

▶ 高等学校应用型本科“十三五”规划教材



- 以实验为基础，通过实例介绍GE PAC相关技术
- 对相关基础知识薄弱的读者同样适用

# 电气控制 可编程自动化控制器应用技术

## — GE PAC



主 编 刘忠超 肖东岳  
副主编 孙同东 祁邨邨  
主 审 何东健



西安电子科技大学出版社  
<http://www.xduph.com>

高等学校应用型本科“十三五”规划教材

# 电气控制与 可编程自动化控制器应用技术 ——GE PAC

主 编 刘忠超 肖东岳  
副主编 孙同东 祁邨邨  
主 审 何东健

西安电子科技大学出版社

## 内容简介

本书介绍了GE公司可编程自动化控制器(PAC)技术的基础知识,内容包括电气控制基础、可编程控制器概述,以及GE智能平台硬件系统、编程软件与指令系统、人机界面与iFIX组态和GE智能平台综合应用。

本书以培养综合应用型人才为目的,注重实际操作,实用性强,便于读者学习掌握。书中图文并茂,通过大量的实例对相关知识进行了详细介绍,所有内容均以实验为基础,通过实验、实例使读者能够快速掌握GE可编程自动化控制器(PAC)的相关技术,即使没有相关基础知识的读者也可以通过本书内容掌握GE可编程自动化控制器(PAC)的基本应用。

本书可作为高等院校电气工程及其自动化、自动化、检测技术及仪表、机电一体化等相关专业开设的可编程控制器原理及应用、电气控制与PLC等课程的教学用书,也可作为工程技术人员的培训和自学用书。

## 图书在版编目(CIP)数据

电气控制与可编程自动化控制器应用技术:GE PAC/刘忠超,肖东岳主编.

—西安:西安电子科技大学出版社,2016.1

高等学校应用型本科“十三五”规划教材

ISBN 978-7-5606-3904-8

I. ①电… II. ①刘… ②肖… III. ①电气控制—高等学校—教材 ②可编程序控制器—高等学校—教材 IV. ①TM921.5 ②TP332.3

## 中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第281789号

策划编辑 李惠萍 戚文艳

责任编辑 杨 璠

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西华沐印刷科技有限责任公司

版 次 2016年1月第1版 2016年1月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印张 14.5

字 数 338千字

印 数 1~3000册

定 价 26.00元

ISBN 978-7-5606-3904-8/TM

**XDUP 4196001-1**

\* \* \* 如有印装问题可调换 \* \* \*

西安电子科技大学出版社  
高等学校应用型本科“十三五”规划教材

## 编 审 专 家 委 员 会 名 单

主 任：鲍吉龙(宁波工程学院副院长、教授)

副主任：彭 军(重庆科技学院电气与信息工程学院院长、教授)

张国云(湖南理工学院信息与通信工程学院院长、教授)

刘黎明(南阳理工学院软件学院院长、教授)

庞兴华(南阳理工学院机械与汽车工程学院副院长、教授)

### 电子与通信组

组 长：彭 军(兼)

张国云(兼)

成 员：(成员按姓氏笔画排列)

王天宝(成都信息工程学院通信学院院长、教授)

安 鹏(宁波工程学院电子与信息工程学院副院长、副教授)

朱清慧(南阳理工学院电子与电气工程学院副院长、教授)

沈汉鑫(厦门理工学院光电与通信工程学院副院长、副教授)

苏世栋(运城学院物理与电子工程系副主任、副教授)

杨光松(集美大学信息工程学院副院长、教授)

钮王杰(运城学院机电工程系副主任、副教授)

唐德东(重庆科技学院电气与信息工程学院副院长、教授)

谢 东(重庆科技学院电气与信息工程学院自动化系主任、教授)

楼建明(宁波工程学院电子与信息工程学院副院长、副教授)

湛腾西(湖南理工学院信息与通信工程学院教授)

### 机电组

组 长：庞兴华(兼)

成 员：(成员按姓氏笔画排列)

丁又青(重庆科技学院机械与动力工程学院副院长、教授)

王志奎(南阳理工学院机械与汽车工程学院系主任、教授)

刘振全(天津科技大学电子信息与自动化学院副院长、副教授)

何高法(重庆科技学院机械与动力工程学院院长助理、教授)

胡文金(重庆科技学院电气与信息工程学院系主任、教授)

# 前 言

本书根据高等教育的发展特点,从培养综合应用型人才的角度出发组织教材内容,通过大量的实例由浅入深地对 GE 智能平台的相关知识进行了较全面的介绍。本书主要内容包括电气控制的基础知识、GE 智能平台 PAC 产品的软硬件系统、编程指令系统、人机界面及组态技术、综合应用等。其中,第 1 章为 PLC 电气控制的相关知识,这是实现 PAC 控制系统的硬件系统的必备知识;第 2 章主要介绍可编程控制器的基础知识,包括 PLC 的产生和发展、基本组成和工作原理;第 3 章为 GE 智能平台硬件结构,主要介绍 GE 智能平台 PAC-Systems RX3i 硬件系统;第 4 章为 GE 智能平台编程软件 Proficy Machine Edition 的使用方法;第 5 章为 GE 智能平台的指令系统;第 6 章为 GE 智能平台人机界面与组态技术,主要介绍 GE 智能平台 QuickPanel View/Control 与 iFIX 组态软件;第 7 章给出了 PAC 的两个综合应用实例,以方便读者掌握 GE PAC 工程项目设计方法和设计理念。

本书由南阳理工学院刘忠超、肖东岳,南阳市广播电视网络中心孙同东和南阳医学高等专科学校祁邨邨老师共同编著,刘忠超、肖东岳任主编,孙同东、祁邨邨任副主编。孙同东编写了第 1 章的 1.1、1.2 和 1.3 节,祁邨邨编写了第 1 章的 1.4 节和第 2 章,刘忠超编写了第 3 章的 3.1、3.2 节和第 6 章、第 7 章,肖东岳编写第 3 章的 3.3 节和第 4 章、第 5 章。西北农林科技大学水建学院许景辉博士编写了本书的部分实例程序并对所有程序进行了实践论证。本书还得到了南阳理工学院朱清慧、翟天嵩、盖晓华、崔世林、刘尚争、田金云、刘增磊、杨旭的指导与帮助。全书由刘忠超统稿。

本书由西北农林科技大学机电学院何东健教授主审,在此对何教授及其他所有对本书出版给予帮助和支持的老师、朋友表示衷心的感谢!

本书配套制作了相应的电子课件,读者如果需要请发电子邮件至 liuzhongchao2008@sina.com 索取相关资料。

由于编者水平有限,书中难免出现疏漏之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

2015 年 11 月

# 目 录

<b>第 1 章 电气控制基础</b> .....	1
1.1 常用低压电器 .....	1
1.1.1 刀开关 .....	2
1.1.2 熔断器 .....	4
1.1.3 断路器 .....	6
1.1.4 接触器 .....	8
1.1.5 控制继电器 .....	9
1.1.6 主令电器 .....	16
1.2 电气图中的图形符号和文字符号 .....	20
1.2.1 电器的文字符号 .....	20
1.2.2 电器的图形符号 .....	21
1.3 电气图基本知识 .....	26
1.4 三相异步电动机的基本控制电路 .....	28
1.4.1 基本控制环节 .....	28
1.4.2 三相异步电动机的启动控制 .....	31
1.4.3 三相异步电动机的制动控制 .....	33
1.4.4 三相异步电动机的调速控制线路 .....	34
习题 .....	36
<b>第 2 章 可编程控制器概述</b> .....	37
2.1 PLC 简述 .....	37
2.1.1 PLC 的产生 .....	37
2.1.2 PLC 的定义 .....	38
2.1.3 PLC 的分类 .....	38
2.1.4 PLC 的发展 .....	40
2.1.5 PLC 的特点 .....	41
2.1.6 PLC 的主要性能指标 .....	42

2.2	PLC 硬件组成	43
2.3	PLC 编程环境和工作原理	45
2.3.1	PLC 编程环境	45
2.3.2	PLC 编程语言及编程软件	46
2.3.3	PLC 的工作原理	48
2.4	PLC 产品概况及发展趋势	50
2.5	PAC 自动化控制器	51
2.5.1	PAC 概念的提出	51
2.5.2	PAC 的特征	53
2.5.3	GE PACSystems 系统	53
	习题	54
<b>第 3 章</b>	<b>GE 智能平台硬件系统</b>	<b>55</b>
3.1	PACSystems RX3i 硬件概述	55
3.1.1	PACSystems RX3i 背板	56
3.1.2	电源模块	57
3.1.3	CPU 模块	58
3.1.4	以太网接口模块	59
3.2	PACSystems RX3i 信号模块	60
3.2.1	PACSystems RX3i 数字量输入模块	60
3.2.2	PACSystems RX3i 数字量输出模块	61
3.2.3	PACSystems RX3i 模拟量输入模块	63
3.2.4	PACSystems RX3i 模拟量输出模块	66
3.3	PAC 特殊功能模块	68
3.3.1	串行总线传输模块	68
3.3.2	PAC 高速计数器模块	70
3.3.3	PAC 运动控制模块	73
	习题	74
<b>第 4 章</b>	<b>GE 智能平台编程软件 PME</b>	<b>75</b>
4.1	PAC 编程软件概述	75
4.2	PAC 编程软件的安装	76
4.3	PAC 编程软件的使用	79
4.4	PME 工程建立	86

4.5	PME 硬件组态 .....	88
4.6	PME 程序编写 .....	93
4.6.1	创建用户自定义文件夹 .....	94
4.6.2	定义逻辑块执行方式 .....	94
4.6.3	梯形图编辑器(LD EDITOR) .....	95
4.6.4	语句表编辑器(IL EDITOR) .....	97
4.7	PME 通信建立与程序下载 .....	101
4.8	PME 程序备份、删除和恢复 .....	104
4.9	PME 使用注意问题 .....	105
	习题 .....	109
<b>第 5 章</b>	<b>PAC 指令系统 .....</b>	<b>110</b>
5.1	PAC 指令系统概述 .....	110
5.2	PAC 内部资源 .....	111
5.2.1	PAC 存储区域 .....	111
5.2.2	PAC 系统参考变量 .....	112
5.3	PAC 继电器触点和线圈逻辑指令 .....	116
5.3.1	继电器触点指令 .....	116
5.3.2	继电器线圈指令 .....	119
5.3.3	继电器指令应用举例 .....	120
5.4	PAC 定时器和计数器指令 .....	124
5.4.1	定时器指令 .....	124
5.4.2	计数器指令 .....	127
5.4.3	定时器/计数器应用举例 .....	129
5.5	PAC 关系运算和数学运算指令 .....	132
5.5.1	关系运算指令 .....	132
5.5.2	数学运算指令 .....	134
5.6	PAC 数据操作和位操作指令 .....	138
5.6.1	数据操作指令 .....	138
5.6.2	位操作指令 .....	142
5.7	PAC 其他功能指令 .....	147
	习题 .....	150



<b>第 6 章 PAC 人机界面与 iFIX 组态</b> .....	152
6.1 人机界面与组态软件介绍 .....	152
6.1.1 人机界面与触摸屏 .....	152
6.1.2 人机界面的组成 .....	153
6.2 PAC 人机界面的基本结构 .....	153
6.3 PAC 人机界面的工程应用 .....	156
6.4 iFIX 组态软件介绍 .....	165
6.4.1 iFIX 结构 .....	166
6.4.2 iFIX 软件安装 .....	167
6.4.3 iFIX 工作台 .....	170
6.4.4 iFIX 工作台配置 .....	172
6.4.5 iFIX 工程保存和备份 .....	173
6.4.6 iFIX 工程实例 .....	176
6.5 iFIX 与 PACSystems RX3i 的通信 .....	180
6.5.1 GE9 I/O 驱动器的安装 .....	180
6.5.2 GE9 I/O 驱动器的配置 .....	182
习题 .....	187
<b>第 7 章 PAC 综合应用</b> .....	188
7.1 加工中心刀库捷径方向选择与控制 .....	188
7.1.1 任务要求 .....	188
7.1.2 任务实现 .....	189
7.1.3 触摸屏与 PAC 的通信控制 .....	193
7.1.4 iFIX 与 PAC 的通信控制 .....	198
7.1.5 设计中出现的问题与解决方法 .....	203
7.2 三层电梯控制 .....	204
7.2.1 任务要求 .....	204
7.2.2 任务实现 .....	204
7.2.3 触摸屏与 PAC 的通信控制 .....	214
习题 .....	220
<b>参考文献</b> .....	222

# 第1章 电气控制基础

电气控制技术的研究对象是以各类电动机为动力的传动装置与系统,其目的是实现生产过程的自动化控制。本章主要介绍电气控制的基本原理和基本线路,其中继电器-接触器控制系统至今仍是许多生产机械设备广泛采用的基本电气控制形式,也是学习更先进的电气控制系统的基础。

## 1.1 常用低压电器

低压电器被广泛地应用于工业电气和建筑电气的控制系统中,它是实现继电器-接触器控制的主要电器元件。通常将额定工作电压规定在交流 1200 V、直流 1500 V 以下,在电路中起通断、保护、控制或调节等作用的电气设备(器件)总称为低压电器。

低压电器种类繁多,功能各样,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,下面介绍几种常用的分类方法。

### 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。对这类电器的要求是系统发生故障时可以准确动作、可靠工作,在规定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。对这类电器的要求是寿命长、体积小、重量轻且动作迅速、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。这类电器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。

### 1.1.1 刀开关

刀开关是一种手动电器，常用的刀开关有 HD 型单投刀开关、HS 型双投刀开关、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、HH 型铁壳开关等。

HD 型单投刀开关、HS 型双投刀开关、HR 型熔断器式刀开关主要用于在成套配电装置中作为隔离开关，装有灭弧装置的刀开关也可以控制一定范围内的负荷线路。作为隔离开关的刀开关的容量比较大，其额定电流在 100~1500 A 之间，主要用于供配电线路的电源隔离。隔离开关没有灭弧装置，不能操作带负荷的线路，只能操作空载线路或电流很小的线路，如小型空载变压器、电压互感器等。操作时应注意，停电时应将线路的负荷电流用断路器、负荷开关等开关电器切断后再将隔离开关断开，送电时操作顺序相反。隔离开关断开时有明显的断开点，有利于检修人员的停电检修工作。隔离刀开关由于控制负荷能力很小，也没有保护线路的功能，所以通常不能单独使用，一般要和能切断负荷电流和故障电流的电器(如熔断器、断路器和负荷开关等电器)一起使用。

HZ 型组合开关、HK 型闸刀开关一般用于电气设备及照明线路的电源开关。HY 型倒顺开关、HH 型铁壳开关装有灭弧装置，一般可用于电气设备的启动、停止控制。

#### 1. HD 型单投刀开关

HD 系列单投刀、HS 系列双投刀开关适用于交流频率至 50 Hz、额定电压至 380 V、直流电压至 440 V、额定电流至 1500 A 的成套配电装置中，用于不频繁地手动接通和分断交、直流电路或作隔离开关用。HD 型单投刀开关按极数分为一极、二极、三极和四极四种。HD 型单投刀开关实物图如图 1-1 所示。

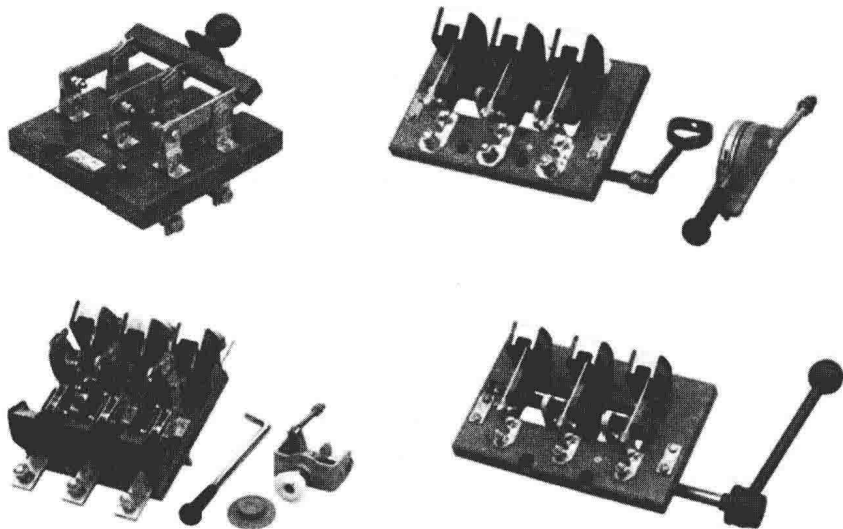


图 1-1 HD 型单投刀开关实物图

图 1-2 中(a)~(c)为刀开关的图形符号和文字符号。其中图 1-2(a)为一般图形符号，(b)为手动操作开关符号，(c)为三极单投刀开关符号。



图 1-2 HD 型单投刀开关图形符号

当刀开关用作隔离开关时，其图形符号上加有一横杠，如图 1-3(a)、(b)、(c) 所示。

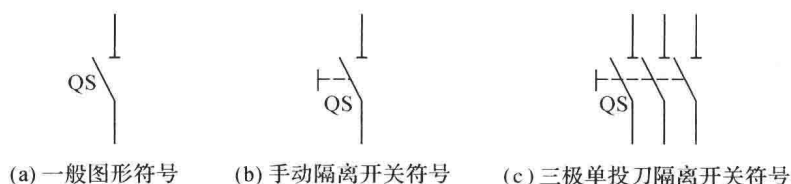
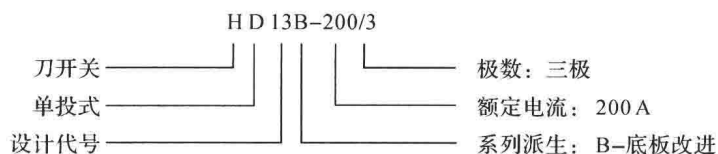


图 1-3 HD 型单投刀开关图形符号(作隔离开关用)

单投刀开关的型号含义如下：



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

## 2. HS 型双投刀开关

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，其实物图及图形符号如图 1-4 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。

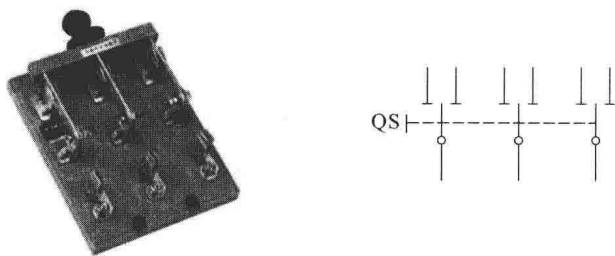


图 1-4 HS 型双投刀开关实物图及图形符号

## 3. 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。刀熔开关简化了供电线路，操作方便，在供配电线路上应用很广泛，其实物图及图形符号如图 1-5 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。

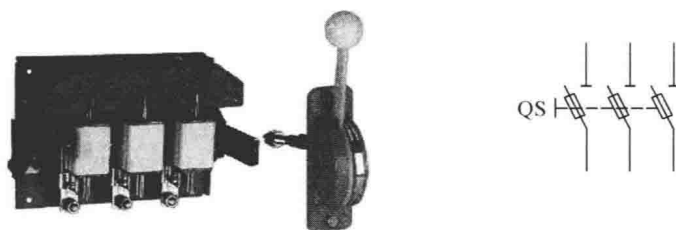


图 1-5 HR 型熔断器式刀开关实物图及图形符号

#### 4. 组合开关

组合开关又称转换开关，控制容量比较小，结构紧凑，常用于空间比较狭小的场所，如机床和配电箱等。组合开关一般用于电气设备的非频繁操作、切换电源和负载以及控制小容量感应电动机和小型电器。

组合开关由动触点、静触点、绝缘连杆转轴、手柄、定位机构及外壳等部分组成。其动、静触点分别叠装于数层绝缘壳内，当转动手柄时，每层的动触片随转轴一起转动。

组合开关常用的产品型号有 HZ5、HZ10 和 HZ15 系列。HZ5 系列是类似万能转换开关的产品，其结构与一般转换开关有所不同。组合开关有单极、双极和多极之分。

组合开关的实物图及图形符号如图 1-6 所示。



图 1-6 组合开关实物图和图形符号

### 1.1.2 熔断器

熔断器在电路中主要起短路保护的作用，用于保护线路。熔断器的熔体串接于被保护的电路中，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。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、分断能力较高、限流能力良好等优点，因此在电路中得到广泛应用。

#### 1. 熔断器的结构原理及分类

熔断器由熔体和安装熔体的绝缘底座(或称熔管)组成。熔体由易熔金属材料铅、锌、锡、铜、银及其合金制成，形状常为丝状或网状。由铅锡合金和锌等低熔点金属制成的熔体，因不易灭弧，多用于小电流电路；由铜、银等高熔点金属制成的熔体，易于灭弧，多用于大电流电路。

熔断器串接于被保护电路中，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，即电流越大，则熔体熔断时间越短，这种特性称为熔断器的反时限保护特性或安秒特性，如图 1-7 所示。图中  $I_N$  为熔断器额定电流，熔体允许长期通过额定电流而不熔断。

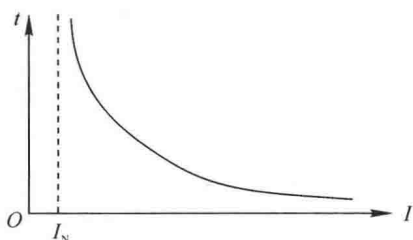


图 1-7 熔断器的反时限保护特性

熔断器种类很多，按结构分为开启式、半封闭式和封闭式；按有无填料分为有填料式、无填料式；按用途分为工业用熔断器、保护半导体器件熔断器及自复式熔断器等。

## 2. 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：指保证熔断器能长期正常工作的电压。

(2) 熔体额定电流：指熔体长期通过电流而不会被熔断的电流。

(3) 熔断器额定电流：指保证熔断器能长期正常工作的电流。

(4) 极限分断能力：指熔断器在额定电压下所能分断的最大短路电流。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。

## 3. 常用的熔断器

(1) 插入式熔断器。插入式熔断器如图 1-8(a)所示。常用的产品为 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。螺旋式熔断器如图 1-8(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，其中 RL6 和 RL7 多用于机床配电电路中；RLS2 为快速熔断器，主要用于保护半导体元件。

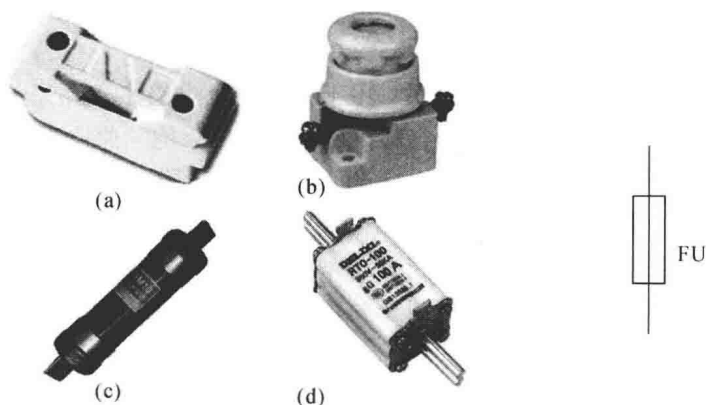


图 1-8 熔断器类型及图形符号

(3) RM10 型密封管式熔断器。RM10 型密封管式熔断器为无填料管式熔断器，如图 1-8(c)所示。该类熔断器主要用于供配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，熔体会先熔断，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) RT 型有填料密封管式熔断器。RT 型有填料密封管式熔断器如图 1-8(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，RS3 系列为快速熔断器，主要用于保护半导体元件。

#### 4. 熔断器的选择

(1) 低压熔断器的类型选择。可依据负载的保护特性、短路电流的大小和使用场合选择熔断器。一般按电网电压选用相应电压等级的熔断器，按配电系统中可能出现的最大短路电流选择有相应分断能力的熔断器，根据被保护负载的性质和容量选择熔体的额定电流。

(2) 低压熔断器的容量选择可依据不同的电气设备和线路进行。

① 照明回路冲击电流很小，所以熔断器的选用系数应尽量小一些。

$$I_{RN} \geq I \quad \text{或} \quad I_{RN} = (1.1 \sim 1.5)I$$

式中： $I_{RN}$  为熔体的额定电流(A)； $I$  为电器的实际工作电流(A)。

② 单台电动机负载电气回路中有冲击电流，熔断器的选用系数应尽量大一些。

$$I_{RN} \geq (1.5 \sim 2.5)I$$

③ 多台电动机负载电气回路中，应考虑电动机有同时启动的可能性，所以熔断器的选用应遵循下列原则。

$$I_{RN} = (1.5 \sim 2.5)I_{Nm} + \sum I_N$$

式中： $I_{Nm}$  为设备中最大的一台电动机的额定电流(A)； $I_N$  为设备中去除最大一台电动机后其他电动机的额定电流之和(A)。

低压熔断器在选用时应严格注意级间的保护原则，切忌发生越级保护的现象，选用中除了依据供电回路短路电阻外，还应适当考虑上下级的级差，一般级差为 1~2 级。

### 1.1.3 断路器

低压断路器俗称自动开关或空气开关，用于低压配电电路中不频繁的通断控制。在电路发生短路、过载或欠电压等故障时能自动分断故障电路，是一种控制兼保护电器。

断路器的种类繁多，按其用途和结构特点可分为 DW 型框架式断路器、DZ 型塑料外壳式断路器、DS 型直流快速断路器和 DWX 型、DWZ 型限流式断路器等。框架式断路器主要用作配电线路的保护开关，而塑料外壳式断路器除可用作配电线路的保护开关外，还可用作电动机、照明电路及电热电路的控制开关。

#### 1. 断路器的结构和工作原理

断路器主要由三个基本部分组成，即触点、灭弧系统和各种脱扣器，包括过电流脱扣器、热脱扣器、失压(欠电压)脱扣器、分励脱扣器和自由脱扣器。

图 1-9 是断路器实物图及图形符号。断路器开关是靠操作机构手动或电动合闸的，触点闭合后，自由脱扣机构将触点锁在合闸位置上。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。分励脱扣器则作为远距离控制分断

电路之用。

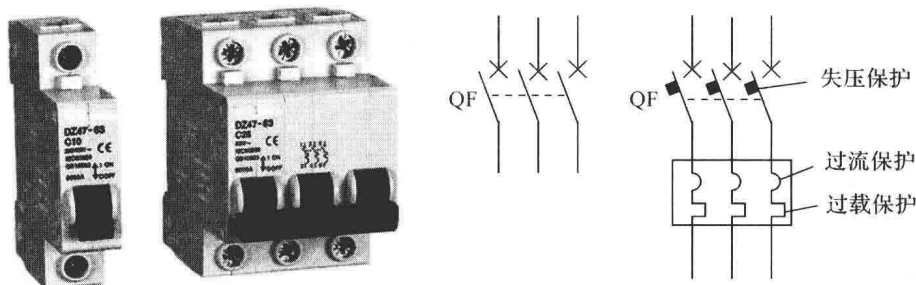


图 1-9 断路器实物图及图形符号

(1) 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，实现断路器跳闸。

(2) 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。

(3) 失压(欠电压)脱扣器用于失压保护，如图 1-9 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，弹簧启动铁芯向上使挂钩脱扣，实现断路器跳闸。

(4) 分励脱扣器用于远距离跳闸，当在远处按下按钮时，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 1-9 所示，断路器图形符号中标注了失压、过负荷、过电流三种保护方式。

## 2. 低压断路器的选择原则

低压断路器的选择应从以下几方面考虑：

(1) 断路器类型的选择应根据使用场合和保护要求来确定。如一般选用塑壳式；短路电流很大时选用限流型；额定电流比较大或有选择性保护要求时选用框架式；控制和保护含有半导体器件的直流电路时应选用直流快速断路器等。

(2) 断路器额定电压、额定电流应大于或等于线路、设备的正常工作电压、工作电流。

(3) 断路器极限通断能力应大于或等于电路最大短路电流。

(4) 欠电压脱扣器额定电压应等于线路额定电压。

(5) 过电流脱扣器的额定电流应大于或等于线路的最大负载电流。

(6) 低压断路器的容量选择要综合考虑短路、过载时的保护特性。

① 单台电动机的过流保护应按下式计算：

$$I_{\text{SZD}} \geq KI_{\text{SN}}$$

式中： $I_{\text{SZD}}$ 为瞬时或短时过电流脱扣器整定电流值(A)； $K$ 为可靠系数，对动作时间大于0.02 s的断路器， $K$ 取1.35；对动作时间小于0.02 s的断路器， $K$ 取1.7~2.0； $I_{\text{SN}}$ 为电动机的启动电流(A)。

② 多台电动机的过流保护应按下式计算：

$$I_{\text{SZD}} \geq 1.35(I_{\text{SNmax}} + \sum I)$$

式中： $I_{\text{SNmax}}$ 为最大的电动机启动电流(A)； $\sum I$ 为其余电动机工作电流之和(A)。



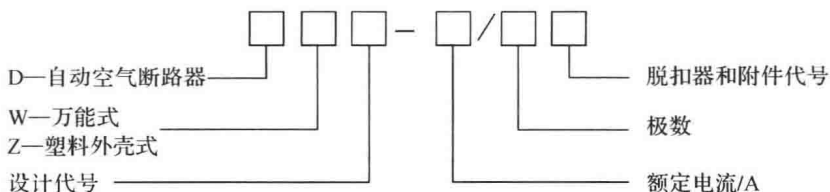
③ 单台电动机的过载保护应按下式计算：

$$I_{gzd} > KI_{js}$$

式中： $I_{gzd}$ 为过载电流的整定值(A)； $K$ 为可靠系数，一般取 0.9~1.1； $I_{js}$ 为线路的计算电流或实际电流(A)。

### 3. 低压断路器的型号种类

低压断路器的结构和型号种类很多，目前我国常用的有 DW 和 DZ 系列。DW 型也叫万能式空气开关，DZ 型叫塑料外壳式空气开关，其产品代号含义如下：



应注意的是，不同型号的低压断路器分别具有不同的保护机构和参数的整定方法，使用时应根据电路的保护要求选择其型号并进行参数的整定。

#### 1.1.4 接触器

接触器主要用于控制电动机、电热设备、电焊机、电容器组等，能频繁地接通或断开交直流主电路，实现远距离自动控制。它具有低电压释放保护功能，在电力拖动自动控制线路中被广泛应用。

接触器有交流接触器和直流接触器两大类型，下面介绍交流接触器。

图 1-10 所示为交流接触器的结构示意图及图形符号。

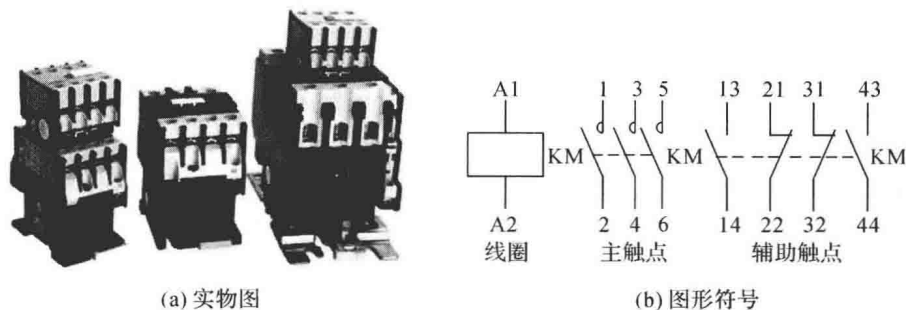


图 1-10 交流接触器实物图及图形符号

#### 1. 交流接触器的组成部分

(1) 电磁机构。电磁机构由线圈、动铁芯(衔铁)和静铁芯组成。

(2) 触点系统。交流接触器的触点系统包括主触点和辅助触点。主触头用于通断主电路，有 3 对或 4 对常开触点；辅助触点用于控制电路，起电气联锁或控制作用，通常有两对常开、两对常闭触点。

(3) 灭弧装置。容量在 10 A 以上的接触器都有灭弧装置。对于小容量的接触器，常采用双断口桥形触点以利于灭弧；对于大容量的接触器，常采用纵缝灭弧罩及栅片灭弧结构。