



“十三五”普通高等教育规划教材

DIANQI KONGZHI JI KEBIANCHENG KONGZHIQI

电气控制及 可编程控制器

(施耐德机型)

李晓 主编

非外借



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



“十三五”普通高等教育规划教材

电气控制及 可编程控制器

李 晓 主编

高丽珍 李郁峰 刘长明 编写
李 静 石喜玲 赵俊梅



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书从传统的继电—接触器控制技术入手,对常用的低压电器、电气控制基本环节和典型线路进行了分析,重点介绍了施耐德 M218、M258、LMC058 系列可编程控制器的硬件架构、软件系统以及 SoMachine 编程软件的使用,并对近年来工业控制中变频器、人机界面及现场总线技术进行了介绍。本书在编写过程中力求理论联系实际,注重对学生工程实践能力的训练和培养,充分体现实用性和先进性。结合作者多年的工程实践和教学经验,由浅入深,使学生对电气控制及如何使用 PLC 进行工业控制、硬件组态和软件编程有较全面的认识。

本书可作为高等院校本科电气类、自动化类、机械类等专业的电气控制及可编程控制器的教材,也可作为高职高专教育、成人教育的电气控制与 PLC 等相关课程的教材,还可以供工控及机电行业的工程技术人员作参考书或培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

电气控制及可编程控制器 / 李晓主编. —北京: 中国电力出版社, 2018. 7

“十三五”普通高等教育规划教材

ISBN 978-7-5198-1719-0

I. ①电… II. ①李… 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. ① TM921.5 ② TM571.61

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 103921 号

出版发行: 中国电力出版社

地 址: 北京市东城区北京站西街 19 号 (邮政编码 100005)

网 址: <http://www.cepp.sgcc.com.cn>

责任编辑: 王惠娟

责任校对: 黄 蓓 李 楠

装帧设计: 郝晓燕 左 铭

责任印制: 吴 迪

印 刷: 北京雁林吉兆印刷有限公司

版 次: 2018 年 7 月第一版

印 次: 2018 年 7 月北京第一次印刷

开 本: 787 毫米 × 1092 毫米 16 开本

印 张: 21.75

字 数: 532 千字

定 价: 55.00 元

版权专有 侵权必究

本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换

前言

可编程控制器(PLC)是以微处理器为核心的通用工业自动控制装置,它具有控制功能强、可靠性高、使用灵活方便、易于扩展和通用性强等一系列特点,不仅可以取代继电器控制系统,还可以进行复杂的生产过程控制和应用于工厂自动化网络。因此,学习和掌握 PLC 应用技术已成为工程技术人员的迫切需求。

本书从教学需求和工程实际的角度出发,以目前工业自动化控制系统中应用较多的施耐德 M218、M238、M258、LMC058 系列可编程控制器作为硬件基础,系统条理地使学生理解如何使用 PLC 进行工业控制、硬件组态和软件编程,基于各种 PLC 本质上的同一性,使学生在应用其他系列或厂家的 PLC 时,就可以明显缩短学习周期。

本书第 1、2 章作为可编程控制器的基础部分,介绍了常用低压电器、电气逻辑控制基础知识和常见电气控制电路。第 3 章作为可编程控制器部分的开头,对 PLC 的发展历史及内部结构、工作原理进行了详细叙述,使读者对 PLC 有一个基础和全面的认识。第 4 章着眼于 SoMachine 平台所支持的 M218、M258 系列 PLC,介绍了各自的基本结构、主要特点、相关特性、拓展模块、主要性能参数以及由其组成的基本系统架构。同时也对 LMC058 运动控制器进行了简要介绍。在掌握了前两章的 PLC 基础知识后。第 5 章对 SoMachine 平台编程环境、编程方法、编程技巧进行了详细阐述,让学生对 PLC 的编程指令、地址分配、变量设定以及 6 种不同编程语言都有深刻的认识。第 6 章对 SoMachine 编程软件的使用进行了详细的说明,为学生的自学提供基础和参考。第 7 章对触摸屏及其开发软件 Vijeo-Designer 和变频器进行了简要介绍,让学生了解其在工程实际中的应用,同时也可清晰地构建一个全自动化的施耐德 PLC 控制系统。在已有控制系统的基础上。第 8 章引入现场总线控制技术,并对 2 种典型总线技术和工业以太网进行了系统的介绍。经过前八章的学习之后。第 9 章用 6 个工程应用典型实例,由浅入深地将本书所学用实际应用的方式带给学生,让他们一步步地掌握和精通 PLC 组建工控系统的项目开发、硬件设计、程序编制和网络通信。

本书由李晓副教授主编,第 1 章由李静、石喜玲老师编写,第 2 章由李郁峰、赵俊梅老师编写,第 3 章由高丽珍老师编写,第 4 章由刘长明老师编写,第 5~9 章由李晓老师编写。本书在编写过程中得到了施耐德电气(中国)有限公司工业事业部、北京金日创科技股份有限公司的大力支持,北京金日创科技股份有限公司高级工程师李喜刚审阅了本书,并提出了宝贵意见,在此表示衷心感谢。师艺杰、王培银、董必文等硕士研究生为本书做了大量文字校正工作,张惠为本书做了大量图片绘制工作。书中部分内容参考了相关的文献资料,在此编者对以上同志及参考文献的作者一并表示衷心的感谢。

施耐德电气作为全球能效管理和自动化领域的专家,致力于为客户提供安全、可靠、高效、可持续的能源与过程管理,在数据中心和网络、楼宇、工业、能源及基础设施等领域提供全球领先的产品和解决方案,在工业控制行业中亦享有很高的知名度,本书涉及的 PLC、运动控制器、变频器、人机界面等设备的使用手册和编程软件可以在施耐德电气(中国)有

限公司中国官方网站的“获取支持”板块里的“下载中心”找到，方便研究学习。

由于编者水平有限，书中难免存在疏漏和不妥之处，敬请各位专家、读者多提宝贵意见、以利不断完善。

作者

2017年12月

中国官方网... 获取支持... 下载中心... 方便研究学习... 由于编者水平有限，书中难免存在疏漏和不妥之处，敬请各位专家、读者多提宝贵意见、以利不断完善。

目 录

前言

第 1 章 常用低压电器	1
1.1 常用低压电器的分类	1
1.1.1 低压电器的分类	1
1.1.2 常用低压电器的作用、主要种类及用途	3
1.2 开关	3
1.2.1 刀开关	4
1.2.2 组合开关	6
1.2.3 倒顺开关	6
1.3 熔断器	7
1.3.1 常用的熔断器	7
1.3.2 熔断器的选择	9
1.4 电磁式低压电器的基本结构和原理	10
1.4.1 触点	10
1.4.2 灭弧原理、灭弧方法及灭弧装置	12
1.4.3 电磁机构	13
1.5 接触器	15
1.5.1 交流接触器	15
1.5.2 直流接触器	18
1.5.3 接触器的选用	19
1.6 低压断路器	20
1.7 控制继电器	23
1.7.1 电磁式电压、电流、中间继电器	24
1.7.2 时间继电器	26
1.7.3 热继电器	27
1.7.4 速度继电器	29
1.7.5 液位继电器	30
1.7.6 压力继电器	30
1.8 主令电器	31
1.8.1 按钮	31
1.8.2 行程开关	31
1.8.3 万能转换开关	33

1.8.4 凸轮控制器	34
1.8.5 主令控制器	35
1.9 其他电器	36
思考题	38
第2章 电气控制基本环节和典型线路分析	40
2.1 电气图的基本知识及电气控制线路分析基础	40
2.1.1 电气图的基本知识	40
2.1.2 电气控制电路分析基础	42
2.2 三相交流异步电动机基本控制电路	43
2.2.1 采用刀开关、低压断路器、组合开关直接启动	43
2.2.2 加装接触器的直接启动	44
2.2.3 多地点控制电路	46
2.2.4 多台电动机顺序控制电路	47
2.2.5 电动机正反转控制电路	48
2.2.6 行程控制	50
2.3 异步电动机启动控制电路	53
2.3.1 笼型式电动机启动控制电路	53
2.3.2 绕线式电动机启动控制电路	58
2.3.3 智能电动机启动	61
2.4 异步电动机的制动控制电路	63
2.4.1 三相异步电动机电磁抱闸制动控制	64
2.4.2 三相异步电动机反接制动控制	64
2.4.3 三相异步电动机能耗制动控制	66
2.5 异步电动机的调速控制电路	69
2.5.1 笼型异步电动机变极调速控制电路	69
2.5.2 变频调速	71
2.6 摇臂钻床电气控制线路分析	72
思考题	76
第3章 PLC的基本结构和工作原理	77
3.1 PLC概述	77
3.1.1 PLC的发展历史	77
3.1.2 PLC的定义、特点及分类	78
3.1.3 PLC的应用领域及发展趋势	80
3.2 PLC的基本结构	81
3.3 PLC的工作原理	86
3.3.1 控制系统的基本结构	86
3.3.2 PLC的等效电路	87

3.3.3 PLC 工作模式	89
思考题	92
第 4 章 M218、M258 系列 PLC 的硬件	93
4.1 M218 可编程控制器	93
4.1.1 M218 PLC 的基本结构和特点	93
4.1.2 M218 PLC 主要型号及扩展模块	95
4.1.3 M218 PLC 输入输出特性及接线	97
4.1.4 M218 PLC 主要参数性能参数表	103
4.2 M258 可编程控制器	104
4.2.1 M258 PLC 主要型号及扩展模块	104
4.2.2 M258 PLC 电源特性参数表	106
4.3 LMC058 运动控制器	107
思考题	108
第 5 章 SoMachine 平台编程基础	109
5.1 工业控制编程语言标准 IEC 61131-3	109
5.1.1 IEC 61131-3 标准的产生	109
5.1.2 IEC 61131-3 标准的特点	112
5.2 M218 的内存及地址分配	113
5.3 M218 的变量设定	115
5.4 编程语言	118
5.4.1 指令表语言 (IL)	118
5.4.2 梯形图 (LD)	120
5.4.3 功能块语言 (FBD)	148
5.4.4 连续功能图语言 (CFC)	152
5.4.5 结构化文本 (ST)	155
5.4.6 顺序功能图语言 (SFC)	169
思考题	174
第 6 章 SoMachine 编程软件使用	176
6.1 SoMachine 编程软件操作平台简介	176
6.2 安装 SoMachine 编程软件的软硬件要求	186
6.3 SoMachine 编程软件的安装和卸载	187
6.4 SoMachine 编程软件最基本的使用步骤	188
思考题	194
第 7 章 触摸屏及变频器的使用	195
7.1 触摸屏	195
7.1.1 触摸屏分类	195
7.1.2 触摸屏的开发软件 Vijeo-Designer	197

7.1.3 利用触摸屏控制直流电机正反转	204
7.2 变频器的概述	210
7.2.1 变频器的特点	210
7.2.2 变频器的调速	213
7.2.3 变频器 ATV312	213
7.2.4 变频器的多段速度运行	220
思考题	222
第8章 现场总线控制	223
8.1 现场总线技术	223
8.1.1 现场总线概述	223
8.1.2 现场总线技术特点	224
8.1.3 现场总线技术的现状	225
8.1.4 现场总线的发展趋势	226
8.2 典型现场总线介绍	226
8.2.1 Modbus 总线	226
8.2.2 CANopen 总线	238
8.3 工业以太网	248
8.3.1 工业以太网概述	248
8.3.2 工业以太网的优势及特点	248
8.3.3 工业以太网的应用现状	249
思考题	254
第9章 应用实例	255
9.1 可编程控制器控制系统设计方法	255
9.1.1 可编程控制器控制系统设计的基本步骤	255
9.1.2 可编 PLC 软件系统设计方法及步骤	258
9.2 十字路口交通信号灯控制设计	260
9.3 温度采集系统设计	271
9.4 高速全自动纸杯冲切机控制系统设计	283
9.5 三轴机械臂的高精度运动轨迹控制设计	291
9.6 基于 Modbus 数据采集综合实验设计	295
附录 常用指令块介绍	310
参考文献	339

第1章 常用低压电器

低压电器是一种能根据外界的信号和要求,手动或自动地接通、断开电路,以实现对电路或非电对象的切换、控制、保护、检测、变换和调节的元件或设备。控制电器按其工作电压的高低,以交流 1000V、直流 1500V 为界,可划分为高压控制电器和低压控制电器两大类。总的来说,低压电器可以分为配电电器和控制电器两大类,是成套电气设备的基本组成元件。在工业、农业、交通、国防以及人们的日常生活中,大多数采用低压供电,因此电器元件的质量将直接影响到低压供电系统的可靠性。

1.1 常用低压电器的分类

1.1.1 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,分类方法也很多,只有在系统地了解这些分类方法的基础上才能对低压电器有更全面的认识。下面是几种常用的低压电器分类。

1. 按电气线路中所处地位和作用的不同分类

(1) 配电电器。是指在正常或事故状态下接通和断开用电设备或供电电网所用的电器,主要用于低压配电系统中。常用的配电电器有刀开关、转换开关、空气自动开关、断路器和熔断器等。

(2) 控制电器。主要用于电气传动系统中,是指控制电动机完成生产机械要求的启动、调速、制动等状态所用的电器,如接触器、控制继电器、按钮、主令控制器和终端开关等。

这两类电器功能不同,结构上也有差异。控制电器因需要频繁操作,要求动作可靠、操作频率高、寿命长并具有一定的负载能力;配电电器一般不经常操作,对其要求是灭弧能力强、分断能力好、热稳定性能好和限流准确等。所以使用时必须正确选择,不允许随便代用或混用。

2. 按接触点类型分类

(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、刀开关和按钮等。

(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、电子式时间继电器和固态继电器等。

3. 按操作方式分类

(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,如接触器和继电器等。

(2) 手动电器。用手动操作来进行切换的电器,如刀开关、转换开关和按钮等。

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、继电器和电磁铁等。

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

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 JB/T 2930—2007 《低压电器产品型号编制方法》的分类方法，将低压电器可分为 10 个大类。

常用低压电器的主要种类和用途如表 1-1 所示。

表 1-1 常见的低压电器的主要种类及用途

序号	类别	主要品种	用途
1	断路器	装置式断路器	主要用于电路的过负荷保护、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
		框架式断路器	
		漏电保护式断路器	
		智能式断路器	
		直流快速断路器	
2	刀开关	胶壳刀开关	主要用于电路的隔离，有时也能分断负荷
		铁壳开关	
		熔断器式刀开关	
3	转换开关	组合开关	主要用于电源切换，也可用于负荷通断或电路的切换
		换向开关	
4	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	
5	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	
6	启动器	磁力启动器	主要用于电动机的启动
		星三角启动器	
		自耦降压启动器	
7	控制器	凸轮控制器	主要用于控制回路的切换
		主令控制器	
8	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	
		速度继电器	
		热继电器	
9	熔断器	有填料熔断器	主要用于电路短路保护，也用于电路的过载保护
		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	
10	电磁铁	制动电磁铁	主要用于起重、牵引、制动等地方
		起重电磁铁	
		牵引电磁铁	

1.1.2 常用低压电器的作用、主要种类及用途

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、参数,实现对电路或被控对象的控制、保护、测量、指示和调节。低压电器的作用有:

- (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、环境及人身实行自动保护,如电机的过热保护、电网的短路保护和漏电保护等。
- (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、温度和湿度等。
- (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,如柴油机油门的调节、房间温湿度的调节和照度的自动调节等。
- (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,如绝缘监测和保护掉牌指示等。
- (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。

随着微电子技术的发展,低压电器将会沿着体积小、质量轻、安全可靠、使用方便的方向发展,主要途径是利用微电子技术提高传统电器的性能;在产品种类方面,大力发展电子化的新型控制电器,如接近开关、光电开关、电子式时间继电器、固态继电器与接触器、漏电继电器、电子式电机保护器和半导体启动器等,以适应控制系统迅速电子化的需要。

备注:

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

1.2 开 关

开关是最普通、使用最早的电器。其作用是分合电路、开断电流。

常用的有刀开关、负荷开关、转换开关(组合开关)、自动空气开关(空气断路器)等。开关有载运行操作、无载运行操作和选择性运行操作之分;又有正面操作、侧面操作和背面操作之分;还有不带灭弧装置和带灭弧装置之分。刀口接触有面接触和线接触 2 种,线接触

形式，刀片容易插入，接触电阻小，制造方便。

1.2.1 刀开关

刀开关又称闸刀开关，是手动电器中结构最简单的一种，主要用作电源隔离开关，也可用来非频繁地接通和分断容量较小的低压配电线路。它由操作手柄、触刀、静夹座和绝缘底板等组成。推动手柄使触刀插入静夹座中，电路就会被接通。为了保证刀开关合闸时触刀与静夹座有良好的接触，触刀与静夹座之间应有一定的接触压力。

刀开关的种类很多，按刀的极数可分为单极、双极和三极；按刀的转换方向可分为单掷和双掷；按操作方式可分为直接手柄操作式和远距离连杆操纵式；按灭弧情况可分为有灭弧罩和无灭弧罩。

常用刀开关的主要类型有大电流刀开关、胶壳刀开关、铁壳刀开关、熔断器式刀开关等。常用的产品有 HD11~HD14 和 HS11~HS13 系列刀开关。

1. 胶壳刀开关

胶壳刀开关又称开启式负荷开关，它由刀开关和熔断器组合而成，装在瓷底板上，如图 1-1 所示。这种开关的结构简单，价格低廉，常用作照明电路的电源开关，也可用来控制 5.5kW 以下异步电动机的启动和停止。但这种开关没有专门的灭弧装置，不宜用于频繁地分、合电路。

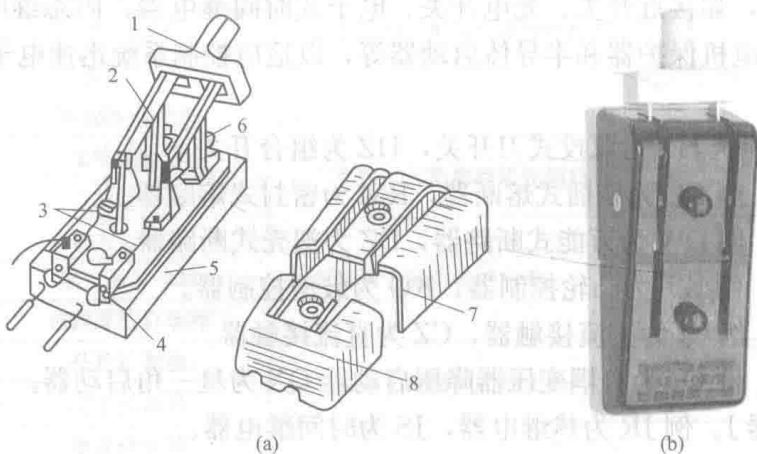


图 1-1 胶壳刀开关

(a) 结构；(b) 实物图

1—瓷质手柄；2—静夹座；3—熔丝；4—出线座；5—瓷底；6—进线座；7—上胶盖；8—下胶盖

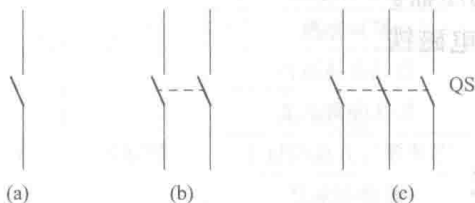


图 1-2 刀开关的图形、文字符号

(a) 单极；(b) 双极；(c) 三极

胶壳刀开关型号 (HK1. □) 的含义为“HK”表示胶壳刀开关，“1”表示设计序号，“□”为额定电流。刀开关的图形、文字符号如图 1-2 所示。

负荷开关的选择原则是对于普通负载，可以根据额定电流来选择负荷开关；而对于电动机，开关的额定电流可选为电动机额定电流的 3 倍左右。

注意事项：

(1) 接线时电源进线应接在静触点一边的进线端（进线座应在上方），用电设备应接在动触点一边的出线端。这样拉闸后刀片与电源隔离，闸刀和熔丝均不带电，可防止意外事故

发生。

(2) 在合闸状态下, 刀开关的手柄应该向上, 不能倒装或平装, 以防止闸刀松动落下时误合闸。

(3) 拉闸与合闸操作时要迅速, 一次拉合到位。

2. 铁壳开关

铁壳开关又称封闭式负荷开关, 图 1-3 所示为常用的 HH 系列铁壳开关的结构与外形。

它由触刀、熔断器、灭弧装置 (图 1-3 所示中未标出)、操作机构和钢板 (或铸铁) 做成的外壳构成。三把闸刀固定在一根绝缘方轴上, 由手柄操纵。

铁壳开关的操动机构具有以下两个特点: 一是设有连锁装置, 保证在合闸状态下开关盖不能开启, 而开启时不能合闸, 以确保操作安全; 二是采用储能分合闸方式, 在手柄转轴与底座之间装有速动弹簧, 能使开关快速接通或断开, 与手柄操作速度无关, 这样有利于迅速灭弧。

铁壳开关型号 (HH4-□/□) 的含义为 “HH” 表示封闭式负荷开关, “4” 为设计序号, 两个 “□” 分别为额定电流和极数。

铁壳开关使用注意事项:

(1) 对于电阻和照明电路, 铁壳开关可以根据额定电流选择; 对于电动机, 开关额定电流可选电动机额定电流的 1.5 倍。

(2) 操作时人要站在铁壳开关的手柄侧, 不要面对开关, 以免意外故障使开关爆炸, 铁壳飞出伤人。

(3) 开关外壳接地, 防止意外漏电造成触电事故。

3. 刀开关的选择

刀开关选择时应考虑以下两个方面:

(1) 刀开关结构形式的选择应根据刀开关的作用和装置的安装形式来选择, 如是否带灭弧装置, 若分断负载电流时, 应选择带灭弧装置的刀开关。根据装置的安装形式来选择, 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, 应考虑其启动电流, 所以应选用额定电流大一级的刀开关。若再考虑电路出现的短路电流, 还应选用额定电流更大一级的刀开关。

QA 系列、QF 系列、QSA (HH15) 系列隔离开关用在低压配电中, HY122 带有明显断口的数模化隔离开关, 广泛用于楼层配电、计量箱、终端组电器中。

HR3 熔断器式刀开关具有刀开关和熔断器的双重功能, 采用这种组合开关电器可以简化配电装置结构, 经济实用, 越来越广泛地用在低压配电屏上。

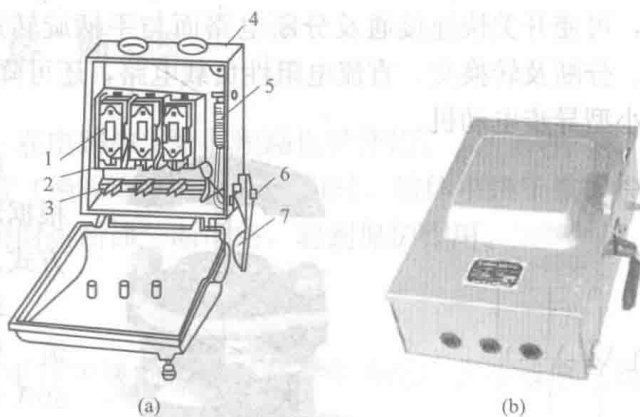


图 1-3 铁壳开关

(a) 结构; (b) 实物图

1—熔断器; 2—静夹座; 3—U 形开关触刀;
4—外壳; 5—弹簧; 6—转轴; 7—操动机构

HK1、HK2 系列开启式负荷开关（胶壳刀开关），用作电源开关和小容量电动机非频繁启动的操作开关。

HH3、HH4 系列封闭式负荷开关（铁壳开关），操作机构具有速断弹簧与机械联锁，用于非频繁启动、28kW 以下的三相异步电动机。

1.2.2 组合开关

组合开关实质上也是一种刀开关，不过它的刀片是转动式的，操作比较轻巧，它的动触点（刀片）和静触点装在封闭的绝缘件内，采用叠装式结构，其层数由动触点数量决定，动触点装在操作手柄的转轴上，随转轴旋转而改变各对触点的通断状态。由于采用了扭簧储能，可使开关快速接通及分断电路而与手柄旋转速度无关，因此它不仅可用做不频繁地接通、分断及转换交、直流电阻性负载电路，还可降低容量且使用时可直接启动和分断运转中的小型异步电动机。

组合开关有单极、双极、三极和多极结构，根据动触片和静触片的不同组合，有许多接线方式。

组合开关的主要参数有额定电压、额定电流、极数等。其中额定电流有 10A、25A 和 60A 等几级。全国统一设计的常用产品有 HZ5、HZ10 系列和新型组合开关 HZ15 等系列。

HZ10 系列组合开关的结构和图形符号如图 1-4 所示。它有 3 对静触片，每个触片的一端固定在绝缘垫板上，另一端伸出盒外并连在

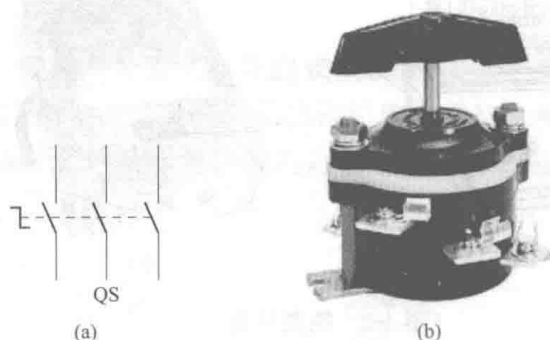


图 1-4 HZ10 系列组合开关
(a) 图形符号及文字符号；(b) 实物图

接线线上，3 个动触片套在装有手柄的绝缘轴上。

1.2.3 倒顺开关

倒顺开关属于组合开关类型，是一种手动开关。它不但能接通和分断电源，而且还能改变电源输入的相序，用来直接实现对小容量电动机的正、反转控制，故又称可逆转换开关。HZ3、123 型倒顺开关的结构和实物图如图 1-5 所示。

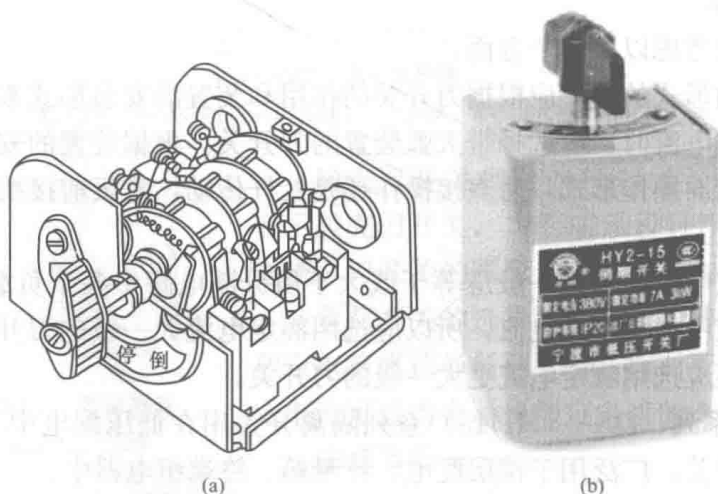


图 1-5 HZ3、123 型倒顺开关
(a) 结构图；(b) 实物图

倒顺开关的手柄有 3 个位置：“顺”“停”“倒”。当手柄处于“停”位置时，开关的动触点都不与静触点接触；当手柄扳至“顺”位置时，带动转轴将一组动触点与静触点接触，电路接通；当手柄扳至“倒”位置时，带动转轴将另一组动触点与静触点接触，改变电源的相序。

使用时应注意，欲使电动机改变转向时，应先将手柄按在“停”位置，待电动机停转后，再将手柄转向另一方。切不可不停顿地将手柄由一方直接转向另一方，因为电源突然反接时，电动机定子绕组不但不能分断电源，而且还会产生很大的电流，易使定子绕组过热而损坏。由于倒顺开关可以改变电源相序，所以也可用来对电动机实行反接制动。

1.3 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。

1.3.1 常用的熔断器

1. 插入式熔断器

如图 1-6 所示，它常用于 380V 及以下电压等级的线路末端，作为配电支线或电气设备的短路保护用。

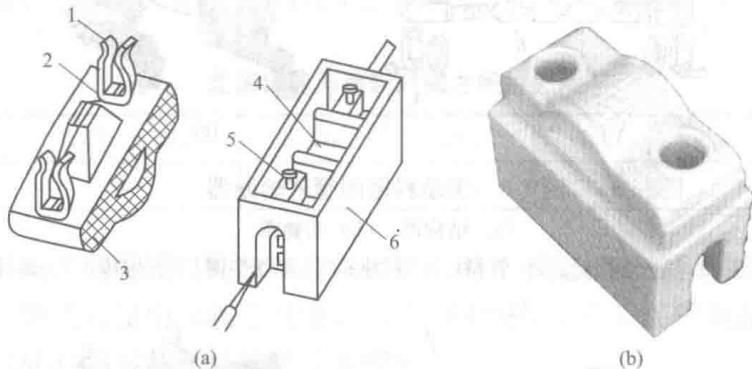


图 1-6 插入式熔断器

(a) 结构图；(b) 实物图

1—动触点；2—熔体；3—瓷盖；4—空腔；5—静触点；6—瓷体

2. 螺旋式熔断器

如图 1-7 所示。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，它常用于机床电气控制设备中。螺旋式熔断器分断电流较大，可用于电压等级 500V 及其以下、电流等级 200A 以下的电路中作短路保护。

3. 封闭式熔断器

封闭式熔断器分为有填料熔断器和无填料熔断器 2 种，如图 1-8 和图 1-9 所示。有填料熔断器一般用方形瓷管，内装石英砂及熔体，分断能力强，用于电压等级 500V 以下、电流等级 1kA 以下的电路中。无填料密闭式熔断器将熔体装入密闭式圆筒中，分断能力稍小，用于 500V 以下，600A 以下电力网或配电设备中。

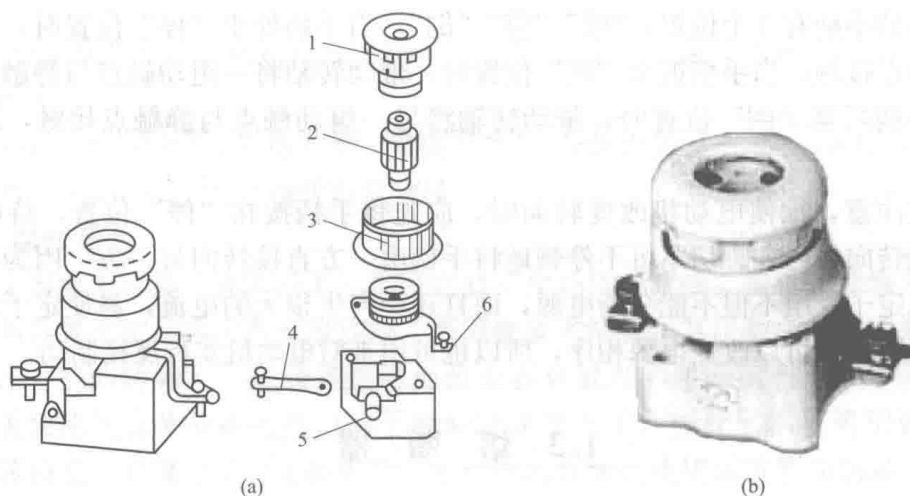


图 1-7 螺旋式熔断器

(a) 结构图；(b) 实物图

1—瓷帽；2—熔断管；3—瓷套；4—下接线座；5—瓷座；6—上接线座

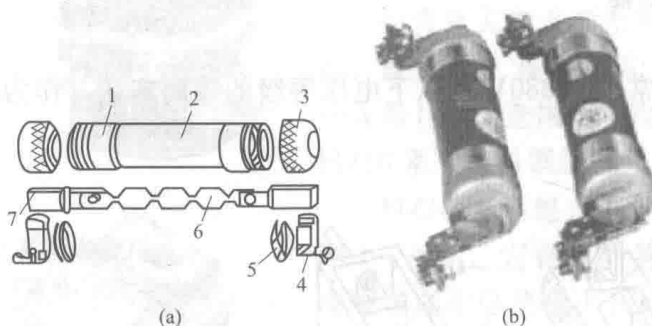


图 1-8 无填料密闭管式熔断器

(a) 结构图；(b) 实物图

1—铜圈；2—熔断管；3—管帽；4—插座；5—特殊垫圈；6—熔体；7—熔片

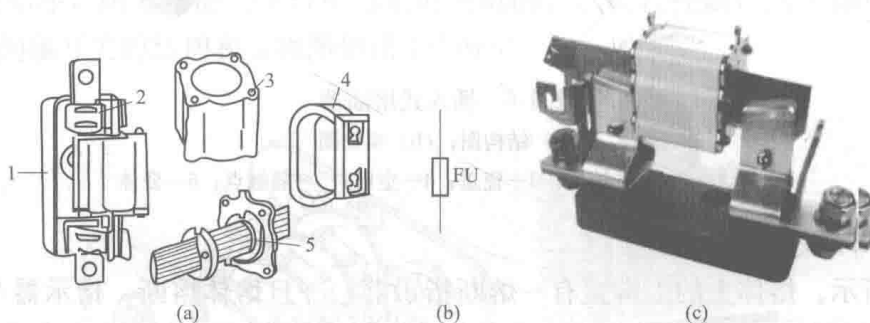


图 1-9 有填料封闭管式熔断器

(a) 结构图；(b) 图形符号；(c) 实物图

1—瓷底座；2—弹簧片；3—管体；4—绝缘手柄；5—熔体

4. 快速熔断器

主要用于半导体整流元件或整流装置的短路保护。由于半导体元件的过载能力很低，只能在极短时间内承受较大的过载电流，因此要求短路保护具有快速熔断的能力。快速熔断器