



普通高等教育“十二五”规划教材（高职高专教育）

电气控制与 PLC原理及应用

（第二版）

陈忠平 熊琦 主编
周少华 侯玉宝 胡彦伦 副主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



普通高等教育“十二五”规划教材（高职高专教育）

电气控制与 PLC原理及应用

（第二版）

主 编 陈忠平 熊 琦
副主编 周少华 侯玉宝 胡彦伦
编 写 高金定 陈建忠 李锐敏 龙晓庆
主 审 徐刚强



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书从实际工程应用和教学需求出发,以电气控制为主线、国内广泛使用的德国 SIMATIC S7-200 系列 PLC 为对象,分两篇来讲解电气控制与 PLC 可编程控制器技术。第 1 篇为电气控制技术,共 3 章。为培养学生熟练使用低压电器系统的能力而讲述了低压控制电器分类和结构、电气控制线路工作原理、典型机床电气控制电路的分析。第 2 篇为 PLC 应用技术,共 5 章。第 4 章讲述了可编程控制器的基本概况;第 5 章讲述了 PLC 的基本组成、工作原理、系统配置及基本指令系统;第 6 章通过实例介绍其功能指令;第 7 章详细介绍了 PLC 网络通信原理、通信协议和通信指令等内容,以培养学生应用 PLC 进行机电控制设计和编制控制程序的能力;第 8 章介绍了 PLC 设计步骤、方法和应用实例。第 9 章为实验、实训,以巩固、复习所学理论知识,将所学 PLC 方面知识应用于实践。另外,本书附录还提供了 PLC 相关参考资料。

本书可作为高等院校的工业自动化、电气工程及自动化、计算机应用、机电一体化等专业教材,也可供有关工程技术人员参考使用,还可作为广大电气控制技术专业有关业务的电工和技术人员的自学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电气控制与 PLC 原理及应用 / 陈忠平,熊琦主编. —2 版.
北京:中国电力出版社,2012.11

普通高等教育“十二五”规划教材. 高职高专教育
ISBN 978-7-5123-3656-8

I. ①电… II. ①陈… ②熊… III. ①电气控制—高等职业教育—教材 ②plc 技术—高等职业教育—教材
IV. ①TM571.2 ②TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 259396 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2008 年 7 月第一版

2013 年 1 月第二版 2013 年 1 月北京第四次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 19 印张 460 千字

定价 34.50 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪
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

前 言

本书自第一版出版以来，有幸得到了广大读者及同行们的厚爱，许多读者来信或来电就 PLC 原理及应用方面的问题与编者进行了探讨，并提出了许多宝贵的意见，编者在此表示深深的谢意！

近年来，许多本科及高职院校已将电气控制与 PLC 这两门课程整合为一门课程，并将其作为电类专业核心课程进行开设。本书作为高职高专类规划教材，在总结近几年来教学实践经验与结合当前职业教育的特点的基础上，对第一版做了适当的修订。与第一版相比，本书主要在以下几方面进行了修改和补充：

（1）在第 4 章中将原 4.5 节可编程控制器的主要性能指标放在 4.2 节进行讲述，新增了 PLC 与其他顺序逻辑控制系统的比较这一部分的内容，使读者能够了解到 PLC 控制系统与继电器控制系统、微型计算机控制系统、单片机控制系统、DCS(集散控制系统)的区别。

（2）在第 5 章中将原 5.4.4 节的内容更加充实，使读者能够进一步了解顺序控制的内涵，以便熟练掌握顺控程序的编写。

（3）为了使读者能更好地掌握 S7-200 系列 PLC 在网络通信中的应用技术，将第 7 章的“S7-200 系列 PLC 的通信指令”用“S7-200 系列 PLC 的自由端口通信”和“S7-200 系列 PLC 的 PPI 通信”取代，并且通过几个实例讲解了 S7-200 系列 PLC 网络通信的应用。

（4）在第 8 章中增加了 2 个应用实例，以加强读者的 PLC 编程应用能力。

参加本书修订工作的有湖南工程职业技术学院陈忠平、熊琦、周少华、陈建忠、李锐敏、龙晓庆，湖南涉外经济学院侯玉宝、高金定，湖南衡阳技师学院胡彦伦等，全书由湖南工程职业技术学院徐刚强教授主审。在本书的修订过程中还得到了湖南工程职业技术学院彭芳、龚亮等老师的大力支持及帮助，在此向他们致以衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中难免有不妥之处，敬请读者批评指正。

编 者

2012 年 10 月

目 录

前言

第1篇 电气控制技术

第1章 常用低压电器	1
1.1 低压电器基本知识	1
1.2 低压开关与断路器	4
1.3 主令电器	9
1.4 电磁式低压电器	18
1.5 熔断器	21
1.6 接触器	25
1.7 继电器	28
小结	35
习题1	36
第2章 电气控制线路的基本原理	37
2.1 电气控制线路图的绘制及线路安装	37
2.2 三相异步电动机的基本控制	39
2.3 直流电动机的基本控制	60
2.4 电气控制系统常用保护环节	64
小结	66
习题2	67
第3章 常用电气控制线路及原理分析	68
3.1 C6140 车床电气控制线路	68
3.2 Z3040 摇臂钻床电气控制线路	70
3.3 M7130 平面磨床电气控制线路	73
3.4 X62W 万能铣床电气控制线路	75
3.5 T68 卧式镗床电气控制线路	79
小结	82
习题3	82

第2篇 PLC 应用技术

第4章 可编程控制器的基本概况	84
4.1 可编程控制器的历史与发展	84

4.2	可编程控制器的基本功能、特点与主要性能指标	87
4.3	可编程控制器的应用和分类	89
4.4	可编程控制器的结构及工作原理	91
4.5	PLC 与其他顺序逻辑控制系统的比较	98
	小结	102
	习题 4	102
第 5 章	S7-200 系列 PLC 的构成和基本指令	103
5.1	S7-200 系列 PLC 的构成	103
5.2	S7-200 系列 PLC 的内部元器件	107
5.3	S7-200 系列 PLC 的基本指令系统	113
5.4	S7-200 系列 PLC 的程序控制类指令	130
	小结	138
	习题 5	139
第 6 章	S7-200 系列 PLC 的功能指令	141
6.1	S7-200 系列 PLC 的数据处理指令	141
6.2	S7-200 系列 PLC 的算术运算和逻辑运算指令	148
6.3	S7-200 系列 PLC 的表功能指令	157
6.4	S7-200 系列 PLC 的转换指令	161
6.5	S7-200 系列 PLC 的中断指令	168
6.6	S7-200 系列 PLC 的高速处理指令	173
6.7	S7-200 系列 PLC 的 PID 控制指令	189
6.8	S7-200 系列 PLC 的实时时钟指令	192
	小结	193
	习题 6	194
第 7 章	S7-200 系列 PLC 的通信及网络	195
7.1	计算机通信基本知识	195
7.2	工业局域网基础	202
7.3	S7-200 系列 PLC 的通信与网络	206
7.4	S7-200 系列 PLC 的 Modbus 通信	213
7.5	S7-200 系列 PLC 的自由端口通信	219
7.6	S7-200 系列 PLC 的 PPI 通信	223
	小结	227
	习题 7	228
第 8 章	PLC 控制系统设计及实例	229
8.1	PLC 控制系统的设计	229
8.2	PLC 控制系统的抗干扰措施	234
8.3	PLC 在控制系统中的应用举例	235
	小结	247
	习题 8	247

第 9 章 S7-200 系列 PLC 实验指导	249
实验 1 STEP7-Micro/Win 编程软件的基本操作.....	249
实验 2 梯形图的基本操作.....	252
实验 3 三相异步电动机可逆运行控制设计.....	254
实验 4 三相异步电动机自动往返循环控制设计.....	256
实验 5 定时器、计数器指令的使用与应用.....	258
实验 6 星—三角启动控制设计.....	260
实验 7 LED 数码管显示控制.....	263
实验 8 LED 数码显示的四组抢答器控制设计.....	267
实验 9 交通信号灯控制设计.....	269
实验 10 花样灯控制设计.....	271
附录 A 常用电气图形符号和文字符号表	273
附录 B S7-200 系列特殊标志寄存器	278
附录 C 错误代码表	286
附录 D S7-200 的 SIMATIC 指令集速查表	288
参考文献	294

第1篇 电气控制技术

第1章 常用低压电器

在经济建设和国民生活中，电能的应用越来越广泛，实现工业、农业、国防和科学技术的现代化，更离不开电气化。为了安全可靠地使用电能，电路中必须装有对电路或非电现象起切换、调节、检测、控制和保护作用的电气设备，这些设备称为电器。根据工作电压的高低不同，电器可分为低压电器和高压电器两大类。

我国现行标准是将工作在交流额定电压 1200V、直流额定电压 1500V 以下的电气线路中的设备称为低压电器。

1.1 低压电器基本知识

随着科学技术的飞速发展，工业自动化程序的不断提高，供电系统的容量不断扩大，低压电器的使用范围日益扩大、品种规格不断增加、产品的更新换代速度加快。

1.1.1 常用低压电器的分类

低压电器的种类繁多，功能多样，用途广泛、结构各异，按其结构、用途及所控制的对象不同，有多种不同的分类方法。

1. 按电器用途的不同进行分类

按电器的用途不同，可将低压电器分为低压配电电器和低压控制电器。

低压配电电器主要是在低压电网或动力装置中，对电路和设备进行保护及通断、转换电源或负载的配电电器，如刀开关、转换开关、空气断路器和熔断器等。配电电器的主要技术要求是断流能力强，限流效果在系统发生故障时保护动作准确，工作可靠，并且有足够的热稳定性和动稳定性。

低压控制电器主要是在低压电力拖动系统中，对电动机的运行进行控制、调节、检测与保护的电器，如接触器、启动器和各种控制继电器等。控制电器的主要技术要求是操作频率高、寿命长，并有相应的转换能力。

2. 按电器操作方式的不同进行分类

按电器操作方式的不同，可将低压电器分为自动电器和手动电器。

自动电器主要是通过电器本身参数的变化或外来信号的作用（如电磁、压缩空气等），自动完成接通、分断、启动、反向和停止等动作，常用的自动电器有接触器、继电器等。

手动电器主要是依靠外力（如手控）直接操作来进行接通、分断、启动、反向和停止等动作，常用的手动电器有刀开关、转换开关和主令电器等。

3. 按电器执行机构的不同进行分类

按电器执行机构的不同，可将低压电器分为有触点电器和无触点电器。

有触点电器具有可分离的动触点和静触点，利用触点的接触和分离来实现电路的通断控制。

无触点电器没有可分离的触点，主要利用半导体元器件的开关效应来实现电路的通断控制。

另外，低压电器按工作条件还可划分为一般工业电器、船用电器、化工电器、矿用电器、牵引电器及航空电器等。

1.1.2 低压电器的型号及含义

我国对 12 大类的低压电器按规定编制型号，这 12 大类电器有：刀开关和转换开关、熔断器、断路器、控制器、接触器、启动器、控制继电器、主令电器、电阻器、变阻器、调整器、电磁铁。

低压电器型号由类别代号、组别代号、设计代号、基本规格代号和辅助规格代号等部分组成，每一级代号后面可根据需要加设派生代号，其含义如图 1-1 所示。

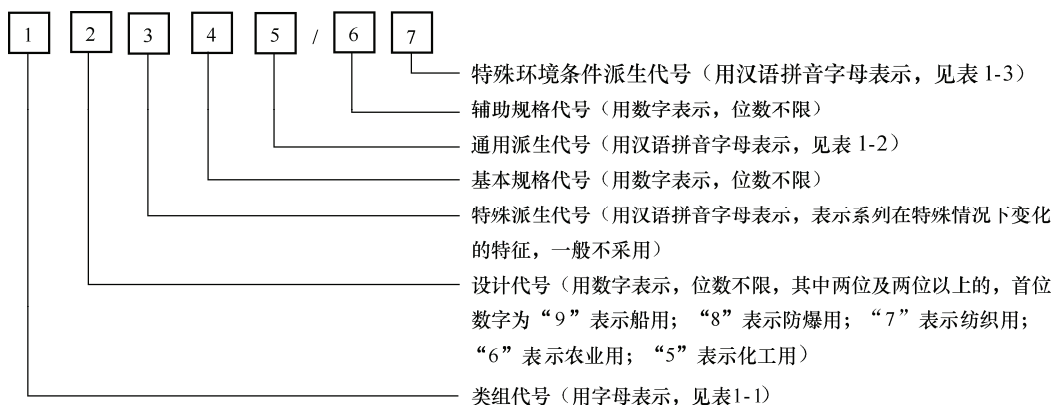


图 1-1 低压电器的型号图

类组代号包括类别代号和组别代号，用汉语拼音字母表示，代表低压电器元件所属的类别以及同一类电器中所属的级别，如表 1-1 所示。设计代号用数字表示，表示同类低压电器元件的不同设计序列。基本规格代号用数字表示，表示同一系列产品中不同的规格品种。辅助规格代号用数字表示，表示同一系列、同一规格产品中的有某种区别的不同产品。特殊环境条件派生代号加注在产品全型号后。

表 1-1 低压电器产品型号类组代号

代号	名称	A	B	C	D	G	H	J	K	L	M	P	Q	R	S	T	U	W	X	Y	Z
H	刀开关和转换开关				刀开关		封闭式负荷开关		开启式负荷开关					熔断器式刀开关	刀形转换开关				其他		组合开关
R	熔断器			插入式			汇流排式			螺旋式	封闭管式				快速	有填料管式			限流	其他	
D	自动开关										灭磁				快速			框架式	限流	其他	塑料外壳式
K	控制器					鼓形						平面				凸轮				其他	

续表

代号	名称	A	B	C	D	G	H	J	K	L	M	P	Q	R	S	T	U	W	X	Y	Z
C	接触器					高压		交流				中频			时间	通用				其他	直流
Q	启动器	按钮式		磁力				减压							手动		油浸		星三角	其他	综合
J	控制继电器									电流				热	时间	通用		温度		其他	中间
L	主令电器	按钮						接近开关	主令控制器						主令开关	足踏开关	旋钮	万能转换开关	行程开关	其他	
Z	电阻器		板形元件	冲片元件	铁铬铝带形元件	管形元件										烧结元件	铸铁元件			电阻器	其他
B	变阻器			旋臂式						励磁		频敏	启动		石墨	启动调速	油浸启动	液体启动	滑线式	其他	
T	调整器				电压																
M	电磁铁												牵引					起重		液压	制动
A	其他	保护器	插销	灯			接线盒			电铃											

类组代号与设计代号的组合表示产品的系列，一般称为电器的系列号。同一系列电器的用途、工作原理和结构基本相同，而规格、容量则根据需要可以有多种。例如：JR16是热继电器的系列号，同属这一系列的热继电器的结构、工作原理都相同，但其热元件的额定电流从零点几安培到几十安培，共有十几种规格。其中辅助规格代号为3D的表示有3相热元件，装有差动式断相保护装置，因此能对三相异步电动机有过载和断相保护功能。低压电器通用派生代号和特殊环境条件派生代号的含义见表1-2和表1-3。

表1-2 低压电器产品型号通用派生代号

派生字母	代表意义	派生字母	代表意义
A,B,C,D,...	结构设计稍有改进或变化	K	保护式、带缓冲装置
J	交流、防溅式	H	开启式
Z	直流、自动复位、防震、重任务	M	密封式、灭磁、母线式
W	无灭弧装置，无极性	Q	防尘式、手牵式
N	可逆	L	电流的
S	有锁住机构、手动复位、防水式、三相、三个电源、双线圈	F	高返回、带分励脱扣
P	电磁复位、防滴式、单相、两个电源、电压		

表 1-3 低压电器产品型号特殊环境条件派生代号

派生字母	代表意义	派生字母	代表意义
T	按湿热带临时措施制造	G	高原
TH	湿热带	H	船用
TA	干热带	Y	化工防腐用

1.2 低压开关与断路器

低压开关在电路中主要是用来对电气进行隔离、转换、接通和分断，许多机床电路的电源开关和局部照明电路主要是通过低压开关进行控制，有时用低压开关直接控制小容量电动机的启动、停止、正转和反转。

低压开关一般为手动低压电器，主要是通过手动或其他外力来实现接通、分断等操作，常用的低压开关主要有刀开关、组合开关和低压断路器。

1.2.1 刀开关

刀开关又称为闸刀开关，是结构最简单、应用最广泛的一种手动低压电器，主要用作电源隔离，也可用来不频繁地接通和分断容量较小的低压配电线路。它主要由绝缘底板、静插座、手柄、触头和铰链支座等部分组成，如图 1-2 所示。

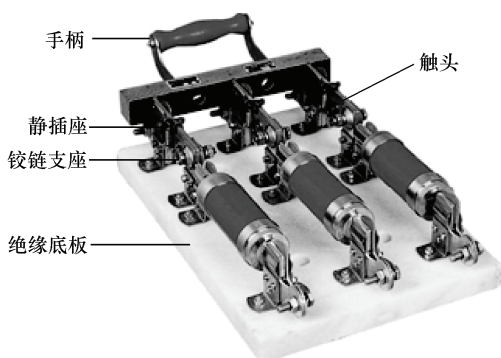


图 1-2 刀开关结构

由于切断电源时会产生电弧，因此安装刀开关时，应将手柄朝上，不得倒装或平装。倒装时手柄有可能因自动下滑而引起误合闸，造成人身安全事故。安装方向正确，可使作用在电弧上的电动力和热空气上升的方向一致，电弧被迅速拉长而熄灭；否则电弧不易熄灭，严重时会使触头及刀片烧伤，甚至造成极间短路。

接线时应将电源线接在上端，负载接在熔丝下端，这样拉闸后刀片与电源隔离，可防止意外事故发生。

按照极数的多少，刀开关可分为单极、双极、三极。刀开关的图形符号如图 1-3 所示。

按照极数的多少，刀开关可分为单极、双极、三极。刀开关的图形符号如图 1-3 所示。

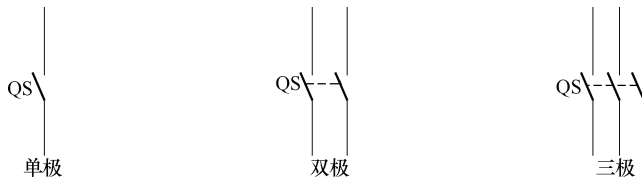


图 1-3 刀开关的图形符号

刀开关的主要类型有大电流刀开关、负荷开关、熔断器式刀开关。常用的产品有 HD11~HD14 和 HS11~HS13 系列刀开关；HK1~HK2 系列开启式负荷开关；HH3、HH4 系列封闭式负荷开关；HR3、HR5 系列熔断器式刀开关。常用刀开关如图 1-4 所示。



图 1-4 常用刀开关

刀开关型号及含义如图 1-5 所示。

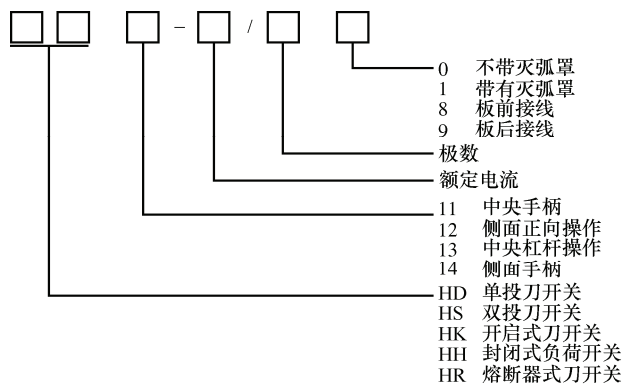


图 1-5 刀开关型号及含义

开启式负荷开关又称为瓷底胶盖刀开关，生产中常用的是 HK 系列开启式负荷开关，适用于照明、电热设备及小容量电动机控制线路中。

HK 系列开启式负荷开关由刀开关和熔断器组合而成，开关的瓷底座上有进线座、静触头、熔体、出线座和带瓷质手柄的刀式动触头，上面盖有胶盖以防止操作时触及带电体或分断时产生的电弧飞出伤人。在一般的照明电路和功率小于 5.5kW 的电动机控制线路中广泛采用 HK 刀开关。用于照明时，应选用 HK 的额定电流不小于电路所有负载额定电流之和的两极开关；用于控制电动机的直接启动和停止时，应选用额定电流不小于电动机额定电流 3 倍的三极开关。

封闭式负荷开关是在开启式负荷开关的基础上改进设计的一种开关，它的外壳为铸铁或用薄钢板冲压而成，因此又称为铁壳开关。HH3 和 HH4 为常用的封闭式负荷开关，它主要由刀开关、熔断器、操作机构和外壳组成，它可直接控制 15kW 以下交流电动机的启动和停止，控制电动机时应选用额定电流不小于电动机额定电流 3 倍的开关。开启式和封闭式负荷开关结构如图 1-6 所示。

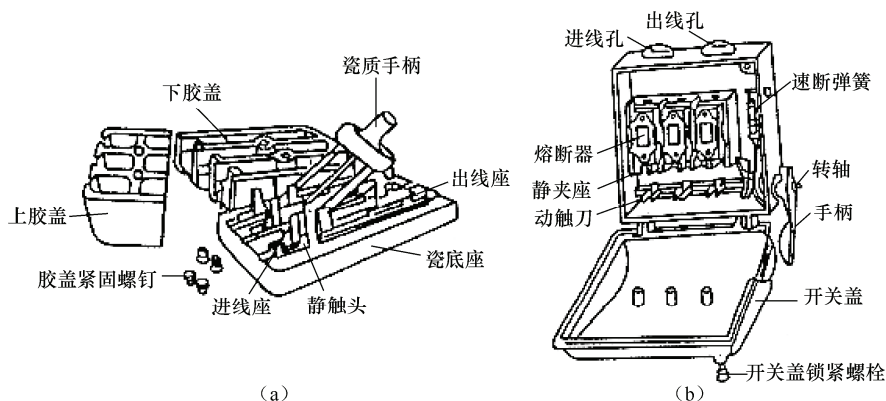


图 1-6 开启式和封闭式负荷开关结构

(a) 开启式; (b) 封闭式

熔断器式刀开关由 RTO 有填料熔断器和刀开关组合而成,具有熔断器和刀开关的基本性能。由于其熔断器固定在带有弹簧钩子锁板的绝缘上,在正常运行时,熔断器不脱扣,当线路发生故障时,熔断体熔断,更换熔断体就行了,所以这种开关可作为导线及电气设备的过载和短路保护,以及用于电网正常馈电的情况下,不频繁地接通和分断电路。HR5 可用于交流额定电压 660V,约定发热电流 630A 左右。

1.2.2 组合开关

组合开关又称为转换开关,具有体积小、触头对数多、接线方式灵活、操作方便等特点,在电气设备中一般用于不频繁地接通和分断电路、接通电源和负载、测量三相电压以及控制 5kV 以下的小容量异步电动机的正反转和 Y- Δ 启动等。

组合开关由动触头、静触头、转轴、手柄、定位机构及外壳等部分组成,如图 1-7 所示。组合开关内部有 3 对动静触头。静触头分别叠装于多层绝缘壳内,各自附有连接线路的接线柱;3 个动触头互相绝缘,与各自的静触头对应,套在共同的绝缘杆上,绝缘杆的一端装有操作手柄。当手柄转动时带动转轴,动触片随转轴一起转动 90°,动触头脱离静触头,使电路断开。

组合开关有 HZ1、HZ2、HZ3、HZ4、HZ5、HZ10 和 HZ15 等系列产品,其中 HZ10 系列是我国统一设计产品,具有性能可靠、结构简单、组合性强、寿命长等特点,目前在生产中得到广泛应用。同样,组合开关也有单极、双极和三极之分,其图形符号和文字符号如图 1-8 所示。HZ15 系列是在

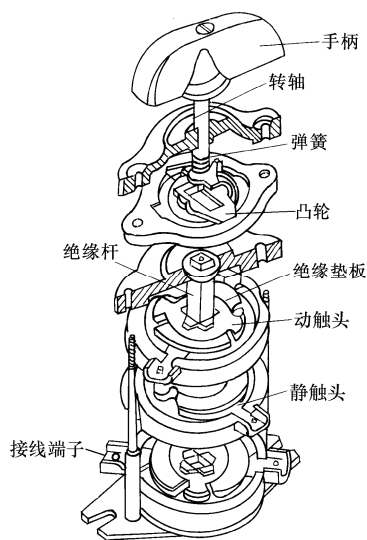


图 1-7 组合开关内部结构

HZ10 的基础上改进组装的。

组合开关的含义如图 1-9 所示。

选用组合开关时,应根据电源种类、电压等级、所需触头数量、接线方式和负载容量等因素选择合适的组合开关。若使用组合开关控制 5kW 以下小容量异步电动机时,其额定电流一般为电动机额定电流的 1.5~2.5 倍,接通次数小于 15~20 次/h。

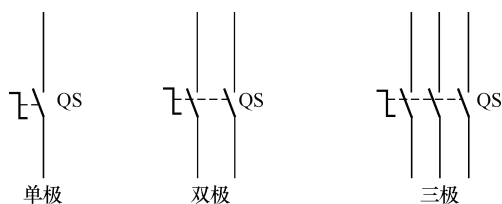


图 1-8 组合开关的图形、文字符号

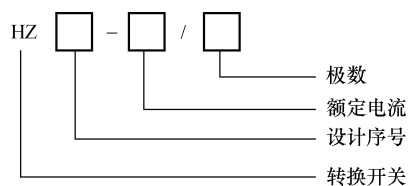


图 1-9 组合开关的含义

如果用组合开关控制电动机的正反转，在从正转切换到反转过程中，必须先经过停止位置，待电动机停止后才能切换。

1.2.3 低压断路器的结构及原理

低压断路器又称自动空气开关或自动空气断路器，是一种既有手动开关作用又能自动进行欠电压、失电压、过载和短路保护的开关电器。由于它具有可以操作、动作值可调、分断能力较强，以及动作后一般不需要更换零部件等优点，在正常条件下可用于不频繁地接通和断开电路及控制电动机的运行，因此它是低压配电网络和电力拖动系统中常用的一种电气设备。

低压断路器种类很多，按用途分为保护电动机用、保护配线路用及保护照明线路用低压断路器；按结构形式分为塑壳式（又称装置式）、框架式（又称万能式）、限流式、直流快速式、灭磁式和漏电保护式断路器；按极数分为单极、双极、三极和四极断路器。

低压断路器由主触头及灭弧装置、各种脱扣器、自由脱扣器和操作机构等部分组成。主触头是断路器的执行器件，用来接通和分断主电路。为提高其分断能力，主触头上装有灭弧装置。脱扣器是断路器的感知元件，当电路发生故障时，相应的脱扣器检测到故障信号，经自由脱扣器使断路器的触头分断，从而保护电路。脱扣器包括过电流脱扣器、分励脱扣器、热脱扣器、欠电压脱扣器。过电流脱扣器实质上是一个电流线圈的电磁机构，电磁线圈串接在主电路中，流过负载电流，正常情况下，产生的电磁吸力不够大，不能使衔铁吸合，但是当电流瞬间过大时，电磁吸力足以使衔铁吸合并带动自由脱扣器将断路器主触头断开，实现了过电流保护。分励脱扣器实质上也是一个电磁机构，由控制电源供电，用于远距离操作。当操作人员或继电保护信号使电磁线圈得电时，衔铁吸合，使断路器的触头断开。热脱扣器由热元件、双金属片组成，双金属片、热元件串接在主电路中，当负载过载达到一定值时，热元件发热，由于温度升高，双金属受热弯曲并带自由脱扣机构，使断路器主触头断开，达到过载保护的目。同样，欠电压脱扣器也是一个电压线圈的电磁机构，其线圈并接在主电路中，当主电路电压消失或降到一定值时，电磁吸力不足以将衔铁吸合，使衔铁顶板推动自由脱扣机构，断路器主触头断开，达到欠电压保护的目。

低压断路器的图形符号如图 1-10 所示，其工作原理如图 1-11 所示，使用时自动空气开关的三副主触头串联在被控制的三相电路中。当按下接触按钮时，外力使锁扣克服分断弹簧的斥力，保护主触头的闭合状态，开关处于接通状态。当开关接通电源后，电磁脱扣器、热脱扣器及欠电压脱扣器若无异常反应，开关运行正常。当线路发生短路或严重过载电流时，短路电流超过瞬时脱扣整定电流值，过电流脱扣器 3 的衔铁吸合，三副主触头分断，

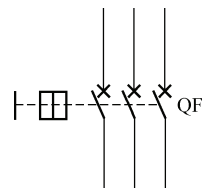


图 1-10 低压断路器的图形符号

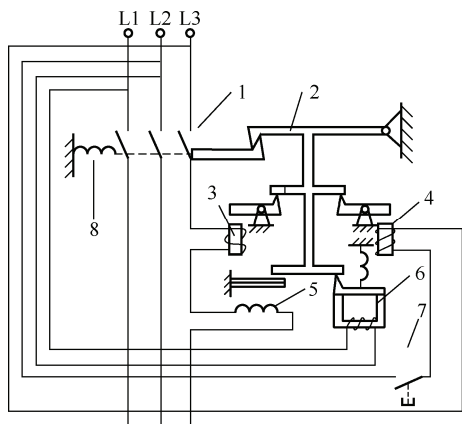


图 1-11 低压断路器的工作原理

- 1—主触头；2—自由脱扣机构；3—过电流脱扣器；
4—分励脱扣器；5—热脱扣器；6—欠电压脱扣器；
7—停止按钮；8—分断弹簧

切断电源。当线路发生一般性过载时，过载电流虽不能使电磁脱扣器动作，但能使热脱扣器 5 产生一定热量，促使双金属片受热向上弯曲，将主触头分断，切断电源。当线路电压正常时，欠电压脱扣器 6 产生足够的吸力，克服分断弹簧 8 的作用将衔铁吸合，主触头闭合。当线路上电压全部消失或下降至某一数值时，欠电压脱扣器吸力消失或减小，衔铁被分断弹簧 8 拉开并撞击杠杆，主电路电源被分断。同样道理，在无电源电压或电压过低时，自动空气开关也不能接通电源。需手动分断电路时，只需按下分断按钮即可。

1.2.4 低压断路器的类别

低压断路器按结构形式分，主要有塑壳式（又称装置式）、框架式（又称万能式或开启式）、限流式、直流快速式等。

塑壳式断路器用绝缘塑料制成外壳，内装触点系统、灭弧室及脱扣器等，可手动或电动（对大容量断路器而言）合闸。它有较强的分断能力和动稳定性，有较完善的选择性保护功能，广泛用于配电网的保护和电动机、照明电路及电热器等控制系统中。目前常用的有 DZ15、DZ20、DZX19 和 C45N（目前已升级为 C65N）等系列产品。其中 C45N（C65N）断路器具有体积小，分断能力高，限流性能好，操作轻便，型号规格齐全，可以方便地在单极结构基础上组合成二极、三极、四极断路器的优点，广泛使用在 60A 及以下的民用照明支干线及支路中（多用于住宅用户的进线开关及商场照明支路开关）。DZ20 系列断路器适用于额定电压 500V 以下的交流和 220V 以下的直流，额定电流 100~125A 的电路中作为配电、线路及电源设备的过载、短路和欠电压保护设备。

框架式断路器主要由触点系统、操作机构、过电流脱扣器、分励脱扣器、欠电压脱扣器、附件及框架等部分组成，全部组件进行绝缘后装于框架结构底座中。框架式断路器具有较高的短路分断能力和较高的动稳定性，适用于交流 50Hz、额定电流 380V 的配电网中作为配电干线的主保护。目前我国常用的有 DW15、ME、AE、AH 等系列的框架式低压断路器。DW15 系列断路器是我国自行研制生产的，全系列具有 1000、1500、2500、4000A 等型号。ME、AE、AH 等系列断路器是利用引进技术生产的，它们的规格型号较为齐全（ME 开关电流等级从 630~5000A 共 13 个等级），额定分断能力较 DW15 更强，常用于低压配电干线的主保护。

限流断路器利用短路电流产生的巨大吸力使触点迅速断开，能在交流短路电流尚未达到峰值之前就把故障电路切断，可用于短路电流相当大的电路中，其主要型号有 DWX15 和 DZX10 两种系列。

直流快速式断路器具有快速电磁铁和强有力的灭弧装置，最快动作时间可在 0.02s 以内，可用于半导体整流元件和整流装置的保护，其主要型号有 DS 系列。

目前国内还生产了智能化断路器，它有框架式和塑料外壳式两种。框架式智能化断路器主要用作智能化自动配电系统的主断路器，塑料外壳式智能化断路器主要用在配电网中分

配电能和作为线路及电源设备的控制与保护，也可用作三相笼型异步电动机的控制。智能化断路器的特征是采用了以微处理器或单片机为核心的智能控制器（智能脱扣器），它不仅具备普通断路器的各种保护功能，同时还具备实时显示电路中的各种电气参数（电流、电压、功率、功率因数等）、对电路进行在线监视、自行调节、测量、试验、自诊断、可通信等功能，能够对各种保护功能的动作参数进行显示、设定和修改，保护电路动作时的故障参数能够存储在非易失存储器中以便查询。国内 DW45、DW40、DW914（AH）、DW18（AE-S）、DW48、DW19（3WE）、DW17（ME）等智能化框架断路器和智能化塑壳断路器，都配有 ST 系列智能控制器及配套附件。ST 系列智能控制器是采用积木式配套方案，可直接安装于断路器本体中，无需重复二次接线，并可多种方案任意组合。

1.2.5 低压断路器的选用

目前，在电力拖动控制系统中常用的低压断路器是 DZ 系列塑壳式断路器。DZ 系列断路器的型号含义如图 1-12 所示。

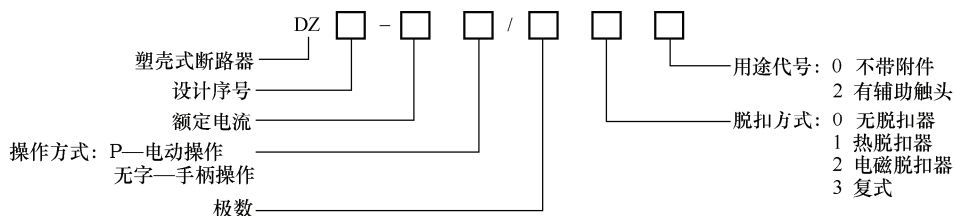


图 1-12 DZ 系列断路器的型号含义

在选用低压断路器时，要遵循以下原则：

- (1) 根据线路保护要求确定断路器的类型和保护形式，从而确定选用框架式、装置式、限流式或其他形式的低压断路器。
- (2) 断路器的额定电压应等于或大于被保护线路的额定电压。
- (3) 断路器欠电压脱扣器的额定电压应等于被保护线路的额定电压。
- (4) 断路器及过电流脱扣器的额定电流应大于或等于被保护线路的计算电流。
- (5) 断路器的极限分断能力应大于线路的最大短路电流的有效值。
- (6) 配电线路中的上、下级断路器的保护特性应协调配合，下级的保护特性应位于上级保护特性的下方且不相交。
- (7) 断路器的长延时脱扣电流应小于导线允许的持续电流。
- (8) 断路器用于电动机控制时，电磁脱扣器瞬时脱扣额定电流为电动机启动电流的 1.7 倍。

1.3 主令电器

在控制系统中，主令电器是一种专门用来发送命令或信号，从而直接或间接对生产过程或程序进行控制的电器。主令电器在电气控制系统中应用广泛，通常用来控制电动机的启动、停止、调速及制动等。主令电器的种类繁多，按其作用的不同可分为按钮、行程开关、接近开关、万能转换开关、主令控制器等，其型号含义如图 1-13 所示。

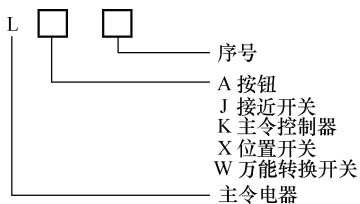


图 1-13 主令电器型号含义

1.3.1 按钮

按钮是一种通过人体某一部分施加力而接通或分断的小电流电路的主令电器，其结构简单，应用广泛。按钮开关的外形如图 1-14 所示。

按钮开关的种类很多，按其结构形式分有开启式、保护式、防水式、紧急式、旋转式、钥匙操作式、光标按钮等。开启式按钮适用于嵌装在操作面板上；保护式按钮带

保护外壳，可防止内部零件受机械损伤或人偶然触及带电部分；防水式按钮具有密封外壳，可防止雨水侵入；紧急式按钮可作为紧急切断电源用；旋转式按钮通过旋转旋钮的位置实现通断操作；钥匙操作式按钮是使用钥匙旋转才能实现接通或分断，为防止误操作而可供专人操作；光标按钮内装有信号灯，兼作信号指示。按钮开关的型号含义如图 1-15 所示。



图 1-14 按钮开关的外形

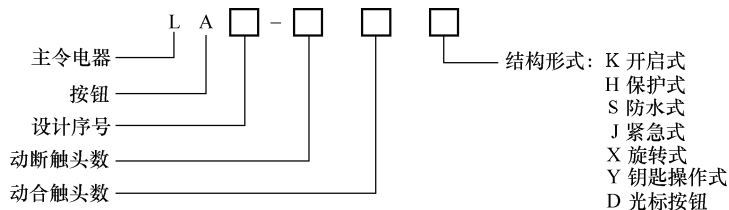


图 1-15 按钮开关的型号含义

按钮内部结构如图 1-16 所示，它由按钮、复位弹簧、触头和外壳等部分组成。按钮一般为复合式，即同时具有动合和动断触头，其图形符号和文字符号如图 1-17 所示。当没有按下

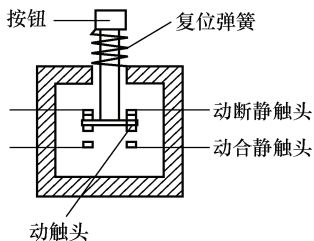


图 1-16 按钮内部结构

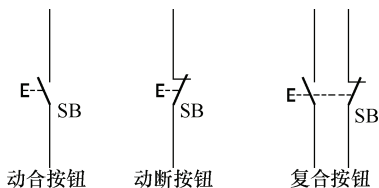


图 1-17 按钮的图形符号和文字符号