

高等院校规划教材

电气控制与可编程序控制器

主 编 靳文涛 李桂莲



煤炭工业出版社

高等院校规划教材

电气控制与可编程序控制器

主编 靳文涛 李桂莲



煤炭工业出版社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书共分八章：第一章介绍常用低压电器的结构原理及应用；第二章介绍常规电气线路的基本控制原则和基本控制环节；第三章分析典型生产机械的电气控制线路；第四章归纳常规电气控制系统的设计方法；第五章概述 PLC 的产生、发展、特点及应用领域；第六章介绍 PLC 的分类、组成及工作原理；第七章介绍 SIEMENS 的 S7-200 系列 PLC 的基本指令；第八章讲述 PLC 控制系统的设计与应用。

本教材可作为高等工科院校电类、机电类等相关专业的现代电气控制技术教材，也可作为高职高专教育、成人教育的电气控制与 PLC 相关课程教材，并可供机电行业技术人员用作参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

电气控制与可编程序控制器/靳文涛, 李桂莲主编.
北京: 煤炭工业出版社, 2005
高等院校规划教材
ISBN 7-5020-2721-1

I. 电… II. ①靳…②李… III. ①电气控制-高等学校-教材②可编程序控制器-高等学校-教材 IV.
①TM921.5②TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 074767 号

煤炭工业出版社 出版
(北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)
网址: www.cciph.com.cn
煤炭工业出版社印刷厂 印刷
新华书店北京发行所 发行

*
开本 787mm×1092mm¹/₁₆ 印张 15¹/₂
字数 368 千字 印数 1—3,200
2005 年 8 月第 1 版 2005 年 8 月第 1 次印刷
社内编号 5502 定价 25.00 元

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 本社负责调换

前 言

电气控制与可编程序控制器 (PLC) 是高等工科院校电类、机电类专业中应用性很强的专业课。随着计算机技术、自动控制技术、现代制造技术的迅速发展, 电气控制技术已由继电器、接触器硬接线的常规控制逐步转向以计算机为核心的软件控制。PLC 是典型的现代电气控制装置, 它具有抗干扰性强、可靠性和性价比高、编程方便、结构模块化、易于网络化等技术特点, 可与多种智能化电气设备相连接, 实现各种生产设备或工业过程的自动控制。

为了适应新技术发展对电气控制技术课程的教学需要, 我们结合工程实际, 突出技术应用的原则编写了这本教材。编写本书的指导思想是: 以技术应用能力为目的, 培养学生熟练使用低压电器, 掌握常规电气控制环节, 增强分析典型设备电气控制系统、设计电气控制电路的能力。教材包括常用低压电器, 电气线路的基本控制原则和基本控制环节, 典型生产机械的电气控制线路和电气控制系统设计等基本教学内容, 是学生学习 PLC 技术的基础。

PLC 是 20 世纪 60 年代发展起来的被国外称为“先进国家四大支柱”之首的自动控制装置, 现已广泛应用于工业自动化的各个领域。本书从实际工程应用出发, 主要以德国西门子公司 (SIEMENS) 的 S7-200 系列 PLC 为例, 系统阐述了 PLC 的结构、工作原理、编程语言、指令系统以及 PLC 控制系统的设计方法与应用实例。

本书由靳文涛、李桂莲主编, 尤文强、王德毓、郭海文、刘开绪任副主编。参加编写的有: 郭海文 (第一章), 靳文涛 (第二章), 李桂莲 (第三章), 刘开绪 (第四章), 尤文强 (第五、六章), 王德毓 (第七章), 甘金颖 (第八章)。

全书由滕国仁教授任主审, 在审阅中提出了许多宝贵意见, 特此致谢。

限于编者水平, 书中若有错误和不妥之处, 敬请读者批评指正。

编 者

2005 年 7 月

目 录

1 低压控制电器	1
1.1 概述	1
1.2 刀开关与自动开关	5
1.3 熔断器	9
1.4 主令电器	11
1.5 接触器	15
1.6 继电器	19
2 基本电气控制线路	34
2.1 电气控制线路的绘制	34
2.2 三相异步电动机的启动控制线路	41
2.3 三相异步电动机的正反转控制线路	54
2.4 三相异步电动机制动控制线路	57
2.5 三相异步电动机调速控制线路	67
2.6 其他典型控制线路	71
3 典型生产机械电气控制系统	76
3.1 普通车床电气控制系统	76
3.2 磨床电气控制系统	79
3.3 摇臂钻床电气控制系统	85
3.4 万能铣床电气控制系统	88
3.5 组合机床电气控制系统	92
3.6 桥式起重机电气控制系统	99
4 电气控制线路设计基础	111
4.1 电气设计的主要内容	111
4.2 电气设计的一般原则	112
4.3 电气控制线路的设计	117
5 可程序控制器 (PLC) 概述	122
5.1 PLC 的产生与发展	122
5.2 PLC 的特点	125

5.3	PLC 与其他工业控制装置的比较	129
5.4	PLC 的应用领域	131
5.5	PLC 现状及未来发展	132
6	PLC 的分类、组成及工作原理	136
6.1	PLC 的分类	136
6.2	PLC 的组成与各部分的作用	139
6.3	PLC 的编程语言	147
6.4	PLC 的工作原理	151
6.5	SIMATIC S7-200 系列 PLC 概述	161
6.6	SIMATIC S7-200 系列 PLC 的技术规范	164
6.7	SIMATIC S7-200 CPU 内部资源分配	171
6.8	SIMATIC S7-200 CPU 各功能区域	174
6.9	SIMATIC S7-200 CPU 中的组织与程序	179
7	S7-200 PLC 的指令系统	184
7.1	S7-200 PLC 的基本逻辑指令	184
7.2	S7-200 PLC 的功能指令	202
7.3	编程的一般规则	214
8	PLC 控制系统的设计与应用	220
8.1	PLC 控制系统设计的基本原则、主要内容和步骤	220
8.2	PLC 控制系统的硬件设计	221
8.3	PLC 控制系统的软件设计	223
8.4	PLC 控制系统的应用举例	231
	参考文献	242

1 低压控制电器

1.1 概述

控制电器是根据外界信号（机械力、电动力和其他物理量）自动或手动接通和断开电路，实现对电路或非电对象的切换、控制、保护、检测、变换和调节用的电气元件或设备。

控制电器的种类繁多，构造各异，按工作电压，以交流 1 000 V、直流 1 200 V 为界，可分为高压电器和低压电器；按用途可分为配电电器与控制电器；按动作方式可分为自动切换电器和非自动切换电器；按工作原理可分为电磁式电器和非电量控制电器。

控制电器一般由两个基本部分，即检测部分与执行部分组成。检测部分接受外界信号并进行物理量的转换、放大；执行部分根据检测部分输出的信号执行相应的动作，从而接通或分断线路，实现控制的目的。本章主要介绍工作在交流电压 1 000 V 以下、直流电压 1 200 V 以下的低压控制电器（如常用开关电器、主令电器、接触器、继电器）的结构、原理、型号、技术参数及选用原则。低压控制电器中大部分为电磁式电器。各类电磁式电器的工作原理和构造基本相同，由检测部分（电磁机构）和执行部分（触头系统）组成。

1.1.1 电磁机构

电磁机构由吸引线圈、铁心和衔铁组成，其结构形式按衔铁的运动方式可分为直动式和拍合式。图 1-1 和图 1-2 所示为直动式和拍合式电磁机构的常用结构形式。

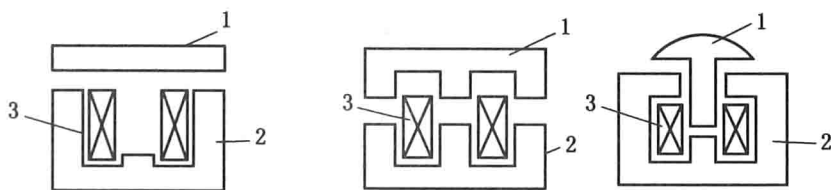


图 1-1 直动式电磁机构

1—衔铁；2—铁心；3—吸引线圈

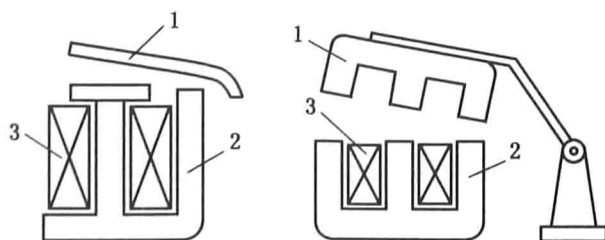


图 1-2 拍合式电磁机构

1—衔铁；2—铁心；3—吸引线圈

吸引线圈的作用是将电能转换为磁能，即产生磁通，衔铁在电磁吸力作用下产生机械位移使铁心吸合。通入直流电的线圈称直流线圈，通入交流电的线圈称交流线圈。

对于直流线圈，铁心不发热，只有线圈发热。因此，线圈与铁心接触以利散热，线圈做成无骨架、高而薄的瘦高型，以改善线圈自身散热。铁心和衔铁由软钢或电工纯铁制成。

对于交流线圈，除线圈发热外，因铁心中有涡流和磁滞损耗，铁心也发热。为了改善线圈和铁心的散热情况，在铁心与线圈之间留有散热间隙，而且把线圈做成有骨架的矮粗形；铁心用硅钢片叠成，以减小涡流损耗。

另外，根据线圈在电路中的连接方式可分为串联线圈（又称电流线圈）和并联线圈（又称电压线圈）。这里的串联、并联指的是控制电器内部的情况。

串联线圈串联于线路中，流过的电流大。为减少其对电路的影响，线圈的导线粗，匝数少，线圈的阻抗较小。

并联线圈并联在线路中。为减小其分流作用，降低对原电器的影响，需要较大的阻抗，所以线圈的导线细而且匝数多。

电磁铁工作时，线圈产生的磁通作用于衔铁，产生电磁吸力，并使磁铁产生机械位移。衔铁复位时复位弹簧将衔铁拉回原位。因此，作用在衔铁上的力有两个：电磁吸力与反力。电磁吸力由电磁机械产生，反力则由复位弹簧和触头弹簧所产生。铁心吸合时要求电磁吸力大于反力，即衔铁位移的方向与电磁吸力方面相同；衔铁复位时要求反力大于电磁吸力（此时线圈断电，只有剩磁产生的电磁吸力）。电磁吸力：

$$F = \frac{10^7}{8\pi} B^2 S \quad (1-1)$$

式中 F ——电磁吸力，N；

B ——气隙磁感应强度，T；

S ——磁极截面积， m^2 。

当线圈中通以直流电时， F 为恒值；当线圈中通以交流电时，磁感应强度为变量，即

$$B = B_m \sin \omega t \quad (1-2)$$

由式 (1-1) 和式 (1-2) 可得

$$F = \frac{10^7}{8\pi} S B_m^2 \sin^2 \omega t \quad (1-3)$$

电磁吸力按正弦函数平方的规律变化，最大值为

$$F_m = \frac{10^7}{8\pi} S B_m^2 \quad (1-4)$$

电磁吸力的最小值为零。当电磁吸力的瞬时值大于反力时，铁心吸合；当电磁吸力的瞬时值小于反力时，铁心释放。所以电源电压变化一个周期，电磁铁吸合两次、释放两次，使电磁机构产生剧烈的振动和噪声，因而不能正常工作。解决的办法是在铁心端面开一小槽，在槽内嵌入铜质短路环，如图 1-3 所示。

加上短路环后，磁通被分成大小接近、相位相差约 90° 电角度的两相磁通，因而两相磁通不会同时过零。由于电磁吸力与磁通的平方成正比，所以，由两相磁通产生的合成电磁吸力较为平坦，在电磁铁通电期间电磁吸力始终大于反力，使铁心牢牢吸合，这样就消

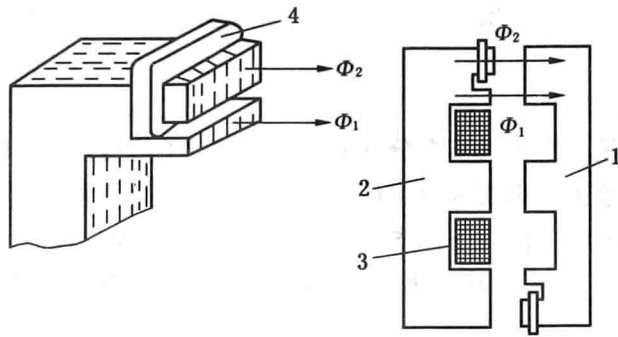


图 1-3 交流电磁铁的短路环

1—衔铁；2—铁心；3—线圈；4—短路环

除了振动和噪声（罩极原理）。一般短路环包围 2/3 的铁心端面。

1.1.2 触头系统

触头是控制电器的执行机构，在衔铁的带动下起接通和分断电路的作用。由于铜具有良好的导电、导热性能，触头通常为铜质的。铜质触头表面容易产生氧化膜，使触头的接触电阻增大，从而使触头的损耗也增大。有些小容量电器的触头采用银质材料，与铜质触头相比，银质触头除具有更好的导电、导热性能外，触头的氧化膜电阻与纯银相差无几，而且氧化膜的生成温度很高。所以，银质触头的接触电阻较小，而且较稳定。

桥式触头（图 1-4）的两个触头串于同一电路中，电路的通断由两个触头同时完成。桥式触头多为面接触，常用于大容量电器中（如交流接触器）。

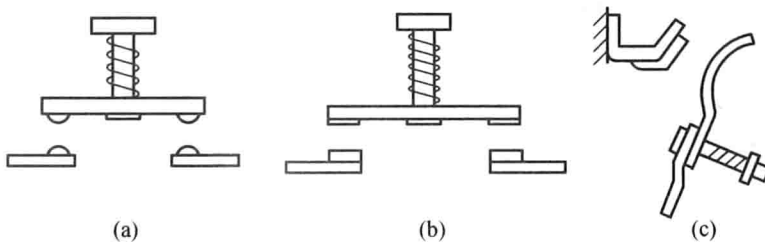


图 1-4 触头的结构型式

a—点接触；b—面接触；c—线接触

指形触头（图 1-5）为线接触。触头分断或闭合时产生滚动，用于接电次数多、电流大的场合。触头接通或分断时产生的滚动，既可产生摩擦消除触头表面的氧化膜，又可缓冲触头闭合时的撞击能量，改善触头的电器性能。

触头在通电状态下动、静触头脱离接触时，由于电场的存在，使触头表面的自由电子大量溢出而产生电弧。电弧的存在既烧损触头金属表面，降低电器的寿命，又延长了电路的分断时间，所以，必须迅速消除电弧。

1) 常用的灭弧方法

(1) 迅速增大电弧长度。电弧长度增加，使触头间隙增加，电场强度降低，同时又使散热面积增大，降低电弧温度，使自由电子复合的运动加强，因而电弧容易熄灭。

(2) 冷却。使电弧与冷却介质接触，带走电弧热量，也可使复合运动得以加强，从而使电弧熄灭。

2) 常用的灭弧装置

(1) 电动力灭弧装置：桥式触头在分断时本身就具有电动力灭弧功能，不用任何附加装置，便可使电弧迅速熄灭。其原理如图 1-6 所示，触头间电弧周围的磁场方向为 \otimes （由右手定则确定），在该磁场作用下，电弧受力为 F ，其方向如图 1-6 所示，可由左手定则确定。在 F 的作用下，使电弧迅速拉长，冷却，并迅速熄灭。这种灭弧方法多用于小容量交流接触器中。

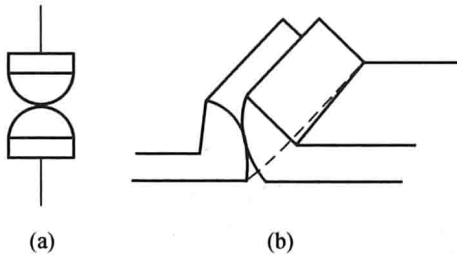


图 1-5 触头的接触方式

a—点接触；b—线接触；c—面接触

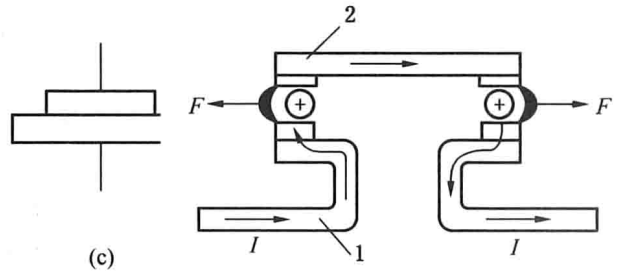


图 1-6 电动力灭弧示意图

1—静触头；2—动触头

(2) 磁吹灭弧装置：磁吹灭弧装置的原理如图 1-7 所示：在触点电路中串入吹弧线圈，该线圈产生的磁场由导磁夹板引向触头周围，其方向由右手定则确定（如图中 \times 所示）。触点间的电弧所产生的磁场，其方向如 $\oplus\odot$ 所示。这两个磁场在电弧下方方向相同（叠加），在弧柱上方方向相反（相减），因此弧柱下方的磁场强于上方的磁场。在下方磁场作用下，电弧受力的方向为 F 所指的方向，在 F 的作用下，电弧被吹离触头，经引弧角进入灭弧罩，使电弧熄灭。

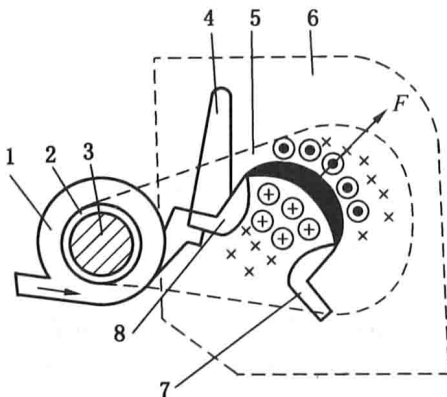


图 1-7 磁吹灭弧示意图

1—磁吹线圈；2—绝缘套；3—铁心；4—引弧角；
5—导磁夹板；6—灭弧罩；7—动触头；8—静触头

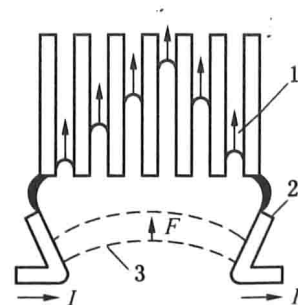


图 1-8 栅片灭弧示意图

1—灭弧栅片；2—触头；3—电弧

(3) 栅片灭弧装置：图 1-8 所示为栅片灭弧装置示意图。当电器的触头分离时，所产生的电弧在吹弧电动力作用下被推向灭弧栅内。灭弧栅是一组镀铜的薄钢片，它们彼此间是相互绝缘的。当电弧进入栅片后被分割成一段段串联的短弧，而栅片就是这些短弧的电极。每两片灭弧栅片之间都有 150~250 V 的绝缘强度，使整个灭弧栅的绝缘强度大大加强，以致外加电压无法维持，电弧迅速熄灭。由于栅片灭弧装置的灭弧效果在交流时要比直流时强得多，所以在交流电器中常采用栅片灭弧。

1.2 刀开关与自动开关

1.2.1 刀开关

刀开关又称闸刀开关，是结构最简单、应用最广泛的一种手控电器。它由绝缘底板、静插座、手柄、触刀和铰链支座等组成，如图 1-9 所示。

刀开关在低压电路中用于不频繁地接通和分断电路，或用于隔离电路与电源，故又称隔离开关。

切断电源时会产生电弧，必须注意在安装刀开关时应将手柄朝上，不得倒装或平装。安装方向正确，可使作用在电弧上的电动力和热空气上升的方向一致，电弧被迅速拉长而熄灭；否则，电弧不易熄灭，严重时会使触头及刀片烧伤，甚至造成极间短路，有时还可产生误动作，引起人身和设备事故。

接线时，电源线接上端，负载接下端，拉闸以后刀片与电源隔离，可防止意外事故的发生。

刀开关的主要类型有：大电流刀开关、负荷开关、熔断器式刀开关。常用的产品有 HD11~HD14 和 HS11~HS13 系列刀开关，HK1~HK2 系列开启式负荷开关，HH3，HH4 系列封闭式负荷开关，HR3 系列熔断器式刀开关等。

刀开关的图形符号及文字符号如图 1-10 所示。

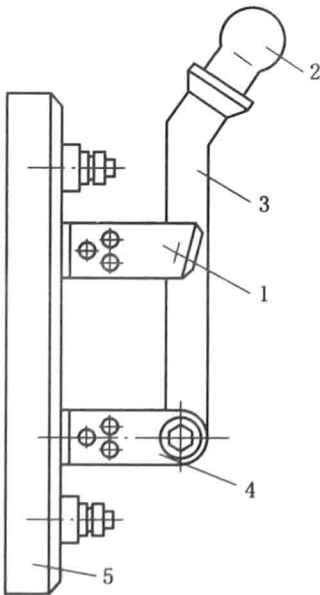


图 1-9 刀开关结构

1—静插座；2—手柄；3—触刀；4—铰链支座；5—绝缘底板

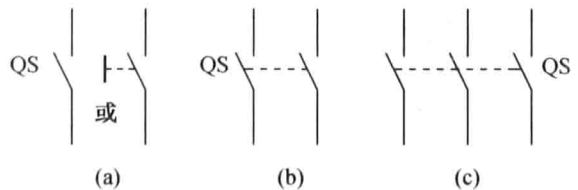
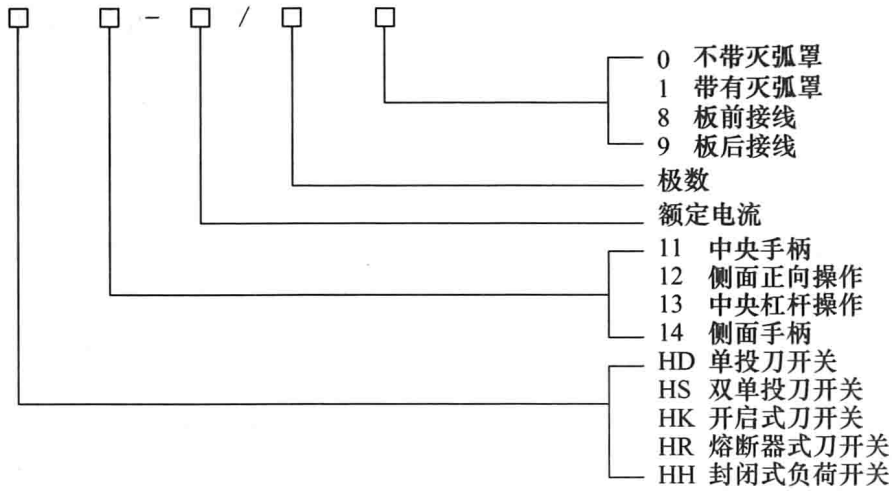


图 1-10 刀开关的图形符号

a—单极；b—双极；c—三极

刀开关主要用于接通和切断长期工作设备的电源，因此，应当根据电源种类、电压等级、断流容量及需要极数等选择刀开关。当用刀开关控制电动机时，其额定电流要大于电动机额定电流的 3 倍。

刀开关型号的含义为



1.2.2 转换开关

转换开关又称组合开关。在电气设备中，与转换开关一般用于非频繁地接通和分断电路、接通电源和负载、测量三相电压以及控制小容量异步电动机的正反转和 Y- Δ 启动等。它是由动触头、静触头、方轴、手柄、定位机构及外壳等部分组成。动静触头分别叠装于数层绝缘壳内，其结构如图 1-11 所示。当手柄转动时带动方轴，动触片随方轴一起转动 90°，并使动触头插入相应的静触头内，使电路接通。手柄再转动 90°，动触头脱离静触头，使电路断开。图 1-12 为转换开关的动作示意图。

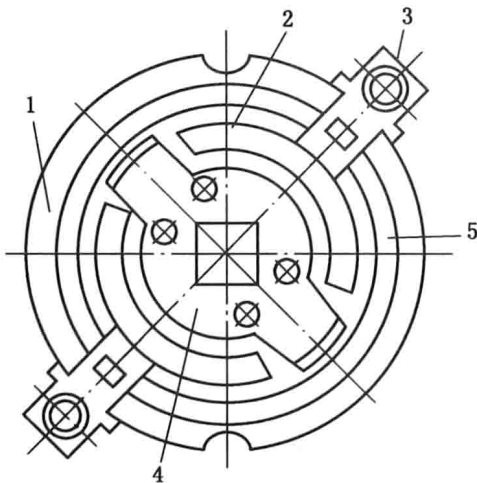


图 1-11 组合开关的触头系统
1—触头座；2—隔弧板；3—静触头；
4—动触头；5—方轴

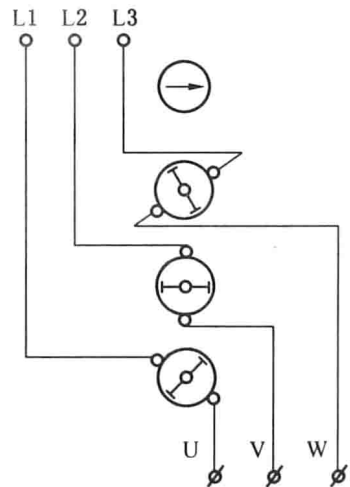


图 1-12 转换开关结构示意图

转换开关常用的产品有：HZ5，HZ10 系列。HZ10 为统一设计产品，可代替 HZ1，HZ2 系列。HZ5 系列是类似万能转换开关的产品，其结构与一般开关不同，可代替 HZ1，HZ2 等老产品，转换开关有单极、双极和多极之分。其图形符号和文字符号如图 1-13 所示。

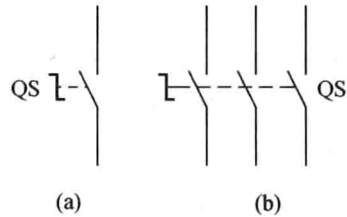


图 1-13 转换开关的图形和文字符号
a—单极；b—三极

组合开关主要用于电流引入。应根据电源种类、电压等级、触头数量以及断流容量等因素来选用转换开关。采用组合开关控制 5 kW 以下小容量异步电动机时，其额定电流一般为电动机额定电流的 1.5~2.5 倍，接通次数小于 15~20 次/h。

1.2.3 自动开关

自动开关又称自动空气断路器。当电路发生严重过载、短路以及失压等故障时能自动切断电路，有效地保护串接在其后的电气设备，在正常条件下，也可用于不频繁地接通和断开电路及控制电动机。因此，自动开关是低压线路中常用的具有齐备保护功能的控制电器。由于自动开关具有可以操作、动作值可调、分断能力较高，以及动作后一般不需要更换零部件等优点，因此得到了广泛应用。

自动开关按其用途及结构特点，可分为框架式自动开关、塑料外壳式自动开关、直流快速自动开关和限流式自动开关等。塑料外壳式自动开关主要用作配电网路的保护开关，还可用作电动机、照明电路及电热电路的控制开关。本节仅介绍用于电力拖动自动控制线路中的塑料外壳式自动开关。

(1) 自动开关的结构和工作原理：自动开关由 3 个基本部分组成，它们是执行部分（触头和灭弧系统）、故障检测部分（各种脱扣器）、操作机构与自由脱扣机构。

自动开关的工作原理如图 1-14 所示。开关的主触头依靠操作机构手动或电动合闸，主触头闭合后，自由脱扣机构将主触头锁在合闸位置上。过流脱扣器的线圈及热脱扣器的

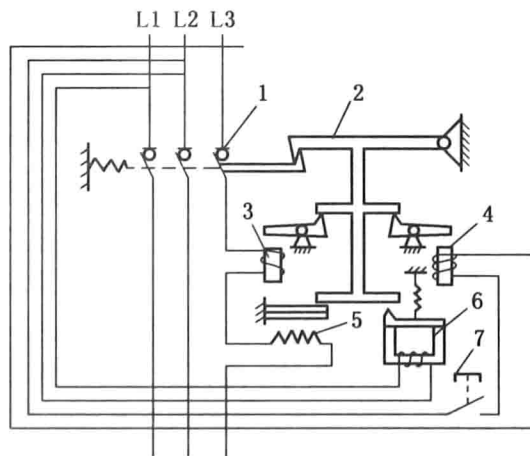


图 1-14 自动开关工作原理图

- 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

热元件串接于主电路中，失压脱扣器的线圈并联在电路中。当电路发生短路或严重过载时，过流脱扣器线圈中的磁通急剧增加，将衔铁吸合并使之逆时针旋转，使自由脱扣机构动作，主触头在弹簧作用下分开，从而切断电路。当电路过载时，热脱扣器的热元件使双金属片向上弯曲，推动自由脱扣机构动作。当线路发生失压或欠压故障时，电压线圈中的磁通下降，使电磁吸力下降或消失，衔铁在弹簧作用下向上移动，推动自由脱扣机构动作，使主触头在弹簧作用下被拉向左方，使电路分断。分励脱扣器用作远距离分断电路。

表 1-1 DZ5-20 系列自动开关基本技术数据

型号	额定电压 U/V	额定电流 I/A	极数	脱扣器		热脱扣器		极限分断电流 I/A
				类别	额定电 流 I/A	额定电 流 I/A	额定电流调 节范围 I/A	交流 380 V $\cos \varphi = 0.7$
DZ5 - 20	交流 380 直流 220	20	两极 或 三极	有复式、 电磁式、 热脱扣器 及无脱扣 器 4 种形 式	0.15	0.15	0.10~0.15	无失压和分励脱扣 器为 200 A，热脱扣 器为 13 倍额定电流； 其他为 1 200 A（直 流 220 V）， $t = 0.01$ s 时的数据与此相同
					0.2	0.2	0.15~0.20	
					0.3	0.3	0.20~0.30	
					0.45	0.45	0.30~0.45	
					0.65	0.65	0.45~0.65	
					1	1	0.65~1	
					1.5	1.5	1~1.5	
					2	2	1.5~2	
					3	3	2~3	
					4.5	4.5	3~4.5	
					6.5	6.5	4.5~6.5	
					10	10	6.5~10	
					15	15	10~15	
20	20	15~20						

(2) 塑料外壳式自动开关：塑料外壳式自动开关又称装置式自动开关，主要有 DZ5、DZ9 和 DZ10 系列。DZ10 是我国自行设计的新产品，可代替 DZ1 系列。

DZ5-10, DZ5-25, DZ5-50B 及 DZ5-100B 为单极式产品，DZ5-20, DZ5-50 为两极或三极式产品。在保护方面，DZ5 系列自动开关设有过流脱扣器和热脱扣器，但无失压脱扣器和分励脱扣器。其操作机构为贮能式，能快速分断电路，在配电开关板、控制线路、照明电路以及电动机和其他用电设备中，常用作过载及短路保护。表 1-1 列出 DZ5-20 系列自动开关的基本技术数据。

(3) 自动开关的选择：选择自动开关时，应使自动开关的额定电压和额定电流大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电动机的额定电流或负载额定电流相等；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尖峰电流；自动开关用于控制电动机时，电磁脱扣器的瞬时脱扣整定电流为电动机启动电流的 1.7 倍。

(4) 自动开关的图形符号及文字符号如图 1-15 所示。

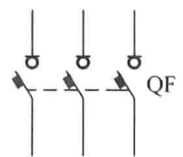


图 1-15 自动开关的图形和文字符号

1.3 熔断器

熔断器是一种结构简单、使用方便、价格低廉而有效的保护电器，使用时串接于被保护电路中。当电路发生严重过载或短路时，熔断器的熔体熔断而切断电路，达到保护的目

1.3.1 熔断器的结构与工作原理

熔断器主要由熔体和安装熔体的熔管或熔座两部分组成。熔体由熔点较低的材料如铅、锌、锡及锡铅合金制成丝状或片状。熔管是熔体的保护外壳，由陶瓷、绝缘钢纸或玻璃纤维制成，在熔体熔断时兼起灭弧作用。

熔断器熔体中的电流为熔体的额定电流时，熔体长期不熔断；当电路发生严重过载时，熔体在较短时间内熔断；当电路发生短路时，熔体能在瞬间熔断。熔体的这个特性称为反时限保护特性，即电流为额定值时长期不熔断，过载电流或短路电流越大，熔断时间越短。电流与熔断时间的关系曲线称为安秒特性，如图 1-16 所示。由于熔断器对过载反应不灵敏，不宜用于过载保护，主要用于短路保护。表 1-2 示出某种熔体安秒特性数值关系。

熔断器的图形符号与文字符号如图 1-17 所示。

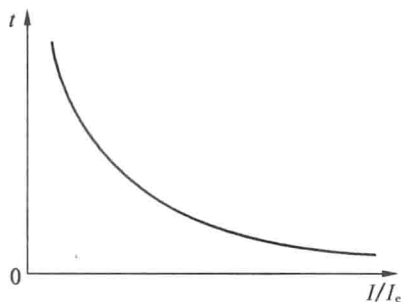


图 1-16 熔断器的安秒特性



图 1-17 熔断器的图形和文字符号

表 1-2 常用熔体安秒特性

熔断电流	$1.25 \sim 1.3 I_e$	$1.6 I_e$	$2 I_e$	$2.5 I_e$	$3 I_e$	$4 I_e$
熔断时间	∞	1 h	40 s	8 s	4.5 s	2.5 s

1.3.2 常用熔断器

(1) RCIA 系列瓷插式熔断器：它由瓷盖、瓷座、触头和熔丝 4 部分组成，如图 1-18 所示。这类产品主要用作低压分支电路的短路保护。

(2) RL1 系列螺旋式熔断器：该系列产品主要由瓷帽、熔管、瓷套、上下接线端及瓷座等部分组成，如图 1-19 所示。该熔断器多用于机床线路中，作短路保护。

(3) RM10 无填料封闭管式熔断器：该系列熔断器由熔管、熔体和插座等部分组成。在低压电力网络、配电设备中作短路保护，也可兼顾过载保护。

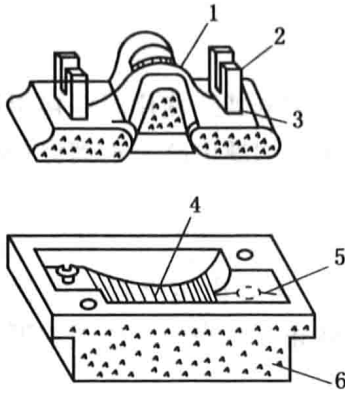


图 1-18 PCIA 系列瓷插式熔断器

1—熔丝；2—动触头；3—瓷盖；
4—石棉带；5—静触头；6—瓷座

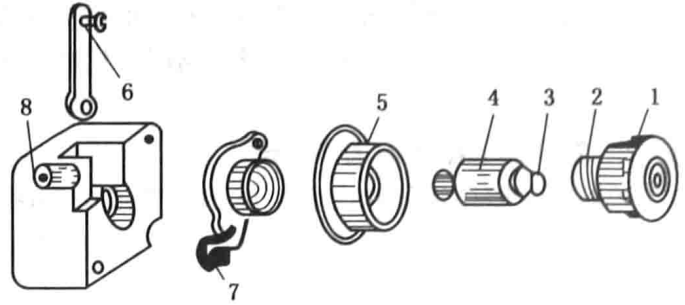


图 1-19 RL1 系列螺旋式熔断器

1—瓷帽；2—金属管；3—指示器；4—熔管；
5—瓷套；6—下接线端；7—上接线端；8—瓷座

(4) RT0 系列有填料封闭管式熔断器：RT0 系列熔断器装有填充料（石英砂），是一种灭弧能力强、分断能力高的熔断器。用于具有较大短路电流的电力输配电网中。

常用熔断器技术参数见表 1-3。

表 1-3 常用低压熔断器技术数据

型号	额定电压 U/V	额定电流 I/A	熔体额定电流 I/A
RCIA	380	5	2, 4, 5
		10	2, 4, 6, 10
		15	6, 10, 15
		30	15, 20, 25, 30
		60	30, 40, 50, 60
		100	60, 80, 100
RL1	380	15	2, 4, 5, 6, 10, 15
		60	20, 25, 30, 35, 40, 50, 60
		100	60, 80, 100
		200	100, 125, 150, 200
RT0	380	100	30, 40, 50, 60, 80, 100
		200	80, 100, 120, 150, 200
		400	150, 200, 250, 300, 350, 400
		600	350, 400, 450, 500, 550, 600
		1 000	700, 800, 900, 1 000

1.3.3 熔断器的选择

1) 类型选择

选择熔断器的类型时，主要根据线路要求、使用场合、安装条件、负载要求的保护特性和短路电流的大小等来进行。

2) 额定电压的选择

额定电压应大于或等于线路的工作电压。

3) 熔体额定电流的选择

(1) 对于电炉、照明等电阻性负载的短路保护，应使熔体的额定电流 I_R 等于或稍大于电路的工作电流 I ，即

$$I_R \geq I \quad (1-5)$$

(2) 保护单台电动机时，考虑到启动电流的影响，可按下式选择：

$$I_R \geq (1.5 \sim 2.5) I_N \quad (1-6)$$

对于频繁启动的电动机，式 (1-6) 的系数取 3~3.5。

式中 I_N ——电动机额定电流。

(3) 保护多台电动机共用一个熔断器时，可按下式计算：

$$I_R \geq (1.5 \sim 2.5) I_{N_{\max}} + \sum I_N \quad (1-7)$$

式中 $I_{N_{\max}}$ ——容量最大的一台电动机的额定电流；

$\sum I_N$ ——其余电动机额定电流之和。

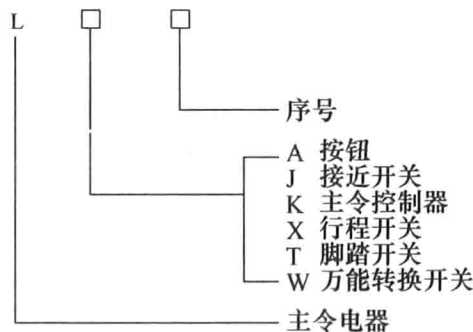
4) 熔断器额定电流的选择

熔断器的额定电流必须大于或等于所装熔体的额定电流。

1.4 主令电器

主令电器是在自动控制系统中发出指令的电器，用来控制接触器、继电器或其他电器线圈，使电路接通或分断，从而达到控制生产机械的目的。主令电器应用广泛、种类繁多。按其作用可分为按钮、行程开关、万能转换开关、接近开关、主令控制器及其他主令电器（如脚踏开关、倒顺开关、紧急开关、钮子开关）。在上述主令电器中除接近开关为电磁式外，其余均为机械式。

主令电器的型号及含义如下：



1.4.1 控制按钮

控制按钮是一种接通或分断小电流电路的主令电器，其结构简单，应用广泛。触头允许通过的电流较小，一般不超过 5 A，主要用在低压控制电路中，手动发出控制信号。

控制按钮由按钮帽、复位弹簧、桥式动静触头 and 外壳等组成。一般为复合式，即同时具有常开、常闭触头。按下时常闭触头先断，然后常开触头闭合。去掉外力后在复位弹簧的作用下，常开触头断开，常闭触头复位。控制按钮结构如图 1-20 所示。