

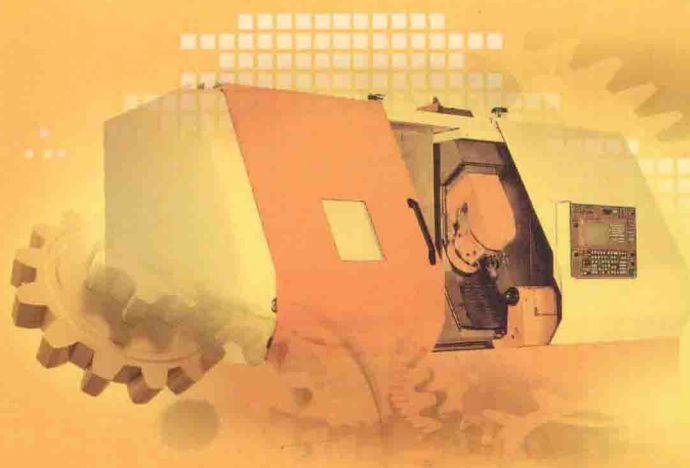
数控机床

电气控制与系统维护

SHUKONG JICHUANG

DIANQI KONGZHI YU XITONG WEIHU

◎主编 魏 林 张艳芬



数控机床电气控制 与系统维护

◎ 主 编 魏 林 张艳芬

◎ 副主编 孙方道

◎ 参 编 李 琦 王 震



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 提 要

本教材编写上采用任务驱动模式,系统地介绍了数控机床的电气控制原理、机床 PLC 控制、数控系统连接调试、进给系统连接调试、主轴控制系统连接调试等方面的知识,同时介绍了数控机床维护保养与精度检测方面的知识。每个工作任务都配备了相关实训内容,做到理论联系实际。

本书除了可作为高等院校数控技术专业、机电一体化专业、数控设备应用与维护专业教学的教材,也可供有关教师及企业工程技术人员作为参考资料或培训用书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

数控机床电气控制与系统维护/魏林,张艳芬主编. —北京:北京理工大学出版社,2014. 12
ISBN 978-7-5640-9118-7

I. ①数… II. ①魏… ②张… III. ①数控机床-电气控制-高等学校-教材 ②数控机床-电气设备-维修-高等学校-教材 IV. ①TG659.023

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 075698 号

出版发行/北京理工大学出版社有限责任公司

社 址/北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编/100081

电 话/(010)68914775(总编室)

82562903(教材售后服务热线)

68948351(其他图书服务热线)

网 址/http://www.bitpress.com.cn

经 销/全国各地新华书店

印 刷/三河市天利华印刷装订有限公司

开 本/787毫米×1092毫米 1/16

印 张/12

字 数/351千字

版 次/2014年12月第1版 2014年12月第1次印刷

定 价/45.00元

责任编辑/陈莉华

文案编辑/张慧峰

责任校对/周瑞红

责任印制/马振武

图书出现印装质量问题,请拨打售后服务热线,本社负责调换

前 言

数控机床是机电一体化的典型产品,综合了计算机、自动控制、电动机与拖动、电子和电力、自动检测、精密机械等方面的技术。数控机床的高精度、高效率及高柔性决定了发展数控机床是当前我国机械制造业技术改造的必由之路。数控机床是未来工厂自动化的基础。随着数控机床的大量使用,在高等教育数控专业和其他机电专业中普及数控机床电气控制及维护维修技术就显得尤为重要。同时,通过对数控机床电气控制原理的学习,对提高学生的机床操作能力与综合运用专业知识的能力也有很大帮助。

本书以数控机床电气控制各组成部分为研究对象,主要内容包括了数控机床电气控制基本元件与原理、PLC的编程与调试、数控系统部分的连接与调试、进给伺服系统的连接与调试、主轴控制系统的连接与调试、数控机床的维护保养方法及常见故障排除等七个项目,每个项目分为若干工作任务,每个工作任务都配备了相关实训环节,做到理论联系实际,使学生在一步步完成相关工作任务的过程中不断提高自身理论水平与实践技能。教材编写按照数控机床装调维修工中级工的难度标准设置理论与实践操作要求,同时完善质量考核与评价办法,增强学生质量、责任、成本和效率意识,力求使学生通过学习,掌握数控机床电气控制系统的分析、连接调试与维护维修的基本技能。

本教材的主要特点:

1. 采用基于工作过程的教学思路,坚持“以就业为导向,以能力为本位”的原则,教材编写注重理论与实践相结合,理论以“够用、必需”为度,突出与实践技能相关的必备专业知识。

2. 体系科学,结构新颖。在教材编写过程中,充分考虑到数控技术专业培养目标对数控机床电气控制理论知识与实践技能的要求,以数控机床各电气组成部件的连接与调试为工作任务载体,科学地设计了教材知识体系结构,有利于实现教学目标。

3. 内容选取上注重实际应用,结合具体的机床维护维修案例,每个工作任务都配备了一到两个实训项目,使学生在学中做,做中学。将数控机床装调维修工的职业标准融入理论与实践教学中,同时在实训中培养学生的团队协作意识与职业素养。

4. 结合实际,应用性强。本教材重点突出、简单易懂,避免了冗繁的理论推导,注重实际应用,使理论和实践相结合。通过本教材的学习,可以使学生对数控机床常见电气故障做简单处理与维修,具有对数控机床常见故障做简单处理与维修的能力,使学生用好管好设备。

5. 教材体现了以学生为主、教师为辅的教学思路。通过在理实一体化教室授课并结合实训设备,引导学生自学、团队合作、相互交流,教师只起到引导和指导的作用。

本书由魏林、张艳芬任主编,孙方遒任副主编,李琦、王震参与了部分内容的编写。具体分工如下:项目一、项目二、项目三由魏林编写,项目四由孙方遒编写,项目五、项目六

《《《 目 录

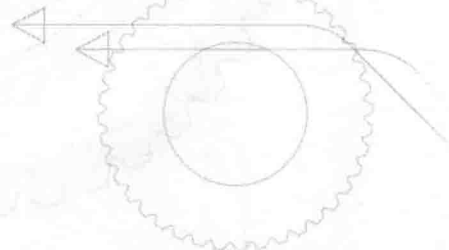
项目一 数控机床电气控制原理的认知	1
任务 1.1 数控机床常用低压电气元件的选择	2
【任务描述】	2
【知识链接】	2
一、低压电器的分类	2
二、常见数控机床用低压电气介绍	3
【任务实施】	13
实训项目 数控机床电气元件的识别与拆装接线	13
任务 1.2 数控机床基本控制电路的连接与实现	14
【任务描述】	14
【知识链接】	15
一、自锁控制的原理	15
二、互锁控制的原理	16
【任务实施】	17
实训项目 三相异步电动机正/反转控制电路连接与调试	17
任务 1.3 数控机床电气控制原理图的识读	19
【任务描述】	19
【知识链接】	20
一、电气原理图的构成要素	20
二、电气原理图的识读方法	24
三、电气元件布置图及安装接线图	25
【任务实施】	26
实训项目 数控车床电气原理图的阅读分析	26
项目二 数控机床 PLC 控制的编程与应用	29
任务 2.1 S7—200PLC 的编程	29
【任务描述】	29
【知识链接】	30
一、可编程控制器的特点	30
二、S7—200PLC 的内存结构及寻址方式	31
三、S7—200PLC 编程指令	33

录 目 录 >>>

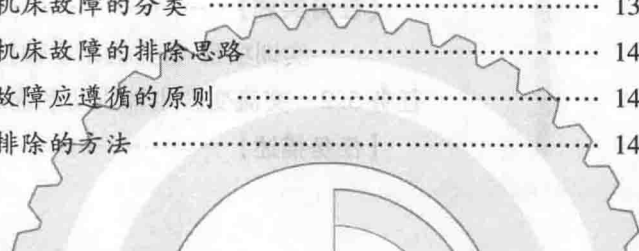
1	【任务实施】	48
5	实训项目 电动机正/反转 PLC 控制程序的编写与调试	48
5	任务 2.2 数控机床 PLC 的调试与应用	50
5	【任务描述】	50
5	【知识链接】	50
6	一、华中数控系统综合实训台 PLC 的功能介绍	50
61	二、标准 PLC 的基本操作及参数配置	53
81	三、PLC 故障的诊断方法	57
81	【任务实施】	58
81	实训项目一 华中数控系统机床 PLC 的功能测试	58
81	实训项目二 数控机床 PLC 的修改与调试	59
81	项目三 华中数控系统安装连接及调试维护	61
81	任务 3.1 华中数控系统的功能接口与连接	61
51	【任务描述】	61
51	【知识链接】	62
81	一、数控系统的接口	62
81	二、输入/输出装置	68
85	【任务实施】	70
85	实训项目一 华中数控系统的连接	70
85	实训项目二 数控系统功能检验	76
85	任务 3.2 华中数控系统的参数设置与调试	77
85	【任务描述】	77
85	【知识链接】	78
85	一、数控机床参数的概念	78
85	二、参数的设置操作	79
85	【任务实施】	81
85	实训项目一 数控系统参数的备份、恢复与调试	81
85	实训项目二 数控系统参数的设置	82
85	实训项目三 数控系统参数类故障的诊断与排除	83

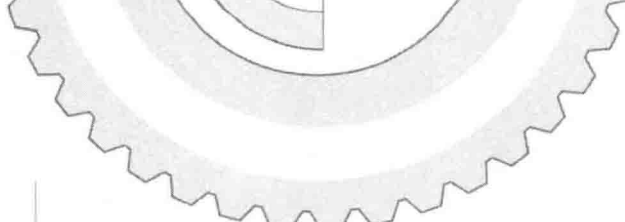
项目四 进给伺服驱动系统调试与维修	85
任务 4.1 交流伺服驱动系统的电气连接	85
【任务描述】	85
【知识链接】	86
一、交流进给伺服驱动系统的组成部分	86
二、数控机床对进给伺服驱动系统的要求	87
三、进给伺服驱动系统的分类	88
四、交流伺服电机的结构与特点	89
五、检测反馈元件	90
【任务实施】	95
实训项目 交流伺服驱动系统的电气连接与参数设置	95
任务 4.2 交流伺服驱动系统的调试与维修	98
【任务描述】	98
【知识链接】	98
一、进给伺服系统的故障形式与原因分析	98
二、进给伺服系统故障的维修方法	100
【任务实施】	101
实训项目一 交流伺服驱动器的调节	101
实训项目二 交流伺服驱动器故障的设置与排除	103
项目五 数控机床主轴变频调速系统的连接与调试	105
任务 5.1 数控机床主轴控制系统的认知	105
【任务描述】	105
【知识链接】	106
一、数控机床对主轴控制系统的要求	106
二、主轴电动机的分类与特点	106
三、主轴驱动装置的接口	108
【任务实施】	110
实训项目 数控机床主轴控制系统的识别	110
任务 5.2 交流变频主轴驱动系统的连接与调试	112
【任务描述】	112

录 目 录 >>>



28	【知识链接】	112
28	一、异步电动机的概念	112
28	二、变频调速原理	113
28	三、通用变频器的构造	114
68	【任务实施】	115
78	实训项目 变频调速系统的构成、调整及使用	115
88	项目六 数控机床的维护与保养	119
88	任务 6.1 数控机床的合理使用及保养	119
88	【任务描述】	119
88	【知识链接】	120
88	一、数控机床的维护保养的意义与要求	120
88	二、数控机床操作规程	121
88	三、数控设备维护的主要内容	122
88	【任务实施】	126
88	实训项目 数控机床的保养与维护操作	126
88	任务 6.2 数控机床的位置精度检验与补偿	128
88	【任务描述】	128
88	【知识链接】	128
88	一、数控机床精度的检验	128
88	二、数控机床位置精度的测试与补偿	129
88	【任务实施】	134
88	实训项目 数控车床 Z 轴的螺距补偿操作	134
88	项目七 数控机床维修实例分析	138
88	任务 7.1 数控机床故障诊断的一般方法	138
88	【任务描述】	138
88	【知识链接】	139
88	一、数控机床故障的分类	139
88	二、数控机床故障的排除思路	141
88	三、排除故障应遵循的原则	142
88	四、故障排除的方法	143





《《《 目 录

五、维修中应注意的事项	144
【任务实施】	145
实训项目 数控车床 X 轴、Z 轴接口互换实训	145
任务 7.2 数控车床刀架的故障检测与排除	147
【任务描述】	147
【知识链接】	147
一、刀架的基本组成与工作原理	147
二、刀架的电气控制原理	148
三、常见刀架故障的现象与处理方法	149
【任务实施】	151
实训项目一 刀架及换刀常见的故障及其诊断	151
实训项目二 换刀参数类故障的设置与排除	152
任务 7.3 数控机床返回参考点控制及常见故障分析	153
【任务描述】	153
【知识链接】	154
一、数控机床回参考点的原理与过程	154
二、回参考点的故障诊断	155
【任务实施】	158
实训项目 改变机床回参考点的方式实训	158
附录	160
附录 A ISO4336—1981 (E) 机床数字控制——数控装置和数控 机床电气设备之间的接口规范	160
附录 B 华中数控系统综合实训台相关电路图	163
附录 C 卧式车床几何精度检验项目	169
附录 D 加工中心几何精度检验项目	171
参考文献	175

项目一 数控机床 电气控制原理的认知

【项目案例导入】

作为数控机床的操作者，若想具备数控机床简单故障的维修技能，首先必须看懂数控机床电气控制的一般原理与过程，并且能够看懂相关电气图纸。例如，在机床上广泛使用三相异步电动机来提供动力来驱动相关设备，其启动、正/反转及制动灯运动是由各种有触点的接触器、按钮及熔断器等常用低压电器组成的主电路及控制电路实现的，这种控制电路构成的系统称为继电器—接触器控制系统，是一种非常典型和常用的电气控制系统。图 1-1 所示为三相异步电动机具有热过载保护的启动及停止控制电路。图中的 QS、FU、KM、FR、SB 等文字符号的含义及其所代表的电气元件是什么？其控制电路是怎样控制主电路工作的？答案就在本项目中。

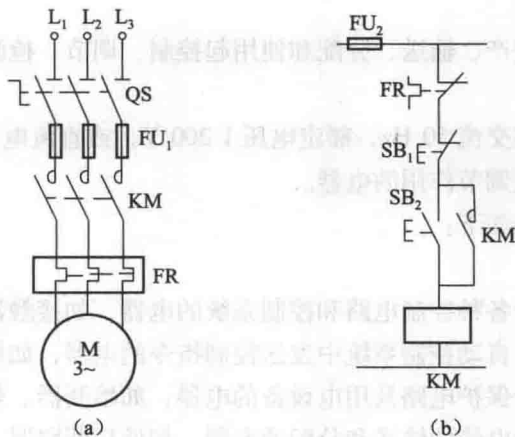


图 1-1 三相异步电动机具有热过载保护的启动及停止控制电路
(a) 主电路；(b) 控制电路图



任务 1.1 数控机床常用低压电气元件的选择



【任务描述】

数控机床电气控制系统中采用了低压电器作为基本组成元件,而且控制系统的优劣与所用的低压电器直接相关,因此只有掌握低压电器的基本知识和常用低压电器的结构及工作原理,并能对其准确选用、安装连接与检测调整,才能够分析数控机床电气控制系统的工作原理、处理及维修一般故障。本任务包括以下内容:

1. 根据机床电气柜中的低压电气实物,写出各电器的名称与符号。
2. 会对常见数控机床用低压电气进行选择与线路连接。
3. 会用万用表等工具测试电气元件,以确定其好坏。

知识目标

1. 掌握接触器、继电器等数控机床常用低压电器的结构、功能和工作原理。
2. 掌握常用低压电气的图形符号、文字符号。
3. 熟悉常用低压电气的基本应用。

技能目标

1. 准确认识常用低压电器,能说出其作用。
2. 能够对实际电路中用到的电气元件正确安装、接线与使用。



【知识链接】

一、低压电器的分类

电器是指对电能的生产、输送、分配和使用起控制、调节、检测、转换及保护作用的电工器械。

低压电器是指工作在交流 50 Hz, 额定电压 1 200 V, 或直流电压 1 500 V 及以下的电路中起通断、保护、控制或调节作用的电器。

低压电器的分类方法如下:

1. 按用途分类

- (1) 控制电器: 用于各种控制电路和控制系统的电器, 如接触器、继电器等。
- (2) 主令电器: 用于自动控制系统中发送控制指令的电器, 如按钮、行程开关等。
- (3) 保护电器: 用于保护电路及用电设备的电器, 如熔断器、热继电器等。
- (4) 配电电器: 用于电能的输送和分配的电器, 如低压断路器、隔离器等。
- (5) 执行电器: 用于完成某种动作或传动功能的电器, 如电磁铁、电磁离合器等。

2. 按工作原理分类

(1) 电磁式电器：依据电磁感应原理来工作的电器，如交直流接触器。

(2) 非电量控制电器：电器的工作是靠外力或某种非电物理量的变化而动作的电器，如按钮、压力继电器等。

3. 按执行机能分类

(1) 有触点电器：利用触点的接触和分离来通断电路的电器，如接触器、继电器等。

(2) 无触点电器：利用电子电路发出检测信号，达到执行指令并控制电路目的的电器，如电子接近开关等。

二、常见数控机床用低压电气介绍

1. 低压断路器

低压断路器也称自动空气开关，用于电动机和其他用电设备的电路中，在正常情况下，它可以分断和接通工作电流；当电路发生过载、短路、失压等故障时，它能自动切断故障电路，有效地保护串接于它后面的电器设备；还可用于不频繁地接通、分断负荷的电路，控制电动机的运行和停止。低压断路器的功能相当于闸刀开关、过电流继电器、热继电器及漏电保护电器等电器部分或全部功能的总和，是低压配电网中一种重要的保护电器，所以目前被广泛应用。低压断路器的外形如图 1-1-1 所示。图 1-1-2 所示为低压断路器的图形及文字符号。

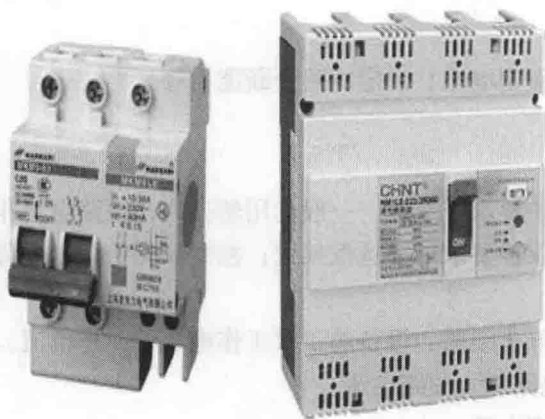


图 1-1-1 低压断路器的外形

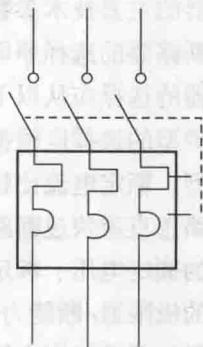


图 1-1-2 低压断路器的图形及文字符号

(1) 低压断路器的基本结构。

低压断路器主要由触点系统和灭弧装置、脱扣器、操作机构和脱扣机构三部分组成。

①触点系统和灭弧装置。

触点系统是用于接通和分断主电路，为了加强灭弧能力，在主触点处装有灭弧装置。

②脱扣器。

脱扣器是低压断路器的感测元件。当电路出现故障时，脱扣器收到信号后，经脱扣机构动作，使触点分断。脱扣器包括过流脱扣器、过载脱扣器、欠压(失压)脱扣器和热脱扣器等类型。

③操作机构和脱扣机构。

操作机构和脱扣机构是低压断路器的机械传动部件，当脱扣机构接收到信号后由断路器切断电路。

(2) 低压断路器的工作原理。

低压断路器的主触点靠操作机构手动或电动合闸。主触点闭合后，自由脱扣机构的锁钩将主触点锁在合闸位置上。过流脱扣器的线圈和过载脱扣器的热元件与主电路串联，欠压脱扣器的线圈和电源并联。当电路发生短路时，过流脱扣器的衔铁被吸合，使自由脱扣机构的锁钩脱开，主触点断开。当电路过载时，过载脱扣器的热元件发热使双金属片弯曲，推动自由脱扣机构动作。当电路欠电压时，欠压脱扣器的衔铁被释放，也使自由脱扣机构动作，使断路器触点分离，从而在过流、过载、欠压时保证了电路及电路中设备的安全。图 1-1-3 为低压断路器的工作原理示意图。

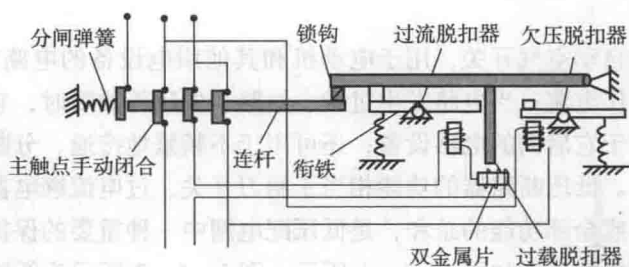


图 1-1-3 低压断路器工作原理示意图

(3) 低压断路器的主要技术参数。

低压断路器的主要技术参数有额定电压、额定电流、额定短路分断能力等。

(4) 低压断路器的选择原则。

低压断路器的选择应从以下几方面考虑：

①断路器类型的选择应根据使用场合和保护要求来选择。一般选用塑壳式；短路电流很大时选用限流型；额定电流比较大或有选择性保护要求的要选框架式；控制和保护含半导体器件的直流电路选直流快速断路器等。

②断路器的额定电压、额定电流应大于或等于线路、设备的正常工作电压、工作电流。

③断路器的极限通/断能力应大于或等于电路最大短路电流。

④欠电压脱扣器的额定电压应等于线路额定电压。

⑤过电流脱扣器的额定电流应大于或等于线路的最大负载电流。

2. 接触器

接触器是用来频繁接通和断开交、直流主电路和大容量控制电路的电器，它不仅具有远程控制的功能，还具有低电压释放保护功能，是电力拖动控制系统中最重要也是最常用的控制电器。接触器由于成本低廉、用途广泛，所以在各类低压电器当中，它是生产量最大、使用面最广的一种产品。据统计，电力系统的能量有一半以上通过接触器分配到各种受电器（如电动机、电热设备、电焊机、电容器组等），但接触器最主要的用途还是控制电动机。接触器分为交流接触器和直流接触器。机床控制上以交流接触器应用最为广泛，其外形如图 1-1-4 所示。

(1) 交流接触器的结构及工作原理。

交流接触器主要由电磁机构、触点系统、灭弧机构、回位弹簧力装置、支架与底座等几部分构成。

当接触器的励磁线圈通电后,在衔铁气隙处产生电磁吸力,使衔铁吸合。由于主触点支持件与衔铁固定在一起,衔铁吸合带动主触点闭合,接通主电路。与此同时,衔铁还带动辅助触点动作,使动合触点闭合,动断触点断开。

当线圈断电或电压显著降低时,电磁吸力消失或变小,衔铁在复位弹簧的作用下打开,使主、辅触点恢复到原来的状态,把电路切断。

交流接触器用于远距离控制电压 380V 以下、电流 600A 以下的交流电路,以及频繁启/制动的交流电动机的控制电路。CJ20 系列交流接触器的结构如图 1-1-5 所示,上部是主、辅触点和灭弧装置,下部是电磁机构。

CJ20 系列交流接触器的主触点均做成三极,辅助触点则为两动合两动断形式。此系列交流接触器常用于控制笼型电动机的启动和运转。

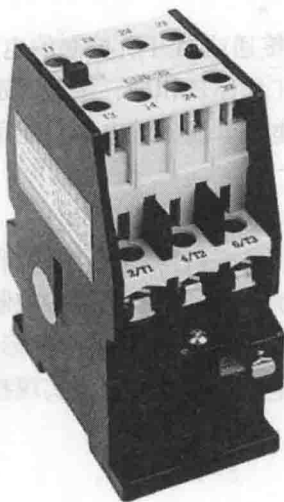


图 1-1-4 交流接触器外形

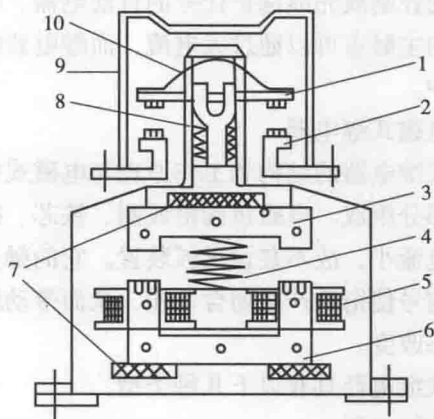


图 1-1-5 CJ20 系列交流接触器的结构示意图

1—主触点;2—辅助触点;3—衔铁;4—缓冲弹簧;5—电磁线圈;
6—铁芯;7—垫毡;8—触点弹簧;9—灭弧罩;10—触点压力弹片

(2) 接触器的图形符号及文字符号。

接触器的图形符号及文字符号如图 1-1-6 所示。

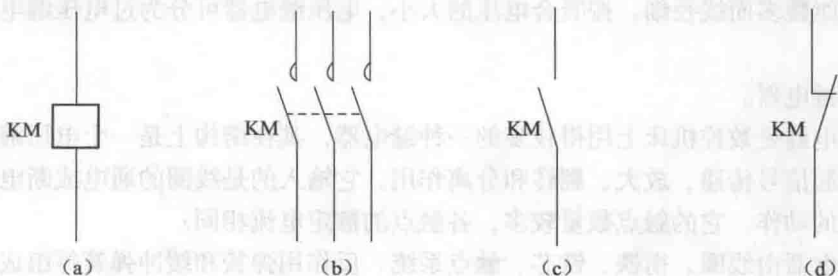


图 1-1-6 接触器的图形符号及文字符号

(a) 线圈; (b) 主触点; (c) 辅助常开触点; (d) 辅助常闭触点

(3) 接触器的选用。

接触器使用广泛,为了使其在不同的使用条件下正常工作,必须根据下列原则正确选用接触器,使其技术指标满足被控电路的要求。

- ①选择接触器的类型。控制交流负载应选用交流接触器，控制直流负载则选用直流接触器。
- ②接触器的使用类别应与负载性质相一致。交流接触器按使用类别分为 12 种，使用类别代号和相应典型用途可查相关国家标准。
- ③主触点的额定电压应大于或等于负载回路的额定电压。
- ④主触点的额定电流应大于或等于负载的额定电流。
- ⑤吸引线圈的电流种类和额定电压应与控制回路电压相一致，接触器在线圈额定电压 85% 及以上时应能可靠吸合。
- ⑥接触器的主触点和辅助触点的数量应满足控制系统的要求。

3. 继电器

继电器是一种利用电流、电压、时间、温度等信号的变化来接通或断开所控制的电路，以实现自动控制或完成保护任务的自动电器。继电器和接触器的工作原理相似，主要区别在于接触器的主触点可以通过大电流，而继电器的触点只能通过小电流。所以继电器只能用于控制电路中。

(1) 电磁式继电器。

电磁式继电器的结构和工作原理与电磁式接触器相似，也是由电磁机构、触点系统和释放弹簧等部分组成。电磁机构由线圈、铁芯、衔铁组成。触点系统由于其触点都接在控制电路中，且电流小，故不装设灭弧装置。它的触点一般为桥式触点，有常开和常闭两种形式。根据外来信号使衔铁产生闭合动作，从而带动触点动作，使控制电路接通或断开，实现控制电路的状态改变。

电磁式继电器具有以下几种类型。

①电流继电器。

电流继电器是根据输入电流大小而动作的继电器。使用时，电流继电器的线圈和被保护的负载串联，其线圈匝数少而线径粗、阻抗小、分压小，不影响电路正常工作。电流继电器按用途分为过电流继电器和欠电流继电器。

②电压继电器。

电压继电器是根据输入电压大小而动作的继电器。使用时，电压继电器的线圈与负载并联，其线圈匝数多而线径细。按吸合电压的大小，电压继电器可分为过电压继电器和欠电压继电器。

③中间继电器。

中间继电器是数控机床上用得较多的一种继电器，其在结构上是一个电压继电器。它在控制电路中起信号传递、放大、翻转和分离作用。它输入的是线圈的通电或断电信号，输出信号为触点的动作。它的触点数量较多，各触点的额定电流相同。

中间继电器由线圈、衔铁、铁芯、触点系统、反作用弹簧和缓冲弹簧等组成。中间继电器在数控机床上的应用非常广泛,其线圈得电与否主要受机床 PLC 输出信号的控制。

中间继电器的外观及连接座如图 1-1-7 所示, 图形及文字符号如图 1-1-8 所示。

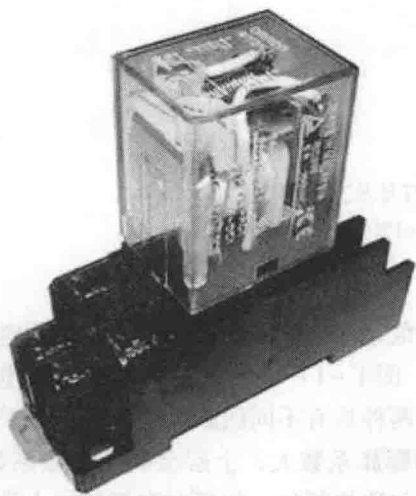


图 1-1-7 中间继电器的外观及连接座

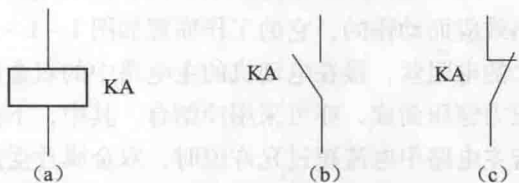


图 1-1-8 中间继电器图形及文字符号

(a) 线圈；(b) 常开触点；(c) 常闭触点

(2) 热继电器。

热继电器是一种利用电流的热效应来切断电路的保护电器。专门用来对连续运转的电动机进行过载及断电保护，以防电动机过热而烧毁。按相数分为两相热继电器和三相热继电器。

① 热继电器的结构、图形符号及文字符号。

热继电器由热元件、触点系统、动作机构、复位机构、整定电流装置和温度补偿元件等器件组成。两相及三相热继电器 JR10 和 JR16 的外形与结构如图 1-1-9 所示。

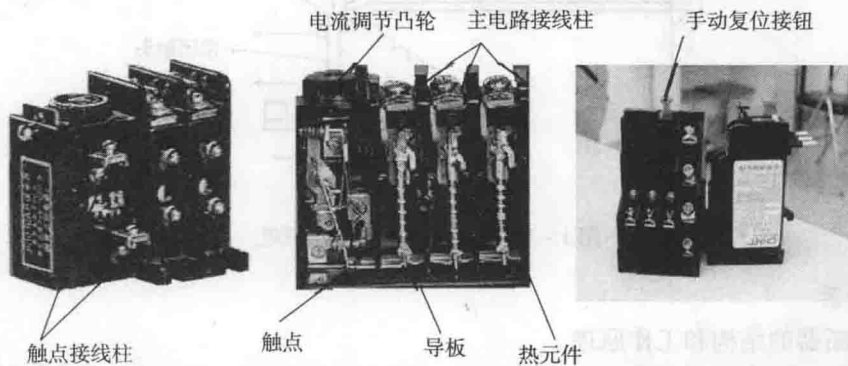


图 1-1-9 热继电器外形与结构

热继电器的热元件有两相结构和三相结构，是热继电器的测量元件，它主要由双金属片和绕在其外面的电阻丝组成。双金属片是由两种热膨胀系数不同的金属片（如铁镍合金）复合而成的，膨胀系数大的称为主动层，膨胀系数小的称为被动层。双金属片受热后产生膨胀，由于膨胀系数不同，双金属片向被动层一侧弯曲，推动机构带动触点动作。电阻丝常用康铜、镍铬合金等材料组成，它串接于电动机的电路中。热继电器的图形符号及文字符号如图 1-1-10 所示。