定的方法接线即可。

211. 怎样判别荧光灯的正误两种接线方式？

荧光灯电路中的主要附件是镇流器和启辉器。接线时灯管、镇流器和启辉器三者之间的位置对荧光灯的启动影响很大。如果将镇流器接在火(相)线上，并与启辉器中的双金属片相连(图3-6)，可以产生较高的脉冲电势，荧光灯易于启动。

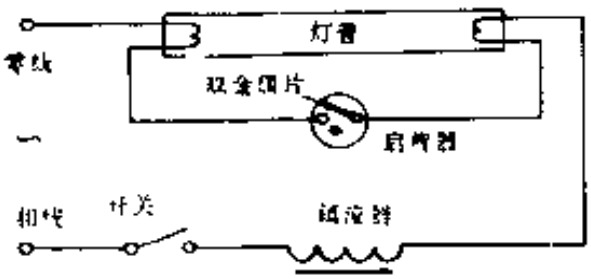


图3-6 荧光灯的正确接线

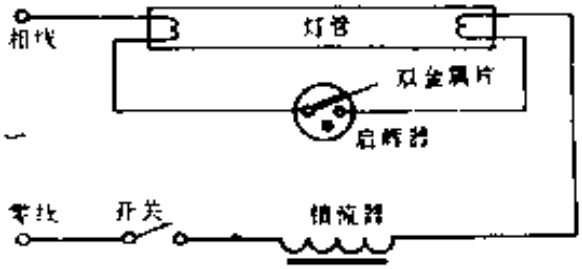


图3-7 荧光灯的错误接线

如果按图3-7接线，镇流器既未接在火线上，也未与启辉器的双金属片相连，则荧光灯难以启动。

212. 怎样判别双线圈镇流器的主、副线圈？

由于双线圈镇流器主线圈的匝数比副线圈的匝数要多得多，所以主线圈的直流电阻比副线圈的直流电阻大。根据这一

www.plcworld.cn

特点，可用下述两种方法之一来判断双线圈镇流器的主、副线圈：

（1）用万用表测量主、副线圈的直流电阻　通常，6～8 瓦镇流器主线圈的直流电阻为 150 欧左右，而副线圈的直流电阻约为 10 欧；15～20 瓦镇流器主、副线圈的直流电阻分别为 30 欧和 2 欧左右。

（2）串联灯泡检验　串联灯泡后，灯光发暗者为主线圈，灯光明亮者为副线圈。检验时，6～8 瓦镇流器可串接 220 伏 40 瓦灯泡，15～20 瓦镇流器可串接 220 伏 60 瓦灯泡。如果检验时灯光明暗不显著，可调换较大功率的灯泡。

213. 双线圈镇流器有何特点？怎样接线？

配用单线圈镇流器的荧光灯，当电源电压降较大时，往往难以启动，甚至不能点燃。而双线圈（主、副线圈）镇流器则可改善荧光灯的启动条件。启动时，这种镇流器的主、副线圈产生的磁场方向相反，镇流器的阻抗减小，从而增大了灯管的预热电流。启动后，副线圈退出运行，镇流器的阻抗恢复正常值，以限制电路中的电流。

这种镇流器的接线图如图 3-8 所示。接线时应注意以下几点：

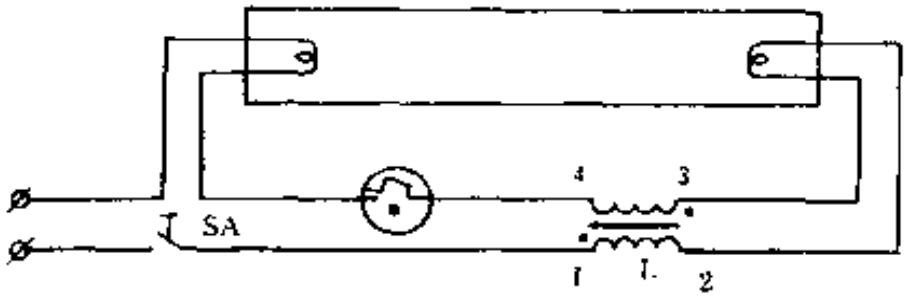


图 3-8　双线圈镇流器接线图

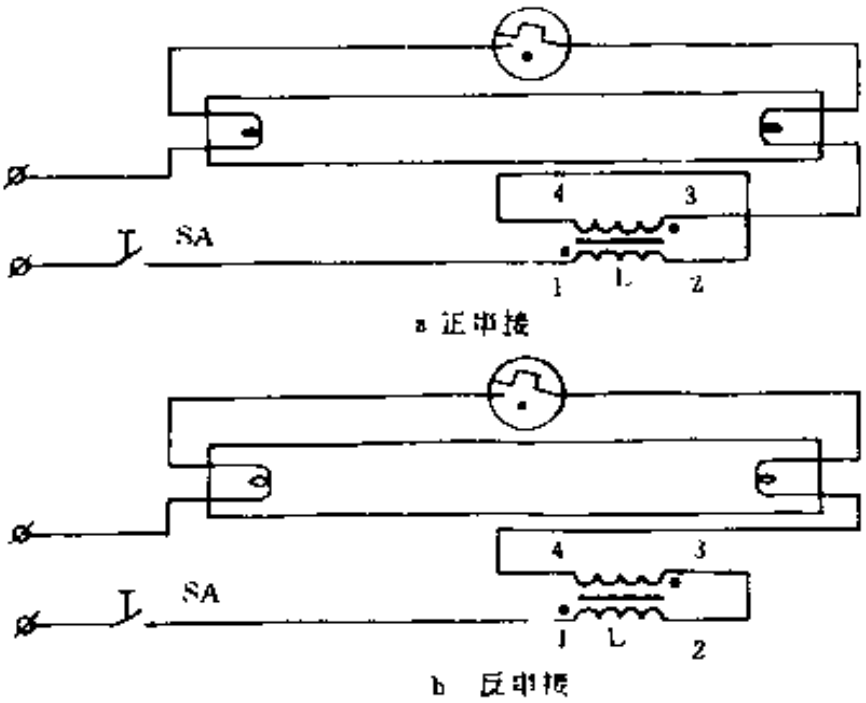
（1）要正确区分主、副线圈，不可接错。通常，镇流器的标签上印有接线图。如果接线图不清晰，可参照 212 问“怎样判

www.plcworld.cn

别双线圈镇流器的主、副线圈?”所介绍的方法来区分主、副线圈。

(2)要注意线圈的首尾端,不可接反。

(3)特殊情况下的接线方法。通常,电源电压过高或过低,都会缩短灯管的使用寿命。若出现这种情况,可将镇流器的主、副线圈串联(图 3-9)。当电源电压为额定电压的 110%时,实行正串接,使主、副线圈的磁场方向一致,这相当于两个感抗串联,即降低了通过灯管的电流值;当电源电压低于额定电压的 80%时,实行反串接,使主、副线圈的磁场方向相反,此时提高了通过灯管的电流值。通过串接,四根引线便变为两根,因此,与两根引线镇流器的接线相同。



a 正串接

b 反串接

图 3-9 特殊情况下双线圈镇流器接线图

214. 在电源电压过高或过低时,荧光灯与镇流器怎样匹配连接?

在电源电压过高或过低时,可按以下办法来匹配荧光灯

www.plcworld.cn

和镇流器：

(1)在电源电压超过额定电压10%时，即在240～250伏时，对于单线圈镇流器，可采用递减法来匹配，即40瓦灯管配30瓦镇流器，30瓦灯管配20瓦镇流器，20瓦灯管配15瓦镇流器，8瓦灯管配6瓦镇流器。而对于双线圈镇流器，则使主、副线圈正串接(图3-10a)，此时主、副线圈的磁力线方向一致，感抗增大，通过灯管的电流减小。

(2)在电源电压为额定电压的80%时，即在170～180伏时，对于单线圈镇流器，可采用递增法来匹配，即30瓦灯管配40瓦镇流器，20瓦灯管配30瓦镇流器，15瓦灯管配20瓦镇流器，6瓦灯管配8瓦镇流器。而对于双线圈镇流器，则使主、副线圈反串接(图3-10b)，此时主、副线圈的磁力线方向相反，感抗减小，通过灯管的电流增大。

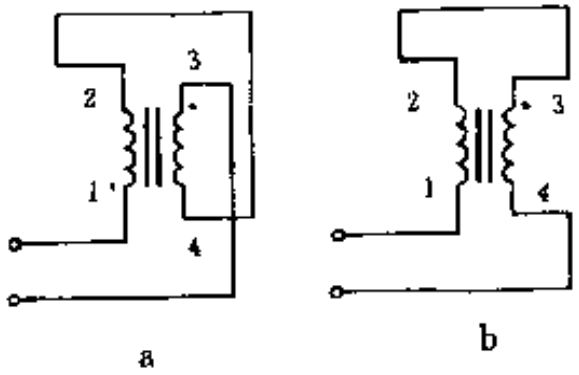


图3-10 双线圈镇流器主、副线圈正串接和反串接

必须注意，双线圈镇流器串接后，四根引线变为两根，其接线方法应与单线圈镇流器的接线方法相同。

215. 什么是三基色节能型荧光灯？它有何优点？怎样配用镇流器？

三基色节能型荧光灯是一种预热式阴极气体放电灯，分直管形、单U形、双U形、2D形和H形等几种。以H形节能荧光灯为例，它由两根顶部相通的玻璃管(管内壁涂有稀土三基色荧光粉)、三螺旋状灯丝(阴极)和灯头组成。其工作原理与普通荧光灯相似，既可配用电感型镇流器(要配有启辉器)，

www.plcworld.cn

也可配用电子镇流器(不配用启辉器)。H 形荧光灯的主要参数如表 3-8 所示。

表 3-8　H 形荧光灯主要参数

型　号	额定功率 瓦	工作电压 伏	工作电流 毫安	全　长 毫米	管　宽 毫米	光通量 流
HY 7	7	52	175	130	25	350
HY-9	9	65	170	165	25	630
HY 11	11	85	155	240	25	850

三基色节能型荧光灯的优点是:体积小、光色柔和、显色性好、造形别致;发光效率比普通荧光灯高 30%左右,比白炽灯高 5～7 倍,即一支 7 瓦的三基色荧光灯发出的光通量,与一只普通 40 瓦白炽灯发出的光通量相同。

H 形荧光灯可与电感型镇流器配套使用,安装时将启辉器装在灯头塑料外壳内,并与灯丝连接,另两根灯丝引线由灯脚引出。H 形荧光灯的接线与普通荧光灯的接线完全相同,其简化的外部接线如图 3-11 所示。

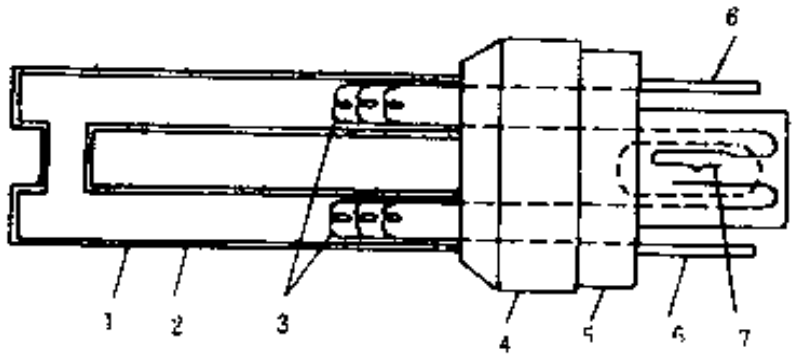


图 3-11　三基色 H 形荧光灯的结构

1. 玻璃管　2. 三基色荧光粉　3. 三螺旋状阴极　4. 铝壳　5. 塑料壳　6. 灯脚　7. 启辉器

电感型镇流器装在一只塑料外壳内,外壳一端是灯的插

www.plcworld.cn

接孔，另一端为螺旋灯口（图3-12）。使用时先将灯插在插接孔内，然后将整个灯装在螺旋灯头上即可。

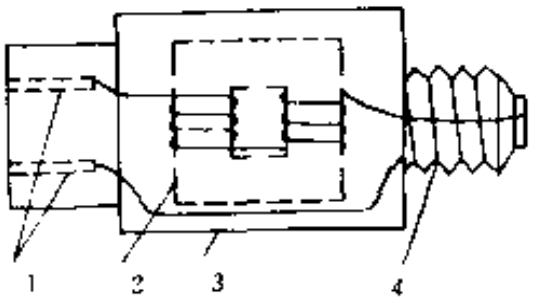


图 3-12　与 H 形荧光灯配套的镇流器

1. 插接孔　2. 镇流器　3. 塑料壳　4. 螺旋灯头

216. H 形三基色节能型荧光灯有哪几种常见故障？怎样处理？

H 形三基色节能型荧光灯（以下简称 H 形灯）一般有以下几种常见故障，可分别予以处理：

（1）灯不亮　这是灯丝断裂或其他部位有断路点引起的。检查时，将铝壳与塑料壳连接处轻轻撬开，用电烙铁将灯脚焊锡烫化，取下塑料壳，用万用表欧姆档检查灯丝是否断裂。

（2）灯不启动，局部发红　这是启辉器发生故障造成的。有时用手指轻轻弹击塑料壳，荧光灯即可启动进行正常工作。如果此法无效，可按本问第（1）项所介绍的方法取下塑料壳，换下损坏的启辉器，重新装好灯座，荧光灯即可启动发光。

（3）灯启动困难　在正常情况下，接通电源后 1～2 秒钟，H 形灯即可启动发光。如果启动时启辉器多次跳闪，时间在 3 秒以上，则可认为启动不正常。出现这种故障，可能是灯管或镇流器的制造质量不佳，也可能是电源电压或气温过低导致灯启动慢，可查明原因后予以处理。

（4）灯光发暗　这是电源电压过低或灯管老化造成的。灯管老化的征象是：玻璃灯管上靠近灯丝的部位出现黑斑。如果刚接通电源灯光发暗，随后逐渐亮起来，则是正常现象，不是灯管老化。

（5）镇流器过热　使用过程中，一旦闻到焦臭味（这是镇

www.plcworld.cn

流器的温升过高所致），应立即切断电源进行检查。这种故障大多是镇流器绕组发生局部短路引起的，应更换镇流器。

（6）灯座损坏　H形灯的灯座是专用定型产品，市面有售，购到后可予以更换。为更换灯座而拆装H形灯时，只能捏住灯头的铝壳部分，将灯管平行地拔出或插入，禁止捏住玻璃管某一部位摇动或推拉灯管，以免灯管与灯头脱落或松动。

217. 怎样接用荧光灯？

接用荧光灯，必须注意以下事项：

（1）荧光灯必须与相应规格的镇流器和启辉器配套。

（2）荧光灯的寿命主要取决于热阴极上发射电子物质的消耗情况。因此，使用中应尽量减少开闭次数，以延长灯管的使用寿命。

（3）由于灯架内通风不良，镇流器的正常热量不易散发，往往造成镇流器内部的绝缘胶流失而影响使用寿命。因此，安装时，应使镇流器的底朝上。

（4）镇流器不得直接固定在可燃的天花板或墙壁上，必须用耐热的不燃材料将二者隔离。

（5）由于荧光灯使用交流电，它会随电流波形变化而发生明暗交替的变化（平时肉眼不易分辨），这种变化叫做荧光灯的“频闪效应”。当车间内有转动的物体时，如果该物体的转动频率是交流电频率的整数倍，则容易造成转动物体是静止物体的假象，从而有发生事故的危险。因此，如果车间内的荧光灯较多，最好将其接在不同相电源上。

（6）电压偏移过大，会影响荧光灯的效率和寿命，所以，荧光灯的电源电压不得超过额定电压的5%。

（7）荧光灯的镇流器是电感元件，它会降低荧光灯的功率因数，应增设电容器来提高功率因数。

www.plcworld.cn

(8)荧光灯管内充有少量汞，破碎的灯管要妥善处理，以免污染环境和损害人体健康。

218. 怎样使用串联灯泡法检查荧光灯的好坏？

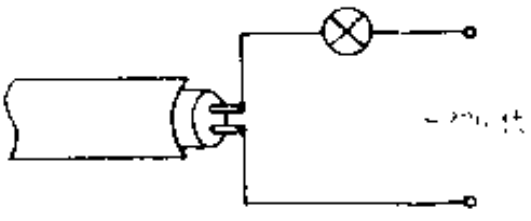


图 3-13　用串联灯泡法检查灯管好坏

串联灯泡检查荧光灯的好坏时，可将灯管每端的管脚与白炽灯泡串联(图 3-13)。接通电源后，如果灯泡发光，并且灯管也有辉光，则说明灯管是好的，灯管仍可继续使用；如果灯泡亮但灯管无辉光，则说明灯管的灯丝虽未断，但电子发射物质已耗尽；如果灯泡不亮，则说明灯管的灯丝已断。

串联灯泡功率与灯管功率的配用如表 3-9 所示。

表 3-9　串联灯泡功率与灯管功率的配用

串联灯泡功率，瓦	灯管功率，瓦
25	小型管和细管
60	15～40
200	100

219. 在气温较低或电源电压低于额定电压的场所，荧光灯不易启动怎么办？

在这两种情况下，一般串联一只 2CP4 型二极管即可。

在荧光灯电路中串联二极管后(图 3-14)，合上开关，交流电流便通过开关、镇流器、灯丝、二极管和启辉器而形成回路。由于

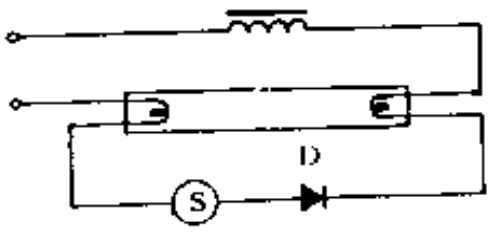


图 3-14　荧光灯串接二极管电路图

www.plcworld.cn

二极管具有整流作用，它将线路中的交流电流变为直流电流，同时镇流器又是一个电感元件，所以直流电流能顺利通过而加热灯丝。当启辉器断开电路时，由于镇流器中通过的电流是直流电流，所以能产生较高的自感电势，使灯管迅速点燃。此时二极管退出运行，荧光灯电路保持正常工作状态。

此外，如果电源电压降至150伏左右，荧光灯线路中的启辉器不能产生辉光(红光)放电，亦即不能产生热量使启辉器中的双金属片受热膨胀，因而动、静触头不相接，电路不通，灯管不亮时，在启辉器两端并联一只0.5微法、250伏电容器，以提高启辉器两端的电压，增加放电热量，使启辉器中的双金属片受热膨胀，动、静触头相接而接通电路，荧光灯也可正常启动发光。

220. 普通荧光灯有哪些常见故障？怎样排除？

普通荧光灯常见故障和排除方法如表3-10所示。

表3-10　普通荧光灯常见故障和排除方法

常见故障	可能原因	排除方法
接通电源，荧光灯不亮	(1)灯座或启辉器底座接触不良	(1)转动灯管，使灯管四极和灯座四夹座接触，使启辉器两极与底座两铜片接触，找出原因并修复
	(2)灯管漏气或灯丝断开	(2)用万用表检查或观察荧光粉是否变色，若确认灯管已坏，可调换新灯管
	(3)镇流器线圈断路	(3)修理或调换镇流器
	(4)电源电压过低	(4)若有条件，可调高电压或换上截面较大的导线
	(5)新装荧光灯接线有误	(5)对照荧光灯接线原理图检查线路，改正接线

www.plcworld.cn

续表 3-10

常见故障	可能原因	排除方法
荧光抖动或两头发光	(1)接线错误或灯座灯脚松动 (2)启辉器氖泡内动、静触片不能分开或电容器击穿 (3)镇流器配用规格不合适或接头松动 (4)灯管陈旧，灯丝上电子发射物质将耗尽，放电作用降低 (5)电源电压过低或线路电压降过大 (6)气压过低	(1)检查线路或修理灯座 (2)取下启辉器，用两把改锥的金属头分别触及启辉器底座两块铜片，然后将两根金属杆相碰，并立即分开，若灯管能跳亮，则启辉器损坏，应更换启辉器 (3)调换适当镇流器或加固接头 (4)调换灯管 (5)如有条件，可调高电压或加粗导线 (6)用热毛巾加热灯管
灯管两端发黑或有黑斑	(1)灯管陈旧，寿命即将结束 (2)若是新灯管，可能是启辉器损坏，使灯丝发射物质加速挥发 (3)灯管内水银凝结 (4)电源电压太高或镇流器配用不当	(1)调换灯管 (2)调换启辉器 (3)灯管工作后就会蒸发，或将灯管旋转 180° (4)调整电源电压或调换适当的镇流器
灯光闪烁或管内出现螺旋形光带(滚动)	(1)新灯管暂时现象 (2)灯管质量不佳 (3)镇流器规格不符或接线松动 (4)启辉器损坏或接触不良	(1)开用几次或对调灯管两端 (2)换一根灯管试一下，观察有无闪烁现象 (3)调换合适的镇流器或加固接线 (4)调换或加固启辉器
灯管亮度降低或色彩变差	(1)灯管陈旧 (2)灯管上积垢太多 (3)电源电压太低或线路电压降太大 (4)气温过低或冷风直吹灯管	(1)调换灯管 (2)清除灯管积垢 (3)调整电压或加粗导线 (4)加防护罩或避开冷风
灯管寿命短或发光后立即熄灭	(1)镇流器规格不符或质量较差，或镇流器内部线圈短路，使灯管电压过高 (2)受到剧震，使灯丝震断 (3)新装灯管接线有误，使灯管烧坏	(1)调换或修理镇流器 (2)调换安装位置后，更换灯管 (3)检修线路

www.plcworld.cn

续表 3-10

常见故障	可能原因	排除方法
镇流器有杂音或电磁声	(1)镇流器质量较差，或铁芯硅钢片未夹紧 (2)镇流器过载或内部短路 (3)镇流器受热过度 (4)电源电压过高，引起镇流器发出声音 (5)启辉器质量不佳，引起开启时产生辉光杂音 (6)镇流器有微弱声，但影响不大	(1)调换镇流器 (2)同上 (3)查明并消除受热原因 (4)若有条件，可调低电压 (5)调换启辉器 (6)是正常现象，可用橡皮垫衬，以减少震动
镇流器过热或冒烟	(1)电源电压过高，或容量过低 (2)镇流器内线圈短路 (3)灯管闪烁时间长，或使用时间太长	(1)若有条件，可调低电压或换用容量较大的镇流器 (2)调换镇流器 (3)查明并消除闪烁原因，或减少连续使用时间
荧光灯关断后，灯管仍有微光	(1)开关接在零线上 (2)开关漏电 (3)新灯管暂时现象	(1)将开关接在火(相)线上 (2)修理或更换开关 (3)开用几次，这种现象即可消失

221. 怎样安装高压汞灯？

高压汞灯的安装接线如图 3-15 所示。安装时应注意以下事项：

(1)根据实际需要，选用功率合适的高压汞灯，并配备相应规格的灯座和镇流器。通常，功率为 175 瓦及以下的高压汞灯，应配用 E27 型瓷质灯座；功率在 250 瓦以上的高压汞灯，应配用 E40 型瓷质灯座。高压汞灯配用的镇流器如表 3-11 所示。

www.plcworld.cn

表 3-11　高压汞灯配用的镇流器

灯泡						配用的镇流器	
型　号	额定功率瓦	工作电压伏	工作电流安	平均寿命时	光效流明/瓦	工作电压伏	最大功耗
GGY50	50	95±15	0.62		30	177	10
GGY80	80	110±15	0.85		35	172	16
GGY125	125	115±15	1.25	2500	38	168	25
GGY175	175	130±15	1.50		40	150	26
GGY250	250	130±15	2.15		42	150	38
GGY400	400	135±15	3.25		50	146	40
GGY700	700	140±15	5.45	5000	50	144	70
GGY1000	1000	145±15	7.50		50	139	100

注：额定电压为 220 伏，启动电压不大于 180 伏。

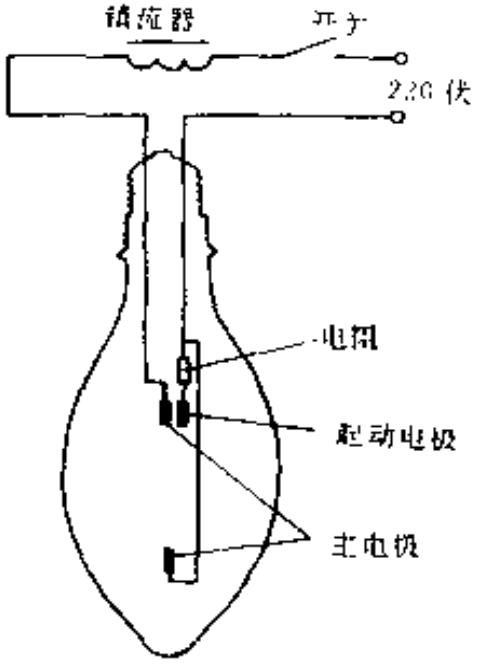


图 3-15　外镇式高压汞灯的结构和安装接线图

(2)镇流器宜装在灯具附近人体不能触及的地点，并且在镇流器接线桩上应覆盖保护物。如果镇流器装于室外，则应采取防雨措施。

222. 怎样使用和维护高压汞灯？

常用的高压汞灯有高压水银荧光灯、自镇流高压水银荧光灯和反射型高压水银荧光灯等几种，其中以高压水银荧光灯应用较为普遍。使用和维护高压汞灯，应注意以下事项：

(1)当电源中断、高压汞灯熄灭后，灯内汞蒸气压力很高，

www.plcworld.cn

在灯未冷却前，相应的点燃电压也很高，所以不能立即再接入电源。通常，需要间断 10～15 分钟，待灯管冷却，灯内汞蒸气凝结后才能再启动。

(2)应保持电源电压稳定。如果电源电压突然降低 5%，可能造成汞灯自行熄灭。

(3)高压汞灯虽然可以在任何位置点燃，但水平点燃时输出的光通量将减少 7%，并且容易自行熄灭。因此，应尽量使汞灯在垂直位置工作。

(4)玻璃外壳破碎后，虽然仍能够发光，但大量紫外线辐射将灼伤人眼和皮肤。所以，玻璃外壳破碎的高压汞灯应立即换下。

(5)由于玻璃外壳温度较高，应配用散热良好的灯具。否则，会影响灯的性能和使用寿命。

(6)除自镇流高压水银荧光灯外，灯管应与相应规格的镇流器配套使用。

(7)由于汞灯再启动的时间长，不适用于要求迅速点燃的场所。

(8)破碎的灯管要及时妥善处理，以防止发生汞害。

223. 高压汞灯有哪些常见故障？怎样排除？

高压汞灯与金属卤化物灯和高压钠灯的工作原理、安装方法都基本相同，因此三者的故障也相似。现以高压汞灯为例，在下面说明其常见故障、可能原因和排除方法(表 3-12)。如果金属卤化物灯和高压钠灯发生故障，也可按下表处理。

www.plcworld.cn

表 3-12　高压汞灯常见故障和排除方法

常见故障	可能原因	排除方法
接通电源，灯不启辉（不发光）	(1)停电 (2)电源电压过低 (3)镇流器选用不当 (4)开关接线柱上的线头松动 (5)灯安装不正确或灯泡损坏	(1)等待来电 (2)调高电源电压或采用升压变压器 (3)调换规格合适的镇流器 (4)重新接线 (5)重新正确安装或更换灯泡
灯光不亮	(1)水银蒸气未达到足够的压力 (2)电源电压过低 (3)镇流器选用不当或接线错误 (4)灯泡使用日久，已老化	(1)若电源、灯泡都无故障，一般通电约 5 分钟，灯泡就会发出亮光 (2)调高电源电压或采用升压变压器 (3)调换规格合适的镇流器，或纠正接线 (4)更换灯泡
接通电源，灯一亮即突然熄灭	(1)电源电压过低 (2)线路断线 (3)灯座、镇流器和开关的接线松动 (4)灯泡损坏	(1)调高电源电压或采用升压变压器 (2)检查线路，查明并消除断路点 (3)重新接线 (4)更换灯泡
灯忽亮忽灭	(1)电源电压波动于启辉电压的临界值 (2)灯座接触不良 (3)灯泡螺口松动或镇流器有故障 (4)连接线头不紧密	(1)检查电源故障，必要时采用稳压型镇流器 (2)修复或更换灯座 (3)更换灯泡或更换镇流器 (4)重新接线
只亮灯芯	灯泡破碎或漏气	更换灯泡
接通电源，灯发光正常，但不久灯光即昏暗	(1)电源负荷增大 (2)镇流器的沥青流出，绝缘降低 (3)由于振动，灯泡损伤或接触松弛 (4)通过灯泡的电流太大，灯泡使用寿命即将结束 (5)灯泡连接线头松动	(1)检查电源负荷，降低电源负载 (2)更换镇流器 (3)消除振动现象或采用耐振型灯具 (4)调整电源电压，使之正常，或采用较高电压的镇流器，然后更换灯泡 (5)重新接线

www.plcworld.cn

续表 3-12

常见故障	可能原因	排除方法
灯熄灭后，立即接通开关，灯长时间不亮	(1)汞灯一般特性	(1)有碍工作时，可与白炽灯或荧光灯混用
	(2)灯罩过小或通风不良	(2)换上大尺寸灯具或者改用小功率镇流器和小功率灯泡
	(3)灯泡损坏	(3)更换灯泡
	(4)电源电压下降，再启动时间延长	(4)调高电源电压或采用适合电源电压的镇流器
灯泡有闪烁现象	(1)镇流器规格不合适或接线错误	(1)更换规格符合要求的镇流器，或纠正接线
	(2)电源电压下降	(2)调整电源电压或采用升压变压器
	(3)灯泡损伤	(3)更换灯泡

224. 怎样使用和维护高压钠灯？

高压钠灯是利用高压钠蒸气放电而使灯点燃，其辐射光的波长集中在人眼感受较灵敏的范围内。这种灯光效高、亮度大、体积小、寿命长、透雾性好、紫外线辐射少，所以被广泛应用于高大厂房、车站、广场、体育场等处照明。使用和维护高压钠灯应注意以下事项：

(1)应使用专门设计的配套灯具，以满足以下两方面的要求：一是玻璃灯管外壳温度很高，灯具必须具有良好的散热性能；二是高压钠灯的放电管是半透明的，灯具的反射光不宜通过放电管。否则，放电管因吸热而温度升高，破坏密封处，影响使用寿命，同时灯也易自熄。

(2)电源电压的波动不宜大于±5%，因为高压钠灯的管压、功率和光通量随电源电压的变化而发生的变化，比其他气体放电灯大。当电源电压增高时，由于管压降增大，容易引起灯自熄；当电源电压降低时，光通量将减少，光色变差。

(3)高压钠灯可在任一位置点燃，光电参数基本不变。

www.plcworld.cn

(4)必须配用相应规格的镇流器。否则,起动困难,灯的寿命缩短。

(5)由于钠灯再启动的时间长,不适用于要求迅速点燃的场所。

225. 怎样使用和维护金属卤化物灯?

金属卤化物灯是为改善光色而在高压汞灯的基础上发展起来的一种新型光源,不仅光色好,而且光效也高。通常,在高压汞灯内添加某些金属卤化物,靠金属卤化物的循环作用,向电弧不断提供相应的金属蒸气,金属原子在电弧中受激发而辐射该金属的特征光谱线。适当选择金属卤化物并控制它们的比例,可以制成多种光色不同的金属卤化物灯。使用和维护这种灯,应注意以下事项:

(1)应保持电源电压稳定,电压波动不宜大于±5%。电源电压变化,不但会引起光效、管压等的变化,而且还会引起光色变化。

(2)无玻璃外壳的金属卤化物灯,由于紫外线辐射较强,灯具应加玻璃罩(无玻璃罩时,悬挂高度一般不宜低于14米),以防紫外线灼伤眼睛和皮肤。

(3)金属卤化物灯中的管形镝灯,根据使用时置放的方向,有三种结构形式:水平点燃;垂直点燃,灯头在上;垂直点燃,灯头在下。使用时必须认清灯的方向标记,且灯轴中心的偏离角度不应大于15°。要求垂直点燃的灯,若水平安装,灯管会发生爆裂;若灯头方向调错,则灯的光色会变绿。

(4)卤化物灯的玻璃外壳温度较高,灯具必须具有良好的散热性能。

(5)金属卤化物灯必须配用相应规格的镇流器。否则,起动困难,寿命缩短。

www.plcworld.cn

(6)由于金属卤化物灯再启动的时间长，不适用于要求迅速点燃的场所。

226. 怎样安装、使用和维护碘钨灯？

碘钨灯的接线图如图 3-16 所示。安装、使用和维护碘钨灯应注意以下几点：

(1)碘钨灯必须保持水平位置，水平线偏角不得大于±4°。否则，会破坏碘钨循环，缩短灯管使用寿命。

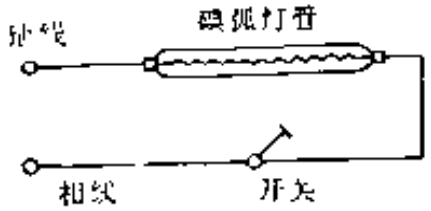


图 3-16 碘钨灯接线示意图

(2)碘钨灯正常工作时管壁温度达 600℃左右，因此灯管必须装在专用的有隔热装置的金属灯架上，严禁装在易燃的木质灯架上。此外，灯管周围也不得有易燃物品，以免发生火灾。

(3)碘钨灯不可装在墙上，以免散热不良而缩短灯管使用寿命；碘钨灯装在室外时，应采取防雨措施。

(4)接用前应使用酒精球擦去灯管外壁的油污，以防止在高温下形成污点而降低灯管的透明度。

(5)灯管两头的电极与灯座的接触应严密可靠，使用中若发现锈蚀现象，应使用细砂布打磨光滑，以免烧毁接点。

(6)对碘钨灯不允许采取任何人工冷却措施(如吹风、水淋等)，以保证碘钨正常循环。

(7)功率在 1000 瓦以上的碘钨灯，不得安装一般电灯开关，而应安装胶盖瓷底刀闸开关。

(8)碘钨灯应有相应规格的灯罩，不宜无罩工作。

(9)碘钨灯的灯丝较脆，耐震性能差，不适用于震动场所；同时，安装地点最好固定，不宜将其搬来搬去。

(10)在碘钨灯的使用过程中，灯管经过多次热胀冷缩，灯

www.plcworld.cn

脚容易松动。一旦出现这种故障，应立即更换灯脚。

227. 怎样使用和维护管形氙灯？

氙灯是利用高压氙气的放电现象制成的高效光源。由于氙灯的光谱能量分布与日光比较接近，所以有“小太阳”之称，其工作稳定，受环境温度的影响较小。使用和维护管形氙灯，应注意以下事项：

(1)由于点燃前灯管内已有很高的气压，因此点燃电压较高，需要触发器产生的脉冲高频高压来点燃。

(2)氙灯有强紫外线辐射，其安装高度不宜低于 20 米。

(3)应保持电源电压稳定，电压波动不宜大于±5%。否则，氙灯容易自熄。

(4)灯管工作温度很高，灯座和灯头应采用耐高温导线。灯管应保持清洁，以防高温下形成污斑，降低灯管透明度。

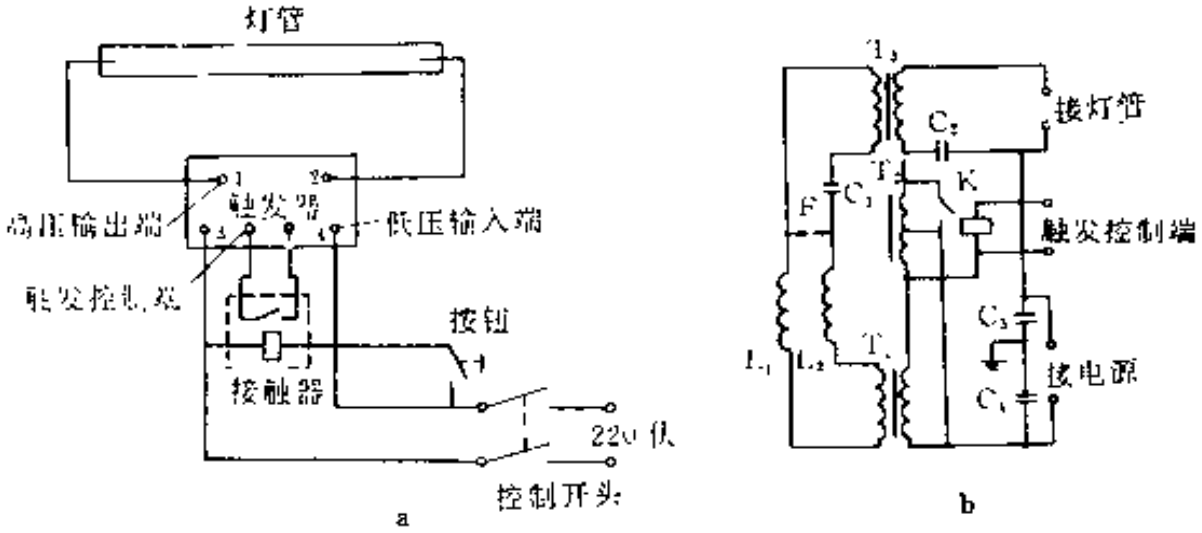


图 3-17　管形氙灯触发器安装接线图

a. 触发器的接线和外部电路　b. 触发器电路图

T_1. 电源变压器　T_2. 升降变压器　T_3. 脉冲变压器　F. 火花放电器　C_1、C_2. 储能电容　C_3、C_4. 旁路电容　L_1、L_2. 高频扼流圈　K. 交流接触器

(5)灯管应水平安装，触发器的安装位置应尽量靠近灯管

www.plcworld.cn

(图 3-17)。

228. 管形氙灯有哪些常见故障？怎样排除？

管形氙灯常见故障和排除方法如表 3-13 所示。

表 3-13 管形氙灯常见故障和排除方法[注]

常见故障	可能原因	排除方法
不能触发，火花放电器不放电	(1)T_1 次级开路 (2)T_2 次级严重短路 (3)L_1 或 L_2 开路 (4)火花间隙接触不良或间隙闭合	(1)调换 T_1 (2)调换 T_2 (3)暂时将 L_1 或 L_2 短路，先使用，然后调换 (4)调整火花间隙距离
不能触发，火花放电器不正常	(1)T_3 胶木筒击穿 (2)高压输出端瓷瓶击穿 (3)T_3 输出处与铁箱击穿	(1)调换 T_3 (2)调换瓷瓶，调整铜排位置 (3)使 T_3 距离铁箱 40 毫米
不能触发，火花放电器放电很小	(1)T_1 次级短路 (2)C_1 无容量或内部开路 (3)线路断开	(1)调换 T_1 (2)调换 C_1 (3)接通线路
触发正常，灯管不亮，检查触发器完全正常，但灯管无火花或仅一端有蓝光	(1)灯管漏气 (2)高压输出线对地严重短路	(1)调换灯管 (2)查明并消除短路点
触发正常，但电弧不能导通	(1)电源电压过低 (2)T_2 无输出 (3)K 不能开路	(1)检查后升压 (2)若是短路，应调换 T_2 (3)排除 K 故障
灯管电弧闪烁不停，不能及时引燃	(1)电路接触不良 (2)灯管不良	(1)查明并消除接触不良现象 (2)调换灯管

注：①表中符号参见图 3-17。

229. 怎样使用试灯检查照明线路的短路故障？

使用试灯检查照明线路的短路故障，可按以下步骤进行：

(1)首先将故障分支线路上的所有灯开关都断开，并拔下

www.plcworld.cn

插头，取下插座熔断器；然后将试灯接在该分支线路总熔断器的两端（应取下熔断器的熔体），串接在被测线路上（图 3-18a），随后合闸送电。如果试灯不发光，说明线路正常；如果试灯正常发光，说明该线路存在短路故障，然后对每一只灯、每个插座进行检查。

（2）检查每一只灯时，可依次将每只灯的开关合上，每合一个开关都要观察试灯（试灯的功率与被检查灯的功率应出入不大）是否正常发光（试灯接在总熔断器处）。当合上某只灯的开关时，若试灯正常发光，则说明故障存在于该灯上，可断电进一步检查。如果试灯不发光，则说明故障不在该灯上，可检查下一只灯，直至查出故障点为止。

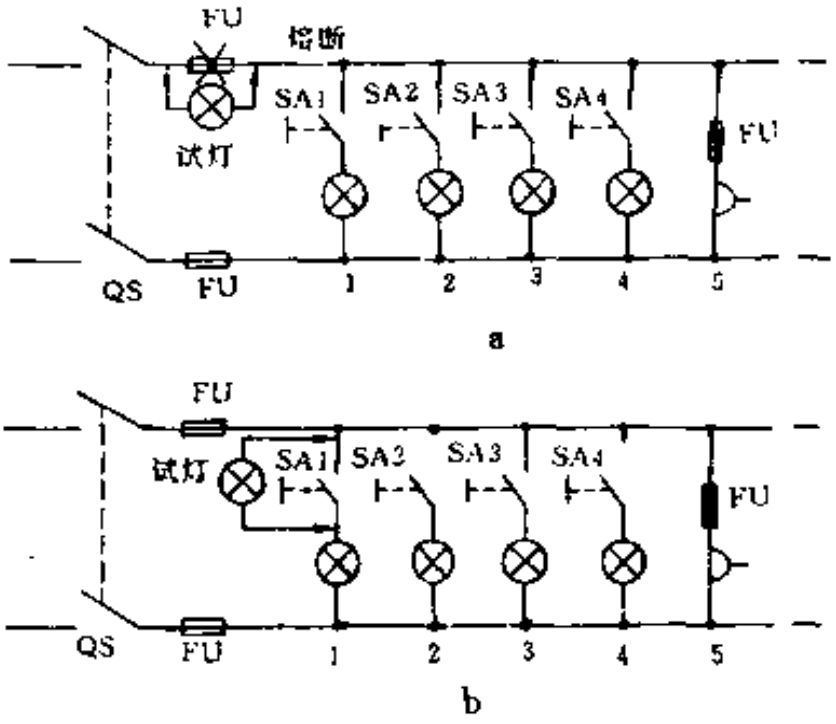


图 3-18　用试灯检查照明线路短路故障

（3）也可按本问第（1）项方法检查，确认线路无故障后，换上熔体合闸送电，再用试灯依次对每一只灯进行检查。检查时，将试灯接在被检查灯的开关两个接线端子上（图 3-18b）。

www.plcworld.cn

如果试灯正常发光，说明故障便在该处；如果试灯不发光，说明该灯正常，可检查下一只灯，直至查出故障点为止。

230. 照明电路开路怎么办？

照明电路一旦开路，电灯就熄火，移动电器也不能工作。照明电路的开路故障可分为全部开路、局部开路和个别开路三种，分述如下：

(1)全部开路　这类故障主要发生在干线上配电和量电装置以及进户装置的范围内。通常，首先应依次检查上述部分每个线头的连接处(包括熔体接线桩)，一般以线头脱离连接处这一故障最为常见；其次，检查各线路开关动、静触头的分合闸情况。

(2)局部开路　这类故障主要发生在分支线路的范围内。一般先检查每个线头的连接处，然后检查分路开关。如果分路导线截面较小或是铝导线，则应考虑芯线可能断裂在绝缘层内而造成局部开路。

(3)个别开路　这类故障一般局限于挂线盒、灯座、灯开关，以及它们之间的连接导线的范围内(对于移动电器，则局限于插座和电源引线范围内)。通常，可分别检查每个线头的连接处，以及灯座、灯开关和插座等部件的触点的接触情况(对于荧光灯，则应检查每个元件的连接情况)。

231. 照明线路漏电的原因是什么？怎样查找漏电点？

照明线路漏电的主要原因是：①导线或电气设备的绝缘受到外力损伤；②线路经长期运行，导线绝缘老化变质；③线路受潮气侵袭或被污染，造成绝缘不良。照明线路一旦出现漏电现象，不但浪费电能，而且还可能引起触电事故。漏电与短路的本质相同，只是事故发展程度不同而已，严重的漏电可能造成短路。因此，常将漏电看成是短路的先兆。对照明线路的

www.plcworld.cn

漏电，切不可掉以轻心，应经常检查线路的绝缘情况，尤其是发现漏电现象时，应及时查明原因，找出故障点，并予以消除。

通常，可按以下方法查找照明线路的漏电点：

(1)首先判断是否确实漏电。可用兆欧表摇测，根据测得的线路绝缘电阻值进行判断。此外，也可在被检查建筑物的总刀闸上接一只电流表，接通全部电灯开关，取下所有灯泡，进行仔细观察。若电流表指针摆动，则说明存在漏电现象。指针摆动的幅度，取决于电流表的灵敏度和漏电电流的大小。若指针摆动幅度很大，则说明存在严重漏电现象。确定线路漏电后，可按以下步骤继续进行检查。

(2)判断是相(火)线与零线间漏电还是相线与大地间漏电，或者是二者兼而有之。以接入电流表检查为例，切断零线，观察电流变化情况：若电流表示值不变，则是相线与大地间漏电；若电流表示值为零，则是相线与零线间漏电；若电流表示值变小但不为零，则是相线与零线、相线与大地间均漏电。

(3)确定漏电范围。取下分路熔断器或拉开刀闸开关，若电流表示值不变，则说明总线漏电；若电流表示值为零，则说明分路漏电；若电流表示值变小但不为零，则说明总线和分路均漏电。

(4)找出漏电点。按本问第(3)项介绍的方法确定漏电的分路或线段后，依次拉开该线路灯具的开关。当拉开某一开关时，若电流表指针回零，则表明该分支线漏电；若电流表示值变小，则表明除该分支线漏电外，还有其他漏电地点。如果拉开所有灯具的开关后，电流表示值仍不变，则表明该段干线漏电。

按照上述方法依次将故障范围缩小到一个较短的线段或较小范围之后，便可进一步检查该段线路的接头，以及导线穿

www.plcworld.cn

墙处等地点是否漏电。找到漏电点后，应及时消除漏电故障。

232. 怎样使用和维护灯具？

灯具的使用和维护，应注意以下几点：

(1)必须在额定电压和额定频率下使用灯具。

(2)凡接地的灯具，应经常检查其接地情况。

(3)无特别规定的灯具，其周围环境的温度一般可为 5～35 C。

(4)室内灯具不得用于室外。

(5)电炉、煤气炉、煤油炉等加热设备的上方及其附近，以及有蒸气的场所，均不得使用普通灯具。

(6)灯具内不得安装超过规定瓦数的灯泡。

(7)更换灯泡、拆卸灯罩等工作，应在切断电源下进行。

(8)对安全照明灯具应定期检查，以确保灯具处于良好工作状态。

(9)应使用温水(或拧干浸肥皂水的棉布)擦洗灯具，不得使用汽油、挥发油等来擦洗。

(10)灯具的金属部分，不许使用擦亮粉来擦。

(11)灯具背后的粉尘，宜使用干棉布或掸子来清扫。

(12)灯具出现歪斜、破损等异常现象时，应停止使用，立即切断电源进行检修或更换。

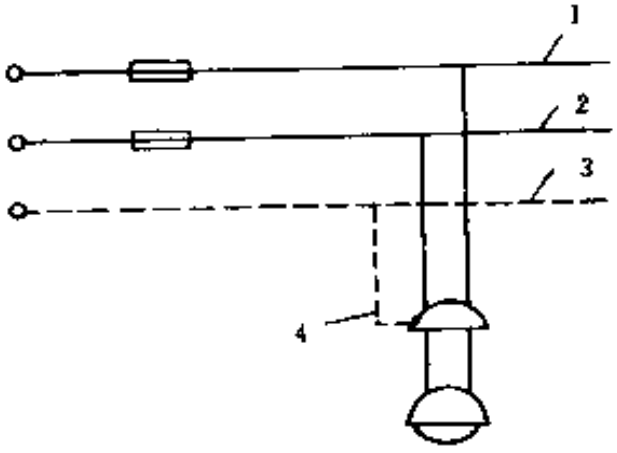


图 3-19　中性线装有熔断器的线路上灯具接地示意图

1. 相线　2. 工作中性线
3. 保护中性线　4. 接中性线接头

233. 有爆炸危险场所的照明灯具怎样接地？

www.plcworld.cn

有爆炸危险场所的照明灯具，其金属部分应通过专用接地线接地或接零，而不得采用引至灯具分支线的零线或吊灯钢管和其他金属部件作为接地线。灯具接地线的装设如图 3-19 和图 3-20 所示。图 3-20b 是错误接法，当数字 4 所示地点断线时，灯具外壳带电。

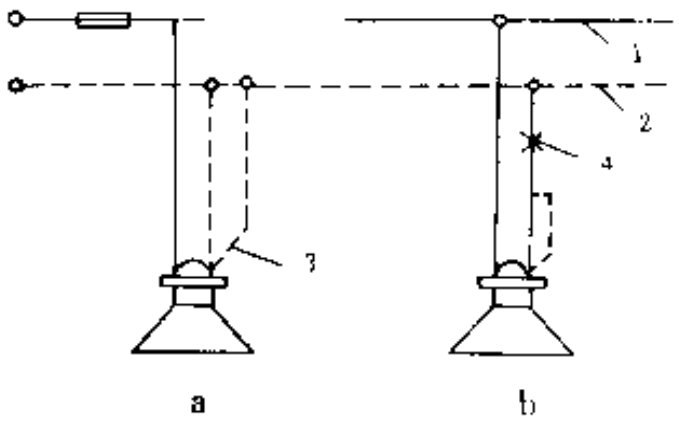


图 3-20　中性线未接熔断器的线路上灯具接地示意图

a. 正确接法　b. 错误接法

1. 相线　2. 中性线　3. 接中性线接头　4. 断线处

234. 需要在室内照明线路上大量增设照明灯具或其他用电设备怎么办？

如果需要在室内照明线路上大量增设照明灯具或其他用电设备，应验算原有导线、开关和熔断器等是否能承担增加的负荷容量，是否仍符合安全规程的有关规定，同时应将增设日期、增设的用电设备数量和容量都作出记录。如果需要改变配线方式和配线路径，以及需要更换导线和控制、保护电器，则应对原来的电气图纸作相应的修改。并且，改线工程竣工后，应进行通电试验，只有确认线路符合要求，才可投入运行。

235. 怎样安装常用照明开关？

常用照明开关分拉线开关和扳动式开关两种。安装时应符合以下要求：

(1)拉线开关距地面高度一般为 2.2～2.8 米，距门框为 150～200 毫米，拉线开关相邻间距不应小于 20 毫米；拉线的出口应向下。

(2)扳动式开关距地面高度一般为 1.2～1.4 米，距门框

www.plcworld.cn

为 150～200 毫米。

(3)成排安装的开关，其高度应一致，高低差不应大于 2 毫米。

(4)开关位置应与灯位相对应；同一室内开关的开、闭方向应一致；开关操作应灵活，接点应接触可靠。

(5)暗装开关的盖板应端正、严密，并与墙面齐平。

(6)多尘、潮湿场所和室外应采用防水瓷质拉线开关。如果采用普通开关，应加装保护箱(盒)。

(7)易燃、易爆和特别潮湿的场所，应分别采用防爆型或密闭型开关，或者将开关装于其他场所。

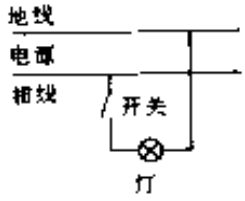
(8)明线敷设的开关，应装在厚度不小于 15 毫米的木台上。

(9)电器、灯具的相线应经开关控制；住户室内严禁装设床头开关。

236. 常用照明灯开关怎样接线？

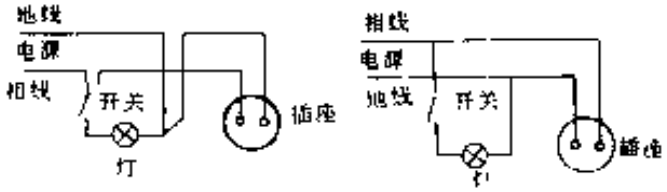
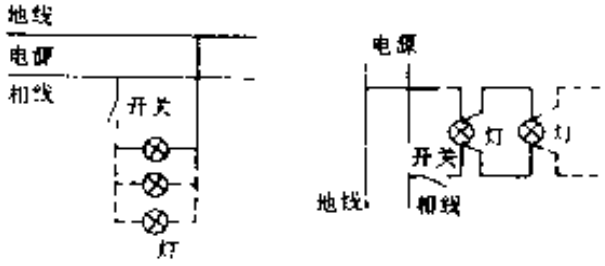
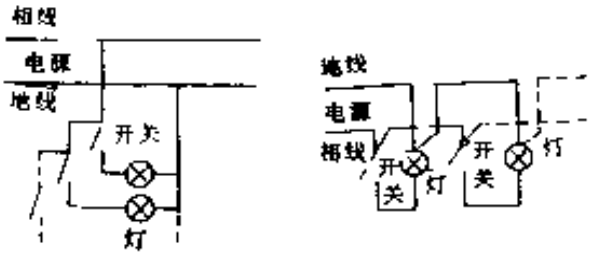
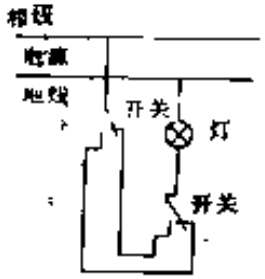
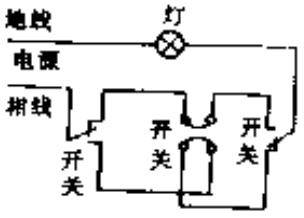
工矿企业和住宅中的照明灯具，是应用最广的一种电器。灯具的控制和开关的接线，应做到安全、经济、美观、合理，并且便于维修。表 3-14 示出常用照明灯开关接线图，可供安装照明装置时参考。

表 3-14　常用照明灯开关线路

线路图	说明
	一只单联开关控制一只灯，是一种最简单最常用的方法，开关应装在火(相)线上，灯泡额定电压应与电源电压相符，这种接线方式可保证维修安全

www.plcworld.cn

续表 3-14

线路图	说明
	一只单联开关控制一只灯，并另外连接一只插座，加接的插座一般并列于电源上（左图）。此时用线较少，但有接头，应连接牢固，以免发生事故。有时为了维修方便，减少故障点，将接头接于内部接线柱上，外部连线无接头（右图），但用线较多
	一只单联开关控制三只或三只以上的灯（左图），同时开、闭。连接多只灯时，应按图上虚线接线，要注意灯的总容量不超过开关的额定值。右图无接头，较安全，但用线较多
	两只单联开关控制两只灯（左图），多只单联开关控制多只灯时，应按右图虚线接线
	两只单联开关在两地控制一只灯。有时为了方便，需在两地控制一只灯。例如，楼梯上和走廊使用的照明灯，要求在楼上、楼下和走廊两端都能控制灯的亮灭
	两只双联开关和一只三联开关，在三个地方控制一只灯，可用于楼梯、走廊和有特殊需要的场所

www.plcworld.cn

237. 怎样使用插销?

插销由插座和插头组成。使用时应注意以下事项:

(1)插座不宜装在高温、潮湿的场所,而应装在干燥、清洁的地点;明装插座离地面高度不应小于 1.8 米,暗装和工业用插座离地面高度不应小于 30 厘米。

(2)插销额定电流应大于负荷电流;不同电压的插座应有明显的区别,使其不能互用。

(3)凡是携带式或移动式用电设备用的插座,单相应使用三孔插座,三相应使用四孔插座,其接地孔应与接地线或零线接牢。

(4)儿童活动场所的插座应采用安全插座;若使用普通插座,安装高度不应小于 1.8 米。

(5)不允许两个或几个电器合用一个插头或两副插头共同插在一个插座内(图 3-21a),以防止发生短路或烧毁电器事故。

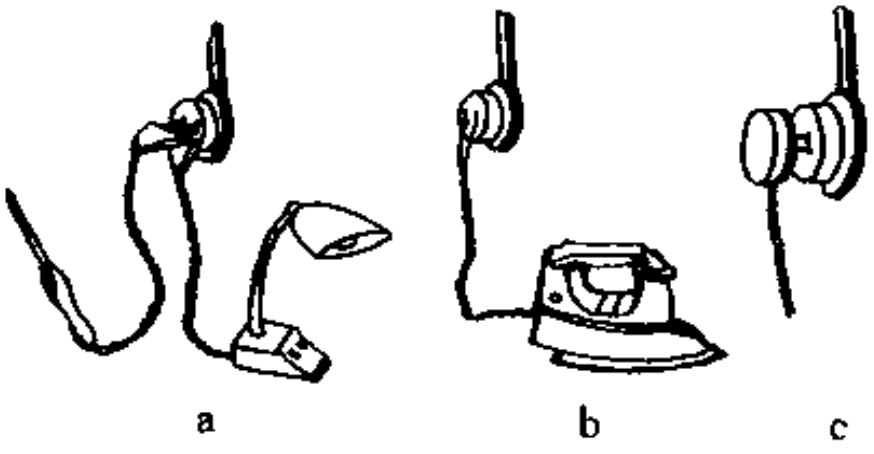


图 3-21 使用插销常见的几种错误

(6)禁止将电器的两根电源引线的线头直接插在插座的插孔内(图 3-21b),以免发生短路或触电事故。

(7)插销损坏后,必须及时更换,不可凑合使用。

www.plcworld.cn

(8)经常检查插销是否完好，插头或插座接线端的线头是否松动。

(9)插头插入插座要插到底，不可外露(图 3-21c)，以免触电。

328. 怎样识别单相三孔插座的标志和正误接线？

单相三孔插座的插孔排列和标志如图 3-22 所示。图中 L 表示火(相)线，N 表示零线(中线)，E 表示保护接地线(或保护接零线)，接地符号为⏚。

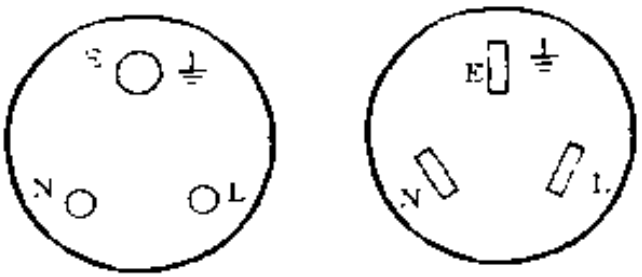


图 3-22 单相三孔插座的插孔排列和标志
a. 圆形孔 b. 扁形孔

按照国家标准 GB1002—80 和 GB1003—80 的规定，插头和插孔应为扁形，圆形的是这两个标准公布以前生产的老产品，已淘汰。为了作图方便，本问插图上的插座孔用圆圈表示。

单相三孔插座的正确接线如图 3-23 所示。图 3-23a 和 3-23b 适用于三相五线制保护接零系统，图 3-23c 适用于三相四线制保护接零系统，图 3-23d 适用于三相四线制保护接地系统。在保护接零系统中，图 3-23a 和 3-23b 的安全性较高。

单相三孔插座常见的典型错误接线如图 3-24 所示。图 3-24a 潜伏着很大的隐患，这是因为单相三孔插座多用于住宅，而住宅区一般都采用导线截面较小的单相两线制线路，零线受外力作用而断线的可能性较大；又如，导线接头氧化、腐蚀、松脱等都会造成零线断线而出现图 3-24b 所示情况，此时负载回路中无电流，负载上无压降，用电设备的金属外壳上带有 220 伏对地电压，严重威胁人身安全。此外，检修线路时，如果

www.plcworld.cn

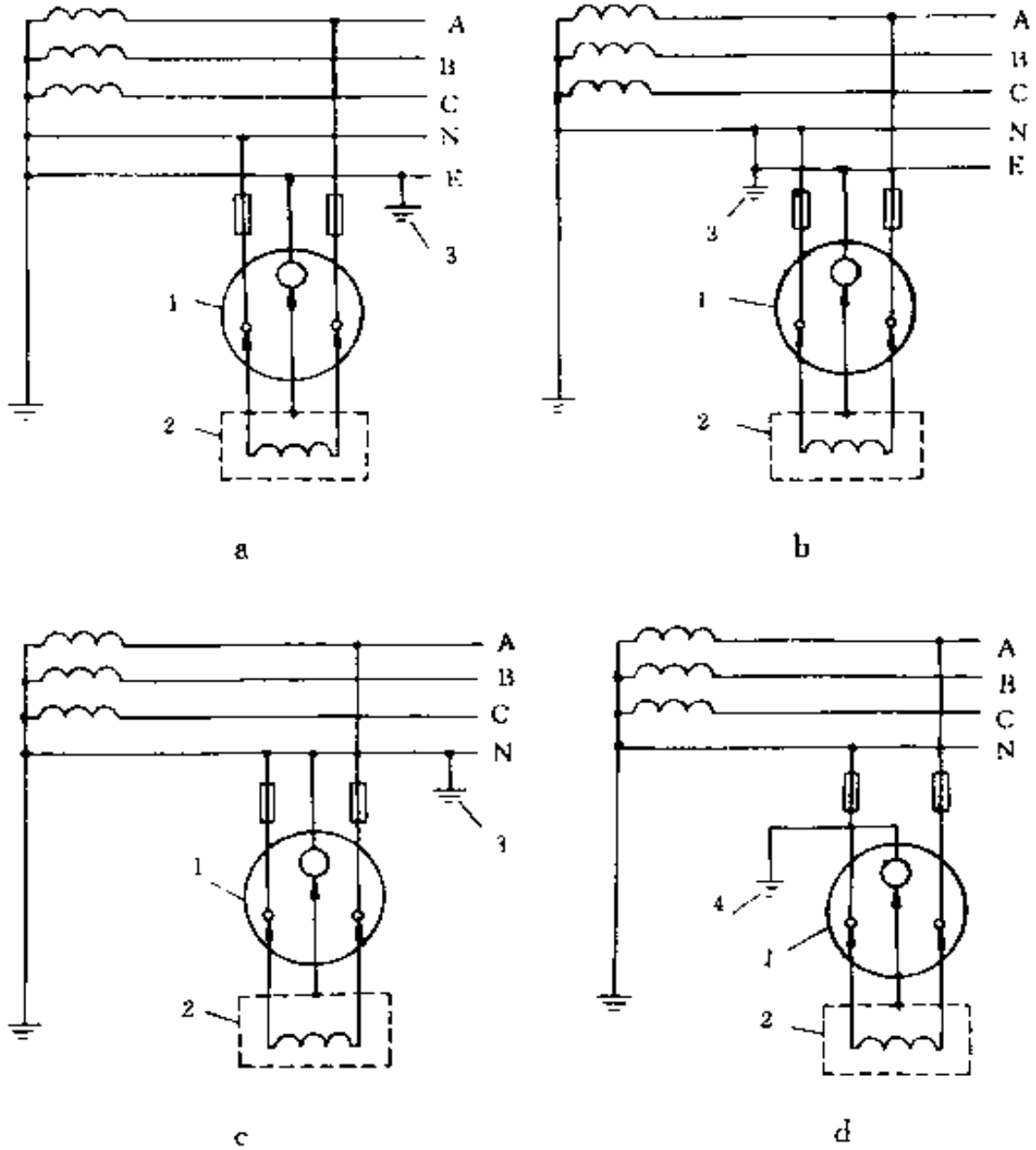


图 3-23　单相三孔插座的正确接线

1. 单相三孔插座　2. 用电设备金属外壳　3. 零线重复接地　4. 保护接地

将相线和零线接反，将出现如图 3-24c 所示情况，此时 220 伏相电压直接通过接地(接零)插孔传到用电设备的金属外壳上，也危及人身安全。

www.plcworld.cn

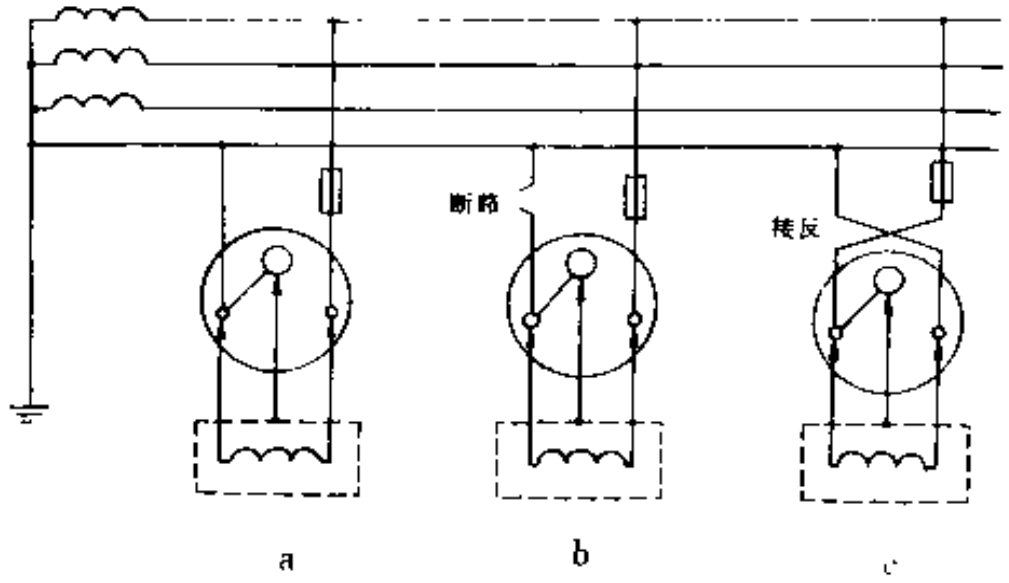


图 3-24　单相三孔插座典型错误接线

239. 怎样识别低压用电设备三芯电源线中接地线的颜色？

我国标准 GB2681－81《电工成套装置中的颜色》规定，用交替的绿、黄双色线作为安全用的接地线的颜色。这与国际电工委员会(IEC)对保护接地线颜色的规定是一致的。

除绿、黄双色线外，我国在上述标准颁布以前生产的低压用电设备，以黑色线作为保护接地线，仍在使用的这类接地线为数不少，维修中应加以注意。此外，国外低压用电设备接地线的颜色也不统一，有用绿色线作为保护接地线的，例如日本的 NEC 标准、美国的 UL 标准、英国的 BS 标准等。我国出口的部分低压用电设备也用绿色线作为保护接地线。因此，当低压用电设备的电源线需要装接插头时，应查明哪一根芯线接设备外壳，并将该芯线接三脚插头的接地插脚，以免由于接地线的颜色不同而接错，导致发生触电事故。

240. 怎样正确使用多联插座？

多联插座是多台用电设备共用一个电源的一种通用插座(图 3-25a)，生产车间的非生产用电(如测试)地点、实验室、

www.plcworld.cn

办公室和家庭都广泛使用，既可固定安装，也可不固定安装（装在可移动的插座板上）。使用时应注意以下事项：

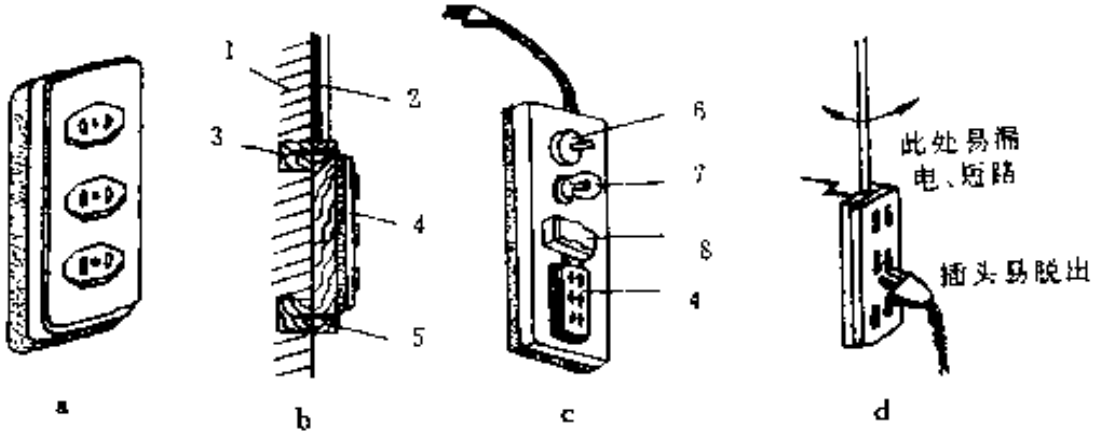


图 3-25　多联插座的使用

1. 墙　2. 木槽板　3. 木砖　4. 多联插座　5. 木台　6. 开关
7. 指示灯　8. 熔断器

（1）对于不经常移动的用电设备，多联插座可固定安装在墙上（图 3-25b），离地面高度一般不小于 1.3 米。

（2）供移动设备使用或临时提供电源的多联插座，可装在插座板上，并配以电源开关、指示灯和熔断器（图 3-25c）。

（3）功率较大的用电设备，宜使用单独安装的专用插座，不可与其他电器共用一个多联插座。

（4）不许吊挂使用多联插座（图 3-25d）。否则，导线会受到拉力或摆动，造成压接螺钉松动，插头与插座接触不良。

（5）不许将多联插座长期置于地面、金属物品或桌上使用。否则，金属粉末或杂物易掉入插孔而造成短路事故。

241. 怎样使用简单方法统一三相插座的接线？

许多三相低压用电设备的插头都是按一定的相序排列的，这就要求电源插座也保持一定的相序。为了保证同一网络中的各插座接线都统一，可用以下简单方法来检测：

（1）灯泡法　先切断总电源，然后取下任意两相上的熔断器，其中的一相上接灯泡（图 3-26），另一相空着。

www.plcworld.cn

取另一只功率相同或略大的灯泡，灯泡一端与地线或中线相接，另一端分别插入插座的各插孔。设灯泡最亮的一孔为1，较亮的一孔为2，不亮的一孔为3，分别作出记号。其他插座也均按此法找出1、2、3相。最后拉开电源开关，统一安装、调换各插座的接线。

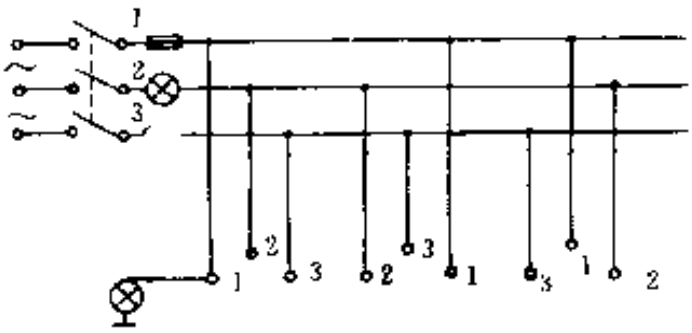


图3-26　灯泡法统一三相插座接线

(2)验电器法　切断总电源，将电源的一相串接两个灯泡后接地，另一相去掉熔断器后直接接地，第三相保持不变(图3-27)。

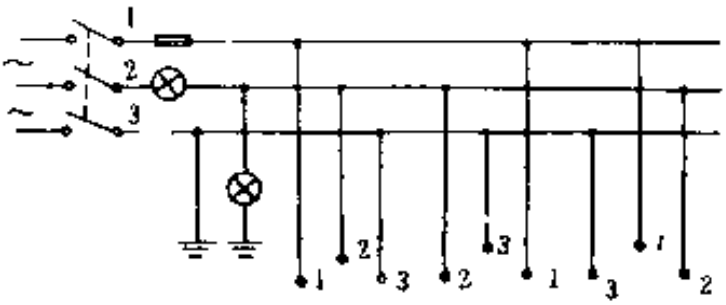


图3-27　验电器法统一三相插座接线

合上电源后，用低压试电笔分别插入插座的三个插孔，未接地的一相最亮，串灯泡后接地的一相次之，直接接地的一相不亮。作好记号后，即可调整插座的接线。

242. 照明装置安装不合格怎么办？

在电气照明装置的安装过程中，有人为了图方便，怕麻烦，不严格按照规程有关规定施工，以致某些器件或线路的安装不合格，留下隐患。常见的违反安装规程的施工有以下几种：

www.plcworld.cn

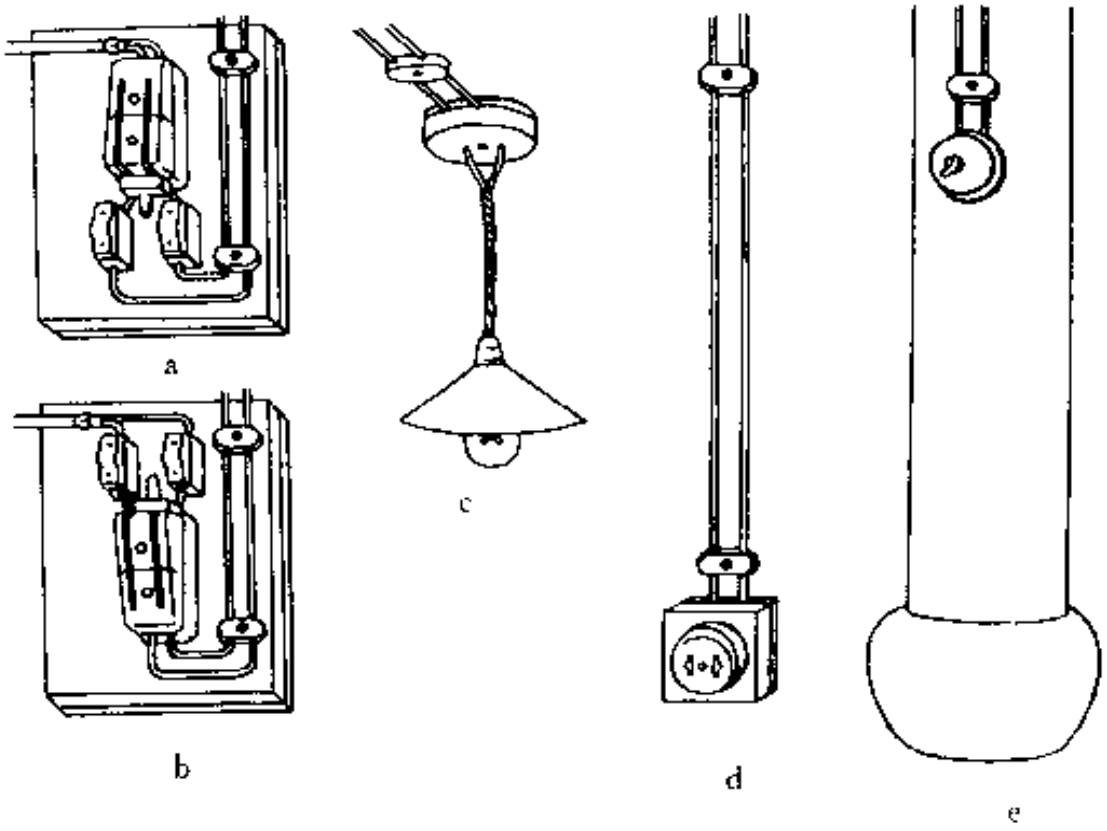


图 3-28　不合格的照明装置

a. 总开关颠倒　b. 总开关和用户熔断器盒安装次序颠倒
c. 不装接线盒　d. 插座很低　e. 未装木台

(1)总开关倒装(图 3-28a)　刀闸开关的正常位置应该是推上时电路接通，拉下时电路断开。如果倒装，拉开的刀闸开关随时可能自动合闸，使电路接通。这是极不安全的。

(2)总开关和用户熔断器盒安装次序颠倒(图 3-28b)　这样，总开关不能控制熔断器盒。当熔体熔断而进行检修时，就无法断电，影响操作安全。

(3)不装接线盒(图 3-28c)　将吊灯软线直接接在电源线上，而不装接线盒，既不美观，也不安全，吊灯往往因导线连接不牢而掉下。

(4)普通插座装得很低(图 3-28d)　普通插座装得太低，小孩容易摸到，甚至玩耍时用铁丝捅入插孔中，极为危险。

(5)未装木台(图 3-28e)　将开关、插座或接线盒等直接装在墙壁上而未装木台，一旦墙壁受潮，就会发生漏电事故。

www.plcworld.cn

(6)瓷夹线路随意下延　瓷夹线路离地面高度应在2米以上，即使装插座，高度也不得小于1.8米，禁止瓷夹线路随意下延。

如果发现上述不合格的照明装置，应立即拆除，重新安装，严禁凑合使用。

243. 照明装置投入运行前，怎样进行试灯检查？

当照明配线竣工，配电盘(箱)已装好，灯、开关、插座安装完毕，电源已接通，便具备试灯检查条件。试灯前，应使用兆欧表测量每一回路和用户的绝缘电阻，而干线则在搭头(接火)前测量其绝缘电阻。测得的电阻值，每伏不应小于1000欧，即相线对地绝缘电阻值不小于0.5兆欧。

送电时，先送到总刀闸开关，然后送到每个单元的刀闸开关，再送到每一楼层配电箱或分回路，最后送至各户电度表，插上每户的瓷插式熔体，装上住户各室的灯泡。根据灯泡是否发光，就可判断有无故障点。

检查时，用一个试验灯座，装15瓦灯泡，一头接到火线上，另一头搭在开关线上。如果线路上的灯泡功率大于15瓦，发现试验灯泡亮，线路灯泡红，则说明线路正常。如果两个灯泡都亮，则说明线路送380伏电压；如果两个灯泡都不亮，则说明火线或地线都不通。

244. 怎样维护车间照明设备？

车间照明设备的运行维护，应注意以下几点：

(1)应定期对照明设备进行检查和清扫，特别是多尘车间的照明设备，每月应清扫数次，以保持车间的正常照度。

(2)在照明、动力同一电源的线路中，应注意大容量电动机起动时电压降的幅度，以保证照明正常。

(3)各种照明灯，根据工作需要应有一定形式的聚光反光

www.plcworld.cn

设备，不得使用纸片、铁片等来代替，更不许用金属丝将纸片、铁片绑在灯口上。

(4)特殊场所的防爆、防水型灯具，应定期对其进行密封检查，若发现锈蚀损坏、密封失效等现象，应及时修复或更换；插座、灯头、瓷底胶盖刀闸开关、瓷插式熔断器等如果残缺损坏，也应及时更换，不可凑合使用。

(5)对应急照明系统，应定期检查其完好程度，每次检查应进行通电试验和测量绝缘电阻。

(6)低压行灯变压器应通风良好，不允许过负荷运行，其引线应尽可能悬挂起来，不得接触金属物体、炽热管道、化学腐蚀剂容器、潮湿和涂油未干的地面。

(7)荧光灯、碘钨灯、高压汞灯等的回路中不得有任何缺陷，以免引起其他设备的损坏。

(8)应定期更换灯泡、灯管，更换时应切断电源，禁止用湿布擦拭灯头和开关等部件。

245. 怎样调查和改善照明条件？

有些照明设计往往未达到预期效果，也有一些生产场所的工作性质改变，原来的照明设备不能满足实际工作的需要，因此照明条件不能令人满意，从而影响生产和工作。在这种情况下，对照明条件进行调查研究，采取改善照明的措施，可以促进生产，提高工作效率。表 3-15 列出了照明调查项目和改善照明的措施。

www.plcworld.cn

表 3-15　照明调查项目和改善措施

调查项目	调查结果	主要原因	改善措施
工作时是否感到灯光发暗	是	(1)照度不足 (2)灯具配置不合理	(1)增加照度 (2)适当调整灯具位置或更换灯具
阴雨天是否由于照明灯光不亮而难以工作	是		
是否感到仅仅工作面亮而周围黑暗	是		
进行精细工作时是否要凝视才能看清	是		
工作时有无妨碍工作的阴影	有	(1)灯具布置不合理 (2)灯具配光不合适	(1)重新布置灯具 (2)更换灯具
工作时是否看到工件摇动	是	(1)照度不足 (2)灯具布置不合理 (3)灯具配光不合适	(1)增加照度 (2)重新布置灯具 (3)更换灯具
是否由于机械和部件的反射光而看不清工件的细节部分	是	(1)灯具位置不合理 (2)灯具配光不合适	(1)调整灯具位置 (2)更换灯具
横向观看物件时，是否难以看到	是		
观看机械和部件时，是否感到缺少轮廓或无立体感	是		
在工作场所是否看到反射罩中的灯泡(45°角)	是		
面向窗工作时，窗外入射光是否妨碍工作	是	工作面安排不当	重新安排工作面
是否由于闪烁和发生频闪效应而妨碍照明	是	灯泡不良	更换灯泡
工作时间稍长，眼睛是否感到疲劳	是	(1)照度不足 (2)灯具位置不当 (3)灯具配光不合适	(1)增加照度 (2)调整灯具位置 (3)更换灯具

www.plcworld.cn

续表 3-15

调查项目	调查结果	主要原因	改善措施
人的肤色是否与日光下观看时不同	是	显色性差	改用白炽灯或高显色荧光灯照明
是否感到红色的浓度特别低	是		
是否感到深蓝色与黑色难以区分	是		

246. 某住户的电灯突然熄灭怎么办？

如果某住户的电灯突然熄灭，应按下述办法进行观察、分析、检查和处理：

(1)观察、了解情况　首先观察该住户左邻右舍的电灯是否熄灭。如果四邻的电灯都不亮，说明是室外线路或熔断器发生故障；如果左右邻居的电灯都亮，说明该住户的线路发生了故障。此时应观察、检查该住户线路的构成情况，如电源线从何处引进？总干线走向如何？有哪些分支线路？每一灯具是怎样控制的？此外，还要向住户了解电灯熄灭前是否接用了电熨斗或电热水器等家用电器。

(2)判断故障部位　要消除住户电灯突然不亮这一故障，关键在于找出故障点。现代住户除装有电灯外，还有多种家用电器，因此，可能出现故障的地点很多。例如，某一或大或小的家用电器发生接地短路故障，都会造成全户停电。为了能够迅速排除故障，必须掌握一些寻找故障的基本规律。通常，可首先根据故障现象判断发生故障的大概部位，以缩小检查范围，然后在这个判定的部位寻找故障点。住户照明线路故障检查步骤如图 3-29 所示。

247. 住户某一电灯不亮怎么办？

住户某一电灯不亮，一般是该灯损坏，或者对该灯供电的

www.plcworld.cn

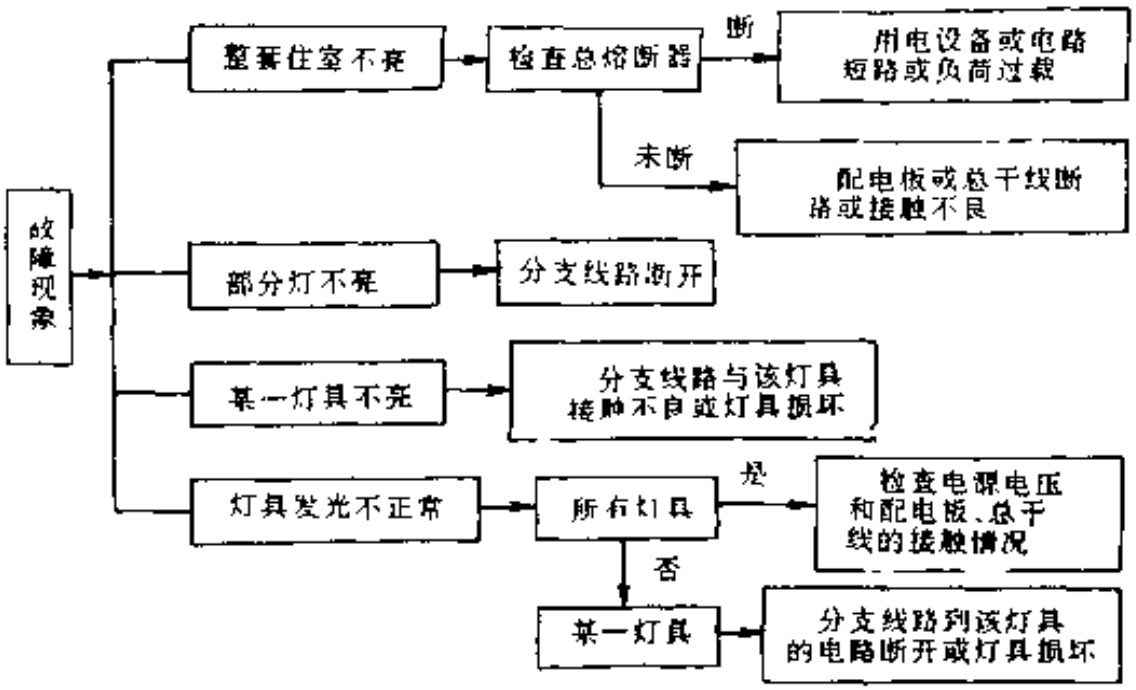


图 3-29　住户照明线路故障检查步骤

分支线路断路，通常可按图 3-30 所示电灯不亮检查步骤进行检查。

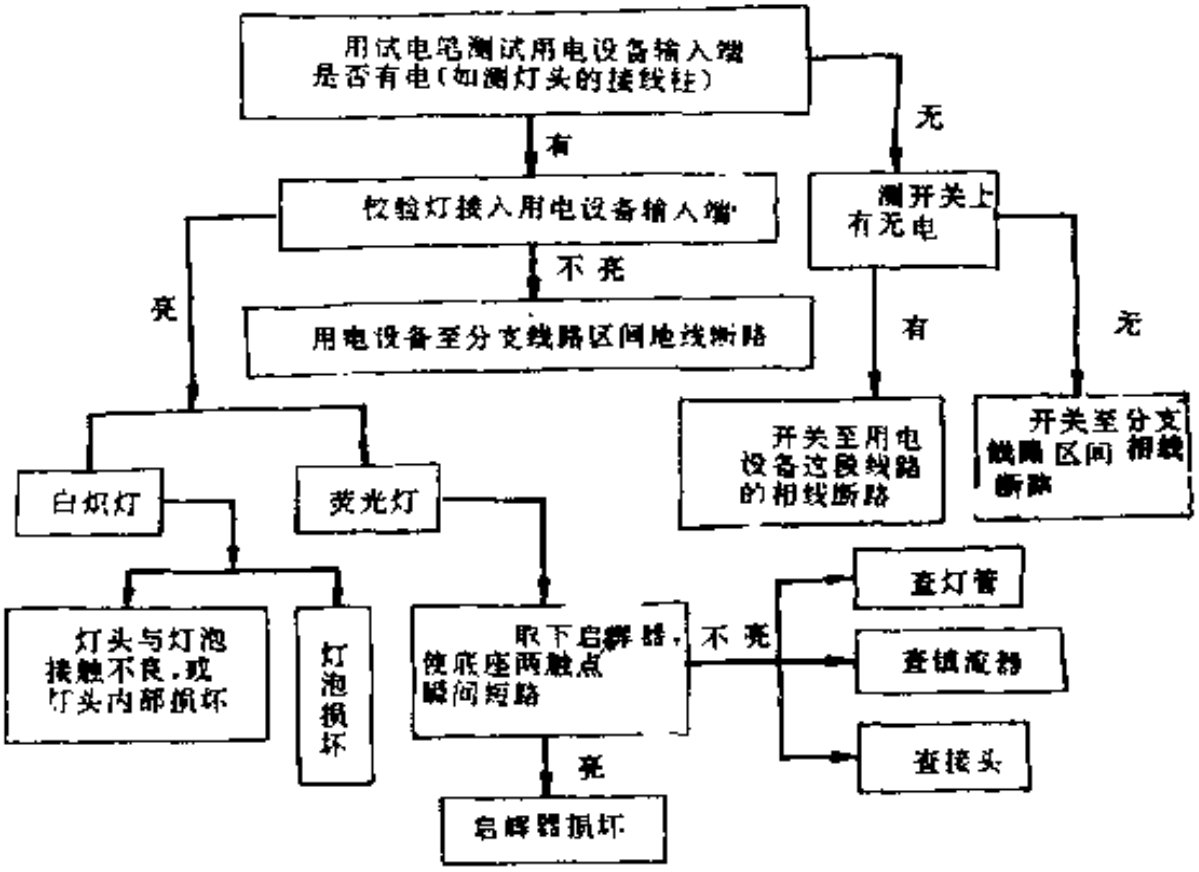


图 3-30　电灯不亮检查步骤

www.plcworld.cn

某一电灯熄灭，用试电笔进行检查非常方便。检查的方法是用试电笔分别测试灯头的两个接线柱。如果测试两个接线柱时，试电笔都不亮，说明该灯的相线开路或接触不良；如果测试两个接线柱时试电笔都发光，说明该灯的零线断开或接触不良；如果测试一个接线柱时试电笔发光，而测试另一个接线柱时则不发光，说明灯丝断裂、灯头内部接触不良或灯泡与灯头接触不良。

248. 怎样安装照明配电盘？

照明配电盘的安装分墙上明装和暗装（嵌入墙内）两种（图 3-31）。配电盘一般装在电源进口处，并且尽量靠近负荷中心。安装方法如下：

（1）明装　先将支架预埋在墙上（图 3-31a），或用抱箍将支架固定在柱上，然后将配电箱固定在支架上，再在盘面上进行接线，最后把盘面推入箱内加以固定。

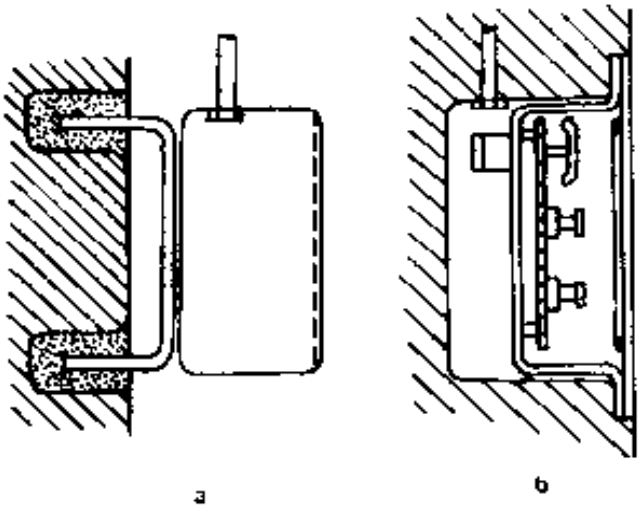


图 3-31　照明配电盘安装示意图

（2）暗装　通常，在土建砌砖时按设计规定的位置把嵌架预埋在墙内（图 3-31b），使箱面稍稍凸出墙面，然后进行正面结构安装、配管、穿线，最后装面板、接线、编号等。

照明配电盘的安装高度，应符合设计规定。如果设计无明确规定，盘下底边距地面高度可为 1.2～1.5 米。

www.plcworld.cn

249. 灯头、扳动式开关和拉线开关出现故障怎么办？

灯头、扳动式开关和拉线开关，由于经常使用，最易发生故障，检修时可分别按下述方法处理：

(1)灯头　也称灯座，分螺口和卡口式两种。螺口灯头里面有一块富弹性的铜片，使用日久，该铜片由于弹性减弱而不能弹起。若出现这种现象，应拉开总开关，切断电源，用改锥将铜片拨起。如果铜片表面有氧化层或污垢，应将其清除干净。否则，灯泡也会不亮。若铜片完全失去弹性，则应更换灯头。卡口灯头由于触点的伸缩性减弱而接触不良。其原因有二：一是装在触脚内的小弹簧弹力不足；二是触柱表面严重氧化腐蚀，卡在触脚孔内不能复位。如果小弹簧弹力不足，可将其拆下，稍拉长后重新装上，一般即可消除故障；如果触柱卡住，可拉出触柱，用小改锥(小螺丝刀)清除其上的氧化层，并加一些缝纫机油，也可恢复伸缩功能。

(2)扳动式开关　这种开关里面有两块富弹性的铜片(作为静触点)，也由于使用日久，各弯向外侧。一旦出现这种现象，可先拉下总开关，切断电源，用改锥将铜片弯向内侧。若铜片完全失去弹性，应更换开关。

(3)拉线开关　开关的拉线最易在拉线口处断裂。换线时，也应先拉开总开关，切断电源，将残留在开关内的线头清除；然后用改锥将穿线孔拨到拉线口处，把拉线端头剪成斜形，从拉线口穿入，穿过拉线孔后，将拉线端头打一个结即可。

250. 怎样拆除部分照明线路和个别灯头？

拆除部分照明线路和个别灯头时，要考虑未拆除部分的用电安全。为此，进行拆除工作以前，应断开电源，拆除时应按下述要求操作：

(1)拆除从干线上分出的分支线路时，应将干线上分支处

www.plcworld.cn

的绝缘带解开，拆下要拆除的导线线头，并将干线上的绝缘带（若原来的绝缘带干枯，则应使用新绝缘带）仍旧包好。严禁直接将要拆除的导线剪断。

（2）拆除个别灯头时，如果是吊灯灯头，应将挂线盒内的软线拆下，并将挂线盒的盖子盖好；如果是矮脚灯头，则应掀起木台，将两个导线线头用绝缘带包好，塞入木台内，再将木台装于原处。禁止将包好的线头露于木台外面。

（3）拆除时，应将所有不用的导线和零部件都全部拆下，不许留下“七零八落”的导线头和附件而成为隐患。

251. 怎样使用行灯？

行灯即临时移动照明灯，也称手提灯，是企业中常用的手提式电器之一，其电源线经常移动，容易受到磨损、压伤，也易受高温、潮湿和腐蚀性介质的损害。为防止行灯使用中发生触电事故，应注意以下事项：

（1）行灯应由双线圈行灯变压器供电，禁止使用附加电阻或自耦变压器降压的办法来取得“安全”电压。

（2）行灯变压器的一、二次侧均应安装熔断器，其熔体额定电流不应大于变压器额定电流；外壳、铁芯和低压侧的一端或中心点均应接地或接零。

（3）行灯的电压不得超过 36 伏。在特别潮湿场所、狭小工作场地或金属容器内工作时，移动照明灯的电压不得超过 12 伏。

（4）一次侧电源线长度一般不应超过 3 米，并应使用护套线；灯体引线应不过紧，以防止损伤导线。

（5）灯具手柄应坚固，绝缘良好，耐热、耐潮湿。

（6）灯头与灯体应结合紧固，灯头上应无开关。

（7）灯泡外部应有保护网；金属网、反光罩和悬吊挂钩等

www.plcworld.cn

均应固定在灯具的绝缘部分上。

(8)在金属容器内工作时,行灯变压器不得随灯带入容器内。

(9)对行灯变压器至少每月全面检查一次。检查项目包括测试绝缘电阻(不得低于 0.5 兆欧),检查引线、插头、接线等是否完好正确。

252. 企业照明存在哪些不合理现象?怎样节约企业照明用电?

企业照明一般存在以下一些不合理现象:

(1)照明灯位置和朝向不对,照明效果差,造成照明灯数量过多。

(2)没有作业人员或要求照度不高的地点,照明灯过多或灯泡功率过大。

(3)照明电路的电压太高,有时高达 110%网络额定电压。

(4)工作人员很少去的地点,照明灯常明。

(5)只在检查设备时工作人员才去的地点,照明灯也常明不熄。

(6)车间、工段照明控制过于集中,有时个别工段或某一区域停止作业,也保持正常工作照明。

(7)实行三班工作制的车间,早上 8 点交接班后,无人及时熄灯。

企业在节约照明用电方面,一般可采取以下措施:

(1)控制照明用电量　取消包电包费制,按单位分装电表;对用电少或无法装表的场所(如集体宿舍),安装照明用电定量器;室外照明实行光电自动控制。

(2)缩短开灯时间　要求职工做到"四不点",即"人不在

www.plcworld.cn

不点，天不黑不点，天亮不点，不用不点”；采取组织和技术措施消灭“长明灯”；分装开关，做到一灯一开关；实行定时控制。

(3)减少灯数　加大灯的间隔，减少不必要的灯头，合理调整超过照度标准的灯头数；改进照明设备的安装方法，规定灯的合理安装高度。

(4)适当降低照度　重新评价和改进照明设计的照度标准；增加局部照明，减少广度照明；尽量利用天然光，下午晚开灯，早上早熄灯；合理控制灯头数；采用调光灯具。

(5)提高维修保养质量　定期清扫灯具和定期更换灯泡；定期粉刷室内墙壁、天棚，提高照明反射率。

(6)提高照明效率　采用高效照明灯，如广泛采用荧光灯、高效钠灯、水银灯、金属卤化物灯；需要考虑光线反射效果的场所，可采用水银灯和高效钠灯混合照明；采用辐射、反射效果好的灯具；尽量少用白炽灯，必须使用时宜选用新式双绞丝型、充惰性气体的蘑菇形白炽灯。

253. 怎样安装建筑工地的照明设施？

建筑工地的照明设施，虽然是临时性的，也不可草率从事，乱拉线、乱接灯，而应严格按照有关规程的规定，认真完成照明设施的施工。否则，很容易发生事故。从安全方面考虑，安装建筑工地的照明设施，应注意以下几点：

(1)工地照明可由附近低压配电干线供电，接线方法是：从该干线的电杆上分出支线，先进入总配电箱，再分配给照明器。如果工地面积大，照明器数量较多，则应设分配电箱。

(2)配电箱内的低压控制电器和保护电器应配备齐全，不可任意删减；配电箱应有防雨、防尘装置。

(3)每一单相分支线的负荷电流不宜超过 15 安(较大工地可放宽到 30 安)，分支线上的照明器和插座总数不应超过

www.plcworld.cn

20 个。这是出于两方面的考虑：一是为了提高供电可靠性，防止一处短路造成大面积停电；二是在只有个别照明器工作的情况下，由于熔体的额定电流相对较大，保险作用很小。

(4)电源线应采用绝缘导线(必要时可采用橡套电缆)，并尽可能架空敷设，不许将导线拖在地上；不得已将导线拖在地面上时，应采取防护措施。

(5)绝缘导线架空敷设时，要用瓷瓶或瓷珠固定，不可用绳索捆绑，更不许捆绑在金属物体上；导线接头应牢靠，并用绝缘布包好。

254. 怎样自制并安装双面开门的暗设配电箱？

一般暗设的照明配电箱和实验室用的配电箱，均为正面一面开门。检修这种配电箱很麻烦，通常要停电拆下配电盘才能检修。并且，盘后引线需留有一定的伸缩长度，既不整齐又不安全，检修也不方便。

在某些允许的场合，特别是新建工程项目中，可自制双面开门的暗设配电箱，即盘前盘后都设门，盘前进行正常操作，盘后进行必要的检修和接线。制作和安装的方法如下：

制造配电箱时，使箱的厚度与所嵌入墙的厚度相同，在墙上开一个与配电箱尺寸相同的窗洞，墙的一侧是配电箱正面，另一侧是配电箱的背面，正面和背面都装上门。这样，就自制并装上了一个双面开门的暗设配电箱。这种配电箱安装和检修都很方便，并可节省室内空间，使室内布置宽敞、整齐。

在某些适当的场所，也可应用这种方法将配电盘、动力配电箱、控制盘、模拟盘等镶嵌在墙内。

255. 怎样安装住宅照明配电箱(盘)？

民用建筑的照明配电箱(盘)有制造厂家生产的定型产品，也有在现场制作的。定型产品的质量和外观都较好，但价

www.plcworld.cn

格较高；现场制作的照明配电箱(盘)，造价较低，主要用于标准不高的住宅。照明配电箱(盘)分明装和暗装两种。安装时应注意以下事项：

(1)照明配电箱(盘)一般装在电源进口处，应尽量靠近负荷中心，并且要考虑检修方便。

(2)明装时，先将支架预埋在墙上或用卡箍固定在柱子上，然后用螺栓将配电箱(盘)固定在支架上。如果明装配电盘，则用木螺钉将其直接固定在墙上即可。

(3)嵌入式暗装配电箱时，可在墙上预留孔洞，待抹灰后再安装。如配电箱在现场制作，则砌墙时应将箱的外框砌入墙内，框的边缘稍凸出，以便墙面抹灰后配电箱的箱面正好与墙面齐平，最后完成正面结构安装、穿线、接线、装面板等工序。

256. 怎样判断在中性线或零线上是否应装设开关或熔断器？

照明设备、家用电器、电动工具和其他小型电气设备，大多是单相设备。单相设备一般由一根相线和一根中性线(或零线)供电。其中，有的有保护接地或保护接零的要求，有的没有保护接地或保护接零的要求。关于在中性线或零线上是否应装设开关或熔断器的问题，可根据不同情况来判断解决。

(1)中性点不接地系统　中性点不接地系统，一般应实行保护接地，此时中性线只起工作作用。为了减轻短路或过载造成火灾危险，在相线和中性线上可以装设开关或熔断器。对于双线制供电线路，中性线上可同时安装开关和熔断器；对于三相四线制线路，为了避免一相负载过大或短路面影响其他两相的工作，中性线上只可装开关而不应装熔断器。

(2)中性点接地系统　中性点接地系统，一般可实行保护接零或保护接地。在这种系统中，如果设备有接零要求，必须

www.plcworld.cn

保证线路连续可靠，则无论是双线制供电还是三相四线制供电，零线上均不得装开关和熔断器，且照明设备的保护接零线应直接接至零干线而不应接至零支线，以免由于工作零线断线而造成设备外壳带电。

257. 住宅照明线路怎样接电？

如果是新住宅的照明线路，则进户线与供电网的接通，应由供电单位派人来承接。如果是在现有住宅内增加分支线，即将新装的支线接到原有线路上，则由本单位的电工人员自行接电。接电时应注意以下几点：

(1)增加的分支线，其负载应在电度表允许容量以内。

(2)接电前，应将原有线路的总开关拉开，把所有熔断器盒的插盖都取下，使全部电器都脱离电源。

(3)如果新装支线的负载较大，或装有分电度表，或者原有线路上已装有 25 只灯，则新装支线应自成一个单独的分支线路，另装两个分路熔断器盒，将二者的两个上接线桩相应地接到总开关的两个下接线桩上。如果新装支线的负载不大，则应将支线的火线线头与原有线路的火线线头绞合后，接在一个熔断器盒的下接线桩上，然后将支线的零线线头与原有线路的零线线头绞合接在另一个熔断器盒的下接线桩上。如果新装支线只对一二只灯供电，则可将该支线直接接在原有线路上。但接线时应单独操作，即先将一根干线连接部位的绝缘层剥去，把支线的一个线头接在干线剥去绝缘的部位上，并缠好绝缘带，然后按同样方法连接支线的另一个线头。

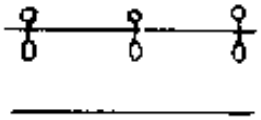
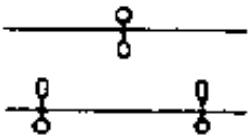
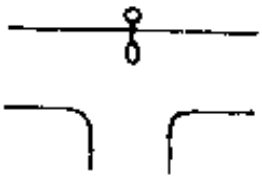
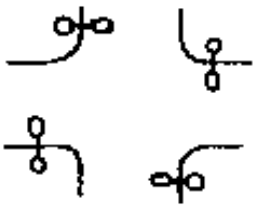
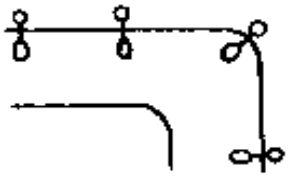
258. 怎样安装室外路灯？

室外照明多实行单侧布灯。当路面宽度大于 9 米或照度要求较高时，可在道路两侧对称布灯或交叉布灯。当道路狭窄又位于建筑物外侧时，也可在建筑物外墙上布灯。几种常用布

www.plcworld.cn

灯方式和适用条件如表 3-16 所示。

表 3-16　路灯布置方式和适用条件

路灯布置方式	图　　例	适　用　条　件
单侧布灯		路面宽度不大于 9 米，或照度要求不高的道路
两侧交叉布灯		路面宽度大于 9 米，或照度要求较高的道路
丁字路口布灯		运输频繁的丁字路口
十字路口布灯		运输频繁的十字路口
弯道布灯		道路弯曲处（一般在弯道外侧布灯，在曲率半径小的弯道上布灯的纵向间距应适当缩小）

路灯的安装高度，应考虑限制眩光、保持路面照度均匀和便于维修。一般情况下，可参照以下数据安装路灯：

（1）在主干路和交叉路口，采用 125～250 瓦高压水银荧光灯时，悬挂高度不宜低于 5 米；采用 400 瓦高压水银荧光灯或 250～400 瓦高压钠灯时，不宜低于 6 米。

www.plcworld.cn

(2)对于次要道路，采用 60～100 瓦白炽灯或 50～80 瓦高压水银荧光灯时，悬挂高度可为 4～6 米。

(3)厂区道路照明的灯杆间距，一般为 30～40 米；当路灯与电力线路共杆时，应取较大的档距。

(4)路灯以支架或悬臂吊挂在道路上空时，支架或悬臂长度，根据提高照明质量、避免树木遮挡灯光这一原则来确定，一般为 1.5～3.5 米。

259. 室外路灯怎样接线？

路灯一般由埋在地下的电力电缆线路供电，通常设置接线箱，在箱内接线和安装路灯的电气保护装置。一般情况下，多利用灯杆内部圆柱空间作为接线箱。图 3-32 示出利用灯杆内部圆柱空间接线的做法；图 3-33 为灯杆根部采用底座罩、利用其内部空间接线和安装电器示意图；图 3-34 为灯杆根部设砖砌底座时装设接线箱示意图。

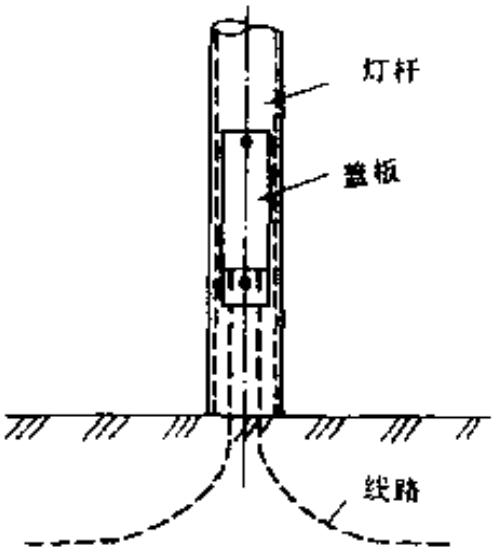


图 3-32　在灯杆根部内接线

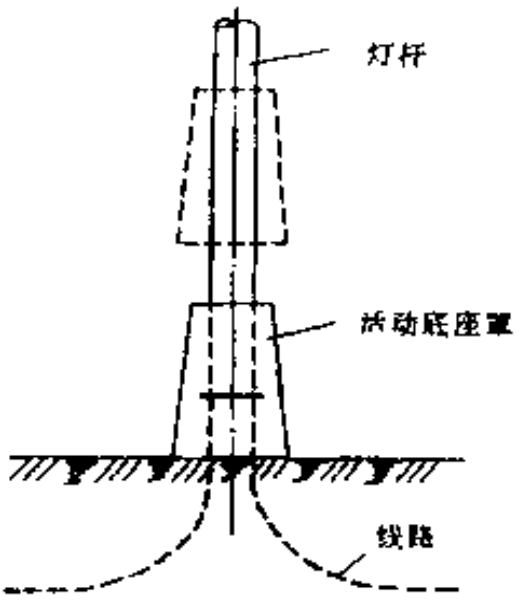


图 3-33　在灯杆底座罩内接线

www.plcworld.cn

260. 室外路灯的光控开关怎样接线?

室外路灯的光控开关电路如图 3-35 所示。光控开关的工作原理是:晚上照度较低时,光敏电阻 GR 的电阻增大,BG_1 的基极电流减小直至截止,于是 BG_2 也截止。BG_2 的集电极电压上升使 BG_3 导通,继电器 J(如 JRX-13F 型)吸合,路灯点亮。早上天亮,照度较高时,GR 的阻值减小,使 BG_1 导通,于是与上述过程相反,路灯熄灭。

光控开关的电源变压器,可

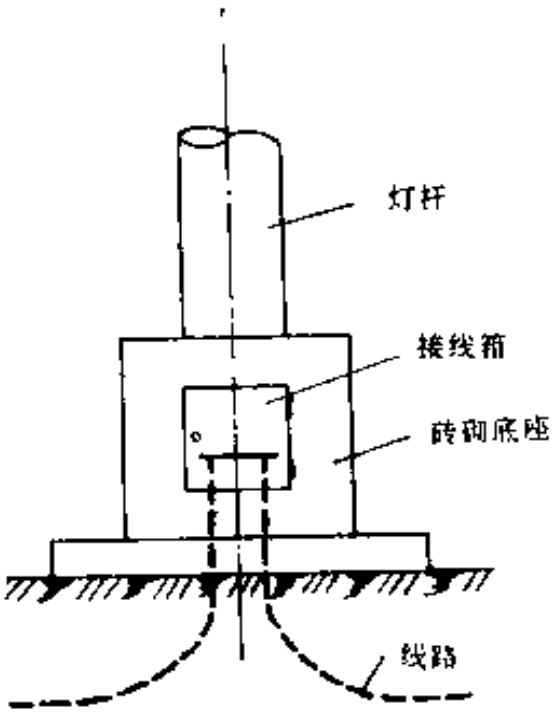


图 3-34 在灯杆砖砌底座内装设接线箱

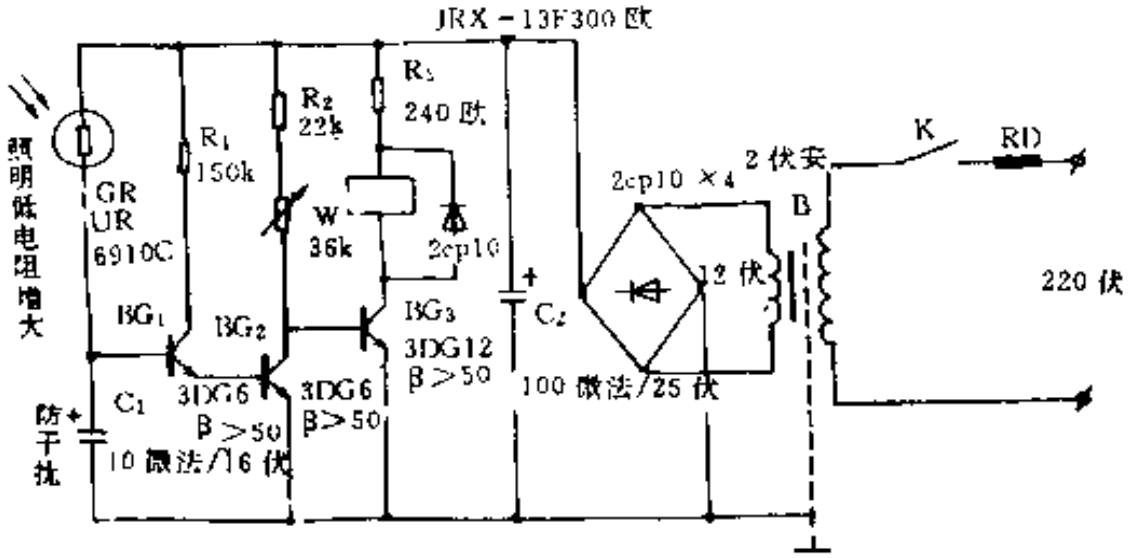


图 3-35 室外路灯光控开关电路

采用二次侧输出电压为 12 伏、功率为 2 伏·安的小型电源变压器,桥式整流器可采用 2CP10 型整流管。

www.plcworld.cn

261. 怎样安装节日彩灯？

安装节日彩灯，应注意以下事项：

(1)彩灯线路应采用绝缘铜线；选择干线和分支线的截面时，主要应考虑安全方面的要求，但最小截面不得小于 2.5 毫米^2，而灯头线截面则不得小于 1.0 毫米^2；每一分支线的工作电流不应超过 10 安。

(2)彩灯电源除统一控制外，每一分支线都应装有单独控制开关和熔断器。

(3)彩灯线路的支持物应安装牢固，导线不应承受拉、应力。

(4)如果线路水平敷设高度不大，行人可能触碰，则应悬挂“电气危险”的标示牌，以提醒过往人员注意；线路垂直敷设时，离地面高度不应小于 3 米。

(5)节日牌楼彩灯对地面距离小于 2.5 米时，应采用安全电压。

262. 什么叫做霓虹灯？怎样安装？

霓虹灯实际上就是氖灯，主要作为艺术和装饰光源，日常使用的高压和低压试电笔中的氖管，就是简单的霓虹灯管。

霓虹灯主要使用直径 11～20 毫米、长 3～6 米的玻璃管作为灯管，灯管两端各装一个电极，玻璃管内抽成真空后，再充入氖或氩、氦、氪等惰性气体作为发光介质。霓虹灯发出的光，大部分为红橙色。如果管内充以氖、氦、氪、氩、氙等气体，或将玻璃管涂以各种透明颜料，霓虹灯就会发出各种鲜艳的光彩。

霓虹灯使用的电压为 6000～15000 伏，其电压与灯管长度、直径成正比，但消耗的电流却很小，一般为 18～30 毫安，所以霓虹灯是一种高电压、弱电流的电光源，应由特制的变压

www.plcworld.cn

器供电。同时，它的功率因数很低（在 0.2～0.47 之间），还要配备相应的电容器进行补偿。

霓虹灯的安装，应满足以下要求：

（1）霓虹灯应与相应的变压器配套，不得与其他电源共用一回路。

（2）霓虹灯管的高压导线应采用高压绝缘线，或套以玻璃管的裸铜线；导线穿过墙壁时，应装在双层玻璃套管内，套管在墙面应露出 5～8 厘米；高压线之间、高压线与敷设面之间的距离不得小于 5 厘米，支持物之间的距离不得大于下列值：水平敷设时：0.5 米；垂直敷设时：0.75 米。

（3）导线连接处应错开，连接点应套以长度不小于 100 毫米的玻璃管。

（4）霓虹吊灯离地面高度不得小于 2.5 米，小于这一高度时应可靠遮护；霓虹吊灯应使用镀锌铁丝或铜丝吊挂。

（5）霓虹灯管离地面高度不得小于 4 米，离阳台、窗口、架空线的高度不得小于 1 米。

（6）霓虹灯管与易燃物体、其他线路、水管、煤气管等的距离不应小于 300 毫米；室外霓虹灯的铁架和拉线至高压架空线路的净空距离不应小于 2 米。

（7）橱窗内装有霓虹灯时，橱窗门与变压器的一次侧开关应有联锁装置。

263. 怎样安装霓虹灯用的变压器？

霓虹灯用变压器的安装，应符合以下要求：

（1）变压器应为双线圈式，其铭牌上应标出电压、电流、容量和频率等数据。

（2）每台霓虹灯用的变压器的容量一般按 450 伏·安计算，每一分路上霓虹灯变压器的总负荷电流不大于 15 安。

www.plcworld.cn

(3)变压器的电压，一次为220伏，二次不应超过15千伏，二次短路电流应在50毫安以下。

(4)变压器应装在明显和容易检查的地点，且应尽可能位于霓虹灯管附近，周围不得堆放易燃物品；变压器无论位于室内或室外，都应装在金属箱内；变压器的金属外壳、铁芯、二次侧和金属箱都应可靠接地。

(5)变压器前应安装双极刀闸开关和熔断器，开关的位置应便于操作。

(6)变压器的二次侧不得串、并联使用。

(7)变压器对地距离一般不应小于2.5米，不能满足这一要求时，应采取保护措施。

264. 什么叫做黑光灯？怎样安装？

黑光灯是一种诱虫灯，它属于特种用途的电灯，通常与高压栅网配套使用(图3-36)，装在农田、果园和绿化地点用来诱杀昆虫。黑光灯的结构及其附件与荧光灯相同，接线方法和常见故障也与荧光灯类似。但与高压栅网配套使用时，在安装方面有差异。具体地说，安装时要注意以下几点：

(1)黑光灯离地面高度不得小于1.4米，防护栅栏高度不得小于1.2米。

(2)高压电源由专用的小型单相变压器提供，次级高压电流不宜大于20毫安，变压器的容量在60瓦左右。在初级低压回路中应串接一只与变压器容量相适应的灯泡，当高压侧发生短路时，该灯泡便对低压侧起限流作用，并发出灯光信号。

(3)高压栅网可用直径为4毫米的镀锌铁丝组成，栅网分成两组，隔档交错，形成两个电极。当昆虫触碰电网时，两档铁丝间便发生高压短路，从而昆虫被电击杀死。

(4)由于栅网电压高达3～4千伏，除严格保持黑光灯的

www.plcworld.cn

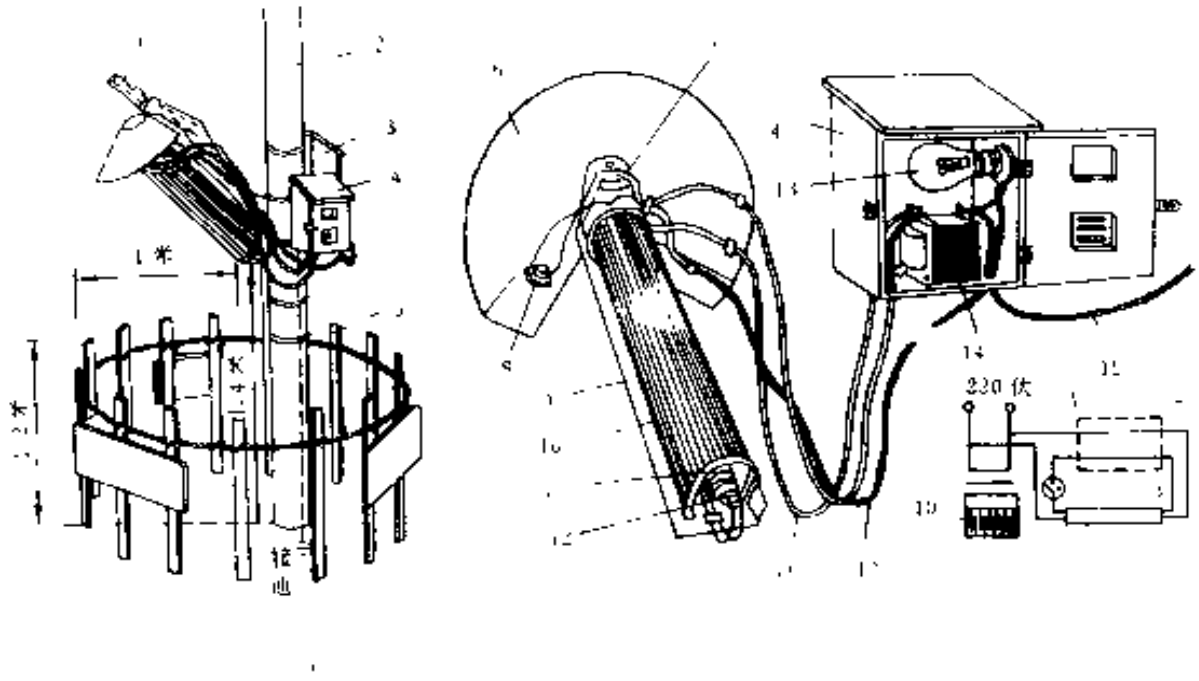


图 3-36　配有高压网栅的黑光灯

a. 外观　b. 组合结构　c. 接线电路

1. 灯架支撑木　2. 电杆　3. 配电箱　4. 变电箱　5. 防护栅栏　6. 灯顶防雨罩　7. 镇流器　8. 灯管启辉器　9. 灯管防雨罩　10. 高压电网栅　11. 灯管　12. 灯脚　13. 高压电网短路指示灯　14. 高压电网变压器　15. 电源线　16. 高压电网电源线　17. 灯管电源线

安装高度外，在灯周围还应加设防护栅栏，以保证 1 米以内人畜不能接近，并且在栅栏上应悬挂“高压危险”的警告牌。

www.plcworld.cn

四、变压器

265. 怎样掌握选择配电变压器容量的一般原则？

通常，在确定配电变压器容量以前，应调查了解本单位的用电性质、负荷情况、用电设备数量和容量（千瓦）、在哪些季节使用、每天使用多少小时、同时使用的设备总共有多少千瓦、最大一台直接起动的电动机的容量是多少千瓦等。具体地说，选择配电变压器的容量，应遵循以下原则：

（1）要使变压器的容量得到充分利用。一般情况下，所带的负荷应为变压器额定容量的75%左右。

（2）要分析用电负荷的性质和用电设备的同时系数。

（3）为了保证电动机能顺利起动，应考虑最大一台直接起动的电动机的容量与变压器的容量相匹配，即该电动机的容量不超过变压器容量的30%。

（4）变压器的运行要经济、可靠，并有一定的发展余地。

（5）应选择低耗节能型变压器。

266. 怎样计算变压器的相、线电流和相、线电压？

现以一台10/0.4千伏，Y/Y_{0-12}接线、额定容量为400千伏·安的变压器为例，其相、线电流和相、线电压计算如下：

$$S_e=\sqrt{3}U_eI_e \text{ 或 } S_e=3U_\varphi I_\varphi$$

式中 S_e 为变压器额定容量，千伏·安；

U_e 为线电压，千伏；

I_e 为线电流，安；

U_φ 为相电压，千伏；

I_φ 为相电流，安。

www.plcworld.cn

根据上式可算出：

一次线电流 $$I_{e1}=\frac{S_e}{\sqrt{3}U_e}=\frac{400}{\sqrt{3}\times10}=23.1\text{ 安}$$

由于是 Y 形接线，相、线电流相等，即 $I_e=I_\varphi$，一次相电流 $I_{\varphi1}=23.1$ 安。一次线电压 $U_{e1}=10$ 千伏，一次相电压为

$$U_{\varphi1}=\frac{U_{e1}}{\sqrt{3}}=\frac{10}{\sqrt{3}}=5.8\text{ 千伏}$$

二次线电流 $$I_{e2}=\frac{S_e}{\sqrt{3}U_{e2}}=\frac{400}{\sqrt{3}\times0.4}=578\text{ 安}$$

二次相电流 $I_{\varphi2}=I_{e2}=578$ 安

二次线电压 $U_{e2}=400$ 伏

二次相电压 $$U_{\varphi2}=\frac{U_{e2}}{\sqrt{3}}=\frac{400}{\sqrt{3}}=231\text{ 伏}$$

267. 怎样选择三相变压器绕组的接线方式？

三相变压器绕组的接线方式，高压侧仅能接成 Y、△形，低压侧可接成 Y、△、Z(曲折接线)形。究竟选用哪种接线方式，应根据系统的需要、运行的性能要求、运行的经济性和某些特殊要求来确定。此外，变压器的容量不同，也影响绕组接线方式的选择。表 4-1 列出绕组的几种常见接线方式的特点、适用范围，可供选择时参考。

表 4-1 三相变压器绕组接线方式

接线方式	特点和适用范围
Y/Y	(1)绕组的空间利用率高，导线截面大，适用于配电变压器、联络变压器或三相负载对称的特种变压器 (2)中性点可引出，可供三相四线制负载，但对单相变压器组成的三相组，其原绕组中性点必须与电源中性点连接，否则不能采用这种接线方式 (3)对于三相三柱式铁芯变压器，其原绕组中性点不能与电源中性点连接，副绕组供三相四线制负载时，中性线电流不允许超过额定电流的25%

www.plcworld.cn

续表 4-1

接线方式	特点和适用范围
△/△	(1)绕组的空间利用率低，导线截面小，只适用于低电压大电流变压器 (2)允许三相负载不对称，一相发生故障时，其余两相按V接法可继续运行，此时三相输出功率减为原来功率的 $1/\sqrt{3}$（对于三相变压器，故障相的绕组须与其余两相断开并开路；若故障是由于匝间短路引起的，则不能改接成V接法继续运行） (3)无三次谐波电压，但不能供三相四线制负载，也不适用于高电压变压器
Y/△或△/Y	(1)无三次谐波电压，适用于各类大中型变压器；△/Y接法适用于配电变压器，此时允许三相负载不对称程度可比Y/Z接法高些，中性线电流允许达到额定电流的75%左右，但引线结构较复杂，△接法的缺点同△/△接法的第(1)项 (2)Y接法的中性点可引出 (3)任意一相的一个绕组发生故障时，变压器必须停止运行
Y/Z	(1)中性点可引出，可供三相四线制负载；适用于配电变压器和特种变压器，允许三相负载不对称程度可比Y/Y接法高些，中性线电流允许达到额定电流的40%左右 (2)Z接法，相电压中无三次谐波分量 (3)与Y接法的绕组比较，Z接法绕组用的导线较多，且只适用于低压绕组
△/Z	(1)同△/Y接法第(1)、(3)项，但只适用于配电变压器或特种变压器 (2)同Y/Z接法第(3)项

268. 怎样识别变压器绕组的极性和标志？

变压器的极性表明高、低压绕组的绕线方向。例如，单相变压器的高、低压绕组（原、副绕组）与一个共同的主磁通交链，当主磁通交变时，两个绕组内的感应电势便具有一定的极性关系，即在某一瞬间，当一个绕组的某一端头为正（高电位）时，另一绕组的某一个端头也相应为正。这两个对应的端头叫做同极性端（又叫同名端），并标以符号“·”、“+”或“*”等。变压器绕组的极性取决于绕组的绕向，一般可以根据电流产生磁通的右手法则来判定，如图 4-1 所示。

www.plcworld.cn

变压器出线套管旁常用字母来表示绕组的首、尾端，例如单相变压器高压绕组的首、末端用 A、X 表示，低压绕组的首、末端用 a、x 表示，这些字母称为变压器绕组的标志。标志的方法有两种：一种是将高、低压绕组的同极性端都标为首端，此时两边电势的相位相同，称为减极性；另一种是将高、低压绕组的不同极性端标为首端，此时两边电势相位相反，称为加极性（图 4-2）。我国国家标准规定应生产减极性电力变压器。

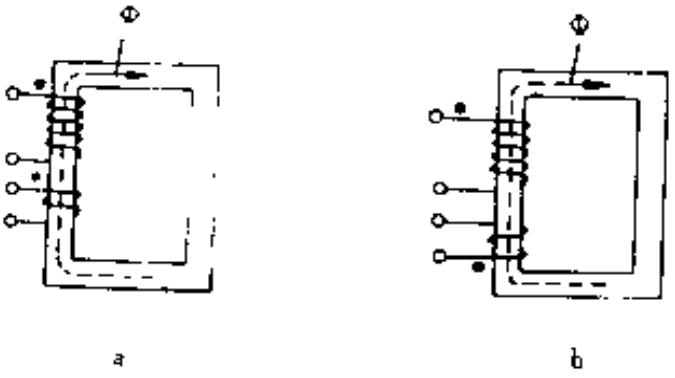


图 4-1　单相变压器绕组的极性
a. 绕向相同时同极性端头
b. 绕向相反时同极性端头

如果改变变压器一边绕组的绕向或标志，则可改变变压器的极性关系，使减极性的变压器变为加极性的变压器，或者使加极性的变压器变为减极性的变压器。如果同时改变两边绕组的绕向或标志，则变压器的极性关系不变。

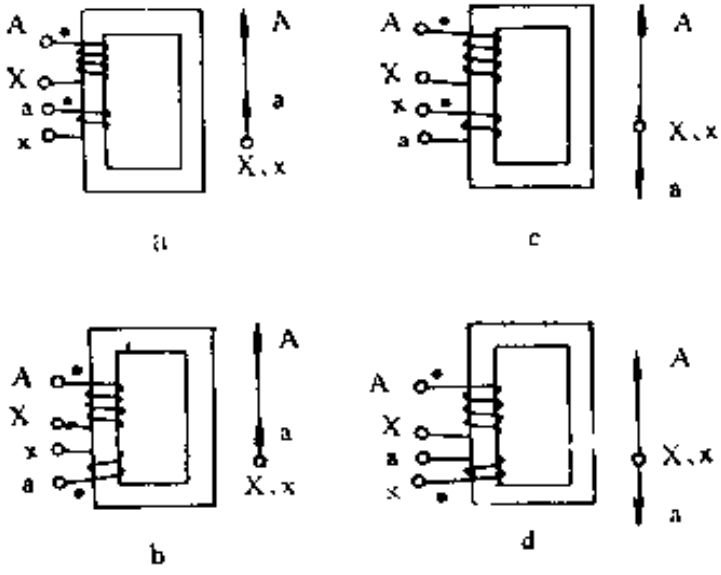


图 4-2　变压器出线的两种不同标志法
a、b. 同极性标为首端　c、d. 异极性标为首端

269. 怎样测定变压器绕组的极性和匝数？

从变压器的外表一般是看不出绕组的绕向的。如果引出

www.plcworld.cn

线上未注明极性，可使用实验方法测定变压器绕组的同极性端。实验方法通常有交流法和直流法两种。

(1)交流法　用交流法测定绕组极性的电路如图 4-3 所示。将两个绕组 A—X 和 a—x 的任意两端(如 X 和 x)连接，在高压绕组两端加一个比较低的便于测量的电压，用电压表分别测出 A、a 端之间的电压 U_{Aa} 和高、低压绕组电压 U_{AX}、U_{ax}。如果 U_{Aa} 值是 U_{AX} 和 U_{ax} 两个数值之差，则 U_{AX} 和 U_{ax} 就是同相位的，即 A 与 a 为同极性端；如果 U_{Aa} 是 U_{AX} 和 U_{ax} 之和，则 A 与 a 不是同极性端(或叫异名端)。

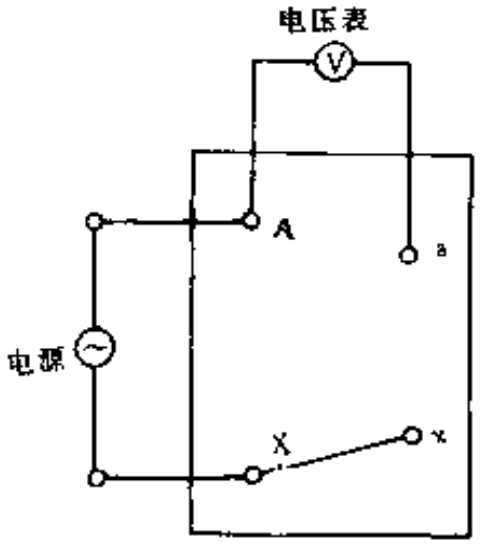


图 4-3　用交流法测定变压器绕组的极性

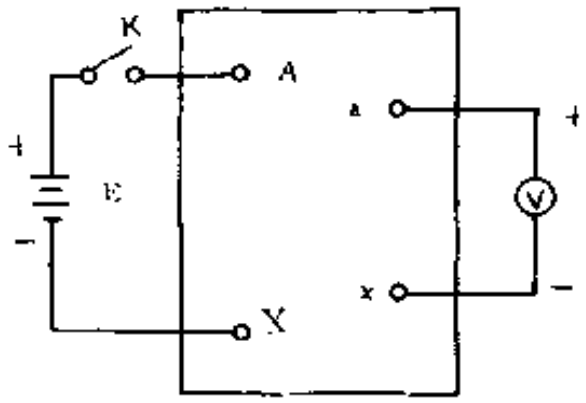


图 4-4　用直流法测定变压器绕组的极性

(2)直流法　用直流法测定绕组极性的电路如图 4-4 所示。在变压器的高压绕组两端经过一个开关 K 接入 1.5 伏或 3 伏干电池，电池的正极与 A 端相接，负极与 X 端相接；在低压侧接入直流毫伏表(或毫安表)，电表正极与 a 端相接，负极与 x 端相接。如果在开关 K 接通的瞬间，电表指针向右方(即正方向)偏转，表明 A、a 端是同名端；如果电表指针反向偏转，表明 A、a 端是异名端。

变压器绕组的匝数，可按以下方法测量：首先用绝缘铜线

www.plcworld.cn

在变压器的绕组外面缠绕一定匝数，然后用电压表测定其感应电压，将测得的感应电压除以所绕的匝数，就可求出每伏电压的匝数。最后将每伏匝数乘以各级电压值，即可得出各级绕组的匝数。

270. 怎样测定配电变压器的变压比？

测定配电变压器的变压比时，首先在变压器的高压或低压侧施加一个低电压，其数值为额定电压的 1～25%，然后用仪表或互感器测量另一侧的电压。通过计算确定该变压器的各绕组是否具有技术规范所规定的额定电压。使用交流电压表测量时，仪表的准确度应为 0.5 级。使用电压互感器测量时，互感器的准确度应为 0.2 级，所测的电压值应尽量选在互感器额定电压的 80～110%之间。此外，如果有变比电桥，则测量更为方便，可直接测出变压比。

271. 怎样计算变压器的效率？它与哪些因素有关？

变压器的输出功率与输入功率之比，称为变压器的效率（η），其计算式为

$$\eta=\frac{P_2}{P_1}\times 100\%$$

式中 P_1 为输入功率，千瓦；

P_2 为输出功率，千瓦。

变压器的输入功率与输出功率之差，称为变压器的功率损失，即铜损与铁损之和，其计算式为

$$P_1=P_2+\triangle P_{ti}+\triangle P_{to}$$

式中 $\triangle P_{ti}$ 为变压器铁损；

$\triangle P_{to}$ 为变压器铜损。

于是 $$\eta=\frac{P_2}{P_1}\times 100\%=\frac{P_2}{P_2+\triangle P_{ti}+\triangle P_{to}}\times 100\%$$

www.plcworld.cn

当电压一定时，铁损为常数，所以变压器的效率与铜损有关，而铜损

$$\triangle P_{to}=I_1^2R_1+I_2^2R_2$$

式中 I_1、R_1 分别为高压侧电流和高压绕组电阻；

I_2、R_2 分别为低压侧电流和低压绕组电阻。

这样，变压器的效率就与负载大小和负载性质有关。通常，变压器的效率是很高的(可达 95～99%)。对于同一台变压器，负载小时，效率较低；当负载约为额定值的 60%时，效率较高。

272. 什么叫做变压器的利用率？怎样提高利用率？

运行变压器的实际输出功率与其额定输出功率的比值(通常用百分数表示)，称为变压器的利用率，其计算公式为

$$K=\frac{A_P}{S_P\cos\varphi T}\times 100\%$$

式中 K 为变压器利用率；

A_P 为变压器输出的有功电量，千瓦·时；

S_P 为运行变压器的平均容量，千伏·安；

$\cos\varphi$ 为变压器的平均功率因数，一般取 0.8；

T 为变压器运行时间，时。

由上式可知，变压器的利用率与其输出的有功电量成正比，与其容量和运行时间的乘积成反比。因此，要提高变压器的利用率，应从压缩变压器容量、减少运行时间、调整负荷、避开高峰、填平低谷这几方面着手。

(1)合理选择变压器容量，并根据季节的不同和负载的变化，及时调整负荷，防止出现“大马拉小车”的轻载运行现象。

(2)一班制生产单位和昼夜负载不均、日负载曲线变动大的用电单位，昼间或负载大时由一台容量较大的变压器供电，

www.plcworld.cn

夜间或负载小时改由另一台容量较小的变压器供电。此时要注意，这两台变压器的容量应通过计算合理选择，二者互相切换，防止轻载运行。

(3)对于间歇性负载，在间歇期内(不工作时)，应使变压器停止运行，以防止出现空载运行现象。

(4)做好配电调度工作，使用户避开负荷高峰、填平低谷、统筹安排大型用电设备的开停时间，提倡三班制生产、夜间生产或在低谷时间生产。

(5)调整三相四线制供电的相间负载，保持三相负载平衡。

273. 对变压器的绝缘性能有怀疑怎么办？

如果对变压器的绝缘性能有怀疑，可首先用兆欧表测量高、低压绕组之间和绕组与外壳之间的绝缘电阻(绝缘电阻一般不作具体规定)，然后将测得的电阻值与变压器出厂时测定的数据进行比较。如果电阻值显著下降，则应按变压器的试验项目进行全部检查、测试，根据检测结果最后判断变压器的绝缘是否符合要求。

比较绝缘电阻时，应换算到同一温度进行对比。因为随着温度的增加，绝缘电阻将下降。绝缘电阻的温度换算系数如表4-2所示。

表4-2　绝缘电阻的温度换算系数

温度差，℃	5	10	15	20	25	30	35
换算系数	1.2	1.5	1.8	2.3	2.8	3.4	4.1

274. 怎样对变压器进行密封处理？

安装变压器以前，应对其进行密封处理。通常，变压器的所有法兰盘连接处，应使用耐油橡胶或其他耐油材料制的衬

www.plcworld.cn

热予以密封，以保证无渗、漏油现象。特别是小型变压器，更应注意其起吊螺栓的密封处理。密封处理时，应注意以下几点：

(1)使用耐油橡胶衬垫时，必须通过检验确认其具有耐油性能。变压器箱盖密封，一般可用 12～16 毫米×30 毫米的带形或直径为 12 毫米的圆形橡胶垫；其他密封处，可从厚为 4～8 毫米的整张橡胶板上切割相应形状的垫圈予以密封；橡胶垫一般压紧至原厚度的 60～70%，压紧后胀裂的胶垫应立即予以更换。

(2)使用软木垫料时，垫料的外侧边缘应比法兰盘接合面的外围铁边缩进 4～6 毫米。变压器箱盖软木垫的厚度，一般为 10～20 毫米；套管和散热器的法兰盘等处的软木垫厚度，一般为 6 毫米。软木垫搭接处应切成斜面，搭接长度不小于 40 毫米；搭接处应避开法兰螺孔。

使用前，软木垫应在 25℃的耐油绝缘漆(国产 5057 号绝缘漆)内浸渍 12 小时，或者在 60～70℃的酒精漆片液内浸煮约 20 分钟，取出自然晾干后才可进行安装。安装软木垫以前，应先消除法兰面的缺陷，使其保持平整、清洁；软木垫的接缝应严密准确地置于接合面上；安装大盖后，垫料应不错位；软木垫的压紧程度一般可紧至原厚度的 50～60%。

(3)经常转动处可用涂黄干油的石棉绳或干石棉绳缠好后压紧，也可用聚四氟乙烯薄膜或垫圈密封；不经常转动处可用涂电木漆的石棉绳密封。

(4)安装垫料时，在螺栓拧紧后，法兰结合处的管孔不得缩小。

275. 怎样安装柱上变压器？

柱上变压器台(以下简称柱上变台)上的变压器，其容量一般都不超过 320 千伏·安。通常，30 千伏·安及以下的变

www.plcworld.cn

压器装在单柱变台上，50～320 千伏·安的变压器装在双柱变台上。大中型企业用电量较大，很少设柱上变台。只有小型企业、中小建筑工地和农村多设柱上变台。在这种变台上安装变压器应注意以下事项：

(1)变台应设在负荷中心或大用户附近，既要考虑检修方便，又要避开车辆和行人较多的场所。

(2)电杆埋设深度不宜小于 2 米；吊装变压器应尽量使用吊车；安装应牢固；水平倾斜不应大于台架根开的 1/1000。

(3)高压引下线和高压母线应采用铜芯橡皮绝缘线，截面不得小于 16 毫米^2；高压引下线、高压母线以及跌落式熔断器和避雷器等不同相间距离不得小于 350 毫米，低压线的边缘与高压引下线的间距也不得小于 350 毫米；跌落式熔断器的熔管轴线与地面的垂线应有 15°～30°的夹角。

(4)低压熔断器的安装，当二次侧有断路设备时，应装于断路设备与低压针式绝缘子之间；当二次侧无断路设备时，应装于低压针式绝缘子与变压器二次接线柱之间。

(5)变压器外壳、避雷器地线和变压器低压侧零线可合用一组引下线和共用一组接地装置。

(6)严禁低压线穿过高压引下线。

(7)变压器安装后，套管表面应光洁，不应有裂纹、破损等现象；套管压线螺栓等零件应齐全，且安装牢固；油枕油位正常，外壳干净。

276. 怎样安装临时变压器台？

通常，仅为建筑工地和临时性工程设置临时变压器台。此外，当供电系统发生故障时，也设临时变压器台作为应急供电设施。由于变压器台设于露天场所，易受腐蚀，可靠性差，维护不便，所以安装临时变压器台应考虑以下要求：

www.plcworld.cn

(1)用方木将变压器垫起,使之离地面 300 毫米以上。

(2)变压器周围应设置不低于 1.7 米的板材围栏,板材间不得有缝隙,以防止小动物进入栏内而发生事故。

(3)围栏至变压器外壳的距离不得小于 800 毫米,跌落式熔断器至围栏的垂直距离不得小于 1.5 米。

(4)围栏的进出门要上锁,并在围栏上悬挂"高压危险!"的标示牌。

277. 怎样安装变压器的套管?

套管是变压器的一个易损伤又很重要的部件,往往运来现场就存在缺陷,所以安装前应认真检查测试,确认合格,才可进行安装。安装时一般应注意以下几点:

(1)套管瓷件应无裂纹、伤痕,表面清洁;充油套管竖立 3 天后,应无渗、漏油现象。

(2)安装前应在 20℃时测量套管的介质损失角正切值;对充油套管应进行油的绝缘强度试验和化学分析试验。

(3)高压套管内部的绝缘筒等有机绝缘部件,应采用浸油干燥法进行干燥处理,干燥温度不得超过 95℃。

(4)如果套管内的绝缘油合乎标准,但套管介质损失角正切值超过试验标准,则对套管内部绝缘应进行干燥处理。

(5)充油套管应充油至正常油位。

(6)安装套管时,应由专人用标准扳手按对角逐步均匀拧紧螺栓,紧固力应合适,以免套管受力不均而损坏。套管、箱盖及其出线端子的连接处,均应密封,不得渗、漏油。

安装过程中应防止损坏瓷件。

278. 怎样安装变压器的散热器、油枕和呼吸器?

安装变压器的散热器,应注意以下几点:

(1)应使用 0.7 兆帕表压力的变压器油或 0.5 兆帕表压

www.plcworld.cn

力的压缩空气对散热器进行持续半小时的密封检查试验，若无渗、漏油现象，可认为密封合格。

(2)安装前应冲洗或吹洗散热器。冲洗时使用合格的变压器油(最好用热油)循环冲洗，至油中无杂质为止；吹洗时用干燥清洁的压缩空气吹洗，也吹至压缩空气中无杂质为止，但吹洗后应再用合格的变压器油清洗一次。

(3)安装时应检查散热器上下连接法兰的中心距与变压器油箱上相应安装孔中心距的误差，不得大于5毫米。

(4)安装后应立即注油，以免散热器阀门渗、漏时变压器油位降低而使绝缘部分露出油面；注油时应通过变压器油枕注入，并逐个打开散热器下部阀门上的油塞和上部油塞，以排除散热器内部残存的气体，注油后再逐个拧紧油塞。

变压器充满油后，其焊缝和连接处应无渗、漏现象，油翅内应全部充满油(用锤敲击检查，无空洞声)，散热器外部应无锈蚀、损伤痕迹，且油漆完好。

安装变压器的油枕，应注意以下事项：

(1)油枕内部应清扫干净，并用合格变压器油冲洗；油枕与油箱的连接处应密封良好。

(2)油标应装在便于监视的一侧，并标有符合安装地点最高、正常、最低温度的三条监视线。

(3)变压器注满油后，油枕连接处应无渗、漏油现象，油枕通往油箱和通往油标的油路均应畅通，油标指示的油位应与实际油位相符，放气塞放气应正常。

变压器呼吸器的安装，应符合以下要求：

(1)呼吸器内部应清洗干净，并烘干。

(2)油标指示位置应与呼吸器内的实际油位相符。

(3)过滤器内的吸湿剂应清洁、干燥，若已受潮，应更换或

www.plcworld.cn

处理(如氧化钴硅胶指示剂受潮变为红色时,可在115～120℃的温度下干燥,以使其复原为蓝色)。

(4)呼吸器应固定牢靠,固定高度以便于检查为原则。

(5)过滤器至油枕管路的连接处应密封。

(6)应往呼吸器底部注入合格变压器油至规定高度。

(7)变压器注油后,呼吸器各部位均应无渗、漏现象,呼吸器的功能应正常。

279. 怎样安装变压器的瓦斯(气体)继电器?

安装变压器的瓦斯(气体)继电器,应注意以下事项:

(1)安装前,应进行密封试验和接点动作试验,确认继电器合格。

(2)瓦斯继电器应水平安装,其观测孔应装在便于监视的一侧,其顶盖上标注的箭头应指向油枕。

(3)瓦斯继电器两端的连接油管,应以变压器顶盖为准保持2～4%升高坡度,并不得有急剧的弯曲和相反的斜度;油管上的油门应装在油枕与瓦斯继电器之间。

(4)瓦斯继电器的轻瓦斯和重瓦斯接点,在导杆上的安装位置应正确,接点所用的导杆(或浮筒)动作时应无卡阻现象。

(5)使用直流操作时,为防止瓦斯继电器接点烧损,电源的正极应与水银接点相连,负极应与水银外的固定接点相连。

(6)瓦斯继电器的连接导线(或电缆)应耐绝缘油的侵蚀(至少应将连接端约0.5米长度作耐油处理)。

(7)强迫油循环冷却式变压器,在投入运行前,应按制造厂的规定对冷却油的流速进行调整。

280. 新装或检修后的变压器投入运行前怎样进行检查?

新装或检修后的变压器投入运行前,一般应进行全面检查,确认其符合运行条件,才可投入试运行。检查项目如下:

www.plcworld.cn

(1)变压器本体、冷却装置和所有附件无缺陷、不渗油。

(2)轮子的制动装置牢固。

(3)油漆完好、相色标志正确、接地可靠。

(4)变压器顶盖上无遗留杂物。

(5)事故排油设施完好,消防设施齐全。

(6)储油柜、冷却装置、净油器等油系统上的油门均打开,油门指示正确。

(7)电压切换装置的位置符合运行要求;有载调压切换装置的远方操作机构动作可靠,指示位置正确。

(8)变压器的相位和绕组的连接组别符合并联运行要求。

(9)温度计指示正确,整定值符合要求。

(10)冷却装置试运行正常。

(11)保护装置整定值符合规定,操作和联动机构动作灵活、正确。

281. 变压器投入运行前怎样检查其监视装置和熔断器?

变压器的监视装置,是指电流表、电压表和温度计等测量仪表。这些仪表是保证变压器安全可靠地运行必不可少的监视设备。例如,电流表可以直接测量负荷的大小,监视变压器是否过负荷;电压表可以反映电压的质量(如原边电压表可以反映系统电压与变压器铭牌上所规定的电压是否相符,副边电压表可以反映供电电压与用电设备要求的电压是否相符)。因此,在变压器投入运行前,应检查电流表、电压表是否齐全,这些仪表的测量范围是否适当。如果仪表为三相合用,依靠切换开关的切换来测量,则还应检查切换开关工作的可靠性。

大中型变压器的箱盖上一般都装有上层油温测量装置(包括一个带电接点的压力式温度计和一个电阻式遥测温度计)。当上层油温达到或超过允许值时,带电接点的压力式温

www.plcworld.cn

度计便发出报警信号，以便值班人员能及时发觉、进行分析和迅速处理。电阻式遥测温度计供值班人员定期遥测变压器的上层油温，以便他们能在值班室内随时了解变压器的油温高低。因此，在变压器投入运行前，应检查油温测量装置是否安装好，温度计是否校验合格，以保证测量的准确性。此外，还应检查报警整定值是否为允许的上层油温上限值，报警装置能否准确动作等。

小型变压器一般没有压力式温度计和电阻式遥测温度计，但箱盖上有一只直接测量油温的玻璃温度计，其指示部分露出在箱盖上，值班人员在巡回检查时可以观察温度指示。在变压器投入运行前，应检查这种玻璃温度计是否安装好，它与高压电之间是否保持一定的安全距离，指示读数的方位是否便于运行人员在变压器带电时进行观察。

小型变压器的原边一般采用熔体保护，在变压器投入运行前，应检查熔体规格是否符合要求。因为熔体是用来保护变压器的原边、副边出线套管和变压器内部短路的。若熔断电流选择得过大，就起不到保护作用。例如，当副边出线套管短路时，若熔体不熔断，则变压器就会被烧毁。反之，若熔断电流选择得过小，则在正常情况下（例如在额定负荷或允许的过负荷下），熔体也熔断，这就会造成对用户供电中断。此时如果三相熔体只熔断一相，则对用户造成的危害更大。因为用户的三相动力负荷（如电动机）若长时间处于断相（只两相受电）运行，将会因过热而烧毁。

此外，除检查熔体规格外，还应检查熔体管内的熔体是否完好，有无断损和接触不良等现象。

www.plcworld.cn

282. 变压器投入运行前为什么要检查瓦斯(气体)继电保护装置？怎样检查？

800 千伏·安及以上的变压器，一般都装有气体继电器。这种继电器有两对常开的上、下接点，上接点的功能是：①当变压器的油面过低时，它即闭合并发出信号，以使运行人员能及时发现油位过低和立即进行补充注油；②当变压器内部缓慢地产生气体时，由于气体会首先积聚在气体继电器的上部，当气体数量达到一定值后，上接点即闭合并同时发出信号，以使运行人员能及时收集气样，分析该气体的性质和产生的原因，加强对变压器的检查和监视，以保证变压器安全运行。下接点所起的作用是：当变压器内部发生严重故障(如短路)时，绝缘物(固体的或液体的)燃烧生成大量气体，此时有一定压力的气流和油流便会急剧地涌向气体继电器，于是下接点闭合并立即切断电源，从而可以防止故障蔓延、扩大。

因此，在变压器投入运行前，应检查气体继电器是否处于正常运行状态，内部有无气体。若有气体，应先行放尽，并检查上接点能否准确发出信号。至于下接点，如果是用跳闸压板切换，则应检查压板是否放好。此外，还应检查气体继电器的联通管，确认在沿气体流动方向该联通管具有一定的向上坡度，以保证缓慢流动的气体能到达气体继电器而不致在该管道内停留或积存。

283. 变压器投入运行前怎样检查其防雷保护装置？

如果变压器接在外部送电线路上，为防止线路受到雷击时电压升高而危及变压器的安全，一般在变压器的高压出线套管处都安装避雷器，以保证变压器安全运行。通常，在雷雨季节到来之前，应将避雷器投入运行。而在雷雨季节过去之后，则使它退出运行(也可继续运行)。因此，在变压器投入运

www.plcworld.cn

行前，应结合当时的季节，检查防雷装置的情况。如果当时正是雷雨季节，则应将避雷器投入运行。投运前，应检查避雷器是否进行过预防性绝缘试验，是否装上了雷击计数器，避雷器的接地是否良好，接地电阻是否符合要求。

284. 强迫油循环水冷式变压器和油浸风冷式变压器投入运行前，怎样分别检查其冷却装置？

强迫油循环水冷式变压器，其冷却系统的油压力应大于水压力。因此，在变压器投入运行前，应先将油、水冷却系统按一定程序依次投入试运行，以检查冷却装置的工作是否正常。投入时，首先开动冷却油泵（通常是潜油泵），并同时开启冷油器的进、出油阀门，使油通过冷油器循环。此时观察油泵出口压力表，检查油压是否正常（一般为 $1.5\sim3\times10^5$ 兆帕），再观察油的流量表，检查流量是否正常（即与油泵铭牌规定的流量是否相符）。如果上述油压和流量与正常值有较大差异，则应查明原因，并予以消除。

通常，只有油泵正常工作，才可起动冷却水系统。冷却水一般有两种供给方式：一种是自来水，只要开启冷油器的冷却水进、出阀门即可；另一种是由冷却水泵供水，只要起动冷却水泵，并开启冷油器的冷却水进、出阀门，冷却水便在冷油器内循环流通。此时首先应检查冷却水压力是否正常（它比油的压力至少应小 0.5 兆帕），然后检查压差继电器，即当水压大于油压时该继电保护装置能否准确发出报警信号。

在冷却系统中，还有较多的温度计，如冷油器的油进、出口玻璃温度计，冷却水进、出口玻璃温度计，这些仪表是供运行人员监视和控制油、水温度用的，所以也应检查它们是否齐全，有无伤损。

当上述油、水冷却系统均起动试运行后，再详细检查全部

www.plcworld.cn

油、水管道的法兰接合面有无渗漏油、水现象。因为在变压器的冷状态下，若有渗漏油、水现象，则变压器投入运行并带上负荷后，在热状态下会出现更严重的渗漏现象。因此，对油、水冷却系统的渗漏现象应有足够的重视，在变压器投入运行前就应彻底消除这种现象。

油浸风冷式变压器的每个散热器内一般都装有 1～2 台风扇，变压器在运行中就依靠这些风扇来冷却。在新安装或检修后的变压器投入运行前，应先对风扇电动机送电，使每台风扇都转动起来，以检查它们运转是否正常。例如，检查风叶转动方向是否正确，风扇电动机有无强烈振动，三相电流是否基本上平衡，以及经过一定时间的试运转，电动机的外壳有无过热现象。

285. 变压器怎样投入试运行？

所谓变压器试运行，就是指变压器开始送电并带一定负荷运行 24 小时所经历的全部过程。变压器投入运行时，应先按照倒闸操作的步骤，合上各侧隔离开关，接通操作能源，投入保护装置和冷却装置等，使变压器处于热备用状态。在变压器的试运行中，一般应完成以下几方面的工作：

(1)向变压器送电前，应对其本体和有关设备进行全面检查，确认变压器符合运行条件，才可将其投入试运行。

(2)应将变压器从装有过电流保护装置的电源侧投入，以便一旦发生故障，能可靠分闸。

(3)接入中性点接地系统的变压器，在进行冲击合闸时，其中性点必须接地。

(4)如果变压器与发电机作单元连接，则在第一次投入时，应从零起逐渐升压，再次投入时则以全电压冲击合闸。

(5)在第一次送电后，运行时间应不少于 10 分钟，以便倾

www.plcworld.cn

听变压器内有无不正常杂音。

(6)进行5次全电压冲击合闸，变压器应不出现异常情况；冲击合闸时应检查励磁涌流对差动保护的影响，并记录空载电流。

(7)变压器投入并联运行前，应先核对相位是否一致。

(8)送电后，检查变压器和冷却装置的所有焊缝和连接面，有无渗、漏油现象。

286. 瓦斯保护装置怎样投入运行？

瓦斯保护装置应按以下规定投入运行：

(1)变压器运行时，瓦斯保护应投入信号和接入跳闸；备用变压器的瓦斯保护应投入信号，以便监视油面。

当一台断路器控制两台变压器时，如果其中一台转为备用，应将其重瓦斯改接信号。

(2)在变压器的运行中滤油、加油和换硅胶时，应先将重瓦斯改接信号，而变压器的其他保护装置仍应接入跳闸位置。工作完毕，只有变压器的空气排尽，才可将重瓦斯重新投入跳闸位置。

(3)如果油位计指示的油面显著升高，或者油路系统出现异常现象，为查明原因，需要打开各个放气(或放油)塞子和阀门，以及需要检查吸湿器或进行其他工作时，必须先将重瓦斯改接信号，然后开始工作，以防瓦斯保护装置误动作跳闸。

287. 新装或大修后的变压器刚投入运行时，瓦斯继电器为什么会频繁动作？遇到这种情况怎么办？

新安装或大修后的变压器，在加油、滤油过程中，稍不注意就会将空气带入变压器的油箱内。投运前如果未将空气及时排出，则在变压器投运后，由于油温上升，油箱内的油将形成对流，将空气“赶出”油面，从而使瓦斯继电器动作。通常，内

www.plcworld.cn

部积存的气体越多，瓦斯继电器的动作越频繁。

在投运初期，如果发现瓦斯继电器动作频繁，应根据变压器的音响、温度、油面以及加油、滤油情况进行综合分析。如果变压器运行正常，则可判定为进入空气所致。否则，应取气体做点燃试验，以判断变压器本身是否存在故障以及故障性质，从而及时采取相应措施予以消除，避免故障扩大。

288. 大修后的变压器刚投入运行就产生异常响声怎么办？

大修后的变压器刚投入运行就产生异常响声，可能是以下原因引起的：

(1)铁芯叠片发生差错。

(2)铁芯硅钢片在接缝处两边弯曲。

(3)硅钢片的厚度不均匀。

(4)铁芯中有未固定好的硅钢片。

(5)铁芯中叠有弯曲的硅钢片。

通常，前四项原因用厚纸板楔于铁芯空隙中即可消除。后一项原因，可拆去弯曲的叠片予以排除。

289. 对变压器进行冲击合闸试验时差动保护装置掉闸怎么办？

对变压器进行冲击合闸试验时，引起差动保护装置掉闸的原因是：

(1)变压器内部故障引起差动保护装置动作。

(2)高、低压侧电流互感器开路或接线端子接触不良。

(3)二次回路发生故障或接线不正确(如直流回路两点接地)。

(4)保护装置的整定值过小(未考虑励磁涌流的影响)。

(5)变压器引线发生故障(可通过检查变压器有无故障痕

www.plcworld.cn

迹来判断)。

差动保护装置掉闸后,应针对上述原因,对变压器进行检查。如果确认变压器内部存在故障,应立即停运并进行检修;如果发现操作机构有缺陷,应及时排除;若故障不明显,则应进一步检查和试验,待故障消除,才可再次将变压器投入运行。

290. 怎样进行主变压器停送电操作? 为什么?

进行主变压器停送电操作时,操作的顺序是:停电时先停负荷侧,后停电源侧;送电时与上述顺序相反。这是因为:

(1)从电源侧逐级向负荷侧送电,若发生故障,便于确定故障范围,及时作出判断和处理,以免故障扩大。

(2)在多电源的情况下,先停负荷侧,可以防止变压器反充电;若先停电源侧,一旦发生故障,可能造成保护装置误动或拒动,从而延长故障切除时间,并且可能扩大故障范围。

(3)当负荷侧母线电压互感器带有低周波减载装置,而未装电流闭锁装置时,一旦先拉开电源侧开关,由于大型同步电机的反馈,可能导致低周波减载装置误动。

291. 为什么要采用变压器并联运行方式?怎样实现并联?

随着电网容量的增大,一台变压器的容量往往承担不了全部负载,而改换大容量的变压器又不经济,所以为了满足用户负荷的需要,将两台或更多台变压器并联运行。此外,电网的负载一般随昼夜不同时间和一年不同季节而变化,如果多台变压器并联运行,则在负载较小时,可以少投入几台,这样就可实现电网经济运行;同时,并联运行的变压器,可以轮流检修而不中断供电。

要实现两台或多台变压器并联运行,必须满足四个条件:

(1)变压比相等　如果变压比不同的两台变压器并联,则

www.plcworld.cn

二者的副边将产生不同的电压，这个电压差会在两台变压器副边构成的回路中产生环流，严重时将烧坏变压器绕组。为了使并联的变压器安全运行，我国规定并联变压器的变压比差值不得超过0.5%（指分接开关置于同一档位的情况）。

（2）接线组别相同　如果接线组别不同的两台变压器并联，则二者的副边线电压相位不同，结果会在并联的副边电路中产生电压差，这个电压差将在两台变压器的副绕组中产生很大的环流，把变压器烧毁。

（3）短路电压（阻抗电压）相等　如果短路电压不同的两台变压器并联，则短路电压小的变压器容易过负荷，而短路电压大的变压器却不能满载。一般认为，并联变压器的短路电压相差不得超过10%。通常，应尽量设法提高短路电压大的变压器的副绕组电压或改变变压器分接头位置来调整变压器的短路电压，以使并联运行的变压器的容量能得到充分利用。

（4）容量比不超过3∶1　由于不同容量的变压器，其阻抗值相差较大，负荷分配极不平衡，同时从运行角度考虑，小容量变压器起不到备用作用，所以容量比不宜超过3∶1。但是，在两台变压器均未超过额定负荷运行时，容量比可大于3∶1。

292. 在变压器投入并联运行前怎样进行核相试验？

变压器投入并联运行前，对其进行核相试验的目的是，检查变压器各电压侧的相序和极性是否一致，以确定能否投入并联运行。配电变压器的核相试验，一般可按下述方法进行：

（1）如图4-5所示，将两台变压器的高压侧端子接在电源上，而低压侧彼此仅接通一根相线，例如只将C与C′接通。

（2）测量其余相应的两对低压端子间的电压$U_{bb'}$和$U_{aa'}$。

（3）如果$U_{aa'}=U_{bb'}=0$，即表示相序、电压相位相同，就可

www.plcworld.cn

投入并联运行。

(4)如果 $U_{aa'}$ 与 $U_{bb'}$ 都不等于零，再测量 U_{ab} 和 $U_{ba'}$，以判断相序。如果相序相同而电压仍不为零，则表明绕组极性不同，对于偶数连接组(如 Y/Y12)的变压器，可改变内部接线；对于奇数连接组(如 Y/△-11)的变压器，可改变其中一台变压器与三相电源端子的连接方式(即改变了相序，也同时改变了极性)，以改变极性。极性一致后，若相序不同，则应将低压侧端子的标志符号予以调换。

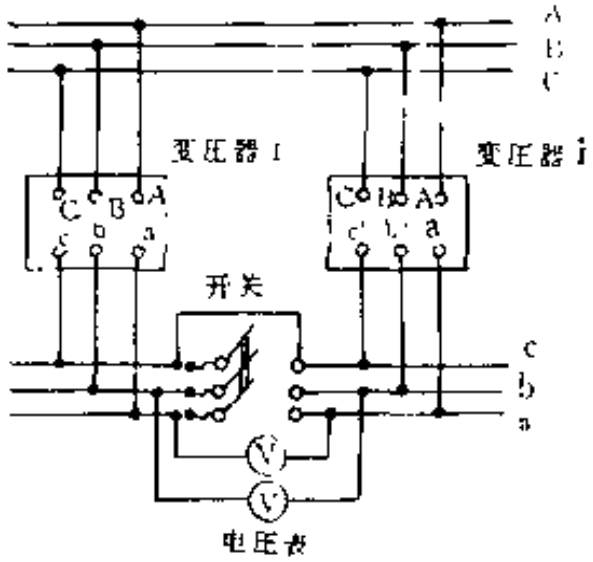


图 4-5 准备投入并联运行的变压器接线方式

293. 怎样对运行中的变压器进行外部检查？

不停电对变压器进行外部检查，可以及时发现变压器的异常现象。检查时一般应检测以下几项：

(1)变压器油枕内和充油套管(如果充油套管的构造适于检查)内的油色，油面高度和有无渗、漏油现象；油枕的集泥器内有无水和脏物，如果有，应打开底部塞子排出。

(2)变压器套管是否清洁，有无裂纹、放电痕迹和其他异常现象。

(3)变压器嗡嗡声的性质，响声是否增大，有无新的异常声响。

(4)变压器油箱的接地是否完好。

(5)电缆和母线有无异常情况。

(6)冷却装置的运行是否正常。

www.plcworld.cn

(7)变压器的油温高低。

(8)防爆管的隔膜是否完整;吸湿器内的干燥剂是否吸潮至饱和状态。

(9)瓦斯继电器的油面高低和油门是否打开。

(10)如果变压器装于室内,则应检查门、窗是否完整,房屋是否漏雨,照明亮度是否足够,室温是否适宜。

此外,根据变压器的构造特点,还可进行其他有关项目的检查。

294. 怎样对变压器进行特殊巡视?

当系统发生短路故障或天气突变时,值班人员应对变压器及其附属设备进行特殊巡视,巡视检查的重点是:

(1)当系统发生短路故障时,应立即检查变压器系统有无爆裂、断脱、移位、变形、焦味、烧损、闪络、烟火和喷油等现象。

(2)下雪天气,应检查变压器引线接头部分有无落雪立即融化或蒸发冒气现象,导电部分有无积雪、冰柱。

(3)大风天气,应检查引线摆动情况和是否搭挂杂物。

(4)雷雨天气,应检查瓷套管有无放电闪络现象(大雾天气也应进行此项检查),以及避雷器放电记录器的动作情况。

(5)气温骤变时,应检查变压器的油位和油温是否正常,伸缩节导线和接头有无变形或发热等现象。

295. 测量变压器绕组的直流电阻和绝缘电阻的目的是否相同? 怎样测量直流电阻?

测量变压器绕组的直流电阻,主要不是测试绝缘部分,而是检测导电部分。其目的是检查:

(1)绕组接头的焊接质量和有无匝间短路。

(2)电压分接开关的各个位置接触是否良好,分接开关的实际位置与指示位置是否相符。

www.plcworld.cn

(3)引出线是否断裂。

(4)多股导线并绕的绕组是否断股。

测量变压器绕组绝缘电阻的目的是检查绝缘状态，确定绝缘是否受潮和有无局部缺陷(如瓷套管是否破裂，引出线是否接地等)。

测量变压器绕组的直流电阻时，应考虑以下情况：

由于绕组可看作电感 L 与电阻 R 的串联等值电路，而电感中的电流不能突变，所以直流电源刚接通的瞬间，电感 L 上的电流为零，即线路中无电流。随着施压时间的延长，电感被充电，电流逐步上升，并趋于稳定。通常，变压器的容量愈大，这段稳定时间愈长。因此，对大型变压器，要在通电数分钟后才可进行测量。否则，过早接通电桥的检流计，可能因电路未稳定而损坏仪表，并且测试数据也不准确，往往造成误判。

296. 怎样摇测配电变压器的绝缘电阻？

对运行中的配电变压器进行定期预防性试验变压器出现异常现象时，要停电摇测其绝缘电阻，以确定绕组的绝缘是否损坏。通常使用兆欧表按以下步骤进行测试：

(1)摇测前将瓷套管清扫干净，拆除全部接地线和引线。

(2)使用合格的 2500 伏兆欧表，摇测时将兆欧表摆平；当转速达到 120 转/分时，读取 R_{15}、R_{60}两个数值，以测出吸收比。

(3)摇测时应记录当时变压器的油温和环境温度，以便将各次的测得值换算到同一温度下进行比较。

(4)摇测时不得用手触摸带电导体或拆接摇表线，摇测后应将变压器的绕组放电，以防止触电。

(5)仪表线不应卷成圈，以免影响测量精度。

此外，还应注意：①对三绕组变压器应测量一次绕组对

www.plcworld.cn

二、三次绕组以及对地的绝缘电阻，二次绕组对一、三次绕组以及对地的绝缘电阻，三次绕组对一、二次绕组以及对地的绝缘电阻；②在潮湿或污秽地区摇测时，应加屏蔽线。

297. 变压器的绝缘强度降低的原因是什么？怎样鉴别绕组绝缘的劣化程度？

变压器的绝缘强度下降的原因最常见的有以下三种：

(1)变压器未投入运行前，潮气侵入而使绝缘受潮；变压器所在场所潮气过大(如多雨地区)，湿度过高。

(2)绝缘老化，某些年久失修的老变压器，最易出现这种现象。

(3)油质劣化，如油的绝缘特性丧失。

若是第一种原因，应对变压器进行加热干燥；若是后两种原因，应对变压器进行检修和换油。

运行年限较长的变压器，其绕组的绝缘可能老化。通常，观察绕组的颜色，测试其弹性、密度和机械强度，以及根据有无损伤等情况来判断绕组能否继续使用。一般根据经验把绕组的老化程度分为以下四级：

一级(绝缘良好)　富有弹性，手指压下后绝缘暂时变形，手松开后恢复原状，绝缘不会被手指压裂，而且表面颜色较淡。

二级(绝缘合格)　质地较硬，手按压时不出现裂纹，颜色稍深。

三级(绝缘不可靠)　绝缘有相当程度的老化，较坚硬，已变脆，用手指按压后出现较小的裂缝，而且颜色较深。此时若受条件所限，不能更新，则应进行浸漆处理，同时在运行中应加强监视。

四级(绝缘劣化)　绝缘非常脆弱，严重老化，用手按压

www.plcworld.cn

后，绝缘即龟裂，呈炭片状脱落，将其稍弯曲即裂断，而且颜色发黑。这种情况，必须换上新的绕组，变压器才可继续运行。

298. 怎样使用单相电源测量 Y/△变压器的变压比？

使用单相电源测量 Y/△变压器的变压比时，可将△侧的 ab、bc、ca 逐次短接，并与单相低压电源的一端相接，电源的另一端依次接在 c、a、b 上，分别测量 Y 侧 AC、AB、BC 电压（图 4-6）。

计算公式如下：

$$\frac{U_1}{U_2}=2K_{x\phi}\text{或}\frac{U_1}{U_2}=\frac{2K_x}{\sqrt{3}}$$

式中 $K_{x\phi}$为变压器额定相电压比；

K_x 为变压器额定线电压比。

测量时应注意以下事项：

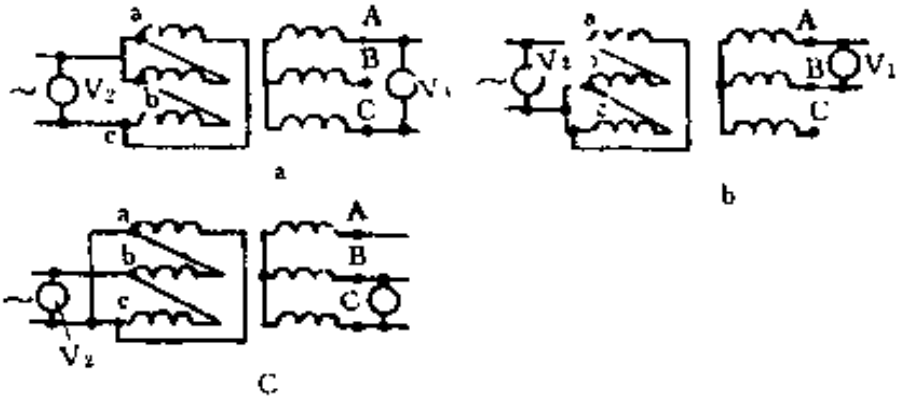


图 4-6 测量 Y/△变压器变压比接线图

(1)输入△侧的低压单相电源，宜通过单相自耦变压器缓慢加入，以免 Y 侧电压过高损坏仪表，危害人身安全。

(2)改变接线时，应将电源断开。

(3)测量前，最好先进行计算，确定通入的电压，以缩短测量时间。

www.plcworld.cn

299. 变压器的冷却系统发生故障时怎样确定变压器的允许负荷和允许持续时间？

变压器冷却系统的故障，一般是指风冷油浸式变压器的风扇停止运行、强迫油循环风冷变压器的风扇和油泵均停止运行、强迫油循环水冷变压器的水和油循环均停止。关于变压器在这种故障下的允许负荷和允许持续时间，通常按制造厂的规定执行。如果制造厂无规定或者手头无资料可查，则在额定冷却空气温度下连续运行的变压器，其负荷不应超过额定容量的70%。而风冷油浸式变压器的风扇停止运行时，其允许的过负荷倍数和允许持续时间可参照表4-3确定。

表4-3　风冷油浸式变压器的风扇停止运行时允许负荷和允许持续时间

过负荷倍数	过负荷前上层油的温升，℃						
	18	24	30	36	42	48	54
0.75	12时20分	11时40分	10时55分	10时	8时40分	7时	4时
0.80	7时40分	7时	6时20分	5时25分	4时20分	3时	0时50分
0.85	5时30分	5时	4时20分	3时35分	2时40分	1时30分	
0.90	4时20分	3时50分	3时15分	2时35分	1时45分	0时45分	
0.95	3时25分	2时55分	2时25分	1时45分	1时08分	0时15分	
1.00	2时45分	2时20分	1时15分	1时20分	0时40分		
1.05	2时15分	1时50分	1时25分	0时55分	0时20分		
1.10	1时50分	1时25分	1时	0时35分	0时06分		
1.15	1时30分	1时10分	0时45分	0时20分			
1.20	1时10分	0时50分	0时35分	0时08分			
1.25	0时50分	0时35分	0时15分				
1.30	0时35分	0时20分					

注：在空气温度为40℃及以下适用。

300. 变压器高压侧的熔断器熔体熔断怎么办？

如果变压器高压侧的熔断器熔体熔断或掉闸，首先应判断是断了一相、两相还是三相，这一点可根据故障现象按表4-4确定：

www.plcworld.cn

表 4-4　高压熔断器熔体熔断情况判断

熔体熔断情况	变压器结构	故　障　现　象
高压一相熔体熔断	(1)单相变压器	(1)全部用户断电
	(2)三相变压器△/Y 接线	(2)低压侧两相电压降低一半，一相正常
	(3)三相变压器 Y/Y 接线	(3)低压一相断电
高压两相熔体熔断	各种接线	全部断电

当熔体熔断时，首先应检查高压侧熔断器和防雷间隙是否短路接地。若外部检查无异常，可断定变压器内部发生故障，应仔细检查变压器有无冒烟或油外流现象，变压器温度是否正常。

然后用兆欧表测试高、低压侧之间以及高、低压侧对地的绝缘电阻。有时变压器内部绕组的层间或匝间短路也会引起高压侧的熔断器熔体熔断。如果用兆欧表测试变压器的匝间绝缘电阻也未发现缺陷，则应使用电桥测量绕组的直流电阻以进行判断。经全面检查，判明故障并予以排除，换上与原规格相同的熔体，就可将变压器再投入运行。

301. 怎样拉、合变压器的高压跌落式熔断器？

通常，中、小型变压器大都装有跌落式熔断器。因其外形类似刀闸开关，有明显的断开点，常用于配电变压器和配电线路分支线的停、送电操作，并作为配电变压器的保护装置。操作时应注意以下几点：

(1)必须使用合格的绝缘棒，并应有人监护，以防发生事故。

(2)这种熔断器没有良好的灭弧装置，不能接通和断开较大的负荷电流。否则，容易产生电弧而引起相间短路或对地短路。

www.plcworld.cn

(3)拉闸时应先拉开低压侧的各分路开关，再拉开低压侧总开关，最后才拉开高压跌落式熔断器。为了防止相间电弧短路，拉开高压跌落式熔断器时，应先拉开中间一相，再拉开背风一相，最后拉开迎风一相。

(4)合闸的顺序与拉闸的顺序相反，即先合高压，后合低压。合上高压跌落式熔断器时，应先合迎风一相，再合背风一相，最后合上中间一相。

(5)拉、合闸时，操作人站立的位置，应偏离跌落式熔断器(避免电弧烧伤)，并且拉、合闸动作要迅速，以减少电弧的延续时间，保证人身安全。

302. 变压器低压侧的熔断器熔体熔断怎么办?

变压器低压侧的熔断器熔体一旦熔断，应根据以下几种情况分别予以处理：

(1)误断　熔体熔断在压接处或其他部位，一般无严重烧伤痕迹。其原因可能是：熔体截面太小；安装时熔体就有伤痕缺陷；熔断器瓷托不固定；熔体压接不紧密；熔体运行时间过长而产生铜铝氧化膜，使接触电阻增大。通常，换上合适的熔体即可恢复正常运行。

(2)过载熔断　通常是熔体中间部位熔断，很少有电弧烧伤痕迹。此时应查明过载原因，防止过载。

(3)短路熔断　熔体严重烧伤，熔断器瓷托上残留电弧烧伤痕迹，其原因可能是低压侧线路的零线与相线或者相线之间发生了短路故障。此时应检查由该变压器供电的低压侧线路和设备，查出短路故障点并予以排除，然后重新投入运行。但是，如果在较长的低压侧线路末端短路，由于阻抗大，短路电流较小，熔体烧伤可能不严重。

消除以上原因，将变压器重新投入运行后，即使声音、外

www.plcworld.cn

观正常，也应测试其二次电流，如果明显超过额定值，应使变压器停止运行，继续查明其他原因并加以处理，再投入运行。

303. 怎样选用配电变压器高压侧跌落式熔断器的熔体？

配电变压器高压侧一般采用跌落式熔断器作为控制和保护装置。其熔体的选择原则是：

(1)容量为 125 千伏·安及以下的变压器，熔体的额定电流应为变压器高压侧额定电流的 2～3 倍。考虑到熔体的机械强度，高压侧熔体额定电流一般不应小于 10 安。例如，一台 75 千伏·安、10 千伏/400 伏的变压器，其高压侧额定电流为 4.33 安，可选用 10～15 安的熔体。

(2)容量为 125～400 千伏·安的变压器，熔体的额定电流应为变压器高压侧额定电流的 1.5～2 倍。例如，一台 320 千伏·安、10 千伏/400 伏的变压器，其高压侧额定电流为 18.5 安，可选用 25～30 安的熔体。

(3)容量在 400 千伏·安以上的变压器，熔体的额定电流应为变压器高压侧额定电流的 1.5 倍。

小于 5 安的熔体，考虑到机械强度的要求，最好采用 5 安的。

304. 怎样变换变压器无载调压的分接头？

变压器分接头的作用是改变变压器绕组的匝数比(即变比)，以达到改变电压的目的。当各变压器原绕组的分接头位置相同时，副绕组的电压则不相同。如果合理变换各变压器原绕组的分接头位置，就可保证副绕组的电压尽可能接近用电设备的额定电压。变换分接头的位置时，应注意以下几点：

(1)先将无载分接开关的止动销钉拧开或将螺栓旋出，再转动手柄，直到手柄上的指针与位置标志Ⅰ、Ⅱ或Ⅲ相重合(图 4-7)，定位销落于相应分接位置的孔中，分接开关的接触

www.plcworld.cn

部分才能达到准确的位置。

(2)应注意分接位置的准确性，即低压配电网络的电压过低时，需要将变压器副绕组的电压调高，此时应减少原绕组的匝数，将调压分接开关拧到位置Ⅲ，即 A_1A_4 位置；相反，低压配电网络电压过高时，需要将变压器副绕组的电压调低，此时应增加原绕组的匝数，将调压分接开关拧到位置Ⅰ，即 A_2A_3 位置。

(3)完成调压工作后，接触部分应保持良好的接触状态。为此，在变换分接头后，应使用兆欧表或测量用直流电桥测试回路的完整性和三相电阻是否均一。

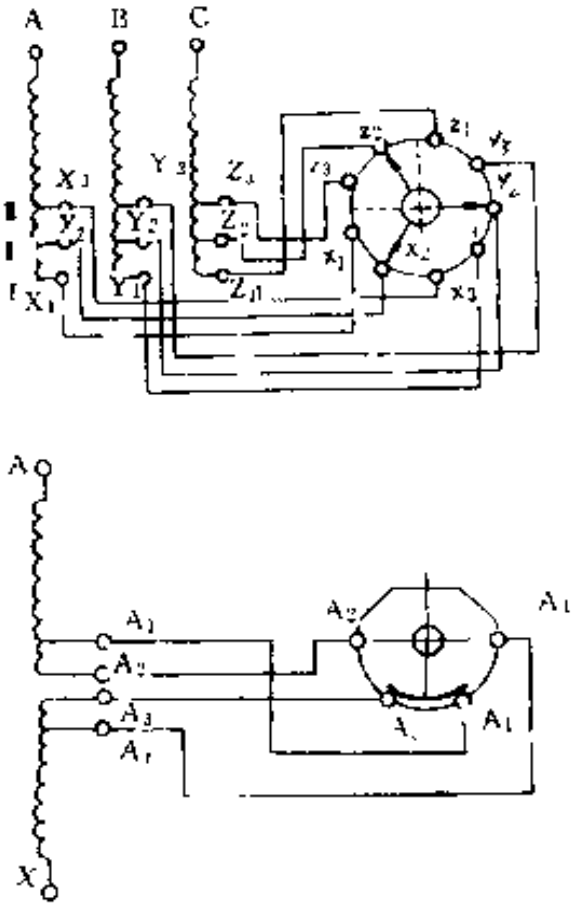


图 4-7 无载调压分接开关接线图

305. 怎样合、拉变压器的冷却装置？

变压器冷却装置的合、拉操作是否正确，对变压器的正常运行有很大影响，因此值班人员合、拉冷却装置时，应注意以下事项：

(1)在变压器投入运行前，应先投入强迫油循环风冷装置、强迫油循环水冷装置或强迫油循环导向水冷装置，变压器停用后冷却装置即退出。

(2)在投入强迫油循环风冷装置时，严禁先起动潜油泵，后开启该组散热器上下联管的阀门；停用该冷却装置时，严禁

www.plcworld.cn

在未停下潜油泵的情况下，关闭其阀门。这是为了防止将大量空气抽入变压器本体内，以及避免损坏潜油泵轴承和叶轮。

(3)对于强迫油循环水冷装置，在投入运行时，必须先起动潜油泵，待油压上升，才可开启冷却水门，且应保持油压高于水压，以免冷却器泄漏时水渗入油中而降低油的绝缘性能，进而造成变压器发生故障。停用冷却装置时，操作方法相反。

(4)如果在变压器的运行中投入强迫油循环风冷装置，则应使瓦斯保护装置短时退出(即将瓦斯保护装置的压板由跳闸位置切换到信号位置上)，以防止其误动作。

306. 怎样监视变压器运行中的负载情况？

通常，在经常有人值班的降压变电所或配电室中，值班人员应根据控制盘上的仪表(有功表、无功表、电流表、电压表、温度计等)示值来监视变压器的运行情况，使其负荷电流不超过额定值，电压不过高，温度在允许范围以内，并每小时记录仪表示值一次。如果变压器在过载下运行，除应积极采取措施(如改变运行方式或降低负荷等)外，还应加强监视，每隔半小时将过负荷大小、持续时间和异常情况记录在配电盘记事本中，并绘制昼夜负载曲线。

在无人值班的降压变电所或配电室内，应定期检查变压器油温是否正常，因为根据油温高低可以判断变压器的负载是否正常，冷却系统有无故障。检查变压器的油温时，应特别注意以下三种情况：①上层油温或温升超过了规定值；②在变压器负载不变时，油温不断上升(新投入的冷态变压器除外)；③在负载和冷却介质温度与上次测量时的这些数据相似的情况下，而油温却比上次测得值明显上升。

307. 变压器运行中出现异常情况怎么办？

在变压器的运行中，一旦发现任何不正常情况，都应设法

www.plcworld.cn

予以消除。如果发现运行中的变压器有下列严重不正常现象之一，则应立即停运检修，并换上备用变压器：

(1)内部声响很大，极不均匀，并有爆裂声。

(2)在正常负荷和正常冷却条件下，温度不正常，并不断上升。

(3)油枕或防爆管喷油。

(4)严重渗、漏油，油面下降到低于油位指示计的限度。

(5)油色变化很大，油内出现碳质。

(6)套管严重破损，并有放电现象。

(7)接点严重发热、变色。

308. 怎样判别变压器运行中的“大马拉小车”现象？

变压器运行中的功率损失率，是损耗功率与输入功率之比。如果将损耗功率和输入功率分别乘以运行时间，则损失率为损失电能与输入电能之比。因此，实质上变压器的功率损失率就是变压器工作时的“变电单耗”。

通常，如果变压器在60%负载下运行，则变电单耗最低。变压器满载运行时，变电单耗略有增加(比最低单耗约增加20%)；轻载运行时，在负载系数约为30%的情况下，变电单耗与满载时相同，即也比最低单耗仅增加20%。而当负载继续降低时，变电单耗将比最低单耗成倍、十几倍甚至几十倍地增大，此时变压器运行极不经济，这就是所谓变压器的“大马拉小车”现象。

309. 变压器过负荷或三相电压不平衡怎么办？

运行中的变压器如果过负荷，可能出现电流指示值超过额定值，有功、无功功率表指针的指示值增大，或出现变压器“过负荷”信号、“温度高”信号和音响报警等信号。值班人员发现上述异常现象或信号，应按下述原则进行处理：

www.plcworld.cn

(1)恢复警报,汇报班长、值长,并作好记录。

(2)及时调整变压器的运行方式;若有备用变压器,应立即投入。

(3)及时调整负荷的分配,与用户协商转移负荷。

(4)如属正常过负荷,可根据正常过负荷的倍数确定允许时间;若超过时间,应立即减少负荷;同时,要加强对变压器温度的监视,不得超过允许温度值。

(5)如属事故过负荷,则过负荷的允许倍数和时间,应根据制造厂的规定执行。

(6)对变压器及其有关系统进行全面检查,若发现异常,应立即汇报处理。

如果发现运行中的变压器三相电压不平衡,首先应检查三相负载情况。若三相负载不平衡,则应立即调整负载,使之平衡。

对于△/Y 接线的三相变压器,在三相负载平衡时,如果三相电压不平衡度在 5 伏以上,则可能是变压器绕组匝间短路,应停电检修。

对于 Y/Y 接线的变压器,在轻载时允许三相对地电压相差 10%,但在重载时,应力求三相电压平衡。

310. 变压器冷却系统发生故障怎么办?

对于强迫油循环风冷、水冷和导向水冷却的变压器,当冷却系统(指风扇、潜油泵、冷却水系统等)发生故障而停用冷却装置时,应进行以下处理:

(1)当变压器控制盘上出现"冷却装置工作电源故障"或"备用电源故障"光字信号时,应立即查明原因,使冷却装置尽快恢复工作。

(2)当变压器控制盘上出现"冷却水中断"光字信号时,应

www.plcworld.cn

迅速检查原因，使冷却装置恢复工作。

(3)如果同时出现上述两种故障信号，则应注意变压器上层油温和油枕油位的变化。当冷却装置全部停运时，会出现油温急剧上升和可能从防爆管(或安全气道)跑油的现象。当冷却装置恢复运行后，油枕油位又急剧下降，且油位下降到标尺-20℃以下并有继续下降趋势时，应立即停用重瓦斯保护装置。如果在规定时间内无法使冷却装置恢复运行，则应汇报值长，并使变压器退出运行。

311. 轻瓦斯保护装置动作怎么办?

当出现轻瓦斯信号时，值班人员应立即对变压器进行外部检查。首先检查油枕中的油位和油色、瓦斯继电器中的气体量和颜色，然后检查变压器本体和强迫油循环系统中是否有漏油现象。外部检查结果若未发现任何异常现象，则应通知化验人员查明瓦斯继电器中的气体性质，必要时取变压器油样进行化验，共同判明故障的性质。

瓦斯继电器中的气体性质，可根据表 4-5 鉴定。

表 4-5　瓦斯继电器中的气体性质

气体颜色	可　燃　性	故 障 性 质
无色无味	不可燃	空　气
黄　　色	不易燃	木质
淡灰色或强臭	可燃	纸麻等绝缘材料
灰色或黑色	易燃	铁芯

此外，值班人员也可对瓦斯继电器内的气体进行可燃性试验。试验时要特别小心，并由班长监护。点火前，应将瓦斯继电器盖子上的油泥擦拭干净；点火时，火苗不得靠近瓦斯继电器的栓口，而要在其上方 5～6 厘米处。如果鉴定为可燃气

www.plcworld.cn

体或油的闪点降低5℃以上，应迅速汇报，停用该变压器。

若鉴定为空气，则应将其放掉，并记录瓦斯继电器再次发生警报的时间间隔。如果警报动作的时间间隔逐渐缩短，则表明断路器可能即将跳闸，值班人员应请示值长，将重瓦斯保护切换到信号位置，并汇报有关领导人加以处理；如果警报的时间间隔逐渐延长，则表明异常情况在逐渐消失，变压器内部不存在故障。

312. 变压器绕组匝间短路有何危害？怎样处理？

变压器绕组匝间短路，一般是由于绕组制造或修理过程中存在缺陷，以及在运行中绕组绝缘损坏而发生的。匝间短路会引起绕组内的电流增加，因而导线温度升高，结果损伤绝缘，甚至使绝缘燃烧又引起电流继续增大，导致故障进一步扩大。此外，匝间短路还可能使熔化的金属（铜或铝）飞溅，伤及邻近的线匝或其他相绕组。

匝间短路的现象是：变压器异常发热，有时带有特殊的嗞嗞声，电源侧电流有某种程度的增高，变压器绕组各相的电阻不同，但差值很小，所以用兆欧表不能测出绕组匝间短路故障。为了确定匝间短路部位，通常可在绕组上加以10～20%额定电压，此时向外冒烟的地点即为匝间短路部位。

通常，发生匝间短路的绕组应予以更换或恢复绕组原有的绝缘。更换绕组时，拆下上部轭铁，换下烧损的绕组；如果绕组是分段的，只换下受伤的一段或几段即可。

检修时还应仔细检查邻近各相绕组，除去溅上的金属渣，必要时应加强焊接处的绝缘，并涂以1154号漆。

313. 变压器绕组的主绝缘击穿怎么办？

变压器绕组的主绝缘，是指低压绕组与铁芯柱之间的绝缘，高、低压绕组之间的绝缘，相邻两高压绕组之间的相间绝

www.plcworld.cn

缘和绕组两端与轭铁之间的绝缘等。这些部位的绝缘击穿后，相当于绕组接地或相间短路。这种事故多发生在铁芯柱和轭铁附近。

变压器绕组主绝缘被击穿的主要原因是：绝缘老化而引起破裂或折断；变压器油受潮，油质变劣；绕组内落入异物；线路故障使绝缘受到机械损伤；各种过电压击穿绝缘等。

对于过电压击穿，当过电压消除后，变压器油立即进入损坏的空间，暂时隔离了电流的通路，所以击穿后的绝缘并不一定会立即失去运行能力，但形成了绝缘上的隐患。当再次出现过电压时，又会在原处造成第二次击穿，导致绝缘性能进一步降低，直到最后发展为短路故障，使差动保护装置和过载继电器都动作。

处理办法是首先测量绝缘电阻，然后吊出器身更换有关绝缘，烘干器身，对变压器油进行处理（如除去水分、过滤等）。

当事故扩大到两相短路时，变压器将发出较大响声，安全气道管口爆破并向外喷油，各种保护装置全部动作，变压器停止运行。在这种情况下，通常需要更换绕组。

314. 变压器套管脏污、破裂有何危害？发现这些缺陷怎么办？

如果变压器的套管表面受潮，闪络电压便降低；如果套管上有粉尘、油垢、盐分、烟灰等脏物，则闪络电压更低（仅为干燥时的闪络电压的 40～80%）。因此，脏污的套管最易发生闪络，结果往往造成开关跳闸。此外，套管上的脏物吸收水分后导电性能提高，不仅会引起表面放电，还会增加泄漏电流，使套管发热，严重时可能导致套管击穿。

长期运行的绝缘套管，由于多次受到热胀冷缩所产生的应力的影响而破裂后，裂缝中便充有空气，空气的介电系数小

www.plcworld.cn

于套管瓷质部分的介电系数，而电场强度的分布又与介电系数有关，介电系数小者电场强度高。当裂缝中的电场强度达到一定值时，便产生游离放电而损坏套管绝缘，甚至造成套管全部击穿。

在变压器的运行中，如果发现套管脏污，应及时清扫和除去油污；如果发现套管破裂，应立即更换，以保证变压器安全运行。

315. 运行中的变压器温升过高会出现哪些现象？是什么原因造成的？怎样处理？

运行中的变压器，其温升一旦过高，电流表指针位置就会超过规定的界限，油面上升，甚至出现保护装置动作、电路切断等现象。变压器温升过高的原因和处理方法有以下几种：

(1)电流过大，所带的用户负荷超出了变压器容量允许限度，此时应降低用户负荷。

(2)Y/Y-12 接线的变压器，在三相负载不平衡时发生过热，因此要求中性线电流不超过低压线圈额定电流的 25%，否则应调整负荷。

(3)变压器断线，如△接线时，对外一相断线，对内线圈有环流通过，发生局部过负荷。此时应立即修复断线处。

(4)变压器的夹紧螺栓松动(特别在变压器受振动后易出现这种现象)，磁阻增大，无功负荷增加，在同样有功负荷下产生过电流。此时需拧紧螺栓。

(5)线圈反接(特别是修复后的变压器往往出现线圈反接现象)，造成运行时反电势不足面产生过电流。应改正线圈。

(6)变压器带负荷投入运行，产生过电流。应将变压器空载投入运行，然后逐渐增加负荷。

(7)通风不良。应检查变压器外表有无粉尘，变压器室通

www.plcworld.cn

风是否良好，风扇叶片是否损坏，风扇电动机的转速是否降低，环境温度是否升高。针对上述情况分别加以处理。如果是环境温度过高，应加强通风或降低变压器负荷。

(8)变压器内部损坏。如线圈损坏、短路、油质不良等。此时变压器应停止运行，并进行检修。

316. 变压器着火的原因是什么？怎样处理？

变压器发生火灾是十分严重的事故。因为变压器不仅有大量绝缘油，而且其许多绝缘材料都是易燃品，若不及时扑灭火灾，变压器可能发生爆炸或火灾蔓延扩大。

运行中的变压器着火的原因是：由于变压器的套管破损或闪络，油在油枕的压力下流出；铁芯穿心螺栓的绝缘和铁芯硅钢片间的绝缘损坏；高压绕组或低压绕组的层间短路；引出线混线或引出线触碰油箱；长时间过负荷造成变压器大量发热或局部产生电弧。

变压器一旦着火，应按以下方法进行处理：

(1)将变压器的油断路器、隔离开关和各种保护装置断开。

(2)如果油从上部溢出，应打开下部油门，将油位降低。

(3)如果油箱炸裂，应迅速将油箱中的油全部排出，使之流入贮油坑或贮油槽，并将残油燃烧的火焰扑灭。

灭火时要使用不导电的二氧化碳、干粉、四氯化碳等灭火剂。不得已时，对溢流于地面或坑、槽内的油火可用砂子、泥土扑灭，严禁使用水或普通灭火器灭火。

317. 怎样延长变压器油的使用寿命？

通常采用以下办法来延长变压器油的使用寿命：

(1)添加抗氧化剂　通常加入 0.2～0.3%(按油重计)的2,6-二叔丁基对甲酚抗氧化剂。加入的步骤是：首先将抗氧化

www.plcworld.cn

剂倒入变压器油内，然后加热到 70℃左右并搅拌，使其全部溶入油内，过滤后加入变压器中。

(2)充氮保护　在油枕的上部空间充入化学性质较稳定的氮气，以使油得到较好的保护。

(3)胶囊(隔膜)密封　在油枕内部放入一个耐油的尼龙橡胶胶囊，其形状和体积与油枕内腔相似。胶囊上部开口与大气相通，下部表面平贴油面，使油与空气隔绝。胶囊可随油面的自由升降而自动调整体积(呼气和吸气)。

(4)热虹吸过滤器过滤　由于热虹吸过滤器内一般都装有硅胶和人造钠氟石吸附剂，而这两种吸附剂具有吸附油中老化生成物的能力，所以将这种过滤器接在变压器上，可使运行中的油在变压器内连续地得到再生，同时还可除去进入变压器的空气中的潮气和气态酸性物质。

318. 怎样从变压器中取油样？

变压器运行规程规定，变压器油的简化试验，每三年进行一次，耐压试验每二年一次。取油样进行检验时，油样的采取合理与否，直接影响检验结果，所以取油样应注意以下几点：

(1)取油时间　取样前应检查油标管的油位，不得在缺油时取油样，最好在油位正常的晴天上午 10 点至下午 2 点这段时间选取。

(2)盛油容器　装油样的容器，最好使用带毛玻璃塞的玻璃瓶(密封良好)，瓶内应干净，并经干燥处理；若使用一般小口径玻璃瓶，装油后应使用塞子将瓶口塞紧，然后用厚纸将瓶口包扎，再用火漆或石蜡加封，火漆、石蜡不得触及瓶口，以免与油发生化学作用。

(3)取油部位　一般从变压器下部油门放油，先放出底部积存的污油 2～3 公斤，然后用干净棉布将油门擦净，再放出

www.plcworld.cn

少许油冲洗油门，并放少量油将取油样瓶冲洗两次，随后将油样装入取样瓶，瓶塞用变压器油擦洗干净后再密封瓶口。取油时应防止泥土、水分、粉尘、纤维丝等落入油样内。

(4)取油量　油样数量取决于试验内容。耐压试验取油样0.5公斤，简化试验取油样1公斤。

319. 怎样使用简易方法鉴别变压器油的质量？

通常，变压器油只有经过耐压试验，才能鉴别其优劣。但是，不合格的油，也可大致从外观上鉴别出来。一般从以下几方面进行鉴别：

(1)颜色　新油通常为淡黄色，长期运行后呈深黄色或浅红色。如果油质劣化，颜色就会变暗，并有不同的颜色。如油色发黑，则表明油碳化严重，不能使用。

(2)透明度　把油盛在玻璃试管中观察，在-5℃以上时应是透明的。如果透明度差，表示其中有游离碳和其他杂质。

(3)荧光　装在试管中的新油，近着光线看时，两侧会呈现乳绿或蓝紫色反光，称为荧光。如果使用中的油完全没有荧光，则表示油中有杂质和分解物。

(4)气味　合格的变压器油仅有一点煤油味或无味。若有焦味，表示油不干燥；若油有酸味，表示油已严重老化。鉴别气味时，应将油样搅匀并微微加热。若感到可疑，可滴几滴油到干净的手上搓磨，再鉴别气味。

320. 不同牌号的变压器油能否混合使用？混合使用时怎样处理？

我国曾有过"禁止将不同牌号的变压器油混合使用"的规定。这是因为当时变压器油的来源有多种渠道，既有国产的，也有进口的，品种复杂，对这些油的化学组成不甚了解。如果把这些来自四面八方的变压器油混合使用，油的稳定性就得

www.plcworld.cn

不到保证，凝固点也不明确，在变压器的运行中将出现许多问题，甚至发生事故。因此当时作出这一规定是正确的。

目前我国大部分电气设备都使用国产变压器油。国产油虽有多种牌号，但精制工艺基本相同，并且都使用单一品种的抗氧化剂，所以国产不同牌号的合格变压器油，原则上可以直接混合使用，油的稳定性和油质都不会比单一牌号的油差。混合使用国产不同牌号的变压器油，应作如下处理：

(1)不同牌号的变压器油混合后，凝固点发生变化，因此对混合油应进行试验，确定其凝固点才可投入使用。

(2)如果新牌号油与运行设备中另一牌号的旧油混合，由于旧油中含有杂质，在补充新油之前，应将旧油过滤，除去其中的杂质。

321. 变压器油位不正常或油温超过允许温升限度怎么办?

通常，变压器油枕的一端装有油位计，其上有表示油温为-30℃、+20℃和+40℃的三条油位线(或温度指示线)，以便监视油位的高低。根据这三条油位线可以判断是否需要加油或放油。若在温度为+20℃时，油面高于+20℃的一条油位线，则表示变压器中的油多了，应通知检修人员放油，使油位降低到该油位线上；在同一油温下，若油面低于+20℃的一条油位线，则表示变压器中的油少了，应通知检修人员加油。如果大量漏油，使油位迅速降低，低至瓦斯继电器以下或继续下降，则应立即停用该变压器。

变压器套管的油位一般随气温的骤变而发生很大变化，不得满油或缺油。否则，也应放油或加油。

在变压器的运行中，若发现其油温超过允许温升限度，应判明原因，并采取措施降低油温。通常，应进行以下工作：

www.plcworld.cn

(1)检查变压器的负荷和冷却介质的温度，并与在该种负荷和冷却温度下应有的油温进行核对。

(2)核对温度计。

(3)检查变压器的机械冷却装置工作是否正常，以及变压器室的通风情况。

如果发现油温较平时同样负荷和同样冷却温度下高出10℃以上，或负荷不变而油温不断上升，经检查，冷却装置、变压器室通风和温度计都正常，则可能是变压器内部发生故障(如铁芯起火、线圈层间短路等)，此时应使变压器停止运行，并进行检修。

如果发现变压器油凝固，仍允许变压器带负荷继续运行，但必须注意上层油温和油是否循环。

如果发现变压器的油面较当时油温应有的油位显著降低，则应立即补充油；如果由于大量漏油，油位迅速下降，则禁止将瓦斯继电器改为只动作于信号，而必须迅速采取堵漏措施，并立即加油。

如果发现变压器的油过多，应立即放油，以免油温升高时油从油枕上面溢出。

322. 变压器漏油怎么办？怎样给运行中的变压器补充油？

经常使用的中、小型变压器，大部分都存在不同程度的渗、漏油现象。变压器渗、漏油，一般是由于螺栓紧固不牢、不均，焊口焊接不严密，以及衬垫不合适等原因造成的。为了防止变压器渗、漏油，除了安装时注意均匀拧紧螺栓、焊好焊口和采用合适的衬垫外，对运行中的变压器的渗、漏油不严重部位，可涂一种红色绝缘胶合剂。这种胶合剂的制作方法很简单，可采用下列原料配制(根据需要数量按重量比配方)：

虫胶　　1.2公斤

www.plcworld.cn

红丹粉　　1.4 公斤

蓖麻油　　75 克

酒精　　2.5 公斤

配制时，将上述原料混合，在常温下搅拌 2～3 小时，至虫胶完全溶化为止。溶化时不可加热，可保持在 40℃以下进行溶化。溶化完毕，用细筛过滤，装入罐中，盖好罐盖，以供随时使用。

运行中的变压器缺油，需要补充油时，可按以下步骤补油：

(1)不同牌号的新旧油混合时，新牌号油应试验合格。

(2)补油前将重瓦斯保护改接信号位置，以防止误动掉闸。

(3)补油后应检查瓦斯继电器，及时放出气体；运行 24 小时后，如果无异常现象，再将重瓦斯接入掉闸位置。

(4)补油量不得过多或过少，油位应与变压器当时的油温相适应。

(5)禁止从变压器下部截门补油，以防止变压器底部的沉淀物冲入绕组内而影响变压器的绝缘和散热。

323. 变压器油中含有水分怎么办？

变压器油中若含有水分，应将其除去。除去油中水分的最佳方法是进行真空过滤、压滤式过滤或离心机分离。如果现场不具备这类处理设备，可按以下简易方法进行处理：

(1)取经过干燥的球状粗孔硅胶(使用前应过筛除去灰尘)，用无碱性玻璃丝布或细纱布将其包扎成袋状浸入油中，硅胶用量视油中水分含量而定。对于水分含量较高、油质混浊或击穿电压较低的变压器油，硅胶用量以 3～5% 为宜。通常，硅胶袋在油中浸泡 4～6 小时，就可使油的击穿电压提高到

www.plcworld.cn

40 千伏。如果将油加热到 50～60℃再进行硅胶处理，效果更好。

(2)将经过干燥的快速或中速滤油纸浸入受潮或水分含量较小的油中，一般经 4～6 小时也可使油的击穿电压提高到 40 千伏。此时应注意，滤油纸的边缘要整齐，以防纸纤维脱落在油中。

经过上述处理的变压器油，应经简化试验合格才可注入变压器中。

324. 怎样过滤处理变压器油？

变压器油的过滤处理，主要是除去油中的机械杂质。处理时一般应注意以下事项：

(1)根据油的情况，可采用压力式滤油机(以下简称滤油机)过滤或用离心机分离。当需要除去油中的机械杂质、细渣和大量水分时，宜采用离心机进行分离，此时油温最好为 40～50℃；用滤油机过滤时，油温最好为 50～60℃。

(2)应避免长时间或经常使用离心机对变压器油进行非真空分离，以防止加剧油的氧化。

(3)带电滤油时应考虑以下要求：①应使用金属管而不得使用不耐油的橡胶软管来连接离心机或滤油机；②过滤前，应将整个离心机(或滤油机)和油管都充满干燥的油，且瓦斯继电器仅接于信号；③离心机(或滤油机)和油管应可靠接地；④将离心机(或滤油机)接在变压器上这一工作应由富有经验的技工来完成，过滤时油应放入变压器油枕中；⑤过滤时，若瓦斯继电器发出信号，应立即排放积聚在瓦斯继电器内的空气。

(4)应采取妥善的防火措施。

(5)过滤情况应作详细记载。

www.plcworld.cn

325. 怎样再生处理变压器油?

所谓再生处理变压器油，就是利用表面吸附能力很强的吸附剂除去油中所含的酸。用吸附剂除酸，有过滤法和接触法两种。过滤法是使油通过有吸附剂的过滤器；接触法则是首先将油加热，然后使其与吸附剂的细粉末很好地混合，并搅匀，最后澄清和过滤。通常，过滤法多采用热虹吸过滤器。它利用运行中的变压器油的对流作用，连续不断地进行再生处理，同时还可除去进入变压器的空气中的潮气和气态酸性物质。在处理过程中，一般应注意以下几点：

(1)常用的吸附剂是硅胶(硅酸铝)、白垩土和人造钠氟石等，这些吸附剂的微细程度随采用的处理方法和油质而定。

(2)使用吸附剂以前，应清除其中的粉尘；如果吸附剂受潮，应将其在 110℃ 温度下进行干燥；已干燥的吸附剂应浸在油内贮存，以免受潮。

(3)过滤器使用的硅胶，其粒度应不大于 3～3.5 毫米，钠氟石的粒度可为 2～2.5 毫米。

(4)过滤器的吸附剂用量，一般为变压器油重的 1%。对于小容量变压器，用量稍大(约 1.25%)；对于大容量变压器，用量稍小(约 0.75%)。

(5)为了使油内的吸附剂细粒能沉淀出来，过滤器下部的管口应比过滤器底高 20～30 毫米。

(6)吸附剂逐渐饱和后，便失去吸附能力，此时应使吸附剂再生。再生的方法如下：

将用过的硅胶加热到 400～500℃，人造钠氟石加热到 400～600℃，可使附着的油和酸很缓和地燃烧，变为气体排散。

加热吸附剂时，应使加热设备与其他器具和油类物质保

www.plcworld.cn

持足够的安全距离，以免发生意外事故。

326. 怎样接用热虹吸过滤器？

采用热虹吸过滤器是延长变压器油使用寿命的有效方法之一。这种过滤器与散热器一样，也接在变压器外部。接用时应注意以下几点：

(1)如果变压器内的油已相当老化和含有沉淀物，应仔细清洗变压器，除去外壳内的沉渣和机械混合物，然后才可接用热虹吸过滤器。

(2)如果变压器内油的电气绝缘强度已显著降低，应先用压力式过滤机或离心机除去油中的水分。

(3)投入使用前，应往热虹吸过滤器内注满油，并排除其中积存的空气。

(4)如果热虹吸过滤器出口(下部)的油，其酸价比变压器外壳内的油的酸价低，而变压器油的酸价又达到 0.1～0.15 毫克，则应立即更换吸附剂。

327. 变压器的热虹吸(硅胶罐)在运行中起什么作用？怎样进行维护？

热虹吸(硅胶罐)内装有吸附材料——硅胶。在变压器的运行过程中，由于上、下层油温不同，所以油在热虹吸内循环。在循环过程中，油中的有害成分如水分、游离炭、氧化物等为硅胶所吸收，从而使油净化，以保持油的良好电气、化学性能，因此在变压器上加装热虹吸对油能起再生作用。

对热虹吸的维护应注意以下几点：

(1)新装或更换硅胶，要选颗粒大的硅胶。装好硅胶后要排出热虹吸内的气体，以防瓦斯继电器频繁动作。

(2)热虹吸充满油后，应关闭热虹吸与变压器连接的下部截门，静置几小时排出渣滓后，再打开下部截门。在正式投入

www.plcworld.cn

运行 24 小时后，再将瓦斯继电器的重瓦斯投入掉闸回路。

(3)定期检验油，根据化验结果及时更换硅胶。

328. 怎样通过试验发现变压器的故障？

通过表 4-6 所列各项试验检查，可发现变压器的故障。

表 4-6　检查变压器故障的试验项目和方法

试验项目	试验结果	产生故障的可能原因	检查方法
用 2500 伏兆欧表测量绕组对绕组和绕组对地的绝缘电阻	绝缘电阻为零	绕组对绕组或绕组对地之间有击穿现象	解体检查绕组和绝缘
	绝缘电阻值较前次测得值降低 40%以上(温度换算值)	绝缘受潮	用 2500 伏兆欧表测量吸收比 R''_{60}/R''_{15} (要求<1.3)
绕组的直流电阻试验	在分接开关处于不同位置所测得的直流电阻值，相差很大	分接开关接触不良，触头有污垢，分接头与开关的连接有误(若未拆卸检修，变压器不可能出现这种情况)	吊出器身，检查分接开关与分接头的连接情况，以及分接开关的接触情况
	相电阻大于三相平均值的 2～3%	绕组出头与引线焊接不良，匝间短路，引线与套管连接不良	分段测量直流电阻。首先将低压开路，并将高压 A 相短路，在 B、C 相施 5～10%额定电压，测量电流值；然后逐次将 B、C 相短路，再测量两次电流值。若 A 相有故障，则在 A 相短路时，电流值较小，而 B、C 两相短路时电流值较大

www.plcworld.cn

续表 4-6

试验项目	试验结果	产生故障的可能原因	检查方法
空载试验（双瓦特表法）	空载损耗和空载电流值都很大	铁芯螺杆或轭铁螺杆与铁芯有短路处，接地片安装不正确构成短路，匝间短路	吊出器身，检查接地处和匝间短路处；用1000伏兆欧表测量轭铁螺杆的绝缘电阻，检查元件绝缘情况
	空载损耗很大	铁芯片间绝缘不良	用直流电压-电流表法测量铁芯片间绝缘电阻
	空载电流很大	铁芯接缝装配不良，硅钢片不足量	吊出器身，检查铁芯接缝，测量轭铁面积
短路试验	阻抗电压很大	某部分接触不良（套管与开关等）	分段测量直流电阻
	短路损失过大	并联导线断裂，换位不正确，导线截面较小	将低压侧短路，分别在AB、BC、CA端施压，进行三次短路试验，对每次测量结果加以分析对比
绕组连接组测量	所测结果与任一连接组都不相符（若未拆卸检修，变压器不可能出现这种情况）	某相绕组中因接错线，有一个绕组的方向反了	测量连接组，找出绕组接错部位

329. 怎样检查调压开关的故障？

调压开关是变压器中唯一可转动的部件，常因其接触不良引起发热而发生故障。对这种故障通常可从以下几方而来检查和判别：

（1）固定和活动的接触而有无烧伤痕迹（烧毛）和接触不良现象，接触处有无油泥积垢。

（2）调压开关的传动机构是否失灵；传动机构有无因过分

www.plcworld.cn

松动而使箱盖上的指针尖端指示在位置标志上，而此时触点尚未闭合；开关的三相触点是否同时合上，弹簧的松紧是否相同。

(3)开关的操作杆与箱盖的接缝处是否接合紧密，衬垫是否完整；对准操作杆的箱盖孔下面有无水渍。

(4)如果采用接线板式的分接头，则应检查接线螺栓桩头的松紧情况，各接线桩头间是否因油泥堆积而发生短路或出现闪络痕迹。

(5)检查有载开关时，应将开关的芯子部分吊出，来回转动，观察其接触限位的动作，检查过渡电阻，以确定其连接是否可靠。

330. 变压器的分接开关接触不良怎么办？

变压器的分接开关接触不良，往往是由于以下故障造成的，查明原因，分别采取相应措施予以消除，分接开关即可恢复正常工作：

(1)触头严重损坏。拆下触头，换上新触头或者按原样配制。

(2)触头压力不平衡。有些分接开关的触头弹簧是可调的，此时适当调节弹簧，即可保持触头压力平衡(触头表面粗糙度以▽6为宜，不需抛光和研磨)。

(3)使用较久的分接开关，其触头表面常覆有氧化膜和污垢。如果氧化膜很薄，污垢不多，将触头在各位置往返切换多次，即可清除；否则，须用汽油擦洗。有时绝缘油的分解物沉积在触头上呈光泽薄膜，看来很洁净，其实为一绝缘层，妨碍接触，可用丙酮擦洗，予以清除。

331. 怎样判断变压器绕组的绝缘状况是否良好？

通常，将变压器运行期间所测得的绕组绝缘电阻与该变

www.plcworld.cn

压器投入运行前首次测得的绕组绝缘电阻进行比较，以判断绕组绝缘状况是否良好。如果在变压器的运行中发现其绕组的绝缘电阻低于制造厂试验值的70%，则可判定该绕组的绝缘状况不良。如果测试时变压器的温度与制造厂测试时的温度不相同，则应将测得的绝缘电阻换算到相同温度下的电阻再进行对比。

变压器绕组的允许最小绝缘电阻，一般在产品说明书或技术标准中都有规定。如果无资料可查，可参照表4-7确定。若实测电阻值较表中数值大1.5倍，可判定绕组绝缘状况良好；若实测值接近表中值，则在运行中应加强绕组绝缘的监视；若实测值小于表中值，则可判定绕组绝缘不合格。绕组绝缘电阻值降低通常是绕组受潮引起的，因此测试时应判明受潮程度，然后根据供电情况确定是否停电对绕组进行干燥处理。

表4-7　各种油温下变压器绕组的允许最小绝缘电阻

额定电压千伏	绕组在以下温度(C)时的绝缘电阻，兆欧							
	10	20	30	40	50	60	70	80
6及以下	600	300	150	80	45	24	13	8
10	715	350	175	92.5	49	29.5	15.5	9

332. 检修变压器前怎样查找其缺陷和故障？

虽然有关规程规定了变压器大修和小修的项目，但是，现场具体的检修项目，最终应根据变压器的缺陷和实际情况来确定。检修前查找变压器的缺陷和故障，一般应从“望、闻、问、测”四方面着手。

望，是对变压器进行外观检查，特别是事故后的外观检查，可以大致判断事故的严重程度。

www.plcworld.cn

闻，就是用鼻子嗅一嗅有无异味，用耳朵听一听运行中的变压器有无异常声响，以判断事故的性质。

问，是向值班人员询问变压器运行情况，查阅运行记录，了解变压器的历史情况，以便分析故障或隐患可能发生在什么部位。

测，是用仪表测试变压器绝缘电阻和变压器油温，并将测得的结果与历史记录核对，通过对比分析，最后确定检修的内容、重点和项目。

333. 吊芯检修变压器时怎样做好吊芯前的准备工作？起吊芯子时应注意哪些事项？

在变压器的检修工作中，吊芯（吊罩）是一项很重要的工作，事先应做好充分的准备，设想可能出现的问题和解决办法，要做到忙而不乱，有条不紊。为此，事先应做好以下准备工作：

（1）选择无烟灰、尘土和水气的干净地点作为吊芯场所。

（2）核实起吊设备、起吊重量、详细检查起吊所用的工具、绳索、导链、拉钩等用具，必要时应进行承载试验。

（3）起吊前做好正常情况下的防尘、防潮准备，选在晴天（相对湿度不高于75%）而不是雨雪天或雾天进行起吊工作。如果起吊场所的空气湿度高于75%，应使铁芯温度（指变压器上层油温）比空气温度高10℃以上；若不能满足这一条件，应采取加热措施。

起吊芯子时应注意以下事项：

（1）起吊时应有专人指挥，油箱四角也要设专人监视。

（2）每根钢绳与铅垂线的夹角不得大于30°。如果不能满足这一要求，或者起吊绳套可能触及芯子零件，则应采用辅助吊梁，以防止钢绳受张力过大或将吊板（吊环）拉弯。

www.plcworld.cn

(3)起吊时应尽量缩短芯子在空中停留的时间，并防止铁芯、绕组和绝缘部件与油箱碰撞而受到损伤。

(4)起吊钟罩式变压器的钟罩时，应严格防止钟罩在空中摆动。否则，可能撞坏芯子。为此，可在油箱底座上临时安装几根定位棒，以控制钟罩在起吊高度范围内垂直升降。

334. 吊芯检修变压器时怎样拆卸变压器和吊出芯子？

吊芯检修变压器时，一般按以下步骤拆卸变压器和吊出芯子：

(1)设备停电后，拆开变压器的高、低压套管引线；断开风扇、温度计、瓦斯继电器等的电源，并把线头用胶布包好，作好记号；拆开氮气管；拆除变压器接地线和撤掉变压器轮下垫铁，在变压器轨道上作好定位标记，以便检修后变压器就位。

(2)将变压器运至检修现场，搬运工作应由专人统一指挥。

(3)放出变压器油，事先应检查油管，以防跑油。

(4)拆下套管、油枕、防爆管、风扇电机、散热器、分接开关操作机构、净油器、温度计和大盖螺栓。

(5)拆卸变压器顶盖。在吊大盖以前，应拆除芯子与顶盖之间的连接构件(对于油箱顶盖与芯子连成一体的中、小型变压器，可将箱盖与芯子一起吊出)。

(6)吊出变压器芯子。若起吊设备是可移动的，可将芯子吊至指定地点进行检修；若起吊设备不能移动，则在吊起芯子后，将油箱拉走，然后落下芯子。在芯子下面应设集油盘接残油，以减少油的损耗，并保持现场清洁。当芯子下落至离地面200～300毫米时，应在空中悬吊一定时间，待残油滴净，移走集油盘，垫上道木，才使芯子下落在道木上进行检修。

对于采用钟罩式油箱的大型变压器，检修时吊起钟形箱

www.plcworld.cn

罩即可。如果钟罩不落在地面，则应在变压器芯子的夹铁两端用道木将钟罩临时支撑住，同时不摘去吊钩，以保证检修人员的安全。

335. 怎样对变压器进行吊芯检查？

对变压器进行吊芯检查，应注意以下各项：

(1)逐个检查全部螺栓、螺帽，所有螺栓均紧固，并有防松垫圈或垫片；螺栓未损坏，防松绑扎牢固。

(2)铁芯未变形，表面漆层完好，铁芯接地可靠；铁芯和绕组表面无油垢，油路畅通。

(3)绕组绝缘层完好，表面未变色，无脆裂或击穿等缺陷；高、低压绕组间的绝缘未破损，绕组间无松动、位移现象。

(4)各组绕组排列整齐，间隙均匀；绕组间、绕组与铁芯及铁芯与轭铁间的绝缘垫层完整、未松动；绝缘围板绑扎牢固。

(5)引出线绝缘良好，包扎紧固、无破裂现象；引出线固定牢靠，接触良好；引出线接线正确，其电气距离符合要求。

(6)绕组的压紧顶丝紧顶护环，止回螺帽已拧紧。

(7)所有能触及的穿心螺栓均连接紧固；用兆欧表测量穿芯螺栓与铁芯和与轭铁压梁间的绝缘电阻，以及铁芯与轭铁压梁之间的绝缘电阻(其值均大于 10 兆欧)，并作 1000 伏耐压试验。

(8)电压切换装置各分接点与绕组的连接紧固、正确；各分接头清洁，且接触紧密、弹力足够；对所有能接触的部位，在各接触位置用 0.05 毫米×10 毫米塞尺进行检查，检查时塞尺均不能塞入。

转动接点正确地停留在各个位置上，且与指示器的指示位置一致。

切换装置的拉杆、分接头的凸轮、小轴、销子等均完整无

www.plcworld.cn

损；转动盘动作灵活，密封良好，无渗、漏油现象。

如果变压器的电压切换装置带负荷切换，还应检查油箱内选择开关的触头部分：触头和铜辫软线完整，无磨损、折断现象；触头间有足够的接触压力。

(9)油箱底部清洁，无油垢、杂物；油箱内壁无锈蚀；阀门无缺陷；散热器油门启闭的指示位置正确。

(10)检查完毕，使用合格的变压器油冲洗芯子，并从箱底放油孔将油全部放出。

336. 怎样检修变压器的铁芯和绕组？

变压器铁芯故障，大多是穿心螺栓、铁轭夹铁和铁芯叠片之间的绝缘局部损坏。这是运行时过热或制造和安装时存在缺陷造成的。针对这种缺陷可按下述办法进行处理：

(1)若穿芯螺栓与铁心有两点连接，或者穿心螺栓与上、下铁轭夹铁短路，则应更换穿心螺栓上的绝缘管和绝缘衬垫。

(2)若硅钢片之间的绝缘损坏(即硅钢片间的绝缘脱落、局部出现癣一样的斑点、绝缘炭化或变色)，则应拆开铁芯进行检修。

(3)若硅钢片只有部分绝缘损坏，可将损坏的部分刮掉，清除干净后再用漆涂补；若硅钢片上有数处损坏，应将全片用钢丝刷或用刮刀刮净后再涂漆。

(4)若需要进行绝缘处理的硅钢片较少，可用毛刷涂漆；涂漆时漆膜应均匀，无漆瘤和“空白点”，不在漆层上留下刷毛。

通常，大型变压器送回制造厂修理。而中、小型变压器的修理，则在企业电修车间进行。一般来说，多数变压器的副绕组仅需局部修理，而原绕组和小型变压器的副绕组则大多需要重绕。修理绕组时应注意以下事项：

www.plcworld.cn

(1)对于截面较大的用扁铜线绕制的副绕组，主要是更换匝间绝缘，更换填平楔和层间绝缘。如果绕组是分段的，可只更换损坏的一段或数段。

(2)换下来的绕组，烧去绝缘后，若铜线未变质，截面也未变形，可重包绝缘继续使用。

(3)如果绕组的铜线有变质、熔化或截面缩小的部分，应先将其割去，然后补换新线。

(4)如果利用旧线重绕，应首先烧掉原有绝缘，烧后把导线浸入硫酸水溶液中泡 5～10 分钟，将旧绝缘全部除掉，然后用水冲洗，再浸入 1%的热肥皂水中，以中和可能残留的硫酸，最后用水冲洗干净，用布擦拭后再烘干。

337. 怎样检修无载分接开关和有载分接开关？

变压器的分接开关，分无载分接开关和有载分接开关两种。下面先介绍无载分接开关的检修要点：

(1)将套在分接开关外面的纸绝缘套筒向上移动，检查分接开关的全部零部件、引线的绝缘和焊接是否良好，接头有无过热现象。如果缺陷轻微，可直接处理；如果存在严重故障，应拆下处理或予以更换。

(2)用手按压或借助工具检查分接开关触头与接触柱之间的压力，其压力一般应为 0.25～0.5 兆帕，而且任何一个切换部位都应有良好的接触。在检修时，重点检查经常处于运行中的切换部位，查看其有无过热现象，金属表面是否烧伤或变色。过热现象，大多由于分接开关的压力弹簧长时间运行，弹力下降造成的；如果只是某一分接触头有此现象，一时又无备件替换，则可根据运行条件，改用其他分接触头运行或者将工作分接触头暂时焊住而成为固定连接，待有备品，再行更换，恢复运行。金属表面烧伤，常常是触头脏污或接触不良造成

www.plcworld.cn

的，可用擦拭或打磨的方法使其恢复正常工作状态；如果触头烧伤严重，无法修整，则应予以更换。

(3)检查分接开关整体固定是否牢靠，其机械操作装置是否灵活，操作杆轴销和开口销等是否齐全、牢靠。

(4)用测量小电阻的电桥测试每一切换部位的接触电阻，一般应满足小于 500 微欧的技术规定；如果发现某一部位的接触电阻不符合标准，应查明原因，采取措施予以消除。

完成上述检查，消除缺陷并进行必要的测试，就可将分接开关置于预定的工作位置，不再切换，并做好该位置的试验记录。

目前我国生产的带负载调压的变压器有电抗式和电阻式两种分接开关。电抗式分接开关与变压器器身位于同一油箱内。电阻式分接开关，一般是在变压器油箱中独立隔开一个小油箱放置切换装置，小油箱与变压器的油不相通，它本身有贮油器、呼吸器和气体继电器等。

下面以电阻式分接开关为例，说明检修有载分接开关的要点：

(1)打开装有切换装置的小油箱的顶盖，拆开绕组抽头连接线和固定螺栓。

(2)取出有载分接开关的切换装置，查看引出线的焊接质量，螺栓连接是否松动，运行中有无烧伤和过热现象，引出线的绝缘是否损伤，开关动、静触头导电是否良好，有无烧毛现象。

(3)逐档切换，测试触头接触电阻，其值应小于 500 微欧。

(4)检查固定电阻有无断裂、损伤现象，测量其阻值有无变化，绝缘板是否损坏，并用兆欧表测量运行中的带电部分的绝缘电阻。

www.plcworld.cn

(5)检查转动轴与可动绝缘板固定是否牢靠，机械转动部分的储能弹簧有无断裂现象，各传动轴、销子等机械零件是否跌落和损坏，蜗轮、蜗杆的齿是否过度磨损。

(6)对可逆电动机应进行解体检修。

(7)小油箱中的油，由于切换装置多次切换，被电弧灼烧而产生炭粒。为了保证油的散热性能和绝缘性能，应及时更换变质的油，并在注入新油以前，检查油箱有无渗、漏现象，同时清除箱底污染、杂物等。

检修完毕，应及时组装，然后进行电动机的通电试验和分接开关的切换试验。为了不使机件受潮，分接开关暴露于空气中的时间不宜过长。

338. 怎样检修油枕和防爆管？

检修油枕和防爆管，应进行以下检查和清理工作：

(1)将油枕内的油和沉淀物全部从下部排油孔排出，并将油枕冲洗干净。

(2)检查油枕是否完好，有无渗、漏油部位，油枕与油箱的联通管是否畅通。

(3)检查油位计指示是否正常，有无堵塞现象，油位计的玻璃管有无裂纹或是否因脏污而显示模糊。

(4)如果发现油枕内部生锈或积聚的油泥很多而难以清除，可将油枕一端的铁板用吹管割下，并按圆周留下圆环，以便检修后补焊新底(也可就此改装为法兰圈，用法兰盖压紧)；将油枕内的铁锈用刮刀刮去，并用煤油清洗，自然风干后用耐油的硝化漆或清漆涂在刮除铁锈的部位。

(5)清除防爆管的油垢和铁锈，并检查防爆管的薄膜和密封垫是否良好。若有损坏或变质，应予以更换。

www.plcworld.cn

339. 怎样检修瓦斯继电器?

检修瓦斯继电器,应注意以下事项:

(1)检查上、下油杯是否灵活,干簧接点闭合和断开是否正确;观察接点开断灯泡电流时,火花是否正常,有无粘住现象。

(2)检查接线板的绝缘是否良好,接线板、放油口、试验顶杆和两端法兰等处有无渗、漏油现象。

(3)常用的挡板式瓦斯继电器,其平衡锤和挡板的位置虽然是可调的,但每台变压器的这种瓦斯继电器在投运前都已调试好,检修时切勿随意调节。

(4)组装继电器时,应特别细心,要注意其外壳上的箭头方向是从油箱指向油枕,不得接反;接上控制信号电源后,应使用试验顶杆试验上、下油杯的动作是否灵活。

340. 怎样检修冷却装置?

变压器的冷却装置包括散热器、风扇、冷油器和潜油泵等。随着变压器容量的增加,其冷却装置越来越庞大和复杂。在实际运行中,由于冷却装置的故障而造成变压器的过热、绝缘击穿等事故屡见不鲜。为了保证冷却装置安全运行,检修时应认真做好以下检查、测试工作:

(1)清除整个散热器管子上的污垢,检查散热器内部是否清洁,有无锈蚀、积水和杂质。

(2)检查散热器是否严密不漏,经充气试验应合格(扁管散热器的试验气压为 0.05～0.15 兆帕,圆管散热器为 0.2～0.3 兆帕;强油风冷散热器各油路之间密封是否良好,是否互不串油。

(3)检查强制油水冷装置的冷却器、水管道和阀门等的内部是否清洁,有无堵塞现象,经充气试验应合格(不漏水、不漏

www.plcworld.cn

油)。

(4)检查风扇电动机转动是否轻快,有无异常声响,轴承润滑是否良好,绝缘电阻是否合格,操作回路和自动起停装置动作是否正确。

(5)检查风扇固定是否牢靠,有无变形,运行中有无振动,旋转方向是否正确(垂直安装者风应向上吹,水平安装者风应向内吹),风扇与散热器风筒之间有无足够的间隙。

(6)检查潜油泵尾端的观察玻璃窗是否完整、透明,潜油泵叶轮转动是否灵活,有无碰刮现象,旋转方向与标记是否一致,油泵的冷却油路是否畅通无阻。

341. 怎样清洗变压器油箱、绕组和套管?

变压器油箱一般用碱洗法清洗。具体的清洗步骤是:首先用浓度为25%的碳酸钠或碳酸钙和浓度为0.5%的氢氧化钠(烧碱)配成溶液,并加热到80～100℃,然后将变压器油箱浸入溶液中,经1小时左右,油箱上的油腻和油漆便溶化,取出油箱用清水冲洗几次即可。这种溶液可以连续使用几十次,无须调换。

变压器绕组上的油泥,首先用手轻轻剥落。对绝缘脆弱的绕组,应细心地剥下其上的油泥,以防止损坏绝缘。剥下绕组上的油泥后,应使用强油流冲洗绕组(冲洗用过的油,经再生处理,可继续使用)。

变压器套管上的油污,是油和粉尘积聚而产生的。油污可用酒精冲洗,然后用白布擦掉。对运行中的变压器,只能在停电时进行冲洗,所以遇到停电机会,应对变压器的套管进行检查和清扫。此外,彻底消除变压器的渗、漏油现象,也可防止油污堆积。

www.plcworld.cn

342. 怎样组装检修后的变压器?

当变压器吊芯检修完毕,测量其绝缘电阻合格,便可进行组装。组装的步骤如下:

(1)首先重新吊芯检查,拧紧螺栓,进行清扫,然后将芯子装入油箱,并装上大盖。

(2)组装散热器、净油器(硅胶罐)、分接开关机构、油枕、瓦斯继电器和防爆管等附件。

(3)往变压器油箱中注油。先将油注至淹没绕组,其余部分待装完套管再补注。

(4)安装套管,连接套管下端引线和分接开关的接头。

(5)补注油至标准油位。注油时应先排除大盖下面和套管座等突出部位积聚的气体。

(6)静置 24 小时后,做检修后的电气试验。

(7)将变压器运回原安装地点,对准检修前的定位标志,垫好变压器轮下垫铁。

(8)连接套管引线,接通风扇电动机电源,并核对电动机转向;接通瓦斯继电器和温度计的电源,并连接好接地线。

343. 35 千伏变压器检修后怎样注油?

当变压器的所有部件都装复完毕,并经检查,确认全部螺栓已紧固,便可用压力滤油机从变压器下部阀门注油。注油时油温不得低于 10℃。油从下部注入,有利于变压器内的空气从线匝缝隙排出。注油时应做到以下几点:

(1)将可能积存空气的部件(如热虹吸上盖板、散热器上联箱、人孔门堵板、各瓷套管顶部和瓦斯继电器上盖面)上的放气螺栓松开,并自下往上进行观察,发现有螺栓渗油时立即将其拧紧。

(2)将各散热器和热虹吸过滤器的上下蝶阀全部打开,待

www.plcworld.cn

注油到一定程度，轻轻敲击各散热管，检查是否确已充油。

(3)检查各密封垫有无渗、漏油现象；当套管充满油时，即拧紧其排气螺栓；当油位稍高于与环境温度相应的油面时，即停止注油。

(4)停止注油后，立即清扫变压器外表面，用干布擦净全部油污；将变压器静置 24 小时后，检查各衬垫的密封情况，并再次稍稍松动各排气螺栓，以排尽可能积存的空气(在排气过程中，一旦发现漏油，即拧紧排气螺栓)，防止变压器运行中受热时，残存气体进入瓦斯继电器，导致继电器误动作。

344. 怎样选择修理变压器用的绝缘材料？

修理变压器时，选用绝缘材料应注意以下四个方面：

(1)耐热性能　应按原设计的绝缘等级来选用绝缘材料，不得用 A 级绝缘材料取代 B 级绝缘材料。否则，将大大缩短变压器的使用寿命；反之，若用 B 级绝缘材料代替 A 级绝缘材料，则材料得不到充分利用而造成浪费。

(2)绝缘性能　要注意材料的绝缘性能，电缆纸、电容纸、绝缘纸板的绝缘强度都不相同，其中以电容纸的绝缘强度最高，电缆纸次之。若规定用电容纸，不得用相等厚度的电缆纸代替；若规定用两张 1 毫米厚的纸板，不得用一张厚 2 毫米的纸板代替。这是因为这两项中前者的绝缘强度高于后者。材料代用的前提是绝缘强度必须相同。

(3)机械性能　绝缘材料一旦失去机械强度，也就失去了绝缘强度。考虑到机械强度，要求层间绝缘纸不得少于两张，围制绝缘筒一般要用两张厚 1.5 毫米的纸板。

(4)压缩系数　纸板吸潮后厚度增加，干燥后厚度减小。修理变压器时应考虑纸板的增厚和收缩。

www.plcworld.cn

345. 怎样配制镁、水泥胶合剂和封口胶？

镁、水泥胶合剂和封口胶都是浇装变压器套管用的胶合材料，配制方法如下：

(1)镁、水泥胶合剂　按重量比将氧化镁 1 份、瓷粉 0.5 份和氯化镁溶液 1.2 份混合而成。配制时要严格掌握成分比例，搅拌要均匀。配制后，应在 15 分钟内使用完。

(2)封口胶　按重量比将 1301 号漆(旧标号 5051)1 份、酒精 1 份和氧化铬 1 份混合而成。配制时将漆溶于酒精(可在 40℃以下加热，以加速溶解)，溶解后用纱布滤去杂质，并逐渐加入氧化铬，充分搅拌后装入密封罐内待用。

346. 怎样配制胶粘剂封堵油箱上的渗油砂眼？

如果变压器油箱的铸件或焊件上出现渗、漏砂眼或气孔，可用环氧树脂胶粘剂封堵。胶粘剂的重量比配方如下：

配方 1　6101 环氧树指 100 份，乙二胺 7 份，瓷粉 10 份。

配方 2　6101 环氧树脂 100 份，间苯二胺 12 份，瓷粉 10 份。

瓷粉规格应达到能通过 120 孔/厘米^2 筛子。

按上述配方配制的胶粘剂，经调和均匀，静置 15～20 分钟即可使用。封堵孔眼时，首先擦去渗、漏处的油迹，用腻子把孔眼堵塞，使油不继续外流，然后在渗、漏处涂刷粘合剂，并用铁板遮盖，最后用喷灯将渗、漏处加热到 100～150℃，持续约 1 小时即完成封堵作业。

347. 怎样确定检修后的变压器不经干燥就可投入运行？

在下述几种情况下，检修后的变压器不经干燥就可投入运行：

(1)大修后的变压器，其芯子在湿度≤25%的空气中停留不超过下列时间：

www.plcworld.cn

35 千伏及以下的变压器：24 小时；

110 千伏及以上的变压器：16 小时。

(2)检修期间测得的绝缘电阻值与检修前在同一温度下测得的绝缘电阻值相比，或者与换算到同一温度下的相应数值相比，绝缘电阻降低不超过 40%，C_2/C_{50}(若已测量)增大不超过 10，tgδ 增高不超过 30%。如果各数值的变化，有一个或全部超出了上述范围，但绝对值不超过下列值，变压器也不需要干燥：

①tgδ 值不大于表 4-8 所列值；

②R''_{60}/R''_{15}值不予规定，但综合审查测量结果时，应予考虑。通常，在 10～30℃温度下，不应低于 1.3；

③C_2/C_{50}值不大于表 4-9 所列值。

表 4-8　tgδ 值标准

温度，℃ / tgδ，%	10	20	30	40	50	60	70
35 千伏及以下	2.5	3.5	5.5	8	11	15	20
60 千伏及以上	2	2.5	4	6	8	11	18

表 4-9　C_2/C_{50}值标准

温度，℃ / C_2/C_{50}	10	20	30	40	50	60	70
35 千伏及以下	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
60 千伏及以上	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7

348. 怎样使用热风干燥法烘干变压器？

使用热风干燥法烘干变压器，既可在变压器的油箱里或专用干燥罐中进行，也可在干燥室内进行。其原理都是利用空

www.plcworld.cn

气的热量加热变压器器身的各部绝缘，使其中的水分蒸发，从而达到干燥的目的。

在干燥室内烘干变压器时，干燥室可根据变压器器身的大小用壁板搭合。室内满铺石棉板或其他浸过防火溶液的帆布（或石棉亚麻布）。壁板与变压器之间的距离一般不应大于200毫米，通常可用电炉或蛇形蒸汽管来加热。需要的风量为

$$Q=1.5V，米^3/分$$

式中 V 为干燥室的容积，米^3。

如果使用电炉加热，则所需的电炉功率为

$$P=0.07C_PQ(t_2-t_1)，千瓦$$

式中 C_P 为空气的定压比热，其值约为0.3焦/（公斤·℃）；

t_2、t_1 为进口热风温度和环境温度，℃。

进口热风温度应逐渐上升，最高温度不应超过95℃。在热风进口处应设过滤器或装金属栅网，以消除火星、粉尘。在热风进口与变压器器身之间应装上挡板，使热风扩散，然后缓慢地吹向变压器各处，不可直接吹到绕组上。在变压器的顶盖上，可利用人孔或一只高压套管的法兰孔，装上一根管子将热风抽出。

349. 怎样使用油箱铁损干燥法烘干变压器？

油箱铁损干燥法也叫感应加热法。这种干燥法，是在变压器油箱外壁上绕磁化绕组，并通以交流电流，使箱壁在交变磁通作用下，产生涡流损耗发热，对变压器进行干燥。它适用于任何带有铁质油箱的变压器，一般均在油箱无油的情况下进行干燥。干燥时，箱壁温度不应超过115～120℃，器身温度不应超过90～95℃。

磁化绕组的缠绕线，通常选用25～50毫米^{2}的纱包线或

www.plcworld.cn

并起来的几股截面较小的导线。缠绕磁化绕组之前，应将油箱的表面清扫干净，拆下油箱上妨碍缠绕的附件，用石棉布或玻璃丝布包裹油箱。然后，将导线从线轴上展开，自油箱下部往上部作螺旋形水平缠绕。为了防止导线向下滑，可在垂直方向用木板条把导线压紧。为了使导线尽量靠近油箱壁，且不滑落，可在木板条上按导线截面形状开出半开口槽，将导线置于槽中固定。如果使用裸导线作为磁化绕组，则应在油箱与导线之间垫以干燥的木板或其他绝缘材料，同时应固定导线，以防止线匝碰在一起而发生匝间短路。

350. 怎样使用真空热油喷雾干燥法烘干变压器？它有何优点？

真空热油喷雾干燥系统如图 4-8 所示。

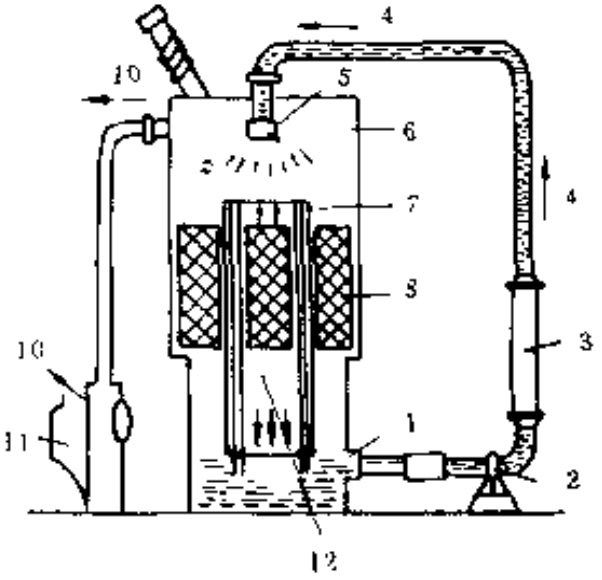


图 4-8　真空热油喷雾干燥系统图

1. 滤油器　2. 油循环泵　3. 热交换器　4. 热油　5. 喷雾头　6. 变压器外壳　7. 铁芯　8. 绕组　9. 喷雾油　10. 排气　11. 排气装置　12. 油

首先，往装配好的变压器油箱底部注入少量绝缘油（至不淹及绕组处），然后通过滤油器经油循环泵引出，并使油通过

www.plcworld.cn

热交换器加热到100～110℃，再使热油通过喷雾头喷成雾状，均匀地分布于变压器机体内。雾状的热油呈薄膜状落于绕组表面。在这一过程中，绝缘油的热向绕组内部传导。与此同时，落于油箱底部的绝缘油，由于已把部分热传给绕组而降低了温度。再把油箱底部的绝缘油不断地经循环泵引出，连续反复进行上述的循环加热，使绕组温度上升，引起水分迅速蒸发。

在上述过程中，借助真空排气装置，一方面使油箱内经常保持666帕(5毫米汞柱)以下的真空度，以防止绝缘油因温升而变质；另一方面，降低油箱内的水蒸气压力，使绕组内部的水分迅速扩散蒸发。而蒸发的水分随真空排气向油箱外排散。

真空热油喷雾干燥法具有以下优点：

(1)缩短干燥时间。一般“热风-真空干燥法”需要8～14天，而本法只需要3～5天。

(2)干燥准备工作简单，不需要大规模的干燥设备。

(3)变压器油不会变坏，并可就地进行干燥。

(4)能充分清洗变压器内部。

351. 怎样使用零序电流烘干变压器？

使用零序电流烘干变压器的具体方法，就是把三相(三柱式)变压器的各相绕组串联或并联，通入单相交流电流，于是在三相铁芯中就产生大小相等、相位相同的零序磁通(图4-9a)，此磁通在这样的铁芯中无法形或回路，因而从铁芯中“跑”出来，经过由铁芯、轭铁、铁芯穿心螺杆和铁芯上的其他铁磁部件及油箱所构成的漏磁回路，造成铁损而产生大量热，以此热量来烘干变压器。这种方法一般仅用于烘干带油或不带油的中、小型变压器，以及受潮不严重的大型变压器。其优

www.plcworld.cn

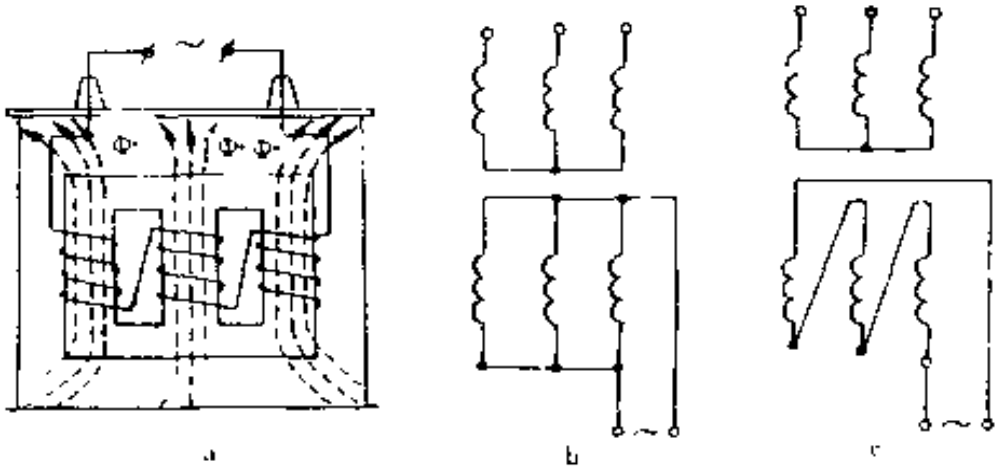


图 4-9　用零序电流干燥变压器

a. 零序电流干燥　b. Y/Y 变压器的零序电流干燥接线方式

c. Y/△变压器的零序电流干燥接线方式

点是芯部温度最高，干燥速度较快，耗电量少，简单易行。

干燥时，一般在低压侧通电，接线方法如图 4-9b 和图 4-9c 所示。高压绕组的星形接线的中点（中性点）应从分接开关上拆开，以免在高压套管上产生很高的感应电压。

干燥过程中应注意以下几点：

（1）为防止开始干燥时水分蒸发过快，涨松绝缘，影响寿命，应在变压器温度达到 60℃以后开始抽真空，并将真空度逐渐提高（如每 12 小时提高 500 帕）；同时应注意，勿使变压器油箱产生永久性变形或损坏。在整个干燥过程中，真空泵应保持运转，并每隔 12 小时破坏一次真空，以便进入新鲜空气，促进水分蒸发。

（2）在变压器铁芯柱附近、轭铁夹紧螺杆附近、绕组与铁芯间，以及各个绕组之间，均应设测温电阻；在油箱壁上应设 2～3 支温度计。

（3）应随时监控油箱温度，不使其超过 75℃。温度的调节，可以通过调节电源电压或轮流切断和接通电源的办法来进行。只有在任何部位的温升都不超过允许值时，才可继续进

www.plcworld.cn

行干燥。

(4)每小时测定一次绝缘电阻，绝缘电阻上升到一定限度不再上升达 48 小时，即可认为干燥基本结束。

(5)变压器干燥完毕，应冷却到 40℃才可再加油；若在高温下加油，绕组收缩太大，影响使用寿命。

(6)变压器干燥后，应进行规定的试验，才可投入运行。

352. 怎样使用铜损干燥法烘干变压器？

铜损干燥法也叫短路电流干燥法。这种干燥法，是将变压器高压侧绕组短接，低压侧加上较低的电压，利用绕组的铜损热量进行加热。这种方法一般用于轻度干燥带油变压器或不带油干燥受潮不严重的小型变压器。

铜损干燥法所使用的电源可以是交流，也可以是直流。通常，绕组中通过的电流越大，铜损越大，散发出来的热量也越多，因此干燥的效果也越好。

使用交流电源干燥时应注意以下几点：

(1)带油干燥时，油面高度应刚好低于散热管上口处；无散热管的变压器，则应保持正常运行时的油位。

(2)带油干燥时，变压器顶盖上要留有排气孔，油箱外壳应使用绝热材料保温。

(3)在加热过程中，应严格监控短路电流和绕组温度。开始可使用较大的电流加热(为额定电流的 120～125%)；当高压绕组温度达到 65℃时，改用额定电流；到达 75℃以后，再降低到 85%的额定电流，最后控制绕组最高温度不超过 90℃，油面温度不超过 85℃，连续加热到绝缘性能合格为止。

353. 怎样选择耐压试验用变压器的容量？

耐压试验用变压器的容量，一般根据两个原则来选择：一是在正常连续试验时(一般按 1 小时考虑)，变压器绕组温升

www.plcworld.cn

不超过允许值；二是试件被击穿时变压器应能够提供足够大的通过击穿点的电流(IEC 标准规定，变压器输出端短接时应有不小于 0.5 安的短路电流)。

根据实践经验，耐压试验用变压器的容量，可按以下标准选取：

每 1 千伏试验电压需要 0.5 千伏·安容量。至于调压器的容量，只要与试验变压器的容量匹配即可。例如，对额定电压为 380 伏的低压电器进行工频耐压试验时，其试验电压为 2.5 千伏，所以试验变压器的容量应为 1.25 千伏·安，其配用调压器的容量也可以取 1.25 千伏·安。

354. 对变压器怎样进行工频交流耐压试验？

变压器的工频交流耐压试验，是模拟它承受过电压的形式，对其绝缘作最后一次检验。因此，应在其他绝缘特性试验均已完成，证明绕组绝缘处于良好状态，绝缘油也合格，才进行耐压试验。试验接线图如图 4-10 所示。试验时间一般为 1 分钟，试验电压为制造厂出厂试验电压的 85%。如果无制造厂出厂试验数据，可参考表 4-10 选用。试验时应注意以下事项：

表 4-10　变压器工频交流耐压试验标准

额定电压，千伏	0.5 及以下	2	3	6	10	15	20	35
试验电压，千伏	2	8	13	19	26	34	41	64

(1)应在变压器注油 20 小时以后，当油处于静止状态，气泡充分逸出，油温正常后才能加压。试验时凡是不试验的绕组均应可靠接地，各绕组都应短路连接。

(2)合上电源开关，慢慢升高电压，在超过 40%试验电压后，应以每秒 3%试验电压的速度均匀升压。当达到试验时间

www.plcworld.cn

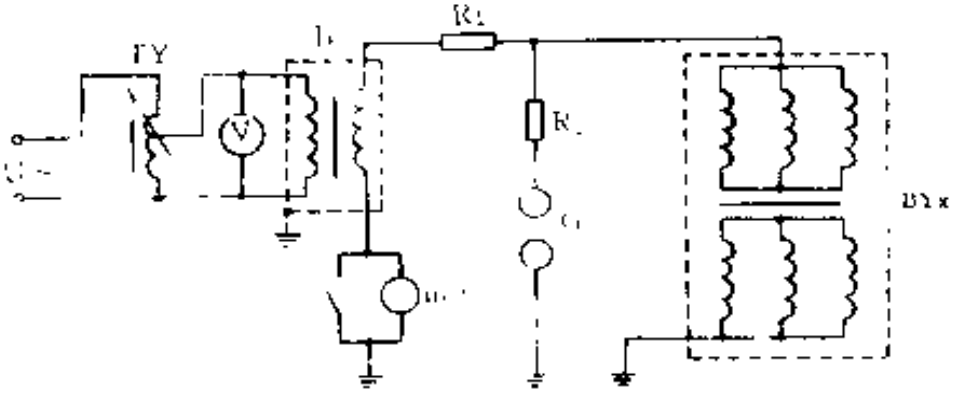


图 4-10　变压器交流耐压试验接线图

TY. 单相调压器　B. 试验用变压器　K. 短路刀闸　R_1、R_2. 限流电阻　G. 保护间隙　BYx. 被试变压器

后，应迅速将调压装置降到输出电压的 40%以下或零位，然后切断电源。此时不可在试验电压下切断电源，以免引起操作过电压而造成变压器放电或击穿。

(3)在试验过程中，若出现放电或击穿现象，应立即切断电源。

(4)试验过程中，若仪表指针不跳动，被试变压器无放电声音，则说明变压器承受住耐压试验；若电流表示值突然上升，被试变压器有放电响声，则说明变压器有问题。复试时，如果施加电压比第一次低，则说明固体绝缘击穿；如果施加电压未降低，仍在原电压下放电，则说明油间隙击穿(主要原因是引线对接地部位的绝缘距离不够或油中有气泡)。

(5)在加压过程中，如果变压器内部有炒豆一样的放电声，而电流表示值又稳定，则可能是悬浮的金属件对地放电(如铁芯接地不良)。

355. 对变压器怎样进行空载试验？

对变压器进行空载试验时，一般有两种接线方法：①将低压侧接电源，高压侧空载；②将高压侧接电源，低压侧空载。无

www.plcworld.cn

论采用哪种接线方法，只要变压器绕组上的电压是额定电压，则铁芯中的主磁通和空载损失在两种接线方式下都分别相同。但是，为了试验方便，一般都是在低压侧加额定电压，高压侧开路。这是因为将高压侧接电源比较困难，且操作也不安全，同时空载电流太小，不易从电流表上读出电流值。

通常，通过调压变压器将被试变压器接到电源上（图 4-11），同时用调压变压器改变外加电压，以达到试验所需的电压。在试验电路上，电压表指示变压器原边和副边的端电压，电流表指示空载电流（励磁电流），功率表指示变压器的输入功率。

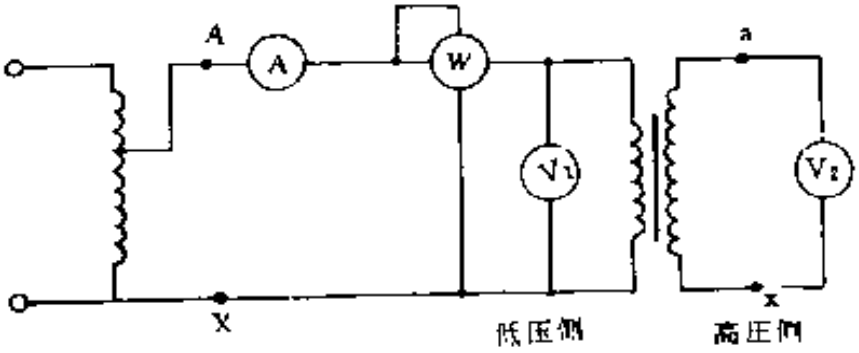


图 4-11　变压器空载试验电路图

进行试验时，调节调压变压器，使原边电压达到额定值 U_{1e}，此时副边的感应电动势（E_2）、副边的空载电压（U_{20}）也应是额定值，即 $U_{20}=U_{2e}=E_2$。由此可得变压器的变压比 K

$$\frac{U_{1e}}{U_{2e}}\approx\frac{N_1}{N_2}=K$$

在空载试验中，由电流表测得的电流是变压器的空载电流，功率表的读数是空载损耗功率。

356. 对变压器怎样进行短路试验？

对变压器进行短路试验时，首先通过调压变压器将被试变压器的高压端接到电源上，低压端短接（图 4-12）；然后从零开始调节调压变压器，使原边电流达到额定值为止，测出此

www.plcworld.cn

时加于原绕组的电压 U_{DL}、原边额定电流 I_{1e} 和输入功率 $\triangle P_{DL.o}$。

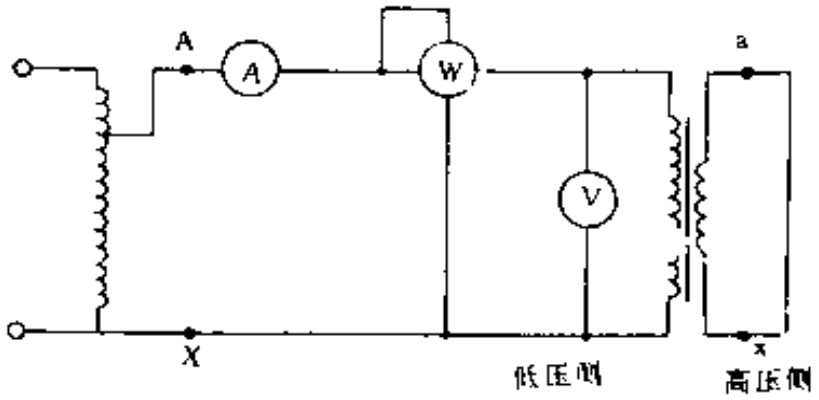


图 4-12　变压器短路试验电路图

试验时，使原边电流和副边电流（短接时的电流）都达到各自的额定值。此时变压器的铜损相当于额定负载时的铜损。由于变压器的副边短路，获得额定电流所需的电压 U_{DL} 很小（仅为额定电压的 1/10 左右），所以铁芯中的主磁通比额定工作状态下的磁通也要小得多，铁损可以忽略不计。此时变压器没有功率输出，所以短路试验时的全部输入功率 $\triangle P_{DL}$ 基本上都消耗在变压器原、副绕组的电阻上，这就是变压器的铜损 $\triangle P_{to}$，即

$$\triangle P_{DL} = P_{to}$$

短路试验时原边所加的电压 U_{DL} 叫做变压器的短路电压。短路电压一般都用它与额定电压之比的百分数表示，即

$$U_{DL} = \frac{U_{DL}}{U_{1e}} \times 100\%$$

357. 怎样搬运变压器？

变压器发生故障后，如果在现场无法处理，一般将其装运到修理场进行检修，检修后又运回现场进行安装，来回搬运时应注意以下事项：

www.plcworld.cn

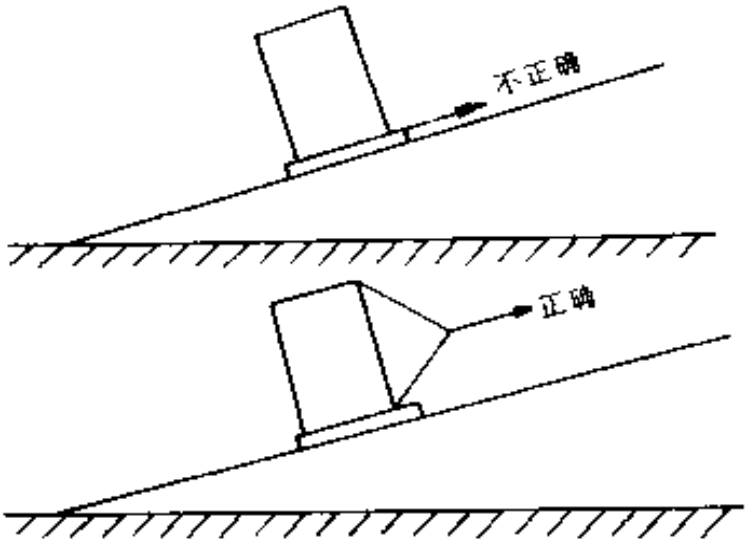


图 4-13　绳索牵引法

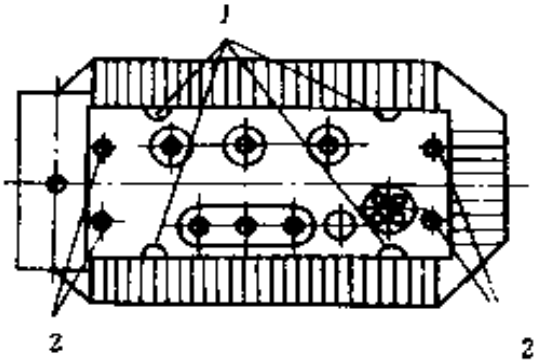


图 4-14　吊变压器整体的吊环
1. 吊变压器整体用　2. 吊出铁芯用

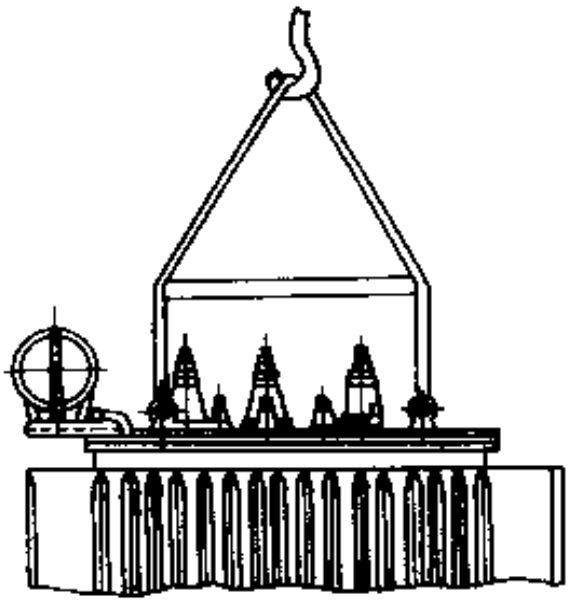


图 4-15　利用木撑吊变压器

(1)利用斜板装车时，变压器的倾斜度不得超过 15°；为防止翻倒，应使绳索合力通过重心(图 4-13)；绳索用手动绞车牵引，在牵引反方向应以拉绳保持平衡；无滑轮的变压器应垫以钢管。

(2)装车后，应使用绳索将变压器系牢(允许有 15°倾斜)，绳索应绑在车箱上；在变压器下部两面各加两个木楔，以

www.plcworld.cn

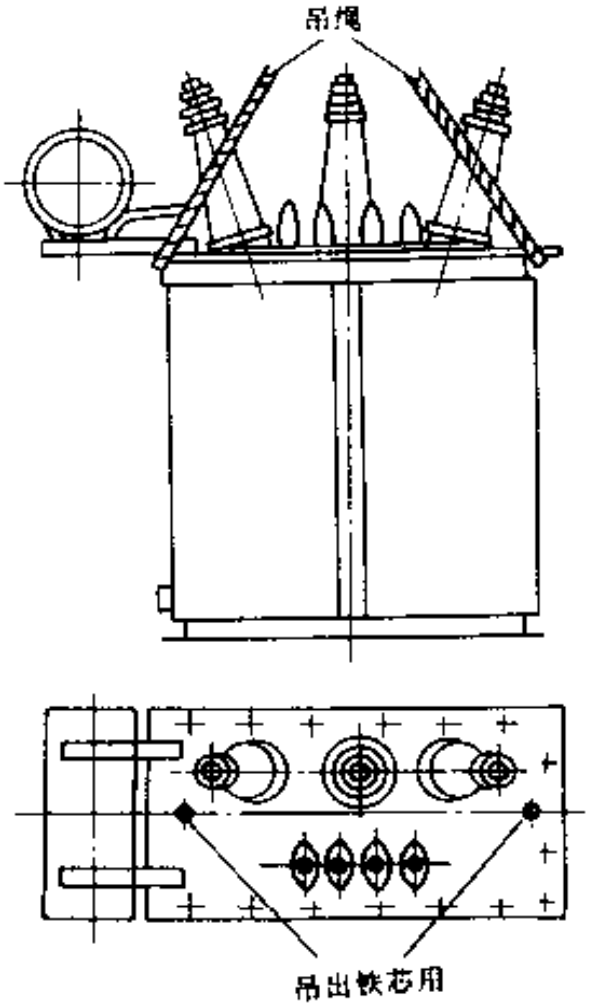


图 4-16　用绳索吊变压器

防止滚动；滑轮下垫铁板，以防压坏车箱。

(3)卸车时可使用斜板或滑车，通常多使用滑车，因为滑车省力。滑车一般吊在修理场中，装变压器的汽车开入后，用滑车就可将变压器卸下。

(4)吊上或放下变压器可利用油箱架上特备的起重环，或焊牢在油箱上的把手，不得使用吊铁芯的吊环来吊变压器整体(图 4-14)；为使起重环在吊起时不承受弯曲力，可利用木撑撑开(图 4-15)；对于无吊环或无把手的小变压器，可用绳索系在变压器上部将其吊起(图 4-16)。

www.plcworld.cn

五、变、配电装置

358. 怎样选择变电所的主变压器？选用两台主变压器有哪些优点？

通常，主变压器的容量应能够满足该变电所供电区内最大负荷时的供电需要，并要考虑五年内负荷的增长。主变压器的容量确定后，应根据负荷的性质、运行方式和年负荷曲线的特点确定主变压器的台数。一般企业变电所以选用两台主变压器为宜。如果主变压器多于两台，则接线复杂，附属设备多，投资也高；如果选用一台主变压器，虽然设备少，投资省，但运行不灵活，不经济，可靠性小，不能适应企业负荷发展的需要。但是，对于负载小又不重要的负荷，也可只选用一台变压器。

变电所选用两台主变压器的优点是：

(1)提高供电可靠性　当一台变压器检修或发生故障时，另一台变压器可以保证对较重要用户正常供电。

(2)提高供电经济性　高峰负荷时，两台变压器都投入运行；负荷较轻时，可停运一台，以减少铁损。

选用两台主变压器时，根据负荷特点，既可选用两台容量相等的，也可选用一大一小的变压器。

359. 怎样敷设变、配电所 3～10 千伏引入和引出线？

敷设变、配电所 3～10 千伏引入和引出线的要求：

(1)引入线与电源电杆衔接处，应安装隔离开关。

(2)引入线第一支持物距电源侧电杆的距离不宜大于 30 米。

(3)如果第一支持物内的架空线路长度超过 150 米，而总

www.plcworld.cn

容量在1500千伏·安以下，则应在第一支持物处装设跌落式熔断器。

(4)引入和引出线用配电室墙壁作为第一支持物时，悬挂点对地面高度一般不应小于4.5米，临街时不应小于5米。

(5)引入线应采用多股绝缘导线，导线不应有接头，导线截面不应小于下列值：铜线：16毫米^2；铝线：35毫米^2。

(6)如果引入线采用电缆，而总容量为1500千伏·安及以下，则首端应装设跌落式熔断器。

(7)引入线不应跨越变压器室门的上方。

(8)自变、配电所(室)引出的电缆与架空线路连接处，应装设隔离开关。

(9)电缆引入时，属于用电单位维护者，在电缆首端应设置电杆。

(10)引入线长度为15米及以下时，首末两端可用针式绝缘子固定。

(11)两个电源架空引入和引出时，不应同杆架设。

(12)变、配电所(室)引入(出)的两个电源线，在墙上固定时，邻近两侧导线之间的距离不应小于2.2米。

(13)引入和引出线不应跨越易燃屋顶，同时也尽量不跨越耐火材料屋顶。如果必须跨越，则在导线最大弧垂时，对屋顶垂直距离不应小于3米。

360. 怎样敷设变、配电所1000伏以下引出线？

敷设变、配电所1000伏以下引出线，应注意以下事项：

(1)架空引出线应采用绝缘导线。

(2)导线通过沟道直接引出室外时，室外沟道应密封。

(3)导线通过预埋管直接引出时，管与管之间、管与沟道之间的连接处应密封。

www.plcworld.cn

(4)与架空线连接的管口,应采取防水措施。

(5)公用小区配电室的各回路出线,如果采用电缆,两路出线不应引至同一基电杆上;如果采用电缆或导线穿管引至架空线,则在连接处应装设隔离开关。

361. 怎样认识单母线接线的优缺点?分段的单母线接线有哪些优点?

单母线接线(图 5-1)的优点是:接线简单,使用的电器较少,操作方便,配电装置的建造费用较低。其主要缺点是:

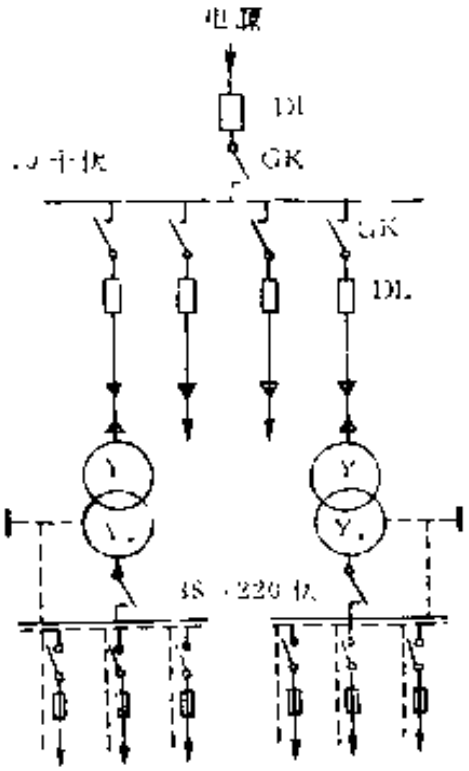


图 5-1 不分段的单母线接线
DL.断路器 GK.隔离开关

(1)检修母线或任一只母线隔离开关,都会造成全厂停电。此外,检修电源进线,也需全厂断电。

(2)一旦母线或母线隔离开关短路,或者断路器的母线侧发生故障,继电保护装置都会动作,从而使进线上的断路器跳闸,结果造成全厂停电。

(3)检查引出线回路上的电气设备时,该回路必须停电。

用断路器分段的单母线接线(图 5-2)一般有两种运行方式:一种是运行时断路器接通,分段母线并列运行;另一种是正常运行时分段断路器断开,分段母线分别运行。分段的单母线接线一般具有以下优点:

(1)一段母线发生故障时,仅该故障段被切断,非故障段仍继续运行。

(2)重要的车间或电气设备,可由不同分段引出的两回路

www.plcworld.cn

供电，以保证对重要负荷可靠地供电。

（3）当一路电源发生故障或检修母线的一个分段时，不会造成全厂停电。

（4）当母线的一个分段发生故障或检修时，只需断开该分段的电源和引出线。

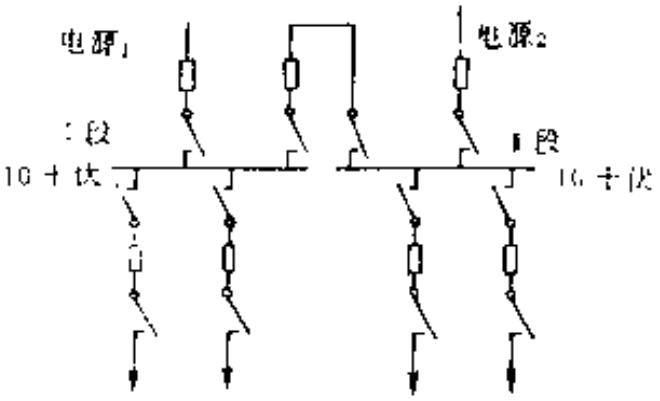


图 5-2　分段的单母线接线

362. 变电所怎样接线？

用电量较小而负荷重要性又不大的用户，其变电所内一般只安装一台变压器，由 6～10 千伏电网供电，降压后以 400 伏电压向用电设备送电。这种变电所一般可按图 5-3 接线，这种接线方式结构简单，维修方便，投资少。通常，采用跌落式熔断器、隔离开关、负荷开关、油断路器等来接通和断开变压器。这些电器，可根据电网要求、操作的频繁程度和保护装置的要求等因素来选定。上述接线方式也可用于工厂车间变电所。

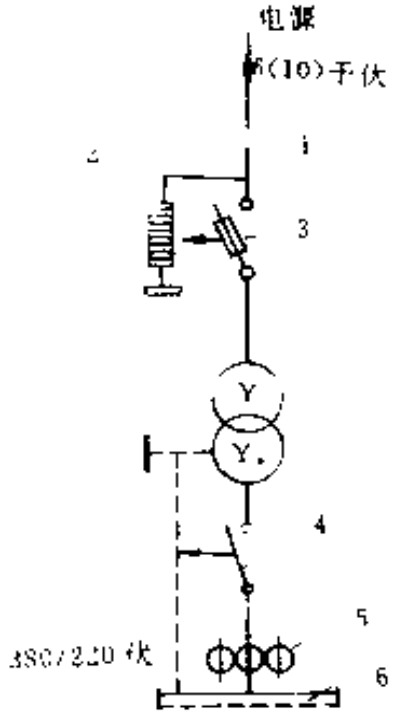


图 5-3　变电所接线方式

1. 架空或电缆进线　2. 阀型避雷器　3. 跌落式熔断器　4. 自动开关　5. 电流互感器　6. 母线

363. 送电前对高、低压电气装置怎样进行检查和试验？

送电前对高、低压电气装置应进行以下检查和试验：

（1）对高、低压电气装置和绝缘油做耐压试验。

www.plcworld.cn

(2)测量各元件的绝缘电阻,核对定相是否正确。

(3)检查触头固定是否可靠,接触是否紧密,接触面是否足够;各种开关设备的接通和断开动作是否正确。

(4)熔断器中的熔体是否符合设计规定。

(5)继电保护装置动作是否正常,联锁装置是否有效。

(6)接地装置是否合格。

(7)信号和指示装置的显示是否正确,直流系统是否可靠。

(8)安全用具和消防器材是否齐全。

364. 在变、配电所内建立运行分析制度的目的是什么?怎样确定运行分析的主要内容?

在变、配电所内建立运行分析制度的目的是:①掌握设备的运行规律,及时采取措施消除隐患,不断提高设备的完好率,确保安全和经济运行;②通过运行分析,对所内设备做到心中有数,使于对设备进行评级;③通过分析设备的各种异常现象和存在的问题,提高运行人员的技术水平。

对变、配电所设备进行运行分析的主要内容,一般包括:

(1)设备的异常现象,如放电、发热、异常声响、油位变化、电压高低、熔体熔断、仪表指示异常、断路器和继电保护装置误动作等。

(2)设备绝缘降低、绝缘油变化或色谱分析发现的问题。

(3)执行规章制度、安全运行中出现的问题。

(4)检修和试验中发现的问题。

(5)经济运行情况。

每次运行分析结果,都应记在运行分析记录簿内。

365. 怎样做好变、配电系统送电前的准备工作?

变、配电所值班员收到工作负责人(或领导)的送电工作

www.plcworld.cn

票(或命令)后,在送电前应做好以下准备工作:

(1)认真检查工作现场是否全部清扫整理完毕,作业人员是否全部撤离现场。

(2)值班员应明确了解送电的目的和内容,并考虑设备送电后,对运行方式有无影响;对重要的用电设备,在送电前应通知用电单位做好受电准备。

(3)准备并检查送电操作所需的安全用具。

(4)根据送电工作票(或命令),由副值班员填写送电操作票,正值班员审查,并参照停电操作票的内容,检查核对应拆除的临时接地线数量,以及收回的工作票与停电期间发出的工作票是否相符。

(5)按送电操作票的操作步骤,核对要送电设备,模拟预演检查操作步骤。

(6)准备好停电时加锁的开锁钥匙,拆除所有接地线、临时遮栏和警告牌,恢复常设遮栏。

(7)穿、戴好合格的绝缘靴和绝缘手套,在专人监护下准备进行操作。

366. 怎样对环网进行并、解列操作?

环网的并、解列操作,也称合环、解环操作。环网常由同一电压等级的线路组成,有时也包括变压器的不同电压等级的线路。环网的解环、合环操作,应注意以下事项:

(1)值班员在合环、解环之前,应详细了解各处的接线方式、电压、潮流分布和继电保护等情况。对操作中可能出现的问题应进行充分预计和准备对策。

(2)合环操作的前提是相位一致。通常,在初次合环或检修后进行合环操作以前,均必须测定相位;合环之后,应注意各元件不过载,各接点电压不超出规定值,继电保护装置能适

www.plcworld.cn

应环网运行方式。

(3)解环操作应满足的条件是解环的各元件不过载，各接点电压不超出规定值。通常，解环操作引起的事故都发生在解环后，如设备的潮流过大造成继电保护装置误动作，末端电压过低造成电气设备不能正常运行。所以，解环操作后，应加强对线路各环节的维护检查。

367. 怎样进行双路电源倒换和备用电源投入？

双路电源一般有以下几种形式：两路电网进线分段运行；两路电网进线一用一备；电网和自发电并列运行；电网和自发电一用一备，而电网进线又有两路高压、两路低压或一高一低等。对双电源如果处理不当，会造成严重危害，因此应严格遵守双电源倒换和备用电源投入的操作制度：

(1)两路高压进线分段运行的变、配电所，两路进线开关和母联开关(或刀闸)应作为电网调度设备，其操作必须按电力部门的调度命令进行，不得擅自操作。

(2)电网和自发电并列运行的变、配电所，电网进线开关应作为电网调度设备，不得擅自操作。

(3)两路高压进线一用一备的变、配电所，如果两路进线开关无可靠的机械联锁装置来保证一通一断，则两路进线开关应作为电网调度设备，不得擅自操作。

(4)一高一低(一用一备)、两路低压(一用一备)或不并网的低压备用自发电，均应在低压侧用双投刀闸投切。

368. 母线或主变压器的电源总开关发生故障跳闸怎么办？

如果母线或主变压器的电源总开关发生故障跳闸，可按下述办法进行处理：

(1)总电源开关故障跳闸后，值班员应立即查明保护装置

www.plcworld.cn

的动作情况，并拉开各分路断路器，然后处理下述情况：①如果是主变压器的差动、速动或重瓦斯保护装置动作跳闸引起的，则在未查明原因和未消除故障以前，禁止试送电；②如果是其他故障所引起，在查明并消除故障后，电源总开关可以试送电。若受电良好，再合上各分路断路器；③如果是某分路断路器拒动所引起，则应拉开该分路断路器和隔离开关，先恢复其他分路断路器送电，然后检查、分析该分路断路器拒动原因；④对于拒动的断路器，在查明原因并消除故障后，可试送电一次。若试送未成功，则应改为冷备用状态，等待检修；⑤在各分路试送过程中，如果某一分路试送引起电源总开关跳闸，则应拉开该分路的断路器和隔离开关，然后恢复对其他分路送电，随后再检查该分路断路器拒跳原因。

(2)如果一台主变压器的开关跳闸引起其他主变压器过载，则应按有关主变压器事故过负荷的规定来控制负荷。

369. 母线差动保护装置的保护范围是什么？保护装置动作后怎样检查、判断和处理？

母线差动保护装置的保护范围是：母线各段所有出线开关、母线差动电流互感器之间的电气部分，亦即全部母线和连接在母线上的所有电气设备。

母线差动保护装置动作后应进行以下详细检查：

(1)检查故障段母线和连接在母线上的一切设备是否有短路、接地和闪络故障的痕迹。

(2)检查故障段母线的各出线开关、母线差动电流互感器是否开路或短路。

(3)结合本站(所)的直流绝缘情况和二次线的绝缘情况，检查是否由于直流双重接地和二次线短路造成误动。

(4)检查母线差动保护装置所属继电器是否损坏。

www.plcworld.cn

母线差动保护装置动作后的判断和处理原则是：

(1)如果发现母线或设备有明显故障，应采取安全措施，及时抢修。

(2)如果为直流短路造成误动，应及时消除短路点，并采取措施加强二次绝缘。

(3)如果电流互感器开路或短路，应及时进行处理。

(4)如果继电器损坏，应迅速更换。

370. 配电装置和电气设备上的母线为什么要着色？怎样识别母线的颜色标志？

将配电装置和电气设备上的母线着色有三个目的：①使运行管理人员易于识别；②使散入周围介质中的热量稍稍增加，以增大母线的允许负载电流；③防止母线锈蚀。

配电装置、电气设备上的母线，以及模拟盘上的模拟母线，其颜色一般有以下规定：

(1)三相交流母线　A 相：黄色；B 相：绿色；C 相：红色。

(2)单相交流母线与引出相颜色相同；单立的单相母线：一相为黄色，一相为红色。

(3)直流母线　正极：赭色；负极：蓝色。

(4)直流均衡汇流母线和交流中性汇流母线　不接地者：紫色；接地者：紫色带黑色条纹。

(5)封闭母线　母线外表面和外壳内表面：无光泽黑色；外壳外表面：无光泽灰色。

(6)模拟母线涂色的规定如表 5-1 所示。

www.plcworld.cn

表 5-1　模拟母线涂色的规定

电压，千伏		颜　色
直　流		褐
交　流	0.22	深灰
	0.38	黄褐
	3	深绿
	6	深蓝
	10	绛红
	13.8～8	浅绿
	35	鲜黄

371. 怎样检修母线？

停电检修母线时，应完成以下工作：

(1)扫除母线上的粉尘和污垢。

(2)测量母线的绝缘电阻。通常，0.5 千伏母线的绝缘电阻不得低于 100 兆欧，6～10 千伏母线不得低于 2000 兆欧。达不到上述电阻值的母线，应予以修复或更换。

(3)检查母线的所有紧固件是否牢靠，是否完整无损；观察绝缘子是否损伤，如果损伤，应立即更换。

(4)检查接点接触是否良好，检查的方法是：用 0.05 毫米×10 毫米的塞尺插入连接缝，插入深度不得大于 5 毫米。否则，应进行处理。如果铝母线的接点接触不良而需要进行处理，应使用钢丝刷清擦接触面，清擦后在接触面上应涂一层中性凡士林，以防铝在空气中氧化，然后进行装配；接点部位不得用砂纸研磨，以免砂粒嵌入铝母线内面增大接触电阻。

(5)如果母线上的油漆剥落，应予以补涂；检修中清除的变色漆或示温蜡片，应贴补齐全。

www.plcworld.cn

372. 低压配电盘如何分类？怎样布置盘面？

低压配电盘，按结构形状可分为板式和箱式，按安装方式可分为固定式和活动式，而固定式配电盘又有明装和暗装之分。小容量配电盘既可为板式，也可为箱式，一般多实行明装。大容量配电盘上除了有总开关和分路开关之外，还装有保护装置（熔断器）和测量仪表（电压表、电流表等）。

低压配电盘的盘面布置，首先应根据电气接线图来确定开关、熔断器和仪表等的数量，然后根据这些电器的主次关系和控制关系，将它们均匀对称地排列在盘面上。虽然规程对盘面布置无严格规定，但也要求盘面上的电器排列整齐美观，便于监视、操作和维护。一般情况下，仪表和信号灯居上，经常操作的开关设备居中，较重的电器居于下方。各种电器之间应保持足够的距离，以保证安全。

当盘面布置确定后，可画一个布置图，按图钻孔和安装主要设备。如果安装过程中振动较大，可在最后安装仪表。

373. 怎样安装低压配电盘（箱）？

安装低压配电盘（箱），应满足以下要求：

（1）配电盘（箱）的盘面应光滑（涂漆），并有明显的标志，盘架应牢固。

（2）配电箱有专门配电板，不可将电器装在箱底板上。

（3）如果是木制配电盘（箱），当开关电器的电流较大（大于 60 安的照明盘和大于 30 安的动力盘）或作为频繁操作的照明盘和易燃场所的配电盘时，应加装铁包皮。

（4）明装在墙上的配电盘，盘底离地面高度一般不小于 1.2 米；电度表应装在盘的上方，距地面 1.8 米；明装立式铁架盘，盘顶离地面高度不应大于 2.1 米。

（5）配电盘（箱）应可靠接地，接地电阻不应大于 4 欧。

www.plcworld.cn

(6)主配线应采用与引入线截面相同的绝缘线；二次配线应横平竖直、整齐美观，应使用截面不小于 1.5 毫米^2 的铜芯绝缘线或不小于 2.5 毫米^2 的铝线。

(7)导线穿过木盘面时，应套上瓷套管，穿过铁盘面时应装橡皮护圈。

(8)在盘面上垂直安装的开关，上方为电源，下方为负荷，相序应一致，各分路应标明线路名称；横装的开关，左方接电源，右方接负荷。

(9)配电盘(箱)上安装的母线，应分相按规定涂上黄(A)、绿(B)、红(C)相色漆。

(10)为了保证用电安全，在配电盘(箱)上宜装低压漏电保护器。

(11)装在室外的配电箱，应有防雨罩；装在公共场所的配电箱，箱门上应加锁。

374. 怎样确定低压配电装置的距离？

低压配电装置的距离如表 5-2 所示。

表 5-2　低压配电装置的距离[①]　　毫米

距离名称	距离
(1)不同极性的裸导体间及其至接地部分间[②]	
沿绝缘表面的距离	30
空气中距离	15
(2)由裸导体至	
栏杆或保护网	100
可拆卸的遮蔽式围栅	50
外人能触及的室内配电装置的网状围栅	700
(3)配电装置正面或后面的维护通道	
通道净宽度[③]	800
通道净高度	1900
通道门宽度	750
通道门高度	1900

注：①表内所列者为室内距离。

www.plcworld.cn

②照明配电盘例外，该两项距离可分别减小到 20、10 毫米。

③因建筑结构突出而受限制的个别地点，通道宽度允许减小到 600 毫米。

375. 怎样巡视检查运行中的低压配电盘？配电盘有哪些常见故障？怎样排除？

通常，所有用电场所都要通过配电盘获得电能。因此，为了保证正常用电，对配电盘上的仪表和电器应经常进行检查和维修，并作出记录，以便随时分析用电情况，及时发现问题和消除隐患。对运行中的低压配电盘，通常应检查以下各项：

(1)配电盘和盘上电气元件的名称、标志、编号等是否清楚、正确，盘上所有的操作把手、按钮和按键等的位置与现场实际情况是否相符，固定是否牢靠，操作是否灵活。

(2)配电盘上表示“合”、“断”等信号灯和其他信号指示是否正确(红灯亮表示开关处于合闸状态，绿灯亮表示开关处于断开位置)。

(3)刀闸、开关和熔断器等的接点是否牢靠，有无过热变色现象。

(4)二次回路线的绝缘是否破损，并摇测其绝缘电阻。

(5)配电盘上有操作模拟板时，模拟板与现场电气设备的运行状态是否对应。

(6)仪表或表盘玻璃是否松动，并清扫仪表和其他电器上的灰尘。

(7)配电室内的照明灯具是否完好，照度是否均匀，观察仪表时有无眩光。

(8)巡视检查中发现的缺陷和处理情况，均应及时记入缺陷登记簿和运行日志内。

低压配电盘常见故障和排除方法如表 5-3 所示。

www.plcworld.cn

表 5-3　运行中的低压配电盘常见故障和排除方法

故障现象	产生原因	排除方法
电源指示灯不亮	(1)灯泡损坏或灯丝烧断 (2)电源无电	(1)更换灯泡 (2)检查配电变压器一、二次侧是否有电。如果都没有电，则向供电部门反映，请求查明原因和处理；如果熔体熔断，查明原因并作处理后，可换上同规格的熔体
电压表示值过低	(1)低压线太长 (2)变压器电压调节开关的位置不合适 (3)系统电压过低 (4)负荷过大	(1)换大截面导线 (2)调整电压调节开关的位置 (3)请供电部门处理 (4)减轻负荷
三相电压不平衡	(1)配电变压器二次侧三相电压不平衡 (2)三相负荷不平衡 (3)火(相)线接地 (4)配电变压器二次侧的零线断线	(1)请供电部门处理或更换变压器 (2)调整三相负荷 (3)查明并消除接地点 (4)按规定进行处理
熔体熔断	(1)配电盘以下线路短路 (2)电动机发生故障引起短路 (3)过负荷	(1)查明并消除短路点 (2)检查并消除电动机发生故障的原因 (3)使部分设备停止运行
配电盘上的电器烧毁	(1)雨水落在配电盘上，电器受潮 (2)错误接线，造成短路 (3)电器容量过小 (4)粉尘污染严重	(1)作防雨处理 (2)纠正接线差错 (3)换上大容量电器 (4)采取防尘措施或换上防尘电器

376. 低压配电盘上的母排连接处过热怎么办？

母排连接处的长期允许工作温度，一般随母排材质及其表面处理工艺的不同而异(表 5-4)。在实际运行中，常采用示温蜡片(分别为熔化温度 60、70、80℃三种)来监视母排连接处的温度。

www.plcworld.cn

表 5-4　不同材质和不同表面处理工艺的母排允许工作温度

母排材质	接触表面的处理工艺	允许工作温度，℃
铝	未特殊处理（裸铝）	70
	表面覆锡	95
	表面覆银	100
铜	未特殊处理（裸铜）	85
	表面覆锡	100
	表面覆银	120

如果发现母排连接处过热，应立即转移负荷，然后停电检修。对于不允许停电或无法转移负荷的电路，可暂时使用电风扇对母排接头进行强制风冷，并尽快安排倒路检修作业。

母排连接处过热一般有以下原因及处理：

（1）母排接头接触不良　应重新连接，使之接触可靠或者更换母排。

（2）母排的对接螺栓过松　应旋紧螺栓，使其松紧度合适；如果弹簧垫圈失效或螺栓螺母滑扣，应予以更换。

（3）母排的对接螺栓过紧　垫圈被过分压缩，截面减小，电流通过时引起发热。此外，如果螺栓过紧，则在电流减小的情况下，母排与螺栓间易形成间隙，使接触电阻增大。这种情况应调整螺栓的松紧度，将螺母紧固到弹簧垫圈压平即可。

近年来，为了防止母排过热，有人在连接部位涂抹导电膏，以防止接头产生电化学腐蚀和降低接触电阻。此外，在母排的非接触部位涂漆，可提高母排的综合散热系数，抑制母排本体的温升。

377. 低压开关板上发生短路故障的原因是什么？怎样预防？

低压开关板之所以发生短路故障，一般有以下几方面的原因，可采取相应措施予以预防：

www.plcworld.cn

(1)母线的支持夹板(瓷夹板或胶木夹板)和插入式触头的绝缘底座积有污垢、受潮或受到机械损伤,形成电击穿而造成短路。防止出现这种情况的办法是:定期进行检查和清扫;对受潮或损伤的胶木板和底座予以烘干或更换;缩短母排支持夹板的跨距,以提高其动态稳定度。

(2)电器元件选择不当(分断能力不够),或者由于误操作(如带负荷操作刀闸等)而引起短路。对前者,应根据负荷大小选择遮断容量合适的元件,并设计合理的保护线路;对后者,除严格执行操作规程,防止误操作外,可加装简易绝缘罩,或者在相邻的开关板间安装插入式绝缘隔板,以防止弧光短路。

(3)停电检修时,由于疏忽,将扳手、改锥等工具遗留在母排上,送电前又未仔细检查,造成送电后发生短路。通常,只要严格按检修规程操作,在检修作业结束时认真清查工具,就可避免这种责任事故。

(4)老鼠、蛇类爬行动物钻入开关板造成短路。通常,可设置防护网,以防止小动物钻入。

378. 怎样维护低压配电装置?

低压配电装置的维护,一般包括以下项目:

(1)对低压配电装置的有关设备,每年至少清扫和摇测绝缘电阻两次,如用 500 伏兆欧表测量母线绝缘电阻(不应低于 100 兆欧),开关、刀闸、接触器和互感器的绝缘电阻(不应低于 10 兆欧),以及二次回路的对地电阻(不应低于 2 兆欧)。

(2)在自动开关故障跳闸后,应检修或更换触头和灭弧罩,只有查明并消除故障掉闸原因,才可再次合闸运行。

(3)对频繁操作的交流接触器,每三个月应进行以下检查、测试:检查并清扫一次触头和灭弧栅,检查三相触头是否同时闭合或分断,摇测相间绝缘电阻。

www.plcworld.cn

(4)定期校验交流接触器的吸引线圈：在线路电压为额定值的 85～105%时吸引线圈应可靠吸附，而电压低于额定值的 40%时则应可靠地释放。

(5)经常检查熔断器的熔体与实际负荷是否相匹配，各连接点接触是否良好，有无烧损现象，并在检查时消除各部位的积炭。

(6)注意铁壳开关的机械闭锁是否正常，速动弹簧是否锈蚀、变形。

(7)检查三相瓷底胶盖刀闸的工作环境是否符合要求，旧式瓷底胶盖刀闸内的熔体是否更换为铜、铝导线，是否与瓷插式熔体配合使用。

379. 怎样判别电气设备的四种基本状态？

为了正确地进行倒闸操作，不因误操作而造成事故，必须清楚地了解设备所处的状态，即正确地判断开关设备的位置。电气设备的四种基本状态是：

(1)“运行中”状态　断路器和隔离开关都已合闸，电源与用电设备已接通，设备正处在“运行中”状态。

(2)“热备用”状态　断路器已断开，电源中断，设备停运，但断路器两边的隔离开关仍接通，该设备处于“热备用”状态。

(3)“冷备用”状态　设备的断路器和隔离开关都已断开，该设备处于“冷备用”状态或停电状态。

(4)“检修中”状态　设备的断路器和隔离开关都已断开，并已悬挂标示牌和设有遮栏，同时已接好地线，该设备处于“检修中”状态。

380. 什么叫做倒闸操作？怎样认识倒闸操作的重要性？

倒闸操作，就是将电气设备由一种状态转换到另一种状态。这种操作，一般是指闭合或断开少油断路器、隔离开关和

www.plcworld.cn

熔断器，以及与此有关的一些操作。如交、直流操作回路的投入与拉开；继电保护、自动装置的投入或停用；改变继电保护的整定值；临时接地线的装拆等。

倒闸操作是一项复杂而重要的工作。操作的正确与否，直接关系到操作人员的人身安全和设备、系统的正常运行。因此，必须严格执行操作票制度和操作监护制度。如果违反这些制度，将造成非同期并列、带负荷拉合隔离开关、带电挂地线和未拆除接地线就送电等误操作，从而导致发生恶性事故。例如，某次值班人员在设备送电前，由于漏拆接地线，在送电中造成带地线合闸事故，不仅设备烧坏，而且人员烧伤。《电业安全工作规程》和现场规程对倒闸操作都有详细规定，每个运行人员都必须严格执行。

381. 怎样进行母线的倒闸操作？

母线的倒闸操作，工作量大，操作前应做好充分准备，操作时应严格执行预定的操作方案，并注意以下几个问题：

(1)在双母线接线中进行倒母线操作的顺序是：应先合母联隔离开关和母联断路器，并将断路器改为非自动的，然后操作线路隔离开关，即应首先逐一合上备用母线上的隔离开关，再逐一拉开工作母线上的隔离开关。在操作过程中应注意电流分布，防止母联断路器过负荷。

(2)为接通热备用设备的电源进行倒母线操作时，应先拉后合，防止发生通过两组母线隔离开关合环的误操作事故。

(3)当运行中的双母线需停一组时，应防止由电压互感器低压侧倒充电。

(4)线路倒母线后，应将线路上的电压互感器电源作相应切换。有母差保护的线路按母差保护的有关规定执行。

(5)如果母线上已有一组电容器运行，则不许将另一组电

www.plcworld.cn

容器合上，以防止倒充电。

382. 在高压电气作业的操作中怎样保持安全距离？

在高压电气作业的操作中，应严格按照有关规程的规定与带电导体保持一定的安全距离：

(1)使用绝缘杆进行操作时，人身与带电导体的安全距离不得小于表 5-5 所示值。

表 5-5　人身与带电导体间的安全距离

电压等级，千伏	距离，米
10 以下	0.40
35	0.60
60	1.00

(2)使用钳形电流表测量电流时，其电压等级应与被测对象的电压相符。测量时应戴绝缘手套。测量高压电缆线路的电流时，钳形电流表与高压裸露部分的距离不应小于表 5-6 所示值。

表 5-6　钳形电流表与高压裸露部分的允许最小距离

额定电压，千伏	1～3	6	10	20	35
允许最小距离，毫米	500	500	500	700	800

(3)移动式起重机在带电区域附近工作时，应设专人监护，并应保持表 5-7 所示距离，严禁接触带电导体。

表 5-7　起重机械与电力线路的最小安全距离

电压等级，千伏	1 以下	10～20	35
允许最小距离，米	1.5	2	4

www.plcworld.cn

383. 怎样进行停、送电操作？

停、送电操作，应按以下步骤进行：

(1)停电　①停电前明确工作(操作)票内容，核对要停电的设备；②根据工作需要，穿、戴合格的绝缘靴和绝缘手套；③在专人监护下进行操作；④停电后进行检查，并采取接地线、装设遮栏、悬挂警告牌等安全措施；⑤无论高压或低压，一合闸即送电到工作地点的断路器，其手柄应上锁并挂警告牌。

(2)送电　①应有工作负责人签署的送电工作票，或领导的送电命令；②送电前明确工作(操作)票内容，核对要送电的设备；③穿、戴合格的绝缘靴和绝缘手套；④拆除临时接地线、遮栏等设施；⑤在专人监护下摘下停电警告牌，合闸送电。

384. 怎样确定变、配电所的巡视检查路线？为什么要在控制盘和保护盘前标出警戒线？

确定变、配电所巡视检查路线的原则是：根据室内外电气设备的布局，将全部设备巡视检查一遍而避免重复路线和漏检设备，并且巡视检查路径最短。

在控制盘和保护盘上一般装有控制按钮、操作手柄、各种继电器和压板等，这些器件均明露在盘面上。为了防止值班员或其他工作人员误碰这些器件而引起断路器或继电保护装置误动作，所以在盘前标出警戒线，以警告除操作人员外其他任何人都不得越过该线。警戒线至盘面的距离一般不应小于600毫米。

385. 怎样在停电情况下清扫、检查高压配电装置？

在停电情况下清扫、检查高压配电装置的内容有：

(1)清扫瓷绝缘表面，并检查有无裂纹、破损和闪络痕迹。

(2)检查导电部分各连接点连接是否紧密，铜、铝接点有无腐蚀现象，若已腐蚀，应除掉腐蚀层后涂中性凡士林。

www.plcworld.cn

(3)检查设备外壳(指不带电的外壳)和支架的接地线是否牢固可靠,有无断裂(断股)和腐蚀现象。

(4)检查充油设备的出气孔和出气瓣是否畅通,并检查是否缺油。对油量不足的设备补充油时,10千伏及以下者应补充经耐压试验合格的油;35千伏及以上者应补充同牌号油或经混油试验合格的油。

(5)检查传动机构和操作机构的各部位的销子、螺栓是否松动或短缺,操作机构的拉、合闸是否灵活。

386. 怎样对变、配电所进行特殊巡视检查?

在下列几种情况下,应对变、配电所进行特殊巡视检查,检查内容包括:

(1)严寒　着重检查充油设备的油面是否过低,有无假油面,以及导线是否拉得过紧。

(2)降雪　检查室外设备上的积雪情况,并检查瓷瓶上的结冰情况;在雨雪交加的天气,若冰柱过长,可用电压等级合适的绝缘杆将其轻轻打掉。

(3)高温　重点检查充油设备的油面是否过高,变压器等设备的油温是否超过规定值,以及导线接头是否发热等。

(4)大风　大风前清除室外导线或设备附近的高草、草堆等杂物,大风时注意导线摆动幅度是否过大,接头是否断裂。

(5)大雨　下大雨时检查开关室和控制室的门窗是否渗入雨水,屋顶、墙壁等处是否漏雨。

(6)雷击　雷击后检查避雷器、瓷瓶、瓷套管等有无闪络放电痕迹。

(7)雾天　检查设备的瓷绝缘有无放电、电晕等异常现象(脏污地区更应加强巡视)。

(8)过负荷　电气设备过负荷运行时,应重点检查各部连

www.plcworld.cn

接点的发热情况。

(9)事故后　除按事故处理规定，检查保护装置的动作情况和故障设备的伤损程度外，还应检查受事故影响的线路、设备和绝缘，如导线是否烧伤、断股，设备是否损坏、喷油，瓷瓶有无闪络、断裂现象。

387. 什么叫做变、配电所全部停电和部分停电？在全部或部分停电的电气设备上进行作业时，怎样采取安全措施？

所谓变、配电所全部停电，是指变、配电所内全部高压设备都停电，包括架空线路和电缆引入线以及自备发电机均停止运行在内。所谓变、配电所部分停电，是指变、配电所内高压设备部分停电，或者室内虽全部停电，但邻近带电的变、配电室的门未闭锁，以及双回路架空线只有一路停电。

在变、配电所全部或部分停电的电气设备上进行作业，一般应采取以下安全措施：

(1)停电　将作业范围内的各路进线电源断开，并且每路进线应有一个明显的断开点，同时与带电部分应保持规定的安全距离。为了防止反送电，应将与停电设备有关的变压器和电压互感器从高、低压两侧断开；对于柱上变压器，应将高压熔断器的熔体管取下。

(2)验电　准备在某一设备上进行作业时，应对该设备进出线的各相进行验电，确认线路上无电。

(3)挂接地线　在可能送电到停电设备的各个方面(包括线路的各支线)，以及停电设备可能产生感应电压的各个部位，均应挂接地线，并且应挂在作业人员在工作场所可以看见的地点。

(4)悬挂标示牌和装设临时遮栏　根据现场实际情况，确定应挂哪类标示牌，并按调度员的命令和工作票上的规定进

www.plcworld.cn

行悬挂(挂在指定地点)和拆除。

388. 电力线路运行中突然停电怎么办?

电力线路运行中突然停电,一般有以下几种情况,可分别予以处理:

(1)如果进线停电,则表明电力系统暂时中断电源。此时不必拉开总开关,但出线开关应全部拉开,以免突然来电时,用电设备同时起动,造成过负荷和电压骤降,影响正常用电。

(2)如果两条进线中有一条进线停电,应立即进行切换操作,将负荷(特别是重要负荷)转移到另一条进线上,由该进线供电。

(3)如果厂内架空配电线路发生故障,造成开关跳闸,而开关的断流容量又很大,允许合闸,则可以试合一次,争取尽快恢复供电。由于架空线路的故障多属于暂时性的,所以在大多数情况下一般可以试合成功。如果试合未成功,开关再次跳闸,说明线路上的故障未消除,此时应对故障线路进行停电隔离检修。

389. 怎样对变、配电所的防雷装置进行特殊巡视检查?

变、配电所运行人员除了对防雷装置进行日常巡视检查外,在每次雷电过后和系统发生过电压等异常情况时,都应进行特殊巡视检查。检查内容如下:

(1)避雷针 ①避雷针本体有无裂纹、歪斜等现象;②导电部分的连接处(如焊接点、螺栓接点等),连接是否紧密、牢固。检查时可用小锤轻敲检查,若发现接触不良或脱焊部位,应立即修复。

(2)避雷器 ①避雷器内部有无响声;②瓷套表面是否严重脏污,瓷套和法兰有无裂纹、破损和放电现象;③水泥接合缝及其上的油漆是否完好;④与避雷器连接的导线和接地引

www.plcworld.cn

下线是否烧断或断股，有无烧伤痕迹，接地端子是否牢固；⑤避雷器动作记录器的指示数是否改变（据此判断避雷器是否动作），记录器本身是否完好。

上述第④项对发现避雷器内部缺陷有很大作用。因为在正常情况下，避雷器动作时，只通过雷电流和幅值很小（80安及以下）、时间很短（0.01秒）的工频续流，除记录器数字增大外，一般是不会出现烧伤痕迹或烧断现象的。所以，如果避雷器的连接导线或接地引下线出现烧痕或烧断现象，就说明避雷器内部存在缺陷，应进行电气试验或拆除检查。

390. 怎样掌握处理变、配电系统事故的一般原则？

处理变、配电系统事故的一般原则是：

（1）尽一切可能限制事故的发展，消除事故的根源，解除事故对人身和设备安全的威胁；设法尽可能保持设备继续运行，保证对用户正常供电，调整变、配电系统的运行方式，使其恢复正常，并尽快对已停电的用户恢复供电。

（2）运行人员应根据仪表指示和设备的外部征象，判断事故的全面情况。如果事故对人身和设备有威胁，应立即设法解除，必要时应使设备停止运行；如果事故对人身和设备没有直接威胁，则应尽力保持或恢复设备的正常运行。需要特别注意的是，未直接受到损害的设备应予以隔离，以使之正常运行。

（3）初步采取上述措施后，应迅速进行检查和试验，判明故障的性质、地点及其范围，按照现场事故处理规程进行处理，必要时应起动备用设备。

（4）只有逐项仔细查明原因，并完全消除故障，变、配电设备才可继续投入运行。

www.plcworld.cn

391. 变电所内中性点不接地的 10 千伏系统发生一相接地故障怎么办?

如果变电所中性点不接地的 10 千伏系统发生一相接地故障,首先应从变电所内查找接地点(检查时应穿绝缘靴、戴绝缘手套)。若接地点在变电所内,可根据情况进行倒路或倒换母线等操作,以断开接地故障点;若接地点不在变电所内,则应按配出线的重要性和现场条件,逐路倒出负荷,依次分路查找。查找时,先断开不重要的线路,如果仍未查出接地点,则再断开重要线路,直到找出有接地故障的线路为止。

392. 变、配电所的配出架空线路的开关掉闸怎么办?

变、配电所的配出架空线路的开关掉闸,应作如下处理:

(1)装有一次重合闸而重合未成功者,1 分钟后允许试送一次。若试送成功,应立即巡视线路,查找事故原因;若试送失败,只有排除故障才可送电。

(2)装有二次重合闸而重合两次未成功者,不允许试送(若重合闸未动作,可试送一次)。

(3)无重合闸或重合闸失灵者,允许手动试送两次,但第二次试送应在第一次试送掉闸后隔 1 分钟进行。

(4)装有重合闸的开关,手动试送前,应解除重合闸。

(5)开关掉闸时,喷油严重者,不许试送。

393. 变、配电所突然断电或开关越级掉闸怎么办?

如果变、配电所突然断电,应按以下步骤进行处理:

首先拉开有关电源开关,然后对本所电气设备和电源进线端巡视检查一遍。如果确认断电非本所引起,可采取:

(1)双电源受电时,按倒闸操作的有关规定,切换备用电源受电;如果是单相电源受电,可与供电局联系,等候来电。

(2)发现本所电气设备有故障迹象,应迅速拉开有关断路

www.plcworld.cn

器和刀闸，断开故障设备．检查电源开关拒动原因，并报告供电局。在未断开或无法断开故障设备时，不得启用备用电源。

(3)所内若有小发电机组，可启动小发电机，但严禁向系统倒送电。

如果变、配电所的开关越级掉闸，可按以下方法处理：

(1)分路开关的保护装置未动作掉闸，造成主变压器或电源的开关掉闸者，应先拉开所有分路开关，试送主变压器或电源的开关，然后试送无故障的各分路开关。对有故障的分路开关试送前，应先查明原因。

(2)分路开关与主变压器或电源的开关同时掉闸者，应先拉开无故障的分路开关，试送主变压器或电源的开关，后试送各分路开关。在试送有故障的分路开关前，应检查两级继电保护的配合情况。

394．在变、配电所内值班怎样履行值班职责？

电工人员在变、配电所内值班，应履行以下职责：

(1)监视和调整电气设备的各项参数，使参数值在规定范围以内。

(2)巡视和维护运行中的电气设备，使其正常工作。

(3)保证运行方式合理，使管辖范围内的电气系统和设备安全、经济运行。

(4)进行电气设备的倒闸操作。

(5)办理工作票的开工和结束手续。

(6)消除电气设备的缺陷。

(7)迅速处理电气系统的事故或异常情况。

(8)填写值班日志，计算各项参数。

(9)做好备品(如熔断器、电刷等)、安全用具、图纸、钥匙、资料和电工仪表的管理工作。

www.plcworld.cn

(10)做好交接班和现场的清洁卫生工作。

395. 变、配电所容易发生哪些事故?值班人员怎样进行紧急操作?

变、配电所的设备较多,往往容易发生以下事故:

(1)主要电气设备损坏。如变压器过热,使绝缘损坏。

(2)电气人员误操作。如带负荷拉刀闸。

(3)电缆头和绝缘套管损坏。

(4)高压断路器的操作机构失灵。如发生事故时,断路器拒动或者跳闸后不能再合闸。

(5)继电保护装置拒动或误动。

(6)瓷瓶、套管损坏或脏污而引起放电闪络。

(7)雷害。如直击雷造成设备损坏。

如果上述事故威胁到人身和设备的安全,值班人员可不必等待值班调度员的命令,先进行以下紧急操作:

(1)将直接威胁人身安全的设备停电。

(2)使发生事故的设备停止运行,以免扩大事故。

(3)将已损坏的设备予以隔离。

(4)运行中的设备受到损伤的威胁时,可根据现场事故处理规程将其隔离。

(5)当母线上的电压消失时,将该母线上的断路器拉开。

(6)变电所所内用电全部或部分停电时,迅速恢复其电源。

396. 变、配电所的运行日志应包括哪些内容?怎样运用运行日志掌握设备的运行情况?

变、配电所的运行日志一般应包括以下内容:

(1)一、二次系统的电压、电流和功率记录,有功、无功电量的小时记录,功率因数和负荷率等的记录。

www.plcworld.cn

(2)各路出线的负荷记录。

(3)主设备的温度记录,冷却系统的运行情况记录和充油设备的油位指示记录。

(4)异常现象和事故处理(包括故障处理和停、送电时间)记录。

(5)接、发令操作任务记录。

通常,分析运行日志的记录资料,可以进行以下工作:

(1)根据运行日志中的负荷记录资料,可以了解设备的利用率,确定设备负荷的调整幅度和变压器的运行方式。

(2)根据运行日志的各项记录,可以确定电气设备的检修内容,并适时安排检修、试验工作。

(3)分析运行日志的记录资料,可以调整生产工艺流程,合理开停设备。

(4)根据有功、无功功率的比例,可以确定补偿设备的容量和补偿部位。

(5)根据负载记录汇总,可以制定合理的发展规划,并对现有运行系统的薄弱环节进行合理的技术改造。

397.怎样区别强送电和试送电?在哪些情况下可以进行强送电或试送电?

所谓强送电,是指无论跳闸设备有无故障,立即强行合闸送电的操作。在下列情况下,应立即强送电:

(1)投入自动合闸装置的送电线路,跳闸后而未重合者(母线的保护装置动作跳闸除外)。

(2)投入备用电源自动投入装置的厂用工作电源,跳闸后备用电源未投入者。

(3)误碰、误拉和无任何故障征象而跳闸的断路器,并确认对人身和设备的安全无威胁者。

www.plcworld.cn

试送电，是指在设备跳闸后，只进行外部检查和只对保护装置的动作情况进行分析判断而未进行内部检查，或者不进行外部检查（如送电线路跳闸），经联系即试行合闸送电的操作。在下列情况下，一般可以试送电：

（1）保护装置动作跳闸，但无任何事故征象，判定该保护装置误动，可不经检查，退出误动保护装置试送（但设备不得无保护装置试送电）。

（2）后备保护装置动作跳闸，外部故障已切除，可经外部检查或不经外部检查（视负荷情况和调度命令而定）试送。

398. 怎样判断变、配电装置是否处于带电状态？

一般可用以下方法来判断变、配电装置中的电气设备是否处于带电状态：

（1）有明显断开点的开关，可从分闸或合闸状态清楚地区分是否断电。对于油断路器，可从它的操作机构的指示牌上看出其实际位置，但有时由于指示牌松动而造成指示失误。因此，应结合相关的隔离开关来判断。

（2）从电压表的指示可以判断电气设备是否带电，但要注意仪表是否失灵，接线是否完好、正确，以避免因仪表失灵或接线有错而造成误判。

（3）从表明通电或断电的信号灯显示来判断电气设备是否带电。但是，这种方法只能作为判断电气设备是否带电的辅助方法。

（4）必要时可用验电器或试电笔来直接测试，但验电器或试电笔的电压等级必须与所测试电气设备或线路的电压等级相符。

399. 怎样查找变、配电所电力系统的接地故障？

变、配电所电力系统的接地故障，一般应按调度员的命令

www.plcworld.cn

进行查找，查找的顺序如下：

(1)试停充电线路。

(2)试停并列运行的双回路中的一回路(负荷允许时)。

(3)具有双母线和旁路母线的变、配电所，可用倒母线的方法寻找接地故障点。

(4)利用重合闸装置试停长线路和负荷轻、不重要的线路。

(5)利用重合闸装置试停重要线路。

(6)用倒母线方法检查母线和接在母线上的电气设备(如避雷器、电容器、电压互感器等)。

400. 变电所35千伏及以下系统发生单相接地故障有哪些现象？怎样处理？

变电所的35千伏及以下系统，一般为中性点不接地或经消弧线圈接地的小电流接地系统。这种系统发生单相接地时，可以在短时间内继续运行。接地时可能出现以下现象：

(1)信号警铃发出响声，同时接地光字牌发亮。

(2)如果发生完全接地故障，绝缘监察电压表三相指示不同，接地相电压为零或接近于零，非故障相电压升高$\sqrt{3}$倍，且持久不变。

(3)如果发生间歇接地故障，接地相电压时小时大，非故障相电压时大时小，或者有时正常。

(4)如果发生弧光接地故障，非故障相的相电压有可能升高到额定电压的2.5～3倍。

处理35千伏及以下系统的单相接地故障应注意：

(1)发生单相接地故障后，系统继续运行时，应严密监视电压互感器的发热情况，防止它严重过热。

(2)当发生不稳定性接地，并危及系统设备的安全时，应

www.plcworld.cn

将故障相的断路器接地，然后进行查找处理。

(3)不许用隔离开关断开接地点。若必须用隔离开关断开接地点(如接地故障发生在母线隔离开关与断路器之间)，则应先通过断路器将故障相进行辅助接地，然后用隔离开关断开接地点。

(4)值班人员短时有选择性地切除联络线或环状线路时，两侧断路器均应切除。但应考虑切除后其他线路不过载。

(5)应防止将下列现象当作接地故障进行处理：①电压互感器的熔体熔断或隔离开关的辅助接点接触不良；②由于一相断线或断路器、隔离开关有一相未接通，或带电作业分相搭拆部分线路，造成三相参数不对称；③空投母线时，电压互感器引起的铁磁谐振现象。

401. 怎样自制定相器？

通常，10千伏以下的高压线路或高压设备定相，多使用相应电压等级的单相电压互感器和高压绝缘操作杆。这种方法既不方便也不安全，特别是架空线路定相，由于高度很大，测试引线很长，极为危险。此外，由于电压互感器一次绕组的匝数较多，电感较大，也易因操作过电压而造成距离较近的相间闪络，酿成事故。如果使用自制定相器(图5-4)，则操作安全，使用方便，造价也很低。下面介绍这种定相器的制作方法。

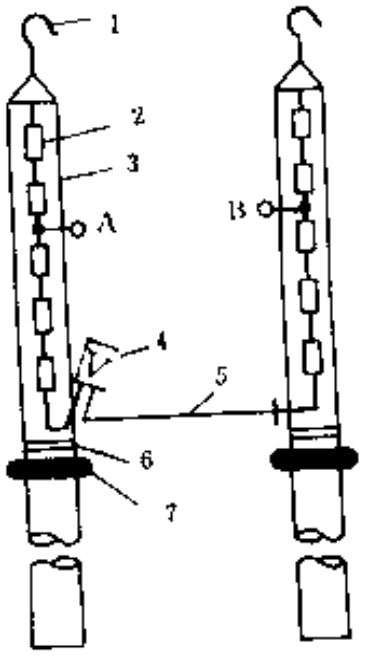


图5-4 定相器结构示意图

1. 导电钩 2. 电阻 3. 绝缘杆 4. 电压表表头 5. 电源线 6. 连接环 7. 护环

选1.5级、量程为0～150伏的交流电压表一只(要求重量轻、表盘大，便于读数)，绝缘操作杆两根(每根长2～2.5

www.plcworld.cn

米，护环下的绝缘手柄长度1～1.5米，在保证机械强度和绝缘强度的前提下，尽量选用轻便的绝缘管）。在绝缘杆（管）内放置阻值和容量均适当的金属膜电阻，保证在绝缘杆两端电压为11千伏时，电压表两端电压降为100伏。定相时，同相电压表无指示，不同相电压表指示为100伏左右。

当电压表内阻为13.2千欧时，外接电阻为

$$R_w = 1450 - 13.2 = 1436.8 \text{ 千欧}$$

因电压表的端电压为

$$U_B = \frac{13.2}{1450} \cdot 11000 = 100.18 \approx 100 \text{ 伏}$$

外接电阻 R_w 使用多个电阻串联，其允许通过电流应大于电压表的额定电流，以此来计算每只电阻的容量。

此定相器用于6.6千伏设备（线路）定相时，不同相电压表指示为60伏左右。如果也要达到读数明显、易于判断的目的，可在 $R_w = 856.8$ 千欧处引出两个端子A和B。定相时，将端子A和B分别与其本绝缘杆顶端的导电钩短接，不同相电压表指示也为100伏左右。但此时应注意以下两点：

（1）A或B端的引入线应与 $R_w = 856.8$ 千欧处直接连接，杆内不应有多余的线，以免触碰其他电阻。

（2）对11千伏设备定相时，应拆掉A和B与其顶端的连接线，以免电压表指示超限。

402. 为什么要进行验电和放电？怎样验电和放电？

验电的目的是验证电气设备和线路等是否确无电压，以防止带电装设接地线或带电合接地刀闸等而发生严重事故。

验电时，应注意以下事项：

（1）必须使用电压等级合适、经试验合格、试验期限有效的验电器或绝缘杆。

www.plcworld.cn

(2)进行高压验电必须戴绝缘手套。

(3)10 千伏及以下线路,以及无轨直流线路,应使用验电器验电;35 千伏及以上线路,可使用绝缘杆验电。

(4)同杆架设的多层线路,应先验低压,后验高压;先验下层,后验上层。

(5)验电必须在电气设备两侧的各相上分别进行,以防止一侧或其中一相带电而发生意外事故。

验电后确认已停电的大型电气设备和线路,如变压器、油断路器、高压线路、电力电缆、电力电容器等,还要进行放电。放电的目的是,消除所检修和试验的电气设备上的剩余电荷,避免冲击电流伤害人体。放电应使用专用的导线,并用绝缘杆或开关操作,人体不得与放电导线直接接触。电容器和电缆的剩余电荷一般较大,通常应使用专门的放电设备将其放电。

403. 对继电保护装置有哪些基本要求? 继电保护装置怎样分类?

对继电保护装置的基本要求是:

(1)选择性　当电力系统某部分发生故障时,继电保护装置应能够有选择地只切除故障设备,使停电范围尽量缩小,以保证系统的其他部分能正常运行。

(2)快速性　快速地切除故障,可以缩小事故范围,减轻短路电流对电气设备的损坏。因此,要求继电保护装置快速动作。但是,在某些情况下,快速动作与选择性的要求是矛盾的。为了使继电保护装置具有选择性,继电保护的动作必须具有时限。对于只用来反应不正常工作状态的保护装置,一般不要求它快速动作,如过负荷保护等具有较长的动作时限。

(3)灵敏性　指继电保护装置对于它所保护范围内发生的故障和出现的不正常运行方式的反应能力。满足灵敏性要

www.plcworld.cn

求的继电保护装置，对发生在保护范围内的故障，无论短路点的位置和短路类型如何，都能敏锐感觉，正确反应。继电保护装置的灵敏性，通常用灵敏系数（灵敏度）来衡量。灵敏系数越大，则越能反应轻微故障。各类继电保护装置的灵敏系数值，有关规程一般都有具体规定。

（4）可靠性　指继电保护装置经常处于准备动作状态。在电力系统发生事故时，相应的保护装置能可靠动作而不拒动；在电力系统正常运行时，则不误动。为了使继电保护装置可靠动作，除了正确选择保护方案、正确计算整定值和选用质量好的继电器等电气元件外，还应对继电保护装置进行定期校验和维护，加强对继电保护装置的运行管理。

继电保护装置，可分为以下几类：

（1）反应电流改变的，有电流速断、定时过流和零序电流等保护装置。

（2）反应电压改变的，有低电压（欠电压）和过电压保护装置。

（3）既反应电流又反应电流与电压间相角改变的，有方向过电流保护装置。

（4）反应电压与电流的比值，即反应短路点到保护装置安装地点阻抗（或距离）的，有距离保护装置等。

（5）反应输入电流与输出电流之差的，有变压器差动保护装置。

继电保护装置的种类虽然很多，但是，在一般情况下，每一类保护装置都是由测量部分、逻辑部分和执行部分这三个基本部分组成。

404. 怎样安装继电保护盘？

安装继电保护盘，应注意以下事项：

www.plcworld.cn

(1)固定继电器和仪表的螺栓，其孔眼直径应比螺栓直径大2毫米；对于后面接线的继电器和仪表，其导电螺杆的孔眼直径应大于导电杆的孔眼直径，其数值为：在金属盘上时应大8～10毫米；在绝缘屏上时应大2～3毫米。

(2)安装前面接线的继电器时，在金属盘面与外壳之间应垫以厚度为3～4毫米的绝缘衬垫(如绝缘纸)，以增大继电器接线端子与盘面之间的距离。

(3)当继电器、仪表和其他电器(如熔断器、信号灯、试验端子、中间变流器等)装在金属盘背面时，其固定螺栓应套上绝缘管(如黄蜡管、塑料管等)；继电器和测量仪表应垂直安装，固定螺栓应垫橡胶垫圈。

(4)所有刀开关、转换开关的接触面应接触紧密，刀片不得有扭曲、余隙等现象。

405. 怎样校验继电保护装置和维护运行中的继电器？

为了保证在电力系统发生故障时继电保护装置能正确动作，对运行中的继电保护装置和二次回路应定期进行校验和检查。校验检查的项目包括：

(1)对继电保护装置进行电气特性试验，并检查机械部分有无故障。

(2)测量二次回路的绝缘电阻。

(3)进行二次通电试验。

(4)检验继电保护装置的整组动作情况。

此外，对继电保护装置进行设备改造、更换、检修后，以及在继电保护装置发生事故时，都应进行补充校验。校验项目可根据保护装置的改造和更换情况，以及事故的严重程度确定。

运行中的继电器，有多种情况。例如，有些继电器长期通电运行，线圈容易发生故障；有些继电器的接点分合频繁，其

www.plcworld.cn

触头发生故障几率较高；有些继电器仅在继电保护装置动作时才动作，正常情况下不易发现其缺陷，而在需要它动作时却又失灵。所以，对各种继电器的维护，应分别有所侧重。归纳起来，维护内容包括以下几项：

(1)扣紧继电器的防护罩。如果继电器有密封圈，应将其排列整齐并压紧，以防止进入灰尘。

(2)清扫继电器的灰尘。清扫时要小心谨慎，动作要轻，以免造成继电器误动作；最好在停电期间清扫，或者在清扫前将有关的接线压板脱开。

(3)经常检查继电器线圈的绝缘有无过热、变色、脆化或脱落现象。

(4)检查继电器电磁系统的噪音是否过大，磁铁端面是否平整，接触是否良好，短路环是否断裂，电压是否过低。

(5)检查触头表面的氧化是否严重到影响接触不良，触头是否磨损。

(6)仔细检查导线接头是否断开或接触不良，导线标号是否完好、清楚、正确。

406. 怎样检查继电器的接点？

对继电器的接点，一般应检查以下各项：

(1)继电器桥形接点或柱形接点的动接点应在静接点镀面的 1/3 处开始接触，接触后，应能够在其上滑行 1/3 距离。

(2)如果静接点接有软硬两个接触片，则静接点应先接通软片，在软片上滑行 1～1.5 毫米后再接通硬片，接点滑行距离应符合上面第(1)项规定。

(3)对于点接触的接点，接触后的行程应为 1～1.5 毫米。

(4)当继电器承受最大动作力矩时，接点应动作可靠；当承受最小动作力矩时，接点应接触良好。

www.plcworld.cn

(5)动接点与静接点之间的距离，直接动作于跳闸回路的，应大于 4 毫米；间接作用于跳闸回路的，应不小于 2 毫米。

(6)接点表面应光滑，不应有氧化膜和其他杂物。

(7)继电器受外界影响而震动时，其静接点不应有松动或抖动现象。

407. 继电保护装置和二次回路发生故障怎么办?

继电保护装置和二次回路发生故障，应作以下处理：

(1)首先应复归警报，认真检查各种仪表的指示和继电保护信号的动作情况，并将保护装置的动作时间、发现的问题都记录后，才能复归信号继电器。

(2)若仪表指示异常，如电流冲击、电压下降，应迅速检查信号装置是否发生故障。

(3)若仪表无指示或指示不正常，应检查同一回路的其他仪表和保护装置有无变化，以判明仪表或二次回路是否发生故障。若电压表回零或指示不正常，应先检查熔断器。如果熔断器熔断，应立即查明原因。在正常情况下，若电流表回零，应检查仪表回路和电流互感器有无故障和开路现象。

(4)若仪表发热或冒烟，应取下熔断器或将二次电流端子短路，甩开二次仪表。

(5)若继电保护和自动装置本身发生故障，值班人员可先行处理后报告调度员。

(6)若断路器的信号灯泡损坏，应换上原型号灯泡，不得任意改动；若串联电阻断路，也应换上同阻值电阻。

(7)若光字牌灯泡损坏，应换上原型号灯泡，更换后并做通电试验。

(8)若事故和预告音响警报不响，应及时查明原因并予以修复，禁止电气设备在警报音响装置失灵的情况下运行。

www.plcworld.cn

(9)禁止用低阻试灯寻找二次回路故障，必须使用2000欧/伏高阻表进行测量寻找。

408. 在变压器送电前后怎样检测差动保护装置？

变压器的差动保护装置是根据环流原理设计的，对继电器和各侧电流互感器均有严格的极性要求。为了避免发生二次接线错误，保证变压器顺利投入运行，投运后安全可靠，出现故障时差动保护能正确动作，通常在变压器送电前和送电后均必须进行以下检测：

(1)对新安装或改定值的差动保护装置，在变压器送电前，应首先检查二次回路的接线情况，确保接线正确无误；然后在电源侧将变压器在额定电压下空投试验5次，以检查差动定值能否避开励磁涌流的影响。试验中差动保护装置一次也不应动作。否则，应增大继电器的动作电流，以防止在电源线路重合闸过程中和变压器送电时差动保护装置误动作。

(2)变压器投入运行并带负荷后，先测六角图(负荷电流向量图)，然后用高内阻电压表测量执行元件线圈上的不平衡电压。一般情况下，在额定负荷时，该不平衡电压不应超过0.15伏。通常，差动回路电流应平衡。否则，应进一步检查变流器和继电器本身的接线是否正确。

409. 变压器的差动保护装置动作后怎样进行检查和处理？

如果变压器的差动保护装置动作，首先应检查变压器及其套管和引出线有无故障和异常现象。若未发现缺陷，可回忆本所直流部分有无不稳定的接地隐患，是否曾带接地故障运行。如果有，可进一步检查继电器接点是否打开。若接点都打开，可用万用表直流电压档检查出口中间继电器线圈两端是否有电。若有电，则是直流两点双重接地造成差动保护装置误

www.plcworld.cn

动作。如果本所直流部分绝缘良好，出口中间继电器线圈两端也有电，并且差动接点均已返回，则可判定差动跳闸回路和保护二次线短路引起差动保护误动。

此外，高低压电流互感器开路或端子接触不良，也会造成差动保护误动，可进一步详细检查。

如果通过以上几项检查，均未发现异常现象，则可初步判断变压器内部发生故障，应通过高压试验和变压器油的化验予以鉴定。查明故障性质和确定故障部位后，可作以下处理：

(1)如果是变压器发生故障，应使其退出运行。

(2)如果是引出线存在缺陷，应予以更换。

(3)如果通过外部检查，未发现明显缺陷，可初步判为变压器内部存在故障，应停运待试。

(4)若发现直流两点双重接地引起差动保护误动，应立即消除接地点故障。

(5)若查明保护二次线短路造成误动，应消除短路点。

410. 横差动保护装置的保护范围是什么？保护装置动作后怎么办？

横差动保护装置一般装在阻抗相同的两条平行线路上，它只反应平行线路内部故障，而不反应外部故障。由于两条平行线路的阻抗相同，在正常情况下外部短路时，两回路的电流值和相位都相同，继电器中无差流，所以保护装置不动作。如果某一回路上发生内部故障，则电流的均衡性被破坏，继电器内有差流通过，因此保护装置便发生动作。

横差动保护装置动作后，可进行以下检查和处理：

(1)横差电流互感器是否开路或短路。如果开路或短路，应消除故障点。

(2)根据本所直流部分和二次线的绝缘情况，检查是否由

www.plcworld.cn

于直流双重接地和二次线短路引起横差保护动作。如果是，应及时排除接地和短路点，并采取措施加强二次线绝缘。

(3)继电器是否损坏。如果损坏，应立即予以更换。

411. 瓦斯继电器上端接线盒内的二次线怎样排列？对二次线的安装有哪些要求？

瓦斯继电器上端接线盒内的二次线，按面向变压器油枕从左向右排列，其顺序为：脱扣(－)，脱扣(＋)，信号(－)，信号(＋)。

二次线的安装应符合以下要求：

(1)瓦斯继电器的端盖部分和电缆出线的端子箱上应加防雨罩或用漆片密封，以防止雨水进入而造成继电器误动作。

(2)瓦斯继电器的引出线应采用防油线或玻璃丝线，且应通过中间端子盒内的端子板与电缆连接，电缆和防油线应从端子盒分别引出。

(3)引至重瓦斯保护装置的跳闸线在端子排上应与正极端子隔开。

(4)二次回路的绝缘电阻应符合有关规程的规定。

(5)二次回路的导线和电缆应有编号。

412. 怎样维护管理运行中的瓦斯继电器？

维护管理运行中的瓦斯继电器，应注意以下几点：

(1)新安装或大修后的主变压器投入运行后，重瓦斯保护应只动作于信号；待瓦斯继电器连续运行 48 小时，其内没有出现空气(对大型变压器的瓦斯保护另有规定)，并且通过测量，确认重瓦斯保护跳闸压板两端电压正确，才可投入跳闸压板(对于挡板式瓦斯继电器，可直接投入跳闸，不必进行 48 小时试运行)。

(2)当变压器停运时，轻瓦斯保护信号压板应仍在接通位

www.plcworld.cn

置，以便能发现变压器油面下降，做到及时加油。

(3)当主变压器油位计的油面显著升高时，为查明原因，在未将瓦斯保护投入信号位置以前，禁止打开放气阀、放油阀，也不得清理呼吸器的眼孔和进行其他工作，以防止瓦斯保护误动作。

(4)当两台主变压器共用一只断路器时，若其中任一台退出运行，则应将该退出运行的变压器的重瓦斯保护改为动作于信号位置，以便监视油面。

(5)当主变压器在运行中加油或滤油，净油器投入运行和更换吸附剂，检修或试验强迫油循环装置的油路系统，以及在瓦斯保护装置及其二次回路上进行作业时，均应将重瓦斯保护改为动作于信号。

413. 对瓦斯保护装置怎样采取反事故措施？

瓦斯保护装置的优点是能够切断变压器内部的各种故障，灵敏度高，动作迅速，安装简单。但其缺点是运行不够稳定，有时发生误动作。因此，对瓦斯保护装置应采取反事故措施，具体措施如下：

(1)将瓦斯继电器的下浮筒改为挡板式，接点改为立式。这样，可以提高重瓦斯动作的可靠性。

(2)在瓦斯继电器的端盖部分和电缆引线端子箱上，应加防雨罩或加漆片予以密封。

(3)瓦斯继电器的引出线应采用耐油绝缘线或玻璃丝包线。

(4)瓦斯继电器的引出线和通往室内的二次电缆应经过接线箱；在箱内端子排的两侧，引线应接在下面，电缆应接在上面，以防电缆绝缘被油浸蚀；引线排列应使重瓦斯与正极隔开。

www.plcworld.cn

(5)对新投入的瓦斯继电器的浮筒应进行密封试验，在其运行中应进行定期试验。

(6)处理假油位时，要防止瓦斯继电器误动作。

(7)使用塑料电缆时，应经常检查电缆是否被老鼠、白蚁蚁咬坏。

414. 瓦斯继电器动作后怎样收集气体和判断故障？

变压器的瓦斯继电器动作后，如果不能明确判定是变压器内部发生故障，则应立即收集继电器内部聚积的气体，通过鉴定气体的性质来进一步判断。

一般将专用玻璃瓶倒置，使瓶口靠近继电器的放气阀来收集气体。如果收集的气体无色无味又不燃烧，说明瓦斯继电器的动作是变压器油内排出的空气引起的；如果气体呈黄色，不易燃烧，则说明变压器的木质部分存在故障；如果气体为淡黄色，并发出强烈臭味，又可燃烧，则是纸或纸板发生故障；如果气体为灰色或黑色，并且易燃，则是变压器油变质劣化。

判断气体是否可燃时，对室外变压器可直接打开瓦斯继电器的放气阀，燃点从放气阀排出的气体。若为可燃气体，沿气流方向将看到明亮的火焰。试验时应注意，为了确保安全，在油开始外溢前必须及时关闭放气阀。

从室内变压器收集的气体，应置于安全地点进行燃点试验。

判断气体颜色时动作必须迅速，否则颜色很快(约几分钟)就会消失，从而得不到正确结果。

415. 对继电保护和自动装置怎样进行投、停操作？

在正常情况下，继电保护和自动装置投入运行或退出运行的操作，应按值班调度员或值班负责人的命令执行。投入前应对投入装置的回路进行仔细检查，检查内容包括：

www.plcworld.cn

(1)该回路上无人工作，工作票已收回。

(2)继电器的外壳已盖好，并全部铅封。

(3)保护装置的整定值符合规定。

(4)拆开的二次回路线头已接上。

投入继电保护和自动装置时，应先投入交流电源(如电压或电流回路等)，后送上直流电源。此后应进行检查，若确认继电器的触点处于正常位置，信号灯和仪表指示正确，则加入信号压板；如果需要将继电保护装置投入跳闸位置或将自动装置投入运行位置，则应使用高内阻直流电压表或万用表测定压板两端无电压，才能进行投入操作，即合上压板。继电保护和自动装置退出时的操作顺序与此相反。

416. 什么叫做操作电源？怎样分类和选用？

变、配电所内的信号装置，继电保护和自动装置，应急照明，以及对断路器的远距离操作等，都需要有专门的供电电源，这种电源称为操作电源。通常，对操作电源的可靠性要求较高。例如，当变电所停电时，操作电源应保证能对断路器进行合闸操作；当供、用电系统发生故障时，应保证断路器仍能够准确动作，以防止事故扩大。

操作电源按其性质可分为交流操作电源和直流操作电源两大类。交流操作电源大多来自电流互感器、电压互感器、电容器或所用变压器等，直流操作电源通常来自蓄电池组和硅整流装置。操作电源的选择，随变、配电所的容量大小而定：

(1)容量较小的变、配电所，由于其中的断路器多配备手动操作机构(或弹簧机构)，因而广泛采用交流操作电源。这种操作电源具有安装简单、投资少、易于维护和动作可靠等优点，因此得到广泛应用。

(2)容量较大的变、配电所，多采用直流操作电源，它又分

www.plcworld.cn

为固定蓄电池组及硅整流和电容补偿装置等数种。蓄电池组是一个独立的可靠电源，它与系统运行状况无关，可以在变、配电所完全停电的情况下保证供电。但是，由于蓄电池组的设备复杂、建筑面积大、投资高、运行中容易损坏和维护工作量大等原因，通常只应用于对直流电源有特殊要求的 110 千伏以上的大型变电所。而 35 千伏以下的变、配电所，多采用硅整流和电容补偿装置作为操作和保护装置的直流电源。经验表明，这种直流系统具有投资少、安全可靠和便于维护等优点。

417. 发现变电所直流系统的电压降低怎么办？

发现变电所直流系统的电压降低，应作以下处理：

(1)如果由蓄电池组供电的直流系统的直流电压降低，应先检查调节开关接触是否良好，蓄电池本身有无极板短路和硫化现象，沉淀是否过多，容器是否损坏和绝缘是否降低。

(2)如果由硅整流器供电的直流系统的电压降低，应首先检查所用电交流电压是否降低。若降低，应使用调压器进行调整；然后检查硅整流元件是否损坏，硅整流器的交流电源熔体是否熔断。

(3)如果运行中的直流系统的直流电源突然消失，应首先检查熔体是否熔断。若熔断，应换上新熔体；若换上熔体又熔断，则应检查有无短路故障。如果查不出短路故障，则应请上级派人处理，但此时应加强对仪表的监视。若发生一次系统短路故障，可手动拉开断路器。

(4)如果运行中控制电源的硅整流器发生故障，导致直流电压降低，则应立即切断硅整流器的交流电源，此时控制电源应来自合闸硅整流器。若合闸硅整流器发生故障，则应使其退出运行，并向上级汇报，由上级派人进行检修。

www.plcworld.cn

418. 变电所直流系统发生接地故障怎么办？

如果变电所的直流回路发生接地故障，首先应检查是哪一极接地，并分析接地的性质，判断接地的原因。一般可按以下步骤进行处理：首先，停止直流回路上的一切作业，并对直流回路进行详细检查。检查时，应避开用电高峰，根据气候、现场工作的实际情况（包括倒闸操作情况）进行回路的分、合试验。分、合的顺序如下：

应急照明、信号回路、充电回路、室外合闸回路、室内合闸回路载波备用电源、6～10 千伏控制回路、35 千伏以上的主要控制回路、直流母线、蓄电池。以上顺序可根据具体情况灵活掌握。分、合时，如果涉及调度员管辖范围内的设备，应先取得调度员的同意。进行找出接地回路后，应分别分、合该回路的熔断器或拆线进行检查，逐渐缩小范围。

有条件时，可将直流系统分成两部分各自单独运行。寻找接地故障时，应尽量使设备不脱离保护。为了保证人身和设备的安全，应由两人查找，一人寻找，另一人监护和观看信号。如果是 220 伏直流电源，则用试电笔最易判断接地故障是否消除。无论是哪一极接地，取下运行设备的直流熔断器时，应先取正极熔断器，后取负极熔断器，恢复时则相反，以免由于寄生回路的影响而造成熔断器误动作。

419. 怎样配制电解液？

配制电解液，应采取安全措施按下述步骤进行：

（1）所用器具应为耐酸材料（玻璃、塑料、铅、陶瓷等）制成。

（2）工作前应穿戴好防护用具（橡胶手套、橡胶围裙、橡胶靴、护目镜等）。

（3）按所需的电解液，根据混合比计算出蒸馏水和硫酸的

www.plcworld.cn

数量。

(4)量取蒸馏水，注入配制电解液用的耐酸容器中。

(5)量取硫酸，将其缓慢地注入已灌蒸馏水的容器中，边注入边搅拌，使硫酸与蒸馏水混合均匀。必须注意，只许将硫酸注入蒸馏水中，绝对禁止将蒸馏水注入硫酸中。否则，会造成硫酸飞溅烧伤人员和附近的设备。

(6)配制后的电解液，若温度过高，应静置冷却，待温度降到室温才可使用。

(7)按不同温度的修正值调整电解液的比重。

420. 怎样往新电池中注入电解液和更换旧电池的电解液?

往新电池中注入电解液以前，首先应清扫电池，并擦去其中的油污，然后通过玻璃漏斗或瓷漏斗注入电解液。注入电解液后 2 小时，应进行一次电压测量。如果测不出电压，则经过 8～10 小时再测量一次；如果仍测不出电压或电压很低，则说明电池是坏的，应调换电池和电解液。此外，在注入电解液后 2 小时，还需测量液面高度(液面必须高于极板 10～15 厘米)。为防止空气中的二氧化碳与电解液接触，在电解液中应加入少量煤油或凡士林，使其漂浮在液面，以隔绝空气。

更换旧电池中的电解液时，首先应准备好新电解液，并在换液前用 8 小时放电率放电至 1 伏，然后用力摇晃并倒出全部电解液。注入电解液以前，应使用蒸馏水将蓄电池槽洗涤干净，然后立即注入新电解液。注入电解液后 2 小时，应测量其比重(比重应比规定值高 0.020～0.030)。如果电解液的比重合格，则及时用 2 倍于正常充电率的电流进行充电。当接近充电终期时，则用正常充电率的电流进行充电。

www.plcworld.cn

421. 铅酸蓄电池过充电或欠充电有何危害？怎样判断过充电或欠充电？

铅酸蓄电池过充电，会造成极板过早损坏，欠充电会使负极板硫化而缩短蓄电池的使用寿命和降低其容量。由于蓄电池平时是小电流放电，电压不会明显降低，但可能影响保护装置和自动投入装置或重合闸装置动作的成功率，对事故处理和倒闸操作十分不利，从而影响设备的安全运行，甚至发生人身事故。判断铅酸蓄电池过充电和欠充电的方法有两种：

(1)根据现象判断　过充电的现象是：正、负极板的颜色较鲜艳，蓄电池室内的酸味较浓，蓄电池内的气泡较多，正极板有大量脱落物；欠充电的现象是：正、负极板的颜色不鲜明，蓄电池室内的酸味较淡，蓄电池内的气泡很少，电压低于 2.1 伏，负极板有大量脱落物。

(2)测量蓄电池两极板间的电压或电解液比重　铅酸蓄电池电解液的比重(d)与蓄电池开路时端电压(E)的关系为

$$E=0.85+d$$

式中 0.85 为蓄电池的电势常数。由此可见，蓄电池两极间电势的高低与极板大小无关。无论多大容量的铅酸蓄电池，在正常充好电之后，电解液的比重将恢复到 1.125 左右，此时其电动势应为 2.05～2.10 伏(电动势大小与电解液温度也有关系，但在 5～25℃内影响很小)。

422. 怎样防止铅酸蓄电池爆炸？

在铅酸蓄电池的充放电过程中，通常水被分解产生大量氢、氧气体。如果这些气体不能及时逸出，一旦遇到火花就会造成蓄电池爆炸。防止铅酸蓄电池爆炸有以下措施：

(1)加液口盖子上的通气小孔应经常保持畅通，以便氢、氧气体能够逸出。

www.plcworld.cn

(2)蓄电池内部的连接和极板接线应牢固,以免松动而产生火花。

(3)禁止蓄电池上出现火种。

(4)使用高率放电叉检查电池时,应先打开加液口的盖子。

423. 蓄电池极板硫化后会出现哪些现象? 怎样防止极板硫化?

蓄电池极板硫化后,在蓄电池的充电过程中和使用中都会出现异常现象。

(1)充电中的异常现象　充电开始,电压升高很快,在很短时间内就产生少量气泡;在放电过程中电压降低很快;充电过程中电解液的比重增加不多,而温度则升高很快;充电终了温度很高,而电压反而降低,电解液低于正常值,蓄电池容量显著降低。

(2)使用中的异常现象　刚充足电的蓄电池,接上负载后,放电电流并不大,但很快就放电完了;充足电的蓄电池,搁置很短时间就无电。

防止蓄电池极板硫化的措施一般有以下几项:

(1)保持电解液液面一定高度,不使极板裸露。

(2)禁止长期搁置半放电状态的蓄电池;使用蓄电池有季节性的地区,在不用或少用蓄电池的季节,应将蓄电池充足电,使蓄电池经常保持充足电状态。

(3)禁止将蓄电池置于室外,避免蓄电池长期充电不足。

(4)暂时不用的蓄电池,应按规定正确贮存。

(5)电解液比重必须符合要求,不得过高或过低。

www.plcworld.cn

424. 怎样防止极板弯曲和断裂？已弯曲变形或断裂的极板如何处理？

为了防止极板弯曲和断裂，一般可采取以下措施：

(1)将定期充放电或定期浮充电方式运行的蓄电池，改为连续浮充电方式运行。

(2)防止蓄电池充放电电流过大，在蓄电池放电后立即进行充电。

(3)防止蓄电池过量充放电，保持适当的浮充电电流。

(4)充放电时，若发现电解液的温度过高(超过规定范围)，应立即采取降温措施，以改善蓄电池的运行条件。

如果发现极板弯曲变形或断裂，可分别进行处理：

(1)若极板断裂，可加插隔棍或隔板，以防止发生短路；若极板弯曲，应检查电解液中是否含有有害酸类物质或有害金属，必要时用清洁的水漂洗极板，更换电解液；化成式或半化成式极板，可在充电后从容器中将其取出，用同面积的木板将它压平(加适当压力)。

(2)若极板严重弯曲，已无法压平修复，则必须换上新极板。更换时不可部分更换，新旧程度不宜相差太多，应使电化反应尽量一致。

(3)如果极极的背架和边框有裂口，应立即取下补焊，以防止裂口继续扩大而造成极群崩裂垮架。

425. 怎样保持蓄电池正常运行？

为了保持蓄电池正常运行，应注意以下几点：

(1)接于直流母线上的每个电池应保持 2.15 伏电压(最大变动范围为 2.1～2.2 伏)。

(2)蓄电池电压切换器(运行中不得乱滑动)的放电滑杆正常运行时，应使直流母线电压保持 225～230 伏。如果发现

www.plcworld.cn

母线电压超出这一范围，应随时调节浮充电机电流，使母线电压保持正常值。

(3)在正常运行时，辅助电池与基本电池一样，应处于满充电状态。为减弱辅助电池的硫化作用，必须接入其固定负载电阻R。当浮充电机发生故障，基本电池不能满足母线电压的要求时，应把电压切换器的放电滑杆移到尾端，将辅助电池接入供电。

(4)蓄电池在正常浮充电运行中，当温度为15℃时，其电解液的比重一般应保持1.20～1.21。在实际运行中，电解液的比重随温度高低而变化。测试电解液比重时，应按不同温度根据下式进行换算：

$$P_{15}=P_t+0.0007(T-15)$$

式中 P_{15}为换算到15℃时的比重；

P_t为实测比重；

T为实测时的温度，℃。

(5)蓄电池的极板应经常浸于电解液中，其液面应高于极板10～20毫米，否则，应补加蒸馏水。如果发现电解液的比重过小，则可补加比重为1.18～1.40的硫酸溶液。

426. 怎样倒换消弧线圈的分头？

在中性点经消弧线圈接地的系统中，如果将某一回路(送电线路或电源元件)投入或退出运行，则需要倒换消弧线圈的分头，以补偿系统电容电流的变化。值班人员在倒换消弧线圈的分头或消弧线圈停送电时，应遵循以下原则：

(1)倒换分头前，应拉开消弧线圈的隔离开关(图5-5中的G_1、G_2)，使消弧线圈停电，以保证人身安全。必须指出，虽然消弧线圈接于变压器(或发电机)的中性点上，但在正常运行时，中性点电压不一定是零，所以应认为运行中的消弧线圈

www.plcworld.cn

是带电的。这是由于电力系统三相不完全对称，因而变压器的中性点在正常运行时也会出现对地电压。

(2)分头倒换完毕，应通过测量，确认消弧线圈导通良好，才可合上隔离开关(如合上G_1)，使其投入运行。

(3)采用过补偿方式运行时，在线路送电前应先倒换分头位置，以增加电感电流，使其适合线路电流增加后的过补偿度，然后再送电，停电时则相反。

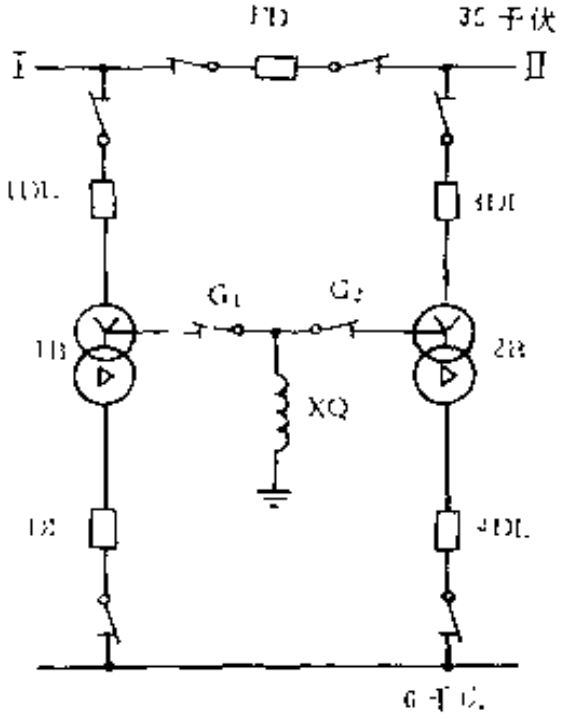


图 5-5　35千伏系统消弧线圈接线图

(4)采用欠补偿方式运行时，先将线路送电，再提高分头位置，停电时则相反。

(5)当系统发生接地或中性点位移电压较大时，禁止用隔离开关投入和切除消弧线圈。

(6)如果需要将消弧线圈由一台变压器的中性点倒到另一台变压器的中性点上，则应先拉后合，不得将消弧线圈同时接在两台变压器的中性点上。这是因为，两台变压器的各项参数并不完全相同，如果通过消弧线圈的隔离开关并列两台变压器，可能形成环流。

(7)如果运行中的变压器与它所带的消弧线圈一起停电，最好先拉开消弧线圈的隔离开关，再停用变压器，送电时则相反。这样，就可防止断路器三相不同期分闸而造成虚假接地。

www.plcworld.cn

427. 消弧线圈出现故障怎么办？

消弧线圈一般有以下几种常见故障，可分别予以处理：

(1)线圈的声音不正常、套管破裂、严重漏油和温度显著上升等。出现这些现象，应立即报告领导，并停用消弧线圈。

(2)系统发生单相接地。此时上层油温最高不得超过规定值，且带负荷电流运行的时间不得超过铭牌规定时间。否则，应停用消弧线圈。停用时，禁止拉开消弧线圈的隔离开关。

(3)消弧线圈冒出烟火，且其电流摆动。此时应立即停用该消弧线圈。停用时，先将消弧线圈一侧的变压器的断路器拉开，再用隔离开关切断该消弧线圈，然后合上断路器。此后按电气设备消防规程的有关规定迅速灭火。

428. 怎样选择二次回路配线用的导线或电缆？

二次回路配线用的导线或电缆，一般应按以下原则选择：

(1)二次回路配线用的绝缘导线或控制电缆，其工作电压不应低于 500 伏。

(2)测量、控制、保护回路除断路器电磁合闸线圈外，应采用铜芯绝缘导线或铜芯控制电缆。在其他情况下，当所有室内设备、仪表和端子上装有专用于连接铝芯的接头时，可采用铝芯绝缘导线或铝芯电缆。

(3)按机械强度要求，所采用的电缆芯线或绝缘导线，其最小截面为：连接强电端子的铜线不应小于 1.5 毫米^2，铝线不应小于 2.5 毫米^2；连接弱电端子、远动装置使用的铜芯电缆直径不应小于 0.5 毫米。

此外，电缆芯线或绝缘导线的截面还应满足以下要求：

①电流回路　电流测量回路应保证仪表读数在规定的准确度范围以内；保护回路应保证电流互感器的误差在 10%以内；②电压回路　由电压互感器到计费用电度表的电压损失

www.plcworld.cn

不应超过0.5%额定电压；在正常负荷下，电压互感器到测量仪表的电压损失不应超过额定电压的1～3%；当全部保护装置和仪表工作时(即电压互感器负荷最大)，电压互感器到保护和自动装置屏的电压损失不应超过额定电压的3%；③控制回路　在正常最大负荷时，控制母线至各设备的电压损失，不应超过额定电压的10%。

(4)在可能受到油浸蚀的地点，应采用耐油的绝缘导线和电缆。

429. 怎样掌握操作二次回路的一般原则？

操作二次回路，除必须遵守《电业安全工作规程》外，还必须遵循以下原则：

(1)至少有两人进行工作，并且必须明确工作目的和工作方法。

(2)必须根据符合现场实际情况的图纸进行操作。

(3)在运行设备上工作时，只有在非停用保护装置不可时(例如工作时可能引起保护误动)才允许停用保护装置(应得到调度部门的同意)，且停用时间应尽量短。雷雨天或恶劣天气(如大风)，不得将保护装置退出。

(4)如果进行整组试验，应事先查明是否与运行断路器有关。若一组保护装置保护多台断路器，应先切除掉其他设备的压板才可进行试验。

(5)如果要停用电源设备(如电压互感器或部分电压回路的熔断器等)，必须考虑停用后的影响，以防止停用后造成保护(如低电压保护)装置误动或拒动。

(6)拉开直流回路的熔断器时，应正、负极同时拉开，或先拉开电源正极，后拉开电源负极；恢复时顺序相反。

(7)测量二次回路的电压时，必须使用高内阻电压表(如

www.plcworld.cn

万用表等)，禁止使用灯泡代替仪表。

(8)如果在运行中的电源回路上测量电流，须事先检查电流表及其引接线是否良好，并且应防止电流回路开路而发生人身和设备事故。通常，应通过试验端子测量电流，测量仪表应使用螺钉连接(不许缠绕连接)，而且应站在绝缘垫上进行测量。

(9)工作中使用的工具大小要合适，并且工具上的金属部分应尽量少外露，以免发生短路。

(10)如果可停电进行作业，应事先检查电源是否断开，确认无电才可进行工作。在某些未切除电源的回路(如信号回路、电压回路等)上工作时，有可能触及的部分必须予以绝缘或隔离。

(11)如果工作中需要拧动螺钉、拆动二次线或压板等，应先核对图纸，并作好记录或在设备上做出明显标记(如套塑料管或夹子等)，工作结束时应予以恢复，并进行全面检查。

(12)需要拆盖检查继电器内部时，不许随意调整继电器的机械部分。如果需要调整某一部位，则在调整后应进行电气特性试验。

(13)对二次回路的操作结束后，应将操作情况详细记录在继电保护记录簿上。

430. 怎样查找二次回路的故障?

为了准确、迅速地消除二次回路故障，首先应查明故障现象和信号、光字牌的显示情况，然后分析故障原因，最后确定处理的步骤和方法。如果某设备运行中发生故障，应尽量保持现状，先进行外观检查。若保护装置拒动，尽量不要立即用开关去操作跳闸(需要紧急处理事故除外)，而应先检查继电器状态，再模拟事故进行分析、处理。否则，很可能无意中消除了

www.plcworld.cn

故障，但却找不出故障原因。

确定检查故障项目的顺序时，应先检查容易发生故障的项目，以缩短检查时间。

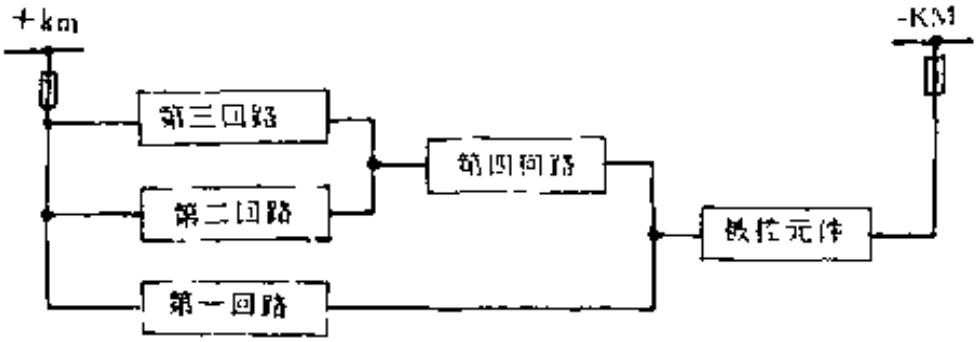


图 5-6　二次回路故障缩小范围法查找示意图

如果按上述办法进行检查，未发现故障，则应采用“缩小范围法”进行查找，即把故障范围逐渐缩小进行检查，最后找出故障点。图 5-6 为缩小范围法示意图。若发现第一回路动作，被控元件不动作，则此时可使第二回路工作，若被控元件动作了，则故障可能在第一回路；若被控元件仍不动作，可使第三回路工作，此时若被控元件动作，则故障可能在第二回路；若被控元件还不动作，则可能是被控元件本身存在故障。例如，某一断路器跳闸后重合闸未动，若断路器手动操作良好，则故障可能在重合闸部分；若断路器手动操作不好，则故障可能在合闸执行部分。

431. 在变、配电所设备上怎样刷写标志？

为了防止误操作、误攀登、误触带电设备，便于运行管理和维护检修，在变、配电所的电气设备上应刷写以下标志：

(1)受电线路和室外母线应有相位牌，多于两回线路时，还应标明线路名称(白底红字)。

(2)配电线出口应注明线路名称(白底红字)，并在穿墙套

www.plcworld.cn

管出口头上刷相位漆(A 黄、B 绿、C 红)。

(3)母线室的母线和引下线、引入线和配出线均应刷相位漆。

(4)断路器和刀闸应有名称、操作编号(白底红字)。

(5)油面计上应有白色油位标志。

(6)操作机构的位置指示器上应有"分"(白底绿字)、"合"(白底红字)字样。

(7)变压器在两台以上时,其外壳上应有编号(白底红字)。

(8)油标上应有指示油位的标志。

(9)散热器从铭牌开始应按顺时针方向编顺序号(白底红字),风扇也同时编号,并注明内外或上下。

(10)直流电源正极标红色,负极标蓝色。

(11)两支以上避雷针应有编号(白底红字)。

(12)设备围栏外侧、室内高压开关柜后门上均应装固定的"止步,高压危险!"标示牌(白底红边黑字)。

(13)开关柜和配电盘正面操作把手上应有名称标号。

(14)电流表应有允许最大值监视线(用红漆画在表盘玻璃上),如果有三块电流表,还应标明相位(A、B、C)。

(15)母线电压表上应有允许最大和最小值标志(用红漆画在表盘玻璃上)。

(16)监视接地的电压表应有 A、B、C 相位标志。

(17)继电器应有名称、相位标志。

(18)断路器靠近出口通道一边应装固定围栏(刷灰色),并悬挂"止步,高压危险!"标示牌。

(19)临时装设接地线的地点应刷接地符号。

www.plcworld.cn

六、高低压电器

432. 高压断路器有何用途？怎样分类？

高压断路器是电力系统中最重要的开关设备之一，它具有以下两种作用：

(1)控制作用　根据电力系统运行的需要，将部分或全部电气设备，以及部分或全部线路投入或退出运行。

(2)保护作用　当电力系统某一部分发生故障时，将该故障部分从系统中迅速切除，防止事故扩大，保护系统中各类电气设备不受损坏，保证系统安全运行。

根据不同灭弧介质和工作原理，断路器可分为以下几种主要类型：

(1)油断路器　利用变压器油作为灭弧介质，分多油和少油两种类型。

(2)SF_6断路器　采用惰性气体六氟化硫来灭弧，并利用它所具有的很高的绝缘性能来增强触头间的绝缘。

(3)真空断路器　触头密封在高真空度的灭弧室内，利用真空的高绝缘性能来灭弧。

(4)空气断路器　利用高速流动的压缩空气来灭弧。

(5)固体产气断路器　利用固体产气物质在电弧高温作用下分解出来的气体来灭弧。

(6)磁吹断路器　断路时，利用本身流过的大电流产生的电磁力将电弧迅速拉长而吸入磁性灭弧室内冷却熄灭。

www.plcworld.cn

433. 怎样选择高压断路器及其合闸回路中的保护熔断器?

选择高压断路器,主要应考虑以下几个方面:

(1)根据安装场所确定采用室内式还是室外式断路器。

(2)根据所控制的负荷性质,确定采用哪种灭弧方式。通常,对于需要频繁操作的负荷(如电炉变压器、高压电容器组等),应选用多油式、真空式或磁吹式断路器,而对于非频繁操作的负荷,可选用少油式断路器。

(3)断路器的额定电压应与供电系统的电压相符,而额定电流则应略大于负荷的最大长期工作电流。

(4)断路器的额定开断电流,应大于工作地点的最大短路故障电流。如果不能满足这一要求,则可采用电抗器来限制短路电流或采用断流容量大一级的断路器。

(5)根据保护要求、负荷特点和是否需要遥控等条件,合理选择断路器的操作机构和不同的操作电源(直流或交流)。

在高压断路器的合闸回路中安装熔断器的目的是保护合闸线圈,防止在异常情况下线圈长时间通过大电流而被烧毁。通常,合闸回路的熔体额定电流可按合闸线圈额定电流的1/3～1/4 来选择。这是因为,断路器的合闸时间一般不会超过0.6秒,而在 1 秒钟内熔体的过载能力不小于 3 倍本身的额定电流。因此,正常合闸时,瞬时合闸电流不会使熔体熔断,而在合闸回路中出现故障时,则熔体可迅速熔断,从而起到保护作用。

434. 在高压断路器合闸送电前怎样进行检查?

在高压断路器合闸送电前,应认真检查以下各项:

(1)如果断路器是在检修后合闸送电,则在送电前应收回发出的所有工作票 ,拆除临时接地线,并对断路器进行全面

www.plcworld.cn

检查。

(2)检查断路器两侧隔离开关均处于断开位置。

(3)使用 1000～2500 伏兆欧表测量断路器的绝缘电阻符合规定值。

(4)检查断路器的三相均处于断开位置,断路器的油位、油色均正常,且无渗、漏油现象。

(5)检查分、合机械指示器处于"分"的位置。

(6)通过检查,确认操作机构清洁、完整,手动跳闸脱扣机构动作灵活;对断路器进行一次拉、合闸试验,证实动作准确、灵活。

435. 怎样进行一般高压断路器的停、送电操作?

一般高压断路器的送电操作,应按以下步骤进行:

(1)根据分、合闸机械指示器的指示,确认断路器处于断开状态,且操作熔断器未装上。

(2)先合上电源侧隔离开关,后合上负荷侧隔离开关。

(3)装上合闸熔断器和操作熔断器。

(4)核对断路器编号和名称无误后,将操作手柄顺时针方向扭转 90°至"预备合闸"位置。

(5)待绿色指示灯闪光,将操作手柄顺时针方向扭转 45°至"合闸"位置。当手脱离操作手柄后,手柄便自动逆时针方向返回 45°。此时绿灯熄灭,红灯亮,断路器已合闸送电。

一般高压断路器的停电操作步骤是:

(1)核对断路器的编号和名称无误后,将操作手柄逆时针方向扭转 90°至"预分闸"位置。

(2)待红灯闪光,将操作手柄逆时针方向扭转 45°至"分闸"位置。当手脱离操作手柄后,手柄便自动顺时针方向返回 45°。此时红灯熄灭,绿灯亮,断路器已断开。

www.plcworld.cn

(3)取下合闸熔断器。

(4)根据分、合闸机械指示器的指示,确认断路器已处于断开位置。

(5)先拉开负荷侧隔离开关,再拉开电源侧隔离开关。

436. 高压断路器的分、合闸速度不符合要求怎么办?

如果高压断路器的分、合闸速度不符合要求,应分析不同原因,对断路器加以调整。

(1)如果分、合闸速度同时减慢,其原因可能是运动部件装配不当或润滑不良,以致运动过程中出现卡阻现象。此时应重新装配或注入润滑油脂。

(2)如果合闸速度减慢或加快,应检查和调整分闸弹簧、触头压缩弹簧、合闸缓冲弹簧等。此外,合闸电压(或液压、气压及液、气流量)对合闸速度也有影响。在实际检修中,应区别情况,找出原因,进行调整。

(3)如果分闸速度减慢或加快,也应检查和调整分闸弹簧、触头压缩弹簧、合闸缓冲弹簧等。

437. 怎样防止高压断路器发生短路崩烧事故?

短路崩烧事故是高压断路器运行中的严重事故之一。这种事故不仅造成供电中断,而且还可能导致火灾和威胁人身安全。因此,应尽量设法避免。根据运行经验,在断路器的安装、使用、维护和检修过程中,如果能做到以下几点,就可避免短路崩烧事故:

(1)严格按线路的负荷电流选择断路器,保证断路器有足够的断流容量。

(2)安装时使各部位接触紧密,拧紧全部螺栓,防止导体松动。

(3)在导电杆的出、入口加装绝缘套管,以防止小动物进

www.plcworld.cn

入而造成短路。

(4)经常检查少油断路器拉杆的轴销，防止轴销断裂或掉出而使拉杆触碰带电部分。

(5)经常检查灭弧室的情况。如灭弧片排列是否整齐，排列顺序是否正确；灭弧片和绝缘零件是否烧损，绝缘零件是否受潮；绝缘筒和灭弧片表面有无炭化或剥裂现象等。一旦发现上述缺陷，应及时消除，以防止留下隐患。

(6)雨雪天加强巡视，防止各绝缘部位受潮或进水而降低绝缘强度。

(7)经常监视油箱内的油位，一旦发现渗、漏油现象，应及时予以消除。

(8)定期对绝缘油进行耐压试验，防止因油质劣化或进水而影响油的绝缘性能。

(9)经常检查少油断路器支持瓷瓶的运行情况；注意多油断路器导电杆的出、入口绝缘是否良好，防止发生多相接地。

(10)检修时严格执行操作规程，提高检修质量，防止发生差错而留下隐患。

(11)检修多油断路器时，随时掌握工具、物品的去向，防止杂物掉入油箱。

(12)检修工作结束后，全面进行检查、测试，防止未拆接地线或短路线就合闸送电。

438. 高压断路器合闸后，合闸接触器的触头打不开怎么办？

如果高压断路器的合闸接触器的触头打不开，将导致合闸线圈较长时间通过大电流而烧毁。因此，一旦发现合闸接触器的触头打不开(合闸熔断器未起保护作用)，就应立即断开合闸电源，然后进行以下检查：

www.plcworld.cn

(1)合闸电磁铁控制回路的触头有无粘连或操作失灵。

(2)有关的闭锁触头是否失灵。

(3)合闸电磁铁上的主触头是否粘连。

(4)合闸线圈是否烧毁。

查明原因后,可采取相应措施予以处理。

439. 运行中的断路器的红灯或绿灯不亮怎么办?

断路器的红灯或绿灯除表示断路器的合、断位置之外,还表示合闸回路或跳闸回路完好。因此,如果发现运行中的断路器的红灯或绿灯不亮,应立即查明原因并进行处理。否则,会影响值班人员对断路器的监视,以致发生故障时无法进行判断。此外,合闸回路或跳闸回路存在故障,还会影响重合闸或发生故障时不能跳闸,从而造成事故扩大。

断路器的红灯或绿灯不亮,通常是下列原因引起的:

(1)灯泡损坏。

(2)灯泡回路接触不良,附加电阻损坏。

(3)断路器的辅助触点接触不良,跳、合闸线圈断线。

(4)控制母线的熔体熔断。

进行检查时,应先检查灯泡和附加电阻回路,再检查跳、合闸线圈和辅助触点回路。检查工作应由两人进行,并应严格遵守《电业安全工作规程》,同时要严防直流接地或短路。

440. 高压断路器发生哪些故障时禁止将其分闸?怎样处理?

运行中的高压断路器一旦发生下列故障之一,禁止将其断开,以免发生爆炸事故:

(1)油断路器无油或严重缺油。

(2)SN_1、SN_2 等型少油断路器两相绝缘拉杆断裂。

(3)断路器消弧室破裂或触点熔化。

www.plcworld.cn

(4)采用液压操作机构的断路器，当液压降低到零时(指未采取防止慢分闸措施的液压系统)。

值班人员如果发现上述现象，应认为断路器已不能安全分闸，必须立即取下该断路器的操作熔断器。这样，远方就不可能断开断路器，即使该断路器所带的设备发生故障，保护装置动作也不会使其分闸。同时，值班人员应在机械跳闸装置上或操作箱上悬挂“禁止操作”的标示牌。对于未采取防慢分闸措施的液压机构，还应采取防止断路器慢分闸的措施。值班人员进行这些紧急处理后，应立即汇报值长，以便迅速查明原因和进行检修。

441. 断路器的主回路电阻过大怎么办？

断路器的主回路电阻，是指断路器通过正常工作电流时，回路的总电阻，它包括上、下出线座、静触座、静触头、导电杆、中间触头等导电元件本身的电阻，以及各接触部分的接触电阻。如果断路器的主回路电阻超过了规定值，就会导致发热加剧，加速周围绝缘材料的老化，降低其绝缘性能和电寿命，同时还会导致导体的氧化加速，进一步使主回路电阻增高，形成恶性循环。因此，一旦发现断路器主回路的电阻过大，应立即采取以下措施：

(1)检查各接触面的接触是否良好。对于固定接触，应检查接触面是否平整、清洁，有无氧化层，并检查各紧固螺栓是否拧紧；对于可动接触，应检查接触压力是否符合要求，压紧弹簧片或弹簧是否变形损坏，接触面的镀层是否脱落或磨损。

(2)检查接触面是否腐蚀或烧损，有无尖角或凹凸不平现象。

(3)检查动触头端子是否松动。如果松动，将使接触电阻剧增。根据检查结果，首先确定引起电阻超差的主要原因和具

www.plcworld.cn

体对象，然后进行修整，排除故障，必要时更换弹簧、触头等元件，直至测得整台断路器主回路电阻值合格为止。

442. 怎样判断断路器灭弧罩的灭弧性能是否良好？灭弧室受潮怎么办？

灭弧罩的灭弧性能是否良好，可根据下述现象来判断：

(1)如果灭弧性能良好，则从电弧开始燃烧到熄灭，只不过 0.01～0.02 秒。此时电弧喷出灭弧罩的范围很小，并且常伴随清脆有力的灭弧声。

(2)如果灭弧罩存在故障，则电弧喷出灭弧罩的范围较大，或者发出沉闷的啪啪声，并且常伴随触头烧毛或灭弧罩烧焦等现象。

如果断路器的灭弧室受潮，应按下述方法进行干燥处理：

(1)灭弧室用铁板卡紧，以防变形。

(2)将灭弧室置于烘箱或干燥室内，干燥温度控制在 70～80℃之间，升温速度一般每小时约 10℃，降温时采用自然冷却方式降至常温即可。

(3)干燥后的灭弧室应妥善保存，以防止再次受潮。

若换用长期存放的灭弧室，也应按上述方法处理。

443. 高压断路器的操作机构怎样分类？各有何特点？

按照操作机构使用能源的不同，其分类和特点如下：

(1)手动操作机构　人工操动操作杆，使操作机构完成分、合闸操作。这种机构只能就地操作，不能实现远动和自动重合，合闸速度慢，只宜用于小容量开关(如负荷开关和 6～10 千伏线路开关)。

(2)重锤操作机构　利用人力或电动机将重锤提升到一定高度，借助重锤落下时的动能使操作机构动作。

(3)电磁操作机构　利用电流通过电磁线圈产生对铁芯

www.plcworld.cn

的吸力，使操作机构完成分、合闸操作。这种操作机构结构简单，可以实现集中控制和自动重合。但力能较小，多用于35千伏及以下断路器。

(4)弹簧操作机构　利用人力或电动机拉伸或压缩强力弹簧，使弹簧储能，借助弹簧释放的能量，驱动操作机构动作。弹簧储能只需要1.5千瓦电动机，合、分闸电磁铁消耗的电能很小，并且合、分闸速度较快，常用于110千伏及以下断路器。

(5)气动操作机构　利用压缩空气推动气缸的活塞，进而带动操作机构动作。

(6)液压操作机构　利用高压油推动工作缸的活塞，带动操作机构动作。

气动和液压操作机构动作准确可靠，多用于110千伏以上超高压断路器，而液压机构则是今后发展的方向。究竟为断路器选择哪种操作机构，应根据具体需要、设备要求和现有条件来确定。

444. 高压开关的操作机构在电压偏低时不能合、分闸怎么办?

如果发现高压开关的操作机构在电压偏低时不能合、分闸，可分别查找不能合闸和分闸的原因，并采取相应措施予以处理。

(1)在电压偏低时不能合闸的原因是：①辅助开关切换太早。此时应调整辅助开关的连杆长度，使之在开关主触头接触后才切换；②合闸电压偏低。通常，电磁操作机构的合闸线圈电流都较大(一般为100甚至几百安)，如果合闸回路导线的线径太小，或电源容量不足，则在合闸过程中压降非常大，加到合闸线圈端钮上的电压可能达不到最低操作电压值，因此合不上闸。解决这一问题的办法是加大电源电容量或增大回

www.plcworld.cn

路导线的截面，以降低线路压降；③各传动部分不灵活，运动摩擦阻力大。此时应检查各传动部分，并加润滑剂，使传动部分运动灵活，以保证在低电压下顺利合闸。

(2)在电压偏低时不能分闸的原因是：①定位止钉位置太低。此时应调高止钉位置；②脱扣器松动。通常拧紧脱扣器即可；③脱扣器铁芯运动不灵活。应调换脱扣器方向，调到灵活无卡住现象；④分闸电压偏低。操作时如果加于分闸线圈端钮上的电压不足65%，则应调整到65%以上；⑤各传动部分不灵活。与上述不能合闸的第③项原因的处理办法相同。

445. 高压断路器操作机构的分、合闸线圈烧毁怎么办？

如果发现高压断路器操作机构的分、合闸线圈烧毁，首先应查明原因并排除故障，然后更换线圈。线圈烧毁的原因和排除故障的办法如下：

(1)由于电压过高，或者线圈绝缘老化或受潮而降低耐压强度，导致内部绝缘击穿，从而烧毁线圈。此时应降低电源电压。

(2)由于辅助开关的触头未断开，线圈长期通电而烧毁。此时应调整辅助开关，使之准确无误地切换。

(3)由于铁芯卡死，也造成线圈长期通电烧毁。此时应消除卡死现象，使铁芯运动灵活。

446. 断路器气动操作机构的气压不足或液压操作机构的液压降到零怎么办？

如果运行中的断路器气动操作机构的气压不足，应采取以下措施：

(1)迅速投入备用空气压缩机，并检查供气系统的气压是否合格。如果气压过低，应进行充压。

(2)使有故障的压缩空气系统停止运行，检查气压不足是

www.plcworld.cn

由于储气罐密封不良还是自起动充压系统电路发生故障。

(3)排除故障后，进行充压至合格，将修复的供气系统作为备用系统。

(4)处理故障的情况应记入值班日志备查。

如果运行中的断路器液压操作机构的液压降到零，则机构闭锁，既不进行分、合闸，也不自动打压。此时应首先用卡板将断路器卡在合闸位置上，再查找原因。当查明原因，排除故障后，便短接零压微动开关常闭接点和电动接点及压力表所控制的继电器常闭接点(泵电动机回路中的接点)，此时可重新启动泵，打压完成后，先进行一次合闸操作(此时断路器已卡在合闸位置上)，再打开卡板，进行正常操作。

如果不卡住断路器就打压，则可能造成断路器慢分闸，触头产生电弧不易熄灭，有可能导致断路器爆炸。

447. 怎样维护高压断路器的电磁操作机构？

高压断路器电磁操作机构的维护，主要是定期检查以下各项，并根据检查结果作相应处理：

(1)操作机构各传动部分的轴销是否锈蚀，运动是否灵活。如果轴销锈蚀，应予以更换；如果运动不灵活，则应进行调整。

(2)在操作机构的传动部分上定期加润滑油，并对注油孔也定期加油。

(3)各紧固件是否松动。如果松动，应予以紧固。

(4)各开口销是否切断。如果切断，应予以更换。

(5)辅助触头接触是否良好，切换是否正确无误。如果接触不良或切换不正确，应进行清理和调整。

(6)分、合闸线圈的绝缘是否受潮。如果受潮，应予以烘干或重新进行绝缘处理。

www.plcworld.cn

(7)定位止钉位置有无变化。若有变化,应进行调整。

(8)每次检修完毕,在电力操作前,应对控制线路的各个环节进行检查。操作时,先在80%额定电压下操作三次,然后在额定电压下操作五次,最后在110%额定电压下操作三次(在线圈两端测量电压值),以检验操作机构在不同电压下的动作情况。

448. 高压断路器的弹簧操作机构有何特点?怎样维护?

与电磁操作机构相比,弹簧操作机构的最大特点是可以实行交流操作,不需要庞大的直流电源设备,既节省了开支,又给用户提供了方便。因此,弹簧操作机构在国内外都得到广泛应用。对弹簧操作机构的维护,主要是经常进行以下检查和处理:

(1)紧固件是否松动。若松动,应及时拧紧。

(2)辅助开关的触头接触是否良好。若接触不良,应进行修整。

(3)二次回路接线是否正确,连接是否可靠。若接线有误或不牢固,应改正接线或紧固导线接头。

(4)辅助开关各触头间并接的电容器是否失效。若失效,应予以更换。

(5)分、合闸锁扣是否可靠。若锁扣动作失灵,应进行调整或更换。

(6)分、合闸线圈是否受潮。若受潮,应进行烘干或重新进行绝缘处理。

(7)分、合闸线圈的线头是否霉断或松脱。若霉断或松脱,应进行修整或重新接线。

(8)对有加热器的机构,应检查机构箱内的干燥程度和温度,及时接通加热器或照明灯,以控制箱内温度,保持箱内干

www.plcworld.cn

燥。

(9)机构的各运动部件应定期注入适合当地气候条件的润滑油脂。

449. 怎样使用和维护高压开关的手动操作机构?

使用和维护高压开关的手动操作机构,应注意以下事项:

(1)合闸操作迅速,手动分闸时手柄从上到下要连续运动。

(2)运行人员应清楚了解高压断路器、手柄、掉牌的相互关系,切勿认为只要手柄在上面就是合闸状态。

(3)检查各部件是否完整和有无变形。如果破损或残缺,应及时修理或更换。

(4)检查辅助触头是否损伤,对凹凸不平和有烧伤痕迹的触头应予以修整,修复后应重新进行调整。

(5)拧紧各部位松动的螺栓,并往机构的传动部位添加润滑油。

(6)将手柄自上而下转动 10°,检查断路器是否分断。若不分断,应将分断弹簧拧紧一些。

(7)每次检修完毕,应进行数次分、合闸试验,以检查机构动作是否迅速,有无卡涩现象。

450. 怎样正确使用油断路器?

使用油断路器,一般应遵循以下原则:

(1)油断路器的允许遮断故障次数,一般应根据断路器安装地点的母线短路容量、断路器本身性能确定(表 6-1)。如果超出表中标准,应停用重合闸装置,并向上级报告,安排检修。

www.plcworld.cn

表 6-1　油断路器允许开断故障次数

母线短路容量为断路器遮断容量的百分数	油　断　路　器	
	110、220 千伏	10、35 千伏
80%以上	3 次	3～4 次
50～80%	5 次	5～6 次
小于 50%	8 次	8～11 次

(2)在特殊情况和事故条件下，需要油断路器过负荷运行时，应报领导批准，并经常检查油断路器和各接头的温度。

(3)油断路器的油面，在周围空气温度为 20℃时应保持在油位计 1/2 处(冬季约在 1/4 处，夏季约在 3/4 处)或两条红线间；套管油面约在 1/2 处。若低于上述值，应立即补油。油断路器漏油，且油位计无油时，禁止带负荷，并停用该断路器。

(4)油断路器的液压操作机构的加热器应在 0℃投入运行，10℃停止运行。

(5)室外油断路器在气温降到 5℃时，应放水进行检查。

(6)油断路器的绝缘油一般应使用国产 45 号或 25 号变压器油，不宜使用 10 号油。

451. 怎样保持柱上油断路器正常运行?

柱上油断路器是 3～10 千伏配电线路的开关设备，除用来带负荷拉开或接通电路外，还可断开故障时的短路电流。要保持柱上油断路器正常运行，一般应满足以下要求：

(1)具有明确的拉合闸标志。

(2)各相引线绝缘良好，并有防水弯。

(3)瓷套管保持清洁、无裂纹、无破损，无渗、漏油现象。

(4)装设断路器的电杆稳固，脚钉完整无缺，断路器的支架可靠。

(5)拉合断路器时使用绝缘杆或绝缘绳，操作人员与断路

www.plcworld.cn

器带电部分保持足够的安全距离。

(6)断路器的外壳接地良好,经常开路的断路器两侧都装有避雷器。

452. 怎样分析判断油断路器在操作中发生爆炸的主要原因?

油断路器在操作中发生爆炸,主要是以下几方面的原因造成的:

(1)油断路器的断流容量不能适应系统短路容量的要求 其原因可能是:设计不合理;选择断路器时未认真校核系统短路容量;由于电网的发展,系统短路容量增大。

(2)检修工艺不良造成断路器的开断能力降低 检修工艺不良造成断路器的开断能力降低的原因很多,但主要是检修过程中未严格调整和校核断路器的分、合闸速度和燃弧距离。

(3)运行维护不当造成断路器不能开断故障电流 运行维护不当一般有以下两种情况:断路器数次切断较大的故障电流后,触头可能严重灼伤,油质因产生大量游离碳而劣化,未及时检修而影响断路器的开断性能;断路器的油位过低时未及时添加油,造成电弧分解产生的灼热气体通过油层时得不到充分冷却即与空气混合而爆炸。

(4)操作不当 所谓操作不当,主要是指手动操作时,操作人的思想不集中,操作不果断,以及不准确的多次抢送,影响断路器的关合性能。特别是手动操作机构的快速脱扣装置如果失灵,即使关合较小短路电流,也可能发生爆炸。此外,由于电动操作机构无快速脱扣装置,如果带故障手动合闸,则情况更为危险。

(5)旧断路器的断流容量未达到预定的开断容量 对老

www.plcworld.cn

单位使用的老旧断路器虽然普遍进行了增容改造，但对近区开断、并联开断和欠压开断等恶劣条件未进行试验，往往断路器并未达到预定的开断容量而未发现，结果一旦切断超过其本身容量的较大故障电流便发生爆炸。

453. 高压油断路器的触头应具备哪些性能？触头怎样分类？

高压油断路器的触头系统由主触头和中间触头组成。触头应具备以下性能：通过额定电流时温度不超过允许值；通过极限电流时，有足够的动稳定性；主触头开断短路电流和负载电流时，不产生严重的机械磨损和电气烧伤。

高压油断路器的触头一般有以下几种：

(1)主触头　用以接通或断开电路，由动触头和静触头组成。主触头可分为：①对接式触头　其结构简单，同心度要求不高，静、动触头为上、下排列，端面直接接触，接触面为平面或球面，用强力弹簧保持触头的压力；②插入式触头　其静触头由多个梯形片状触指组成，动触头为圆形钢质导杆，用弹簧或弹簧片保持触头压力；③楔入式触头　由楔形动触头和片状触指及弹簧组成，开断电流时触头的接触面往往被烧伤。

(2)中间触头　其作用是在导电杆和导电座之间过渡电流。分、合闸时，导电杆与中间触头发生相对摩擦运动而不断开。中间触头可分为：①滚动式触头。其动触头是铜棒制的导电杆，静触头是紫铜成对滚轮，接在接线座上。分、合闸时，导电杆在滚轮之间滚动，依靠弹簧压力保持导电杆与滚轮间的接触压力；②滑动式触头。与插入式触头相似，其静触头为“Z”形触指，装在接线座里面，用弹簧保持触指位置，并把触指压至导电杆。

www.plcworld.cn

454. 怎样正确操作油断路器的电动合闸机构？

如果油断路器配有电动合闸机构，操作时应注意以下几点：

(1)操作手柄必须拧到终点位置，同时应监视合闸电流表指示的起动电流值是否在合闸电流正常值范围以内。

(2)当合闸指示灯(红灯)点亮时，即可使手柄返回中间位置，此时不得使其过早返回。否则，将合不上闸。

(3)当断路器已合闸，手柄返回后，合闸电流表指针应返回零位。否则，可能因合闸接触器打不开而烧毁合闸线圈。

(4)合闸操作完毕，应认真检查机械分、合指示装置，传动连杆和支持瓷瓶等是否完好。此时断路器内部应无异常声响。

455. 运行中的油断路器自动跳闸怎么办？

如果运行中的油断路器自动跳闸，应进行以下检查和处理：

(1)首先检查油断路器保护装置的动作情况，并确认油断路器已断开。

(2)检查油断路器油色有无变化。若有喷油、冒烟现象，应停电进行检修。

(3)如果油断路器两侧母线连接处过热变色，瓷瓶或瓷套管断裂，则应立即停电处理。

(4)如果有重合闸装置的油断路器自动跳闸、重合又不良，可查明原因并予以处理后恢复送电，此时不得强行送电。

(5)无重合闸装置的油断路器自动跳闸后，若未出现异常现象，可强行送电一次。若强行送电不良，应查明原因并作处理，才可恢复送电。遮断容量不足的油断路器，禁止强行送电。

456. 高压油断路器合闸后拉力瓷瓶或弹簧断裂怎么办？

高压油断路器合闸后，如果发现拉力瓷瓶或弹簧断裂，应

www.plcworld.cn

立即停用该断路器的操作能源，并在操作手柄上悬挂"禁止拉闸"标示牌，然后按下述规定进行处理：

(1)如果是一相拉力瓷瓶断裂，可先将该线路负荷倒至备用电源供电；若无备用电源，则通知用电单位停电，然后断开事故断路器。

(2)如果是两相或三相拉力瓷瓶断裂，也将线路负荷倒至备用电源或通知用电单位停电，然后断开上级油断路器，再将事故油断路器断开进行处理。

(3)若跳闸弹簧断裂还能切断油断路器，可按上述第(1)项处理；若跳闸弹簧断裂不能断开油断路器，则按上述第(2)项处理。

457. 对油断路器怎样进行三相触头接触同期性试验？

操作油断路器时，如果三相触头不能同期接触(分离)，就有可能造成烧伤或引起触头间电弧重燃而产生操作过电压。因此，对运行中的油断路器应定期进行三相同期接触试验。一般采用灯泡法和电压表法。灯泡法是：

首先将断路器一侧的三个极并联在一起，接在单相照明电源线路的零线上，然后将断路器另一侧的三个极分别接在三只灯泡的一端，而三只灯泡的另一端则并联在一起与相线相连(图 6-1)。

试验时，缓慢地合上断路器。如果三只灯泡同时点亮，则说明三相触头同期闭合；如果未同时点亮，则说明三相触头接触不同期，此时应调整动触头的调节螺钉，直到三个灯泡同时点亮为止。

电压表法与灯泡法完全相同，只是用三个电压表来代替三只灯泡，根据电压表的读数来判断三相是否同时接触，电压表法一般应用较少。

www.plcworld.cn

458. 高压油断路器合、分闸失灵怎么办？

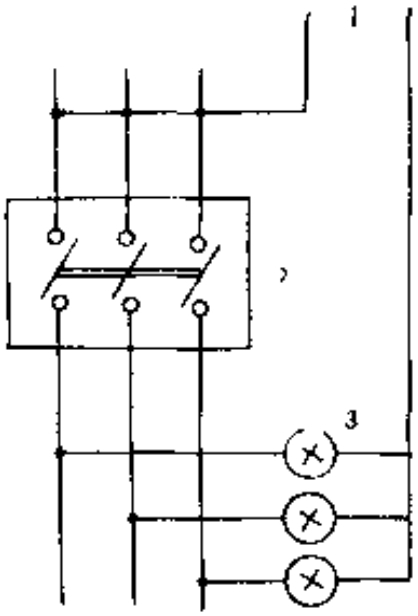


图 6-1　油断路器三相同期试验接线图

1. 电源　2. 油断路器　3. 指示灯

高压油断路器合闸失灵，通常是电气回路故障和机械部分的故障引起的，可针对故障原因采取相应措施予以处理。

（1）操作机构控制回路中的熔体熔断，无直流操作电源而不能合闸。此时查明并消除熔体熔断的原因，换上与原规格相同的熔体即可。

（2）直流操作电源的电压低于合闸线圈的额定工作电压，操作机构虽动作，但不能合闸。通常，调整直流电源电压，使之符合合闸线圈的工作电压，即可合闸送电。

（3）由于操作频繁和温度过高，合闸线圈被烧毁。此时应换上新线圈，并在以后的操作中避免频繁操作；如果需要连续多次操作，则在线圈温度超过 65 C时应暂时停止操作，待温度降到 65 C以下再操作。

（4）合闸线圈内部的铜套不圆、不光滑或铁芯有毛刺，造成操作机构卡阻而不能合闸。此时将铜套整圆、修锉光滑（或者更换铜套）或除去铁芯上的毛刺，并进行调整就可消除卡阻现象。

（5）合闸线圈内的套筒变形或安装不正，影响合闸线圈铁芯的冲击行程。此时应更换或重新安装套筒，并进行手动操作试验，观察和调整铁芯的冲击行程。

（6）合闸线圈铁芯的顶杆太短和定位螺栓松动等使铁芯

www.plcworld.cn

顶杆松动变位，造成操作机构不能合闸。此时可将滚轮轴与支持架间的间隙调整为1～1.5毫米，调整时将顶杆往下压，然后在顶杆上打冲眼、钻孔，并用两个定位螺栓固定。

(7)辅助开关触头接触不良，使操作机构不能合闸。此时应按照产品说明书的要求调整辅助开关拐臂与连杆的角度，以及拉杆与连杆的长度，使二者符合要求，同时应更换锈蚀和损坏的触头片。

(8)操作机构安装不当，使机构卡住不能复归。在这种情况下，应检查各轴和连板有无卡阻现象(如双连板的机构与其轴孔是否一致，轴销是否变形，连板轴孔有无被开口销卡堵现象等)，根据检查结果作相应处理。

高压油断路器分闸失灵，也可从电气回路和机械部分进行检查，并根据检查结果进行相应处理：

(1)无直流操作电源或电源电压太低，或者辅助触头接触不良，造成操作机构不能分闸，可按照上面合闸失灵处理办法中的第(1)项和第(7)项予以处理。

(2)分闸线圈的铁芯被剩磁吸住，操作机构不能动作。此时可将铁顶杆换为黄铜顶杆，但黄铜杆与铁芯之间须用销子紧固，以防止松脱。

(3)分闸线圈的铁芯挂在其周围的凸缘上，造成操作机构不能分闸。通常，将铁芯周围凸缘的棱角锉圆，铁芯就不会挂在凸缘上。

(4)分闸线圈烧毁或者其内部的铜套不圆、不光滑，以及铁芯有毛刺，均会造成操作机构卡阻而不能分闸。这种故障也可按照上面合闸失灵处理办法中的第(4)项予以处理。

(5)连板轴孔磨损，销孔太大，造成传动机构移位。此时应检查连板轴孔的公差与产品说明书的允许值是否相符，偏差

www.plcworld.cn

大于 300 微米时应更换连板。

(6)轴销窜出、连杆断裂或开焊，造成操作机构不能分闸。处理时首先用手推动冲击铁芯，使断路器分闸，然后检查连杆、轴销的衔接部分，根据检查结果更换或焊接连杆。

(7)定位螺栓松动、移位，使传动机构卡住，造成操作机构不能分闸。此时可将受双连板击打的螺栓调换方向或换上强度较高的 Φ8 毫米螺栓，或者加设锁紧螺母，以防止螺栓松动、移位。

459. 高压油断路器的放油阀和油位计漏油，或者油断路器严重缺油或油标内无油，怎么办？

放油阀漏油的原因和处理办法：

(1)放油阀的螺栓孔平面有残漆和表面凹凸不平。此时可用细锉刀将螺栓孔平面锉平，并将红纤维板垫片换为橡皮垫圈，使螺栓拧紧时沟槽处可靠密封。

(2)放油阀失灵造成漏油。处理时可将放油阀的尼龙堵头换为金属堵头或者更换放油阀。

油位计渗、漏油的原因和处理办法：

(1)油位计安装位置不正，其橡皮垫圈的切孔位置不合适或未压紧。此时可将油位计重新装正，更换或适当压紧橡皮垫圈。

(2)油位计破碎、玻璃管端口不平或破裂造成渗、漏油。此时更换油位计及其附件即可。

如果发现运行中的油断路器严重缺油或油标内无油，应立即进行以下处理：

(1)取下操作电源的熔断器，以防止缺油断路器自动跳闸。

(2)有条件时，将负荷通过母联断路器经旁路母线或使用

www.plcworld.cn

备用断路器转移。

(3)使缺油断路器退出运行,在采取安全措施后进行检修和添油。

460. 怎样认识油断路器的油面过高或过低的危害?

油断路器的油面高低对断路器的灭弧性能有很大影响,因此为油断路器规定了标准油位,并标出了标准线上下的正负公差带。一旦发现油断路器的油面高度超出此公差范围或低于负公差带,就应立即停电进行处理,严禁油断路器继续运行。这是因为:

油面过高,会使断路器油面上的缓冲空间减小,而在分断额定短路电流时,排入缓冲空间的气体却不因油面的增高而减少,结果必然增加缓冲空间的压力。如果此压力超过了缓冲空间容器的极限强度,就可能发生爆炸。并且,油面过高还会使吹弧时的预排气(打通油层中的吹弧道)所需的时间相应延长,亦即燃弧时间拖长,这就会引起灭弧室内的压力增高,从而可能损坏灭弧装置和造成严重的喷油事故。

油面过低,吹弧时排入缓冲室中使油层冷却的气体流通路径缩短,以致有未经充分去游离的气体排出断路器外,此气体混入空气中一旦遇到火源就会燃烧,甚至发生爆炸事故。

461. 高压油断路器运行中掉相怎么办?

如果发现高压油断路器在运行中掉相,一般可从以下几方面查找原因,并分别予以处理:

(1)多油断路器的分、合闸缓冲器的压缩行程调整不当。分闸缓冲器的作用是,防止弹簧释放能量时的巨大冲击力损坏断路器的零部件;合闸缓冲器的作用是,防止合闸时的冲击力造成合闸过深而使机构的位置偏移。如果二者的压缩行程调整不当,将使拉杆和多油断路器动触头的绝缘拉杆受冲击

www.plcworld.cn

力作用而断裂，从而导致掉相。处理时可按照产品说明书规定的标准调整分、合闸缓冲器的压缩行程，或者增大缓冲器垫圈的厚度。

(2)安装或检修少油断路器时，分、合闸缓冲器的压缩行程调整不当或缓冲不良，造成振动过大，使某相瓷瓶断裂而缺相。此时可调整拉式瓷瓶、导电杆和静触头，使三者在分、合闸时的位置均处于同一直线上。

(3)少油断路器某相导电杆上部调整触头同期性的螺钉脱扣，或者衔接部分太短，造成断路器掉相。处理时可调整上述螺钉的接触深度，使衔接部分不短于20毫米。如果不能满足这一要求，也可调整导电杆。

462. 高压油断路器运行中严重过热怎么办？

如果高压油断路器在运行中出现严重过热现象，首先应查明过热的根本原因是什么，维护方面的原因是什么，然后分别予以处理。

油断路器运行中过热的根本原因一般是断流容量偏小(选型不当)，在长期的过负荷运行中发热。此时可调整负荷，以降低负荷电流。另一种办法是重新合理选型，换上铭牌容量较大的断路器。

维护方面的原因是：

(1)触头表面氧化，动、静触头接触不良，造成触头的接触电阻增大。通常，可用细砂纸研磨触头表面，除去氧化层，以使触头接触良好。

(2)动触头插入静触头的深度太小、静触头的触指歪斜、压紧弹簧松弛和支持环裂开变形，造成动、静触头接触不紧密，也使接触电阻增大。此时应调整动触头的插入深度，更换松弛的弹簧和损坏变形的支持环。

www.plcworld.cn

(3)在少油断路器静触头的引出导电杆上误垫了铁垫圈(指载流部分),造成涡流发热。在这种情况下,只要换上铜垫圈即可。

463. 高压油断路器的导电部分接地怎么办?

如果发现高压油断路器的导电部分接地,可从以下几方面查找原因,并作相应处理:

(1)多油断路器油箱中的油除作为灭弧介质外,还可使导电部分对地绝缘。因此,如果油变质或含有水分,就会失去绝缘性能而造成油断路器导电部分接地。若属这种情况,可参照437问"怎样防止高压断路器发生短路崩烧事故?"所介绍的方法进行处理。

(2)多油断路器引出、引入导电杆的绝缘强度低,少油断路器的支持瓷瓶脏污,拉式瓷瓶的绝缘不良。消除这些现象的办法是定期进行预防试验、定期清扫或清洗瓷套或瓷瓶,并在瓷件上涂防污涂料(如有机硅油),或者采用爬电距离大的瓷套或瓷瓶。

(3)多油断路器的拉杆螺栓松动或脱落,导电触头触碰箱壁或者软铜片折断触及箱壁。此时可将拉杆螺栓和顶丝紧固,并注意分、合闸时不使软铜片受压和过于拉紧。

(4)检修作业结束后,忘记拆除地线,送电后造成断路器接地。通常,应严格按规程操作,送电前必须有专人负责检查和拆除地线,严禁出现这种事故。

464. 怎样对油断路器进行小修?

油断路器的小修,常与年度预防性试验一起安排。由于小修时间短,所以检修范围不大,以检查和处理局部的小缺陷为主,一般包括以下内容:

(1)检查并拧紧引线连接线头。若做年度预防性试验,则

www.plcworld.cn

应先拆引线连接线，试验后再接；对 35 千伏多油断路器，拆接线时应将断路器合上，连接部位的丝扣应良好，无过热现象。

(2)将各部位的瓷件擦试干净，检查瓷件表面有无裂纹和放电痕迹，胶合部位是否松动。若松动，应更换或重新胶合。此外，还应检查各部位的螺钉是否松动。

(3)检查多油断路器的充油套管是否完整，有无渗、漏油现象，油位是否清晰、正确，必要时加油或放油；检查呼吸管是否畅通，全密封套管接地是否良好，小瓷套是否破裂，充胶套管的沥青胶表面是否龟裂(夏季是否融化)，各密封部位和放油阀门是否渗、漏油。

(4)检查、清扫和润滑操作机构的可动部位；检查各部间隙大小是否适当；检查脱扣装置动作是否灵活，扣入深度是否合适。

(5)进行分、合闸试验，检查断路器有无机械卡涩现象，辅助接点切换是否良好。此外，还应检查缓冲器的缓冲效果。对于缓冲器在油箱外部的断路器，若缓冲不好(断路器分断时有弹跳现象)，应拆下缓冲器，检查活塞与筒壁的间隙是否合乎要求。

(6)检查各金属机构、拐臂、轴销是否开焊、弯曲、变形、严重磨损，销钉是否松动和有无短缺，断路器接地是否良好。

465. 大修时怎样检查高压油断路器的油箱？

大修时应对高压油断路器的油箱进行以下检查：

(1)金属油箱有无渗、漏油现象，是否变形，焊缝处有无砂眼、假焊，油箱内壁有无锈斑，衬板和衬筒是否完整和是否受潮。

(2)玻璃钢筒的丝扣是否完好，表面有无潮气。

(3)压油活塞在静触头座中动作是否灵活，弹簧是否完

www.plcworld.cn

好，弹力是否充足，逆止阀是否活动自如。

(4)放油阀是否脏污、堵塞，是否渗、漏油。

(5)油位计的油路是否畅通，油位是否清晰，指示是否正确。

(6)防爆门及其各部件是否完好，能否正确动作。

(7)分闸弹簧、合闸缓冲弹簧等是否断裂，螺距是否均匀，两端连接是否牢固。

检查中发现的缺陷，应采取相应措施予以排除；若缺陷严重，则应换上新油箱。

466. 怎样检修高压少油断路器？

检修高压少油断路器(如 SN1、SN2 型)，应按以下步骤进行：

(1)修理以前应进行详细检查，用手动或电动将操作机构操作一次，观察各部件的动作情况，以了解断路器的伤损程度。

(2)拧松引线螺钉，拆开引线(若是手车式开关柜，可事先拉出小车)，将拉式绝缘瓷瓶下部的连接销拆除，使导电杆脱离。

(3)打开油孔，将油排入小桶(也可将油箱拆下再倒油)。

(4)拧开固定导向瓷套的四个螺钉，取下导向瓷套，依次作好记号，清洗后将瓷套放在清洁的地点。

(5)若未进行上面第(3)项工作，即未打开油孔排油，则拧开固定油箱的螺钉，拆下油箱倒油，并将油箱与导向瓷套对号放置。

(6)抽出油箱内的绝缘筒，取出消弧室，拿出支持绝缘筒，然后拧开固定触头的螺钉，取下静触头。

(7)清洗接触头，检查动、静触头有无烧伤、氧化和接触不

www.plcworld.cn

良等现象。如果有接触不良部位，可用细锉锉光或锉平，不可烧焊，也不必更换。

(8)用合格的变压器油清洗各绝缘件(瓷件除外)，然后用清洁的布擦净；严禁使用汽油清洗绝缘件。

(9)除掉油标和放油孔的油垢，并用汽油清洗，然后加密封垫；用汽油擦洗油箱和各个部件，并用清洁的布擦净，然后装上触头并找正。

(10)将油缓冲器下部的四个螺钉帽从柜架上取下进行清擦，并换油(可加入混合的机油和变压器油)，然后装上螺钉帽，达到平稳地缓冲；最后检查弹簧缓冲器的弹簧是否良好，行程是否适当。

(11)若无问题，即可进行组装，组装顺序与拆卸顺序相反。

467. 少油断路器与隔离开关配合使用时，怎样进行停、送电操作？

在6～10千伏高压配电系统中，少油断路器并不单独用来作为线路或设备的控制、保护、操作电器，常与隔离开关配合使用。在高压成套配电装置中，二者的配合方式如图6-2a、b所示。图中1GL为母线侧或电源侧隔离开关，2GL(图6-2b中无)为线路侧或负荷侧隔离开关，DL为少油断路器。图6-2a所示的合闸操作顺序为1GL—2GL—DL，分闸操作顺序则与此相反。

停、送电操作的情况说明如下：

(1)停电操作　如果先分断1GL，则隔离开关所形成的弧光短路点便处于少油断路器的电源侧，将造成母线电源侧的少油断路器跳闸。这样，就会使停电范围扩大到该母线所连接的各出线回路。如果先分断2GL，则弧光短路点处于少油

www.plcworld.cn

断路器的负荷侧，此时少油断路器本身的继电保护装置将动作而使其跳闸，停电范围被限制在本单元内，其他负荷回路的供电不致中断。因此，停电时应先停 2GL。

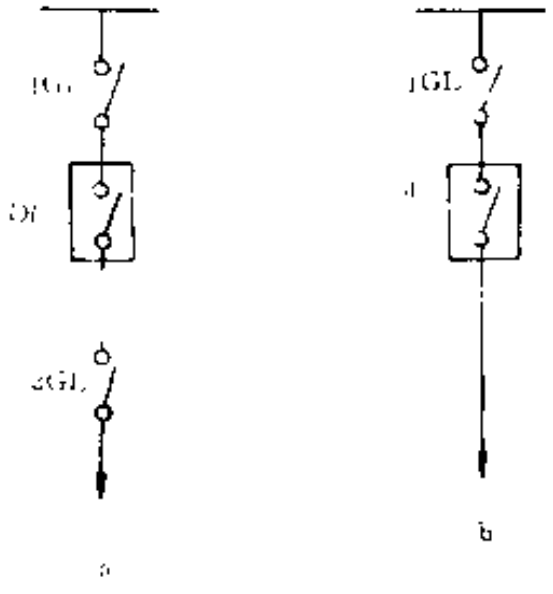


图 6-2　少油断路器与隔离开关的配合

a. 少油断路器两侧有隔离开关　b. 少油断路器一侧有隔离开关

(2)送电操作　这里必须说明，送电前，1GL、2GL 都处于分断状态，DL 处于合闸状态，无论先合 1GL 或 2GL，都属于带负荷合上隔离开关。如果先合 2GL，后合 1GL，则一旦发生弧光短路，事故点便在少油断路器的电源侧；如果先合 1GL 再合 2GL，则所形成的短路事故点便在少油断路器的负荷侧。此时它们分别造成的情况与上面停电操作是对应相同的。

图 6-2b 所示只有一只隔离开关与少油断路器配合使用。由于回路中没有 2GL，因此误操作只会发生在少油断路器的电源侧。正确的操作顺序是：送电时先合 1GL，后合 DL；停电时操作顺序则与此相反。

468. 怎样防止老、旧少油断路器发生爆炸伤害事故？

防止老、旧少油断路器发生爆炸伤害事故，可采取：

(1)对断流容量不足的老、旧少油断路器进行增容改造，以提高其开断能力。凡是没有进行增容改造的老、旧 10 千伏少油断路器，由于其断流容量实际上并未达到铭牌值，所以应仔细进行短路容量校核。

www.plcworld.cn

(2)加强油断路器的运行管理工作,认真做好故障跳闸和正常操作次数的统计工作,并根据系统短路容量的大小和实际运行经验,确定一定的检修周期和检修制度。检修时坚持质量第一,保持严谨的工艺作风,做到检修后断路器具有原有的电气性能和机械性能。

(3)为防止断路器发生意外爆炸而危及人身安全,对断流容量不足的断路器,应将操作机构用墙或金属板与该断路器隔开,并设远方控制装置和停用重合闸装置。同样,对于装有过流脱扣装置的柱上油断路器,如果断流容量不足,也应在该断路器的下侧加装金属挡板。

469. 什么叫做高压负荷开关?怎样区分室内和室外高压负荷开关的结构特点?

高压负荷开关是一种结构比较简单,可以带负荷分、合电路的控制电器,分室内和室外两种结构型式。

室内负荷开关的结构特点是:其灭弧装置用有机玻璃等固体产气材料制成,开关本身是根据负荷电流的通、断能力设计的,而不是根据短路电流设计;有明显的断开点,在断开电路后,又具有隔离开关的作用;其结构简单、动作可靠、造价低廉,常与高压熔断器配合使用,广泛用于小功率电路中作为手动控制设备。

室外负荷开关(俗称柱上油开关)的结构特点是:没有明显的断开点,三相触头装于同一个油桶内,借助油介质灭弧,多用于10千伏架空配电线路中作为分、合电路的控制电器。

470. 怎样使用和维护高压负荷开关?

使用和维护高压负荷开关,应注意以下几点:

(1)出厂前负荷开关都经过认真装配、严格调整和试验,使用时不必再拆卸和调整。

www.plcworld.cn

(2)投入运行前，应将绝缘子擦拭干净，各转动部分应涂以润滑油。

(3)使用时应进行几次空载分、合闸操作，确认触头系统和操作机构均无任何呆滞、卡堵现象。

(4)使用中应检查负荷电流是否在额定值范围以内，各部分有无过热现象；瓷绝缘是否完好，有无放电痕迹；连接螺母是否紧固，有无松动现象。

(5)应经常检查灭弧装置工作是否正常，有无烧伤、压缩时漏气等现象。

(6)完全分闸时，闸刀张开角度应大于58°，负荷开关断开时应有明显的断开点。

(7)合闸时应检查三相是否同时接触，中心有无偏移现象等。

(8)负荷开关的操作一般比较频繁，应防止紧固零件在多次操作后松动；当操作次数达到规定的限度时，应进行检修。

471. 怎样维护真空断路器？

定期对真空断路器进行维护检查时，一般应完成以下工作：①测量断路器的超程和行程；②检查真空灭弧室是否漏气；③检查二次回路的接地线是否松动；④检查辅助开关的接触是否良好；⑤测量每相主回路的电阻值；⑥扫除吸附在导电部分和绝缘子上的粉尘；⑦检查紧固螺栓是否松动。此外，还应注意以下几点：

(1)监视真空开关管　应随时监视运行中的真空断路器的开关管。如果发现开关管中的触头未接通或仅有一个触头带电，而开关管内壁又出现红色或乳白色辉光，则表明管内真空度降低，不得继续使用，应立即更换真空开关管。

(2)定期加润滑油　应经常检查断路器操作机构分、合闸

www.plcworld.cn

部分的磨损情况，如有异常，应及时维修，并对机构的转动部分和运动部分定期加润滑油。

(3)采取限制过电压措施　真空断路器切断小电感电流时，截流值较高，特别是切断小容量高压电动机的空载电流时，会产生较高的操作过电压。例如 ZN3-10 型真空断路器切断 3 千伏、200 千瓦鼠笼式感应电动机的空载电流时，对地过电压的平均值达相电压的 1.75 倍，而最高值达相电压的3.33倍。因此，真空断路器切断容量较大的高压电动机时，应采取限制过电压的措施，如加装阻容元件等。

472. 怎样更换真空断路器的灭弧室？

如果真空断路器开断短路故障电流达到技术规范规定的次数，或者在定期检查时发现真空灭弧室漏气，都应更换灭弧室。更换灭弧室应注意以下事项：

(1)按产品说明书规定的顺序将损坏的灭弧室拆下。

(2)装上新灭弧室 以前，用细砂纸将导电接触面砂光，砂光后严禁在接触面上涂油。

(3)装配好真空灭弧室以后，应仔细调整动导电杆，使其保持在灭弧室的中间位置，并且使动导电杆在分、合闸过程中不擦碰灭弧室。

(4)安装完毕，应对灭弧室进行工频耐压试验(断路器处于分闸位置时在动、静触头之间施加电压)，并将断路器合闸，测量其主回路的电阻值。

(5)测量触头超程和断路器行程，并调整至规定值。

(6)各项试验合格后，应在不带负载下进行数十次合、分操作，确认无故障才可投入运行。

473. SF_6 断路器漏气怎么办？

虽然 SF_6 气体是惰性气体，本身无毒，但由于它比空气重

www.plcworld.cn

4 倍，在漏气点会把周围空间的空气“挤走”。因此，一旦发现配电室或电缆沟内有大量 SF_6 气体溢出，不得贸然进入，以免造成缺氧而窒息。此时应首先开启门窗，启动通风装置，待充分换气，SF_6 气体排出后才可进去处理。

处理时应先使用专门的检漏仪测出漏气点。如果是管路元件漏气，可先关闭断路器出口阀门，使舱内气体不再外溢，然后放掉管路内的气体。修理漏气阀门以前，应使用无水乙醇将密封面擦拭干净，检查有无影响密封性能的划痕或杂物颗粒，然后更换密封圈，紧固后开启出口阀门，重新检漏，直至故障完全排除。

如果是断路器本体漏气，而泄漏又比较轻微，可通过阀门补充气体。用钢瓶补气时，应将钢瓶斜放，使其阀门一端低于瓶底。这样，就可保证瓶中的水分和空气杂质上浮，不致进入断路器内。补入的气量应保证断路器具有额定压力。如果漏气比较严重，一般不宜在运行中补气，而应尽快停电检修。

474. 隔离开关怎样分类？在哪些情况下可以直接操作隔离开关？

隔离开关按使用场所可分为室内和室外式；按操作相数可分为单相和三相式；按接地方式可分为带接地闸刀和不带接地闸刀两种；按工作电压可分为 6、10、35 千伏等隔离开关；按配用操作机构的不同，可分为手动、电动和气动等类型；按绝缘支柱数目可分为单柱式、双柱式和三柱式。

在下述情况下可以直接操作隔离开关：

(1)开、合电压互感器或避雷器。

(2)开、合母线和直接接在母线上的设备的电容电流。

(3)开、合变压器中性点的接地线，但中性点上接有消弧线圈时，只有在系统没有短路故障时才可以操作。

www.plcworld.cn

(4)与断路器并联的旁路隔离开关,当断路器处于合闸位置时,可开、合断路器的旁路电流。

(5)开、合励磁电流不超过 2 安的空载变压器和电容电流不超过 5 安的无负荷线路;当电压为 20 千伏及以上时,应使用三相联动隔离开关。

(6)用室外三相联动隔离开关开、合电压为 10 千伏及以下,电流为 15 安以下的负荷电流。

(7)开、合电压为 35 千伏、长度在 10 公里以内,以及电压为 10 千伏、长度在 5 公里以内的空载输电线路。

(8)拉、合 10 千伏及以下,不超过 70 安的环路均衡电流(或称转移电流),但严禁使用室内型三联刀闸拉、合系统环路电流。

475. 怎样正确使用和操作隔离开关?

隔离开关的作用是断开无负荷电流的电路,使所检修的设备与电源有明显的断开点,以保证检修人员的安全。隔离开关没有专门的灭弧装置,不能切断负荷电流和短路电流。因此,只有在电路已被断路器断开的情况下,才能操作隔离开关。严禁带负荷拉、合隔离开关。否则,会造成严重的人身和设备事故。具体地说,使用高压隔离开关,要注意以下几点:

(1)如果隔离开关与断路器、接地开关配用,以及隔离开关本身具有接地刀闸,则应设机械联锁或电气联锁,以保证正确的操作顺序。

(2)隔离开关底架上应有直径不小于 12 毫米的接地螺栓,并且接地用铜软线的截面不应小于 50 毫米^2。

(3)隔离开关的摩擦部位应涂以润滑脂。

(4)投入运行前,应按技术要求检查隔离开关的接触状况和动作的同步性。

www.plcworld.cn

(5)指示隔离开关分闸的信号，应在主闸刀分开达到80%断开距离时才发出，而指示隔离开关合闸的信号，则应在主闸刀可靠接触后才发出。

要做到正确操作隔离开关，应注意以下几点：

(1)合闸时，首先应确认与隔离开关连接的断路器等开关设备处在分闸位置上，然后站好位置，果断地迅速合上隔离开关，但合闸动作快结束时用力不宜过大，以防止发生冲击。操作完毕，应检查主闸刀与静触头接触是否良好。

(2)对单极隔离开关，合闸时先合两边相，后合中间相，拉闸时则顺序与此相反。

(3)分闸时，也应首先通过检查确认断路器等开关设备已处于分闸状态，然后缓慢操作，待主闸刀离开静触头，则迅速拉开。操作完毕，也应检查隔离开关是否处于断开位置，并检查其操作机构是否锁牢。

(4)有些隔离开关可用来切断变压器空载电流、架空线路和电缆线路的充电电流、环路电流和小负荷电流，在这种情况下，应迅速进行分闸操作，以保证快速有效地灭弧。

(5)送电时，应先合电源侧的隔离开关，后合负荷侧的隔离开关；断电时，操作顺序则与此相反。

476. 怎样实现隔离开关与少油断路器的机械联锁和电磁联锁？

隔离开关与少油断路器实行机械联锁的原理如图 6-3 所示。图 6-3a 是少油断路器处于分闸状态时，与其操作机构联动的挡块 1 离开了锁住隔离开关操作机构的弹簧销钉，从而弹簧销钉可被拉出(图中 3 所示位置)，此时就可操作隔离开关。图 6-3b 是少油断路器处于合闸状态的情况，此时挡块阻碍弹簧销钉拉出，从而无法操作隔离开关。

www.plcworld.cn

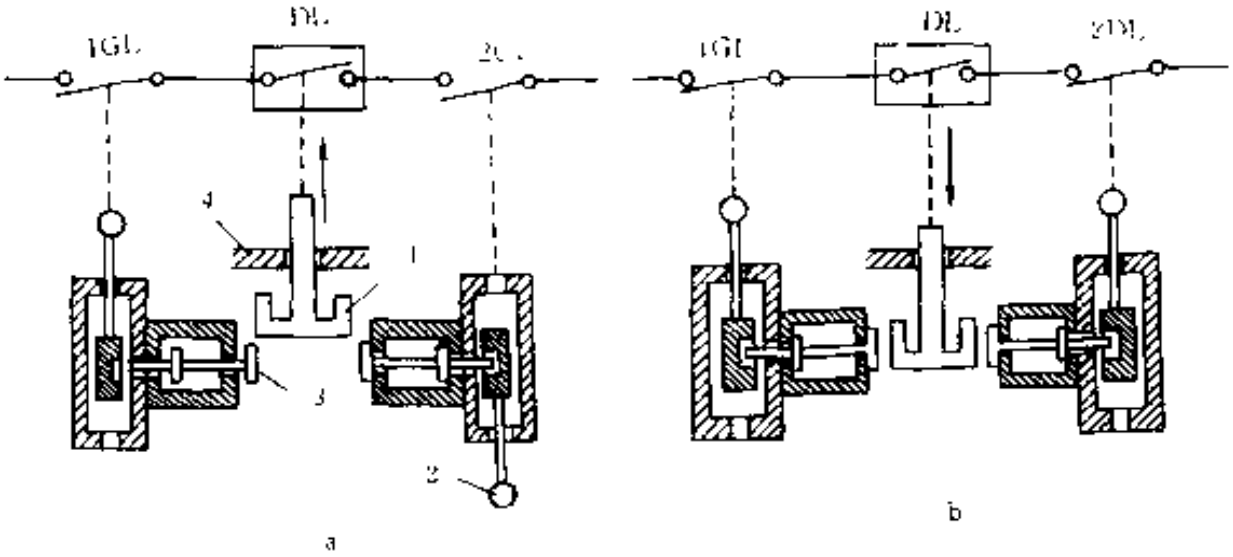


图 6-3　机械联锁示意图

a. 少油断路器分闸后可操作隔离开关　b. 少油断路器合闸后不可操作隔离开关

1GL. 电源侧隔离开关　2GL. 负荷侧隔离开关　DL. 少油断路器　1. 与少油断路器操作机构联动的挡块　2. 隔离开关操作手柄　3. 弹簧销钉　4. 高压开关柜板面

隔离开关与少油断路器实行电磁联锁的原理如图 6-4 所示。图中锁闩 3 和插座 4 组成电锁 1，电钥匙 2 主要由电磁铁 6 和插头 5 组成。少油断路器处于分断状态时，其辅助触点 DL_1 闭合，当需要操作隔离开关 1GL(如图示位置)时，将电钥匙插入电锁中，插头、插座便互相连接，于是电磁铁励磁线圈的电路接通，锁闩被吸动，即隔离开关操作机构的销钉被吸动，此时即可进行操作。当需要操作 2GL 时，只要将电钥匙插入 2DS 即可。由图可见，当少油断路器处于合闸状态时，其辅助接点是分断的，这就切断了电锁的电源，不可能操作隔离开关。控制按钮 8 是以常闭方式接入电路的，其功能在于将电钥匙插入电锁后，若不再操作，可揿动按钮，使电磁铁励磁线圈失去励磁而将锁闩释放。锁闩在复位弹簧(图上未示出)的作用下，重新锁住隔离开关的操作机构，此时可取出电钥匙。

www.plcworld.cn

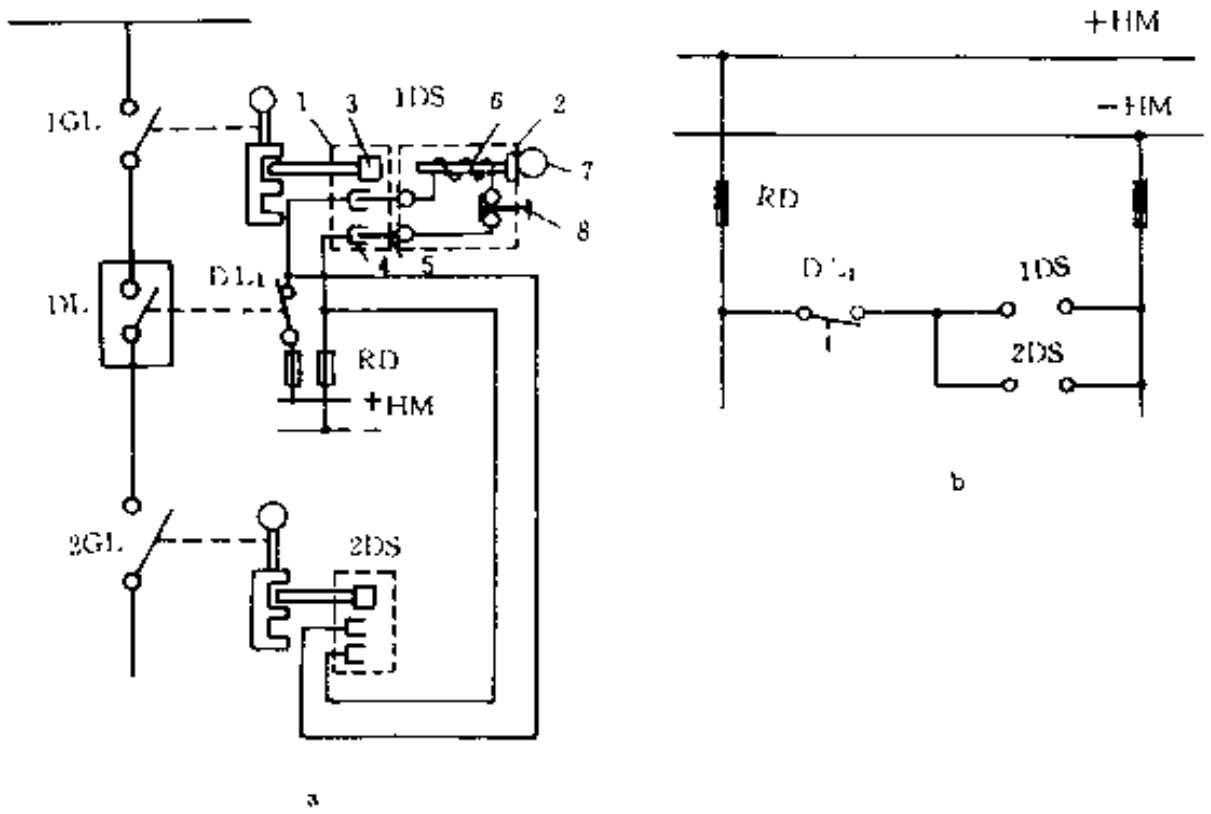


图 6-4　电磁联锁示意图

a. 原理图　b. 接线图

1DS、2DS. 电磁锁　HM. 控制母线　RD. 熔断器

1. 电锁　2. 电钥匙　3. 锁孔　4. 插座　5. 插头　6. 电磁铁　7. 金属环　8. 按钮

477. 带负荷错拉错合隔离开关怎么办?

为了防止发生弧光短路事故，严禁带负荷拉、合隔离开关。然而，在实际工作中，由于检查失误或误入间隔，偶尔也发生误操作。一旦出现这种情况，应按以下原则进行紧急处理：

(1)如果刚一错拉隔离开关，刀口上就出现电弧，则应立即合上；若隔离开关已全部拉开，则禁止再合。如果是单极隔离开关，操作一相后发现错拉，则对其他两相不应继续操作。

(2)如果错合隔离开关，甚至在合闸时产生电弧，也不许再拉开，因为带负荷拉开隔离开关，将造成三相弧光短路。

发生上述错拉错合事故后，应迅速汇报有关领导，以便采

www.plcworld.cn

取必要措施予以处理。

478. 新安装或检修后的隔离开关，操作时动、静触头相互撞击或三相触头合闸不一致怎么办？

隔离开关的动、静触头相互撞击或三相触头合闸不一致，主要是调整不当造成的，一般可按以下方法重新进行调整：

(1)旋松静触头固定座上的螺栓，调整固定座的位置，使动触头刀片正好插入刀口。动触头刀片插入静触头的深度一般不应小于刀片宽度的 90%，但也不可过大，以防止刀片冲击绝缘子。此外，动触头刀片与静触头固定座的底部一般应保持 4～6 毫米间隙。

(2)调整交叉连杆(或拐臂)的长度和操作绝缘子上的调节螺栓长度，使隔离开关动、静触头之间的距离符合技术规范的要求。这样，就可避免动、静触头相互撞击，使三相触头合闸的同期性基本一致(对于 10 千伏及以下的隔离开关，三相合闸的同期性偏差允许不超过 5 毫米)。

479. 隔离开关不能分、合闸怎么办？

如果隔离开关不能分闸，可从两方面找原因并作处理：

(1)操作机构是否被冰冻结。如果是，可将操作机构轻轻摇动几次，当冻结的冰松动后，即可进行拉闸操作。

(2)支持瓷瓶和操作机构是否变形和移位。如果是，可找出障碍点。若障碍点在隔离开关的接触部位，则不得强行拉闸。否则，支持瓷瓶可能受到损坏面造成严重事故。

隔离开关不能合闸，可采取以下措施：

(1)轴销脱落、楔栓退出和铸铁断裂，造成刀杆与操作机构脱节。此时应停电整修和更换损坏的零件；如果不允许停电，可临时用绝缘棒操作，但应尽快安排计划进行检修。

(2)由于传动机构松动，动、静触头的接触面不在一条直

www.plcworld.cn

线上，从而引起隔离开关不能合闸，可参照478问“新安装或检修后的隔离开关，操作时动、静触头相互撞击或三相触头合闸不一致怎么办？”所介绍的方法进行处理。

480. 隔离开关的接触部分过热或触头表面发黑怎么办？

一般认为，隔离开关接触部分的温度若超过80℃，则可判定存在过热现象。隔离开关的接触部分过热，通常有以下几种原因，查明后可作相应处理：

(1)动触刀与静触头的接触面太小，电流集中通过后又分散，因而产生很大的斥力，使弹簧的压力减小，结果造成压紧弹簧或螺栓松动。此外，操作时刀口合得不紧密，导致接触表面氧化，接触电阻增大，也会造成接触部分发热。处理的办法是：拧紧松弛的螺栓；调整交叉连杆长度，使动触刀插入静触头的深度不小于刀片宽度的90%，并清除接触表面的氧化层；在触刀、触头的接触面上涂敷DJG-Ⅰ、Ⅱ型导电膏，防止接触面氧化，以降低接触电阻。

(2)拉合开关时产生的电弧烧伤动、静触头的接触面，或者合上开关时用力不当而使触头接触位置不正，引起触头压力降低，造成接触不良面使接触部分发热。处理的办法是：整修动、静触头的接触面，必要时应更换刀片；检查各联动机件配合是否适当和调整交叉连杆长度，并进行试合闸，直至动、静触头的接触压力和插入深度均合适为止。

(3)隔离开关长期过负荷运行，也往往造成接触部分过热。遇到这种情况，及时调整负荷即可。

长期运行的隔离开关，其镀银触头表面，由于受外界空气的影响和电晕的作用，有时出现一层黑色附着物。这是触头的银离子与大气中的硫化物反应生成的硫化银。硫化银为不良导体，既降低触头接触面的导电性能，也增大接触电阻。因此，

www.plcworld.cn

一旦发现触头表面发黑，应及时进行清洗。为了保护镀银层不被破坏，清除硫化银时，最好不使用打磨法，而用下述化学法清洗：从隔离开关上拆下触头，先用汽油洗去表层的油泥，用刮刀修平触指上的伤痕，然后将触头浸入 25～28%的氨水中，浸泡 15 分钟后取出。此时硫化银层已与氨水发生化学反应，变得非常疏松，用尼龙刷子就可刷去。最后将已除去硫化银的触头用清水洗净擦干，再涂上一层中性凡士林，即可继续使用。

实践表明，若采用 TX 防银变色剂处理镀银触头表面，可以有效地防止室内隔离开关的触头表面形成黑色硫化银，而且也不会增加接触电阻。

481. 怎样检修隔离开关？

隔离开关的检修，一般与断路器的检修同时进行，检修内容也常常注明在同一张工作票上。检修时应采取可靠的安全措施，应仔细看清编号，特别是室外双母线的隔离开关，往往相距不远，容易走错位置。检修工作一般包括以下内容：

(1)清扫瓷件表面的尘土；检查瓷件表面是否掉釉、破损，有无裂纹和闪络痕迹，绝缘子的铁、瓷结合部位是否牢固。如果严重破损，应予以更换。

(2)用汽油擦净刀片、触头或触指上的油污；检查接触表面是否清洁，有无机械损伤、氧化膜和过热痕迹及扭曲、变形等现象；必要时应使用砂纸研磨触头接触面，或者拆下触头、刀片等，用细锉修整接触面，然后涂以工业凡士林；表面镀银的接触面，不可用砂纸研磨或用细锉修整。否则，应镀银。

(3)检查触头或刀片上的附件(如弹簧、螺钉、垫圈、开口销等)是否齐全，有无缺损。

(4)检查隔离开关的软连接部件有无折损、断股等现象。

www.plcworld.cn

(5)检查连接隔离开关和母线(或断路器)的引线是否牢固,有无过热现象。

(6)检查并清扫操作机构和传动部分;在蜗轮、蜗杆、传动轴、轴承等处注入适量的润滑油脂。

(7)检查传动部分与带电部分的距离是否符合要求;检查定位器和制动装置是否牢固,动作是否正确。

(8)对于带有均压装置的隔离开关,检查均压环是否变形,连接件紧固是否牢靠。

(9)检查隔离开关的底座是否结实,接地是否良好。

482. 怎样调整隔离开关?

经过检修的隔离开关,必须进行调整,以使其动作性能符合产品说明书或技术规范的要求。调整的项目主要有:

(1)使隔离开关合闸,用0.05毫米塞尺检查触头接触是否紧密。对于线接触,应塞不进去;对于面接触,其塞入深度不应大于4～6毫米。否则,应对接触面进行锉修或整形,使之接触良好。

(2)触头弹簧各圈之间的间隙在合闸位置时应不小于0.5毫米,且间隙应均匀。

(3)在隔离开关组装好之后,将其缓慢合闸,观察闸刀是否对准固定触头的中心落下或进入,有无偏卡现象。如果有,则应调整瓷瓶、拉杆或其他部件,以消除缺陷。

(4)隔离开关的闸刀张角或开距应符合要求。室内隔离开关在合闸后,闸刀应有3～5毫米的备用行程,三相同期性应符合厂家要求。

(5)检查辅助接点的切换是否正确,并研磨其接点,以确保接触良好。

(6)隔离开关的闭锁装置应正确、可靠。

www.plcworld.cn

483. 高压熔断器有何用途？怎样分类？各类熔断器的特点和适用场合如何？

高压熔断器是在高压电网中人为设置的一个最薄弱的通流元件。当流过大电流时，该元 件便发热熔断，从而使电路断开，以达到保护电力线路和电气设备的目的。高压熔断器在35 千伏及以下电压等级的小容量电网中得到广泛应用。

高压熔断器可分为限流式熔断器和跌落式熔断器两类。

限流式熔断器是充有石英砂填料的密闭管式熔断器，其特点是：

(1)熄弧能力强，分断容量大。如果用限流式熔断器保护电气设备，在短路电流未达到最大值之前它就熔断，从而大大地减轻短路电流对电气设备的危害，降低对电气设备动、热稳定度的要求。

(2)分断电路时无游离气体排出。

(3)由于熄弧能力强，分断电路时产生截流过电压。

限流式熔断器主要用于室内配电装置。

跌落式熔断器是利用固体产气材料来灭弧的管式熔断器，其特点是：

(1)熄弧能力较弱，分断容量小，特别是在分断小电流时，燃弧时间长，无限流作用。

(2)熔断器熔断后，其熔管会自动翻转跌落，形成明显可见的隔离间隙。

(3)分断电路时不会出现截流现象。

(4)熄弧时喷出大量炽热的游离气体，并产生很大的响声。

跌落式熔断器适用于周围空间无导电粉尘和腐蚀性气体，以及无易燃、易爆物品和无剧烈振动的室外场所，既可作

www.plcworld.cn

为线路和变压器的短路过载保护装置，又可在一定条件下直接用高压绝缘钩棒（俗称令克棒）来操作熔管的分、合，以断开或接通小容量空载变压器、空载线路和小负荷电流。

484. 怎样正确选用高压熔断器？

选择高压熔断器，主要应考虑以下几点：

（1）根据使用场所选择熔断器的型式。通常，室内宜选用室内型（RN 型），而露天安装时则应选用室外型（RW 型）。如果电路的短路容量较大、对保护选择性的要求又较高，则应首先选用 RN 型熔断器。

（2）根据负荷性质选择熔断器的型号。如果用来保护电压互感器，可选择 RN2-10 和 RW2-35H 型；如果与高压负荷开关配合使用，可选用 RN1 型；如果用作单独控制和保护，可选用 RW 型。

（3）为了有利于灭弧，熔体的额定容量不得大于熔体管的额定容量。通常，熔体容量为熔体管容量的 30～100%。

（4）熔体的额定电流应与负荷电流配合。根据负荷性质不同，熔体的额定电流可为负荷电流的 1.5～2.5 倍。

485. 怎样安装和操作跌落式熔断器？

安装跌落式熔断器，应符合以下要求：

（1）安装前，应通过检查确认熔体管与绝缘支架触头间的配合尺寸，符合使用说明书的要求，以保证合闸状态下具有足够的接触压力。此外，还应确认熔体已拉紧，以防止触头过热。

（2）不得垂直或水平安装，而应使熔管轴线与铅垂线成 30°倾角，以保证熔体熔断时熔管能靠自重自行跌落。

（3）不得装于变压器和其他设备的上方，以防熔管掉落发生其他事故。如果熔断器装于被保护设备侧上方，则熔断器与被保护设备外廓的水平距离不应小于 0.5 米。

www.plcworld.cn

(4)应保持足够的安全距离。当电压为6～10千伏时，装于室外的熔断器，相间距离不应小于70毫米；装于室内的熔断器，相间距离不应小于60毫米。熔断器的对地距离，室外一般为4.5米，室内为3.0米。

必须指出，跌落式熔断器灭弧时，会喷出大量游离气体，并发出很大的响声，所以这种熔断器一般只装于室外。

操作跌落式熔断器，应注意以下事项：

(1)在一般情况下不得带负荷操作。但是，对于容量为200千伏·安及以下的配电变压器，允许其高压侧的熔断器分、合负荷电流。若超过此容量，则分、合闸时电弧较大，有可能引起高压侧短路，所以应先切断负荷，然后操作跌落式熔断器，以保证安全，防止发生事故。

(2)分断操作时，首先应拉断中相，然后拉下风相，最后拉剩下的一相。合闸时顺序相反，即先推上风相，最后推中相。

(3)操作时不可用力过猛，以免损坏熔断器。操作人应戴绝缘手套和护目镜，以保证安全。

486. 怎样正确选择和安装跌落式熔断器的熔体？

在10千伏电网中，目前普遍采用跌落式熔断器作为分支线路和配电变压器的过电流保护装置。为了达到安全可靠的目的，选择熔体时必须考虑以下两点：

(1)所选熔体的额定电流，应小于变电所出线开关过电流保护装置的一次整定电流，以实现上下级保护装置之间的选择性。

(2)熔体的熔断时间应短于变电所出线开关过电流保护装置的整定时间，以达到上下级保护装置之间的协调配合。

安装熔体时，不得将多条小规格的熔体并接起来作为大规格熔体使用。因为不同规格或同一规格不同厂家生产的熔

www.plcworld.cn

体，其电阻值可能不同。根据并联电阻分流原理，流过每一熔体的电流也不相同，当流过熔体的总电流尚未达到总额定值时，额定电流小的熔体就可能因分流太大而首先熔断，并产生电弧烧断其他熔体，从而造成停电事故。

487. 跌落式熔断器的熔体管误跌落和熔体误熔断怎么办？

跌落式熔断器的熔体管误跌落，可作以下处理：

(1)熔体管的长度与熔断器固定接触部位的尺寸是否配合，否则，一遇大风熔体管就容易被吹落。这是装配时未适当调整熔体管两端铜套距离造成的。因此，应重新进行调整，使熔体管与固定部位的尺寸很好配合。

(2)熔体管是否合紧。如果操作时疏忽大意，未合紧熔体管，就会造成动、静触头配合不佳，稍受震动熔体管便自行脱落。若是这种情况，应试合数次，观察配合是否良好，并用绝缘棒端触及操作环轻微晃动几下，检验确实合紧即可。

(3)熔断器上部静触头的弹簧压力是否过小，鸭帽(熔断器上盖)内舐舌是否烧坏或磨损。如果是，则熔体管因未被挡住而跌落。此时应更换熔断器。

如果跌落式熔断器的熔体多次更换后，反复熔断，则是熔体容量太小或与下一级配合不当而发生越级熔断。此时应参照技术参数和协调配合情况，重新选择合适的熔体。

488. 跌落式熔断器的熔体熔断后，熔体管不能迅速跌落怎么办？

跌落式熔断器的熔体管在熔体熔断后不能迅速跌落，主要是安装上存在问题，一般应从以下几方而查找原因：

(1)转动轴由于粗糙而转动不灵活，或者熔体管在安装时就被异物堵塞(安装时未检查)而转动卡阻。此时可用粗砂纸

www.plcworld.cn

将转动轴研磨光滑，或者清除熔体管内的杂物。

（2）由于上下转动轴安装不正和俯角不合适，熔体熔断后，熔体管自重不足而不能迅速跌落。此时应调整俯角，使转动轴与垂线保持 15°～30°。

（3）熔体配件选择不当，如熔体管配件太粗，熔体管太细，因而出现卡阻现象。此时应换上配套的熔体管附件。

489. 怎样保管和使用高压电器的瓷件？

在高压电器的结构中，导电部分的绝缘支柱、引线套管和操作机构的隔电元件、避雷器的外壳等都是电瓷产品，电瓷性脆易碎，因此，在瓷件的保管和使用中应注意以下几点：

（1）瓷件不得存放在剧烈震动或易受撞击的地点。

（2）日晒雨淋，温度变化太大，都会加速法兰浇装剂的老化，但只要瓷件与法兰之间不松动、位移，就仍可使用。若发现浇装部位表面修饰层脱壳，应把脱壳部分清理干净，用 500 号水泥填满空隙，刮平干固后仍可使用。

（3）如果瓷件表面仅有细小缺陷和碰损不严重，尚不影响整体强度和绝缘效果，可不作处理；如果有大块的瓷掉落，可用环氧树脂粘合修补。修补前，应使用四氯化碳或甲苯将受损面清洗干净，然后涂上环氧树脂，固化后再涂刷瓷漆。

瓷件能否修补，视损坏程度而定。如果修补后不能保证原有的机械强度和绝缘强度，则应更换瓷件。此外，SF_6 断路器和空气断路器用的高强度瓷套，如果破损，不宜修补。

490. 怎样保管高压电器的密封零件？

高压电器的密封零件包括各种橡胶密封圈、油封、聚四氟乙烯垫等，保管过程中应注意以下几点：

（1）密封零件最好装在塑料袋或埋入滑石粉中，存放地点不可靠近暖气片、热力管道或火炉等热源。

www.plcworld.cn

(2)密封件应按自然形状放置，不可扭折或在其上面放置重物。否则，会发生永久变形而失去使用价值。

(3)丁腈橡胶压制的垫圈容易自然老化，存放时间不宜超过2年，要做到先存放者先用，后存放者后用。

(4)如果发现密封件表面龟裂、粘熔、有缺陷、变形或失去弹性，就应予以报废，不可投入使用。

491. 怎样保管和使用高压电器的绝缘零件？

高压电器的绝缘零件主要包括提升杆、灭弧筒、灭弧片、衬筒、衬圈、电容套管等，保管和使用应满足以下要求：

(1)绝缘件宜用塑料袋封装，存在室内的架子上或柜内，室内应清洁、干燥，以提高防潮效果；绝缘件一旦受潮，应进行烘干处理。

(2)要注意保护绝缘件的表面漆膜。若发现漆膜损坏，要及时用绝缘漆修补，以防止潮气侵入。

(3)灭弧片烘干后要立即存放在变压器油中。

(4)三聚氰胺压制的灭弧片表面出现丝状裂纹时，如果不是轴向部位的贯穿裂纹，则浸以绝缘清漆后可以使用。否则，不得应用。

(5)使用前先用清洁的变压器油冲洗，然后用泡沫塑料、绸布或棉布擦拭，禁止用棉纱揩擦，以免表面留下纤维。

492. 低压电器按功能、工作条件和工作环境怎样分类？

按低压电器在电气线路中所处的地位和作用，可将其分为以下两类：

(1)配电电器(表6-2)　主要用于低压配电系统。属于这一类的有低压断路器、熔断器、刀开关和转换开关等。这类电器的主要特点是：分断能力强、限流效果好、操作过电压低、动稳定和热稳定度高。

www.plcworld.cn

表 6-2　低压配电电器的分类和用途

产品名称	主要品种	用　途
断路器	塑料外壳式断路器 框架式断路器 限流式断路器 漏电保护断路器 灭磁断路器 直流快速断路器	用作线路过载、短路、漏电或欠压保护，也可用作不频繁接通和分断电路
熔断器	有填料熔断器 无填料熔断器 半封闭插入式熔断器 快速熔断器 自复熔断器	用作线路和设备的短路和过载保护
刀形开关	大电流隔离熔断器式刀开关 开关板用刀开关 负荷开关	主要用作电路隔离，也能接通、分断额定电流
转换开关	组合开关 换向开关	主要作为两种及以上电源或负载的转换和通断电路之用

(2)控制电器(表 6-3)　主要用于控制电动机和用于自动控制系统。属于这一类的有接触器、起动器、主令电器和控制继电器等。这类电器的主要特点是：具有一定的转换能力、操作频率高、电寿命和机械寿命长等。

表 6-3　低压控制电器的分类和用途

产品名称	主要品种	用　途
接触器	交流接触器、直流接触器、真空接触器、半导体式接触器	主要用作远距离频繁地起动或控制交、直流电动机，以及接通、分断正常工作的主电路和控制电路
起动器	直接(全压)起动器、星三角减压起动器、自耦减压起动器、变阻式转子起动器、半导体式起动器、真空起动器	主要用作交流电动机的起动和正、反向控制

www.plcworld.cn

续表 6-3

产品名称	主要品种	用　　途
控制继电器	电流继电器、电压继电器、时间继电器、中间继电器、温度继电器、热继电器	主要用于控制系统中，控制其他电器或作主电路的保护之用
控制器	凸轮控制器、平面控制器、鼓形控制器	主要用于电气控制设备中转换主回路或励磁回路的接法，以达到电动机起动、换向和调速的目的
主令电器	按钮、限位开关、微动开关、万能转换开关、脚踏开关、接近开关、程序开关	主要用作接通、分断控制电路，以发布命令或用作程序控制
电阻器	铁基合金电阻	用作改变电路参数或变电能为热能
变阻器	励磁变阻器、起动变阻器、频敏变阻器	主要用作发电机调压以及电动机的平滑起动和调速
电磁铁	起重电磁铁、牵引电磁铁、制动电磁铁	用于起重、操纵或牵引机械装置

低压电器除了按其功能分类外，还可按操作方式、灭弧介质、外壳防护等级、污染等级、安装类别和防触电等级等进行分类。但是，最主要的是按工作条件来分类，以便根据不同的工作和不同的环境来选用低压电器。

按工作条件和工作环境，低压电器可分为以下几类：

(1)一般用途低压电器　也就是基本系列低压电器，亦即在正常工作条件下工作的低压电器。

(2)化工用低压电器　其特点是能防腐蚀和防粉尘。

(3)矿用低压电器　其特点是能防爆，适用于煤矿矿井及含煤尘和甲烷等爆炸性气体的环境。

(4)牵引用低压电器　用于电力机车的电器，其工作环境

www.plcworld.cn

的温度较高，能耐倾斜、振动和冲击。

(5)船用低压电器　除了能耐振动和冲击外，还可在倾斜条件下工作，并且能够耐潮湿、抗盐雾和霉菌的侵蚀。

(6)航空用低压电器　这类电器能耐振动和冲击，而且体积小、重量轻。

(7)热带用低压电器　这类电器又分为湿热带型和干热带型两种，使用环境温度可高达 40～50℃，阳光直射处黑色表面的最高温度可达 80～90℃。对湿热带型低压电器的要求是能够在相对湿度为 95%的环境中工作，且能防凝露、盐雾和霉菌。对干热带型低压电器的要求是能够防砂尘。

(8)高原低压电器　这类电器适用于海拔为 1000～4000 米的高原地区。

493. 从技术要求方面考虑怎样选用低压电器？

选用低压电器，要注意以下一些技术参数：

(1)额定电压　分为额定工作电压(U_e)、额定绝缘电压(U_i)和额定脉冲耐受电压(U_{imp}，即峰值)三种。

(2)额定电流　分为额定工作电流(I_e)、约定发热电流(I_{th})、约定封闭发热电流(I_{the})和额定不间断电流(I_u)四种。

(3)操作频率和通电持续率　操作频率，是指每小时内可能实现的最多操作循环次数；通电持续率，是指电器工作于断续周期工作制时，有载时间与工作周期之比，通常以百分数表示，符号为 TD。

(4)通断能力和短路通断能力　通断能力，是指开关电器于规定条件下，能在给定电压下接通和分断的预期电流值；短路通断能力，是指短路时的接通分断能力。

(5)机械寿命和电寿命　机械寿命，是指开关电器需要修理或更换机械零部件以前所能承受的无载操作循环次数；电

www.plcworld.cn

寿命，是指开关电器在正常工作条件下、无需修理或更换零部件以前的负载操作循环次数。

494. 怎样根据工作制选择低压电器？

低压电器的规定工作制一般有以下四种：

(1)8 小时工作制　电器的载流回路通以稳定电流，通电时间较长，足以达到热平衡，但超过 8 小时必须分断。

(2)不间断工作制　又称长期工作制。电器的载流回路通以稳定电流，而且通电时间超过 8 小时也不必分断。

(3)短时工作制　有载时间与空载时间互相交替，而且前者比后者短，通电时间不足以使电器达到热平衡，但两次通电时间间隔却足以使电器温度能恢复到等于环境温度。

(4)断续周期工作制　又称反复短时工作制。其有载时间与空载时间循环交替，且有一定比值。由于工作周期很短，所以电器达不到热平衡。

因此，选用低压电器时，应根据具体使用情况来选用不同工作制的电器。例如，短时工作制的电器，一般不得在长期工作制的情况下使用。否则，应采取某些必要的处置措施。

495. 怎样划分低压电器外壳的防护等级和低压电器的防污染等级？

根据国家 GB4942. 2--85《低压电器外壳防护等级》标准，按使用环境条件，防护等级用表征字母 IP 和附加其后面的两个表征数字表示。第一个数字表示防止固体异物进入壳内或者触及壳内带电部分或运动部分的程度；第二个数字表示防液体进入壳内的程度。数字越大，要求越高。第一个数字由 0 至 6 共 7 级，第二个数字由 0 至 8 共 9 级。各表征数字的含义表见 6-4。

www.plcworld.cn

表 6-4　低压电器外壳防护等级各表征数字的含义

含义 / 表征数字 / 位数	0	1	2	3	4	5	6	7	8
第一个	无防护	防止大于50毫米的固体异物	防止大于12毫米的固体异物	防止大于2.5毫米的固体异物	防止大于1毫米的固体异物	防尘	尘密		
第二个	无防护	防滴	15°防滴	防淋水	防溅水	防喷水	防海浪	防浸水影响	防潜水影响

举例来说，“IP23”表示电器能防止手指进入或者触及壳内带电部件或可动部件，即能够防止大于12毫米的固体异物进入，并且又能防雨。“IP54”表示电器外壳既防尘又防溅。

低压电器的防污染等级，一般分为四级：

1级　无污染或仅有干燥的非导电性污染。

2级　一般情况下仅有非导电性污染，但必须考虑到偶然由于凝露造成的短暂导电性。

3级　有导电性污染，或由于预期的凝露，干燥的非导电性污染变成导电性污染。

4级　造成持久的导电性污染，例如由于导电粉尘或雨雪造成的污染。

以上等级是根据电器所在场所的环境条件划分的。有些工矿企业，由于生产环境较差或有某些特殊性，在订购或选用低压电器时，可提出特殊的防污染要求。

496. 怎样正确掌握低压电器安装和使用的一般原则？

低压电器的安装和使用，一般应遵循以下原则：

(1)低压电器应对地垂直安装，特别是油浸减压起动器，为防止绝缘油溢出，油箱倾斜不应超过5°；低压电器应使用

www.plcworld.cn

螺栓固定在支持物上，而不得实行焊接；安装位置应便于操作，并且还要考虑不易被碰坏；电器的手柄与建筑物之间应保持一定的距离，以便于操作。

(2)低压电器应装在无强烈振动的地点，离地面应有适当高度；刀闸开关、铁壳开关等的电源线应接在固定触头上，禁止在刀闸上挂接电源线。

(3)低压电器的金属外壳或金属支架应实行接地(或接零)；电器的裸露部分应加防护罩；双投刀闸开关的分闸位置上应有防止自行合闸的装置。

(4)在有易燃、易爆气体或粉尘的车间，电器应密闭安装在车间外；室外装设的电器应有防雨装置，单极开关必须装在相线上；室外有爆炸危险的场所，应安装防爆电器。

(5)运行中应保持电器触头具有足够的压力；触头表面应光滑，接触应紧密，各相触头的动作要一致；灭弧装置要保持完整、清洁。

(6)新安装的低压电器，使用前应清除各接触面上的保护油层；正式投入运行前，应进行几次合、分闸试验。

497. 如果将长期工作制的电器用于短时工作制或断续周期工作制，怎样计算可增大的负载量？

在保持温升不变的前提下，将长期工作制的电器用于短时工作制或断续周期工作制，一般允许过载运行。设电器的发热时间常数为 T，通电时间为 t_1，停电时间为 t_2，则当 $\triangle T \gg t_1$ 和 $\triangle T \gg t_2$ 时，在保持温升不变的条件下，可用下列简化公式计算：

用于短期工作制时　$K' = T/t_1$；$K'' = \sqrt{T/t_1}$

用于断续周期工作制时　$K' = (t_1 + t_2)/t_1$；

www.plcworld.cn

$$K''=\sqrt{\frac{(t_1+t_2)}{t_1}}$$

式中　K′、K″分别为功率过载倍数和电流过载倍数。

498. 按 380 伏设计的低压电器要用于 660 伏电网怎么办?

要将 380 伏低压电器用于 660 伏电网，应合理解决以下几个问题：

(1)低压电器降低容量使用　对于控制电器(如交流接触器)，可先按等功率折算出 660 伏时的工作电流进行验证。若不合格，再降容，直至合格为止。按等功率计算时，$I_{380}=I_{660}\sqrt{3}$。

对于配电电器，可降低其分断电流进行验证；对于有电寿命要求的配电电器，则需同时适当降低额定工作电流和寿命次数。

(2)改善灭弧性能，缩短燃弧时间　在 660 伏电压下，因燃弧时间长，电器的触头易烧损，并且由于游离气体扩散，往往造成相间短路。因此，必须加强低压电器的相间隔弧，并同时改善灭弧性能，缩短燃弧时间。如 DW80 断路器，可在其灭弧罩上端加反白纸板作为隔弧板和加塑料罩。

目前生产的大容量低压交流接触器，为加强其相间隔弧，在每相固定静触头的胶木底板上均压有 20 多毫米高的“围墙”，可有效地防止相间短路。总之，缩短燃弧时间，要针对不同电器的不同结构，采取不同的措施。

(3)选用优质材料，提高绝缘性能　漏电距离与所选绝缘材料有关。对于额定电流大于 60 安的 380 伏电器，将其胺基塑料(b 类)改为陶瓷、耐弧塑料、层压材料、云母制品或玻璃等(a 类)，可满足 660 伏的要求。对于额定电流小于 60 安的

www.plcworld.cn

电器，改用 a 类材料，绝缘强度也要高得多。目前耐弧塑料的质量很高，用于 660 伏的低压电器，其触头支架、静触头底板和漏电距离较小的部位均可采用耐弧塑料制造。

(4)重绕电压线圈　交流接触器或起动器的线圈，分励脱扣线圈，电磁制动器或变压器的线圈，当从交流 380 伏改为交流 660 伏时，均可按下式换算进行重绕：

$$W_{660}=\sqrt{3}\,W_{380}$$

$$S_{660}=S_{380}\sqrt{3}$$

式中　W 为线圈匝数；

S 为导线截面。

导线尽量采用高强度漆包线。

499. 怎样安装低压电器的保护箱？

在多尘和潮湿场所、室外以及人身容易触碰的地点，如果采用开启式低压电器，应将其装在保护箱内。保护箱的安装应满足以下要求：

(1)室外应采取防雨措施，导线应从下面引进和引出。

(2)室内暗装外壁应涂防腐漆，内壁应刷油漆。

(3)屉板两面安装设备时，应两面开门。

(4)铁皮保护箱应刷防腐漆，并可靠接地。

(5)箱门上使用红色油漆标明“电”的符号，或者书写“电”字；门内侧应有电气系统接线图；门上应装碰珠。

(6)保护箱宽度大于 500 毫米时，应做双扇门。

(7)保护箱屉板与箱前、后门的距离，应满足电气设备的安装、维修要求(设备断开时不影响关门)。

500. 怎样调整和检查低压电器触头的主要参数？

低压电器触头的主要参数包括开距、超行程、初压力和终

www.plcworld.cn

压力，调整和检查时应满足以下要求：

(1)开距　指触头完全断开时动、静触头之间的最短距离。在保证可靠灭弧的前提下，开距应尽量小，以减小工作间隙。电磁铁尺寸和行程长度也应尽量小，以利于减小触头的振动。双档触头的弧触头开距一般为 15～17 毫米，弧触头刚接触时主触头之间的距离以 4～6 毫米为宜。

(2)超行程　指触头开始接触时动触头再向前运动的一段距离。超行程应保证主触头磨损 1/2～1/3 时仍能可靠接触。过长的超行程不利于触头减小振动，主触头的超行程一般为 2～6 毫米。

(3)初压力　指动、静触头刚接触时的压力。一定的初压力可减弱动、静触头开始碰撞时的反弹(也称跳动)，以减小触头的振动和电磨损。

(4)终压力　指触头处于闭合位置的压力。终压力的大小应适宜，以保证触头运行时的温升不超过允许值，也要保证主触头在通过短路电流时不因电动力斥开产生跳动而熔焊。

501. 怎样判断低压电器触头的接触情况和触头用到什么程度就必须更换？

所谓低压电器触头的接触情况，通常是指动、静触头之间的接触压力和接触面积。在触头接触压力合适的低压电器上，接触面积可用“痕迹法”来判断：取一张白纸和一张复写纸，叠好后放在动、静触头之间，然后使电器合闸，于是在触头接触部位的白纸上便会留下复写纸的痕迹。将痕迹与触头接触面比较，即可求出接触面积。一般线接触或宽度在 5 毫米以内的面接触，其接触长度或接触面积不应小于全部应接触长度或应接触面积的 3/4；宽度在 5 毫米以上的面接触，接触面积不应小于全部应接触面积的 2/3。

www.plcworld.cn

当低压电器的触头使用一定时间，出现下述情况之一时就应予以更换：

(1)触头接触部分(工作点直接受电弧处)磨损到原有厚度的 2/3(铜触头)或 1/4(银或银基合金触头)。

(2)触头超程经过调整，仍达不到原来规定最低值的 3/5 或触头压力低于下限值。

502. 怎样使用简易方法判断低压电器的触头是否过热？触头熔焊在一起怎么办？

如果低压电器的触头表面接触不良、有氧化层或污物，将使触头严重发热。当发热达到一定程度时，触头可能熔焊或引起火灾事故。因此，应经常监测触头的温度。

触头是否发热，可在带电情况下用一根普通蜡烛进行判断，方法是：测试者戴上绝缘手套，持着蜡烛触碰触头，也可将蜡烛绑在绝缘杆上进行测试。如果蜡烛熔化，说明触头严重发热。

低压电器的触头熔焊在一起，可能是以下原因引起的，可分别予以处理：

(1)触头初压力不足，在闭合冲击电流(如起动鼠笼式电动机)时跳动很厉害，发生电弧熔焊。若轻微熔焊，调整触头初压力即可脱焊；若严重熔焊，则应调换大一级的电器。

(2)触头容量不足或操作频繁。应选用合适容量和合适工作制的电器。

(3)线圈的端电压过低，导致磁系统的吸力不足而造成触头停滞不前或反复振动。应设法提高端电压，使其不低于 85%额定值。

(4)闭合过程中可动部分被卡住。应查明原因并作处理。

(5)灭弧装置存在故障，不能可靠灭弧。应查明原因并及

www.plcworld.cn

时处理。

熔焊很牢固的触头，应予以拆除，并换上新触头；稍有熔焊的触头，可稍加外力使其分开，同时用细锉锉去细小的金属熔化痕迹，使其继续运行。

503. 低压电器的触头表面氧化、烧毛、有污垢和蚀痕怎么办？

如果低压电器的触头表面有异物或不平整，会使触头接触不良，导致触头严重发热或闪络击穿；如果触头接触面有了尘垢，将不导电或很难导电，以致触头的接触电阻因接触面积减小而剧增，使温升高到不能允许 的程度。因此，为了使触头正常工作，其表面必须平整、清洁。

如果触头表面烧毛、氧化有污垢和蚀痕等缺陷，则应及时进行修整，以防止发生事故。

触头表面一旦氧化、烧毛或有凹坑、蚀痕，应使用细锉在接触面上沿一个方向仔细锉平，但不要“吃进”过多，也不可改变接触面的原状。此时不得用砂纸研磨触头，以防止砂粒嵌入而使触头严重发热或损伤。

如果触头表面有灰尘和污物，或者被电弧烧灼而出现烟熏状，可用汽油、无水乙醇或四氯化碳来擦洗。

触头表面的氧化层可用细锉轻轻磨去，但银或银基合金触头的氧化膜，可不清理，因为银的氧化膜不影响导电。

504. 低压电器的短路环断裂怎么办？

如果低压电器的短路环断裂，一般用肉眼仔细观察就可发现。若有备用的同规格短路环，通常换上即可。若无备品，可用原短路环的同样材料按原来的式样和尺寸制做一个短路环。制造短路环的材料有紫铜、黄铜、铝、铁等数种。目前大多数短路环都嵌入铁芯槽内铆装，并用环氧胶粘剂粘于铁芯上。

www.plcworld.cn

这样，短路环的使用寿命就较长。

如果不使用原短路环的同样材料制作短路环，或者变更原来的尺寸，则应计算原短路环的电阻，并使变更后的电阻与其相等。即使如此，效果也不会很好，可能产生噪声或导致线圈温升过高。在正常的电磁系统中，短路环的电能损耗约占电磁系统总电能损耗的 1/4～1/2。

505. 为什么要经常测量低压电器的绝缘电阻？怎样测量？

绝缘电阻是低压电器的一个重要技术参数。绝缘电阻的高低，关系到低压电器本身和整个系统能否安全可靠地运行，关系到能否防止发生人身触电事故。如果低压电器的绝缘受潮，或由于外界（电的、机械的或化学的）作用而受到损伤或不断老化，其绝缘电阻就会降低；在电压作用下，绝缘可能击穿，使电器不能继续运行。此外，也可能发生表面闪络，导致相间短路。如果绝缘电阻显著降低，导致电器的接地金属件带电，则可能发生人身触电伤亡事故；同时，电器的绝缘电阻降低，也会使所在系统的绝缘电阻下降，以致继电保护装置发生误动作，从而破坏整个系统的运行。因此，必须经常测量低压电器的绝缘电阻，以判断它是否保持一定的绝缘水平。

为了判断电器的绝缘电阻是否符合要求，在安装前以及定期检查时都应测量其绝缘电阻。

通常，使用兆欧表来测量低压电器以下各部位的绝缘电阻：①主触头断开时，同极的进线与出线之间；②主触头闭合时，不同极的“带电”部件之间、触头与线圈之间、主电路与控制和辅助电器（包括线圈）之间；③各“带电”部件与金属支架之间；④各“带电”部件与运行时可触及部件（如操作手柄）之间。

www.plcworld.cn

506. 导电膏有何用途？怎样正确使用？

导电膏是一种新型电工材料，主要用来取代传统的镀银、搪锡工艺，提高电气结点（接头）的接触效果，避免不同金属连接所产生的电化学腐蚀。因此，导电膏很有推广使用价值。

导电膏的使用方法是：先铲去接触面的毛刺，并用砂纸将接触面研磨平整，随后用去油剂除去表面上的油污，用钢丝刷除去表面氧化膜，再用干净的棉纱蘸酒精将接触面擦拭干净；表面干燥后，先预涂 0.05～0.1 毫米厚的导电膏，并用铜丝刷轻轻擦拭，然后除去膜层，擦净表面，重新涂敷 0.2 毫米厚的导电膏，最后将接触面叠合，用螺栓紧固即可。

值得注意的是，导电膏并非良导体，它在接触面上的导电性是借"隧道效应"实现的。通常，接线端搭接面的电接触仅仅是少量的点接触，绝大部分面积并没有接触。导电膏涂敷于接触面上以后，就填补了接触点以外的空隙，并在电场的作用下形成许多导电通路，从而改善了接触面的导电状况。正因为如此，导电膏在接触面上不可涂得太厚，否则便无效果。

507. 低压电器的灭弧罩受潮有何危害？怎样处理？

灭弧罩是低压电器熄灭电弧的重要部件，一般用石棉水泥、耐弧塑料、陶土或玻璃丝布等材料制成。使用时灭弧罩若被雨淋和水蒸汽浸湿，或者在空气湿度很高的场所使用，其绝缘性能将显著恶化，从而大大降低灭弧效果，严重时还会使开关灭弧发生障碍。此外，当电弧燃烧时，由于产生高温，灭弧罩中的水分将汽化，造成灭弧罩上部的压力增大，电弧不易进入灭弧罩，长时间的燃烧而不能熄灭，会使开关烧损甚至炸裂。一旦发现灭弧罩受潮，应及时烘干再使用。

www.plcworld.cn

508. 怎样维护低压电器的电磁系统？发现低压电器的铁芯和衔铁接触面不平整怎么办？

在低压电器中，频繁操作的接触器、起动器、电磁继电器、电磁铁等控制电器，以及长期工作的断路器，都有容易发生故障的电磁系统。为了延长这些电器的使用寿命，对其电磁系统应进行以下维护工作：

(1)定期用压缩空气吹扫电磁系统积聚的灰尘，用刷子蘸汽油刷去铁芯极面的污垢，但不可刷洗线圈。

(2)定期检查铁芯工作是否正常，动、静铁芯是否对齐，交流电磁系统的噪声是否过大，动铁芯是否粘着不释放，转轴(如果有的话)转动是否灵活，并定期在轴承中注入润滑油；对于直动式电磁系统，要检查其导轨有无卡滞现象。

(3)定期检查线圈是否牢固地装在铁芯上，线圈温升是否超过规定值，并用兆欧表测量线圈对地的绝缘电阻(一般不应小于1兆欧)。

通常，铁芯和衔铁端面的加工精度很高。如果端面受到严重损伤或磨损面出现不平整现象，首先应使用细锉锉平，然后试装和修整刮平，方法如下：

(1)将衔铁和静铁芯装在支架上，端面间衬一张双面复写纸。

(2)向电磁线圈通电，子是衔铁吸合。此时端面上接触部位紧压着复写纸，在端面上印有斑点的地点，就是接触部位。

(3)切断电源，拆下铁芯，将端面上印有斑点的部位再锉光或刮平。锉光或刮平应顺着叠片方向进行，但不可锉掉太多。否则，会减小E型磁铁中间磁极的间隙。如果该间隙小于厂家规定值，剩磁就较强，可能导致电磁线圈断电后衔铁粘住不能释放。

www.plcworld.cn

(4)重复以上步骤，进行多次试验，将端面上印有斑点的部位刮平，直至斑点平均密布整个端面为止。

509. 运行中的低压电器铁芯噪声很大怎么办？

运行中的低压电器，其铁芯噪声很大的原因大多是：铁芯极面有污垢或不平，短路环断裂，机械部分有卡住现象，触头压力过大，合闸线圈的电压过低等。通常可按以下步骤进行处理：

(1)查明产生噪声的原因和部位。例如，若交流接触器的铁芯产生很大噪声，首先应擦去铁芯极面上的污垢，然后在线圈通电后，用绝缘体(如木棒或手戴绝缘手套)推动铁芯进行检查(图 6-5)。若推 a 点不响，则说明铁芯上肢端过低，接触不良；若推 b 点不响，则说明铁芯中肢端面过高；若推 c 点不响，则说明铁芯下肢端面接触不良。若推 a、b、c 三点都响，可再推动铁芯的架子，如不响，则说明触头弹簧压力过大；如声音减轻(推动前，噪声很大，且动铁芯也急剧振动)，则可能是分磁环断裂。

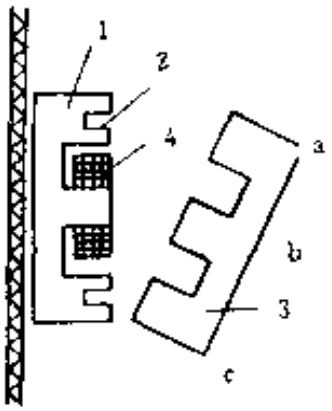


图 6-5 交流接触器铁芯示意图

1. 静铁芯 2. 短路环槽口 3. 动铁芯 4. 合闸线圈

(2)如果进行上述检查后，仍不能确定产生噪声的部位，可再推 a 点右边或左边，若某一边不响，则说明该边的铁芯过低或接触不良。若推 a 点左边、c 点左边或 a 点右边、c 点右边都不响，则说明半个动铁芯与静铁芯接触不良。如果制造厂将铁芯配对出厂，则把动铁芯上下反转就会无响声。

(3)用上述方法检查确定噪声部位后，对铁芯中肢端面高的部位应使用锉刀锉低；a 点或 c 点接触不平的部位应使用

www.plcworld.cn

锉刀锉平，以使动铁芯与静铁芯接触良好。这种锉修工作一般应由具有丰富经验的工人来完成。如果有精度较高的磨床，可将产生噪声的铁芯拆下，将动铁芯和静铁芯在磨床上研磨后再装上。但此时应注意，若中肢有防剩磁的间隙，则研磨时仍应磨出这一间隙，其值为 0.1～0.2 毫米（小值对应于小铁芯）。此间隙不可磨得太大，否则，线圈的温升将会增高。

510. 低压电器的铁芯粘住不释放怎么办？

如果低压电器的铁芯粘住不释放，可对交、直流两种系统进行检查和处理。

（1）在交流电磁系统中，铁芯粘住不释放的原因可能是：极面磨损，造成中肢间隙减小（指山形电磁铁）；极面所涂的防锈油（如工业凡士林）未擦去，并与尘埃混合在一起形成粘结剂。在前一种情况下，可磨出或锉出气隙；在后一种情况下，可用清洁的棉布蘸酒精将粘结剂清除。

（2）在直流电磁系统中，衔铁粘住不释放或断电后要经过一定时间才释放，可能是电磁铁极靴下的非磁性间隙减小，此时调大间隙即可。

无论是交流电磁系统还是直流电磁系统，一旦发生铁芯粘住故障，都应先检查机械活动部分是否灵活。如果机械部分无故障，确是铁芯粘住，可采取下列措施：

（1）若不允许设备停车，可临时将一块尺寸与极靴面积相等的薄纸片（质量较好的纸片）用胶粘剂粘在极靴上，以暂时减小剩磁，过几天进行检修。

（2）若允许设备停车，可将电器拆下，取出极靴下的铜片，换一块厚度稍大的磷铜片。

www.plcworld.cn

511. 为什么要对低压电器进行工频耐压试验？怎样判断低压电器的绝缘电阻是否合格？

通常，除要求低压电器的绝缘在正常工作条件下能长期承受额定绝缘电压的作用外，还要求它能够耐受偶尔出现的各种过电压的短时作用。因此，在电器安装前或大修后，除测量其绝缘电阻外，还要进行工频耐压试验，考核其绝缘性能。

各种低压电器的绝缘电阻值通常在产品说明书和技术规范中都有规定，将测得的电器绝缘电阻与规定的电阻值进行对比，就可判定电器的绝缘电阻是否合格。如果手头上一时无电器的绝缘电阻资料可查，可参照表 6-5 所列数据来判断电器的绝缘性能好坏。

表 6-5　电器的绝缘电阻值

额定绝缘电压，伏	$U_i \leqslant 60$	$60 < U_i \leqslant 660$	$660 < U_i \leqslant 800$	$800 < U_i \leqslant 1200$
绝缘电阻，兆欧	1.0	1.5	2.0	2.5

512. 对低压电器进行工频耐压试验时，怎样选取试验电压值？

对低压电器进行工频耐压试验时，试验电压的选取，不仅与电器的额定绝缘电压有关，而且还与被试电路的性质有关。标准规定，当电器清洁并且干燥时，主电路以及按规定接到主电路的控制电路和辅助电路的试验电压值，可按表 6-6 选取。

表 6-6　主电路耐压试验电压值

主电路额定绝缘电压 U_i，伏	工频耐压试验电压有效值，伏
$U_i \leqslant 60$	1000
$60 < U_i \leqslant 330$	2000
$300 < U_i \leqslant 660$	2500
$660 < U_i \leqslant 800$	3000

www.plcworld.cn

续表 6-6

主电路额定绝缘电压 Ui，伏	工频耐压试验电压有效值，伏
$800<U_i\leqslant1000$	3500
$1000<U_i\leqslant1200$	4200
$1200<U_i\leqslant1500$①	5000

注：①仅限于直流。

按规定不接到主电路的控制电路和辅助电路的工频耐压试验电压，可按表 6-7 选取。

表 6-7 控制电路和辅助电路耐压试验电压值 伏

电路的额定绝缘电压 U_i	工频耐压试验电压有效值
$U_i\leqslant60$	1000
$60<U_i$	$2U_i+1000$（但不小于 1500）

至于微开距触头元件（单断点的开距小于 1 毫米，双断点的开距小于 2×1 毫米），当其额定绝缘电压 $U_i\leqslant380$ 伏时，工频耐压试验电压为 $3U_i$，但不得小于 500 伏。

513. 对低压电器进行耐压试验时，怎样确定施加电压的部位和加压时间？

对低压电器进行耐压试验时，一般在以下部位施加电压：

（1）触头在断开位置时，同极的进线与出线端之间。

（2）触头在闭合和断开位置时，不同极的带电部件之间（触头为双断点的电器，允许只试闭合位置），以及触头与线圈出线端之间。

（3）在正常运行时，电器的带电部分与可能接触的部件（如手柄、磁系统）之间。此时被试的绝缘零件（如手柄）应包上一层金属箔，试验电极之一施于金属箔上。

（4）电器的带电部分与接地的金属件之间。带有绝缘底座

www.plcworld.cn

的电器，应按规定位置装于金属底架上。

(5)额定工作电压等级不同的带电电路应分别进行试验。

低压电器耐压试验施加电压的时间一般为1分钟，亦即试验时从小于试验电压的一半开始逐步升高电压，达到规定电压后持续1分钟。进行检查试验时，如果升高试验电压25%，则试验时间为1秒钟。

514. 低压开关出现灭弧不良现象怎么办？

低压开关的灭弧不良现象，通常是灭弧罩受潮、炭化或破损，磁吹线圈匝间短路，弧角或灭弧栅片脱落等原因引起的，一般可进行以下检查和处理：

首先倾听灭弧时的声音。如果听到一种软弱无力的"噗噗"声，则表明存在灭弧时间延长现象。此时应拆开低压开关，检查灭弧罩、磁吹线圈、弧角、灭弧栅片等。若灭弧罩受潮，可用灯泡干燥法烘干；若石棉水泥灭弧罩炭化，可用细锉将烧焦的部分锉掉或用小刀刮掉，但应保持灭弧罩表面光洁；若灭弧罩破损，则应换上一个同规格的新灭弧罩(用手工雕刻一个同样尺寸的石棉水泥灭弧罩也可)；若磁吹线圈匝间短路，用改锥将短接处拨开即可；若灭弧栅片脱落或烧毁，可用铁片按同样尺寸配制，有条件时将栅片再镀上一层铜。

515. 刀开关和刀形转换开关有何用途？怎样选用和安装？

刀开关主要用来作为各种设备和供电线路的电源隔离开关，也可非频繁地接通和分断容量不大的低压供电线路。刀形转换开关除具有上述功能外，还有转换电路的功能。选用这两种开关时，应着重考虑以下几点：

(1)正确选择结构形式　刀开关和刀形转换开关有多种型式。如按接线方式，可分为板前接线式和板后接线式两种；

www.plcworld.cn

按操作方式可分为中央手柄操作式、侧面手柄操作式、中央正面杠杆操作式和侧方正面杠杆操作式四种。此外，有些刀开关和刀形转换 开关是带灭弧罩的，而有些则不带。选择开关的结构型式时，主要应考虑它们在线路中的作用，以及在成套配电装置中的安装位置。例如，当必须用它们来分断负载时，应选用带灭弧罩并且用杠杆来操作的产品；当只用来隔离电源时，可选用不带灭弧罩的产品；当需要在正面操作时，应选用中央手柄操作式或中央正面杠杆操作式的产品；当需要侧面操作时，则应选用侧面手柄操作式或侧方正面杠杆操作式的产品。

(2)正确选用开关的等级　选择开关等级时，不可只考虑电路的正常工作电流，还必须考虑电路中可能出现的最大短路电流，以确保开关在通过峰值电流时具有必要的动稳定度和热稳定度。否则，应选增大一级额定电流的刀开关。

(3)带灭弧罩的刀形转换开关，只有少数产品的每相上下都有灭弧罩，大多数产品只有一个灭弧罩，选用时应加以注意。

安装刀开关和刀形转换开关，应注意以下事项：

(1)应垂直安装，最大倾斜度不得超过 5°，并使插座位于上方。这样，在支座松动时，可避免触刀在自身重力作用下误合闸造成事故；另一方面，借助电动力和热空气的对流作用，可迅速熄灭操作过程中产生的电弧。

(2)将母线接在刀开关接线端子上时，要防止产生过大的扭应力，同时还要保证二者接触可靠。

(3)刀片与固定触头的接触应良好，大电流触头或刀片可适量加润滑油(脂)。

(4)有消弧触头的刀开关，各相的分闸动作应一致。

www.plcworld.cn

(5)双投刀开关在分闸位置时，刀片应可靠地固定，应使刀片不能自行合闸。

(6)安装杠杆操作机构时，应调节好连杆的长度，以保证操作到位和操作灵活。

(7)安装完毕，应将该带的灭弧室装牢。

516. 什么叫做铁壳开关？怎样选用？

铁壳开关又称半封闭式负荷开关。它由触头、熔断器、操作机构和铁(钢板或铸铁)外壳组成，采用侧面手柄操作，操作机构与外壳之间装有机械联锁装置，保证在铁壳打开时不能合闸，而手柄处于合闸位置时也不能打开铁壳，以防止发生触电事故。常用的为 HH4 型(全国统一设计产品)，它广泛用于交流 380 伏、60 安以下的线路，作为不频繁地通、断负载电路，起动或分断电动机之用。最近开发的新系列的 HH10、HH11 型铁壳开关更具有操作方便、分断能力强等优点，已成为推荐使用的系列产品。选择铁壳开关时，应注意：

(1)与控制对象的配合　这种开关多用于电源切换(如切换吊车、焊机等的电源)。此外，非频繁起动的小容量异步电动机，也可使用这种开关。但分断电流若在 60 安以上，则可能发生弧光烧伤事故，所以短路电流超过 60 安时，不宜使用铁壳开关。由于铁壳开关只有熔断器作短路保护，而无过载保护，如果熔断器一相熔断，可能导致电动机断相运行。并且，配用瓷插式熔断器的铁壳开关，其分断能力不高，所以只宜装在短路电流不大的线路末端，以免铁壳开关不能分断故障而爆炸。

(2)额定电流的选择　用铁壳开关控制电热设备、照明电路和分支电路时，可按电路的额定电流来选择铁壳开关。如果用铁壳开关(额定电流为 60 安及以下者)来控制异步电动机，由于开关的通断能力仅为 4 倍额定电流，而电动机的起动电

www.plcworld.cn

流却为 6～7 倍额定电流，所以选择铁壳开关时，其额定电流应为电动机额定电流的 1.5 倍以上。

517. 怎样安装和维护铁壳开关？

铁壳开关的安装和维护，一般应注意以下事项：

(1)铁壳开关虽有封闭式外壳和联锁装置，但也与其他开关一样，安装和使用时都应注意安全，不允许将其随意置于地上操作，而应按规定垂直装在一定高处。

(2)不允许面对开关操作，以免万一发生故障而开关又不能分断时，铁壳爆炸伤人。

(3)开关外壳应可靠接地。

(4)禁止在开关上方搁置金属物件，以防止掉入开关内部而造成事故。

(5)若发现触头表面凹凸不平，应使用细锉修整，使表面保持光洁；若触头接触压力不足时，应对触头系统进行适当调整，并检查触头是否伤损。

(6)经常检查熔断器底座是否破裂，弹簧是否生锈、老化。一旦发现缺陷，应立即更换。

(7)检查接线是否松动。若发现松动，应重新连接；应经常保持外壳内壁不积聚粉尘，以保证绝缘良好。

(8)经常保持外壳完好无损，机械联锁正常，绝缘操作连杆固定牢靠，可动触片固定良好，接触紧密。

518. 组合开关有何优点？怎样选用？

组合开关的优点是：①体积小，因此安装面积也小；②接线方式多；③由于灭弧性能较好(在封闭的触头盒内灭弧)，因此通断能力和电寿命均较高；④使用安全、方便。选用组合开关，一般应注意以下几点：

(1)组合开关的电寿命虽然长于普通刀闸开关(例如控制

www.plcworld.cn

电动机时，组合开关的额定电流可比刀闸开关低一个等级），但操作频率每小时超过300次或功率因数低于规定值时，就应降低容量使用。否则，不仅会缩短组合开关的使用寿命，有时还可能因持续燃弧而发生事故。

（2）组合开关虽然有一定的通断能力，但不能用来分断故障电流。此外，选用时还应考虑下述情况：用于控制电动机可逆运动的组合开关，应在电动机完全停止转动以后，才可反方向接通。

（3）由于组合开关的接线方式很多，首先应清楚地了解该产品全部型号中的类型代号和接线图，然后根据需要选定相应规格的产品。

（4）组合开关本身没有过载、短路、欠压等保护功能。如果需要这些保护，应另外装设相应的保护电器。

519. 组合开关有哪些常见故障？怎样处理？

组合开关一般有以下常见故障，可分别予以处理：

（1）由于开关的固定螺栓松动和旋转操作频繁，导线压接处容易松动而造成外部连接点放电、烧蚀或断路。此时应拧紧固定螺栓，并适当减少操作次数。

（2）开关内部转轴上的扭簧松软或断裂，导致动触头无法转动，造成接点位置改变。此时应更换弹簧。

（3）开关内部的动、静触头接触不良，或开关额定电流小于负荷回路电流，造成内部接点起弧烧蚀。在这种情况下，应调整动、静触头或换上额定电流较大的开关。

如果出现严重故障，应将开关解体进行检修或换上新开关，检修时必须停电，以免发生触电事故。

520. 怎样拆装和维修组合开关？

组合开关的拆装和维修，应按以下步骤进行：

www.plcworld.cn

(1)拧松紧固手柄的螺栓，取下手柄。

(2)拧松支架上的紧固螺母，取下顶盖、转轴弹簧和凸轮等操作机构。

(3)抽出绝缘杆，取下绝缘垫板上盖。

(4)拆下三对动、静触头。

(5)检查触头有无烧毛现象。如果烧毛，应使用0号砂布(或砂纸)修磨，或者更换无法修整的触头。

(6)检查转轴弹簧是否松脱，消弧垫是否严重磨损。如果二者损坏，不能继续使用，则应予以更换。

(7)按拆卸的逆顺序装配组合开关。

(8)装配时，应使活动触头和固定触头相互保持正确位置，叠片连接应紧密。

(9)拆装过程中应注意以下几点：①要准备盛放零部件的容器，以免丢失零部件。②拆卸弹簧时要防止其弹出；③拆装过程中不许硬撬；④拆装灭弧罩时应避免碰撞。

(10)已修复和装配好的组合开关应进行10次通断试验。如果不合格，应拆开重新装配。

521. 熔断器有何用途？怎样分类？

熔断器是低压配电网中的主要保护器件之一，主要起短路保护作用。当通过熔断器的电流大于规定值时，以它自身产生的热量使熔体熔断而自动断开电路。通过熔断器的熔化特性和熔体熔断特性的配合，以及熔断器与其他电器的配合，在一定的短路电流范围内可以达到选择性保护的目的。

熔断器按结构形式可分为：

(1)半封闭插入式熔断器。

(2)无填料密闭管式熔断器。

(3)有填料封闭管式熔断器。

www.plcworld.cn

(4)自复熔断器。

有填料封闭管式熔断器，按使用对象又可分为：

(1)专职人员使用的熔断器，即一般工业用熔断器。

(2)非熟练人员使用的熔断器。

(3)保护半导体器件的熔断器，即快速熔断器。

522. 怎样正确掌握选用熔断器的一般原则？

选择熔断器，通常应考虑以下一些原则性的问题：

(1)熔断器的保护特性应与所保护对象的过载能力相匹配，使保护对象在全范围内得到可靠保护。

(2)应防止越级熔断，以免扩大事故停电范围；各级熔断器之间应有良好的协调配合，发生故障时，下级熔断器应先熔断，而且在下级熔断器熔断后，上级熔断器能够自动复原。

(3)在预期短路电流不大、故障率较高的配电网络中，从经济上考虑，应优先选用用户可方便拆装熔体的熔断器。

(4)在预期短路电流较大的配电网络中，应选用分断能力高的熔断器，必要时还应优先选用限流作用较好的熔断器。但应注意，有限流作用的熔断器，也不是在任何情况下都能限流。例如RTO系列熔断器，额定电流在100安以下者，预期短路电流要在4000安左右才能限流；额定电流在100安以上者，预期短路电流与熔断器额定电流的比值要超过40倍(一般是60～100倍)才能限流，否则无限流作用。在这种情况下，不如节约投资，选用无限流作用的熔断器。

(5)用于电动机过电流保护的熔断器，通常不要求有限流作用，只希望采用熔化系数较小的熔体，即选用具有锌质熔体或铅锡合金熔体的熔断器。

523. 怎样选用和维护一般工业用熔断器？

选用一般工业用熔断器，应考虑以下几个问题：

www.plcworld.cn

(1)按电网电压选用相应电压等级的熔断器。

(2)按配电系统中可能出现的最大短路电流，选择有相应分断能力的熔断器。

(3)在电动机回路中，如果熔断器用于短路保护，应考虑电动机的起动条件，一般按电动机起动时间的长短选择熔体的额定电流，即

起动时间不长者　$I_e = I_Q/(2.5 \sim 3.0)$

起动时间长或较频繁者　$I_e = I_Q/(1.6 \sim 2.0)$

式中　I_e 为熔体额定电流，安；

I_Q 为电动机的起动电流，安。

(4)为了满足选择性保护的要求，上、下级熔断器应根据其保护特性曲线上的数据和实际误差来选择。例如，若两熔断器的熔断时间的匹配裕度为 10%。则必须满足以下条件：

$$t_1 \geqslant \left(\frac{1.05+\delta\%}{0.95-\delta\%}\right)t_2$$

式中　t_1、t_2 分别为对应于故障电流的熔断时间，即从特性曲线上查得的上级熔断器的熔断时间和下级熔断器的熔断时间；

$\delta\%$ 为熔断器的熔断时间误差，其值一般可从产品说明书中查到。如果说明书中未给出 $\delta\%$ 值，则可取 $t_1 \geqslant 3t_2$。

维护　一般工业用熔断器，应注意以下事项：

(1)对于有填料的熔断器，当熔体熔断时，应换上原型号的熔体，用户不可自行装上其他规格的熔体。

(2)对于密闭管式熔断器，在更换熔体时，应检查熔体规格与原规格是否一致；装上新熔体前应清除管子内壁上的烟尘；装上新熔体后应拧紧两头端盖。

www.plcworld.cn

(3)应经常检查运行中的熔断器的指示器，以便及时发现有无断相运行情况。

(4)若发现瓷底座有沥青流出，则说明熔断器存在接触不良和温升过高现象，应及时更换熔断器。

(5)插入和拔出熔断器时要使用规定的把手，不得用手直接操作或使用其他不合适的工具。

(6)应在不带电的情况下更换熔体或熔体管。如果需要带电更换，应戴绝缘手套，站在绝缘垫上，并戴上护目眼镜。

524. 熔断器上下级之间以及与其他电器之间的选择性保护怎样协调配合？

所谓熔断器的选择性保护，是指线路中发生短路或过载故障时，只有距故障点最近的熔断器或其他保护电器首先熔断(或切除故障线路)，而上级熔断器不熔断，把故障的影响限制在最小范围内。这种选择性保护是很重要的。通常把上下级熔断器的这种配合关系称为协调配合，熔断器与其他电器也应有这种协调配合。

新标准(JB4017)对上下级熔断器的过电流选择比规定为1.6∶1和2∶1两种，究竟采用哪一种，通常在产品技术条件中作出规定。所谓上下级熔断器的过电流选择比，是指上下级熔断器实现选择性保护的额定电流之比。选择比大于1.6或2.0当然更为可靠，但过大在经济上不合算。

熔断器与其他电器的协调配合，应根据各自的保护特性，通过计算来确定。通常，按上级为断路器、下级为熔断器的方式配合，一般都能实现选择性保护；而上级为熔断器、下级为断路器的配合方式，能否实现选择性保护，一般要通过特性验算才能确定。

525. 运行中的熔断器可能出现哪些故障？怎样预防？

www.plcworld.cn

最常见的故障有：

(1)熔断器热老化　这是由于熔体长期受热后发生氧化，从而电阻增大。通常，无填料熔断器最易老化。

(2)熔断器机械老化　这是由于熔体在反复承受负载过程中的热胀冷缩所产生的机械应力，使材料晶粒变粗，从而电阻也增大。

(3)断相运行　出现断相运行现象的原因是：当三相电路中有两相熔断时，往往只更换该两相的熔体，而另一相的熔体虽未熔断，但已受损，却未同时更换，所以日后发生断相运行故障。

为了防止出现第(1)、第(2)两项故障，选择熔断器时应留有一定裕度，以延长熔断器的使用寿命。根据经验，对于稳定的长期负载，如果熔断器的负载率为90%，使用寿命可达5～7年；若负载率在75%以下，就无需考虑熔断器的使用寿命和老化问题。

为了防止第(3)项故障，应在两相熔断时，同时更换三相的熔断器，并且检查上一级熔断器是否受损。检查的方法是测量其电阻值，若测得的电阻比新熔断器的电阻大10%以上，则上一级熔断器也应更换。

526. 怎样防止熔断器的熔体误熔断？

熔断器的熔体误熔断，是指熔体在电路额定电流下熔断。熔体一旦误熔断，将使被保护设备不能继续正常运行，影响生产或工作，因此应尽量防止出现这种现象。

熔体误熔断，除与熔体规格选择不当有关之外，还与熔体的安装、使用条件有关。为了防止熔体误熔断，在实际工作中应注意以下各点：

(1)正确选择熔体规格，使熔体额定电流高于被保护线路

www.plcworld.cn

通过的额定电流。

(2)安装熔体应精心操作，不可弯折和损伤熔体，以防由于熔体截面减小，额定电流降低而引起误熔断。

(3)更换熔体时，应对接触部位进行修整，保证熔断器动触头与静触头(RL1 型)、触片与插座(RM1 型)、熔体与底座(RL1 型、RT0 型、RS0 型)之间接触良好，避免接触不良造成过热而使熔体误熔断。

(4)如果熔断器周围环境温度比被保护对象的周围环境温度高出很多，则应加强熔断器安装地点的通风，以避免散热不良、温升过高而引起熔体误熔断。

(5)如果熔体氧化腐蚀，其额定电流将降低，因此贮存熔体时应防止它受潮氧化或被其他物质腐蚀。

527. 怎样正确掌握选择低压断路器的一般原则?

通常，选用任何低压断路器，都应考虑以下一些原则性的问题：

(1)断路器的额定工作电压≥线路额定电压。

(2)断路器的额定电流≥线路计算负荷电流。

(3)断路器的额定短路通断电流≥线路中可能出现的最大短路电流，一般按有效值计算。

如果所选断路器的额定电流与线路计算负荷电流相符，但额定短路通断电流小于线路的最大短路电流，则必须提高选用断路器的额定电流，即按线路计算负荷电流选择过电流脱扣器的额定电流。

(4)线路末端单相对地短路电流≥1.25 倍断路器瞬时(或短延时)脱扣器整定电流。

(5)断路器欠电压脱扣器的额定电压＝线路额定电压。

是否需要欠电压保护，随使用要求而定。通常，并非所有

www.plcworld.cn

断路器都需要带欠电压脱扣器。在某些供电质量较差的系统中，选用带欠电压保护的断路器，反而会因电压波动而经常造成不应有的断电。在这种场合，若断路器必须带脱扣器，则应有适当的延时。

(6)具有短延时的断路器，若带欠电压脱扣器，则脱扣器必须是延时的，其延时时间≥短路延时时间。

(7)断路器的分励脱扣器的额定电压＝控制电源电压。

(8)电动传动机构的额定工作电压＝控制电源电压。

(9)必须校核断路器的接线方向。如果产品说明书中或端子上标明只能上进线，则安装时不可采用下进线，而母联开关则必须选用下进线的断路器。

528. 塑料外壳式断路器和万能式断路器的特点是什么？怎样选用？

塑料外壳式断路器和万能式断路器的特点如表 6-8 所示。选用时可按照给定的用途，参考这两种断路器的优缺点，在技术、经济上进行比较而加以确定。

表 6-8　塑料外壳式断路器和万能式断路器的比较

比较项目 \ 类型	塑料外壳式	万能式
选择性	大都无短延时，非选择性	有短延时，可调，能满足选择性保护的要求
脱扣器	大都只有过电流脱扣器，失压和分励脱扣器只能二者择一	可具有过电流脱扣器以及欠电压、分励、闭锁脱扣器等
短路通断能力	较低	较高
使用范围	宜做支路开关	宜做主开关
操作方式	多为手动，少数带电动传动机构	有手动、杠杆操动、非贮能式、贮能式、电动操作等
维修	不方便，有的不可维修	较方便
接触防护	好	差

www.plcworld.cn

续表 6-8

比较项目 \ 类型	塑料外壳式	万能式
安装方式	可单独安装，也可装于开关柜、配电箱内	可装于普通开关柜内或抽屉式结构的开关柜内
外形尺寸	较小	较大
飞弧距离	较小	较大
动、热稳定度	较低	较高
价格	较低	较高

529. 怎样选择配电用低压断路器？

配电用低压断路器，主要是指低压网络中专门用来分配电能的电器，包括电源总开关和负荷支路开关。选用这类断路器，除应考虑 527 问“怎样正确掌握选择低压断路器的一般原则？”所提 到的原则外，还应满足将系统的故障限制在最小范围以内、防止发生故障时扩大停电区域这一要求。为此，还必须考虑以下一些原则问题：

(1)断路器的长延时动作电流整定值≤导线允许载流量，一般可取导线、电缆允许载流量的 80%。

(2)3 倍长延时动作电流整定值的可返回时间≥线路中最大起动电流的电动机的起动时间。

(3)短延时动作电流整定值≥$1.1\times(I_{jx}+1.35kI_{ed})$

式中 I_{jx}为线路计算负荷电流，安；

k 为电动机的起动电流倍数；

I_{ed}为电动机额定电流，安。

(4)瞬时电流整定值≥$1.1\times(I_{jx}+k_1I_{edm})$

式中 k_1 为电机起动电流的冲击系数，一般

www.plcworld.cn

取 $K_1=1.7\sim2$；

I_{cdm}为容量最大的一台电动机的额定电流，安。

(5)短延时时间阶梯，随配电系统的分段而定，一般为 2～3 级。每级之间的短延时时差为 0.1～0.2 秒，随断路器短延时机构的动作准确度而定。其可返回时间应保证各级的选择性动作。选定短延时阶梯后，最好按保护对象的热稳定度加以校核。

530. 怎样选择电动机、导线保护用低压断路器?

电动机保护用低压断路器一般分为两类：一类是断路器只起保护作用而不担负正常操作；另一类是断路器担负保护和不频繁操作这两项任务。选择后一种断路器时应考虑操作条件和电寿命。选择电动机保护用断路器的一般原则是：

(1)长延时电流整定值＝电动机额定电流。

(2)瞬时整定电流：

保护笼型电动机时　瞬时整定电流＝(8～15)倍电动机额定电流，具体数值随电动机的型号、容量和起动条件而定。

保护绕线转子电动机时　瞬时整定电流＝(3～6)倍电动机额定电流，具体数值也随电动机的型号、容量和起动条件而定。

(3)6 倍长延时电流整定值的可返回时间≥电动机实际起动时间。按起动时的负载轻重，可返回时间可选用 1、3、5、8、15 秒中的一档。

导线保护用断路器，是指室内配电系统中对照明、生活用导线起保护作用的断路器。选用时应满足以下要求：

(1)长延时整定值≤线路计算负荷电流。

(2)瞬时动作电流整定值＝(6～20)倍线路计算负荷电流。

www.plcworld.cn

531. 怎样安装低压断路器?

低压断路器的安装是否正确,直接影响其使用性能和安全,所以安装时应满足以下要求:

(1)安装前应检查断路器的规格是否符合使用要求;应将断路器操作数次,检查机构动作是否灵活和分、合是否可靠。

(2)安装前应使用 500 伏兆欧表测量断路器的绝缘电阻,以在周围空气温度为 20±5 C 和相对湿度为 50～70%测得的电阻不小于 10 兆欧为合格。否则,断路器应作干燥处理。

(3)应严格根据产品说明书规定的位置(如垂直)安装,否则,将影响脱扣器动作的准确性和通断能力。

(4)断路器的安装应平稳,不得有附加机械应力。否则,对于塑壳式断路器,其绝缘基座可能因受拉力而损坏,脱扣器的牵引杆(脱扣轴)因基座变形而卡住,影响脱扣动作;对于抽屉式断路器,可能影响其二次回路连接的可靠性。

(5)为防止发生飞弧,安装时应按产品说明书的规定在灭弧罩上部留有一定的飞弧空间。对于塑壳式断路器,进线端的裸母线应包上 200 毫米长的绝缘物,有时还需要在进线端的各相间加装隔弧板(将其插入绝缘外壳上的燕尾槽中)。

(6)电源进线应接在灭弧室一侧的接线端上(上母线上),接至负载的出线应接在脱扣器一侧的接线端上(下母线上);出线端的连接线截面应严格按规定选取,否则,将影响过电流脱扣器的保护特性。

(7)某些塑壳式断路器(如 DZ10 系列),只有取下盖子才能安装,但其操作机构在出厂时就调试好,所以卸装盖子时操作机构不得串换。如果是带插入式端子的断路器(如 DZ12-60C 型),安装时应将插刀推到底,并把下方的安装压板旋紧,以免碰撞而脱落。

www.plcworld.cn

(8)带插入式端子的塑壳式断路器,应装在金属箱内(只有操作手柄外露),以防止操作人员触及接线端而发生事故。

(9)对于带电动机操作机构的塑壳式断路器,应装上显示断路器工作状态的指示灯。因为这种断路器装好后,无法通过操作手柄的位置来判断断路器处于合闸还是分闸状态。

(10)凡是设有接地螺栓的断路器,都应可靠接地。

532. 低压断路器与相邻电器的保护特性怎样协调配合?

低压断路器与相邻电器的保护特性的协调配合,应满足以下要求:

(1)断路器的长延时过电流脱扣器的特性应低于保护对象(导线、电缆、电动机、变压器等)的允许过载特性。

(2)低压侧主开关短延时过电流脱扣器与高压侧过电流保护继电器的配合级差为 0.4～0.7 秒,随保护继电器的型号而定。

(3)低压侧主开关过电流脱扣器的保护特性应低于高压侧熔断器的熔化特性。

(4)上级断路器的保护特性与下级断路器的保护特性不得相交。当为级联保护方式时,可以交叉,但交点短路电流应为下级断路器的 80%。

(5)上级断路器的短延时整定电流≥1.2 倍下级断路器的短延时或瞬时(若下级无短延时)整定电流。

(6)上级断路器的瞬时整定电流≥1.1 倍下级断路器进线处的短路电流≤断路器的延时通断电流。

(7)具有短路延时的断路器如果带欠电压脱扣器,则它必须是有延时的,且其延时时间≥短路延时时间。

533. 低压断路器与熔断器怎样协调配合使用?

熔断器虽然具有价格低、分断能力高、安装面积小、使用

www.plcworld.cn

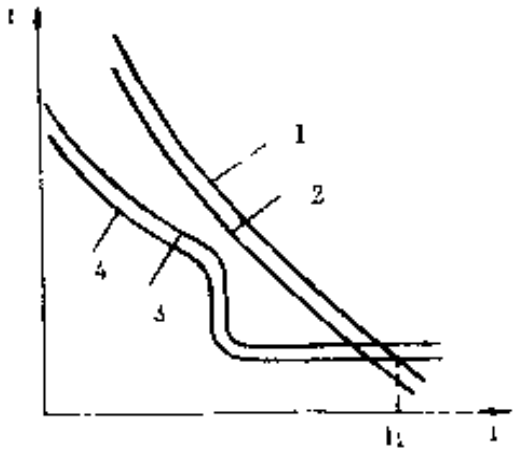


图 6 6　断路器和熔断器的配合特性曲线

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

组合这两种电器，应使二者的保护特性的相交点电流 I_1（图 6-6）不大于断路器所能分断的电流。这个相交点是指熔断器特性的上限（曲线 1）与断路器特性的下限（曲线 4）的交点。也就是说，在出现比 I_1 更大的短路电流时，必须保证熔断器先于断路器分断。显而易见，如果断路器有一定的短延时，则这种保证是能够实现的。

534. 怎样使用和维护低压断路器？

断路器是一种比较复杂的保护电器，除正确选用外，还要善于使用和维护，才能保证它能完成预定的任务。在使用和维护过程中一般应注意以下几点：

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

（2）断路器内各脱扣器的整定电流、铁芯气隙、活动部件间的距离和调整螺栓等，通常在出厂前就已调整好，使用时不

www.plcworld.cn

得随意变动，以免影响脱扣器的动作特性而发生误动作或造成事故。

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

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

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

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

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

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

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

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

www.plcworld.cn

535. 低压断路器运行中温升过高怎么办？

如果发现运行中的低压断路器温升过高，首先应采取措施减小负荷，然后观察温升是否继续增高。如果继续增高，在允许停电的情况下，应使断路器退出运行，采取安全措施后，对其接触部位进行检查和处理：

(1)若是触头压力太小，合闸后不能保持良好接触而发热，可调整触头压力或更换弹簧。

(2)如果触头接触表面脏污或有氧化膜，可清除触头表面污垢或氧化膜。

(3)若触头接触面严重磨损或接触不良，则应修整接触面或更换触头。如果不能更换触头，则应更换整台断路器。

(4)若两个导电元件的连接螺栓松动，则拧紧螺栓即可。

536. 低压断路器合闸后过一段时间又自行分断或分闸失灵怎么办？

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

(1)过电流脱扣器长延时整定值有误。此时可重新调整，增大延时。

(2)热元件或半导体延时电路元件损坏。此时应更换损坏的元件。

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

低压断路器分闸失灵，大多是脱扣器发生故障所致。如果是分励脱扣器不能分断，一般应进行以下检查和处理：

(1)线圈是否短路或断线。如果线圈损坏，应予以更换。

www.plcworld.cn

(2)电源电压是否太低。如果太低,应调高电压或更换电源。

(3)脱扣机构的螺栓是否松动。如果松动,则应拧紧。

如果是失压脱扣器不能分断,则可进行以下检查和处理:

(1)检查反力弹簧。如果反力太小,则应更换弹簧。

(2)如果是贮能弹簧的弹力不够或断裂,则应进行调整或更换贮能弹簧。

(3)检查动作机构是否生锈或被异物卡住。如果是,则应消除锈层或排除异物。

537. 手动或电动操作的低压断路器合闸失灵怎么办?

手动操作的低压断路器,如果合闸后触头不能闭合,一般应进行以下检查,并视具体情况加以处理:

(1)失压脱扣器线圈是否完好,脱扣器上有无电压。如果线圈烧坏,应更换线圈;如果没有电压,应接上电源。

(2)贮能弹簧是否变形。如果变形,可能导致闭合力减小,从而使触头不能完全闭合,此时应换上合适的贮能弹簧。

(3)反作用弹簧力是否过大。如果过大,应进行调整。

(4)如果是脱扣机构不能复位再扣,则应调整脱扣器,将再扣接触面调到规定值。

(5)如果手柄可以推到合闸位置,但放手后立即弹回,则应检查各连杆轴销的润滑状况。若润滑油已干枯,则应加新油,以减小摩擦阻力。

此外,如果触头与灭弧罩相碰,或动、静触头之间以及操作机构的其他部位有异物卡住,也会导致合闸失灵。此时应视具体情况进行处理。

电动操作的低压断路器,如果合闸后触头不能闭合,一般应进行以下各项检查,并根据检查结果作相应处理:

www.plcworld.cn

(1)控制电路的接线是否正确，电路中的元件(如整流管或电容器)是否损坏，熔断器的熔体是否熔断。如果接线有错，则应改正接线；如果元件损坏、熔断器熔断，则应换上相应的元件和熔断器。

(2)电源电压是否过低。如果过低，则应调整电压，使之与操作电压相适应。

(3)检查电磁铁拉杆行程。如果行程不够，则应重新调整或更换拉杆。

(4)电动机的操作定位开关是否变位。如果变位，则应重新调整。

(5)检查操作电源的容量是否过小。如果过小，则应更换电源。

(6)如果是一相触头不能闭合，其原因可能是该相的连杆断裂，应更换连杆。

538. 低压断路器的辅助触头不通电怎么办?

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

(1)辅助触头的动触桥是否卡住或脱落。如果是，应拨正或重新装好触桥。

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

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

www.plcworld.cn

539. 在低压供电系统中怎样接用断路器？

在低压供电系统中一般按以下三种方式接用断路器：

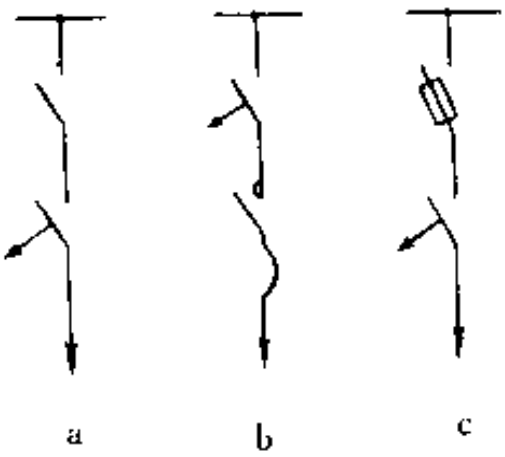


图 6-7　断路器的接线方式

（1）单独接用断路器　如图 6-7a 所示，这种接线方式适用于从变压器二次侧引出的低压供电干线。在电源侧先接刀开关，再接断路器，最后接用电负荷。在断路器前面装设刀开关，可以保证检修断路器时的安全，使检修时线路上有一个明显的断开点。

（2）断路器与接触器配合　如图 6-7b 所示，在电源侧先接断路器，后接接触器，再接热继电器，最后接用电负荷。这样，用断路器作短路保护装置，用接触器（或电磁起动器）作电路控制电器，用热继电器作过负荷保护装置。这种接线方式适用于操作频繁的电路。

（3）断路器与熔断器配合　如图 6-7c 所示，在电源侧先装熔断器（或熔断器式刀开关），再接断路器，最后接用电负荷。这样，用熔断器作短路保护装置，用断路器作电路控制电器和过负荷保护装置。这种接线方式适用于带热脱扣器的断路器。

540. 低压断路器的失压脱扣器运行中产生噪声和振动怎么办？

如果低压断路器的失压脱扣器运行中产生噪声和振动，可从以下几方面查找原因，并作相应处理：

（1）由于脱扣器线圈的额定电压高于电路的电源电压，所产生的电磁力不足以克服弹簧的反作用力，从而造成脱扣器

www.plcworld.cn

产生噪声和振动。通常，换上电压符合的线圈即可。

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

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

541. 分励脱扣器或失压脱扣器不能使低压断路器分断怎么办？

分励脱扣器不能使低压断路器分断，可能有以下几种原因，可分别予以处理：

(1)线圈短路。应更换线圈 。

(2)电源电压太低。应更换电源或调高电压。

(3)再扣接触面太大。应重新调整再扣接触面。

(4)螺栓松动。拧紧螺栓即可。

如果失压脱扣器不能使低压断路器分断，可针对以下几种原因予以处理：

(1)反力弹簧拉力变小。应调整弹簧的弹力。

(2)若为贮能释放，则是贮能弹簧拉力变小。应调整贮能弹簧。

(3)操作机构卡死。应查明原因并予以排除。

542. 漏电保护器有何用途和怎样分类？它有哪几种保护方式？各存在什么缺点？怎样克服？

漏电保护器俗称触电保安器，用于低压电路中，作为防止人身触电和防止漏电引起的火灾、电气设备烧损以及爆炸事故的安全电器。其主要功能是提供间接接触保护。漏电动作电流小于 30 毫安的保护器，也可作为直接接触的补充保护。

www.plcworld.cn

目前，国内各地使用的漏电保护器种类很多，常用的漏电保护器有电压型和电流型两类。电压型漏电保护器用于变压器中性点不接地的低压电网，其特点是：当人身触电时，零线对地出现一个较高的电压，于是继电器动作，电源开关跳闸。

电流型漏电保护器又分为电磁式和电子式两种。它主要用于变压器中性点接地的系统，其特点是：当有人触电时，由零序电流互感器检测出一个漏电电流，使继电器动作，也促使电源开关跳闸。

目前装设的漏电保护器，有两种保护方式：一种是在变压器二次侧实行总保护（图 6-8）。另一种是在线路末端实行末端保护（图 6-9）。

这两种保护方式都存在一定缺点。总保护的缺点是：当线路末端 D 点发生接地故障时，保护器动作，造成整个供电系统都停电。并且，如果总保护的整定值过小，会使总保护装置频繁动作；如果总保护的整定值过大，又使防止触电的效果减小。因此，总保护多用于防止漏电而引起的电气火灾事故。

末端保护的缺点是：保护范围太小，装设的漏电保护器较多，并且，当主干线漏电时无法保护。

要克服上述两种保护方式的缺点，最好实行有选择性的多级保护。

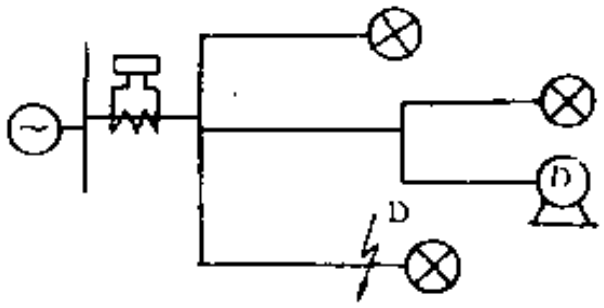


图 6-8　总保护

www.plcworld.cn

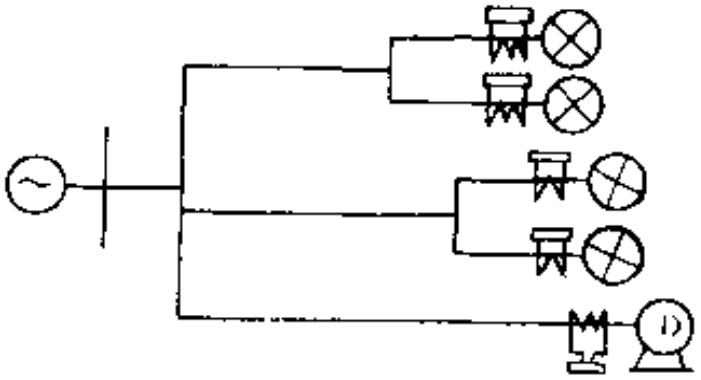


图 6-9　末端保护

543. 怎样对比电子式漏电保护器和电磁式漏电保护器？

电子式漏电保护器，是在电磁式漏电保护器的基础上，加装具有放大、比较、整形等功能的电子电路而设计生产的。在保护原理上，二者完全相同，但各有优缺点。通常，从灵敏度，电源电压和环境温度对其特性的影响，绝缘耐压能力，耐雷电冲击能力，延时和反时限特性，耐机械冲击和耐振动能力，耐外界磁场干扰能力等方面进行对比，如表 6-9 所示。

表 6-9　电子式和电磁式漏电保护器对比

项目	电子式	电磁式
灵敏度	灵敏度高，可制成超高灵敏度 6 毫安及以下的产品	以 30 毫安为限，100 安以上的大容量产品提高灵敏度有困难
电源电压对特性的影响	有（若有稳压电源，可减小影响）	无
环境温度对特性的影响	有（若采取温度补偿措施，可减小影响）	很小
绝缘耐压能力	只能按电子元件试验要求进行试验	可满足 2000 伏或 2500 伏·分钟的耐压试验
耐雷电冲击能力	弱（若有过电压吸收器，可提高耐雷击能力）	强
延时和反时限特性	容易	比较困难

www.plcworld.cn

续表 6-9

项目	电子式	电磁式
耐机械冲击和耐振动能力	较强	一般较差
外界磁场干扰	强(对电子回路采取防干扰措施,可减小影响)	小
结构	复杂	简单
制造要求	一般	严格
接线要求	不可倒接	可将进出线倒接
价格	较低,100 安以上者比电磁式要低得多	较高,100 安以上者很高

544. 怎样根据使用目的和电气设备所在场所选择漏电保护器?

如果漏电保护器用于防止人身触电,则应根据直接接触触电防护和间接接触触电防护两种不同的要求来选择其动作特性。

(1)用于防护直接接触触电时　由于直接接触触电的危险性较大,因此应选择灵敏度较高的快速动作型漏电保护器。例如,对于操作人员经常接触的带双重绝缘或不带双重绝缘的电动工具、移动式电气设备和临时线路,应在回路中安装动作电流为 30 毫安、能在 0.1 秒内动作的漏电开关或漏电保护插座。

在家用电器较多的居民住宅内,最好在进户线电度表后安装动作电流为 30 毫安、能在 0.1 秒内动作的小容量漏电开关或漏电保护插座。

如果一旦触电容易造成二次伤害(如进行高空作业),则应在供电回路中安装动作电流为 15 毫安、能在 0.1 秒内动作的漏电开关。

www.plcworld.cn

对于医院中的电气医疗设备，应安装动作电流为6毫安的快速动作型漏电开关。

(2)用于防护间接接触触电时　用于防护间接接触触电的漏电保护器，其动作电流的选择，应考虑用电设备的接地电阻和允许的接触电压，即

$$I_{\triangle n} \leqslant \frac{U}{R}$$

式中　U为允许接触电压，伏；

R为设备的接地电阻，欧；

$I_{\triangle n}$为漏电保护器的动作电流，毫安。

例如，额定电压为220伏或380伏的固定电气设备，当其外壳接地电阻为500欧及以下时，单机可选用动作电流为30毫安、动作时间为0.1秒的漏电保护器；额定电流为100安以上的大型电气设备或带有多台用电设备的供电回路，可选用动作电流为50～100毫安的漏电开关；当用电设备的接地电阻在100欧以下时，可选用动作电流为200～500毫安的漏电保护器；对于较重要的电气设备，为了减少偶然停电事故，以及为了满足选择性这一要求，可选用长延时型漏电开关。

通常，不同场所发生的间接接触触电，对人身造成不同程度的伤害。因此，不同场所的用电设备应安装不同的漏电保护器。一般来说，发生触电的危险性愈大的场所，愈要求使用高灵敏度的快速动作型漏电保护器。例如，在潮湿场所(如电镀车间、清洗间、建筑工地以及充满蒸汽的地点)，由于人体电阻明显下降，触电的危险性比干燥场所要大得多。所以，这类场所应装设电流为15～30毫安、动作时间在0.1秒以内的漏电保护器。

当电气设备位于水中时(如游泳池的照明电路)，人触电

www.plcworld.cn

后不仅可能引起心室颤动，而且也存在溺毙的危险，所以这种场所应使用工作电压低于 36 伏的电气设备，应安装电流在 15 毫安以下、动作时间在 0.1 秒以内的漏电保护器，或者安装动作电流为 6～10 毫安、具有反时限特性的漏电开关。

当操作人员必须站在金属物体上（或在金属容器内）操作电气设备时，只要电压高于 24 伏，就应安装电流在 15 毫安以下的漏电保护器。

在露天场所和潮湿场所，即使使用双重绝缘或加强绝缘的电气设备和电缆，由于雨水、潮气的作用，电气设备和电缆的绝缘可能损坏，因此也存在触电危险。在这种情况下，也应安装电流为 15～30 毫安、动作时间在 0.1 秒以内的漏电保护器，或者安装动作电流在 10 毫安以下、具有反时限特性的漏电开关。

545. 怎样根据电路和设备的正常泄漏电流选择漏电保护器？

从保证人身安全的角度考虑，希望漏电保护器的灵敏度越高越好。但是，无限制地提高对漏电保护器的灵敏度的要求，也是不恰当的。因为任何电气线路和任何电气设备，在正常工作条件下总是有一定的泄漏电流。如果漏电保护器的动作电流小于线路和设备的正常泄漏电流，不仅漏电保护器不能投入正常运行，而且还因其经常误动作而影响供电的可靠性。因此，在选择漏电保护器的动作特性时，必须考虑线路和设备的正常泄漏电流，以防止漏电保护器在正常情况下误动作。

根据运行经验，不同电气设备和不同线路所装的漏电保护器，其动作电流应满足以下要求：

（1）单机配用的漏电保护器，其动作电流应大于设备正常

www.plcworld.cn

运行条件下实测最大泄漏电流的 4 倍。

(2)分支电路中的漏电保护器，其动作电流应大于线路正常运行条件下实测最大泄漏电流的 2.5 倍。同时，漏电保护器的动作电流应大于其中泄漏电流最大的一台用电设备的实测泄漏电流的 4 倍。

(3)用于主干线或全网总保护的漏电保护器，其动作电流应大于电网正常运行条件下实测泄漏电流的 2.5 倍。

(4)如果缺乏线路和设备的泄漏电流实测数据，也可按下列经验公式选择漏电保护器的动作电流：

照明回路和居民生活用电回路

$$I_{\triangle n} \geqslant I_H / 2000$$

三相三线制或三相四线制动力回路或动力、照明混合回路

$$I_{\triangle n} \geqslant I_H / 1000$$

式中 $I_{\triangle n}$ 为漏电保护器的动作电流，安；

I_H 为电路的实际最大供电电流，安。

546. 全网用漏电保护器保护时，怎样选择保护器的动作特性？

通常，电网的漏电保护，采用二级保护较好。第一级保护是全网保护，当电网发生接地、漏电故障时，漏电保护器切断电网的电源，从而可消除触电隐患；第二级保护是线路末端或分支回路的保护，用以防止人身触电事故。必须指出，二级保护都应具有选择性。

全网保护用的漏电保护器，其动作特性的选择，应考虑配电变压器的容量和电网电流，即

(1)100 千伏·安以下配电变压器的总出口线上或 150 安以下的主干线上，应安装动作电流为 100～300 毫安的漏电

www.plcworld.cn

保护器。

(2)100千伏·安以上配电变压器的总出口线上或150安以上的主干线上，应安装动作电流为300～500毫安的漏电保护器。

(3)全网保护既可采用动作时间为0.1秒的快速动作型漏电保护器，也可采用延时为0.2秒的短延时型漏电保护器。当采用快速动作型漏电保护器时，为避免电压干扰而引起误动作，保护器至少应具有在冲击电压下不动作的性能。

547. 怎样安装漏电保护器？

安装漏电保护器，一般应注意以下几点：

(1)安装前应核对漏电保护器铭牌上的数据是否符合使用要求，并操作数次，检查其动作是否灵活，有无卡涩现象。

(2)漏电保护器不应装在高温、潮湿或有大量粉尘的场所，也不得装在受阳光直射、有强烈振动或可能受到冲击的地点。

(3)漏电保护器的外壳上一般都标有电源端和负载端，应按此规定接线，切忌进、出线接反或旁接。

(4)漏电保护器不应靠近大电流母线，并应远离交流接触器(一般不小于20厘米)。

(5)不得将设备的接地线穿入漏电保护器的零序互感器内。

(6)漏电保护器的动作电流大于15毫安时，应将电气设备的外壳接地。

(7)装好漏电保护器之后，不应以人体作试验，以免发生触电事故。此外，也不得用兆欧表在漏电保护器负荷侧的端子间测定绝缘电阻，以免兆欧表的高电压加在漏电保护器上。

www.plcworld.cn

548. 在不接地配电系统中怎样接用漏电保护器？

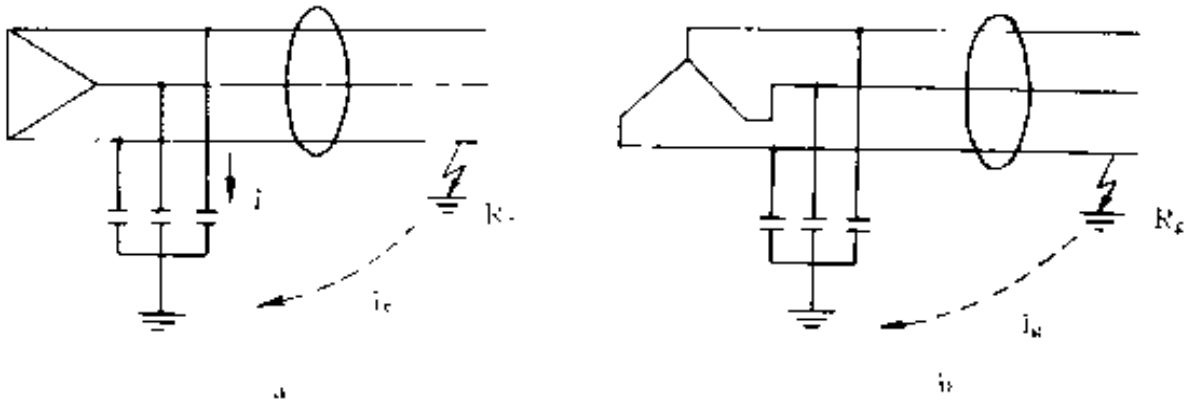


图 6-10　接用电容器示意图

不接地配电系统的一个主要特点，是发生单相接地故障时，其接地电流较小。在这种系统中，如果直接接用漏电保护器，往往难以保证它在发生单相接地故障时可靠动作。但在环境恶劣的场所，需要装设漏电保护器时，可按图 6-10 接用电容器，因为要使接地电流 I_e 大到足以使漏电保护器动作，必须有足够长的线路或足够大的对地电容，这实际上是不可能的。解决这一问题的办法就是人为地设置电容器，构成接地电流返回路径，即将电容器与漏电保护器配合使用。

549. 怎样正确选择漏电保护器的接线方法？

低压漏电保护器有单相二线、两相二线、两相三线、三相三线、三相四线等几种，使用中可根据电力系统的特点来选择。至于选定的某一漏电保护器的接线方法的选择，首先应分清电路系统的保护方式（是接地保护还是接零保护）。其次要了解所保护的用电设备是单相、两相还是三相，然后根据选定的漏电保护器来选择正确的接线方法。

（1）单相二线或两相三线漏电保护器的正确接线方法如图 6-11a 所示。

（2）三相三线漏电保护器的正确接线方法如图 6-11b 所

www.plcworld.cn

示。

(3)三相四线漏电保护器用于直接接地系统(TT、TN C系统)时,其正确的接线方法如图 6-11c 所示。

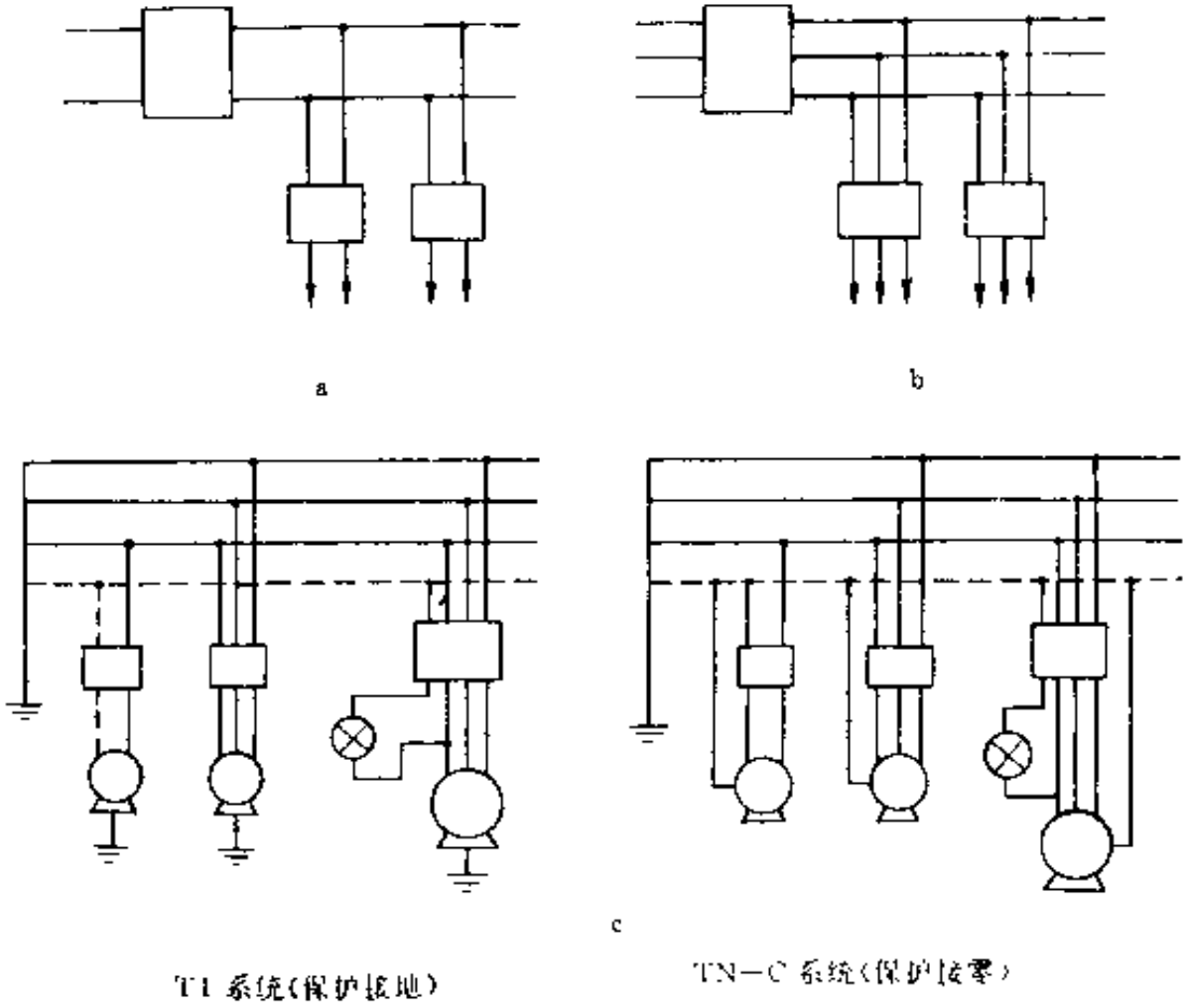


图 6-11 漏电保护器正确接线示意图

550. 使用漏电保护器时,设备外壳怎样接地?

通常,漏电保护器所保护的电气设备的外壳都应接地。只有采用高灵敏度(动作电流在 15 毫安以下)漏电保护器对单台设备进行保护时,才允许该设备不接地。对设备外壳接地的一般要求如下:

(1)条件许可时,所保护设备的金属外壳应实行单独接地。此时,如果采用动作电流在 30 毫安以下的高灵敏度漏电

www.plcworld.cn

保护器，接地电阻应在500欧以下。

(2)所保护设备的金属外壳的接地，最好与电源中性点的接地分开。如果无法分开或者分开接地存在困难，则在采用电磁式漏电保护器时可接至保护地线(PE)，该地线不应通过零序电流互感器，因为它是直接从进线端引来的。如果采用电子式漏电保护器，则应校核发生单相接地时，漏电保护器的辅助电源电压是否在允许的电压范围以内，以保证其可靠动作。

551. 漏电保护器刚投入运行就动作跳闸怎么办？

漏电保护器刚投入运行就动作跳闸，可能是以下原因引起的，查明后可作相应处理：

(1)线路泄漏电流过大而引起误跳闸。此时应检查线路的绝缘电阻。如果是因为线路太长或对地电容的影响而产生过大的泄漏电流，就应考虑换上灵敏度较低的漏电保护器。

(2)三相电源线(包括零线)未在同一方向穿过零序电流互感器。通常改正接线即可。

(3)装有漏电保护器或未装漏电保护器的线路混接在一起。此时将两种线路分开即可。

(4)零线在漏电保护器后不适当的重复接地(尤其当零序电流互感器装在中性线上时)。此时应取消重复接地。

(5)线路中接有一线一地负荷。处理时可撤除这种负荷。

(6)漏电保护器本身有故障。查明后进行检修或更换漏电保护器。

(7)在装有漏电保护器的线路中，用电设备外壳的接地线与工作零线相连，造成误动作。此时将接地线与工作零线断开即可。

552. 漏电保护器误动作怎么办？

如果发现漏电保护器误动作，首先应查明原因，然后予以

www.plcworld.cn

消除。导致漏电保护器误动作的原因主要有以下几种：

(1)接线错误　因用电设备接线不当、相邻分支零线相互连接和漏电保护器极数选择不对而引起误动作。如，在三相四线制电路中，照明和动力合用电路，错误地选用三极漏电保护器，单相负荷零线直接接在保护器电源侧所引起的误动作。

(2)接地不当　如零线重复接地、自耦变压器接地点分流、零序电流互感器回路中有金属管电缆时其金属管接地不当等引起误动作。

(3)内外过电压　当电路中发生雷电过电压和操作过电压时，由于过电压频率很高，对地电容阻抗很小，以致充电电流很大，往往引起漏电保护器误动作。为了防止出现这种情况，应换上延时型或冲击电压不动作型漏电保护器，或者在触点之间并联电容、电阻以抑制过电压。此外，也可在线路中接入过电压吸收装置。

(4)电磁干扰　当漏电保护器附近有磁性设备接通或大功率电器开合时，所产生的磁场会引起漏电保护器误动作。在这种情况下，漏电保护器的安装位置应远离上述设备。此外，当漏电继电器的零序电流互感器和继电器脱扣线圈分开装在两处时，如果二者的连接导线过长，又位于强电场或强磁场附近，漏电保护器也会发生误动作。此时应使连接导线尽量短些，并绞合在一起穿入铁管，或者采用屏蔽导线，而屏蔽部分再行接地。

(5)环流影响　当两台配电变压器并联运行时，如果每台变压器的中性点各有接地线，由于两台变压器的内阻抗不可能完全相同，接地线中会出现环流。若环流很大，就会引起漏电保护器误动作。为避免出现这种情况，应拆去一根接地线，使两台变压器共用一个接地极。

www.plcworld.cn

此外，当同一变压器通过两条并联回路对同一负载供电时，由于两个分支的电流不会完全相等，在回路中也会形成环流，引起回路中的漏电保护器误动作。在这种情况下，应将负荷分成两组，分别由两个支路供电，尽量避免两台漏电保护器并联运行。

(6)水银灯和荧光灯回路的影响　当水银灯或荧光灯与其镇流器分开安装时，由于灯与镇流器的距离大，对地电容较大，而灯管电压又是高频波，对地容抗小，因此充电电流增大。若回路中这种灯较多，充电电流就会引起漏电保护器误动作。此时应减少回路中水银灯或荧光灯的数量，缩短灯与镇流器的距离，或者采用一、二次侧绝缘的镇流器，而不采用自耦式镇流器。

(7)工作零线的绝缘电阻过低　如图 6-12 所示，A 分支和 B 分支都装有零序电流互感器，B 分支三相负载平衡，A 分支三相负载不平衡，其零线上有较大的工作电流 I_{un} 流过，使工作零线有一定压降。如果两个分支的零线对地绝缘电阻过

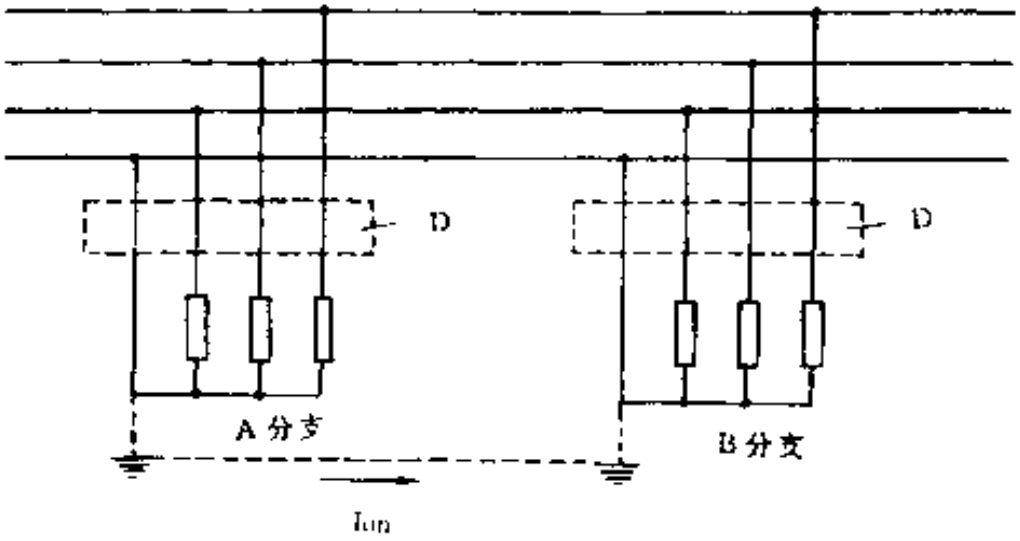


图 6-12　零线绝缘强度低引起的误动作

www.plcworld.cn

低，则A分支的零线工作电流的分流I_{on}，经过大地流向B分支回路，此时从两个漏电保护器上都能测出漏电电流I_{on}，所以两个保护器都误动作。因此，必须重视工作零线的绝缘水平。

(8)过载和短路的影响　当漏电保护器兼有过电流保护、短路保护时，常因过电流短路保护脱扣器的电流整定不当而引起漏电保护器误动作。为此，应重新整定过电流保护装置的动作电流，使其与工作电流相匹配。

553. 什么叫做接触器？有何用途？怎样分类？

接触器是一种用来接通或断开带负载的交、直流主电路或大容量控制电路的自动化切换电器。其主要控制对象是电动机。此外，也用于其他电力负载，如电热器、电焊机、照明设备等。接触器不仅能接通和切断电路，而且还具有低电压释放保护作用。接触器控制容量大，适用于频繁操作和远距离控制，是自动控制系统中的重要元件之一。

通用接触器可分为以下两类：

(1)交流接触器　主要由电磁机构、触头系统、灭弧装置等组成，常用的有CJ10、CJ12、CJ12B等系列交流接触器。

(2)直流接触器　一般用于控制直流电气设备，线圈中通以直流电。直流接触器的动作原理和结构基本上与交流接触器相同。

554. 怎样识别交、直流接触器的使用类别符号？

我国电工产品标准GB1497 85《低压电器基本标准》和JB2455-85《低压接触器》及国际标准IEC158-1对交流接触器的使用类别规定以下四种符号：

(1)AC-1　用于无感或微感负载、电阻炉等。

(2)AC-2　用于绕线式电动机的起动、分断。

www.plcworld.cn

(3)AC 3　用于鼠笼式异步电动机的起动和运转中分断。

(4)AC-4　用于鼠笼式异步电动机的起动、反接制动、反向和点动。

上述标准对直流接触器的使用类别也规定以下四种符号：

(1)DC-1　用于无感或微感负载、电阻炉等。

(2)DC-3　用于并励电动机的起动、反接制动、反向和点动。

(3)DC-5　用于串励电动机的起动、反接制动、反向和点动。

(4)DC 6　用于通断白炽灯。

555. 怎样根据电动机的负载选配交流接触器?

通常，将电动机负载的轻重程度分为一般任务、重任务和特重任务三类，根据这三类任务分别选配接触器。

(1)一般任务　所使用的接触器基本上属于 AC-3 使用类别，操作频率不高，用于接通鼠笼式或绕线式电动机，在满速运行时断开，并伴有少量(如 0.5%左右)点动，只要接触器的使用寿命达 60 万次就可满足运行 8 年以上的要求。属于这一类任务的机械所占比重最大，在选配接触器时，只要所选接触器的额定电压和额定电流等于或稍大于电动机的额定电压和额定电流即可，通常选用 CJ10 系列交流接触器。

(2)重任务　所使用的接触器基本上属于包括 90%AC-3 和 10%以上 AC-4 或 50%AC-1 和 50%AC-2 的混合使用类别，平均操作频率可达 100 次/时或以上，用于起动鼠笼式或绕线式电动机，并不时运行于点动、反接制动、反向和从低速时断开，如工作母机、升降设备、轧机辅助设备、卷扬机、绞盘、

www.plcworld.cn

破碎机、离心机等。在控制中，常出现混合的使用类别。鼠笼式电动机容量在20千瓦以下时选用CJ10Z系列重任务交流接触器较为合适，容量较大的鼠笼式电动机，应选用CJ20系列交流接触器，而大容量和中等容量的绕线式电动机，则可选用CJ12系列交流接触器。

(3)特重任务　所使用的接触器基本上属于近乎100%AC-4或100%AC-2的使用类别，操作频率可达600～1200次/时(个别情况下达3000次/时)，频繁点动、反接制动和可逆运行，如轧钢辅传动、拉丝机、印刷机、镗床、港口起重设备等。除了选用按重任务设计的交流接触器(按电寿命选用)外，常可选用CJ12系列交流接触器。有时为了节省维护时间和不受噪声干扰，也可选用晶闸管交流接触器。

556. 对于电热设备负载和电容器负载怎样分别选配交流接触器?

电热设备负载的特点是电流波动最大值不超过1.4倍额定电流，因此接触器通断这种负载是毫无困难的。通常，根据接触器的发热电流等于或大于1.2倍电热设备额定电流这一原则来选取接触器。如果接触器铭牌上未注明额定发热电流，则按接触器和电热设备二者的工作电流相等这一原则选用。一般选配CJ10系列交流接触器。如果是单相负载，也可将三极并联使用。这样，电流值可增大到2～2.4倍。

使用接触器控制电容器时，必须考虑电容器的合闸电流和持续工作电流对接触器电寿命的影响。在一般情况下，可按表6-10选配接触器。

www.plcworld.cn

表 6-10　电容器与接触器匹配参考数据

接触器型号	电容器额定电流，安	电容器标称容量，千乏	
		电容器额定电压为 220 伏时	电容器额定电压为 380 伏时
CJ10-10	7.5	3	5
CJ10-20	12	5	8
CJ10-40	30	12.5	20
CJ10-60	53	25	40
CJ10-100	80	30	60
CJ10-150	105	40	75
CJ10 250	130	50	100

对于更大容量的电容器，常常串接电阻，以使接触器的接通电流减小 50%。

557. 交流接触器投入运行后怎样进行定期检查？

交流接触器运行一段时间后，应在主电路、线圈电路和辅助电路均已停电的条件下，对其进行检查，检查内容包括：

(1)外观检查　所有能触及的紧固件是否拧紧，接地螺栓的接地线是否完好，同时清除相间尘垢和堆积物，并用蘸有工业酒精或四氯化碳的清洁纱布将清除污物的部位擦拭干净。

(2)主触头检查　如果是银或银基合金触头，在使用中会氧化或硫化发黑，这是正常现象，对接触电阻影响不大，不必刮掉；若触头烧毛，影响接触，可用细锉修整，此时禁止用砂布研磨触头接触面，因为砂粒嵌入会使触头严重发热或损伤；若触头严重开焊、脱落或磨损厚度达触头原厚度的 3/4，则应换上新触头。如果是铜或铜基合金触头，一旦发现严重氧化或烧毛，应使用细锉修平，修整后应检查和调整开距、超程、触头压力和三相的同步性。

www.plcworld.cn

(3)辅助触头检查　检查触头是否卡住或脱落，触头弹簧和活动部件是否断裂，并用万用表检查触头接触是否良好；若触头严重磨损，则应换上新触头。

(4)灭弧罩检查　取下灭弧罩，用毛刷扫除内部的烟尘；若内壁附有金属颗粒，应使用改锥将其铲除。对于栅片式灭弧罩，应检查栅片是否脱落；若有金属颗粒将栅片短接，则应将其剔除；若栅片已严重烧损，则应换上新灭弧罩。

(5)铁芯检查　如果运行时噪声很大，则应拆下铁芯，检查短路环有无断裂和烧损现象，如果有，应更换静铁芯；清理铁芯磁极面，除掉其上的污垢和锈斑，并用整张砂布平推磁极面，使之平滑光亮；检查铆钉有无切头，叠片是否松开；缓冲弹簧和橡胶件等是否完好，安装位置是否正确。

(6)线圈检查　检查温升是否过高，若发现线圈外层所包的纸焦脆或发黑，则说明温升过高或内部有短路匝，应更换线圈；检查引出线是否完好，若发现断线或接线端钮开焊和虚焊，应及时修复。

558. 交流接触器通电后不能吸合或吸合后又断开怎么办?

如果发现交流接触器通电后不能吸合，应从以下几方面进行检测和处理：

(1)测试电磁线圈两端有无额定电压　若无电压，说明控制回路发生故障，应根据具体电路进行检查处理；若有电压，但低于线圈额定电压，则是电磁线圈通电后产生的电磁力不足以克服弹簧的反作用力，此时应更换线圈或改接电路；若有额定电压，则可能是线圈本身开路，可用万用表欧姆档进行测量(若是接线螺栓松脱，应予紧固；若是线圈断线，应更换线圈)。

www.plcworld.cn

(2)检查交流接触器运动部分的动作机构和动触头是否卡阻　如果卡阻,可修整动作机构、整正灭弧罩,调整触头与灭弧罩的位置,消除二者的摩擦现象。

(3)检查转轴是否生锈或歪斜　如果出现生锈或歪斜现象,应拆开转轴进行清洗,必要时更换配件,使转轴转动灵活。

如果接触器吸合又断开,可能是接触器自锁回路中的辅助触头未接或接触不良,使电路自锁环节失去作用。此时可整修动合辅助触头,使之接触良好。

559. 交流接触器吸合不正常怎么办?

交流接触器吸合不正常,是指接触器吸合过于缓慢,触头不能完全闭合,铁芯吸合不紧乃至铁芯发出异常噪声等不正常现象。接触器吸合不正常,可能是以下几方面的原因引起的,可采取相应措施予以处理:

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

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

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

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

www.plcworld.cn

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

560. 交流接触器线圈断电后铁芯不能释放怎么办？

如果交流接触器线圈断电后铁芯不能释放，会造成设备失控，威胁人身和设备的安全。因此，一旦出现这种故障，应立即停机进行检修，一般可从以下几方面进行处理：

(1)安装不符合要求，或新接触器铁芯表面的防锈油未清除干净。若是前者，可重新安装，使倾斜度不超过5°；若是后者，则擦净油污即可。

(2)在接触器的长期运行中，由于频繁撞击，铁芯极面变形，"凸"型铁芯中间磁极面上的间隙逐渐消失，因此线圈断电后，铁芯上有较大的剩磁，将动铁芯粘附在静铁芯上。处理的方法是用锉刀仔细修整铁芯接触面，保持铁芯中间磁极接触而有不大于0.2毫米的防剩磁间隙。此外，将"凸"型铁芯接触面置于磨床上精磨光滑，使铁芯中间磁极面低于两边磁极面0.15～0.2毫米，也可防止出现这种故障。

(3)铁芯磁极面上的油污和粉尘过多，或者动触头弹簧压力过小。对于前者，清除油污即可；对于后者，可调整弹簧压力，必要时换上新弹簧。

(4)接触器的触头熔焊，造成接触器线圈断电后铁芯不能释放，可参阅561问"交流接触器的主触头过热或熔焊怎么办"所介绍的方法处理。

561. 交流接触器的主触头过热或熔焊怎么办？

交流接触器的主触头过热或熔焊，可作以下处理：

(1)由于接触器吸合过于缓慢或有停滞现象，触头处于似接触非接触的位置上。查明后可按559问"交流接触器吸合不正常怎么办？"所介绍的方法处理。

www.plcworld.cn

(2)触头表面严重氧化和灼伤,使接触电阻增大,造成主触头过热。处理时首先清除主触头表面的氧化层,然后用锉刀轻轻锉平,使触头接触紧密。

(3)由于频繁起动设备,主触头多次受起动电流的冲击而过热或熔焊。此时应避免频繁起动,或者选择能适应操作频率和通电持续率的接触器。

(4)主触头因长时间通过过负荷电流而过热或熔焊。此时应减小传动设备的负荷,使其在额定状态下运行,或者根据设备的工作电流重新选择合适的接触器。

(5)接触器三相主触头闭合时不同步,其中两相主触头受很大的起动电流冲击,造成主触头熔焊。在这种情况下,应检查主触头闭合状况,调整动、静触头的间隙,使三相主触头同步接触。

(6)主触头本身抗熔性差,如纯银触头易熔焊。这种触头应予以更换,可采用抗熔能力较强的银基合金触头作为接触器的主触头。

(7)触头的超程太短。应调整触头超程或更换触头。

562. 交流接触器的电磁铁噪声过大怎么办?

运行中的交流接触器的噪声过大,可作以下处理:

(1)操作电源电压过低,电磁铁吸不住而产生噪声。应设法调高操作回路的电压。

(2)磁系统装配不当或受震动而歪斜或者机件卡住,使铁芯不能吸平,因而产生噪声。处理时应调整磁系统,查明并消除机件卡涩的原因。

(3)极面生锈或异物(如油垢、粉尘)侵入铁芯极面。此时应清理铁芯极面。

(4)由于触头弹簧压力过大而产生电磁铁噪声。通常调整

www.plcworld.cn

触头弹簧压力即可。

(5)由于短路环断裂而产生噪声。应更换铁芯或短路环。

(6)铁芯极面磨损过度而不平。应更换铁芯。

(7)线圈匝间短路。通常更换线圈即可。

563. 对交流接触器怎样进行日常巡视检查?

对交流接触器进行日常巡视检查时,主要应检查:

(1)通过接触器的负荷电流是否在其额定电流值以内(可观察电流表示值或用钳形电流表测量)。

(2)接触器的分、合信号指示与电路所处状态是否相符。

(3)接触器的灭弧室内有无因接触不良而产生的放电声。

(4)接触器的合闸吸引线圈有无过热现象,电磁铁上的短路环是否脱出或损伤。

(5)接触器与母线或出线的连接点有无过热现象。

(6)接触器的辅助触头有无烧蚀现象。

(7)接触器的灭弧罩是否松动或裂损。

(8)接触器的吸引线圈铁芯吸合是否良好,有无过大噪声,断开后是否返回正常位置。

(9)接触器的绝缘杆是否损伤或断裂。

(10)接触器周围的环境有无变化,有无不利于它正常运行的情况(如有无导电粉尘、过大的震动和通风是否良好)。

564. 怎样选用控制直流电动机的直流接触器?

选用控制直流电动机的直流接触器,应考虑以下问题:

(1)应根据电动机的使用类别,选择有该使用类别数据的接触器。

(2)接触器的额定电压、额定电流(或额定控制功率)均不得低于电动机的相应值。

(3)如果接触器用于控制反复短时工作制或短时工作制

www.plcworld.cn

的电动机，接触器的额定发热电流和额定操作频率均不得低于电动机实际运行的等效有效电流和实际运行的操作频率。

(4)由于直流接触器存在临界电流问题，所以降容使用时要注意，不得要求接触器在电路中分断低于其额定电流值的20%的电流。为了避免出现接触器分断不开的临界电流问题，对于额定电流小于40安的电动机，应选用串联磁吹线圈额定电流略大于电动机额定电流的接触器。为了较好地解决接触器的临界电流问题，最好选用永久磁铁磁吹式直流接触器。

(5)在使用整流装置(特别是晶闸管整流装置)控制直流电动机的场合，最好选用交流操作的直流接触器(如CZ21-26或CZ22-63型)来取代传统的直流操作的直流接触器。这样，可以简化控制线路和节约直流控制电源(包括变压器、整流器等)的费用。

565. 怎样拆装和维修接触器?

拆装和维修接触器，应按以下步骤进行：

(1)拧松灭弧罩上的固定螺栓，取下灭弧罩并检查有无炭化层。若有，使用锉刀将其刮掉，并将灭弧罩内部吹扫干净。

(2)用尖嘴钳拔出三副主触头的压力弹簧和三个主触头的动触头，检查触头磨损程度，决定是否修整或更换触头。

(3)拧松底盖上的紧固螺栓，取下盖板。

(4)取出静铁芯、铁皮支架和缓冲弹簧，用尖嘴钳拔出线圈与接线桩之间的连接线。

(5)从静铁芯上取出线圈、反作用力弹簧、动铁芯和胶木支架。

(6)检查动、静铁芯接合处是否紧密，以决定是否修整；检查短路环是否完好。

(7)维修完毕，将各零部件擦拭干净。

www.plcworld.cn

(8)按拆卸的逆顺序装配接触器。

(9)已修复和装配好的接触器，应进行 10 次通断试验，并检查主、辅触头的接触电阻。

566. 怎样试验和调整接触器？

试验和调整接触器，应注意以下事项：

(1)检查接触器接线正确无误后，应在主触头不带电的情况下，先向吸引线圈通电分、合几次，检查接触器动作是否可靠，可逆式机械联锁机构是否合适和可靠，动、静触头接触是否紧密。

(2)接触器吸上后，铁芯不应有嗡嗡声。否则，应设法消除。如果铁芯接触不严，应先调整机构，将铁芯找正，然后检查短路环是否完整，弹簧松紧程度是否合适。

(3)如果有特殊要求，可测量吸合电压和释放电压：①测吸合电压，在直流接触器为额定值的 65%，交流接触器为额定值的 85%的吸合电压下，接触器应可靠地吸上；②测释放电压，在直流接触器为额定值的 5～10%，交流接触器为额定值的 30～40%的释放电压下，接触器应可靠地释放。

567. 热继电器有哪些类型？怎样选用？

常见的热继电器有以下几种类型：

(1)双金属片式　利用膨胀系数不同的双金属片(如锰镍和铜片)受热弯曲这一作用去推动杠杆而使触头动作。

(2)热敏电阻式　利用金属的电阻值随温度变化而变化这一特性制成的热继电器。

(3)易熔合金式　利用过载电流发热使易熔合金达到某一温度值时就熔化这一特性，而使继电器动作。

在上述三种热继电器中，使用最多的是双金属片式热继电器，它通常与接触器组合成电磁起动器。

www.plcworld.cn

热继电器主要用于保护电动机的过载，因此选用时必须了解电动机的情况，如工作环境、起动电流、负载性质、工作制、允许的过载能力等。原则上应使热继电器的安秒特性尽可能接近甚至重合电动机的过载特性，或者在电动机的过载特性之下，同时在电动机短时过载和起动的瞬间，热继电器应不受影响（不动作）。

热继电器的正确选用，与电动机的工作制有密切关系。当热继电器用以保护长期工作制或间断长期工作制的电动机时，一般按电动机的额定电流来选用。例如，热继电器的整定值可等于 0.95～1.05 倍电动机的额定电流，或者取热继电器整定电流的中值等于电动机的额定电流，然后进行调整。

当热继电器用以保护反复短时工作制的电动机时，热继电器仅有一定范围的适应性。如果每小时操作次数很多，就要选用带速饱和电流互感器的热继电器。

对于正反转和通断频繁的特殊工作制电动机，不宜采用热继电器作为过载保护装置，而应使用埋入电动机绕组的温度继电器或热敏电阻来保护。

568. 怎样安装、试验和调整热继电器？

安装热继电器，一般应注意以下事项：

（1）热继电器的安装方向应与产品说明书规定的方向相同，偏差一般不得大于 5°；连接导线的截面应符合规定。

（2）热继电器与其他电器装在一起使用时，应尽可能将它装在其他电器的下面，以免其动作特性受其他电器发热的影响；热继电器的盖子应盖好。

（3）热继电器的连接导线，必须严格按照产品说明书的规定选用（一般为铜线），因为导线的材质和尺寸均会影响热元件的热状态。

www.plcworld.cn

(4)热继电器的接线螺钉应拧紧，以使触头接触良好，防止因螺钉松动而导致触头的接触电阻增大，引起热元件温升增高，最终造成继电器的保护特性不稳定和发生误动作。

(5)热继电器安装完毕，投入运行前，应检查其整定电流是否符合要求。

热继电器的试验和调整，应按以下要求进行：

(1)安装前，应检查继电器的热元件额定电流或刻度盘电流调节范围与被保护电动机的额定电流是否相当。如果不相当，则应更换热元件，重新进行试验和调整，或者转动刻度盘的刻度使之符合要求。在一般情况下，热继电器的整定电流为电动机额定电流的 0.95～1.05 倍。

(2)热继电器的动作机构应工作可靠，通常可用手拨动4～5次进行观察；再扣按钮应灵活；调整部件不得松动，若有松动，则应加以紧固，并重新进行试验和调整。检查和调整部件时，只能用手或改锥轻轻触动，不得用力拧或推拉。

(3)试验时按图 6-13 接线。首先向继电器通入额定电流(继电器应不动作)，接着通入最低倍数的动作电流使其动作，然后断电冷却到室温。如此重复试验三次，只有三次试验都符合要求才算合格。

(4)调整多极继电器时，应先将刻度盘对准所需要的整定电流值，然后对热继电器的各极分别进行快速调整，并适当增大试验电流。例如，对三极热继电器，每极单独在冷态下通以 1.2 倍整定电流约 30 分钟，缓慢地拨动调整部件，使热继电器脱扣。这样调定的热继电器，其各极是平衡的，而且动作性能与技术规范要求的性能相近。最后，将各极串联起来进行冷态或热态试验。如果发现动作时间不符合要求，则应同时对各极进行微调。

www.plcworld.cn

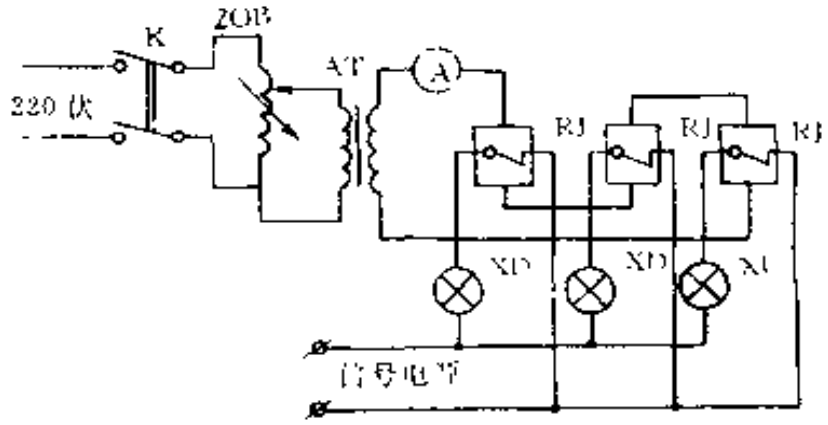


图 6-13　热继电器试验电路

ZOB. 自耦变压器　AT. 负荷变压器　RJ. 被试热继电器　XD. 指示灯　A. 电流表　K. 开关

569. 怎样测试热继电器的整定电流？

测试热继电器的整定电流时，可将各相热元件串联；对于具有断相保护的热元件，可将热元件分相串联；测试中应采用

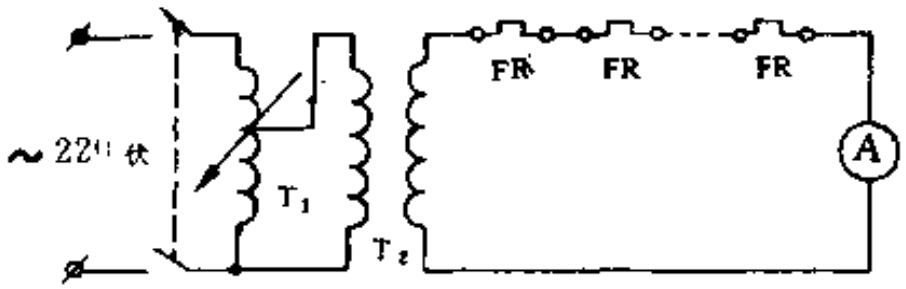


图 6-14　热继电器测试电路

T_1. 自耦变压器　T_2. 大电流变压器　FR. 所测试的热继电器　A. 电流表

稳流电源或稳压电源，以保证试验电流稳定（图 6-14）。测试工作应在周围空气温度为 20±5 C的条件下进行。

测试时，首先向热继电器输入 1.05 倍额定电流，发热稳定后再将电流提升到 1.2 倍额定电流，经 2～3 分钟，旋动电流调节凸轮，使热继电器动作，此时的动作电流就是所要测试调定的热继电器整定电流。

570. 热继电器接入后主电路或控制电路不通怎么办？

www.plcworld.cn

热继电器接入后主电路或控制电路不通，可能是以下原因引起的，可采取相应措施予以处理：

(1)热元件烧断或热元件进出线头脱焊。此时可用万用表进行测试，也可打开热继电器的盖子进行外观检查(不得随意拆下热元件)。若热元件烧断，可换上同规格的元件或继电器；若线头脱焊，可重新施焊。

(2)热继电器的主电路或控制电路中的接线螺钉未拧紧，运行日久接线松脱，造成电路不通。通常拧紧螺钉即可。

(3)整定电流调节凸轮(或调节螺钉)转到不合适的位置上，使常闭触头断开。此时可打开热继电器的盖子，将凸轮调整到合适的位置上。

(4)常闭触头烧坏，再扣弹簧或支持杆弹簧的弹性消失，使常闭触头不能接触，造成控制电路不通。此时应更换触头和相应的弹簧。

571. 热继电器误动作或热元件烧毁怎么办？

热继电器误动作，是指电动机并未过载，而热继电器却动作，造成电动机停止运行。热继电器误动作的原因可从以下几方面查找，查明后可作相应处理：

(1)所保护的电动机起动频繁，热元件频繁受到起动电流的冲击。此时应限制电动机的频繁起动，或用半导体热敏电阻温度继电器来取代热继电器。

(2)电动机起动时间太长，热元件长时间通过起动电流。此时应按电动机的起动时间选择具有合适可返回时间等级的热继电器，或者在电动机起动过程中短接热继电器，电动机起动运行后再接入。

(3)热继电器电流调节刻度偏小。此时可先将调节电流凸轮旋转到大电流方向，然后起动电动机，电动机正常运转1小

www.plcworld.cn

时后，将调节电流凸轮缓慢地向小电流方向旋转，直至热继电器动作，最后将调节凸轮向大电流方向适当旋转即可。

(4)电动机负荷剧增，过大的电流通过热元件。通常要减小电动机的负荷或改用其他保护装置(如过电流继电器)。

(5)热继电器的调整部件松动，使热元件的整流电流偏小。此时应拆开热继电器的盖板，检查动作机构和部件，并予以紧固，然后重新进行调整。

(6)热继电器安装地点的环境温度远高于电动机所在场所的环境温度。此时应加强热继电器安装地点的通风，使运行环境的温度符合要求。

(7)连接导线的截面太小，接线端接触不良，造成接点发热。此时应按产品说明书的规定选用标准截面的导线，并使接线端接触良好。

如果热继电器的热元件烧毁，只有查明并排除故障，才可更换继电器。否则，换上新的继电器，热元件仍有可能被烧毁。通常，可从以下几方面查找热元件烧毁的原因：

(1)负载侧短路，电流过大。此时应首先检查线路，查明发生短路故障的原因并予以排除，然后更换热继电器。

(2)断续周期工作时的操作频率太高。这是普通热继电器不适应这种工作制，可改用半导体热敏电阻温度继电器。

(3)动作机构发生故障，使热继电器不能动作。此时更换热继电器即可。

572. 什么叫做电磁式控制继电器？怎样分类？

继电器是根据某一输入量(电的或非电的)的变化来接执行机构的一种电器。其中用于电力传动系统，起控制、放大、联锁、保护和调节作用，以实现控制过程自动化的继电器，称为电磁式控制继电器。按动作原理可分为以下几种：

www.plcworld.cn

(1)电压继电器　当控制电路的端电压达到整定值时它便动作,以接通或分断被控电路。

(2)电流继电器　当控制电路中通过的电流达到整定值时它便动作,以接通或分断被控电路。

(3)中间继电器　它本质上属于电压继电器,但装在某一电器与被控电路之间,以扩大前一电器的控制触头数量和容量。

(4)时间继电器　它在得到动作信号以后,通过电磁机构、机械机构或电子线路,使触头经过一定时间(延时)才动作,以实现控制系统的时序控制。

(5)温度继电器　它在温度达到整定值时便动作,以实现过热(或过载)保护和温度控制。

此外,按电源种类,电磁式控制继电器还可分为直流继电器和交流继电器;按返回系数又可分为具有额定返回系数(即高返回系数)的继电器和不具有额定返回系数的继电器。

573. 怎样使用和维护电磁式控制继电器?

电磁式控制继电器一般用于自动控制系统,在系统中起着神经中枢的作用,所以,为了保证它对线路和设备的保护万无一失,除了必须正确选择和安装外,还必须合理使用和维护。在使用和维护过程中,一般应注意以下事项:

(1)定期检查继电器各零部件是否松动、损坏、锈蚀,活动部分有无卡住现象,接线是否松动、脱落,紧固件是否失落。一旦发现故障和缺陷,应及时妥善处理和排除。

(2)经常保持触头清洁和接触可靠。发现触头接触面上积有尘垢时,应使用蘸有四氯化碳或酒精的棉布擦拭干净;发现接触面严重烧损,出现毛刺或小珠时,应使用细锉打磨平整,严禁用砂纸打磨;触头磨损到只有原厚度的 1/3 时,应换上新

www.plcworld.cn

触头。触头修整后，应调整好触头开距、超程、触头压力和反作用力等。

(3)如果发现触头磨损太快，可考虑采用消火花电路。

(4)继电器整定值的调整，应在线圈工作温度下进行，以防止冷态和热态对动作值的影响。

(5)应经常注意环境条件的变化。例如，当温度急剧变化、空气湿度增高、冲击振动增大、有害气体侵袭或粉尘突然增加时，应及时采取可靠的防护措施，以保证继电器可靠工作。

574. 怎样防止电磁式控制继电器的触头出现虚接现象？

电磁式控制继电器的触头虚接现象，在电气控制系统的整个工作期间都可能出现。虽然它不是经常出现，但偶尔出现也会造成重大事故。这种事故，是由于控制回路中的接触电阻发生变化，导致电磁式继电器线圈两端的实际电压低于85%额定控制电路电压而发生的。通常，只有对继电器的触头进行可靠性试验，才能发现触头虚接现象，在一般检查中是很难发现的。因此，当继电器用于特别重要的电气控制回路时，可采取以下措施来防止出现触头虚接现象：

(1)尽量避免采用12伏及以下的低电压作为控制电压，因为在低压控制回路中最易发生触头虚接故障。

(2)如果控制回路采用24伏作为额定控制电压，应采用并联型触头，以提高其工作可靠性。

(3)当控制回路必须采用低电压控制时，以采用48伏为最佳。此时大容量接触器可利用中间继电器来控制，以进一步提高控制系统的运行可靠性。

(4)如果控制回路采用220伏及以上电压作为额定控制电压，则电气控制系统的运行便具有很高的可靠性，一般不会出现触头虚接现象。

www.plcworld.cn

575. 怎样试验和调整电磁式控制继电器？

试验和调整电磁式控制继电器，应按以下要求进行：

如果无特殊规定，可参照566问“怎样试验和调整接触器”所介绍的方法调整继电器的吸合电压和释放电压；如果有特殊要求，可单独测量和调整继电器的吸合电压和释放电压。如果测量值不符合要求，可按下述方法进行调整：

(1)调整反力弹簧的松紧度来调整吸合电压(或电流)。通常，反力弹簧压得越紧，吸合电压(或电流)越大。反之，吸合电压(或电流)就越小。

(2)调整调节螺栓，改变衔铁与铁芯的初始气隙大小来改变吸合电压(或电流)。气隙越大，吸合电压(或电流)越大。反之，吸合电压(或电流)就越小。在反力弹簧和触头弹簧的压力不变的情况下改变气隙，释放电压(或电流)不变。调整衔铁气隙和反力弹簧压力时，应保证触头的超行程。否则，会造成触头接触不良。

(3)改变非磁性垫片的厚度来调整释放电压(或电流)。非磁性垫片越厚，释放电压(或电流)和返回系数越大。反之，释放电压(或电流)和返回系数越小。在反力弹簧和触头弹簧的压力不变的情况下，调整非磁性垫片的厚度，吸合电压(或电流)不变。为了防止铁芯粘住，非磁性垫片的厚度在0.1毫米以下时，至少应垫两片，并且反力弹簧不可调得太松。

576. 电压继电器和电流继电器怎样分类？如何使用？

电压继电器按工作电压可分为交流电压继电器和直流电压继电器；按其作用可分为过电压继电器和欠电压继电器。在电源电压大于继电器线圈额定电压时便动作的继电器，称为过电压继电器；反之，电源电压低于线圈额定电压时便动作的继电器，称为欠电压继电器。

www.plcworld.cn

过电压和欠电压继电器主要用于电动机和其他电气设备的过电压和欠电压保护。例如，在交流电路中，当电源电压降低超过一定值时，利用欠电压继电器使电路自动断开，防止电动机因欠压而过载运行。在直流电机放大机控制系统中，当电机放大机输出电压升高超过一定值时，利用过电压继电器使控制电路自动断开，防止电机放大机因过电压运行而损坏。

电流继电器按工作电流可分为交流电流继电器和直流电流继电器；按其作用可分为过电流继电器和欠电流继电器。当电路电流大于继电器线圈额定电流便动作的继电器，称为过电流继电器；反之，当电路电流小于继电器线圈额定电流便动作的继电器，称为欠电流继电器。

过电流继电器用于对电机或电路进行过载或短路保护。当电机或电路过载或短路时，通过过电流继电器线圈的电流大于其额定电流，继电器的衔铁吸合，常闭触头断开，控制另外的切换电器来切除电源，实现对电机或电路的自动保护。

欠电流继电器用于对直流他励电动机等进行失磁保护。通常，在他励电动机的励磁回路中串接一个欠电流继电器，当励磁电流减小，小于继电器线圈的额定电流时，继电器便动作，控制另外的切换电器来切除电动机的电源，实现对电动机的失磁保护。

577. 过电流继电器运行中常发生哪些故障？怎样处理？

过电流继电器大多是带延时的继电器（用于控制起重机），通常利用油阻尼装置以获得必要的延时。这种继电器运行中常常发生动作太快或应动作而未动作的故障。

过电流继电器发生动作太快故障的原因是油杯密封不严，造成阻尼剂（如 201-100 甲基硅油）泄漏而影响阻尼作用，所以丧失延时功能。一旦出现这种情况，应添足硅油，故障严

www.plcworld.cn

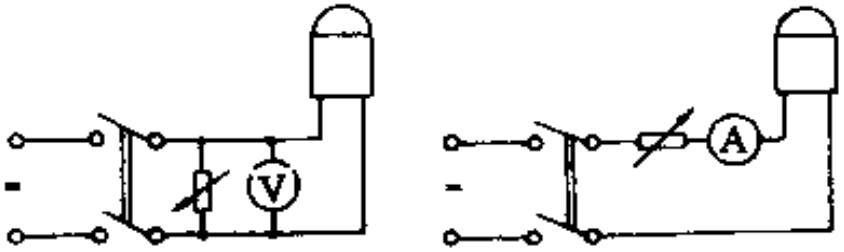
重时应更换油杯。

过电流继电器出现应动作却未动作故障的原因是继电器中的微动开关被撞坏，撞坏的过程往往首先是多次动作后橡皮封帽被顶杆顶破，随后微动开关的胶木外壳被撞裂损坏，因而继电器无法动作。若出现这种情况，应将损坏的微动开关拆下，换上同样规格的新开关。

578. 怎样检验中间继电器的动作值和返回值？

检验时，首先调节可变电阻器，向继电器冲击地加入电压（电流），使继电器衔铁被完全吸合的最低电压（电流）为起动值；然后，再调节可变电阻器，使继电器衔铁返回到原来位置的最高电压（电流）为返回值。

电压型中间继电器（图 6-15a）的起动电压应为额定值的 50～70%，返回电压不得小于额定值的 5%；电流型中间继电器（图 6-15b）的起动电流应为额定值的 50～100%，返回电流也不得低于额定值的 5%。



a　　b

图 6-15　中间继电器动作值和返回值的检验

a. 电压型　b. 电流型

579. 怎样选用时间继电器？

每一种时间继电器各有特点，通常应根据使用目的、要求它发挥的作用来选择具有相应特点的继电器。一般来说，选择时间继电器，应着重考虑以下几个问题：

（1）时间继电器有通电延时型和断电延时型两种延时方

www.plcworld.cn

式，选用时应确定采用哪种延时方式便于组成控制线路。

(2)时间继电器动作后需要一定复位时间，复位时间应比固有动作时间稍长一些。否则，可能增大延时误差甚至不能产生延时。在要求组成重复延时电路和操作频繁的场合，更应考虑这一点。

(3)如果对延时要求不高，宜采用价格较低的电磁阻尼式或气囊式时间继电器；反之，则应采用电动机式或晶体管式继电器。

(4)要注意电源参数变化的影响。例如，电源电压波动较大的场所，采用气囊式或电动机式时间继电器就比采用晶体管式继电器好。而电源频率波动较大的场所，则不宜采用电动机式继电器。

(5)要考虑环境温度变化的影响。通常，环境温度变化较大的场所，不宜采用气囊式和晶体管式继电器。

(6)要考虑操作频率的高低。如果操作频率很高，不仅会影响继电器的电寿命，而且还可能导致延时动作失调。

580. 电磁阻尼式时间继电器是怎样获得延时的？怎样改变这种继电器的延时？

电磁阻尼式时间继电器是在直流电磁铁的铁芯柱上套以铜质阻尼环而成。它利用磁通变化时阻尼环中产生的涡流来阻滞磁通的变化，从而得到一定的延时。这种继电器一般用于断电延时，延时时间最长可达 15 秒。

通常，改变阻尼环的数目、厚度和材质，就可改变延时时间。因为采取这些措施可以使涡流的大小发生变化。由于阻尼环在制造厂就已设置好，用户不便另行更换，所以在使用中要改变延时时间，只能改变衔铁上的非磁性垫片的厚度，或者调整释放弹簧。减小垫片厚度可以增加延时，但垫片不宜过

www.plcworld.cn

薄。否则，垫片容易损坏，并增大延时误差。调松释放弹簧也能增加延时，但也不宜过松。否则，可能导致衔铁不能释放。

581. 什么叫做通用继电器？怎样将其改装为电压继电器或电流继电器？

通用继电器是一种电磁式继电器。由于它可用作电压继电器、电流继电器、时间继电器和中间继电器，所以称为通用继电器。

在通用继电器的铁芯上安装并励的电压线圈，它就成为电压继电器，并可兼作中间继电器。

在通用继电器的铁芯上安装串励的电流线圈，它就成为电流继电器。如果吸合电流小于线圈额定电流，就可获得欠电流继电器；如果吸合电流大于线圈额定电流，就可获得过电流继电器。此外，调整释放弹簧或调整非磁性垫片的厚度，均可改变动作电流。例如，增大非磁性垫片厚度，吸合电流和释放电流均将增大。

582. 电感负载电路中的继电器触头磨损过快或火花太大怎么办？

继电器的主要控制对象是各种电器的电磁线圈和某些信号电路，所以其触头的额定电流一般都较小(很少超过 5 安)。虽然如此，但为了使继电器的灵敏度高，而结构又小巧，不得不保持触头压力尽可能小，加之触头的动作很频繁和负载又是电感性负载，所以分断任务很繁重，往往出现触头磨损过快或火花太大现象。为了防止出现这种现象，一般可采取以下措施：

(1)在开关断口上并联 rc(图 6-16a)，以便在触头断开的瞬间，电容器贮存电感负载的磁能，使电弧散失的能量减小，并加快熄灭。当触头再闭合时，电阻 r 会限制电容器对触头的

www.plcworld.cn

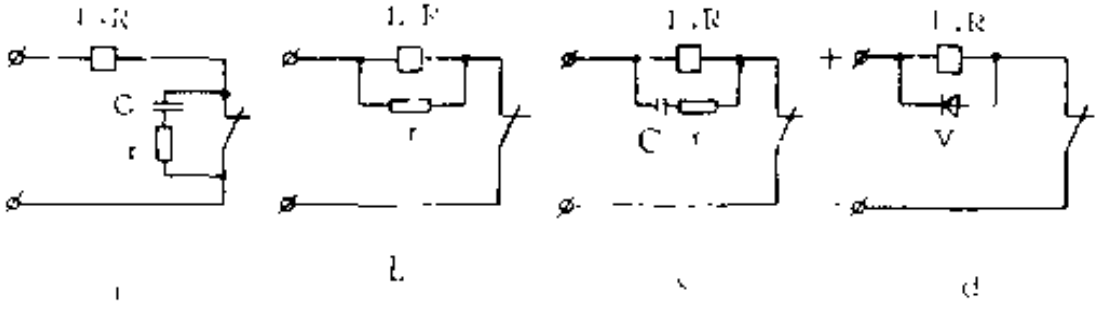


图 6-16　继电器触头的灭火花电路

a. 在断口并联 rc　b. 在线圈上并联 r

c. 在线圈上并联 rc　d. 在线圈上并联二极管

放电电流，从而可避免触头烧损。通常，电容量可为 0.2～2 微法，也可用实验法确定。例如，初选时电容量可按负载电流选用（一般为 1 微法/安），并使触头端电压峰值不大于 300 伏，而电阻 r 则按下列经验公式计算：

$$r=\frac{U_c^2}{a}$$

式中　U_c 为电容器上的电压，伏；

a 为系数，银触头可取 140。

(2)在所控制的负载 L、R 两端并联分路（图 6-16b～d），使触头断开时电感负载的电磁能消耗在并联回路中。

电路 b 中的电阻 r 通常应为(5～10)R。此电路的缺点是触头接通时，电阻 r 要消耗一部分能量。

电路 c 不存在电路 b 的缺点，因为触头接通后，rc 分路中没有稳态的直流电流通过。LC 的比值应按 $\frac{L}{C}<(\frac{R+r}{2})^2$ 来选择，以防止并联回路中产生振荡。

电路 d 的作用与电路 c 相同，整流器的方向应使触头接通时电流不通过整流器。这样，当触头断开时，由于放电电流方向相反，电磁能便消耗在并联回路中。因此，应注意二极管极性不要接错。

www.plcworld.cn

583. 怎样选用和检修磁力起动器?

选用磁力起动器,应考虑以下几方面的问题:

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

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

(3)根据所控电动机的容量确定选用哪一级起动器。

(4)磁力起动器虽然在长期工作制、间断工作制和反复短时工作制下都可应用,但其操作频率却有限制。例如,带热继电器的起动器,操作频率不得超过 60 次/时;不带热继电器的起动器,在通电持续率 TD≤40%时,额定负载下可达 600 次/时,若降容使用,可增加到 1200 次/时。

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

磁力起动器的检修,一般包括以下各项:

(1)检查通过的负荷电流是否在允许容量以内,各部位的电气连接点有无过热现象。

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

(3)检查主触头有无烧毛、熔接或过热损坏等现象。

(4)检查主触头的接触压力和三相接触的同期性。

(5)检查触头压力弹簧的外观,即长度是否一样,有无过热失效和氧化锈蚀现象。

(6)检查并调整触头断开后的距离,使其符合要求(10±2毫米)。

(7)检修触头表面,使其光洁、平整、接触紧密,并保持原

www.plcworld.cn

有形状。

(8)检查辅助触头有无氧化、烧毛、熔接等接触不良现象。

(9)检查磁铁有无过大噪声,铁芯和线圈是否过热,短路环是否损坏。

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

(11)检查保护元件是否损伤、失灵。

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

584. 怎样借助磁力起动系统安装电源指示灯?

许多电气设备上都需要安装指示电源状态的指示灯。而在某些装有磁力起动器的设备上,可不必为指示灯单独安装回路,完全可以利用起动设备的吸引线圈作为指示灯的回路。方法如下:将起动设备的吸引线圈作为一次线圈,在吸引线圈的外面直接用漆包线再绕制一个线圈作为二次线圈。根据变压器的工作原理,当起动器通电时,二次线圈两端便产生感应电压。此时,如果二次线圈两端接有合适电压的指示灯,则灯泡便会发光。

实践证明,采用6.3伏、0.15安的小灯泡作为指示灯,对起动器的工作无任何不良影响。在已知吸引线圈匝数的条件下,二次线圈的匝数可按下式计算:

$$W_2=\frac{W_1}{u_1}u_2$$

式中 W_2 为二次线圈匝数;

W_1 为吸引线圈匝数;

u_2 为指示灯的额定电压,一般用6.3伏;

www.plcworld.cn

u_1 为吸引线圈的额定电压，伏。

585. 自耦减压起动器不能合闸，操作手柄无法停留在“运转”位置上怎么办？

自耦减压起动器不能合闸，操作手柄无法停留在“运转”位置上，可能是以下原因引起的，查明后可作相应处理：

(1)热继电器的触头接触不良和连接线的接头松动。可用细锉修整触头的接触面，使之接触紧密，并紧固松动的导线接头。

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

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

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

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

586. 自耦减压起动器起动电动机后，电动机运转太慢或者太快怎么办？

自耦减压起动器上通常有两个或三个抽头，在一般情况下，用中间抽头或用电压低的抽头来降低起动电流。如果电动机起动后运转太慢或者根本就不能起动，一般将抽头调到电压最高档，即由65%调至80%，电动机就可正常运转。如果不奏效，可再从以下几方面查找原因和进行处理：

(1)开关触头行程超长和接触压力调整不当，或者三相触头动作不同步，都可能使起动器在电动机正常运转前就跳闸。

www.plcworld.cn

此时进行适当调整，使触头不超程和三相触头同步即可。

(2)油箱内的绝缘油变质或油量不足。此时应更换绝缘油或添加合格的油至油位线。

(3)热继电器的工作电流偏小。通常重新调整热继电器的工作电流即可。

如果发现自耦减压起动器使电动机起动太快，可从以下几方面查找原因和作相应处理：

(1)自耦减压起动器的自耦变压器接在百分数较大的抽头上，使电动机起动太快而出现很大的起动电流。此时应将抽头从80%调至65%。

(2)自耦减压起动器的自耦变压器绕组匝间短路。处理时可取下油箱上盖，拆去电动机接线，操作手柄合闸，分别测量各相自耦变压器绕组的抽头电压，电压低并过热的绕组即为短路绕组，此时更换该绕组即可。

587. 运行中的自耦减压起动器产生异常声响怎么办？

运行中的自耦减压起动器一旦发生故障，其油箱就会发出嗡嗡声、吱吱声甚至爆炸声，此时可按不同声响判断故障原因和进行处理：

(1)起动器的自耦变压器铁芯未夹紧，硅钢片产生电磁振动，造成变压器产生嗡嗡声。此时夹紧自耦变压器的铁芯即可。

(2)如果自耦变压器绕组的局部绝缘损坏，也会造成变压器发出嗡嗡声。在这种情况下，可用兆欧表测出绕组绝缘损坏处，修补绝缘或更换绕组。

(3)由于开关触头接触不良，触头上跳火花产生吱吱声。此时应修整或更换触头，同时应保证油箱有足够的绝缘油，以使触头能进行正常的冷却和灭弧。

www.plcworld.cn

(4)起动器的绝缘损坏，使导电部分直接接地而发出爆炸声并冒烟。通常，故障发生后的短路点是显而易见的，可对弧光烧焦处进行绝缘处理，必要时应更换起动器。

588. 怎样使用和调整电磁铁？

使用和调整电磁铁，应注意以下几点：

(1)安装电磁铁以前，应打开接线盒的盖子，扫除内部的尘埃。如果电磁铁长期贮存未用，则安装前应进行干燥。

(2)有衔铁的电磁铁，应通电几次，以检查衔铁动作是否灵活，有无卡住现象。如果卡住，应拆开衔铁(对有缓冲装置的衔铁，顺便检查气缸)，清除铁锈和尘埃等污物，以保证衔铁与铁芯完全吸合，否则，会引起交流线圈的电流增大，导致线圈过热烧毁。

(3)制动电磁铁和牵引电磁铁应牢固地固定在坚固的基架上；电磁铁的推杆与制动器的杠杆应可靠地连接。

(4)电磁铁配用新的制动器时，衔铁的行程应小于额定值。否则，经过使用，行程会超过额定值，导致吸引力大大减小。

(5)有些电磁铁的操作频率不同，其衔铁的行程也不同。因此，应将衔铁的行程调整到该种电磁铁的规定行程。否则，行程过长，会使直流电磁铁的吸力大大减小、使交流电磁铁线圈的电流增大，导致线圈过热烧毁。

(6)电磁铁衔铁的总负荷不应大于规定的吸力。此外，为了避免过猛地冲击，负荷宜小于规定值的 60%。

(7)将电磁铁的线圈接到电源以前，应检查电流的类别(交流或直流)、电压值、各个线圈的连接极性和连接方式(并联或串联，三角形接线或星形接线)，以及是否需要串接附加电阻等。

www.plcworld.cn

589. 怎样检查电磁铁的故障？

当电磁铁发生故障停止工作时，可用减轻制动负荷或沿制动杠杆移动负荷的方法进行以下检查：导线接头接触是否良好；电磁铁动铁芯和制动系统是否被卡住；电压是否低于额定值的90%。如果接通电路，电磁铁能举起已减小的负荷，则可判定电压过低。如果经过试验，仍找不出故障原因，则应使用500伏兆欧表分别测量三个线圈与外壳的绝缘电阻，以确定线圈有无接地故障。通电检查时，如果发现某线圈的电流特别大，则说明该线圈发生短路故障，短路故障严重的线圈应予以更换或重新绕制。

590. 怎样检修交流电磁铁？

交流电磁铁多用于桥式起重机，检修时应注意以下几点：

(1)铁芯表面是否清洁、光滑，中间铁芯闭合时有无适当间隙。

(2)测量线圈的直流电阻是否符合铭牌值，最大误差不得超过±5%。

(3)通电后，定铁芯与可动衔铁接触是否紧密吻合，有无歪斜、动作不灵活现象。

(4)三相电磁铁的三个线圈至接线端的接线极性是否正确，接线方法是否符合铭牌要求。

(5)三相电流、电压是否平衡，电流相差不应大于15%，电压相差不应大于5%。

(6)双抱闸的电磁铁，两个制动电磁铁的动作是否一致。

(7)电磁铁的出线端子、软导线、绝缘物与线圈固定是否牢靠。

(8)电磁铁吸合时有无较大的嗡嗡声和其他异常杂音。

591. 怎样选择、检修和调整制动电磁铁？

www.plcworld.cn

选择制动电磁铁，一般应从以下几方面来考虑：

(1)电源性质　通常，制动电磁铁的电源应与电动机的电源一致。但是，如果制动装置的操作频率在300次/时以上，则应选用直流电磁铁。

(2)行程长短　主要取决于制动器的容量大小。通常，中小型制动器(如小吨位吊车和普通工作母机)，多配用短行程(5～10毫米)电磁铁；大中型制动器，为了得到较大的制动力矩，一般配用长行程(20毫米以上)电磁铁。

(3)并励或串励　串励制动电磁铁的优点是，电动机电枢断线时不需要任何操作就可自动抱闸，因为其线圈与电枢同时断电(这一点是并励电磁铁所无法做到的)；其缺点是所产生的电磁力与电动机的负载有关，如果负载电流小，电磁力就可能克服不了反力，以致不该抱闸却产生抱闸动作，而且电动机起动时还会因起动电流大而使衔铁受到很大的机械撞击。因此，直流串励电磁铁宜用于电动机负载变化不大的场合。并励制动电磁铁的优点是电磁力的大小与电动机的负载无关，其缺点是万一电枢断路，本应立即抱闸却又不能抱闸，从而威胁设备和现场人员的安全。通常，串励电动机的制动装置采用串励电磁铁，并励电动机的制动装置采用并励电磁铁。有时，为了安全起见，一台电动机的制动装置既采用串励电磁铁，也采用并励电磁铁。

检修和调整制动电磁铁，应注意以下几点：

(1)检查出线端子与导线是否拉紧，线圈电压是否正常(要求不低于额定电压的90%)。

(2)检查全部活动部分动作是否灵活，消除衔铁部分的歪斜和卡住现象。

(3)擦去铁芯污垢，平整铁芯，使吸合时铁芯到位并接触

www.plcworld.cn

紧密。

(4)检查螺栓连接是否紧固,短路环是否断裂。

(5)检查线圈是否烧坏,测量其直流电阻和绝缘电阻;检查有无短路和接地故障。

(6)调整电磁铁的冲程,使闸瓦与制动轮之间有合适的张开量。

(7)调整主弹簧的长度,使制动器产生的制动力矩符合工作要求。

(8)检修和调整完毕,应进行通电试验,以检查是否符合质量要求。

592. 怎样维护电磁制动器?

为了保证电磁制动器不间断地运行,必须经常进行维护:

(1)经常在电磁制动器的可动部分添加润滑油。

(2)定期检查衔铁行程的长度。因为在制动器的运行过程中,由于制动面磨损,衔铁行程长度将增大。当衔铁行程长度达到正常值时,必须进行调整,以恢复制动面与转盘之间的最小间隙。如果衔铁行程长度增大到正常值以上,就可能大大降低吸力。

(3)如果更换磨损的制动面,应重新适当调整制动面与转盘之间的最小间隙。

(4)经常检查螺栓的紧固程度,特别要拧紧电磁铁的螺栓、电磁铁与外壳的螺栓、磁轭的螺栓、电磁铁线圈的螺栓和接线螺栓。

(5)定期检查可动部件的机械磨损情况,并清除电磁铁零件表面的灰尘和污垢。

593. 频敏变阻器有何优缺点? 怎样选用?

频敏变阻器是一种静止的无触点电磁元件。由于它对频

www.plcworld.cn

率的敏感能达到自动变阻的程度，所以具有接近恒转矩的机械特性，能减小机械和电流的冲击，实现电动机平稳无级起动。其优点是：起动性能好，可自动平稳地起动，结构和控制系统均简单，价格低；体积小，耐振，运行可靠，维护方便。其缺点是：功率因数低，需要消耗无功功率；起动转矩较小，起动电流偏大。

选用频敏变阻器，应从以下三方面来考虑：

(1)正确选择频敏变阻器的系列　根据生产机械的负载特性(轻载、轻重载、重轻载、重载)和操作频繁程度，选用与之相适应的频敏变阻器系列。通常，可参照生产机械和频敏变阻器的产品说明书来选配。

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

(3)确定频敏变阻器的控制方案　一般有两种控制方案：

①偶尔起动用频敏变阻器的控制　频敏变阻器起动后应短接切除。如果电动机带有短路装置，可直接利用它来短接。如果电动机没有短路装置，可加装刀开关进行短接。如果需要遥控，可借助接触器来短接(接触器的控制方式有人工控制和用继电器自动控制两种)；②重复短接时用频敏变阻器的控制

由于频繁操作，可将频敏变阻器接在电动机的转子回路上，而不另装接触器等短接设备。

594. 怎样调整频敏变阻器？

当频敏变阻器安装完毕，进行投入运行前的试车调整时，可能遇到以下几种情况：

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

www.plcworld.cn

匝数较多的抽头；②如果绕组有几组并联，可拆去一组，或者改为串联；③如果绕组仅有一组，且已用到最多匝数，起动电流仍过大，则可用相应规格的导线再绕几圈，以增加匝数（若铁芯窗口有富余空间）。

（2）合闸后电动机不起动，起动电流太小，或者虽起动，但稳定转速不高。此时可按下述方法调整：①调整线圈抽头或改用匝数较少的抽头；②如果绕组有几组串联，可以拆去一组，或者改为并联；③将绕组由Y接法改为△接法；④如果绕组仅有一组，且匝数已用到最少，起动力矩仍偏小，而Y接法改为△接法后，起动力矩又偏大，此时可增大上下铁芯气隙。

（3）刚起动时起动转矩偏大，对机械有冲击，但起动完毕稳定转速又偏低。此时应增加匝数和增大上下铁芯气隙，使起动电流不过大，但这种方法只能起到微调作用。

595. 控制器有何用途？怎样分类？

控制器是一种多位置的转换电器，在电力传动系统中，用以按预定顺序转换主电路或励磁电路的接线，以及改变电路参数（主要是电阻），以控制电动机的起动、换向、制动和进行调速。控制器有两种主要类型：

（1）平面控制器　带有平面触头转换装置，能用手柄或用伺服电动机通过传动机构带动动触头，使其在平面的静触头上按预先规定的顺序作旋转或往复运动，以控制多个回路。

（2）凸轮控制器　主要用于起重设备和其他电力驱动装置，其动触头在凸轮转轴的转动下按次序与相应的静触头作接通和分断控制。

按保护方式，控制器又可分为开启式、保护式和防水式等，而按电流种类则可分为交流控制器和直流控制器，其中以交流凸轮控制器应用最广。

www.plcworld.cn

596. 怎样调整和使用凸轮控制器？

凸轮控制器的调整，主要是调整触头的初压力和终压力。调整方法和要求是：在触头间垫入一薄纸片，然后用弹簧秤拉动动触头。如果纸片能轻轻地抽出，则弹簧秤的读数就是触头的压力。根据测得的触头压力，可以判断压力大小是否符合要求。如果触头的初压力和终压力在下列范围以内，则可判定触头压力符合要求：

主触头　初压力 14～18 牛，终压力 28～32 牛。

辅助触头　初压力 1.5～2.5 牛，终压力 8～14 牛。

使用凸轮控制器，应注意以下事项：

(1)首次操作或检修后试运行时，若将操作手柄转到第二位置上而电动机不能转动，就应立即停止转动手柄，然后检查线路接线是否正确，制动部分和机构有无卡涩现象。

(2)试运行时，转动手柄不可太快，手柄在每一位置都要保持片刻(约 1 秒钟)，以免电动机的冲击电流过大而导致过电流继电器发生误动作。

(3)运行中应定期清扫控制器内外的灰尘。如果控制器工作在多尘场所，更应经常清扫。

(4)所有活动部分应定期加润滑油，一般加黄油或工业凡士林，严禁加机油，因机油对塑料件有腐蚀作用。

(5)不使用控制器时，手柄应准确地停在零位上。

(6)使用中，当降落重载荷时，控制器的手柄停在最后位置，载荷降落速度最小；如果不是非对称线路的控制器，手柄不可长时间停在下降第一位置。否则，载荷会超速下降或发生电机转子“飞车”事故。

www.plcworld.cn

七、电容器

597. 提高功率因数有何效果？怎样提高功率因数？

提高功率因数，一般可以取得以下效果：

(1)提高发、供电设备的供电能力，使设备得到充分利用。

(2)提高用户设备(如变压器)的利用率，节省供、用电设备投资，挖掘现有设备的潜力。

(3)降低电力系统的电压损失，减小电压波动，改善电能质量。

(4)减小输、变、配电设备中的电流，从而可降低电能输送过程的电能损失。

(5)减少电费，降低成本。

通常，采用自然调整和人工调整这两种方法来提高功率因数。

(1)自然调整功率因数的措施是：①尽量减小变压器和电动机的浮装容量，避免出现“大马拉小车”现象，使变压器和电动机的实际负荷在75%以上；②调整负荷，提高设备利用率，减少空载运行的设备；③当电动机轻载运行时，在不影响照明质量的前提下，适当降低变压器二次电压；④三角形接线的电动机，其负荷在50%以下时，可改为星形接线。

(2)人工调整功率因数的措施是：①安装电容器，这是提高功率因数最经济和最有效的方法；②使大容量绕线式异步电动机同步运行；③长期运行的大型机械设备，采用同步电动机传动或者使其空载过励运行。

598. 怎样选择电容器的安装场所？

www.plcworld.cn

选择电容器的安装场所，应着重考虑以下几个方面的问题：

(1)安装场所应干燥，无爆炸和火灾危险，无剧烈震动，无腐蚀性气体和粉尘污染，相对湿度不高于80%。

(2)电容器室不受油、水、雨、雪侵袭，不受日光直射。

(3)电容器室应有良好的通风(可安装百叶窗)，室内温度应满足制造厂规定的要求(一般不低于－35℃，不高于＋40℃)。一般情况下，每安装100千乏电容器，应有0.1米^{2}以上的进风口(下孔)和0.2米^{2}以上的出风口(上孔)。如果自然通风不能满足要求，应采取机械通风措施。

599. 怎样安装室内、外电容器？

室内电容器的安装，应符合以下要求：

(1)1000伏以上高压电容器应装在单独的电容器室内，不得与变压器、配电装置共用一室；1000伏及以下的电容器，可装在符合环境要求的厂房内或低压配电室内。

(2)电容器分层安装时，一般不应超过三层，层间不应加设隔板，上、中、下三层的位置应一致。电容器母线与上层构架的垂直距离不应小于0.2米；下层电容器的底部距地面不应小于0.3米；上层电容器底部距地面不应大于2.5米；带电部分距地面不应小于3米，否则，应加设网状遮栏。

(3)水平布置时一般为一行，以利散热；排与排之间应留有宽度不小于1.5米的走廊，以便带电测试和检查；同一行电容器之间的距离不应小于0.1米，单台电容器容量在50千乏以上者不应小于0.15米。

(4)电容器铭牌应面向巡视走廊，并应逐台编号，以利巡视；为保证安全，电容器与走廊之间应装设网状遮栏。

(5)电容器组的进线可采用电缆或硬母线；相母线采用铝

www.plcworld.cn

排；单台电容器与母线的连接，应采用软线，不得采用硬母连接，以防止装配应力或电动力损坏瓷套管和引线杆，破坏密封。

(6)电容器回路中任何不良接触，都会引起放电。因此，电气回路中各部分的连接均应接触良好。

(7)电容器的额定电压与电网电压相同时，应将电容器外壳和支架接地；电容器电压低于网络额定电压，并采用星形接线或串联使用时，应将电容器外壳用绝缘子支承，对地绝缘，其绝缘水平不低于网络额定电压。

(8)在电容器的适当部位应设置温度计或粘贴示温蜡片，以便监视运行温度。

(9)电容器组应装设相间和内部元件故障保护装置或熔断器。

成套电容器柜和电容器附属设备的安装，应参照配电设备安装检验规程进行。

室外电容器的安装，应注意以下事项：

(1)电容器的小面应朝向太阳经常照射的方向，以减小阳光照射的阴影。

(2)小型电容器组可直接装在台架上；中型电容器组可装在棚架上；大型电容器组可直接装在水泥地面上，但电容器底部与地面的距离不应小于 0.4 米，并应采取防止小动物侵袭的措施。

(3)装在台架上的电容器，其底部支架与地面的垂直距离不应小于 2.5 米。带电导体与地面的垂直距离为 500 伏以上的电容器不应小于 3.5 米，500 伏以下的电容器不应小于 3 米。

(4)室外安装的电容器，若有巡视通道，应装设 1.7 米高

www.plcworld.cn

的网状遮栏。

600. 怎样确定电容器的补偿容量?

电容器补偿容量的大小,取决于电力负荷的大小和功率因数的高低。确定补偿容量的方法一般有以下两种:

(1)计算法　补偿容量通常可按下式计算:

$$Q=P(tg\varphi_1-tg\varphi_2)$$

式中　Q 为补偿容量,千乏;

P 为平均有功负荷,千瓦;

$tg\varphi_1$ 为补偿前功率因数角的正切值;

$tg\varphi_2$ 为补偿后功率因数角的正切值。

例　某用户的有功负荷为 150 千瓦,补偿前功率因数为 0.6,现在想将功率因数提高到 0.88,试计算需要装设多大补偿容量的电容器?

解　用计算器或查三角函数表可得:当 $\cos\varphi=0.6$ 时,$tg\varphi=1.33$;$\cos\varphi=0.88$ 时,$tg\varphi=0.53$。代入公式得

$$Q=150\times(1.33-0.53)=150\times0.8=120 \text{ 千乏}$$

因此需要装设补偿容量为 120 千乏的电容器。

(2)查表法　为了很快地求出补偿容量,可采用查表法。一些电工手册和参考书中都列出每千瓦有功负荷所需要的补偿容量表,查找很方便。具体方法是:根据补偿前的功率因数 $\cos\varphi_1$ 和补偿后的功率因数 $\cos\varphi_2$,查表就可查出每千瓦有功负荷需要补偿的容量,然后将有功负荷(P)乘以每千瓦需要补偿的容量,即为所求的补偿容量(Q)。

601. 单台电动机个别补偿时,怎样计算补偿容量?

单台三相电动机个别补偿时,一般是将电动机空载时的功率因数补偿到 1。这是因为空载时无功负载最小。如果在负载情况下进行补偿,则空载(或轻载)时势必过补偿(即功率因

www.plcworld.cn

数超前)。在电动机过补偿时，若切断电源，由于电动机的转速不能立即降为零，电容器的放电电流将相当于励磁电流继续供给电动机，使仍在旋转中的电动机变成感应发电机，这就会使电动机的端电压超过额定电压许多倍，因而对电机的绝缘，特别是对电容器的绝缘将产生有害作用。此外，在电动机仍旧转动时重新合闸 会出现相当大的冲击电流，使电动机产生很大的瞬时转矩，可能造成电动机的轴损坏。因此，进行个别补偿时，应考虑在电动机空载下进行补偿，补偿容量 Q 一般可按下式计算：

$$Q \leqslant \sqrt{3}\, U_e I_0, \text{千乏}$$

式中 U_e 为电动机的额定电压，千伏；

I_0 为电动机的空载电流，安。

由于一般感应电动机的空载电流 I_0 约占额定电流的 25～40%，所以电动机的单台无功补偿容量也相应为其容量的 25～40%。

例如，某台三相感应电动机额定容量为 75 千瓦，其空载电流为 41 安，无功补偿容量为

$$Q = \sqrt{3} \times 0.38 \times 41 = 27 \text{千乏}$$

602. 怎样使用高、低压移相电容器分别进行集中补偿和分散补偿?

为了维护方便，有时将高压移相电容器装在变电所或配电室内进行集中补偿，实行集中补偿(图 7-1)时，一般根据用电单位所需的总无功功率来确定电容器的容量，并由一组专用的开关控制设备进行控制。采用这种补偿方式，电容器的利用率较高，能减少电力系统和用户主变压器及供电线路的无功负载。为了保证运行安全，应将高压移相电容器装在专用的

www.plcworld.cn

电容器室内，并通电缆和开关将其与母线相连。

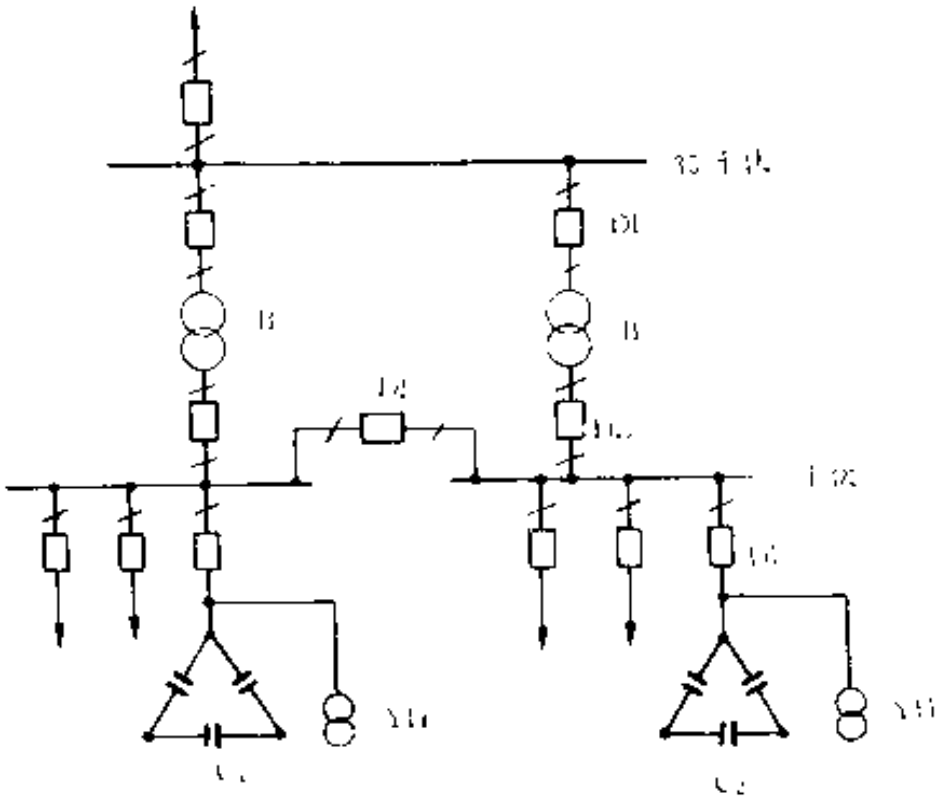


图 7-1　移相电容器集中补偿

C_1C_2. 电容器组　B. 变压器　DL. 断路器　YH. 电压互感器

对低压移相电容器进行试验表明，将其分散安装在环境合适的用电场所（如车间）或吸取无功功率的用电设备附近，可使供、配电线路上通过的无功电流减小，并可减少线路和变压器的能量损耗和电压损耗，从而能达到供、配电网络经济运行的目的。进行分散补偿时，应注意以下几点：

（1）移相电容器对电压的要求很严，随着网络电压的升高或降低，应将电容器及时手动或自动切断或接入，以防止由于电压过高而使电容器过载，造成内部元件击穿。

（2）应根据用电设备吸取无功功率的大小及时接通或断开电容器组。

（3）当吸取无功功率的用电设备停止工作后，若移相电容器仍接在线路上运行，则会使无功功率倒送入网络中，因而相

www.plcworld.cn

应地增加了线路上由无功带来的有功损耗，这是不合理的。所以，当条件许可时，对低压移相电容器应采用自动调节装置，以控制其接入量。

603. 怎样选择电容器组的接线方式？各种接线方式有何优缺点？

电容器组的接线方式，应根据电容器的电压、保护方式和容量等来选择。通常有三角形接线和星形接线两种。当电容器的额定电压与网络额定电压一致时，应采用三角形接线；当电容器的额定电压低于网络额定电压时，可采用星形接线，或者经串、并联组合后，再按星形接线。

(1)三角形接线　在10千伏电网中，额定电压为10.5千伏和11千伏的电容器，应采用三角形接线。其优点是：可降低投入电容器组时的涌流和降低操作过电压，通常短路容量较小的变电所和配电线路可以采用这种接线方式；当电容器的容量较小时，接线简单，投资省。其缺点是：若电容器组中有一台发生击穿事故，即形成相间短路，通过故障点的电流为相间短路电流；若网络短路容量较大，则电容器外壳易爆炸，甚至引起火灾，威胁人身安全和电网的正常运行。

(2)星形接线　额定电压为6.3千伏和$11/\sqrt{3}$千伏的电容器应采用星形接线；额定电压为3.15千伏和$11/2\sqrt{3}$千伏的电容器应两台串接后再按星形接线。星形接线的优点是：①电容器承受的电压是电网相电压，当一台电容器发生击穿短路故障时，通过故障点的电流为额定电流的3倍；当采用每相两段串联的星形接线方式时，若一台电容器击穿，通过故障点的电流仅为额定电流的1.5倍。可见，星形接线有利于防止电容器爆炸；②一相电容器击穿后，不致造成相间短路。当该相熔体将故障电容器切除后，其余的健全相电容器还可继续

www.plcworld.cn

运行，不致中断电容器组的无功输出；③容易选择较完善的保护方式。其缺点是：如果将6.3千伏电容器用于10千伏电网，电容器需使用绝缘子对地绝缘，给安装作业造成困难。

除了上述两种接线方式外，为了适应大、中型电容器组串、并联台数较多的情况，以及为了便于与较完善的继电保护方式相配合，也可采用双星形或双三角形接线。其优点是保护装置的灵敏度高、运行可靠，其缺点是接线较复杂、投资较多，因此只适用于大、中型电容器组。

604. 电容器的串联补偿装置怎样接线？

电力电容器除用于并联补偿外，还可用于串联补偿。通常，电容器的串联补偿装置既可装在线路末端，也可装在线路首端或线路中间。在35千伏电网中，多设在末端变电所中。图7-2示出电容器的串联补偿装置接线图。

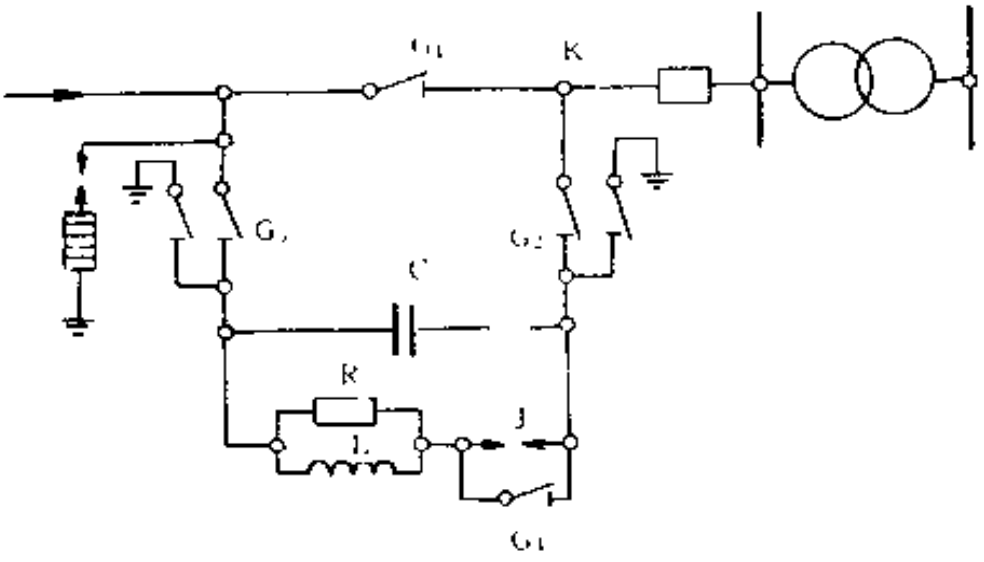


图7-2 电容器的串联补偿接线图

当电容器投入运行时，隔离开关G_1、G_4断开，隔离开关G_2、G_3合上，其相应的接地闸刀断开；当电容器退出运行时，隔离开关G_1、G_4合上，G_2、G_3断开。间隙J可保护电容器不受短路电流所产生的过电压的危害。当K点以后短路时，短路

www.plcworld.cn

电流在电容器上的电压降$\triangle U_d = I_d X_c$将大于电容器的允许电压许多倍。由于间隙的击穿电压整定值比电容器的允许过电压要小得多，所以短路时过电压会击穿间隙，使电容器C短路。当短路切除后，间隙能通过负载电流，使串联电容器装置重新投入运行。

当电容器被间隙J或隔离开关G_4短路时，电容器C便在电阻R和电感L的并联回路中放电，此时RL起限制此放电电流的作用(RL称为阻尼元件)。如果间隙J被击穿后，因负载电流太大，间隙不能自动灭弧，则应将隔离开关G_4换为断路器，并安装自动重合闸装置。但是，这样处理，投资就会相应增加。

605. 当使用电容器调整系统末端的电压时，怎样确定电容器的容量？

通常，由于输配电线路过长，当负荷较大时，线路末端电压往往偏低，使用电设备不能正常运行。为此，在末端的变电所内或线路上装设电容器组以改善电压质量，适当提高末端电压。

假设末端的负荷为有功功率P和无功功率Q，要将末端电压U_B提高到U_B'，则首端电压U_A与末端电压U_B之间的关系可用下式表示：

$$U_A = U_B' + \frac{PR + (Q - Q_C)X}{U_B'}$$

换算后得

$$Q_C = \frac{U_B'(U_A - U_B) + PR + QX}{X}$$

式中 Q_C为补偿电容器容量，千乏；

P为负荷的有功功率，千瓦；

Q为负荷的无功功率，千乏；

U_A为线路首端电压，千伏；

www.plcworld.cn

U_B 为补偿前线路末端电压，千伏；

U_B' 为补偿后线路末端电压，千伏；

R 为线路电阻，欧；

X 为线路电抗，欧。

如果系统中有变压器，则上述公式的参数应折算到同一级电压。

606. 怎样对 1000 伏以上的电容器组进行放电？

1000 伏以上的电容器组，一般利用三角形或 V 形接线的电压互感器进行放电。通常，放电回路最可靠的连接是三角形连接（图 7-3）。采用三角形接线，如果有一臂断线，实际上便成了 V 形连接，仍能使各相的电容器可靠地放电。但是，如果有两臂同时断线，便会有一相电容器无法放电。

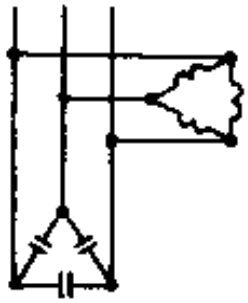


图 7-3 电容器组三角形连接的放电回路

607. 怎样串联低压电容器组的放电电阻？

低压电容器组的放电电阻，一般采用 220 伏的白炽灯泡，这种灯泡还同时起运行指示灯的作用。为了延长灯泡的使用寿命，并减少其耗用功率，可将两个功率相同的灯泡串联后按星形接线，此时每个灯泡上的电压约为额定电压的 50%，所耗用的功率约为额定功率的 35%，其接线方式如图 7-4 所示。

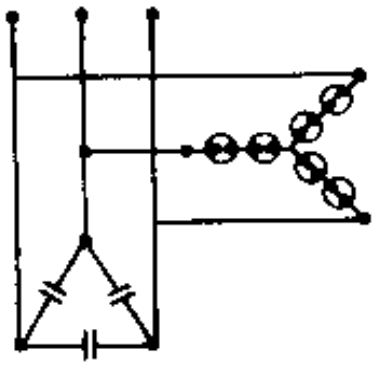


图 7-4 低压电容器放电用灯泡的连接

为了保证停电时能可靠地自动放电，放电电阻应直接接在电容器组上，并

www.plcworld.cn

只为放电电阻不应单独装设断路器或熔断器。

有时，为了减少放电电阻运行中的电能损耗，也可采用自动装置。当电容器组与电网断开后，该自动装置便将放电电阻器自动投入电路。

608. 怎样计算移相电容器的有功功率损耗？

运行中的电容器，其有功损耗包括介质损耗、极板和载流部分的电阻损耗，以及由集肤效应产生的附加损耗。通常，介质损耗占电容器总有功损耗的98%以上，介质损耗的大小，与介质的性能和状态有关，一般可按下式计算：

$$P_S = Q\mathrm{tg}\delta \times 10^3 = 2\pi fcU^2\mathrm{tg}\delta \times 10^6, \text{瓦}$$

式中 Q 为电容器的无功功率，千乏；

$\mathrm{tg}\delta$ 为介质损耗角正切值；

U 为电容器运行电压，伏；

c 为电容量，微法；

f 为电压频率，赫。

必须指出，介质损耗的大小直接影响电容器的温升。随着 $\mathrm{tg}\delta$ 的增大，介质损耗增大，电容器内部绝缘发热温度升高，从而加速绝缘老化，降低绝缘寿命。

609. 电容器的额定电压与电源电压不符有何后果？怎样处理？

通常，电容器中通过的电流，与所加电压成正比：

$$I = 2\pi fcU, \text{安}$$

而电容器的补偿容量与所加电压的平方成正比：

$$Q = 2\pi fcU^2, \text{千乏}$$

因此，如果电容器的额定电压与电源电压不符，则通过电容器的电流及其无功容量都会发生变化。若电源电压过高，虽然补偿效果会好些，但通过电容器的电流将增大，从而导致电

www.plcworld.cn

容器击穿甚至发生爆炸；若电源电压过低，则补偿效果大大减小，在经济上不合算。

所以，一旦发现电容器的额定电压与所接网络的电压不符，应立即停止使用。同样道理，即使电容器的额定电压与电网电压相同，但在电容器的运行中，若电网电压波动很大，对电容器也会产生上述影响，只是程度不同而已。

610. 电容器组的自动投切装置有何作用？怎样选择低压电容器的投切方式？

电容器组的自动投切装置有以下作用：①保证电容器组不在超前的功率因数下运行；②保证在过电压的情况下，按规定的延时切除电容器组；③能随无功负荷的变化及时进行最佳补偿。

低压电容器的投切方式可按以下情况选择：

(1)一般用户以降损节能、减少电费支出为目的，宜实行功率因数控制，但必须安装过电压保护装置。

(2)实行一班制和两班制生产的用户，一般宜按时间控制投切。在非生产时间，可以将电容器全部(或大部分)切除。

611. 怎样选择电容器组的开关设备？

选择电容器组的开关设备，应遵循以下原则：

(1)应采用切断电容电流不重燃的断路器。

(2)断路器的额定电流，至少应为电容器组额定电流的1.43倍。

(3)断路器的额定开断电流，应不小于断路器实际开断时间(继电保护动作时间与断路器固有分闸时间之和)内三相短路电流周期分量的有效值。

(4)断路器额定切合电流峰值，不应小于短路电流最大值，并且不小于电容器组投入时充电涌流的峰值。

www.plcworld.cn

(5)50 千乏以下的室内低压电容器组，应选用铁壳开关来控制；50 千乏以上的低压电容器组，可根据具体情况，采用自动空气开关或交流接触器来操作。

612. 怎样正确操作电容补偿装置？

所谓操作电容补偿装置，是指该装置在运行中的投入与切除。具体操作时应注意以下各项：

(1)任何额定电压的电容器组，均禁止带电荷合闸；电容器组每次重新合闸，必须在其放电结束后进行；在补偿装置的开关上禁止装设重合闸装置。

(2)为防止电容器组带电荷合闸和工作人员触及带静电荷的电容器而发生触电事故，应在电容器断开电源时立即对电容器组进行放电(经放电电阻)；工作人员在接触电容器的导电部分以前，必须将各个电容器单独放电，亦即使用装于绝缘棒上的接地金属棒将电容器两出线端短路。

(3)正常情况下，补偿装置的投入与切除，肌根据电压情况来决定。当母线电压超过电容器额定电压 1.1 倍、电流超过额定电流 1.3 倍时，应将电容补偿装置切除，使其退出运行。

(4)为防止在较高母线电压下对电容器组突然充电而造成电容器喷油、鼓肚和保护装置动作，在电源停电后应将电容补偿装置与电网断开；来电后应先向各配电线路送电，然后根据母线电压情况投入电容器。

(5)运行中的电容器断开时会产生操作过电压，对电容器的使用寿命和安全运行均有很大影响。因此在未采取降低操作过电压的有效措施以前，应尽量减少操作次数。

(6)若电容器的熔体突然熔断，在未查明原因以前，不得更换熔体恢复送电。

(7)使用灯泡放电的电容器组，为了节约用电，应在放电

www.plcworld.cn

回路中增装刀闸；在拉开电容器组的断路器以前，应先合上放电回路的刀闸，以便可靠放电。

613. 什么叫做“自励”现象？有何危害？怎样避免？

采用并联电容器对电动机进行个别补偿时，如果电容器的容量足够大，则在电动机切除后，由于惯性作用，电动机将继续运转一定时间。此时电容器将供给电动机励磁电流，反过来电动机又发出电力对电容器充电，这种电磁振荡现象就叫做“自励”。电动机发生自励时，将产生一定的过电压，对电容器造成危害。如果将自励中的电动机再接入电网，则电动机和所连接的传动机械将受到严重冲击，甚至被损坏。

为了避免出现这种自励现象，对工作惯性转矩较大的电动机（如起重机和水泵用电动机），应尽量不采用个别补偿方式，而应限制补偿容量，使之低于电动机空载运转所需无功功率的90%，并小于电动机额定负载下进行无功补偿所需的无功功率值。必要时可采用并联阻抗来防止出现自励现象。

614. 怎样防止电容器组过电压运行和限制操作过电压？

通常可采取以下措施来防止电容器组过电压运行：

（1）合理确定过电压保护装置的整定值，尽量限制电容器在过高的电压下运行。

（2）合理调整主变压器的分接头，适当降低变（配）电所母线的电压。

（3）将电容器适当分组，用分组投切的方法来进行调压。

（4）如果电压过高，必须减少电容器的容量，必要时可将部分电容器移于合适的补偿地点。

（5）调整不平衡相的电容量，使三相电容量趋于平衡。

一般可采取以下措施来限制电容器组的操作过电压：

（1）通常，采用有并联电阻的断路器，能将操作过电压限

www.plcworld.cn

制在 2.5～3.0 倍相电压之间。因此，35 千伏以上的电容器组，可采用带并联电阻的断路器。

（2）采用不重燃的断路器，如 10 千伏电容器组可采用真空断路器进行操作。

（3）采用避雷器来限制操作过电压。

（4）有条件时，尽量减少电容器组的投切次数，即减少断路器的操作次数。

615. 怎样限制电容器的涌流？

电容器投入电网或电容器发生外部短路时，所产生的幅值很大的高频暂态电流，称为涌流。有关电容器的标准规定，这个高频暂态电流的第一个波的峰值允许达到 100 倍额定电流，与之相应的电容器上的电压可达到 $2\sqrt{2}$ 倍额定电压。限制电容器合闸涌流的主要措施是串联电抗器，即在每相电容器组的断路器侧或中性点侧串接电抗器。通常，串联电抗器的感抗越大，合闸涌流越小。一般串接 6%的标准电抗器。

串联电抗器后，合闸涌流倍数为

$$K=1+\sqrt{\frac{X_b}{X_L}}=1+\sqrt{\frac{100}{6}}=5.1$$

式中 K 为合闸涌流倍数；

X_b 为电容器组的容抗，欧；

X_L 为串联电抗器的感抗，欧。

由此可见，串联 6%标准电抗器，可将合闸涌流限制在 5 倍左右。

在操作中为了减少高压电容器组的合闸涌流，应尽量避免在一组电容器运行的情况下，将另一组电容器投入。如果两组电容器分别接在两段母线上，则可采取解列两段母线的办法，使另一组投入运行。

www.plcworld.cn

616. 为电容器组装设串联电抗器有何作用？选用电抗器时怎样确定其电抗值和电压？

为电容器组装设串联电抗器有三方面的作用：一是限制电容器的充电涌流和短路电流；二是抑制高次谐波对电容器的影响；三是当断路器在开断过程中发生重燃时，串联电抗器有抑制重燃的作用。

选用串联电抗器时，考虑到并联电容器回路中一般不存在偶次谐波，并且，在中性点不接地、星形连接的电容器组的相电流中，以及三角形接线的相电压中，都不包括 3 次谐波，因此主要是限制 5、7、11……次谐波，所以串联电抗器的电抗值 X_L 按电容器组额定容抗的 0.05～0.06 选择即可。

电容器组安装串联电抗器后，其端电压将增高。因此，应选用额定电压和允许最高运行电压均较高的电容器，或降低电容器正常运行的过电压允许限额。

617. 怎样选用熔断器来保护电容器？

熔断器一般用来切断电容器内部短路电流，但不能检测出电容器内部的早期故障，所以须与继电保护配合，才能取得最佳防护效果。选择熔断器时应注意以下几点：

(1)熔断器的额定电压应符合电容器的最高工作电压。

(2)熔断器的切断电流应大于电容器极间短路的故障电流。

(3)熔断器熔体的额定电流应能够避开电容器的合闸涌流和允许最大负荷电流(1.43 倍额定电流)，即应满足以下要求：

单台电容器的熔断器保护　$I_{Rn}=(1.5\sim2.5)I_n$

多台(2～5 台)电容器共用熔断器保护

$$I_{Rn}=(1.3\sim1.8)nI_n$$

www.plcworld.cn

式中 I_{Rn}为单台熔断器的额定电流，安；

I_n为单台电容器的额定电流，安；

n为共用一个熔断器的电容器台数。

618. 怎样抑制高次谐波对电容器组的危害？

抑制高次谐波对电容器组的危害可采取以下措施：

(1)在一般情况下，可装设6%的串联电抗器。

(2)当有电弧炉等3次谐波时，接在其附近的并联电容器组可串联13%的电抗器，以防止出现谐振。

(3)为了限制高次谐波对串联电抗器的影响，有关规程对流入电抗器的电流作以下规定：含有5次谐波时，其含有率在基波电流的35%以下，其合成电流的有效值在额定电流的120%以下。

(4)如果电容器组安装地点的电压并不高，而电容器组的过电流却很严重，则高次谐波可能是用户产生的，因此要求用户采取技术措施减少高次谐波分量。

(5)如果电容器安装地点的电压过高，应调整电压。

619. 运行中的电容器出现过电流或发热怎么办？

运行中的电容器出现过电流，一般是由于过电压或高次谐波引起的。有关标准规定，电容器可在1.3倍额定电流下运行。由于允许电容器的电容值有±10%的误差，所以实际的允许过电流可达到1.43倍额定电流。如果电容器组的过电流超过上述允许值，应将电容器组从网络中断开，并采取相应措施消除过电流的原因之后，才继续投入运行。

电容器组的过电流如果是由于过电压引起的，可按照614问“怎样防止电容器组过电压运行和限制操作过电压？”中的措施处理；如果是由于高次谐波引起的，可参照618问“怎样抑制高次谐波对电容器组的危害？”所介绍的措施处理。

www.plcworld.cn

电容器发热，可能是以下原因引起的，可采取相应措施予以处理：

(1)接头螺栓松动。要加强检查，停电时拧紧螺栓。

(2)频繁通断，反复受涌流作用。可减少通断次数，只在线路停用时才切断电容器。

(3)长期过电压运行，造成过负荷。可调换电压较高的电容器。

(4)环境温度超过许可值。可粘贴示温蜡片或用温度计及早测出温升，加强电容器所在场所的机械通风。

620. 怎样选择电容器组的零序电压保护装置和零序电流保护装置?

零序电压保护装置适用于单星形接线的电容器组。通常，将三台单相电压互感器或一台三相五柱式电压互感器的中性点与电容器组的中性点相连。当一台电容器被击穿时，由于中性点电压位移，在中性线上将产生零序电压，于是电压继电器动作于跳闸。

选择零序电压保护装置时，可按下式计算保护整定值：

$$U_{dz}=\frac{U_{n\varphi}}{K_L n_y}\cdot\frac{\varepsilon-1}{n-z}$$

式中 $U_{n\varphi}$为电容器组的相电压，伏；

K_L 为灵敏系数，一般取 1.1～1.2；

n_y 为电压互感器的变压比；

ε 为单台电容器允许长期运行电压与正常运行电压之比；

n 为每相电容器的串联组数。

由于外施电压和三相电容量都不会绝对平衡，电容器正常运行时将有一定的中性点位移电压。为了防止电容量较小

www.plcworld.cn

的相上的过电压倍数过大，应调整三相电容器的电容值，使电容量差值小于5%。

通常，在单三角形电容器组的每相中接入电流互感器，并将电流互感器的三个二次绕组并联后与电流继电器相连，可组成零序电流保护装置。当电容器组中有一台电容器被击穿时，由于该故障电容器的电容量发生变化，通过故障相电容器组的电流增大，三相电流之和将不等于零，有零序电流通过电流继电器，使保护装置动作，从而将电容器组断开。

选择零序电流保护装置时，可按下式计算保护整定值：

$$I_{dz}=\frac{\triangle I_g}{K_L n_L}=\frac{I_n\left(\frac{\lambda}{1-\lambda}\right)}{K_L n_L}$$

式中 $\triangle I_g$ 为一台电容器内部50～70%串联元件被击穿时，故障相电流的增量，安；

n_L 为电流互感器的变流比；

λ 为击穿系数，$\lambda=\frac{m}{n}$（m为击穿元件数，n为电容器内部元件数）；

K_L 为灵敏系数，一般取1.25～1.5。

为了使正常运行时的不平衡电流 I_n 不致造成保护装置误动作，安装时应通过调整使正常的不平衡电流 I_{bp}（安）满足

$$I_{bp}\leqslant\frac{I_{dz}n_L}{K_k}$$

式中 K_k 为可靠系数，一般取1.5～2.0。

为防止投入时误动作，零序电流保护装置应具有0.5秒时限。

621. 怎样选择电容器组的相间过电流保护装置和失压保护装置？

www.plcworld.cn

过电流保护装置，一般用以切除电容器组相与相之间及其母线与连接线的相间的短路故障。当6～10千伏电容器组每相串联数为1时，过电流保护也兼作电容器内部保护的后备保护。选择过电流保护装置时，可按下式计算保护整定值：

$$I_{dz}=\frac{K_kK_jI_n}{n_L}$$

式中 I_{dz}为继电器的动作电流整定值，安；

n_L 为电流互感器变流比；

K_k 为可靠系数，一般取1.5～2.0；

K_j 为接线系数，当电流互感器接成星形和不完全星形时取为1，接成二相差或三角形时取为$\sqrt{3}$；

I_n 为电容器组的额定电流，安。

为防止操作过程中合闸涌流引起误动作，继电器须具有一定的延时，一般整定为0.3～0.5秒。

电容器组一般应装设失压保护装置，以便在电源突然中断时，能自行从网络中断开，防止突然来电冲击损坏电容器。当将电容器组重新投入运行时，严禁带电荷合闸，以防止合闸瞬间电压极性与残余电荷的极性相反而造成电容器群爆。此外，如果35千伏线路重合闸成功，会使电容器瞬间过电压。因此，为防止电容器群爆和重合闸引起的过电压，所有电容器组均应装设失压保护装置。

选择失压保护装置时，可按下式计算整定值：

$$U_{dz}=\frac{0.25U_n}{n_y}$$

式中 U_n 为网络额定电压，伏；

n_y 为电压互感器的变压比。

为防止外部线路发生故障引起母线短路电压降低而误动

www.plcworld.cn

作，失压保护装置应有 0.5 秒时限。

622. 移相电容器爆炸起火的原因是什么？怎样预防？

最常见的移相电容器故障是元件极间击穿。造成电容器极间击穿或对外壳绝缘击穿的原因大都是电容器真空度不高、不清洁、对地绝缘不当、运行环境温度过高。故障发展过程一般为先出现热击穿，逐步发展到电击穿，最后电容器崩裂，爆炸起火。对这种恶性事故，通常采取以下预防措施：

(1)完善电容器内部故障防护。对于高压电容器组，可采用以下器件来控制和保护：总容量不大于 100 千乏时，可安装跌落式熔断器；总容量为 100～300 千乏时，可安装负荷开关和熔断器；总容量大于 300 千乏时，可安装断路器。电容器组采用熔断器保护时，熔体的额定电流不应超过电容器组额定电流的 1.5 倍。

(2)对于无熔体保护的高压电容器，应根据具体情况，采用下述四种内部故障防护方式：①分组熔体保护；②双 Y 形接线的零相电流平衡保护；③双△接线的横差保护；④单△接线的零序电流保护。

(3)加强电容补偿装置的运行管理和维护，如定期清扫、巡视和检查，发现故障元件及时处理。

(4)使电容器室符合防火要求，室内不使用木板、油毛毡等易燃材料。

(5)在电容器室附近配备砂箱、消防用铁锹和四氯化碳灭火器等消防设备。如遇电容器爆炸起火，应首先切断电容补偿装置的电源，尽快制止火灾蔓延，禁止用水灭火。

623. 怎样对电容器进行防火检查？

为了防止电容器发生火灾，应经常进行以下检查：

(1)各种保护装置是否齐全，保护特性是否匹配。

www.plcworld.cn

(2)检测环境温度.若电容器室的温度超过规定值,应及时切断电源。

(3)测试电容器是否过热。

(4)测试运行电压,并定期查阅电容器运行电压记录。

(5)测试谐波电压是否过高。

(6)检查电容器套管有无放电现象.有无渗、漏油和"鼓肚"现象。

(7)检查电容器附近有无易燃易爆杂物。若有,应清除。特别是就地补偿(低压分散集中补偿)时,更应检查这一项。

(8)在停电检修时,测试电容器的绝缘电阻。

624. 电容器渗、漏油和"鼓肚"怎么办?

电容器渗、漏油,一般是以下原因引起的。可针对具体原因予以处理:

(1)保养不良,外壳油漆剥落、有锈蚀点。应仔细进行检查,查出渗、漏油部位后,先清除该部位残留的漆膜和锈点,然后重新涂漆。

(2)在搬运中将瓷套管与外壳交接处碰伤,该处出现裂纹;旋紧接头螺栓时用力过猛而扭伤接头,接头出现裂纹;元件本身质量差。如果有裂纹的部位只微微渗油而不漏油,可在渗油处嵌入肥皂,暂时继续使用;如果出现裂缝,则应调换电容器。

如果电容器出现"鼓肚"现象,说明其内部存在故障,个别元件已经击穿。电容器"鼓肚",是由于内部元件击穿产生的电弧使油分解而产生气体,其体积膨胀造成的。

"鼓肚"的电容器应立即退出运行。否则,就可能发生爆炸。严禁用降低电压的方法继续使用。因为内部击穿处会不断产生电弧,使体积更加膨胀而导致电容器爆炸。

www.plcworld.cn

因此，“鼓肚”的电容器不得继续使用，必须换上合格的电容器投入运行。

625. 电容器的开关掉闸怎样处理？查不出故障怎么办？

通常，电容器的开关掉闸后，不许强行试送电。此时值班员必须检查保护装置的动作情况，根据检查结果进行分析判断。检查的顺序是：首先检查电容器的开关、电流互感器和电力电缆，然后检查电容器有无爆裂、严重过热、鼓肚或喷油现象，最后检查接头是否过热或熔化和套管有无放电痕迹。如果无上述情况，则可初步判断开关掉闸是由于外部故障造成母线电压波动所致，经过检查，可以试送电。如果仍不能恢复正常情况，应进一步对保护装置做全面通电试验，并对电流互感器做特性试验。如果仍查不出故障原因，应对电容器逐台进行试验，未查明原因以前，不得试送电。

626. 电容器损坏有哪些基本规律？怎样判断电容器是否损坏？

电容器损坏的基本规律是：①高压移相电容器的损坏率高于低压电容器；②室外电容器的损坏率高于室内电容器；③夏季电容器的损坏率高于其他季节；④电压波动较大、谐波电压较多、投切较频繁、接近谐振条件等因素都使移相电容器的损坏率增高；⑤开关未装并联电阻的电容器，其损坏率高于装有并联电阻的电容器。

通常，可用万用表来检查电容器是否损坏。检查时，首先将万用表选择旋钮扳到欧姆档 R×1k 或 R×10k 上，然后用两表笔交替接触电容器的两端。若仪表指针有一定的偏转，并很快回到起始位置，则说明电容器完好；若指针摆动后，不返回起始位置，则此时指针指示的电阻值即为该电容器的漏电电阻值；若指针偏转到零欧位置，则说明电容器内部短路；若

www.plcworld.cn

指针根本不动，则可能是电容器内部断线或失效。

627. 处理故障电容器时怎样防止触电事故？

由于故障电容器的两极一般都有残余电荷，所以首先必须设法将残余电荷放尽。否则，便容易发生触电事故。

处理故障电容器时，首先应拉开电容器组的断路器及其上、下隔离开关。如果是采用熔断器保护，则应先取下熔体管。此时，电容器组虽经过放电电阻自行放电，但仍会有部分残余电荷，因此必须进行人工放电。人工放电时，先将接地线的接地端与接地网相连，再用接地棒多次对电容器放电，直至无火花和放电声消失为止，最后将接地线固定好。

此外，还应注意，如果电容器有内部断线、熔体熔断或引线接触不良等故障，其两极间还可能存在残余电荷，而在自动放电和人工放电时，这些残余电荷不会被放掉。因此，运行或检修人员在接触故障电容器之前，应戴上绝缘手套，用短路线将故障电容器两极短接，使其放电，然后才可动手拆卸电容器。对于双Y形接线的中线和多个电容器的串接线，还应单独进行放电。

628. 对运行中的移相电容器组怎样进行巡视检查？

对运行中的移相电容器组一般应进行以下巡视检查：

(1)日常巡视检查，每天不得少于一次。夏季在室温最高时进行，其他季节可在系统电压最高时检查。检查时主要观察套管的瓷质部分有无闪络痕迹；电容器外壳是否膨胀；有无喷、漏油现象；有无异常声响和火花；熔体是否正常；示温蜡片是否熔化；各部接点是否发热；放电指示灯是否熄灭；记录有关电压表、电流表、温度计的读数。为了便于检查，必要时可以短时停电。

(2)定期停电检查，每月应进行一次，除检查日常巡视检

www.plcworld.cn

查的那些项目外，还应检查下列几项：各螺栓接点的松紧和接触情况；放电回路是否完好；风道有无积尘，并清扫电容器外壳、绝缘子和支架等处的灰尘；电容器外壳的保护接地线是否完好；继电保护、熔断器等保护装置是否完整可靠；电容器组的断路器、馈电线等是否良好。

(3)在出现断路器跳闸、熔体熔断等情况下，对电容器组应立即进行特殊巡视检查，有针对性地查找原因。在未查明并消除原因以前，不许合闸送电。

629. 怎样维修和更换电容器？

维修电容器应注意以下几点：

(1)由于受真空净化条件的限制，不得在现场对电容器进行内部检修。

(2)发现电容器有严重鼓肚、过热和绝缘老化等缺陷时，应使其退出运行，调换备用电容器。

(3)对渗、漏油的电容器，应先进行测试，如果绝缘完好，可采用锡焊或涂环氧树脂等方法补漏。

(4)每季清扫一次(通常在定期停电检查时进行)，主要清扫电容器构架和瓷绝缘部分、电容器组的放电装置、电容器室的通风装置和通风孔，以及电容器回路上的电气元件等。

电容器组发生严重事故需要进行更换处理时，首先应对全组电容器进行人工放电；其次，将每台电容器逐个放电，亦即使用装在绝缘棒上的金属接地棒与电容器出线端子接触放电；然后进行检查，对查出的有严重缺陷的电容器予以更换。更换时事先必须根据备用电容器的记录资料，核对其电容值和绝缘电阻是否合格，并检查有无渗、漏油现象。换上合格的电容器后，应在额定电压下试通电三次，若无故障再试运行24小时，在试运行期间应加强巡视和检查。

www.plcworld.cn

630. 为什么要定期测量电力电容器的电容量？怎样测量？

电容量是电力电容器的一个重要参数。电容量的变化能反映电容器的内部状态。例如，当介质受潮、元件击穿短路时，电容器的电容量将大于正常值；当严重缺油时，电容量将小于正常值。因此，测量电容器的电容量，能够判断电容器的运行状态，从而可以采取措施防止电容器在正常工作条件下和过电压时发生故障。

电力电容器的电容量，除采用电容电桥法进行测量之外，还可采用交流阻抗计算法来计算。计算时使用一台0～250伏调压器、一只0.5级0～300伏交流电压表、一只0.5级0～100毫安交流电流表接在测量电路上（图7-5），读取同一时间内的电压、电流值，按下列公式计算：

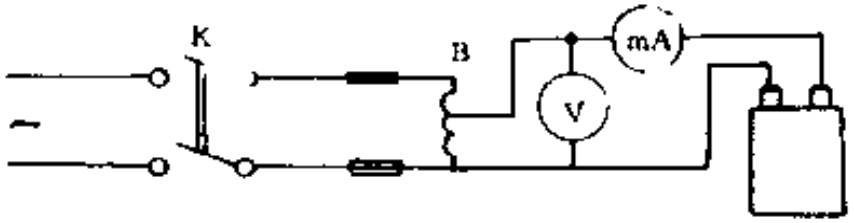


图7-5 交流电压、电流表法测量电容值接线示意图

$$C=\frac{10^6}{314X_c}=\frac{I_c\times10^6}{314U}$$

式中 C为电容量，微法；

X_c为电容器的容抗，欧：$X_c=\frac{U}{I_c}$；

U为计算时读取的电压，伏；

I_c为计算时读取的电流，安。

例如，按图上的接线进行测量，实测电压U＝260伏；实测电流I_c＝44毫安。按上述方法计算：

www.plcworld.cn

$$X_c=\frac{U}{I_c}=\frac{260}{0.044}=5909\text{ 欧}$$

$$C=\frac{10^6}{314X_c}=\frac{1000000}{314\times5909}=0.539\text{ 微法}$$

即该电容器的电容量 C＝0.539 微法。

631. 新装或新换的电容器投入运行前怎样进行检查？

在新装或新换的电容器投入运行前，应对其进行以下检查：

(1)确认经过电气试验，试验符合标准，电气试验报告合格。

(2)布置合理，各部件的连接牢靠，接线正确，接地符合要求。

(3)放电回路完整，放电装置(或电阻)符合设计或计算要求，并试验合格，放电电阻的阻值和 容量均符合要求。

(4)电容器组的保护与监视回路均完善，温度计齐全，并校验合格，定值正确。

(5)三相电容器之间保持平衡，误差值不超过一相总容量的 5%。

(6)开关设备符合要求，投入前处于断开位置。

(7)进出口布置正确，围栏或围网完整齐全。

(8)外观检查合格，外壳油漆完好，外壳无凸出或渗、漏油现象，套管无裂纹。

(9)电容器室的建筑结构和通风设施均符合规程要求。

632. 怎样摇测补偿电容器的绝缘电阻？

摇测电容器的绝缘电阻，应注意以下几点：

(1)摇测低压电容器可采用 500 或 1000 伏兆欧表。摇测高压电容器应采用 2500 伏兆欧表。

www.plcworld.cn

(2)摇测前和摇测后都应将电容器放电,以免发生触电事故。

(3)摇测时,先将兆欧表摇至规定转速,待其指针平稳,再将兆欧表线接至电容器的两极上,随后继续转动兆欧表。开始时由于对电容器充电,摇表指针会下降,然后再慢慢上升直至稳定,此时兆欧表上的读数即为电容器的极间绝缘电阻。

(4)由于电容器是由串、并联电容元件构成的,个别元件的绝缘劣化不会使整台电容器的绝缘电阻明显降低,所以摇测极间绝缘电阻一般很难发现缺陷,因此有关规程只规定测试两极对外壳的绝缘电阻这一试验项目,而对绝缘电阻值未作具体规定。根据运行经验,两极对外壳的绝缘电阻值一般应为:交接试验时大于 2000 兆欧,预防试验时不低于 1000 兆欧。

633. 怎样监视运行中的移相电容器?

在移相电容器的运行中,应随时监视其运行电压、电流和周围环境温度,这些参数值不得超出制造厂规定的范围。具体地说,应注意以下事项:

(1)运行电压不得超过电容器额定电压的 10%,三相电流不平衡值不得超过电容器额定电流的 5%,电容器电流不得超过额定电流的 1.3 倍。否则,应停止运行。

(2)电容器装在室内时,应检查室温,冬季不得低于 −25℃,夏季不得超过 40℃。否则,应采取降温措施。此外,电容器的外壳温度应不超过规定值。

(3)当保护装置自动跳闸后,不得强送电,应查明原因,消除故障。只有在确认无故障,才可将电容器重新投入运行。

(4)电容器重新投入运行前,必须将其充分放电,严禁电容器带电荷合闸。

www.plcworld.cn

(5)一旦发现电容器外壳膨胀、漏电或出现火花等现象，应立即使该电容器退出运行，并进行检查。

(6)电容器外壳应可靠接地。

634. 怎样验收试验电容器?

电容器出厂时虽经过出厂试验，但在运输、装卸的过程中可能受到损伤，用户在使用前还必须按以下内容进行验收试验：

(1)外观检查　检查电容器外壳、瓷套管、出线导杆、接地螺栓是否完好。

(2)密封性检查　检查电容器各焊接处和密封处有无渗、漏油或漏气现象。

(3)测量极对外壳的绝缘电阻　用2500伏兆欧表测量，绝缘电阻应在1000兆欧以上。

(4)测量电容值　用高压电桥或电压-电流表法测量，实测电容值误差不得超过标称值±10%；三相电容器任意两端间的最大与最小电容值之差也不得超过±10%。

(5)交流耐压试验　检查电容器的结构和制造方面有无缺陷，考核电容器的短时过电压能力。电容器的交流耐压试验电压，取出厂试验电压值的75～85%。

(6)测量介质损耗角正切值　检测该值是否符合有关标准的规定。

(7)冲击合闸试验　考核电容器抗涌流能力。在额定电压下对电容器进行三次合闸试验(当开关合闸时熔断器应不熔断)，各相电流的差值不应超过5%。

www.plcworld.cn

八、内外线路

635. 怎样划分高压输电线路、高压配电线路和低压配电线路？目前我国电力线路有哪几种电压等级？

从发电厂或变电所升压，将电能输送到降压变电所的高压电力线路，称为高压输电线路（或送电线路）；它主要担负输送电能的任务，其电压一般在 110 千伏以上。从降压变电所将电能输送到配电变压器的高压电力线路，称为高压配电线路；它主要担负分配电能的任务，一般架空敷设，不便于敷设架空线路时，也可敷设地下电缆线路；其电压通常为 3、6、10 千伏（也有用 35、110 千伏配电的），常采用三相三线制。从配电变压器将电能输送到用电设备的低压电力线路，称为低压配电线路；敷设在室外的低压配电线路多为架空线路，车间内部的低压配电线路，既可明敷也可暗敷，随情况而定；低压配电线路的电压一般为 380、220 伏，常采用三相四线制。

目前我国电力线路的电压等级分为 500、330、220、110、66、35、10、6、3、1 千伏及以下的 380、220 伏等几种，其中 3 千伏这一等级的电压用得较少。

636. 怎样确定不同电压线路的合理输送容量和输送距离？

为了满足经济电流密度和电压质量的要求，不同电压线路的合理输送容量和输送距离各不相同。根据有关理论计算和实际经验，各种电压的电力线路的合理输送容量和输送距离可参照表 8-1 确定。

www.plcworld.cn

表 8-1　线路的合理输送容量和输送距离

线路电压，千伏	线路种类	输送容量，千瓦	输送距离，公里
0.23	架空线路	<50	0.15
0.23	电缆线路	<100	0.2
0.40	架空线路	100	0.25
0.40	电缆线路	175	0.35
6	架空线路	2000	3～10
6	电缆线路	3000	<8
10	架空线路	3000	5～15
10	电缆线路	5000	<10
35	架空线路	2000～10000	20～50

637. 企业厂区多回路同杆架设时怎样排列线路上下次序？

企业厂区多回路同杆架设时，线路由上而下的排列次序为：①6～10 千伏高压线路；②380/220 伏低压线路；③厂区路灯线路；④广播通讯线路；⑤电话电缆。同杆架设线路的间距如表 8-2 所示。

表 8-2　同杆架设线路横担间的最小垂直距离　　米

架设方式	直线杆	分支或转角杆
高压与高压	0.8	0.45/0.60①
高压与低压	1.2	1.0
低压与低压	0.6	0.3
低压与弱电	1.2	

注：①转角或分支线横担距上面的横担应取 0.45 米，距下面的横担应取 0.60 米。

638. 怎样计算电力线路的电压损失？

电力线路的电压损失，是指线路始端电压与末端电压的代数差，一般用△U 表示，计算方法如下：

（1）负荷集中的三相线路电压损失的计算

www.plcworld.cn

线路电压损失 $\triangle U=\frac{PR+QX}{Ue}$，伏

电压损失百分数 $\triangle U\%=\frac{\triangle U}{10Ue}$，%

式中 U_E 为线路额定电压，千伏；

P 为线路输送的有功功率，千瓦；

Q 为线路输送的无功功率，千乏；

R 为线路电阻(欧)$R=r_0L$，其中 r_0 为线路单位长度的电阻(欧/公里)，L 为线路长度(公里)；

X 为线路感抗(欧)$X=X_0L$，其中 X_0 为线路单位长度的电抗(欧/公里)，对一般架空线路取 $X_0=0.35\sim0.4$ 欧/公里。

r_0、x_0 值可从一般电工手册中查到。

(2)低压架空线路电压损失的计算

线路电压损失 $\triangle U=\frac{M}{CS}$ 或 $\triangle U=U_e\triangle U\%$

电压损失百分数 $\triangle U\%=\frac{M}{CS}\times100\%$

式中 M 为负荷矩(千瓦·米)$M=PL$；

C 为电压损失计算常数(见表 8-3)；

S 为导线截面，毫米²。

表 8-3 线路电压损失计算常数

配电方式和电压	C	
	铜 导 线	铝 导 线
三相四线制 380/220 伏	83	50
单相制 220 伏	14	8.3

(3)单相制 220 伏照明线路电压损失的计算

电压损失百分数 $\triangle U\%=\frac{2r_0M}{U_e^2}\times100\%$

www.plcworld.cn

$$=\frac{2PL}{\gamma SU_e^2}\times 100\%$$

式中　γ 为电导率〔(米/(欧·毫米^2))〕，$\gamma=\frac{1}{\rho}$，其中 ρ 为电阻率，欧·毫米^2/米；

r_0 为线路单位长度电阻(欧/公里)$r_0=\frac{1}{\gamma S}$，其中 S 为导线截面。

639. 怎样计算电力线路的功率损耗、电能损耗和线损率？

电力线路的功率损耗，包括有功功率损耗和无功功率损耗，计算方法如下：

(1)有功功率损耗的计算

$$\triangle P=\frac{P^2+Q^2}{U_e^2}R\times 10^{-3}\text{，千瓦}$$

或

$$\triangle P=\frac{P^2}{U_e^2\cos^2\varphi}R\times 10^{-3}\text{，千瓦}$$

式中　P 为线路输送的有功功率，千瓦；

Q 为线路输送的无功功率，千乏；

R 为线路电阻，欧；

U_e 为线路额定电压，千伏；

$\cos^2\varphi$ 为线路功率因数平方值。

(2)无功功率损耗的计算

$$\triangle Q=\frac{P^2+Q^2}{Ue^2}X\times 10^{-3}\text{千乏}$$

或

$$\triangle Q=\frac{P^2}{U_e^2\cos^2\varphi}X\times 10^{-3}\text{千乏}$$

式中　X 为线路感抗，欧。

电力线路的电能损耗，是指单位时间内线路损耗的平均功率所作的功，一般可按下式计算：

www.plcworld.cn

$$\triangle W = \triangle P_1 t, \text{千瓦·时}$$

式中 $\triangle P_1$ 为1小时的平均功率损耗，千瓦；

t 为线路运行时间，时。

电力线路的线损率，是指某线路中的功率损失占该线路传输功率的百分数，其计算式如下：

$$\triangle P\% = \frac{\triangle P}{P} \times 100\%$$

如果线路始末端都装有电度表，也可按下式计算：

$$\triangle P\% = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\%$$

式中 W_1、W_2 为相同时间内供电端、用电端的电度表读数。

受电端至用电设备的线损率一般规定为：一次变压3.5%以下；二次变压5.5%以下；三次变压7%以下。

640. 怎样减少网络电能损耗？

减少网络电能损耗，就是减少线路和变压器中的电能损耗，具体措施如下：

(1)使无功功率合理分布 无功功率在电网中的传输，会使功率和电能的损耗都增加，导致电压下降，因此应在受电区域装设一定数量的无功功率补偿设备。目前有借助电子计算机进行无功功率计算来实现无功功率经济调度的。

(2)合理选用电力变压器和使之经济运行 电力变压器的容量不得过大。否则，变压器空载或轻载运行，会消耗较大的无功功率。而这些无功功率是由电力系统供给的，既增加了初次投资，也使功率因数降低，电网损耗增加，因此必须合理选用电力变压器的容量。选择的原则是：①既要考虑变压器的额定容量足以满足全部用电负荷的需要，又不使变压器长期过载运行，同时在能耗最小的情况下使变压器经济运行。因

www.plcworld.cn

此，变压器的容量不宜过大或过小。装有两台和两台以上变压器的变、配电所，应考虑有一台变压器发生故障时，其余变压器能满足一、二级负荷的需要；②选用的变压器，其容量等级应尽量少，以达到运行灵活、维修方便和减少变压器台数的目的；③变压器的经常负荷以大于其额定容量的60%为宜。

(3)减少电压变换次数　每进行一次变压，大致要消耗1～2%的有功功率，所以应尽量减少变压次数。

(4)合理布设线路　在输、配电线路的布局方面，应避免对负荷重复或迂回曲折布线，以减少线路中的电能损耗。

641. 怎样确定架空线路与各种设施接近和交叉的最小距离？

架空线路的最大特点是利用开阔的地形，能够跨越各种障碍物(如河流、房屋、构筑物、工业设施、铁路、公路和其他高压线路等)。但是，接近、跨越这些障碍物或与之交叉时应符合安全规程的要求，具体的要求可参照表8-4。

表8-4　架空线路与各种设施接近和交叉的允许最小距离　米

经过地区及跨越对象	导线弧垂最大时的垂直距离				导线摆动最大时的水平距离				
	线路至	线路电压，千伏			线路至		线路电压，千伏		
		1以下	1～10	35			1以下	1～10	35
居民区厂区	地面	6.0	6.5	7.0	杆柱至路基边坑		1.5	3.0	5.0
道路	地面	6.0	7.0	7.0	同上，但路径受地区限制		0.6	0.6～1.5	2.5
	拉线至地面	5.0	7.0	7.0					
铁路	轨顶	7.5	7.5	7.5	杆塔任何部分至轨道中心	平行	3.0	3.0	5.0
	车厢或货物外廓	3.0	3.0	3.0		交叉	3.0	3.0	杆高加3

www.plcworld.cn

续表 8-4

经过地区及跨越对象	导线弧垂最大时的垂直距离				导线摆动最大时的水平距离			
	线路至	线路电压，千伏			线路至	线路电压，千伏		
		1以下	1～10	35		1以下	1～10	35
河流	常年最高洪水位	6.0	6.0	6.0	外侧导线至斜坡上缘；步行可以到达的山坡	3.0	4.5	5.0
	船行水位时的最高船桅顶	1.0	1.5	2.0	步行不能到达的山坡、峭壁	1.0	1.5	3.0
通讯线路	通讯线路	1.0			二线路外侧导线间（通讯线）不受路径限制	1.0	2.0	4.0
	有防雷装置		2.0	3.0				
	无防雷装置		4.0	5.0	受路径限制	1.0	2.0	3.0
电力线路	上层导线无屏蔽	4.0	4.0	5.0	一线路外侧导线间（电力线）不受路径限制	2.5	2.5	5.0
	上层导线有屏蔽	1.0	2.0	3.0				
特种用途的管道	位于管道之下	1.5	不允许	不允许	管道任何部分	1.5	2.0	4.0
	位于管道之上	2.5	3.0	4.0				
建筑物	建筑物顶端	2.5	3.0	4.0	外侧导线与建筑物凸出部分	1.0	1.5	3.0
树林	树梢	0.8	1.5	3.0	树枝	1.0	2.0	3.0

642. 怎样选择架空线路的电杆杆型？

一条完整的架空线路，一般都存在转角、分段、跨越等情况，因此选择杆型时，既要考虑安全可靠，不影响车、船的行驶，又要节省材料。此外，还应根据档距、导线弧垂、导线与地面和各种设施的最小垂直距离，以及横担的安装位置等来选择杆型。电杆的结构型式一般分为六种，要根据安装地点的具体情况来选择：

www.plcworld.cn

(1)直线杆(中间杆) 它是架空线路直线部分的支撑点，杆柱两面的导线拉力平衡，只承受导线的垂直荷重和风吹导线的水平荷重，是结构最简单的一种杆型，一般占线路电杆总数的80%以上。

(2)耐张杆(分段杆) 它是架空线路分段结构的支撑点，设于线路分段处，以加强线路的机械强度，限制倒杆或断线事故的范围。耐张杆除承受导线的垂直荷重和风吹导线的水平荷重之外，还承受邻档导线的拉力差所引起的沿线路方向的拉力，以及事故情况下的断线拉力。通常，应在耐张杆的前后方各装一根拉线。

(3)转角杆 它是架空线路改变方向的支撑点，设于线路转角处，即线路走向改变的地点，前后各档导线不在同一直线上。转角杆可为直线杆型或耐张杆型，随转角的大小而定，一般要装拉线，以达到力的平衡。

(4)终端杆 它是架空线路始端或终端的支撑点。由于只在单方向架设导线，只承受单向拉力，所以需在相反方向(即在导线的对面)安装拉线，以防电杆向一侧倾斜。

(5)分支杆 它是架空线路分出支线的支撑点，在一根电杆上分出两条不同方向的输电线路。在一般情况下，它承受分支线方向的导线全部拉力，因此在分支杆上要装拉线，以平衡分支线路导线的拉力。

(6)跨越杆 设于公路、铁道、河流、山谷的两侧及其他交叉跨越处。由于它比普通电杆高，承力也较大，所以多用十字拉线或人字拉线来加强。

643. 怎样确定电杆长度?

电杆的总长度一般应根据以下四个因素来确定：

(1)杆顶与横担之间的高度 最上层横担的中心至杆顶

www.plcworld.cn

部距离与导线排列方式有关，水平排列时该距离为 0.3 米；等腰三角形排列时为 0.6 米；等边三角形排列时为 0.9 米。同杆架设多回路时，各层横担间的垂直距离与线路电压有关，其值不得小于表 8-5 所列值。

表 8-5　同杆架设多回路时各层横担的最小垂直距离　　米

杆型 / 垂直距离 / 线路电压	直线杆	分支杆或转角杆
10 千伏间	0.8	0.45～0.6
10 千伏与 380/220 伏间	1.2	1.0
380/220 伏间	0.6	0.3
10 千伏与通讯线路间	2.0	2.0
380/220 伏与通讯线路间	0.6	0.6

(2)导线弧垂大小　导线两悬挂点的连线与导线最低点间的垂直距离称为弧垂(垂度)。弧垂过大容易碰线，弧垂过小则导线承受的拉力过大而可能被拉断。弧垂的大小与杆距、导线截面和材料及周围温度等因素有关。低压线路的弧垂一般为 0.6～0.75 米(杆距为 45 米)。在确定电杆高度时，应按最大弧垂考虑。

(3)导线与地面或跨越物的允许最小距离　为保证线路安全运行，防止发生人身事故，导线最低点与地面或跨越物的距离见表 8-4。

(4)电杆埋设深度　杆长与埋设深度有关(表 8-6)。一般情况下，电杆埋设深度为杆长的 1/6。

www.plcworld.cn

表 8-6　杆长与埋设深度的关系

杆长，米	7	8	9	10	12	15
埋深，米	1.5	1.6	1.8	1.8	2.0	2.4

644. 怎样选定杆位？

架空线路的路径确定后，可通过现场测量来确定杆位。首先确定线路始端和末端两基电杆的位置，然后根据地形条件和跨越要求来确定转角杆的位置，把已确定的相邻两转角杆连成直线，参考表 8-7 中所列档距确定直线杆的杆位。确定杆位时应注意以下几点：

(1)在平坦地区，各个档距应均匀分布，并尽量使线路走向成一直线，以减少电杆承受的侧向拉力。

(2)遇到障碍物，电杆可前后移位，必要时可调整杆高。

(3)遇到需要跨越的工程设施时，如果新建线路在其上方通过，电杆应尽量靠近被跨越对象(但电杆应在倒杆范围以外)；如果新建线路在其下方通过，应使交叉点尽可能在新建线路的档距中间。

表 8-7　不同电压的架空线路的档距

线路额定电压，千伏	档　距，　米
0.38	50～60
6～10	80～120
35	120～150
63	150～200

(4)定位后立即打入标志桩，并根据现场条件确定立杆方向，画出杆坑线(沿立杆方向画出长 1～1.5 米、宽 0.5 米的长方形)。

www.plcworld.cn

645. 为什么木电杆已逐渐为钢筋混凝土电杆所取代？怎样确定钢筋混凝土电杆的埋设深度？

木电杆虽然搬运轻便，易于架设，但是，容易腐烂，使用年限短，强度不高，易为大风所折断，维护工作量也大，加之木材的来源有限，而国民经济的各个部门都需要木材，供不应求，价格很高，所以它逐渐为钢筋混凝土电杆所取代。

钢筋混凝土电杆的埋设深度随杆长的增加而增大，一般可参照表 8-8 确定。

表 8-8　钢筋混凝土电杆的埋设深度

杆长，米	7	8	9	10	11	12	13	15
梢径，毫米	100	150	150	190	190	190	190	190
底径，毫米	193	257	270	323	337	350	363	390
埋设深度，毫米	1200	1400	1500	1700	1800	2000	2200	2500
总重，公斤	204	392	480	620	750	680	980	1250

646. 安装钢筋混凝土电杆以前和电杆竖立后怎样进行检查？

安装钢筋混凝土电杆以前，应进行以下检查：

(1)电杆的规格、尺寸和预埋件的位置，应符合杆型图的要求；表面光洁平整，内外壁厚度均匀，无混凝土剥落、跑浆、裂纹和露筋等现象；电杆按规定支点放在地面上检查时，横向裂纹宽度不应超过 0.1 毫米(不得超过 1/3 周长)，且无纵向裂纹。

(2)焊接的钢圈两端齐整，焊缝上无较大的气孔、夹渣和咬边等缺陷。

(3)焊接后的电杆，弯曲率不应超过杆长的 2/1000。如果超过这一值，应拆开重焊。

www.plcworld.cn

(4)法兰盘的连接应紧密、牢靠；可在法兰盘间加垫铁以调直杆身，但垫铁不应超过 3 片，垫铁总厚度不得大于 5 毫米。

(5)有叉梁的门形电杆，在组装前应测量两杆上下端的根开和对角交叉线，只有确认合格才可组装。

(6)抱箍连接的叉梁，其组装尺寸与设计尺寸相差不得大于±50 毫米。

(7)电杆按规定支点放置进行检查时，其上钢圈或法兰盘处的混凝土应无纵向裂纹、脱落或露筋等现象。

电杆竖立后一般应进行以下检查：

(1)直线杆的横向位移不应大于 50 毫米；电杆的倾斜不应使杆梢的位移大于半个杆梢。

(2)转角杆应向外角预偏，紧线后不应向内角倾斜，向外角的倾斜不应使杆梢位移大于一个杆梢。

(3)终端杆应向拉线侧预偏，紧线后不应向拉线反方向倾斜，向拉线侧倾斜不应使杆梢位移大于一个杆梢。

(4)双杆竖立后应正直，位置偏差不应大于下列值：①双杆中心与中心桩之间的横向位移——50 毫米；②迈步——30 毫米；③两杆高低差——20 毫米；④根开——±30 毫米。

647. 采用拉桩杆拉线时怎样安装拉桩杆？

采用拉桩杆拉线时，拉桩杆的安装应符合以下要求：

(1)拉桩杆埋设深度不应小于杆长的 1/6。

(2)拉桩杆应向张力反方向倾斜 15°～20°。

(3)拉桩坠线与拉桩杆夹角不应小于 30°。

(4)拉桩坠线上端固定点的位置距拉桩杆顶应为 0.25 米，距地面不应小于 4.5 米。

(5)拉桩坠线可采用直径不小于 3.2 毫米的镀锌铁线绑

www.plcworld.cn

扎固定，绑扎应整齐、紧密，缠绕长度应符合安装规程的规定。

648. 怎样制作和安装横担？

制作低压横担，一般应注意以下几点：

(1)低压横担多使用∠5×50的角钢制作。直线横担可用U形螺栓固定在电杆上；耐张横担和转角横担，可由两条直线横担组成，用四根穿心螺栓固定在电杆上。

(2)根据架空导线相数的不同，低压横担可做成二、三、四、五和六线横担等。制作四线以上的横担时，应使用相应大型号的角钢。

(3)所有横担均应进行镀锌处理。少数单位，为了应急，只在横担表面涂刷防锈漆。从长期的运行和维护来看，这是很不经济的。

(4)低压横担也可用木材制作，但截面不应小于80毫米×80毫米，并应做防腐处理。由于木材的资源有限，木横担的价格高，且事故多、寿命短，一般不宜推广应用。

在10千伏及以下架空线路的杆塔上安装横担，应注意以下事项：

(1)直线杆单横担应装于受电侧；90°转角杆和终端杆若采用单横担，应装于拉线侧。

(2)横担安装应平稳，横担端部上下歪斜或左右扭斜均不应超过20毫米。垂直安装的瓷横担，顶端顺线路方向歪斜不应大于10毫米；水平安装的瓷横担，顶端应向上翘起5°～10°，顶端顺线路方向歪斜不应大于20毫米。

(3)全瓷式瓷横担的固定处应加软垫；组合式瓷横担中心轴弯曲度不应超过长度的1%。

(4)各部位的连接应紧固；受力螺栓应加弹簧垫或带双螺帽，其外露长度不应小于5个螺距，但不得大于30毫米；垂直

www.plcworld.cn

穿钉应由下向上穿。

(5)中相应垂直地面,穿钉应与线路垂直。

(6)边相的瓷横担不宜作为中相垂直安装的瓷横担。

649. 对绝缘子如何进行外观检查?怎样安装绝缘子?

对绝缘子应进行以下外观检查:

(1)各部尺寸是否符合要求,装配是否合适。

(2)铁件与瓷件结合是否紧密、牢固,铁件镀锌层是否完好。

(3)瓷釉表面是否光滑,有无裂纹、掉渣、缺釉、斑点、烧痕、气泡或瓷釉烧坏等现象。

(4)检查时应清除瓷件表面的灰尘、附着物和不应有的涂料。

(5)剔除硫磺浇灌的绝缘子。

绝缘子的安装,应符合以下要求:

(1)安装前应检查绝缘子有无缺陷,型号、规格是否符合要求。

(2)绝缘子的电压等级,不得低于线路额定电压;绝缘子的泄漏距离,应适应线路污秽情况。

(3)悬垂绝缘子串应与地面垂直(设计规定需倾斜者除外)。个别情况下,不能垂直安装时,顺线路方向的倾斜角度也不得大于5°,最大偏移值不应超过200毫米。

(4)绝缘子串上的穿钉和弹簧销子的穿入方向为:悬垂串两边线向外穿,中线从脚钉侧穿入;耐张串一律向下穿。

(5)穿钉开口销子的开口度应为60°~90°,销子开口后不得有折断、裂纹等现象;禁止用线材代替开口销子;穿钉呈水平方向时,开口销子的开口侧应向下。

www.plcworld.cn

650. 怎样安装线夹？

架空线路上的线夹，一般应按以下要求安装：

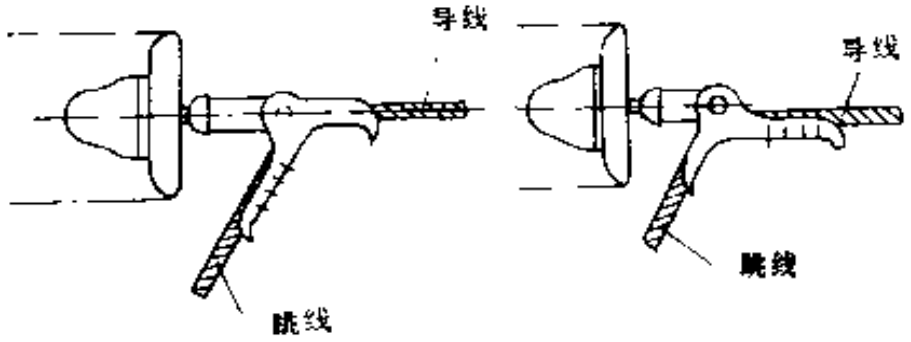


图 8-1　倒装式螺栓型耐张线夹的安装

a. 正确　b. 错误

(1)线夹型号应与导线、避雷线的型号配套。否则，导线、避雷线在线夹中固定不牢靠，可能发生事故。

(2)铝绞线、钢芯铝绞线和铝包钢绞线不得与线夹直接接触，而应在这些绞线的表面紧密缠包 1～2 层铝包带(用预绞丝护线条者除外)，以防止运行中被线夹磨损。铝包带的缠绕方向应与导线外层线股绞制方向相同，两端露出线夹口 10～30 毫米，铝包带的端头应压入线夹内，以防端头散开。

(3)在线路经过的居民区，线路与铁路、公路、通讯线路和其他电力线路交叉跨越的地点，以及线路检修困难的地段，均不得采用释放型线夹，以免误动而造成事故。

(4)倒装式螺栓型耐张线夹的无螺栓侧应指向导线端；有螺栓侧应指向跳线端(图 8-1a)；如果安装方向相反(图 8-1b)将造成线夹受力状态不良而发生事故。线夹与绝缘子的连接应选用适当长度的连接金具，使线夹附件的跳线与绝缘子瓷裙保持一定距离。

www.plcworld.cn

(5)线夹上的螺栓应有弹簧垫圈，螺栓应拧紧，受力应均匀。

651. 低压架空配电线路由哪几部分组成？怎样表示其完整的结构和排列电杆上的导线？

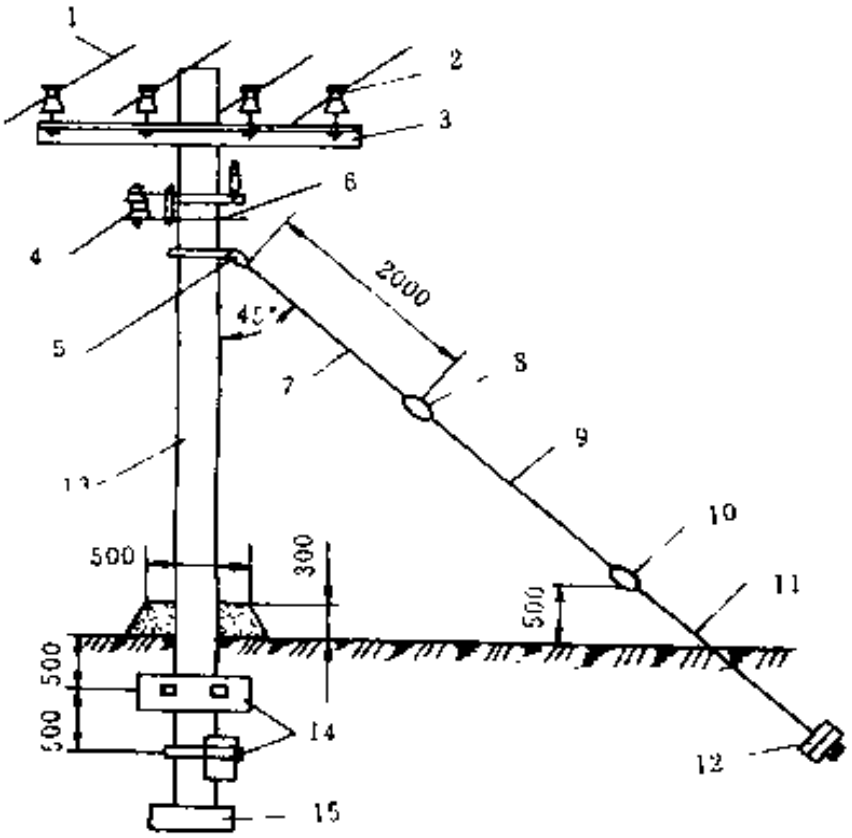


图 8-2 低压架空配电线路的结构

1. 导线 2. 瓷瓶 3. 横担 4. 拉台 5. 心形环 6. 抱箍 7. 上把 8. 拉线绝缘子 9. 中把 10. 心形环 11. 底把 12. 拉线盘 13. 电杆 14. 卡盘 15. 底盘

低压架空配电线路主要由导线、电杆、横担、绝缘子、金具和拉线等组成，其完整的结构如图 8-2 所示。

架空配电线路电杆上的导线，可按以下方式排列：

(1)三相四线制低压线路的导线，一般水平排列。由于中性线的截面较小，机械强度较低，且在三相对称时其电位为

www.plcworld.cn

零，所以将其排在靠近电杆的位置。

（2）三相三线制低压线路的导线，可实行三角形排列或垂直排列；如果导线架设在门形电杆上，则实行水平排列。

（3）高、低压配电线路同杆架设时，高压线路应在上面，低压线路应在下面（二者的距离应在1.5米以上）。为了保证运行安全可靠，除应考虑必要的线间距离（表8-9）外，还应将弧垂比较大、导线架设得比较松的线路敷设在下面（如铝线应架设在铜线下面）。

（4）在高压架空线路的电杆上一般不允许架设通讯线路。因为通讯线路与电力线路同杆架设，不仅易引起触电事故，而且也影响通讯效果。只有架空线路对地电压不超过250伏时，才允许通讯线路同杆架设，此时通讯线路应在电力线路的下面，且二者的距离应在1.5米以上。

（5）电力线路的三相排列次序为：面向负荷侧，从左至右，高压电力线路的导线相序列为A、B、C，低压电力线路的导线相序为A、O、B、C。

表8-9　35千伏及以下架空线路导线间的最小距离　　米

线路电压，千伏 \ 档距，米	40及以下	50	60	70	80	90	100	120	150
20～35		1.0	1.25	1.25	1.5	1.5	1.75	1.75	2.0
1～10	0.6	0.65	0.7	0.75	0.85	0.9	1.0	1.15	
1以下	0.3	0.4	0.45	0.5					

652. 怎样在针式绝缘子或瓷横担上固定导线？

由于架空线路上杆型和受力情况都不相同，导线在针式绝缘子或瓷横担上的固定方法也不一样，例如：

（1）在直线杆上，导线应固定在针式绝缘子或直立式瓷横

www.plcworld.cn

担的顶槽内；如果是水平式瓷横担，则导线应固定在端部边槽内。

（2）在稍有转角（30°以下）的转角杆上，导线应固定在转角外侧针式绝缘子的边槽内。

（3）在直线跨越杆（俗称菱形杆）上，导线应固定在针式绝缘子顶槽内，边线的附线应固定在针式绝缘子内侧（电杆侧）的边槽内，导线在固定处不得有角度；中间导线的附线应固定在针式绝缘子外侧的线槽内（图 8-3）。

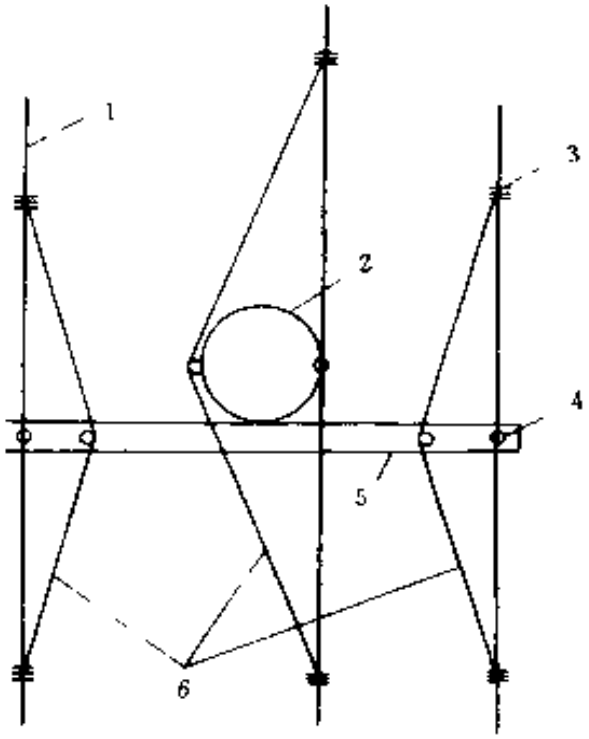


图 8-3　导线在直线跨越杆上固定示意图

1. 导线　2. 电杆　3. 绑线　4. 针式绝缘子　5. 横担　6. 附线

（4）1 千伏及以下线路，其导线在针式绝缘子上可绑成单十字形，1 千伏以上的线路则必须绑成双十字形。

（5）铝绞线或钢芯铝绞线在瓷件固定处应缠绕铝包带（包带厚 1 毫米、宽 10 毫米），缠绕方向与导线外层线股绞制方向相同，缠绕长度应露出固定处两端各 15 毫米，以免运行中损伤导线。

653. 怎样连接铜铝导线？

近年来由于大量使用铝绞线和钢芯铝线，在新旧线路之间出现了相当多的铜铝接头。由于铜铝两种元素对氢的标准电位相差很大（铝为－1.34，铜为＋0.3448），因此这两种材质

www.plcworld.cn

直接接触，在一定条件下（如空气中的水分、二氧化碳等形成电解液）就形成了一种化学电池，产生较快的电化学腐蚀，结果在导体表面形成氧化膜，增加接头电阻，严重时甚至烧坏接头造成断线。

连接铜铝导线时，为了避免电化学腐蚀，不应将二者直接相连，而应采取铜铝过渡措施，即使用合适的铜铝过渡线夹和连接管将二者连接。此外，在负荷较小的线路上，将铜线或铝线搪锡后再连接，也可减轻电化学腐蚀。这是因为铜锡或铝锡之间的电位差较铜铝之间的电位差要小得多。

654. 怎样使用爆炸压接法压接导线？

使用爆炸压接法压接导线的接头，是我国电力线路施工中的一次创举，具有国际先进水平。该法压接迅速、均匀、密实，不需要笨重的钳压机，工效可提高近10倍，而且压接质量也好。

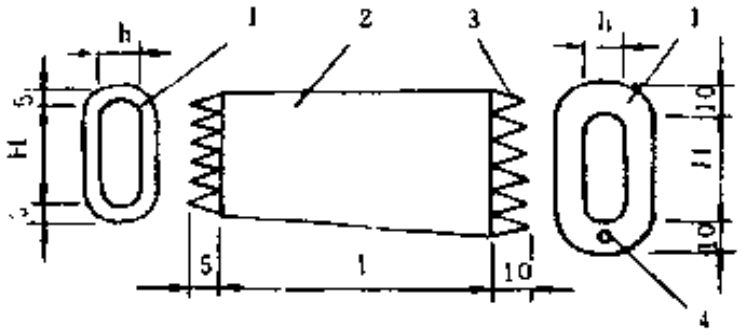


图 8-4　铝导线爆压药包的制作

1. 端盖　2. 硬纸筒　3. 软纸花边　4. 雷管孔

爆炸压接，是借助炸药在爆炸时产生的压力，形成一个高压气团，使钳压管被压缩，将导线紧密地压实在管内，形成牢固的接头。

爆炸压接用的主要材料是钳压管、炸药（硝铵或太乳炸药）、雷管、导火线、6～8号硬壳纸等。药包的制作在室内进

www.plcworld.cn

行，制作时将硬壳纸裱糊的两个纸筒套在一起，外面纸筒壁为两层，里面纸筒壁为一层。在两个纸筒的中间充填炸药，里面纸筒内穿导线。铝线的药包为一头粗，一头细（图 8-4）。药包的结构尺寸随导线截面的不同而异。制作药包的具体尺寸如表 8-10 所示。雷管应装在药包较粗的一端（图 8-5），放置深度为 10 毫米。

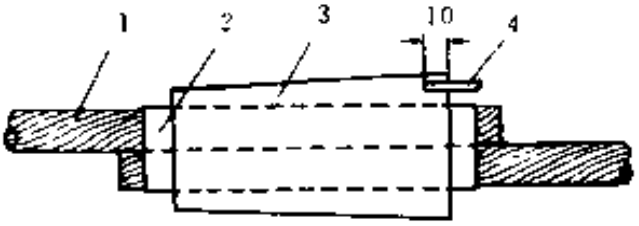


图 8-5　铝导线爆炸压接的组装

1. 导线　2. 钳接管　3. 药包　4. 雷管

表 8-10　导线钳接管药包制作尺寸

项　　目	药　包　尺　寸，毫　米				
	LJ-50	LJ-70	LJ-95	LJ-120	LJ-150
钳接管长度	140	160	220	300	310
药包长度 L	110	130	180	250	260
端盖孔长度 H	26	31	36	40	45
端盖孔宽度 h	15	17	20	23	25
药包外露管长度	15	15	20	25	25
装药量，克	80	110	170	260	290

655. 怎样使用钳压法连接导线？

使用钳压法连接导线，应按以下要求操作：

（1）钳压连接以前，先选择合适的连接管，所选连接管的型号应与导线型号相符。

（2）清除导线表面污垢（清除长度为连接部位长度的两倍），将连接部位的线股用绑线缠紧（导线不得有断股、松股现

www.plcworld.cn

象，绞向应相同）；将连接管内壁清洗干净，涂以中性凡士林。

（3）参照图 8-6 和表 8-11 画出钳压压口的位置，并按图上所示操作顺序进行钳压，压接尺寸允许误差±0.5 毫米。

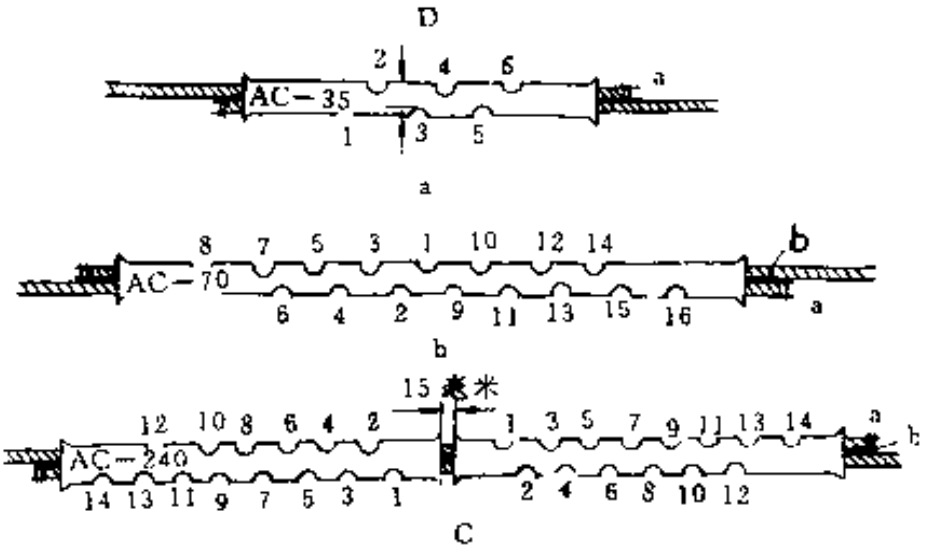


图 8-6　钳压连接管操作示意图

a. 铜线和铝线　b. 一般钢芯铝线　c. AC-240 钢芯铝线

1. 2. 3. ……14. 压口顺序　a. 绑线　b. 垫片　d. 压后尺寸

（4）钳压后，导线端头露出长度不得小于 20 毫米，导线端头的绑线不应拆除。压接后的连接管不得有裂纹，弯曲度不得超过管长的 2%，连接管的电阻不得大于等长导线的电阻。否则，应切断重接。压接后连接管两端附近的导线不得有“灯笼”、“抽筋”等现象，连接管两端出口处、合缝处和外露部分应涂刷油漆。

（5）钳压管允许用于连接铜线、铝线和截面为 35～240 毫米^2 的各种钢芯铝线；钳接钢芯铝线时，中间应加装垫片；除 AC-240 导线使用两个连接管外，其余导线均使用一个连接管（图 8-6）。

www.plcworld.cn

表 8-11　导线压口数和压后尺寸

导线截面，毫米²		35	50	70	95	120	150	185	240
压口数	铜、铝线	6	8	8	10	10	10	10	12
	钢芯铝线	14	16	16	20	24	24	26	2×24
压后尺寸毫米	铜　线	14.5	17.5	20.5	24.0	27.5	31.5		
	铝　线	14.0	16.5	19.5	23.0	26.0	30.0	33.5	
	钢芯铝线	17.5	20.5	25.0	29.0	33.0	36.0	39.0	43.0

656. 怎样连接架空线路的弓子线？

弓子线又叫过引线或跨接线。弓子线之间和弓子线与主干线之间的连接，一般应符合以下要求：

(1)不同金属导线(如铜线和铝线)的互相连接，应通过可靠的过渡接头(线夹)，二者不得直接连接。

(2)同金属导线实行绑扎连接时，绑扎长度不应小于表 8-12 所列值。

表 8-12　弓子线绑扎长度

导线截面，毫米²	绑扎长度，毫米
LJ-35 及以下	150
LJ 50	200
LJ 70	250

(3)绑扎连接时应接触紧密、均匀、无硬弯，弓子线应呈均匀弧度。

(4)不同截面导线连接时，绑扎长度以小截面导线为准。

(5)绑扎用的绑线，应选用与导线同金属的单股线，其直径不应小于 2.0 毫米。

(6)采用并沟线夹连接时，线夹数量一般不小于 2 个。

www.plcworld.cn

(7)每相弓子线与邻相弓子线或引下线间的距离，对于10千伏线路不得小于0.3米，低压线路不得小于0.15米。

657. 拉线的主要用途是什么？有哪几种类型？怎样安装？

拉线的主要用途是：①电杆本身不能平衡负载，拉线可使电杆的负载平衡而保持稳定；②电杆的负载超过其负载极限时，拉线可减小电杆的弯曲力矩；③当电杆基础不稳固时，拉线的拉力可起稳定作用。

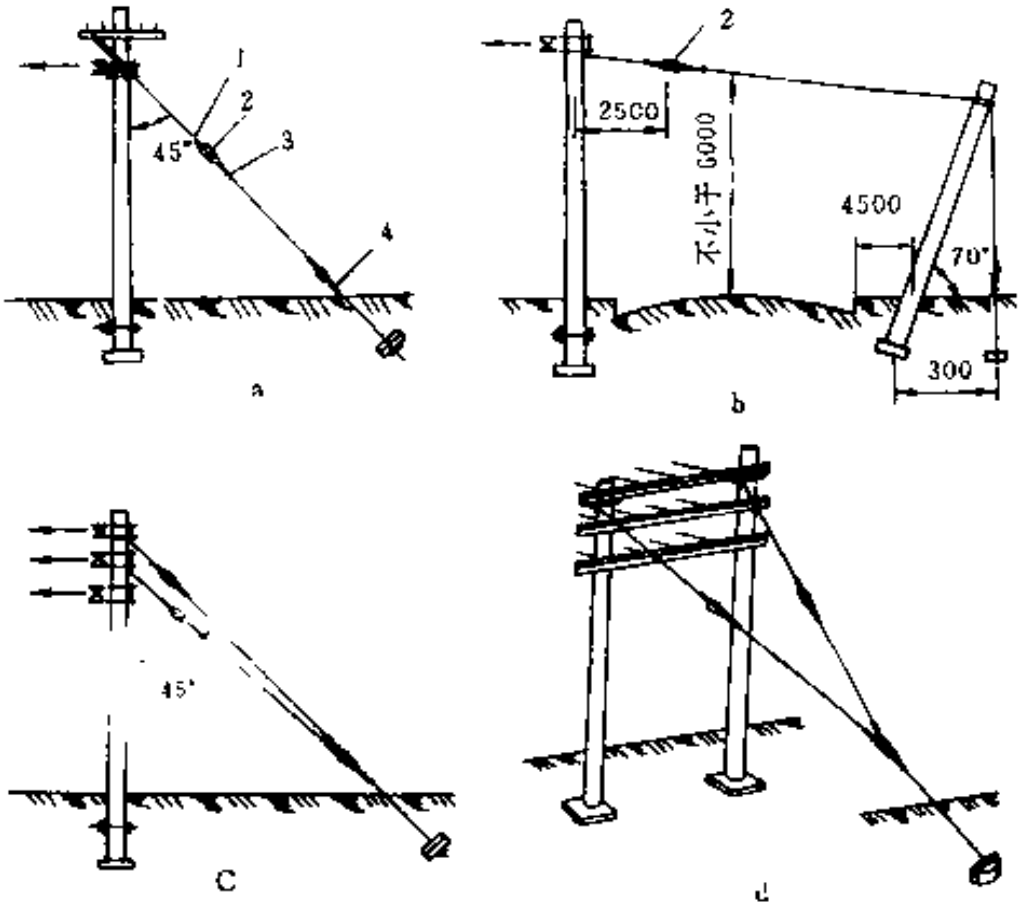


图8-7 拉线安装示意图

a. 普通拉线 b. 水平拉线 c. 垂直丫形拉线 d. 水平丫形拉线

1. 上把 2. 绝缘子 3. 中把 4. 下把

拉线的结构如图8-2(见651问"低压架空配电线路由哪

www.plcworld.cn

几部分组成？怎样表示其完整的结构和排列电杆上的导线？”）所示。根据拉线用途和结构的不同，拉线可分为以下几种类型：

（1）普通拉线　用于终端杆、转角杆、耐张杆、分支杆等处。拉线与电杆的夹角一般为45°左右，主要起平衡拉力的作用（图8-7a）。

（2）人字形拉线（又叫两侧拉线）　它由两根普通拉线组成，装在线路直线部分的两侧，多用于侧面风力较大的中间直线杆，以防电杆被侧向暴风刮倒。

（3）水平拉线（又叫过道拉线）　用于跨越公路、渠道和交通要道等场合（图8-7b）。

（4）丫形拉线　分垂直丫形和水平丫形两种，在电杆较高、横担较多时用垂直丫形拉线（图8-7c），在门形杆上安装水平丫形拉线（图8-7d）。

（5）自身拉线　用于受力不大、电杆周围狭窄、不能安装普通拉线的场合。由于它的强度有限，不宜用于负载较大的电杆。

拉线分为上把、中把和底把三部分，安装时应注意以下事项：

（1）拉线一般采用由直径为4毫米的镀锌铁丝绞合而成的绞线。为了施工方便，当铁丝超过7股时，应使用镀锌钢绞线，此时拉线下把应改用圆钢拉线棒。

（2）拉线与电杆夹角应为30°～45°；大于30°的转角杆，应分别在导线的反方向侧安装拉线；对于耐张杆，应顺着导线方向两侧安装拉线，以便发生事故时能平衡导线的水平拉力；对于终端杆，一般在导线反方向安装拉线。

（3）拉线的各股受力应一致，不得有过松、过紧或全部松

www.plcworld.cn

弛现象。

(4)为了便于调整拉线的松紧度，可加装花篮螺栓。

(5)拉线绝缘子离地面高度不得小于 2.5 米，以免触及上把。

(6)钢筋混凝土电杆可采用拉线抱箍固定拉线，将拉线的上部折回约 1.5 米，弯成环形，嵌进拉线环内。

(7)各种拉线的安装如图 8-7 所示，拉线的“方向”一定要在架设导线方向的反面，才能发挥作用，切勿装偏或装错。拉盘可用混凝土或石块制成，埋深不得小于 1.2 米，拉线所受张力越大，拉盘埋深也越大。

658. 架空线路的哪些施工项目属于隐蔽工程？怎样进行验收检查？

架空线路的隐蔽工程是指竣工后无法检查的施工项目，一般包括以下各项：①杆塔基础坑深和地基处理情况；②现浇基础中钢筋和预埋件的规格、尺寸、数量、位置和混凝土浇注质量，基础浇注用模板的尺寸，地脚螺栓规格，拆模后的混凝土表面质量；③预制基础和铁件的规格、数量、安装位置和组装质量；④岩石基础的成孔尺寸，钢筋、铁件的预埋质量和混凝土浇注质量；⑤各种压接连接管压接前后的内、外径和长度，连接管和导线的清洗情况，钢管在铝管中的位置，钢芯与铝股端头在管中的位置和连接后的外径，外观质量等；⑥导线、避雷线补修处线股损伤情况；⑦接地体的规格和焊接、埋设情况；⑧底盘、卡盘、拉线盘的规格和埋设情况等。

架空线路的各项隐蔽工程，由于种种原因，在施工中可能有部分项目的施工质量不符合设计要求。为了不在线路上留下隐患，应在隐蔽工程隐蔽前进行验收检查。一般先由施工班组进行自检，在自检的基础上，再由建设单位组织设计、施工、

www.plcworld.cn

运行等有关人员根据设计图纸、规程和技术规范进行详细的核查。若发现问题，逐一研究解决，确保施工质量。

659. 在架空线路上怎样进行紧线？

在架空线路上紧线时，一般用弹簧紧线器连接导线和钢绳，用卷扬机进行紧线。紧线时应按以下要求操作：

(1)在一段承力档距(耐张段)内，将导线一端固定在紧线段(固定端)耐张杆的悬式绝缘子上，另一端(操作端)通过滑轮组来牵引导线，使导线收紧。

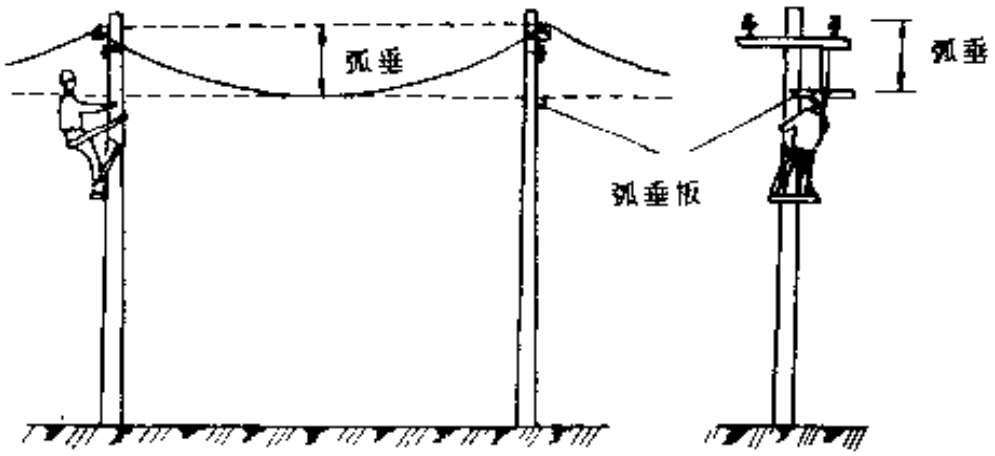


图 8-8　用平行四边形法观测导线弧垂

(2)紧线时，在道路上和连接线夹通过的电杆方向，应有专人观察，用信号旗(距离较远和有障碍物的地段，可用步话机)，进行联络，统一调度。

(3)紧线的弧垂，应根据档距大小和当天放线时的温度，从安装曲线(一般由设计给出)上查出数值来确定。

从安装曲线上查出弧垂后，加上绝缘子串的长度就可得出一个最终的弧垂值，利用专用的水准尺在两个相邻的电杆上标定这个数值。

(4)一般施工中常用平行四边形法观测导线弧垂(图 8-8)，具体做法是：在相邻电杆上挂上弧垂板(水准尺)，由观测人在杆上从一侧弧垂板瞄准对侧弧垂板调整导线，使导线正

www.plcworld.cn

好与瞄准直线相切，此时调整工作就告完成。

(5)观测弧垂时，先将导线拉得紧一些，以便于调整整个承力档距段各档距内的导线张力，使其均匀互等。

(6)紧线最后一道工序是从电杆上取下放线滑轮，将导线固定在绝缘子上或者用线夹来取代放线滑轮，以固定导线。

660. 怎样使用紧线器？应注意哪些事项？

紧线器是线路施工中用来拉紧导线或钢绞线的工具。常用的紧线器有平口式和虎口式两种，二者都由夹线钳、棘轮机构、钢丝绳和专用扳手组成。使用时将 Φ4 镀锌铅丝绕于滑轮上，挂置于横担或其他固定部位，用另一端的夹头夹住导线。以摇柄转动滑轮，使铅丝逐渐卷入轮内，于是导线被拉紧而收缩至适当程度。

使用时应注意以下事项：

(1)应理顺紧线器上的钢丝绳，不得将其扭曲，以免发生断绳事故。

(2)应使用专用摇柄。

(3)铅口应使用白布带或麻袋片包裹，以免伤线。

(4)棘轮和棘爪应完好活络，不应有脱扣现象；应经常加入润滑油。

(5)放松钢丝绳时，应控制摇柄，使放线速度慢而稳，不可突然放松。

(6)紧线器用完后不可随便从高空扔下，以防损坏。

(7)不使用时，应将紧线器与手柄绑在一起存放。

661. 怎样为架空线路定相？

定相也称核相，就是测量线路导线两端端头是否为同一根导线的端头，以免送电后造成相间短路事故。通常，凡是新建或改建的线路，送电前都要定相。定相常用的方法有以下两

www.plcworld.cn

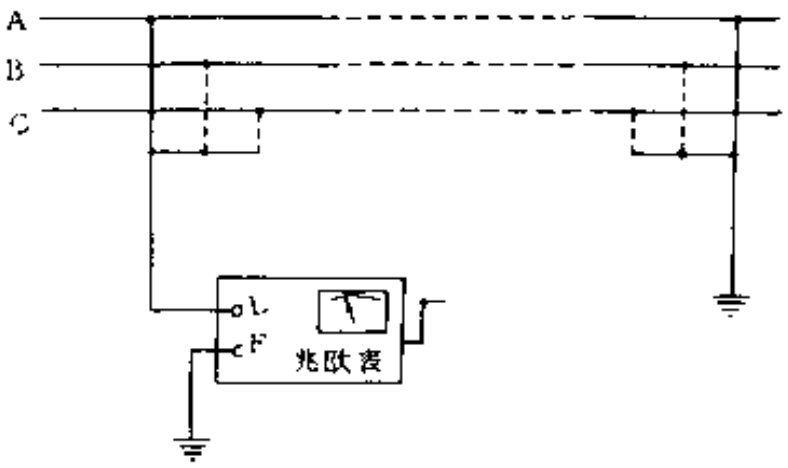


图 8-9　用兆欧表定相接线图

种：

（1）兆欧表法　将线路一侧的 A、B、C 三相导线分别接到兆欧表的 L 端，另一侧导线分别接地（图 8-9），缓慢摇动兆欧表手柄。如果指针指向“零”，则 L 端接线与线路另一侧接地的导线为同一相，反之，则不同相。

（2）单相电压互感器法　适用于带电的电网。电压互感器的接线图如图 8-10 所示。从电压互感器二次侧分别读取 AA′、AB′、AC′、BA′、BB′、BC′、CA′、CB′、CC′的电压值。若电压为零，则说明两个端头同相；若电压为线电压，则是异相。由于属带电测量，应采取可靠的安全措施，并遵守带电作业的有关规定。

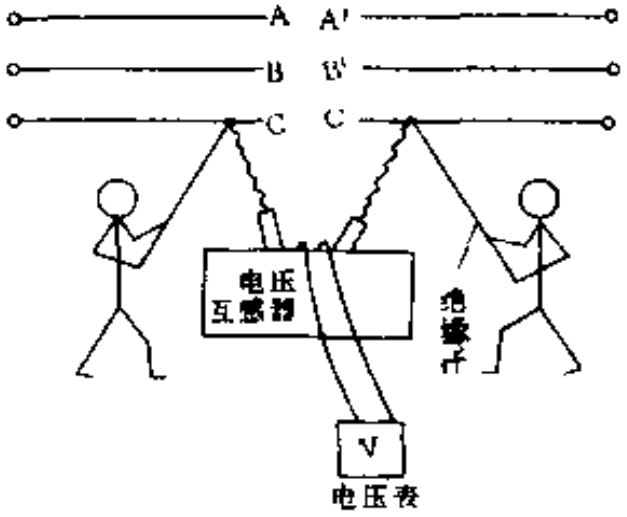


图 8-10　用单相电压互感器定相示意图

662. 在架空线路投入运行前，怎样进行检查？

在架空线路投入运行前，应检查以下各项：

（1）核查巡线人员是否配齐；巡线人员是否进行过有关运

www.plcworld.cn

行规程和安全规程的学习，考试是否合格；试运方案是否传达到参加试运的每一人员。

(2)线路有无杆号、相位等标志；妨碍安全运行的问题是否全部解决。

(3)线路上的临时接地线(包括线路两端发电厂、变电所装设的接地线)和障碍物是否全部拆除。

(4)线路上是否有人进行登杆作业，在安全距离内的一切作业是否均已停止。

(5)设计规定的线路继电保护(包括通道)和自动装置是否调试合格，是否具备投运条件。

(6)对线路全程进行一次仔细的巡视检查，确认线路具备试运条件，便可合闸送电。

663. 在新建或改建的架空线路投入运行前为什么要测量线路绝缘电阻？怎样测量？

为了明确线路绝缘情况，检查线路有无接地、短路故障，确保线路投入运行后能安全送电，在新建或改建的架空线路投入运行前一般应测量线路的绝缘电阻。

测量线路的绝缘电阻，应使用 2500～5000 伏兆欧表，测量时应注意以下事项：

(1)确认线路上无人进行登杆作业才可测量，以防触电；雷雨时不得测量；在潮湿天气和雾天，应使用保护环“G”来消除表面漏电影响；测量完一相再测另一相，逐相测量。

(2)兆欧表引线应采用绝缘良好的单根导线；测量时，两条引线应始终分开，不得与被测线路或其他部位接触。

(3)测量前，使兆欧表两条引线相碰，慢慢摇动手摇发电机手柄，检查指针是否指向“0”。如果指针不指“0”，应调整表上的调零装置，并随即将两条引线分开，再慢慢摇动手柄，检

www.plcworld.cn

查指针是否指向“∞”。

(4)摇动发电机手柄时，应由低速增大到高速(120转/分左右)，保持5分钟后得出的读数即为线路对地绝缘电阻。

(5)测量时不得用手接触线路导线或接线端钮，以防触电。

(6)测量结束后，应先断开“L”端钮引线，再停止摇动发电机手柄，以防线路电容电流向兆欧表放电而损坏仪表。

(7)测量绝缘电阻后，应使线路导线对地放电。

对测得的线路绝缘电阻值，应根据线路状况和测量时的气候条件进行综合分析，以作出正确的判断。因为线路的绝缘电阻与线路长度、空气湿度和绝缘子表面污染程度等因素有关。

664. 为什么要对架空输电线路进行定期巡视检查？怎样检查？

对架空输电线路进行定期巡视检查的目的，是为了掌握线路的运行情况，及时发现线路缺陷，以便迅速进行检修，确保线路安全运行。

线路的定期巡视检查，一般应检查以下各项：

(1)防护区内有无挖土、堆土、修建房屋、吊车装卸、爆破、射击等活动。

(2)防护区内是否堆贮易燃、易爆及酸、碱类物品。

(3)防护区内是否植树、植竹，树、竹对导线的距离是否符合规程要求。

(4)防护区内有无新敷设的电力线路、通讯线路、架空索道、管道和电缆等，这些线路和管路设施与本线路的交叉角度、垂直距离和平行距离是否符合规程要求。

(5)线路附近是否修筑公路、铁路、码头、卸货场、堆贮栈、

www.plcworld.cn

射击场等。

(6)线路附近有无高大的机械设施和其他可移动的设施。

(7)线路附近的污源情况。

(8)巡线、检修必经的道路、桥梁是否损坏。

(9)线路附近的河流有无洪水泛滥现象，靠近山区有无山洪暴发，杆塔是否被淹或冲垮。

(10)与有关单位(个人)联系，修剪接近导线的树枝，清除威胁线路安全运行的电视机天线和其他凸出障碍物。

665. 怎样巡视检查架空配电线路？发现缺陷和不安全因素怎么办？

由于架空配电线路是露天设置，最易受到大气中的水分、粉尘、大风、积雪等的影响。此外，还有人为因素的损伤，如车辆碰撞杆塔和导线，儿童攀登或摇晃电杆。所有这些自然因素的影响和人为的或大或小的破坏，都将引起线路发生故障，因此，线路维护人员必须经常进行巡视检查，以便及时消除线路上出现的异常现象和发生的故障。巡视检查的内容包括：

(1)木杆根部是否腐烂，钢筋混凝土电杆有无混凝土酥松和脱落现象，铁塔是否锈蚀；杆基是否下沉、塌陷，杆塔附近是否有人挖坑取土，杆身是否歪斜、弯曲、变形或受外力损坏，构件是否缺少或变形，杆塔上有无鸟巢。

(2)拉线是否松弛、断股、锈蚀，拉线金具是否齐全，地锚是否变形，撑杆是否松弛。

(3)绝缘子有无裂纹，是否掉渣、脏污，有无闪络痕迹，螺栓、螺母是否松脱、歪斜，绑线和耐张线夹是否紧固。

(4)金属横担是否变形、弯曲或偏斜，穿钉是否松脱。

(5)导线是否断股，弧垂是否一致，导线是否过松或过紧，距地面及交叉跨越距离是否足够，引下线的接户线有无异常

www.plcworld.cn

情况，导线接头是否变形或过热，导线上是否悬挂外来杂物。

(6)线路附近的其他工程是否妨碍或危及线路安全运行，沿线有无不坚固的烟囱、天线和其他构筑物，线路周围有无堆积的柴草，在导线最大风偏时线路附近的树木、树枝与导线距离是否符合规程要求。

(7)线路上的各种开关，控制设备安装是否牢固可靠，指示标志是否明显、正确，各种标示牌是否齐全、悬挂是否正确、字迹是否清楚。

(8)防雷和接地装置是否完整无损，避雷器的瓷套有无裂纹、掉渣现象和放电痕迹，防雷间隙是否变形、间隙距离是否合乎要求；接地引线是否破损、折断，接地装置是否因雨水冲刷或取土而外露。

巡视中如果发现一般性的缺陷，可根据其性质分类详细记入巡视手册，登记时应注明缺陷所在的线路、杆号、相别，缺陷内容，变动量(偏差值)大小；如果发现外界的某些不安全因素，应根据危害的轻重程度，当时或过后向领导汇报，并与有关单位交涉，防止危险因素发展而造成事故。

巡视中如果发现危及线路安全运行的缺陷，应立即报告有关领导，组织人员进行紧急处理。

巡视完毕，应将发现的缺陷，按缺陷类别、内容、所在杆号和发现的时间，详细记录在缺陷登记簿内，以便以此为依据，向检修人员提供检修卡片。

666. 为什么要进行夜间巡线？怎样巡视？

夜间巡线的主要目的是检查导线连接器和绝缘子的缺陷。因为夜间可以发现在白天巡线中所无法发现的缺陷，如电晕(由于绝缘子严重脏污发生的绝缘子表面闪络前的表面放电现象)和导线接触部位的发红现象(由于导线连接器接触不

www.plcworld.cn

良，当通过负荷电流时，温度上升很高而使接头发红），在夜间都可看到。

夜间巡视应在线路负荷最大而且没有月光的时刻进行，每次巡线人数不得少于两人，并应沿线路外侧进行巡视，以免误碰掉落在地面的断线而发生触电事故。夜间巡视一般应注意以下几点：

（1）绝缘子有无放电火花和闪络现象。

（2）35千伏及以上的架空线路有无严重电晕现象。

（3）导线接头有无因接触不良而造成滋火或过热发红现象。

（4）引子线对杆塔、横担、戗板等接地物体有无放电现象。

667. 怎样对架空线路进行特殊巡视？

通常，在气候急剧变化（如最高气温、最低气温、暴风雨、大雾和覆冰等）、发生自然灾害（如地震、河水泛滥）、线路过负荷以及出现其他特殊情况时，均应根据架空线路周围环境的不同特点进行特殊的、有重点的巡视，巡视的项目如下：

（1）杆塔是否倾斜，基础是否下沉和被雨水严重冲刷。

（2）横担是否偏斜、移位。

（3）导线弧垂有无异常变化，导线在绝缘子上的绑扎是否松脱，有无打连、断股、烧伤和放电现象。

（4）上下引子线对接地部位的距离有无变化。

（5）绝缘子是否受雷击放电或损坏，是否被大雨、冰雹砸破。

（6）防振锤是否发生位移或掉头。

（7）杆塔和导线上是否悬挂被风吹来的杂物。

（8）防雷装置（如管型避雷器等）是否损坏。

（9）接户线或引下线有无被风刮断或接地现象。

www.plcworld.cn

668. 怎样检修架空线路？

架空线路的检修，随线路是否存在缺陷和缺陷的严重程度而定。其目的是保持线路正常运行。通常进行不定期检修。检修内容一般包括以下几项：

(1)如果线路名称和杆号的标志不清楚，应进行描写。

(2)清除路径上妨碍线路安全运行的杂物；扶直倾斜的电杆，对电杆基础进行填土夯实，特别要加强位于土质松软地带的电杆基础；紧固电杆各部分的连接螺栓。

(3)在木杆根部涂刷防腐油，更换腐朽的横担，检查木电杆杆根的腐朽程度。若松木杆腐朽部分达到杆径的1/3以上，杉木杆腐朽部分达到杆径的1/2以上，应往电杆旁边打入钢筋混凝土帮桩加固。

(4)钢筋混凝土电杆有露筋或混凝土脱落现象时，应将钢筋上的铁锈清除干净，补抹高标号水泥混凝土加固。

(5)修补或更换损伤的导线，调整导线弧垂，处理接触不良的接头或松弛脱落的绑线，调整交叉跨越距离，根据负荷增长情况更换某些地段或支线的导线。

(6)清扫全部绝缘子，更换劣质或损坏的绝缘子或瓷横担，更换锈蚀或严重损坏的金具和其他部件。

(7)拉线松弛者应紧好，戗杆不正者应调正。

(8)修复损坏的接地引下线和接地装置。

(9)修剪临近线路的树枝，清除杆上鸟巢。

(10)修补或更换绝缘损坏的接户线。

669. 夏季架空线路容易发生哪些事故？怎样预防？

夏季架空线路容易发生以下事故：

(1)由于夏季气温高，导线弧垂增大，导线对地和对其他交叉跨越设施的距离减小，容易发生混线短路和交叉跨越放

www.plcworld.cn

电事故。

(2)由于气温增高,导线散热不良,可能发生导线连接器(接头)过热烧坏事故。

(3)夏季树木生长很快,导线往往触碰树枝而发生放电事故;夏季多风,且风力大,树枝、树干被大风吹断倒落在导线上造成接地或短路事故,甚至烧断导线,引起火灾。

(4)夏季雨水多,杆塔基础周围的土壤往往受到严重冲刷而流失,破坏了基础的稳固性,造成杆塔倾倒;位于小土堆、边坡等处的杆塔,由于雨水浸泡和冲刷引起土堆坍陷、边坡溜坡,也易倾斜。

(5)跨越江河的线路,由于夏季导线弧垂比较大,在洪水泛滥时,水中的漂浮物(树木、柴草等)易挂碰杆塔、拉线或导线,往往造成倒杆、混线或断线事故。

为了防止发生上述事故,一般可采取以下措施:

(1)巡线时注意弧垂是否过大。若发现弧垂过大,应及时调整。

(2)检查导线对地及对其他交叉跨越设施的距离是否符合规程要求,必要时应进行实测。若发现距离过小,应立即调整。

(3)用示温蜡片或红外线测温仪检查导线连接器有无过热现象。若发现过热,应减小线路负荷,过热严重时应停电进行处理。

(4)及时砍伐或修剪线路两侧和线路下面的树木或高杆作物。

(5)汛期增加巡线次数,加强对线路的巡视检查;根据具体情况,在杆根周围培出一个高出地面 30 厘米以上的土台,或者增添支撑杆或拉线。

www.plcworld.cn

670. 钢筋混凝土电杆腐蚀怎么办？

混凝土在水的长期作用下会产生腐蚀，腐蚀后变得疏松，甚至脱落。因此，混凝土电杆的地下部分或接近地面部位往往出现混凝土酥碎现象，同时内部钢筋发生锈蚀，强度降低。一旦发现混凝土电杆腐蚀，应及时涂刷防腐油膏，以防腐蚀进一步加剧，危及架空线路的安全运行。

防腐油膏的主要成分是沥青，并辅以柴油、桐油等物料，加热后制成混合物。目前对混凝土电杆的防腐处理是冷底油和防水油分涂，处理工艺如下：

(1)将沥青 100 份(重量，下同)、柴油 3.0 份、桐油 0.3 份在容器中加热熔化，并搅拌均匀，制成冷底油。

(2)将沥青 100 份、柴油 3.0 份、桐油 0.3 份、石棉粉 20 份用上述同样方法制成防水油膏。

(3)除掉腐蚀部位的铁锈和灰渣后，先涂一薄层冷底油，稍干后涂一层防水油膏，最后再涂一层冷底油。涂刷时每层不宜过厚，一般应涂三遍。如果防腐油不能现配现用，则使用时应重新加热。

671. 怎样对金属杆塔基础和地下拉线棒进行防锈处理？

金属杆塔的基础一般都经过镀锌处理，具有较高的防锈能力。但埋在地下的部分仍然经受化学腐蚀和电化作用，特别在安装过程中锌皮脱落的杆塔，受腐蚀的可能性更大。所以规程规定，金属杆塔每 5 年应抽查 10%左右，以掌握锈蚀情况。

检查时，应先挖开金属杆塔的一个基脚，待回填后再依次挖开其余三个基脚。有时也可同时挖开对角线的两个基脚，但不能同时挖开同一侧的两个基脚或同时挖开四个基脚，以防杆塔倾斜、移动。通常检查杆塔地下 0.4～0.5 米部位，因为这一部位处于地下空气和水分最多的地点，锈蚀最严重。

www.plcworld.cn

如果发现金属塔基锈蚀，可采用下列方法予以处理：

(1)在长年受水浸泡的沼泽地区，应在基脚四周浇注200～300毫米厚的火山灰质水泥作为防护层。

(2)干燥地区，可在基脚上涂刷沥青防锈油。刷油前，应先清除金属表面的铁锈和泥土，并晾晒数小时，然后将沥青加热到沸点，趁热涂刷，待沥青干燥再埋土夯实，并堆培约300毫米高的防沉台。

地下拉线棒的防锈处理，可参照上述方法进行。

672. 怎样防止低洼地点的杆塔"冻鼓"?

所谓"冻鼓"，就是在水位较高的低洼地点，由于冬季浅层地下水结冰，地基的体积增大，将杆塔推向土壤的上层。如果杆塔冻鼓，轻则解冻后杆塔倾斜，重则因埋深不足而倾倒。通常可采取以下措施来预防杆塔冻鼓：

(1)增加杆塔埋深。在确切了解低洼地点的水文气象资料的前提下，将杆塔根部埋至冻土层以下。

(2)换土填石。将地基上的泥土除掉，换上块石。

(3)培土，以保持杆塔稳定。

(4)在杆塔距地面的一定高度(如1米)上画一标记，以观察埋深变化。当埋深减小到临界值时，重新埋设杆塔。

673. 杆塔倾斜的原因是什么？发现杆塔倾斜怎么办?

架空线路的杆塔倾斜，除了672问"怎样防止低洼地点的杆塔冻鼓?"所指出的原因外，还有以下几种原因：

(1)终端杆、转角杆或分支杆由于外力作用或拉线地锚安装不牢固，向受力方向倾斜。

(2)由于拉线地锚变形或未安装合适的底盘，造成承力杆倾斜。

(3)路边、街口的杆塔受移动机械的撞击而倾斜。

www.plcworld.cn

杆塔倾斜往往导致倒杆、断线、混线等重大事故，应根据不同情况，采取相应措施予以处理。如果倾斜的杆塔不致影响线路正常运行，可加强巡视，到适宜季节再扶正；如果倾斜杆塔威胁线路的安全运行，则必须立即矫正处理。

674. 怎样防止拉线折断和拉线基础上拔？

一般可采用以下办法来防止拉线折断：

(1)根据拉线所承受的拉力大小，合理选择拉线和拉线棒的截面，以免在运行中因强度不足而拉断。拉线的强度安全系数和最小截面应符合表 8-13 的要求。拉线棒应热镀锌，直径不得小于 16 毫米。在腐蚀严重地区，应适当加大拉线棒直径(一般加大 2～4 毫米)或采取其他有效防腐措施。

表 8-13 拉线强度安全系数和最小截面

拉线材料	镀锌钢绞线	镀锌铁线
强度安全系数	35 千伏及以上线路≥2.2； 10 千伏及以下线路≥2.0	10 千伏及以下线路≥2.5
最小截面	35 千伏及以上线路 35 毫米²； 10 千伏及以下线路 25 毫米²	10 千伏及以下线路 3×直径 4.0 毫米

(2)采用镀锌钢绞线或镀锌铁线作为拉线，以增强耐腐蚀能力，从而可提高抗折断强度。但拉线的地下部分不宜采用镀锌钢绞线或镀锌铁线，一般应采用拉线棒。

根据规程规定，每五年应抽查一次拉线地下部分的锈蚀情况，锈蚀的拉线应立即更换。

(3)拉线不应装在路旁，以免被车辆撞断。如果受地形所限，需要设在路旁，应在拉线靠道路侧埋设护杆。

(4)跨越道路的拉线至路面的垂直距离应符合规程要求。

通常，可采取以下措施来防止拉线基础上拔：

www.plcworld.cn

(1)根据拉线所承受的拉力和土质情况，合理选择拉线盘的规格和埋深。

(2)安装拉线盘时，使拉线棒与拉线盘垂直，以增大拉线盘上部的承压面积。

(3)不将拉线安装在易受洪水冲刷的地点，必要时根据现场情况采取防洪措施。

(4)禁止在拉线周围取土，发现有人取土立即制止，并填土夯实。

675. 什么叫做污闪事故？怎样预防？

通常，架空线路的绝缘子表面粘附的污秽物质，都有一定的导电性和吸湿性。因此，如果湿度较高，会大大降低绝缘子的绝缘水平，从面增加绝缘子表面的泄漏电流，以致在工作电压下也可能发生绝缘子闪络或木杆燃烧事故。这种由子污秽引起的烧闪事故，统称为污闪事故。目前比较有效的防污闪事故的措施有以下几项：

(1)定期清扫绝缘子　一般每年雨季到来之前清扫一次。但根据绝缘子的脏污情况和对污样的分析结果，可适当增加清扫次数。清扫方法有停电清扫、不停电清扫和带电高压水冲洗三种。

(2)定期测试和及时更换不良绝缘子　线路上如果存在不良绝缘子，线路的绝缘水平就会相应降低。因此，必须对绝缘子定期进行测试，发现不合格的绝缘子就及时更换，使线路保持正常的绝缘水平。一般每 1～2 年对绝缘子测试一次。

(3)提高线路绝缘水平　具体办法是：增加悬垂式绝缘子串的片数；采用高一级电压的针式绝缘子；将终端杆的单茶台改为双茶台，也可将一个茶台和一片悬式绝缘子配合使用。

(4)采用防污绝缘子　运行经验证明，特制的防污绝缘子

www.plcworld.cn

的积污速度低于普通绝缘子，爬电距离比普通绝缘子大 40～50%，所以严重污秽地区，宜采用防污绝缘子。

(5)在绝缘子上涂防污涂料　通常，一般绝缘子的瓷件表面的污秽物质吸潮后，便形成导电通路。如果在绝缘子的瓷件表面涂上一层涂料，由于涂料既是一种绝缘体，又具有良好的斥水性，所以空气中的水分在涂料表面只能形成孤立的微粒，而不能形成导电通路，从而提高了绝缘子的绝缘强度。

676. 怎样正确使用绝缘子防污涂料？

防污涂料之所以能防污，是因为它是一种油性绝缘物质，本身具有极强的斥水性。当尘粒落于涂料上时，尘粒周围便被这种物质包围，使之不能与其他尘粒联成一片；又由于涂料有很强的斥水性，涂料中的微粒更不易吸潮。因此，防污涂料可以防止污闪事故。

防污涂料大体上有两种：一种是有机硅涂料(如有机硅油、有机硅蜡等)，具有良好的防污性能，使用方便，但价格高，寿命短，有效期只有 3～6 个月；另一种是蜡基涂料，即由地蜡、凡士林、黄油、石蜡、松香等按一定比例配制的混合物，其特点是寿命长(有效期在 5 年左右)，价格低，因此目前得到广泛应用。

第二种涂料中具有代表性的是“地蜡 1∶1.5”涂料，由 1 份地蜡和 1.5 份凡士林合成。将这两种物质放入铁锅中加热(120℃)熔化，搅拌均匀，就可用来涂刷绝缘子。涂刷厚度一般为 1 毫米左右，太厚易产生裂纹，太薄又影响使用寿命。涂刷时，应注意控制涂料温度，一般使其保持 70～90℃，以防绝缘子炸裂。涂好的绝缘子，在运输、安装时要注意保护，以免碰破涂层而影响防污效果。

www.plcworld.cn

677. 在中性点不接地系统中，发现线路绝缘子闪络或严重放电怎么办？

我国3～10千伏电力系统多采用中性点不接地的运行方式。在这种系统中，如果绝缘子闪络或严重放电，将造成线路一相接地或相间接地短路，以致产生电弧，烧坏设备。例如，当绝缘子闪络导致一相接地时，非故障相的对地电压为正常相电压的$\sqrt{3}$倍。如果线路长时间带故障运行，则可能使非故障相的绝缘击穿，造成两相或三相接地短路故障，使电网大面积停电。因此，若发现中性点不接地系统的绝缘子严重闪络或放电，应立即通知变、配电所的运行人员和电气负责人，以便迅速进行紧急处理，避免事故范围扩大。如果故障线路为直接与系统电网相连的线路，则不得自行处理，而应立即通知供电部门协助处理。

678. 在哪些情况下需使用兆欧表测量绝缘子的绝缘电阻？怎样测量？

在以下三种情况下，需使用兆欧表测量绝缘子的绝缘电阻：

(1)新绝缘子安装前，检验运输途中绝缘子是否受到损坏。

(2)绝缘子串受雷击和污闪后，检验有无零值绝缘子(失去绝缘或绝缘电阻值降低的绝缘子，称为零值绝缘子或低值绝缘子，也称劣化绝缘子)。

(3)拆下堆放的旧绝缘子，尤其是长期堆放后，重新安装前测试绝缘子的绝缘电阻是否合格。

使用兆欧表测量绝缘子的绝缘电阻应注意以下事项：

(1)由于绝缘子的绝缘电阻因空气湿度不同而有显著差异，所以应在空气相对湿度不高于80%的条件下，将绝缘子

www.plcworld.cn

表面擦拭干净后进行测试。

(2)测量时，将兆欧表正负极两根绝缘导线端头分别与绝缘子的铁帽和铁脚连接，然后摇动兆欧表的手柄(每分钟摇90～150转)，此时兆欧表的读数即为绝缘子的绝缘电阻值。

(3)对于运行20年以上的绝缘子，或者发现线路上有较多的零值绝缘子时，应从绝缘子串中抽取一批绝缘子作例行试验，以便准确掌握绝缘子的劣化程度。

679. 怎样带电测量绝缘子串上的分布电压？

带电测量绝缘子串上的分布电压，是及早发现绝缘子缺陷、避免绝缘子击穿的有效措施。一般有两种测量方法：

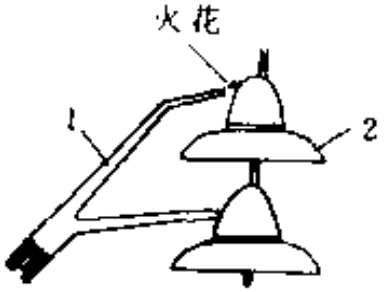


图8-11　火花间隙试验

(1)火花间隙法　使用的工具为火花间隙测杆(图8-11)。测杆长度为3～5米，其末端有一叉形金属头1。测量时，使金属叉的一端与被测绝缘子2的铁帽接触，另一端逐渐靠近绝缘子铁脚。如果绝缘子完好无损，则在叉头与绝缘子铁脚的间隙较大时就开始产生火花放电；如果绝缘子有缺陷，则放电间隙减小，甚至叉头接触铁脚也不放电，这说明绝缘子已击穿。

使用火花间隙法测量，只能根据间隙距离、火花声音大小粗略估计分布电压，很难准确判断绝缘子的损坏程度。为了弥补这一不足，现已广泛应用带有可调间隙的测杆1(图8-12)。金属叉2可在90°范围内旋转，两叉之间是绝缘的，其间有一可调间隙h。测量时将两叉分别接触绝缘子铁帽和铁脚，调节间隙h使其放电，就可在测杆表盘上读取分布电压值。

这种测杆的间隙常串联一电容C，以防止放电时间隙短

www.plcworld.cn

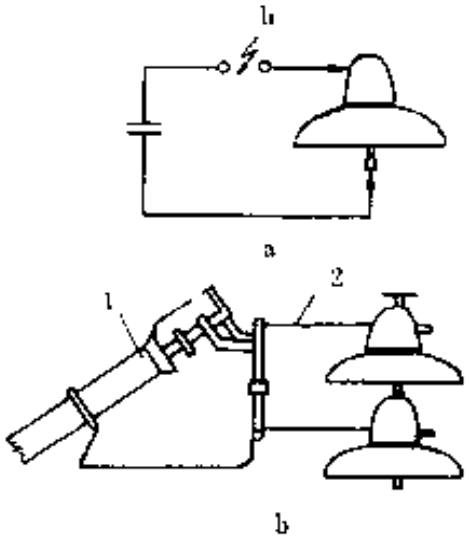


图 8-12　可调放电间隙试验

a. 示意图　b. 实测图

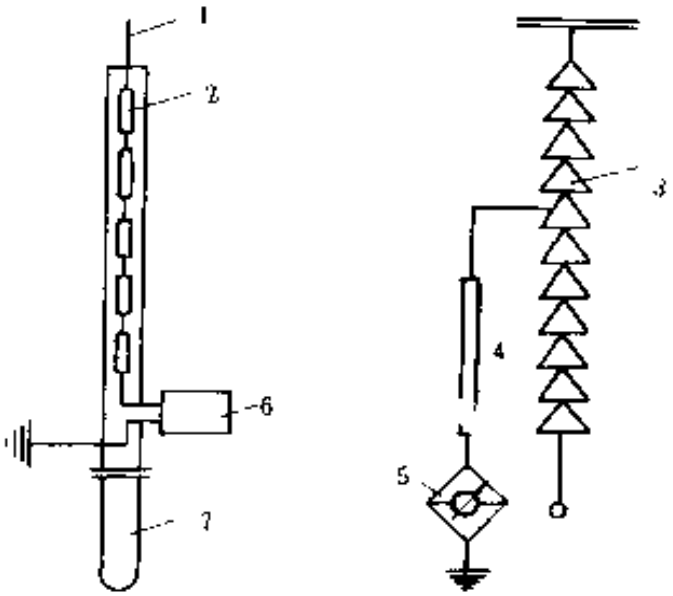


图 8-13　高阻杆结构和测量示意图

1. 探头　2. 串联电阻　3. 绝缘子串　4. 高阻杆　5. 微安表　6. 整流器　7. 绝缘手柄

路。

(2)高电阻绝缘测量法　高阻杆(图 8-13)的阻值为 300 兆欧左右，通过一桥式整流电路与一端接地的微安表串联。测量时手执测杆的接地端，并用高阻杆从高压端开始逐个去触碰绝缘子铁帽，即可从微安表的读数得知各片绝缘子的对地电压。

使用高阻杆测量，应严格检查串联电阻，确认其完好，以免发生事故。

无论使用哪种测量方法，都应严格执行带电作业的各项规定。如果测量中发现半数以上绝缘子已击穿，一般应停止测量，以防其他绝缘子的分布电压过高而发生危险。

680. 为什么运行中的绝缘子会老化？发现老化不合格的绝缘子怎么办？

www.plcworld.cn

运行中的绝缘子老化的原因是：

(1)电气作用　由于绝缘子长期处于交变磁场中，其绝缘性能会逐渐变差。如果绝缘子内部有气隙和杂质，就会发生电离，因此绝缘性能恶化更快。此外，如果绝缘子遭受雷击或操作过电压，也容易损坏。

(2)机械作用　绝缘子在外部应力和内部应力的长期作用下，会发生疲劳损伤。通常，应力越大，绝缘子老化越快。

(3)冷热交替作用　由于绝缘子的金具、瓷质部分和水泥三者的膨胀系数各不相同，当温度骤变时(如在烈日暴晒下突然降雨)，瓷质部分受到额外应力而损坏。

(4)水分和污浊气体的影响　如果绝缘子的金具热镀锌质量不佳，则在水分和污浊气体的作用下，会逐渐锈蚀；如果瓷质部分与金具的胶合水泥密封不严，则会进水。水泥进水后，由于水结冰而体积膨胀，导致绝缘子的应力增大，并且水泥的风化作用也加剧，从而使绝缘子的机械强度降低。

(5)绝缘子本身的缺陷　如果绝缘子的瓷质疏松，烧制不良，有细小裂缝，会使绝缘降低而击穿。此外，绝缘子的老化还与瓷质优劣及金具和水泥的成分有关。

一旦发现老化不合格的绝缘子，应对具体情况进行分析研究，采取相应的处理措施。凡是瓷质破碎、瓷釉烧坏、铁脚和铁帽有裂缝的绝缘子以及零值绝缘子，均应立即更换，以免发生事故。

681. 架空线路的导线为什么会振动断股？怎样预防？万一导线损伤、断股怎么办？

在架空线路的档距中，风力引起导线的周期振荡，称为导线的振动。通常，从架空线路侧面垂直吹来的风，只要速率在0.5米/秒以上，就会造成导线振动。这是因为在架空导线后

www.plcworld.cn

面形成了空气涡流，所以产生一个垂直方向的推动力，迫使导线振动。导线振动时，导线材料中产生一个附加机械应力，经过一定时间，导线材料就会发生疲劳，而在悬垂线夹和耐张线夹处导线受力较大，所以该处的导线最易断股折断。

一般采用护线条（或特殊线夹）、防振锤或阻尼线来防止架空导线断股。护线条的主要作用是加强架空导线悬挂点处的强度，防止导线因振动而断股；防振锤和阻尼线的作用是减小架空导线振动时的振幅（甚至可全部消除振幅），即吸收振动能量，以防止导线疲劳断股。

如果架空线路的导线损伤、断股，轻则降低载流量，重则造成断线事故，影响线路的安全运行。因此，一旦发现导线损伤、断股，应立即进行处理。根据导线损伤、断股程度，一般可按以下几种方法进行处理：

（1）暂时不做处理　导线在同一截面处单股损伤深度小于直径的 1/2，或损伤处的面积不超过导线截面的 5%，可暂时不做处理，使其照常运行，但应加强巡视。

（2）缠绕　单股导线损伤深度不大于直径的 1/3，损伤部分的面积超过导电部分总截面的 5%，但小于或等于 7%，可用同规格的导线缠绕损伤部位，缠绕长度应超出损伤部位两端各 30 毫米。用作避雷线的 19 股铜绞线，如果外层只断一股，将断头处绑缠牢固即可。

（3）补修　若钢芯铝线同一处损伤面积占铝股总面积的 7～25%，单金属线同一处的损伤面积只占铝股总面积的 7～17%，可用补修管进行补修。补修管的长度应超出损伤部位两端各 30 毫米。导线同一处损伤面积占总截面 7%以下的配电线路，可实行敷线绑缠补修，敷线缠绕长度应超出损伤部位两端各 100 毫米。

www.plcworld.cn

(4)锯断重接　导线损伤有下列情况之一者，应锯断重接：①钢芯铝线的钢芯断一股；②在一个补修管允许长度内，钢芯铝线在同一处磨损或断股的面积超过铝股总面积的25%；单金属线同一处磨损或断股的面积超过铝股总面积的17%；③导线出现鼓肚，其直径超过导线直径的1.5倍而无法修复；④导线背花调直后出现金钩(小绕)、破股，已形成无法修复的永久变形；⑤导线连续磨损，其破损、断股程度尚在补修范围内，但需要补修的长度已超过一个补修管所允许的长度；⑥用作避雷线的7股钢绞线，外层断一股；⑦导线流过短路电流时或由于其他原因，出现热股而丧失原有的机械强度。

682. 怎样防止架空线路发生断线事故？

要防止架空线路发生断线事故，应做到以下几点：

(1)认真巡视检查线路，及时发现和处理损伤的导线。

(2)在每年春季安全大检查或线路停电时，有重点地打开引流线线夹，检查引流线有无烧伤、断股现象，并做好记录。

(3)春夏季节，树木生长很快，应及时砍伐或修剪线路附近的树木，以防树木或树枝被大风刮断倒落在导线上砸断导线。砍伐或修剪树木时，应使用绳索将要砍伐的树木或修剪的树枝拉向与导线相反的方向，以防树木或树枝倒落在导线上。

(4)高温季节前，应检查导线弧垂、线路交叉跨越距离和对地的限距是否符合规程要求，必要时应进行测量，以防高温期间因导线弧垂增大造成碰线、交叉跨越放电、对地放电而烧断导线。

(5)使用时间较长和表面有腐蚀痕迹的导线，应取样作拉力试验，不符合要求者应予以更换。

(6)冬季前，检查导线是否过紧，以防严冬因导线收缩而拉断。

www.plcworld.cn

683. 怎样测量架空线路导线接头电阻？

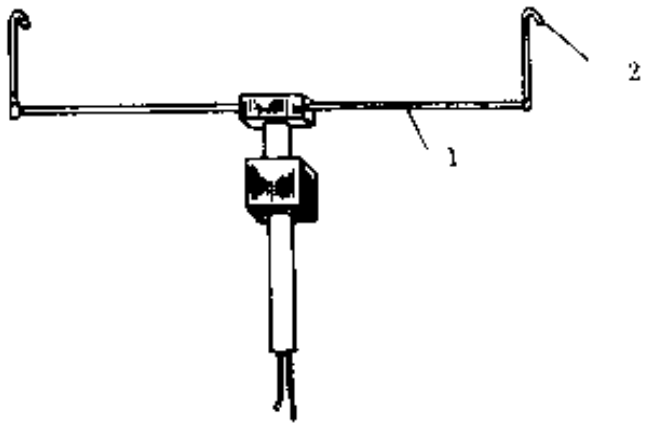


图 8-14　检验杆示意图

导线接头(连接器)是架空线路的最薄弱环节。由于制造、施工、运行中易造成导线接头连接不牢靠、接触不良，因此连接部位常因电阻过高而过热，严重时甚至接头烧坏，造成断线。

在正常情况下，由于连接器的截面大于导线截面，所以接头电阻小于同长度导线的电阻。反之，如果接头电阻大于同长度导线的电阻，则说明接头连接不良。若接头电阻与同长度导线电阻之比大于 1.2，则说明连接器发生故障，应进行修理或加引流辅线。如果该比值大于 2，则必须立即更换连接器。

导线接头电阻的测量周期为：铜导线接头每五年至少测量一次；铝导线和钢芯铝线接头每两年至少测量一次。测量方法有以下两种：

(1)带电测量　适用于水平排列的铝导线或钢芯铝线接头。测量时可使用图 8-14 所示的检验杆。检验杆由电木管制作，内有测量导线，管的顶端有一横向电木管 1，该电木管两端各有测量挂钩 2，将挂钩置于被测部位，检测仪器就可测出两钩之间的电压降。如果选择导线接头作为测量对象，则所测值即为接头部位的电压降。根据$\frac{u_1}{u_2}=\frac{R_1}{R_2}$，可算出接头电阻与同长度导线电阻的比值。

进行带电测量，应选择合适的测量档位(调节测量机构的

www.plcworld.cn

切换开关),以适应线路工作电流。当测量导线电压降时,测量部位应选在距接头 1 米以外的地点,以避免接头工作情况恶化对附近导线电流分布的影响。如果测量时发现仪表无指示,可将检验杆来回摇动几次,用挂钩刮掉导线表面的氧化膜。此外,测量时还应遵守有关带电作业的各项规定。

(2)停电测量　其原理与带电测量相同,只不过在线路停电后由蓄电池或直流电机向线路供给直流电。该法也是测量导线接头的电压降和同长度导线的电压降,根据二者的比值推算电阻比值。停电测量适用于表面氧化层难以处理的铜导线或三角形排列的铝导线。当线路跨越山谷、河流时,若采用停电测量法,可降落导线,在方便的地点进行测量。

684. 架空线路的保护装置动作怎么办?

现代架空线路一般都装有多种继电保护装置和自动装置。当运行中的线路发生故障时,这些保护装置就动作,或者掉闸切断故障线段,或者发出报警信号。这样,运行人员就可及时进行处理或检修。通常,线路的保护装置动作后,运行人员应根据动作情况,首先大致判断故障性质和故障地段,然后组织人员有针对性地进行详细检查。一般来说,故障的部位和性质均在保护装置的动作状态中有所反映,如:

(1)自动重合闸装置动作　如果自动重合闸装置跳闸后,经一两次重合成功,说明是瞬时性故障(如鸟害、风害、雷击等);如果重合不成功,则说明是永久性故障(如倒杆、断线、混线等)。

(2)电流速断保护装置动作　电流速断保护装置跳闸,说明故障点在线路的前段。

(3)过电流保护装置动作　过电流保护装置跳闸,说明故障点在线路的后段。

www.plcworld.cn

(4)电流速断保护装置和过电流保护装置同时动作　在这种情况下，故障点多半在线路的中段。

(5)距离保护装置动作　距离保护装置跳闸，多半是相间短路所致。如果是一段保护装置动作，则故障点一般在线路全长(从电源侧算起)的80～85%长度内；如果是二段保护装置跳闸，则故障点可能在本线路或下一段线路，也可能是一段保护装置拒动引起的。

(6)零序电流保护装置动作　零序电流保护装置跳闸，说明线路发生单相接地故障。如果是一段零序电流保护装置跳闸，故障点通常在线路的前段；如果是二段零序电流保护装置动作，故障点多半在线路后段。

(7)绝缘监视装置发出接地信号　在中性点不直接接地电网中，如果绝缘监视装置发出接地警报，说明线路有单相接地故障。

以上仅仅是一般的判断方法。有时线路故障还通过其他信息反映，应结合运行经验综合判断，然后对重点怀疑线段进行有针对性的巡查，同时还要检查其他线段，以免遗漏故障点，延长事故处理时间。

685. 在中性点不接地或经消弧线圈接地的电网中，线路发生单相接地故障怎么办?

在中性点不接地或经消弧线圈接地的电网中，如果线路发生非间歇性接地，仍可继续运行，但应立即进行巡线，迅速找出故障点，争取在接地故障发展成相间短路故障之前将故障线路切除。

为了防止单相接地过电压损坏设备绝缘而造成相间短路故障，在中性点不接地的电网中，线路发生稳定性接地后的允许持续运行时间不宜超过2小时。在经消弧线圈接地的电网

www.plcworld.cn

中，当线路发生稳定性接地，中性点位移电压达30%相电压及以上时，线路带接地故障运行的时间不宜超过1小时（消弧线圈有特殊要求时应予以满足）。

当线路发生间歇性接地时，找出故障线路后应立即将其切除。因为间歇性接地所产生的过电压很高，往往损坏快、变电设备和线路绝缘而造成事故范围扩大。

686. 对架空线路停电进行大修时怎样确定检修范围？

对架空线路停电进行大修时，一般应先了解线路运行情况，查阅运行记录，掌握线路运行特点和存在的缺陷，然后确定检修范围。表8-14列出架空线路大修时常修项目、不常修项目和特殊项目，可供制订具体检修方案时参考。

表8-14 制订架空线路大修方案参考项目

单元名称	一般项目		特殊项目
	常修项目	不常修项目	
杆塔和横担	(1)检查、修理木杆杆根 (2)检查、消除钢筋混凝土杆缺陷（如杆身裂缝、露筋、孔洞等） (3)校正木杆和杆根培土 (4)紧固铁塔螺母 (5)检查、调整、修理拉线和拉杆 (6)检查铁塔金属基础和拉线地下部分锈蚀情况	(1)更换不合格的拉线 (2)更换不合格的横担和杆塔附件 (3)横担刷漆	(1)更换不合格的杆塔 (2)铁塔刷漆 (3)补装丢失的杆塔附件
导线、避雷线和绝缘子	(1)清扫、测试、更换绝缘子 (2)检查、修理导线连接器 (3)补修导线、避雷线 (4)检查和更换金具 (5)根据需要调整导线弧垂	(1)检查、修理防振锤和线夹 (2)检查、修理导线和避雷线	更换导线、避雷线

www.plcworld.cn

续表 8-14

单元名称	一般项目		特殊项目
	常修项目	不常修项目	
交叉跨越	处理交叉跨越存在的问题，以符合规程要求		增加杆塔或调整杆塔塔位
接地	(1)测量、检查杆塔接地装置电阻和接地体腐蚀情况 (2)处理接地电阻不合格的接地装置	修理损坏的接地装置	补装丢失的接地装置

687. 怎样在低压带电线路上进行检修作业？

在低压带电线路上进行检修作业，一般应注意以下几点：

(1)应由技术水平较高、富有实践经验的电工人员来带电进行检修，并指定专人在场监护。

(2)作业人员应穿长袖衣服，扣紧袖口，穿绝缘鞋或站在干燥的绝缘垫上，并戴上安全帽和绝缘手套。严禁穿背心、短裤或着凉鞋进行带电作业。

(3)带电作业应在晴朗天气进行，遇雷雨时应停止工作。

(4)应使用合格的绝缘工具，严禁使用锉刀、金属尺和带有金属物的毛刷、毛掸等工具。

(5)高、低压线路同杆架设时，作业开始以前，应检查与高压线路的距离是否符合安全规程的要求。否则，应采取防止误碰高压线的措施。

(6)如果两人在同一电杆上进行作业，禁止在不同相上同时带电工作。

(7)登上电杆以前，应分清火线(相线)和地线，并拟定工作位置。

(8)如果对低压带电导线未采取绝缘措施，作业人员不得穿越该导线。

(9)断开导线时应先断开火线，后断开零线，搭接时顺序

www.plcworld.cn

则相反。接火线时，要将线头试搭后再缠接，此时不得同时接触两根导线，以免触电。

688. 怎样保管带电作业使用的绝缘工具？

带电作业使用的绝缘工具，是专用工具，禁止在停电线路和停电设备上使用，或当作一般工具使用。通常，应设专人管理，造册登记，并保持完好待用状态。保管中应注意以下事项：

(1)带电作业使用的绝缘工具、仪表和绝缘材料，应存放在专设的房间内。室内必须通风良好，经常保持清洁、干燥。在空气比较潮湿的季节，宜使用红外线进行照射，以排除室内潮气。

(2)工具应整齐地摆放在平铺于干燥地点的防水帆布上，并用清洁的苫布遮盖。

(3)如果绝缘工具在现场使用中偶尔被泥土粘污，入库时应使用清洁干燥的毛巾擦试干净或用无水酒精清洗；严重粘污或受潮的绝缘工具，经过处理后应进行试验，确认合格才可投入使用。

(4)均压服应整件平放，不得折叠，以防止铜丝折断。平时应经常检查，定期测试。如果发现均压服破损，电阻值显著增加，应查明原因，设法修复均压服，降低其电阻值。

(5)要特别注意防止绝缘杆(木杆)受潮。绝缘杆一旦严重受潮，其截面将因木层膨胀和层间开裂而变形。试验表明，若将直径为 20～35 毫米的绝缘杆浸水 90 多小时，其直径约增加 1～8%，虽经干燥，也因产生裂纹而不能使用。所以，对绝缘杆要勤检查，若发现受潮，应立即将其置于 30～38℃通风箱中进行干燥。此时应注意干燥速度，以免干燥过快而使木质开裂。

(6)为了保持绝缘工具和绝缘器材经常处于完好的“热备

www.plcworld.cn

用"状态，除了进行日常的外观检查外，还应定期测量其绝缘电阻。如果发现绝缘电阻不合格，应立即进行处理。

689. 怎样检修铁塔和杆塔基础？

检修铁塔，一般应注意以下事项：

(1)如果构件锈蚀超过剖面面积30%，或由于其他原因，构件的机械强度显著降低，则应予以更换或用镶接板补强。

(2)在不影响构件安全运行的前提下，用镶接板补强时可实行焊接；如果不能焊接，则用螺栓连接。

(3)所有未镀锌的零部件和油漆脱落或锈蚀的部位，都应补刷油漆。涂刷油漆时应满足以下要求：①刷漆前，应彻底清除构件上的铁锈和旧油漆层；②所刷油漆要均匀，应不起泡、不凸起；③受潮的构件，应在其干燥后才可涂刷油漆；④涂刷油漆的工作应在晴天进行，不得在0℃以下和+35℃以上的天气涂刷油漆。

(4)在铁塔大修和涂刷油漆时，应检查铁塔上的全部螺栓，并逐个拧紧。

检修杆塔基础，一般应按以下说明进行：

(1)如果杆塔的混凝土基础表面有裂纹，应涂抹水泥砂浆，以使表面紧密、光滑、不透水；基础表面的一般干缩缝可不作处理。

(2)如果混凝土基础因腐蚀而酥松，必须找出原因，并采取预防措施，以免杆塔因基础的机械强度不足而倾斜或倒杆。对于已酥松的基础，应除去酥松部分，重新浇注。

(3)如果基础下沉或倾斜，应找出原因，并予以处理。

(4)如果铁塔地脚螺栓因浇注不良而松动，应凿开重新浇注。

(5)重新浇注混凝土基础时，应注意以下事项：①地脚螺

www.plcworld.cn

栓式基础　基础中的铁塔地脚螺栓，安装前应除锈，并将丝扣部分包裹，在安装和浇注时应保持螺栓位置正确和牢固；②主角铁插入式基础　首先应与铁塔最下段结构组装找正，然后才可进行浇注。找正的主角铁应临时固定，并在浇注时检查其位置；③混凝土基础的浇注　每个基础的混凝土应连续浇成。如果因故浇注中断，且中断时间在 2 小时以上，则不得继续浇注。此时必须等待混凝土的抗压强度达到 12 兆帕后，将旧面打毛，将毛面用水冲洗，并先浇一层与原混凝土同样成分的水泥砂浆，才可继续浇注。

690. 钢筋混凝土电杆出现缺陷怎么办？怎样防止杆上混凝土大面积脱落？

在正常运行情况下，钢筋混凝土电杆不得有水泥层剥落、露筋、裂纹、酥松、杆内积水和铁件锈蚀等现象。如果出现上述缺陷，但未超出下列范围，可以进行补修：

(1)在一个构件上只露出一根主筋，深度不超过主筋直径的 1/3，长度不超过 300 毫米。

(2)在一个构件上只露出一圈钢箍，其长度不超过 1/3 周长。

(3)在一个钢圈或法兰盘附近只有一处混凝土脱落和露筋，其深度不超过主筋直径的 1/3，宽度不超过 20 毫米，长度不超过 100 毫米(周长)。

(4)在一个构件上，表面混凝土坍落不多于两处，坍深不超过 25 毫米。

钢筋混凝土电杆在运输、施工、运行过程中，有时受外力冲撞而出现小面积混凝土脱落现象。这种“轻度外伤”虽不致影响电杆的强度和使用，但潜伏隐患。因为混凝土剥落部位的钢筋裸露在外，时间一长就容易生锈(特别是潮湿地区)。铁锈

www.plcworld.cn

的特点之一是体积膨胀。由于铁锈的膨胀作用，更多的混凝土将被“挤掉”，如此恶性循环，有时造成杆上混凝土大面积脱落。过去曾用水泥砂浆补抹缺损部位。由于粘结不牢，时间稍长就脱落；后来又试用环氧树脂涂抹，效果也不理想。正确的处理方法是：用钢刷仔细刷涂外露钢筋上的铁锈，除掉混凝土表面的灰渣，在损伤部位的钢筋上及其周围的混凝土上用铅油涂刷几遍。这种方法简单，效果很好。

691. 怎样确定停电登杆检修项目？

停电登杆检修，就是在线路停电后，登上杆塔检查并消除在地面巡视难以发现的缺陷。停电登杆检修作业一般包括以下项目：

(1)检查导线接头发热情况，导线和避雷线的悬挂点是否松动或断开，杆塔上各部位的螺栓是否松扣或脱落。

(2)绝缘子串的开口销、弹簧销是否完好。

(3)绝缘子有无闪络、裂纹或硬伤，针式绝缘子的芯棒是否弯曲。

(4)防振锤是否歪斜、移位，是否摩擦导线。

(5)护线条的卡箍是否松动，是否摩擦导线。

(6)检查绝缘子串的连接金具是否完好，有无锈斑。

(7)瓷横担、针式绝缘子和用绑线固定的导线是否完好、可靠。

(8)测量交叉跨越距离和导线弧垂等。

692. 需要登杆进行检修作业怎么办？

如果需要登杆进行检修作业，应注意以下事项：

(1)若检修双回线路或检修结构相似的并行线路，在登杆之前必须明确停电线路和带电线路的位置、名称和杆号，并应在监护人的监护下登杆，以免登错杆塔而发生危险。

www.plcworld.cn

(2)登上木杆以前,应先检查杆根是否牢固。新立的电杆在杆基尚未完全稳固以前,严禁攀登。对于冲刷、起土、上拔的电杆,应先培土加固,或支好架杆,或安装临时拉线,才可攀登。

(3)若需要松动导线、避雷线或拉线,在登杆前也应先检查杆根,并支好架杆或安装临时拉线。

(4)如果需要在带电线路的杆塔上刷油、捅鸟窝、拧紧杆塔螺栓、检查避雷线、查看金具和绝缘子等,则检修人员的活动范围及携带的工具、材料等,与10千伏及以下带电导线的最小距离不得小于0.7米,与35千伏带电导线的最小距离不得小于1米。

(5)进行上述工作时,必须使用绝缘安全带和绝缘无极绳。所谓绝缘无极绳,就是绳索的两端要相接,使之连接成一圆圈,以免使用时另一端飘荡到带电的导线上。此外,在杆上工作时风力不得大于五级,地面要有专人监护。

(6)若在10千伏及以下的带电杆塔上进行检修工作,由于线路的线间距离很小,不允许检修人员在线间穿越,登杆后只能在高压带电线路下面进行工作,且人体与最下层高压带电导线的垂直距离不得小于0.7米。

(7)如果停电检修的线路与另一回带电线路邻近或交叉,以致工作时可能与该回路导线接触或接近至危险距离以内,则该邻近或交叉回路也应停电并接地,但接地线可只在工作地点附近挂接一处。

(8)传递器材和工具,应使用小绳和工具袋,不得上、下抛掷,以免伤人;小绳不得拴在安全带上,以免妨碍工作和影响安全;,安全带不得拴在杆尖上或梯子上,以及工作时需要拆卸的部件上;安全带拴好后,应先将钩环钩好,保险装置上

www.plcworld.cn

好，然后才能探身或后仰；在杆上工作时，杆下不得有人停留，现场人员应戴安全帽。

693. 怎样清扫绝缘子？

绝缘子的清扫，可按以下三种方法之一进行：

(1)停电清扫　在线路停电后，电工人员登上杆塔，用干揩布擦拭。如果绝缘子上的污垢用干揩布擦不掉，也可用水湿揩布或蘸有汽油(或蘸肥皂水)的揩布擦拭，但擦拭后，必须用净水冲洗绝缘子，以免碱性物质附着在绝缘子表面上。无论采用哪种方式擦拭，最后都应使用清洁的干揩布再擦一次。

(2)不停电清扫　一般使用装有毛刷或绑以棉纱的绝缘杆，在运行的线路上擦拭绝缘子。绝缘杆的长短，取决于线路电压的高低。清扫时工作人员与带电部分应保持足够的安全距离，并应有专人在旁监护。

(3)带电高压水冲洗　与其他清扫方法相比，带电高压水冲洗具有设备简单、效果良好、工作效率高、劳动条件好等优点，具体的操作方法见 694 问“怎样带电用压力水冲洗绝缘子？”。

694. 怎样带电用压力水冲洗绝缘子？

绝缘子因脏污而闪络是电力系统中一种最常见的事故。为了防止这种污闪事故，最好的办法是带电用压力水冲洗绝缘子，使其经常保持清洁。冲洗时应注意以下事项：

(1)冲洗前应测定水的电阻率。冲洗绝缘子的压力水的电阻率不得低于 1500 欧·厘米。一般来说，城市的自来水、清洁的河水或井水都能满足这一要求。

(2)冲洗角度(水柱与所冲洗绝缘子中心轴的夹角)最好保持 90°。如果条件不允许，保持 60°也可，但角度不宜太小。冲洗耐张绝缘子串时，可保持 30°～40°的投射角进行冲洗。

www.plcworld.cn

(3)喷嘴和水龙带应装在有防雨罩的专用绝缘杆上。由于用水冲洗时，人处于潮湿环境中，为了保证人身安全，若使用大水量喷嘴，喷嘴和水泵均应有可靠的接地线；若使用小水量喷嘴，喷嘴与带电体距离较小，主要靠绝缘操作杆来加强绝缘。当线路电压在35千伏以下时，操作杆的绝缘有效长度不得小于1.5米。

(4)对于垂直安装的绝缘子，应由下往上逐个进行冲洗；对于耐张绝缘子串，则应先冲洗带电体侧的绝缘子，然后往后逐个冲洗，最后冲洗接地端的绝缘子。

(5)在同一变电所内，不宜同时冲洗不同的两相，也不得使水柱跨接两相，以防短路。

(6)在冲洗中，由于电压分布的改变，电压高的地点可能产生火花，此时可将水柱直接对准火花冲洗，以使火花熄灭。

(7)冲洗水柱不得冲到设备上密封不良和有缺陷的部位，也不得将水柱对着隔离开关的刀闸冲洗，以免冲开刀闸，造成事故。

(8)在风力大、空气湿度高的日子和阴雨天，以及水与绝缘子的温差较大时，都不宜进行冲洗作业。

695. 在架空线路停电检修之后怎样做好恢复送电前的准备工作？

在架空线路停电检修之后，在恢复送电前应做好以下准备工作：

(1)在准备恢复送电时，严禁再约定时间停送电。

(2)用电话或报话机联系送电时，双方必须复诵无误。

(3)检修工作结束后，首先应查明所有工作人员确已撤离现场，器材和工具等确已全部从杆塔、导线和绝缘子上撤下，然后才拆除接地线(拆除接地线后即认为线路可以送电，检修

www.plcworld.cn

人员不得再登上杆塔进行任何工作)。

(4)清点接地线组数无误并按有关规定交接后,即可恢复送电。

696. 怎样正确敷设临时线路?

敷设临时线路必须得到有关部门的批准,并按规定办好有关手续。临时线路必须符合下列要求:

(1)应由专业电工来安装,并采用合格的设备和器材,以确保线路能安全运行。

(2)室外临时架空线路的长度不得超过 500 米,导线距非通车地面的高度不得小于 3.5 米,距通车地面的高度不得小于 6 米,导线与建筑物、树木或相邻导线的距离不得小于 2 米;应使用专用的电杆和瓷瓶固定导线,档距一般不超过 25 米;导线截面应满足机械强度和电力负荷的要求。

(3)室内临时线路应采用三相四芯或单相三芯的橡皮软线敷设,长度一般不超过 10 米,距地面高度不得低于 2.5 米;必须落地敷设时,应在跨越人行道的部位穿钢管保护。

(4)在临时用电地点应安装刀闸开关和熔断器,电器的金属外壳应可靠接地。

(5)临时电气设备的裸露控制设备和保护装置,在室内应装在箱中,在室外应有防雨设施。

(6)临时照明负荷大于 50 安时,应采用三相四线制供电方式,分路上应装设开关和熔断器。

(7)临时线路应由单独的开关控制,不得直接从电源网络上引出,也不得以插销代替开关来分合电路;控制开关不得置于地面上,必须装在墙上或杆架上。

(8)应尽量安装漏电保护装置。

(9)临时线路使用期限一般不超过一个月,到期不能拆除

www.plcworld.cn

者应再办理延期审批手续。

697. 怎样正确结扎绳扣?

在架空线路的施工和检修中,常常使用绳索来提升和传递物件。为了保障安全、可靠,必须正确结扎绳扣。下面介绍几种结扎绳扣的常用方法:

(1)连接麻绳(白棕绳)的绳扣有直扣和活扣两种(图 8-15)。

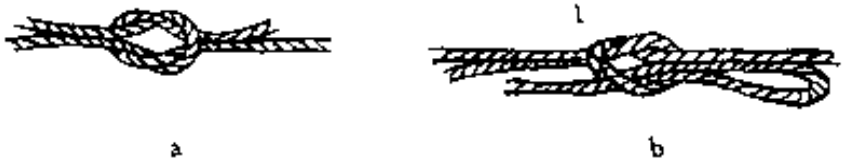


图 8-15 直扣和活扣

a. 直扣 b. 活扣

(2)绑在物体上的绳扣有钢丝绳扣(图 8-16)倒扣(图 8-17)和拴马扣(图 8-18)。倒扣常用于临时拉绳和钢钎固定处。

图 8-16 钢丝绳扣

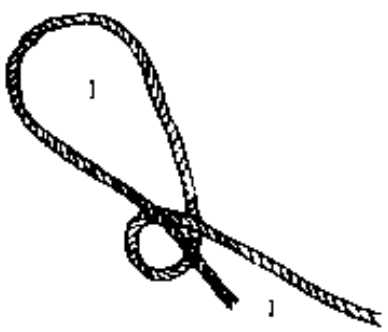
图 8-17 倒扣

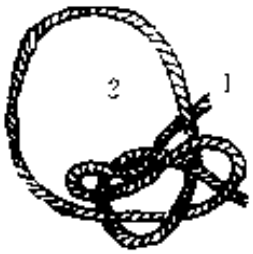
(3)紧线时绳索与导线的连接扣和拴腰绳用的腰绳扣(图 8-19)。

(4)传递物品用的绳扣有猪蹄扣(图 8-20)、背扣(图 8-21)和倒背扣(图 8-22)。上下传递物品多用背扣和倒背扣,它们利用绳子的摩擦力来拴住物品。结扎腰扣时,必须将绳头压住,以免绳头散开。

(5)抬电杆和抬运其他物品结扎绳扣的步骤如图 8-23 所示。

www.plcworld.cn





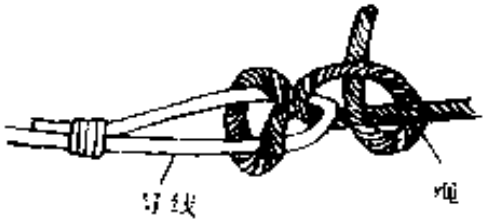


图 8-19　紧线和拴腰绳用的绳扣

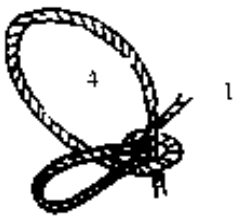


图 8-18　结扎拴马扣的步骤

图 8-20　猪蹄扣

图 8-21　背扣

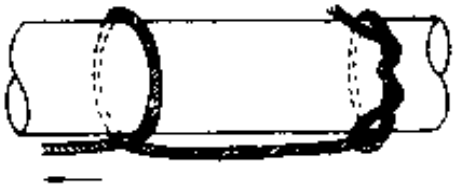
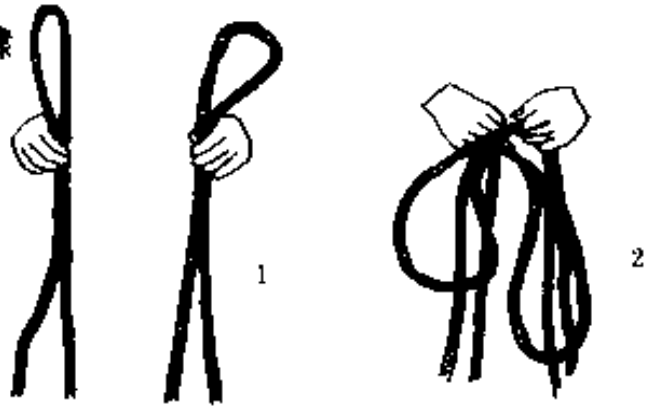


图 8-22　倒背扣



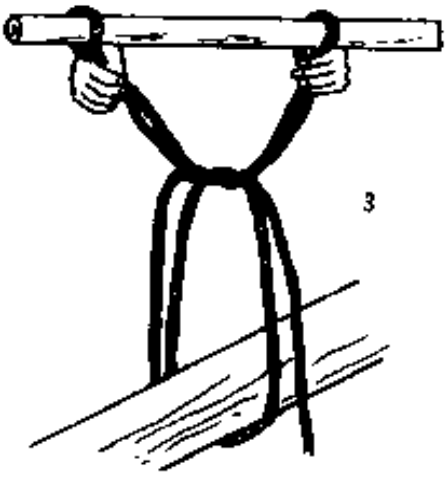


图 8-23　抬运电杆结扎绳扣的步骤

698. 在架空线路的施工中怎样做好安全防范工作？

在架空线路的施工中，应做好以下安全防范工作：

www.plcworld.cn

(1)立杆　在立杆作业中必须注意以下事项:①立杆前对起立电杆用的工具和设备必须进行仔细检查,不合格者严禁使用,不得用手代替叉杆和紧线器;②有六级以上强风和雷雨、浓雾天气严禁进行立杆作业;③现场设置的地锚、木(铁)柱、立锚等,应根据土质情况和受力大小来加以使用,"马道"必须与受力方向一致;④施工现场有带电体或其他电气设施时,应事先进行检测,并采取切实可行的安全措施;⑤采用机械吊装或牵引时,牵引设备上必须有可靠的制动装置,操作人员应事先熟悉起吊的有关安全知识;⑥起吊后,当电杆顶部离地约 0.8 米时,应停止起吊,着手进行冲击和全面检查,确认安全方面无问题才可继续起吊。如果发现不正常现象,应将电杆放下进行调整,只有调整好以后才可再行起吊;⑦采用抱杆或机械起吊时,工作人员不得在电杆和牵引系统下面逗留,现场人员(除指挥人员外)均应退至杆高的 1.2 倍距离以外,看守根部的人员不可下坑找正。如果需要下坑找正,应停止起吊,并应站在起立方向的外侧;⑧在调整电杆的过程中,应注意各个方向的晃绳受力是否正常,以防倒杆;⑨采用抱杆立杆时,如果杆坑附近的土质松软,应采取防沉措施。如果在冰雪或结冰的地面上立杆,应采取防滑措施。两根抱杆受力不均时,应及时调整;⑩电杆必须一次立好,不得中途停下,在起立过程中不得登杆,在杆坑内填土达 3/4 以上并夯实后才可登杆解下晃绳,卸下支持物。

(2)登杆作业　登杆进行高空作业(在离地 3 米以上高空进行的作业属高空作业)除采取 692 问"需要登杆进行检修作业怎么办?"所介绍的有关安全措施外,还应做到以下几点:①工作前严禁饮酒;②登杆前挂临时接地线;③杆上人员应听从地面监护人员的指挥;④应减少双层作业。多人在一处作业或

www.plcworld.cn

双层作业时，应相互照应，密切配合。

699. 电缆的敷设方式有哪几种？怎样选择？

电缆的敷设方式有以下几种：①直接埋地敷设；②敷设在电缆沟或隧道内；③沿建筑物内部的墙上或天棚敷设；④装在构架上；⑤敷设在排管内。

以上几种敷设方式，各有优缺点，究竟选用哪种敷设方式，要根据具体情况来决定。通常，要考虑城市、本地段和本单位（企业）的发展规划，现有建筑物的密度，电缆线路的长度，敷设电缆的根数，建设费用和周围环境的影响等因素。例如：

（1）在工矿企业的厂区和厂房内，可将电缆敷设在地沟里、装在构架上、沿墙壁或天花板敷设，而不宜采用直接埋地的敷设方式。当引出的电缆很多，并列敷设的电缆在 40 根以上时，宜建造电缆隧道。

（2）当电缆线路需通过已敷设多条电缆和其他管道设施密集的工业区或街区时，为了将来易于检修和减少维修费用，宜建造电缆隧道或敷设在排管中。

（3）在酸碱腐蚀严重地区，可将电缆敷设在构架上。

（4）在爆炸危险场所，以及农村或其他人烟稀少的偏僻地区，可将电缆直接埋地敷设。

700. 怎样确定电缆线路施工的一般原则？

无论电缆线路采用哪种方式敷设，施工中都应遵循以下原则：

（1）敷设前应检查电缆是否受潮，表面有无损伤，并测量绝缘电阻，只有确认电缆合格，才可放线敷设。

（2）选择敷设路径时，应考虑以下几点：①电缆路径最短，转弯最少；②电缆不受或少受外界因素（如机械力、化学腐蚀和地中电流等）的影响；③散热条件好；④尽量避免与管道或

www.plcworld.cn

其他工程设施交叉；⑤避开规划中要挖掘土方的地点。

(3)施工中要保证：①电缆密封良好；②接头的介电强度不低于电缆本身的介电强度；③具有一定的电气距离，避免短路或击穿；④导体接触良好，接触电阻小而稳定，并有一定的机械强度。

(4)在确定电缆构筑物时，需结合扩建规划，预留备用支架和孔眼；敷设电缆和计算电缆长度时，均应留有一定的裕量。

(5)应防止电缆扭伤和过分弯曲，电缆弯曲半径与电缆外径的比值不得小于表 8-15 所列值。

表 8-15　电缆弯曲半径与电缆外径的合理比值

电缆名称	倍数
油浸纸绝缘多芯铅包铠装电缆	15
油浸纸绝缘多芯铝包铠装电缆	30
油浸纸绝缘多芯裸铅包或铝包电缆	20
干绝缘油质铅包多芯电缆	25
塑料绝缘铠装(或无铠装)电缆	15
橡皮绝缘铠装(或无铠装)电缆	10
油浸纸绝缘多芯控制电缆	10

(6)垂直或沿陡坡敷设的电缆，其最高与最低点之间的允许最大高差不得超过表 8-16 所列值。

(7)在厂房内电缆沿支持物敷设时，其固定点间的距离不得大于表 8-17 所列值。

(8)电缆敷设在室外时，应避免日光直射。

(9)电缆敷设于室内电缆沟道中及在厂房内明敷设时，应剥去电缆外部的黄麻层，并涂刷防腐油。

(10)电缆埋设于地下时，应在回填土以前验收隐蔽工程，并绘制竣工图，标明具体坐标、部位和走向，以供维修时参考。

www.plcworld.cn

表 8-16　电缆的允许最大高差　　米

电压等级，千伏		铅包	铝包
1～3	铠装	25	25
	无铠装	20	25
6～10		15	20
20～35		5	
干绝缘铠铅包		100	

表 8-17　电缆支持点间的最大距离　　米

敷设方式 \ 电缆类型	塑料护套、铅包、铝包、钢带铠装		钢丝铠装电缆
	电力电缆	控制电缆	
水平敷设	1.0	0.8	3.0
垂直敷设	1.5	1.0	6.0

701. 怎样在电缆隧道和电缆沟内敷设电缆？

在电缆隧道内敷设电缆，应注意以下几点：

(1)隧道长度在 7 米以下时，可只设一个出入口；隧道长度在 7 米以上时，两端应设出入口；两个出入口之间的距离超过 75 米时，应增设出入口。

(2)人孔直径不应小于 0.7 米。

(3)隧道内应有照明灯，电压不应超过 36 伏。否则，应采取安全措施。

(4)通道地面应尽量平坦，向排水沟方向应有不小于 0.5%的坡度，而排水沟向集水井应有 0.3～0.5%的坡度。

(5)隧道与厂房(或变电所)连接处，以及在长距离隧道中每隔 100 米应设带门的耐火隔墙。

(6)隧道应尽量实行自然通风。当电缆的电力损失超过 200 瓦/米时，应实行机械通风。

在电缆沟内敷设电缆，应满足以下要求：

www.plcworld.cn

(1)室内电缆沟的盖板应与室内地坪相平;在容易积水、积灰的地点,应使用水泥砂浆或沥青封堵盖板缝隙。

(2)室外电缆沟的盖板应高出地面100毫米,以减少地面排水进入沟内。如果盖板高出地面,影响厂区排水或交通,可构筑具有覆盖层的电缆沟,此时盖板顶部一般低于地面300毫米。

(3)室外电缆沟进入厂房(或变电所)入口处,应设防火隔墙。

(4)电缆沟一般采用钢筋混凝土盖板,盖板重量以两人能提起为宜,一般不超过50公斤。室内需经常开启的电缆沟盖板,宜采用钢盖板。

(5)电缆沟应实行分段排水,每隔50米左右设置集水井,电缆沟底向集水井应有不小于0.5%的坡度。

(6)电缆敷设在支架上时,电力电缆应位于控制电缆的上方,但1千伏以下的电力电缆和控制电缆可并列敷设。当两侧都有电缆支架时,1千伏以下的电力电缆和控制电缆,应尽可能与1千伏以上的电力电缆分别敷设在不同侧支架上。在有盐雾或化学腐蚀的地点,支架应涂防腐漆或采用混凝土支架。支架的地脚螺栓应在电缆沟搭模时预先埋好,以免损坏防水层。

(7)由于在沟内电缆线路发生的故障中,中间接头故障占的比例较大,所以电缆接头的两侧各2米之内的上部要用耐火板隔开,以防中间接头发生故障时烧坏邻近电缆。

702. 在排管内敷设电缆有何优缺点?怎样敷设?

电缆排管的结构,是将预先制好的管子按需要的孔数排成一定的型式,再用水泥浇成一个整体。排管敷设电缆这一敷线方式多用在与其他建筑物、公路或铁路交叉的地点,其优点

www.plcworld.cn

是：①电缆一旦发生故障，在人孔内就可进行修理，既方便又迅速；②利用备用的管孔不需挖开地面就可增设电缆；③可减少外力破坏和机械损伤。其缺点是：①建筑材料消耗较多，工程造价高；②散热不良，需降低电缆载流量（降低15%）；③施工复杂。具体敷设方法如下：

（1）排管可使用陶土管、石棉水泥管或混凝土管等，管子内部必须光滑。

（2）按需要的孔数将管子排成一定型式，排列管子的接头应错开，并用水泥浇成一整体；确定排管的孔数时，应考虑将来发展的需要，一般可为2孔、4孔、6孔、9孔等几种型式。

（3）排管孔径一般不应小于电缆外径的1.5倍。敷设电力电缆的排管，其孔径不应小于100毫米；敷设控制电缆的排管，其孔径不应小于75毫米。

（4）埋于地下的排管顶部至地面的距离不应小于下列值：在厂房内为200毫米；在人行道下为500毫米；在一般地区为700毫米。

（5）为了便于敷设、检查、更换和修理电缆，在直线距离超过100米的地点以及在排管转弯和分支处都应设置排管井坑（人孔），井坑深度不应小于1.8米，井坑直径不应小于0.7米。

（6）排管通向井坑应有不小于0.1%的倾斜度，以便管内的水流入井坑内。

（7）在排管中敷设电缆时，可将电缆盘置于井坑口，用预先穿入排管孔眼中的钢丝绳把电缆拉入管孔内。为了防止电缆受损伤，排管口应套以光滑的喇叭口，井坑口应装设滑轮。在电缆表面可撒以滑石粉或涂抹黄油，以减少摩擦。

（8）敷设在排管内的电缆，可采用加强铅包但无铠装的裸

www.plcworld.cn

电缆或塑料护套电缆。

703. 怎样直接埋地敷设电缆？

直接埋地敷设电缆，简称直埋电缆，是沿已选定的线路挖掘壕沟，把电缆埋在里面。电缆根数较少、线路较长时多采用此法。施工时应符合以下要求：

(1)直接埋在地下的电缆，一般使用铠装电缆。

(2)挖掘的沟底必须是松软的土层，没有石块或其他硬质杂物，否则，应铺以 100 毫米厚的软土或砂层；电缆周围的泥土不应含有腐蚀电缆金属包皮的物质(烈性酸碱溶液、石灰、炉渣、腐殖质和有害物渣滓等)，否则，须予以清除和换土；埋深不应小于 0.7 米(在严寒地区，电缆应敷设在冰冻层以下)。

(3)电缆敷设完毕，上面应铺以 100 毫米厚的软土或细砂，然后盖上混凝土保护板，覆盖宽度应超过电缆直径两侧以外各 50 毫米。在一般情况下，也可用砖代替混凝土保护板。

(4)电缆中间接头盒外面应有生铁或混凝土保护盒；如果周围介质对电缆有腐蚀作用，或者地下经常有水并在冬季可能冰冻，则保护盒内应注满沥青。

(5)电缆接头下面必须垫以混凝土基础板，其长度应伸出接头保护盒两端约 600～700 毫米。电缆自土沟引进隧道、人孔和建筑物时，应穿在管中，管口应予以堵塞，以防漏水。

(6)电缆相互交叉，与非热力管道和沟道交叉，以及穿越公路和墙壁时，均应穿在保护管中，保护管长度应超出交叉点前后 1 米，交叉净距离不得小于 250 毫米，保护管内径不得小于电缆外径的 1.5 倍。

(7)电缆与建筑物平行距离应大于 0.6 米，与电杆应保持 0.6 米距离，与排水明沟距离应大于 1 米，与热力管道平行距离为 2 米(非热力管道为 1 米)，与树木的距离为 1.5 米。

www.plcworld.cn

(8)无铠装电缆从地下引出地面时，高度1.8米及以下部分，应采用金属管或保护罩保护，以防机械力损伤(电气专用房间除外)。

(9)在铠装电缆的金属外皮两端应可靠接地，接地电阻不应大于10欧。

(10)在电缆通过的无永久性建筑物的地点，应埋设标桩，接头与转弯处也应埋设电缆标桩。

704. 什么叫做电缆桥架？其应用范围如何？怎样敷设电缆桥架？

电缆桥架，是架设电缆、管缆的一种空中走线装置。通过电缆桥架，可以将电缆、管缆从配电室(或控制室)敷设到用电设备。电缆桥架一般由立柱、底座、托臂、梯架(或托盘、电缆槽)、盖板和二、三、四通弯头等组成，桥架型式有梯架、托盘、组合式托盘和电缆槽等几种。

电缆桥架适用于化工、炼油、冶金、机械、轻工、纺织等企业的车间电缆配线，它不仅可用来敷设动力电缆，也可用于敷设自动控制系统的控制电缆，而且既适用于室内，也适用于室外。由于电缆桥架的各个零部件都是镀锌的，所以可用于轻腐蚀的环境中。此外，防爆场所也可应用。

敷设电缆桥架，应注意以下几点：

(1)应备齐敷设桥架所需的滑轮、滚柱和牵引头等机具。

(2)立柱间距一般不得大于2米，桥架荷重每米不得超过125公斤。

(3)对电缆桥架应进行防腐处理，通常桥架表面应镀锌、镀铬、涂氧化树脂、刷过氯乙烯漆，或者将其在熔融的聚氯乙烯中浸渍处理。在重腐蚀环境中，应使用耐腐蚀材料(如铝合金、塑料、低标准不锈钢等)制的桥架。

www.plcworld.cn

(4)电缆在托盘上可实行单层敷设，托盘平面布置如图8-24所示。小型电缆用塑料卡带固定在托盘上，大型电缆可用铁皮卡子固定。

(5)电缆桥架的上柱、底座、引出管的底座和托臂等部件，可用膨胀螺栓固定在混凝土构件或砖墙上，这种固定方法施工简单、方便、省工、准确，可省去在土建施工时预埋固定件这一工序。

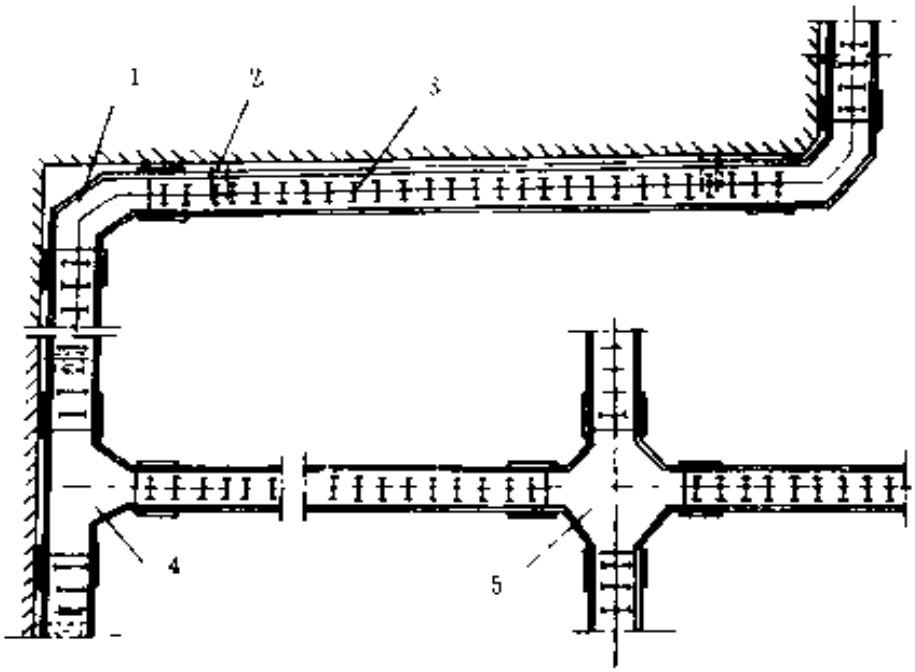


图8-24 托盘平面布置

1.弯板 2.立柱 3.托盘 4.三通 5.四通

705. 敷设电缆时现场温度过低怎么办？怎样预热电缆？

敷设电缆时，如果电缆存放地点在敷设前24小时内的平均温度以及敷设现场的温度均低于下列值，应将下述电缆预先加热：①35千伏及以下的纸绝缘电缆，0℃(不滴流电缆按制造厂规定)；②充油电缆，－10℃；③橡皮绝缘电缆，制造厂规定值；④塑料绝缘电缆，0℃。

通常，可采用以下方法来预热电缆：

www.plcworld.cn

(1)用提高周围空气温度的方法预热电缆　将周围空气温度提高到 5～10℃时，电缆需在该温度下静置 72 小时；将周围空气温度提高到 25℃时，需静置 24～36 小时。

(2)使电流通过电缆芯线进行加热　通入的电流不得大于电缆的额定电流，加热后电缆的表面温度可根据各地气候条件确定，但不得低于 5℃。如果用单相电流加热铠装电缆，选择电缆芯线的接线方式时应考虑能够防止铠装内形成感应电流。

经过预热的电缆，应尽快在 1 小时内敷设完毕。当电缆冷却到预热前的温度时，不得再将其弯曲。

706. 电缆明敷设后怎样固定？怎样装设标志牌？

电缆明敷设后应在下列地点固定：

(1)垂直敷设或 45°以上倾斜敷设的各个支持点上。

(2)水平敷设的两端，直线路径上每隔 10 个左右的支持点固定一次。

(3)转弯处两端和小截面电缆的转弯中点上。

(4)电缆中间接头的两侧和终端头的颈部。

(5)建筑物变形缝两侧各 0.75～1 米处。

在其他支持点上可以不予固定。支持点间的距离不应大于表 8-18 所列值。电缆在支架上可用各种规格的经防腐处理的管卡、U 形夹和冂形夹等来固定。

表 8-18　电缆支持点间的距离　　米

电缆种类	沿支架或建筑物表面敷设		钢索上悬吊敷设	
	水平	垂直	水平	垂直
电力电缆	1.0	2.0	0.75	1.5
控制电缆	0.8	1.0	0.6	0.75

电缆敷设和固定后，应在下列部位装设标志牌：①电缆两

www.plcworld.cn

端和中间接头处；②电缆线路改变方向的转弯处；③从一个平面跨越到另一平面处；④隧道、地下室、建筑物引入处的两侧；⑤穿过基础、楼板、墙和间壁等隐蔽部位的两侧；⑥混凝土排管出口和入口处；⑦电缆竖井口。

标志牌可用厚为2毫米的铅板或割下的电缆铅皮制作，在标志牌上应标明电缆编号、型号、电压、芯数、截面、去向和起讫点，字迹应清晰、鲜明、耐久。

707. 怎样制作环氧树脂封端电缆头和电缆中间接头？

环氧树脂封端电缆头的制作，应符合以下要求：

(1)剥切尺寸和结构尺寸应符合设计图纸的规定。

(2)线芯和分叉处应使用玻璃丝带包缠，包缠后应涂上环氧树脂涂料；绝缘的包缠和填充均应密实、规整。

(3)环氧树脂电缆盒的尺寸，应与盒内电缆的截面和电压配套。

(4)盒内铅包长度一般应为30毫米；对铅包表面应进行加工，使之成为呈现金属光泽的粗糙面。

(5)盒内塑料护套面，应加工成粗糙面并擦净。

(6)屏蔽层上的接地线应预先引至盒外。

(7)芯线的套管应套装严实。

(8)芯线应对称排列，与壳间应有3～5毫米的间隙。

(9)灌注环氧树脂以前，盒内和电缆表面均应擦洗干净，盒内壁应研磨毛糙；电缆盒应稳当地置于需要位置上，以免灌注时移动。

(10)灌注时将电缆芯线和电缆盒预热后，使环氧树脂缓慢地注入，以免生成气泡和孔洞；灌注一般分三次进行：第一次浇灌一半，待冷至60～70℃时再浇灌第二次，且此次应注满；最后，待冷却到与周围温度相同时再浇灌第三次，此次应

www.plcworld.cn

确保全满，并在浇灌过程中找平。

电缆中间接头的制作、剥切和焊地线均与终端头相同。中间接头剥切长度每端约 300 毫米，连接管的材质和管径与芯线相同。包缠时可在连接管处包四层塑料自粘胶带，其他部位包两层自粘胶带，全芯线包两层涤沦胶带。然后用无碱玻璃丝带 加涂料，每根芯线包两层；芯线并在一起，再统包二层无碱玻璃丝带加涂料，而根部则缠五层。固化后，再用塑料带缠两层，外边用塑料布包好，用塑料绳扎紧，接好地线。最后在电缆头底下铺上水泥板，周围砌一个砖匣，上面再盖水泥板，即可回填土。

708. 对电缆中间接头怎样进行防腐处理？

制作电缆中间接头时，通常要将金属护套外的沥青和塑料带防腐层剥去一部分，制作后外露的该部分护套和整个中间接头的外壳都要作防腐处理。处理的方法如下：

(1)对于铅包电缆，可热涂沥青与桑皮纸组合(沥青层与桑皮纸层间隔各两层)作为防腐层。

(2)对于铝包电缆，在铝包电缆锯齐钢带处，可保留 40 毫米长的电缆本体塑料带沥青防腐层。铝包表面用汽油揩擦干净之后，从接头盒封铅处起至锯齐钢带处止，热涂沥青一层，以半重叠方式绕包聚氯乙烯塑料带两层、自粘性塑料带一层，再加上沥青、桑皮纸以组合成防腐层。

此外，铝包电缆室外终端头下面的部分裸露铝包皮，也应以半重叠方式绕包两层自粘性塑料带，以防止腐蚀。

709. 怎样判断电缆头的制作质量好坏？

敷设电缆时，两端要与电气设备或线路连接，长度不够的各段电缆又要相互连接，通常把电缆线路的末端接头叫做终端头，电缆线路相互连接的接头叫做中间接头，二者总称为电

www.plcworld.cn

缆头。运行经验证明，电缆头是电缆线路的薄弱环节，电缆线路故障约有50～60%发生在电缆头上，因此。电缆头的制作质量对电缆线路的安全运行起着举足轻重的作用，一般可从以下几方面来判断电缆头的质量好坏：

(1)密封性能是否良好　要求电缆头既能够防止周围环境的潮气和导电介质侵入电缆内部，又保证电缆内的绝缘油不泄漏。

(2)机械强度是否足够　强度高的电缆头可抵御线路上可能受到的机械应力，以适应各种运行条件。

(3)导体连接是否紧密可靠　电缆头应保证电缆芯线与压接管连接紧密可靠，接触电阻既小又稳定。否则，连接处的绝缘性能会因过热而变坏。

(4)电气绝缘强度是否高　电缆接头的绝缘强度不应低于电缆本身的电气强度，并且要有一定的绝缘裕度，以满足各种工作状态下安全运行的要求。

710. 怎样配制环氧树脂涂料和浇注料？

在10千伏及以下电缆线路上，通常使用环氧树脂电缆终端头，其密封质量的好坏与涂包质量密切相关，而涂包质量又主要取决于涂料和浇注料的质量。可见，正确配制涂料和浇注料对保证电缆头的密封质量起着重要的作用。

涂料和浇注料的主要成分是环氧树脂、固化剂、增韧剂和填料，将这些成分按一定比例调和混匀并加热就可使用。几种涂料和浇注料的配比见表8-19。

配制时，先将环氧树脂在120℃的烘箱中干燥两小时，然后与增韧剂和填料拌匀，将这种搅匀的混合物加热到一定温度(表8-19)，最后倒入固化剂，迅速搅拌均匀即可使用。制作一只电缆头一般需要配料2～3次，随配随用。

www.plcworld.cn

配制过程中，应防止灰尘、杂物和潮气侵入；配制后应取样进行耐压试验，试验合格才可使用；环氧树脂有毒，配制时应戴口罩等防毒器具，接触环氧树脂的皮肤应及时冲洗干净。

表 8-19　环氧树脂涂料和浇注料的配方

配方编号		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
材料名称		涂料配比（重量比）					浇注料配比（重量比）				
环氧树脂	E-44（51、42）	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
固化剂	聚酰胺树脂 651#（650#）	40（80）					10（80）				
	β-羟乙基乙二胺		16					20			
	多乙烯多胺			15～17					16～18		
	四乙烯五胺				10～12					12～15	
	三乙烯四胺					9～10					11～13
增韧剂	邻苯二甲酸二丁酯		10～15	10～15	10～15	10～15		15～20	15～20	15～20	15～20
	（聚酰树脂 304#）		（20）	（20）	（20）	（20）		（20～25）	（20～25）	（20～25）	（20～25）
填料	石英粉 180～270 目						100～150	100～150	100～150	100～150	100～150
加入固化剂时环氧混合物温度，℃		30～50	20～40	30～50	30～50	30～50	50～70	30～50	48～55	48～55	48～55

711. 怎样安装 1 千伏塑料电缆的中间接头？

1 千伏塑料电缆的中间接头（图 8-25），可按下述步骤安装：

（1）将电缆摆平拉直，确定接头中心位置。

（2）套上塑料接头盒，盒体两端螺盖应分别套在待连接的两根电缆上。

（3）剖塑料护套，剖去的长度为：

www.plcworld.cn

电缆截面，毫米^2	自剖切的中心起两端各长，毫米
50 及以下	200
70～120	230
150～240	250

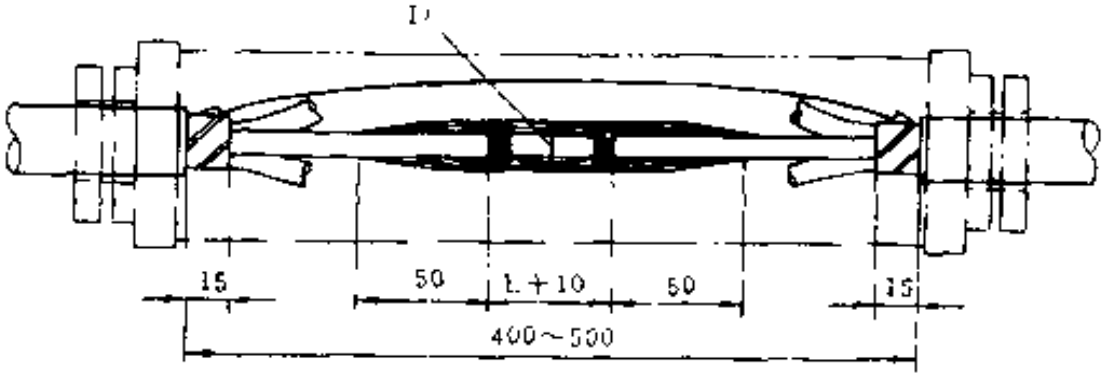


图 8 25　1 千伏塑料绝缘电缆的中间接头

(4)在离剖塑口 15 毫米处锯齐钢皮，用透明聚氯乙烯带将钢皮口扎紧。

(5)扎好临时“分架木”(固定线芯用)和弯电缆芯角尺，锯齐线芯。

(6)切去芯线绝缘，使导体露出部分为接管长度的一半加 5 毫米。

(7)接管压(焊)接后，用砂纸打光擦净，拆除“分架木”。

(8)用透明聚氯乙烯带绕包绝缘，绕包总长度为接管长度加 110 毫米，绕包绝缘的外径 D 为接管外径加 8 毫米。

(9)在绕包绝缘的外面缠绕两层聚氯乙烯胶粘带。

(10)将线芯合并，用透明聚氯乙烯带绕紧，全部绕包三层。

(11)用接地线锡焊连接两端钢皮。

(12)将接头盒移至接头中央，垫好两端橡皮垫圈，拧紧两端螺盖。

(13)往接头盒内浇注 1 号绝缘胶，浇满后将浇注口封盖

www.plcworld.cn

拧紧。浇注时应控制绝缘胶的温度，一般略高于绝缘胶固化温度即可，以免影响内部绝缘。

712. 怎样安装1千伏塑料电缆的室内和室外终端头？

1千伏塑料电缆的室内和室外终端头的结构完全相同（图8-26）。其安装步骤如下：

（1）用剖塑刀割去需要剖塑长度上的聚氯乙烯护套。

（2）在离剖塑口20毫米处将钢皮锯齐，并用透明聚氯乙烯带将钢皮口扎紧。

（3）将接地线扣在钢皮上，并用锡焊连接。

（4）套进聚氯乙烯手套，手套下口用透明聚氯乙烯带封口，外面再包两层黑色聚氯乙烯带。

（5）用透明聚氯乙烯带封住手套指口。

（6）用电缆抱箍固定终端头。

（7）压接铜（铝）鼻子，用透明聚氯乙烯带封住铜（铝）鼻子下口，以防止水分侵入线芯内。

（8）从铜（铝）鼻子下口起至手套三叉口，绕包两层黑色聚氯乙烯带。

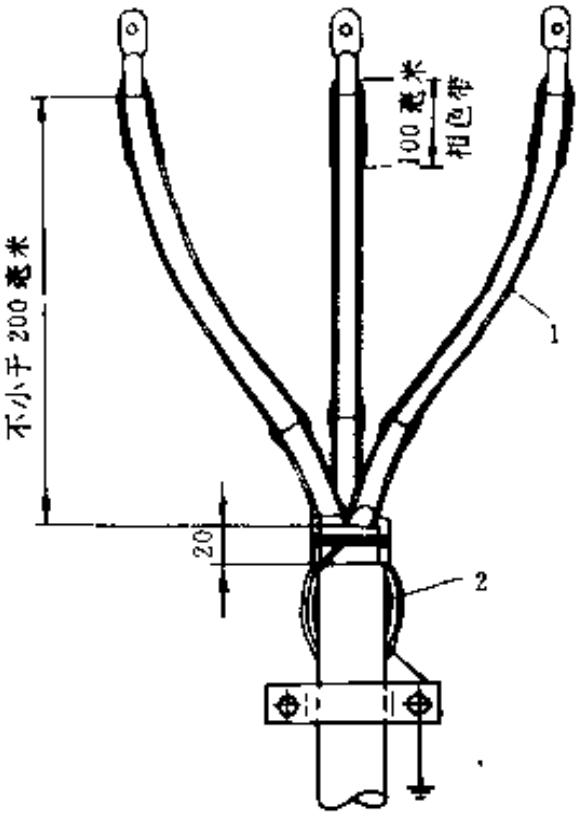


图8-26　1千伏塑料电缆的室内（外）终端头

1. 外包两层黑色聚氯乙烯带　2. 用聚氯乙烯带封口后外面再包两层黑色聚氯乙烯带

（9）在终端头尾线顶端绕包100毫米相色带，带的末端可用直径为1.25毫米的镀锡铜线扣牢。

www.plcworld.cn

713. 在电缆头的安装中怎样手工绕包绝缘?

手工绕包绝缘是电缆头安装中的关键工序之一,它对电缆的安全运行起着重要作用。为了保证安装质量,绕包过程中应注意以下几点:

(1)对绝缘带要进行除潮处理,通常将加热到120～130℃的电缆油倒入置放包带的桶中,使包带全部浸没,数分钟后,将油倒出,如此再重复一次。

(2)电缆剥切部分用加热到150℃的电缆油冲洗,以除去绝缘表面的潮气和污垢。

(3)采用半重叠法绕包,每层都应包得紧密,绕包后应涂抹电缆油。

(4)对屏蔽型和分相铅(铝)包电缆,在绕包绝缘前,应将屏蔽层(包括半导体绝缘纸)剥至剖铅口外5毫米,在绝缘带外层应绕包金属屏蔽层。金属屏蔽层可用0.02毫米厚的铝箔绕包,外用两根直径为1.22毫米的镀锡铜丝疏绕扎紧,并将镀锡铜丝在铝包两端用焊锡焊牢。

(5)注意保持工作地点的清洁,防止水分和灰尘落入绝缘内;绕包绝缘时,操作者应戴乳胶手套,以免手汗沾在绝缘上。

714. 电力电缆需要分支怎么办?

当一条电缆同时直接连接两个或两个以上的受电端时,一般采取以下三种分支办法(图8-27):

(1)安装分支接头　通常是一条电缆与另两条电缆相接(通称"T"形接头)。铜芯电缆线芯的分支连接,需采用特制的接管,然后浇焊锡连接;铝芯电缆线芯的分支连接,可采用铝压接管,此压接管一端的内径随一条电缆线芯的截面而定,另一端的内径随其他两条电缆线芯截面之和而定。

分支接头的绕包绝缘,可将一端为两根电缆的线芯合并

www.plcworld.cn

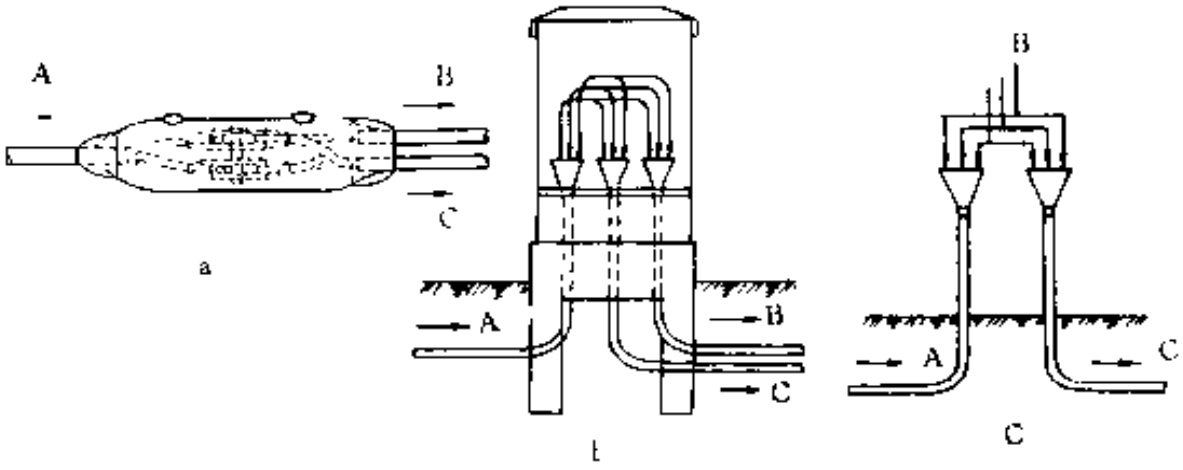


图 8-27　一条电缆同时连接两个受电端的情形

a. 分支接头　b. 分支箱　c. 电缆环入

在一起，按一般中间接头的办法来绕包。

(2)设置分支箱　分支箱一般为铁箱，里面可安装 3～4 个室内式电缆终端头。当一条电缆发生故障或者需停用时，可在分支箱内将该电缆终端头的尾线拆开，让其他电缆正常送电。此外，也有用电缆分接箱的，可有一条进线电缆，两条及两条以上的出线电缆，均用开关切合。

(3)电缆环入　当电网变、配电所以两路出线对若干用户供电时，采用电缆环入形式，实际上就是对用户环形供电，即对每一用户都提供双电源。

以上三种分支办法各有利弊，要因地制宜选用。一般来说，分支接头较经济，但安装和检修都不方便；电缆环入运行比较灵活，供电可靠性较高，检修也较方便，但投资较大；分支箱的优缺点则介于上述二者之间。

715. 怎样确定电缆线路的接地部位和如何装设接地线？

通常，电缆线路的以下部位应进行接地：

(1)如果电缆敷设在地下室，其两端均应接地。

(2)在任何情况下，高压电缆两端都要接地。

www.plcworld.cn

(3)敷设在特别危险场所(潮湿、有导电粉尘或腐蚀性气体)的低压电缆,两端必须接地,其他场所可不接地。

(4)电缆外皮为非金属材料时,其支架必须接地;如果电缆外皮是金属材料,则其支架可不接地。

(5)截面为16毫米^{2}及以上的单芯电缆,为消除涡流,其外皮的一端应接地。

(6)两根单芯电缆平行敷设时,为了限制产生过高的感应电压,应在多点进行接地。

电缆线路的接地线,应按以下要求装设:

(1)电缆的金属护套、铠装层、电缆头外壳和法兰等,应使用导线与接地网联通;同时,上述金属构件在黄、绿、红三相之间以及同一相内这些金属构件之间也应使用导线相互联通。

(2)电缆分支箱处一般需装设两根接地线,将长2米、直径50毫米的钢管埋入地下作为接地极,并应满足《电力设备接地设计技术规程》的要求。

(3)下列各部分应使用导线相互联通:①终端头和中间接头的铅(铝)包皮和铠装;②分相铅(铝)包电缆的三相终端法兰、中间接头外壳和电缆铅(铝)包皮;③电缆人井中电缆接头和金属支架。

716. 怎样对电缆线路进行绝缘试验?

电缆线路的绝缘试验,一般在安装或检修竣工后和运行中分别进行。新敷设或检修后的电缆一般在投入运行前和运行两个月以后各进行一次试验,以后每年试验一次。其内容包括:

(1)测量绝缘电阻　通常在耐压试验前进行测量,1000伏及以上的电缆,可用2500伏兆欧表来测量其绝缘电阻是否合乎要求,各种电压级的电缆最低绝缘电阻值列于表8-20。

www.plcworld.cn

表 8-20　不同电压电缆的最低绝缘电阻值

电缆额定电压，千伏	3	6	10	20～35
绝缘电阻，兆欧	300～750	400～1000	400～1000	600～1500

(2)耐压试验　用直流电压进行试验，试验电压标准见表 8-21。

表 8-21　电缆直流耐压试验标准

电缆类型和额定电压，千伏		试验电压标准	
		交　接　时	运　行　中
油浸纸绝缘电缆	2～10 15～35	6 倍额定电压 5 倍额定电压	5 倍额定电压 4 倍额定电压
橡皮绝缘电缆	2～10	4 倍额定电压	3.5 倍额定电压
塑料绝缘电缆	35 10 6	按制造厂规定	85 千伏 25 千伏 15 千伏

试验持续时间为：交接时或重包电缆头时 10 分钟，运行中 5～10 分钟。

对 1 千伏以下电缆一般不作耐压试验。

(3)测量泄漏电流　在进行直流耐压试验的同时，用接在高压侧的微安表测量泄漏电流，其参考值如下：

35 千伏电缆在试验电压时的泄漏电流为 85 微安；10 千伏电缆为 50 微安；6 千伏电缆为 30 微安；3 千伏电缆为 20 微安。

泄漏电流三相最大不对称系数一般不应大于 2。对于 10 千伏以上的电缆，若泄漏电流小于 20 微安，其泄漏电流三相最大不对称系数不作规定。

www.plcworld.cn

717. 怎样测量电缆线路的绝缘电阻？

测量电缆线路的绝缘电阻，是判断电缆绝缘是否良好的最简便方法，一般使用兆欧表来测量，测量时应注意以下事项：

(1)试验前将电缆放电、接地，以保证安全和测试结果准确。

(2)兆欧表应放在平稳的地点，以免操作时用力不均匀而使兆欧表摇晃，导致读数不准。

(3)在兆欧表未与测量设备连接而空摇时，指针应指在"∞"位置。如果不在这一位置，就表明兆欧表受到碰撞，指针和线圈的位置改变或线圈已受潮，此时测得的电阻值是不准确的。

(4)电缆终端头套管表面应擦拭干净，以减少表面泄漏。如果表面泄漏严重而又不易排除(例如空气潮湿或套管表面受到侵蚀而不能擦净)，就必须利用兆欧表的屏蔽桩头，将表面绝缘完全撇开到兆欧表指示之外。此时自"屏蔽"桩头引出的导线应接在电缆芯的两端套管或绝缘上，而利用另一电缆芯作为屏蔽线的回路(图 8-28)，用金属软线在电缆终端头的套管上缠绕几匝(最好用一层薄金属箔包上)，再用导线接到兆欧表的屏蔽桩头上。

图 8-28　消除电缆两端表面泄漏的试验

www.plcworld.cn

(5)从兆欧表的火线桩头"L"接到被试设备上的一条引线的绝缘电阻，相当于与被试设备的绝缘电阻并联，因此要求该引线的绝缘电阻较高，并且不得拖在地上。

(6)操作兆欧表时，手摇发电机应以额定转速旋转(每分钟120转左右)。如果速度时快时慢，则指针就会晃动不定。

(7)在测量绝缘电阻兼测吸收比时，应先将发电机摇到额定转速，再把火线引线搭上，并从搭上时就开始计算时间。由于开始摇动时，发电机的速度从零逐渐上升，需要一定时间才能达到额定转速，所以电压也是逐步上升的。如果在摇动前就把线接好，则会使绝缘材料的吸收过程复杂化，得出的测量结果是不准确的。

(8)测量完毕或者需要再测量时，应将电缆放电、接地，电缆线路较长及其绝缘良好时，放电、接地时间不得少于1分钟。

(9)由于电缆线路的绝缘电阻值受许多外界条件的影响，所以在测试报表上应注明所有可能影响绝缘电阻值的条件(如温度、相对湿度、兆欧表电压等)。

测得的绝缘电阻值，虽可作为判断电缆线路绝缘状态的参数，但不可作为鉴定或淘汰电缆的依据。电缆线路能否投入运行，一般须通过直流耐压试验来确定。

718. 三条有金属外皮的三芯电缆在三相电路中并联使用时，可否将三根芯线接在同一相上？怎样连接才算正确？

不可以。如果三根芯线都接在同一相上，则三者都流过一相电流，导体周围将产生交变磁场，在金属外皮包上产生涡流。若通过电流较大，外皮将发热，使电缆温度增高，影响电缆线路的安全运行。

正确的接线方法是将三根芯线分别接在A、B、C三相上，

www.plcworld.cn

三条电缆都这样连接。此时每条电缆的三根芯线都分别通过A、B、C三相电流。电缆线路正常运行时，三相电位彼此相差120°，三相电流在外皮上的总磁通接近于零，外皮上产生的涡流很小，所以外皮不会发热，电缆温度也不会增高。

719. 怎样确定电缆的允许最高温度？

在电缆运行过程中，导体电阻、绝缘、铅(铝)包和铠装的能耗，会使电缆发热、升温，电缆运行温度如果过高，会导致绝缘性能变坏而缩短电缆的使用寿命，严重时还会酿成事故。

限制电缆的允许最高温度的主要目的是保护电缆的绝缘。通常，电缆的允许最高温度与其型式和额定电压有关。在一般情况下，电缆的额定电压越高，其允许最高温度就越低；充油电缆即使在较高温度下也不会产生游离，所以其允许最高温度较高；聚氯乙烯绝缘电缆的绝缘强度随温度的升高而降低较多，所以允许最高温度较低。我国生产的几种电缆长期允许工作温度如表8-22所示。

表8-22 国产电缆的长期允许工作温度

电缆型式	额定电压，千伏	长期允许工作温度，℃
粘性浸渍纸绝缘电缆	3及以下 6 10 20～35	80 65 60 50
不滴流纸绝缘电缆	6 10 20～35	80 65 65
橡皮绝缘电缆	6及以下	65
聚乙烯绝缘电缆		70
聚氯乙烯绝缘电缆		65
高联聚乙烯绝缘电缆	10及以下 20～35	90 80
自容式充油电缆	110～330	75

此外，当电缆线路在运行中发生短路故障时，短路电流会

www.plcworld.cn

在很短时间内造成导体温度急剧升高。这种情况下的电缆允许温度如表 8-23 所示。

表 8-23　短路时电缆的允许温度

电缆种类	短路时的允许温度，℃
粘性浸渍纸绝缘电缆	
10 千伏及以下	220
20～35 千伏	175
充油电缆	160
高联聚乙烯绝缘电缆	
铜线	230
铝线	200
聚氯乙烯绝缘电缆	120
聚乙烯绝缘电缆	140
天然橡皮绝缘电缆	150

注：如果线路中间有接头，其短路允许温度规定如下：

焊锡接头	120℃
压接接头	150℃

720. 怎样监测电缆线路的电压、负荷和温度？

在电缆线路的日常维护中，监测电缆的电压、负荷和温度，是及时发现和消除电缆缺陷，保证电缆线路正常运行的有效手段。在监测中应注意以下几点：

(1)为了防止电缆绝缘过早老化和确保电缆线路安全运行，电缆线路的正常工作电压一般不得超过其额定电压的15%。如果电缆线路升压运行，必须经过试验鉴定，并经上级技术主管部门批准。

(2)电缆线路的负荷电流不得超过规定的长期允许载流量。过负荷对电缆的安全运行有很大危害，所以应经常测量和监视电缆的负荷，以便出现异常情况时紧急调荷、减荷，确保电缆不超载运行。各种电缆的长期允许载流量一般可从电工手册和有关电工参考书中查到。

www.plcworld.cn

(3)发生事故时,允许电缆短时间过负荷,但应符合下列规定:①3千伏及以下电缆,允许过负荷10%,不得超过2小时;②6～10千伏电缆,允许过负荷15%,也不得超过2小时。

(4)电缆线路的运行管理部门除了经常测量电缆的负荷外,还必须测试电缆外皮的温度,以判断电缆有无过热现象。通常,应在负荷最大时和散热条件最差的线段进行测量。

(5)电缆周围的土壤温度,在任何时候都不得高于本地段其他地点同样深度的土壤温度10℃以上。

(6)电缆终端头的引出线连接点,在长期负载下,其接触电阻会增大。由于接点的接触电阻增大而导致过热,最终接点会烧坏,特别是发生故障时,接点处流过较大的故障电流,更会烧毁接点。因此,运行人员必须经常测量接点的温度。测量接点温度,是检查接点质量的一项有效措施。一般可用红外线测温仪或测温笔进行测量。

721. 怎样巡视检查直埋电缆线路、沟道和隧道内的电缆线路?

巡视检查直埋电缆线路,应注意以下各项:

(1)路径附近地面是否进行土建施工,是否挖掘取土。

(2)线路标桩是否完整齐全。

(3)沿线路地面上是否堆贮矿渣、瓦砾和其他垃圾,是否堆放笨重物件、砖瓦、石灰和其他建筑材料。

(4)线路附近有无酸、碱等腐蚀性排泄物。

(5)露出地面的电缆保护钢管或支架,有无锈蚀、移位现象,其固定是否牢固可靠。

(6)引入室内的电缆穿管处是否封堵严实。

沟道和隧道内的电缆线路的巡视检查,包括以下内容:

(1)门锁是否完备,出入通道是否畅通,沟道的盖板是否

www.plcworld.cn

完整齐全。

(2)沟道和隧道内有无积水或杂物，墙壁有无裂缝和是否渗漏水，电缆沟进出房屋处有无渗漏水现象。

(3)电缆支架是否牢固，有无锈蚀现象；支架上有无搁伤或蛇行擦伤。

(4)管口和挂钩处的电缆铅包是否损坏，铅衬是否失落。

(5)电缆铠装是否完整，涂料是否脱落，裸铅(铝)包是否龟裂、腐蚀。

(6)线路铭牌、相位颜色和标示牌是否脱落。

(7)全塑电缆有无被鼠咬伤痕迹。

(8)对充油电缆要取油样进行油压试验，并定期抄录油压值；对单芯电缆要测量护层的绝缘电阻。

(9)检查接地是否良好，接地线是否合乎标准，必要时要测量接地电阻。

(10)防火和通风设备是否完善、齐全，并记录温度。

(11)隧道内的照明设施是否完好。

722. 怎样检查纸绝缘电缆是否受潮？

在纸绝缘电缆的运输、贮存和施工中，由于端头密封不良、浸水等原因，电缆端部的绝缘往往受潮。如果将受潮的纸绝缘电缆接入电网，由于绝缘强度下降，容易造成绝缘击穿事故。因此，在敷设电缆和制作接头时，应检查电缆端部绝缘是否受潮。如果发现受潮，则应从受潮部位起一小段一小段地切除，至试验合格为止。

检查纸绝缘电缆是否受潮的方法是：将电缆芯松开，使绝缘纸处于自然状态，然后将其浸入150～160℃的电缆油(或变压器油和松香的混合剂)中，如果产生"哔啪"爆破声，则说明绝缘受潮。此外，也可用清洁干燥的工具剥开铅包，撕下几

www.plcworld.cn

条绝缘纸，用火柴点燃，如果发出"嘶嘶"声并出现白色泡沫，也说明电缆受潮。

723. 怎样防止高位差垂直安装的电缆发生铅包龟裂事故？电缆终端头下部铅包龟裂怎么办？

为了防止高位差垂直安装的电缆发生铅包龟裂事故，除了要求电缆制造厂改进铅包成分以增大铅包的机械强度外，安装和运行维护部门可采取以下预防措施：

(1)将电缆终端头的焊封改为压装或卡装。

(2)在终端头以下的电缆铠装与终端头之间加装一悬吊式固定夹子。

(3)适当增加固定电缆的支架夹子，使夹了之间的电缆受力均匀。

(4)施工和检修人员攀登杆塔时，不许强拉电缆，特别是截面较小的电缆。

电缆终端头下部铅包龟裂事故，多发生在高位差垂直安装的电缆头下面。一旦发现，应先鉴定缺陷的严重程度，如果尚未全部裂开，也无渗漏现象，可采用以下两种办法处理：

(1)用封铅法加厚一层。

(2)用环氧树脂带包扎密封。环氧树脂带，是指制作环氧树脂终端头时所使用的无碱玻璃丝带上涂环氧树脂涂料(不使用石英粉填充剂)的带子，操作简便，较为实用。通常，可在不停电情况下进行密封处理，操作人员只要保持对带电设备的安全距离即可。

724. 充油电缆及其附件的电缆油介损不合格怎么办？

充油电缆由于制造质量不佳或经多次倒运，常出现电缆油介损不合格现象。此时可使用经脱气处理的合格油进行冲洗置换。冲洗油量应不小于2倍油道的油容量，冲洗后隔五昼

www.plcworld.cn

夜取油样化验，若仍不合格，则需再次冲洗，直至合格为止。

电缆在倒运中由于盘上压力箱管路漏气而进入空气，但尚未受潮进水，也可用冲洗置换法处理。

如果电缆接头的油质不合格，可在大气压下冲洗，冲洗的方法是：先由电缆两端来油冲洗，然后在上油嘴接压力箱，下油嘴放油冲洗，冲洗油量约为 2～3 倍电缆头内的油量。如果电缆终端头的油质不合格，因油量较大，不宜作上述冲洗处理，可将终端头内的油放空，重新进行真空注油。

无论采用哪种方法，都应注意两点：第一，必须使用合格的油置换不合格的油；第二，冲洗或放出的油不可抛弃，而应进行再生处理，以供继续使用。

725. 电缆绝缘击穿的原因是什么？怎样防止电缆绝缘击穿？

电缆绝缘击穿一般有以下几方面的原因：

(1)机械损伤　在电缆绝缘击穿事故中，机械损伤所占比例很大，常见的原因有：①直接受外力作用而损伤，如重物由高处掉下砸伤电缆，挖土不慎误伤电缆；②敷设时电缆弯曲过大使绝缘受伤，装运时电缆被严重挤压而使绝缘和保护层损坏；③直埋电缆因地层沉陷而承受过大拉力，导致绝缘受损，严重时甚至拉断电缆。

(2)电缆头发生故障　终端头和中间接头是电缆线路的薄弱环节，由于施工不良和使用的材料质量较差，电缆头发生故障而导致绝缘击穿。

(3)绝缘受潮　电缆绝缘受潮的主要原因是：①由于电缆头施工不良，水分侵入电缆内部；②由于电缆内护层破损而使水分侵入，如内护层直接受机械损伤；铅包电缆敷设在振源附近，因长期振动而产生疲劳龟裂；电缆外皮受化学腐蚀而产生

www.plcworld.cn

孔洞；由于制造不良，铅包上有小孔或裂缝。

(4)过电压　由于大气过电压或内部过电压而引起绝缘击穿，特别是系统内部过电压往往造成多根电缆同时被击穿。

(5)绝缘老化　在电缆的长期运行过程中，由于散热不良或过负荷，导致绝缘材料的电气性能和机械性能均劣化，结果绝缘变脆和断裂。

通常，可采取以下措施来防止电缆绝缘击穿：

(1)防止机械损伤　架空电缆，特别是沿墙敷设的电缆，应予以遮盖。厂内动土工程，应办理由动力部门签字的动土证；对厂外电缆线路，应加强巡视检查，及时制止在电缆线路附近的挖土、取土行为。

(2)提高电缆头的施工质量　由于气泡和水分对电缆头绝缘的耐压强度影响很大，所以在电缆头的制作、安装过程中，绝缘包缠要紧密，不得出现空隙；环氧树脂和石英粉使用前，应严格进行干燥处理。由于终端头附近的电场分布很不均匀，铅套边缘处的电场强度最大，所以应加强该处的绝缘。

(3)严防绝缘受潮　工厂内的电缆线路，由于电缆铅包被腐蚀而导致绝缘受潮击穿的事故时有发生，所以应加强电缆外护层的维护，每隔 2～3 年应在外护层上涂刷一次沥青。

(4)搬运电缆应细心、敷设电缆应保证质量　搬运电缆时应避免挤压电缆，敷设时电缆弯曲不可过度，以免损伤内部绝缘。对于油浸纸绝缘电缆，在安装中应特别注意两端的高低差不得超过规定值。否则，低端因油的积聚而使铅皮胀裂，造成漏油；高端由于缺油而干枯，使这部分电缆的热阻增加，介电性能变坏，引起纸绝缘焦化而击穿。此外，由于高端电缆缺油，终端头处产生负压，易于吸入潮气，从而使电缆端部受潮，引起击穿事故。

www.plcworld.cn

726. 铠装电缆的铅包皮与钢带怎样接地？

铠装电缆的铅包皮与钢带之间一般有一层浸渍沥青的黄麻，以保护铅包皮不受化学腐蚀。但是，当电缆发生故障时，铅包皮带电，铅包皮与钢带之间产生电位差，可能击穿黄麻，并产生电弧，在铅包皮上烧成孔洞，从而破坏电缆的密封性。为了防止出现这种现象，通常使用截面不小于 10 毫米^2 的多股软铜线焊接在铅包皮和钢带上，然后再接地。

727. 怎样确定电缆线路的故障性质？

电缆线路的故障性质，一般可分为两类：

(1)由于缆芯之间或缆芯与护层之间的绝缘损坏，因而形成单相接地或相间短路。

(2)由于缆芯的连续性破坏，因而完全断线或不完全断线。

通常，可使用 500～1000 伏兆欧表来测试电缆，以确定故障属于哪一类。测试的方法是：在电缆线路的两端用兆欧表分别测量各芯线与铅包之间以及各芯线之间的绝缘电阻(图 8-29a、b)；然后把电缆一端的所有缆芯都短接并接地，在另一端分别对各缆芯进行测量，以确定各缆芯是否完好(图 8-29c)。

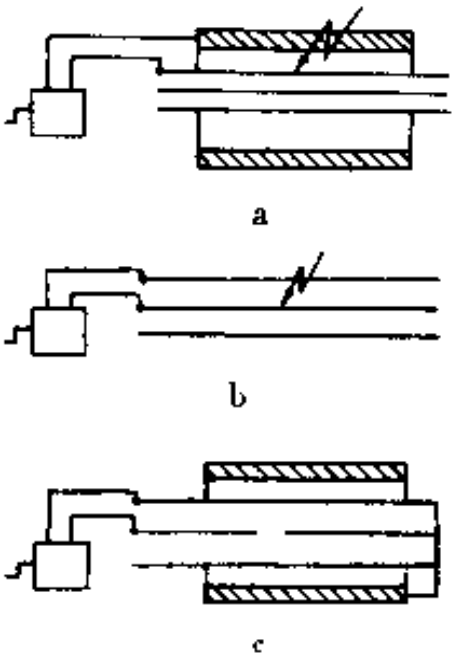


图 8-29 电缆故障性质的确定

a. 单相接地 b. 相间短路 c. 完全断线

728. 怎样测寻电缆的高电阻接地故障点？

电缆的高电阻接地故障，是指导体与铅护层或导体与导体之间的绝缘电阻值远低于正常值，但却大于 100 千欧，且芯

www.plcworld.cn

线连续性良好。

测寻高电阻接地故障点的方法有高压电桥法、一次扫描示波器法和加压烧穿后的其他方法。当故障点可以烧穿时，应尽量采用烧穿法将高阻故障转化为低阻故障，然后按低阻故障测寻法进行测量；当为闪络性故障时，可用一次扫描示波器（即闪测仪）法测寻；稳定的高阻故障，必须用高压电桥法测寻。

高压电桥法测寻高阻接地故障原理接线图如图 8-30 所示。由于故障点电阻大，所以必须使用高压直流电源（如耐压试验用的整流设备），以保证通过故障点的电流不致太小。桥臂电阻为 100 等分的 3.5 欧左右的滑线电阻，电桥所加电压可掌握在 10～20 千伏，微安表的指示控制在 10～20 毫安之间，故障点至测量端的距离可由下式计算：

$$X=2L\frac{C}{100}$$

调换图 8-30 中故障芯线与完好芯线的位置，称为反接测量法，此时

$$X=2L\left(1-\frac{C}{100}\right)$$

式中　C 为滑线电桥读数；

　　L 为电缆线路长度。

测量高阻接地故障应注意以下几点：

（1）由于各种测量仪器仪表均处于高电压下，必须与地可靠绝缘；操作人员应戴绝缘手套，用绝缘杆操作，并与高压引线等保持一定距离。

（2）同一根电缆中不测量的缆芯也必须可靠接地，以防感应产生危险高压。

www.plcworld.cn

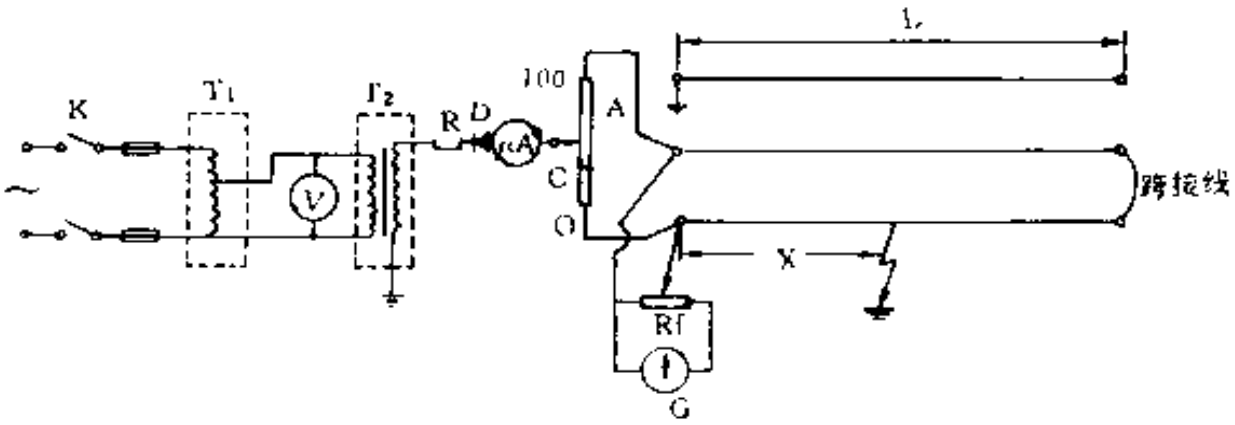


图 8-30　测量高电阻接地故障接线图

A. 电桥电阻　G. 检流计　R_f. 检流计分流器　D. 高压硅堆　R. 限流保护电阻　μA. 微安表　V. 电压表　T_1. 调压器　T_2. 高压试验变压器　K. 开关

(3)测量时应逐渐加压。如果发现电流表指针晃动或发现闪络性故障，应立即停止测量，以免烧坏仪表。

(4)当用正接法测量完毕而需更换接线时，必须降低电压，切断电源。只有将回路中残存的电荷放尽，才可调换接线端子进行反接法测量。

729. 怎样测寻电缆的单相低电阻接地故障点？

电缆的单相低电阻接地故障，是指电缆的一根芯线对地的绝缘电阻低于 100 千欧，但芯线连续性良好。对单相低电阻接地故障，一般采用回线法定点，使用的测量仪表主要有单臂电桥、双臂电桥，也可使用自制的滑线电桥或成套的电缆探伤仪(如 QF1-A 型电缆探伤仪)。

回线定点的原理接线图如图 8-31 所示。测量时使故障芯线与另一完好芯线组成测量回路，回路一端用跨接线跨接，另一端接电源、电桥和检流计。接通电源 E，并调节电桥电阻 C，当电桥平衡时，则有

$$A : C = (2L - X)\rho_1 : X\rho_2$$

www.plcworld.cn

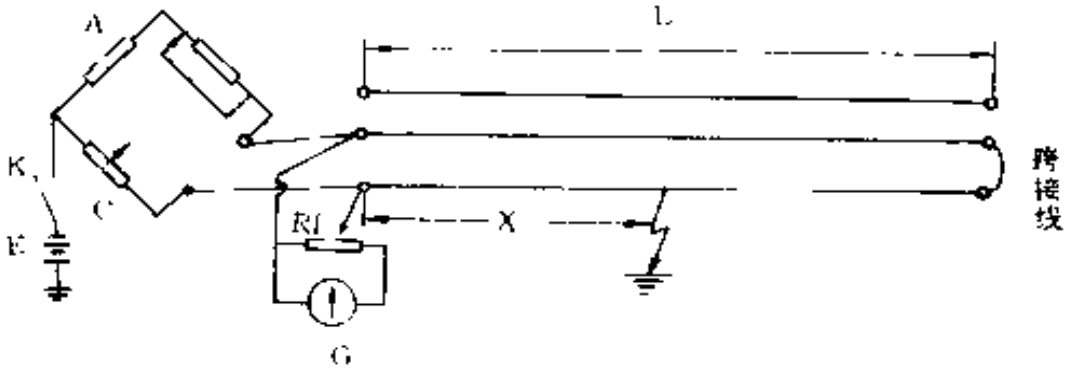


图 8-31　测量单相接地故障原理接线图

A、C. 电桥臂电阻(C 为可调)　G. 检流计　R_f. 检流计分流器　E. 直流电源　K. 开关

当电缆芯线材质和截面相同时，$\rho_1=\rho_2$，简化后可得

$$X=2L\frac{C}{A+C}$$

式中　X 为测量端至故障点的距离，米；

L 为电缆总长度，米；

A、C 为电桥电阻臂读数。

如果损坏的缆芯和良好的缆芯在电桥上的位置相互调换，则可得

$$X=2L\frac{A}{A+C}$$

上述两种接法，前者叫做正接法，后者叫做反接法。在正常情况下，两种接线测量的结果应相同，误差一般为 0.1%左右。如果误差大于 0.1%或 $X>\frac{L}{2}$，应将测量仪表移至线路的另一端进行测量。

回路法定点应注意以下几点：

(1)跨接线的截面应与缆芯截面接近；跨接线应尽可能短，并与缆芯紧密连接。

www.plcworld.cn

(2)测量回路应尽量绕开分支箱或变、配电所，而且越短越好。

(3)直流电源的电压不宜低于 1500 伏，或使用具有直流放大功能的 QF1-A 型探伤仪，以保证检流计偏转灵活，测量结果准确。

(4)直流电源的负极应经电桥接至电缆导体，正极接电缆内护层并接地。

(5)测量时操作人员应站在绝缘垫上，同时桥臂电阻、检流计、分流器等也应置于绝缘垫上。

730. 怎样测寻电缆线路两相短路故障点和三相短路故障点?

测寻电缆线路两相短路故障和三相短路故障的原理，与测量单相接地故障的原理基本相同，只是接线稍有变化。

(1)两相短路故障测寻　其接线方法如图 8-32 所示。测寻时可将任一故障芯线作接地线，另一故障芯线接电桥。计算公式与测寻单相低电阻接地故障点相同。

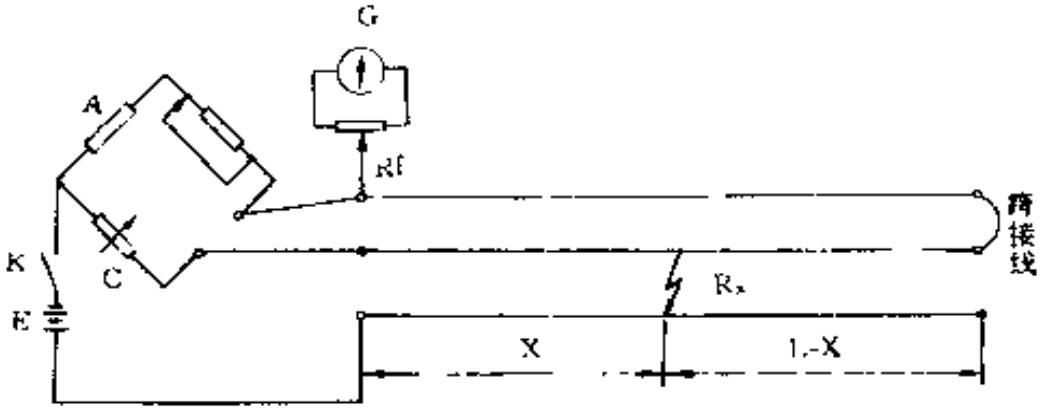


图 8-32　测量两相短路故障原理接线图

(2)三相短路故障测寻　测寻三相短路故障，必须借用其他并行的线路或装设临时线路作为回路。装设临时线路时，对材质和截面无严格要求，但必须精确测量该线路的电阻，其接

www.plcworld.cn

线如图 8-33 所示。计算公式为

$$X=L\frac{C}{A+C+R}$$

式中　R 为临时线的单线电阻值，其余符号的意义与测寻单相低电阻接地故障点相同。

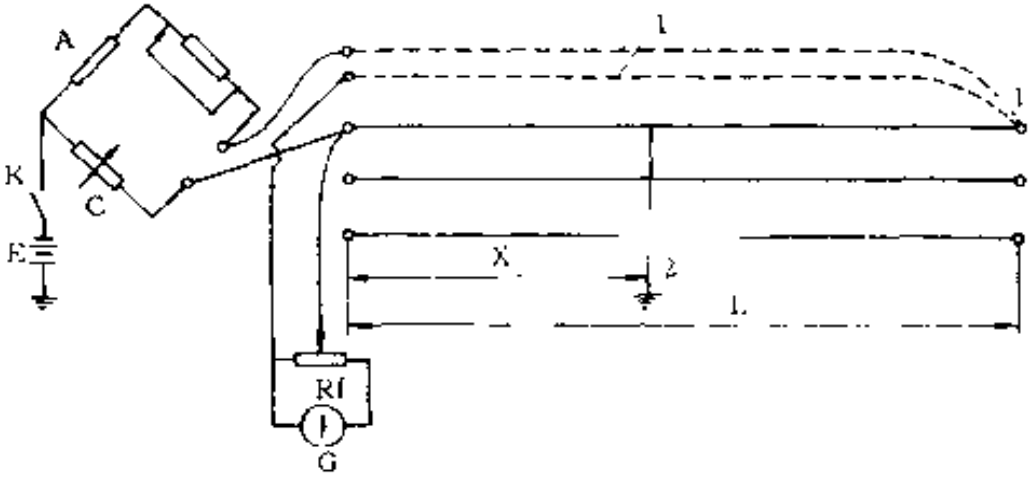


图 8-33　用临时线测量三相接地故障

1. 临时线　2. 故障点

731. 电缆发生接地故障或短路崩烧怎么办？

电缆发生接地故障，可能是以下原因引起的，可采取相应措施予以处理：

(1)地下动土刨伤，损坏绝缘。可挖开地面，修复绝缘。

(2)人为的接地线未拆除。拆除接地线即可。

(3)负荷大、温度高，造成绝缘老化。可调整负荷，采取降温措施，更换老化的绝缘，必要时更换绝缘严重老化的电缆。

(4)套管脏污、有裂纹造成放电(室外受潮或漏进水)。可清洗脏污的套管，更换有裂纹的套管。

如果电缆短路崩烧，一般可从以下几方面查找原因：

(1)设计时电缆选择不合理，动、热稳定度不够，造成绝缘损坏，发生短路崩烧。

www.plcworld.cn

(2)多相接地,或者接地线、短路线未拆除。

(3)相间绝缘老化和机械损伤。

(4)电缆头接头松动(如铜卡子未卡紧)造成过热,接地崩烧。

第(1)项原因须经主管部门研究处理,一般是修复后降低电缆负荷,使线路继续运行;第(2)、(3)、(4)项原因,查明后可采取相应措施予以处理。

732. 怎样防止电缆终端头套管的污闪事故?

通常,可采取以下措施来防止电缆终端头套管表面发生污闪事故:

(1)定期清扫套管　一般可在不停电情况下用绝缘棒刷子带电清扫,停电时则进行较彻底的清扫。带电清扫所使用的绝缘棒刷子,应完全符合绝缘要求,并且按规定的制度保管,不得任意使用不合格的刷子。

(2)用水冲洗套管　此项作业通常带电进行,分大水量冲洗和小水量冲洗两种。由于用水冲洗须具有水泵等设备,并对水质有严格要求(水的电阻率不得小于 1500 欧/厘米),所以只有具备这些条件的单位才可使用水冲洗套管。

(3)增涂防污涂料　在停电或带电条件下,在终端头套管表面增涂一层 294、295 有机硅树脂涂料,可以取得较好的防污效果,这种涂料的有效使用期可达一年左右。但是,由于有机硅树脂的价格较高,一般只在污秽严重的地区才使用。

(4)采用较高等级的套管　将绝缘等级较高的套管应用于较低电压系统,虽然在经济上不合算,但在污秽严重地区具有良好防污效果。

733. 室外电缆终端头的铁匣胀裂或瓷套管碎裂怎么办?

铁匣胀裂是室外电缆终端头常发生的故障。过去发现铁

www.plcworld.cn

匣胀裂，一般都将其割去予以更换。实践证明，胀裂的铁匣修补后，完全可以满足运行要求。因为铁匣胀裂一般是内压过大造成的，胀裂后绝缘胶自缝中挤出，裂纹多在壳体最大直径部位，且方向往下，因此潮气不易大量侵入。

修补壳体以前，一般先检查终端头是否受潮，并进行直流耐压试验。如果受潮或绝缘强度不合格，则不进行修补，而应割掉予以更换。

修补铸铁匣胀裂的方法如下：

(1)除去渗出的绝缘胶，用汽油洗净裂缝。

(2)用钢丝刷除去裂缝和两边的铁垢，然后用汽油擦洗。

(3)用环氧泥填满裂缝。

(4)用薄铝皮按修补范围筑好外模，并用环氧泥嵌满模缝。

(5)取 6101 号环氧树脂 100 份、651 号聚酰胺 45 份(重量比)，加热后制成环氧树脂浇注料，将其灌入外模和壳体之间。

(6)待环氧树脂固化，就可检查修补效果。

室外电缆终端头的瓷套管，往往受机械损伤、尾线断线烧伤或由于雷击闪络而碎裂。为了节省资金，可不必更换终端头，仅仅更换损坏的瓷套管即可。更换的方法如下：

(1)拆除终端头出线连接部分的夹头和尾线，用石棉布包好未损坏的瓷套管。

(2)将损坏的瓷套管轻轻地用小锤敲碎并取出。

(3)用喷灯加热电缆头外壳上部，使沥青绝缘胶部分熔化。

(4)用合适工具取出壳内残留的瓷套管，清除绝缘胶，并疏通至灌注孔的通道。

www.plcworld.cn

(5)清洗缆芯上的碎片、污物，并包上清洁的绝缘带。

(6)套上新的瓷套管。

(7)在灌注孔上安装高漏斗，灌注绝缘胶。

(8)待绝缘胶冷却，即可装配出线连接部分的夹头和尾线。

734. 电缆终端盒发生爆炸起火的原因是什么？怎样防止电缆终端盒发生爆炸？

高、低压电缆末端与断路器、变压器、电动机等电气设备连接时，一般都将接头置于终端盒内，以保证绝缘良好、连接可靠、安全运行。各种终端盒由于各自的特点，常发生不同的故障，但结果都是绝缘被击穿，形成短路，发生爆炸，燃烧的绝缘胶向外喷出，往往引起火灾，导致设备损坏，甚至发生人身伤亡事故。以生铁终端盒为例，发生爆炸的原因是：

(1)电缆负荷或外界温度发生变化时，盒内的绝缘胶热胀冷缩，产生“呼吸”作用，内外空气交流，潮气侵入盒内，凝结在盒的内壁上和空隙部分，绝缘由于受潮，电阻下降而被击穿。

(2)终端盒内的绝缘胶遇到电缆油就溶解，在盒的底部和电缆周围形成空隙，绝缘因电阻下降而被击穿。

(3)电缆两端的高差过大时，低的一端的终端盒受到电缆油的压力，严重时密封破坏，绝缘也因电阻降低而被击穿。

(4)线路上发生短路故障时，在很大的短路电流作用下，绝缘胶开裂，密封破坏，潮气侵入后，与上述第(1)项的情况相同。

防止电缆终端盒发生爆炸的办法是：

(1)制作、安装终端盒时，严格按照工艺要求操作，以确保施工质量优良，密封性能良好，防止潮气侵入。

(2)对终端盒加强巡视检查，一旦发现盒内漏油，就立即

www.plcworld.cn

进行修理，防止泄漏油演变为爆炸事故。

735. 需要迁移电缆、中间接头或终端头怎么办？

对于已敷设并投入运行的电缆、中间接头或终端头，原则上最好不要移动，因为重复挖掘和移动，易使电缆和这些部件受到机械性损伤。但是，在实际工作中，已敷设好的电缆需要迁移的情况经常出现。例如，在企业的改、扩建工程中，往往需要变更电缆线路。实际上，迁移电缆、中间接头或终端头比新安装更麻烦，保护工作也要做得更完善。归纳起来，要注意以下几点：

(1)挖掘时，要防止外力损伤电缆。揭开电缆保护板后，就不得再使用风镐、铁锹、铁棒等尖锐工具，而应使用较迟钝的工具(如木锹、木刮板等)将表面土层轻轻挖去，以免伤及电缆外护层。对于一端接地的单芯电缆或铝包电缆，更应注意保护其外护层。

(2)移动电缆时，应按安全规程的要求，不使电缆弯曲半径过小；悬吊电缆头和电缆时，要注意绑扎结实，提升工具牢固可靠，特别是吊移终端头或中间接头时，不得扭伤封铅部分，不得使其受到较大的拉力。

(3)迁移后的安装位置，要重新测量，并修改图纸，特别是多条电缆平行敷设时，还要修正线路断面图。

(4)终端头变更位置后，要注意与电力系统连接的相位排列、接线标准等，切勿搞错相位，以免电缆不能并入系统运行或用户的电动机反向运转。

736. 为什么能带电迁移电缆或中间接头？怎样迁移？

一般来说，如果采取严格的安全措施，可以带电迁移电缆或中间接头。因为电缆的金属外护层一般是接地的，两个终端头的外壳也是接地的(单芯电缆一端接地的情况除外)，所以

www.plcworld.cn

电缆外护层的电位是零电位，只要迁移时不损伤电缆绝缘和导体不受到过大的拉力，遵照《电业安全工作规程》的有关规定，就可安全地迁移电缆或中间接头。

带电迁移电缆或中间接头，除按照735问"需要迁移电缆、中间接头或终端头怎么办？"所介绍的方法操作外，还要做到以下两点：

(1)迁移前对电缆和中间接头要逐条逐个地进行详细的调查分析，如电缆敷设的年份、运行情况和绝缘水平，接头的安装质量和使用哪种绝缘材料等。对于年久失修、绝缘老化、铅包腐蚀或接头盒内的绝缘胶(油)流失的电缆或中间接头，就不宜带电迁移。

(2)外护层一端接地的单芯电缆，其金属外皮有一定的感应电压，迁移时要防止感应电压造成人身触电或放电烧损外皮等事故。

737. 需要带电紧急修理伤损的电缆外皮怎么办？

在电缆线路的运行中，如果发现电缆外皮遭受机械性损伤或者外皮龟裂，是否带电进行紧急修理，要持慎重态度，要考虑人身和设备的安全。通常，如果电缆仅遭受一般的机械性损伤(仅擦破外皮而未损伤绝缘)，完全可以带电修理；如果绝缘受轻微损伤，基本上也可带电修复，但必须遵守现场运行检修规程的特殊规定，确保人身和设备的安全。此时应注意以下几点：

(1)要了解电缆的安装历史、运行情况和绝缘水平；电缆损伤的时间、损伤的原因、损伤的性质和现场情况。

(2)向调度部门了解供电情况、负荷大小、用电性质、保护设备运行情况。

(3)在装有自动重合闸保护装置的线路上应停用该装置。

www.plcworld.cn

(4)应由技术熟练的电工人员担任检修工作。

(5)一般应使用环氧树脂带修补,而不进行高温封焊。

738. 检修电缆线路时怎样切割电缆?

在电缆线路的检修中切割电缆以前,必须与电缆图纸仔细核对,确认该电缆无电才可进行切割。切割时,先用接地的、带有木柄的铁钎钉入电缆芯,扶木柄的人应戴绝缘手套,并站在绝缘垫上。切割电缆用的锯刀也应接地,其接地线可选用一根截面不小于 10 毫米^2 的柔软绝缘导线,一端接在临时接地装置上,另一端接到锯刀的金属部分上。切割人应站在干燥的木板上或绝缘垫上,戴好绝缘手套和护目镜进行操作。

由于电缆大多是多回路同时敷设,很难直接判定所切割的电缆是否停电,因此在操作中必须遵守带电作业的有关规定,以防万一弄错而造成人身触电事故。

739. 处理电缆故障后怎样做好收尾工作?

处理电缆故障后,应做好以下几项收尾工作:

(1)排除电缆故障后,应对电缆绝缘进行潮气试验和绝缘电阻试验。检验电缆绝缘潮气用油的温度一般为 150℃。对于油纸绝缘电缆,不得以半导体纸有无气泡来判断电缆绝缘有无潮气,而应以绝缘纸有无水分作为判断的标准;对于橡皮绝缘或塑料绝缘电缆,应以导线内有无水滴作为判断标准。

(2)电缆修复后,应核对相位和进行耐压试验。只有确认试验合格,才可将电缆重新投入运行。

(3)无论是电缆运行中发生故障或试验中发现故障,修理时割除的故障段,应妥为保存,以供分析研究故障原因之用。如果电缆故障属于制造缺陷,应提出证实缺陷的资料和报告,以便提交制造厂作为改进产品的参考资料;如果修理中无需割断故障段,则应在现场进行详细的分析研究,并做好记录。

www.plcworld.cn

(4)修理电缆后，除更改有关资料外，还必须填写故障测试结果和修理记录，并将这些记录存档备查。

740. 怎样敷设接户线？

接户线，是指从低压架空配电线路的电杆上接到用户室外第一支持点(如曲脚绝缘子)的一段线路。接户线是将电能输送和分配到用户的最后一段线路，也是用户线路的并端部分。敷设接户线，一般应满足以下要求：

(1)动力用户的接户线，可采用四根绝缘导线，其中三根导线的截面较大，一根中性线的截面可小些；照明用户的接户线，可采用两根截面相同的绝缘导线(较大的集体照明用户也有采用四根导线)。选用铜芯线时，截面不得小于 2.5 毫米^2，铝芯线的截面不得小于 4 毫米^2。

(2)低压接户线的线间距离不应小于表 8-24 所列值，高压接户线的线间距离不应小于 45 厘米。

表 8-24 低压接户线的线间距离

架设方式	档距，米	线间距离，厘米
由杆上引下	25 及以下	15
	25 以上	20
沿墙敷设	6 及以下	10
	6 以上	15

(3)接户线的档距不宜超过 25 米，超过 25 米时，应在档距中间加装接户杆。低压接户杆的档距不应超过 40 米。

(4)接户线在用户侧的最小对地距离为：低压接户线不得小于 2.7 米；高压接户线不得小于 4.0 米。接户线应从接户杆上引接，不得从档距中间悬空接线，接户线的两端均应牢固地绑在绝缘子上。

(5)接户线的引线方式，常见的有：直接从电杆上引到用户室外支持铁件上；利用已引到用户室外支持铁件上的接户

www.plcworld.cn

线，从墙壁或屋檐处加装支持铁件，再引到另一用户处。究竟选用哪种引线方式，随具体情况而定。

(6)接户线与上方窗户或阳台的垂直距离不应小于 0.8 米，与下方窗户的垂直距离不应小于 0.3 米，与下方阳台的垂直距离不应小于 2.5 米，与窗户或阳台的水平距离不应小于 0.75 米，与墙壁、构架的距离不应小于 0.05 米。

(7)接户线与广播线(或电话线)的交叉距离不应小于下列值：接户线在上面时，不应小于 0.6 米；接户线在下面时，不应小于 0.3 米。

(8)导线水平排列时，零线要靠墙敷设；导线垂直排列时，零线应敷设在最下方。从两个电源引入的接户线不宜同杆架设。

(9)不同规格、不同金属的接户线不得在档距内连接。跨越通车道路的接户线不得有接头。绝缘导线的接头必须用绝缘布包扎。

(10)在雷电活动频繁地区，应将接户线绝缘子的铁脚接地；敷设公共场所的接户线时，应将附近 1～2 基电杆上的绝缘子铁脚接地。

741. 怎样敷设进户线？

进户线，是指从室外支持铁件处接下来引到室内电度表或配电盘(室内第一支持点)的一段线路。进户线的敷设，应按以下要求进行：

(1)进户线的长度不宜超过 1 米；超过时应使用绝缘子在中间固定。室内一端应能够接到电度表接线盒内(或经熔体盒再进电度表接线盒内)；室外一端与接户线搭接后要有一定的裕度。进户中性线应有明显标志。

(2)进户点至地面距离大于 2.7 米时，应采用绝缘导线穿

www.plcworld.cn

瓷管进户，并使进户管口与接户线的垂直距离保持 0.5 米左右（图 8-34）。

（3）进户点至地面距离小于 2.7 米时，应加装进户杆（落地杆或短杆），采用塑料护套线穿瓷管或者采用绝缘导线穿钢管（或硬塑料管）进户（图 8-35）。

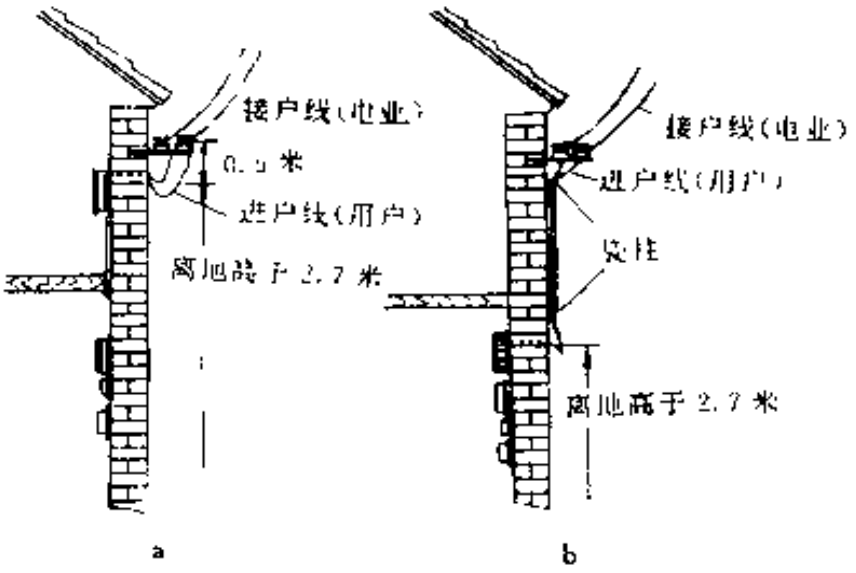


图 8-34　绝缘线穿瓷管进户

a. 穿瓷管进户　b. 瓷柱支持瓷管进户

（4）进户点至地面距离虽然大于 2.7 米，但与原来已加高的或由于安全要求必须加高的接户线垂直距离在 0.5 米以上时，应按图 8-36 所示方法使进户线与接户线相连接。此时接户线和进户线应采用绝缘良好的铜芯或铝芯导线，不得使用软线，也不得有接头。进户线的最小截面，当采用铜芯绝缘线时为 1.5 毫米^2，采用铝芯绝缘线时为 2.5 毫米^2。

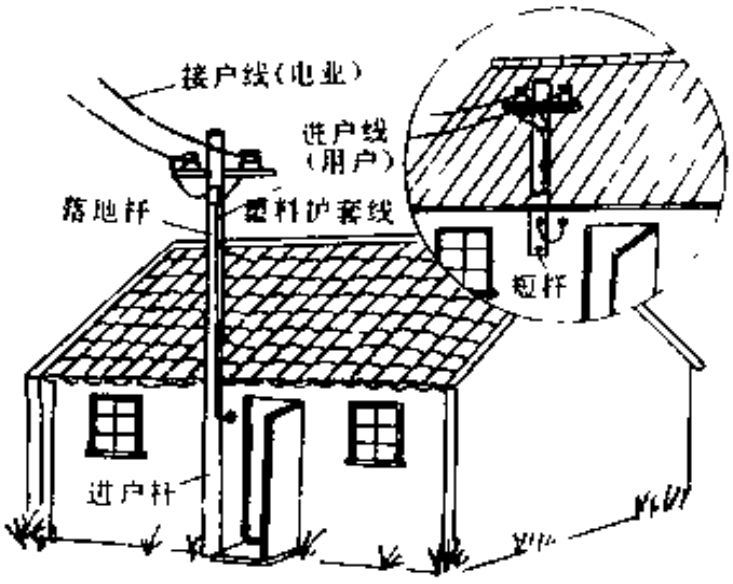


图 8-35　加装进户杆（落地杆或短杆）进户

www.plcworld.cn

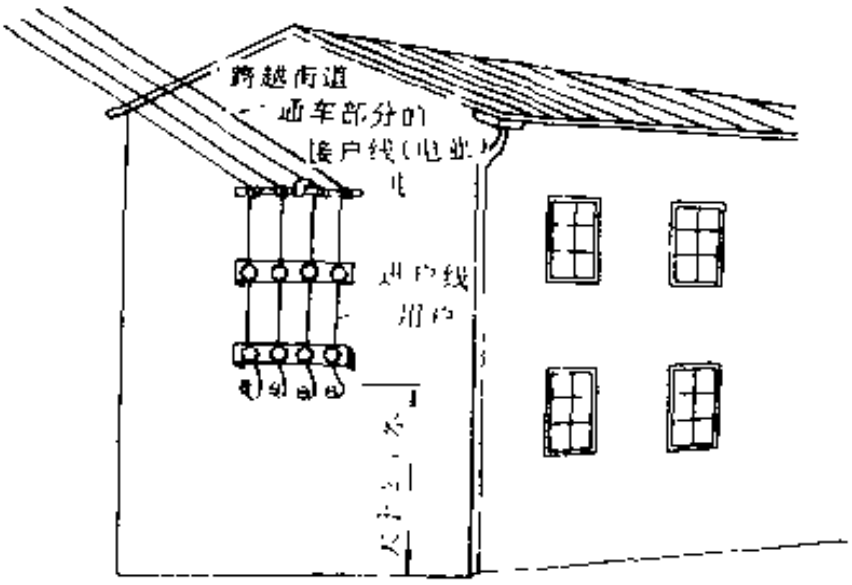


图 8-36　角铁加装瓷瓶支持单根绝缘线穿管进户

（5）选择进户线截面的原则是：对于电灯和电热负载，导线的安全载流量（安）≥所有电器的额定电流之和；对于接有电动机的负载，导线的安全载流量，应按对电动机供电的线路的工作电流来确定。

742. 母线按材质可划分为哪几种？怎样分类？

母线是用来汇集和分配电流的导体，所以也叫汇流排（俗称母排）。母线一般为裸导体，因为裸线散热效果好，允许通过的电流大，但为了保证安全，占用空间也较大。

母线按材质可分为以下三种：

（1）铜母线　导电性能好、电阻率小、机械强度高、耐腐蚀，但价格较高，一般仅用于大电流或有腐蚀性的配电装置。

（2）铝母线　其电阻率比铜稍大，导电性能和机械强度都次于铜，易腐蚀氧化，但质软而轻，易于加工和安装，且价格也较低，所以得到广泛应用。

（3）钢母线　钢的电阻率大于铜和铝，导电性能也比铜、铝差，尤其通过交流电流时，会引起磁滞、涡流损耗，电压降较大，且易生锈，但价格低、机械强度高，所以广泛用来作为接地母线。此外，工作电流不大于 200 安的少数小容量配电装置中

www.plcworld.cn

也使用钢母线。

母线分为硬母线和软母线两大类。硬母线按其截面形状不同可分为矩形母线、槽形母线、菱形母线、管形母线和实心圆母线等，其中矩形母线和圆母线应用较广；软母线一般为多芯绞线。

743. 怎样敷设裸母线供电干线？

金属加工车间、机械装配车间和机修车间等，按照环境特征分类，属于一般性厂房，即干燥房屋，没有火灾和爆炸危险，没有侵蚀性蒸汽或气体，粉尘也较少，因此这类车间的低压配电干线可采用裸母线明配线。敷设裸母线一般应按以下要求进行：

(1)裸母线可采用铜母线、钢母线或硬铝母线，根据厂房结构特点，既可跨工字形屋面梁、钢屋架、桁架，也可通过屋面梁洞敷设。

(2)为了防止母线因热胀冷缩产生变形而损坏设备，当铝母线长度大于 20 米、铜母线或钢母线长度大于 30 米时，母线间应加装伸缩补偿器(图 8-37)。

(3)安装时，首先用水平仪和铅锤校正构架位置，将瓷瓶装在构架上，然后将矫直的母线紧固在瓷瓶上。

(4)母线的连接，既可焊接，也可用螺栓紧固接头，母线安装就位之后，应涂以相色漆：交流母线的 A 相——黄色，B 相——绿色，C 相——红色；接地的中性线——紫色带黑横条，不接地的中性线——紫色。

(5)安装母线用的所有金属部件均应镀锌；母线与夹板连接时，应清除母线连接处表面的氧化层，并涂上工业凡士林。

(6)母线沿墙壁敷设时，支架间距不得大于 3 米；垂直安装时，每隔 2 米应设一固定支架。

www.plcworld.cn

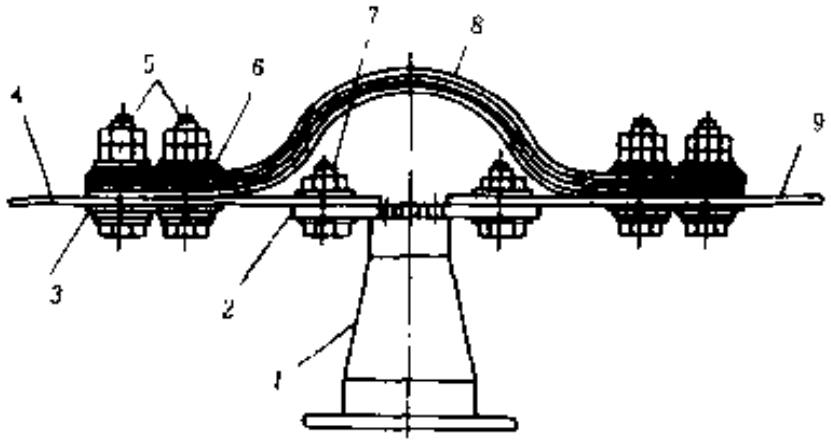


图 8-37　母线伸缩补偿器

1. 支持绝缘子　2. 盖板　3. 衬垫　4、9. 母线　5、7. 螺栓
6. 垫圈　8. 补偿器

(7)屋面梁的间距较大时，应设中间拉紧装置，而母线的端头则应设终端拉紧装置。拉紧装置的连接板宽度应为母线宽度加 55 毫米。

744. 怎样判断母线的安装质量是否符合要求？

如果母线安装符合以下标准，可判定母线的安装质量符合要求：

(1)母线排列顺序正确。

垂直　由上至下　O、A、B、C

水平　由内向外　O、A、B、C

引下　由左至右　O、A、B、C

(2)支架安装端正，瓷瓶牢固。

(3)母线表面无显著伤痕；焊口无裂缝，突出不太多，无凹陷。

(4)母线工作电流大于 1500 安时，母线夹板的螺栓为铜螺栓。

(5)夹板未将母线“夹死”，有 1～2 毫米间隙；母线每隔

www.plcworld.cn

20～30 米有一个伸缩补偿器(母线热胀冷缩时不致使瓷瓶受力)。

(6)母线搭头连接处平整,搭头长度不小于母线宽度;80 毫米×8 毫米母线的搭头处用 4 个 M12×35 镀锌螺栓固定,螺杆由下往上穿;接头接触紧密,接触部位涂有中性凡士林(或导电膏);有振动的接头加有弹簧垫。

(7)母线平弯时三相一致,立弯时(由内向外)第一相的外侧和第二相的内侧平行,煨弯处无扭翘现象。

(8)三相母线的焊口错开 50 毫米以上,一档内无三个以上焊口;搭头焊缝距弯曲处不小于 30 毫米,搭头处距瓷瓶和分支点不小于 50 毫米,弯曲处距瓷瓶不大于 0.25L(L 为两支持点间距)。

(9)分支线如果是导线,导线压有三个鼻子,母线上的钻眼用螺栓连接。

(10)铜、钢母线与铝母线的连接处搪有锡。

(11)母线距接地体的距离和相间距离,如果是低压,室内——75 毫米,室外——200 毫米;如果是 10 千伏高压,室内——125 毫米,室外——500 毫米。

(12)下列地点的母线不刷油:①连接、分支处 10 毫米以内,与电气设备连接处 10 毫米以内;②焊缝处和距焊缝 10 毫米以内;③接地线的接地点表面和 10 毫米以内。

745. 怎样判断低压配线是否符合要求?

通常,在低压配线工程竣工后,试送电前要进行全面检查,以判断全部配线和线路施工质量是否符合要求,能否确保安全送电。检查内容一般包括以下几项:

(1)外观检查　外观检查主要是凭经验,用目力来判断配线质量和缺陷。检查人员必须是配线工程的直接参加者,或者

www.plcworld.cn

是有一定经验的技术人员和老工人。

(2)仪表测试　一般使用 500 伏兆欧表来测量导线之间、导线与大地之间的绝缘电阻，同时也可用兆欧表测试导线是否断线。测量导线的绝缘电阻时，必须将跨接在线路上的电机、电器和仪表等切除。测量时摇动兆欧表手柄 30 秒钟，表针稳定后的示值即为线路绝缘电阻，合格的绝缘电阻值不得低于 0.5 兆欧。如果低于这一值，应进一步查明原因，只有绝缘电阻值达到标准，才可试送电。

746. 怎样保护配电线路？

为了防止过负荷或短路故障造成配电线路的导线接头过热、绝缘损坏或引起火灾等事故，每条配电线路的电源端和各个分支点均应装设适当的保护装置(如自动开关或熔断器等)加以保护。在选择保护装置时，要考虑线路的最小截面和允许的安全载流量，以免在线路发生故障或严重过载时，由于保护装置不动作而烧毁导线绝缘甚至造成更大的事故。具体地说，应按以下原则对配电线路加以保护：

(1)分级截面的干线和支线，其保护装置的动作电流要与上下级的动作时间相配合，以便发生短路故障时，能有选择地切断故障线路。例如，在低压网络中，远离变压器的分支配电线路路径长、导线截面小、阻抗大，在发生短路故障时，若故障电流小于整定的动作电流，保护装置就不会动作，因此线路故障不能切除，结果由于线路长期过载而发生火灾或其他事故。

(2)当选用熔断器作为线路的短路保护装置时，熔断器的熔体额定电流，不应大于电缆或穿管绝缘导线允许载流量的 2.5 倍，或明敷绝缘导线允许载流量的 1.5 倍。如果能满足短时间过载和起动电流的要求，则应尽量选用额定电流较小的熔体。

www.plcworld.cn

(3)当采用只带瞬时或短延时过电流脱扣器的自动开关作为短路保护装置时，整定电流应避开负荷电流，但整定电流与导体允许载流量的比例不作规定。当采用带有长延时过电流脱扣器的自动开关时，该脱扣器的整定电流一般不大于绝缘导线或电缆允许载流量的1.1倍，其动作时间应避开短时负荷电流的持续时间。

747. 怎样正确确定低压配电线路保护装置的整定值？

低压配电线路的特点是：从低压配电室至用电设备一般有几十米，有的长达二三百米，往往穿过几个车间；在这段线路上几经分支，多级保护，每一分支处都需要安装保护装置。确定每级保护装置的整定值时，一般应考虑以下两方面的要求：①各级保护应有选择性。为此，应使上一级保护比下一级保护大两级；②保护装置能保护导线，即必须满足表8-25的条件。

表8-25 保护装置的整定值与配电线路允许持续电流的配合

保护装置	无爆炸危险场所			有爆炸危险场所	
	过载保护		短路保护	橡皮绝缘的电缆和导线	纸绝缘电缆
	橡皮绝缘的电缆和导线	纸绝缘电缆	电缆和导线		
	电缆和导线允许持续电流 I				
熔断器熔体额定电流 I_e	$I_e \leqslant 0.8I$	$I_e \leqslant I$	$I_e \leqslant 2.5I$	$I_e \leqslant 0.8I$	$I_e \leqslant I$
自动开关长延时脱扣器整定电流 I_g	$I_g 0.8 \leqslant I$	$I_g \leqslant I$	$I_g \leqslant I$	$I_g \leqslant 0.8I$	$I_g \leqslant I$

748. 低压配电线路过电压击穿怎么办？

低压配电线路的绝缘余量一般都较大。例如，380伏或220伏网络所用导线的绝缘等级均为500伏，在正常运行情况下不会发生绝缘击穿事故。但是，如果出现过电压，则导线绝缘可能击穿而造成短路，此时应从以下两方面查找原因：

www.plcworld.cn

(1)接错线引起过电压　例如,220伏设备接于380伏电源上,相电压插头插到线电压插座上;架空线路断线,相线搭在中性线上;中性线断线搭在相线上;中性线断线造成三相负荷不对称等。这些情况在厂矿企业时有发生,尤其在大检修后恢复供电时发生过电压的几率往往相当高。

(2)投切设备或切换线路引起动态过电压(操作过电压)　低压配电网络中一般有大量电感、电容贮能元件,用开关接通或切断电路、发生故障性短路或断路都会引起动态过电压。动态过电压的特点是过电压倍数高(一般为3～4,有时更高),持续时间短。如果电气参数符合谐振条件,则投切操作引起的谐振过电压倍数相当高,持续时间也较长。

低压配电线路过电压击穿的原因易于查找,也容易处理。但是,最重要的是细心操作,加强维护管理和检查,防止发生过电压击穿事故。因为一旦出现这类事故,轻则停电停产,造成一定的经济损失;重则引起火灾,酿成特大事故,其损失是难以估量的。

749. 怎样确定选择导线截面的一般原则?

电气线路能否安全运行,与导线截面的选择是否正确有着密切的关系。通常,当负荷电流通过导线时,由于导线具有电阻,导线发热,温度升高。当裸导线的发热温度过高时,导线接头处的氧化加剧,接触电阻增大;如果发热温度进一步升高,可能发生断线事故。当绝缘导线(包括电缆)的温度过高时,绝缘老化和损坏,甚至引起火灾。因此,选择导线截面,首先应满足发热条件这一要求,即导线通过的电流,不得超过其允许的最大安全电流。

其次,为保证导线具有必要的机械强度,要求导线的截面不得太小。因为导线截面越小,其机械强度越低。所以,规程

www.plcworld.cn

对不同等级的线路和不同材料的导线，分别规定了最小允许截面。

此外，选择导线截面，还应考虑线路上的电压降和电能损耗。

根据实践经验，低压动力线路的负荷电流较大，一般先按发热条件来选择导线截面，然后验算其机械强度和电压降。低压照明线路对电压的要求较高，所以先按允许电压降来选择导线截面，然后验算其发热条件和机械强度。高压线路的电流一般都较小，且厂矿企业的高压配电线路也不长，在发热和电压降方面易于满足要求，所以高压线路一般先按经济电流密度来选择导线截面，然后验算其机械强度。

在三相四线制供电系统中，零线的允许载流量不应小于线路中的最大单相负荷电流和三相最大不平衡电流，并且还应满足接零保护的要求。

在单相线路中，由于零线和相线都通过相同的电流，因此零线截面应与相线截面相同。

750. 怎样选择低压线路的导线截面？

低压线路的导线截面，一般应考虑以下几方面的要求来选择：

(1)机械强度　低压线路的导线要经受拉力，电缆要经受拖曳，必须考虑二者不因机械损伤而断裂。按机械强度选择导线的允许最小截面可参考表 8-26。

(2)载流量　导线应能够承受长期负荷电流所引起的温升。对各类导线都规定了长期允许温度和短时最高温度，从而决定了导线允许长期通过的电流和短路时的热稳定电流。选择导线截面时，应考虑计算的负荷电流不超过导线的长期载流量，即

www.plcworld.cn

$$I_{\Sigma} \leqslant I_n$$

式中 I_n 为不同截面导线的额定电流，安；

I_{Σ} 为根据计算负荷求出的计算电流，安。

表 8-26 导线和电缆的最小截面 毫米²

导线用途	导线最小截面	
	铜线	铝线(铝绞线)
室内照明用导线	0.5	2.5
室外照明用导线	1.0	2.5
吊灯用双芯软电缆	0.5	
移动式家用电器用的双芯软电缆	0.75	
移动式工业用电设备用的多芯软电缆	1.0	
固定架设在室内绝缘支持物上的绝缘导线，其间距为：		
2 米及以下	1.0	2.5
6 米及以下	2.5	4
12 米以下	4	10
室内(厂房内)1 千伏以下裸导线	2.5	4
室外 1 千伏以下(6～35 千伏)裸导线	6	16(35)
穿管或木槽板配线的绝缘导线	1.0	2.5
室外沿墙敷设的绝缘导线	2.5	4
室外其他方式敷设的绝缘导线	4	10

(3)电压损失 导线的电压降必须限制在一定范围以内。按规定，电力线路在正常情况下的电压波动不得超过±5%(临时供电线路可降低 8%)。当线路有分支负荷时，如果给出负载的电功率 P 和送电距离 L，允许的电压损失为 ε，则配电导线的截面(线路功率因数为 1)可按下式计算(图 8-37)：

www.plcworld.cn

$$S=K_n\frac{\sum(p\cdot L)}{c\cdot\varepsilon}\%=K_n\frac{p_1L_1+p_2L_2}{c\cdot\varepsilon}\%\text{，毫米}$$

式中 p 为负载电功率，千瓦；

L 为送电线路的距离，米；

ε 为允许的相对电压损失，%；

c 为系数，视导线材料、送电电压而定（表 8-27）；

K_n 为需要系数，视负载用电情况而定，其值可从一般电工手册或参考书中查到。

表 8-27 公式中的系数 C 值

额定电压，伏	电源种类	系数 c 值	
		铜线	铝线
380/220	三相四线	77	46.3
220	单相或直流	12.8	7.25
110		3.2	1.9
36		0.34	0.21

选择导线截面，一般来说，应考虑以上三个因数。但在具体情况下，往往有所侧重，针对哪一因素是主要的，起决定作用的，就侧重考虑该因数。例如，对于长距离输电线路，主要考虑电压降，导线截面根据限定的电压降来确定；对于较短的配电线路，可不计算线路电压降，主要考虑允许电流来选择导线截面；对于负荷较小的架空线路，一般只根据机械强度来确定导线截面。这样，选择导线截面的工作就可大大简化。

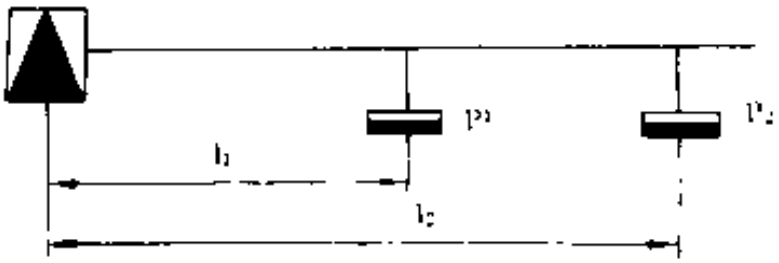


图 8-38 配电干线示意图

www.plcworld.cn

例　距配电变压器550米处有一台水泵，其电动机功率为11千瓦，采用380伏三相四线制线路供电，电动机效率$\eta=0.81$；$\cos\varphi=0.83$，$K_n=1$，要求$\varepsilon=5\%$，应选择多大截面的导线？

解　(1)按导线的机械强度考虑，导线架空敷设，导线的截面不得小于10毫米²。

(2)按允许电流考虑，首先求出电动机的工作电流(计算电流)：

$$I_1=\frac{P_n}{\sqrt{3}U_1\cdot\eta\cdot\cos\varphi}=\frac{11}{\sqrt{3}\times380\times0.81\times0.83}=24.8$$

安

为了计算方便，可大致估计380伏电动机的工作电流每千瓦为2安。

从电工手册或参考书中查得$S=2.5$毫米²的橡皮绝缘铝线明敷时的允许电流为25安，可满足电动机的要求，即$I_z\leqslant I_n$。

(3)按允许电压降考虑，首先计算电动机自电源取得的电功率

$$P_{电}=\frac{P}{\eta}=\frac{11}{0.81}=13.6\text{千瓦}$$

若选用铝线，则$c=46.3$，$K_n=1$，代入前面的公式求出导线截面为

$$S=\frac{K_n\cdot PL}{c\cdot\varepsilon}=\frac{13.6\times550}{46.3\times5\%}=\frac{7480}{231}=32.4\text{毫米}^2$$

为了满足以上三个条件，可选用$S=35$毫米²的BLX型橡皮绝缘铝线。

751. 怎样选择室内配线用导线？

室内配线用导线主要有橡皮绝缘线和塑料绝缘线两大

www.plcworld.cn

类，其线芯按芯数可分为单芯和多芯，按材质可分为铜线和铝线。在设计室内线路时，应根据使用场所特点、负荷性质并结合经济、安全的原则，合理选择导线的型号和规格。

选择导线型号时，一般应遵循以下原则：

(1)塑料绝缘导线，其绝缘强度高，耐腐蚀，不易燃烧，而且价格也低，在条件允许的前提下应优先选用。

(2)铝导线的价格比铜导线要低得多，在能够满足敷设要求的前提下，也应优先选用。

(3)下列场所必须选用铜线：①易燃易爆场所；②需要经常移动或有强烈振动的场所；③公共集会场所、重要的建筑物内；④配电装置的二次回路。

(4)需要使用大截面(95 毫米^2 以上)单根导线时，只能选用橡皮绝缘导线；线路沿建筑物表面直接敷设时，可选用聚氯乙烯绝缘导线或护套导线。

752. 怎样选择室内配线方式？

内线的敷设方式很多，一般有瓷(塑料)夹板明配、瓷柱明配、瓷瓶明配、木(塑料)槽板明配；钢管、塑料管、电线管明配，钢管、塑料管、电线管暗配，以及塑料护套线直敷配线，钢索配线，粘接法配线，电缆配线，裸导体配线，插接式母线配线等。配线方式的选择，主要以敷设场所的特点为依据，同时也要兼顾便于维修和更换。表 8-28 说明各种配线方式适用的场所。

www.plcworld.cn

表 8-28　室内配线方式

敷设方式	周围环境特性（有 0 者表示适用）						说　明
	干燥	潮湿	腐蚀	易爆	易燃	多尘	
瓷夹配线	0						适用于用电量小的场所
粘接配线	0						适用于用电量较小并采用塑料线夹、瓷夹等配线的场所
瓷瓶配线	0	0	0		0	0	适用于用电量较大、线路较长的场所
槽板配线	0						适用于用电量较小、要求整齐美观的场所，较管配线经济
钢管明敷	0			0	0	0	适用于用电量较大又易碰撞线路的场所
硬塑料管明敷	0	0	0		0	0	适用于用电量较大的场所，配线方便，施工时间短，较钢管配线经济
钢索配线	0						适用于厂房较高、要求提高照度的场所，便于布置灯具
铅包电缆配线	0	0	0				适用于用电量较小的场所，如人防工程、地下室和室外露天场所
塑料护套线配线	0		0				适用于用电量较小的场所，常用铝皮卡固定
电缆配线	0	0	0	0	0	0	用于配电干线和大容量用电设备

753. 怎样进行穿管配线？

穿管配线一般应注意以下事项：

(1)管内导线的绝缘必须良好，其电压等级不得低于交流500伏；导线最小截面为：铜芯线1毫米^2、铝芯线2.5毫米^2

www.plcworld.cn

(控制线除外)。

(2)管内导线不得有接头,接头应在拉线盒内;不同电源回路、不同电压回路、互为备用的回路、工作照明与应急照明的线路均不得装在同一管内。

(3)管子为钢管(铁管)时,同一交流回路的导线必须穿在同一根管内,不允许一根导线穿一根钢管。

(4)配管弯曲时应符合要求,弯曲半径要大,不得损伤导线绝缘,在可能范围内要尽量少作弯曲;接线盒与接线盒间的直角弯不得超过四处(暗管工程不超过三处)。

(5)配管管口应装上用绝缘油处理的木制管套,以保护导线;穿线后管口应浇注沥青或电缆胶,以防止粉尘和潮气侵入。

(6)同一电路的导线必须装在同一管内;一根管内所装的导线不得超过10根。

(7)管线垂直敷设时,为使导线不因自重而折断,在下述情况下应装设拉线盒(箱):①导线截面为50毫米^{2}及以上、管线长度在20米以上;②导线截面在50毫米^{2}以下,管线长度在30米以上。拉线盒(箱)应固定牢靠。

(8)化工、电镀等有腐蚀性气体的车间和高频车间,配管宜使用硬塑料管,管壁厚度不得小于2毫米,管内允许穿单根导线,管口不必用护圈严封;塑料管的连接可实行套接或插接,套接长度不得小于100毫米,接头两侧应有牢固的支撑。

(9)穿线应在配管完成之后、建筑工程竣工之前进行;穿线时应使用Φ1.2毫米钢丝(有弹性)作为引线,引线不可在配管施工的同时穿入管内,必须在配管工程竣工后再穿引线。

(10)配管通过建筑物伸缩缝和沉降缝时,应装设补偿装置。

www.plcworld.cn

(11)暗管敷设工程竣工交付验收时，应将施工中变动的管路路径、弯曲部位和走向在竣工图中一一清楚地标明，以便日后维护管理。

754. 怎样连接配线管？

配线管多采用钢管或硬塑料管，这两种管子的连接方法如下：

(1)钢管的连接　采用钢管配线时，无论是明配管或暗配管，最好用管箍连接。在粉尘不多的干燥厂房内，如果钢管直径为50毫米及以上，也可加套筒连接。连接时，将钢管从套筒两端插入，对准中心线后进行焊接。此时禁止对头焊。

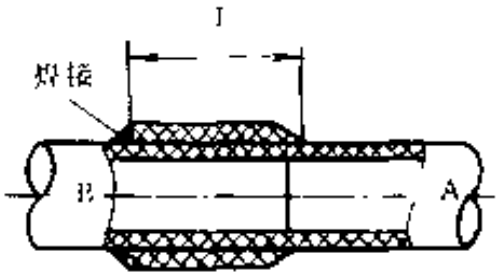


图 8-39　硬塑料管的插入法连接

(2)硬塑料管的连接　硬塑料管可按以下两种方法之一连接：①用插入法连接(图 8-39)　先将 A 管端部加工成内斜角，将 B 管端部加工成外斜角，二者的角度均为 30°。然后将 A 管的插接段(长度 L＝1.2～1.5 倍管子外径)置于电炉上加热到 145℃左右，当该插接段是柔软状态时，立即将其插入金属模具进行扩口。扩口后用水将其冷却到 50℃左右即取下模具，之后继续用水冷却，使管子恢复到原来硬度。随后用汽油或酒精将管子插接处的油污擦净，并在 A 管和 B 管两端涂以粘接剂(如过氯乙烯胶)，最后将 B 管插入 A 管内，同时加热 A 管，使扩口部分软化，再

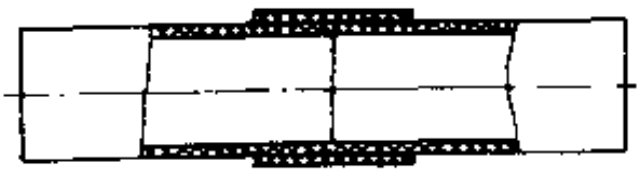


图 8-40　硬塑料管的套接法连接

www.plcworld.cn

用水迅速冷却。这道工序也可改为焊接，即用硬聚氯乙烯焊条在连接处焊 2～3 圈，使其有良好的密封性能；②用套接法连接（图 8-40） 先将同直径的一段硬塑料管加热扩大成套（也可用一段大一号的硬塑料管作套），然后将需要连接的两管端部用汽油或酒精擦净，待其挥发，涂上粘接剂，迅速插入套中。此外，也可用上述焊接方法焊牢密封。

755. 配线管通过建筑物伸缩缝（或沉降缝）时怎样装设补偿装置？

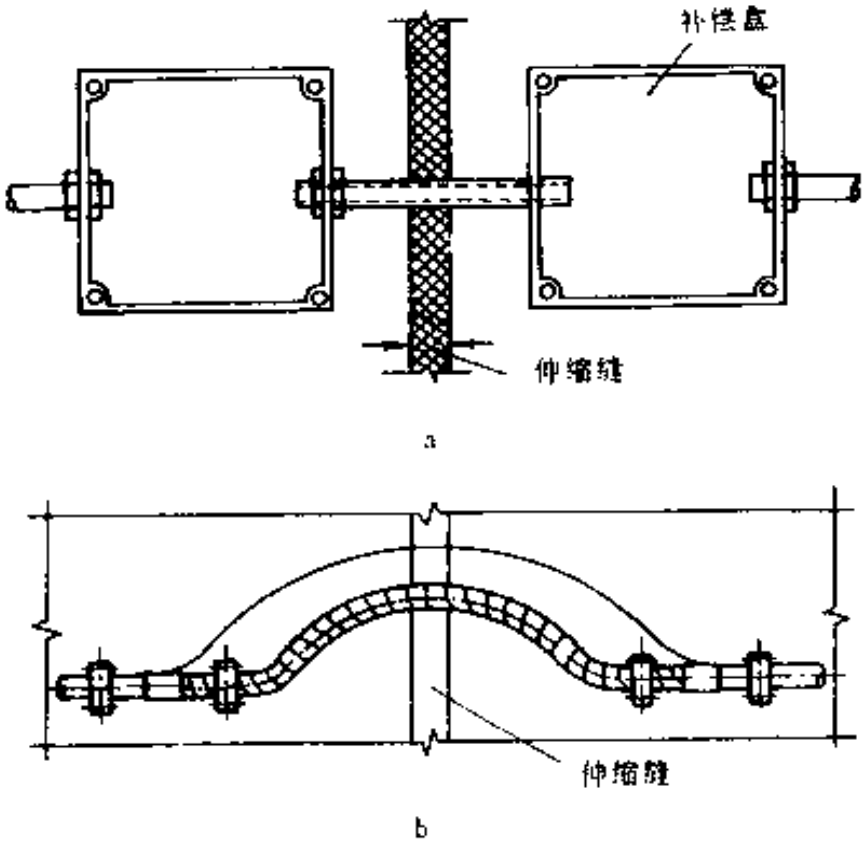


图 8-41 配线管的补偿装置

a. 暗配管的补偿 b. 明配管的补偿

当配线管通过建筑物的伸缩缝（或沉降缝）时，为防止基础下沉不均而损坏配线管和导线，应在伸缩缝上装设补偿装置。暗配管时，补偿装置的安装方法是：在伸缩缝两边各装一

www.plcworld.cn

只(或两只)补偿盒(图 8-41a),右边一只补偿盒的侧面开一个长孔,将管端穿入长孔中(不应固定),使其在长孔内能上下移动,其余管端都用管子螺母与补偿盒紧固。明配管时,可采用金属软管补偿,用管接头将软管固定在线管端部,使软管略呈弧形;当基础下沉不均时,借助软管进行补偿(图 8-41b)。

756. 穿管配线时钢管怎样接地?

穿管配线时,由于管路中的钢管有接头,因此整个管路的接地电阻往往不能满足接地要求,接地的可靠性不高。为了保证安全用电,钢管与钢管(采用套管焊接者除外)、钢管与配电箱和接线盒等连接处均应实行系统接地,亦即在接头处焊上跨接线(图 8-42)。跨接线的尺寸可参照表 8-29 选取。为了便于检修,钢管与配电箱的系统接地可先在钢管上焊以专用接地螺栓,然后用导线与配电箱可靠连接。

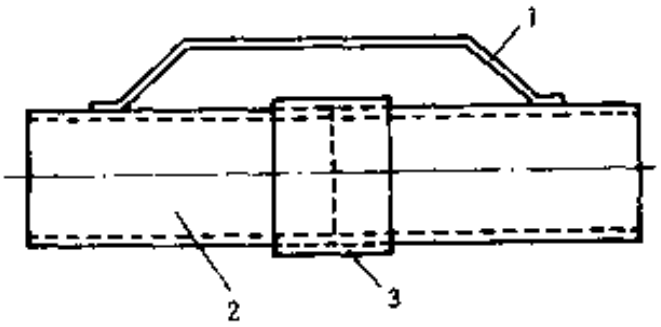


图 7-42 钢管的跨接线

1. 跨接线 2. 钢管 3. 管箍

表 8-29 跨接线尺寸

公称直径,毫米		跨接线尺寸,毫米	
电线管	水、煤气管	圆钢直径	扁钢
≤32	≤25	6	
40	32	8	
50	50	10	
70～80	70～80		25×4

757. 怎样进行钢索配线?

在大型厂房内,由于房架较高,跨距较大,而灯具安装高

www.plcworld.cn

度又要求较小，所以厂房照明线路常采用钢索配线。其结构特点是：在厂房两边用花篮螺栓将钢索拉紧，再将导线和灯具悬挂在钢索上。钢索配线，一般应符合以下要求：

(1)室内钢索配线宜采用镀锌钢绞线，吊挂重量较小时也可采用三股直径 4 毫米的镀锌铁线(T-3/Φ4)。在室外以及在潮湿或有酸、碱、盐腐蚀的场所，应采用护套钢索。钢索配线采用的铁线和钢绞线不得有扭曲、断股现象。选用圆钢作钢索时，安装前应调直、预伸和刷防腐漆。

(2)钢索的弛度不应大于 100 毫米。否则，应增加中间吊钩。

(3)钢索的终端拉环应固定牢固，并能承受钢索在全部负载下的拉力。

(4)敷设绝缘导线时，可将瓷(塑料)夹、鼓形绝缘子或针式绝缘子固定在钢索上；护套绝缘导线、电缆、金属管或硬质塑料管可直接固定在钢索上。

(5)钢索的各项参数，可参照表 8-30 选择。

表 8-30　钢索的选择

材料型号或符号	直径毫米	最大使用应力，公斤	固定点间距，米	钢索上吊挂灯具等的重量，公斤
GJ-10	4.2	400	≤20	20
GJ-20	6.0	600	≤20	45
GJ-25	6.6	1000	≤20	60
T 3/Φ4	8.6	400	≤20	20
			≤10	40

注：钢索上吊挂重量是按最大使用应力计算的。

(6)钢索除两端固定拉紧外，室内跨距较大时，在梁上应增加吊挂点；在梁上或桁架上安装的中间吊钩，其直径不应小于 8 毫米，吊钩的钩深不应小于 20 毫米。

www.plcworld.cn

(7)钢索穿入耳环和花蓝螺栓时应加心形环，钢索卡不应少于两个，花蓝螺栓紧固后应使用铁线绑牢。

758. 怎样进行瓷瓶配线？

瓷瓶(绝缘子)配线用于负荷较大、线路较长的干燥或潮湿场所，适于敷设16毫米^{2}以上的导线。在室内特别是车间墙壁上，也可实行水平敷设或垂直敷设。导线的线间距离和对建筑物的距离如表8-31所示。

表8-31 线间和导线对建筑物的最小距离

支持点距离，米	线间距离和导线对建筑物距离，毫米
小于2	50
2～4	100
4～6	150
大于6	200

在瓷瓶上绑扎导线的方法有两种：截面在6毫米^{2}以下的导线，可采用单绑法(图8-43a)；截面在10毫米^{2}以上的导线，可采用双绑法(图8-43b)。

导线的终端可绑回头线(图8-43c)，其公卷数和单卷数与导线截面的关系如表8-32所示。

表8-32 瓷瓶配线终端回头绑扎的公卷和单卷数

导线截面，毫米^2	1.5～2.5	4～25	35～70	95～120
公卷数	8	12	16	20
单卷数	5	5	5	5

绑扎导线时，两根导线应置于瓷瓶的同侧或同时置于瓷瓶的外侧，不得置于瓷瓶的内侧(图8-44)。在导线分支、转弯、交叉的地点，瓷瓶的固定方式如图8-45所示。

www.plcworld.cn

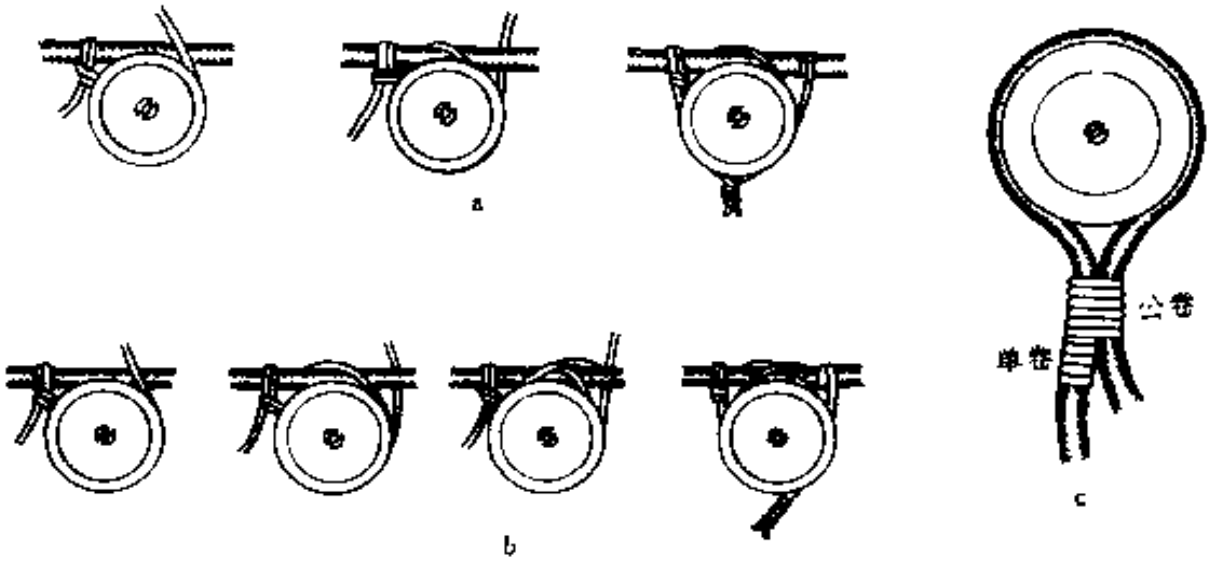


图 8 43　瓷瓶的绑扎方法

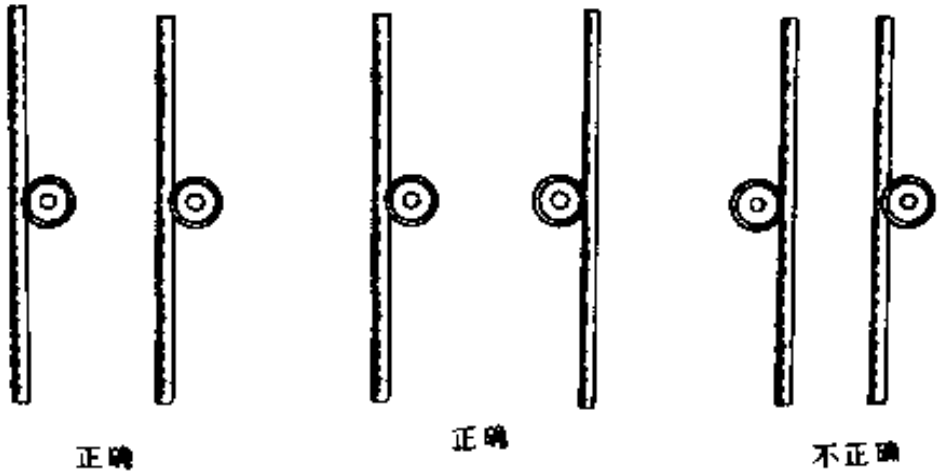


图 8-44　导线绑扎在瓷瓶上的位置

759. 怎样进行瓷珠配线？

瓷珠(瓷柱、鼓形绝缘子)配线，主要适用于负荷较大的干燥场所。常用瓷珠的型号为 G-30、G-38、G-50 等，适用于截面为 16 毫米^2 及以下导线。瓷珠的选用和安装要求见表 8-33。

www.plcworld.cn

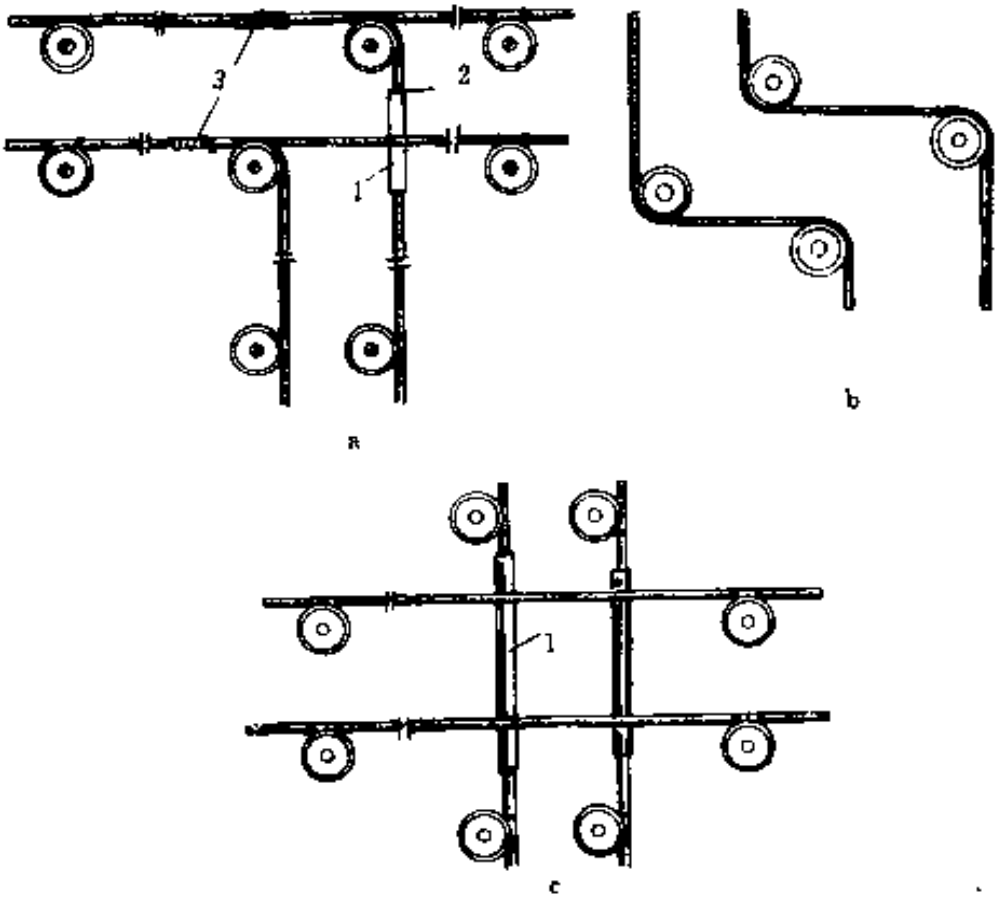


图 8-45　瓷瓶在分支、转弯和交叉处的固定方式

a. 分支　b. 转弯　c. 交叉

1. 绝缘管　2. 绑线　3. 接头处

表 8-33　瓷珠的选用和安装要求

导线截面 毫米²	瓷珠规格(直径×高度),毫米	瓷珠间距 米	绑线		线间距离 毫米
			直径,毫米	号数	
1～2.5	30×30 35×35 30×38 35×44	1.5	0.71	22	不小于 50
4 6	38×38 38×50	1.5	0.89	20	不小于 50
10 16	50×50 50×65	2.0	1.2	18	不小于 50

www.plcworld.cn

瓷珠配线，一般应注意以下事项：

（1）首先确定灯头、开关、熔断器等的安装位置，再确定转角、穿墙、终端等处的位置，然后均匀地分布中间瓷珠。瓷珠用木螺钉固定在木结构上。如果遇到砖、石、混凝土结构，应埋入木楔或绑扎木板来固定瓷珠。

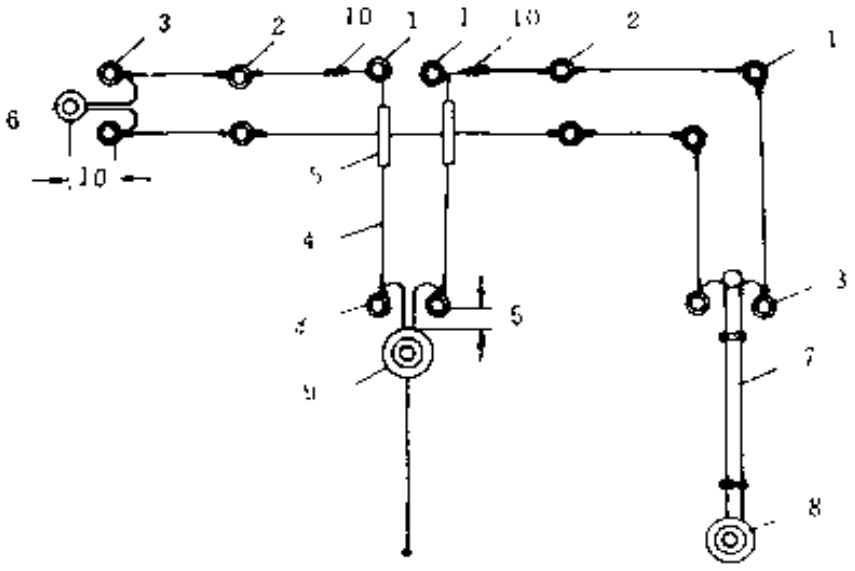


图 8-46　瓷珠配线

1. 受力瓷珠　2. 加档瓷珠　3. 终端瓷珠　4. 导线　5. 套管　6. 穿墙套管　7. 硬塑料管　8. 插座　9. 拉线开关　10. 导线接头

（2）敷设时应做到横平竖直。水平敷设时，导线对地距离不小于 2.5 米，垂直敷设时不小于 1.8 米。

（3）绑线宜使用绝缘扎线，对受力瓷珠应采用双绑法；加档瓷珠用单绑法；终端瓷珠应将导线绑回头。

（4）在分支、转角、终端处，可按图 8-46 安装。

（5）在隐蔽的天棚内，不得用瓷珠配线。导线穿墙和在不同平面拐弯时，可按照图 8-17 施工。

760. 怎样进行瓷夹板配线？

瓷夹板又叫瓷夹，由瓷土烧制而成，表面和接触导线部位涂有瓷釉，是不燃烧、不吸潮的绝缘体。由于瓷夹板比较短，机械强度低，而且导线距建筑物又较近，因此，瓷夹板配线只适

www.plcworld.cn

用于负荷较小、干燥和无机械损伤的场所。瓷夹板有大、中、小三个型号，分为单线式、两线式和三线式三种，夹线部分有“防滑筋”，以防止导线松动，适于敷设截面为 6～10 毫米^2 的导线。水平敷设时导线对地距离不应小于 2 米；接至开关、插座等部件时，对地垂直距离不应小于 1.3 米。施工步骤如下：

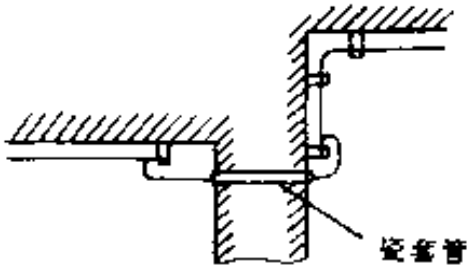


图 8-47　瓷珠配线的穿墙和转角

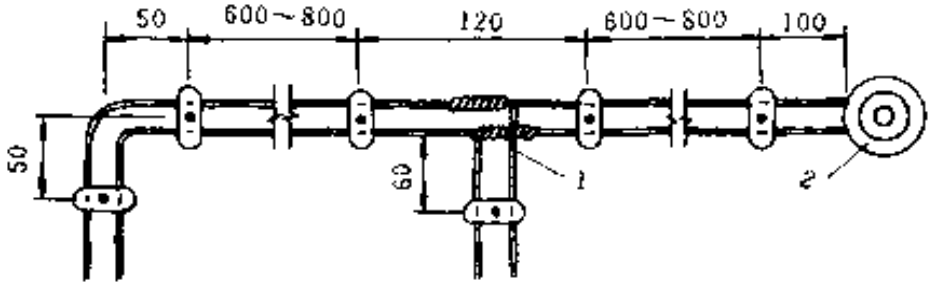


图 8-48　瓷夹板配线

1. 穿管保护　2. 插座

(1)定位　先确定照明灯具、开关、插座、配电板等部件的安装地点，再确定导线敷设位置，最后确定中间瓷夹板的位置。导线距转角 50 毫米处、距接头 60 毫米处、距电气设备 100 毫米处应各装一副瓷夹板。直线段中间瓷夹板的距离为 600～800 毫米(图 8-48)。

(2)安装　在木板壁、天花板等木结构上，瓷夹板可用螺栓固定，螺栓长度为瓷夹板厚度的两倍或更长一些；在砖墙和水泥墙上，可先用冲击钻在墙上钻孔，再用膨胀螺栓来固定，也可在墙内埋入木砖或钉入木楔，再用螺栓固定。

(3)敷线　瓷夹板固定后，即可敷线。敷线前将导线拉直，然后夹在瓷夹板槽内，将导线拉紧后再拧紧螺栓。

www.plcworld.cn

导线穿墙和穿楼板时，应使用瓷管、塑料管或钢管保护。管子的安装与安装进户线保护管相同。此外，导线交叉处也应穿管保护，以防导线绝缘受到损伤而短路。

761. 怎样进行塑料护套线配线？

塑料护套线是一种具有塑料保护层的多芯绝缘导线，可以直接敷设在预制楼板、砖墙和其他建筑物表面，具有防化学腐蚀和防潮的性能，且价格也较低，所以多用来取代塑料槽板（其缺点是容易变形）和木槽板（其缺点是消耗大量木材）配线。配线时一般应注意以下事项：

（1）应在混凝土结构和砖墙未粉刷以前，用粘接剂将铝片卡（俗称钢精轧头）、铁片卡或塑料卡固定在建筑物表面，作为导线的支持件。粘接这些支持件时，先用钢丝刷刷光建筑物表面，并用湿揩布擦净，然后将粘接剂涂在粘接面上，涂抹应均匀，且不宜涂抹太厚。粘接时用手按压，使粘接面接触良好。粘接后 1～2 天粘接剂即可充分硬化，此时就可敷设导线。

（2）在导线的终端、转弯处和进入电气设备、接线盒处，均应装设线卡固定，线卡与终端、转弯中点、电气设备或接线盒边缘的距离一般为 50～100 毫米。导线接头应位于开关、灯头和插座处。否则，应加设接线盒，使接头位于接线盒内。

（3）塑料护套线与接地导体和不发热的管道紧贴交叉时，应加绝缘管保护；敷设在易受机械损伤的场所时应使用钢管保护。

（4）塑料护套线明敷时，在中间接头和分支连接处应装设接线盒，接线盒固定应牢固；在多尘和潮湿场所应使用密闭式接线盒。

（5）塑料护套线进入接线盒或与电气设备连接时，护套层应引入盒内或设备内。

www.plcworld.cn

(6)塑料护套线弯曲时，不应损伤护套和芯线的绝缘层，弯曲半径不应小于导线外径的3倍。

(7)塑料护套线明敷时，线卡的固定点距离随导线截面的大小而定，一般为150～200毫米。敷设后，应检查线路是否横平竖直，对不整齐的线段应予以整理，务求线路整齐美观。

(8)目前有些单位将塑料护套线直接置于天棚的抹灰层内，其优点是看不到导线，比较美观，若无外来机械性损伤，一般不容易发生故障，所以这种敷线方式的应用日渐增多。其缺点是维护不方便。需要指出的是，不宜在墙壁内敷设塑料护套线，以防止发生触电事故。

762. 怎样进行槽板配线？

槽板配线，就是将绝缘导线敷设在槽板的线槽内，上部用盖板把导线盖住。槽板配线适用于负荷较小、粉尘较多的室内和干燥场所，不宜用于室外和潮湿场所。由于槽板配线造价较高，已逐步为塑料护套线配线所取代。槽板有木槽板和塑料槽板两种(二者的安装要求相同)，线槽有双线的，也有三线的。木槽板应使用干燥、坚固、无节疤的木材制成，槽内应光滑、无棱刺，线槽应刷绝缘漆。槽板配线一般应符合以下要求：

(1)槽板宜敷设在较隐蔽的地点，应紧贴建筑物表面安装，做到横平竖直，整齐美观。转弯安装时，应沿建筑物形状弯曲。

(2)安装槽板时，先固定底板(底板上的底钉间距不应大于0.5米)，再把导线放入槽内，边敷线边钉盖板(盖板上的盖钉间距不应大于0.3米)。底板离终端点50毫米处和盖板离终端点30毫米处均应固定。三线槽的槽板应使用双钉固定。

(3)槽板在直线路径上连接时，应将端头斜锯，盖板的接口与底板的接口应错开，错开距离不应小于20毫米；槽板转

www.plcworld.cn

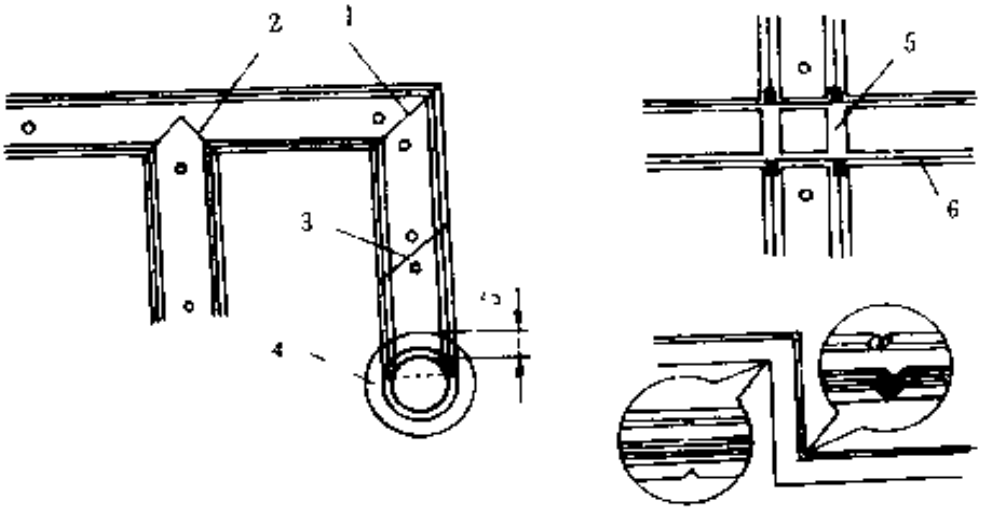


图 8 49　槽板连接示意图

1. 转角连接　2. 分支连接　3. 直线连接

4. 进入木台　5. 导线交叉　6. 槽板交叉

弯连接时，两边的槽底和槽盖都应锯成 45°角，一横一竖拼成 90°角；槽板分支时（如装开关），应在横装槽板的下边削成凹形，竖装槽板端头削成凸形；槽板在不同平面转弯时，应根据转弯方向在转弯处将槽底和槽盖削成 Λ 形或 V 形（不可削断，应留有 1 毫米），浸水后再弯曲成需要的角度；槽板线路交叉时，应将其中一条线路的槽底和槽盖都锯断，用两个瓷管套和两根导线，跨过另一条槽板线路。

（4）一条槽板内应敷设同一回路的导线，在宽槽内应敷设同一相位的导线。槽板内的导线不得受挤压，不得有接头，接头应设在槽板外面。

（5）在槽底或槽盖的拼缝两边，应钉上底钉和盖钉。

（6）槽板与吊灯、插座、开关等的木台连接时，导线应留有余量，槽板应伸入木台，伸入长度约为 5 毫米（图 8-49）。

763. 怎样正确进行粘结法配线施工？

当使用瓷（塑料）线夹或瓷柱在混凝土屋面和砖表面配线

www.plcworld.cn

时，通常采用粘结法将瓷（塑料）线夹或瓷柱固定在墙上。粘结法配线只适用于干燥房屋，其他场所不宜使用。为确保粘结牢固，应掌握以下正确的施工方法：

（1）正确配制粘结剂。目前粘结法配线常用的粘结剂是环氧树脂石棉粉粘结剂和环氧树脂水泥粘结剂，二者的配方见表 8-34。

配制时，先将称好的环氧树脂用温水加热到能自由流动状态，然后与苯二甲酸二丁脂调和，随后再加入水泥或石棉粉，并搅拌均匀，最后按配比准确地加入乙二胺（或二乙烯三胺）固化剂，充分搅拌成糊状即可使用。

（2）用钢刷将混凝土或砖墙的粘结面清刷干净，必要时应打磨平整，然后用湿布揩净并晾干；粘接应在湿度 75％以下、温度为 0℃以上的环境中进行，所用粘结剂的型号、配方，均应符合粘结面的相应要求。

（3）将配好的粘结剂均匀地涂在瓷（塑料）线夹或瓷柱的底部（不宜涂得太厚）。

（4）将瓷（塑料）线夹或瓷柱粘接在墙面上。粘接时，稍加压力，边压边扭动，以使粘接面接触良好。待瓷件能自然“挂住”，即可松开手。

（5）养护 1～2 天（夏季可稍缩短养护时间），待粘结剂完全硬化、粘牢，即可配线。

（6）为了便于施工，配制粘结剂时，可先把环氧树脂、苯二甲酸二丁脂和添加料按次序配好，放入瓶中，待使用时再按配比准确地加入固化剂。

（7）每次配制的粘结剂，其数量不宜太大。配好后，应在 1 小时内用完。否则，会凝结。

（8）固化剂乙二胺和二乙烯三胺是有毒药剂，切勿用手直

www.plcworld.cn

接接触，施工完毕，应使用丙酮揩净手和用具。

表 8-34　环氧树脂粘结剂的配比（重量比）

505 熊猫牌树脂胶	1 号胶（黄色）	2 号胶（黑色）	水泥	
	100	50	200～400	
环氧树脂石棉粉粘结剂	6101 环氧树脂	苯二甲酸二丁脂	二乙烯三胺	石棉粉
	100	20	6～8	10
环氧树脂水泥粘结剂	6101 环氧树脂	苯二甲酸二丁脂	二乙烯三胺	水泥
	100	30	13～15	200
	100	40	13～15	300
	100	50	13～15	400

注：1. 水泥应为 400～500 号硅酸盐水泥；

2. 1∶2 配方环氧树脂水泥粘结剂适于冬季施工使用，1∶4 配方环氧树脂水泥粘结剂适于夏季施工使用。

764. 怎样在工业厂房内敷设裸导线？

在工业厂房内敷设裸导线，应符合以下要求：

（1）导线至地面距离不应小于 3.5 米，装设网孔遮栏时，不应小于 2.5 米。

（2）在桁架上敷设时，从起重机的铺面板至导线的净距离不应小于 2.2 米。否则，起重机上面或导线下面应装遮栏保护。

（3）不得在搬运和装配物件时能触及导线的场所敷设裸导线。

（4）不得与起重机的滑触线同支架敷设裸导线。

（5）导线与网眼不大于20毫米×20毫米保护遮栏的距离不应小于 100 毫米，与板状保护遮栏的距离不应小于 50 毫米。

（6）导线的线间和至建筑物表面的最小距离不应小于表 8-35 所列值。

www.plcworld.cn

表 8-35　导线的线间和至建筑物表面的最小距离

固定点间距，米	允许最小距离，毫米
2 以下	50
2～4	100
4～6	150
6 以上	200

765. 室内配线与各种管道平行敷设或交叉时怎么办？

室内线路、配电设备与各种管道一般应保持规程规定的足够距离（表 8-36）。如果不能满足要求，应采取以下措施：

表 8-36　室内线路与各种管道的最小距离，毫米

线路配线方式	各种配线与不同管道的最小距离											
	煤气管		乙炔管		氧气管		蒸汽管		暖气或热水管		通风管，上、下水管，压缩空气管等	
	平行	交叉	平行	交叉	平行	交叉	平行	交叉	平行	交叉	平行	交叉
导线穿金属管	100	100	100	100	100	100	1000 (500)	300	300 (200)	100		
电缆	500	300	1000	500	500	300	1000 (500)	300	500	100	200	100
明敷绝缘导线	1000	300	1000	500	500	300	1000 (500)	300	300 (200)	100	200	100
裸母线	1000	300	2000	500	1000	500	1000	500	1000	500	1000	500
起重机滑触线	1500	500	3000	500	1500	500	1000	500	1000	500	1000	500
配电设备	1500		3000		1500		500		100		100	

注：括弧内数字是在管道下面配线的数据，无括弧数字是在管道上面配线的数据。

（1）当电气管线与蒸汽管道平行或交叉，不能保持表 8-36 中距离时，应在蒸汽管道外部包以隔热层，此时平行净距可减至 200 毫米，交叉距离只考虑便于施工和维护即可。

www.plcworld.cn

(2)当电气管线与暖气管道不能保持表 8-36 中距离时，应在暖气管道外部包以隔热层。

(3)裸母线与管道交叉不能保持表 8-36 中距离时，应在交叉处的裸母线外面加保护网或保护罩。

766. 怎样敷设机床的电线管？

机床的电线管，一般应按以下要求敷设：

(1)凡在机床外部和内部，而不在控制柜内的导线，都应穿在管内敷设。机床内部一般敷设塑料管或金属软管，也可实行绝缘绑扎。机床外部可敷设金属软管，但在可能承受拉力的地点(如悬挂式操纵箱的导线穿管等)，应敷设软管电缆；可能受机械损伤的地点，应敷设铁管。

(2)管路的布置，应考虑整齐美观、不易受到外力损伤。在管路弯曲处以及长管路，应使用管夹固定。如铁管一般每隔 0.8～1 米，金属软管每隔 0.5～1 米，以及其他必要的地点都应加管夹固定。

(3)所有管路不得有裂口和脱开现象，管路接头必须用管接头牢固连接，不得松动和脱节。

(4)引向机床、机组、控制柜的管路，应尽量沿最短路径敷设，并减少弯曲，以达到节省材料、穿线方便的目的。

(5)埋设的管路与明设管路的连接处，应安装接线盒。

(6)管路弯曲时，其弯曲半径不得小于电线管外径的 6 倍，只有一处弯曲时可减为 4 倍。敷设在混凝土内的电线管，弯曲半径不得小于其外径的 10 倍。管子弯曲后不得有裂纹、凹陷，弯曲角度不得小于 90°，椭圆度不得大于 10%。

(7)管路埋入混凝土内敷设时，管子外径不得超过混凝土厚度的 1/2，管子与混凝土模板间应有 20 毫米间距；并列敷设在混凝土内的管路，应保证两个管子外皮之间有 20 毫米以

www.plcworld.cn

上的间距。

(8)所有管路在电气上必须可靠连接，即管子相互间和管子与接线盒之间，应使用金属线连接。

(9)金属管口不得有毛刺，在导线与管口接触处须套上橡皮(塑料)管套，以免损坏导线绝缘；管中导线不得有接头，不得承受拉力。

767. 机床实行管路配线时怎样穿线？

机床实行管路配线时，一般应按以下要求穿线：

(1)穿入管内的导线，其规格、型号、根数，应符合设计要求，耐压强度不得低于 500 伏，铜线截面不得小于 1.0 毫米^2，铝线不得小于 2.5 毫米^2。

(2)穿线前，应使用压力约为 0.25 兆帕的压缩空气，将残留在管内的水分和杂物吹净。如果无压缩空气，则可在钢丝上绑以抹布，在管内来回拉动，将杂物和水分擦净。清理管路后，向管内吹入滑石粉，以便顺利穿线。

(3)放线时应在平地量好长度，用手或放线架逆着导线在线轴上的绕向使线盘旋转，将导线放开，此时应防止导线扭动、打扣或互相缠绕。

(4)较长的管路穿线时，可用钢丝作引线，送线时需两人配合，一人送线，一人拉线，拉力不可过大。为了防止擦伤导线，在管子进出口处应装护圈保护。

(5)同一回路的导线应穿于同一管内，尽量避免不同回路的导线穿在同一管内(控制系统或同一机组的所有回路除外)。

768. 怎样进行机床配线？

机床配线，是指在控制柜、机组和床身之间敷设导线。敷线时应注意以下几点：

www.plcworld.cn

(1)压接导线前,先校线、套线号。校线可使用万用表、试灯、蜂鸣器等。导线较长时,由两人配合,按电气线路图上标号测试,每选一线喊号并答号,随即将预先写好的线号套上,以防止发生差错。

(2)根据两端接线端子的要求,将削去绝缘的导线端煨成圆环或直接压上,多股线的压头处应烫锡。

(3)导线至接线端子处要有两次以上削头重压的余量。备用导线要单独盘卷,端头要保留绝缘。

(4)所有压接螺栓应配置平垫、弹簧垫,并牢固压紧,以防止松动。

(5)套在导线上的线号,要用印刷体书写工整,以防止误读。

(6)接线完毕,根据原理图或接线图,仔细检查各元、器件与接线端子之间以及它们相互之间的连接是否正确。对各种电机与变流装置、变压器、控制设备相互之间的主回路连线也应进行检查。利用导通法检查线路时,应注意线路中电器的常闭触点和某些低阻值元件(如电流线圈、二极管等)的影响,必要时应将其接线的一端拆下进行检查。

769. 怎样认识机床电气线路的维护特点?

机床电气线路的维护,一般有以下特点:

(1)由于机床电气设备的电器元件种类和规格繁多,不同机床有不同的电气结构,并且引起机床电气线路发生故障的因素也很多,所以机床电气线路往往发生多种难以预料的故障,处理这些故障存在很大难度。

(2)机床电气线路的故障,按其外观特征可分为两类:一类是电器元件发生故障,无外观特征,需要仔细进行检查、分析和处理;另一类是有明显的外观特征,如发热、冒烟、烧焦、

www.plcworld.cn

产生火花等，这类故障一般易于查明原因和进行处理。

(3)机床电气线路发生故障，除了线路上的电器元件存在缺陷之外，还与外界因素有关，如电网电压过高或过低，所以排除机床电气线路的故障时，应注意查明内外原因。

(4)接触器、继电器、开关等是机床电气线路上的易损电器，其触头经常烧损，所以线路一旦发生故障，首先应检查这些器件工作是否正常。

(5)机床控制部分发生的故障，往往与电气线路和机械系统的运行不正常都有关，所以维修电工不仅要掌握机床电气线路的工作原理，而且还要具备机床机械部分的一般知识，以便迅速查明和顺利排除故障。

770. 怎样排除机床电气线路的故除？

机床运行中一旦发生故障，应立即切断电源，停电进行检修，检修的步骤如下：

(1)向机床操作工人了解发生故障时的情况，查询该故障是首次突然发生还是曾经多次发生。

(2)进行外观检查：检查熔体是否熔断；是否冒火星，有无烧焦痕迹；有无异常声响和气味；电动机的温升是否过高；线路连接点是否断开和松动等。

(3)对照电气原理图，结合故障现象，进行分析、判断，确定故障性质和范围。

(4)如果电器元件外观无异常现象，则应着重检查主电路和控制电路有无故障，电器元件动作是否灵活，连接是否良好，接头是否松动。

(5)经过上述检查，如果仍不能查明故障原因，则应对控制电路进行通电试验。试验的方法是：切断电动机的电源，向控制电路通电，操作按钮或开关，观察控制电路上的接触器、

www.plcworld.cn

继电器等动作是否正常。若动作正常，则说明故障存在于主电路；若不动作或动作异常，则说明控制电路发生故障，可进一步查明原因，确定故障点。

(6)使用兆欧表、万用表、钳形电流表等测量电阻、电压、电流等电工参数，将测得值与正常值对比，从中分析故障原因，确定故障点并予以排除。

(7)机床的运行，是由电气线路和机械系统互相协调配合实现的，机床发生故障停运，不一定是电气线路方面的原因，也可能是机械系统出现故障造成的，所以必要时应与机修人员共同进行检修。

771. 怎样安装起重机的滑触线？

起重机配线包括滑触线安装和线路安装两部分。滑触线一般应按以下步骤安装：

(1)安装支架　首先在预制的支架和配件上刷上红丹后，再涂一层灰色漆，然后将瓷瓶和固定滑线的配件装在支架上。待土建喷白，即可将支架装在起重机梁上。如果是东西方向的厂房，滑线多位于北侧，而驾驶室则在南侧。也就是说，为了安全起见，滑线和驾驶室不可在同一侧。支架用 Φ16×320 双头螺栓固定。支架装好后，用 22 号铁丝拉成一直线，将支架调平、调正。调整时要防止铁丝自重产生挠度而出现误差，通常可先在中间适当位置找平几处支持点，然后将全线的支持点都找平，使之位于同一水平线上。

(2)安装滑线　将调直的滑线每两根对焊在一起，然后吊到支架的瓷瓶上。为了防止起吊时产生挠度而将已调直的角铁又吊弯，起吊时应三点同时吊，并注意不要在空中挂住。第一根吊起的滑线放到最上层，全部吊好后，将滑线焊接起来。焊接时，三根滑线同时进行焊接，以免频繁移动焊接工具。吊

www.plcworld.cn

装滑线时，要考虑三根滑线的焊缝不在同一位置，至少彼此要错开200毫米。通常，一个档距内不得有三个焊口，并且，焊口不得高出0.5毫米，焊接面要对齐，不得有扭翘现象。

如果是圆钢滑线，可在地面上先整体拉直，然后整体安装。安装过程中要防止滑线产生硬弯。圆钢滑线的接头也是对焊，焊口也不得高出0.5毫米。为了防止焊口弯曲，可在不接触集流子面上再焊一段圆钢。

滑线安装完毕，即可调直。调直的方法是：在滑线全长上拉一根22号铁丝，在中间适当位置予以支持，以防止铁丝出现挠度而产生误差。按铁丝调整滑线时，若滑线过低，可在瓷瓶底下垫电工纸板；若三相的某一部位都高，则降低支架。滑线水平方向的误差，可移动瓷瓶来校正。

在电源处焊三块钻有孔的扁钢，扁钢连接面搪锡，然后接上电源线，16毫米^{2}以上的电源线要压接线鼻子。

滑线除接触面外，应刷棕红色防锈漆或相色漆。

772. 怎样敷设施工现场的配电线路？

施工现场的电力供应，是保证正常施工的一个重要环节。因此，为了对施工现场合理地连续供电，必须正确敷设工地的配电线路。敷线时一般应注意以下几点：

(1)尽量利用现有电源，如建筑物的永久性配电装置、就近原有的变压器或附近的高压电网。通常，只在工地距电网很远时才考虑自行发电。

(2)线路尽量选在道路的一侧，避开塔吊作业区，避开永久性建筑和将要开挖的地段，一般应选择较平坦的线路。

(3)现场线路宜采用木杆架设，档距为25～40米，导线用瓷瓶固定在电杆上，离地面高度不应小于3米。严禁将几根导线一并捆绑在金属脚手架上，同时也禁止将绝缘导线置于地

www.plcworld.cn

面任行人践踏和车辆碾压。

(4)室内临时敷设的导线离地面高度不得小于 2 米,且绝缘应良好,不得有裸露的线头。

(5)临时场所的电气设备应使用橡皮绝缘软线,电气设备拆除后,不得留有带电线头,裸露部分应及时包好。

(6)施工现场的配电设施应设在便于操作的地点,室外用电设备应有防雨设施。每台设备要单独控制,控制设备与用电设备的容量应相符,保护装置应齐全,用电设备应完整,并开闭自如,做好接地。

773. 怎样敷设特殊场所的照明线路?

特殊场所,是指有爆炸或火灾危险、有腐蚀性气体、潮湿等的场所。这些场所的特定生产条件和特殊环境,对照明线路的配线有着特殊要求,分述如下:

(1)有爆炸或火灾危险的场所　厂矿企业的某些车间和仓库,在正常条件或异常情况(如事故、泄漏等)下,散发出各种气体(如氢、氨、甲烷、汽油等)、粉尘、纤维等,当它们与空气混合,达到一定浓度,就会形成爆炸性混合物。此时如果电气照明线路发生故障而出现电火花,就可能发生爆炸或引起火灾。因此,敷设这类场所的照明线路,应严格按照设计和有关技术规范选择导线和敷线方式。例如,在有爆炸危险的场所,必须选用截面不小于 2.5 毫米^2 的铜芯线穿管明敷设,或者采用电缆明配线,并且应使用特殊结构的(如隔爆型或安全型)接线盒;在有火灾危险的环境可采用铝导线穿钢管暗敷设。

(2)潮湿或有腐蚀性气体的场所　室内相对湿度经常超过 80%的场所(如深井泵房、地下室等),称为潮湿场所;相对湿度经常超过 90%的场所,称为特别潮湿的场所(如浴室、水

www.plcworld.cn

力清砂室等)。这些场所宜采用针式绝缘子或硬塑料管明配线,也可采用钢管暗配线。

有腐蚀性气体的场所(如电镀车间的酸洗工段、硫酸生产车间、化学品仓库等),应根据腐蚀性气体的性质选择相应的耐腐蚀材料制的配线器件,最好使用硬塑料管明敷或暗敷,虽然也可使用钢管明敷或暗敷,但钢管耐腐蚀性能不如硬塑料管。

在潮湿和有腐蚀性气体的场所,对配电箱和金属支架等应进行防腐处理(如镀锌、涂过氯乙烯漆、环氧树脂漆、酚醛树脂漆等);导线的连接应可靠,连接处应尽量采用自粘性塑料带或橡皮胶带包扎,并外涂防腐漆予以密封。

774. 低压配线中导线穿钢管保护时,怎样确定管径和一根钢管中穿相同截面导线的根数?

机床和起重机的线路穿钢管保护时,往往在同一根钢管内要穿几根甚至几十根导线。当同一根钢管中穿入不同截面的导线时,可先按下式算出 M 值,然后根据 M 值从表 8-37 中选取合适的管径:

$$M=n_1d_1^2+n_2d_2^2+n_3d_3^2\cdots\cdots$$

式中 d_1、d_2、d_3 为管中不同截面积的导线,毫米^2;

n_1、n_2、n_3 为对应于 d_1、d_2、d_3 的导线数。

表 8-37 同一钢管中不同截面导线的 M 值

导线总数	管径·毫米						
	15	20	25	32	40	50	70
2	70	125	210	380	495	835	1390
3	95	175	290	525	685	1160	1930
≥4	90	165	270	490	640	1075	1800

一根钢管中穿相同截面导线的根数可根据表 8-38 确定。

www.plcworld.cn

表 8-38　同一根钢管中穿入相同截面导线的根数

线芯截面，毫米²	管径，毫米						
	15	20	25	32	40	50	70
2.5	2	7	12	21	30	53	83
4	1	5	9	14	21	38	60
6	1	4	7	13	19	34	53
10	1	2	4	8	10	19	30
16	1	1	3	4	7	12	19
25		1	2	4	5	9	14
35		1	2	3	4	7	12
50			1	2	3	4	8
70			1	1	2	3	6
95				1	1	2	4
120				1	1	1	3

775. 怎样用缠绕法连接导线？

缠绕法适于连接单股或多股铜导线或钢线。连接单股导线的方法是：取一根直径 1.6 毫米的裸导线作绑线，先将绑线磨光，然后将两根导线搭在一起，用绑线由中央向两边缠绕，缠足所需长度后，将导线的两个端头折回，用绑线在未搭接的导线上缠绕数圈，剪掉多余的线头，并浇注焊料（图 8-50）。

图 8-50　缠绕法连接单股线示意图

连接多股导线的方法是：先将多股线散开，使之呈伞形，然后将每根线都磨光，并使导线一一交叉；随后取出左端的一根导线由中央向右绕 6 圈，取出右端的一根

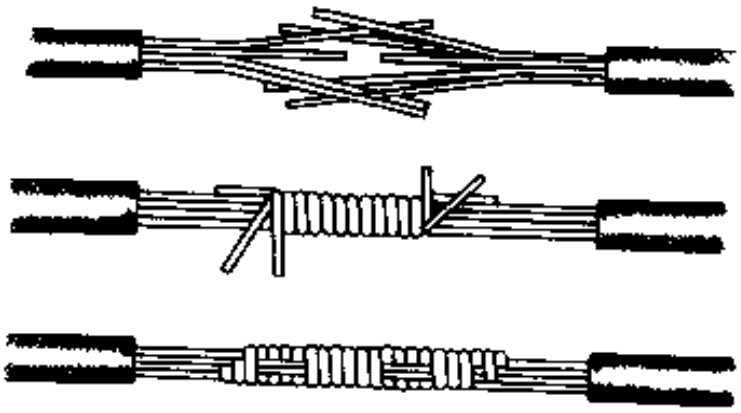


图 8-51　缠绕法连接多股线示意图

www.plcworld.cn

导线向左绕 6 圈；再后另取其他导线将所绕的绕线端压住，并剪去多余的线头，再顺次缠绕，每次比上次少缠一圈，达到规定长度后，将最后的绕线与另外的一线绕结，剪去多余线头，再浇注焊料（图 8-51）。

776. 怎样用焊接法连接铝导线？

铝导线可用电阻焊、气焊、药包焊或钎焊等方法来连接。

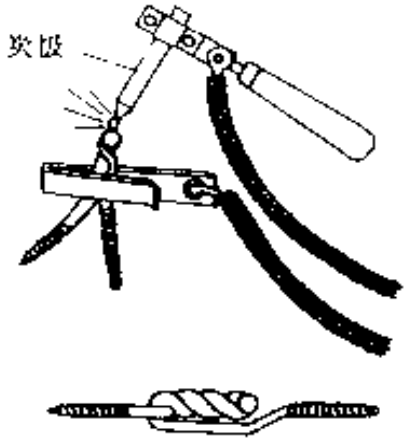


图 8-52　单股铝线电阻焊示意图

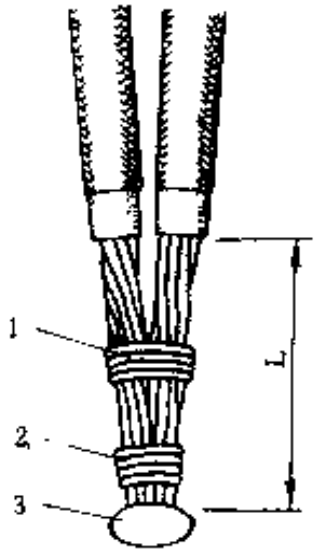


图 8-53　多股铝线的气焊接头

1. 石棉绳　2. 绑线　3. 气焊

单股铝线的并头连接（如在接线盒内并接），可用电阻焊，即用炭极在低电压下焊接。焊接时，先将铝线线头的绝缘层剥去（剥去长度为 20～30 毫米），把线芯头并绞剪齐，在端头上涂以少量焊药，即可进行焊接，使线头熔化为球状（图 8-52）。焊药可按氯化钾粉 50%、氯化钠粉 30%、冰晶石粉 20%配方。

多股铝线在接线盒内并头连接时可采用气焊法（图 8-53），通常由电工配合，由气焊工直接操作。焊接时首先加热焊点，到焊点熔化时加入铝焊粉（焊药），借助焊粉的填充和搅

www.plcworld.cn

动，使端面的金属芯线熔合并接。接头焊好后，应趁热立即用棉纱沾水擦去接头上的残渣和焊粉，因为焊粉对铝有腐蚀作用。多股铝线的气焊长度如表 8-39 所示。

表 8-39　多股铝线气焊接头的长度

导线截面，毫米^2	接头长度 L，毫米
16	60
25	70
35	80
50	90
70	100
95	120

777. 怎样用压接法连接铝导线？

由于铝在空气中极易氧化，所以铝导线的连接工艺比铜导线复杂，稍不留意就会造成接头连接不良。铝线的连接方法很多，一般有压接、电焊、气焊、钎焊等几种。铝线的连接禁止绞接和绑接。

铝线有单股、多股之分，用压接法连接时应按以下步骤进行：

(1)单股铝线　室内配线用的 10 毫米^2 以上的单股小截面铝线，一般采用铝套管进行局部压接(图 8-54)。压接前，先将两根导线的端头各 50～55 毫米长的绝缘层剥去，用电工刀刮掉导线表面的氧化膜和油垢后，涂上凡士林锌粉膏，然后将线芯从两端插入事先选好的圆形或椭圆形套管内，用压钳予以压接，压接尺寸见表 8-40。

压接时，应按规定将压钳压到必要的极限尺寸，并使所有压坑的中心线处于同一条直线上。

单股铝线需要分支或并头连接时，也可用管压接头方式连接。

www.plcworld.cn

(2)多股铝绞线　截面为16～240毫米²的多股铝绞线可用手提式油压钳局部压接(图8-53)。压接前先将两根导线端部的绝缘层剥去,每端剥去长度为连接管长度的1/2加5毫米;剥去绝缘后,散开线芯,用钢丝刷刷去导线表面的氧化膜,并涂上凡士林锌粉膏,再将线芯绞合成原形;然后将线芯从两端插入连接管内,插入长度各为连接管长度的1/2,并作出压坑标记。根据所接导线的截面大小选好压模,装入钳口内进行压接。压坑尺寸如表8-41所示,压接顺序见图8-55。压完后,用细齿锉刀锉去压坑边缘的棱角,并用砂纸磨光,再用浸有汽油的揩布擦净,最后恢复绝缘。

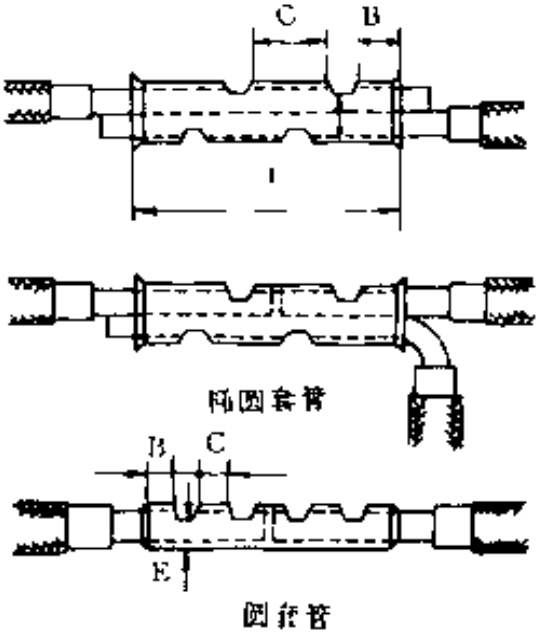


图8-54　单股铝线压接示意图

表8-40　铝套管压接规格

套管形状	导线截面 毫米²	铝芯外径 毫米	管压接尺寸 毫米		压后尺寸E 毫米	铝套管长度L 毫米
			B	C		
圆形	2.5	1.76	2	2	1.4	31
	4	2.24	2	2	2.1	31
	6	2.73	2	1.5	3.3	31
	10	3.55	2	1.5	4.1	31
椭圆形	2.5	1.76	2	8.8	3.0	31
	4	2.24	2	8.4	4.5	31
	6	2.73	2	8.4	4.8	31
	10	3.55	2	8	5.5	31

www.plcworld.cn

表 8-41　铝导线压接的压坑尺寸　　毫米

连接管规格（圆形）	压坑间距			压坑深度 h_1	剩余厚度 h	铝接管长度 L
	b_1	b_2	b_3			
GL-16	3	3	4	5.4	4.6	66
GL-25	3	3	4	5.9	6.1	68
GL-35	3	5	4	7.0	7.0	72
GL-50	3	5	6	8.3	7.7	78
GL-70	3	5	6	9.2	8.8	82
GL-95	3	5	6	11.4	9.4	86
GL-120	4	5	7	12.5	10.5	92
GL-150	4	5	7	12.8	12.2	95
GL-185	5	5	7	13.7	13.2	100
GL-240	5	6	7	16.1	14.9	110

778. 怎样连接铜导线？

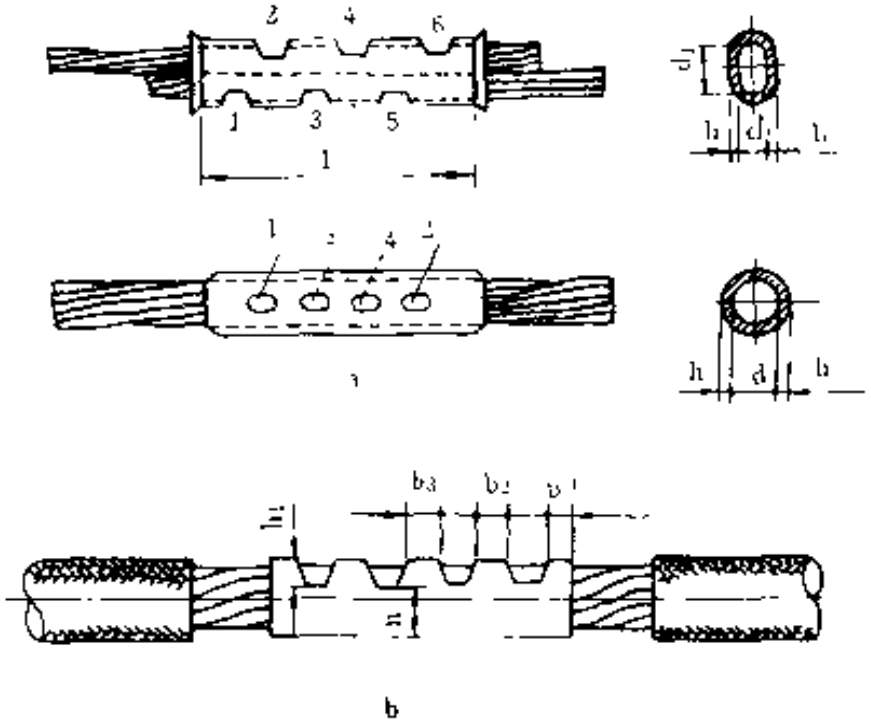
铜导线的连接工艺比铝导线简单，一般可采用焊接或压接等方法。铜线的焊接多实行锡焊或气焊，单股铜线也可实行电阻焊。铜线的压接工艺与铝线基本相同，不同之点仅仅是铜连接管内壁必须镀锡，以增大导线接触面积。此外，铜线的连接还可实行绞接、绑接和单卷或复卷连接。

（1）绞接　小截面（10 毫米^2 以下）单芯线铜线的直线连接和分支连接多采用绞接法，绞接的示意图如图 8-56 所示。

（2）绑接　大截面（10 毫米^2 以上）单芯铜线的直线连接和分支连接常采用绑接法。连接时用连接线缠绕绑扎，填一根 1.5 毫米^2 铜线作为辅助线，用 1.5 毫米^2 裸铜线从中部开始向左右两端展开缠绕（图 8-57）。

多芯铜线的直线连接和分支连接也可用缠绕绑线法连

www.plcworld.cn

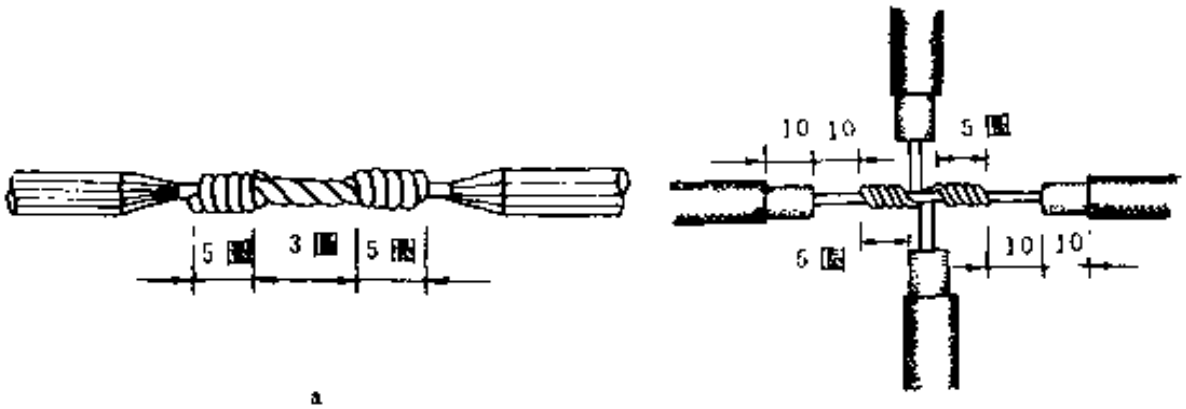


a

b

图 8-55　多股铝线压接示意图

a. 绞线压接顺序　b. 铝导线压接工艺尺寸



a

b

图 8-56　单芯铜线绞接

a. 中间连接　b. 十字分支线连接

接。连接时先剥去导线两端的绝缘层，将多芯线散开，把中心线切短，然后将两头多芯线顺序交叉插入成为一体，填入一根辅助线，用 1.5 毫米^2 裸铜线从中央开始用钢丝钳绑缠，操作方法与单芯铜线的直线缠绑相同（图 8-58）。

www.plcworld.cn

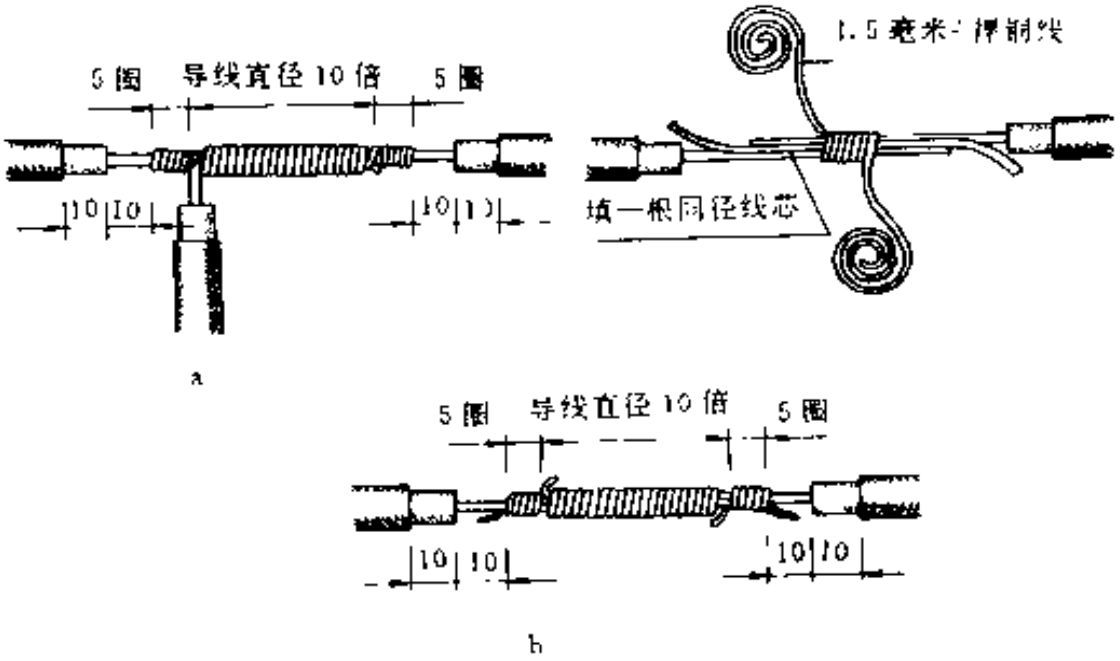


图 8-57　单芯铜线缠绕绑接

a. 大截面分线连接　b. 大截面直线连接

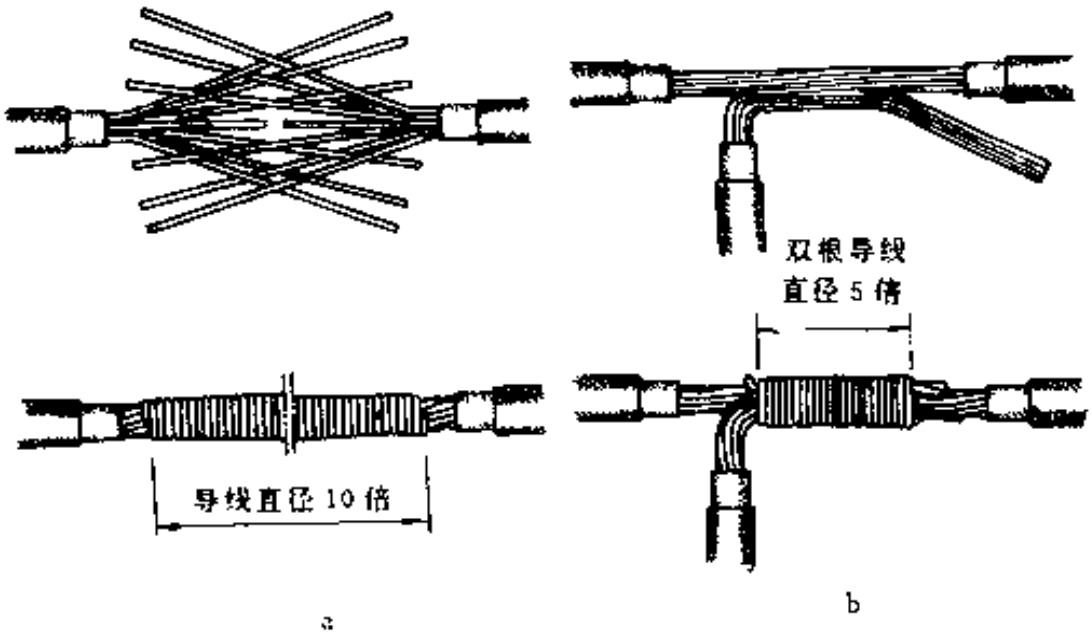


图 8-58　多芯铜线缠绕绑接

a. 直线连接　b. 分线连接

(3)单卷或复卷连接　首先将多芯线散开，把中心线切断，把两头线芯插入成为一体，利用导线本身单卷连接(图 8-59)。此时任取两股同时缠绕成圈后，另换两股缠绕，余线头压

www.plcworld.cn

图 8-59　多芯铜线单卷直线连接

在里面或剪掉，再缠至5圈后，又另换两股缠绕，依此类推，缠到边线为止，选双股拧三转，余线头剪掉，用钳子拍打平即可。另一端也按同样方法缠绕。

多芯铜线的分支连接也可实行单卷或复卷连接（图 8-60）。

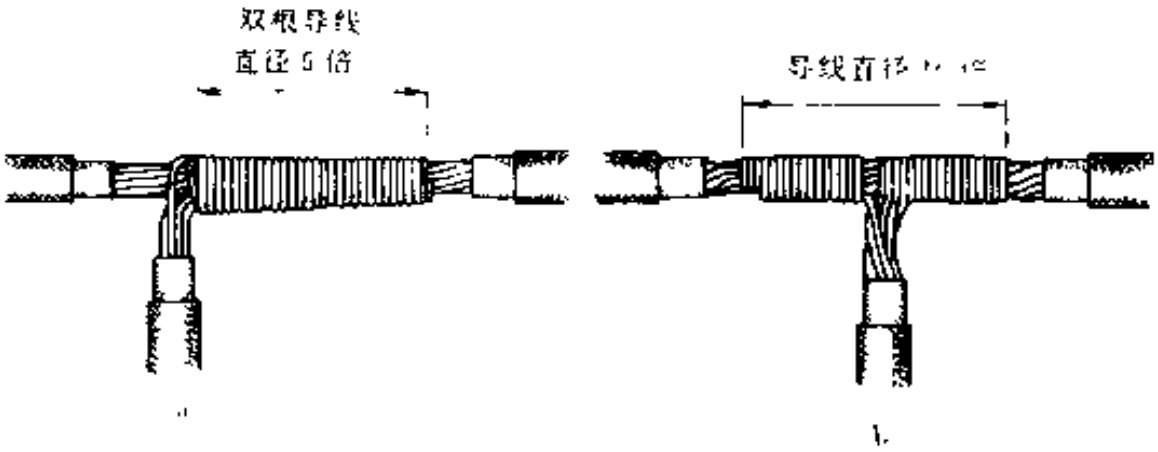


图 8-60　多芯铜线分支单卷和复卷连接

a. 分支单卷连接　b. 分支复卷连接

779. 怎样在铜导线接头上焊锡？

铜导线的接头一般要用锡封焊，其目的是防止接头锈蚀和松动，增加机械强度，提高导电性能。

锡焊方法随导线截面不同而异。10 毫米^2 及以下的铜导线，其接头可用电烙铁进行锡焊（无电源的场所，可使用火烙铁）。16 毫米^2 及以上的导线接头，可用浇焊法进行锡焊。无论采用哪种方法，锡焊前接头上都应涂一层焊锡膏或松香液。

用电烙铁锡焊时，可使用 150 瓦电烙铁。实行浇焊时，先将焊锡置于化锡锅内，用喷灯或电炉加热熔化，然后把接头校直，置于锡锅上面，用勺盛上锡液，从接头上浇下（图 8-61）。

www.plcworld.cn

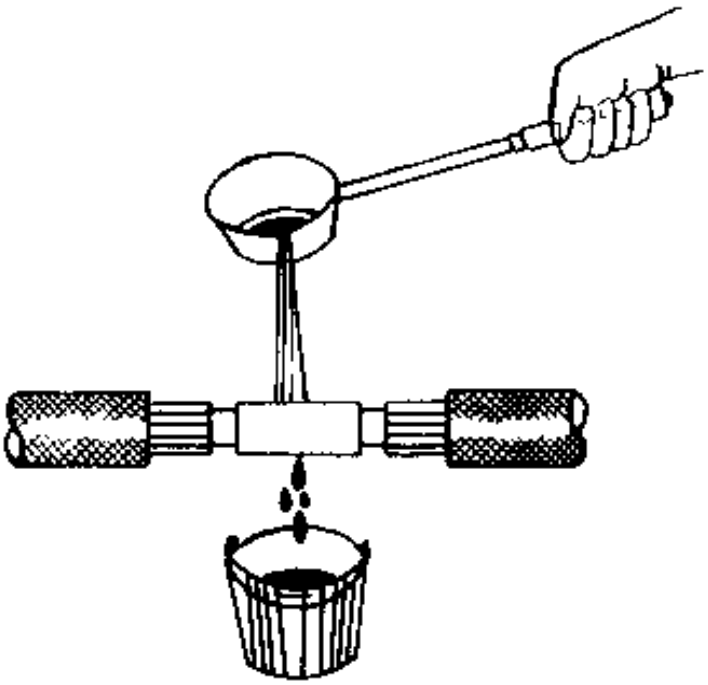


图 8-61　导线接头浇锡

刚开始浇焊时，由于接头较冷，锡液在接头上不会很好地流动，此时应反复浇焊，使接头处的温度升高，直到整个接头焊上锡为止。最后用揩布轻轻擦去焊渣，使接头表面光滑。

780. 连接绝缘导线时，怎样确定接头的连接长度？

连接绝缘导线时，接头的连接长度一般应符合下列规定：

(1)截面在 6 毫米^2 以下的铜线，本身自缠不应少于 5 圈。

(2)铜线用裸绑线缠绕时，缠绕长度不应小于导线直径的 10 倍。

(3)铝线端部熔焊时，连接长度不应小于表 8-42 所列值。

表 8-42　绝缘铝导线连接长度

单股铝线		多股铝线	
截面，毫米^2	连接长度，毫米	截面，毫米^2	连接长度，毫米
2.5	20	16	60
4	25	25	70
6	30	35	80
10	40	50	90
		70	100
		95	120

www.plcworld.cn

781. 怎样在接线桩上连接导线线头？

在接线桩上连接导线线头，应按以下要求操作：

(1)小截面芯线线头的连接　小截面导线与接线桩连接时，应留有能再剖削 2～3 次线头的长度。否则，线头断裂后，将无法再与接线桩连接。

小截面导线与平压式接线桩连接时，应将线头弯成羊眼圈，羊眼圈的弯曲方向应与螺钉拧紧方向一致(图 8-62a)。截面较小的单股芯线与针孔式接线桩连接时，可按图 8-62b 所示方法弯折，然后插入针孔进行压接。

(2)大截面芯线线头的连接　多根芯线的线头应先绞紧，然后与接线桩连接。芯线截面较大的导线与平压式接线桩连接时，线头需套上接线耳，然后将接线耳与接线桩连接；截面很大的多股芯线与针孔式接线桩连接时，可把中间的芯线适量剪去几股，绞紧后进行压接。

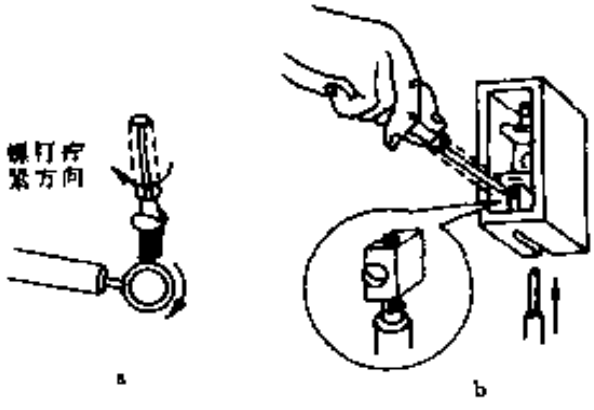


图 8-62　小截面芯线线头的连接
a. 羊眼圈压接　b. 针孔式接线桩压接

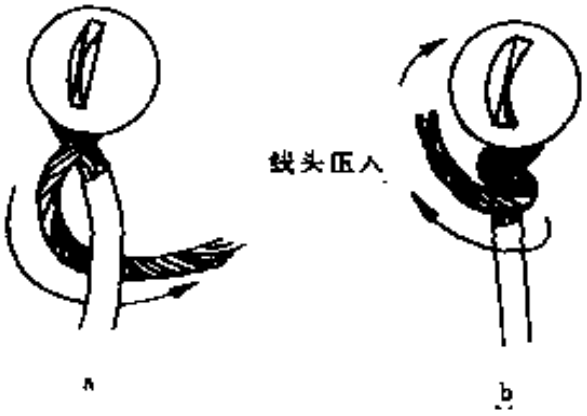


图 8-63　软线芯线线头的连接
a. 绕螺钉后自缠　b. 自缠一圈线头压入螺钉

(3)软线芯线头的连接　软线芯线头与接线桩连接时，芯线不得松散和外露，在平压式接线桩上连接时，应按图 8-63 所示方法进行压接，或将线头弯成羊眼圈后进行搪锡，以保证连接牢固；在针孔式接线桩上连接时，将线头绞紧即可，或者

www.plcworld.cn

将线头绞紧搪锡后再连接。

782. 怎样做好导线封端连接工作?

封端连接,是指导线终端出线与用电设备端子的连接。截面在 10 毫米^2 以上的多股铜线或铝线,由于线粗、载流量大,一般应先做好导线端头的接线端子(俗称线鼻子、接线耳),再与用电设备相连。

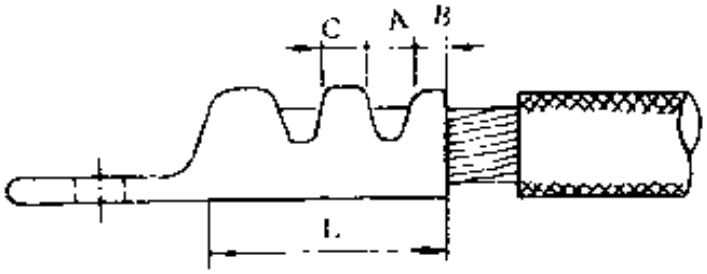


图 8-64 铝接线端子压接工艺尺寸

铝线用接线端子封端连接时,多用压接法,压接工艺与铝线接头的压接工艺相同。此外,也可采用气焊法封端,但明敷导线时不宜采用。铝线的封端连接,严禁拧接,因为拧接容易松弛,往往造成接触不良,接触电阻增大,使接线端子过热而发生故障。铝接线端子压槽的相对位置见图 8-64、图 8-65 和表 8-43。

表 8-43 铝接线端子槽尺寸

导线截面,毫米^2	A	B	C	L	压入深度
	毫米				
16	13	2	2	32	5
25	13	2	2	32	5.9
35	13	2	2	32	7.0
50	14	3	3	37	7.8
70	15	4	3	40	9.0
95	17	4	3	45	10.0
120	17	5	5	48	10.8
150	18.4	5	5	50	11.5
185	18.4	6	6	53	12.5
240	20.8	6	6	60	14.0

www.plcworld.cn

铜线用接线端子封端连接时，一般采用锡焊法或压接法。锡焊时，用喷灯火焰加热进行焊接。

如果铝线出线端与电气设备的铜端子直接连接，则会发生电化学腐蚀，因此，需采用预制的铜铝过渡接线端子，使接线端上铜与铜、铝与铝连接，压接方法也与铝线接头的压接方法相同。

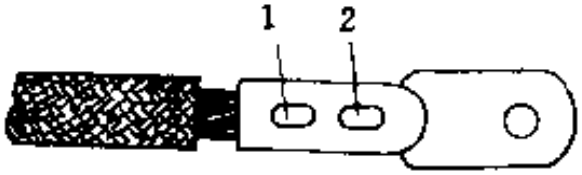


图 8-65　铝接线端子压接程序

10 毫米^2 以下的单股铜线和单股铝线，可直接与电气设备的端子连接，但线头弯圆的方向应与螺母拧入方向一致，一般为顺时针方向(图 8-66)。

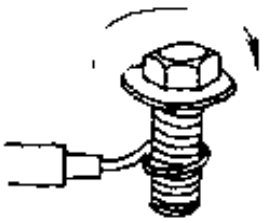


图 8-66　单股线与电气设备的连接

783. 怎样对车间线路停电进行清扫和检查?

车间线路停电以后，一般可进行以下清扫和检查：

(1)清除裸导线和绝缘子上的污垢。

(2)检查绝缘线是否陈旧和老化，对于老化严重或绝缘破损的导线，应予以更换。

(3)紧固导线的所有连接点。

(4)更换或补充线路上损坏或缺少的支持物和绝缘子。

(5)如果是钢管配线，则对钢管进行除锈刷漆。

(6)检查伸缩、沉降缝处的接线箱有无异常现象。

(7)检查多股导线在第一支持物弓子处是否做了倒人字形接线，雨后有无进水现象。

784. 怎样使用断线测定器测定绝缘导线的断裂点?

使用断线测定器测定绝缘导线的断裂点时，先用兆欧表

www.plcworld.cn

查明待测多芯导线断裂的一相，然后将导线一端的各相用胶布包好，以防短路；将断裂的一端与火线（相线）相接，其余未断者均与地线相接。随后将导线拉直，用测定器的凹面紧贴导线绝缘表面，从接电源的一端开始移动，此时试电笔中的氖灯发光。如果氖灯突然熄灭，就停止移动，断裂点即在半圆形铁皮的中点。为了判断准确，可在该段反复试验。测定断裂点后，就可切断电源进行修理。

测定器的工作原理是：铁皮与导线线芯构成一电容器，交流电可通过此电容器经人体入地而成回路，使氖灯起辉。当测定器经过断线点时，即离开电源，因此氖灯熄灭。

785. 为什么试温蜡片能测量电气设备或导线的发热温度？怎样配制试温蜡片？

试温蜡片可用四川蜡、蜂蜡和白蜡（或烛蜡、黄蜡和油酸）按不同比例配制，其熔点随成分比例不同而异。通常，制成数种不同熔点的蜡片供测温时使用。例如，将某已知熔点的蜡片粘贴在电气设备发热的部位或导线接头处，如果发现蜡片熔化，则说明该部位或该接头的温度超过该种蜡片的熔点，从而可以判断粘贴示温蜡片的部位或接头处存在发热现象。此外，也可按上述原料的不同配比制成蜡笔，将蜡笔固定在绝缘杆上，采用间接带电作业法，使蜡笔接触被测元件，以判断该元件的温度是否超过规定值。

试温蜡片可参照表 8-44 配制。

表 8-44　试温蜡片的成分配比及其熔点

原料名称	四川蜡	蜂　蜡	白　蜡	熔性颜料
60℃蜡片	2.5 克	2.9 克	2.9 克	0.1%（黄）
70℃蜡片	6 克	5 克	6.5 克	0.1%（绿）
80℃蜡片	34 克	3.7 克		0.1%（红）

www.plcworld.cn

786. 怎样粘贴示温蜡片？

在电气设备的发热部位或导线接头处粘贴示温蜡片，应注意以下事项：

(1)应粘贴在易检查、不为雨水所冲掉的明显部位。

(2)选择粘贴部位时，应考虑进行检修、试验和维护工作不致触碰示温蜡片。

(3)为了减小外界温度的影响，应避免粘贴在阳光直射的地点。

(4)应粘贴在接头的两个接触面的上面，不得偏离接头太远。

(5)如果接头的接触面较大，可贴在接头的中心部位；如果接头处是铜与铜、铜与铝、铝与铝的多接触面，则应贴在铜与铝接触面的接头上。

(6)如果导线上涂有相位漆，应选用与相位漆颜色不同的示温蜡片，以便检查时易于区别。

(7)粘贴示温蜡片的粘接剂，宜选用酒精调和的漆片溶液或万能胶，而不得使用普通胶水或浆糊。

(8)粘贴时应对准测温部位，且粘贴应牢靠。

(9)为了保证人身安全，应停电粘贴示温蜡片；在带电情况下，应使用绝缘工具来粘贴。

787. 变色漆有什么用途？怎样配制和应用？

变色漆是一种化学物质，其颜色随温度的变化而改变，通常将其涂在电气设备的某些温度敏感部位或导线的接头处，用以监视该部位或接头的温度变化情况。

变色漆用碘化汞(HgI_2)1～3份、碘化银(AgI)10份，按重量比混合均匀，加透明喷漆调成糊状面成。变色漆若久置凝结，应加适量香蕉水稀释后才可使用。

www.plcworld.cn

在常温时变色漆呈黄色，30℃以上开始变色，45℃时为橙色，65℃时为赤橙色，温度愈高颜色愈深；当温度下降时，可以恢复原色，但温度过高就不能再恢复原色。它对金属有腐蚀作用，并与金属发生反应而失去其效用。因此，使用前应在金属表面刷一层白瓷漆，待漆干燥再涂上变色漆。另一种办法是先将变色漆涂在纸上，干燥后剪成小块，用胶水粘贴在需要测量温度的部位。碘化汞有毒，制作和使用时要注意安全，工作完毕应更换衣服和洗手。

www.plcworld.cn

九、电工测量仪表

788. 怎样选择和使用电压互感器？

选择和使用电压互感器，一般应注意以下几点：

(1)根据被测电压的高低选择电压互感器的额定电压比，亦即所选用的电压互感器的一次侧额定电压应与被测电压相适应，并应高于后者。与电压互感器配套使用的测量仪表一般应为 100 伏的交流电压表。通常使用的板式电压表是按电压互感器一次侧额定电压刻度的，在该仪表上标明了所需配用的电压互感器的规格，因此选用标明的电压互感器即可。

(2)所选用的电压互感器应符合规定的准确度等级。

(3)电压互感器二次侧所接仪表消耗的总功率不得超过电压互感器的额定容量。否则，会增大误差。

(4)电压互感器的一次侧线端标有 A、X，二次侧线端标有 a、x，接线时一次侧 A－X 与被测电压的电路并联，二次侧 a－x 则与测量仪表连接。测量功率、能量和相位时，在接线中要注意极性正确。通常，电压互感器一次侧线端 A 与二次侧线端 a 同极性，称为同名端；一次侧线端 X 与二次侧线端 x 同极性，也是同名端。

(5)电压互感器二次侧不得短路。否则，一、二次绕组会过分发热而造成互感器损坏；一次侧和二次侧都应装设熔体，有时除了安装熔体外，还安装保护电阻，以减小短路电流。

(6)电压互感器的二次绕组、铁芯和外壳必须可靠接地。这样，即使绕组绝缘损坏，二次绕组对地电压也不会升高，以保证人身和设备安全。

www.plcworld.cn

(7)检修电压互感器的刀闸或在其二次回路上工作时，除了按规程填写工作票外，还要做到以下几点：应考虑切断电压互感器的电源是否会影响继电保护装置；取下二次侧熔体，防止反充电造成高压触电；拉开有关刀闸，验电和挂接地线。

(8)电压互感器二次回路的电压降一般不应超过0.5%，接用0.5级电度表时则不得超过0.25%。

789. 怎样测定电压互感器的极性？

所谓电压互感器的极性，就是表明它的一次绕组和二次绕组在同一瞬间的感应电势方向相同还是相反。相同者叫做减极性，相反者叫做加极性。电压互感器的极性测定方法有差接法和比较法两种。

(1)差接法　如图9-1所示，将互感器的高压绕组接入交流220伏电源，并将互感器高压正端与低压正端连接。K为单极双投开关，当投向1时，测得电源

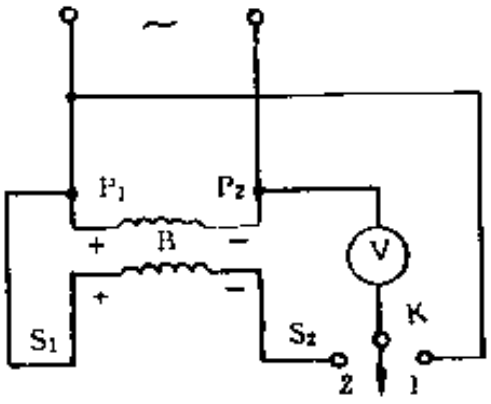


图9-1　测定电压互感器极性的差接法

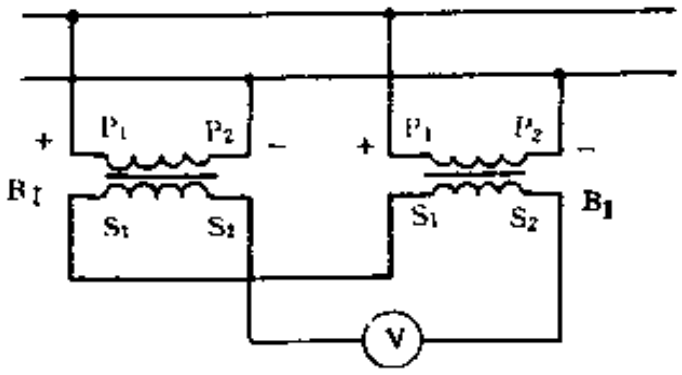


图9-2　测定电压互感器极性的比较法

www.plcworld.cn

电压；投向 2 时测得两负端电压。此时，若测得的电压小于电源电压，则为减极性；大于电源电压则为加极性。

（2）比较法　如图 9-2 所示，B_1 为已知减极性的标准电压互感器，B_2 为同一电压规格但未知极性的待测互感器。从高压侧引入同一电源，低压侧按图 9-2 所示接一个电压表，若电压表指示为零或几乎为零，则为减极性。否则，为加极性。

790. 电压互感器的二次侧为什么必须接地？怎样接地？

运行中的电压互感器，其一次绕组处于高电压，而二次绕组则处于一固定的低电压（例如一次绕组的电压为 1000 伏，二次绕组的电压为 100 伏，则二次电压仅为一次电压的 1/10）。如果电压互感器的一、二次绕组之间的绝缘损坏，则一次侧高压便会窜入二次侧，而二次侧所接的各种仪表和继电器的绝缘强度一般都很低，所以此时不但会损坏二次侧设备，而且也威胁维护操作人员的安全。为了防止高压窜入低压，一般在电压互感器的二次侧实行保护接地。

通常，将电压互感器的外壳和二次绕组的一端均作可靠接地，就可达到互感器二次侧不受高压危害的目的。

791. 怎样选择电压互感器用的熔断器？

通常，在电压互感器的二次回路中接有负荷。为防止二次主回路和测量仪表的电压回路短路，需装设熔断器。熔断器熔体的额定电流一般应为最大负荷电流的 1.5 倍（在双母线情况下，应考虑一组母线停运时，所有负荷都加在一组电压互感器上。在一般情况下，主回路按 3～5 安选择，仪表回路按 1～2 安选择），同时应考虑仪表回路与保护装置回路在动作时间和灵敏度上相配合，即仪表回路短路时，不致引起保护装置（引向保护装置的电源不装设熔断器）误动作。若不能满足这一要求，应考虑选用自动开关或快速自动开关。

www.plcworld.cn

110 千伏以上的电压互感器，其一次侧不装熔断器。35 千伏室外电压互感器一次侧一般装设带限流电阻的角形熔断器，限流电阻约为 396 欧。在这种互感器的一次侧也可安装有防雨罩的充填石英砂的瓷管熔断器。35 千伏和 10 千伏室内电压互感器一次侧一般均装设充填石英砂的瓷管熔断器。熔断器的额定电流为 0.5 安，熔断电流为 0.6～2 安(10 千伏约取 1.5～2 安)。保护范围为内部故障和与电网相连的连接线上的短路故障。

792. 在线路检修中怎样防止电压互感器反送电？

在线路检修中，要特别注意防止电压互感器反送电而造

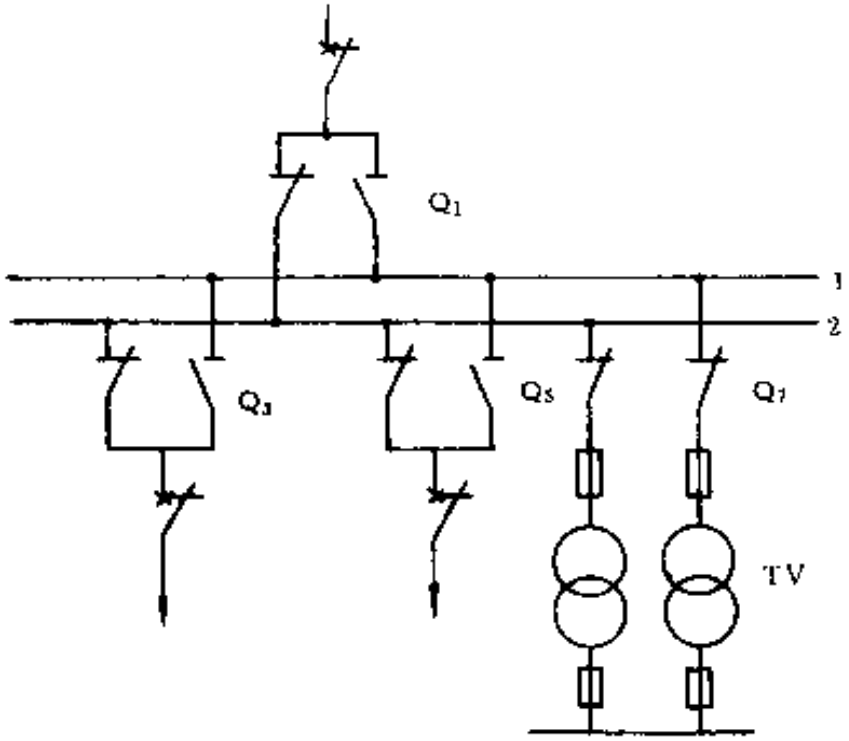


图 9-3 电压互感器反送电示意图

成事故。例如，检修图 9-3 所示的母线 1 时，如果仅仅拉开 Q_1、Q_3 和 Q_5，则母线 2 的高压电会通过两个电压互感器反送到母线 1 上，威胁检修人员的人身安全。在这种情况下，为了防止母线 2 反送电，除必须拉开上述三个开关外，还必须断开开关 Q_7。这样，就可保证线路检修作业的安全。

www.plcworld.cn

793. 电压互感器运行中出现异常现象怎么办?

运行中的电压互感器可能出现以下异常现象:

(1)瓷套管破裂,严重放电。

(2)高压绕组的绝缘击穿、冒烟,发出焦臭味。

(3)电压互感器内部有放电声或其他噪声,绕组与外壳之间或引线与外壳之间有火花放电现象。

(4)严重漏油,油标中看不见油面。

(5)外壳温度超过允许温度,且继续上升。

(6)高压熔体连续两次熔断。

一旦发现运行中的电压互感器出现上述故障之一,该互感器应立即退出运行。此时,对于6~35千伏装有0.5安熔体和合格限流电阻的放障电压互感器,可用刀闸将其切断;对于110千伏及以上的电压互感器,不得带故障将刀闸拉开。否则,将导致母线发生故障。

794. 电压互感器断线有何特征? 怎样处理?

电压互感器一旦断线,会发出预告音响和光字牌,低压继电器动作,周波监视灯熄灭,仪表指示不正常。此时首先应检查电压互感器的熔断器熔体是否熔断。如果发现高压或低压熔体熔断,应将有关保护(如低压闭锁、方向闭锁、距离保护、复合电压闭锁等)解除,按下述原则进行处理:

(1)若高压熔体熔断,应仔细查明原因,并排除故障。只有确认无问题,才可进行更换。

(2)若低压侧熔体熔断,应立即更换,并保证熔体容量与原来的相同,不得增大。

(3)排除故障、更换熔体和恢复正常情况后,将停用的保护装置投入运行。

(4)若更换熔体后,仍发出断线信号,则应拉开刀闸,并在

www.plcworld.cn

采取安全措施后进行检查。检查时查看回路接头有无松动、断开现象，切换回路有无接触不良、短路等故障。

795. 运行中的10千伏电压互感器一次侧熔体熔断的原因是什么？怎样处理？

运行中的10千伏电压互感器一次侧熔体熔断，主要是由于内部绕组发生匝间、层间或相间短路以及一相接地等故障引起的。此外，以下几方面的原因也往往造成电压互感器的一次侧熔体熔断：

（1）二次回路故障　如果电压互感器的二次回路和设备发生故障，可能造成电压互感器过电流，若互感器二次侧的熔体选得太粗，就会造成一次侧熔体熔断。

（2）10千伏系统一相接地　10千伏系统一般是中性点不接地系统，当其一相接地时，其他两相的对地电压将升高$\sqrt{3}$倍。这样，对于Y_0/Y_0接线的电压互感器，其正常的两相对地电压将变成线电压。由于电压升高，电压互感器的电流增大，从而使熔体熔断。

（3）系统发生铁磁谐振　近年来，由于配电线路和用户的电压互感器都大量增加，10千伏配电系统的电气参数发生了很大变化，逐渐形成了谐振条件，加之有些电磁式电压互感器的励磁特性不佳，所以谐振现象经常出现。当系统发生谐振时，电压互感器中便产生过电压或过电流，此时除了造成一次侧熔体熔断外，还可能烧毁互感器。

发现电压互感器一次侧熔体熔断，应拉开电压互感器的隔离开关，检查二次侧熔体是否熔断。排除互感器本身故障或二次回路的故障后，可更换一次侧的熔体，将互感器投入运行。

796. 电压互感器二次负荷回路发生故障怎么办？

www.plcworld.cn

运行中的电压互感器，因二次熔断器或隔离开关的辅助触点接触不良而造成回路电压消失，或者负荷回路中发生故障而使二次侧熔体熔断。此时控制室或配电盘的电压表、功率表、功率因数表、电度表、周波表等的指示将出现异常，同时保护装置的电压回路也失去电压。遇此情况，值班员应该：

(1)仔细观察电流表和其他仪表的指示是否正常。如果正常，则说明是电压互感器及其二次回路存在故障。此时，应根据电流表和其他仪表的指示，对设备进行监视，并尽可能不改变设备的运行方式，以免发生误操作。如果这类故障可能引起保护装置误动作(如低压闭锁过电流保护装置失压等)，则应按照继电保护运行规程的有关规定，退出相应的保护装置。在采取这一措施后，应尽快消除故障。

(2)如果是熔断器接触不良所致，则应立即修复。如果发现二次侧熔体熔断，则可换上同样规格的熔断器试送电；若再次熔断，则应查明原因。只有消除故障，才可换上熔断器。

(3)如果一次侧熔体熔断，应对一次侧进行反复检查。只在有限流电阻时，才可换上同样规格的熔断器试送电。如果没有限流电阻，不得更换试送。否则，可能造成更大的故障。

(4)有时只有个别仪表(如电压表)的指示不正常。此情况，可判断该仪表有故障，并立即通知检修人员进行处理。

797. 怎样巡视检查运行中的电压互感器？

对运行中的电压互感器进行巡视检查时，一般应注意以下几方面：

(1)瓷套管是否清洁、完整，有无损坏、裂纹和放电痕迹。

(2)油位是否正常，油色是否透明(不发黑)，有无严重渗、漏油现象。

(3)呼吸器内部的吸潮剂是否潮解。如果硅胶由原来的天

www.plcworld.cn

蓝色变为粉红色，则说明硅胶已受潮，应予以更换。

(4)内部是否发出异常声响，有无放电声和剧烈振动声；当外部线路接地时，更应注意电压互感器的声响是否正常，有无焦臭味。

(5)6～35 千伏电压互感器开口三角绕组上的灯泡(指示过电压用)是否损坏。如果损坏，应及时更换。

(6)高压中性点上所串接的电阻是否良好。如果损坏，应立即更换；若无备品，应尽快恢复中性点接地。

(7)高压侧导线接头是否过热，低压电路的电缆和导线是否损伤和腐蚀，低压侧熔断器和限流电阻是否完好。

(8)电压互感器的保护接地是否良好。如果接地线断开或锈蚀，应及时处理，以防一、二次绝缘击穿时，一次高压窜入二次回路，造成人身和设备事故。

798. 怎样维修电压互感器？

维修电压互感器，应注意以下几点：

(1)油浸式电压互感器的油面距油箱盖一般应在 10～15 毫米左右。如果距离太大(例如，JDT 型，大于 30 毫米；JSJB 和 JSJW 型，大于 60 毫米)，则器身和引线将露出油面，此时应检查绝缘是否受潮。

(2)测量绕组的绝缘电阻，测得值不应低于出厂值(或上一次测量值)的 70%(换算到同一温度时的值)。

(3)电压互感器二次回路不得短路。如果短路，应使其立即退出运行，并进行检查和试验。

(4)三相三绕组电压互感器(JSJW 型)空载时，如果一次相电压平衡，且为额定值，则零序回路的端电压不应大于 8 伏(用真空管电压表测量)；在试验中一次侧应接三相电缆，电缆对地电容不应小于 0.2 微法。

www.plcworld.cn

(5)线路发生单相接地故障时，只允许电压互感器连续运行 2 小时。否则，绕组可能因过热而损坏。

(6)电压互感器的故障多半是由于绝缘受潮、击穿、匝间短路、绕组烧毁和套管损坏而引起的，通常可按原样修复，修理方法与变压器的修理方法相同。

799. 怎样选择和使用电流互感器？

选择和使用电流互感器，应注意以下几点：

(1)按被测电流大小选择合适的变比。否则，会增大误差。

(2)电流互感器的额定电压应等于被测电路的电压，其一次侧的额定电流应大于被测电路的最大持续工作电流。此外，电流互感器的结构形式和容量应满足测量准确度的要求。

(3)二次负载(如仪表和继电器等)所消耗的功率，不应超过电流互感器的额定容量。否则，互感器的准确等级将下降。

(4)电流互感器二次回路不得开路；拆装仪表时，应先将二次侧两线端短接，然后才进行拆装仪表的工作。

(5)为了达到测量准确的目的，二次侧的负载阻抗不得大于电流互感器的额定负载阻抗。

(6)接线时，一次侧线端 L_1、L_2 串入被测电路，二次侧的线端 K_1、K_2 与测量仪表相连。此时要注意极性正确。当一次侧电流从 L_1 流向 L_2 时，二次电流应从 K_1 流向 K_2。

(7)不得与电压互感器二次侧互相连接。否则，会造成电流互感器近似开路，出现高电压。

(8)应根据装设地点的系统短路电流，定期校验互感器的动稳定度和热稳定度。

800. 怎样从配电盘用交流电流表的刻度盘满刻度值直接推算其配套电流互感器的变流比？

当通过电流互感器测量交流电流时，所接电流互感器的

www.plcworld.cn

二次额定电流一般均为 5 安，所以配电盘用交流电流表，也都是按仪表线圈通过 5 安电流时其指针指示满刻度设计的。实际上配电盘用交流电流表就是一个 5 安电流表，但表盘不是按 5 安刻度，而是按配用的电流互感器的一次电流刻度的。电流互感器的变流比，就是其一次电流与二次电流(5 安)之比，所以根据配电盘用交流电流表的刻度盘满刻度值(例如 200 安、400 安、600 安、1000 安等)就可直接推算其配套电流互感器的变流比(如 200/5、400/5、600/5、1000/5 等)。

801. 怎样测定电流互感器的极性?

与电压互感器一样，电流互感器也有一定的极性。测定电流互感器极性的方法很多，常用的有以下几种：

(1)直流法　这是应用楞茨定律的极性试验法。如图 9-4 所示，在电流互感器的一次绕组(或二次绕组)上，通过按钮开关 AN 接入 1.5～3 伏干电池 E。L_1 接电池正极，L_2 接电池负极。在二次绕组两端接电压表或电流表。仪表的正极接 K_1，负极接 K_2。

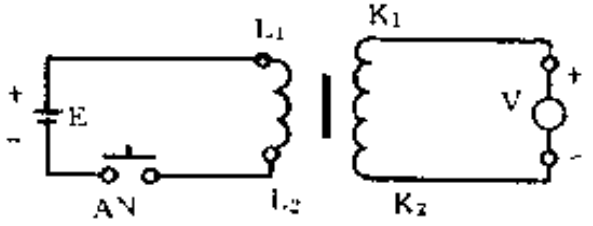


图 9-4　直流法测定电流互感器极性接线图

若按压开关 AN，电路接通时，电压表或电流表指针正摆(示值增大)，而 AN 断开时，指针反摆，则为减极性，反之则为加极性。

使用直流法测定电流互感器的极性，简单易行，测量准确，是现场最常用的测试方法。

(2)交流法　如图 9-5 所示，将电流互感器一、二次绕组的尾端 L_2、K_2 接在一起，在匝数较多的二次绕组上通以 1～5

www.plcworld.cn

伏交流电压 V_1，用 10 伏以下电压表分别测量 U_2 和 U_3。若 $U_3=U_1-U_2$，则为减极性；若 $U_3=U_1+U_2$，则为加极性。

试验中通入的电压 U_1 应尽量低，只要电压表的读数能看清即可，以免电流太大而损坏绕组。为使读数清楚，应选用小量限电压表。

如果电流互感器的变比在 5 以下，用交流法测定极性既简单又准确；如果互感器的变比在 10 以上，由于 U_2 较小，U_3 与 U_1 接近，电压表读数不易区别大小，所以不宜采用此法测定极性。

(3)仪器法　使用互感器校验仪进行校验。这种仪器有极性指示器，在测定电流互感器误差之前，可用该仪器预先检查极性。如果极性指示器无指示，则表明被试电流互感器的极性正确(减极性)。

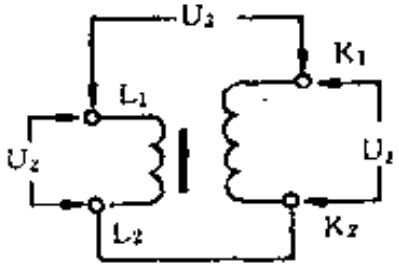


图 9-5　交流法测定电流互感器极性接线图

802. 电流互感器二次侧怎样接地？

通常，高压电流互感器二次侧都有一点接地。这样，当一、二次绕组间的绝缘损伤而被高压击穿时，可将高压引入大地，使二次绕组保持地电位，从而能够确保运行人员和二次电气设备的安全。需要注意的是，电流互感器二次侧只能有一点接地，而不应再有接地点。若有两点接地，则会引起分流，使测量误差增大或者影响继电保护装置的正确动作。

电流互感器二次侧的接地点应在端子 K_2 处(见 801 问"怎样测定电流互感器的极性？"图 9-4 和图 9-5)。

低压电流互感器，由于其绝缘裕度较大，发生一、二次绕

www.plcworld.cn

组击穿事故的可能性很小，所以其二次侧一般都不接地。由于低压电流互感器的二次侧不接地，其二次侧系统和测量仪表都可保持很高的绝缘强度，从而可以减少雷击造成的仪表烧毁事故。

803. 怎样在运行中的电流互感器二次回路上进行带电作业？

在运行中的电流互感器二次回路上进行带电作业，应采取下列安全措施：

(1)严禁将电流互感器二次侧开路。但根据需要，可在适当地点将互感器二次侧短路。短接时应使用短路片或专用的短路线，且短路应可靠，不得使用熔体或导线缠绕。

(2)禁止在电流互感器与短路端子间的回路上进行任何工作。

(3)工作时应小心谨慎，不得损坏元件，不得将回路的永久性接地点断开。

(4)工作中必须有专人监护，并使用绝缘工具和站在绝缘垫上。

(5)清扫二次线路时，应穿长袖工作服，戴线手套，使用干燥的清扫工具，并将手表等金属物品摘下。

804. 电流互感器的二次绕组为什么不允许开路？发现开路怎么办？

正常运行的电流互感器，其二次侧所接的负载均为仪表或继电器，阻抗很小，基本上运行于短路状态。此时二次电流产生的磁通与一次电流产生的磁通互相去磁的结果，铁芯中的磁通密度基本上保持在较低的水平(0.1 特以下)，二次侧的电压也很低(绕组两端的电压不过几伏)。但是，如果二次绕组开路，一次侧的电流仍然不变，而二次电流则等于零，二次

www.plcworld.cn

电流产生的去磁磁通也消失。此时一次电流全部变为励磁电流，使电流互感器的铁芯骤然饱和，铁芯中的磁通密度可达1.8特以上，结果二次侧将产生500～5000伏高压，轻则影响测量的准确性，重则烧毁互感器，并危及人身安全。所以运行中的电流互感器，其二次侧是不允许开路的。

在电流互感器的运行中，一旦发现其二次绕组开路，应立即停电进行处理；如果负荷不允许停电，则应减小负荷，并使用绝缘工具将二次绕组短接，进行短接处理时应停用相应的保护装置。

805. 怎样巡视检查运行中的电流互感器？

对运行中的电流互感器一般应检查以下各项：

(1)各接头有无过热现象，螺栓是否松动，有无焦臭味。

(2)瓷套管是否清洁，有无缺损、裂纹和放电现象。

(3)油位是否正常，有无渗、漏油现象。

(4)定期校验电流互感器的绝缘情况，如定期放油，化验油质是否良好。如果绝缘油受潮，其绝缘性能就降低，会引起发热膨胀，造成电流互感器爆炸起火。

(5)电流表的三相指示值是否在允许范围以内，电流互感器是否过负荷运行。

(6)二次绕组是否开路，接地线是否良好，有无松动和断裂现象。

806. 仪表与电压互感器、电流互感器组配使用时，怎样计算倍率？

在高电压、大电流系统中，由于电压高、电流大，不能将电工仪表直接接入电路。通常，只有通过电压互感器和电流互感器进行变压和变流，使其符合仪表的额定电压和额定电流，才能进行测量。因此，在仪表读数与被测实际值之间就产生了倍

www.plcworld.cn

数关系。倍数的大小取决于组配的电压互感器和电流互感器的变压比和变流比。计算方法是将电压互感器的变压比乘以电流互感器的变流比，求得的乘积便是该仪表的倍率，即仪表的倍率等于变压比乘变流比。

例如，一个电度表的表盘上注明电压为 100 伏，电流为 5 安，组配的电压互感器的变压比为 10000 比 100(10000 伏/100 伏)，电流互感器的变流比为 100 比 5(100 安/5 安)，该电度表的倍率为

$$\text{倍率}=\text{变压比}\times\text{变流比}=\frac{10000}{100}\times\frac{100}{5}=100\times20=2000$$

倍

807. 怎样合理选择与仪表配套的扩程装置的准确度？

与仪表配套的扩程装置包括分流器、附加电阻、电流互感器和电压互感器等，其准确度通常应比测量仪表本身的准确度高 1～3 级。这是因为被测量的测量误差，是仪表基本误差和扩程装置误差之和。为了使用时便于合理选择扩程装置的准确度，现将仪表与扩程装置配套的准确度关系列于表 9-1。

表 9-1　仪表与扩程装置配套的准确度关系

仪表等级	分流器或附加电阻	电流互感器或电压互感器
0.1	不低于 0.05	
0.2	不低于 0.1	
0.5	不低于 0.2	0.2(加入更正值)
1.0	不低于 0.5	0.2(加入更正值)
1.5	不低于 0.5	0.5(加入更正值)
2.5	不低于 0.5	1.0
5.0	不低于 1.0	1.0

808. 怎样合理选择电工仪表？

要使一项电工试验或者电工测量取得满意的结果，首先

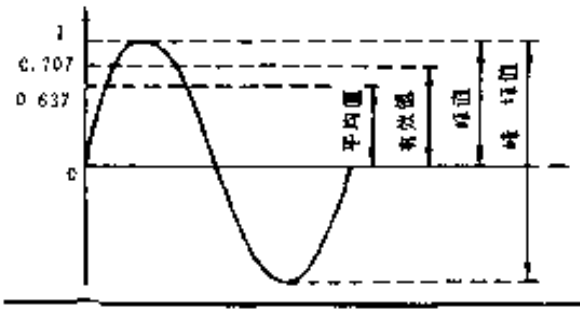
www.plcworld.cn

必须明确试验或者测量的要求，然后根据这些要求合理地选择测量方法、测量线路和测量仪表。而测量仪表的选择，包括正确地选定仪表类型、仪表准确度、仪表量限（量程）、仪表内阻、仪表工作条件和仪表绝缘强度。具体要求，分述如下：

（1）仪表类型　仪表类型，根据被测量的电流性质，可分为直流和交流两类，而交流又有正弦波和非正弦波之分。在电力工程中，所接触的交流，绝大多数都是工频（50 赫）正弦交流。至于直流电量的测量，广泛采用磁电系仪表。如果被测量是正弦交流，只要求测量仪表能测出其有效值即可，所以一般采用电磁系仪表；如果需要获得交流正弦波的平均值、峰值（极大值）或峰-峰值，可按表 9-2 进行换算。

（2）仪表准确度　从提高测量准确度的观点考虑，测量仪表的准确度越高越好。但准确度高的仪表，对工作环境的要求很严格，在不易满足工作条件这一要求时，其测量结果反而不准确。同时，准确度高的仪表，其成本也高。所以，仪表准确度的选择，要从测量的实际出发，既满足测量要求，又经济上合理。

表 9-2　交流正弦波换算表



	平均值	有效值	峰值	峰-峰值
平均值		1.11	1.57	3.14
有效值	0.900		1.414	2.83
峰值	0.637	0.707		2.00
峰-峰值	0.318	0.354	0.500	

（3）仪表量限　为了充分利用仪表的准确度，应按尽量使用标度尺的后 1/4 段这一原则选择仪表量限。一般认为，标度尺后 1/4 段的测量误差即等于仪表的准确度等级，而标度尺

www.plcworld.cn

中间位置的测量误差为准确度的 2 倍，应力求避免使用标度尺的前 1/4 段。总之，选择仪表量限的原则是：仪表的额定量限（如额定电流、额定电压等）要大于被测量值，同时被测量示值又处于标度尺全长的后 1/4 段。在一般情况下，指针越接近标度尺的上限，测量误差就越小。

（4）仪表内阻　仪表内阻的大小，反映仪表本身的功率消耗高低。为了使仪表接入电路后，不改变电路原来的工作状态和减少表耗功率，对不同仪表有不同要求。例如，要求电压表或功率表的并联线圈的内阻应尽量大些，且量限越大，内阻也应越大；要求电流表或功率表的串联线圈的内阻应尽量小些，且量限越大，内阻应越小。因此，选择仪表时，应根据测量对象的阻抗大小来选择仪表的内阻。否则，对测量结果将带来不允许的误差。

（5）仪表工作条件　仪表的使用环境和工作条件，对测量结果有很大影响。选择仪表时，应考虑仪表是在实验室使用还是装在开关板上使用，是水平安装还是垂直安装，以及周围环境温度、湿度、机械振动情况和外界电磁场的强弱等。《电气测量指示仪表通用技术标准》对仪表的使用环境和工作条件都作了具体规定，仪表必须在规定的工作条件限度之内使用。

（6）仪表绝缘强度　应根据被测电量和电路电压的高低选择仪表及其附件的绝缘强度，以防止测量时损坏仪表甚至发生人身事故。

总之，选择仪表时，既要全面考虑，又要有所侧重。例如，对于高精度的测量，准确度和量限是选择仪表应考虑的主要方面；而测量高电阻电路的电压时，则仪表内阻是选择仪表应考虑的主要方面。

809. 怎样衡量电工仪表的质量？

www.plcworld.cn

电工仪表的各项技术指标，是衡量其质量的主要标准。通常，根据以下几项要求来判断仪表的质量好坏：

(1)足够的准确度　仪表的准确度，一般用基本误差表示。各级仪表的基本误差，不应超过国家标准的规定(表 9-3)。

表 9-3　仪表基本误差

准确度等级	0.1	0.2	0.5	1.0	1.5	2.5	5.0
基本误差，%	±0.1	±0.2	±0.5	±1.0	±1.5	±2.5	±5.0

(2)合适的灵敏度　灵敏度表示仪表对被测量的反应能力，同时也表明仪表所能测量的最小被测量值，它是仪表的一个重要指标。仪表的灵敏度一般用 S 表示：

$$S=\frac{\Delta\alpha}{\Delta X}$$

式中　$\Delta\alpha$ 为仪表可动部分偏转角的相对变化量；

ΔX 为被测量的变化量。

(3)仪表本身消耗的功率小　仪表接入电路，要消耗一定的能量。如果仪表本身消耗的功率大，就会改变原电路的工作状态，从而造成不允许的测量误差。因此，仪表本身消耗的功率应尽量小。

(4)良好的读数装置　仪表的标度尺刻度应尽量均匀，以便于读数和扩大测量范围。刻度不均匀的仪表，在分度线较密的部分灵敏度低、读数误差大，在该部分测量时，不能保证应有的准确度。因此，对刻度不均匀的仪表，要求在刻度盘上标明工作部分，一般规定其工作部分的长度不应小于标尺全长的 85%。

(5)良好的阻尼　仪表的阻尼是否良好，通常用阻尼时间

www.plcworld.cn

来衡量。所谓阻尼时间，是指仪表从接通电路开始，到指针在稳定位置左右摆动幅度不大于标尺全长的±1%为止的时间。按规定，普通仪表的阻尼时间不应超过4秒，质量较好的仪表，其阻尼时间为1.5秒左右。

(6)足够的绝缘强度　仪表外壳对电气线路的绝缘强度高低，决定仪表能否正常工作和能否保证测试人员的安全，因此要求仪表外壳与电气线路之间必须有一定的绝缘强度。通常，凡是工作电压低于650伏的仪表，应能够承受正弦交流50赫、2千伏电压历时60秒的耐压试验；工作电压高于650伏者，应能够承受两倍工作电压加1千伏的耐压试验。

(7)足够的过载能力　过载能力是指仪表经受的电压或电流超过仪表额定电压或额定电流的多少。通常，开关板式仪表的过载能力大，可携式仪表的过载能力小。

(8)变差小　仪表在重复测量某一被测量时，由于摩擦等原因，两次测量结果不同，其差值称为变差。要求仪表的变差不超过基本误差的绝对值。

(9)受外界的影响小　仪表受温度、外磁(电)场等影响所产生的附加误差应尽量小。

810. 电工仪表按测量的准确度分为几级？怎样选用不同级别的仪表？

按测量的准确度，电工仪表分为0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5和5.0七级。所谓几级，是指仪表测量时可能产生的误差占满刻度的百分之几。表示级别的数字越小，准确度越高。例如，用0.1级和2.5级两只同样10安量限的电流表分别测量8安电流，0.1级电流表可能产生的误差为10安×0.1%＝0.01安，2.5级电流表可能产生的误差为10安×2.5%＝0.25安。可见，0.1级电流表的测量准确度较高。

www.plcworld.cn

通常，0.1 和 0.2 级仪表用作标准表，0.5 级至 1.5 级仪表用于实验室测试，2.5 级至 5.0 级仪表用于工程测量。选择仪表的级别时，应从实际需要出发，不可盲目追求仪表的高准确度。因为仪表的准确度愈高，价格也愈高，维修也愈困难。

811. 怎样按结构和用途将电工仪表分类？

按电工仪表的结构和用途，可将其分为以下几类：

(1)指示仪表，包括各种开关板式(也称安装式或固定式)指示仪表和可携式仪表。

(2)校量仪表，包括各种电桥、电位差计、标准电容、电阻等。

(3)自动记录仪表和电子示波器等。

(4)扩大量限装置和变换器等。

其中应用最广的是指示仪表，它又可分为以下几种：①按工作原理分为磁电式、电磁式、电动式、感应式、整流式、电子式、热电式、静电式等；②按被测量名称可分为电流表(安培表、毫安表、微安表)、电压表(伏特表、微伏表)、功率表(千瓦表、千乏表)、电度表(千瓦·时表)、兆欧表(摇表、电阻表)、功率因数表(相位表)、频率表等；③按工作电流种类可分为直流仪表、交流仪表、交直流两用仪表。

812. 怎样按使用条件将电工仪表及其附属设备分类？各类仪表分别适用于哪种环境？

国家标准《电气测量指示仪表通用技术条件》按使用条件，将指示仪表(未含标示仪表和记录仪表等)及其附属设备(如分流器、互感器、分压器等)分为三类：

Ⅰ类　适用于热带地区，供较高温度的室内使用。

Ⅱ类　适用于温带地区，供无取暖设备的室内使用。

Ⅲ类　适用于寒带地区，供非固定场所的室内和室外使

www.plcworld.cn

用。例如，用于流动性很大的设备、舰船、飞机等。

上述三类仪表及其附属设备适于工作的环境条件见表9-4。

表9-4 仪表及其附属设备适于工作的环境条件

环境条件参数 \ 分类		I	II	III
工作条件	温度	0～40℃	−20～50℃	−40～60℃
	相对湿度	95%	95%	95%
	（当时温度）	（25℃）	（25℃）	（35℃）
	霉菌、昆虫	有	有	有
	盐雾	有	①	①
	凝露	有	有	有
	尘砂	有（轻微）	有（轻微）	有（轻微）
最恶劣条件[2]	温度	−40～60℃	−40～60℃	−50～60℃
	相对湿度	95%	95%	95%
	（当时温度）	（35℃）	（35℃）	（60℃）
	霉菌、昆虫	有	有	有
	盐雾	有（在海运包装条件下有）	有（在海运包装条件下有）	
	凝露	有	有	有

注：①室内使用时，无盐雾影响；室外使用时，如果使用单位提出现场有盐雾，仪表及其附属设备的结构应能够耐盐雾侵蚀。相对湿度允许偏差±3%。

②指不在此条件下工作，但是，经受此条件之后，仍能正常工作。

813. 怎样应用仪表的准确度来估计测量误差？

使用指示仪表直接测量电工参数时，一般可以根据仪表的准确度等级来估计测量结果的误差。例如，所使用的仪表的准确度若为K，则测量结果可能出现的最大绝对误差为

$$\Delta X_m = \pm K\% \times X_m$$

式中的X_m为仪表测量上限。当使用直读式仪表进行测量时，若得到的读数为X，则测量结果可能出现的最大相对误差为

$$\gamma = \frac{\Delta X_m}{X} \times 100\% = \pm \frac{K\% \times X_m}{X} \times 100\%$$

www.plcworld.cn

例　使用准确度为0.5级、量限为5安的电流表在规定条件下测量某一电流，其读数为2.5安，求测量结果的相对误差是多少？

解　在这种情况下，测量结果可能出现的最大绝对误差为

$$\Delta X_m = \pm K\% \times X_m = \pm 0.5\% \times 5 = \pm 0.025 \text{ 安}$$

因此，测量结果可能出现的最大相对误差为

$$\gamma = \frac{\Delta X_m}{X} \times 100\% = \frac{\pm 0.025}{2.5} \times 100\% = \pm 1\%$$

814. 怎样减小或消除电工仪表的测量误差？

电工仪表的测量误差，一般分为系统误差（又称规则误差）、偶然误差（又称随机误差）和疏失误差三种，减小或消除这三种误差的方法是：

（1）系统误差　系统误差分为以下两种误差：一是仪表本身的误差，包括受制造工艺限制而造成的仪表基本误差（一般用仪表的准确度表示）和由于仪表工作不符合规定条件（受温度、电磁场的影响）而引起的附加误差；二是测量方法的误差，这是由于测量方法不完善，或者使用了近似公式，或者未能足够估计接触电阻、仪表内阻、漏电、热电势等的影响，或者测量仪表或装置的安装和配线不当、操作者经验不足、反应不准等因素而造成的。通常，系统误差中属于仪表本身的基本误差是难以消除的，但可采取以下三种措施来消除或减小其他的系统误差：①测量前检查所有可能产生系统误差的来源，并设法消除或确定其大小后，对仪表进行校正；②选择合理的测量方法，配置适当的测量仪表和附加装置，改善仪表的安装质量和配线方式，采取必要的电、磁屏蔽措施以消除外界的电场和磁场影响等；③采用特殊的测量方法以减小系统误差。常用的方

www.plcworld.cn

法有以下三种：第一是替代法，在保持仪表读数不变的条件下，用等值的已知量替代被测量。这样的测量结果与测量仪表的误差和外界因素的影响无关。例如，用电桥测量电阻时，用标准电阻代替被测电阻，并调整标准电阻的数值，使电桥达到原来的平衡状态，被测电阻值就等于这个标准电阻值，于是排除了电桥本身和外界因素的影响，消除了这部分系统误差。第二是正、负误差补偿法，对一个量重复测量两次，若第一次测量时误差为正，第二次测量时误差为负，则取两次测量的平均值，便可消除这种系统误差。例如，为了消除外磁场对电流表读数的影响，可将电流表放置位置调转180°再测量一次，取两次测量结果的平均值，即可消除外磁场引起的系统误差。第三是引入校正值法，若系统误差已知，则可在测量结果中引入校正值，以消除系统误差。例如，用标准仪表校验过的仪表，为了确定被校表各分度的精确读数，可引入校正值；又如，为了消除仪表本身功耗对测量结果的影响，可从测量结果中将其除掉。这是在精密测量和仪表校验中常用的一种方法。

(2)偶然误差　偶然误差不可能在一次测量中加以消除，必须采用重复测量的方法，取各次测量结果的算术平均值。通常，测量次数越多，测量结果的算术平均值就越趋近于实际值。在工程测量中，由于偶然误差较小，一般可以忽略不计。

(3)疏失误差　这是一种严重歪曲测量结果的误差。消除疏失误差的根本办法是加强测试人员的责任感，倡导认真负责和一丝不苟的工作精神。另外，通过重复测量、调换操作人员或对测量结果进行数理统计分析，也可判断疏失误差。

815. 电工仪表一般按哪些步骤进行检修？修理仪表以前怎样进行检查？

电工仪表一般按图9-6所示步骤进行检修。修理仪表以

www.plcworld.cn

前，应从外观和通电这两方面进行检查，检查内容如下：

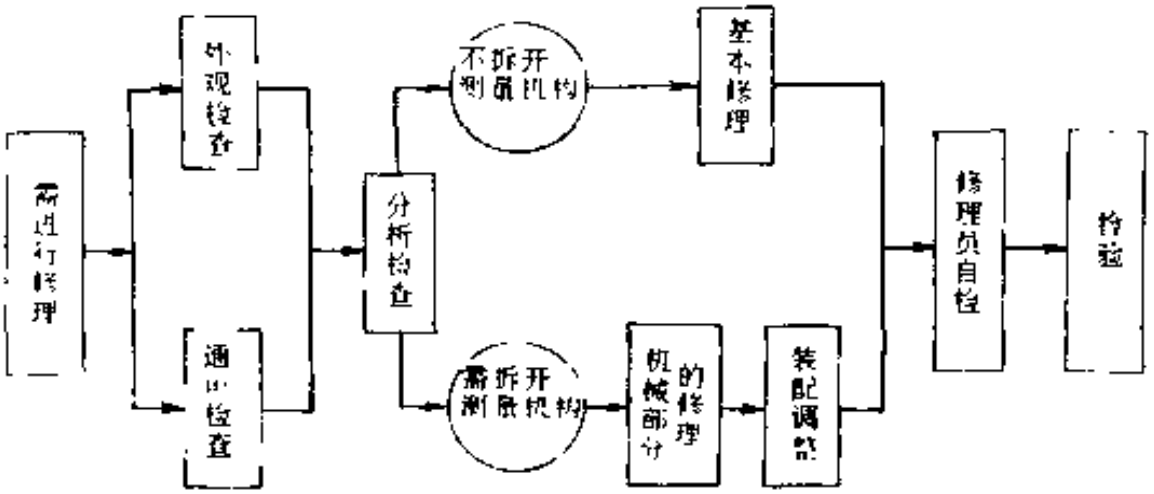


图 9-6　电工仪表检修步骤

(1)外观检查：①检查外壳、接线柱、表盖玻璃和仪表水平泡(水平仪)是否完好；轻摇仪表，检查内部零部件是否脱落、松动，表内是否掉入杂物；检查附件(如专用附加电阻、分流器等)是否配备齐全；②检查刻度盘是否平整、清洁，有无凹凸和卡针现象，漆面是否碎裂、脱落，刻度线条和标记符号是否模糊不清，用来消除示差的镜面是否清晰、完好；③检查可动机械部分有无故障，如指针是否平直，轴向距离是否合适，有无较大的轴隙误差，可动部分的平衡是否良好，转动是否灵活，止动装置和外调零件是否失灵或松动。

(2)通电检查：①将被测仪表接入能均匀调节电流或电压的线路中，接通电源，观察有无断路和短路现象；②首先将被测量增大到额定值(按检修规程的规定，需要预热的仪表应进行预热)，然后将被测量缓慢平稳地减小到零值，观察可动部分转动是否灵活，如有无卡针现象，回零是否符合要求；③将被测量再从零值增大到上限和由上限降至零位，确定误差和变差是否超过允许值；④调节电源，使指针停在某刻度点，用

www.plcworld.cn

手轻敲仪表外壳，观察指针有无显著位移。

通电检查常发现以下故障：①误差或变差大，指针不回零位和有显著位移；②电路不通，无示值，或电路虽通，但无示值；③电路通，示值很小或示值不稳定。

上述现象往往是机械故障和线路故障引起的，可根据故障情况分别采取相应措施予以处理。

816. 怎样拆装电工仪表？

拆卸和装配电工仪表，不应由于不慎而损坏零件，丢失和剩余任何一个螺钉或垫片。在拆装过程中，要记住每一零件的位置和装配顺序；要保证经过拆装的仪表，其零部件仍按原来的位置正确无误地装配齐全，仪表仍能正常工作。要满足这些要求，拆装时应注意以下事项：

(1)拆卸表盖前，要记下原来有无封印，并仔细研究表盘结构；查明拧开哪些螺钉就能顺利地将表盖揭开；启开表盖之前应先将指针拨到零位。

(2)拆卸标度盘时不得碰撞指针。

(3)拆卸磁电式仪表的表头线圈之前，最好能测定表头原来的灵敏度(即表头的全偏转电流)。

(4)拆卸表头线圈时，应先取下永久磁铁，或者将磁铁短路，再取出整个可动体的支架，以免强磁场吸引铁芯而碰坏线圈。

图 9-7 拆卸仪表可动体专用架

(5)有些磁电式仪表没有软铁极掌，磁铁取不下，又不易短路，应采用如图 9-7 所示的专用支架，把支架从磁铁底部塞入磁场间隙中隔开铁芯，以防止取出可动线圈时铁芯与磁铁碰撞而损坏可动线圈。安装时也要按这一方法进行。

www.plcworld.cn

(6)应先记下磁铁极性再拆下磁铁，拆下后应立即将磁铁可靠地短路，以免装反和失磁。

(7)当拧松轴承取可动体时，最好只松上轴承，下轴承尽量不动，这样就可保证可动体上下位置不变。

(8)拨轴尖时，为了防止轴孔扩大，应轴向用力，不得摇晃或者将轴尖拨断。

(9)拆装固定线圈时，要注意绕线方向，最好标出相应的记号。

(10)拆装游丝时，要注意游丝盘绕方向，并应在指针指零和调零器位置适中时焊接。

(11)仪表中有复杂开关和线路时，拆开线路之前，应先画下线路图，并记下拆开的线路和开关的位置。

(12)焊接仪表零件时，不得使用酸性焊剂，而应使用松香酒精溶液或其他中性焊剂。

(13)修理后的仪表，其接线要整齐，内部要清洁，螺钉要拧紧，开关转动要灵活，接点接触要可靠。

(14)在装仪表盖之前，应将盖上调零器下的小棍套进调零把的孔眼，并用改锥试调是否灵活、正确，调好后上紧螺钉，最后试验仪表，如果合格，就加封印。

817. 怎样区别电流表和电压表？二者能否相互代替使用？

电流表和电压表二者测量机构的组成部分完全相同。由于二者的测量对象和测量方法不同，所以它们的测量线路和结构参数有很大差异。例如，测量电流时，应将电流表串接在电路中。只有电流表的内阻很小，才不会改变电路中通过的电流值；测量电压时，应将电压表与被测对象并联，以分散电路中一部分电流。为了不影响电路正常工作，保证测量数值的准

www.plcworld.cn

确性，电压表的内阻应很大，而且内阻越大，测量的量限也越大。也就是说，电流表的线圈导线截面大，圈数少，电阻小；电压表的线圈导线截面小，圈数多，电阻大。

综上所述，电流表不能代替电压表使用，电压表也不能代替电流表使用。要将两种仪表相互调换使用，必须予以改装。但改装很麻烦，所以在实际工作中分别使用电流表和电压表来测量电流和电压。

818. 怎样使用和校验直流电流表？

常用的直流电流表多为磁电系仪表，它与负载串联于电路中。由于负载电流通过电流表游丝，因此，只允许通过小电流（一般是几十微安到几十毫安）。使用直流电流表一般应注意以下几点：

（1）若测量较大电流，须在仪表测量机构上并联分流器来扩大量限。分流器上面一般注明额定电压和额定电流。额定电压统一规定为 30、45、75、100、150、300 毫伏。当电流表测量机构的电压量限与分流器的额定电压值相等时即可配用。此时电流表的量限等于分流器上的额定电流值。量限较大的直流电流表，一般都附有外附分流器，并在表盘上注有“外附分流器”字样。接线时要检查分流器与电流表表盘所示量限是否相符，如果不符，就不得使用。附有分流器的直流电流表接线方法如图 9-8 所示

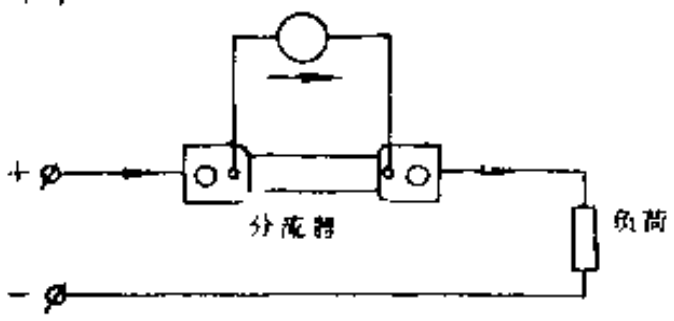


图 9-8　直流电流表附有分流器接线图

www.plcworld.cn

(2)为了减小接触电阻对分流的影响，外附分流器具有两对接线端钮：粗的一对为电流端钮，串接于被测的大电流电路中；细的一对为电位端钮，通过外附定值导线与测量机构并联。两对端钮不得接错。外附定值导线与电流表、分流器配套使用，若其长度不够，可用阻值为 0.035±0.001 欧的不同长度和不同截面的导线代替。

带有外接定值分流器的直流电流表，一般应按毫伏表(不带分流器)对其进行校验(图 9-9)。直接校验的直流电流表可按图 9-10 进行校验。

误差计算：

$$r\% = \frac{I_1 - I_2}{I} \times 100\%$$

式中 I_1 为被试表指示值；

I_2 为标准表指示值；

I 为被试表的满刻度值

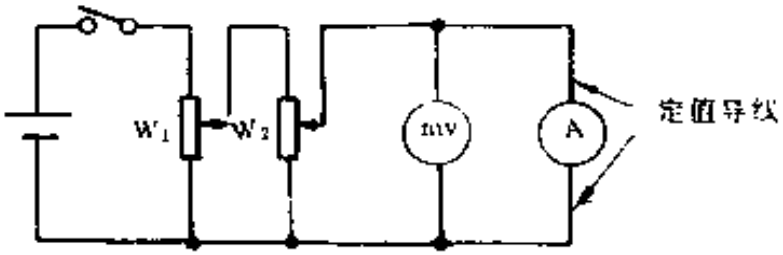


图 9-9 外接分流器的直流电流表校验接线图

mv. 标准毫伏表 A. 被试表(不带分流器) W_1、W_2. 变阻器(500～1000欧)

819. 怎样使用和校验交流电流表？

常用的交流电流表为电磁系仪表，它的量限比直流电流表大，被测负载电流通过表中的固定线圈。由于通电部分是固定的，所以线圈可根据被测电流的大小来绕制，不必加分流

www.plcworld.cn

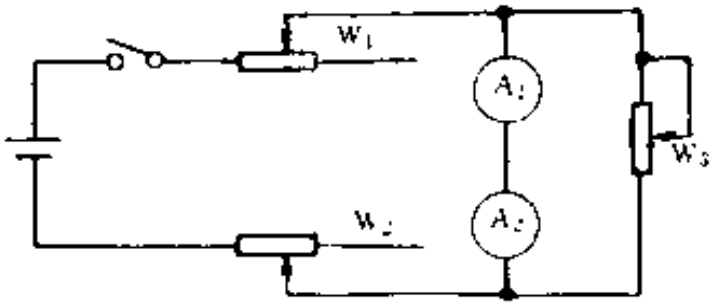


图 9-10　直接校验的直流电流表校验接线图

A_1. 被试表　A_2. 标准表　W_1、W_2、W_3. 变阻器

器。仪表本身所能直接测量的电流可达 200 安，量限愈大，线圈匝数愈少，线圈导线愈粗。对多量限电流表，一般采用线圈分段方法，在仪表外部将两段或多段线圈串联或并联。

在大电流或高电压系统中，通常用电流互感器来扩大仪表量限和隔离高压。测量时的接线图如图 9-11 所示。如果测量三相交流电流，可按图 9-12 接线。

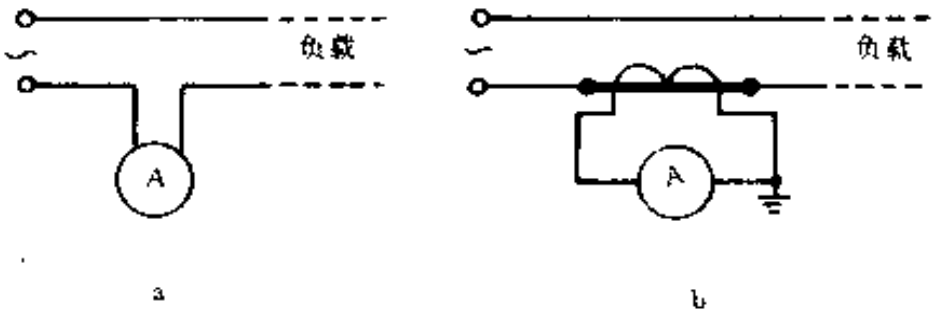


图 9-11　交流电流表接入电路图

a. 电流表直接接入电路　b. 电流表经电流互感器接入电路

通常，5 安以下的交流电流表可按图 9-13 校验，5～100 安的交流电流表可按图 9-14 校验。

误差计算：

$$\gamma\% = \frac{I_2 - I_1 K_{LH}}{I} \times 100\%$$

式中　K_{LH}为电流互感器的变比；

www.plcworld.cn

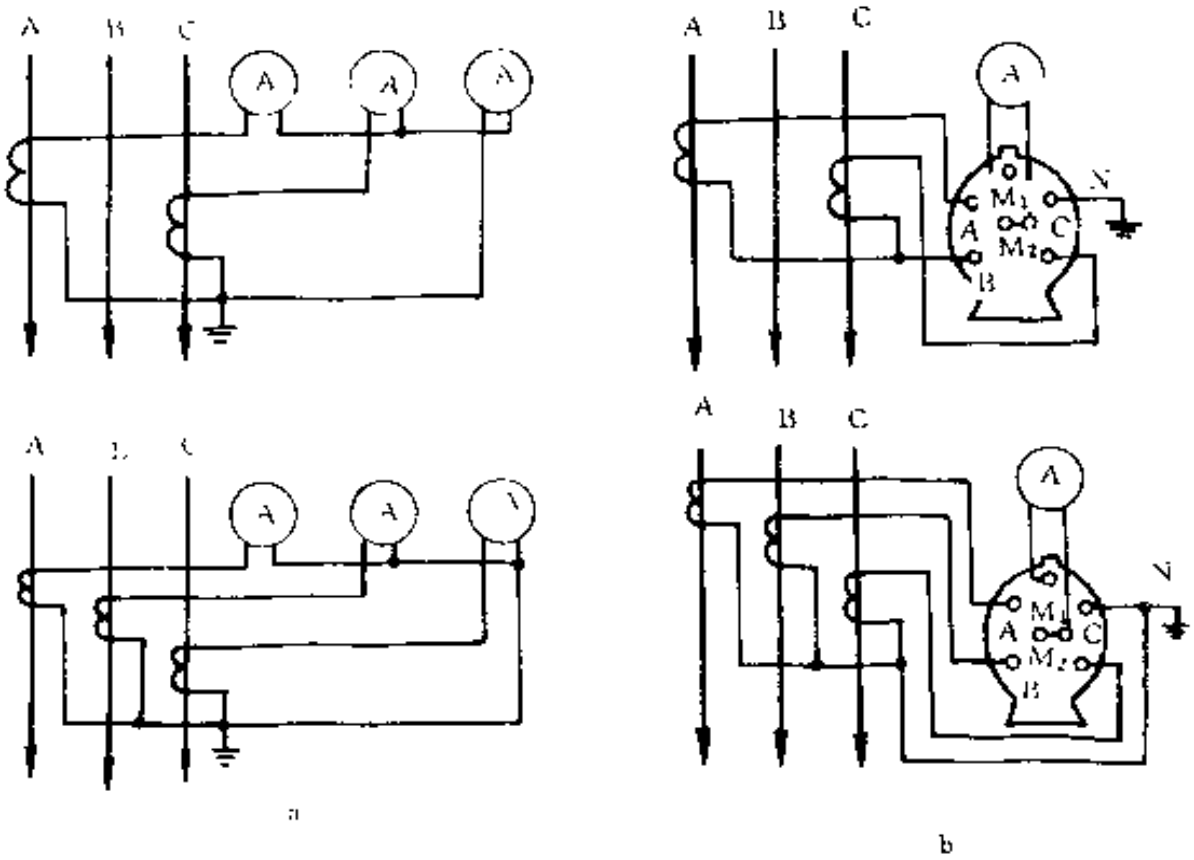


图 9-12　测量三相交流电流时电流表接线图

a. 用二只电流表测量三相电流接线图

b. 用一只电流表与电流转换开关连接测量三相电流接线图

I_2 为被试表的读数；

I_1 为标准表的读数；

I 为被试表的满刻度值。

820. 用分流电阻扩大电流表量限时，怎样计算分流电阻的阻值？

电流表的磁电系测量机构一般仅能够测量几微安到几十毫安的电流。若要测量更大的电流，则必须扩大电流表的量限。扩大量限的办法是在测量机构上并联一个分流电阻，其阻值可按下式计算：

www.plcworld.cn

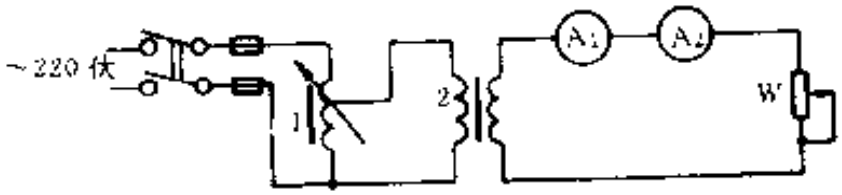


图 9-13　5 安以下交流电流表校验接线图

1. 单相调压器　2. 单相变压器　W. 变阻器

A_1. 标准电流表　A_2. 被试电流表

图 9-14　5～100 安交流电流表校验接线图

1. 单相调压器　2. 变压器　3. 标准变流器

A_1. 标准电流表　A_2. 被试电流表

$$R_n=\frac{R_i}{n-1}$$

式中　R_n为分流电阻的阻值；

R_i 为表头内阻；

n 为扩大量限的倍数。

将电流表的磁电系测量机构的量限扩大 n 倍之后，并联的分流电阻，其阻值应为该表内阻的$\frac{1}{n-1}$。由此可见，在测量机构上并联不同阻值的分流电阻，就可使该表成为多量限的电流表。

例如，假设有一只带磁电系测量机构的电流表，其最大量限为 500 微安，内阻为 300 欧，要将其改为量限为 2 安的电流表，应并联多大阻值的分流电阻？

首先计算扩大量限的倍数：

www.plcworld.cn

$$n=\frac{2\text{ 安}}{500\text{ 微安}}=\frac{2000000\text{ 微安}}{500\text{ 微安}}=4000\text{ 倍}$$

然后求出分流电阻的阻值：

$$R_{fl}=\frac{300}{4000-1}\approx 0.075\text{ 欧}$$

因此，要将该电流表的量限扩大为 2 安，需并联一只 0.075 欧的分流电阻。

821. 怎样使用钳形电流表？

钳形电流表是电工常用的一种携带式仪表，某些不便断开电路的场合，可使用这种电流表带电直接测量电流。钳形电流表分交流钳形电流表和交、直流两用钳形电流表两种。使用时应注意以下事项：

(1)根据被测对象，正确选用不同类型的钳形电流表。例如，测量交流电流时，可选择交流钳形电流表(如 T-301 型)；测量直流电流时，应选择交、直流两用钳形电流表(如 MG_{20}和 MG_{21}型)。

(2)测量时应使被测导线置于钳口中央(图 9-15)。否则，误差将很大(大于 5%)；当导线夹入钳口时，若发现有振动或撞碰声，应将仪表手柄转动几下，或重新开合一次，直到没有噪声才能读取电流值；测量大电流后，如果立即去测量小电流，应开、合铁芯数次，以消除铁芯中的剩磁。

(3)应注意钳形电流表的电压等级，不得将低压表用于测量高压电路的电流。

(4)量限要适当，宜先置于最高档，逐渐下调切换，至指针在刻度的中间段为止。

(5)不得在测量过程中切换量限，以免在切换时造成二次瞬间开路，感应出高电压而击穿绝缘；必须变换量限时，应先

www.plcworld.cn

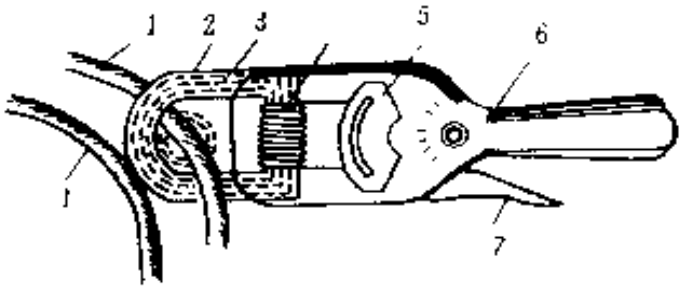


图 9-15　钳形电流表外形和使用示意图

1. 导线　2. 铁芯　3. 磁通　4. 二次线圈

5. 电流表　6. 量限旋钮　7. 开钳口手柄

将钳口打开。

(6)每次测量后，应把调节电流量限的切换开关置于最高档位，以免下次使用时因未选择量限就进行测量而损坏仪表。

(7)测量母线时，最好在相间用绝缘隔板隔开，以防止钳口张开时引起相间短路。

(8)有电压测量档的钳形表，电流和电压要分开进行测量，不得同时测量。

(9)测量时应戴绝缘手套，站在绝缘垫上；不宜测量裸导线；读数时要注意安全，切勿触及其他带电部分而引起触电或短路事故。

(10)钳形电流表应保存在干燥的室内；钳口相接处应保持清洁，使用前应擦拭干净，使之平整、接触紧密，并将表头指针调在“零位”位置；携带、使用时仪表不得受到震动。

822. 钳形电流表有哪些常见故障？怎样排除？

钳形电流表一般有以下常见故障，可分别采取相应措施予以排除：

(1)测量电流或电压时，有一档或数档无指示，其他档指示正常。其原因是紧固开关的螺栓松动或分线开关上的连线被扭断。通常紧固螺栓和开盖后接好断线，钳形表就可恢复正常工作。

www.plcworld.cn

(2)电流档读数偏小,电压档读数正常。其原因大多是钳口接触不良,漏磁太多,应修正钳口,使其接触良好。这种故障有时是线圈间短路造成的,应重新按原数据绕制线圈,并进行绝缘处理。

(3)电流、电压档的读数都偏低,这种现象多出现在内磁式钳形电表上。其原因是磁铁退磁,应进行充磁,也可减小与表头支路串联的电阻值以进行调整。

(4)某一档读数不准。应调整相应的电阻。

(5)电压档指示正常,电流档全部无指示。应使用万用表检查开关和次级线圈有无异常现象。

(6)各档都无指示。应检查整流二极管、表头、开关,以及与钳形表相连或有关的接线有无断开点。

823. 怎样使用和校验直流电压表?

直流电压表由直流电流表串联一附加电阻而成。由于电流表的内阻很小,只能承受很低电压,所以用它来测量直流电压时,必须串联一只高阻值的附加电阻(也称倍压器),以使附加电阻承受绝大部分电压。附加电阻一般是内附式,但测量高电压时,须串联外附式附加电阻。外附式附加电阻是与电压表配套供应的,一般在表盘上注有"外附电阻器"字样。外附电阻器是电压表的附件,没有它电压表中通过的电流就会很大,从而可能烧坏仪表线圈。

直流电压表的接线,要注意其正负极,通常在电压表的接线柱旁边都注有"+"和"-"的标记,接线柱的"+"(正端)与被测电压的高电位连接,接线柱的"-"(负端)与被测电压的低电位连接,如图 9-16 所示。正负极不得接错。否则,指针就会反转,可能把指针打弯。

校验量限在 200 伏以下的直流电压表可按图 9-17 接线。

www.plcworld.cn

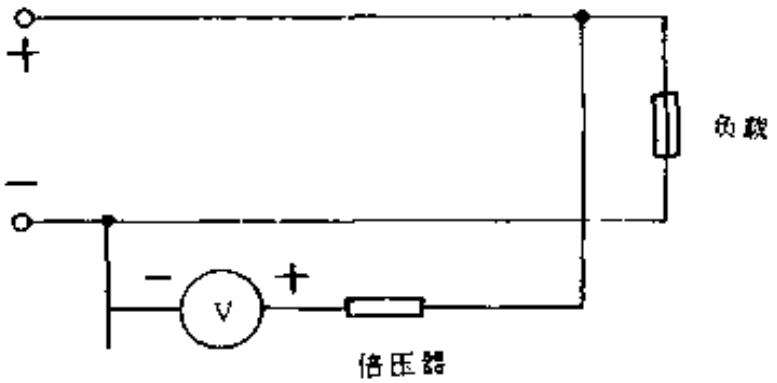


图 9-16　附倍压器的直流电压表接入电路

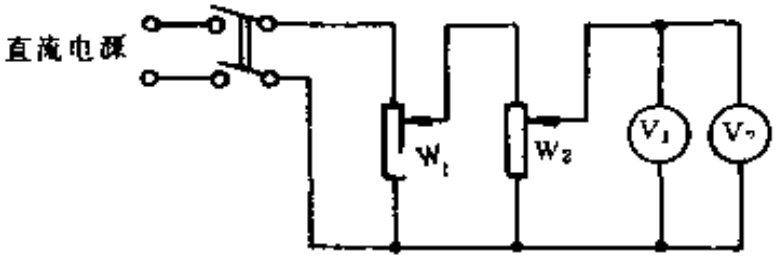


图 9-17　200 伏以下直流电压表校验接线图

V_1. 被试表　V_2. 标准表　W_1、W_2. 变阻器

误差计算

$$\gamma\% = \frac{U_1 - U_2}{U} \times 100\%$$

式中　U_1 为被试表的读数；

U_2 为标准表的读数；

U 为被试表的满刻度值。

824. 怎样使用和校验交流电压表？

交流电压表与直流电压表一样，也由交流电流表串联一附加电阻而成，但交流电流表中的线圈匝数多，导线细。测量高压时，用电压互感器来扩大电压表量限（图 9-18）。此时电压互感器的一次绕组接到被测高压线路上，二次绕组接在电压表的两上接线柱上。当电压互感器的一次绕组接入电源时，二次绕组被感应，所产生的低压电流通过电压表，于是指针偏

www.plcworld.cn

转就有了读数。如果测量三相交流电压，可按图 9-19 接线。

校验量限为 100～200 伏的电压表可按图 9-20 接线，校验量限小于 100 伏或大于 200 伏的电压表可按图 9-21 接线。

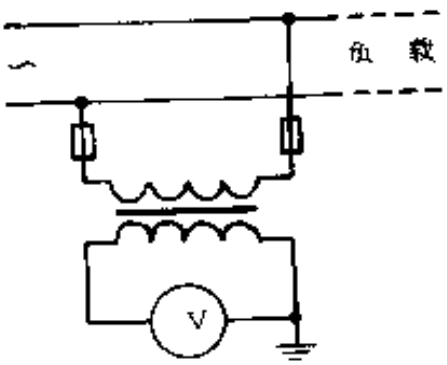
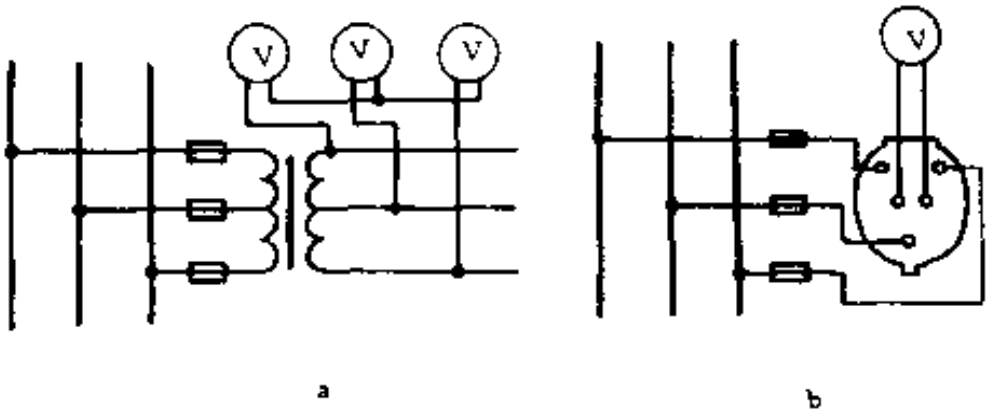


图 9-18 交流电压表通过电压互感器接入电路

误差计算：

$$\gamma\% = \frac{U_2 - K_{YH} \cdot U_1}{U} \times 100\%$$



a b

图 9-19 测量三相交流电压时电压表接线图

a. 用三只电压表测量三相电压接线图

b. 用一只电压表与电压转换开关连接测量三相电压接线图

式中 U_2 为被试电压表的读数；

U_1 为标准电压表的读数；

U 为被试表的满刻度值；

K_{YH} 为被试电压表所接用电压互感器的变压比，当不用电压互感器时，其值等于 1。

825. 用分压电阻来扩大电压表量限时，怎样计算分压电阻的阻值？

电压表的磁电系测量机构一般只允许通过极微小的电

www.plcworld.cn

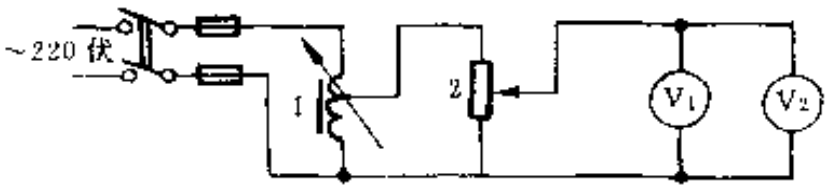


图 9-20　100～200 伏交流电压表校验接线图

1. 单相调压器　2. 变阻器　V_1. 标准电压表　V_2. 被试电压表

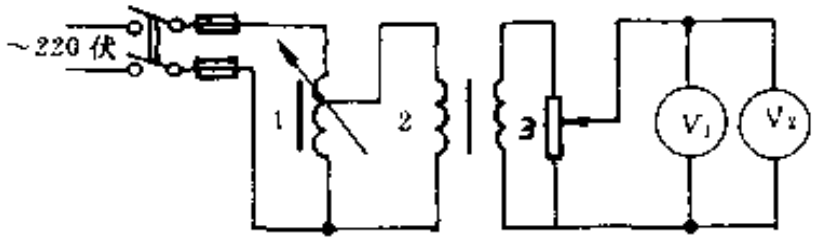


图 9-21　校验量限小于 100 伏或高于 200 伏的交流电压表接线图

1. 单相调压器　2. 单相变压器　3. 变阻器

V_1. 标准电压表　V_2. 被试电压表

流，所以仅用来测量很低的电压，往往不能满足实际测量的需要。为了扩大电压表的量限，根据串联电阻分压的原理，可在测量机构上串联一个分压电阻，其阻值可按下式计算：

$$R_f = (n-1)R_v$$

式中　R_f 为分压电阻的阻值；

R_v 为表头内阻；

n 为扩大量限的倍数。

因此，电压表也可改为多量限的仪表。通常，首先按上式选取不同阻值的分压电阻，然后将其串联在测量机构中，就可获得多量限的电压表。

例如，假设有一只带磁电系测量机构的电压表，其最大量限为 500 毫伏，内阻为 200 欧，要将该表用来测量 100 伏电

www.plcworld.cn

压，应串联多大阻值的分压电阻？

首先计算扩大量限的倍数：

$$n=\frac{100\text{ 伏}}{500\text{ 毫伏}}=\frac{100\text{ 伏}}{0.5\text{ 伏}}=200\text{ 倍}$$

然后求出分压电阻的阻值：

$$R_f=(200-1)\times 200=39800\text{ 欧}=39.8\text{ 千欧}$$

因此，要使该电压表的测量机构能测量 100 伏电压，应串联一只 39.8 千欧的分压电阻。

826. 用一只 0.5 级 100 伏电压表和一只 1.5 级 15 伏电压表分别测量 10 伏电压，怎样判断哪只仪表的测量误差小？

电工测量仪表的准确度等级，是指仪表在规定的工作条件下工作时，其最大绝对误差占满刻度值的百分数。用 0.5 级 100 伏电压表测量 10 伏电压，显然其绝对误差较大。因为这只电压表每一刻度线的误差均允许在 0.5 伏以内。测量 10 伏电压时，最大误差可达 0.5 伏。1.5 级 15 伏电压表的准确度虽然较低，但该表每一刻度线的误差只允许在 15 伏×1.5%＝0.225 伏以内。也就是说，测量 10 伏电压时，该表最大误差也只有 0.225 伏。

由此可见，用第二只电压表测量 10 伏电压，误差较小。从这一实例可以看出，选用仪表时，除应注意其准确度等级外，还应根据被测量的大小来选择量限合适的仪表。只强调仪表的准确度等级而不考虑被测量的大小，测量结果往往误差很大，容易作出错误判断。

827. 怎样使用功率表？

单量限功率表一般有四个接线端钮，其中两个是电流线圈端钮，另两个是电压线圈端钮。为了便于正确接线，通常在电流支路的一端（简称电流端）和电压支路的一端（简称电压

www.plcworld.cn

端)都标有“＊”号(一般称它们为“发电机端”)。正确的接线规则如下：

(1)测量直流电路功率　接线方法如图 9-22 所示，电流必须同时从电流、电压端流进，功率表的读数就是被测负载的功率。

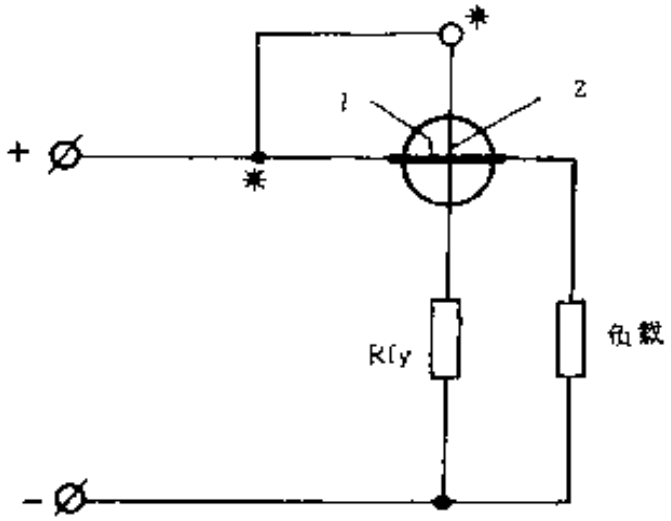


图 9-22　用功率表测量直流电路功率

1. 定圈　2. 动圈　R_{fy}. 分压电阻

(2)测量单相交流电路功率　接线方法如图 9-23 所示。连接时应注意以下两点：①功率表上标有“＊”号的电流端钮必须接至电源的一端，而另一电流端钮则接至负载端，电流线圈串联接入电路中；②功率表上标有“＊”号的电压端钮可接至电流端钮的任一端，而另一个电压端钮则跨接到负载的另一端，功率表的电压支路并联接入电路中。

(3)一般功率表上只标注分格数，而不标注瓦特数。不同量限的功率表，每一格都代表不同的瓦特数，称为功率表的分格常数，用 C(瓦/格)表示。测量时将读得的偏转格数 a 乘以相应的分格数 C，就可得出所测功率值：

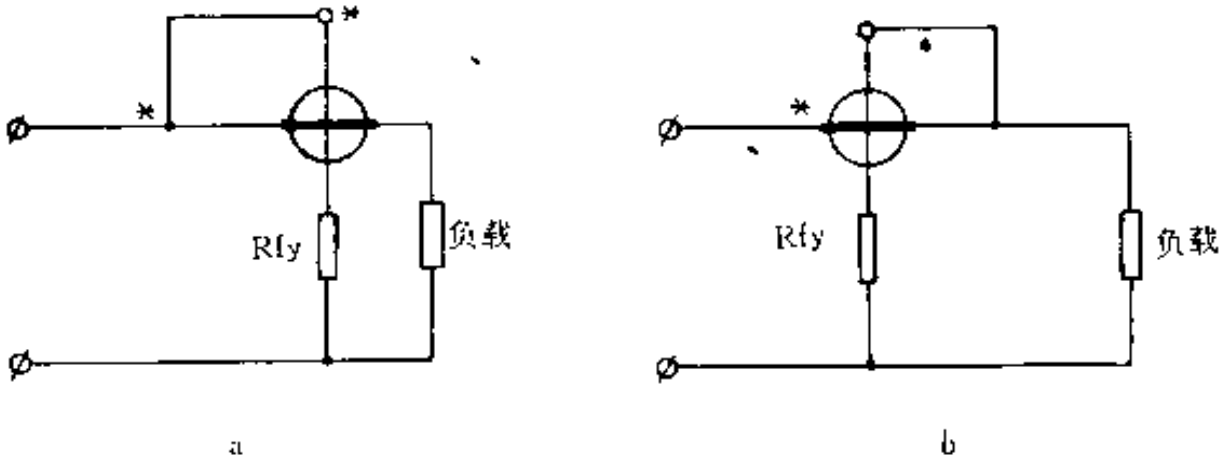
$$P=C\cdot a,\text{瓦}$$

828. 怎样正确选择功率表的量限？

功率表一般有两个电流量限，两个或三个电压量限。选用不同的电流、电压量限，可以获得不同的功率量限。

以 D19-W 型功率表为例，其额定电流和电压值为 5/10

www.plcworld.cn



a　　b

图 9-23　用功率表测量单相交流电路功率

a.功率表电压线圈前接　b.功率表电压线圈后接

安和 150/300 伏，其功率量限计算如下：

5 安、150 伏量限　　5×150＝750 瓦

5 安、300 伏或 10 安、150 伏量限　　5×300 或 10×150＝1500 瓦

10 安、300 伏量限　　10×300＝3000 瓦

由此可见，要正确选择功率表的量限，必须正确选择功率表的电流量限和电压量限。也就是说，电流量限应允许通过负载电流，电压量限应能够承受负载电压。反之，选择时如果只注意测量功率的量限是否足够，而忽视电压、电流量限是否与负载电压、电流相适应，则是错误的。

例如，有一感性负载，其功率约为 800 瓦，电压为 220 伏，功率因数为 0.8，需要用功率表来测量它的功率，怎样选择功率表的量限？

由于负载电压为 220 伏，所选功率表的额定电压值应为 250 伏或 300 伏的量限。负载电流可按下式计算：

$$I=\frac{P}{U\cos\varphi}=\frac{800}{220\times 0.8}=4.54\text{ 安}$$

www.plcworld.cn

所以功率表的电流量限可选为5安。

上例中，若选择额定电压为300伏、额定电流为5安的功率表，其功率量限为1500瓦，能满足测量要求；若选择额定电压为150伏、额定电流为10安的功率表，功率量限虽然也为1500瓦，负载功率在其量限以内，但额定电压为150伏的功率表不能承受220伏负载电压，所以该表不能使用。

通常，在测量功率前，应先测出负载的电压和电流，然后再选择适当量限的功率表。

829. 怎样正确选择功率表的接线方式和判别错误接线方式？

功率表一般有两种不同的接线方式（见827问"怎样使用功率表"的图9-22和图9-23），二者分别适用于以下两种情况：

（1）在图9-22所示电路中，功率表电压线圈带"*"端向前接到电流线圈带"*"端。在这种电路中，功率表电流线圈中的电流虽然等于负载电流，但功率表电压支路两端的电压却等于负载电压加上功率表电流线圈的电压降，即功率表的读数中多了电流线圈的功率消耗。因此，这种接线方式适用于负载电阻远大于功率表电流线圈电阻的情况，此时可保证功率表本身的功率消耗对测量结果的影响较小。

（2）在图9-23所示电路中，功率表电压线圈带"*"端向后接到电流线圈不带"*"端。在这种电路中，功率表电压支路两端的电压虽然等于负载电压，但电流线圈中的电流却等于负载电流加上功率表中电压支路的电流，即功率表的读数中多了电压支路的功率消耗。因此，这种接线方式适用于负载电阻远小于功率表电压支路电阻的情况，此时也可保证功率表的功率消耗对测量结果的影响较小。

www.plcworld.cn

如果被测功率很大，根本就不需要考虑功率表的功率消耗，或者被测功率很小，需要根据功率表的功率消耗对测量结果进行校正，则可任意选择上述两种接线方式的一种。而在一般情况下，应根据负载电阻的大小和功率表的参数，按上述原则选择功率表的接线方式，以减小测量误差。

在功率表的接线中，如果违反功率表的“发电机端接线规则”就是错误的接线，常见的功率表错误接线方式一般有三种：一是电流端钮反接（图 9-24a），二是电压端钮反接（图 9-24b），这两种情况均使功率表的活动部分朝相反方向偏转，因此不仅无法读数，而且仪表指针也容易损坏，这是不允许的；二是两对端钮同时反接（图 9-24c），虽然指针不会反转，但由于电压线圈的分压电阻 R_{fy} 很大，电压 U 几乎全部降在 R_{fy} 上，可能导致电压线圈与电流线圈之间的电压很高，由于电场力的作用，仪表将产生附加误差，并可能发生绝缘被击穿的危险，所以也是不允许的。

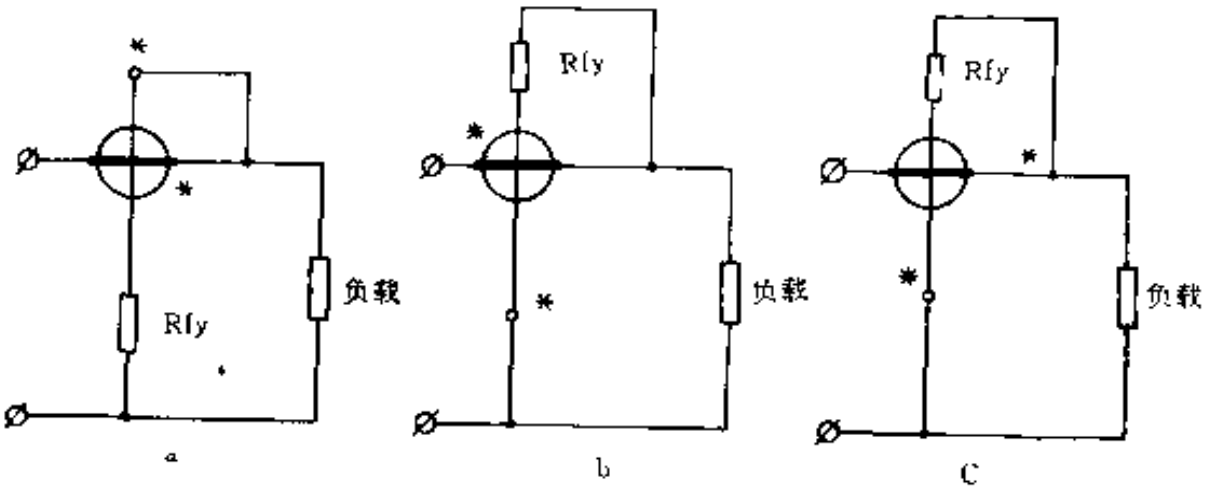


图 9-24　功率表的三种错误接线方式

a. 电流端钮反接　b. 电压端钮反接

c. 电流端钮、电压端钮同时反接　R_{fy}. 分压电阻

如果功率表的接线正确，但发现指针反转，说明负载端实

www.plcworld.cn

际上含有电源，它向电路反馈电能。若要读数，应将电流线圈反接(即对换电流端钮上的接线)。

830. 怎样使用单相功率表测量三相电路的功率？

如果使用单相功率表测量三相电路的功率，可采用以下三种接线方法：

(1)用两只单相功率表测量三相三线或对称三相四线制电路时，功率表的接线如图 9-25 所示。电路总功率等于两只功率表读数之和。在某些情况下(与负载性质有关)，如果发现其中一只表的指针反向指示，可将该表的电流线圈的接头反接(但不可将电压线圈反接，否则，将引起静电误差甚至损坏仪表)。此时所测功率为两只表读数之差。

(2)用三只单相功率表测量三相四线制电路的功率时，功率表的接线如图 9-26 所示。电路的总功率等于三只表读数之和。

(3)用两只单相功率表测量三相对称电路的无功功率时，功率表的接线如图 9-27 所示。电路的总无功功率等于两只表的读数之和乘以 $\sqrt{3}/2$。

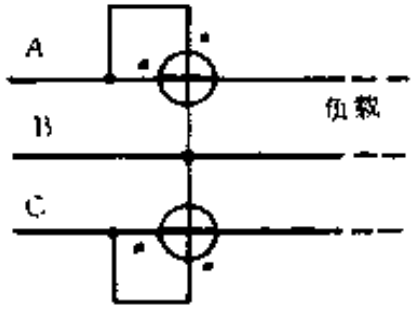


图 9-25　两表法测三相电路功率的接线图

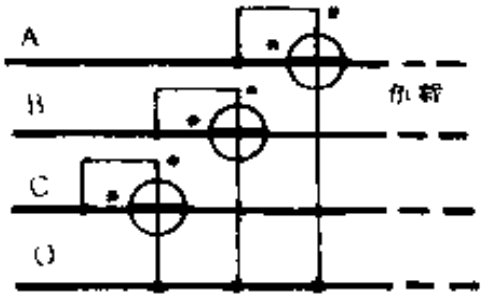


图 9-26　三表法测三相电路功率的接线图

831. 功率表的指针反转怎么办？

功率表的指针往往出现以下两种反转现象，应区别对待：

www.plcworld.cn

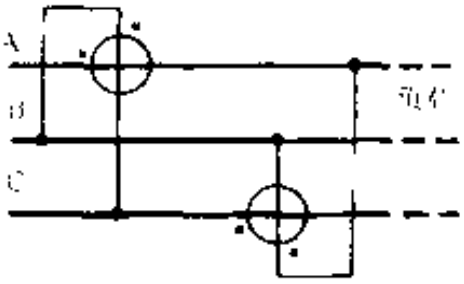


图 9-27　两表法测三相电路无功功率的接线图

(1)接线错误导致反转　电动系功率表的转矩与其电压、电流线圈的电流的相互方向有关。如果其中一个电流线圈接反了，转矩就会改变方向。此时不但不能读数，而且还可能打弯指针。为了消除这种现象，应按照功率表接线端钮旁所标的“＋”和“－”标志，将电流和电压线圈的“＋”端接到同一极性上，以使两个线圈的电流方向一致，而且由“＋”到“－”，这就是所谓功率表接线的“发电机端接线规则”。

(2)接线正确出现反转　有时功率表接线正确也出现指针反转现象。一般是以下两种原因造成的：一是负载侧存在电源，并且负载支路不是消耗功率而是发出功率；二是在三相电路的功率测量中，对于 $\cos\varphi<0.5$ 的负载，两只接于三相电路的功率表必有一只的读数为负值。此时为了取得读数，应将电压或电流端子的极性反接，若有极性开关，则切换极性开关的位置，并在读数前面加负号。

总之，测量单相功率时，如果功率表指针反转，则把一个线圈反接，将读数加负号即可；测量三相功率时，如果有一只功率表的指针反转，则三相功率就是两表之差，这一点应予以注意。

832. 怎样安装电度表？

电度表是计量用电量的主要工具，其安装地点和安装质量直接影响计量的准确性。因此，安装电度表应考虑以下几方

www.plcworld.cn

面的问题：

(1)电度表应装在温度为 0～40 C、干燥、无振动、无强磁场、无腐蚀性气体的非爆炸和非易燃场所，距热力管道至少 0.5 米。

(2)多只电度表并列安装时，两表间的中心距离不得小于 200 毫米。

(3)电度表中心至地面一般为 1.5～1.8 米；装于立式盘上和成套开关柜内时，至地面不应低于 0.7 米；除成套开关柜外，电度表上方一般不得装设经常操作的电器。

(4)电度表应装在明显的地点，以便于读数和监视；室内表箱门应装玻璃，装于公共场所的表箱应上锁。

(5)电度表箱装于室外时，应采取防雨水侵入的措施；表箱顶部沿箱门处呈坡形，其前后檐应超出表箱 100 毫米。

(6)不同电价的用电线路应分别装表，同一电价的用电线路可合并装表。

(7)电度表应垂直安装，前后左右的倾斜度不得超过 2°。否则，会影响计量的准确度。

833. 怎样使用单相电度表或三相电度表测量有功电能？

使用单相电度表测量低电压小电流线路的有功电能，可将电度表直接接在线路上(图 9-28)。通常，将电度表的电流线圈与电路串联，所有负载电流都通过它；电压线圈与线路并联，承受线路的全部电压。此时电度表上的读数就是所测电能。

测量低电压大电流线路的电能时，电度表须通过电流互感器与线路相连，接线方法如图 9-29 所示。

测量低压三相四线制线路的有功电能，常使用三元件三相电度表。如果线路的负载电流未超过电度表的量限，则可将

www.plcworld.cn

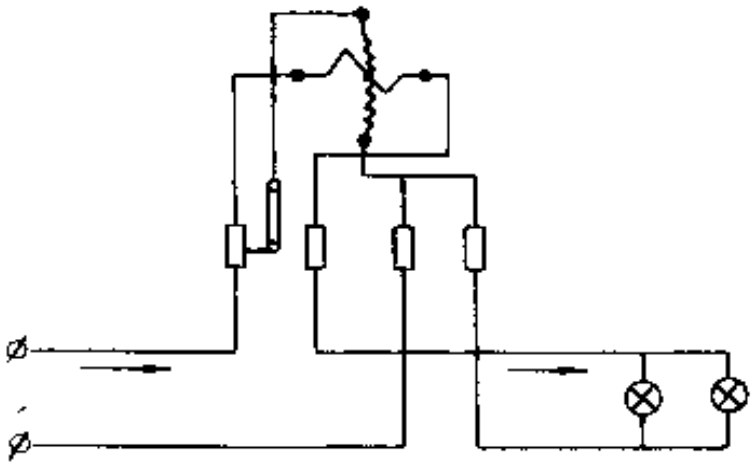


图 9-28　单相电度表直接接入线路

电度表直接接在线路上(图 9-30)。

如果线路的负载电流超过电度表的量限,则须通过电流互感器将电度表接入线路(图 9-31)。

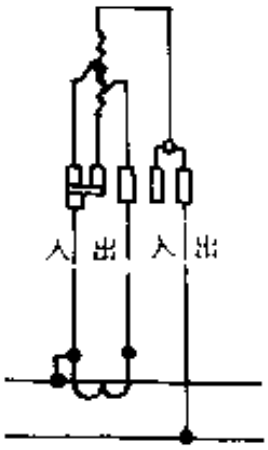


图 9-29　单相电度表通过电流互感器接入线路

测量高压三相线路的电能时,由于线路电压很高,电度表不能直接接入线路,须经过电压互感器和电流互感器将二元件三相电度表接入线路中(图 9-32)。此时将电流互感器的二次绕组(0.5级绕组)分别与电度表的两个电流线圈相连,电流互感器的一次绕组与高压线路串联;电压互感器的二次绕组分别与电度表的两个电压线圈相连,电压互感器的一次绕组按相序分别接到高压线路上。同时,还必须将电压互感器和电流互感器的二次绕组可靠接地。

834. 怎样使用单相电度表测量三相无功电能?

在三相负载对称的情况下,使用一个单相电度表按图 9-

www.plcworld.cn

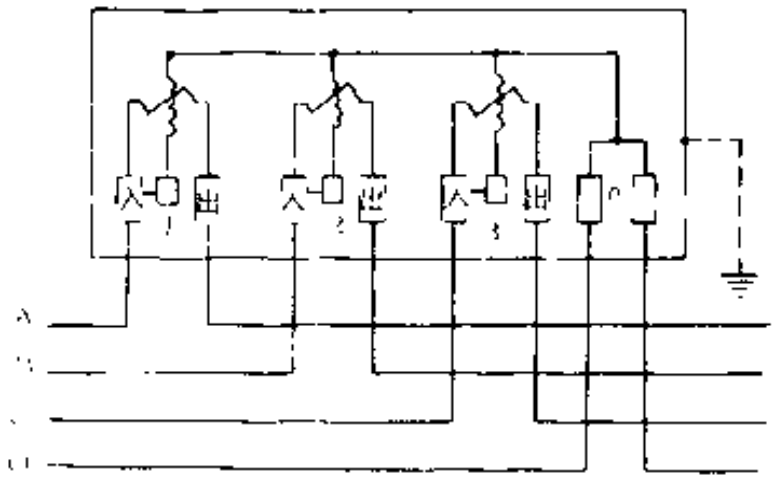


图 9-30　三元件三相电度表直接接入线路

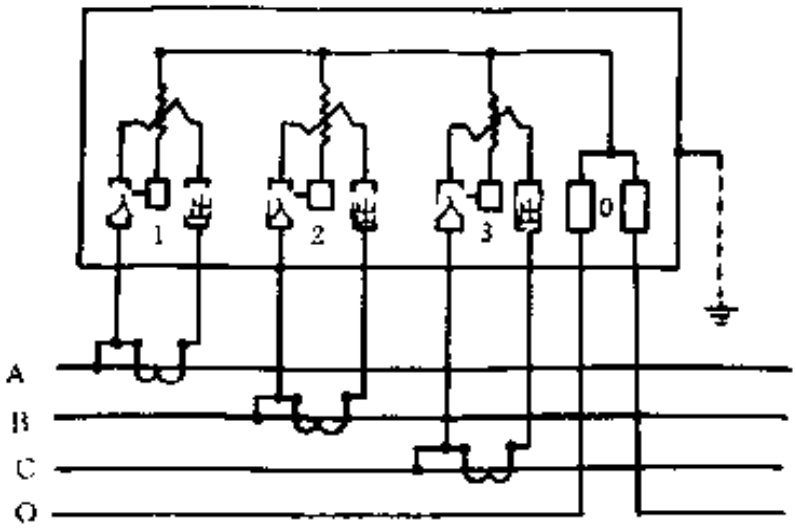


图 9-31　三元件三相电度表通过电流互感器接入线路

33a 接线，可以测得三相无功电能。通常，电度表的转矩与电压线圈两端的电压 $\dot{U}_{BC}$、通过电流线圈的电流 $\dot{I}_A$ 以及二者之间的功率因数成正比，即

$$M_P = K_P \dot{U}_{BC} \dot{I}_A \cos \dot{U}_{BC} \dot{I}_A$$

由图 9-33b 可知，$\dot{U}_{BC}$ 与 $\dot{U}_A$ 间的相位差为 90°，所以

$$\dot{U}_{BC} \dot{I}_C = 90° - \varphi$$

φ 为对称三相负载每一相的功率因数角。

www.plcworld.cn

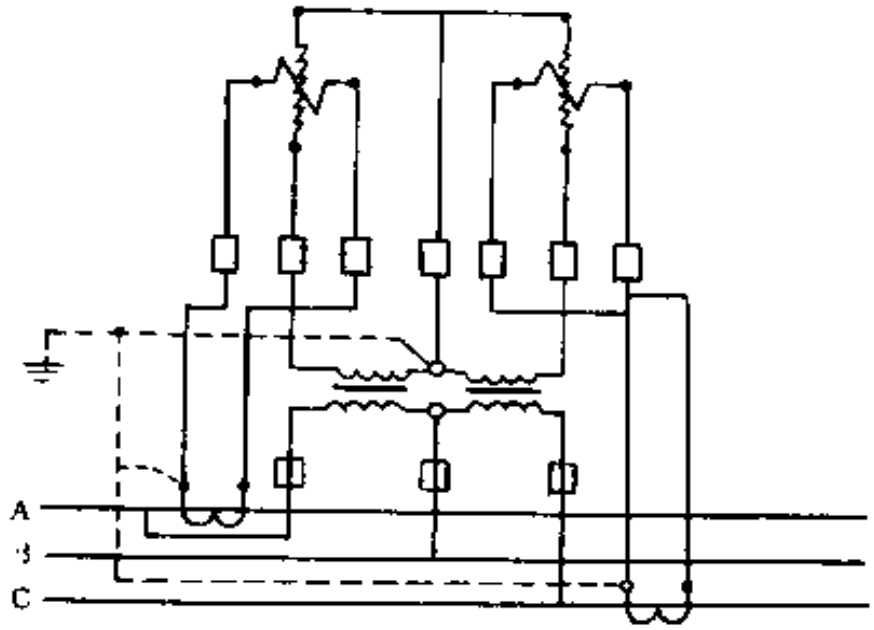


图 9-32　二元件三相电度表通过电流互感器和电压互感器接入线路

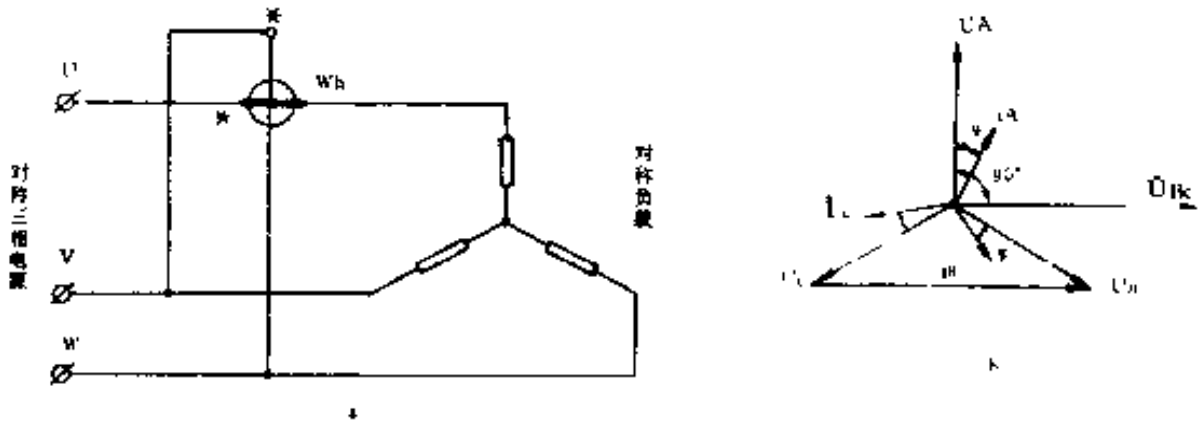


图 9-33　单相电度表测量三相无功电能接线图和向量图

a. 接线图　b. 向量图

由于负载对称，$\dot{U}_{BC}$ 和 $\dot{I}_A$ 可用线电压 U_L 和线电流 I_L 表示，即

$$M_P = K_P U_L I_L \cos(90° - \varphi)$$
$$= K_P U_L I_L \sin\varphi$$

www.plcworld.cn

在对称三相电路中，三相负载的总无功功率为

$$Q=\sqrt{3}U_L I_L \sin\varphi$$

所以

$$M_P=K_P\frac{Q}{\sqrt{3}}$$

由此可见，按上述方法测量三相无功电能，应将电度表读数乘以 $\sqrt{3}$。对于三角形连接的对称负载，上述结果同样是正确的。

835. 怎样计算电度表的实用倍率？

通常，电度表本身的倍率（或称本身乘数），均标在其铭牌上（若铭牌上未标出，则倍率为1）。如果直接接入式电度表的额定电压、额定电流满足不了电网电压、电流的要求，则可将电度表经互感器接入线路计算电度。此时需要求出电度表的实用倍率，其计算式为

$$\text{实用倍率}=\frac{\text{实用电压互感器的变比}\times\text{实用电流互感器的变比}\times\text{表本身倍率}}{\text{表本身电压互感器的变比}\times\text{表本身电流互感器的变比}}$$

如果电度表是直接接入式，则实用互感器的变比为1；如果电度表本身没有互感器，则本身互感器的变比为1。

例如，有一只5安、220伏直接接入式单相电度表，其本身无变比和倍率，当将其经100/5安电流互感器接入被测负载时，则其实用倍率为

$$\text{实用倍率}=\frac{1\times\frac{100}{5}\times1}{1\times1}=20$$

如果单相电度表的读数（即本次读数与上次读数之差）为40千瓦·时，则该用户的实际用电量为

$$A=20\times40=800\ \text{千瓦·时}$$

836. 怎样判断三相三线电度表接线是否正确？

www.plcworld.cn

三相三线电度表测量的总功率可按下式计算：

$$W=U_{AB}I_A\cos(30°+\varphi)+U_{CB}I_C\cos(30°-\varphi)$$

当三相平衡时 $W=\sqrt{3}UI\cos\varphi$

如果将电度表的B相断开(图9-34)，则两个电压线圈上的电压总和为U_{AC}，每个线圈上的电压为$\frac{1}{2}U_{AC}$，电度表测出的功率为

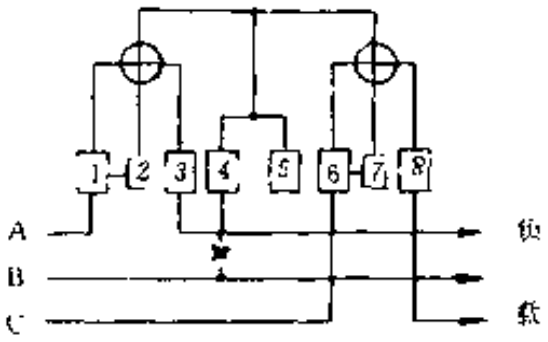


图9-34 三相电度表抽中相检查

(X. 断开处)

$$U_{AC}I_A\cos(30°-\varphi)+\frac{1}{2}U_{CA}I_C\cos(30°+\varphi)$$

$$=\frac{\sqrt{3}}{2}UI\cos\varphi$$

电度表改正系数为 $K=\frac{W}{W_{断}}=2$

由此可见，当三相负荷平衡时，断开三相三线电度表的中相(B相)后，电度表的转矩为断开前转矩的一半，也就是说，转速下降了1/2。应用这种方法来判断三相电度表接线是否正确，称为力矩法或抽中相法。错误接线的方式不同，断开中相前后的转矩关系也不同。凡是错误的接线都不是2：1的关系，但用抽中相法一般无法探明属于哪一种错误接法，只能说明接线是否正确。

具体的判断方法是：先用秒表测定需检查的电度表转动一定转数n所需的时间T，然后断开中相，用秒表测定同样转数n所需的时间$T_{断}$。如果接线正确，$T_{断}\approx 2T$。为了使测量结

www.plcworld.cn

果较为可靠，必须重复试验两次，并且应在负载比较稳定时进行这种试验。

应用力矩法的原理检查接线的方法还有几种，例如把接到电度表 A 相和 C 相的电压线头换位，如果电度表停转，说明接线正确。否则，接线有误。

837. 电度表的负载太大或太小对测量准确度有何影响？怎样选择电度表的容量？

负载大、小对电度表的测量准确度均有影响。如果电度表在铭牌规定的额定电流下运行，则测量误差最小。当负载电流为电度表额定电流的 50%时，出现正误差（读数大于实际值）；当负载电流为电度表额定电流的 2～3%时，误差较大，一般在 10%以上。如果调整不好，误差可达 40%。因此，电度表的负载电流不得低于一定的下限值。国家标准 JB793—66 规定这个下限值为额定电流的 5%（$\cos\varphi=1$）和 10%（$\cos\varphi=0.5$）。当电度表电流增大时，电流电磁铁的制动力矩也增大；当电度表电流增大到一定程度时，该电磁铁便达到饱和，导致电度表在过载时也会出现负误差（读数小于实际值）。电度表的负载范围一般随技术的发展而扩大。我国目前生产的电度表可在 4 倍额定电流下工作。国际上有从 2%额定电流算起的，最大可达额定电流的 6～7 倍。这个负载范围在产品说明书中或铭牌上都有说明，使用时应加以注意。

电度表的额定容量应根据用户的负荷来选择。通常，负荷电流的上限不应超过电度表的额定电流，下限不得低于在电度表允许误差以内所规定的负荷电流。

838. 怎样判别单相电度表常见的两种错误接线方式？

图 9-35a 和 b 是两种常见的单相电度表错误接线方式。在图 9-35a 中，因相线与地线颠倒，如果电源、负载两侧同时

www.plcworld.cn

接地，例如电源侧零线接地，而用户将电灯、电扇、电视机等单相用电设备接在相线与金属管道（暖气管、自来水管等）之间，则负荷电流可能不流过或少流过电度表的电流线圈而流经大地（此时严重的后果是增加了不安全因素，容易引起人身触电事故），从而使电度表不计或少计电量。这在负载大于50%时尚比较正确；当流经电度表的电流为其额定电流的10%左右时，则电度表反转将产生约－10%的误差。

在图9-35b中，电流接线端钮进、出线反接，导致改变电流磁场方向，使电度表反转。

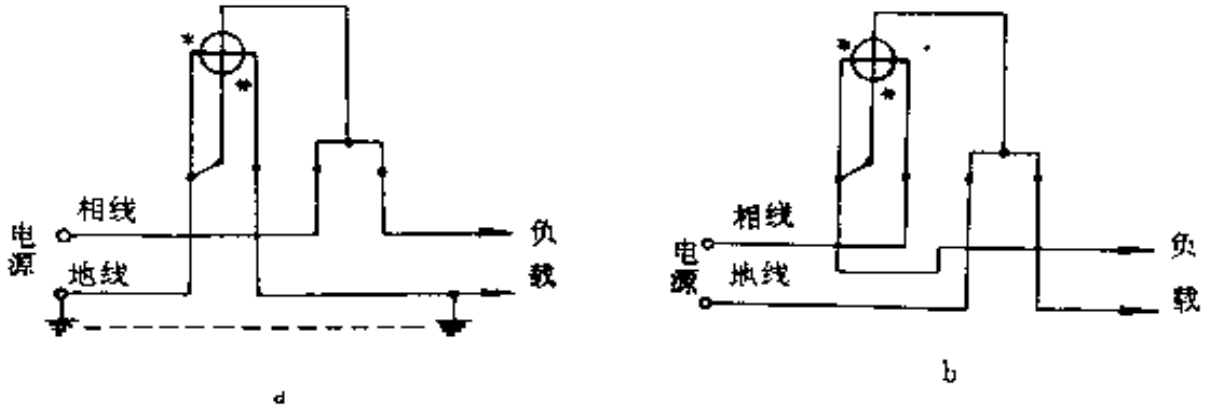


图9-35　单相电度表两种错误接线方式

a. 相线与地线颠倒（漏计电量）　b. 电流端子进、出线反接（电度表反转）

839. 怎样使用简便方法确定单相有功电度表的内部接线是否正确？

单相有功电度表的内部一般都有电压线圈和电流线圈（图9-36）。这两个线圈在端子"1"处用电压小钩（小压板）连在一起。根据电压线圈的电阻值大、电流线圈的电阻值小这一特点，可采用下述两种简便方法确定其内部接线是否正确：

（1）万用表法　将万用表置于R×1K档，一支表笔接"1"端，另一支表笔依次接触"2"、"3"、"4"端钮。测量结果，电阻值近似于零的为电流线圈（应在接触端钮"2"时测得），该线圈接

www.plcworld.cn

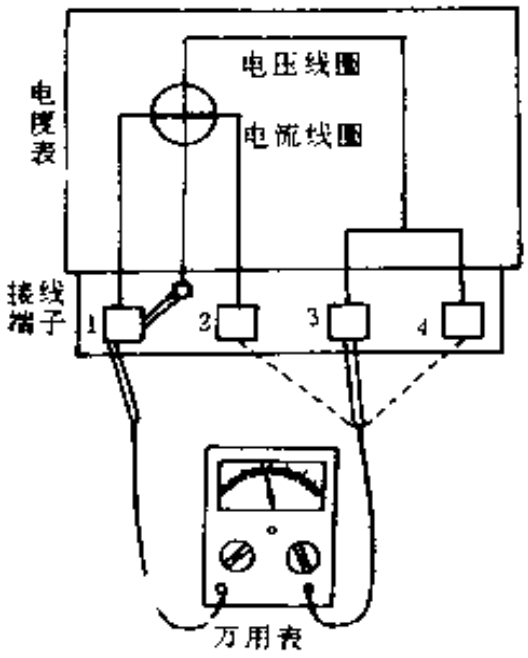


图 9-36　用万用表法确定单相电度表内部接线

线正确；电阻值为 1200 欧左右的为电压线圈（应在接触端钮“3”和“4”时测得），该线圈接线也正确。

（2）灯泡法　将 220 伏电源的相线（火线）接于电度表的“1”端。将串联一个 220 伏 100 瓦的灯泡的电路一端与电网零线相接（图 9-37），另一端依次接触电度表的“2”、“3”、“4”端。如果接触端钮“2”时，灯泡正常发光，说明是电流线圈，其内部接线正确；如果接触端钮“3”和“4”，灯泡很暗，说明是电压线圈，其内部接线也正确。否则，说明内部接线（线圈与端子相接）有错。

如果不使用 220 伏电源和灯泡，则改用干电池和小电珠也可，其原理、接线和判断方法同上。

840. 怎样避免错接电度表？

电度表的接线一般比较复杂，容易接错。为了避免电度表接线发生差错，一般应注意以下几点：

（1）接线前查看电度表说明书或绘在接线盒盖板后面的

www.plcworld.cn

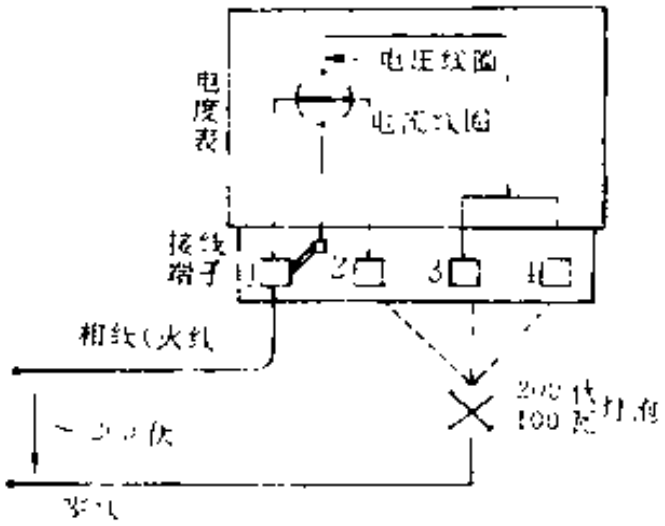


图 9-37 用灯泡法确定单相电度表内部接线

接线图，根据说明书上的要求和接线图将进线和出线依次对号接在电度表的线头上。

(2)接线时应遵守“发电机端接线规则”，亦即将电流和电压线圈带“*”的一端一起接到电源的同一极性端上，并注意电源的相序，特别应注意无功电度表的相序。

(3)接线后要仔细反复核对，确认接线无差错才可合闸使用。

合闸后，如果发现有功电度表转盘反转，应进行具体分析，有时可能是错误接线引起反转，但也并非所有的反转都是错误接线造成的。例如，在下列情况下反转是正常现象：

(1)装在联络盘上的电度表，当由一段母线向另一段母线输出电能改为另一段母线向这一段母线输出电能时，电度表转盘就会反转。因为此时电流的相位发生了 180°的变动。

(2)当用两只单相电度表测定三相三线有功负载时，在电流与电压的相角大于 60°，即 $\cos\varphi<0.5$ 时，其中一个电度表会反转。

841. 怎样保持电度表正常运行？

www.plcworld.cn

要保持电度表正常运行，应满足以下要求：

(1)额定电压　电度表应在其铭牌所规定的额定电压下运行，电压波动范围不宜超过额定电压的±10%。否则，将产生较大误差。

(2)额定负荷　电度表应在额定负荷下运行，不得在10%额定负荷以下电路中运行，也不得在超过规定负荷的情况下运行。否则，电度表的误差将超出规定范围。

(3)额定频率　电度表应在额定频率下运行，电度表接入电路后，当电源频率变动时，将产生附加误差，允许的频率变动范围在50±5%赫以内。

(4)温度适宜的环境　电度表应在温度适宜的环境中运行。例如，1.0级有功电度表和2.0级无功电度表正常工作的环境温度为0　～40℃；2.0级有功电度表和3.0级无功电度表正常工作的环境温度为－10～50℃。在电度表的运行过程中，应注意保持上述温度。如果电度表周围环境温度发生变化，将产生温度附加误差。

842. 电度表易发生哪些故障？怎样处理？

电度表在长期运行中可能出现以下故障：

(1)潜动严重　电度表的负载为零时，在电压线圈作用下，转盘仍有转动的现象，称为潜动。

(2)卡盘　加上电压和负载后，转盘不转，其原因是转盘不平，因而卡住制动磁铁，或者制动磁铁与转盘间有铁屑，也使转盘不转。

(3)走字不正确　转轴上的涡轮与积算机构(计数器)的齿轮没有啮合，转盘动而字不动；由于积算机构组装不正确，走字太快或跳字。

(4)反转　单相电度表的电流线圈接反或三相电度表的

www.plcworld.cn

电压相序、电流线圈极性接错。

(5)回路事故　例如电压互感器的熔断器熔体熔断、电流互感器开路或短路、接线错误等。

由于电度表是由供电部门校验后铅封的，用户不得随意开启或改变接线，所以如果是电度表本身发生故障(例如前四种故障)，应立即通知供电部门处理；如果是电度表回路事故(例如后一种事故)，值班人员判明情况后，可自行处理，但事后应报告领导和供电部门。

843. 怀疑某住户的电度表不准确怎么办？

如果怀疑某住户的电度表不准确，可将实际测得的时间与理论计算时间进行对比来判断该电度表是否准确。

测试时，用一只秒表计时(或看电子手表的秒显示也可)，将该住户的全部电器断开，只留下一个待测的负荷(如 60 瓦灯泡)。当按下开关，灯泡通电后，电度表的转盘便开始转动。当转盘上出现一条红线时，即开始计时，待转盘上的红线第 21 次出现(即转动 20 周)时，记下时间，并算出转盘转动一周所需要的时间 t，然后根据下式计算转盘转一周在理论上所需要的时间：

$$t_1=\frac{1000\times 3600}{P\times N}$$

式中　t_1 为转盘转一周所需的时间，秒/转；

P 为测试时的负荷功率，瓦；

N 为电度表每千瓦·时的转数(通常电度表上已标出)。

将实际测得的时间 t 与理论上计算的时间 t_1 进行对比：若 $\frac{t-t_1}{t_1}<\pm 2\%$，可判定电度表大致是准确的；若 $t>t_1$，则说

www.plcworld.cn

明电度表走得偏慢；若 $t<t_1$，则说明电度表走得偏快。只要误差在±2%左右，就可判定电度表基本上准确。由于实际测试时，电源电压、灯泡瓦数和计时读数均可能存在误差，所以这种测试结果不十分精确，但据此判断电度表是否准确则是切实可行的。

844. 电度表发出异常响声的原因是什么？怎样处理？

电度表运行时往往发出轻微"嗡嗡"声，这是正常现象。但是，如果响声很大，就不正常。电度表的异常响声，可能是以下几种原因引起的：

(1)内部存在故障　如电磁元件安装位置不正或螺钉等松动，表内有铁屑等杂物，轴承缺油。

(2)转盘的机械振动　表内电磁元件除了使转盘产生转矩外，还对转盘的轴向产生侧应力，导致转盘旋转时发生机械振动。其原因是：因电压元件的作用强，空载或轻载时振动较大并发出响声；当机械振动频率与旋转体固有频率相近时，响声有增大的倾向；由于电度表使用日久，轴承等机械零件的磨损加重，声音也会增大。

(3)电磁元件本身的响声　表内电磁元件的铁芯交变磁化引起铁芯振动、发出响声。通常，在铁芯平整度低或紧固不牢靠时，这种振动声音更大。

一旦听到电度表发出异常响声，应请供电部门(收费单位)派人来检修。

845. 怎样校验三相电度表？

调整三相电度表以前，一般应先对其进行校验。校验时，首先按仪表试验接线图将被试表接好线(图 9-38)，施加额定电压、额定电流预热 15 分钟，然后做如下试验：

(1)全负荷、功率因数等于 1　将功率因数选择开关扳至

www.plcworld.cn

功率因数等于 1 的位置，调节 R_1，使电流为被试表额定电流，记录试验结果。

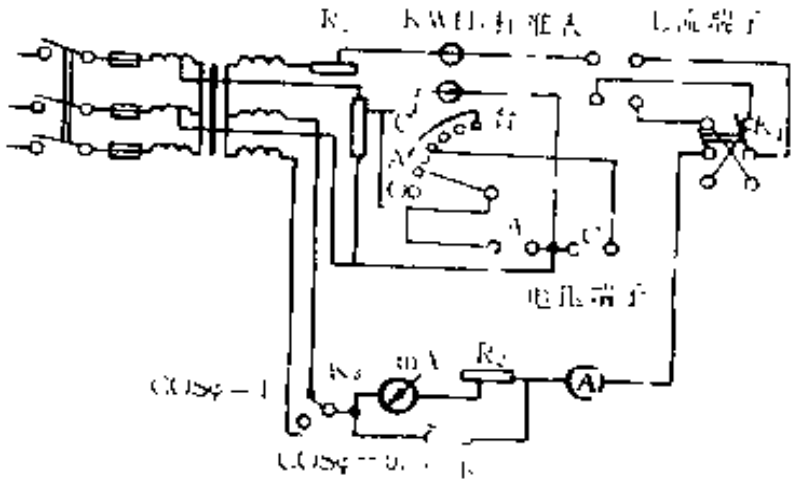


图 9-38　仪表试验台接线图

R_1、R_2. 变阻器　K_1、K_2、K_3. 开关　A. 电流表　mA. 毫安表

(2)半负荷、功率因数等于 1　与第(1)项相同，但将电流调至被试表额定电流的一半，记录试验结果。

(3)轻负荷、功率因数等于 1　与第(1)项相同，但将电流调至被试表额定电流的 10%，记录试验结果。

(4)全负荷、半负荷、功率因数等于 0.5　将功率因数选择开关 K_3 扳至功率因数等于 0.5 的位置，做全负荷、半负荷试验，记录试验结果。

(5)潜动　将电压调至被试表额定电压的 110%，切断电流回路，观察电度表在铝盘旋转一周内能否停止转动。

(6)灵敏度　功率因数等于 1，电压为被试表额定电压，调节 R_2，使电流由零逐渐加大，打开 K_2，观察使铝盘持续转动的最小电流值(毫安)。如果此最小电流值在 $1\%I_n$(I_n—被测表额定电流)以内，则认为灵敏度合格。

(7)平衡试验　将两个电压线圈并联，电流线圈反接串联进行观察。K_1 合上时，在各种功率因数和各种负荷情况下，铝

www.plcworld.cn

盘应不转动。

846. 怎样测量功率因数？

在电工测量中，通常使用电动系、铁磁电动系和电磁系功率因数表来测量负载的功率因数。功率因数表分为单相和三相两种。单相功率因数表的使用方法与一般电动系仪表相同：将仪表电流线圈的接线柱与负载串联，而电压线圈的两接线柱则与负载并联。接通电源后，若指针偏右，表明负载是电感性负载，电流滞后于电压，其相位差 φ 和功率因数 $\cos\varphi$ 为正值；若指针偏左，则表明负载是电容性负载，电流超前于电压，其 φ 和 $\cos\varphi$ 为负值。如果使用三相功率因数表来测量，接线就比较复杂(图 9-39)。接线前应了解电源的相序，按照 A、B、C 的顺序相连。若接线发生差错，将产生很大误差，甚至出现读数与被测功率因数值无关的现象。

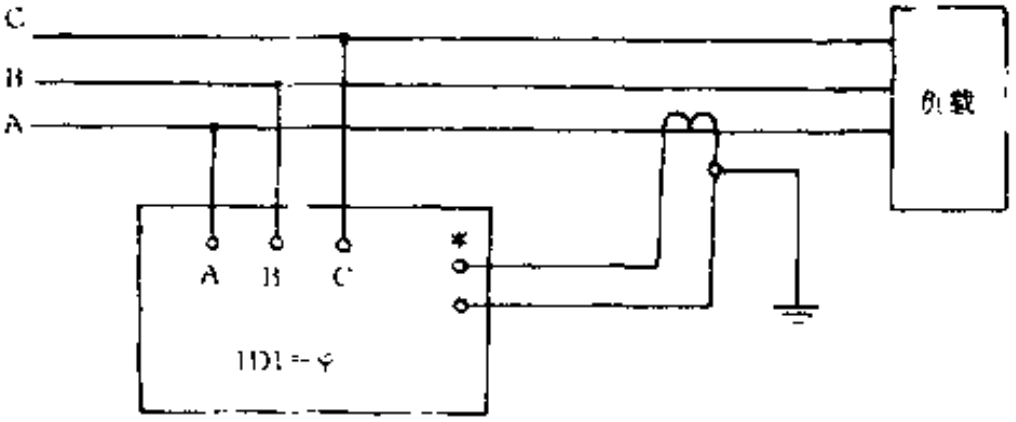


图 9-39　三相功率因数表接线示意图

847. 怎样拆装功率因数表和调整其误差？

拆装功率因数表和调整其误差，应注意以下事项：

(1)拆装前，应记住功率因数表接线端子的极性和名称。

(2)将功率因数表平放，观察指针是否在线圈夹角中央；将指针拨到迟相 50%处，观察两个交叉线圈：一个应与固定线圈平行，另一个应与固定线圈垂直。

www.plcworld.cn

(3)进行机械平衡和电气平衡调整。机械平衡调整按磁电式仪表处理;电气平衡调整的方法是:施以额定电流和额定电压,使指针指示在100%处,将功率因数表向四面倾斜,指针应不变动,指示仍在中央,并且负荷减小时(减小到额定电流的一半),指示也不改变。

(4)进行导流丝弹性检查。首先将功率因数表加上负荷,并施以额定电流,然后将额定电流减小一半,两次试验结果如果超过等级误差,应调整导流丝弹性或者更换导流丝。

(5)如果导流丝弹性影响并不严重,但误差超出规定值,而在100%和进相50%、迟相50%三点正确,则不再进行调整,但应重画刻度。

(6)对于电气不平衡,应检查倍率器,使两组倍率器的电阻值相等。

(7)用电阻调整误差时,应考虑两组倍率器的对称性和误差情况分别进行调整,不许在中相上加电阻。

848. 怎样选择兆欧表?

兆欧表又叫摇表、迈格表、高阻计、绝缘电阻测定仪等,是用来测量大电阻(主要是绝缘电阻)的直读式仪表。兆欧表的标度尺以兆欧(1兆欧=1000000欧)为单位,所以叫兆欧表。选择兆欧表的原则是:

(1)兆欧表的额定电压应与被测电气设备或线路的工作电压相适应。例如,不能用电压过高的兆欧表来测量低压电气设备的绝缘电阻,以免设备的绝缘受到损坏。也就是说,兆欧表中的电源产生的电压,应能够模拟被测绝缘电阻的工作电压。通常,额定电压在500伏以下的设备选用500伏兆欧表;额定电压为500~1000伏的设备选用1000伏兆欧表。

(2)兆欧表的测量范围(量限)应与测量对象的绝缘电阻

www.plcworld.cn

相吻合，以避免读数产生较大误差。例如，测量低压设备的绝缘电阻时，可选用 0～200 兆欧量限的表；测量高压设备（如电缆、瓷瓶）的绝缘电阻时，可选用 0～2000 兆欧量限的表。

又如，有些兆欧表的读数不是从零开始，而是从 1 兆欧或 2 兆欧开始，这种兆欧表就不宜用来测定潮湿环境中的低压电气设备的绝缘电阻。因为在潮湿环境中，低压电气设备的绝缘电阻可能低于 1 兆欧，此时兆欧表上无读数，容易误认为设备的绝缘电阻为零而得出错误结论。

表 9-5 中列举了一些在不同情况下选用兆欧表的实例。

表 9-5　不同额定电压的兆欧表使用范围

测量对象	被测设备额定电压，伏	所选兆欧表额定电压，伏
绕组绝缘电阻	500 以下 500 以上	500 1000
电力变压器 发电机绕组绝缘电阻 电动机	500 以上	1000～2500
发电机绕组绝缘电阻	380 以下	1000
电气设备绝缘电阻	500 以下 500 以上	500～1000 2500
瓷瓶、母线、刀闸的绝缘电阻		2500～5000

表 9-6 中列出了国产兆欧表主要数据，供选择兆欧表时参考。

www.plcworld.cn

表 9-6　国产兆欧表主要技术数据

型号	额定电压伏	测量范围兆欧	准确度等级	备注	型号	额定电压伏	测量范围兆欧	准确度等级	备注
ZC-7	100	0～200	1.0	手摇发电机	ZC25-1	100	0～100	1.0	手摇发电机
	250	0～500	1.0		ZC25-2	250	0～250	1.0	
	500	0～500	1.0		ZC25-3	500	0～500	1.0	
	1000	2～2000	1.0		ZC25-4	1000	0～1000	1.0	
	2500	5～5000	1.0						
ZC11-1	100	0～500	1.0	手摇发电机	ZC-17	250/500 500/1000	50/100 1000/25000	1.5 1.5	晶体管变换器
ZC11-2	250	0～1000	1.0						
ZC11-3	500	0～2000	1.0						
ZC11-4	1000	0～5000	1.0		ZC-30	5000	0～100000	1.5	晶体管变换器
ZC11-5	2500	0～10000	1.0						
ZC11-6	100	0～20	1.0						
ZC11-7	250	0～50	1.0						
ZC11-8	500	0～100	1.0						
ZC11-9	1000	0～200	1.0						
ZC11-10	250	0～2500	1.0						

849. 怎样正确使用兆欧表测量电气设备的绝缘电阻？

使用兆欧表测量电气设备的绝缘电阻，应注意以下几点：

(1)测量以前，应切断被测设备的电源。对于电容量较大的设备(如大型变压器、电容器、电机、电缆等)，必须将其充分放电(约放电 3 分钟)，以消除设备残存电荷。

(2)未接线前，应先判断兆欧表的好坏。兆欧表一般有三个接线柱，分别为“L”(线)、“E”(地)和“G”(屏)。检查时首先将兆欧表平放，使 L、E 两个端钮开路，摇动手摇发电机的手柄，使发电机的转速达到额定转速(若为电动式兆欧表，可施加额定电压)，此时指针应指在“∞”刻度处；停止摇动后用导线短接 L 和 E 接线柱，再缓慢摇动手摇发电机的手柄(必须缓慢摇动，以免电流过大而烧毁绕组)，此时指针应迅速归“0”。如果指针不指在“∞”或“0”的刻度线上，应将兆欧表进行

www.plcworld.cn

检修才能使用。如果是半导体型兆欧表，不宜用短路法进行校验。

(3)测量前应了解周围环境的湿度和温度。当湿度过高时，应考虑接用屏蔽线；测量时应记录温度，以便对测得的绝缘电阻进行分析换算。

(4)从兆欧表到被测设备的引线，应使用绝缘良好的单芯导线，不得使用双股线，两根连接线不得绞缠在一起。

(5)同杆架设的双回路架空线和双母线，当一路带电时，不得测试另一路的绝缘电阻，以防感应高电压危害人身安全和损坏仪表；对平行线路也应注意感应高电压，若必须在这种状态下测试，则应采取必要的安全措施。

(6)测量电容器、电缆、大容量变压器和电机等的绝缘电阻时，要有一定的充电时间，电容量愈大，充电时间应愈长，一般以兆欧表转动 1 分钟后的读数为准。

(7)摇测绝缘电阻时，应由慢逐渐到快摇动手柄。若发现指针指零，表明被测绝缘物存在短路故障，此时不得继续摇动手柄，以防表内动圈因发热而损坏。摇动手柄时，不得忽快忽慢，以免指针摆动过大而引起误差。手柄摇到指针稳定为止，时间约 1 分钟。摇动速度一般为 120 转/分，但可在±20%的范围内变动。

(8)测量电容性电气设备的绝缘电阻时，应在取得稳定读数后，先取下测量线，再停止摇动手柄，测完后立即将被测设备进行放电。

(9)被测电气设备表面应擦拭干净，不得有污物，以免漏电影响测量的准确度。

(10)测量工作一般由两人来完成。在兆欧表未停止转动和被测设备未放电之前，不得用手触摸测量部分和兆欧表的

www.plcworld.cn

接线柱或进行拆除导线等工作，以免发生触电事故。

850. 使用兆欧表测量电气设备的绝缘电阻时怎样消除泄漏电流的影响？

使用兆欧表测量电气设备的绝缘电阻时，测得的绝缘电阻值应等于或接近于实际的绝缘电阻。但是，由于被测设备表面通常总是存在着一定的泄漏电流，并且这一电流的大小直接影响测量结果。因此，为了判别是电气设备内部绝缘缺陷还是表面泄漏电流影响测量的准确度，必须将表面绝缘电阻与内部绝缘电阻分开。具体做法是：将一只金属遮护环包在绝缘体表面，并用导线将该金属环与兆欧表的屏蔽端子相连，使绝缘体表面的泄漏电流不流过测量线圈，从而消除了泄漏电流的影响，所测得的绝缘电阻值便是设备本身的实际电阻。

851. 怎样做好兆欧表维修前的检查工作？

为了使兆欧表的维修工作有条不紊地进行，在维修前应做好以下检查工作：

(1)检查兆欧表的外壳、摇柄、接线柱、提手、玻璃、表面和指针等是否损坏。

(2)将兆欧表置于水平工作位置，使两接线柱 L 和 E 开路，以 120 转/分的额定转速摇动发电机，观察指针是否指在“∞”位置(若带有“∞”调节装置，应同时摇动“∞”调节器)，并检查发电机是否抖动，有无卡滞、声音不正常和指针卡阻等现象。

(3)仍以 120 转/分的速度摇动发电机，将兆欧表两接线柱 L 和 E 迅速短接，观察指针是否指到“0”位置。

(4)使兆欧表由水平工作位置向任一方向倾斜 10°，摇动发电机，使指针指在“∞”位置，此时可动部分的平衡附加误差应不超出表 9-7 所示值。

www.plcworld.cn

表 9-7　兆欧表可动部分的允许平衡附加误差

准确度等级	基本误差，%（以刻度弧长的百分数表示）	允许的平衡附加误差，%（以刻度弧长的百分数表示）	
		兆欧表由水平位置向任一方向倾斜 10°	摇柄转速变化 ±20%
1.0	±1.0	±0.5	±1.0
1.5	±1.5	±0.75	±1.5

(5)以额定转速摇动发电机，用 20 千欧/伏万用表或电压表测得的两接线柱 L 和 E 之间的端电压，不应超过额定电压的 20%。

根据上述检查结果，可以判断兆欧表的故障性质和故障发生的大致范围，从而可制定详细的检修方案。

852. 兆欧表有哪些常见故障？怎样排除？

兆欧表的常见故障、可能原因和排除方法如表 9-8 所示。

表 9-8　兆欧表常见故障和排除方法

常见故障	可能原因	排除方法
指针卡涩、转动不灵活	(1)表盘上有细纤维纠缠在指针上 (2)线圈受压变形，并与铁芯、极掌相碰 (3)线圈上粘有细纤维或者铁芯与极掌的间隙中有铁屑等杂质 (4)线圈转动时导流丝触碰固定部分 (5)铁芯松动，并与线圈相碰	通常用肉眼或借助放大镜，就可发现这些故障所在部位，然后分别予以排除即可
指针指不到“∞”位置	(1)导流丝变形，使附加力矩增大 (2)电源电压太低 (3)电压回路电阻变质，使阻值增大 (4)电压线圈局部短路或断路	(1)修理或更换导流丝，在不通电时将指针置于“∞”位置 (2)查明电源电压降低的原因，并修理发电机或变压器 (3)调换回路电阻 (4)重绕电压线圈
指针超出“∞”位置	(1)若兆欧表有无穷大平衡线圈，该线圈短路或断路 (2)电压回路电阻的阻值减小 (3)导流丝变形	(1)修理或重新绕制无穷大平衡线圈 (2)调换电压回路电阻 (3)修理或更换导流丝

www.plcworld.cn

续表 9-8

常见故障	可能原因	排除方法
指针不指零位	(1)电流回路电阻发生变化，阻值减小时指针超过零位；阻值增大时指针不到零位 (2)电压回路电阻发生变化，阻值增大时指针超过零位；阻值减小时指针不到零位 (3)导流丝性能发生变化 (4)电流线圈或零点平衡线圈局部短路或断路	(1)调换电压回路电阻或电流回路电阻 (2)调换电压回路电阻或电流回路电阻 (3)更换导流丝 (4)修理(或重新绕制)电流线圈或零点平衡线圈
可动部分不平衡	(1)指针打弯或变形 (2)平衡锤上的螺钉松动，使平衡锤改变位置 (3)轴承松动，轴间距离增大，中心偏移	(1)校正指针 (2)拧紧螺钉，使平衡锤恢复平衡状态 (3)将轴承螺钉调整到适当位置
指针位移偏大	(1)轴尖磨损或生锈 (2)轴承有杂物或碎裂	(1)研磨或重配轴尖 (2)清除杂物或更换轴承
发电机无输出电压或电压很低	(1)绕组断线 (2)电路断线 (3)炭刷接触不良或炭刷磨损	(1)重新绕制绕组 (2)查出断线点，重新施焊 (3)调整炭刷和整流环，使二者接触良好，或者换上新电刷
发电机摇不动，有卡滞现象	(1)发电机的定、转子相碰 (2)增速齿轮啮合不良或齿轮损坏 (3)滚珠轴承脏污，润滑油干枯 (4)小机盖固定螺钉松动，使转子在轴承中的位置不正 (5)转轴弯曲	(1)拆下发电机，重新装配，使定、转子之间有合理的间隙 (2)调整齿轮位置，使其啮合良好；若齿轮损坏，应予更换 (3)拆下轴承，予以清洗，并加润滑油 (4)调整小机盖位置，拧紧螺钉 (5)矫正转轴
摇动发电机时，摇柄打滑，无电压输出	(1)偏心轮固定螺钉松动，造成齿轮啮合不良 (2)调速器的弹簧松动或弹力不足	(1)调整偏心轮位置，使各齿轮啮合良好，并拧紧螺钉 (2)旋动调速器螺母，拉紧弹簧，使摩擦点压紧摩擦轮

www.plcworld.cn

续表 9-8

常见故障	可能原因	排除方法
摇动发电机时，摇柄出现抖动现象	(1)转子不平衡 (2)转轴弯曲	(1)将转子置于平衡架上，调整到平衡 (2)矫正转轴
发电机电压不稳定	(1)调速器上的螺钉松动，调速轮摩擦点接触不紧 (2)调速器的弹簧松动或弹力不足	(1)拧紧调速器上的螺钉，使调速接点紧接摩擦轮 (2)调整或更换弹簧
机壳漏电	(1)内部引线碰壳或发电机弹簧引出线碰壳 (2)绕组受潮，造成绝缘不良	(1)检查线路，消除碰壳现象 (2)用烘箱烘干，温度控制在60～80℃之间
摇动发电机时，手感很沉重，输出电压低	(1)发电机两整流环之间有磨损、有炭粒或其他杂物，造成短路 (2)整流环击穿短路 (3)转子线圈短路 (4)发电机的并联电容器击穿 (5)内部线路短路	(1)用汽油清洗整流环 (2)修理或更换整流环 (3)重新绕制转子线圈 (4)更换电容器 (5)查明短路点，并予以消除
摇动发电机时，炭刷产生声响和火花	(1)炭刷和整流环磨损，表面不光滑，接触不良 (2)炭刷位置偏移，与整流环未正好对准，二者接触不良	(1)更换电刷，用0号砂纸研磨整流环，然后用汽油清洗 (2)调整电刷位置，使其正好对准整流环，并完全接触

853. 怎样全面校验兆欧表？

要全面校验兆欧表，应进行以下几项测试检查工作：

(1)初步试验　在兆欧表开路时摇动发电机手柄，指针应指在“∞”位置；在兆欧表短路时摇动发电机手柄，指针应指在“0”位置。如刻度起点不为零，则接入相应的电阻进行检查。

(2)基本误差测定　在兆欧表刻度工作部分的每一带数字的刻度点上进行测定，其误差不得大于表9-9所列值。测定误差时，周围温度应为15～25℃，兆欧表应水平放置，手柄的转速应达到额定值。此外，也可不经测试，而将兆欧表与标准

www.plcworld.cn

电阻箱进行比较，以确定其基本误差是否超过允许值。

表 9-9　兆欧表的基本误差

兆欧表级别	基本误差，%（以刻度弧长百分数表示）	允许附加误差，%（以刻度弧长百分数表示）			
		手柄转速变化 20%	周围温度变化 10℃	从水平位置向任何方向倾斜 10°	外磁场为 400 安/米时的影响
1	±1	±0.5	±0.5	±1	±2
1.5	±1.5	±0.75	±1	±1.5	±2

（3）检查机械平衡　摇动兆欧表的手柄，使其达到额定转速，将兆欧表从水平位置向任何方向倾斜 10°，其误差不得大于上表所列值。如果兆欧表配有水平仪，可不进行此项检查。

（4）测定阻尼时间　先摇动手柄，使指针位于“∞”或“0”位上，然后接入一个能使指针指在刻度几何中点的电阻，从接入电阻的瞬间起至指针距最终位置的距离不大于刻度全长 1%的这段时间，称为阻尼时间。阻尼时间一般不应超过 4 秒。

（5）检查手柄转速的影响　手柄转速的影响，通常在兆欧表刻度的工作部分上进行检查，其误差不应超过上表所列值。如果兆欧表具有调速装置，可不进行此项检查。

（6）测定绝缘电阻　使用同一电压等级的另一个兆欧表进行检验，兆欧表所有电气回路与外壳上金属部分的绝缘电阻不应低于 10 欧。

854. 怎样选择万用表？

万用表又称万能表或复用表，是电工经常使用的多用途多量限的直读式仪表，实质上它就是一个带有整流器的磁电系仪表，可用来测量交、直流电压，交、直流电流，电阻，音频电平等，有的万用表还可测量电容、电感、晶体三极管等。选择万用表的原则是：在经济上许可的条件下，应尽可能选用灵敏度高（灵敏度高的万用表，测量误差小），电压、电流档的基本误

www.plcworld.cn

差小，表头的倾斜误差小（倾斜误差的检查办法是：把万用表竖直放置和左右侧着倾斜45°放置时，表头指针偏离零点位置不超过标度尺弧长的±1%，这种偏离越小越好），测量种类多，量限宽，表盘大，转换开关质量好，有过载保护等的万用表。具体地说，要根据测量的项目和要求的测量准确度来选择。例如：

（1）测量电子电路，特别是测量高内阻的信号源时，应选用高灵敏度或较高灵敏度的万用表。

（2）测量低内阻的信号源时，如电工、电力方面的测量，可选用低灵敏度万用表，这种表量限宽，稳定可靠。

（3）要求测量准确度高的场合，如科研实验室、产品试制的参数标定等，可选用高准确度的万用表，这种表不仅可作测量用，还可作为校对普通万用表的标准表。

855. 怎样正确使用万用表？

在电气设备的运行维护中，万用表使用十分频繁，往往因使用不当或疏忽大意而造成测量错误或仪表损坏事故。因此，必须学会使用万用表，并养成沉着、小心、正确操作的良好习惯。对万用表的使用，一般应注意以下几点：

（1）使用前认真阅读产品说明书，充分了解万用表的性能，正确理解表盘上各种符号和字母的含义及各条标度尺的读法，了解并熟悉转换开关等部件的作用和使用方法。

（2）万用表应水平放置，应避开强大的磁场区（例如，与发电机、电动机、汇流排等保持一定距离），并且不得受震、受热和受潮。

（3）测量前，应根据被测项目（如电压或电阻等）将转换开关拨到合适的位置；检查指针是否指在机械零位上，如果不在零位，应调到零位。

www.plcworld.cn

(4)接线应正确，表笔插入表孔时，应将红色表笔的插头插入“＋”孔，黑色表笔的插头插入“－”孔；手拿表笔时，手指不得触碰表笔金属部位，以保证人身安全和测量准确。

(5)量限的选择，应尽量使指针偏转到标度尺满刻度的2/3附近。如果事先无法估计被测量的大小，可在测量中从最大量限档逐渐减小到合适的档位；调节量限时，用力不得过大，以免打在其他量限上而损坏电表；每次拿起表笔准备测量时，一定要再校对一下测量项目，核查量限是否拨对、拨准。

(6)测试时，表笔应与被测部位可靠接触；测试部位的导体表面有氧化膜、污垢、焊油、油漆等时，应将其除去，以免接触不良而产生测量误差。

(7)开关转到电流档时，两支表笔应跨接在电源上，以防烧毁万用表；每次测量完毕，应将转换开关置于空档或最高电压档，不可将开关置于电阻档，以免两支表笔为其他金属所短接而耗尽表内电池，或误接而烧毁电表。

(8)测量时，切不可错旋选择开关或插错插口。例如，不得用电阻测量档或电流测量档去测量电压，或以低压量限去测量高电压，小电流量限去测量大电流等。否则，将烧坏万用表。

(9)测量时，要根据选好的测量项目和量限档，明确应在哪一条标度尺上读数，并应了解标度尺上一个小格代表多大数值。读数时目光应与表面垂直，不要偏左偏右。否则，读数将有误差。精密度较高的万用表，在表面的刻度线下有弧形反射镜，当看到指针与镜中的影子重合时，读数最准确。一般情况下，除了应读出整数值外，还要根据指针的位置再估计读取一位小数。

(10)变换测量范围时，要另外调整零点，然后进行测量；表内电池的电能一旦消耗过度，要及时更换电池；如果万用表

www.plcworld.cn

长期不用，应将电池取出，以防止电池腐蚀表内元件。

856. 怎样使用万用表测量直流电压和直流电流？

直流电压的测量方法与交流电压的测量方法基本相同，下面只说明不同的几点：

(1)仍然要注意正确选用档位。如果误选了交流电压档，读数可能偏高，也可能为零(与万用表的接线方法有关)；如果误选了电流档或电阻档，可能打弯指针或烧毁表头。

(2)测量前，要注意表笔的正负极性，应将红色表笔接在被测电路或元器件的高电位端，黑色表笔接在被测电路或元器件的低电位端。如果表笔接反，表头指针将反向偏转，指针往往撞弯。

如果事先不知道被测点电位的高低，可使任一表笔先接触被测电路或元器件的任意一端，另一表笔轻轻地试触一下另一被测端。如果表头指针向右(正方向)偏转，说明表笔正负极性正确；如果表头指针向左(反方向)偏转，说明表笔正负极性接反，此时倒换表笔即可进行测量。

使用万用表测量直流电流，应注意以下几点：

(1)万用表必须与被测电路串联，测量时先断开电路串入电流表。如果误将电流表与负载并联，由于其内阻很小，将造成短路，导致仪表被烧毁，并可能毁坏被测电路。

(2)测量前，要注意表笔的正负极性，即红色表笔接在电路断口高电位端，黑色表笔接在电路断口低电位端。如果事前无法判断断口处的电位高低，可参照本问使用万用表测量直流电压的第(2)项来处理。

(3)在测量过程中严禁带电拨动转换开关来选择量限，以免损坏开关的触点，同时也可防止误拨到过小量限档而撞弯指针或烧毁表头。

www.plcworld.cn

857. 怎样使用万用表测量交流电压？

使用万用表测量交流电压，应注意以下几点：

(1)测量前必须将转换开关拨到对应的交流电压量限档。如果误用直流电压档，表头指针将不动或略微抖动；如果误用直流电流档或电阻档，轻则打弯指针，重则烧毁表头。

(2)测量时将表笔并联在被测电路或被测元器件的两端。

(3)测量 1000 伏以上的高压时，必须使用专用绝缘表笔和引线，先将接地表笔固定接在电路地电位上，然后用红色表笔去接触被测高压电源。测试过程中应严格执行高压操作的有关规程，操作者应戴绝缘手套或站在绝缘垫上，并且单手操作，以防触电。

(4)在测量中严禁带电拨动转换开关来选择量限，以防电弧烧坏触点。

(5)如果不知道被测电压数值，应先用表上最高一档(如 0～1000 伏或 500 伏)试测。若表针偏转很小，再逐渐换用低档次，直到表针移动至满刻度的 2/3 附近为止。

(6)测量高电压时，应使接点接触紧密，以免因接触不良而产生跳火，或者插头脱落发生短路而造成意外事故。

(7)表盘上的交流电压标度尺是按正弦交流电的有效值刻度的，如果被测量不是正弦量(如锯齿波、方波等)，误差会很大，此时测得的数据只可供参考。

(8)大多数表盘上都标明了使用频率范围，一般为 45～1000 赫。如果被测交流电压的频率超出了这一范围，测量误差将增大，此时测得的数据也只可作参考。

858. 怎样使用万用表测量电阻？

使用万用表测量电阻，应注意以下几点：

(1)不得在被测电路带电的情况下测量其电阻(严禁用万

www.plcworld.cn

用表直接测量电池电阻)。因为这相当于将被测电阻两端的电压引入万用表内部的测量线路,会导致产生测量误差;如果引入的电压、电流过大,还会损坏表头。

(2)测量前,要把两端的接线或其他元件的接线头用小刀或砂布刮净,使之露出光泽,以免造成读数误差。

(3)测量前或每次更换倍率档时,都应重新调整欧姆零点,亦即将两支表笔短路,并同时转动零欧姆调整旋钮,使表头指针准确地停留在欧姆标度尺的零点上。如果指针不能指在欧姆零点,说明表内电池电压太低,应更换电池;如果连续使用 R×1 档时间较长(尤其是使用 1.5 伏 5 号电池的万用表),也应重新校正欧姆零点,这是因为 5 号电池容量小,工作时间稍长,输出电压下降,内阻增高,造成欧姆零点移动。

(4)测量电阻时,应选择适当的倍率档,使指针尽可能接近标度尺的几何中心。这样,可提高测量数据的准确度。由于电阻标度尺的刻度是不均匀的,越往左端,阻值的刻度越密,读数误差越大,所以应避免选择使指针停留在标度尺左端的倍率档。

(5)测量中两手不得同时触及被测电阻两端,以免因人体电阻的分流作用而造成测量误差。

(6)测量热敏电阻时,由于电流的热效应,热敏电阻的阻值会发生变化,所以这种测量数据只可供参考。

(7)每次测量完毕,也应将转换开关旋在测高电压档。如果开关仍在测电阻档(如 R×1),往往因工作台上杂乱摆放金属零部件,或无意中两支表笔相碰而空耗表内电池。

859. 怎样读取万用表标度尺上的数据?

万用表的标度尺上一般只有一组数字(交、直流公用标度尺有两组或三组数字),但是对应每一测量项目却有数种量

www.plcworld.cn

限，而且标度尺的刻度又有均匀和不均匀两类，所以在实际测量中应细心读取数据。下面，我们以 MF50-1 型万用表交、直流公用标度尺（均匀刻度）和欧姆标度尺（非均匀刻度）为例来说明怎样读取标度尺上的数据。

交、直流公用标度尺下面有 50、100、150、200、250 和 10、20、30、40、50 两组数字（为选取不同量限时便于读数换标而设置），它们分别包含五个直流电流档：0～100μA（微安）、0～2.5mA（毫安）、0～25mA、0～250mA、0～2.5A；五个直流电压档：0～2.5V（伏）、0～10V、0～50V、0～250V、0～1000V 和三个交流电压档：0～50V、0～250V、0～1000V 内的所有数据。其中，除 0～250mA、0～250V、0～250V 和 0～50V、0～50V 五档可以从标度尺的上排和下排数字上直接读取数据外，其他各档都要根据这两组数字中较方便的一组进行换算。

对于是上排数字十进位倍的 0～2.5mA、0～2.5V、0～2.5A、0～25mA 四档，在读取数据时，可根据不同档次，分别缩小 100 倍或 10 倍。例如，转换开关选择 2.5mA 档时，由于 2.5 是 250 缩小 100 倍的值，所以标度尺上 50、100、150、200、250 这组数字都应同时缩小 100 倍，分别为 0.5、1.0、1.5、2.0、2.5，这样换算后就可迅速读取数据。

对于是下排数字整数倍的 0～10V、0～1kV（千伏）、0～100μA、0～1kV 四档，在读取数据时就应以标度尺右边的 50 为根据，将整组数字分别缩小或扩大相应的倍数。例如，转换开关选择 10V 档时，由于 50 是 10 的 5 倍，所以 10、20、30、40、50 分别除以 5 后为 2、4、6、8、10。这样换算后再读取数据就十分方便。对 1kV，最好选用 10V 专用标度尺读取数据。因为只要将读取的数据扩大 100 倍即可，比用交、直流公用标度尺上

www.plcworld.cn

的数字进行换算要快得多。

读取均匀刻度的标度尺上的数据时，如果表头指针位于两条刻度线之间的某个位置，则应将两刻度线之间的距离等分后估读一个数值。

万用表的欧姆标度尺上只有一组数字，供测量电阻专用。转换开关选择 R×1 档时，应从标度尺上直接读取数据。当选择其他档次时，应乘以相应的倍率。例如，选择 R×1000 档时，应将读取的数据乘以 1000。要特别注意的是，欧姆标度尺的刻度是不均匀的，当表头指针位于两刻度线之间时，要根据左边和右边刻度缩小和扩大的趋势估读数据。

860. 怎样检查和排除万用表直流电流部分的故障？

检查万用表直流电流的各档时，可用标准毫安表或另一个完好的万用表的毫安档与被校万用表串联后接在可调的直流电源上。此时首先将被校万用表旋到最小毫安档，逐渐增加电流，观察并记录两表的指示值，然后改变被校万用表毫安档的量限。对检查结果进行分析，便可判断被校万用表这一部分电路接线是否正确或有哪些故障。

万用表直流电流部分常见故障、产生的原因和排除的方法见表 9-10。

表 9-10　万用表直流电流部分常见故障、原因和排除方法

常见故障	产生原因	排除方法
在同一量限内误差率不一致	表头特性改变	检查磁铁有无异常、动圈安装是否端正、极掌与铁芯的空隙间有无铁磁物质，若有这些现象，予以消除
各量限的误差率不一致，有正有负	(1)分流电阻某一档焊接不良，使阻值增大 (2)分流电阻一档烧焦而短路，使阻值减小	(1)将焊接不良的电阻两端重新施焊 (2)更换分流电阻，更换前应对照电路图查明该电阻的阻值

www.plcworld.cn

续表 9-10

常见故障	产生原因	排除方法
被校表各档无指示，而标准表有指示	(1)表头线圈脱焊或断路 (2)与表头串联的电阻损坏或脱焊 (3)表头短路	(1)将表头拆下，取出线圈，仔细找出断头处，用 15 瓦/220 伏电烙铁将其焊好 (2)更换电阻或重新施焊 (3)更换表头线圈，或检查表头支路有无导线，若有引起表头短路的导线，予以清除
被校表在小量限时指示很快，但在较大量限时又无指示	分流电阻烧断或短路	更换电阻
被校表和标准表均无指示	(1)转换开关未接通 (2)公共线路断开	(1)接通转换开关 (2)接通公共线路
误差大而且各档都是比例相同的正误差	(1)与表头串联的电阻短路或者阻值变小 (2)分流电阻值偏高 (3)表头灵敏度偏高(如重绕了动圈或换了游丝)	(1)更换电阻 (2)降低分流电阻值 (3)可从以下三方面来排除这一故障：第一，退磁；第二，更换游丝；第三，重新绕制动圈
误差大，而且各档都是比例相同的负误差	(1)表头灵敏度降低 (2)表头串联电阻增大 (3)分流电阻减小	(1)恢复其灵敏度 (2)更换电阻 (3)更换分流电阻

861. 怎样检查和排除万用表直流电压部分的故障？

当万用表直流电流部分调好之后，便可进行直流电压部分的检查。此时故障只可能出现在附加电阻或转换开关上。检查时将被校万用表与标准表并联后接在可调的直流电源上。直流电压部分常见故障、产生的原因和排除的方法见表 9-11。

www.plcworld.cn

表 9-11　万用表直流电压部分常见故障、原因和排除方法

常见故障	产生原因	排除方法
某一量限误差大，随后各量限误差逐渐减小	(1)该量限附加电阻变质或短路 (2)该量限附加电阻容量太小，过载时阻值变大	(1)更换附加电阻 (2)换上容量大的附加电阻
某量限不通，而其他量限正常	(1)转换开关烧坏或接触不良 (2)转换开关接触点与附加分压电阻脱焊不通	(1)修理或更换转换开关 (2)将脱焊处重新施焊
直流电压档全部不通	(1)直流电压开关公用接点脱焊 (2)直流电压档最小量限档附加电阻断线或损坏不通	(1)焊好公用接点 (2)焊好断线电阻或更换该电阻
某一量限以后，各档都不通	某一附加电阻脱焊	将脱焊处重新施焊

862. 怎样检查和排除万用表交流电压部分的故障？

当万用表直流电压部分调好之后，便可进行交流电压部分的检查。如果直流电流和直流电压这两部分都已正常，则交流电压部分的故障只可能出现在整流元件及其有关的电阻支路上。检查时将被校万用表与标准表并联后接在可调的交流电源上。

通常，完好的整流元件正、反向电阻之比应在 1∶40 以上。如果比值过小，说明整流元件已击穿，必须更换；如果比值稍低，调节最小量限档的电阻值后，若误差消除，则整流元件仍可使用。交流电压部分常见故障、产生的原因和排除的方法见表 9-12。

www.plcworld.cn

表 9-12　万用表交流电压部分常见故障、原因和排除方法

常见故障	产生原因	排除方法
被校表误差很大，有时偏低50%左右	全波整流器中一个元件被击穿	更换击穿的整流元件
被校表读数极小，或指针只轻微摆动	整流器击穿	更换整流器所有元件
小量限误差大，量限增大时误差减小	表头并联可变电阻的活动触点接触不良，或最小量限档附加电阻阻值增大	修理可变电阻或更换附加电阻
各量限指示都偏低，误差率一致	整流元件的性能差，反向电阻减小	更换性能不符合要求的整流元件

863. 怎样检查和排除万用表电阻部分的故障？

如果万用表直流电流、直流电压和交流电压这三部分都已正常，则电阻部分的故障就容易找出。通常可参照表 9-13 进行检查。

表 9-13　万用表电阻部分常见故障、原因和排除方法

常见故障	产生原因	排除方法
两表笔短接时，指针调不到零位	(1)电源电池容量不足 (2)转换开关接触电阻增大 (3)电池两端接片上有氧化物或锈蚀现象	(1)换上新电池 (2)清洗转换开关的定片和动片，并加少许凡士林 (3)用细砂纸轻轻打磨电池两端的接片
调欧姆零位时指针跳跃不稳	(1)调零电位器阻值选配不当，即单位长度的电阻过大 (2)调零电位器接触不良	(1)换上合适的调零电位器 (2)启开表壳，将调零电位器拆下，把动片重新装紧，使其与电阻丝接触良好

www.plcworld.cn

续表 9-13

常见故障	产生原因	排除方法
短接调零时，指针无指示	(1)转换开关公用接触点引线折断 (2)调零电位器接触点脱焊 (3)调零电位器可动触点串联电阻断路 (4)电源电池无电压或断路	(1)将该接点引线焊好 (2)将该接点重新施焊 (3)修理或更换串联电阻 (4)换上新电池
个别量限误差很大	该档分流电阻变质或烧坏	更换电阻
个别量限不通	(1)转换开关接触点接触不良 (2)测量线路有断路处	(1)拆下转换开关，调整动片的弯曲程度，使其与定片接触良好 (2)对于 R×10k 这一量限可能是串联电阻断路，对于其他几个量限可能是并联电阻断路，可通过检查找出断路处，并焊好

864. 怎样检查和调整万用表的个别误差？

万用表的误差分普遍误差和个别误差两种。普遍误差的检查，主要是检查表头动作电流灵敏度，在表头正确的情况下，再检查分流电阻，并在分清表头机械故障和电气故障的条件下，按磁电式仪表予以处理。而个别误差的检查和调整，可按下述说明进行：

(1)直流部分的检查。如果表头合格，但发现直流部分有误差，则检查直流线路接线是否正确，接点接触是否良好，电阻是否损坏和变质，分流器是否断线等。

(2)交流部分的检查。如果表头和直流部分均合格，但发现交流部分存在误差，则首先应检查整流器是否击穿；其次检查交流线路的接线是否正确和各接点接触是否良好，线路电阻是否断线和变质。

www.plcworld.cn

(3)欧姆部分的检查。这种检查应在电池电压充足的条件下进行。如果电池正常，仍有误差，则检查分流电阻是否损坏和断线；如果无法调回零位，则检查分流电阻和串联电阻的阻值及各接点的绝缘情况。

(4)调整误差时，如果发现万用表的所有量限都小得多，而且也未测出表头确实的动作电流，则应检查线路有无缺陷，不可随便调整量限，以免给下次调整造成困难。此时最好处理表头。

(5)检修时，如果发现有特殊形状的磁铁，只有查明该磁铁的作用，才可拆卸进行调整。

(6)排线要整齐、清洁，要扎紧，相互间不得触碰。

865. 怎样正确使用检流计？

检流计是一种灵敏度高的仪表，用于测量极微小的电流和电压。检流计的标尺不注明电流或电压数值，所以一般只用来检测电流的有无(例如作为电桥或电位差计的指零仪)。使用时应注意以下几点：

(1)必须轻拿轻放，以防吊丝振断；搬动或使用完毕，应将止动器锁上或用导线将端子短接。

(2)使用时要按规定的工作位置摆放，有水准指示装置的检流计，使用前应调好水平。

(3)要按外临界电阻值选好外接电阻，并根据实验任务，合理选择检流计的灵敏度(测量时逐步提高)。如果对流过检流计的电流大小不清楚，不可贸然提高灵敏度，而应串入保护电阻或并联分流电阻。

(4)不应使用万用表或电桥来测量检流计的内阻，以免损坏检流计线圈。

866. 怎样选择电位差计？

www.plcworld.cn

选择电位差计一般应考虑以下三方面的问题：

(1)阻值　如果被测电势的内阻比较低，如内阻较小的电动系电压表、热电偶电势、100 欧以下电阻上的压降等，宜选用低阻电位差计；如果被测电势的内阻较高，如内阻较大的磁电系电压表、标准电池、高电阻上的压降等，宜选用高阻电位差计。

(2)电势　根据被测电势的大小选用电位差计，选用的原则是能够使用第一测量盘，最好使被测电势的大小接近电位差计的上量限。

(3)准确度　如果要求的测量准确度较高，则应根据要求的误差极限来确定所选用的电位差计。例如，若要求某被测电势的极限误差小于 0.02%，则应选用 0.01 级电位差计，而且要使用第一测量盘。此时，使用 0.02 级电位差计也可，但必须引用更正值来修正测量结果。

867. 怎样使用直流电位差计？

由于直流电位差计的准确度高且不从被测对象中取用电流，所以它得到广泛应用。直流电位差计除可用来测量电压、电动势之外，还可测量电流、电阻等。使用时应注意以下事项：

(1)首先应选好电位差计的等级，一般以满足测量要求为准，不可选用准确度过高的电位差计。测量低内阻(100 欧以下)电势，宜选用低阻电位差计；测量高内阻(100 欧以上)电势，宜选用高阻电位差计。

(2)测量前，应估计被测电压值，极性连接应正确；测量时，应尽量避免出现大的偏差，以防止损坏检流计。

(3)对有倍率转换器的电位差计，应选择合适的倍率档，以获得最多有效数字的测量结果。

(4)准确度高的电位差计，应外接标准电池；由于直流电

www.plcworld.cn

源和检流计的接线较多，应防止接线发生差错；电位差计的直流电源应有足够的容量，在测量过程中要经常进行校核，以防止电源电压下降而导致测量误差增大。

868. 怎样使用电位差计测量直流电流？

如图 9-40 所示，将标准电阻 R_N 的两个电流端钮 A、A′与被测电流电路串联，将其另两个电压端钮 B、B′接在电位差计的未知端子上。

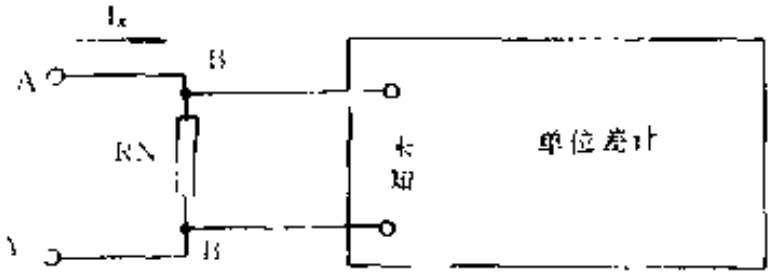


图 9-40　电位差计测量直流电流接线图

根据欧姆定律，被测电流为

$$I_X = \frac{U_{RN}}{R_N} = \frac{U_S}{R_N}$$

式中　R_N 为标准电阻的阻值；

U_{RN}为标准电阻上的电压降；

U_S 为电位差计示值，即标准电阻上的电压降。

由于采用了电位差计和标准电阻这两种精密器件，测量结果比其他方法更准确。但是，应注意以下两点：

(1)通过标准电阻的电流不得超过该标准电阻的额定电流。

(2)标准电阻上的电压降不得超过电位差计的上限，但又必须使用电位差计的第一测量盘。

869. 电位差计有哪些常见故障？怎样排除？

电位差计常见故障和排除方法如表 9-14 所示。

www.plcworld.cn

表 9-14　电位差计常见故障和排除方法

常见故障	可能原因	排除方法
检流计指针不在零位，或机械零点调好后轻轻一碰，检流计又不在零位或零位漂移	(1)固定焊接检流计张丝的弹簧片螺钉太松 (2)检流计张丝局部疲劳，接近焊点的张丝过热而失去弹性 (3)张丝太细或焊得太松，动圈重量大，张丝扭力不够	(1)适当拧紧松动的螺钉，但不要太紧 (2)更换张丝 (3)若焊得太松，就要拉紧再焊；若张丝太细或扭力不够，则应更换张丝，修理后不得降低检流计的灵敏度
“标准”“未知”换向开关倒向“标准”位置时，检流计指针出现冲击现象(冲得很厉害)	(1)未装工作电池或电池已无电势 (2)工作电池接触不良或电源线引线脱焊 (3)工作电流调节电位器断路 (4)换向开关倒向“标准”时，接通工作电池的开关触点未接触上或接触电阻很大，使工作电流太小	(1)装入合适的新电池 (2)消除接触不良现象，或重新焊好脱焊部位 (3)若断丝，应重新焊好 (4)修复损坏的开关触点，用细砂纸仔细磨光并适当调整开关触点位置及压力
工作电流变阻器已旋转到止档，检流计指针还是偏向一边	(1)工作电池容量不足，电势偏小 (2)标准电池已坏，电势很小 (3)调节工作电流的变阻器焊接点氧化，成为虚焊而不起调整作用，通向变阻器的工作电流只通过与变阻器并联的那个电阻	(1)换新电池 (2)用电位计检定标准电池电势和内阻，若不合格，则应更换 (3)重新焊好氧化接点
换向开关倒向“标准”，旋转工作电流变阻器，检流计无反应，而“未知”回路有电势，检流计有指示	(1)“标准”“未知”换向开关，打向“标准”一边时有接触不上的缺点 (2)“标准”回路有断路或脱焊现象	(1)可调整开关中间换向触点的位置和角度，或调整开关触点 (2)查明故障，对症排除
工作电流变阻器旋转到最大与最小位置时，检流计指针只在零位左右一、二格	(1)检流计本身灵敏度过低 (2)标准电池虽有电势，但本身内阻过大，有时可达几万欧，因此线路灵敏度降低	(1)修好检流计 (2)调换合格的标准电池

www.plcworld.cn

续表 9-14

常见故障	可能原因	排除方法
调节工作电池不稳定，调节时检流计指针有跳跃现象 当换向开关由中间倒向“标准”或“标准”向中间位置时，检流计指针突然冲向一边再慢慢回零	(1)检流计线圈焊接点氧化、松动 (2)调节工作电流变阻器接触不良，接触点磨损 (3)换向开关倒向“标准”时，两片接触点没有同时接触上(一片先接触，一片后接触)	(1)修好检流计 (2)修理电位器 (3)调整两接触片距离，使之能同时接触
“未知”端没有电势输出	“未知”接线柱引线脱落，或至滑线盘接触点的接线脱落	重新焊接脱落接点
滑线盘旋转到某一点不通，过几点后又通	(1)与滑线盘一起转动的引线接触不良，有折断现象 (2)滑线盘接触片弹性太小 (3)滑线盘接触点磨损大，胶木盘变形，转到某一点时接触点未与电阻线正面接触	(1)重新焊接引线 (2)适当调整接触片弹性 (3)将弹簧片接触点换一方向重焊
0～60 毫伏量限转换开关转到某一示值无输出	(1)电刷片与电刷座表面有氧化层和污物 (2)电刷接触片的中心轴不直或位置不正 (3)电刷座的胶木盘变形，致使电刷与电刷座转到某一位置时接触不上	(1)用汽油清洗电刷片，涂上一些中性凡士林 (2)排除机械故障 (3)磨平电刷座并适当调整电刷压力
零电势过大	(1)滑线盘电刷接触头移动 (2)滑线盘面板上刻度盘松动，使玻璃刻度线与表盘刻度线对得不正确 (3)滑线电阻与滑线盘并联电阻之间，引线焊接点虚焊或氧化，使接触电阻增大 (4)线路内部产生寄生电势(热电势)、引线电阻和电刷接触电阻等	(1)将刻度线对准零位，同时将电刷接触点正好对到滑线电阻尽头 (2)对准零位，重粘玻璃，同时调好接触头 (3)清扫并重焊接点 (4)仪器零电势一般不可避免，但应在规定范围以内，若超出，则要作适当调整

870. 怎样使用直流单臂电桥？

由于电桥的灵敏度和准确度都较高，所以电桥在电磁测量中得到广泛应用。电桥分直流电桥和交流电桥两大类，而直

www.plcworld.cn

流电桥又分为单臂电桥和双臂电桥。使用直流单臂电桥，一般应注意以下几点：

(1)根据被测电阻大小，参照产品说明书的要求选择适当的比例臂比率，并将比例臂电阻的四个读数盘都加以利用，以提高测量准确度。

(2)测量前先将检流计的锁扣打开，并调节调零器，使指针位于机械零点，以免产生误差。

(3)测量端钮与被测电阻的连线，应尽量使用截面较大的较短导线，避免采用线夹，以提高测量准确度和防止损坏检流计的表针。

(4)连接时应将接线柱拧紧，以减小连接线的电阻和接触电阻；接头的接触应良好，否则，不仅接触电阻大，而且还会使电桥的平衡处于不稳定状态，严重时甚至损坏检流计。

(5)测量时先接通电源按钮；操作时先按粗调按钮，调比例臂电阻；待检流计指在零位附近再按细调按钮，再次调比例臂电阻，在检流计指零后读取电桥上的数字。

(6)电桥线路接通后，如果检流计指针向"+"方向偏转，则应增大比例臂电阻；反之，如果指针向"—"方向偏转，则应减小比例臂电阻。

(7)电池电压不足会影响电桥的灵敏度，应及时更换电池；采用外接电源时，应注意极性，并在电源电路中串联一个可调保护电阻，以便降压。

(8)单臂电桥不宜用来测量0.1欧以下的电阻；当用以测量小电阻(1欧以下)时，应相应降低电压和缩短测量时间，以免桥臂过热而损坏。

(9)测量具有电感的电阻(如电机或变压器绕组的电阻)时，应先接通电源，再接通检流计的按钮，断开时应先断开检

www.plcworld.cn

流计的按钮再断开电源，以免绕组的感应电动势损坏检流计。

（10）如果电桥有外接检流计端钮，最好通过 5000～10000 欧的保护电阻接入外接检流计，且此时应先将内接检流计用短路片短路。

（11）调平衡过程中，不要把检流计按钮“按死”，待调到电桥接近平衡时，才可“按死”检流计按钮进行细调。否则，检流计指针可能因猛烈撞击而损坏。

（12）电桥的比例臂可作为电阻箱使用，但使用时电流不得超过桥臂的最大允许电流。

（13）电桥使用完毕，应先拆除（或切断）电源，然后拆除被测电阻，将检流计的锁扣锁上，以防止搬移过程中震断吊丝。

871. 单臂电桥有哪些常见故障？怎样排除？

单臂电桥常见故障和排除方法如表 9-15 所示。

表 9-15　单臂电桥常见故障和排除方法

常见故障	可能原因	排除方法
按下电源按钮，并调节电桥各臂，检流计均无偏转	(1)电极接头氧化，造成电源接触不良 (2)检流计电路断路 (3)检流计悬丝脱落或扭断	(1)清扫电极接头，去掉氧化层，重新装好电池 (2)检查检流计电路，找出断路点，重新接好焊牢 (3)检查检流计，更换悬丝
检流计偏向一边，当调节臂旋到某一示值时，检流计指针又偏向另一边	比较臂中有一电阻圈不通、虚焊或旋臂电刷接触不良	根据指针改变偏转方向的位置，找出有缺陷的电阻圈，并予以修复
比较臂示值普遍有比例地增大，比例臂误差增大	比例臂两串接电阻圈中有一个电阻圈出现故障（虚焊、接触不良或断开）	根据不同比例下所产生的不同比值误差，进行具体分析，找出故障，更换电阻圈，或焊牢接通

www.plcworld.cn

续表 9-15

常见故障	可能原因	排除方法
零电阻大或零位电阻变差大	主要原因是比较臂活动部分接触不良，如接线端表面氧化、不清洁，电刷与电刷盒间不清洁，压力调节不当，电刷形开关的刷片变形等	(1)拆开面板，取下电刷，用汽油或酒精清洗 (2)调整电刷形开关，使其恢复正常形状 (3)用 0 号砂纸研磨变形的或粗糙的电刷表面 (4)适当调整电刷压力
电桥内某回路不通	(1)引线脱焊 (2)某电阻圈从头部断或过载烧坏	找出故障，清除杂物，重新焊接
示值误差大	电阻元件超差或装配不合理	调整或更换电阻元件

注：如果电桥的个别示值超差，不要急于调整或更换对应该示值的电阻器件。由于所修电桥的结构特点不同，电桥中电阻元件的连接和转换形式以及它们的配数形式也不同，所以超差示值所对应的电阻器件不一定存在问题，超差示值往往是前边不超差示值对应的电阻元件引起的。因此，发现某示值超差后，要根据全部示值产生误差的趋势，分析误差的分布情况，再确定存在问题的电阻器件，然后予以调整或更换。

872. 怎样使用直流双臂电桥？

直流双臂电桥，又称凯尔文电桥，其准确度一般较高，可用来测量 1～10^{-5}欧以内的低电阻(如触点接触电阻、直流电机的电枢绕组电阻等)。使用直流双臂电桥，应注意以下几点：

(1)应按电桥的说明书或有关规定选用电源。若无文字资料，则选定的电源，其工作电流不得大于被测电阻或标准电阻额定电流的 1/2。如果被测电阻和标准电阻的额定电流不同，则电源工作电流不得大于其中小者额定电流的 1/2。

(2)应使用四根接线连接被测电阻，不得将电位接头与电流接头接于同一点。否则，测量结果会产生误差。

(3)被测电阻电位接头 P_1、P_2(图 9-41a)所引的接线，应比从电流接头 C_1、C_2 引出的接线更靠近被测电阻。

www.plcworld.cn

(4)具有内附标准电阻的电桥，其标准电阻应定期检定。

(5)选用外附标准电阻应与电桥的准确度级别相适应。

(6)连接被测电阻的导线和连接外附标准电阻的导线，二者的电阻值应相等，并且导线应尽可能短。

(7)测量没有专门的电流接头和电位接头的电机和变压器等的电阻时，可自行根据上述原则引出四个接头(图 9-41b)。

(8)直流双臂电桥的工作电流很大，测量时操作要快，以免耗电过多；测量结束后应立即切断电源。

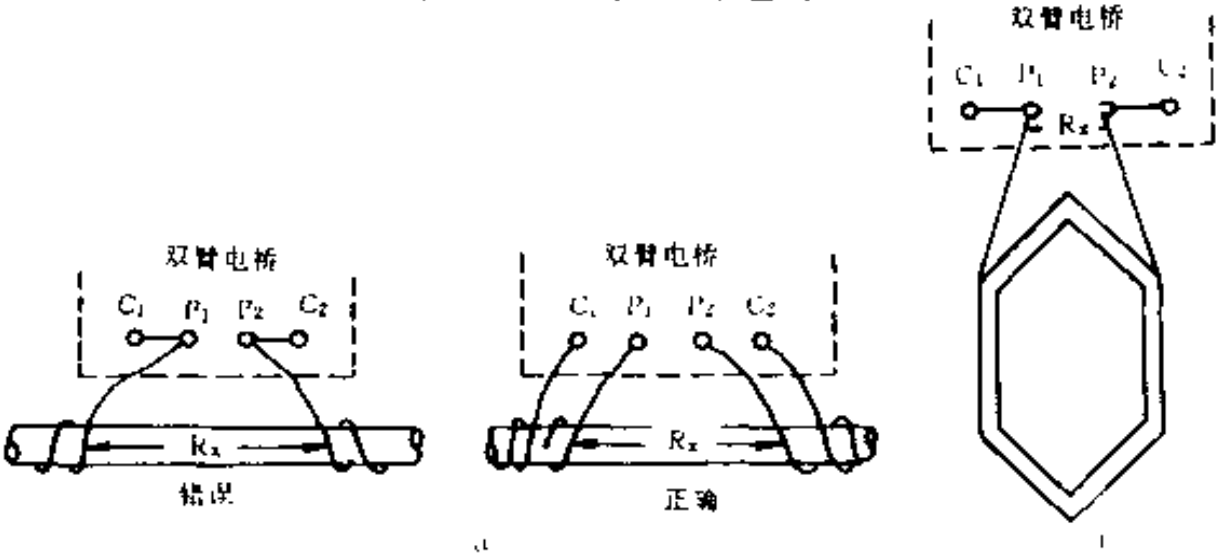


图 9-41　用直流双臂电桥测量铜棒电阻和绕组电阻接线图

873. 怎样使用交流电桥？

交流电桥主要用来测量交流等效电阻、电感和电容等参数，它是将被测量与标准量具(如标准电感、标准电容)在电桥线路上进行比较的较量仪器。使用时应注意以下几点：

(1)选择电源时，电源电压、频率和波形应符合电桥说明书的要求。

(2)测量时，各种仪器设备应合理布置，尽可能消除磁场对电桥平衡条件所产生的影响。

(3)在电桥电路中安装屏蔽时，应按照电桥说明书的要

www.plcworld.cn

求，将其接到电路的适当地点，并予以接地。

(4)使用接有电子管放大器的指零仪或耳机时，在接放大器之前，应将灵敏度调节器置于灵敏度最低位置，在电桥逐渐接近平衡状态时，渐渐地提高其灵敏度，直到在最高灵敏度下实现电桥平衡为止。

(5)在使用交流电桥的过程中，要注意其干扰作用。通常，使用交流电桥在较高频率下进行测量时，存在各种寄生电容和感应耦合的影响，使测量产生误差，因此应采取消除交流电桥干扰的相应措施。

874. 怎样判断交流电桥是否存在干扰因素？如何消除交流电桥的各种干扰对测量的影响？

通常，在交流电桥达到初次平衡之后，可进行以下检查来判断交流电桥是否存在干扰因素：

(1)用手接近又离开电桥的面板和被测对象，观察指零仪指针是否偏转。

(2)改变被测对象位置、方向或将接至被测对象的导线末端相互换接，观察指零仪的指示有无变化。

(3)断开指零支路，此时如果指零仪的指针不指在零位，说明指零仪本身受到外磁场影响，电桥并未达到真正平衡。

通常，可采取以下措施来消除交流电桥的各种干扰对测量的影响：

(1)用并联替代法消除各种干扰对测量的影响。采用这种方法时，用标准元件代替被测参数后，应保持原来的试验条件完全不变。下面以电容测量的并联替代法为例作一说明，其线路图如图 9-42 所示。

将被测电容 C_x 断开，使电桥在标准电容为 C_{n1} 和 R_{n1} 时获得平衡，然后将 C_x 与 C_n 并联，重新调整 C_n 和 R_n，使电桥

www.plcworld.cn

平衡。如果标准臂的示值为 C_{n2} 和 R_{n2}，则可获得被测电容

$$C_x = C_{n1} - C_{n2}$$

采用并联替代法时，标准可变电容的最大额定值应大于被测电容 C_x 的额定值，此时就排除了寄生干扰对所测 C_x 的影响。

(2)电桥的单个元件以及整个电桥线路均实行静电屏蔽。这一方法可消除或者稳定各桥臂元件之间的电容性泄漏电流，从而可防止或者减轻泄漏电流对测量结果的影响。

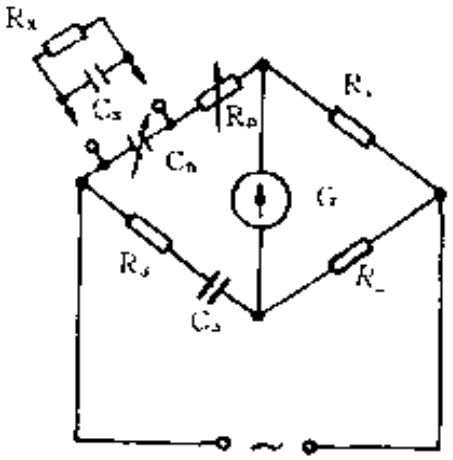


图 9-42 使用并联替代法测量电容接线图

(3)实行磁屏蔽。采用导电系数很高的非铁磁性材料(如铜片)作静电屏蔽，这些屏蔽在较高频率的交变电磁场中也能起磁屏蔽的作用，因为此时这些屏蔽中将产生涡流，从而可阻止磁场穿透。

(4)实行零位平衡。所谓零位平衡，就是在电桥的测量端钮上接一根短路线，或接一已知极小数值的电阻(电感或电容)来平衡电桥。此时电桥的读数或电桥读数与已知小值电阻的差值电阻(电感或电容)之间的差值，就给出了由于电桥中各种干扰所引起的误差，根据这一误差值对实际测试结果进行修正即可。

875. 使用电子电压表以前，怎样进行调节？

使用电子电压表以前，一般应进行以下调节：

(1)通电前应核对电压表铭牌上标明的电压与电源电压是否相符。如不符，应改变电源变换插头位置(电子电压表

www.plcworld.cn

般适用于220伏和110伏两种电压)。否则,会烧毁电压表。

(2)如果电源电压不稳定,其变动范围超过±10%,则应采取稳压措施。否则,会影响测量的准确度。

(3)通电后,经几分钟预热,即可进行零点调节。通电前电表指针虽已调在机械零点,但通电后指针不一定保持在零点位置,所以测量前应调零。可测量交流、直流、电阻的多用电子电压表,其零点调节旋钮也不只一个,应分别调零。调零工作完成后,电压表即可投入使用。

(4)检修电压表时,如果更换电子管,则检修后第一次使用前,应进行满度调节(满度调节旋钮一般装在电压表背面或内部)。满度调节应使用标准电压源加以校正。满度调节后可以将调好的位置固定起来,以后使用时就不必再进行调节。

876. 怎样使用电子电压表?应注意哪些问题?

与普通电压表相比,电子电压表的特点是测量精度高、量限大、频带宽、速度快、输入阻抗高、可以承受适量的过载,所以在电压测量中,电子电压表的应用越来越广泛。使用的要点如下:

以国产DA-16型晶体管毫伏表为例,首先接通电源开关,待电压指针来回摆动数次,将输入端短路,然后转动调零电位器,将指针调整到零位;将量限扳至最大档(300伏),把电表并联接入被测电路,再根据电表大约指示值选择电压测量量限档,使读数精度最高,然后根据表盘指示值读取读数。

使用时应注意以下问题:

(1)输入端短路时,指针稍有噪声和偏转(1毫伏档不大于满度值的2%)是正常现象。

(2)所测交流电压的直流分量不得大于250伏。

(3)由于电子电压表的灵敏度较高,必须可靠接地。

www.plcworld.cn

(4)使用高灵敏度量限档(例如100毫伏以下各档)时,在未进行测量以前,应将输入端短路,以免外来干扰使指针超出满刻度。

877. 怎样判断电子示波器是否良好?

电子示波器是一种能直接显示电压或电流等参数变化的电子仪器。利用它进行测试,可以用肉眼直观地观察到所研究信号的变化规律,即所谓波形图。根据显示的波形图,可以测出一系列参数,如幅度、时间、频率、相位等。因此,示波器有着广泛的用途。由于它是一种精密仪器,在运输、震动、长期存放中可能出现各种缺陷,所以使用前应对其进行详细检查,以判定它是否处于良好状态。检查内容包括以下几项:

(1)检查面板上的各旋钮、开关是否损坏,转动是否正常,熔体是否熔断。

(2)将电源插头接至220伏50赫电源,合上电源开关,指示灯应发光;转动标尺亮度旋钮,观察屏幕前坐标的刻度线是否从白光变为红光直至失去亮度。

(3)将"V/cm"(伏/厘米)开关置于"100V/cm"、"触发极性"开关置于"外"、"辉度"旋钮顺时针方向旋到2/3处,移动"Y轴位移"和"X轴位移"旋钮,在屏幕上应能够看到一光点,该光点能上下左右移动自如,并能移出屏外。

(4)使光点停在屏幕中央,"辉度"开关旋到适度,调节"聚焦"、"辅助聚焦"旋钮,使光点最圆,直径最小。

(5)由"校正信号"系统中的"方波输出"插孔,将10千赫方波信号通过电缆接入"Y轴输入"插孔,调节Y向和X向校正电位器,使屏幕上显示的方波幅度和周期与校正信号完全相同。

878. 怎样使用电子示波器测量交流分量电压和瞬时电

www.plcworld.cn

压？

使用电子示波器测量交流分量电压，应将输入“选择”开关置于“AC”位置，以隔开被测信号的直流分量。否则，当直流分量电压的叠加超过偏转放大器的线性偏转范围时，将得出不准确的测试结果。但在测量重复频率极低的交流分量电压时，应将输入“选择”开关置于“DC”位置。否则，由于频率响应的限制，所测电压也不准确。测量步骤如下：

(1)根据坐标片(单位厘米)读出从正峰降到负峰 Y 轴偏转的距离。

(2)根据输入偏转因数“V/cm”开关所在的位置，用每厘米偏转电压值乘以峰与峰之间的 Y 轴偏转距离。

(3)把以上乘得的数值再乘以所用探极的衰减因数，即可获得实际的峰-峰值电压。

为了测量瞬时电压，通常需要一个相对的参照基准电压。在一般情况下，可选地电平作为基准电压。测量时，在屏幕上按坐标片确定参考电压的基准线位置，相对该基准线位置，可以读出所测电压值，同时可推算出直流分量值。测量步骤如下：

(1)将输入选择开关置于“DC”位置，并将测试探极的探针接地；调整扫描部分，使产生自激扫描；调节“Y 轴位移”旋钮，将光迹移到与坐标片某一合适的厘米分格刻线重合(究竟与哪一厘米分格刻线重合，随被测信号的幅度和极性而定)。

(2)使测试探极离开接地端，将其接入被测信号端，然后调整扫描“稳定度”和“触发电平”控制器，即可观察到稳定的波形显示。

(3)根据坐标片刻度，读出从所确定的基准线到被测波形上需测定点之间 Y 轴的偏转距离。

www.plcworld.cn

(4)将测得的偏转距离乘以"V/cm"开关所在位置的输入偏转因数值，再乘以所用探极的衰减因数，即为实际瞬时电压。

879. 怎样使用接地电阻测定器测量接地电阻？应注意哪些问题？

接地电阻测定器又称接地摇表，主要用来直接测量各种电气设备的接地电阻和土壤电阻率。它由手摇发电机、电流互感器、电位器和检流计等组成。使用接地电阻测定器测量接地电阻，应按以下说明进行：

(1)将被测接地极 E′与电位探测针 P′和电流探测针 C′成直线排列，彼此相距 20 米，且电位探测针 P′应插于接地极 E′与电流探测针 C′之间，P′和 C′插入地下 0.5～0.7 米(图 9-43)。

(2)使用专用导线将 E′、P′和 C′分别与仪表的相应端钮相连。

(3)将仪表放在水平位置上，检查检流计的指针是否指在中心线(红线)上。如果未指在中心线上，则用零位调整器将其调整到中心线位置。

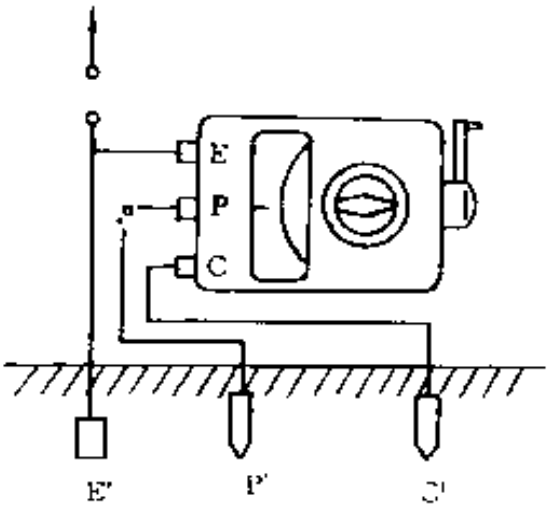


图 9-43 测量接地电阻接线方法

(4)将"倍率标度"置于最大倍数，慢慢转动发电机的摇把，同时旋动"测量标度盘"，使检流计的指针平衡(指于中心线上)。

(5)当检流计的指针接近中心线时，加快发电机摇把的转速(达到 120 转/分)，再调整"测量标度盘"，使指针指于中心

www.plcworld.cn

线上。

(6)如果“测量标度盘”的读数小于1，应将“倍率标度”置于较小的倍数，再重新调整“测量标度盘”，以得到正确的读数。

(7)当检流计的指针完全平衡在中心线上以后，用“测量标度盘”的读数乘以“倍率标度”的倍数，即为所测电阻值。

使用接地电阻测定器，应注意以下几个问题：

(1)如果检流计的灵敏度过高，则使电位探测针P′插入土中浅一些；如果检流计的灵敏度不够，则沿电位探测针P′和电流探测针C′注水，使其湿润。

(2)测量时，接地线路应与被保护的设备断开，以便获得准确的测量数据。

(3)当接地极E′和电流探测针C′之间的距离大于20米时，电位探测针P′可插在离E′、C′之间的直线几米以外，此时测量误差可以不计，但E′、C′之间的距离小于20米时，则应将电位探测针P′正确地插于E′和C′的直线中间。

(4)如果在测量探测针附近有与被测接地极相连的金属管道或电缆，则整个测量区域的电位将产生一定的均衡作用，从而影响测量结果。在这种情况下，电流探测针C′与上述金属管道或电缆的距离应大于100米，电位探测针P′与它们的距离应大于50米。如果金属管道或电缆与接地回路无连接，则上述距离可减小1/2～2/3。

www.plcworld.cn

十、触电与防护

880. 按触电危险程度、用电场所怎样分类？

按触电危险程度，用电场所可分为以下三类：

（1）无较大危险的场所　正常情况下，有绝缘地板（如木地板）、没有接地导体或接地导体很少的干燥场所。如普通住房、办公室、某些实验室等。

（2）有较大危险的场所　有下列特征之一的场所属于有较大危险的场所：①空气相对湿度经常超过 75%；②环境温度经常或昼夜间周期性地超过 35℃；③生产过程中排出工艺性导电粉尘（如煤尘、金属粉尘等），且得以沉积在导线上或透入电机、仪表内；④有金属、泥土、钢筋混凝土、砖等导电性地板或地面；工作人员可能同时一方面接触接地的金属构架、金属结构、工艺装备，另一方面又接触电气设备的金属壳体（例如有采暖设备和电气设备的干燥工作间，即使地板是绝缘的，但由于人体可能同时触及电气设备壳体和接地的采暖设备，仍应属于有较大危险的场所）。

（3）特别危险的场所　有下列特征之一的场所，属于特别危险的场所：①室内天花板、墙壁、地板等都潮湿，空气相对湿度接近 100%；②室内经常或长时间存在对电气设备的绝缘或导电部分产生破坏作用的腐蚀性蒸汽、气体、液体等化学活性介质或有机介质；③具有两种或两种以上有较大危险场所的特征（例如有导电性地板的潮湿场所、有导电性粉尘的炎热场所等）。

必须指出，各种环境都在不同程度上受到季节、天气等外

www.plcworld.cn

界因素的影响，任何环境都不可能一成不变。因此，用电场所危险等级的划分不是绝对的。但是，潮气、粉尘、高温、腐蚀性气体和蒸汽都会损伤电气设备的绝缘，增加触电的危险，必须十分重视这些不安全因素，选择能承受这些因素影响的导线和电气设备。

881. 为了防止发生触电事故，对用电设备应采取哪些必要的防护措施？

为了防止发生触电事故，对用电设备一般应采取以下防护措施：

(1)为了防止偶然触及或过分接近带电体，带电体应有用绝缘材料制作的防护罩，或者将带电体置于不易接触的高处；对裸露的带电部分，应设置遮栏，并根据被屏护的对象悬挂相应的警告牌；在有带电设备的危险区，应安装信号装置和联锁装置，当有人进入危险区时，被屏护的装置应自动切断电源。

(2)为了防止线路和电气设备由于绝缘损坏而意外带电，造成人身触电事故，不带电的金属构架、设备外壳(如电动机、变压器的外壳)和金属线管等应实行可靠的保护接地或保护接零，但不允许由同一台变压器供电的系统中一部分设备实行保护接零，而另一部分设备实行保护接地。

(3)特别潮湿、有腐蚀性气体、有导电地面的场所，手提灯等携带式电器应使用 12～36 伏安全电压。

(4)尽量不进行带电作业，特别是对地电压在 220 伏以上的线路和设备，以及危险场所，更不宜进行带电作业。如果确实需要进行带电作业，必须有专人监护，操作人员应穿绝缘靴，戴绝缘手套，站在绝缘台(垫)上操作，并将邻近带电导体用绝缘隔板隔开。

(5)各种电气设备应建立定期巡视、检修制度，不符合安

www.plcworld.cn

全要求的应及时处理。

(6)停电检修设备时，刀闸或电源开关上应悬挂“有人工作，不许合闸！”标示牌，最好有专人监视。

(7)健全必要的组织措施和完善各种技术措施，并开展经常性的安全教育。

882. 直接触电和停电设备(或线路)突然来电的原因是什么？怎样防止突然来电？

直接触电一般有两种原因：一种是由于误触有电设备或误接近带电设备引起放电，其特点是设备原来带电，其后果对触电者来说十分严重，但危害只限于触电者本人；另一种是由于停电设备(或线路)突然来电，其特点是设备本身已停电，但由于种种原因而意外来电，其后果比前者更为严重，往往造成集体触电伤亡事故。

停电设备(或线路)突然来电一般有以下几方面的原因：

(1)由于误调度或误操作，造成对停电设备(或线路)误送电。

(2)由于自发电、双电源用户(包括私拉乱接而实际变成双电源供电的用户)，以及变电所的所用变压器和电压互感器二次回路等的误操作而造成对停电设备(或线路)倒送电。

(3)附近带电设备的感应，特别是与停电检修线路平行接近的带电线路流过单相接地短路电流(指大接地电流系统)，或流过两相接地短路电流时，对停电设备的感应，使其意外地带有危险电压。

(4)停电线路与带电线路同杆架设或交叉跨越，二者之间发生意外接触或接近放电，使停电设备(或线路)突然带电。

(5)当停电的低压网络与带电的低压网络共用零线时，由于零线断开或接地不良等原因，可能从零线窜入高电位而使

www.plcworld.cn

停电的低压网络带有危险电压。

(6)停电设备上空有雷电活动时，落雷或雷电感应使停电设备突然带电。

(7)由于将变电所接地网的高电位引出，或将入地电流引入而使停电线路意外带有危险电压。

目前防止突然来电除采取组织措施(如严格执行工作票制度、工作许可制度、工作监护制度等)外，主要是采取技术措施，如提高设备的自动化水平和采用闭锁装置，但更重要的是在停电设备(或线路)可能突然来电的地点实行三相短路接地，即在可能来电的各处挂接地线。

883. 怎样认识电气火灾中的触电危险性？

线路或电气设备发生火灾时，如果没有切断电源，可能发生以下几种触电事故：

(1)灭火人员和所持的灭火器械都可能触碰带电导体，从而造成触电。

(2)如果使用普通灭火剂灭火，如泡沫灭火机的泡沫和水枪射出的水柱等射至带电导体，也可能造成触电，因为灭火剂和水柱都是导电体。

(3)发生电气火灾时，由于可能同时出现电气设备故障、带电导线断落大地等异常情况，以致平常不带电的金属构架、地面等都可能带电，因而往往造成跨步电压和接触电压触电。

884. 什么叫做接触电压触电？怎样预防？

运行中的电气设备，由于绝缘损坏或其他原因而发生接地短路故障时，接地电流通过接地点向大地流散，形成以接地故障点为中心、20 米为半径的分布电位。此时如果有人用手触摸该设备的外壳，则电流通过人手、人体和大地而构成回路，从而发生触电事故。这种触电称为接触电压触电，人的手

www.plcworld.cn

与脚之间的电位差称为接触电压(以人站在发生接地短路故障设备的旁边,距设备水平距离 0.8 米,人手触及设备外壳处距地 1.8 米计算),如图 10-1 所示。

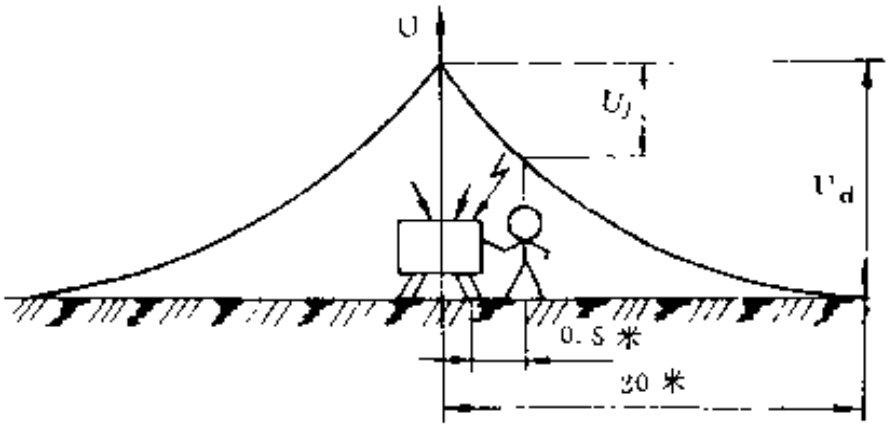


图 10-1　接触电压示意图

接触电压的大小,随人体站立点的位置而定。通常,人体距接地短路故障点越远,接触电压越大;当人体站在距接地短路故障点 20 米以外的地方,触及与故障设备外壳相连的金属管线时,接触电压最大,等于故障设备的对地电压;当人体站在接地故障点与故障设备的外壳接触时,接触电压为零(图 10-2)。

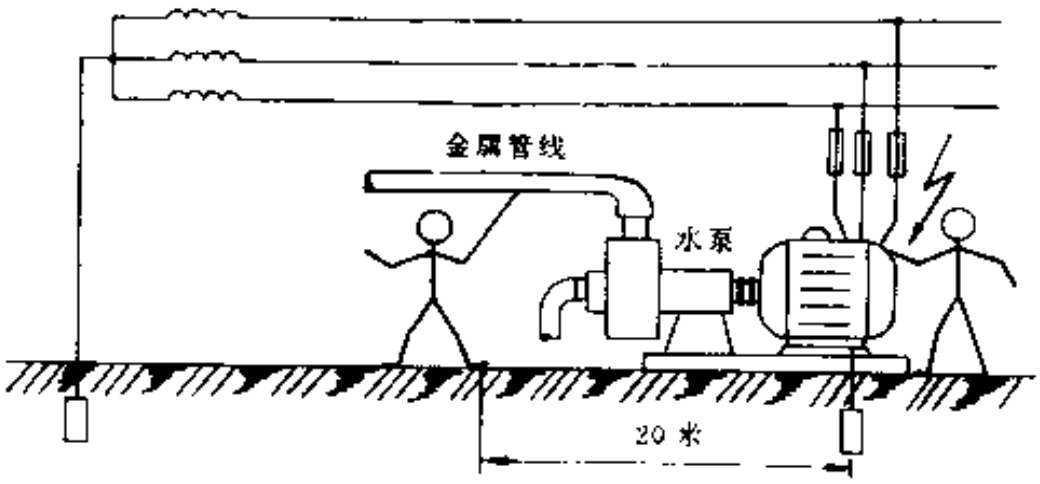


图 10-2　接触电压与人体位置

www.plcworld.cn

此外，由于触电者穿的鞋（靴）和站立的地板都有一定的电阻，所以可减小所承受的接触电压。因此，严禁裸臂、赤脚进行电工作业。操作电气设备时，应穿长袖工作服，使用合格的安全用具，并有专人监护。

必须指出，在中性点直接接地的三相四线制低压系统中，有时故障设备的外壳与接地点距离较远，虽采用了保护接地，仍有触电的危险（图 10-3）。

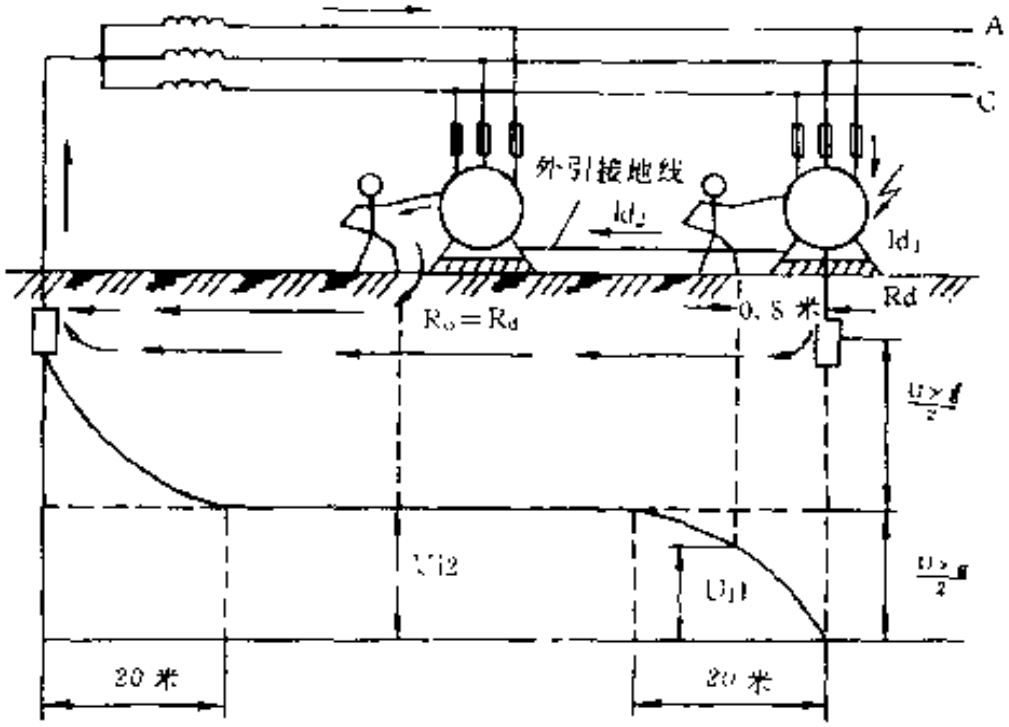


图 10-3　接触电压与接地点

通常，在安装接地网时，应为每个车间、每个变电所的所有被保护设备均装设接地体，或者在地下装设接地网，这是防止接触电压触电的有效措施。

885. 跨步电压引起触电伤亡事故的原因是什么？怎样预防跨步电压触电？

跨步电压常出现在电气设备故障接地点附近和输配电线路断线落地处。此外，雷击时避雷针接地极附近也存在着跨步

www.plcworld.cn

电压。通常，这些故障点20米范围内都存在跨步电压触电的危险。

出现跨步电压触电伤亡事故的主要原因是：在上述故障点附近活动的人员未掌握离开危险区域的正确方法。因此，为预防跨步电压触电，必须注意以下几点：

(1)不得随意接近故障接地点、导线断落接地点或在雷雨天靠近避雷针接地极埋设地点。

(2)必须进入或接近上述地点时，应穿绝缘靴，并采取其他防护措施。

(3)当误入上述区域时，应单脚着地朝故障点反向方跳出危险区或站在原地不动，等待救援，切不可迈步走近故障点，以防跨步电压伤害。

886. 怎样减小接触电压和跨步电压？

要减小接触电压和跨步电压，应采取以下措施：

(1)接地网的布置，应尽量使电位分布均匀。例如，将接地装置布置成环形，在环内加设相互平行的均压带，各均压带之间的距离保持4～5米。

(2)在电气设备周围加装局部接地回路；在被保护地区的人员入口处加装一些均压带。

(3)在地表回填电阻率较高的卵石、水泥，或加垫砾石、沥青混凝土等，以增加地面土壤的电阻率，从而提高接触电压和跨步电压的允许值。

(4)加强配电装置与主厂房以及其他建筑物、构筑物的接地网之间的联系，以减小经配电装置入地的电流，从而减小配电装置所在地点的接触电压和跨步电压。

887. 怎样使用电流表-电压表法测量跨步电压和电位？

使用电流表-电压表法测量跨步电压和电位，可按以下说

www.plcworld.cn

明进行：

首先将接地棒 J 插入地面上的零电位(图 10-4)，测出接地棒与接地极间的电位，然后沿着需要测量的地带，将接地棒移至点 1、2、3、4……n 各点，依次测出各点与接地极间的电压 U_1、U_2、U_3、U_4……U_n，由此求出各点的电位为

$$U_{n0}=(U_1-U_n)K$$

式中　U_1、U_2 都是流过电流为 I 时的电压，而 U_{n0} 是电流为 I_d (I_d 为接地短路时的实际短路电流)时的电压，系数 $K=\frac{I_d}{I}$。

如果用纵坐标表示电位，横坐标表示各点距接地极的距离，则可绘出地面电位分布曲线(图 10-4)。根据所绘出的地面电位分布曲线，可以求出任何间距为 0.8 米的两点间的跨步电压 U_K 为

$$U_K=(U_n-U_{n-1})K$$

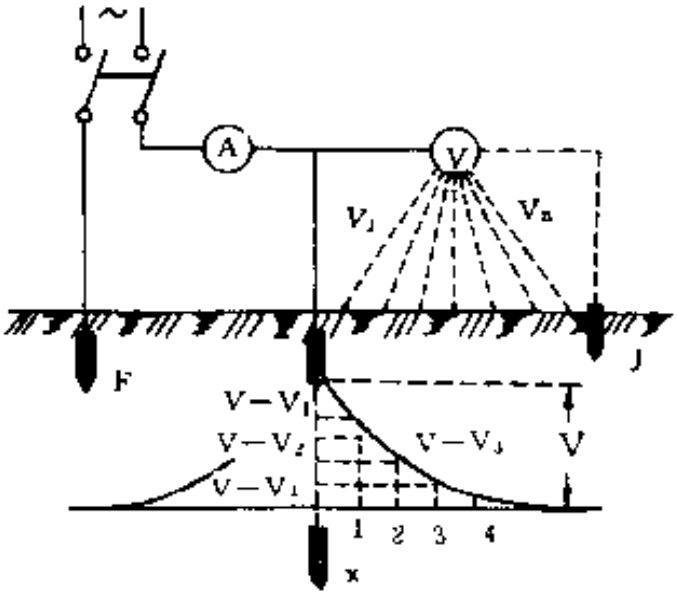


图 10-4　测量电位分布图

式中　U_n、U_{n-1} 为测量电流为 I 时，任何相距 0.8 米的两点间的电位差；

www.plcworld.cn

K 为系数，同前，$K=\frac{I_d}{I}$

888. 电工人员在日常维修工作中触电的原因是什么？怎样预防触电？

电工人员在日常维修工作中往往触电的原因是：

(1)未采取切实可靠的安全措施，带电修理电气设备。

(2)对电路并不熟悉，甚至一知半解，冒险进行检修。

(3)不了解待修设备的工作电压和电源的来龙去脉，盲目进行修理。

(4)救护触电人时，无心理准备，忙乱中未采取防护措施，造成与触电人一起触电。

(5)停电检修线路时，刀闸上未挂"有人工作，禁止合闸！"标示牌，后来人员不明情况，误合刀闸，造成触电。

(6)酒后进行检修工作，头脑不清醒，容易触电。

(7)对电气设备或元器件进行耐压检测时，未做到先接好电路再接通电源，而是先接通电源后进行接线，在接线时不小心造成触电。

(8)有大电容的设备或线路，停电后未放电就立即进行检修，造成设备或线路通过人体放电而触电。

(9)检修工作中使用不合格的安全工具，如用竹杆代替高压绝缘杆，穿普通胶鞋代替绝缘靴等，也易造成触电。

(10)电器修理工作台布线不合理，绝缘线被烙铁烫坏，露出带电金属部分，往往造成触电。

针对上面指出的触电原因，"对症下药"予以排除，一般就可防止触电。下面根据用电和检修中发生的触电事故，介绍一些预防触电的措施：

(1)电气装置的金属构件或设备的金属外壳(如电动机、

www.plcworld.cn

变压器的外壳)应实行良好的保护接地(接零),并且保护接地(接零)电阻必须符合要求。

(2)经常测量电气设备内部电路与外壳之间的绝缘电阻。凡是绝缘电阻不合格的设备,应立即停止使用。

(3)在配电盘、开关柜等电源控制设备的地面上应铺干燥木板或设绝缘胶垫。

(4)室内线路应采用良好的绝缘导线,并经常检查线路导线绝缘情况。

(5)熔体、导线截面必须符合电路载流量的要求,特别是熔体,不可任意换上大容量熔体或以其他金属丝来代替。

(6)各种用电设备的安装高度和安全距离应符合有关规程的规定,高度和距离不符合要求时,应设立屏障。

(7)使用各种合格的安全用具和仪表,并经常检查,定期试验,有缺陷的和不合格的不得使用。

(8)采用联锁装置和继电保护装置,推广、使用漏电保护器。

(9)检修线路前应在相线上挂好临时接地线,并在刀闸上悬挂"有人工作,禁止合闸!"标示牌。

(10)电烙铁的电源线不得使用塑料软线,而应使用花线,因为塑料软线的绝缘层容易被烙铁烫坏。

(11)电器修理工作台上的电路,应使用钢管或木槽板配线,一般不使用塑料套管,因塑料管易被电烙铁烫坏;严禁导线不加任何护套直接敷设在工作台上。

(12)建立健全各种安全工作规程和制度,并严格执行。

889. 什么叫做剩余电荷触电?怎样预防?

电工人员在检修、摇测停电后的并联电容器、电力电缆电路、电力变压器和大容量电动机等设备时,由于检修、摇测前

www.plcworld.cn

或摇测后未将其充分放电，这些设备的导体上存在一定数量的剩余电荷；另外，由于并联电容器的放电电路存在故障，未能及时放电，而电容器退出运行后又未对其进行人工放电，所以电容器的极板上带有大量的剩余电荷。此时如果触及这些带有剩余电荷的设备，它们将通过人体放电，从而造成触电事故。这种触电称为剩余电荷触电。

为了防止发生这类触电事故，在检修前应将上述带有剩余电荷的设备进行充分的人工放电，而在摇测这些设备的绝缘电阻后，也要将其充分放电，以确保检修、摇测作业的安全。

890. 变、配电所作业人员怎样防止发生触电事故？

为了防止变、配电所内发生触电事故，作业人员在维护、操作工作中应严格遵守安全规程的有关规定，不违章操作，不误入禁区，不误登带电架构，不过分接近带电体，不乱摆弄电器。归纳起来，要注意以下几点：

(1)不误入带电间隔。如检修某开关柜时，应正确辨认该开关柜所在的间隔，而不要误入相邻开关柜间隔，以免触电。

(2)维护线路或设备时，应采取稳妥的安全措施，防止突然来电而发生触电事故。

(3)具有大电容特性的设备，在切断电源后，须经过充分放电，无剩余电荷时，才可对其进行检修。

(4)对二次回路进行带电维护时，应使用符合安全要求的工具。

(5)禁止移动或跨越遮栏进入高压区单独进行操作。

(6)巡视检查带电设备时，应严格保持规定的安全距离，不过分接近带电体。

(7)对低压线路和设备进行拉、合闸，以及装、拆熔断器，应穿绝缘靴，戴绝缘手套，使用合格的操作工具，侧身操作，不

www.plcworld.cn

可面向开关或熔断器(如果操作高压设备,应有专人监护)。

891. 误登有电杆塔的原因是什么?怎样防止误登有电杆塔?

事故统计资料表明,误登有电杆塔的事故,往往是在线路名称和杆号不清,或者根本没有标明线路名称和杆号的情况下发生的。一些单位只在变电所出线侧附近的杆塔上标出线路名称和杆号,认为该处线路较集中,易走错杆位,而在线路的其他杆塔上则不标明线路名称和杆号,从而使电工人员在登杆前无法核对线路名称和杆号,以致往往登错杆位。

为了防止误登有电杆塔,一般可采取以下措施:

(1)在线路全线的每基杆塔上清晰地标出线路名称和杆号,登杆人员在上杆前认真核对线路名称和杆号,这是防止误登有电杆塔的基本措施。

(2)给每个线路检修人员配备一个手表式近电报警器(最好配备报警安全帽)。近电报警器是通过场效管等来反应带电体产生的电磁场,并通过放大振荡而发声报警。这是防止错登有电杆塔的辅助措施。

(3)采用"对牌登杆"法,也称"对号入座"法。这种方法所使用的主要元件是"命令核对牌"。"命令核对牌"由牌底和命令牌组成,牌底上有三个定位柱(图 10-5a),而命令牌上则有三个孔洞,孔洞的位置与牌底定位柱相对应(图 10-5b)。这样,命令牌就可很方便地合在牌底上(图 10-5c)。

改变牌底定位柱的相对位置和相应命令牌的孔洞位置,就可得到不同种类的"命令核对牌",并使不同的牌底和命令牌不能对合在一起。

制作好"命令核对牌"后,只要将牌底贴在线路全线每基杆塔上(对于双杆,在每基杆上都贴),则同一条线路上所贴的

www.plcworld.cn

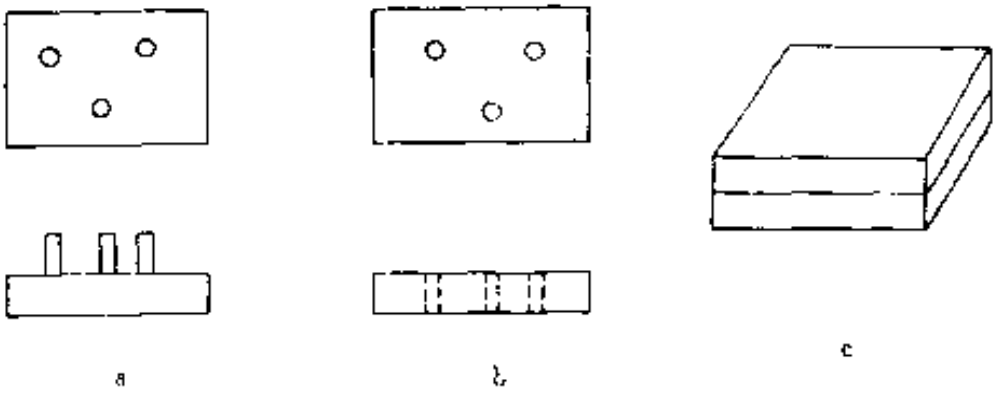


图 10-5　命令核对牌示意图

牌底都相同，而不同线路的牌底则互不相同。每一条线路的命令牌可集中存放在线路工区，妥为保管。当某一线路停电检修时，工作票签发人或工作负责人便将该线路的命令牌分发给检修人员，作为允许在该线路上工作的凭证。检修人员在登杆前，必须将命令牌与杆塔上的牌底进行核对，只有命令牌能与牌底对合在一起，证明要登的杆塔无误，才可登杆进行作业。反之，如果命令牌与牌底不能对合在一起，则表明找错了杆塔，从而可防止误登有电杆塔。

需要指出的是，在特殊线路和特殊杆塔上粘贴牌底时必须特别注意。例如，双回路同杆架设线路，在杆塔的各侧应贴置不同种类的牌底。又如，同一线路中某一基杆塔上如果同杆架设其他线路，则该基杆塔的牌底应区别于线路其他杆塔的牌底。

防止误登双回路同杆架设线路有电侧杆塔的另一种简单可行的办法，是用“色标”来加以区别，亦即在不同回路上涂以不同的色标。例如，在一回路的横担上涂以红色标记，而另一回路的横担则保持本色（灰色）。这样检修人员通过色标就可鉴别不同回路，从而可避免误登。如果将“对号入座”和“色标”这两种措施同时用于双回路同杆架设线路，则能够更有效

www.plcworld.cn

地防止误登有电杆塔。

892. 施工现场常发生触电事故的原因是什么？怎样预防？

施工现场常发生触电事故的原因是：

(1)违章在高压线下施工或在高压线下施工时不遵守操作规程，使金属构件接触高压线路而触电。

(2)工地供电线路的架设不符合安装规程，易使人误碰导线或由跨步电压而造成触电。

(3)维护检修时未严格遵守电工操作规程，麻痹大意，造成事故。

(4)由于电气设备损坏或不符合规格，又没有定期检修，以致绝缘老化、破损而漏电，酿成事故。

(5)其他原因如在电线上晒衣服或大风吹断导线而形成跨步电压等。

为了防止施工现场发生触电事故，现场领导和电工人员必须高度重视安全用电，并建立健全各种规章制度和采取以下措施：

(1)制订并执行建筑施工安全用电操作规程(如电气线路安装规程、电工安全操作规程)。

(2)根据施工环境的特点，建立相应的电气设施运行管理制度和维护检修制度，并对开关设备、临时线路等建立专人管理的责任制。

(3)定期进行电气设备和用电安全检查，尤其要做好雨季前和雨季中的安全检查，发现问题，及时解决。

(4)各种电气设备的金属外壳均应可靠接地或接零，同时应注意，在同一供电系统内不得有的设备接地，有的设备接零。

www.plcworld.cn

(5)各种电气设备和线路的定期检查,应停电进行,并在箱门或闸把上悬挂"有人工作,禁止合闸!"的标示牌,必要时设专人看管。

(6)凡是施工工期超过 3 个月的工程,所有电气设备、线路均应按正式工程的要求安装。

893. 发现有人触电怎么办?

如果发现有人触电,应尽快使触电者脱离电源。一般有两种脱离电源的方法:一是立即断开触电者所触及的导体或设备的电源;二是设法使触电者脱离带电部分。

如果低压触电,可采用以下方法来使触电者脱离电源:

(1)如果电源开关或插销在触电地点附近,应立即拉开开关或拔出插头。但应注意,拉线开关和手开关只能控制一根导线,有时可能切断零线而没有真正断开电源。

(2)如果触电地点远离电源开关,可使用有绝缘柄的电工钳或有干燥木柄的斧子等工具切断导线。

(3)如果导线搭落在触电者身上或者触电人的身体压住导线,可用干燥的衣服、手套、绳索、木板等绝缘物作工具,拉开触电者或者移开导线。

(4)如果触电者的衣服是干燥的,又没有紧缠在身上,则可拉着他的衣服后襟将其拖离带电部分;此时救护人不得用衣服蒙住触电者,不得直接拉触电者的脚和躯体以及接触周围的金属物品。

(5)如果救护人手中握有绝缘良好的工具,也可用该工具拉着触电者的双脚将其拖离带电部分。

(6)如果触电者躺在地上,可用木板等绝缘物插入触电者身上,以隔断电流。

如果高压触电,可采取以下措施使触电者脱离电源:

www.plcworld.cn

(1)立即通知有关部门停电。

(2)戴上绝缘手套,穿好绝缘靴,使用相应电压等级的绝缘工具按顺序拉开电源开关。

(3)使用绝缘工具切断导线。

(4)在架空线路上不可能采用上述方法时,可用抛挂接地线的方法,使线路短路跳闸,在抛挂接地线之前,应先把接地线一端可靠接地,然后把另一端抛到带电的导线上,此时抛掷的一端不得触及触电者和其他人。

894. 触电者受到电弧灼伤时怎样进行抢救?

电弧灼伤一般分为三度:一度,灼伤部位轻度变红,表皮受伤;二度,皮肤大面积烫伤,烫伤部位出现水泡;三度,肌肉组织深度灼伤,皮下组织坏死,皮肤烧焦。

当触电者的皮肤严重灼伤时,必须先将其身上的衣服和鞋袜特别小心地脱下,最好用剪刀一块块剪下。由于灼伤部位一般都很脏,容易化脓溃烂,长期不能治愈,所以救护人员的手不得接触触电者的灼伤部位,不得在灼伤部位上涂抹油膏、油脂或其他护肤油。

灼伤的皮肤表面必须包扎好。包扎时如同包扎其他伤口一样,应在灼伤部位覆盖消毒的无菌纱布或消毒的洁净亚麻布。包扎前既不得刺破水泡,也不得随便擦去粘在灼伤部位的各种异物。否则,会撕破皮肤,伤口容易感染和化脓溃烂。此外,也禁止撕下粘在灼伤部位的烧焦衣服碎片,如果需要除去,则应使用锋利的剪刀剪下。对灼伤者进行急救后,应立即将其送往医院治疗。

895. 发现触电人骨折怎么办?

如果触电人触电后从高处摔下,他感到身体的某个部位剧烈疼痛,或者身体某一部位出现畸形或不能活动,就要想到

www.plcworld.cn

他可能是发生了骨折。若判断确实是骨折，就应立即进行紧急处理，然后送医院抢救。

如果骨折有开放性伤口，应注意保护，防止污染。若伤口出血，首先应设法止血，然后进行骨折处理。

如果是小伤口，出血量少，对健康没有什么影响，可不作处理。如果较大的血管受损伤，出血较多，可用纱布、绷带或手绢包扎伤口止血。如果是较大的动脉血管受损伤，出血为喷射状或血液随心脏的跳动一股一股地向外冒，就应立即采取止血措施。常用的止血方法有以下两种：

(1)指压止血法　在伤口的近心端，找到搏动的动脉血管，用手指或手掌将血管压迫在骨头上，即可止血。如果是手和前臂出血，可用双手拇指压迫上臂内侧的动脉搏动处；如果是脚和小腿出血，可压迫大腿根部动脉搏动处。

(2)加压包扎止血法　用干净无菌的纱布、绷带或手绢、毛巾等物品塞住伤口，外面再用绷带或布条、毛巾等加压包扎即可止血。但应注意，包扎松紧要适当，止住出血即可。

骨折处理的基本原则是将受伤的肢体固定起来，不使骨折部位活动，以防骨折断裂处刺破周围的神经、血管等组织。固定的方法是：将木板附在骨折肢体一侧，在木板与肢体之间垫上毛巾、棉花等松软物品，再用绷带绑好。绑扎松紧要适度，木板要长出骨折部位最近的两个关节，即作超关节固定。这样就可完全固定骨折部位。如果现场没有木板，用树枝等物代替也可。

www.plcworld.cn

十一、接地与接地装置

896. 如何区别接地电流和接地短路电流及大接地短路电流系统和小接地短路电流系统？怎样计算大接地短路电流系统和小接地短路电流系统的接地电阻？

凡从带电体流入大地的电流，称为接地电流；凡经接地短路点流入大地的电流，称为接地短路电流。

在额定电压为1000伏及以上的高压系统中，接地短路电流可能很大。接地短路电流大于500安的，称为大接地短路电流系统；接地短路电流为500安及以下的，称为小接地短路电流系统。在一般情况下，直接接地的电力网属于大接地短路电流系统，非直接接地的电力网属于小接地短路电流系统。

根据规程规定，大接地短路电流系统的接地电阻，可按下式计算：

$$R \leqslant \frac{2000}{I}$$

式中 R 为接地电阻，欧；

I 为流经接地装置的接地短路电流，安；

2000 为规定的低压电气设备耐压值，伏。

可见，在一般情况下，当接地短路电流通过接地装置流入大地时，接地网的电位升高不超过2000伏（这是根据低压电气设备耐压水平不低于2000伏规定的）。在大接地短路电流的系统中，流经接地装置的电流 $I>4000$ 安时，要求 $R \leqslant 0.5$ 欧。

小接地短路电流系统的接地电阻，按规程规定，分以下两

www.plcworld.cn

种情况进行计算：

(1)当高、低压电气设备共用接地装置时，要求设备对地电压不超过 120 伏，其接地电阻为

$$R \leqslant \frac{120}{I}$$

(2)当接地装置仅用于高压电气设备时，设备对地电压可放宽到 250 伏，其接地电阻为

$$R \leqslant \frac{250}{I}$$

各种接地系统的接地电阻值如表 11-1 所示。

表 11-1　不同接地系统的接地电阻值

系统名称	接地装置的特点	接地电阻值，欧
大接地短路电流系统	仅用于该系统的接地	$R \leqslant 0.5$
小接地短路电流系统	1000 伏以上设备的接地	$R \leqslant 10$
	高、低压电气设备共用的接地	$R \leqslant 4$

897. 怎样理解接地装置？接地装置有哪几种形式？

接地装置是接地体和接地线的总称。接地体又称接地极，是直接与大地接触的金属导体。接地线是统称，在具体的接地线路上，又有接地线、接地干线和接地支线之分。接地线也是接地干线和接地支线的总称；如果只有接地装置而无接地支线，则接地线是指接地体与设备接地点之间的连接线。

接地装置按接地体数量的多少，可分为以下三种形式：

(1)单极接地装置　由一个接地体与接地线组成的接地装置。接地线一端与接地体相连，另一端与电气设备的接地点相连。它适用于对接地要求不太高和电气设备接地点较少的场合。

www.plcworld.cn

(2)多极接地装置　由两个或两个以上接地体与接地线组成，各接地体之间用接地干线连成一体。接地干线与电气设备的接地点由接地支线相连。多极接地可靠性大，接地电阻小，适用于对接地要求较高、电气设备接地点较多的场合。

(3)接地网络　将多个接地体用接地干线连接成网络，具有接地可靠、接地电阻小的特点，适合大量电气设备接地的需要，多用于配电所、大型车间等场所。

898. 怎样理解工作接地？它有何作用？

所谓工作接地，是指为了保证电力系统正常运行，或保持系统的某种运行方式所采取的接地措施，如大电流接地系统的中性点接地、两线一地制供电方式的一相接地、10千伏配电变压器380/220伏侧的中性点接地等。

工作接地一般有以下几种作用：

(1)降低人体的接触电压　在中性点不接地系统中，当一相故障接地而人体又触及另一相时，人体所承受的接触电压是线电压，等于相电压的$\sqrt{3}$倍，因此增加了触电的危险性。

在中性点直接接地系统中，当一相故障接地而人体触及另一相时，人体所承受的接触电压是相电压。这是因为中性点的接触电阻很小，中性点与地间的电位差几乎等于零。

(2)稳定系统的电位　在中性点直接接地的系统中，若发生单相接地故障，能限制非故障相电压升高(由相电压上升为线电压)，防止用电设备受到损坏。此外，工作接地也能减小高压窜入低压的危险(图11-1)。当高压窜入低压时，低压零线对地电压为

$$U_o = I_o R_o$$

式中　I_o为高压系统单相接地电流，安；

R_o为低压侧接地装置的接地电阻，欧。

www.plcworld.cn

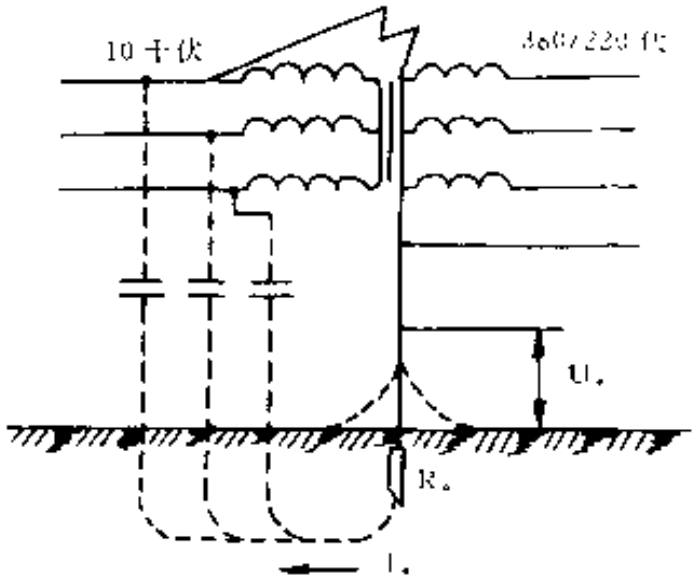


图 11-1　中性点接地时高压窜入低压

由于10千伏系统是中性点不接地系统，单相接地电流通常不超过30安，只要 R_0 的数值较小，U_0 就不会出现危险值。

(3)迅速切断故障　在中性点不接地系统中，当一相接地短路时，接地短路电流很小，熔体难以熔断，因此故障不能及时排除。而在中性点直接接地系统中，当一相接地短路时，通过接地装置形成了一个回路，接地短路电流很大，熔体能迅速熔断，从而可立即排除故障。

(4)降低电气设备绝缘的设计水平　在中性点不接地系统中，当一相接地时，其他两相对地电压为相电压的 $\sqrt{3}$ 倍，所以带电体对地绝缘必须按相电压的 $\sqrt{3}$ 倍设计。在中性点直接接地系统中，带电体对地电压始终不会超过相电压，因此带电体对地绝缘按相电压设计即可。

899. 怎样理解保护接地、保护接零和重复接地？三者各有何作用？

所谓保护接地，就是将电气设备在正常情况下不带电的金属外壳或金属构架用良导体与大地(即接地装置)作可靠的连接。

保护接地的作用是：一旦电气设备的绝缘击穿，可将其外壳对地电压限制在安全电压以内。它适用于中性点不接地的

www.plcworld.cn

低压电力系统。

所谓保护接零，就是将电气设备在正常情况下不带电的金属外壳或金属构架，用良导体与电网的中性线（零线）紧密连接。

保护接零的作用是：一旦电气设备的绝缘击穿，会形成阻抗很小的短路回路，产生很大的短路电流，促使熔体在允许时间内切断故障电路，以免发生触电伤亡事故。它适用于三相四线制中性点直接接地的低压电力系统。

运行经验表明，在保护接零系统中，只在电源的中性点处接地是不够安全的。为了保证安全，还必须在零线上一处或多处通过接地装置与大地再次连接，即重复接地。重复接地既可以从零线上直接接地，也可以从接零设备外壳上接地。

重复接地有以下几种主要作用：

（1）降低漏电设备的对地电压　如果未重复接地，漏电设备对地电压为单相短路电流在零线部分产生的电压降；而有了重复接地，则漏电设备外壳对地电压仅为接地短路电流在重复接地电阻上产生的电压降。显然，此时设备外壳对地电压仅占零线电压降的一部分，所以危险性相对减小。

（2）减轻零线断裂时的触电危险　图 11-2 为无重复接地时零线断裂的情况。零线断裂后，某一电气设备发生碰壳短路时，所有接在该段零线上的电气设备外壳均带有接近于相电压 U_φ 的电压，而断裂点左边的设备外壳对地电压约等于零。

图 11-3 为有重复接地时零线断裂的情况。若零线从 A 处断裂，断裂处左右两边的设备外壳对地电压分别为 $U_c = I_d R_c$ 和 $U_0 = I_d R_0$，U_c 与 U_0 之和为电网相电压。因为 U_c 和 U_0 都小于相电压，所以触电危险性减小。

（3）缩短碰壳或接地短路故障的持续时间　由于重复接

www.plcworld.cn

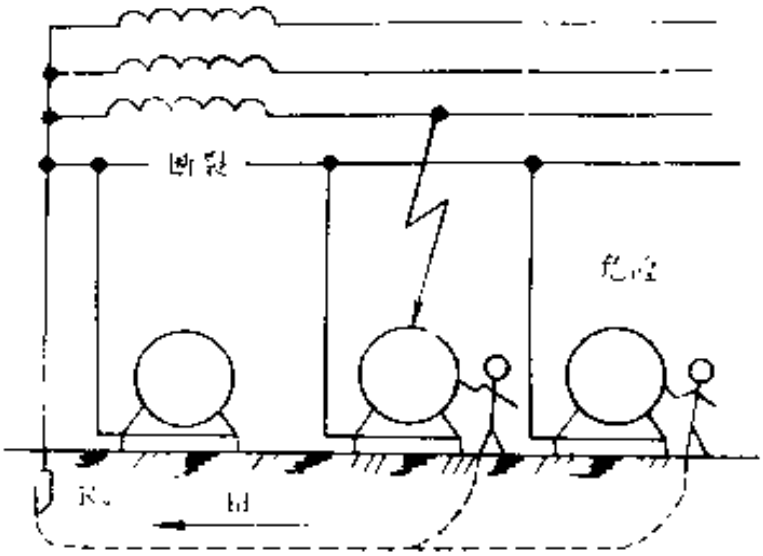


图 11-2　无重复接地时零线断裂

地和工作接地构成了零线的并联分支，所以一旦发生短路，能增加短路电流，而且线路越长，短路电流越大，这就加速了线路保护装置的动作，缩短了故障的持续时间。

（4）改善架空线路的防雷性能　架空线路零线上的重复接地，对雷电流有分流作用，这就有利于限制雷电过电压，从而可改善防雷性能。

900. 怎样掌握电气设备接地的一般原则？

电气设备接地应遵循的一般原则是：

（1）为了保证人身和设备安全，电气设备应接地或接零；三线制直流回路的中性点应直接接地。

（2）不同用途和不同电压的电气设备，除另有规定外，应使用一个总的接地体，而接地电阻则以其中要求最小的电阻值为准。

（3）如果受条件限制，电气设备实行接地有困难，可设置操作和维护电气设备用的绝缘台。设立绝缘台时，应考虑操作人员站在台上工作不致偶然触及周围物体。

（4）低压电网的中性点可直接接地或不接地，但 380/220 伏低压电网的中性点则必须直接接地。

（5）中性点直接接地的低压电网，应装设能迅速自动切除

www.plcworld.cn

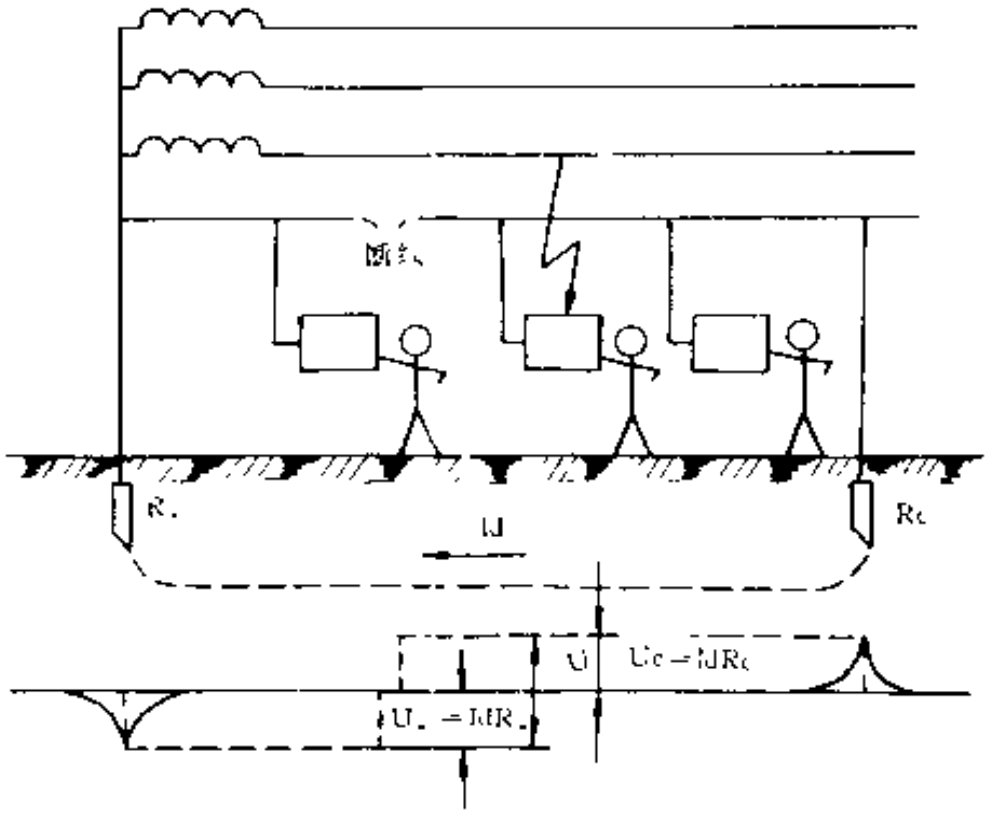


图 11-3　有重复接地时零线断裂

接地短路故障的保护装置。

(6)在中性点直接接地的低压电网中，电气设备的外壳宜实行保护接零；由同一发电机、同一变压器或同一段母线供电的低压线路，不宜同时采用接零、接地两种保护方式；在低压电网中，如果全部电气设备都实行保护接零确有困难，可同时采用接零和接地两种保护方式，但不接零的设备或线段，应装设能自动切除接地故障的装置(如漏电流保护装置)；在城防、人防等潮湿场所或条件特别恶劣场所的供电网中，电气设备的外壳应实行保护接零。在中性点直接接地的低压电网中以及高、低压线路同杆架设的电网中，钢筋混凝土杆的钢筋和铁横担以及金属杆塔应与零线连接。

901. 怎样确定保护接地的应用范围？

www.plcworld.cn

保护接地适用于各种不接地电网，包括交流不接地电网和直流不接地电网，也包括低压不接地电网和高压不接地电网等。在这类电网中，凡是由于绝缘破坏或其他原因而可能出现危险电压的金属部分，除另有规定者外，均应实行保护接地。主要包括：

(1)电机、变压器和其他电器的金属底座和外壳

(2)电气设备的传动装置。

(3)室内外配电装置的金属(或钢筋混凝土)构架，以及靠近带电部分的金属遮栏和金属门。

(4)配电、控制和保护用的盘(台、箱)的框架。

(5)交、直流电力电缆的接线盒和终端盒的金属外壳，以及电缆的金属护层和穿线的钢管。

(6)架空地线和架空线路的金属杆塔，以及装在杆塔上的开关、电容器等的外壳和支架。

(7)电流互感器和电压互感器的二次绕组。

(8)工作电压超过安全电压而未采用隔离变压器的手持电动工具或移动式电气设备的外壳等。

(9)避雷器、保护间隙、避雷针和耦合电容器的底座。

902. 哪些地点应重复接地？怎样进行重复接地？

在中性点接地系统中，在许多情况下重复接地是不可缺少的。通常，下列地点应重复接地，并应满足对重复接地的要求：

(1)中性点直接接地的低压线路、架空线路的终端、分支线长度超过 200 米的分支处以及沿线每隔 1 公里处，零线应重复接地。

(2)高、低压线路同杆架设时，两端杆上的低压线路的零线应重复接地。

www.plcworld.cn

(3)无专用零芯线或用金属外皮作为零线的低压电缆，应重复接地。

(4)大型车间内部宜实行环形重复接地，零线与接地装置至少有两点连接：除进线处一点外，对角处最远点也应连接，而且车间周边长度超过400米者，每隔200米应有一点连接。

(5)电缆和架空线路在引入车间或建筑物处，若距接地点超过50米，应将零线重复接地，或者在室内将零线与配电屏、控制屏的接地装置相连。

(6)采用金属管配线时，应将金属管与零线连接后再重复接地。

(7)采用塑料管配线时，在管外应敷设截面不小于10毫米^{2}的钢线与零线连接后，再重复接地。

(8)每一重复接地的接地电阻，一般均不得超过10欧，而电源(变压器)容量在100千伏·安以下者，每一重复接地的接地电阻可以不超过30欧，但至少应有三处进行重复接地。

903. 怎样确定接地装置的接地电阻？

对接地装置的技术要求主要是接地电阻，原则上接地电阻越小越好。通常，接地设备的容量越大、接地设备的工作性质越重要、接地设备的数量越多、接地设备的价格越高，接地电阻应越小。几个设备共用一个接地装置时，接地电阻应以要求电阻值最小者为准。从技术上可行、经济上合理考虑，接地电阻一般不应超过表11-2所列值。

www.plcworld.cn

表 11-2　各种接地装置的接地电阻值　　欧

种类	接地装置使用条件		接地电阻值
1000伏及以上电气设备	大接地短路电流系统		一般应符合 $R\leqslant\frac{2000}{I}$ 当 $I>4000$ 安时可采用 $R\leqslant 0.5$
	小接地短路电流系统： 高、低压设备共用的接地装置 仅用于高压设备的接地装置		$R\leqslant\frac{120}{I}$ $R\leqslant\frac{250}{I}$ 但一般不应大于 10
	独立避雷针		工频接地电阻 10
	变、配电所母线上的阀型避雷器		工频接地电阻 5
	两线一地制		一般应符合 $R\leqslant\frac{50}{I^*}$ 可采用 $R\leqslant 0.5$
低压电气设备	中性点直接接地和非直接接地	并联运行电气设备的总容量在 100 千伏·安以上时的接地装置	4
		并联运行电气设备的总容量不超过 100 千伏·安时的接地装置和重复接地装置	10

注：R 为考虑到季节变化的最大接地电阻，欧；
I 为计算用的接地短路电流，安；
I^* 为流经接地体的电流，安。

904. 怎样选用接地线和计算接地线的最小截面积？

常用的接地线有圆钢、扁钢、各种裸铜线、绝缘铜线、裸铝线、绝缘铝线，具体要求如下：

(1)输配电系统的工作接地线　10 千伏避雷器的接地支线宜采用多股铜芯或铝芯绝缘导线或裸线；一般接地线既可用铜芯或铝芯绝缘导线或裸线，也可用扁钢、圆钢或镀锌铁丝绞线，截面积不应小于 16 毫米^2；用作避雷针或避雷线的接地线，其截面积不应小于 25 毫米^2；接地干线通常使用扁钢（截

www.plcworld.cn

面积不小于 4×12 毫米²)或圆钢(直径不小于 6 毫米)。

配电变压器低压侧中性点的接地支线,应使用裸铜绞线,截面积不小于 35 毫米²;容量在 100 千伏·安以下的变压器,其中性点接地支线可采用截面积为 25 毫米² 的裸铜绞线。避雷器接地干线通常是与变压器接地干线共用,不另作规定。变压器外壳保护接地用的接地线材质和规格可参照表 11-3。

表 11-3 保护接地线的材质和规格

接地线材料	接地线类别	最小截面积,毫米²		最大截面积,毫米²
铜	移动式电动工具引线的接地线	生活用	0.2	25
		生产用	1.0	
	绝缘铜线	1.5		
	裸铜线	4.0		
铝	裸铝线	6.0		35
	绝缘铝线	2.5		
扁钢	室内,厚度不小于 3 毫米	24.0		100
	室外,厚度不小于 4 毫米	48.0		
圆钢	室内,直径不小于 5 毫米	19.0		100
	室外,直径不小于 6 毫米	28.0		

注:表中所列最小截面积的接地线不能满足安全载流量的要求时,接地支线可按相应电源相线截面积的 1/3 选用,接地干线可按相应电源相线截面积的 1/2 选用。

(2)电气设备金属外壳的保护接地线　金属外壳的保护接地线可参照表 11-3 选用。

埋于地下的接地线不得采用铝线;移动式电气设备的接地支线必须采用铜芯绝缘软线,不许采用单股铜线,也不许采用铝芯绝缘导线,更不得采用裸导线。

计算接地线截面,应兼顾安全和经济这两方面的要求。如果接地线截面太小,不能满足设备接地的要求,就会诱发设备、人身事故;如果接地线截面选得过大,又会造成金属材料的浪费。因此,应根据电气设备和电网的具体条件,在保证安

www.plcworld.cn

全的前提下，尽量选用截面较小的接地线。

接地引线和接地母线的最小截面积，一般应根据其材质的热稳定度来确定，即必须保证在接地短路电流被切断之前，接地线不被烧坏。在已知接地短路电流和持续时间的前提下，接地线的最小允许截面积可按下式计算：

$$S \geqslant \frac{I}{C}\sqrt{t}$$

式中 S 为接地线的最小截面积，毫米^2；

I 为流经接地线的最大短路电流稳定值，安；

t 为短路电流的持续时间，秒；

C 为与接地线材质有关的热稳定系数，钢取 70，铜取 210，铅取 120。

如果求出的接地线截面小于上式的计算值，应适当增大截面，并按上式进行校验，直至合格为止。

905. 怎样选择接地装置的埋设地点？

选择接地装置的埋设地点，应考虑以下要求：

(1)接地装置应埋在距建筑物或人行道 3 米以外的地点。如果不能满足这一要求，埋设地点应铺设厚度不小于 50 毫米的沥青，以形成沥青地面。

(2)接地装置不得靠近烟道等热源设施，以免由于土壤干燥，电阻率升高而影响接地效果。

(3)接地装置不应埋在有强烈腐蚀作用的土壤中或垃圾堆和灰渣堆中。

(4)接地装置所在的位置应不妨碍有关设备的拆装或检修。

(5)接地装置与防雷接地装置之间，应按有关规程的规定保持足够的距离(一般为 3 米)，以免发生雷击时防雷接地装

www.plcworld.cn

置向电气接地装置进行火花放电而引起火灾。

906. 怎样加工钢管和角钢人工接地体？人工接地体如何装设？

垂直安装的人工接地体，主要是钢管和角钢。如果使用钢管，应选用直径为 38～50 毫米、壁厚不小于 3.5 毫米的钢管，按设计长度（一般为 2～3 米）切割。钢管打入地下的一端加工成一定形状。若打入一般松软泥土，可将打入地下的一端切成斜面形。为了防止打入时受力不均而使管子歪斜，可将打入地下的一端加工成扁尖形。若土质很硬，可将尖端加工成圆锥形（图 11-4）。

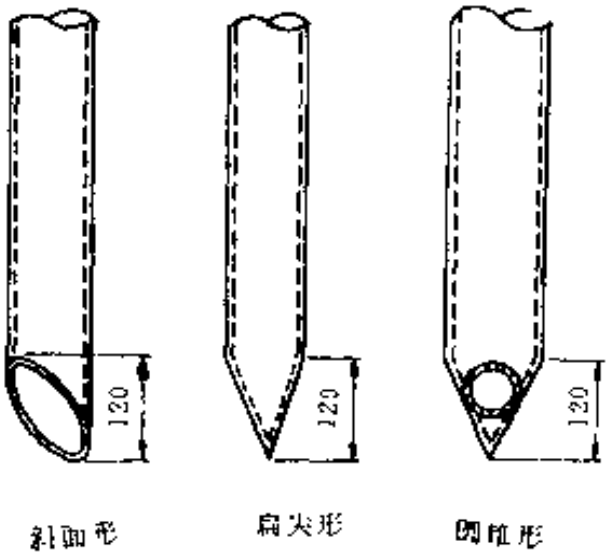


图 11-4　接地钢管加工图

如果使用角钢，一般选用 40 毫米×40 毫米×4 毫米或 50 毫米×50 毫米×5 毫米的角钢，切割长度也是 2～3 米。角钢的一端加工成尖头形状（图 11-5）。

为了防止将接地钢管或角钢打劈，可用圆钢加工成一种护管帽，套入管端或用一块短角钢（约 11 厘米）焊在接地角钢的一端，如图 11-6 所示。

人工接地体的装设分垂直安装和水平敷设两种。装设时应注意以下事项：

（1）垂直安装　采用打桩法将接地体垂直打入地下，接地体应与地面保持垂直，不可歪斜，以免增大接地电阻；打入地

www.plcworld.cn

下的有效深度不得小于 2 米；如果是多极接地或接地网，各接地体之间应保持 2.5 米以上的直线距离。

用锤子敲击角钢时，落点应在其端面的角脊处，以保证角钢垂直打入。若是钢管，落点应与钢管尖端位置相对应，使锤击力集中在尖端的切点位置。否则，钢管容易倾斜，造成接地体与土壤之间有缝隙，增大接地电阻。

图 11-5　接地角钢加工图

接地体打入地下后，应在其四周填土夯实，以减小接地电阻。如果接地

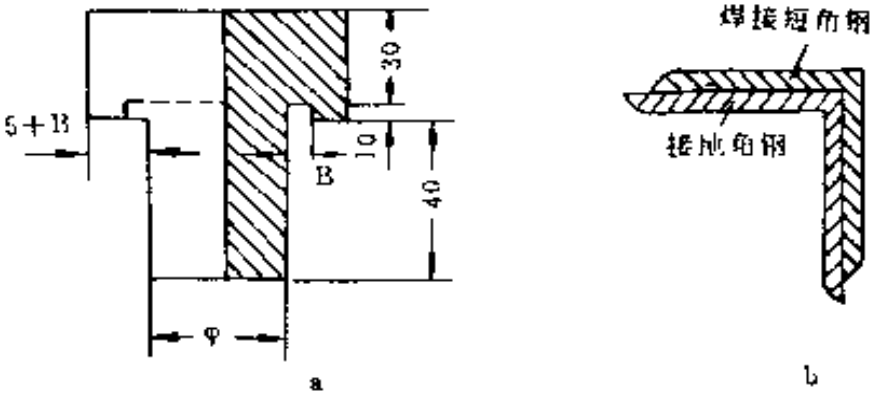


图 11-6　接地钢管和角钢加固方法

a. 护管帽加工图　b. 短角钢焊接示意图　φ. 钢管内径　B. 钢管管壁厚度

体与其连接干线在地下连接，应先焊接再填土夯实。

(2)水平敷设　通常只在土层浅薄的地点，才将接地体水平敷设。水平敷设的接地体，一般用扁钢或圆钢制成。扁钢接地体的厚度不应小于 4 毫米，截面积不小于 48 毫米^2；圆钢接地体的直径不应小于 8 毫米。水平接地体的长度可为几米至十几米(随安装条件和接地装置的结构形式而定)。

www.plcworld.cn

安装时采用挖沟深埋法，将接地体水平敷设于地下，距地面至少 0.6 米；如果是多极接地或接地网，各接地体之间也应保持 2.5 米以上的直线距离。

907. 怎样敷设接地干线？

接地干线一般分为两种：一是指接地体与接地体之间的连接线；二是指一端连接接地体（或接地体的连接干线），另一端连接各接地支线的连接线。敷设接地干线应注意以下事项：

（1）在接地干线与接地体的连接处应加镶块，并尽可能实行焊接，焊接处应刷沥青防腐。无条件焊接时，也可用螺栓压接（一般采用直径为 12～16 毫米的镀锌螺栓），压接处的接触面必须经过镀锌或镀锡处理，接触面应平整、严实，不得有缝隙。

连接处应位于容易检修的地点。若埋于地下，应在地面做出标记。

（2）多极接地和接地网各接地体之间的连接干线，如果需要提供接地线，则应装在地沟中（图 11-7），沟上应覆有沟盖，沟盖应与地面平齐。若接地体连接干线采用扁钢，则安装前应在扁钢宽面上预先钻好接线用的通孔，并将连接处镀锡。如果不需要提供接地线，则接地干线可埋入地下 300 毫米深处，并在地面标明走向和连接点位置。接地干线的地下连接点应实行焊接。

（3）公用配电变压器的接地干线与接地体的连接点，一般埋于地下 100～200 毫米深处，在接地线引出地面 2～2.5 米处断开，再用螺钉重新压接（图 11-8）。

（4）从接地体或从接地体连接干线引出的接地干线应明敷，并支持牢固。穿越墙壁和楼板时应装在钢管或其他保护套管中穿过，在可能遭受机械损伤的地点应装防护罩加以保护。

www.plcworld.cn

敷设在室内的接地干线采用扁钢时，可用支持卡子沿墙敷设，干线与地面距离约 300 毫米，与墙距离约 15 毫米。接地干线用多股导线连接时，应采用接线耳（图 11-9），不许将线头直接弯圈压接在螺栓上。

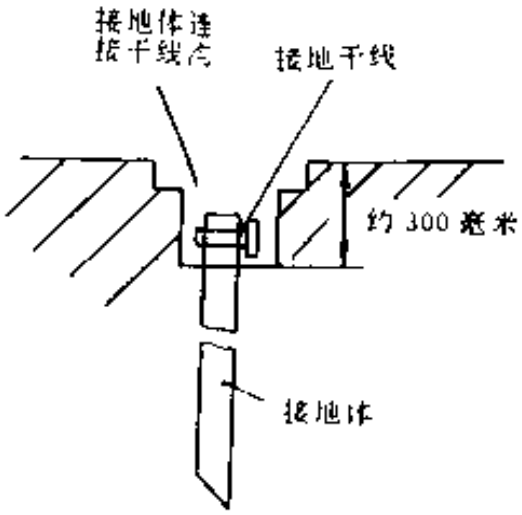


图 11-7　接地体连接干线沟

（5）用扁钢或圆钢作接地干线需要接长时，必须焊接，焊接处扁钢搭头为其宽度的两倍，圆钢搭头为其直径的 6 倍。焊接处应作防腐处理。

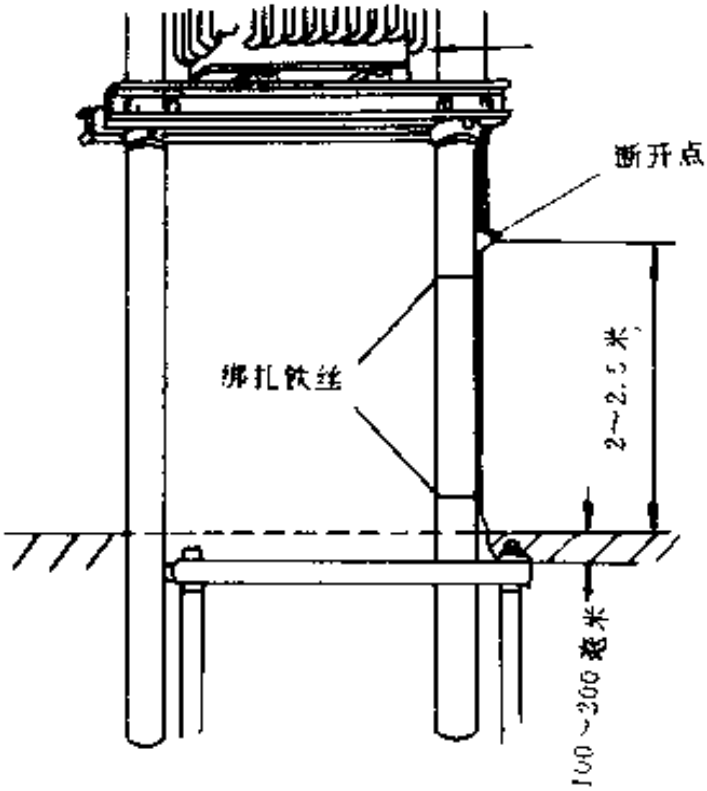


图 11-8　配电变压器的接地干线

（6）接地干线可利用环境中现有的金属构件和金属设施。如起重机（吊车），行车轨道，大型机床床身，金属屋架，电梯竖井架，电缆金属外皮，各种输送非易燃、易爆物质的金属管道（明线管不得用作接地干线）等。利用这些金属体作为接地线时，它们应有良好的导电连续性。因此，在管子或金属构件的连接处应作过渡性电连接。这种过渡连接可用一段多股导线，

www.plcworld.cn

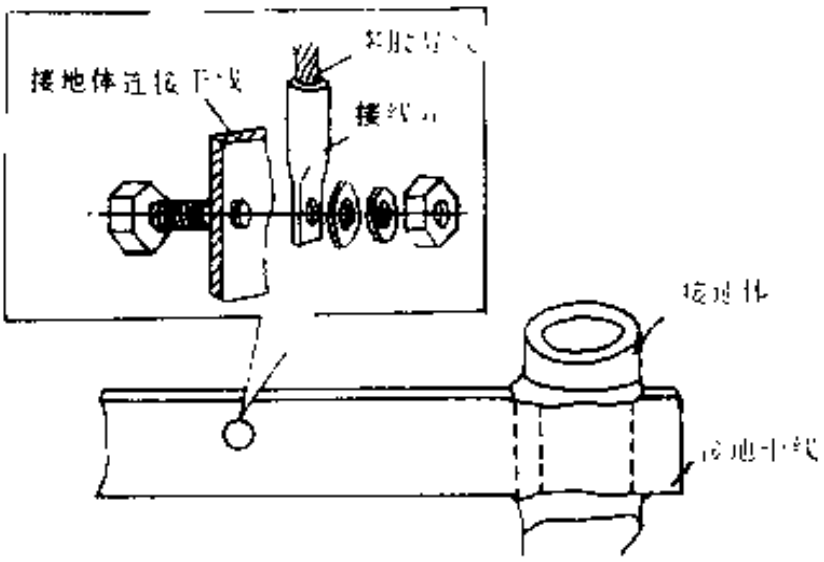


图 11-9　接地干线用多股导线连接

两端接上接线耳，用螺栓压紧跨接在管道接头或两金属体上，螺栓上要加弹簧垫圈。

908. 怎样敷设接地支线？

接地支线是指接地干线与电气设备接地点之间的连接线。敷设接地支线一般应遵守以下规定：

(1)每一电气设备的接地点必须用一根接地支线与接地干线单独连接，不允许用一根接地支线将几台设备的接地点串联起来，也不允许将几根接地支线并联在接地干线的一个连接点上。

(2)如果接地支线敷设在室内易被人身触及的地点，应使用多股绝缘绞线，连接处应恢复绝缘层。

如果接地支线敷设在室内、外不易被人身触及的地点，可采用多股裸绞线；从移动式电动工具的外壳至插销的接地支线，应采用铜芯绝缘软线，中间不得有接头，并与电源线一起套入绝缘护套内。

(3)接地支线与接地干线或与设备接地点连接时，其接头

www.plcworld.cn

应使用接线耳，用螺栓压接，在有震动的场所，螺栓上应加弹簧垫圈。

(4)固定敷设的接地支线需要接长时，连接处必须按正规接线要求处理，铜芯线连接处应锡焊加固。

(5)在电动机的保护接地中，可利用电动机与控制开关之间的导线保护钢管作为控制开关外壳的接地线(图 11-10)。

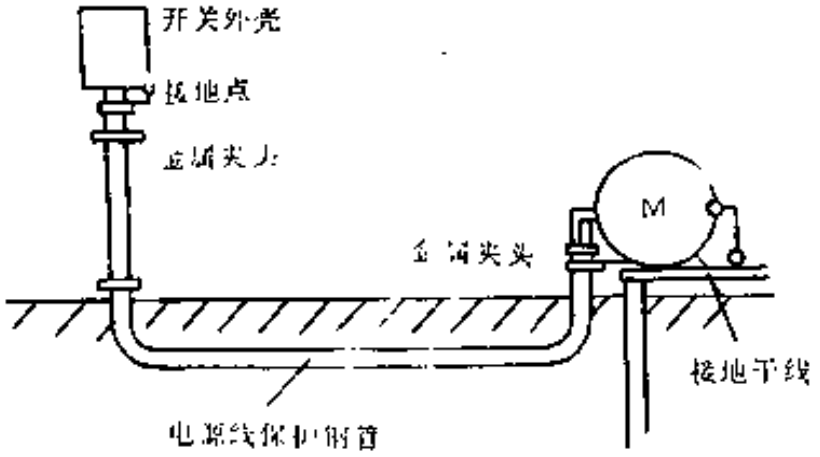


图 11-10　利用自然金属体作为接地支线

(6)一般电气设备的外壳下部都设有专用螺栓，通常将接地支线用该螺栓拧上即可(图 11-11)。

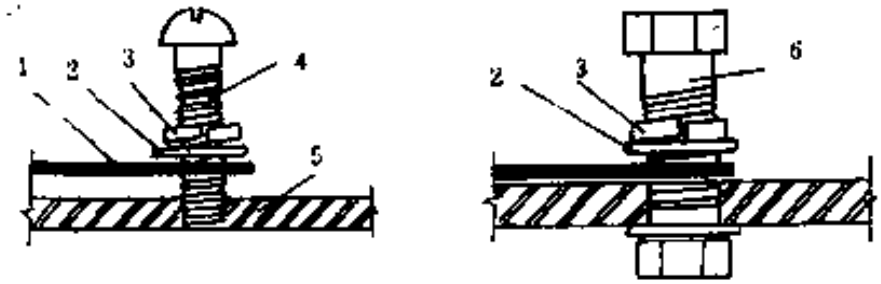


图 11-11　电气设备接地螺栓与接地线的连接

1. 接地导线　2. 镀锌垫圈　3. 弹簧垫圈　4. 专用接地端子或连接螺栓　5. 电气设备金属外壳　6. M8 螺栓

(7)接地支线与检修时需要移动的电气设备(如变压器、互感器等)的接地点连接，可用螺栓压接；与不需要移动的装置(如金属构架等)连接，可实行焊接。

www.plcworld.cn

(8)接地支线的每一连接处，都应置于明显地点或作出明显标记，以便检修。

909. 敷设接地线时实行分相单独接地(接大地)有何差错？怎样纠正？

敷设接地线时，如果实行分相单独接地(接大地)，将出现以下差错：

分相单独接地示意图如图 11-12 所示。图中 r 为每相接

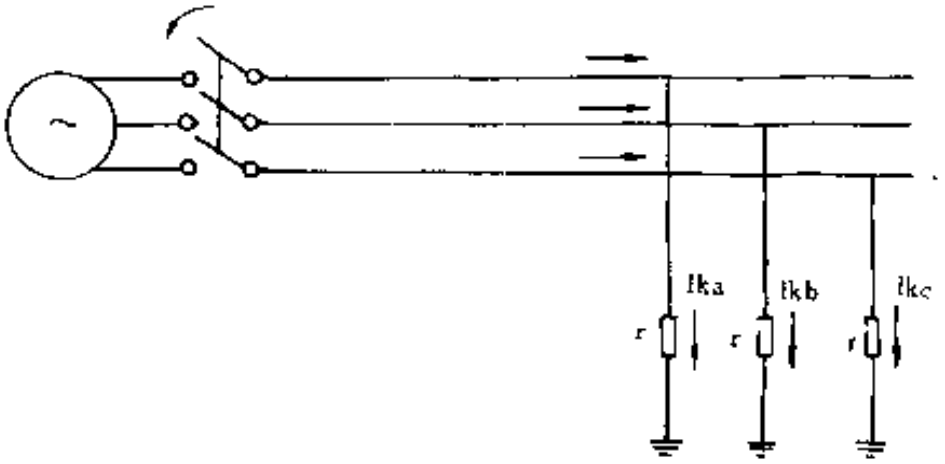


图 11-12　分相单独接地示意图

地线的接地电阻。此时如果电源开关三相合闸误送电，三相短路电流将分别从三相接地线流入大地后形成闭合回路。因此短路电流将流经接地电阻 r，并在其上产生一个电压降。设三相短路电流为 I_{K3}，则它在接地电阻上产生的残压为

$$U_K = I_{K3} \cdot r$$

由上式可见，U_K 值可能很大，而 U_K 又是加在停电检修设备上的对地电压。显而易见，在这种情况下，触电的危险性是很大的。因此，禁止采用分相单独接地的保护方式。

910. 怎样连接接地线？

接地线的连接是否良好，直接影响接头电阻和接地电阻。为了保证接地线连接处接触紧密，接地线的连接应满足以下

www.plcworld.cn

要求：

(1)潮湿的和有腐蚀性蒸汽或气体的场所，接地装置的所有连接均应焊接。若不宜焊接，可用螺栓连接，但应采取可靠的除锈措施。架空线零线的连接，与相线的连接方法相同。通常，铜导体用气焊焊接，钢导体用电焊焊接。

(2)如果利用钢管作为接地线，钢管连接处应保证有可靠的电气连接。所有暗敷钢管和中性点直接接地电网中的明敷钢管，均应在管接头两侧焊接跨接线。若利用穿线钢管作为接地线，引向电气设备的钢管与电气设备之间应有可靠的电气连接。在中性点非直接接地的电网中，明敷的钢管可采用拧紧的管接头或跨接线来实现电气上的连接。

(3)接地线与管道等伸长接地体的连接，应实行焊接。若焊接有困难，可用卡箍卡紧，但应保证电气接触良好。管道上的仪表和阀门等处均应敷设跨接线。

(4)接地线与埋于地下的接地体连接时，不得用螺栓连接，必须实行焊接；接地线与电气设备的连接，可用螺栓连接或焊接，用螺栓连接时，应设防松螺帽或防松垫片。

(5)直接接地或经消弧线圈接地的主变压器、发电机的中性点与接地体或接地干线的连接，应采用单独的接地线。

911. 怎样敷设接零线？

接零线应按以下原则敷设：

(1)三相四线制 380/220 伏电源的中性点必须良好接地，其接地电阻应不大于 4 欧，而且零线必须重复接地。否则，万一零线断开，在零线回路上的接零设备中，只要有一台的外壳带电，则全部接零设备的金属外壳上都会出现约等于相电压的对地电压，这是很危险的。

(2)零线上不得安装熔断器和开关。否则，零线回路断开

www.plcworld.cn

时，零线上出现相电压而引起触电事故。

(3)零线的截面在符合最小截面的要求下，应保证当任何一点发生短路时，其短路电流大于熔体额定电流的 4 倍或自动开关断开电流的 1.5 倍，以便当电气设备发生碰壳短路时，保护装置能立即切断电流，避免发生触电事故。

(4)在同一低压电网中(指同一台变压器或同一台发电机供电的低压电网)，不允许一部分电气设备实行保护接地，另一部分实行保护接零。否则，接地设备发生碰壳故障时，零线电位升高，其接触电压可达到相电压(220 伏)，从而增加了触电的危险性。

(5)接三眼插座时，插座上接电源中性线的孔不得与接地线的孔串接。否则，接零线路松脱或折断，可能使设备金属外壳带电，或者零线与相线接反，也会使外壳带电。

912. 保护接零有哪些局限性？怎样弥补它的不足？

保护接零的作用一般是指理想情况而言(见 899 问“怎样理解保护接地、保护接零和重复接地？三者各有何作用？”)，而实际应用往往并不理想。例如：

(1)当电动机的绝缘击穿，接地故障点处于其绕组末端(K 点)时(图 11-13)，短路回路阻抗包括变压器的计算阻抗、相线的回路阻抗、电动机的阻抗和接零干线的阻抗等，其中最大者是电动机的阻抗。由于回路阻抗较大，短路电流较小，熔体将不熔断，特别是故障点处于电动机绕组中性点时，不仅熔体不会熔断，而且电动机仍然正常运转。

在上述故障情况下，绕组对大地存在零序电压和零序电流，该零序电压足以造成触电伤亡事故，零序电流足以产生火花而导致火灾。因此，在这种情况下，仅靠保护接零与熔体配合不能实现可靠的保护，必须装设漏电保护装置来加以保护。

www.plcworld.cn

(2)当用电设备的容量很大时，开关的动作电流或熔体的熔断电流也很大。如果保护接零干线的截面小、长度大，则接零干线的电阻也将增大。此时若发生绝缘击穿故障，开关或熔体不能在规定的时间内切断电路。这也说明，当用电设备的容量很大时，保护接零系统难以满足保护要求。

在这种情况下，应校验接零干线的截面能否满足保护要求。如果截面小，不能满足要求，则应调换截面大的接零干线或者增设零序电流保护装置。

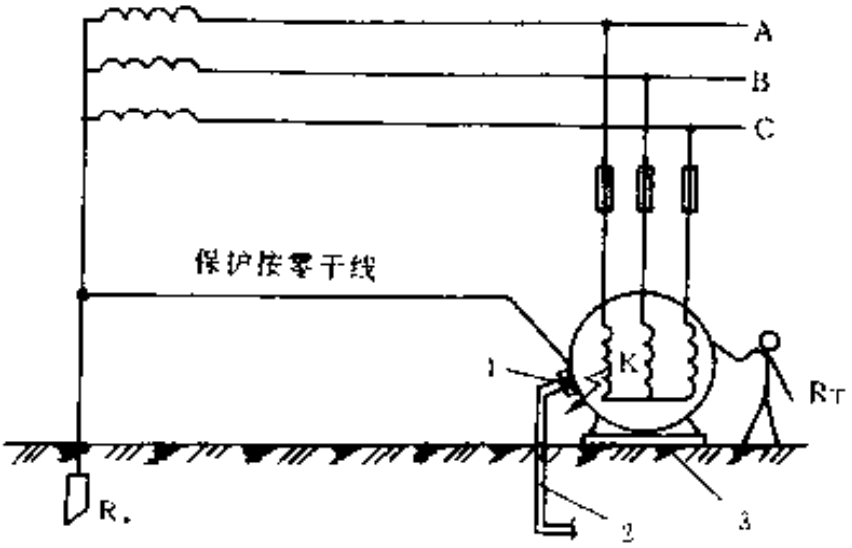


图 11-13　保护接零系统中电动机绕组末端碰壳

1. 电火花　2. 金属件　3. 不良导体

必须指出，在条件允许的情况下，克服保护接零局限性这一缺点最理想的办法是采用三相五线制线路系统。

913. 怎样校验保护接零是否符合要求？

对于中性点直接接地的 1 千伏以下电气设备，为了能够自动切除故障段，在导电部分与零线之间发生短路时，其零线应保证电网任一点的短路电流(I_d)能满足下式要求：

$$I_d \geqslant KI_e$$

式中　I_e 为熔断器的额定电流或自动开关脱扣器的整定电

www.plcworld.cn

流，安；

K 为动作系数，采用熔断器时取 4（若装于防爆车间则取 5），采用自动开关时取 1.25（若装于防爆车间则取 1.5）；

I_d 为单相短路电流，其计算式为

$$I_d = U/\sqrt{(r_n + r_T)^2 + (X_n + X_T)^2}$$

式中 U 为变压器二次侧额定电压，伏；

r_n、X_n 为“相-零”回路的电阻、电抗，欧；

r_T、X_1 为变压器绕组的计算电阻、计算电抗，欧。

计算时，“相-零”回路的电阻和电抗，以及变压器绕组的计算电阻和计算电抗都可从一般参考书的表中查到。如果单相短路电流不符合要求，则应增大“相-零”回路的导线截面或选用灵敏度高的短路保护装置。对于实行接地保护的中性点直接接地的 1 千伏以下电气设备，也可进行类似的校验。

914. 怎样装设变、配电所的接地装置？

装设变、配电所的接地装置，应注意以下事项：

（1）变、配电所的接地装置，应敷设以水平接地体为主的人工接地网；变、配电所内配电装置所有接地部分可共用一组接地装置。

（2）接地网的外缘应闭合，外缘各角应做成圆弧形，圆弧的半径不宜小于均压带间距的一半；接地网内应敷设水平均压带，接地网的埋设深度不应小于 0.6 米。

（3）配电变压器的接地装置宜敷设成闭合环形。

（4）变压器中性点的工作接地线、保护接地线，应分别与人工接地网连接。

（5）变、配电所内独立的避雷针（线）宜设单独的接地装

www.plcworld.cn

置。

915. 架空输电线路和电缆线路怎样接地？

通常，架空输电线路的下列部分应实行接地：

(1)有避雷线的 3～35 千伏线路的铁塔或钢筋混凝土杆。

(2)在小接地短路电流系统中，无避雷线的 3～10 千伏线路(仅通过厂区或居民区的一段)的铁塔或钢筋混凝土杆。

(3)接地杆塔上的避雷线、金属横担、绝缘子底座。

(4)1 千伏以下杆塔在接零系统中时，可将杆塔与零线相连；在中性点接地系统中时则应接地。

上述杆塔的接地电阻应满足以下要求：

(1)有避雷线的线路，杆塔的接地电阻应满足表 11-4 的要求。

表 11-4　有避雷线的架空线路杆塔的接地电阻

土壤电阻率 ρ，欧·米	100 及以上	100 以上至 500	500 以上至 1000	1000 以上至 2000	2000 以上
接地电阻，欧	10	15	20	25	30①

①如果土壤电阻率很高，接地电阻很难降到 30 欧，可采用 6～8 根总长不超过 500 米的放射式接地体或连续伸长接地体，其接地电阻可不受限制。

(2)无避雷线的电力线路、金属杆塔、混凝土杆塔的接地电阻应满足下式要求：

$$R \leqslant 50 \text{ 欧}$$

运行中的电缆的绝缘损坏时，电缆的外皮、铠甲和接头盒都可能带电。因此，电缆线路的接地，必须考虑以下要求：

(1)当电缆敷设于地下时，其两端都应接地。

(2)低压电缆线路除通过特别危险的场所(潮湿、有腐蚀性气体或导电粉尘)需要接地之外，在其他正常环境都不必接

www.plcworld.cn

地。

(3)高压电缆在任何情况下都必须接地。

(4)具有金属外皮的电缆，其支架可不接地；如果电缆外皮是塑料或橡胶等非金属材料，以及电缆与支架间有绝缘层，其支架必须接地。

(5)截面为16毫米^{2}及以上的单芯电缆，为消除涡流，其外皮的一端应接地。

(6)两根单芯电缆平行敷设时，为防止产生过高的感应电压，应在多处接地。

916. 易爆、易燃场所的电气设备怎样接地或接零?

易爆易燃场所，为了防止电气设备外壳上出现较高的电压，避免金属设备与管道之间产生火花，应使接地电流路径保持可靠的电气连续性。为了满足这一要求，易爆易燃场所的电气设备应按以下原则进行接地或接零：

(1)将易爆易燃场所内的全部电气设备、金属设备、金属管道和建筑物的金属结构全部接地，并且在管道接头处敷设跨接线。

(2)接地或接零用导线具有足够大的导电截面。在1000伏以下中性点接零的线路中，为了迅速可靠地切断接地短路电流，保护装置的动作安全系数K($K=I/I_H$，即接地短路电流/整定动作电流)应选取下列值：当线路用熔断器保护时，$K\geqslant 4$；用自动开关保护时，$K\geqslant 2$。

(3)所装设的电机、电器和其他电气设备的接线头、导线和电缆芯线的电气连接等，应实行压接，并采取防止接触松弛的措施。

(4)在易爆易燃场所内的不同方向上，接地和接零干线与接地体的连接点应不少于2个，且一般应在建筑物两端分别

www.plcworld.cn

与接地体相连。

(5)为了防止测量接地电阻时发生火花而引起事故，应在无爆炸危险的地点进行测量，或者将测量用的端钮引至易爆易燃场所以外进行测量。

917. 变压器怎样接地？

变压器运行时，其铁芯和箱体(即外壳)上的各种金属零部件都处于绕组所产生的强磁场中。为了使这些金属结构始终处于同一电位，通常将铁芯和箱体同时接地。如果二者不同时接地，则由于强磁场的作用，铁芯与箱体之间将产生较高的电位差，很可能由此而形成危险的间隙放电，这是绝对不允许的。

铁芯接地时，一般采用一点接地方式，这是因为各芯片之间必须相互绝缘，以限制涡流。如果将整个铁芯都接地，则各片之间就互相联通，结果将产生很大的涡流；又由于各芯片之间的绝缘相对来说比较薄弱，虽然能阻止涡流，但却不能阻挡高压静电的泄漏。当然，即使仅在铁芯的一处接地，对于感应的高电压来说，实际上也相当于整个铁芯都已接地。

918. 机床上的电动机和局部照明装置怎样接地？

机床上的电动机，通常应按以下原则进行接地：

(1)如果电动机的绝缘有可能损坏，而且损坏后外壳上会产生危险对地电压，则电动机的外壳应直接接地或与接地干线连接。

(2)如果同一机床上装有多台电动机或其他用电设备，则可将机床(或构架)的壳体接地，而不必将每台电动机都单独接地。同样，机床配电盘的框架如已接地，则不必将配电盘上的各仪表再行单独接地。

机床或其他机器上的局部照明，其电压一般都在 36 伏以

www.plcworld.cn

下，而且大部分由降压变压器供电，装设接地线时，应考虑以下要求：

(1)如果降压变压器的供电线路为接地系统，则降压变压器二次绕组的一端应接地。

(2)如果从供电线路分支点至降压变压器的线路，以及从变压器至照明装置的线路均为明线，则应敷设工作零线。

(3)如果局部照明供电线路敷设在钢管中，则除易爆易燃场所外，均可用钢管作为工作零线。

(4)如果供电线路为不接地系统，则由供电线路至降压变压器，以及由降压变压器至照明设备的线路，均必须另设工作中性线。

(5)降压变压器二次绕组的一端以及穿线钢管和照明器的外壳均应可靠接地。

(6)如果局部照明电压在 36 伏以上，而插座与照明器外壳之间在电气上又没有可靠的连接，则应采用专用的导线将照明器外壳接地，并且插座与照明器外壳之间应实行可靠的电气连接。

919. 起重机械(吊车)怎样接地？

有些起重机械是在轨道上运行的，这些轨道都必须接地(或接零)。凡是起重机内需要接地(或接零)的部分都应使用跨接线与起重机的金属构架相连接，跨接线一端焊在金属构架上，另一端则与需要接地(或接零)的电气设备的接地螺栓连接。

起重机轨道的接头必须用截面足够大的跨接线焊接，轨道还应与承载起重机的金属架焊接，以构成连续的电气通路。

如果轨道是架空的，则应在起重机械附近装设一条辅助接地线，与轨道相接。

www.plcworld.cn

此外，向起重机供电的电缆应有一根供接地（或接零）用的芯线，芯线截面应与相线截面相同。

从地面控制的电动葫芦等的按钮式控制电器，其外壳如果是用金属材料制造的，除了要有接地（或接零）线与外壳相连接外，还应利用悬挂该控制电器的钢索作为辅助接地线。同时，支承滑触线的金属支承构件也应接地。

920. 携带式电气设备和移动式电气设备怎样接地？

携带式电气设备的接地，应满足以下要求：

（1）应使用携带型导线的专用接地芯线接地，此芯线不得同时用来通过工作电流。严禁利用其他用电设备的零线接地，零线和接地线应分别与接地网连接。

（2）接地线应采用多股软铜线，截面应不小于 1.5 毫米^2（如接地芯线与电源芯线在同一外皮内，则接地芯线与导电芯线的截面应相同）。

（3）携带式接地线的夹具应保证它与电气设备和接地体的连接处具有良好的电气接触，并在短路电流作用下具有热稳定度和动稳定度。

（4）电源插座上应备有专用的接地触头，该触头应同时与接地线和零线连接，而且所用插销的结构应能够避免将导电触头误作接地触头使用。接地触头应在导电触头接触之前接通，并应在导电触头脱离之后才断开。有金属外壳的插座，其接地触头和金属外壳应有可靠的电气连接。

移动式电气设备的接地，应满足以下要求：

（1）移动式发电设备和固定式发电设备二者的接地要求相同。

（2）由固定式电源或由移动式发电设备供电的移动式机械，其金属外壳或底座应与电源的接地装置有可靠的金属连

www.plcworld.cn

接。

在中性点不接地的电力网中，可在移动式机械附近设接地装置，以代替上述金属连接。如附近有自然接地体，应充分利用，其接地电阻应符合要求。

如果由于移动式机械的特殊情况，难以满足上述接地要求，可用自动切断电源装置代替接地。

(3)移动式电气设备和移动式机械的接地应符合对固定式电气设备接地的要求。但在下列情况下，一般不接地或不接零(爆炸危险场所的电气设备除外)：

①移动式机械的自用发电设备直接装于该机械的金属外壳上，且不供电给其他用电设备；

②移动式机械(数量不超过一组)由专用移动式发电设备供电，而该发电设备不向其他电气设备供电，该移动式机械距移动式发电设备的距离不超过 50 米，且机械设备和发电设备二者的外壳已用金属线直接连接。

(4)移动式电气设备和移动式机械的接地线截面应与固定式电气设备的接地线截面相同。

921. 直流电气设备怎样接地？

直流电流通过埋于地中的接地体时，接地体周围的土壤会被电解，从而使接地电阻增加，接地极电压梯度升高。此外，直流的电解作用，对金属的侵蚀也很严重。因此，将直流电气设备接地，应注意以下几点：

(1)对于直流系统，不许利用自然接地体或重复接地的接地体和接地线作为零线，也不许直流电气设备与自然接地体相连。

(2)采用人工接地体时，考虑电解的侵蚀作用，接地体的厚度不得小于 5 毫米，并应定期检查侵蚀情况。

www.plcworld.cn

(3)非经常流过直流电流的系统，对其接地的要求与交流相同。

922. 怎样检查接地装置的安装质量？

接地装置安装竣工后，应对其安装质量进行以下检查：

(1)按技术规范的要求检测接地电阻是否合乎标准。

(2)对接地装置的每个连接点按工艺标准进行检查，检查内容包括：敲去焊接接头的焊渣，检查有无虚焊，接触面积是否合乎标准；不应实行电焊的是否采用了电焊(如管道上引接的接地线)；螺栓压接的连接面是否经过防锈处理，应垫入弹簧垫圈的有无遗漏，螺栓规格是否合适，螺母是否拧紧，连接用的器材是否合格。

(3)利用现有金属设施作为接地体和接地线时，应检查是否误接到输送易燃、易爆物的管道上，导电连续性是否良好，应完成的过渡性连接有无遗漏。

(4)接地线材料是否误用，安全载流量是否足够。

(5)接地装置的埋地和隐蔽部分有无施工报告单和记录。

(6)应作防腐处理和穿管保护的有无遗漏，接地体四周泥土是否夯实，接地线支持是否牢固；应实行接地保护的设备有无漏接，连接点是否接错。

(7)整个接地网的外露部分连接是否牢靠，有无漏接，标志是否明显、齐全。

923. 为什么要将配电变压器的外壳及其低压侧的中性线与避雷器的接地线相连，并且"三点"共同接地？怎样规定接地电阻？

将避雷器的接地线与变压器的外壳连在一起共同接地的理由是：当高压侧落雷、避雷器放电时，变压器只承受避雷器的残压，而接地装置上的电压降则不作用于变压器的绝缘上，

www.plcworld.cn

这对保护变压器是有利的。

变压器低压侧的中性线如果不通过外壳接地，则高压侧的避雷器动作时，雷电流在接地装置中的电压降将使变压器外壳的电位显著升高，可能由外壳向220/380伏低压侧逆闪络。因此，必须将低压侧的中性点也接在变压器外壳上。这样，外壳电位升高时，中性点和低压绕组的电位也升高，外壳与低压侧相对电位不变，这就不会发生逆闪络。

通常，对100千伏·安及以上配电变压器，规定接地电阻为4欧，100千伏·安以下的变压器为10欧。

924. 没有合格的接地线，临时用金属线将检修的电气设备的三相短路有何危害？怎样避免？如何装拆临时接地线？

从理论上讲，用金属线将检修的电气设备的三相短路，当对称三相来电时，能使设备处于零电位。但是，当非对称三相来电时，若是单相电源侵入，则整台设备都会带有危险电压，并且与侵入电源同电位。由于检修的设备对地绝缘，所以单相电源侵入，不能使继电保护装置动作，此时人体接触该设备就会发生严重的触电事故。此外，接上三相短路线，也不能避免感应电压的威胁。

因此，严禁用金属线将三相短路，必须按安全规程的规定，在检修设备的三相上都装设短路接地线。

临时接地线主要由软导线和接线夹组成（图11-14）。其中三根短的软导线用以连接三根相线，一根长的软导线用以连接接地线。临时接地线的接地夹必须坚固，软导线应采用25毫米^{2}以上的多股软裸铜线（严禁使用不符合规定的导线作接地或短路之用），各部分的连接必须牢靠，接触良好。

临时接地线一般装在检修区段两端的电源线路上，其作用是：①防止突然来电；②防止邻近带电高压线路产生感应

www.plcworld.cn

电；③放尽线路或设备上可能残留的静电。

临时接地线的装设应由两人来完成，一人操作，一人监护。安装时，应戴绝缘手套和使用绝缘杆，先接接地端，后接线路或设备一端；拆除时顺序相反。接地线应尽量装在检修时能看见的地点。正常情况下，应验明线路或设备确实无电才可装设临时接地线。

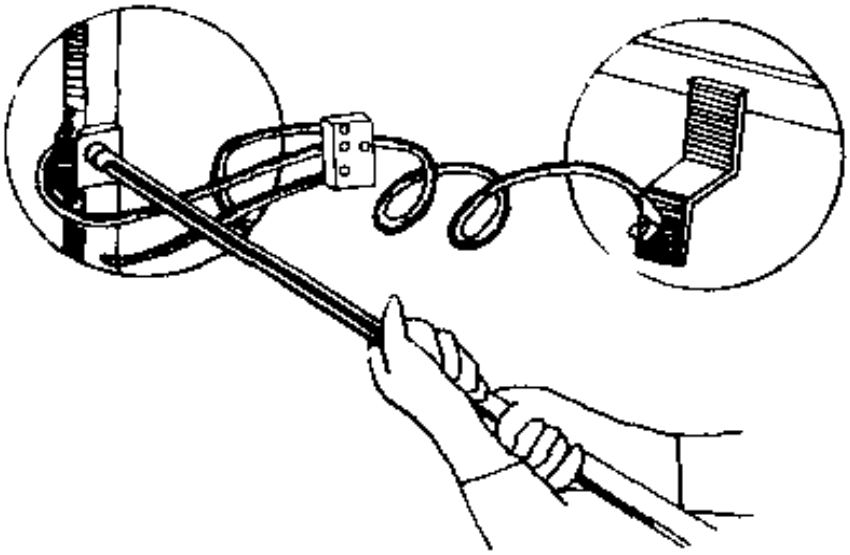


图 11-14　临时接地线

925. 怎样选择携带型接地线的截面？

当停电进行作业需要安装携带型接地线时，为了防止接地线过早烧毁而使作业地点失去保护，要求接地线能够承受悬挂地点短路电流的冲击。因此，接地线的截面不得过小。但是，也不能选得过大。否则，除造成浪费外，对装设和携带都不方便。

选择接地线的截面，还应考虑实际上常有的一种情况：当线路停电准备在其上进行作业时，已在可能来电的一侧（发电厂或变电所内）悬挂了接地线，即所挂的接地线不只有一组，而是有多组，各组接地线分别能起到截流、后备和分流作用，所以对线路接地线一般都不进行短路热容量校核，而直接规

www.plcworld.cn

定其截面不小于25毫米²。但是，发电厂、变电所使用的接地线，其截面就应满足短路热稳定的要求，所以一般按下式进行选择：

$$S=\frac{I_k\sqrt{t}}{264}$$

式中　S为携带型接地线的截面，毫米²；

I_k为接地线可能经受的最大稳态短路电流，安；

t为对应于短路电流I_k的故障点发生短路时，切除故障所需要的时间，秒。

计算时，I_k应取稳态三相短路电流值（验算三相短路接线部分）和取稳态单相短路电流或两相短路接地电流值中的较大值（验算接地引下线部分）。这些短路电流值都是指突然来电时，可能通过接地线的最大短路电流，亦即可能从几个方向流过悬挂点总的最大短路电流。

计算时，t值应取突然来电时相应保护元件动作断开电源所需要的总时间，即继电保护的整定时间与继电保护装置和开关固有动作时间（通常取0.2秒）二者之和。

926. 怎样判断同一供电系统中保护接地和保护接零并存的后果？

在同一供电系统中，如果一部分电气设备实行保护接地，另一部分电气设备实行保护接零（图11 15），则当某台接地设备的某相碰壳对地短路，而该设备的容量较大、熔体的熔断电流（或保护元件的动作电流）也较大时，碰壳所产生的短路电流将不足以使熔断器熔断（或保护元件动作），因此电源也不能切断。此时接地短路电流产生的压降将使电网中性线的电压升高到一定值，从而所有接零电气设备的外壳均带有该升高的电压。若$R_{零}=R_{地}$，则该升高的电压为$U_{相}/2$，这是很危

www.plcworld.cn

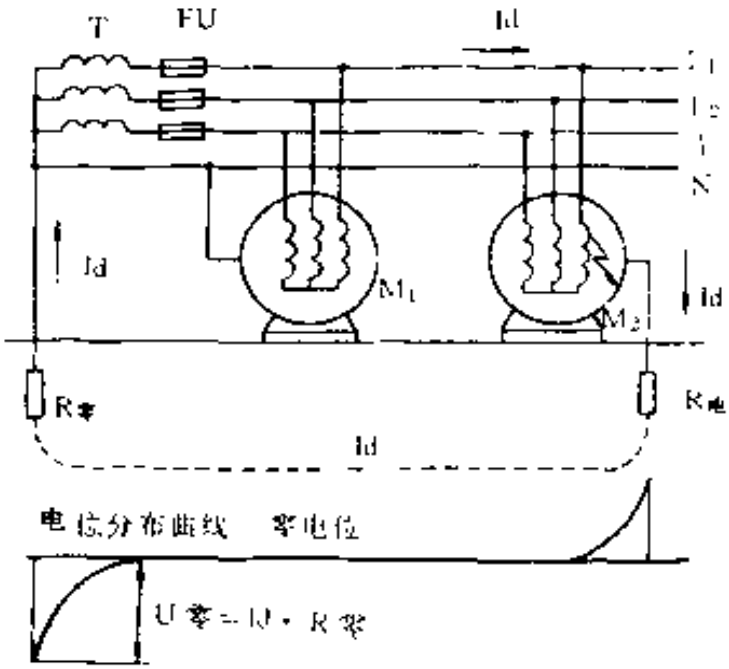


图 11-15　同一系统中保护接地和保护接零并存的后果

险的。在这种情况下，人体接触运行中的接零电气设备的外壳，便会发生触电事故。在这种系统中，如果零线断裂，除了失去接零保护作用以及系统不平衡时出现三相电压畸变外，若设备漏电，则所有接"断零线"的设备都会带有危险的相电压，并且系统中的单相设备也会使"断零线"带上危险电压。显而易见，此时触电的危险性更大。因此，严禁同一系统中保护接地和保护接零并存。

927. 怎样判断中性点直接接地的低压电力系统中电气设备实行保护接地和保护接零的不同结果？

在中性点直接接地的低压电力系统中，即使电气设备实行保护接地(图 11-16)，也不能保证安全，理由如下：

若电源电压为 220 伏，则一相碰壳时，人体承受的电压，即设备对地电压为

$$U_d = I_d R_b = \frac{220}{R_0 + R_b} R_b$$

式中　R_0 为工作接地电阻，欧；

R_b 为保护接地电阻，欧；

I_d 为接地电流，安；

www.plcworld.cn

U_d 为设备对地电压，伏。

当 $R_0 \ll R_b$ 或略大于 R_b 时，设备外壳上所带的电压对人体是不安全的。要使 U_d 达到安全电压值 36 伏，即

$$\frac{R_b}{R_0+R_b}\times 220=36$$

则要求

$$\frac{R_0}{R_b}=\frac{220-36}{36}=5.1$$

若 $R_0=4$ 欧，则 R_b 必须小于或等于 0.8 欧左右，才能满足上述要求。然而，要使电气设备的保护接地电阻值达到这样小的程度，是十分困难的，并且投资也相当大，实际上这是不可能做到的。

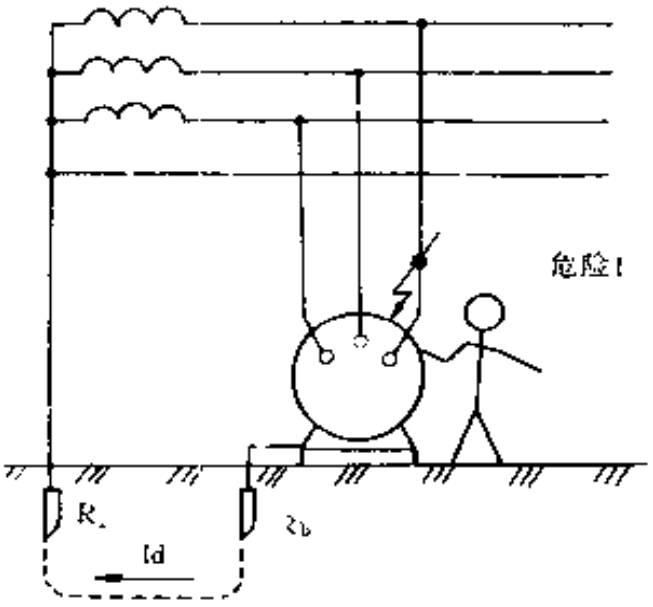


图 11-16 电气设备错误实行保护接地

如果电气设备实行保护接零（图 11-17），即将其外壳接到零线上，则某相绝缘损坏时，电流通过设备外壳形成该相对零线的单相短路（即碰壳短路），短路电流立即将该相的熔体熔断或使其他保护元件动作而切断电源，从而消除触电危险。

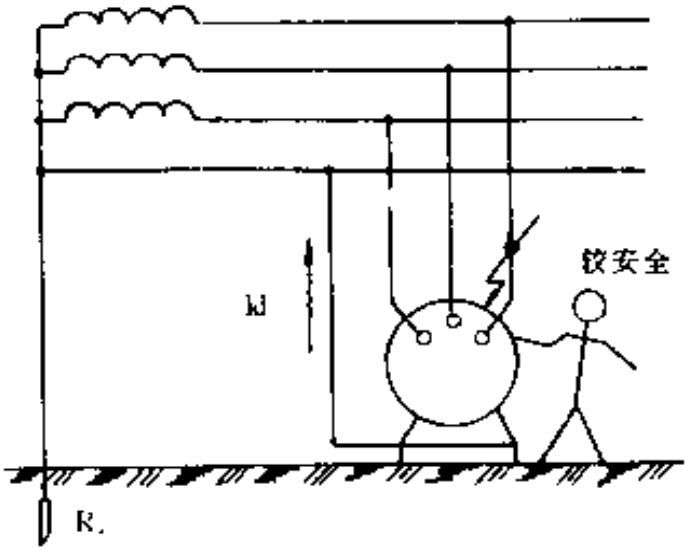


图 11-17 电气设备保护接零

www.plcworld.cn

928. 怎样判断中性点不接地的低压电力系统中电气设备实行保护接地和不实行保护接地的不同结果？

在中性点不接地的低压电力系统中，如果电气设备实行保护接地（图 11-18），即使该设备漏电，人体与之接触也无危险。这是因为，电气设备的金属外壳已与大地可靠连接，且对地电阻很小（比人体电阻要小得多），当人体触及该设备时，人体电阻与接地电阻是并联的，流经人体的电流非常小（因人体电阻大），几乎全部漏电电流都经接地体流入大地。如果电气设备不实行保护接地（图 11-19），则当一相碰壳时，接地电流将通过触碰外壳的人体、电网与大地之间的电容，从而构成电流回路。此时流经人体的电流主要是电容电流，在一般情况下，此电流不是很大。但是，如果电网分布很广，而电网绝缘强度又显著下降，则此电流将达到很大值，从而威胁人身安全。因此，在中性点不接地的低压电力系统中，电气设备必须实行保护接地。

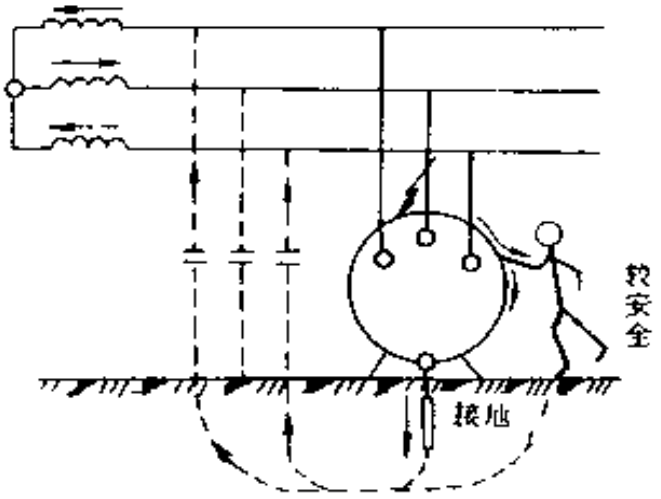


图 11-18　实行保护接地的电气设备一相碰壳

929. 怎样判断变压器中性点不接地和接地时一相碰地的不同结果？

如果变压器中性点不接地，则一旦发生一相碰地故障，外壳接中性线的设备的对地电压可能上升到接近相电压，造成触电的可能性很大（图 11-20）。而其他两相的对地电压可能

www.plcworld.cn

上升到接近线电压，使触电的危险性更大。而且，由于接地电流不大，不足以使过电流保护装置动作，故障可能长时间存在下去而成为隐患。

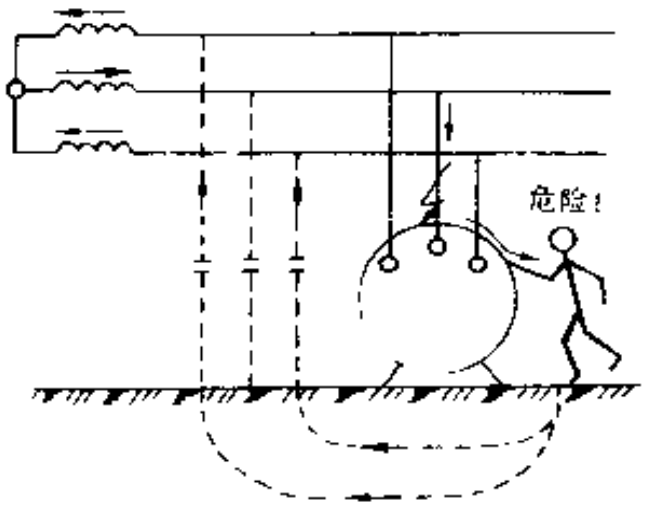


图 11-19　不实行保护接地的电气设备一相碰壳

如果将变压器的中性点接地，则发生一相碰地故障时，接零设备外壳对地电压为

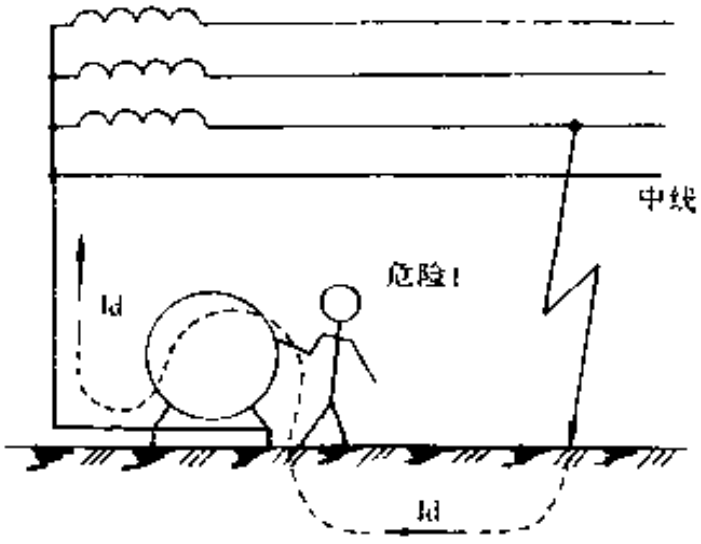


图 11-20　变压器中性点不接地时一相碰地

$$U_0=\frac{R_0}{R_0+R_d}U_\varphi$$

式中　U_0 为接零设备外壳对地电压，伏；

U_φ 为电网相电压，伏；

R_0 为工作接地电阻，欧；

R_d 为碰地处接地电阻，欧；

由于碰地处的接地电阻 R_d 一般为数十欧甚至数百欧以上，因此适当控制 R_0，就可将 U_0 限制在安全值范围以内(图 11-21)。同时，其他两相的对地电压升高值也可控制在一定范围之内。若取工作接地电阻 $R_0\leqslant 4$ 欧，一般可以限制其他两相的对地电压不超过

www.plcworld.cn

250 伏。

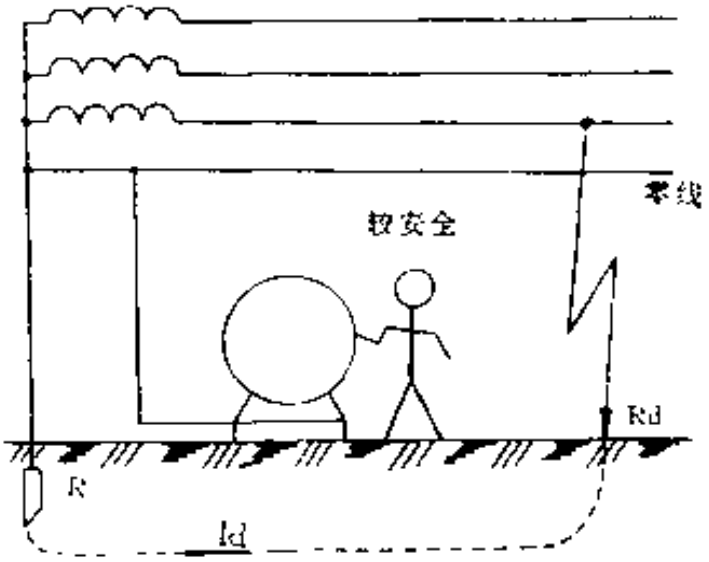


图 11-21　变压器中性点接地时一相碰地

930. 在电气设备的某一相上进行检修作业时，只将该相接地有何差错？怎样纠正？

在实际工作中，当在电气设备的某一相上进行检修作业时，有人误认为不会对其他两相造成危险接近，因而只将该相接地，而不将三相都短路接地。

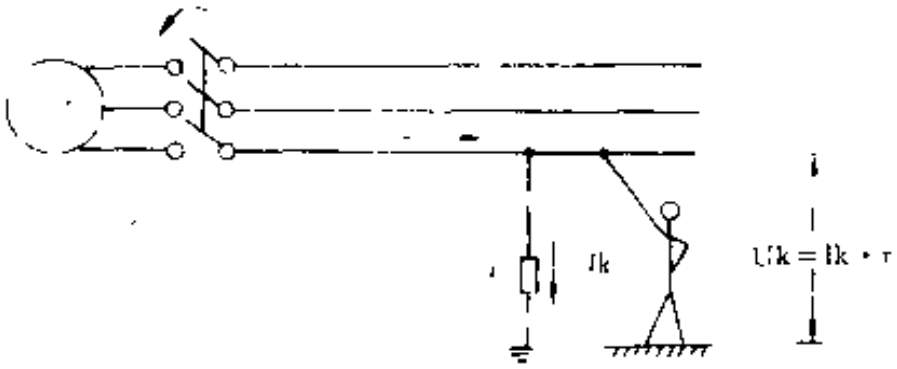


图 11-22　单相短路接地示意图

I_k 单相短路电流或系统电容电流

由于只挂了单相接地线，若电源开关三相合闸误送电，则对电源来说，相当于发生了单相短路，因此对于大接地短路电流系统，将有单相短路电流从接地线通过；而对于小接地短路电流系统，将出现单相短路电流或系统电容电流 I_k（图 11-22）。这两种电流都会在接地电阻 r 上产生一个电压降，从而作业地点将出现危险的对地电压。

综上所述，装设单相接地线作为防护突然来电的措施是

www.plcworld.cn

不可靠的，只有在三相上都装设短路接地线，才能确保安全。

931. 在中性点不接地系统中，怎样防止高压窜入低压？

在中性点不接地系统中，当高压线断裂或绝缘损坏而导致高压系统意外地窜入低压系统时（图 11-23），整个低压系统的对地电压将升高到高压系统的对地电压，而且这种故障可能长时间存在，这对低压系统的运行维护人员的人身安全威胁很大。为了减小高压窜入低压的危险，在中性点不接地的低压系统中，通常将低压系统的中性点或者一相经击穿保险器接地（图 11-24）。

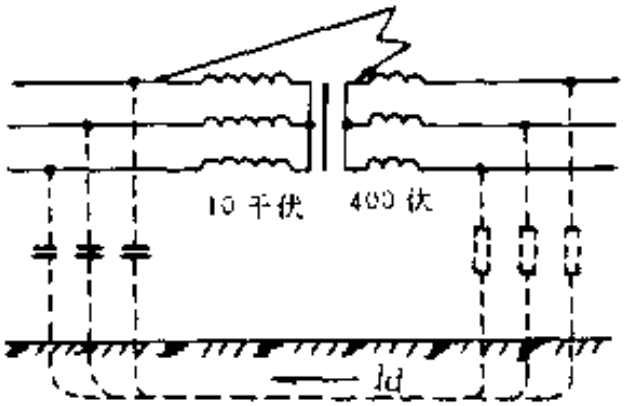


图 11-23　高压窜入低压示意图

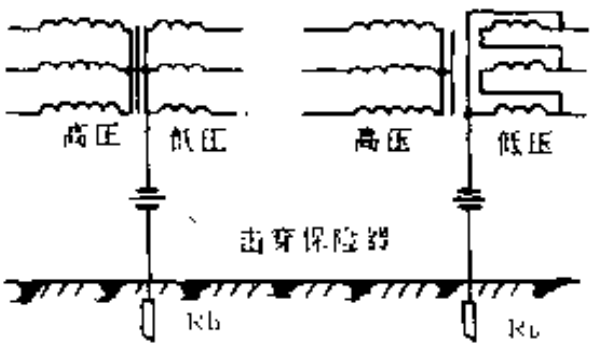


图 11-24　击穿保险器的保护作用示意图

击穿保险器主要是由两个铜制电极夹与带孔的云母片组成，其击穿电压一般不超过额定电压的两倍。在正常情况下，击穿保险器处于绝缘状态，低压系统不接地。当高压窜入低压系统时，云母片带孔部分的空气间隙便被击穿，故障电流通过接地装置流入大地。这一电流即高压系统的接地短路电流，它可以引起高压系统的过电流保护装置动作而切断电源。如果这一电流不大，不足以引起保护装置动作，则可通过限定接地电阻控制低压侧的电压升高不超过 120 伏，亦即使接地电阻

www.plcworld.cn

$$R_b \leqslant \frac{120}{I_{gd}}, 欧$$

式中 I_{gd} 是高压系统的单相接地短路电流。在一般情况下，$R_b \leqslant 4$ 欧基本上能满足上式要求。

应强调指出的是，在正常情况下，击穿保险器必须绝缘良好。否则，不接地系统变成了接地系统，系统内的保护接地将不能保证安全。因此，对击穿保险器应经常进行检查，或者如图 11-25 所示，接上两个电压表对击穿保险器进行经常监视。这两个电压表的规格完全相同，正常时，两表的读数各为相电压的一半；如果击穿保险器的绝缘失效，则电压表 V_1 的读数降至零，电压表 V_2 的读数上升到相电压。

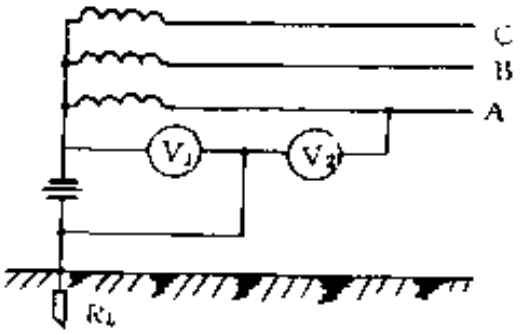


图 11-25　击穿保险器的监视示意图

作监视用的电压表必须是高内阻表。否则，会降低线路的绝缘，影响保护接地的可靠性。

932. 接地电网中零线带电的原因是什么？怎样处理？

在接地电网中，零线带电现象比较普遍，在寻找故障时，需要停电，因而影响正常生产，并且还可能造成触电事故。为了便于寻找故障，消除带电现象，应探明零线带电的原因。归纳起来，零线带电有以下几方面的原因：

(1)线路上有的电气设备的绝缘破损而漏电，保护装置未动作。

(2)线路上有一相接地，电网中的总保护装置未动作。

(3)零线断裂，断裂处后面的个别电气设备漏电或者有较大的单相负荷。

www.plcworld.cn

(4)在接零电网中，个别电气设备采取保护接地，并且漏电；个别单相电气设备采用"一火一地"(即无工作零线)制。

(5)变压器低压侧工作接地连接处接触不良，有较大的电阻；三相负荷不平衡电流超过允许值。

(6)高压窜入低压，磁场感应或静电感应。

(7)高压采用二线一地运行方式，其接地体与低压工作接地或重复接地的接地体相距太近；高压工作接地的电压降影响低压侧工作接地。

(8)由于绝缘电阻和对地电容的分压作用，电气设备的外壳带电。

在以上几种原因中，前五种原因较为普遍。通常，查明原因后，可采取相应措施予以消除。但是，为了从根本上保证安全用电，在接地电网中采取保护接零措施时，必须有一个完整的接零系统。

933. 怎样带电和停电测量相零回路的阻抗？

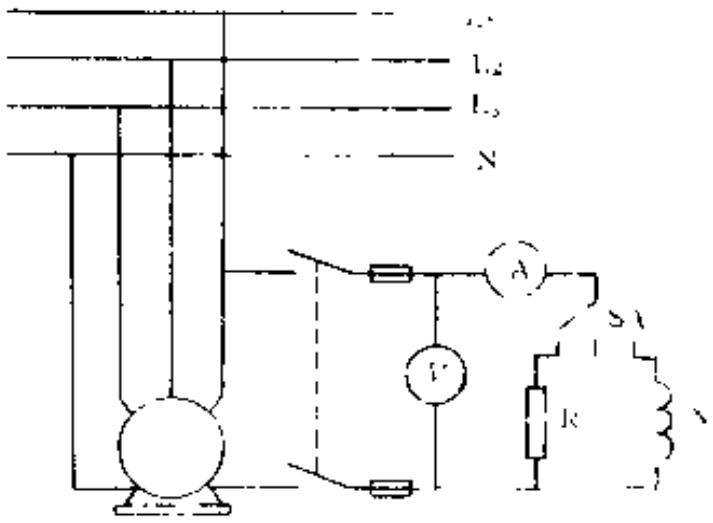


图 11-26 带电测量相零回路阻抗

带电测量相零回路的阻抗，需要一套辅助装置。辅助装置主要由一个高值电阻和一个高值电感组成。测量线路如图 11-26 所示。当开关 SA 两边都未接通时，用电压表测得电压 U；当开关 SA 接通电阻 R 时，用电压表和电流表分别测得电压 U_R

www.plcworld.cn

和电流 I_R；当开关 SA 接通电感 X 时，用电压表和电流表分别测得电压 U_x 和电流 I_x。当 $R \gg Z_{xl}$ 和 $X \gg Z_{xl}$ 时，可以近似地得到

$$R_{xl} = \frac{U - U_R}{I_R}$$

$$X_{xl} = \frac{U - U_x}{I_x}$$

由此求出相零回路阻抗为

$$Z_{xl} = \sqrt{R_{xl}^2 + Z_{xl}^2}$$

按上式求出的阻抗是包括配电变压器阻抗在内的相零回路的全部阻抗。这种测量方法对仪表的要求高，而且，当电网电压波动较大时，测量误差也较大。

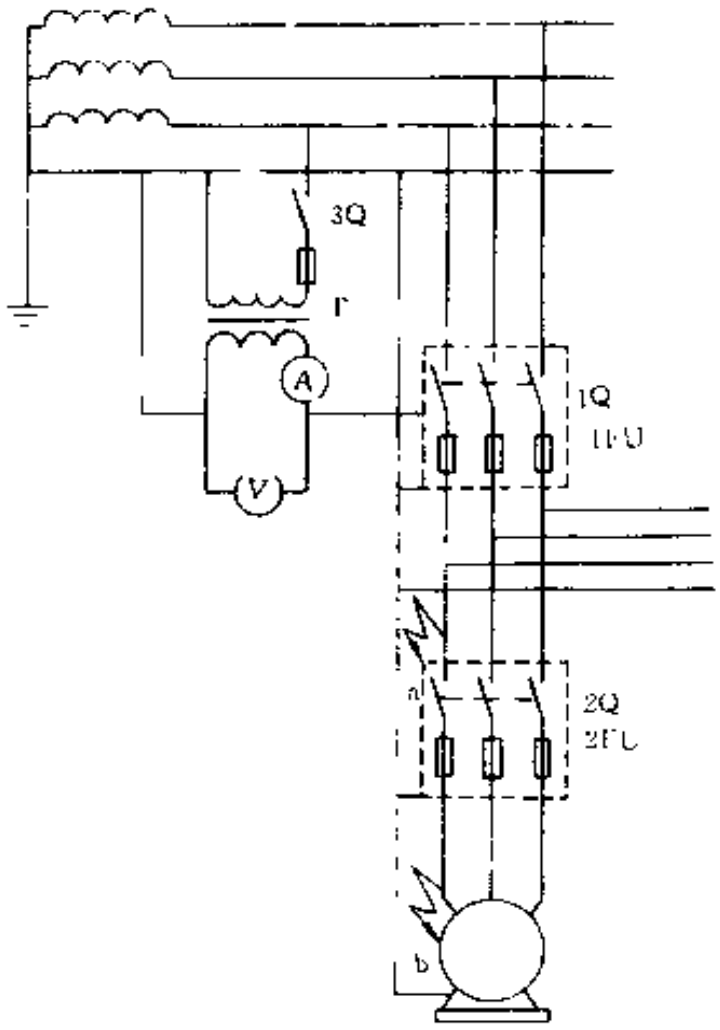


图 11-27　停电测量相零回路阻抗

停电测量相零回路阻抗的线路如图 11-27 所示。测量时，将开关 1Q 断开，以切断电源；将 1Q 以下各开关合上，以接通相线。变压器 T 的原边电压为 220 伏，副边电压为 36 伏（或 12 伏）。副边一端与零线相连，另一端与 1Q

www.plcworld.cn

负载边的一条相线相连。为了校验熔断器 1FU，应在 a 处将相线与零线短路，测量相零回路阻抗；为了校验熔断器 2FU，应在线路末端，即在电动机处(b 处)使相线碰壳短路，测量相零回路阻抗。所测量的阻抗可由电压表读数 U_v 和电流表读数 I_d 直接算出，即

$$Z_{xL}=\frac{U_v}{I_d}$$

按上式求出的阻抗不包括配电变压器的阻抗，计算短路电流时应加上配电变压器的阻抗。为了减小测量误差，应靠近配电变压器进行测量。为了保证测量的安全，测量用变压器 T 应采用双卷变压器。

934. 接地点的土壤电阻率很高怎么办?

当接地点的土壤(如岩石、砂质土壤和长期冰冻的土壤)电阻率很高，又不能利用自然接地体时，为了满足接地电阻的要求，可采取以下措施来降低土壤电阻率。

(1)换土　用电阻率较低的粘土、黑土或砂质粘土替换电阻率较高的土壤，一般换掉接地体上部 1/3 长度、周围 0.5 米以内的土壤(见图 11-28)。换新土后要注意夯实。

(2)深埋　如果接地点的深层土壤电阻率较低，可适当增加接地体的埋设深度，最好埋到有地下水的深处。深埋还可以不考虑土壤冻结和干枯所增加电阻率的影响。

(3)外引接地　通过金属引线将接地体引至附近电阻率较低的土壤或常年不冻的河、塘水中，或者敷设水下接地网，以降低接地电阻。但应注意外引接地装置要避开人行道，以防跨步电压触电。

(4)化学处理　在接地点的土壤中混入炉渣、废碱液、木炭、炭黑、食盐等化学物质，以及采用专用的化学降阻剂，可以

www.plcworld.cn

有效地降低土壤的电阻率。但是，在这种情况下，接地体应采用镀锌材料。

(5)保水　把接地极埋在建筑物的背阳面或比较潮湿的地点；在地下埋有接地极的地面栽种植物；将污水(无腐蚀)引向埋设接地极的地点，接地极采用钢管，每隔 20 厘米钻一个直径 5 毫米的小孔，使水渗入土中。

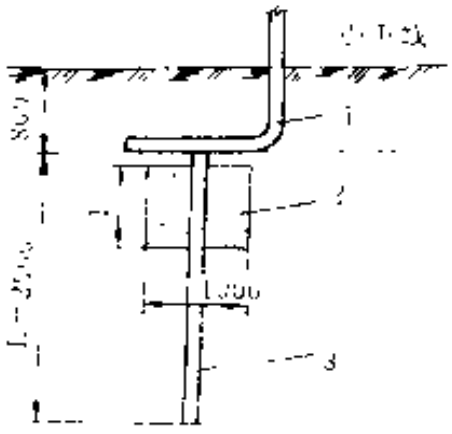


图 11-28　垂直接地体换土

1. 连接扁钢　2. 粘土　3. 钢管

(6)延长　延长接地体或采用其他形式的接地体，增加与土壤的接触面积，以降低接地电阻。

(7)对冻土进行处理　在冬天往接地点的土壤中加泥炭，防止土壤冻结，或者把接地体埋在建筑物的下面。

935. 接地装置出现异常现象怎么办？

在接地装置的运行中，一旦发现下列异常现象，可采取相应措施予以消除：

(1)接地体的接地电阻增大　通常是由于接地体严重锈蚀或接地体与接地干线接触不良引起的。应更换接地体或者拧紧连接处的螺栓或重新施焊。

(2)接地线局部电阻增大　由于连接点或跨接过渡线轻度松散，连接点的接触面存在氧化层或存在污垢，引起电阻增大。应重新拧紧螺栓或清除氧化层和污垢后再紧固连接处。

(3)接地体露出地面　深埋，并填土覆盖和夯实。

(4)遗漏接地或接错位置　在设备维修或更新后重新安装时，因疏忽面把接地线线头漏接或接错位置。应补接好或纠正接线错误。

www.plcworld.cn

(5)接地线有机械损伤、断股或化学腐蚀现象　更换接地线；如果是由于土壤中含有酸、碱杂质引起腐蚀，可加中和剂处理土壤或者更换截面较大的镀锌或镀铜接地线。

(6)连接点松散或脱落　容易出现松脱现象的连接点有：移动式电动工具的接地支线与金属外壳(或插销)的连接处；震动设备的接地线连接处。发现后及时拧紧或重新连接。

936. 什么叫做高层建筑物接地系统的反击放电？怎样预防？

在现代高层建筑物内，上、下水管道，取暖、通风管，电线管和电缆外皮等，都不可避免地会与建筑物的钢筋靠近或接触。因此，高层建筑物的防雷接地、工作接地和保护接地也难以分开，往往相互连在一起。但是，发生雷击时，各点的电位随雷电流通过的先后不同而异，因而彼此靠近的接地体间可能发生放电，这种放电称为反击放电。

为了防止高层建筑物接地系统反击放电，一般可采取以下措施：

(1)高层建筑物的进线，宜采用两端金属外皮都接地的电缆，且电缆直接埋于地下，其长度不应超过 10 米。

(2)沿建筑物纵向高度布置的电线或电缆，宜敷设在有屏蔽的竖井内。竖井构件采用厚度为 3～4 毫米的铁板或钢筋混凝土板制作，各段竖井的接头应连接紧密。

(3)为了提高分流效果和均衡电位，对每一楼层的沉陷缝，至少要在两处用软导线将断开的钢筋连接起来。

(4)装在高层建筑物内的电力设备、电器和照明灯具等宜实行保护接零；电源变压器低压侧的中性点应经过击穿保险器接地。

937. 怎样防止变电所的电子设备受反击放电的危害？

www.plcworld.cn

现代变电所广泛采用晶体管继电保护装置和自动化装置，这些装置往往受到控制电缆的芯线和外皮间的反击放电影响而误动作，甚至被其烧伤。

为了削弱控制电缆的芯线和外皮间的反击放电，以及为了减小流入电缆外皮的雷电流，一般可采取以下措施：

在变电所中，为了固定电缆架，常沿电缆沟预埋一根 40 毫米×4 毫米扁钢，将该扁钢两端与接地网可靠连接，便构成一条接地线。这样，在雷电流传播的过程中，该接地线与电缆外皮之间便有互感和电容的作用，它们之间的耦合，能减小电缆外皮的雷电流。通常，接地线越靠近电缆，耦合效果越好，发生反击放电的过电压越小。如果将多芯全塑电缆的 1～2 根芯线两端接地，则削弱反击放电的效果更好。

938. 怎样对低压未接地电网和高压未接地电网进行绝缘监视？

在低压未接地电网中，一旦发生一相接地故障，其他两相的对地电压可能升高到接近线电压，从而增加绝缘的负担和触电的危险性。此外，由于一相接地的接地电流很小，线路和设备仍能够继续运行，故障可能长时间存在而成为隐患，这对设备和人身安全是很不利的。因此，对低压未接地电网的绝缘应进行监视，并设置声、光双重报警信号。

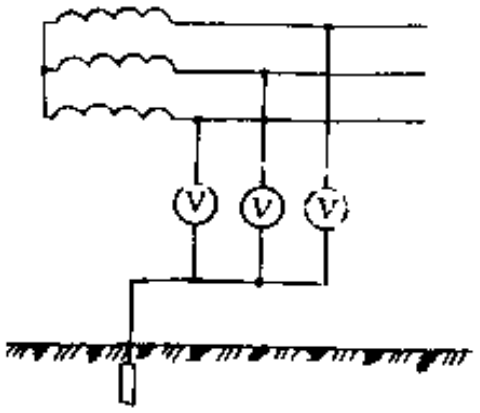


图 11-29　低压未接地电网的绝缘监视

低压不接地电网的绝缘监视，一般使用三只规格相同的电压表来实现（图 11-29）。当电网对地绝缘正常时，三相电压

www.plcworld.cn

平衡，三只电压表指示的电压均为相电压；当某一相接地时，该相电压表的读数便急剧减小，而另两相电压表的读数则显著增加。如果系统未发生接地，而是一相或两相的对地绝缘显著恶化，三只电压表也会给出不同的读数，从而引起运行人员的注意。必须指出，为了不降低系统中保护接地的可靠性，应采用高内阻电压表进行绝缘监视。

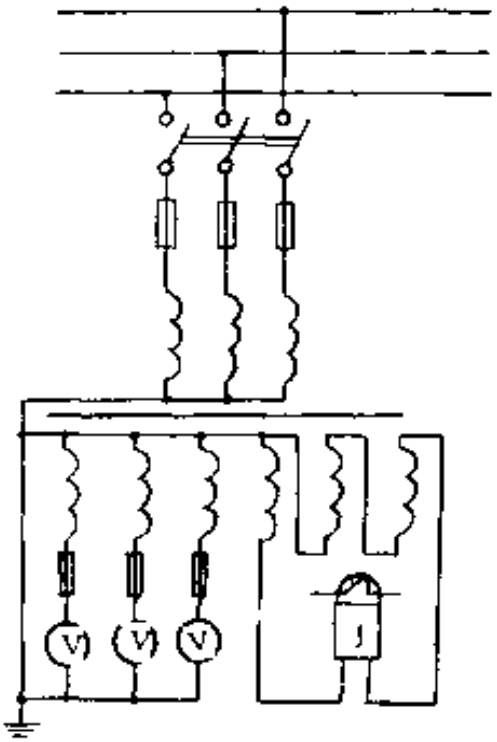


图 11-30　高压未接地电网的绝缘监视

高压未接地电网的绝缘监视，其原理与低压未接地电网的绝缘监视基本相同。通常，监视仪表(器)通过电压互感器与电网连接(图 11-30)。电压互感器有两组低压绕组：一组接成星形，用以连接监视绝缘的电压表；另一组接成开口三角形，开口处接信号继电器。当电网对地绝缘正常时，三相电压平衡，三只电压表的读数相同，三角形开口处的电压为零，信号继电器不动作。如果某一相接地或者一相或两相的对地绝缘显著恶化，三只电压表便给出不同的读数，并且三角形开口处也出现电压，此时信号继电器动作，发出信号，引起运行人员的注意。

939. 怎样使用断路器寻找接地故障？

使用断路器寻找接地故障，应按以下步骤进行：

(1)当接地指示仪表的指针指示一相电压降低，另两相的电压正常时，值班人员应先检查绝缘监视用电压互感器的熔体是否熔断。

www.plcworld.cn

(2)断开分段断路器，以判明接地点在哪一段母线上。此时应注意，在断开分段断路器以前，必须调整好负荷，使分段断路器基本上不通过负荷电流，以免分段后由于某一设备严重过负荷而掉闸。

(3)首先断开绝缘性能较差、防雷性能较弱、路径较长、分支线较多、负荷较轻而重要性又较小的线路。如果线路装有重合闸装置，可用该装置查找接地故障。

(4)配电线路试拉完后，如果接地故障仍然存在，则应检查母线上的电器(如避雷器、电压互感器等)和电源(变压器)，最后用调换备用母线的方法检查母线系统。

(5)进行寻找接地故障的工作(如外部检查、直接用手操作断路器、用钳形电流表测量接地电流等)，应戴橡皮绝缘手套、穿绝缘靴，以防止直接触及接地的金属。

(6)若发现接地故障危及人身和设备的安全，应立即拉闸断开故障线路。通常，厂矿企业变配电所的现场事故处理规程中都明确规定寻找和处理单相接地故障的具体办法，以便一旦发生接地故障，能及时发现，迅速处理。

www.plcworld.cn

十二、电工安全用具

940. 怎样掌握使用电工安全用具的一般原则？

使用电工安全用具，一般应掌握以下原则：

(1)操作高压开关或其他带有传动装置的电器，通常需使用能防止接触电压和跨步电压的辅助安全用具。除这些操作外，任何其他操作均须使用基本安全用具，并同时使用辅助安全用具。辅助安全用具中的绝缘垫、绝缘台、绝缘靴，操作时使用其中的一种即可。

(2)潮湿天气的室外操作，不允许使用无特殊防护装置的绝缘夹。

(3)无特殊防护装置的绝缘杆，不得在下雨或下雪时在室外使用。

(4)使用绝缘手套时，应将上衣袖口套入手套筒口内，并在外面套上一副纱、布或皮革手套，以免胶面受损，但所罩手套的长度不得超过绝缘手套的腕部；穿绝缘靴时应将裤管套入靴筒内；穿绝缘鞋时，裤管不宜长及鞋底外沿，更不得长及地面，同时应保持鞋帮干燥。

(5)安全用具不得任意作为他用，更不能用其他工具代替安全用具。如不能用医疗或化工手套代替绝缘手套；不能用普通防雨胶靴代替绝缘靴；不能用短路法代替临时接地线；不能用不合格的普通绳带代替安全腰带等。

(6)进行高空作业时，应使用合格的登高用具。

(7)使用高压验电器时，应戴绝缘手套并站在绝缘台上。

(8)安全用具每次使用完毕，就擦拭干净，放回原处，防止

www.plcworld.cn

受潮、脏污和损坏。

941. 使用电工安全用具以前，怎样对其进行外观检查？

电工安全用具是直接保护人身安全的，必须保持良好的性能。因此，使用前应对其进行以下外观检查：

(1)安全用具是否符合规程要求。

(2)安全用具是否完好，表面有无损坏和是否清洁；有灰尘的应擦拭干净；损坏的和有炭印的不得使用。

(3)安全用具中的橡胶制品，如橡胶制的绝缘手套、绝缘靴和绝缘垫，不得有外伤、裂纹、漏洞、气泡、毛刺、划痕等缺陷，发现有缺陷的应停止使用并及时更换。

(4)安全用具的瓷元件，如绝缘台的支持瓷瓶有裂纹或破损者不许使用。

(5)检查安全用具的电压等级与模拟操作设备的电压等级是否相符(安全用具的电压等级应等于或高于模拟操作电气设备的电压等级)。

942. 怎样使用高压验电器？

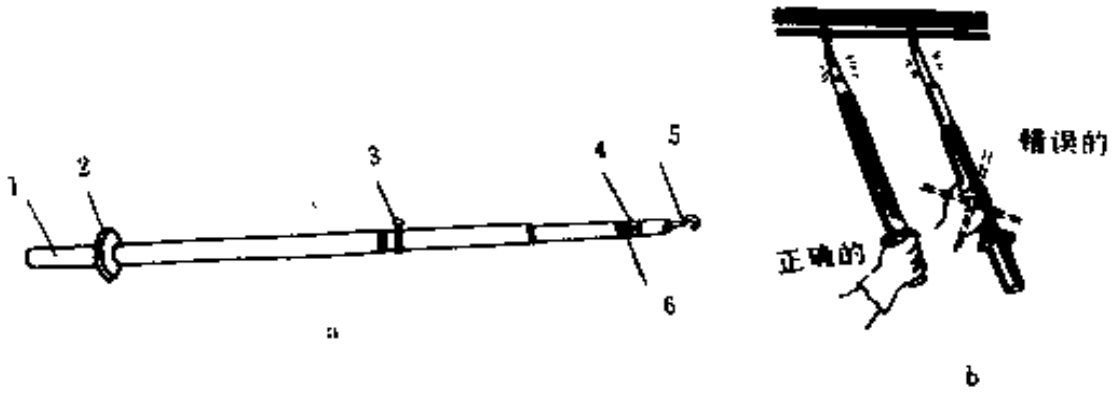


图 12-1　10 千伏高压验电器

a. 验电器外形　b. 验电器操作方法

1. 把柄　2. 护环　3. 紧固螺丝　4. 氖管窗　5. 金属钩　6. 氖管

高压验电器又称高压测电器(图 12-1a)，主要用来测试

www.plcworld.cn

高压线路是否有电。使用时应注意以下事项：

(1)使用前应进行试测，确认验电器良好才可使用。

(2)使用时应手握把柄，严禁超过护环(图 12-1b)，以免发生触电事故。

(3)测试时操作人员必须戴上符合耐压要求的绝缘手套，旁边应有专人监护；人体与带电体应保持足够的安全距离，检测 10 千伏及以下线路时，安全距离应在 0.7 米以上。

(4)检测时应使验电器逐渐靠近被试线路，氖管发亮，说明线路有电；只有氖管不亮，才可直接接触被测线路。

(5)在室外使用高压验电器时，应注意气候情况，在雨、雪、浓雾和湿度较高的日子禁止在室外使用验电器进行测试，以免发生危险。

943. 怎样使高压验电器显示明亮？

高压验电器适用的电压为 1000～10000 伏。但是，用于检验 3 千伏工作电压时，氖灯泡的红光很微弱，在室外看不清楚。如果串联几个无线电用的纸质电容器，氖灯泡就很亮，在阳光下也能清晰地看到红光。改装方法如下：

如图 12-2a 所示，先卸下触头，倒出氖灯泡，在电木棒上钻一段空心，装入电容器，电容器一端与氖灯泡串联，尾端用导线从电木棒中引出与接地端钮连接(图 12-2b 和 12-2c)。

关于串联电容器的个数，可根据线路对地电压和电容器本身的耐压强度来选择，即

$$N>\frac{U_2}{U_c}$$

式中　N 为串联电容器个数；

U_2 为线路对地电压，伏；

U_c 为每个电容器的标称电压，伏。

www.plcworld.cn

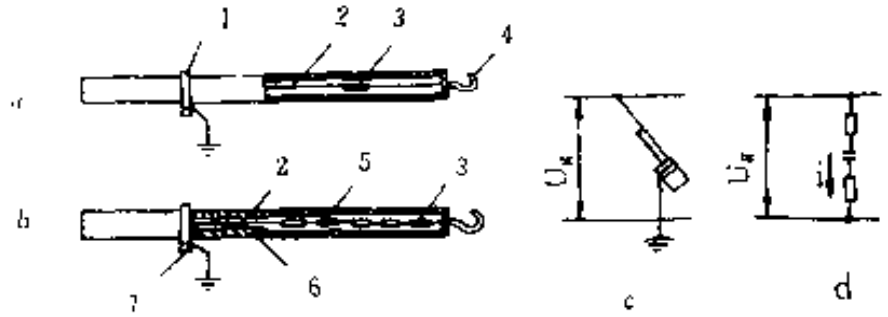


图 12 2　验电器改装图

a. 改装前　b. 改装后　c. 验电器接线示意图　d. 等值电路图

1. 接地金属环　2. 导线　3. 氖灯泡　4. 触头　5. 电容器

6. 电木棒　7. 接地端钮

至于每个电容器的容量，可根据线路电压和氖灯泡的规格来选择，即

$$C=\frac{N}{2\pi f X_c}=\frac{iN}{2\pi f U_2}$$

式中　C 为每个电容器的容量，法；

f 为电压频率，取 50 赫；

i 为流过氖灯泡的电流（根据灯泡规格，一般按 0.3～0.4 毫安计算即很亮），安；

X_c 为总容抗，$X_c=\frac{U_2}{i}$，欧。

由于从等值电路图（图 12-2d）可知流经氖灯泡的电流为

$$i=\frac{U_2}{\sqrt{(r_1+r_2)^2+X_c^2}}$$

式中　r_1 为氖灯泡电阻，起弧后几乎等于零；

r_2 为接地线电阻，与 X_c 比较，若其值很小，可以忽略不计。

因此　$i\approx\frac{U_2}{X_c}$，即 $X_C=\frac{U_2}{i}$

www.plcworld.cn

改装验电器的实例如下：

(1)串联电容器的个数　如果验电器用于测试3300伏线路，则电源系统不接地，对地电压为

$$U_2=3300\ \sqrt{3}=1905\ 伏$$

如果所购买的电容器用于500～600伏直流电压，则用于交流时将直流电压除以$\sqrt{2}$，将电容器当作用于350伏交流电压来看，于是串联电容器的个数为

$$N=1905/350=5.5，串联\ 6\ 个电容器$$

(2)每个电容器的容量　对旧验电器上的氖灯泡进行试验表明，灯泡通过0.3～0.4毫安电流就很亮。因此，以$i=0.4\times10^{-3}$安计算，每个电容器的容量为

$$C=\frac{iN}{2\pi fU_2}=\frac{0.4\times10^{-3}\times6}{314\times1905}=0.004\ 微法$$

944. 低压验电笔(试电笔)怎样分类？使用它能进行哪些测试？

低压验电笔(试电笔)按其结构形式可分为钢笔式和螺钉旋具式两种。使用它除能检验导体是否带电之外，还可进行以下几种测试：

(1)区别相线与零线　在交流电路中，当验电笔触及导线(或带电体)时，使氖管发光的是相线。在正常情况下，验电笔触及零线，氖管是不会发光的。

(2)区别直流电与交流电　交流电流通过验电笔时，氖管的两极同时发光；直流电流通过验电笔时，氖管的两极只有一极发光。

(3)区别电压高低　电工人员凭经常使用验电笔测试的经验，根据氖管发光的强弱可以估计电压的高低。因为在验电笔的使用电压范围内，电压越高，氖管越亮。

www.plcworld.cn

(4)区别直流电的正负极　将验电笔接在直流电的正负极之间，氖管发光的一端为正极。

(5)区别正负极接地　发电厂和电网的直流系统通常是对地绝缘的。电工人员站在地上，用验电笔去触及系统的正极或负极，氖管是不应该发光的。如果发光，则说明系统有接地现象。如果亮点靠近笔尖一端，则是正极有接地现象；如果亮点靠近手指的一端，则是负极有接地现象。如果接地现象微弱，未达到氖管的起辉电压，则虽有接地现象，氖管仍不会发光。

(6)识别相线碰壳　将验电笔触及电动机、变压器等电气设备的外壳，若氖管发光，则说明该设备的相线碰壳(或绝缘不良)。如果外壳接地良好，氖管就不会发光。

(7)识别相线接地　将验电笔触及三相三线制星形接法的交流电路，如果触及其中两根线时氖管稍亮，而触及另一根线时氖管较暗，则说明较暗的相线有接地故障，但接地尚不严重。如果触及两根线时，氖管很亮，而触及另一根线时氖管不亮，则说明该相有接地故障，在三相四线制电路中，当单相接地时，用验电笔测试中性线，氖管也会发光。

(8)如果变压器、电动机等电气设备的各相负荷不平衡，或者内部匝间、相间短路，以及三相交流电路中性点发生位移，用验电笔测量其中性点，氖管就会发光。这说明该设备的各相负荷不平衡，或者内部发生匝间或相间短路。上述现象，只在故障较为严重时，验电笔才能反映出来。因为氖管要在电压达到一定值时才发光。

(9)如果线路接触不良，或者不同电气系统互相干扰　用验电笔触及线路或电气系统的带电体，氖管就会闪烁，这说明线头接触不良或两个不同的电气系统互相干扰。上述情况下

www.plcworld.cn

的氖管闪烁现象，在照明灯光下可以看得很清楚。

945. 怎样正确设置临时遮栏、绝缘隔板和围栏绳？

设置临时遮栏、绝缘隔板和围栏绳的目的是：限制作业人员的活动范围，防止他们接近高压带电部分；检修中安全距离不够时，作为安全隔离装置。临时遮栏一般用干燥的绝缘材料制成，不得用金属材料制作。其高度不得小于 1.7 米，下部边缘离地不应超过 10 厘米。遮栏必须安置牢固稳定，不易倾倒，所在位置不应影响正常工作。在过道和隔离入口等处，可采用栅状遮栏，其高度在室外不应小于 1.5 米，在室内不应小于 1.2 米，遮栏上应悬挂相应的标示牌。

绝缘隔板又称绝缘挡板，一般应具有很好的绝缘性能，它可与 35 千伏及以下的带电部分直接接触，起临时遮栏作用。绝缘隔板也可置于拉开的刀闸动、静触头之间，以防止刀闸自行落下而误送电。装拆绝缘隔板时应与带电部分保持一定距离（符合安全规程的要求），或者使用绝缘工具进行装拆。

围栏绳可采用绝缘良好的尼龙绳或其他绝缘绳，上挂适当数量的小红旗和“止步，高压危险！”标示牌。通常，围栏绳距地面 1 米左右。

946. 怎样正确使用标示牌？

标示牌是一种安全标牌，用绝缘材料制成。标示牌应有明显的标记。其作用是提醒作业人员和有关工作人员不得接近带电部分，指出作业人员的工作地点，提醒他们采取适当的安全措施，或者禁止向有人工作的地点送电。标示牌名称、悬挂地点和式样如表 12-1 所示。

www.plcworld.cn

表 12-1　标示牌名称、悬挂地点和式样

序号	名称	悬挂处所	式样		
			尺寸，毫米	底　色	字　色
1	禁止合闸有人工作！	一经合闸即可送电到施工设备的开关和刀闸操作手柄上	200×100和80×50	白底	红字
2	禁止合闸线路有人工作！	一经合闸即可送电到施工线路的开关和刀闸操作手柄上	200×100和80×50	红底	白字
3	在此工作！	室内和室外工作地点或施工设备上	250×250	绿底，中有直径210毫米的白圆圈	黑字，写于白圆圈中
4	止步，高压危险！	施工地点临近带电设备的遮栏上；室外工作地点的围栏上，禁止通行的通道上；高压试验工作地点，室外构架上工作地点，临近带电设备的横梁上	250×200	白底红边	黑字，有红箭头
5	从此上下！	工作人员上下的铁架、梯子上	250×250	绿底，中有直径210毫米的白圆圈	黑字，写于白圆圈中
6	禁止攀登高压危险！	与工作人员上下的铁架临近的可能上下的另外铁架上，运行中的变压器梯子上	250×200	白底红边	黑字
7	已接地！	看不到接地线的工作设备上	200×100	绿底	黑字

947. 怎样使用梯子进行登高电工作业？

梯子是电工人员进行高空作业的主要安全用具之一，必须用木材或竹料制作。在电工的登高作业中，严禁使用金属梯

www.plcworld.cn

子。木梯或竹梯应坚固可靠，应能够承受作业人员携带必需工具时的重量。梯子分靠梯和人字梯两种（图 12-3a 和图 12-3b），使用中应注意以下事项：

（1）使用靠梯时，梯脚与墙壁之间的距离不得小于梯长的 1/4，梯子放置的斜角应为 60°～75°，以免梯倒伤人。

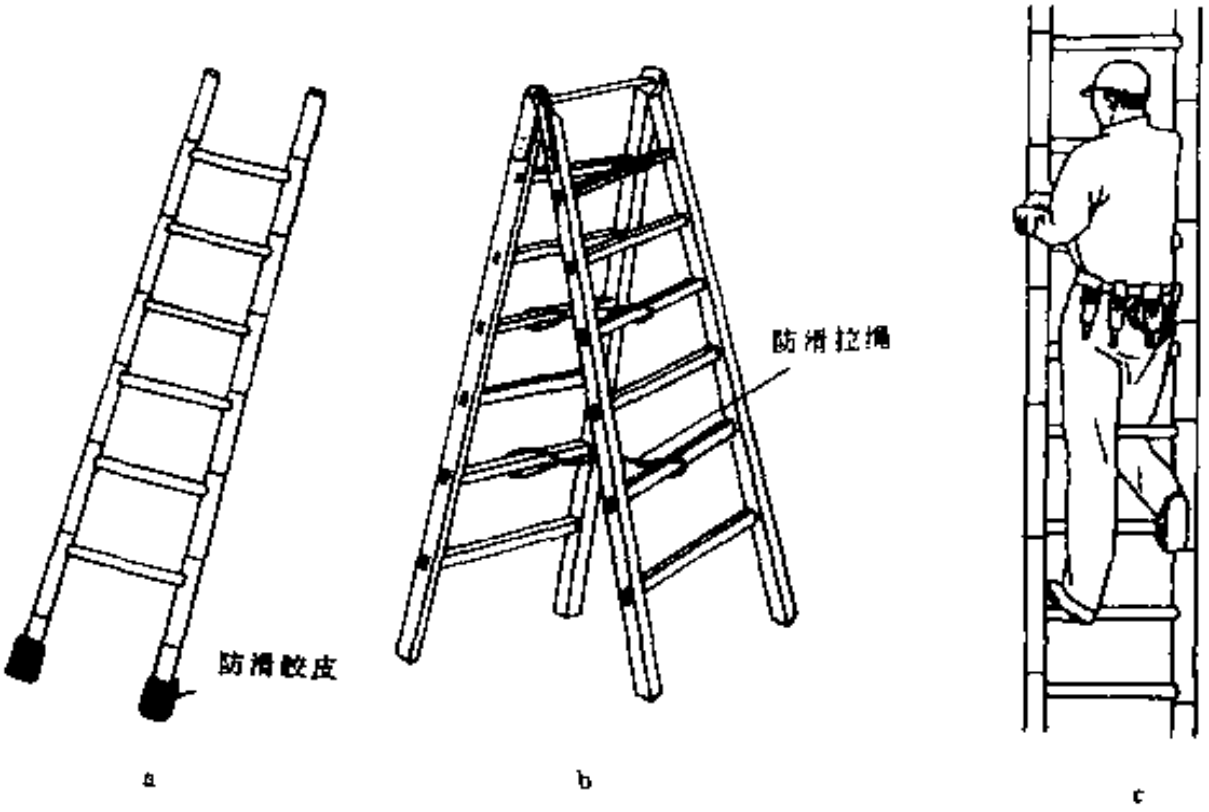


图 12-3　电工用梯

a. 靠梯　b. 人字梯　c. 在靠梯上作业的站立姿势

（2）使用人字梯时，其开脚度不得大于梯长的 1/2，两侧应加拉链或拉绳，以限制开脚度。

（3）在人字梯上进行作业时，切不可采取骑马的方式站立，以防人字梯两脚自动分开而造成严重工伤事故。

（4）在光滑坚硬的地面上使用梯子登高作业时，应在梯脚上加胶套；在泥土地面上使用梯子时，梯脚上应加铁尖。

（5）不得将梯子架在不稳固的支持物（如箱、桶、平板车

www.plcworld.cn

等)上进行登高作业。

(6)在梯子上工作时,梯顶一般不应低于作业人员的腰部。严禁站在梯子的最高处或最上面一、二级横档上工作。

(7)当靠电杆使用梯子时,应将梯子上端绑牢。

(8)在梯子上进行作业时,为了扩大作业的活动幅度和保证不致因用力过度而站立不稳,应一脚站在梯面上,另一脚伸过横档再弯回站立(图 12-3c)。

当上述要求不能满足时,一般设专人手扶梯子。

948. 怎样使用安全带?

安全带又称安全腰带(简称腰带),用来系挂保险绳、腰绳和吊物绳,是高空作业防坠落的安全用具,由皮革、帆布或化纤材料制成。安全带由大小两根带子组成,大的系在电杆或其他牢固的构件上,起防坠落作用;小的系在作业人员腰部偏下作束紧用(图 12-4)。安全带必须是一整根,其宽度为 40～50 毫米,护腰带宽度不得小于 80 毫米,金属钩应有保险装置。使用安全带应注意:

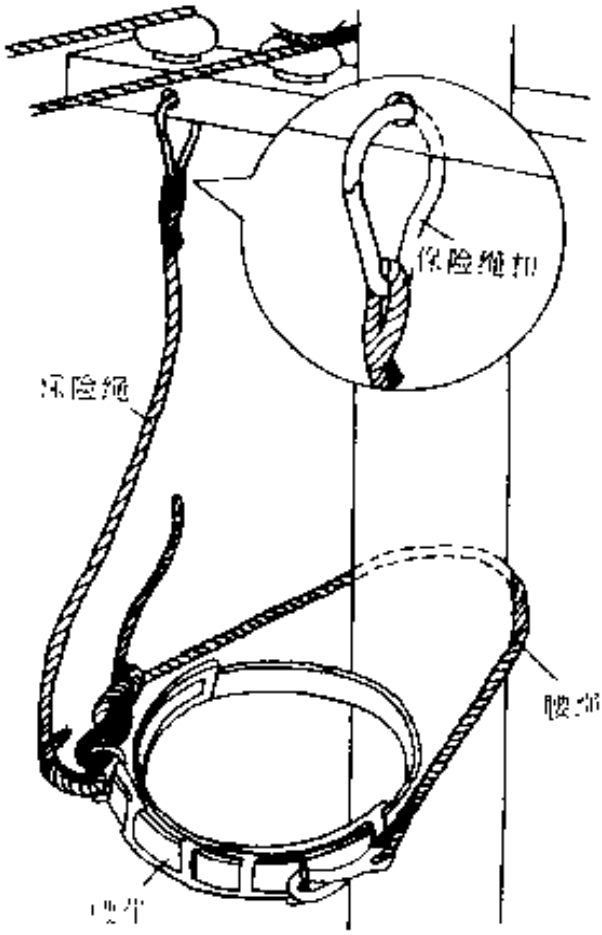


图 12-4 安全带使用示意图

(1)使用前应检查安全钩环是否齐全,保险装置是否可靠,大小带有无老化、脆裂、腐朽等现象。若发现有破损、变质等情况,严禁使用。

(2)大带静拉力不应超过 225 公斤,小带静拉力不应超过

www.plcworld.cn

150 公斤。

(3)安全带应高挂低用或平行拴挂,严禁低挂高用。

(4)使用安全带时,只有勾好安全钩环,上好保险装置,才可探身或后仰;转位时不应失去安全带的保护。

(5)安全带不应系在杆尖、戗板和要撤换的部件上,而应系在电杆上合适、可靠的部位。

(6)安全带可放入低温水中用肥皂轻轻擦洗后,再用清水漂干净,晾干,不许浸入热水中以及在日光下曝晒或用火烤。

949. 怎样使用登杆踏板?

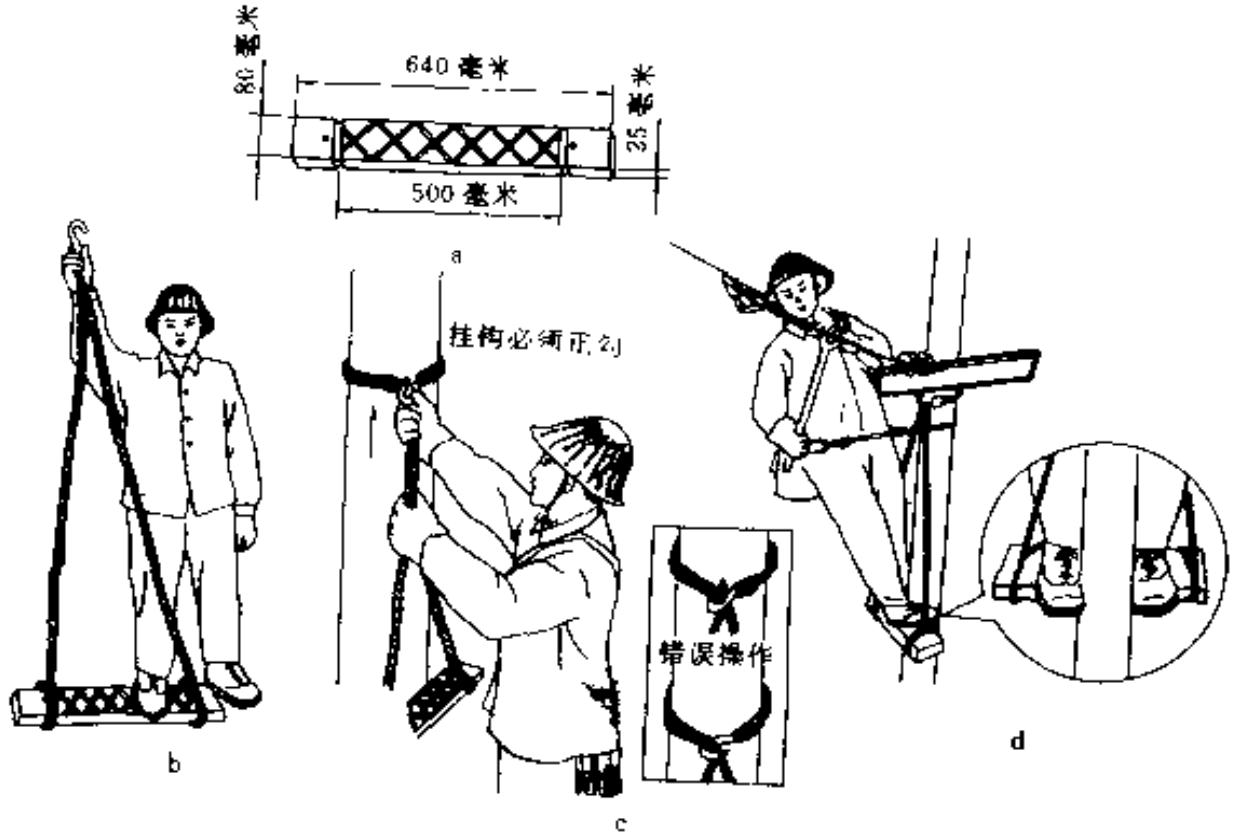


图 12-5 踏板

a. 踏板规格 b. 踏板绳长度 c. 挂钩方法 d. 在踏板上作业的站立姿势

踏板又称蹬板或三角板。踏板由板、绳索和挂钩等组成。板是用质地坚韧的木材制成,规格如图 12-5a 所示;绳索一般采用 16 毫米三股白棕绳,绳两端系结在踏板两头的扎结槽内,顶端装上铁制挂钩,系结后绳长应保持操作者身高加一手

www.plcworld.cn

长的长度(图 12-5b)。踏板和白棕绳均应能够承受 300 公斤重量,每半年进行一次载荷试验。使用踏板时应注意:

(1)登杆前应检查踏板是否断裂或腐朽,绳索是否断股。

(2)踏板挂钩时必须正勾,切勿反勾,以免造成脱钩事故(图 12-5c)。

(3)登杆前先将踏板钩挂好,用人体作冲击载荷试验,检查踏板是否合格,同时对腰带也用人体进行冲击载荷试验。

(4)在杆上进行操作时,为保持人体平稳,不使踏板摇晃,在踏板上站立要用两脚内侧夹靠电杆(图 12-5d)。

950. 怎样使用脚扣?

脚扣又称铁扣或铁脚,也是攀登电杆的工具,分木杆脚扣

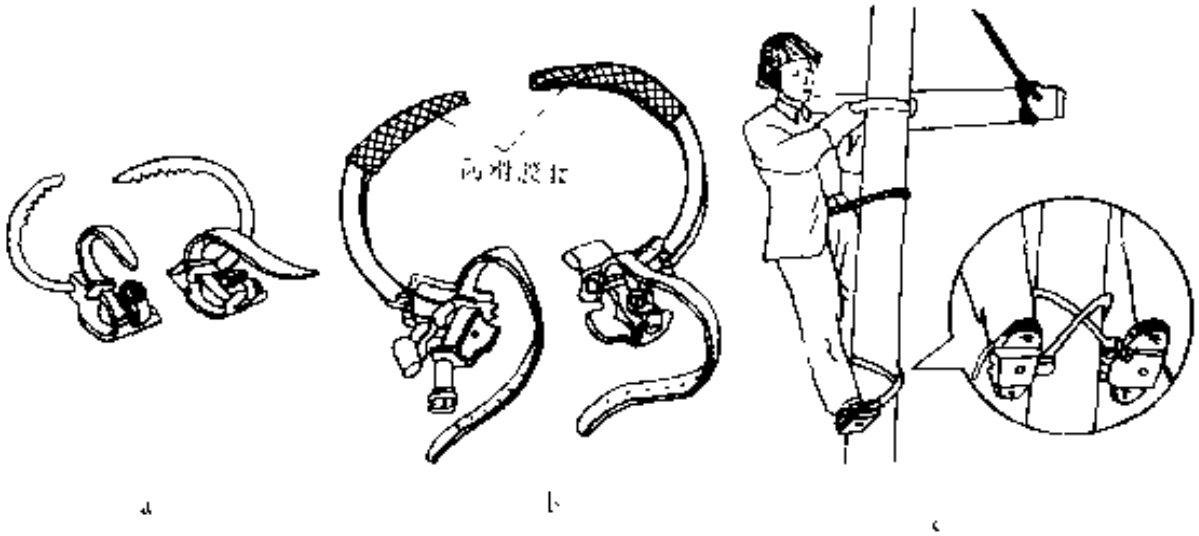


图 12-6 脚扣

a. 木杆脚扣 b. 水泥杆脚扣 c. 脚扣定位

和水泥杆脚扣两种。脚扣的主要部分用钢制成。木杆脚扣(图 12-6a)的半圆形环上及其根部,均有向环内凸出的小齿,以刺入木杆(起防滑作用)。水泥杆脚扣(图 12-6b)的半圆形环上及其根部,装有橡胶管或橡胶垫(也起防滑作用)。脚扣有大小号之分,以适应登粗细电杆的需要。使用脚扣登杆速度较快,容易掌握登杆方法,但在杆上进行作业时,没有踏板灵活舒

www.plcworld.cn

适，操作人员容易疲劳。使用脚扣应注意以下事项：

(1)脚扣的大小应与电杆的直径相适应。使用前应检查脚扣是否变形，焊接处是否开焊，活动部位是否灵活可靠。

(2)使用橡胶脚扣登杆时，应检查橡皮层是否断裂、脱落、离骨或有无严重磨损等现象。

(3)脚扣带应完整、坚固，无裂纹、腐朽等现象；如果脚扣带损坏，不得用绳子或电线代替。

(4)严禁用木杆脚扣登水泥杆，但是水泥杆脚扣可用于登木杆。

(5)上、下杆的每一步，必须使脚扣环完全套入，并可靠地扣住电杆，才可移动身体。否则，容易发生事故。

(6)为了保持杆上作业时身体平稳，两只脚扣应按图 12 6c 所示方法定位后，才可进行工作。

951. 怎样试验高压验电器？

高压验电器一般每 6 个月试验一次。试验前应仔细检查其绝缘部分和氖灯的玻璃罩是否完好。进行工频交流耐压试验时，在验电器的接触端与电容器之间加工频电压 25 千伏，持续 1 分钟。若无闪络放电现象，验电器即为合格。验电器的支持部分，即支持器(包括绝缘部分、手握部分及两部分之间的隔离环)应单独进行试验，试验时在电容器与隔离环之间加电压。加压过程中若无闪络放电现象，则支持部分亦合格。

此外，对高压验电器每 6 个月还要进行一次发光电压试验。试验方法和要求如下：首先将验电器的接触端接在电压变动较小的试验变压器的一端，变压器的另一端接地；然后使变压器缓慢升压，当氖灯开始放电，氖光逐渐清晰并稳定时，电压表的示值即为验电器的发光电压。此项试验应重复三次，以获得较准确的数值。发光电压一般不应高于额定电压的

www.plcworld.cn

25%。

952. 怎样使用和试验绝缘垫？

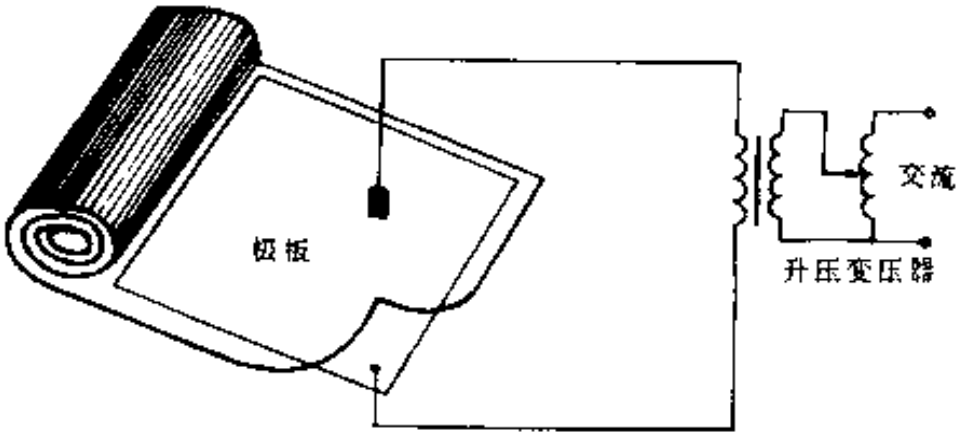


图 12-7　绝缘垫试验接线图

绝缘垫又叫绝缘毯，是用于对地绝缘的辅助安全用具，用特种橡胶制作，其厚度有 4、6、8、10、12 毫米五种，宽度为 1 米，长度为 5 米（也可按需要裁剪）。绝缘垫不得与酸、碱、盐类物质及其他化学物品和各种油脂接触，以免橡胶老化龟裂或变粘而降低绝缘性能。此外，也不得与热源直接接触，或置于日光下曝晒，以免老化变质，绝缘性能变差。

绝缘垫一般每两年试验一次，试验电压和试验时间参照有关规程的规定。试验接线如图 12-7 所示。试验前，将绝缘垫划分为若干块，试了一块再试相邻的一块，直到全部试完为止。试验时，先在绝缘垫上下铺以湿布（湿布面积与极板面积相同），再在湿布上、下面铺好极板（极板宽度比绝缘垫宽度小 10～15 厘米），中间不应有空隙，然后加压试验。

953. 怎样使用和试验绝缘站台？

绝缘站台是带电作业用的辅助安全用具，由台面和台脚组成。台面用干燥的、浸过绝缘漆的木板或木条制作，台脚为绝缘瓷瓶，台面最小尺寸为 0.8 米×0.8 米。为了便于移动和清扫检查，台面尺寸一般不宜超过 1.5 米×1.0 米。台面条板

www.plcworld.cn

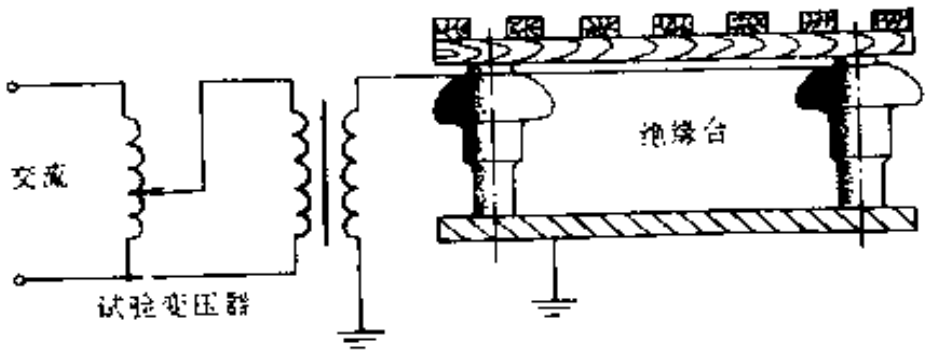


图 12-8　绝缘站台试验接线图

间的距离不得大于 2.5 厘米，以免鞋跟陷入条板间隙中。台面边缘不得伸出支持瓷瓶边缘外，以免站立时站台倾倒。瓷瓶高度一般不宜小于 10 厘米。使用时，将绝缘站台置于干燥的地点，以免降低绝缘性能。绝缘站台一般每三年试验一次（整体试验），试验电压为 40 千伏，试验时间为 3 分钟，试验接线如图 12-8 所示。试验过程中如果出现跳火花现象，或者试验后用手触摸瓷瓶烫手，均视为不合格。

954. 怎样试验绝缘手套和绝缘靴（鞋）？

试验绝缘手套以前，应对其外部进行检查，确认手套清洁、干燥，无破漏或严重的磨损。若发现手套有漏气现象，则表明该手套有砂眼，不能使用。

对绝缘手套进行交流耐压试验时，以自来水作为电极，将手套装满水并浸入水中，使手套内外水面距离套口边缘 5 厘米左右，此时要注意套口这一部分不要被水沾湿。试验高压引线的一极接于被试手套内部的水中，另一极经串接毫安表接在手套外部的盛水槽（水槽应接地）中，测量泄漏电流。试验中若毫安表指针无异常摆动，指示值不超过规定的最大允许泄漏电流，则认为该手套合格；否则，则认为不合格。

绝缘靴（鞋）的外观检查和试验方法与绝缘手套相同。

www.plcworld.cn

十三、电气防火、防爆和防雷

955. 怎样划分火灾危险场所和爆炸危险场所的等级？

火灾危险场所，按其危险程度可分为三级区域：

21 区　在生产过程中，产生、使用、加工、贮存或转运闪点高于场所环境温度的可燃液体，并且在数量和配置上能引起火灾的场所。

22 区　在生产过程中，悬浮状、堆积状的可燃粉尘或可燃纤维，虽不可能形成爆炸性混合物，但在数量和配置上能引起火灾的场所。

23 区　存在固体状可燃物质，并且在数量和配置上能引起火灾的场所。

爆炸危险场所，按爆炸物质的物态，可分为气体爆炸危险场所和粉尘爆炸危险场所两类。

根据发生爆炸危险的可能性和后果，按爆炸物质出现的频度、持续时间和危险程度的不同，可将爆炸危险场所划分为不同的等级和区域。

(1)气体爆炸危险场所的区域等级划分如下：

0 区　在正常情况下，爆炸性气体混合物连续地、短时间频繁地出现或长时间存在的场所。

1 区　正常情况爆炸性气体混合物可能出现的场所。

2 区　在正常情况下，爆炸性气体混合物不能出现，而在不正常情况下，偶尔短时间出现的场所。

(2)粉尘爆炸危险场所的区域等级划分如下：

10 区　在正常情况下，爆炸性粉尘或易燃纤维与空气的

www.plcworld.cn

混合物，可能连续地、短时间频繁地出现或长时间存在的场所。

11区　正常情况爆炸性粉尘或易燃纤维与空气的混合物不能出现，而在不正常情况下，偶尔短时间出现的场所。

上述正常情况，是指设备的正常起动和停止、正常运行和维修；不正常情况，是指有可能发生设备故障或误操作。

956. 怎样区别爆炸危险场所和火灾危险场所的新旧等级？

爆炸危险场所和火灾危险场所原分类(旧的)级别是按气体爆炸危险、粉尘爆炸危险、火灾危险三类八级划分的，即

气体爆炸危险场所分三级：Q-1、Q-2、Q-3。

粉尘爆炸危险场所分两级：G-1、G-2。

火灾危险场所分三级：H-1、H-2、H-3。

新的区域等级划分也分八个区，即

气体爆炸危险场所分三区：0区、1区、2区。

粉尘爆炸危险场所分两区：10区、11区。

火灾危险场所分三区：21区、22区、23区。

新旧分类分区标准，对粉尘爆炸危险场所和火灾危险场所的划分，基本上是相同的，其对应关系如下：

G-1—10区　　G-2—11区

H-1—21区　　H-2—22区　　H-3—23区

只有气体爆炸危险场所与原来旧的分类有所不同。原来的Q-1级是指在正常情况下能形成爆炸性气体混合物的场所，新的分区中的0区则是指在正常情况下，爆炸性气体混合物连续地、短时间频繁地出现或长时间存在的场所。而在正常情况下有可能出现爆炸性气体混合物的场所，则列入1区。

此外，原来旧的分类中，Q-2级是指在正常情况下不能形

www.plcworld.cn

成，但在不正常情况下则可能形成爆炸性气体混合物的场所，与新的分区中的 2 区有些相似，但 2 区是指在不正常情况下，偶尔短时间出现爆炸性气体混合物的场所。

新旧分类分区，其对应关系可用表 13-1 来说明。

表 13-1　新旧分类分区的对应关系

原分类级别	Q-1	Q-2	Q-3
新分区等级	0 区	1 区	2 区

即缩小了 0 区范围，1 区跨越了 Q 1 和 Q 2 两个级别，2 区跨越了 Q-2 和 Q-3 两个级别。

957. 怎样掌握电气防火和防爆的一般原则？

电气防火和防爆的一般原则是：

(1)排除可燃易爆物质：①保持良好通风，加速空气流通和交换。一方面，可以有效地排除现场可燃易爆的气体、蒸汽、粉尘和纤维，或者把它们的浓度降低到不致引起火灾和爆炸的限度之内。另一方面，有利于降低环境温度；②加强密封，减少可燃易爆物质的来源。可燃易爆物质的生产设备、贮存容器，以及管道接头和阀门等应严密封闭，并且应经常巡视检测，防止可燃易爆物质跑、冒、滴、漏。

(2)排除电气火源：①正常运行时产生火花、电弧和危险高温的电气装置，应装在有爆炸和火灾危险场所之外；②在有爆炸和火灾危险场所内，尽量不用或少用携带式电气设备；③有爆炸和火灾危险的场所，应根据该危险场所的等级来合理选择相应种类的电气设备；④有爆炸和火灾危险场所内的电力线路，其导线应采用铜芯绝缘线，导线连接应牢固可靠，线路电压不得低于额定电压；⑤在有爆炸危险的场所内，工作零线的绝缘等级应与相线相同，并且二者应在同一护套或管子

www.plcworld.cn

内。绝缘导线应敷设在钢管内，严禁敷设明线；⑥在有火灾危险的场所内，应采用无延燃性外被层的电缆或无延燃性护套的绝缘导线，导线应穿在钢管或硬塑料管中明敷或暗敷；⑦线路和电气设备的布置，应避免受机械损伤，并应防尘、防潮、防腐蚀和防日晒；⑧正确选用信号、保护装置，并合理整定，以保证在线路、设备严重过负荷或发生故障时，准确、及时、可靠地将其切除，或者发出报警信号，以便迅速处理；⑨突然停电有可能引起电气火灾和爆炸的场所，应由两路及两路以上的电源供电，两路电源之间应能自动切换；⑩有爆炸和火灾危险场所的电气设备的金属外壳应可靠接地（或接零），以便发生碰壳接地短路时能迅速切断电源，防止短路电流长时间通过设备而产生高温高热。

958. 防爆电气设备怎样分类？

防爆电气设备有以下几种类型：

（1）隔爆型（d） 具有隔离外壳的电气设备，能把点燃爆炸性混合物的部件封闭在一个外壳内。该外壳能承受内部爆炸性混合物的爆炸压力并阻止其向周围爆炸性混合物传爆。

（2）增安型（e） 在正常运行条件下，不会产生点燃爆炸性混合物的火花或危险温度，并在结构上采取措施，提高其安全程度，以避免在正常运行条件下和规定的过载条件下出现点燃爆炸性混合物的火花或危险温度。

（3）本质安全型（i_a、i_b） 在正常运行情况下或标准试验条件下所产生的火花或热效应，均不能点燃爆炸性混合物。

（4）通风充气型或正压型（p） 具有保护外壳，且壳内充有保护气体，其压力保持高于周围爆炸性混合物气体的压力，以避免外部爆炸性混合物进入外壳内部。

（5）充油型（o） 全部或某些带电部件浸在油中，使之不

www.plcworld.cn

能点燃油面以上或外壳周围的爆炸性混合物。

(6)充砂型(q)　外壳内充填细颗粒材料，以便在规定使用条件下，外壳内产生的电弧、火焰传播，壳壁或颗粒材料表面的过热温度，均不能点燃周围的爆炸性混合物。

(7)防爆特殊型(s)　采用国标 GB3836-83《爆炸性环境用防爆电气设备》未包括的防爆型电气设备或部件时，由主管部门制订暂行规定，送劳动人事部备案，并经指定的鉴定单位检验后，按防爆特殊型电气设备处置。

(8)粉尘防爆型　为了防止爆炸性粉尘进入设备内部，外壳的接合面应紧固严密，并加封垫圈，转动轴与轴孔间要加防尘密封。粉尘沉积有增温引燃作用，所以要求设备的外壳表面光滑、无裂缝、无凹坑或沟槽，并且有足够的强度。

(9)无火花型(n)　在正常运行时，不会出现火花，电弧和高温表面的电气设备，适用于 2 区。

为了便于区别防爆电气设备的新旧类型名称和标志，列出对照表 13-2。

表 13-2　防爆电气设备的新旧类型名称和标志

类型名称		标志		
旧	新	工厂用		煤矿用
		旧	新	
防爆安全型	增安型	A	e	KA
隔爆型	隔爆型	B	d	KB
防爆充油型	充油型	C	o	KC
	充砂型		q	
防爆、通风、充气型	通风充气型	F	p	KF
安全火花型	本质安全型	H	i	KH
	无火花型		n	
防爆特殊型	特殊型	T	s	KT

www.plcworld.cn

959. 防爆电气设备怎样选型?

防爆电气设备的选型,应根据爆炸危险区域等级及爆炸危险物质的类别、级别和组别来确定(参照表 13-3 和表 13-4)。防爆电气设备的类型、级别和组别一般都标在其外壳上。

表 13-3 气体爆炸危险场所防爆电气设备的选型

爆炸危险区域	适用的防爆电气设备类型	设备标志
0 区	1. 本质安全型(ia 级) 2. 专门为 0 区设计的其他电气设备(特殊型)	ia s
1 区	1. 适用于 0 区的类型 2. 隔爆型 3. 增安型 4. 本质安全型(ib 级) 5. 充油型 6. 正压型 7. 充砂型 8. 专门为 1 区设计的其他电气设备(特殊型)	 d e ib o p q s
2 区	1. 所有适用于 0 区和 1 区的类型 2. 无火花型	 n

表 13-4 粉尘爆炸危险场所防爆电气设备的选型

电气设备 \ 场所区域等级 / 防爆结构		10 区			11 区			
		隔爆(粉尘)	正压	充油	正压	防尘	IP65	IP54
变压器		○	○	○		○		
配电装置		○	○					
电动机	鼠笼式	○	○					○
	带电刷	○	○		○			○
电器和仪表	固定安装	○	○	○			○	
	移动式	○	○				○	
	携带式	○					○	
照明灯具		○				○		

www.plcworld.cn

注：1. 符号○表示适用。

2. IP65 和 IP54 为国标 GB1498-79 规定的防护等级。

960. 火灾危险场所的电气设备怎样选型？

火灾危险场所使用的电气设备，可根据国标 GBJ58—83《爆炸和火灾危险场所电力装置设计规范》选型，见表 13-5。

表 13-5　火灾危险场所电气设备的选型

设备种类 \ 场所等级		21 区	22 区	23 区
电机	固定安装	防滴式(IPX4 型)①	封闭式(IP5X 型)	防滴式(IPX1 型)②
	移动式和携带式	封闭式(IP5X 型)		封闭式(IP5X 型)
电器和仪表	固定安装	充油型、防水型(IPX6 型)、防尘型(IP6X 型)、保护型(IP4X 型)③		开启型(IP2X 型)
	移动式和携带式	防水型(IPX6 型) 防尘型(IP6X 型)		保护型(IP4X 型)
照明灯具	固定安装	保护型	防尘型⑤	开启型
	移动式和携带式④	防尘型		保护型
配电装置		防尘型		保护型
接线盒				

注：①21 区内，IPX4 型电机正常运行时有火花的部件(如滑环)，应装在全封闭的罩内。

②23 区内，不应采用正常运行时有火花的 IPX1 型电机(如带滑环的电机)，最低应选用 IPX4 型。

③21 区内，固定的电器和仪表，在正常运行下有火花时，不宜选用 IP4X 型。

④照明灯具的玻璃罩，应有金属网保护。

⑤22 区火灾危险场所，介质为可燃纤维时，固定安装的照明灯具，可选用普通荧光灯。

961. 在爆炸危险场所怎样合理使用电气安全装置？

www.plcworld.cn

在爆炸危险场所，除了将电气设备可靠接地（接零）之外，还应充分利用各种保护装置和监测、报警装置，以便从技术上完善防爆措施。例如：

（1）应装设短路、过负荷等保护装置。当采用过电流保护时，保护装置的动作整定值应尽量小些。在0区、1区、10区各爆炸危险区域内，单相线路上应安装双极开关，以便同时断开相线和零线。

（2）为了防止突然停电，爆炸危险场所应由双电源供电，并安装自动投入的联锁装置。

（3）装有机械通风装置的爆炸危险场所，在通风机械与电气设备之间应有联锁装置。当起动设备时，应先起动通风机械；当停用设备时，应后停通风机械。

（4）应安装爆炸性混合物浓度检测仪，以便及时发出信号，采取应急措施。

（5）必要时可装设漏电保护器，当漏电电流超过动作电流时，它便迅速切断电源。

962. 怎样拆装防爆电动机？

防爆电动机的拆装，除应符合普通电动机的拆装要求外，还应注意以下几点：

（1）防爆电动机之所以具有防爆性能，是因为它的所有电气部件都装在防爆外壳内，所以连接防爆外壳的紧固螺栓不得短缺，拧入深度应为螺栓直径的1.25～1.5倍，每个螺栓应有弹簧垫圈，以防止自行松脱。

（2）拆装电动机时，电机的隔爆面不得损坏；装配时隔爆面应涂以工业凡士林或磷化膏等，严禁涂刷其他油漆。

（3）装配前，应根据964问“怎样处理损伤或锈蚀的防爆面？”中所列标准来检查隔爆面是否符合要求。

www.plcworld.cn

(4)电动机出线盒内的电缆直径应与橡皮垫的孔径相同，接线时应将电缆入口处密封。

(5)防爆电动机组装后，用手盘动转子部分，转子应转动灵活，无摩擦现象。

963. 怎样掌握防爆电气设备的检修要点？

防爆电气设备的检修，除必须达到一般电气设备的检修质量标准之外，还必须注意以下几点：

(1)隔爆结合面应无锈蚀和油漆，其粗糙度不低于▽，操纵杆的粗糙度不低于▽。

(2)隔爆结合面的间隙不应超出表 13-6 所列值。

表 13-6 隔爆结合面的间隙允许值 毫米

隔爆面装配方式	结合面的间隙
不动的平面对口结合面，用螺栓固定	不大于 0.2
操纵轴和轴孔	直径差不大于 0.3
插座内壁与插头接触面	直径差不大于 0.6
转盖式结合面	直径差不大于 0.5
电动机轴和孔	直径差不大于 0.6

(3)隔爆结合面的允许最小宽度应符合表 13-7 所列值。

表 13-7 隔爆结合面的允许最小宽度

外壳净容积，升	对口结合面宽度，毫米	操纵杆或主轴结合面长度，隔爆结合面允许的最小有效长度，毫米	隔爆结合面边缘至螺杆边缘允许的最小有效长度毫米
0.1 以下	5	5	5
0.1～0.5	8	10(15)	6
0.5～2.0	15	15	10
2.0 以上	25	25	10

注：1. 括弧中的数字适用于滑动轴承。

2. 电动机轴穿过外壳时，轴与轴孔结合面的长度不应小于 25 毫米，转盖式(或插盖)隔爆结合面允许的最小有效长度(L)，无论容积大小如何，均不得小于 25 毫米。

www.plcworld.cn

(4)防爆外壳上的螺栓护圈必须完整无损，各部螺栓和弹簧垫圈应齐全并拧紧，开关应灵活，防爆面无锈蚀、无伤痕。

(5)操作机构和闭锁装置必须灵活可靠。

(6)导电部分的螺栓要安装牢固，接触良好，不得松动。

(7)充油型防爆电器的油面应在规定范围以内。

(8)电缆进线装置的封端应严密；不用的进线孔应使用厚度在 2 毫米以上的钢板封堵。

964. 怎样处理损伤或锈蚀的防爆面？

防爆电气设备的防爆面如果损伤或锈蚀，应严格按照防爆电气设备的防爆面修补规程进行处理，处理的要求如下：

(1)若发现防爆面有锈斑，应清除干净。

(2)若防爆面上出现砂眼和伤痕，应进行清整，清整后应符合表 13-8 和表 13-9 所列标准。

(3)检查防爆结合面时，若发现有较大的砂眼、毛面或机械性损伤等缺陷，可用以下方法予以消除：①如果是钢制件，可用锡、铅焊料(含锡量 60%以上)修补；②如果是铸件，可用钢焊料修补。

(4)损伤部位的凸起部分或毛刺应研磨平整，使其具有原防爆面的质量，粗糙度应达到▽。

(5)若防爆面损伤的面积较大，难以修复，则应予以更换。否则，不许用于爆炸危险场所。

表 13-8　防爆面上的砂眼检查标准

防爆面长度 L，毫米	局部出现的砂眼		
	直径，毫米	深度，毫米	数量，个/厘米²
10～40	<1	<2	L=10～15 时不超过 2 个 L=25～40 时不超过 5 个

www.plcworld.cn

表 13 9　防爆面上的机械伤痕检查标准

防爆面长度 L 毫米	机械伤痕深度和宽度 毫米	无伤防爆面的有效长度 L'，毫米	
		有螺孔的防爆面	无螺孔的防爆面
10 15 25 40	＞0.5	$L'>\frac{2}{3}L_1$	L'＞2/3×10 L'＞2/3×15 L'＞2/3×25 L'＞2/3×40

注：L_1 指螺孔边缘至防爆面内边缘的最短有效长度；L'指无伤防爆面的有效长度，其值为几段无伤痕部分的有效长度相加之和。

965. 怎样防止电缆发生火灾？电缆一旦着火怎样扑灭？

通常，采取以下措施来防止电缆发生火灾：

（1）将所有穿越墙壁、楼板和电缆沟道而进入控制室、电缆夹层、控制柜和仪表盘等处的电缆孔洞予以严密封堵（图 13-1）；在较长的电缆隧道中及其分岔道口设置防火墙和隔火门；在正常情况下，将电缆沟或洞口的门予以关闭。这样，一旦电缆着火，可以隔离或限制燃烧范围，防止火势蔓延。但在电缆沟（或电缆）温度过高的情况下，应注意通风。

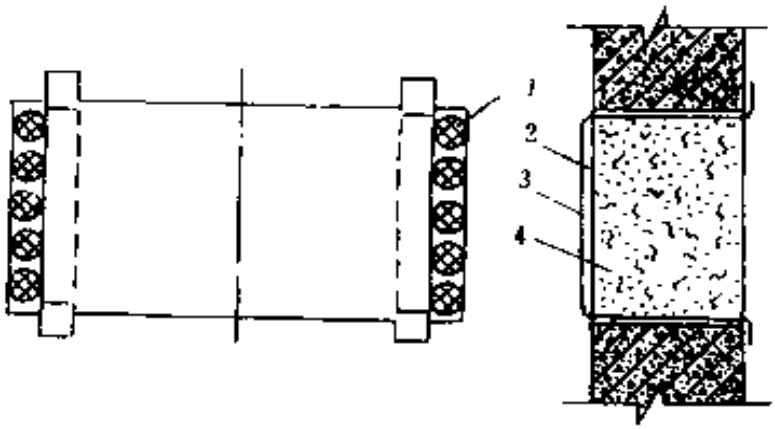


图 13-1　电缆孔洞封堵结构图

1. 电缆　2. 平板　3. 弓形支架　4. 密封填料

（2）主控制室电缆层的竖井、天桥下的电缆廊道端部竖井以及底部入口处，都予以严密封闭。此外，竖井上端穿越楼板等处的所有孔洞，也应全部严密封堵。

www.plcworld.cn

(3)电缆敷设在敞开的沟中时,沟上面应使用盖板盖好,盖板应完整、坚固。此时电缆表面的黄麻层应剥掉,以便万一着火时减小火灾扩大的危险。

(4)在电缆沟附近明火作业时,应防止火种进入沟内。

(5)电缆沟内应保持清洁,随时清除积水和积油,沟内不得存放垃圾和杂物。

(6)电缆敷设地点应尽量远离热源;架设的电缆与热力管道平行或交叉时,二者应保持一定距离(一般应大于 25 厘米),或者采取隔热措施。

(7)经常检测敷设有大量电缆的沟道中的空气温度和电缆温度。

(8)在正常运行情况下,电缆沟中应有适当的通风,必要时应装风扇。

电缆一旦着火,可采用下述方法来扑灭:

(1)电缆着火燃烧,无论什么原因引起的,都应立即切断电源,然后根据电缆所经过的路径和特征,认真检查,找出电缆的故障点,同时应迅速组织人员进行扑救和善后处理。

(2)当敷设在沟中的电缆燃烧起火时,如果与其并排敷设的电缆也着火燃烧,应将这些电缆的电源切断(对分层排列的电缆,应首先把起火电缆上面的受热电缆的电源切断,然后切断与起火电缆并排敷设的电缆的电源,最后把起火电缆下面的电缆的电源切断)。

(3)电缆起火时,为了防止空气流通,以利迅速灭火,应将电缆沟的隔火门关闭或将两端堵死,采用窒息法灭火。

(4)在电缆沟道中和其他类似的地点扑灭电缆火灾时,应尽可能戴上防毒面具和橡胶手套,穿上绝缘靴。发现高压电缆导电部分接地而产生跨步电压时,在室内不得走近故障点 4

www.plcworld.cn

～5 米以内，在室外不得走近故障点 8～10 米以内。救护受伤人员不在此限，但应采取防护措施。

(5)电力电缆的绝缘燃烧时，应采用灭火机灭火，也可使用黄土和干砂覆盖，如果用水灭火，最好使用喷雾水枪。若火势猛烈，使用其他灭火方法有困难，也可在切断电源的情况下向电缆沟内灌水，将故障点用水封住灭火。

(6)扑灭电缆火灾时，禁止用手直接接触电缆钢甲和移动电缆。

966. 低压配电线路怎样防火？

低压配电线路通常遍布于厂内各个车间和场所。由于线路数量多、路径长、绝缘容易老化和损坏、与易燃物不易隔离等原因，配电线路往往出现以下火种而引起火灾：①导体过热形成火种；②断线和绝缘损坏产生电火花而形成火种；③静态或动态过电压击穿形成火种；④充油电缆或电缆头爆炸形成火种。

为使低压配电线路不致形成火种，一般可采取以下措施：

(1)防止导线长时间过载运行　选择导线截面时充分考虑发热情况，所选导线对应于最高环境温度、并列敷设数根导线这些条件，使导线的载流量在计算负荷电流以内。此外，在运行过程中不任意增加用电设备，以避免线路持续过载运行。

(2)安装短路保护装置　短路电流一般远大于正常工作电流，发生短路时往往在几秒钟内就烧坏导线绝缘而形成火种，因此在线路上必须安装短路保护装置。

(3)避免环境温度过高　电力线路的发热温度由环境温度和温升这两部分组成，如果环境温度过高，线路的发热温度就会急剧增加而形成火种。因此，应加强线路所在场所的通风设施，尽量降低线路周围环境的温度。

www.plcworld.cn

(4)保证导线连接点接触良好　从配电室到用电设备之间的电气线路，往往经过许多连接点，如果这些连接点接触不良，会使接触电阻增大，进而在通电后导致发热形成火种。因此，应加强对导线连接点的检查，发现接触不良，应及时处理。

967. 怎样防止油断路器引起火灾？

为防止油断路器引起火灾，一般应采取以下措施：

(1)油断路器的断流容量应大于所通断回路的短路容量。

(2)安装前对断路器应进行严格的检查，其性能指标应符合技术要求。

(3)室内油断路器应装在通风良好、不易燃烧的专用房间或间隔内，并应有挡油设施；室外油断路器的安装地点应有卵石层，以作为贮油池。

(4)定期检修断路器，并进行绝缘性能和操作试验，及时发现和消除缺陷，以保证绝缘性能良好和操作灵活。

(5)按油标加油，使油面经常保持在标准线上；防止油箱和充油套管渗、漏油，并经常监视油质变化情况。

(6)一旦发现油温过高，应及时取油样进行化验分析；若油色发黑，则表明触头存在缺陷，应立即进行检修。

(7)应经常保持绝缘套管清洁、完整、无裂纹。

(8)在油断路器切断较大的故障电流后，应立即检查触头有无烧损现象。

(9)油断路器与电气回路的连接应紧密、可靠，接头处不得过热；通常，可在接头处粘贴示温蜡片，以观测温度变化。

968. 怎样防止电动机引起火灾？

运行中的电动机，可能由于绕组过热、机械损伤和通风不良而引起燃烧。预防电动机着火的措施一般有以下几种：

(1)应根据工作环境的特征，考虑防潮、防腐、防尘、防爆

www.plcworld.cn

等要求，正确选择电动机型号；安装时符合防火要求。

(2)电动机及其起动装置与可燃建筑构件或可燃物体之间应保持适当距离，并将其装在不燃材料的基础上；电动机周围不得堆放杂物。

(3)电缆接入电动机时直接穿管保护，以免受到机械损伤；电动机电缆接头或电缆套管应直接接入电动机的接线盒。

(4)每台电动机必须装设独立的操作开关和适当的保护装置，并根据计算选用合适的熔断器和自动开关；安装起动器时应配以合适的热继电器，必要时可装设断相保护装置。

(5)对长期未运行的电动机，起动前应测量其绝缘电阻。

(6)对运行中的电动机应经常检查、维护，定期清扫和添加润滑油，并注意声音、电流、温升和电压的变化，以便及时发现问题，防止事故发生。

969. 怎样防止低压配电盘(箱)发生火灾？

低压配电盘(箱)引起火灾的主要原因是：配电盘(箱)用可燃材料制作；盘(箱)上(内)的电气设备与负荷容量不相适应；熔体爆断或连接不良，使金属熔化或产生火花；导线选择或布置不合理，造成短路等。针对这些原因，应采取措施来消除配电盘(箱)的火灾隐患：

(1)配电盘(箱)必须用耐火材料制作，若使用木料制作，必须用铁皮包裹，并喷涂防火漆。

(2)配电盘(箱)最好装在单独的房间内，其固定地点应干燥清洁，不得靠近易燃、可燃物体。

(3)盘(箱)上(内)的电气设备应根据负荷特点来选择，各设备应有明确的标记，电气设备的连接应牢靠。

(4)盘(箱)上(内)的导线应为绝缘导线，排列应整齐有序；当导线互相交叉时，应加绝缘护套。

www.plcworld.cn

(5)配电盘(箱)的金属支架必须可靠接地。

970. 怎样防止开关、插销引起火灾?

为防止开关、插销引起火灾,应注意以下几点:

(1)正确选型。潮湿场所宜选用防水开关或拉线开关;有腐蚀性气体和火灾危险的场所,尽可能将开关、插销装于室外;有爆炸危险的场所,应采用防爆型开关和插销,或者将开关、插销装于无爆炸危险的地点。

(2)单极开关应接在火(相)线上,不得接在零线上。否则,不但威胁人身安全,而且一旦火线接地,还会发生短路而引起火灾。

(3)开关、插销的额定电流和额定电压均应与实际情况相适应,不可任意增大负荷,以免过载烧坏胶木而造成短路引起火灾。

(4)开关、插销应装在清洁、干燥、无易燃物的地点,以免受潮腐蚀造成胶木击穿而短路引起火灾。

(5)灯头插座容易发生事故,也易过负荷,生产车间应禁止使用。

(6)应防止可燃粉尘落入插座;在插座附近不得堆放可燃物品;对库房内使用的插座应采取用铁皮盖好等防护措施。

(7)开关、插销的胶木陈旧老化或损坏后,应及时更换或检修,不可凑合使用。

971. 怎样防止电热器具和工业用电热烘箱发生火灾?

电热器具的功率一般都较大,如果安装、使用不当,就会引起火灾。所以,为了确保安全,应注意以下事项:

(1)电热器具应装在耐热材料的基座(如泥砖、石棉板等)上,切勿直接置于桌上或台板上,以免烤燃起火。

(2)大功率电热器具应有单独的开关和熔断器,不应使用

www.plcworld.cn

插座。否则，直接插拔插头容易引起弧光短路和产生火花。此外，也不得直接插接在灯头插座的插孔中，因为电流超过3安后，灯头插座容易发热而引起事故。

(3)电源引线应满足电热器具的容量要求，不应使用一般塑料导线，而应使用橡胶绝缘护套导线。

(4)在爆炸和火灾危险场所，禁止使用电热器具。

(5)使用前应检查设备和电源引线是否完好；若发现导线绝缘损坏，开关、插座和熔断器不完整，则不得使用。

(6)使用电热器具的过程中必须有人看管，不可中途离开，人离开时必须切断电源；若遇中途停电，切勿忘记拔下插头。否则，恢复供电后可能酿成火灾。

为了防止工业用电热烘箱发生火灾，应采取以下安全措施：

(1)烘烤能挥发可燃气体或可燃蒸气的物件，应采用密闭式电热烘箱，以防电热丝的高温引起燃烧或爆炸；这类烘箱应单独置于非燃烧材料建造的小室内，并采取防爆泄压措施(如加大排风孔、安装防爆门和防爆球阀等)，同时还应安装排风装置，以降低室内可燃气体或易燃液体蒸气的浓度。

(2)需要烘干的可燃、易燃物质或物件，应置于固定的非燃烧材料制的支架上，并且不得直接与电热器接触，以防着火。

(3)由于电热烘箱的功率较大，应防止供电线路的导线过载，最好对烘箱单独供电，不与其他负荷共用线路。

(4)每台烘箱都应配备温度计和温度控制装置，以便严格掌握温升情况；若发现温度突然增高，应迅速停电检查。

(5)根据烘烤物件的性质，严格控制烘烤时间，防止烘烤时间过长而引起燃烧。

www.plcworld.cn

(6)应配备必要的灭火器材，一旦起火便可立即扑灭。

(7)烘箱应由专人管理，建立管理、操作责任制度。

(8)停电、停止烘干和结束烘干作业时，应切断电源，只有进行检查确认后才能离开岗位。

972. 万一发生电气火灾怎么办？

与一般火灾相比，电气火灾有两个显著特点：其一是着火的电气设备可能带电，扑灭时若不注意就会发生触电事故；其二是有些电气设备充有大量的油(如电力变压器、多油断路器等)，一旦着火，可能发生喷油甚至爆炸事故，造成火势蔓延，扩大火灾范围。

发生电气火灾时，首先应设法切断着火部分的电源，然后根据火灾特点进行扑灭。切断电源时要注意以下几点：

(1)发生火灾后，开关设备由于受潮或被烟熏，其绝缘强度大大降低，因此，拉闸时应使用绝缘工具操作。

(2)要注意拉闸的顺序：对于高压设备，应先操作油断路器，后切断电源，不应先操作隔离开关；对于低压设备，应先操作磁力起动器，不应先操作刀闸开关，以免引起弧光短路。

(3)切断电源的地点要适当，断电范围不得过大，以免因切断电源，灯光熄灭而影响灭火工作。

(4)剪断导线时，不同相的导线应在不同部位剪断，以免造成短路；剪断架空导线时，剪断位置应在电源方向的支持物附近，以防止导线剪断后掉在地面而造成接地短路或触电。

973. 什么叫做直击雷？怎样防直击雷害？

当雷云较低时，如果周围没有其他带异性电荷的雷云，就会在地面或凸出物(如建、构筑物)上感应出异性电荷，继而可能造成雷云与地面或与凸出物之间的放电，产生强大的电流导入大地，这就是通常所说的直击雷。

www.plcworld.cn

为了防直击雷害，一般可采取以下措施：

(1)避雷针　由接闪器(高耸的针、线、网、带都是接闪器)、支持物、接地引下线和接地体组成。当雷云先导放电接近地面时，放电就朝地面电场强度最大的方向(即避雷针尖端)发展，因此突出地面较高的避雷针实际上具有引雷作用。雷云通过避雷针放电，避雷针周围的线路、设备和建筑物等就不会受到雷电直击。

(2)避雷线　也称架空地线，它是悬挂在高空的接地导线。其作用与避雷针相同，也是将雷电引向自身，并将雷电流导入大地，在它保护范围内的线路和设备不会受到直接雷击。

(3)避雷带和避雷网　其作用与避雷线相似，主要用于工业和民用建筑物的防雷，一般敷设在被保护建筑物的顶上。

974. 什么叫做感应雷？怎样防感应雷害？

感应雷也叫雷电感应或感应过电压，分静电感应和电磁感应两种，分别由雷云产生的静电感应和雷电流产生的电磁感应所引起。雷云接近地面时，在某些凸出物顶部或架空线路上感应出大量电荷，一旦雷云与突出物或架空线路的某一部位放电，这部分电荷便会失去束缚，以雷电波的形式沿突出物或线路迅速传播，这就是静电感应放电或静电感应过电压；电磁感应，是由雷击后巨大的雷电流在周围空间产生迅速变化的强磁场引起的，这种磁场能在附近的金属导体上感应出很高的电压。为防感应雷的危害，应采取以下措施：

(1)防静电感应雷的危害。建筑物内的所有较大的金属物体和构件，以及突出屋面的金属物体，均应可靠接地。通常，金属屋面周边每隔 18～24 米应使用引下线接地一次。浇制的或由预制构件组成的钢筋混凝土屋面，其钢筋宜绑扎或焊接成电气闭合回路，同样应每隔 18～24 米用引下线接地一次。

www.plcworld.cn

(2)防电磁感应雷的危害。平行管道相距不到100毫米时,每隔20～30米须用金属线跨接;交叉管道相距不到100毫米时,交叉处也应使用金属线跨接。此外,管道接头、弯头等接触不可靠的部位,也应使用金属线跨接。

(3)防感应雷的接地装置的接地电阻不应大于10欧,一般应与电气设备接地共用接地装置。室内接地干线与防感应雷的接地装置的连接,不应少于两处。

必须指出,防感应雷的措施主要是针对有爆炸危险的建筑物和构筑物而采取的,对其他建筑物和构筑物一般不考虑防感应雷害。

975.防雷保护装置包括哪几部分?怎样安装避雷针和避雷带?

防雷保护装置包括接闪器、引下线和接地装置。接闪器可以是避雷针、避雷线、避雷网或避雷带。其中避雷针主要用来保护露天变配电设备、建筑物和构筑物等,避雷线主要用来保护电力线路,避雷网和避雷带主要用于保护建筑物。

避雷针的安装方法如下:

(1)在墙上和屋面上安装避雷针时,可参照图13-2和图13-3施工,安装时应将针尖和钢管进行热镀锌,并刷红丹一次,防锈漆两次。

(2)在烟囱上安装避雷针时,可按照993问"水塔和烟囱怎样防雷?"所介绍的方法安装。

避雷带主要用于重点保护建筑物易受雷击的部位(屋檐、屋脊、屋角和女儿墙等),一般可用Φ8毫米圆钢或12毫米×4毫米扁钢敷设在这些部位(图13-4)构成避雷带。通常,屋面上任何一点离避雷带不应大于10米;当有三条以上避雷带平行敷设时,每隔30～40米应将平行的避雷带相互连接起来。

www.plcworld.cn

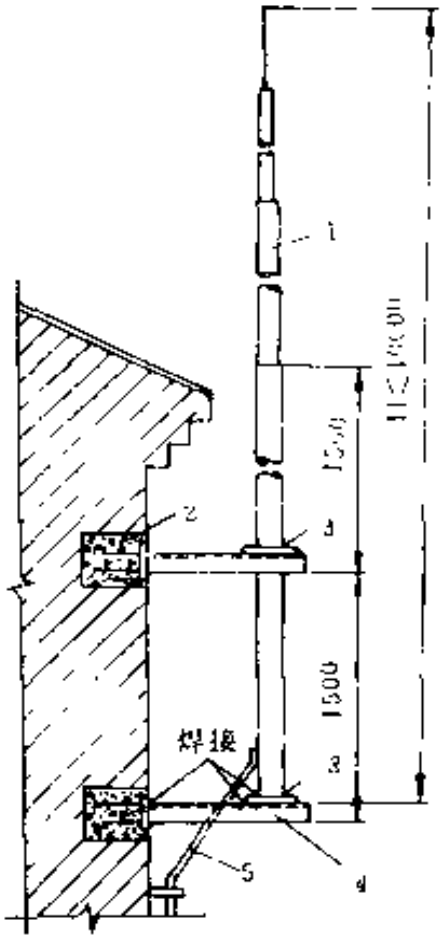


图 13-2　在墙上安装避雷针示意图

1. 避雷针　2. 240 毫米×240 毫米×2500 毫米预制钢筋梁　3. 用厚度为 6 毫米钢板支持固定　4. ∠63×6 毫米角钢支架　5. 引下线

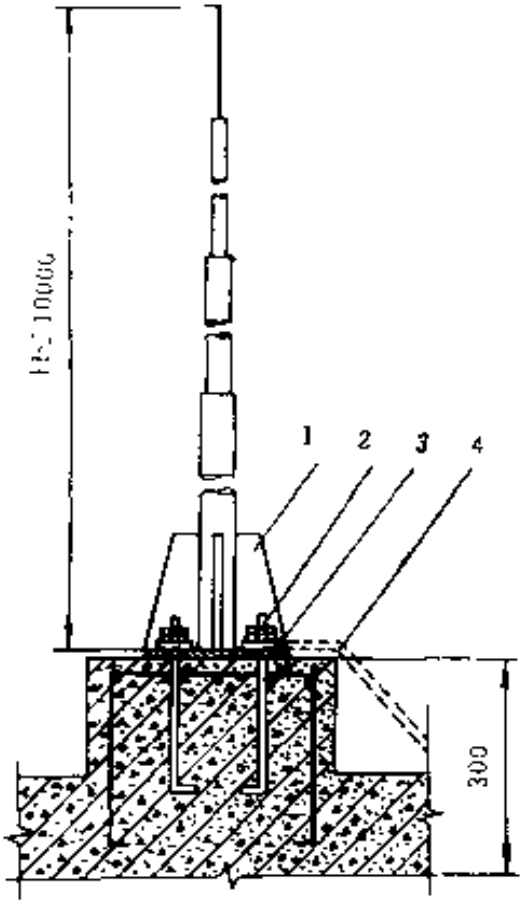


图 13-3　在屋面上安装避雷针示意图

1. 厚度为 8 毫米肋板四块　2. M16 底脚螺栓　3. 300 毫米×300 毫米×8 毫米底板　4. 引下线(12×4 毫米扁钢或 φ8 毫米圆钢)

976. 怎样选用避雷针、避雷带、避雷网和避雷线？

避雷针一般用圆钢或焊接钢管制作，不同长度的避雷针，应选用不同长度的圆钢或管材：

(1)长度在 1 米以下的避雷针，宜选用直径为 12 毫米的圆钢或直径为 20 毫米的钢管。

(2)长度为 1~2 米的避雷针，宜选用直径为 16 毫米的圆

www.plcworld.cn

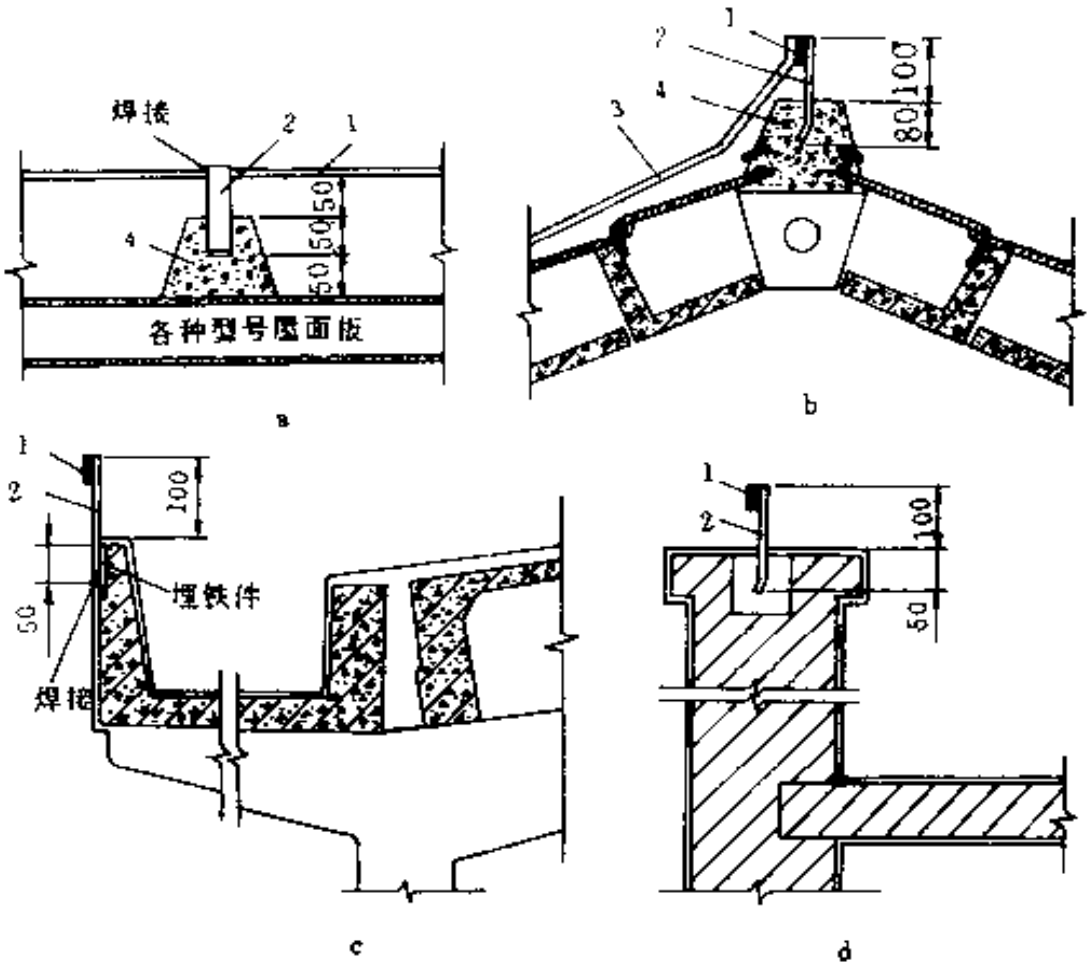


图 13-4　避雷带安装示意图

a. 装在屋面上　b. 沿屋脊安装　c. 沿天沟安装　d. 沿女儿墙安装

1. 避雷带　2. 12 毫米×4 毫米扁钢支架　3. 引下线　4. 预制支座(每米一个，转角处 0.5 米一个)

钢或直径为 25 毫米的钢管。

(3)装在烟囱顶上的避雷针，应选用直径为 20 毫米的圆钢。避雷带和避雷网一般用圆钢或扁钢制作：若选用圆钢，其直径不应小于 8 毫米；若选用扁钢，厚度不应小于 4 毫米，截面不应小于 48 毫米^2。

避雷线一般采用镀锌钢绞线，其截面不应小于 35 毫米^2。

上述避雷针、避雷带、避雷网和避雷线都应镀锌或涂漆，在腐蚀性较强的场所，应适当加大尺寸或采取其他防腐措施。

www.plcworld.cn

977. 怎样安装防雷接地装置？

防雷接地装置的安装，与电气设备接地装置的安装大致相同，但前者的材料尺寸稍大（表 13-10）。防雷接地装置的施工，应注意以下几点：

表 13-10　防雷接地装置的材料最小尺寸

材料名称	圆钢直径 毫米	扁钢		角钢厚度 毫米	钢管壁厚 毫米
		截面，毫米²	厚度，毫米		
材料尺寸	10	100	4	4	3.5

（1）避雷针的接地装置与电气设备的保护接地装置在地下的水平距离不应小于 3 米。对于计算雷击次数 N 为 0.01 及以上的建筑物，如果两种接地装置不能保持以上距离，可共同使用同一接地体，但二者应各有独立的引下线。

（2）由于土壤电阻率随温度的升高而增大，所以接地装置应远离热源（如烟道）。

（3）在土壤电阻率较高的地点，如果防雷接地装置的接地电阻不能满足规程要求，可采用均衡电位法，沿房屋四周敷设一条埋深不小于 0.5 米的水平闭合接地带（并在内部加装接地带，使网格不大于 24 米×24 米），将所有进入屋内的金属管道、电缆的金属外皮等都与闭合接地带相连。

（4）为了降低跨步电压，防直击雷的接地装置距建筑物入口和入行道不应小于 3 米。否则，应采取以下措施之一来防止跨步电压触电：①将接地装置局部深埋 1 米以上；②将接地带局部包以绝缘物，如在水平接地带上包以 50 毫米×80 毫米厚的沥青层；③铺设沥青碎石路面，或者在接地装置上敷设 50～80 毫米厚的沥青层，其宽度超出接地装置两侧各 2 米。

978. 阀型避雷器怎样分类？其结构特点和主要用途是什

www.plcworld.cn

么？

阀型避雷器的保护特性优于管型避雷器和保护间隙，是目前广泛采用的防雷设备之一，其种类、结构特点和主要用途如表 13-11 所示。

表 13-11 阀型避雷器的种类、结构特点和主要用途

名称和型号		结构特点	主要用途
普通阀型避雷器	配电所型 FS	仅有间隙和阀片（碳化硅）	用作配电变压器、电缆头、柱上油断路器等的防雷
	变电所型 FZ	同 FS 型，但间隙带有分路电阻，使熄弧能力增大	用作变电所电气设备的防雷
磁吹阀型避雷器	变电所型 FCZ_1	同 FZ 型，但间隙加磁吹灭弧元件，使灭弧能力增大	用作 330 千伏及以上变电所电气设备的防雷
	旋转电机型 FCD_1	同 FCZ_1 型，但部分间隙并联电容器，以改善伏秒特性	用作旋转电机的防雷
氧化锌避雷器	压敏电阻型 MY	采用非线性特性较好的氧化锌阀片，无间隙或局部阀片有并联间隙	用作 380 伏及以下设备（如配电变压器低压侧、低压电机、电度表等）的防雷。高压氧化锌避雷器可用来保护高压电机或变电所电气设备

979. 怎样区别磁吹阀型避雷器和普通阀型避雷器？前者有何用途？

磁吹阀型避雷器由火花间隙和高温阀片构成，它与普通阀型避雷器的区别主要在于间隙结构形式不同。磁吹阀型避雷器的火花间隙利用永久磁铁或串联线圈产生的磁场驱动电弧运动，加强去游离，以提高灭弧能力。并且，其阀片电阻采用高温烧结，所以通流容量也较大。

www.plcworld.cn

磁吹阀型避雷器切断续流的能力较高，而冲击放电电压和残压则较低，是一种改善了保护性能的阀型避雷器。它不仅能保护大气过电压，而且也能保护内部过电压，而普通阀型避雷器则不能限制内部过电压。

磁吹阀型避雷器主要用来保护绝缘比较薄弱的电气设备（如旋转电机），以及保护要求严格限制操作过电压的变电所高压电器。

980. 使用管型避雷器作为防雷保护装置时，怎样保证它能够可靠熄弧或正常动作？

管型避雷器的额定断流能力有上、下限之分（如 0.5～4 千安、2～10 千安等），这表明管型避雷器的开断续流能力范围。只有在这一范围内，它才能可靠熄弧或正常动作。

管型避雷器是按自吹灭弧原理工作的，其熄弧能力取决于开断续流的大小。管型避雷器只有在额定断流能力的上、下限之间才能可靠熄弧。如果安装地点的短路电流很大，超过了上限，管内气体过多，压力增大，管子就可能爆裂。反之，如果安装地点短路电流太小，低于下限，管内气体较少，其压力不足以灭弧，则管型避雷器由于长时间通过短路电流而烧坏。因此，在装设管型避雷器之前，应先对安装地点的短路电流进行验算，必须使管型避雷器的开断续流的上限大于安装地点短路电流的最大有效值，而下限则必须低于安装地点最小短路电流。否则，不但不能起保护作用，而且会造成更大事故。

981. 怎样安装管型避雷器和阀型避雷器？

安装管型避雷器，应满足以下要求：

（1）安装前，不得任意拆开、调整灭弧间隙；灭弧间隙喷口处的灭弧管内径应符合产品说明书的规定。

（2）安装前，通过检查确认绝缘管壁无破损、裂痕，漆膜无

www.plcworld.cn

剥落，管口无堵塞现象；配件齐全，绝缘良好．试验合格。

(3)安装时，应将避雷器固定在管体的闭口端，开口端指向下方；当倾斜安装时，其轴线与水平方向的夹角应符合以下规定：普通管型避雷器不小于15°，无续流避雷器不小于45°，装于污秽地区时，应适当增大倾斜角度。

(4)确定避雷器的安装方位时，应考虑排出的气体不致引起相间或对地闪络，也不喷及其他电气设备。

(5)动作指示盖应向下打开。

(6)避雷器及其支架必须安装牢固，防止因受反冲力而变形和移位。

(7)应便于观察和检修。

(8)无续流避雷器的高压引线与被保护设备的连接线长度应符合产品说明书的规定。

安装阀型避雷器，应遵循以下原则：

(1)安装前应核对避雷器的额定电压与安装地点的电压是否相同；检查瓷套表面有无裂纹、破损和脱釉现象，瓷套与法兰连接处的接缝胶合是否结实和密封是否良好；将避雷器向不同方向轻轻摇动，倾听其内部有无松动的响声。

(2)避雷器应垂直地面安装，安装位置应尽量接近被保护设备(如变压器)，并易于检查巡视，其带电部分离地面若低于3米，应设遮栏；上下引线连接应牢固，不得过紧或过松，引线截面不应小于规定值(3～10千伏铜引线截面不小于16毫米^2，铝引线截面不小于25毫米^2)。

(3)避雷器的拉紧瓷瓶串必须紧固，其弹簧应适当调整，使其能伸缩自由；弹簧盒内的螺帽不得松脱，应有防松装置；同相各拉紧瓷瓶串的拉力应均匀。

(4)避雷器周围应有足够的空间，以免周围物体干扰避雷

www.plcworld.cn

器的电位分布而降低间隙放电电压。

(5)由不可互换的多节基本元件组成的避雷器，应严格按照出厂编号顺序叠装，以防止不同避雷器的各节元件相互混淆和同一避雷器的各节元件的位置颠倒、错乱。

(6)均压环应水平安装，不得歪斜；三相中心线应保持一致；全部回路(从母线、线路到接地装置)应尽可能短而直。

(7)放电记录器应密封良好，其安装位置应与避雷器一致，且便于检查。

982. 什么叫做保护间隙？它起什么作用？怎样安装？

所谓保护间隙，是由两个金属电极构成的一种最简单的防雷保护装置。其中一个电极固定在绝缘子上，与带电导线相接，另一个电极通过辅助间隙与接地装置相接，两个电极之间保持规定的间隙距离。

当管型避雷器的灭弧能力不符合要求时，可装设保护间隙(尽量与自动重合闸装置配合使用)，以减少线路停电事故。在正常情况下，保护间隙对地是绝缘的，并且绝缘强度低于所保护线路的绝缘强度。因此，当出现过电压时，间隙被击穿，将大量雷电流泄入大地，使过电压大幅度下降，从而起到保护线路和电气设备的作用。

安装保护间隙时应注意以下事项：

(1)保护间隙应镀锌，以防止氧化。

(2)使用标准卡尺或标准塞块测量后，再调整并固定保护间隙，其距离如表 13-12 所示。

(3)角型间隙必须垂直向上安装，角度为 80°～100°，两极应对准。

(4)在主间隙上方 1 米以内，辅助间隙上方 0.3 米以内的空间不得有导线或其他异物；辅助间隙与周围物体应保持0.1

www.plcworld.cn

米距离。

表 13-12　保护间隙的主间隙和辅助间隙的距离

额定电压，千伏	3	6	10	35
主间隙距离，毫米	8	15	25	210
辅助间隙距离，毫米	5	10	10	20

(5)保护间隙与所保护设备之间的距离不应大于 5 米。

(6)保护间隙应可靠接地，接地电阻不应大于 10 欧；接地引下线应与所保护设备的外壳相连接；接地引下线使用铜线截面不应小于 16 毫米^2，使用铝线时不应小于 25 毫米^2。

983. 什么叫做雷电侵入波？怎样防止雷电侵入波的危害？

当架空线路或管道遭到雷击时，雷击点将产生高电压，如果此时雷电荷不能就地导入大地，则高电压将以波的形式沿线路或管道传播到与之连接的设施上，这种沿线路或管道传播的高压冲击波便叫做雷电侵入波。雷电侵入波造成的危害事故很多，一般采取以下几项防护措施：

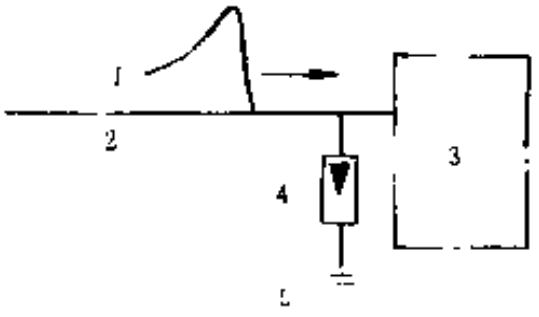


图 13-5　避雷器装设示意图

1. 高压冲击波　2. 线路　3. 被保护对象　4. 避雷器　5. 接地装置

(1)安装避雷器　安装避雷器是防雷电侵入波的主要措施。避雷器一般装在被保护物的引入端(图 13-5)，其上端接在线路上，下端接地。正常时，避雷器的间隙保持绝缘状态，不影响系统运行。当遭受雷击，有高压冲击波沿线路袭来时，避雷器间隙击穿而接地，从而强行切断侵入冲击波。此时，能够进入被保护物的电压，仅为雷电流通过避雷器及其引下线

www.plcworld.cn

和接地装置后的残压。雷电流通过后，避雷器间隙又恢复绝缘状态，从而系统又正常运行。

(2)接地　接地可以降低雷电侵入波的陡度。在架空管道的进户处接地，以及在邻近的100米内每隔25米左右接地一次，可以防止沿架空管道传来的雷电侵入波。此时防雷电侵入波的接地可与附近的电气设备接地共用接地体，但接地电阻应在10～30欧以内。

通常，易遭受雷击的较重要低压架空线路，除使用避雷器外，还辅以接地来保护，亦即将进户处的绝缘子铁脚接地，保持接地电阻小于30欧。当雷电侵入波袭来时，使雷电流入户前即全部泄入地中，以保障室内人身和设备的安全。

984.10千伏柱上变压器怎样防止雷电侵入波的危害？

为防止10千伏柱上变压器遭受雷电侵入波的危害，可采取以下措施：

(1)一般情况下，可在变压器三相上安装阀型避雷器作为防雷装置；在少数情况下，可以两相装阀型避雷器，一相装保护间隙(在同一配电网中，各处的保护间隙均应装在同一相导线上)，也可三相均装保护间隙。

(2)防雷保护装置应尽量靠近变压器安装，且避雷器应与变压器外壳和变压器低压侧中性点(在中性点不接地系统中，则指击穿保险器的接地端)共用接地装置。

(3)在多雷地区，对于10千伏Y/Y_0或Y/Y接线的配电变压器，为防止低压侧雷电侵入波变换到高压侧而损坏变压器的绝缘，以及防止反变换波(指变压器高压侧遭受雷击时，避雷器放电，其接地装置上的电压通过变压器低压绕组变换到高压侧的冲击波)损坏变压器的绝缘，在低压侧宜装设一组低压阀型避雷器或击穿保险器。

www.plcworld.cn

(4)在 35/0.4 千伏配电变压器的高压侧和低压侧均应装设阀型避雷器。

985. 变、配电所的 3～10 千伏配电装置怎样防雷?

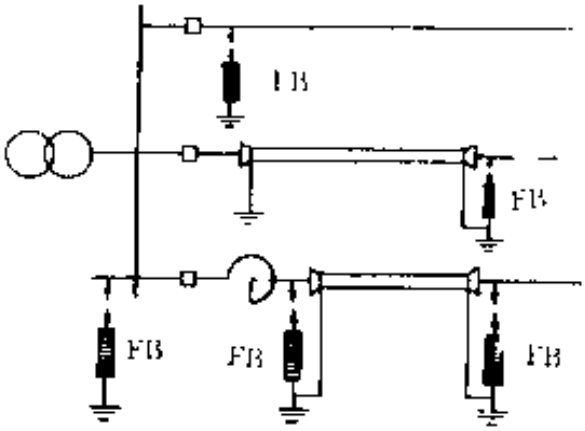


图 13-6　3～10 千伏配电装置防止雷电侵入波的保护接线

FB. 阀型避雷器

变、配电所的 3～10 千伏配电装置的防雷问题，一般按下述原则解决：

(1)在每组母线和每路架空进线上都装设阀型避雷器(图 13-6)。

(2)如果雷雨季节经常有一路架空进线运行，则母线上避雷器与主变压器的电气距离不宜大于 15 米，有两路时不宜大于 23 米，有三路时不宜大于 27 米，有四路和四路以上时不宜大于 30 米。

(3)如果各架空进线均有电缆段，则避雷器与变压器的最大距离可不受限制。

(4)避雷器应以最短的接地线与变电所、配电所的主接地网连接(包括通过电缆金属外皮连接)，并且避雷器附近应装设集中接地装置。

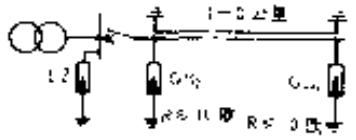
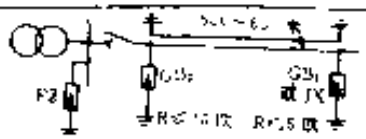
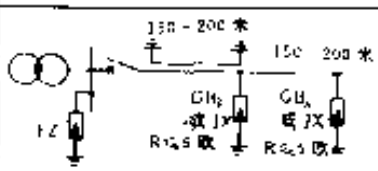
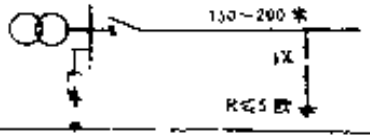
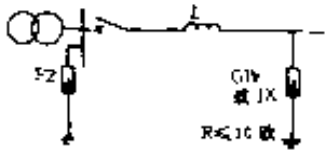
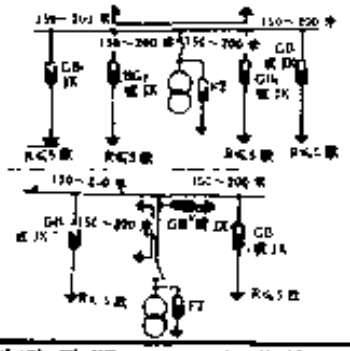
(5)3～10 千伏配电所，当无所用变压器时，可仅在每路架空进线上装设阀型避雷器。

986. 变电所 35 千伏进线防雷保护怎样接线?

变电所 35 千伏进线防雷保护的接线如表 13-13 所示。

www.plcworld.cn

表 13-13　35 千伏进线防雷保护的典型接线

变电所种类	进线防雷保护典型接线	说　明
容量为 5600 千伏·安以上的变电所		(1)铁塔线路或有铁横担的钢筋混凝土杆线路，以及全线有避雷线的线路，都不装 GB_1 (2)在雷雨季节，如果变电所进线断路器经常断路运行，而线路侧又带电，应装设 GB_2，在其他情况下不装 GB_2 (3)若无管型避雷器，GB_1 可用保护间隙(JX)代替
容量为 3150～5600 千伏·安的变电所		
容量为 3150 千伏·安以下，对非重要负荷供电的变电所		
容量为 1000 千伏·安以下的变电所		适用于对非重要负荷供电的小型 35/10 千伏或 35/0.4 千伏变电所
进线段不装避雷器的 35 千伏变电所		(1)在进线段装设避雷器有困难或土壤电阻率高于 500 欧·米的地点，接地电阻难以满足要求时，采用此方案 (2)电感线圈 L 的电感值约 100 微亨，其结构应符合绝缘强度的要求
对非重要负荷供电的分支变电所(T 接点在离线路不远处)		阀型避雷器与主变压器的最大电气距离不应超过 10 米，若超过此值，应在主变压器附近加装一组阀型避雷器
对非重要负荷供电的分支变电所(T 接长度为 150～200 米引线)		

注：GB_1 为进线首端的管型避雷器；GB_2 为进线末端的管型避雷器；JX 为保护间隙；FZ 为阀型避雷器。

987. 怎样加强架空线路交叉跨越处的防雷保护？

架空线路交叉跨越处的空气间隙闪络放电，可能造成相互交叉的线路同时跳闸。如果不同电压等级的架空线路交叉处发生闪络，则对电压较低的线路的电气设备会产生严重危

www.plcworld.cn

害；如果高压架空线路与通讯线路交叉而发生闪络，其危害更大，甚至可能造成人身伤亡事故。因此，对架空线路的交叉处应加强防雷保护，以免事故扩大到整个系统。通常，可采取以下措施来加强架空线路交叉跨越处的防雷保护：

(1)同级电压线路相互交叉或与较低电压线路和通讯线路相互交叉时，两交叉线路导线间，以及上方导线与下方避雷线之间的垂直距离(当导线温度为 40℃时)，不应小于表 13-14 所列值。

表 13-14　同级电压线路互相交叉或与较低电压线路、通讯线路互相交叉的垂直距离

额　定　电　压，千　伏		1 以下	3～10	20～110
交叉垂直距离，米	交叉档有保护措施		2	3
	交叉档无保护措施	1	4	5

(2)无论架空线路有无避雷线，均应将交叉档两端的钢筋混凝土杆或铁塔可靠接地(上、下方线路共 4 基)。如果两端为木杆或采用木横担的钢筋混凝土杆，且无避雷线，则应在杆上装设管型避雷器或保护间隙；如果交叉档两端是木杆低压线路或通讯线路，则应在杆上装设保护间隙；如果从交叉点到最近杆塔的距离不超过 40 米，则只在最近杆塔上装设管型避雷器或保护间隙。

988. 怎样加强 3～10 千伏柱上油断路器的防雷保护？

柱上油断路器是 3～10 千伏配电线路的重要控制电器。但是，其绝缘水平较低，连接线的相间距离也小，雷雨天易发生雷击闪络事故。因此，必须加强柱上油断路器的防雷保护。

经常开路的柱上油断路器，一旦任何一侧落雷，由于反射作用，雷电波电压将升高一倍，造成绝缘闪络击穿事故，影响

www.plcworld.cn

系统的安全运行。为了防止出现这种情况，通常采用一组阀型避雷器来防止直接雷击。此外，也可用保护间隙来保护。对于经常闭路运行的柱上油断路器，避雷器应装在电源侧；对于经常开路的柱上油断路器，应在两侧安装避雷器（图13-7）。通常，避雷器应尽可能靠近断路器安装，其接地引下线应与断路器的金属外壳相连，共同接地（接地电阻不应大于10欧），以降低雷击放电时作用于柱上油断路器的电压。

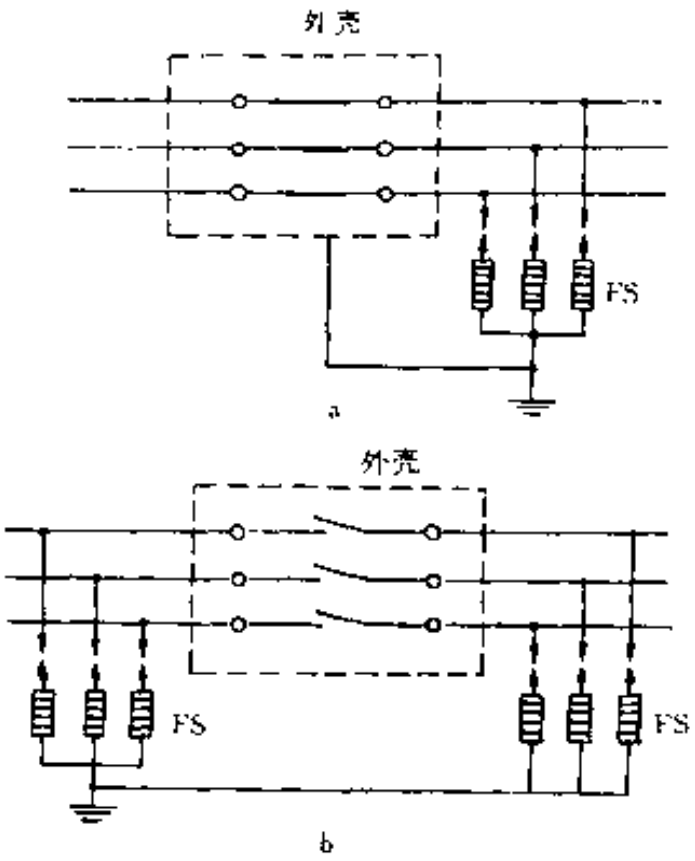


图13-7　柱上油断路器的保护接线

a. 经常闭路的断路器　b. 经常开路的断路器

989. 为什么6～10千伏架空配电线路的雷害事故较多？怎样加强防雷措施？

通常，6～10千伏架空配电线路分布较广，绝缘水平较低，绝缘薄弱的环节较多，所以遭受雷击的几率较大。例如，一条10千伏或6千伏架空配电线路上，往往木杆和钢筋混凝土杆，以及木横担、铁横担和瓷横担都有，五花八门，绝缘水平高低不一致，一旦绝缘薄弱环节遭受雷击，往往绝缘子被击穿，导线被烧断，造成停电或人身事故。

为了减少6～10千伏架空配电线路的雷害事故，一般可采取以下措施：

www.plcworld.cn

(1)优先采用瓷横担,因为它的绝缘性能好、建弧率低、能耐高温。在盛产木材的地区,也可因地制宜采用木横担。

(2)在线路上安装自动重合闸装置,以保证对用户不间断供电。

(3)土壤电阻率较高地区的钢筋混凝土电杆,除杆身自然接地外,还适当增加人工接地体,接地电阻保持在30欧以下,以防止一相落雷时杆顶电位太高,向另一相反击造成相间短路,烧断导线。

(4)适当加大导线截面,因为雷击断线事故多发生在截面35毫米^{2}以下的导线上。

(5)绝缘子附近的导线用铝包带绑垫,这等于加大导线截面,同时也可减少磨损。

990. 多雷地区的低压(380/220伏)线路和设备怎样防雷?

通常,多雷地区单独架设的低压(380/220伏)线路易受到雷击。此外,多雷地区的低压架空线直接引入用户时,雷电波也往往沿架空线侵入室内,而室内低压设备的绝缘水平一般都较低,当雷电波侵入室内时,人体接触室内电气设备就会触电。因此,在多雷地区,应加强线路和设备的防雷保护,具体保护措施一般有以下几项:

(1)3～10千伏Y/Y$_0$或Y/Y接线的配电变压器,在其低压侧应装设一组阀型避雷器或保护间隙;如果低压侧中性点未接地,则应在中性点加装击穿保险器。

(2)对于重要的用户,应在低压线路引入室内前50米处安装一组低压避雷器,并且在线路引入室内后再装一组低压避雷器。

(3)对于一般用户,可在低压进线的第一支持物处安装一

www.plcworld.cn

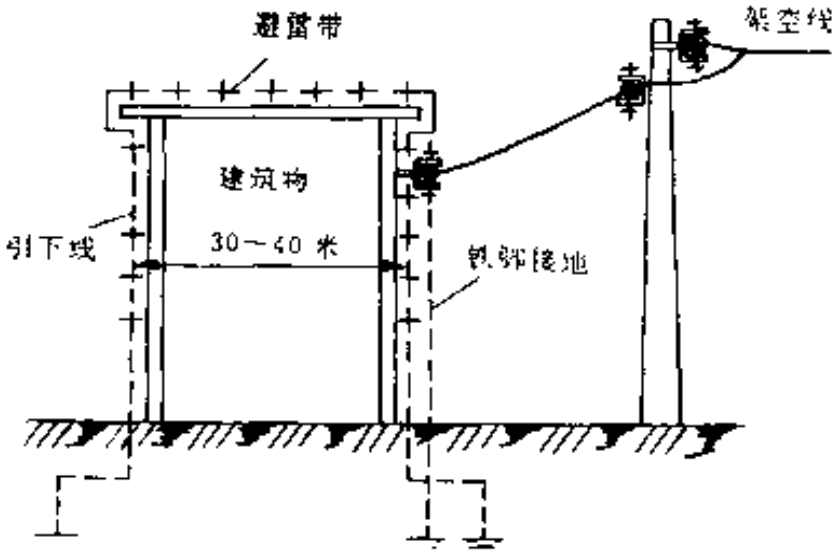


图 13-8　低压接户线的绝缘子铁脚接地示意图

组低压避雷器或击穿保险器，也可将接户线的绝缘子铁脚接地（图 13-8），其工频接地电阻不应超过 30 欧。运行经验表明，接户线绝缘子铁脚接地后，当低压线路遭到雷击时，雷电流将通过接地线泄入大地，从而可防止室内电气设备遭受雷击和避免发生人身事故。

（4）在易受雷击的地段，对于直接与架空线路连接的电动机或电度表，应加装低压避雷器或保护间隙（间隙距离可调为 1.5～2.0 毫米），或者安装通讯设备用的 500 伏放电间隙。

991. 按防雷要求建筑物怎样分类？

建筑物的防雷分类，旧标准是将工业建筑物分为三类，民用建筑物分为两类。最近制订的建筑物防雷设计规范（报批稿）规定：应根据建筑物的重要性、使用性质、发生雷电事故的可能性和后果来分类。该规范将工业和民用建筑物合并分类，共分为三类：

第一类防雷建筑物

因电火花而引起爆炸，会造成巨大破坏和人身伤亡的建筑物，包括：

（1）凡在建筑物中制造、使用或贮存大量爆炸物质，如炸

www.plcworld.cn

药、火药、起爆药、火工品等的建筑物。

(2)具有0区、1区或10区爆炸危险环境的建筑物。

第二类防雷建筑物

(1)国家级重点文物保护的建筑物。

(2)具有特别重要用途的建筑物，如国家级的会堂和办公建筑物、大型展览和博览建筑物、大型火车站、国宾馆、国家级档案馆、大城市的重要给水水泵房等。

(3)对国民经济具有重要意义且装有大量电子设备的建筑物，如国家级计算中心、国际通讯枢纽等。

(4)电火花不易引起爆炸或不致造成巨大破坏和人身伤亡的建筑物，包括：①制造、使用或贮存爆炸物质的建筑物；②具有1区、2区或11区爆炸危险环境的建筑物。

(5)工业企业内有爆炸危险的露天钢质封闭气罐。

(6)建筑物年预计雷击次数 $N>0.06$ 的重要或人员密集的公共建筑物，如部、省级办公建筑物、集会场所、展览馆、博物馆、体育馆、商业大厦、影剧院、医院、学校等。

(7)建筑物年预计雷击次数 $N>0.3$ 的一般民用建筑物，如住宅、办公楼等。

第三类防雷建筑物

(1)被定为省级重点文物保护的建筑物和省级档案馆。

(2)建筑物年预计雷击次数 N 为 $0.06\geqslant N\geqslant 0.012$ 的重要或人员密集的建筑物。

(3)建筑物年预计雷击次数 N 为 $0.3\geqslant N\geqslant 0.06$ 的一般性民用建筑物。

(4)建筑物年预计雷击次数 $N\geqslant 0.06$ 的一般性工业建筑物。

(5)根据雷击后对工业生产的影响以及产生的后果，并结

www.plcworld.cn

合当地气象、地形、地质和周围环境等因素，确定需要防雷的21区、22区、23区火灾危险环境。

(6)高度为15米及以上的烟囱、水塔等孤立高耸建筑物(在年平均雷暴日不超过15的地区，高度可为20米以上)。

注：1区建筑物可能划为第一类防雷建筑物，也可能划为第二类防雷建筑物。划分原则在于是否会造成巨大破坏和人身伤亡。例如，在制造、使用或贮存爆炸物质的过程中，如果是间断性的作业，虽然雷电火花也可能引发爆炸造成经济损失和人员伤亡，但相对来说可能性要小得多，则可划为第二类防雷建筑物。

992. 各类建筑物怎样防雷？

通常，应根据各类建筑物的特点，采取不同的防雷措施：

(1)第一类防雷建筑物应有防直击雷、防雷电感应(感应雷)和防雷电波的措施。

(2)第二类防雷建筑物中，凡制造、使用或贮存爆炸物质的建筑物，以及具有1区、2区或11区爆炸危险环境的建筑物，虽然电火花尚不易引起爆炸或不致造成巨大破坏和人身伤亡，也应有防直击雷、防雷电感应和防雷电波侵入的措施。

(3)除上述第二类防雷建筑物外的其他第二类防雷建筑物和第三类防雷建筑物，应有防直击雷和防雷电波侵入的措施。

(4)对装有防雷装置的建筑物，如果其中各种金属构件和设施无法隔离，为防止发生危险，应对它们采取等电位连接。

993. 水塔和烟囱怎样防雷？

水塔和烟囱都属于第三类防雷建筑物，在其上可装设避雷针或环形带作为防雷保护装置。安装防雷保护装置时，应满足以下要求：

(1)水塔防雷　一般利用水塔顶部的铁栅栏作为接闪器，

www.plcworld.cn

或者装设环形避雷带保护水塔边缘，并在塔顶中心装一支1.5米高的避雷针，避雷针的冲击接地电阻不大于30欧，通常装两根接地引下线，二者的间距不大于30米。如果水塔周长和高度都不超过40米，可只装一根接地引下线，也可利用铁爬梯作为接地引下线。

(2)烟囱防雷　通常，在砖烟囱或钢筋混凝土烟囱顶上安装避雷针或环形带作为防雷保护装置。如果装设多根避雷针，则应使用避雷带将各避雷针连成闭合环，闭合环的冲击接地电阻应在20～30欧以内。不同直径和不同高度的烟囱，可按以下规定装设防雷保护装置：①烟囱直径小于1.2米、高度小于35米时，安装一根2.2米高的避雷针即可；②烟囱直径小于1.7米、高度小于50米时，应安装两根2.2米高的避雷针；③烟囱直径大于1.7米、高度大于60米时，应使用环形避雷带保护，并且，烟囱顶口的环形避雷带和烟囱的各个抱箍应与接地引下线相连；④烟囱高100米以上时，在离地面30米处及以上每隔12米应加装一个均压环，并与接地引下线相连。

若烟囱高度不超过40米，可只设一根接地引下线，40米以上应设两根接地引下线。通常，可利用铁扶梯作为接地引下线；如果是钢筋混凝土烟囱，可利用两根以上主筋作为接地引下线，在烟囱顶部和底部与铁扶梯相连。

994. 油罐防雷应满足哪些要求？油罐怎样防雷？

油罐防雷应满足以下要求：

(1)防止油气集聚地点出现雷电火花。

(2)防止油罐外部发生的爆炸火灾蔓延到油罐内部。

(3)防止跨步电压和接触电压威胁油罐维护人员的安全。

贮存易燃油品的油罐一般分为两种：固定顶金属油罐和卧式油罐；浮顶油罐(包括内浮顶油罐)。为了满足以上防雷要

www.plcworld.cn

求，这两种油罐可分别采取以下防雷措施：

(1)固定顶金属油罐和卧式油罐：①若罐顶钢板厚度大于4毫米，可不装设避雷针(线)，但必须安装阻火器和呼吸阀，以防止雷电火花进入罐内引起油罐爆炸；②若罐顶钢板厚度小于4毫米，罐顶必须装设避雷针(线)，保护范围应包括整个油罐，以防止特大雷电击穿罐体而发生爆炸引起火灾；③油罐应实行防雷接地，其接地点不得少于两处，接地点沿油罐周长的距离不宜大于30米。如果罐顶装有避雷针(线)或利用罐体作为接闪器，接地电阻不宜大于10欧；如果罐顶未装避雷针(线)，仅实行防感应雷接地，则接地电阻不宜大于30欧；④输油管道进入油罐的入口处，应与防感应雷的接地装置相连，并且，距油罐100米内的输油管道，每隔25米左右应接地一次，其冲击接地电阻不应大于20欧；⑤平时特别是雷雨季节，量油孔、入孔等孔洞应严密关闭，以防止外部雷电火花引燃罐内油气而发生爆炸。

(2)浮顶油罐(包括内浮顶油罐)：①浮船应使用两根以上截面不小于25毫米^{2}的软铜线与罐体实行电气连接，以防止雷电火花在罐体与浮船之间引燃油气；②油罐应实行防雷接地，以使雷电流有一个对地泄放的通道；③雷雨季节，特别是雷雨天，不应将油罐放空到安全高度(1.1米)以下，以防止油船上部空间存在大量油气与空气形成混合物；④雷雨季节要加强油罐的维护管理，保持油罐浮船的密封圈良好，避免因密封圈破裂而使油罐浮船上部空间存在大量油气；⑤与油罐相连接的输油管道非埋地敷设时，其防雷要求与固定顶金属油罐相同。

995. 室外架空管道怎样防雷？

室外架空管道的防雷，一般可采取以下措施：

www.plcworld.cn

(1)输送可燃气体、易燃或可燃液体的金属管道，应在管道的首、末端，分支处，转角处，以及直线部分每隔 100 米处都接地，接地电阻不应大于 30 欧。

(2)当上述管道与有爆炸危险的厂房平行，且间距小于 10 米时，应在接近厂房段的两端和每隔 30～40 米处接地，接地电阻不应大于 20 欧。

(3)上述管道连接点(如阀门、法兰盘、弯头等)的过渡电阻大于 0.03 欧时，连接点应使用金属线跨接。

(4)通常，可利用管道的金属支架作为接地引下线。如果是活动金属支架，则在管道与支持物之间应增设跨接线；如果是非金属支架，必须另敷接地引下线。

(5)管道接地可与电气设备的保护接地共用接地体。

996. 建筑工地怎样防雷?

在高层建筑或大型工程的施工工地，由于起重机、井字架、门式架、脚手架等矗立和星罗棋布，常常发生雷击事故。因此，应特别重视建筑工地的防雷。通常，采取以下防雷措施：

(1)将新建成的建筑物结构骨架和混凝土柱子的主筋接地，以防施工期间这些骨架和混凝土柱子遭受雷击。

(2)每层楼的金属门窗应与混凝土框架主筋相连接。

(3)应将进入建筑物的金属管道和电缆外皮在进口处与接地装置相连接。

(4)建筑工地的起重机、脚手架等必须安装防雷装置，并且将电气设备的外壳和铁支架都接地。

997. 怎样分析变电所的雷害事故?

如果变电所的电气设备受到雷击损坏，首先应查明变电所的进线保护情况，损坏的设备的绝缘结构，以及雷击前最近一次设备绝缘的预防性试验结果。其次，应查明阀型避雷器与

www.plcworld.cn

损坏设备之间的电气距离和避雷器的试验记录等。如果是变电所的室外设备遭受直击雷而损坏，则应绘出并校核避雷针的保护范围，并查明避雷针的接地电阻值和磁钢棒的动作情况。如果是变压器或互感器遭受雷击而损坏，则应仔细检查损坏性质、损坏部位的绝缘状态、变压器或互感器的防雷保护装置接线情况，以及避雷器的动作情况和试验记录等。

总之，变电所内的设备一旦发生雷害事故，应重点分析进线保护情况和绝缘配合问题；如果变电所室外设备受到直击雷损害，则应分析避雷针的保护效果和造成反击的可能性。

998. 阀型避雷器内部受潮怎么办？

通用的国产阀型避雷器有 FS 型和 FZ 型两种，这两种避雷器受潮的原因和处理办法大致相同，下面以 FS 型避雷器为例作一说明。FS 型避雷器受潮的特征是绝缘电阻低于 2500 兆欧，工频电压下降，一般可从以下几方面查找受潮原因和进行相应处理：

(1)顶部接线螺母 1 和紧固螺母 2 松动(图 13-9)，引起顶部漏水；瓷套顶部密封用的螺栓 3 上的垫圈 6 未焊死，当密封垫圈老化开裂后，潮气和水分沿螺栓缝渗入内腔。处理时可拧紧螺母 1、2，将螺栓 3 与垫圈 6 焊牢，更换已老化的橡皮垫圈 5。此外，装配避雷器时，瓷套顶部 4、螺栓 3 应配齐三只螺母，在下层螺母 2 上应涂以红色标记，禁止旋动。

(2)底部密封试验的小孔未焊牢，也未封堵，内部进入潮气和水分而受潮。处理时可将密封小孔焊牢或用橡胶封堵。此项工作在密封试验后要及时完成。

(3)瓷套破裂或有砂眼，裙边胶合处有裂缝等，也易进入潮气和水分。此时应更换瓷套，封堵胶合处的裂缝。

(4)橡皮垫圈使用日久老化变脆、失去密封作用。此时应

www.plcworld.cn

将顶部和底部的垫圈换为有防臭氧性能的氯丁橡皮垫圈。

(5)底部压紧用的扇形铁片未塞紧，使底板松动；底部密封橡皮垫圈位置不正，造成空隙而进入潮气和水分。通常塞紧扇形铁片和校正垫圈位置即可。

999. 运行中的阀型避雷器爆炸怎么办？

如果发现运行中的阀型避雷器爆炸，首先应查明爆炸原因，排除故障，然后予以更换。阀型避雷器爆炸可能有以下几方面的原因：

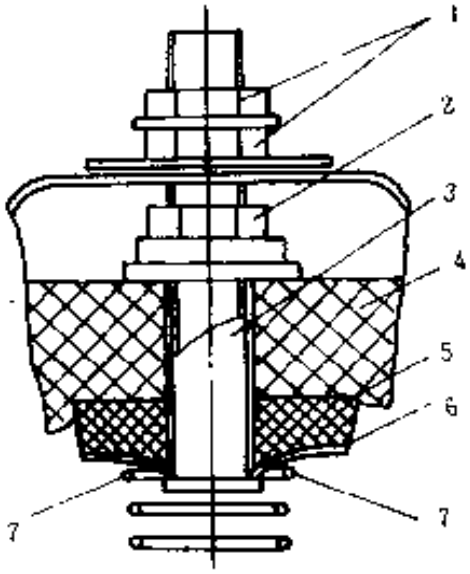


图 13-9 FS 型避雷器瓷套顶部密封

1. 接线螺母 2. 紧固螺母 3. 螺栓 4. 瓷套顶部 5. 橡皮垫圈 6. 垫圈 7. 潮气或水进入部位

(1)由于中性点不接地系统中发生单相接地，非故障相对地电压升高到线电压，虽然避雷器承受的电压小于其工频放电电压，但持续时间较长的过电压会引起爆炸。此时应排除单相接地故障，然后换上新避雷器。

(2)电力系统发生铁磁谐振过电压，使避雷器放电(通常FS、FZ 型避雷器在这种情况下不应动作)，从而烧坏其内部元件而引起爆炸。在这种情况下，必须先采取相应的预防措施来防止再次发生谐振过电压，然后更换避雷器。

预防电力系统发生铁磁谐振过电压的措施有：①在电压互感器一次中性点上接一只 9 千欧、150 瓦电阻；②在母线上接一只一定容量的电容器，使比值 $\frac{X_C}{X_L}<0.01$(X_C 为电容器容

www.plcworld.cn

抗，X_L 为线路感抗）；③采用质量较好、铁芯不易饱和的电压互感器；④提高断路器的检修质量，使三相动作同期。

（3）线路受雷击时，虽然避雷器能正常动作，但由于避雷器本身的火花间隙灭弧性能差，当间隙不能承受恢复电压而被击穿时，电弧便会重燃，工频续流将再度出现，重燃阀片烧坏电阻，引起避雷器爆炸；由于避雷器阀片电阻不合格，残压虽然降低，但续流却增大，间隙不能灭弧而引起爆炸。在这两种情况下，均需更换避雷器。在以后的运行中，应按时对避雷器进行预防性试验，将合格的避雷器在雷雨季节前投入运行。

（4）由于避雷器的橡皮密封垫圈与水泥接合处松动或有裂纹，密封不严而受潮，引起爆炸。此时可按照 998 问“阀型避雷器内部受潮怎么办？”所介绍的办法进行处理。需要注意的是，内部充有惰性气体（如氮）的避雷器，不易自行修理，需委托当地供电部门修复；而充填干燥空气的避雷器（如 FS-10 型），则可拆开自行修理。

1000. 管型避雷器误动作或动作不准确怎么办？

管型避雷器一般装在室外，由于受风吹雨淋，管子容易受潮。受潮后，在工作电压下，管子表面可能发生闪络，从而导致避雷器误动作。为了防止管型避雷器误动作，必须串联一个适当的空气间隙（图 13-10 中 S_2），即外火花间隙。通常，只有当雷电波的高压袭击线路时，内火花间隙（图 13-10 中 S_1）和外火花间隙才被击穿。外火花间隙 S_2 的距离如表 13-15 所示。

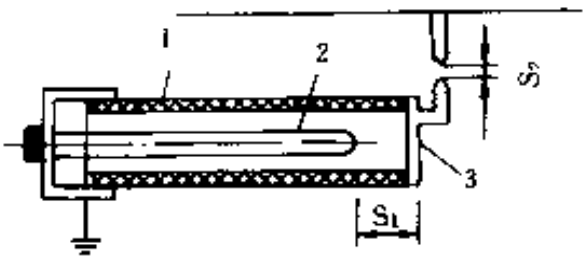


图 13-10 管型避雷

1. 灭弧管 2. 棒形电极 3. 环形电极

S_1. 内火花间隙 S_2. 外火花间隙

www.plcworld.cn

表 13 15　外火花间隙 S_2 的距离

额定电压，千伏	3	6	10	35
S_2 最小距离，毫米	8	10	15	100
S_2 最大距离，毫米				250～300

管型避雷器多次动作后，由于火弧管多次在高温下分解出大量气体，管子内径扩大，管壁变薄，因而避雷器不能准确动作。有关技术规范规定：当管型避雷器的管子内径增大到原内径的 1.2～1.25 倍时，避雷器就不能使用，必须予以更换。