



高职高专“十一五”规划教材



工厂电气控制 与PLC应用

GONG CHANG
DIANQI KONGZHI
YU PLC YINGYONG

● 林金泉 主编



化学工业出版社

高职高专“十一五”规划教材

林金泉 主编
冷报春 副主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书主要包括常用低压电器、工厂常用的电气控制线路、交流变频器及其应用、PLC 及其应用、变频器与 PLC 的综合应用及直流电动机调速控制系统与步进电动机控制系统。其中,直流电动机调速控制系统与步进电动机控制系统为选修内容。每章均有学习目标、小结、习题与思考题,并在本书最后编有实训项目操作练习。

本书可作为高职高专院校、成人高校机电、电气自动化等工程类专业的教学用书,也可作为从事机电、电气控制技术工作的工程技术人员自学使用的参考书。

工厂电气控制与 PLC 应用

主 编 林金泉
主 编 秦琳

图书在版编目 (CIP) 数据

工厂电气控制与 PLC 应用/林金泉主编. —北京: 化学工业出版社, 2008. 6

高职高专“十一五”规划教材
ISBN 978-7-122-02911-9

I. 工… II. 林… III. ①工厂-电气控制装置-高等学校: 技术学院-教材②可编程控制器-高等学校-教材 IV. TM571. 2
TM571. 6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 074955 号

责任编辑: 高 钰 韩庆利
责任校对: 吴 静

文字编辑: 孙 科
装帧设计: 京点设计

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: 北京市兴顺印刷厂

787mm×1092mm 1/16 印张 8 1/2 字数 212 千字 2008 年 8 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: 16.00 元

版权所有 违者必究

前 言

1 新编 21 世纪高等职业教育教材应贯彻国家教育部对职业教育的要求, 突出专业特色, 着重技术应用的训练, 培养新时期应用型和复合型人才。本书正是根据教育部这一精神, 按照有关专家审定通过的《工厂电气控制技术与设备》课程编写大纲的基本要求, 从该课程的高职高专教育培养目标及知识、能力和素质结构要求出发而编写的。

2 本书的特点是, 对一般理论以够用为度, 对不常用、陈旧的知识进行了删减, 注重应用, 增加实训环节, 突出实用性, 增加现代工厂电气控制所采用的新技术、新知识、新工艺、新产品方面的内容, 强化学生的工程应用意识, 培养学生解决生产实际中工厂电气设备及控制问题的能力。

3 全书共分 8 章。前 3 章重点介绍常用低压电器、工厂常用的电气控制线路及应用; 第 4 章重点介绍交流电动机变频调速技术及其应用; 第 5 章重点介绍以微机为核心的可编程控制器及指令系统; 第 6 章介绍变频器与 PLC 的综合应用实例; * 第 7 章重点介绍直流电动机调速控制系统及步进电动机控制系统的构成、工作原理及应用; 第 8 章为实训操作项目。打 * 第 7 章作为选修内容, 各学校可根据实际选用。第 2~7 章每章均有学习目标、小结和习题与思考题。本书还增加了实训操作项目的练习。

4 全书内容知识结构合理, 图文并茂, 通俗易懂, 便于自学。本书可作为高职高专院校、成人高校机电、电气自动化等工程类专业的教学用书, 也可作为从事机电、电气技术工作的工程技术人员自学用的参考书。

5 本书由林金泉担任主编, 冷报春担任副主编。其中第 1、2、3、6 章由林金泉编写; 第 4、5 章由冷报春编写; 第 7 章由刘宝玖编写; 第 8 章由林金泉、冷报春共同编写; 全书由林金泉负责统稿。

6 由于编者水平有限, 书中难免有欠妥之处, 恳请广大读者指正。

编者

2008 年 3 月

目 录

第1章 绪论	1
1.1 工厂电气控制与 PLC 应用的发展概况	1
1.1.1 继电接触式控制阶段	1
1.1.2 以软件手段实现各种控制阶段	1
1.1.3 电气控制系统的构成及特点	2
1.2 课程内容要求	3
第2章 常用低压电器	4
2.1 开关电器	4
2.1.1 低压隔离开关	4
2.1.2 组合开关	6
2.1.3 低压断路开关	7
2.2 信号控制开关	8
2.2.1 控制按钮	8
2.2.2 行程开关	9
2.3 接触器	10
2.3.1 交流接触器的结构及工作原理	10
2.3.2 接触器型号、选用及维护	11
2.4 继电器	11
2.4.1 中间继电器	12
2.4.2 时间继电器	12
2.4.3 速度继电器	14
2.5 保护电器	14
2.5.1 熔断器	14
2.5.2 热继电器	16
2.5.3 电流继电器	17
2.5.4 电压继电器	18
本章小结	18
习题与思考题	19
第3章 工厂常用的电气控制线路	20
3.1 电动机点动控制	20
3.2 电动机自锁控制	21
3.2.1 自锁控制线路	21
3.2.2 接触器自锁控制线路的失压和欠压保护功能	21
3.2.3 具有过载保护的自锁控制线路	22
3.3 电动机正反转控制	22

3.3.1	接触器联锁的正反转控制线路	22
3.3.2	双重联锁的正反转控制线路	23
3.4	顺序控制	24
3.4.1	顺序启动控制线路	24
3.4.2	顺序停止控制线路	24
3.4.3	保护环节	25
3.5	位置与自动往返控制	25
3.5.1	位置控制线路	25
3.5.2	自动往返控制线路	26
3.6	Y- Δ 降压启动控制	27
3.6.1	Y- Δ 降压启动控制线路	27
3.6.2	工作原理	27
	本章小结	28
	习题与思考题	28
第4章	交流变频器及其应用	29
4.1	交流变频调速技术概述	29
4.1.1	变频调速技术的发展历史和发展动向	29
4.1.2	变频调速基本原理	30
4.1.3	异步电动机变频调速常用控制方式	30
4.2	变频器的基本构成、类型和主要功能	34
4.2.1	变频器的基本构成	34
4.2.2	变频器的类型	35
4.2.3	变频器各部分结构及其功能	38
4.2.4	变频器与 PLC 的连接	52
4.3	交流变频调速系统实例	56
4.3.1	变频技术在数控车床上的应用	56
4.3.2	变频技术在磨床设备中的应用	57
	本章小结	62
	习题与思考题	62
第5章	PLC 概述及其基本指令的应用	64
5.1	PLC 的基本知识	64
5.1.1	PLC 的基本组成	64
5.1.2	PLC 的应用、类型和控制系统的特	66
5.1.3	PLC 的循环扫描工作方式	68
5.2	PLC 的基本指令	68
5.2.1	CPU 的存储区	68
5.2.2	位逻辑指令	70
5.3	基本指令应用举例	79
5.3.1	启动-保持-停止控制线路	79
5.3.2	电动机正反转控制电路	80

5.3.3 定时器应用举例	82
5.3.4 三工位旋转工作台控制	83
5.4 STEP 7-Micro/WIN 编程软件使用入门	87
5.4.1 连接 S7-200	87
5.4.2 创建程序	88
本章小结	92
习题与思考题	92
第 6 章 变频器与 PLC 的综合应用	94
6.1 变频器同步解决方案的橡胶硫化成型控制系统	94
6.1.1 硫化成型	94
6.1.2 连续硫化工艺控制	94
6.1.3 变频器同步传动系统	95
6.2 交流变频调速在纺织工程中的应用	96
6.2.1 纺织机械中的变频调速	96
6.2.2 变频器驱动特性分类	97
6.2.3 变频器在纺织机械上的应用	97
6.3 PLC 触摸屏在印刷机械控制中的应用	98
6.3.1 工艺自动化分析	98
6.3.2 台达机电技术的自动化应用	99
6.4 食品机械灌肠机 PLC 控制系统	100
6.4.1 系统设计	100
6.4.2 系统组成及调试	101
6.5 食品机械投入机的控制系统	101
6.5.1 食品脱氧剂投入机工艺	102
6.5.2 系统设计	102
6.5.3 机电系统调试	103
6.6 PLC 制袋封切机控制系统	103
6.6.1 封切机工艺	103
6.6.2 FD1500 型封切机机电系统设计	104
6.7 变频器故障排除实例	107
本章小结	108
习题与思考题	109
第 7 章 其他电气控制系统	110
7.1 直流电动机调速控制系统	110
7.1.1 直流电动机的调速方案	110
7.1.2 单闭环直流调速系统的组成	110
7.1.3 双闭环直流调速系统	111
7.2 步进电动机控制系统	113
7.2.1 步进电动机控制系统组成	113
7.2.2 主要器件及功能	114

本章小结	117
习题与思考题	117
第8章 实训项目	118
8.1 实训操作一：安装和操作点动控制线路	118
8.1.1 实训要求	118
8.1.2 工具及器材	118
8.1.3 操作注意事项	118
8.1.4 操作步骤	118
8.2 实训操作二：安装和操作自锁控制线路	119
8.2.1 实训要求	119
8.2.2 工具及器材	119
8.2.3 操作注意事项	119
8.2.4 操作步骤	119
8.3 实训操作三：安装和操作接触器联锁的正反转控制线路	120
8.3.1 实训要求	120
8.3.2 工具及器材	120
8.3.3 操作注意事项	121
8.3.4 操作步骤	121
8.4 实训操作四：安装和操作自动往返控制线路	121
8.4.1 实训要求	121
8.4.2 工具及器材	121
8.4.3 操作注意事项	121
8.4.4 操作步骤	121
8.5 实训操作五：安装和操作 Y- Δ 形降压启动控制线路	122
8.5.1 实训要求	122
8.5.2 工具及器材	122
8.5.3 操作步骤	123
8.6 实训操作六：三菱通用变频器 FR-E500 面板操作模式	123
8.6.1 实训目的	123
8.6.2 实训内容	124
8.6.3 操作步骤	124
8.7 实训操作七：三菱通用变频器 FR-E500 外部操作模式	124
8.7.1 实训目的	124
8.7.2 实训内容	124
8.7.3 操作步骤	124
8.8 实训操作八：S7-200PLC 定时器计数器应用练习	125
8.8.1 实训目的	125
8.8.2 实训内容	125
8.8.3 操作步骤	125
8.9 实训操作九：开关量控制程序编程练习	126

VII 8.9.1 实训目的	126
VII 8.9.2 实训内容	126
8.9.3 操作步骤	126
附录一 常用电气图形符号	128
附录二 S7-200 存储器范围及特性	130
附录三 特殊存储器	131
参考文献	132
第一章 变频器与 PLC 的综合应用	94
1.1 变频器与 PLC 的综合应用	94
1.1.1 变频器的组成	94
1.1.2 变频器的分类	94
1.1.3 变频器的主要性能	95
1.2 变频调速在纺织工程中的应用	96
1.2.1 纺织机械中的变频调速	96
1.2.2 变频调速系统的组成	97
1.2.3 变频器在纺织工程中的应用	97
1.3 PLC 在变频调速系统中的应用	98
1.3.1 工艺要求	98
1.3.2 变频调速系统的组成	99
1.4 食品机械变频调速 PLC 控制系统	100
1.4.1 系统组成	100
1.4.2 系统组成及说明	101
1.5 食品机械变频调速 PLC 控制系统	101
1.5.1 食品机械变频调速 PLC 控制系统	102
1.5.2 系统设计	102
1.5.3 系统调试	103
1.6 PLC 在变频调速系统中的应用	103
1.6.1 变频调速系统	103
1.6.2 FU1500 变频调速系统	104
1.7 变频调速系统的组成	107
1.8 变频调速系统的组成	108
1.9 变频调速系统的组成	109
1.10 变频调速系统的组成	110
1.11 变频调速系统的组成	111
1.12 变频调速系统的组成	112
1.13 变频调速系统的组成	113
1.14 变频调速系统的组成	114
1.15 变频调速系统的组成	115
1.16 变频调速系统的组成	116
1.17 变频调速系统的组成	117
1.18 变频调速系统的组成	118
1.19 变频调速系统的组成	119
1.20 变频调速系统的组成	120

第1章 绪论

当今世界, 工业生产的发展突飞猛进, 对生产过程自动化要求越来越高。实现这一目的的电气控制技术也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、硬接触继电器控制系统发展到以计算机为中心的软件控制系统。现代电气控制技术与设备综合应用了计算机、自动控制、电子技术、精密测量等许多先进的科学技术成果, 极大地满足了现代工业生产的需要, 并推动着工业自动化不断地向前发展。

1.1 工厂电气控制与 PLC 应用的发展概况

工厂电气控制与 PLC 应用随着生产机械电力拖动方式的演变过程不断发展, 它的发展大致经历了两个阶段: 继电接触式控制阶段和以软件手段实现各种控制阶段。

1.1.1 继电接触式控制阶段

自从电动机取代蒸汽机作为生产机械运动的动力源以来, 电力拖动经历了成组电力拖动和单机电力拖动时期。

(1) 成组拖动

即用一台电动机, 通过带和主轴传动, 拖动多台生产机械, 所用电气控制线路很简单。这种拖动方式安全可靠差、能量损耗大, 操作不方便, 所以很快被淘汰。

(2) 单电动机拖动

即用一台电动机拖动一台生产机械, 与成组拖动相比, 传动效率有所提高, 机械设备的结构也简化了, 生产安全性也有提高, 目前这种拖动方式在一些中、小型企业还有使用。随着生产的发展及自动化程度的提高, 在此基础上, 出现了将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, 这种拖动方式既简化了机械结构, 又缩短了传动链, 也易于实现各运动部件的自动控制, 逐渐被现代企业广泛采用, 如纸机传动分级控制系统, 它实现了纸机各部分分级调速, 提高了产品质量和生产效率。

继电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、维护方便、抗干扰能力强等优点, 至今仍是许多机械设备广泛采用的基本电气控制形式。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, 触点容易损坏, 维护维修量大。

1.1.2 以软件手段实现各种控制阶段

以软件手段实现各种控制阶段, 具体体现为以微处理机为核心的可编程序控制器 (PLC) 的应用。PLC 控制器应用软件系统可实现触点-继电控制功能, 并兼有计算机和继电器、接触器控制系统的优点, 又能适应恶劣的工业环境, 目前已成为世界各国标准化通用电气设备, 广泛用于各种工业控制领域。

例如, 物料自动搬运系统与多台加工中心、信息处理系统和工业机器人组成的柔性制造

系统 (FMS), 能按适当顺序对几种同类型零件同时进行加工, 整个系统的加工效率极高, 并有很强的适应性。数控机床相比普通机床, 具有高速、高效、高精度、低劳动强度和高度自动化的特点, 适应了机械加工占量 80% 的单件和小批量生产自动化的要求, 是一种广泛应用的高效自动化机床, 有着广阔的发展前景。现代的数控加工技术更上一层楼, 具有代表性的有数控加工中心, 它是一种具有刀具自动迅速交换机能的复合数控机床, 它可以实现多道工序连续自动加工, 极大地提高了加工效率, 节省了占地面积。

在微电子技术、传感器技术、自动控制技术、精密机械技术、人工智能技术迅速发展基础上出现的机电一体化技术, 将机械设备、动力设备、控制设备、检测传感设备融为一体, 从而实现多功能、高效率、高智能化、高可靠性、节省材料和能源的生产要求。因此, 机电一体化技术是科学技术发展的必然趋势。

在电动机调速方面, 利用变频技术实现了交流无级调速, 代替了直流机调速, 减少成本、可靠性提高, 高效又节能。

1.1.3 电气控制系统的构成及特点

电气控制系统主要是由受令部分、分析判断部分和执行部分构成, 其功能与其他控制系统相同。从具体电路上看, 电气控制电路可分为主要被控回路 (即主回路) 和控制回路, 它们都有电源供给部分, 也有自己的保护电路, 为了能感受系统信息, 有时还采用传感器及其他转换部件。一般电气控制系统由以下部分构成。

① 测量部分 由传感器、变换元件等组成, 专门检测外部参量, 如传感温度的温度继电器, 传感位置的位置开关等。

② 控制部分 一般为串接在主回路中的开关或其他电气设备, 使得控制系统输出信号得到响应。

③ 执行部分 即逻辑、分析、判断与动作部分。

④ 电源部分 分别为主回路和控制回路提供电源。

⑤ 电源保护部分 保护主回路和控制回路电源, 以保证设备电路在发生短路故障及时切断电源。

⑥ 保护部分 也属于测量的一部分。当设备出现过热、过压、缺润滑等特殊情况下, 必须立即切断电源, 以保护设备不致损坏。

⑦ 指示部分 分为故障指示、状态指示和操作指示等。可以是灯光指示, 也可以是声音指示或其他指示。

⑧ 受令部分 即接受操纵命令的部分。

电气控制电路有以下优点。

① 操作简便, 可靠性高, 维修方便。

② 功能多, 灵活性强, 可以在一个控制电路中加入多种功能, 也可适当改动, 使原控制系统控制部分具有其他功能。

③ 功耗小, 效率高, 特别是电子技术的应用, 使功耗降得更低。

④ 电气控制系统由于投资少、费用低, 因而制造周期短, 设备更新较快。

⑤ 电气控制装置紧凑, 占用空间少, 便于不同场所使用。

⑥ 各种被测量信号容易被转换成电信号, 因此易于实现控制系统的自动化控制, 不需人的看护与频繁操纵。

就常用的两种控制系统对比, 继电器、接触器控制系统以其结构简单、工作可靠、操作

方便和易于维修而广泛应用于各种电气控制中。可编程控制器及微电脑控制器以功耗小、功能多、可靠性好、控制精度高、控制灵活,容易实现较复杂的控制而广泛应用,不足的是成本较高,且需要专门的维修知识,因而在小型控制系统中的应用受到了限制。

1.2 课程内容要求

《工厂电气控制与 PLC 应用》是机电、电气自动化专业的一门集理论与实训操作于一体的专业课。本课程以继电器、接触器控制为基本内容,变频技术、PLC 及应用为重点,阐述工厂电气自动控制的先进技术和发展趋势,并理论联系实际,增加了实训项目,加强专业技能训练。

本课程教学必须具备《电工电子技术》课程的基础,最好是在《微机原理及应用》后开出,以便保证有较巩固的基础理论知识。如能在专业认识实习的基础上进行教学,学生有了相关的实践和体验,教学效果更佳。

(1) 本书内容

本书主要研究机电设备电气控制系统的构成、工作原理及实际操作方法,主要内容如下。

- ① 常用低压电器。
- ② 常用的电气控制线路。
- ③ 变频器。
- ④ PLC 及其应用。
- ⑤ 变频器与 PLC 的综合应用。
- ⑥ 打*号的步进电动机控制、直流调速系统内容,供各学校选用。

(2) 学习目标

- ① 了解常用的低压电器结构、型号和功能及应用场合。
- ② 掌握继电器、接触器控制基本线路的工作原理。
- ③ 掌握变频器的工作原理、特性及应用。
- ④ 掌握 PLC 的结构原理、指令系统及应用。

由于科学技术发展很快,教师在教学中,必须注意理论联系实际,教材的有些内容(控制电器、电气设备等)应创造条件进行现场教学,在实习中结合现场进行讲授,或在课堂教学中广泛应用教具、实物,并尽可能运用现代化教学手段,以提高教学质量和教学效果。实践课是本课程的重要组成部分,必须注意加强学生实际技能的训练和独立操作能力的培养,如低压电器的调整、电气控制基本环节组成和调试、典型机床电气控制线路熟悉和故障分析、可编程控制器系统组成及编程调试等。教学中还应积极改进教学方法,注重以学生为主体,充分发挥学生的主动性。

第 2 章 常用低压电器

本章学习目标:

掌握常用低压电器的结构、功能及应用,熟悉各电器的型号规格及图文符号。

2.1 开关电器

2.1.1 低压隔离开关

(1) 刀开关

刀开关(又称闸刀开关)是一种手动配电电器,主要用来手动接通与断开交、直流电路,通常只作隔离开关使用,也可用于不频繁地接通与分断额定电流以下的负载,如小型电动机、电阻炉等。国内生产的刀开关的额定电压通常为交流 250V 和 500V,额定电流在 1500A 以下;直流 440V 以下,额定电流 10~10000A 不等。刀开关的结构及符号表示如图 2-1 所示。

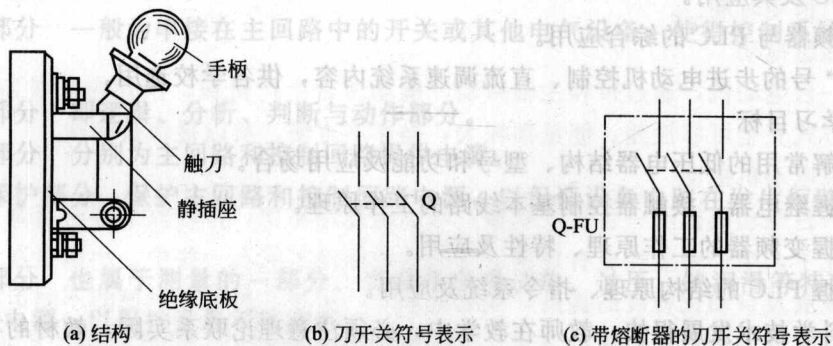


图 2-1 刀开关的结构及符号表示

刀开关按极数(刀片数)分为单极、双极和三极;按结构分为平板式和条架式;按操作方式分为直接手柄操作式、杠杆操作机构式和电动操作机构式;按转换方向分为单投和双投等。其结构都由触刀、静插座、手柄和绝缘底板等组成。在刀开关上再安装上熔丝或熔断器,可以组成兼有通、断电路和保护作用的开关电器。

安装刀开关时,电源线应接在静触点上,负荷线接在与触刀相连的端子上。对有熔丝的刀开关,负荷线应接在触刀下侧熔丝的另一端,以确保刀开关切断电源后触刀和熔丝不带电。在垂直安装时,手柄向上合为接通电源,向下拉为断开电源,不能反装,否则会因触刀松动自然落下而误将电源接通。

(2) 胶盖闸刀开关

胶盖闸刀开关主要用于工频 50Hz,电压小于 380V,电流小于 60A 的电力线路中,作为一般照明、电热等回路的控制开关,也可用作分支线路的配电开关。三极胶盖闸刀开关适

当降低容量时可以直接用于不频繁地控制小型电动机，并借助于熔丝起过载保护作用。常用的胶盖闸刀开关型号有 HK1、HK2 系列，胶盖闸刀开关外形及结构如图 2-2 所示。

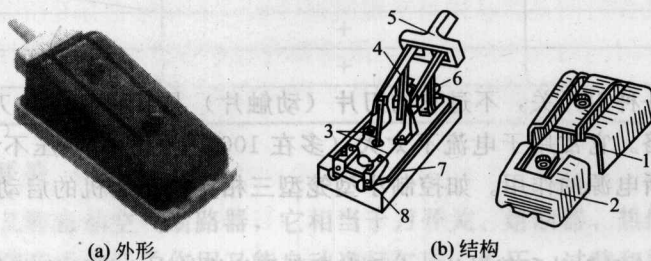


图 2-2 刀开关实物及结构

1—上盖；2—下盖；3—熔丝；4—静夹刀；5—瓷手柄；6—进线座；7—瓷底板；8—出线座

(3) 熔断器式刀开关（铁壳开关、负荷开关）

熔断器式刀开关适用于配电线路，作电源开关、隔离开关和应急开关，并作电路保护作用，但一般不用于直接通、断电动机。常用的熔断器式刀开关型号有 HR5、HH10、HH11 等系列，熔断器式刀开关外形及结构如图 2-3 所示。

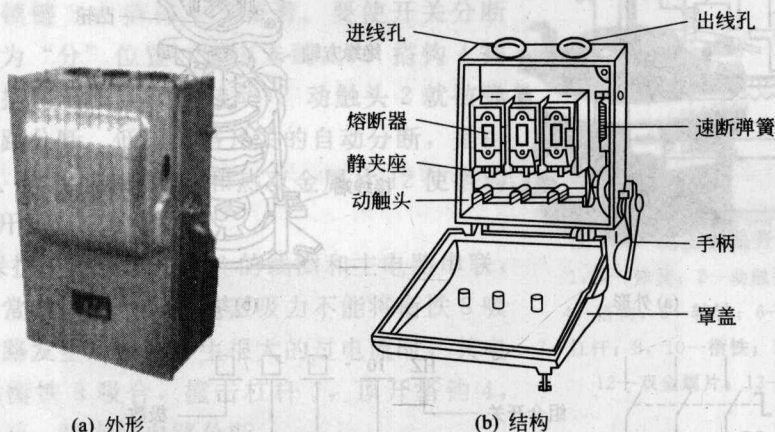
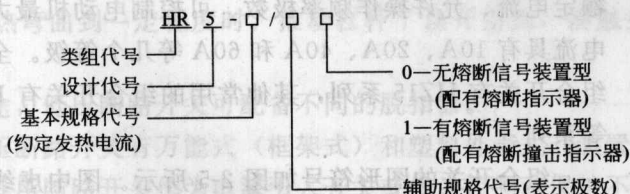


图 2-3 熔断器式刀开关外形及结构

HR5 系列刀开关由底座和罩盖两大部分组成。底座由钢板制成，其上装有插座组、灭弧室和极间隔板。罩盖的背面卡装熔体，盖兼作操作手柄，拉动盖的上部手柄，带动底座下部铰链旋转而通断电路。开关在断开位置有足够的隔离距离，以便安全地更换熔体。其型号含义如下。



熔断器式刀开关有以下特点。

- ① 装有速断弹簧和灭弧装置，能快速熄灭电弧。
- ② 有机械联锁装置，外壳开启时不能通电，以保证操作安全。
- ③ 有封闭的铁壳，防护性好。

带有熔断信号装置的刀开关侧面还装有 LXUK 行程开关，当某相熔体熔断时，熔断撞击器弹出，通过传动轴触动行程开关，以便发出信号或切断电动机控制电路，防止电动机缺相运行。

2.1.2 组合开关

组合开关也是一种刀开关，不过它的刀片（动触片）是转动的，比刀开关的组合性强，能组成各种不同线路。它常用于电流不太大（多在 100A 以下）、电压不太高、通断不太频繁的主电路中起通断电源的作用。如控制小型笼型三相异步电动机的启动、停止、正反转或局部照明。

组合开关有若干个动触片和静触片，分别装于数层绝缘件内，静触片固定在绝缘垫板上，动触片装在轴上，随轴旋转而变更通、断位置。所以，组合开关实际上是一个多触头、多位置式、可以控制多个回路的主令电器，亦称转换开关。图 2-4 所示为组合开关外形、结构、符号及规格。

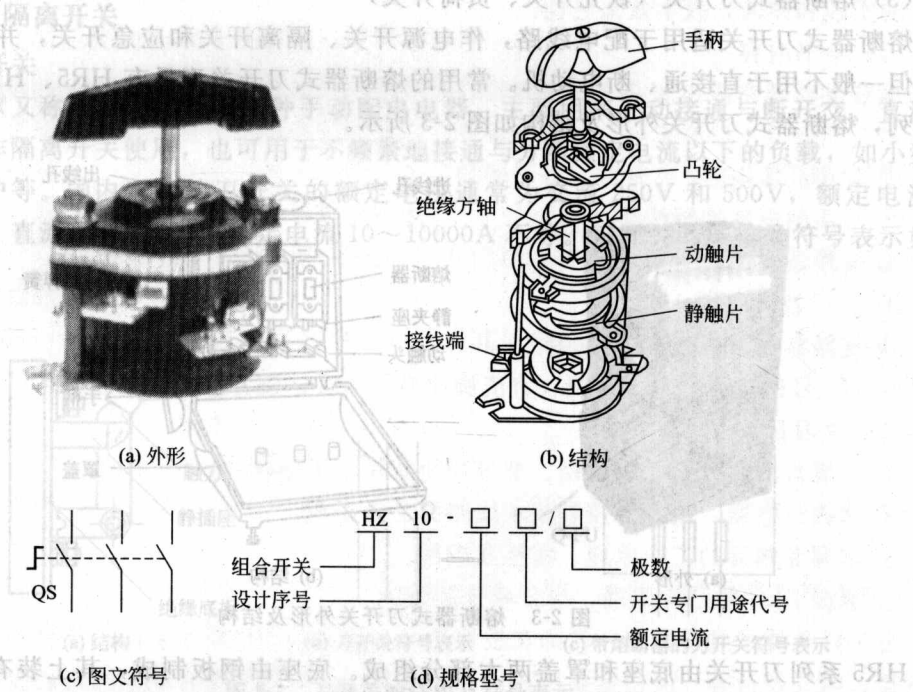


图 2-4 HZ-10/3 型组合开关外形、结构、符号及规格

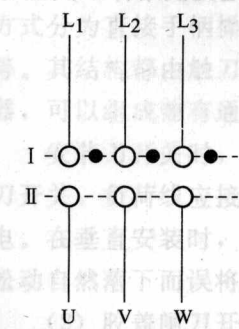


图 2-5 组合开关的图形符号

组合开关分为单极、双极和多极三类。其主要参数有额定电压、额定电流、允许操作频率极数、可控制电动机最大功率等。其中额定电流具有 10A、20A、40A 和 60A 等几个等级。全国统一设计的新组合开关有 HZ15 系列，其他常用的组合开关有 HZ10、HZ5 和 HZ2 等系列。

组合开关的图形符号如图 2-5 所示。图中虚线表示操作位置，而不同操作位置的各对触头通断状态示于触头下方或右侧，规定用与虚线相交位置上的涂黑圆点表示接通，没有涂黑圆点表示断开。组合开关的状态也可用触头通断状态表来表示，表中以“+”（或“×”）表示触头闭合，“-”（或无记号）表示分断，如表 2-1 所示。

表 2-1 触头通断状态

触头 \ 开关位置	I	II
L ₁ -U	+	-
L ₂ -V	+	-
L ₃ -W	+	-

2.1.3 低压断路开关

低压断路开关又称自动空气断路器，它相当于刀开关、熔断器、热继电器和欠电压继电器的组合，是一种既有手动开关作用又能自动进行欠压、失压、过载和短路保护的电器。

低压断路开关主要由触头、操作机构、脱扣器和灭弧装置等组成。操作机构分为直接手柄操作、杠杆操作、电磁铁操作和电动机驱动四种。脱扣器有电磁脱扣器、热脱扣器、复式脱扣器、欠压脱扣器、分励脱扣器等类型。

图 2-6 为低压断路开关的原理图。图中动触头 2 有三对，串联在被保护的三相主电路中。手动扳动按钮为“合”位置（图中未画出），这时动触头 2 由锁键 3 保持在闭合状态，锁键 3 由搭钩 4 支持着。要使开关分断时，扳动按钮为“分”位置（图中未画出），搭钩 4 被杠杆 7 顶开（搭钩可绕转轴 5 转动），动触头 2 就被弹簧 1 拉开，电路分断。低压断路开关的自动分断，是由电磁脱扣器 6、欠压脱扣器 11 和热双金属片 12 使搭钩 4 被杠杆 7 顶开而完成的。

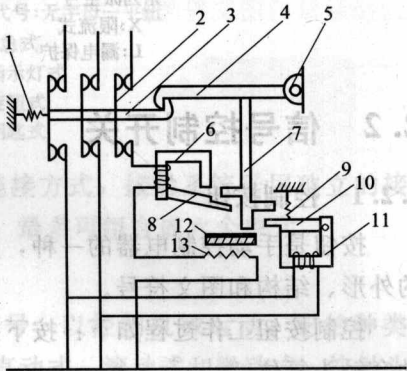


图 2-6 低压断路开关的原理图

- 1, 9—弹簧；2—动触头；3—锁键；
- 4—搭钩；5—转轴；6—电磁脱扣器；
- 7—杠杆；8, 10—衔铁；11—欠压脱扣器；
- 12—双金属片；13—发热元件

① 短路保护 电磁脱扣器 6 的线圈和主电路串联，当线路工作正常时，所产生的电磁吸力不能将衔铁 8 吸合，只有当电路发生短路或产生很大的过电流时，其电磁吸力才能将衔铁 8 吸合，撞击杠杆 7，顶开搭钩 4，使动触头 2 断开，从而将电路分断。

② 欠压保护 欠压脱扣器 11 的线圈并联在主电路上，当线路电压正常时，欠压脱扣器产生的电磁吸力能够克服弹簧 9 的拉力而将衔铁 10 吸合，如果线路电压降到某一值以下，电磁吸力小于弹簧 9 的拉力，衔铁 10 被弹簧 9 拉开，衔铁撞击杠杆 7 使搭钩顶开，则动触头 2 分断电路。

③ 过载保护 当线路发生过载时，过载电流通过热脱扣器的发热元件 13 而使双金属片 12 受热弯曲，当受热弯曲到一定程度时，推动杠杆 7 顶开搭钩，使触头断开，从而起到过载保护作用。

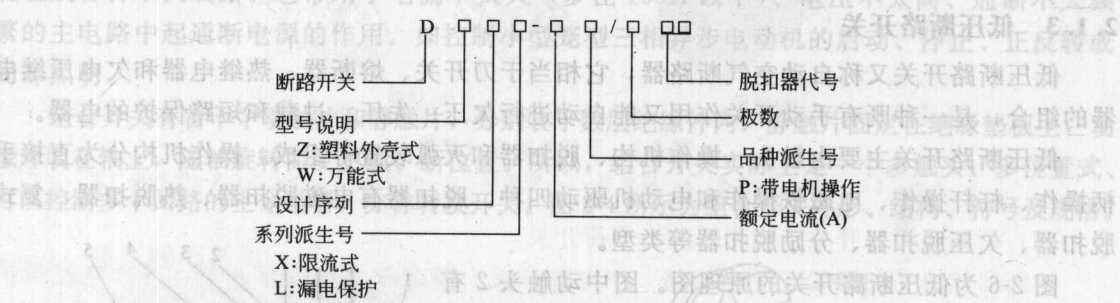
根据不同的用途，低压断路开关可配备不同的脱扣器。

按结构分，低压断路开关有万能式（框架式）和塑料外壳式（装置式）两种。机床线路中常用塑料外壳式低压断路开关作为电源引入开关或作为控制和保护不频繁启动、停止的电动机开关，其操作方式多为手动，主要有扳动式和按钮式两种。

低压断路开关与刀开关和熔断器相比，具有以下优点：结构紧凑，安装方便，操作安全，而且在进行短路保护时，由于用电磁脱扣器将电源同时切断，避免了电动机缺相运行的可能。另外，低压断路开关的脱扣器可以重复使用，不必更换。

④ 低压断路器的技术参数和型号介绍 低压断路器的主要技术参数有额定电压、额定电流、极数、脱扣器类型及其额定电流、脱扣器整定电流、主触头与辅助触头的分断能力和动作时间等。动作时间是指从网络出现短路开始至电路完全分开所需的全部时间，一般低压断路器的动作时间约为 30~60ms，限流型的低压断路器动作时间小于 20ms。

常用的塑料外壳式低压断路器有 DZ15、DZ20、DZX10、DZX19 等系列。低压断路器型号及含义如下所示。



2.2 信号控制开关

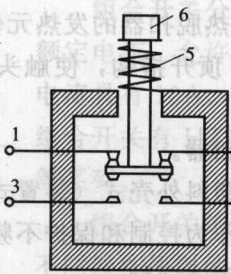
2.2.1 控制按钮

按钮是手动控制电器的一种，用来发出信号和接通或断开控制电路。图 2-7 为控制按钮的外形、结构和图文符号。

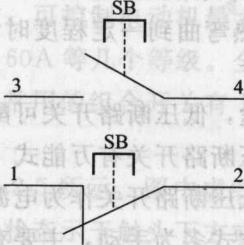
控制按钮工作过程如下：按下按钮→动断触头断开→动合触头闭合；松开按钮→动断、动合触头复位。



(a) 外形



(b) 结构示意图



(c) 图文符号

图 2-7 按钮外形、结构和图文符号

1, 2—动断（常闭）触头；3, 4—动合（常开）触头；5—复位弹簧；6—按钮帽