

21世纪高职高专机电类专业教学改革与创新系列教材

电气控制技术 实训教程

徐长平 主编

湘潭大学出版社

21 世纪高职高专机电类专业教学改革与创新系列教材

电气控制技术

实训教程

主 审：罗小丽

主 编：徐长平

副 主 编：赵文才 蒋 燕

参编人员：叶云洋 罗胜华 张誉腾

周惠芳 朱景新

湘潭大学 出版社

图书在版编目(CIP)数据

电气控制技术实训教程 / 徐长平主编. — 湘潭:
湘潭大学出版社, 2012.1

ISBN 978-7-81128-377-8

I. ①电… II. ①徐… III. ①电气控制—高等学校
—教材 IV. ①TM921.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 010162 号

电气控制技术实训教程

徐长平 主编

责任编辑: 丁立松

封面设计: 罗志义

出版发行: 湘潭大学出版社

社 址: 湖南省湘潭市 湘潭大学出版大楼

电话(传真): 0731-58298966 邮编: 411105

网 址: <http://xtup.xtu.edu.cn>

印 刷: 湖南天闻新华印务邵阳有限公司

经 销: 湖南省新华书店

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 11

字 数: 268 千字

版 次: 2012 年 1 月第 1 版 2012 年 1 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-81128-377-8

定 价: 24.00 元

(版权所有 严禁翻印)

前 言

高职高专教育要以就业市场为导向,根据人才培养目标来定位,从而确定电机与电器专业、风力发电专业、机电一体化专业等的毕业生就业所对应的职业岗位群。编者根据自己在企业车间十余年的工作经验,通过深入调查研究,确定岗位必备的理论知识和操作技能。本书以企业的实际情况进行项目教学,以典型工作任务为例,开展项目实训,在学中做,在做中学,边学边做,教、学、做合一,并且按照考证的要求对学员进行强化训练,在规定的时间内按照规定的标准完成规定的工作任务。本书是一本侧重于技术应用及讲、练、考结合的教材。

本书所列项目是以湘电集团针对维修电工和电气装配工及实验岗位所需的操作技能和理论知识编写而成。本书共有6个项目,其中项目一、二、三分别是车床、铣床、摇臂钻床的电气故障检修。因为上述机床设备应用广泛,维修电工学习掌握其电气线路故障检修技术是最基本的要求。从上述几种机床设备的电气原理图可知,它们的电气部分的主要内容有:(1) 低压电器元件;(2) 三相交流异步电动机单相控制线路;(3) 三相交流异步电动机正反转控制线路;(4) 三相交流异步电动机顺序控制线路;(5) 三相交流异步电动机的位置控制线路;(6) 三相交流异步电动机能耗制动线路;(7) 三相交流异步电动机反接制动线路。

为此,本书设计了以下几个项目及典型工作任务:

1. 车床

- (1) 三相交流异步电动机的单相控制;
- (2) 三相交流异步电动机正反转控制线路的安装;
- (3) CA6140 车床工作原理及故障检修。

2. 铣床

- (1) 位置控制电路的安装及制作;
- (2) 顺序控制线路的安装及制作;
- (3) X62W 万能铣床的检修。

3. 摇臂钻床

- (1) 能耗制动线路的安装与调试;
- (2) 三相交流异步电动机正反转控制及反接制动;
- (3) 摇臂钻床的电气故障检修。

其目的是,学员通过学习和操作,掌握机床设备电气原理图的工作原理,掌握低压电器元件的结构、种类、型号、特点、检测及用途,了解拖动线路的电气装配工艺和走线工艺,掌握普通机床的电气线路故障检修技术等。

项目四、五、六是常用电气设备的安装制作,即降压启动电气设备的安装制作、桥式起重设备的安装制作、电动车的安装制作。为此,本书设计了如下5个典型工作任务:

- (1) 降压启动线路的安装制作；
- (2) 双速异步电动机低速启动高速运行控制线路的安装；
- (3) 桥式起重设备(3 t)的安装制作；
- (4) 直流电动机正反转控制线路的安装与调试；
- (5) 电动车的安装制作。

本书根据维修电工高级工的达标要求强化了技能训练,突出了职业教育的特点,可作为高职高专电机与电器专业、自动化专业、机电一体化专业、电工技术培训班技能训练课程的教材,也可供有关工程技术人员学习参考。

本书由罗小丽主审,徐长平担任主编,赵文才、蒋燕担任副主编,参加编写的还有叶云洋、罗胜华、张誉腾、周惠芳、朱景新等。由于职业技术教育教学改革正处于研究和探索之中,编者的水平有限,书中难免存在缺点和错误,敬请广大读者批评指正。

编 者

2012 年 1 月

目 录

绪论	(1)
项目一 CA6140 型车床的检修	
典型工作任务 1 三相交流异步电动机的单向控制	(4)
典型工作任务 2 三相交流异步电动机正反转控制线路的安装	(13)
典型工作任务 3 CA6140 车床工作原理及故障检修	(24)
巩固与提高	(32)
项目二 X62W 万能铣床的检修	
典型工作任务 1 位置控制电路的安装及制作	(35)
典型工作任务 2 顺序控制线路的安装及制作	(42)
典型工作任务 3 X62W 万能铣床的检修	(47)
巩固与提高	(54)
项目三 摇臂钻床的检修	
典型工作任务 1 能耗制动线路的安装与调试	(57)
典型工作任务 2 三相交流异步电动机正反转控制及反接制动	(67)
典型工作任务 3 摇臂钻床的电气故障检修	(76)
巩固与提高	(82)
项目四 降压启动电气设备的安装制作	
典型工作任务 1 降压启动线路的安装制作	(84)
巩固与提高	(102)
项目五 桥式起重设备(吊车)的安装制作	
典型工作任务 1 双速异步电动机低速启动高速运行控制线路的安装	(103)
典型工作任务 2 桥式起重设备(3 t)的安装制作	(108)
巩固与提高	(135)

项目六 电动车的安装制作

典型工作任务 1 直流电动机正反转控制线路的安装与调试	(137)
典型工作任务 2 电动车的安装制作	(147)
巩固与提高	(151)

附录

附录 1 T68 镗床继电器-接触器控制改为 PLC 可编程控制器控制	(152)
附录 2 常用低压电器元件、电动机的图形与文字符号	(164)

参考文献	(167)
------------	-------

绪 论

一、本课程的性质、内容和基本要求

本课程以学习操作技能为主,理论知识够用为原则,以市场就业为导向,根据所学专业对应就业岗位所必备的理论知识和操作技能来确定本课程的主要内容。电气控制技术实训教程是电机与电器专业、自动化专业、风力发电专业、机电一体化专业的一门专业课程。本课程的主要内容是介绍常用机床电气控制系统及其他电气设备的结构组成、工作原理、线路设计以及安装制作的基础理论和操作技能。

现代化的机械设备、生产线、生产车间甚至整个工厂都实现了电气化和自动化,它们是由各种电动机、电器元件、检测元件、PLC 可编程控制器、变频器、触摸屏、计算机等设备按照一定的规律组成的控制系统,对生产过程实施自动控制。尽管电气控制已向无触点、弱电化、微机化的方向发展,但继电器控制仍然是电气控制的基础。继电器控制系统所用的控制电器结构简单,价格便宜,能满足生产设备的一般性生产需要,因此目前仍得到广泛的应用。

作为电机与电器专业、自动化专业、风力发电专业、机电一体化专业的学员,他们必须掌握继电器控制的基础理论和基本的操作技能,掌握先进的电气控制技术。通过对本课程的学习,学员们应该达到以下基本要求:

1. 掌握电工安全操作知识,熟练掌握电工工具、电工仪表等的使用方法。
2. 掌握低压电器元件的结构、用途、型号、种类及其好坏的检测,并能正确进行选用。
3. 掌握电气原理图的识图方法,能看懂电气原理图的工作原理。
4. 掌握电气设备线路故障检修的方法和步骤,并能解决机床电气设备和其他电气设备的线路故障问题。
5. 掌握电气设备的装配工艺、布线工艺,并能够按图安装制作。
6. 根据电气控制要求,能够设计其继电器控制线路,能正确选择电器元件,并能按照要求完成其安装制作。
7. 了解电动机调速的基本概念,初步掌握直流电动机的调速方法,了解交流电动机的调速方法。

机床电气设备一般是由主机部分、拖动部分、控制部分、检测和显示部分等组成的。拖动部分包含原动机、传动机构等,原动机有电动机、液压装置等,但主要的动力设备为各类电动机。由电动机通过传动机构带动主机进行工作这种拖动方式称为电力拖动。

在电力拖动发展的初期,常用一台电动机拖动若干台机械设备进行运动,这种方式称为集中拖动,其优点是电气控制线路简单,缺点是操作不方便,而且不安全,能量传递路径长,损耗大。随着生产的发展,机床电气设备功能增多以及自动化程度提高的情况下,其机械传动系统也越来越复杂,为了简化机械传动机构,采用了多台电动机拖动。

交流电动机由于具有结构简单、坚固耐用、价格便宜、便于制造、能适应恶劣环境下的工作及容易维护等多种优点,故在普通机床和电气设备中广泛使用。但是,由于直流电动机具有良好的启动性能和调速性能,可在很宽的范围内进行平滑调速,所以对调速性能要求较高的机床电气设备都采用直流电动机拖动系统。20 世纪 70 年代以来,由于半导体变流技术的发展,直流电动机调速技术和交流电动机调速技术都得到了较快的发展,特别是克服了交流电动机不易平滑调速的缺点,充分发挥了交流电动机的优点,使交流电动机的应用更为广泛,并出现了逐步取代直流电动机调速系统的趋势。

二、机床电气设备控制系统的发展

随着科学技术的发展,人们对生产工艺不断提出新的要求,电气控制设备的电气控制装置也不断更新。在控制功能上,从简单到复杂;在具体操作上,由笨重到轻巧;在控制原理上,由继电器控制系统转为以微处理器为中心的软件控制系统。随着新的控制理论和新型电器及电子器件的出现,电气设备的电气控制技术得到了很大的推动和发展。

继电器-接触器控制的优点是结构简单、价格低廉、维护方便、抗干扰能力强,因此广泛应用于各类机床和机械设备。采用它不仅可以方便地实现生产过程的自动化,而且还可以实现集中控制和远距离控制。目前我国,继电器-接触器控制仍然是电气设备最基本的控制形式。继电器-接触器控制系统的缺点是,由于是固定接线的形式,改变控制要求,需要改变接线,操作不方便,灵活性差;采用有触点开关,动作频率低,触点容易损坏,可靠性差。自 1969 年美国数字设备公司研制出世界上第一台可编程控制系统(PLC, Programmable Logic Controller)以来,电气控制技术获得了较快的发展。可编程控制系统的特点如下:

1. 可靠性高,抗干扰能力强。
2. 编程简单,懂得强电控制的技术人员和工人很快就能掌握。
3. 体积小,维修方便,故障率低,寿命长,能在恶劣的环境下可靠工作。
4. 使用灵活,实用性强。
5. 定时范围广,精度高,设计制造施工周期短。
6. 具有强大的通讯功能,能对系统中的所有电气设备进行远距离控制和监控。

随着计算机技术的迅速发展,电气控制系统向着网络化、大容量化、大规模化、先进化的方向发展。

项目一 CA6140 型车床的检修

车床是一种应用极为广泛的金属切削机床,它能够用来车削外圆、内圆、端面、螺纹、螺杆、切断及割槽等,并可以装上钻头或铰刀进行钻孔和铰孔等加工操作。如图 1.1 所示为机械加工中应用较为广泛的 CA6140 型卧式车床,它主要由床身、主轴箱、进给箱、溜板箱、刀架、卡盘、尾架、丝杆和光杆等部分组成。该车床型号意义具体如下:C 为类代号,表示车床的类;A 为结构代号;6 为组代号;1 为条代号,表示卧式车床;40 为主参数折算值。

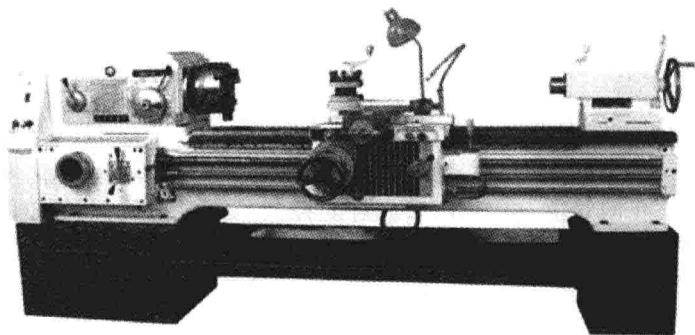


图 1.1 CA6140 卧式车床外形及其结构

CA6140 卧式车床的电气控制部分主要由主轴电动机、齿轮箱、快速进给电动机、冷却泵、照明电路、操纵手柄等构成。

1. 主轴电动机:用于带动要进行切削的工件做旋转运动,也是带动刀架做直线运动进行切削的牵引动力来源,其正转速度有 24 种,转速在 $10 \sim 1\,400\text{ r/min}$ 范围内,反转速度有 12 种,转速在 $14 \sim 1\,580\text{ r/min}$ 范围内。

2. 齿轮箱:主要用于主轴电动机的调速,通过齿轮箱变速还可以实现刀架纵向和横向进给。

3. 快速进给电动机:主要用于提供带动刀架做快速进给运动的牵引动力。

4. 冷却泵:车床进行切削加工时,为了防止车刀和工件因过热而损坏,采用冷却液进行散热冷却,冷却泵是提供冷却液的设备。

5. 照明灯:车床进行切削加工时,为了保证加工工件的质量,操作者应看清楚加工工件的尺寸,工作台应有足够的亮度,照明灯就是为操作者工作时提供照明用。

6. 操纵手柄:在用车床加工工件时,工件正转、反转控制及刀架的纵向、横向运动控制等都是由操纵手柄来完成的。

典型工作任务 1 三相交流异步电动机的单向控制

● 教学目的

通过本工作任务的学习,学员应掌握低压电器元件的结构、型号、用途以及电路表示符号;应掌握三相交流异步电动机单向控制的电气原理图及其工作原理,能够按照电气原理图进行线路安装和调试;应掌握三相交流异步电动机单向控制线路的安装工艺。

● 教学内容

本工作任务的主要教学内容是低压电器元件的结构、型号、用途以及电路表示符号和三相交流异步电动机单向控制线路的工作原理及其安装调试。

一、接触器知识简介

从车床切削加工工件的过程来看,加工工件应旋转,而带动工件旋转的是三相交流异步电动机,也就是说三相交流异步电动机要转动,那么怎样才能实现三相交流异步电动机的转动、停止等控制呢?我们知道,白炽灯、日光灯的控制是通过拉线开关或平头开关等来实现的,它们的电气控制原理图,如图 1.2 所示。

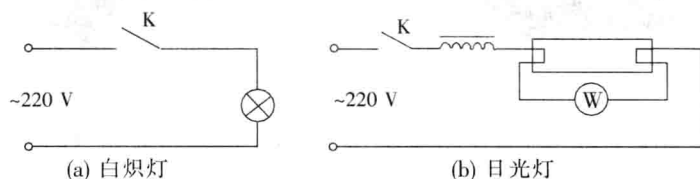


图 1.2 白炽灯和日光灯的电路控制

三相交流异步电动机的控制能否通过拉线开关或平头开关来实现呢?因为三相交流异步电动机有三相绕组,若用拉线开关或平头开关来控制,则需要三个拉线开关或平头开关,且开关动作应同步,另外还必须使开关容量足够大。第一个要求可以很容易实现,关键是第二个和第三个要求难以达到。因为拉线开关的容量最大不超过 10 A,且操作不方便,所以不能用拉线开关或平头开关来控制三相交流异步电动机。可使用交流接触器来控制三相交流异步电动机的启动和停止。交流接触器是低压控制电器的一种,外形如图 1.3 所示。

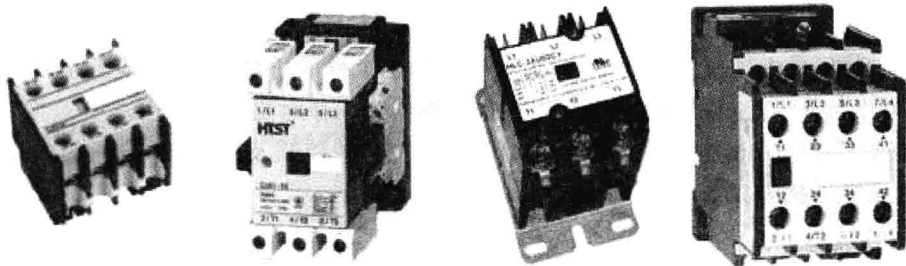


图 1.3 交流接触器的外形

交流接触器由 4 个部分构成,即电磁系统、触头系统、灭弧系统和辅助系统。交流接触器的结构如图 1.4 所示。

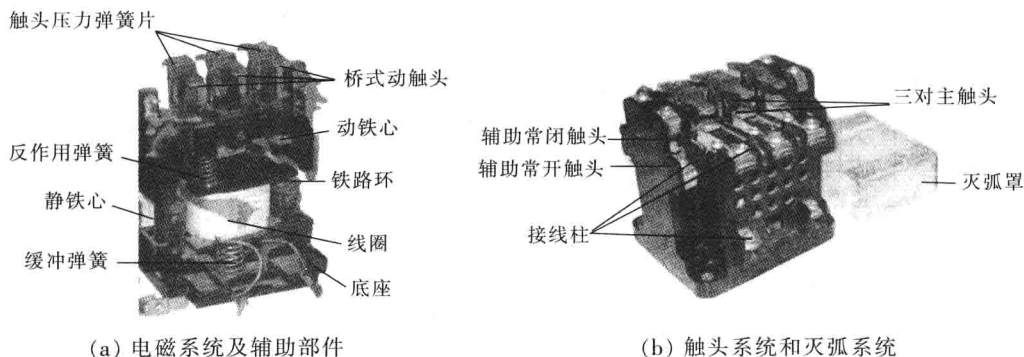


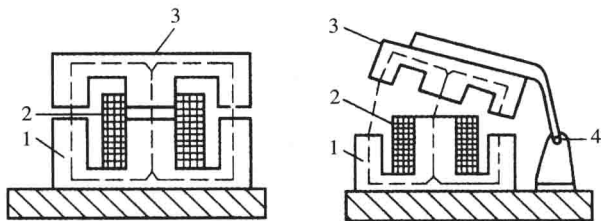
图 1.4 交流接触器的结构

1. 电磁系统

交流接触器的电磁系统主要包括衔铁(动铁芯)、铁芯(静铁芯)、线圈等,其结构及形状如图 1.5 所示。

(1) 衔铁与铁芯。CJ0 系列交流接触器的衔铁运动方式,对于额定电流为 40 A 及其以下的交流接触器采用衔铁直线运动的螺旋管式,如图 1.5(a)所示;对于额定电流为 60 A 及其以上的交流接触器多采用衔铁绕轴转动的拍合方式,如图 1.5(b)所示。交流接触器铁芯的形状及短路环,如图 1.6 所示。铁芯及衔铁开关均为 E 形,它们一般用硅钢片叠压铆成以减少交变磁场在铁芯中产生涡流和磁滞损耗,防止铁芯过热而损坏。

交流接触器的电磁系统在实际运行过程中,衔铁不但受到释放弹簧及其他机械阻力的作用,同时还受到交流励磁电流过零时的影响,这些作用和影响都使得衔铁有释放的趋势,从而使衔铁产生振动,发出噪声。消除衔铁振动和噪声的措施,主要是在铁芯和衔铁的两个不同端部各开一个槽,槽内嵌装一个用铜、康铜或镍铬合金材料制成的短路环,又称为减振环或分磁环。



(a) 衔铁直线运动的螺旋管式 (b) 衔铁绕轴转动的拍合式

图 1.5 交流接触器电磁系统结构图

1-静铁芯,2-线圈,3-动铁芯(衔铁),4-轴

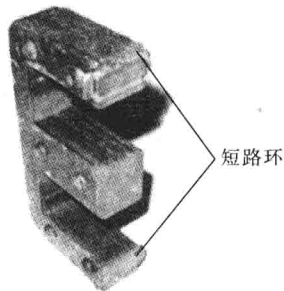


图 1.6 交流接触器铁芯的形状及短路环

(2) 线圈。交流接触器的线圈是利用绝缘性能较好的电磁线绕制而成的,是电磁机构动作的能源供给系统,它一般并接在电源上。线圈匝数越多,阻抗就越大,额定电流就越小。因为构成磁路的铁芯存在磁滞和涡流损耗效应,铁芯经常有发热的现象,为使热量能够尽快

地散出去,线圈一般做成粗而短的圆筒状且均匀绕在绝缘骨架上,使铁芯与线圈之间隔有一定的间隙,这样做既能增加铁芯的散热面积,又能避免铁芯因过热而损坏。

2. 触头系统

各种电器的导电回路都是由若干个导电元器件组成的,而利用两个导电元器件之间的相互接触来实现导电的现象,称为电接触现象。电接触方式可分为固定接触(压接或焊接的电接触)、可分合接触、滚动接触三种。触头有三种接触形式,即点接触、线接触、面接触,如图 1.7 所示。交流接触器的触头系统,按电接触方式可归为可分合接触,即利用触头的分合达到断开电路和接通电路的目的。

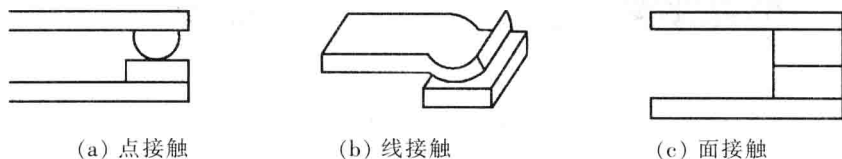


图 1.7 触头的三种接触形式

CJ0 和 CJ10 交流接触器的触头一般采用双断点桥式触头。动触头一般用紫铜片冲压而成,并具有一定的弹性,触头块用银或银基合金制成,镶焊在触头桥的两端;静触头一般用黄铜板冲压而成,一端镶焊触头块,另一端为接线座。动触头和静触头的外形及结构如图 1.8 所示。用来制造触头的材料很多,材料的质地决定了触头的工作性能和使用寿命。

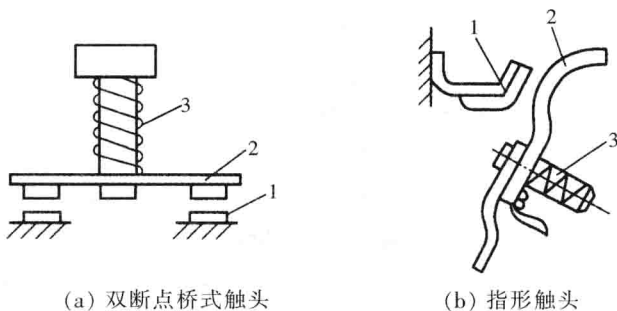


图 1.8 动触头和静触头的外形及结构

1-静触头,2-动触头,3-触头压力弹簧

按照接通和分断能力来划分,触头可以划分为主触头和辅助触头。主触头主要用于通断电流较强的主电路,其体积较大,一般由三对常开触头组成。辅助触头主要用以通断电流较弱的控制回路,其体积较小,一般由两对常开触头和两对常闭触头组成。所谓触头常开和常闭,指的是电磁系统未通电动作前触头所处的原始状态。常开和常闭触头是由衔铁通过杠杆连动作的,当电磁线圈通电时,常闭触头首先断开,继而常开触头闭合;电磁线圈断电时,常开触头首先恢复断开,继而常闭触头恢复闭合。

3. 灭弧系统

交流接触器在断开强电流电路或高电压电路时,在动触头和静触头之间会产生很强的电弧,电弧是触头之间的气体在强电场作用下电离而产生的放电现象。根据实验可知,触头开合过程中两端电压越高,电流越大,弧区的温度就越高,电弧就越强。在有触头装置的开关电路中,电弧的产生是难以避免的,产生的电弧一方面烧蚀触头,减少其使用寿命,降低工

作可靠性;另一方面它还使切断电路的时间延长,甚至造成弧光短路或引发火灾事故。因此,我们希望在断开电路时触头之间的电弧迅速熄灭。

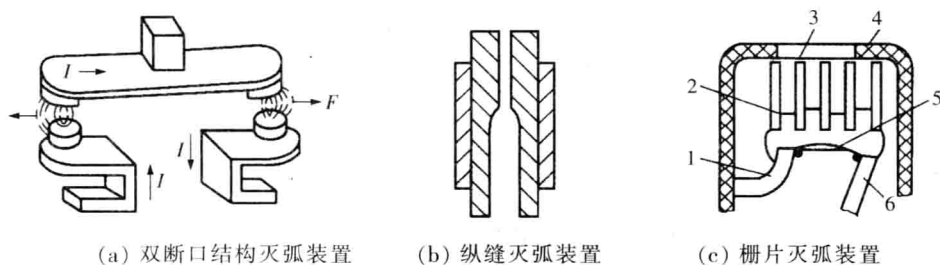


图 1.9 常用的灭弧装置

1-静触头,2-短电弧,3-灭弧栅片,4-灭弧罩,5-电弧,6-动触头

熄灭电弧的方法有很多种,采用何种方法和何种装置,因电流的种类和电流等级而异,常见的灭弧装置如图 1.9 所示。常用的灭弧方法主要有:① 双断口结构灭弧;② 栅片灭弧;③ 纵缝灭弧。

4. 辅助部分

交流接触器的其他零部件主要包括:反作用弹簧、缓冲弹簧、动触头压力弹簧以及传动杠杆等。交流接触器的工作原理是:将接触器线圈的两端加上适当的电压(根据接触器线圈额定电压来确定),其动铁芯受到电磁力的作用而吸合,通过传动杠杆使常开触头闭合及常闭触头断开,从而接通电路。当撤去接触器线圈两端的电压时,由于弹簧的作用,使常开触头断开,从而断开电路。

接触器是用来频繁地遥控接通或断开交直流主电路及大容量控制电路的自动控制电器元件。它不同于刀开关类手动切换电器元件,因为它具有手动电器元件所不能实现的遥控功能;它也不同于自动空气开关,因为它虽然具有一定的断流能力,但不具备短路保护和过载保护的功能。在电力拖动和自动控制系统中,接触器主要控制的对象是电动机,也可用于控制电热设备,如电焊机、电容器组等其他负载。接触器不仅可以用来遥控通断电路,还具有欠电压和零电压释放保护、操作频率高、工作可靠性好、性能稳定、使用寿命长、维护方便等优点。

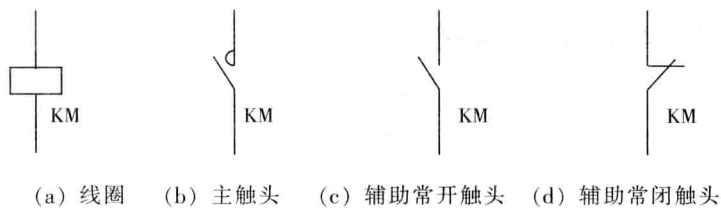


图 1.10 接触器在电路中的表示符号

接触器分为交流接触器和直流接触器两种,接触器在电路中的表示符号,如图 1.10 所示。接触器的型号主要有 CJ0 和 CJ10 两个系列,另外,还有 B 系列,它们的具体型号及含义,如图 1.11 所示。

在停止按钮(SB1)处断开,接触器 KM 线圈断电,接触器释放,接触器常开触头断开,电动机断电停止。

电路中的按钮是今后经常要用到的低压电器元件,在电路中起着发号施令的作用。它是一种手动操作接通和断开小电流控制电路的电器元件。按钮一般由按钮帽、复位弹簧、桥式动触头、静触头、外壳及支柱连杆等组成。按钮的名称、结构及符号如图 1.14 所示。按钮颜色一般是,红色表示停止,绿色或黑色表示启动、工作、点动等。

结 构			
符 号			
名 称	停止按钮 (常闭按钮)	启动按钮 (常开按钮)	复合按钮

图 1.14 按钮的结构、符号及名称

1-按钮帽,2-复位弹簧,3-支柱连杆,4-常闭静触头,
5-桥式动触头,6-常开静触头,7-外壳

按钮的型号及含义,如图 1.15 所示。

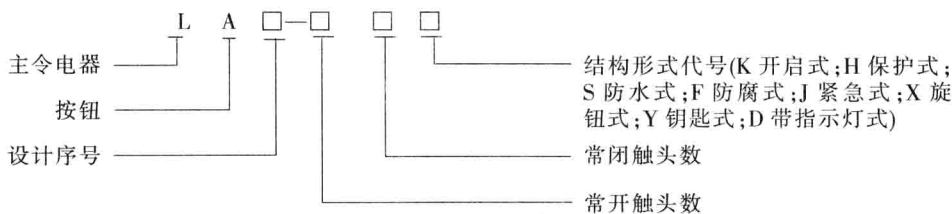


图 1.15 按钮的型号及含义

四、三相交流异步电动机单向控制线路的安装

(一) 电器元件的选择

1. 三相交流异步电动机,型号为 Y100L2-4,额定功率为 3 kW,额定电压和额定电流分别为 380 V 和 6.8 A,采用 Y 连接方式,转速为 1 420 r/min。

2. 接触器,此处选用 CJ10-20A 型号的交流接触器(根据电动机额定电流选择接触器的额定电流)。

3. 按钮,根据工作环境选择按钮的种类,如果工作环境恶劣,如灰尘较多,则选用保护式按钮,型号为 LA10-2H;如果工作环境潮湿,则选用防水式按钮,型号为 LA10-2S。此处我们选用型号为 LA10-2H 的按钮。

4. 导线(主电路),根据电动机的额定电流来选择导线的横截面积,选用铜芯导线,查相关手册可知,铜芯导线横截面积为 1.5 mm^2 (导线截面)时,它能承受 19 A 的电流,故此处选用 BV 铜芯导线,其横截面积为 1.5 mm^2 。

5. 控制电路的导线,因为控制电路通过的电流强度较小,故此处选用 1 mm^2 的 BV 铜芯导线。

6. 按钮线,此处选用 BVR 铜芯导线,其横截面积为 0.5 mm^2 。

7. 接线端子排,此处选用的型号为 JD0-1020,额定电压和电流分别为 380 V 和 10 A ,共计 20 节。

8. 接地线,选用 BVR 铜芯导线,其横截面积为 1.5 mm^2 (黄绿双色线)。

9. 配线板,此处选用 $500 \text{ mm} \times 600 \text{ mm} \times 20 \text{ mm}$ 的木板或网孔板。

10. 木螺钉,此处选用 $\phi 3 \text{ mm} \times 20 \text{ mm}$ 、 $\phi 3 \text{ mm} \times 15 \text{ mm}$ 两种型号の木螺钉。

11. 线路安装时所需要的电工工具主要有:万用表 MF-47 型或根据实际情况选用、钳形电流表($0 \sim 50 \text{ A}$)、兆欧表、验电器、钢丝钳、一字形和十字形螺丝刀、电工刀、尖嘴钳、剥线钳等。

(二) 电器元件的安装

电器元件的整体布置示意图,如图 1.16 所示。

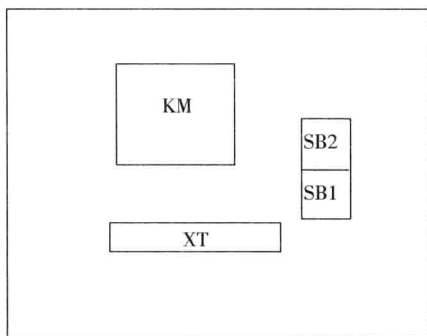


图 1.16 电器元件的整体布置示意图

电器元件安装的具体要求是:

1. 电器元件要安装牢固、布置整齐、次序合理;
2. 电器元件安装要求美观,即各元器件的安装位置应整齐、匀称,间距合理,便于更换;
3. 固定各元器件时要用力均匀,紧固程度适当。

注意:在安装电器元件之前应当检查各电器元件的好坏。

(三) 按照电路图进行接线

根据电气原理图 1.13 和电器元件的整体布置图 1.16 画出各电器元件在电路图中的具体位置和详细接线图,如图 1.17 所示。

接线工艺的具体要求是(直角走线):

1. 从端子排接出的线(多根)应线贴线、线靠板走线,要求横平竖直;
2. 走线拐弯处应是直角,在一个平面内线线不能相交;
3. 走线时应分层、分色走,即主电路走线在一个平面内(竖直或水平),且用同一种颜色的线,控制电路走线在另一个平面内,且用另一种颜色的线;