



高职高专“十二五”规划教材

# 电气控制与 PLC技术

主编◎董改花

航空工业出版社

责任编辑：冯 枫

封面设计：王雁南

技术支持 [www.bjjqe.com](http://www.bjjqe.com)

中航出版传媒有限责任公司

CHINA AVIATION PUBLISHING & MEDIA CO., LTD.

[www.aviationnow.com.cn](http://www.aviationnow.com.cn)

ISBN 978-7-80243-953-5



定价：28.00元

高职高专“十二五”规划教材

# 电气控制与 PLC 技术

主 编 董改花

航空工业出版社

北 京



数据加载失败，请稍后重试！



《电气控制与 PLC 技术》是目前高职高专电气自动化、机电一体化及数控等相关专业必修的应用型专业核心课程。

本教材内容涵盖传统电气控制和 PLC 控制，主要侧重于 PLC 控制。全书采用项目导向的编写模式，通过具体工程应用项目引出问题，引导学生思考、自学、讨论，在教师指导下逐步解决问题，使学生在近似真实的工程环境中，完成电气控制与 PLC 技术项目的硬件电路设计、外部电气元件安装接线、控制程序编制与调试、技术资料编制等全过程的所有工作。在学习知识的过程中，学生不仅可以培养设计制作等职业能力，还可以掌握解决工程实际问题的技能，实现毕业与就业“零距离”。

本教材根据学生毕业后所从事职业的实际需要确定学生应具备的知识能力结构，将理论与实际技能结合起来，按照项目任务、项目分析、相关知识、项目实施、项目考核、巩固训练、知识拓展的顺序，循序渐进地完成实际工程项目设计。书中以目前流行的三菱 FX<sub>2N</sub> 系列 PLC 为依托，共设置了 7 个项目背景与控制要求，包括运煤小车两地往返运动控制、三相异步电动机的 Y— $\Delta$  启动、XA6132 万能铣床的 PLC 改造、十字路口交通灯 PLC 控制、大小球分拣系统 PLC 控制、自动售饮料机系统 PLC 控制和两台 PLC 通信控制等。通过逐个进行剖析，由浅入深，将电气控制与 PLC 技术的基本核心知识点都应用进去。内容涉及常用低压电器、典型控制线路、机床控制电路、PLC 基本指令、PLC 基本编程方法、PLC 顺序控制设计法、PLC 功能指令应用以及 PLC 通信等。其中，项目一、项目二和项目三均采用两种方案来完成控制要求，将继电器控制系统与 PLC 控制系统进行对比，项目四采用基本经验设计法和顺序控制设计法两种编程方法来实现，这些都有利于拓展学生的思路，培养他们的综合思维能力和工程应用能力。

本教材由苏州经贸职业技术学院的董改花老师主编，由殷兴光、陈堂敏、黄英、王鹏、武艳、黄实批任副主编，程焱、芦关山和李慧参编。作者根据多年的教学经验，精心对书中内容进行选例和安排。在编写过程中，作者参阅了多种同类优秀教材和论著文献，在此向这些编著者致以诚挚的谢意。苏州经贸职业技术学院的陈堂敏老师和黄英老师对本书的知识安排提出了许多宝贵的意见，在此特别表示感谢。

由于编者的学识水平和实践经验有限，书中疏漏及错误之处在所难免，敬请兄弟院校师生和广大读者批评指正，以便进一步修订和完善本教材。

编者  
2012 年 5 月

# 本书编委会

主 编 董改花

副主编 殷兴光 陈堂敏 黄 英 王 鹏

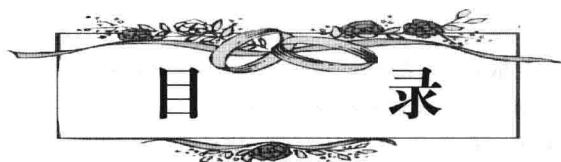
武 艳 黄实批

编 者 董改花 殷兴光 陈堂敏 黄 英

王 鹏 武 艳 黄实批 程 烨

芦关山 李 慧

(以编写顺序为序)



# 目 录

项目一 运煤小车两地往返运动控制	1
项目目标	1
项目任务	1
项目分析	2
相关知识	2
一、低压电器的基础知识	2
二、低压开关和主令电器	3
三、交流接触器	12
四、继电器	14
五、基本电气控制电路	21
六、PLC 的概念、结构和工作原理	25
七、FX <sub>2N</sub> 系列可编程控制器	29
项目实施	38
一、继电器接触器控制运煤小车两地往返	38
二、PLC 控制运煤小车两地自动往返	39
项目考核	43
巩固训练	44
知识拓展	44
一、接触器与继电器的区别	44
二、PLC 控制系统设计步骤	45
三、“启-保-停”控制电路	46
项目二 三相异步电动机的 Y— $\Delta$ 启动	47
项目目标	47
项目任务	47
项目分析	48
相关知识	48
一、电动机基础知识	48
二、三相异步电动机的启动控制	52
三、GX Developer 软件快速进阶	56
项目实施	62
一、继电器接触器控制三相异步电动机 Y— $\Delta$ 启动	62
二、PLC 控制三相异步电动机的 Y— $\Delta$ 降压启动	64



项目考核	66
巩固训练	66
知识拓展	67
一、电气控制电路的一般设计方法	67
二、PLC 控制与继电器控制的区别	67
三、梯形图的特点和设计原则	68
四、主控指令与主控复位指令的使用	69
<b>项目三 XA6132 万能铣床的 PLC 改造</b>	<b>72</b>
项目目标	72
项目任务	72
项目分析	74
相关知识	75
一、万能转换开关	75
二、电气控制识图基础知识	76
三、基本控制线路的装接步骤和工艺要求	79
项目实施	81
一、XA6132 万能铣床电气控制电路分析	81
二、XA6132 万能铣床控制电路的 PLC 改造	85
项目考核	89
巩固训练	90
知识拓展	91
一、电气控制系统常用的保护环节	91
二、XA6132 万能铣床常见故障分析	92
三、安全用电基础知识	93
<b>项目四 十字路口交通灯 PLC 控制</b>	<b>96</b>
项目目标	96
项目任务	96
项目分析	97
相关知识	97
一、顺序功能图与步进指令	97
二、定时器的延时扩展	102
三、闪烁电路和分频电路	103
四、断电延时和通断电均延时定时器	104
项目实施	105
一、分配 PLC 端子	105
二、画出硬件连接图	106
三、基本经验设计法编程	107
四、顺序控制设计法编程	110
项目考核	112





巩固训练 .....	113
一、设计电动机顺序启停控制系统 .....	113
二、设计小车自动往返装卸货控制系统 .....	113
三、设计液体混合装置控制系统 .....	113
知识拓展 .....	114
一、单序列顺控系统的一般编程步骤 .....	114
二、顺控设计法中梯形图的编程方式 .....	114
<b>项目五 大小球分拣系统 PLC 控制 .....</b>	<b>116</b>
项目目标 .....	116
项目任务 .....	116
项目分析 .....	117
相关知识 .....	117
一、单序列顺序功能图的步进编程 .....	117
二、选择序列分支与合并的步进编程 .....	119
三、并行序列分支与合并的步进编程 .....	123
项目实施 .....	127
一、分配 PLC 端子 .....	127
二、画出硬件连接图 .....	128
三、绘制顺序功能图 .....	128
四、设计步进梯形图 .....	130
项目考核 .....	133
巩固训练 .....	134
一、设计自动门 PLC 控制系统 .....	134
二、设计全自动洗衣机控制系统 .....	135
知识拓展 .....	136
一、组合序列和虚设步 .....	136
二、跳转与循环序列 .....	137
<b>项目六 自动售饮料机系统 PLC 控制 .....</b>	<b>141</b>
项目目标 .....	141
项目任务 .....	141
项目分析 .....	142
相关知识 .....	142
一、PLC 功能指令基础知识 .....	142
二、四则运算和逻辑运算指令 .....	146
三、移位指令和循环移位指令 .....	151
四、比较指令和传送指令 .....	153
五、数据处理指令 .....	157
项目实施 .....	160
一、分配 PLC 端子 .....	160



二、画出硬件连接图 .....	160
三、绘制控制流程图 .....	161
四、设计梯形图程序 .....	162
项目考核 .....	164
巩固训练 .....	165
一、设计喷泉自动控制系统 .....	165
二、设计数码显示控制系统 .....	165
三、设计停车场车位显示系统 .....	165
知识拓展 .....	166
一、程序控制类功能指令 .....	166
二、脉冲输出类功能指令 .....	167
项目七 两台 PLC 通信控制 .....	170
项目目标 .....	170
项目任务 .....	170
项目分析 .....	171
相关知识 .....	171
一、数据通信基础知识 .....	171
二、串行通信接口标准 .....	172
三、工业控制网络基础 .....	173
四、通信功能扩展板和通信模块 .....	174
五、三菱 PLC 的通信方式 .....	176
项目实施 .....	180
一、模块选择 .....	180
二、硬件连接 .....	181
三、编写程序 .....	181
项目考核 .....	182
巩固训练 .....	183
一、两台 PLC 高速并行通信设计 .....	183
二、三台 PLC N:N 网络通信设计 .....	183
知识拓展 .....	184
一、串行通信指令 RS .....	184
二、并行链接注意事项 .....	184
参考文献 .....	186

# 项目一 运煤小车两地往返运动控制

## 项目目标

### 【知识目标】

- (1) 熟悉常用低压电器的类型、用途和结构原理。
- (2) 理解电气自锁、电气互锁和机械互锁等概念。
- (3) 熟悉电动机的基本电气控制电路。
- (4) 弄清 PLC 的概念、工作原理和应用概况。
- (5) 熟悉 PLC 控制系统的软件和硬件设计方法。

### 【技能目标】

- (1) 掌握常用低压电器的工作原理，并能够正确选用低压电器以及判断其好坏。
- (2) 能够识读三相异步电动机的单向点动控制、连续控制、正反转运行控制、自动往返循环控制电路的电气原理图和电气安装接线图，正确分析其控制电路的工作原理，并完成控制电路的安装与检修。
- (3) 熟悉并会使用三菱 FX<sub>2N</sub> 系列 PLC 的各种编程软元件。
- (4) 学会分配 PLC 的输入/输出 (I/O) 端口以及绘制 PLC 硬件接线图。
- (5) 能够独立编制和联机调试 PLC 用户程序。

## 项目任务

随着工业和科学技术的发展，电气控制技术经历了从手动控制到自动控制的转变，运料小车也逐渐实现了自动化，并不断扩大到各个领域。

在自动化生产线中，经常会遇到一个运料小车在两地之间自动往返的情形，比如运煤小车在煤场和煤仓两地间自动往返运煤，如图 1-1 所示。已知运煤小车采用额定功率为 3kW、额定电压为 380V、额定电流为 6.4A、额定转速为 2880r/min、额定频率为 50Hz、接法为星形 (Y) 的三相笼型异步电动机进行控制。

具体控制要求：按下启动按钮 SB1，小车首先向右行驶，当到达煤场时，碰到行程开关 SQ1，小车停止并开始装煤，10s 后，小车自动改变运行方向，改为向左行驶；当到达煤仓时，碰到行程开关 SQ2，小车停止并开始卸煤，5s 后，小车再次改变运行方向，开始向右行驶，准备下一次的运煤过程；按下停止按钮 SB2，则小车停止。

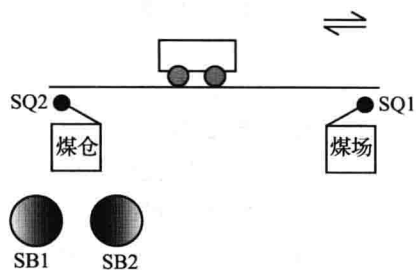


图 1-1 运煤小车两地往返控制示意图



## 项目分析

分析上述过程可知,运煤小车具有左右两个运动方向,通过对三相笼型异步电动机进行正反转控制即可实现。三相异步电动机通过机械传动机构来驱动运煤小车左右行驶。

运煤小车的停止与左右位置有关,所以在左右位置处设立两个行程开关 SQ1、SQ2;运煤小车运行方向的改变与停留时间有关,所以还要引入两个时间继电器。

## 相关知识

### 一、低压电器的基础知识

根据外界特定的信号和要求,自动或手动接通和断开电路,断续或连续地改变电路参数,实现对电路或非电对象的切换、保护、检测、控制和调节的电气设备均称为电器。

根据实际工作电压的高低,电器分为高压电器和低压电器两大类。其中,低压电器通常是指工作在交流 1200V、直流 1500V 及以下的电路中的电器,它是电力拖动自动控制系统的基本组成元件。

低压电器一般包括两个基本组成部分,即感受部分和执行部分。

- **感受部分:** 它感受外界信号,做出有规律的反应。在自动控制电器中,感受部分大多由电磁机构组成;在手动控制电器中,感受部分通常是操作手柄等。
- **执行部分:** 如触点连同灭弧系统,它根据指令执行电路接通、切断等任务。

自动空气开关类的低压电器还具有中间(传递)部分,它的任务是将感受和执行两部分联系起来,使它们协同一致,按一定的规律动作。

低压电器种类繁多,分类方法也有很多种。

#### (一) 按动作方式分类

- **手动控制电器:** 依靠外力(如人工)直接操作来进行切换的电器,如刀开关、组合开关、按钮等。
- **自动控制电器:** 依靠指令或物理量(如电流、电压、时间、速度等)变化而自动动作的电器,如接触器、继电器、自动空气开关等。

#### (二) 按用途分类

- **低压控制电器:** 主要在低压配电系统及动力设备中起控制作用,用于控制电路的接通、分断以及电动机的各种运行状态,如刀开关、接触器、按钮等。
- **低压保护电器:** 主要在低压配电系统及动力设备中起保护作用,保护电源和线路或电动机,使它们不至于在短路状态和过载状态下运行,如熔断器、热继电器等。



有些低压电器既有控制作用,又有保护作用。例如,行程开关既可以控制行程,又可以作为极限位置的保护;自动空气开关既可以控制电路的通断,又可以起短路、过载、欠压等保护作用。



### (三) 按执行机理分类

- **有触点电器**：此类电器具有动触点和静触点，利用触点的接触和分离来实现电路的通断。
- **无触点电器**：此类电器无触点，主要利用晶体管的开关效应（即导通或截止）来实现电路的通断。

## 二、低压开关和主令电器

常见的低压开关有刀开关、组合开关、自动空气开关等；主令电器是指在自动控制系统中用于发送信号或指令的电器，如按钮、行程开关、接近开关等。



主令电器通过发送指令或信号可以控制接触器、继电器或其他电器线圈，使电路接通或断开，从而达到控制生产机械的目的。

### (一) 刀开关

刀开关又称闸刀开关，是一种结构最简单、应用最广泛的手动控制低压电器，一般用于接通或切断用电设备的电源，以及控制不经常启动的小容量三相异步电动机。

#### 1. 种类和结构

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；按灭弧情况可分为有灭弧罩和无灭弧罩。这里仅介绍电力拖动控制电路中最常用的由刀开关和熔断器组合而成的负荷开关。

负荷开关分为开启式负荷开关和封闭式负荷开关两种，主要由操作手柄、触刀、静插座和绝缘底板组成。以开启式负荷开关为例，其结构示意图和符号如图 1-2 所示。

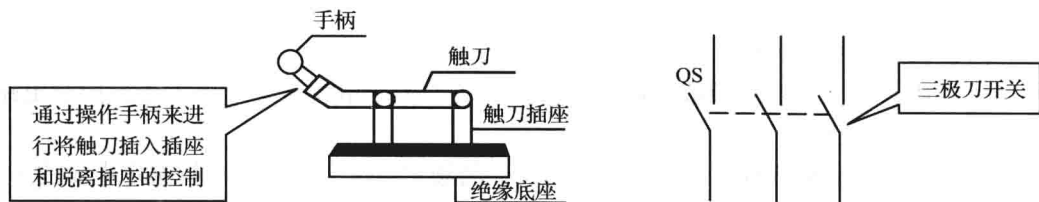


图 1-2 开启式负荷开关的结构示意图和符号

开启式负荷开关又称瓷底胶盖刀开关，其瓷底板上装有进线座、静触点、熔丝、出线座和带瓷质手柄的刀片式动触点，上面装有胶盖，如图 1-3 所示。这样不仅可以保证操作人员不会触及带电部分，还可以保证分断电路时产生的电弧不会飞出胶盖外面而灼伤操作人员。

封闭式负荷开关整个装于铁壳内，因此又称铁壳开关，它是在开启式负荷开关的基础上改进设计的一种开关，主要由钢板外壳、触刀、操作机构和熔断器等组成，如图 1-4 所示。此类开关主要用于手动不频繁地接通和断开带负载的电路，也可用于控制 15kW 以下的交流电动机不频繁地直接启动和停止。

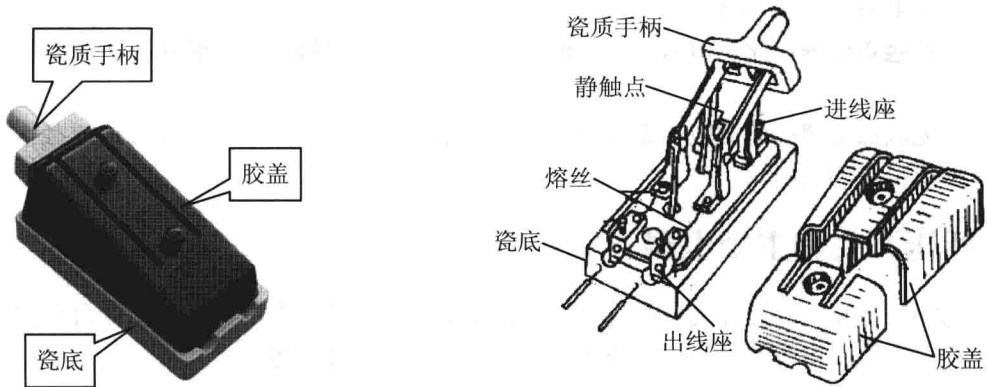


图 1-3 开启式负荷开关

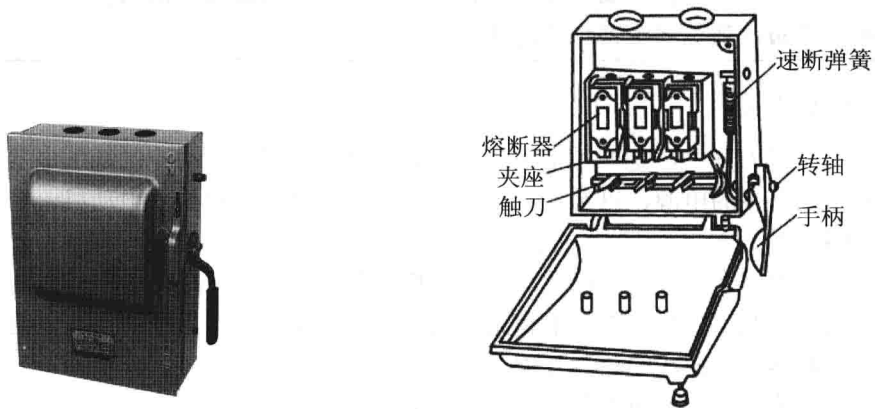


图 1-4 封闭式负荷开关

## 2. 选择原则

刀开关的选择原则如下：

(1) 当用于照明或电热负载时，所选负荷开关的额定电流应等于或大于被控制电路中各负载的额定电流之和。

(2) 当用于电动机负载时，开启式负荷开关的额定电流一般为电动机额定电流的 3 倍；封闭式负荷开关的额定电流一般为电动机额定电流的 1.5 倍。

## 3. 使用注意事项

在安装与使用刀开关时，要注意以下事项：

(1) 负荷开关应垂直于地面安装，手柄在合闸时应向上，不可横装或倒装，更不允许将刀开关平放在地面上使用。

(2) 为负荷开关接线时，电源进线和出线不能接反。开启式负荷开关的上接线端应接电源进线，下接线端应接负载，以便于更换熔丝。

(3) 封闭式负荷开关的外壳应可靠接地，以防止意外漏电而使操作者发生触电事故。

(4) 更换熔丝应在开关断开的情况下进行，且应更换与原规格相同的熔丝。

(5) 在合闸和拉闸时，应动作迅速，一次拉合到位，确保操作安全。



#### 4. 型号命名方式

刀开关的型号命名方式如图 1-5 所示。

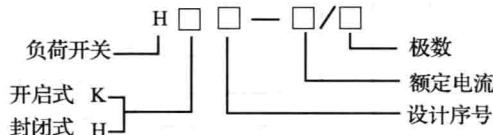


图 1-5 刀开关的型号命名方式

例如，“HK2-10/2”表示额定电流为 10A 的两极开启式负荷开关；“HH3-60/3”表示额定电流为 60A 的三极封闭式负荷开关。

#### (二) 组合开关

组合开关又称转换开关，常用于交流 380V、直流 220V 以下的电气电路中，供手动不频繁地接通或分断电路，也可控制 5kW 以下小容量异步电动机的启动、停止、正反转和变速换向，还可用于接通或断开局部照明电路等。

组合开关由动触点、静触点、转轴、手柄、定位机构和外壳等组成，如图 1-6 所示。静触点有多对，它一端装在多层绝缘垫板上，另一端伸出盒外，并附有接线柱，以便与电源及用电设备相连接。动触点由磷铜片（或紫铜片）和具有良好灭弧性能的绝缘铜纸板铆接而成，并和绝缘垫板一起套在附有手柄的绝缘转轴上。当转动手柄时，每层的动触点随方形转轴一起转动，并使静触点插入或脱离相应的动触点，从而实现电路的通、断控制。

组合开关种类很多，有单极、双极、三极和多极之分，常用的是三极的组合开关，其外形和符号如图 1-7 所示。

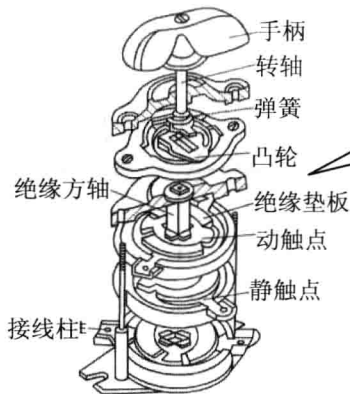
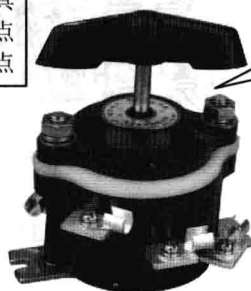


图 1-6 组合开关结构图

此组合开关具有 3 对静触点和 3 个动触点



HZ10-10/3 型组合开关

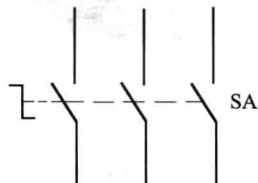


图 1-7 组合开关的外形和符号

在选择和使用组合开关时，要注意以下原则和事项。

- (1) 应根据电源种类、电压等级、所需触点数和接线方式等要求合理选用转换开关。
- (2) 当用于电动机电路时，组合开关的额定电流一般取电动机额定电流的 1.5~2.5 倍。
- (3) 组合开关的通断能力较低，当用于控制电动机作可逆运转时，必须在电动机完全停止转动后，才能反向接通。



一般在电气控制电路中普遍采用的是 HZ 系列的组合开关,其型号命名方式如图 1-8 所示。

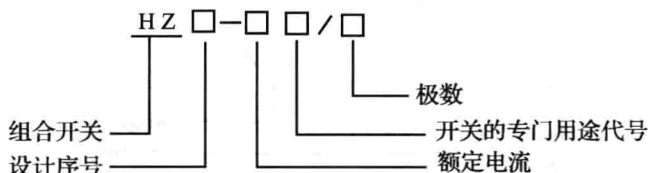


图 1-8 组合开关的型号命名方式

### (三) 自动空气开关

自动空气开关又称低压断路器、自动空气断路器或自动开关,它既是控制电器,同时又具有保护电器的功能。当电路中发生短路、过载、失电压、欠电压等故障时,它会自动切断故障电路,确保用电安全。

自动空气开关具有操作安全、工作可靠、分断能力高等优点,广泛应用于低压配电线路中,还可用于不频繁地启动异步电动机,以及对电源电路、电动机和其他用电设备进行保护。

自动空气开关种类较多,按结构型式分为塑壳式和框架式,按极数分为单极、双极、三极和四极。图 1-9 所示为 DZ5-20 型塑壳式自动空气开关的外形、结构和符号。

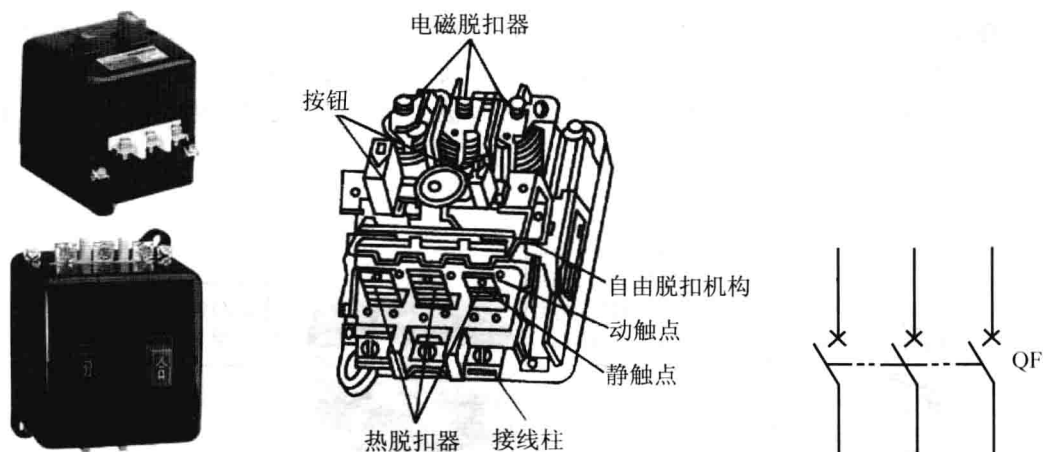


图 1-9 DZ5-20 型塑料外壳式自动空气开关的外形、结构及符号



### 提示

自动空气开关主要由动静触点、灭弧装置、脱扣器、自由脱扣机构和操作机构等组成。其中,触点是执行元件,用来接通和分断主电路;灭弧装置位于触点上,作用是提高触点的分断能力;脱扣器是感受元件,当电路出现故障时,脱扣器检测到故障信号后,经自由脱扣器使触点分断,从而起到保护作用;自由脱扣机构是用来联系操作机构和触点的机构;操作机构是实现自动空气开关闭合、断开的机构。



在选择和使用自动空气开关时，要注意以下几点：

- (1) 自动空气开关的额定电压和额定电流应不小于电路的正常工作电压和工作电流。
- (2) 热脱扣器的整定电流应与所控制负载（如电动机）的额定电流相等。
- (3) 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。
- (4) 自动空气开关的极限通断能力应大于或等于电路的最大短路电流。

自动空气开关的型号命名方式如图 1-10 所示。

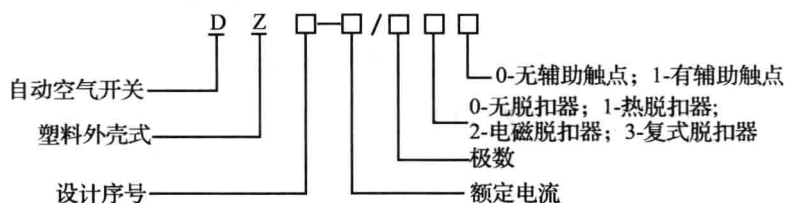


图 1-10 自动空气开关的型号命名方式

#### (四) 按钮

按钮是一种手动控制电器，通常用于接通或断开不超过 5A 的小电流电路。它一般不直接控制主电路的通断，而是在控制电路中发出指令或信号去控制接触器、继电器等电器，再由它们去控制主电路。

按钮一般由按钮帽、复位弹簧、动触点、静触点和外壳等组成，如图 1-11 所示。根据触点结构的不同，可将按钮分为常开按钮、常闭按钮和复合按钮（即将常开和常闭封装在一起）。图 1-12 所示为按钮的符号。

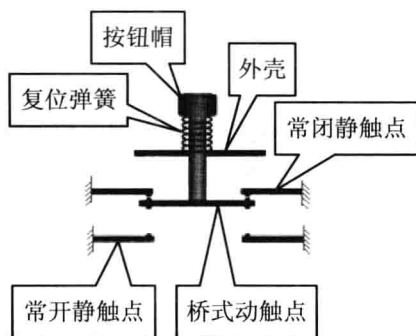


图 1-11 (复合)按钮的结构原理图



图 1-12 按钮的符号

##### 1. 工作原理

- **常开按钮：**常用作启动按钮。手指未按下时，触点分开；手指按下时，触点闭合。松开手指之后，触点分开。
- **常闭按钮：**常用作停止按钮。手指未按下时，触点闭合；手指按下时，触点分开。松开手指之后，触点闭合。
- **复合按钮：**一组为常开触点，一组为常闭触点。手指按下时，常闭触点先分开，继而常开触点闭合；松开手指之后，常开触点先分开，继而常闭触点闭合。