



普通高等工科教育机电类规划教材

机床电气控制

第2版

济南大学 王炳实 主编

02.34

3

机械工业出版社

普通高等工科教育机电类规划教材

机 床 电 气 控 制

第 2 版

主 编 王炳实

副主编 王迎旭

参 编 罗云霞

荣大龙

李少军

主 审 方承远



机械工业出版社

本书系统介绍了机床继电器—接触器控制系统、晶闸管—电动机控制系统、可编程序控制器系统。主要内容有：机床常用电器及选择；机床控制电路的基本环节；典型机床电气控制系统的分析和设计方法；机床的直流调速系统和交流调速系统；重点叙述了可编程序控制器（PC）的原理与应用；并将有关实验内容单列一章，供选择使用。

本书可作为高等工科院校机械类专业本、专科教材，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。

机 床 电 气 控 制

第 2 版

济南大学 王炳实 主编

*

责任编辑：林 松 版式设计：霍永明

封面设计：姚 毅 责任校对：张晓蓉

责任印制：何全君

*

机械工业出版社出版（北京市百万庄大街 22 号）

邮政编码：100037

（北京市书刊出版业营业许可证出字第 117 号）

北京交通印务实业公司印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 ·印张 11.25 ·字数 271 千字

1999 年 5 月第 2 版第 1 次印刷

印数 38 001—48 000 定价：15.00 元

*

ISBN 7-111-06850-5/TM · 758（课）

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

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门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

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

目 录

第2版前言	
第1版序	
第1版前言	
绪论	1
第一章 机床常用电器及机床控制	
线路的基本环节	4
第一节 机床常用电器及选择	4
第二节 机床电气原理图的画法规则	17
第三节 机床电气的逻辑表示及逻辑运算	21
第四节 机床控制电路的基本环节	25
本章小结	37
思考与练习题	38
第二章 典型机床电气控制线路分析	40
第一节 电气控制线路分析基础	40
第二节 C650卧式车床电气控制线路分析	41
第三节 X62W卧式万能铣床电气控制	
线路分析	44
第四节 T68卧式铣镗床电气控制线路	
分析	49
第五节 组合机床电气控制线路分析	53
本章小结	57
思考与练习题	57
第三章 机床继电器——接触器电气	
控制系统的设计	58
第一节 机床电气控制设计的基本原则、	
基本内容和设计程序	58
第二节 电力拖动方案确定原则和电动机	
的选择	59
第三节 机床电气控制线路的设计	62
第四节 机床电气控制系统的工艺设计	68
本章小结	71
思考与练习题	72
第四章 电动机的无级调速	73
第一节 速度控制的基本概念和指标	73
第二节 直流电动机的速度控制	76
第三节 交流电动机的调速系统	90
第四节 调速装置的选择与使用	100
本章小结	103
思考与练习题	105
第五章 可编程序控制器(PC)	106
第一节 概述	106
第二节 PC系统的组成及工作原理	110
第三节 PC指令系统与编程方法	118
第四节 PC的应用	146
本章小结	158
思考与练习题	159
第六章 机床电气控制实验	161
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	161
实验二 三相异步电动机的能耗制动及反	
接制动控制	162
实验三 编程器的使用与基本逻辑指令的	
编程练习	164
实验四 机械手顺序动作控制的模拟	165
附录 电气图常用文字、图形符号	167
参考文献	174

绪 论

一、本课程的性质、内容和基本要求

机床电气控制是机械制造专业的一门专业课。本课程的主要内容是介绍机床电气控制系统的结构组成、工作原理、线路设计和应用的基础理论和基本知识,本课程内容涉及面较广,不单纯局限于金属切削机床,也适用于其他机械设备。

机床是机械制造业中的主要加工设备,它的质量、自动化程度以及应用先进技术的状况,直接反映了机械工业的发展水平,机床加工自动化对提高生产率、改进产品质量和减轻体力劳动都起着重要的作用。现代科学技术的发展,为机床与生产过程自动化的进一步发展创造了有利条件。控制技术、微电子技术和计算机技术等领域中的一些最新研究成果,在机床控制设备中都首先得到了迅速的应用。从所采用的电气控制技术的先进性、复杂性来看,机床是机械制造行业中各类机械设备最典型的代表。作为一个机械工程技术人員,必须掌握与机床有关的基本理论与先进技术。

通过本门课程的学习,学生应达到下列基本要求:

- 1) 熟悉机床常用电器的结构、工作原理及用途,并能正确选用。
- 2) 熟悉机床控制电路的基本环节,初步具有对不太复杂的机床控制电路改造和设计能力。
- 3) 了解电动机调速的基本概念和性能指标,初步掌握直流电动机的调速方法,重点掌握转速负反馈、电压负反馈、电流正反馈及电流截止负反馈的特点和应用场合。掌握交流电动机的调速方法,重点了解变频调速和串级调速的工作原理和使用方法。了解调速装置生产现状及选择的原则。

4) 初步掌握可编程控制器(PC)的基本工作原理、指令系统、编程特点和方法,能根据生产工艺过程和控制要求正确选用PC和编制用户程序,经调试应用于生产过程控制。

机床一般由主机、驱动部分、控制部分、检测和显示部分组成。驱动部分包含有原动机、传动机构等。原动机有电动机、液压装置、气压装置等,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。

机床的拖动方式也在不断变化发展。在电力拖动的初期,常用一台电动机拖动若干台机床,称为集中拖动(成组拖动),优点是电气控制线路比较简单,缺点是操作不方便,而且不安全,能量传递路径长,损耗大。为此,出现了一台电动机拖动一台机床方式,称为单机拖动。

随着生产的发展,机床功能增多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,又出现了机床主运动、进给运动、辅助运动等分别由不同电动机拖动方式,叫做多电机拖动。

电力拖动由于使用的电动机不同,可分为直流拖动和交流拖动两大类,直流拖动是以直流电动机为动力,交流拖动是以交流电动机为动力。由于交流电动机结构简单、坚固耐用,便于制造大容量、高电压、高转速电动机,适应恶劣环境下工作及容易维护等许多优点,交

流拖动在普通机床中仍占主导地位。但是由于直流电动机具有良好的起动、制动特点和调速性能,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和机械设备过去都采用直流电动机拖动系统。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有较快的发展,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,使交流拖动应用更为宽广,并出现了逐步取代直流拖动系统的趋势。

二、机床电气控制系统的发展与分类

随着科学技术的发展,生产工艺不断提出新的要求,机床电气控制装置也不断更新。在控制方法上主要从手动控制到自动控制;在控制功能上,是从简单到复杂;在操作上由笨重到轻巧;从控制原理上,由单一的有触点硬接线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,不断地推动着机床电气控制技术的发展。

在本世纪的20年代至30年代,借助继电器、接触器、按钮、行程开关等组成继电器—接触器控制系统,实现对机床的起动、停车、有级调速等控制。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自动化,而且还可以实现集中控制和远距离控制。目前,在我国继电器—接触器控制仍然是机床和其它机械设备最基本的电气控制形式之一。继电器—接触器控制系统的缺点是,由于是固定接线形式,故在进行程序控制时,改变控制程序不方便,灵活性差;采用有触点开关,动作频率低,触点易损坏,可靠性差。到了40年代至50年代,出现了交磁放大机—电动机控制,这是一种闭环反馈系统,当输出量与给定量发生偏差时就自动调整,系统的控制精度、快速性都有了提高。60年代出现了晶体管—晶闸管控制,发展到70年代成为集成电路放大器—晶闸管控制。由晶闸管供电的直流调速系统和交流调速系统不仅调速性能大为改善,而且减少了机电设备和占地面积,耗电少,效率高,已完全取代了交磁放大机—电动机系统。

在实际生产中,由于大量存在一些用开关量控制的简单的程序控制过程,而实际生产工艺和流程又是经常变化的,因而传统的继电器—接触器控制系统常不能满足这种需要。电子计算机控制系统的出现,提高了电气控制的灵活性和通用性,其控制功能和控制精度都得到很大提高。然而在其初期,存在着系统复杂、使用不便、抗干扰能力差、成本较高等缺陷,尤其对上述简单的过程控制有“大材小用”和不经济等问题。因而,在60年代出现了一种能够根据需要,方便地改变控制系统,而又远比计算机系统结构简单,价格低廉的自动化装置——顺序控制器,它是通过组合逻辑元件插接或编程来实现继电器—接触器控制线路功能的装置,它能满足程序经常改变的控制要求,使控制系统具有较大的灵活性和通用性,但它还是使用硬件手段,装置体积大,功能也受到一定的限制。随着大规模集成电路和微处理机技术的发展和运用,上述控制技术也发生了根本变化,在70年代出现了用软件手段来实现各种控制功能,以微处理器为核心的新型工业控制器——可编程序控制器,这种器件完全能够适应恶劣的工业环境。由于它兼备了计算机控制和继电控制系统两方面的优点,故目前世界各国已作为一种标准化通用设备普遍应用于工业控制。

从1971年微处理器和微型计算机问世以来,已成为人类生活中普遍应用的工具,从人造卫星到日常生活,从科学计算到儿童玩具,都有微型计算机的踪迹。微型计算机的应用之

所以发展得如此迅速，一个重要的原因是其性能价格比在各种类型的计算机中占有领先地位。微型计算机以价廉物美、可靠性高、维护方便、小巧灵活而深受欢迎。目前，微型计算机已广泛应用于机床的局部控制或整机控制，减少了机械部件，提高了生产效率，减轻了工人的劳动强度，成为机床电气控制系统的发展方向之一，其中数控机床和数控系统就是典型的例子。

为了解决占机械加工总量 80% 左右的单件和小批量生产自动化，以提高劳动效率、提高产品质量和降低劳动强度，在 50 年代就出现了数控机床，它是一种具有广泛通用性的高效率自动化机床，它综合应用了电子技术、检测技术、计算机技术、自动控制和机床结构设计等各个技术领域的最新技术成就。目前又在一般数控机床的基础上，发展成为附带自动换刀，自适应等功能的复杂数控系列产品，称为加工中心。它可对多道工序的工件进行连续加工，节省了夹具，缩短了装夹定位，对刀等辅助时间，提高了工效和产品质量，成功地取代了以往依靠模板、凸轮、专用夹具、刀具和定程挡块来实现顺序加工的自动机床、组合机床、专用机床。

以小型通用计算机去控制某一特定对象时，要依靠事前存放在存储器内的系统程序。而数控装置则依靠它来实现对具体机床的控制，对不同的控制对象和不同的功能要求只需要改变预先存放的系统程序。用软件方法来增加或改变控制系统的功能，该系统具有很大的灵活性和柔性，这是数控机床一个明显优点，同时系统能将全部加工程序一次输入存储器，可避免逐段阅读程序容易出错的弊病，并能简化程序设计和修改。专用计算机控制系统中还放置了各种诊断程序，进行故障预检及自动查找，提高了设备可靠性和便于维修。

尤其是随着计算机技术的迅速发展，数控机床的应用日益广泛，进一步推动了数控系统的发展，因此产生了自动编程系统、计算机数控系统 (CNC)、计算机群控系统 (DNC) 和柔性制造系统 (FMS)。FMS 是把一群数控机床与工件、刀具、夹具等用自动传递线连接起来，并在计算机的统一控制下形成一个管理和制造相结合的生产整体。这就组成了计算机群控自动线，或称为柔性制造系统。当今兴起了计算机集成制造系统 (CIMS)。设计制造一体化 (CAD/CAM) 是机械制造自动化的高级阶段，可实现产品从设计到制造的全部自动化。

第一章 机床常用电器及机床控制线路的基本环节

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。

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。

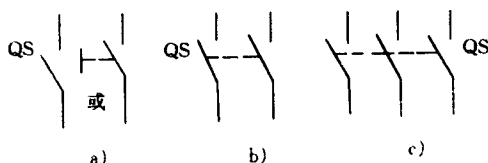
刀开关安装时，手柄要向上，不得倒装或平装。如果倒装，拉闸后手柄可能因自重下落引起误合闸而造成人身和设备安全事故。接线时，应将电源线接在上端，负载线接在下端，这样较为安全。

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 100，200，400，600，1000A 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铁壳开关，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. 转换开关

转换开关又称组合开关，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

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

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、所需触点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。

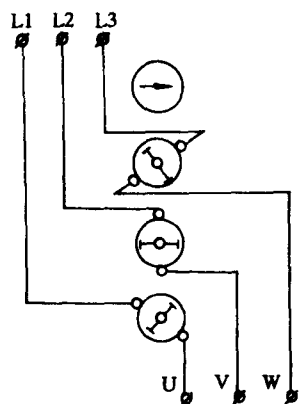


图 1-2 转换开关的结构示意图

3. 自动开关

自动开关又称自动空气断路器，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，自动开关在机床上使用得越来越广泛。

图 1-4 是自动开关的工作原理图。开关的主触点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点锁在合闸位置上。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。于是主触点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。

机床上常用的自动开关有 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，作不频繁地接通和断开电路用。

选择自动开关时，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。

自动开关的图形符号及文字符号如图 1-5 所示。

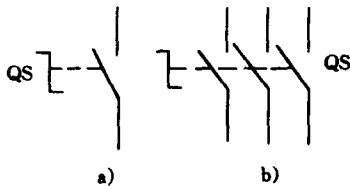


图 1-3 转换开关的图形及文字符号
a) 单极 b) 三极

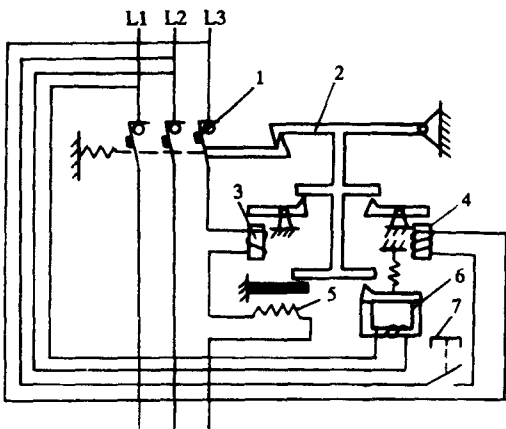


图 1-4 自动开关工作原理图
1—主触头 2—自由脱扣机构 3—过电流脱扣器
4—分励脱扣器 5—热脱扣器 6—失压脱扣器 7—按钮

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. 控制按钮

控制按钮通常用作短时接通或断开小电流控制电路的开关。控制按钮是由按钮帽、复位弹簧、桥式触点和外壳等组成，通常制成具有常开触点和常闭触点的复合式结构，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点数、使用场合及颜色来选择。

按钮开关的图形符号及文字符号如图 1-7 所示。

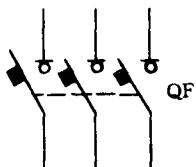


图 1-5 自动开关的图形及文字符号

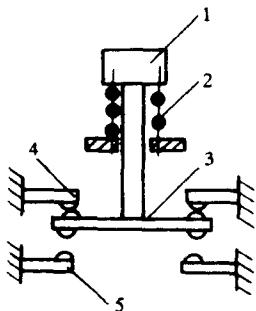


图 1-6 按钮开关结构示意图
1—按钮帽 2—复位弹簧 3—动触点
4—常闭静触点 5—常开静触点

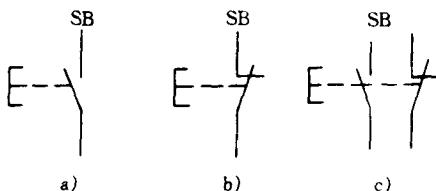


图 1-7 按钮开关的图形及文字符号
a) 常开触点 b) 常闭触点
c) 复式触点

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，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、一常闭两对触点，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，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点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。

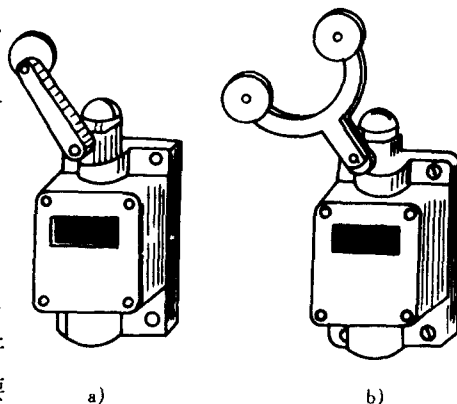


图 1-8 LX19 系列行程开关
a) 单轮旋转式 b) 双轮旋转式

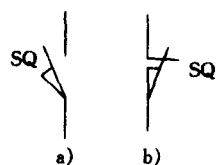


图 1-9 行程开关的图形及文字符号

a) 常开触点 b) 常闭触点

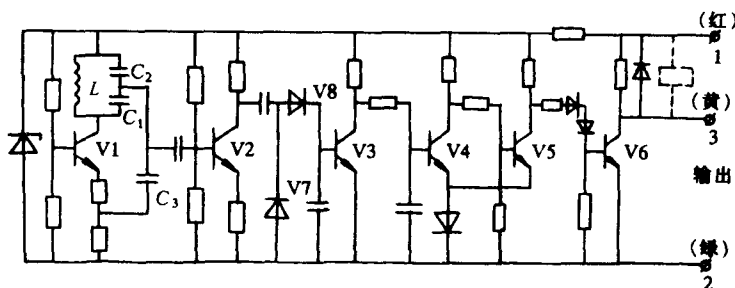


图 1-10 LJ2 系列晶体管接近开关电路原理图

3. 接近开关

行程开关是有触点开关，工作时由挡块与行程开关的滚轮或触杆碰撞使触点接通或断开的。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三极管 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三极管 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。

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。

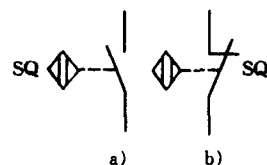


图 1-11 接近开关的图形及文字符号

a) 常开触点 b) 常闭触点

4. 万能转换开关

万能转换开关是一种多档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、手柄及数个触点座等主要部件组成，用螺栓组装成为整体。触点座可有 1~10 层，每层均可装三对触点，并由其中的凸轮进行控制，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，可使各对触点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点数最多可达到 $2 \times 10 \times 3 = 60$ 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须的温度, 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, 再次工作必须更换新的熔体。

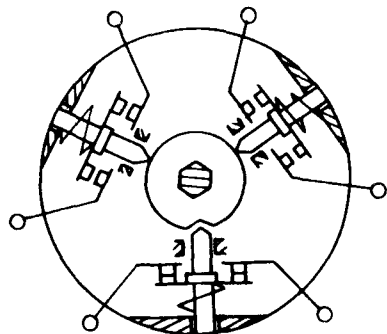


图 1-12 万能转换开关结构示意图

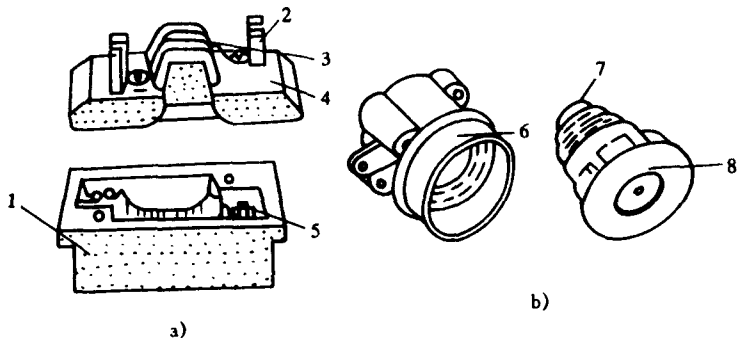


图 1-13 熔断器外形图

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

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：

对于如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。

对于电动机一类负载，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

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

式中， $I_{N_{\max}}$ 为容量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，主要用作硅整流管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。

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。接触器按其主触点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、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、触点系统、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，而 CJ12、CJ12B 系列交流接触器，采用衔铁绕轴转动的拍合式电磁

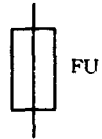


图 1-14 熔断器的图形及文字符号

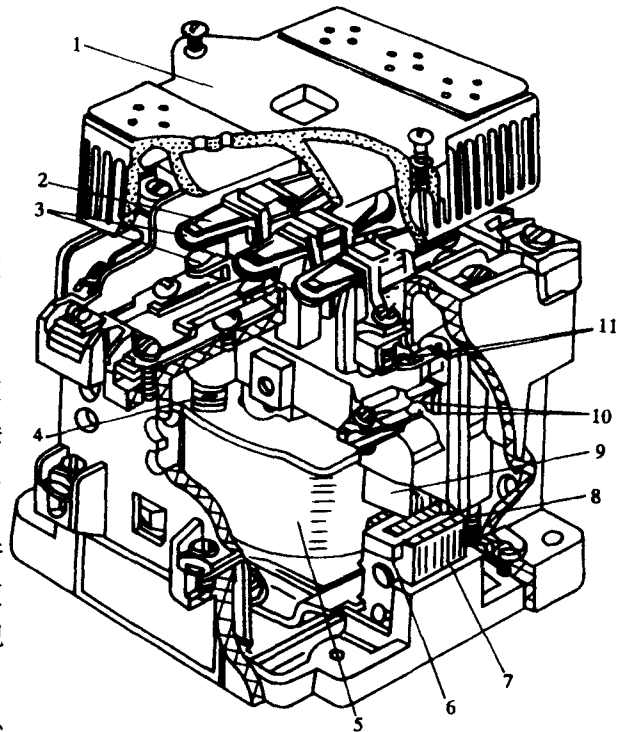


图 1-15 CJ0-20 型交流接触器

1—灭弧罩 2—触点压力弹簧片 3—主触点 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—辅助常开触点 11—辅助常闭触点

机构。

2) 触点系统 包括主触点和辅助触点。主触点通常为三对, 构成三个常开触点, 用于通断主电路。辅助触点一般有常开、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 当触点断开大电流时, 在动、静触点间产生强烈电弧, 会烧坏触点并使切断时间拉长。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。衔铁带动触点系统动作, 使常闭触点断开, 常开触点闭合。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, 触点系统随之复位。

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 表示主触点额定电流为 20A。

CJ10 系列接触器的技术数据列于表 1-3 中。

交流接触器的选择主要考虑主触点的额定电压、额定电流、辅助触点的数量与种类、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点的额定电压。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点的额定电流, 有 5, 10, 20, 40, 60, 100 和 150A 等几种, 应大于或等于被控回路的额定电流。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 为接触器主触点电流 (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。

表 1-3 CJ10 系列交流接触器技术数据

型 号	触点额定电压	主触点额定电流	辅助触点额定电流	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

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。但当控制线路简单, 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。

接触器的触点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。

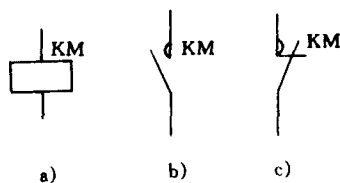


图 1-16 接触器的图形符号

a) 线圈 b) 常开触点 c) 常闭触点