



汽车制造新技术系列丛书



# 汽车制造 机床电气控制技术

周华祥 宁朝阳 主编

35

机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



汽车制造新技术系列丛书

# 汽车制造机床电气控制技术

周华祥 宁朝阳 主编

机械工业出版社

本书根据高职高专教育的特点,从理论指导实践的角度出发,将机床电气控制技术、可编程序逻辑控制技术及交直流调速技术等相互贯通,并参照行业职业技能鉴定考核标准,全面培养学生的理论知识和实际应用能力。

全书内容包括绪论及后面的六章内容,主要介绍了机床电气控制技术的发展、常用低压电器、继电器接触式控制基本环节、典型机床的控制技术、可编程序逻辑控制技术、电气调速系统、数控机床等。所有章节均安排了“教学目标”、“本章小结”、“思考与练习”等内容。

本书可作为高职高专院校相关专业学生的专业教材,也可作为相关行业岗位培训教材或技术工人自学指导用书。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

汽车制造机床电气控制技术/周华祥,宁朝阳主编. —北京:机械工业出版社, 2007. 6

(汽车制造新技术系列丛书)

ISBN 978-7-111-21631-5

I. 汽… II. ①周…②宁… III. 机床—电气控制 IV. TG502. 35

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 086181 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:徐巍 责任编辑:刘焯 版式设计:冉晓华

责任校对:李秋荣 封面设计:鞠杨 责任印制:杨曦

北京机工印刷厂印刷 (北京双新装订有限公司装订)

2007 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·13.5 印张·328 千字

0 001—4 000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-21631-5

定价:25.00 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) 88379771

封面无防伪标均为盗版

# 前 言

随着汽车制造业的发展，以电子技术、计算机技术等为代表的高新技术促使制造机床电气控制技术不断发展。高职高专机械类专业的教学内容也在不断更新，尤其是制造机床电气控制技术是一门新设立的跨机械和电气两个专业的综合课程，更适应了当今对实用技能型人才培养的要求。

本书是高职高专机电类规划教材之一，主要面向汽车制造、数控及相关专业的学生，也适合作为非学历教育及相关行业岗位培训教材或自学指导书。作为一门将电气控制、可编程序控制技术、数控机床等综合在一起的课程，内容安排上力求循序渐进、由浅入深，更多地应用图和表使文字表达通俗易懂。全书重点介绍了应掌握的基本电器元件、基本控制环节、可编程序控制器及电气调速等的必备知识，同时有侧重地介绍了典型制造机床控制技术、可编程序控制器的实际应用，便于学生将跨学科内容有机联系、相互贯通。另外，为使读者了解更新的控制技术知识，本书还简单介绍了新型电器、变频调速等内容。根据高职高专教育主要培养学生的基本技能和应用能力这一特点，突出培养学生实际应用能力。

全书内容包括绪论及后面的六章，主要介绍了机床电气控制技术的发展、常用低压电器、继电器接触式控制基本环节、典型机床的控制技术、可编程序逻辑控制技术、电气调速系统、数控机床等。部分章节安排了“教学重点”、“本章小结”、“思考与练习”等内容。

本书由湖南工业职业技术学院机械工程系周华祥研究员级高级工程师、宁朝阳老师任主编，电气工程系刘德玉老师参编。其中周华祥教授编写了一、三、六章，宁朝阳老师编写了二、五章及绪论部分，刘德玉老师编写了第四章。在本书部分章节编写中参考了有关资料，在此特向这些参考文献的作者们表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中难免存在错误和不妥之处，敬请广大读者不吝赐教。

编 者

# 目 录

前言	
绪论	1
第一节 汽车制造机床电气控制技术 的发展概况	1
第二节 本课程的性质与任务	2
第1章 常用汽车制造机床低压电器	4
第一节 低压电器的基本知识	5
第二节 开关电器与主令电器	7
第三节 熔断器	11
第四节 接触器	13
第五节 继电器	15
本章小结	21
思考与练习	22
第2章 汽车制造机床电气控制线路的 基本环节	23
第一节 机床电气原理图的画法 规则	24
第二节 三相异步电动机起动机 制电路	31
第三节 三相异步电动机运行控 制电路	36
第四节 三相异步电动机电气制 动控制电路	40
本章小结	42
思考与练习	43
第3章 汽车制造机床典型机床电气 控制线路分析	44
第一节 汽车制造机床典型机床电气 控制线路分析概述	45
第二节 CW6163B型卧式车床电气 控制线路	45
第三节 X52K型立式升降台铣床电 气控制	47
第四节 Z3040型摇臂钻床电气控制 线路	51
第五节 M1432A型万能外圆磨床电 气控制	54
本章小结	57
思考与练习	57
第4章 可编程序控制器	59
第一节 可编程序控制器简介	60
第二节 可编程序控制器系统的组成 及工作原理	67
第三节 FX2N系列可编程序控 制器	73
第四节 可编程序控制器的基本 指令	80
第五节 编程举例	92
第六节 可编程序控制器的安装与 维护	99
本章小结	103
思考与练习	104
第5章 汽车制造机床电动机自动调 速系统	105
第一节 自动调速系统的基本概念	106
第二节 晶闸管-电动机直流调速控 制系统	110
第三节 脉宽调制调速控制系统	114
第四节 三相异步电动机的调速 方法	115



第五节 电磁转差离合器调速和变极调速.....	116	第一节 数控机床概述.....	126
第六节 变频调速.....	118	第二节 计算机数控装置.....	133
第七节 机床的变频调速改造.....	120	第三节 数控伺服驱动系统.....	143
本章小结.....	123	第四节 数控系统检测装置.....	154
思考与练习.....	123	第五节 典型数控系统及运用.....	171
<b>第 6 章 数控机床控制</b> .....	<b>125</b>	本章小结.....	206
		思考与练习.....	207

# 绪 论

## 第一节 汽车制造机床电气控制技术的发展概况

汽车制造机床电气控制技术是随着科学技术的不断发展、生产工艺不断提出新的要求而得到迅速发展的。现代稍微复杂一点的机器都需要电气控制。不同行业的机器对电气控制有不同的要求，制造机床大多数是用多台电动机驱动的，有些还配有液压、气动、程序控制。机床操纵的方便性和自动控制的水平主要由机床电器决定。作为汽车制造业技术人员，了解汽车制造机床电气控制的原理，能处理简单的故障是非常必要的。

19 世纪末，直流发电机、交流发电机、直流电动机、交流电动机相继问世，揭开了电气控制技术的序幕。作为生产机械动力的电动机拖动，已由最早采用的成组拖动方式，发展为单独拖动方式，又发展为生产机械的不同运动部件分别由不同电动机拖动的多电动机拖动方式。多电动机拖动的电气控制系统不但可对各台电动机的起动、制动、反转、停车等进行控制，还具有对各台电动机之间实行协调、联锁、顺序切换、显示工作状态等功能。对生产过程比较复杂的系统还要求对影响产品质量的各种工艺参数（如温度、压力、流量、速度、时间等）能够自动测量和自动调节，这样就构成了功能相当完善的电气自动化系统。总之，电气控制技术从最早的手动控制发展到自动控制，从简单的控制设备发展到复杂的控制系统，从有触点的硬接线继电器控制系统，发展到以计算机为中心的软控制控制系统。现代电气控制技术综合应用了计算机、自动控制、电子技术、精密测量等许多先进的科学技术成果。

继电器接触式控制系统主要由继电器、接触器、按钮、行程开关等组成，其控制方式是断续的，所以又称为断续控制系统。由于这种系统具有结构简单、价格低廉、容易维护、抗干扰能力强等优点，至今仍是机床和其他许多机械设备广泛采用的基本电气控制形式，也是学习更先进电气控制系统的基础。这种控制系统的缺点是采用固定接线方式、灵活性差、工作频率低、触点易损坏、可靠性差。

从 20 世纪 30 年代开始，机械加工企业为了提高生产效率，采用机械化流水作业的生产方式，对不同类型的零件分别组成自动生产线。随着产品机型的更新换代，生产线承担的加工对象也随之改变，这就需要改变控制程序，使生产线的机械设备按新的工艺过程运行，而继电器接触式控制系统是采用固定接线的，很难适应这个要求。大型自动生产线的控制系统使用的继电器数量很多，这种有触点的电器工作频率较低，在频繁动作情况下寿命较短，从而造成系统故障，使生产线的运行可靠性降低。为了解决这个问题，20 世纪 60 年代初期，利用电子技术研制出矩阵式顺序控制器和晶体管逻辑控制系统来代替继电器接触式控制系统，对复杂的自动控制系统则采用电子计算机控制。由于这些控制装置本身存在某些不足，均未能获得广泛应用。1968 年美国最大的汽车制造商——通用汽车（GM）公司为适应汽车型号不断更新，提出把计算机的完备功能、灵活性、通用性好等优点和继电器接触式控制系统的简单易懂、操作方便、价格低等优点结合起来，制成一种能适应工业环境的通用控制装置，并把编程方法和程序输入方式加以简化，使得不熟悉计算机的人员也能很快掌握它的使用技



术。根据这一设想,美国数字设备公司(DEC)于1969年率先研制出第一台可编程序逻辑控制器(PLC),在通用汽车公司的自动装配线上试用获得成功。从此以后,许多国家的著名厂商竞相研制,各自形成系列,而且品种更新很快,功能不断增强,从最初的逻辑控制为主,发展到能进行模拟量控制,具有数据运算、数据处理和通信联网等多种功能。PLC另一个突出优点是可靠性很高,平均无故障运行时间可达10万小时以上,可以大大减少设备维修费用和停产造成的经济损失。当前PLC已经成为电气自动控制系统中应用最为广泛的核心装置。

在汽车制造机床加工生产过程中,各种机床往往要求在不同的场合,采用不同的速度进行工作,以提高生产率和保证产品的质量。变频调速技术是一种以改变交流电动机的供电频率来达到交流电动机调速目的的技术。从大范围来分,电动机有直流电动机和交流电动机。由于直流电动机调速容易实现,性能好,因此,过去生产机械的调速多用直流电动机。但直流电动机存在固有缺点,由于采用直流电源,它的集电环和电刷要经常拆换,故费时费工,成本高,给人们带来不少的麻烦。因此人们希望,让简单可靠价廉的笼型交流电动机也能像直流电动机那样调速。这样就出现了定子调速、变极调速、滑差调速、转子串电阻调速和串级调速等交流调速方式;由此出现了滑差电动机、绕线式电动机、同步式交流电动机。但其调速性能都无法和直流电动机相比。直到20世纪80年代,由于电力电子技术、微电子技术和信息技术的发展,才出现了变频调速技术。它出现后,以其优异的性能逐步取代其他交流电动机调速方式,乃至直流电动机调速系统,而成为电气传动的中枢。

数控技术在电气自动控制中占有十分重要的地位。1952年美国研制成第一台三坐标数控铣床,它综合应用了当时电子计算机、自动控制、伺服驱动、精密检测与新型机械结构等多方面最新技术成就,成为一种新型的通用性很强的高效自动化机床,它标志着机械制造技术进入了一个新阶段。随着微电子技术的发展,由小型或微型计算机再加上通用或专用大规模集成电路组成的计算机数控(CNC)装置性能更为完善,几乎所有的机床品种都实现了数控化,出现了具有自动更换刀具功能的数控加工中心(MC),工件在一次装夹中可以完成多种工序的加工。数控技术还在机械绘图、坐标测量机、激光加工机、火焰切割机等设备上得到了广泛的应用,取得了良好的效果。

回顾一个世纪以来机床电气控制技术的发展概况,其发展始终伴随着社会生产规模的扩大、生产水平的提高而前进。它的进步反过来又促进了社会生产力的进一步提高;从另一方面看,机床电气控制技术又是将微电子技术、电力电子技术、检测传感技术、机械制造技术、机械传动、液压及气压传动等紧密联系在一起。当前科学技术在继续突飞猛进,向前发展,机床电气控制技术必将达到更高的水平。

## 第二节 本课程的性质与任务

本课程是一门实用性很强的专业课,是一门工程技术人员的必修课。主要内容是以电动机或其他执行电器为控制对象,介绍继电器、接触器、控制系统、典型机床的电气控制线路、PLC控制系统的工作原理,以及电动机的调速系统。当前PLC控制系统应用十分普遍,已经成为实现工业自动化的主要手段。但是,一方面,根据我国当前情况,继电器接触式控制系统仍然是机械设备中最常用的电气控制方式,而且低压电器正在向小型化、长寿命化发





展，出现了功能多样的电子式电器，使继电器控制系统性能不断提高，因此它在今后的电气控制技术中仍然占有相当重要的地位；另一方面，PLC 是计算机技术与继电器控制技术相结合的产物，而且 PLC 的输入、输出仍然与低压电器密切相关，因此掌握继电器控制技术也是学习和掌握 PLC 应用技术所必需的基础。

该专业课程的目标是培养实际应用的能力，具体要求是：

- 1) 熟悉常用控制电器的结构原理、用途，具有合理选择、使用主要控制电器的能力。
- 2) 熟练掌握继电器接触式控制线路的基本环节，具有阅读和分析电气控制线路的工作原理的能力。
- 3) 熟悉汽车制造机床的电气控制系统，具有从事电气设备安装、调试、维修和管理等知识。
- 4) 掌握 PLC 的基本原理及编程方法，能够根据工艺过程和控制要求进行系统设计和编写应用程序。
- 5) 熟悉电气调速的基本原理及应用。
- 6) 具有设计和改进一般机床及其他设备电气控制线路的基本能力。

# 第 1 章

## 常用汽车制造机床低压电器

### 教学目标

- 掌握常用汽车制造机床低压电器的基本知识。
- 掌握常用低压电器（熔断器、开关按钮、接触器、继电器等）的结构、符号、工作原理、功能及使用方法。
- 能正确使用与维护低压电器。



电器是所有电工器械的简称。凡是根据外界特定的信号和要求,自动或手动接通和断开电路,断续或连续改变电路参数,实现对电路或非电对象的切换、控制、保护、检测和调节作用的电气设备统称为电器。随着科学技术的飞速发展,自动化程度的不断提高,电器的应用范围日益扩大,品种不断增加。尤其是随着电子技术在电器中的广泛应用,近年来出现了许多新型电器。按照我国现行标准规定,低压电器通常是指工作电压在交流 1200V 或直流 1500V 以下的电器。本章主要介绍常见汽车制造机床中常用的几种低压电器。

## 第一节 低压电器的基本知识

### 一、低压电器的分类

低压电器的品种规格繁多,构造及工作原理各异,有多种分类方法。

#### 1. 按用途分

(1) 低压配电电器 这类电器包括刀开关、转换开关、熔断器和断路器等,主要用于低压配电系统中,实现电能的输送和分配,以及系统保护。工作性质要求这类电器动作准确、工作可靠、稳定性能良好。

(2) 低压控制电器 这类电器包括接触器、继电器及各种主令电器等,主要用于电气控制系统。工作性质要求这类电器工作准确可靠、操作频率高、寿命长,而且体积小、质量轻。

#### 2. 按动作性质分

(1) 自动电器 这类电器依靠电器本身的参数变化或外来信号(如电流、电压、温度、压力、速度、热量等)而自动接通、分断电路,或使电动机进行正转、反转及停止等动作,例如接触器及各种继电器等。

(2) 手动电器 这类电器依靠外力(人工)直接操作来进行接通、分断电路等动作,例如各种开关、按钮等。

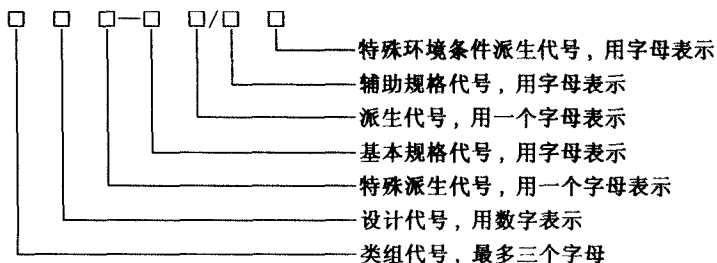
#### 3. 按低压电器的执行机理分

(1) 有触点电器 这类电器具有动触点和静触点,利用触点的接触和分离来实现电路的通断。

(2) 无触点电器 这类电器没有触点,主要利用晶体管的开关效应,即晶体管的导通或截止来实现电路的通断。

### 二、低压电器的型号表示法

国产常用低压电器的全型号组成形式如下:





### 三、低压电器的主要技术参数

#### 1. 额定电压

- (1) 额定工作电压 规定条件下, 保证电器正常工作的工作电压值。
- (2) 额定绝缘电压 规定条件下, 用来度量电器及其部件的绝缘强度、电气间隙和漏电距离的标称电压值。除非另有规定, 额定绝缘电压一般等于电器的最大额定工作电压。
- (3) 额定脉冲耐受电压 反映当电器所在系统发生最大过电压时所能耐受的能力。额定绝缘电压和额定脉冲耐受电压共同决定绝缘水平。

#### 2. 额定电流

- (1) 额定工作电流 在规定条件下, 保证开关电器正常工作的电流值。
- (2) 约定发热电流 在规定条件下试验时, 电器处于非封闭状态下, 开关电器在 8h 工作制下, 各部件温升不超过极限值时所能承载的最大电流。
- (3) 约定封闭发热电流 电器处于封闭状态下, 在所规定的最小外壳内, 开关电器在 8h 工作制下, 各部件的温升不超过极限值时所承载的最大电流。
- (4) 额定持续电流 在规定的条件下, 开关电器在长期工作制下, 各部件的温升不超过规定极限值时所能承载的最大电流值。

#### 3. 操作频率与通电持续率

开关电器每小时内可能实现的最高操作循环次数称为操作频率。通电持续率是电器工作于断续周期工作制时有载时间与工作周期之比, 通常以百分数表示。

#### 4. 机械寿命和电寿命

机械开关电器在需要修理或更换机械零件前所能承受的无载操作次数, 称为机械寿命。在正常工作条件下, 机械开关电器无需修理或更换零件的负载操作次数称为电寿命。对于有触点的电器, 其触点在工作中除机械磨损外, 尚有比机械磨损更为严重的电磨损。因而, 电器的电寿命一般小于其机械寿命。设计电器时, 要求其电寿命为机械寿命的 20% ~ 50%。

### 四、低压电器的选用原则

目前, 国产低压电器大约有 130 多个系列, 品种规格繁多。在对低压电器的设计和制造上, 国家规定有严格的标准。选用的一般原则如下。

#### 1. 安全原则

安全可靠是对任何电器的基本要求, 保证电路和用电设备的可靠运行是正常生活与生产的前提。例如用手操作的低压电器要确保人身安全; 金属外壳要有明显接地标志等。

#### 2. 经济原则

经济性包括电器本身的经济价值和使用该种电器产生的价值。前者要求合理适度, 后者必须保证运行可靠, 不能因故障而引起各类经济损失。

选用低压电器的注意事项:

- 1) 明确控制对象的分类和使用环境。
- 2) 明确有关的技术数据, 如控制对象的额定电压、额定功率、操作特性、起动电流倍数和工作制等。
- 3) 了解电器的正常工作条件, 如周围温度、湿度、海拔、振动和防御有害气体等方面



的能力。

4) 了解电器的主要技术性能, 如用途、种类、控制能力、通断能力和使用寿命等。

## 第二节 开关电器与主令电器

### 一、开关电器

开关是配电电器的一种, 用于隔离、接通、转换和分断电源, 常用的有刀开关、组合开关等。

#### 1. 刀开关

刀开关俗称闸刀开关, 是一种结构较为简单的手控低压配电电器, 其应用非常广泛。主要用来手动接通与断开交、直流电路电器设备的工作电源。

刀开关按刀的极数可分单极、双极和三极刀开关; 按灭弧装置可分为不带灭弧罩的刀开关和带灭弧罩的刀开关; 按操作方式可分远距离连杆式刀开关和直接手动式刀开关。

常用的产品有 HK 系列刀开关、HH 系列封闭式负荷开关、HR 系列熔断器刀开关等。机床上常用的三极刀开关长期允许通过的电流有 100A、200A、400A、600A、1000A 五种。刀开关主要由操作手柄、动触点、静夹座、进线座和出线座等组成。HK 系列刀开关基本结构如图 1-1 所示。刀开关主要根据电源种类、电压等级、负荷容量、所需极数及使用场合等来选用。例如: 一般照明电路中, 可用额定电压 220V, 额定电流不小于电路最大工作电流的双极式刀开关; 在小容量电力拖动控制系统中, 可用额定电压为 380V, 额定电流不小于电动机额定电流 3 倍的三极式刀开关。

刀开关图形及文字符号如图 1-2 所示。

#### 2. 组合开关

组合开关又叫转换开关, 是由多组结构相同的触点组件组合而成的控制电器, 它和刀开关一样都属于手动控制电器, 其外形和基本结构如图 1-3 所示。

组合开关常用在机床的控制电路中, 作为电源的引入开关, 又称电源隔离开关, 组合开关也可作为控制 5kW 以下小容量电动机的直接起动、正反转、变速换向、星形—三角形起动等的控制开关。当用于控制电动机正反转时, 在从正转切换到反转时, 必须先经过停止位, 等到电动机停止后, 再切换到反转位置。

组合开关有单极、双极和多极之分。它由动触片、静触片、转轴、手柄、凸轮、绝缘杆等部件组成。当转动手柄时, 每层的动触片随转轴一起转动, 代替了刀开关的推合和拉开,

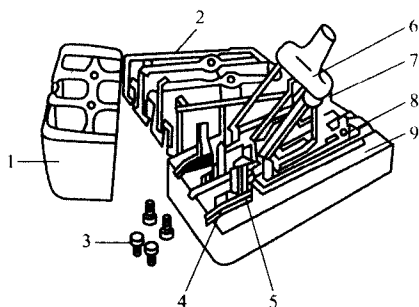


图 1-1 HK 系列开启式刀开关基本结构

1—上胶盖 2—下胶盖 3—胶盖紧固螺钉 4—进线座 5—静触点 6—瓷手 7—动触点 8—出线端 9—瓷座

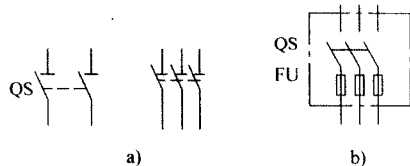


图 1-2 刀开关图形及文字符号

a) 双极和三极刀开关 b) 带熔断器的刀开关



使动触片分别和静触片保持接通和分断。在开关的转轴上装有弹簧，能使开关快速闭合和分断。

图 1-4 所示为组合开关文字及图形符号。

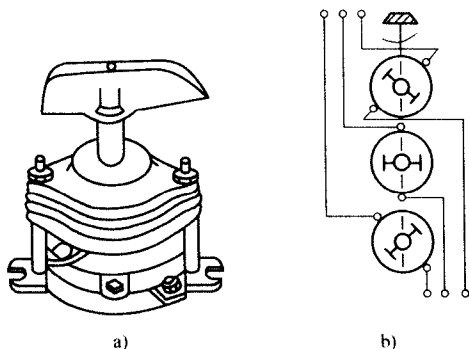


图 1-3 组合开关的基本结构  
a) 外形 b) 结构示意图

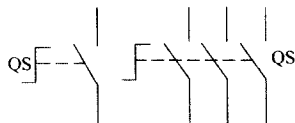


图 1-4 组合开关的文字及图形符号

在选择组合开关时，应根据实际情况选择电源的种类、电压等级、容量、额定电流和触点极数。当用于控制照明电路时，额定电流应不小于电路中各负载电流之和。

当用于控制 7kW 以下电动机的起动、停止时，组合开关的额定电流等于电动机额定电流的 3 倍。若不直接用于起动和停机时，其额定电流只要稍大于电动机的额定电流即可。

有一种不但能接通和断开电源，而且还能改变电源相序的组合开关，叫倒顺开关，它可直接实现对小容量电动机正反转的控制。倒顺开关基本结构如图 1-5 所示，静触点 L1、L2 和 L3 与三相电源连接，静触点 U、V 和 W 与电动机接线端连接，动触点固定在开关的转轴上。

倒顺开关图形符号如图 1-6 所示，图中虚线表示手柄操作的位置线，有实点“·”表示手柄位于该位置时相应的触点接通，无实点“·”表示没有接通。

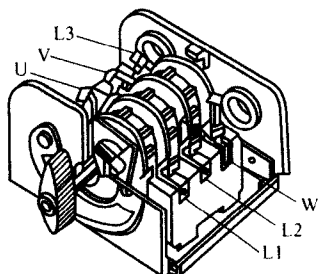


图 1-5 倒顺开关基本结构

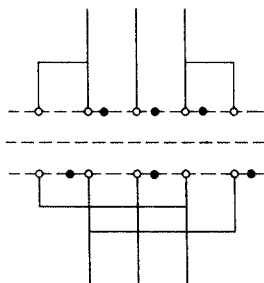


图 1-6 倒顺开关图形符号

### 3. 断路器（自动空气开关）

断路器又称为自动空气开关，是一种既有手动开关作用，又能自动进行欠电压、失电压、过电流、过载和短路保护的电器。断路器是低压配线电路中一种重要的保护电器，同时也可用于不频繁地接通和分断电路，以及用于控制电动机。

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



电压220V以下的电路中,用做不频繁的接通和断开电路。

低压断路器主要由触点系统、灭弧装置、各种脱扣器、脱扣机构和操作机构等组成。触点系统和灭弧装置是断路器的执行元件,用于接通和分断主电路。脱扣器是断路器的感测元件,当脱扣器接收到电路的故障信号后,经脱扣机构动作,使触点分断。使断路器跳闸的脱扣器有:分励脱扣器、欠电压脱扣器、过电流脱扣器和过载脱扣器。

图1-7所示为断路器工作原理示意图。

主触点1串接在被保护的三相主电路中,通过操作机构合闸后,主触点1由锁键2保持在闭合状态,锁键2由搭钩3支持着,电路接通正常工作。当需要断路器正常分断时,通过操作机构由杠杆5将搭钩3顶开(搭钩3可绕轴4转动),锁键2和主触点1就被弹簧6拉开,电路分断。分励脱扣器14通过按钮15用来远距离分闸,正常工作时,分励脱扣器的线圈没有电流。当需要远距离操作时,按下按钮使线圈通电,电磁铁带动自由脱扣机构动作,使断路器跳闸,切断电路,或由继电保护装置动作来实现自动跳闸。欠电压脱扣器8的线圈并联在主电路上,相当于一个电压继电器。正常工作时,脱扣器线圈的电压是额定电压,电磁力使衔铁10吸合,断路器保持合闸状态,当电路电压过低或消失时,电磁吸力小于弹簧11的拉力,衔铁10被弹簧11拉开,衔铁撞击杠杆5顶开搭钩3,使主触点1断开,从而实现欠电压保护作用。过电流脱扣器7相当于一个电流继电器,脱扣器的线圈串接于电路中。正常工作时,脱扣器线圈的电流是额定电流,断路器保持合闸状态,当电路发生短路或产生很大的过电流时,过电流脱扣器7产生的电磁引力将衔铁9吸合,撞击杠杆5,顶开搭钩3,使主触点1断开,从而将电路分断。热脱扣器相当于一个无触点的热继电器,脱扣器的线圈串接于电路中。正常工作时,断路器保持合闸状态,当电路发生过载时,过载电流流过热元件13,使热脱扣器的热组件——双金属片12受热弯曲,通过杠杆5顶开搭钩3,使主触点1断开,从而起到过载保护作用。在选用时,断路器额定电压和额定电流应不小于电路的正常工作电压和工作电流。

热脱扣器的整定电流应与所控制的电动机的额定电流或设备负载额定电流一致。

电磁脱扣器的瞬时脱扣整定电流应大于负载电路正常工作时的峰值电流。对于电动机可按大于1.7倍电动机的起动电流整定。

低压断路器的图形及文字符号如图1-8所示。

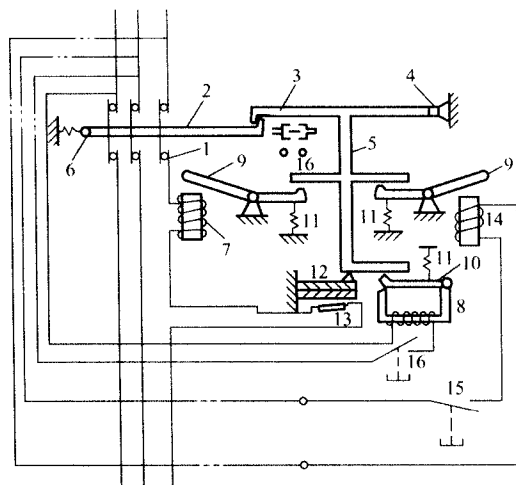


图1-7 低压断路器的工作原理图

- 1—主触点 2—锁键 3—搭钩 4—转轴  
5—杠杆 6、11—弹簧 7—过电流脱扣器  
8—欠电压脱扣器 9、10—衔铁 12—热脱扣器双金属片 13—热元件 14—分励脱扣器 15—按钮 16—合闸电磁铁

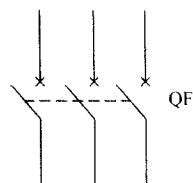


图1-8 低压断路器的图形及文字符号



## 二、主令电器

主令电器主要用于发布指令或信号，闭合或断开控制电路，改变控制系统工作状态，或实现远程控制的电器。在设备电气控制系统中，主令电器可以直接作用于控制电路，也可以通过电磁式电器的转换对电路实现控制，主要有控制按钮、行程开关、接近开关、万能转换开关等。

### 1. 按钮

按钮是一种手动的、可以自动复位的主令电器，使用非常广泛，主要用于接触器、继电器及其他电气控制电路中，用于实现远距离控制，同时可通过按钮之间的电气连锁，实现对其他电器设备的控制和保护。

控制按钮一般由按钮帽、复位弹簧、动触点、动断静触点（常闭触点）、动合静触点（常开触点）、外壳及接线柱组成，其基本结构如图 1-9 所示。控制按钮工作原理如下：将按钮帽按下，桥式动触点向下移动，先将常闭触点分断，再将常开触点接通，未受外力（常态）时，在复位弹簧作用下，桥式动触点上升，恢复原来位置，将常开触点分断，常闭触点闭合。

为了表示各个按钮的作用，防止误操作，通常将按钮帽做成不同的颜色，以示区别。按钮的颜色有红、黑、绿、黄、蓝、白、灰等，GB5226—2002 对按钮颜色作了如下规定：

“停止”和“急停”的按钮必须是红色。“起动”的按钮是绿色。“起动”与“停止”交替动作的按钮必须是黑色、白色或灰色，不得用红色和绿色。“点动”按钮必须是黑色。“复位”按钮（如保护继电器的复位按钮）必须是蓝色的。当复位按钮还有停止的作用时，必须是红色。控制按钮的图形及文字符号如图 1-10 所示。

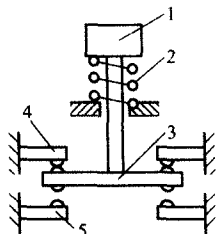


图 1-9 控制按钮的基本结构  
1—按钮 2—复位弹簧 3—动触点  
4—常闭触点 5—常开触点

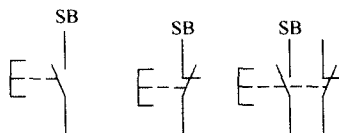


图 1-10 控制按钮的图形及文字符号

按钮主要根据所需要的触点数、使用场合、颜色标注、复位方式，以及额定电压、额定电流等进行型号的选择。目前常用的按钮有 LA10、LA18、LA19、LA20 等系列产品。一般按钮的额定电压为交流 500V，直流 440V，额定电流为 6A。

### 2. 行程开关

行程开关又称限位开关或位置开关，是根据运动部件位置而切换电路的自动控制电器。主要用于检测机械运动位置，将机械位移变为电信号，从而控制机械运动的运动方向、行程长短或改变运动状态。图 1-11 所示为行程开关外形结构图。

行程开关工作原理与控制按钮类似。当生产机械上安装的挡铁碰压行程开关按钮时，按钮向内运动，压迫弹簧，使常闭触点断开，常开触点闭合，从而实现由机械运动转换为电信





号的断开与接通。当外界机械作用去除后，由于弹簧的反作用，触点自动恢复原来位置，常开触点断开，常闭触点闭合。

行程开关图形及文字符号如图 1-12 所示。

行程开关主要根据机械设备运动方式与安装位置，挡铁的形状、速度、工作力、工作行程、触点数量，以及额定电压、额定电流来选择。

### 3. 接近开关

接近开关是一种非接触式的检测装置，是无触点电子低压开关，用于机床或其他设备时，能像行程开关一样起着限制行程的作用。此外，接近开关还能起计数作用。因此，接近开关不等于行程开关，它具有定位精度高、操作频率高、寿命长和功率消耗低等优点，近年来获得广泛的应用。接近开关由感应头、高频振荡器、晶体管开关电路、输出放大器等部分组成。它的工作原理是：当装在生产机械上的金属检测体接近感应头时，由于感应作用，使处于高频振荡器线圈磁场中的物体内部产生涡流损耗，使振荡减弱以至停振，这时晶体管开关电路就导通，并通过输出放大器电路输出信号，从而达到检测位置的作用。

接近开关图形及文字符号如图 1-13 所示。

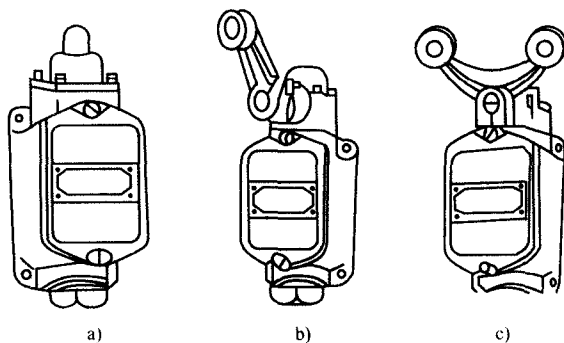


图 1-11 行程开关外形及结构图

a) 按钮式 b) 单轮旋转式 c) 双轮旋转式

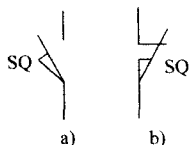


图 1-12 行程开关图形及文字符号

a) 动合触点 b) 动断触点

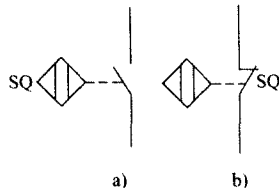


图 1-13 接近开关图形及文字符号

a) 接近开关动合触点 b) 接近开关动断触点

## 第三节 熔断器

### 一、熔断器的工作原理

熔断器是一种最简单有效的保护电器。主要由熔体和安装熔体的熔管两部分组成。熔体是熔断器的核心部分，常作成丝状或片状，其材料有两类：一类为低熔点材料，如铅锡合金、锌等；另一类材料为高熔点材料，如银、铜、铝等。熔断器使用时，串联在所保护的电路中。当电路正常工作时，熔体允许通过一定大小的电流而不熔断；当电路发生短路或严重过载时，熔体中流过很大的故障电流，当电流产生的热量使熔体温度上升到熔点时，熔体熔断，切断电路，从而达到保护电气设备的目的。