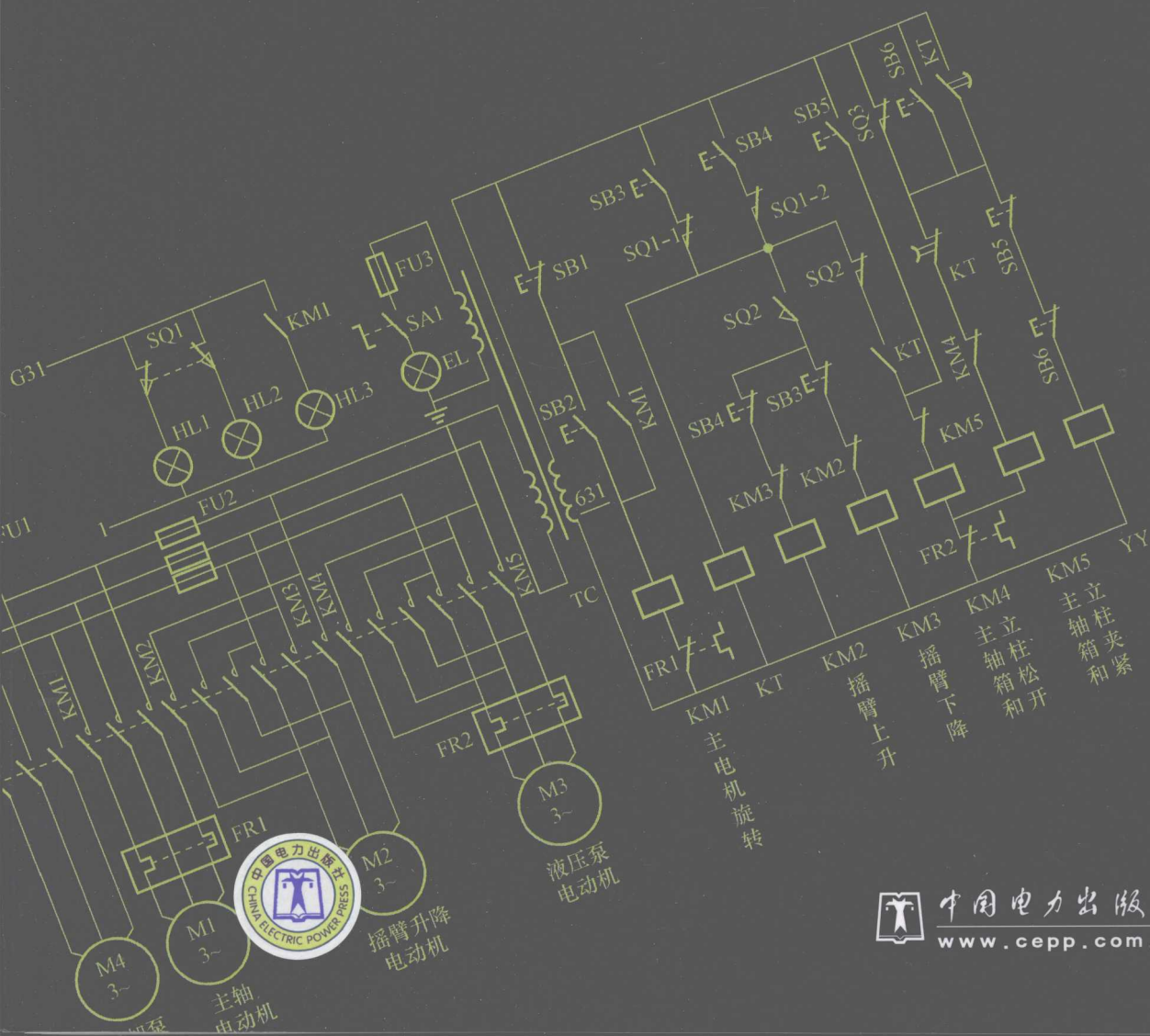


PLC 与电气控制

PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER
AND ELECTRIC CONTROL

罗伟 邓木生 主编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

PLC 与电气控制

PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER
AND ELECTRIC CONTROL

罗 伟 邓木生 主编
严 俊 陈 庆 参编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书侧重实际应用,从具体实例出发,在介绍了传统电气控制技术的基础知识上,重点介绍了现代 PLC 基本原理及在电气控制技术方面的应用、工程实际电路的分析。

全书分为八章,主要内容包括低压电器、继电器—接触器控制电路、常用机床的控制线路、可编程控制器概述、FX_{2N} 指令系统、三菱 FX 系列的功能模块、手持编程器的功能及使用和可编程控制系统设计与应用。

本书可作为高等工科院校和职业院校电气工程及其自动化、机械工程及其自动化、电气技术、机电—供化以及相关专业的教材,也可供从事工业自动化领域的技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

PLC与电气控制 / 罗伟, 邓木生主编. —北京: 中国电力出版社, 2009

ISBN 978-7-5083-8178-7

I. P… II. ①罗…②邓… III. ①可编程序控制器②电气控制 IV. TP332.3 TM921.5

中国版本图书馆CIP数据核字 (2008) 第203314号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2009年4月第一版 2009年4月北京第一次印刷

787毫米 × 1092毫米 16开本 12印张 290千字

印数 0001—3000册 定价: 24.00元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

自 20 世纪 60 年代美国推出可编程逻辑控制器 (Programmable Logic Controller, PLC) 取代传统继电器控制装置以来, PLC 得到了快速发展, 在世界各地得到了广泛应用。同时, PLC 的功能也在不断完善。随着计算机技术、信号处理技术、控制技术、网络技术的不断发展和用户需求的不断提高, PLC 在开关量处理的基础上增加了模拟量处理和运动控制等功能。今天的 PLC 不再局限于逻辑控制, 在运动控制、过程控制等领域也发挥着十分重要的作用, 电气控制与 PLC 应用技术在各个领域也得到越来越广泛的应用, 掌握电气控制与 PLC 应用技术对提高我国工业自动化水平和生产效率具有重要的意义。

作者以目前市场上使用较多的三菱 FX_{2N} 机型, 结合可编程控制器技术快速发展的实际, 在作者高等职业教育多年教学改革与实践的基础上, 参照相关行业的职业技能鉴定规范和高、中级技术工人等级考核标准编写了本书。

全书主要内容包括: 低压电器、继电器—接触器控制电路、常用机床的控制线路、可编程控制器概述、FX_{2N} 指令系统、三菱 FX 系列的功能模块、手持编程器的功能及使用, 以及可编程控制系统设计与应用。在编写时, 大部分的指令都附有针对性的程序实例, 最后给出多个典型的工程实例, 目的是使读者消化前面的知识并启发读者对系统编程的认识。书中各部分均采用实例进行讲解, 并辅以大量图形, 通俗易懂, 初学者可快速入门。

本书具有以下特点:

1. 本书内容的选取上, 按照专业技术的发展趋势和应用普及的状况, 再结合维修电工工种中、高级技能鉴定考核标准, 力求能体现出“四新”(新知识、新技术、新工艺、新设备)的要求。如对 PLC 通信功能模块、人机界面模块等进行了介绍, 并对 PLC 今后的发展方向进行了介绍。

2. 本书结合了高职高专课程体系的改革, 强调技术应用能力培养为主旨来构建课程内容体系, 注重对本专业对应岗位“关键能力”的培养, 如 PLC 程序编制、修改和调试的能力、编程工具使用与操作的能力、基本控制系统的设计能力等。

3. 本书在介绍指令时, 以实例为中心, 基础知识与技能训练交叉互动的一体化模式, 能更好地激发读者的学习兴趣, 增强了读者的实践动手能力。

4. 遵循“从特殊到一般”的认知规律, 力求在把一个机型讲透的基础上, 让读者掌握 PLC 应用中带有普遍性、规律性的知识, 培养读者对 PLC 的工程实践能力。

本书图文并茂, 力求通俗易懂。书中内容以实例引导, 从简单到复杂, 让读者一读就会, 并能达到举一反三的效果。本书内容简洁, 选材合理, 结构严谨, 工程实例较多, 可以满足高职高专教学目标的需要和工程技术人员提高专业技能水平的需求。

本书由罗伟、邓木生主编, 具体编写分工是: 张彦宇、彭德奇编写了第一章、黄俊编写

了第二章、陈庆编写了第三章、邓木生编写了第四章、张琳、唐春林共同编写了第六章、罗伟编写了第五和第八章，严俊、段树华共同编写了第七章。

本书由张莹副教授主审，并得到了湖南铁道职业技术学院赵承荻教授、罗钟祁技师和肖扬庆技师的大力帮助，同时，作者也参考了其他书籍以及相关厂家的技术资料，在此一并向他们表示感谢。

限于作者水平，书中错误和不足之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

作 者

2008年11月

前 言

第一章 低压电器	1
第一节 低压电器的分类	1
第二节 熔断器	1
第三节 刀开关和转换开关	4
第四节 自动开关	8
第五节 接触器	13
第六节 继电器	17
习题	21
第二章 继电器—接触器控制电路	22
第一节 电路图基本知识	22
第二节 三相异步电动机直接启动控制电路	23
第三节 三相异步电动机降压启动控制电路	28
第四节 三相异步电动机顺序启动控制电路	31
习题	32
第三章 常用机床的控制线路	33
第一节 普通车床的电气控制线路	33
第二节 平面磨床的电气控制线路	36
第三节 摇臂钻床的电气控制线路	40
第四节 万能铣床的电气控制线路	44
第五节 卧式镗床的电气控制线路	52
第六节 X1540 单柱铣床的电气控制线路	58
第七节 X8140 万能铣床的电气控制线路	63
习题	67
第四章 可编程控制器概述	69
第一节 PLC 基础知识	69
第二节 PLC 的基本组成	72
第三节 PLC 的工作原理	77
第四节 PLC 的特点及其优越性	79
习题	81

第五章	FX_{2N} 指令系统	82
第一节	FX 系列 PLC 的硬件系统配置	82
第二节	FX _{2N} PLC 的基本指令及其编程实例	91
第三节	FX _{2N} PLC 的步进指令及其编程实例	101
第四节	FX _{2N} PLC 的编程方法与实用程序介绍	111
	习题	117
第六章	三菱 FX 系列的功能模块	119
第一节	FX 系列 PLC 的功能指令简介	119
第二节	FX 系列 PLC 功能指令的编程方法	126
第三节	FX 系列 PLC 的特殊功能模块	138
	习题	147
第七章	手持编程器的功能及使用	148
第一节	三菱 PLC 配置编程器的面板介绍	148
第二节	三菱 PLC 配置编程器的操作说明	149
第八章	可编程控制系统设计与应用	158
第一节	PLC 控制系统设计概要	158
第二节	PLC 控制系统应用实例	166
第三节	PLC 的维护与检修	181
	习题	182
	参考文献	184

凡是自动和手动接通和断开的电路，以及能实现对电路或非电对象进行切换、控制、保护、检测、变换和调节目的的电器元件统称为电器。低压电器是指用于交流额定电压 1200V 及以下、直流额定电压 1500V 及以下的电路中起通断、保护、控制或调节作用的各种电器。低压电器作为基本元器件广泛应用于发电厂、变电所、工矿企业、交通运输等电力输配电系统和电力拖动控制系统中。随着工农业生产的不断发展，供电系统的容量不断扩大，低压电器的额定电压等级范围有相应提高的趋势。同时，电子技术也将日益广泛地用于低压电器中。

大型商场中电梯的升降控制、工矿生产企业中的机床运动控制、农业生产机械的运动控制等在国民经济生产生活的各行各业中，都离不开电动机的拖动控制。而电动机的拖动控制电路中又是由一些低压电器来实现控制的。在工厂中常用继电器、接触器、按钮和开关等电器来控制电动机的启动、停止、反转和制动。控制系统的可靠性、先进性、经济性都与所用的低压电器、电动机有着直接的关系，因此掌握常用低压电器的结构与工作原理是非常重要的。

第一节 低压电器的分类

输配电系统和控制系统中使用的低压电器种类繁多，按它在电气线路中所处的地位和作用可分为低压配电电器和低压控制电器两大类。低压配电电器包括熔断器、刀开关、转换开关和自动开关等；低压控制电器包括接触器、继电器、启动器、主令电器、控制器、电阻器、变阻器和电磁铁等。

低压电器按它的动作方式可分为自动切换电器和手动切换电器。前者主要是依靠本身参数内变化或外来信号的作用，自动完成接通或分断等动作；后者是用手直接操作来进行切换。低压电器按它有无触点的结构特点又可分为有触点电器和无触点电器两大类。目前有触点的电器仍占多数，随着电子技术的发展，无触点电器的应用也日趋广泛。

我国低压电器产品主要有 12 大类，即刀开关和转换开关、熔断器、自动开关、控制器、接触器、启动器、继电器、主令电器、电阻器、变阻器、调整器以及电磁铁，采用汉语拼音字母及阿拉伯数值表示这些产品。

第二节 熔 断 器

熔断器是电网和用电设备中最常用的安全保护电器，其主体是用低熔点金属丝或金属薄片制成的熔体，串联在被保护的电路中。它是根据电流的热效应原理工作的，在正常情况下，熔体相当于一根导线；当发生短路或过载时，电流很大，熔体因过热熔化而切断电路。



熔断器作为保护电器，具有结构简单、价格低廉、使用方便等优点，应用极为广泛。

一、熔断器的结构

熔断器由熔体和绝缘底座（或称熔管）组成。熔体为丝状或片状。熔体材料通常有两种：一种是由铅锡合金和锌等低熔点金属制成，因不易灭弧，多用于小电流的电路；另一种由银、铜等较高熔点的金属制成，易于灭弧，多用于大电流的电路。当正常工作的时候，流过熔体的电流小于或等于它的额定电流，由于熔体发热的温度尚未达到熔体的熔点，所以熔体不会熔断，电路仍然保持接通。当流过熔体的电流达到额定电流的 1.3~2 倍时，熔体缓慢熔断，



图 1-1 熔断器的符号

当流过熔体的电流达到额定电流的 8~10 倍时，熔体迅速熔断。电流越大，熔断越快。另外，熔断器对轻度过载反应比较迟钝，一般只能作短路保护用。

熔断器的图形文字符号如图 1-1 所示。

二、熔断器的技术参数

1. 额定电压

额定电压是指保证熔断器能长期正常工作的电压。

2. 额定电流

额定电流是指保证熔断器（指绝缘底座）能长期正常工作的电流，它的等级划分随熔断器结构形式而异。应该注意的是：熔断器的额定电流应大于或等于所装熔体的额定电流，例如，RL1—60 熔断器的额定电流为 60A，内装熔体的额定电流可以为 40、50A 或 60A 等。

3. 极限分断电流

极限分断电流是指熔断器在额定电压下所能断开的最大短路电流。

三、常用的低压熔断器

1. 无填料熔断器

(1) 无填料瓷插式（又名插入式）熔断器。瓷插式熔断器由瓷底座、瓷插件动触点、瓷插件静触点和熔体组成；瓷插件突出部分与瓷底座之间的间隙形成灭弧室。熔断器额定电流在 60A 以上的灭弧室中还垫有帮助灭弧的编织石棉。

熔断器与被保护的电路相连，动触点间跨接着熔体。一般额定电流在 30A 以下的熔体用软铅丝（俗称保险丝）；30~100A 的熔体用铜丝；120~200A 的熔体则用变截面冲制铜片。表 1-1 所示为 RC1A 系列熔断器的主要技术参数。

表 1-1 RC1A 系列熔断器主要技术参数

熔断器额定电流 (A)	熔体额定电流 (A)	极限分断能力 (A)
5	2, 5	250
10	2, 4, 6, 10	500
15	6, 10, 15	
30	20, 25, 30	1500
60	40, 50, 60	3000
100	80, 100	
200	120, 150, 200	

(2) 无填料封闭管式熔断器。如图 1-2 所示为 RM10 系列无填料封闭管式熔断器的结构。

图中, 1 为厚壁反白管 (即钢纸管), 两端紧套着黄铜套管。用两排铆钉与反白管固定在一起, 使它不会炸开。套管上旋有铜帽, 用于固定熔体箱, 熔体用螺钉固定在插刀上。15A 和 60A 的熔断器不用插刀, 熔体直接与旋紧的铜帽接触。熔体为截面宽窄不均匀的锌片。当短路电流通过熔体时, 它的狭颈部首先立即熔断, 中间大块熔体掉下, 造成较大的电弧间隙, 有利于灭弧。同时, 反白管内壁在电弧高温下产生高压气体, 使电弧迅速熄灭。分断能力最大可达 10~12kA。

2. 有填料螺旋式熔断器

如图 1-3 所示为 RL1 系列有填料螺旋式熔断器。它由底座 6、瓷帽 1、瓷套 J、熔断管 (芯子 2) 和上、下接线板 4、5 等组成。熔断管内装有熔体 (丝或片)、石英砂填料和熔断指示器 (上有色点)。当熔体熔断时, 指示器跳出, 可透过瓷帽的玻璃窗口进行观察。在熔体周围所充填的石英砂, 导热性能好, 热容量大, 能大量吸收电弧能量。通过灭弧, 提高了熔断器的分断能力。它的熔体更换方法是更换整个熔断管 (芯子)。如图 1-4 所示为螺旋式熔断器的实物图。

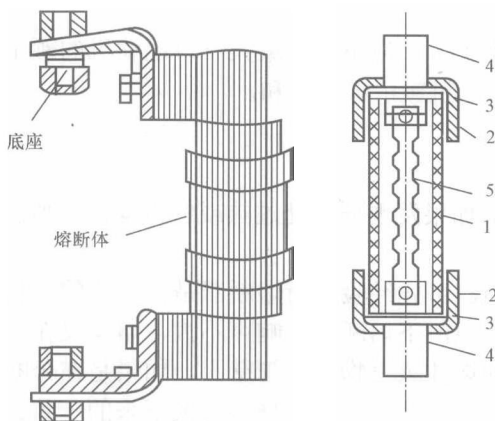


图 1-2 RM10 系列封闭管式熔断器

- 1—反白管; 2—黄铜套管; 3—铜帽;
- 4—插刀; 5—熔体

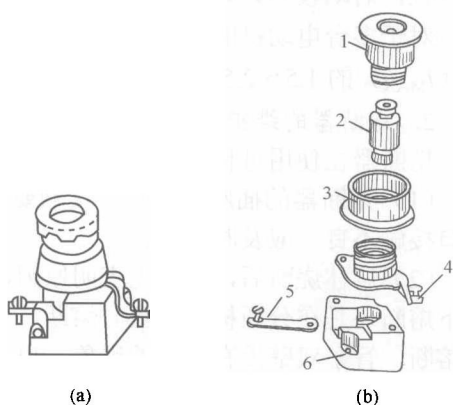


图 1-3 RL1 系列螺旋式熔断器

- (a) 外形图; (b) 结构图
- 1—瓷帽; 2—熔断管; 3—瓷套;
- 4—上接线板; 5—下接线板; 6—底座

此外, 还有填料的封闭管式熔断器, 它被广泛地用于短路电流很大的电力网络或配电装置中。

3. 快速熔断器

快速熔断器主要用于半导体功率器件或变流装置的短路保护。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 (例如, 70A 的晶闸管元件能承受 6 倍额定电流的时间仅为 10ms), 因此, 要求短路保护具有快速熔断的特性。常用的快速熔断器有 RS 和 RLS 系列。应当注意, 快速熔断器的熔体不能用普通的熔体代替, 因为普通的熔体不具有快速熔断的特性。



图 1-4 螺旋式熔断器实物图



四、熔断器的选择和维护

1. 熔断器的选择

熔断器的额定电压和额定电流应不小于线路的额定电压和所装熔体的额定电流，其形式可根据线路要求和安装条件而定。

根据被保护电路的需要，首先选择熔体的规格，再根据熔体去确定熔断器的规格。熔体额定电流的选择如下：

(1) 对于电炉和照明等电阻性负载，熔断器可用作过载保护和短路保护，熔体的额定电流应大于或等于负载的额定电流。

(2) 电动机的启动电流很大，熔体的额定电流因考虑启动时熔丝不能断而选得较大，因此对电动机只宜用作短路保护而不能作过载保护。

对于单台电动机，熔体的额定电流 (I_{RN}) 应不小于电动机额定电流 (I_N) 的 1.5~2.5 倍，即 $I_{RN} \geq (1.5 \sim 2.5) I_N$ 。轻载启动或启动时间较短时，系数可取近 1.5，带负载启动、启动时间较长，启动较频繁时，系数可取 2.5。

对于多台电动机的短路保护，熔体的额定电流 (I_{RN}) 应不小于最大一台电动机的额定电流 (I_{MAX}) 的 1.5~2.5 倍，加上同时使用的其他电动机额定电流之和。

2. 熔断器的维护

熔断器在使用过程中应当注意下列几点：

(1) 熔断器的插座与插片的接触要保持良好。如果发现插口处过热或触点变色，则说明插口接触不良，应及时修复。

(2) 熔体烧断后，应首先查明原因，排除故障。可凭经验判断熔断器是在一般的过载电流下熔断还是在分断极限电流时熔断。一般在过载电流下熔断时，响声不大，熔丝仅在一两处熔断，管子双壁没有烧焦的现象，也没有大量的熔体蒸发物附在管壁上。如果是在分断极限电流时熔断的，情况与上述的相反。更换熔体时，应使新熔体的规格与换下来的一致。

(3) 更换熔体或熔管时，必须把电源断开，以防止触电。尤其不允许在负荷未断开时带电更换熔丝，以免发生电弧烧伤。

(4) 安装熔丝时不要把它碰伤，也不要将螺钉拧得太紧，避免熔丝轧伤。

(5) 如果连接处的螺钉损坏而拧不紧，则应更换新的螺钉。

(6) 安装熔丝时熔丝应按照顺时针方向弯过来，这样在拧紧螺钉时就会越拧越紧。熔丝只需弯一圈就可以，不要多弯。

(7) 对于有指示器的熔断器，应经常注意检查。若发现熔体已烧断，应及时更换。

(8) 安装螺旋式熔断器时，熔断器下接线板的接线端应装在上方，并与电源线连接；连接金属螺纹壳体的接线端应装于下方，并与用电设备的导线相连。这样做能保证在更换熔丝时螺纹壳体上不会带电，保证了人身安全。

熔断器在使用时，一般上端是电源的进线，下端是电源的出线。螺旋式熔断器在使用时，电源的进线应接在与中心片相连的接线螺丝上，电源的出线应接在与螺纹相连的接线螺丝上，不能接反，否则在更换熔芯时容易造成人身伤亡事故的发生。

▶ 第三节 刀开关和转换开关

刀开关和转换开关都是手动操作的电器，一般用来不频繁地接通和分断容量不很大的低

压供电线路，也可作为电源隔离开关。在农村和小型工厂中还经常用来直接启动小容量的笼型异步电动机。

一、刀开关

刀开关俗称闸刀开关，是一种结构最简单且应用最广泛的电器。刀开关的典型结构如图 1-5 所示，它由操作手柄、触刀、静插座和绝缘底板组成。推动手柄使触刀紧紧插入静插座中，此时电路即被接通。

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；按灭弧装置情况可分为带灭弧罩和不带灭弧罩；按操作方式可分为直接手柄操作式和远距离连杆操纵式；按接线方式可分为板前接线式和板后接线式。这里只介绍两种常用的刀开关。

1. 开启式负荷开关

开启式负荷开关又名瓷底胶盖闸刀开关。图 1-6 为 HK 系列瓷底胶盖刀开关结构图和符号，它由刀开关和熔断器组合而成。瓷底板装有进线座、静触点、熔丝、出线座和刀片式的动触点；上面还罩有两块胶盖。这样，操作人员不会触及带电部分，并且分断电路时产生的电弧也不会飞出胶盖外面而灼伤操作人员。

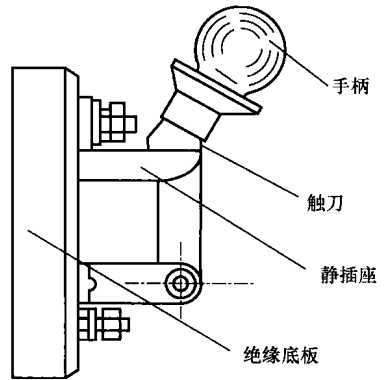


图 1-5 刀开关的典型结构

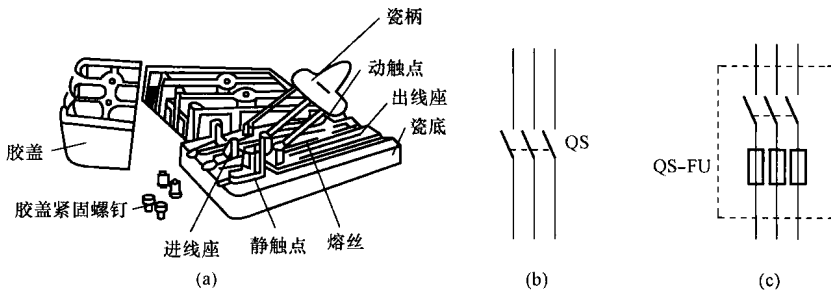


图 1-6 刀开关

(a) 结构图；(b) 刀开关符号；(c) 带熔断器刀开关符号

这种开关易被电弧烧坏，因此不宜带负载接通或分断电路。但因其结构简单，价格低廉，常用作照明电路的电源开关，也可用于 5.5kW 以下三相异步电动机不频繁地启动和停止的控制。在拉闸和合闸时动作要果断迅速，以利于迅速灭弧，减少刀片和触座的灼损。

常用的 HK 系列开启式负荷开关有 HK1、HK2 系列。

2. 自动空气断路器

自动空气断路器又叫自动开关，可实现电路的短路、过载或失电压与欠电压保护，能自动分断故障电路，是低压线路中常用的一种电器。

如图 1-7 所示是自动空气断路器的工作原理图。主触点通常是通过手动操作机构闭合的，闭合后锁钩被锁住。当电路中任意一相线路发生故障时，在脱扣器的作用下，锁钩脱开，主触点在释放弹簧的作用下迅速断开电路。



3. 封闭式负荷开关

封闭式负荷开关又名铁壳开关。如图 1-8 所示为常用 HH 系列封闭式负荷开关的结构与外形。它是由刀开启熔断器、灭弧装置、操作机构和钢板（或铸铁）制成的。三把闸刀固定在一根绝缘方轴上，由手柄操作且操作机构装有机械连锁，使盖子打开时手柄不能自动合闸，合闸时盖子不能打开，以保证操作安全。

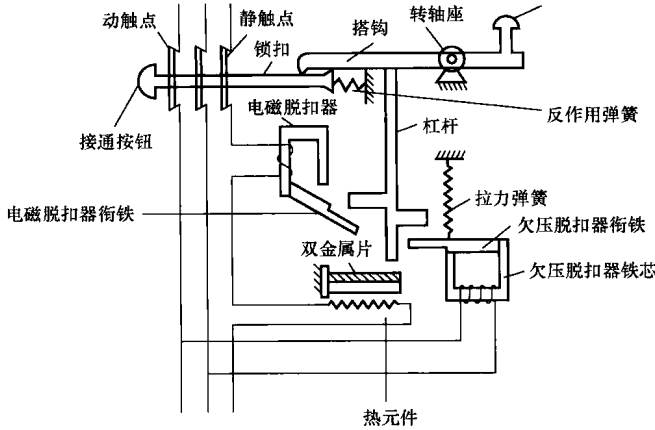


图 1-7 自动空气断路器工作原理图

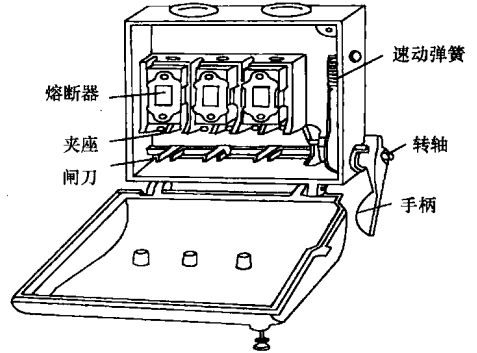
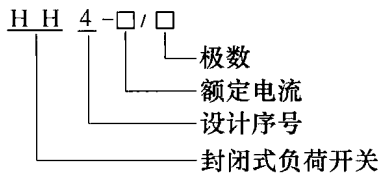


图 1-8 HH 系列铁壳开关

普通负载，闸刀开关可以根据额定电流来选择；而对于电动机作为负载的情况，开关的额定电流应选用电动机额定电流的 3 倍左右。

执行机构中，手柄转轴与底座间装有速动弹簧，这样可使刀开关的接通与断开速度与手柄操作速度无关，有利于迅速灭弧。

其型号含义如下所示：



常用的负荷开关有 HH1、HH4 等系列。对于电热和照明电路，铁壳开关可以根据额定电流选择。对于电动机电路，额定电流可选择电动机额定电流的 1.5 倍左右。

使用铁壳开关应注意外壳要可靠接地，以防止意外漏电造成触电事故。

二、转换开关

转换开关又名组合开关，是一种多触点、多位置式、可控制多个回路的电器。它实际上是一种由多节触点组合而成的刀开关，与普通闸刀开关不同之处是转换开关用动触片代替闸刀，操作手柄在平行于安装面的平面内向左或向右转动。

转换开关可分为单极、双极和多极三类，图 1-9 (a) 是三极转换开关的外形结构图。它具有三副静触片，每一副静触片的一边固定在绝缘垫板上，另一边伸出盒外并附有接线柱，以便和电源及用电设备相连。三个动触片装在另外的绝缘垫板上，垫板套在附有手柄的绝缘杆上。手柄能沿任一方向每次转动 90°，并带动三个动触片分别与三副静触片保持接通或分断。为了使开关在切断电流时迅速灭弧，在开关转轴上装有弹簧储能机构，使开关能快速闭

合或分断，以利于灭弧，其分合速度与手柄旋转速度无关。

转换开关在电气原理图中的画法，如图 1-9 (b)、(c) 所示。图 1-9 (b) 中虚线表示操作位置，而不同操作位置的各对触点通断状态示于触点右侧，规定用与虚线相交位置上的涂黑圆点表示接通，没有涂黑圆点表示断开。触点通断状态表列于图 1-9 (b) 的表中，表中以“+”（或“x”）表示触点闭合，“-”（或无记号）表示分断。

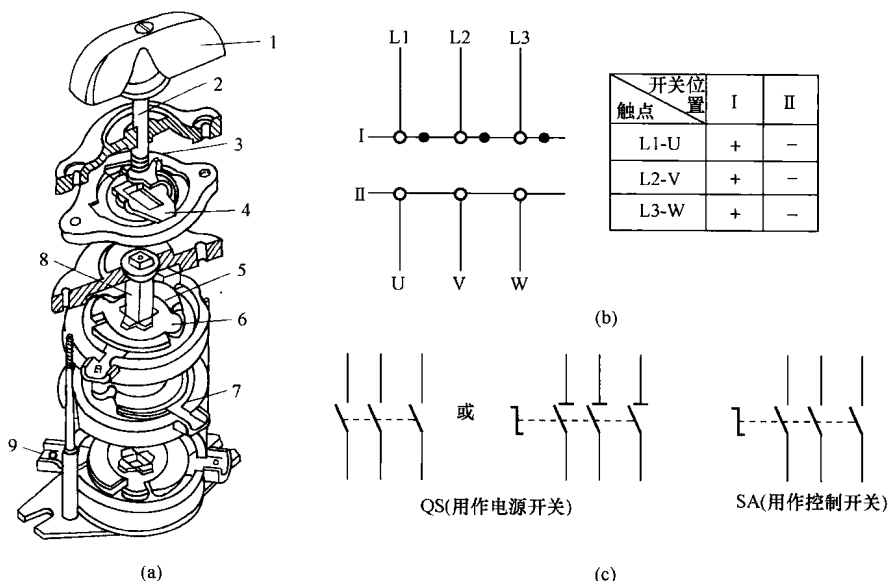
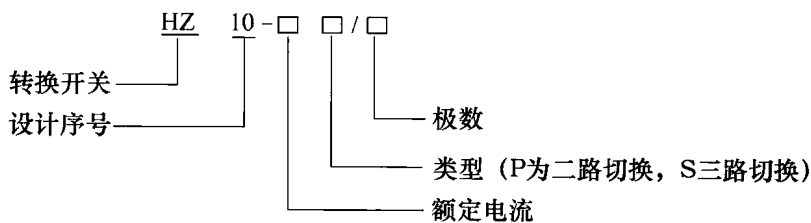


图 1-9 HZ10-10/3 型转换开关

(a) 外形结构；(b) 触点状态图及表；(c) 符号

1—手柄；2—转轴；3—弹簧；4—凸轮；5—绝缘垫板；
6—动触片；7—静触点；8—绝缘方轴；9—接线柱

HZ 系列转换开关型号的含义如下：



常用的转换开关有 HZ10、HZ5、HZ2、HZ15 等系列，由德国西门子公司引进生产的有 3ST、3LB 等系列。转换开关结构紧凑，体积较小。在机床电气系统中多用作电源开关，一般不带负载接通或断开电源，而是在启动前空载接通电源，或在应急、检修和长时间停用时空载断开电源。转换开关也可用于 5kW 以下小容量电动机的启停和正反转控制，以及机床照明电路中的开关控制。

转换开关应根据电源种类、电压等级、所需触点数和额定电流进行选用。

三、倒顺开关

图 1-10 (a) 所示的为 HZ3 系列转换开关，转换开关可用于控制电动机的正反转与停止，

故称为倒顺开关。它由带静触点的基座、带动触点的鼓轮和定位机构组成。开关有三个位置：左、中间和右，中间位置是断开，向左或向右旋转 45° 即可实现接通或换向。

图 1-10 (b) 是倒顺开关的触点状态图及表。图中，方块表示鼓轮上的动触点，L1、L2、L3 表示与静触点相接的三相电源，U、V、W 表示与静触点相接的电动机三相绕组的引出线。内层方块与外层方块分别表示旋转 45° 以后与静触点相接触的动触点。在闭合表中的某个位置有“X”记号的，表示相应的线接通；没有记号的，表示相应的线断开。由此可知，转换开关的手柄放在中间“停”位置时，线路不通，电动机停转。

图 1-10 (c) 所示为倒顺开关的电气符号，黑点表示该触点的接通位置。

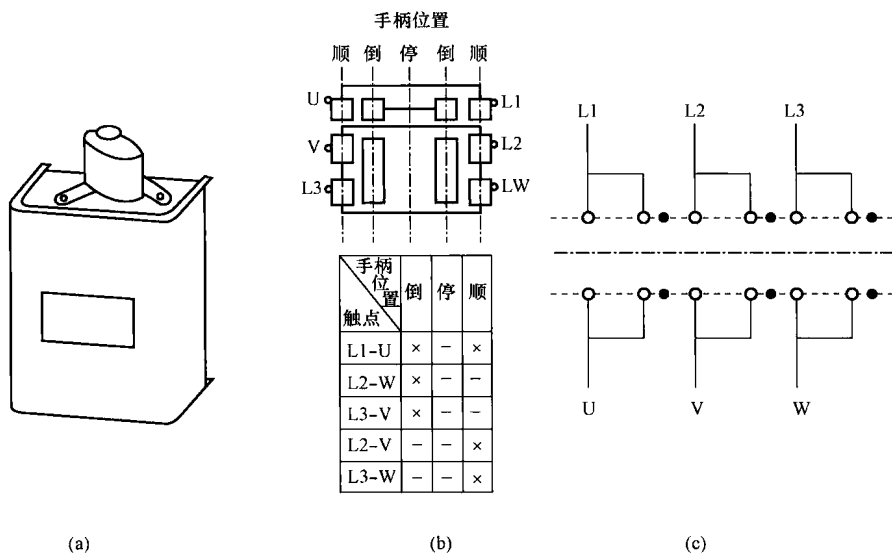


图 1-10 HZ3 系列倒顺开关
(a) 外形结构；(b) 触点状态图及表；(c) 符号

▶ 第四节 自动开关

自动开关又名自动空气开关或自动空气断路器。它既可以作开关用，又具有保护功能，可使交、直流电路内的电气设备免受短路、过载或欠电压等不正常情况的危害。有时，也用于不频繁地启停电动机等。

自动开关具有保护、动作后不需要更换元件、动作电流可按需要整定、工作可靠、安装方便和分断能力较强等优点，因此，在各种动力线路和机床设备中应用较广泛。

一、自动开关的工作原理

尽管各种自动开关形式各异，但其基本结构和动作原理却都相同，主要由触点系统、灭弧装置、操作机构和保护装置（各种脱扣器）等几部分组成。

图 1-11 (a) 是自动开关的工作原理示意图。开关的主触点是靠操作机构进行合闸与分闸的。一般容量的开关采用手动操作，较大容量的开关往往采用电动操作。合闸后，主触点被钩子锁在闭合位置。

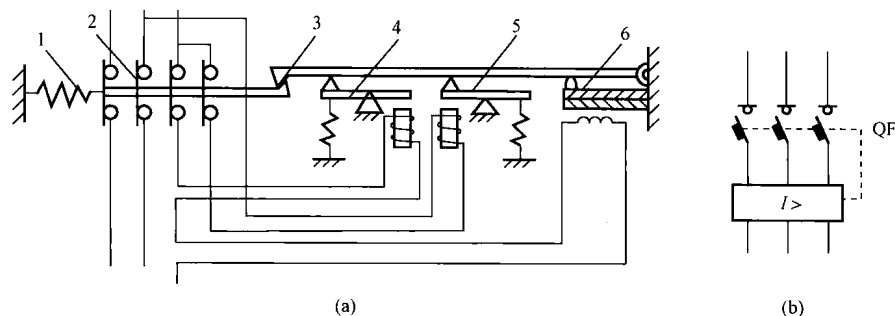


图 1-11 自动开关的工作原理图与符号

(a) 工作原理图; (b) 符号

1—释放弹簧; 2—主触点; 3—钩子; 4—电磁脱扣器;
5—失压脱扣器; 6—热脱扣器

自动开关的保护装置主要有以下几部分。

1. 电磁脱扣器

当流过开关的电流在整定值以内时, 电磁脱扣器线圈所产生的吸力不足以吸动衔铁。当发生短路故障时, 短路电流超过整定值, 强磁场的吸力克服弹簧的拉力拉动衔铁, 顶开钩子, 使开关跳闸。电磁脱扣器起到熔断器的作用。

2. 失压脱扣器

失压脱扣器的工作过程与电磁脱扣器恰恰相反。当电源电压在额定值时, 失压脱扣器线圈产生的磁力足以将衔铁吸合, 使开关保持合闸状态。当电源电压下降到低于整定值或降为零时, 在弹簧作用下衔铁被释放, 顶开钩子而切断电源。

3. 热脱扣器

热脱扣器的作用和基本原理与后面介绍的热继电器相同。

4. 分励脱扣器

分励脱扣器(图 1-11 中未画出)用于远距离操作。在正常工作时, 其线圈是断电的。在需要远方操作时, 使线圈通电, 电磁铁带动机械机构动作, 使开关跳闸。

5. 复式脱扣器

开关同时具有电磁脱扣器和热脱扣器, 称为复式脱扣器。

二、自动开关的类型

常用的自动开关有以下五种类型。

1. 塑壳式(又名装置式)自动开关

塑壳式自动开关是把所有的部件都装在一个塑料外壳内。它具有良好的保护性能, 安全可靠、轻巧美观, 适用于交流 50Hz 且交流电压为 500V 以内或直流电压为 220V 的电路中, 作为不频繁地接通与分断电路之用, 在工矿企业中被广泛地用于配电装置和电气控制设备中。

常用的塑壳式自动开关有 DZ5 和 DZ10 等系列产品。DZ5 系列为小电流系列, 其额定电流为 10~50A。图 1-12 所示为 DZ5-20 型自动开关的外形和结构图。其结构为立体布置, 操作机构居中, 有红色分闸按钮和绿色合闸按钮伸出壳外; 上、下分别装有电磁脱扣器和热脱扣器; 主触点系统在后部。该产品内还有一对常开(动合)和一对常闭(动断)辅助触点,



可作为信号指示或控制电路用。DZ10 系列为大电流系列，其额定电流等级有 100、250 A 和 600A 三种，分断能力为 7~50kA。它的结构特点是具有封闭的塑料外壳；绝缘底座及盖采用热固性塑料压制而成，具有良好的绝缘性能；且触点在通过大电流时一般不会产生熔焊现象；机床电气系统中常用在 250A 以下的等级中，作为电气控制柜的电源开关；通常将它装在控制柜的内侧，将操作手柄伸出外面，露出“分”与“合”的字样。

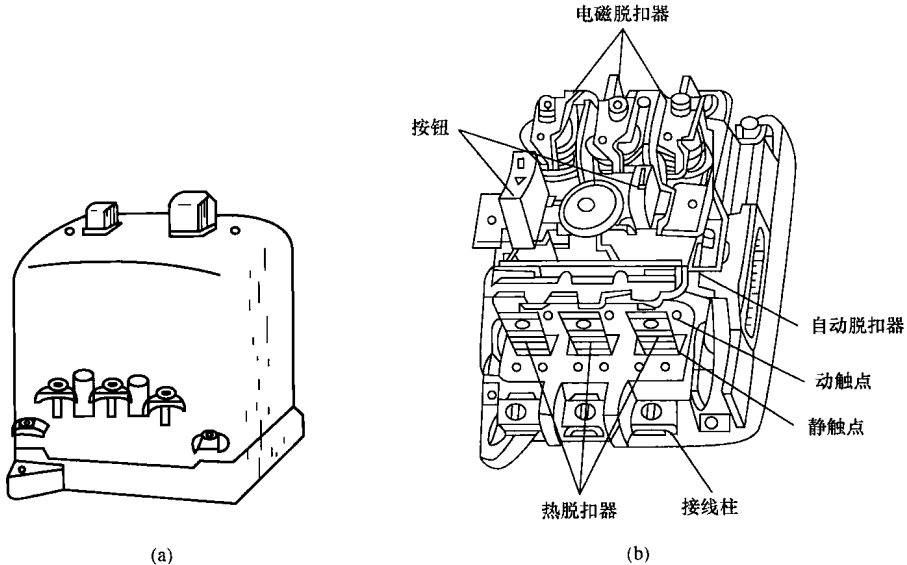


图 1-12 DZ 5-20 型自动空气开关

(a) 外形；(b) 结构

自动开关的触点系统和灭弧装置与后面介绍的接触器相同。

保护形式一般有电磁脱扣式、热脱扣式、复式和无脱扣式四种。无脱扣式保护与一般开关的作用相同。

2. 框架式（又名万能式）自动开关

框架式自动开关有一个钢制的或压塑的底座框架，所有部件都装在框架内，导电部分加以绝缘。它具有过电流脱扣器（作用与电磁脱扣器基本相同）和欠压脱扣器。脱扣动作有瞬时动作和延时动作。它的操作方式有手柄直接传动、杠杆传动、电磁铁传动和电动机传动四种。DW5 和 DW10 系列自动开关为其代表产品。这种开关一般用于交流 380V 或直流 440V 的配电系统中。DW5 系列是我国自行设计的新产品，其优点为尺寸小、重量轻、断流容量高、保护性能完善和操作省力可靠。

3. 直流快速自动开关

直流快速自动开关一般是单极的。它采用了快速电磁铁和强力灭弧装置，把脱扣动作时间缩短在 0.02s 以内，能有效地保护过载能力差的半导体功率器件。

4. 限流式自动开关

随着交流低压电网容量的不断提高，其短路电流有的高达 50kA 以上，这样大的短路电流使电网工作恶化。限流式自动开关能快速动作和强力灭弧，把短路电流限制在第一个半波