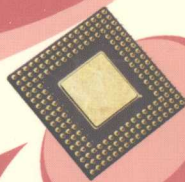
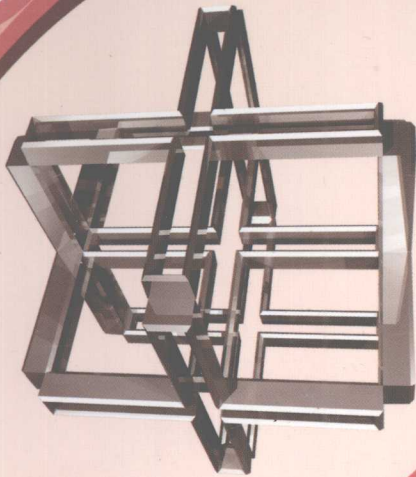


高职高专电子类 十一五规划 精品课程 建设教材

电气控制与PLC应用

主编：王少华

主审：刘晓魁



GAOZHI GAOZHUAN
DIANZILEI SHIYIWU GUIHUA
JINGPIN KECHENG JIANSHE JIAOCAI



中南大学出版社

湖南省省级精品课程开发教材
高等职业教育规划教材

参考文献

电气控制与 PLC 应用

主 编 王少华
副主编 刘红武 刘湘澧 熊小艳 蒋如全 盛虎宜 江 伟
编 委 汤光华 刘继武 龙安国 谢庆华
龙 剑 黄建科 蒋苏桂 李 颖
李广兵 徐淑英 唐 进 王 科
龙 慧 肖美根 郝文琦 李 果
刁一峰 罗晓东

主 审 刘晓魁

中南大学出版社

林楚安开器器品群器管管南版
林楚安开器器品群器管管南版

图书在版编目(CIP)数据

电气控制与 PLC 应用/王少华主编. —长沙:中南大学出版社,
2008. 8

ISBN 978-7-81105-792-8

I. 电... II. 王... III. ①电气控制②可编程序控制器
IV. TM921.5 TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 135841 号

电气控制与 PLC 应用

主编 王少华

责任编辑 陈应征

责任印制 文桂武

出版发行 中南大学出版社

社址:长沙市麓山南路

邮编:410083

发行科电话:0731-8876770

传真:0731-8710482

印 装 长沙市宏发印刷厂

开 本 787×1092 1/16 印张 22.25 字数 564 千字

版 次 2008 年 8 月第 1 版 2008 年 8 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-81105-792-8

定 价 37.00 元

图书出现印装问题,请与出版社调换

中南大学出版社

前 言

2007年,湖南生物机电职院电子电气工程系机电一体化专业课程“电气控制与PLC应用”获得湖南省省级精品课程建设项目。在此项目的建设开发过程中,课题组将该课程的相关系列教材作为重点开发建设内容,包括由中南大学出版社出版的本教材,以及相应的电子教材、电子教案、试题库与参考资料库、技能项目实训课题库等项目。

本教材在内容的处理与安排上,既注意反映工厂电气控制与PLC领域的最新技术,又充分考虑到高职学生的教学特点和知识与能力结构,将“电气控制与PLC应用”的理论知识归类为六大模块,同时主要针对实验实训和实际应用编排了28个实训项目。主要目的是重点突出职业岗位技能,加强学生动手能力、分析和解决实际问题的能力培养,加强系统维护设计能力、适应新设备新技术能力和开发创新能力的培养。

本教材整体内容编写时尽量多采用应用实例和图形来代替繁琐的理论分析和论证,以掌握概念、突出实用、培养技能为教学重点,同时注意课程知识内容的完整性、系统性。本书将电气控制系统与可编程典型应用知识及相关实训的内容进行了有机的结合,形成了一个较为完整的体系。同时,又提供了部分选修内容(加*部分),使得教学内容组织具备一定的弹性,既适用机电一体化专业单学期教学,也适用机电类相关专业上、下双学期教学,给教学组织提供了方便。

本书由湖南生物机电职院王少华任主编。第一模块由长沙航空职院李广兵编写,第二模块由永州职院蒋如全、蒋苏桂合编,第三模块(任务二、任务三、任务四、任务五、任务六)由王少华、湖南城建职院刘继武、熊小艳、湖南交通工程职院江伟合编,第四模块由湖南化工职院汤光华编写,第五模块任务一由湖南现代物流职院徐淑英编写,第五模块任务二由湖南信息职院李颖编写,第五模块任务四由郴州市第一人民医院协调办刘红武和益阳石煤发电综合利用试验厂盛虎宜合编,第六模块任务二、任务三由黄建科和湖南交通工程职院郝文琦合编,第三模块任务一、第五模块任务三、第六模块任务一由刘湘澧编写,附录一、二、三、四、五由王科和江伟合编。

本书由刘晓魁主审,在大纲的拟订与审定、教材内容的编写与修改、实训项目的安排与拓展等方面都提出了大量的宝贵意见。参与本教材组编和编写工作的还有湖南城建职院刘继武、永州职院龙安国、湖南交通工程职院龙剑、湖南科技职院周美繁以及精品课程项目组的陈越、李宋华、何荣誉等老师,在此一并向他们表示诚挚的感谢!

全书图形统一由四川邮电职业技术学院罗晓东老师绘制。

在本书编写过程中参考了大量的资料和书刊,并引用了部分资料,除在参考文献中列出外,谨向这些书刊资料的作者表示衷心的感谢!

由于编者水平有限和时间仓促,书中定有错漏和不当之处,恳请读者予以批评指正。

编 者
2008年8月

目 录

第一模块 常用低压电器	(1)
任务一 低压配电电器	(1)
1.1.1 低压电器的基本知识	(1)
1.1.2 开关	(3)
1.1.3 低压断路器	(6)
1.1.4 熔断器	(8)
任务拓展一——新器件	(11)
实训课题一 低压配电电器识别与拆装	(12)
任务二 低压控制电器	(13)
1.2.1 主令电器	(13)
1.2.2 接触器	(15)
1.2.3 继电器	(18)
1.2.4 热继电器	(22)
1.2.5 速度继电器	(23)
1.2.6 主令控制器	(24)
1.2.7 凸轮控制器	(25)
任务拓展二——新器件	(25)
实训课题二 低压控制电器识别与拆装	(27)
任务三 电动机	(27)
1.3.1 直流电动机	(28)
1.3.2 三相异步电动机	(31)
实训课题三 三相异步电动机拆装	(35)
思考练习题	(37)
第二模块 继电器—接触器式控制电路	(38)
任务一 电气控制系统图的绘制规则	(38)
2.1.1 电气控制系统图的分类	(38)
2.1.2 电气图的一般特点	(39)
2.1.3 电气图的图形符号和文字符号	(40)
2.1.4 电气原理图的绘制规则	(47)

实训课题四 电气原理图的识读	(49)
任务二 三相异步电动机基本控制线路	(52)
2.2.1 点动与自锁控制	(52)
2.2.2 互锁控制	(55)
2.2.3 顺序控制	(57)
2.2.4 工作长动与点动的联锁控制	(58)
2.2.5 多点控制启、停的联锁控制	(59)
2.2.6 自动往复循环控制	(60)
实训课题五 接触器联锁的正反转电路安装	(63)
(1) 任务三 三相异步电动机降压启动控制电路	(65)
(1) 2.3.1 笼型异步电动机启动控制线路	(65)
(1) 2.3.2 三相绕线型异步电动机启动控制线路	(72)
(8) 实训课题六 Y- Δ 降压启动控制线路安装	(78)
(6) 任务四 三相异步电动机的制动控制线路	(80)
(8) 2.4.1 机械制动和电力制动	(80)
(11) 2.4.2 笼型异步电动机能耗制动控制线路	(86)
(51) 2.4.3 笼型异步电动机反接制动控制线路	(88)
(81) 2.4.4 三相绕线型异步电动机制动控制线路	(90)
(81) 实训课题七 笼型异步电动机能耗制动控制线路安装	(93)
(71) 任务五 三相异步电动机调速控制线路	(95)
(81) 2.5.1 笼型多速异步电动机的控制线路	(95)
(55) 2.5.2 三相绕线型电动机转子串电阻调速控制	(102)
(85) 2.5.3 电磁滑差离合器调速电动机控制线路	(103)
(45) 实训课题八 三相绕线型电动机转子串电阻调速控制线路安装	(107)
(25) 任务六 控制电路安装工艺	(108)
(25) 2.6.1 电气控制电路安装工艺的基本知识	(108)
(75) 2.6.2 电气控制柜的安装配线	(110)
(75) 2.6.3 电气控制柜的调试	(112)
(85) 2.6.4 常见故障的排除方法	(113)
(15) 2.6.5 使用说明书的编写	(114)
(28) 实训课题九 接触器联锁的正反转电路工艺安装	(115)
(77) 思考练习题	(115)
第三模块 典型设备电气控制系统	(116)
(88) 任务一 电气系统识图分析	(116)
(88) 3.1.1 电气识图的基本要求	(116)
(98) 3.1.2 电气识图的步骤	(117)
(104) 3.1.3 电气识图的基本方法	(118)
(74) 3.1.4 机床电气控制系统分析的一般方法和步骤	(118)

3.1.5	分析电气控制原理图的方法——跟踪法	(119)
	实训课题十 电气施工系统图识读(原理图、接线图、施工图)	(120)
	任务二 车床电气控制系统原理与维修	(126)
3.2.1	普通车床的组成与运动规律	(126)
3.2.2	CA6140型普通车床电气控制线路分析	(127)
3.2.3	车床的常见故障案例	(129)
	实训课题十一 车床的常见故障排除训练	(130)
	任务三 摇臂钻床电气控制系统原理与维修	(130)
3.3.1	摇臂钻床的组成与运动规律	(130)
3.3.2	Z35型摇臂钻床的电气控制线路分析	(131)
3.3.3	Z35型摇臂钻床的常见故障案例	(133)
	实训课题十二 Z35型摇臂钻床的常见故障排除训练	(134)
	任务四 万能铣床电气控制系统原理与维修	(135)
3.4.1	X62W型万能铣床的组成与运动规律	(135)
3.4.2	X62W型万能铣床电气控制线路分析	(136)
3.4.3	X62W型万能铣床的常见故障案例	(141)
	实训课题十三 万能铣床的常见故障排除训练	(142)
	任务五 平面磨床电气控制系统原理与维修	(143)
3.5.1	M7120型平面磨床的组成与运动规律	(143)
3.5.2	M7120型平面磨床电气控制线路分析	(144)
3.5.3	M7120型平面磨床的常见故障案例	(147)
	实训课题十四 M7120型平面磨床的常见故障排除训练	(148)
	任务六 桥式起重机电气控制系统原理与维修	(149)
3.6.1	桥式起重机的组成与运动规律	(149)
3.6.2	30/5T桥式起重机电气控制线路分析	(150)
3.6.3	30/5T桥式起重机的常见故障案例	(155)
	实训课题十五 桥式起重机常见故障排除训练	(156)
	思考练习题	(157)
第四模块 可编程序控制器工作原理及结构		(159)
	任务一 PLC的发展、分类及应用	(159)
4.1.1	可编程控制器的产生	(159)
4.1.2	可编程控制器的发展	(160)
4.1.3	可编程控制器的特点	(160)
4.1.4	可编程控制器的分类	(161)
4.1.5	可编程控制器的应用	(163)
	任务二 PLC的结构和工作原理	(164)
4.2.1	可编程控制器的结构	(164)
4.2.2	可编程控制器的工作原理	(165)

4.2.3	可编程控制器的主要技术性能指标	(166)
4.2.4	可编程控制器的编程语言	(167)
任务三	三菱 FX2N 可编程控制器	(169)
4.3.1	三菱 PLC 系列	(169)
4.3.2	三菱 FX 系列 PLC	(169)
4.3.3	FX2N 编程器件介绍	(172)
实训课题十六	PLC 编程语言上机训练	(179)
思考练习题		(180)
第五模块 可编程序控制器指令系统		(181)
任务一	可编程基本逻辑指令使用	(181)
5.1.1	逻辑取及线圈驱动指令 LD、LDI、OUT	(181)
5.1.2	触点串联指令 AND、ANI	(181)
5.1.3	触点并联指令 OR、ORI	(182)
5.1.4	串联电路块的并联连接指令 ORB	(183)
5.1.5	并联电路块的串联连接指令 ANB	(183)
5.1.6	多重输出指令 MPS、MRD、MPP	(183)
5.1.7	主控及主控复位指令 MC、MCR	(185)
5.1.8	置位与复位指令 SET、RST	(185)
5.1.9	计数器、定时器(OUT/RST)	(186)
5.1.10	脉冲输出指令 PLS、PLF	(186)
5.1.11	脉冲式触点指令(LDP/LDF、ANP/ANF、ORP/ORF)	(187)
5.1.12	逻辑运算结果取反(INV)	(189)
5.1.13	空操作指令 NOP	(189)
5.1.14	程序结束指令 END	(189)
5.1.15	编程注意事项	(190)
5.1.16	编程实例	(191)
实训课题十七	单流程的控制项目	(196)
思考练习题		(203)
任务二	可编程步进顺控指令使用	(205)
5.2.1	顺序控制设计法	(206)
5.2.2	编程方法	(211)
5.2.3	具有多种工作方式的系统的编程方法	(219)
实训课题十八	选择性流程的控制项目	(224)
实训课题十九	并行性流程的控制项目	(224)
思考练习题		(225)
任务三	可编程控制器功能指令使用	(227)
5.3.1	功能指令的表示格式	(227)
5.3.2	功能指令的执行方式与数据长度	(228)

5.3.3	功能指令的数据格式	(229)
5.3.4	PLC 常用功能指令介绍	(231)
实训课题二十	功能指令的应用	(267)
思考练习题		(267)
任务四	特殊功能模块 (Specific Function Module) 及应用	(268)
5.4.1	FX2N-2AD 和 FX2N-2DA 模块	(268)
5.4.2	高速计数模块	(268)
5.4.3	三菱可编程控制器的通信类型	(271)
实训课题二十一*	PLC 特殊功能模块实际应用	(274)
第六模块 电气控制系统与可编程典型应用		(276)
任务一	电气系统设计	(276)
6.1.1	电气系统设计的基本原则及主要内容	(276)
6.1.2	基于导线二维标注法电气接线图设计	(279)
6.1.3	电气系统控制原理设计方法及应用举例	(286)
6.1.4	电器元件选择的基本原则与方法	(293)
6.1.5	可编程控制器应用系统设计步骤	(298)
6.1.6	可编程控制器应用系统硬件设计	(298)
6.1.7	可编程控制器应用系统软件设计	(300)
6.1.8	可编程控制器应用程序设计方法	(301)
实训课题二十二	电气系统元件选择实训	(302)
思考练习题		(303)
任务二	PLC 典型应用项目举例	(304)
6.2.1	PLC 典型应用项目举例	(304)
6.2.2	三层电梯 PLC 控制	(309)
6.2.3	可编程控制器系统维修(日常维护)	(312)
任务三	可编程控制器与变频器综合应用	(317)
6.3.1	PLC 与变频器的连接	(317)
6.3.2*	恒压供水控制	(317)
实训课题二十三	机械手 PLC 控制	(322)
实训课题二十四	X62W 万能铣床 PLC 控制	(322)
实训课题二十五	三层电梯控制	(323)
实训课题二十六*	恒压供水控制程序设计	(324)
实训课题二十七*	变频器多段速的 PLC 控制	(324)
实训课题二十八*	基于 PLC 模拟量方式的变频器闭环调速	(326)
附 录		(329)
附录一	低压电器常见使用类别及其代号	(329)
附录二	熔断器、热继电器、断路器技术数据表	(330)

(332) 附录三 三菱 FX 系列 PLC 功能指令一览表 (332)

(336) 附录四 变频器基本功能参数与操作 (336)

(338) 附录五 FXGPWIN 编程软件的使用 (338)

参考文献 (345)

(345) (345)

(348) (348)

(348) (348)

(371) (371)

(374) (374)

(376) (376)

(376) (376)

(379) (379)

(386) (386)

(393) (393)

(398) (398)

(398) (398)

(300) (300)

(301) (301)

(302) (302)

(303) (303)

(304) (304)

(304) (304)

(309) (309)

(312) (312)

(317) (317)

(317) (317)

(317) (317)

(322) (322)

(322) (322)

(323) (323)

(324) (324)

(324) (324)

(326) (326)

(329) (329)

(329) (329)

(330) (330)

第一模块 常用低压电器

任务一 低压配电电器

低压电器通常是指在低压配电系统和控制系统中起通断、保护、控制或调节作用的电器。我国把交流 1000V 及以下、直流 1200V 及以下作为低压电器的电压范围。

低压电器按用途分为配电电器和控制电器两大类。用于低压配电系统的为低压配电电器,如刀开关、空气开关、熔断器等;用于电力传输系统的为低压控制电器,如继电器、接触器、电磁铁、变阻器、按钮、主令控制器等。

1.1.1 低压电器的基本知识

低压电器是指在电路中实现对电路或非电对象的控制、检测、保护、变换、调节等作用的基本器件。低压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。由低压控制电器组成的控制系统,称为继电器—接触器控制系统,又称继电控制系统。

1. 电器的分类

电器的用途广泛,功能多样,种类繁多,结构各异。下面是几种常用的电器分类。

(1) 按工作电压等级分类

①高压电器。用于交流电压 1000V 及以上、直流电压 1200V 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 50Hz(或 60Hz)、额定电压为 1000V 以下,直流额定电压 1200V 以下的电路中的电器,例如接触器、继电器等。

(2) 按动作原理分类

①手动电器。用手或依靠机械力进行操作的电器,如手动开关、控制按钮、行程开关等主令电器。

②自动电器。借助于电磁力或某个物理量的变化自动进行操作的电器,如接触器、各种类型的继电器、电磁阀等。

(3) 按用途分类

①控制电器。用于各种控制电路和控制系统的电器,例如接触器、继电器、电动机启动器等。

②主令电器。用于自动控制系统中发送动作指令的电器,例如按钮、行程开关、万能转换开关等。

③保护电器。用于保护电路及用电设备的电器,如熔断器、热继电器、各种保护继电器、避雷器等。

④执行电器。指用于完成某种动作或传动功能的电器,如电磁铁、电磁离合器等。

⑤配电器。用于电能的输送和分配的电器，例如高压断路器、隔离开关、刀开关、自动空气开关等。

(4)按工作原理分类

①电磁式电器。依据电磁感应原理来工作，如接触器、各种类型的电磁式继电器等。

②非电量控制电器。依靠外力或某种非物理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、温度继电器等。

2. 电磁式电器的基本结构

电磁式电器是低压电器中最典型也是应用最广泛的一种电器。控制系统中的接触器和继电器就是两种最常用的电磁式电器。虽然电磁式电器的类型很多，但它的工作原理和构造基本相同。其结构大都是由两个主要部分组成，即感应部分(电磁机构)和执行部分(触头系统)。

(1)电磁机构

电磁式电器分为直流和交流两类，都是利用电磁铁的原理而制成。电磁机构由线圈、铁芯和衔铁组成，主要作用是通过电磁感应原理将电能转换成机械能，带动触头动作，完成接通或分断电路的功能。根据衔铁相对铁芯的运动方式，电磁机构可分为直动式和转动式两种，如图 1-1 及图 1-2 所示。在图 1-2 中，转动式又分为衔铁沿棱角转动和衔铁沿轴转动两种。

直动式电磁机构多用于交流接触器、继电器中。衔铁沿棱角转动的转动式电磁机构广泛应用于直流电器中。衔铁沿轴转动的转动式电磁机构的铁芯形状有 E 形和 U 形两种，多用于触头容量大的交流电器中。通常，直流电磁铁的铁芯是用整块钢材或工程纯铁制成，而交流电磁铁的铁芯则是用硅钢片叠铆而成。

单相交流电磁机构的铁芯上还装有短路环(如图 1-3 所示)，起消除振动的作用。

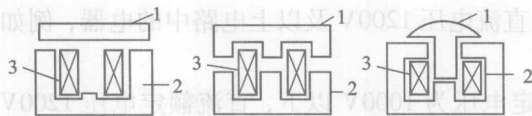


图 1-1 直动式电磁机构

1—衔铁； 2—铁芯； 3—线圈

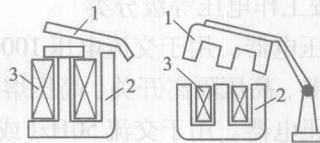


图 1-2 转动式电磁机构

1—衔铁； 2—铁芯； 3—线圈

吸引线圈的作用是将电能转化为磁场能。按通入电流种类不同可分为直流型线圈和交流型线圈。直流线圈一般做成无骨架、高而薄的瘦高型，使线圈与铁芯直接接触，易于散热。交流线圈由于铁芯的磁滞和涡流损耗会引起发热。所以线圈设有骨架，使铁芯与线圈隔离，并将线圈制成短而厚的矮胖型。按线圈的接线形式分为电压线圈和电流线圈。在使用时电压线圈与电源并联，电流线圈与负载串联。电流线圈主要用于电流检测类电磁式电器中。为减少对电路电压分配的影响，串联线圈采用粗导线制造，匝数少，线圈的阻抗较小。并联线圈为减少电路的分流作用，需要较大的阻抗，一般线圈的导线细，匝数多。

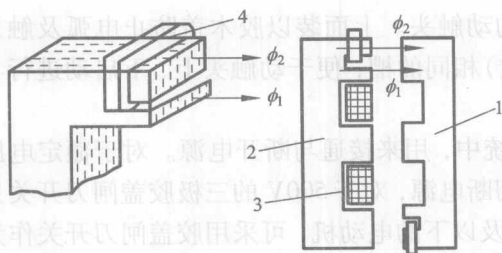


图 1-3 交流电磁铁的短路环

1—衔铁； 2—铁芯； 3—线圈； 4—短路环

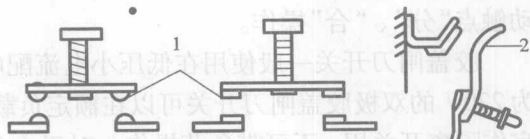


图 1-4 触头的结构形式

1—桥式触头； 2—指式触头

(2) 触头系统

触头就是“开关”，是有触点电器的执行部分。吸引线圈得电后通过衔铁的动作使触头闭合或断开来控制电路的工作状态。一般按结构分有桥式触头和指式触头两种(如图 1-4 所示)。

(3) 电弧和灭弧方法

触点由闭合状态过渡到断开状态的过程中会产生电弧。在大气中分断电路时，电场的存在使触头表面的大量电子溢出从而产生电弧。电弧的外部有白炽弧光，内部有很高的温度和密度很大的电流。电弧一经产生，就会产生大量热能。电弧的存在既烧蚀触头金属表面，降低电器的使用寿命，又延长了电路的分断时间，所以在电器中应该采取措施迅速熄灭电弧。

①机械灭弧。通过极限装置将电弧迅速拉长、变薄，增大对空气的散热面积而使其熄灭。这种方法多用于开关电器中。

②磁吹灭弧。在一个与触头串联的磁吹线圈产生的磁场作用下，电弧受电磁力的作用而拉长，被吹入有固体介质构成的灭弧罩内，与固体介质相接触，电弧被冷却而熄灭。

③纵缝灭弧。在电弧所形成的磁场电动力的作用下，可使电弧拉长并进入灭弧罩的纵缝中，几条纵缝可将电弧分割成数段并且与固体介质相接触，电弧便迅速熄灭。这种结构多用于交流接触器上。

④栅片灭弧。当触头分开时，产生的电弧在电动力的作用下被推入一组金属栅片中而被分割成数段，彼此绝缘的金属栅片的每一片都相当于一个电极，因此就有许多个阴阳极极间压降。对交流电弧来说，近阴极处，在电压过零时就会出现一个 150~250V 的介质强度，使电弧无法继续维持而熄灭。由于栅片灭弧效应要比直流时强得多，所以交流电器常常采用栅片灭弧。

1.1.2 开关

常用低压开关类电器包括刀开关、转换开关、自动开关三类。

1. 刀开关

(1) 负荷开关

①胶盖闸刀开关。胶盖闸刀开关又叫开启式负荷开关，这种开关结构简单，价格低廉，安装、使用、维修方便，广泛用作照明电路和小容量(5.5kW 及以下)动力电路不频繁启动的控制开关。

胶盖闸刀开关结构简单(如图 1-5 所示)，由刀开关和熔断器组合而成。在瓷底板上装

有进线座、静触头、熔丝，出线座和铜质刀片式的动触头。上面装以胶木盖防止电弧及触及带电体伤人，胶盖上开有与刀片式动触头数(极数)相同的槽，便于动触头上、下启动进行与动触点“分”、“合”操作。

胶盖闸刀开关一般使用在低压小电流配电系统中，用来接通与断开电源。对于额定电压为 220V 的双极胶盖闸刀开关可以在额定负载下切断电源，对于 500V 的三极胶盖闸刀开关只宜作隔离开关用，不可带负荷操作。对于 4.5kW 及以下的电动机，可采用胶盖闸刀开关作为全压启动设备。胶盖闸刀开关安装时，瓷底应与地面垂直，手柄向上推为合闸，不得倒装和平装。接线时，电源进线必须接闸刀上方的静触头接线柱，通往负载的引线接下方的接线柱。接线时螺丝必须拧紧，保证接线柱与导线良好的电连接。

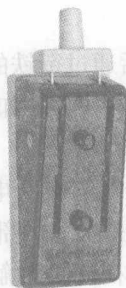


图 1-5 胶盖闸刀开关



图 1-6 铁壳开关

常用的胶盖闸刀开关型号有 HK1、HK2 两种。选用胶盖闸刀开关时，应注意以下三点：第一，根据电压和极数选择。第二，根据额定电流选择。第三，选择开关时，应注意检查各刀片与对应夹座是否直线接触，有无歪扭，有无各刀片与夹座开合不同步的现象，夹座对刀片接触压力是否足够。如有问题，应修理或更换。

②铁壳开关。铁壳开关又叫封闭式负荷开关，供手动不频繁地接通或断开负荷电路及作短路保护之用。对于 60A 及以下等级的负荷开关，还可作为交流感应电动机的不频繁直接启动及停止之用。对装有中性接线柱的负荷开关，可作为各种单相负荷回路的控制开关用。

铁壳开关主要由刀开关、熔断器和钢板外壳构成(如图 1-6 所示)，故名铁壳开关。采用侧面手柄操作，操动机构装有机械连锁，保证铁盖打开时不能合闸，或在手柄合闸时不能打开铁盖，以免触电及电弧溅出伤人。在铁壳内装有由刀片和夹座组成的触头系统、熔断器和速断弹簧，30A 以上的还装有灭弧罩。铁壳开关能快速分合闸，分合速度与手柄操作速度无关。

铁壳开关主要有 HH3 和 HH4 两种，HH3 系列开关的熔断器在 60A 等级以下者采用半封闭瓷插式熔断器。在 100A 等级以上者采用有填料的管式熔断器。而 HH4 系列开关均采用 RC1A 瓷插式熔断器。铁壳开关的选用可参照胶盖闸刀开关的选用原则进行。安装时，将铁壳开关固定在木质配电板上垂直于地面安装，其安装高度通常在 1.3~1.5m 左右。外壳上的接地螺栓应就近可靠接地。

操作时，不得面对铁壳开关拉闸或合闸，一般用左手掌握手柄。若更换熔丝，必须在分闸时进行，而且只能换上同规格熔丝。

图 1-7 板形刀开关

板形刀开关常用于低压开关柜内或进户线上作不带负荷的隔离开关(如图 1-7 所示)。它的结构简单,安装方便。其接线方式有板前接线和板后接线两种。操作方式分为杠杆牵动式和手柄式两种。板形刀开关安装要求与胶盖闸刀开关基本相同。

使用时,严禁带负荷操作。合闸顺序是先合上板形刀开关,再合上其他负荷开关,分断时先断开其他负荷开关,再分断板形刀开关。对无灭弧罩的板形刀开关,更应如此,而且分断时动作要迅速、干脆。各刀片与夹座间的开、合要同步。

常用的板形刀开关型号有 HD11、HS13 等。

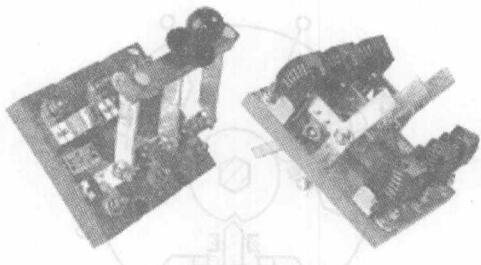


图 1-7 HD11、HS13 型板形刀开关

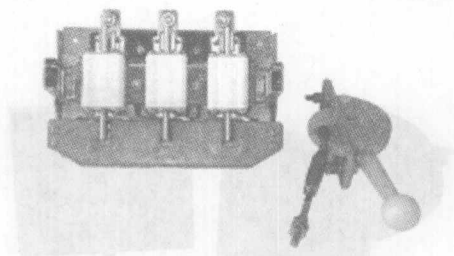


图 1-8 HR3 型熔断器式刀开关

(3) 熔断器式刀开关

HR3 熔断器式刀开关具有刀开关和熔断器的双重功能(如图 1-8 所示),采用这种组合开关电器可以简化配电装置结构,经济实用,越来越广泛地用在低压配电屏上。

2. 转换开关

(1) 组合开关

转换开关又叫组合开关,与前述刀开关一样,同属于手动控制电器。可作为电源引入开关,或作 5.5kW 以下电动机的直接启动、停止、反转和调速等之用,其优点是体积小、寿命长、结构简单、操作方便、灭弧性能较好,多用于机床控制电路。其额定电压为 380V,额定电流有 6A、10A、15A、25A、60A、100A 等多种。

选用转换开关时,应根据用电设备的耐压等级,容量和极数等综合考虑。转换开关本身不带过载和短路保护装置,在它所控制的电路中,必须另外加装保护设备,才能保证电路和设备安全。目前使用较多的组合开关有 HZ10、HY23 等,如图 1-9 所示。



(a) HZ10 型转换开关; (b) HY23 型转换开关

图 1-9 转换开关

(a) HZ10 型转换开关; (b) HY23 型转换开关

(2) 万能转换开关

万能转换开关是一种多档式、控制多回路的主令电器，一般可作为各种配电装置的远距离控制，也可作为电压表、电流表的换向开关，还可作为小容量电动机(2.2kW 以下)的启动、调速、换向之用，有 LW5、LW6(如图 1-10 所示)等系列。LW6 系列开关由操作机构、面板、手柄及数个触头座等主要部件组成，用螺栓组装成为一个整体。其操作位置有 2~12 个，触头底座有 1~10 层，其中每层底座均可装三对触头，并由底座中间的凸轮进行控制。由于每层凸轮可做成不同的形状，因此，当手柄转到不同位置时，通过凸轮的作用，可使各对触头按所需要的规律接通和分断。图 1-11 为 LW6 系列万能转换开关中某一层结构原理图。

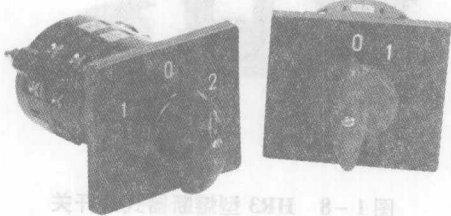


图 1-10 LW6 系列万能转换开关

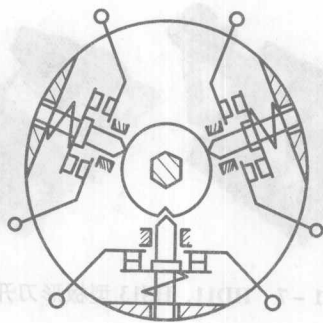


图 1-11 万能转换开关某层结构

图 1-12、1-13 分别为刀开关、转换开关的文字符号及图形符号。



图 1-12 刀开关的文字符号及图形符号

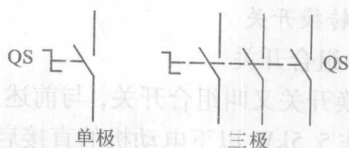


图 1-13 转换开关的文字符号及图形符号

1.1.3 低压断路器

低压断路器又称自动开关或空气开关。它相当于刀开关、熔断器、热继电器和欠电压继电器的组合，是一种既有手动开关作用又能自动进行欠压、失压、过载和短路保护的电器。断路器具有良好的灭弧性能，它能带负荷通断电路，可以用于电路的不频繁操作，是低压供电线路中重要的开关设备。

断路器主要由触头系统、灭弧系统、脱扣器和操作机构等部分组成。它的操作机构比较复杂，主触头的通断可以手动，也可以电动。断路器的结构原理如图 1-14 所示。

当手动合闸后，跳钩 2 和锁扣 3 扣住，开关的触头闭合。当电路出现短路故障时，过电流脱扣器 6 中线圈的电流会增加许多倍，突增的电磁吸力使得其上部的衔铁逆时针方向转动推动锁扣向上，使其跳钩 2 脱钩，在弹簧弹力的作用下，开关自动打开，断开线路；当线路过负荷时，热元件 8 的发热量会增加，使双金属片向上弯曲程度加大，托起锁扣 3，最终使开关

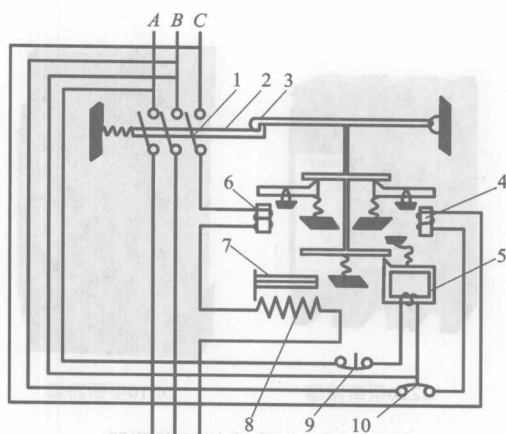


图 1-14 低压断路器原理图

- 1—触头； 2—跳钩； 3—锁扣； 4—分励脱扣器； 5—欠电压脱扣器；
6—过电流脱扣器； 7—双金属片； 8—热元件； 9—常闭按钮； 10—常开按钮

跳闸；当线路电压不足时，失压脱扣器 5 中线圈的电流会下降，铁芯的电磁力下降，不能克服衔铁上弹簧的拉力，使衔铁上跳，锁扣 3 上跳，与跳钩 2 脱离，致使开关打开。按钮 9 和 10 起分励脱扣作用，当按下按钮时，开关的动作过程与线路失压时是相同的；按下按钮 10 时，使分励脱扣器线圈通电，最终使开关打开。

低压空气断路器有许多新的种类，结构和动作原理也不完全相同，前面所述的只是其中的一种。

低压断路器的文字符号及图形符号如图 1-15 所示。

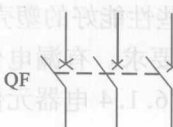


图 1-15 低压断路器的文字符号及图形符号

1. 塑壳式低压断路器

塑壳式低压断路器又称为装置式低压断路器。目前常用的型号有 DZ5、DZ10、DZ20、DZ47 等，如图 1-16 所示。塑壳式断路器具有过载长延时、短路瞬动的二段保护功能，还可以与漏电保护、测量、电动操作等模块单元配合使用。在低压配电系统中，常用它做终端开关或支路开关，取代了过去常用的熔断器和闸刀开关。

2. 万能式低压断路器

万能式空气断路器又称框架式自动空气开关，它可以带多种脱扣器和辅助触头，操作方式多样，装设地点灵活，如图 1-17 所示。目前常用的型号有 AE(日本三菱)、DW12、DW15、DW16、ME(德国 AEG)等系列。万能式断路器一般安装于配电网中，用来分配电能，保护线路和电源设备的过载、欠电压、短路。