



PLC编程

从入门到精通

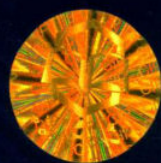
向晓汉 刘摇摇 主编 李霞 于多 副主编

视频教学

西门子+三菱



化学工业出版社



PLC编程 从入门到精通

向晓汉 刘摇摇 主编 李霞 于多 副主编



化学工业出版社

·北京·

本书从 PLC 编程基础和实用出发,全面详细地介绍了电气控制基础、西门子 PLC 及三菱 PLC 编程及应用技术。全书共分 4 篇,第 1 篇为 PLC 编程基础,主要讲解电气控制基础和 PLC 基础;第 2、3 篇分别讲解西门子 PLC 和三菱 PLC 编程入门,包括硬件和接线、编程软件的使用和 PLC 的编程语言;第 4 篇为 PLC 编程高级应用,包括 PLC 的编程方法与调试、PLC 的工艺功能及应用、PLC 在运动控制中的应用、PLC 的通信及其应用以及 PLC、触摸屏、变频器和伺服系统编程综合应用。

本书内容全面系统、重点突出,强调知识的实用性。为便于读者更深入理解并掌握西门子 PLC、三菱 PLC 编程及应用,本书配有大量实用案例,实例包括详细的软、硬件配置清单、原理图和程序,便于读者模仿学习。另外每章还配有习题供读者训练之用。

为方便读者学习,书中的重点和复杂内容还专门配有微课讲解,读者用手机扫描书中二维码即可观看相关视频,辅助学习书本知识。

本书可供从事 PLC 技术学习和应用的人员使用,也可作为高等院校相关专业的教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

PLC 编程从入门到精通 / 向晓汉, 刘摇摇主编. —北京:
化学工业出版社, 2019.4
ISBN 978-7-122-33852-5

I . ①P… II . ①向…②刘… III . ①PLC 技术-程序
设计 IV . ①TM571.61

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 024419 号

责任编辑: 李军亮 徐卿华 婁利娜 万忻欣
责任校对: 宋 夏

装帧设计: 刘丽华

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 装: 大厂聚鑫印刷有限责任公司
787mm×1092mm 1/16 印张 36 字数 876 千字 2019 年 6 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888

售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 108.00 元

版权所有 违者必究



随着计算机技术的发展,以可编程控制器、变频器、伺服系统和计算机通信等技术为主体的新型电气控制系统已经逐渐取代传统的继电器电气控制系统,并广泛应用于各行业。由于西门子 S7-200 SMART PLC 和三菱 FX 系列 PLC 是中国市场主流机型,在工控市场占有非常大的份额,应用十分广泛。本书把 PLC 共性部分合并讲解,各 PLC 机型特色部分分别讲解,将常用的两种机型内容合并成一本书,便于读者同时学习两种机型的 PLC;特别在通信部分、运动控制部分、过程控制部分和工程应用部分,往往同一个例子,可以用两种机型 PLC 解题,非常适合读者掌握不同机型 PLC 的应用特色。

本书内容详略得当、重点突出,并用较多的小例子引领读者入门,使读者在掌握入门部分后,能完成简单的工程。应用部分精选工程实际案例,供读者模仿学习,提高读者解决实际问题的能力。为了使读者能更好地掌握相关知识,我们在总结长期的教学经验和工程实践的基础上,联合相关企业人员,共同编写了本书,使读者通过本书的学习就能学会西门子 S7-200 SMART PLC 和三菱 FX 系列 PLC 的编程和应用。

在编写过程中,我们将一些生动的操作实例融入书中,以提高读者的学习兴趣。本书具有以下特点。

(1) 本书内容由浅入深、由基础到应用,理论与工程实际相结合,既适合初学者学习使用,也可供有一定基础的读者结合书中大量实例深入学习西门子 S7-200 SMART PLC 和三菱 FX 系列 PLC 工程应用。

(2) 用实例引导读者学习。本书大部分章节采用精选的例子讲解,例如,用例子说明现场通信实现的全过程。重点的例子都包含软、硬件配置清单、原理图和程序,而且为确保程序的正确性,程序已经在 PLC 上运行通过。

(3) 二维码辅助学习。对于重点和比较复杂的例子,本书专门配有微课视频讲解,读者用手机扫描书中二维码即可观看相关视频,辅助学习书本知识。

全书分为 4 篇 13 章,主要包括以下内容。

第 1 篇 PLC 编程基础,包括低压电器的工作原理、图形符号、文字符号、功能和选型;低压电气基本控制回路;电气控制回路的识读;PLC 的发展历史、PLC 的工作原理和学习 PLC 的一些前导知识。

第 2 篇 西门子 PLC 编程入门,包括西门子 S7-200 SMART PLC 的硬件及接线、西门子 S7-200 SMART PLC 的编程软件和西门子 S7-200 SMART PLC 的编程语言,章节中还有典型的

工程应用实例讲解。

第3篇 三菱 PLC 编程入门，包括三菱 FX 系列 PLC 的硬件及接线、三菱 FX 系列 PLC 的编程软件和三菱 FX 系列 PLC 的指令及其应用，章节中还有典型的工程应用实例讲解。

第4篇 PLC 编程高级应用，包括 PLC 的编程方法与调试、PLC 的通信及其应用（详细讲解自由口通信、MODBUS 通信、PROFIBUS 通信、无协议通信、N:N 通信、PLC 与变频器的通信、CC-LINK 通信和工业以太网通信）、PLC 在运动控制中的应用、PLC 在过程控制中的应用及 PLC 编程综合实例。这部分包括了 PLC 在工程应用中常见的重点和难点内容，是本书最具特色的部分。

本书内容多，编写工作量大，我们邀请了具有实践经验且教学经验丰富的高校教师和具有丰富实践经验的企业专家参与讨论、提供案例和编写工作，具体如下：

第1、3、4、5章由无锡职业技术学院的向晓汉编写，第2章由无锡职业技术学院的黎雪芬编写，第6、7章由无锡职业技术学院的于多编写，第8章由无锡雷华科技有限公司的陆彬编写，第9章由无锡雪浪环保有限公司的刘摇摇编写，第10章由无锡雪浪环保有限公司的王飞飞编写，第11、13章由无锡职业技术学院的李霞编写，第12章由付东升和唐克彬共同编写。本书由向晓汉、刘摇摇任主编，李霞、于多任副主编，无锡职业技术学院的奚茂龙（博士）教授任主审。

由于编者水平有限，疏漏之处在所难免，敬请读者批评指正，编者将万分感激！

编者

目录

CONTENTS

第1篇 PLC 编程基础

01

第1章

电气控制基础

2

1.1 低压开关电器	2	1.6.1 变压器	38
1.1.1 刀开关	2	1.6.2 直流稳压电源	39
1.1.2 低压断路器	3	1.7 其他电器	40
1.1.3 剩余电流保护电器	8	1.7.1 传感器和变送器	40
1.2 接触器	10	1.7.2 隔离器	42
1.2.1 接触器的功能	10	1.7.3 浪涌保护器	42
1.2.2 接触器的结构及其工作原理	10	1.7.4 安全栅	43
1.2.3 常用的接触器	11	1.8 电气控制线路图	43
1.2.4 接触器的技术参数	12	1.9 继电器控制电路基本控制规律	46
1.2.5 接触器的选用	13	1.9.1 点动运行控制线路	46
1.3 继电器	14	1.9.2 连续运行控制线路	46
1.3.1 电磁继电器	15	1.9.3 正反转运行控制线路	46
1.3.2 时间继电器	18	1.9.4 多地控制线路	47
1.3.3 计数继电器	22	1.9.5 自动循环控制线路	48
1.3.4 电热继电器	23	1.10 三相异步电动机的启动控制线路	49
1.3.5 其他继电器	26	1.10.1 直接启动	49
1.4 熔断器	26	1.10.2 星形-三角形减压启动	49
1.4.1 熔断器的种类、结构和工作原理	26	1.10.3 自耦变压器减压启动	50
1.4.2 熔断器的技术参数	27	1.11 三相异步电动机的调速控制	51
1.4.3 熔断器的选用	28	1.11.1 改变转差率的调速	51
1.5 主令电器	29	1.11.2 改变极对数的调速	52
1.5.1 按钮	29	1.11.3 变频调速	52
1.5.2 行程开关	32	1.12 三相异步电动机的制动控制	56
1.5.3 接近开关	33	1.12.1 机械制动	57
1.6 变压器和电源	38	1.12.2 反接制动	57

1.12.3 能耗制动	58	1.13.2 电压保护	61
1.13 电气控制系统常用的保护环节	59	1.13.3 其他保护	62
1.13.1 电流保护	59		

02

第2章

可编程控制器 (PLC) 基础

63

2.1 概述	63	2.1.7 PLC的发展趋势	67
2.1.1 PLC的发展历史	63	2.1.8 PLC在我国的应用情况	67
2.1.2 PLC的主要特点	64	2.2 PLC的结构和工作原理	68
2.1.3 PLC的应用范围	65	2.2.1 可编程控制器的硬件组成	68
2.1.4 PLC的分类与性能指标	65	2.2.2 PLC的工作原理	72
2.1.5 PLC与继电器系统的比较	66	2.2.3 PLC的立即输入、输出功能	73
2.1.6 PLC与微机的比较	67		

第2篇 西门子 PLC 编程入门

03

第3章

西门子 S7-200 SMART PLC 的硬件

76

3.1 西门子 S7-200 SMART PLC 概述	76	3.3.2 模拟量输入和输出扩展模块	85
3.1.1 西门子 S7 系列模块简介	76	3.3.3 其他扩展模块	87
3.1.2 西门子 S7-200 SMART PLC 的产品特点	77	3.4 西门子 S7-200 SMART PLC 的安装	90
3.2 西门子 S7-200 SMART CPU 模块及其接线	78	3.4.1 安装的预留空间	90
3.2.1 西门子 S7-200 SMART CPU 模块的介绍	78	3.4.2 安装 CPU 模块	91
3.2.2 西门子 S7-200 SMART CPU 模块的接线	81	3.4.3 扩展模块的连接	91
3.3 西门子 S7-200 SMART PLC 扩展模块及其接线	83	3.4.4 信号板的安装	92
3.3.1 数字量输入和输出扩展模块	84	3.4.5 接线端子的拆卸和安装	92
		3.5 最大输入和输出点配置与电源需求计算	93
		3.5.1 模块的地址分配	93
		3.5.2 最大输入和输出点配置	93
		3.5.3 电源需求计算	94

04

第4章

西门子 S7-200 SMART PLC 的编程软件 96

4.1 STEP7-Micro/WIN SMART		4.2.5 打开项目	107
编程软件简介与安装步骤	96	4.2.6 系统块	109
4.1.1 STEP7-Micro/WIN SMART		4.2.7 程序调试	118
编程软件简介	96	4.2.8 交叉引用	121
4.1.2 STEP7-Micro/WIN SMART		4.2.9 工具	121
编程软件的安装步骤	97	4.2.10 帮助菜单	122
4.2 STEP7-Micro/WIN SMART		4.2.11 使用快捷键	122
软件的使用	99	4.3 用 STEP7-Micro/WIN SMART	
4.2.1 STEP7-Micro/WIN SMART		软件建立一个完整的项目	123
软件的打开	99	4.4 仿真软件的使用	130
4.2.2 STEP7-Micro/WIN SMART		4.4.1 仿真软件简介	130
软件的界面介绍	100	4.4.2 仿真软件 S7-200 SIM 2.0	
4.2.3 创建新项目	106	的使用	131
4.2.4 保存项目	107		

05

第5章

西门子 S7-200 SMART PLC 的编程语言 133

5.1 西门子 S7-200 SMART PLC		5.3 定时器与计数器指令	148
的编程基础	133	5.3.1 定时器指令	148
5.1.1 数据的存储类型	133	5.3.2 计数器指令	155
5.1.2 元件的功能与地址分配	136	5.3.3 基本指令的应用实例	159
5.1.3 STEP7 中的编程语言	141	5.4 功能指令	169
5.2 位逻辑指令	142	5.4.1 比较指令	169
5.2.1 基本位操作指令	142	5.4.2 数据处理指令	171
5.2.2 置位 / 复位指令	144	5.4.3 移位与循环指令	174
5.2.3 置位优先双稳态触发器和复位		5.4.4 算术运算指令	180
优先双稳态指令 (SR/RS)	145	5.4.5 功能指令的应用	195
5.2.4 边沿触发指令	145	5.5 西门子 S7-200 SMART PLC	
5.2.5 逻辑栈操作指令	147	的程序控制指令及其应用	199
5.2.6 取反指令 (NOT)	147	5.5.1 跳转指令	200

5.5.2 指针	200	5.5.6 暂停指令	207
5.5.3 循环指令	201	5.5.7 结束指令	209
5.5.4 子程序调用指令	202	5.5.8 顺控继电器指令	209
5.5.5 中断指令	204	5.5.9 程序控制指令的应用	211

第3篇 三菱 PLC 编程入门

06

第6章

三菱FX系列PLC的硬件

214

6.1 三菱 PLC 简介	214	6.3.1 三菱 FX 系列 PLC 扩展单元及其接线	221
6.1.1 三菱 PLC 系列	214	6.3.2 三菱 FX 系列 PLC 扩展模块及其接线	224
6.1.2 三菱 FX 系列可编程控制器的特点	215	6.4 三菱 FX 系列 PLC 的模拟量模块及其接线	225
6.2 三菱 FX 系列 PLC 基本单元及其接线	216	6.4.1 三菱 FX 模拟量输入模块 (A/D)	225
6.2.1 三菱 FX 系列 PLC 基本单元介绍	216	6.4.2 三菱 FX 模拟量输出模块 (D/A)	230
6.2.2 三菱 FX 系列 PLC 基本单元的接线	218	6.4.3 三菱 FX 模拟量输入输出模块	234
6.3 三菱 FX 系列 PLC 的扩展单元和扩展模块及其接线	221		

07

第7章

三菱FX系列PLC的编程软件

237

7.1 GX Developer 编程软件的安装	237	7.2.1 GX Developer 编程软件工作界面的打开	241
7.1.1 GX Developer 编程软件的概述	237	7.2.2 创建新工程	242
7.1.2 GX Developer 编程软件的安装	239	7.2.3 保存工程	243
7.2 GX Developer 编程软件的使用	241	7.2.4 打开工程	244
		7.2.5 改变程序类型	244
		7.2.6 程序的输入方法	244

7.2.7	连线的输入和删除	246	7.2.17	软元件测试	260
7.2.8	注释	247	7.2.18	设置密码	261
7.2.9	程序的复制、修改与清除	250	7.2.19	仿真	263
7.2.10	软元件查找与替换	252	7.2.20	PLC 诊断	264
7.2.11	常开常闭触点互换	253	7.3	用 GX Developer 建立一个完整的工程	264
7.2.12	程序变换	255	7.4	GX Works 使用入门	272
7.2.13	程序检查	256	7.4.1	GX Works3 的功能	272
7.2.14	程序的下载和上传	256	7.4.2	GX Works3 的特点	273
7.2.15	远程操作 (RUN/STOP)	259	7.4.3	GX Works3 的使用简介	273
7.2.16	在线监视	260			

08

第8章

三菱FX系列PLC的指令及其应用

280

8.1	编程基础	280	8.4	三菱FX系列PLC的功能指令	307
8.1.1	数制	280	8.4.1	功能指令的格式	308
8.1.2	编程语言简介	280	8.4.2	传送和比较指令	308
8.1.3	三菱FX系列PLC内部软组件	282	8.4.3	程序流指令	312
8.1.4	存储区的寻址方式	291	8.4.4	四则运算	316
8.2	三菱FX系列PLC的基本指令	292	8.4.5	移位和循环指令	319
8.2.1	输入指令与输出指令 (LD、LDI、OUT)	292	8.4.6	数据处理指令	320
8.2.2	触点的串联指令 (AND、ANI)	293	8.4.7	高速处理指令	321
8.2.3	触点的并联指令 (OR、ORI)	293	8.4.8	方便指令	322
8.2.4	脉冲式触点指令 (LDP、LDF、ANDP、ANDF、ORP、ORF)	294	8.4.9	外部I/O设备指令	323
8.2.5	脉冲输出指令 (PLS、PLF)	294	8.4.10	外部串口设备指令	324
8.2.6	置位与复位指令 (SET、RST)	295	8.4.11	浮点数运算指令	325
8.2.7	逻辑反、空操作与结束指令 (INV、NOP、END)	296	8.4.12	触点比较指令	327
8.3	基本指令应用	297	8.5	功能指令应用实例	329
8.3.1	单键启停控制 (乒乓控制)	297	8.6	步进梯形图指令	339
8.3.2	定时器和计数器应用	298	8.7	模拟量模块相关指令应用实例	341
8.3.3	取代特殊继电器的梯形图	300	8.7.1	FX2N-4AD 模块	341
8.3.4	电动机的控制	301	8.7.2	FX2N-4DA 模块	342
			8.7.3	FX3U-4AD-ADP 模块	344
			8.7.4	FX3U-3A-ADP 模块	346

第 4 篇 PLC 编程高级应用

09

第 9 章

PLC 的编程方法与调试

350

- | | | | |
|------------------|-----|-------------------------|-----|
| 9.1 功能图 | 350 | 9.2.3 利用基本指令编写梯形图程序 | 359 |
| 9.1.1 功能图的画法 | 350 | 9.2.4 利用功能指令编写逻辑控制程序 | 366 |
| 9.1.2 梯形图编程的原则 | 355 | 9.2.5 利用复位和置位指令编写逻辑控制程序 | 371 |
| 9.2 逻辑控制的梯形图编程方法 | 357 | 9.3 实例 | 376 |
| 9.2.1 经验设计法 | 357 | | |
| 9.2.2 功能图设计法 | 359 | | |

10

第 10 章

PLC 的工艺功能及应用

385

- | | | | |
|---|-----|--------------------------------------|-----|
| 10.1 PID 控制简介 | 385 | 10.2.1 西门子 S7-200 SMART PLC 高速计数器的简介 | 396 |
| 10.1.1 PID 控制原理简介 | 385 | 10.2.2 三菱 FX 系列 PLC 高速计数器的简介 | 401 |
| 10.1.2 PID 控制器的参数整定 | 388 | 10.2.3 高速计数器的应用 | 403 |
| 10.1.3 利用西门子 S7-200 SMART PLC 进行电炉的温度控制 | 391 | 10.2.4 高速计数器在转速测量中的应用 | 405 |
| 10.2 高速计数器的应用 | 396 | | |

11

第 11 章

PLC 在运动控制中的应用

416

- | | | | |
|-------------------------------------|-----|--|-----|
| 11.1 西门子 S7-200 SMART PLC 的运动控制及其应用 | 416 | 11.1.2 西门子 S7-200 SMART PLC 的高速输出点控制步进驱动系统 | 421 |
| 11.1.1 西门子 S7-200 SMART PLC 的运动控制基础 | 416 | 11.1.3 西门子 S7-200 SMART PLC 的高速输出点控制伺服系统 | 428 |

11.2 三菱 FX PLC 的运动控制 及其应用	452	驱动系统	452
11.2.1 三菱 FX PLC 控制步进		11.2.2 三菱 FX PLC 控制伺服 驱动系统	453

12

第 12 章

PLC 的通信及其应用

457

12.1 通信基础知识	457	通信	485
12.1.1 通信的基本概念	457	12.5 PROFIBUS 通信	490
12.1.2 RS485 标准串行接口	458	12.5.1 PROFIBUS 通信概述	490
12.1.3 PLC 网络的术语解释	459	12.5.2 西门子 S7-200 SMART PLC 与 S7-300/400 PLC 之间的 PROFIBUS-DP 通信	492
12.2 西门子 S7-200 SMART PLC 自由口通信	460	12.6 三菱 FX 系列 PLC 的 N : N 网络通信	499
12.2.1 西门子 S7-200 SMART PLC 自由口通信介绍	460	12.6.1 相关的标志和数据寄存器 的说明	499
12.2.2 西门子 S7-200 SMART PLC 之间的自由口通信	463	12.6.2 参数设置	500
12.2.3 西门子 S7-1200 PLC 与 S7-200 SMART PLC 之间 的自由口通信	468	12.6.3 实例讲解	500
12.3 以太网通信	471	12.7 无协议通信	501
12.3.1 工业以太网通信简介	471	12.7.1 无协议通信基础	501
12.3.2 西门子 S7-200 SMART PLC 与 HMI 之间的以太网 通信	473	12.7.2 西门子 S7-200 SMART PLC 与三菱 FX 系列 PLC 之间的 无协议通信	503
12.3.3 西门子 S7-200 SMART PLC 之间的以太网通信	476	12.8 CC-Link 通信	507
12.4 Modbus 通信	479	12.8.1 CC-Link 家族	507
12.4.1 Modbus 通信概述	479	12.8.2 CC-Link 通信的应用	508
12.4.2 西门子 S7-200 SMART PLC 之间的 Modbus 串行通信	480	12.9 PLC 与变频器通信	514
12.4.3 西门子 S7-200 SMART PLC 之间的 Modbus_TCP		12.9.1 西门子 S7-200 SMART PLC 与 G120 变频器之间 的 USS 通信	514
		12.9.2 三菱 FX3U PLC 与 FR-E740 变频器之间的 PU 通信	519

13

第13章

PLC、触摸屏、变频器和伺服系统工程应用 522

13.1 行车呼叫系统 PLC 控制	522	13.3 步进电动机自动正反转 PLC 控制	540
13.1.1 采用西门子 S7-200 SMART PLC 方案	523	13.3.1 采用西门子 S7-200 SMART PLC 方案	540
13.1.2 采用三菱 FX3U PLC 方案	528	13.3.2 采用三菱 FX3U PLC 方案	548
13.2 送料小车自动往复运动的 PLC 控制	534	13.4 定长剪切机 PLC 控制	549
13.2.1 采用西门子 S7-200 SMART PLC 方案	534	13.5 物料搅拌机的 PLC 控制	555
13.2.2 采用三菱 FX3U PLC 方案	538	13.5.1 硬件系统集成	555
		13.5.2 编写 PLC 程序	556
		13.5.3 设计触摸屏项目	559

参考文献 562

第1篇

PLC 编程基础



PLC

The image shows the letters 'PLC' in a bold, 3D, metallic font. The letters are set against a background of wavy, horizontal lines that create a sense of depth and movement. The lighting is dramatic, highlighting the edges and creating strong shadows.

第 1 章

电气控制基础



低压电器通常是指用于交流 50Hz (60Hz)、额定电压 1200V 或以下和直流额定电压 1500V 或以下的电路中,起通断、保护、控制或调节作用的电器。

学习本章主要掌握开关电器、接触器、继电器、主令电器、传感器和变送器等低压电器的功能、符号和选型,了解开关电器、接触器和继电器等低压电器的工作原理,掌握配线的方法。

掌握电气原理图的识读方法,掌握继电接触器控制电路的基本控制规律,掌握三相异步电动机的启动、正/反转、制动与调速和电气控制系统常用的保护环节。本章的内容是 PLC 控制回路识图的基础,十分重要。

1.1 低压开关电器

开关电器 (Switching Device) 是指用于接通或分断一个或几个电路中电流的电器。一个开关电器可以完成一个或者两个操作。它是最普通、使用最早的电器之一,常用的有刀开关、隔离开关、负荷开关、组合开关、断路器等。

1.1.1 刀开关

刀开关 (Knife Switch) 是带有刀形动触点,在闭合位置与底座上的静触点相契合的开关。它是最普通、使用最早的电器之一,俗称闸刀开关。

(1) 刀开关的功能

低压刀开关的作用是不频繁地手动接通和分断容量较小的交、直流低压电路,或者起隔离作用。刀开关如图 1-1 所示,其图形及文字符号如图 1-2 所示。

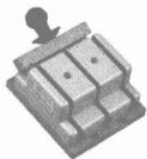


图1-1 刀开关

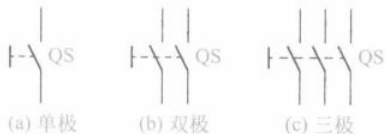


图1-2 刀开关的图形及文字符号

(2) 刀开关的分类

刀开关结构简单,由手柄、刀片、触点、底板等组成。

刀开关的主要类型有大电流刀开关、负荷开关和熔断器式刀开关。常用的产品有HD11~HD14和HS11~HS13系列刀开关。按照极数分类,刀开关通常分为单极、双极和三极3种。

(3) 刀开关的选用原则

① 刀开关结构形式的选择 刀开关结构形式应根据刀开关的作用和装置的安装形式来选择,如果刀开关用于分断负载电流,应选择带灭弧装置的刀开关。根据装置的安装形式可选择是否是正面、背面或侧面操作形式,是直接操作还是杠杆传动,是板前接线还是板后接线的结构形式。

② 刀开关额定电流的选择 刀开关的额定电流一般应等于或大于所分断电路中各个负载额定电流的总和。对于电动机负载,考虑其启动电流,应选用刀开关的额定电流不小于电动机额定电流的3倍。

③ 刀开关额定电压的选择 刀开关的额定电压一般应等于或大于电路中的额定电压。

④ 刀开关型号的选择 HD11、HS11用于磁力站中,不切断带有负载的电路,仅起隔离电流作用。

HD12、HS12用于正面侧方操作前面维修的开关柜中,其中有灭弧装置的刀开关可以切断带有额定电流以下的负载电路。

HD13、HS13用于正面后方操作前面维修的开关柜中,其中有灭弧装置的刀开关可以切断带有额定电流以下的负载电路。

HD14用于配电柜中,其中有灭弧装置的刀开关可以带负载操作。

另外,在选用刀开关时,还应考虑所需极数、使用场合、电源种类等。

(4) 注意事项

① 在接线时,刀开关上面的接线端子应接电源线,下方的接线端子应接负荷线。

② 在安装刀开关时,处于合闸状态时手柄应向上,不得倒装或平装;如果倒装,拉闸后手柄可能因自重下落引起误合闸,造成人身和设备安全事故。

③ 分断负载时,要尽快拉闸,以减小电弧的影响。

④ 使用三相刀开关时,应保证合闸时三相触点同时合闸,若有一相没有合闸或接触不良,会造成电动机因缺相而烧毁。

⑤ 更换保险丝,应该在开关断电的情况下进行,不能用铁丝或者铜丝代替保险丝。

【例1-1】刀开关和隔离开关是否可以互相替换使用?

【解】通常不可以。隔离开关是指在断开位置上,能符合规定的隔离功能要求的一种机械开关电器,其作用是当电源切断后,保持有效的隔离距离,可以保证维修人员的安全,隔离开关通常不带载荷通断电路。刀开关一般不用作隔离器,因为它不具备隔离功能,但刀开关可以带小载荷通断电路。

当然,隔离开关也是一种特殊的刀开关,当满足隔离功能时,刀开关也可以用来隔离电源。

1.1.2 低压断路器

断路器(Circuit-Breaker)是指能接通、承载以及分断正常电路条件下的电流,也能

在规定的非正常电路条件（例如短路条件）下接通、承载一定时间和分断电流的一种机械开关电器，过去叫作自动空气开关，为了和 IEC（国际电工委员会）标准一致，改名为断路器。低压断路器如图 1-3 所示。

（1）低压断路器的功能

低压断路器是将控制电器和保护电器的功能合为一体的电器，其图形及文字符号如图 1-4 所示。在正常条件下，它常作为不频繁接通和断开的电路以及控制电动机的启动和停止。它常用作总电源开关或部分电路的电源开关。

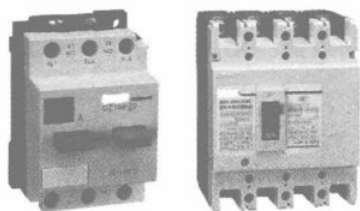
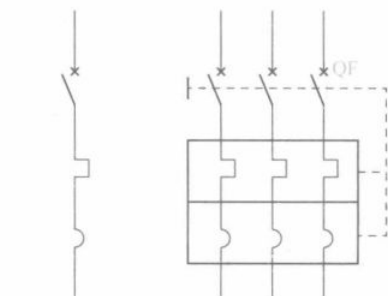


图1-3 低压断路器



(a) 单极断路器 (b) 三极断路器

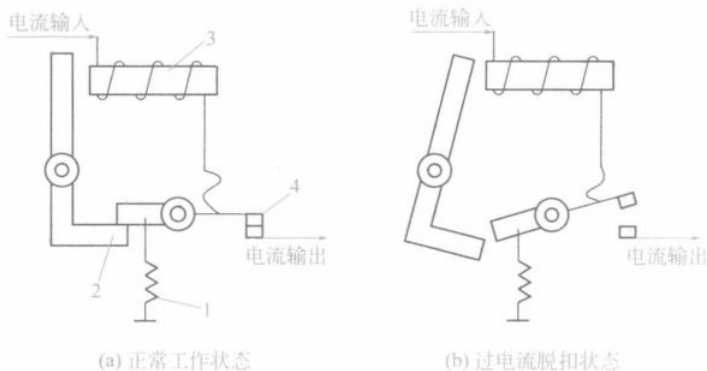
图1-4 低压断路器的图形及文字符号

断路器的动作值可调，同时具备过载和保护两种功能，当电路发生过载、短路或欠压等故障时能自动切断电路，有效地保护串接在它后面的电气设备。其安装方便，分断能力强，特别在分断故障电流后一般不需要更换零部件，这是大多数熔断器不具备的优点。因此，低压断路器使用越来越广泛。低压断路器能同时起到热继电器和熔断器的作用。

（2）低压断路器的结构和工作原理

低压断路器的种类虽然很多，但结构基本相同，主要由触点系统和灭弧装置、各种脱扣器与操作机构、自由脱扣机构部分组成。各种脱扣器包括过流、欠压（失压）脱扣器，热脱扣器等。灭弧装置因断路器的种类不同而不同，常采用狭缝式和去离子灭弧装置，塑料外壳式的灭弧装置采用硬钢纸板嵌上栅片制成。

当电路发生短路或过流故障时，过流脱扣器的电磁铁吸合衔铁，使自由脱扣机构的钩子脱开，自动开关触点在弹簧力的作用下分离，及时有效地切除高达数十倍额定电流的故障电流，如图 1-5 所示。当电路过载时，热脱扣器的热元件发热，使双金属片上弯曲，推



(a) 正常工作状态

(b) 过电流脱扣状态

图1-5 低压断路器工作原理图（过电流保护）

1—弹簧；2—脱扣机构；3—电磁铁线圈；4—触点