

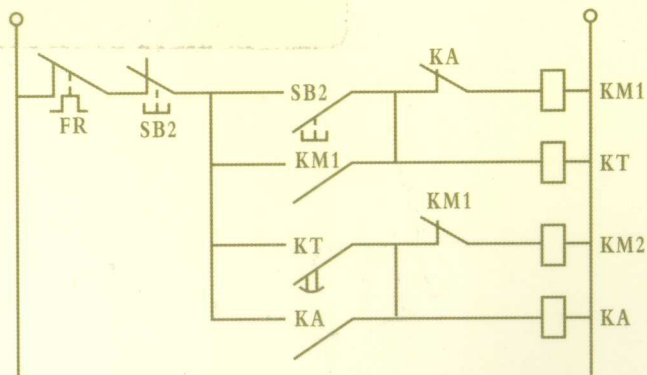
普通高等院校“十一五”规划教材

电气控制与可编程控制 技术及应用

DIANQI KONGZHI YU KEBIANCHENG KONGZHI
JISHU JI YINGYONG

主 编 张晓峰

副主编 张 静 高 斌 王宗刚 祝 燎 席克军



国防工业出版社
National Defense Industry Press

普通高等院校“十一五”规划教材

电气控制与可编程控制技术及应用

主 编 张晓峰

副主编 张静 高斌 王宗刚 祝燎 席克军

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书以比较典型、实用的西门子 S7-200 系列 PLC 为主,以三菱 FX 系列 PLC 为辅,介绍了 PLC 的基本原理、组成结构、指令系统、程序设计方法及应用。全书共分 12 章,第 1 章和第 2 章分别介绍了低压电器和继电器控制的基本电路;第 3 章~第 7 章分别介绍了 PLC 基础、西门子 S7-200 系列 PLC 的结构、基本指令、功能指令、网络与通信;第 8 章和第 9 章分别介绍了三菱 FX 系列 PLC 的基本指令、步进指令与功能指令;第 10 章~第 12 章分别介绍了 S7-200 与 FX 系列 PLC 的编程软件、控制系统的设计以及应用。附录 A 为常用电器分类及图形符号文字符号表,附录 B 为 S7-200 的 SIMATIC 指令集表,附录 C 为三菱 FX 系列 PLC 指令表可供技术人员查阅。

本书可作为高等院校自动化、电气工程及其自动化、机械工程及其自动化、机械电子工程及相关专业的本科、专科教材,也可作为广大工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电气控制与可编程控制技术与应用/张晓峰主编. —北京:国防工业出版社,2010.4

普通高等院校“十一五”规划教材

ISBN 978-7-118-06786-6

I. ①电... II. ①张... III. ①电气控制器 - 高等学校 - 教材 ②可编程序控制器 - 高等学校 - 教材 IV. ①TM571.2 ②TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 043219 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 23½ 字数 615 千字

2010 年 4 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 35.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

前 言

可编程控制器(简称 PLC)是以微处理器为核心,将自动控制技术、计算机技术和通信技术融为一体而发展起来的崭新的工业自动控制装置。目前 PLC 已基本替代了传统的继电器控制广泛应用于工业控制的各个领域,PLC 已跃居工业自动化三大支柱的首位。

PLC 的生产厂家和产品型号很多,本书以比较典型、实用的西门子 S7-200 系列 PLC 和三菱 FX 系列 PLC 为样机,介绍了西门子 S7-200 系列 PLC,以及三菱 FX 系列 PLC 的基本原理、组成结构、指令系统和程序设计方法。全书共分 12 章,第 1 章和第 2 章介绍了低压电器和继电器控制的基本电路;第 3 章~第 7 章介绍了 PLC 的基础、西门子 S7-200 系列 PLC 的结构、基本指令、功能指令、网络和通信;第 8 章和第 9 章介绍了三菱 FX 系列 PLC 的基本指令、步进指令与功能指令;第 10 章~第 12 章分别介绍了 PLC 的编程软件、控制系统的设计以及应用。附录 A 为常用电器分类及图形符号文字符号表,附录 B 为西门子 S7-200 系列的 PLC 指令集表,附录 C 为三菱 FX 系列 PLC 指令表。

本书内容编排循序渐进,由易到难,由浅到深,既有广度又有深度;注重精选内容,结合实际,简明扼要,图文并茂,便于自学;力求内容精练,衔接自然,理论联系实际,有很强的实用性和针对性。

本书由张晓峰任主编,张静、高斌、王宗刚、祝燎、席克军任副主编。本书的第 1 章、第 2 章、第 7 章内容由王宗刚执笔编写;第 4 章、第 5 章、第 6 章内容由张静执笔编写;第 3 章、第 8 章、第 9 章内容由张晓峰执笔编写;第 10 章内容由张静和张晓峰共同编写;第 11 章、第 12 章内容由高斌执笔编写;祝燎参与了第 4 章、第 5 章、第 6 章、第 7 章的内容编写;席克军参与了第 8 章、第 9 章、第 10 章、第 11 章内容的编写。由张晓峰负责全书的策划、统稿和编审。

本书在编写过程中得到了作者所在单位河西学院教务处及机电工程系,甘肃钢铁职业技术学院教务处及电气工程系领导和同事的大力支持和帮助。本书还得到了兰州理工大学赵付青博士和国防工业出版社丁福志老师的鼎力支持和帮助,在此一并表示衷心的感谢。

由于时间仓促,加之作者水平有限,不当之处在所难免,敬请读者批评指正。

编者

2010 年 1 月

目 录

第 1 章 常用低压电器	1	1.9 电阻器	22
1.1 低压电器的基本知识	1	1.10 变阻器	22
1.2 开关电器	2	1.11 电压调整器	23
1.2.1 刀开关	2	1.12 电磁铁	23
1.2.2 低压断路器	6	1.13 其他	23
1.3 控制器	7	1.13.1 信号灯	23
1.4 接触器	8	1.13.2 报警器	24
1.4.1 交流接触器	8	1.13.3 液压控制元件	25
1.4.2 直流接触器	9	1.14 电器的文字符号和图形符号	25
1.4.3 接触器的选择	9	1.14.1 电器的文字符号	25
1.5 启动器	9	1.14.2 电器的图形符号	26
1.6 控制继电器	10	习题一	27
1.6.1 电磁式继电器	11	第 2 章 电气控制线路的基本控制环节	28
1.6.2 中间继电器	12	2.1 电气图形符号及控制线路绘制	
1.6.3 电流继电器和电压继电器	12	规则	28
1.6.4 热继电器	13	2.1.1 电气控制系统图	28
1.6.5 时间继电器	15	2.1.2 电气图的图形符号和文字	
1.6.6 速度继电器	16	符号	28
1.6.7 液位继电器	17	2.1.3 电气原理图的绘制规则	29
1.6.8 压力继电器	17	2.2 基本控制线路	30
1.6.9 接触器与继电器的区别	18	2.2.1 点动控制	30
1.7 熔断器	18	2.2.2 自锁控制	31
1.7.1 概述	18	2.2.3 异地控制	31
1.7.2 熔断器的主要技术参数	19	2.2.4 互锁控制	32
1.7.3 熔断器特点和分类	19	2.2.5 顺序控制	34
1.7.4 熔断器应用	20	2.2.6 行程控制	36
1.8 主令电器	20	2.2.7 时间控制	37
1.8.1 按钮开关	20	2.2.8 速度控制	37
1.8.2 位置开关	21	2.3 几种典型的电动机控制线路	37
1.8.3 接近开关	21	2.3.1 三相异步电动机启动控制	
1.8.4 万能转换开关	21	线路	37

2.3.2 三相异步电动机制动控制 线路	42	指标	63
2.4 电动机控制的保护环节	47	3.6 可编程控制与微型计算机及继电器控 制系统的区别	64
2.4.1 短路保护	47	3.6.1 可编程控制系统与微型计算机 (PC)控制系统的区别	64
2.4.2 过电流保护	47	3.6.2 可编程控制系统与继电器控制 系统的区别	64
2.4.3 过载保护	47	习题三	65
2.4.4 零电压和欠电压保护	47	第4章 西门子 S7-200PLC 的结构 与编程元件	66
2.4.5 弱磁保护	48	4.1 S7-200PLC 的功能	66
习题二	48	4.2 S7-200PLC 的结构	66
第3章 可编程控制器基本结构与工作 原理	49	4.3 S7-200PLC 的功能模块	68
3.1 可编程控制器概述	49	4.3.1 CPU 模块	68
3.1.1 可编程控制器的产生	49	4.3.2 数字量模块	70
3.1.2 可编程控制器的定义	49	4.3.3 模拟量模块	72
3.1.3 可编程控制器的特点	50	4.3.4 温度模块	76
3.1.4 可编程控制器的应用范围	51	4.3.5 智能接口模块	78
3.1.5 可编程控制器国内发展状况	51	4.4 S7-200PLC 内部元器件	81
3.1.6 可编程控制器的发展趋势	52	4.4.1 数据存储类型	81
3.2 可编程控制器的硬件构成	52	4.4.2 编址方式	82
3.2.1 中央处理器	52	4.4.3 寻址方式	83
3.2.2 存储器	53	4.4.4 元件功能及地址分配	83
3.2.3 输入/输出接口	54	习题四	86
3.2.4 电源	55	第5章 西门子 S7-200PLC 的 基本指令	87
3.2.5 各种接口	55	5.1 常用指令及其应用	87
3.2.6 编程器	56	5.1.1 常用指令及其说明	87
3.2.7 其他部件	56	5.1.2 常用指令的应用举例	97
3.3 可编程控制器的编程语言	56	5.2 定时器与计数器指令及其应用	101
3.3.1 梯形图语言	56	5.2.1 定时器指令	101
3.3.2 语句表语言	57	5.2.2 计数器指令	104
3.3.3 逻辑图语言	57	5.2.3 定时器与计数器编程举例	107
3.3.4 功能表图语言	57	5.3 数据运算指令及其应用	109
3.3.5 高级语言	58	5.3.1 算术运算指令	109
3.4 可编程控制器的工作原理	58	5.3.2 逻辑运算指令	116
3.4.1 可编程控制器的工作方式	58	5.3.3 数据运算指令编程举例	119
3.4.2 可编程控制器的工作过程	59	习题五	121
3.4.3 可编程控制器的中断处理	62	第6章 西门子 S7-200PLC 的	
3.5 可编程控制器的结构特点与 技术指标	62		
3.5.1 可编程控制器的结构特点	62		
3.5.2 可编程控制器的主要性能			

功能指令	123	通信	194
6.1 数据处理功能指令及其应用	123	7.2.4 利用 PROFIBUS 协议进行 网络通信	194
6.1.1 指令简介	123	7.2.5 利用 ModBus 协议进行网络 通信	198
6.1.2 传送指令	124	7.2.6 工业以太网	200
6.1.3 表功能指令	128	7.3 CP5611 的安装和使用	200
6.1.4 转换指令	132	7.3.1 CP5611 硬件的安装	200
6.1.5 比较指令	141	7.3.2 CP5611 软件的驱动说明	200
6.1.6 移位和循环移位指令	143	7.3.3 CP5611 硬件自检	201
6.1.7 应用举例	147	7.3.4 CP5611 在 STEP 7 软件中的 选择和设置	202
6.2 程序控制指令及其应用	148	7.3.5 利用 TCP/IP 协议实现以太网 通信	204
6.2.1 基本控制指令	148	习题七	206
6.2.2 跳转及循环指令	150	第 8 章 三菱 FX 系列 PLC 的基本指令 与步进指令	208
6.2.3 子程序指令	153	8.1 三菱 FX 系列 PLC 简介	208
6.2.4 中断程序控制指令	156	8.1.1 三菱 FX 系列 PLC 的命名	208
6.2.5 应用举例	160	8.1.2 三菱 FX _N PLC 的构成	209
6.3 顺序控制指令及其应用	161	8.2 三菱 FX 系列 PLC 的编程元件 ...	210
6.3.1 功能流程图	161	8.2.1 输入/输出继电器(X, Y)	210
6.3.2 顺序控制指令	161	8.2.2 辅助继电器(M)	210
6.3.3 多流程顺序控制	163	8.2.3 状态元件(S)	211
6.4 特殊功能指令及其应用	166	8.2.4 报警器	212
6.4.1 高速计数器指令	166	8.2.5 指针(P/I)	212
6.4.2 高速脉冲输出指令	172	8.2.6 定时器(T)	212
6.4.3 PID 回路指令	177	8.2.7 计数器(C)	214
6.4.4 时钟功能指令	184	8.2.8 数据寄存器(D)	215
习题六	185	8.3 三菱 FX 系列 PLC 的基本指令 ...	216
第 7 章 西门子 S7-200PLC 的 通信与网络	187	8.3.1 单触点指令	216
7.1 S7-200PLC 通信部件介绍	187	8.3.2 块和堆栈指令	218
7.1.1 通信端口	187	8.3.3 主控指令	220
7.1.2 PC/PPI 电缆	187	8.3.4 触点逻辑取反指令	221
7.1.3 网络连接器	189	8.3.5 逻辑线圈指令	222
7.1.4 PROFIBUS 网络电缆	189	8.3.6 空操作和结束指令	225
7.1.5 网络中继器	189	8.4 三菱 FX 系列 PLC 的步进指令 ...	226
7.1.6 EM277 PROFIBUS - DP 模块	190	8.4.1 步进梯形图指令	226
7.2 S7-200PLC 的通信	191	8.4.2 状态转移图	227
7.2.1 概述	191	8.5 状态转移图常见流程状态的 编程	229
7.2.2 利用 PPI 协议进行网络 通信	193		
7.2.3 利用 MPI 协议进行网络			

8.5.1	单流程状态编程	229	9.4.10	求补码指令(NEG)	265
8.5.2	选择性分支与汇合的编程	231	9.5	循环移位指令	265
8.5.3	并行性分支与汇合的编程	233	9.5.1	循环右移指令(ROR)	266
习题八		237	9.5.2	循环左移指令(ROL)	266
第9章	三菱FX系列PLC的功能指令	239	9.5.3	循环带进位右移指令(RCR)	267
9.1	功能指令的格式及说明	239	9.5.4	循环带进位左移指令(RCL)	268
9.1.1	功能指令使用的软元件	239	9.5.5	位右移指令(SFTR)	268
9.1.2	指令格式	240	9.5.6	位左移指令(SFTL)	269
9.1.3	元件的数据长度	240	9.5.7	字右移指令(WSFR)	271
9.1.4	执行形式	240	9.5.8	字左移指令(WSFL)	271
9.1.5	变址操作	241	9.5.9	位移写入指令(SFWR)	271
9.2	程序流向控制指令	241	9.5.10	位移读出指令(SFRD)	272
9.2.1	跳转指令(CJ)	242	习题九		273
9.2.2	子程序调用、子程序返回和主程序结束指令(CALL、SRET、FEND)	244	第10章	可编程控制器的编程软件	276
9.2.3	中断指令(IRET、EI、DI)	244	10.1	SWOPC - FXGP/WIN - C 编程软件	276
9.2.4	监视定时器指令(WDT)	247	10.1.1	概述	276
9.2.5	循环指令(FOR、NEXT)	247	10.1.2	程序编制	278
9.3	传送比较指令	248	10.1.3	程序检查	279
9.3.1	比较指令(CMP)	248	10.1.4	程序的传送	279
9.3.2	区间比较指令(ZCP)	250	10.1.5	软元件的监控和强制执行	279
9.3.3	传送指令(MOV)	250	10.1.6	其他	281
9.3.4	移位传送指令(SMOV)	251	10.1.7	顺序功能图的绘制	281
9.3.5	取反传送指令(CML)	252	10.2	GX Developer 编程软件	284
9.3.6	成批传送指令(BMOV)	253	10.2.1	概述	284
9.3.7	多点传送指令(FMOV)	254	10.2.2	编程软件的界面	285
9.3.8	交换指令(XCH)	254	10.2.3	工程的创建	286
9.3.9	BCD 交换指令(BCD)	255	10.2.4	编程操作	286
9.3.10	BIN 交换指令(BIN)	255	10.2.5	程序的运行与检查	287
9.4	算术与逻辑运算指令	256	10.2.6	仿真	289
9.4.1	BIN 加法指令(ADD)	257	10.3	STEP 7 - Micro/WIN 编程软件	290
9.4.2	BIN 减法指令(SUB)	258	10.3.1	概述	290
9.4.3	BIN 乘法指令(MUL)	259	10.3.2	主要编程功能	293
9.4.4	BIN 除法指令(DIV)	260	10.3.3	通信	296
9.4.5	BIN 加1指令(INC)	260	10.3.4	程序的调试与监控	297
9.4.6	BIN 减1指令(DEC)	261	10.3.5	项目管理	298
9.4.7	逻辑字与指令(WAND)	262	10.4	S7 - 200 PLC 仿真软件	299
9.4.8	逻辑字或指令(WOR)	263	10.4.1	软件界面	299
9.4.9	逻辑字异或指令(WXOR)	263	10.4.2	常用菜单命令	299

10.4.3	准备工作	300	11.4.5	安装及环境条件设计	326
10.4.4	程序仿真	300	11.4.6	控制系统的冗余设计	327
习题十		303	11.4.7	控制系统的供电设计	329
第 11 章	可编程控制系统的设计	304	11.4.8	静电预防	330
11.1	可编程控制系统设计的一般方法	304	习题十一		330
11.1.1	系统设计的主要内容	304	第 12 章	可编程控制器的应用	332
11.1.2	系统设计的基本步骤	304	12.1	装配流水线控制设计	332
11.2	可编程控制器应用系统的硬件设计	306	12.1.1	概述	332
11.2.1	总体方案的确定	307	12.1.2	控制要求	332
11.2.2	机型的选择	308	12.1.3	程序设计	333
11.2.3	智能 I/O 模块的选择	309	12.2	多路信息检测与显示控制系统设计	337
11.2.4	其他控制硬件的选择	310	12.2.1	控制系统原理	337
11.2.5	分配 PLC 的 I/O 地址绘制 硬件系统接线图	310	12.2.2	控制要求	337
11.2.6	其他问题	310	12.2.3	硬件设计	338
11.3	可编程控制器应用系统的软件设计	311	12.2.4	软件设计	339
11.3.1	可编程控制器应用系统程序 设计的基本原则	311	12.2.5	系统调试	344
11.3.2	可编程控制器应用系统编程 的基本步骤	311	12.3	十字路口交通信号灯控制 设计	344
11.3.3	可编程控制器应用系统程序 设计方法	312	12.3.1	概述	344
11.4	可编程控制器应用系统的可靠性设计	317	12.3.2	逻辑指令编程	345
11.4.1	可编程控制器应用系统中漏 电流和冲击电流的处理	317	12.3.3	其他指令编程	346
11.4.2	可编程控制器应用系统的电 磁兼容性设计	319	12.3.4	通行时间显示	348
11.4.3	可编程控制器应用系统的接 地设计	323	12.4	交流双速 5 层 5 站电梯 PLC 控制系统设计	349
11.4.4	可编程控制器应用系统的 软件抗干扰设计	324	12.4.1	概述	349
			12.4.2	电梯程序	351
			习题十二		356
			附录 A	常用电器分类及图形符号、文字 符号表	357
			附录 B	西门子 S7-200 系列 PLC 指令表	361
			附录 C	三菱 FX 系列 PLC 指令集表	364
			参考文献		368

第1章 常用低压电器

常用低压电器是电气控制系统的基本组成元件。控制系统的优劣与所用低压电器直接相关。尽管随着电子技术、自控技术和计算机技术的迅猛发展,一些电器元件可能被电子线路所取代,但由于电器元件本身也朝着新的领域扩展(表现在提高元件的性能,生产新型的元件,实现机、电、仪一体化,扩展元件的应用范围等),且有些电器元件有其特殊性,故不可能完全被取代。所以电气技术人员必须熟悉常用低压电器的原理、结构、型号、规格和用途,并能正确选择、使用与维护。

低压电器通常是指工作在交流电压小于 1200V、直流电压小于 1500V 的电路中起通断、保护、控制或调节作用的电器设备以及利用电能来控制、保护和调节非电过程和非电装置的用电装备。随着工农业生产的发展和某些工业部门使用电压等级的提高,低压电器的电压等级范围也将提高。

直流常用电压等级有:110V、220V 和 440V,主要用于动力;6V、12V、24V 和 36V,主要用于控制。在电子线路中还有 5V、9V 和 15V 等电压等级。

1.1 低压电器的基本知识

低压电器种类繁多,功能各异,构造各异,用途广泛,工作原理各不相同,常用低压电器的分类方法也很多。

1. 按用途或控制对象分类

(1) 配电电器:主要用于低压配电系统中。要求系统发生故障时准确动作、可靠工作,在规定的条件下具有相应的动稳定性与热稳定性,使电器不会被损坏。常用的配电电器有刀开关、转换开关、熔断器、断路器等。

(2) 控制电器:主要用于电气传动系统中。要求寿命长,体积小,质量轻,动作迅速、准确、可靠。常用的控制电器有接触器、继电器、启动器、主令电器、电磁铁等。

2. 按动作方式分类

(1) 自动电器:依靠自身参数的变化或外来信号的作用,自动完成接通或分断等动作,如接触器、继电器等。

(2) 手动电器:用手动操作来进行切换的电器,如刀开关、转换开关、按钮等。

3. 按触点类型分类

(1) 有触点电器:利用触点的接通和分断来切换电路,如接触器、刀开关、按钮等。

(2) 无触点电器:无可分离的触点,主要利用电子元件的开关效应,即导通和截止来实现电路的通、断控制,如接近开关、霍尔开关、电子式时间继电器、固态继电器等。

4. 按工作原理分类

(1) 电磁式电器:根据电磁感应原理动作的电器,如接触器、继电器、电磁铁等。

(2) 非电量控制电器:依靠外力或非电量信号(如速度、压力、温度等)的变化而动作的电器,如转换开关、行程开关、速度继电器、压力继电器、温度继电器等。

5. 按低压电器型号分类

为了便于了解文字符号和各种低压电器的特点,采用我国《国产低压电器产品型号编制办法》(JB 2930—81.10)的分类方法(参见附录 A),将低压电器分为 13 个大类。每个大类用汉语

拼音字母作为该产品型号。

汉语拼音字母选用的原则：

- (1) 采用所代表对象的第一个音节字母；
- (2) 采用所代表对象的非第一个音节字母；
- (3) 采用通俗的外来语言的第一个音节字母；
- (4) 万不得已时才选用与发音毫不相关的字母。

低压电器分为 13 个大类：

- (1) 刀开关 H, 例如 HS 为双投式刀开关(刀型转换开关), HZ 为组合开关。
- (2) 熔断器 R, 例如 RC 为瓷插式熔断器, RM 为密封式熔断器。
- (3) 断路器 D, 例如 DW 为万能式断路器, DZ 为塑壳式断路器。
- (4) 控制器 K, 例如 KT 为凸轮控制器, KG 为鼓型控制器。
- (5) 接触器 C, 例如 CJ 为交流接触器, CZ 为直流接触器。
- (6) 启动器 Q, 例如 QJ 为自耦变压器降压启动器, QX 为星三角启动器。
- (7) 控制继电器 J, 例如 JR 为热继电器, JS 为时间继电器。
- (8) 主令电器 L, 例如 LA 为按钮, LX 为行程开关。
- (9) 电阻器 Z, 例如 ZG 为管型电阻器, ZT 为铸铁电阻器。
- (10) 变阻器 B, 例如 BP 为频敏变阻器, BT 为启动调速变阻器。
- (11) 调整器 T, 例如 TD 为单相调压器, TS 为三相调压器。
- (12) 电磁铁 M, 例如 MY 为液压电磁铁, MZ 为制动电磁铁。
- (13) 其他 A, 例如 AD 为信号灯, AL 为电铃。

在选用低压电器时常根据型号来进行选用,所以本书按型号分类对上述低压电器的分类进行说明。

1.2 开关电器

1.2.1 刀开关

刀开关又称闸刀开关或隔离开关,它是手控电器中最简单而使用又较广泛的一种低压电器,如图 1-1 所示是最简单的刀开关(手柄操作式单级开关)示意图。刀开关在电路中的作用是:隔离电源,以确保电路和设备维修的安全;分断负载,如不频繁地接通和分断容量不大的低压电路或直接启动小容量电动机。刀开关带有动触头——闸刀,并通过它与座上的静触头——刀夹座相楔合(或分离),以接通(或分断)电路。其中以熔断体作为动触头的称为熔断器式刀开关,简称刀熔开关。

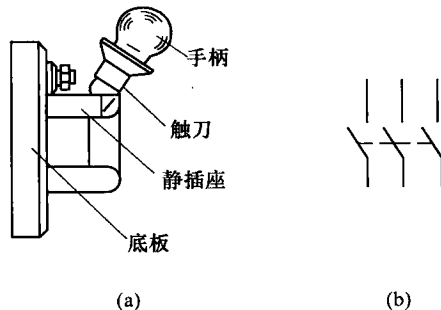


图 1-1 刀开关的典型结构

(a)刀开关结构;(b)符号。

常用的刀开关有 HD 型单投刀开关、HS 型双投刀开关(刀形转换开关)、HR 型熔断器式刀开关、HZ 型组合开关、HK 型闸刀开关、HY 型倒顺开关和 HH 型铁壳开关等。

1. HD 系列、HS 系列单投和双投刀开关

HD 系列、HS 系列单投刀开关适用于交流 50Hz、额定电压至 380V, 直流电压至 440V, 额定电流至 1500A 的成套配电装置中, 用于不频繁的手动接通和分断交、直流电路或做隔离开关用。其中:

- (1) 柄式的单投刀开关专用于磁力站, 不切断带有电流的电路, 作为隔离开关用。
- (2) 侧面操作手柄式开关。主要用于动力箱中。
- (3) 中央正面杠杆操作机构刀开关。主要用于正面操作、后面维修的开关柜中, 操作机构放在正前方。
- (4) 侧方下面操作机构刀开关。主要用于正面两侧操作、前面维修的开关柜中, 操作机构可以在柜内的两侧安装。
- (5) 装有灭弧室的刀开关。可以切断电流负荷, 其他系列刀开关只做隔离开关使用。

HD 型单投刀开关按极数分为 1 极、2 极、3 极几种, 其示意图及图形符号如图 1-2 所示。其

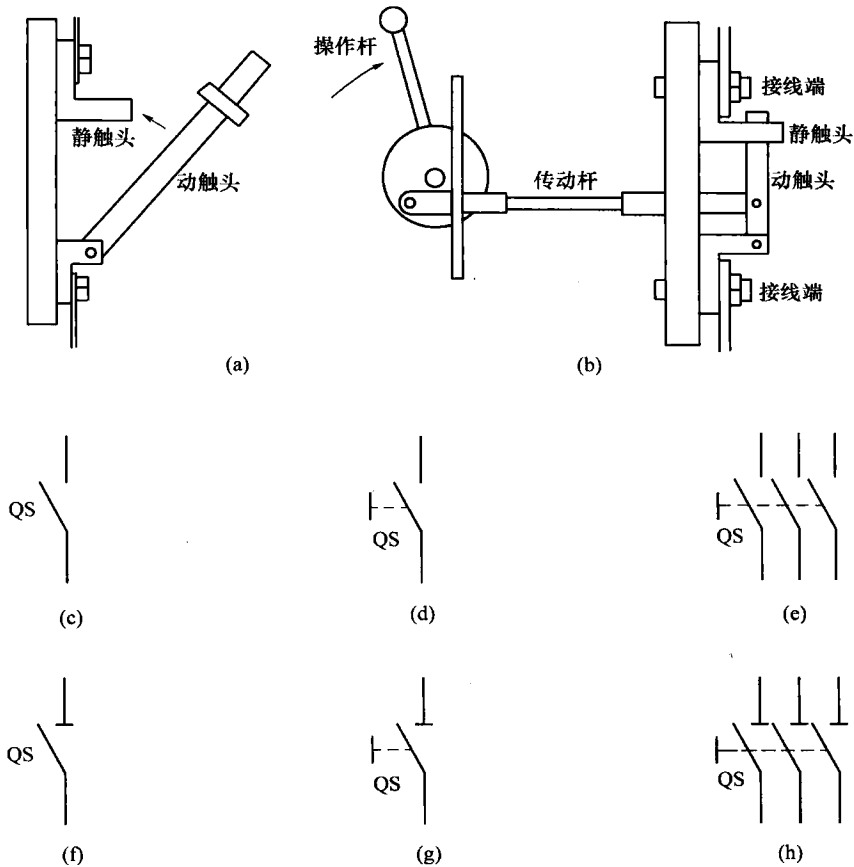
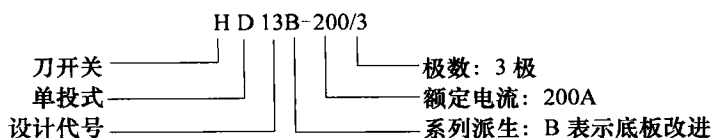


图 1-2 HD 型单投刀开关示意图及图形符号

- (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。

中图 1-2(a)为直接手动操作,(b)为手柄操作,(c)~(h)为刀开关的图形符号和文字符号。其中图 1-2(c)为一般图形符号,(d)为手动符号,(e)为三极单投刀开关符号。当刀开关用做隔离开关时,其图形符号上加有一横杠,如图 1-2(f)~(h)所示。

单投刀开关的型号含义如下:



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

HS 型双投刀开关也称转换开关,其作用和单投刀开关类似,常用于双电源的切换或双供电线路的切换等,其示意图及图形符号如图 1-3 所示。由于双投刀开关具有机械互锁的结构特点,因此可以防止双电源的并联运行和两条供电线路同时供电。

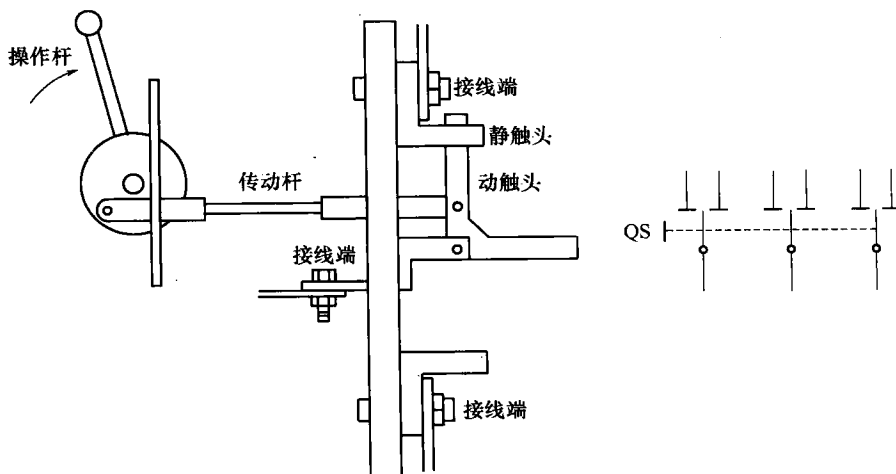


图 1-3 HS 型双投刀开关示意图及图形符号及实物图

2. HR 型熔断器式刀开关

HR 型熔断器式刀开关也称刀熔开关,它实际上是将刀开关和熔断器组合成一体的电器。刀熔开关操作方便,并简化了供电线路,在供配电线路上应用很广泛,其工作示意图及图形符号如图 1-4 所示。刀熔开关可以切断故障电流,但不能切断正常的工作电流,所以一般应在无正常工作电流的情况下进行操作。

熔断器式刀开关适用于交流 50Hz、380V,额定电流至 600A 的配电系统中,作用是短路保护和电缆、导线的过载保护。在正常情况下,熔断器式刀开关可供不频繁地手动接通和分断正常负载电流与过载电流,在短路情况下,由熔断器分断电流。

3. HZ 型组合开关

转换开关用于主电路将一组已连接的器件转换到另一组已连接的器件。采用刀开关结构形式的转换开关称为刀形转换开关;采用叠装式触头元件组合成旋转操作的转换开关称为组合开关。

组合开关又称转换开关。常用的组合开关有 HZ10 系列,其结构如图 1-5 所示。

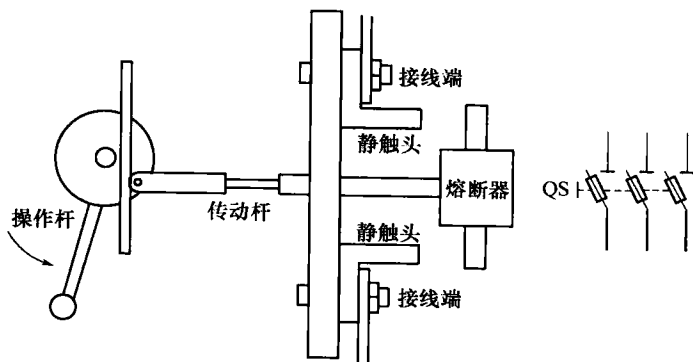


图 1-4 HR 型熔断器式刀开关示意图及图形符号

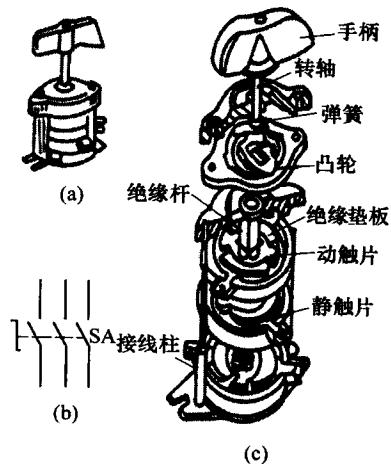


图 1-5 HZ 系列转换开关

4. HK 型闸刀开关

HK 型开启式负荷开关俗称闸刀或胶壳刀开关,由于它结构简单、价格便宜、使用维修方便,故得到广泛应用。该开关主要用做电气照明电路和电热电路、小容量电动机电路的不频繁控制开关,也可用做分支电路的配电开关。

胶底瓷盖刀开关由熔丝、触刀、触点座和底座组成,如图 1-6(a)所示。此种刀开关装有熔丝,可起短路保护作用。

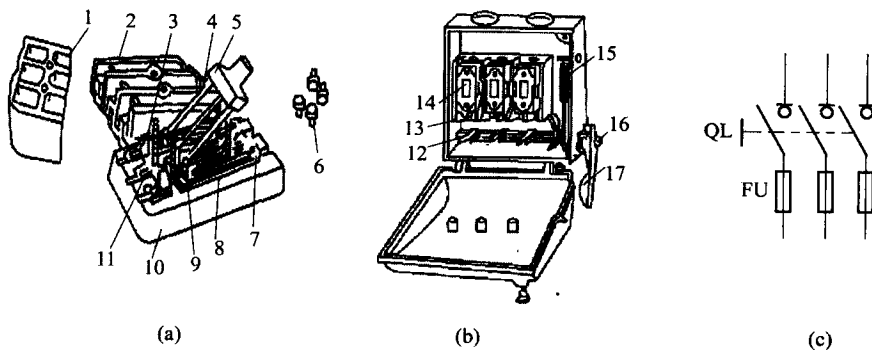


图 1-6 HK 型开启式负荷开关示意图及图形符号

(a) 开启式负荷开关;(b) 封闭式负荷开关;(c) 图形文字符号。

1—上胶盖;2—下胶盖;3—插座;4—触刀;5—操作手柄;6—固定螺母;
7—进线端;8—熔丝;9—触点座;10—底座;11—出线端;12—触刀;
13—插座;14—熔断器;15—速断弹簧;16—转轴;17—操作手柄。

闸刀开关在安装时,手柄要向上,不得倒装或平装,以避免由于重力自动下落而引起误动合闸。接线时,应将电源线接在上端,负载线接在下端,这样拉闸后刀开关的刀片与电源隔离,既便于更换熔丝,又可防止可能发生的意外事故。

5. HH 型铁壳开关

HH 型封闭式负荷开关俗称铁壳开关,主要由钢板外壳、触刀开关、操作机构、熔断器等组成,如图 1-6(b)所示。这种刀开关带有灭弧装置,能够通断负荷电流,熔断器用于切断短路电

流。铁壳开关一般用于小型电力排灌、电热器、电气照明线路的配电设备中,用于不频繁地接通与分断电路,也可以直接用于异步电动机的非频繁全压启动控制。

铁壳开关的操作结构有两个特点:一是采用储能合闸方式,即利用一根弹簧以执行合闸和分闸的功能,使开关的闭合和分断时的速度与操作速度无关。它既有助于改善开关的动作性能和灭弧性能,又能防止触点停滞在中间位置。二是设有联锁装置,以保证开关合闸后便不能打开箱盖,而在箱盖打开后,不能再合开关,起到安全保护作用。

HK 型开启式负荷开关和 HH 型封闭式负荷开关都由负荷开关和熔断器组成,其图形符号也是由手动负荷开关 QL 和熔断器 FU 组成,如图 1-6(c)所示。

6. HY 型倒顺开关

HY 系列代替 HZ 系列组合开关适用于交流 50Hz(60Hz)、电压 500V 的电路中,作为电源引入开关,或作为控制操作频率,每小时不大于 300 次的三相鼠笼式感应电动机用,特殊结构的组合开关,运用到电压至 220V 的直流电路中,可控制电磁吸盘。

1.2.2 低压断路器

低压断路器又称自动开关,它是一种既有手动开关作用,又能自动进行失压、欠压、过载和短路保护的电器。它可用来分配电能,不频繁地启动异步电动机,对电源线路及电动机等实行保护,当它们发生严重的过载或者短路及欠压等故障时能自动切断电路,其功能相当于熔断器式开关与过欠热继电器等的组合,而且在分断故障电流后一般不需要变更零部件,已获得了广泛的应用。

1. 低压断路器的用途

低压断路器又称为自动空气开关,分为框架式 DW 系列(又称万能式)和塑壳式 DZ 系列(又称装置式)两大类,主要在电路正常工作条件下作为线路的不频繁接通和分断用,并在电路发生过载、短路及失压时自动分断电路。

2. DZ 系列断路器的结构和工作原理

断路器主要由 3 个基本部分组成,即触头、灭弧系统和各种脱扣器,包括过电流脱扣器、失压(欠电压)脱扣器、热脱扣器、分励脱扣器和自由脱扣器。如图 1-7 所示是断路器工作原理示意图及图形符号。断路器开关是靠操作机构手动或电动合闸的,触头闭合后,自由脱扣机构将触头锁在合闸位置上。当电路发生上述故障时,通过各自的脱扣器使自由脱扣机构动作,自动跳闸以实现保护作用。分励脱扣器用于远距离控制分断电路。过电流脱扣器用于线路的短路和过电流保护,当线路的电流大于整定的电流值时,过电流脱扣器所产生的电磁力使挂钩脱扣,动触点在弹簧的拉力下迅速断开,实现断路器的跳闸功能。

热脱扣器用于线路的过负荷保护,工作原理和热继电器相同。

失压(欠电压)脱扣器用于失压保护,如图 1-7 所示,失压脱扣器的线圈直接接在电源上,处于吸合状态,断路器可以正常合闸;当停电或电压很低时,失压脱扣器的吸力小于弹簧的反力,弹簧使动铁芯向上使挂钩脱扣,实现断路器的跳闸功能。

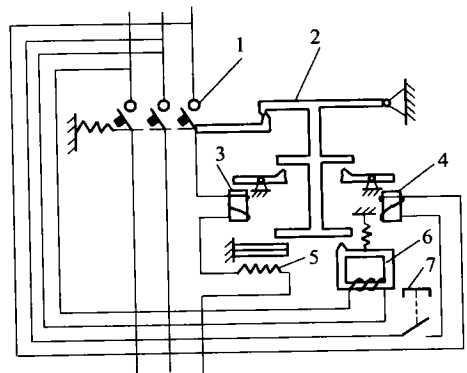


图 1-7 DZ 断路器结构图

1—主触头;2—自由脱扣器;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。

分励脱扣器用于远方跳闸,当在远方按下按钮时,分励脱扣器得电产生电磁力,使其脱扣跳闸。

不同断路器的保护是不同的,使用时应根据需要选用。在图形符号中也可以标注其保护方式,如图 1-7 所示,断路器图形符号中标注了失压、过负荷、过电流 3 种保护方式。

3. 断路器的基本参数特性

断路器的基本参数包括额定电压 U_e 、额定电流 I_n 、过载保护 (I_r 或 I_{rth}) 和短路保护 (I_m) 的脱扣电流整定范围、额定短路分断电流 (工业用断路器 I_{cu} , 家用断路器 I_{cn}) 等。

(1) 额定工作电压 (U_e): 断路器在正常 (不间断的) 的情况下工作的电压。

(2) 额定电流 (I_n): 配有专门的过电流脱扣继电器的断路器在制造厂家规定的环境温度下所能无限承受的最大电流值,不会超过电流承受部件规定的温度限值。

(3) 短路继电器脱扣电流整定值 (I_m): 短路脱扣继电器 (瞬时或短延时) 在高故障电流值出现时使断路器快速跳闸。其跳闸极限为 I_m 。

(4) 额定短路分断电流 (I_{cu} 或 I_{cn}): 断路器能够分断而不被损害的最高 (预期的) 电流值。标准中提供的电流值为故障电流交流分量的均方根值,计算标准值时直流暂态分量 (总在最坏的情况短路下出现) 假定为零。工业用断路器额定值 (I_{cu}) 和家用断路器额定值 (I_{cn}) 通常以 kA 均方根值的形式给出。

(5) 额定运行短路分断电流 (I_{cs}): 断路器能成功分断而不会被损害的最高故障电流。产生这种电流的可能性非常低,普通环境下,故障电流比断路器额定分断能力 (I_{cu}) 低得多。另一方面,大电流 (可能性较低) 在良好状态下被分断非常重要,这样在故障电路被修复以后,断路器能够立即合闸。

1.3 控制器

控制器是一种手动操作、直接控制主电路大电流 (10A ~ 600A) 的开关电器。常用的控制器有 KT 型凸轮控制器、KG 型鼓型控制器和 KP 型平面控制器。各种控制器的作用和工作原理基本类似,下面以常用的凸轮控制器为例进行说明。

凸轮控制器是一种大型的手动控制器,主要用于起重设备中直接控制中小型绕线式异步电动机的启动、停止、调速、换向和制动,也适用于有相同要求的其他电力拖动场合。

凸轮控制器主要由触头、转轴、凸轮、杠杆、手柄、灭弧罩及定位机构等组成。图 1-8 为凸轮控制器的结构原理示意图及图形符号。凸轮控制器中有多组触点,并由多个凸轮分别控制,以实现对一个较复杂电路中的多个触点进行同时控制。由于凸轮控制器中的触点多,每个触点在每个位置的接通情况各不相同,所以不能用普通的常开常闭触点来表示。图 1-8(a) 所示为 1 极 12 位凸轮控制器示意图。图 1-8(b) 所示图形符号表示这一个触点有 12 个位置,图中的小黑点表示该位置触点接通,由示意图可见,当手柄转到 2、3、4 和 10 号位时,由凸轮将触点接通。图 1-8(c) 所示为 5 极 12 位凸轮控制器,它由 5 个 1 极 12 位凸轮控制器组合而成。图 1-8(d) 所示为 4 极 5 位凸轮控制器的图形符号,表示有 4 个触点,每个触点有 5 个位置,图中的小黑点表示触点在该位接通。例如,当手柄打到右侧 1 号位时,2、4 触点接通。

由于凸轮控制器可直接控制电动机工作,所以其触头容量大并有灭弧装置。凸轮控制器的优点为控制线路简单、开关元件少、维修方便等,缺点为体积较大、操作笨重、不能实现远距离控制。目前使用的凸轮控制器有 KT10、KTJ14、KTJ15 及 KTJ16 等系列。

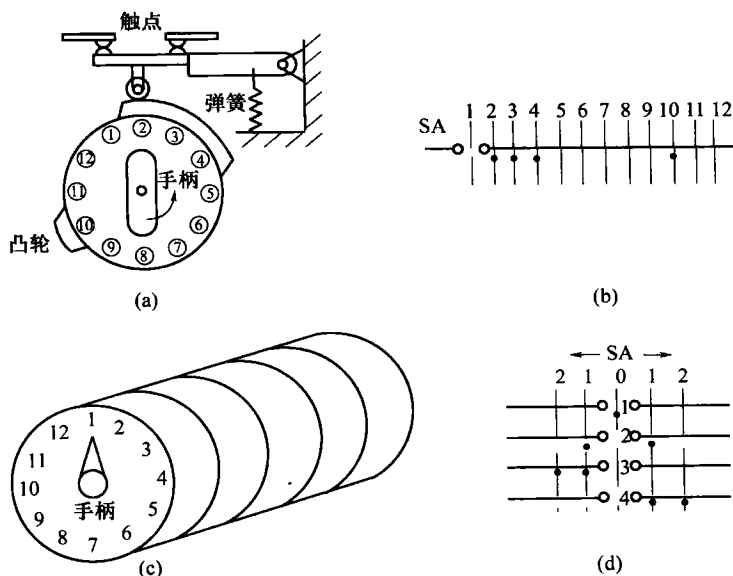


图 1-8 凸轮控制器的结构原理示意图及图形符号
 (a) 1 极 12 位凸轮控制器示意图; (b) 1 极 12 位凸轮控制器图形符号;
 (c) 5 极 12 位凸轮控制器; (d) 4 极 5 位凸轮控制器图形符号。

1.4 接触器

接触器是指工业电中利用线圈流过电流产生磁场,使触头闭合,以达到控制负载的电器。接触器由电磁系统(铁芯、静铁芯、电磁线圈)、触头系统(常开触头和常闭触头)和灭弧装置组成。其原理是当接触器的电磁线圈通电后,会产生很强的磁场,使静铁芯产生电磁吸力吸引衔铁,并带动触头动作:常闭触头断开;常开触头闭合,两者是联动的。当线圈断电时,电磁吸力消失,衔铁在释放弹簧的作用下释放,使触头复原:常闭触头闭合;常开触头断开。

在工业电气中,接触器的型号很多,电流在 5A ~ 1000A 的不等,其应用相当广泛。接触器是一种用来接通或断开带负载的交直流主电路或大容量控制电路的自动化切换器,主要控制对象是电动机,此外也用于其他电力负载,如电热器、电焊机和照明设备。接触器不仅能接通和切断电路,而且还具有低电压释放保护作用。接触器控制容量大,适用于频繁操作和远距离控制,是自动控制系统中的重要元件之一。通用接触器可大致分为交流接触器和直流接触器两类。

1.4.1 交流接触器

1. 交流接触器的结构

图 1-9 为交流接触器结构原理图。主要由 3 部分组成。

- (1) 触头系统:采用双断点桥式触头结构,一般有 3 对常开主触头。
- (2) 电磁系统:包括动、静铁芯,吸引线圈和反作用弹簧。
- (3) 灭弧系统:大容量接触器(20A 以上)采用缝隙灭弧罩及灭弧栅片灭弧,小容量接触器采用双断口触头灭弧、电动力灭弧、相间弧板隔弧及陶土灭弧罩灭弧。

2. 交流接触器的工作原理

当吸引线圈两端加上额定电压时,动、静铁芯间产生大于反作用弹簧弹力的电磁吸力,动、静