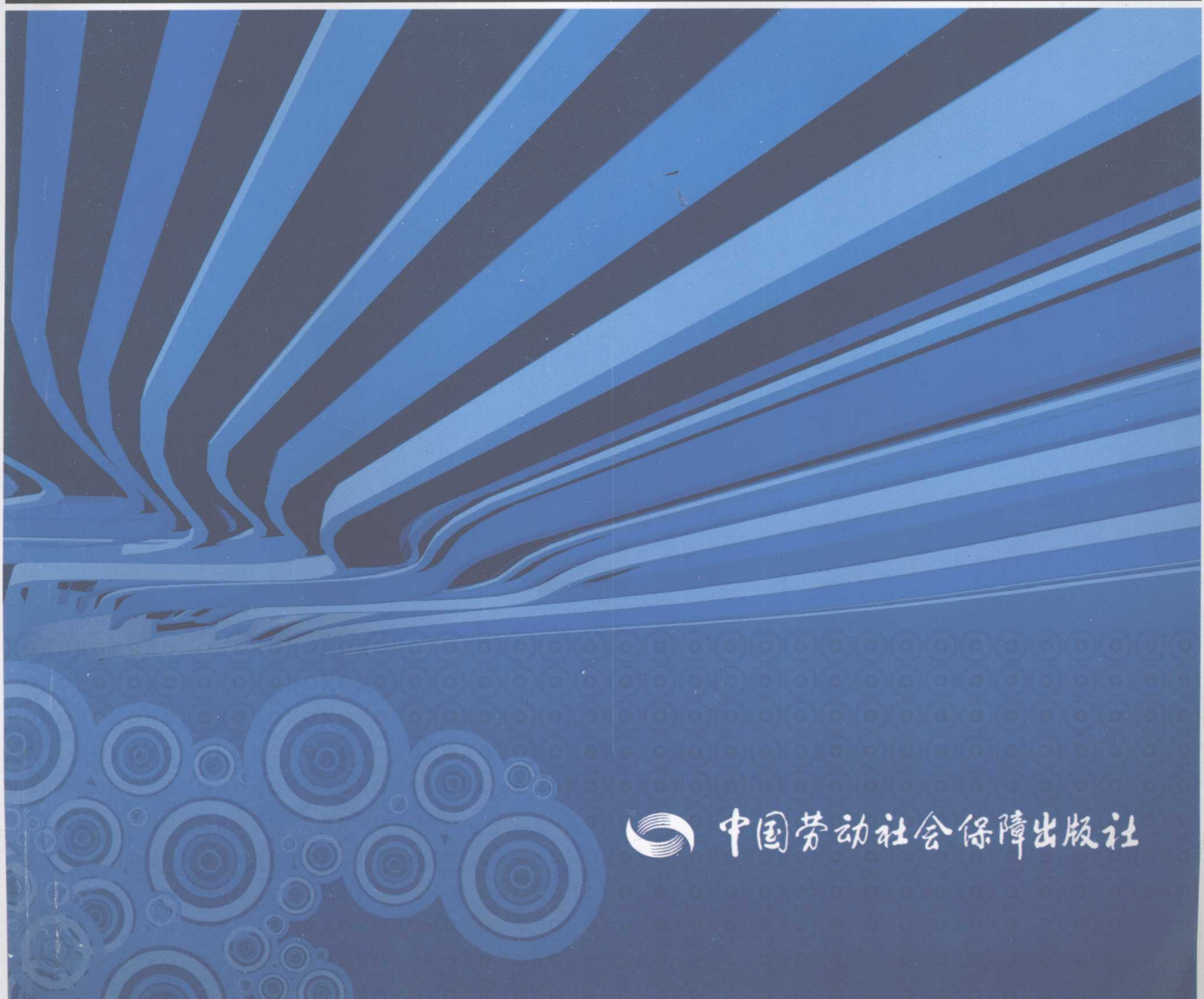
中等职业技术学校机械专业教材

# 控制技术

KONGZHI JISHU



中国劳动社会保障出版社

中等职业技术学校机械专业教材

# 控制技术

人力资源和社会保障部教材办公室组织编写

中国劳动社会保障出版社

**图书在版编目(CIP)数据**

控制技术/周全，遇大道，李维立主编. —北京：中国劳动社会保障出版社，2008
中等职业技术学校机械专业教材
ISBN 978-7-5045-7239-4

Ⅰ.控… Ⅱ.①周… ②遇… ③李… Ⅲ.自动控制-专业学校-教材 Ⅳ.TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 113572 号

**中国劳动社会保障出版社出版发行**
(北京市惠新东街 1 号 邮政编码：100029)
出 版 人：张梦欣

*

北京人卫印刷厂印刷装订 新华书店经销
787 毫米×1092 毫米 16 开本 12.25 印张 288 千字
2008 年 8 月第 1 版 2008 年 8 月第 1 次印刷
**定价：21.00 元**

**读者服务部电话：010-64929211**
**发行部电话：010-64927085**
**出版社网址：http://www.class.com.cn**
**版权专有 侵权必究**
**举报电话：010-64954652**

# 编写人员名单


**主　编**　周　全　遇大道　李维立

**副主编**　张在新　刘学武　邰敬明　闫　娜

**主　审**　杨国恩　王庆明

**策　划**　葛　政

**统　稿**　李维立

# 前　言

为了深入贯彻落实全国职业教育工作会议精神和《国务院关于大力发展职业教育的决定》，坚持以学生为本位、以就业为导向，推动职业学校持续健康发展和全面提高教育教学质量，我们组织有关职业教育研究人员、一线教师和行业专家在广泛调研的基础上，以课程改革为突破点，开发了这套中等职业技术学校机械专业教材，主要包括《机械制图》《机械技术》《电工电子技术》《控制技术》等。以后我们还会根据教学需要，开发其他教材。

本套教材采用模块化的方式编写，以就业为导向，以学生为主体，以培养应用型技能人才为根本任务。根据课改要求，我们对机械专业基础课程进行了创新性地重组和改革，形成不同的模块；对原有课程中“繁难偏旧”的知识和内容进行了恰当处理，增强教材的实用性；在部分课程中引入实训环节，增加学生运用知识的能力，提高教学效果。每门课程都制定了详细的教学计划，各模块都规定了相应的学时安排、学习目标和教学要求，具有良好的教学操作性。

《机械制图》根据机械专业的教学需要，将机械制图知识、互换性与技术测量知识进行了科学整合，有效地解决了原机械制图与技术测量课程内容重复的问题。此外，教材还加入了计算机绘图模块，旨在使学生掌握 AutoCAD 的基本功能，学会绘制简单的图样。

《机械技术》根据机械专业的课程特点和教学实际需要，对原有机械类课程进行了较大的调整，将机械基础、金属材料与热处理、工程力学、机械加工工艺、数控加工等内容融为一体，突出了以能力培养为主的职业教育特点。

《电工电子技术》侧重讲授机械专业所需的电工电子基础知识，注重培养和提高学生的综合能力，内容安排强调基础理论与实际应用相结合，以够用实用为度，并设置能力训练，降低和分散教学难度，提高学生的学习兴趣。

《控制技术》将电气控制技术、可编程控制技术、液压传动控制技术等知识进行整合，重点讲授基本电气元件、基本控制环节、可编程控制器等知识，同时有侧重地介绍了典型电气设备控制技术，可编程控制器的工作原理和设计，常用液压元件的基本结构、工作原理和应用等。

本套教材可供中等职业技术学校机械加工、汽车、数控、模具等专业使用，也可以作为职业培训教材。

**人力资源和社会保障部教材办公室**

2008 年 7 月

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

# 目　录


绪论……（1）

模块1　常用低压电器……（4）

课题一　开关……（5）
课题二　熔断器……（8）
课题三　断路器……（9）
课题四　主令电器……（13）
课题五　接触器……（15）
课题六　继电器……（18）
课题七　低压电子电器……（26）
课题八　实训……（30）
本模块小结……（32）
习题一……（33）

模块2　继电接触式控制基本环节……（34）

课题一　电气控制系统图概述……（34）
课题二　三相异步电动机全压启动控制电路……（35）
课题三　三相异步电动机正反转控制电路……（40）
课题四　三相异步电动机减压启动控制电路……（43）
课题五　三相异步电动机双速控制……（47）
课题六　三相异步电动机电气制动控制电路……（48）
课题七　实训……（52）
本模块小结……（55）
习题二……（55）

模块3　典型设备电气控制……（57）

课题一　概述……（57）
课题二　CA6140型卧式车床电气控制线路……（58）
课题三　Z3040型摇臂钻床电气控制线路……（62）
课题四　M7120型平面磨床电气控制线路……（68）
课题五　X62W型万能铣床电气控制线路……（72）
课题六　15/3吨交流桥式起重机简介……（79）
课题七　继电器—接触器控制系统的设计……（83）

课题八　电气控制电路的安装、调试……（87）
课题九　实训……（89）
本模块小结……（91）
习题三……（91）

**模块4　可编程序控制器及其指令系统**……（93）

课题一　可编程序控制器概述……（93）
课题二　SIEMENS－S7 系列 PLC 概述……（100）
课题三　S7－300 系列 PLC 系统结构……（102）
课题四　S7－300 系列 PLC 存储区简介……（106）
课题五　S7－300 系列 PLC 的指令……（114）
课题六　人机界面（HMI）……（119）
课题七　常用基本程序举例……（123）
课题八　实训……（128）
本模块小结……（131）
习题四……（131）

**模块5　传动系统与 PLC 的通信**……（133）

课题一　6RA70 SIMOREG DC－MASTER 直流控制器的应用及特点……（133）
课题二　MICROMASTER400 变频器的应用及特点……（134）
课题三　PROFIBUS 现场总线……（135）
课题四　通信……（140）
课题五　实训……（150）
本模块小结……（153）
习题五……（153）

**模块6　液压传动**……（154）

课题一　液压传动的工作原理及组成……（154）
课题二　液压传动基本概念……（156）
课题三　液压系统结构……（158）
课题四　液压基本回路……（173）
课题五　液压传动系统应用实例……（178）
课题六　实训……（181）
本模块小结……（185）
习题六……（185）

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控制器（简称 PLC），在通用汽车公司的自动装配线上试用获得成功。自此以后，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，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），工件在一次装夹中可以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自动交换装置及必要的检测设备，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新技术，形成了从产品设计到制造和生产管理智能化的完整体系，将自动制造技术推进到了更高的水平。

回顾一个世纪以来设备控制技术的发展概况，设备控制的发展始终是伴随着社会生产规模的扩大、生产水平的提高而前进的。设备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，设备控制技术又是与微电子技术、电工电子技术、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的。当前科学技术继续在突飞猛进，向前发展，在人类进入 21 世纪的时候，设备控制技术必将达到更高的水平。

## 二、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有关液压元件及液压传动系统的内容，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：

(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) 熟练掌握继电接触器控制线路的基本环节，能够独立分析电气控制线路的工作原理。

(3) 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、维修和管理的能力。

(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) 了解液压元件的工作原理及特性，熟悉液压传动系统的基本原理。

(6) 能阅读设备传动控制系统图。

(7) 了解计算机控制应用技术。

(8) 具备设计和改进一般机械设备电气控制线路的基本能力。

# 模块 1　常用低压电器

**学习目标**

了解并掌握常用低压电器的基本结构、图形符号、工作过程；能正确选择、使用和维护低压电器。

**知识要点**

1. 接触器、继电器、开关、断路器、主令电器等常用低压电器的基本结构、工作原理、图形文字符号及选用。
2. 低压电器的正确使用与维护。
3. 新型的低压电子电器。

低压电器通常是指工作在交流 50 Hz、额定电压 1 000 V 以下，直流额定电压 1 200 V 以下的电路中，起接通、断开、保护、控制、调节或转换作用的电气设备。

低压电器的功能、品种和规格各不相同，因此，有着不同的分类方法，习惯上按用途可分为以下几类：

(1) 低压配电电器

低压配电电器是指主要用于低压供电系统的电器，常用的有刀开关、自动开关、隔离开关、转换开关以及熔断器等。

(2) 低压控制电器

低压控制电器是指主要用于电气传动控制系统的电器，常用的有接触器、继电器、控制器等。

(3) 低压主令电器

低压主令电器是指主要用于发送控制指令的电器，常用的有按钮、主令开关、行程开关和万能转换开关等。

(4) 低压保护电器

低压保护电器是指主要用于对电路和电气设备进行安全保护的电器，常用的有熔断器、热继电器、电压继电器、电流继电器等。

(5) 低压执行电器

低压执行电器是指主要用于执行某种动作和传动功能的电器，常用的有电磁铁、电磁离合器等。

# 课题一　开　　关

开关是低压配电电器中的一种，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。

## 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、直流电路电气设备的工作电源。

2. 分类

刀开关按刀的极数可分为单极、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；按操作方式可分为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。机床上常用的三极开关长期允许通过的电流有 100 A、200 A、400 A、600 A、1 000 A 五种。

3. 基本结构

HK 系列开启式刀开关和 HH 系列封闭式刀开关的基本结构分别如图 1—1 和图 1—2 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。

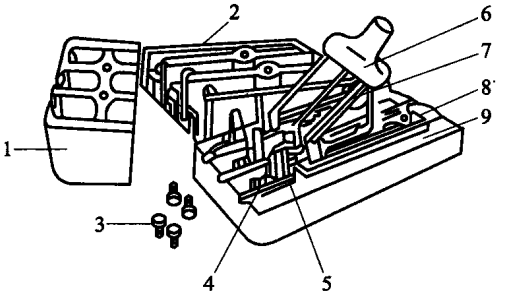



图 1—1　HK 系列开启式刀开关的基本结构

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

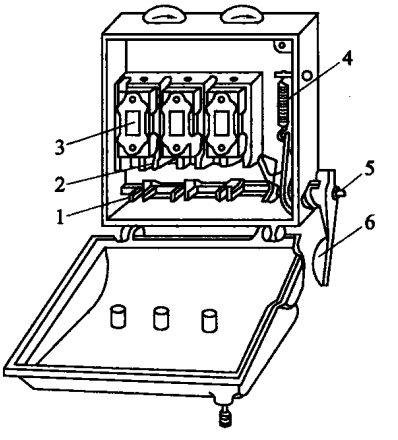



图 1—2　HH 系列封闭式刀开关的基本结构

1—闸刀　2—夹座　3—熔断器
4—速断弹簧　5—转轴　6—手柄

4. 图形及文字符号

刀开关的图形及文字符号如图 1—3 所示。

5. 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。

例如，一般照明电路中，可用额定电压 220 V，额定电流不小于电路最大工作电流的双极刀开关。在小容量电气传动控制系统中，可用额定电压为 380 V，额定电流不小于电动机



此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

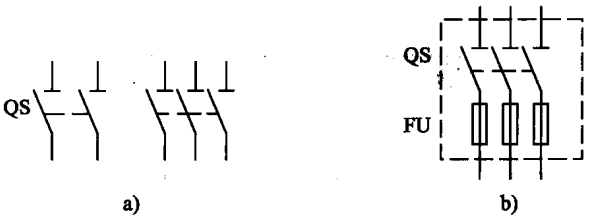



图 1—3　刀开关的图形及文字符号

a）双极和三极刀开关　b）带熔断器的刀开关

额定电流 3 倍的三极刀开关。

## 二、组合开关

1. 作用

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。

组合开关常用在机床控制电路中的小容量电动机上，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 5 kW 以下小容量电动机的直接启动、正反转、星形—三角形启动、变速换向等的控制开关。需特别注意的是，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。

2. 分类

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，代替了闸刀开关的推合和拉开，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。

组合开关常用产品有 HZ5、HZ10 系列。HZ5 系列额定电流有 10 A、20 A、40 A 和 60 A 四种。HZ10 系列额定电流有 10 A、25 A、60 A 和 100 A 四种，适用于交流 380 V、直流 220 V 以下的电气设备控制电路中。

3. 基本结构

组合开关的基本结构如图 1—4 所示。

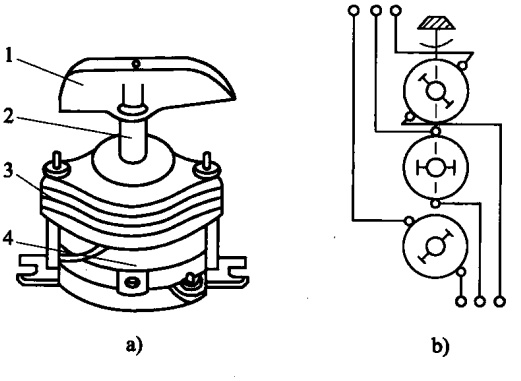



图 1—4　组合开关的基本结构

a）外形　b）结构示意图

1—手柄　2—转轴　3—静触片　4—动触片

4. 图形符号及型号含义

组合开关的图形符号及型号含义说明如图 1—5 所示。

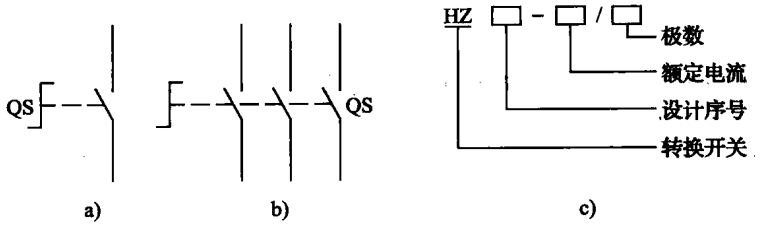



图 1—5　组合开关的图形符号及型号含义说明

a）单极　b）三极　c）组合开关的型号含义说明

5. 选用

在选择组合开关时应根据电源的种类、电压等级、容量、额定电流和所需触点极数等来选用。

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 7 kW 以下电动机的启动、停止时，组合开关的额定电流等于电动机额定电流的 1.5～2.5 倍。若不直接用于启动和停机时，其额定电流只要稍大于电动机的额定电流即可。每小时接通的次数不宜超过 15～20 次。

## 三、倒顺开关

1. 作用

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。

2. 基本结构

倒顺开关基本结构如图 1—6 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。

3. 图形符号

倒顺开关图形符号如图 1—7 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。

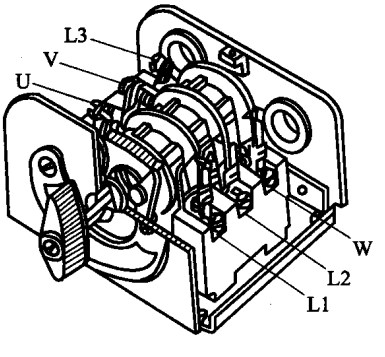



图 1—6　倒顺开关基本结构

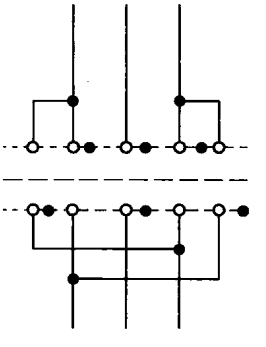


图 1—7　倒顺开关图形符号

# 课题二　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广泛应用。

## 一、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。

## 二、分类

熔断器的种类很多，按其结构形式可分为瓷插式熔断器、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。

## 三、基本结构

螺旋式熔断器与瓷插式熔断器的基本结构如图 1—8、图 1—9 所示。

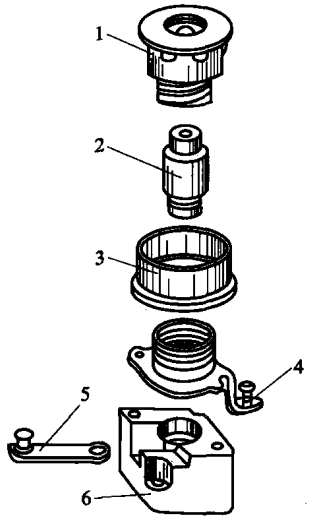



图 1—8　螺旋式熔断器的基本结构

1—瓷帽　2—熔管　3—瓷套

4—上接线柱　5—下接线柱　6—底座

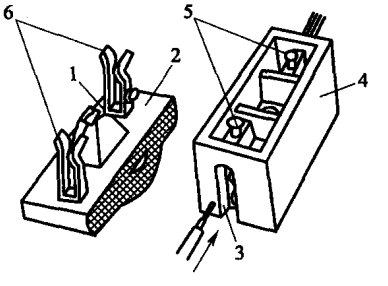



图 1—9　瓷插式熔断器的基本结构

1—熔丝　2—瓷插件　3—接线端子

4—瓷底座　5—静触点　6—动触点

## 四、图形及文字符号、型号含义

熔断器的图形及文字符号、型号含义如图 1—10 所示。

## 五、选用

在使用时，熔断器串接在保护电路中。当电路发生短路或严重过载故障时，通过熔断器熔体的电流将达到或超过其允许的正常发热电流，使熔体温度急剧上升，达到熔体金属的熔

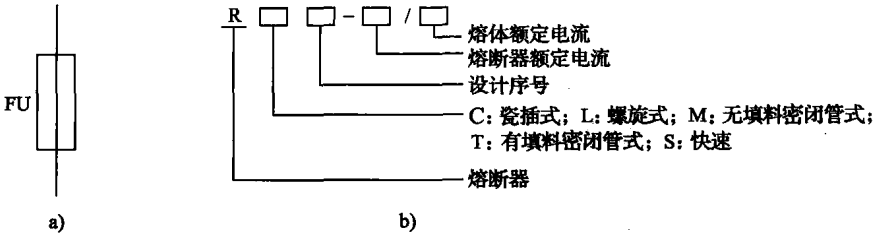



图 1—10　熔断器的图形及文字符号、型号含义

a）图形及文字符号　b）型号

点时自动迅速熔断，从而切断电路，使电气设备不致损坏。熔体为一次性使用元件，再次工作必须换成新的熔体。

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、负载保护特性的短路电流和安装条件来选择。

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，熔体的额定电流的选择是熔断器选择的核心。其选择方法如下：

较平稳、无尖峰电流类的负载，如照明电路、信号电路、电阻炉电路等，熔断器熔体额定电流应大于或等于负载额定电流。出现尖峰电流类的负载，如保护一台电动机，考虑电动机启动冲击电流较大（为正常运行时的 4～7 倍），熔断器熔体额定电流应大于或等于 1.5～2.5 倍的电动机额定电流。

## 六、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 |

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 | 100，150，200 |
| RC1－30 | 30 | 20，25，30 | | | |

# 课题三　断　路　器

低压断路器又称为自动空气开关，是低压配电线路中一种重要的保护电器。

## 一、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压、欠压、过载、过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 500 V，直流电压 220 V 以下的电路中，做不频繁的接通和断开电路用。

## 二、基本结构

目前常用的各种低压断路器外形如图 1—11 所示。

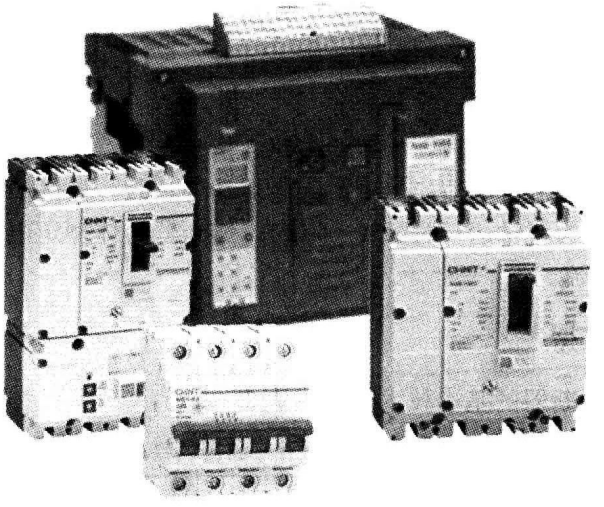


图 1—11　低压断路器外形

DZ5－20 型低压断路器的内部基本结构如图 1—12 所示。

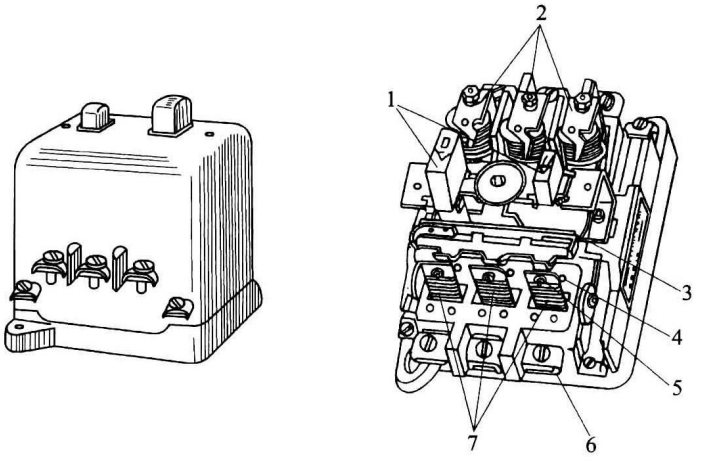



图 1—12　DZ5－20 型低压断路器的基本结构

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

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。

## 三、工作原理

低压断路器的工作原理图如图 1—13 所示。

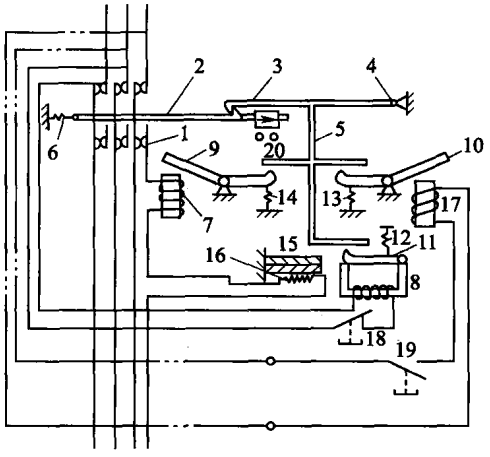



图 1—13　低压断路器的工作原理图

1—主触点　2—锁键　3—搭钩　4—转轴　5—杠杆　6，12，13，14—弹簧　7—过电流脱扣器
8—欠电压脱扣器　9，10，11—衔铁　15—热脱扣器双金属片　16—热元件
17—分励脱扣器　18，19—按钮　20—合闸电磁铁

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。

2. 远距离分闸

分励脱扣器 17 用来通过按钮 19 实现远距离分闸，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 19 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 11 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 12 的拉力，衔铁 11 被弹簧 12 拉开，衔铁撞击杠杆 5 顶开搭钩 3，使主触点 1 断开，从而实现欠压保护作用。



此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com