



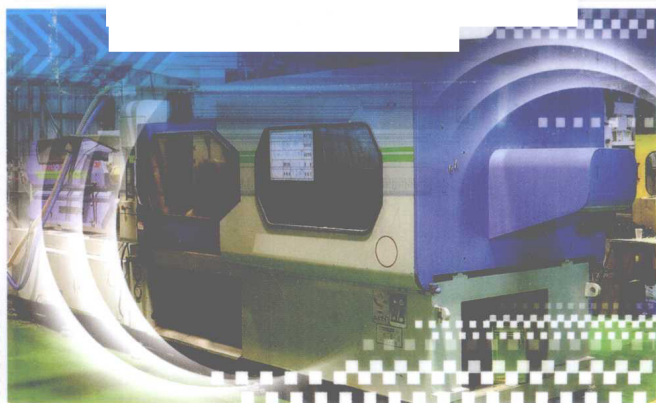
面向“十二五”高等教育课程改革项目研究成果

机床电气控制技术

JICHUANG DIANQI KONGZHI JISHU

◎ 主 编 刘龙江

◎ 副主编 赵亚英 张志军 张怀广



面向“十二五”高等教育课程改革项目研究成果

机床电气控制技术

主 编 刘龙江
副主编 赵亚英 张志军 张怀广
参 编 杨 维 吴德君 牛方方
刘 畅

 北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书系统地介绍了机床电气控制技术,并进一步对数控机床电气控制及电气图的计算机绘制作了详尽介绍。内容包括机床电气控制中使用的各种低压电器、常见基本控制电路及电机控制、典型机床的电气控制线路分析、PLC 控制技术及其在数控机床中的应用、典型数控系统及其电气控制、电气 CAD 等。为适应理论实践一体化教学要求,全书采用项目驱动教学法编写,以能力为本位,以应用为目的,以必需、够用为度,力求简明易懂,便于自学。

本书可作为高等院校机电一体化、机械制造及自动化、数控技术、自动化等专业的教材,同时对从事机电一体化领域的工程技术人员也有一定的参考价值。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

机床电气控制技术/刘龙江主编. —北京:北京理工大学出版社,2010.7

ISBN 978 - 7 - 5640 - 3555 - 6

I. ①机… II. ①刘… III. ①机床 - 电气控制 - 高等学校 - 教材
IV. ①TG502.35

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 151287 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京燕旭开拓印务有限公司

开 本 / 710 毫米 × 1000 毫米 1/16

印 张 / 20.5

字 数 / 382 千字

责任编辑 / 陈莉华

版 次 / 2010 年 7 月第 1 版 2010 年 7 月第 1 次印刷

陈 竑

印 数 / 1 ~ 1500 册

责任校对 / 张沁萍

定 价 / 42.00 元

责任印制 / 边心超

图书出现印装质量问题,本社负责调换

面向“十二五”高等教育课程改革项目研究成果 机电系列编委会

主任：翟瑞波

副主任：徐秀娟 王核心 李稳贤 侯会喜 袁世先

编委：(按姓氏笔画为序)

卜养玲	孔敏	王颖娴	王亚平	王兰	王周让
王保华	王从钗	牛方方	邓小君	邓树君	代美泉
石枫	白娟娟	冯秀萍	孙鹏涛	李俊	李宁
李燕	李俊涛	李妍缘	李丽娟	吕栋腾	朱劲松
朱敬超	朱永迪	闫存富	刘书群	刘峙	刘畅
刘光定	刘龙江	安宏	许云兰	宋芳	宋志峰
宋述林	宋育红	张运真	张俊勇	张保丰	张志军
张俊	张怀广	张明颖	张峰	张文革	冶君妮
时寸	辛小丽	辛梅	罗亚军	宗一妮	房贯军
赵亚英	赵东辉	赵章吉	赵斌	庞应周	杨辉
杨琳	杨维	杨汉嵩	杨爽	郭新民	侯晓芳
徐铭	徐雅娟	徐家忠	高凯	高葛	唐志祥
符林芳	黄明惠	黄金磊	曾霞	雷伟斌	蒋爱云
蔺国民	潘爱民	薛媛丽			

前 言

机床电气控制技术所涉及的内容十分广泛,包括:继电器接触器控制技术、PLC 控制技术及其应用,数控机床电气控制还包括典型数控系统电气控制、伺服驱动技术等。作为高等院校机电类专业的一门专业技术课,机床电气控制技术得到普遍重视。本书以机床电气控制及数控机床电气应用为目的,采用突出实践性、体现应用性的项目驱动结构体系编写,在叙述上力求全面、简洁和实用,使读者能对机床电气控制技术有一个比较全面的了解。

全书共分 7 个模块,模块一为机床常用电器及基本控制电路,主要介绍机床常用低压电器、机床电气识图常识、机床基本控制电路等,模块二为数控机床常用电机的控制与调速,主要介绍步进电动机控制、直流伺服电动机的控制与调速、交流伺服电动机的控制与调速等,模块三为典型机床电气控制系统,主要介绍普通机床电气控制线路分析、典型机床常见电气故障分析与维修、电气控制系统设计等,模块四为可编程序控制器(PLC)及其应用,主要介绍典型 PLC 及其在机床电气控制技术中的应用、PLC 控制系统应用程序的设计方法等,模块五为数控机床的可编程控制器,主要介绍数控机床上 PLC 的功能和形式、FANUC PMC 可编程机床控制器、Siemens PLC 可编程机床控制器等,模块六为典型数控系统及其电气控制硬件连接,主要介绍数控系统及其组成、FANUC 数控系统及其电气控制硬件连接、Siemens 数控系统及其电气控制硬件连接等,模块七为机床电气控制线路 CAD 软件设计,主要介绍 AutoCAD 2008 软件系统基础知识及典型机床电气控制线路图的计算机绘制等。

本书由刘龙江任主编,赵亚英、张志军任副主编。参加本书编写的有吴德君(模块一),牛方方(模块二),赵亚英(模块三),刘龙江(模块四),杨维(模块五),张志军(模块六),赵亚英、张怀广、刘畅(模块七)。全书由刘龙江起草编写大纲并进行统稿,赵亚英进行了校核。

本书编写过程中参考和引用了大量资料和文献,在此向本书所参考和引用的资料和文献作者及北京理工大学出版社的大力支持和帮助表示衷心感谢。

由于编者水平有限,书中疏漏在所难免,恳请读者和专家批评指正。

编 者

目 录

知识能力模块一 机床常用电器及基本控制电路	(1)
学习单元1 机床常用低压电器	(1)
一、学习目标	(1)
二、任务分析	(1)
三、相关知识	(2)
四、技能训练	(16)
学习单元2 机床电气识图常识	(20)
一、学习目标	(20)
二、任务分析	(20)
三、相关知识	(21)
学习单元3 机床基本控制电路	(24)
一、学习目标	(24)
二、任务分析	(25)
三、相关知识	(26)
四、技能训练	(38)
知识能力模块二 数控机床常用电机的控制与调速	(42)
学习单元1 步进电动机的控制	(42)
一、学习目标	(42)
二、任务分析	(42)
三、相关知识	(43)
四、技能训练	(46)
学习单元2 直流伺服电动机的控制与调速	(47)
一、学习目标	(47)
二、任务分析	(47)
三、相关知识	(48)
学习单元3 交流伺服电动机的控制与调速	(49)
一、学习目标	(49)
二、任务分析	(49)

三、相关知识	(50)
四、技能训练	(52)
知识能力模块三 典型机床电气控制系统	(54)
学习单元1 普通机床电气控制线路分析	(54)
一、学习目标	(54)
二、任务分析	(54)
三、相关知识	(55)
学习单元2 典型机床常见电气故障分析与维修	(78)
一、学习目标	(78)
二、任务分析	(78)
三、相关知识	(78)
学习单元3 电气控制系统设计	(89)
一、学习目标	(89)
二、任务分析	(89)
三、相关知识	(89)
知识能力模块四 可编程序控制器 (PLC) 及其应用	(107)
学习单元1 初识 PLC	(107)
一、学习目标	(107)
二、任务分析	(107)
三、相关知识	(109)
学习单元2 PLC 编程软件的使用及系统的调试运行	(117)
一、学习目标	(117)
二、任务分析	(118)
三、相关知识	(129)
四、技能训练	(142)
学习单元3 PLC 的定时器与计数器使用	(144)
一、学习目标	(144)
二、任务分析	(144)
三、相关知识	(147)
四、技能训练	(165)
学习单元4 PLC 控制系统的设计与应用	(170)
一、学习目标	(170)
二、任务分析	(170)
三、相关知识	(175)

四、技能训练	(188)
知识能力模块五 数控机床 PLC	(191)
学习单元1 初识数控机床 PLC	(191)
一、学习目标	(191)
二、任务分析	(191)
三、相关知识	(192)
学习单元2 FANUC PMC 可编程机床控制器	(194)
一、学习目标	(194)
二、任务分析	(194)
三、相关知识	(199)
学习单元3 Sinumerik 802D PLC 子程序库	(211)
一、学习目标	(211)
二、任务分析	(211)
三、相关知识	(211)
知识能力模块六 典型数控系统及其电气控制硬件连接	(222)
学习单元1 数控系统及其组成	(222)
一、学习目标	(222)
二、任务分析	(222)
三、相关知识	(226)
四、技能训练	(228)
学习单元2 FANUC 数控系统及其电气控制硬件连接	(229)
一、学习目标	(229)
二、任务分析	(229)
三、相关知识	(233)
四、技能训练	(238)
学习单元3 Siemens 数控系统及其电气控制硬件连接	(239)
一、学习目标	(239)
二、任务分析	(239)
三、相关知识	(246)
四、技能训练	(248)
知识能力模块七 电气控制线路 CAD 软件设计	(249)
学习单元1 AutoCAD 2008 软件系统基础知识	(249)
一、学习目标	(249)

二、任务分析	(249)
三、相关知识	(250)
学习单元2 绘制机床电气控制线路图	(304)
一、学习目标	(304)
二、任务分析	(305)
三、相关知识	(305)
附录：相关知识速查表	(314)
参考文献	(317)

知识能力模块一 机床常用电器及基本控制电路

能力目标

- (1) 会正确拆卸和装配常用低压电器并能进行简单的检测。
- (2) 正确使用各种低压电器,并能熟练进行校验和调整。
- (3) 掌握各种电机控制线路,并能按照要求设计电气原理图。
- (4) 能快速、正确地进行电机控制线路接线。
- (5) 能按照电器安装图、电器接线图正确安装电气柜。

学习单元1 机床常用低压电器

一、学习目标

- (1) 掌握各类低压电器工作原理及用途。
- (2) 掌握各类低压电器选型、接线。
- (3) 熟悉低压电器检测及校验方法。

二、任务分析

低压电器通常是指工作在交流电压小于1 200V、直流电压小于1 500V的电路中,能根据外界的信号和要求,手动或自动地接通、断开电路,以实现对电路或非电对象的切换、控制、保护、检测、变换和调节的元件或设备。

总的来说,低压电器可以分为配电电器和控制电器两大类,是成套电气设备的基本组成元件。在工业、农业、交通、国防以及各用电部门中,大多数采用低压供电,因此电器元件的质量将直接影响低压供电系统的可靠性。

常用的低压电器有刀开关、接触器、熔断器、热继电器和速度继电器等。

在本单元中,需要完成以下任务。

- (1) 对刀开关、组合开关能够进行熟练的拆装,并根据需要对组合开关的触头进行调整。
- (2) 根据负载及控制方式的要求合理选择低压开关的种类、规格。

- (3) 根据要求选择熔断器及熔体规格,熟记熔断器及熔体针对不同负载的选用方法。
- (4) 对熔断器常见故障能够分析故障原因,并采用正确的修理方法排除故障。
- (5) 交流接触器的结构、动作原理和选用方法。
- (6) 交流接触器的拆装方法。
- (7) 对交流接触器常见故障能够准确分析故障原因并加以修复。
- (8) 合理选用时间继电器,按照要求调整延时时间。
- (9) 合理选用热继电器,并能对热元件电流进行整定。

三、相关知识

(一) 刀开关

刀开关也称闸刀开关。主要用来隔离电源或手动接通与断开交/直流电路,也可用于不频繁的接通与分断额定电流以下的负载,如小型电动机、电炉等。

1. 刀开关的外形结构及符号

根据工作原理、使用条件和结构形式的不同,刀开关可分为刀开关、刀形转换开关、开启式负荷开关(胶盖瓷底刀开关)、封闭式负荷开关(铁壳开关)、熔断器式刀开关和组合开关等。

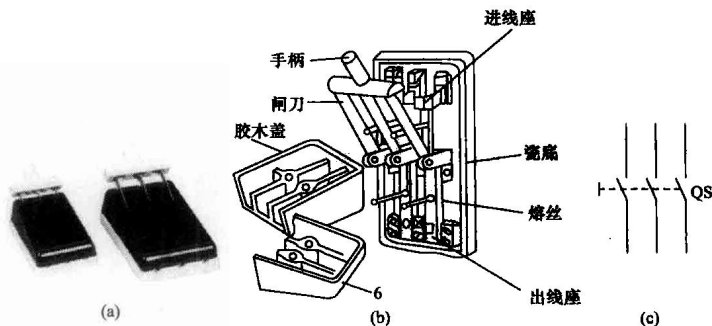


图 1.1 刀开关外形及符号

(a) 外形;(b) 结构;(c) 图形及文字符号

其主要部件有与操作瓷柄相连的动触头、静触头、刀座、熔丝、进线及出线接线座,这些导电部分都固定在瓷底板上,且用胶盖盖住。所以当闸刀合上时,操作人员不会触及带电部分。胶盖还具有下列保护作用:将各极隔开,防止因极间飞弧导致电源短路;防止电弧飞出盖外,灼伤操作人员;防止金属零件掉落在闸刀上形成极间短路。熔丝的装设,又提供了短路保护功能。

2. 闸刀开关技术参数与选择

根据刀的极数和操作方式,刀开关可分为单极、双极和三极,常用的三极开关额定电流有 100A、200A、400A、600A 和 1 000A 等。其中 60A 及以下规格才用来控制电动机。常用的闸刀开关型号有 HK1、HK2 系列。表 1.1 列出了 HK2 系列部分技术数

据。通常,除特殊的大电流刀开关有电动机操作外,一般都是采用手动操作方式。

表 1.1 HK2 系列胶盖闸刀开关的技术数据

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 /万次	电寿命 /万次
250	10	2	500	1.1	10 000	2 000
	15	2	500	1.5		
	30	2	1 000	3.0		
380	15	3	500	2.2	10 000	2 000
	30	3	1 000	4.0		
	60	3	1 000	5.5		

正常情况下,刀开关一般能接通和分断其额定电流,因此,对于普通负载可根据负载额定电流来选择刀开关额定电流。对于用刀开关控制电机时,考虑其启动电流可达 4~7 倍额定电流,选择刀开关的额定电流,宜选电动机额定电流的 3 倍左右。

3. 使用刀开关的注意事项

(1) 将它垂直地安装在控制屏或开关板上,不可随意搁置。

(2) 进线座应在上方,接线时不能把它与出线座接反,否则在更换熔丝时将会发生触电事故。

(3) 更换熔丝必须先拉开闸刀,并换上与原用熔丝规格相同的新熔丝,同时还要防止新熔丝受到机械损伤。

(4) 若胶盖和瓷底座损坏或胶盖失落,闸刀开关就不可再使用,以防发生事故。

4. 组合开关

组合开关(转换开关)实质上也是一种刀开关,其结构及符号如图 1.2 所示。一般刀开关的操作手柄是在垂直于其安装面的平面内向上或向下转动,而组合开关的操作手柄则是在平行于其安装面的平面内向左或向右转动而已。组合开关一般用于电气设备中作为非频繁地接通和分断电路、换接电源和负载、测量三相电压以及控制小容量异步电动机的正反转和星形-三角形降压启动等。

组合开关主要技术参数有额定电压、电流、极数等。其中额定电流有 10A、25A、60A 等几级。全国统一设计的常用产品有 HZ5、HZ10 系列和新型组合开关 HZ15 等系列。

(二) 熔断器

熔断器是一种广泛应用的简单而有效的保护电器。在使用中,熔断器中的熔体(也称为熔丝)串联在被保护的电路中,当该电路发生过载或短路故障时,如果通过熔体的电流达到或超过了某一定值,则在熔体上产生的热量便会使温度升高到熔体的熔点,导致熔体自行熔断,达到保护的目。

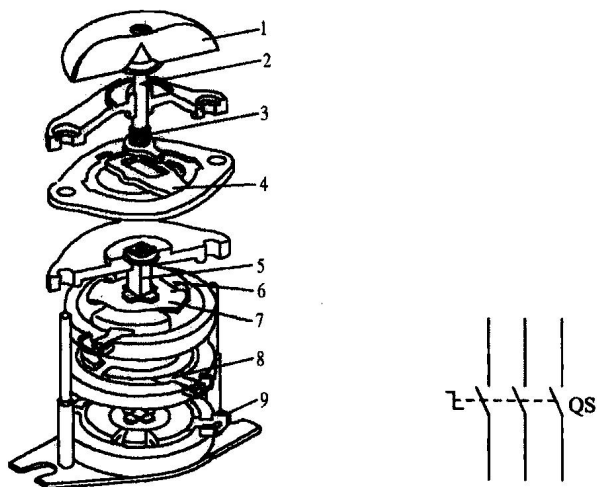


图 1.2 组合开关结构及符号

1—手柄;2—转轴;3—弹簧;4—凸轮;5—绝缘杆;
6—绝缘垫板;7—动触片;8—静触片;9—接线柱

1. 熔断器外形结构与符号

熔断器主要由熔体和安装熔体的底座两部分组成,其图形及文字符号如图1.3所示。熔体一般由熔点低、易于熔断、导电性能良好的合金材料制成。在小电流的电路中,常用铅合金或锌做成的熔体(熔丝)。对大电流的电路,常用铜或银做成片状的熔体。

熔断器熔体通过的电流为熔体额定电流时,熔体长期不熔断;当电路发生严重过载时,熔体在较短时间内熔断;当电路发生短路时,熔体瞬时熔断。



图 1.3 熔断器图形及文字符号

2. 熔断器的选择

首先应根据使用场合选择熔断器的类型。电网配电一般用刀形触头熔断器(如HDLR10 RT36系列);电动机保护一般用螺旋式熔断器;照明电路一般用圆筒帽形熔断器;保护可控硅元件则应选择半导体保护用快速式熔断器。

熔断器额定电压应不小于实际电路的工作电压,确定熔体电流是选择熔断器的主要任务。熔断器额定电流在选定时应大于熔体额定电流。熔体电流选择具体有以下几条原则。

(1)对于变压器、电炉和照明等没有冲击性电流的负载,熔体的额定电流应不小于负载电流。

(2)对于输配电线路,熔体的额定电流应不小于线路的安全电流。

(3)在电动机回路中用做短路保护时,应考虑电动机的启动条件,按电动机启动时间的长短来选择熔体的额定电流。

对启动时间不长的电动机,可按式决定熔体的额定电流:

$$I_n = I_{st} / (2.5 \sim 3)$$

式中, I_{st} 为电动机的启动电流,单位为 A。

对启动时间较长或启动频繁的电动机,按下式决定熔体的额定电流:

$$I_n = I_{st} / (1.6 \sim 2)$$

对于多台电动机供电的主干母线处的熔断器的额定电流,可按式计算:

$$I_n = (2.0 \sim 2.5) I_{max} + \sum I$$

式中, I_n 为熔体的额定电流; I_{max} 为多台电动机容量最大的一台电动机的额定电流; $\sum I$ 为其余电动机的额定电流之和。

(三) 主令电器

主令电器用来发布命令、改变控制系统工作状态的电器。其主要类型有按钮、行程开关、接近开关、万能转换开关和凸轮控制器等。

1. 按钮

按钮也称控制按钮或按钮开关,它是一种典型的主令电器,其作用通常是用来短时间地接通或断开小电流的控制电路,从而控制电动机或其他电气设备的运行。常用按钮外形及符号如图 1.4 所示。



图 1.4 常用按钮外形及符号

(a)外形;(b)符号

按钮触点分为常开和常闭。常态时在复位弹簧的作用下,常开触点断开,常闭触点闭合。当按下按钮时,常开触点闭合,常闭触点断开。

2. 行程开关

行程开关又称限位开关或位置开关,它是根据运动部件位置自动切换电路的控制电器,它可以将机械位移信号转换成电信号,常用来做程序控制、自动循环控制、定位、限位及终端保护。

行程开关有机械式、电子式两种,机械式又有按钮式和滑轮式两种。机械式行程开关与按钮式相同,一般都由一对或多对动合触点、动断触点组成,但不同之处

在于按钮是由人手指“按”，而行程开关是由机械“撞”来完成。

机械式行程开关的外形结构及符号如图 1.5 所示。

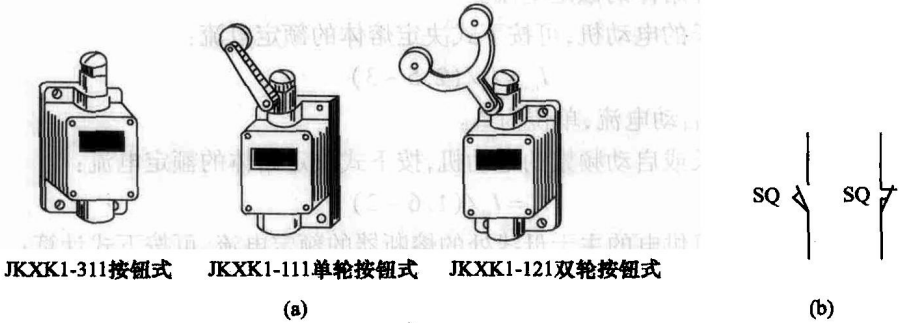


图 1.5 机械式行程开关外形结构及符号
(a)外形;(b)符号

3. 万能转换开关

万能转换开关是一种具有多个挡位、多段式(具有多对触点)的能够控制多回路的电器元件,主要用做电路转换,也可用于小容量电动机的启动、换向及调速。

万能转换开关的手柄有普通手柄型、旋钮型、钥匙型和带信号灯型等多种形式,手柄操作方式有自复式和定位式两种。操作手柄至某一位置,当手松开后,自复式转换开关的手柄自动返回原位;定位式转换开关的手柄保持在该位置上。手柄的操作位置以角度表示,一般有 30°、45°、60°、90°等,根据型号不同而有所不同。按用途分为主换控制用转换开关和直接控制 5.5kW 电动机用转换开关。

万能转换开关的图形符号如图 1.6 所示,文字符号为 SA。在图形符号中,触点下方虚线上的“•”表示当操作手柄处于该位置时,该对触点闭合;如果虚线上没有“•”,则表示当操作手柄处于该位置时该对触点处于断开状态。为了更清楚地表示万能转换开关的触点分合状态与操作手柄的位置关系,在机电控制系统图中经常把万能转换开关的图形符号和触头分合表结合使用。在触点分合表中,用“×”来表示手柄处于该位置时触点处于闭合状态。

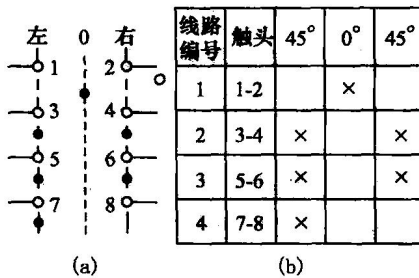


图 1.6 万能转换开关图形符号

(四) 接触器

接触器是一种自动控制电器,利用电磁吸力的作用使主触点闭合或分断。它可以用来频繁地远距离接通或断开大容量的交、直流负载电路。

接触器按其主触点通断电流的种类可分为交流接触器和直流接触器。这里主要介绍常用的交流接触器。交流接触器又可分为电磁式和真空式两种。

1. 电磁式交流接触器的结构和工作原理

1) 结构

接触器主要由电磁系统、触点系统、灭弧系统及其他部分组成。

(1) 电磁系统。电磁系统包括电磁线圈和铁芯,是接触器的重要组成部分,依靠它带动触点的闭合与断开。

(2) 触点系统。触点是接触器的执行部分,包括主触点和辅助触点。主触点的作用是接通和分断主回路,控制较大的电流,而辅助触点是在控制回路中,以满足各种控制方式的要求。

(3) 灭弧系统。灭弧装置用来保证触点断开电路时,产生的电弧可靠地熄灭,减少电弧对触点的损伤。为了迅速熄灭断开时的电弧,通常接触器都装有灭弧装置,一般采用半封式纵缝陶土灭弧罩,并配有强磁吹弧回路。

(4) 其他部分。有绝缘外壳、弹簧、短路环和传动机构等。

2) 工作原理及电气符号

当接触器电磁线圈不通电时,弹簧的反作用力和衔铁芯的自重使主触点保持断开位置。当电磁线圈通过控制回路接通控制电压(一般为额定电压)时,电磁力克服弹簧的反作用力将衔铁吸向静铁芯,带动主触点闭合,接通电路,辅助接点随之动作。工作原理及图形文字符号如图 1.7 所示。

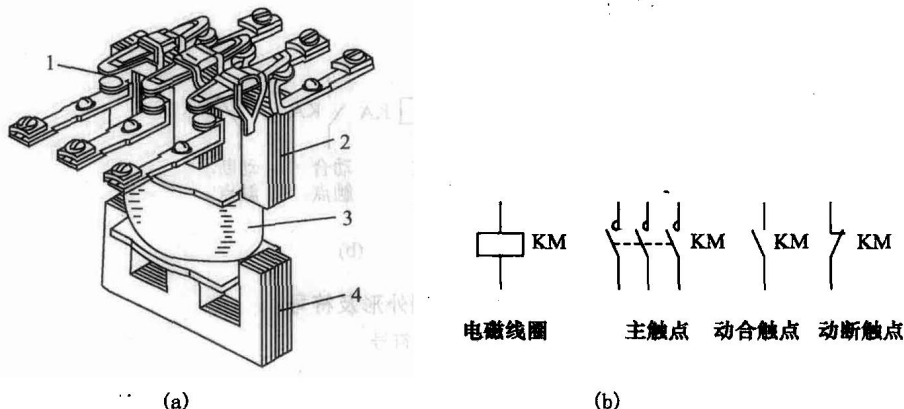


图 1.7 接触器工作原理及图形文字符号

(a) 外形; (b) 符号

1—主触点; 2—动铁芯; 3—电磁线圈; 4—静铁芯

2. 交流接触器的选用

(1) 主回路触点的额定电流应不小于被控设备的额定电流,控制电动机的接触器还应考虑电动机的启动电流。为了防止频繁操作的接触器主触点烧蚀,频繁动作的接触器额定电流可降低使用。

(2) 接触器的电磁线圈额定电压有 36V、110V、220V 和 380V 等,电磁线圈允许在额定电压的 80% ~ 105% 范围内使用。

(五) 继电器

继电器是当输入量(如电压、电流、温度等)达到规定值时,使被控制的输出电路导通或断开的电器。可分为电气量(如电流、电压、频率、功率等)继电器及非电气量(如温度、压力、速度等)继电器两大类。继电器具有动作快、工作稳定、使用寿命长、体积小等优点,广泛应用于电力保护、自动化、运动、遥控、测量和通信等装置中。

1. 中间继电器

中间继电器的主要作用是在电路中起信号的传递与转换作用。中间继电器可以实现多路控制,并可将小功率的控制信号转换为大容量的触点动作,以驱动电气执行元件工作。有时也可用中间继电器控制小容量电动机的启停。

中间继电器也可分为直流与交流两种,其结构一般由电磁机构和触点系统组成。电磁机构与接触器相似,其触点因为通过控制电路的电流容量较小,所以不需加装灭弧装置。

1) 中间继电器的外形结构与符号

中间继电器的外形及符号如图 1.8 所示,图 1.8(b)所示为中间继电器的符号,其文字符号为 KA。

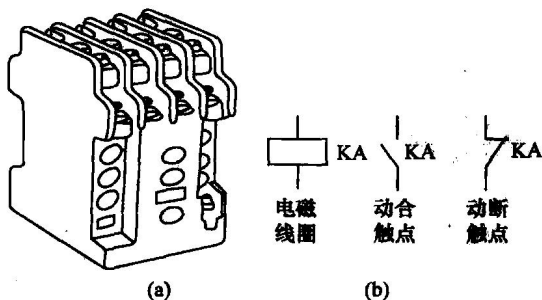


图 1.8 中间继电器外形及符号

(a)外形;(b)符号

2) 中间继电器的动作原理

中间继电器与交流接触器相似,动作原理也相同,当电磁线圈得电时,铁芯被吸合,触点动作,即动合触点闭合,动断触点断开;电磁线圈断电后,铁芯释放,触点复位。