

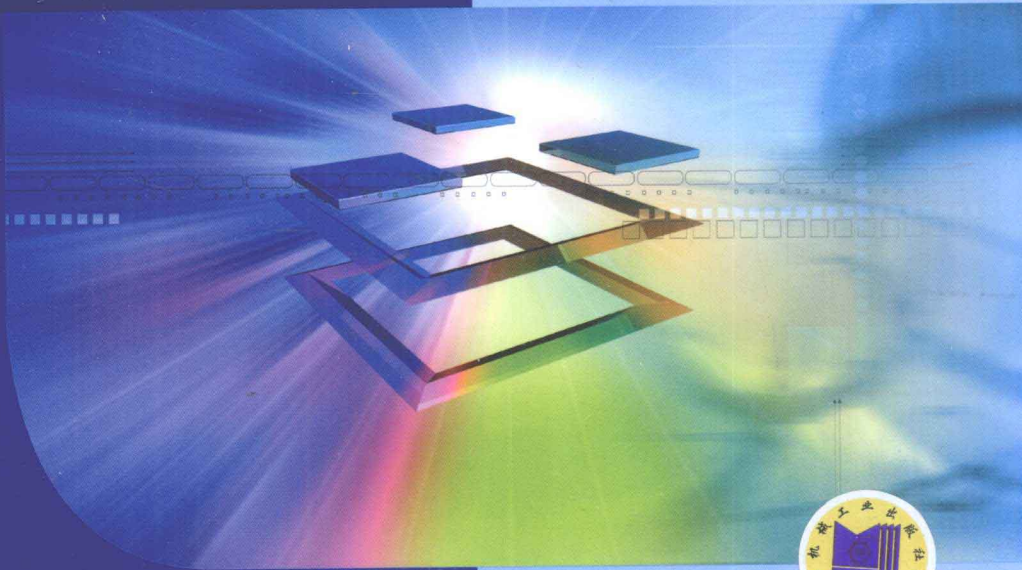


普通高等教育“十二五”电气信息类规划教材

现代电气控制与 PLC 应用技术

◎ 袁琦 黄建清 王步来 编著

XIANDAI DIANQI KONGZHI YU
PLC YINGYONG JISHU



免费电子课件



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育“十二五”电气信息类规划教材

现代电气控制与 PLC 应用技术

袁 琦 黄建清 王步来 编著



机械工业出版社

本书以三菱 FX_{2N} 系列 PLC 为例,全面系统地介绍了 PLC 控制系统的工作原理、设计方法和实际应用。全书共分为 10 章,内容涵盖了常用低压电器、继电-接触器控制系统的基本控制电路、PLC 应用基础、三菱 FX_{2N} 系列 PLC、FX_{2N} 系列 PLC 的功能指令、PLC 的程序设计及应用、PLC 特殊功能模块及应用、变频器及其应用、计算机数控系统及 PLC 在数控机床中的应用、PLC 编程软件的使用方法。另外,为加强理论与实践的相结合,适量安排了实训方面的内容。

本书可作为高等学校电气工程及其自动化、自动化、机电一体化等专业的教材,也可作为高职高专院校相关专业的教材,同时还适合从事电气控制技术专业的技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

现代电气控制与 PLC 应用技术/袁琦,黄建清,王步来编著. —北京:机械工业出版社,2011.8

普通高等教育“十二五”电气信息类规划教材

ISBN 978-7-111-34309-7

I. ①现… II. ①袁…②黄…③王… III. ①电气控制-高等学校-教材②可编程序控制器-高等学校-教材 IV. ①TM571.2②TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 108422 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:王雅新 责任编辑:王雅新 张利萍 刘丽敏

版式设计:霍永明 责任校对:李秋荣

封面设计:张 静 责任印制:乔 宇

北京机工印刷厂印刷 (三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2011 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 16 印张 · 395 千字

标准书号: ISBN 978-7-111-34309-7

定价: 30.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社 服 务 中 心:(010)88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销 售 一 部:(010)68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销 售 二 部:(010)88379649

读者购书热线:(010)88379203 封面无防伪标均为盗版

前 言

电气控制与 PLC（可编程序控制器）应用技术是普通高等工科院校电气信息类、机电类专业中实践性较强的专业课。随着科学技术的不断发展，电气控制与 PLC 应用在机械制造、冶金、化工、电力、建筑、交通运输等领域的应用越来越广泛。PLC 源于电气控制，是在电子技术、计算机技术、自动控制技术和通信技术发展的基础上产生的一种新型工业自动控制装置，具有可靠性高、抗干扰能力强、编程简单、易于扩展、调试维护方便等一系列优点，不仅可以用于开关量控制、运动控制、过程控制和数字控制，而且还可以用于数字通信和联网控制。目前，PLC 技术已成为现代工业控制的重要支柱之一。因此，学习和掌握现代电气控制与 PLC 应用技术，对于高等院校相关专业的学生和工业自动化技术人员而言，无疑具有很高的实用价值。

本书结构严谨，内容丰富，取材新颖。在内容编写上力求循序渐进、由浅入深，注重理论与实践的有机结合。以国内应用广泛、具有很高性价比的三菱 FX_{2N} 系列 PLC 为例，全面系统地介绍了 PLC 的工作原理及应用技术。全书共分为 10 章，第 1 章主要介绍了传统常用低压电器，以及常用的新型电子式无触点低压电器。第 2 章介绍了以传统低压电器组成的基本电气控制电路和控制原理。第 3 章介绍了 PLC 的特点、结构和原理等基础知识。第 4 章介绍了三菱 FX_{2N} 系列 PLC 的编程元件、指令系统及应用。第 5 章介绍了 FX_{2N} 系列 PLC 的功能指令及应用。第 6 章主要介绍了 PLC 程序设计方法和 PLC 控制系统设计应用实例。第 7 章介绍了三菱 FX_{2N} 系列 PLC 的特殊功能模块，并给出许多编程实例，同时对数据通信基础和工业控制网络基础作了简单介绍。第 8 章介绍了变频器的基本原理和使用，以及 PLC 与变频器的综合应用。第 9 章介绍了计算机数控系统和 PLC 在数控机床中的应用。第 10 章介绍了三菱 GX Developer 编程软件的使用方法。

本书由海南大学袁琦统稿并编写了第 3、4、5、6、7 章内容，华南农业大学博士研究生黄建清编写了第 8、9、10 章内容，上海海事大学王步来编写了第 1、2 章内容。

本书在编写过程中，参考了有关文献和资料，在此对本书所列参考文献的作者表示衷心的感谢！本书还得到了海南省教育厅高校科研项目（Hj2008-49）的支持。

由于编者水平有限，书中难免存在错误和不妥之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

前言	
第 1 章 常用低压电器	1
1.1 主令电器	1
1.2 开关电器	6
1.3 熔断器	10
1.4 接触器	13
1.5 继电器	14
1.6 无触点低压电器	21
习题	24
第 2 章 继电-接触器控制系统的基本 控制电路	26
2.1 电气控制电路的基本原则	26
2.2 直流电动机的基本控制电路	27
2.3 三相异步电动机的基本控制 电路	32
习题	38
实训 1 三相异步电动机的起保停 控制	39
实训 2 三相异步电动机的 Y- Δ 减 压起动控制	40
第 3 章 PLC 应用基础	43
3.1 PLC 概述	43
3.2 PLC 的基本结构与工作原理	46
习题	54
第 4 章 三菱 FX _{2N} 系列 PLC	55
4.1 FX _{2N} 系列 PLC 的技术参数	55
4.2 FX _{2N} 系列 PLC 的编程元件	57
4.3 FX _{2N} 系列 PLC 的基本指令	65
4.4 FX _{2N} 系列 PLC 的步进指令	75
习题	77
实训 3 点动、连续运行的 PLC 控制	79
实训 4 三相异步电动机 Y- Δ 减 压起动的 PLC 控制	81
第 5 章 FX _{2N} 系列 PLC 的功能指令	85
5.1 功能指令的分类	85
5.2 功能指令的基本格式	85
5.3 常用功能指令	87
习题	101
实训 5 用功能指令实现数码管循环 点亮	101
实训 6 公园花样喷泉控制	104
第 6 章 PLC 的程序设计及应用	108
6.1 梯形图绘制的一般原则	108
6.2 梯形图的基本电路	111
6.3 PLC 程序设计方法	114
6.4 PLC 的应用	131
习题	141
第 7 章 PLC 特殊功能模块及应用	143
7.1 FX 系列 PLC 特殊功能模块的 分类	143
7.2 A/D 输入模块	144
7.3 D/A 输出模块	148
7.4 模拟量 I/O 模块	151
7.5 温度 A/D 输入模块	156
7.6 PLC 通信模块和通信扩展 板	159
7.7 CC-Link 现场总线模块	168
7.8 其他特殊功能模块	174
习题	175
第 8 章 变频器及其应用	177
8.1 变频调速的基本原理	177
8.2 变频器的分类	178
8.3 交-交变频器	181
8.4 交-直-交变频器	182
8.5 通用变频器	186
8.6 变频调速系统	192
习题	200

第 9 章 计算机数控系统及 PLC 在 数控机床中的应用	201	10.5 软元件注释	234
9.1 数控机床概述	201	10.6 在线操作	236
9.2 计算机数控系统	203	附录	238
9.3 PLC 在数控机床中的应用	207	附录 A 常用电气图形和文字符号 ..	238
习题	221	附录 B $\text{FX}_{2\text{N}}$ 系列 PLC 的功能指令 ..	241
第 10 章 PLC 编程软件的使用方法 ..	222	附录 C SB70G 系列变频器部分功 能参数	244
10.1 编程软件概述	222	附录 D 三菱 FR-A540 变频器端子 接线图	249
10.2 工程项目	224	参考文献	250
10.3 编程操作	227		
10.4 编辑操作	233		

第 1 章 常用低压电器

电器是指根据外界特定的信号和要求，能以自动或手动方式接通和断开电路，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、控制、检测、保护、变换和调节作用的电气元件。按照其工作电压等级来划分，可以分为低压电器和高压电器两大类。凡是工作在交流 1200V 及以下，或直流 1500V 及以下的电路中的电器均称为低压电器。

低压电器功能多样，用途广泛，种类繁多，原理结构各异，分类方法也很多，较常见的有以下两种。

1. 按动作原理分类

1) 手动电器：需通过人工直接操作才能完成动作的电器，例如刀开关、控制按钮、转换开关等。

2) 自动电器：不需人工操作，而是按照指令、信号或某个物理量的变化自动完成动作的电器，例如接触器、继电器、电磁阀、行程开关等。

2. 按用途分类

1) 低压控制电器：在低压配电电路和电动机控制电路中起控制作用的电器，例如转换开关、继电器、接触器等。

2) 低压配电电器：在低压供配电系统中用来输送和分配电能的电器，例如低压断路器、熔断器、刀开关等。

3) 低压保护电器：在低压供配电系统中对电路和电气设备起保护作用的电器，例如熔断器、热继电器、避雷器等。

4) 低压主令电器：在自动控制系统中用来发送控制指令的电器，例如按钮、行程开关、转换开关等。

5) 低压执行电器：在自动控制系统中用来完成某种动作或传送功能的电器，例如电磁铁、电磁离合器等。

常用低压电器主要是指在低压配电系统和电力拖动自动控制系统中广泛使用、比较典型的低压电器元件，例如继电器、接触器、控制按钮、熔断器、热继电器、行程开关等。本章主要介绍一些常用低压电器产品的基本结构、工作原理和技术参数。

1.1 主令电器

主令电器是自动控制系统中用于发布命令或信号，接通或断开控制电路的电器。主令电器的应用非常广泛，种类繁多，常用的有控制按钮、行程开关、万能转换开关、主令控制器等。

1.1.1 控制按钮

控制按钮通常简称为按钮，是最常用的主令电器之一。在低压控制电路中，用于手动发

出控制信号，它不直接控制主电路的通断，而是在控制电路中发出“指令”去控制接触器、继电器等电器线圈的通断，间接控制主电路。

控制按钮一般由按钮帽、复位弹簧、桥式触点和外壳等组成。按用途和结构不同，控制按钮分为起动按钮、停止按钮、复合按钮等，大多数做成具有常开触点和常闭触点的复合式。常态时（未按下时）处于接通的触点，称为常闭触点；常态时处于断开的触点，称为常开触点。控制按钮的结构示意图如图 1-1 所示。

当操作人员按下按钮帽时，先分断常闭触点，再接通常开触点；当手指松开按钮帽时，在复位弹簧作用下，常开触点先断开，然后常闭触点闭合。

常用的控制按钮型号有 LA18、LA19、LA20 及 LA25 等系列。型号含义为

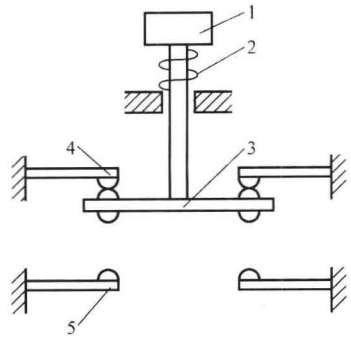
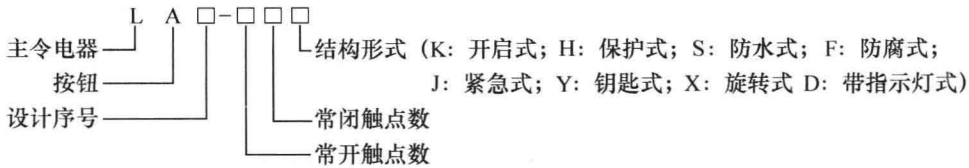


图 1-1 控制按钮的结构示意图
1—按钮帽 2—复位弹簧 3—动触桥
4—常闭触点 5—常开触点

例如 LA20-22DJ 表示：二常开二常闭带指示灯紧急式按钮。

为了标明控制按钮的作用，避免误操作，通常将按钮帽做成红、绿、黑、黄、蓝、白、灰等不同颜色，以示区别。根据有关国家标准，对不同用途的按钮，其按钮的颜色、用途见表 1-1。

表 1-1 按钮的颜色、用途

按钮作用	按钮帽颜色
停止、急停	红色
起动	绿色
点动	黑色
复位	蓝色
起动与停止交替动作	黑白、白色或灰色

另外，在控制按钮选用时，起动按钮按表 1-1 规定一般选用绿色按钮，但可优先选用白色按钮；停止按钮一般选用红色按钮，但可优先选用黑色按钮。

LA20 系列按钮的技术数据见表 1-2。

表 1-2 LA20 系列按钮的技术数据

型 号	触点数量		结构形式	按 钮		指 示 灯	
	常开	常闭		钮数	颜 色	电压/V	功率/W
LA20-11	1	1	按钮式	1	红、绿、黄、蓝或白	—	—
LA20-11J	1	1	紧急式	1	红	—	—
LA20-11D	1	1	带灯按钮式	1	红、绿、黄、蓝或白	6	<1
LA20-11DJ	1	1	带灯紧急式	1	红	6	<1

(续)

型 号	触点数量		结构形式	按 钮		指 示 灯	
	常开	常闭		钮数	颜 色	电压/V	功率/W
LA20-22	2	2	按钮式	1	红、绿、黄、蓝或白	—	—
LA20-22J	2	2	紧急式	1	红	—	—
LA20-22D	2	2	带灯按钮式	1	红、绿、黄、蓝或白	6	<1
LA20-22DJ	2	2	带灯紧急式	1	红	6	<1
LA20-2K	2	2	开启式	2	白红或绿红	—	—
LA20-3K	3	3	开启式	3	白、绿、红	—	—
LA20-2H	2	2	保护式	2	白红或绿红	—	—
LA20-3H	3	3	保护式	3	白、绿、红	—	—

控制按钮的图形、文字符号如图 1-2 所示。

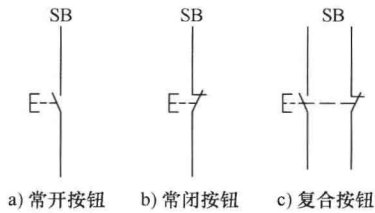


图 1-2 控制按钮的图形、文字符号

1.1.2 行程开关

行程开关是一种不依靠手的直接操作，而利用生产机械某些运动部件上的挡块碰撞来发出控制指令使触点动作的主令电器。行程开关也称为位置开关或限位开关。

行程开关按结构不同可分为直动式、滚动式、微动式，它们都是由操作机构、触点系统和外壳三部分组成的。直动式行程开关的结构示意图如图 1-3 所示。

行程开关的动作原理如下：操作机构接受机械设备发出的动作信号，并将该信号传递到触点系统，触点系统再将操作机构传来的机械信号，通过本身的转换动作，变换成电信号，输出到有关控制电路，作出必要的反应。

常用的行程开关有 JLXK1、LX10、LX19、LX21、3SE3 等系列，JLXK 系列行程开关的含义为

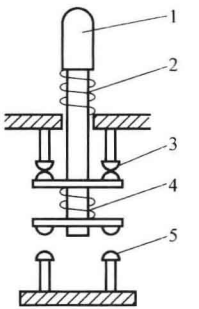
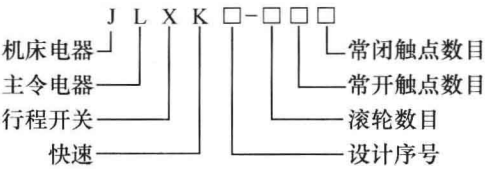


图 1-3 直动式行程开关的结构示意图
1—顶杆 2—弹簧
3—常闭触点 4—触点弹簧 5—常开触点

例如 JLXK1-211 表示：一常开一常闭双轮防护式行程开关。

JLXK1 系列行程开关的技术数据见表 1-3。

表 1-3 JLXK1 系列行程开关的技术数据

型 号	额定电压/V		额定电流/A	触点数量		结构形式
	交流	直流		常开	常闭	
JLXK1-111	500	440	5	1	1	单轮防护式
JLXK1-111M	500	440	5	1	1	单轮密封式
JLXK1-211	500	440	5	1	1	双轮防护式
JLXK1-211M	500	440	5	1	1	双轮密封式
JLXK1-311	500	440	5	1	1	直动防护式
JLXK1-311M	500	440	5	1	1	直动密封式
JLXK1-411	500	440	5	1	1	直动滚轮防护式
JLXK1-411M	500	440	5	1	1	直动滚轮密封式

行程开关的图形、文字符号如图 1-4 所示。

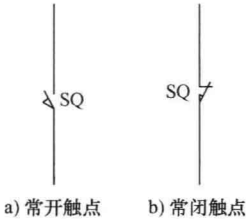


图 1-4 行程开关的图形、文字符号

1.1.3 万能转换开关

万能转换开关是一种多档式、控制多路电路的主令电器，主要应用于低压控制电路的转换、电动机的远程控制、电压表和电流表的换相测量控制，以及小容量电动机的控制等。之所以称为“万能”转换开关，是由于它能控制多个回路，适应复杂线路的要求。它主要由操作机构、定位装置和触点系统三部分组成，其单层结构原理示意图如图 1-5 所示。

万能转换开关按手柄操作方式分为自复式、定位式和定位-自复式三种。万能转换开关触点的通断由每层凸轮来控制，通常每层凸轮的形状是不同的，当操作手柄转到不同位置时，通过凸轮的作用，可使各层中的各对触点按所需要的规律接通和分断，以适应不同的控制功能。

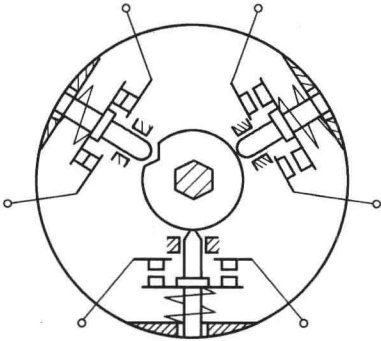
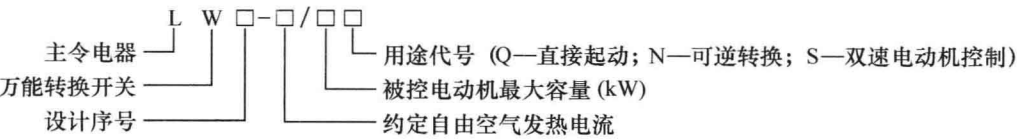


图 1-5 万能转换开关单层结构原理示意图

常用的万能转换开关有 LW5、LW6 和 LW12 等系列。型号含义为



LW5 系列 5.5kW 万能转换开关的参数、用途见表 1-4。

表 1-4 LW5 系列 5.5kW 万能转换开关的参数、用途

型 号	定位特性			接触装置档数	用 途
LW5-15/5.5Q		0°	45°	2	用于直接起动
LW5-15/5.5N	45°	0°	45°	3	用于可逆转换
LW5-15/5.5S	45°	0°	45°	3	用于电动机变速

万能转换开关的图形、文字符号如图 1-6 所示。图 1-6a 中的虚线表示操作手柄转到的不同位置，“·”表示操作手柄转到该位置时，对应的两触点接通，例如，当操作手柄转到 0 位置时，表示 1、2 触点接通；转到右边位置时，表示 3、4 触点接通。图 1-6b 是万能转换开关图形符号的另一种表示方法，图中的“×”表示操作手柄位于该位置时，对应的两触点处于接通状态。

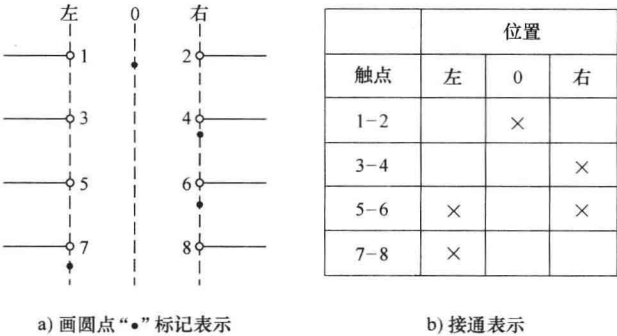


图 1-6 万能转换开关的图形、文字符号

由于万能转换开关的通断能力不高，当用来直接控制电动机时，LW5 系列只能控制 5.5kW 及以下的小容量电动机，而 LW6 系列只能控制 2.2kW 及以下的小容量电动机。当它们用于可逆运行控制时，只有在电动机停车以后才允许反向起动。

1.1.4 主令控制器

主令控制器也是一种控制多路电路的主令电器，它适用于频繁地按顺序切换多个控制回路。主令控制器主要应用于起重机、轧钢机及其他生产机械的电力拖动控制系统中的远距离控制。

主令控制器主要由转轴、凸轮、定位装置、触点系统及手柄等部分组成，其外形和结构示意图如图 1-7 所示。

主令控制器按操作方式可分为手柄式和手轮式两种。

主令控制器的动作原理如下：当转动图中的方形轴时，凸轮块也跟着转动，当凸轮块的凸起部分旋转到与小轮 8 接触时，就推动支杆 5 向外张开，使动触点 4 与静触点 3 分开，断开被控电路。当凸轮的凹陷部分与小轮 8 接触时，支杆 5 在反作用弹簧作用下复位，使动、静触点闭合，从而将被控电路接通。这样在方形轴上安装一串不同形状的凸轮，便可使触点按照一定的顺序接通和断开，也就获得了按一定顺序进行控制的电路。

常用的主令控制器有 LK14、LK15、LK16、LK17 和 LK18 等系列。型号含义为

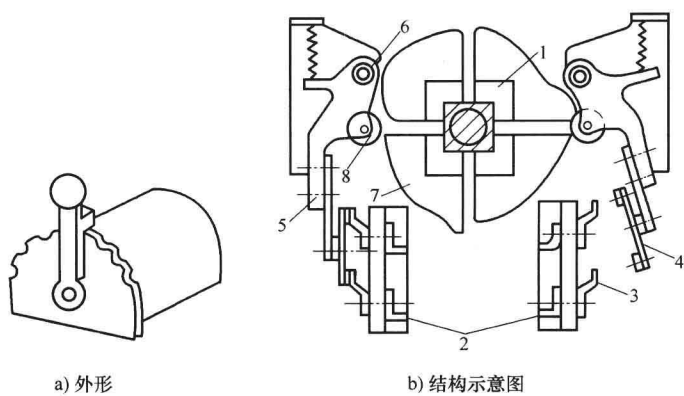
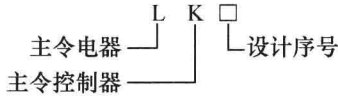


图 1-7 主令控制器的外形和结构示意图

1、7—凸轮块 2—接线端子 3—静触点 4—动触点 5—支杆 6—转动轴 8—小轮



LK14 系列主令控制器的技术数据见表 1-5。

表 1-5 LK14 系列主令控制器的技术数据

型号	额定电压	额定电流	控制回路数目
LK14	380V	15A	12 个

1.2 开关电器

1.2.1 刀开关

刀开关俗称闸刀开关，是一种结构最简单、应用十分广泛的手动操作电器。它主要作为不频繁接通和分断小容量的低压供电电路、小容量电路的电源开关。

刀开关由手柄、触刀、静插座、铰链支座和绝缘底板等组成，其结构示意图如图 1-8 所示。

刀开关按极数分有单极、双极、三极和四极，其中三极刀开关使用量最大。

刀开关安装时，合闸状态时其手柄应在上方，不得倒装或平装。如果倒装，手柄有可能因自动下滑而引起误动作合闸，造成人身和设备安全事故。接线时，将电源线接在刀开关上端，负载接在熔丝下端。这样，操作人员拉闸后，刀开关与电源隔离，便于更换熔丝。

常用的产品有 HD11 ~ HD14 和 HS11 ~ HS13 系列刀开关；HK1、HK2 系列开启式开关熔断器组；HH3、HH4 系列封闭式

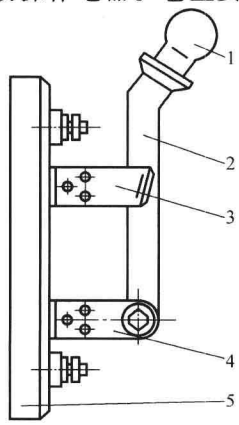
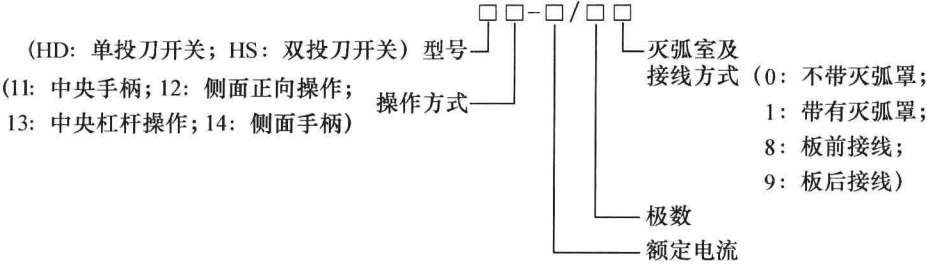


图 1-8 刀开关结构示意图

1—手柄 2—触刀 3—静插座
4—铰链支座 5—绝缘底板

开关熔断器组；HR5、HR11 系列熔断式刀开关。型号含义为



例如 HD11-400/39 表示单投三极刀开关, 无灭弧罩, 中央手柄式板后接线。
HK1 系列开启式开关熔断器组的技术数据见表 1-6。

表 1-6 HK1 系列开启式开关熔断器组的技术数据

额定 电流值 /A	极数	额定 电压值 /V	可控制电动机 最大容量值 /kW		触刀极限 分断能力 ($\cos\varphi=0.6$) /A	熔丝极限 分断能力 /A	配用熔丝规格			
							熔丝成分			熔丝直径 /mm
							W _{Pb}	W _{Sn}	W _{Sb}	
15	2	220	—	—	30	500	98%	1%	1%	1.45 ~ 1.59
30	2	220	—	—	60	1000				2.30 ~ 2.52
60	2	220	—	—	90	1500				3.36 ~ 4.00
15	3	380	1.5	2.2	30	500				1.45 ~ 1.59
30	3	380	3.0	4.0	60	1000				2.30 ~ 2.52
60	3	380	4.4	5.5	90	1500				2.36 ~ 4.00

刀开关的图形、文字符号如图 1-9 所示。

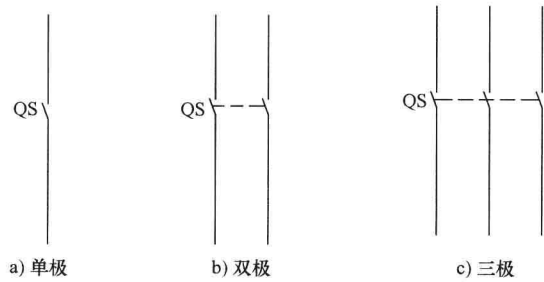


图 1-9 刀开关的图形、文字符号

1.2.2 组合开关

组合开关又称转换开关, 它也是一种刀开关, 其刀片是转动式的。组合开关主要用于低压电气控制电路中, 作为电源引入开关, 直接控制小容量笼型异步电动机非频繁正反转以及局部照明电路的控制等。

组合开关由动触点、静触点、方形转轴、手柄、定位机构和外壳等组成。它的动触点(片)套在装有手柄的绝缘方形转轴上, 整个结构采用叠装式, 层数由动触点数量决定。通过手柄转动方形转轴时, 静触点(片)将插入相应的动触点中, 使电路接通。组合开关的外形及结构示意图如图 1-10 所示。

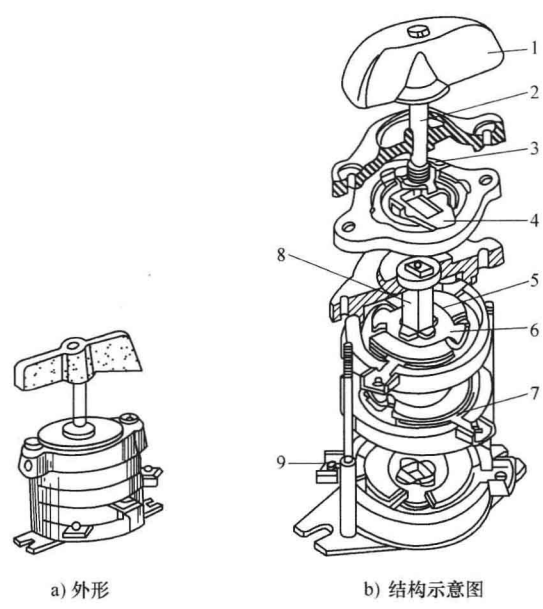
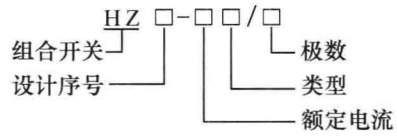


图 1-10 组合开关的外形及结构示意图

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

组合开关按极数分为单极、双极和多极。

组合开关种类很多，常用的有 HZ5、HZ10、HZ15 等系列。型号含义为



HZ10 系列组合开关的技术数据见表 1-7。

表 1-7 HZ10 系列组合开关的技术数据

型 号	额定电压 /V	额定电流 /A	极 数	极限操作电流/A		可控制电动机最大容量和额定电流	
				接通	分断	容量/kW	额定电流/A
HZ10-10	直流 220， 交流 380	6	单 极	94	62	3	7
		10					
HZ10-25		25	2，3	155	108	5.5	12
HZ10-60		60					
HZ10-100		100					

组合开关的图形、文字符号如图 1-11 所示。

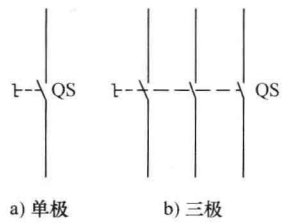


图 1-11 组合开关的图形、文字符号

1.2.3 低压断路器

低压断路器俗称自动空气开关，是低压配电系统中一种很重要的保护电器，它相当于刀开关、熔断器、热继电器和欠电压继电器的组合。当电路发生严重过载、短路及失电压（包括欠电压）等故障时，能自动切断故障电路，有效地保护串联在其后面的电气设备。在正常情况下，也可用于不频繁地接通和断开电路及控制电动机。因此，低压断路器既是保护电器，也是控制电器。

低压断路器在结构上由触点系统、操作机构、保护装置（各种脱扣器）、灭弧装置等组成，其结构原理图如图 1-12 所示。

低压断路器按结构类型分为框架式和塑壳（塑料外壳）式两种，它们的主要用途是作为配电系统的保护开关，其中后者在低压供电电路中也常作为控制开关。

低压断路器的工作原理如下：在图 1-12 中，主触点是靠操作机构通过手动或电动来闭合的，主触点闭合后，自由脱扣机构将其锁在合闸位置上。当电路中发生故障时，脱扣机构就在相关脱扣器的作用下将锁钩脱开，主触点在释放弹簧的作用下迅速将电路分断。

当电路发生短路或严重过载时，与主电路串联的过电流脱扣器的线圈将产生较强的电磁力将其衔铁吸下，使自由脱扣机构的锁钩脱开，从而分断主触点。当电路发生过载时，与主电路串联的热脱扣器的热元件将产生一定的热量，加热膨胀系数不同的双金属片，使之向上弯曲，推动自由脱扣机构，使其锁钩脱开，使主触点分断。

失电压脱扣器的线圈与主电路是并联的，在电压正常情况下，失电压脱扣器的线圈产生足够强的电磁力将其衔铁吸住，不影响自由脱扣机构和主触点，但在电压严重下降或失电压的情况下，电磁吸力不足或消失，衔铁被释放而推动自由脱扣机构动作，解开锁钩，使主触点分开，切断主电路。

图 1-12 中的起动按钮用来使分励线圈得电，产生电磁力，实现远距离控制分断主电路。

框架式低压断路器主要有 DW10 和 DW15 两个系列。塑壳式低压断路器主要有 DZ15 和 DZ20 等系列。型号含义为

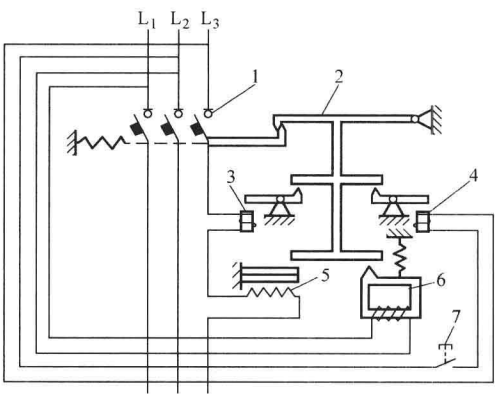
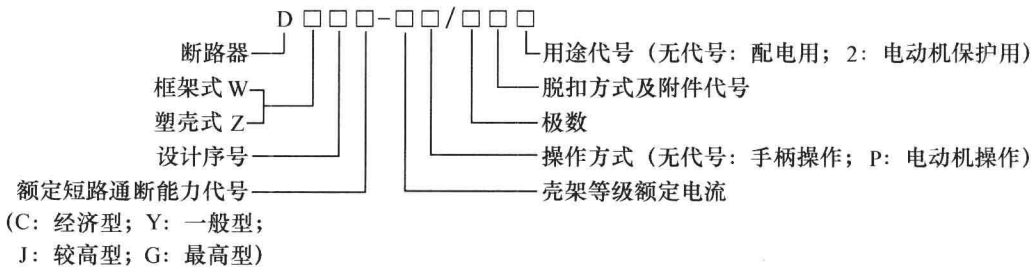


图 1-12 低压断路器结构原理图

- 1—主触点 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—失电压脱扣器
- 7—起动按钮

低压断路器的脱扣方式和附件代号见表 1-8。

表 1-8 低压断路器的脱扣方式和附件代号

附件类型 代号 脱扣方式	不带附件	分 励	辅助触点	失电压	分励辅助触点	分励失电压	两组辅助触点	失电压辅助触点
无脱扣	00		02				06	
热脱扣	10	11	12	13	14	15	16	17
电磁脱扣	20	21	22	23	24	25	26	27
复式脱扣	30	31	32	33	34	35	36	37

DZ20 系列低压断路器的主要技术数据见表 1-9。

表 1-9 DZ20 系列低压断路器的主要技术数据

型 号	壳架等级 额定电流/A	脱扣器额定电流 I_N /A	交流短路极限 通断能力/kA	瞬时脱扣器电流 整定值/A	电气寿命 /次	机械寿命 /次
DZ20C-160	160	16, 20, 32, 50, 63, 80, 100 (C: 125, 160)	12	配电用 $10I_N$; 保护电动机用 $12I_N$	4000	4000
DZ20Y-100	100		18			
DZ20J-100			35			
DZ20G-100			100			
DZ20C-250	250	100, 125, 160, 180, 200, 225 (C: 250)	15	配电用 $5I_N$ 、 $10I_N$; 保护电动机用 $8I_N$ 、 $12I_N$	2000	6000
DZ20Y-200	200		25			
DZ20J-200			42			
DZ20G-200			100			
DZ20C-400	400	200, 250, 315, 350, 400 (C: 100, 125, 160, 180)	20	配电用 $10I_N$; 保护电动机用 $12I_N$	1000	4000
DZ20Y-400			30			
DZ20J-400			42	配电用 $5I_N$		
DZ20G-400			100	配电用 $10I_N$		

低压断路器的图形、文字符号如图 1-13 所示。

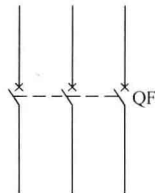


图 1-13 低压断路器的图形、文字符号

1.3 熔断器

熔断器是一种保护电器，其结构简单、使用方便、价格低廉，广泛应用于低压供电电路和控制电路及用电设备中作短路保护或严重过电流保护。

熔断器由熔体、熔断管（或座）、填料及导电部件等组成。熔体是熔断器的主要元件，

通常做成丝状、片状、带状，它的材料主要是铅、锡、锌、银、铜及其合金。熔断管由陶瓷、绝缘钢或玻璃纤维制成封闭或半封闭式管状外壳，其兼有灭弧作用。

熔断器分为瓷插式、螺旋式、密封管式、自复式等几种形式，部分熔断器的结构如图 1-14 ~ 图 1-17 所示。

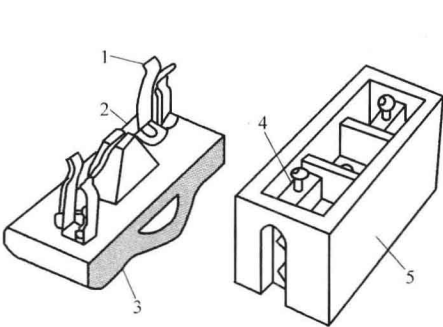


图 1-14 瓷插式熔断器的结构
1—动触点 2—熔丝 3—瓷盖
4—静触点 5—瓷座

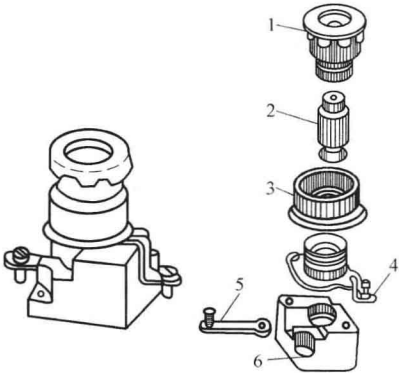


图 1-15 螺旋式熔断器的结构
1—瓷帽 2—熔管 3—瓷套 4—上接线端
5—下接线端 6—底座

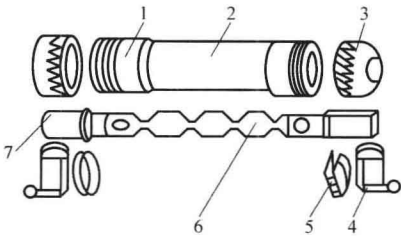


图 1-16 无填料密封管式熔断器的结构
1—黄铜套管 2—硬质绝缘管 3—黄铜帽
4—底座 5—夹座 6—熔体 7—插刀

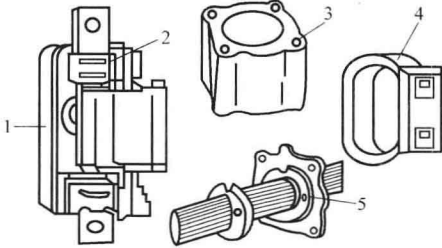
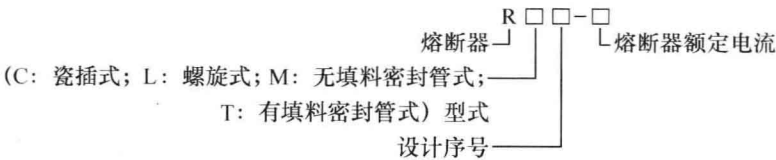


图 1-17 有填料密封管式熔断器的结构
1—底座 2—夹座 3—石英砂填料
4—熔管 5—熔体

熔断器的熔体按串联方式接于被保护电路中，当电路正常工作时，熔体在额定电流下不会熔断；当电路发生短路或严重过电流时，熔体中的电流将远大于其额定电流，经过一定时间后，产生的热量将使温度升高，当温度达到熔化温度时，熔体自行熔断，切断故障电路，从而达到保护电路和电气设备的目的。

熔断器的种类很多，常用的产品有 RL、RC、RT、RM、RLS2、RS3 等系列。型号含义为



熔断器的选择主要包括类型、额定电压、额定电流、熔体（丝）额定电流等。熔断器的类型主要依据负载的保护特性和短路电流的大小来选择。