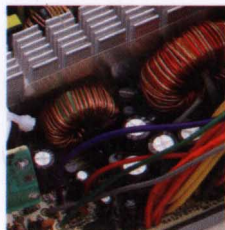
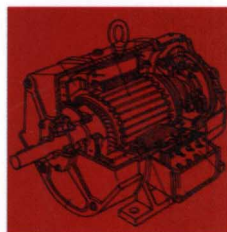
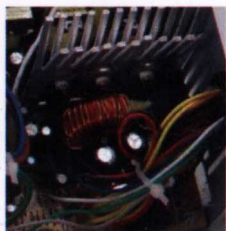


电工检修一点通

DIANGONG JIANXIU YIDIANTONG

陈海波 等编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



电工检修一点通

陈海波 等编著



机械工业出版社

本书采用图解的形式,系统地介绍了电子元器件和常用低压电器、交流异步电动机、直流电动机、电动机控制电路的调试方法与调试实例、电气故障检查方法与检修实例、机床电气检修实例、安全用电等。

本书是作者多年在电气调试、维修方法和实用经验的总结,并以实例的形式将这些调试、维修方法和实用经验予以介绍,所介绍的经验、方法易学易用,使读者通过本书的学习,综合技能水平可以快速提高。

本书内容丰富、图文并茂、形象直观,融实用性、启发性、资料性于一体,可供广大电工和电工技术初学者阅读,也可作为各类电工培训班的教材。

图书在版编目(CIP)数据

电工检修一点通/陈海波等编著. —北京:机械工业出版社,2010.5
(2011.6重印)

ISBN 978-7-111-30304-6

I. ①电… II. ①陈… III. 电工—维修 IV. ①TM07

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第060119号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:林春泉 责任编辑:赵 任

版式设计:霍永明 责任校对:樊钟英

封面设计:路恩中 责任印制:杨 曦

北京双青印刷厂印刷

2011年6月第1版第3次印刷

140mm×203mm·10.625印张·312千字

5001—7000册

标准书号:ISBN 978-7-111-30304-6

定价:26.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010)68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010)88379649

读者购书热线:(010)88379203

封面无防伪标均为盗版

前 言

随着我国工业生产的发展，各种电气设备也在不断增加，而电气设备的安装、调试和维护需要大批的电工。为了提高广大电工的实际操作技能，满足广大电工的工作需要，我们编写了这本《电工检修一点通》。

本书按照由浅入深、循序渐进的原则，向读者介绍了常用电器及电气电路的安装工艺、方法和工作原理等基础知识，引导读者轻松入门；在此基础上，详细地介绍了电气电路的维修方法和实例，所介绍的方法新颖灵活，实例具有较强的代表性，使读者通过本书的学习，能够举一反三，触类旁通，使调试和维修技能有所突破。

参加本书编写的还有许海涛、陈光、孔蕊、孔斐、李新法、李强、陈俊峰、李珍、李宁、何栓、柳瑞林、孔琳、孔蓉、聂磊、张文正、晁攸良、陈端花、陈海涛、王稳、张开宇、张振宇、陈琳、何融冰等同志。由于在编写过程中，需要参考大量国内外有关资料，对收集和整理参考资料的刘红伟同志和这些技术资料的作者以及帮助本书出版的同志表示衷心的感谢。

由于作者水平有限，时间仓促，书中难免有不妥之处，敬请广大读者批评指正。

作 者

2010 年 2 月

目 录

前言

第一章 常用电子元器件和低压电器	1
第一节 常用电子元器件的识别与检测	1
一、电阻器的识别与检测	1
二、电位器的识别与检修	4
三、电容器的识别与检测	7
四、电感器的识别与检测	10
五、变压器的识别与检测	12
六、二极管的识别与检测	17
七、常用三端稳压器的识别与检测	24
八、晶体管的识别与检测	28
九、晶闸管的识别与检测	32
第二节 常用低压电器的选用与检修	36
一、低压刀开关的选用与检修	36
二、组合开关的使用与检修	38
三、按钮的使用与检修	39
四、行程开关的选用	42
五、低压熔断器的选用与检修	44
六、低压断路器的使用与检修	48
七、电磁继电器的使用与检修	51
八、其他几种继电器	57
九、接触器的选用与检修	61
十、热继电器的选用与检修	66
十一、时间继电器的选用与检修	72
十二、漏电保护器的选用与检修	77
第二章 三相交流异步电动机的安装与检修	87
第一节 三相交流异步电动机的结构	87

一、定子	88
二、转子	88
三、气隙	89
第二节 三相交流异步电动机的安装	89
一、电动机基础的安装	89
二、电动机绝缘电阻的检查	91
三、电动机的固定和接线	92
第三节 三相交流异步电动机的拆装	93
一、电动机的拆卸	93
二、电动机的装配	96
三、传动装置的安装与校正	100
第四节 三相交流异步电动机的维护和检修	105
一、三相交流异步电动机的日常检查与维护	105
二、三相交流异步电动机的定期维护	109
三、三相交流异步电动机常见故障的修理方法	111
四、三相交流异步电动机定子绕组的检修	118
五、三相交流异步电动机笼型转子的检修	125
第五节 三相交流异步电动机定子绕组的重绕	127
一、三相交流异步电动机的定子绕组	127
二、定子绕组的重绕步骤	135
三、重绕后的检查	142
第三章 三相交流异步电动机基本控制电路	144
第一节 三相交流异步电动机控制电路图的识读方法	144
一、三相交流异步电动机控制电路原理图的识读	144
二、三相交流异步电动机控制电路接线图的识读	148
第二节 三相交流异步电动机的全压起动控制电路	150
一、开关直接控制电动机起停电路	151
二、低压断路器直接控制的电动机起停电路	152
三、点动运行控制电路	152
四、连续运行控制电路	153
五、点动与连续运行控制电路	158
六、两地控制电路	159
第三节 三相交流异步电动机正、反转运行控制电路	160

一、三相交流异步电动机转向改变的方法	160
二、倒顺开关控制的正、反向控制电路	161
三、接触器触点互锁的正、反向控制电路	162
四、按钮触点互锁的正、反向控制电路	164
五、按钮和接触器触点双重互锁的正、反向控制电路	166
六、自动往返控制电路	168
第四节 三相交流异步电动机顺序起停控制电路	170
一、同时起停控制电路	170
二、先后起动控制电路	171
三、两台电动机顺序起停控制电路	172
第五节 三相交流异步电动机自动控制及保护电路	173
一、短时工作控制电路	173
二、开机延时间歇循环控制电路	174
三、起动前发出报警信号的控制电路	175
四、自动快速再起动控制电路	176
五、断相保护控制电路	177
六、只允许电动机正向运行控制电路	178
第六节 三相交流异步电动机减压起动控制电路	179
一、减压起动方法	179
二、串电抗减压起动自动控制电路	179
三、半自动 Y/Δ 减压起动控制电路	180
四、手动、自动控制电动机串自耦变压器减压起动控制电路	182
五、三相绕线转子异步电动机减压起动控制电路	183
第七节 三相交流异步电动机的调速方法与调速控制电路	185
一、调速方法	185
二、单绕组双速电动机 $\Delta/2\text{Y}$ 联结调速控制电路	186
三、单绕组双速电动机 $\text{Y}/2\text{Y}$ 联结调速控制电路	188
四、变频调速控制电路	190
第八节 三相交流异步电动机的制动方法与制动控制电路	191
一、电动机的制动方法	191
二、电磁抱闸制动控制电路	193
三、桥式整流能耗制动控制电路	195
四、电动机反接制动手动控制电路	196

第四章 直流电动机	198
第一节 直流电动机的结构	198
一、定子	199
二、转子	199
三、电刷装置	200
第二节 直流电动机的分类和出线端标志	200
一、直流电动机的分类	200
二、直流电动机的出线端标志	201
第三节 直流电动机的起动和可逆运行	202
一、起动方法	202
二、起停步骤	203
三、可逆运行	204
四、串励直流电动机起动控制电路	204
五、他励直流电动机串电阻起动电路	205
六、并励直流电动机起动控制电路	206
七、并励直流电动机的可逆运行电路	207
第四节 直流电动机的调速与制动	208
一、调速方法	208
二、制动方法	210
三、并励直流电动机调速、制动控制电路	211
第五节 直流电动机的拆装、检查和维护	212
一、直流电动机的拆装	212
二、换向器和电刷的维护与检修	213
三、直流电动机绕组故障的检修	216
四、直流电动机的常见故障及检修方法	222
五、直流电动机的修复检查	224
第五章 电动机控制电路的安装和调试	226
第一节 电动机控制电路的安装方法	226
一、选择元器件	226
二、电器元件的布置	226
三、元器件的固定	228
四、选择导线	229
五、配线	229

六、安装卡片框	232
第二节 电动机控制电路的调试方法	232
一、通电调试前的静态检查和准备	232
二、保护定值的整定	233
三、通电试车	234
第三节 电动机控制电路调试实例	236
一、电动机点动运行控制电路调试	236
二、开关控制的电动机点动与连续运行控制电路调试	241
三、用行程开关作自动停机的可逆运行电路调试	247
四、QX4 系列磁力起动器控制 Υ/Δ 减压起动电路调试	251
五、自耦变压器减压起动控制电路调试	254
六、半波整流能耗制动控制电路调试	258
七、反接制动控制电路调试	260
八、绕线转子异步电动机转子回路串电阻起动电路调试	261
九、单绕组双速电动机 $\Delta/2\Upsilon$ 联结调速控制电路调试	264
十、串励直流电动机可逆运行三速电路调试	265
第六章 电气故障基本检查方法和检查程序	268
第一节 电气故障的基本检查方法	268
一、感官诊断法	268
二、电阻测量法	269
三、电流测量法	269
四、电压测量法	270
五、类比法	270
六、排除法	271
七、推理法	272
八、替换法	272
九、加热法或降温法	273
十、部分重焊法	273
十一、甩负载法	273
十二、敲击法	274
十三、试探法	274
第二节 电路故障的检查程序	275
一、故障调查	275

二、初步诊断	275
三、断电检查	275
四、通电检查	276
五、综合分析	276
第七章 电路常见故障的检查方法和技巧	277
第一节 断路故障的检查方法和技巧	277
一、万用表检查断路故障	277
二、试电笔检查断路故障	281
三、校验灯检查断路故障	284
四、短接法检查断路故障	285
五、用电池灯检查断路故障	287
六、用钳形表检查主电路断路故障	289
第二节 短路故障的检查	289
一、电源间短路故障的检查	290
二、触点或元器件本身短路故障的检查	290
三、触点间短路故障的检查	291
第三节 接地故障的检查	293
一、实接地故障的检查	293
二、虚接地故障	296
三、不稳定接地故障的检查	296
第四节 接线错误故障的检查	296
一、控制电路接线错误的检查	297
二、主电路接线错误故障的检查	298
第八章 常用机械设备和机床电路故障检修实例	299
第一节 常用机械设备电路故障检修实例	299
一、电动葫芦控制电路检修	299
二、输送带运输机电路与检修	301
第二节 常用机床电路故障检修实例	302
一、CW6163B 型车床电路检修	302
二、Z525 立式钻床电路与检修	305
三、Z35 摇臂钻床电路检修	307
四、X8120W 型万能工具铣床电路检修	312

第九章 安全用电	315
第一节 安全用电须知	315
第二节 保护接零与保护接地	316
一、保护接地	316
二、保护接零	317
三、保护接零与保护接地比较	322
四、接地装置的结构、安装方法及要求	323
参考文献	328

第一章 常用电子元件和低压电器

第一节 常用电子元件的识别与检测

一、电阻器的识别与检测

1. 电阻器的外形及电路符号

电阻器简称电阻，它属于无极性元件，其外形及电路符号如图 1-1 所示，文字符号用 R 表示。电阻器的常用单位有 Ω （欧）、 $k\Omega$ （千欧）和 $M\Omega$ （兆欧），它们之间的换算关系是 $1M\Omega = 1000k\Omega$ ， $1k\Omega = 1000\Omega$ 。电阻器在电路中主要起降压、分压、限流、分流和隔离等作用。

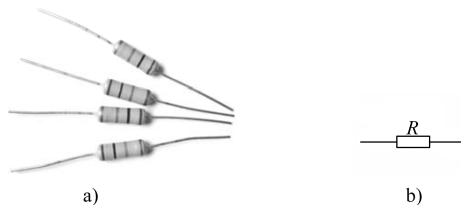


图 1-1 电阻器的外形及电路符号

a) 外形 b) 电路符号

2. 电阻器参数的标注方法

1) 直标法 直标法是将电阻器的阻值和功率直接标注在电阻器上，如图 1-2a 所示，为简化标注，单位 Ω （欧）可以省略，图中 $1W/100k$ 表示此电阻器阻值为 $100k\Omega$ ，功率为 $1W$ 。直标法只用在体积比较大的电阻器上，例如水泥电阻器通常采用直标法。

2) 色标法 色标法是用色环表示法来表示电阻器的大小，色环表示法是用不同的色环表示电阻值的方法，通常，从电阻器的一端依次有四或五道色环，如图 1-2b 所示。对于四环电阻器，其中前两个色环依次为电阻值的第一位和第二位数，第三色环表示乘数

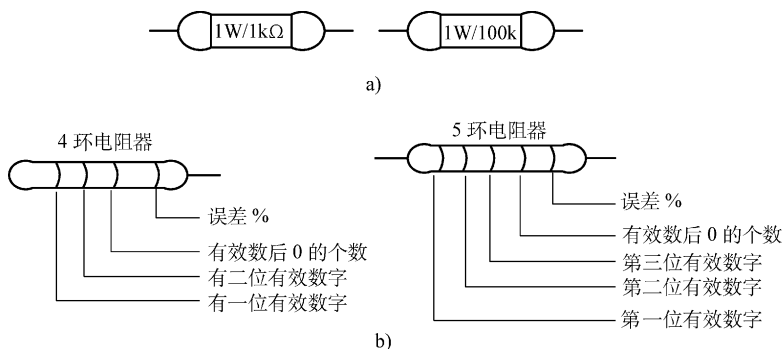


图 1-2 电阻器的表示法

a) 直标法 b) 色环电阻器

(即阻值的有效数值后所有的“0”的个数)，第四色环表示电阻值的误差。

色环所代表的数及其含义见表 1-1。

表 1-1 色环所代表的数及其含义

色环颜色	第一色环	第二色环	第三色环	第四色环
	第一位有效数	第二位有效数	乘数	误差范围
棕	1	1	$\times 10^1$	$\pm 1\%$
红	2	2	$\times 10^2$	$\pm 2\%$
橙	3	3	$\times 10^3$	
黄	4	4	$\times 10^4$	
绿	5	5	$\times 10^5$	$\pm 0.5\%$
蓝	6	6	$\times 10^6$	$\pm 0.25\%$
紫	7	7	$\times 10^7$	$\pm 0.1\%$
灰	8	8	$\times 10^8$	—
白	9	9	$\times 10^9$	—
黑	0	0	$\times 10^0$	—
金	—	—	$\times 10^{-1}$ (0.1)	$\pm 5\%$
银	—	—	10^{-2} (0.01)	$\pm 10\%$
无色	—	—	—	$\pm 20\%$

表 1-1 中内容可以通过下面的口诀来记忆：



增强记忆

棕 1、红 2、橙 3、黄 4、绿 5、蓝 6、紫 7、灰 8、白 9、黑 0

五环电阻器的前三位表示有效数字，第四位表示应补零的个数，第五色环表示电阻值的误差。色环电阻器的单位为欧姆 (Ω)。

怎样确定色环的哪个是第一环呢？一般可以通过以下方法来确定：

1) 误差色环的颜色在电阻器的一端，业余电子制作中对电阻器的精度要求又不高，所以误差色环的颜色一般都是金、银或无色，且一般误差色环与有效色环的间距大些，如图 1-3 所示。

2) 从误差色环相对的另一端开始即为第一色环，紧靠第一色环的依次为第二色环、第三色环、第四色环。

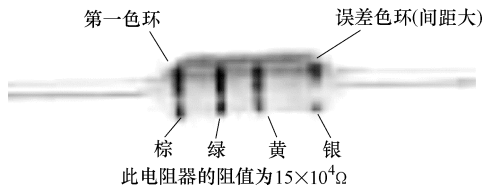


图 1-3 色环电阻器第一环的确定方法



检修技能宝典

3. 电阻器的检测

(1) 故障现象及原因

电阻器常见的故障有断路或阻值变化。故障原因是由于电阻器功率或阻值过小而烧坏（阻值变大），或受到外力而断裂。

(2) 电阻器阻值的检查

如果电阻体断裂或烧焦，可以用肉眼看出。如果外观正常，根据电阻器上所标文字符号或色环读取其阻值，然后将目测值与万用表测量值进行比较，如果两者相差过大，说明电阻器已损坏。万用表测量电阻器的方法和步骤如下：

1) 检测方法 选择合适的倍率（档位数），使指针尽可能地接近标度尺的几何中心，以提高测量精度。对于较小的电阻器，检查

时, 应使用较小的电阻档位; 对于较大的电阻器, 应使用较大的电阻档位, 否则易造成判断错误。例如测量一个 10Ω 的电阻器, 如果将万用表转到 $R \times 1k$ 或 $R \times 100$ 档, 不论电阻器是否变化, 表头都将指向“0”, 但如果用 $R \times 1$ 档, 是不是就容易读数了。

在测试过程中, 手不可以同时接触被测电阻器的两个引脚, 否则相当于并联了人体电阻, 在测量大阻值电阻器时, 会影响测试精度。

2) 读数 测量值为指示值乘以倍率。

例如: 测某电阻器的指示值为 20, 档位开关在 $R \times 1k$ 档, 该电阻为 $20k\Omega$; 又如, 测某电阻的指示值为 20, 档位在 $R \times 100$ 档, 该电阻器为 2000Ω , 如图 1-4 所示。

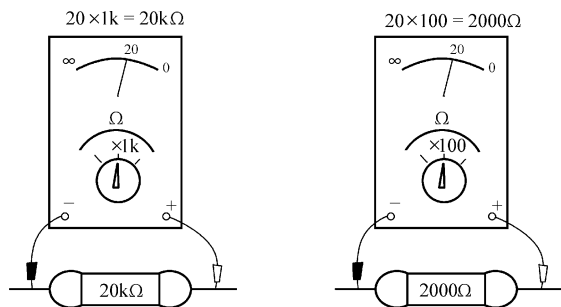


图 1-4 电阻器的测量与读数实例

二、电位器的识别与检修

1. 认识电位器

电位器是阻值可以在一定范围内调节的电阻器。电位器的外形和电路符号如图 1-5 所示, 其文字符号用 RP 表示。电位器一般有三个引脚, 其中两侧 1、3 引脚连接定片, 称为定臂, 中间的一个引脚 2 与动片连接, 称为动臂。其中两定臂间的阻值是电位器的标称阻值, 电路图中电位器所标注的就是其标称阻值, 也是其最大阻值。当电位器在旋转时, 动臂触点滑动, 动臂与任一定臂间的阻值都在变化, 变化的规律是: 动臂与一个定臂的阻值减小时, 动臂与另一个定臂的阻值增大, 但总阻值不变。

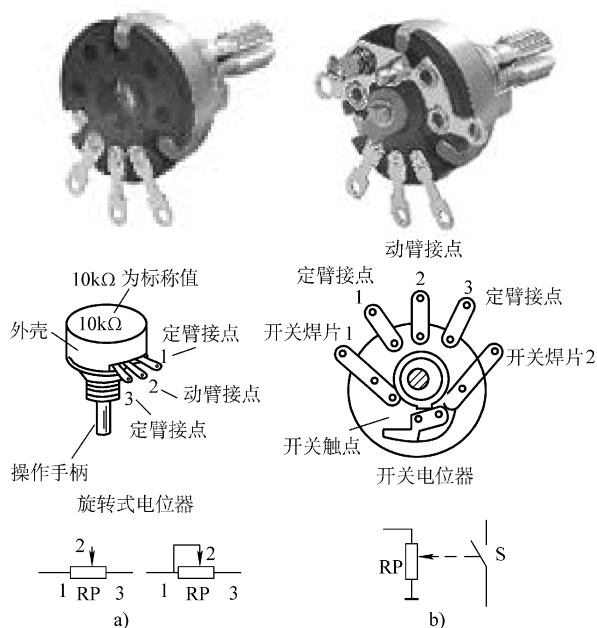


图 1-5 电位器的外形、结构和电路符号

a) 旋转式电位器 b) 带开关的电位器

2. 电位器的检测、修复与代换

(1) 检测

1) 测其标称阻值是否正常如图 1-6a 所示, 将万用表置于合适

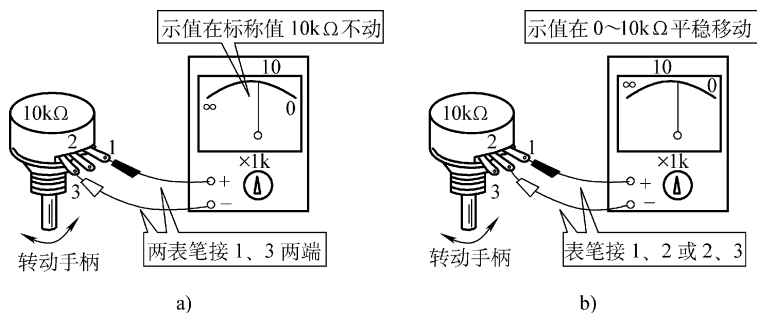


图 1-6 检测电位器

a) 测标称阻值 b) 测接触情况

的欧姆档，红、黑两表分别测量电位器两侧的接线端，转动手柄，正常时测量值应与电位器外壳上的标称电阻相同，若测得的阻值比标称阻值大得多，说明电位器已损坏。

2) 测电位器中心抽头与电阻体的接触情况如图 1-6b 所示，两表笔分别接 1、2 或 2、3 接线头，同时来回调节电位器旋钮，正常时，阻值应在零至标称值之间连续变化，若表针有抖动，说明被测电位器接触不良。

(2) 修复

电位器的常见故障是接触不良。典型现象是调节音量电位器时，会有较大的噪声，且噪声仅在转动时出现，出现这种故障都是音量电位器的问题。修复时，可以用纯酒精沿电位器的引脚缝隙、转柄缝隙处滴入，如图 1-7a 所示；对于直滑式电位器，可以从操纵柄槽中滴入，如图 1-7b 所示。清洗之后，再滴入一小滴润滑油，以减小摩擦，增加使用时间。

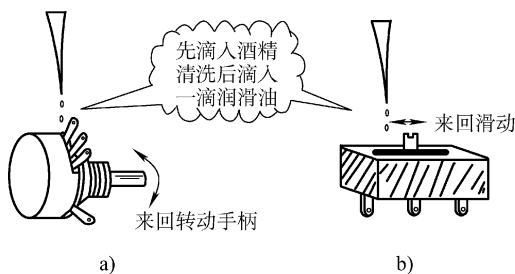


图 1-7 电位器转动时噪声大的简易修复

a) 旋转式电位器 b) 直滑式电位器

(3) 代换

最好选用标称阻值相同的原型号电位器，当没有同规格的电位器时，可以用阻值与原阻值相近的电位器代替。如果安装条件允许，立式、卧式可以互换；如果换上的电位器标称值比故障的电位器标称值大，也可以使用，只是调节不太方便；如果换上的电位器标称值比故障的电位器标称值小，可以串一只定值电阻器（其电阻值应小于电位器标称阻值，否则电位器起不到调节作用）。

三、电容器的识别与检测

1. 电容器的外形、单位

电容器就是“储存电荷的容器”，它是组成电子电路的主要元器件之一，图 1-8 所示为电容器的外形和电路符号，其文字符号用 C 表示。

电容器的基本单位是法拉 (F)，常用的电容器单位有 μF (微法)、 nF (纳法) 和 pF (皮法)。 $1\text{F} = 1000000\mu\text{F} = 10^6\mu\text{F}$ ， $1\mu\text{F} = 1000\text{nF}$ ， $1\text{nF} = 1000\text{pF}$ ， $1\mu\text{F} = 1000000\text{pF} = 10^6\text{pF}$ 。

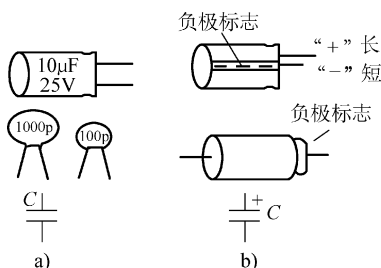
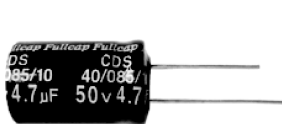


图 1-8 电容器的外形和电路符号

a) 普通电容器 b) 极性电容器

2. 电容器的标注方法

1) 直标法 直标法是把电容器的电容量和耐压用数字和字母组合直接标注在电容器外壳上，如图 1-9 所示的第一只电容器采用的就是直标法。



耐压 50V，电容量 $4.7\mu\text{F}$



耐压 1kV，电容量 $10 \times 10^3\text{pF}$



120pF



$5 \sim 20\text{pF}$ 可调

图 1-9 电容器的标注法实例

2) 数字标注法 容量较小的电容器常用三位数字表示，其单

位为 pF。用三位数字表示时，第一、二位数字为有效数字，表示容量值的有效数，第三位为倍率，表示有效数字后应加零的个数，如图 1-9 所示的后三只电容器采用的都是数字标注法。

例如：120 表示电容量为 120pF，102 表示电容量为 $10 \times 10^2 \text{ pF} = 0.001 \mu\text{F}$ ，103 表示电容量为 $10 \times 10^3 \text{ pF} = 0.01 \mu\text{F}$ ，104 表示电容量为 $10 \times 10^4 \text{ pF} = 0.1 \mu\text{F}$ ，105 表示电容量为 $10 \times 10^5 \text{ pF} = 1 \mu\text{F}$ ，5~20 表示此电容量在 5 到 20pF 之间连续可调等。

3. 电容器的电特性

电容器有“隔直流、通交流”的电特性。即直流电不能通过电容器，但在直流电刚加到电容器上时，对电容器有充电电流，充满电后电容器呈开路状态；而交流电能电容器两端交替地进行充电和放电，电路中就会有电流流动。

电容器虽然能够让交流电通过，但电容器对交流电也有阻碍作用，这种阻碍作用称为容抗。

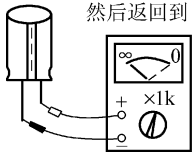
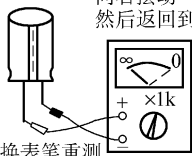


检修技能宝典

4. 电容器的检测

1) 容量在 $1 \mu\text{F}$ 以上电容器的检测见表 1-2。

表 1-2 容量在 $1 \mu\text{F}$ 以上电容器的检测

现象	检查方法	说明
正常	向右摆动一下 然后返回到 ∞  步骤 1 向右摆动一下 然后返回到 ∞  交换表笔重测 步骤 2	容量在 $1 \mu\text{F}$ 以上的电容器，用指针万用表 $R \times 10\text{k}$ 档、$R \times 1\text{k}$（电容量小时应选 $R \times 10\text{k}$ 档位），测量电容器两引脚时，在正常情况下，刚接触电容器两引脚时，表头立即向“0”方向摆动一下，然后向“∞”的方向退回；再将两表笔对调，现象同上，这就是电容器的充放电过程，最后表针停在接近“∞”附近的某一定值

(续)

现 象	检 查 方 法	说 明
漏电		用指针万用表高阻档正反向测量电容器的阻值, 表针返回不到无穷大 ($100\text{k}\Omega$ 以下), 即可认定电容器漏电。漏电故障发生后, 电容器工作时发热比较严重 漏电故障的原因是电容器周围温度过高, 或者电容器久置不用介质老化, 所以使用时电容器要远离高温器件
短路		万用表表针指“0”不动, 这是明显的短路故障。有时, 用万用表测量时电容器的充放电都正常, 但将它接在电路时会出现故障, 这种现象称为软击穿, 软击穿的电容器一般只能代换 短路故障多由于工作电压超过电容器的耐压值或电容器极性接反所致, 所以使用时, 电容器的额定电压应大于工作电压并留至少 10% 的余量, 否则, 如果加在电容器上电压超过了它的额定电压, 电容器就会击穿短路, 同时注意极性电容器的正负极不能接反
开路		检查时, 可焊开一个引脚后, 轻推一下电容器, 如果断裂, 可看到电容器立即分离 开路故障用万用表检查电容器时表针不动 开路故障的原因多为电容器的工作电流过大、电容器安装过程中或安装后受外力拉扯

2) 对于容量小于 $1\mu\text{F}$ 的电容器, 用 $R \times 10\text{k}$ 档测量, 充电现象不明显, 一般只能测量它是否漏电或短路, 当万用表指示无穷大才正常; 如果不是无穷大, 则表示漏电; 如果表针指零, 则表示短路。如果怀疑它有开路故障时, 可用新的同型号电容器更换。



增强记忆

表 1-2 所述现象可以通过口诀来记忆：正反测量表不动，电容器内部有断路；正反测量都指零，电容器内部有短路；返回越快越健康，返回半路有漏电。

四、电感器的识别与检测

1. 电感器的外形和图形符号

电感器又称电感线圈或电感绕组，它是电子设备中常用的电子元件之一，它经常和电容器一起工作，构成 LC 滤波器、 LC 振荡器等。电感器的外形和图形符号如图 1-10 所示，其文字符号用“ L ”表示。电感器的常用单位有亨（ H ）、毫亨（ mH ）、微亨（ μH ）， $1H=1000mH$ ， $1mH=1000\mu H$ 。

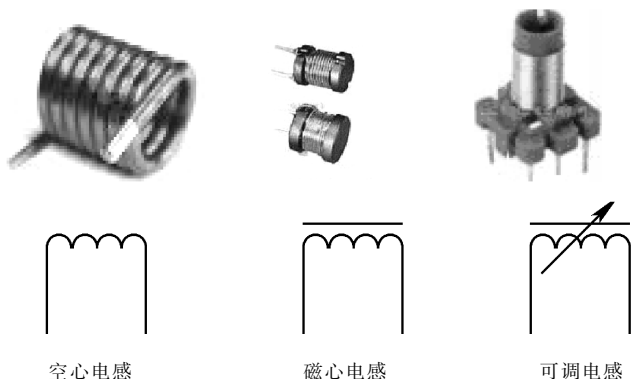


图 1-10 电感器的外形和图形符号

2. 电感器的电特性

电感器有通直流、阻交流的电特性。即电感器对直流电无阻碍作用，而对交流电却有阻碍作用。电感器对交流电有阻碍作用，这种阻碍作用称为感抗。

3. 电阻器、电容器、电感器对交直流信号的阻碍作用（特性）比较

电阻器对交、直流电具有相同的阻碍作用；电容器有隔直流、

通交流的特性；电感器有通直流、阻交流的电特性，这一点电感器与电容器刚好相反。



检修技能宝典

4. 电感器的检测

1) 检查外观 如图 1-11 所示，检查电感器绕线不应松散或变形，外皮不应有破损；磁心转动应灵活但不应有碎裂、松动现象。

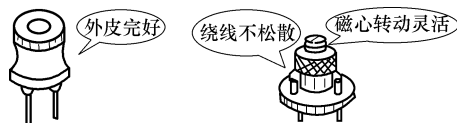
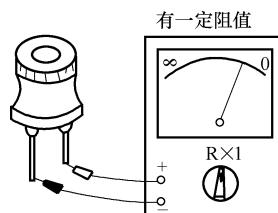


图 1-11 电感器的外观检查

2) 检查电感器的电阻 如图 1-12 所示，将万用表置于合适的电阻档，两表笔分别测量电感器的两引脚，测得的电阻值应与电感器绕组的匝数、线径有关：绕组的匝数多，线径越细，电阻值大；反之，绕组的匝数少，线径越粗，电阻值则小。



如果万用表表针在无穷大不动，说明被测电感器一定存在开路故障，但有的电感器直流电阻较小，即使用小电阻档测量，阻值也接近于零，这时不要认为是短路，应配以外观检查，或与同类电感器类比。

一般高频电感器的电阻为零点几欧至几欧；中频电感器的电阻为几十欧至几百欧；低频电感器的电阻为几百欧至几千欧。

3) 检查电感器的绝缘 对于铁心电感器，为防止绕组碰壳，应检查绕组对外壳的绝缘。如图 1-13 所示，用万用表 $R \times 10k$ 档测量电感器各引出线与铁心间的电阻值，正常时应为无穷大，如果示值过小，则表明所测

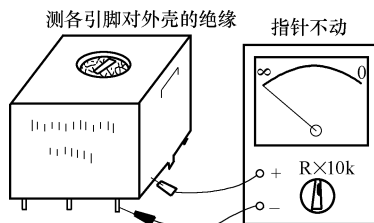


图 1-13 检查电感器的绝缘

电感器绝缘性能不好。

五、变压器的识别与检测

1. 变压器的外形及电路符号

变压器是常用的电器元件，变压器的外形和电路符号如图 1-14 所示，其文字符号常用 TC 或 T 表示。变压器的种类很多，电工用得最多的是电源变压器、自耦变压器等。

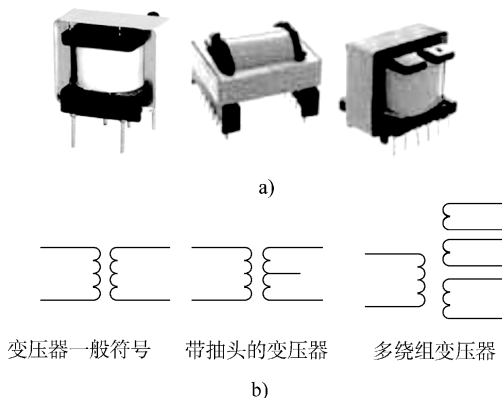


图 1-14 变压器的外形及电路符号

a) 外形 b) 电路符号

2. 变压器的主要作用

变压器的主要作用是进行电压、电流的变换。在电源设备中，变压器主要用来变换电压，以得到设备所需的电压值。变压器一、二次电压的有效值与绕组的匝数有如下关系：

$$K = \frac{N_1}{N_2} = \frac{U_1}{U_2}$$

式中 N_1 ——变压器一次绕组的匝数；

N_2 ——变压器二次绕组的匝数；

U_1 ——变压器一次绕组两端的电压；

U_2 ——变压器二次绕组两端的电压。

当 $K > 1$ 为降压变压器； $K < 1$ 为升压变压器； $K = 1$ 为隔离变压器。

当变压器额定运行时,若忽略电能损耗,变换电压的同时,必定有电流的变换。变换电流的大小与一次、二次绕组的匝数比有关。变压器一、二次侧电流有效值的关系为

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1} = \frac{1}{K}$$

由上面的电压、电流变比公式可知,当变压器额定运行时,一、二次侧电压与其匝数成正比,一、二次侧电流与其匝数成反比,即匝数越多的线圈两端电压越高,允许通过的电流越小。所以改变一、二次绕组的匝数就可以改变输出电压和电流,这就是变压器的电压、电流变换作用。

3. 电源变压器

电源变压器是最常用的一类变压器,主要起到升压、降压或隔离电源之用,其中升压用的称为升压变压器,降压用的称为降压变压器,隔离电源用的称为隔离变压器。下面重点介绍一下多绕组变压器的使用技巧。

1) 有些电源变压器有两个二次绕组,且两个二次绕组不连接,这种电源变压器称为多绕组电源变压器,多绕组电源变压器可以像普通变压器一样使用。如图 1-15 所示的二次多绕组变压器,它有 6V、12V、15V 三种输出电压,使用时可根据需要选用符合要求的二次电压。

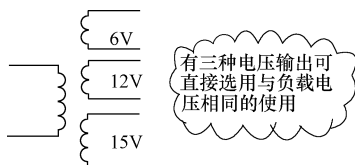


图 1-15 二次多绕组变压器
基本使用方法

2) 二次多绕组变压器的串联使用。多绕组变压器串联使用时,可以输出大小不同的交流电压。但应注意:串联使用时,一般应异名端相连,如果连接错误,输出电压是相减的关系。

例如:如图 1-16 所示的电源变压器,它有一个 6V 绕组和一个 9V 绕组,电路需用 15V 交流电,而变压器无 ~15V 绕组,可将两绕组串联使用。即将 2、3 两异名端点相连,则 1、4 两点输出交流电压为 $6V + 9V = 15V$ 。

3) 多绕组变压器的并联使用。二次绕组的电压相等时才能并联使用,且并联时应将绕组的同名端相连,这样可提高变压器的输

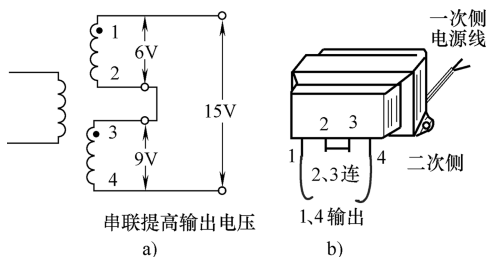


图 1-16 二次多绕组变压器的串联使用

a) 原理图 b) 实际连接图

出电流和带负载能力，如图 1-17 所示。

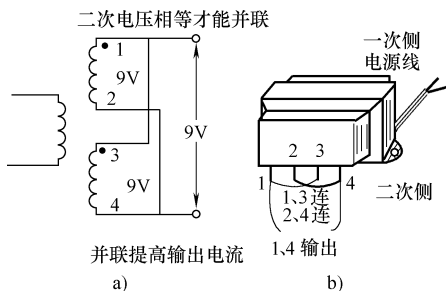


图 1-17 二次多绕组变压器的并联使用

a) 原理图 b) 实际连接图

4) 有的电源变压器有两个一次绕组，如图 1-18 所示的变压器一次绕组的中间有一个抽头，当使用 1、3 绕组时，接 $\sim 380\text{V}$ 电源，使用 1、2 绕组时，接 $\sim 220\text{V}$ 电源。

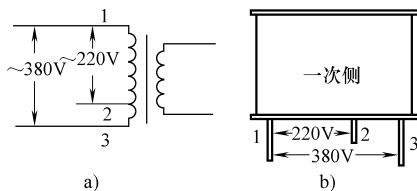


图 1-18 一次多绕组电源变压器的使用

a) 原理图 b) 示意图

4. 自耦变压器

(1) 认识自耦变压器

自耦变压器二次绕组是一次绕组的一部分，一次绕组与二次绕组之间不仅有磁耦合，还有电的直接联系；自耦变压器绕组的中间有一个滑动电刷接头，可以调节输出电压，所以又称调压器。如图 1-19 所示为自耦变压器的外形和电路符号。

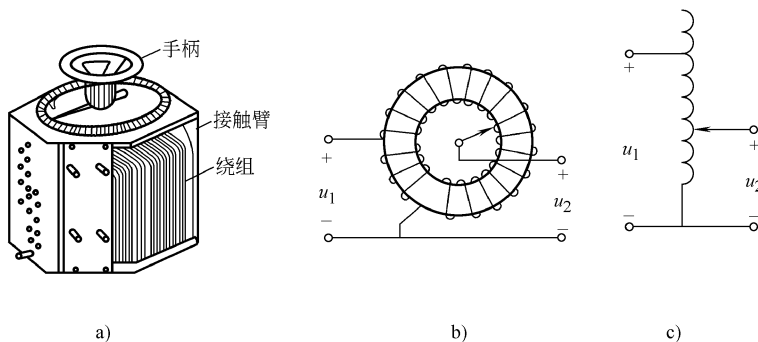


图 1-19 自耦变压器的外形、示意图和电路符号

a) 外形 b) 示意图 c) 电路符号

自耦变压器与普通变压器相比，只有一个绕组，用铜量少，体积小，损耗小、效率高，较为经济，通常用在实验设备上。

(2) 自耦变压器的使用注意事项

1) 由于自耦变压器一、二次绕组之间既有磁的联系又有电的联系，所以不能用于要求一、二次侧电路隔离的场合，否则易于发生触电事故。

2) 自耦变压器的一、二次绕组不能调换使用，一次绕组 N_1 接输入电压，二次绕组 N_2 接输出电压。否则可能烧坏绕组。

3) 接通电源前，应先将自耦变压器调到零位，通电后再缓慢地转动手柄，将输出电压调到所需值。用毕，再将手柄转到零位。



检修技能宝典

5. 变压器的检测

(1) 绕组断路或短路的检查由于一般降压变压器绕组的阻值不

是很大,所以可以用万用表 $R \times 1$ 或 $R \times 10$ 档,分别测量一次绕组和二次绕组的直流电阻,如图 1-20 所示,正常时,一次绕组的直流电阻应该大于二次绕组的直流电阻(一次绕组的电阻值为几十至几百欧,二次绕组的电阻值为几欧至几十欧),根据这一点不但可以分辨两绕组,而且可以检测一、二次绕组的好坏。如果电阻为无穷大,则表明绕组断路;如果电阻为零,则表明绕组短路,但此法不能测量局部短路,可更换同型号的变压器,如果故障消失,说明原来的变压器存在短路故障。

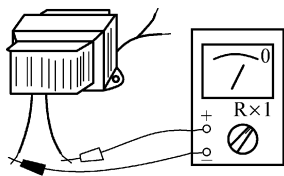


图 1-20 绕组断路或短路的检查

(2) 绝缘电阻的测试 用万用表 $R \times 10k$ 档,将万用表两表笔分别接变压器两个绕组的一端,测出两绕组之间的绝缘,如图 1-21a 所示;测量绕组对外壳的绝缘时,一只表笔接变压器的绕组,另一只表笔接变压器铁心,如图 1-21b 所示。正常时,上述测量值均应为无穷大,否则表明变压器绝缘性能降低。

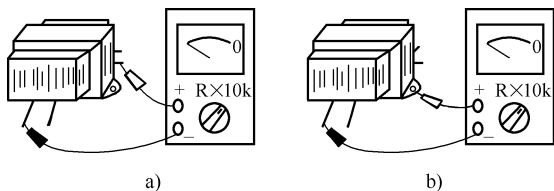


图 1-21 绝缘电阻的测试

a) 测量绕组间的绝缘 b) 测量绕组对外壳的绝缘

6. 小型变压器常见故障的处理方法

(1) 通电后,二次侧无输出电压

1) 熔断器熔断,应检查原因,处理故障后,更换熔体。

2) 一次侧的连接导线松脱,应接好松脱的导线。

3) 一次或二次开路,这时测量绕组的电阻为“ ∞ ”,应查出开路点(一般在绕组与引出线的连接处),焊好、接牢并加以绝缘,或更换绕组。

(2) 变压器响声过大

- 1) 电源电压过高, 应降低电压至额定值。
- 2) 负载过重或短路, 应减小负载或排除短路。
- 3) 变压器铁心松动, 应用夹紧装置或扳手将铁心紧固。
- (3) 变压器温升过高
 - 1) 电源电压过高, 应降低电压至额定值。
 - 2) 负载短路, 应查出短路点, 消除短路。
 - 3) 负载过重, 应更换大容量的变压器。
 - 4) 绕组内部短路, 应重绕绕组。
 - 5) 硅钢片绝缘不良, 应浸漆干燥处理。
- (4) 变压器漏电
 - 1) 变压器绝缘老化, 应更换绝缘或重绕绕组。
 - 2) 铁心有毛刺使绕组绝缘受损, 应修理铁心和绕组绝缘。
 - 3) 变压器外壳未接地, 变压器外壳应可靠接地。
 - 4) 引出线裸露部分碰触铁心或外壳。

六、二极管的识别与检测

1. 认识二极管

二极管是常用的半导体器件, 它的内部是一个 PN 结, 其结构和电路符号如图 1-22 所示。

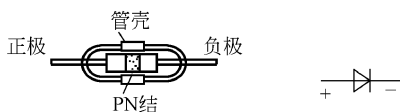
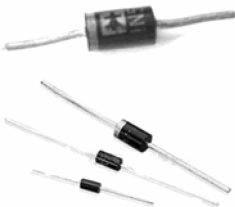
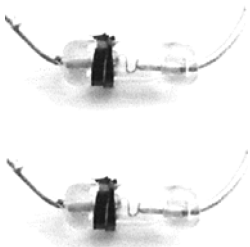


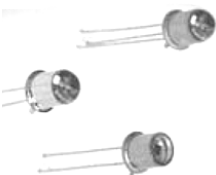
图 1-22 二极管的结构和图形符号

分类: 按功能不同, 二极管可分为检波二极管 (普通二极管)、整流二极管、稳压二极管、发光二极管、光敏二极管等。按所用材料不同, 二极管可分为锗二极管和硅二极管。硅二极管与锗二极管相比, 硅二极管一般反向电流较小, 正向压降较大, 硅二极管在电源整流及电工设备中应用较多, 锗二极管通常用于高频小信号检波电路。常用的二极管的外形及特点见表 1-3。

表 1-3 常用的二极管的外形及特点

名称及图示	特 点
 整流二极管	整流二极管主要用于各种电源设备中，其作用是将交流电变为脉动的直流电，以提供电路所需的直流电源。整流二极管按工作频率可分为高频整流二极管、低频整流二极管；按功率可分为大功率整流二极管、中功率整流二极管和小功率整流二极管。常用型号有 1N、2CZ 系列
 检波二极管	检波二极管一般是正向电阻小、反向电阻大、截止频率高的锗二极管，其作用是把已经完成运载音频信号任务的中频信号去掉，而把音频信号检取出来 常用的检波二极管有 2AP 系列，检波二极管广泛用于半导体收音机、电视机等小信号电路中
 发光二极管	发光二极管是一种把电能转变成光能的半导体器件，它不但具有普通二极管的伏安特性，而且给管子施加合适的正向电压（其导通电压比普通二极管高，约 1.6~2V）管子还会发光。发光二极管有红色、黄色、蓝色、白色等，另外还有双色和变色发光二极管 发光二极管常用于各种指示电路，例如各种家电上的指示灯就是发光二极管
 红外发光二极管	红外发光二极管是一种特殊的发光二极管，只是它发出的是人眼看不见的红外光。红外发光二极管能把电能直接转换成红外光能，并把红外光辐射出去的发光器件。各种家电的遥控器上用的就是红外发光二极管，其外形与普通发光二极管相似，它常与红外接收二极管配对使用 它和发光二极管一样，有正负极之分，引脚长的为正极

(续)

名称及图示	特 点
 光敏二极管	光敏二极管又称光电二极管，它通常工作在反向电压状态。其作用是将光信号转换为电信号，它的最大特点是对光敏感 光敏二极管有两端（如左图下面两个）和三端（如上面一个）两种形式。它的管壳上有一个透明的受光玻璃窗口（或受光面），入射光穿过此窗口照射到 PN 结上时，其内阻会发生改变。当没有光照时反向电阻很大，当有光照射时，反向电阻减小 光敏二极管常见的管型有 2CU 和 2DU 系列。光敏二极管广泛应用于光测量、光电自动控制
 稳压二极管	稳压二极管是一种特殊工艺制成的硅二极管，它工作时通常加反向电压，只要反向电流不超过它的极限电流，二极管两端的电压基本不变，所以稳压二极管常用于稳定电路中起稳压作用

2. 二极管的单向导电特性

如图 1-23a 所示，二极管加正向电压时电阻很小，处于导通状态，就好比闸门在正向水流作用下被打开一样；如图 1-23b 所示，

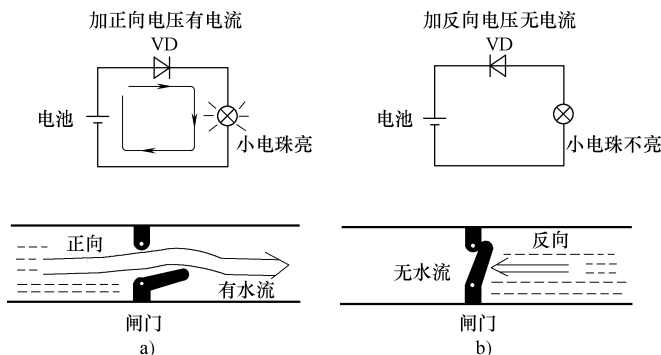


图 1-23 二极管的单向导电特性

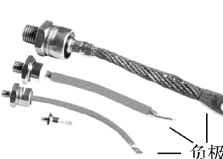
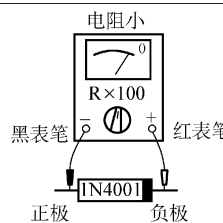
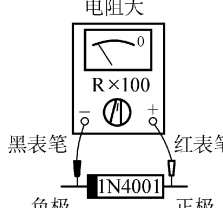
a) 二极管加正向电压导通 b) 二极管加反向电压截止

二极管加反向电压时，在相当大的范围内，其电阻很大，处于截止状态，就好比闸门在反向水流作用下不能打开一样，这就是二极管的单向导电性。注意当反向电压超过一定值时，就会使二极管击穿损坏，这时二极管就不再具有单向导电性。

3. 二极管极性的判别

二极管极性的判别见表 1-4。

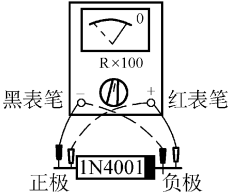
表 1-4 二极管极性的判别

判 别 方 法	图 示	说 明
通过外形判别	 小型二极管的正负极	通常二极管的正、负极在二极管上用颜色标出，小型二极管负极的一端通常有一银白色或黑色的细线；有的管壳上有凸键标记，靠近凸键标记的为正极
	 螺栓形二极管的正负极	螺栓形二极管螺栓端为正极，引线端为负极
万用表检测判别	 电阻小 黑表笔 红表笔 正极 负极	根据二极管的单向导电性，用万用表 $R \times 1k$ 或 $R \times 100$ 档来测量其正、反向电阻，由于红表笔对应表内电池的负极，黑表笔对应于表内电池的正极，测量的电阻小时，黑表笔所接一端为二极管的正极
	 电阻大 黑表笔 红表笔 负极 正极	测量的电阻大时，红表笔所接一端为二极管的正极

4. 二极管好坏的判别

二极管好坏的判别见表 1-5。

表 1-5 二极管故障的原因及好坏的判别

故障原因	二极管常见故障有击穿短路、断路或特性变差。故障原因一般由于使用时正、负极接错，使二极管短路；工作电压超过其最高反向工作电压的范围，使二极管承受过高反向电压而击穿；正向电流超过允许值，使二极管承受过大的正向电流而烧坏。对于大功率整流二极管，也可能由于散热不良，使工作结温过高而烧坏等
检测方法	正、反向各测一次  用万用表 $R \times 1k$ 或 $R \times 100$ 档测量二极管的正、反向电阻，正常时一次测得的阻值大，一次测得的阻值小，且两阻值相差越大越好。如果两次测量的电阻值都很大或表针在“∞”（无穷大）处不动，则表明二极管已断路；如果两次测量的电阻值都很小或电阻值接近于零，则表明二极管已短路；如果两次测量的电阻值接近，则表明二极管的单向导电性变差

5. 整流桥、整流桥堆的识别与检测

(1) 认识整流桥

整流桥实际上是由四只整流二极管组成的，整流桥的作用是将交流电变为直流电，其电路符号如图 1-24 所示。整流桥堆实际上是由整流桥用绝缘瓷、环氧树脂封装而成的。常用整流桥堆的外形如图 1-25 所示，从图中可以看出它有四个引出端，其中一个引脚上标有“+”符号，它是正极输出端，另一个脚上标有

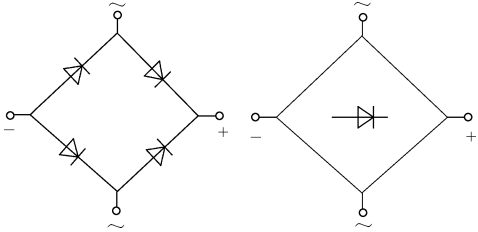


图 1-24 整流桥的电路符号

“—”，它是负极输出端，剩下的两个引脚是交流输出端，交流端常标注 AC。

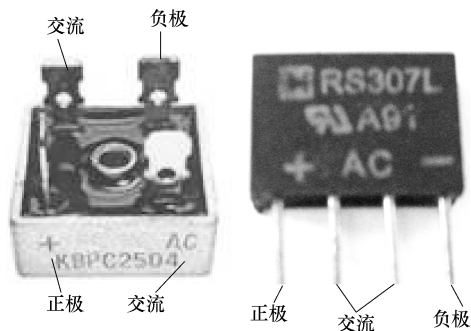


图 1-25 整流桥堆的外形

(2) 整流桥（堆）的常见故障及其原因

整流桥（堆）的常见故障有断路、短路、接错等，故障原因一般由于整流二极管过电流或耐压值不够、极性接错等造成的。

(3) 整流桥（堆）极性的检查

由四只二极管连接而成的整流桥，可通过检查二极管的极性及各四只二极管的连接来判断整流桥的极性。检查时可观察颜色或用万用表电阻档（ $R \times 1k$ 或 $R \times 100$ ）测量四只二极管的正、反向电阻，判别二极管的正、负极，再根据四只二极管的连接方式来判别。正常时，两只二极管的公共负极相连的端点为整流桥的正极，另两只二极管的公共正极相连的端点为二极管的负极，剩下两组端点（一只二极管的正极与另一只二极管的负极相连的端点）就是交流输入端。

对于整个封装好的整流桥堆，直接查看其标记，“+”表示整流桥的正极，“—”表示整流桥的负极，AC 端或两个“~”符号表示两个交流输入端。

如果整流桥（堆）的极性不易观察，可用万用表电阻档（ $R \times 1k$ 或 $R \times 100$ ）测量。若万用表红表笔固定于一端，黑表笔分别测量其他三端的电阻均较大时，则红表笔所接为整流桥的负极；若将

红表笔固定于一端，黑表笔分别测量其他三端的电阻均较小时，则红表笔所接为整流桥的正极，判断出正、负极后，剩下的就是两个交流输入端了。

6. 二极管的应用

利用二极管的单向导电性，可以将交流电变为脉动的直流电。

如图 1-26a 所示为单相桥式整流电路。正半周时，A 端为正，B 端为负，这时二极管 VD_1 和 VD_3 承受正向电压而导通， VD_2 和 VD_4 承受反向电压而截止，电流按图 1-26b 所示的方向流动；负半周时，B 端为正，A 端为负，这时二极管 VD_2 和 VD_4 承受正向电压而导通， VD_1 和 VD_3 承受反向电压而截止，电流按图 1-26c 所示的方向流动。这样在负载端就得到了全波脉动直流电压，如图 1-26d 所示，图中变压器 TC 起降压、隔离作用。

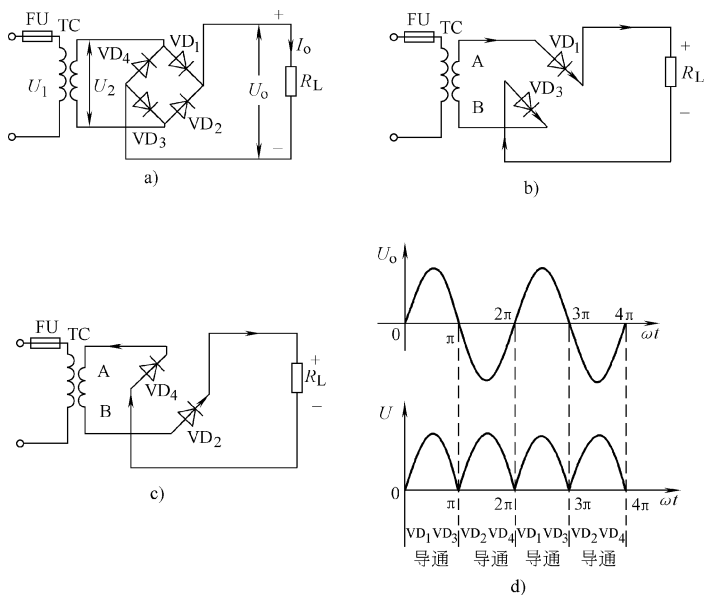


图 1-26 桥式整流电路

a) 桥式整流电路原理 b) 二极管正半周情况 c) 二极管负半周情况 d) 波形图

整流电路之后，接上滤波电容器，利用电容器的储能作用，电压高时吸收能量，储存起来，电压低时，释放出来，起到平整波形的作用（它就好像储水箱一样）。滤波电路之后，再经过电阻 R 、稳压二极管组成的稳压电路，便是一个简单的直流电源了，如图 1-27 所示。

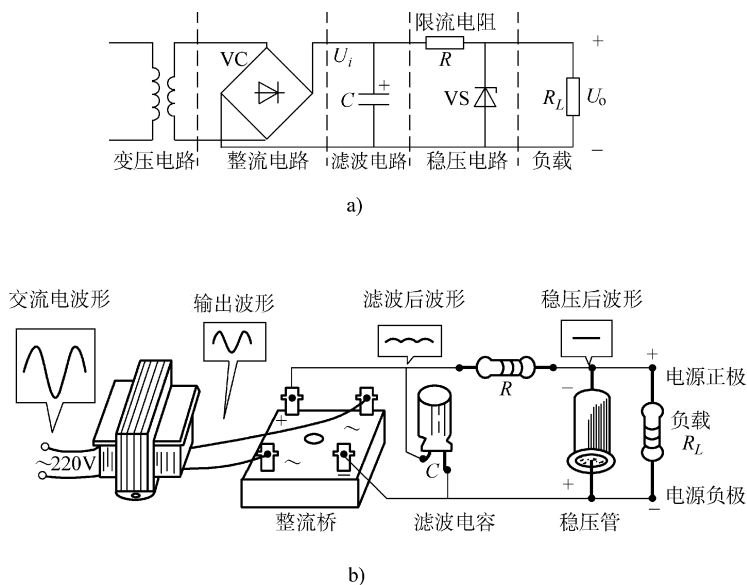


图 1-27 直流稳压电源电路、实物图及波形

a) 电路图 b) 实物图及波形

七、常用三端稳压器的识别与检测

1. 认识三端稳压器

前面介绍了稳压二极管稳压电路，输出电流小，所以实际工作中，经常用三端稳压器稳压。常用的三端固定式输出稳压器有 W78 和 W79 系列，其型号及主要参数见表 1-6。

表 1-6 常用固定式三端稳压器型号及主要参数

型号	输出电压/V	输入电压/V	最小输入电压/V	最大输入电压/V	最大输出电流/A
W7805	5	10	7	35	1.5
W7806	6	11	8		
W7809	9	14	11		
W7812	12	19	15		
W7815	15	23	18		
W7824	24	32	27		
W7905	-5	-10	-7	40	
W7906	-6	-11	-8	-35	
W7909	-9	-14	-11		
W7912	-12	-19	-15		
W7915	-15	-23	-18		
W7924	-24	-32	-27	-40	

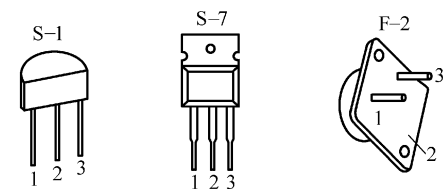
两系列稳压器都有三个接线端，即输入端、公共端和输出端，但两系列稳压器的接法不同。W78 系列是正电压输出，正输入电压接在 1 脚，接地端（负极）接 2 脚，正输出电压从 3 脚输出；而 W79 系列是负电压输出，负输入电压接在 2 脚，接地端接在 1 脚，负输出电压从 3 脚输出。图 1-28 所示为三端稳压器的外形及电路符号。

图 1-29 所示为 W7812 和 W7912 稳压器的接线图，其他稳压器的接法与此相似，只是变压器二次侧电压应做相应地变动。

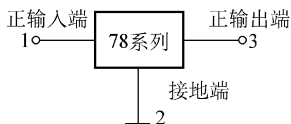
使用三端稳压器时应注意：

1) 引脚不能接错，否则容易损坏稳压器。

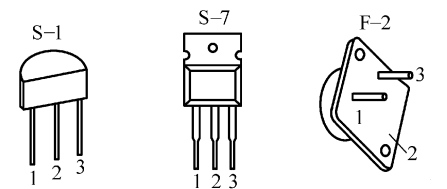
2) 不加散热器时的功耗为 1W 左右，加散热器时的最大功耗为 15W，所以使用三端稳压器时要加散热器，并在散热器上加硅脂，以降低热阻。



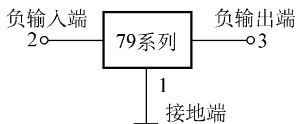
左1—输入端 中间2—接地端 右3—输出端



a)



左1—接地端 中间2—输入端 右3—输出端



b)

图 1-28 W78 和 W79 系列稳压器的外形及电路符号



增强记忆

我们可以按以下方法来记忆三端稳压器：

对于常用的直插式三端固定稳压器，CW78 系列稳压器的管脚排列规律是：将元件带字一面对准自己，左侧为输入脚、中间为接地脚，右侧为输出脚，即“左入右出中间地”；CW79 系列稳压器的管脚排列规律是：将元件带字一面对准自己，左侧为接地脚、中间

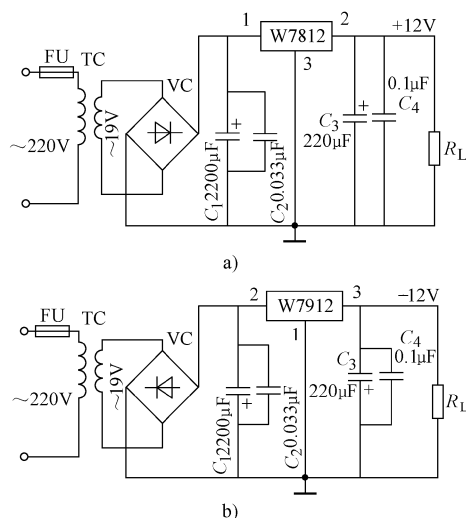


图 1-29 W7812 和 W7912 系列稳压器的接线图

a) W7812 稳压器接法 b) W7912 稳压器接法

为输入脚，右侧为输出脚，即“左地右出中间入”。记住了 CW78 系列，将其输入与地交换就是 CW79 系列的。

对于金属封装的三端稳压器，它有两个安装孔，如果将管脚对准自己，并将距管脚较近的安装孔放在上侧，其管脚排列也有上述规律，对照图 1-27 看一看你就明白了。



检修技能宝典

2. 三端稳压器的检测

1) 断电测量 对 W78 和 W79 系列三端稳压器，在不通电时，用万用表 $R \times 100$ 档，分别测量其输入、输出端的正、反向电阻，正常时阻值相差在几千欧以上；若阻值接近或全为零，则说明稳压管已损坏。

2) 通电试验 在三端稳压器的输入端加上额定工作电压（可以用万用表的 9V 电池或稳压电源），带上正常负载（有些三端稳压器空载时正常，但稍加负载即不稳压），若输出电压不是稳压器的标称输出电压，则此稳压器损坏。如图 1-30 所示为 CW7805 和 CW7905 的通电试验方法，其他稳压器的试验与其相似。

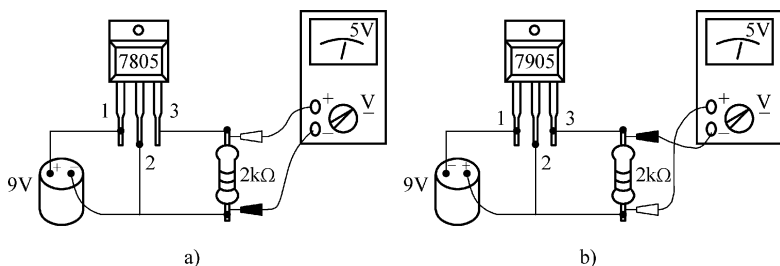


图 1-30 三端稳压器的检测

a) CW7805 b) CW7905

八、晶体管的识别与检测

1. 认识晶体管

晶体管俗称三极管，其内部是由两个 PN 结构成，它有三个电极，即发射极 e，基极 b 和集电极 c。按内部结构不同，晶体管可分为 NPN 和 PNP 型两大类，它们的内部结构和图形符号如图 1-31 所示。电路符号中有一个箭头代表的是发射极，箭头朝外的是 NPN 型，箭头朝内的是 PNP 型。

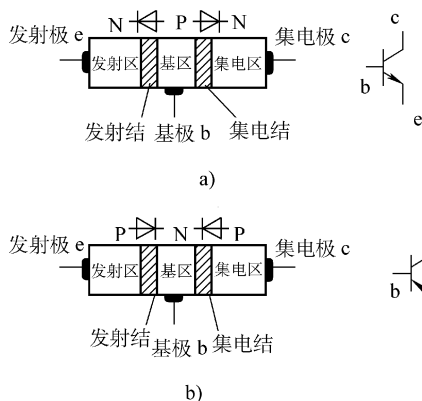
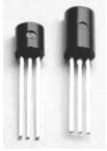
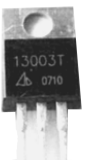


图 1-31 晶体管的结构及图形符号

a) NPN 型 b) PNP 型

常用晶体管的外形及特点见表 1-7。

表 1-7 常用晶体管的外形及特点

名称及实物图	说 明
 小功率晶体管	小功率晶体管的外形很多，引脚分布也有多种。它是应用最多的一种晶体管，主要用于各种中、低频电压放大电路和各种自动控制电路中
 塑封大功率晶体管	塑封大功率晶体管大都工作在大电流状态，容易发热，所以它的背面有散热片，为增加散热效果，有时使用时还要加上一个散热器，大功率晶体管的体积越大，其功率也越大
 金属封装大功率晶体管	一般的晶体管都有三个管脚，但金属封装大功率晶体管只有两个管脚，因为它的外壳是集电极，在管壳上开有两个孔，用来固定晶体管，集电极的引线可以从固定管子的螺钉上引出 识别时底朝下，脚向上，距离两脚近些的孔在左侧（如左侧图所示），这时下面的一根是基极，上面是发射极
 光敏晶体管	光敏晶体管是一种常用的光敏器件，有两个管脚和三个管脚之分。与普通晶体管不同，光敏晶体管不但有光电转换作用，还能对电信号进行放大。当无光照射时，处于截止状态，无电信号输出；当有光照射时，光敏晶体管导通

 检修技能宝典

2. 晶体管的故障原因及检测

(1) 晶体管的常见故障及其原因

晶体管的常见故障有管脚接错、极间短路或断路、性能不良。故障的原因一般在不知道管脚的情况下随便乱接，晶体管的主要参数不能满足电路的要求，晶体管本身性能不良。

(2) 晶体管管型和基极的判别

1) 国际流行的 9011 ~ 9018 系列高频小功率管，除 9012 和 9015 为 PNP 管外，其余均为 NPN 管。

2) 把晶体管看作两个 PN 结来分析。根据 PN 结正向电阻小，反向电阻大的原理来判断晶体管的管型和基极。

将万用表置于 $R \times 100$ 或 $R \times 1k$ ，假设一个电极为基极 b，红表笔接假设的基极 b，黑表笔分别接晶体管的另外两个管脚，若两次测出的电阻值都较小时，则红表笔所接为基极，此晶体管为 PNP 型，如图 1-32a 所示；若两次测得的电阻值一大一小，则表明假设的电极并不是真正的基极 b，应将红表笔所接的引脚调换一下再测，直到测得两个电阻值都很小再做判断。

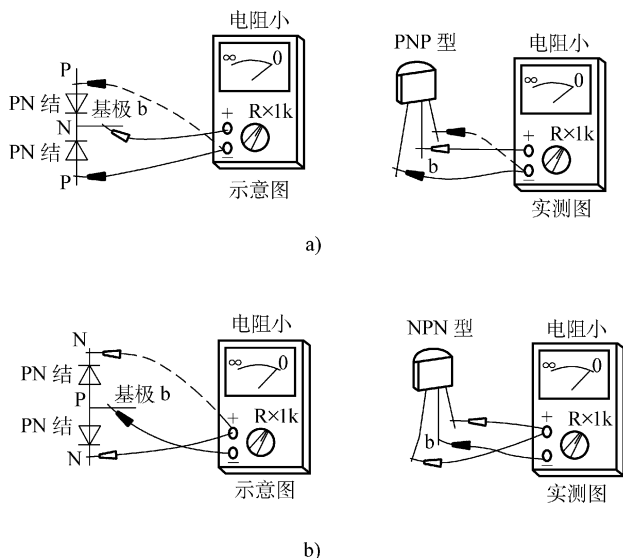


图 1-32 晶体管管型和基极的判别

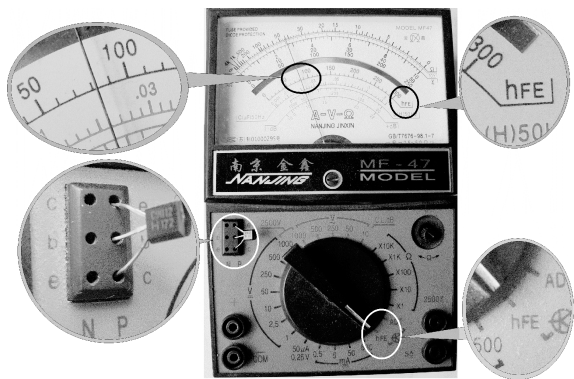
a) PNP 型 b) NPN 型

假设一个电极为基极 b，用黑表笔接假设的基极 b，红表笔分

别接晶体管的另外两个管脚，若两次测出的电阻值都较小时，则此晶体管为 NPN 型，黑表笔所接为基极，如图 1-32b 所示。

(3) 确定集电极和发射极并测量放大倍数 h_{FE}

判断出基极和管型后，如果万用表有 h_{FE} 插孔，可将万用表置于 h_{FE} 档，如图 1-33 所示。若晶体管为 NPN 型，则插左侧 N 上面的 b、c、e 插孔中；若晶体管为 PNP 型，则插右侧 P 上面的 b、c、e 插孔中，插入时基极 b 极要插准，另两个脚先插入一次，然后按 h_{FE} 标尺读数，交换位置再测一次，两次所测读数大的一次就是晶体管的放大倍数，图中晶体管的放大倍数为 82。对于小型直插式晶体管，用此法判断晶体管的好坏及管脚最为方便、准确。

图 1-33 确定集电极和发射极并测量放大倍数 h_{FE}

如果万用表没有 h_{FE} 插孔, 对于 NPN 型管, 将黑表笔接假设的集电极, 红表笔接发射极, 用湿手指同时捏住基极与黑表笔搭接的一管脚, 观察表针偏转的幅度, 然后对调两表笔后重测, 比较两次表针向右摆动的幅度, 向右摆动幅度大 (电阻值小) 的一次, 黑表笔接的是集电极, 红笔接的是发射极, 具体参见图 1-34。对于 PNP 型管, 用手指同时捏住基极与红表笔搭接的一管脚, 表针向右偏转较大的一次, 红表笔接的是集电极, 黑表笔接的是发射极。

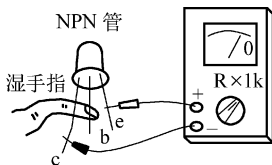


图 1-34 晶体管集电极和发射极的判别

(4) 晶体管好坏的判别

一般可以测量晶体管极间电阻的大小来判断晶体管两个 PN 结是否正常，从而判断晶体管是否完好。具体做法是：将万用表置于 $R \times 100$ 或 $R \times 1k$ 档，红、黑表笔分别接晶体管的基极 b 和发射极 e，测量值应一大一小；同样测量基极 b 和集电极 c 间的正反向电阻也应一大一小；测量集电极 c 和发射极 e 时，由于这两极间不是一个 PN 结，正、反两次所测的电阻都较大。

九、晶闸管的识别与检测

晶闸管可分为普通晶闸管、双向晶闸管、快速晶闸管等。下面重点介绍一下应用最多的普通晶闸管和双向晶闸管。

1. 单向晶闸管

(1) 外形、结构及电路符号

单向晶闸管的外形如图 1-35 所示，单向晶闸管的结构及电路符号



图 1-35 单向晶闸管的外形

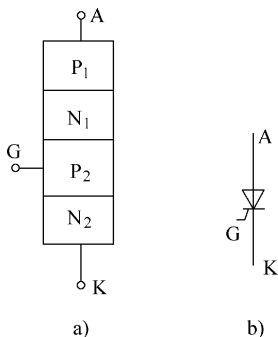


图 1-36 单向晶闸管的结构及电路符号

a) 内部结构 b) 电路符号

如图 1-36 所示。单向晶闸管是具有 PNP 四层半导体结构的开关元件，它有三个 PN 结和阳极 A、阴极 K 和门极（控制极）G 三个电极。

(2) 单向晶闸管的工作特性

单向晶闸管具有可控的单向导电性，与二极管相比，它的正向导通受门极 G 电流的控制。可以按图 1-37 所示的电路做试验。

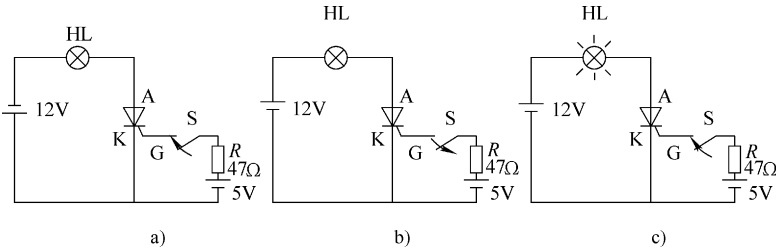


图 1-37 单向晶闸管的试验电路

a) 反向阻断 b) 正向阻断 c) 正向导通

1) 反向阻断特性如图 1-37a 所示，当晶闸管 A—K 间加反向电压，无论控制极 G 上的开关 S 是否闭合，晶闸管都不会导通，灯泡 (HL) 不亮，晶闸管处于反向阻断状态。

2) 正向阻断特性如图 1-37b 所示，先断开 S，然后在 A—K 间加正向电压，灯泡不亮。这说明门极 G 无触发电压时，晶闸管不能导通，这时的晶闸管 A—K 之间阻值很大，相当于开关断开。

3) 正向导通特性如图 1-37c 所示，在晶闸管 A—K 间加正向电压，当闭合开关 S，灯泡亮，这说明阳极 A 与阴极 K 之间加正向电压且门极有正向电压时，晶闸管导通呈低阻状态。晶闸管一旦导通，断开门极上的开关 S，这时灯泡维持导通。这说明晶闸管导通后，门极失去控制作用，降低或去掉门极电压仍导通。单向晶闸管通、断转化条件见表 1-8。

表 1-8 单向晶闸管通、断转化条件

从断到通条件	维持导通条件	从通到断条件
1) 阳极电位高于阴极电位 2) 控制极有足够的正向电压和电流	1) 阳极电位比阴极电位高 2) 阳极电流大于维持电流	1) 阳极电流小于维持电流 2) 阳极电位比阴极电位低

(续)

从断到通条件	维持导通条件	从通到断条件
以上两条件应同时具备	以上两条件应同时具备	具备以上两条件的其中一个

2. 双向晶闸管

双向晶闸管是具有 NPNPN 五层结构的半导体器件，相当于一对反向并联的单向晶闸管，它也有三个电极，即门极 G 和两个主电极 T_1 、 T_2 ，其外形同单向晶闸管相似。双向晶闸管可控制双向导通电流，它的两个主电极无论加正向电压还是反向电压，其控制极的触发信号无论是正向还是反向，晶闸管都能触发导通。

双向晶闸管由导通转为截止的条件是：将 T_1 、 T_2 间的电压降低到不足以维持导通的状态，或 T_1 、 T_2 间电压改变的同时，又失去触发电压。



检修技能宝典

3. 晶闸管的检测

(1) 单向晶闸管的检测

1) 电极的判断。一般可以通过外形判断。例如：螺栓型晶闸管，螺栓一侧是阳极 A，另一侧较粗的电极是阴极 K，与阴极同在一侧很细的电极是门极 G。

如果看不出其电极，可万用表测量。如图 1-38 所示，单向晶闸管的 G-K 极间是一个 PN 结，具有单向导电性，其他电极间不是

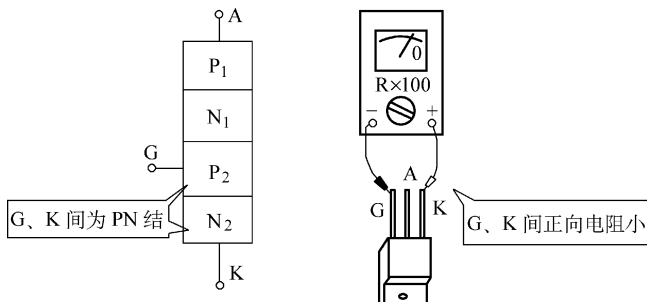
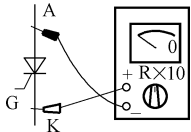
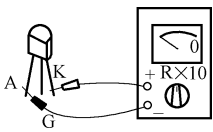
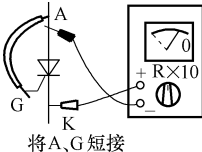
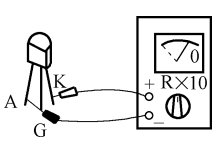
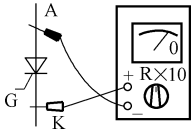
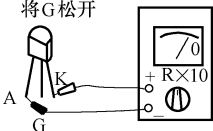


图 1-38 用万用表检测晶闸管的电极

一个 PN 结, 正反向电阻都很大, 所以可以分别测量三脚间的正反向电阻, 只有一次测量的阻值最小, 表针指向几十欧, 而其他极间的电阻又很大, 则表明该晶闸管基本是好的。所测电阻最小时, 黑表笔所接为晶闸管的门极 G, 红表笔所接为晶闸管的阴极 K, 剩下的电极为晶闸管的阳极 A。

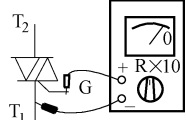
2) 单向晶闸管导通性能的测试 (见表 1-9)

表 1-9 单向晶闸管导通性能的测试

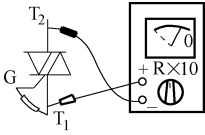
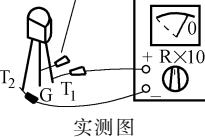
示意图	实测图	解说
		将万用表置于 $R \times 10$ 档, 黑表笔接阳极 A, 红表笔接阴极 K, 此时表针指示 “ ∞ ”
 将 A、G 短接		用黑表笔在不断开阳极的情况下 (或用导线), 将 A、G 短接 (黑笔内为电池正极, 相当于给晶闸管的门极加一触发电压), 正常时, 万用表指针向右偏转至几十欧
	 将 G 松开	黑表笔一直保持与阳极 A 的接触, 断开黑表笔与门极 G 的接触, 表的指示不变, 否则说明管子已损坏

(2) 双向晶闸管的检测 (见表 1-10)

表 1-10 万用表测试双向晶闸管

测试步骤	图 示	解 说
查出 T_2 极		可以先查出 T_2 极。双向晶闸管 T_1 与 G 极间的正、反向电阻都很小, 用万用表的 $R \times 10$ 档分别测双向晶闸管的三个管脚, 当某两个管脚为几十欧时, 剩下的管脚即是 T_2 极

(续)

测试步骤	图 示	解 说
测出 T_1 和 G 极并判断晶闸管的好坏	 将G、 T_1 短接示意图	先假设两电极中的一个为 T_1 ，用万用表红表笔接假设的 T_1 ，黑表笔接 T_2 ，此时万用表指针不动，然后用导线将 T_1 与 G 短接一下后离开（实际测量时，用红表笔在不断开 T_1 极的情况下碰一下 G 后离开），如果万用表指针向右摆动并保持在几十欧，说明假设正确，同时也说明此晶闸管是好的，否则可能是假设错误或晶闸管已损坏
	 实测图	

第二节 常用低压电器的选用与检修

一、低压刀开关的选用与检修

低压刀开关是一种应用最广、结构较简单的低压电器，主要用于成套电器设备中起隔离电源的作用，以保证检修人员在检修设备时的安全。有些低压开关也可不频繁地接通与分断额定电流以下的负载，如照明电路、小容量交流异步电动机等。常用的有胶盖瓷底刀开关（又叫负荷开关，开关上安装有熔丝）、板用刀开关（需外配熔丝）、熔断器式刀开关（熔断器与刀开关的组合电器）。

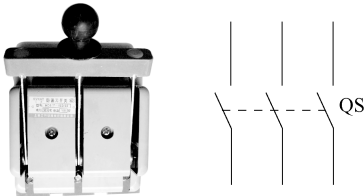


图 1-39 常用低压刀开关的外形和电路符号

常用低压刀开关的外形和电路符号如图 1-39 所示。

1. 选择

1) 刀开关的额定电压不应低于电路电压。

2) 刀开关的额定电流不应小于所控负载额定电流的总和, 并应保证短路电流不致引起刀开关损坏。一般照明电路, 应使刀开关的额定电流大于所控制的负载额定电流总和; 电动机等动力负载, 一般可按电动机额定负载的 $3 \sim 5$ 倍来选择, 如电动机经常启动, 应选择大一级的刀开关。

3) 从人身安全和维护方便来选择刀开关的结构型式及操作方式: 有灭弧室或速动触刀的刀开关可以切断额定电流, 无灭弧室或速动触刀的刀开关只能作隔离开关; 此外还应根据是正面操作还是侧面操作, 是板前接线还是板后接线来选择结构型式。

2. 安装、使用

为防止刀开关在断开状态时, 静触刀由于重力作用误接触静触点, 刀开关应垂直安装于开关板上, 并且静触点座在上方, 静触刀座在下方。

1) 注意刀开关及所接母线应与周围导电体保持一定的安全距离。

2) 连接母线与刀开关相连接时, 不应有较大的扭力, 以防止损伤触点和发生事故。对连接点应经常检查, 如有松动, 应立即紧固, 防止接触不良而影响使用寿命。

3) 安装中央杠杆操作机构的刀开关, 应经过仔细调整, 保证分、合闸到位, 操作灵活; 对于三极刀开关, 应保证三相动作的同期性。

4) 当刀开关触点与不相同金属 (如铝线) 连接时, 应采用铜铝过渡接线端子, 并在导线连接部位涂少许导电膏, 防止接触处发生电化锈蚀。

5) 按照刀开关的使用条件来分、合开关。不带灭弧罩的刀开关, 不应分断负载电流; 带灭弧罩的刀开关, 应保持灭弧罩的完好, 且灭弧罩的安放位置应正确。

6) 刀开关与其他可带负载的电气设备配套使用时, 应先闭合刀开关, 后闭合带负载的其他器件; 分闸时, 操作顺序相反。

7) 对触点、触刀表面产生的氧化层而造成接触电阻增大, 应及时清除, 但对接触部分的镀银层不要去掉。为防止接触面氧化和便于操作, 可在触刀的接触部分涂上一层很薄的中性凡士林。



检修技能宝典

3. 开关的检修

开关的检修方法见表 1-11。

表 1-11 开关的检修方法

外观检查	目测开关外观是否完好，不应有破损或接触点发霉现象；操作开关时应能转换到位，不能有松动或卡阻
触点的通断测量	在开关闭合时，用万用表 $R \times 1$ 档，分别测量各触点的电阻，正常时测量同一触点的接触电阻表针应指零，若表针晃动不停或阻值很大，则说明被测触点接触不良；在开关断开时，用万用表 $R \times 10k$ 档重复上述测量，正常时阻值都应为 “ ∞ ”
接触不良故障的修理	1) 开关长期使用后，金属簧片会产生形变，使接触点的簧片失去弹性，造成接触不良，这时可以用镊子把接触簧片拨一下，使它夹紧一些 2) 接触点上有氧化层、油污、灰尘或触点发霉，引起接触不良，这时可以用纱布蘸汽油或纯酒精把簧片擦拭一遍，然后将开关转动几次，使触点互相擦拭，把其中的霉点、油污、灰尘等擦去，待汽油蒸发之后，在接触点上抹些中性凡士林，以增加其耐磨性和导电能力

二、组合开关的使用与检修

1. 外形及应用

组合开关又称转换开关，它体积小，寿命长，使用方便可靠，广泛用于不频繁地分合电路、控制电源和负载的连接方式，控制小容量笼型电动机的起停、变速、可逆运行等非常方便。

常用组合开关的外形和电路符号如图 1-40 所示。

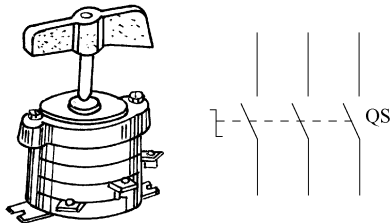


图 1-40 组合开关的外形和电路符号

2. 安装、使用

1) 安装时,最好保持操作手柄为水平旋转,有倒、顺、停档位功能的,应使其档位标示与电动机运转方向一致。

2) 使用组合开关控制电动机可逆运行时,必须使电动机完全停止后,才允许反向起动。

3) 由于组合开关本身不具备过载和短路保护,因此必须另外设置其他保护电器。

4) 当负载功率因数降低时,组合开关应降低容量使用。



检修技能宝典

3. 组合开关的检修

(1) 组合开关不能转动或转动后内部触点不动

1) 组合开关装配不当,或内部机械机构损坏,应重新装配或更换损坏的元件。

2) 手柄开裂或半圆形口磨成圆形,应更换操作手柄。

3) 绝缘杆磨损严重,应更换绝缘杆。

4) 转轴上的弹簧失去弹力,开关动触片不能转动,应更换弹簧。

(2) 组合开关相间短路

1) 开关受潮、进水或进入可导电的液体,应进行干燥处理并测量绝缘合格后才能再使用。

2) 使用时长期不清扫,有油污、铁屑附在接线柱间而短路,应定期清扫,保持开关表面清洁。

3) 负载侧短路或组合开关外部的接线头短路,若开关胶木烧焦时,应更换同型号的组合开关。

三、按钮的使用与检修

1. 认识按钮

按钮有单触点和双触点之分,按钮的外形如图 1-41 所示,其电路符号如图 1-42 所示。单触点按钮通常只有一个常开触点,按下按钮,触点接通;松开按钮,触点断开。门铃上用的就是这种按钮。

复合按钮有两对触点,一对为常开触点,另一对为常闭触点。

按下按钮，常开触点闭合，常闭触点断开；松开按钮，触点复位（即常开触点断开，常闭触点闭合），这种按钮主要用于机床、起重机等设备上。



图 1-41 按钮的外形

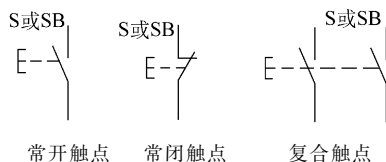


图 1-42 按钮开关的电路符号

2. 按钮触点动作过程解说

1) 常开触点 常开触点是指不按开关，其触点处于断开状态；按下开关，其触点闭合，即动（按动）则合，所以常开触点又称为动合触点。如图 1-43 所示的电路中，按下按钮 SB，内部触点接通，

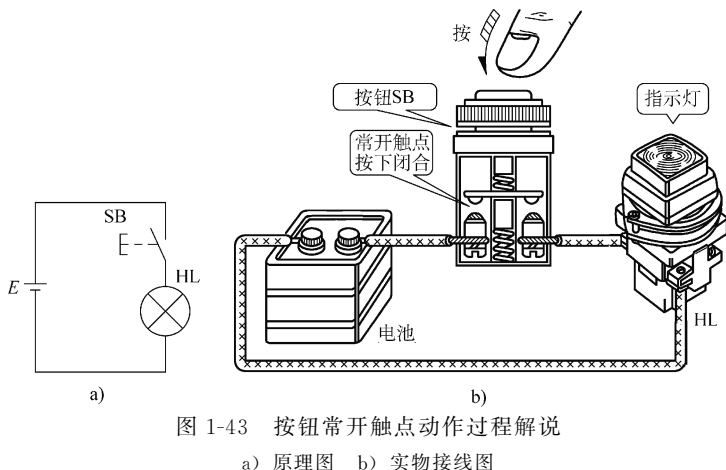


图 1-43 按钮常开触点动作过程解说
a) 原理图 b) 实物接线图

指示灯 HL 点亮；松开按钮 SB，其内部的触点在弹簧的作用下复位，指示灯熄灭。

2) 常闭触点 常闭触点与常开触点的动作相反。即不按开关时，其触点闭合；按下开关，其触点断开，即动（按动）则断，所以常闭触点又称为动断触点。

3) 复合触点 复合触点包含一对常开触点和一对常闭触点。如图 1-44 所示的电路，不按动按钮时，SB 上面的常闭触点是闭合的，红灯 HL₂ 亮，而 SB 下面的常开触点是断开的，绿灯 HL₁ 灭；当按下按钮时，SB 上面的常闭触点先断开，红灯灭，SB 下面的常开触点后闭合，绿灯亮；松开按钮后，按钮复位，红灯亮，绿灯灭。

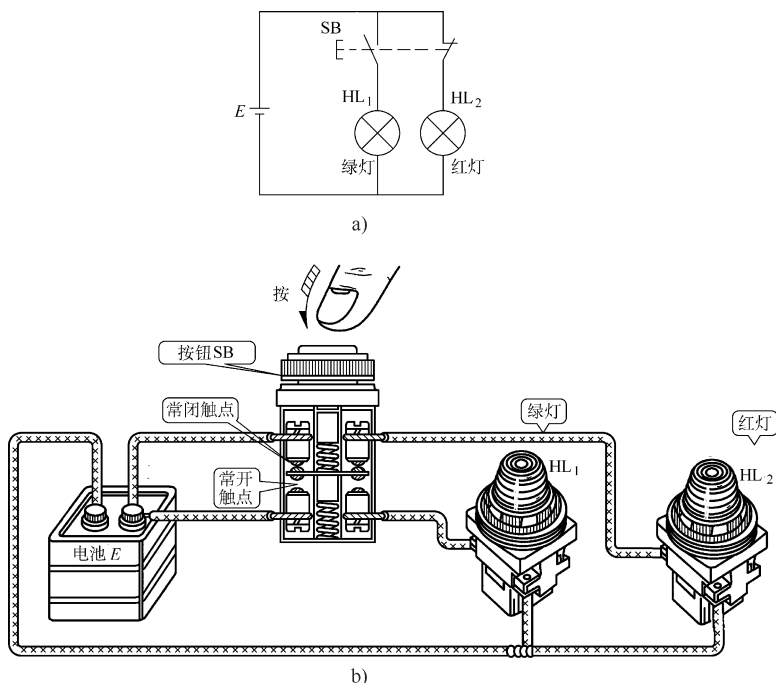


图 1-44 按钮复合触点动作过程解说

a) 原理图 b) 实物接线图

复合触点的动作顺序是：常闭触点断开后，常开触点才能闭

合，因为常开触点和常闭触点是连动的，这一动作过程由于很快，平时一般不注意，观察指示灯也不易看出，但电路分析时要用到，希望大家能够记住。

3. 检修方法

按钮的常见故障是接触不良，出现这种情况可打开按钮，用酒精擦洗即可修复。



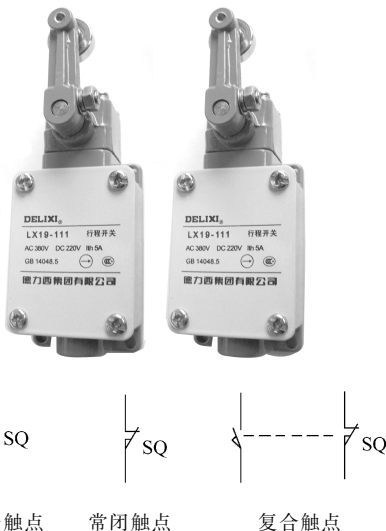
想一想、看一看

建议大家找一个复合按钮，按动按钮，用万用表测量常开触点和常闭触点的动作顺序。如果你找不到，可以想一下，由于常开触点和常闭触点联动，如果常闭触点不断开，常开触点会闭合吗！

四、行程开关的选用

1. 行程开关的外形及电路符号

行程开关又称位置开关或限位开关，其外形及电路符号如下图 1-45 所示。行程开关主要用来限制机械运动的位置或行程，使机械设备运行到规定位置后自动停止或自动往返运动等。它的结构和工作原理都与按钮相似，但其触点的动作不像按钮那样用手操作，而是利用机械设备某些运动部件的直接接触或碰撞。当撞块碰撞到行程开关时，其常开触点闭合，常闭触点断开；当撞块离开行程开关时，其触点复位，如图 1-46 所示。



常开触点 常闭触点 复合触点

图 1-45 行程开关的外形及电路符号

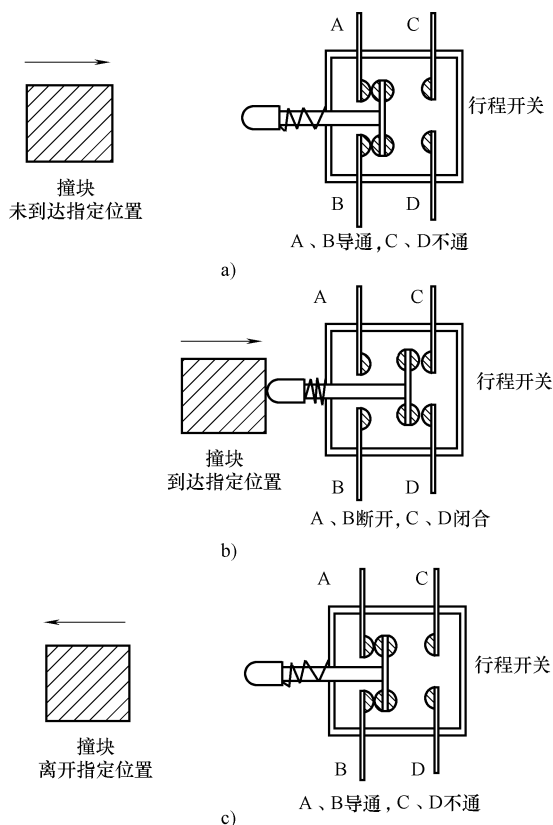


图 1-46 行程开关触点的动作过程

a) 初始状态 b) 动作状态 c) 复位状态

2. 行程开关的选择和使用

1) 应按照使用场所的

外界环境选择其防护形式（开启式、防护式）。

2) 根据控制回路的电压和电流选择采用何种系列的行程开关。

3) 根据机械与行程开关的受力与位移关系选取合适的头部结构形式。

4) 根据所需触点数量来选择行程开关的触点数量。

5) 安装时，应将生产机械运动部件上的档块和滚轮的安装距

离调整在适当的位置,使行程开关受力后能可靠地动作,又不至于因受力过猛而损坏。

6) 使用时,应定期清扫行程开关,以免触点接触不良,达不到行程和限位控制的目的。

3. 接近开关

接近开关又称无触点行程开关,它的作用与行程开关相同,不同的是生产机械并不碰到开关本体,而是在生产机械距离开关的感应头有一定距离时,接近开关就自动动作,从而接通或断开被控电路。接近开关具有体积小、寿命长、定位精度高,安装调整方便等优点,广泛用于控制运动机构的行程、方向变换和速度变换。

五、低压熔断器的选用与检修

1. 认识低压断路器

低压熔断器由熔体和熔体座组成,常用的熔断器的外形和电路符号如图 1-47 所示。

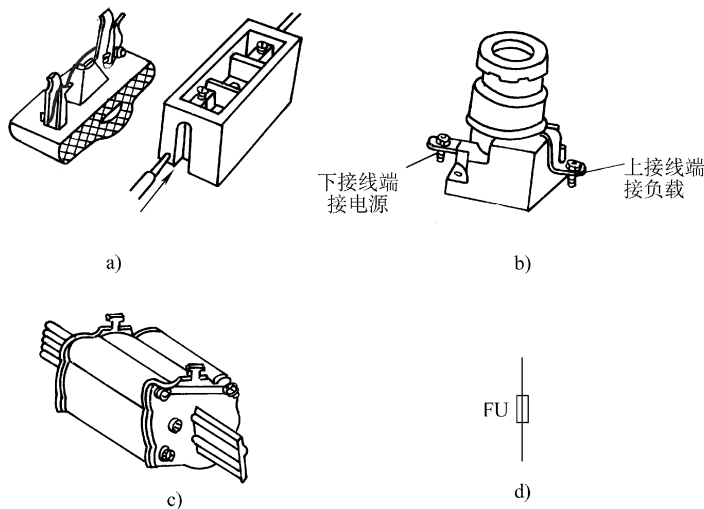


图 1-47 熔断器的外形和电路符号

a) 瓷插式 b) 螺旋式 c) RTO 系列有填料封闭管式 d) 电路符号

低压熔断器是低压电网中结构最简单的电流保护电器，主要起短路保护用，它串联在被保护电路中，当线路或电气设备的电流超过熔断器熔体的熔断电流时，熔体因发热而熔断，使线路或电气设备免受大电流的损害而得到保护。熔断器也有一定的过载保护作用，当过载电流超过熔体额定电流 2 倍时，熔体也会延时熔断，不过它作过载保护时的可靠性较差，因为熔体的熔断电流不可能完全相同。

2. 低压熔断器的选择

选择熔断器应在满足熔断器额定电压大于或等于线路额定电压的基础上，根据实际使用场合、负载情况及最大故障电流综合考虑来确定熔断器的类型，然后根据负载性质和运行状况确定熔断器熔体的额定电流，从而选择熔断器的规格，熔断器的额定电流必须大于或等于所装熔体的额定电流，熔体的额定电流一般按照以下几点来选择。

(1) 照明及电热设备的熔断器

照明及电热设备都是纯电阻性负载没有明显的起动电流，熔断器熔体的额定电流应等于或稍大于实际负载的最大工作电流。同时还应考虑到熔断器与其他保护电器的保护特性存在差异，满足上下级配合，避免越级动作。若上下级采用同一型号的熔断器时，其电流等级以相差两级为宜。

(2) 保护电动机的熔断器

1) 对于单台直接起动的电动机，熔体额定电流应为电动机额定电流的 2~3 倍。

2) 对于频繁起动的电动机，熔体额定电流应为电动机额定电流的 3~3.5 倍。

3) 对于多台直接起动的电动机，熔体额定电流应为 2~2.5 倍的最大一台电动机的额定电流加上其余电动机的额定电流。

4) 对于减压起动的电动机，熔体额定电流应为电动机额定电流的 1.5~2.5 倍。

5) 绕线转子电动机和直流电动机，熔体额定电流应为电动机额定电流的 1.2~1.5 倍。

6) 电容器组保护用的熔断器，熔体的额定电流应为电容器组额定电流的 1.4~1.8 倍。

7) 变压器低压侧的熔断器, 熔体额定电流应为变压器低压侧额定电流的 1.1~1.2 倍。

3. 安装、使用

1) 安装螺旋式熔断器时, 应将电气设备线接到金属螺纹管的上接线端, 电源进线接到瓷底座的下接线端。

2) 安装熔丝时, 熔丝端头绕向应正确, 不要折弯和扭伤熔丝, 不要过松或过紧, 以免熔丝的额定电流降低或发热量增加, 导致熔丝局部过热误熔断, 要使熔丝自然成形。如图 1-48a 所示为单根熔丝的绕法和松紧示意图; 多根熔丝并联使用时, 不要绕在一起, 各熔丝应平行接线, 如图 1-48b 所示。

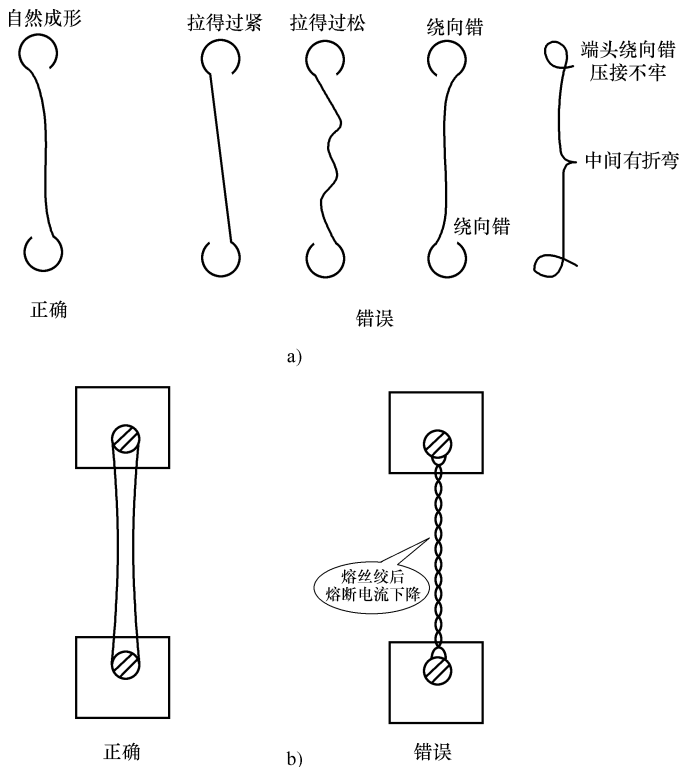


图 1-48 熔丝的接法

a) 单根熔丝的绕法和松紧示意图 b) 多根熔丝的接法

3) 保证熔断器各部件接触良好, 防止氧化腐蚀使熔体额定电流降低而误熔断。

4) 熔体熔断后, 一定要清理金属颗粒等异物。装有石英砂的熔断器, 更换熔丝时, 需更换干燥的石英砂。

5) 更换熔体或熔管时, 一定要切断电源, 不要带电作业。

6) 三相四线制的中性线上不得装设熔断器, 而单相两线制的中性线上应安装熔断器。

7) 多级熔断器作短路保护时, 各级熔体应相互匹配, 即下一级熔体的额定电流小于上级熔体的额定电流。



检修技能宝典

4. 实用检修技能

(1) 根据熔体的熔断状况判断故障性质

1) 如果熔体金属全部熔化成熔渣, 断电后立即用手摸熔断器感觉特别烫手, 说明电路直接短路。应查出短路故障后, 才能更换熔体。

2) 如果熔体中部熔断, 两端部正常, 一般由于负载过重或熔体选择过小使熔体中部发热熔断(中部散热不好, 温度高, 先熔断)。应先检查负载是否过重, 若负载正常, 测量设备绝缘也正常, 可适当增大熔体试送电。

3) 如果熔体熔断点在接头连接处, 其他部位的熔体正常, 这种情况是由于熔体安装不当引起。例如安装闸刀上的熔丝时, 只是将熔丝钩在固定螺钉上, 熔丝固定不牢固, 结果造成固定端子氧化, 更换熔丝时也不清洁氧化部分, 如此反复, 熔丝只会越来越易烧坏。遇到上述情况, 要彻底清除接线处的氧化层, 更换新熔丝, 完全拧紧螺钉。

(2) 熔断器的检查技巧

当发现熔断器不通时, 应从熔体和熔断器座两方面考虑, 检查时先查熔体是否熔断, 如果熔体正常, 应检查熔断器座能否与熔体接触良好, 两端接线是否良好; 如果是螺旋式熔断器, 还应检查底部簧片就是否生锈, 是否失去弹性。检查时可以配合万用表测量检查。

(3) 接通电源后, 熔体立即熔断

1) 熔体选择过小, 应更换合适的熔体。

2) 安装时, 熔体受损, 截面积变小, 应掌握正确的安装工艺, 防止熔体受损。

3) 被保护电路或负载短路、接地, 这时熔体几乎全部熔断, 应查出短路、接地点, 并予以修复。

(4) 熔丝接触点慢慢熔断

1) 负载过重, 熔体选择过小。应检查负载过重原因, 减少负载或更换合适的熔体。

2) 接线端头没有垫片、熔丝端头压接变形、接线螺钉锈蚀、连接导线接触不良, 应正确安装熔丝, 并保持熔丝、连接导线接触良好。

3) 瓷插式保险插头与插座接触不良, 可把瓷插头的触点向内扳, 或用砂布打磨接触面。

六、低压断路器的使用与检修

1. 认识低压断路器

低压断路器是一种具有保护功能, 可以手动或自动分、合负载电路的低压电器, 它对电路发生的短路、过载、欠电压等故障能实现自动保护, 也可不频繁地分、合电动机电路。低压断路器保护动作后, 不需要像熔断器那样更换熔丝, 即可以复位工作。低压断路器的外形、接线方法和电路符号如图 1-49 所示。

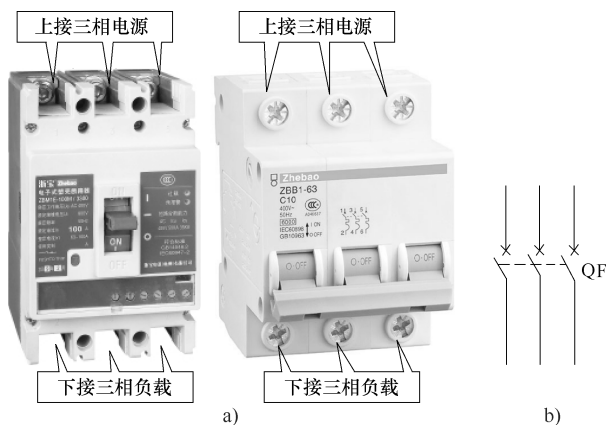


图 1-49 低压断路器的外形、接线方法及电路符号

a) 外形 b) 电路符号

2. 安装、使用

1) 安装前应将低压断路器操作数次, 检查操动机构动作是否灵活, 分、合是否可靠。

2) 应垂直安装在配电板上, 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 200mm 长的绝缘物, 必要时还应加隔弧板 (绝缘橡胶做成), 如图 1-50 所示。

3) 设有接地螺栓的低压断路器, 应可靠接地。

4) 电源进线应接在上接线端, 出线应接在下接线端, 导线应按规定选取。

5) 断路器用作电源总开关或电动机的控制开关时,在电源进线侧应加装刀开关或熔断器。开关的作用是可以形成明显的断点,熔断器则作断路器的后备保护。

6) 使用过程中若遇到分断短路电流,应及时检查触点系统;若发现电灼烧痕,应及时修理或更换。过载时,应等其内部的双金属片冷却后,才能送电;失电压保护后,应待电源恢复正常时,才能重新合闸。



图 1-50 塑壳式断路器
配线过近应加隔弧板



检修技能宝典

3. 断路器的检测

(1) 检查触点通断情况

如图 1-51 所示,先闭合开关,将万用表置于 $R \times 1$ 档,分别测量三相触点,正常情况每相触点的电阻均应为零。然后断开断路器,重复上述测量,正常情况每相触点的电阻均应为无穷大。

(2) 检查相间的绝缘

如图 1-52 所示, 先闭合开关, 将万用表置于 $R \times 10k$ 档, 分别

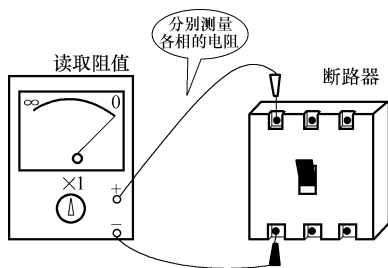


图 1-51 检查触点通断情况

测量任两相触点间的绝缘电阻。正常情况下，相间的电阻均应为无穷大。

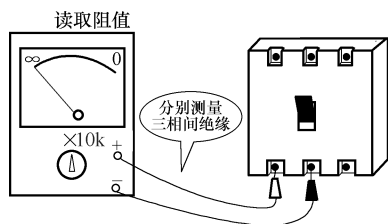


图 1-52 检查相间的绝缘

(3) 手动操作时断路器不闭合

1) 反作用弹簧力过大，应重新调整或更换弹簧，使反作用力合适。

2) 储能弹簧变形，闭合力减小，应更换同型号的储能弹簧。

3) 欠电压脱扣器无电压或电压过低，应检查欠电压脱扣器回路有无接触不良或断线故障。如电源电压低于欠电压脱扣器线圈额定电压的 40% 时，欠电压脱扣器动作，断路器不能闭合或闭合后立即跳闸。

4) 欠电压脱扣器的线圈内部断路、短路，应更换线圈。

5) 断路器过载跳闸后，热脱扣器还未冷却复原，应待热脱扣器的双金属片冷却后再合闸属正常现象。

6) 机构元件松动，搭钩磨损，动、静触点之间及操作机构的其他部位有卡阻现象，再扣接触面不能复位再扣，应修理或调整，

必要时更换零部件。

7) 连杆轴销上的润滑油干枯, 摩擦阻力过大, 应加新润滑油。

七、电磁继电器的使用与检修

1. 认识电磁继电器

如图 1-53 所示为电磁继电器的外形及内部结构。从其结构图可以看出, 它一般由铁心、线圈、衔铁、触点、簧片等组成的。线圈和触点是绝缘的, 所以它们可以分别供电, 且线圈的工作电流较小, 触点的工作电流较大, 因此继电器是用小电流来控制大电流的一种自动开关, 在电路中起控制、放大、联锁、保护、隔离和调节作用。

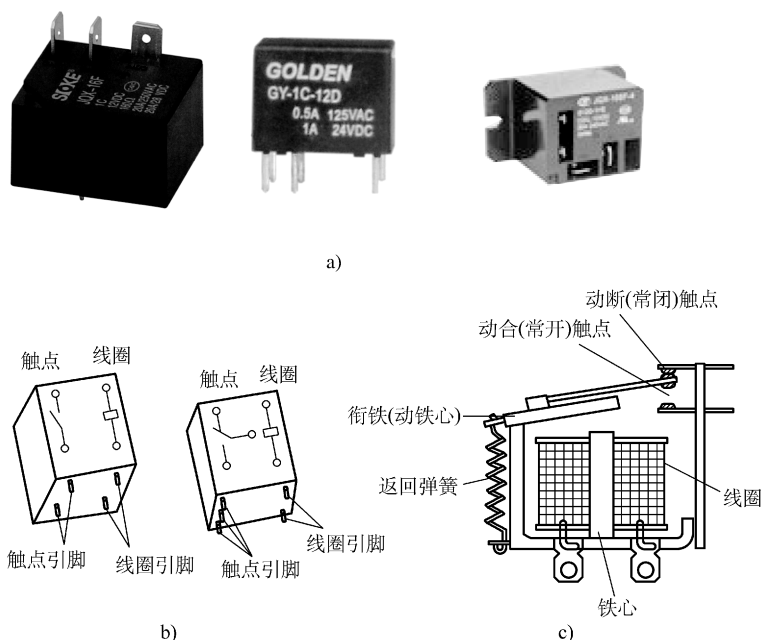


图 1-53 电磁继电器的外形及内部结构

a) 实物照片 b) 外形示意图 c) 内部结构

电磁继电器的文字符号常用 K 或 KA 表示, 其图形符号如图 1-54 所示, 其中线圈用一个长方框符号表示, 同时在长方框旁标上这个继电器的文字符号 “K 或 KA”。继电器的触点有两种表示

方法：一种是把它直接画在长方框的一侧，这样做比较直观。另一种是按电路连接的需要，把各个触点分别画在各自的控制电路中，并标注相同的文字符号，这样对分析和理解电路是有利的。

注意：

1) 在同一继电器的线圈和触点旁边，注上相同的文字符号（只有一只继电器时， KA_1 中的1常省略，用KA表示）；不同的继电器通常在文字符号后加字母1、2、3来表示，如 KA_1 、 KA_2 、 KA_3 一般表示的是三只不同的继电器，这一点要记牢。

2) 按有关规定，电路图中触点的状态是按线圈不通电时的原始状态画出的。

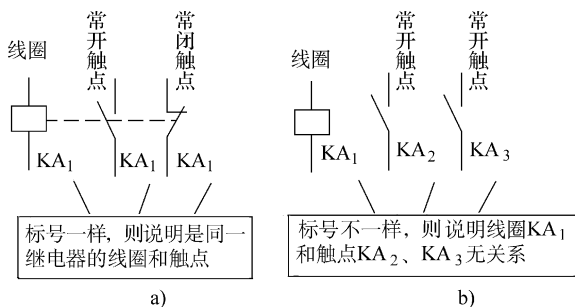


图 1-54 电磁继电器的符号及标注方法

a) 同一继电器的线圈和触点 b) 线圈 KA_1 和三个触点无关系



增强记忆

有些继电器的触点有常开、常闭之分，常开触点是指继电器线圈不带电时，触点是断开的；线圈得电吸合后，常开触点闭合，即动则合。而常闭触点是指继电器线圈不带电时，触点是闭合的；线圈得电吸合后，常闭触点断开，即动则断。因此我们可以按“常开常开，平时断开；常闭常闭，平时闭合”来记忆。

这一点与前面开关的常开（动合）触点、常闭（动断）触点的含义相似，因为继电器也是一种自动开关。

2. 电磁继电器的用法

(1) 继电器线圈工作电压与负载工作电压相同时的用法

当继电器线圈的工作电压与负载电压相同时，可以使用同一电

源,如图 1-55 所示。接线时,电磁继电器的线圈通过开关接在电源两端,报警器 HA 和继电器触点串联后接于同一电源。当按钮开关 SB 按下时,SB 触点闭合,继电器线圈 KA 得电,其常开触点闭合,报警器报警;松开按钮 SB 时,继电器线圈断电,其常开触点断开,报警器停止报警。

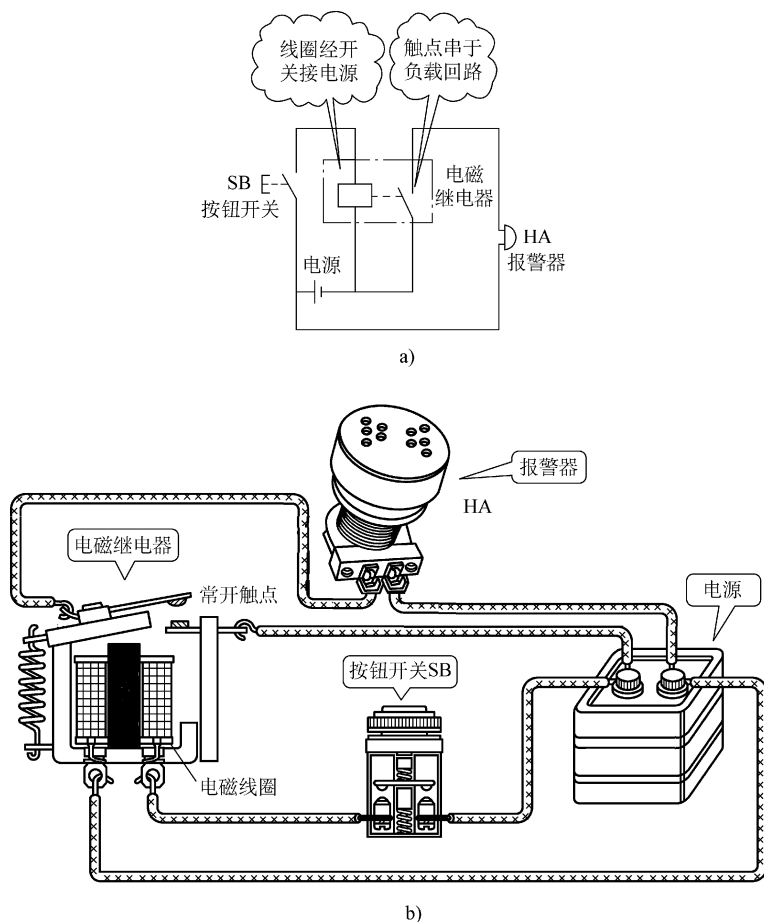


图 1-55 线圈工作电压与负载工作电压相同时的用法

a) 原理图 b) 实物接线图

(2) 继电器线圈工作电压与负载工作电压不同时的用法

前面我们说过, 由于继电器线圈和触点是绝缘的, 所以它们可以分别供电。当线圈的工作电压与负载电压不同时, 线圈与负载应分别供电, 如图 1-56 所示。线圈采用电池供电, 报警器采用 $\sim 220\text{V}$ 供电。当按钮开关 SB 按下时, 线圈 KA 得电, 报警器报警;

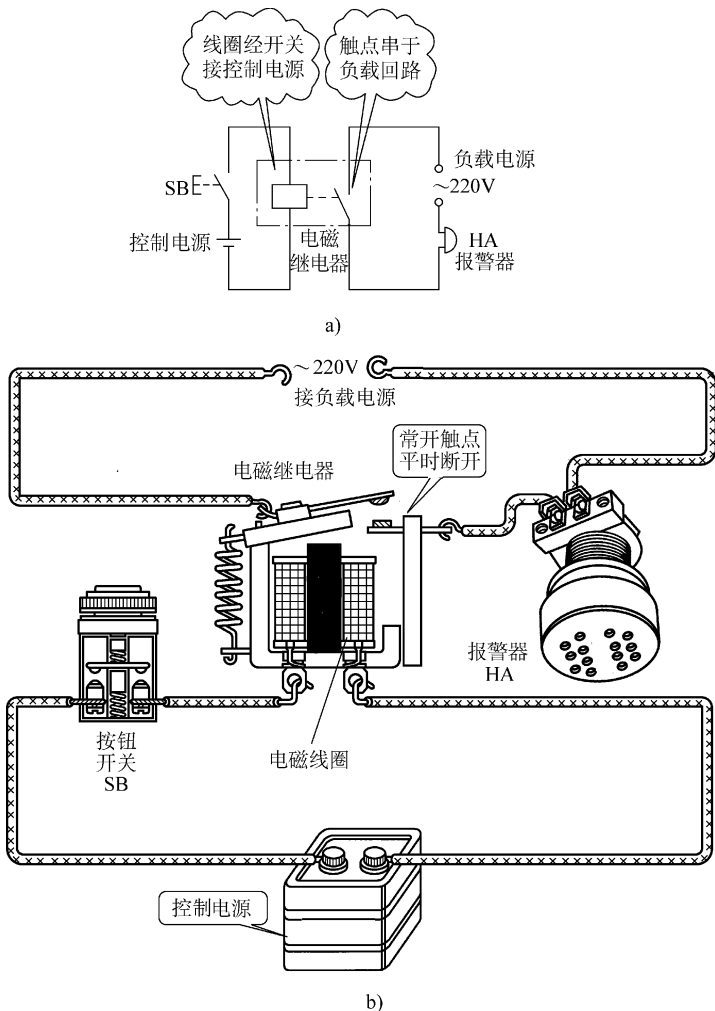


图 1-56 线圈工作电压与负载工作电压不同时的用法

a) 原理图 b) 实物接线图

松开按钮时，线圈断电，报警器停止报警。

3. 电磁继电器线圈、触点引脚的识别

当拿到一只继电器，怎样找到它的线圈、触点呢？

继电器的引脚号码（1、2、3…）通常印在继电器外壳上，并且在继电器的外壳上印有它的引脚图，可以通过此图来辨认。图1-57所示为某继电器的引脚排列示例。

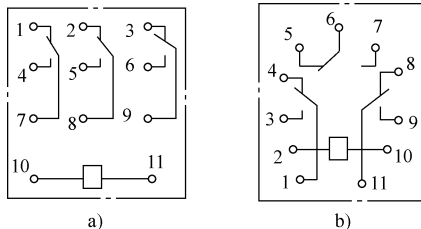


图 1-57 电磁继电器线圈、触点引脚的识别方法

a) 继电器引脚 1 b) 继电器引脚 2

图 1-57a 中 10 和 11 为继电器引脚，1—7，2—8，3—9 为三组常闭触点，4—7，5—8，6—9 为三组常开触点，其中 7、8、9 分别是三对触点的动触点。

图 1-57b 中 2 和 10 为继电器引脚，1—4，5—6，8—11 为三组常闭触点，1—3，6—7，9—11 为三组常开触点。



经典实例

4. 电缆防盗报警器电路

图 1-58 所示为电缆防盗报警器电路，此电路为继电器线圈工作电压与负载工作电压不同时的典型用法。电路用一只报警器、一

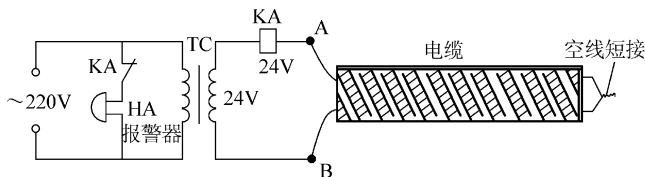


图 1-58 电缆防盗报警器电路

只 24V 变压器（考虑电缆的压降，变压器的电压可以稍高一点）和一只 24V 继电器构成。

接通电源，继电器 KA 得电吸合，其常闭触点断开，报警器 HA 不报警；当电缆被盗贼剪断时，继电器 KA 断电释放，其常闭

触点闭合，报警器报警，提醒值班人员注意。

此报警器也可采用 36V、12V 变压器供电，只是应改用相应电压的继电器，但不能直接用 $\sim 220\text{V}$ ，因为 $\sim 220\text{V}$ 不是安全电压，易电伤偷盗电缆者。



检修技能宝典

5. 电磁继电器的检测

电磁继电器的检测见表 1-12。

表 1-12 电磁继电器的检测

项 目	图 示	说 明
检查 线圈		先把线圈两端中任意一端外部的接线折开，以切断线圈与外电路的联系，然后将万用表置于 $R \times 10$ 档，两表笔测继电器线圈的两引脚，读取测量值，与继电器标称电阻相比较，若两者大致相同，则表明线圈正常；若电阻明显偏小，则表明线圈短路；若电阻为“ ∞ ”，则表示线圈断路
判别常 开、常闭 触点		把继电器触点上的接线折开，以切断与外电路的联系。在继电器线圈未加电压时，用万用表的电阻档测量，常闭触点的电阻值为 0；而常开触点的阻值为无穷大。由此可以区别出哪个是常闭触点，哪个是常开触点
判断触 点的动作 情况		给继电器线圈加上额定工作电压，应能听到“咔嗒”的吸合声，这时用万用表测量继电器触点，其常开触点应闭合（表针右偏），常闭触点应断开，否则说明继电器损坏。左图所示为测量 9V 直流继电器时的情况（电源可用万用表内的 9V 电池），测量其他电压等级的继电器，只需改变电源电压即可

八、其他几种继电器

1. 中间继电器

中间继电器也是一种电磁继电器，它的触点较多，且无主、辅触点之分，一般额定电流不超过 5A，因此中间继电器的触点系统和电磁系统与接触器相比更加轻小，使用更方便。中间继电器主要用于信号的传递与交换；有时控制信号较弱，不足以直接驱动接触器，就用中间继电器对信号进行放大；有时电路复杂，接触器触点不够使用，就用中间继电器将信号同时传给几个控制元件。

2. 电压继电器

电压继电器的线圈为电压线圈，线圈匝数多，导线细，应并接在电源两端。电压继电器是在电路端电压达到它的整定值时动作，以接通或分断被控电路。按照用途不同有过电压和欠电压继电器之分。

过电压继电器是指当电压超过设定电压时，触点动作，常用于直流电动机（或发电机）的过电压保护；欠电压继电器是指当电压低于设定电压值时，触点动作，常用于欠电压和零电压保护，例如当电源电压降低导致电动机停车后，欠电压继电器可防止电源电压恢复时电动机自起动。

3. 电流继电器

电流继电器是在电路中通过的电流达到它的整定值时动作，以接通或分断被控电路。电流继电器的线圈为电流线圈，线圈匝数少，导线粗，应串于电路中。电流较大时，常将电流继电器与电流互感器配合使用，以避免继电器与大电流的接触，减小费用。按照用途，电流继电器分为过电流继电器和欠电流继电器。

过电流继电器是在电路中的电流高于其整定值时动作，主要用于交直流电动机或继电保护电路中作过载或短路保护；欠电流继电器是在电路中的电流低于设定值时动作，主要用于并励或他励直流电动机电路中作失磁保护。



调试技能乐园

电流继电器的调整

电流继电器的动作应按设计要求整定。作电动机保护时，交流

电流继电器的电流可按电动机起动电流的 $1.2 \sim 1.3$ 倍整定，直流继电器的电流可按电动机最大工作冲击电流的 $1.1 \sim 1.5$ 倍整定。

电流继电器的调整实质上是调节衔铁与铁心的距离，距离越大，动作电流越大，动作时间就越长；距离越小，动作电流越小，动作时间越短。过电流继电器的调整方法如图 1-59 所示。

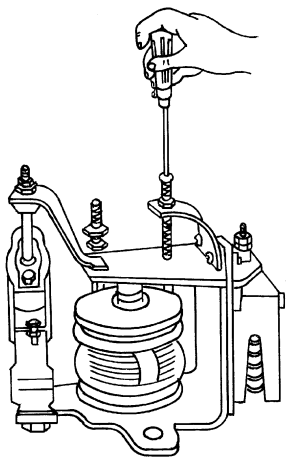


图 1-59 过电流继电器的调整

4. 固态继电器

以上几种继电器都是电磁式的，而固态继电器是由半导体元件组成的无触点电子开关。其外形及电路符号如图 1-60 所示，它四角有 4 个接线端，其中两个输入端、两个输出端。输入端接控制信号，输出端与电源、负载串联。由于它具有速度快、稳定可靠、无触点、寿命长等优点，广泛用于温度控制、电机调速和正反转控制等方面。

固态继电器有交流、直流和通用型（交、直流）之分，它们的内部结构是有所区别的，使用时应注意：直流固态继电器只能控制直流负载，交流固态继电器只能控制交流负载，交直流固态继电器可以控制交直流负载。

虽然几种类型的固态继电器的内部结构不同，但它们的内部都由输入电路、驱动电路和输出电路三部分组成。其工作原理都是在

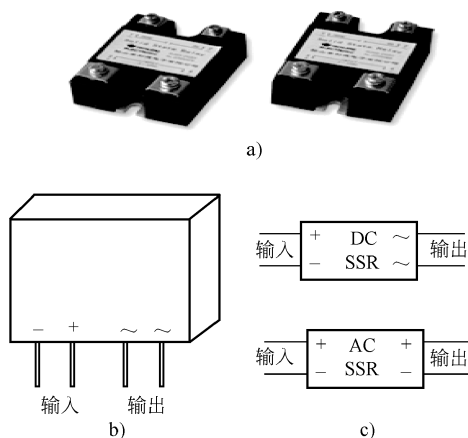


图 1-60 固态继电器的外形及电路符号

a) 实物照片 b) 示意图 c) 电路符号

输入端加上一定的直流电压时，其输出端导通。

如图 1-61 所示为固态继电器的原理示意图，当有输入信号时，相当于开关 S 闭合，发光二极管发光，由晶闸管、晶体管等组成的半导体“开关”接收光信号后导通，负载得电工作，当断开控制回路的开关 S 时，发光二极管不发光，被控负载断电。

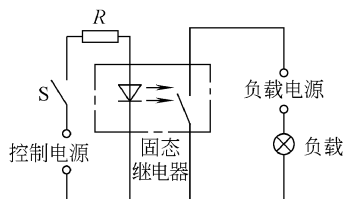


图 1-61 固态继电器的原理示意图

5. 开关、电磁式继电器、固态继电器的比较

- 1) 开关是手动操作器件，而继电器是自动控制器件。
- 2) 电磁式继电器控制回路的主体元件是线圈；固态继电器控制回路的主体元件是光耦合器。
- 3) 电磁式继电器的执行机构（触点）是机械式的，固态继电器的执行“开关”不是机械式的，是半导体元件，是一种无触点开关。
- 4) 电磁式继电器的控制线圈与被控制触点之间是通过电磁力来完成的；固态继电器控制与被控制之间由光耦合器作传媒的主体，晶闸管、晶体管才是它的执行元件。

6. 速度继电器

速度继电器是反映转速和转向的继电器，它是按照电动机转速和转向控制其触点的接通和断开，它与接触器配合可实现对电动机的反接制动控制。常用速度继电器的外形如图 1-62 所示。其内部结构主要由定子、转子、触点系统及端帽等部分组成。触点系统由两组转换触点组成，一组在转子正转时动作，另一组在转子反转时动作。

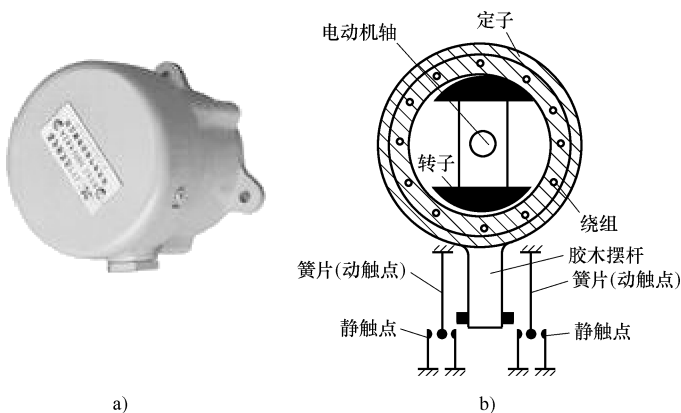


图 1-62 速度继电器的外形及结构

a) 外形图 b) 结构图

使用时应注意：

1) 速度继电器的转轴应与电动机同轴连接，使两轴的中心线重合，速度继电器的轴可用联轴器与电动机连接，如图 1-63 所示。

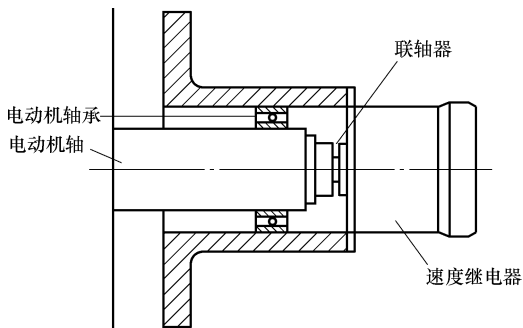


图 1-63 速度继电器的安装

2) 速度继电器的正反向触点不能接错, 否则无法实现反接制动。

3) 速度继电器的金属外壳应可靠接地。

九、接触器的选用与检修

接触器是一种适于远距离、频繁地接通和分断交、直流电路的电器。它具有控制容量大、能实现自动控制、使用方便等优点, 但不能直接切断故障电流, 须与熔断器、热继电器等保护类电器配合使用。主要用于控制电动机等电器设备的控制电路中。

1. 接触器的外形、结构和电路符号

接触器的外形、结构如图 1-64 所示, 从图中可以看出, 接触器的结构与继电器相似, 主要由电磁线圈、铁心 (静铁心、动铁心)、触点等组成。其中接触器的触点包括可以通过大电流的主触点和与其同步动作的只能通过小电流的辅助触点。接线时, 主触点接在主电路中, 辅助触点接在控制电路中, 线圈通过按钮及接触器的辅助触点来控制。

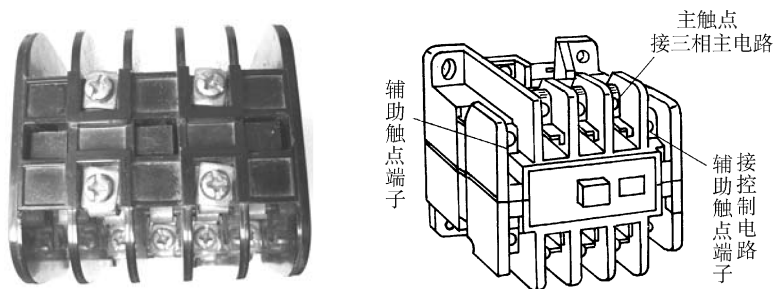


图 1-64 接触器的外形及接线方法

2. 动作原理

如图 1-65 所示, 按下 SB, 接触器线圈两端加入额定电压 (线圈工作电压范围为额定电压的 80~110%), 电磁线圈中有电流流过, 接触器的固定铁心变成电磁铁, 可动铁心被电磁铁吸引, 在电磁线圈内做直线运动, 从而带动与可动铁心连接的触点进行开关操作 (接触器得电吸合), 其常闭触点断开, 常开触点闭合。

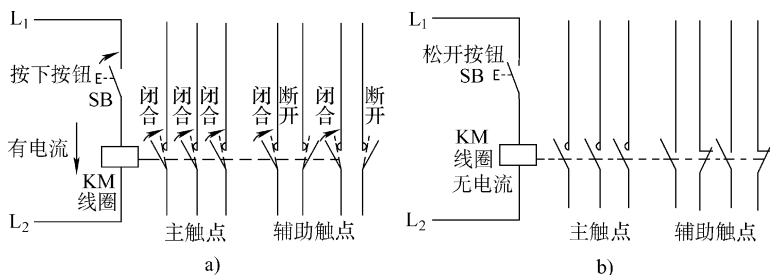


图 1-65 接触器动作原理

a) 得电吸合状态 b) 断电恢复初始状态

松开 SB，线圈两端电压消失，在复位弹簧的作用下，可动铁心回到上方，接触器释放，其触点全部恢复至初始状态，即常开触点断开，常闭触点闭合。

触点动作顺序：当线圈通电时，所有常闭触点先断开，常开触点再闭合；当线圈断电时，所有常开触点先恢复断开，常闭触点再恢复闭合。

3. 选择

(1) 选择接触器的类型 接触器有交流和直流之分，交流接触器的应用最广泛，它的线圈是经交流电控制；直流接触器的线圈是经直流电控制，主要用于频繁操作和控制直流电动机，或接通和分断低压直流电路。所以应用时要根据不同的电流类型来选择，就是说一般交流负载要选用交流接触器，直流负载要选直流接触器。同时应使接触器的触点数量、种类满足控制电路的需要。

(2) 接触器的额定电压的选择 接触器的额定电压是指主触点的额定电压，其值不应小于被控负载回路的额定电压。

(3) 接触器的额定电流的选择 接触器额定电流是指主触点的额定电流，其值应大于负载回路的额定电流。如果由于散热条件差或接触器控制的电动机起停频繁，接触器的额定电流应降一级使用，以增加接触器的使用寿命。

(4) 线圈额定电压的选择 接触器线圈电压不一定与主触点的额定电压相等，因为主触点接于主电路，线圈接于控制电路。线圈额定电压应与控制电路电压一致，接触器线圈电压有 24V、36V、

48V、110V、220V、380V 几种等级，一般采用 380V 或 220V 的，机床电路有时采用 24V、36V 或 110V 的。

4. 安装、使用注意事项

1) 安装前，应选好安装位置，使接触器两侧与其他物体留有一定距离，以方便接线；检查线圈电压是否与控制电源电压一致，触点接触是否良好、有无卡阻现象，灭弧罩是否完好，然后除去铁心接触面上的防锈油，把底座垂直地面安装并紧固好，倾斜度应小于 5° ，有散热孔的接触器还应将有孔的两面放在上下位置，以利于散热。

2) 接线时，应旋紧所有的接线螺钉，未接线的螺钉也应拧紧，以防止振动而失落，同时还应防止垫圈、线头等异物落入接触器内，以免造成机械卡阻和短路故障。

3) 运行时，保持接触器周围环境通风、干燥，防止有害气体腐蚀；保证触点吸合紧密，不得有过大的交流声；保证铁心接触面的清洁和对齐。



检修技能宝典

5. 接触器的检修方法

(1) 检测接触器线圈

1) 选档如图 1-66 所示，将万用表置于 $R \times 10$ 或 $R \times 100$ 档。

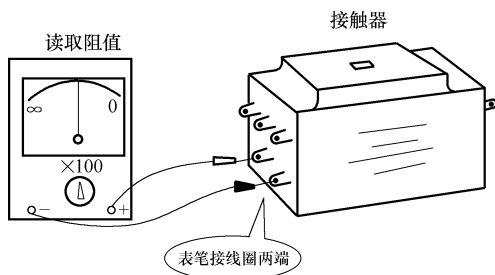


图 1-66 检测接触器线圈

2) 测量找到线圈的引脚，两表笔测接触器线圈的两引脚。

3) 读数。读取测量值，与接触器标称电阻相比较，若两者大致相同，表明线圈正常；若电阻明显偏小，表明线圈短路；若电阻为“ ∞ ”，表示线圈断路。

(2) 判断常开、常闭触点

把接触器触点上的接线拆开，以切断与外电路的联系。在接触器线圈未加电压时，用万用表的电阻档测量，常闭触点的电阻值为 0；而常开触点的阻值为无穷大。由此可以区别出哪个是常闭触点，哪个是常开触点。

(3) 通电法检测接触器触点的动作情况

1) 如图 1-67 所示，接触器线圈通过开关接到与线圈额定电压相同的电源上，然后断开开关。

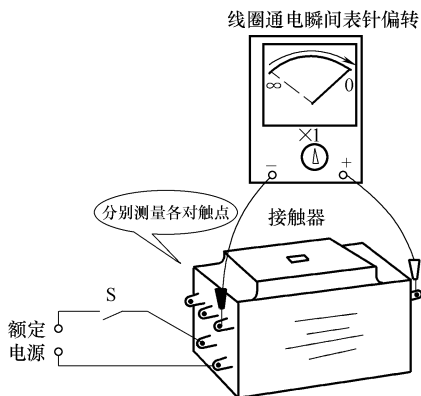


图 1-67 通电检测接触器触点的动作情况

2) 将万用表置于电阻档，两表笔接触任一对触点，测量线圈不通电时触点的电阻，正常情况下，若测量的为常开触点，其阻值应指向无穷大。

3) 闭合开关，应能听到接触器“咔嗒”的吸合声，观察这时表针是否是从“ ∞ ”（无穷大）偏转到 0。正常情况下，表针应从“ ∞ ”偏转到 0。

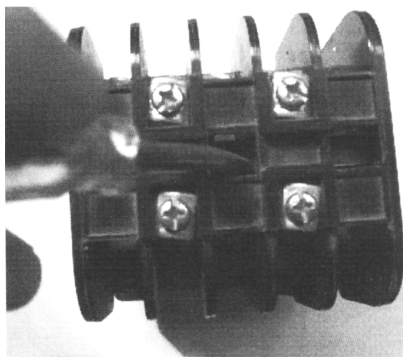
4) 移动表笔，同法检查其他三对常开触点。

5) 断开开关 S，应能听到“腾”的释放声，再用万用测量接触器触点，其常闭触点应闭合，常开触点应断开。

(4) 不通电检测接触器触点

用手通过螺钉旋具按压接触器 KM 的触点架，模拟接触器得电吸合时的情况，使接触器触点动作，如图 1-68 所示。按下接触器

的触点架后，接触器所有常开触点均应闭合，所有常闭触点均应断开；然后松开接触器触点架，接触器所有触点复位，即常开触点均断开，所有常闭触点均闭合。



按压接触器触点架

图 1-68 不通电检测接触器触点

(5) 接触器有响声，但不能完全吸合

接触器有响声，说明电路正常，一般由于电源电压过低，如线圈额定电压为 $\sim 380\text{V}$ 的接触器接在 $\sim 220\text{V}$ 电源上。检查时可先测量线圈两端的控制电压，如果控制电压与线圈标称电压不符，应更换线圈或变更控制电路的电源；如果电源电压正常，说明接触器本身性能不良或安装方式不正确，应更换接触器或垂直安装固定。

(6) 接触器线圈过热

线圈过热说明接触器线圈电流过大，可能由于电源电压过高、匝间短路或铁心吸合不牢，也可能由于反复吸合引起。

- 1) 先观察接触器的吸合情况，清除铁心表面的油污。
- 2) 用万用表检查电源电压，看电源电压是否正常。
- 3) 可用类比法检查接触器线圈的内阻，若阻值偏小，说明线圈有短路故障。

上述检查都正常，可访问操作者，看是否由于反复起动作所致。必要时可更换大一规格的接触器。

(7) 接触器线圈断电后铁心不能（立即）释放

- 1) 新装的接触器可能由于铁心端面上涂的油脂粘连，长期在

油污的环境中使用的接触器，触点端面上油污过多，应清除端面上的油脂或油污。

- 2) 接触器主触点熔焊，应更换主触点或接触器。
- 3) 反力弹簧的弹力消失或减弱，应更换反力弹簧。
- 4) 铁心端面间隙过小，铁心存在剩磁，这时接触器延时释放，应用锉刀将铁心接触面稍微磨去一些，使间隙在 $0.1\sim0.3\text{mm}$ 。
- 5) 接触器水平或倾斜安装，应垂直安装，倾斜度不超过 5° 。
- (8) 接触器运行时噪声过大
 - 1) 电源电压过低或波动较大，应保持电压在额定值附近。
 - 2) 铁心短路环断裂，铁心振动，应更换铁心。
 - 3) 触点弹簧压力过大，应适当调整弹簧压力。
 - 4) 铁心极面不清洁、不平或上下错位，应清洁触点，修理、调整或更换铁心。
 - 5) 线圈匝间短路，电磁吸力减小，应更换同型号线圈。
 - 6) 运动部件卡阻，接触器不能正常吸合，应消除卡阻（如取出异物，加注变压器油等）。

十、热继电器的选用与检修

热继电器主要用于电动机的过载和断相保护，它是具有反时限特性的低压保护类电器。常用的热继电器是双金属片式的。它主要由热元件、双金属片、脱扣机构、触点、复位按钮和定值调整装置等组成。有两相结构、三相结构和三相带断相保护装置三种类型，前两种主要作交流异步电动机的过载保护，三相带断相保护装置的还可做交流异步电动机的断相保护。热继电器外形、接线方法结构如图 1-69 所示。

1. 选择

1) 热继电器类型的选择 一般情况下可选用两相结构的热继电器，当电源电压的均衡性和工作环境差或很少有人看管的电动机，应选带断相保护装置的热继电器。对于星形联结的电动机，可选用三极热继电器；对于三角形联结的电动机，应选用带断相保护装置的三极热继电器。

2) 热继电器的额定电流和热元件的额定电流的选择 根据被

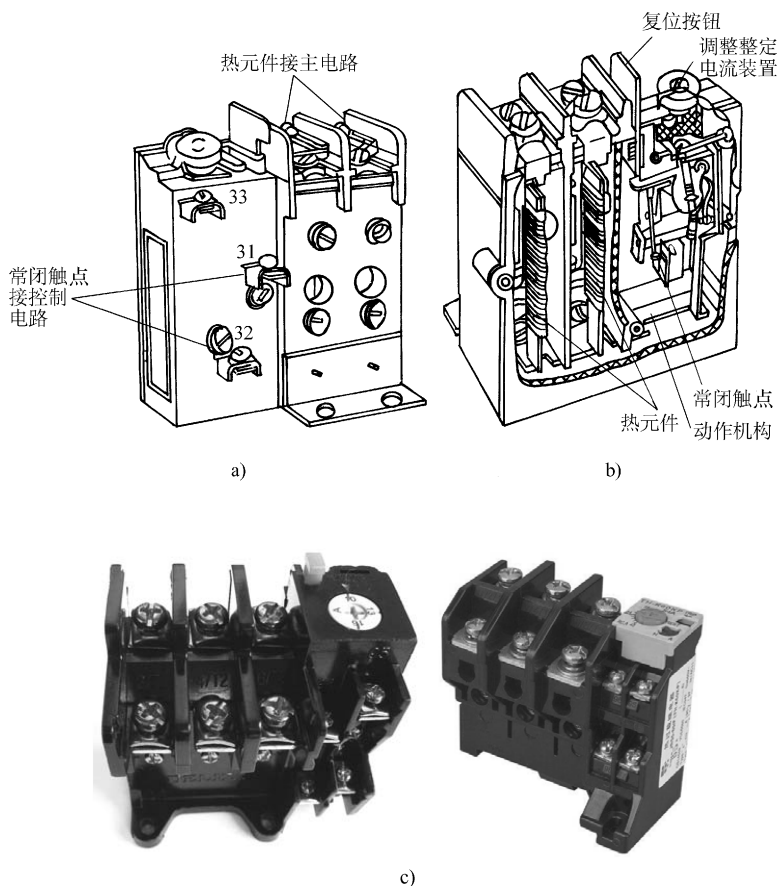


图 1-69 热继电器外形和结构

a) 二相热继电器外形示意 b) 二相热继电器结构 c) 三相热继电器外形照片

保护电动机的额定电流选择热继电器的额定电流等级，热继电器的额定电流应大于电动机的额定电流；然后再选择热元件的额定电流，热元件的额定电流应略大于电动机的额定电流。

2. 安装、使用

1) 热继电器只能作为电动机的过载和断相保护，不能作短路保护。

2) 安装点的选择。热继电器安装处与被保护设备安装处温差不能过大;安装点不能有振动源;热继电器与其他电器装在一起时,为使其动作特性不受其他发热电器的影响,应将它装在发热电器的下方,以免其动作特性受到其他电器发热的影响。

3) 热继电器的安装方向应与产品说明书规定的方向相同,偏差不得大于 5° 。

4) 三相结构的热继电器,三相都应串联于主电路中;两相结构的热继电器,一相用导线短接。

5) 热继电器配用的连接导线应符合规定。连接导线截面过小,轴向传热慢,热继电器会误动;连接导线过粗,轴向导热快,热继电器动作缓慢或拒动;导线的材质一般为铜线,若用铝心导线,端头应搪锡。

6) 热继电器的接线螺钉应拧紧,否则接触电阻增大,热元件温升增高,会引起热继电器误动作。

7) 使用时,热继电器应定期检查或校验,以确保热继电器能正常工作。双金属片如有锈迹,可用布蘸汽油轻轻擦拭,但不能用砂纸打磨,以防止热元件性能发生改变。

8) 自动复位的热继电器应调到自动位置,保护动作后经 $3\sim 5\text{min}$,热继电器会自动复位;手动复位的热继电器,保护动作后应当按下复位按钮。



调试技能乐园

3. 热继电器的调试和测试

(1) 热继电器复位方式的调整方法

热继电器的复位方式有手动复位和自动复位两种方式。手动复位是指:热继电器过载保护动作后,必须用手按下复位按钮,才能使其常闭触点恢复闭合,手动复位应等 $2\sim 3\text{min}$ 后才能进行;自动复位是指:热继电器保护动作后,常闭触点自动闭合,一般自动复位的时间不大于 5min 。

热继电器在出厂时均调整为手动复位方式,如果需要自动复位,可通过复位调节螺钉来调节。即用一字型螺钉旋具伸入热继电

器下侧的调节孔,顺时针调节,使复位调整螺钉旋入(调到底),即为自动复位方式;逆时针调节,使复位调整螺钉旋出一定距离,又变为手动复位。

热继电器用于电动机的过载保护时,为确保在处理故障以后,热继电器的常闭触点才能复位闭合,一般将热继电器设为手动复位方式。

(2) 试调法调整热继电器的整定电流

热继电器的整定电流是指热继电器长期工作不动作电流,通常热继电器的额定电流应比电动机的额定电流略大,整定电流的大小可以通过电流调节装置来调整,即转动整定值的调节钮,使凸轮对准所需整定电流刻度,如图所示 1-70。

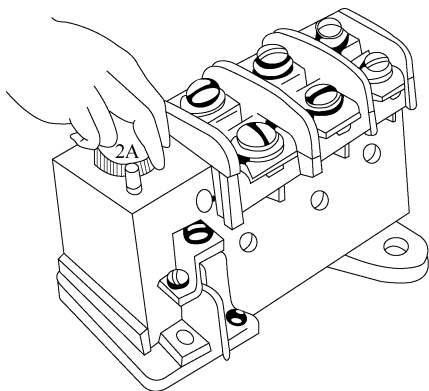


图 1-70 调整热继电器的整定电流

如果没有试验设备,对于容量不大的异步电动机,一般可用试调法调整。具体

步骤是:先将电流定值调节旋钮调到大电流方向,电动机起动后加上额定负载,经过约 1h 的热稳定后,将凸轮缓慢地向小电流方向调节,直到热继电器动作,再将定值调节旋钮稍微向大电流方向调一点即可。

(3) 测试热继电器的整定电流

热继电器的整定电流一般应与电动机额定电流调整一致;对于过载能力差的电动机,应适当减少定值,热元件的整定值一般调整为电动机额定电流的 0.7 倍左右;对起动时间长或带冲击性负载的电动机,应适当增大定值,一般调整到电动机额定电流的 1.1~1.2 倍。

1) 热元件的分相试验 先将热继电器清理干净,用手拨动脱扣机构两次,检查调整部件有无松动,若有松动,应拧紧其紧固零件,然后按如图 1-71 所示的电路接线。接线时应使连接线的截面

积、材料与使用时的相同，使环境温度保持在 $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ ，如不能保持温度，也可在温度不低于 10°C 的室内进行。

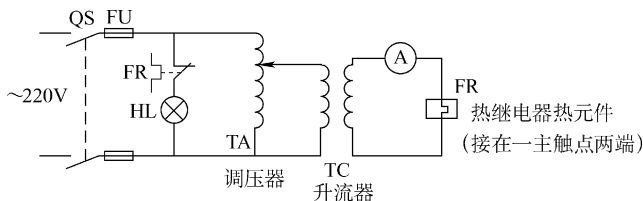


图 1-71 热元件的分相试验

闭合开关 QS，调节调压器 TA，向热继电器通入额定电流，这时热继电器应不动作，接着通入 1.05 倍额定电流，发热稳定后再将电流升高到额定电流的 1.2 倍，经 2~4min 后，调节热继电器的调节凸轮，使热继电器动作（灯泡 HL 熄灭），此时的电流值就是所要测试的热继电器的整定电流，然后断电冷却到室温，重复试验三次，三次测量值都应符合要求。

同法对热继电器的其他相分别进行测试，各相动作值应基本平衡。

2) 热元件的串联试验 按如图 1-72 所示的方法，将各相的热元件串联后重新试验，其动作值应与分相值一致。

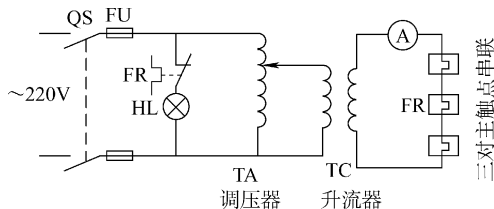


图 1-72 热元件的串联试验



检修技能宝典

4. 热继电器常见故障的处理方法

热继电器常见故障的处理方法见表 1-13。

表 1-13 热继电器常见故障的处理方法

故障现象	故障原因	处理方法
热继电器 误动或拒动	1) 热继电器选择、调整不当 2) 热继电器受到强烈冲击振动而误动 3) 起动时间过长引起热继电器误动 4) 热继电器安装处与被保护设备安装处温差过大, 热继电器误动或拒动 5) 连接导线截面过小, 连接螺钉未拧紧, 接点发热, 热继电器误动; 连接导线过粗, 轴向导热快, 热继电器动作缓慢或拒动 6) 导板脱出而拒动	1) 按前面介绍的方法重新选用调整 2) 应移开振动源或采取防振措施 3) 除适当增大定值外, 还可在起动时将热继电器的热元件短接 4) 应加强通风散热或改变安装地点 5) 应更换合适的导线 6) 重新放入, 推动几次看动作是否灵活
热继电器 烧坏	1) 负载侧有短路故障, 而短路保护拒动 2) 电动机反复短时工作, 或重载起动 3) 热继电器选择过小 4) 热继电器由于机构卡阻、导板脱出等原因而拒动	1) 应查出短路故障, 使短路保护动作可靠, 更换热元件 2) 应减少起动次数, 降低负载起动或改用其他过载保护措施 3) 应更换合适的热继电器 4) 注意日常检查和维护
热继电器 主电路不通	1) 热元件烧坏 2) 热元件进、出线头脱焊 3) 主电路接线螺钉松动	1) 应查明原因后, 更换热元件 2) 打开外壳, 查出开焊点, 将脱焊点焊好 3) 应紧固松动的螺钉
热继电器 辅助触点 不通	1) 辅助触点弹性消失 2) 手动复位的热继电器动作后, 未手动复位 3) 自动复位的热继电器调节螺钉未调到自动位置, 或热元件还未冷却, 未达到自动复位时间 4) 辅助触点上的接线螺钉松动	1) 应更换相应弹簧或触点 2) 应停机 2min 后手动复位热继电器 3) 应顺时针转动到自动位置, 热继电器动作后 5min 内自动复位 4) 应紧固松动的螺钉

十一、时间继电器的选用与检修

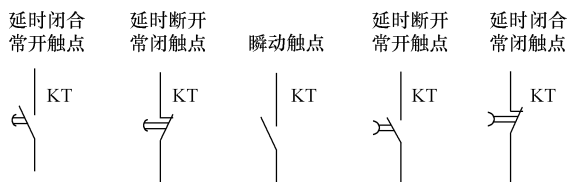
通常，一般的电磁继电器，当电磁线圈中有电流通过时，其触点都立即闭合或断开，而时间继电器却不同，它从得到信号后，除瞬动触点外，延时触点要经过一定时间的延时才能动作。它的种类很多，按延时方式分为通电延时时间继电器（只有通电延时触点）、带瞬动触点的通电延时时间继电器（有瞬动触点和通电延时触点）、断电延时时间继电器（只有断电延时触点）等；按动作原理分为电磁式、空气阻尼式与电子式时间继电器，其外形和电路符号如图 1-73 所示。



JA7-A 气囊式时间继电器

JS14 晶体管时间继电器

a)



b)

图 1-73 时间继电器外形和电路符号

a) 外形 b) 电路符号

1. 通电延时继电器触点的动作过程

通电延时触点：时间继电器 KT 线圈得电后，延时触点需经过一定时间的延迟才能动作，而线圈断电复位时，触点不延时（立即复位），通电延时触点可分为通电延时常开触点和通电延时常闭触点。

通电延时常开触点：指线圈无电时处于断开状态，通电时延迟闭合的触点。

通电延时常闭触点：指线圈无电时处于闭合状态，通电时延迟断开的触点。

如图 1-74 所示的电路中，KT-1 是通电延时常开触点，KT-2 是通电延时的常闭触点，KT-3 就是瞬动触点，其动作过程如下：

【步骤 1】 如图 1-74a 所示，按下按钮 SB，KT 线圈得电，但其触点不会立即切换，这时 EL_1 亮， EL_2 灭，即指示灯的状态不变。

【步骤 2】 如图 1-74b 所示，经过整定的延时时间后，其触点才能切换，即常开触点闭合，常闭触点断开，指示灯 EL_1 熄灭， EL_2 点亮。

【步骤 3】 如图 1-74c 所示，松开按钮 SB，KT 线圈失电，其触点立即切换，即 EL_1 立即点亮，而 EL_2 立即熄灭（恢复到初始状态）。

注：步骤 1 和步骤 2 为线圈得电时触点的吸合过程，步骤 3 为线圈失电时继电器的释放过程。

2. 断电延时继电器触点的动作过程解说

时间继电器 KT 线圈得电时触点立即动作（不延时），而在 KT 线圈断电复位时触点延时才复位，也就是说，在时间继电器断电后，延时触点不会立即切换，而是经过一段时间才能切换。断电延时触点可分为断电延时常开触点和断电延时常闭触点。

断电延时常开触点是指，时间继电器断电复位时具有时间延迟的常开触点。

断电延时常闭触点是指，时间继电器断电复位时具有时间延迟的常闭触点。

如图 1-75 所示的电路中，KT-1 是断电延时常开触点，KT-2 是断电延时的常闭触点，KT-3 是瞬动触点，其动作情况如下：

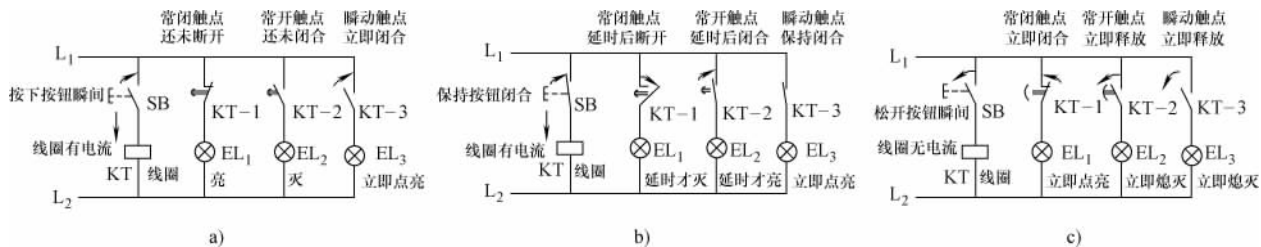


图 1-74 通电延时触点的动作情况

a) 步骤 1 b) 步骤 2 c) 步骤 3

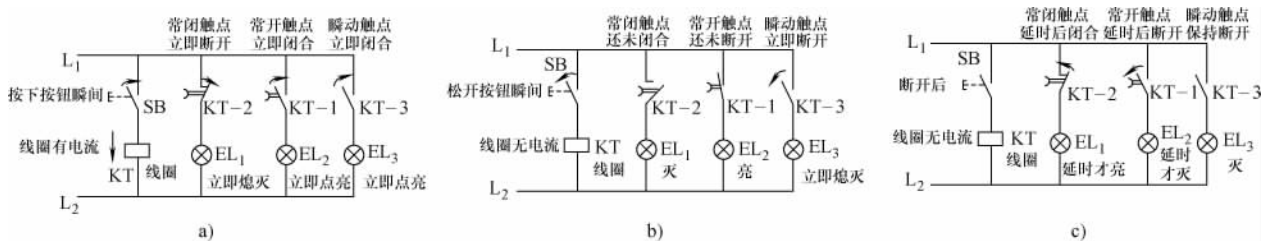


图 1-75 断电延时触点的动作情况

a) 步骤 1 b) 步骤 2 c) 步骤 3

【步骤 1】 如图 1-75a 所示, 按下按钮 SB, KT 线圈得电, KT 的常开触点闭合, EL_1 熄灭, 与此同时, KT 的常闭触点断开, EL_2 点亮。

【步骤 2】 如图 1-75b 所示, 松开按钮 SB, KT 线圈失电, 但其触点不会立即切换, 这时指示灯的状态不变。

【步骤 3】 如图 1-75c 所示, 经过整定的延时时间后, 其触点才动作, 常闭触点恢复到初始的闭合状态, EL_1 点亮; 与此同时常开触点恢复断开位置, EL_2 熄灭。

注: 步骤 1 为线圈得电时继电器的吸合过程, 步骤 2 和步骤 3 为线圈失电时继电器的释放过程。

3. 瞬动触点的动作情况

瞬动触点 得电延时时间继电器和断电延时时间继电器一般都有瞬动触点, 无论是得电延时时间继电器还是断电延时时间继电器, 瞬动触点在吸合或释放时都不经延时, 在图 1-74 和图 1-75 中, KT-3 为瞬动触点。按下按钮 SB, KT-3 瞬动触点立即闭合, EL_3 立即点亮, 松开按钮 SB, KT-3 为瞬动触点立即断开, EL_3 立即熄灭。



增强记忆

通电延时触点的动作规律可以从其名称来记忆: 线圈通电吸合时触点延时才动作, 线圈断电释放时触点不延时。这可从“通电延时”四字来理解记忆。

断电延时触点的动作规律可以从其名称来记忆: 线圈通电吸合时触点不延时, 线圈断电释放时触点延时动作, 这可以通过“断电延时”四个字来记忆。

瞬动触点在线圈吸合或释放时都不经延时, 这一动作规律可以通过“瞬动”二字来记忆。

4. 时间继电器的选择

1) 类型的选择 对延时要求不高的场合, 一般情况可选用价格较低的 JS7-A 系列时间继电器, 对延时要求较高的可选用 JS11、JS14 系列的时间继电器。但当电源波动时, 采用空气阻尼式或电动式比用晶体管好; 当温度变化较大时, 不易采用空气阻尼式时间继电器。

2) 延时方式的选择 时间继电器有通电延时和断电延时两种,应根据被控电路的要求来选择延时方式。选择时还要考虑瞬动触点的数量及吸引线圈的电压等级。

3) 线圈电压的选择 时间继电器线圈的额定电压应等于所在控制线路的电压。

5. 时间继电器的安装与使用

1) 应按说明书规定的方向安装、接线,触点电流不允许超过额定电流。

2) 带金属底板的时间继电器,接地螺钉必须与接地线可靠连接。

3) JA7-A 系列时间继电器通电延时型和断电延时型可在整定时间内自行调换,调换方法是将线圈转动 180° ; 由于该系列时间继电器无刻度,故不易调整延时时间。

4) 晶体管时间继电器使用前要核对电源电压与其额定电压是否一致,直流型的还要注意正、负极性不能接错。



调试技能乐园

6. 时间继电器定值的设定方法

时间继电器的定值设定方法如图 1-76 所示,即按所需延时时间,使指针或缺口对准刻度盘上所标的刻度,并在试车时校对实际延时时间与所需延时时间是否相符。如不符,应重新调整并校验,

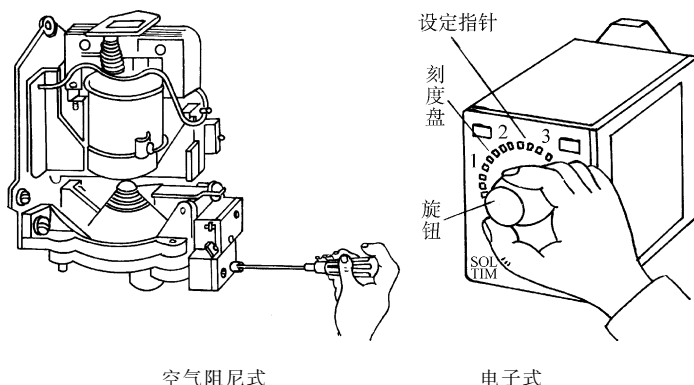


图 1-76 时间继电器的定值设定方法

直到实际延时时间与所需延时时间一致。



检修技能宝典

7. 时间继电器的检修

(1) 延时触点不动作

- 1) 电源电压过低, 应调整电源电压至额定值。
- 2) 电磁线圈断线, 应更换同型号线圈。
- 3) 触点熔焊, 应更换触点。
- 4) 机械机构故障, 应修理或更换。
- 5) 晶体管时间继电器的晶体管等元器件损坏, 应查出并更换损坏元器件。

(2) 延时不准确

1) 空气阻尼式时间继电器的气室装配不严, 或气室内橡皮膜损坏, 延时时间缩短, 应更换橡皮膜, 并按要求装配; 气室内有灰尘、油污, 气道堵塞, 造成延时时间变长, 应在清洁环境中拆开并清洁气室, 并按要求装配。

2) 晶体管时间继电器的可调电位器使用时间过长, 电位器松动磨损, 晶体管、电容器等元器件老化, 焊点接触不良, 应更换同型号的元器件或将虚焊点焊好。

3) 电磁式时间继电器的非磁性垫片损坏, 应更换非磁性垫片。

十二、漏电保护器的选用与检修

1. 漏电保护器的分类和工作原理

1) 分类 在低压电路中, 许多场合都采用漏电保护器作为防止人身触电和防止漏电的安全电器。漏电保护器是触电保安器、漏电保护断路器、剩余电流断路器、漏电开关等漏电保护元件的统称, 有的漏电保护器还具有过载、短路、过电压、欠电压等多种保护功能。根据工作原理的不同, 漏电保护器分为电压型和电流型。电压型漏电保护器电路简单, 但它的检测性能差, 动作不稳定, 已被电流型漏电保护器所取代。

电流型漏电保护器是目前用得最多、最理想的漏电保护装置, 其外形如图 1-77 所示。电流型漏电保护器又分为电磁式和电子式

两种,这两种漏电保护器都采用零序电流互感器作为检测元件,电磁式漏电保护器采用释放式漏电脱扣器作为判断元件,自动开关作为执行元件。灵敏度较电子式差,一般以 30mA 为限,抗振动能力也差,但绝缘耐压能力和耐雷电冲击能力强,受电源电压、环境温度影响较小。



图 1-77 漏电保护器的外形

电子式漏电保护器是在电磁式漏电保护器的基础上加以改进,将零序电流互感器检测到的微弱漏电信号经电子电路放大、比较、整形等处理后,通过电子放大电路触发脱扣机构,再驱动自动开关断开电源。电子式漏电保护器的灵敏度较高,耐机械冲击能力强,但耐雷电冲击能力差,电源电压及环境对其特性都有一定的影响。

图 1-78 为电流型漏电保护器电路原理图。图中 QF 为断路器,TA 为零序电流互感器, L 为脱扣器线圈, A 为电磁脱扣器线圈(电磁式)或电子电路组成的控制电路(电子式)。SB 为试验按钮,它和电阻 R_1 组成试验回路,试验回路的两端接在 TA 输入端和输出端的不同相的导线上,以便按下 SB 时,在 TA 中流过一个模拟的接地故障电流,检查漏电保护器是否正常。

2) 工作原理 接通电源,正常情况下,无漏电电流,环形的零序电流互感器检测不到漏电电流(矢量和等于零),其二次绕组中无感应电动势,漏电保护器不动作。

当负载漏电时,环形的零序电流互感器将检测到的触电或漏电流转换成二次回路的电压或电流信号。对于电磁式漏电保护器,该信号加在漏电脱扣器的线圈上,对于电子式的漏电保护器,该信号则通过电子放大电路后触发脱扣器动作,将电源切断,防止触电事故的发生。

2. 漏电保护器的选择

漏电保护器必须选用国家认定许可的合格产品(符合 GB 6829 的有关规定),还应根据类型、供电方式、环境条件、额定电流、

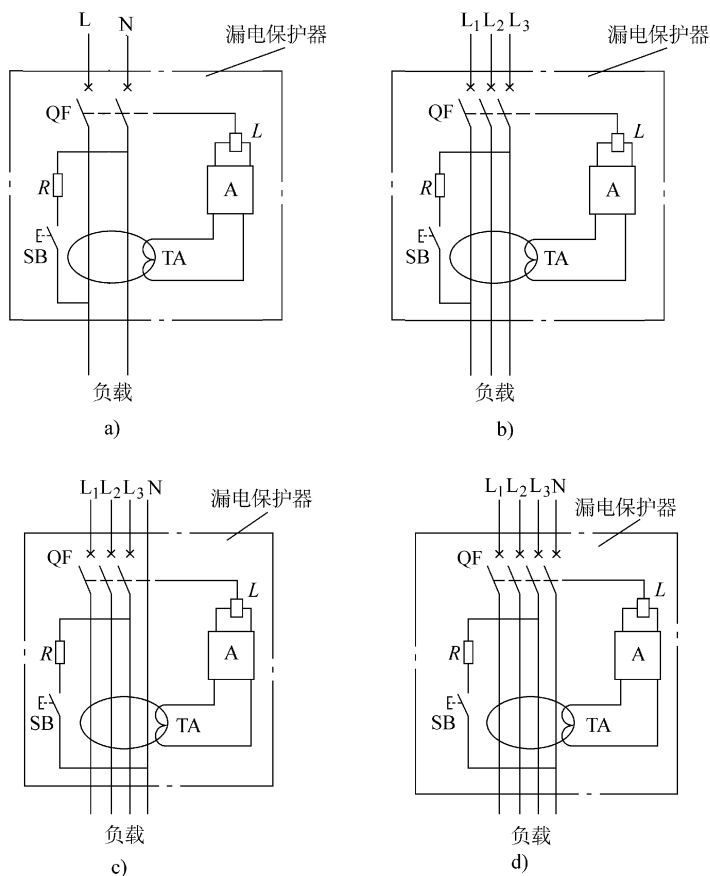


图 1-78 电流型漏电保护器原理图

a) 二极 b) 三极三线 c) 四极三线 d) 四极四线

接触方式、电压等级及安装地点的泄漏电流、接地电阻、动作参数等因素来选择合适的型号。使其技术额定值与被保护线路或设备的技术参数相配合。

1) 形式的选择 一般情况,为保证动作可靠,应优先选择电流型漏电保护器;为防止过载及短路故障损坏漏电保护器,可选择带有过载和短路双重保护功能的漏电保护器,以省去断路器、熔断器,减少元件和费用。此外,还应根据现场工作条件来确定,在多

尘的地方，应选用防尘型漏电保护器；在有腐蚀性的特殊环境，应选用防腐型；在易燃易爆场合，应选用防爆型等。

2) 极性的选择 一般单相电气设备可选用两极漏电保护器，三相三线负载则选用三极三线式漏电保护器，三相四线制负载或单相用电设备与三相用电设备共用的电路，应选用三极四线或四极四线式漏电保护器。

3) 技术参数的选择 应使其主要技术参数与被保护线路或设备的技术参数相配合，以防止误动或拒动。漏电保护器的主要技术参数有主触点额定电流、额定漏电动作电流、额定分断时间。

① 主触点额定电流是指主触点长期工作可以通过的电流值，它必须大于实际负载电流。

② 额定漏电动作电流是指人体触电后流过人体的电流多大时漏电保护器才动作，它反映的是漏电保护器动作的灵敏度。为保证漏电保护的灵敏度，最好采用分两级保护。上一级采用中、低灵敏度的，下一级选用高灵敏度的。作为安全防火，漏电动作电流可选用 50~100mA 的漏电保护器。作为人身安全保护用，应选用漏电动作电流不大于 30mA 的漏电保护器，如一般家庭装于配电板上的，可选用额定漏电动作电流为 15~30mA 的漏电保护器；对某一电气设备用的漏电保护器，其额定漏电动作电流应为 5~10mA。

③ 额定分断时间是指漏电保护器检测到漏电信号到切断电源的动作时间，防止人身触电时，必须选用能在 0.1s 以内动作的快速漏电保护器或具有反时限特性的漏电保护器。

④ 特殊场所的漏电保护器，如医院中的医疗设备，应选用动作电流为 6mA 的快速动作型漏电保护器；水中工作的电气设备，应选用动作电流为 6~10mA，具有反时限特性的漏电保护器，如使用 36V 以下的安全电压，应使用 15mA 以下的快速漏电保护器。

3. 漏电保护器的安装接线

(1) 安装点的确定

安装地点要远离电磁场、高温、粉尘、强烈振动、阳光直射的场所，如安装环境特殊，应采取防腐、防潮或防热等措施，或改用相应特殊场所的漏电保护器。一般安装在配电箱的总刀开关后面，如作为某一个用电器的漏电保护，则应安装在此用电器的进线电源

处，作为电源开关。

(2) 安装接线

1) 应检查系统的保安方式（接地或接零），搞清保护设备相数，搞清说明书上的接线图。

2) 一般漏电保护器，应垂直安装，倾斜度不应超过 5° 。

3) 不同动作方式及功能的漏电保护器，其接线也有所不同：

• 电磁式漏电保护器，由于无过载和短路保护功能，应在其前面加装熔断器或断路器。电磁式漏电保护器与刀开关和熔断器联合接线如图 1-79 所示；电磁式漏电保护器与断路器联合接线如图 1-80 所示。

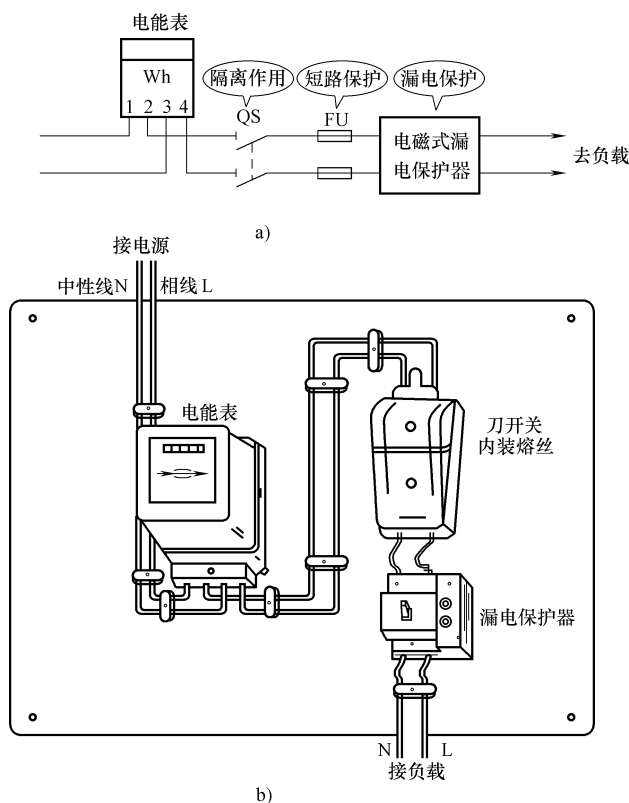


图 1-79 电磁式漏电保护器与刀开关和熔断器联合接线

a) 原理图 b) 接线图

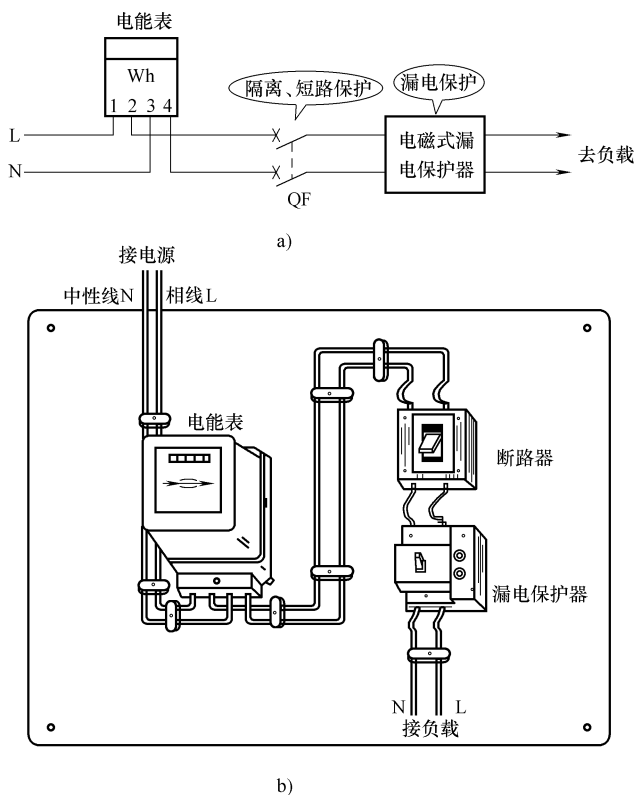


图 1-80 电磁式漏电保护器与断路器联合接线

a) 原理图 b) 接线图

• 电子式漏电保护器，如 DZL18、DLK 型，采用熔断器作其过载及短路保护时，熔断器应装在其输出端，以保证中性线上的熔断器熔断后，再有人触电时，漏电保护器仍起作用，如图 1-81。如果熔断器接于漏电保护器之前，当线路出现过载或短路故障，且只有中性线上的熔丝熔断时，漏电保护器会拒动，仍有触电的可能。

• 具有过载和短路双重保护功能的漏电保护器（或漏电断路器，如 DZL30、E4EB 等系列），不用再安装过载和短路器件。其接线如图 1-82 所示。

• 单相与三相负载混用的配电线路，应尽量将各单相负载均匀

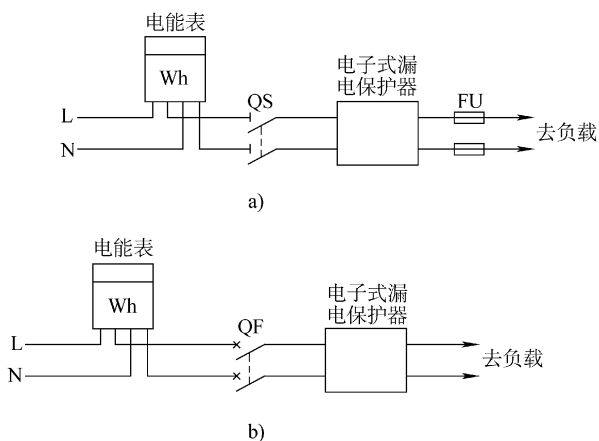


图 1-81 电子式漏电保护器接线

a) 与熔断器的配合接线 b) 与断路器的配合接线

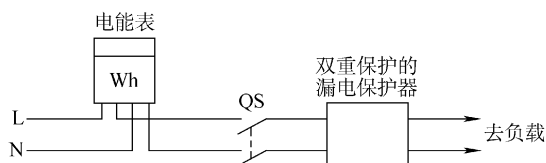


图 1-82 具有过载和短路双重保护功能的漏电保护器接线

分布在三相线路中，以减少三相的不平衡电流。

4) 应按规定接线，即电源进线应接在漏电保护装置的电源侧，出线应接在下方的负载侧，如果把进线、出线接反了，会影响漏电保护器的接通与分断能力。

5) 装在单相线路的两极漏电保护器，应将中性线和相线接入漏电保护器；装在三相四线线路上的四极漏电保护器，不管负载侧中性线是否使用，也应将三根相线和中性线一块接入，以便试验其性能。经过漏电保护器的负载，不得与未经该漏电保护器的相线、中性线有电气连接，各漏电保护器相线、中性线也不得相互连接、混用或跨接，相线与中性线不得接反，否则会造成漏电保护器误动。如图 1-83 所示。

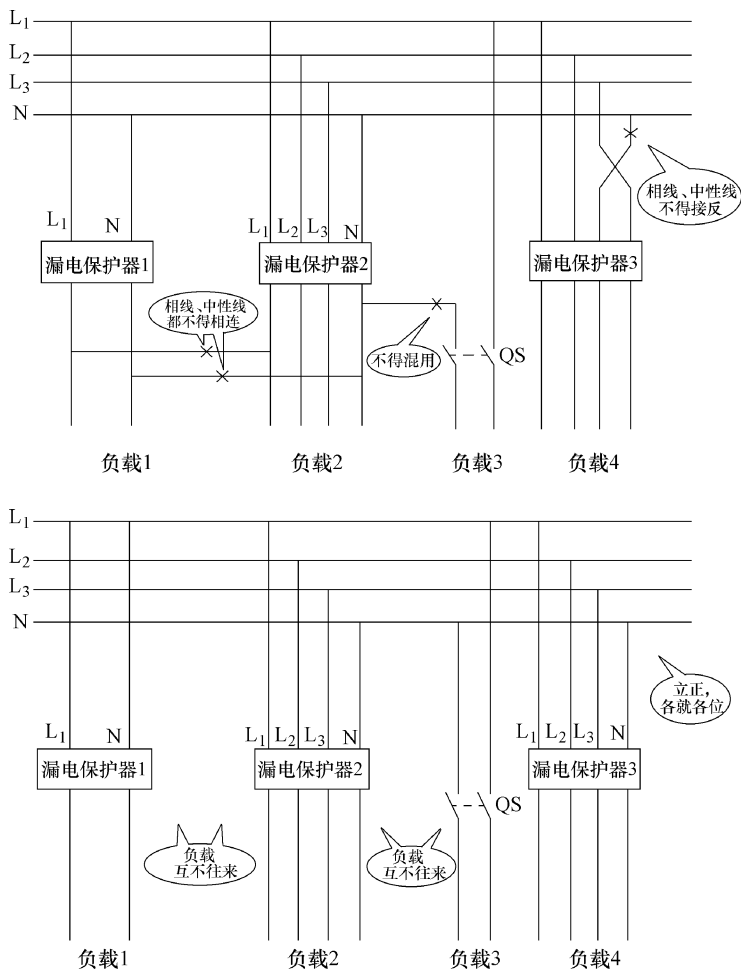


图 1-83 经过漏电保护器的相线、中性线不得与相邻回路相互混用

6) 安装漏电保护器后，被保护设备的金属外壳，按规定作保护接地或保护接零；但专用保护线不可接入漏电保护装置，应接在设备外壳的接地点。

7) 在接零系统，若使用单相或三相四线的漏电保护器，经过漏电保护器后，中性线必须与大地绝缘，不得兼作保护线使用，也不可重复接地，其重复接地只能在电源侧。如图 1-84

所示。

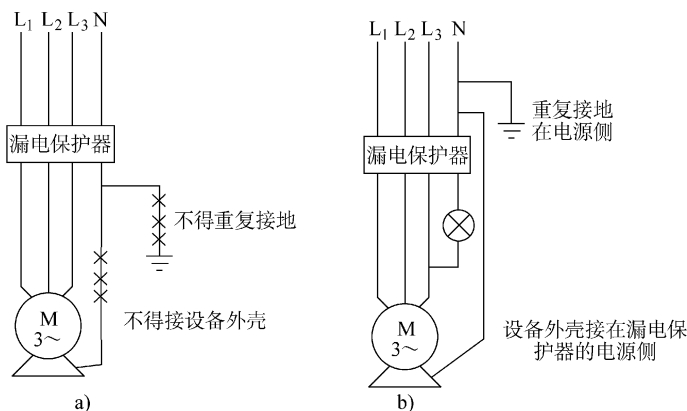


图 1-84 经过漏电保护器的中性线不可作保护线

a) 错误 b) 正确

(3) 安装、投运后的检查和试验

1) 检查接线 漏电保护器按规定安装好后, 对照接线图重新检查接线。

2) 检查开关机构 检查开关是否灵活, 有无卡涩现象。

3) 测量绝缘电阻 用万用表测相间、相线与外壳(地)间的绝缘不应小于 $2\text{M}\Omega$ 。注意对电子式漏电保护器, 不得用绝缘电阻表摇测其绝缘电阻, 以免绝缘电阻表产生的高压加在漏电保护器上将其内部的电子元器件击穿。

4) 空载通电检查 在空载状态下, 将手柄扳在合闸位置, 利用试验按钮验证漏电保护器能否正确动作, 重复 3 次。注意不得以人体作试验, 以免发生触电事故。

5) 带负载通电检查 带负载分、合开关 3 次, 不应有误动作。

6) 投运后, 应每月检查一次其动作功能, 确保漏电保护器正常运行。



检修技能宝典

4. 漏电保护器的检修

(1) 漏电保护器不能闭合

1) 漏电保护器的动作电流低于电路正常泄漏电流时, 漏电保护器不能投入运行, 应更换合适的漏电保护器, 使漏电保护器的额定不动作电流不小于电气线路和设备的正常泄漏电流最大值的 2 倍。

2) 操作机构有卡阻或滑脱现象, 应修理或更换。

3) 被保护电路或设备有漏电, 应查明原因后修复。

(2) 漏电保护器经常断开

1) 被保护电路或设备有不稳定漏电, 应查出故障点, 并予以修复。

2) 漏电动作电流偏小, 应更换合适的漏电保护器。

3) 漏电保护器误动。一般由于选择、安装接线不正确。另外对于水银灯或荧光灯过多的照明电路, 由于充电电流过大, 也会引起漏电保护器误动, 应减少水银灯或荧光灯的数量或更换一次与二次侧绝缘的镇流器。

(3) 保护器动作后, 应怎样检查处理

漏电保护器动作后, 应仔细检查, 检查未发现事故原因时, 可试送电一次, 如果再次动作, 不得连续强行送电, 必须查出原因。在未确定漏电保护器损坏时, 不能拆除漏电保护器强行送电。必要时应用合格的专用仪器做以下动作特性试验:

1) 测量漏电动作电流值和漏电不动作电流值。

2) 测试分断时间。

第二章 三相交流异步电动机的安装与检修

第一节 三相交流异步电动机的结构

三相交流异步电动机具有结构简单，制造方便，坚固耐用，工作可靠，价格低廉，维修方便等优点，在工农业生产和人民生活中得到了广泛的应用，常用的三相交流异步电动机有三相笼形异步电动机和三相绕线转子异步电动机。

图 2-1 所示为三相异步电动机的结构，由图可看到它主要由定子和转子组成，定子固定不动，转子装在定子腔内，为保证转子自

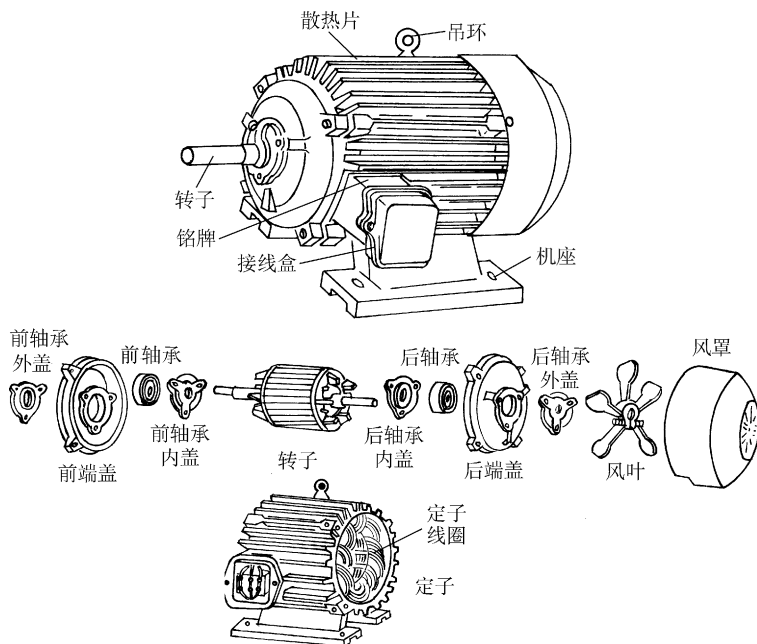


图 2-1 三相异步电动机的结构

由转动, 定子与转子间留有气隙。另外, 还有机座、端盖、风扇、接线盒等部件。

一、定子

异步电动机的定子由定子铁心、定子绕组和机座三部分组成。

1) 定子铁心 定子铁心是异步电动机主磁通磁路的一部分, 为减少磁通交变时所引起的铁心损耗, 通常由 0.5mm 厚、表面涂有绝缘漆的硅钢片叠压而成, 在铁心的内表面冲成了若干槽, 用来放置定子绕组。

2) 定子绕组 定子绕组是异步电动机定子部分的电路, 由许多线圈按一定规律连接而成, 线圈用高强度漆包铜线或铝线绕成, 嵌入槽内时有单、双层之分, 两层线圈间、线圈与槽臂间均需加以绝缘, 槽口用槽楔将定子绕组紧固, 槽楔常采用竹、胶木板或环氧玻璃布板等非磁性材料。

3) 机座 机座主要用来固定与支撑定子铁心, 中小型异步电动机一般采用铸铁机座, 微型电动机也有铸铝机座, 大型异步电动机, 一般采用钢板焊接的机座。

二、转子

转子由转子铁心、转子绕组和转轴三部分组成。

1) 转子铁心 转子铁心也是电动机磁路的一部分, 一般用 0.5mm 厚的硅钢片叠压而成, 在铁心的外圆上均匀地冲有若干槽, 槽内可以浇铸铝条或嵌放转子绕组, 整个铁心固定在转轴上或转子的支架上, 转子支架再套在转轴上。

2) 转子绕组 三相异步电动机的转子绕组有笼型绕组和绕线型绕组两种。

① 笼型转子 在转子每个槽里放一根导条, 在铁心的两端用两个端环把所有的导条都并联起来, 从而形成自行短路的绕组, 构成闭合回路, 如果去掉铁心, 转子绕组形似松鼠的笼子, 故称为笼形绕组。中小型笼型转子一般采用铸铝转子, 其导条和端环一次铸出, 并在端环上铸上风叶, 来加强散热。

② 绕线型转子 绕线型转子绕组和定子绕组一样, 也是三相

对称绕组,小容量电动机一般为“ Δ ”形,大中容量电动机一般接成“ Y ”形,绕组的三个引出端通过集电环与外电路相连接,在转子绕组引出端外接电阻来改善起动性能。如图 2-2 所示为绕线型转子。

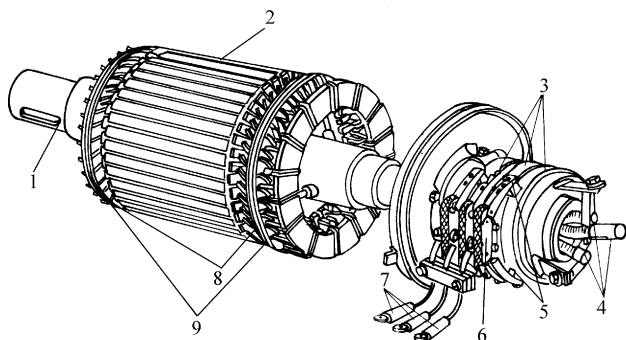


图 2-2 绕线型转子

- 1—转轴 2—转子铁心 3—集电环 4—转子绕组引出线头 5—电刷
6—刷架 7—电刷外接线 8—三相转子绕组 9—镀锌钢丝箍

3) 转轴 转轴的作用是支承转子,传递电动机的输出转矩,拖动机械负载运转。

三、气隙

异步电动机定、转子间的空隙称为气隙,气隙的大小直接影响到电动机的运行性能。气隙越大,磁阻也越大,所需励磁电流也大,功率因数降低。为提高功率因数,气隙小一些较好,一般中小型电机的气隙为 $0.2 \sim 2\text{mm}$,否则易发生定、转子相擦(“扫膛”)现象。

第二节 三相交流异步电动机的安装

一、电动机基础的安装

(1) 准备工作

1) 选好安装地点。安装地点应干燥、通风、灰尘较少,且较为宽畅,以方便维护和保养。

2) 准备所需的石块、水泥、模板、地脚螺栓等。

3) 根据准备固定的电动机的底座尺寸挖好地基,但四周要留出 200mm 左右的裕度,并将地基压实,以防地基下沉。

4) 制作模板。用厚 15mm 左右的木板钉成框架,模板上部用木材制成悬挂地脚螺栓的架子,并根据电动机底脚尺寸在架子上开四个孔,如图 2-3 所示。

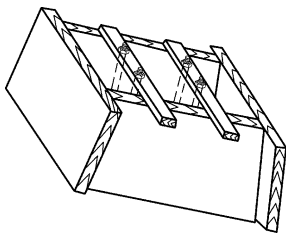


图 2-3 模板的制作

(2) 浇注地基

1) 先把石块铺平,将模板放入,并将地脚螺栓埋进,为保证地脚螺栓浇埋得牢固,应将地脚螺栓做成弯钩形或人

字形,且地脚螺栓埋入混凝土的长度约为其直径的 10 倍,如图 2-4a 所示。

2) 浇注混凝土。浇注时要注意保持地脚螺栓的尺寸和垂直度,座墩的高度不得低于 150mm,浇注完毕,重新校核地脚螺栓尺寸,以保证与要安装的电动机固定孔一致,并检查基础是否水平。如果电动机的电源线是用钢管埋入地坪下暗敷的,则要先开好钢管的沟槽,然后放入电线管后(管线应与地面平整),将管口封堵,再浇注混凝土,以防混凝土进入后将线管堵死。

3) 将浇注好的底座用草盖上,并经常浇水,20 天左右,才能安装电动机。浇注好的底座如图 2-4b 所示。

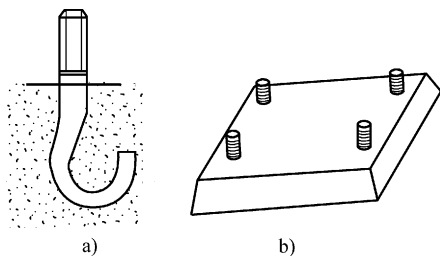


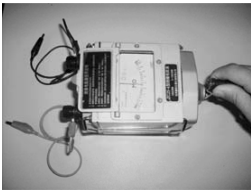
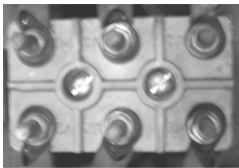
图 2-4 电动机的安装底座

a) 预埋的地脚螺栓 b) 浇注好的底座

二、电动机绝缘电阻的检查

安装前应检查电动机的绝缘电阻，以防电动机绝缘损坏后返工。电动机绝缘电阻的检查方法和步骤见表 2-1。

表 2-1 电动机绝缘电阻的检查方法和步骤

操 作 步 骤	解 说
 开路试验	将绝缘电阻表平放不接线，或 L、E 两端的测试线处于开路状态，按 120r/min 摇动手柄，如表针在“∞”（无穷大）附近，说明绝缘电阻基本正常
 短路试验	在表停转的情况下，将 L、E 两接线柱短接，缓慢转动手柄，如果表针指“0”，表示正常，否则应检修绝缘电阻表
 拆去接线盒中的连接片	三相绕组一般是通过接线盒内的连接片连接在一起的，所以在测相间的绝缘电阻之前，应先将接线端子的连接片拆开，再用绝缘电阻表分别检查电动机相间的绝缘电阻
 测试绕组间的绝缘	将绝缘电阻表的 L 端和 E 端分别接电动机任意两相绕组，按 120r/min 匀速摇动手柄，读取绝缘电阻表的示值即为绕组间的绝缘，测完后再测另两相间的绝缘

(续)

操作 步 骤	解 说
 测试绕组对外壳的绝缘	将绝缘电阻表的 L 端接一相绕组, E 端接电动机外壳, 按 120r/min 匀速摇动手柄, 读取绝缘电阻表的示值即是绕组对外壳的绝缘。测完一相, 再测另两相对地的绝缘

说明: 额定电压为 380V 的电动机, 相间绝缘、相与地之间的绝缘电阻必须在 0.5M 以上, 否则应干燥处理。对于绕线式异步电动机, 还要检查转子绕组之间的绝缘及绕组对机壳的绝缘。

如果三相绕组已在壳内部接成了一体 (三角形或星形), 这时相间阻值很小, 则只能测量整套绕组对机壳的绝缘电阻。

三、电动机的固定和接线

(1) 固定

将防震木板或硬橡皮垫在电动机与底座间, 小型电动机可直接用铁棒或通过绳索穿过电动机上的吊环后用杆棒抬到底座上, 切不可用绳索套在电动机的转轴上或机座上抬运, 以防绳索滑脱, 摔坏电动机; 较重的电动机, 应用起重机或滑轮搬运。将电动机放在机座上后, 按对角线顺序逐次轮流拧紧四个固定螺栓, 如图 2-5a 所示。

安装时, 若电动机底座不平, 可用薄钢板垫在电动机底座上。如果地脚螺钉锈蚀, 可在地脚固定孔中加点机油。

(2) 接电源线和保护线

明敷时, 三根电源线穿入具有阻燃性能的塑料管内, 然后接到电源配电箱或直接接到电源开关上, 并将电动机外壳按规定作接地或接零处理。暗敷时, 应将三根电源线通过柔性塑料管进入预埋的金属管内接至电源配电箱, 如图 2-5b 所示, 然后将金属管和电动机外壳按规定作接地或接零处理。

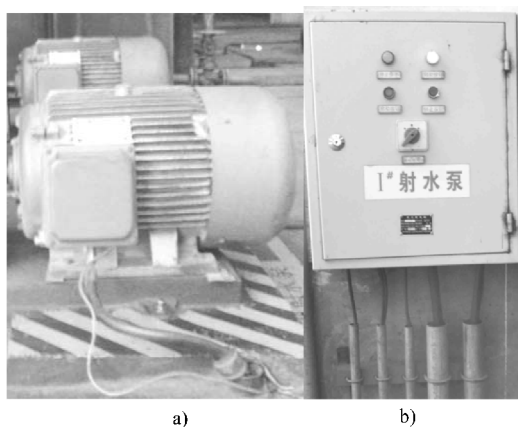


图 2-5 电动机的固定和接线

a) 将电动机固定在基础座上 b) 将电源线穿管后接到配电箱

第三节 三相交流异步电动机的拆装

一、电动机的拆卸

1) 电动机拆卸前,应切断电源,做好以下标记,以方便修复后的装配。

- ① 标记电源线在接线盒中的接线位置。
- ② 标记联轴器与轴台的距离。
- ③ 标记端盖、轴承、轴承盖的负载端和非负载端等。

2) 拆下电源线,并将电源线头包好绝缘,拧松地脚螺钉和接地线螺丝。

3) 拆卸联轴器或带轮
取下联轴器或带轮的定位销子,装上拉具,并将拉具两尖端对准电动机转子轴中心,转动拉具,使带轮和联轴器慢慢从电动机转轴上拉出,如图 2-6 所示。如果拉不出,

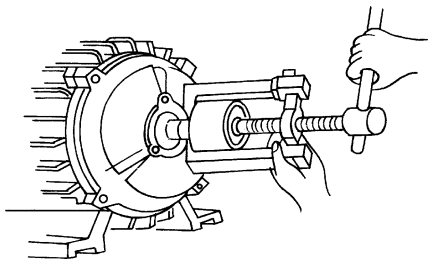


图 2-6 拆卸联轴器或带轮

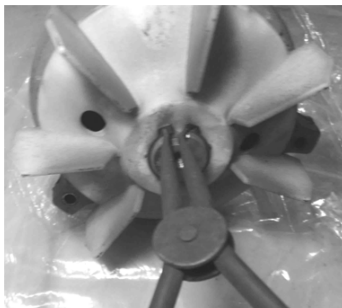
可在定位螺孔内注入煤油或柴油，过几个小时再拉。如仍不能拉出，可用喷灯在带轮四周加热，使其膨胀后乘热拉出。切不可用锤子直接敲打联轴器或带轮，以防联轴器碎裂或电动机转轴变形。

4) 拆卸风扇罩 拆卸风扇罩上的螺钉，取下风扇罩，如图 2-7 所示。



图 2-7 拆卸风扇罩

5) 拆卸风扇 如图 2-8 所示，先用专用卡具或螺丝刀拆掉卡紧风扇的弹簧片，然后用翘棒或螺钉旋具沿风扇四周轻轻将风扇翘动，将风扇拆除。



先拆卸固定风扇的弹簧片



后用翘棒将风扇翘掉

图 2-8 拆卸风扇

6) 拆卸前端盖 拧下固定轴承盖的螺钉（小型的电动机无此螺

钉), 拆下前端盖上的紧固螺栓, 然后用螺钉旋具或撬棒插入端盖的缝隙处, 把端盖按对角线一先一后地向外撬动, 如图 2-9a 所示。小型电动机, 可只拆卸风叶侧的端盖; 大中型电动机, 应先用起重设备吊好, 用端盖上的顶丝均匀加力, 将端盖从机座止口中顶出。

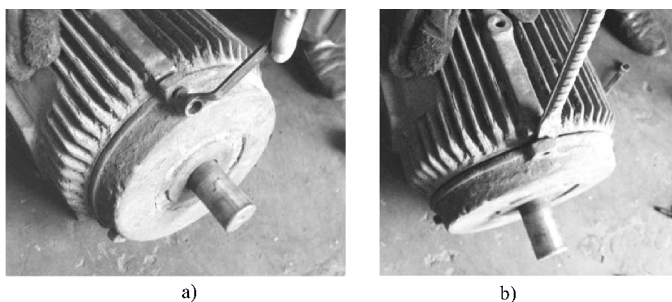


图 2-9 拆卸前端盖

a) 拆端盖上的螺栓 b) 用撬棒按对角线向外撬动

7) 抽出转子 小型电动机的转子可同后端盖一起取出, 为防止损坏铁心和绕组, 转子抽出前应先在气隙和绕组端部垫上厚纸板; 中型电动机, 要几人配合, 用钢棒抬住转子往外移动, 如图 2-10a 所示; 对于大型电动机, 要用起重葫芦将转子吊出。

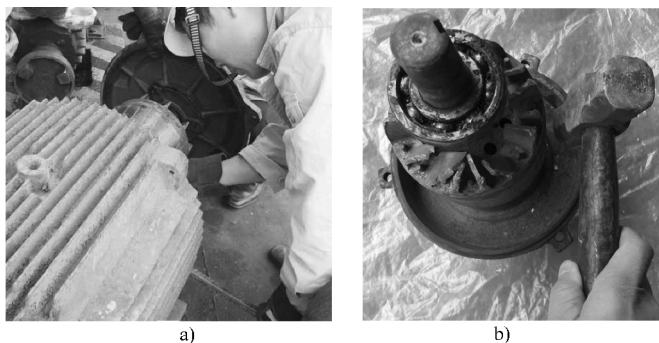


图 2-10 抽出转子、分离后端盖

a) 抽出转子 b) 将后端盖和轴承分离

8) 将后端盖和轴承分开 拆下后端盖的螺栓和轴承内的卡圈,

然后用榔头沿端盖四周敲打，如图 2-10b 所示，使端盖击打处均匀受力，即可拆下后端盖。

9) 拆卸轴承 轴承只有在清洗或更换时才拆卸。如图 2-11a 所

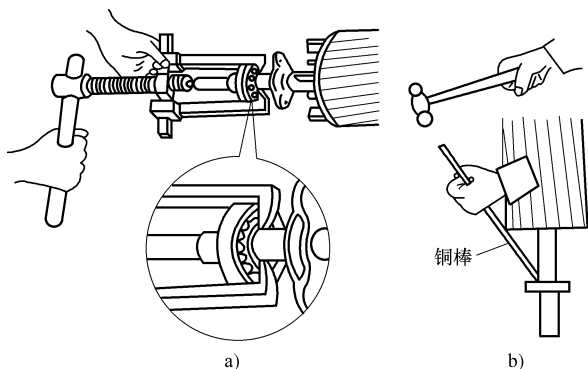


图 2-11 拆卸轴承

a) 用拉具拆卸 b) 用手锤敲打铜棒拆卸

示，将拉具的两爪扣在轴承内圆上，慢慢转动螺丝杠，轴承就渐渐地脱离转轴，卸了下来。如无拉具，也可用铜棒顶住轴承内圆，用手锤轻轻敲打铜棒，敲打时要沿轴承内圆上下左右对角轮流敲打，不要只敲一端，如图 2-11b 所示。

二、电动机的装配

各部件检查完毕，用压缩空气等将绕组端部、转子表面和各接触面都吹干净后，即可装配电动机。电动机的装配大体上与拆卸顺序相反，步骤如下：

1) 安装清洗后的轴承 轴承一般采用冷装法，即把轴承内盖套入转轴，再把轴承套在转轴上，然后用一根长约 300mm，内径略大于轴颈直径的铁管顶住轴承内圆，将轴承轻轻敲打到位，如图 2-12 所示。如果没有铁管，也可用铜棒顶住轴承内圆，对称敲入。

2) 在轴承滚珠间隙及轴承盖里装填洁净的润滑脂 在轴承滚珠间隙加油时，只要把油加到平平地封住滚珠即可；在轴承盖上加油时，润滑脂一般要占整个空腔容积的 $1/3 \sim 2/3$ ，不宜加得太满。

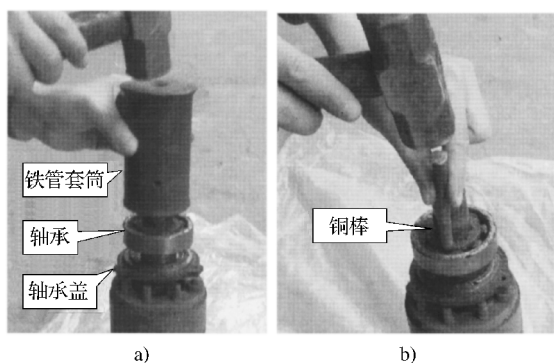


图 2-12 安装轴承

a) 用铁管敲打到位 b) 用铜棒对称敲入

小电动机两个轴承可同时加油，大一点的电动机一般先加后端盖一侧，另一侧等到转子装入定子腔后再加，以方便搬运和安装，如图 2-13 所示。

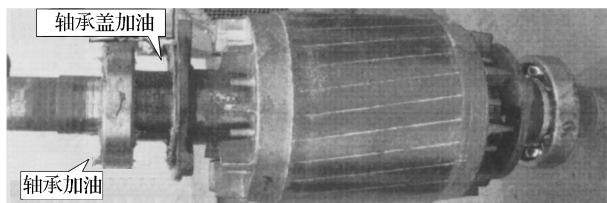


图 2-13 在轴承滚珠间隙及轴承盖里装填洁净的润滑脂

3) 将后端盖安装到转子上 将后端盖安装到轴承上，并用锤子沿端盖四周敲打。大一点的电动机应将端盖与轴承盖的固定螺钉对齐，拧紧固定螺栓，如图 2-14 所示。

4) 将组装好的后端盖和转子装入定子绕组内
如图 2-15 所示，抬起转子及后端盖，对准定子



图 2-14 将后端盖安装到转子上

孔中心，沿定子圆周的中心线缓缓向定子里送，不得碰到定子绕组。对于绕线式异步电动机，应将集电环、电刷架、电刷、风扇等先装到转子上，平衡试验后，再装入定子。



图 2-15 将组装好的后端盖和转子装入定子绕组内

5) 向另一侧轴承及轴承盖上加油，如图 2-16 所示。



图 2-16 向另一侧轴承及轴承盖上加油

6) 固定端盖 对好固定螺钉孔的位置，用锤子均匀地敲打后端盖四周，使后端盖与机身完全贴合，然后按对角线均匀地拧紧螺栓，如图 2-17 所示。同法固定前端盖。



图 2-17 固定端盖

7) 初检安装情况 前、后端盖固定后,用手盘动转轴,转动应灵活,如图 2-18 所示。



用手盘动转轴

图 2-18 初检安装情况

8) 安装风扇和风扇罩 安装风扇时,应将风扇中心的卡扣与电动机轴伸端的凹槽对准,然后用锤子轻敲风扇中心,如图 2-1a 所示;再将风扇弹簧片卡在卡槽中,以防风扇脱落。风扇装好后,将风扇罩固定好,如图 2-19b 所示。

9) 接好电源线和地线后试机 试机过程中,注意电动机的转向,听电动机轴承的声音。听轴承声音的简易方法是用长柄螺钉旋具(螺丝刀)头放在电动机轴承盖外的小油盖上,耳朵贴住螺钉旋

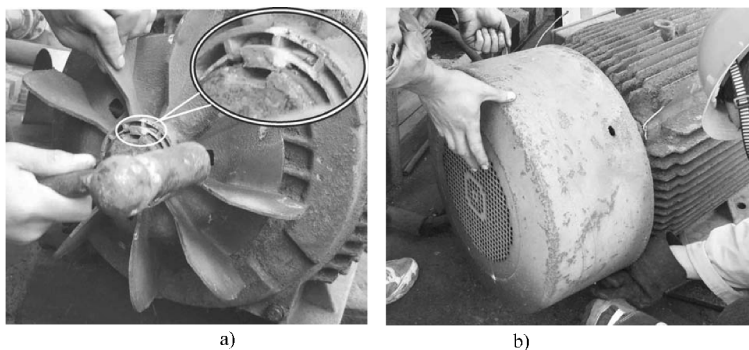


图 2-19 安装风扇和风扇罩

a) 安装风扇 b) 安装风扇罩

具（螺丝刀）柄，细心听轴承运行中是否有杂音、振动，如图 2-20 所示。



图 2-20 通过长柄螺钉旋具
（螺丝刀）听轴承运行中的声音

三、传动装置的安装与校正

电动机安装并通电试机后，便可将电动机与传动装置连接起来。电动机常用的传动装置有联轴器传动、带传动和齿轮传动。传动装置安装不好，会使电动机过载，影响电动机的正常工作，严重

时还会烧坏电动机及其转轴和轴承。

1. 联轴器传动装置的安装和校正

(1) 联轴器传动装置的安装

联轴器通常成对使用，一半安装在电动机转轴上，另一半安装在所带机械设备上，它们卡在一起从而带动机械负载。联轴器传动装置的安装步骤如下：

1) 如图 2-21 所示，先用砂纸将电动机轴和键槽打磨光滑，对准键槽把带轮或联轴器套在电动机转轴上，调整带轮和转轴之间的键槽位置，用锤子将键轻轻敲入槽内。敲打时应注意用力方向要与轴中心相重合。

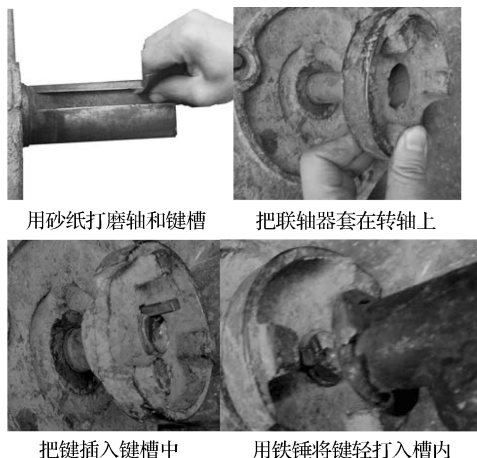


图 2-21 安装联轴器

2) 同法按图 2-21 所示将另一半联轴器安装在电动机所驱动机械设备的轴上，然后将电动机移近连接处。

3) 将梅花胶垫放入联轴器中，如图 2-22a 所示，梅花胶垫的外形如图 2-22b 所示，其作用是减轻振动。

4) 移动电动机，两轴的中心线相对处于一条直线上时，初步拧紧电动机机座的安装螺栓，使安装在电动机上的半片联轴器与被传动机械上的半片联轴器两端大致平行，联轴节外圆表面大致等高。

(2) 联轴器传动装置的校正

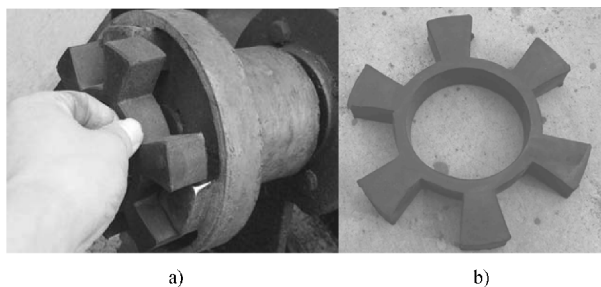
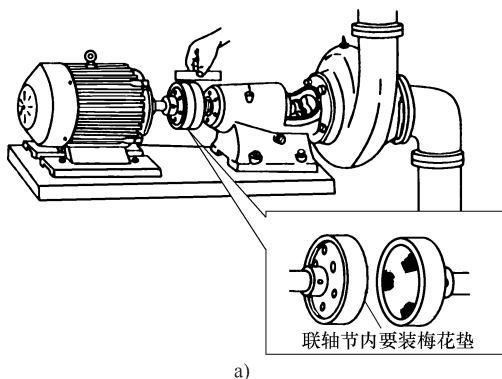


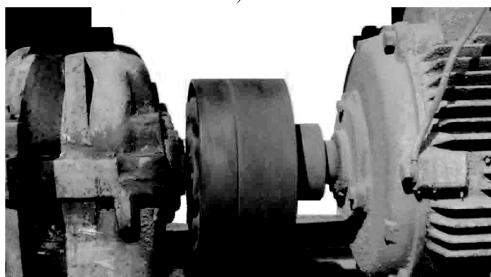
图 2-22 梅花胶垫的外形及其安装方法

a) 安装方法 b) 外形

联轴器传动装置的校正通常采用钢尺和塞尺。将钢尺搁在两半片联轴器上，用手盘动电动机转轴，每转动 90° ，两半片联轴器应高低一致，如图 2-23a 所示。然后按对角线顺序逐次轮流拧紧固定螺栓，将



a)



b)

图 2-23 联轴器传动装置的校正

a) 校正示意图 b) 校正后实物照片

联轴器和电动机分别固定，同时用钢尺、塞尺反复进行联轴器的径向和轴向平行的测量，以保证联轴器平行。校正后照片如图 2-23b 所示。

如果测量过程中发现图 2-24a 所示的情况，表明两个半片联轴器的中心线不在一条直线上（电动机底座太高）。这时一般不调整机械负载，而是通过调整电动机底座的垫片来调整电动机的高低位置，直到在 4 个 90° 位置上钢直尺都能紧贴贴在两个半片联轴器外圆平面上，如图 2-24b 所示。经上述校正后，用塞尺检查两联轴器对接面的距离应为 1~3mm。

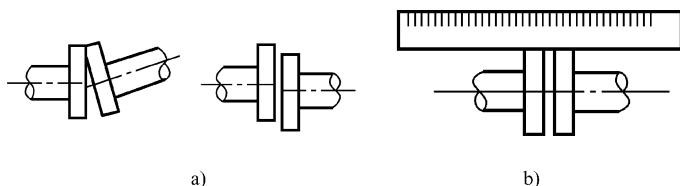


图 2-24 用钢尺校正联轴器

a) 联轴器不同轴 b) 联轴节同轴

校正之后，紧固电动机固定螺钉。然后用铁皮做一个保护罩固定在联轴器上，以防飞车伤人，如图 2-25 所示。

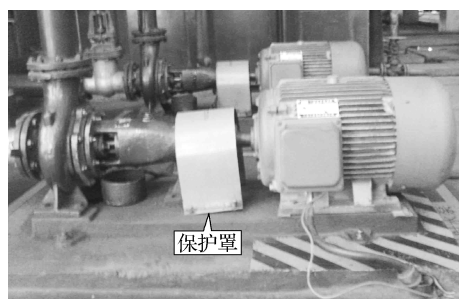


图 2-25 保护罩固定在联轴器上

2. 带式传动装置的安装和校正

(1) 带式传动装置的安装

带式传动使用的是带轮，带轮一端安装在电动机上，另一端安装在机械设备上，两轮之间通过带式传动。带轮在电动机和机械设

备上的安装方法如图 2-26 所示。



对准键槽套入带轮

用锤子将键轻敲入槽内

图 2-26 带轮在电动机和机械设备上的安装方法

带式传动有 V 带和平带两种。安装时应注意：

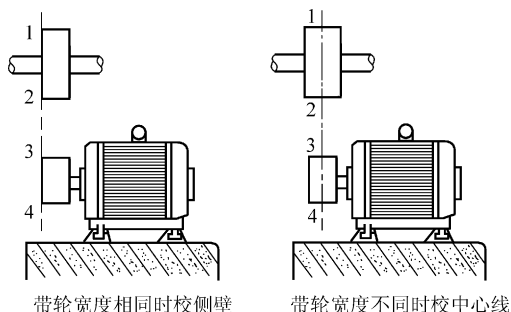
1) 带轮大小应配套，两个带轮直径要在一条直线上，两轴要平行，否则电动机会振动。

2) V 带要装成一正一反，否则不能调速。

3) 平带接头要正确，输送带扣的正反面不能颠倒，有齿的一面应放在内侧，以防运行中脱带。

(2) 带式传动装置的校正

输送带的校正就是设法使输送带刚好在带轮的中心线上，如图 2-27 所示。如果两个带轮宽度相同，可用一根细线固定后拉紧，若细线能同时接触 1、2、3、4 四点，说明带轮校好了；当细线距离 3、4 两点有一段距离，应松开电动机的紧固螺母，将电动机顺轴向方向向前平移至细线位置，再拧紧固定螺母；当细线不能同时接触 3、4 两点时，表明两轴不平行，此时应在电动机底座加垫片。如果



带轮宽度相同时校侧壁

带轮宽度不同时校中心线

图 2-27 带轮的校正图

两个带轮宽度不相同,应先画好两胶带轮的中心线,然后拉一细线,看两胶带轮的中心线是否与细线重合。如果不重合,应移动电动机和在机座下垫薄铁片。如图 2-28 所示为按上述方法校正后的带轮。

3. 齿轮传动装置的安装和校正

齿轮传动方式采用独立电动机基础的可能性不大,通常是将电动机直接固定在机械设备上,经齿轮传动装置驱动机械设备,如图 2-28 所示。

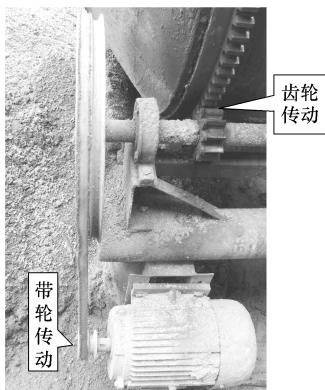


图 2-28 安装好的带轮

(1) 齿轮传动装置的安装

1) 安装的齿轮要与电动机配套,配合尺寸相同,同时所装齿轮与被动轮要配套。

2) 安装时要使两轴保持平行,啮合良好,齿轮接触部分应大于齿宽的 $2/3$,不要在发生顶齿状态下推入电动机,以免损坏齿轮。

(2) 齿轮传动装置的校正

用塞尺检查两齿轮的间隙,正常时间隙应一致,否则应重新校正。

第四节 三相交流异步电动机的维护和检修

一、三相交流异步电动机的日常检查与维护

1. 三相交流异步电动机起动前的检查

新安装或长期停用的电动机,起动前应进行以下检查:

1) 外观检查应无裂纹,无机械损伤及破损,接线盒完整,线鼻子及其引出线压接良好,编号完整。

2) 清扫安装场地及电动机外部的垃圾、灰尘,检查电动机内部有无铁屑、灰尘等杂物。

3) 对长期不用的电动机,要检查电动机内部有无铁屑、灰尘等杂物。因为如果内部有石块、布条等,通电后很容易将电动机所

带风扇扇叶搞断、或缠绕风叶而烧毁电动机。

4) 检查电动机接线盒, 看有无盖, 盖是否歪斜, 盒内接线柱是否过长, 有无碰到接线盒盖。

5) 检查接线盒盖和进线孔的橡皮圈是否脱落, 此橡皮圈起绝缘作用, 可以防止电动机震动时磨破电源线。如果没有橡皮圈, 电源线很容易磨破, 引起外壳带电。

6) 检查传动装置是否正常, 轴承有无损伤; 用双手握住前轴颈, 上下或左右扳动轴有无明显位移, 有无上下旷动或前后窜动; 拆开轴承盖, 检查轴承中的润滑脂有无变色、变质及硬化现象, 油量是否过多或过少。

7) 用手转动电机转轴应灵活, 不应有用力不匀的感觉, 更不应有定、转子相擦的现象和异常噪声。

8) 检查电动机铭牌上的技术数据, 如电压、功率、极数、频率、工作制与实际要求是否相符, 接法与铭牌所标是否一致。

9) 检查并拧紧各紧固螺丝、地脚螺栓; 检查保护接地线是否连接可靠。

10) 用绝缘电阻表测量定子绕组间及绕组对地的绝缘电阻。正常情况下, 低压电机的绝缘电阻不应小于 $0.5\text{M}\Omega$; 对绕线型电动机, 除检查定子绝缘外, 还应检查转子绕组、集电环间及集电环对地的绝缘电阻, 转子绕组每 1kV 工作电压不得小于 $0.5\text{M}\Omega$ 。不符合要求者, 要进行干燥处理。

11) 检查控制、保护装置是否正常, 指示仪表、指示灯接线是否良好。

12) 检查电动机电源相序是否正确, 防止不可逆的电动机转向错误。

13) 对于绕线转子异步电动机, 除上述检查外, 还应检查电刷提升装置是否灵活, 电刷接触是否良好, 有无火花痕迹, 电刷压力是否合适, 连接电刷的铜鞭子是否牢固等。

14) 准备起动前, 要事先通知所有在场人员。起动时, 应使电动机空转一段时间, 注意观察电动机转向是否正确, 是否有过大噪声, 铁心是否过热, 轴承温度和空载电流是否正常。对于绕线转子异步电动机还应检查电刷有无火花, 如有异常, 应立即切断电源,

查明原因,排除故障后才能运行。

2. 三相交流异步电动机运行中的检查和维护

(1) 为了保证电动机的正常运行,日常要监视电动机的起动、运行情况,及时发现异常现象,防止事故的发生。对运行中的电动机主要从温度、电压、电流、声音、气味、振动、转速等方面进行监视。

1) 监视电动机的温度 电动机以任何方式运行时,都不得超过规定的最高允许温度,否则将使电动机绝缘受损而烧毁电动机。一般电动机运行时,工作温度每超过最高允许温度 10°C 左右,使用寿命就会减少一半。所以监视电动机的运行温度非常重要。

检查电动机温度的方法,有检查绕组温度的电阻测温法,在绕组中埋入热电偶的热电偶式测温法和温度表法等。前两种适用于测量大型电动机的运行温度,一般小型电动机常采用温度表法测量。日常巡视可以直接用手摸电动机外壳及轴承外盖,检查有无过热现象,如图 2-29 所示。如果用手指勉强可以停留 $1\sim 2\text{s}$,则说明温度已超过 80°C ,应查明原因,防止电动机烧坏。注意:检查时最好用手背,而不易用手心。



图 2-29 用手背检查电动机
外壳是否过热

如果发现电动机超温,应立即停机检查,查明严重发热的原因,排除故障后才可运行。

2) 检查配电柜上的电压、电流表是否正常 电动机运行时三相绕组的工作电压和电流应基本平衡。电源电压都可以造成电动机发热,绕组电流的变化预示着电动机故障的前兆。所以巡查时应注意监视电源电压及电动机的电流。这可以通过配电柜上的电压、电流表来监视电源及三相不平衡情况,如图 2-30 所示。正常时三相电压的波动不应超过 10% ,不平衡度不应超过 5% 。电动机的工作电流不应超过其额定电流,三相电流的不平衡度不应大于 10% 。超出此范围就会影响电动机的正常运行。同时注意配电柜上的指示、

信号装置是否正常。

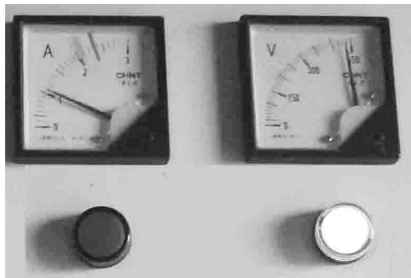


图 2-30 检查配电柜上的电压、电流表是否正常

3) 检查电动机有无异常气味、声音、振动 电动机运行时的声音与运行状态有密切关系，正常运行时电动机的声音均匀，无特殊的尖利响声（检查方法参图 2-20），无焦糊等异常气味和明显的振动情况，否则应停机检查原因。

4) 检查电动机及所拖动设备的转速是否正常，接地线是否正常。

5) 检查轴承是否漏油，油量是否合适；观察有无发热及摩擦现象。

6) 检查输送带是否打滑，张力是否合适。

7) 检查绕线式异步电动机的电刷与集电环是否接触良好，电刷磨损是否严重，火花是否过大等。

(2) 在巡视过程中，如遇下列情况应立即停止运行：

1) 电动机运行中突发人身事故或人身伤害。

2) 电动机扫膛或所拖动的生产机械出现卡阻等严重故障。

3) 电动机本身或起动装置温升过高、有焦糊味、冒烟，或轴承的温度超过允许值。

4) 电动机运行时振动强烈或声音异常。

5) 电动机运行时转速急剧下降，甚至停止。

6) 电动机运行电流猛增。

7) 电动机缺相运行。

二、三相交流异步电动机的定期维护

电动机除应进行日常检查和维护外，每运行一段时间后，要定期进行检查和维护，以保证电动机的安全运行，延长电动机的使用寿命。定期维护包括定期小修和定期大修。

1. 三相交流异步电动机的定期小修

定期小修是对电动机的一般检修，定期小修间隔视电动机的工作环境条件和重要程度而定，一般每年 3 次。定期小修一般在电动机停机状态下进行，可不拆开或局部拆开检修，其主要检查项目及检查内容见表 2-2。

表 2-2 三相交流异步电动机的定期小修检查内容

检 查 项 目	检 查 内 容
清理电动机	1) 清理电动机外部的污垢 2) 清除风罩内的灰尘和异物
检查并整理电动机接线	1) 清理接线盒上的油污，检查接线盒的密封情况 2) 检查电缆在接线盒入口处的固定情况 3) 检查接线柱上的电源接头是否接触良好 4) 包扎引线绝缘 5) 检查接地线是否良好
检查紧固件的紧固程度	1) 检查地脚螺栓是否松动 2) 检查端盖、轴承盖上面的紧固螺栓是否松动
检查轴承	1) 检查轴承是否缺油、漏油 2) 检查上次添加润滑油的日期 3) 运行时，检查轴承是否发热、有无噪声 4) 停机时，卸下轴承盖，检查轴承有无移位或严重磨损，油是否有变质或磨损现象
检查传动装置	1) 检查传动装置是否可靠 2) 检查联轴器是否松动、磨损、变形 3) 检查输送带的张力是否合适
检查和清理控制保护设备	1) 清理外部污垢 2) 清理触点上的油污、检查触点是否损伤，三相触点是否同时接触 3) 测量绝缘电阻 4) 紧固端子接线 5) 检查接地是否良好

(续)

检查项目	检查内容
检查电刷、集电环、刷握，更换损坏的电刷和弹簧	1) 检查电刷磨损是否严重、接触是否良好，是否偏斜，刷握弹簧压力是否合适 2) 检查集电环表面是否清洁、光滑，有无局部变色和火花痕迹
检查定子端部	外观检查绕组绝缘层是否有损伤，处理绕组局部绝缘故障，处理松动的槽楔和齿压板

2. 三相交流异步电动机的定期大修

定期大修是将电动机全部拆卸后，进行全面检查和修理，一般每年进行一次，对于在恶劣条件下工作或运行时间很长的电动机，应适当缩短大修间隔。大修主要检查内容见表 2-3。

表 2-3 三相交流异步电动机定期大修检查内容

清理电动机及启动设备	1) 清除电动机各部分的尘埃导电覆盖层 2) 清除轴承上旧的润滑脂，用布蘸汽油或溶剂将脏物擦净，观察轴承有无裂纹及砂眼，如果正常换上新的润滑脂 3) 检查密封垫等零部件是否有变形、损坏
检查定子、转子有无故障	1) 检查绕组有无损伤、断路、短路、接地现象 2) 检查绝缘电阻是否正常 3) 检查线圈槽楔和铁心等有无松动 4) 检查定、转子间的气隙是否均匀，定、转子铁心是否有相擦的痕迹 5) 检查笼型转子的槽口处有无裂纹及端环的焊接状况 6) 检查绕线转子的绑箍是否正常
检查控制、保护装置和测量仪表	1) 检查各电器触点是否良好，接线有无松动现象 2) 检查保护装置定值是否准确、动作是否正常 3) 检查指示仪表是否正常，有无卡阻、损坏现象，仪表接线是否紧固 4) 测量绝缘电阻是否合格
检查电刷、集电环	1) 检查集电环磨损状况，必要时进行磨削加工 2) 检查电刷是否剥落、龟裂，电刷线是否松动

(续)

检查传动装置	1) 检查联轴器是否松动 2) 检查紧固件是否紧固 3) 检查带轮与轴的平行度, 输送带与轴的垂直度, 输送带的张力以及输送带的松紧程度 4) 检查齿轮啮合是否良好
试车检查	1) 检查空载电流、空载损耗和原始数据对比是否有较大的变化 2) 检查紧固螺栓是否处于紧固状态 3) 检查各转动部分是否灵活 4) 检查是否有异常噪声和振动现象

三、三相交流异步电动机常见故障的修理方法

1. 电动机不起动, 也无“嗡嗡”声

1) 这种情况一般是电路故障。可用万用表检查电动机接线柱的电压, 若无电压或只有一相电压, 可从电源至电动机接线柱端逐级检查, 即检查电源是否停电, 开关、接触器主触点是否接触不良等, 然后检修电源、开关、触点等。

2) 若接线柱端有三相电压, 但电动机不能起动, 表明两相绕组断路, 应拆开电动机外壳, 检修电动机绕组。

2. 电动机有“嗡嗡”声, 但不能起动

(1) 测量电动机接线柱上的三相电压不正常, 则表明主电路故障。

1) 电源电压过低, 电动机转矩过低, 电动机不能起动, 应调整电源电压至额定值。

2) 电源容量不足, 应采用降压起动或增大电源容量。

3) 主电路触点接触不良, 可用万用表检查主电路各触点和接线的接触情况, 消除故障点。

(2) 测量电动机接线柱上三相电压正常, 则表明电动机本体故障或外部机械严重卡阻, 此时可拆除联轴器上的连接螺钉或带轮上的输送带, 分别盘车或转动拖动机械的转轴。分以下三种情况进行处理。

1) 盘车时容易转动,一般是电气故障。应检查定子绕组是否短路、断路或接线错误;转子绕组是否断条。

2) 盘车时紧得转不动,说明是机械故障。应检查转子是否卡死或扫膛;轴承是否损坏。

3) 拆掉工作机械,电动机能起动。应检查电源电压是否过低;负载是否过重;工作机械有无卡阻;转子有无断条;定子绕组是否短路、断路或接线错误。

维修电工必须能够辨认电动机的声音特征:通常情况,电动机过负载,则有较大的“嗡嗡”声;当三相电流不平衡或缺相运行时,“嗡嗡”声特别大;轴承间隙不正常或滚珠损坏时,则发出“咕碌咕碌”的声音;而转子扫膛及笼条断裂脱槽则有严重的碰擦声。

3. 电动机温升过高

运行中的电动机都要发热,发热量主要由铁损(铁心发热)、铜损(绕组发热)及机械摩擦发热等情况决定。电动机运行时,发热量中的一部分通过各种途径散发到周围的环境中去,不能散发去的热量在电动机内积累起来,引起电动机温度上升。当电动机运行时的发热量与散热量相等时,其温度就稳定在一定数值上。

电动机铭牌上标有它的绝缘等级,每种绝缘等级都有相应的允许最高工作温度。电动机的温升为其温度和环境温度的差值。电动机的温升如果超过其允许值,电动机机会因绝缘材料老化而烧坏。因此发现电动机过热,应查明原因,排除故障后才能运行。

1) 电源电压过高。若短时电压过高,应待电压恢复正常后,再重新起动;若长期电压高于额定值的10%,应向供电部门反映,调整电源电压至额定值。

2) 电源电压过低,若短时电压过低,应减少电动机所带负载,或待电压恢复正常后再起动;若电压长期低于额定值的5%,应检查导线是否过长或过细,防止导线压降增大,而使电动机的接线柱的电压降低;若导线正常,应调整电源电压,使其在额定值附近。

3) 电动机单相运行,导致转速降低,电流增大,温升大幅度增加,严重时可能烧坏电动机,应依次检查主回路熔断器内装熔体是否熔断,电源开关、接触器的主触点是否接触不良,绕组是否断

线等，查出故障原因，予以修理或更换。

4) 三相电压不对称。电压不对称不但使电动机的起动转矩、最大转矩会明显减小，电动机起动、运转缓慢，电压偏高的一相电流增加，该相绕组过热，还会由于三相电流的不平衡，产生的制动转矩，使铁心损耗增加，当三相电压的不对称度超过 8%，会产生严重的过热。应停机后，向有关部门反映解决。

5) 定子绕组短路或接地，应查出电动机定子绕组的短路或接地处，予以修复或更换绕组。

6) 电动机负载过重。电动机一般可以短时间过载，但过载时间稍长，电动机的温升就会升高，会造成绕组的绝缘物分解，可以嗅到特殊的绝缘漆气味，长期过载会使绝缘老化，缩短其使用寿命。所以发现电动机过载，应查明原因，若实际负载过重，应减少负载至额定值；若生产机械或传动装置卡阻，应消除机械卡阻。

7) 定子绕组外部接线错误。例如：误将 Δ 联结的电动机接成 Y 联结，每相绕组上的电压只有额定电压的 $1/\sqrt{3}$ ，电动机稍加负载就会发热；误将 Y 联结的电动机误接成 Δ 联结，每相绕组电压升高了 $\sqrt{3}$ 倍，铁心磁通饱和，电动机轻载就会发热。应按照电动机铭牌接线。

8) 多支路并联的定子绕组有个别支路断线，应查出断线处，修理并处理绝缘。

9) 点动或正、反转操作过于频繁，应减少点动或正、反转操作，增加点动或正、反转操作的间隔时间，也可更换适合点动要求的电动机。

10) 环境温度过高，应通风散热，降低环境温度。因为电动机的通风情况对它的工作温度影响大，室内工作的电动机运行时，要注意通风以利散热，在室外工作可加防雨防晒棚，如图 2-31 所示，否则电动机的温度升高很快。

11) 通风道阻塞或风扇故障。如果电动机运行在不通风的环境下，由于风阻大，空气不流通，电机散热困难，温升增高。应清除风道污垢，移开影响通风的物品，保持电动机的进风、出风口畅通无阻；如果风扇故障应更换。



图 2-31 室外电动机应加防雨防晒棚

12) 转子导条或端环断裂, 电动机自身损耗增大, 应查出断裂处, 予以焊接修补或更换转子。

13) 修理质量差。

① 修理时为取下烧坏的绕组而用火烧定子, 致使铁心退火, 磁性能变坏, 导致修理后的电动机的空载电流增大, 带负载能力降低。

② 定子绕组重绕组时, 选用了截面较细的导线或将线圈匝数减少, 使电动机的带负载能力降低, 应按原参数改绕或重绕。

③ 定子绕组内部接线错误, 应检查绕组的接线情况, 并改正错误接线。

④ 浸漆后未烘干, 应烘干后再使用等。

4. 轴承过热

有些电工认为轴承过热是小故障, 不太重视, 但轴承长期过热, 容易发展成轴瓦熔化、转子与定子相碰等事故, 所以要引起足够重视。轴承过热的原因有:

1) 轴承损坏, 应更换同型号的轴承。

2) 轴承室内的润滑脂过多或过少, 如轴承缺油严重发热, 则可以嗅到润滑油挥发的气味, 润滑油填充过量也会引起轴承发热。应使润滑脂占整个轴承容积的 $1/2 \sim 2/3$ 。

3) 润滑脂或润滑油不合格或品种不同, 电动机轴承应使用生产厂家规定的标准润滑油, 应更换合格的新油。

4) 电动机长期未用, 重新使用时未更换润滑油。润滑油一般

保存期一年，久置不用的电机应清洗后更换。清洗的方法是用汽油、柴油或四氯化碳清洗轴承各部分及轴承室，清洗之后先将润滑油脂涂在轴承滚珠之间，然后将油脂填充到轴承室容积的 $1/2 \sim 2/3$ 。

- 5) 传动带过紧或联轴器装配不良，应适当调整。
- 6) 轴弯曲，应校正转轴。
- 7) 端盖或轴承安装不当，配合过松或过紧，应重新安装。

5. 电动机负载时转速过低

- 1) 电源电压过低或电压不平衡，应待电压恢复正常后再使用。
- 2) 负载轻微卡阻，转轴转动不灵活，应检查传动机械。
- 3) 负载过重，应减轻负载。
- 4) 接线错误，将 $\triangle$ 联结的电动机误接成 Y 联结，每相绕组上的电压只有额定电压的 $1/\sqrt{3}$ ，应按照电动机铭牌接线。

- 5) 定子绕组匝间短路，应查出短路绕组，修理或更换绕组。
- 6) 定子绕组内部断线或一相接反，应查出断线或接反绕组，并予以修理或更换。

- 7) 笼形转子断条，应修理或更换转子。
- 8) 绕线式转子一相断路，应查出断路处，予以修复。

- 9) 绕线转子电动机起动变阻器接触不良，应检修控制起动变阻器的接触器的主触点和连接导线。

- 10) 绕线转子电动机电刷表面有污垢，与集电环接触不良，应擦净集电环表面污垢并磨光集电环，使电刷与集电环接触良好。

- 11) 绕线式转子电动机电刷压力过小，应调整电刷压力。
- 12) 绕线转子开焊，应查出开焊点，并重新焊好。

6. 电动机振动过大

- 1) 电动机振动过大，可能是负载问题，也可能是电动机本身问题，可去掉负载，如果振动消失，说明是负载问题。

- ① 负载不平衡或振动，应重新安装或调整。

- ② 传动装置安装不合理：联轴器传动的，转子轴与工作机械轴的中心不在一条直线上，应以机器或泵为基准，加垫或减垫，调整联轴器，使之轴向平衡；齿轮传动的，齿轮啮合不良，应重新安

装调整；带式传动的，两轴不平衡，输送带过紧或接头不平滑，应调整、修理或更换传动带，并使两轴尽量平衡。

2) 如果电动机空载振动，说明是电动机本身振动，可切断电源，判断是电气故障还是机械故障。如果切断电源后，电动机惯性运行时不振动，说明是电气故障。

① 三相电源不正常，应检查主电路各触点、熔断器、连接导线是否损坏或接触不良。

② 电动机绕组断线或转子断裂，应查出故障点，予以修理或更换。

3) 切断电源后，电动机仍然振动，一般是机械故障。

① 转轴弯曲，转子不平衡，应校正转轴或更换转子。

② 电动机基础共振，应增强基础。

4) 轴承有轴向及径向间隙，或定、转子铁心轴向位置不对，导致转子窜动，应加弹簧垫片等补偿件，使轴承外圈受到一定的轴向力，减少轴承的轴向窜动。

7. 电动机空载电流不平衡

1) 三相电压不平衡，应查明原因并消除故障。

2) 绕组头尾端接错，应查出头尾端并改正。

3) 绕组匝间断路、短路或接地，应检查修复。

4) 重绕时，绕组匝数分配不均或线圈组接反，应查出并修复。

8. 三相空载电流平衡但大于正常值

1) 电源电压偏高。电压偏高时，会使铁损增大，电流增大，温度升高，应调整电压至额定值附近。

2) 电源电压过低，而负载又不变，会使电动机的电流大幅度增加，甚至出现电动机带电停转现象。

3) Y联结错接成△联结，应按照电动机铭牌接线。

4) 修理质量不合格。例如为取下烧坏的绕组而用火烧定子，使铁心退磁，空载电流过大，应改进修理工艺；重绕定子，线圈匝数不足，应按原匝数重绕或降低容量使用。

5) 电动机装配不当，应检查装配质量。

6) 气隙不均或过大，应调整气隙。

9. 起动时熔断器的熔体熔断或断路器跳闸

- 1) 熔体选配过小, 应更换合适的熔体。
- 2) 断路器选择不合适, 应更换合适的断路器。
- 3) 定子绕组短路或接地, 应查出短路或接地处, 加以绝缘或重绕绕组。
- 4) 绕组接线错误。例如误将Y联结的电动机误接成 Δ 联结, 应改正接线; 误将定子三相绕组的头尾端接反, 应分清三相绕组的头尾端, 重新接线。
- 5) 负载过重, 若实际负载过重, 应减少负载或更换较大容量的电动机; 若工作机械卡阻, 应检修工作机械。
- 6) 绕线转子电动机所接的起动电阻过小或被短接, 应消除短路故障或增大起动电阻。
- 7) 电动机单相起动, 应检查电源开关、接触器主触点、连接导线等, 然后修理或更换故障元件。

- 8) 电动机单相起动, 检查电动机主电路。

10. 电动机绝缘降低或绝缘损坏

- 1) 测量电动机绝缘电阻, 若电阻大于 $2\text{M}\Omega$, 可安全使用; 若电阻低于 $0.5\text{M}\Omega$, 则表示电动机绝缘损坏。
- 2) 引出线绝缘损坏, 应将引出线套上绝缘管或用绝缘胶布包扎。
- 3) 接线板有油污或炭化、击穿, 应清洗或更换接线板。
- 4) 绕组上灰尘、油污过多, 应清除灰尘、油污后进行干燥、浸漆处理。

- 5) 电动机长期过载, 绝缘老化, 应查出故障部位, 根据绝缘老化程度, 浸漆或更换绝缘。

- 6) 绕组绝缘损坏, 应查出损坏处, 若在铁心两端, 应垫上绝缘纸, 涂上绝缘漆并烘干; 若损坏在槽内, 应局部修理或重绕。

11. 电动机机壳带电

- 1) 电源线与接地线接错, 应立即改正过来。
- 2) 引出线绝缘损坏或接头过长而接地, 应改进接线工艺 (套上绝缘管等) 或将绝缘损坏的导线剪掉后重接。
- 3) 接地线松脱或接地电阻不合格, 应将外壳可靠接地, 使接

地电阻不大于 4Ω 。

4) 绕组绝缘损坏, 应查出损坏处, 局部修理或重绕。

5) 长期未用, 潮气浸入, 应干燥处理。

6) 普通电机在潮湿腐蚀性环境中工作, 使绝缘的可靠性和寿命大大降低, 应更换相应的专用电机, 或采取必要的防护措施。

四、三相交流异步电动机定子绕组的检修

定子绕组的常见故障有绕组短路、绕组断路、绕组接地和绕组接线错误等。

1. 绕组短路故障的检修

(1) 绕组短路故障现象及其产生的原因

1) 故障现象 绕组短路时电动机温升迅速升高, 三相电流不平衡, 振动和噪声加大, 还会过热或冒烟; 严重时电动机不能起动或起动后烧坏。

2) 故障原因 电动机长期过载, 使绝缘老化, 失去绝缘作用; 电源电压过高, 使绝缘击穿; 单相运行, 使电动机过热, 而保护没有动作, 导致绕组短路; 绕组受潮, 未经烘干处理; 制造或检修时绕组的层间、相间绝缘没有垫好。

(2) 绕组短路的检查方法

1) 外观检查 观察绕组绝缘物的变色处, 如果观察不到, 可将电动机空载运行 $10\sim 20\text{min}$, 然后迅速拆掉两边端盖, 用手摸绕组各部位, 温度高的绕组即为短路绕组。

2) 用绝缘电阻表检查 分别测量每两相绕组的绝缘电阻, 电阻小于正常值的两相是短路绕组。

3) 电压降法 如图 2-32 所示, 在故障相的两端通以低压交、

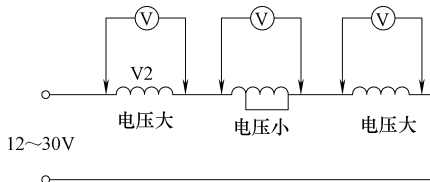


图 2-32 用电压降法检查绕组短路

直流电,测量各线匝的电压,指示为“0”或接近于“0”的线匝为短路线匝。

4) 短路探测器法 用短路探测器检查定子绕组匝间短路的方法如图 2-33 所示。短路探测器是一个在铁心上绕有线圈的感应器,其底部呈曲面,以便和定子内圆吻合。使用时在探测器线圈上串接一只电流表,接到 $\sim 220\text{V}$ 电源上,然后将探测器的开口铁心沿各槽口移动,这样探测器的线圈相当于变压器的一次绕组,被测线圈即为二次绕组,如果电流表读数较小,表明被测线圈无故障;如果电流表读数明显增大,可认为此处为短路线圈。如无电流表,可用一根 0.5mm 厚的钢片或旧锯条放在被测线圈另一个边所在的槽口上面,若被测线圈短路,钢片会被铁心所吸引而产生振动。

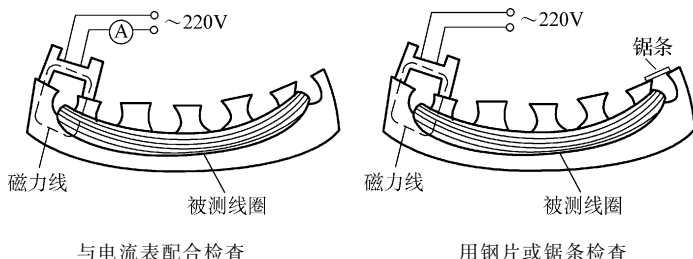


图 2-33 短路探测器检查短路线组

用短路探测器检查时,为使绕组内无环流影响,多路并联的电动机,应将并联支路拆开,“ $\triangle$ ”形联结的电动机,应拆开一接头。

(3) 绕组短路故障的处理方法

1) 若短路在外部或端部且不严重,可在损坏处包扎或垫上绝缘物,然后涂绝缘漆并烘干(或直接刷气干绝缘漆)。

2) 若短路在槽内,应先把该槽绕组加热,使绕组绝缘软化后,将绝缘损坏的导线全部撬出,然后重新垫上绝缘,并对绕组绝缘处理后嵌入槽内。

3) 绕组匝间短路时,可将短路的几匝导线在端部剪断,然后烘热绕组,用虎头钳将损坏的导线抽出,穿补剪去的短路绕组;如果短路匝数少于槽内匝数的 10% ,可用跳线法进行修理,不必再穿补新导线,只需将短路线圈剪断,包好故障线匝两端头的绝缘,然

后用跨接线将另两个接头在端部接通，如图 2-34 所示。但这样处理后，电动机的出力减小，要降低容量使用。

2. 绕组断路故障的检修

(1) 绕组断路故障现象及产生的原因

1) 故障现象 起动前绕组已断路的，电动机一般不能起动，运行中间绕组出现断相，由于电动机缺相运行，另两相电流迅速增加，电动机振动和噪声增大，转速下降，如果保护装置不动作或发现不及时，长期运行可能烧坏电动机。

2) 故障原因 绕组接头焊接不牢，接头受腐蚀而断开，绕组受机械应力而折断，短路或接地运行而烧断，维修时将线端碰断等。

(2) 绕组断路故障的检查方法

1) 查找断路相 对于“△”联结的电动机，应把三相绕组的连接线头拆开，分别测量电动机绕组的直流电阻检查，如图 2-35

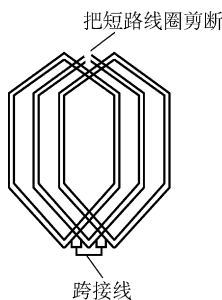


图 2-34 跳线法修理
匝间短路

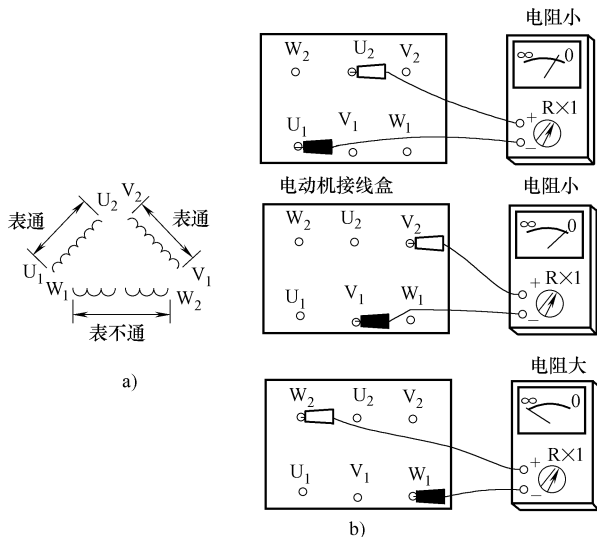


图 2-35 判断是否为断路故障（“△”联结）

a) 示意图 b) 实测图

所示。若三相绕组的直流电阻相等且约为 3Ω 左右,说明三相绕组无断路故障,若哪一相绕组的电阻为无穷大,说明该相绕组存在断路故障。图中测到 W 相时电阻为无穷大,则 W 存在断路故障。

2) 查找断路线点 拆开电路机,由于绕组的断路多在绕组端部,先观察绕组端部,一般即可找到断路线点。通过观察未找到故障时,可用万用表一只表笔接于断相绕组一端,另一只表笔接一钢针,依次插入绕组线芯,电阻从一定值到“ ∞ ”的交界点,就是所查的断路线点,如图 2-36 所示。

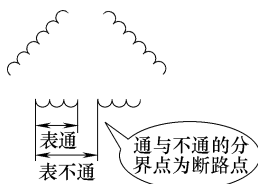


图 2-36 查出断线点 (“ Δ ”联结)

3) 对于“Y”联结的电动机,由于星点在电动机内部,电动机只引出三个接线端,可先按图 2-37a 所示的方法找出断线相,再按图 2-37b 所示的方法找出断线点。

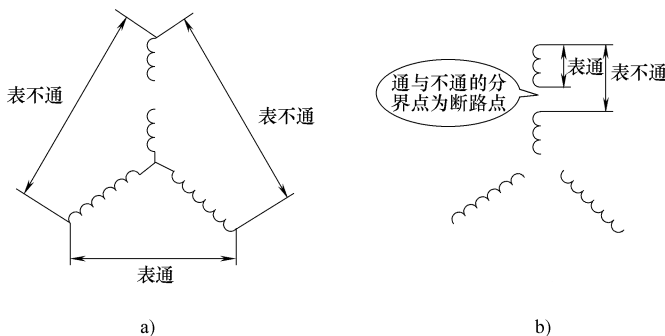


图 2-37 用万用表检查绕组断路的示意图 (“Y”联结)

a) 查找断线相 b) 查出断线点

(3) 绕组断路故障的处理方法

1) 断路故障在槽外,应先在断路处铺一层绝缘纸,防止焊

接时焊锡滴在线圈上损伤绝缘,然后将脱焊或断裂的导线重新焊好,并做好绝缘处理。注意:两根以上的导线同时断线且断点较近时,应查出哪两根为一组,切不可随便连接,以防接错引发短路。

2) 断路在槽内时,应将绕组加热,使绝缘物软化后,抽出槽楔,将故障的线圈从端部剪断后取出,然后用穿线法更换故障线圈,并将接头引至槽口处的端部连接并做绝缘处理。

3) 如果绕组断路较多,应更换整个绕组。

3. 绕组接地故障的检修

(1) 绕组接地故障现象及产生的原因

1) 故障现象 绕组接地会使绕组发热而短路,使电动机无法正常运行,若外壳未采用保护接地或接零,会造成外壳带电,可能导致人身触电事故。

2) 接地原因 电动机受潮或长期过载,绝缘失去作用;定、转子相擦;槽内绝缘被铁心槽内有凸出的硅钢片刺破;绕制的绕组端部过长,和外壳相碰;修理时将绕组绝缘损坏等。

(2) 绕组接地故障的检查方法

1) 判断是否存在接地故障 拆下接地线,用试电笔测机壳,若试电笔亮,表明绕组接地或严重受潮。除明显的接地点可通过观察查出外,一般要通过绝缘电阻表检查。

2) 确定接地相 选好合适的绝缘电阻表,分别测量每相绕组的对地电阻,若某相绕组的绝缘电阻在 $0.5\text{M}\Omega$ 以下,说明该相绕组的绝缘受潮;若某相绕组的对地电阻为“0”,说明该相绕组接地。

3) 查找接地点 查出接地相后,可将接地相绕组中间的接点断开,分别检查两段绕组,确定接地点在哪一段后,再将接地段分开,逐步检查淘汰,直至查出接地点。

(3) 绕组接地故障的修理方法

1) 如果绕组受潮,应拆下端盖、转子后放在烘箱内烘干并浸漆处理。如无烘箱,也可用红外线灯泡照射干燥绕组。注意,灯泡不要离绕组太近。

2) 若接地点在绕组端部,可用绝缘带包扎,并刷上自干绝

缘漆。

3) 若接地点在槽口附近, 应先把绕组加热使绝缘软化后, 打出槽楔, 用划线板撬开接地点, 在接地点塞入绝缘纸或云母片, 将接地点与铁心绝缘起来; 如果有两根以上的导线绝缘损坏, 除处理槽绝缘外, 还应处理匝间绝缘。

4) 如果接地点在槽底或槽内, 可加热后, 打出槽楔, 用划线板将线匝取出, 检查铁心槽内有无凸出的硅钢片, 把接地线圈的绝缘损坏处包好, 再将导线复位。

4. 绕组接线错误的检修

(1) 绕组接线错误的现象及产生的原因

1) 故障现象 绕组接线错误一般发生在新投入或修理后第一次使用的电动机, 这时会出现三相电流严重不平衡, 振动和噪声过大, 发热严重, 转速下降, 如果不立即停机, 会使电动机过热而烧坏。

2) 绕组接错的原因 拆装修理时, 三相绕组的头尾端接错; 嵌线时个别绕组或极相组嵌反、接错等。

(2) 绕组接错的检查方法

1) 万用表检查三相绕组首尾端 先用万用表测出属于同一相绕组的两个出线端, 然后将一相绕组和电池、开关串联起来, 另一相绕组接在万用表直流毫安档上, 如图 2-38 所示。当合上开关 S 的瞬间, 若表针正方向摆动, 则表明电池的正极所接线端与万用表负极所接线端为同极性端 (即同为首端或尾端), 否则它们为异极性端 (即一端为首端, 另一端为尾端), 用同样的方法, 可测出另一相绕组的首尾端。

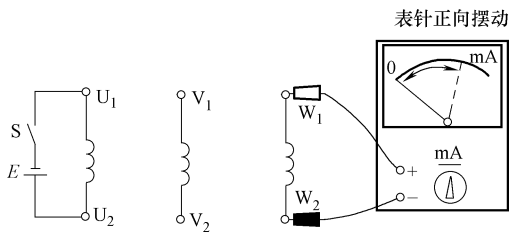


图 2-38 用万用表检查三相绕组首尾端

2) 交流电压法 先用万用表电阻档分出三个独立绕组(同一相绕组的电阻很小),然后将任意两相绕组串联起来接到 $\sim 220\text{V}$ 电源,将第三相绕组接 36V 灯泡,如果灯泡亮,则说明两相绕组首尾连接,如图2-39a所示。否则说明两相绕组首、首(或尾、尾)相连,如图2-39b所示。将已知首尾的一相绕组与第三相绕组串联,同法判断出第三相绕组的首尾端。

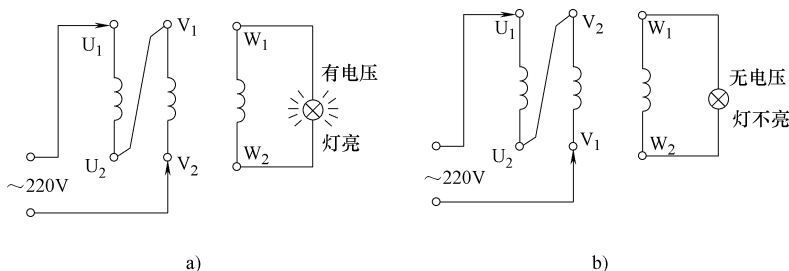


图 2-39 通交流电压检查三相绕组首尾端

a) 灯泡亮说明两相绕组首尾连接正确 b) 灯不亮说明两相绕组首尾连接错误

上述检查过程中,试验的时间要短,以免电动机绕组长时间通过大电流而发热。如果不用灯泡,也可以直接用万用表交流档测量,如果第三相绕组两端有交流电压输出,说明首尾相连;然后将已知首尾的一相绕组与第三相绕组串联,同法判断出第三相绕组的首尾端。这与前面灯泡法测量道理是一样的,因为灯泡亮时,一定有电压输出。

3) 部分线圈接错或嵌反的检查 部分线圈或极相组嵌反、接错时,应先拆下端盖,抽出转子,将 $4.5\sim 6\text{V}$ 直流电通入一相绕组(“ Δ ”联结的绕组,应将三相绕组的接头拆开,“ Y ”联结,应将电池两端分别接在中性点和待测绕组的另一个出线端上),如图2-40所示,使指南针在定子铁心内圆周向一个方向缓慢移动,接线正确时,指南针经过相邻极相组时,指针有规律地交替变化,若指南针经过相邻的极相组时指向不变,则其中的一个极向组接错。如果一个极相组中个别线圈接错,则在这个极相组内指针的指向会交替变化。查完一相,按同法检查另外两相。

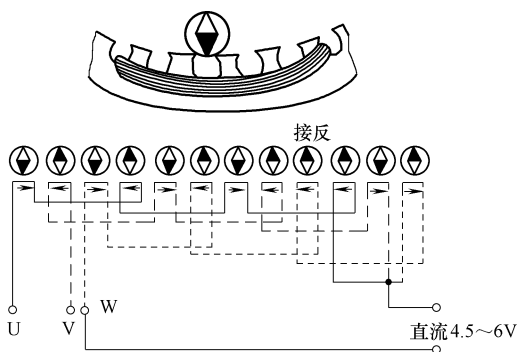


图 2-40 用指南针检查绕组接错或嵌反

(3) 绕组接线错误的修理方法

头尾端接错的,应在接线盒内或打开电动机端盖调换头尾端即可;部分线圈接错或嵌反时,应将错误线圈的连接线或过桥线的线头反接。

五、三相交流异步电动机笼型转子的检修

1. 转子断笼

笼型转子的常见故障是断笼,断笼分为断条和断环,断条是指笼条断裂,断环是指端环断裂。

(1) 转子断笼的故障现象和主要原因

1) 故障现象 转子断笼时,电动机虽然能空载起动,但起动较缓慢,负载运行时,转速较低,电流指示不稳,并伴有周期性的电磁噪声和振动,可以观察到转子与定子的间隙处有火花出现等。

2) 转子断笼的主要原因 生产过程中结构设计不合理、铸铝用的原料铝不合格或生产工艺不符合要求;安装使用不当,如负载过重。

(2) 转子断笼的检查方法

1) 观察法 端环断裂时,一般观察就能看出,笼条断裂时,断裂处可能会出现过热变色现象,断条严重时,笼条与端环的连接处会烧黑现象。

2) 探测器法 如图 2-41 所示,将被测转子放在探测器两铁心

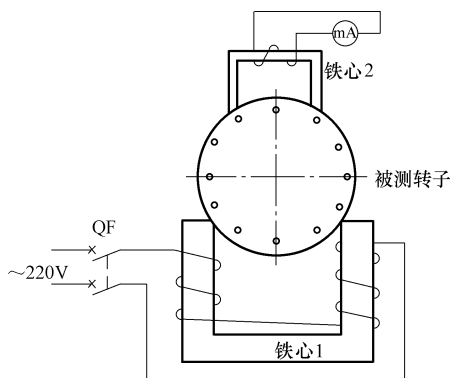


图 2-41 用探测器法检查笼形转子断条

之间，逐槽慢慢移动转子，如果毫伏表读数不变，则说明无断条，如果毫伏表读数突然减少，说明铁心开口下的转子导条断裂。

3) 铁粉法 如图 2-42 所示，在转子两端环通入 $100\sim 200\text{A}$ 大电流，使转子周围产生磁场，然后在转子上均匀地撒些铁粉，根据铁粉的分布情况，就能准确地找到断条的具体位置。若某处没有铁粉或铁粉较稀薄，说明该处断条，为了准确起见，可做上记号，切断电源，把铁粉收起，重新再试一次。

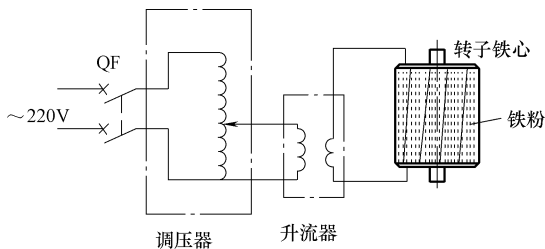


图 2-42 铁粉法检查笼形转子断条

(3) 转子断条的处理方法

1) 一般小型转子断条时应更换。若损坏较轻时，可将断条敲出，然后用硼砂焊上相同截面的铝条或铜条；也可用一只与槽宽销细的钻头在裂口钻孔、攻螺纹，然后拧上一只铝螺钉，再除掉外露部分。

2) 对于直径较大, 断条又少的笼型转子, 可用钻头将故障部分钻去, 使铝条露出金属光泽, 然后用亚弧焊或气焊进行补焊。

2. 定转子相擦

(1) 故障原因 定转子相擦, 又称扫膛, 一般由于轴承磨损使转子下沉或转轴弯曲所致。

(2) 检修方法 用手缓慢转动转子, 观察不同角度的间隙变化情况来判断。

1) 若总是下部间隙过小, 则是轴承磨损严重, 应更换轴承。

2) 若总是在某一角度间隙过小, 则表明转轴向该方向弯曲, 可拆开电动机, 取出转子, 将转子两端的轴承搁在 V 形垫铁上支撑起来, 将弯曲转轴的高点向上, 再用压力机将转子的高点压平, 经过测量表明转轴不再弯曲即可重新装配。

第五节 三相交流异步电动机定子绕组的重绕

一、三相交流异步电动机的定子绕组

定子绕组是三相交流异步电动机的主要部分, 重绕绕组时, 必须了解绕组的基本概念, 所以先来介绍绕组的基本概念。

1. 绕组的基本概念

1) 极距 τ 每个磁极所占有的定子槽数称为极距 τ 。即

$$\tau = \frac{Z}{2p}$$

式中 Z ——定子槽数;

p ——极对数。

2) 节距 y 每个线圈的两个有效边所间隔的槽数称为节距 y 。

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

3) 电角度与机械角度 电动机圆周在几何上分成 360° , 这样计算的角度称为机械角度。电角度是计量电磁关系的角度, 其计算公式为

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

4) 槽距角 α 相邻槽之间的电角度叫槽距角, 即

$$\alpha = \frac{p \times 360^\circ}{Z}$$

5) 每极每相槽数 q 每个磁极下面每相绕组所占的槽数称为每极每相槽数, 即

$$q = \frac{Z}{2pm}$$

式中 m ——定子绕组相数。

q 个槽所跨区域的电角度称为相带, 三相绕组为 60° 相带。

6) 线圈 组成交流绕组的单元是线圈, 线圈通常由多匝串联成, 引出两个出线端, 一个称首端, 另一个称末端。

7) 极相组 将一个磁极下属于同一相的 q 个线圈按照一定方式串联成组, 称为极相组。

三相绕组要产生对称的旋转磁场, 就要求绕组对称地分布在定子槽中, 各相对应边互差 120° , 且每一个极相组中所有电流的方向一致。

2. 绕组展开图的画法

从绕组展开图中可以了解电动机的定子槽数、极数、绕组节距等, 为电动机的重绕提供方便。

(1) 单层绕组展开图

单层绕组的每一个槽内只有一个线圈边, 整个绕组的线圈数等于总槽数的一半, 这种绕组根据端部连线的不同分为链式、同心式、交叉式三种主要形式。

现以定子槽数 $Z=24$ 、 $2p=4$ 定子绕组为例说明单层链式绕组展开图的画法。

1) 画槽、编序号 将 24 个槽用 24 根竖实线等距离画出, 并依次编号, 每一竖实线代表相应的槽及线圈边, 如图 2-43a 所示。

2) 定极距、标出极性 在整个定子槽上画一直线, 再按极数均分, 即极距 $\tau = \frac{Z}{2p} = \frac{24}{4} = 6$ 槽。然后标出极性 (标出每个磁极下的电流方向), 根据同一相绕组边在同一极性下电流方向相同, 在不同极性下电流方向相反的原则, 标出每个磁极下的电流方向, 设 N 极由下朝上, 则 S 极由上朝下, 如图 2-43b 所示。

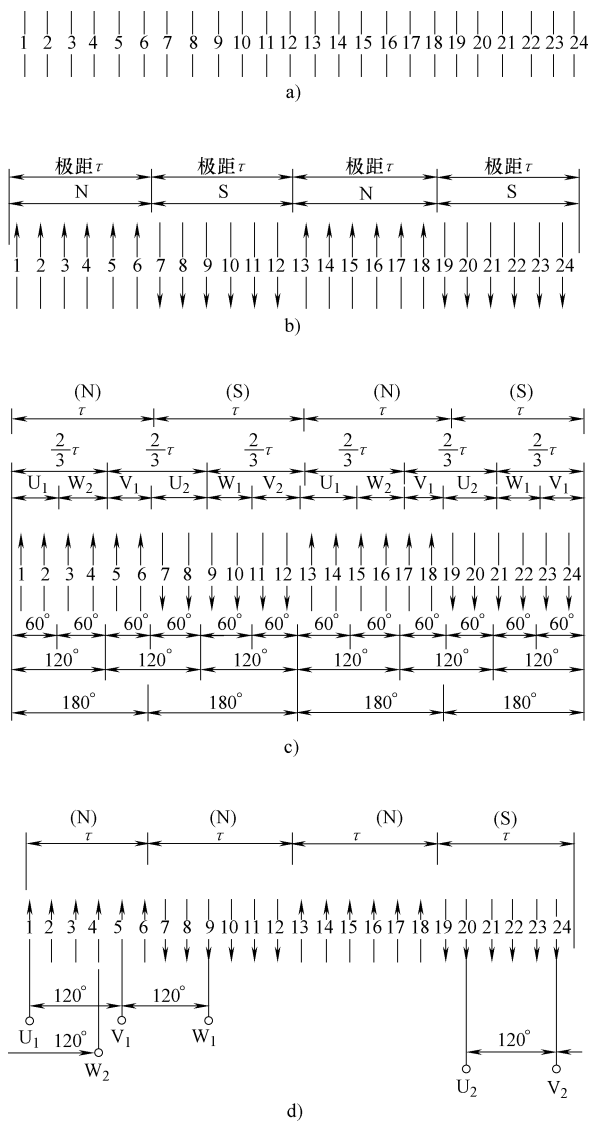


图 2-43 三相单层链式绕组

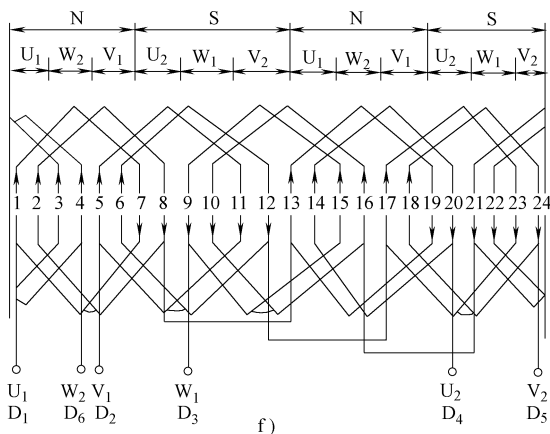
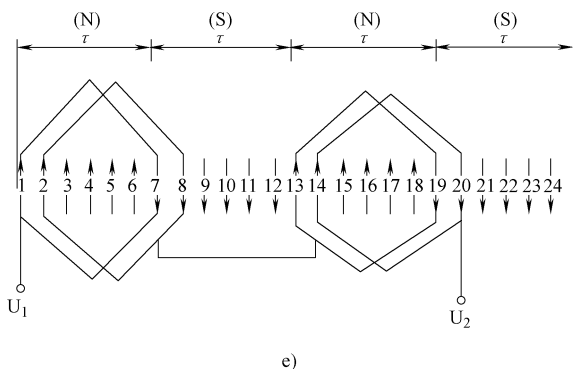


图 2-43 三相单层链式绕组 (续)

3) 分相带、标出每极每相槽数 将每个磁极下的槽数分为三个相带, 每极每相占 60° 电角度位置。即每极每相槽数 $q = \frac{Z}{2pm} = \frac{24}{4 \times 3} = 2$ 槽, 如图 2-43c 所示。

4) 定节距 采用整距绕组, $y = \tau = 6$, 即若一个线圈边在第 1 槽, 则它的另一个线圈边在第 7 槽。

5) 确定各相绕组的引出线 根据各相对应边互差 120° 电角度, 标出各相的首端和尾端。如果 U 相绕组的首端 U_1 选在第 1 槽, 则 V 相、W 相的首端 V_1 、 W_1 分别在第 5、第 9 槽, 同理可知: 20 槽、

24 槽、4 槽分别为三相绕组的尾端 U_2 、 V_2 、 W_2 ，如图 2-43d 所示。

6) 连接成绕组 先将 U 相的线圈按电流方向从首端至尾端依次串联起来，就组成 U 相绕组，如图 2-43e 所示；再将 V 相和 W 相的线圈串联起来，即成三相单层链式绕组，如图 2-43f 所示。注意，因为三相电流的实际方向不可同时为正（或负），当两相为正方向时，另一相必为反向。所以，U、V 两相顺电流方向串联时，W 相要逆电流方向串联。

熟悉上述绘图步骤后，可很容易画出其他槽数、极数的展开图。

图 2-44 所示为三相 24 槽 2 极单层同心式绕组的展开图。

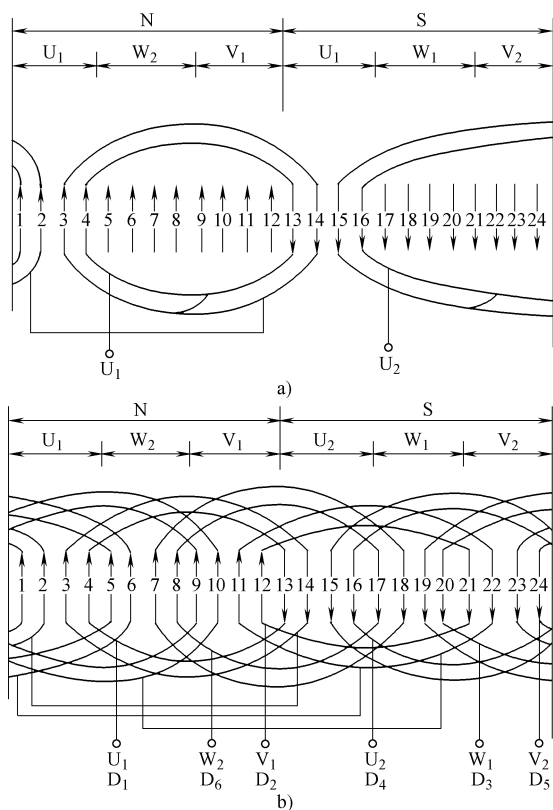


图 2-44 24 槽 2 极单层同心式绕组的展开图

a) U 相绕组的展开图 b) 三相绕组的展开图

图 2-45 所示为三相 36 槽 4 极单层交叉式绕组的展开图。

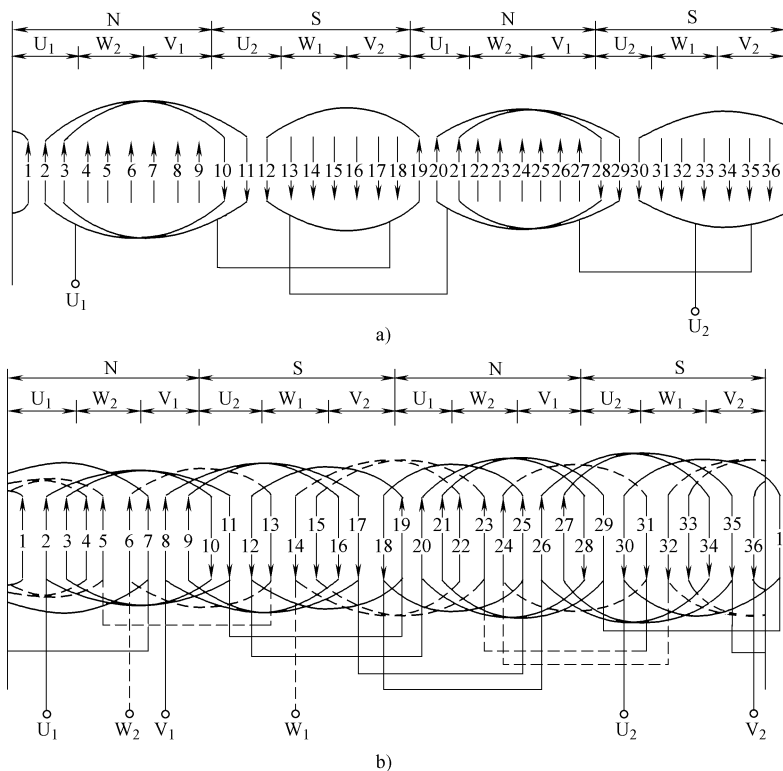


图 2-45 三相 36 槽 4 极单层交叉式绕组的展开图

(2) 双层绕组展开图

双层绕组的每一槽中有两个线圈边，整个绕组的线圈数等于定子槽数。若将线圈的一条边置于某一个槽的上层，则另一条边置于相隔节距为 y_1 的下层。

双层绕组展开图的画法与单层绕组基本相同，画槽时，每槽用一实线表示上层线圈边，虚线表示下层线圈边，槽号与上层线圈边号一致。

图 2-46 所示为三相 36 槽 4 极双层绕组的展开图。

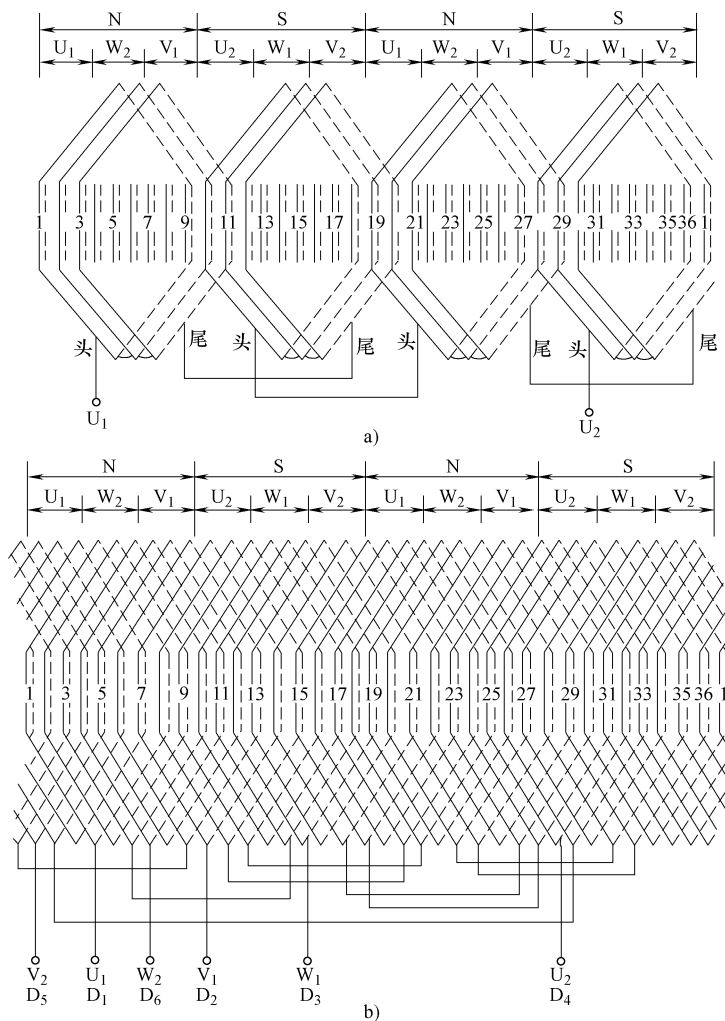


图 2-46 三相 36 槽 4 极双层绕组的展开图

(3) 三相绕组圆形接线图

在工厂中常采用圆形接线图来指导接线，圆形接线画法简单，极相组间的连接清楚，它是用一段带箭头的圆弧表示一个极相组，圆弧上的箭头表示所在极相组中电流的方向。

下面以三相 4 极电动机为例说明其绘制步骤：

1) 根据电动机极相组数画出圆弧段，三相 4 极异步电动机共有 12 个极相组，画出 12 个圆弧段。

2) 依次给每个圆弧段编号。根据三相绕组 60° 相带分布原则，12 个极相组的序号应交替出现，所以极相组 1、4、7、10 为 U 相，2、5、8、11 为 W 相，3、6、9、12 为 V 相，如图 2-47a 所示。

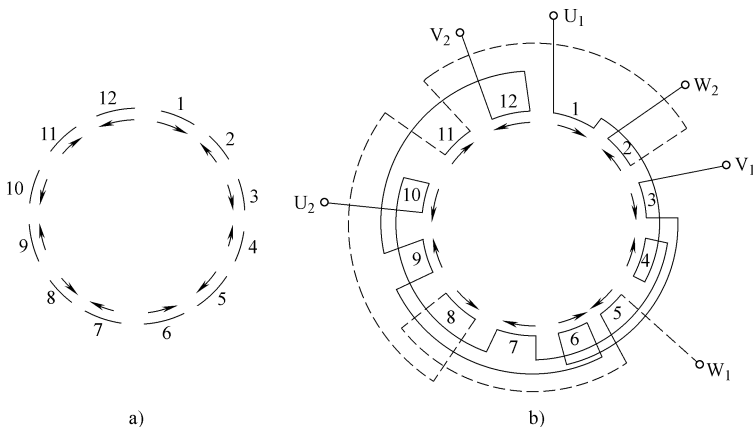


图 2-47 三相 4 极电动机绕组的圆形接线图

a) 12 个极相组及其电流方向 b) 三相绕组圆形接线图

3) 确定引出线首端。由于各相绕组在空间位置上彼此互差 120° 电角度，则极相组 1、3、5 的首端分别为 U 相、V 相、W 相的首端 U_1 、 V_1 、 W_1 。

4) 确定各极相组中电流的方向。因三相电流的方向不可同时为正（或负），当其中两个为正向时，另一相则为反向，因此各相邻极相组中的电流方向是相反的，即箭头方向应为正、反、正、反间隔。

5) 连接同相的极相组。沿着电流方向分别把各相的极相组连接起来，形成三相绕组，如图 2-47b 所示。也可根据需要把每相的四个极相组，接成两个或四个并联支路。

二、定子绕组的重绕步骤

1. 定子绕组的拆除

(1) 记录原始数据

为了方便绕制,使重绕电动机的性能可达到原设计要求,拆除前,除记录电动机铭牌上的全部数据(功率、电压、电流、接法、转速等)外,还应记录绕组的型式、尺寸、节距、并联支路数、线圈数、单个线圈匝数、绝缘材料的类型等。

(2) 绕组的拆除方法

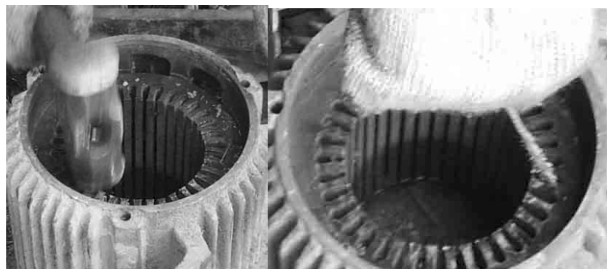
1) 冷拆法 用铁锤击打凿子将绕组端部剪断,如图2-48所示,也可用斜口钳将绕组端部剪断(最好留一只完整的绕组,以便重绕时参考),然后取出槽楔,用虎头钳将导线逐根拉出(加热后更易拉出),也可用细铁棒将绕组从槽口撬出。



图 2-48 冷拆法拆除绕组

2) 热拆法 先取出转子,再把绕组剪断,然后将定子送入烘房(烘箱)中加热 2~3h,待绕组受热软化后,迅速拆除。加热时,为防止铁心磁性能变坏,加热温度应控制在 200℃ 以下。

绕组拆除后,应用锤子整理定子端部,然后用钢丝刷将槽内杂物清除,如图 2-49 所示。



用锤子整理定子端部

用钢丝刷将槽内杂物清除

图 2-49 整理定子槽

2. 定子绕组的绕制

(1) 绕制前的准备

- 1) 检查导线的质量、规格、软硬程度等是否符合要求。
- 2) 将绕线机计数器校零位。
- 3) 将万能绕线模紧固在绕线机上，并调整好万能绕线模的长度。

4) 把绕制用的导线装在放线架上，用垫有毛毡的拉线板夹住。

5) 先将拉线放入绕线模的扎线槽中，然后把线头固定在绕线模夹板上（当导线的直径超过 1.5mm 时，要多根并绕）。

(2) 绕制过程及注意事项

1) 绕线时用力要均匀、合适、线匝排列要整齐，不应有交叉及重叠现象。

2) 绕制过程中，如果导线绝缘破损，应立即包扎；如有接头，应将接头放在线圈端部（多根并绕导线接头要错开距离，以防短路），并在每根接头套上绝缘套管，拧在一起，待嵌线完毕接线时，一块焊好。

3) 线圈绕完后应检查线圈的匝数，正确无误后用扎线扎紧，从绕线机上取下，再绕下一个线圈。如图 2-50 所示为绕制好的线圈。

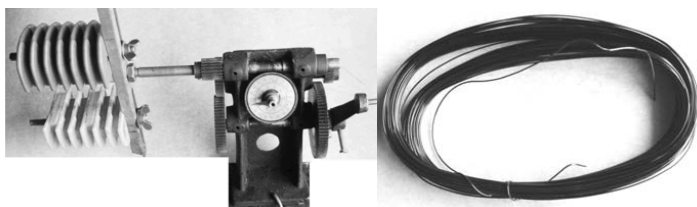


图 2-50 绕线器及在它上面绕制好的线圈

4) 当整相的线圈连绕时，应先把剪好的绝缘套管套入导线，作为极相组的过桥线。

3. 嵌线

(1) 嵌线前的准备

- 1) 准备好木锤、理线板、压线板、剪刀、槽楔、扎带等，并

根据电动机的绝缘等级选好绝缘材料。如图 2-51 所示。

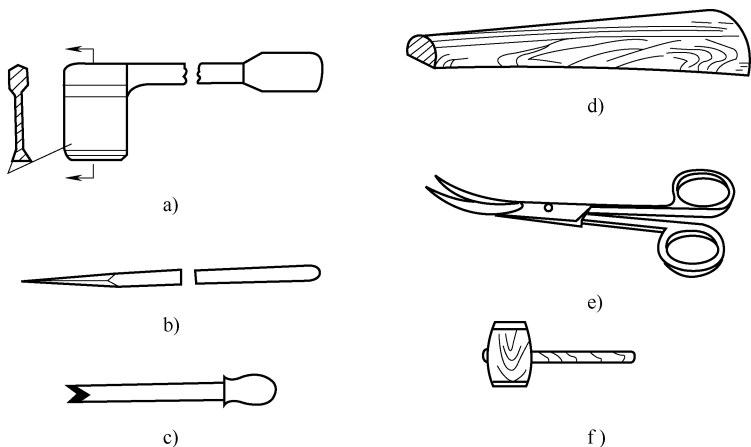


图 2-51 嵌线常用工具

a) 压线板 b) 划线板 c) 裁纸刀 d) 打板 e) 剪刀 f) 木锤

2) 将短路的硅钢片分离, 把铁心槽内的毛刺锉平, 然后用压缩空气将残留杂物清除。

3) 用剪刀把绝缘材料裁成合适的尺寸, 并放入铁心试用, 直至合适为止。

4) 把剪好的槽绝缘垫入槽内。

5) 熟悉原始记录和图纸。

(2) 嵌线过程及注意事项

1) 嵌线时, 应在槽口垫引槽纸, 以防划破导线绝缘。

2) 用双手扭扁线圈后放入槽口, 从左向右慢慢拉入槽内, 如图 2-52 所示; 再用理线板将剩余导线理入槽中, 并将导线理顺; 然后将线圈两端部适当压低, 以方便后面嵌线。

3) 将线圈的另一边放到一个节距的槽口处, 吊起并垫上绝缘纸, 以防铁心

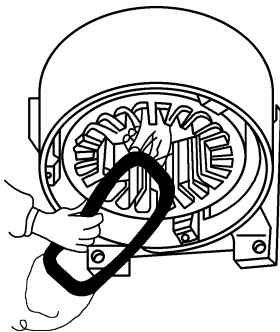


图 2-52 将线圈拉入槽内

擦伤绝缘，同时应注意槽绝缘不能窜位，以免线圈接地。

4) 对于单层绕组，嵌完每个线圈的一条边后，应先用压线板压实导线，再用划线板将槽绝缘折合，然后再用压线板压实绝缘，即可打入槽楔，如图 2-53 所示。就这样按顺序嵌入线圈并在每组线圈间垫上相间绝缘，并使相间绝缘与槽绝缘有部分重合，待全部线圈嵌完后，用手锤垫着木棒重新整理端部形状，使端部低于铁心，以方便转子装配，也可边嵌线边整理，如图 2-54 所示。

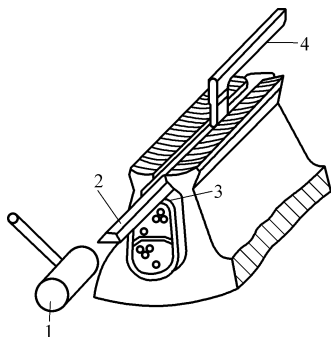


图 2-53 打入槽楔

1—木锤 2—槽楔

3—槽口绝缘 4—压线板

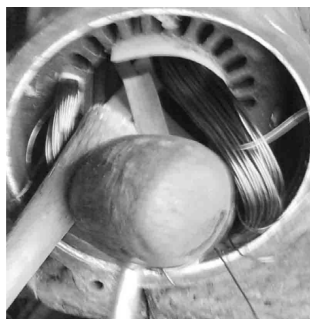


图 2-54 绕组端部整形

对于双层绕组，嵌完一条边后，整理好槽内导线，将上层边吊起放于相应节距的槽位，再垫上层间绝缘，依次嵌入线圈的下层边，并在每组线圈的端部垫上相间绝缘，使相间绝缘与槽绝缘相接，与层间绝缘有部分重合，当嵌完一个节距的下层边后，将其上层边也嵌入相应节距槽的上层，整理后封槽，在嵌入最后一个节距的下层边时，应翻起第一个节距的上层边，将全部下层边嵌完后，再嵌入第一次吊起的上层边。整个线圈嵌完后，整理线圈端部，修剪相间绝缘纸，将每个绕组的引出线理出，并用扎带扎好（对于大中型电动机嵌完每个线圈后就可分别包扎）。

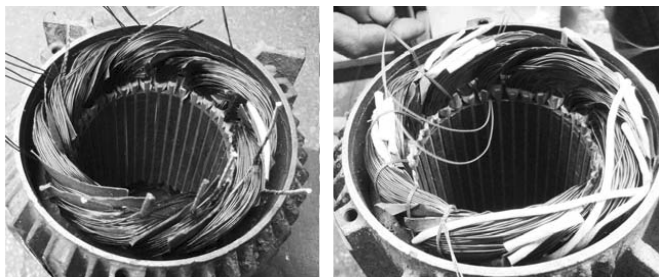
4. 接线

1) 接线前，应对照接线圈，检查绕组有无嵌反、接错，正确无误后，先连接各极相组间连线，再接各相连线。

2) 焊接时，先用刀片将线头上的绝缘漆刮净，再涂上助焊剂，

用焊锡将接头焊好。

3) 将玻璃丝管移到接头处套好接头, 将连接线整理好, 固定在绕组端部的顶端, 与绕组引出线扎在一起, 如图 2-55 所示。



将线头刮净、绞紧后焊接

套绝缘、整理后扎线

图 2-55 接线和扎线

5. 浸漆和烘干

浸漆和烘干是为了提高绕组的绝缘强度和导热能力, 增加绕组的机械强度和抗腐蚀性能, 减少尘土、铁屑等进入绕组内部。这一过程主要包括预烘、浸漆、滴漆、烘干四个过程。

1) 预烘 浸漆前应预烘绕组, 预烘时间 4~8h, 温度控制在 110~130℃, 预烘过程中, 应每隔 1h 测量一次绝缘电阻, 待电阻基本不变后, 停止预烘。

2) 浸漆 浸漆要选用绝缘性能好、黏合性强、有防潮和防腐能力的绝缘漆。预烘后的绕组待铁心冷却到 60~70℃ 时才能浸漆。因温度过高易使漆中的熔剂挥发, 导致绕组表面形成漆膜, 不易浸透绕组。电动机一般置于漆槽内浸漆, 小型电动机可置于漆桶内浸漆, 浸漆时间为 15min 以上, 直到不冒气泡为上, 一般电动机要浸漆两次, 第一次应将漆调得稀些, 以利于渗透到绕组内部, 第二次应将漆调得稠些, 以便形成漆膜, 提高绕组的绝缘强度和机械强度。

重绕后的一、二台电动机也可用漆浇灌绕组, 浇漆方法是将漆盒开一个小孔, 将电动机稍微倾斜, 将漆均匀地浇在电动机绕组端部, 如图 2-56 所示。浇完一端绕组, 再浇另一端。

3) 滴漆 如图 2-57 所示, 将电动机绕组垂直搁置, 滴干余漆,

然后用纱头蘸松节油将绕组以外的余漆擦干净。



图 2-56 浇漆方法

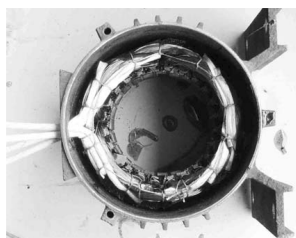


图 2-57 滴漆

4) 烘干 为了尽快挥发掉漆中的溶剂和水分,使电动机早日投入工作,绕组滴漆后应进行烘干处理,烘干应分两个阶段,第一阶段为低温阶段,温度控制在 $70\sim 80^{\circ}\text{C}$,烘 $2\sim 4\text{h}$,然后进入第二阶段即高温阶段,温度控制在 $110\sim 120^{\circ}\text{C}$ (此为 A 级绝缘,对于 E 级绝缘,温度应提高 $10\sim 20^{\circ}\text{C}$ 左右),烘 $8\sim 16\text{h}$ 。

烘干过程中,应每 1h 用绝缘电阻表测量绕组的绝缘电阻,待绝缘稳定后,再保持 3h 以后停止烘干,这时测量绝缘应在 $5\text{M}\Omega$ 以上。



实用技能

烘干方法

(1) 灯泡干燥法

对于中小容量的电动机,可将电动机置于一个合适的箱体中,按 $4\sim 5\text{kW}/\text{m}^2$ 选配好红外线灯泡或碘钨灯作为箱体内的热源,并使灯泡与绕组的距离合适,通过照射加热来干燥电动机绕组。加热过程中应注意检查箱内温度。如果是单台电动机,也可将碘钨灯用铁丝固定于定子腔中,直接通电加热,如图 2-58 所示。一般小型电动机用 500W 或 1000W (根据电动机的大小而定) 的碘钨灯,加热 1h 即可。

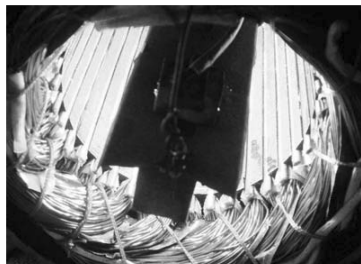


图 2-58 碘钨灯干燥法

(2) 烘箱干燥法

烘箱的外形如图 2-59a 所示, 它的上面装有温度表, 如图 2-59b 所示。使用时将电动机定子绕组放入烘箱中, 关闭箱门, 通电加热并保持加热温度在规定范围内。

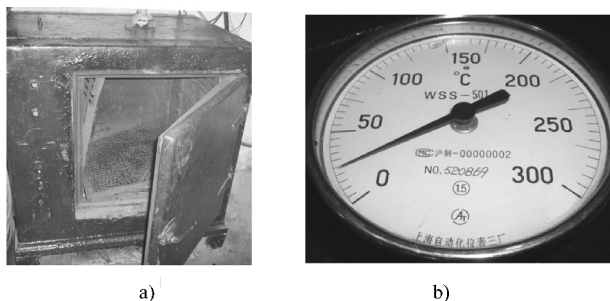


图 2-59 烘箱及其上面安装的温度表的外形

a) 烘箱 b) 温度表

(3) 煤炉干燥法

如图 2-60 所示, 把定子绕组垂直放于铁架上, 铁架下面适当距离用煤炉文火烘焙, 并在上方盖上保温透气的物品(如旧麻袋), 过一段时间后, 再将定子上下翻转, 烘焙另一面, 这样反复几次即可。烘干过程中, 要使电动机均匀受热, 还要经常检查电动机温度。

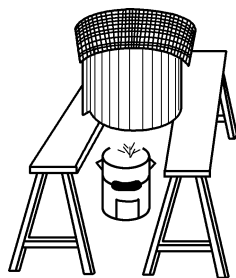


图 2-60 煤炉干燥法

(4) 电流干燥法

1) 三相电流干燥法 抽出转子或将转子堵转, 在定子绕组中通入 60%~70% 额定电压的低压交流电, 如图 2-61 所示。加热时绕组温度控制在 80~90℃ 之间。

2) 单相电流干燥法 如图 2-62 所示, 将三相绕组串联或并联后通入 ~220V 电源, 并串入变阻器, 以便调节变阻器来控制电流为额定电流的 60%~70% 之间, 绕组温度为 85℃ 左右, 如果超过 90℃ 以上, 应切断电源, 调整电位器 RP, 减小电流后再重新加热。

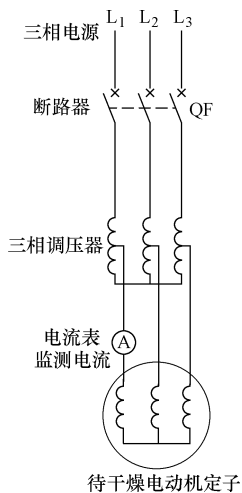


图 2-61 三相电流干燥法

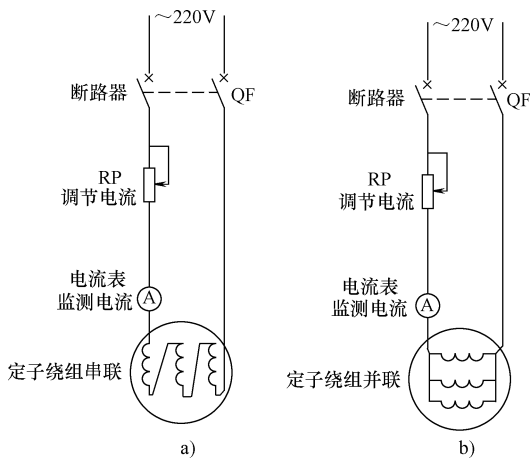


图 2-62 单相电流干燥法

a) 串联接法 b) 并联接法

三、重绕后的检查

1) 应检查气隙是否均匀, 参图 2-18 所示检查转子转动是否灵

活，各紧固件是否拧紧，安装尺寸有无变化等。

2) 绕组绝缘电阻的测量 绕组绝缘电阻的测量前面已经介绍，绕组冷态时的绝缘电阻，一般应稍高于热态绝缘电阻值。1kV 以上的电动机，每千伏绝缘电阻不应低于 $1\text{M}\Omega$ 。

3) 绕组直流电阻的测量

① 测量位置 对于有六个出线端的笼型电动机，应在电动机出线端上分别测量各绕组的直流电阻；如果三相绕组已在电动机内部连接，只有三个出线端，则星形联结绕组的相电阻为所测出线端阻值的一半，三角形联结的绕组，其相电阻为所测出线端阻值的 1.5 倍。对于绕线式异步电动机，转子绕组的直流电阻最好在绕组与集电环连接的连接片上进行测量。

② 测量方法 测量绕组的直流电阻常采用电桥，电阻在 1Ω 以下时，应采用双臂电桥，电阻在 1Ω 以上时，应采用单臂电桥。正常情况下，三相直流电阻应相同，但由于线匝、线径的误差，绕线时部分导线被拉伸，焊接头的焊接电阻不完全一样等原因，也会使三相直流电阻存在一定差值，但只要不超过 $\pm 5\%$ 即可。测量时，周围环境温度应与绕组温度基本一致，并使电动机转子静止不动。

如果没有电桥，可以用万用表粗略测量。

第三章 三相交流异步电动机基本控制电路

三相交流异步电动机基本控制电路包括电动机的起动、反转、调速、制动等几类。这些基本控制电路一般都是采用接触器、继电器、按钮等电器元件的触点组合而成，它们是组成机床电路的基本电路，是识读和检修机床电路的基础。

第一节 三相交流异步电动机控制电路图的识读方法

一、三相交流异步电动机控制电路原理图的识读

电路原理图表示电路的工作原理，不表示电路元器件之间的结构尺寸、安装位置 and 实际接线情况，电路原理图一般分主电路、控制电路（包括信号电路及照明电路，有时也可与控制支路分开来说）。下面以图 3-1 电动机连续运行电路原理图为例介绍一下原理图的识图方法和步骤，图中所用的元器件见表 3-1。

表 3-1 电动机连续运行电路元器件明细表

代号	元件名称	型号	规格	件数	用途
M	电动机	Y2-51-1	10kW，1440r/min	1	驱动生产机械
KM	交流接触器	CJ10-63	线圈电压为 380V	1	控制电动机
FR	热继电器	JR16-20/3D	热元件额定电流 22A	1	电动机过载保护
SB ₁	按钮	LA ₄ -22K	红色，5A	1	M 停机
SB ₂	按钮	LA ₄ -22K	绿色，5A	1	M 起动
QF	断路器	DZ10-100	脱扣器额定电流 50A	1	主电路短路保护
FU	熔断器	RL ₁ -15	500V 配套 2A 熔芯	2	控制电路短路保护
HLR	指示灯		220V	1	起动指示
HLG	指示灯		220V	1	停机指示

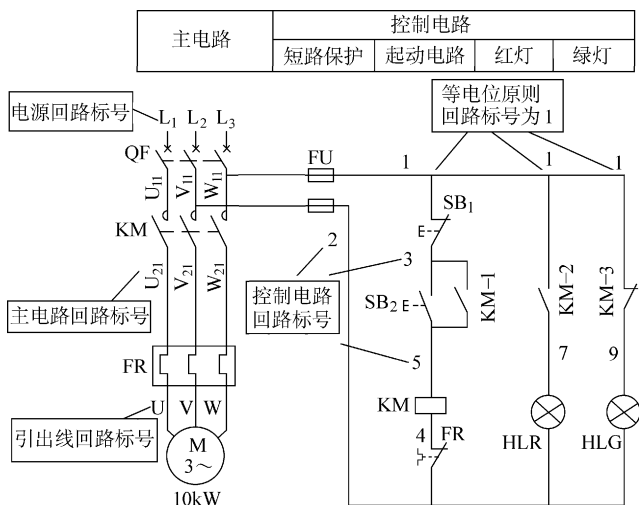


图 3-1 电动机连续运行电路原理图

1. 看资料

结合电路图中的文字说明、技术说明，搞清电路的用途，对电路有一个大致的了解。从图中可以看到，此电路有一台电动机，此电动机起动后连续运行。

2. 弄明白电路图中各符号所代表的意义

根据电气图形符号、文字符号表和元件明细表，弄明白电路图中各符号所代表的意义。看原理图时应注意以下两点：

1) 图中所画开关、触点是在断开了所有电源的状态，即在线圈不带电、手柄在断位的状态。

2) 为了便于阅读，同一元件的各个部件可以不画在一起，但同一电器上的各元件都用同一文字符号。例如，为了画图的方便，接触器 KM 的线圈和辅助触点画在控制电路中，而 KM 的主触点画在主电路中，但都用同一文字符号标注。

3. 先看主电路

主电路通常在图的左侧，主电路包括断路器、接触器主触点、热继电器、电动机及连接导线等。它是从电源至电动机输送电能时电流所经过的电路，所以电流较大。识图时通常从下面的被控设备

开始,经控制元件,依次看到电源。通过看主电路可以知道:

- 1) 主电路中有哪些电气设备,它们的用途和工作特点是什么。
- 2) 主电路中的电动机是用什么电器控制的,为什么要通过这些电器,这些电器设备的作用是什么。

结合此图,从电动机 M 往上看,只有一条回路是:电动机 M→热继电器 FR→接触器 KM 主触点→三相断路器 QF→三相交流电源。

4. 再看控制电路

控制电路在图的右侧,控制电路起控制和保护作用。控制电路包括熔断器、接触器线圈、辅助触点、按钮及连接导线等。看控制电路通常按照自上而下或从左到右的原则。

1) 看电源,先搞清电源是交流电源还是直流电源,其次搞清电源从何而来,其电压是多少。

2) 看各控制支路,整个控制电路可分为几条独立的小回路。

3) 看各支路是由哪些元件构成闭合回路的。

结合此图可以看到控制电路有三条支路:第一条从电源 L_3 →熔断器 FU→按钮 SB_1 、 SB_2 →接触器 KM 线圈→热继电器 FR 触点→熔断器 FU→电源 L_2 ;第二条从电源 L_3 →熔断器 FU→KM-2 常开辅助触点→红灯 HLR→熔断器 FU→电源 L_2 ;第三条从电源 L_3 →熔断器 FU→KM-3 常闭辅助触点→绿灯 HLG→熔断器 FU→电源 L_2 。三条支路的电源都接在 L_2 、 L_3 两相。

5. 搞清电路之间的控制关系

搞清主电路与控制电路及控制支路之间的联系和控制关系,电路中各电器元件、触点的作用是什么。

1) 先看主电路,电动机 M 起动时,需要合上断路器 QF,平时还应使接触器 KM 得电吸合,再观察接触器 KM 的控制电路,平时 SB_2 的触点处于断开位置。所以起动时应按下 SB_2 ,接通接触器 KM 线圈的控制电路,接触器 KM 线圈中有电流,接触器吸合, KM 主触点闭合,电动机主电路接通,电动机起动运行。

2) 电动机运行时,不会一直按下 SB_2 ,原因是接触器吸合后, KM 常开辅助触点闭合,所以松开 SB_2 后,与 SB_2 并联的 KM-1 常开辅助触点保持吸合,接触器 KM 线圈可以一直得电,此触点起到自保持(自锁)的作用,所以叫自锁触点。

3) 怎样使电动机停机, 请看图中的 SB_1 按钮, 它串联于 KM 线圈回路中, 按下 SB_1 , 接触器 KM 线圈中就没有电流了, 接触器 KM 释放, KM 各触点恢复初始状态, 主电路断开, 电动机停机。

4) 指示灯支路。电动机起动前 (或停机后), 由于 KM 辅助触点处于图中的初始位置, 这时与绿灯 HLG 相连的 KM-3 常闭辅助触点闭合, 绿灯亮; 与红灯 HLR 相连的 KM-2 常开辅助触点断开, 红灯灭。起动后, 接触器吸合, 其常开触点闭合, 常闭触点打开, 所以绿灯熄灭, 红灯点亮。

5) 电路中断路器 QF、熔断器 FU 和热继电器 FR 起什么作用呢? 结合前面的电工基础知识可知: 断路器 QF 作电动机和主电路的短路保护, 当电动机主电路中的连接导线、元器件短路时, 断路器 QF 跳闸, 防止事故的发生; 熔断器 FU 作控制电路的短路保护; 热继电器 FR 在电路中起过载保护的作用, 电动机过载时, 串接于控制电路的常闭触点 FR 断开, 切断接触器 KM 线圈的供电, 电动机保护停机。

6. 根据回路编号了解电路的走向和连接方法

为了安装接线和维护检修, 如图 3-1 所示的电路中, 可以看到有各种标号, 这种标号就是回路标号, 回路编号是电气设备与电气设备、元件与元件间 (或导线间) 的连接标记。它是按等电位原则标注的, 即在电气回路中连于一点的所有导线用同一数字标注。当回路经过开关或触点时, 因为在触点两端已不是等电位, 所以应给予不同的标号。下面简要介绍一下电动机电路的回路标号的标注方法。

(1) 主电路的回路标号

1) 三相电源按相序编号为 L_1 、 L_2 、 L_3 , 经过开关后, 在出线接线端子上按相序依次编号为 U_{11} 、 V_{11} 、 W_{11} 。

2) 主电路各支路的编号, 应从上至下 (垂直画图时) 或从左至右 (水平画图时), 每经过一个电器元件的接线端子后编号要递增。如 U_{11} 、 V_{11} 、 W_{11} , U_{21} 、 V_{21} 、 W_{21} ... 顺序标号。

3) 单台三相异步电动机的三根引出线按相序依次编号为 U、V、W, 多台电动机引出线的编号, 为防止混淆, 可在字母前加数字来区别, 如 $1U$ 、 $1V$ 、 $1W$, $2U$ 、 $2V$ 、 $2W$...

4) 定子绕组首端用 U_1 、 V_1 、 W_1 标号, 尾端用 U_2 、 V_2 、 W_2 标号。

(2) 控制电路回路标号 控制电路回路标号应从上至下（或从左至右）逐行对主要降压元件两侧的不同线段分别按奇数和偶数的顺序标号，如一侧按 1、3、5…等顺序标号，另一侧按 2、4、6…等顺序标号。编号的起始数字，除起始支路须从数字 1 开始外，照明支路和信号支路可以接上述的数字编排，也可以依次递增 100 作起始数，如照明支路从 101 开始编号，信号支路从 201 开始编号。

二、三相交流异步电动机控制电路接线图的识读

控制电路接线图是表示电路连接关系的一种简图，它是根据电路原理图和各电器元件在控制箱（或控制柜）中的实际安装位置而绘制的，主要用于电气安装接线、检修，它常与电路原理图配合使用。在识读时应熟悉绘制电动机接线图的几个基本原则。

1. 安装接线图的规律

1) 接线图中，电器元件及设备的大小都是根据它的外形轮廓及实际尺寸按照统一的比例绘制。

2) 接线图中，各电器元件的图形符号及文字符号要与电路原理图完全一致，凡是需要接线的端子一定要标注端子编号，并与原理图上相应的线号一致，同一根导线上连接的所有接线端子的编号应相同。

3) 同一个元器件的所有部件（线圈、主触点、辅助触点）都应根据它的实际结构画在一起，并用虚线框起来；在几个或很多个电器元件四周如果画上虚线，表明这几个或很多个电器元件是安装在同一块控制箱上的。

4) 不同控制箱之间或同一控制箱内外电器元件之间的连线，应通过接线端子板连接，电器互联关系以线束表示，走向相同的相邻导线可以绘制成一束线，连接导线应标明导线参数（如截面积：主电路导线采用 4mm^2 绝缘铜线，控制电路采用 1.5mm^2 绝缘铜线）。

2. 接线图的识图方法

如图 3-2 所示为电动机连续运行电路的安装接线图。

(1) 与原理图对照识图

电动机安装接线图是根据电气原理图绘制的，看接线图时，只知道电器元件的安装位置、接线方法、相互之间如何接线，但不能明显表示电气动作原理，特别是辅助电路，根本分辨不出各条小支

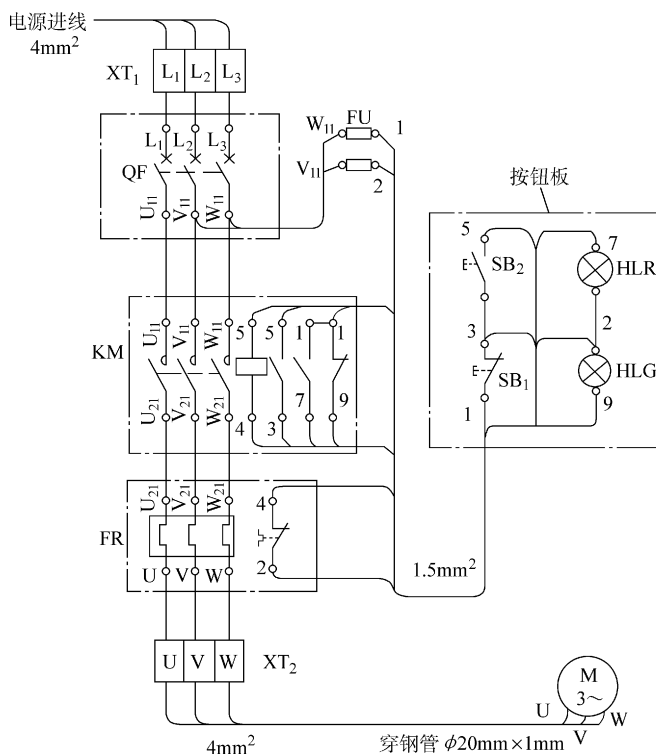


图 3-2 电动机连续运行电路的安装接线图

路来，因此要搞清主电路和控制电路中由哪些元件组成，它们是怎样完成电气动作的，各个元件在电气设备中的作用是什么，就必须对照电气原理图。

(2) 根据具有相同标号的导线是相连原则了解主电路和辅助电路的走向和连接方法

1) 先看主电路 看主电路是从引入的电源线开始，顺次往下看，直至电动机，主要目的是知道三相电源线经过哪些电器元件到达电动机。如图 3-2 所示的电路中，端子板 XT₁ 上 L₁、L₂、L₃ 分别与断路器 QF 入线端的 L₁、L₂、L₃ 是相连的，顺次往下看，QF 的出线端 U₁₁、V₁₁、W₁₁ 分别与 KM 接线端的 U₁₁、V₁₁、W₁₁ 也是相连的……，端子板 XT₂ 上的 U、V、W 分别与电动机接线端的 U、V、W 也是相连的。

主电路路径为：电源 L_1 、 L_2 、 L_3 →端子板 XT_1 →断路器 QF →接触器 KM 主触点→热继电器 FR →端子板 XT_2 →电动机。

通过接线图还可了解：主电路所用导线为 4mm^2 绝缘铜线；端子板至电动机间的导线应穿钢管保护。

2) 再看控制电路 看控制电路要从电源起始点（相线）开始，看经过哪些电器元件又回至另一相电源。如图 3-2 所示的电路中，从电源起始点 L_1 开始，由于 FU 的入线端 W_{11} 与主电路 QF 出线端的 W_{11} 具有相同的标号，既表明它们是相连的，又表明控制电路是从此与主电路分开的，同理 FU 的出线端与 SB_1 的入线端都有相同的标号 1，它们也是相连的…，最后经 FR 触点、断路器 QF 回到另一相电源 L_2 。

控制电路为：电源 L_3 →断路器 QF →熔断器 FU →按钮 SB_1 →按钮 SB_2 → KM 线圈→热继电器辅助触点 FR →熔断器 FU →断路器 QF →电源 L_2 。

通过接线图还可了解：控制电路所用导线截面积为 1.5mm^2 。



小知识

3. 导线的连接方法

例如，图 3-2 中，3 号线是 SB_1 与 SB_2 的连接线。接线时，可按以下步骤：

- 1) 先将导线一端剥去适当长度的绝缘层。
- 2) 套上号码 3，压在 SB_1 的出线端上。
- 3) 将导线的另一端引至 SB_2 ，截断导线。
- 4) 剥去绝缘层后也套上线号 3，并接在 SB_2 的入线端子上。

第二节 三相交流异步电动机的 全压起动控制电路

电动机的起动方式分全压起动和减压起动两种，电动机采用何种起动方式，在满足设备起动要求的前提下，既要考虑技术方案的合理性，又要考虑设备的投资费用和维护方便，做到简单、实用、经济且便于维护。本节介绍最为常用的全压起动电路。

全压起动又称直接起动，它具有接线简单，操作方便，起动转矩

大,且不需另加设备。但直接起动的电动机,定子绕组中的起动电流 I_{st} 一般可达额定电流 I_N 的4~7倍,有些笼型异步电动机甚至高达8~12倍。对于经常直接起动的电动机,过大的起动电流不仅造成电动机严重发热,影响电动机的使用寿命,而且大电流引起的电动力可能造成电动机绕组变形,使绕组短路而烧坏;同时过大的起动电流,使电网电压显著下降,影响接在同一电网的其他电气设备的正常工作。

电动机能否直接起动,应根据电动机的起动次数、电网容量和电动机的容量来决定。一般规定是:异步电动机的功率低于15kW时允许直接起动,如果功率大于15kW,而电源容量能够满足电动机的起动需要,电动机的起动又不会影响其他设备的用电,也可直接起动,例如发电厂的高压电动机虽然容量较大,但向它供电的电源容量更大,通常也采用直接起动。

一、开关直接控制电动机起停电路

如图3-3所示为开关直接控制电动机起停电路,此电路用胶盖瓷底开关直接控制电动机的起停,用熔断器作电动机的短路保护。电路简单,操作维修方便,常用于台钻、砂轮机、小型水泵等生产设备的起停控制。

【起动】 当合上开关QS时,三相电源 L_1 、 L_2 、 L_3 经开关QS→熔断器FU→电动机M的三相绕组,电动机起动。

【手动停机】 手动拉开开关QS,电动机断电停机。

【事故停机】 若熔断器至电动机所在的线路短路或电动机绕组短路,熔断器FU熔断,电动机事故停机。

【注意事项】 突然断电时,应及时断开开关QS,否则当电源恢复时,电动机会自起动,可能造成人身和设备事故。

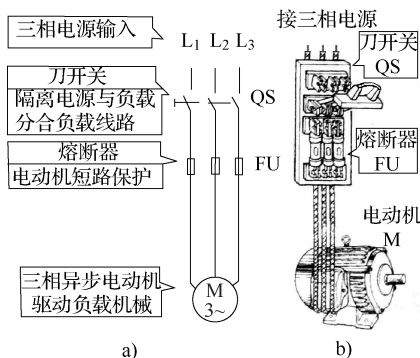
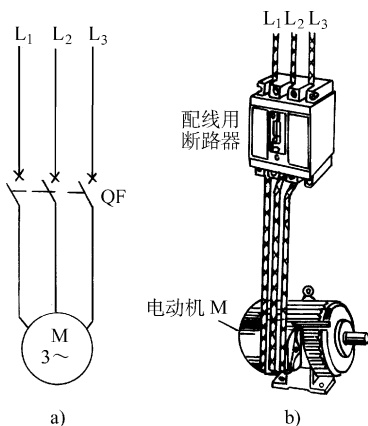


图 3-3 开关直接控制电动机起停电路

a) 原理图 b) 配线图

二、低压断路器直接控制的电动机起停电路

图 3-4 所示的电路, 常会由于一相熔丝熔断后, 使三相电动机单相运转而烧坏。如果采用合适的低压断路器直接控制小型电动机的起停, 可克服上述缺点, 其电路原理及其配线如图 3-4 所示。起动时, 合上低压断路器, 电动机起动, 如需停机, 直接断开断路器即可。



三、点动运行控制电路

图 3-5 所示为点动运行控制电路, 此电路适用于单向短时工作或需精确定位的生产设备。

图 3-4 低压断路器直接控制电动机起停电路
a) 原理图 b) 配线图

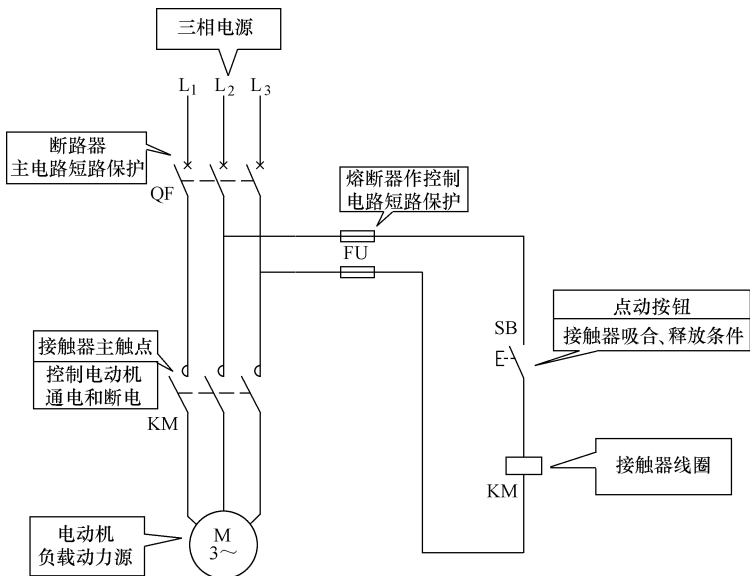


图 3-5 点动运行控制电路

合上低压断路器 QF, 由于起动按钮 SB 处于断开位置, 接触器 KM 线圈不会得电, 其主触点处于图示的断开状态, 电动机不起动。

【起动】 按下起动按钮 SB, 接触器 KM 线圈两端得到 $\sim 380\text{V}$ 电源, 接触器 KM 吸合, KM 主触点闭合, 三相电源经低压断路器 QF → 熔断器 FU → 接触器 KM 主触点 → 电动机 M, 电动机得电起动运转。

【停机】 松开按钮 SB 时, SB 常开触点断开, KM 线圈断电释放, KM 主触点断开, 电动机主电路随之断开, 电动机停转。

【保护】 电路中 FU 为控制电路的短路保护, 断路器 QF 为主电路短路保护, 同时还作控制电路的后备保护。当主电路中发生短路事故时, 断路器 QF 跳闸, 切断电源, 使电动机保护停机, 当控制电路的熔断器 FU 不能可靠熔断时, 断路器也能跳闸, 起到后备保护的作用。但由于点动起动, 易引起热继电器误动, 所以一般不设过载保护, 电路中也没有热继电器。

四、连续运行控制电路

图 3-6 所示为连续运行控制电路原理图, 图 3-7 所示为其实际

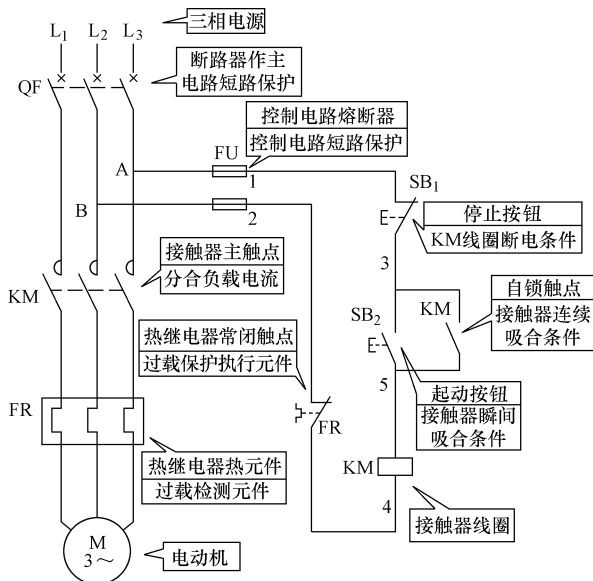


图 3-6 连续运行控制电路原理图

配线图。它适用于经常单向连续运行的生产设备。

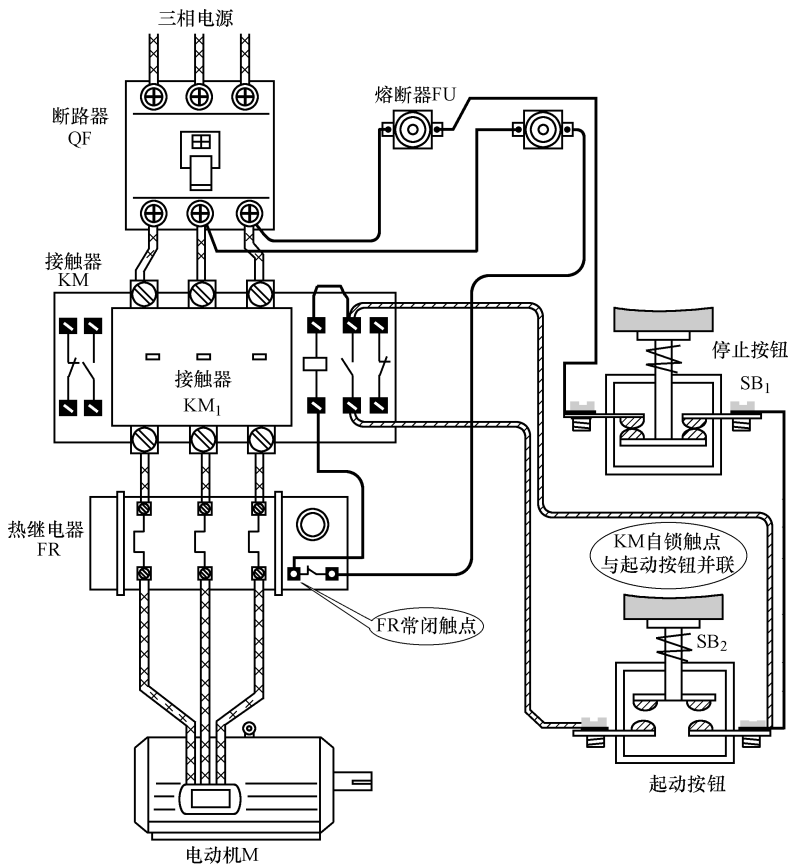


图 3-7 连续运行控制电路实际配线图

【起动过程】 起动时，按下起动按钮 SB_2 ， SB_2 常开触点(3—5)闭合，电源从 $L_3 \rightarrow$ 熔断器 $FU \rightarrow SB_1$ 常闭触点 $\rightarrow SB_2$ 常开触点(已闭合) $\rightarrow KM$ 线圈 $\rightarrow$ 熔断器 $FU \rightarrow$ 电源 L_2 形成闭合回路，接触器 KM 线圈中有电流通过(如图 3-8b 所示)， KM 主触点闭合，三相电源经开关 $QS \rightarrow$ 熔断器 $FU \rightarrow KM$ 主触点 $\rightarrow$ 电动机 M ，如图 3-8a 所示，电动机得电起动运转。

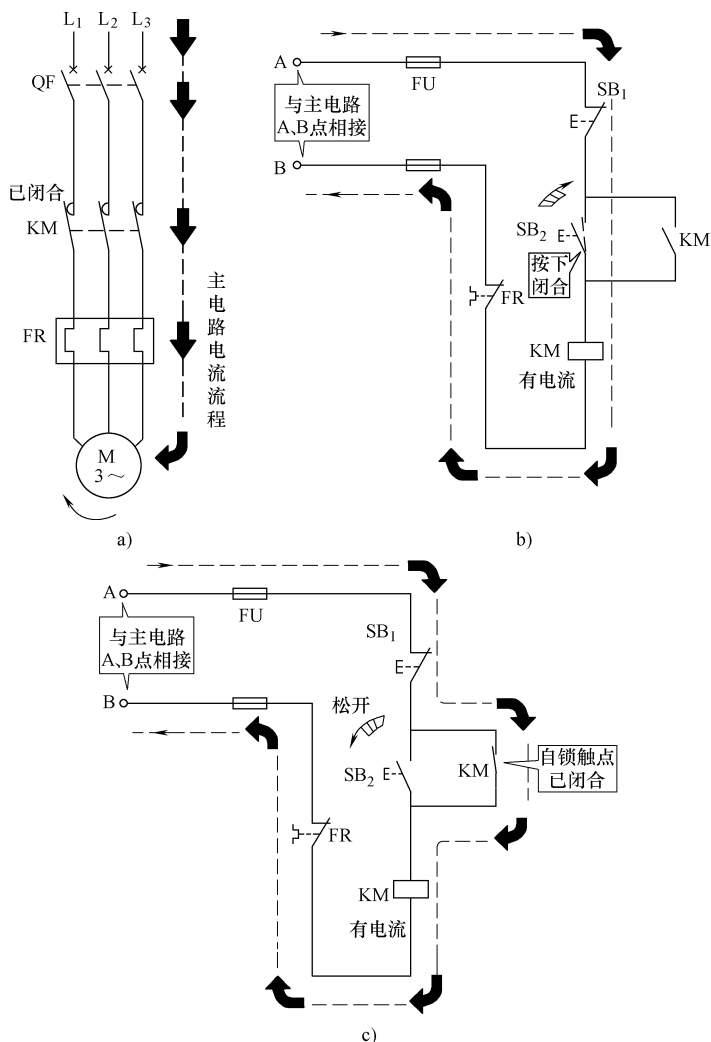


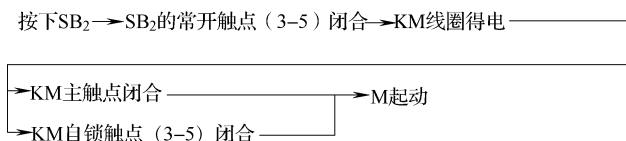
图 3-8 连续运行控制电路电流流程

a) 主电路电流流程 b) 起动瞬间控制电路电流回路 c) 起动后控制电路电流回路

【自保持过程】 接触器 KM 吸合后，并联在按钮 SB_2 两端的 KM 常开辅助触点（3—5）闭合，当按下 SB_2 按钮的手松开时，电

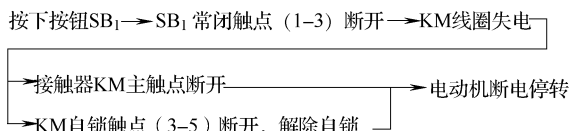
源通过与 SB_2 并联的 KM 常开触点 (3-5) 使接触器 KM 线圈继续保持通电状态, 接触器继续吸合, 电动机连续运行, 如图 3-8c 所示。与起动按钮 SB_2 并联的这个 KM 辅助触点 (3-5) 起到了自锁 (自保持) 的作用, 叫自锁触点, 同样在其他类似的电路中, 与起动按钮并联的接触器常开触点都是自锁触点。

上述过程可简述如下:



【停机】 按下停止按钮 SB_1 , KM 线圈中不再有电流流过, 接触器 KM 断电释放, KM 主触点和自锁触点同时断开, 电动机断电停转; 松开 SB_1 后, 虽然 SB_1 触点闭合, 但由于 KM 自锁触点已断开, KM 线圈也不会得电吸合, 电动机也不会再起, 直到再次按下 SB_2 。

元件动作顺序:



【保护】 除有短路保护外, 此电路还有失电压、欠电压和过载保护。失电压和欠电压保护的执行元件是接触器 KM, 过载保护的执行元件是热继电器 FR。

1) 失电压保护

电路停电时, 接触器 KM 断电释放, KM 主触点断开, 电动机断电停机, 同时 KM 自锁触点断开, 必须再次按下起动按钮电动机才能重新起动, 以防止电源恢复供电时电动机自动起动。

2) 欠电压保护

起动时, 若电源电压过低, 接触器不能吸合; 运行时, 若电源电压过低, 接触器会因电磁吸力减小而释放, 也会切断电动机的电源, 以防止电动机因电压过低而过载。

3) 过载保护

正常情况下,热继电器的热元件中通过额定电流,双金属片略有弯曲,但不影响电动机正常运转。电动机过载或断相→通过热继电器热元件的异常电流使双金属片受热弯曲→FR 常闭触点断开→接触器 KM 线圈断电→接触器 KM 主触点和自锁触点断开→电动机 M 断电停机。

【典型故障分析】 按下起动按钮 SB_2 , 接触器吸合, 电动机得电起动; 松开起动按钮 SB_2 , 接触器释放, 电动机停机。

上述故障说明自锁电路故障, 其原因有:

- 1) 自锁电路断开, 这种情况多发生在自锁触点接线处, 应检查自锁触点两端的接线是否松脱。
- 2) 自锁触点已损坏, 一般由于自锁触点接触不良, 应检查修理该触点。
- 3) 新装设备忘记接自锁电路, 接触器起动后无法完成自锁, 如图 3-9 所示, 应将自锁触点并联在起动按钮 SB_2 两端。

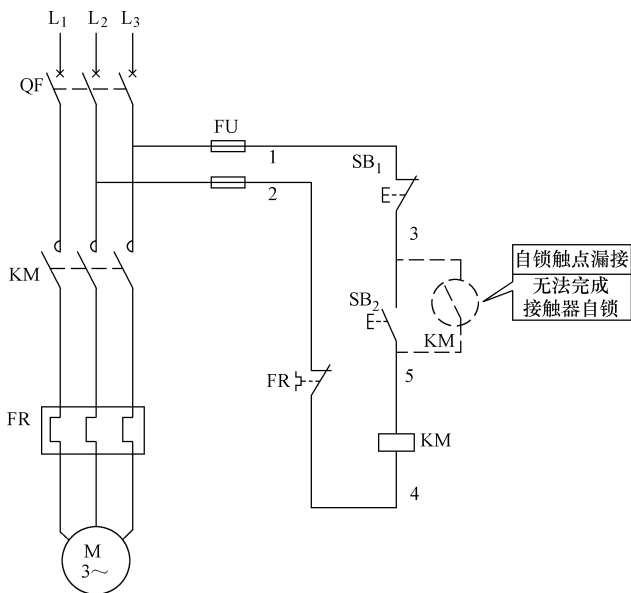


图 3-9 忘记接自锁电路引起的电动机点动运行

五、点动与连续运行控制电路

机床设备在正常工作时，一般需要电动机处在连续运行状态。但在试车或调整刀具与工件的相对位置时，又需要电动机能点动控制，要实现这种功能，则可用如图 3-10 所示的点动与连续运行控制电路。

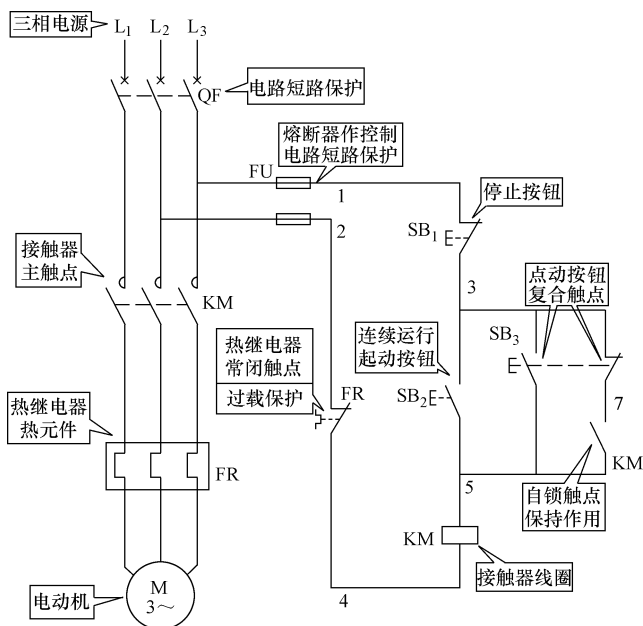


图 3-10 点动与连续运行控制电路

【点动】 按下点动按钮 SB_3 ， SB_3 的常开触点（3—5）闭合，接触器得电吸合，电动机 M 得电起动，但由于 SB_3 的常闭触点（3—7）断开，切断了接触器 KM 的自锁回路，不能完成真正意义上的自锁。松开 SB_3 ，接触器 KM 断电释放，电动机断电停机，所以这时的电动机点动工作。

【连续运行】 按下起动按钮 SB_2 ， SB_2 的常开触点（3—5）闭合，接触器 KM 得电吸合， KM 自锁触点（7—5）闭合， SB_3 常闭触点（3—7）与 KM 自锁触点（7—5）串联形成自锁回路， KM 主

触点闭合，电动机连续运行工作。

如需停机，按下停止按钮 SB_1 ，接触器 KM 断电释放，KM 自锁触点和主触点同时断开，电动机断电停机。

六、两地控制电路

有时，为了操作方便，一台设备（如生产线上）需要在甲、乙两个地点能同时操作，要实现这种操作只需将两个起动按钮的常开触点并联，再将两个停止按钮的常闭触点串接即可，如图 3-11 所示。

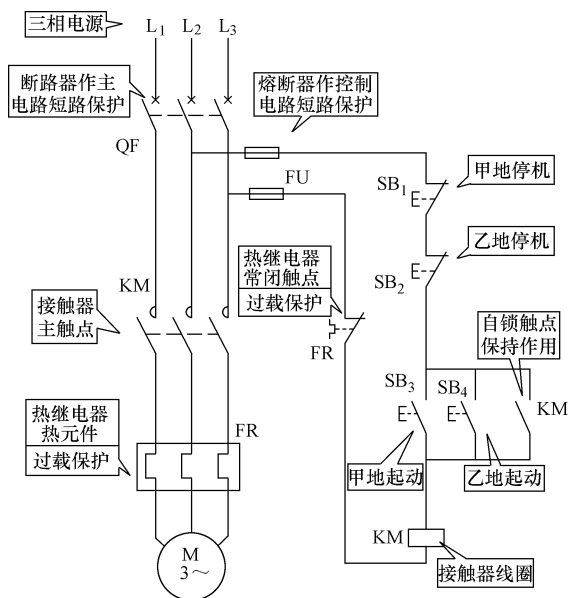


图 3-11 两地控制电路

【起动】 按下甲地起动按钮 SB_3 ，接触器 KM 线圈得电，接触器 KM 主触点和自锁触点同时闭合，电动机得电单向运转。

同理，按下乙地起动按钮 SB_4 ，接触器 KM 线圈得电，KM 主触点和自锁触点同时闭合，电动机得电单向运转。

【停机】 按下甲、乙两地停止按钮 SB_1 或 SB_2 ，都能断开 KM

线圈的控制电路，接触器常开触点都断开，电动机断电停机。

【典型故障分析】

(1) 乙地起动正常，而甲地不能起动

由于乙地起动正常，说明电动机主电路正常，甲、乙控制电路的公共部分也正常，故障在甲地起动按钮 SB_3 或其两端接线，且为开路故障。应进行以下检修：

1) 起动按钮 SB_3 接触不良或两端连线松脱，应更换或紧固两端接线。

2) 起动按钮 SB_3 接线错误，应检查接线情况，使 SB_3 常开触点并联于接触器自锁触点两端。

(2) 乙地停机正常，而甲地不能停机

由于乙地起动正常，说明电动机主电路正常，甲、乙控制电路的公共部分也正常，故障在甲地停止按钮 SB_1 或其两端接线，且为短路故障。应进行以下检修：

1) 停止按钮 SB_1 本身短路或两端连线短路，应更换按钮 SB_1 或断开相碰接线。

2) 停止按钮 SB_1 接线错误，应按图检查接线情况。

第三节 三相交流异步电动机正、反转 运行控制电路

许多生产机械都要求正反两个方向运动，如机床的前进和后退，起重机的上升和下降等，怎样才能改变三相交流异步电动机的转向呢？

一、三相交流异步电动机转向改变的方法

要想改变三相交流异步电动机的运转方向，只需调换主电路上任意两相电源的相序，具体地说就是改变电动机任意两相的接线位置，如图 3-12 所示。可以将 L_1 与 L_3 调换，或将 L_2 与 L_3 调换，当然将 L_1 与 L_2 调换也可以。

实际中，不能手动来回调换电路的接线方法改变电动机的转向。较小容量的电动机可以通过倒顺开关控制；自动控制电路中，常用两只交流接触器交替动作来完成。

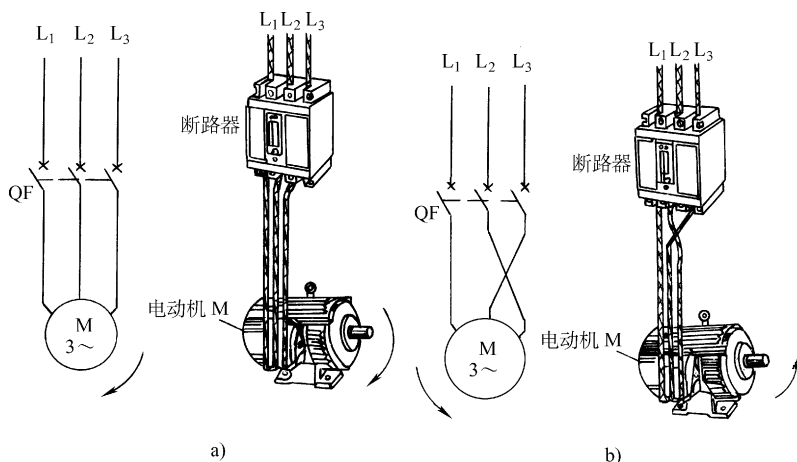


图 3-12 电动机正、反转运行的原理图及接线方法

a) 正转 b) 反转

二、倒顺开关控制的正、反向控制电路

倒顺开关有三个操作位置：“顺”、“停”和“倒”，其外形如图 3-13a 所示，由它控制的正、反向控制电路如图 3-13b 所示。这类电路常用于小容量电动机的正、反向控制，图 3-14 所示的建筑工地搅拌机的转向就是用倒顺开关控制的。

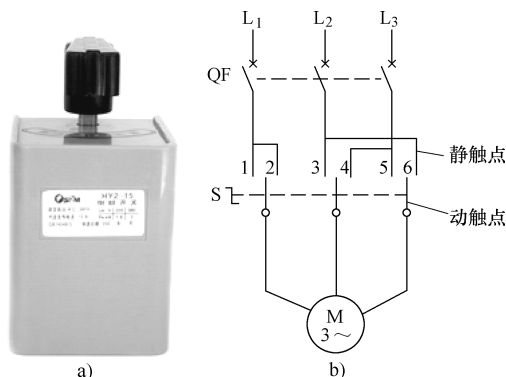


图 3-13 倒顺开关控制的正、反向控制电路

a) 倒顺开关的外形 b) 控制电路

【正向运行】 将开关转到“顺”档，三个动触点分别与 1、3、5 三个静触点接通，这时电动机所接电源的相序为 L_1 、 L_2 、 L_3 ，电动机正转。

【反向运行】 若电动机处于正转，要使它反转，必须先将开关转到“停”位，这时三个动触点与静触点不通，电动机停机；然后将手柄置于“倒”位时，三个动触点分别与 2、4、6 三个静触点接通，电动机所接电源的相序为 L_1 、 L_3 、 L_2 ，电动机反向运转。

若电动机在停位，可直接转向“倒”位，电动机反转。

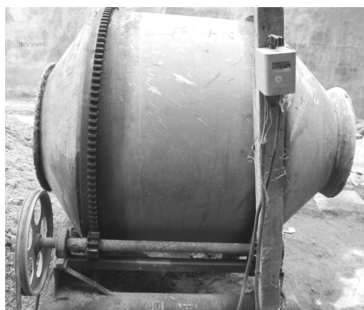


图 3-14 由倒顺开关控制的
建筑工地搅拌机

三、接触器触点互锁的正、反向控制电路

图 3-15 所示为接触器触点互锁的正、反向控制电路原理图，

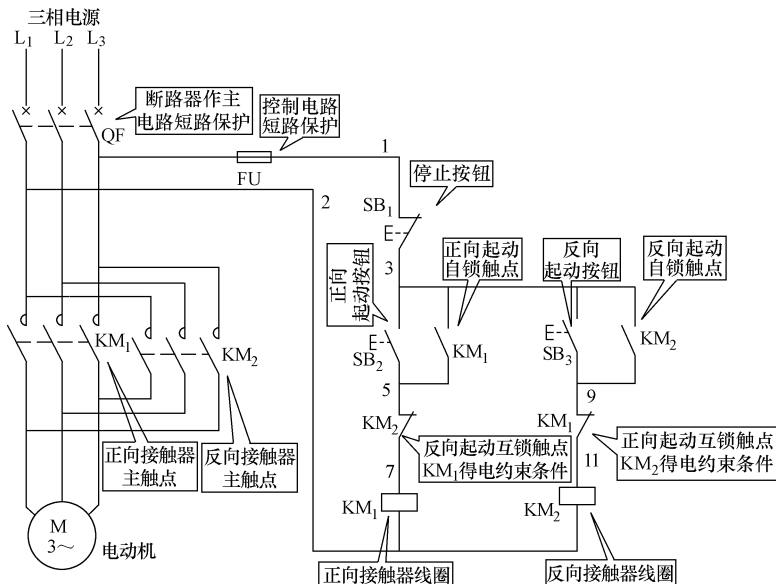


图 3-15 接触器触点互锁的正、反向控制电路

图 3-16 所示为接触器触点互锁的正、反向控制电路接线示意图。电路中，采用了接触器触点互相闭锁，即正向接触器的常闭触点串接于反向接触器的控制电路中。

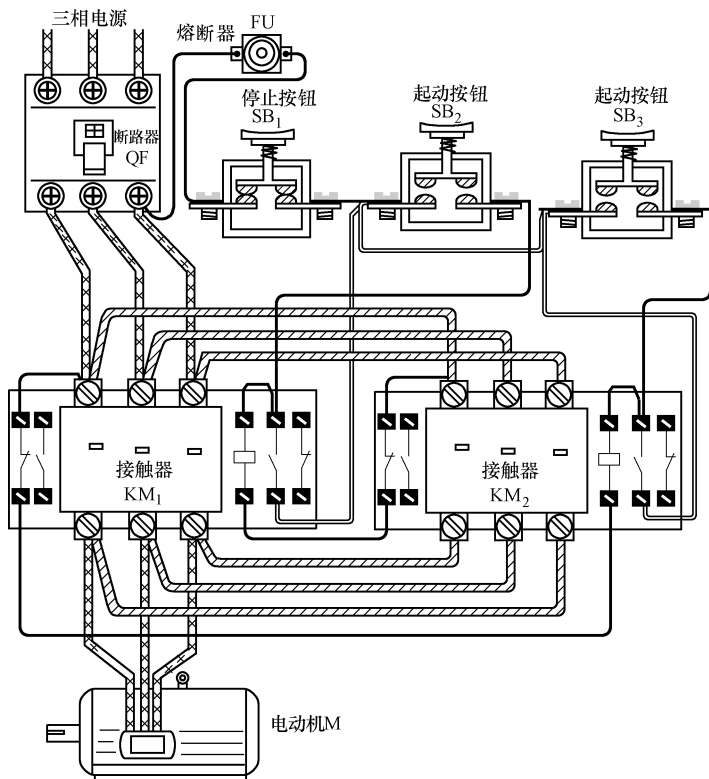


图 3-16 接触器触点互锁的正、反向控制电路接线示意图

【正向起动】 按下起动按钮 SB_2 ， SB_2 的常开触点（3—5）闭合，接触器 KM_1 得电吸合，由于 KM_1 的常闭触点（9—11）先切断了反向接触器 KM_2 的控制电路，所以接触器 KM_2 不可能得电吸合，也就是说 KM_1 常闭触点（9—11）闭锁了反向接触器 KM_2 的得电吸合， KM_1 的这个常开触点（9—11）称为互锁触点，它是 KM_2 线圈得电的约束条件。紧接着 KM_1 自锁触点（3—5）和主触点闭合，电动机正向起动。这时，电动机所接电源的相序为 L_1 、 L_2 、 L_3 。

【停机】 按下停止按钮 SB_1 ，接触器 KM_1 断电释放， KM_1 自锁触点和主触点断开，电动机停机。

【反向起动】 反转起动时，按下起动按钮 SB_3 ，接触器 KM_2 得电吸合， KM_2 自锁触点和主触点闭合，电动机反向起动。这时，电动机所接电源的相序为 L_3 、 L_2 、 L_1 。反向起动时， KM_2 常闭触点切断了正转接触器 KM_1 的控制电路，实现互锁，保证反向运行时正向接触器 KM_1 不吸合。



知识要点

正、反向控制的互锁环节

正、反向控制电路中，如果正、反向接触器同时吸合，将产生强大的短路电流，造成接触器和连接导线的损坏。为了防止两只接触器同时吸合，可利用正向接触器或按钮的触点串于反向接触器的控制电路中，以达到正向接触器起动时，反向接触器不会得电起动，同样，将反向接触器或按钮的触点串于正向接触器的控制电路中，这种正、反向互相闭锁的电路，称为互锁（联锁）电路。互锁是以防止线路短路为目的，限制相序不一致且相互并列的两接触器只允许其中的一只吸合。

四、按钮触点互锁的正、反向控制电路

图 3-17 所示为按钮触点互锁的正、反向控制电路。电路中，正、反向按钮均采用复合按钮（一个常开触点和一个常闭触点），每一个按钮的常开触点用于正向（反向）的起动，而常闭触点串于逆向的控制电路中，以闭锁反向接触器的起动。

【正向起动】

步骤 1：按下正向起动按钮 SB_2 ， SB_2 的常闭触点（9-11）先切断反向接触器 KM_2 的控制电路，闭锁了反向接触器 KM_2 的得电吸合。

步骤 2： SB_2 的常开触点（3-5）闭合，接通正向接触器 KM_1 的控制电路。

步骤 3：正向接触器 KM_1 得电吸合。

步骤 4： KM_1 自锁触点（3-5）和主触点闭合。

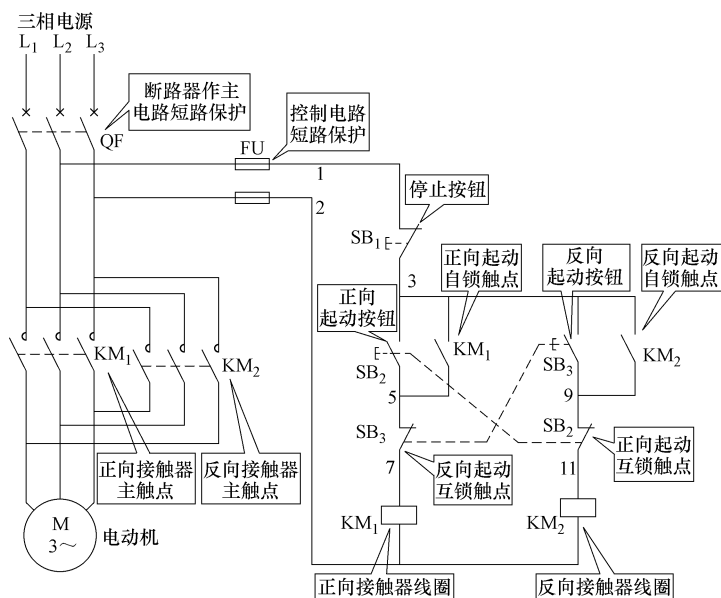


图 3-17 按钮触点互锁的正、反向控制电路

步骤 5: 电动机得电正向起动。这时, 电动机所接电源的相序为 L_1 、 L_2 、 L_3 。

元件动作顺序简式:



【正向转反向】

步骤 1: 按下反向起动按钮 SB_3 , SB_3 的常闭触点 (5-7) 断开, 切断正向接触器 KM_1 的控制电路。

步骤 2: 正向接触器 KM_1 断电释放。

步骤 3: KM_1 自锁触点 (3-5) 和主触点断开。

步骤 4: 电动机断电停机。

步骤 5: SB_3 的常开触点 (3-9) 闭合, 接通反转接触器 KM_2 的

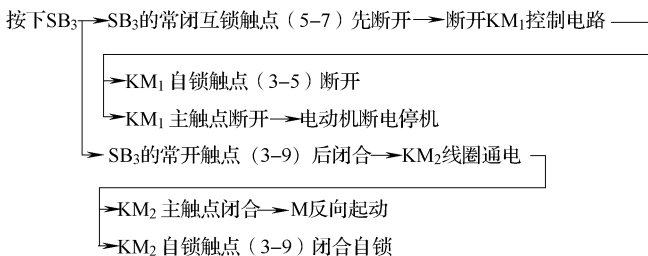
控制电路。

步骤 6：反向接触器 KM_2 得电吸合。

步骤 7： KM_2 自锁触点（3-9）和主触点闭合。

步骤 8：电动机反向起动。这时，电动机所接电源的相序为 L_3 、 L_2 、 L_1 。

元件动作顺序简式：



经上述分析可以看出，这种正、反向转换电路操作比较方便，不需按停止按钮，直接按反向起动按钮即可。

【停机】 无论正向运行还是反向运行，按下停止按钮 SB_1 ，接触器都会断电释放，电动机停机。

【两起动按钮同时按下电动机不起动的解说】 如果正、反向起动按钮同时按下， SB_2 的常闭触点（9—11）切断接触器 KM_2 的控制电路，与此同时， SB_3 的常闭触点（5—7）也切断接触器了 KM_1 的控制电路，两接触器都因控制电路被切断而不能吸合，电动机不会起动。

五、按钮和接触器触点双重互锁的正、反向控制电路

如图 3-18 所示为按钮和接触器触点双重互锁的正、反向控制电路。电路中，采用了按钮触点互锁和接触器触点互锁两种互锁方式，操作方便、安全性更高。

【正向起动】 正向起动时，按下正向起动按钮 SB_2 ， SB_2 的常闭互锁触点（11—13）先断开（互锁条件之一），切断了反向接触器 KM_2 的控制电路； SB_2 的常开触点（3—5）后闭合，又接通了正向接触器 KM_1 的控制电路，接触器 KM_1 得电吸合， KM_1 常闭触点（13—15）断开（互锁条件之二），进一步闭锁了接触器 KM_2 的得

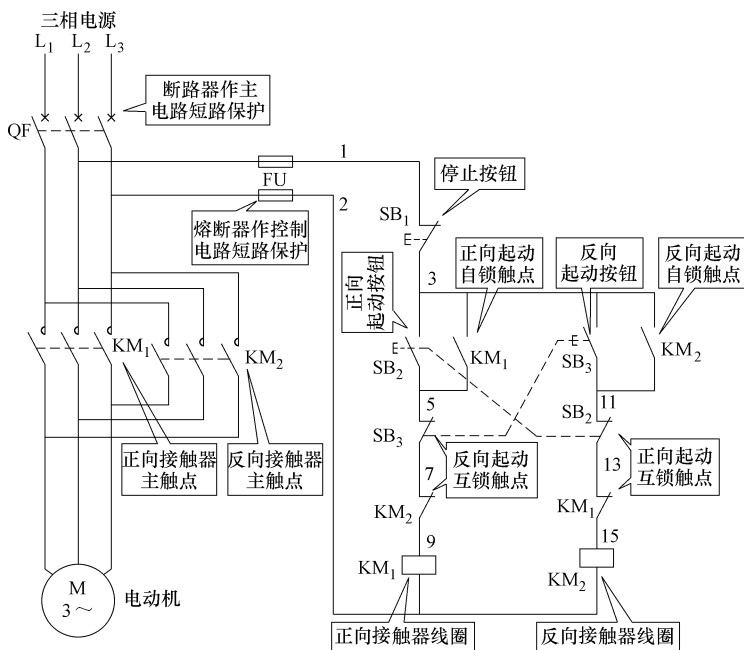


图 3-18 按钮和接触器触点双重互锁的正、反向控制电路

电吸合，紧接着 KM_1 自锁触点（3—5）和主触点闭合，电动机正向起动运转。

【停机】 按下停止按钮 SB_1 ，接触器 KM_1 断电释放， KM_1 各触点复位，电动机停机。

【反向起动】 停机后的反转起动与正向起动一样，请读者自己分析。

【正向直接转换到反向】 如果需要正向直接转换反向，可按反向起动按钮 SB_3 ， SB_3 的常闭触点（5—7）先断开（互锁条件之一），切断了正向接触器 KM_1 的控制电路，正向接触器 KM_1 断电释放， KM_1 各触点复位，为反向起动创造了条件； SB_3 的常开触点（3—11）后闭合，接通了反向接触器 KM_2 的控制电路，接触器 KM_2 得电吸合， KM_2 互锁触点（7—9）断开（互锁条件之二）， KM_2 自锁触点（3—11）和主触点闭合，电动机反向起动运转。

六、自动往返控制电路

为了准确停车，防止工作机械越位，要在设备的终端位置装设极限位置开关，使电动机到达规定位置时自动停机或自动返回。图 3-19 所示为自动往返控制电路，该电路利用行程开关的限位作用，使生产设备每次启动后自动往返，因此这是一种自动循环控制电路。

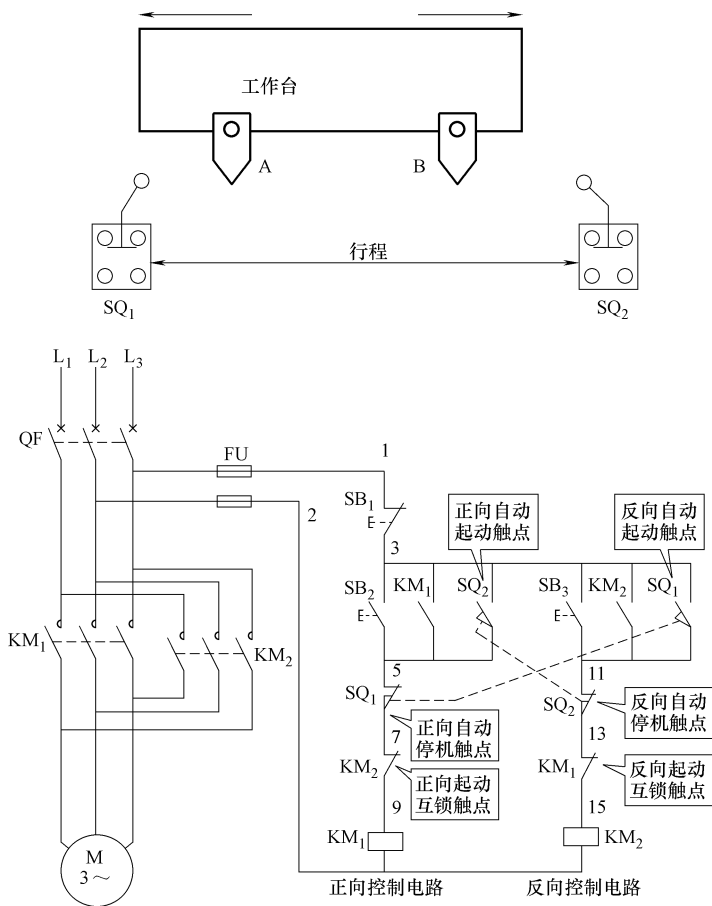
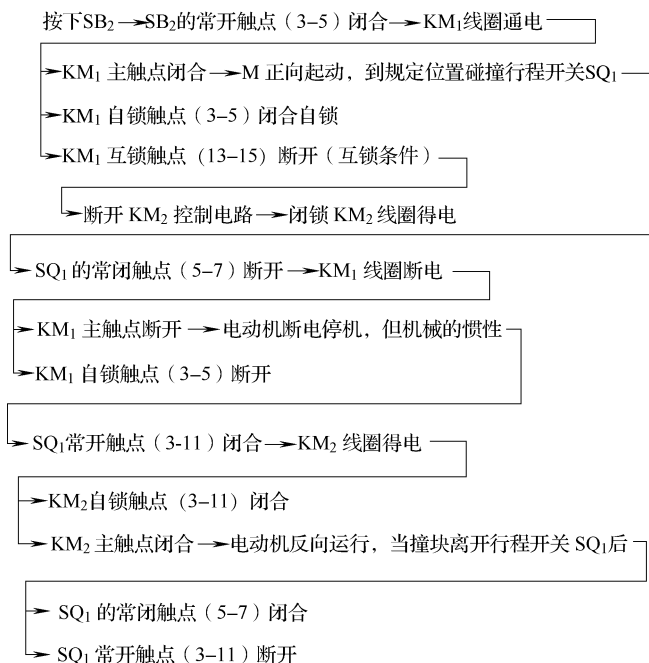


图 3-19 自动往返控制电路

【工作原理】 按下正向启动按钮 SB_2 ， SB_2 常开触点（3—5）

闭合, 接通 KM_1 控制电路, 接触器 KM_1 得电吸合, KM_1 自锁触点 (3—5) 和主触点同时闭合, 电动机正向起动, 由运动的机械带动撞块正向移动。当设备行至左侧预定位置时, 碰撞到行程开关 SQ_1 , 使 SQ_1 的常闭触点 (5—7) 断开, 从而切断正向控制回路, 使接触器 KM_1 断电释放, KM_1 各触点复位, 电动机断电停机。机械传动的惯性会使 SQ_1 常开触点 (3—11) 闭合, 接触器 KM_2 得电吸合, KM_2 自锁触点 (3—11) 和主触点闭合, 电动机反向运行。当撞块离开行程开关 SQ_1 时, SQ_1 复位, 即 SQ_1 的常闭触点 (5—7) 闭合, SQ_1 常开触点 (3—11) 断开, 为下次正向起动做好准备。

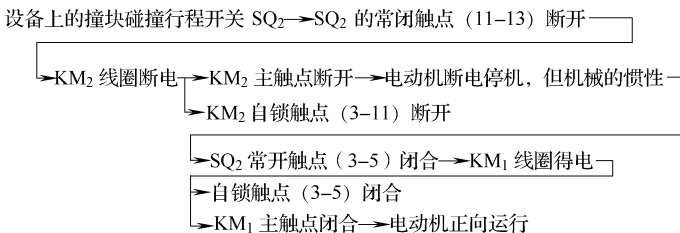
元件动作简式:



电动机带动生产设备及设备上的撞块一起反向行至预定位置时, 撞块碰撞行程开关 SQ_2 , 使 SQ_2 的常闭触点 (11—13) 断开, 从而切断反向控制回路, 接触器 KM_2 断电释放, KM_2 自锁触点 (3—11) 和主触点断开, 电动机断电停机, 随后 SQ_2 常开触点 (3—5) 瞬时闭合, 使正向接触器 KM_1 得电吸合, KM_1 自锁触点 (3—5) 和主触点同时闭合,

电动机又开始正向起动，这样便实现了自动往返循环运行。

元件动作简式：



如需停机，按下停止按钮 SB_1 即可。

第四节 三相交流异步电动机顺序起停控制电路

一、同时起停控制电路

有时，要求两台或多台电动机互相配合工作，这就要求两台电动机同时起动、同时停机，否则设备就不能正常工作。怎样实现顺序起停呢？

实现这种方法是将接触器的自锁触点串联，并将两过载保护的常闭触点串联，如图 3-20 所示。

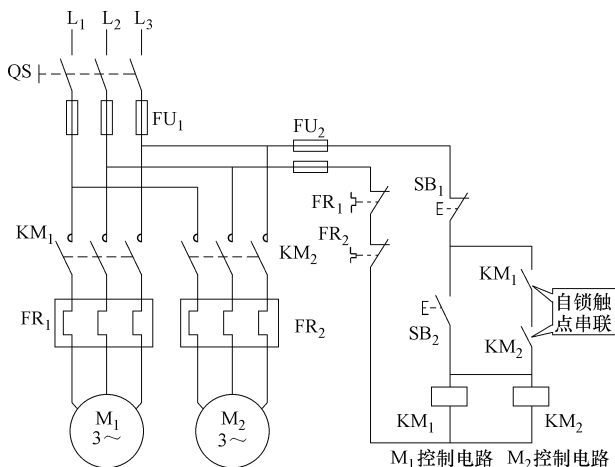


图 3-20 电动机同时起停控制电路

【起动过程】 合上低压刀开关 QS，按下起动按钮 SB_2 ，接触器 KM_1 、 KM_2 线圈同时得电， KM_1 、 KM_2 自锁触点同时闭合自锁， KM_1 、 KM_2 主触点闭合，电动机 M_1 、 M_2 得电同时起动。

当任一电动机的接触器不吸合时，由于不能完成自锁，另一台电动机的接触器也不能自锁，两台电动机都不能起动。例如，接触器 KM_2 由于某种原因不能得电吸合时， KM_2 自锁触点不闭合，接触器 KM_1 和 KM_2 的自锁电路不能构成闭合回路，电动机 M_1 、 M_2 都不能起动。

当任一电动机过载时，热继电器常闭触点断开，将接触器 KM_1 、 KM_2 的控制电路都切断，电动机 M_1 、 M_2 同时断电停机。

二、先后起动控制电路

图 3-21 所示为电动机先后起动控制电路。

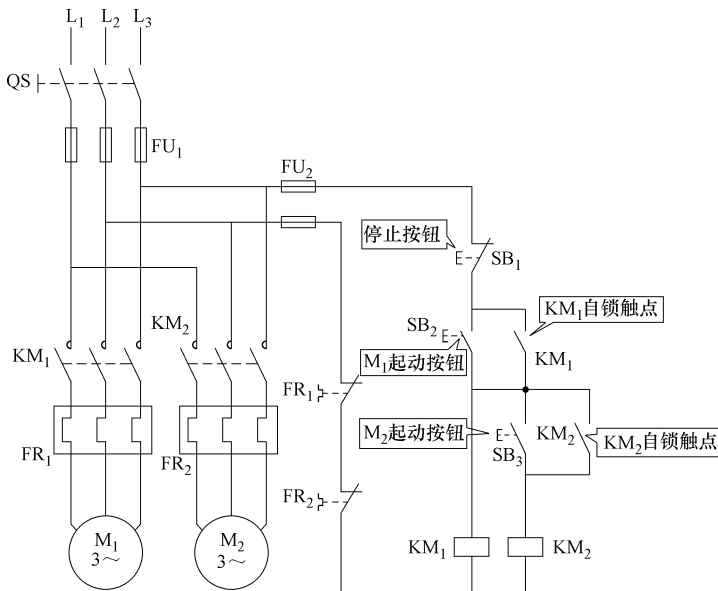


图 3-21 电动机先后起动控制电路

【起动过程】 按下起动按钮 SB_2 ，使接触器 KM_1 吸合， KM_1 主触点闭合，电动机 M_1 得电起动，同时 KM_1 自锁触点闭合，一方

面使接触器 KM_1 保持吸合状态（自锁），另一方面为接触器 KM_2 的得电吸合创造条件。这时按下起动按钮 SB_3 ，接触器 KM_2 得电吸合， M_2 才能起动。

【先后起动解说】 电路中，电动机 M_2 的起动按钮 SB_3 接在 KM_1 自锁触点的下侧，在 KM_1 吸合前， KM_1 自锁触点处于断开状态，即使按下起动按钮 SB_3 ，接触器 KM_2 也不会吸合，从而保证 M_1 起动后，电动机 M_2 才能起动。

三、两台电动机顺序起停控制电路

有时，需要主电动机 M_1 起动后，辅助电动机 M_2 才能起动；主电动机 M_1 停机后，辅助电动机 M_2 才能停机，即两台电动机顺序起停。要实现上述功能，可按如图 3-22 所示的电路接线，即将接触器 KM_1 的常开触点串于接触器 KM_2 的控制电路中，将 KM_1 的常开触点并联在停止按钮 SB_3 的两端。

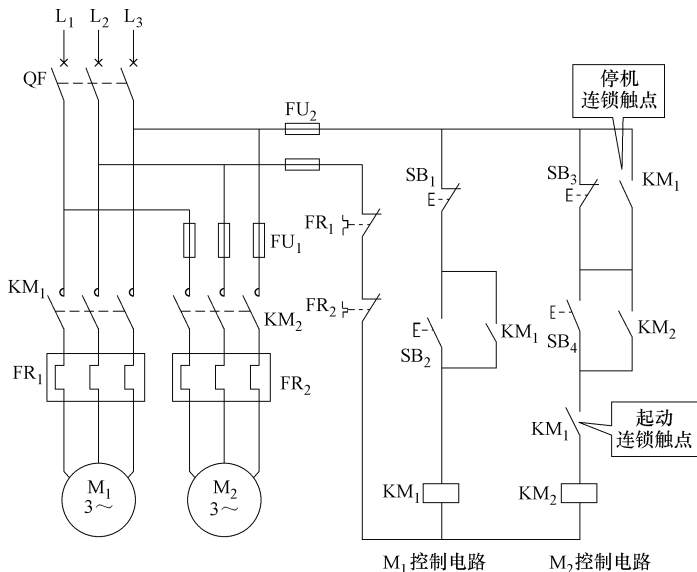


图 3-22 两台电动机顺序起停电路

【起动过程】 合上低压断路器 QF ，按下起动按钮 SB_2 ，使接触器 KM_1 吸合，其自锁触点和主触点闭合，电动机 M_1 得电起动，

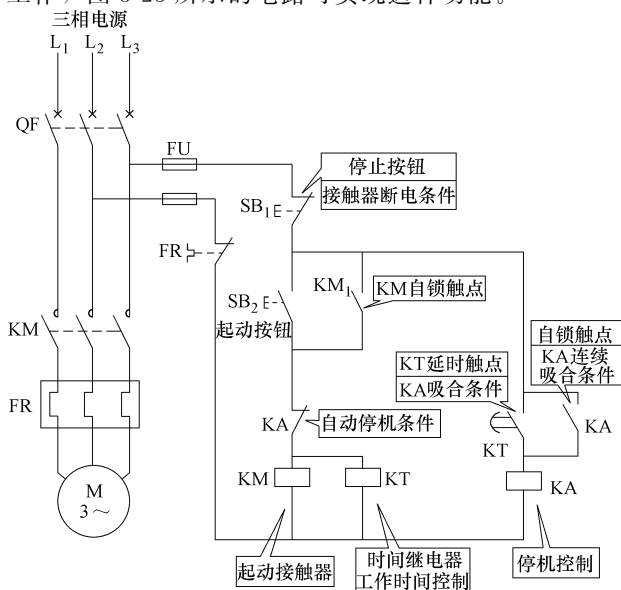
同时与 KM_2 线圈串联的 KM_1 连锁触点闭合，为辅助电动机的起动创造了条件，然后再按下起动按钮 SB_4 ，接触器 KM_2 才能得电吸合， M_2 才能起动。

【顺序起停解说】 在接触器 KM_1 断电释放前, 按下停止按钮 SB_3 , 由于在 SB_3 的常闭触点两端并联了 KM_1 的常开触点, KM_2 线圈可以通过与 SB_3 并联的这个 KM_1 常开触点 (停机连锁触点) 得电, 所以接触器 KM_2 仍然吸合, 电动机 M_2 仍然运行。所以停车时, 先按下停止按钮 SB_1 , 使 KM_1 断电释放, M_1 停机后, 再按下停止按钮 SB_3 , 电动机 M_2 才会停机。

第五节 三相交流异步电动机自动控制及保护电路

一、短时工作控制电路

有时,要求电动机起动一段时间后自动停下来,即电动机只允许短时工作,图 3-23 所示的电路可实现这种功能。



【起动原理】 按下起动按钮 SB_2 后, SB_2 常开触点闭合, 接触器 KM 线圈得电吸合, KM 自锁触点和主触点闭合, 电动机 M 起动, 同时时间继电器 KT 线圈得电。

经过一段时间后, KT 延时常开触点闭合, 中间继电器 KA 得电吸合并自锁, KA 常闭触点断开, 接触器 KM 和时间继电器 KT 断电, KM 主触点断开, 电动机 M 自动停机。

二、开机延时间歇循环控制电路

有些生产机械, 开机前需延时一段时间, 然后再进入间歇运行, 其控制电路如图 3-24 所示。

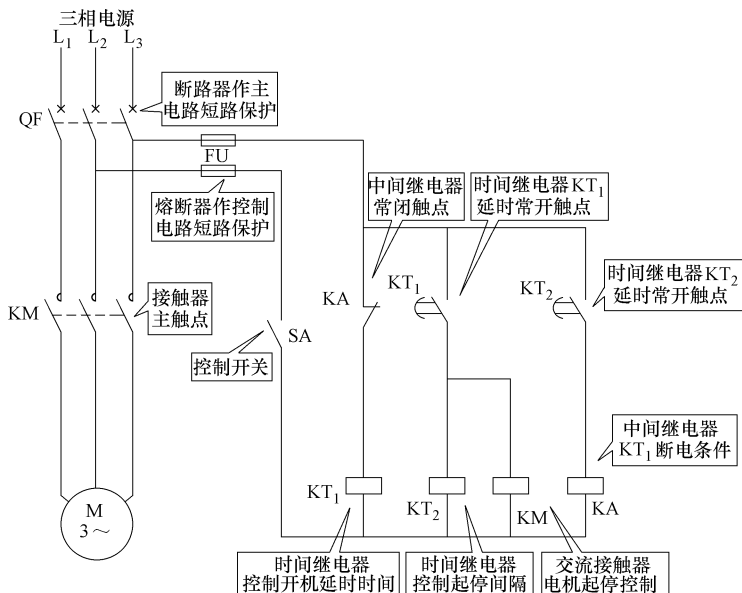


图 3-24 开机延时间歇循环控制电路

【开机前的延时】 合上断路器 QF 和控制电路开关 SA, 时间继电器 KT_1 得电计时, 此时电动机 M 并不立即起动。

【起动】 经过 KT_1 的延时时间后, KT_1 常开触点闭合, 使接触器 KM 和时间继电器 KT_2 线圈得电, KM 主触点闭合, 电动机 M 得电开始起动。

【停机】 经过 KT_2 的延时时间后， KT_2 常开触点闭合，中间继电器 KA 线圈得电，KA 常闭触点断开，使 KT_1 、 KT_2 、KM、KA 线圈断电，KM 主触点断开，电动机 M 断电停机。同时 KA 常开触点闭合，时间继电器 KT_1 得电开始延时。

【重新启动】 再经过 KT_1 的延时时间后， KT_1 常开触点闭合，使 KM、 KT_2 线圈又重新得电，电动机 M 又开始启动，从而实现间歇循环运行。

三、启动前发出报警信号的控制电路

有些大型设备，移动的范围很大，为了保证安全，电动机启动前需提醒周围人员注意，图 3-25 所示的电路可实现这种功能。

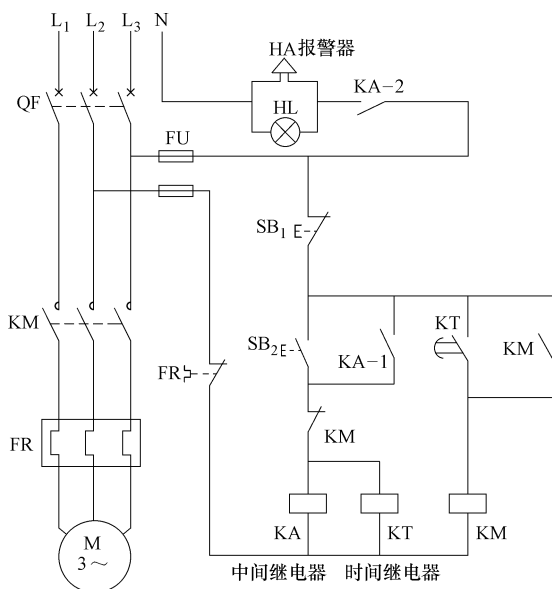


图 3-25 启动前发出报警信号的控制电路

【工作原理】 按下启动按钮 SB_2 ，中间继电器 KA 线圈和时间继电器 KT 线圈得电，其自锁触点 KA-1 吸合并自锁，同时 KA 另一常开触点 KA-2 闭合，报警器 HA 报警，信号灯 HL 点亮，发出开车信号，提醒周围人员尽快离开。

经过一段的时间后,KT 常开触点闭合,KM 线圈得电,KM 自锁触点闭合自锁,KM 主触点闭合,电动机起动。同时与 KA 和 KT 线圈串联的 KM 常闭触点断开,使 KA 和 KT 线圈断电,KA-2 常开触点断开,声光报警器停止报警。

四、自动快速再起动控制电路

对于有些需要连续运行的生产机械,短时停电后要求电动机能够自动快速再起动,实现这一功能的电路如图 3-26 所示。

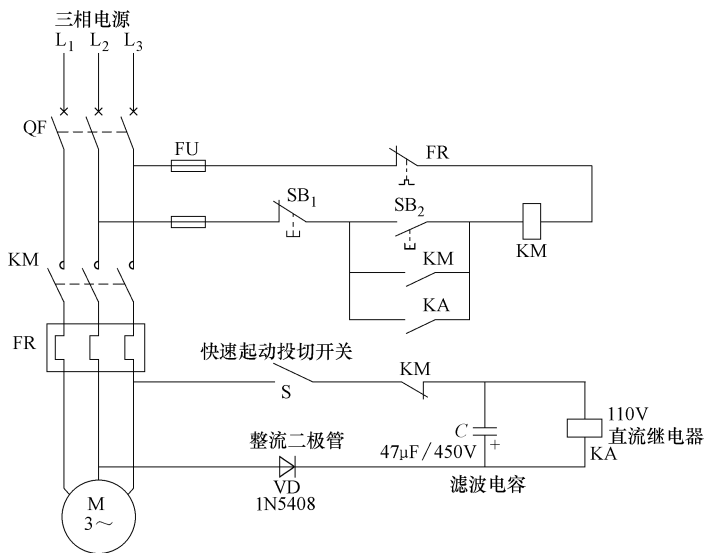


图 3-26 自动快速再起动控制电路

【起动过程】 合上开关 QS 和 S,按下起动按钮 SB₂,接触器 KM 得电吸合,KM 自锁触点和主触点同时闭合,电动机起动运行。此时与 KA 线圈串联的 KM 常闭触点断开,直流继电器 KA 因控制电路断开不工作。

【自动快速再起动过程解说】 当瞬时停电时,交流接触器 KM 断电释放,KM 主触点断开,电动机 M 断电后惯性运转,与此同时,KM 常闭触点恢复闭合,这时电动机所产生的自感电动势通过二极管 VD 使继电器 KA 得电吸合,KA 常开触点闭合,如果在

触点 KA 未断开前恢复供电, 接触器 KM 线圈可以重新得电吸合并自锁, 使电动机快速再起动。

停机时, 断开开关 S, 将快速起动电路解除, 再按停止按钮 SB₁ 即可。

五、断相保护控制电路

通常电动机控制电路的电源从两相主电路引出, 这样当另外一相断线时, 接触器仍然吸合, 电动机处于断相运行状态。图 3-27 所示为两种简易断相保护电路。它们都是在基本电路上加一只中间继电器, 但其特点不同。

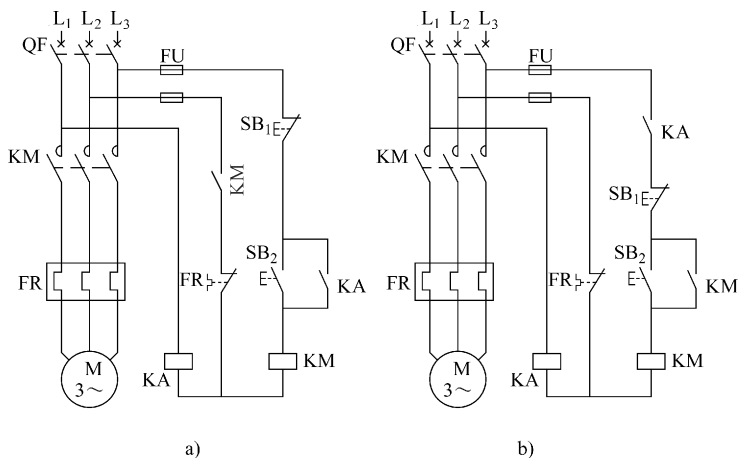


图 3-27 断相保护控制电路

图 3-27a 所示的控制电路, 按下起动按钮 SB₂, 交流接触器 KM 得电吸合, KM 主触点闭合, 电动机得电起动。同时 KM 常开触点闭合, 中间继电器 KA 得电吸合, KA 常开触点闭合, 使接触器 KM 维持吸合状态, 电动机连续运行。若起动时 L₁ 断相, 则中间继电器 KA 不能得电吸合, KA 常开触点不能闭合, 电动机不能连续运行, 但此电路的缺点是, L₁ 断相时, 按下起动按钮 SB₂, 接触器 KM 仍能吸合, 电动机可以瞬间起动。

电动机运行过程中, 当任一相电源断线时, 接触器或中间继电器

器线圈无电压或电压很低,接触器 KM 不能维持吸合状态,从而保证了三相电源都有电时,电动机才能起动。

图 3-27b 所示的控制电路是在图 3-27a 所示的控制电路改进而成。若任一相断相,则接触器或中间继电器就不会吸合,电动机就不能起动,它克服了图 3-27a 所示电路中 L_1 缺相可以瞬间起动的缺点。

上述两种断相保护电路,都可以防止电源侧断相引起的电动机缺相运行,但不能对负载侧的断相起保护作用;同时在电动机轻载状态下,若电源断相,其余两相电源通过电动机绕组回到中间继电器线圈上,可能使中间继电器和接触器保持吸合,电动机仍能运行。所以这种断相电路只适用于电动机的重载运行。

六、只允许电动机正向运行控制电路

图 3-28 所示为一种只允许电动机正向运行电路。适用于只允许电动机按正向运转的生产设备。

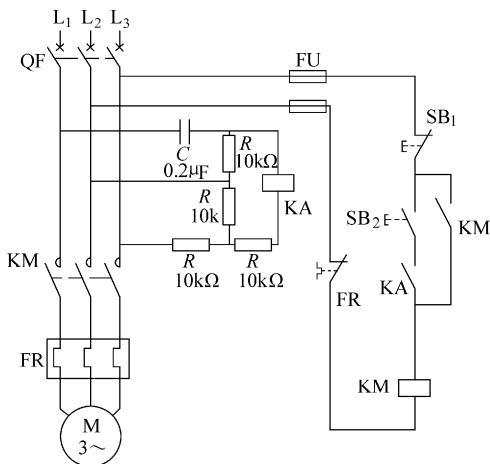


图 3-28 只允许电动机正向运行控制电路

【工作原理】 电路用几只电阻器和中间继电器 KA 作相序辨别电路。当电源为正相序时,调整电阻 R 的阻值,使中间继电器 KA 得电吸合,电动机可以正常起动;当电源接反时,KA 不吸合,

KA 常开触点断开, 切断了接触器 KM 的控制电路, 闭锁接触器得电, 从而防止了电动机反向起动。

第六节 三相交流异步电动机减压起动控制电路

一、减压起动方法

前面几节介绍的电路, 无论是正反转控制, 还是自动控制, 都是采用的全压直接起动。对于较大容量的笼型异步电动机, 或因电源容量限制, 不能满足直接起动时, 常采用定子绕组串对称电阻或电抗降压、Y/ Δ 降压、自耦变压器降压等减压起动方法, 使起动电流限制到允许的数值。

1) 串电阻起动方法, 起动电流较大, 而起动转矩较小, 且损耗较大, 电阻温升高, 一般较少使用; 串联电抗起动, 通常用于大容量电动机及同步电动机上。

2) Y/ Δ 减压起动方法, 起动电流和起动转矩小, 仅为全压起动的 $1/3$, 且能频繁起动, 适用于有 6 个接线端, 正常运行时为“ Δ ”联结的中小型笼形电动机。

3) 自耦变压器减压起动方法, 起动电流较小, 起动转矩较大, 但自耦变压器的体积较大, 价格较贵, 且不能频繁起动。这种起动方法应用较多, 主要用于中载或重载笼型电动机的起动。

二、串电抗减压起动自动控制电路

图 3-29 所示为串电抗减压起动自动控制电路, 此电路在运行时只有运行接触器 KM_2 工作, 起动接触器 KM_1 和时间继电器 KT 均释放, 这样可延长它们的寿命。

【串电抗器起动】 按下起动按钮 SB_2 , SB_2 的常开触点 (3—5) 闭合, 接触器 KM_1 得电吸合, KM_1 主触点闭合, 电动机串联电抗器 L 起动。同时 KM_1 常开触点 (5—9) 闭合, 时间继电器 KT 得电, KT 瞬动触点 (3—5) 立即闭合, 使接触器 KM_1 和时间继电器 KT 保持吸合状态, 电动机保持得电起动状态。

【起动转全压运行】 经过一段时间后, KT 延时触点

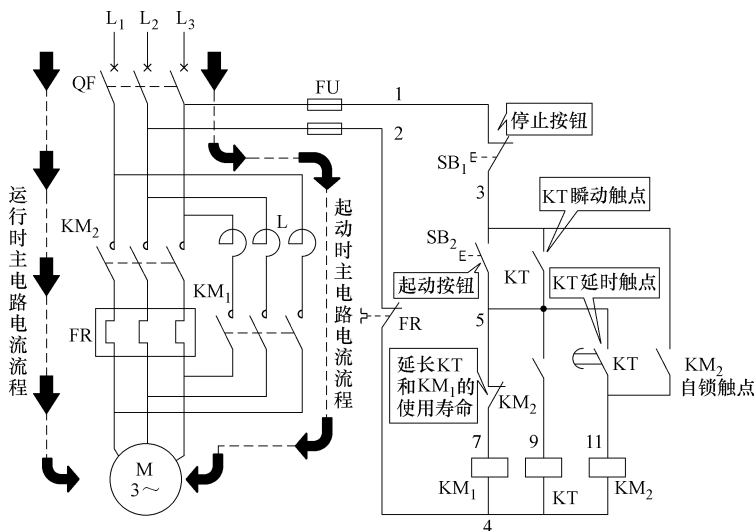


图 3-29 串电抗减压起动自动控制电路

(5—11) 闭合，接触器 KM_2 得电吸合， KM_2 自锁触点 (3—11) 和 KM_2 主触点同时闭合，将起动电抗器 L 短接切除，电动机进入全压运行，与此同时， KM_2 常闭触点 (5—7) 断开，接触器 KM_1 断电释放， KM_1 常开触点 (5—9) 断开，时间继电器 KT 断电，使接触器 KM_1 和时间继电器 KT 只作短时工作，这样可延长时间继电器的寿命。

三、半自动Y/△减压起动控制电路

图 3-30 所示为Y/△定子绕组的接法。图 3-31 所示为半自动Y/△减压起动控制电路。该电路通过按钮开关和接触器控制电动机的起动过程，起动时按下起动按钮 SB_2 ，运行时按下 SB_3 。

【Y起动】

步骤 1：按下起动按钮 SB_2 ， SB_2 的常开触点 (3—5) 闭合，为接触器 KM_1 、 KM_2 提供了电流回路。

步骤 2：接触器 KM_1 、 KM_2 得电吸合并自锁， KM_1 、 KM_2 主触点闭合，电动机三相绕组接成Y联结减压起动。同时 KM_2 互锁触点

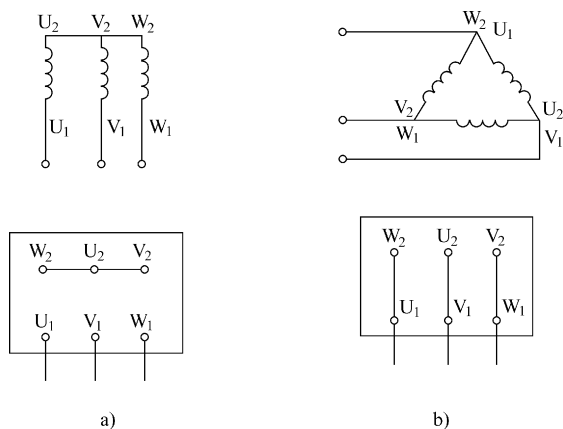


图 3-30 Y/△定子绕组的接法

a) Y联结 b) △联结

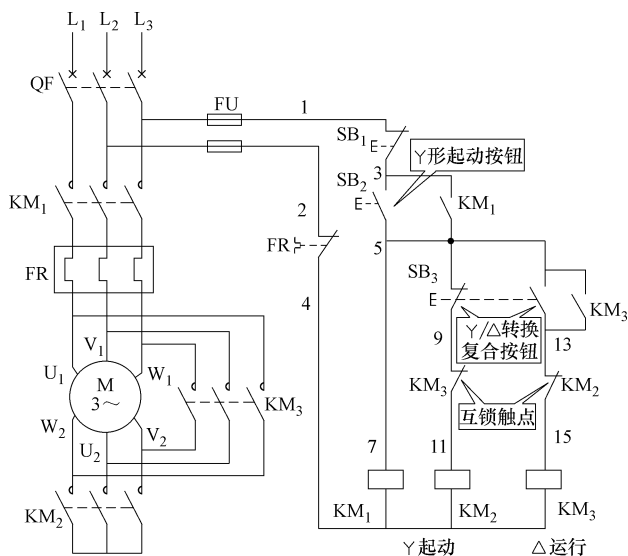


图 3-31 半自动Y/△减压起动控制电路

(13—15) 断开，切断了接触器 KM_3 的线圈电路，保证接触器 KM_2 吸合时，接触器 KM_3 不会得电吸合。

【Y/Δ转换】

步骤1：待电动机转速上升到一定值时，按下按钮 SB_3 ， SB_3 常闭触点（5—9）断开，接触器 KM_2 断电释放，解除了电动机的Y联结，起动过程结束。 KM_2 互锁触点（13—15）复位，为电动机Δ联结运行做好准备。

步骤2：紧接着 SB_3 常开触点（5—13）闭合，接触器 KM_3 得电吸合，电动机三相绕组Δ联结，电动机转为Δ联结全压运行。

实际应用时，如果电动机长期在轻载下运行，可以不切换成Δ联结运行，以节约电能。

四、手动、自动控制电动机串自耦变压器减压起动控制电路

图 3-32 所示为手动、自动控制电动机串自耦变压器减压起动控制电路。

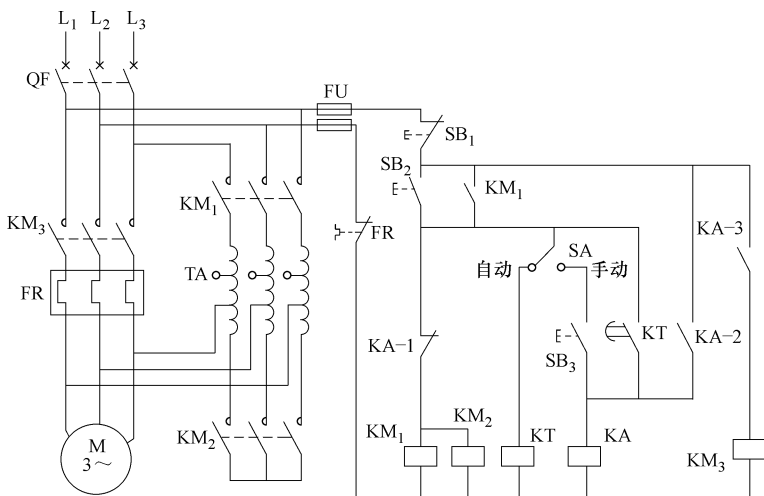


图 3-32 手动、自动控制电动机串自耦变压器减压起动电路

【手动控制】 将开关 SA 置于“手动”位置，按下起动按钮 SB_2 ，接触器 KM_1 和 KM_2 同时得电吸合，电动机经自耦变压器 TA 减压起动。当电动机的转速达到一定值时，按下运行按钮 SB_3 ，中间继电器 KA 得电吸合并通过 KA-2 触点闭合自锁，KA-1 常闭触点

断开, 接触器 KM_1 、 KM_2 断电释放; 与此同时另一常开触点 $KA-3$ 闭合, 接通接触器 KM_3 线圈电路, 使接触器 KM_3 得电吸合, KM_3 主触点闭合, 电动机全压运行。

【元件动作顺序简式】

按下 $SB_2 \rightarrow KM_1$ 、 KM_2 线圈通电 $\rightarrow$ KM_1 、 KM_2 主触点闭合 $\rightarrow$ 电动机经 TA 减压起动
 $\rightarrow KM_1$ 常开触点闭合, 自锁

按下 $SB_3 \rightarrow KA$ 得电吸合 $\rightarrow KA-2$ 常开触点闭合, 实现自锁

$\rightarrow KA-1$ 常闭触点断开 $\rightarrow$ 接触器 KM_1 、 KM_2 释放, 自耦变压器断电

$\rightarrow KM-3$ 常开触点闭合 $\rightarrow KM_3$ 线圈通电 $\rightarrow KM_3$ 主触点闭合 $\rightarrow$ 电动机全压运行

【自动控制】 自动起动时, 将开关 SA 转到“自动”位置, 按下起动按钮 SB_2 , 接触器 KM_1 和 KM_2 同时得电吸合, 电源经三相自耦变压器到达三相定子绕组, 电动机减压起动。同时时间继电器 KT 也得电吸合, 经过一段时间的延时后, KT 常开触点闭合, 中间继电器 KA 得电吸合并自锁, $KA-1$ 常闭触点断开, 接触器 KM_1 、 KM_2 断电释放; 与此同时另一常开触点 $KA-3$ 闭合, 接通接触器 KM_3 线圈电路, 使接触器 KM_3 得电吸合, KM_3 主触点闭合, 电动机全压运行。

【元件动作顺序简式】

按下 $SB_2 \rightarrow KM_1$ 、 KM_2 线圈通电 $\rightarrow KM_1$ 、 KM_2 主触点闭合 $\rightarrow$ 电动机经自耦变压器 TA 减压起动
 $\rightarrow KM_1$ 常开触点闭合, 自锁

$\rightarrow KT$ 线圈得电 $\rightarrow KT$ 常开触点延时闭合 $\rightarrow KA$ 得电吸合

$\rightarrow KA-2$ 常开触点闭合, 实现自锁

$\rightarrow KA-1$ 常闭触点断开 $\rightarrow$ 接触器 KM_1 、 KM_2 释放, 自耦变压器断电

$\rightarrow KA-3$ 常开触点闭合 $\rightarrow KM_3$ 线圈通电 $\rightarrow KM_3$ 主触点闭合 $\rightarrow$ 电动机全压运行

五、三相绕线转子异步电动机减压起动控制电路

绕线转子异步电动机, 在轻载或偶尔重载起动时, 一般串接频敏变阻器起动, 其功率范围在几瓦至几千瓦。

频敏变阻器的铁心由几片或十几片较厚的铁板或钢板叠成, 三个铁心柱上绕着接成星形联结的三个绕组, 每相绕组有三个抽头, 即 71% 匝数、85% 匝数、100% 匝数, 使用时可根据起动电流和起

动转矩的不同要求来调节。

如图 3-33 所示为绕线转子异步电动机串频敏变阻器起动电路。接线时，电动机转子绕组三个首端经三个集电环、三根导线和频敏变阻器 PB 三个线圈的首端连接。这种起动方法适用于较大容量的绕线转子异步电动机的起动。

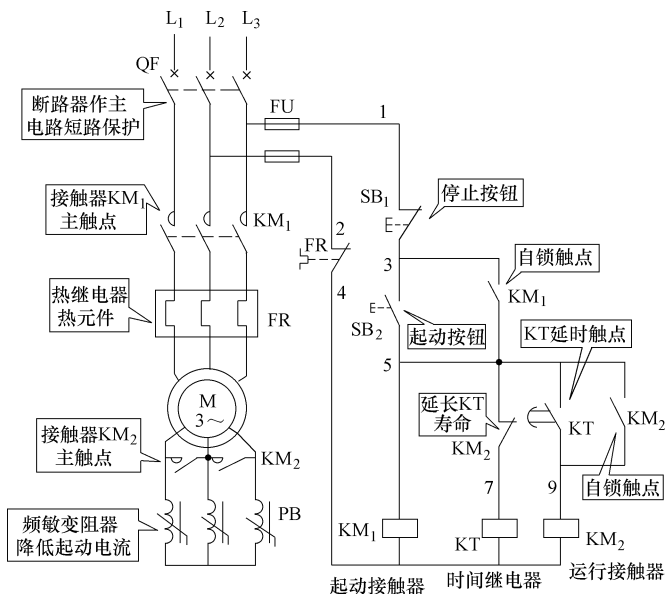


图 3-33 绕线转子异步电动机串频敏变阻器起动电路

【起动】

步骤 1：按下起动按钮 SB_2 ， SB_2 常开触点（3—5）闭合，接触器 KM_1 线圈得电，与此同时，时间继电器 KT 线圈得电。

步骤 2： KM_1 自锁触点和主触点同时闭合。

步骤 3：电动机定子绕组通电，转子绕组串频敏变阻器 PB 起动，起动之初，频敏变阻器的电抗较大，随着电动机转速的上升，频敏变阻器的电抗值和铁心涡流损耗的等效电阻值自动下降，相当于转子回路自动变阻，使电动机平稳快速起动。

步骤 4：经过一段时间的延时后， KT 常开触点闭合，接触器 KM_2 线圈得电。

步骤 5: KM_2 自锁触点和主触点闭合, 将频敏电阻器 PB 短接切除, 电动机进入正常运行状态。同时, 与时间继电器 KT 相串连的 KM_2 常闭触点断开, 切断 KT 线圈回路, 时间继电器脱离电源。



第七节 三相交流异步电动机的调速方法与调速控制电路

一、调速方法

三相交流异步电动机的转速公式为

$$n = n_0 (1 - s) = \frac{60 f_1}{p} (1 - s)$$

式中 n_0 ——异步电动机的旋转磁场的转速 (又称同步转速);

f_1 ——供电电源的频率;

p ——定子绕组的极对数;

s ——电动机的转差率。

由上式可知, 三相交流异步电动机的电动机调速有三种方法, 具体见表 3-2。

表 3-2 三相交流异步电动机的调速方法

调 速 方 法	解 说
变极调速	变极调速是改变定子绕组的极对数 p, 通常采用改变定子绕组的连接, 使定子绕组的极对数成倍地变化, 同步转速也成倍地变化 变极调速的电动机一般为笼型转子, 因为笼型转子的极对数随定子极对数而变。变极调速的电动机称为多速电动机, 采用一套定子绕组可制成双速电动机, 采用两套定子绕组可制成三速或四速电动机

(续)

调速方法	解 说
变频调速	变频调速需要可靠的变频电源，变频电源有两种类型：一种是由直流电动机和交流发电机组成的变频机组，通过调节直流电动机的转速，就可以改变交流发电机输出电压的大小和频率；另一种是应用晶闸管组成的变频装置，随着电子技术的发展，晶闸管变频装置的可靠性也越来越高
变转差率 s 调速	这种调速不改变旋转磁场的转速，改变转差率来实现调速。如绕线转子电动机转子回路串电阻调速，改变定子电压调速，串级调速，转差电机调速等，这些调速方法除串级调速外，在调速过程中产生大量的转差功率，消耗在转子回路，调速的经济性较差

二、单绕组双速电动机 $\Delta/2Y$ 联结调速控制电路

图 3-34 所示为单绕组双速电动机 $\Delta/2Y$ 联结，图 3-35 所示为单绕组双速电动机 $\Delta/2Y$ 联结控制电路。通过此电路，不但可以了解单绕组双速电动机 $\Delta/2Y$ 联结调速接法，还可以加深对断电延时继电器的理解。

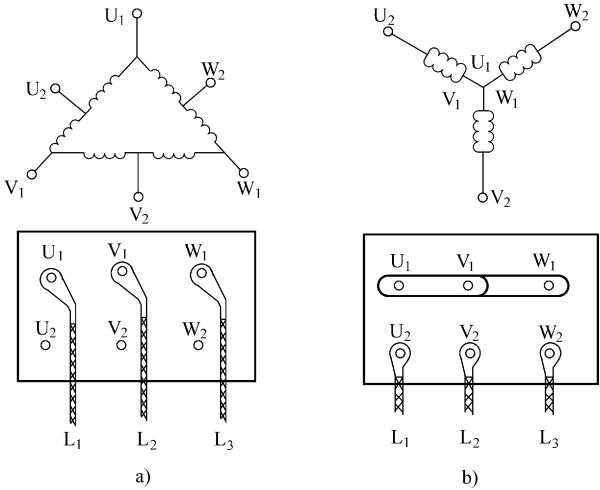
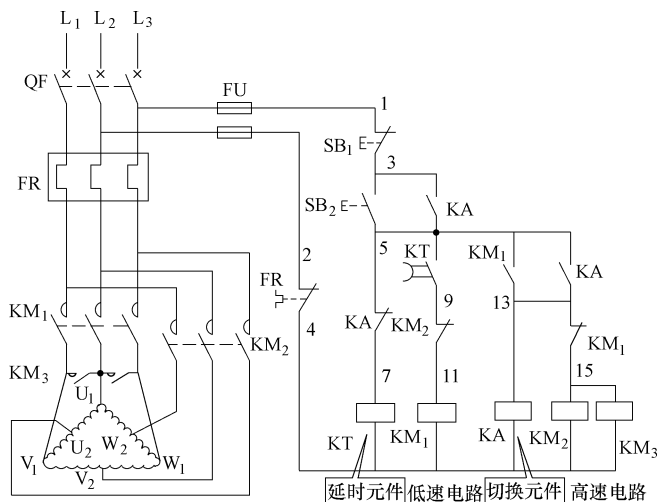


图 3-34 单绕组双速电动机定子绕组 $\Delta/2Y$ 联结
a) Δ 联结 b) $2Y$ 联结

图 3-35 单绕组双速电动机 $\Delta/2Y$ 联结控制电路**【工作原理】**

步骤 1：按下启动按钮 SB_2 ， SB_2 常开触点闭合。

步骤 2：时间继电器 KT 线圈得电， KT 断电延时的常开触点（5—9）立即闭合（吸合不延时）。

步骤 3：接触器 KM_1 得电吸合， KM_1 常闭互锁触点（13—15）断开， KM_1 主触点闭合，定子绕组 Δ 联结，电动机低速运行。同时与 KA 线圈串联的 KM_1 常开触点（5—13）闭合。

步骤 4：中间继电器 KA 得电吸合并自锁。

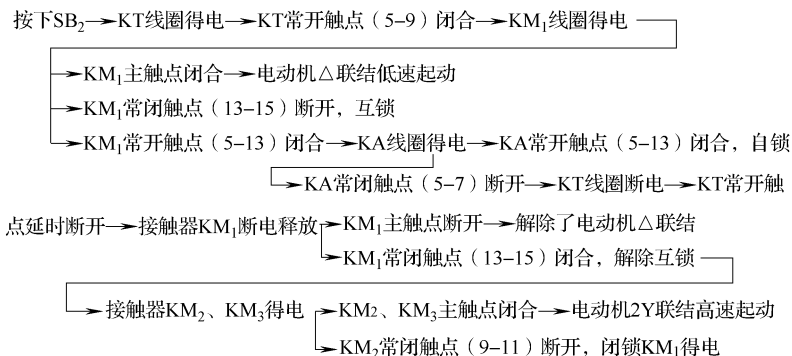
步骤 5： KA 常闭触点断开，时间继电器 KT 线圈失电，这时时间继电器开始延时。

步骤 6：经过一段时间的延时后， KT 常开触点（5—9）断开。

步骤 7：接触器 KM_1 断电释放，解除了定子绕组的 Δ 联结， KM_1 连锁触点恢复闭合，接通 KM_2 、 KM_3 线圈电路。

步骤 8：接触器 KM_2 、 KM_3 得电吸合，一方面定子绕组通过 KM_3 主触点将 U_1 、 V_1 、 W_1 拼接在一起，另一方面三相电源通过 KM_2 主触点接到 U_2 、 V_2 、 W_2 三个接线端，定子绕组转为 $2Y$ 联结，电动机转为高速运行。

【元件动作顺序简式】



三、单绕组双速电动机Y/2Y联结调速控制电路

图 3-36 所示为单绕组双速电动机Y/2Y联结方法。图 3-37 所示为单绕组双速电动机Y/2Y联结控制电路，此电路采用按钮操作，操作方便，电动机也有高、低两种工作方式。

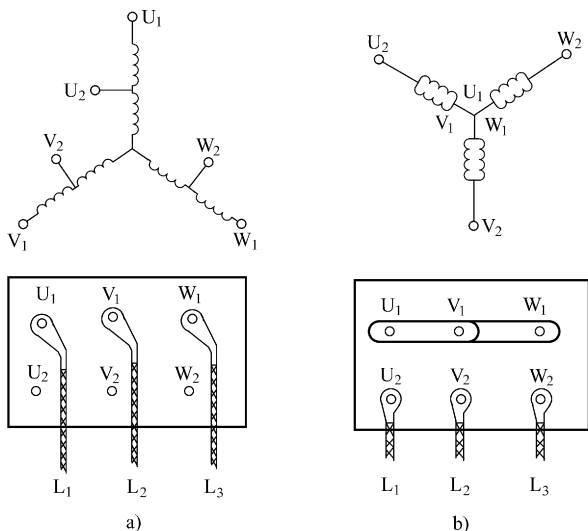


图 3-36 绕组双速电动机Y/2Y联结

a) Y联结 b) 2Y联结

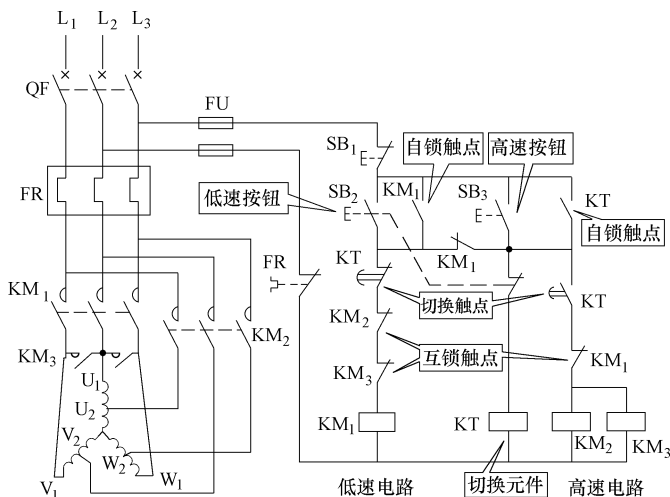


图 3-37 单绕组双速电动机Y/2Y联结控制电路

【低速起动运行】

步骤 1：按下低速起动按钮 SB_2 、 SB_2 常开触点闭合。

步骤 2：电源 $L_3 \rightarrow FU \rightarrow SB_1$ 触点 $\rightarrow SB_2$ 触点（已闭合） $\rightarrow KT$ 、 KM_2 、 KM_3 常闭触点 $\rightarrow KM_1$ 线圈 $\rightarrow FU_2 \rightarrow L_2$ 形成闭合回路，使接触器 KM_1 得电吸合。

步骤 3： KM_1 自锁触点和互锁触点断开，闭锁了接触器 KM_2 、 KM_3 得电。

步骤 4： KM_1 主触点闭合，定子绕组Y联结，电动机低速起动运行。

【低速起动高速运行】 按下高速起动按钮 SB_3 ，接触器 KM_1 得电吸合， KM_1 主触点闭合，定子绕组Y联结，电动机低速起动运行。同时时间继电器 KT 线圈得电且自锁。经过一段时间后， KT 延时断开的常闭触点断开，切断了 KM_1 控制回路。接触器 KM_1 断电释放，解除了定子绕组的Y联结。 KT 延时闭合的常开触点闭合，使接触器 KM_2 、 KM_3 得电吸合， KM_2 、 KM_3 主触点闭合，定子绕组转为双星形（2Y）联结，电动机高速运转。

四、变频调速控制电路

如图 3-38 所示为变频器外形，如图 3-39 所示为常用的变频器调速控制电路。

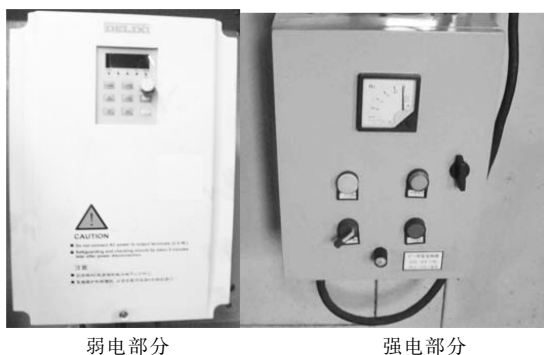


图 3-38 变频器外形

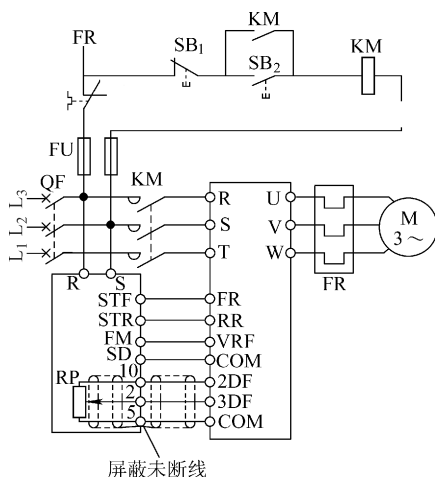


图 3-39 变频器调速控制电路

合上电源开关 QF，起动前，先调节操作单元的电位器 RP 于较低转速位置，然后按下起动按钮 SB₂，接触器 KM 得电吸合，KM 自锁触点和主触点同时闭合，变频器得电工作。正转时，操作

单元从 STF 输出,变频器 FR—COM 连接,电动机正转;反转时,操作信号从 STR 输出,变频器 RR—COM 连接,电动机反转。运行时,如调节电位器 RP,可改变输出电源的频率,从而调节电动机的转速。即频率低时,输出电压也低,电动机低速运行;频率高时,输出电压升高,电动机高速运行。

停机时,按下 SB_1 即可。

注意:电路中,不应采用变频器本身的热保护,而应采用热继电器做变频器输出与电动机的过载保护,其作用有两个:一是保护电动机,二是保护变频器。否则当电动机严重过载时,过载电流不但通过了电动机绕组,也同样流过逆变器和整流器等电子元器件,易烧坏电动机和变频器。另外,变频器的速度给定屏蔽线不能断开。

第八节 三相交流异步电动机 的制动方法与制动控制电路

电动机从切断电源到完全停止,若靠摩擦阻力停车,需要再运转一段时间。为了满足生产机械的不同工作要求,缩短停机时间,提高工作效率,防止事故的发生,需要在切断电动机电源后,采取能使电动机迅速停止运转的制动措施。

一、电动机的制动方法

电动机的制动方法可分为机械制动和电气制动。

1. 机械制动

机械制动用得最多的是电磁抱闸,其结构如图 3-40 所示。它是在电动机切断电源后,利用电磁抱闸的闸瓦扣紧电动机转轴,使电动机迅速停止运转。这种制动方法制动转矩大,制动迅速,广泛用于各种起重机械及其他类似的提升装置。因为起重机械转速低、起动频繁,而且吊着重物运行,尤其在停电状态下,为保证重物不会下落,最好的方法是采用电磁抱闸的机械制动,才能将重物停在空中。

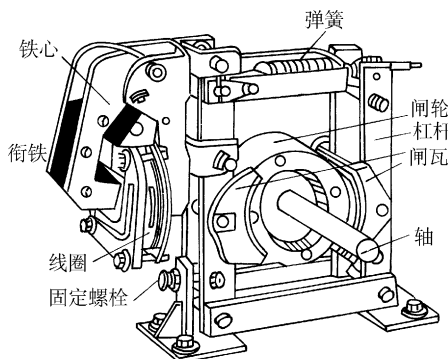


图 3-40 电磁抱闸的外形及结构

2. 电气制动

电气制动常用的有能耗制动、反接制动等。

1) 能耗制动 如图 3-41 所示，将运行中的电动机，切断电源后（旋转磁场的转速 $n_0=0$ ），向定子绕组通入直流电源，使定子绕组中产生一个静止不动的磁场，而转子仍惯性运转（转速为 n ）切割该磁场，便在转子电路中产生感应电流，这个感应电流与静止磁场相互作用，

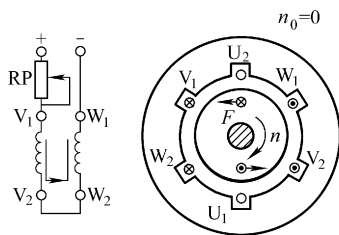


图 3-41 能耗制动原理图

使转子在磁场中受到电磁力 F 的作用，该电磁力 F 对转轴产生电磁转矩，而该电磁转矩与转子的旋转方向相反，起制动作用，使电动机很快停止转动。

这种制动方法，能量损耗小；高速时，转子中感应的电流较大，制动转矩较大，制动快而平稳，但低速时，转子中感应的电流较小，制动转矩也较小，制动效果差。所以能耗制动不足以使电动机完全停转，在有些情况下，需要与机械制动配合使用。

2) 反接制动 反接制动是电动机运行在电动状态，但电磁转矩与电动机的旋转方向相反，实现反接制动的常用方法是电源反接制动，即将电动机任意两相电源线对调，如图 3-42 所示。这时定子电源相序改变，使旋转磁场和电磁转矩也改变方向，由于惯性，

转子仍按原方向旋转，电动机的电磁转矩与转子旋转方向相反，对转子起制动作用，使电动机转速迅速降低。

反接制动时，由于旋转磁场与转子的相对速度很高，制动电流一般为额定电流的10倍左右，为限制制动电流，应在主电路中串入制动电阻 R 。

这种制动方法，设备简单，价格低，调整方便，制动迅速，但准确性差，能量损耗大，冲击强烈，易损坏传动零件，不易经常制动，不适于精密机床。适用于惯性较大、制动要求迅速、制动不频繁和普通机床设备，如铣床，镗床等。

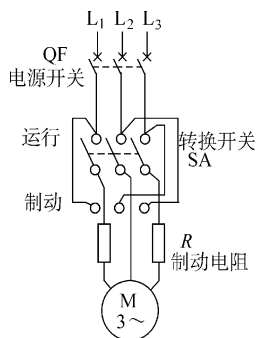


图 3-42 反接制动原理

二、电磁抱闸制动控制电路

图 3-43 为电磁抱闸制动电路。

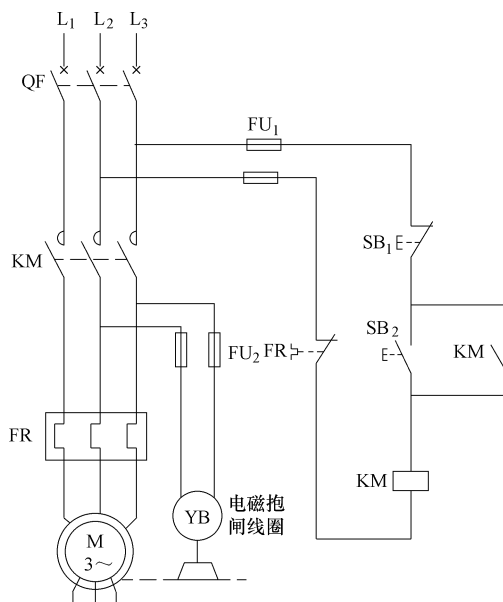


图 3-43 电磁抱闸制动电路

起动时，合上低压断路器 QF，按下起动按钮 SB_2 ，接触器 KM 线圈得电吸合， KM 主触点闭合，电磁抱闸线圈 YB 得电，电磁抱闸的闸瓦与闸轮分开，电动机开始起动。

如需停机，按下停止按钮 SB_1 ，接触器 KM 断电释放，电动机和电磁抱闸线圈同时断电，在弹簧的拉力作用下，闸瓦扣紧闸轮，电动机迅速制动停转。

图 3-43 电路中，由于电动机和电磁抱闸线圈同时得电，电动机起动瞬间会产生较大的堵转电流，对电动机和抱闸机构产生冲击，为克服上述缺点，可采用图 3-44 所示的改进型电磁抱闸制动电路，此电路实际上采用的是先后起动电路，由于 KM_2 线圈串联有 KM_1 常开触点，只有接触器 KM_1 吸合，电磁抱闸打开后，接触器 KM_2 才得电吸合，电动机才开始起动，于是电动机的起动比电磁抱闸的分开靠后，可防止电动机起动瞬间的阻转现象。乘坐的电梯多采用这种制动电路。

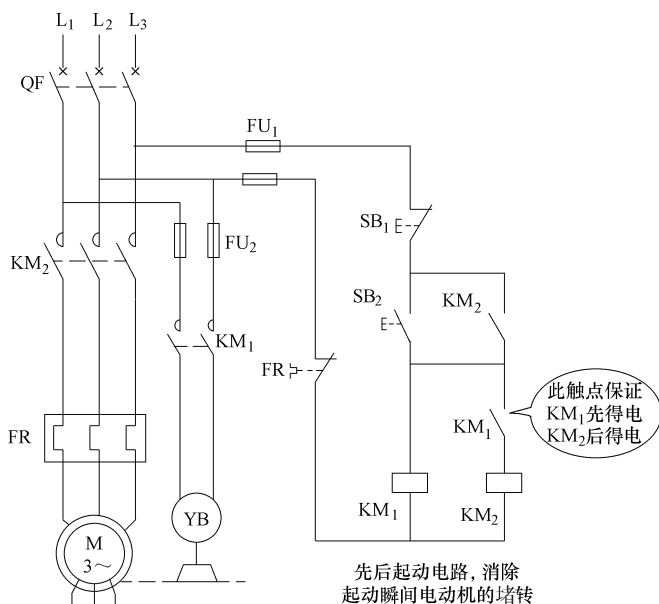


图 3-44 改进型电磁抱闸制动电路

三、桥式整流能耗制动控制电路

图 3-45 所示为桥式整流能耗制动控制电路，此电路用的是断电延时时间继电器，制动时间可以通过时间继电器调节。

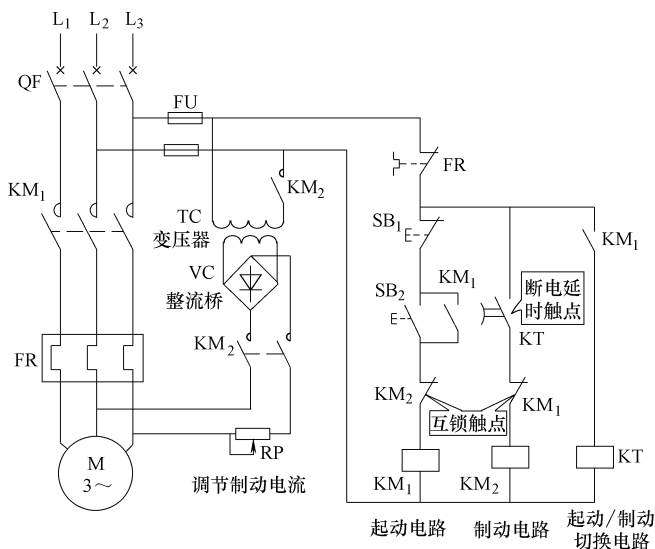


图 3-45 桥式整流能耗制动控制电路

【启动】 启动时，按下启动按钮 SB_2 ，接触器 KM_1 吸合， KM 自锁触点和主触点闭合，电动机得电启动运转。与 KT 线圈串联的 KM_1 常开触点闭合， KT 线圈得电， KT 延时断开触点闭合（闭合不延时），但由于 KM_1 互锁触点断开，接触器 KM_2 不会得电吸合。

【停机制动】 停车时，按下停止按钮 SB_1 ，接触器 KM_1 和时间继电器 KT 先后断电释放， KM_1 主触点断开，电动机断电后惯性运转， KM_1 互锁触点闭合，使接触器 KM_2 得电吸合， KM_2 主触点闭合，变压器 TA 接入电路， $\sim 380V$ 电源经 TC 降压、 VC 整流变为直流电，此直流电路经 RP 限流后到达定子绕组，使电动机平稳制动停机。经过一段时间后， KT 延时断开触点断开（断开才延时），使接触器 KM_2 断电释放，制动结束。

四、电动机反接制动手动控制电路

图 3-46 所示为电动机反接制动电路。该电路适用于功率不大，可惯性停机又可反接制动的生产机械。

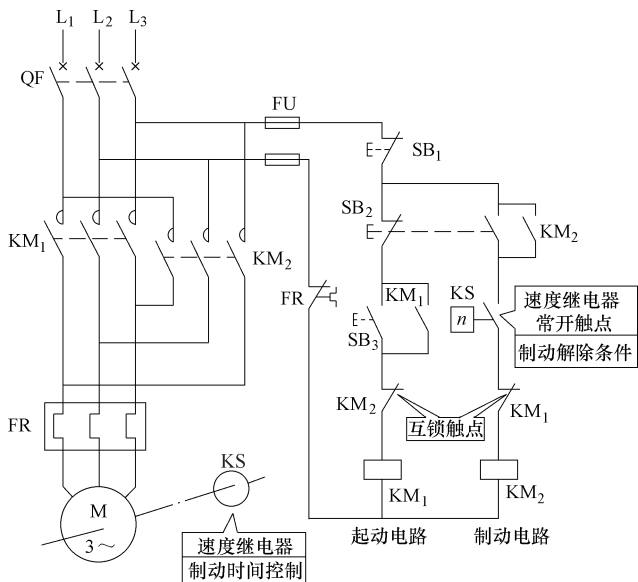


图 3-46 电动机反接制动电路

【起动】 按下起动按钮 SB_3 ，接触器 KM_1 得电吸合并自锁， KM_1 自锁触点和主触点同时闭合，电动机起动。与此同时， KM_1 的互锁触点切断了接触器 KM_2 的控制电路，接触器 KM_2 不会得电吸合，当电动机转速上升到一定值时（120r/min）。速度继电器 KS 的常开触点闭合，为反接制动做好准备。

【制动停机】 按下停止按钮 SB_2 ，接触器 KM_1 断电释放，电动机断电，同时 KM_1 互锁触点闭合， SB_2 的常开触点闭合，接触器 KM_2 得电吸合，电源 L_1 与 L_3 调换后进入电动机绕组，电动机定子绕组产生的电磁转矩与正常运行时相反，使电动机转速快速下降，当转速低于 100r/min 时， KS 常开触点断开，接触器 KM_2 断电释放，以防止了电动机反向起动。

【惯性停机】 惯性停车时，按下按钮 SB_1 ，接触器 KM_1 断电， KM_1 互锁触点和 SR 常开触点虽已闭合，但由于 SB_2 常开触点处于断开状态，接触器 KM_2 不会得电吸合，电动机依靠摩擦阻力停机。

为限制电动机反接制动的电流，通常电动机反接制动时，主电路中要串入不对称电阻，使制动转矩得到限制，如图 3-47 所示。

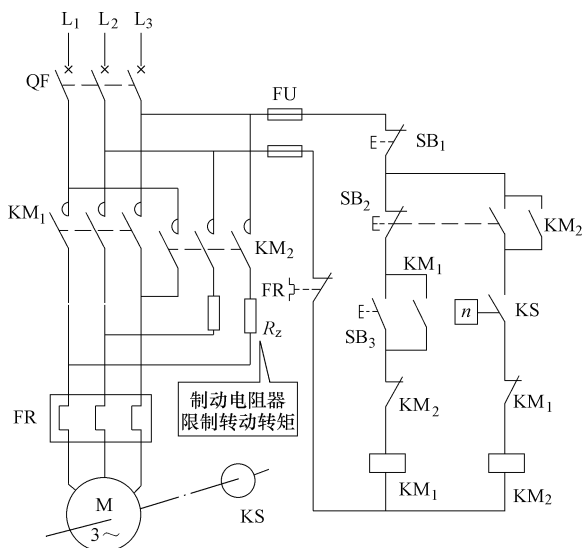


图 3-47 改进后的电动机反接制动电路

第四章 直流电动机

直流电动机是由直流电能转变为机械能的电动机。由于直流电动机具有良好的起动性能，过载能力强，并能在宽广的范围内平滑而经济地调速等突出优点，所以它广泛用于轧钢机、电力机车、调速机床和起重设备中。

第一节 直流电动机的结构

直流电动机的结构如图 4-1 所示。它主要由定子、转子、电刷装置和端盖等组成。

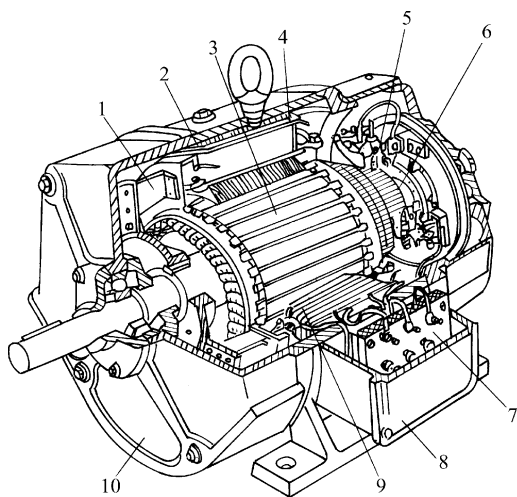


图 4-1 直流电动机的结构

- 1—风扇 2—机座 3—电枢 4—主磁极 5—刷架
6—换向器 7—接线板 8—出线盒 9—换向极 10—端盖

一、定子

定子主要包括机座、主磁极、换向极等，它是产生磁场并构成部分磁路的部件。

1) 机座 机座多用导磁效果较好的铸钢焊成，小型的机座也有用钢板焊成。它有两个作用：一是起导磁作用，是主磁路的一部分；二是起保护和支撑作用，主磁极、换向极以及转动部分都直接或间接固定在机座上。

2) 主磁极 主磁极由主磁极铁心和励磁线圈构成，其作用是在电枢表面的气隙中产生主磁场。主磁极铁心一般用 $1\sim 1.5\text{mm}$ 厚的薄钢板冲制叠压后，用铆钉铆紧制成，也有的用 0.5mm 厚的硅钢片叠压而成。励磁线圈用铜线或铝线绕制而成，有并励和串励两种。并励线圈细而匝数多，串励线圈导线粗而匝数少，励磁线圈按一定规律（相邻主磁极的极性交替出现 N、S 极）连接套装在铁心上，一起用螺钉固定在机座上。

3) 换向极 容量大于 1kW 的直流电机，在相邻两主磁极之间的几何中心线上须加装换向极，以改善换向性能。

换向极也有换向极铁心和绕组。换向极铁心用整块钢板加工制成，换向极绕组与电枢绕组串联，电流较大，一般用较粗的圆铜线或扁线绕制。

二、转子

转子由电枢铁心、电枢绕组、换向器等组成。

1) 电枢铁心 电枢铁心是主磁路的一部分。常用相互绝缘的 0.5mm 厚的硅钢片叠压而成，以减少涡流和磁滞损耗，并在电枢铁心上开槽，以嵌放电枢绕组。

2) 电枢绕组 电枢绕组是由绝缘的导线绕制成线圈后，置于电枢铁心槽内，并按一定规律连接组成的。电枢绕组的两端接在相应的换向片上，其作用是用来感应电动势并通过电流的，以实现能量转换。

3) 换向器 换向器起换向作用，它由许多彼此绝缘的换向片组装而成，换向片之间夹有云母，云母起绝缘作用，以便将

各换向片之间隔离开。换向器有金属套筒式和塑料套筒式两种，大中型直流电动机采用金属套筒式，小型直流电动机采用塑料套筒式。

三、电刷装置

电刷装置与换向器相配合，将电枢中旋转电路的交流电流与外部静止电路的直流电流相连，使直流流入或流出电枢绕组，其结构如图 4-2 所示。

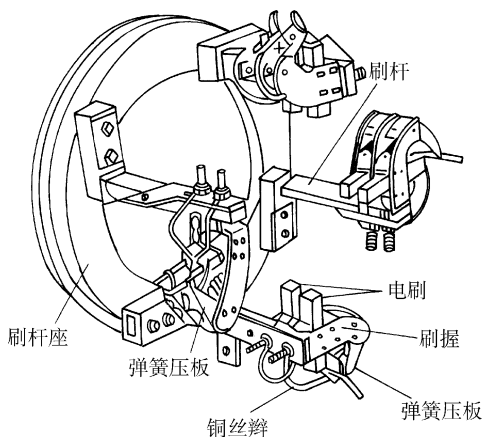


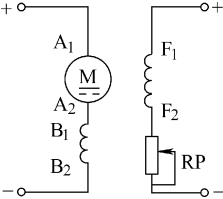
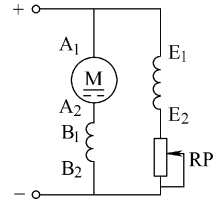
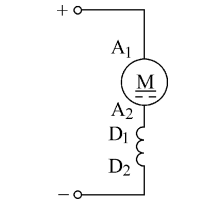
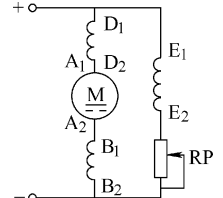
图 4-2 电刷装置结构图

第二节 直流电动机的分类和出线端标志

一、直流电动机的分类

直流电动机按励磁方式可分为他励式和自励式两大类，自励式直流电动机按励磁绕组和电枢绕组的连接方式又分为并励直流电动机、串励直流电动机和复励直流电动机。几种直流电动机特点比较见表 4-1。

表 4-1 几种直流电动机特点比较

电动机类型及图示	说 明
 他励直流电动机	他励直流电动机的他励绕组和电枢绕组分别由两个独立的直流电源供电，励磁电流的大小与电枢的电压无关，在电动机起动时，必须接上额定励磁电压，以保证有较大的起动转矩和起动加速度
 并励直流电动机	并励直流电动机的励磁绕组与电枢绕组并联，由同一直流电源供电。它和他励直流电动机电路基本一样，但并励励磁绕组匝数较多，电阻较大，励磁电流较小
 串励直流电动机	串励直流电动机的励磁绕组与电枢绕组串联后，由同一直流电源供电，励磁电流和电枢电流相等，励磁绕组的导线少而粗。串励直流电动机具有良好的起动性能，适于重载运行，常用于电力牵引设备中，如我们常见的蓄电池车。由于串励直流电动机在空载或轻载时，转速会上升到危险值，因此串励直流电动机不允许在空载或轻载下（小于 20% ~ 30% 额定负载）运行
 复励直流电动机	复励直流电动机有两部分励磁绕组，一部分与电枢绕组并联，另一部分与电枢绕组串联，两部分励磁绕组都由同一直流电源供电。如果复励式直流电动机中的并励绕组和串励绕组产生的磁通方向相同，则称为积复励；如果两个绕组产生的磁通方向相反，则称为差复励

二、直流电动机的出线端标志

直流电动机的出线端标志见表 4-2。

表 4-2 直流电动机的出线端标志

绕组名称	新国家标准	
	始端	末端
电枢绕组	A ₁	A ₂
换向绕组	B ₁	B ₂
补偿绕组	C ₁	C ₂
串励绕组	D ₁	D ₂
并励绕组	E ₁	E ₂
他励绕组	F ₁	F ₂

第三节 直流电动机的起动和可逆运行

一、起动方法

电动机从静止状态到稳定运行，必须经过一段时间的起动过程，以保证电动机的起动电流不超过容许值，并获得较大的起动转矩。直流电动机的起动方法有三种：

1. 直接起动

直接起动是指不采取任何限流措施，把静止的电枢直接接到额定电压的电网上进行起动。直接起动的起动转矩大，起动转速上升快，起动时间短，但由于起动电流很大，最大起动电流可达额定电流的 10~20 倍，不仅会使电动机受到较大的机械冲击，同时会影响电网上其他电器的运行，因此它只适用于起动电流为额定电流 6~8 倍，功率不大于 4kW 和起动电流不大于 6 倍额定电流的直流电动机。

2. 降压起动

降压起动是在电动机起动时暂时降低电源电压来限制起动电流，随着转速的升高，逐步升高电源电压，使电动机的转速按所需加速度升高，当电源电压升高到电动机的额定电压时，电动机便进入稳定运行状态。

降压起动过程中，能量消耗较少，起动平滑，但需专用电源，

设备投资大。适用于对平稳性要求较高，经常频繁起动的各类大中型直流电动机。

3. 电枢回路串电阻起动

对于容量稍大的直流电动机，为了限制起动时的电流，减小起动时对电网和电动机本身的冲击，必须采取相应的措施。

电枢回路串电阻起动是在电枢回路中串入分级的可变电阻，使起动电流限制在额定电流的 $2 \sim 2.5$ 倍，并使起动转矩大于额定转矩，在转速上升的过程中，逐级切除起动电阻，使电流限制在允许的范围内，且保持波动不大的加速度，缩短起动时间。

直流电动机串接起动电阻级数可参考表 4-3。

表 4-3 直流电动机串接起动电阻级数

电动机功率/kW		1~2.5	3.5~9.5	10~20	25~35	35~55	60~95	100~200
串电阻 级数	他励	1	2	2~3	2~4	3~5	4~5	4~6
	并励							
	串励	1	2	2	2	2~3	3	3

这种起动方法，主要用于中小型直流电动机应，但对于频繁起动的大容量电动机，由于起动电阻笨重，并且在起动过程中能量消耗较大，因此大容量电动机一般不采用。

二、起停步骤

1. 起动

1) 空载试车 使电动机在空载下试运行 1h，以保证电刷与换向器良好的接触。但对串励直流电动机在空载或轻载时，其转速会上升到危险数值，因此串励电动机不允许在空载或小于 $20\% \sim 30\%$ 额定负载下运行或试车。如为调速电动机，应将调速电位器调到最低速位置，然后逐渐升速，直到额定转速。

试机过程中要注意以下情况：

- ① 观察电压表、电流表的指示是否正常。
- ② 检查电动机有无异常振动、发热、漏油和噪声。
- ③ 观察电刷下的火花是否过大。

2) 负载试车 电动机空载运行正常后, 切断电源, 带上负载, 重复上述过程。

2. 停车

1) 对于他励或并励电动机, 应切断电枢绕组的供电电源, 然后切断励磁绕组电源, 以防止电动机失去励磁电流而发生“飞车”事故。

2) 应卸掉负载 (串励电动机除外)。

3) 如为调速电动机, 应先将转速降至最低, 再切断电源。

4) 停机后, 要认真检查定子、电枢和轴承等部位的状况和发热情况。

三、可逆运行

直流电动机的可逆运行是将电枢绕组或励磁绕组两端反接。但由于不同类型的直流电动机绕组的特点不同, 因此可逆运行时应根据不同的励磁方式来选择不同的反接绕组, 以达到安全运行的目的。

并励和他励直流电动机, 由于励磁绕组的匝数较多, 将励磁绕组从电源断开瞬间将产生很高的自感电动势, 易造成励磁绕组击穿, 影响电动机的正常工作, 所以在实际工作中常把电枢绕组反接来实现反转。

串励直流电动机, 由于电枢绕组两端电压很高, 而励磁绕组导线较粗且匝数较少, 两端电压较低, 反接励磁绕组较容易, 所以串励直流电动机的可逆控制是将励磁绕组两端反接, 但对于小容量的串励直流电动机, 也可将电枢绕组两端反接来实现可逆运行。

四、串励直流电动机起动控制电路

图 4-3 所示为串励直流电动机起动控制电路。该电路利用断电延时的时间继电器控制串励直流电动机串联两级起动电阻起动, 使起动电流得到限制。

合上电源开关 QS, 时间继电器 KT_1 线圈得电, KT_1 常闭触点瞬时断开 (得电不延时), 接触器 KM_2 、 KM_3 的控制回路同时被切断, 以保证电动机起动时串入两级电阻。当按下起动按钮 SB_2 时,

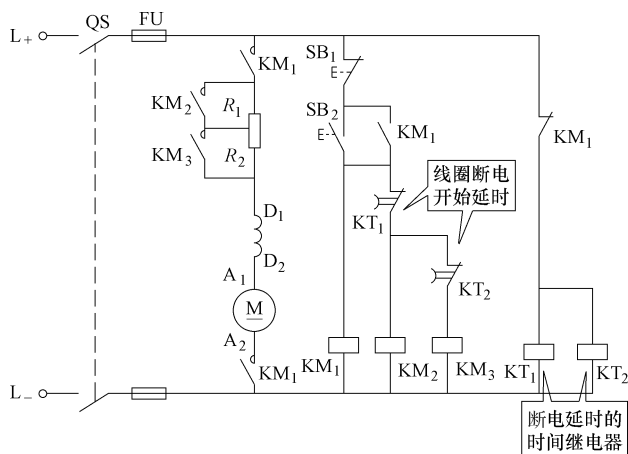


图 4-3 串励直流电动机起动控制电路

接触器 KM_1 线圈得电吸合, KM_1 自锁触点和主触点同时闭合, 电动机串联两组电阻起动, 同时与 KT_1 线圈串联的 KM_1 常闭触点断开, KT_1 、 KT_2 线圈断电 (开始延时), 经过一段时间的延时后, KT_1 常闭触点恢复闭合, 接触器 KM_2 得电吸合, KM_2 主触点闭合, 短接电阻 R_1 , 电动机加速运转; 又经过一段时间的延时后, KT_2 常闭触点也恢复闭合, 使接触器 KM_3 吸合, KM_3 主触点闭合, 将电阻 R_2 短接切除, 至此起动电阻 R_1 、 R_2 全部切除, 电动机进入额定电压运行。

五、他励直流电动机串电阻起动电路

图 4-4 所示为他励直流电动机串电阻起动电路。该电路用两只得电延时的时间继电器控制电枢回路串入两级电阻起动, 并在励磁绕组中串入欠电流继电器 KA 作失磁保护。适用于自动控制中小型他励直流电动机的起动。

【起动步骤及工作原理】 合上低压断路器 QF_2 , 欠电流继电器 KA 得电, KA 常开触点闭合, 为接触器 KM_1 得电吸合创造了条件。

按下起动按钮 SB_2 , 接触器 KM_1 得电吸合, KM_1 各常开触点闭

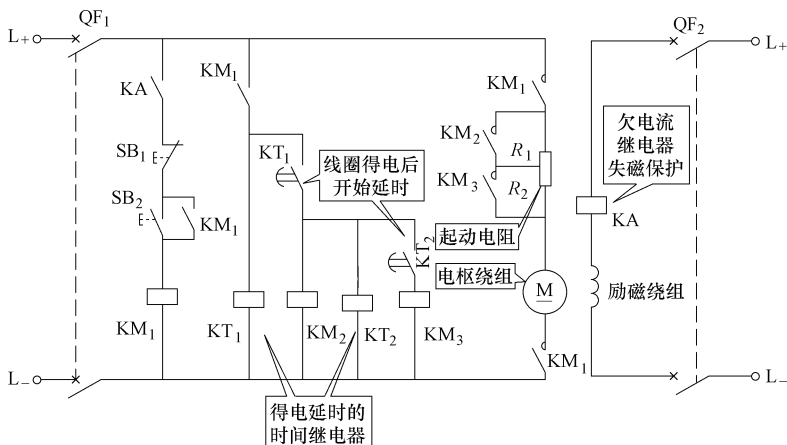


图 4-4 他励直流电动机串电阻起动电路

合，电枢绕组串入电阻 R_1 、 R_2 起动，同时时间继电器 KT_1 线圈得电，开始延时。当达到 KT_1 的整定时间时， KT_1 常开触点闭合，一方面使接触器 KM_2 线圈得电吸合， KM_2 主触点闭合，将起动电阻 R_1 短接切除，电动机加速起动；另一方面使接触器 KT_2 线圈获电，当达到 KT_2 的整定时间时， KT_2 常开触点闭合， KM_3 线圈得电吸合， KM_3 主触点闭合，将起动电阻 R_2 短接切除，电动机进入正常运行状态。

【失磁保护原理】 当他励直流电动机轻载运行时，一旦励磁电流过低或消失，电动机就会发生飞车故障，容易造成事故。电路中，在励磁绕组中装设了欠电流继电器 KA ，当励磁电流小于允许值时，欠电流继电器 KA 动作，切断接触器 KM_1 的控制电路，使接触器 KM_1 断电释放，电动机停机。

六、并励直流电动机起动控制电路

图 4-5 所示为并励直流电动机起动控制电路。该电动机起动时串入两级电阻起动，同时在电路中装设了欠电流继电器 KA_1 和过电流继电器 KA_2 ，以保证电动机的安全运行。

起动时，合上低压断路器 QF ，励磁绕组得电励磁，同时欠电流继电器 KA_1 线圈和时间继电器 KT_1 、 KT_2 线圈得电， KA_1 常开触

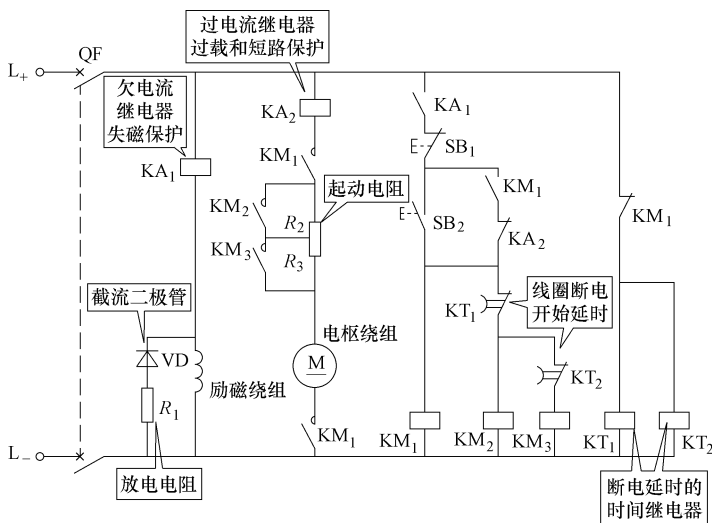


图 4-5 并励直流电动机起动控制电路

点闭合，为接触器 KM_1 的吸合创造了条件， KT_1 和 KT_2 常开触点断开，以保证电动机起动时串入全部电阻起动。当按下起动按钮 SB_2 时，接触器 KM_1 吸合并自锁， KM_1 主触点闭合，电动机串入电阻 R_2 、 R_3 起动，同时 KM_1 常闭触点断开，使时间继电器 KT_1 和 KT_2 线圈断电（开始延时），经过整定的延时后， KT_1 常闭触点先闭合，使接触器 KM_2 线圈得电吸合， KM_2 主触点将起动电阻 R_2 短接切除；又经过一段时间， KT_2 常闭触点闭合，接触器 KM_3 线圈得电吸合， KM_3 主触点将起动电阻 R_3 短接切除，电动机进入全压运行。

电阻 R_1 为励磁绕组停电时的放电电阻，此电阻通常为励磁绕组阻值的 4~5 倍；VD 为截流二极管，保证励磁绕组正常工作时，电阻 R_1 上没有电流。

KA_1 做励磁绕组的失磁保护，可防止励磁回路断线或接触不良引起“飞车”而发生事故； KA_2 作电动机的过载和短路保护：当电动机过载时， KA_2 常闭触点断开，使接触器 KM_1 断电释放，电动机保护停机。

七、并励直流电动机的可逆运行电路

本书前面讲过，并励和他励直流电动机，由于励磁绕组的匝数

较多，将励磁绕组从电源断开瞬间将产生很高的自感电动势，易造成励磁绕组击穿，所以在实际工作中常把电枢绕组反接来实现反转。图 4-6 所示为并励直流电动机的可逆运行电路。

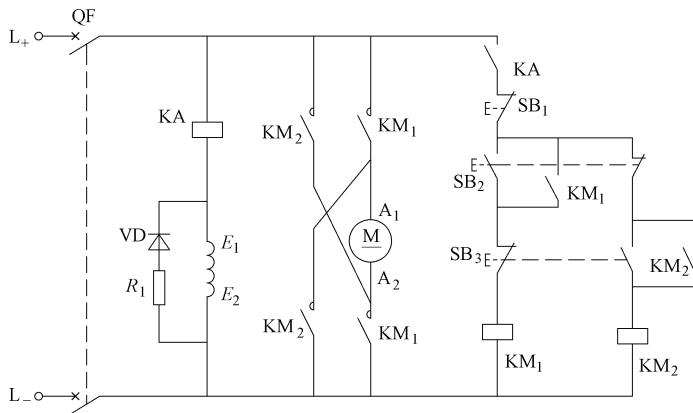


图 4-6 并励直流电动机可逆运行电路

【正向起动】 合上低压断路器 QF，欠电流继电器 KA 得电吸合，KA 常开触点闭合，为起动电动机做好准备。按下正向起动按钮 SB₂，接触器 KM₁ 线圈得电，KM₁ 自锁触点和主触点闭合，电枢绕组的电流从 A₁ 流向 A₂，电动机正向起动。

【反向起动】 按下停止按钮 SB₁，接触器 KM₁ 断电释放，电动机停机后，再按下反向起动按钮 SB₃，接触器 KM₂ 线圈得电，KM₂ 自锁触点和主触点闭合，电枢绕组反接，电流从 A₂ 流向 A₁，电动机反转。

第四节 直流电动机的调速与制动

一、调速方法

由直流电动机的调速公式

$$n = \frac{U_a - I_a (R_a + r)}{C_e \Phi}$$

式中 U_a ——电枢回路的端电压 (V)；

I_a ——电枢电流 (A);

R_a ——电枢绕组电阻 (Ω);

r ——电枢外串调速电阻 (Ω);

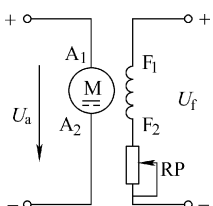
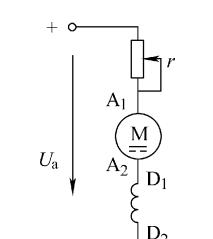
Φ ——每极磁通 (Wb);

C_e ——电动势常数, 由电动机的结构决定。

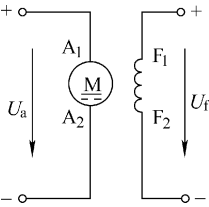
可知, 直流电动机的调速方法有调节励磁电流来改变磁通 Φ , 调节电枢端电压 U_a 或改变电枢回路外串电阻 r 。

几种调速方法的特点见表 4-4。

表 4-4 几种调速方法的特点比较

方法及图示	说 明
 改变励磁磁通调速	当电枢端电压 U_a 一定时, 为了改变主磁通 Φ, 应在励磁电路中串入调速电阻 RP, 通过调节调速电阻 RP 即可改变励磁电流, 从而改变磁通 Φ, 如左图所示。这种调速方法的特点: 1) 调速方便, 消耗的功率不大 2) 可做到平滑调速, 调速的稳定性较好 3) 由于电动机的磁路都接近饱和, 故只能使磁通减少, 转速也只能从额定转速向上调 4) 由于最高转速受到机械强度、换向、运行稳定性等条件的限制, 调速范围不大 5) 由于电枢端电压及电流都不变, 属于恒功率调速应用: 适用于额定转速以上的恒功率调速
 改变电枢回路电阻调速	电动机制成后, 其电枢绕组的电阻是一定的, 但可以在电枢回路中串联一个可变电阻来实现调速。如左图所示, 在外加电压一定时, 改变串联于电枢回路的电阻 r, 将引起电枢绕组端电压的变化, 从而调节电动机的转速, 这种调速方法具有如下特点: 1) 消耗的功率较大, 调速的经济性较差 2) 调速的平滑性差, 负载变化时对转速影响较大, 使调速的相对稳定性较差 3) 只能将转速往低调, 不能往高调 4) 调速范围不大 5) 由于这种调速在负载不变时, 转矩不变, 称为恒转矩调速 应用: 用于额定转速以下, 不需经常调速且机械特性要求较软的情况

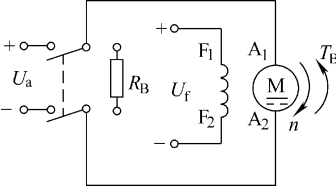
(续)

方法及图示	说 明
 改变电枢端电压调速	当励磁主磁通 Φ 一定时, 改变电枢端电压 U_a, 就可以改变电动机的转速, 如左图所示。这种调速方法具有以下特点: 1) 由于电枢端电压不能高于额定值, 所以转速只能从额定转速往下调 2) 调速的损耗较小, 经济性较好 3) 调速较为平滑, 低速稳定性好 4) 调速范围大 5) 因为 Φ 为常数, 负载不变, 所以电磁转矩不变, 属恒转矩调速 应用: 用于他励式直流电动机, 要求额定转速以下的恒转矩调速的场合, 是用得最多的一种调速方法

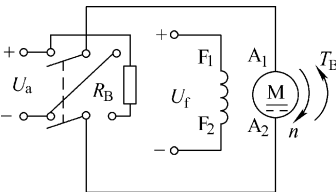
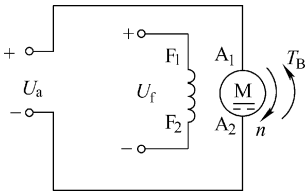
二、制动方法

直流电动机的制动方法除机械制动外, 常用的有能耗制动、反接制动和回馈制动三种, 这三种制动方法见表 4-5。

表 4-5 直流电动机的制动方法

方法及图示	说 明
 能耗制动	能耗制动是保持励磁绕组的电源不变, 断开电枢电源并将电枢绕组通过附加电阻 R_B 构成闭合回路, 如左图所示。这时的电动机在惯性的作用下, 仍按原方向转动, 电枢电流反向, 产生与电动机转向相反的制动转矩。能耗制动时, 电动机处于发电机运行状态, 把动能转变成电能, 消耗在附加电阻 R_B 上 这种制动方法平稳、可靠, 在高速时制动作用较大, 且制动线路简单; 但低速时效果不明显。适用于不要求反转、要求平稳停车的场合

(续)

方法及图示	说 明
 反接制动	在保持励磁绕组极性不变的情况下, 将电枢从电源上断开, 然后反接, 反接后的电源电压与电枢绕组的反电动势同极性串联, 在电枢回路里产生很大的反向电流, 产生与电动机转向相反的制动转矩, 使电动机迅速制动。为了限制制动电流, 在反接制动时, 应串入制动电阻 R_B 以限制制动电流, 如左图所示 这种制动方法制动迅速, 制动转矩稳定, 不会随转速的下降而减小; 但制动时对设备的冲击较大, 在转速降至零的瞬间, 应迅速将电动机的电源断开, 否则电动机将反转。适用于要求快速制动停转并反转的场合
 回馈制动	如左图所示, 回馈制动是在电动机运行过程中, 保持励磁不变, 当电动机转速高于理想空载转速时 (如起重机下放重物), 电动机进入发电机运行状态, 使电枢中的电流反向 (反向电流流向电网), 产生的电磁转矩与电动机转动的方向相反, 对电动机起制动作用, 当电磁转矩与负载转矩相等时, 电动机稳速运行。由于制动时电能又回馈给了电网, 所以称为回馈制动 这种制动方法不需改接线路, 电枢两端仍与电源相接, 超速时, 即进入回馈制动状态, 同时电能回馈给了电网, 较为经济; 但转速低于理想空载转速时, 不起制动作用, 更不能使转速制动到零

三、并励直流电动机调速、制动控制电路

图 4-7 所示为并励直流电动机调速、制动控制电路。该电路采用可变串电阻 R_P 起动, 改变励磁电流调速, 能耗制动, 适当于小容量的直流电动机。

【起动】 合上低压断路器 QF, 欠电流继电器 KA 得电吸合,

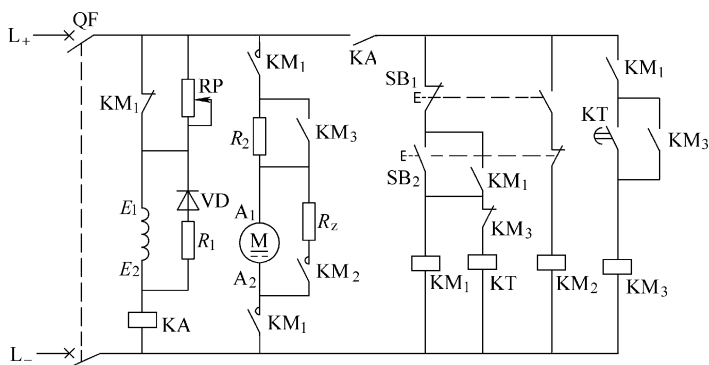


图 4-7 并励直流电动机调速、制动控制电路

为起动电动机做好准备。按下起动按钮 SB_2 ，接触器 KM_1 得电吸合， KM_1 自锁触点和主触点同时闭合，电枢绕组串联电阻 R_2 起动。同时时间继电器 KT 得电，经过整定的延时时间后， KT 常开触点闭合， KM_3 线圈得电吸合并自锁， KM_3 主触点闭合，将起动电阻 R_2 短接切除，电动机起动完毕，与此同时， KM_3 常闭触点断开，时间继电器 KT 线圈也断电释放；与调速电位器 RP 并联的 KM_1 常开触点断开，调速电位器 RP 接入电路。

调节电位器 RP ，可改变励磁电流的大小，电位器增大，励磁电流减小，电动机转速升高；反之转速降低。

【停机】 先调节变阻器 RP ，使电动机转速降至最低，然后按下停止按钮 SB_1 ，接触器 KM_1 、 KM_3 断电释放，电枢绕组断电， KM_1 常闭触点将 RP 短接，以保证电动机在强励磁情况下进行能耗制动，同时制动接触器 KM_2 得电吸合， KM_2 常开触点闭合，制动电阻 R_z 并联在电枢绕组两端，限制制动时的电枢电流，从而使电动机迅速平稳制动。

第五节 直流电动机的拆装、检查和维护

一、直流电动机的拆装

1) 切断电源，拧松地脚螺钉和接地线螺丝，拆除外部接线，

并标记电源线在接线盒中的接线位置，以便于装配。

2) 拆除换向器的端盖螺钉和轴承盖螺钉，取下轴承外盖。

3) 打开电动机的视察窗或通风窗，从刷握中取出电刷，拆下接到刷杆上的连接线，并在刷架做好标记。如果刷架之前未调整且标记完好，不必另作标记。

4) 拆掉换向器侧的端盖。拆前应在端盖与机座配合处做好标记，然后垫上木板，用小铁锤沿端盖四周的边缘对称敲打，使端盖脱离机座和轴承。取下端盖和刷架，如刷架不是安装于端盖上，则取下端盖后，若有必要时再从端盖上取下刷架。

5) 用布或厚纸将换向器包好，这样做一方面可保持换向器清洁，另一方向可防止碰伤换向器。

6) 拆除轴伸端的端盖螺钉，把电枢连同端盖从定子内小心抽出，大中型电机可用起重设备吊出。注意抽动或吊动过程中不要碰伤绕组和换向器。

7) 拆卸轴承 轴承只有在清洗或更换时才拆卸。拆卸时，可拆除轴伸侧的轴承盖螺钉，取下轴承外盖及端盖。然后用拉具或手锤轻轻拆下轴承，如图 2-11 所示。

8) 将电枢放在木架上，用布包裹好。注意不要以换向器为支撑面放置。

电动机的装配大体上与拆卸顺序相反，要按标记进行，然后校正刷架的位置。

二、换向器和电刷的维护与检修

直流电动机中电刷和换向器是最容易磨损和需要经常维护、调整的零件，是影响电动机正常运转的关键部件，因此需要加强维护与检修。

1. 电刷的研磨

新电刷或电刷与换向器的接触面小于 75% 时，就需对电刷进行研磨。

1) 单个电刷的研磨 把细砂纸背面紧靠换向器表面，砂面朝电刷，按如图 4-8a 所示的方法来回抽动砂纸，便可将电刷与换向器逐渐磨合。

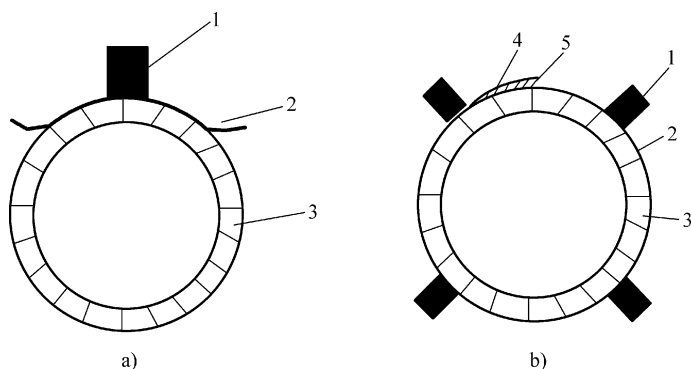


图 4-8 电刷的研磨

a) 单个电刷的研磨 b) 全部电刷的研磨

1—电刷 2—砂纸 3—换向器 4—砂布的自由端 5—胶布

2) 全部电刷的研磨 将砂纸背面绕换向器一周有余，用胶布把砂纸接头帖牢在换向器表面上，如图 4-8b 所示，然后缓慢转动电枢，将各电刷同时研磨好。

注：电刷研磨后，要用干净的布头擦拭干净；研磨时，砂纸不能采用金刚砂布。否则，砂布上脱落的金刚砂粒落入换向器缝中不易除掉，会损坏电刷和转动体。

2. 电刷与换向器间噪声过大

1) 换向器表面粗糙，应用砂纸研磨不清洁处，清除电刷粉末和污垢，如图 4-9a 所示为电刷粉末和污垢清除前后的情况；对凸出的云母，可用手拉刀刻去。

2) 换向器表面没有形成氧化膜，应更换合适的电刷或减少电刷数量。

3) 电刷与刷盒间距过大，导致电刷歪斜、易碎，如图 4-9b 所示。

4) 刷握与换向器间距过大，应调整两者的间距至 1.5~3mm。

5) 电刷的牌号或质量不符合要求，应更换质量合格的原用牌号电刷。

6) 电动机运行中抖动或振动，应查明原因并予以消除。

7) 湿度过低，应增加周围空气的湿度。

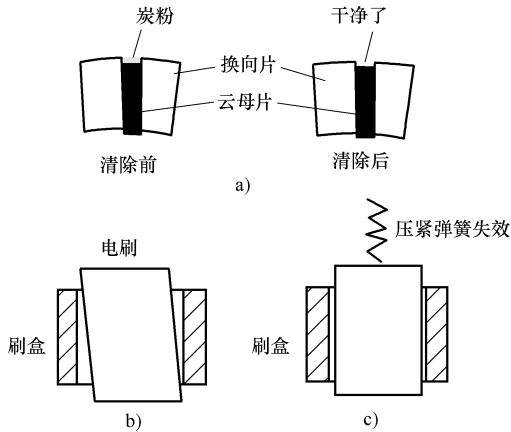


图 4-9 引起电刷与换向器间噪声过大示意图

8) 电刷压紧弹簧失效, 如图 4-9c 所示, 应更换。

3. 换向器的维护

1) 正常情况下换向器表面应光洁, 并有一层暗褐色、古铜色的氧化膜保护层, 该保护层可改善电刷和换向器的工作条件, 减小电刷和换向器的磨损, 切不可用砂布磨掉。

2) 换向器氧化膜不能形成时, 应更换合适的电刷或减少电刷数量, 以提高电流密度。

3) 换向器氧化膜变色时, 应检查换向器表面是否有油污、电刷型号及压力是否合适。

4) 换向器表面有碳刷粉或有油污时, 会引起环火, 所以换向器云母槽内必须保护干净, 如图 4-9a 所示。

5) 换向器表面有轻微的灼痕时, 可用细砂纸在旋转着的换向器上研磨。

6) 换向器表面出现烧痕、节痕或挤铜时, 应先对换向器作倒棱处理, 然后先用粗砂布研磨, 再用细砂布研磨。

7) 换向器表面出现类似刀具切削的刀纹状痕迹时, 应对换向器表面进行车削加工, 车削过程中, 应防止铜屑落入电枢绕组。

4. 电刷下火花过大

1) 电刷磨损严重或新换的电刷尺寸、牌号和重量不符合要求,

若电刷磨损严重,宜一次全部更换;换新电刷时,应换原用牌号电刷并重新研磨,然后将其在半负载下运行约 1h,使接触面在 80% 以上。

2) 电刷压力过大,使摩擦损耗增加,火花增大,并加快电刷的磨损;电刷的压力过小或不均匀,使电刷接触不良,也会产生火花。可找一弹簧秤,校正电刷压力,使电刷压力保持在 15~25kPa,也可凭手感来调整。

3) 换向器表面有炭粉、铜屑积聚或有油雾侵入,在片间形成导电桥路,火花过大甚至有环火,可用砂纸研磨不清洁处,清除电刷粉末和污垢;换向器片间云母凸出,可用手拉刀刻去,必要时可精车。

4) 电刷与刷握配合过紧,有卡涩现象,可用砂纸将电刷磨去些;电刷与刷握配合过松,使电刷在刷盒内晃动,应调换新电刷并研磨。

5) 刷握松动或刷架中心位置不对,应紧固刷握或移动刷架座,使刷架在火花最小位置。

6) 电枢绕组与换向器脱焊或断线,应找出脱焊或断路点并修复。

7) 转子动平衡未校好,应重校转子动平衡。

8) 电源电压过高,应调整电源电压至额定值。

9) 负载过重,应减轻负载。

10) 底座松动,电动机振动过大,应紧固底脚螺丝。

11) 空气中有有害气体破坏了换向器表面的氧化层,也会产生火花,换向困难,所以不要在有腐蚀性气体或尘埃的环境中工作。

三、直流电动机绕组故障的检修

1. 电枢绕组断路、短路故障的检修

(1) 断路、短路故障检查方法

1) 测量换向器片间压降法 电枢绕组出现断路多发生在电枢绕组和换向片间的连接点,可先观察电枢绕组和换向片焊接处,一般可找到故障,若不能观察到故障,可通过测量换向片间压降法来检查。如图 4-10a 所示,将 9V 左右的直流电源接到对称换向片上,

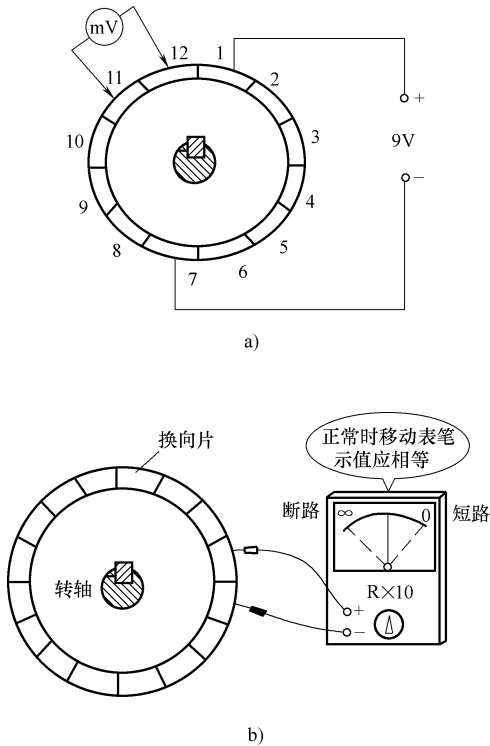


图 4-10 电枢绕组断路、短路故障的检查

a) 测量换向器片间压降法 b) 万用表检查法

用直流毫伏表绕换向片圆周依次测量相邻两换向片间的电压，然后根据测得电压进行判断。

如果各换向片间的压降相等（最大和最小值不大于 $\pm 5\%$ ），则表明无断路故障；如果毫伏表读数突然增大，说明两相邻换向片的元件开路。

如果两换向片间无电压，则说明两片间完全短路；如果两片间的电压较低，则说明该两片间的线圈部分短路。要确定是换向器短路还是电枢绕组短路，可将该线圈接头从换向片上焊下，重新测试，如果短路的换向片恢复正常，则表明是线圈短路，否则是换向片短路。

2) 万用表检查法 如图 4-10b 所示, 将万用表置于 $R \times 1$ 档或 $R \times 10$ 档, 然后用万用表表笔依次测量相邻两换向片间的电阻, 注意观察指针所指示的电阻值。正常情况下, 万用表所指示的电阻应相等, 如果万用表示值突然变大, 说明被测换向片间的绕组断路; 如果万用表示值突然变小, 说明被测换向片间的绕组短路。要确定是换向器短路还是电枢绕组短路, 可将该线圈接头从换向片上焊下, 重新测试, 如果短路的换向片恢复正常, 则表明是线圈短路, 否则是换向片短路。

(2) 电枢绕组断路、短路故障的修理方法

如果换向片和电枢线圈脱焊, 应重新焊好; 如果线圈断线, 最好拆除重绕。应急修理时, 可将断路线圈从换向器上拆下, 将线端包扎好, 然后用绝缘导线跨接在这两个换向片上。如图 4-11 所示 (注: 为方便画图, 将换向器其画成直线型, 实际上是圆形)。

应急处理线圈局部短路时, 同电枢绕组断路故障一样, 采用跨接法跨接, 如图 4-11 所示, 如果由于绕组受潮而引起局部短路, 可进行干燥处理, 无法修复的, 只能重绕。

(3) 换向器片间短路的修理方法

用锯条磨成的刮刀刮掉换向器片间熔锡、铜屑、电刷粉末或其他导电异物, 用吸尘器将电刷粉末清除干净, 若绝缘恢复正常, 可用云母粉末加胶合剂填充孔洞, 沟深应为 $0.5 \sim 1.5\text{mm}$; 若片间云母击穿而短路, 应刮掉击穿的云母, 直至绝缘正常, 再用云母加胶合剂填补。

2. 电枢绕组或换向器接地

(1) 检查方法

1) 绝缘电阻表检查 如图 4-12 所示, 将绝缘电阻表平稳放置, E

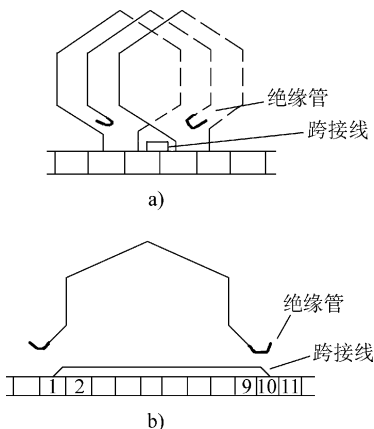


图 4-11 电枢绕组断路、短路故障的应急修理

a) 单叠绕组的跨接方法

b) 单波绕组的跨接方法

端接转轴, L 端接换向片, G 空置不接, 然后以 120r/min (转/分) 匀速顺时针摇动把手, 待表针稳定 1min 后读得的数值就是被测换向片对地的绝缘。正常时, 绝缘电阻不应低于 $0.5\text{M}\Omega$, 若绝缘电阻过小, 说明电枢绕组或换向器接地。这时可将该换向片上的绕组接头从换向片上焊下, 分别检查, 就能

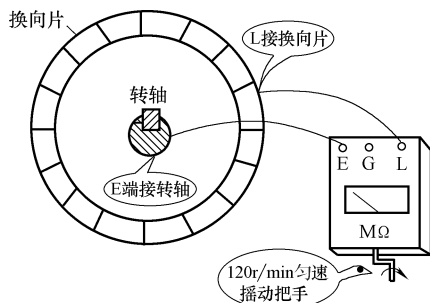


图 4-12 绝缘电阻表检查电枢绕组或换向器接地

2) 万用表检查 如果没有绝缘电阻表, 可用万用表检查。如图 4-13 所示, 将万用表的量程开关置于 $R \times 10\text{k}$ 档, 一只表笔接转轴, 另一只表笔触及各换向片。正常时万用表表针应指向“ ∞ ”, 如果测到某换向片时表针指示值在几十 $\text{k}\Omega$, 说明该换向片有漏电故障; 如果测到某换向片时万用表的示值为零或几欧, 说明该换向片或绕组接地, 然后将该绕组接头从换向片上焊下, 分别检查, 确定接地故障是在该换向片还是在与它相连的绕组上。

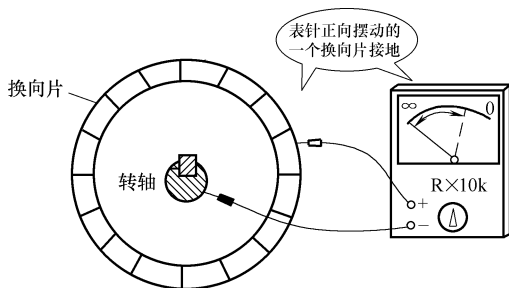


图 4-13 万用表检查电枢绕组或换向器接地

3) 测量换向片和轴间压降 如图 4-14 所示, 将 $6 \sim 12\text{V}$ 直流电源接到对称的换向片上, 然后用一毫伏表, 使其一端通过导线与铁心或转轴相连, 另一端经导线分别与各换向片相碰, 同时观察毫

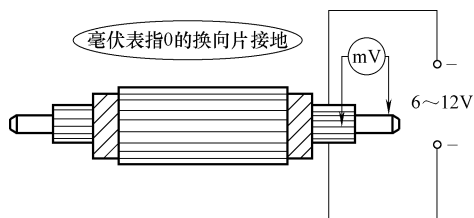


图 4-14 测量换向片和轴间压降检
查电枢绕组或换向器接地故障

伏表的读数。如果毫伏表的读数逐渐减小，说明测试点在逐渐接近接地故障点，当碰到某一换向片时毫伏表的读数为“0”，则表明该换向片或与它相连的绕组接地，然后将该绕组接头从换向片上焊下，分别检查，确定接地故障是在该换向片还是在与它相连的绕组上。

4) 用校验灯检查 如图 4-15 所示，将 $\sim 220\text{V}$ 电源的一端接在转轴上，另一端串接 220V 小功率白炽灯后依次碰触各换向片。若碰到某一换向片时，灯泡亮或有火花，则表明该换向片或与它相连的绕组接地，然后将绕组接头从该换向片上焊开，分别检查，以确定接地点是在换向片上还是在与换向片相接的绕组上。

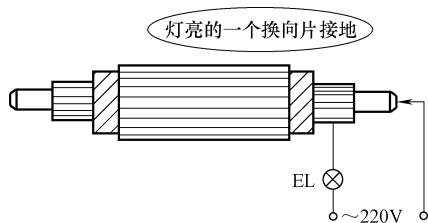


图 4-15 用校验灯检查电枢绕组
或换向器接地故障

(2) 修理方法

1) 电枢绕组接地的处理方法 如果接地点较明显，可在接地处插入新绝缘；如果接地故障看不到，一般应拆除重绕；接地点少时，可将接地线圈的全部引线从换向片上焊开并套上绝缘管，然后在此换向片间跨接导线。

2) 换向器接地的处理方法 若是云母积油污造成接地，可用汽油或酒精清洗；若接地点在换向器外部，可刮掉烧坏的云母，然后用云母粉和胶合剂填补，再用 0.25mm 厚的可塑云母板覆贴 $1\sim 2$ 层，加热压入；若换向器内部或绕组端接地，可用铁丝把换向器捆紧，松

开换向器上的紧固螺母，取下端环，把 V 型压环和云母套取出，把接地的云母片刮去，换上新的云母片。修复后应重新测试绝缘。

3. 电枢绕组接错故障的检修

电枢绕组有许多个，它们被嵌入槽内后，其绕组的首、尾与相邻的另一个绕组的首、尾串联起来，如果接错，有可能使一部分绕组不起作用，增大另一部分绕组的电流，还有可能造成绕组短路而烧坏。

(1) 检查方法

1) 毫伏表检查法 如图 4-16a 所示（注：为便于大家看图，将换向片画成直线型，实际上是圆的），将低压直流电源接到相隔近一个极距的两换向片上，然后用毫伏表依次测量相邻两换向片间的电压。如果毫伏表指针反偏，而两侧相邻两换向片间的电压比正常值大两倍，则表明反偏的两换向片间的绕组接反；若毫伏表变化无规律，则表明绕组接错较多。

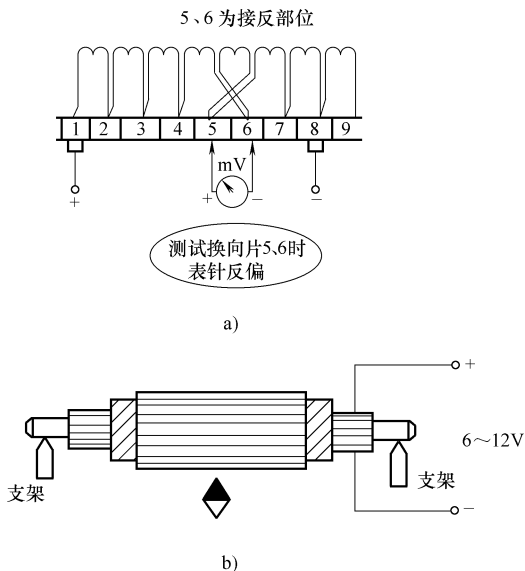


图 4-16 电枢绕组接错故障的检查方法

2) 指南针检查 如图 4-16b 所示，将低压直流电源接到两换向片上，在电枢绕组旁放置指南针，然后缓慢转动转子，若指南针突然反向，则说明该绕组反接。若指针变化不定，则表明绕组接错较多。

(2) 修理方法

若个别绕组接错，可调换接错绕组；若很多绕组接错，应拆开后按照图纸重新接线。

四、直流电动机的常见故障及检修方法

直流电动机的常见故障及检修方法见表 4-6。

表 4-6 直流电动机的常见故障及检修方法

故障现象	可能原因	检修方法
电动机不 起动	1) 直流电源电压过低或容量过小 2) 控制电路故障 3) 负载过重或有卡阻现象 4) 起动电阻过大 5) 电刷与换向器接触不良 6) 电刷位置偏移，不在中心线上 7) 起动变阻器损坏 8) 励磁绕组断路或接错	1) 应提高电源电压或更换较大容量的直流电源 2) 应检查控制回路的熔断器是否熔断，各触点接触是否良好，连接导线是否松脱等 3) 应减少负载或检修机械设备，消除卡阻 4) 应减小起动电阻，或更换合适的起动器 5) 若刷握弹簧过松，应调整或更换弹簧；若换向器表面不平滑，应重新研磨电刷或换向器，整理换向器云母槽等 6) 应调整电刷位置 7) 应更换 8) 应查出并修复
电动机转 速异常	1) 电源电压过高、过低或不稳定 2) 刷架不在中性线上 3) 电刷接触不良 4) 励磁绕组断路、短路或极性接错 5) 负载过大 6) 电枢绕组短路 7) 串励电动机负载过轻或空载，也可能是传动方式不当，转速过高	1) 应调整电源电压至额定值附近 2) 可按本节电刷的维护中的 2 条所介绍方法找出中性线并调整 3) 应更换并研磨电刷，调整电刷压力 4) 应查出故障点，修理或重绕 5) 转速下降，应减轻负载至额定值 6) 转速变快，应停机检修 7) 应调整负载，负载不应小于额定负载的 20%~30%，且必须通过齿轮或联轴器拖动负载，不准用皮带或链条传动

(续)

故障现象	可能原因	检修方法
电枢过热	1) 换向器或电枢绕组短路 2) 电枢绕组个别线圈接反 3) 叠绕组电枢中均压线接错 4) 换向极引出线接反 5) 定子、转子相擦	1) 应查出短路点, 并消除短路 2) 应查出接反线圈, 并调整接头 3) 应拆开重新连接 4) 应调换引出线头 5) 应查明原因, 消除摩擦
电动机过热	1) 电源电压过高或过低 2) 电动机长期过载 3) 未按规定运行 4) 通风、散热不良 5) 直流电压波形不正常 6) 电枢过热	1) 应调整电源电压至额定值 2) 应减轻负载至额定值 3) 应按电动机铭牌标注运行方式运行, 短时、断续的电机不能连续运行 4) 应清除外壳油污, 清扫风道, 或更换过滤器, 并保证风扇的旋转方向与电枢转向一致 5) 应检查整流滤波电路 6) 按照本表中“电枢过热”的检修方法处理
轴承过热	1) 轴承室的润滑脂过多或过小 2) 轴承磨损严重或破裂 3) 润滑脂质量差或存放时间过长而变质 4) 轴承型号不符合要求 5) 轴承中有异物 6) 轴承未与轴肩贴合 7) 联轴器安装不当	1) 应使轴承室的润滑脂所占容积为整个轴承容积的 $1/3 \sim 1/2$ 左右 2) 应更换新轴承 3) 应更换合格的润滑脂 4) 应更换合适的轴承 5) 应清洗轴承后加新润滑脂 6) 应拆开轴承盖, 用套筒或铁棒抵住轴承内圈, 用锤子敲进 7) 应重新安装或调整, 使两轴线保持在同一条直线上

(续)

故障现象	可能原因	检修方法
电动机噪声过大	1) 定、转子气隙不均匀 2) 转轴弯曲或轴承损坏 3) 与拖动设备配套时联轴器未校正 4) 安装地基不平或强度不足 5) 电枢不平衡 6) 电枢被堵住 7) 直流电源波形不好	1) 应测量并调整气隙 2) 应更换转轴或轴承 3) 应重新配套,使两轴在一直线上 4) 应平整或加强地基后重新安装 5) 应对电枢做动平衡调整 6) 应检查绕组和风扇,清除异物 7) 应检修电源,调整晶闸管整流装置
电动机漏电	1) 电源线与接地线接错 2) 接线盒内接头的绝缘损坏或接头过长而接地 3) 接地线松脱或接地电阻不合格 4) 引出线绝缘损坏后碰壳 5) 电刷架、绕组上灰尘或油污过多 6) 长期过热或受到腐蚀性气体的侵蚀而使绝缘老化 7) 电动机受潮	1) 应立即改正过来 2) 应改进接线工艺(套上绝缘管等)或将绝缘损坏的导线剪掉后重接 3) 应将外壳可靠接地,使接地电阻不大于 4Ω 4) 应将引出线套上绝缘管 5) 应定期清除灰尘和油污 6) 应拆除绕组,更换绝缘 7) 应进行干燥处理

五、直流电动机的修复检查

直流电动机修理后,在保证绕组连接正确的情况下,应根据具体修理情况进行以下检查。

1. 常规检查

1) 紧固件和传动部件的检查 紧固螺钉均应拧紧,各传动部件均应灵活。

2) 电刷的检查 电刷的牌号应符合要求,电刷所受压力应均

匀、合适，电刷与换向器的接触面积不得小于整个横截面的 75%，电刷在刷握中应留有合适的间隙。

3) 换向器的检查 换向器应牢固，不应有偏心，表面应光洁，片间云母不应凸出，沟深应符合要求，一般为 0.5~1.5mm。

4) 刷握的检查 刷握的间距应等于换向器的极距，刷握到换向器表面的距离不得小于 2~4mm。

5) 气隙的检查 气隙应合适、均匀。常用塞尺检查气隙的不均匀程度，一般要求 3mm 以上的气隙，不均匀度应小于 10%，3mm 以下的气隙，不均匀度应小于 20%。

6) 接线的检查。内部接线不得和传动部件相摩擦，外部接线应与端子标号相符。

2. 调整电刷中性线的位置

调整电刷中性线的位置，实际是将电刷放在换向器的中性线上，常用的调整方法有感应法和正反转电动机法。

感应法。如图 4-17 所示，将 1~4 节干电池、开关与励磁绕组 E_1 、 E_2 串联，将零位在中间的毫伏表接在相邻两组电刷上，闭合、断开开关时，如果毫伏表指针来回摆动，则表明电刷不在中性线上，可在厂家标定的中性线两侧慢慢移动刷架位置，找出毫伏表摆动最小或不动的位置，然后将刷杆座上的紧固螺栓拧紧。

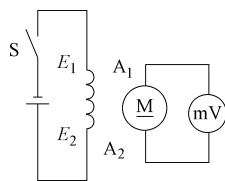


图 4-17 感应法确定电刷的中性线

正反转电动机法。在外加电压和励磁电流不变时，正反转转速偏差越大，电刷偏离中性线越远，慢慢逆时针移动电刷的位置，使电动机正转和反转时测得的转速一样，这时电刷就位于换向器的中性线上。

3. 测量绕组间及绕组对机壳的绝缘电阻

电动机绕组间及绕组对机壳的绝缘一般用 500V 绝缘电阻表摇测。500V 以下的电机，不低于 0.5M Ω ；500V 以上的，应不低于 1M Ω 。否则应浸漆处理。

4. 空载试验

将直流电动机作为他励发电机方式在额定转速下空载运转，通过听声音、测转速和温升，以判断检修质量是否合格。

第五章 电动机控制电路的安装和调试

维修电工的主要任务是调试、维修设备，但如果不掌握一定的安装方法是不行的，所以在介绍调试方法之前，先简单介绍一下电路的安装方法。

第一节 电动机控制电路的安装方法

一、选择元器件

根据电动机的额定电流选择电器元件。一般情况下，电动机的额定电流都标注在电动机的铭牌上，如果标注看不清， $\sim 380\text{V}$ 三相异步电动机的额定电流可按 2 倍功率（kW）来估算。例如某电动机的额定功率为 4kW，则电动机的额定电流约为 8A。然后根据算出的电动机的额定电流，选择其他元器件的额定电流。当所选元器件系列中没有数据相同规格时，必须往上一级最接近的数据选择，不宜向小于数据规格选。

常用元器件的选择在第一章我们已经介绍过，这里不再重复。

二、电器元件的布置

简单的电气线路可以直接布置装接，较为复杂的电气控制电路，由于元器件较多，装接前必须绘制电气接线图，或直接在配电箱中摆放，以达到布局合理、安装接线方便。否则，如果电器元件布局不合理，不但安装、接线困难，而且调试不便，设备损坏时更换元件更是“难于上青天”，所以合理的布置电器元件是电工应掌握的基本技能之一。布置电器元件时，应根据电气原理图和元器件的性能来考虑电器元件的排列顺序。

（1）主电路

主电路的元器件应布置于箱体内部，按照电源进线接线端子、断

路器（电源开关和主电路熔断器）、交流接触器、热继电器、负载接线端子等从上到下排列整齐。

(2) 控制电路

控制电路应按照它们与主电路的连接关系来布置。控制电路常用的元器件有指示灯、按钮、转换开关、控制电路熔断器、行程开关、继电器（包括中间继电器、时间继电器、速度继电器）等，其中熔断器、行程开关和继电器这些元器件应与主电路的元器件布置在箱体中，且位于主电路的一侧或两侧，并与主电路的元器件尽可能接近，但必须明显分开。指示灯、仪表、转换开关和按钮这些需要经常观察和操作的电器元件，一般应通过接线端子引出，不宜直接接在主电路或控制电路的元器件上等。

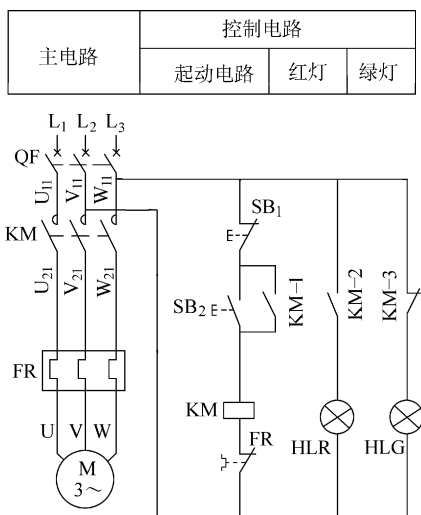
(3) 注意事项

1) 无论是主电路还是控制电路，电器元件的布局要合理，尽量做到整齐、匀称、间距合适，不宜过密或过疏。一般要求 250V 以下时，间距不应小于 15mm；250 ~ 500V 时，间距不应小于 25mm。

2) 电器元件不能倒装或横装，电器元件的铭牌要置于外侧，以方便观察。

3) 为方便安装、监视、调整和维修，箱内电器元件必须位于离地 0.4~2m 之间，接线端子离地不小于 0.2m。

4) 仪表和指示灯放于箱盖板的上侧，以便于观察；经常操作的开关设备应置于中部；发热元件应布置在配电箱体内上侧，以防影响其他元器件的性能；较重的元器件宜置于下侧，以防重心上移，影响配电箱（屏）的稳定。



如图 5-1 所示为电动机连续运行控制电路原理图

连续运行控制电路原理图，与其对应的平面布置如图 5-2 所示，实际布置后的效果如图 5-3 所示。

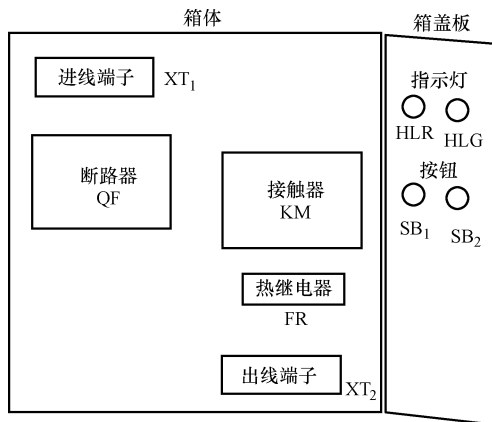


图 5-2 电动机连续运行控制电路平面布置图

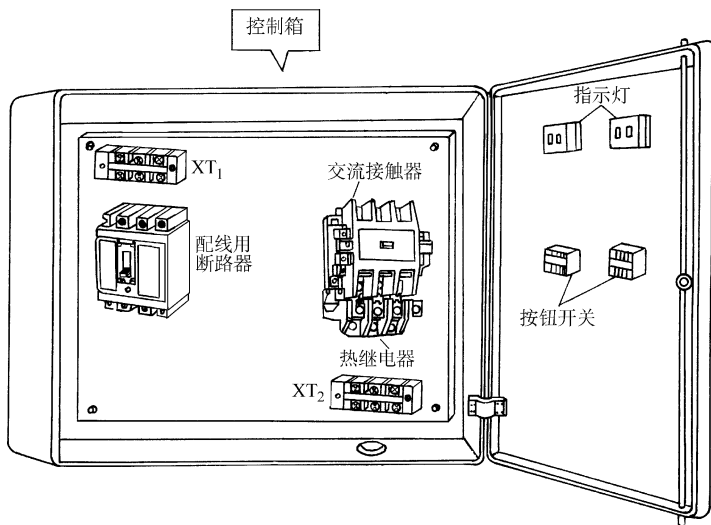


图 5-3 电动机连续运行控制电路实际布置效果

三、元器件的固定

元器件的固定一般按照定位、钻孔、固定几步，具体如下。

1) 定位 根据元器件布置图将元器件固定在预定位置,然后用铅笔或尖锥子在固定孔处画上标记。元器件较密时,可将全部元器件排列后一块画线,以保证元器件布置合理,整齐美观。

2) 钻孔 用手电钻在画好的标记处钻孔,孔的直径应稍大于固定螺钉的直径。如果孔径较大,可先用小钻头钻孔,再用大钻头扩孔,不宜直接用大直径钻头钻孔。

3) 固定 用合适的螺钉将待安装的元器件固定在配电箱上,注意要加弹簧垫和平垫片。并注意安装顺序,一般应按从上到下、先小后大、先内后外的原则来固定。

四、选择导线

1) 导线的类型 硬线只能用在固定安装的元器件之间,若有可能出现震动的场合则应采用软线。电路 U、V、W 三相用黄色、绿色、红色导线,中性线 N 用黑色导线,保护线用黄/绿双色导线。

2) 导线的绝缘 导线必须绝缘良好,并具有抗化学腐蚀的能力。特殊环境下工作的应满足特殊环境条件的要求或通过穿管保护。

3) 导线的截面积 导线的截面必须能满足负载电流,并有足够的机械强度,线路较长时,要考虑导线的电压降。一般规定主电路导线的最小截面不应小于 2.5mm^2 ,控制电路导线的最小截面不应小于 1.5mm^2 。

五、配线

如图 5-4 所示为电动机连续运行控制电路的实际配线图。

1) 配线前,应准备好线号套管、剥线钳、斜口钳、尖嘴钳等。如果采用多股线还应准备电烙铁、焊锡等焊接原料和工具。

2) 按照电气接线图规定的走线方向和工艺要求进行布线和接线。

3) 接线顺序。从电源端起按照从上到下,从左到右的顺序逐根接线。一般先接主电路,后接控制电路;先接串联电路,后接并联电路。

4) 控制箱内部布线一般采用正面板前明线布线方法,较少采

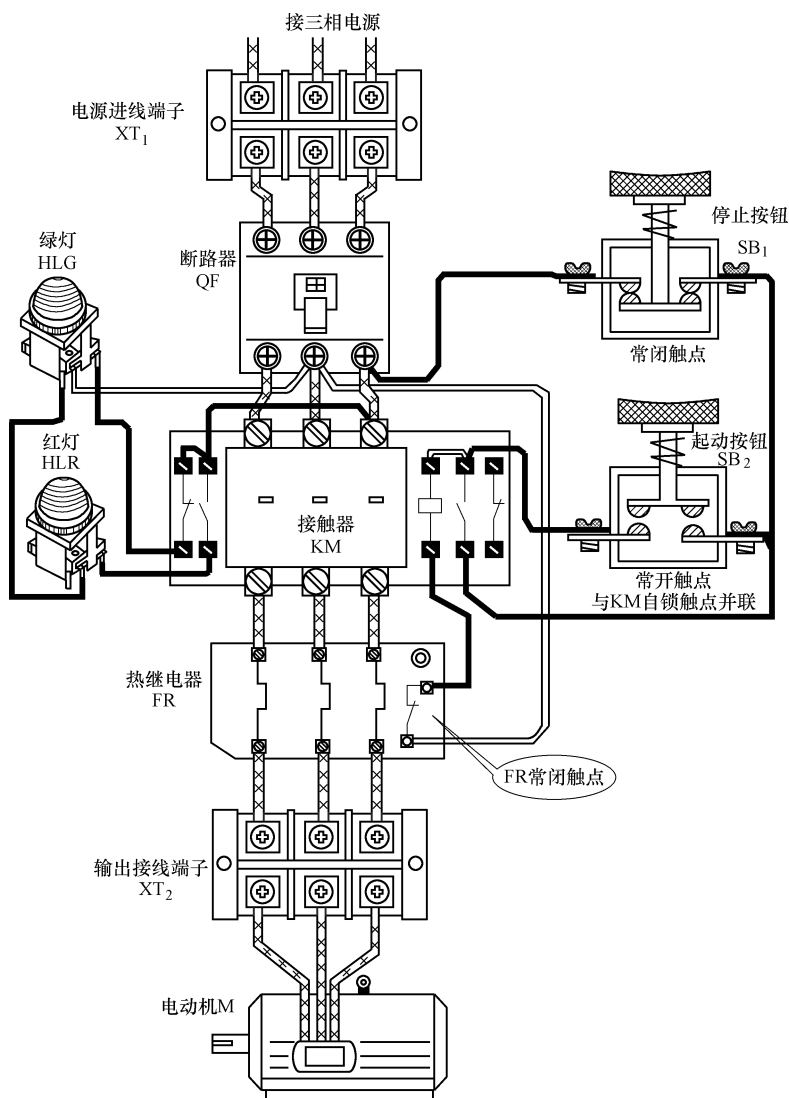


图 5-4 电动机连续运行控制电路的实际配线图

用板后布线的方法。如果导线较多,可采用线槽布线。

5) 敷设步骤

① 按接线图中的编号,测量待接导线的长度,截取合适长度的导线。

② 将导线矫直,剥去端头的绝缘层,用电工刀刮掉导线表面的氧化层,按导线走线弯曲成型,套上线管号。如果多股线要将线头绞紧,并镀锡处理。

③ 根据端子的情况,将导线两端的线芯直接压进接线端子或弯成小羊圈后压接在相应位置。

6) 敷设工艺及注意事项

① 走线通道应尽可能少,同一通道中的导线按主电路和控制电路分类集中。

② 各种连接线尽可能靠近元器件走线,距离较近的相邻元器件之间也可“空中”走线。

③ 布线导线要排列整齐,接线要正确、合理、美观,尽量避免交叉;拐弯时,要用手将拐角处弯成小圆弧形(有一定的弧度),不要用钳子将导线做成“死弯”,必要时可以将导线置于线槽内;接电器元件端应绕上一个半圆弧(使导线留有余量),以便于维修。

④ 接线应牢固,不得压胶,不得反圈,露铜不得超过 2mm,中间不得有接头。

⑤ 一般一个接线端子只准连接一根导线,特别的可以连接两根导线,但这两根导线必须焊接或绕接后接线,或采用针形、叉形等冷压接线头压接后再接线。

⑥ 除个别短接线外,每根连接导线的接线端须套有符合国家相关规定的线号,导线线号的标志应与原理图和接线图相符。

⑦ 刀开关、断路器、接触器、热继电器等电器元件则必须按照上面为进线,下面为出线,以免出现错接或漏接的情况。

⑧ 进线与出线必须套保护套管,以免导线外绝缘层受损,不同相的导线尽量采用不同的颜色。

如图 5-5 所示为电动机连续运行控制电路的安装接线工艺。

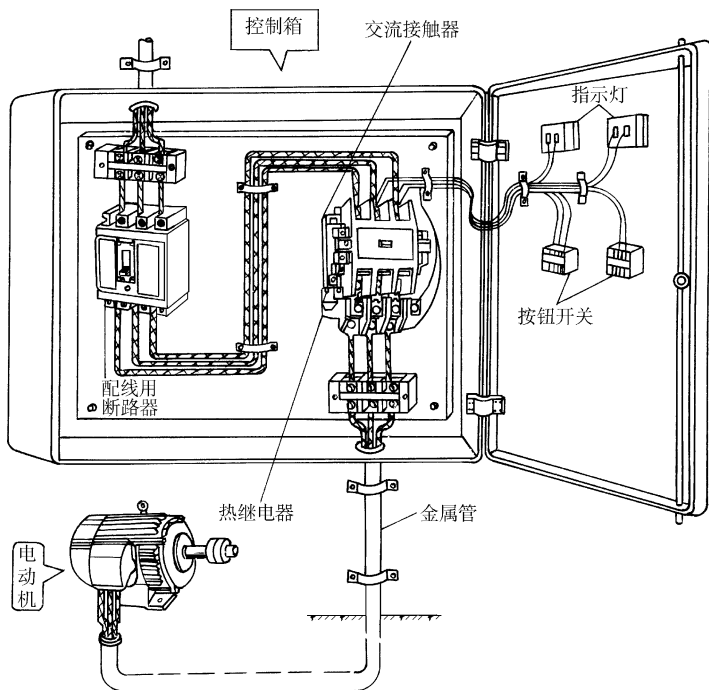


图 5-5 电动机连续运行控制电路的安装接线工艺

六、安装卡片框

安装完毕，在电器元件下面或侧面安装卡片框，在卡片框上标明元器件的名称、额定电流等，以方便检查和维护。

第二节 电动机控制电路的调试方法

一、通电调试前的静态检查和准备

电气设备安装完毕，在通电试车前，应准备好调试用的工具和仪表，对线路、电动机等进行全面的检查，然后才能通电试车。

1) 准备好调试所需的工具、仪表，如螺钉旋具、电笔、万用

表、钳形表、绝缘电阻表等。

2) 按照电路原理图和接线图,逐段检查接线有无漏接、错接,检查导线连接点是否符合工艺要求。

3) 清除安装板上的线头杂物,检查各开关、触点动作是否灵活可靠,灭弧装置有无破损。

4) 对于新投入使用或停用 3 个月以上的电动机,应用 500V 绝缘电阻表测量其绝缘电阻,低压电动机的绝缘不得小于 $0.5\text{M}\Omega$,高压电动机电阻不应低于 $1\text{M}\Omega/\text{kV}$,否则应查明原因并修理。

5) 用绝缘电阻表测量主电路、控制电路对机壳的绝缘及不同回路间的绝缘,各项绝缘不应小于 $0.5\text{M}\Omega$ 。

6) 对不可逆运转的机械设备,应检查电动机的转向与机械设备要求的方向是否一致。一般可通电检查;对于连接好的设备,可用相序表或自制相序判别器来测量。

7) 检查传动设备及所带机械的安装是否牢固;轴承的油位是否正常;清洁各运动摩擦面;投入电动机及所带机械设备的润滑系统、冷却系统;打开有关的水阀门、风阀门、油阀门;如有可能,用手盘车,检查转子转动是否灵活,有无卡涩现象。对于绕线转子异步电动机,还应检查电刷的牌号是否符合要求、压力是否合适、能否自由活动,换向器是否光洁、偏心,电刷与换向器接触是否良好等。

8) 电动机通电前,要认真检查其铭牌电压、频率等参数与电源电压是否一致,然后按接线图检查各部分的接线是否正确,各接线螺钉是否紧固,各导线的截面、标号是否与图纸所标一致。

9) 检查测量仪表是否齐全,配有电流互感器的,电流互感器的一、二次确认无开路现象。

10) 检查设备机座、电线钢管的保护接地或接零线是否接好。

二、保护定值的整定

(1) 低压断路器的调整

1) 低压断路器分保护电动机用与保护配电线路用两种,不应选错;保护电动机时,断路器的额定电流应大于或等于电动机的额

定电流。

2) 对于可调式过电流脱扣器, 其瞬时整定电流的调节范围根据电动机类型来定: 绕线式异步电动机取 (3~6) 倍脱扣器的额定电流, 笼形异步电动机取 (8~12) 倍脱扣器的额定电流。

3) 长延时动作过电流脱扣器的额定电流按电动机额定电流的 (1.0~1.2) 倍整定; 6 倍长延时电流整定值的可返回时间应不小于电动机的起动时间。可返回时间分为 1s、3s、5s、8s、15s 几种。

4) 瞬时动作的过电流值, 应按电动机的起动电流的 (1.7~2.0) 倍整定。

(2) 过电流继电器的调整

过电流继电器的保护定值一般按产品有关资料来定。若无资料, 对于保护三相异步电动机, 一般可调整为电动机额定电流的 1.7~2 倍; 频繁起动时, 可调整为电动机额定电流的 2.25~2.5 倍; 对于直流电动机, 可调整为电动机的 1.1~1.15 倍最大工作电流。

(3) 过电压继电器的调整

过电压继电器一般按产品有关资料来整定, 如无资料, 可调整为直流电机额定输出电压的 1.1~1.15 倍。

(4) 欠电流继电器的调整

欠电流继电器吸合值可调整为直流电动机额定励磁电流值, 释放值可调整为电动机最小励磁电流的 0.8 倍。

(5) 热继电器动作电流的调整

热继电器的整定电流一般应与电动机额定电流调整一致; 对于过载能力差的电动机, 应适当减少定值, 热元件的整定值一般调整为电动机额定电流的 0.7 倍左右; 对起动时间长或带冲击性负载的电动机, 应适当增大定值, 一般调整到电动机额定电流的 1.1~1.2 倍。此外, 热继电器的动作时间应大于电动机的起动时间。

三、通电试车

1) 电气设备经静态检查、保护定值整定后, 可联系通电试车。

2) 试车前, 设备上应无人工作, 周围无影响运行的杂物, 照明充足。

3) 通电试车的步骤一般是先试控制电路, 后试主电路, 因主

电路故障时，可由控制电路将主电路切除。

1) 控制电路通电试车

① 断开电动机主电路，将控制、保护、信号、联锁电路的有关设备全部送电。检查各部分的电压是否正常，接触器、继电器线圈温升是否正常，信号灯是否正常。

② 操作相应（按钮）开关、试起动相应保护装置、电气联锁装置、限位装置；观察有关接触器、继电器是否正常动作，信号灯是否变化。

2) 主电路通电试车 恢复好控制电路及主电路接线后，通电试车前，有条件的应将电动机与负载机械分开，按照先空载、后负载，先点动、后连续，先低速、后高速，先起动、后制动，先单机、后多机的原则通车试车。试车过程中，要注意检查以下内容：

① 严格执行电动机的允许起动次数，严禁连续多次起动，否则电动机容易过热而烧坏。一般冷态下允许起动 2 次，间隔 5min；热态时只允许起动 1 次。起动时间不超过 3s 的电动机，可允许多次起动一次。

② 降压起动时，应掌握好降压起动切换到全压运行的时间。

③ 电动机安装现场距离控制台较远时，应派专人到电动机安装现场，监视起动过程。

④ 检查各指示仪表的指示，空载和负载电流是否合格（是否平衡、是否稳定、空载电流占额定电流的百分比是否过大）；电动机的转向、起动、转速是否正常；声音、温升有无异常；制动是否迅速。

⑤ 检查轴承是否发热，检查传动带是否过紧或联轴器有无问题。

⑥ 再次试验控制回路保护装置、联锁装置、限位装置等动作是否可靠。如有惯性越位时，应反复调整；如果保护装置动作，应查明原因，处理故障后再通电试验，切不可增大保护强行送电，以免保护失灵而烧坏设备。

⑦ 试车时应正确区分以下内容：空载试车过程中，若电动机冒白烟，这时人们往往以为是电动机绕组烧坏了。其实电动机若无异常声音，用手摸电动机外壳也不发烫，这时不要以为电动机内部短路。产生这种现象的原因是，电动机绕组通电发热，将潮气排出了，待运行一段时间后，白烟就会自动消失。

⑧ 在电动机试车时，如有如下现象应立即停机。

- a. 电动机不转或低速运转。
- b. 超过正常起动时间电流表不返回。
- c. 三相电流剧增或三相电流严重不平衡。
- d. 电动机有异常声音、剧烈振动、轴承过热或声音异常。
- e. 电动机扫膛或机械撞击。
- f. 起动装置起火冒烟。
- g. 电动机所带负载损坏、卡阻。
- h. 人身事故等。

第三节 电动机控制电路调试实例

一、电动机点动运行控制电路调试

图 5-6 所示为电动机点动运行控制电路原理图。

【准备工作】 准备好检查所需的仪表和工具，常用的仪表和工具有万用表、钳形表、绝缘电阻表、螺钉旋具等，并清理现场（如配电箱上的线头杂物）。

【调试方法及调试技巧】

(1) 检查接线

对照图 5-7 检查所有线号和接线端子的接触情况，注意检查每一对触点的上、下端子的接线有无颠倒，导线连接点是否符合工艺要求；检查电动机及保护箱是否可靠接地，接至电动机的导线是否穿钢管保护。

1) 检查主电路接线

① 将万用表置于 $R \times 1$ 档，并调零。

② 断开开关 QS，取下熔断器 FU_2 内装熔体，断开主电路与控

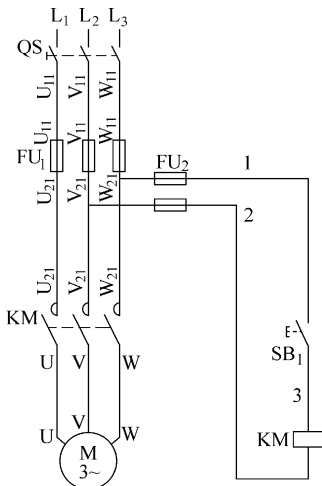


图 5-6 电动机点动运行
控制电路原理图

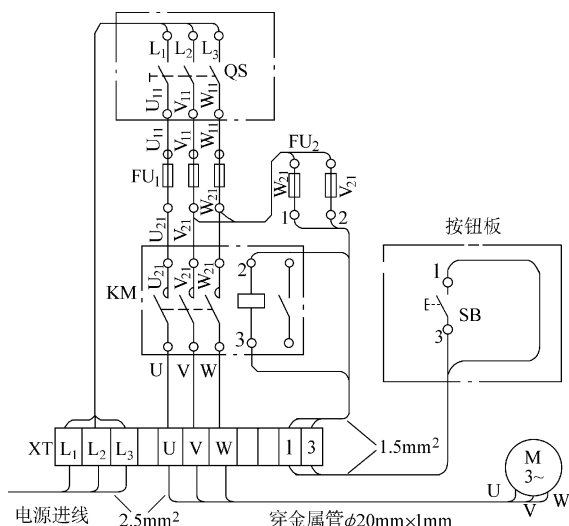


图 5-7 电动机点动运行控制电路接线图

制电路的联系。用万用表测量开关 QS 下接线端 U_{11} - V_{11} 、 V_{11} - W_{11} 、 U_{11} - W_{11} 间的电阻（共测三次），这时由于接触器 KM 未吸合，三相电路互不相连，表针应指向“ ∞ ”，如图 5-8a 所示。如果三次测量中有一次电阻指示为“0”，则表明电阻为“0”的两相短路；若有两次测得电阻均为“0”，则表明三相电源有短路故障。这时，可将熔断器 FU_1 去掉重复上述测量，若短路消失，表明短路点在 FU_1 之后，应检查 U_{21} 、 V_{21} 、 W_{21} 标号线，否则短路点在 FU_1 之前，应检查 U_{11} 、 V_{11} 、 W_{11} 标号线。

③ 如图 5-8b 所示，用手按压接触器 KM 的触点架（具体按压触点架的操作方法参见图 1-68），模拟接触器得电吸合时的情况，使接触器触点闭合，重复测量 U_{11} - V_{11} 、 V_{11} - W_{11} 、 U_{11} - W_{11} 间的电阻，这时测得的是电动机三相绕组的阻值。正常时，三次所测电阻均较小（约 2.5Ω ），但不能为零。

如果有一次电阻指示为“0”，则表明电阻为“0”的两相短路。这时，可将电动机接线柱上的接线去掉后重复上述测量，若短路不消失，表明短路点在 KM 主触点至电动机接线柱间的一段线路，应检查 U、V、W 标号线，否则短路点在电动机本身，应检查电动机接线

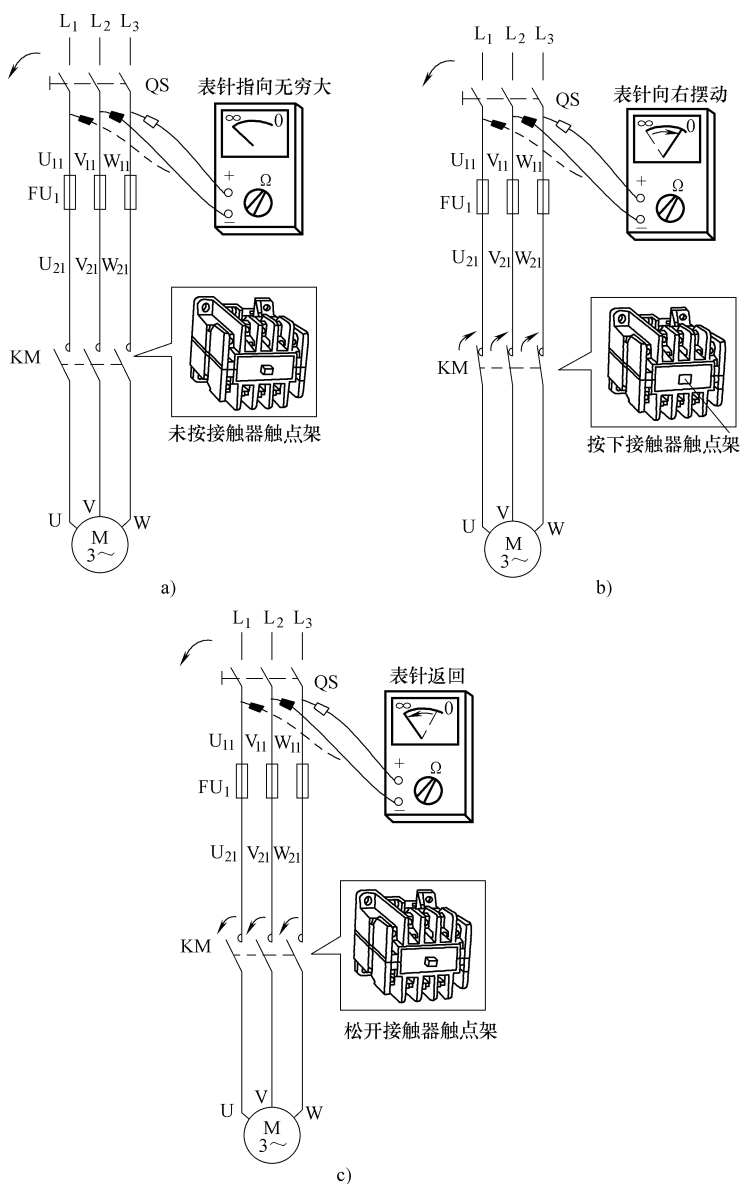


图 5-8 用手按压接触器的触点架测主电路电阻

a) 步骤 1 b) 步骤 2 c) 步骤 3

端和电动机绕组。

如果三次测量中有一次或两次电阻指示为“ ∞ ”，则表明主电路中至少有一相断路。这时，可先检查电动机绕组及其接线，若电动机绕组及其接线正常，则表明断路故障点在开关下接线端至电动机接线柱之间的一段的线路。应分别检查刀开关至电动机的连接导线。

④ 松开接触器 KM 的触点架，接触器释放，万用表返回至无穷大，如图 5-8c 所示。

2) 检查控制电路接线

① 对照图 5-7 检查控制电路所有标号、端子接线。

② 取下熔断器 FU_2 的熔体，使控制回路与主电路分开。将万用表也置于 $R \times 1$ 档，并调零。在未按点动按钮 SB 时，控制电路 1、2 两点间应为断开状态，测得的阻值应为“ ∞ ”，如图 5-9a 所示。

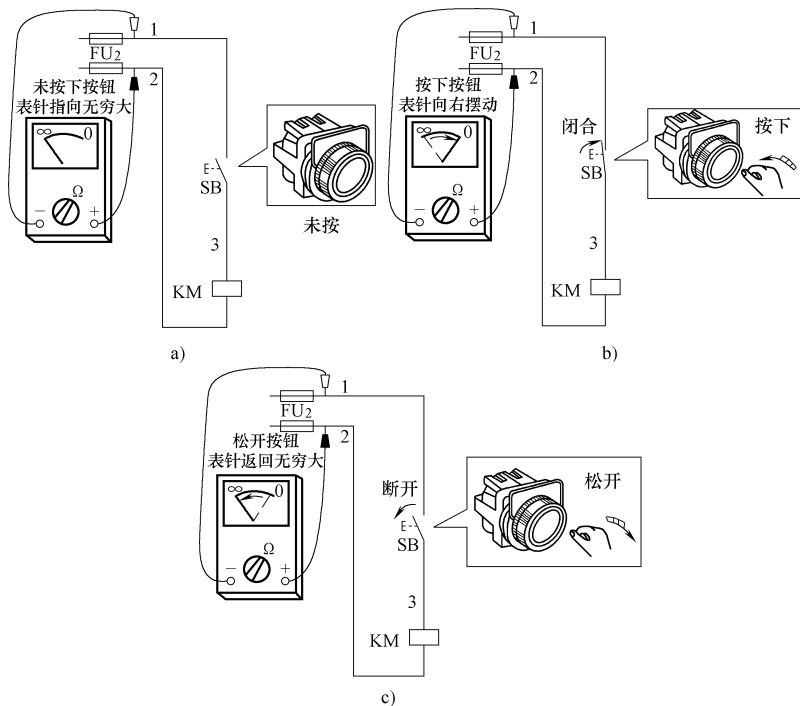


图 5-9 用手按压点动按钮测控制电路电阻

a) 步骤 1 b) 步骤 2 c) 步骤 3

③ 按下点动按钮 SB, 表针向右偏转, 1、2 两点的电阻应为接触器 KM 线圈的直流电阻 (约 600Ω), 如图 5-9b 所示; 否则如果电阻过大, 表明控制回路有开路故障; 如果电阻为 “0”, 说明控制回路有短路故障。

④ 松开按钮 SB, SB 常开触点复位, 表针应返回 “ ∞ ”, 如图 5-9c 所示。

(2) 通电试车

1) 空操作试验 拆下 XT 到电动机接线柱上的接线, 合上电源开关 QS, 按下点动按钮 SB, 能听到接触器电磁铁较响的吸合声, 认真观察接触器触点闭合是否正常, 仔细听接触器运行时有无异常声音, 测量 XT 端子板上 U、V、W 上的电压, 正常时应有三相交流电源输出; 然后松开 SB, 接触器 KM 应立即释放, XT 端子板上 U、V、W 接线端子上的电压消失。再反复试验几次。

2) 空载试车 断开电源开关 QS, 接上电动机 M, 然后重新通电试车。即按下点动按钮 SB, 接触器 KM 吸合, 电动机起动; 松开 SB, 接触器 KM 断电释放, 电动机立即断电停机。试车过程中, 注意观察电动机的运行状况, 听电动机的运行声音; 用钳形表测量电动机的空载电流大小是否正常, 如图 5-10 所示; 配有转速表的注意监测空载转速。



图 5-10 测量空载电流

如有异常, 应立即停车, 重新检查电源电压是否过低、接线有无松脱、接点有无接触不良、电动机绕组有无断线等。

3) 带负载试车 空载试车正常后, 断开 QS, 带上外部机械设备, 再合上 QS, 重复上述检查, 并用钳形表卡住电动机三根引线中的一根, 测量电动机的起动电流。电动机的起动电流一般为额定电流的 5~7 倍, 起动后用钳形表分别测量三相电流是否平衡、是否超过额定值。带负载运行一段时间后, 检查电动机温升是否过高。负载试车期间, 要有人监视。

二、开关控制的电动机点动与连续运行控制电路调试

图 5-11 所示为开关控制的电动机点动与连续运行控制电路原理图。

【工作原理】 连续运行时，闭合开关 SA，按下起动按钮 SB_2 ，接触器 KM 主触点闭合，电动机得电连续运转；同时，并联在按钮 SB_2 两端的 KM 常开辅助触点（自锁触点）闭合，当松开 SB_2 时，电路通过 SA、KM 自锁触点使接触器 KM 线圈回路继续保持通电状态。

停机时，按下停止按钮 SB_1 ，接触器 KM 线圈断电释放，KM 主触点和自锁触点同时断开，电动机断电停转。

点动控制时，断开点动与连续运行选择开关 SA，按下按钮 SB_2 ，由于 SA 触点切断了 KM 自锁回路，接触器 KM 只能断续吸合，电动机点动工作。

【调试方法及调试技巧】

(1) 目测检查接线

对照图 5-12 检查所有线号和接线端子的标号是否与图一致，注意检查每一对触点的上、下端子的接线有无颠倒；轻轻拉拨端子上的接线，检查各电器元件、接线端子安装和接线是否牢固，接触是否良好。

(2) 检查主电路接线

1) 检查刀开关至接触器的接线情况 取下熔断器 FU_2 内装熔体，断开主电路与控制电路的联系。用万用表 $R \times 1$ 档分别测量开

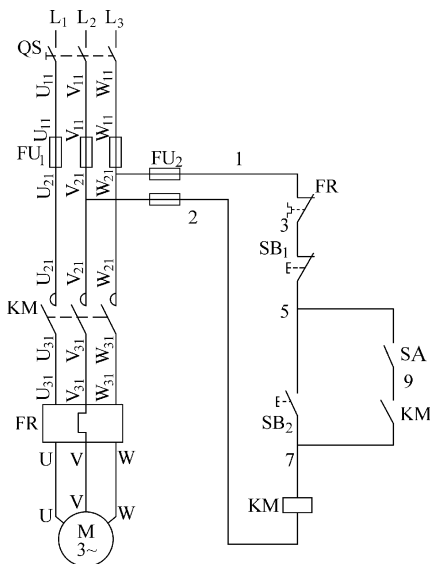


图 5-11 开关控制的电动机点动与连续运行控制电路原理图

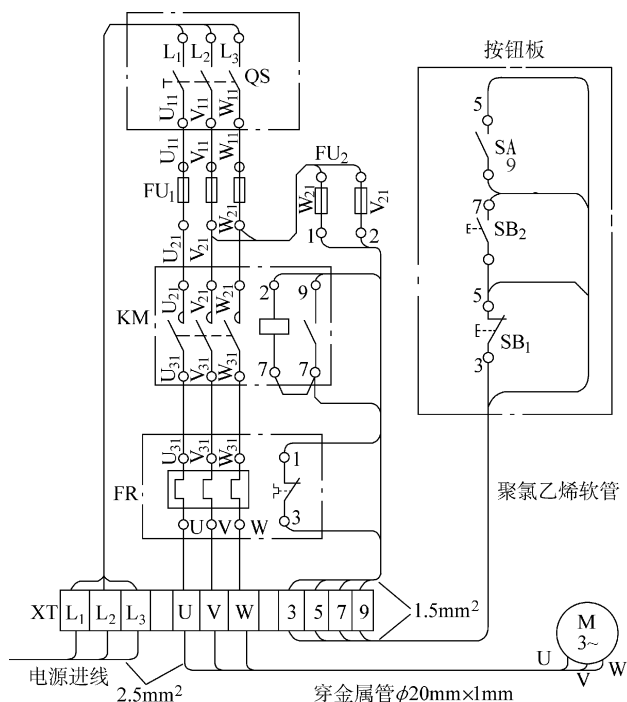


图 5-12 开关控制的电动机点动与连续运行控制电路接线图

关 QS 下接线端 $U_{11}-V_{11}$ 、 $V_{11}-W_{11}$ 、 $U_{11}-W_{11}$ 间的电阻，由于这时接触器 KM 未吸合，三相电路互不相连，表针应指向“ ∞ ”，如图 5-13a 所示。

如果三次中有一次电阻指示为“0”，则表明电阻为“0”的两相短路，若有两次测得电阻均为“0”，则表明三相电源有短路故障。这时，可将熔断器 FU_1 去掉重复上述测量，若短路消失，表明短路点在 FU_1 之后，应检查 U_{21} 、 V_{21} 、 W_{21} 标号线，否则短路点在 FU_1 之前，应检查 U_{11} 、 V_{11} 、 W_{11} 标号线。

2) 检查接触器至电动机的接线情况 用手按压接触器 KM 上面的触点架，使接触器触点闭合，重复上述测量，测得的是电动机三相绕组的阻值。正常时，三次所测电阻值基本相同（电阻均较小

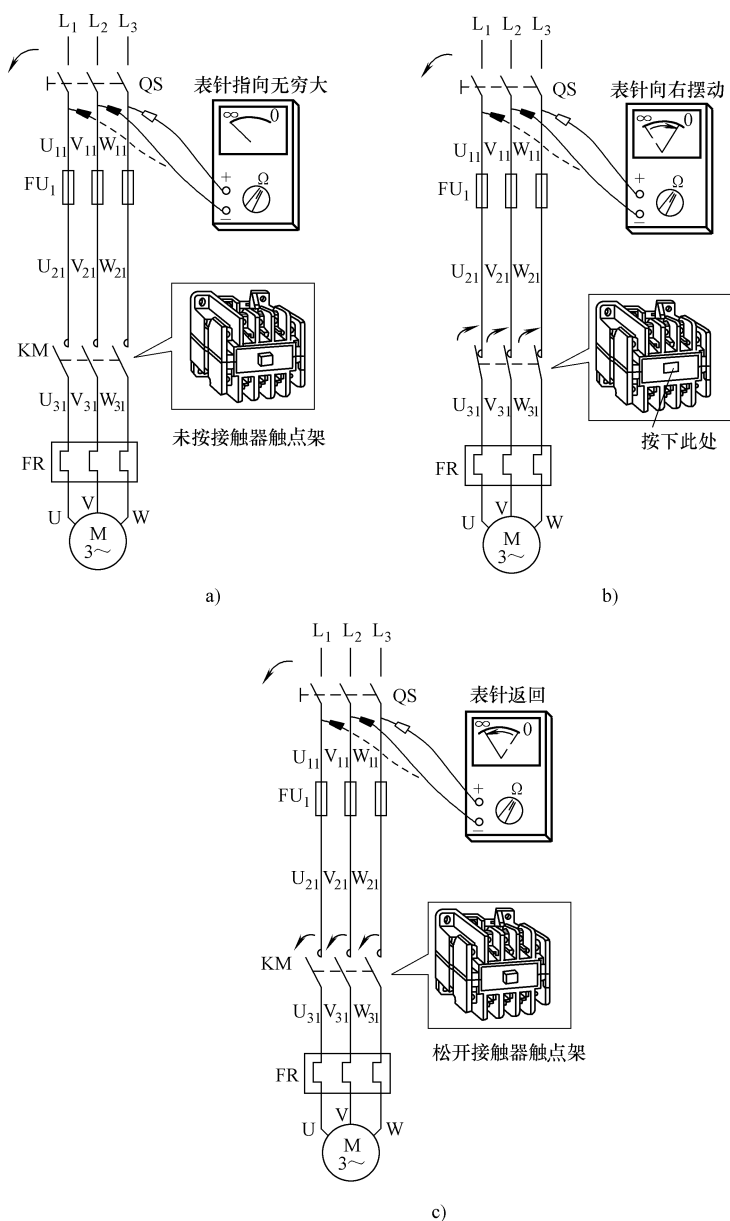


图 5-13 用手按压接触器的触点架测主电路电阻

但不能为零),如图 5-13b 所示。

若有一次电阻指示为“0”,则表明电阻为“0”的两相短路。这时,可将电动机接线柱上的接线去掉重复上述测量,若短路不消失,表明短路点在 KM 主触点至电动机接线柱间的一段线路,应检查 U_{31} 、 V_{31} 、 W_{31} 和 U、V、W 标号线,否则短路点在电动机本身,应检查电动机接线端和电动机绕组。

如果三次测量中有一次或二次电阻指示为“ ∞ ”,则表明主电路中至少有一相断路。这时,可先检查电动机绕组及其接线,若电动机绕组及其接线正常,则表明断路故障点在开关 QS 下接线端至电动机接线柱之间的一段线路。应分别检查刀开关至电动机的连接导线。

3) 松开接触器 KM 的触点架,接触器释放,万用表返回至无穷大,如图 5-13c 所示。

4) 检查电动机和配电箱的金属外壳是否可靠接地。

(3) 检查控制电路接线

1) 检查起、停控制。取下熔断器 FU_2 的熔体,使控制回路与主电路分开。

① 在未按点动按钮 SB_2 时,控制电路 1、2 两点间应为断开状态,测得的阻值应为“ ∞ ”,如图 5-14a 所示。

② 按下起动按钮 SB_2 ,测量控制回路电阻应在 600Ω 左右(接触器 KM 线圈的电阻),如图 5-14b 所示。否则表明控制回路有开路故障。

③ 在按下起动按钮 SB_2 的同时,按下停止按钮 SB_1 ,测得控制回路由“通”而断,否则应检查按钮 SB_1 两端控制接线是否接反,如图 5-14c 所示。

2) 检查自锁回路 按压 KM 触点架,测量 KM 自锁触点应闭合;松开手后,KM 自锁触点应立即断开,如图 5-15 所示。若按压 KM 触点架时,测得 7—9 间为“ ∞ ”,则表明 KM 自锁触点不通。然后闭合开关 SA,测量 5—7 间也为“ ∞ ”,否则应检查 SA 开头触点是否接触不良、两端连线是否松脱。

(4) 调整定值

调节热继电器的定值旋钮,使其动作电流与电动机额定电流一

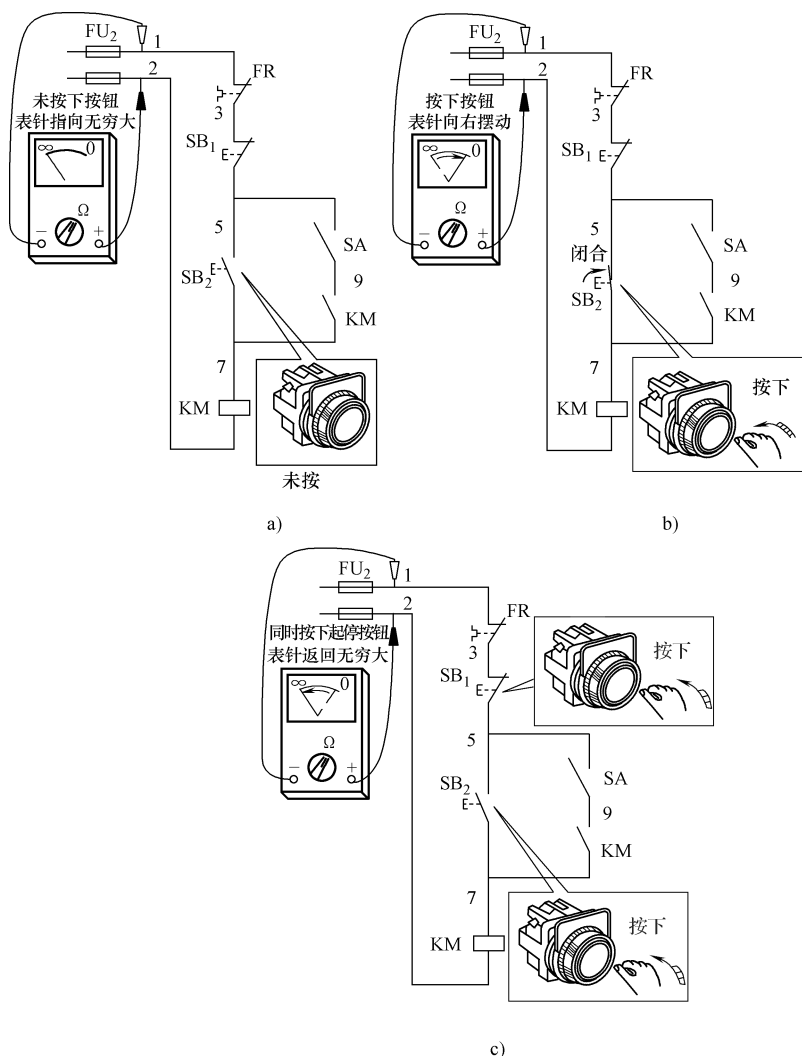


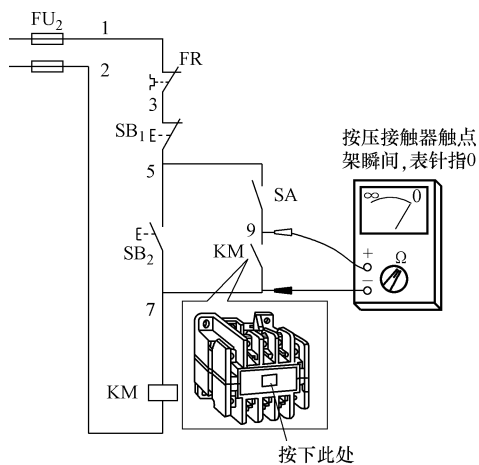
图 5-14 检查起、停控制电路

a) 步骤 1 b) 步骤 2 c) 步骤 3

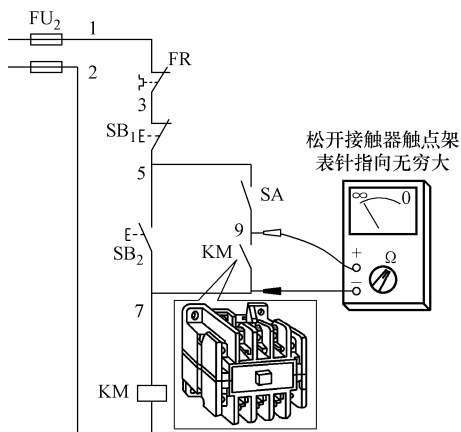
致，然后参照图 1-71 和图 1-72 校验其动作电流。

(5) 通电试车

1) 空操作试验 拆下 XT 到电动机接线柱上的接线，合上电



a)



b)

图 5-15 检查自锁回路

a) 步骤 1 b) 步骤 2

源开关 QS。

① 点动试验 断开开关 SA，按下起动按钮 SB₂，测量 XT 端子上 U、V、W 上的电压，正常时应有三相交流电源输出；然后

松开 SB_2 ，接触器 KM 应立即释放，XT 端子板上 U、V、W 接线端子上的电压消失。如此反复试验几次。

② 连续运行试验 闭合开关 SA，按下起动按钮 SB_2 后松开，观察接触器 KM 是否吸合，松开起动按钮 SB_2 后，观察接触器 KM 能否保持吸合状态，用万用表测量 XT 端子板上有无三相额定电压，然后按下停止按钮 SB_1 ，观察接触器 KM 能否立即释放。照上述方法反复多试几次。

2) 空载试车 断开电源，接上电动机 M，合上电源开关 QS，重新通电试车：先断开 SA 空载点动试车，然后再闭合 SA，连续运行试车。试车时用钳形表卡住电动机三根引线中的一根，测量电动机的空载电流是否合格，并注意观察接触器有无噪声、触点有无燃弧，电动机有无振动、转速是否异常等。如有异常，应立即停车，重新检查电源电压是否过低、接线有无松脱、接点有无接触不良、电动机绕组有无断线等。

3) 带负载试车 空载试车正常后，断开 QS，带上外部机械设备，再合上 QS，重复上述检查，并用钳形表卡住电动机三根引线中的一根，监测电动机的起动电流；起动后用钳形表分别测量三相电流，看三相电流是否平衡、是否超过额定值。带负载运行一段时间后，检查电动机温升是否过高。一切正常后即可投入正式运行。

三、用行程开关作自动停机的可逆运行电路调试

图 5-16 所示为用行程开关作自动停机的可逆运行电路，该电路利用行程开关的限位作用，使生产设备每次起动后自动停止在预定点，但它不能使生产设备自动反向起动，需按下反向起动按钮，才能反向起动，因此这是一种带有半自动性质的控制电路。

【工作原理】 合上低压断路器 QF，按下正向起动按钮 SB_2 ， SB_2 常开触点（3—5）闭合，接触器 KM_1 得电吸合， KM_1 互锁触点（11—13）断开，切断 KM_2 控制线路，实现闭锁。紧接着 KM_2 自锁触点（3—5）和主触点同时闭合，电动机正向起动，由活动的机械带动撞块沿工作台一起向左移动，当行至左侧规定位置时，撞块 A 碰撞行程开关 SQ_1 ，使 SQ_1 的常闭触点（7—9）断开，从而切断正向控制回路，接触器 KM_1 断电释放， KM_1 自锁触点（3—5）和主

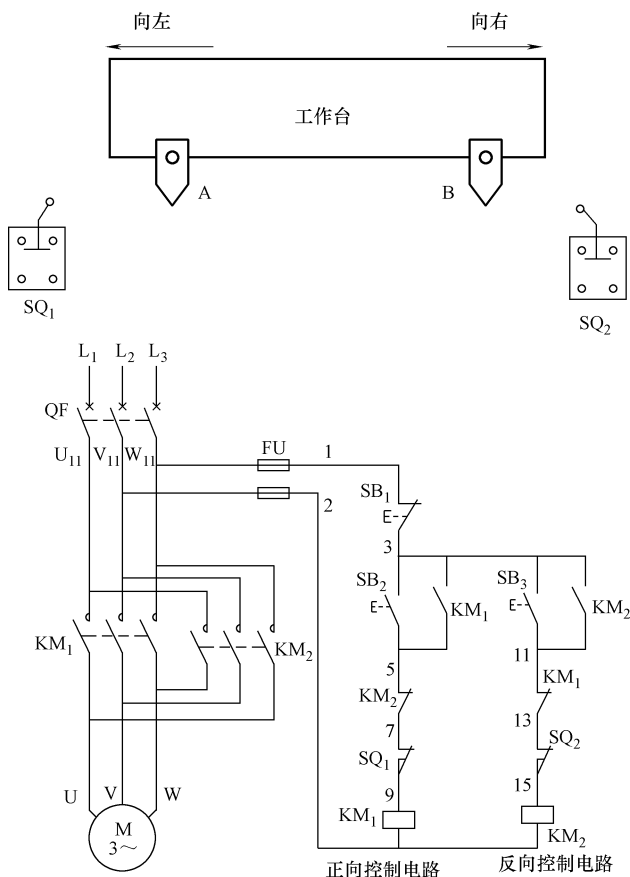


图 5-16 用行程开关作自动停机的可逆运行电路

触点断开，电动机断电停机，同时 KM_1 互锁触点（11—13）闭合，为反向起动创造了条件。电动机停机后，即使再按下 SB_2 ，接触器 KM_1 的线圈也不可能得电，所以保证了活动的机械不会超过 SQ_1 所在位置。

按下反向起动按钮 SB_3 ， SB_3 常开触点（3—11）闭合，接触器 KM_2 得电吸合， KM_2 互锁触点（5—7）断开，切断 KM_1 控制线路，实现闭锁。 KM_2 自锁触点（3—11）和主触点同时闭合，电动机反向起动，由活动的机械带动撞块沿工作台一起向右移动，

当行至右侧预定位置时,撞块 B 碰撞行程开关 SQ_2 , 使 SQ_2 的常闭触点 (13—15) 断开, 从而切断反向控制回路, 接触器 KM_2 断电释放, KM_2 自锁触点 (3—11) 和主触点断开, 电动机断电停机, 同时 KM_2 互锁触点 (5—7) 闭合, 为下次的正向起动创造了条件。

【调试方法及调试技巧】

(1) 检查接线

对照图 5-17 检查线号和接线端子的接触情况, 重点检查接在 KM_1 、 KM_2 主触点的进线和出线, 控制电路中 KM_1 、 KM_2 连锁触点, SQ_1 、 SQ_2 行程开关触点的连线是否正确。

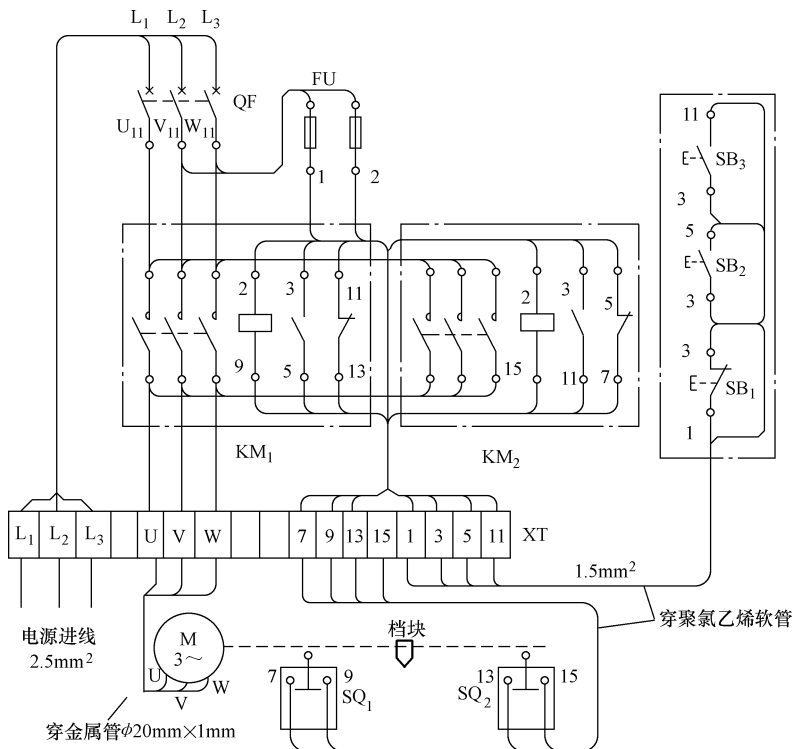


图 5-17 自动往返运行控制电路接线图

将万用表置于 $R \times 1$ 档, 调零后作如下检查:

检查主电路 因为正反转控制的是同一台电动机, 所以主电路的电器除两个交流接触器外都是公用的, 正反转的两个交流接触器的电源侧(入线端)并联在主回路中, 但两个边相在负载侧(出线端)换了相, 这是检查的重点。

① 取下熔断器 FU 内装熔体, 断开主电路与控制电路的联系, 用万用表测量开关 QF 下端子 $U_{11} - V_{11}$ 、 $V_{11} - W_{11}$ 、 $U_{11} - W_{11}$ 间的电阻, 正常时表针应指向“ ∞ ”; 分别按压接触器 KM_1 、 KM_2 触点架, 使 KM_1 或 KM_2 触点闭合, 重复上述测量, 测得的是电动机三相绕组的阻值; 同时按压 KM_1 、 KM_2 触点架, 由于正、反转时电源 L_1 、 L_3 经 KM_1 与 KM_2 主触点后调相, 所以测量 $U_{11} - W_{11}$ 间的电阻为“0”。

② 检查起、停控制及自锁环节 分别按下 SB_2 、 SB_3 , 测量控制回路电阻是接触器 KM_1 或 KM_2 线圈的电阻(都应在几百欧), 否则表明控制回路有开路故障; 同时按下 SB_2 、 SB_3 , 由于两控制回路并联, 测得的电阻减小(KM_1 、 KM_2 线圈并联电阻减小); 在按下起动按钮 SB_2 、 SB_3 的同时, 按下停止按钮 SB_1 , 测得控制回路由“通”而断, 否则应检查按钮 SB_1 两端控制接线是否接反。

③ 检查互锁环节 先检查接触器 KM_1 的互锁触点, 即按下正向起动按钮 SB_2 (或 KM_1 触点架), 用万用表测量 1—2 之间电阻后, 再按下 KM_2 触点架, 万用表由一定值变为“ ∞ ”, 表明 KM_2 互锁触点接线正确, 否则, 应检查 KM_2 互锁触点上、下端子是否接反。同法检查接触器 KM_2 的互锁触点。

④ 检查行程控制环节 先检查行程开关 SQ_1 的正向限位作用, 即按下正向起动按钮 SB_2 (或 KM_1 触点架), 用万用表测量 1—2 之间后, 再按下行程开关 SQ_1 的滚轮, 若万用表由一定值变为“ ∞ ”, 则表明 SQ_1 触点接线正确, 否则, 应检查 SQ_1 触点是否接在常开触点。同法检查行程开关 SQ_2 的反向限位作用。

(2) 调整定值

由于电动机频繁可逆运行, 热继电器的定值电流应调整为电动机额定电流的 1.1~1.2 倍。

(3) 通电试车

1) 空操作试验

① 拆开 XT 端子板到电动机接线，合上低压断路器 QF。

② 按下正向按钮 SB_2 后松开，能听到接触器 KM_1 有较响吸合声，测量 XT 端子板 U、V、W 上有三相交流电源输出；然后用于木棒按下 SQ_1 的滚轮，接触器 KM_1 应立即释放，XT 端子板上 U、V、W 接线端子上的电压消失。同法检查反向接触器的吸合情况及 SQ_2 对 KM_2 的控制作用。

2) 带负载试车

检查正向运行及限位作用。断开 QF，接上电动机，再合上 QF，按下 SB_2 的同时，还应按住停止按钮 SB_1 ，以保证万一出现故障可立即按下停止按钮 SB_1 停机，防止扩大事故。正常时，电动机如果正向（朝 SQ_1 方向）起动，说明线路正确，否则应立即停机，调换开关 QF 或 XT 接线端子上三相电源的任意两相，重新试车。当电动机正向运行到规定位置附近时，应注意观察档块与行程开关 SQ_1 滚轮的相对位置，当档块碰撞 SQ_1 的滚轮后，电动机应立即停机。否则应停机后调整运动部件上档块与行程开关 SQ_1 的相对位置，以便档块能可靠地碰到行程开关上的滚轮并使其触点分断。

停机后，同法检查反向运行及限位作用。反复试验几次，观察反向运行和限位控制是否可靠。

四、QX4 系列磁力起动器控制 Y/△减压起动电路调试

图 5-18 所示为 QX4 系列磁力起动器控制 Y/△减压起动电路，Y/△定子绕组的接线方法如图 3-30 所示。

【工作原理】 合上低压断路器，按下起动按钮 SB_2 ，接触器 KM_1 得电吸合并自锁，同时，接触器 KM_2 通过 KM_3 常闭触点（互锁触点）得电吸合，电动机绕组接成 Y 联结降压起动；与此同时，时间继电器 KT 也通过 KM_3 常闭触点得电开始计时。

经过一段时间的延时后，KT 常闭触点断开，切断了接触器 KM_2 的控制电路，解除了电动机定子绕组的 Y 联结； KM_2 连锁闭点恢复闭合，KT 常开触点闭合，接触器 KM_3 得电吸合，定子绕组由

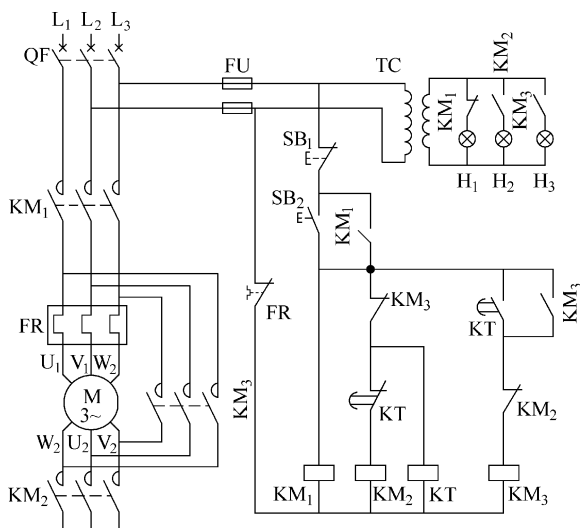


图 5-18 QX4 系列磁力起动器控制Y/△减压起动电路

Y联结转为△联结，电动机转为△形全压运行。KM₃吸合后，其常闭辅助触点打开，使时间继电器 KT 断电复位。

【调试方法及调试技巧】

(1) 检查接线

本例重点检查主电路各接触器间的接线：Y联结的封装线、△联结的连接线。检查控制回路的自锁线、连锁线。检查时可按以下步骤：

1) 检查Y联结 将万用表置于R×1档，去掉FU，按下KM₁、KM₂触点架，两表笔分别测量QF下接线端子任两相间的电阻，测量值应为相绕组电阻值的两倍。否则表明接线错误。

2) 检查△联结 按下KM₁、KM₃触点架（参图1-68），两表笔分别测量QF下接线端子任两相间的电阻，测量值约等于相绕组0.7倍（它是将两相绕组串联后再与第三相绕组并联的电阻值）。

(2) 调整定值

1) 时间继电器的调整 时间继电器一般应在起动电流降至接近额定电流时或转速达到额定转速的80%以上时动作，不宜过长或过短。在QX4型Y/△起动器中，时间继电器的动作时间t(s)可

按表 5-1 所列来调整,也可根据电动机容量 P_N (kW) 按下式估算:

$$t = 2 \sqrt{P_N} + 4$$

表 5-1 QX4 型Y/△起动机时间继电器的调整

型 号	所控电动机的 功率/kW	额定电压 /V	额定电流 /A	热元件整定 电流/A	延时时间 /s
QX ₄ -14	13	500	26	15	11
	17	380	33	19	13
QX ₄ -30	22	500	42.5	25	15
	30	380	58	34	17
QX ₄ -55	40	500	77	45	20
	55	380	105	61	24
QX ₄ -75	75	380	142	85	30
QX ₄ -125	125	380	260	100~160	14~60

通过此表我们也可以看出, 380V 三相异步电动机的额定电流 I_N 等于其功率 (kW) 数的 2 倍。即 $I_N = 2P_N$

2) 热继电器的调整 在 QX₄ 型Y/△联结起动机中, 热继电器是串联在一相绕组中的 (与一般电动机将热继电器接在每一条电源线中有所不同), 所以热继电器的整定电流应为电动机的相电流, 而Y/△联结的电动机, 相电流为线电流的 $1/\sqrt{3}$, 线电流一般等于额定功率 P_N (kW) 数值的 2 倍。所以热元件的电流 I (A) 可按下式计算:

$$I = I_N / \sqrt{3} = 2P_N / \sqrt{3} \approx 1.16P_N$$

(3) 试车

1) 空操作试验 从接线端子上 (未画其接线图, 接线端子可参考图 5-17 所示的 XT) 拆下到电动机接线柱的接线, 合上低压断路器 QF, 按下 SB₂, 这时 KM₁、KM₂ 吸合并自保持, 经过一段时间后, KM₂ 失电释放 (KM₁ 仍吸合), KM₃ 吸合。按下 SB₁, 接触器均释放。反复试验几次以检查电路动作是否可靠。

2) 空载试车 断开断路器 QF, 恢复接线后重新合上, 按下

SB₂, KM₁、KM₂同时吸合,电动机起动,待电动机接近额定转速时,KT动作,KM₂释放,KM₃吸合,观察电动机的转向。按下SB₁,接触器KM₁、KM₃断电释放,电动机停机。

注:如电动机反转,应改变进线电源相序(电源的总相序),不宜在电动机接线盒内倒头,否则有可能倒乱,将定子绕组的一相短接而烧坏电动机。

3) 带负载试车 带上负载重新试车,注意电动机电流的变化及运转情况。超过正常起动时间电流表不返回,或发现电动机低速运转,应立即断开电源,查明原因。

五、自耦变压器减压起动控制电路调试

图 5-19 所示为自耦变压器减压起动控制电路,此电路有系列产品,其型号为 XJ01。

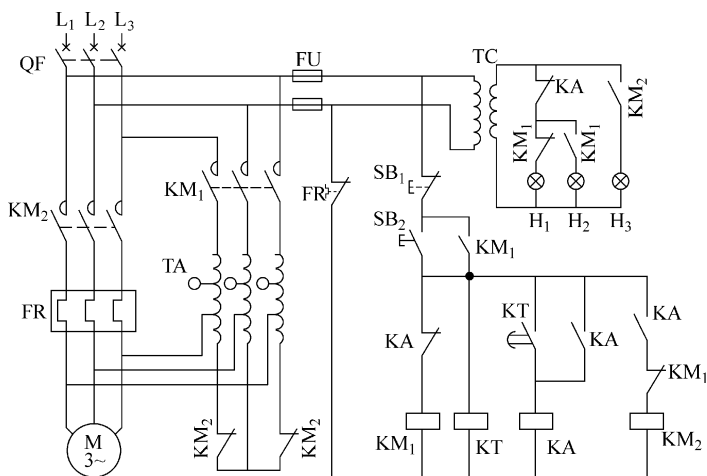


图 5-19 自耦变压器减压起动控制电路

【工作原理】 起动时,按下起动按钮 SB₂,接触器 KM₁得电吸合,KM₁常开辅助触点闭合自锁,KM₁主触点闭合,电动机串联自耦变压器 TA 降压起动;与此同时,时间继电器 KT 得电,经过一段的整定时间后,KT 延时常开触点闭合,中间继电器 KA 得电吸合且自锁,KA 常闭触点断开,接触器 KM₁断电,自耦变压

器脱离电源, KA 常开触点闭合, 接触器 KM_2 得电吸合, 电动机进入全压运行。此时热继电器才接入主回路, 以防止起动时间过长误动。

图中有三个信号灯 H_1 、 H_2 、 H_3 分别作电源、起动、运行指示。接通电源, H_1 亮; 起动时, KM_1 常开触点闭合, H_2 点亮; 运行时, KM_2 常开触点闭合, H_3 点亮, 而 KA 常闭点断开, H_1 、 H_2 熄灭。

【调试方法及调试技巧】

(1) 检查接线 本例重点检查热继电器、自耦变压器的接线, 热继电器的入线端与接触器 KM_2 的出线端相接, 热继电器的出线端与自耦变压器的出线端相连。另外检查自耦变压器的输入、输出相序不能接错。

(2) 调整定值

调节热继电器的定值旋钮, 使其保护动作电流与电动机额定电流一致。

自耦变压器抽头在 $60\%U_N$ 时, 起动时间 (s) 可按下式整定:

$$t = 8 + P_N / 8$$

自耦变压器抽头在 $80\%U_N$ 时, 起动时间 (s) 可按下式整定:

$$t = 6 + P_N / 15$$

式中 P_N ——电动机的额定功率 (kW)。

(3) 试车

1) 空操作试验 从接线端子上 (未画其接线图, 接线端子参见图 5-17 中的 XT) 拆下到电动机接线柱的接线, 合上低压断路器 QF, 这时 H_1 亮, 按下 SB_2 , 接触器 KM_1 和时间继电器 KT 同时吸合, H_2 亮, 测量接线端子上的电压, 为经自耦变压器 TA 降压后的电压值。

经过一段时间后, KM_2 吸合, H_3 亮。测量接线端子上的电压, 为 $3 \times 380V$ 交流电源。按下 SB_1 , 接触器均释放。反复试验几次以检查各动作元件动作是否可靠。

2) 带负载试车 断开断路器 QF, 恢复接线后重新合上, 按下 SB_2 , KM_1 吸合, TA 通电, 电动机起动, 待电动机接近额定转速时, KT 常开触点闭合, KM_1 释放, TA 断电, 同时 KM_2 吸合,

电动机全压运行。如果起动过程或过慢，可调整自耦变压器的抽头，使电动机平稳起动。如果有异常，应立即停车检查后，才能投入运行。

设备出厂时，一般自耦变压器的抽头在 60% 上（用于轻载起动），如重载起动，应改接在 80% 的抽头上。

试车时应注意：

① 自耦变压器设计为短时工作制，因此起动器一次或连续几次起动时间之和一般不得大于表 5-2 中规定的最长起动时间，但起动器起动时间的总和小于自耦变压器允许起动时间时，冷却间隔的时间可适当缩短。比如，XJ₁₀₁ 型起动器控制 75kW 电动机时，如果起动时间为 60s，则可连续起动两次，第三次起动必须等 4h 以后，如果一次起动时间在 60~120s，第二次起动应等 3~4h 以后。

② 不同厂家的自耦变压器，在起动时间、起动次数及两次起动的间隔时间要求上可能不同，操作前，应按厂家说明书的要求进行控制。

表 5-2 自耦变压器的容量及允许起动时间

型 号	控制电动机功率 (kW)	最长起动时间 (s)
QJ ₃	10~14	30
	17~30	40
	40~75	60
XJ ₁₀₁	14~300	120

③ 试机时，如电动机转动方向不对，切不可调换按图 5-20a 所示的方法调换接触器的进线端或出线端接线的相序来改变电动机转向，也不可按图 5-21a 所示的方法调换热继电器的进线端或出线端的相序来改变电动机的转向。否则由于起动与全压运行的电源相序不同，电动机由反转转到正转，电动机大轴上将承受方向相反的两个力矩的作用，引起大电流冲击及发热，影响电动机及机械设备的使用寿命。应尽量改变进线电源 QF 的出线端，也可改变电动机的接线端 U、V、W 相序。也就是说最好倒起动与全压运行的公共线路，因为这样简单而不会出错。

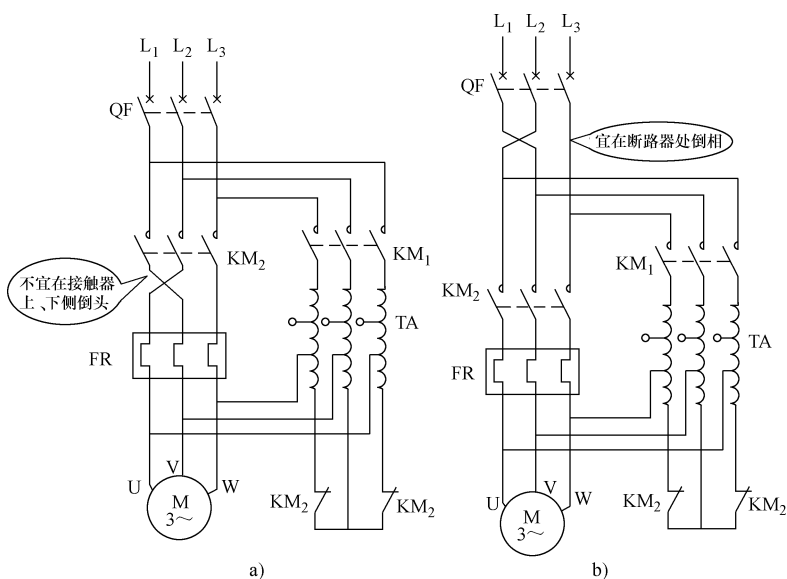


图 5-20 自耦变压器减压起动改变相序方法一

a) 错误接线 b) 正确接线

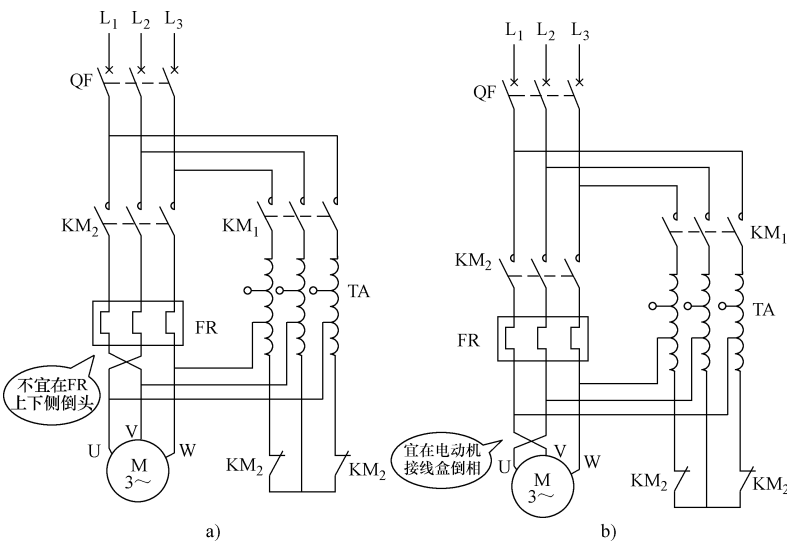


图 5-21 自耦变压器减压起动改变相序方法二

a) 错误接线 b) 正确接线

六、半波整流能耗制动控制电路调试

如图 5-22 所示为半波整流能耗制动控制电路。

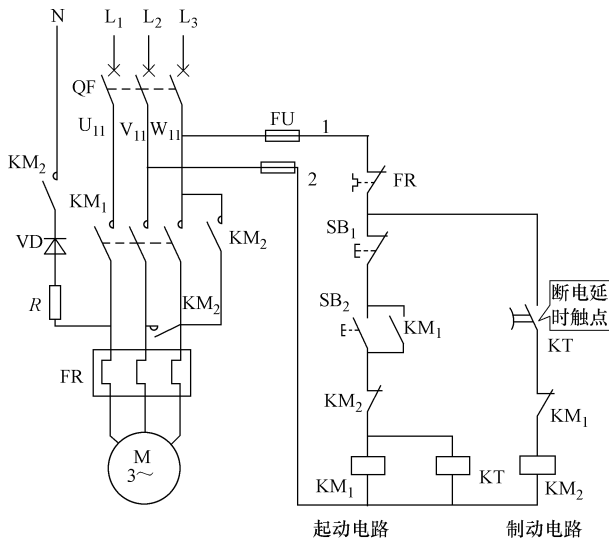


图 5-22 半波整流能耗制动控制电路

【工作原理】 起动时，按下起动按钮 SB_2 ，接触器 KM_1 吸合， KM_1 自锁触点和主触点闭合，电动机得电起动运转。同时时间继电器 KT 线圈得电， KT 延时断开触点闭合（闭合不延时），但由于 KM_1 互锁触点断开，接触器 KM_2 不会得电吸合。

停车时，按下停止按钮 SB_1 ，接触器 KM_1 和时间继电器 KT 同时断电释放， KM_1 主触点断开，电动机断电后惯性运转， KM_1 连锁触点恢复闭合，接触器 KM_2 得电吸合，电源从相线 $L_3 \rightarrow KM_2$ 主触点 $\rightarrow$ 电动机绕组 $\rightarrow$ 限流电阻 $R \rightarrow$ 整流二极管 VD ，最后回到零线 N ，由于定子绕组中通入直流电，对惯性运转的转子产生制动作用，使电动机迅速制动停机。

【调试方法及调试技巧】

(1) 检查接线

1) 主电路的检查 先检查起动电路。取下熔断器 FU 的熔体，

断开主电路与控制电路的联系。将万用表置于 $R \times 1$ 档的位置, 断开 QF, 把两表笔分别接 QF 下端的 U_{11} 与 V_{11} 处, 应显示无穷大, 按下 KM_1 的触点架后, 应显示电动机两相绕组的电阻值, 松开 KM_1 的触点架, 万用表显示由“通”而断。同法分别测量其他 $U_{11} - W_{11}$ 和 $V_{11} - W_{11}$ 的电阻都应 与 $U_{11} - V_{11}$ 间的电阻基本相同。

接下来检查主电路中的制动回路。将万用表置于 $R \times 1k$ 档的位置, 将黑表笔接在 QF 下端 W_{11} 处, 红表笔接到中性线 N 端, 按压 KM_2 触点架, 这时测量的是整流二极管 VD 的正向电阻和制动限流电阻 R 之和, 将两个表笔调换位置测量, 测量的是 VD 的反向电阻, 阻值显示为无穷大。

2) 控制电路的检查 先检查接触器 KM_1 所在的起动电路。将万用表置于 $R \times 1$ 档的位置, 把两表笔分别接 FU 的 1、2 端, 应显示无穷大, 按下 SB_2 或 KM_1 触点架 (参图 1-68), 万用表应显示接触器 KM_1 线圈和 KT 线圈并联的电阻值, 此时再按下 SB_1 或 KM_2 触点架, 起动电路断开, 万用表又显示为“ ∞ ” (无穷大)。

接下来检查控制电路中接触器 KM_2 所在制动回路。将 KT 延时时间调到 2s 左右, 把两表笔分别接 FU 的 1、2 端, 应显示“ ∞ ”, 按下 KT 电磁机构的衔铁, KT 触点立即闭合, 万用表显示由 $\infty \rightarrow 0$, 经过 2s 后, 当 KT 延时断开触点动作时, 万用表显示由 $0 \rightarrow \infty$ 。

(2) 调整定值

调节热继电器的定值旋钮, 使其保护动作电流与电动机额定电流一致。

制动时间一般整定为 2s。

(3) 试车

1) 空操作试验 从接线端子上 (未画其接线图, 接线端子参见图 5-17 中的 XT) 拆下至电动机接线柱的接线, 合上低压断路器 QF, 按下起动按钮 SB_2 , 检查接触器 KM_1 和时间继电器 KT 是否吸合, KT 触点是否闭合, 然后按下停止按钮 SB_1 , 观察 KM_1 、KT 是否释放, 接触器 KM_2 是否能吸合后又延时 (经过 2s 的制动时间) 释放。

2) 带负载试车 断开断路器 QF, 恢复接线后重新合上, 按下 SB_2 , 观察电动机的起动情况, 运转一段时间后, 按下 SB_1 , 电动机应在 2s 内制动停机。

七、反接制动控制电路调试

如图 5-23 所示为反接制动控制电路。

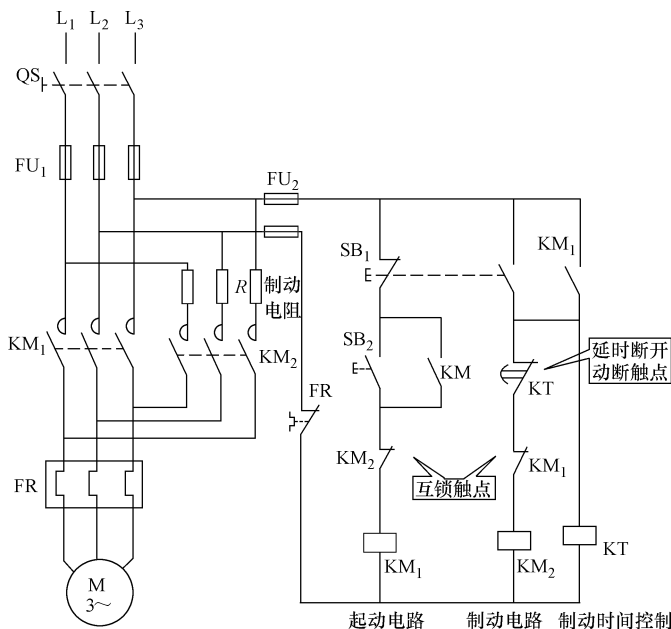


图 5-23 反接制动控制电路

【工作原理】 起动：合上低压断路器，按下起动按钮 \$SB_2\$，接触器 \$KM_1\$ 得电吸合并自锁，三相电源按 \$L_1、L_2、L_3\$ 接入电动机，电动机起动运行。

惯性停机：轻轻按下 \$SB_1\$，\$SB_1\$ 常闭触点断开，接触器 \$KM_1\$ 断电释放，但 \$SB_1\$ 常开触点不闭合，制动接触器 \$KM_2\$ 不通电，电动机惯性停机。

反接制动：重新起动电动机后，将 \$SB_1\$ 按到底，\$SB_1\$ 常闭触点断开，接触器 \$KM_1\$ 断电释放，同时 \$SB_1\$ 常开触点闭合，制动接触器 \$KM_2\$ 和得电延时时间继电器 \$KT\$ 得电吸合，三相电源经电阻 \$R\$ 按 \$L_3、L_2、L_1\$ 接入电动机，电动机产生一个反向电磁转矩，即制动转矩，迫使电动机转速迅速下降。经过整定的时间后，\$KT\$ 延时动

断（常闭）触点打开，反接制动结束，电动机停转。

【调试方法及调试技巧】

(1) 检查接线

本例重点检查接触器 KM_1 、 KM_2 主触点上、下接线端的相序，检查 KM_2 主触点与接线端子、限流电阻 R 之间的连线（ KM_2 主触点通过端子板与电阻箱内的电阻 R 相连），防止相间短路。

1) 检查起动线路时，去掉 FU_2 ，可按下 KM_1 触点架，分别测量 QS 下接线端之间的电阻，电阻很小但不为零；松开 KM_1 触点架，电阻值由很小转为无穷大。

2) 检查反接制动线路时，按下再松开 KM_2 触点架，重复上述测量。

3) 检查制动电阻：检查制动电阻是否与设计值相符合。

(2) 调整定值

调节热继电器的定值旋钮，使其保护动作电流与电动机额定电流一致。

制动时间一般整定为 $1\sim 2s$ 。

(3) 试车

1) 空操作试验 从接线端子上（未画其接线图，接线端子参看图 5-17 中的 XT）拆下至电动机接线柱的接线，合上低压开关 QS，按下起动按钮 SB_2 ，检查接触器 KM_1 是否吸合；然后轻按停止按钮 SB_1 ，观察 KM_1 是否释放。

重新起动后，将 SB_1 按到底，观察 KM_2 和 KT 是否吸合，吸合后是否又延时（经过 $1\sim 2s$ 的制动时间）释放。

2) 带负载试车 断开开关 QS，恢复接线后重新合上，按下 SB_2 ，观察电动机的起动情况，运转一段时间后，轻按按下 SB_1 ，电动机应惯性停机。

重新起动电动机，运转一段时间后，将 SB_1 按到底，电动机应在 $1\sim 2s$ 内制动停机。

八、绕线转子异步电动机转子回路串电阻起动电路调试

如图 5-24 所示为绕线转子异步电动机转子回路串电阻起动电路。

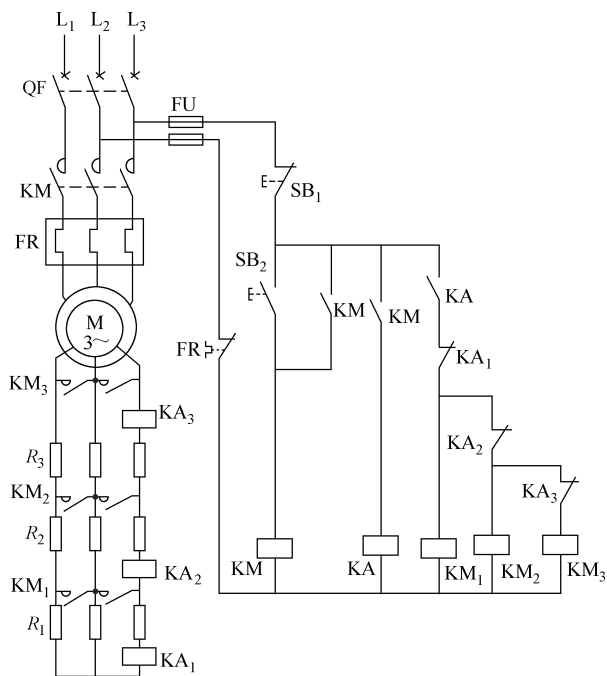


图 5-24 绕线转子异步电动机转子回路串电阻起动电路

【工作原理】 按下起动按钮 SB_2 ，接触器 KM 得电吸合并自锁， KM 主触点闭合，三相电源接入电动机定子绕组，转子绕组串电阻器 R_1 、 R_2 、 R_3 起动。同时中间继电器 KA 得电吸合， KA 常开触点闭合，为接触 KM_1 、 KM_2 和 KM_3 的吸合创造了条件。起动之初，由于转子电流很大， KA_1 、 KA_2 、 KA_3 都吸合，它们接在控制电路中的常闭触点处于断开位置，接触器 KM_1 、 KM_2 、 KM_3 不会得电吸合，电动机维持转子绕组的串电阻起动。

随着电动机转速的升高，转子电流减小，电流继电器 KA_1 先释放， KA_1 常闭触点恢复闭合，使接触器 KM_1 得电吸合， KM_1 主触点闭合，把第一级起动电阻 R_1 短接切除；当 R_1 被切除后，转子电流重新有所增大，但随着转速的升高，转子电流又减小，使 KA_2 也释放， KA_2 常闭触点闭合，接触器 KM_2 得电吸合， KM_2 主触点闭合，把第二级起动电阻 R_2 短接切除；待达到正常转速后，把第三级起

动电阻 R_3 短接切除, 电动机起动结束。

中间继电器 KA 的作用是保证开始起动时, 全部电阻接入转子电路。起动电阻有多种形式, 多由生产厂家制造; 起动电阻的阻值很小, 一般分 3 段或 4 段串联组成 (先切除的电阻是后切除电阻值的 2 倍, 即 $R_1 = 2R_2 = 4R_3$), 总阻值为零点几欧至一欧, 当然也可从一个电阻的中间取抽头来实现分段的目的。

【调试方法及调试技巧】

(1) 检查外观及接线

1) 检查定子主电路 去掉 FU, 按下 KM_1 触点架, 分别测量 QF 下接线端之间的电阻, 正常时阻值较小; 松开 KM_1 触点架, 万用表显示由“通”而断 (由几欧转为无穷大)。

2) 检查转子回路 检查绕线式异步电动机电刷的牌号是否符合要求、压力是否合适、接触是否良好、能否自由活动。

3) 检查电动机转子绕组的三个首端是否经三个集电环、三根导线和接成星形的三相电阻端头连接; 检查三相电阻端头是否与接触器 KM_1 、 KM_2 、 KM_3 主触点的接线柱相连, 连接是否正确。

4) 控制电路重点检查 KA 常开触点是否串联于接触器 KM_1 、 KM_2 、 KM_3 线圈的公共回路, 保证起动时转子串全部电阻起动。

(2) 调整定值

1) 调节热继电器的定值旋钮, 使其保护动作电流与电动机额定电流一致。

2) 电流继电器的调整。KA₁、KA₂、KA₃ 的吸合电流一样, 但 KA₁ 的释放电流大, KA₂ 的释放电流较小, KA₃ 的释放电流最小。

(3) 试车

1) 空操作试验 从接线端子上 (未画其接线图, 接线端子参看图 5-17 中的 XT) 拆下至电动机接线柱的接线, 合上低压断路器 QF, 按下起动按钮 SB₂, 检查接触器 KM 是否吸合; 经一段时间后, 检查接触器 KM_1 、 KM_2 、 KM_3 是否吸合, 然后按下停止按钮 SB₁, 观察接触器 KM 是否释放。

2) 带负载试车 断开断路器 QF, 恢复接线后重新合上, 按下 SB₂, 观察电动机的起动情况, 并用钳形表测试其起动电流, 如果起动时, 起动电流和起动速度不合适, 可增减起动级数或调整起动

电阻的阻值，或检查起动电阻串接的位置有无错误。

九、单绕组双速电动机 $\Delta/2Y$ 联结调速控制电路调试

图 5-25 所示为单绕组双速电动机 $\Delta/2Y$ 联结手动控制电路。

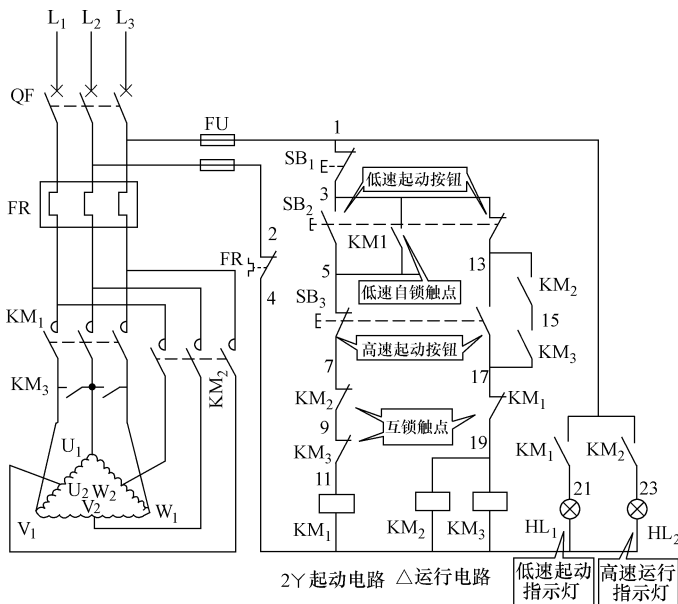


图 5-25 单绕组双速电动机 $\Delta/2Y$ 联结手动控制电路

【工作原理】

按下起动按钮 SB_2 ， SB_2 的常闭触点（3—13）断开，使接触器 KM_2 、 KM_3 不会得电吸合； SB_2 的常开触点（3—5）闭合，接触器 KM_1 得电吸合并自锁， KM_1 主触点闭合，电动机三相绕组接成 Δ 联结低速起动。同时， KM_1 常开触点（1—21）闭合，低速指示灯 HL_1 点亮。

如需转为高速运行，按下高速起动按钮 SB_3 ， SB_3 的常闭触点（5—7）断开，使接触器 KM_1 断电释放，解除了电动机的 Δ 联结； SB_3 的常开触点（13—17）闭合，接触器 KM_2 、 KM_3 得电吸合， KM_2 、 KM_3 主触点闭合，电动机三相绕组 2 Y 联结，电动机转为高

速运行。同时高速运行灯 HL_2 点亮，低速运行灯 HL_1 熄灭。

【调试方法及调试技巧】

(1) 检查接线

按照电路原理图和接线图从电源端开始，逐段检查接线有无漏接、错接现象。本例重点检查接触器 KM_1 、 KM_2 主触点引出线的相序，防止试机时高、低速转向不一致。此外还应检查定子绕组的外部接法是否按照铭牌上的规定接法接线。

测量绕组的直流电阻时，应在各种不同极数的接线方法下分别测量。

(2) 试车

1) 空载试验 空载试验应在各种极数下逐一进行。为了防止高速、低速转动方向不一致损坏电动机，电动机在第一次送电或检修后，应先检查高速转动方向是否正确，待电动机停转后，再检查电动机低速转动方向是否正确，以后再启动时，便可由低速向高速切换。

① 合上断路器 QF，按下高速按钮 SB_3 ，观察指示灯 HL_2 是否点亮，接触器 KM_2 、 KM_3 是否吸合。检查与 KM_1 线圈串联的 KM_2 、 KM_3 互锁触点是否断开，记录电动机的转向。然后，按下停止按钮 SB_1 ，使电动机停机。

② 按下低速启动按钮 SB_2 ，检查指示灯 HL_1 是否点亮，接触器 KM_1 是否吸合， KM_1 互锁触点是否断开，记录电动机的低速转向。运行一段时间后使电动机停机。

③ 高速、低速转动方向均正确后，做低、高速间的切换试验。

2) 带负载试车 带上负载重新试车（此时一般从低速向高速切换），注意观察电动机电流的变化及运转情况，观察各电器元件动作是否灵活，噪声是否过大。若有异常，应立即停机检查。

十、串励直流电动机可逆运行三速电路调试

如图 5-26 所示为串励直流电动机可逆运行三速电路，我们常见的电瓶车就是采用的这种电路，图中黑点表开关接通。该电路利用开关 SA_3 来控制电动机的可逆运行，用开关 SA_2 来选择其正反转速度，用脚踏开关 SA_1 作起停控制。

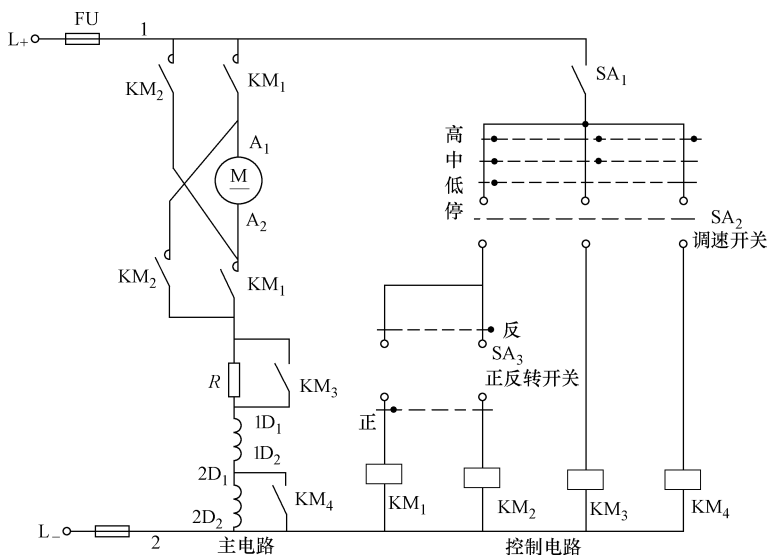


图 5-26 串励直流电动机可逆运行三速电路

【工作原理】 正转低速控制。合上电源开关 QS，将开关 SA₃ 扳到正转位置，并把速度档位开关 SA₂ 从停位转到低速档，然后用脚踩住脚踏开关 SA₁，接触器 KM₁ 得电吸合，KM₁ 主触点闭合，电瓶车低速运行。

如需正转中速工作，只需把档位开关 SA₂ 从低速转到中速档，这时接触器 KM₃ 也得电吸合，KM₃ 主触点将电阻 R 短接，电瓶车中速运行。

若需正转高速工作，把档位开关 SA₂ 从中速转到高速档，这时接触器 KM₁、KM₃、KM₄ 全部得电吸合，KM₄ 把第二套励磁绕组 2D₁、2D₂ 短接，电瓶车正转高速运行。

反转控制时，只需将开关 SA₃ 转到反转位置，这时接触器 KM₂ 得电吸合，KM₂ 主触点闭合，电枢绕组两端反接，电瓶车反转工作。反转三速控制过程同正转一样。

【调试方法及调试技巧】

(1) 检查接线

1) 目测检查整个电路 取下熔断器 FU 的熔体，使整个电路

与电源分开。按照电路原理图和接线图从电源端开始,检查接线有无漏接、错接现象。控制电路重点检查调速开关 SA_2 、转向控制开关 SA_3 与几只接触器的连接关系。主电路应检查接触器主触点与电动机引出线连接是否正确。

2) 用万用表测量检查控制电路 闭合脚踏开关 SA_1 , 将调速开关 SA_2 转到低速档, 转向开关 SA_3 置于正转, 这时测得的是接触器 KM_1 线圈的阻值; 然后将 SA_2 转到中速档, 这时测得的是接触器 KM_1 和 KM_3 线圈的并联阻值 (示值减半); 再将 SA_2 转到高速档, 这时测得的是接触器 KM_1 、 KM_3 与 KM_4 线圈的并联阻值 (是低速档的 $1/3$)。

3) 用万用表测量检查主电路 将调速开关 SA_2 转到“停”位, 由于所有接触器的控制电路都被切断, 测量 1、2 间的电阻时表针应指向“ ∞ ”。

用手按压接触器 KM_1 的触点架 (参图 1-68), 模拟接触器 KM_1 得电吸合时的情况, 使 KM_1 触点闭合, 重复测量 1、2 间的电阻, 这时测得的是电动机所有绕组串联的阻值。按压 KM_1 触点架的同时, 依次按压 KM_3 和 KM_4 的触点架, 电阻 R 和第二组励磁绕组被先后短接, 阻值会有所减小。

(2) 试车

1) “空载”试验 由于串励直流电动机在空载或轻载时, 其转速会上升到危险数值, 因此不允许在空载或小于 $20\% \sim 30\%$ 额定负载下运行或试车。试车前, 应将转向开关 SA_3 扳到正转位置, 并带上不小于 30% 的负载 (组装好的电瓶车由于机器本身的重量, 有一定负载, 可不外加负载), 然后将速度选择开关 SA_2 转到低速位置, 用脚踩住脚踏开关 SA_1 , 使电瓶车在“空载”下试运行一段时间, 以保证电刷与换向器良好的接触。低速正常后, 再依次转到中、高速试验。试机过程中注意观察电瓶车电流的变化及运转情况, 观察各电器元件动作是否灵活, 噪声是否过大。

正转试验完毕, 应先将速度选择开关 SA_2 转到停位, 再将开关 SA_3 扳到反转位置, 同法试验反转是否正常。

2) 带负载试车 带上额定负载重新试车, 若有异常, 应立即停机检查。

第六章 电气故障基本 检查方法和检查程序

第一节 电气故障的基本检查方法

一、感官诊断法

感官诊断法是通过人的眼、耳、鼻、手等器官直接或间接了解设备故障时的运行情况，这如同我国中医几百年来所采用的望、闻、问、切、听诊断方法一样。

1) 望 查看熔断器的熔体是否熔断及熔断的情况；检查插件是否接触良好，连接导线有无断裂脱落，绝缘是否老化；观察电气元件烧黑的痕迹；更换明显损坏的元器件。

2) 闻 闻故障电器是否因电流过大而产生异常气味。如果有，应及时切断电源检查。

3) 问 询问使用人或设备故障时的目击者，了解发生故障的前后情况，以利于判断发生故障的部位。

4) 切 电机、变压器和电磁线圈正常工作时，一般只有微热感觉；而故障时，其外壳温度明显上升。所以可断开电源后，用手触摸温升来判断故障。如果带电触摸，最好用手背，决不可用手掌心，因为万一所接触的设备带电，手背容易自然地摆脱带电的机壳，而手心会不由自主地握住带电设备，不易脱离带电的机壳。

电源变压器在工作一段时间后，应有一定的温升但温升不会过高，如一点温升也没有，可能是负载开路；如温升过高，可能是负载短路。

5) 听 因电机、变压器等电路元器件故障运行时的声音与正常时是有区别的，所以通过听它们发出的声音，可以帮助查找故障。

二、电阻测量法

1) 电路在正常状态和故障状态下的电阻是不同的。例如,由铜箔或导线连接的线路段的电阻为零,出现断路故障时,断路点两端的电阻为无穷大;负载两端的电阻为某一定值,负载短路时,电阻为零或减小。所以可以通过测量电路的电阻值来查找故障点。

2) 电阻测量法可以测量元器件的质量,如电阻器的检测、二极管的检测、继电器的检测等,这在前面已经做过介绍,也可以检查线路的通断、接插件的接触情况,通过对测量数据的分析来寻找故障元器件。

注:电阻测量法不应在通电时检查。有的元器件,例如变压器绕组、继电器线圈的阻值、电阻器、电解电容器的断路,可以在电路上测出来,但较复杂的电路,例如电路板上某电阻的阻值,电容器是否漏电、失效等一般应卸下来测试才能确定,因为电路板上很多元器件互相关联,无法独立测试某一元器件。

【经典实例】 图 3-6 所示的电路中,电动机长期运行后过载保护停机,冷却一段时间后,手动复位热继电器,但电动机仍不起动。停电后,用万用表测量热继电器三相主接线端子之间的电阻值,其中一相阻值为无穷大,说明热继电器的热元件烧断,更换热继电器后故障排除。

三、电流测量法

电流测量法是测量电路中某测试点的工作电流的大小、电流的有或无来判断故障的方法。例如,负载开路后,负载电流很小或为零;负载短路后,负载电流会急剧增大;负载接地后,漏电电流增大。所以针对不同的故障现象,通过测量电路工作时的电流、短路故障电流和接地故障电流来查找电路故障。

测量电流时,应选用合适的仪表。负载电流较大时,通常可以采用钳形表或电流表经互感器测量;负载电流较小时,可以用数字万用表或普通指针式万用表直接串联于电路测量。

如果是直流电路,用指针式万用表测量时,应根据电流的流动方向接入万用表表笔,红表笔是电流的流入端,黑表笔是电流的流出端。

四、电压测量法

正常工作时，电路中各点电压是一定的，当电路故障时，电路中各点的电压也会随之改变，所以可以用万用表电压档测量电路中关键测试点的电压，将测得的电压值与电路原理图上标注的正常电压值进行比较，来缩小故障范围或确定故障部位。

【经典实例】如图 6-1 所示的由桥式整流和三端稳压器 W7805 构成稳压电路中。输出电压偏低，这时可以用电压测量法判断故障。

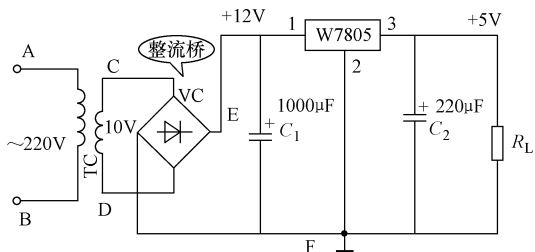


图 6-1 电压测量法检查电路故障

1) 先测量变压器 C、D 两点有无 $\sim 10\text{V}$ 电压，如果没有电压，可以测量变压器 TC 输入端 A、B 两点有无 $\sim 220\text{V}$ 电压，如 A、B 两点间有 $\sim 220\text{V}$ 电压，则可以断定变压器损坏。

2) 如果 C、D 两点有 $\sim 10\text{V}$ 电压，测量整流桥输出端，若 E、F 两点间无 12V 直流电压，一般由于整流滤波电路故障。

3) 如果三端稳压器 W7805 的 1、2 引脚间有电压，而测量其 2、3 引脚间无电压或电压低，可以判断可能是 W7805 损坏或负载 R_L 短路。

五、类比法

当遇到一个并不熟悉的设备，手头上又无参考资料，但又可找到相同设备或在同一设备有相同功能单元时，不妨采用类比法，通过对工作状态、参数的比较，来判断或确定故障，这样可大大缩短检修速度。

【经典实例 1】 如果怀疑某三端稳压器 W7809 损坏，但又不知道它正常输出电压为多少，经检查发现同一设备中还有一块 W7809，观察其负载工作正常，测量其输出电压为 9V，再测量所怀疑的三端稳压器，输出电压为 0.2V，可以断定此三端稳压器或其负载短路。

【经典实例 2】 在电动机接线柱上按要求接通三相电源后，电动机不起动。则可能是电动机绕组断路或短路，但又不知道三相绕组的直流电阻是多少，这时可测量三相绕组的直流电阻并加以比较。若一相明显小于其他两相，则可能是电阻最小的一相绕组存在短路故障；若一相电阻为“ ∞ ”，或明显大于其他两相，则说明这相绕组断路。

【经典实例 3】 如果 CJ₁₂-100/3，吸引线圈电压为 380V 的交流接触器不吸合，测量其线圈阻值为 10 Ω 左右，远小于 43.7 Ω 的正常阻值，通电后线圈发热，可以确定线圈短路。

六、排除法

根据故障现象，分析故障原因，并将引起故障的各种原因一条一条地列出，然后一个一个地进行检查排除，直至查出真正的故障为止。

【经典实例】 如图 6-2 所示的桥式整流中，无 12V 直流输出电压，就可用排除法检查。

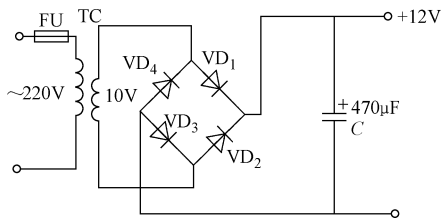


图 6-2 排除法检查电路故障

1) 用万用表 R $\times$ 1 档检查熔断器 FU 是否熔断，若电阻为“ ∞ ”，则说明熔断器已熔断。熔断器是易损件，所以应最先检查。

2) 变压器损坏。检查时，先检查其引脚是否脱焊，再测量其

电阻值来确定。

3) 整流二极管短路或开路, 可以用万用表 $R \times 1k$ 档测量四只整流二极管的正反向电阻。正反向电阻一次大、一次小为正常; 正反向电阻两次都很大时为开路; 正反向电阻两次都很小时为短路。

4) 滤波电容器 C 短路, 可以用万用表 $R \times 1k$ 档测其电阻, 若电阻为“0”, 可以确定电容器短路。

七、推理法

根据电路的工作原理和故障现象, 分析推理故障的所在。分析推理时, 可以从电源→控制线路→负载, 也可从负载→控制线路→电源。

【经典实例】 图 6-3 所示半波整流、电容滤波电路中, 正常时输出电压应在 10V 左右, 但整流、滤波后的电源电压比正常值的一半还低, 仅为 4.5V 左右。

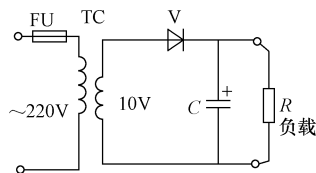


图 6-3 推理法检查电路故障

测量变压器二次输出电压 $U_2 = 10V$, 说明变压器正常。由此可以推断故障可能在负载 R_L 或滤波电容器 C 。

检查时可以先将负载去掉或接上相同的新负载, 重新测量, 如电源恢复正常, 说明故障在负载, 否则说明故障在电源。实际检查时更换新负载时电压还不正常。故障到底在哪里呢?

我们知道, 半波整流输出电压 $U_0 = 0.45U_2 = 4.5V$, 加电容滤波后, 输出电压 $U_0 = (1.0 \sim 1.2) U_2 = 10 \sim 12V$, 是不接电容的两倍还多, 结合所测电压值考虑可能是滤波电容器开路, 将滤波电容器去掉后测量其电阻为“ ∞ ”, 推断正确。

八、替换法

替换法是在确定故障范围后, 将故障范围内所怀疑的元器件用同规格、同型号的合格元器件代替, 如果某元器件一经替换, 故障排除, 则替换下来的就是故障元器件。所以替换法是确切判断某个元器件是否失效或不合适最为有效的方法之一。

这种技法,对容易拆装的元器件,如带有插座的继电器、集成电路等替换都很方便,焊接在印制电路板上的集成电路一般应在外围元器件确定无故障后才更换。对那些性能不稳定或较难检测的电子器件,用一般仪器检查较困难时,也不妨用此法一试。

例如,某荧光灯不亮,每个元器件分别检查也没有必要,而荧光灯管,辉光启动器这些都是易损件,且容易更换,可先用同型号的元件替换一下,如不正常,再用其他方法检查。

注:当代换的元器件接入电路再次损坏,应考虑是否由于代用件型号不对,还要考虑所接入电路是否存在其他故障。

当代换的元器件接入电路后,工作性能不良,这时需要考虑代用件是否满足电路要求,同时还应考虑电路是否还有其他故障存在。

九、加热法或降温法

当电气故障与开机时间或环境温度有一定的对应关系时,可以采用加热法,加速电路温度的上升,促使故障再现。加热操作可以在通电或断电时进行,但应注意加热温度。

降温法是用棉花沾酒精,在所怀疑温升过高的元器件上擦拭来降低其工作温度,如果故障现象消失,说明此元器件性能不好。

【经典实例】 一台电动机绕组短路,有时用万用表测量不易找到短路点,这时可将电动机空载运行几分钟,然后迅速拆开电动机,用手摸绕组各部位,温度高的绕组即为短路绕组。

十、部分重焊法

将所怀疑的部分元器件或看似不合格的部分焊点重新用电烙铁焊接,这种方法对消除电路板因虚焊、接触不良等引起的间断性故障非常实用,对其他一些故障,也可以作为辅助检修方法。重焊时要切断电源,不必使用过多焊锡和松香,必要时应将元器件管脚处理(如用刀片除去氧化层)后,再重新焊接并确认焊牢。

十一、甩负载法

甩开与故障疑点相连接的后级负载(对于多级连接的电路,可

有选择地甩开后级),使电路空载、带部分负载或临时接上假负载工作,然后检查本级,如电路恢复正常,则故障在甩开部分,否则故障在开路点之前。但在设备调试时,若甩开负载后电路故障排除,这可能是由于元器件设计不合理或元器件性能不良,这一点也应引起注意。

例如:某电子校验台,出现电流波形畸变,考虑可能是后级功率放大部分故障,甩开负载后正常,检查所有电子元器件均无不良,最后更换电源变压器后故障排除。原来是电源变压器容量不足引起。

十二、敲击法

对于短时间内的随机性故障,可用一只小的橡皮锤轻轻敲击工作中的元器件,从而使故障重现,为观察故障现象,测量有关数据,确定故障范围提供条件。如故障重现,则表明敲击元器件附近存在接触不良故障。

【经典实例】 某电气设备不能正常运行,电路较复杂,设备又急用,测量又不方便,拿橡皮锤轻敲设备外壳,当敲至一继电器周围时,故障时隐时现,说明故障就在继电器附近或继电器本身,经检查发现此继电器插接不牢,重新插接后,故障排除。

十三、试探法

在保证安全的前提下,通过试探的方法,例如强行使某继电器吸合或释放,观察相关电器元件的动作情况,以确定或缩小故障范围。例如,图 3-6 所示的电路中,电动机运行时突然停机,再次按下 SB_2 起动按钮,接触器 KM 不吸合,手边又无仪表,说明 KM 控制回路开路,这时可冷却一段时间后,试着按下热继电器 FR 上的复位按钮,看热继电器是否动作,然后再按起动按钮 SB_2 ,观察接触器 KM 是否吸合,若接触器吸合,说明故障的原因是热继电器过热动作。

使用试探法时应注意:

1) 当发现接线不正确时,应立即断电改接,不允许长时间通电。

2) 电动机控制装置如不能起动或发生异常, 则应检查控制电路、主电路、电动机本身和负载, 不得强行起动。

第二节 电路故障的检查程序

电气故障的现象是多种多样的, 同一类故障可能有不同的故障现象, 不同类故障可能有相同的故障现象, 这样就给查找故障带来了复杂性, 怎样才能快速、准确地从故障现象中分析故障原因, 找出故障部位, 并进行快速的修理是电工必备的技能之一。电工如何能具备这项技能呢? 一般可以通过以下步骤。

一、故障调查

故障调查就是了解设备故障前后的情况, 也就是上一节开头所介绍的“感官诊断法”。调查故障前后有无振动、气味、响声等, 搞清故障发生的时间、地点、环境等, 为分析诊断故障创造条件。

二、初步诊断

通过故障调查, 结合电气设备图纸, 初步判断发生故障的部位, 分析发生故障的原因。分析时, 先从主电路入手, 再依次分析各个控制电路, 然后分析信号电路及其余辅助电路。通过分析可初步诊断是机械故障还是电路故障, 是主电路故障还是控制电路故障。例如用手旋转电动机皮带轮时, 感觉不正常, 说明电动机的机械部分有故障, 而电路部分有故障的可能性很小, 这时应主要检查机械部分。

三、断电检查

确定了故障范围或故障部位, 为了人身和设备的安全, 应先在断开电源的情况下, 按照一定的顺序检查。检查时, 不要盲目拆卸元器件, 否则往往欲速则不达, 甚至故障没有找到, 慌乱中又导致新的故障发生。一般电路的检查顺序如下:

1) 先查容易检查的部位, 后查较难检查的部位。先用简单易行的方法检查直观、简单常见的故障, 后用复杂、精确的方法检查难度较高、没有见过和听过的疑难故障。

2) 先查重点怀疑部位和重点怀疑元器件,后查一般部位和一般元器件。

3) 先检查电源,后检查负载。因电源侧故障会影响到负载,而负载侧故障未必影响到电源。

4) 先查控制回路,后查主回路;先查交流回路,后查直流回路;先查起停电路,后查可逆运行、调速、制动电路。

5) 检查电气设备的活动部分,再检查静止部分。因活动的部分比静止部分发生故障的几率要高得多。

根据检查的结果进行分析。例如检查电动机时,如果测量绕组的电阻值不正常,肯定是绕组有短路或断路。可把测得的阻值进行分析:若电阻值为无限大,可能是定子绕组断路或绕组连接线断开;若绕组电阻比额定值小,说明绕组有短路。

四、通电检查

若断电检查没能找到故障元器件,可将整个电路划分为几部分,配上合适的熔断器,用万用表的交流电压档、校验灯等工具,将各部分分别通电。通电时动作要迅速,尽量减少通电测量和观察的时间。

1) 观察有关继电器和接触器是否按照控制顺序动作。

2) 检查各部分的工作情况,是否有拒动、接触不良、元器件冒烟、熔断器的熔体熔断。

3) 测量电源电压、接触器和继电器线圈的电压、各控制回路的电流等数据,从而将故障进一步缩小或查出。

故障分析:结合通电检查进行故障分析。如果检查时发现某一接触器不吸合,则说明该接触器所在回路或相关回路有故障,再对该回路作进一步检查,便可发现故障原因和故障点。

五、综合分析

对于较复杂的故障,若经过通电检查仍没能查到故障点,可结合故障调查、断电检查、通电检查的结果进行综合分析,在分析故障时,考虑电气装置中各组成部分的内在联系,将各故障现象联系在一起,广开思路,找出故障现象中更隐性的方面,最终找到较隐蔽的故障。

第七章 电路常见故障 的检查方法和技巧

在上一章介绍了电路故障的检查程序和一些基本方法，本章将分类详细地介绍几种典型故障，以便大家遇到这些故障时能够快速准确地查出。

电路故障大致可分为断路、短路、接地、接线错误几种。断路是指线路中某一回路的不正常断开，出现断路的电路由于无电流而不能工作；短路是指电路中不同电位或电压等级的两点被短接，由于短路时存在较大的短路电流，很容易使电路及元器件损坏；接地故障是指电路或电气设备的非正常接地，如设备绝缘击穿，在中性点接地系统，单相接地就构成了单相短路故障，对于中性点不接地系统，单相接地将使三相电压不平衡；接线错误是指将本来该接于 A 点的线误接到了 B 点。上述几种故障，电气设备都不能正常运行，必须尽快查找。

第一节 断路故障的检查方法和技巧

一、万用表检查断路故障

1. 电压测量法检查控制电路断路故障

控制电路断路时，各降压元器件不再有电压降，电源电压全部加在断路点两端，所以可以用万用表电压档测量电压来判断断路故障点。电压测量法检查控制电路如图 7-1 所示。

【检查电源和熔断器】 先测量 1—2 两标号点间的电压，判断电源和熔断器 FU 是否正常。若 1—2 点间无 $\sim 380\text{V}$ ，则表明熔断器熔断或电源故障。

【查找故障点】 若 1—2 点间有 $\sim 380\text{V}$ ，可将万用表一只表笔固定于标号点 2，按下按钮 SB_2 ，另一只表笔逐个测量控制电路中各触点间的电压，正常时除降压元件 KM 线圈两端（2—7 两点

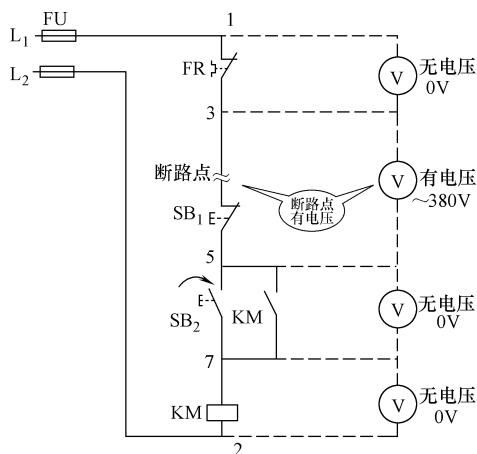


图 7-1 电压测量法检查控制电路断路故障

间)有 $\sim 380\text{V}$ 电压外,其余相邻各点间的电压均应为“0”,否则视为断路或接触不良。例如测得3—5两点间的电压为 $\sim 380\text{V}$,则表明按钮 SB_1 或其两端连线为断路故障点。

2. 电压测量法检查主电路断路故障

【确定故障元件】 如图 7-2a 所示,合上刀开关 QS,按下起

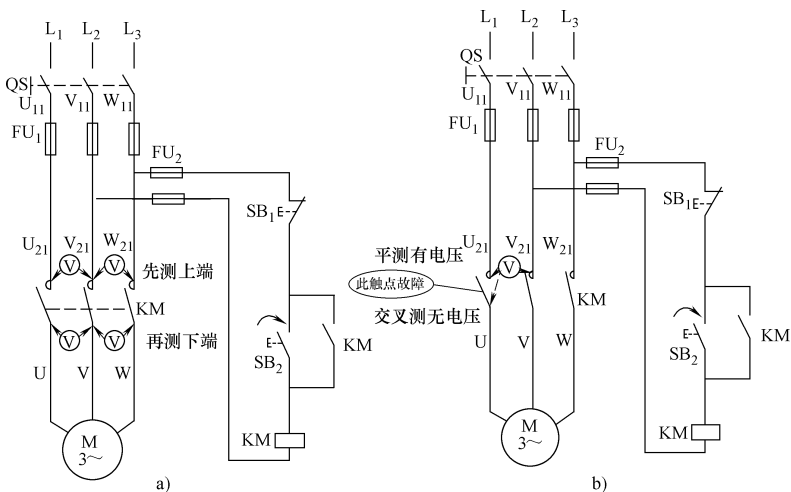


图 7-2 电压测量法检查主电路断路故障

a) 确定故障元器件 b) 查找故障点

动按钮 SB_2 ，使接触器 KM 吸合，这时从三相电源向负载侧依次测量各元器件进线端和出线端的电压，即从三相电源 L_1 、 L_2 、 L_3 → 三相刀开关 QS 的进线端（上接线端）→ 三相刀开关 QS 的出线端（下接线端）→ 熔断器 FU 的进线端 → FU 的出线端 → KM 的进线端 → KM 的出线端 → 电动机，通过测得的电压来判断各元器件、连接导线是否正常。例如测得接触器 KM 的进线端三相电压正常，而 KM 的出线端三相电压不正常，则表明开关 KM 的某触点接触不良或损坏。

【查找故障点】 如图 7-2b 所示，若测得 U_{21} 、 V_{21} 两点间的电压正常，而 U、V 两点间的电压不正常，这时交叉测量，即测量 U、 V_{21} 两点间的电压，若电压不正常，则表明接触器 L_1 相的触点故障。这时只需检修接触器 KM 的左侧触点即可。

3. 电阻测量法

电路出现断路故障时，断路点两端的电阻为“ ∞ ”（无穷大），负载两端的电阻为某一定值，导线两端的电阻为零。所以可以通过电路的阻值来检查断路故障。

1) 电阻的分段测量法 顾名思义，分段测量各元件或标号点间的电阻值，来判断它是否存在断路故障，如图 7-3 所示。

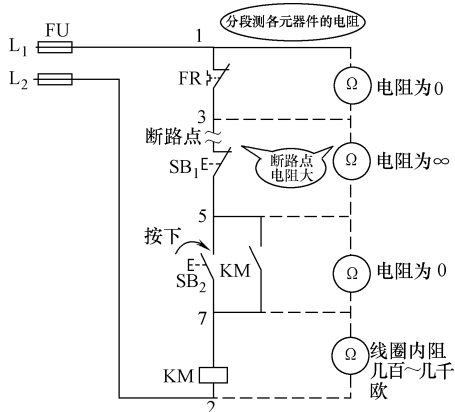


图 7-3 分段测量法检查断路故障

【判断故障性质】 测量前，应先切断电源，使控制电路与主

电路分开；测量时，按下起动按钮 SB_2 不放，测量 1—2 两标号点间的电阻，若阻值为“ ∞ ”，可以断定是断路故障。

【查找故障点】 分段测量相邻两标号点间的电阻，若测得某两点间的电阻为“ ∞ ”，则被测段故障。例如，测得 3—5 两标号点间的电阻为“ ∞ ”，则说明按钮 SB_1 接触不良或其两端连接导线断路。

2) 电阻的分阶测量法 电阻的分阶测量法实际上是测量电路上某一点与固定点间的电阻值，如图 7-4 所示。

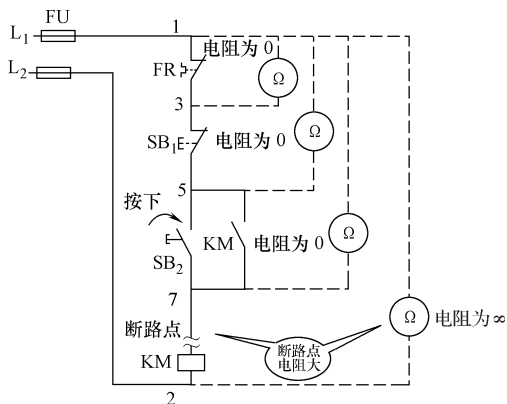


图 7-4 分阶测量法检查断路故障

【判断故障性质】 测量前，应先切断电源；测量时，按下起动按钮 SB_2 不放，若测得 1—2 间的电阻为无穷大，表明控制回路断路。

【查找故障点】 将万用表一只表笔固定于标号点 1，另一只表笔从标号点 3、5、7、2 依次测量，若测到某一标号点与标号点 1 的电阻为“ ∞ ”，则说明表笔刚跨过的触点或连接导线存在开路故障。例如测得为 1—7 间的电阻为“0”，而 1—2 的电阻为“ ∞ ”，则表明线圈断线或其两端存在断路故障。

3) 电阻的二分测量法 对于较复杂的电路，为加快检查速度，可以把整个电路分成两段，先判断故障在哪一段，然后只须检查故障段。

【判断故障性质】 切断电源，使控制电路与主电路分开，按下起动按钮 SB_3 不放，先测量 1—2 两标号点间的电阻，若阻值为“ ∞ ”，可以断定是断路故障。

【确定故障段】 把整个电路从中间分成两段，如图 7-5a 中分为 1—5 和 5—9，按下按钮 SB_3 ，分别测量 1—5 和 5—9 两段的电阻，如果测得 1—5 段的电阻为“ ∞ ”，则表明断路故障在 1—5 段，另一段就不用再检查了。

【查找故障点】 如图 7-5b 所示，依次测量故障段内相邻标号 1—3、3—5 间的电阻，若测得某两标号点间的电阻为“ ∞ ”，则表明这两标号点间存在断路或接触不良故障。例如：测得 3—5 间的电阻为无穷大，则说明按钮 SB_1 接触不良或其两端连接导线断路。

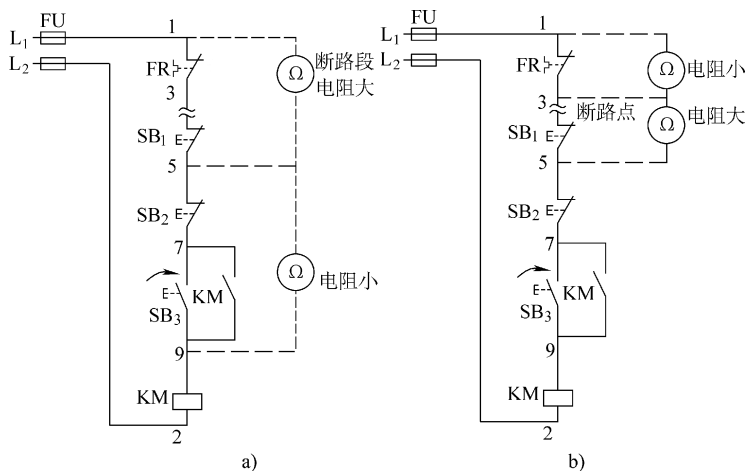


图 7-5 电阻的二分测量法检查断路故障

a) 确定故障段 b) 查找故障点

二、试电笔检查断路故障

1. 用试电笔检查交流控制电路断路故障

用试电笔检查交流控制电路断路故障的方法如图 7-6 所示。

【检查方法】 正常时，用试电笔从电源 L_1 侧依次测量 1、3、

5、7、9 标号点，电笔都应亮，若测量到哪一点时试电笔不亮，则电笔刚测量的点向后触点为故障点。例如测量到点 7 时电笔不亮，而测量到点 5 时电笔亮，则表明 5—7 间的 SB_2 按钮或其连接导线松脱。

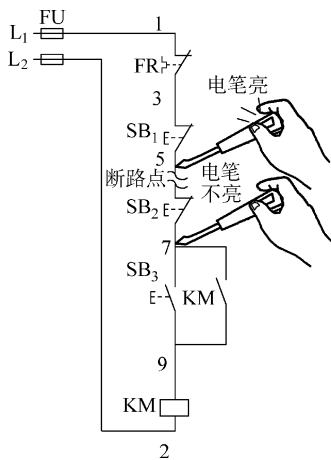
【注意事项】

1) 测量有一端接地的 $\sim 220V$ 控制电路时，应从电源相线开始测量，测到线圈的另一侧时，必须把地线拆掉或断开。

2) 在检查 $\sim 380V$ 带有变压器的控制电路中的熔断器是否熔断时，应防止由于电源从未熔断相的熔断器和变压器的一次绕组回到已熔断的熔断器的出线端，而使判断发生错误。

2. 用试电笔检查直流控制电路的断路故障

用试电笔检查直流控制电路断路故障的方法如图 7-7 所示。



电笔亮与不亮的交界点为断路点
图 7-6 用试电笔检查断路故障

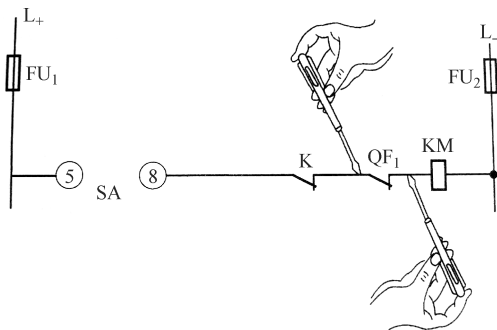


图 7-7 用试电笔检查直流控制电路断路故障

【判断正负极】 检查时先用试电笔检测直流电源的正负极，即人一手持测电笔，另一手触地，将试电笔接触被测电源，如果氖管后端（手持端）明亮，为正极；如果氖管前端明亮，为负极。正负极也可从氖管的亮度判断，正极比负极亮一些。

【判断故障段】 确定了正负极后, 根据直流电路中正负电的分界点在耗能元件的两端的道理。转动开关 SA, 使其触点闭合, 用测电笔先测量耗能元件直流感应器 KM 线圈两端。若在非耗能元件 (如常闭触点) 两端分别测到正负电时, 说明断路点就在该元件内; 若在正极一侧测量感应到负电 (较暗), 说明故障点在正极一侧; 若在负极一侧测量时感应到正电 (较亮), 说明故障点在负极一侧。实际测量时在 KM 线圈的左端 (正极端) 感应到负电, 说明故障在正极段。

【查出断路点】 查出故障段后, 再逐一对故障段上的元件两端进行测试, 例如测量 QF_1 的左端为正电 (较亮), 而右端为负电 (较暗), 从而确定 QF_1 辅助触点断路。

3. 用试电笔检查主电路故障

用试电笔检查主电路的断路故障如图 7-8 所示。

【确定故障元件】 用试电笔从三相电源向负载侧依次测量各元件的进线端和出线端, 即从三相电源 L_1 、 L_2 、 L_3 → 三相刀开关 QS 的进线端 (上接线端) → 三相刀开关 QS 的出线端 (下接线端) → 熔断器 FU 的进线端 → FU 的出线端 → KM 的进线端 → KM 的出线端 → 电动机, 通过试电笔的亮度来判断各元件、连接导线是否正常。

【查出断路点】 用试电笔测量 QS 的上接线柱有无电压。若试电笔不亮应检查三相电源进线; 若试电笔亮度正常, 说明 QS 的上接线柱有电压, 可把 QS 合上, 测其下接线柱; 若某相无电压, 要断开电源开关, 检查该相开关上导线的接触情况。

同理, 用试电笔测熔断器 FU 下接线柱。若某相无电压, 应检查熔断器 FU 的熔体是否熔断, 熔体与熔断器座接触是否良好。

用试电笔测量接触器 KM 主触点。若测量某相的进线端时, 试

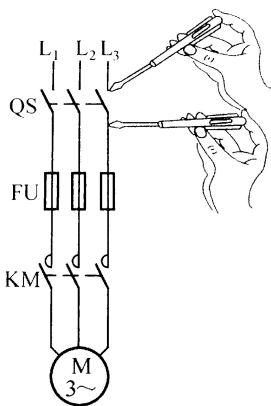


图 7-8 用试电笔检查主电路的断路故障

电笔亮度正常，而测量出线端时，试电笔的亮度较暗，说明接触器的该相主触点接触不良。

三、校验灯检查断路故障

校验灯又称试灯。它是在灯泡两端接两根电源线做成一种简单的测试工具，它可以检查电压是否正常，线路是否断线等。

1. 校验灯检查主电路故障

【确定故障相】 接通电源，将校验灯的一端接地或接中性线，另一端分别触及三相电源，若触及某相时校验灯微亮，则表明被测相为断路相，如图 7-9a 所示。

【查找故障点】 找出断线相后，从上至下分别测量断线相的各触点（包括刀开关、熔断器、接触器主触点）的对地电压，若测到某处校验灯微亮或不亮，则表明刚跨过的熔断器、触点为断路故障点，如图 7-9b 所示。

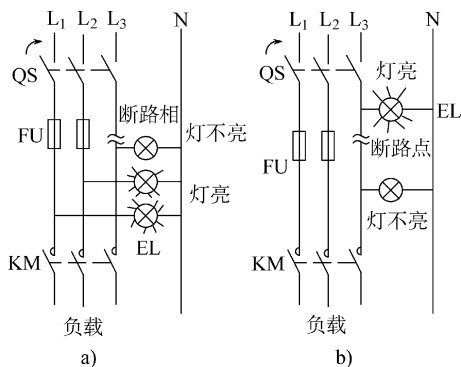


图 7-9 校验灯检查主电路断路故障

a) 确定故障相 b) 查找故障点

2. 用校验灯跨接检查控制电路断路故障

【检查步骤】

1) 将检验灯的两端接到 1 和 2 两点上，判断电源和熔断器是否正常。

2) 将校验灯的一端固定于线圈一端的 2 号线，然后从线圈的

另一端依次接触各触点、连接导线（经过 SB_2 常开触点时，应按下按钮 SB_2 ），如图 7-10 所示。若跨接至某接线端时，校验灯突然不亮，则刚跨过的触点即为断路点。例如，碰触 3 号线时灯亮，而触及 5 号线时灯不亮，则 3—5 线号中间，即 SB_1 触点或其两端接线断路。

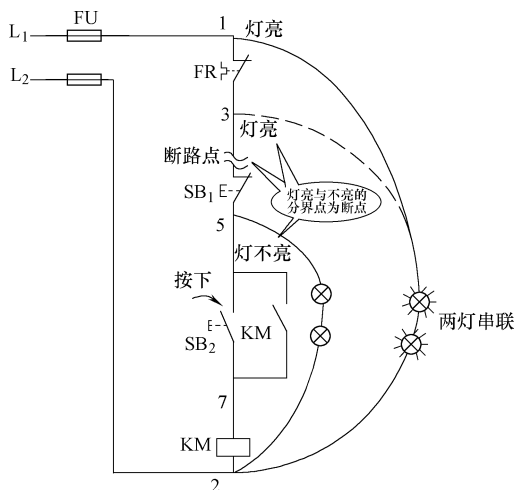


图 7-10 用校验灯跨接检查控制电路断路故障

【注意事项】

- 1) 灯泡的额定电压与被测电压相匹配，一般检查 220V 电路时，用一只 220V 灯泡；直接测量 380V 电路时，用 2 只 220V 灯泡串联，以防电压过高，灯泡烧坏，电压过低，灯泡不亮。
- 2) 检查断路故障时，宜用小功率的灯泡（15~60W），检查接触不良故障时，宜用大功率的灯泡（100~200W）。
- 3) 使用时应注意安全，导线裸露部分要尽量短，以防短路。

四、短接法检查断路故障

短接法检查断路是用一根绝缘导线，把所怀疑的部位短接，若短接后故障消除，则表明故障在短接部位，否则可判定故障在短接点之外。

1. 局部短接法检查控制电路断路故障

局部短接法检查断路故障如图 7-11 所示。

【判断故障性质】 先用万用表电压档测量 1—2 两点间的电压，检查电源和熔断器 FU 都正常，但按下起动按钮 SB_2 ，接触器 KM 不吸合，说明电路有断路故障。

【检查方法】 用导线分别将 1—3，3—5，5—7 等标号点处短接，若短接到某处时，继电器吸合，则表明短接处断路。如图 7-11 中，3—5 短接时，接触器 KM 吸合，说明 3—5 间有开路故障。

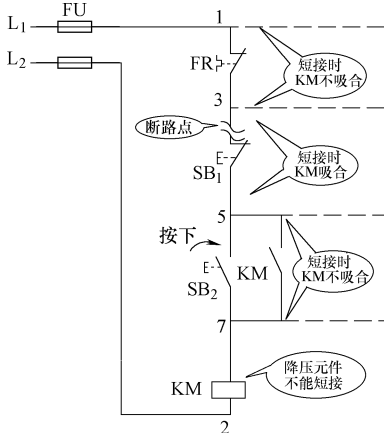


图 7-11 局部短接法检查控制电路断路故障

2. 长短接合法检查控制电路断路故障

为了加快检查速度，也为了防止多接点同时开路时，采用上述局部短接法，可能会造成误判，因此采用长短接合法检查断路故障更加迅速、准确。长短接合法查找断路故障如图 7-12 所示。

【确定故障范围】 先将 1—9 短接，判断是否存在开路故障，如果短接后故障消失，说明电路存在开路故障，然后从线路的中间短接，如图 7-12a 中分为 1—5 和 5—9 两段，短接到哪一段故障消失，故障就在哪一段。接下来只需检查故障段即可。

【查出故障点】 分别短接故障段的各元件触点，短接到某触点时，接触器 KM 吸合，说明短接处为断路故障点，如图 7-12b 所示。

【注意事项】

1) 短接时，一定要结合电路图，搞清元器件的位置、标号，防止短接错误。

2) 要注意安全，使用的短接导线裸露部分不要过长；不要短接熔断器 FU 等保护元器件，以防电路失去保护；也不要短接接触

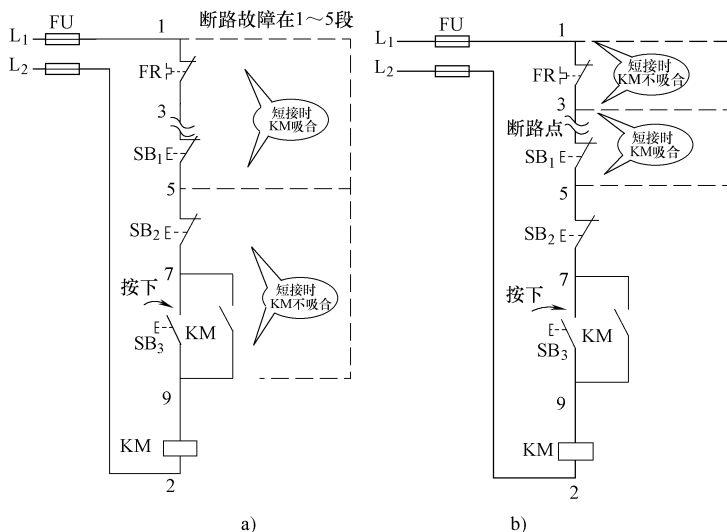


图 7-12 长短接合法检查控制电路断路故障

a) 长短接合法查出故障范围 b) 局部短接法查出故障点

器线圈、继电器线圈、电阻等降压元器件，否则电路将出现短路故障。

3. 短接法检查主电路断路故障

短接法检查不但可以检查控制电路，而且可以检查主电路。例如某电动机运行一段时间后自动停机，发现热继电器有气味，由此判断可能是热继电器本身故障。冷却一段时间后，复位热继电器，重新起动，接触器有吸合声，但电动机不起动。由于手边没有仪表，又怀疑热继电器故障，将热继电器主接线端子短接，接通电源，按下起动按钮，电动机能够正常起动，这样便确定了热继电器故障。

拆下热继电器后，拆开其外壳检查发现一相热元器件已烧断，更换热元器件或直接更换热继电器后，故障排除。

五、用电池灯检查断路故障

电池灯又称通灯，它一般由两节 1 号电池和一个手电筒用 2.5V 的小灯泡连接后，装在一个盒内，引出两个测试笔即可，如

图 7-13a 所示。用它检查线路的通断和校对线号非常方便。

用电池灯检查电路通断实际上是检查电路的电阻，因电阻为零或较小时，相当于两接线端短接，所以小灯泡亮，如果被测导线或触点断开，小灯泡不亮。用电池灯检查断路故障的方法如图 7-13b 所示。

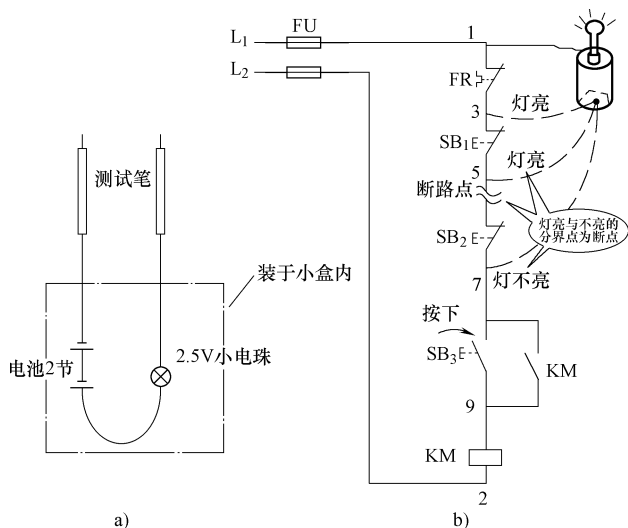


图 7-13 用电池灯检查断路故障

a) 电池灯做法 b) 检查方法

【检查方法】 把电池灯的一端夹在接点 1 的位置上，按下按钮 SB_2 不放，然后用另一端依 3、5、7、9 的次序逐点测试，当测至某按钮或触点时，电池灯不亮，则表明电池灯两测试点所跨接的触点断路或接触不良。如图 7-8 中测至 5 点灯亮，而测至 7 点灯不亮，则 5—7 段存在断路故障。

【注意事项】

- 1) 检查前，先切断电源，使被测电路与其他电路切断联系。
- 2) 不能用电池灯检查存在较大阻值的元器件（如电阻、接触器线圈）的通断。
- 3) 如果电路中串接有电感元件（如接触器、继电器的线圈），

用电池灯检查时，不要用手碰到测试点，以防在通电的瞬间产生自感电动势，使测试者产生麻电的感觉。

六、用钳形表检查主电路断路故障

【检查方法】 如图 7-14 所示，合上低压断路器 QF，从三相电源向负载侧分别测量各相的电流，通过测得的电流来判断故障相是否正常。若测到某一相无电流或电流明显减小，说明该相存在断路故障。例如测得 L_1 有电流，而 L_3 相无电流，则说明 L_3 相存在断路故障。

【注意事项】 测量时不能将两条线或三条线同时穿入钳口，每次只能钳入一根相线。

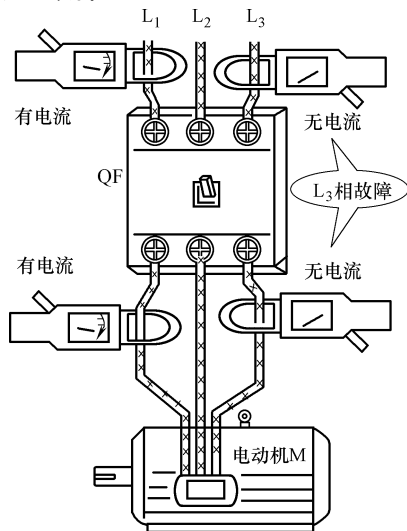


图 7-14 用钳形表检查主电路断路故障

第二节 短路故障的检查

短路故障的形式有很多，常见的有触点本身短路、触点间短路、电源间短路等。无论哪种短路故障，短路点的电阻都很小，所以可以通过测量电路的电阻来检查短路故障。

检查时可以采用分区断开法，并配以电阻测量。即断开你所怀疑的故障电路，然后检查未断开电路的电阻，如阻值恢复正常，则故障在断开部分，否则故障在未断开部分。例如电源变压器发热，可以去掉后级电路或接上假负载，如变压器恢复常温，说明是后级电路故障，否则是变压器本身短路。

分区断开时，先大范围断开，然后再缩小范围，这样很快就能找出故障点。

一、电源间短路故障的检查

电源间短路故障可使熔断器的熔体熔断或断路器跳闸，如果重新装入熔断器或合上断路器送电，保护装置还会动作。

【故障现象】 如图 7-15 所示的电路中，按下起动按钮 SB_2 ，熔断器 FU 的熔体就熔断。

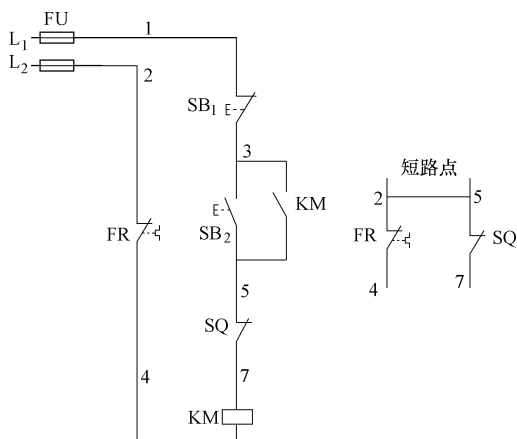


图 7-15 电源间短路故障的检查

【确定故障范围】 断开电源，将熔断器 FU 的熔体拔出，以切断与主电路的联系。将万用表置于 $R \times 1$ 档，测量 1—2 间的电阻值，电阻为“ ∞ ”，但按下 SB_2 后，电阻为“0”，说明电源间存在短路故障，且短路的一端在标号点 5 之后，可以把 1、3 及它们之间的连线排除在外。这是因为如果 2—1 或 2—3 短路，在按下 SB_2 之前，测量 1—2 间的电阻值就应为“0”。

【查找故障点】 拆下 7 上的接线，按下 SB_2 后，测量 1—2 间的电阻值，这时仍然为“0”，说明故障不在 7 号线，而在 5 号线周围，这时检查 5 号线时，发现 5 号线与电源另一侧 2 号线短路，故障查出。故障排除后，按下起动按钮 SB_2 ，测量 1—2 间的电阻值为“ ∞ ”。

二、触点或元器件本身短路故障的检查

这类故障现象较为明显，只要认真分析电路的工作原理，了解

电路中各个元器件的作用,就可以找出故障点,当然也可以用阻值测量法检查怀疑的触点、元器件。如图 7-16 所示为双按钮同时按下电动机才能起动的电路。下面介绍分析法来查找这类故障。

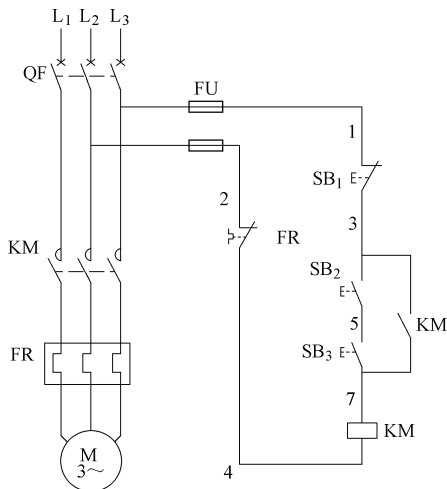


图 7-16 触点或元器件本身短路的检查

【故障现象】 按下停止按钮 SB_1 , 电动机不能停机。

【故障分析与排除】 电动机停机是靠停止按钮 SB_1 切断控制电路, 使接触器 KM 断电释放实现的, 若按钮 SB_1 短路, 会出现电动机不能停机, 检查发现 SB_1 两侧的接线头有毛刺而短路。将毛刺去掉后故障排除。

【故障现象】 直接按下 SB_2 , 电动机 M 起动。

【故障分析与排除】 若起动按钮 SB_3 的常开触点短路, 则只需按下起动按钮 SB_2 , 接触器 KM 就吸合, 电动机 M 就起动, 检查发现 SB_3 触点受潮而短路, 干燥处理后故障消除。

三、触点间短路故障的检查

回路是电流流通的路径, 对于较复杂的电气线路或电气设备, 可把相互连接的电气线路分割成各个独立回路, 以确定故障范围, 然后根据故障现象, 确定或缩小故障回路, 把与本故障无关联的电

路排除在外。确定了故障回路后，再将故障回路分割开来，进一步缩小故障范围，直至查出故障点。这种方法不但经常用于强电控制电路（如前面介绍的开路、短路故障的检查），也常用于电子电路中。

【故障现象】 如图 7-17 所示的电路中，接触器 KM 常开辅助触点上的 5 号线与其常闭触点上的 7 号线短路，会出现不按起动按钮 SB₂，接触器 KM 就吸合的故障现象。

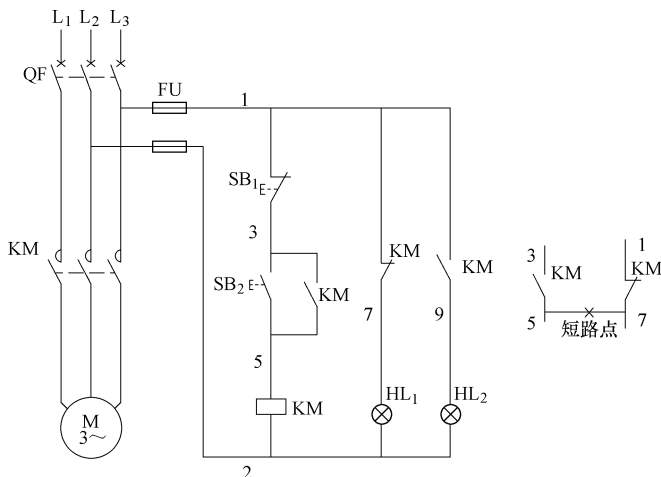


图 7-17 触点间短路故障的检查

【确定故障性质】 切断电源，拔掉 FU 的内装熔体，将主电路与控制电路分开，用万用表测量 1—5 间的电阻为“0”，说明待查线路存在短路故障。

【检查重点部位】 由于不按起动按钮 SB₂，接触器 KM 就吸合，首先检查起动按钮 SB₂ 有无卡阻，SB₂ 上的接线头是否短路。经检查，起动按钮 SB₂ 无短路故障。

【确定故障范围】 由于支路较多，短路故障可能与信号支路有关。为方便检查，可将两指示灯电路拆开，如果故障排除，说明短路故障与指示灯电路确实有关，否则说明短路故障与指示灯电路无关，实际拆开后，故障排除，说明短路故障与指示灯电路有关。

【缩小故障范围】 将两指示灯电路中的一个按原电路重新接

好,如果故障又恢复,说明短路的一点在恢复的回路中;如果故障没有恢复,说明短路的一点在另一指示灯回路中。实际恢复 HL_1 电路时,故障重现,说明短路故障的一点就在 HL_1 电路中。

【查找故障点】 检查与 HL_1 相连的 KM 常闭触点上的接线发现,该常闭触点的引出线与其常开自锁触点的引出线由于毛刺短路,即 5—7 号线短路,这样电源便通过 7 号线上的 KM 常闭触点使线圈得电。改进接线工艺后故障消除。

第三节 接地故障的检查

除了正常的工作接地和保护接地外,线路中某点因绝缘损坏、安装不当或其他原因与大地相接而形成的接地,称为故障接地,故障接地不但会导致设备损坏,还可能危及人身安全。

故障接地有实接地、虚接地和不稳定接地等。出现接地故障时会使电路对地的绝缘电阻大大降低,甚至为零。因此,查找电路接地故障,只要测量电路对地的绝缘电阻即可,此绝缘电阻接近或等于零(实接地)时,可以用电池灯、万用表或钳形电流表检查;当仍有一定绝缘电阻(虚接地)时,应用绝缘电阻表或万用表检查。

一、实接地故障的检查

1. 控制电路实接地故障的检查

如图 7-18 所示的电路, KM_1 线圈接地,可用万用表或电池灯检查,现以万用表检查为例说明其检查过程。

【确定故障范围】 检查前,断开电源,取下 FU 的内装熔体,将控制电路与主电路分开,并将万用表置于 $R \times 10k$ 档,一只表笔接地,另一表笔分别测量主电路和控制电路的对地电阻,结果发现主电路对地绝缘电阻为“ ∞ ”,而控制电路的对地电阻为“0”,则表明控制电路接地。

【缩小故障范围】 为方便检查,可将两支路从 1、2 两点拆开,分别测量两个支路的对地绝缘,实际测得接地故障在 KM_1 支路。

【查找故障点】 由于 KM_1 支路上的元器件、导线较少,分别检查各元器件、接点,最后发现 KM_1 线圈绝缘损坏后,通过其金

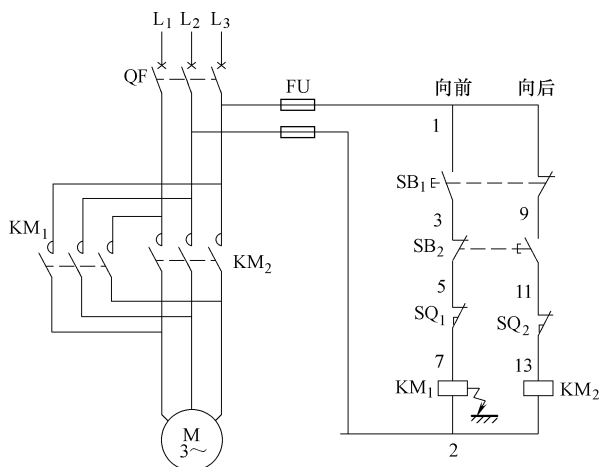


图 7-18 万用表检查控制电路接地故障

属外壳接地。更换 KM_1 后故障排除。

上述故障也可以用电池灯检查。检查时，应将电池灯的一端接地，另一端测被检查线路，检查到接地支路或接地点时，电池灯亮，而检查其他支路时，电池灯不亮。

2. 主电路实接地故障的检查

图 7-19 所示的电路中，F 点接地，可用万用表来检查。

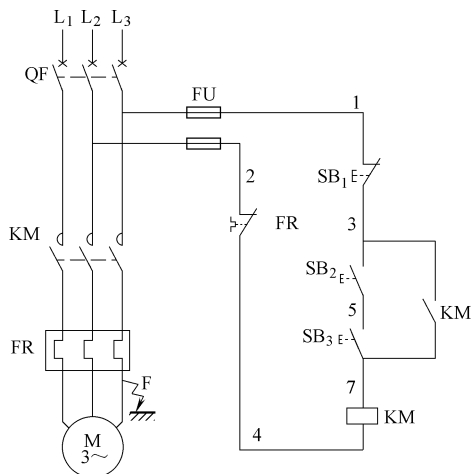


图 7-19 万用表检查主电路实接地故障

【确定故障范围】 断开电源，取下控制电路 FU 的熔体，使主电路与控制电路分开。用万用表分别测量主电路和控制电路的对地电阻，结果测量主电路对地绝缘电阻为“0”，而控制电路的对地电阻为“ ∞ ”，则表明主电路接地。

【缩小检查范围】 上述检查时，测 QF 出线端时绝缘正常，而测电动机 M 接线端时电阻很小。因接触器没有吸合，可以确定接地故障点在接触器输出端到电动机接线柱之间。

【进一步缩小检查范围】 为了进一步缩小检查范围，拆掉三相电源接在电动机接线柱上的接线头，使三相供电线路不能通过电动机绕组相互联在一起。先测量电动机绝缘正常，然后分别测量三条线路的对地电阻，若某接线头所在的线路电阻很小，即为接地相，结果发现 L_3 相接地。

这时可拆下热继电器 L_3 相输入端的接线头后，测量该接线头的对地电阻，若电阻很小，说明接地点在接触器与热继电器之间，否则接地点在热继电器到电动机接线柱之间。实测接地点在热继电器至电动机的线路段。

【查找故障点】 检查热继电器到电动机的连接线，发现是由于 L_3 相绝缘导线的外皮破损而触及铁壳。更换导线后故障排除。

3. 试电笔检查直流电路的接地故障

通常情况下，直流电路对地是绝缘的，如果正极或负极接地，可以短时运行，但对设备的安全非常不利，必须尽快查出并排除。前面介绍的都是交流接地故障的查找，如果直流电路出现故障怎样查找呢？

【判断是否接地】 检查时，人站在地上，用试电笔测直流电的正极或负极，电笔都不会发光。但如果发光，说明直流系统接地，否则说明直流系统不存在接地故障。

【判断接地极】 测量时，注意观察是氖管的哪一侧亮。若后端（手持端）明亮时为负极接地，若笔尖端明亮时为正极接地。

【查找故障点】 对于较短线路，可通过对故障段上的重点部位（如接头处）进行检查来确定故障点；对于较长的线路，可采用分段法，进一步缩小检查范围，然后查出故障点。

4. 万用表检查直流电路的接地故障

【判断是否接地】 检查时，将万用表置于合适的直流电压档，一只表笔接地，另一只表笔分别测直流电的正极或负极。如果测得的直流电压接近或等于直流电源的额定电压，说明直流系统接地。

【判断接地极】 测量时，若万用表的黑表笔接地，红表笔测电源的正极有电压指示，说明正极接地；若万用表的红表笔接地，黑表笔测电源的负极有电压指示，说明负极接地。

【查找故障点】 对于较短线路，可通过对接地极所在的线路段上的重点部位（如接头处）进行检查来确定故障点；对于较长的线路，也可采用分段法，进一步缩小检查范围，然后查出故障点。

二、虚接地故障

虚接地故障一般由于导线或线圈绝缘老化，使它们的绝缘电阻降低，但仍然有一定的绝缘电阻，这时不应该用电池灯检查，可用绝缘电阻表或万用表检查。用绝缘电阻表检查时，应匀速摇动手柄，并注意观察绝缘电阻数值的大小，因虚接地时的接地与不接地只是对地绝缘电阻数值大小不同。控制电路的绝缘电阻一般不小于 $0.5\text{M}\Omega$ 。用万用表检查时，应将万用表置于 $R\times 1\text{k}$ 或 $R\times 10\text{k}$ 档，方法同前述实接地故障的检查。

三、不稳定接地故障的检查

不稳定接地一般由于裸露的带电体与接地部分靠得太近，造成有时接地有时又不接地的故障现象。检查时，应把裸露的导线加以整理，特别应把接点外露的毛刺重新接好，这样处理后，一般情况下，故障就能得到消除，否则也可在暗处观察有无放电弧光，有放电弧光处即为接地点。

第四节 接线错误故障的检查

任何电路都是将元器件按照一定的顺序连接起来的，如果这种顺序被打乱，或将电路中的一些控制元器件漏接或多接，都将使电

路不能正常工作。这种故障称为电路的接线错误。接线错误一般由于安装者粗心造成。

一、控制电路接线错误的检查

图 7-20a 所示的电路中, 误将控制电路的 L_2 相接在了 KM 主触点的后面, 这会引起按下起动按钮 SB 后, 接触器 KM 不吸合, 电动机不能起动。可用万用表或试电笔检查。

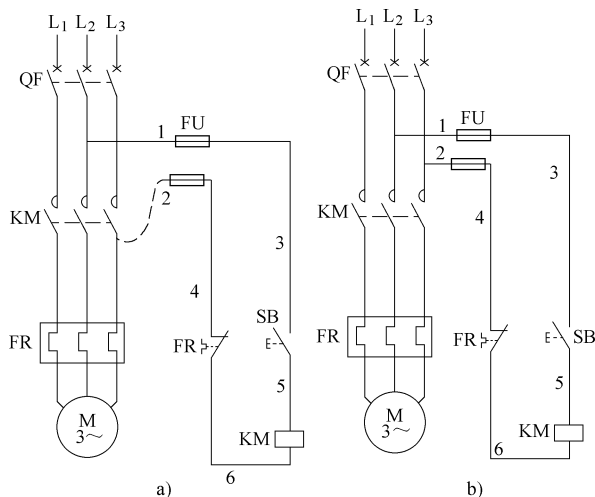


图 7-20 控制电路接线错误的检查

a) 错误接法 b) 正确接法

用万用表检查。接通电源, 用万用表 $\sim 500\text{V}$ 档检查三相电源正常, 断路器 QF 输出端和 KM 输入端电压都正常, 测 1—2 间电压也很低, 说明 1、2 两根线有一根接错, 检查 1 号线和 2 号线, 发现 2 号线接在了接触器 KM 主触点的下接线端 (出线端), 将其改接在接触器 KM 主触点的上接线端 (进线端), 如图 7-20b 所示。重新试验, 接触器吸合正常。

用试电笔检查。接通电源, 用电笔测量 1 号线时电笔亮, 而测量 2 号线时电笔不亮, 说明 2 号线接线错误或接线松脱。检查发现 2 号线接在了接触器 KM 主触点的下接线端, 改正接线后, 重新试

验，接触器吸合正常。

二、主电路接线错误故障的检查

如图 7-21 所示的先后起停电路，原设计是将电动机 M_2 的刀开关 QS 的进线接在接触器 KM 的下接线端，这样只有按下起动按钮 SB_2 ，接触器 KM 吸合， M_1 起动后， M_2 才能起动。电路中，误将刀开关 QS 的进线直接接在接触器 KM 的上接线端，这样合上低压断路器 QF 和刀开关 QS，电动机 M_2 直接起动，起动顺序错误。

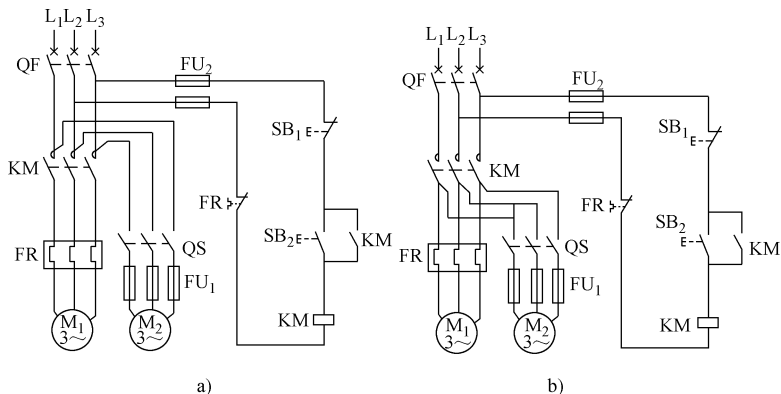


图 7-21 主电路接线错误的检查

a) 错误接法 b) 正确接法

根据前面的分析可知， M_2 可以在 M_1 起动前起动，其电源必定不受接触器 KM 的控制，也就是说其电源可能接在断路器 QF 的下接线端或接触器 KM 的上接线端。检查发现 M_2 的电源经开关 QS 接在接触器 KM 的下接线端。改变接线后故障排除。

上面我们分类介绍了断路、短路、接地故障以及接线错误的检查方法，这些方法是相辅相成而又互相补充的，所以检查线路故障时，应灵活运用。这些方法不但可以查找电工电路的断路、短路、接地、接错线等故障，而且还可查找电子电路故障，在实际工作中也经常用到，希望读者仔细品味。

第八章 常用机械设备和机床 电路故障检修实例

第一节 常用机械设备电路故障检修实例

一、电动葫芦控制电路检修

电动葫芦是一种小型起重机械，多用于设备的吊装工作。它由提升机构（吊钩）和移动机构（行车）两部分组成，吊钩的提升和行车的行进各有一台电动机拖动。提升电动机带动滚筒转动，从而带动吊钩的提升或下降；行进电动机拖动提升机构在工字梁上水平移动，从而带动行车前进或后退。其控制电路如图 8-1 所示。

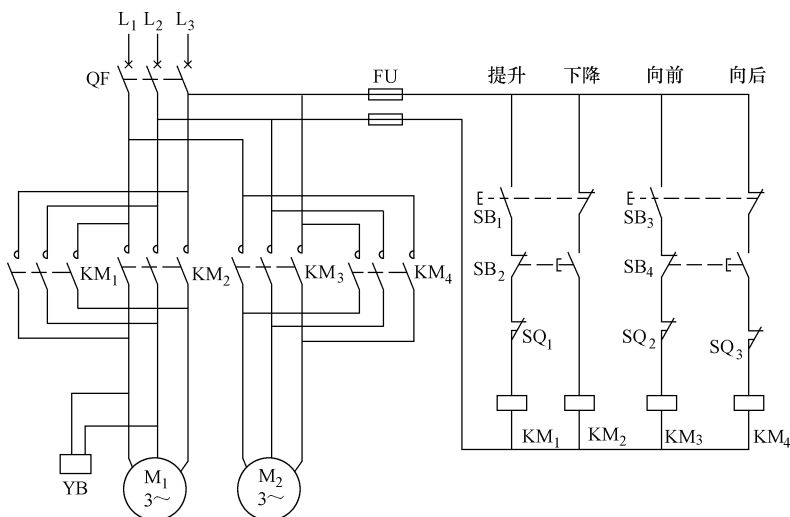


图 8-1 电动葫芦控制电路

【工作原理】 主电路用断路器 QF 作短路保护，接触器 KM_1 、 KM_2 和 KM_3 、 KM_4 分别控制提升电动机 M_1 和行进电动机 M_2 的正

反向运行，它们都是靠改变施加于电动机三相电源的相序，实现正转或反转的，YB 为电磁抱闸制动器，它装在提升电动机 M_1 的端部，以保证吊钩的准确定位。

控制电路属于电动机的点动控制电路，左面两条支路分别为提升、下降控制，两支路由悬挂式复合按钮 SB_1 、 SB_2 来控制启停， SQ_1 作上限位开关，用于提升的终端保护；右面两条支路分别为行车的向前、向后移动控制，它们由悬挂式复合按钮 SB_3 、 SB_4 来控制启停， QS_2 、 QS_3 分别是前、后移动限位开关，作水平移动的终端保护。熔断器 FU 作四条点动控制的短路保护。

前进控制 按下复合按钮 SB_3 ， SB_3 常闭触点先断开，保证接触器 KM_4 不会得电吸合， SB_3 常开触点后闭合，接触器 KM_3 得电吸合，行进电动机 M_2 得电起动。移动至规定位置时，松开 SB_3 ， KM_3 断电释放， M_2 停机。如果操作者操作失误或由于某种原因导致 SB_3 触点短路，行进到终端位置时，行程开关 SQ_2 触点断开，接触器 KM_3 断电释放，以免超行程。

请读者参照前进控制分析一下后退控制、提升控制、下降控制的工作原理。

【故障检修实例】

【故障现象】 电动葫芦只能提升，不能下降。

【检修技巧】

1) 按下下降按钮 SB_2 ，观察接触器 KM_2 是否吸合，若不吸合，则表明 KM_2 控制电路故障，应检查 SB_1 常闭触点和 SB_2 常开触点是否接触不良， KM_2 线圈是否断线，下降回路中的连接导线是否松脱。

2) 按下按钮 SB_2 ，接触器 KM_2 吸合，但电动葫芦不下降，则表明电动机 M_1 主电路故障，且故障点在 KM_2 主触点及其两端接线。应检查 KM_2 主触点是否接触不良，两端接线是否松脱。

【故障现象】 电动葫芦向前移动超过规定位置 M_2 不能停机。

【故障分析】 电动葫芦向前移动超过规定位置时，行程开关 QS_2 断开，接触器 KM_3 断电释放， M_2 才能断电，电动机才能停机，如果任何一个环节出现故障，都会出现超过规定位置不能停机的故障现象。

【检修技巧】

1) 检查提升机构在工字梁上向前行至极限位置时, SQ_2 是否断开, 若不能断开, 可能由于行程开关 SQ_2 损坏, SQ_2 两端连接导线相互接反, 或 SQ_2 的安装位置移动。应更换 SQ_2 、调整 SQ_2 的安装位置或调换其两端控制接线的位置。

2) SQ_2 能断开, 但接触器 KM_3 断电后不能立即释放, 可能由于接触器 KM_3 铁心端面有油污或主触点熔焊所致, 应清除 KM_3 铁心上的油污或更换接触器。

二、输送带运输机电路与检修

输送带运输机适用于料仓、矿山、流水线等场合, 其控制电路如图 8-2 所示。

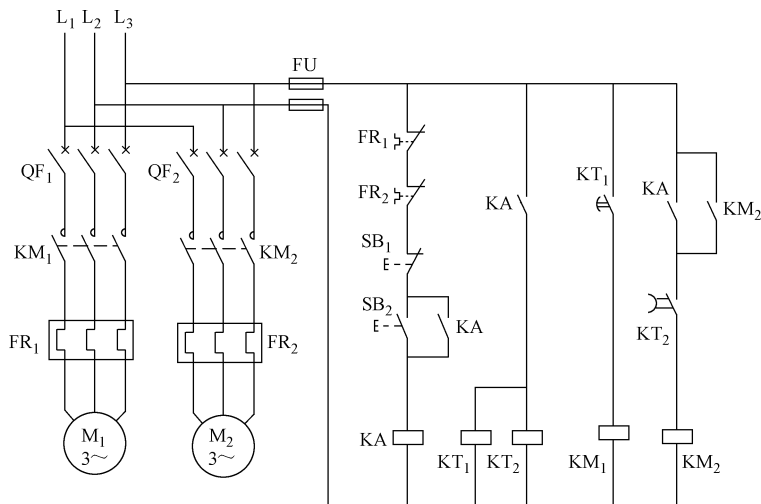


图 8-2 输送带运输机电路

【工作原理】 输送带运输机启动时, M_2 先启动, M_1 后启动, 可防止货物在输送带上堆积; 停运时, M_1 先停止, M_2 后停止, 以保证停车后输送带上不留货物。

启动时, 按下启动按钮 SB_2 , 中间继电器 KA 得电吸合并自锁, 其常开触点闭合, 时间继电器 KT_1 、 KT_2 线圈同时得电, KT_2 断电

延时（吸合不延时）的常开触点立即闭合，接触器 KM_2 得电吸合并自锁， KM_2 主触点闭合，电动机 M_2 先起动，经过一段时间的延时时， KT_1 得电延时（断电不延时）的常开触点闭合，接触器 KM_1 得电，电动机 M_1 起动。

停机时，按下停止按钮 SB_1 ，中间继电器 KA 断电释放， KT_1 、 KT_2 线圈同时断电， KT_1 常开触点立即断开， KM_1 线圈断电， M_1 停机。经过一段时间的延时时， KT_2 常开触点断开， KM_2 线圈断电， M_2 停机。

【故障检修实例】

【故障现象】 停机时货物有很多残存在输送带上。

【检修技巧】

1) 时间继电器 KT_2 整定延时时间过短，应适当延长 KT_2 的动作时间。

2) 时间继电器 KT_2 的气室装配不严或气室内橡皮膜损坏，应在清洁的环境中重新装配或更换橡皮膜。

【故障现象】 按下起动按钮 SB_2 ， M_2 不起动，经过一段时间后， M_1 起动。

【检修技巧】 上述故障表明中间继电器 KA 已吸合，故障可能在 KT_2 、 KM_2 控制电路和 KM_2 主电路。

1) KM_2 不吸合，应检查 KA 和 KT_2 常开触点是否接触不良， KT_2 、 KM_2 线圈是否断路。

2) KM_2 吸合，可用万用表检查 $QF_2 \rightarrow KM_2 \rightarrow FR_2 \rightarrow$ 电动机接线柱所在的主电路是否有开路点。

第二节 常用机床电路故障检修实例

一、CW6163B 型车床电路检修

图 8-3 所示为 CW6163B 型车床电路。

【工作原理】

1) 主电路 CW6163B 型车床的主电路有三台电动机， M_1 为主轴电动机，它带动主轴旋转和刀架作进给运动，接触器 KM_1 控

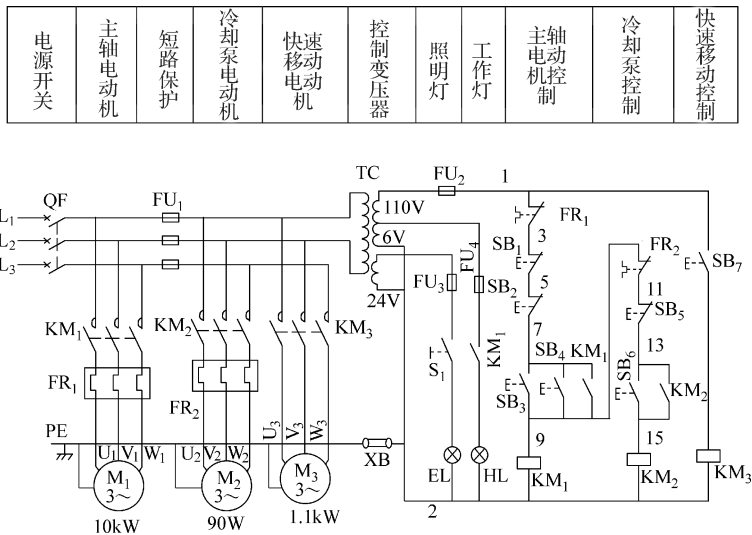


图 8-3 CW6163B 型车床电路

制它的起停，车床外部的断路器 QF 作短路保护，热继电器 FR_1 作过载保护； M_2 为冷却泵电动机，它为车削工件时输送冷却液，热继电器 FR_2 作它的过载保护，它通过接触器 KM_2 来控制启停； M_3 为快速进给电动机，由于它是点动工作，所以没有必要装设过载保护。

2) 控制电路 整个控制电路由一台 380/110V 变压器 TC 供电，熔断器 FU_2 为控制电路的短路保护。

主轴电动机 M_1 采用两地控制。起动时，按下起动按钮 SB_3 或 SB_4 ，电流由变压器二次侧→熔断器 FU_2 → FR_1 触点→ SB_1 常闭触点→ SB_2 常闭触点→ SB_3 常开触点→ KM_1 线圈→变压器二次侧形成闭合回路，接触器 KM_1 得电吸合， KM_1 主触点和自锁触点同时闭合， M_1 得电起动。停止时，按下按钮 SB_1 或 SB_2 ，就切断了 KM_1 的控制回路，电动机 M_1 、 M_2 断电停机。

由于控制接触器 KM_2 接于接触器 KM_1 的自锁触点之后，所以主轴电动机 M_1 与冷却泵电动机 M_2 为先后起动连锁控制关系，即只有 M_1 先起动， M_2 才能得电起动。

快速移动电动机 M_3 由点动按钮 SB_7 和接触器 KM_3 控制, 实现机床的快速移动。

3) EL 为机床的照明灯, 它由变压器 TC 的 24V 绕组供电, 由开关 S_1 控制。HL 为 M_1 工作指示灯, 它由 TC 的 6V 绕组供电。

【故障检修实例】

【故障现象】 主轴电动机 M_1 不起动。

【检修技巧】

1) 按下起动按钮 SB_3 或 SB_4 , 接触器 KM_1 不吸合且无声音, 则表明 KM_1 控制电路故障, 可用万用表电阻档测量 KM_1 线圈两端电阻, 若电阻为 “ ∞ ”, 说明线圈断路; 若线圈阻值很小, 说明线圈短路; 若线圈阻值正常, 一般由于 TC 二次绕组→熔断器 FU_2 →FR 触点→ SB_1 常闭触点→ SB_2 常闭触点→ SB_3 常开触点→ KM_1 线圈→TC 二次绕组所在的回路有开路点。可分别测量各触点间的电阻或电压来查出开路故障。

2) 按下起动按钮 SB_3 或 SB_4 , 接触器 KM_1 吸合, 则故障原因必在主电路, 这时可用万用表测量 M_1 接线柱上 U_1 、 V_1 、 W_1 的三相交流电压是否正常, 若不正常, 则表明三相电源→断路器 QF→ KM_1 主触点→FR 热继电器→电动机 M_1 接线柱所在的主回路开路或接触不良。可用万用表分别测量各触点间的电压来找出故障点。

3) 用万用表测量 M_1 接线柱上的三相电压正常, 但电动机不起动, 则表明故障在电动机本身或外部设备, 应查出故障点, 并予以修复。

【故障现象】 冷却泵电动机 M_2 不起动, 而 M_1 起动正常。

【故障分析】 上述故障可能发生在 M_2 的控制支路, 也可能发生在 M_2 主电路。

【检修技巧】

1) 按下起动按钮 SB_6 , 接触器 KM_2 不吸合, 一般由于 KM_2 控制支路有开路点, 可将万用表的一端固定于 2 点, 另一端依次测量 9、11、13、15 标号点的电压 (因 M_1 起动正常, 可把 1—9 段排除在外), 如测至某点时电压突然消失, 则刚跨过的点即为开路点。例如测量 11 点时有 $\sim 110V$ 电压, 而测量 13 点时无电压, 则表明按钮 SB_5 接触不良。

2) 按下起动按钮 SB_6 , 接触器 KM_2 吸合, 而电动机 M_2 不起动, 可分别测量 KM_2 主触点进出线两端、热继电器 FR 的进出线两端、电动机 M_2 接线端 U_2 、 V_2 、 W_2 的电压来判断故障点。如果 KM_2 主触点进线端电压正常, 而出线端电压不正常, 则表明 KM_2 主触点接触不良; 如 KM_2 出线端三相电压正常, 而 FR 进线端只有二相电源, 则表明 KM_2 主触点至 FR 热元件的连线断路或松脱。

【故障现象】 三台电动机都不起动。

【故障分析】 上述故障一般发生在主电路和控制电路的公共部分。

【检修技巧】

1) 检查熔断器 FU_1 、 FU_2 (易损件) 是否熔断。

2) 检查三相 QF 的进线端和出线端三相电压是否正常, 判断进线电源是否故障, QF 是否损坏。

3) 停电后, 测量变压器一、二次的电阻, 判断线圈是否存在断路或短路故障, 如线圈电阻远大于或小于正常值, 则表明变压器故障, 应更换。

4) 测量热继电器 FR_1 常闭触点, 如果电动机过载后未复归, 或其常闭触点接触不良, 测量值为 “ ∞ ” (测量时应与外电路分开), 应复位热继电器或修复其接触不良的触点。

5) 公共连接导线断路, 例如断路器 QF 到变压器 TC 间的连线断路, 变压器 TC 至 FU_2 间的连接导线, FU_2 至 FR_1 触点间的连接导线断路都会引起各接触器不吸合, 三台电动机不起动故障。

二、Z525 立式钻床电路与检修

图 8-4 所示为 Z525 立式钻床控制电路。钻床用于钻孔、扩孔、攻螺纹等机械加工。

【工作原理】 Z525 钻床可分为主电路和控制电路两部分。

(1) 主电路

主电路有两台电动机。 M_1 为主轴电动机, 接触器 KM_1 、 KM_2 控制主轴电动机 M_1 的正、反转工作, 热继电器 FR 作它的过载保护; M_2 为冷却泵电动机, 它由开关 SA 控制其起停, 由于它是短时工作的, 所以不需装过载保护。熔断器 FU_1 作两台电动机的短路

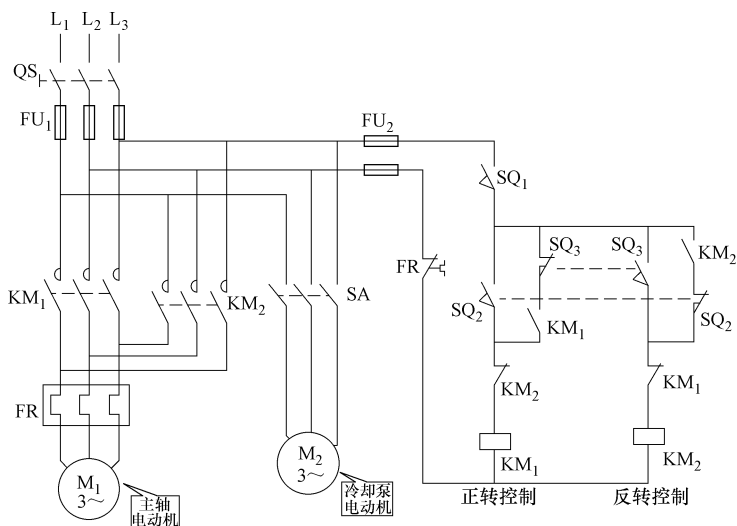


图 8-4 Z525 立式钻床控制电路

保护。

(2) 控制电路

1) 主轴电动机的控制 正转起动时, 将操作手柄转到向右位置, 行程开关触点 SQ_3 常闭 (未动作)、 SQ_1 和 SQ_2 常开 (已闭合) 均处于闭合状态, 接触器 KM_1 得电吸合并自锁, KM_1 主触点闭合, 电动机 M_1 起动正转。

停机时, 将操作手柄转到停止位置, 行程开关触点 SQ_1 断开, 接触器 KM_1 断电释放, 电动机停机。

反转起动时, 将操作手柄转到向左位置, 行程开关触点 SQ_2 常闭 (未动作)、 SQ_1 和 SQ_3 常开 (已闭合) 均处于闭合状态, 接触器 KM_2 得电吸合并自锁, KM_2 主触点闭合, 电动机起动反转。

2) 冷却泵电动机 M_2 的控制 将控制开关 SA 转到接通位置, 电动机 M_2 起动。断开开关 SA , M_2 停机。

【故障检修实例】

【故障现象】 两台电动机都不能起动。

【故障分析】 由于冷却泵电动机 M_2 不经接触器起动, 所以故障必定在两台电动机主电路的公共部分。

【检修技巧】

- 1) 三相电源进线缺相, 应检查进线线路是否断线。
- 2) 线路停电, 应待供电恢复正常后再起动。
- 3) 若测量开关 QS 三相进线电压正常, 而开关 QS 出线电压不正常, 则表明开关 QS 的某触点接触不良, 应修理或更换。
- 4) 若测得熔断器 FU_1 的输入端电压正常, 而输出端电压不正常, 则表明熔断器 FU_1 的熔体熔断, 或熔体与熔断器座接触不良, 应更换熔体并掌握正确的安装工艺。

【故障现象】 主轴电动机 M_1 不能正转起动, 但反转正常。

【故障分析】 上述故障说明正、反转电路的公共部分正常。

【检修技巧】

- 1) 将操作手柄置于向右位置, 若接触器 KM_1 不吸合, 则故障的原因在控制电路, 应重点检查熔断器 FU_2 、 SQ_2 常开触点、 KM_2 连锁触点是否接触不良, KM_1 线圈是否断线, 上述元件、触点间的连接导线是否松脱。然后更换损坏元件或紧固松脱连线。
- 2) 若接触器 KM_1 吸合, 但电动机 M_1 不能正转起动。则故障必定是正转接触器 KM_1 主触点接触不良 (频繁正、反转后, 主触点烧坏), 或 KM_1 主触点两端接线松脱。应更换额定电流大一等级的接触器, 或紧固两端接线。

三、Z35 摇臂钻床电路检修

图 8-5 所示为 Z35 摇臂钻床电路。

【工作原理】**(1) 主电路**

Z35 摇臂钻床共有四台电动机, M_1 为冷却泵电动机, M_2 为主轴电动机, M_3 为摇臂升降电动机, M_4 为立柱夹紧与松开电动机。QF 为电路总短路保护, QS 控制 M_1 的供电, 汇流环 YG 给 M_2 、 M_3 、 M_4 三台电动机供电。

(2) 控制电路

控制电路的电源由汇流环 YG 引出, 又经变压器 TC 降为 36V 和 127V 两组电源, 其中 36V 电源经开关 S 控制照明灯 EL, 127V 电源供控制电路。电动机 M_2 、 M_3 用十字开关 SA 控制, 十字开关

有上、下、左、右和中间 5 个位置，在上、下、左、右四个位置上各有一个微动开关，当操作手柄转到这四个位置时，开关对应的触点接通，而其他的触点断开，当操作手柄转到中间位置时，所有的触点均断开。

1) 冷却泵电动机 M_1 的控制 冷却泵电动机 M_1 的容量较小，由负载开关 QS 直接控制。

2) 主轴电动机 M_2 的控制 先将十字开关 SA 转到左边位置，这时触点 SA-1 接通，零压继电器 KA 得电吸合并自锁，为电动机 M_2 、 M_3 、 M_4 的起动创造条件，再将十字开关 SA 转到右边，这时触点 SA-2 接通，电源从变压器 TC 二次绕组的 A 点→FR 常闭触点→KA 常开触点（已闭合）→SA-2 触点→ KM_1 线圈→B 点→变压器 TC 二次绕组→A 点形成闭合回路，使接触器 KM_1 线圈得电吸合， KM_1 主触点闭合，主轴电动机 M_2 开始起动。

如需 M_2 停机，将 SA 转到中间位置，SA-2 触点断开，接触器 KM_1 断电释放， M_2 停机。

3) 摇臂升降电动机 M_3 的控制 若要使摇臂上升，应将十字开关 SA 转到上升位置，这时触点 SA-3 接通，电源从变压器 TC 二次绕组的 A 点→FR 常闭触点→KA 常开触点（已闭合）→SA-3 触点→ SQ_1 常闭触点→ KM_3 互锁触点→ KM_2 线圈→B 点→变压器 TC 二次绕组→A 点形成闭合回路，使接触器 KM_2 线圈得电吸合， KM_2 主触点闭合， M_3 正向起动，并通过传动装置使摇臂夹紧机构先放松，然后带动摇臂上升，同时使鼓形转换开关触点 SQ_2-2 闭合，为摇臂上升后的夹紧做好准备。

当摇臂上升到预定位置时，将十字开关 SA 转到中间位置，这时接触器 KM_2 断电释放，电动机 M_3 停止正转，同时 KM_2 互锁触点恢复闭合，又由于鼓形转换开关上的常开触点 SQ_2-2 已闭合，使接触器 KM_3 得电吸合， M_3 反向起动，并通过夹紧装置重新使摇臂夹紧。摇臂夹紧后， SQ_2-2 断开，接触器 KM_3 断电释放， M 停转，上升过程结束。

若需要摇臂下降，应把十字开关 SA 转到下降位置，其动作情况及操作过程与摇臂上升相似。

SQ_1 和 SQ_3 分别为摇臂上升和下降的终端保护。

4) 立柱夹紧与松开电动机 M_4 的控制 立柱的夹紧与松开是通过电动机 M_4 的正反转和液压装置来完成的。当需要摇臂转动时, 按下按钮 SB_1 , 接触器 KM_4 得电吸合, 电动机 M_4 正向起动, 并通过液压机构将立柱松开, 然后松开按钮 SB_1 , 接触器 KM_4 断电释放, 电动机 M_4 停转。这时可将摇臂转动到预定位置。

调整完毕后, 按下按钮 SB_2 , 接触器 KM_5 得电吸合, 电动机 M_4 反向起动, 并通过液压机构使立柱夹紧, 然后松开按钮 SB_2 , 接触器 KM_5 断电释放, 电动机 M_4 停转。

零压继电器 KA 的作用是起失电压保护。当突然停电时, KA 失电释放, KA 常开触点断开。如需再次起动钻床, 应重新操作, 这样可以防止突然来电时, 钻床自起动而引发事故。

【故障检修实例】

【故障现象】 电动机 M_1 起动正常, 但 M_2 、 M_3 、 M_4 都不能起动。

【检修技巧】

1) 确定故障范围 上述故障说明主电路汇流环 YG 之前电路正常, 故障在汇流环 YG 及其之后, 可能是主电路, 也可能是控制电路。

2) 检查易损件 上述故障范围内, 熔断器 FU_2 、 FU_3 为易损件, 所以先检查一下。如果 FU_2 、 FU_3 没有熔断, 可继续下面的检查分析。

3) 查找故障点 检查变压器 TC 二次侧控制电源 $\sim 127V$ 是否正常, 若电压正常, 试着操作十字开关 SA , 听接触器 KM_1 、 KM_2 有无动静; 试着按下 SB_1 按钮, 听接触器 KM_4 是否有吸合声。经上述检查所有接触器都不吸合, 说明故障在控制电路的公共部分; 应检查热继电器 FR 是否动作, FR 触点是否接触不良, 零压继电器 KA 是否损坏。

若变压器 TC 二次侧无电压, 可测量 TC 一次侧电压, 如果一次侧电压正常, 说明故障在变压器 TC 本身, 应检查变压器接线是否松脱, 变压器是否烧坏。

如果 TC 一次侧无电压, 说明故障在汇流环 YG 到 TC 之间的一段电路。可能由于汇流环 YG 接触点不良, 熔断器 FU_2 接触不良

(虽然前面已检查它无熔断,但由于熔芯经常更换,容易发生接触不良),也可能 YG 到 TC 之间的一段电路接线松脱。

【故障现象】 摇臂不能下降,但能上升。

【检修技巧】

1) 确定故障范围 上述故障说明摇臂升降电动机 M_3 正常, M_3 主电路的公共部分也正常,可能是 KM_3 主触点故障,也可能是 KM_3 控制支路故障。

2) 缩小故障范围 把十字开关 SA 转到下降位置,听接触器 KM_3 有无吸合声,若无吸合声,说明故障在控制电路;若有吸合声,说明故障在 KM_3 主触点。

3) 查找故障点 KM_3 不吸合时,说明 SA-4 触点 $\rightarrow$ SQ₃常闭触点 $\rightarrow$ KM₂互锁触点 $\rightarrow$ KM₃线圈一段支路存在断路故障,可以用万用表欧姆档分别检查上述支路的触点和线圈,找出故障元件后更换。

KM_3 吸合,可能是 KM_3 主触点本身或两端接线接触不良,致使三相电源不能到达电动机绕组,应修复主触点或紧固其两端接线。

【故障现象】 摇臂升降电动机 M_3 正反转运转不停。

【检修技巧】

M_3 正反转是通过 SQ₂ 的两副常开触点控制的,如果 SQ₂ 开关位置不合适, SQ₂-1 和 SQ₂-2 两触点便不能正常分合,造成摇臂升降电动机 M_3 正反转运转不停。这种故障,应重新调整 SQ₂ 开关的安装位置。

【故障现象】 摇臂升降后,不能完全夹紧。

【检修技巧】

1) 鼓形转换开关上压紧动触点的螺钉松动,使动触点位置偏移,静触点 SQ₂-1 (或 SQ₂-2) 未在预定位置闭合,接触器 KM_2 (或 KM_3) 不能按时吸合,导致 M_3 不能正转 (或反转) 完成夹紧动作,应将鼓形转换开关上压紧动触点的螺钉调到合适位置。

2) 鼓形转换开关触点接触不良,应更换。

3) 检修安装时,鼓形转换开关上的静触点 SQ₂-1 (或 SQ₂-2) 的位置与夹紧装置没有配合好,分断过早,应重新调整。

四、X8120W 型万能工具铣床电路检修

图 8-6 所示为 X8120W 型万能工具铣床电路。此铣床的特点是加工工件前, 应根据加工工件选择所需要的运转方式和速度。

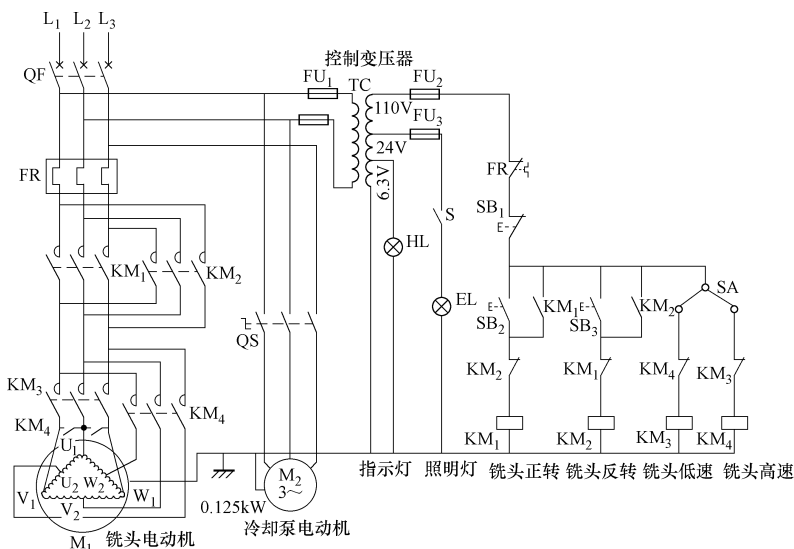


图 8-6 X8120W 型万能工具铣床电路

【工作原理】

(1) 主电路分析

X8120W 型万能工具铣床共有两台电动机, 一台是铣头电动机 M_1 , 另一台是冷却泵电动机 M_2 。冷却泵电动机 M_2 容量较小, 由负载开关 QS 直接控制。铣头电动机 M_1 是双速电动机, 它具有高、低两种速度, 低速为 Δ 联结, 高速为 $2Y$ 联结, 高、低速转换由双速开关 SA 和接触器 KM_1 和 KM_2 控制。

(2) 控制电路分析

1) 铣头电动机 M_1 的反转低速控制。先将双速开关 SA 置于低速位置, 接触器 KM_3 得电吸合, KM_3 主触点闭合, 定子绕组 Δ 联结, 然后按下反转按钮 SB_3 , 接触器 KM_2 得电吸合并自锁, KM_2 主触点闭合, 三相电源按相序 L_3 、 L_2 、 L_1 接入电动机, 电动机 M_1 低

速反转运转。

2) 铣头电动机 M_1 的反转高速控制。先将双速开关 SA 转到高速位置, 接触器 KM_4 得电吸合, KM_4 主触点闭合, 定子绕组 2Y 联结, 然后按下反转按钮 SB_3 , 接触器 KM_2 得电吸合, KM_2 自锁触点和主触点同时闭合, 电动机 M_1 高速反转运转。

如需正转控制, 只需按下正转起动按钮 SB_2 , 电动机 M_1 便可正转高、低速运转。其工作原理与反转控制相似。

如需起动冷却泵电动机 M_2 , 只要合上负载开关 QS_2 即可。

【故障检修实例】

【故障现象】 铣头电动机 M_1 不能起动, 但冷却泵电动机 M_2 起动正常。

【检修技巧】

1) 确定故障范围 冷却泵电动机 M_2 起动正常, 说明三相电源、断路器 QF 正常。故障可能出在铣头电动机 M_1 主电路或控制电路, 由于 M_1 有高速、低速和正、反转运行, 高速、低速和正、反转电路同时故障的可能性不大, 而公共电路部分故障的可能性最大, 所以应重点检查公共电路部分。

2) 检查故障范围内的易损件 前述故障范围内, 熔断器 FU_1 和 FU_2 与 M_1 的起动有关, 且容易损坏, 所以先检查。如果熔断器正常, 可进行下一步。

3) 检查变压器 TC 的一、二次侧绕组的电压是否正常 如一次侧的电压不正常, 可以确定故障在变压器 TC 到 FU_1 之间的一段; 如果一次侧电压正常, 而二次侧电压不正常, 则应检查变压器 110V 绕组是否断路或短路; 若二次侧电压正常, 可进行下一步。

4) 按下 SB_2 或 SB_3 , 若接触器 KM_1 、 KM_2 不吸合, 一般由于 FR 常闭触点未复位, SB_1 停止按钮接触不良或它们上面的连接导线松脱, 可依次检查并修复。

按下 SB_2 或 SB_3 , 若接触器 KM_1 、 KM_2 吸合, 说明控制电路正常, 故障在主电路, 应重点检查热继电器 FR 和电动机 M_1 是否损坏, 主电路公共连线有无接触不良。

【故障现象】 铣头电动机 M_1 只能高速, 不能低速。

【检修技巧】

1) 检查双速开关 SA 的低速部分是否损坏, 上面的接线是否松脱。

2) 检查 KM_4 互锁触点是否接触不良, 此触点两侧的接线是否压接牢固。

3) 检查低速接触器 KM_3 线圈是否断路、短路, 线圈两侧接线有无松动。

【故障现象】 铣头电动机 M_1 不能正转起动, 但反转起动正常。

【检修技巧】

1) 按下正转起动按钮 SB_2 , 观察接触器 KM_1 是否吸合, 若不吸合, 说明 KM_1 控制支路故障。应检查 KM_1 线圈是否断路, 正转起动按钮 SB_2 和 KM_2 互锁触点接触是否良好。

2) 按下正转起动按钮 SB_2 , 若接触器 KM_1 吸合, 说明故障不在控制电路部分, 而在主电路的正转部分, 应检查 KM_1 主触点是否接触不良, KM_1 主触点上面的接线有无松动。

第九章 安全用电

第一节 安全用电须知

1) 用电要申请，临时用电也应办理申请手续；接线修理找电工，临时接线要架高并定期检查，禁止私拉乱接。

2) 室内布线。电灯线要整齐，不要过长，若使用暗线，应将塑料导线穿入预埋在墙内的 PVC 塑料管或可挠管内。

3) 擦灯泡时，要先关断开关，拧下灯泡后擦净，灯泡干燥后才能接入灯头。

4) 要根据电气设备的容量选择熔丝或断路器，不要用钢丝或铁丝代替熔丝。

5) 电线上禁止晒衣服，树木、房屋、易燃物等不要离线路过近。

6) 严禁使用一线一地制；严禁将连接线的两端都装插头；严禁接线头外露；严禁在电线旁放风筝；严禁儿童到变压器或电动机旁玩耍。

7) 同一插座上不允许接插多个大功率用电器。拔电源插头时要抓住头部的坚固部位（但不要接触带电部位），不要直接拉线，以防将插头线拉断。

8) 高压落地线在人身旁时，可以一脚立地不动，等来人救援，或单腿跳离电线落地点 10m 以外。处理故障前，应有专人看管，通知有关部门解决；低压落地线不要用手去摸，应通知电工解决。

9) 在雷雨时，要离开小山、小丘或湖边、河边；不要站在树下，不要走近高压电杆、铁塔、避雷针周围。

10) 电视长时间不看时，不要遥控关机。天线不要触及电线，室外天线由于架设较高，容易引雷，应装设保护间隙避雷器或避雷针，一旦天线受到雷击，雷电流经避雷器流入大地，从而保护电视，防止雷电进入室内。无避雷器时，可在电视天线引线接入电视

机中间接一个双向刀开关（最好固定在室外雨水淋不到的地方），刀开关中间柱接天线馈线，上线柱固定安装一个天线插座，再用馈线接入电视机天线插孔；刀开关下接线端头用接地线接到合格的接地体上。平时开关合到上方，可正常接收信号；雷雨天时，应将刀开关刀扳到下方，雷击时，雷电流会经刀开关、接地线泄入大地，从而保护了电视机。

11) 维修电源开关应挂警示牌；操作带胶盖的安全开关时，一定要将胶盖盖好后再操作，以防电弧或熔丝飞溅烧伤。

12) 操作前应断开电源，必须带电操作时，应有专人监护，选好工作位置，使用绝缘工具，站在干木板或绝缘垫上，用电笔或万用表分清相线与中性线，并保证安全距离的情况下操作，拆除电线时，应从电源向负载一端拆除，单相电源应先拆除中性线，后拆除相线；搭接导线时，应先接好中性线再接相线。

13) 电气设备应有接地（或接零）保护装置，绝缘损坏的电器应断开电源并及时修理。

14) 发现有人触电时，应拉闸断电，用干木棒将电线或触电人挑开，或站在木板上，垫上干衣服将触电人拉离电源。绝不能不采取任何绝缘措施（比如手拉手）拉触电人；发现有电火时，应先切断电源再救火，如不能切断电源，要用干粉灭火器或沙土进行灭火，不能用水灭火（因水导电）。

第二节 保护接零与保护接地

一、保护接地

为防止电气设备绝缘损坏而使人身遭受触电的危险，用接地装置将电气设备的金属外壳、框架等与接地体可靠连接，这种接地称为保护接地。保护接地适用于中性点不接地电网。

在中性点不接地的电网中，在电气设备的绝缘正常时，电网对地的绝缘阻抗 R_z 可看作无穷大，设备外壳对地电压很小，但金属外壳带电时，电路与大地间的阻抗 R_z 降低，此时若有人体接触没有采用保护接地的金属外壳时，外壳与地间的电压直接加于人体，

使人体承受的电压很高,同时此漏电电压通过人体、阻抗 R_Z 形成电流通路,易造成人身触电。如图 9-1a 所示。

若电气设备采用了保护接地后,并且接地电阻很小,再有人接触到漏电外壳时,相当于人体与接地体并联,而人体电阻 R_r 与接地电阻 R_d 并联后的电阻很小,使得人体承受的电压很小,通过人体的电流也就很小了,不会造成人体触电。如图 9-1b 所示。

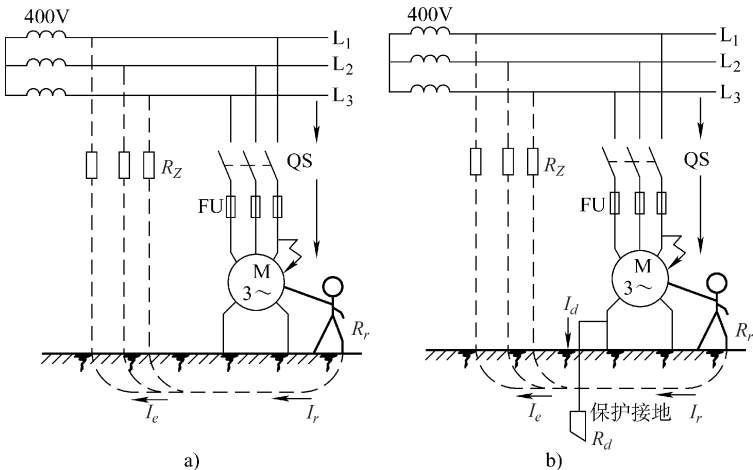


图 9-1 保护接地原理

a) 无保护接地 b) 有保护接地

二、保护接零

1. 保护接零原理

保护接零是将电气设备的金属外壳、支架等金属部分用导线与电源的中性线(从变压器的中性点引出)可靠连接。保护接零广泛用于三相四线制或三相五线制中性点直接接地的低压配电系统。

在中性点直接接地的电网中,若设备未采用保护接零,当人碰到绝缘损坏的金属外壳时,加在人体上的电压接近于相电压,很可能造成触电;若设备采取了保护接零,当设备的任何一相发生漏电故障时,相当于故障相与中性线间短路,由于相线与中性线间的阻抗很小,短路电流会使线路上的过电流保护装置动作,切断电源,

消除触电的危险。如图 9-2 所示。

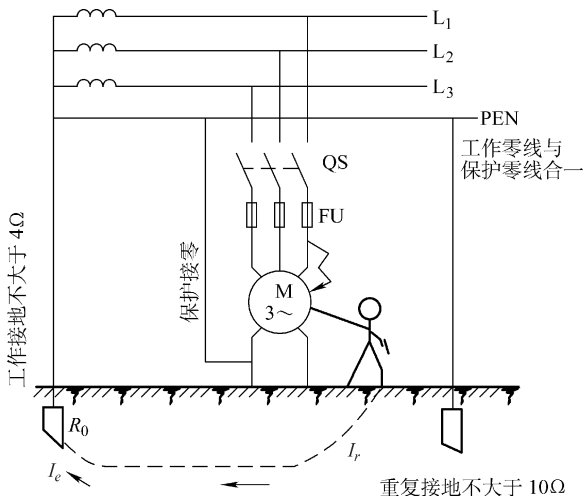


图 9-2 保护接零原理

2. 保护接零的接法

1) 在三相四线制系统中, 中性线 N (工作零线) 与保护零线 PE 共线 (简称 PEN), 设备直接接在工作零线上, 工作零线应在规定地点重复接地, 如图 9-2 所示。

2) 三相五线制供电是将中性线 N 和保护零线 PE 分开, 一根中性线, 一根保护零线。其接线方式如图 9-3 所示, 即从电源变压器处 (如图 9-3a 所示) 或电源进户处 (如图 9-3b 所示, 在变压器至进户前这一段线路是合用的) 引出保护零线, 设备的金属外壳都接在保护零线上, 中性线和保护零线又在规定地点重复接地, 重复接地电阻不大于 10Ω 。由于一根工作零线, 一根保护零线, 安全性较高。

3. 保护接零的安装要求

1) 保护接零只能用于中性点直接接地的电网中, 中性点的接地电阻应符合规定, 且保护接零应与线路短路保护相配合, 以保证有足够大的电流使过电流保护装置动作, 若中性点不接地或与短路保护不配合, 绝缘损坏的电气设备仍可以继续运行, 还有触电的

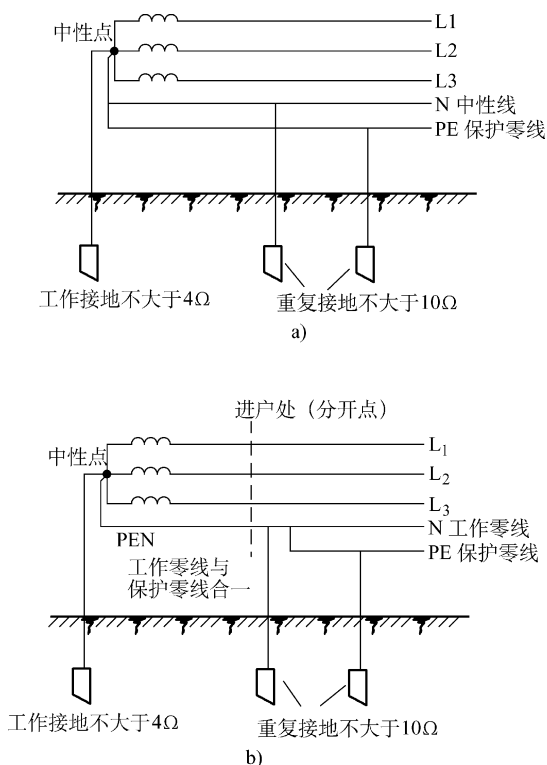


图 9-3 三相五线制的保护接零的做法

a) 在变压器处直接引出保护零线 b) 电源进户处引出保护零线

危险。

2) 设备或插座的保护零线应接在干线上, 而不是支线上, 以防止保护接零失去作用。如图 9-4 所示。

3) 三相四线制或三相五线制线路中, 中性线干线和保护零线上严禁装设开关和熔断器, 如图 9-5 所示。否则当熔断器熔断或开关接触不良时, 相当于切断了负载零线与电源中性点之间的通路, 一方面使接零保护不起作用; 另一方面, 若发生三相负载不对称, 三相电压不平衡, 可能烧毁用电设备, 所以三相四线供电线路或三相五线供电线路中用的刀开关都是三相的, 而无四相的。

需要说明的是, 单相电路中, 相线、零线上都可以装设开关和

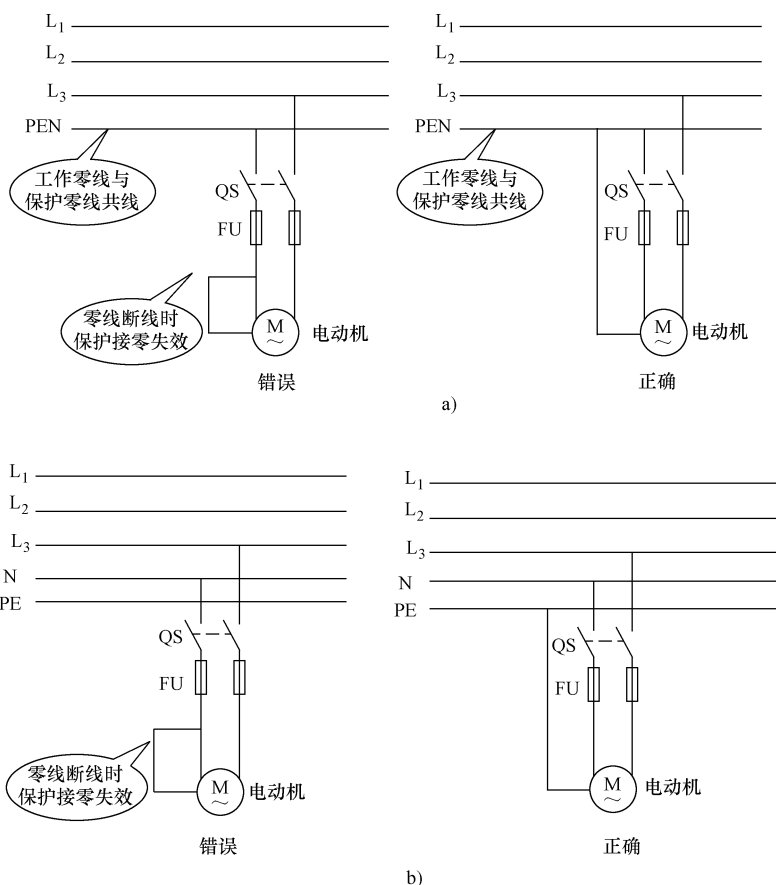


图 9-4 保护接零系统中设备接零应接在干线上

a) 三相四线制 b) 三相五线制

熔断器，以增加检修的安全性，所以我们家中用的刀开关都是两相的，并都配有熔断器。

4) 严禁电气设备的保护零线串联。如图 9-6a 所示的电路中， M_1 的接零线断路或接触不良时，与其串联的另一台设备也将失去接零保护，正确的接法如图 9-6b 所示。

5) 同一低压电网，不允许将保护接零与保护接地混用。例如，常用的三相四线制或三相五线制低压电网中，由于中性点采用了直

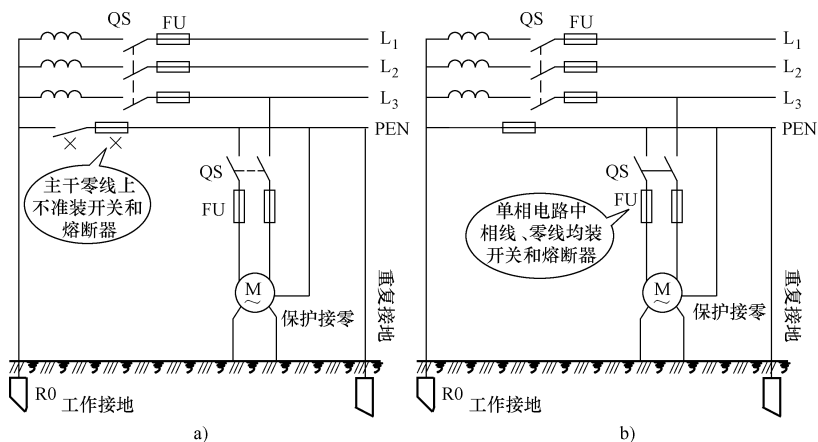


图 9-5 保护接零系统中性线干线和保护零线上严禁装设开关和熔断器

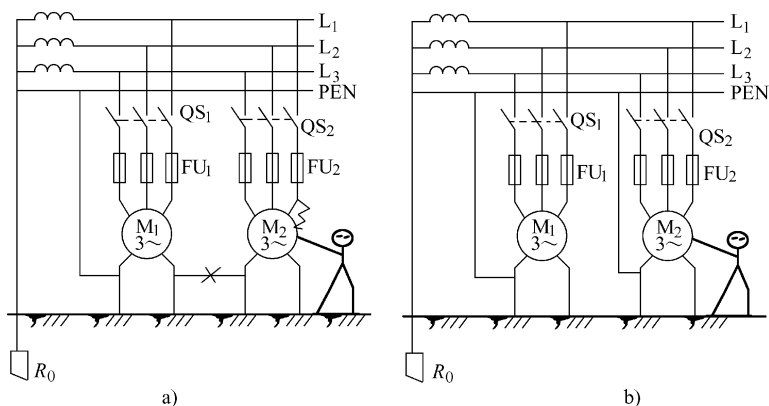


图 9-6 几台电气设备保护接零的接法

a) 错误接法 b) 正确接法

接接地，设备应采用保护接零，否则如果个别设备采用了保护接地，当接地的设备漏电，接地短路电流又未使熔断器等过电流保护装置动作时，接地电流将通过大地流回变压器的中性点，从而使电源中性线上的电位升高，使在同一供电系统中所有采用接零保护的 设备外壳带有危险电压，更容易造成触电事故。

6) 保护接零线路的阻抗及机械强度要符合规定。即保护零线的主干线及分支线的截面积不应小于相线截面的一半；架空敷设的保护零线应选用截面不小于 10mm^2 的铜线，穿管敷设的保护零线应选用截面不小于 4mm^2 的铜线；若采用铝芯线时，应比铜线高一级，且不得使用独股线；与电气设备连接的保护零线，采用裸导线时，其直径不得小于 4mm^2 ；采用绝缘线时，其截面不得小于 2.5mm^2 。

7) 中性线应在规定地点重复接地。中性点接地系统，采用保护接零后，中性线（零线）一旦断线，采用保护接零的电气设备将失去保护，可能造成人身触电。所以中性线应在规定地点重复接地。重复接地是将工作中性线通过接地装置再次（不应少于 3 次）与大地可靠连接。例如架空线路每隔 1km 处、电源进户处均应重复接地，重复接地的电阻一般不应大于 10Ω 。重复接地的作用有以下几点：

① 中性线出现断线时，带电的机壳可以通过重复接地装置与系统中性点构成回路，产生短路电流使过电流保护装置动作。

② 降低漏电设备外壳的对地电压，增大接地时的短路电流。

③ 减轻或消除三相负载严重不平衡时，中性线上的对地电压。

三、保护接零与保护接地比较

1. 不同点

1) 工作原理不同 保护接零是通过中性线使漏电设备形成阻抗很小的短路回路，产生很大的单相短路电流，使短路保护装置动作，将漏电设备切除；而保护接地是限制漏电设备的对地电压，限制流过人体的电流。

2) 应用范围不同 保护接零适用于三相四线制或三相五线制中性点直接接地的低压配电系统，而保护接地适用于中性点不接地的电网中，在中性点接地电网中，应采用保护接零、重复接地，而不采用保护接地。

3) 线路结构不同 保护接地的保护地线是单独设立的，且不重复接地，只有相线、接地线和接地体；保护接零在三相五线制线路中有中性线 N（工作零线）、保护零线 PE、相线、接地线和接地

体,工作零线只提供用电设备的电流回路,保护零线用于设备的保护回路,用电设备的金属外壳应接保护零线;在三相四线制中,中性线即是工作零线,又是保护零线,即中性线与保护零线合二为一。

2. 相同点

1) 作用相同 无论采用哪种保护措施,都是为了减轻或防止电气设备漏电时发生的间接触电。

2) 接线部位相同 都是将电气设备的金属外壳、框架、支架等金属部分引出接地线或接零线。必须进行接地或接零保护的设备有:

① 电机、变压器、高低压电器、照明器具的金属底座和外壳。

② 电气设备的传动装置、机械加工设备的外壳、移动式电气设备的金属外壳和底座。

③ 互感器的二次线圈及测量仪器的外壳。

④ 室内外配电装置的金属框架、金属围栏、钢筋混凝土杆、配线用的钢索、配线用的金属管等。

⑤ 电缆头或电缆盒的外壳、金属外皮。

⑥ 装有避雷线的电力线路的杆塔、居民区内的铁塔、混凝土的构架、电杆上的开关设备和电力电容器的外壳等。

四、接地装置的结构、安装方法及要求

1. 接地装置的结构及安装方法

保护接地或保护接零系统都有接地装置,接地装置包括接地体和接地引线,如图 9-7 所示。接地体是埋入地下的金属导体,接地

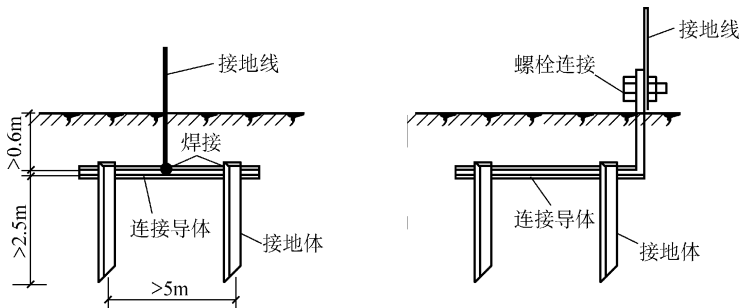


图 9-7 接地装置

体一般由两根或两根以上的导体组成。按其结构可分为自然接地体和人工接地体。

(1) 自然接地体

包括直接与大地可靠接触的各种金属构件、金属管道等。安装时,应尽量使用符合要求的自然接地体,但不能使用易燃、易爆的管道;在自然接地体不能满足要求时,再装设人工接地体,但发电厂和变配电所都必须单独安装人工接地体。

(2) 人工接地体

1) 人工接地体的布置 人工接地体由钢材或镀锌材料制成放射形、环形等形状,人工接地体一般应垂直敷设,如图 9-8a 所示。在多岩石地区,接地体可水平敷设,常用的水平接地体的布置如图 9-8b 所示。

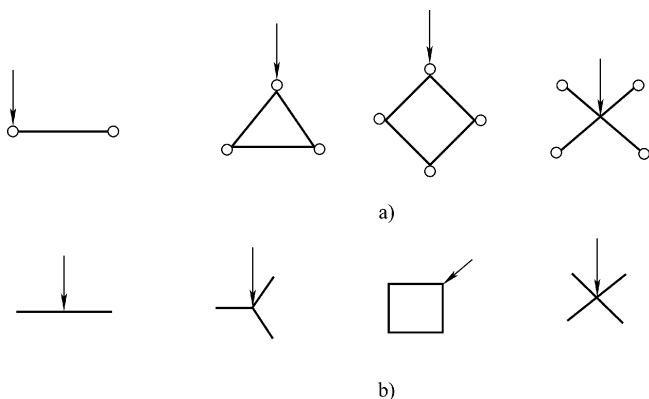


图 9-8 常用人工接地体的布置

a) 垂直接地体 b) 水平接地体

2) 人工接地体的敷设 垂直敷设的接地体常用的规格有:直径为 48~60mm、管壁不小于 3.5mm 的镀锌钢管,或 50mm×50mm×5mm 的镀锌角钢。垂直接地体的长度不应小于 2.5m,间距不应小于其长度的 2 倍(5m)。为了提高可靠性,接地体在地中部分不可涂漆,不要埋在有垃圾、炉渣或强烈腐蚀性的土壤中,应尽量靠近潮湿或有地下水的地方。

垂直接地体埋深一般不应小于 0.7m,且位于冻土层以下潮湿

的土壤中。在埋设垂直接地体之前，应先挖一个深约 1m 的坑沟，然后将接地体打入地下，上端露出坑底约 0.2m，供连接接地线。垂直接地体的敷设如图 9-9 所示。

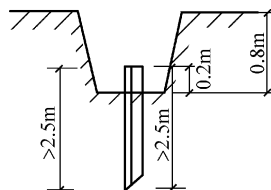


图 9-9 垂直人工
接地体的敷设

水平敷设的接地体通常采用 40mm×4mm 镀锌扁钢或直径 ϕ 为 10~16mm 的镀锌圆钢制成，水平敷设的接地体的相互间距一般不应小于 5m。敷设水平接地体时，应先挖深约 1m 左右的坑，然后将接地体放于沟底，再填土夯实。如能铺设厚 50~80mm、宽超过接地装置 2m 的沥青层或采用沥青碎石地面更好。

3) 人工接地体的尺寸应符合要求 钢材人工接地体导体的最小尺寸见表 9-1。

表 9-1 钢材人工接地体和接地线的最小规格

名 称	地 上		地 下	
	室 内	室 外	交流电路	直流电路
扁钢截面 (mm ²)	60	100	100	100
扁钢厚度 (mm)	3	4	4	4
圆钢直径 (mm)	6	8	10	10
角钢厚 (mm)	2	2.5	4	6
作接地体的钢管壁厚 (mm)	2.5	3.5	3.5	4.5

4) 接地引线则是与接地体可靠连接的导线或导体，一般为钢质的，也应尽量利用自然导体，如配线用的钢管、建筑物的钢结构架等，但应保证全长有可靠的金属性连接，中间不许有接头。铜、铝接地线只能用于低压电气设备地面上的外露部分，不能用于地下。接地线与接地体的连接一般为搭接焊；接至设备上的接地线，应用镀锌螺栓连接；有色金属接地线不能采用焊接时，也用螺栓连接，但螺栓连接的部位，应有防松装置；在车间等电气设备较多的场所，应使用镀锌扁钢沿车间墙体明设接地干线；携带式设备因经常移动，其接地线应采用不小于 1.5mm² 的多股软铜线。

2. 接地装置的一般要求

1) 必须保证接地装置全线畅通并有良好的导电性, 各种接地系统的接地电阻符合表 9-2 的规定。接地电阻越小, 电气设备绝缘损坏时的对地电压越低, 越不易造成触电。若土壤电阻系数较大, 不能满足接地电阻值的要求, 可在接地体附近放置食盐、木炭等并加水, 来降低土壤的电阻系数。

表 9-2 接地电阻规定值

接地系统名称	接地电阻 R/Ω 的要求
保护接地 (低压电力设备)	≤ 4
交流中性点接地 (工作接地)	≤ 4
常用低压电力设备共同接地	≤ 4
小容量 (100kVA 以内) 系统工作接地	≤ 10
中性线重复接地	≤ 10
3~10kV 线路在农户区中钢筋混凝土杆接地	≤ 10
防静电接地	≤ 100

2) 保持安全距离。接地装置与其他物体的最小距离应符合安全要求。如接地体与建筑物的距离不应小于 1.5m; 避雷针的接地装置埋设位置应距建筑物或道路不小于 3m; 垂直接地体的间距不宜小于其长度的 2 倍, 水平敷设的间距不应小于 5m; 接地线沿建筑物墙壁水平敷设时, 距离地面高一般为 300mm, 与墙壁的间距为 10~15mm。

3) 接地装置应防腐, 应尽量安装在不易接触到和不易受有害物质侵蚀的地方, 但又必须是在明显处, 以便于检查, 以免受机械损伤, 否则应加强防护。例如接地体应采用防腐性较好的镀锌或镀铜件, 焊接处应涂以沥青; 明敷设的裸接地线可以涂漆防腐; 在公路、铁路交叉处, 可用钢管或角钢加以保护; 接地线穿墙壁、沿墙、沿杆敷设处, 也可加装钢管或角钢保护, 或涂以标志色; 不使用腐蚀性较强的土壤埋设接地体等保护措施。

4) 所有电气设备, 都应直接与接地装置相连, 也可用单独的接地线与接地干线相连, 多台设备与接地干线应采用并联连接, 严禁在一条接地线上串接几个需要接地的设备, 否则容易使后面串联接地的设备失去接地保护, 如图 9-10 所示。

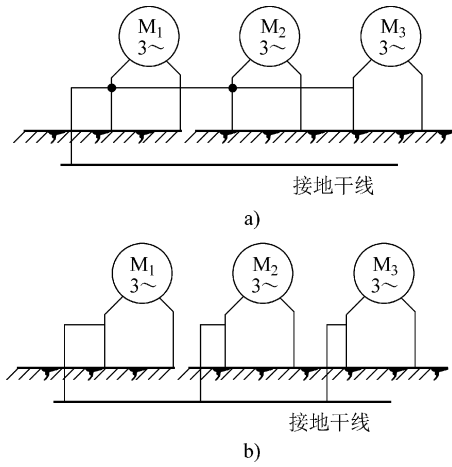


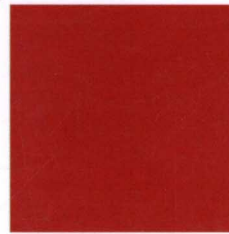
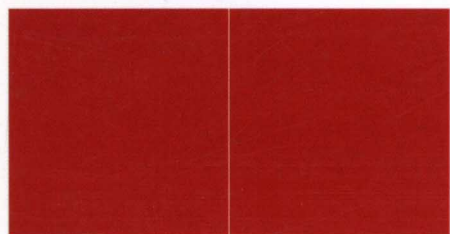
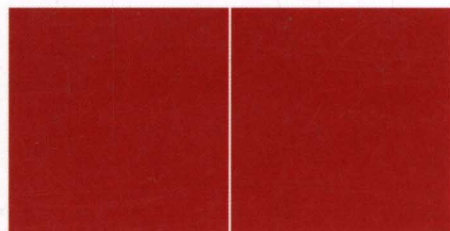
图 9-10 多台设备与接地干线的连接

a) 错误接法 b) 正确接法

参 考 文 献

- [1] 张盖楚. 电工 1000 个怎样办 [M]. 北京: 金盾出版社, 1994.
- [2] 大滨庄司著, 宋巧苓译. 电气控制线路读图与识图 [M]. 北京: 科学出版社, 2005.
- [3] 郑风翼. 看图安装电气设备和电路 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2002.
- [4] 商福恭, 商广晖. 电工实用诊断技巧 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2004.
- [5] 郭仲礼. 低压电工实用技术 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1998.
- [6] 刘光源. 电工实用手册 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2001.
- [7] 白公. 电工安全技术 365 问 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1999.
- [8] 韩广兴. 企业电工技能 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2009.
- [9] 孙克军. 农村电工手册 [M]. 2 版. 北京: 机械工业出版社, 2002.
- [10] 门宏. 图解电子技术快速入门 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2002.
- [11] 何利民, 尹全英. 怎样查找电气故障 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1998.
- [12] 高玉奎. 维修电工问答 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1999.
- [13] 方大千. 实用电动机控制线路 326 例 [M]. 北京: 金盾出版社, 2003.
- [14] 任致程. 万用表测试电工电子元器件 300 例 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2003.
- [15] 王兰君. 看图学电工技能 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2004.
- [16] 王兰君, 郭少勇. 新编电工实用线路 500 例 [M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 2002.
- [17] 才家刚. 电工口诀 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2005.
- [18] 李兆序, 李卫东. 维修电工操作手册 [M]. 北京: 中国电力出版社, 1998.
- [19] 陈海波. 电工技能一点通 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2006.
- [20] 陈海波. 新编电动机电路检修 161 例 [M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2004.
- [21] 陈海波. 常用电工电路与故障检修实例 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2005.

书 名	书 号	定 价
《电子电路识图技能一点通》	24872-9	25.00元
《电子元器件检测技能一点通》	23046-5	20.00元
《电子技术一点通》	26114-8	35.00元
《电工技能一点通》	19044-0	20.00元
《电工检修一点通》	30304-6	26.00元
《电工入门一点通》	30405-0	28.00元



ISBN 978-7-111-30304-6

策划编辑：林春泉

封面设计：路恩中

地址：北京市百万庄大街22号
电话服务
社服务中心：(010)88361066
销售一部：(010)68326294
销售二部：(010)88379649
读者服务部：(010)68993821

邮政编码：100037
网络服务
门户网：<http://www.cmpbook.com>
教材网：<http://www.cmpedu.com>
封面无防伪标均为盗版

定价：26.00元

ISBN 978-7-111-30304-6



9 787111 303046 >