

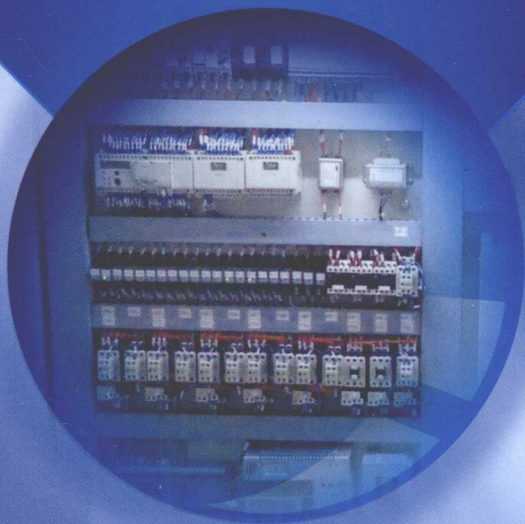


高职高专“十一五”规划教材

GONGCHANG DIANQI KONGZHI JISHU

# 工厂电气控制技术

高宇 编著



化学工业出版社

高职高专“十一五”规划教材

# 工厂电气控制技术

高 宇 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

本书根据高职高专教育的特点,从实用的角度出发,并参照行业职业技能鉴定及中级技术工人等级考核标准进行编写,突出培养学生的实际应用能力。

本书在编写过程中打破传统教材的编写模式,以实际的工作任务为驱动,将传统教材中的知识点分解在每个真实项目中。全书内容共分为五个项目,即车床电气的安装与维修;钻床电气的安装与维修;铣床电气的安装与维修;其他典型机床电气的安装与维修;可编程序控制器。五个项目的教学内容覆盖了从基本知识到专业技能培养的全过程。本书所编写的内容以必需、够用为度,强调基本技能的训练,以增强学生的实践动手能力,从而培养具有工程师素质的实用型人才。

本书主要面向高职高专电气自动化及相关专业的学生,也适合非学历教育及作为相关行业岗位培训教材或自学指导书。

### 图书在版编目(CIP)数据

工厂电气控制技术/高宇编著. —北京:化学工业出版社, 2010.7  
高职高专“十一五”规划教材  
ISBN 978-7-122-08512-2

I. 工… II. 高… III. 工厂-电气控制-高等学校: 技术学院-教材 IV. TM571.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第083096号

---

责任编辑:王听讲  
责任校对:周梦华

装帧设计:韩飞

---

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印装:化学工业出版社印刷厂

787mm×1092mm 1/16 印张10½ 字数257千字 2010年7月北京第1版第1次印刷

---

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

---

定 价:22.00元

版权所有 违者必究

# 前 言

随着电气控制技术的发展，以电力电子技术、计算机技术等为代表的高新技术促使控制技术不断发展。为了适应当今对实用技能型人才的需求，高职高专电气类专业的教学内容也在不断更新。本书结合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，参照行业职业技能鉴定及技术工人等级考核标准进行编写，突出相关内容并重点培养学生实际应用能力。本书在内容安排上力求循序渐进、由浅入深。更多地应用图文、图表等形式使内容尽量通俗易懂，便于学生将跨学科的内容有机地联系、相互贯通。本书在编写过程中打破传统教材的编写模式，以实际的工作任务为驱动，将传统教材中的知识点分解在每个真实项目中。

全书共分为五个项目，即车床电气的安装与维修；钻床电气的安装与维修；铣床电气的安装与维修；其他典型机床电气的安装与维修；可编程序控制器。五个项目教学内容覆盖了从基本知识到专业技能培养的全过程。本书所编写内容以必需、够用为度，强调基本技能的训练，以增强学生的实践动手能力，从而培养具有工程师素质的实用型人才。

本书主要面向电气自动化及相关专业的学生，也适合非学历教育及作为相关行业岗位的培训教材或自学指导用书。

本书由沈阳职业技术学院电气工程系高宇副教授执笔，在编写过程中米其林（沈阳）轮胎有限公司胡乃宏，沈阳机床集团刘刚两位专家提供了大量的企业基本素材，并对书稿提出了宝贵意见，在这里深表感谢。

我们将为使用本书的教师免费提供电子教案，需要者可以到化学工业出版社教学资源网站 <http://www.cipedu.com.cn> 免费下载使用。

本书在编写的角度及侧重方向上难以顾全所有学校，不当之处恳请读者提出宝贵意见。

编者  
2010年4月

# 目 录

绪论 .....	1
<b>项目一 车床电气线路的安装与维修 .....</b>	<b>4</b>
任务一 CA6140 卧式车床简介 .....	4
任务二 基本元器件 .....	5
任务三 电气控制系统图及配线工艺 .....	22
任务四 典型电路 .....	26
任务五 CA6140 型车床的电气控制线路及维修 .....	31
习题 .....	37
<b>项目二 钻床电气线路的安装与维修 .....</b>	<b>38</b>
任务一 Z3040 摇臂钻床简介 .....	38
任务二 元器件 .....	39
任务三 基本控制电路 .....	41
任务四 Z3040 型摇臂钻床电气控制线路 .....	45
习题 .....	51
<b>项目三 铣床电气线路的安装与维修 .....</b>	<b>52</b>
任务一 X62W 万能铣床简介 .....	52
任务二 基本元件 .....	52
任务三 典型电路 .....	53
任务四 X62W 万能铣床电气控制线路 .....	56
习题 .....	62
<b>项目四 其他典型机床电气线路的安装与维修 .....</b>	<b>63</b>
任务一 其他典型控制电路 .....	63
任务二 M7120 平面磨床电气控制线路 .....	68
任务三 15/3t 交流桥式起重机简介 .....	73
任务四 电气控制线路的故障分析与处理 .....	76
任务五 继电器——接触器控制系统的设计 .....	81
习题 .....	104
<b>项目五 可编程控制器 .....</b>	<b>105</b>
任务一 可编程控制器的认识 .....	105
任务二 SIMATICS7—200 系列 PLC .....	116

习题	153
<b>附录</b>	157
附表 1 S7-200 CPU 模块共同的技术指标	157
附表 2 S7-200 CPU 模块的主要技术指标	157
附表 3 S7-200 电源的技术指标	158
附表 4 S7-200 数字量输出技术指标	158
附表 5 S7-200 数字量输入技术指标	159
附表 6 S7-200 数字量扩展模块	159
附表 7 S7-200 编程元件及数据空间	160
附表 8 S7-200 常用特殊存储器标志位	160
<b>参考文献</b>	161

# 绪 论

## 一、电气控制技术发展概况

随着科学技术的不断发展，生产工艺也不断提出新的要求，因而得到迅速的发展。电气控制技术是对生产现场中所使用的各种设备进行控制，从而使设备按照规定的加工与制造工艺要求完成相应动作的技术，包括机械运动、液压传动、气压传动和电气传动及其控制等实用技术。这些技术的集成使用，大大提高了生产设备的制造能力、技术水平和控制的自动化程度，其电气控制技术的发展与应用更为突出。

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力拖动，已由最早的采用成组拖动方式——单独拖动方式——生产机械的不同运动部件分别由不同电动机拖动的多种电动机拖动方式，多种电动机拖动的电气控制系统不但可对各台电动机的启动、制动、正转、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、时间等能够进行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控制系统。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件控制系统。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、维护容易、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技术的基础。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，机械加工企业为提高生产效率，采用了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运行，而继电器接触器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，在频繁动作情况下的使用寿命较短，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器控制系统，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以及灵活性、通用性好等优点和继电器接触器控制系统的简单易懂、操作方便、价格低等优点结合起来，做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控制器

(PLC),并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。

液压传动具有易于实现直线往复运动、旋转运动和摆动,运动平稳,冲击小,易于实现无级调速且调速范围宽等优点。因此,液压传动在运输机械、起重机械、矿山机械、农业机械、各种加工机床、机械手与机器人、飞行器等各行业中都有广泛的应用。随着计算机技术的发展,液压技术开始向高压、高速、大功率、高效率、低噪声、高度集成化等方向发展。

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,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的最新技术成就,成为一种新型的通用性很强的高效自动化机床,标志着机械制造技术进入了一个新的阶段。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装置(CNC)性能更为完善,几乎所有的机床品种都实现了数控化,出现了自动更换刀具功能的数控加工中心机床(MC),工件在一次装夹后可完成多种工序的加工。数控技术还在绘图机械、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。

20世纪70年代出现了计算机群控系统,即直接数控(DNC)系统,由一台较大型的计算机控制与管理多台数控机床和数控加工中心,能完成多品种、多工序的产品加工。在此基础上增加刀具和工件在加工时便于储存装置之间的装卸输送系统及必要的检测设备,由计算机对整个系统进行控制和管理,这样就构成了柔性制造系统(FMS)。近年来又出现了计算机集成制造系统(CIMS),综合运用计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助制造(CAM)、智能机器人等多项高技术,形成了从产品设计与制造的智能化生产的完整体系,将自动制造技术推进到更高的水平。

回顾一个世纪以来电气控制技术的发展,设备控制的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。电气控制技术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,电气控制技术又是微电子技术、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。当前科学技术继续在突飞猛进,向前发展,在人类进入21世纪后,电气控制技术必将达到更高的水平。

## 二、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、接触器控制系统和PLC控制系统的工作原理、典型机械的电气控制线路。另外,还介绍了设备控制技术中液压元件及液压传动系统,对计算机控制技术也进行了简单介绍。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,继电接触器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、长使用寿命发展,出现了功能多样的电子式电器,使继电接触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接触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,因此掌握继电接触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：

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。熟练掌握继电器接触器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。熟悉典型设备的电气控制系统，具有从事电气设备安装、调试、维修和管理等知识。能够根据工艺过程和控制要求进行系统设计和说明控制工作原理。了解计算机控制应用技术。具有设计和改进一般安全机械设备电气控制线路的基本能力。

# 项目一 车床电气线路的安装与维修

## 任务一 CA6140 卧式车床简介

车床是金属切削机床中应用最为广泛的一种机床，能够车削外圆、内孔、端面、钻孔、铰孔、切槽、切断、螺纹、螺杆及成形表面等，约占机床总数的 25%~50%。在各种车床中，应用最多的是普通车床。

普通车床的切削加工运动主要分为两部分，主轴通过卡盘带动工件旋转的运动称为主运动；溜板带动刀架的往复直线运动称为进给运动。中小型车床的主运动和进给运动一般都是由一台电动机拖动，车床工作时，绝大部分功率消耗在主轴运动上。现以普通精密车床 CA6140 为例进行介绍。

### 一、CA6140 卧式车床的主要结构

CA6140 卧式车床为国内自行设计制造的普通车床，与 C620-1 型车床比较，具有性能优越、结构先进、操作方便和外形美观等优点。

CA6140 卧式车床主要由床身、主轴变速箱、进给箱、溜板箱、溜板与刀架、尾架、主轴、丝杆与光杆等组成。

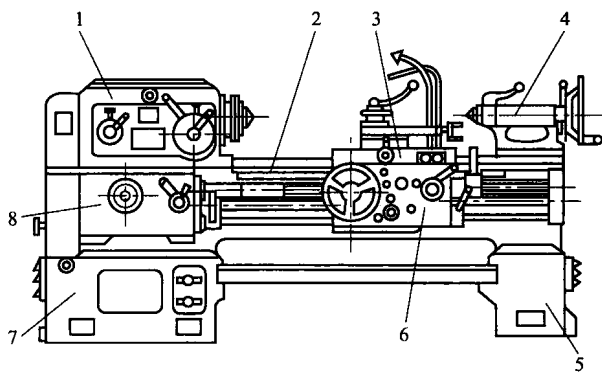


图 1-1 CA6140 卧式车床的外形结构图

1—主轴变速箱；2—床身；3—刀架与溜板；4—尾架；  
5、7—床腿；6—溜板箱；8—进给箱

CA6140 卧式车床的外形结构图如图 1-1 所示。

### 二、CA6140 卧式车床的运动形式

车床的切削运动包括工件旋转的主运动和刀具的直线进给运动。车削速度是指工件与刀具接触点的相对速度。根据工件的材料性质、车刀材料及几何形状、工件直径、加工方式及冷却条件的不同，要求主轴有不同的切削速度。主轴变速是由主轴电动机经 V 带传递到主轴变速箱来实现的。

CA6140 卧式车床的主轴正转速度有 24 种（10~1400r/min），反转速度有 12 种（14~1580r/min）。

**主运动：**工件的旋转运动是车床的主运动，由主轴电动机拖动，是由主轴电动机通过带轮传动到主轴箱再旋转的。

**进给运动：**刀架的直线运动是车床的进给运动，由主轴电动机拖动。主轴电动机经主轴变速箱，再由光杠或丝杠带动溜板箱，使溜板箱带动刀架沿床身作纵横向的直线进给运动。

**快速进给运动：**即刀架做快速直线运动，为减少辅助工作时间，提高工作效率，可单独

设置快速移动电动机带动刀架做快速进给运动。

## 任务二 基本元器件

低压电器通常是指工作在交流频率 50Hz、额定电压 1200V 以下，直流额定电压 1500V 以下的电路中起接通、断开、保护、控制、调节或转换作用的电器设备，如接触器、继电器、开关、按钮等低压电器是电气控制系统中的基本组成元件。

### 一、刀开关

#### 1. 作用

刀开关俗称闸刀开关，是一种结构较为简单的手控低压电器，其应用范围非常广泛。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。

#### 2. 分类

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 系列开启式刀开关、HH 系列封闭式负荷刀开关和 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 和 1000A 五种。

#### 3. 基本结构

HK 系列开启式刀开关、HH 系列封闭式刀开关的基本结构如图 1-2 和图 1-3 所示。其主要由操作手柄、动触点、静触点、进线座和出线座等组成。

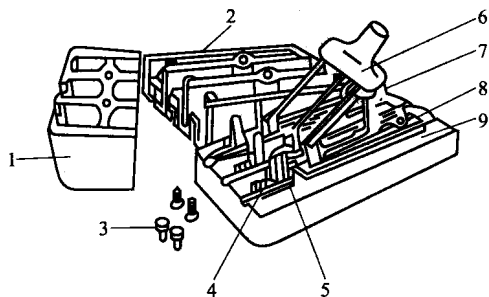


图 1-2 HK 系列开启式刀开关的基本结构

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

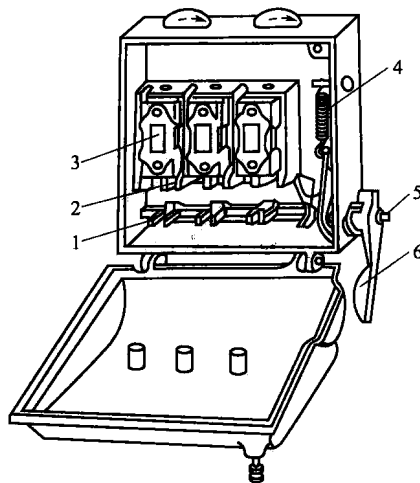


图 1-3 HH 系列封闭式刀开关基本结构

- 1—闸刀；2—夹座；3—熔断器；4—速断  
弹簧；5—转轴；6—手柄

#### 4. 选用

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。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 倍的三极刀开关。

### 5. 图形及文字符号

刀开关的图形及文字符号如图 1-4 所示。

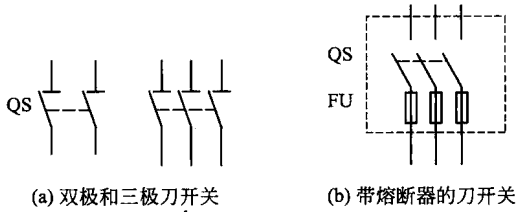


图 1-4 刀开关的图形及文字符号

## 二、熔断器

熔断器具有结构简单、使用维护方便、价格低廉、可靠性较高等特点，在低压配电线路和电气设备中得到了广泛应用。

### 1. 作用

熔断器应用于低压配电线路和电气设备中，主要起短路保护和严重过载保护作用。

### 2. 分类

熔断器的种类很多，按其结构形式分瓷插式熔断器、螺旋式熔断器、无填料密闭管式熔断器和有填料密闭管式熔断器。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。

### 3. 基本结构

熔断器的基本结构如图 1-5 和图 1-6 所示。

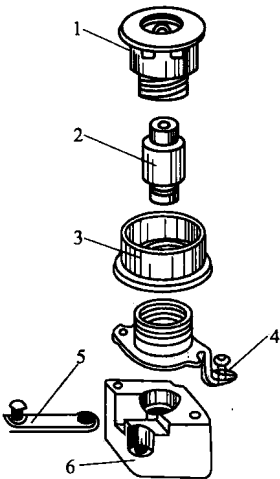


图 1-5 螺旋式熔断器基本结构

1—瓷帽；2—熔管；3—瓷套；4—上接线柱；  
5—下接线柱；6—底座

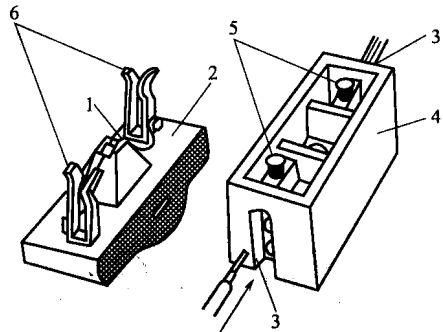


图 1-6 瓷插式熔断器基本结构

1—熔丝；2—瓷插件；3—接线端子；  
4—瓷底座；5—静触点；6—动触点

### 4. 图形及文字符号

熔断器的图形及文字符号如图 1-7 所示。

### 5. 选用

#### (1) 熔断器类型的选择

主要根据使用场合来选择不同的熔断器类型。例如作电网配电用应选择一般工业用熔断器；作硅元件保护用应选择保护半导体器件熔断器，供家庭使用宜选用螺旋式或半封闭插入式熔断器。

(2) 熔断器的额定电压必须等于或高于熔断器工作点的电路的额定电压。

(3) 电路保护用熔断器熔体的额定电流，基本上可按电路的额定负载

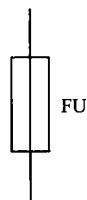


图 1-7 熔断器的图形及文字符号

电流来选择，但主额定分断能力必须大于电路中可能出现的大故障电流。

(4) 在电动机回路中作短路保护时，熔体的额定电流可按下列情况确定。

① 单台直接启动电动机。熔体的额定电流 = (1.5~2.5) × 电动机额定电流。

② 多台直接启动电动机。熔体的额定电流 = (1.5~2.5) × 功率最大的电动机额定电流 + 其余电动机额定电流之和。

③ 减压启动电动机。熔体的额定电流 = (1.5~2) × 电动机额定电流。

(5) 为了防止越级熔断、扩大停电事故范围，各级熔断器间应有良好的协调配合，使下一级熔断器比上一级先熔断，从而满足选择性保护的要求。选择上下级熔断器时应根据保护特性曲线上的数据及实际误差来选择。一般老产品的选择比为 2:1，新型熔断器的选择比为 1.6:1。例如下级熔断器额定电流为 100A，上级熔断器的额定电流最小也要为 160A，才能达到 1.6:1 的要求。若选择比大于 1.6:1，则能更可靠地达到选择性保护的目。

(6) 保护半导体器件熔断器的选用：在变流装置中作短路保护时，应考虑到熔断器熔体的额定电流是用有效值表示，而半导体器件的额定电流是用通态平均电流  $I_{PJ}$  表示的，应将  $I_{PJ}$  乘以 1.57 换算成有效值。

应该指出：熔断器与半导体器件串联时，应该使前者的  $I^2t$  值小于后者，以保证短路时，熔断器先熔断。另外，熔断器断开过电压是在熔断器灭弧过程中出现的，它会使半导体器件受到反向电压击穿，从而引起半导体器件的损坏。因此，熔断器的断开过电压，必须等于或小于半导体器件允许承受的反向峰值电压。

#### 6. 熔断器的使用

(1) 安装熔断器时除保证足够的电气距离外，还应保证足够的间距，以保证拆卸、更换熔体方便。

(2) 安装前应检查熔断器的型号、额定电压、额定电流、额定分断能力等参数是否符合要求。

(3) 安装熔体时必须保证接触良好，不能有机械损伤。

(4) 安装引线要有足够的截面积，而且必须拧紧接线螺钉，避免接触不良。

(5) 在运行中应经常注意熔断器的指示器，以便及时发现一相熔断体熔断的情况，防止缺相运行。如果检查发现熔体已经腐蚀、损伤或熔断，应更换同一型号规格的熔断器，不允许用其他型号的熔断器代用（除非已通过验证）。

(6) 插入与拔出熔断器时要用规定的工具，不要直接用手拔熔体（熔断后外壳温度很高，以免烫伤），也不可不用合适的工具插入与拔出。更换时，熔断器必须在不带电的情况下进行。

(7) 使用时应经常清除熔断器上及导电插座上的灰尘和污垢。

#### 7. 基本技术数据

RL1 系列螺旋式熔断器的基本技术数据见表 1-1。

表 1-1 RL1 系列螺旋式熔断器的基本技术数据

型号	熔断器的额定电流/A	熔体的额定电流/A	型号	熔断器的额定电流/A	熔体的额定电流/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

RC1 系列插入式熔断器的基本技术数据见表 1-2。

表 1-2 RC1 系列插入式熔断器的基本技术数据

型号	熔断器的额定电流/A	熔体的额定电流/A	型号	熔断器的额定电流/A	熔体的额定电流/A
RC1—10	10	1,4,6,10	RC1—100	100	80,100
RC1—15	15	6,10,15	RC1—200	200	100,150,200
RC1—30	30	20,25,30			

### 三、断路器

低压断路器又称自动空气开关，是低压配电线路中一种重要的保护电器。

#### 1. 作用

低压断路器是一种既有手动开关作用又能自动进行失电压、欠电压、过载、过电流和短路等保护的电器。同时也可用于不频繁地接通和分断电路以及控制电动机。使用低压断路器来实现短路保护比熔断器优越，因为当三相电路短路时，很可能只有一相的熔断器熔断，造成断相运行。对于断路器来说，只要造成短路都会使开关跳闸，将三相电源同时切断。

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，作不频繁的接通和断开电路用。

#### 2. 基本结构

目前常用的各种低压断路器的外形图如图 1-8 所示。

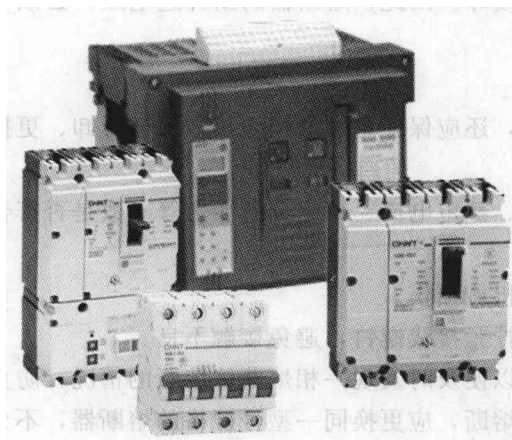


图 1-8 低压断路器外形图

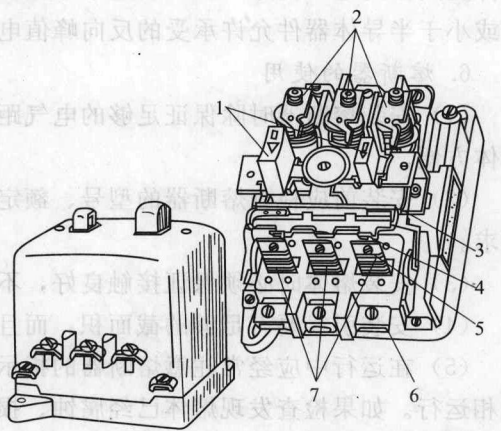


图 1-9 DZ5—20 型低压断路器的基本结构

1—按钮；2—电磁脱扣器；3—自由脱扣器；4—动触点；  
5—静触点；6—接线柱；7—热脱扣器

DZ5—20 型低压断路器的内部基本结构如图 1-9 所示。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。

#### (1) 触点系统和灭弧装置

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。

#### (2) 脱扣器

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。

#### 3. 工作原理

断路器工作原理如图 1-10 所示。

(1) 正常接通和分断

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 保持闭合状态，锁键 2 由搭钩 3 支撑，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 可绕转轴 4 转动），锁键 2 和主触点 1 被弹簧 6 拉开，电路分断。

(2) 远距离分闸

分励脱扣器 14 通过按钮 15 来进行远距离分闸，正常工作时，分励脱扣器 14 的线圈没有电流。当需要远距离操作时，按下按钮 15 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。

(3) 欠电压保护

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 10 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。

(4) 过电流保护

过电流脱扣器 7 相当于一个电流继电器，脱扣器的线圈串接在电路中，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。

(5) 过载保护

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，过载电流流过电阻丝 13，使热脱扣器双金属片 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。

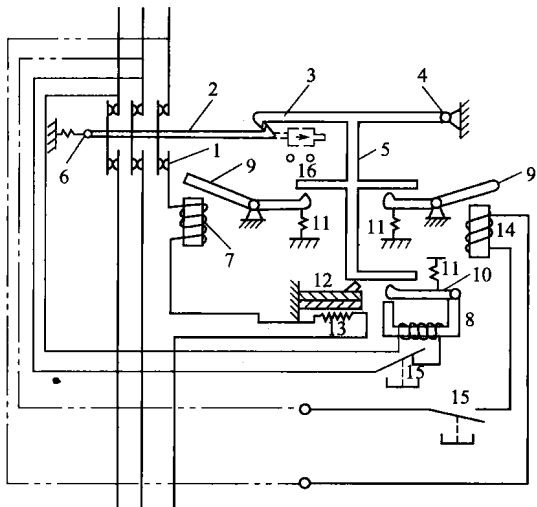


图 1-10 低压断路器的工作原理图

- 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—电磁铁

4. 图形及文字符号

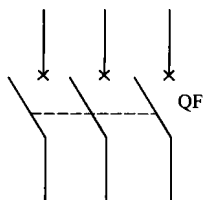


图 1-11 低压断路器的图形及文字符号

低压断路器的图形及文字符号如图 1-11 所示。

5. 选用

(1) 低压断路器的选择

应根据线路及电气设备的额定电流及对保护的要求来选择低压断路器的类型。若额定电流较小（600A 以下），短路电流不太大，可选用塑壳式断路器；对短路电流相当大的支路，则应选用限流式断路器；若额定电流很大，则应选择万能式断路器；若有剩余电流保护要求时，应选用剩余电流保护断路器等。控制和保护硅整流装置及晶闸管的断

路器，应选用直流快速断路器。

(2) 低压断路器技术参数选用原则

① 低压断路器的额定工作电压应不小于线路的额定电压。

② 低压断路器过电流脱扣器的额定电流应不小于线路的计算电流，热脱扣器的额定电流也应不小于线路的计算电流。

③ 低压断路器的额定电流应不小于安装的过电流脱扣器与热脱扣器的额定电流。

④ 低压断路器的额定短路通断能力应大于或等于线路中可能出现的最大短路电流，一般可按有效值计算。

⑤ 线路末端单相对地短路电流等于或大于 1.25 倍低压断路器瞬时（或短延时）脱扣器的整定电流。

⑥ 低压断路器欠电压脱扣器的额定电压等于线路的额定电压。

⑦ 低压断路器分励脱扣器的额定电压等于控制电源电压。

⑧ 电动操作机构的工作电压等于控制电源电压。

6. 低压断路器的安装及使用

(1) 使用

① 安装前外观检查：检查断路器在运输过程中有无损坏，紧固件是否松动，可动部分是否灵活等，如有缺陷，应进行相应的处理或更换。

② 技术指标检查：检查核实断路器的工作电压、电流、脱扣器电流整定值等参数是否符合要求。断路器的脱扣器整定值等各项参数出厂前已整定好，原则上不准再动。

③ 绝缘电阻检查：安装前先用 500V 兆欧表检查断路器相与相、相与地之间的绝缘电阻，在周围空气温度为  $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$  和相对湿度为 50%~70% 时应不小于 10 兆欧，否则断路器应烘干后使用。

④ 清除灰尘和污垢，擦净端面上的防锈油脂。

(2) 安装

① 断路器底板应垂直于水平位置，固定后断路器应安装平整，不应有附加机械应力。

② 电源进线应接在断路器的上母线上，而接往负载的出线则应接在下母线上。

③ 为防止发生飞弧，安装时应考虑到断路器的飞弧距离，并注意到在灭弧室的上方接近飞弧距离处不跨接母线。

④ 如果是塑壳式产品，进线端的裸母线宜包上 200mm 长的绝缘物，有时还要在进线端的各相间加装隔弧板。

⑤ 凡设有接地螺钉的产品，均应可靠接地。

7. 低压断路器的维护

通常断路器在使用期内，应定期进行全面的维护与检修，主要内容如下。

(1) 每隔一定时间（一般为半年），应清除落于断路器上的灰尘，以保证断路器能够良好的绝缘。

(2) 操作机构在使用一段时间后（可考虑 1~2 年），在传动机构部分应加润滑油（小容量塑壳式断路器不需要）。

(3) 灭弧室在因短路分断后，或经较长时间使用后，应清除灭弧室内壁和栅片上的金属颗粒和黑烟灰。有的陶瓷灭弧室容易破损，如发现破损的灭弧室，绝不要再使用以免造成不应有的事故。长期未使用的灭弧室，在使用前应先烘干一次，以保证良好的绝缘。



(4) 断路器的触点在长期使用后,如触点表面发现有毛刺、金属颗粒等,应当予以清理,以保证良好的接触。如发现磨损到少于原来厚度的 1/3 时要考虑更换灭弧触点。

(5) 定期检查各脱扣器的电流整定值和延时,特别是电子式脱扣器应定期用试验按钮检查其动作情况。

(6) 在定期检查全部检修工作完毕后,应作几次传动试验,检查动作是否正常,特别是对于联锁系统,要确保其动作准确无误。

#### 8. 类型及主要参数

常用低压断路器的类型及其主要参数如下。

① 万能式低压断路器。又称为敞开式低压断路器,具有绝缘衬底的框架结构底座,所有的构件组装在一起,用于配电网路的保护。主要型号有 DW10 和 DW15 两个系列。

② 装置式低压断路器。又称塑料外壳式低压断路器,具有用模压绝缘材料制成的封闭型外壳将所有构件组装在一起。用作配电网路的保护和电动机、照明电路及电热器等控制开关。主要型号有 DZ5、DZ10、DZ20 等系列。

③ 快速断路器。具有快速电磁铁和强有力的灭弧装置,最快动作时间可达 0.02s 以内,用于半导体整流元件和整流装置的保护。主要型号有 DS 系列。

④ 限流断路器。利用短路电流产生巨大的吸力,使触点迅速断开,能在交流短路电流尚未达到峰值之前就把故障电路切断。用于短路电流相当大(高达 70kA)的电路中。主要型号有 DWX15 和 DZX10 两种系列。

另外,我国引进的国外断路器产品有德国的 ME 系列、SIEMENS 的 3WE 系列,日本的 AE、AH、TG 系列,法国的 C45、S060 系列,美国的 H 系列等,这些产品都有较高的技术经济指标,国外先进技术的引进使我国断路器的技术水平达到了一个新的阶段,我国今后将进一步开发和完善新一代智能型的断路器。

### 四、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。其主要有控制按钮、行程开关、接近开关,万能转换开关等。

#### 1. 按钮的作用

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,实现远距离控制,同时可通过按钮之间的电气联锁,实现对其他电器设备的控制和保护。

#### 2. 按钮的基本结构

控制按钮外形图如图 1-12 所示,其内部基本结构如图 1-13 所示。

#### 3. 按钮的工作原理

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,在复位弹簧的作用下,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。其颜色有红、黑、绿、黄、蓝、白、灰等,国家标准 GB 5226—1985 对按钮颜色作了如下规定: