



DIANQI
XINXILEI

普通高等教育“十一五”电气信息类规划教材

PLC编程与应用

■ 何文雪 刘华波 吴贺荣 编著

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



免费
电子课件

普通高等教育“十一五”电气信息类规划教材

PLC 编程与应用

何文雪 刘华波 吴贺荣 编著
于海生 主审



机械工业出版社

本书主要包括传统的继电器控制和 PLC 应用两大部分, 注重示例, 强调应用。其中, 第 1、2 章介绍了传统的低压电器的基本结构和工作原理、典型控制电路的分析方法及简单设计等, 其余章节介绍了 PLC 的概述、硬件结构、编程基础、指令系统、编程方法、扩展功能及系统设计等。

本书配有免费电子课件, 欢迎选用本书作教材的老师登录 www.cmpedu.com 注册下载或发邮件到 wbj@cmpbook.com 索取。

本书可作为高等院校自动化、电气工程及其自动化、机电一体化及相关专业的教材, 也可供高职高专相关专业选用, 并可作为电气工程技术人员培训及自学用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

PLC 编程与应用/何文雪, 刘华波, 吴贺荣编著. —北京: 机械工业出版社, 2009. 12

普通高等教育“十一五”电气信息类规划教材
ISBN 978 - 7 - 111 - 29249 - 4

I. P… II. ①何…②刘…③吴… III. 可编程序控制器 - 程序设计 - 高等学校 - 教材 IV. TP332. 3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 227516 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: 王保家 责任编辑: 王保家 版式设计: 张世琴
封面设计: 张静 责任校对: 魏俊云 责任印制: 乔宇
北京京丰印刷厂印刷
2010 年 2 月第 1 版·第 1 次印刷
184mm × 260mm · 19 印张 · 465 千字
标准书号: ISBN 978 - 7 - 111 - 29249 - 4
定价: 32.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换
电话服务 网络服务

社服务中心: (010) 88361066 门户网: <http://www.cmpbook.com>
销售一部: (010) 68326294 教材网: <http://www.cmpedu.com>
销售二部: (010) 88379649
读者服务部: (010) 68993821 封面无防伪标均为盗版

前 言

PLC (可编程序控制器) 作为典型的控制器广泛应用于工业现场, 同时传统的继电器接触器技术也是必不可少的。全书包括继电器接触器控制和 PLC 应用两大部分, PLC 部分以西门子 S7-200 小型自动化产品为例进行介绍。

本书共分为 11 章。其中, 第 1 章系统地介绍了常用低压电器的基本结构和工作原理; 第 2 章介绍了典型电气控制电路的分析方法和简单设计, 它们是 PLC 和其他电气控制技术的基础; 第 3 章概述了 PLC 的诞生、特点、性能指标和应用领域; 第 4 章介绍了 PLC 的硬件结构及接线; 第 5 章介绍了 PLC 的编程基础, 包括工作原理、程序结构、寻址方式等; 第 6 章和第 7 章系统地介绍了 PLC 的指令, 包括基本指令和功能指令; 第 8 章详细介绍了 PLC 的程序设计方法; 第 9 章和第 10 章介绍了 PLC 的扩展功能和通信功能; 第 11 章给出了 PLC 应用系统的设计步骤及示例。

本书由何文雪、刘华波和吴贺荣编著, 于海生教授主审。何文雪编写了第 3、4、5、9、10 章, 刘华波编写了第 1、2、8、11 章, 吴贺荣编写了第 6、7 章, 另外, 丁军航参与了部分章节的编写工作。全书由何文雪统稿。

本书编写过程中得到了于海生教授和徐淑华教授的大力支持, 西门子(中国)有限公司各位同仁提供了大量资料, 提出了宝贵建议, 在此一并表示衷心的感谢。

本书配有免费电子课件, 欢迎选用本书作教材的老师登录 www.cmpedu.com 注册下载或发邮件到 wbj@cmpbook.com 索取。

因作者水平有限, 书中难免有错漏及疏忽之处, 恳请读者批评指正。

作者 Email: hwx2007@yahoo.cn

作 者

参 考 文 献

- [1] 方承远, 等. 工厂电气控制技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2008.
- [2] 于海生. 微型计算机控制技术[M]. 北京: 清华大学出版社, 2009.
- [3] 廖常初. S7-200 PLC 编程及应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 2007.
- [4] 廖常初. PLC 编程及应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 2005.
- [5] 吴晓君, 杨向明. 电气控制与可编程控制器应用[M]. 北京: 中国建材工业出版社, 2004.
- [6] 周万珍, 高鸿斌. PLC 分析与设计应用[M]. 北京: 电子工业出版社, 2004.
- [7] 常晓玲. 电气控制系统与可编程控制器[M]. 北京: 机械工业出版社, 2005.
- [8] 陈立定. 电气控制与可编程序控制器的原理及应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 2004.
- [9] 徐淑华. 电工电子技术[M]. 2 版. 北京: 电子工业出版社, 2008.
- [10] 王仁祥. 常用低压电器原理及其控制技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2001.
- [11] 张燕宾. SPWM 变频调速应用技术[M]. 3 版. 北京: 机械工业出版社, 2006.
- [12] 刘华波. 西门子 S7-200 PLC 编程及应用案例精选[M]. 北京: 机械工业出版社, 2009.

目 录

前言

第1章 常用低压电器	1
1.1 概述	1
1.1.1 电器的分类	1
1.1.2 电磁式电器的基本结构和工作原理	2
1.2 熔断器	3
1.2.1 熔断器的基本结构	4
1.2.2 熔断器的技术参数	4
1.2.3 熔体的材料与形状	5
1.2.4 熔断器的选择	5
1.3 开关电器	6
1.3.1 刀开关	6
1.3.2 组合开关	6
1.3.3 断路器	7
1.3.4 漏电保护断路器	8
1.4 主令电器	9
1.4.1 按钮	9
1.4.2 万能转换开关	9
1.4.3 主令控制器与凸轮控制器	10
1.4.4 行程开关	11
1.4.5 接近开关	11
1.5 接触器	12
1.5.1 接触器的基本结构和工作原理	12
1.5.2 接触器的技术参数	13
1.5.3 接触器的选择	13
1.6 继电器	13
1.6.1 中间继电器	14
1.6.2 热继电器	14
1.6.3 时间继电器	15
1.6.4 速度继电器	16
1.6.5 电压继电器	16
1.6.6 电流继电器	16
1.6.7 固态继电器	16
1.7 习题	17

第2章 电气控制电路基础	18
2.1 电气控制系统图的分类及有关标准	18
2.1.1 电气控制系统图的分类	18
2.1.2 电气原理图的绘制原则	18
2.2 三相笼型异步电动机的基本控制	20
2.2.1 全压起动控制电路	20
2.2.2 正反转控制电路	21
2.2.3 点动控制电路	22
2.2.4 多点控制电路	23
2.2.5 顺序控制电路	23
2.2.6 自动循环控制电路	24
2.3 三相笼型异步电动机的降压起动控制	24
2.3.1 定子串电阻降压起动	25
2.3.2 星-三角降压起动	26
2.4 三相异步电动机的制动控制	26
2.4.1 反接制动	27
2.4.2 能耗制动	27
2.5 三相笼型异步电动机的调速	28
2.6 典型控制电路分析	29
2.7 电气控制电路的简单设计	30
2.7.1 电气控制系统设计的一般原则	30
2.7.2 电气控制系统设计的基本任务	31
2.7.3 电气控制系统设计的一般步骤	31
2.7.4 电气控制电路设计举例	32
2.8 习题	33
第3章 可编程序控制器的概述	35
3.1 PLC 的基础知识	35
3.1.1 PLC 的诞生及发展	35
3.1.2 PLC 的定义	36
3.2 PLC 的特点及技术	

性能指标	37	5.3.4 数据在存储器中的寻址	71
3.2.1 PLC 的特点	37	5.3.5 绝对地址与符号地址	72
3.2.2 PLC 的技术性能指标	38	5.4 习题	72
3.2.3 S7-200 PLC 的技术性能指标	39		
3.3 PLC 的应用领域	39	第 6 章 S7-200 PLC 的指令系统	74
3.4 PLC 的分类及与单片机、计算机的比较	40	6.1 概述	74
3.4.1 PLC 的分类	40	6.2 基本逻辑指令	75
3.4.2 PLC 与单片机、计算机的比较	41	6.3 定时器与计数器指令	84
3.5 习题	42	6.3.1 定时器指令	84
第 4 章 PLC 的硬件	43	6.3.2 计数器指令	88
4.1 PLC 的基本结构	43	6.4 数据处理指令	90
4.2 S7-200 PLC 的简介	45	6.4.1 比较指令	90
4.2.1 概述	45	6.4.2 数据传送指令	92
4.2.2 S7-200 PLC 的扩展模块	46	6.4.3 移位和循环指令	93
4.2.3 电源计算	51	6.4.4 数据转换指令	96
4.3 S7-200 PLC 的接线	52	6.4.5 表功能指令	103
4.3.1 安装现场的接线	52	6.4.6 字符串指令	106
4.3.2 隔离电路时的接地与电路参考点	53	6.4.7 时钟指令	109
4.3.3 电源连接方式	53	6.5 数学运算指令	110
4.3.4 数字量输入接线	54	6.6 程序控制指令	115
4.3.5 数字量输出接线	55	6.7 子程序指令	119
4.3.6 模拟量输入/输出接线	55	6.7.1 子程序指令与子程序的调用	119
4.3.7 外部电路抗干扰的其他措施	57	6.7.2 局部变量表	120
4.4 习题	58	6.7.3 子程序的编写与调用	122
		6.8 PID 操作指令	125
		6.8.1 PID 回路控制指令	125
		6.8.2 PID 指令编程举例	126
		6.9 习题	129
第 5 章 S7-200 PLC 的编程基础	59	第 7 章 中断及高速处理指令	130
5.1 PLC 的基本工作原理	59	7.1 中断程序与中断指令	130
5.1.1 PLC 的工作模式	59	7.1.1 中断程序	130
5.1.2 S7-200 PLC 的工作原理	59	7.1.2 中断指令	131
5.1.3 S7-200 PLC 的控制过程	62	7.1.3 中断源	133
5.2 PLC 的编程语言与程序结构	62	7.2 高速处理指令	137
5.2.1 PLC 的编程语言	62	7.2.1 高速计数操作指令	137
5.2.2 SIMATIC 指令集与 IEC1131-3 指令集	63	7.2.2 高速脉冲输出指令	144
5.2.3 程序结构	64	7.3 习题	157
5.3 存储器与寻址方式	65		
5.3.1 S7-200 PLC 的存储器	65	第 8 章 S7-200 PLC 程序设计	158
5.3.2 不同存储区的寻址	67	8.1 经验设计法	158
5.3.3 数据类型	71	8.1.1 常用的典型梯形图电路	158

8.1.2 PLC 程序设计原则	160	PPI 通信	233
8.2 顺序控制与顺序功能图	161	10.1.3 使用向导实现 PPI 通信	236
8.2.1 顺序控制	161	10.2 自由口通信	237
8.2.2 顺序功能图	161	10.2.1 自由口模式下的发送和接收指令	238
8.2.3 顺序控制的设计思想	164	10.2.2 自由口通信举例	239
8.2.4 顺序功能图的基本结构	165	10.3 Modbus 通信	244
8.2.5 绘制顺序功能图的基本规则	165	10.3.1 Modbus 报文格式	244
8.2.6 绘制顺序功能图的注意事项	166	10.3.2 Modbus 通信协议指令	247
8.3 顺序控制设计法	166	10.3.3 编程实例	252
8.3.1 使用起保停电路	166	10.4 MODEM 通信	253
8.3.2 使用置位复位指令	170	10.4.1 配置主叫调制解调器模块和被叫调制解调器模块	254
8.3.3 使用 SCR 指令	172	10.4.2 编程	255
8.4 使用向导	178	10.4.3 远程诊断	257
8.4.1 使用 PID 指令向导及编写程序	178	10.5 USS 通信	258
8.4.2 PID 参数自整定与 PID 调节控制面板	184	10.5.1 变频器概述	258
8.5 习题	193	10.5.2 USS 通信报文格式	259
第 9 章 S7-200 PLC 的扩展功能	194	10.5.3 USS 指令	260
9.1 使用配方功能	194	10.5.4 MM 440 变频器的参数设置	264
9.2 使用数据记录	197	10.6 S7-200 PLC 与 S7-300 PLC 的 MPI 通信	266
9.3 定位控制	200	10.7 Profibus-DP 通信	268
9.3.1 使用向导配置 EM253 定位模块	200	10.8 工业以太网通信	270
9.3.2 相关子程序	202	10.8.1 工业以太网概述	270
9.3.3 应用举例	207	10.8.2 S7-200 PLC 之间的以太网通信	273
9.3.4 使用 EM253 控制面板	207	10.8.3 S7-200 PLC 和 S7-300 PLC 的以太网连接	277
9.4 称重功能	214	10.8.4 PC Access 通过以太网访问 S7-200 PLC	278
9.4.1 SIWAREX MS 称重模块的参数	214	10.9 习题	281
9.4.2 SIWAREX MS 称重模块的命令	218	第 11 章 PLC 应用系统设计	282
9.4.3 SIWATOOL MS 的使用	222	11.1 PLC 应用系统设计的内容	282
9.4.4 编程示例	225	11.1.1 PLC 应用系统设计的流程	282
9.5 习题	230	11.1.2 PLC 应用系统设计的原则	283
第 10 章 S7-200 PLC 的通信功能	231	11.2 PLC 应用系统的硬件设计	283
10.1 PPI 通信	231	11.2.1 PLC 的选型	283
10.1.1 概述	231	11.2.2 I/O 模块选择及 I/O 地址分配	285
10.1.2 使用网络读写指令实现	233	11.2.3 安全回路设计	287

11.2.4 可靠性设计	287	11.4 习题	292
11.3 PLC应用系统设计实例	289	参考文献	293
11.3.1 系统的工艺流程和控制要求	289		
11.3.2 系统的硬件设计	290		
11.3.3 系统的软件设计	291		

第 1 章 常用低压电器

在工农业生产中，机械设备大多数是由电动机拖动的，通过对电动机的起停、正反转、调速和制动等控制，来实现对生产机械的控制。由各种有触点的控制电器（如继电器、接触器、按钮等）组成的控制系统称为继电接触器控制系统。当前，基于 PLC 或计算机的控制系统已经成为工业控制的主流，但传统的继电接触器控制技术是 PLC 控制的基础，且仍被广泛应用。

本书的前两章内容将从应用方面介绍常用低压电器的用途、基本结构、工作原理、主要技术参数和选用方法，并介绍由这些器件组成的电气控制基本电路的组成与工作原理，举例说明电气控制电路的阅读分析方法。这部分内容是正确选择和合理使用电器与培养电气控制电路分析与设计基本能力的基础。

本章主要介绍各种常用低压控制电器的用途、基本结构、工作原理、主要技术参数和选用方法。

1.1 概述

1.1.1 电器的分类

电器按工作电压等级可分为低压电器和高压电器。低压电器指工作电压在交流 1200V 或直流 1500V 以下的各种电器，如接触器、继电器、刀开关、按钮等；高压电器指工作电压高于交流 1200V 或直流 1500V 以上的各种电器，如高压熔断器、高压隔离开关、高压断路器等。

低压电器产品主要包括刀开关、熔断器、断路器、控制器、接触器、起动器、继电器、主令电器、电阻器及变阻器、调整器、电磁铁和其他低压电器（如触电保护器、信号灯与接线盒等）等，按照不同的方式可以分为不同的类型。

1. 按用途分

1) 控制电器：用于各种控制电路和控制系统的电器，如接触器、各类继电器、起动器等。对控制电器的要求是：工作准确可靠，操作频率高，寿命长等。

2) 主令电器：用于自动控制系统中发出控制指令的电器，如控制按钮、主令开关、行程开关等。

3) 保护电器：用于保护电路及电气设备的电器，如熔断器、热继电器、断路器、避雷器等。

4) 配电电器：用于电能的输送和分配的电器，如各类刀开关、断路器等。配电系统对电器的要求是：在系统发生故障的情况下，动作准确，工作可靠，有足够的热稳定性和电稳定性。

5) 执行电器：用于完成某种动作或传动功能的电器，如电磁铁、电磁阀、电磁离合器等。

等。

2. 按工作原理分

1) 电磁式电器：依据电磁感应原理来工作的电器，如交直流接触器、各种电磁式继电器、电磁阀等。

2) 非电量控制电器：这类电器是靠外力或某种非物理量的变化而动作的，如行程开关、按钮、压力继电器、温度继电器等。

此外，按照动作原理低压电器还可以分为手动电器和自动电器等。

1.1.2 电磁式电器的基本结构和工作原理

电气控制电路中使用最多的各种电磁式电器的基本结构和工作原理是类似的，主要由电磁机构、触头系统和灭弧装置等部分组成。

1. 电磁机构

电磁机构是电磁式电器的信号检测部分，其主要作用是将电磁能量转换为机械能量并带动触头动作，从而完成电路的接通或分断。

电磁机构由线圈、铁心、衔铁等几部分组成。常用的磁路结构可分为图 1-1 所示的三种形式：

1) 衔铁沿棱角转动的拍合式铁心，如图 1-1a 所示，这种形式广泛应用于直流电器中。

2) 衔铁沿轴转动的拍合式铁心，如图 1-1b 所示，其铁心形状有 E 形和 U 形两种，此种结构多用于触头容量较大的交流电器中。

3) 衔铁直线运动的双 E 形直动式铁心，如图 1-1c 所示，多用于交流接触器、继电器中。

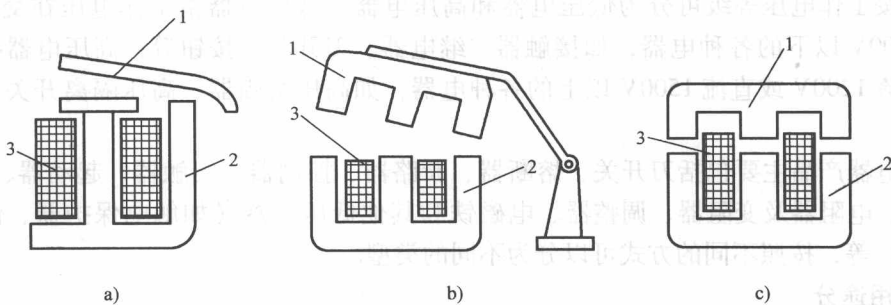


图 1-1 常用的磁路结构

1—衔铁 2—铁心 3—吸引线圈

电磁式电器分为直流与交流两大类，都是基于电磁铁的原理设计的。通常，交流电磁机构的铁心由硅钢片叠铆而成，有磁滞和涡流损耗，由于铁心和线圈都发热，所以在铁心和线圈之间设有骨架，铁心、线圈整体做成矮胖型，利于各自散热；而直流电磁机构的铁心由整块钢材或工程纯铁制成，无磁滞和涡流损耗，线圈发热铁心不发热，所以线圈直接接触铁心并通过铁心散热，铁心、线圈整体做成瘦高型。

2. 触头系统

触头是电器的执行部分，起接通和分断电路的作用。因此，要求触头导电、导热性能良

好,通常用铜制成,也有些如继电器和小容量的电器等,触头采用银质材料,其导电和导热性能均优于铜质触头,且具有较小和稳定的接触电阻。

触头有点接触、面接触、线接触三种结构形式,如图 1-2 所示,接触面越大则通电电流越大。图 1-2a 是两个点接触的桥式触头,点接触形式适用于电流不大且触头压力小的场合;图 1-2b 是两个面接触的桥式触头,面接触形式适用于大电流的场合;图 1-2c 为指形触头,其接触面为一直线,触头接通或分断时产生滚动摩擦,以利于去掉氧化膜,这种形式适用于通电次数多、电流大的场合。

为了消除触头在接触时的振动,使触头接触得更加紧密,减小接触电阻,在触头上装有接触弹簧,该弹簧在触头刚闭合时产生较小的压力,随着触头闭合增大触头压力。

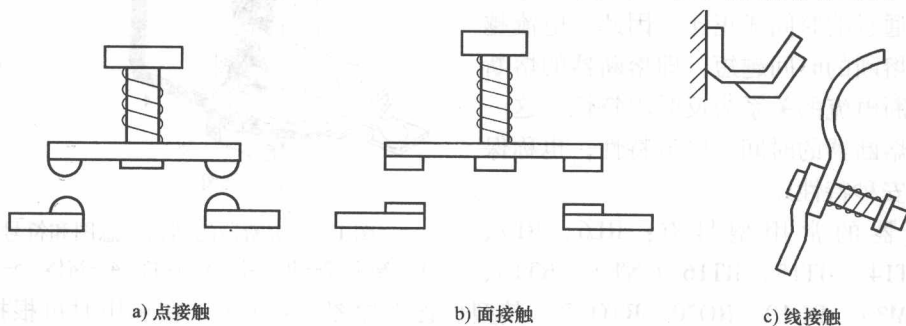


图 1-2 触头的结构形式

3. 灭弧

在空气中断开电路时,若被断开电路的电流超过某一数值,断开后加在触头间隙两端电压超过某一数值(12~20V 之间)时,触头间隙中就会产生电弧。电弧实际上是触头间气体在强电场作用下产生的电离放电现象,即当触头间刚出现分断时,两触头间距离极小,电场强度极大,在高热和强电场作用下,金属内部的自由电子从阴极表面逸出,奔向阳极,这些自由电子在电场中运动时撞击中性气体分子,使之激励和游离,产生正离子和电子。因此,在触头间隙中产生大量的带电粒子,使气体导电形成了炽热的电子流,即电弧。

电弧产生后,引起高温并发出强光,将触头烧损,且使电路的切断时间延长,严重时还会引起火灾或其他事故。因此,在电器中应采取适当措施熄灭电弧。常用的灭弧方法有电动刀灭弧、磁吹灭弧、窄缝灭弧、栅片灭弧等。

1.2 熔断器

熔断器用于电路的严重过载和短路保护。熔断器中的熔体是由电阻率较高的易熔合金制作的,串联于电路中,当过载或短路电流通过熔体时,因其自身发热而熔断,从而分断电路。

由于结构简单、体积小、使用维护方便、具有较高的分断能力和良好的限流性能等优点,熔断器获得了广泛的应用。

1.2.1 熔断器的基本结构

熔断器主要由熔体（保险丝）和熔管（熔座）组成。熔体由易熔金属材料铅、锌、锡、银、铜及其合金制成，通常制成丝状和片状。熔管是装熔体的外壳，由陶瓷、绝缘钢纸制成，在熔体熔断时兼有灭弧作用。熔断器的结构示意图如图 1-3a 所示，其图形符号和文字符号如图 1-3b 所示。

电流通过熔体时产生的热量与电流的平方和电流通过的时间成正比。因此，电流越大则熔体熔断的时间越短，即熔断器的熔断时间与熔断电流的关系为反时限特性，这一特性称为熔断器的时间—电流特性，也称保护特性或安秒特性。

熔断器的常用型号有：RL6、RL7、RT12、RT14、RT15、RT16（NT）、RT18、RT19（AM3）、RO19、RO20、RTO 等，其型号含义如图 1-4 所示，在选用时可根据使用场合酌情选择。

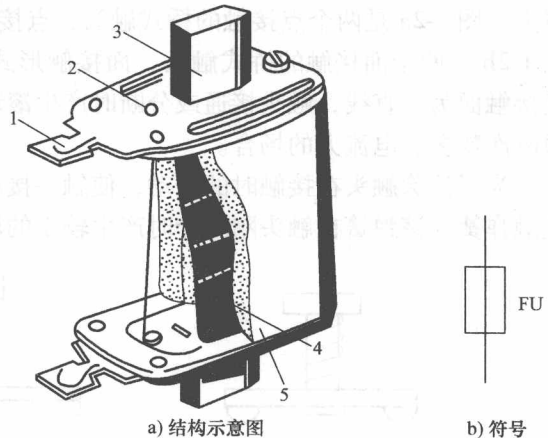


图 1-3 熔断器的结构示意图和符号

1—盖板 2—指示器 3—触角 4—熔体 5—熔管

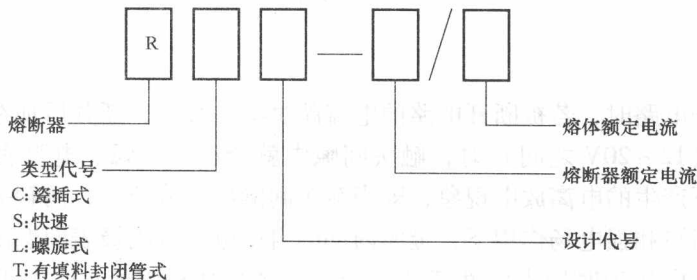


图 1-4 熔断器型号含义

关于低压电器的型号，请根据相关选型手册进行查看，此后不再赘述。

1.2.2 熔断器的技术参数

熔断器的技术参数主要包括：

1) 额定电压：熔断器长期工作时和熔断后所能承受的电压。熔断器的交流额定电压有 220V、380V、415V、500V、600V、1140V，直流额定电压有 110V、220V、440V、800V、1000V、1500V 等。

2) 额定电流：熔断器在长期工作之下，各部件温升不超过极限允许温升所能承载的电流值，习惯上，把熔体支持件的额定电流简称为熔断器额定电流。熔体额定电流规定有 2A、4A、6A、8A、10A 等。

3) 极限分断能力：熔断器在规定的使用条件下，能可靠分断的最大短路电流值。

4) 截断电流特性：在规定的条件下，截断电流与预期电流的关系特性。截断电流是指

熔断器分断期间电流到达的最大瞬时值。

5) 时间—电流特性: 熔断器的时间—电流特性也称保护特性或安秒特性, 是熔断器的基本特性, 表示熔断器的熔断时间与流过熔体电流的关系, 为反时限特性, 即流过熔体的电流越大, 熔化(或熔断)时间越短。

6) I^2t 特性: 当分断电流甚大时, 以弧前时间—电流特性表征熔断器的性能已经不够, 当熔断器弧前时间小于 0.1s 时, 熔断器的保护特性用 I^2t 特性表示。

1.2.3 熔体的材料与形状

熔断器的熔体材料有低熔点和高熔点金属两类。低熔点材料有锡、锌、铅及其合金, 高熔点材料有铜、银, 近年来也采用铝来代替银。

熔体的形状大体有两种: 丝状和片状。丝状熔体多用于小电流场合; 片状熔体是用薄金属片冲制而成, 有的是宽窄不等的变截面, 也有的是在带形薄片上冲出一些孔, 不同形状可以改变熔断器的时间—电流特性。对变截面熔体而言, 其狭窄部分的段数取决于额定电流和额定电压, 当熔断器额定电压高时, 要求狭窄部分的段数就多。

在绝缘管中装入填充材料(简称填料), 是加速灭弧、提高熔断器分断能力的有效措施。目前, 常用的填料有石英砂和三氧化二铝砂。

熔管是熔断器主要部件之一, 作用是包容熔体和填料并散热和隔弧, 因而要求熔管机械强度高, 耐热性及耐弧性好。熔管的外形以方管形和圆管形为主, 但熔管的内腔均为圆形或近似圆形, 以使在相同的几何尺寸下有最大的容积, 同时, 圆形的内腔还能均匀承受电弧能量造成的压力, 有利于提高熔断器的分断能力。

1.2.4 熔断器的选择

熔断器的选择主要考虑以下几方面因素:

1) 熔断器类型应根据电路要求、使用场合、安装条件和各类熔断器的适用范围来确定。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) 熔断器额定电压应大于或等于电路的工作电压。

3) 熔体的额定电流与负载的大小及性质有关, 其选择方法是:

①电灯支线的熔体的选择可按下式计算:

$$\text{熔体额定电流} \geq \text{支线上所有电灯的工作电流}$$

②一台电动机的熔体的选择。为了防止电动机起动时电流较大而将熔体熔断, 熔体不能按电动机的额定电流来选择, 应按下式计算:

$$\text{熔体的额定电流} \geq \frac{\text{电动机的起动电流}}{2.5}$$

如果电动机起动频繁, 则为

$$\text{熔体的额定电流} \geq \frac{\text{电动机的起动电流}}{1.6 \sim 2}$$

③几台电动机合用的总熔体的选择。一般可粗略地按下式计算:

$$\text{熔体额定电流} = (1.5 \sim 2.5) \times (\text{容量最大的电动机的额定电流} + \text{其余电动机的额定电流之和})$$

4) 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的先熔断, 从而满足选择性保护要求。选择时, 上下级熔断器应根据其保护特性曲线上的数据及实际误差来选择。

1.3 开关电器

1.3.1 刀开关

刀开关是一种最简单的手动电器, 作为电源的隔离开关广泛用于各种配电设备和供电线路中。

刀开关接触刀片数多少可分为单极、双极、三极等几种, 每种又有单投和双投之别。图 1-5a 是刀开关结构示意图, 图 1-5b 是其符号。刀开关由操作手柄、触刀、刀座 (静触头) 和绝缘底板组成。依靠手动来实现触刀插入刀座或脱离刀座, 完成电路接通与分断控制。

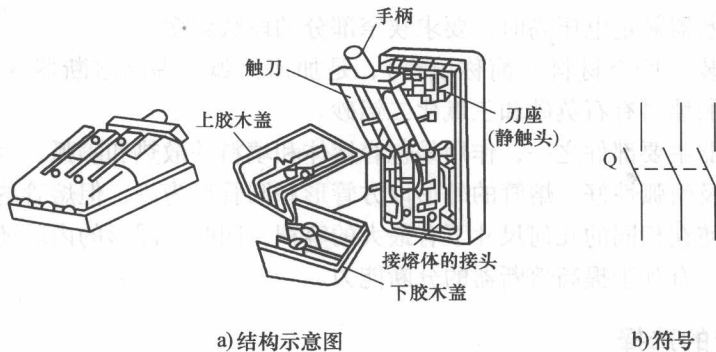


图 1-5 刀开关的结构示意图及符号

用刀开关分断感性电路时, 在触刀和静触头之间可能产生电弧, 大电流的刀开关应设有灭弧罩。

安装刀开关时, 要把电源进线接在静触头上, 负载接在可动的触刀一侧。这样, 当断开电源时触刀就不会带电。刀开关一般垂直安装在开关板上, 静触头应在上方。

刀开关的主要技术参数有额定电压、额定电流、操作次数、电稳定性电流、热稳定性电流等。刀开关额定电流的选择一般应大于或等于所分断电路中各个负载电流的总和。对于电动机负载, 应考虑到其起动电流, 同时还要考虑到电路中出现的短路电流等。

选用刀开关时主要考虑以下几方面:

- 1) 根据使用场合去选择合适的产品型号和操作方式。
- 2) 应使其额定电压等于或大于电路的额定电压, 其额定电流应等于或大于电路的额定电流。
- 3) 考虑安装方式、外形尺寸与定位尺寸等。

1.3.2 组合开关

在一些控制电路中, 组合开关常用于电气设备中非频繁地通断电路、换接电源和负载、测量三相电压以及直接控制小容量异步电动机的运行状态等。

组合开关是一种多触点、多位置、可以控制多个回路的控制电器，图 1-6 是一种组合开关的结构示意图。它有多对静触片 2 分别装在各层绝缘垫板上，静触片与外部的连接是通过接线端子 1 实现的。各层的动触片 3 套在装有手柄的绝缘转动轴 4 上，而且不同层的动触片可以互相错开任意一个角度。转动手柄 5 时，各动触片均转过相同的角度，一些动、静触片相互接通，另一些动、静触片断开。根据实际需要，组合开关的动、静触片的个数可以随意组合。常用的组合开关有单极、双极、三极、四极等多种，其图形符号同刀开关，文字符号为 Q。

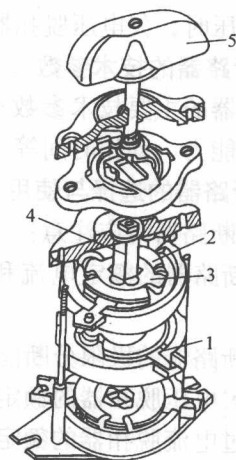


图 1-6 组合开关的结构示意图
1—接线端子 2—静触片 3—动触片
4—转动轴 5—转动手柄

1.3.3 断路器

断路器又称自动空气开关，是一种常用的低压控制电器，不仅具有开关作用，还有短路、失电压和过载保护的功能。断路器可用来分配电能、不频繁起动异步电动机、对电动机及电源线路进行保护，当发生严重过载、短路或欠电压等故障时能自动切断电源，相当于熔断器与过电流、过电压、热继电器等的组合，而且在分断故障电流后，一般不需要更换零部件。

断路器的种类繁多，按其用途和结构特点可分为框架式断路器、塑料外壳式断路器、直流快速断路器和限流式断路器等。框架式断路器主要用作配电网的保护开关，而塑料外壳式断路器除可用作配电网的保护开关外还可用作电动机、照明电路及电热电路的控制开关。

1. 断路器的基本结构和工作原理

断路器主要由三个基本部分组成：触点、灭弧系统和各种脱扣器，包括过电流脱扣器、失电压（欠电压）脱扣器、热脱扣器、分励脱扣器和自由脱扣器。图 1-7 所示为其原理示意图。图中，主触点是手动操作机构使之闭合的。断路器的工作原理如下：

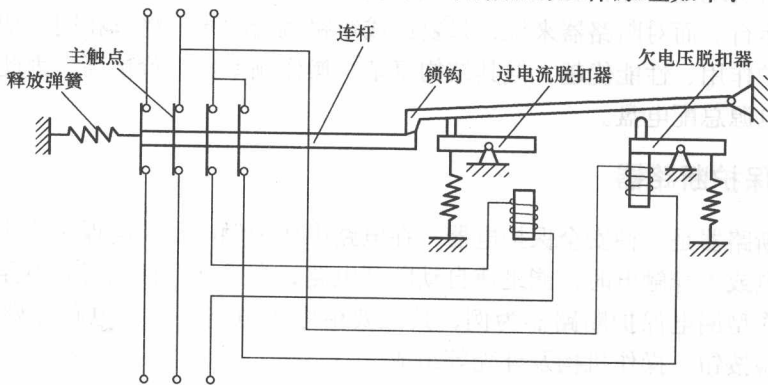


图 1-7 断路器的原理示意图

正常情况下，将连杆和锁钩扣在一起，过电流脱扣器的衔铁释放，欠电压脱扣器的衔铁

吸合；过电流时，过电流脱扣器的衔铁吸合，顶开锁钩，使主触点断开以切断主电路；欠电压或失电压时，欠电压脱扣器的衔铁释放，顶开锁钩使主电路切断。

2. 断路器的技术参数

断路器的主要技术参数有：额定电压、额定电流、极数、脱扣器类型及其整定电流范围、分断能力、动作时间等。

3. 断路器的选择与使用

选择断路器时应注意：

- 1) 断路器的额定电流和额定电压应大于或等于电路、设备的正常工作电压和工作电流。
- 2) 断路器的极限分断能力应大于或等于电路最大短路电流。
- 3) 欠电压脱扣器的额定电压等于电路的额定电压。
- 4) 过电流脱扣器的额定电流大于或等于电路的最大负载电流。
- 5) 断路器的类型应根据电路及电气设备的额定电流及对保护的要求来选择。若额定电流较小（600A 以下）、短路电流不太大，可选用塑料外壳式断路器；若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，或需要选择型断路器时，则应选择万能式断路器；若有漏电电流保护要求时，应选用带漏电保护功能的断路器等。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。

使用断路器应注意：

- 1) 断路器投入使用前应先进行整定，按照要求整定热脱扣器的动作电流，以后就不要随意旋动有关螺钉和弹簧。
- 2) 在安装断路器时，应注意把来自电源的母线接到开关灭弧罩一侧的端子上，来自电气设备的母线接到另外一侧的端子上。
- 3) 正常情况下，应每半年对断路器进行一次检修，清除灰尘。
- 4) 发生断、短路事故的动作后，应立即对触刀和静触头进行清理，检查有无熔坏，清除金属熔粒、粉尘，特别要把散落在绝缘体上的金属粉尘清理干净。

使用断路器实现短路保护比熔断器好，因为三相电路短路时，可能只有一相熔断器熔断，造成缺相运行。而对断路器来说，只要造成短路就会跳闸，将三相同时切断。断路器还有其他自动保护作用、性能优越，但其结构复杂、操作频率低、价格高，因此适合于要求较高的场合，如电源总配电盘。

1.3.4 漏电保护断路器

漏电保护断路器是一种安全保护电器，在电路中作为触电和漏电保护之用。在电路或设备出现对地漏电或人身触电时，能迅速自动断开电路，有效地保证人身和电路安全。

以电流动作型漏电保护断路器为例，其主要由电子电路、零序电路互感器、漏电脱扣器、触头、试验按钮、操作机构及外壳等组成。

漏电保护断路器有单相式和三相式等型式。漏电保护断路器的额定漏电动作电流为 30 ~ 100mA，漏电脱扣器动作时间小于 0.1s。

漏电保护断路器接入电路时，应接在电能表和熔断器后面，安装时应按开关规定的标志接线。接线完毕后应按动试验按钮，检查保护断路器是否可靠动作。漏电保护断路器投入正