

# 电气控制与PLC 应用技术

第2版

胡晓林 © 主编

 北京理工大学出版社  
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

# 电气控制与 PLC 应用技术（第 2 版）

主 编 胡晓林

副主编 廖世海 余 波 熊力维 石宏

朱美霞 赖武军 陈 娟 周军

 北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

电气控制与PLC应用技术 / 胡晓林主编. —2版. —北京: 北京理工大学出版社, 2014.8

ISBN 978-7-5640-9501-7

I. ①电… II. ①胡… III. ①电气控制—高等学校—教材 ②plc技术—高等学校—教材 IV. ①TM571.2 ②TM571.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第174241号

---

---

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村大街5号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(总编室)

68944990(批销中心)

68911084(读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京泽宇印刷有限公司

开 本 / 787毫米×1092毫米 1/16

印 张 / 21

字 数 / 480千字

版 次 / 2014年8月第2版 2014年8月第1次印刷

定 价 / 45.00元

责任编辑 / 李志敏

文案编辑 / 李志敏

责任校对 / 孟祥敬

责任印制 / 李志强

# 前言

《电气控制与 PLC 应用技术》是电类专业重要的专业课程之一，它不仅包括电气控制技术的一些相关基础知识，还包括 PLC 原理及应用。随着科学技术的发展，电气控制技术逐步发展到普遍应用微型机技术的程度，传统电气控制技术虽然有些已经被淘汰，但其最基础的部分对任何先进的控制系统来说仍是必不可少的。PLC 是基于继电器逻辑控制系统的原理而设计，它的出现简化了复杂的继电器—接触器控制系统，是当今电气自动化领域中不可替代的核心控制器件。

本书是为满足国家“十二五”规划对高等教育提出的发展要求，探索校企合作，产、学、研相结合，以项目为导向、任务为驱动的工学结合，教、学、做一体化的教学模式而编写的。是作者在长期教学中总结出的一门精品课程教案，在省级特色专业中应用了多年，取得了较好的教学成效，在满足学生对电气控制与 PLC 技术的知识和技能要求的同时，着力对学生的动手能力和应用能力提出新的教学方法。

本书由 3 个核心能力模块、10 个项目子模块、多个任务单元以及与之相对应的专项技能考核标准等主体框架构成。主要涉及电气控制基础知识、PLC 技术的相关知识与应用以及 SIEMENS 公司 S7-200 系列 PLC 的相关知识与应用。内容覆盖面广，采用任务简述、相关知识、应用实施、操作技能考评的模式把知识的掌握融合到实践任务中，锻炼和强化学生的实践操作能力。本书第一部分为应知能力模块，包括项目一至项目五，重点介绍了电气控制与 PLC 技术基础知识，并对 S7-200 系列 PLC 的软、硬件安装、使用与维护等进行了介绍，这一部分从低压电器与 PLC 的基本知识入手，以三相异步电动机的多种控制线路为项目内容，让学生从实践过程中了解与掌握低压电器和 PLC 的相关知识与应用。第二部分为应会能力模块，包括项目六至项目八，重点介绍了机床电气控制系统，主要包括 CA6140 型普通车床、X62W 万能铣床和桥式起重机等电气控制线路及 PLC 技术的实际应用电路，让学生进一步了解电气控制的工业应用及 PLC 的应用实践。第三部分为应用能力模块，包括项目九和项目十，这一部分主要为 PLC 控制系统的综合应用，介绍了多种 PLC 控制系统的设计与应用，让学生通过参与控制系统的设计，熟悉一般 PLC 控制系统的设计流程与步骤，锻炼其分析问题与实际设计的能力。附录 A、B 为电气图形符号一览表及 S7-200 系列 PLC 指令表和功能，便于学生查阅使用。

本书由胡晓林教授任主编并负责全书审稿，余波、熊力维、陈娟、石宏、周军、廖世海、朱美霞及赖武军任副主编。参编人员还有舒展、戴红菊、王宇恺老师。其中，项目一至项目三及附录表由胡晓林、余波、舒展编写，项目四和项目五由廖世海、石宏编写，项目六和项目七由朱美霞、周军编写，项目八由赖武军、陈娟编写，项目九和项目十由熊力

维编写。本书在编写过程中，参阅了许多同行专家的论著文献，同时得到了中船重工 707 研究所潘国良研究员等专家的支持，提供了大量的实际应用实例，并提出了宝贵的意见，在此一并表示衷心的感谢！

由于编者水平和实践经验有限，书中难免有不妥之处，欢迎广大读者提出宝贵意见。

**编 者**

# 目 录

## 第一部分 应知能力 电气控制与可编程序 控制器 (PLC) 技术基础

项目一	低压电器与 PLC 基本知识 .....	(1)
任务一	常用低压电器的基本结构原理与选用 .....	(1)
任务二	西门子 S7 - 200 系列 PLC 的结构原理与选用 .....	(25)
任务三	S7 - 200 系列 PLC 软、硬件的安装使用 .....	(44)
任务四	S7 - 200 系列 PLC 的系统维护 .....	(53)
任务五	PLC 电气控制系统的设计 .....	(58)
项目二	三相异步电动机点动、长动、顺序、多点控制线路 .....	(69)
任务一	继电器—接触器点动、长动控制线路 .....	(69)
任务二	应用 PLC 实现点动、长动控制系统的设计 .....	(76)
任务三	继电器—接触器顺序、多点控制线路 .....	(85)
任务四	应用 PLC 实现电动机顺序、多点控制系统的设计 .....	(91)
项目三	三相异步电动机正、反转控制线路 .....	(97)
任务一	继电器—接触器正、反转控制线路 .....	(97)
任务二	应用 PLC 实现电动机正、反转控制系统的设计 .....	(103)
项目四	三相异步电动机降压启动控制线路 .....	(109)
任务一	三相异步电动机 Y - $\Delta$ 降压启动的继电器—接触器控制线路 .....	(109)
任务二	应用 PLC 实现电动机 Y - $\Delta$ 降压启动控制系统的设计 .....	(116)
任务三	三相异步电动机定子串电阻降压启动的继电器—接触器控制线路 .....	(124)
任务四	应用 PLC 实现电动机定子串电阻降压启动控制系统的设计 .....	(128)
任务五	三相异步电动机自耦变压器降压启动的继电器—接触器控制线路 .....	(134)
任务六	应用 PLC 实现电动机自耦变压器降压启动控制系统的设计 .....	(138)
项目五	三相异步电动机制动与调速控制线路 .....	(144)
任务一	三相异步电动机反接制动的继电器—接触器控制线路 .....	(144)
任务二	应用 PLC 实现电动机反接制动控制系统的设计 .....	(151)
任务三	三相异步电动机能耗制动的继电器—接触器控制线路 .....	(158)
任务四	应用 PLC 实现电动机能耗制动控制系统的设计 .....	(163)
任务五	三相异步电动机变频调速的继电器—接触器控制系统 .....	(167)
任务六	应用 PLC 实现电动机变频调速控制系统的设计 .....	(173)

## 第二部分 应会能力 机械设备电气控制系统

项目六	普通车床电气控制系统	(178)
任务一	CA6140 型普通车床电气控制线路	(178)
任务二	CA6140 型普通车床电气控制线路的 PLC 应用改造	(186)
项目七	铣床电气控制系统	(191)
任务一	X62W 万能铣床电气控制线路	(191)
任务二	X62W 万能铣床电气控制线路的 PLC 应用改造	(204)
项目八	桥式起重机电气控制系统	(213)
任务一	20/5t 桥式起重机电气控制线路	(213)
任务二	20/5t 桥式起重机电气控制线路的 PLC 应用改造	(230)

## 第三部分 应用能力 PLC 控制系统的综合应用

项目九	西门子 S7-200 系列 PLC 在一般控制系统中的应用	(251)
任务一	三路抢答器 PLC 控制系统的设计	(251)
任务二	水塔水位自动控制系统的设计	(257)
任务三	十字路口交通灯 PLC 控制系统的设计	(263)
任务四	全自动洗衣机 PLC 控制系统的设计	(270)
项目十	西门子 S7-200 系列 PLC 在工业控制系统中的应用	(279)
任务一	液体混合装置 PLC 控制系统的设计	(279)
任务二	自动送料装卸系统的设计	(287)
任务三	自动成型机 PLC 控制系统的设计	(296)
任务四	步进电机 PLC 控制系统的设计	(303)
附录 A	电气图形符号一览表	(314)
附录 B	S7-200 系列 PLC 指令表及功能	(318)
参考文献		(323)

## 应知能力 电气控制与可编程序 控制器 (PLC) 技术基础

### 项目一

### 低压电器与 PLC 基本知识

本项目将分 5 个任务模块,按照工程实际应用的要求分别介绍常用低压电器,SIEMENS S7-200 系列 PLC 的基本结构、工作原理、功能特点、电气控制系统设计原则及绘图技巧等内容,系统地阐述了常用低压电器及 PLC 控制器的主要概念及应用等基本知识。

#### 任务一 常用低压电器的基本结构原理与选用



##### 应知点:

1. 了解常用低压电器的结构、工作原理、功能特点和图文符号。
2. 了解常用低压电器的技术参数。
3. 了解常用低压电器的选用原则。



##### 应会点:

1. 掌握常用低压电器的正确选择、使用、操作和工程应用。
2. 掌握各类不同低压电器的区别及各自的适用场合。

#### 一、任务简述

什么是低压电器?低压电器有何用途?要回答这些问题,首先要从了解常用低压电器的结构、工作原理、功能特点、技术参数、图文符号及选用原则等知识入手,着重掌握常用低压电器的正确选择、使用、操作及工程应用等实践性操作。

凡是对电能的生产、输送、分配和使用起控制、调节、检测、转换及保护等作用的电气设备都可称为电器。电器是所有电工器械的总称。我国现行标准将电器按电压等级分为高压电器和低压电器。凡工作在交流 50 Hz、额定电压 1 200 V 及以下和直流额定电压 1 500 V 及以下电路中的电器统称为低压电器。高压电器是超过这些电压等级标准的电器,本书不作介绍。总的来说,低压电器可以分为配电电器和控制电器两大类。低压电器成套设备中需要各种低压电器作为其基本组成元件。在工业、农业、交通、国防、科技以及人们日常生活中,低压供电和低压电器的使用比比皆是,无处不在。因此,了解和掌握低压电器的基本理论知识和实践操作极为重要。



## 二、相关知识

低压电器种类繁多,结构各异,这里重点介绍一些常用低压电器的相关内容和概念。

常用低压电器主要分为主令电器、开关电器、继电器、接触器和熔断器等,下面分别予以介绍。

### (一) 主令电器

主令电器是自动控制系统中一种专门用于发送控制命令、改变控制系统工作状态的电器。它可以直接作用于控制电路,也可以通过电磁式电器的转换对电路实现控制。按其作用可分为按钮、行程开关、万能转换开关等。

#### 1. 按钮

按钮是一种靠手动操作,且具有自动复位功能的控制开关。其结构简单、应用广泛,触点允许通过的电流一般不超过5 A,主要用来短间接通或断开接触器、继电器等线圈回路。按钮结构有多种形式,适合于各种场合操作。主要分为点按式(用手进行点动操作)、旋钮式(用手进行旋转操作)、指示灯式(在按钮内装入信号指示灯点动操作)、钥匙式(为使用安全插入钥匙才能旋转操作)、蘑菇帽紧急式(点动操作外凸红色蘑菇帽)。为了适用于不同的工作环境的要求,按钮可以做成各种各样的结构外形,如图1-1所示。

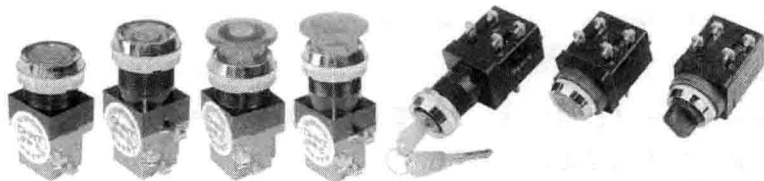


图1-1 常用按钮外形

#### 1) 结构原理

按钮主要由按钮帽、复位弹簧、常闭触点、常开触点、支柱连杆及外壳等部分组成。按国标要求,按钮的结构原理如图1-2所示。

图1-2中按钮是一个复合按钮,工作时常闭和常开触点是联动的,当按下按钮时,常闭触点先断开,常开触点随后闭合;松开按钮时,其动作过程与按下时相反。在分析实际控制电路过程时应特别注意的是:常闭和常开触点在改变工作状态时,先后有个很短的时间差不能被忽视。

#### 2) 电气图文符号

按国标要求,按钮在电路中的电气图文符号如图1-3所示。

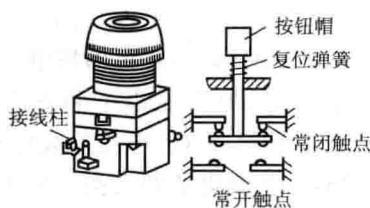


图1-2 按钮开关的外形与结构

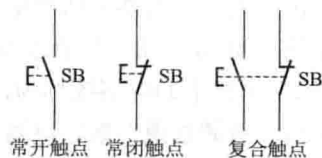
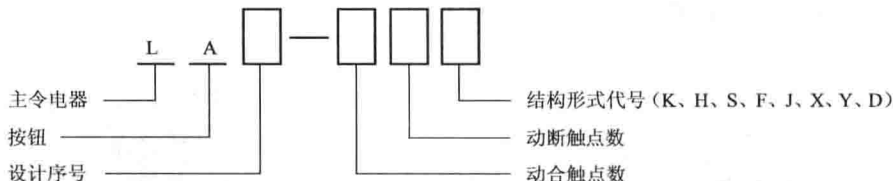


图1-3 按钮开关的符号

### 3) 型号含义

按钮按其点按式、旋钮式、指示灯式、钥匙式、蘑菇帽式进行分类的型号很多，为了便于操作人员识别，避免发生误操作，按国标要求，在生产实际中用不同的颜色和符号标志来区分按钮的功能及作用。通常将按钮的颜色分成黄、绿、红、黑、白、蓝等，供不同场合选用。按安全规程规定，一般选红色为停止按钮，绿色为启动按钮。



其中，结构形式代号的含义是：K—开启式，H—保护式，S—防水式，F—防腐式，J—紧急式，X—旋钮式，Y—钥匙操作式，D—光标按钮。

### 4) 按钮的选用

(1) 根据使用场合和具体用途的不同要求，按照电器产品选用手册来选择国产品牌、国际品牌的不同型号和规格的按钮。

(2) 根据控制系统的设计方案对工作状态指示和工作情况要求合理选择按钮的颜色，如启动按钮选用绿色、停止按钮选择红色等。

(3) 根据控制回路的需要选择按钮的数量，如单联钮、双联钮和三联钮等。

### 2. 行程开关

行程开关又叫限位开关，在机电设备的行程控制中其动作不需要人为操作，而是利用生产机械某些运动部件的碰撞或感应使其触点动作后，发出控制命令以实现近、远距离行程控制和限位保护。行程开关的主要结构大体由操作机构、触点系统和外壳3部分组成；按其结构可分为直动式、滚轮式及微动式；按其复位方式可分为自动及非自动复位；按其触头性质可分为触点式和无触点式。为了适用于不同的工作环境，行程开关可以做成各种各样的结构外形，如图1-4所示。

在生产实际中，还有一种无机机械触点开关叫接近开关，它具有行程开关的功能，其动作原理是当物体接近到开关的一定距离时就发出“动作”信号，不需要施加机械外力。接近开关可广泛应用于产品计数、测速、液面控制、金属检测等领域中。由于接近开关具有体积小、可靠性高、使用寿命长、动作速度快以及无机机械碰撞、无电气磨损等优点，因此在机电设备自动控制系统中得到了广泛应用。接近开关各种各样的结构外形如图1-5所示。

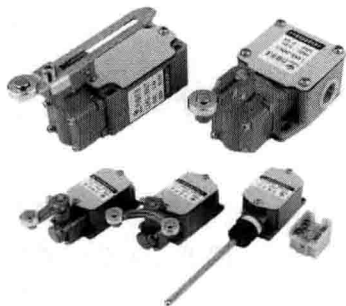


图1-4 常用国产行程开关外形

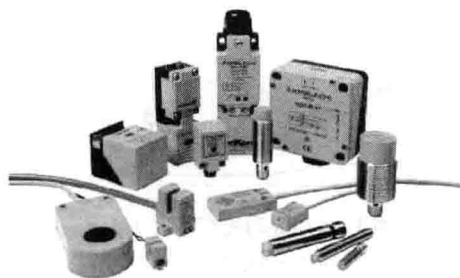


图1-5 常用接近开关外形

1) 结构原理

行程开关的结构与控制按钮有些类似,外形种类很多,但基本结构相同,都是由推杆及弹簧、常开常闭触点和外壳组成。直动式、滚轮旋转式、微动式行程开关内部结构分别如图1-6、图1-7、图1-8所示。其动作原理是当运动部件的挡铁碰压行程开关的滚轮时,推杆连同转轴一起转动,使凸轮推动撞块,当撞块被压到一定位置时,推动微动开关快速动作,使其常闭触点断开,常开触点闭合。

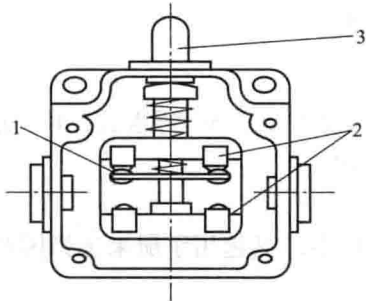


图1-6 直动式行程开关结构  
1—动触点; 2—静触点; 3—推杆

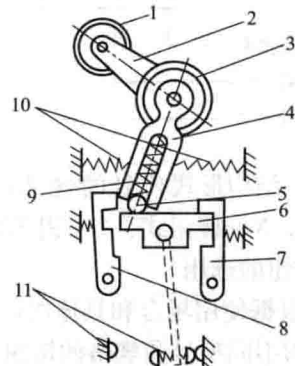


图1-7 滚轮旋转式行程开关结构  
1、3—滚轮; 2—上转臂; 4—套架;  
5—滚珠; 6—横板; 7、8—压板;  
9、10—弹簧; 11—触点

直动式、滚动式、微动式行程开关是瞬动型,其基本工作原理是:当运动部件的挡铁碰压顶杆时,顶杆向下移动,使压缩弹簧储存一定的能量。当顶杆移动到一定位置时,弹簧的弹力方向发生改变,同时储存的能量得以释放,完成跳跃式快速换接动作。当挡铁离开顶杆时,顶杆在弹簧的作用下上移,上移到一定位置,接触桥瞬时进行快速换接,触点迅速恢复到原状态。

行程开关动作后,复位方式有自动复位和非自动复位两种。如图1-6所示的直动式、图1-7所示的滚轮旋转式、图1-8所示的微动式均为自动复位式,但有的行程开关动作后不能自动复位,如双轮旋转式行程开关,只有运动机械反向移动,挡铁从相反方向碰压另一滚轮时,触点才能复位。

2) 电气图文符号

按国标要求,行程开关在电路中的电气图文符号如图1-9所示。

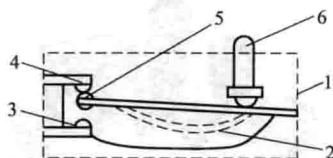


图1-8 微动式行程开关结构  
1—壳体; 2—弓簧片; 3—常开触点;  
4—常闭触点; 5—动触点; 6—推杆

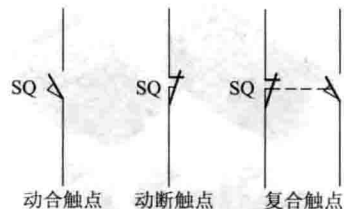
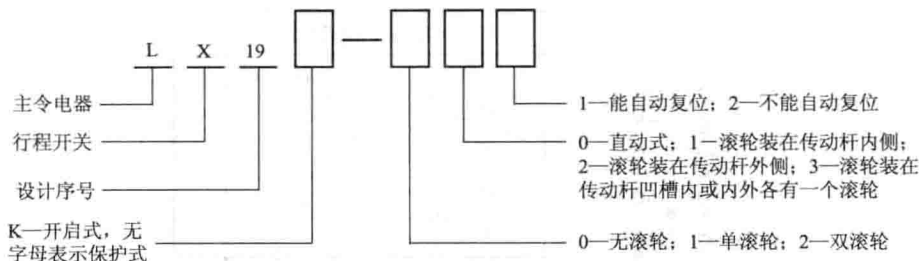


图1-9 行程开关电气图文符号

### 3) 型号含义



### 4) 行程开关的选用

(1) 根据使用场合和具体用途的不同要求，按照电器产品选用手册来选择国产品牌、国际品牌的不同型号和规格的行程开关。常用国产型号有 LX1、JLX1 系列，LX2、JLXK2 系列，LXW - 11、JLXK1 - 11 系列以及 LX19、LXW5、LXK3、LXK32、LXK33 系列等。实际选用时可直接查阅电器产品样本手册。

(2) 根据控制系统的设计方案对工作状态和工作情况要求合理选择行程开关的数量。

### 3. 万能转换开关

万能转换开关是一种多触点、多挡位结构、能够控制和转换多个电路的手动操作组合开关。主要用于小功率电动机调速启动换相控制、配电装置电源隔离、电流电压表换相等场合。由于其应用范围广、能控制多条回路，故称为“万能转换开关”。为了适用于不同的工作环境，转换开关可以做成各种各样的结构外形，如图 1 - 10 所示。

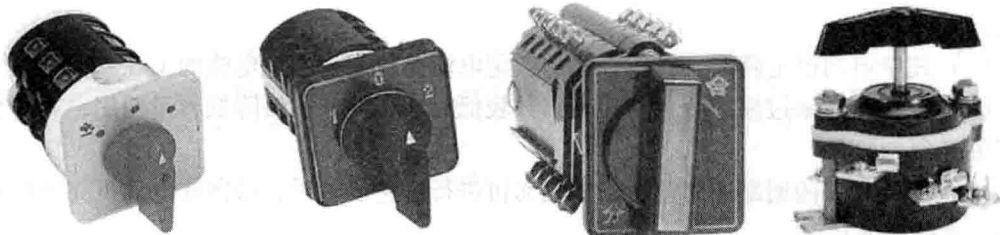


图 1 - 10 常用转换开关外形

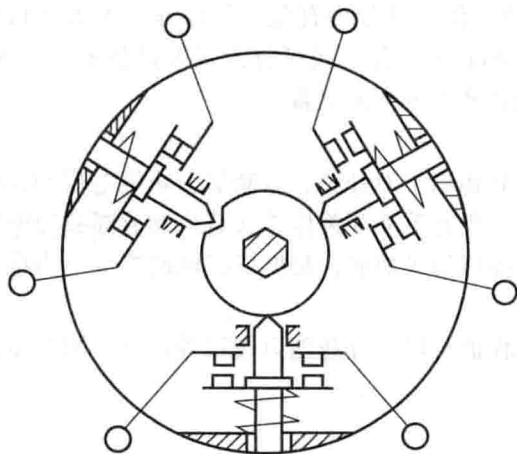


图 1 - 11 常用转换开关结构

### 1) 结构原理

转换开关按其结构分为普通型、开启型、防护型和组合型。按其用途分为主令控制和电动机控制两种。主要由操作结构、手柄、面板、定位装置和触点系统等组成。手柄可向正反方向旋转，由各自的凸轮控制其触头通断。定位装置采取刺轮刺爪式结构，不同的刺轮和凸轮可组成不同的定位模式，使手柄在不同的转换角度时，触头的通断状态得以改变。其常用转换开关的结构如图 1 - 11 所示。

### 2) 电气图文字符号

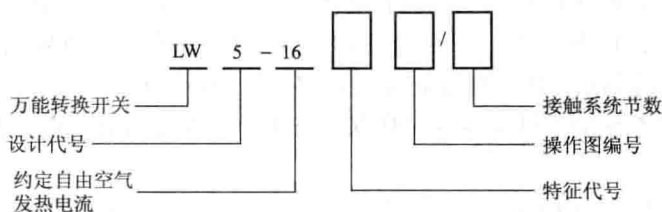
按国标要求，转换开关在电路中的图

文符号如图 1-12 所示,表中“×”表示闭合。



图 1-12 转换开关电气图文字符号

### 3) 型号含义



### 4) 转换开关的选用

- (1) 转换开关的额定电压应不小于安装地点线路的电压等级。
- (2) 用于照明或电加热电路时,转换开关的额定电流应不小于被控制电路中的负载电流。
- (3) 用于电动机电路时,转换开关的额定电流是电动机额定电流的 1.5~2.5 倍。
- (4) 当操作频率过高或负载的功率因数较低时,转换开关要降低容量使用,否则会影响开关寿命。
- (5) 转换开关的通断能力差,控制电动机进行可逆运转时,必须在电动机完全停止转动后,才能反向接通。

#### (二) 开关电器

开关是低压电器中极为常用的电器之一,常用的开关有空气断路器、刀开关、负荷开关、组合开关等。其作用都是分合电路,通断电流。可分为有载运行操作、无载运行操作、选择性运行操作 3 种,也可分为正面操作和背面操作,还可为带灭弧和不带灭弧。下面着重介绍常用的空气断路器、刀开关、组合开关等开关电器。

##### 1. 低压断路器

低压断路器通常称为低压自动空气开关,它相当于刀开关、熔断器、热继电器和欠电压继电器的组合,可分为带漏电和不带漏电极型,既有手动开关作用又有自动分断故障电路功能,实现电路的过载、短路、失电压及欠电压保护等功能,是低压配电网络和电力拖动系统中重要的综合性保护电器之一。

低压断路器具有操作安全、工作可靠、动作值可调、分断能力较强等优点,因此得到广泛应用。

##### 1) 结构原理

低压断路器按其结构形式可分为塑壳式低压断路器(装置式)和框架式低压断路器(万能式)两大类。框架式断路器主要用作配电网络的保护开关,而塑壳式断路器除用作

配电网的保护开关外，还用作电动机、照明线路的控制开关。常用低压断路器有各种各样的结构外形，如图 1-13 所示。



图 1-13 常用低压断路器外形

低压断路器种类繁多，这里以塑壳式低压断路器为例分别介绍其结构原理。塑壳式低压断路器把所有的部件都装在一个塑料外壳里，结构紧凑、安全可靠、轻巧美观、可以独立安装。它的形式很多，目前常用的国产型号有 DZ20、DZX10、DZ5、DZ15、DZ47 等系列。下面主要介绍 DZ5 系列塑壳式低压断路器。

(1) DZ5-20 型低压断路器。

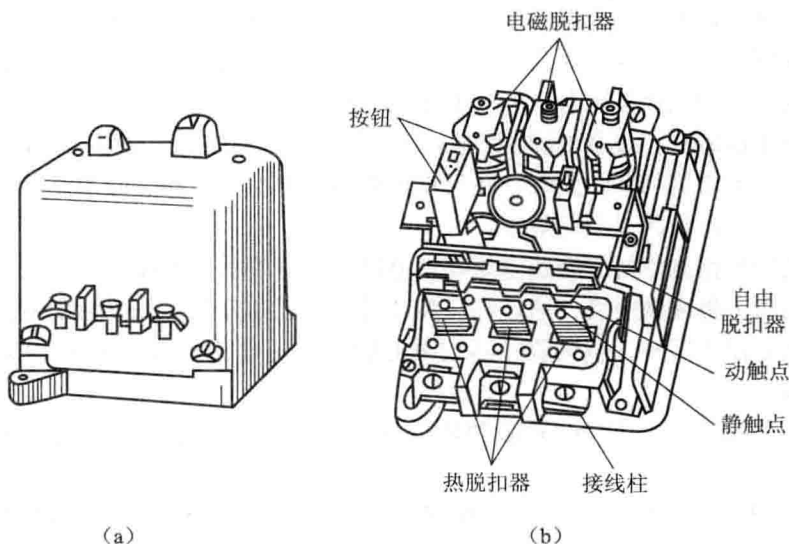


图 1-14 DZ5-20 型低压断路器结构

(a) 外形；(b) 结构

DZ5-20 型低压断路器为小电流系列，其额定电流等级为 20 A，结构如图 1-14 所示。断路器主要由动触点、静触点、灭弧装置、操作机构、热脱扣器、电磁脱扣器及外壳等部分组成。其结构采用立体布置，操作机构在中间，上面是由加热元件和双金属片等构成的热脱扣器，用于过载保护。热脱扣器还配有电流调节装置，可以调节整定电流。下面是由线圈和铁芯等组成的电磁脱扣器，作为短路保护，它也有一个电流调节装置，调节瞬时脱扣整定电流。主触点在操作机构后面，由动触点和静触点组成，配有栅片灭弧装置，用以接通和分断主回路的大电流。另外，还有动合辅助触点、动断辅助触点各一对。常开、常闭指的是在电器没有外力作用、没有带电时触点的自然状态。当断路器未工作或线圈未通电时处于断开状态的触点称为动合触点（也称常开触点），处于接通状态的触点称为动断触点（也称常闭触点）。辅助触点可作为信号指示或控制电路用。主触点、辅助触点的接线柱均伸出壳外，以便于接线。在外壳顶部还伸出接通（绿色）和分断（红色）

按钮，通过储能弹簧和杠杆机构实现断路器的手动接通和分断操作。断路器的工作原理如图 1-15 所示。

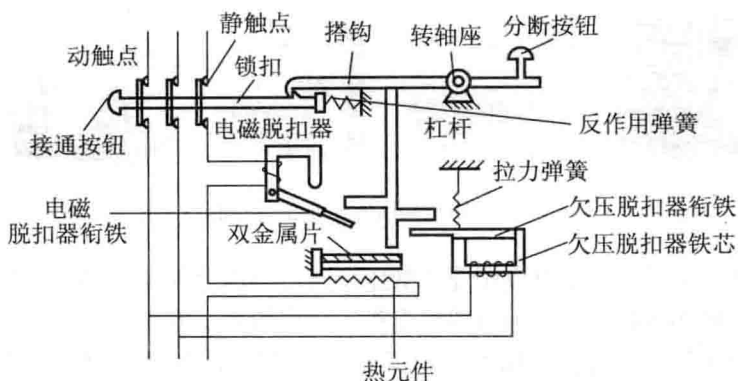


图 1-15 低压断路器工作原理示意图

使用时，断路器的 3 对主触点串联在被控制的三相主电路中，按下按钮接通电路时，外力使锁扣克服反作用弹簧的反力，将固定在锁扣上面的动触点与静触点闭合，并由锁扣锁住搭钩使动、静触点保持闭合，开关处于接通状态。

当线路发生过载时，过载电流流过热元件产生一定的热量，使双金属片受热向上弯曲，通过杠杆推动搭钩与锁扣脱开，在反作用弹簧的推动下，动、静触点分开，从而切断电路，使用电设备不致因过载而烧毁。

当线路发生短路故障时，短路电流超过电磁脱扣器的瞬时脱扣整定电流，电磁脱扣器产生足够大的吸力将衔铁吸合，通过杠杆推动搭钩与锁扣分开，从而切断电路，实现短路保护。低压断路器出厂时，电磁脱扣器的瞬时脱扣整定电流一般整定为  $10I_N$  ( $I_N$  为断路器的额定电流)。

欠压脱扣器的动作过程与电磁脱扣器恰好相反。需手动分断电路时，按下分断按钮即可。

(2) 漏电保护断路器。所有各系列的低压断路器都有相同系列漏电保护断路器，漏电保护断路器通常称为漏电开关，是一种安全保护电器，在线路或设备出现对地漏电或人身触电时，可迅速自动断开电路，能有效地保护人身和线路的安全。电磁式电流动作型漏电断路器结构原理如图 1-16 所示。

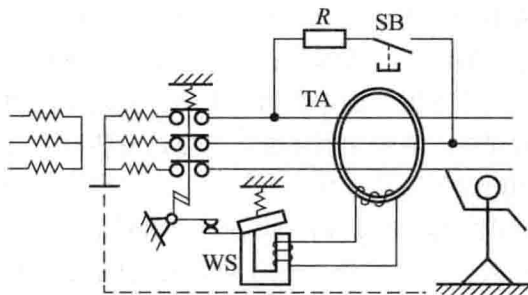


图 1-16 漏电保护断路器结构原理

漏电保护断路器主要由零序互感器 TA、漏电脱扣器 WS、试验按钮 SB、操作机构和外壳组成。实质上就是在一般的自动开关中增加一个能检测电流的感应元件零序互感器和

漏电脱扣器。零序互感器是一个环形封闭的铁芯，主电路的三相电源线均穿过零序互感器的铁芯，作为互感器的一次绕组；环形铁芯上绕有二次绕组，其输出端与漏电脱扣器的线圈相接。在电路正常工作时，无论三相负载电流是否平衡，通过零序电流互感器一次侧的三相电流相量和为零，二次侧没有感应电流。当出现漏电或人身触电时，漏电或触电电流将经过大地流回电源的中性点，因此零序电流互感器一次侧三相电流的相量和不为零，互感器的二次侧将感应出电流，此电流流过漏电脱扣器线圈，使漏电脱扣器动作，则低压断路器分闸切断了主电路，从而保障了人身和设备安全。

为了经常检测漏电开关的可靠性，开关上设有试验按钮，与一个限流电阻  $R$  串联后跨接于两相线路上。当按下试验按钮  $SB$  后，漏电断路器立即分闸，证明该开关的保护功能良好。

### 2) 电气图文符号

按国标要求，低压断路器在电路中的图文符号如图 1-17 所示。

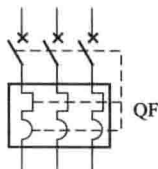
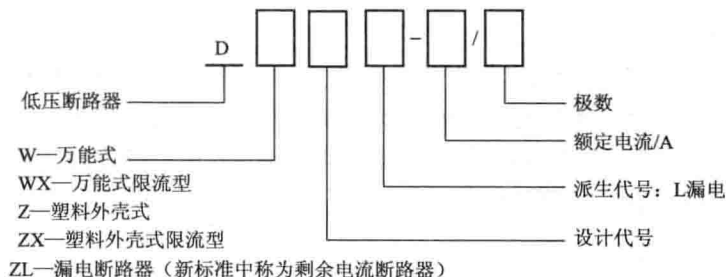


图 1-17 低压断路器的电气图文符号

### 3) 型号含义



### 4) 低压断路器的选用

选择低压断路器时主要从以下几个方面考虑：

- (1) 断路器额定电压、额定电流应不小于控制线路或设备的正常工作电压、工作电流。
- (2) 断路器极限通断能力不小于控制线路最大短路电流。
- (3) 欠电压脱扣器额定电压等于控制线路额定电压。
- (4) 过电流脱扣器的额定电流应不小于控制线路的最大负载电流。

### 2. 刀开关

刀开关又称闸刀开关，是一种结构最简单、广泛应用在低压电路中的一类手动电器。主要用来作为不频繁接通和分断电路，将电路与电源隔离。刀开关的种类很多，外形结构各异，刀开关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；按灭弧情况可分为带灭弧罩和不带灭弧罩；按接线方式可分为板前接线式和板后接线式。下面仅介绍开启式负荷开关和板式刀开关两种。



### 1) 开启式负荷开关

开启式负荷开关又称为瓷底胶盖刀开关, 简称闸刀开关。生产中常用的是 HK 系列开启式负荷开关。适用于照明和小容量电动机控制线路中, 供手动不频繁地接通和分断电路, 并起短路保护作用。

开启式负荷开关在电路图中的结构及图文符号如图 1-18 所示。

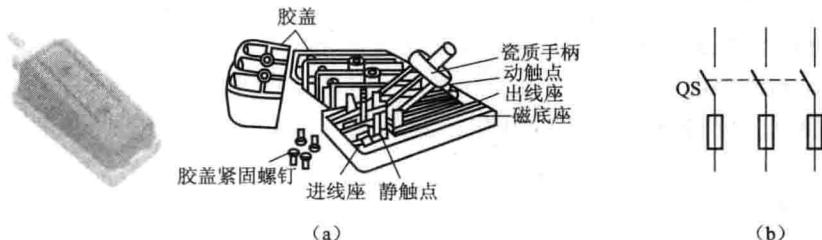
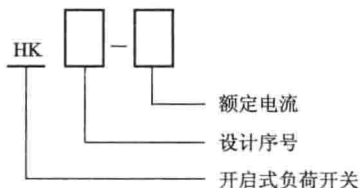


图 1-18 HK 系列开启式负荷开关  
(a) 结构; (b) 图文符号

常用的国产牌开启式负荷开关, 其型号含义如下。



### 2) 板式刀开关

板式刀开关 HD13 系列为大电流刀开关, 是一种新型既有手动操作又有电动操作的刀开关, 适用于交流 50 Hz, 额定电压 380 V 或直流 220 V, 额定电流 200 ~ 6 000 A, 主要用于配电设备的控制电路中, 作不频繁地接通和切断电源之用, 操作时应在无负荷下进行。板式刀开关结构外形及图文符号分别如图 1-19 和图 1-20 所示。

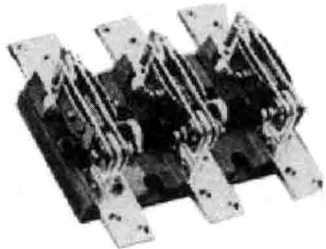


图 1-19 HD13 系列板式刀开关结构外形

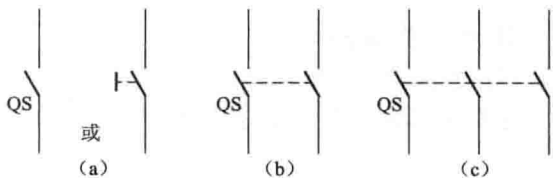


图 1-20 刀开关的电气图文符号  
(a) 单极; (b) 双极; (c) 三极

### 3) 刀开关的选用及安装注意事项

(1) 结构形式的选择。选用刀开关时首先根据刀开关的用途和安装位置选择合适的型号和操作方式。根据刀开关的作用和装置的安装形式来选择是否带灭弧装置。根据装置的安装形式来选择正面、背面、侧面等操作形式, 以及是直接操作还是杠杆操作, 是板前接线还是板后接线等结构形式。