

普通高等教育“十一五”规划教材
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYIWU GUIHUA JIAOCAI



KEBIANCHENG KONGZHIQI
YINGYONG JISHU

可编程控制器 应用技术

范永胜 徐鹿眉 主 编
桂 垣 宋起超 副主编



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

普通高等教育“十一五”规划教材
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYIWU GUIHUA JIAOCAI



KEBIANCHENG KONGZHIQI
YINGYONG JISHU

可编程控制器 应用技术

主 编	范永胜	徐鹿眉
副主编	桂 垣	宋起超
编 写	张晓峰	王有春
主 审	张会清	



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

内 容 提 要

本书为普通高等教育“十一五”规划教材。

全书共分为十一章, 主要内容包括常用低压电器, 典型电气控制线路, 可编程控制器概述, S7-200 PLC 的硬件介绍、基本指令及应用, 特殊功能指令, 梯形图程序的设计方法, 人机接口, S7-200 PLC 网络通信技术, MCGS 组态软件设计及其应用, 可编程控制器系统综合设计。书后附有 S7-200 PLC 技术规范 and 实验、课程设计及毕业设计指导书。本书语言简练、通俗易懂, 内容由浅入深, 注重理论和实际应用相结合。

本书可作为普通高等学校电气工程及其自动化、自动化、机电一体化等专业的“电气控制及可编程控制器”或类似课程的教材, 也可作为相关工程技术人员的参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

可编程控制器应用技术/范永胜, 徐鹿眉主编. —北京: 中国电力出版社, 2009

普通高等教育“十一五”规划教材

ISBN 978-7-5083-9224-0

I. 可… II. ①范…②徐… III. 可编程序控制器-高等学校-教材 IV. TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 129086 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://jc.cepp.com.cn>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2010 年 1 月第一版 2010 年 1 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 19 印张 460 千字

定价 31.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签, 加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

前言

为贯彻落实教育部《关于进一步加强高等学校本科教学工作的若干意见》和《教育部关于以就业为导向深化高等职业教育改革的若干意见》的精神,加强教材建设,确保教材质量,中国电力教育协会组织制订了普通高等教育“十一五”教材规划。该规划强调适应不同层次、不同类型院校,满足学科发展和人才培养的需求,坚持专业基础课教材与教学急需的专业教材并重、新编与修订相结合。本书为新编教材。

“电气控制技术”及“可编程控制器原理及应用”是各高等院校电类专业密切相关的两门专业课程,应用十分广泛。可编程控制器基于继电器逻辑控制系统的原理而设计,它的出现取代了继电器接触器控制系统,它是当今电气自动化领域中不可替代的中心控制器件。由于它们起源于同一体系,只是发展的阶段不同,因此高校已普遍将上述两门专业课的核心内容有机地整合起来。本书正是在这种情况下并考虑到实际应用和发展情况而编写的。

可编程控制器是20世纪60年代以来发展极为迅速的一种新型工业控制装置。现代的可编程控制器是一种很有特色和发展前途的、以微处理器为核心的通用工业控制装置。可编程控制器的应用深度和广度已经成为一个国家工业先进水平的重要标志之一。所以本书在讲解传统继电器控制系统的前提下,重点讲解可编程控制器的原理与应用。

目前市场上可编程控制器的品种繁多,从实际应用的角度出发,考虑到目前应用的广度和市场的占有率因素,本书选用SIEMENS公司S7-200 PLC为对象讲解可编程控制器的原理及应用。

全书共分十一章。第一章为常用低压电器,介绍了控制系统中常用低压电器的用途、基本结构、工作原理、主要技术参数以及图形符号和选用原则等。第二章为典型电气控制线路,详细讲述了继电器控制系统中常用的基本控制环节,并进一步分析了典型复杂设备的电气控制系统和常用的设计方法。第三章为可编程控制器概述,介绍了可编程控制器的基本知识。第四章为S7-200 PLC的硬件,重点介绍了PLC的硬件原理与配置、各单元功能及应用。第五章介绍了S7-200 PLC的基本指令及其应用,重点讲解了定时器和计数器的工作原理。第六章介绍了S7-200 PLC的特殊功能指令并给出了许多例子。第七章讲述了经验设计法、时序设计法和顺序控制设计法三种应用程序的设计方法,重点讲解了顺序控制设计法。第八章是人机接口,对文本显示器和触摸屏进行了简单的介绍。第九章为网络通信技术。第十章为MCGS组态软件设计及其应用。第十一章介绍了可编程控制器的系统综合设计,重点介绍了系统的模拟调试方法。本书的附录还提供了SIEMENS S7-200系列PLC技术规范,和教学相对应的实验指导书、课程设计指导书以及毕业设计指导书。

本书由河北建筑工程学院的范永胜负责组织、统稿和改稿,并编写第二、五、七、十章以及第三章的一~五节;黑龙江工程学院的徐鹿眉编写四、六、十一章,并提供了S7-200的技术规范,编写了附录中的实验指导书、课程设计指导书、毕业设计指导书;黑龙江工程学院的宋起超编写第八章;河北建筑工程学院的桂垣编写第一章;河北建筑工程学院的王有春编写第三章的六、七节;河北建筑工程学院的张晓峰编写第九章。

本书由北京工业大学的张会清博士主审。在本书的编写过程中，还得到了黑龙江工程学院的王晓溪、韩雪松、胡维庆、王希凤、徐泽清和于浩洋以及河北廊坊师范学院张玲娟的大力帮助。在此一并表示衷心的感谢。

限于编者水平，书中难免存在疏漏和不妥之处，诚恳希望广大读者批评指正。

编 者

2009 年 5 月

目 录

前言

第一章 常用低压电器	1
第一节 低压电器的概述	1
第二节 开关电器	3
第三节 熔断器	8
第四节 接触器	9
第五节 继电器	13
第六节 主令电器	21
本章小结	24
习题	24
第二章 典型电气控制线路	25
第一节 基本控制环节	25
第二节 三相异步电动机的启动及制动	30
第三节 典型生产机械电气控制线路分析	37
第四节 电气控制线路设计	43
第五节 电气控制设计举例	50
本章小结	61
习题	61
第三章 可编程控制器概述	64
第一节 可编程控制器的产生与定义	64
第二节 可编程控制器的发展	65
第三节 可编程控制器的特性	67
第四节 可编程控制器的应用	69
第五节 可编程控制器的结构	70
第六节 可编程控制器的工作原理	75
第七节 可编程控制器的软元件	78
本章小结	82
习题	83
第四章 S7-200 PLC 的硬件介绍	84
第一节 可编程控制器的分类	84
第二节 S7-200 PLC 系统硬件组成	85
第三节 S7-200 PLC 主机技术规范	86
第四节 S7-200 PLC 扩展模块	87
第五节 CPU224 及其扩展模块的应用	90

第六节 S7 - 300 PLC 简介	94
本章小结	95
习题	95
第五章 S7 - 200 PLC 基本指令及应用	97
第一节 基本逻辑指令	97
第二节 程序控制指令	109
第三节 PLC 初步编程指导	115
第四节 基本指令应用实例	117
本章小结	122
习题	122
第六章 S7 - 200 PLC 特殊功能指令	125
第一节 传送功能指令	125
第二节 数学运算功能指令	129
第三节 转换功能指令	134
第四节 字符串操作指令	141
第五节 表功能指令	143
第六节 时钟指令	145
第七节 中断指令	146
第八节 高速计数器指令	153
第九节 高速脉冲输出指令	159
第十节 PID 回路指令	172
本章小结	177
习题	178
第七章 梯形图程序的设计方法	179
第一节 梯形图的分析设计法	179
第二节 梯形图的时序设计法	187
第三节 顺序控制设计法	192
本章小结	204
习题	204
第八章 人机接口	206
第一节 文本显示器	206
第二节 触摸屏	210
本章小结	212
习题	212
第九章 S7 - 200 PLC 网络通信技术	213
第一节 计算机网络概述	213
第二节 数据通信方式	213
第三节 PC 与 PLC 通信的实现	220
第四节 S7 - 200 的通信方式和协议	226

第五节 现场总线技术.....	228
第六节 S7 - 200 的通信指令	240
第七节 自由端口模式下计算机与 PLC 的通信	245
本章小结.....	247
习题.....	247
第十章 MCGS 组态软件设计及其应用	248
第一节 MCGS 组态软件介绍	248
第二节 MCGS 组态软件特点	249
第三节 MCGS 组态软件应用	249
本章小结.....	267
习题.....	267
第十一章 可编程控制器系统综合设计	268
第一节 可编程控制器系统设计内容和方法.....	268
第二节 可编程控制器系统设计注意事项和抗干扰措施.....	272
本章小结.....	278
习题.....	278
附录	279
附录 A S7 - 200 系列 PLC 技术规范	279
附录 B 实验指导书	283
附录 C 课程设计指导书	288
附录 D 毕业设计指导书.....	290
参考文献	293

第一章 常用低压电器

将低压电器用导线按一定的次序和组合方式连接起来组成的线路就是后续要讲解的继电器控制线路,而后续的 PLC 控制也同样离不开低压电器,所以本章讲述了控制领域中常用低压电器的工作原理、用途、型号、规格及符号等相关知识,以便能够在控制系统中正确选择和合理使用低压电器。

第一节 低压电器的概述

低压电器是电力拖动控制系统、低压供配系统的基本组成元件,其性能的优劣直接影响着系统的可靠性、先进性和经济性,是电气控制技术的基础。因此,必须熟练掌握低压电器的结构、工作原理并能够正确使用。

一、低压电器的定义

交流 1200V 以下、直流 1500V 以下为低压,在此电压范围内使用的能够手动或自动断开或接通电路,断续或连续地改变电路参数,以实现电或非电对象的切换、控制、检测、保护、变换和调节的元件统称低压电器。其发展方向为体积小、可靠性高、使用方便和功能可组合性。

二、低压电器的作用及分类

(一) 低压电器的作用

低压电器能够依据操作信号或外界现场信号的要求,自动或手动地改变电路的状态和参数,实现对电路或被控对象的控制、保护、测量、指示、调节。低压电器的作用有以下几个方面。

- (1) 控制作用。如电梯的上下移动、快慢速自动切换与自动停层等。
- (2) 保护作用。能根据设备的特点,对设备、环境以及人身实行自动保护,如电机的过载保护、电网的短路保护、设备的漏电保护等。
- (3) 测量作用。利用仪表及与之相适应的电器,对设备、电网或其他非电参数进行测量,如电流、电压、功率、转速、温度、湿度等。
- (4) 调节作用。低压电器可对一些电量和非电量进行调整,以满足用户的要求,如柴油机油门的调整、房间温湿度的调节、照度的自动调节等。
- (5) 指示作用。利用低压电器的控制、保护等功能,检测出设备运行状况与电气电路工作情况,如绝缘监测指示等。
- (6) 转换作用。在用电设备之间转换或对低压电器、控制电路分时投入运行,以实现功能切换,如励磁装置手动与自动的转换,供电的市电与自备电的切换等。

(二) 低压电器的分类

低压电器的用途广泛,功能多样、种类繁多、结构各异,下面介绍几种常用的分类方法。

1. 按操作方式分类

(1) 手动电器：通过工作人员的做功来完成接通、分断等操作的电器，如刀开关、组合开关、按钮等。

(2) 自动电器：借助于电磁力或某个物理量的变化自动进行操作的电器，如中间继电器、交流接触器等。

2. 按工作原理分类

(1) 电磁式电器：这类电器是根据电磁感应原理进行工作的，如接触器、电磁式继电器等。

(2) 非电量控制电器：这类电器是以非电量物理量作为控制量进行工作的，它包括按钮、行程开关、速度继电器等。

3. 按用途和控制对象分类

(1) 配电电器：用于电能的输送和分配的电器，如熔断器、刀开关、隔离开关、空气断路器等。对配电电器的技术要求是灭弧能力强、分断能力强、限流效果好、动稳定和热稳定性高。

(2) 控制电器：这类电器主要用于电力拖动及自动控制系统，如接触器、各种继电器等。这种分类见表 1-1。

表 1-1 常见的低压电器的主要种类及用途

分类	名称	主要品种	用 途
控制电器	主令电器	按钮	主要用于发布命令或程序控制
		限位开关	
		微动开关	
		接近开关	
		万能转换开关	
	接触器	交流接触器	主要用于远距离频繁控制负荷，切断带负荷电路
		直流接触器	
	控制器	凸轮控制器	主要用于控制回路的切换
		主令控制器	
	继电器	电流继电器	主要用于控制电路中，将被控量转换成控制电路所需电量或开关信号
		电压继电器	
		时间继电器	
		中间继电器	
		温度继电器	
		热继电器	
配电电器	熔断器	有填料熔断器	主要用于电路短路保护，也用于电路的过负荷保护
		无填料熔断器	
		半封闭插入式熔断器	
		快速熔断器	
		自复熔断器	

续表

分类	名称	主要品种	用途
配电电器	断路器	塑料外壳低压断路器	用于线路过负荷、短路、漏电或欠压保护,也可用作不频繁接通和分断电路
		万能式低压断路器	
		模块化小型断路器	
	刀开关	负荷开关	主要用作电气隔离,也能接通或分断额定电流

另外,低压电器按工作条件还可划分为一般工业电器、船用电器、化工电器、矿用电器、牵引电器及航空电器等几类,对不同类型低压电器的防护形式、耐潮湿、耐腐蚀、抗冲击等性能的要求也不同。

第二节 开关电器

一、刀开关

刀开关又叫闸刀开关,一般用于不频繁操作的低压电路中,用作接通和切断电源,或用来将电路与电源隔离,有时也用来控制小容量电动机的直接启动与停机。

刀开关由闸刀(动触点)、静插座(静触点)、手柄和绝缘底板等组成。

如 HD 型单投刀开关按极数分为单极、双极和三极几种,其示意图及图形符号如图 1-1 所示。其中图 1-1 (a) 为直接手动操作刀开关结构,图 1-1 (b) 为手柄操作刀开关结构。图 1-1 (c)~图 1-1 (h) 为刀开关的图形符号和文字符号,其中图 1-1 (c) 为一般图形符号,图 1-1 (d) 为手动符号,图 1-1 (e) 为三极单投刀开关符号;当刀开关用作隔离开关时,其图形符号上加有一横杠,如图 1-1 (f)、图 1-1 (g) 和图 1-1 (h) 所示。

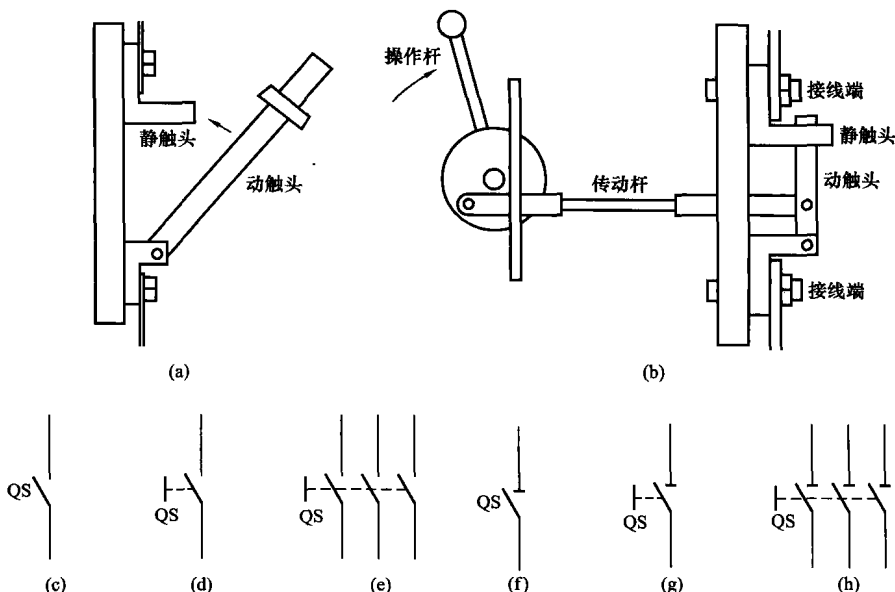
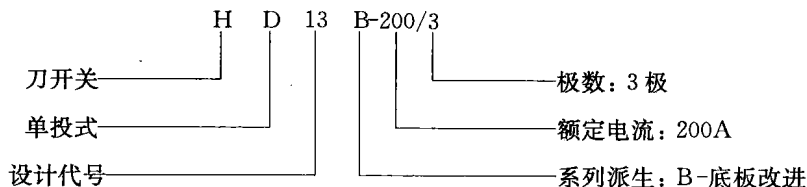


图 1-1 HD 型单投刀开关示意图及图形符号

(a) 直接手动操作; (b) 手柄操作; (c) 一般图形符号; (d) 手动符号; (e) 三极单投刀开关符号;
(f) 一般隔离开关符号; (g) 手动隔离开关符号; (h) 三极单投刀隔离开关符号

单投刀开关的型号含义如下：



设计代号: 11—中央手柄式, 12—侧方正面杠杆操动机构式, 13—中央正面杠杆操作机构式, 14—侧面手柄式。

刀开关种类很多, 按极数分为单极、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、杠杆操动机构式和电动操动机构式; 按转换方向分为单投和双投等。

刀开关一般与熔断器串联使用, 以便在短路或过负荷时熔断器熔断而自动切断电路。刀开关额定电压通常为 250V 和 500V, 额定电流在 1500A 以下。

安装刀开关时, 电源线应接在静触点上, 负荷线接在与闸刀相连的端子上。对有熔丝的刀开关, 负荷线应接在闸刀下侧熔丝的另一端, 以确保刀开关切断电源后闸刀和熔丝不带电。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。

刀开关的选用主要考虑回路额定电压、长期工作电流以及短路电流所产生的动热稳定性等因素。刀开关的额定电流应大于其所控制的最大负荷电流。用于直接启停 3kW 及以下的三相异步电动机时, 刀开关的额定电流必须大于电动机额定电流的 3 倍。

二、组合开关

组合开关又叫转换开关, 是一种转动式的闸刀开关, 主要用于接通或切断电路、换接电源、控制小型鼠笼式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头和静触头, 分别装于数层绝缘件内, 动触头装在有手柄的转轴上, 随转轴旋转而变更其通断位置。顶盖部分有滑板、凸轮、扭簧及手柄等零件构成的操作机构。该机构采用扭簧储能使开关快速闭合及分断, 使触头闭合及分断的速度与手柄旋转速度无关, 因此通断能力很强。

组合开关的结构示意图及图形符号如图 1-2 所示。

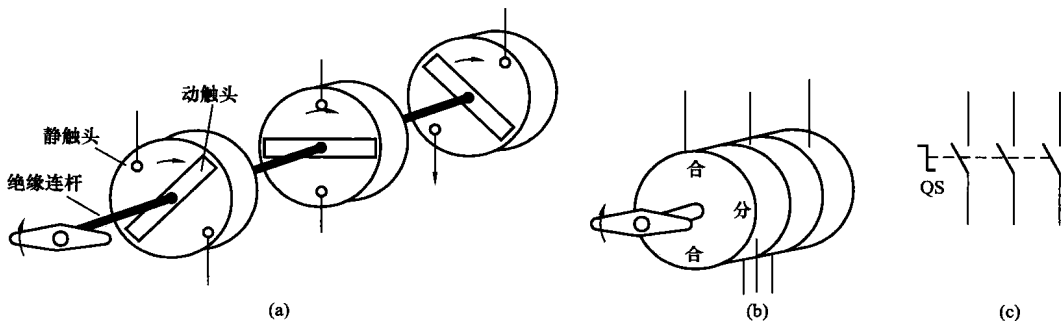


图 1-2 组合开关的结构示意图和图形符号

(a) 内部结构示意图; (b) 外形示意图; (c) 图形符号

这些部件通过螺栓紧固为一个整体。接触系统由数个装嵌在绝缘壳体内的静触头座和可动支架中的动触头构成。动触头是双断点对接式的触桥, 在附有手柄的转轴上, 随转轴旋至

不同位置使电路接通或断开。定位机构采用滚轮卡棘轮结构，配置不同的限位件，可获得不同档位的开关。转换开关由多层绝缘壳体组装而成，可立体布置，减小了安装面积，结构简单、紧凑，操作安全可靠。

组合开关可以按线路的要求组成不同接法的开关，以适应不同电路的要求。在控制和测量系统中，采用转换开关可进行电路的转换。例如，电工设备供电电源的倒换，电动机的正反转倒换，测量回路中电压、电流的换相等。用转换开关代替刀开关使用，不仅可使控制回路或测量回路简化，并能避免操作上的差错，还能够减少使用元件的数量。

组合开关是刀开关的一种发展，其区别是刀开关操作时上下平面动作，组合开关则是左右旋转平面动作，并且可制成多触头、多档位的开关。

三、光电开关

光是一种电磁射线，其特性如同无线电波和 X 射线，传递速度约为 300000km/s ，因此它可以在发射的一瞬间被其接收。红外线光电开关是利用人眼不可见（波长为 $780\text{nm} \sim 1\text{mm}$ ）的近红外线和红外线来检测、判别物体。通过光电装置瞬间发射的微弱光束能被安全可靠地准确发射和接收。

光电开关的重要功能是能够处理光的强度变化：利用光学元件，在传播媒介中间使光束发生变化；利用光束来反射物体；使光束发射经过长距离后瞬间返回。

1. 工作原理

光电开关（光电传感器）是光电接近开关的简称，它是利用被检测物对光束的遮挡或反射，由同步回路选通电路，从而检测物体有无。物体不限于金属，所有能反射光线的物体均可被检测。光电开关将输入电流在发射器上转换为光信号射出，接收器再根据接收到的光线的强弱或有无对目标物体进行探测。多数光电开关选用的是波长接近可见光的红外线光波型。

光电开关由发射器、接收器和检测电路三部分组成。发射器对准目标发射光束，发射的光束一般来源于半导体光源、发光二极管（LED）、激光二极管及红外发射二极管。光束不间断地发射，或者改变脉冲宽度。受脉冲调制的光束辐射强度在发射中经过多次选择，朝着目标不间接地运行。接收器由光电二极管或光电三极管和光电池组成。在接收器的前面，装有光学元件如透镜和光圈等。在其后面的是检测电路，它能滤出有效信号和应用该信号。此外，光电开关的结构元件中还有发射板和光导纤维。三角反射板是结构牢固的发射装置。它由很小的三角锥体反射材料组成，能够使光束准确地从反射板中返回，具有实用意义。它可以在与光轴 $0^\circ \sim 25^\circ$ 的范围改变发射角，使光束几乎是从一根发射线发出，经过反射后，还是从这根反射线返回。

光电开关一般都具有良好的回差特性，因而即使被检测物在小范围内晃动也不会影响驱动器的输出状态，从而可使其保持在稳定工作区。同时，自诊断系统还可以显示受光状态和稳定工作区，以随时监视光电开关的工作。

按检测方式可分为反射式、对射式和镜面反射式三种类型。对射式检测距离远，可检测半透明物体的密度（透光度）。反射式的工作距离被限定在光束的交点附近，以避免背景影响。镜面反射式的反射距离较远，适宜作远距离检测，也可检测透明或半透明物体。它可分为对射型、漫反射型和镜面反射型。

对射型光电开关由发射器和接收器组成，结构上是两者相互分离的，在光束被中断的情

况下会产生一个开关信号变化,典型的方式是位于同一轴线上的光电开关可以相互分开达 50m。其特征是:辨别不透明的反光物体;有效距离大,因为光束跨越感应距离的时间仅一次;不易受干扰,可以可靠合适地使用在野外或者有灰尘的环境中;装置的消耗高,两个单元都必须敷设电缆。

漫反射型光电开关:当开关发射光束时,目标产生漫反射,发射器和接收器构成单个的标准部件,当有足够的组合光返回接收器时,开关状态发生变化,作用距离的典型值一直到 3m。其特征是:有效作用距离是由目标的反射能力、目标表面性质和颜色决定的;较小的装配开支,当开关由单个元件组成时,通常是可以达到粗定位的;采用背景抑制功能调节测量距离;对目标上的灰尘敏感和对目标变化了的反射性能敏感。

镜面反射型光电开关:由发射器和接收器构成的情况是一种标准配置,从发射器发出的光束在对面的反射镜被反射,即返回接收器,当光束被中断时会产生一个开关信号的变化。光的通过时间是两倍的信号持续时间,有效作用距离从 0.1~20m。其特征是:辨别不透明的物体;借助反射镜部件,形成高的有效距离范围;不易受干扰,可以可靠、合适地使用在野外或者有灰尘的环境中。

2. 类型

按结构的不同光电开关可分为放大器分离型、放大器内藏型和电源内藏型三类。

放大器分离型是将放大器与传感器分离,并采用专用集成电路和混合安装工艺制成,由于传感器具有超小型和多品种的特点,而放大器的功能较多。因此,该类型采用端子台连接方式,并可交、直流电源通用;具有接通和断开延时功能,可设置亮、暗动切换开关,能控制 6 种输出状态,兼有触点和电平两种输出方式。

放大器内藏型是将放大器与传感器一体化,采用专用集成电路和表面安装工艺制成,使用直流电源工作。改变电源极性可转换亮动或暗动,并可设置自诊断稳定工作区指示灯,兼有电压和电流两种输出方式,能防止相互干扰,在系统安装中十分方便。

电源内藏型是将放大器、传感器与电源装置一体化,采用专用集成电路和表面安装工艺制成。它一般使用交流电源;适用于在生产现场取代接触式行程开关,可直接用于强电控制电路;也可自行设置自诊断稳定工作区指示灯,输出备有 SSR 固态继电器或继电器常开、常闭触点,可防止相互干扰,并可紧密安装在系统中。

四、断路器

断路器俗称自动空气开关,主要用在低压动力线路中。它除了能手动或自动接通动力电源外,还能在发生严重过载、短路及欠电压等故障时自动切断电路,实现对线路、电源设备及电动机的保护,也可用于不频繁地转换及启动电动机。

1. 结构和工作原理

低压断路器由操动机构、触点、保护装置(各种脱扣器)、灭弧系统等组成。低压断路器工作原理图及图形符号如图 1-3 所示。

低压断路器的主触点是靠手动操作或电动合闸的。主触点闭合后,自由脱扣机构将主触点锁在合闸位置上。过电流脱扣器的线圈和热脱扣器的热元件与主电路串联,欠电压脱扣器的线圈和电源并联。正常情况下过电流脱扣器的衔铁是释放着的,当电路发生短路或严重过载时,线圈因流过大电流而产生较大的电磁吸力,把衔铁往下吸而顶开锁钩,使自由脱扣机构动作,主触点断开主电路。当电路过载时,热脱扣器的热元件发热使双金属片向上弯曲,

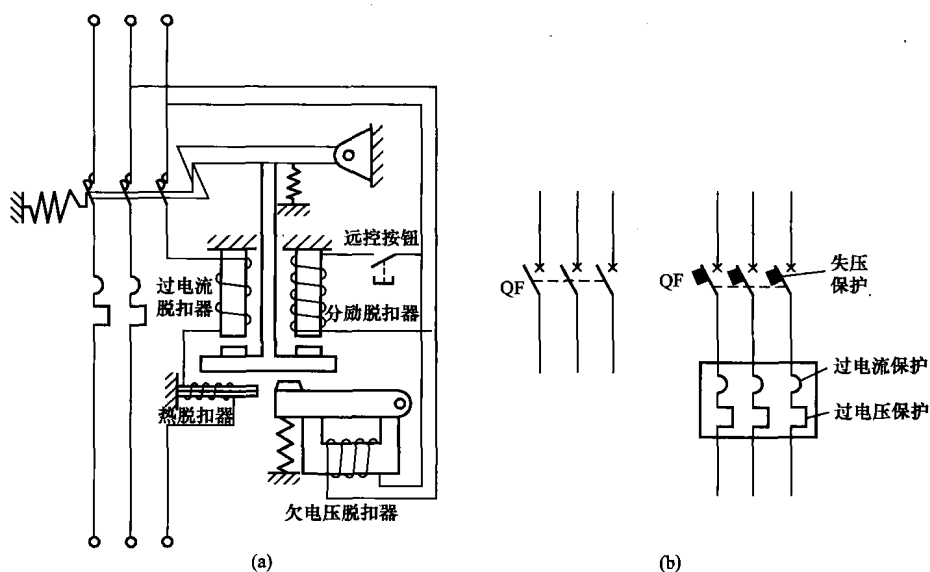


图 1-3 断路器工作原理示意图及图形符号

(a) 工作原理; (b) 断路器图形符号

推动自由脱扣机构动作。欠电压脱扣器在正常情况下吸住衔铁，主触点闭合，电压严重下降或断电时释放衔铁而使主触点断开，实现欠电压保护。分励脱扣器则作为远距离控制用，在正常工作时，其线圈是断电的，在需要距离控制时，按下启动按钮，使线圈通电，衔铁带动自由脱扣机构动作，使主触点断开。

2. 低压断路器典型产品

(1) 装置式断路器。装置式断路器有绝缘塑料外壳，内装触点系统、灭弧室及脱扣器等，可手动或电动（对大容量断路器而言）合闸；有较高的分断能力和动稳定性，有较完善的选择性保护功能，广泛用于配电线路。

目前常用的有 DZ15、DZ20、DZX19 和 C45N（目前已升级为 C65N）等系列产品。其中 C45N（C65N）系列断路器具有体积小、分断能力高、限流性能好、操作轻便、型号规格齐全，可以方便地在单极结构基础上组合成二极、三极、四极断路器的优点，广泛使用在 60A 及以下的民用照明支干线及支路中（多用于住宅用户的进线开关及商场照明支路开关）。

(2) 框架式低压断路器。框架式低压断路器为敞开式结构，主要用作配电网路的保护开关，适用于大容量线路，具有较高的短路分断能力和较高的动稳定性，适用于交流 50Hz、额定电压 380V 的配电网路中作为配电干线的主保护。

框架式断路器主要由触点系统、操动机构、过电流脱扣器、分励脱扣器及欠电压脱扣器、附件及框架等部分组成，全部组件进行绝缘后装于框架结构底座中。

目前我国常用的有 DW15、ME、AE、AH 等系列的框架式低压断路器。DW15 系列断路器是我国自行研制生产的，全系列具有 1000、1500、2500A 和 4000A 等几个型号。

ME、AE、AH 等系列断路器是利用引进技术生产的。它们的规格型号较为齐全（ME 开关电流等级从 630~5000A 共 13 个等级），额定分断能力较 DW15 系列的更强，常用于低压配电干线的主保护。

(3) 智能化断路器。目前国内生产的智能化断路器有框架式和塑料外壳式两种。框架式

智能化断路器主要用于智能化自动配电系统中的主断路器，塑料外壳式智能化断路器主要用在配电网中分配电能和作为线路及电源设备的控制与保护，亦可用作三相笼型异步电动机的控制。智能化断路器的特征是采用了以微处理器或单片机为核心的智能控制器（智能脱扣器），它不仅具备普通断路器的各种保护功能，同时还具备实时显示电路中的各种电气参数（电流、电压、功率、功率因数等），对电路进行在线监视、自行调节、测量、试验、自诊断、可通信等功能，能够对各种保护功能的动作参数进行显示、设定和修改，保护电路动作时的故障参数能够存储在非易失存储器中以便查询，国内 DW45、DW40、DW914（AH）、DW18（AE-S）、DW48、DW19（3WE）、DW17（ME）等系列智能化框架断路器和智能化塑壳断路器，都配有 ST 系列智能控制器及配套附件，ST 系列智能控制器是国家机械部“八五”~“九五”期间的重点项目。产品性能指标达到国际 20 世纪 90 年代先进水平。它采用积木式配套方案，可直接安装于断路器本体中，无需重复二次接线，并可多种方案任意组合。

3. 低压断路器的选用原则

(1) 根据线路对保护的要求确定断路器的类型和保护形式——确定选用框架式、装置式或限流式等。

(2) 断路器的额定电压应等于或大于被保护线路的额定电压。

(3) 断路器欠电压脱扣器额定电压应等于被保护线路的额定电压。

(4) 断路器的额定电流及过电流脱扣器的额定电流应大于或等于被保护线路的计算电流。

(5) 断路器的极限分断能力应大于线路的最大短路电流的有效值。

(6) 配电线路中的上、下级断路器的保护特性应协调配合，下级的保护特性应位于上级保护特性的下方且不相交。

(7) 断路器的长延时脱扣电流应小于导线允许的持续电流。

第三节 熔 断 器

熔断器是一种简单而有效的保护电器。在电路中主要起短路保护作用。

熔断器主要由熔体和安装熔体的绝缘管（绝缘座）组成。使用时，熔体串接于被保护的电路中，当电路发生短路故障时，熔体被瞬时熔断而分断电路，起到保护作用。线路正常工作时如同一根导线，起通路作用；当线路发生短路或严重过载时熔断器熔断，起到保护线路上其他电气设备的作用。

第二节讲述的低压断路器也可以实现线路的短路保护，不过原理不一样。熔断器的熔断是电流和时间共同作用的结果，起到对线路进行保护的作用，它是一次性的，而断路器是通过电流电磁效应（电磁脱扣器）实现短路保护，只要电流一过其设定值就会跳闸，时间作用几乎可以不用考虑。

一、熔断器的主要技术参数

熔断器的主要技术参数包括额定电压、熔体额定电流、熔断器额定电流、极限分断能力等。

(1) 额定电压：是指保证熔断器能长期正常工作的电压。

(2) 熔体额定电流：是指熔体长期通过而不会熔断的电流。

(3) 熔断器额定电流：是指保证熔断器能长期正常工作的电流。

(4) 极限分断能力：是指熔断器在额定电压下所能断开的最大短路电流。在电路中出现的最大电流一般是指短路电流值，所以，极限分断能力也反映了熔断器分断短路电流的能力。

二、常用的熔断器

(1) 插入式熔断器如图 1-4 (a) 所示。常用的产品有 RC1A 系列，主要用于低压分支电路的短路保护，因其分断能力较小，多用于照明电路和小型动力电路中。

(2) 螺旋式熔断器如图 1-4 (b) 所示。熔芯内装有熔丝，并填充石英砂，用于熄灭电弧，分断能力强。熔体上的上端盖有一熔断指示器，一旦熔体熔断，指示器马上弹出，可透过瓷帽上的玻璃孔观察到。常用产品有 RL6、RL7 和 RLS2 等系列。RL6 和 RL7 系列的多用于机床配电电路中；RLS2 系列为快速熔断器，主要用于保护半导体元件。

(3) RM10 型密封管式熔断器为无填料管式熔断器，如图 1-4 (c) 所示。主要用于供电系统作为线路的短路保护及过载保护，它采用变截面片状熔体和密封纤维管。由于熔体较窄处的电阻小，在短路电流通过时产生的热量最大，先熔断，因而可产生多个熔断点使电弧分散，以利于灭弧。短路时，其电弧燃烧密封纤维管产生高压气体，以便将电弧迅速熄灭。

(4) RT0 型有填料密封管式熔断器如图 1-4 (d) 所示。熔断器中装有石英砂，用来冷却和熄灭电弧，熔体为网状，短路时可使电弧分散，由石英砂将电弧冷却熄灭，可将电弧在短路电流达到最大值之前迅速熄灭，以限制短路电流。此为限流式熔断器，常用于大容量电力网或配电设备中。常用产品有 RT12、RT14、RT15 和 RS3 等系列，RS2 系列为快速熔断器，主要用于保护半导体元件。

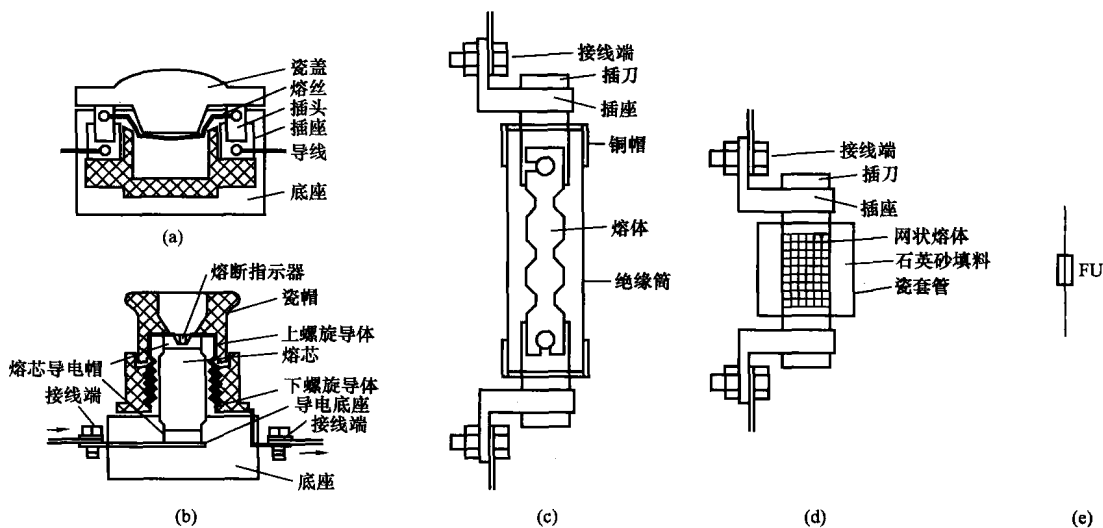


图 1-4 熔断器类型及图形符号

(a) RC1 型瓷插式熔断器；(b) RL1 型螺旋式熔断器；(c) RM10 型密封管式熔断器；
(d) RT0 型有填料式熔断器；(e) 熔断器图形符号

第四节 接 触 器

接触器是用于远距离、频繁地接通和分断交、直流主电路和大容量控制电路的电器，其