



普通高等教育电气信息类规划教材



免费电子教案下载

www.cmpedu.com



FX 系列 PLC 应用教程

赵全利 主 编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

信息类规划教材

FX 系列 PLC 应用教程

主 编 赵全利

副主编 陈瑞霞 田壮壮 周毅



机械工业出版社

本书以教学和工程应用为出发点,在介绍常用低压电器、电气控制典型电路、PLC 基本工作原理及应用特点的基础上,系统阐述了 FX 系列 PLC 的结构、性能特点、编程资源及硬件组态配置;详细介绍了 FX 系列 PLC 的指令系统、模拟量检测、PID 闭环系统、网络通信、程序设计方法及应用示例。通过典型机型对 PLC 控制系统的编程环境以及控制系统设计思想、步骤、方法和调试进行了详尽的讲述。

本书内容翔实、循序渐进、由浅入深、实例丰富,以工程为导向,凸显项目实践,便于推行基于问题、知识点、项目、设计案例的实践育人教学方法和学习方法,便于阅读和自学。每章均配有实验项目、思考与习题,以引导读者逐步认识、熟悉、掌握、应用 PLC。

本书可作为高等院校电气工程、自动化、电子、机电一体化及计算机等相关专业学习可编程序控制器的教学用书,同时也可作为应用 FX 系列 PLC 技术人员的参考用书。

本书配套授课电子课件,需要的教师可登录 www.cmpedu.com 免费注册,审核通过后下载,或联系编辑索取(QQ: 308596956, 电话: 010-88379753)。

图书在版编目(CIP)数据

FX 系列 PLC 应用教程 / 赵全利主编. —北京: 机械工业出版社, 2018.12
普通高等教育电气信息类规划教材
ISBN 978-7-111-61462-3

I. ①F… II. ①赵… III. ①PLC 技术—高等学校—教材 IV.①TB4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 267389 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: 汤 枫 责任编辑: 汤 枫

责任校对: 张艳霞 责任印制: 张 博

三河市国英印务有限公司印刷

2019 年 1 月第 1 版·第 1 次印刷

184mm×260mm·18.75 印张·459 千字

0001-3000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-61462-3

定价: 55.00 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

服务咨询热线: (010) 88379833

机工官网: www.cmpbook.com

读者购书热线: (010) 88379649

机工官博: weibo.com/cmp1952

教育服务网: www.cmpedu.com

封面防伪标均为盗版

金 书 网: www.golden-book.com

前 言

可编程控制器（PLC）是以微处理器为基础，综合计算机技术、自动控制技术和通信技术发展而来的一种新型工业控制装置，在电气控制等各种自动化控制领域中有着越来越广泛的应用。

本书以实践育人和工程应用为出发点，在简要介绍常用低压电器、电气控制典型电路、PLC 工作原理及应用特点的基础上，结合由浅入深的应用示例，系统阐述了 FX 系列 PLC 的系统结构、硬件配置、性能特点、编程资源、指令系统、模拟量、PID 闭环系统、网络通信及应用。结合应用实例，对 PLC 控制系统的编程环境、程序设计方法、控制系统设计思想、步骤和调试进行了详尽的讲述。

本书融入了编者多年高校“可编程控制器”课程的实践育人教学改革和成功案例，并根据不断发展的 PLC 控制技术，在参考同类教材和相关文献的基础上编写完成。

全书主要特点如下：

（1）工程导向

以工程实例为引导，既注重通过 PLC 应用实例映射 PLC 的一般工作原理及其应用特点，又注重 PLC 教学的可阅读性和实践性，更注重 PLC 工程应用的可操作性和实用性。

（2）实例丰富

本书以丰富的应用示例，将主要知识点贯穿其中，引导读者逐步认识、熟悉、掌握、应用 PLC。

（3）便于自学

本书对主要知识点提供了内容翔实的描述和实际操作过程，循序渐进、通俗易懂、条理清楚，便于自学。对从事 PLC 应用的人员和高等学校相关专业的师生均能提供强劲的技术支持。

（4）实践育人

本书在取材和编排上，尽力做到便于在教学过程中构建实践育人教学模式，使学生快速学习和掌握 PLC 应用技术。

本书共有 10 章，第 1 章简要介绍常用低压电器及继电器接触控制典型电路及常识。第 2 章阐述了 PLC 的工作特点、工作原理、性能指标、系统软硬件结构原理及编程基础知识。第 3 章主要介绍了 FX 系列 PLC 的硬件组成、扩展模块、端口编址、编程资源及外部接线。第 4~6 章详细介绍了 FX 系列 PLC 的基本指令、开关量及顺序控制梯形图程序设计方法、应用指令及编程示例。第 7 章介绍了 PLC 模拟量模块应用、PID 指令及控制系统的设计过程。第 8 章介绍了 FX 系列 PLC 的网络通信及应用。第 9 章介绍了 PLC 控制系统的类型、设计步骤、工程问题及工程应用实例。第 10 章介绍了 FX 系列 PLC 的编程环境 GX-Developer 与仿真软件的使用入门。

本书由赵全利主编，陈瑞霞、田壮壮、周毅副主编。其中赵全利编写第 1、6 章；陈瑞霞编写第 2、9 章；忽晓伟编写第 3、5 章；田壮壮编写第 4、8 章；周毅编写第 7 章；第 10 章、

各章习题、程序上机调试、附录由刘瑞新、骆秋容、缪丽丽、李惠萍、韩建敏编写和完成。全书由赵全利教授对各章节整改并统稿，刘瑞新教授主审定稿。本书编写过程中，得到秦春斌博士、张继伟老师的悉心指导和帮助，在此表示感谢。

为了方便教师、学生和自学者使用学习，本书配有教学课件、应用实例以及课后习题的源程序代码，读者可到机械工业出版社网站 (<http://www.cmpedu.com>) 下载。

本书在编写过程中参考和引用了许多文献，在此对文献的作者表示真诚感谢。由于编者水平有限，书中难免存在错误和不妥之处，敬请广大读者批评指正。

编者

目 录

前言

第 1 章 低压电器及电气控制基础	1
1.1 低压电器.....	1
1.1.1 低压电器概述.....	1
1.1.2 常用低压电器及选用原则.....	2
1.2 继电器接触式控制系统的结构组成.....	13
1.2.1 继电器接触式控制系统的结构.....	13
1.2.2 继电器接触式控制系统的典型实例.....	14
1.3 电气控制系统图.....	16
1.3.1 电气控制系统图及绘制原则.....	16
1.3.2 常用电气控制电路设计步骤.....	17
1.4 电气控制系统基本电路.....	18
1.4.1 点动、长动（自锁）控制电路.....	18
1.4.2 正、反转控制电路.....	19
1.4.3 顺序控制电路.....	19
1.4.4 电动机绕组星-三角变换起动控制电路.....	20
1.4.5 转子绕组串电阻起动控制电路.....	22
1.5 实验：继电器接触基本电路.....	22
1.5.1 交流接触器（继电器）电路.....	22
1.5.2 电动机自锁起动控制电路.....	23
1.6 思考与习题.....	24
第 2 章 PLC 基础知识	25
2.1 PLC 概述.....	25
2.1.1 PLC 的产生及工作特点.....	25
2.1.2 PLC 的分类及性能指标.....	28
2.1.3 PLC 的应用领域.....	30
2.1.4 PLC 控制和继电器控制的区别.....	31
2.1.5 PLC 控制和一般计算机控制的区别.....	32
2.1.6 常用 PLC 简介.....	33
2.1.7 PLC 的发展趋势.....	35
2.2 PLC 的系统结构及工作原理.....	36
2.2.1 PLC 硬件结构.....	36
2.2.2 PLC 软件及编程语言.....	43

2.3	PLC 的工作原理	45
2.3.1	PLC 的扫描工作原理	45
2.3.2	PLC 执行程序的过程及特点	46
2.4	一个简单的 PLC 应用示例	47
2.5	实验: PLC 简单应用实例演示	50
2.6	思考与习题	51
第 3 章	FX 系列 PLC 硬件	52
3.1	FX 系列 PLC 硬件体系	52
3.1.1	FX 系列 PLC 硬件特点	52
3.1.2	FX 系列 PLC 硬件结构	53
3.1.3	FX 系列 PLC 简介	54
3.2	FX 系列 PLC 硬件配置	59
3.2.1	FX 系列 PLC 的硬件配置特征	59
3.2.2	FX 系列 PLC 基本单元	59
3.2.3	FX 系列 PLC 扩展单元和扩展模块	66
3.2.4	FX 系列 PLC 特殊功能模块	67
3.2.5	定位控制模块	68
3.3	FX 系列 PLC 编程资源及编址	71
3.3.1	FX 系列 PLC 编程资源	71
3.3.2	FX 系列 PLC 的 I/O 编址及扩展	76
3.4	FX 系列 PLC 的外部接线	78
3.4.1	电源接线及其负载能力	78
3.4.2	输入端器件外部接线	80
3.4.3	输出端外部接线及负载能力	81
3.5	实验: PLC 电动机起动控制	85
3.6	思考与习题	85
第 4 章	FX 系列 PLC 的基本指令及应用	87
4.1	概述	87
4.1.1	FX 系列 PLC 编程软件简介	87
4.1.2	FX 系列 PLC 基本指令格式	87
4.2	PLC 的基本指令及应用	88
4.2.1	逻辑取、输出线圈指令 (LD/LDI、OUT)	88
4.2.2	触点串联、并联指令	89
4.2.3	块串联、并联指令	91
4.2.4	堆栈指令 (MPS/MRD/MPP)	92
4.2.5	置位、复位指令 (SET、RST)	92
4.2.6	边沿检出触点指令与脉冲微分输出指令	94
4.2.7	其他基本指令	97
4.3	定时器及应用	99

4.3.1	定时器及类型	99
4.3.2	定时器的应用	101
4.4	计数器及应用	103
4.4.1	计数器及类型	103
4.4.2	计数器的应用	105
4.5	梯形图编程规则	106
4.6	实验：基本指令应用	107
4.6.1	竞赛抢答器控制系统	107
4.6.2	交通灯控制系统	110
4.7	思考与习题	111
第 5 章	开关量及顺序控制梯形图程序设计方法	114
5.1	梯形图程序设计方法	114
5.1.1	基于继电器电路结构的梯形图程序设计方法	114
5.1.2	梯形图经验设计法	118
5.1.3	梯形图逻辑设计法	119
5.2	状态转移图与顺序控制设计方法	120
5.2.1	PLC 顺序控制设计方法	121
5.2.2	状态转移图基本知识	121
5.2.3	用辅助继电器实现顺序控制	123
5.3	步进顺序控制指令与状态转移图的编程	126
5.3.1	步进顺序控制指令	126
5.3.2	状态转移图的编程	127
5.3.3	单流程的编程	128
5.3.4	选择性分支与汇合的编程	129
5.3.5	并行分支与汇合的编程	131
5.4	实验：顺序控制指令及应用	133
5.4.1	钻孔动力头顺序控制	133
5.4.2	机械手控制	134
5.5	思考与习题	137
第 6 章	FX 系列 PLC 的应用指令	139
6.1	应用指令概述	139
6.1.1	应用指令的表示方法	139
6.1.2	变址操作数	141
6.2	数据处理指令	142
6.2.1	比较指令	142
6.2.2	传送与交换指令	145
6.2.3	变换指令	148
6.2.4	循环移位指令与移位指令	150
6.2.5	其他数据处理指令	154

6.3	四则运算指令与逻辑运算指令	158
6.3.1	四则运算指令	158
6.3.2	逻辑运算指令	161
6.4	程序流程控制指令	162
6.4.1	条件跳转指令	162
6.4.2	子程序调用和返回指令	163
6.4.3	中断指令	165
6.4.4	监视定时器指令、循环程序及主程序结束指令	168
6.5	高速处理指令	169
6.5.1	输入/输出相关的高速处理指令	169
6.5.2	高速计数器指令	170
6.5.3	脉冲密度指令与脉冲输出指令	172
6.6	方便指令	174
6.6.1	与控制相关的方便指令	174
6.6.2	其他方便指令	175
6.7	其他应用指令	178
6.8	FX _{3U} 、FX _{3UC} 和FX _{3G} 系列PLC增加的应用指令	179
6.9	实验:应用指令编程	180
6.9.1	多功能指示灯闪烁控制	180
6.9.2	步进电动机的定位控制	180
6.10	思考与习题	182
第7章	PLC模拟量采集及PID控制系统	184
7.1	模拟量闭环控制系统	184
7.1.1	模拟信号获取及变换	184
7.1.2	计算机闭环控制系统	186
7.1.3	数字PID控制算法及应用特点	187
7.2	FX系列PLC特殊功能模块扩展编址及读/写操作	192
7.3	FX系列PLC模拟量输入模块及应用	194
7.3.1	A-D转换模块	194
7.3.2	铂电阻温度传感器模拟量输入模块	199
7.3.3	热电偶温度传感器模拟量输入模块	202
7.4	FX系列PLC模拟量输出模块及应用	204
7.4.1	模拟量输出模块FX _{2N} -2DA	205
7.4.2	模拟量输出模块FX _{2N} -4DA	207
7.5	PID指令及闭环控制	210
7.5.1	FX系列PLC的PID指令	210
7.5.2	FX系列PLC的PID控制系统	211
7.6	实验:模拟量I/O模块及PID编程	215
7.6.1	模拟量输入模块编程	215

7.6.2	温度 PID 控制系统	215
7.7	思考与习题	218
第 8 章	FX 系列 PLC 网络通信及应用	219
8.1	网络基础及 PLC 通信	219
8.1.1	网络通信协议基础	219
8.1.2	PLC 通信方式	221
8.1.3	PLC 常用通信接口	224
8.1.4	工业控制网络基础	228
8.2	FX 系列 PLC 的通信及配置	230
8.2.1	FX 系列 PLC 通信模块	230
8.2.2	FX 系列 PLC 并行通信	231
8.2.3	FX 系列 PLC N:N 网络	233
8.2.4	PC 与 PLC 之间的通信	238
8.3	实验: 两台 PLC 间的通信控制	240
8.4	思考与习题	242
第 9 章	PLC 控制系统及工程实例	243
9.1	PLC 控制系统结构类型	243
9.1.1	单机控制系统	243
9.1.2	集中控制系统	243
9.1.3	远程 I/O 控制系统	243
9.1.4	分布式控制系统	244
9.2	PLC 控制系统设计步骤	244
9.3	PLC 硬件配置选择与外围电路	245
9.3.1	PLC 硬件配置	245
9.3.2	PLC 外围电路	248
9.3.3	PLC 处理速度要求	249
9.4	PLC 软件设计	249
9.4.1	PLC 软件设计基本原则	249
9.4.2	PLC 软件设计内容和步骤	250
9.5	PLC 控制系统可靠性设计	250
9.5.1	工作环境的可靠性	250
9.5.2	完善的抗干扰设计	251
9.5.3	PLC 的安全保护	252
9.5.4	安全的软件设计	252
9.6	PLC 控制系统安装调试	252
9.6.1	PLC 控制系统的安装	252
9.6.2	PLC 控制系统的调试	253
9.7	PLC 控制系统设计实例	254
9.7.1	高塔供水控制系统	254

9.7.2	步进电动机控制系统	256
9.7.3	电梯控制系统	259
9.7.4	双闭环比值 PID 控制系统	261
9.8	实验: PLC 模拟量控制	264
9.9	思考与习题	265
第 10 章	编程软件 GX-Developer 与仿真使用入门	267
10.1	GX-Developer 软件的使用	267
10.1.1	建立工程	267
10.1.2	程序输入和编辑	269
10.1.3	程序变换与检查	271
10.2	仿真调试	272
10.3	通信与程序下载	275
10.3.1	PLC 与 PC 的连接方式	275
10.3.2	通信设置与程序下载	276
10.4	实验: GX-Developer 编程软件练习	277
10.5	思考与习题	278
附录		279
附录 A	电气控制电路基本图形和文字符号	279
附录 B	FX _{2N} 系列 PLC 的基本性能	281
附录 C	FX 系列 PLC 常用功能(应用)指令简表	282
附录 D	FX _{2N} 系列 PLC 特殊功能元件	285
参考文献		290

第1章 低压电器及电气控制基础

随着电子技术、自动控制技术及计算机科学技术的迅速发展,计算机控制系统得到了广泛的应用,可编程序控制器已成为实现工业电气自动化控制系统的主要装置。但是控制对象信号的采集及驱动输出仍然需要由电气元件电路完成,传统的继电接触控制仍然是掌握现代电气控制技术的基础。

本章首先介绍了常用低压电器及控制电路的结构、原理及应用知识。然后,详细介绍了几个电气控制系统的基本电路实例,以加深对所学知识点的掌握。最后,通过继电接触基本电路实验项目练习,帮助读者掌握低压电器及基本控制电路的应用技能。

1.1 低压电器

本节主要介绍电气控制系统常用低压电器的分类、用途、结构、主要技术参数及选用原则。

1.1.1 低压电器概述

1. 概述

电器是指能够依据操作信号或外界现场信号的要求,手动或自动地改变电路的状态、参数,以实现电路或被控对象的通断、切换、控制、检测、变换、调节和保护等作用的电气设备。

低压电器是指其工作额定电压等级在交流(50Hz或60Hz)1200V、直流1500V以下的电器。在我国工业控制动力电器电路中最常用的三相交流电压等级为380V,单相交流电压等级为220V;控制及照明等电气设备中一般可以采用较低的电压等级,如最常见的电压等级有110V、36V、24V、12V;电子线路中常用的电压等级有5V、9V、15V等。

长期以来,低压电器在中小型工业电气控制系统中得到普遍应用,随着电子技术、自动控制技术及计算机科学技术的发展,低压电器正在向小型化、智能化、自动化方向发展。

2. 低压电器的作用

低压电器在电气控制系统中的主要作用是控制、保护及指示。

1) 控制作用:对电路负载的控制,如电动机的起动和停止、开关延时、电梯自动停层、电动扶梯快慢速切换等。

2) 保护作用:根据设备的特点,对设备、环境以及人身实行自动保护,如电动机过热保护、电网的短路保护、剩余电流保护等。

3) 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、保护掉牌指示等。

3. 低压电器的分类

低压电器种类很多,其功能、规格、用途各不相同。常用低压电器有开关电器、主令电

器、接触器、继电器、熔断器、控制器等，其主要种类和用途见表 1-1。

表 1-1 常用低压电器

类别	主要种类	用途
开关电器	限流式断路器、剩余电流保护断路器、直流快速断路器、框架式断路器等	主要用于电路的过负荷保护及短路、欠电压、漏电压保护，也可用于不频繁接通和断开的电路
	开关板用刀开关、负荷开关、熔断器式刀开关、组合开关、换向开关等	主要用作电源切除，也可用于负荷通断或电路的切换，将线路与电源明显地隔离开，以保障检修人员的安全
主令电器	低压断路器	主要用于低压动力电路、分配电能和不频繁通断电路，具有故障自动跳闸功能
	控制按钮	在控制电路中用于短间接通和断开小电流控制电路
	微动开关、接近开关等	移动物体与接近开关感应头接近时，使其输出一个电信号来控制电路的通断
	行程开关	用于检测运动机械的位置，控制运动部件的运动方向、行程长短以及限位保护
	指示灯	用于电路状态的工作指示，也可用作工作状态、预警、故障及其他信号的指示
接触器	交流接触器、直流接触器	可以频繁地接通和分断交、直流主电路，并可以实现远距离控制，主要用来控制电动机、电阻炉和照明器具等电力负载
继电器	电流继电器	根据输入电流大小变化控制输出触点动作
	电压继电器	根据输入电压大小变化控制输出触点动作
	时间继电器	按照预定时间接通或分断电路
	中间继电器	在控制电路中完成触点类型的转换和信号放大
	速度继电器	多用于三相笼型异步电动机的反接制动控制，当电动机反接制动过程结束，转速过零时，自动切除反相序电源，以保证电动机可靠停车
	热继电器	对连续运行的电动机进行过载保护，以防止电动机过热而烧毁，还具有断相保护、温度补偿、自动与手动复位等功能
熔断器	有填料熔断器、无填料熔断器、半封闭插入式熔断器、快速熔断器等	主要用于电路短路保护，也用于电路的过载保护
控制器	起重电磁铁、牵引电磁铁等	主要用于起重、牵引、制动等场合
	磁力起动器、自耦减压起动器等	主要用于电动机的起动控制
	凸轮控制器、平面控制器等	主要用于控制回路的切换

1.1.2 常用低压电器及选用原则

1. 低压隔离器（刀开关）

低压隔离器是指在断开位置能符合规定的隔离功能要求的低压机械开关电器，而隔离开关的含义是在断开位置能满足隔离器隔离要求的开关。低压隔离器外形、图形符号及文字符号如图 1-1 所示。

(1) 用途

低压隔离器主要用于通、断小负荷电流，实施电源隔离。

(2) 结构

低压隔离器结构主要包括触刀、触头插座、绝缘电板、操纵手柄（大容量灭弧罩）。

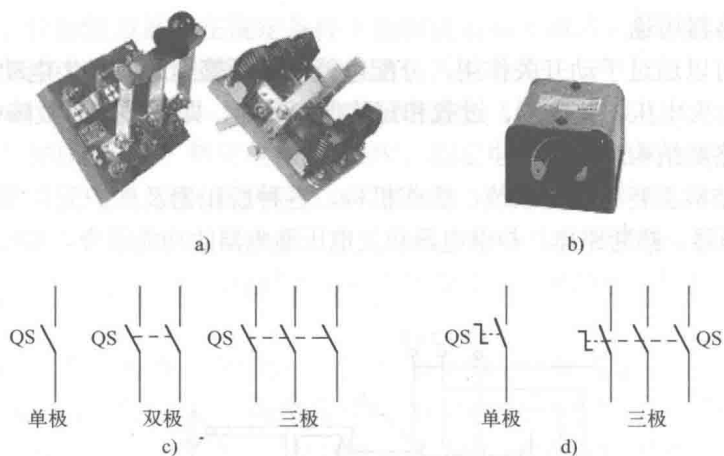


图 1-1 刀开关和组合开关

a) 刀开关外形 b) 组合开关外形 c) 刀开关电气图形、文字符号 d) 组合开关电气图形、文字符号

(3) 主要类型

低压隔离器的主要类型有带熔断器式刀开关、带灭弧装置式刀开关、铁壳负荷开关、胶盖开关等。

(4) 典型产品

低压隔离器主要产品有 HD11-HD14、HS11-HS13 (B) 系列、HR3 系列等。

(5) 主要技术参数及选用原则

1) 极数。单相电源一般选用单极或双极，三相电源选用三极。

2) 额定电流。额定电流一般应大于所分断电路中的负载最大电流的总和。电动机作为负载时，应以其起动电流（为电动机额定电流的 5~7 倍）来计算。

例如，HR3 系列熔断器式刀开关，适用于交流 50Hz、额定电压 380V 或直流电压 440V、额定电流 100~600A 的工业企业配电网中，作为电缆、导线及用电设备的过负载和短路保护，以及用在网络正常供电的情况下不频繁地接通和切断电源的场合。

2. 低压断路器

低压断路器又称作自动空气断路器，旧称自动空气开关或空气开关。

低压断路器外形、电气图形及文字符号如图 1-2 所示。

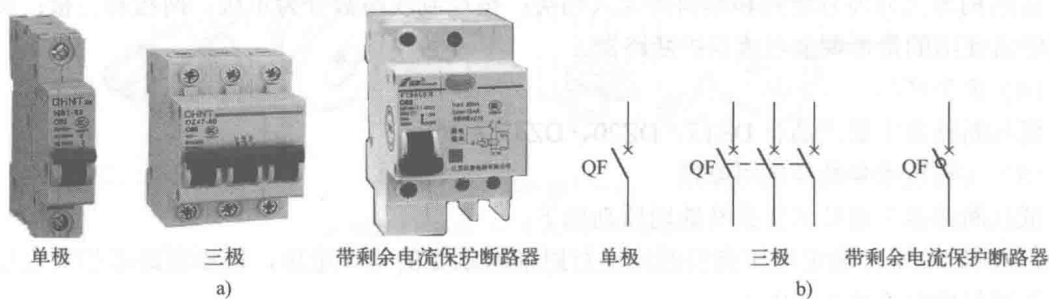


图 1-2 低压断路器外形、电气图形及文字符号

a) 低压断路器外形 b) 低压断路器电气图形符号、文字符号

(1) 低压断路器用途

低压断路器可以通过手动开关作用，分配电能，不频繁地起动异步电动机等电气设备；同时具备自动进行失电压、欠电压、过载和短路保护功能，即自动切断故障电路。

(2) 低压断路器结构

低压断路器结构主要由触点系统、操作机构、各种脱扣器及保护元件等部分组成，它相当于刀开关、熔断器、热断路器、热继电器和欠电压继电器的功能组合。其结构原理如图 1-3 所示。

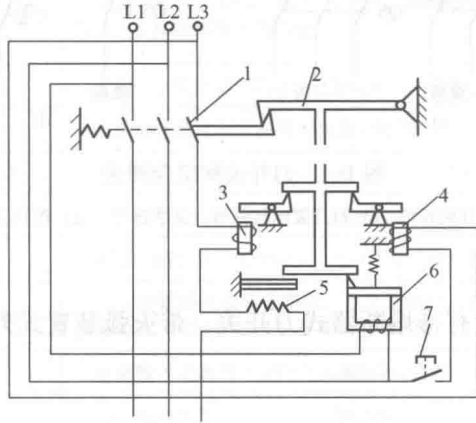


图 1-3 低压断路器结构原理

1—主触点 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—欠电压脱扣器 7—停止按钮

通常电力控制系统中的断路器采用手动合闸操作机构，正常工作时主触点 1 串联于主电路，处于闭合状态，此时自由脱扣机构 2 由过电流脱扣器 3 控制，由机械联锁保持主触点闭合，而不消耗电能。

当电路发生短路或严重过载时，过电流脱扣器 3 的衔铁吸合，推动自由脱扣机构 2 动作，主触点断开主电路；当电路过载时，热脱扣器 5 的热元件发热，且随着发热时间的延长使双金属片向上弯曲，推动自由脱扣机构 2 动作，主触点断开主电路；当电路失电压或欠电压时，欠电压脱扣器 6 的衔铁释放，使自由脱扣机构 2 动作，主触点断开主电路。

(3) 主要类型

按结构形式分为万能式和塑料外壳式两类；按控制线路数分为单极、两极和三极；实际环境经常使用的是带剩余电流保护断路器。

(4) 典型产品

低压断路器主要产品有 DZ15、DZ20、DZ47 系列。

(5) 主要技术参数及选用原则

低压断路器主要技术参数及选用原则如下：

1) 额定电压。额定电压指长时间运行时能够承受的工作电压，低压断路器的额定电压应大于被保护电路的工作电压。

2) 额定电流。额定电流指长时间运行时的允许持续电流。低压断路器的额定电流应大于被保护电路的总电流。

3) 分断能力。分断能力是指在规定的条件下能够接通和分断的负载短路时的电流值。低压断路器的极限分断能力应大于电路中最大短路电流的有效值。

例如, DZ47-60 小型断路器, 适用于照明配电系统 (C 型) 或电动机的配电系统 (D 型), 主要用于交流 50Hz/60Hz、额定电压至 400V、额定电流至 60A 的电路中的过载及短路保护作用, 同时也可以在不正常情况下不频繁地通断电器装置和照明电路; DZ20 系列断路器适用于交流 50Hz、额定电压 380V 及以下, 直流电压 220V 及以下网络中, 作配电和保护电动机用。在不正常情况下, 可分别作为电路的不频繁转换及电动机的不频繁启动。

3. 熔断器

熔断器 (熔体) 串联在被保护电路中, 当通过熔体的电流使其发热, 在一定时间后, 达到其熔点时, 熔体熔断, 切断电路。熔断器具有结构简单、体积小、重量轻、使用维护方便、价格低廉、分断能力较强、限流能力良好等优点, 因此在电路中得到广泛应用。

熔断器外形、图形及文字符号如图 1-4 所示。

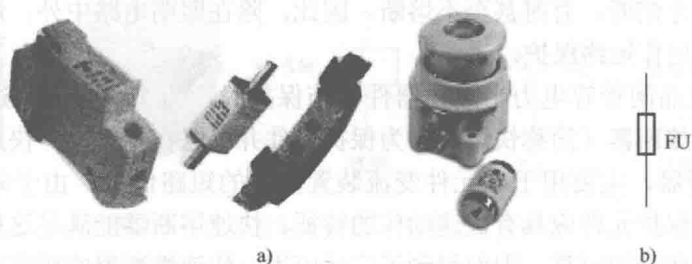


图 1-4 熔断器外形、图形及文字符号

a) 外形 b) 图形及文字符号

(1) 用途

熔断器主要用于电路的短路保护和过载保护。在电路发生短路或过载时, 熔断器以其自身产生的热量使熔体熔断, 从而自动切断电路, 实现短路保护及过载保护。

(2) 结构

熔断器结构主要由熔断器座、熔断体 (熔体) 组成, 如图 1-5 所示。

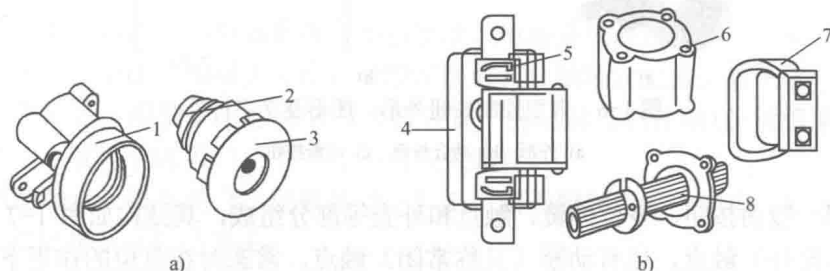


图 1-5 熔断器结构

a) 螺旋式熔断器 b) 无填料封闭式熔断器

1—底座 2—熔体 3—瓷帽 4—瓷底座 5—弹簧片 6—管体 7—绝缘手柄 8—熔体

(3) 主要类型

熔断器主要类型有插入式、螺旋式、无填料封闭式及有填料封闭管式熔断器等。

其中，螺旋式熔断器在熔断器的熔体熔断的同时，金属丝也熔断，弹簧释放，把指示件顶出，以显示熔断器已经动作，透过瓷帽上的玻璃可以看见。熔体熔断后，先断开输入电源，然后旋开瓷帽，取出已熔断的熔体，装上与此相同规格的熔体，再旋入瓷座内即可正常使用，操作安全方便。

(4) 熔体额定电流选用原则

1) 对电流较为平稳的负载（如照明、信号、热电路等），熔体额定电流应大于或等于负载的额定电流。

2) 对于起动电流较大的负载（如电动机），熔体额定电流选取原则应适当增大。

单台电动机：熔体额定电流 $= (1.5 \sim 2.5) \times$ 电动机额定电流。

对于多台电动机：熔体额定电流 $= (1.5 \sim 2.5) \times$ 功率最大的电动机额定电流+其余电动机额定电流之和。

必须注意，熔断器对过载反应是很不灵敏的，例如，当电气设备发生轻度过载时，熔断器将持续很长时间才熔断，有时甚至不熔断。因此，除在照明电路中外，熔断器一般不宜用作过载保护，主要用作短路保护。

在对整流管或晶闸管等电力半导体器件实施保护时，为了防止电路过载损坏半导体器件，必须使用快速熔断器（简称快熔）作为保护器件并串联在电路中。快速熔断器又叫半导体器件保护用熔断器，主要用于硅元件变流装置内部的短路保护。由于硅元件的过载能力差，因此要求短路保护元件应具有快速动作的特征。快速熔断器能满足这种要求，且结构简单、使用方便、动作灵敏可靠，因而得到了广泛应用。快速熔断器的额定电流是以有效值表示的，一般正常通过电流为标称额定电流的30%~70%。

4. 控制按钮

控制按钮是一种结构简单、应用广泛的主令电器，它可以与接触器或继电器配合，在控制电路中对电动机实现远距离自动控制，用于实现控制电路的电气连锁。典型控制按钮的外形、图形及文字符号如图1-6所示。

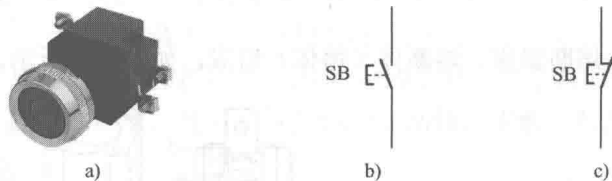


图1-6 典型控制按钮外形、图形及文字符号

a) 外形 b) 动合按钮 c) 动断按钮

控制按钮一般由按钮、复位弹簧、触点和外壳等部分组成，其结构如图1-7所示。它既有动合（又称常开）触点，也有动断（又称常闭）触点。常态时在复位的作用下，由桥式动触点将静触点1、2闭合，静触点3、4断开；当按下按钮时，桥式动触点将静触点1、2断开，静触点3、4闭合。触点1、2被称为动断触点或常闭触点，触点3、4被称为动合触点或常开触点。

按钮是一种手动操作且可以自动复位的主令电器。在控制电路中用作短间接通和断开小电流（5A及以下）控制电路。常用按钮有LA2、LA20、LAY3、LAY9等系列。其主要参数有额定电压（AC380V/DC220V）、额定电流（5A）。