

<http://www.phei.com.cn>

电气控制 5 可编程控制器

◎ 薛士龙 主编

◎ 刘以建 印黄燕 副主编



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

电气控制与可编程控制器

薛士龙 主编

刘以建 印黄燕 副主编

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书从传统的电气控制技术入手,对常用的控制电器、基本控制环节、控制方式以及典型的机械电力拖动控制线路做了较全面的分析,并在此基础上介绍可编程控制器的硬件结构、系统配置、指令系统和编辑方法,使读者对电气控制与可编程控制器有较全面的认识,以提高对船舶和工业生产过程中控制系统的分析和设计能力。

本书语言简练,通俗易懂。可作为高等院校本科测控技术与仪器、电气工程及其自动化、机电一体化、计算机应用及轮机工程等相关专业的教学用书,也适合从事电气控制的工程技术人员参考使用。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

电气控制与可编程控制器 / 薛士龙主编. —北京:电子工业出版社, 2011.3
ISBN 978-7-121-12774-8

I. ①电… II. ①薛… 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. ①TM571.2
②TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 007765 号

策划编辑: 康 霞

责任编辑: 侯丽平

印 刷: 北京丰源印刷厂

装 订: 三河市鹏成印业有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 17.25 字数: 441.6 千字

印 次: 2011 年 3 月第 1 次印刷

印 数: 4 000 册 定价: 38.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zllts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

前 言

电气控制与可编程控制器是电气类本科专业的一门必修课程。通过本课程的学习，学生可以获得电气控制与可编程控制器的基本知识和基本技能。培养学生分析和解决实际问题的能力，并为今后从事电气工程领域的技术工作打下基础。

本书从工程出发，结合教学需要，较系统地介绍了各种低压电器的工作原理及其在控制线路中的作用，并详细介绍了传统继电器接触器控制系统中应用的三相笼型异步电动机的一些基本控制规律，以及启动、调速、制动的典型控制线路；以应用较广泛的三菱小型可编程控制器为例，对可编程控制器的工作原理、硬件结构、编程元件与指令系统、通信功能等进行了较详细的介绍，同时给出了大量的应用实例，使读者对程序设计方法和设计步骤有了深刻的理解。

本书可作为高等院校本科测控技术与仪器、电气工程及其自动化、机电一体化、计算机应用及轮机工程等相关专业的教学用书，也适合从事电气控制的工程技术人员参考使用。

本书由薛士龙任主编，刘以建、印黄燕为副主编。具体分工为：第1章由刘以建编写；第2章由浦文英编写，第3、4、7、10章由薛士龙编写；第5、6章由王晓兰编写；第8章、附录C由蒲小莲编写；第9章、附录A、附录B由刘伟编写；第11章由印黄燕编写；另外，王东、宗艳玲等也参与了本书的编写工作。全书由薛士龙统稿。

本书的编写得到了上海海事大学教务处和电气自动化系各位同人的指导与帮助，以及上海市第四期本科教育高地建设项目“电气工程及其自动化项目”的支持，在此表示衷心的感谢。

由于水平有限，编写时间仓促，书中难免有错误或不妥之处，敬请读者批评指正。

编 者
2010年12月

目 录

第 1 篇 电气控制

第 1 章 常用控制电器	(1)
1.1 低压控制电器的基本知识	(1)
1.2 主令电器	(2)
1.3 断路器	(5)
1.4 熔断器	(7)
1.5 接触器	(10)
1.6 继电器	(14)
1.7 电磁制动器	(19)
习题及思考题	(20)
第 2 章 基本电气控制线路	(21)
2.1 电气控制线路基本知识	(21)
2.1.1 电气图中的图形符号	(21)
2.1.2 电气图中的文字符号	(21)
2.1.3 电气控制线路图的类型与作用	(22)
2.1.4 电动机的基本保护环节	(24)
2.2 交流三相异步电动机的基本控制线路	(25)
2.3 交流三相异步电动机的启动控制	(30)
2.3.1 笼型异步电动机降压启动控制	(30)
2.3.2 绕线式异步电动机转子串电阻降压启动控制	(31)
2.4 交流三相异步电动机的制动控制线路	(32)
2.4.1 反接制动控制线路	(32)
2.4.2 能耗制动控制线路	(34)
2.5 交流三相异步电动机的变极调速控制	(34)
2.5.1 交流三相异步电动机调速方法	(34)
2.5.2 交流三相异步电动机变极调速线路	(35)
习题及思考题	(36)
第 3 章 典型机械电力拖动控制线路	(38)
3.1 辅机电力拖动控制线路	(38)
3.1.1 水泵自动控制线路	(38)
3.1.2 空气压缩机自动控制线路	(40)
3.2 燃油辅锅炉自动控制线路	(43)

3.2.1	燃油辅锅炉自动控制系统的环节	(43)
3.2.2	辅锅炉电气自动控制系统实例分析	(49)
3.3	起锚系缆装置电力拖动控制线路	(54)
3.3.1	起锚系缆装置及其对电力拖动的要求	(54)
3.3.2	交流起锚系缆装置电力拖动控制线路	(55)
3.4	起重机械电力拖动控制线路	(57)
3.4.1	起重机械及其对电力拖动的要求	(57)
3.4.2	交流变极调速起货机控制线路	(59)
	习题及思考题	(62)

第 2 篇、可编程控制器

第 4 章	可编程控制器概述及工作原理	(63)
4.1	概述	(63)
4.1.1	可编程控制器的产生	(63)
4.1.2	可编程控制器的特点及功能	(64)
4.1.3	可编程控制器的分类及其发展趋势	(66)
4.2	可编程控制器的组成和工作原理	(67)
4.2.1	可编程控制器的组成	(67)
4.2.2	可编程控制器的主要性能指标	(71)
4.2.3	可编程控制器的编程语言	(72)
4.2.4	可编程控制器的工作原理	(74)
	习题与思考题	(77)
第 5 章	三菱 FX 系列可编程控制器	(78)
5.1	三菱 FX 系列可编程控制器系统配置和性能指标	(78)
5.1.1	三菱 FX 系列 PLC 型号说明	(78)
5.1.2	三菱 FX 系列 PLC 的系统配置	(79)
5.1.3	三菱 FX 系列 PLC 的性能指标	(81)
5.2	三菱 FX 系列 PLC 内部可编程器件	(81)
5.2.1	输入继电器 (X)	(82)
5.2.2	输出继电器 (Y)	(82)
5.2.3	辅助继电器 (M)	(82)
5.2.4	状态继电器	(83)
5.2.5	定时器 (T)	(84)
5.2.6	计数器 (C)	(85)
5.2.7	数据寄存器 (D)	(87)
5.2.8	变址寄存器 (V、Z)	(88)
5.2.9	指针 (P、I)	(88)
5.2.10	常数 (K/H)	(89)
	习题及思考题	(89)

第 6 章 三菱 FX 系列可编程控制器基本指令及编程	(90)
6.1 可编程控制器的基本指令	(90)
6.1.1 取指令与输出指令 LD, LDI, OUT	(90)
6.1.2 触点串联指令 AND, ANI	(91)
6.1.3 触点并联指令 OR, ORI	(91)
6.1.4 块指令 ANB, ORB	(92)
6.1.5 置位/复位指令 SET, RST	(92)
6.1.6 脉冲输出指令 PLS, PLF	(93)
6.1.7 主控/主控复位指令 MC, MCR	(94)
6.1.8 多重输出指令 MPS, MRD, MPP	(95)
6.1.9 取反指令 INV	(97)
6.1.10 空操作/结束指令 NOP, END	(98)
6.1.11 脉冲式触点指令 LDP, LDF, ORP, ORF, ANDP, ANDF	(98)
6.1.12 梯形图编程规则	(99)
6.2 基本指令编程应用	(101)
6.2.1 延时电路	(101)
6.2.2 定时器的延时扩展电路	(101)
6.2.3 保持电路	(102)
6.2.4 顺序控制电路	(103)
6.2.5 分频电路	(104)
6.2.6 三相异步电机控制电路	(105)
6.2.7 交通信号控制电路	(107)
6.2.8 自动台车控制电路	(108)
习题及思考题	(109)
第 7 章 三菱 FX 系列可编程控制器步进程控指令	(112)
7.1 状态寄存器和状态转移图	(112)
7.1.1 状态寄存器	(112)
7.1.2 状态转移图	(112)
7.2 步进指令	(113)
7.2.1 步进指令说明	(113)
7.2.2 状态转移图与梯形图的转换	(113)
7.3 可编程控制器状态编程方法	(114)
7.3.1 初始状态和单流程的编程	(114)
7.3.2 选择性分支与汇合的编程	(115)
7.3.3 并行分支与汇合的编程	(116)
7.4 步进指令应用	(117)
7.4.1 大小球的分拣控制系统	(117)
7.4.2 按钮人行道控制系统	(120)
7.4.3 物料自动混合控制	(121)

习题及思考题	(123)
第 8 章 三菱 FX 系列可编程控制器功能指令	(126)
8.1 功能指令的基本格式	(126)
8.1.1 功能指令的表示方法	(126)
8.1.2 位元件与字元件	(127)
8.1.3 数据长度与指令执行方式	(127)
8.1.4 变址寄存器	(128)
8.2 功能指令	(128)
8.2.1 程序流向控制类指令	(128)
8.2.2 传送和比较功能指令	(132)
8.2.3 算术运算和逻辑运算功能指令	(136)
8.2.4 循环移位功能指令	(138)
8.2.5 数据处理指令	(140)
8.2.6 高速处理功能指令	(143)
8.2.7 方便指令	(149)
8.2.8 外围设备 I/O 功能指令	(155)
8.2.9 外围设备 (SER) 指令	(163)
8.2.10 浮点数功能指令	(166)
8.2.11 定位控制指令	(168)
8.2.12 时钟运算指令	(169)
8.2.13 外围设备指令	(171)
8.2.14 触点比较指令	(171)
习题及思考题	(172)
第 9 章 FX_{2N} 特殊功能模块	(174)
9.1 模拟量输入/输出模块	(174)
9.1.1 模拟量输入模块 FX _{2N} -4AD	(174)
9.1.2 模拟量输入模块 FX _{2N} -4AD-PT	(177)
9.1.3 模拟量输入模块 FX _{2N} -4AD-TC	(180)
9.1.4 模拟量输出模块 FX _{2N} -4DA	(182)
9.2 高速计数模块 FX _{2N} -1HC	(185)
9.2.1 FX _{2N} -1HC 接线方式及性能指标	(186)
9.2.2 编程及应用	(190)
9.3 定位控制模块	(191)
9.3.1 脉冲输出模块 FX _{2N} -1PG	(192)
9.3.2 脉冲输出模块 FX _{2N} -10PG	(193)
9.3.3 定位控制器 FX _{2N} -10GM 和 FX _{2N} -20GM	(195)
9.4 数据通信模块 FX _{2N} -232-BD	(196)
9.4.1 性能指标	(196)
9.4.2 编程及应用	(197)

习题和思考题	(198)
第 10 章 PLC 编程与通信	(200)
10.1 FX 系列可编程控制器的编程软件 SWOPC-FXGP/WIN-C	(200)
10.1.1 SWOPC-FXGP/WIN-C 主要功能及系统配置	(200)
10.1.2 SWOPC FXGP/WIN-C 编程软件的使用	(200)
10.2 FX 系列 PLC 串口通信	(207)
10.2.1 通信方式	(208)
10.2.2 FX 系列 PLC 和计算机之间的通信命令字和通信格式	(210)
10.3 FX 系列网络通信	(212)
10.3.1 几种典型的现场总线	(213)
10.3.2 开放式现场总线 CC-Link	(215)
10.3.3 FX 系列 CC-Link 主站模块 FX _{2N} -16CCL-M	(217)
10.3.4 CC-Link 接口模块 FX _{2N} -32CCL	(220)
10.3.5 CC-Link 接口模块 FR-A5NC	(221)
10.3.6 FX 系列 PLC 为主站时与远程站之间的通信	(221)
习题及思考题	(222)
第 11 章 可编程控制器系统设计及应用	(223)
11.1 可编程控制器系统设计	(223)
11.1.1 可编程控制器系统设计的基本原则	(223)
11.1.2 可编程控制器系统设计的一般步骤和内容	(223)
11.1.3 可编程控制器选型与硬件配置	(225)
11.1.4 节省 I/O 点数的方法	(228)
11.1.5 可编程控制器应用中需注意的若干问题	(229)
11.2 可编程控制器的应用	(231)
11.2.1 可编程控制器在分拣系统中的应用	(231)
11.2.2 PLC 在全自动洗衣机控制系统中的应用	(235)
11.2.3 PLC 在机械手控制系统中的应用	(240)
习题及思考题	(244)
附录 A FX 系列 PLC 功能指令一览表	(245)
附录 B FX 系列 PLC 特殊软元件	(250)
附录 C 电气控制及其可编程控制器实验指导书	(254)
实验一 低压控制电器的认识	(254)
实验二 电气控制综合实验	(255)
实验三 可编程控制器的认识	(256)
实验四 数据控制功能	(260)
实验五 基本指令	(261)
实验六 定时器/计数器实验	(262)
实验七 PLC 的应用	(264)

第1篇 电气控制

第1章 常用控制电器

凡是根据外界的信号或非信号，能对电气电路实现接通、断开、控制、保护与调节，对非电装置实现控制的电气元件统称为电器。由控制电器组成的系统称为电气控制系统。一般的电气控制系统常选用继电器和接触器，因而称为继电接触器控制系统。本章主要通过介绍电气控制领域中常用低压电器的工作原理、用途、型号、规格及符号等知识，电气控制线路的基本环节，并对典型电气控制系统进行分析，使读者学会正确选择和合理使用常用电器，学会分析和设计电气控制线路的基本方法，为后继章节的学习打下基础。

1.1 低压控制电器的基本知识

1. 低压控制电器分类

常用电器主要包括继电器、接触器、熔断器、主令电器及电磁制动器。电器的功能多，用途广，品种规格繁多，为了系统地掌握，必须进行分类。

1) 按工作电压等级分

(1) 高压电器 用于交流电压 1200 V、直流电压 1500 V 及以上电路中的电器。例如，高压断路器、高压隔离开关、高压熔断器等。

(2) 低压电器 用于交流 50 Hz (或 60 Hz)，额定电压 1200 V 以下；直流额定电压 1500 V 及以下电路中的电器。例如，接触器、继电器等。

2) 按用途分

(1) 控制电器：用于各种控制电路和控制系统的电器，如接触器、各种控制继电器、启动器等。

(2) 主令电器：用于自动控制系统中发送控制指令的电器，如控制按钮、主令开关、行程开关、转换开关等。

(3) 保护电器：用于保护电设备的电器，如熔断器、热继电器、避雷器等。

(4) 执行电器：用于完成某种动作或传动功能的电器，如电磁铁、电磁阀、电磁离合器、电磁制动器等。



3) 按工作原理分

(1) 电磁式电器：依据电磁感应原理来工作的电器，如交流接触器、各种电磁式继电器等。

(2) 非电量控制电器：电器的工作是靠外力或某种非电量的变化而动作的电器，如刀开关、行程开关、按钮、速度继电器、压力继电器、温度继电器等。

任何复杂的控制线路都是由一些基本的单元电路所组成的，而基本单元电路则由若干功能不同的电气元件组合而成。为此，必须先了解电气元件的结构、动作原理以及它们的控制作用。

2. 低压控制电器的作用

低压控制电器能够依据操作信号或外界现场信号的要求，自动或手动地改变电路的状态、参数，实现对电路或被控对象的控制、保护、测量、指示、调节。低压电器的主要作用如下。

(1) 控制作用：如电梯的上下移动、快慢速自动切换与自动停层等。

(2) 保护作用：能根据设备的特点，对设备、环境以及人身实行自动保护，如电动机的过热保护、电网的短路保护、漏电保护等。

(3) 测量作用：利用仪表及与之相适应的电器，对设备、电网或其他非电参数进行测量，如电流、电压、功率、转速、温度、湿度等。

(4) 调节作用：低压电器可对一些电量和非电量进行调整，以满足用户的要求，如柴油机油门的调整、房间温湿度的调节、照度的自动调节等。

(5) 指示作用：利用低压电器的控制、保护等功能，检测出设备运行状况与电气电路工作情况，如绝缘监测、保护掉牌指示等。

(6) 转换作用：在用电设备之间转换或对低压电器、控制电路分时投入运行，以实现功能切换，如励磁装置手动与自动的转换、供电的市电与自备电的切换等。

当然，低压电器的作用远不止这些，随着科学技术的发展，新功能、新设备会不断出现，对低压配电电器的要求是灭弧能力强、分断能力好、热稳定性能好、限流准确等。对低压控制电器，则要求其动作可靠、操作频率高、寿命长并具有一定的负载能力。

1.2 主令电器

在控制系统中专用于发布控制命令的电器称为主令电器。常用来控制电力拖动系统中电动机的启动、停车、调速及制动等。常用的主令电器有：控制按钮、行程开关、万能转换开关、主令控制器、断路器、熔断器等。本节仅介绍几种常用的主令电器。

1. 控制按钮

控制按钮是一种结构简单、使用广泛的手动主令电器，它可以与接触器或继电器配合，对电动机实现远距离的自动控制，用于实现控制线路的电气联锁。如图 1-1 (a) 所示，将按钮按下时，下面一对原来断开的静触头被动触头接通，而上面一对静触头则被断开。原来就接通的触头称为常闭触头，原来就断开的触头称为常开触头，其符号如图 1-1 (b) 所示。按



钮开关的结构形式根据不同的使用场合有安装式、防护式、防水式、防腐式和钥匙式等。按钮的触头从一常闭、一常开到六常闭、六常开数量不等。

控制按钮的种类很多，在结构上有掀钮式、紧急式、钥匙式、旋钮式、带灯式和打碎玻璃按钮等。

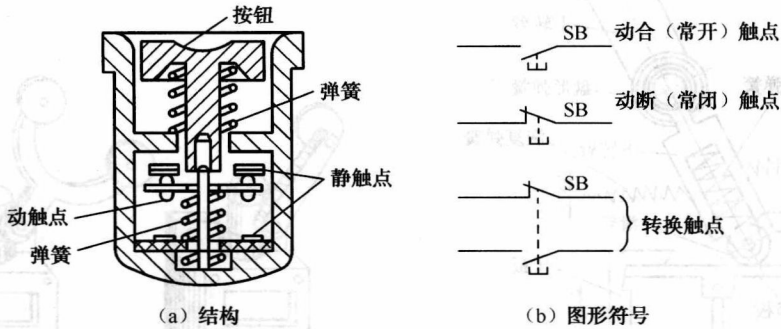


图 1-1 控制按钮

2. 行程开关

行程开关又称为限位开关，用于控制机械设备的行程及限位保护。在实际生产中，将行程开关安装在预先安排的位置，当装于生产机械运动部件上的模块撞击行程开关时，行程开关的触点动作，实现电路的切换。因此，行程开关是一种根据运动部件的行程位置而切换电路的电器，它的作用原理与按钮类似。行程开关广泛用于各类机床和起重机械，用以控制其行程、进行终端限位保护。在电梯的控制电路中，还利用行程开关来控制开、关轿门的速度，自动开、关门的限位，轿厢的上、下限位保护。

行程开关按其结构可分为直动式、滚轮式、微动式和组合式行程开关。

(1) 直动式行程开关 其结构原理如图 1-2 所示，其动作原理与按钮开关相同，但其触点的分合速度取决于生产机械的运行速度，不宜用于速度低于 0.4 m/min 的场所。

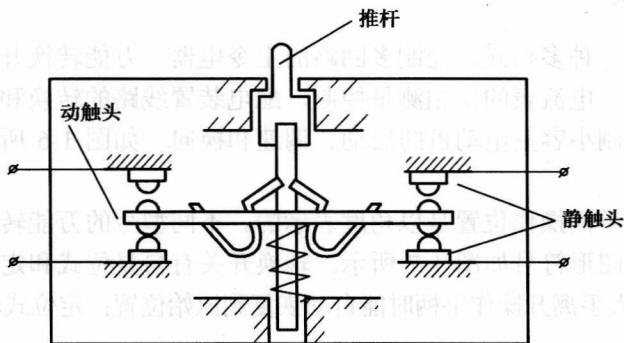


图 1-2 直动式行程开关

(2) 滚轮式行程开关 其结构原理如图 1-3 所示，当被控机械上的撞块撞击带有滚轮的撞杆时，撞杆转向右边，带动凸轮转动，顶下推杆，使微动开关中的触点迅速动作。当运动机械返回时，在复位弹簧的作用下，各部分动作部件复位。

滚轮式行程开关又分为单滚轮自动复位式和双滚轮（羊角式）非自动复位式行程开关，



双滚轮行移开关具有两个稳态位置，有“记忆”作用，在某些情况下可以简化线路。图 1-4 是 LX-19 系列行程开关外形图。图 1-5 是行程开关图形符号和文字符号。

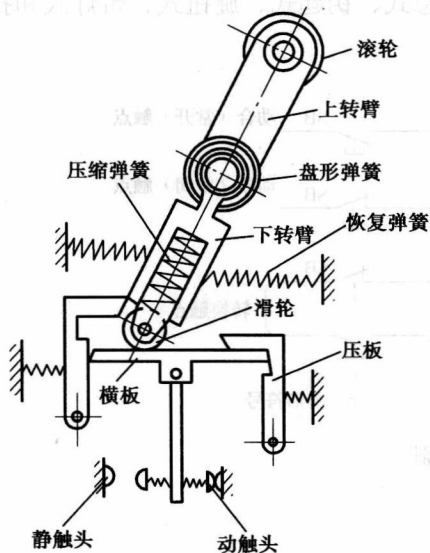


图 1-3 滚轮式行程开关

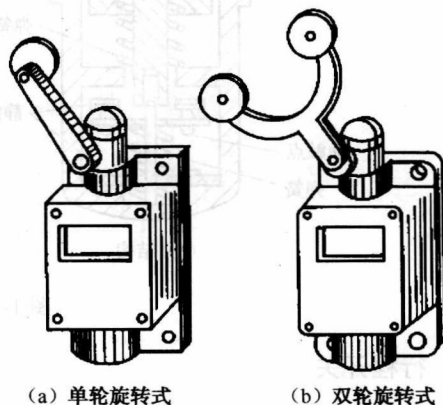


图 1-4 LX-19 系列行程开关

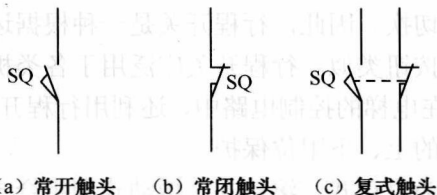


图 1-5 行程开关的符号

3. 万能转换开关

万能转换开关是一种多挡式、控制多回路的主令电器。万能转换开关主要用于各种控制线路的转换，电压表、电流表的换相测量控制，配电装置线路的转换和遥控等。万能转换开关还可以用于直接控制小容量电动机的启动、调速和换向。如图 1-6 所示为万能转换开关单层的结构示意图。

万能转换开关的手柄操作位置是以角度表示的。不同型号的万能转换开关的手柄有不同的触点，电路图中的图形符号如图 1-7 所示。转换开关有自复位式和定位式两种操作方式。自复位式转换开关当人手离开操作手柄时能自动恢复到原始位置；定位式转换开关则每隔 30° 或 45° 有一个定位。

4. 主令控制器

主令控制器是一种多位置、多回路的控制开关，适合于频繁操作并要求有多种控制状态的场合，如起货机、锚机的控制等。图 1-8 (a) 所示为主令控制器的结构原理图，一般由触头装置和带有凸轮的轴组成。凸轮位置随手柄工作位置而变动，从而改变了相应的触头闭合或断开状态。图 1-8 (b) 是主令控制器的电路符号。

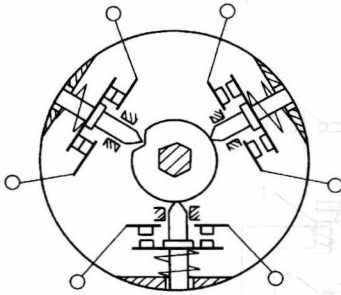
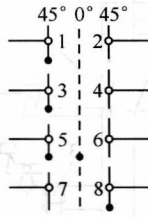


图 1-6 万能转换开关单层的结构示意图

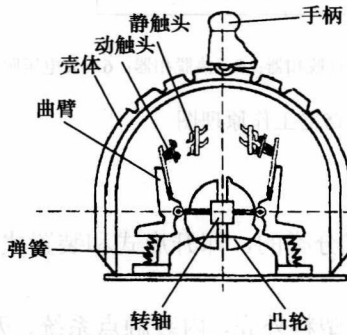


(a) 图形符号

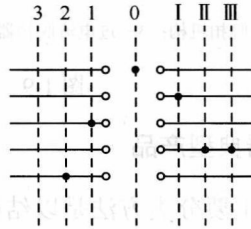
触头编号	45°	0°	45°
1-2	×		
3-4	×		
5-6	×	×	
7-8			×

(b) 点闭合表

图 1-7 万能转换开关的图形符号



(a) 结构原理图



(b) 电路符号

图 1-8 主令控制器

1.3 断路器

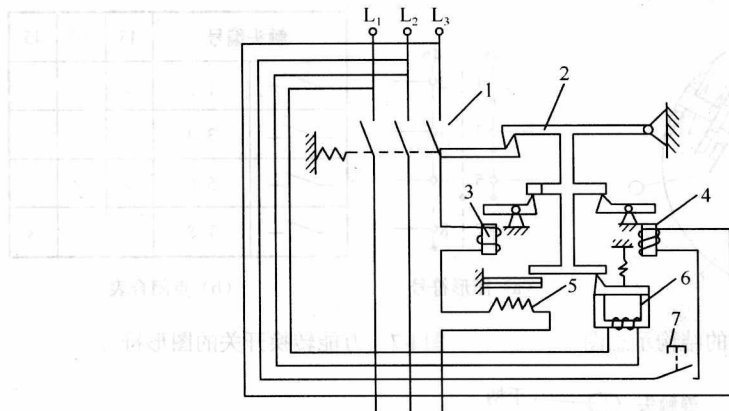
低压断路器也称为自动空气开关，可用来接通和分断负载电路，也可用来控制不频繁启动的电动机。它的功能相当于闸刀开关、过电流继电器、失压继电器、热继电器及漏电保护器等电器部分或全部的功能总和，是低压配电网中一种重要的保护电器。

低压断路器具有多种保护功能（过载、短路、欠电压保护等）、动作值可调、分断能力高、操作方便、安全等优点，目前被广泛应用。

1. 结构和工作原理

低压断路器由操作机构、触点、保护装置（各种脱扣器）、灭弧系统等组成。低压断路器工作原理图如图 1-9 所示。

低压断路器的主触点是靠手动操作或电动合闸的。主触点闭合后，自由脱扣机构将主触点锁在合闸位置上。过电流脱扣器的线圈和热脱扣器的热元件与主电路串联，欠电压脱扣器的线圈和电源并联。当电路发生短路或严重过载时，过电流脱扣器的衔铁吸合，使自由脱扣机构动作，主触点断开主电路。当电路过载时，热脱扣器的热元件发热使双金属片上弯曲，推动自由脱扣机构动作。当电路欠电压时，欠电压脱扣器的衔铁释放，也使自由脱扣机构动作。分励脱扣器则作为远距离控制用，在正常工作时，其线圈是断电的，在需要距离控制时，按下启动按钮，使线圈通电，衔铁带动自由脱扣机构动作，使主触点断开。



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—欠电压脱扣器；7—停止按钮

图 1-9 低压断路器工作原理图

2. 低压断路器典型产品

低压断路器的主要分类方法是以结构形式分类的，即开启式和装置式两种。开启式又称为框架式或万能式，装置式又称为塑料壳式。

(1) 装置式断路器 装置式断路器有绝缘塑料外壳，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。有较高的分断能力和动稳定性，有较完善的选择性保护功能，广泛用于配电线路。

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 60 A 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）。

(2) 框架式断路器 框架式断路器一般容量较大，具有较高的短路分断能力和较高的动稳定性。适用于在交流 50 Hz、额定电压 380 V 的配电网中作为配电干线的主保护。

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。

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 A、1500 A、2500 A 和 4000 A 等几个型号。

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 630~5000 A 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。

(3) 智能化断路器 目前国内生产的智能化断路器有框架式和塑料外壳式两种。框架式智能化断路器主要用于智能化自动配电系统中的主断路器，塑料外壳式智能化断路器主要用于配电网中分配电能和作为线路及电源设备的控制与保护装置，亦可用做三相笼型异步电动机的控制装置。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 系列智能控制器是国家机械部“八五”至“九五”期间的重点项目。产品性能指标达到国际 20 世纪 90 年代先进水平。它采用积木式配套方案,可直接安装于断路器本体中,无须重复二次接线,并可以多种方案任意组合。

3. 低压断路器的选用原则

(1) 根据线路的保护要求确定断路器的类型和保护形式——确定选用框架式、装置式或限流式等。

(2) 断路器的额定电压 U_N 应等于或大于被保护线路的额定电压。

(3) 断路器欠压脱扣器的额定电压应等于被保护线路的额定电压。

(4) 断路器的额定电流及过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) 断路器的极限分断电流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。

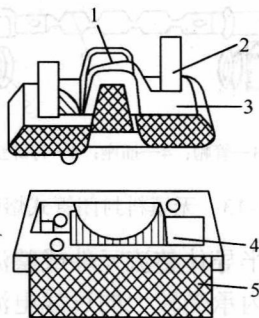
1.4 熔断器

熔断器是一种简单而有效的保护电器。在电路中主要起短路保护作用。

熔断器主要由熔体和安装熔体的绝缘管(绝缘座)组成。使用时,熔体串接于被保护的电路中,当电路发生短路故障时,熔体被瞬时熔断而分断电路,起到保护作用。

1. 常用的熔断器

(1) 插入式熔断器 如图 1-10 所示,它常用于 380 V 及以下电压等级的线路末端,作为配电支线或电气设备的短路保护用。



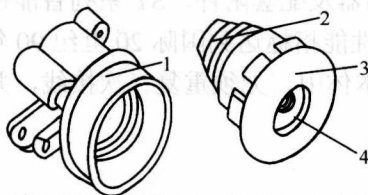
1—动触点; 2—熔体; 3—瓷插件; 4—静触点; 5—瓷座

图 1-10 插入式熔断器

(2) 螺旋式熔断器 如图 1-11 所示,熔体的上端盖有一熔断指示器,一旦熔体熔断,指示器马上弹出,可透过瓷帽上的玻璃孔观察到,它常用于机床电气控制设备中。螺旋式熔断



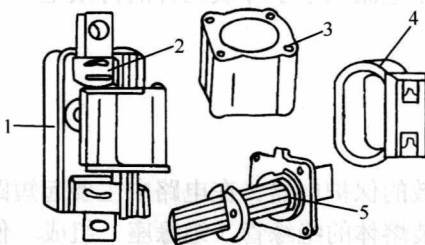
器分断电流较大，可用于电压等级 500 V 及以下、电流等级 200 A 以下的电路中，作短路保护用。



1—底座；2—熔体；3—瓷帽；4—熔断指示器

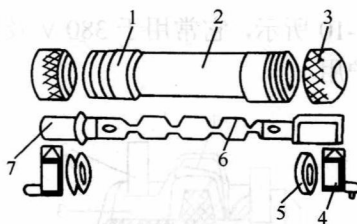
图 1-11 螺旋式熔断器

(3) 封闭式熔断器 封闭式熔断器分有填料封闭管式熔断器和无填料封闭管式熔断器两种，如图 1-12 和图 1-13 所示。有填料封闭管式熔断器一般用方形瓷管，内装石英砂及熔体，分断能力强，用于电压等级 500 V 以下、电流等级 1 kA 以下的电路中。无填料封闭管式熔断器将熔体装入密闭式圆筒中，分断能力稍小，用于电压等级 500 V 以下、电流等级 600 A 以下的电力网或配电设备中。



1—瓷底座；2—弹簧片；3—管体；4—绝缘手柄；5—熔体

图 1-12 有填料密闭管式熔断器



1—铜圈；2—熔断管；3—管帽；4—插座；5—特殊垫圈；6—熔体；7—熔片

图 1-13 无填料封闭管式熔断器

(4) 快速熔断器 它主要用于半导体整流元件或整流装置的短路保护。由于半导体元件的过载能力很低，只能在极短时间内承受较大的过载电流，因此要求短路保护具有快速熔断的能力。快速熔断器的结构和有填料封闭管式熔断器基本相同，但熔体材料和形状不同，它是以银片冲制的有 V 形深槽的变截面熔体。

(5) 自复熔断器 采用金属钠作为熔体，在常温下具有高电导率。当电路发生短路故障时，短路电流产生高温使钠迅速汽化，气态钠呈现高阻态，从而限制了短路电流。当短路电流消失后，温度下降，金属钠恢复原来的良好导电性能。自复熔断器只能限制短路电流，不