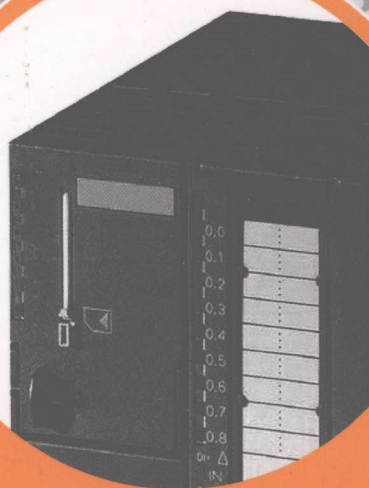


图解

PLC

与电气控制入门

张华龙 主 编
刁金霞 副主编



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

TM921.5/55

2008

图解 PLC 与电气控制入门

张华龙 主 编

刁金霞 副主编

人民邮电出版社

北 京

图书在版编目 (CIP) 数据

图解 PLC 与电气控制入门 / 张华龙主编. —北京: 人民邮电出版社, 2008.9
ISBN 978-7-115-18201-2

I. 图… II. 张… III. ①可编程序控制器—图解②电气控制 IV. TP332.3-64 TM921.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 076114 号

内 容 提 要

本书以图解的方式由浅入深地介绍了 PLC 与电气控制技术的相关知识, 包括常用低压电器、典型电气控制环节、典型机械设备电气控制系统分析、PLC 的构成和工作原理、PLC 的指令系统、PLC 控制系统基本设计方法、用 PLC 改造传统继电器—接触器控制电路以及 PLC 在工程中的应用等内容。

本书适合电气控制、自动化及相关领域的工程技术人员阅读, 也可供职业院校电气类专业的师生参考, 还可供相关培训班作为培训教材使用。

图解 PLC 与电气控制入门

-
- ◆ 主 编 张华龙
 - 副 主 编 刁金霞
 - 责任编辑 刘 朋
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京百善印刷有限公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 15.25
字数: 367 千字 2008 年 9 月第 1 版
印数: 1—4 000 册 2008 年 9 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-18201-2/TN

定价: 29.00 元

读者服务热线: (010)67129258 印装质量热线: (010)67129223
反盗版热线: (010)67171154

前 言

可编程逻辑控制器（简称 PLC）是随着技术的进步与现代社会生产方式的转变，为适应多品种、小批量生产的需要而发展起来的一种新型工业自动化控制装置。PLC 自 1969 年问世以来，由于其具有通用灵活的控制功能和简单方便的使用性能，可以适应各种工业环境的可靠性要求，因此在工业自动化领域得到了广泛应用。

由于传统的电气控制技术与 PLC 控制技术之间有着内在的联系，因此，本书结合电气控制、自动化及相关专业技术人员的实际需要，将传统的电气控制技术与 PLC 控制技术有机地融合在一起，系统地介绍了有关基础知识和相关应用的内容。为了便于读者理解和掌握，本书以图为主，采用了大量的典型电气控制电路图和 PLC 控制电路图，并配以简洁的文字进行说明，较详细地介绍了识读电路图的方法和技巧。因图中相同元器件或者电气符号的作用相同，所以读者在分析电路图时，对于图中没有注解的元器件可参照本书中的其他电路图或者相关文字来理解。本书内容丰富，覆盖面广，突出强化了实践环节，贴近工程实际需要，同时也反映了一些新知识和新技术，实用性较强。

本书由廊坊职业技术学院张华龙担任主编，刁金霞担任副主编。全书共分为 8 章，第一章由周志海编写，第二章由张华龙编写，第三章由曹伟编写，第四章由刘杰编写，第五章由胡海东编写，第六章由刁金霞编写，第七章由张桂林编写，第八章由常春阳编写，全书由张华龙负责统稿。在本书编写过程中，我们得到了廊坊职业技术学院有关领导和同事的大力支持与帮助，借本书出版之机，向他们表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中难免有不足或疏漏之处，欢迎广大读者批评指正。

编 者

目 录

第一篇 电气控制技术

第一章 常用低压电器.....	2
第一节 开关.....	2
一、刀开关.....	2
二、转换开关.....	4
三、倒顺开关.....	5
四、低压断路器.....	5
第二节 主令电器.....	8
一、按钮.....	8
二、行程开关.....	9
第三节 熔断器.....	11
一、熔断器的基本结构.....	11
二、熔断器的工作原理.....	11
三、熔断器的主要技术参数.....	11
四、熔断器型号的含义.....	11
五、熔断器的种类.....	11
六、熔断器的选择和维护.....	12
七、几种常见熔断器的外形.....	13
第四节 交流接触器.....	14
一、交流接触器的结构.....	15
二、交流接触器的工作原理.....	16
三、交流接触器型号的含义和主要技术参数.....	16
四、交流接触器的选用.....	16
第五节 继电器.....	18
一、电磁式电流、电压、中间继电器.....	19
二、时间继电器.....	20
三、热继电器.....	21
四、速度继电器.....	22
第二章 典型电气控制环节.....	25
第一节 电气图的基本知识.....	25
一、电气图中的图形符号、文字符号和接线端子标记.....	25
二、电路图.....	27
三、电器布置图.....	29

四、接线图	29
第二节 三相笼型异步电动机的直接启动控制电路	30
一、手动直接启动	30
二、带接触器控制的直接启动电路	31
第三节 三相笼型异步电动机降压启动控制电路	38
一、星—三角形 (Y— Δ) 降压启动控制电路	38
二、定子回路串电阻降压启动控制电路	42
三、自耦降压启动控制电路	45
第四节 三相笼型异步电动机制动控制电路	47
一、能耗制动控制电路	47
二、反接制动控制电路	49
第五节 三相笼型异步电动机有级变速控制电路	51
一、双速电动机定子绕组的连接	52
二、双速电动机控制电路	52
第六节 电控电路的简单设计	55
一、经验设计法的注意事项	55
二、经验设计法设计举例	58
第七节 电气控制电路安装实例	59
一、安装项目	59
二、安装电路图	59
三、安装目的及要求	60
四、安装前的准备	60
五、安装步骤	61
第八节 电气设备的防火	63
一、引起电气火灾的主要原因	63
二、防止电气火灾的安全措施	63
三、发生触电及电气火灾时的急救措施	64
第三章 典型机械设备电气控制系统分析	65
第一节 看电气控制图的方法和步骤	65
一、用查线看图法看主电路的步骤	65
二、用查线看图法看辅助电路的步骤	67
三、查线看图法的要点	69
第二节 C620-1 型普通车床的电气控制	69
一、主要结构与运动形式	69
二、电力拖动和控制要求	70
三、电气控制系统分析	70
第三节 C650 型卧式车床的电气控制	72
一、结构及工作要求	72
二、电力拖动及控制要求	72

三、控制电路分析	72
第四节 X62W 型铣床的电气控制	76
一、主要结构和运动形式	76
二、电力拖动和控制要求	77
三、控制电路分析	77
第五节 M7130 型磨床的电气控制	82
一、主要结构及运动形式	82
二、拖动特点和控制要求	83
三、控制电路分析	83
第六节 Z3040 型摇臂钻床的电气控制	86
一、主要结构及运动形式	86
二、拖动特点和控制要求	87
三、控制电路分析	87

第二篇 PLC 控制技术

第四章 PLC 的构成和工作原理	92
第一节 概述	92
一、PLC 的产生	92
二、PLC 的发展	92
三、PLC 的特点	93
第二节 PLC 的基本结构	94
一、硬件系统	94
二、软件系统	100
第三节 PLC 的基本工作原理	101
一、输入采样	102
二、程序执行	102
三、输出刷新	102
四、举例说明 PLC 的扫描工作过程	102
第四节 PLC 的技术性能和常用编程元件	103
一、PLC 的技术性能指标	103
二、FX 系列 PLC 梯形图中的编程元件	106
第五节 PLC 的通信网络	111
一、通信方式与传输速率	111
二、串行通信接口标准	112
三、现场总线及有关国际标准	113
四、计算机与 PLC 之间的链接数据流	114
五、计算机链接通信的错误诊断	115
六、计算机与 PLC 的通信	116

第五章 PLC 的指令系统	118
第一节 PLC 编程基础	118
一、PLC 的编程语言	118
二、梯形图与继电器控制电路的区别	119
第二节 基本逻辑指令	120
一、逻辑取及输出线圈指令 (LD、LDI、OUT)	120
二、触点的串并联指令 (AND、ANI、OR、ORI)	121
三、微分输出指令 (PLS、PLF)	122
四、电路块串并联指令 (ANB、ORB)	122
五、栈存储器操作与多路输出指令 (MPS、MRD、MPP)	123
六、主控指令与主控复位指令 (MC、MCR)	124
七、置位及复位指令 (SET、RST)	125
八、取反指令 (INV)	126
九、空操作指令与结束指令 (NOP、END)	126
十、步进指令	127
第三节 应用指令	129
一、应用指令的表示方法	129
二、程序流控制指令	131
三、比较、传送与数据变换指令	133
四、算术运算与字逻辑运算指令	136
五、循环移位与移位指令	139
六、数据处理指令	141
七、高速处理指令	143
八、方便指令	146
第六章 PLC 控制系统基本设计方法	148
第一节 梯形图设计原则与基本电路梯形图	148
一、梯形图设计基本原则	148
二、梯形图编程注意事项	149
第二节 PLC 设计常用基本电路	149
一、启保停电路	149
二、置位复位电路	150
三、延时接通电路	150
四、延时断开电路	150
五、闪烁电路	151
六、三相异步电动机正反转控制电路	151
第三节 开关量控制系统梯形图设计方法	152
一、根据继电器电路图设计梯形图——转换法	152
二、基本设计法——经验法	153
三、顺序控制设计法与顺序功能图	155

第四节 顺序控制设计法编程举例	158
一、单序列流程.....	158
二、选择分支与汇合流程.....	160
三、并行分支与汇合流程.....	161
第七章 用 PLC 改造传统的继电器—接触器控制电路	164
第一节 三相异步电动机正转控制线路的改造	164
一、点动控制线路.....	164
二、具有过载保护的接触器自锁正转控制线路.....	167
三、既能点动又能单向连动的控制线路.....	171
第二节 三相异步电动机正反转控制线路的改造	176
一、接触器连锁的正反转控制线路.....	176
二、按钮连锁的正反转控制线路.....	181
三、按钮、接触器双重连锁的正反转控制线路.....	185
第三节 三相异步电动机位置控制和自动往返控制线路的改造	190
一、位置控制线路的改造.....	190
二、自动往返控制线路的改造.....	196
第四节 三相异步电动机降压启动控制线路的改造	202
一、定子绕组串电阻降压启动控制线路的改造.....	202
二、断电延时型 Y— Δ 降压启动控制线路的改造.....	206
第八章 PLC 在工程中的应用	213
第一节 PLC 应用设计步骤	213
一、PLC 控制方案设计.....	213
二、PLC 选型.....	213
三、PLC 控制系统设计.....	216
四、系统调试.....	217
第二节 PLC 应用实例	218
一、两种液体混合装置控制线路.....	218
二、水塔水位控制系统.....	220
三、交通信号灯控制系统.....	222
四、机械手步进控制系统.....	223
五、三层楼电梯 PLC 控制系统.....	226
六、送料车控制系统.....	229
七、广告彩灯控制系统.....	230
参考文献	234

第一篇 电气控制技术

主要内容

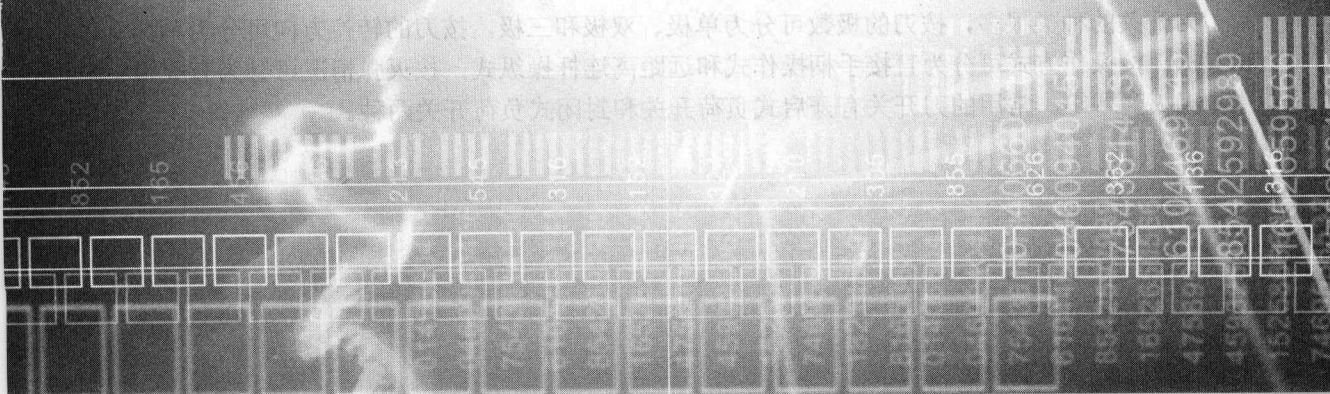
- 半导体的应用
- 传感器的应用
- 变频技术的应用
- 节能技术的应用
- 环保技术的应用

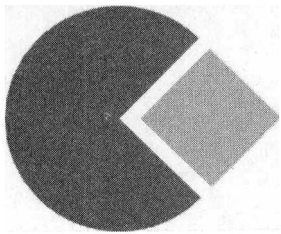
各种不同用途的机械设备一般都是由电动机来拖动的，而电动机最早的控制方式就是继电器—接触器式控制，该类控制技术简称电气控制技术。

电气控制是指由各种有触点的继电器、接触器、行程开关、控制按钮等组成的控制电路来实现对电力拖动系统的启动、制动、反转和调速控制，以及实现对电力拖动系统的保护及生产加工的自动化。机械设备的生产工艺不同，控制电路也不同，但任何复杂的控制电路都是由一些比较简单的基本控制环节按需要组合而成的。本书电气控制技术部分先简单介绍常用低压电器的基本知识，然后介绍电路图的基本概念及绘制方法，再重点介绍电气控制电路的一些基本环节，为以后典型机械设备控制电路的阅读分析以及继电器—接触器控制系统的设计奠定基础。

关 开 行 一 课

关 代 行 一 课





第一章 常用低压电器

本章要点:

- 开关的种类、结构、工作原理、用途及型号 ■
- 主令电器的种类、结构、工作原理、用途及型号 ■
- 熔断器的种类、结构、工作原理、用途及型号 ■
- 交流接触器的种类、结构、工作原理、用途及型号 ■
- 继电器的种类、结构、工作原理、用途及型号 ■

低压电器通常是指在交流电压小于 1200V、直流电压小于 1500V 的电路中起接通、断开、保护、控制和调节作用的电气设备。低压电器的生产和发展与电的发明和广泛应用是分不开的,从按钮、刀开关、熔断器等最简单的低压电器开始,到多种规格的低压断路器、接触器以及由它们组成的成套电气控制设备,都是为满足生产的需要而发展起来的。建国以来,我国随着国民经济的恢复和大规模经济建设的进行,国民经济各部门对低压电器的种类、品种和质量都提出了越来越高的要求。低压电器的品种也从少到多,产品质量从低到高逐渐发展。目前,低压电器正向高性能、高可靠性、多功能、小型化、使用方便等方向发展。

第一节 开 关

一、刀开关

刀开关又称闸刀开关,是结构最简单且应用最广泛的一种手动电器。它由操作手柄、触刀、静夹座和绝缘底板等组成,如图 1-1 所示。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等。常用的刀开关有开启式负荷开关和封闭式负荷开关两种。

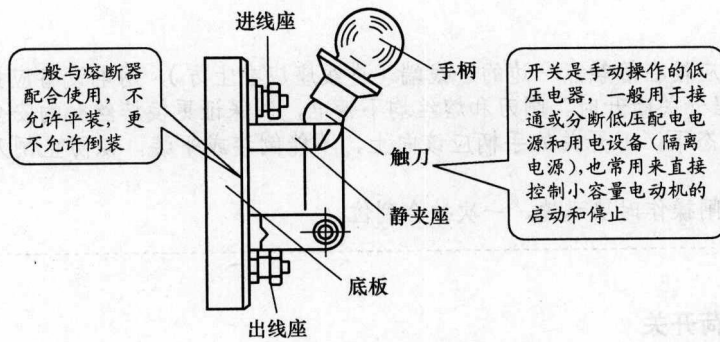


图 1-1 刀开关的典型结构

1. 开启式负荷开关

开启式负荷开关又名胶壳刀开关，它由刀开关和熔断器组合而成，装在瓷底板上。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。

开启式负荷开关型号（HK1-□）的含义如下：“HK”表示开启式负荷开关，“1”表示设计序号，“□”为额定电流。HK 系列闸刀开关的结构如图 1-2 所示，图形符号如图 1-3 所示。

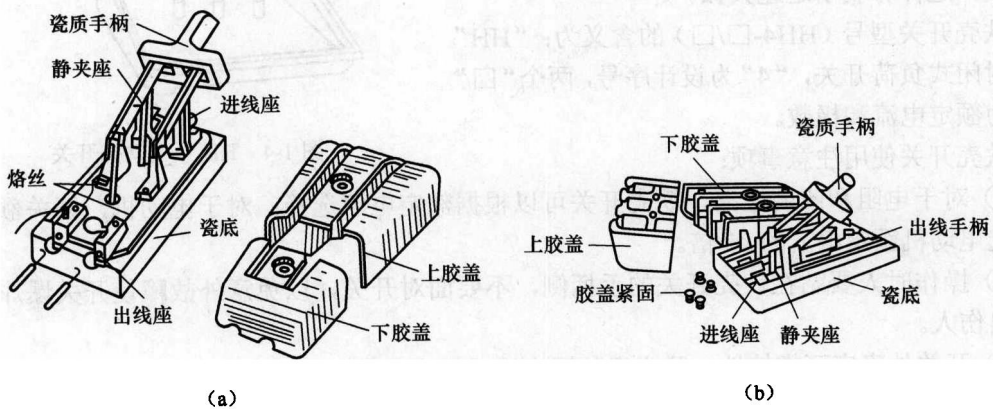


图 1-2 HK 系列闸刀开关结构图

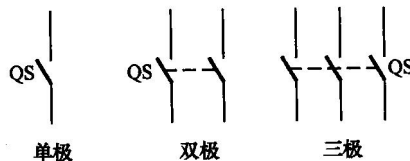


图 1-3 HK 系列闸刀开关图形符号

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 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。这样当开关断开时，闸刀和熔丝均不带电，以保证更换熔丝时的安全。
- 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. 封闭式负荷开关

封闭式负荷开关又名铁壳开关。图 1-4 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 1-4 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。

铁壳开关的操作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 开关外壳应可靠接地，防止意外漏电造成触电事故。

二、转换开关

转换开关（组合开关）实质上也是一种刀开关，不过它的刀片是转动的。它由装在同一根轴上的单个或多个单极旋转开关叠装在一起组成，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。图 1-5 所示为常用的 HZ10 系列组合开关的外形和图形符号。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接线端上，3 个动触片套在装有手柄的绝缘轴上。

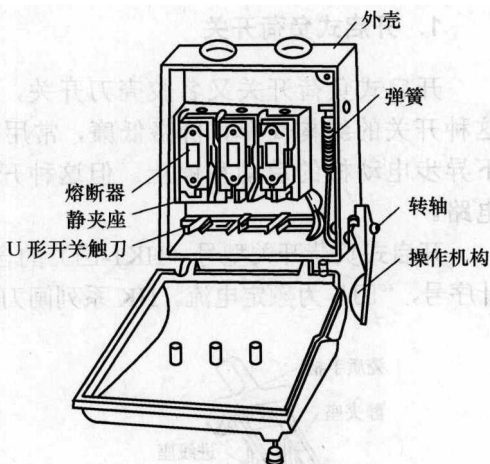
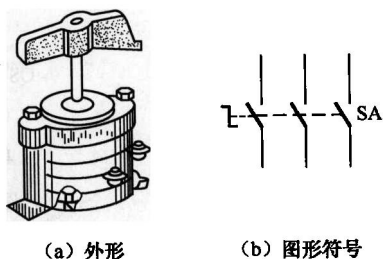


图 1-4 HH 系列铁壳开关



(a) 外形 (b) 图形符号
图 1-5 HZ10 系列组合开关

HZ 系列转换开关型号 (HZ10-□□/□) 的含义为:“HZ”表示组合开关,“10”为设计序号,3个“□”分别表示额定电流、类型(P为二路切换,S为三路切换)和极数。

组合开关常用作交流 50Hz、380V 和直流 220V 以下的电源引入开关,5kW 以下电动机的直接启动和正反转控制,以及机床照明电路中的控制开关。

三、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。

图 1-6 是 HZ3-123 型倒顺开关的结构图。

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,应先将手柄扳在“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,电动机定子绕组中会产生很大的电流,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。刀开关的外形如图 1-7 所示。

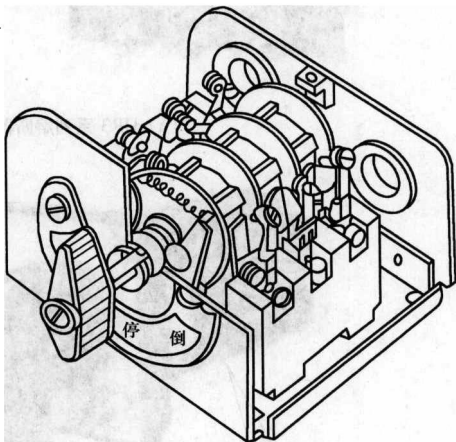


图 1-6 HZ3-123 型倒顺开关

四、低压断路器

低压断路器又称自动空气开关。几种常见的低压断路器的外形如图 1-8 所示。它是低压配电网和电力拖动系统中非常重要的一种电器,除能完成手动或自动接通和分断电路外,也能对电路或电气设备发生的短路、过载及失压等进行保护,同时也可用于电动机不频繁地启停控制。

DZ5-20 型自动空气开关的外形及结构如图 1-9 所示。DZ5-20 型自动空气开关的结构采用立体布置,操作机构在中间。外壳顶部突出的红色分断按钮和绿色合闸按钮,可通过储能弹簧连同杠杆机构实现开关的接通和分断;壳内底座上部为热脱扣器,它由热元件和电磁脱扣器构成,用作过载保护;还有一个电流调节盘,用以调节整定电流;下部为电磁脱扣器,由电流线圈和铁芯组成,作短路保护用;主触头系统在操作机构的下面,由动触点和静触点组成,用以接通和分断主电路的大电流并采用栅片灭弧。另外,还有动合和动断辅助触点各一对,可用于信号指示或电路控制;主、辅触点接线柱伸出壳外,便于接线。

自动空气开关与带熔断器的刀开关相比,具有以下优点:结构紧凑,安装方便,操作安全,而且在进行过载、短路保护时,用电磁脱扣器将三相电源同时切断,可避免电动机缺相运行。另外,自动开关的脱扣器可以重复使用,不必更换。



图 1-7 常见的几种刀开关的外形图

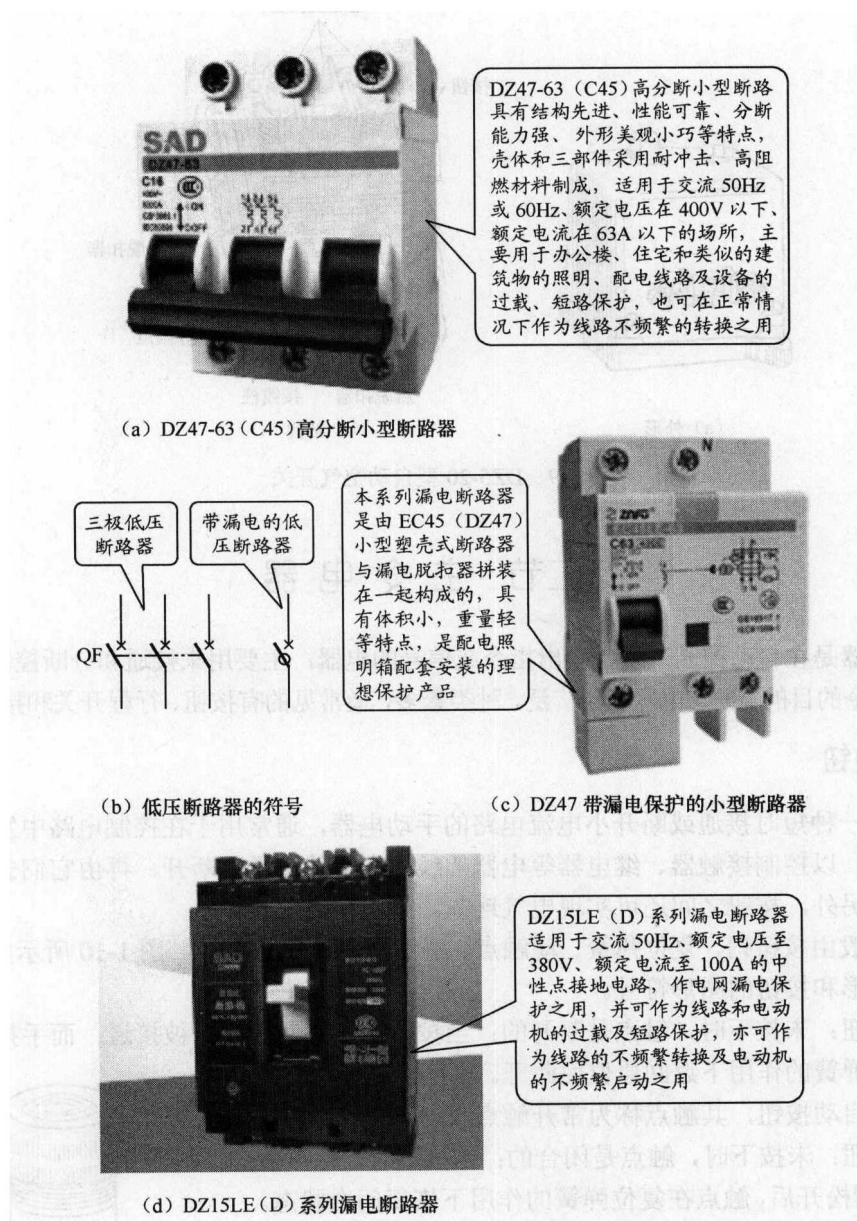


图 1-8 几种常见的低压断路器的外形图

自动空气开关的主要参数是额定电压、额定电流和允许切断的极限电流。选用自动空气开关时要注意:

- ① 其允许切断极限电流应该略大于线路的最大短路电流。
- ② 额定电压和额定电流应不小于电路正常工作时的电压和电流。
- ③ 热脱扣器的整定电流应与负载额定电流相等。
- ④ 电磁脱扣器的瞬时脱扣整定电流应大于正常工作时的冲击电流。

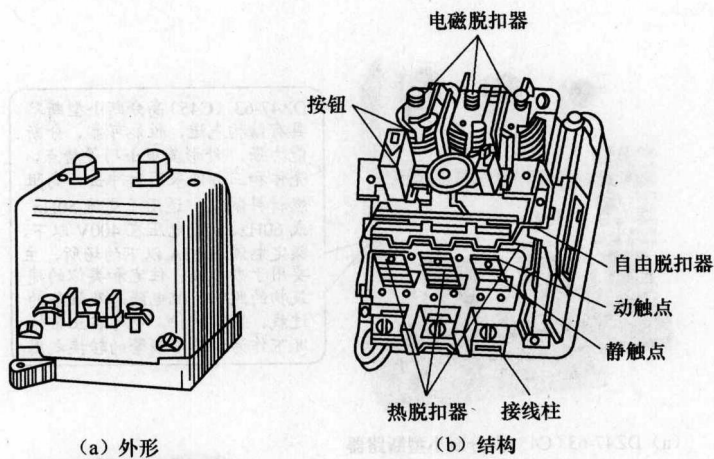


图 1-9 DZ5-20 型自动空气开关

第二节 主令电器

主令电器是在自动控制系统中发出指令或信号的电器，主要用来接通和分断控制电路，以达到发号施令的目的。主令电器应用广泛，种类繁多，最常见的有按钮、行程开关和接近开关等。

一、按钮

按钮是一种短时接通或断开小电流电路的手动电器，通常用于在控制电路中发出启动或停止等指令，以控制接触器、继电器等电器的线圈电流的接通或断开，再由它们去接通或断开主电路。另外，按钮之间还可实现电气连锁。

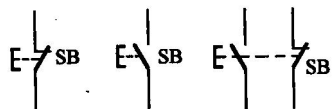
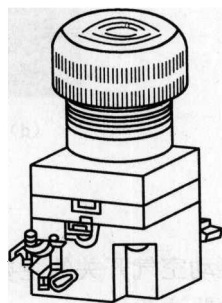
按钮一般由按钮帽、复位弹簧、动触点、静触点和外壳等组成。图 1-10 所示为 LA19 系列按钮的外形和按钮的图形符号。

常开按钮：未按下时，触点是断开的；当按下按钮帽时，触点被接通；而手指松开后，触点在复位弹簧的作用下返回原位而断开。常开按钮在控制电路中常用作启动按钮，其触点称为常开触点或动合触点。

常闭按钮：未按下时，触点是闭合的；当按下时，触点被断开；而手指松开后，触点在复位弹簧的作用下恢复闭合状态。常闭按钮在控制电路中常用作停止按钮，其触点称为常闭触点或动断触点。

复合按钮：当未按下时，动断触点是闭合的，动合触点是断开的；当按下时，先断开动断触点，后接通动合触点；而手指松开后，触点在复位弹簧的作用下全部复位。复合按钮在控制电路中常用于电气连锁。

按钮的主要技术指标有：规格、结构形式、触点对数和按钮的颜色。通常选用的规格为交流额定电压 500V，允许持续电流 5A。按钮的颜色有红、绿、黑、黄、白、蓝等，供不同



常闭按钮 常开按钮 复合按钮

图 1-10 按钮的外形和图形符号