

图书在版编目(CIP)数据

电气控制技术 / 董燕, 王一凡主编. —上海: 华东师范大学出版社, 2014. 2

十二五创新机电一体化系列教材

ISBN 978-7-5675-1737-0

I. ①电… II. ①董… ②王… III. ①电气控制—高等职业教育—教材 IV. ①TM921.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 024223 号

电气控制技术

总 主 编 吕景泉

主 编 董 燕 王一凡

项目编辑 吴 余

装帧设计 创图文化

出版发行 华东师范大学出版社

社 址 上海市中山北路 3663 号 邮编 200062

网 址 www.ecnupress.com.cn

电 话 021-60821616 行政传真 021-62572105

客服电话 021-62865537 门市(邮购)电话 021-62869887

地 址 上海市中山北路 3663 号华东师范大学校内先锋路口

网 店 <http://hdsdcbs.tmall.com>

印 刷 者 成都市海翔印务有限公司

开 本 787×1092 16 开

印 张 16.25

字 数 406 千字

版 次 2014 年 6 月第 1 版

印 次 2014 年 6 月第 1 次

书 号 ISBN 978-7-5675-1737-0/TB·076

定 价 42.00 元

出 版 人 朱杰人

(如发现本版图书有印订质量问题,请寄回本社客服中心调换或电话 021-62865537 联系)

目 录



项目一 三相异步电动机单向起动控制电路的安装与调试	1
任务一 三相异步电动机单向手动控制电路的安装与调试	2
任务二 三相异步电动机点动控制电路的安装与调试	22
任务三 三相异步电动机连续运行控制电路的安装与调试	34
知识技能训练	52
项目二 三相异步电动机正反转控制电路的安装与调试	54
任务一 接触器互锁的正反转控制电路的安装与调试	55
任务二 接触器—按钮双重互锁正反转控制电路的安装与调试	68
知识技能训练	78
项目三 三相异步电动机降压起动控制电路的安装与调试	81
任务一 星形—三角形降压起动控制电路的安装与调试	82
任务二 自耦变压器降压起动控制电路的安装与调试	98
知识技能训练	108
项目四 三相异步电动机调速与制动控制电路的安装与调试	111
任务一 三相异步电动机变极调速控制电路	112
任务二 三相异步电动机反接制动控制电路的安装与调试	124
任务三 三相异步电动机能耗制动控制电路的安装与调试	136
知识技能训练	146
项目五 直流电动机的电气控制	150
任务一 直流电动机的起动与正反转控制	151
任务二 直流电动机的制动与调速控制	167
知识技能训练	179
项目六 典型机床电气控制电路的分析与故障检修	181
任务一 CA6140 车床电气控制电路的分析与故障检修	182
任务二 X62W 铣床电气控制电路的分析与故障检修	193
任务三 Z3050 摇臂钻床电气控制电路的分析与故障检修	205
知识技能训练	214
项目七 电气控制系统的设计	216
任务一 冷库电气控制系统的设计	217
任务二 抓棉机电气控制系统的设计	231
知识技能训练	243



附录 电气图常用文字、图形符号	244
附表 1 电气图常用文字符号(摘自 GB7159—87)	244
附表 2 常用辅助文字符号	246
附表 3 电气图常用图形符号(摘自 GB4728—84)	247
参考文献	250

项目一 三相异步电动机单向启动控制电路的安装与调试

项目目标

在生产实践中,控制一台三相异步电动机的电路可能比较简单,也可能相当复杂,单向启动控制电路就是电动机控制中最简单的电路,几乎所有电动机都会用到单向启动控制电路。

知识目标	技能目标
掌握刀开关、组合开关、低压断路器、熔断器、接触器、按钮及热继电器等常用低压电器的主要结构、电路符号和工作原理。	能正确识别、选用、安装常用低压电器。
掌握三相异步电动机单向手动启动控制电路的原理和方法。	能正确识读三相异步电动机单向启动控制电路,能绘制简单的电气原理图。
掌握三相异步电动机点动控制电路的原理和方法。	能根据三相异步电动机单向启动控制电路原理图,按工艺要求完成电路的安装接线与调试。
掌握三相异步电动机连续运行控制电路的原理和方法。	能对所接电路进行检查,根据检查结果判断电路的性能。
	会用万用表排除常见电气故障。



任务一 三相异步电动机单向手动控制电路的安装与调试

任务目标

- 掌握刀开关、熔断器、三相异步电动机的符号、结构、原理及选用原则。
- 能识读并绘制简单电气原理图。
- 能进行接线图的识读和绘制。
- 能根据工艺要求进行布线的操作。
- 能使用万用表对元器件进行检测。
- 能使用万用表对电路进行通电前的检查。
- 能正确安装并调试电路。

任务描述

如图 1-1 所示台式砂轮机,使用一台三相交流异步电动机控制(Y-100L2-4,功率 3KW,额定电压 380V,额定电流 6.8A,Y 连接;1420r/min),现要求采用刀开关对它进行单向手动控制,并有短路保护措施。

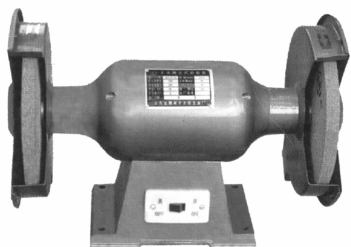


图 1-1 台式砂轮机

资讯问题

一、刀开关的结构、原理及选用

刀开关是一种手动电器,在低压电路中用于不频繁地接通和分断电路,或用于隔离电路与电源,故又称“隔离开关”。主要由闸刀(动触头)和刀座(静触头)及绝缘底板等组成。接通或切断电路是由人工操纵闸刀完成的。

刀开关在切断电源时会产生电弧。必须注意在安装刀开关时应将手柄朝上,不得倒装



或平装。安装的方向正确,作用在电弧上的电动力和热空气的上升方向一致,就能使电弧迅速拉长而熄灭;反之,两者方向相反,电弧将不易熄灭,严重时会使触头及刀片烧伤甚至造成极间短路。另外,如果倒装,手柄可能因自动下落而引起误动作合闸,将可能造成人身和设备安全事故。接线时,应将电源线接在上端,负载接在下端,这样拉闸后刀片与电源隔离,可防止意外事故的发生。

刀开关的种类很多,常用的有开启式负荷开关和封闭式负荷开关两种。

1. 开启式负荷开关

开启式负荷开关也称胶盖闸刀开关,主要用来隔离电源或手动接通与断开交、直流电路,适用于照明、电热设备及功率在 5.5KW 以下电动机的控制,实现不频繁地手动接通和分断电路。图 1-2 所示为开启式负荷开关的外形、结构和电路符号。开启式负荷开关主要由与瓷质手柄相连的触刀、静触座、熔丝、进线及出线接线座等组成。其中导电部分都固定在瓷底板上且用胶盖盖着,所以当刀开关合上时,操作人员不会触及带电部分。

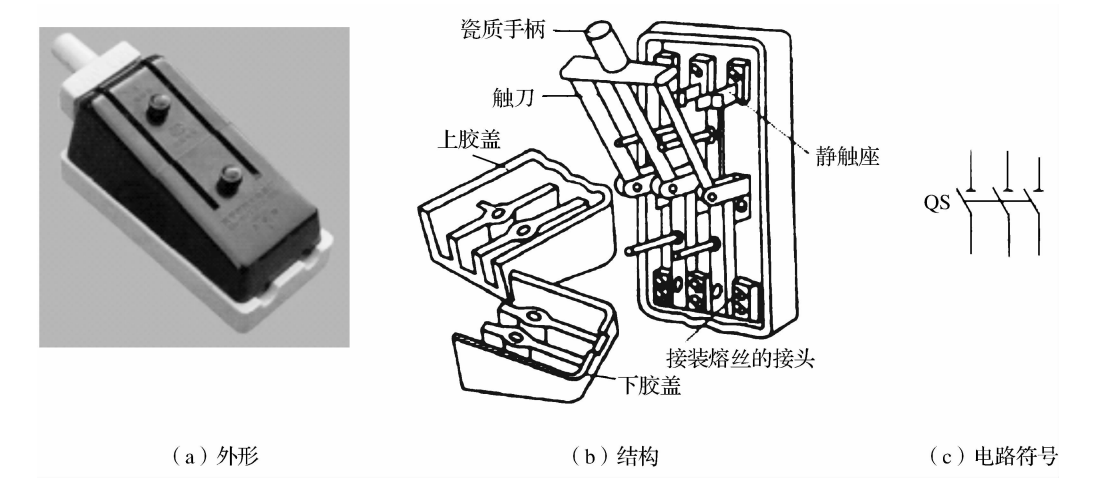


图 1-2 开启式负荷开关的外形、结构和电路符号

刀开关按极数不同可分单极、双极和三极三种。开启式负荷开关的常用型号有 HK1、HK2 系列。表 1-1 列出了 HK2 系列开启式负荷开关的部分技术数据。

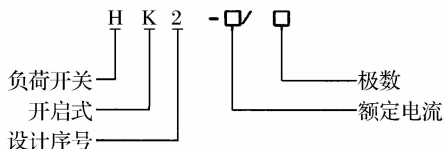
表 1-1 HK2 系列开启式负荷开关的技术数据

额定电压/V	额定电流/A	极数	最大分断电流 (熔断器极限分断电流)/A	控制电动机 功率/KW	机械 寿命/次	电气 寿命/次
220	10	2	500	1.1	10000	2000
	16	2	500	1.5		
	32	2	1000	3.0		
380	16	3	500	2.2	10000	2000
	32	3	1000	4.0		
	63	3	1000	5.5		

开启式负荷开关的型号含义如下：



在安装与运行开启式负荷开关时应注意如下几点：



(1) 电源进线应装在静触座上，而负载应接在触刀一边的出线端。这样一来，当开关断开时，触刀和熔丝上就都不带电了。

(2) 刀开关在合闸状态时，手柄应向上，不可倒装或平装，以防误操作合闸。

开启式负荷开关的常见故障及处理方法见表 1-2：

表 1-2 开启式负荷开关的常见故障及处理方法

故障现象	可能原因	处理方法
合闸后，开关一相或两相开路	1. 静触头弹性消失，开口过大，造成动、静触头接触不良 2. 熔丝熔断或虚连 3. 动、静触头氧化或有尘污 4. 开关进线或出线线头接触不良	1. 修整或更换静触头 2. 更换熔丝或紧固 3. 清洁触头 4. 重新连接
合闸后，熔丝熔断	1. 外接负载短路 2. 熔体规格偏小	1. 排除负载短路故障 2. 按要求更换熔体
触头烧坏	1. 开关容量太小 2. 拉、合闸动作过程慢，造成电弧过大，烧坏触头	1. 更换开关 2. 修整或更换触头，并改善操作方法

2. 封闭式负荷开关

封闭式负荷开关旧称铁壳开关，其灭弧性能、通断能力和安全防护性能都优于开启式负荷开关，一般用来控制功率在 10KW 以下的电动机不频繁地直接起动。封闭式负荷开关的外形、结构和电路符号如图 1-3 所示。

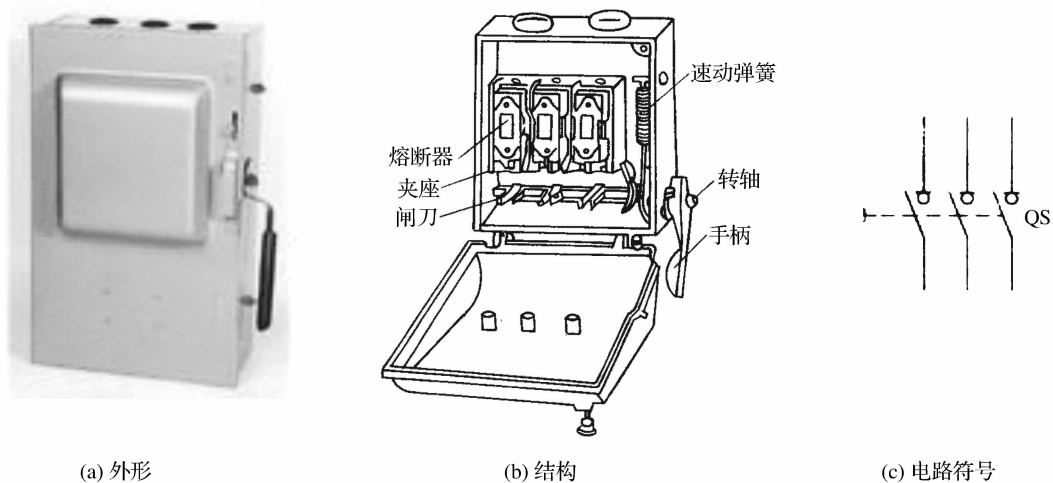


图 1-3 封闭式负荷开关的外形、结构和电路符号



封闭式负荷开关的常用型号有 HH3、HH4 系列。它的操作机构有两个特点：一是采用了弹簧储能的合闸方式，使开关的分合速度与手柄操作速度无关，而只与弹簧储能的多少有关，这既改善了开关的灭弧性能，又能防止触头停滞在中间位置，从而提高开关的通断能力，延长其使用寿命；二是操作机构上设置了机械联锁，它可以保证开关合闸时防护铁盖不会被打开，而当打开防护铁盖时，开关则不能合闸。

选用刀开关时，首先应根据刀开关的用途和安装位置选择合适的型号和操作方式，然后根据控制对象的类型和大小，计算出相应负载电流的大小，从而选择相应额定电流的刀开关。

刀开关的额定电压应不小于电路的额定电压，额定电流应不小于负载的额定电流。在开关柜内使用刀开关时，还应考虑操作方式，如杠杆操作机构、旋转式操作机构等。当使用刀开关控制电动机时，其额定电流为电动机额定电流的 3 倍。

刀开关型号的含义和电气符号如下图 1-4 所示。

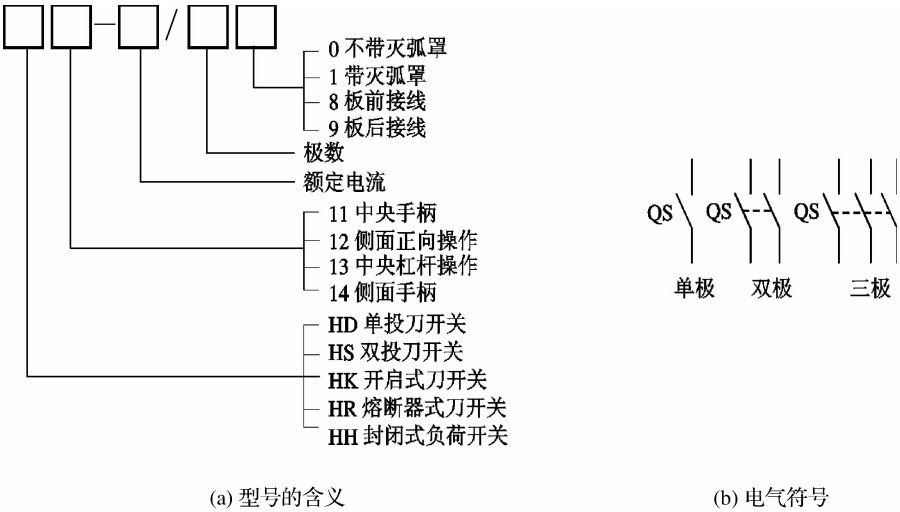


图 1-4 刀开关型号的含义和电气符号

二、熔断器

熔断器是一种结构简单、使用方便、价格低廉、控制有效的短路保护电器。

1. 熔断器的工作原理

熔断器主要由熔体(俗称保险丝)和安装熔体的熔管(或熔座)组成。熔断器的熔体与被保护的电路串联，当电路正常工作时，熔体允许通过一定大小的电流而不熔断。当电路发生短路或严重过载时，熔体中流过很大的故障电流，当电流产生的热量使熔体温度升高达到熔点时，熔体熔断并切断电路，从而达到保护的目的。

2. 熔断器的外形、结构及适用范围

熔断器的类型很多，按结构形式可分为插入式熔断器、螺旋式熔断器、封闭管式熔断器、



快速熔断器和自复式熔断器等。

熔断器的外形如图 1-5 所示。



图 1-5 熔断器的外形

熔体是熔断器的主要组成部分,常做成丝状、片状或栅状。熔管是熔体的保护外壳,用耐热绝缘材料制成,在熔体熔断时兼有灭弧作用。熔座是熔断器的底座,作用是固定熔管和外接线线。

下面具体分析三种常用低压熔断器的结构:

RC1A 系列插入式熔断器,其结构组成如图 1-6 所示。

RL1 系列螺旋式熔断器,其外形和结构组成如图 1-7 所示。

RM10 系列无填料封闭管式熔断器主要由熔断管、熔体、夹头及夹座等部分组成。外形结构如图 1-8 所示。

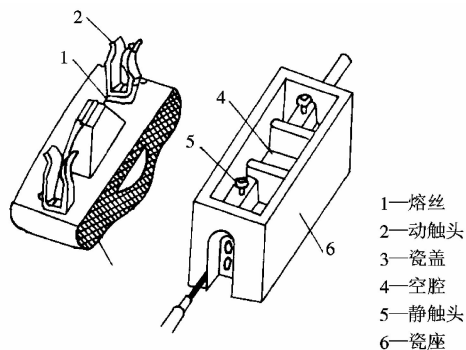


图 1-6 RC1A 系列插入式熔断器

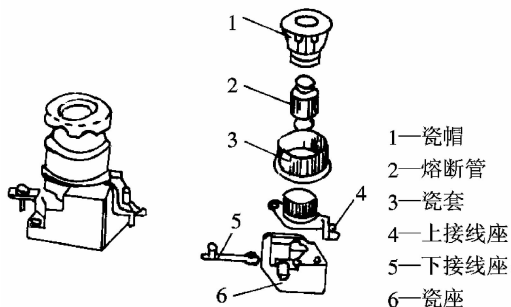


图 1-7 螺旋式熔断器结构示意图

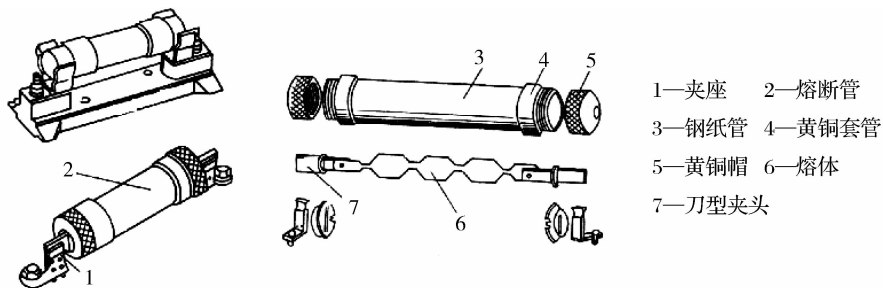


图 1-8 RM10 系列无填料封闭管式熔断器结构示意图



熔断器 RC1A 系列插入式熔断器结构简单,更换方便,价格低廉,一般在交流 50Hz、额定电压 380V 及以下、额定电流 200A 及以下的低压线路末端或分支电路中,作为电气设备的短路保护及一定程度的过载保护。

RL1 系列螺旋式熔断器的分断能力较高,结构紧凑,体积小,安装面积小,更换熔体方便,工作安全可靠,并且熔丝熔断后有明显指示,因此广泛应用于控制箱、配电屏、机床设备及振动较大的场合,在交流额定电压 500V、额定电流 200A 及以下的电路中,作为短路保护器件。

RM10 系列无填料封闭管式熔断器适用于交流 50Hz、额定电压 380V 或直流额定电压 440V 及以下电压等级的动力网络和成套配电设备中,作为导线、电缆及较大容量电气设备的短路和连续过载保护。

3. 熔断器的型号和电气符号

熔断器的型号含义和电气符号如图 1-9 所示。

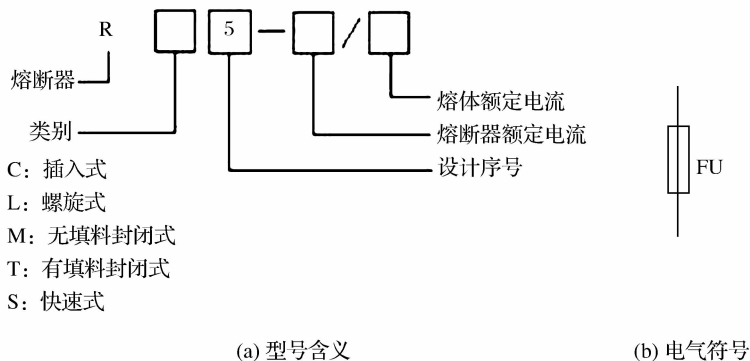


图 1-9 熔断器的型号含义和电气符号

4. 熔断器的选择

(1) 熔断器类型的选择

根据使用环境和负载性质选择适当类型的熔断器:

用于容量较小的照明线路,可选用 RC1A 系列插入式熔断器;

在开关柜或配电屏中可选用 RM10 系列无填料封闭管式熔断器;

对于短路电流相当大或有易燃气体的地方,应选用 RT0 系列有填料封闭管式熔断器;

在机床控制线路中,多选用 RL1 系列螺旋式熔断器;

用于半导体功率元件及晶闸管保护时,则应选用 RLS 或 RS 系列快速熔断器等。

(2) 熔体额定电流的选择

①对照明、电热等电流较平稳、无冲击电流的负载短路保护,熔体的额定电流应等于或稍大于负载的额定电流。

②对一台不经常启动且启动时间不长的电动机的短路保护,熔体的额定电流 I_{FU} 应大于或等于 1.5~2.5 倍电动机额定电流 I_N ,即



$$I_{FU} \geq (1.5 \sim 2.5) I_N$$

对于频繁启动或启动时间较长的电动机,上式的系数应增加到 3~3.5。

③对多台电动机的短路保护,熔体的额定电流应大于或等于其中最大容量电动机的额定电流 $I_{N\max}$ 的 1.5~2.5 倍加上其他电动机额定电流的总和 $\sum I_N$,即

$$I_{FU} \geq (1.5 \sim 2.5) I_{N\max} + \sum I_N$$

(3) 熔断器额定电压和额定电流的选择

熔断器的额定电压必须等于或大于线路的额定电压;熔断器的额定电流必须等于或大于所装熔体的额定电流。

(4) 熔断器的分断能力应大于电路中可能出现的最大短路电流

5. 熔断器的安装与使用

(1) 熔断器应完整无损,安装时应保证熔体的夹头以及夹头和夹座接触良好,并且有额定电压、额定电流值标志。

(2) 插入式熔断器应垂直安装,螺旋式熔断器的电源线应接在瓷底座的下接线座上,负载线应接在螺纹壳的上接线座上。

(3) 熔断器内要安装合格的熔体,不能用多根小规格熔体并联代替一根大规格熔体。

(4) 安装熔断器时,各级熔体应相互配合,并做到下一级熔体规格比上一级规格小。

(5) 安装熔丝时,熔丝应在螺栓上沿顺时针方向缠绕,压在垫圈下,拧紧螺钉的力应适当,以保证接触良好,同时注意不能损伤熔丝,以免减小熔体的截面积,产生局部发热而产生误动作。

(6) 更换熔体或熔管时,必须切断电源。尤其不允许带负荷操作,以免发生电弧灼伤。

(7) 对 RM10 系列熔断器,在切断过三次相当于分断能力的电流后,必须更换熔断管,以保证能可靠地切断所规定分断能力的电流。

(8) 熔断器兼做隔离器件使用时应安装在控制开关的电源进线端;若仅做短路保护用,应装在控制开关的出线端。

6. 熔断器的常见故障及处理(见表 1-3)

表 1-3 熔断器的常见故障及处理方法

故障现象	可能原因	处理方法
电路接通瞬间、熔体熔断	(1) 熔体电流等级选择过小	(1) 更换熔体
	(2) 负载侧短路或接地	(2) 排除负载故障
	(3) 熔体安装时受机械损伤	(3) 更换熔体
熔体未见熔断,但电路不通	熔体或接线座接触不良	重新连接



三、三相异步电动机的结构与工作原理

实现电能与机械能相互转换的电工设备总称为电机。电机是利用电磁感应原理实现电能与机械能的相互转换。把机械能转换成电能的设备称为发电机,而把电能转换成机械能的设备叫做电动机。

在生产上主要用的是交流电动机,特别是三相异步电动机,因为它具有结构简单、坚固耐用、运行可靠、价格低廉、维护方便等优点。它被广泛地用来驱动各种金属切削机床、起重机、锻压机、传送带、铸造机械、功率不大的通风机及水泵等。

1. 三相异步电动机的结构

三相异步电动机由两个基本部分组成:一是固定不动的部分,称为定子;二是旋转部分,称为转子。图 1-10 为一台三相异步电动机的外形和主要结构。

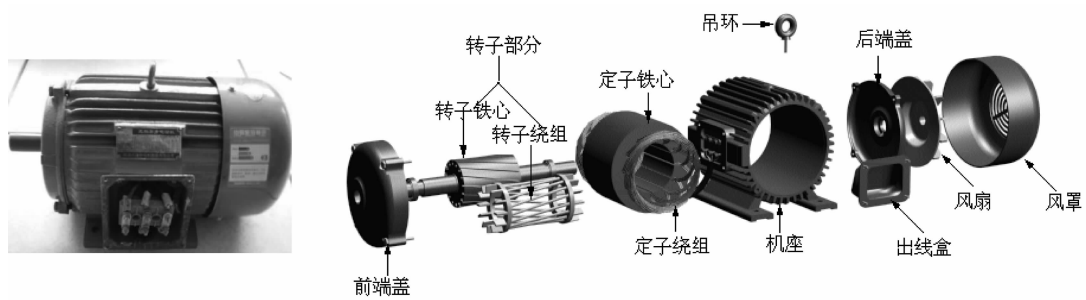


图 1-10 三相异步电动机的外形和主要结构

(1) 定子

定子由机座、定子铁心、定子绕组、端盖等组成。

定子绕组是定子的电路部分,中小型电动机一般采用漆包线绕制而成,共分三组,分布在定子铁心槽内。它们在定子内圆周空间的排列是彼此间相隔 120° ,构成对称的三相绕组。三相绕组共有六个出线端,通常接在置于电动机外壳上的接线盒中。三相绕组的首端分别用 U_1, V_1, W_1 表示,对应的末端分别用 U_2, V_2, W_2 表示。三相定子绕组可以连接成星形或三角形,如图 1-11 所示。

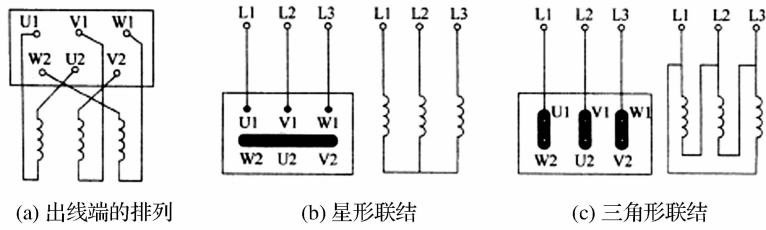


图 1-11 三相异步电动机定子绕组的接法

三相绕组接成星形还是三角形,和普通三相负载一样,需视电源的线电压而定。如果电



动机所接电源的线电压等于电动机每相绕组的额定电压,那么,三相绕组就应该接成三角形。通常,电动机的铭牌上标有符号 Y/ Δ 和数字 380/220,前者表示定子绕组的联结方式,后者表示对应于不同联结方式应加的线电压值。

(2) 转子

转子由转子铁心、转子绕组、转轴、风扇等组成。

转子铁心为圆柱形,通常由制作定子铁心冲片剩下的内圆硅钢片叠成,压装在转轴上。

转子铁心与定子铁心之间有微小的气隙,转子铁心、定子铁心和气隙共同组成了电动机的磁路。转子铁心外圆周上有许多均匀分布的槽,这些槽用于安放转子绕组。

转子绕组有笼型转子绕组和绕线转子绕组两种。笼型转子绕组是由嵌在转子铁心槽内的若干铜条组成的,两端分别焊接在两个短接的端环上。如果去掉铁心,转子绕组的外形就像一个笼子,故称为笼型转子绕组。目前中小型笼型电动机大都在转子铁心槽中浇注铝液,铸成笼型绕组,并在端环上铸出许多叶片,作为冷却的风扇。笼型转子的结构如图 1-12 所示。

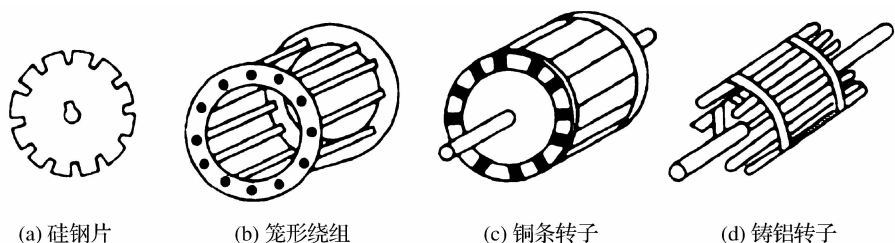


图 1-12 三相异步电动机笼型转子结构图

绕线转子绕组与定子绕组相似,在转子铁心槽内嵌放对称的三相绕组,作星形联结。三相绕组的三个尾端连接在一起,三个首端分别接到装在转轴上的三个铜制滑环上,通过电刷与外电路的可变电阻器相连接,用于起动或调速,如图 1-13 所示。

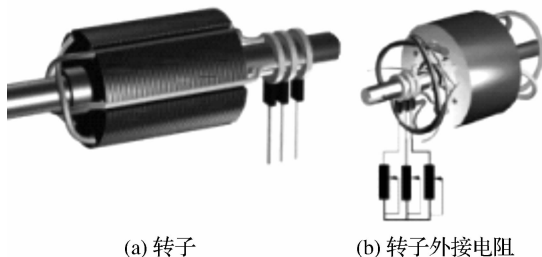


图 1-13 绕线转子

由于绕线转子异步电动机的结构较复杂、价格较高,一般只用于对起动和调速有较高要求的场合,如立式车床、起重机等。

2. 三相异步电动机的工作原理

几个相关概念



(1)电生磁:三相对称绕组通往三相对称电流产生圆形旋转磁场。

如图 1-14 所示,当三相异步电动机的定子绕组接通三相电源后,绕组中便有三相交变电流通过,并在空间产生一旋转磁场。

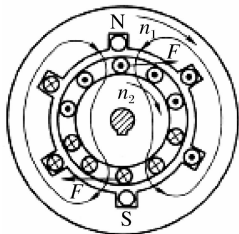


图 1-14 电动机的工作原理

(2)磁生电:旋转磁场切割转子导体感应电动势和电流。

设旋转磁场沿顺时针方向旋转,则静止的转子同旋转磁场就有了相对运动,转子导线因切割磁感线而产生感应电动势,由于旋转磁场沿顺时针方向旋转,即相当于转子导线沿逆时针方向切割磁感线。根据右手定则,确定出转子上半部导线的感应电动势方向是由纸面向外的,下半部的感应电动势方向是由纸面向内的,由于所有转子导线的两端分别被两个铜环连在一起,因而构成了闭合回路,故在此电动势的作用下,转子导体内就产生了感应电流。

(3)电磁力:转子载流(有功分量电流)体在磁场作用下受电磁力作用,形成电磁转矩,驱动电动机旋转,将电能转化为机械能。

感应电流又与旋转磁场相互作用而产生电磁力,电磁力的方向可由左手定则来确定。这些电磁力对转轴形成一电磁转矩,驱动电动机旋转,其作用方向同旋转磁场的旋转方向一致,因此,转子就顺着旋转磁场的旋转方向转动起来了。若使旋转磁场反转,则转子的旋转方向也随之而改变。

由此看出,转子的转速 n 永远小于旋转磁场的转速(即同步转速 n_1)。这是因为,如果转子的转速达到同步转速,则它与旋转磁场之间就不存在相对运动,转子导线将不再切割磁力线,因而其感应电动势、感应电流和电磁转矩均为零。由此可见,转子总是紧跟着旋转磁场以 $n_2 < n_1$ 的转速而旋转的。因此,把这种交流电动机称做异步电动机,又因为这种电动机的转子电流是由电磁感应产生的,所以又把它称做感应电动机。

当电动机定子绕组一相断线或电源一相断电时,通电后电动机可能不能起动,即使空载能起动,其转速慢慢上升,会伴有“嗡嗡”声,时间长了电动机会冒烟发热,并伴有烧焦的气味。

当电动机定子绕组两相断线或电源两相断电时,通电后电动机不能起动,但无异响,也无异味和冒烟。

3. 铭牌数据的识读

三相异步电动机的机座上都有一块铭牌,上面标有电动机的型号、规格和相关技术数



据,要正确使用电动机,就必须看懂铭牌。现以 Y180M—4 型电动机为例来说明铭牌上各个数据的含义,见表 1-4。

表 1-4 三相异步电动机的铭牌

三相异步电动机					
型号	Y180M—4	额定功率	18.5KW	额定电压	380V
额定电流	35.9A	额定功率	50Hz	额定转速	1470r/min
接法	△	工作方式	连续	外壳防护等级	IP44
功率因数	0.79	温升	90℃	绝缘等级	B 级
产品编号	××××××	重量	180kg	出厂日期	×年×月
×××机电厂					

(1)型号 型号是电动机类型、规格的代号。国产异步电动机的型号由汉语拼音字母以及国际通用符号和阿拉伯数字组成。如 Y180M—4 中:Y 表示三相笼型异步电动机,180 表示机座中心高 180mm, M 表示机座长度代号(S—短机座,M—中机座,L—长机座),4 表示磁极数(磁极对数 $P=2$)。

(2)接法 接法是指电动机在额定电压下,三相定子绕组的联结方式,Y 或△。一般功率在 4KW 以下的电动机采用 Y 联结,4KW 及以上的电动机采用△联结。

(3)额定频率 f_N (Hz) 额定频率是指电动机定子绕组所加交流电源的频率,我国工业用交流电源的标准频率为 50Hz。

(4)额定电压 U_N (V) 额定电压是指电动机在正常运行时加到定子绕组上的线电压。

(5)额定电流 I_N (A) 额定电流是指电动机在正常运行时,定子绕组线电流的有效值。

(6)额定功率 P_N (KW)和额定效率 η 额定功率也称额定容量,是指在额定电压、额定频率和额定负载条件下运行时,电动机轴上输出的机械功率。额定效率是指输出机械功率与输入电功率的比值。

额定功率与额定电压、额定电流之间存在以下关系:

$$P_N = \sqrt{3}U_N I_N \eta_N \cos \varphi_N \quad (1-1)$$

(7)额定转速 n_N (r/min) 额定转速是指在额定频率、额定电压和额定输出功率条件下,电动机每分钟的转数。

(8)温升和绝缘等级 电动机运行时,其温度高出环境温度的允许值即为温升。环境温度为 40℃温升为 65℃的电动机最高允许温度为 105℃。

绝缘等级是指电动机定子绕组所用绝缘材料允许的最高温度等级,有 Y, A, E, B, F, H, C 七级。目前,一般电动机采用较多的是 E 级和 B 级。

允许温升的高低与电动机所采用的绝缘材料的绝缘等级有关。常见的绝缘等级和最高允许温度之间的关系见表 1-5。



表 1-5 绝缘等级和最高允许温度之间的关系

绝缘等级	A	E	B	F	H	C
最高允许温度/℃	105	120	130	155	180	>180

(9)功率因数 $\cos\varphi$ 三相异步电动机的功率因数较低,在额定运行时约为 0.7—0.9,空载时只有 0.2—0.3。因此,必须正确选择电动机的容量,防止“大马拉小车”,并力求缩短空载运行时间。

(10)工作方式 异步电动机常用的工作方式有连续、短时和断续三种。

①连续工作方式:用代号 S1 表示,可按铭牌上规定的额定功率长期连续工作,而温升不会超过允许值。

②短时工作方式:用代号 S2 表示,每次只允许在规定时间以内按额定功率运行,如果运行时间超过规定时间,则会使电动机过热而受到损坏。

③断续工作方式:用代号 S3 表示,电动机以间歇方式运行。如起重机械的拖动多为此种方式。

4. 电路符号

三相异步电动机的电路符号如图 1-15 所示。

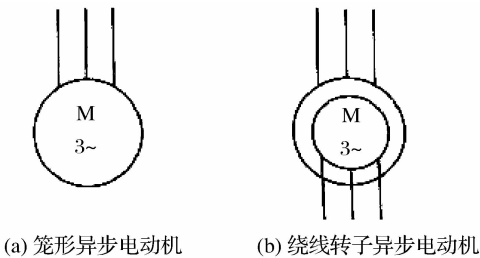


图 1-15 三相异步电动机的电路符号

四、单向手动控制电路的分析

单向手动控制电路是利用电源开关直接控制三相异步电动机的起动与停止。电源开关可以使用刀开关、组合开关或低压断路器。该电路常被用来控制砂轮机、冷却泵、电风扇等设备。图 1-16 所示为用刀开关实现电动机运转的单向手动控制电路。

起动控制:当手动推动 QS 闭合时,三相交流异步电动机 M 起动运行。

停止控制:当手动推动 QS 断开时,三相交流异步电动机 M 停止运行。

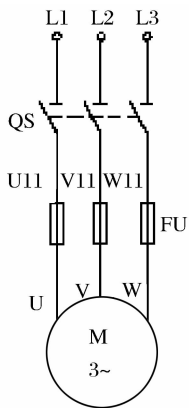
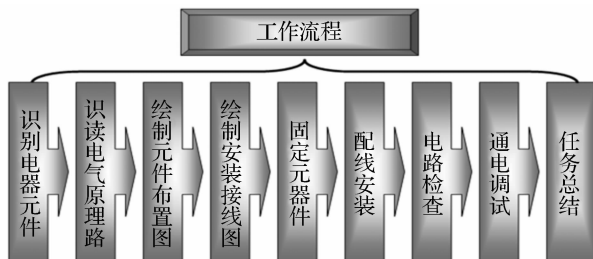


图 1-16 用刀开关实现电动机单向手动控制电路



任务实施



1. 绘制电气原理图

按任务控制要求绘制单向手动控制电路的电气原理图,如图 1-16 所示。

2. 选择电气元件

根据电动机型号和电气原理图,选择所需电气元件的型号和数量,并列出所用的工具、仪表、设备和材料清单,见表 1-6。

表 1-6 单向手动控制电路的元器件明细表

序号	名称	型号与规格	单位	数量	备注
1	三相电动机	Y-100L2-4, 功率 3KW, 额定电压 380V, 额定电流 6.8A, Y 连接; 1240r/min	台	1	表中所列设备、器材的型号与规格仅供参考,可根据实际情况自定
2	电气控制柜	420mm×360mm×80mm	个	1	
3	开启式负荷开关	HK2-30/3	个	1	
4	导线	BVR1.0, 1.0mm ² (黄、绿、红、黑)	m	若干	
5	熔断器	RL1-15, 配熔体 8A	只	3	
6	接线端子排	JF5, AC660V25A	个	10 位	

3. 绘制电路安装接线图

电气元器件布置图表明电气设备及元件的安装位置,电气安装接线图则是把同一个电器的各个部件画在一起,而且各个部件的布置要尽可能符合这个电器的实际情况,但对尺寸和比例没有严格要求。各电气元器件的图形符号、文字符号和电路标记均应以电气原理图为准,并保持一致,以便查对。

图 1-17 是单向手动控制电路的电气安装接线图。

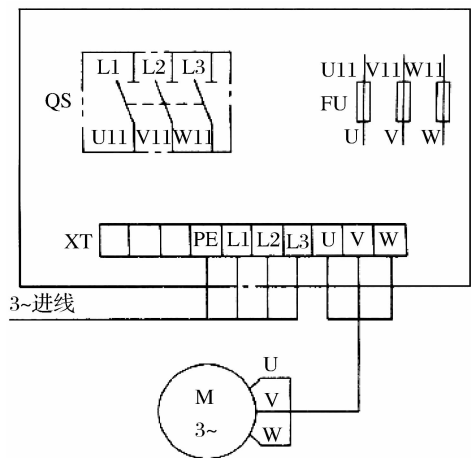


图 1-17 单向手动控制电路接线图

4. 电路断电检查

使用万用表的欧姆挡,将量程选为“ $\times 100$ ”或“ $\times 1K$ ”, $L1, L2, L3$ 先不通电,闭合电源开关 QS,分别测量 $L1-U, L2-V, L3-W$ 三个电阻值,若显示阻值为零,则表明电路连接正确。

5. 通电调试和故障排除

在电路安装完成并经检查确定电路连接正确后,将 $L1, L2, L3$ 接通三相电源,闭合 QS,电动机应立即通电运行,断开 QS,电动机应断电停止。

操作过程中,如果出现不正常现象,应立即断开电源,分析故障原因,用万用表仔细检查电路。在指导教师认可的情况下才能再次通电调试。

任务检查与评价

单向手动控制电路的安装

(一)考核任务

1. 识读电气原理图

识读电动机单向手动控制电路原理图(图 1-16),明确电路中所用电气元件及作用,熟悉电路的工作原理。

2. 正确选择电气元件

按照如图 1-16 所示的电路原理图配齐所需元件。

3. 按照电气原理图,绘制布置图

在事先准备好的配电板上,按图 1-17 所示电路接线图布置元器件。

工艺要求:各元件的安装位置整齐、匀称,元件之间的距离合理,便于元件的更换;紧固元件时要用力均匀,紧固程度要适当。

4. 安装布置、接线

按接线图 1-17 正确接线。用螺丝将熔断器 FU、刀开关 QS 及端子排 XT 等器件安装到



网孔板上,熔断器 FU 安装时要将下接线座朝上(图 1-18),三个 FU 之间保持合理的间隔,拧螺丝时用力不要过猛,以免把熔断器拧坏;开关 QS 装在面板的右上方;电机 M 放置在桌面上。

按图 1-16 接线,并将电动机的 x、y、z 短接,A、B、C 分别接到端子排的 U、V、W,如图 1-19 所示。将 L1、L2、L3 分别接电源控制屏的 L1、L2、L3 插座,如图 1-20 所示。

板前布线工艺要求:

①布线通道尽可能少,同路并行导线按主电路、控制电路分类集中,单层密排,紧贴安装面布线。

②布线要横平竖直,分布均匀。变换走向时应垂直。

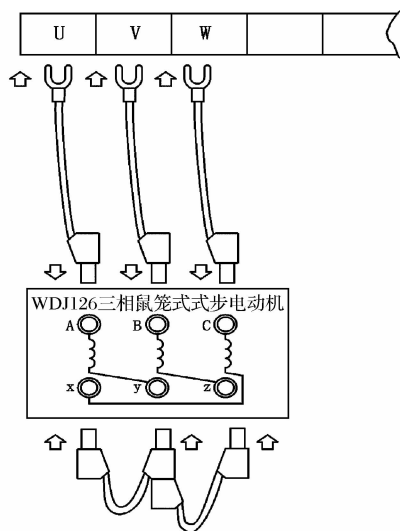


图 1-19

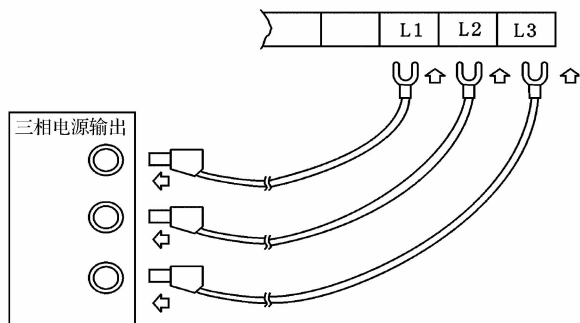


图 1-18 熔断器结构图

图 1-20

③同一平面的导线应高低一致或前后一致,不能交叉。非交叉不可时,此根导线应在接线端子引出时,就水平架空跨越,但必须走线合理。

④布线时严禁损伤线芯和导线绝缘。

⑤布线顺序一般以接触器为中心,由里向外,由低到高,先控制电路,后主电路进行,以不妨碍后续布线为原则。

⑥导线与接线端子或接线桩连接时,不得压绝缘层、不反圈、不露铜过长。

⑦同一元件、同一回路的不同接点的导线间距离应保持一致。

⑧一个电气元件接线端子上的连接导线不得多于两根,每节接线端子板上的连接导线一般只允许连接一根。

5. 线路检测

安装完毕的控制电路板必须经过认真检查以后,才允许通电试车,以防止错接、漏接造成不能正常运转或短路事故。



万用表检测主电路。将万用表两表笔接在 QS 输入端至电动机星形联结中性点之间,分别测量 U 相、V 相、W 相在刀开关不动作时的直流电阻,读数应为“ ∞ ”。

6. 通电试车

通电试车必须征得教师同意,并由教师接通三相电源,同时在现场监护。确认安装牢固、接线无误后,先接通三相总电源,再“合”上开关 QS,电机应正常起动且平稳运转。若熔丝熔断(可看到熔心顶盖弹出)则应“分”断电源,检查、分析并排除故障。

a. 合上电源开关 QS,用试电笔检查熔断器出线端,氛管亮说明电源接通。

b. 出现故障后,学生应独立进行检修;若需带电进行检查,教师必须现场监护。检修完毕后,如需再次试车,也应有教师监护,并做好时间记录。

c. 切断电源,先拆除三相电源线,再拆除电动机线。

(二)考核要求及评分标准

任务检查与评价标准见表 1-7。

表 1-7 任务检查与评价标准

项 目	配分	评 分 标 准	扣 分
装前检查	5	电气元件漏检或错检每处扣 1 分	
安装元件	15	(1)不按布置图安装 扣 15 分 (2)元件安装不牢固 每只扣 5 分 (3)元件安装不整齐、不合理 每只扣 3 分 (4)损坏元件 每只扣 15 分	
布线	40	(1)不按电路图接线 扣 25 分 (2)布线不符合要求 主电路 每根扣 5 分 控制电路 每根扣 3 分 (3)节点松动、露铜过长、反圈等 每个扣 1 分 (4)损伤导线绝缘或线芯 每根扣 5 分	
通电试车	40	(1)热继电器未整定或整定错误 扣 15 分 (2)熔体规格选用不当 扣 10 分 (3)第一次试车不成功 扣 20 分 第二次试车不成功 扣 30 分 第三次试车不成功 扣 40 分	
安全文明生产	违反安全文明生产规程 扣 5~40 分		
定额时间 2h	每超时 5min 扣 5 分		
备注	除定额时间外,各项内容的最高扣分不应超过所配分数		成绩
开始时间		结束时间	实际时间



拓展知识

电气控制系统图的分类及电气原理图的绘制

电气控制系统是由许多电气元件按照一定要求连接而成,随着科学技术的发展,系统和设备越来越复杂、功能越来越完善。但对于操作和维修,人们却要求越来越简单、易行,希望通过阅读技术文件就能正确地掌握操作技术和维修方法。因此,需要将电气控制系统中各种电气元件及其连接用一定图形表示出来,这就是电气控制系统图。它主要有:电气原理图、电器布置图、电气接线图等。

一、电气控制系统图中的图形符号和文字符号

国家标准中规定的图形符号基本与国际电工委员会(IEC)发布的有关标准相同。图形符号由符号要素、限定符号、一般符号以及常用的非电操作控制的动作符号(如机械控制符号等),根据不同的具体器件情况组合构成,如附表3所示。国家标准除给出各类电气元件的符号要素、限定符号和一般符号以外,也给了部分常用图形符号及组合图形符号示例。因为国家标准中给出的图形符号例子有限,实际使用中可通过规定的图形符号适当组合进行派生。

国家标准 GB 7159—87《电气技术中的文字符号制订通则》规定了电气工程图中的文字符号,它分为基本文字符号和辅助文字符号。

基本文字符号有单字母符号和双字母符号。单字母符号表示电气设备、装置和元器件的大类,例如 K 为继电器类元件这一大类;双字母符号由一个表示大类的单字母与另一表示器件某些特性的字母组成,例如 KM 表示继电器类元件中的接触器。

辅助文字符号用来进一步表示电气设备、装配和元器件的功能、状态和特征。

附表3中列出了部分常用的电气图形符号和基本文字符号,实际使用时如需要更详细的资料,可查阅国家标准。

二、电气原理图

电气原理图是指用国家标准规定的图形符号和文字符号代表各种元件,依据控制要求和各电器的动作原理,用线条代表导线连接关系。它包括所有电气元件的导电部件和套线端子,但不按电气元件的实际位置来画,也不反映电气元件的尺寸及安装方式。绘制电气原理图必须遵循的国家标准为:GB/T 4728—1996~2000《电气简图用图形符号》GB/T 6988—1993~2000《电气技术用文件的编制》及 GB 7159—1987《电气技术中的文字符号制订通则》、GB 4026—1992《电器设备接线端子和特定导线线端的识别及应用字母数字系统的通则》。

绘制电气原理图应遵循以下原则:

①电气控制电路一般分为主电路和辅助电路。辅助电路又可分为控制电路、信号电路、照明电路、保护电路等。



主电路是指从电源到电动机的大电流通过的电路,其中电源电路用水平线绘制,受电力设备及其保护电器支路应垂直于电源电路画出。

控制电路、照明电路、信号电路及保护电路等应垂直地绘于两条水平电源线之间。耗能元件的一端应直接连接在电位低的一端,控制触点连接在上方水平线和耗能元件之间。

不论主电路还是辅助电路,各元件一般应按动作顺序从上到下,从左到右依次排列,电路可以水平布置也可以垂直布置。

②在电气原理图中,所有电气元件的图形、文字符号、接线端子标记必须采用国家规定的统一标准。

③采用电气元件展开图的画法。同一电气元件的各部分可以不画在一起,但需用同一文字符号标出。若有多个同一种类的电气元件,可在文字符号后加上数字序号,例如KM1、KM2。

④在原理图中,所有电器按自然状态画出。所有按钮、触点均按电器没有通电或没有外力操作、触点没有动作的原始状态画出。

⑤在原理图中,有直接电联系的交叉导线连接点,要用黑圆点表示。无直接联系的交叉导线连接点不画黑圆点。

⑥在原理图上将图分成若干个图区,并标明该区电路的用途和作用。在继电器、接触器线圈下方列出触点表,说明线圈和触点的从属关系。

图 1-21 所示为某车床的电气原理图。

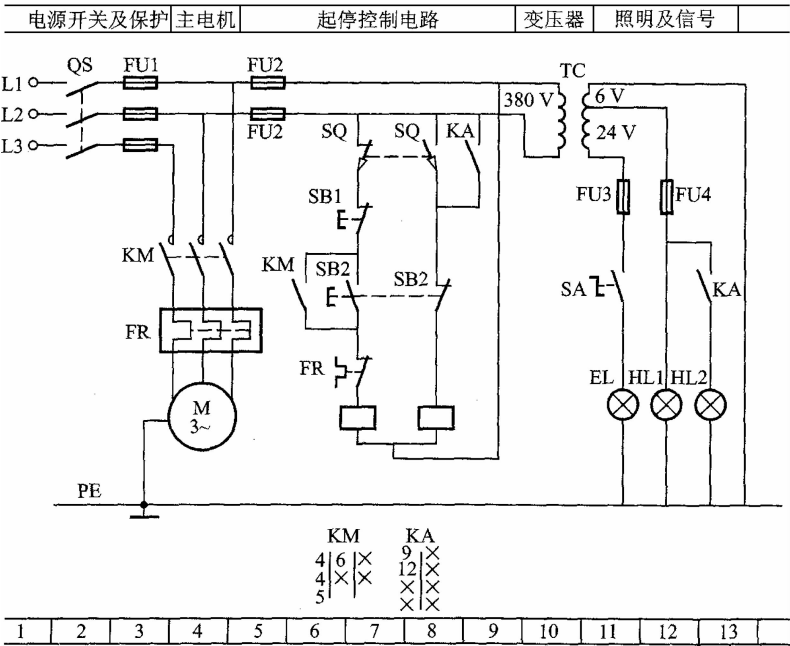


图 1-21 某车床电气原理图



三、电器布置图

电器布置图是表示电气设备上所有电气元件的实际位置,为电气控制设备的安装、维修提供必要的技术资料。电气元件均用粗实线绘制出简单的外形轮廓,机床的轮廓线用细实线或点画线。

如图 1-22 所示为一车床的电器布置图。

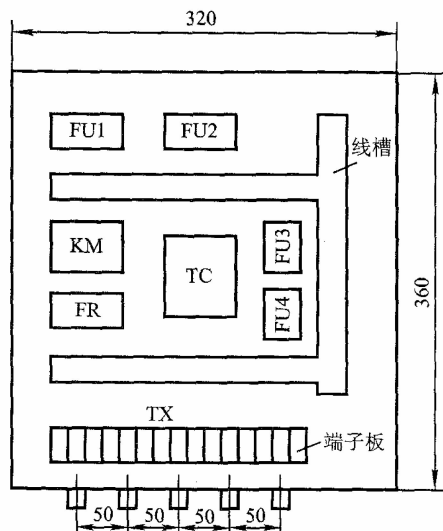


图 1-22 电器布置图

四、电气接线图

电气接线图主要用于安装接线、线路检查、线路维修和故障处理。

绘制接线图的原则是:

- ①应将各电气元件的组成部分画在一起,布置尽量符合电器的实际情况。
- ②各电器的图形符号、文字符号及接线端子标记均与电气原理图一致。
- ③同一控制柜上的电气元件可直接相连,控制柜与外部器件相连,必须经过接线端子板,且互连线应注明规格,一般不表示实际走线,施工时由操作者根据实际情况选择最佳走线方式。

图 1-23 所示为某机床电气控制接线图。