

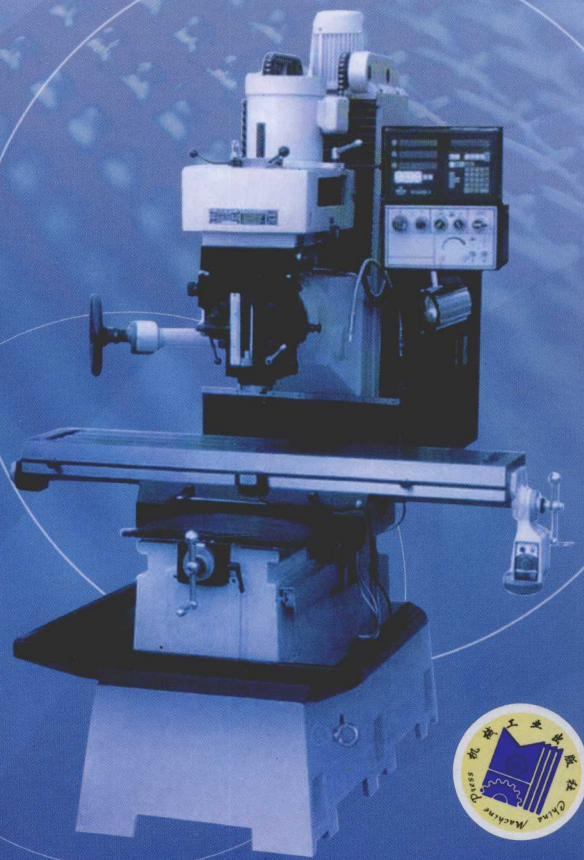
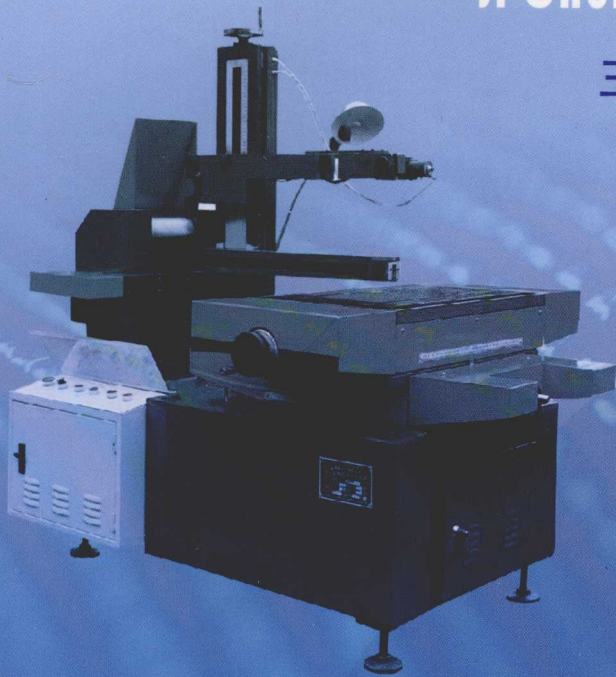


职业教育院校机电类专业规划教材
机械工业出版社精品教材

机床电气控制

JI CHUANG DIAN QI KONG ZHI

王炳实 王兰军 主编



职业教育院校重点专业规划教材
机械工业出版社精品教材

机床电气控制

主 编 王炳实 王兰军
副主编 尹四倍 陶翠霞
参 编 王 泊 于 雷
主 审 许传俊



机械工业出版社

本书共分5章。第一章主要介绍了机床常用电器及选择、机床继电器控制电路的基本环节、典型机床继电器控制系统的分析和设计方法、机床维修等知识。第二章为电动机的无级调速,主要介绍了调速的概念、指标和方法,负反馈的作用,直流电动机的速度控制与交流电动机的调速系统。第三章主要介绍了可编程序控制器(PLC)的原理与应用,重点介绍了FX系列的PLC编程元件与指令系统,并给出多个应用实例。第四章为数控机床,介绍了数控机床的特点、工作原理及发展趋势,数控机床的位置检测和伺服元件,数控机床的程序编制基础和维修。第五章列出四个实验内容,供选择使用。

本书可作为职业技术学院机械类专业教材,也可作为职大、电大等有关专业的教材,还可供工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机床电气控制/王炳实,王兰军主编. —北京:机械工业出版社, 2008.3

职业教育院校重点专业规划教材

ISBN 978-7-111-23549-1

I. 机… II. ①王…②王… III. 机床-电气控制-高等学校:技术学校-教材 IV. TG502.35

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第026603号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:汪光灿 责任校对:王欣

封面设计:陈沛 责任印制:洪汉军

高等教育出版社印刷厂印刷

2008年5月第1版第1次印刷

184mm×260mm·11.5印张·279千字

0001-4000册

标准书号:ISBN 978-7-111-23549-1

定价:20.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010) 68326294

购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010) 88379193

封面无防伪标均为盗版

前 言

近年来,国内外自动化技术、计算机控制技术迅速发展,机床电气控制的自动化程度越来越高。本书第四章对“数控机床”的介绍,就是为了适应机床行业的发展而编写的。书中介绍了数控机床的基本知识和基础理论,如数控系统、伺服系统与位置检测、加工程序编制基础等。为了让学生真正能够使用数控机床,本章以数控车床加工轴零件为例编写了程序,希望学生能学以致用。考虑到可编程控制器(PLC)在工业生产中获得了广泛应用,在数控机床中使用比较普遍,本书重点介绍了PLC的内部结构和工作原理,以FX系列为例介绍了其指令系统,并介绍了多个应用实例,以促使学生学会编制程序。交直流电动机在工业生产中得到了广泛使用,其调速性能是其最重要的性能,本书介绍了交直流电动机的几种调速方法。继电器—接触器控制系统是发展最早的控制系統,考虑到基本电路在现实生产中仍有大量应用,所以本书还是适当介绍了继电—接触控制系统。

本书由济南大学王炳实和山东劳动职业技术学院王兰军主编,山东劳动职业技术学院尹四倍和山东力明科技职业学院陶翠霞为副主编,山东力明科技职业学院王泊、于雷参编,由山东大学许传俊教授主审。第一、二、五章由王炳实、陶翠霞、王泊编写,第三、四章由王兰军、尹四倍、于雷编写。

本书可作为职业技术学院机械类专业教材,也可作为职大、电大等有关专业的教材,还可供工程技术人员参考。

因为时间仓促,编者水平有限,错误在所难免,敬请读者批评指正。

编者

2008. 01. 15

目 录

前言

第一章 继电器—接触器控制系统	1
第一节 机床常用电器及选择	1
第二节 机床电气原理图	13
第三节 机床控制电路的基本环节	17
第四节 典型机床电气控制电路分析	27
第五节 机床继电器—接触器控制系统的设计(选学)	36
第六节 机床电气控制电路故障检查与维修	44
本章小结	47
思考与练习题	48
第二章 电动机的无级调速	49
第一节 速度控制的基本概念和指标	49
第二节 直流电动机的速度控制	52
第三节 交流电动机的调速系统	67
第四节 调速装置的选择与使用	77
本章小结	80
思考与练习题	82
第三章 可编程序控制器	83
第一节 概述	83
第二节 可编程序控制器组成及工作原理	84
第三节 指令系统及编程	93
第四节 可编程序控制器应用技能实例	105
本章小结	111
思考与练习题	111
第四章 数控机床	114
第一节 数控机床概述	114
第二节 数控系统	117
第三节 数控机床的伺服系统及位置检测	120
第四节 数控机床的加工程序编制基础	133
第五节 数控车床	139
第六节 数控机床故障诊断与维护	145
本章小结	151
思考与练习题	152
第五章 机床电气控制实验	153

实验一	三相异步电动机的可逆运转控制及Y- Δ 减压起动控制	153
实验二	三相异步电动机的能耗制动及反接制动控制	154
实验三	编程器的使用与基本逻辑指令的编程练习	156
实验四	用 PLC 改造 CA6140 型车床电气控制系统	158
附录	160
附录 A	电气图常用文字、图形符号	160
附录 B	常用Y系列电动机技术数据	165
附录 C	FX-20P-E 简易编程器的使用	167
参考文献	176

第一章

继电器—接触器控制系统

普通机床一般都是由电动机来拖动的，而电动机尤其是三相异步电动机是由各种有触头的接触器、继电器、按钮、行程开关等电器组成的电气控制电路来进行控制的。虽然机床的电气控制电路各不相同，但都是由一些比较简单的基本环节按需要组合而成的。本章介绍常用低压电器及电气控制电路的基本环节，典型机床电气控制电路的分析与设计。

第一节 机床常用电器及选择

一、开关电器

1. 刀开关

刀开关（俗称闸刀开关）结构简单，由操作手柄、刀片、触头座和底板等组成。在机床上刀开关主要用来接通和断开长期工作设备的电源。

安装刀开关时，手柄要向上，不得倒装或平装。如果倒装，拉闸后手柄可能因自重下落引起误合闸而造成人身和设备安全事故。接线时，应将电源线接在上端，负载线接在下端，这样较为安全。

刀开关分单极、双极和三极，机床上常用的三极开关长期允许通过的电流有 100A、200A、400A、600A、1000A 五种，目前生产的产品常用型号有 HD（单投）和 HS（双投）等系列型号。

负荷开关有快断刀闸的刀开关与熔断器组合在一起的封闭式负荷开关，常用来控制小容量异步电动机的不频繁起动和停止，常用型号有 HH4 系列。

刀开关主要根据电源种类、电压等级、电动机容量、所需极数及使用场合来选用。若用来控制不经常起停的小容量异步电动机时，其刀开关额定电流不要小于电动机额定电流的三倍。

在电气原理图中，刀开关的图形符号及文字符号如图 1-1 所示。

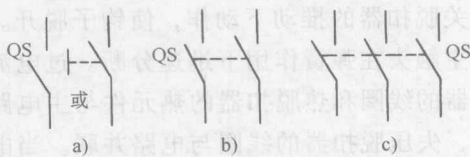


图 1-1 刀开关的图形符号及文字符号

a) 单极 b) 双极 c) 三极

2. 组合开关

组合开关主要用作电源的引入开关，所以也称电源隔离开关。它也可以起停 5kW 以下的异步电动机，但每小时的接通次数不宜超过 15~20 次，开关的额定电流一般取电动机额定电流的 1.5~2.5 倍。

组合开关有单极、双极和多极之分。它是由单个或多个单极旋转开关叠装在同一根方形

转轴上组成的，在开关的上部装有定位机构，它能使触片处在一定的位置上，其结构示意图如图 1-2 所示。

组合开关主要根据电源种类、电压等级、所需触头数及电动机容量进行选用。组合开关的常用产品有 HZ5、HZ10 系列。HZ5 系列额定电流有 10A、20A、40A 和 60A 四种。HZ10 系列额定电流有 10A、25A、60A 和 100A 四种，适用于交流 380V 以下、直流 220V 以下的电气设备中。

组合开关的图形符号和文字符号如图 1-3 所示。

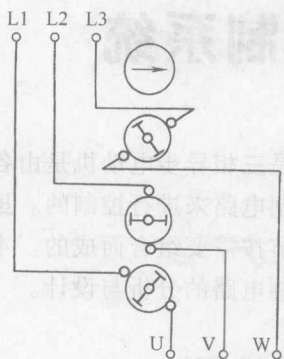


图 1-2 组合开关的结构示意图

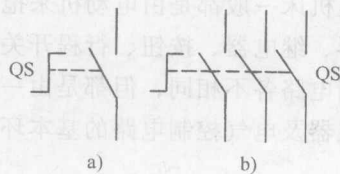


图 1-3 组合开关的图形符号及文字符号

a) 单极 b) 三极

3. 低压断路器

低压断路器曾称自动空气开关，它不但能用于正常工作时不频繁接通和断开的电路，而且当电路发生过载、短路或失压等故障时，能自动切断电路，有效地保护串接在它后面的电气设备。因此，低压断路器在机床上使用得越来越广泛。

图 1-4 是低压断路器的工作原理图。开关的主触头是靠操作机构手动或电动合闸的，并由自由脱扣机构将主触头锁在合闸位置上。如果电路发生故障，自由脱扣机构在有关脱扣器的推动下动作，使钩子脱开。于是主触头在弹簧作用下迅速分断。过电流脱扣器的线圈和热脱扣器的热元件与主电路串联，失压脱扣器的线圈与电路并联。当电路发生短路或严重过载时，过电流脱扣器的衔铁被吸合，使自由脱扣机构动作。当电路过载时，热脱扣器的热元件产生的热量增加，使双金属片向上弯曲，推动自由脱扣机构动作。当电路失压时，失压脱扣器的衔铁释放，也使自由脱扣机构动作。分励脱扣器则作为远距离控制分断电路之用。

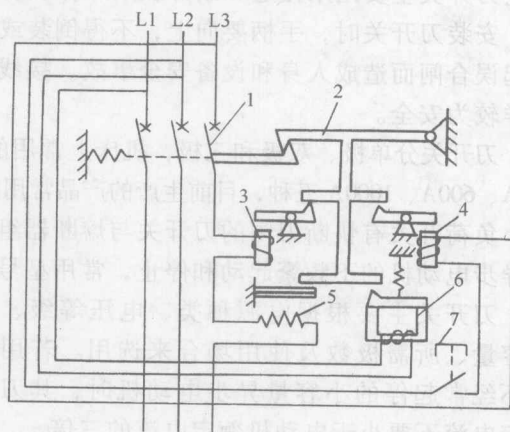


图 1-4 低压断路器工作原理图

1—主触头 2—自由脱扣机构 3—过电流脱扣器 4—分励脱扣器 5—热脱扣器 6—失压脱扣器 7—按钮

当电路过载时，热脱扣器的热元件产生的热量增加，使双金属片向上弯曲，推动自由脱扣机构动作。当电路失压时，失压脱扣器的衔铁释放，也使自由脱扣机构动作。分励脱扣器则作为远距离控制分断电路之用。

机床上常用的低压断路器有 DZ10、DZ5-20 和 DZ5-50 系列，适用于交流电压 500V、直

流电压 220V 以下的电路中，作不频繁的接通和断开电路用。

在选择低压断路器时，其额定电压和额定电流应不小于电路正常工作的电压和电流。热脱扣器的整定电流与所控制的电动机的额定电流或负载额定电流一致。

低压断路器的图形符号及文字符号如图 1-5 所示。

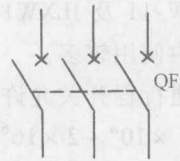


图 1-5 低压断路器的图形符号及文字符号

二、主令电器

自动控制系统中用于发送控制指令的电器称为主令电器。常用的主令电器有控制按钮、行程开关、接近开关、万能转换开关等几种。

1. 按钮

按钮通常用作短时接通或断开小电流控制电路的开关。按钮是由按钮帽、复位弹簧、桥式触头和外壳等组成，通常制成具有常开触头和常闭触头的复合式结构，其结构示意图如图 1-6 所示。指示灯式按钮内可装入信号灯显示信号；紧急式按钮装有蘑菇形钮帽，以便于紧急操作。旋钮式按钮是用手扭动旋转来进行操作的。

按钮的额定电压为交流 380V、直流 220V、额定电流 5A。在机床上常用的有 LA2（老产品）、LA18、LA19 及 LA20 等系列。按钮帽有多种颜色，一般红色用作停止按钮，绿色用作起动按钮。按钮主要根据所需要的触头数、使用场合及颜色来选择。

按钮的图形符号及文字符号如图 1-7 所示。

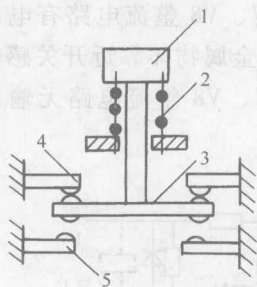


图 1-6 按钮结构示意图

- 1—按钮帽 2—复位弹簧 3—动触头
4—常闭静触头 5—常开静触头

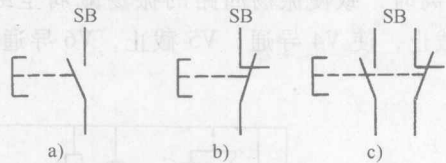


图 1-7 按钮的图形符号及文字符号

- a) 常开触头 b) 常闭触头 c) 复合触头

2. 行程开关

行程开关又称限位开关，是根据运动部件位置而切换电路的自动控制电器。动作时，由挡块与行程开关的滚轮 1 碰撞，使触头接通或断开，用来控制运动部件的运动方向、行程大小或位置保护。行程开关有机械式和电子式两种，机械式常见的有按钮式和滑轮式两种。机床上常用的有 LX2、LX19、JLXK1 及 LXW-11、JLXW1-11 型微动开关等。

LX19 及 JLXK1 型行程开关都备有一常开、一常闭两对触头，并有自动复位（单轮式）和不能自动复位（双轮式）两种类型，如图 1-8 所示。

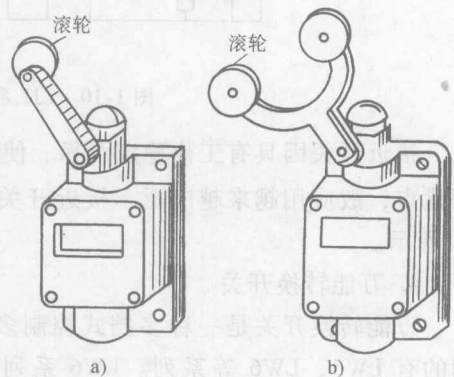


图 1-8 LX19 系列行程开关

- a) 单轮旋转式 b) 双轮旋转式

LXW-11 及 JLXW1-11 型是微动开关, 体积小, 动作灵敏, 在机床中使用较多。

普通行程开关允许操作频率为每小时 1200 ~ 2400 次, 机电寿命约为 $1 \times 10^6 \sim 2 \times 10^6$ 次。行程开关主要根据机械位置对开关的要求及触头数目的要求来选择型号。

行程开关的图形符号及文字符号如图 1-9 所示。

3. 接近开关

行程开关是有触头开关, 在操作频繁时, 易产生故障, 工作可靠性较低。接近开关是无触头开关, 按工作原理来区分, 有高频振荡型、电容型、感应电桥型、永久磁铁型、霍尔效应型等多种, 其中以高频振荡型最为常用。高频振荡型接近开关的电路由振荡器、晶体管放大器和输出电路三部分组成。其基本工作原理是: 当装在运动部件上的金属物体接近高频振荡器的线圈 L (称为感辨头) 时, 由于该物体内部产生涡流损耗, 使振荡回路等效电阻增大, 能量损耗增加, 使振荡减弱直至终止, 开关输出控制信号。通常把接近开关刚好动作时感辨头与检测体之间的距离称为动作距离。

常用的接近开关有 LJ1、LJ2 和 JXJ0 等系列。图 1-10 为 LJ2 系列晶体管接近开关电路原理图。此开关的振荡器是由晶体管 V1、振荡线圈 L 和电容 C_1 、 C_2 和 C_3 组成的电容三点式振荡器。振荡器的输出加到晶体管 V2 的基极上, 经 V2 放大及二极管 V7、V8 整流成为直流信号, 再加至 V3 的基极。当开关附近没有金属物体时, V7、V8 整流电路有电压输出, 使 V3 导通, 故 V4 截止, V5 导通, V6 截止, 开关无输出。当金属物体靠近开关感辨头到达动作距离时, 致使振荡回路的振荡减弱至终止振荡, 这时 V7、V8 整流电路无输出电压, 则 V3 截止, 使 V4 导通, V5 截止, V6 导通并有信号输出。

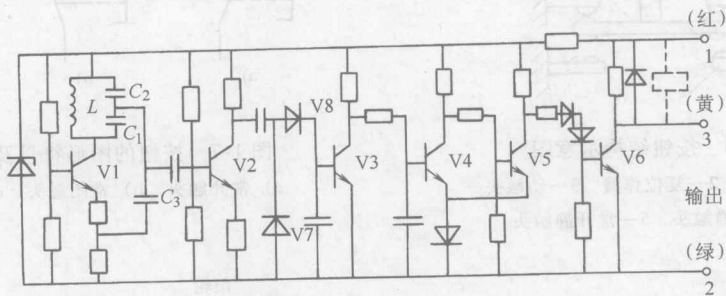


图 1-10 LJ2 系列晶体管接近开关电路原理图

接近开关因具有工作稳定可靠、使用寿命长、重复定位精度高、操作频率高、动作迅速等优点, 故应用越来越广泛。接近开关的图形及文字符号如图 1-11 所示。

4. 万能转换开关

万能转换开关是一种多挡式控制多回路的主令电器, 目前常用的有 LW5、LW6 等系列。LW6 系列转换开关由操作机构、面板、手柄及数个触头座等主要部件组成, 用螺栓组装成为整体。触头座可有 1 ~ 10 层, 每层均可装三对触头, 并由其中的凸轮进

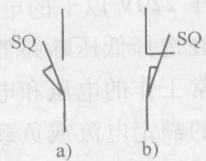


图 1-9 行程开关的图形符号及文字符号

a) 常开触头 b) 常闭触头

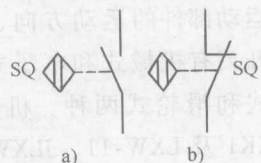


图 1-11 接近开关的图形及文字符号

a) 常开触头 b) 常闭触头

行控制,如图 1-12 所示。由于每层凸轮可做成不同的形状,因此当手柄转到不同位置时,通过凸轮的作用,可使各对触头按需要的规律接通和分断。

LW6 系列转换开关还可以装成双列型式,列与列之间用齿轮啮合,并由公共手柄进行操作,因此,这种转换开关装入的触头数最多可达到 $2 \times 10 \times 3 = 60$ 对。

三、熔断器

熔断器是一种广泛应用的最简单有效的保护电器。在使用时,熔断器串接在所保护的电路中,当电路发生短路或严重过载时,它的熔体能自动迅速熔断,从而切断电路,使导线和电气设备不致损坏。

熔断器主要由熔体(俗称保险丝)和安装熔体的熔管(或熔座)两部分组成。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,常用铅合金或锌作成的熔体(熔丝)。对大电流的电路,常用铜或银作成片状或笼状的熔体。在正常负载情况下,熔体温度低于熔断所必需的温度,熔体不会熔断。当电路发生短路或严重过载时,电流变大,熔体温度达到熔断温度而自动熔断,切断被保护的电路。熔体为一次性使用元件,再次工作必须换成新的熔体。

熔断器的类型及常用产品有瓷插(插入)式、螺旋式和密封管式三种。机床电气线路中常用的是 RL1 系列螺旋式熔断器及 RC1 系列插入式熔断器,它们的结构见图 1-13,技术数据分别列于表 1-1 及表 1-2 中。

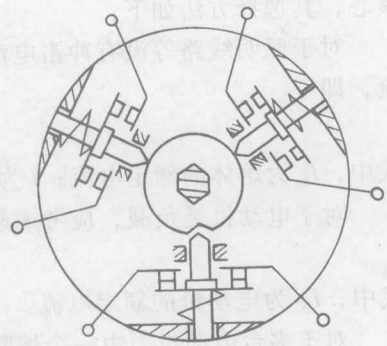


图 1-12 万能转换开关结构示意图

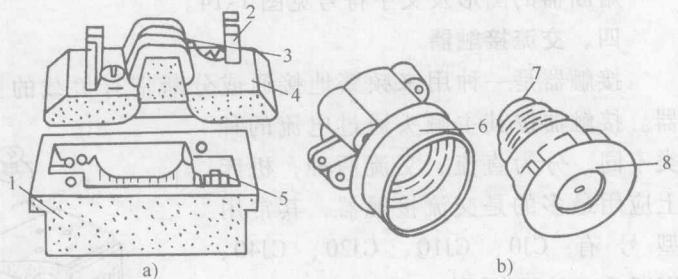


图 1-13 熔断器外形图

a) RC1 型 b) RL1 型

1—瓷底座 2—动触头 3—熔体 4—瓷插件 5—静触头
6—瓷帽 7—熔心 8—底座

表 1-1 RL1 系列螺旋式熔断器的技术数据

型号	熔断器额定电流/A	熔体额定电流/A	型号	熔断器额定电流/A	熔体额定电流/A
RL1-15	15	2,4,6,10,15	RL1-100	100	60,80,100
RL1-60	60	20,25,30,35,40,50,60	RL1-200	200	100,125,150,200

表 1-2 RC1 系列插入式熔断器的技术数据

型号	熔断器额定电流/A	熔体额定电流/A	型号	熔断器额定电流/A	熔体额定电流/A
RC1-10	10	1,4,6,10	RC1-100	100	80,100
RC1-15	15	6,10,15	RC1-200	200	120,150,200
RC1-30	30	20,25,30			

选择熔断器主要是选择熔断器的类型、额定电压、额定电流及熔体的额定电流。熔断器的类型应根据线路要求和安装条件来选择。熔断器的额定电压应大于或等于线路的工作电压。熔断器的额定电流应大于或等于熔体的额定电流。熔体额定电流的选择是熔断器选择的

核心，其选择方法如下：

对于照明线路等没有冲击电流的负载，应使熔体的额定电流等于或稍大于电路的工作电流，即

$$I_{fu} \geq I$$

式中， I_{fu} 为熔体的额定电流； I 为电路的工作电流。

对于电动机类负载，应考虑起动冲击电流的影响，应按下式计算：

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

式中， I_N 为电动机的额定电流。

对于多台电动机，由一个熔断器保护时，熔体的额定电流应按下式计算：

$$I_{fu} \geq (1.5 \sim 2.5) I_{Nmax} + \sum I_N$$

式中， I_{Nmax} 为功率最大的一台电动机的额定电流； $\sum I_N$ 为其余电动机额定电流的总和。

RS0、RS3系列快速熔断器的发热时间常数小，熔断时间短，动作快，主要用作电力半导体器件及其成套设备的过载及短路保护。

熔断器的图形及文字符号见图 1-14。

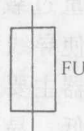


图 1-14 熔断器的图形及文字符号

四、交流接触器

接触器是一种用来频繁地接通或分断带有负载的主电路（如电动机）的自动控制电器。

接触器按其主触头通过电流的种类不同，分为直流、交流两种，机床上应用最多的是交流接触器，其常用型号有 CJ0、CJ10、CJ20、CJ40、CJ12 和 CJ12B 系列。

交流接触器的结构如图 1-15 所示，它是由电磁机构、触头系统、灭弧装置及其他部件等四部分组成，现分述如下：

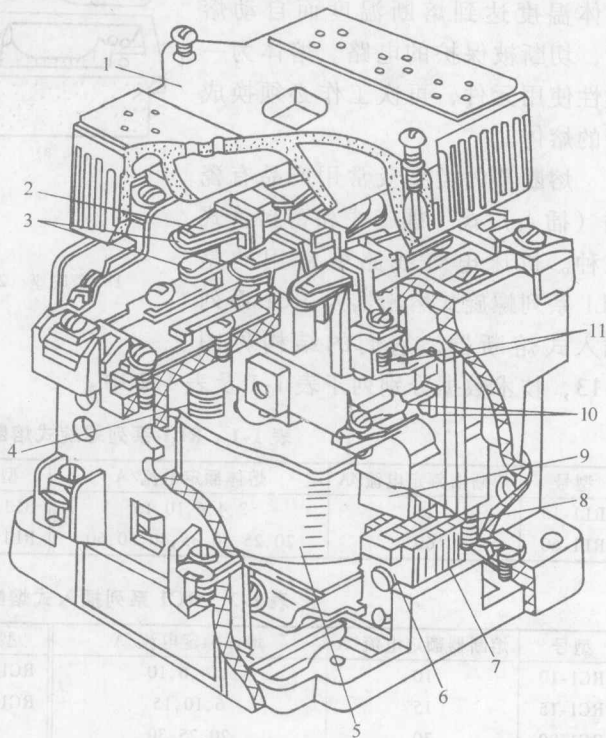


图 1-15 CJ0-20 型交流接触器

- 1—灭弧罩 2—触头压力弹簧片 3—主触头 4—反作用弹簧
5—线圈 6—短路环 7—静铁心 8—弹簧 9—动铁心
10—辅助常开触头 11—辅助常闭触头

(1) 电磁机构 电磁机构由线圈、动铁心（衔铁）和静铁心组成。

对于 CJ0、CJ10 系列交流接触器，大多采用衔铁直线运动的双 E 型直动式电磁机构，CJ20 系列 40A 以下采用 E 形铁心，60A 以上的为 D 形铁心。而 CJ12、CJ12B 系列交流接触器，采用衔铁绕轴转动的拍合式电磁机构。

(2) 触头系统 包括主触头和辅助触头。主触头通常为三对，构成三个常开触头，用于通断主电路。辅助触头一般有常开、常闭各两对，用在

控制电路中起电气自锁或互锁作用。

(3) 灭弧装置 当触头断开大电流时，在动、静触头间产生强烈电弧，会烧坏触头并使切断时间拉长。为使接触器可靠工作，必须使电弧迅速熄灭，故要采用灭弧装置。容量在 10A 以上的接触器都有灭弧装置。

(4) 其他部件 包括反作用弹簧、触头压力弹簧、传动机构及外壳等。

交流接触器的工作原理是当线圈通电后，静铁心产生电磁吸力将衔铁吸合。衔铁带动触头系统动作，使常闭触头断开，常开触头闭合。当线圈断电时，电磁吸力消失，衔铁在反作用弹簧力的作用下释放，触头系统随之复位。

接触器的型号，如 CJ10-20，其中 CJ 表示交流接触器，10 表示设计序号，20 表示主触头额定电流为 20A。

CJ10 系列接触器的技术数据列于表 1-3 中。

表 1-3 CJ10 系列交流接触器技术数据

型号	触头额定电压	主触头额定电流	辅助触头额定电流	额定操作频率	可控制电动机功率/kW	
	V	A	A	次/h	220V	380V
CJ10-5	500	5	5	600	1.2	2.2
CJ10-10		10			2.5	4
CJ10-20		20			5.5	10
CJ10-40		40			11	20
CJ10-60		60			17	30
CJ10-100		100			30	50
CJ10-150	150	43	75			

交流接触器的选择主要考虑主触头的额定电压、额定电流、辅助触头的数量与种类、吸引线圈的电压等级、操作频率等。

接触器的额定电压是指主触头的额定电压。交流接触器的额定电压，一般为 500V 或 380V 两种，应大于或等于负载回路的电压。

接触器的额定电流是指主触头的额定电流，有 5、10、20、40、60、100 和 150A 等几种，应大于或等于被控电路的额定电流。对于电动机负载可按下列经验公式计算：

$$I_C = \frac{P_N}{KU_N}$$

式中， I_C 为接触器主触头电流 (A)； P_N 为电动机的额定功率 (kW)； U_N 为电动机的额定电压 (V)； K 为经验系数，一般取 1~1.4。

接触器吸引线圈的额定电压从安全角度考虑，应选择低一些，如 127V。但当控制电路简单，所用电器不多时，为了节省变压器，可选 380V。

CJ10 系列交流接触器的吸引线圈的额定电压有 36V、110V (127V)、220V 和 380V 四种。

接触器的触头数量和种类应满足主电路和控制线路的需要。

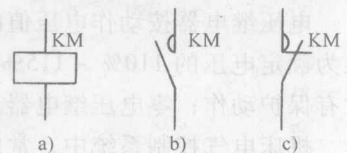


图 1-16 接触器的图形符号

接触器的图形符号如图 1-16 所示，文字符号为 KM。 a) 线圈 b) 常开触头 c) 常闭触头

五、继电器

继电器是一种根据某种输入信号的变化，而接通或断开控制电路，实现控制目的的电器。继电器的输入信号可以是电流、电压等电学量，也可以是温度、速度、时间、压力等非电量，而输出通常是触头的动作。

继电器的种类很多，按输入信号的性质分为：电压继电器、电流继电器、时间继电器、温度继电器、速度继电器、压力继电器等。按工作原理可分为：电磁式继电器、感应式继电器、电动式继电器、热继电器和电子式继电器等。由于电磁式继电器具有工作可靠、结构简单、制造方便、寿命长等一系列的优点，故在机床电气控制系统中应用最为广泛。

(一) 电磁式继电器

电磁式继电器按吸引线圈电流的种类不同，有直流和交流两种。其结构及工作原理与接触器相似，但因继电器一般用来接通和断开控制电路，故触头电流容量较小（一般5A以下）。图1-17为JT3系列直流电磁式继电器结构示意图，释放弹簧4调得越紧，则吸引电流（电压）和释放电流（电压）就越大。非磁性垫片8越厚，衔铁吸合后磁路的气隙和磁阻就越大，释放电流（电压）也就越大，而吸引值不变。初始气隙越大，吸引电流（电压）就越大，而释放值不变。可通过调节螺母5与调节螺钉6来整定继电器的吸引值和释放值。下面介绍一些常用的电磁式继电器。

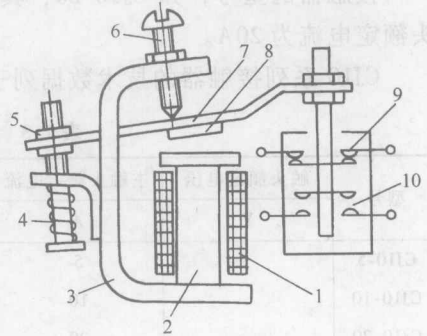


图 1-17 JT3 系列直流电磁式继电器结构示意图

- 1—线圈 2—铁心 3—磁轭 4—弹簧
- 5—调节螺母 6—调节螺钉 7—衔铁
- 8—非磁性垫片 9—常闭触头
- 10—常开触头

1. 电流继电器

电流继电器的线圈串接在被测量的电路中，以反映电路电流的变化。为了不影响电路工作情况，电流继电器线圈匝数少，导线粗，线圈阻抗小。

电流继电器有欠电流继电器和过电流继电器两类。欠电流继电器的吸引电流为线圈额定电流的30%~65%，释放电流为额定电流的10%~20%，因此，在电路正常工作时，衔铁是吸合的，只有当电流降低到某一整定值时，继电器释放输出信号。过电流继电器在电路正常工作时不动作，当电流超过某一整定值时才动作，整定范围通常为1.1~4倍额定电流。

在机床电气控制系统中，用得较多的电流继电器有JL14、JL15、JT3、JT9、JT10等型号，主要根据主电路内的电流种类和额定电流来选择。

2. 电压继电器

电压继电器的结构与电流继电器相似，不同的是电压继电器线圈为并联的电压线圈，所以匝数多，导线细，阻抗大。

电压继电器按动作电压值的不同，有过电压、欠电压和零电压之分。过电压继电器在电压为额定电压的110%~115%以上时动作；欠电压继电器在电压为额定电压的40%~70%时有保护动作；零电压继电器当电压降至额定电压的5%~25%时有保护动作。

机床电气控制系统中，常用的有JT3、JT4型。

3. 中间继电器

中间继电器实质上是电压继电器的一种，但它的触头数多（多至6对或更多），触头电

流容量大（额定电流 5~10A），动作灵敏（动作时间不大于 0.05s）。其主要用途是当其他继电器的触头数或触头容量不够时，可借助中间继电器来扩大它们的触头数或触头容量，起到中间转换的作用。

中间继电器主要依据被控制电路的电压等级，触头的数量、种类及容量来选用。机床上常用的型号有 JZ7 系列交流中间继电器和 JZ8 系列交直流两用中间继电器。

JZ7 系列中间继电器的技术数据见表 1-4，适用于交流电压 380V、电流 5A 以下的控制电路。

表 1-4 JZ7 系列中间继电器技术数据

型号	触头额定电压 /V	触头额定电流 /A	触头数量		吸引线圈额定电压/V	额定操作频率
			常开	常闭		次/h
JZ7-44	380	5	4	4	12,36,110,127,220,380	1200
JZ7-62			6	2		
JZ7-80			8	0		

电磁式继电器的一般图形符号是相同的，如图 1-18 所示。电流继电器的文字符号为 KI，线圈方格中用 $I >$ （或 $I <$ ）表示过电流（或欠电流）继电器。电压继电器的文字符号为 KV，线圈方格中用 $U <$ （或 $U = 0$ ）表示欠电压（或零电压）继电器。

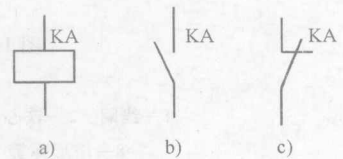


图 1-18 电磁式继电器的图形符号

- a) 吸引线圈 b) 常开触头
c) 常闭触头

（二）时间继电器

时间继电器是一种触头延时接通或断开的控制电器，按其工作原理与构造不同，可分为电磁式、空气阻尼式、

电动式和晶体管式等类型。机床控制电路中应用较多的是空气阻尼式时间继电器，晶体管式时间继电器也获得愈来愈广泛的应用。

1. 空气阻尼式时间继电器

空气阻尼式时间继电器，是利用空气阻尼作用获得延时的，有通电延时和断电延时两种类型，其型号有 JS7-A 和 JS16 系列。图 1-19 是 JS7-A 系列时间继电器的结构示意图，它主要由电磁系统、延时机构和工作触头三部分组成。其工作原理如下：

图 1-19a 为通电延时型时间继电器，当线圈 1 通电后，铁心 2 将衔铁 3 吸合（推板 5 使微动开关 16 立即动作），活塞杆 6 在塔形弹簧 8 作用下，带动活塞 12 及橡皮膜 10 向上移动，由于橡皮膜下方气室空气稀薄，形成负压，因此活塞杆 6 不能迅速上移。当空气由进气孔 14 进入时，活塞杆 6 才逐渐上移。移到最上端时，杠杆 7 才使微动开关 15 动作。延时时间即为自电磁铁吸引线圈通电时刻起到微动开关动作时为止的这段时间。通过调节螺杆 13 调节进气孔的大小，就可以调节延时时间。

当线圈 1 断电时，衔铁 3 在复位弹簧 4 的作用下将活塞 12 推向最下端。因活塞被往下推时，橡皮膜下方气室内的空气，都通过橡皮膜 10、弱弹簧 9 和活塞 12 肩部所形成的单向阀，经上气室缝隙顺利排掉，因此延时与不延时的微动开关 15 与 16 都迅速复位。

将电磁机构翻转 180° 安装后，可得到如图 1-19b 所示的断电延时型时间继电器。它的工作原理与通电延时型相似，微动开关 15 是在吸引线圈断电后延时动作的。

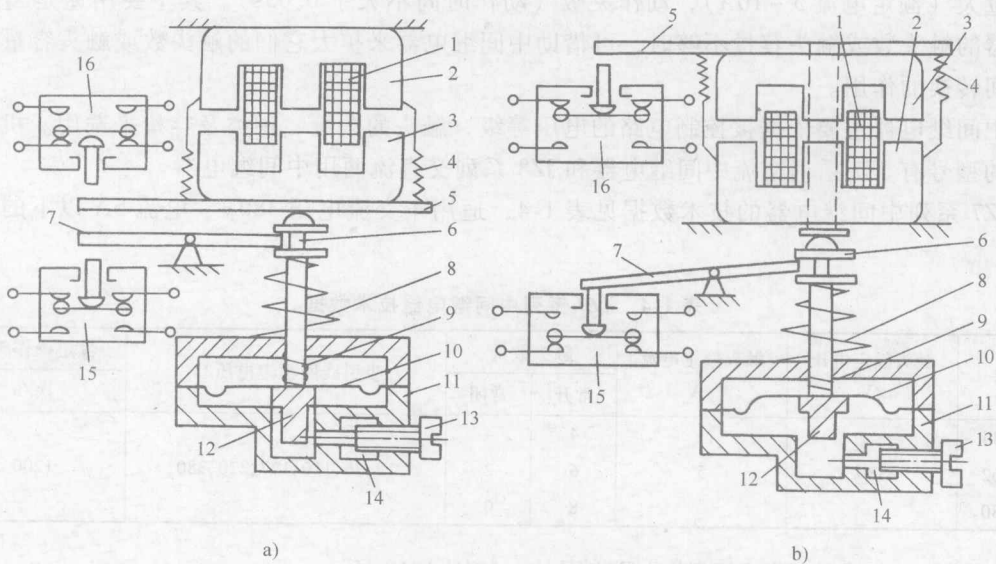


图 1-19 JS7-A 系列时间继电器动作原理图

a) 通电延时型 b) 断电延时型

- 1—线圈 2—铁心 3—衔铁 4—复位弹簧 5—推板 6—活塞杆 7—杠杆
8—塔形弹簧 9—弱弹簧 10—橡皮膜 11—空气室壁 12—活塞
13—调节螺杆 14—进气孔 15、16—微动开关

空气阻尼式时间继电器的优点是：结构简单、寿命长、价格低廉，还附有不延时的触点，所以应用较为广泛。其缺点是准确度低、延时误差大（ $\pm 10\% \sim \pm 20\%$ ），因此在要求延时精度高的场合不宜采用。

2. 晶体管式时间继电器

晶体管式时间继电器具有延时范围广、体积小、精度高、调节方便及寿命长等优点，所以发展很快，应用日益广泛。

晶体管式时间继电器常用产品有 JSJ、JSB、JJSB、JS14、JS20 等系列。

选择时间继电器主要根据控制电路所需要的延时触头的延时方式、瞬时触头的数目以及使用条件来选择。

时间继电器的图形符号如图 1-20 所示，文字符号为 KT。

(三) 热继电器

热继电器是利用电流的热效应原理来工作的电器，主要用于电动机的过载保护、断相保护及其他电气设备发热状态的控制。

热继电器主要由热元件、双金属片和触头三部分组成，它的原理图如图

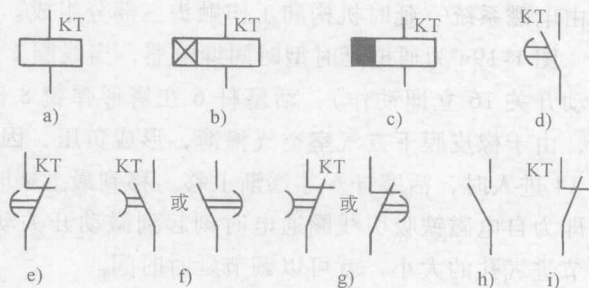


图 1-20 时间继电器的图形符号

- a) 线圈一般符号 b) 通电延时线圈 c) 断电延时线圈
d) 延时闭合常开触头 e) 延时断开常闭触头
f) 延时断开常开触头 g) 延时闭合常闭触头
h) 瞬动常开触头 i) 瞬动常闭触头

1-21所示。图中1是热元件，是一段电阻不大的电阻丝，接在电动机的主电路中。2是双金属片，是由两种不同线膨胀系数的金属辗压而成。图中下层金属的线膨胀系数大，上层的小。当电动机过载时，流过热元件的电流增大，热元件产生的热量使双金属片向上弯曲，经过一定时间后，弯曲位移增大，因而脱扣，扣板3在弹簧4的拉力作用下，将常闭触头5断开。触头5是串接在电动机的控制电路中的，控制电路断开使接触器的线圈断电，从而断开电动机的主电路。若要使热继电器复位，则按下复位按钮6即可。

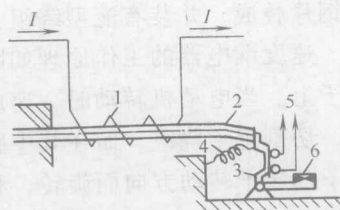


图 1-21 热继电器的原理图
1—热元件 2—双金属片 3—扣板
4—弹簧 5—常闭触头 6—复位按钮

热继电器由于热惯性，当电路短路时不能立即动作使电路立即断开，因此不能作短路保护。同理，在电动机起动或短时过载时，热继电器也不会动作，这可避免电动机不必要的停转。

常用热继电器有JR0及JR10系列。表1-5是JR0-40型热继电器的技术数据。它的额定电压为500V，额定电流为40A，它可以配用0.64~40A范围内10种电流等级的热元件。每一种电流等级的热元件，都有一定的电流调节范围，一般应调节到与电动机额定电流相等，以便更好地起到过载保护作用。

热继电器的选择主要根据电动机的额定电流来确定热继电器的型号及热元件的额定电流等级。例如电动机额定电流为14.6A，额定电压380V，若选用JR0-40型热继电器，热元件电流等级为16A，由表1-5可知，电流调节范围为10~16A，因此可将其电流整定为14.6A。

热继电器的图形及文字符号如图1-22所示。

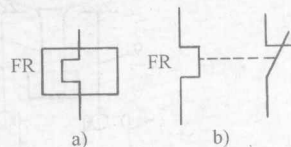


图 1-22 热继电器的图形及文字符号
a) 热元件 b) 常闭触头

表 1-5 JR0-40 型热继电器的技术数据

型 号	额定电流/A	热元件等级	
		额定电流/A	电流调节范围/A
JB0-40	40	0.64	0.4~0.64
		1	0.64~1
		1.6	1~1.6
		2.5	1.6~2.5
		4	2.5~4
		6.4	4~6.4
		10	6.4~10
		16	10~16
		25	16~25
		40	25~40

(四) 速度继电器

速度继电器主要用作笼型异步电动机的反接制动控制，亦称反接制动继电器。它主要由转子、定子和触头三部分组成。转子是一个圆柱形永久磁铁，定子是一个笼型空心圆环；由