

国家“十五”规划教材  
教育部高职高专规划教材

# 机床电气控制

---

第 3 版

主编 王炳实  
参编 丁 良  
李玉甫  
王兰军  
王宏元  
主审 许传俊



机械工业出版社

本书共分六章。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。第二章为直流电动机调速系统，主要介绍了调速的概念、指标和方法，负反馈的作用，单闭环有静差与无静差直流调速系统的组成及特点，转速电流双闭环系统和可逆系统简介。第三章为交流电动机调速系统，介绍了异步机串级调速和电磁转差离合器调速，重点介绍了变频调速的原理和常用变频器以及变频器在工程上的应用。第四章主要介绍了可编程控制器（PLC）的原理与应用，重点介绍了 F1 系列的 PLC 编程元件与指令系统，简单介绍了 C 系列 PLC，并给出多个应用实例。第五章为数控机床，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。第六章列出四个实验内容，供选择使用。

本书可作为高等职业技术学院及高等专科学校机械类专业教材，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 王炳实主编 .—3 版 .—北京：机械工业出版社，2004.5  
国家“十五”规划教材·教育部高职高专规划教材  
ISBN 7-111-06850-5

. 机 ... . 王 ... . 机床 - 电气控制 - 高等学校:技术学校 - 教材  
.TG502.35

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 017257 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）  
策划编辑：王世刚 汪光灿  
责任编辑：汪光灿 版式设计：冉晓华 责任校对：张晓蓉  
封面设计：张 静 责任印制：

印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2004 年 6 月第 3 版·第 1 次印刷  
787mm×1092mm<sup>1</sup>/<sub>16</sub>·15 印张·367 千字  
定价： 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换  
本社购书热线电话（010）68993821、88379646  
封面无防伪标均为盗版

# 第3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，其中交流变频调速日显重要，本书增加了这方面的内容，并将直流电动机调速系统和交流电动机调速系统分为两章。PLC仍以F1系列的应用为主，适当增加了C系列PLC的内容。数控机床是机床电气控制的发展方向，采用了自动化与计算机控制技术的最新成果，是多种机床中的重要代表，本书纳入了数控机床的内容。同时，适当减少了继电器—接触器控制系统的内容，增加了机床维修方面的知识。

本书由济南大学王炳实主编，济南大学丁良、哈尔滨理工大学李玉甫、山东劳动职业技术学院王兰军、济南职工科技大学王宏元参编。在编写修订大纲期间，多次召开座谈会，各校老师提出了不少宝贵意见，在此表示衷心感谢。本书由山东大学许传俊教授主审。

本书是教育部普通高职高专教育机电类规划教材之一，可供高职、高专、电大、职大机械设计与制造、机制工艺与设备、机电一体化等有关专业师生使用，也可供有关技术人员参考。

限于编者水平有限，书中难免有错误和不妥之处，敬请读者批评指正。

编者

# 第2版前言

按照机械制造专业新的教学计划，“机床电气控制”课程的总学时减少为48学时（理论学时42，实验学时6，另有课程设计1周），据此对“机床电气控制”第1版教材内容作了较大调整，如取消了功能表图的大部分内容，取消了第三章、第五章中关于双面钻孔组合机床的例子，还考虑到教学计划中单片机另设课，所以第1版中第六章单片机原理及应用的内容全部删掉。此外，各章节还作了适当修改，以使教材更为通俗易懂。

第2版教材由主编提出修改意见，其中绪论、第四章由济南大学王炳实、李少军修订，第一章由哈尔滨机电高等专科学校罗云霞修订，第二、三章由常熟高等专科学校荣大龙修订，第五章由湘潭机电高等专科学校王迎旭修订，第六章实验和附录由王炳实、王迎旭修订。

本书由上海理工大学方承远教授主审。

限于编者水平所限，书中难免有错误和不妥之处，敬请读者批评指正。

编者

# 第 1 版 序

以电子技术、计算机技术等为代表的高新技术的迅猛发展，不仅促使机械产品的性能日益提高与完善，以及产品升级换代周期的缩短，而且使得包括高等工程专科在内的机械类专业教材的教学内容不断更新，像“机床电气控制”和“机床数控技术”这类教材尤为明显。

为使上述两本教材具有较高的编写质量，我会决定在全国 80 多所设置机械制造专业的全日制普通高等专科学校中公开招聘两教材的编写人员。经过报名、试写、评审等过程，最后选出了济南联合大学王炳实教授和南京机械高等专科学校的毕毓杰高级工程师主持该两教材的编写工作。

两位专家在教学科研任务十分紧张的情况下，为编好教材，作了广泛的调查研究，搜集了丰富的资料，以严肃认真的态度组织了教材编写工作。在编写中，以教学基本要求为依据，既充分反映有关科学技术的新成果，又注重联系生产实际。内容的取材上做到削枝强干，简明扼要，不失为两本反映现代机械制造技术的好教材。但是由于时间紧迫以及一些客观条件所限，有待于进一步完善之处定然有之，这寄厚望于广大读者的不吝指正。

高等专科学校机械制造专业教材编审委员会

1994 年 12 月 12 日

# 第1版前言

本书是在机械工业部高等专科学校机械制造专业教材编审委员会组织和指导下，根据其制订的机床电气控制课程教学大纲而编写的，本书的特点是加强了可编程序控制器内容，并将单片机内容作为重点介绍；还将实验内容单列一章。在内容选取上，体现了先进性和实践性。

本书共分七章，主要内容有：机床常用电器的工作原理与选用；机床控制线路基本环节和典型机床电气控制线路的分析；机床继电器—接触器电气控制系统的设计；电动机无级调速；可编程序控制器（PC）的原理与应用技术；MCS-51单片机的原理、结构、指令系统、功能扩展和接口技术；初步介绍了单片机在机床控制系统中的应用；最后介绍了各章的实验内容。

本书在内容上，反映了我国机床电气控制的现状，也注意了机床控制新技术的发展，本书特别注意内容与生产实际紧密联系，尽量选用先进的、典型的线路和实例，使读者能获得实用的知识。本书还突出了本门课程的基本理论、基本知识和基本技能的培养。在文字叙述上，力求通俗易懂，便于自学。每章都有小结、思考与练习题，使学生对所学的理论进一步理解和掌握。本书第七章列举了本课程的主要实验内容，可供各学校作实验时参考。

本书由济南大学王炳实主编、湘潭机电高等专科学校王迎旭任副主编，其中绪论、第四、六章由王炳实编写，第一章由哈尔滨机电高等专科学校周秋官编写，第二、三章由常熟高等专科学校荣大龙编写，第五章由王迎旭编写，第七章实验内容由周明、周秋官、王迎旭编写。

本书由上海机械高等专科学校方承远老师主审，他提出了许多衷恳和建设性的意见、并做了大量的工作，在此表示诚挚的谢意。本书在编写过程中曾得到吴善元老师等多方面的帮助，在此一并表示感谢。

限于编者水平有限，时间仓促，书中难免有错误和不妥之处，敬请读者批评指正。

编者

# 目 录

第3版前言
第2版前言
第1版序
第1版前言

## 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 机床电气原理图的画法规则	13
第三节 机床控制电路的基本环节	21
第四节 典型机床电气控制线路分析	31
第五节 机床继电器—接触器 控制系统的设计	40
第六节 机床电气控制线路故障 检查与维修	48
本章小结	51
思考与练习题	52

## 第二章 直流电动机调速

系统	53
第一节 速度控制的基本概念和指标	53
第二节 直流电动机的速度控制	56
第三节 单闭环有静差直流调速系统	61
第四节 单闭环无静差直流调速系统	70
第五节 双闭环调速系统和直流可逆 调速系统简介	73
第六节 直流调速装置的选择与使用	77
本章小结	79
思考与练习题	80

## 第三章 交流电动机调速

系统	81
第一节 三相异步电动机的调速方法	81
第二节 电磁转差离合器调速和异步 电动机串级调速	82
第三节 变频调速	86
第四节 变频器调速系统的应用	93
本章小结	95
思考与练习题	96

## 第四章 可编程序控制器

(PLC)	97
第一节 概述	97
第二节 PLC系统的组成及工作原理	101
第三节 F1系列 PLC指令系统与编程 方法	108
第四节 OMRON公司C系列 PLC及 指令系统简介	131
第五节 PLC组成的控制系统设计	139
第六节 PLC应用举例	146
本章小结	163
思考与练习题	163

## 第五章 数控机床

第一节 数控机床概述	166
第二节 数控系统	169
第三节 数控机床的伺服系统及位置检测	178

# 目 录

第四节 数控机床的加工程序编制基础 .....	193
第五节 数控机床故障诊断与维修 .....	207
本章小结 .....	214
思考与练习题 .....	215

## 第六章 机床电气控制

实验 .....	216
----------	-----

实验一 三相异步电动机的可逆运转 控制及 Y- 减压起动控制 .....	216
---	-----

实验二 三相异步电动机的能耗制动及 反接制动控制 .....	217
实验三 编程器的使用与基本逻辑指令 的编程练习 .....	219
实验四 机械手顺序动作控制的模拟 .....	220

附 录 .....	222
-----------	-----

附录 A 电气图常用文字、图形符号 .....	222
附录 B 常用 Y 系列电动机技术数据 .....	227
参考文献 .....	229

# 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点的接触器、继电器、按钮、行程开关等电器组成的电气控制线路来进行控制的。虽然机床的电气控制线路各不相同，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线路的基本环节，典型机床电气控制线路的分析与设计。

### 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。

##### 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。

转换开关有单极、双极和多极之分。它是由单

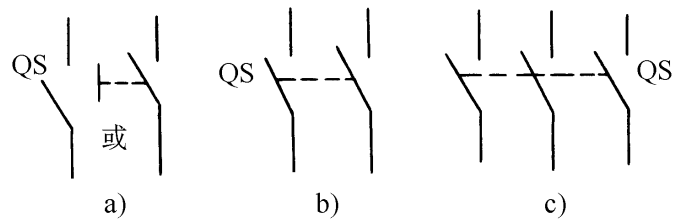


图 1-1 刀开关的图形符号及文字符号

a) 单极 b) 双极 c) 三极

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。

转换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。转换开关的常用产品有 HZ5、HZ10 系列。HZ5 系列额定电流有 10、20、40 和 60A 四种。HZ10 系列额定电流有 10、25、60 和 100A 四种，适用于交流 380V 以下、直流 220V 以下的电气设备中。

转换开关的图形符号和文字符号如图 1-3 所示。

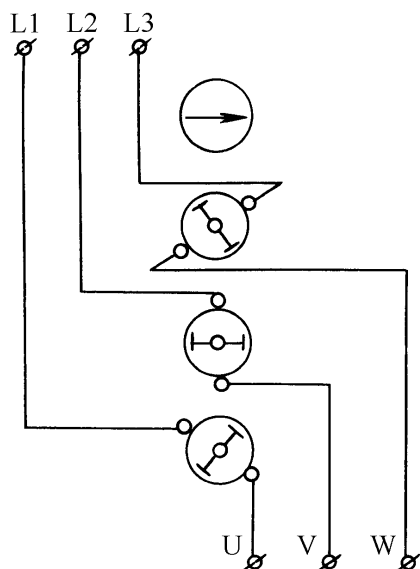


图 1-2 组合开关的结构示意图

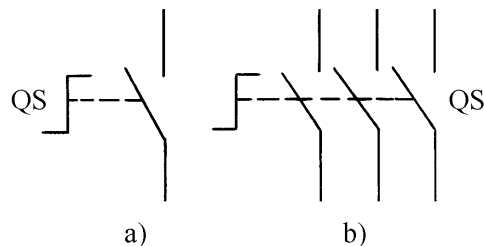


图 1-3 组合开关的图形及文字符号

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。

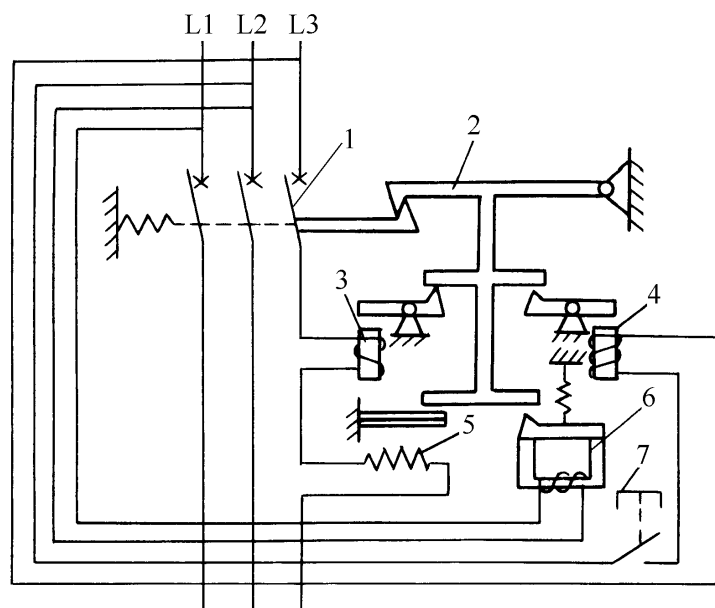


图 1-4 低压断路器工作原理图

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

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。

## 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。

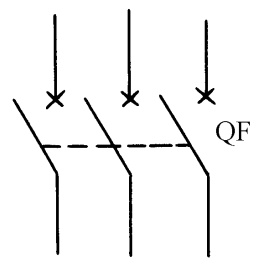


图 1-5 低压断路器的图形及文字符号

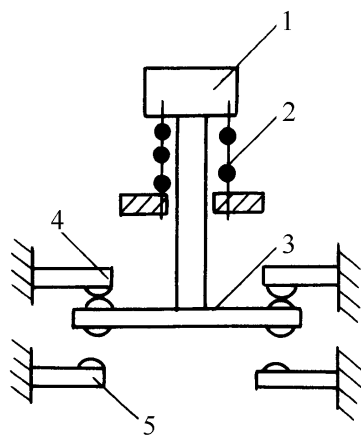


图 1-6 按钮结构示意图

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

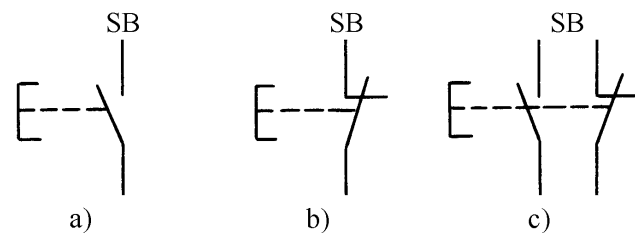


图 1-7 按钮的图形及文字符号

a) 常开触头 b) 常闭触头 c) 复式触头

### 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。

LXW-11 及 JLXW1-11 型是微动开关，体积小，

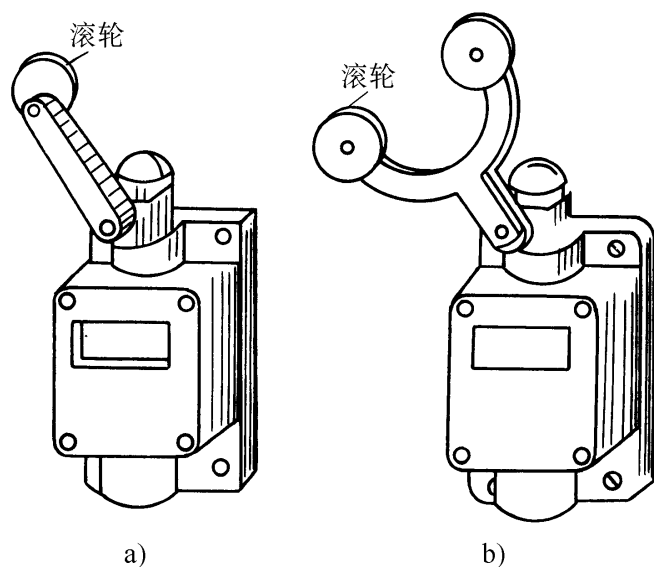


图 1-8 LX19 系列行程开关

a) 单轮旋转式 b) 双轮旋转式

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

行程开关是有触点开关，在操作频繁时，易产生故障，工作可靠性较低。接近开关是无触点开关，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  $V_1$ 、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  $V_2$  的基极上，经  $V_2$  放大及二极管  $V_7$ 、 $V_8$  整流成为直流信号，再加至  $V_3$  的基极。当开关附近没有金属物体时， $V_7$ 、 $V_8$  整流电路有电压输出，使  $V_3$  导通，故  $V_4$  截止， $V_5$  导通， $V_6$  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  $V_7$ 、 $V_8$  整流电路无输出电压，则  $V_3$  截止，使  $V_4$  导通， $V_5$  截止， $V_6$  导通并有信号输出。

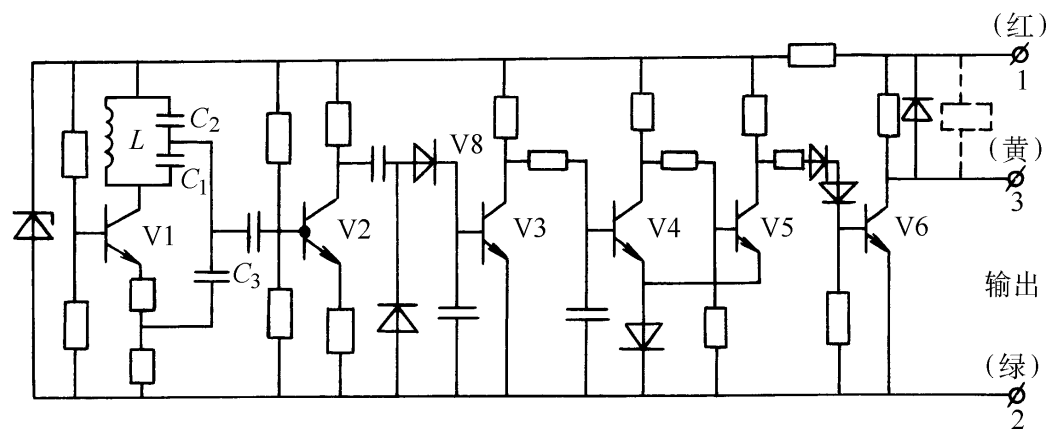


图 1-10 LJ2 系列晶体管接近开关电路原理图

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。接近开关的图形符号及文字符号如图 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，并由其中的凸轮进行控制，如图 1-12 所

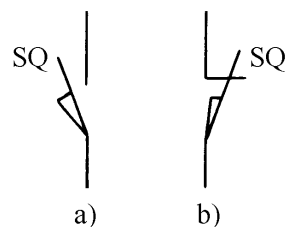


图 1-9 行程开关的图形及文字符号  
a) 常开触头  
b) 常闭触头

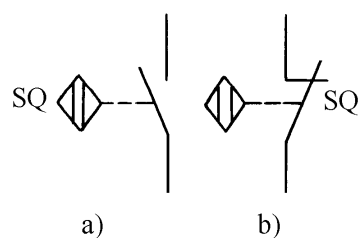


图 1-11 接近开关的图形及文字符号  
a) 常开触头  
b) 常闭触头

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。

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			
RC1-15	15	6, 10, 15	RC1-100	100	80, 100
RC1-30	30	20, 25, 30	RC1-200	200	120, 150, 200

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

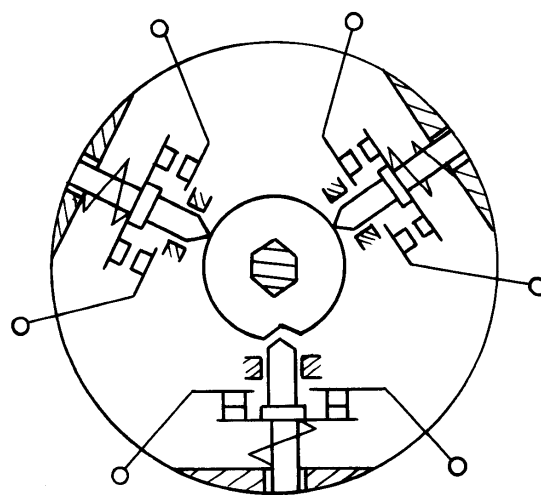


图 1-12 万能转换开关结构示意图

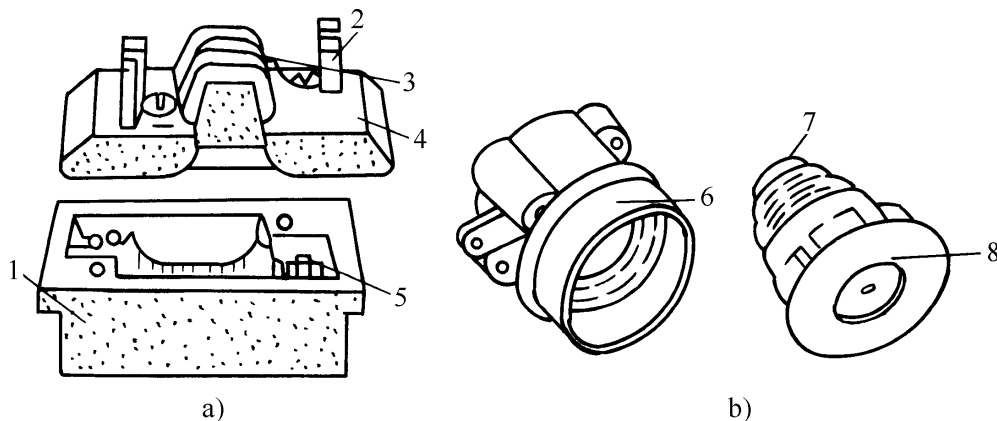


图 1-13 熔断器外形图

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

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

$$I_{fu} = I$$

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：

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

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：

$$I_{fu} = (1.5 \sim 2.5) I_{N_{max}} + I_N$$

式中， $I_{N_{max}}$ 为功率最大的一台电动机的额定电流； $I_N$ 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。

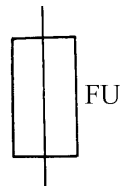


图 1-14 熔断器的图形及文字符号

#### 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：

(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) 触点系统 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

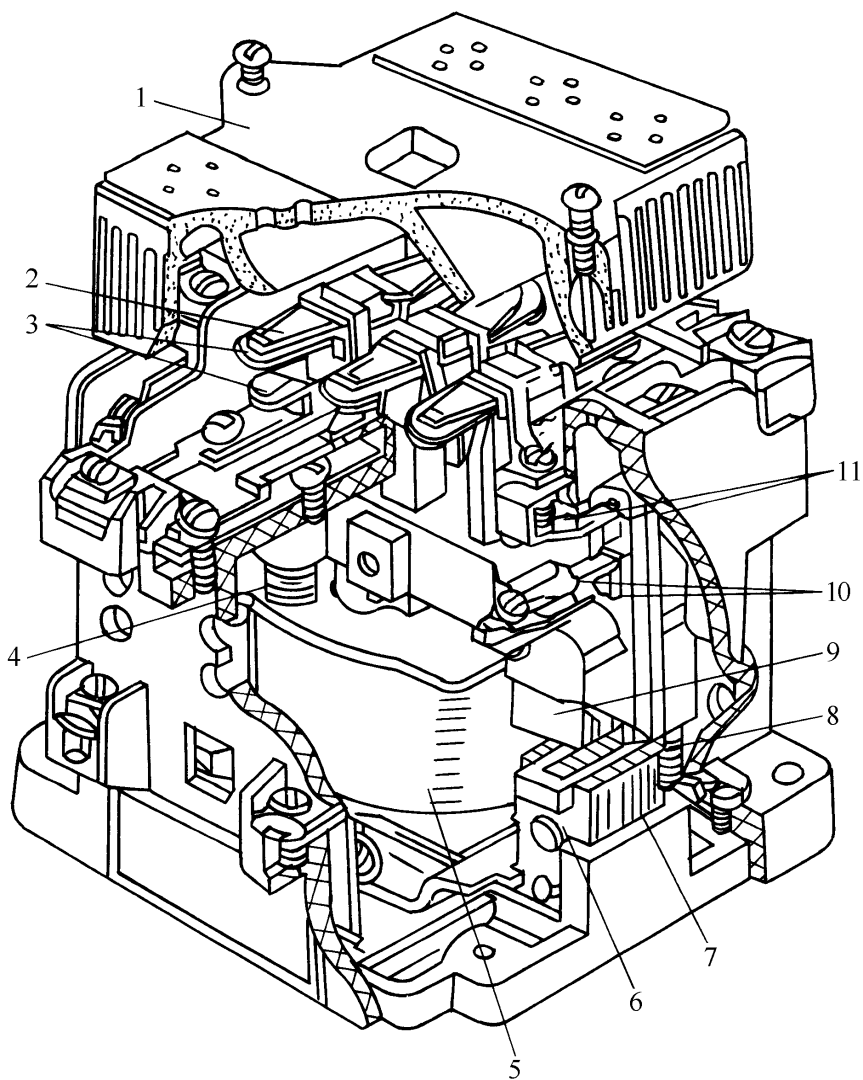


图 1-15 CJ0-20 型交流接触器

- 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

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、触点压力弹簧、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		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：

$$I_C = \frac{P_N}{K U_N}$$

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36、110(127)、220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。

接触器的图形符号如图1-16所示，文字符号为KM。

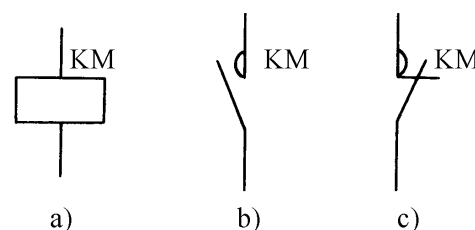


图 1-16 接触器的图形符号  
a)线圈 b)常开触头 c)常闭触头

## 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。

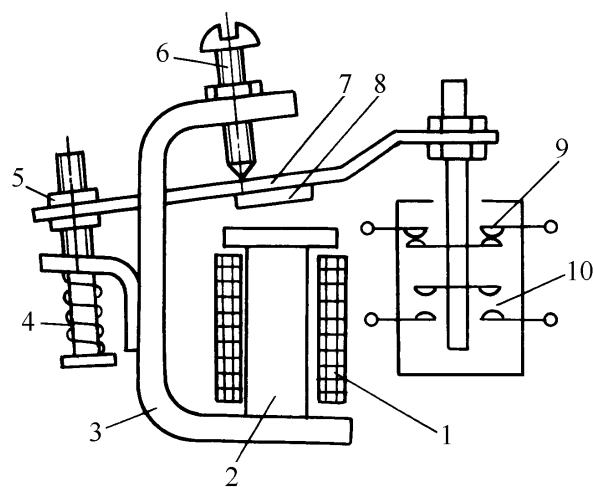


图 1-17 JT3 系列直流电磁式继电器结构示意图

- 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点容量不够时，可借助中间继电器来扩大它们的触点数或触点容量，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 次/ h
			常开	常闭		
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。

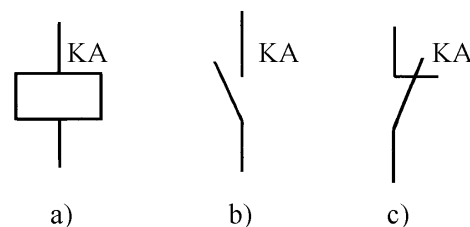


图 1-18 电磁式继电器的图形符号

- a) 吸引线圈 b) 常开触点  
c) 常闭触点

## (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。