

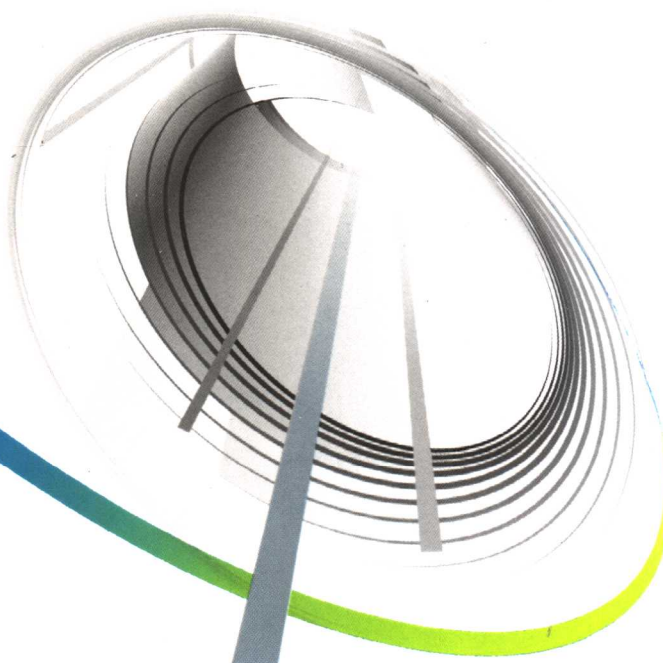


全国高等专科教育机械工程类专业规划教材

机床电器与 可编程序控制器



姚永刚 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



全国高等专科学校教育机械工程类专业规划教材

机床电器与可编程序 控制器

主 编 姚永刚
副主编 袁云龙 陈 震
参 编 马俊龙 宋 娟 王 捷



机械工业出版社

本书系统地介绍了机床常用低压电器、电器控制基本环节、典型生产机械电气控制、可编程序控制器及其工作原理、S7 系列可编程序控制器、OMRON 系列可编程序控制器、可编程序控制器控制系统设计及应用、数控设备中的可编程序控制器和实验指导等知识,并提供了一些可编程控制器应用实例,便于读者将其中的知识综合化,且具有一定的应用性。

本书内容丰富,层次清晰,重点突出,重视实践技能的培养。通过大量实例的介绍,理论联系实际,并兼顾新技术、新知识在数控领域中的应用,重点在于提高一线操作人员的知识和能力,使其由经验型向知识型转变。

本书各章末尾均附有思考题与习题,供读者思考,以加深对本书内容的理解。

本书可作为职业技术教育、成人教育、高职高专数控技术应用专业、机电一体化专业、自动化等相关专业的教材,也可作为职工培训学习电气控制与 PLC 等电类相关课程的培训教材,还可以作为从事机床调试和维修行业的工程技术人员的参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

机床电器与可编程序控制器/姚永刚主编. —北京:机械工业出版社, 2008. 1

全国高等专科教育机械工程专业规划教材

ISBN 978 - 7 - 111 - 23221 - 6

I. 机… II. 姚… III. ①机床 - 电器 - 高等学校: 技术学校 - 教材②可编程序控制器 - 高等学校: 技术学校 - 教材 IV. TG502. 34 TM571. 6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 001320 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: 汪光灿 郑 丹

责任编辑: 王德艳 责任校对: 魏俊云

封面设计: 姚 毅 责任印制: 杨 曦

三河市宏达印刷有限公司印刷

2008 年 2 月第 1 版 · 第 1 次印刷

184mm × 260mm · 16.25 印张 · 401 千字

0001 - 4000 册

标准书号: ISBN 978 - 7 - 111 - 23221 - 6

定价: 25.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

销售服务热线电话: (010) 68326294

购书热线电话: (010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话: (010) 68354423

封面无防伪标均为盗版

前 言

随着 PLC 的普及与应用,对 PLC 技术人才的需求明显增加,目前我国许多高等院校在自动化、机电一体化、电气控制等专业开设了“机床电器与可编程序控制器”课程。近年来随着计算机技术、自动控制技术、现代控制技术的迅速发展,电气控制技术已由传统的继电器、接触器控制技术向以计算机为核心的 PLC 控制和 CNC 控制方面转变,由于它们具有抗干扰能力强、可靠性高、编程方便等技术特点,已广泛地应用在各种工业设备和工业过程自动化控制中。

为适应新技术发展对电气控制技术课程的教学需要,我们遵循“结合工程,突出应用”的原则,编写了该书,力求使本书体现如下特点:

1) 考虑到常规低压电器及继电器控制在实际生产中的重要性,本书依然包含该部分内容,但在低压电器中增加了压力传感器、速度传感器、接近开关、电磁离合器等实际应用较多的电器内容,重点介绍了基本控制环节和典型生产机械的控制系统,努力做到既结合生产实际,突出应用,又便于教学。

2) 在 PLC 部分,主要介绍 PLC 的原理与应用,突出介绍指令的功能、特点及应用,并增加一些 PLC 在生产设备上的应用实例,有利于读者了解指令在实际中的具体应用,并为其提供了有实际意义的梯形图。

3) 随着计算机数控技术的发展,数控机床、数控加工中心等数控设备取代传统的加工设备已成为趋势,而常规电气控制电路和单纯的 PLC 控制系统已不能满足现代数控机床电气控制系统的教学要求,本书引入了新的数控机床控制技术与系统等内容。

4) 为便于教学,在第九章编写了一些 PLC 实验项目,各学校可以根据自己情况选用。

本书共分九章,第一章介绍了机床常用低压电器;第二章介绍了电气控制基本环节;第三章介绍了典型生产机械电气控制;第四章介绍了可编程序控制器及其工作原理;第五章介绍了 S7 系列可编程序控制器;第六章介绍日本 OMRON 可编程序控制器;第七章介绍了可编程序控制器系统设计及应用;第八章介绍了数控设备中的可编程序控制器;第九章为实验指导,列出了一些常用的 PLC 实验项目。

本教材可作为职业技术教育、成人教育、高职高专数控技术应用专业、机电一体化专业、自动化专业等相关专业的教材,也可作为职工培训和从事机床调试和维修行业的工程技术人员参考书或培训教材。本教材参考学时范围为 60 课时,有关章节内容可根据专业要求酌情调整。

本书由姚永刚主编,具体参加编写人员有:袁云龙(第一、二章),姚永刚(第三、六章),陈震(第四、五章),王捷(第七章),宋娟(第八章),马俊龙(第九章及附录)。

由于编者知识水平有限,书中难免有错误和不妥之处,恳请读者批评指正。此外,在本书的编写过程中参阅了多种同类教材,在此特向其编者致谢。

编 者

目 录

前言

第一章 机床常用低压电器	1
第一节 低压电器的基本知识	1
第二节 开关电器	7
第三节 信号控制开关	12
第四节 接触器	17
第五节 继电器	20
第六节 保护电器元件	27
第七节 执行电器	38
思考题与习题	41
第二章 电气控制基本环节	42
第一节 三相异步电动机起动控制电路	42
第二节 三相异步电动机正反转控制 电路	46
第三节 三相异步电动机制动控制 电路	49
第四节 其他基本控制电路	53
第五节 三相异步电动机有级调速 控制电路	56
第六节 直流电动机控制电路	58
思考题与习题	65
第三章 典型生产机械电气控制	66
第一节 电气识图与制图基础知识	66
第二节 C650 型卧式车床电气控制	71
第三节 组合机床的电气控制电路	75
第四节 锻压机械的电气控制电路	79
第五节 Z3040 摇臂钻床电气控制	84
思考题与习题	88
第四章 可编程序控制器及其工作 原理	89
第一节 可编程序控制器概述	89
第二节 可编程序控制器的结构和工作 原理	96
思考题与习题	103
第五章 S7 系列可编程序控制器	104
第一节 S7-200 系列可编程序控制器 组成	104

第二节 S7-200 系列 PLC 的基本 指令	111
第三节 S7-200 系列 PLC 的中断 指令	125
第四节 S7-200 系列 PLC 的高速处理 指令	127
第五节 西门子 SIMATIC 其他系列 PLC 简介	131
思考题与习题	134
第六章 OMRON 可编程序控制器	135
第一节 C 系列 P 型机可编程序控制器 概述	135
第二节 C 系列 P 型机的系统配置	137
第三节 C 系列 P 型机的指令系统	140
第四节 常用基本应用程序举例	165
思考题与习题	169
第七章 可编程序控制器控制系统设计及 应用	173
第一节 可编程序控制器应用系统 设计	173
第二节 应用程序设计方法	177
第三节 PLC 应用举例	180
思考题与习题	195
第八章 数控设备中的可编程序 控制器	197
第一节 数控机床 PLC 概述	197
第二节 FANUC 数控系统中的 PLC	200
第三节 SIEMENS 数控系统中的 PLC	210
第四节 PLC 在数控机床控制中的应用	217
第五节 PLC 位置控制	226
思考题与习题	228
第九章 实验指导	231
实验一 SIMATIC 使用方法和 PLC 的基本 操作练习	231
实验二 正次品分拣机	232
实验三 交通信号灯自动控制	234
实验四 工作台自动循环控制	237

实验五 智力竞赛抢答器	238	实验十一 电梯控制	243
实验六 电动机Y- Δ 起动	239	附录	245
实验七 自动送料装车系统	239	附录 A 电气图常用新旧图形符号和	
实验八 多种液体自动混合	240	文字符号对照表	245
实验九 循环显示电路	241	附录 B S7-200 系列 PLC 有效编程范围	252
实验十 水塔水位控制系统	242	参考文献	254

第一章 机床常用低压电器

电器是所有电工器械的简称,即凡是根据外界特定的信号和要求自动或手动接通与断开电路,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、保护、检测 and 调节的电工器械统称为电器。低压电器是机床自动控制系统基本组成元件,在机床自动控制系统中起控制、调节、检测、转换、保护和传递信息等作用,机床控制系统性能的优劣与所用低压电器有直接关系。随着科学技术的飞速发展,机床自动化程度不断提高,低压电器的品种不断增加,应用范围日益扩大。作为电气工程技术人員,必須熟悉常用低压电器的结构、原理,掌握其使用与维护等方面的有关知识。本章主要介绍机床常用低压电器的结构、工作原理、用途及其图形符号和文字符号,为今后进行机床电气控制电路的设计并正确合理选择和使用低压电器打下基础。

第一节 低压电器的基本知识

一、低压电器的分类

低压电器通常指工作在交流电压 1200V 以下、直流电压 1500V 以下电路中的电器,低压电器种类繁多,构造各异,用途广泛。分类方法很多,通常有如下分类方式:

(一) 按动作方式分类

(1) 自动电器 依靠自身参数的变化或外来信号的作用,自动完成接通或分断等动作,如接触器、继电器等。

(2) 手动电器 主要是用外力(如人力)直接操作来进行切换的电器,如刀开关、转换开关、按钮等。

(二) 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,如接触器、各种控制继电器、电动机起动器等。

(2) 主令电器 用于自动控制系统中发出控制指令的电器,如控制按钮、主令开关、行程开关、万能转换开关等。

(3) 配电电器 用于电能的输送和分配的电器,如隔离开关、刀开关、断路器等。

(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、电磁离合器等。

(5) 保护电器 用于保护电路及用电设备的电器,如熔断器、热继电器等。

(三) 按工作原理分类

(1) 电磁式电器 根据电磁感应原理来动作的电器,如交流/直流接触器、各种电磁式继电器、电磁铁等。

(2) 非电量控制电器 依靠外力或非电量信号(如速度、压力、温度等)的变化而动作的电器,如转换开关、行程开关、速度继电器、压力继电器、温度继电器等。

二、低压电器的基本结构

低压电器中大部分为电磁式电器，各类电磁式电器的工作原理基本相同，由电磁机构（检测部分）和触点系统（执行部分）两部分组成。

（一）电磁机构

电磁机构的作用是将电磁能量转换成机械能量，带动触点动作，实现对电路的通、断控制。

1. 电磁机构的结构及工作原理

电磁机构由铁心、衔铁和线圈等部分组成，其结构按衔铁的运动方式可分为直动式和拍合式。其作用原理是：当线圈中有电流通过时，产生电磁吸力，电磁吸力克服弹簧的反作用力，使衔铁与铁心闭合，衔铁带动连接机构运动，从而带动相应触点动作，完成通、断电路的控制作用。图 1-1 和图 1-2 分别为直动式和拍合式电磁机构的常用结构形式。

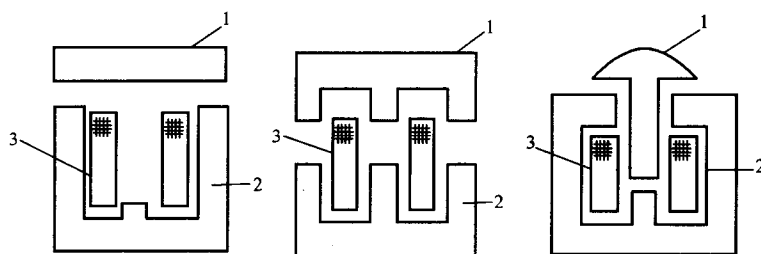


图 1-1 直动式电磁机构

1—衔铁 2—铁心 3—吸引线圈

电磁式电器分为直流与交流两大类。直流电磁铁铁心由整块铸铁铸成，而交流电磁铁的铁心则用硅钢片叠成，以减小铁损（磁滞损耗及涡流损耗）。

吸引线圈的作用是将电能转化为磁场能。按通入线圈电流性质的不同，分为直流线圈和交流线圈两种。

实际应用中，由于直流电磁铁仅有线圈发热，所以线圈匝数多、导线细。制成细长型，且不设线圈骨架，线圈与铁心直接接触，利于

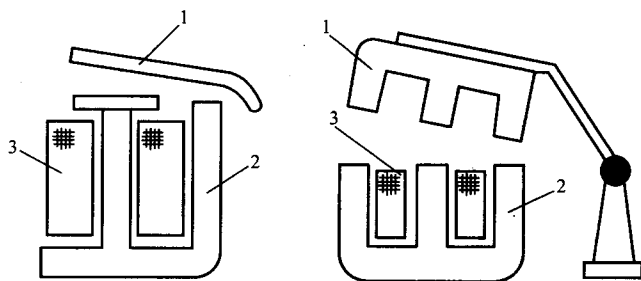


图 1-2 拍合式电磁机构

1—衔铁 2—铁心 3—吸引线圈

线圈的散热。而交流电磁铁由于铁心和线圈均发热，所以线圈匝数少、导线粗。制成短粗型，吸引线圈设有骨架，且铁心与线圈隔离，利于铁心和线圈的散热。

2. 电磁机构的吸力特性和反力特性

电磁铁工作时，线圈产生的磁通作用于衔铁，产生电磁吸力，并使衔铁产生机械位移，衔铁复位时复位弹簧将衔铁拉回原位，因此作用在衔铁的力有两个：电磁吸力和反力。电磁吸力由电磁机构产生，反力由弹簧和触点产生。铁心吸合时要求电磁吸力大于反力，即衔铁

位移的方向与电磁吸力方向相同，衔铁复位时情况刚好与之相反。电磁机构的工作特性常用吸力特性和反力特性来表示。

(1) 吸力特性是指电磁机构的电磁吸力与气隙的关系曲线 电磁铁的吸力公式为

$$F = \frac{10^7}{8\pi} B^2 S$$

式中, F 为电磁吸力 (N); B 为气隙中磁感应强度 (T); S 为铁心截面积 (m^2)。

由上式可见: 当铁心截面积 S 一定时, 电磁吸力 F 与 B^2 成正比, 也就是 F 与气隙磁通 Φ^2 成正比。因此, 励磁电流的种类不同, 吸力的特性将发生变化。下面就交流电磁机构和直流电磁机构吸力特性分别进行说明。

1) 交流电磁机构吸力特性分析。假设线圈外加电压 U 不变, 交流电磁线圈的阻抗主要决定于线圈的感抗, 若线圈电阻忽略不计, 则

$$U \approx E = 4.44 f \Phi N$$

$$\Phi = \frac{U}{4.44 f N}$$

式中, U 为线圈外加电压 (V); E 为线圈感应电动势 (V); f 为电源电压频率 (Hz); Φ 为气隙磁通; N 为线圈匝数。

当线圈外加电压 U 、电源电压频率 f 、线圈匝数 N 为常数时, 气隙磁通 Φ 也为常数, 则电磁吸引 F 也为常数, 即 F 与气隙 δ 大小无关。实际上, 考虑到漏磁通影响, F 随 δ 减小而略有增加。由于气隙磁通 Φ 不变, 则流过线圈的电流 I 随气隙磁阻 (也即随气隙 δ) 的变化成正比变化, 其电磁机构吸力特性如图 1-3 所示。

2) 直流电磁机构吸力特性分析。对于直流线圈, 当电压 U 及线圈电阻 R 不变时, 流过线圈的电流 I 不变, 与磁路的气隙大小无关。由磁路定律

$$\Phi = \frac{IN}{R_m}$$

可知 (式中 R_m 为气隙磁阻), $F \propto \Phi^2 \propto \frac{1}{R_m^2} \propto \frac{1}{\delta^2}$, 即电磁吸力 F 与气隙 δ 的平方成反比。直流电磁机构的吸力特性如图 1-4 所示。

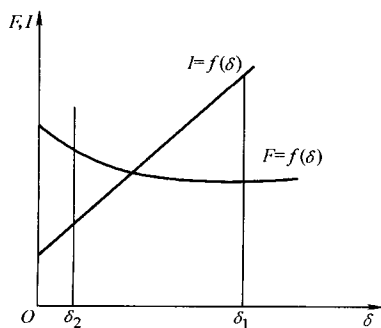


图 1-3 交流电磁机构吸力特性

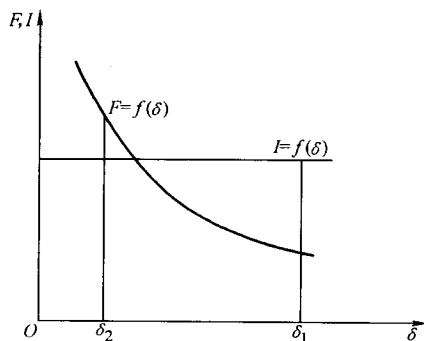


图 1-4 直流电磁机构的吸力特性

(2) 反力特性是指电磁系统的反作用力与气隙的关系曲线 反作用力包括弹簧力、衔铁自身重力、摩擦阻力等。如图 1-5 所示, 曲线 3 为反力特性曲线。

图中 δ_1 为起始位置, δ_2 为动、静触点相接触时的位置。在 δ_1 - δ_2 区域内, 反作用力随气隙减小略有增大, 到达 δ_2 时, 动、静触点将接触, 此时触点上初压力作用到衔铁上, 反作用力骤增, 曲线发生突变。在 δ_2 -0 区域内, 气隙越小, 触点压得越紧, 反作用力也越大, 其曲线比 δ_1 - δ_2 段陡。

(3) 为使衔铁能牢牢吸合, 反作用力特性必须与吸力特性配合良好 如图 1-5 所示, 在整个吸合过程中, 吸力都应大于反作用力, 即吸力特性曲线高于反力特性曲线, 但也不能过大或过小。吸力过大, 接触时冲击力强, 会使触点和衔铁发生弹跳, 导致触点熔焊或烧毁, 影响电器机械寿命; 吸力过小, 会使衔铁运动速度降低, 难以满足高频操作的要求。因此, 吸力特性与反力特性必须配合得当, 才有助于电器性能的改善。在实际应用中, 可通过调整反力弹簧或触点初压力来改变反力特性, 使之与吸力特性有良好的配合。

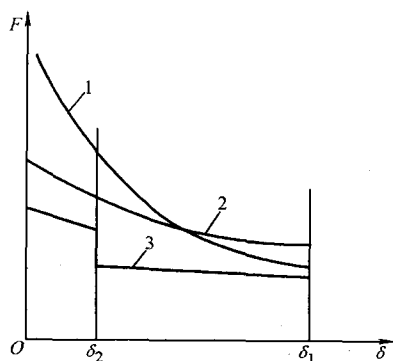


图 1-5 吸力特性和反力特性
1—直流感触吸力特性 2—交流接触器
吸力特性 3—反力特性

3. 交流电磁系统的短路环

对于单相交流电磁机构, 由于通过其铁心的磁通是时刻随电流变化的, 当磁通为零时, 电磁吸力也为零, 吸合后的衔铁在反力弹簧的作用下会有被拉开趋势, 过零后电磁吸力又增大, 当吸力大于反力时, 衔铁又被吸合。这样随交流电源电压的变化, 使衔铁产生强烈的振动和噪声, 甚至使铁心松散, 因此通常在交流电磁机构铁心和衔铁的端面上开一个槽, 在槽内安置一个铜制的短路环 (也叫分磁环), 短路环包围铁心和衔铁端面约 2/3 的面积, 如图 1-6 所示。

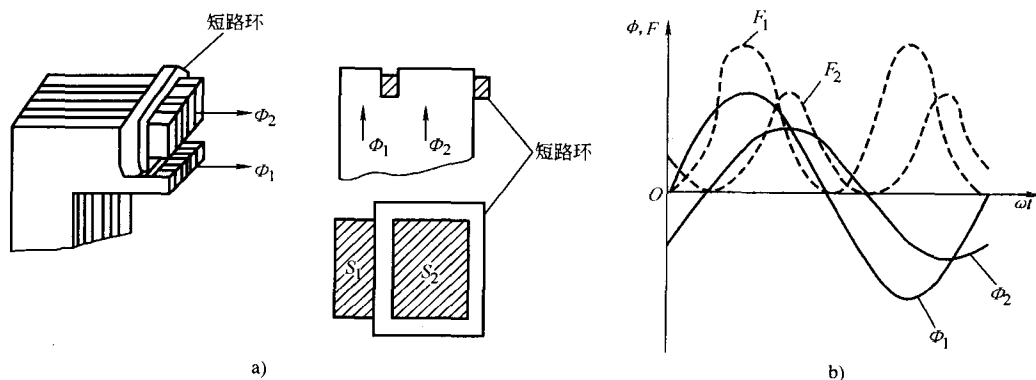


图 1-6 交流电磁铁铁心的短路环
a) 结构图 b) 电磁吸力图

在铁心端面装设短路环后, 气隙磁通 Φ 分为两部分, 即不穿过短路环的 Φ_1 和穿过短路环的 Φ_2 , 根据电磁感应定律, 磁通 Φ_2 在相位上滞后于 Φ_1 , 而且它们的幅值也不一样。由于这两个磁通产生的电磁力 F_1 与 F_2 不同时过零点, 如果短路环设计得比较合理, 使 Φ_1 、 Φ_2 相差接近于 90° , 并且 F_1 、 F_2 近似相等, 则合成磁力就会比较平稳, 只要最小合成吸力大于反力, 那么衔铁将会牢牢地被吸住, 不会产生振动和噪声。

(二) 触点系统

触点是电器的执行机构，起接通和断开被控制电路的作用。

触点按其所控制的电路可分为主触点和辅助触点。主触点用于接通或断开主电路，允许通过较大的电流；辅助触点用于接通或断开控制电路，只能通过较小的电流。

触点按其平常状态可分为常开触点和常闭触点：平常状态时（即线圈未通电时）断开，线圈通电后闭合的触点叫常开触点；常闭触点则刚好相反。

触点按其结构形式可分为桥式触点和指形触点，如图 1-7 所示。

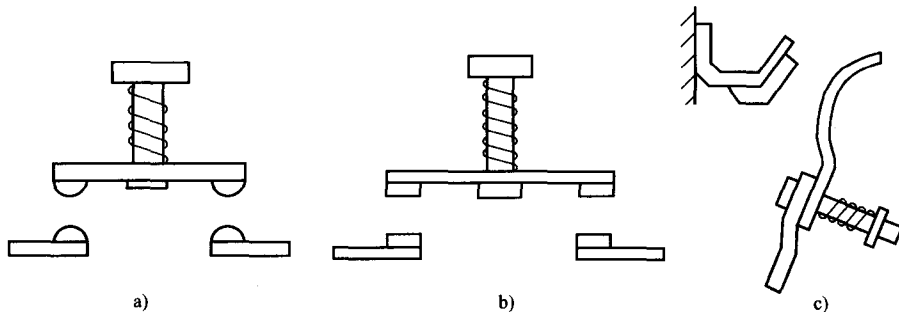


图 1-7 触点系统的结构形式

a) 桥式触点 b) 桥式触点 c) 指形触点

图 1-7a、b 所示为桥式触点，其中，图 1-7a 为点接触的桥式触点；图 1-7b 为面接触的桥式触点。点接触型适用于电流不大且触点压力小的场合；面接触型适用于电流较大的场合。

图 1-7c 所示为指形触点，其接触区为一直线，触点在接通与分断时产生滚动摩擦，可以去掉氧化膜，故其触点可以用纯铜制造，特别适合于触点分合次数多、电流大的场合。

为使触点具有良好的接触性能，触点通常采用铜质材料制成。在使用中，由于铜的表面容易氧化而生成一层氧化铜，使触点接触电阻增大，容易引起触点过热，影响电器的使用寿命，因此，对于电流容量较小的电器（如接触器、继电器等），常采用银质材料作为触点材料，因为银的氧化膜电阻率与纯银相似，从而避免触点表面氧化膜电阻率增加而造成触点接触不良。

(三) 灭弧系统

触点在分断电路时，由于接触电阻引起触点温升，从而引起热电子发射，同时触点间距离极小，电场强度极大，在强电场的作用下，气隙中电子高速运动产生碰撞游离，在游离因素的作用下，触点间的气隙中会产生大量带电粒子使气体导电，形成炽热的电子流，即产生电弧。

电弧的产生，一方面使电路仍旧保持导通状态，延迟了电路的分断，另一方面会烧损触点，缩短电器使用寿命，因此，在电器中应采取措施熄灭电弧。

(1) 常用的灭弧方法 根据电流性质的不同，电弧分直流电弧和交流电弧。由于交流电弧有自然过零点，所以容易被熄灭；而直流电弧没有薄弱点，故电弧不易熄灭。

熄灭电弧的原理：抑制游离因素，增强去游离因素。在低压电器灭弧中，主要采取的措

施有：

1) 迅速增加电弧长度。电弧长度增加，使电场强度降低，散热面积增大，降低电弧温度，使自由电子和空穴复合运动加强，因而电弧容易熄灭。

2) 快速冷却。使电弧与冷却介质接触，带走电弧热量，使自由电子和空穴复合运动加强，也使电弧迅速熄灭。

(2) 常用的灭弧装置 常用的灭弧装置有以下几种：

1) 电动力灭弧。如图 1-8 所示，双断点桥式触点在断开时具有电动力吹弧的功能，断口处产生的电弧，在电动力的作用下，被向外拉长，加快冷却并被熄灭，不用任何附加装置，这种方法多用于小容量交流接触器中。

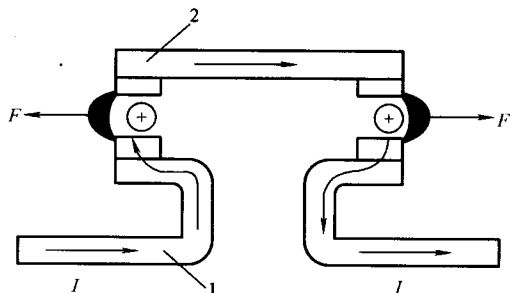


图 1-8 电动力吹弧原理示意图

1—静触点 2—动触点

2) 磁吹式灭弧。如图 1-9 所示，在触点电路中串入一个磁吹线圈，负载电流产生的磁场方向如图中“×”所示；当触点断开产生电弧后，电弧电流产生的磁场方向如图中“⊗”、“⊙”所示。可见，电弧电流两侧磁力线密度不同，内侧强、外侧弱，从而产生磁吹力 F 。在磁吹力作用下电弧被拉长并吹入灭弧罩中，使电弧迅速冷却熄灭。这种方法是利用电弧电流灭弧，电流越大，吹弧能力越强，该方法广泛用于直流接触器中。

3) 窄缝灭弧。在电弧所形成的磁场电动力的作用下，电弧被拉长并进入灭弧罩的窄缝中，几条纵缝可将电弧分割成数段且与固体介质相接触，电弧受冷却而迅速熄灭，这种方法多用于交流接触器中。

4) 栅片灭弧。如图 1-10 所示为栅片灭弧原理示意图，电弧在电动力作用下被推入一组金属栅片中，电弧被栅片分割成数段，栅片彼此绝缘，每片相当于一个电极，当交流电压过零时电弧自燃熄灭。电弧要重燃，两栅片间必须有 150 ~ 250V 电弧压降，这样，一方面电源电压不足以维持电弧，另一方面，由于栅片的散热作用，电弧自燃被熄灭后很难重燃，它常用于交流接触器中。

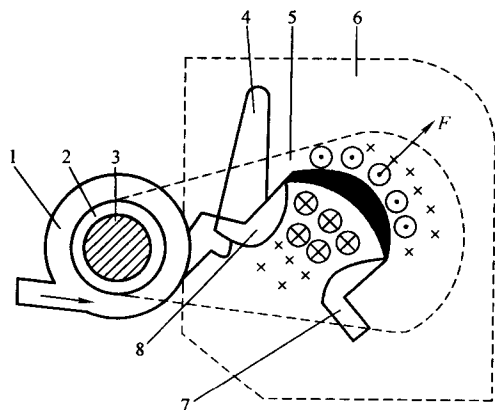


图 1-9 磁吹式灭弧原理示意图

1—磁吹线圈 2—绝缘套 3—铁心 4—引弧角
5—导磁夹板 6—灭弧罩 7—动触点 8—静触点

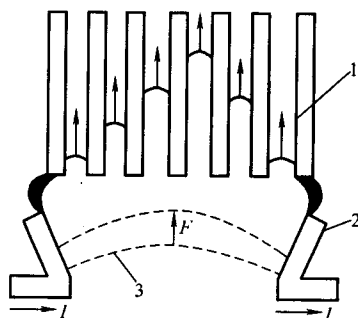


图 1-10 栅片灭弧原理示意图

1—灭弧栅片 2—触点 3—电弧

第二节 开关电器

一、低压隔离开关

低压隔离开关是低压电器中结构比较简单、应用十分广泛的一类手动操作电器，常用于电路的电源开关和小容量电动机的非频繁起动的操作开关。

(一) 刀开关

刀开关又分为开启式负荷开关和封闭式负荷开关二种。

(1) 开启式负荷开关 开启式负荷开关俗称胶壳刀开关，如图 1-11 所示，它由操作手柄、熔丝、触刀、触刀座和底座组成。

此种刀开关装有熔丝，可起短路保护作用。由于它结构简单，价格便宜，使用维修方便，故得到广泛应用。主要用作电气照明电路、电热电路、小容量电动机电路的不频繁控制开关，也可用作分支电路的配电开关。

刀开关在安装时，手柄要向上，不得倒装或平装，避免由于重力自动下落，引起误动合闸。接线时，应将电源线接在上端，负载线接在下端，这样拉闸后刀开关的刀片与电源隔离，既便于更换熔丝，又可防止意外事故。

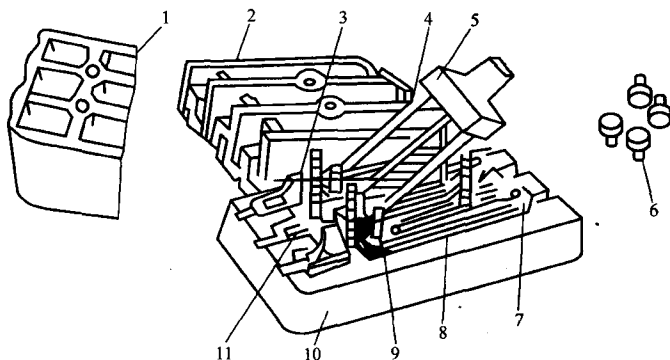


图 1-11 胶壳刀开关图

1—上胶盖 2—下胶盖 3—插座 4—触刀 5—瓷柄 6—胶盖紧固螺母
7—出线座 8—熔丝 9—触刀座 10—瓷底板 11—进线座

(2) 封闭式负荷开关 封闭式负荷开关又称铁壳开关，如图 1-12 所示，主要由钢板外壳、触刀、操作机构、熔丝等组成。

铁壳开关一般用于电热器、电气照明断路的配电设备中，用于不频繁地接通与分断电路，也可以直接用于异步电动机的非频繁起动控制。

铁壳开关的操作结构采用储能合闸方式，用一根弹簧实现合闸和分闸的功能，使开关合和分断时的速度与操作速度无关，防止触点停滞在中间位置，同时又有助于改善开关的动作性能和灭弧性能。铁壳开关还设有联锁装置，以保证开关合闸后便不能打开箱盖，而在箱盖打开后，便不能再合开关。

(3) 刀开关的主要技术参数和常用型号 主要技术参数有以下几个：

1) 额定电压 刀开关在长期工作中能承受的最大电压。一般交流为 500V 以下，直流

为 440V 以下。

2) 额定电流 刀开关在合闸位置长期通过的最大工作电流。小电流刀开关的额定电流系列有 10A, 15A, 20A, 30A, 60A 等五级; 大电流刀开关的额定电流系列有 100A, 200A, 400A, 600A, 1000A 及 1500A 等六级。

3) 动稳定电流 当电路发生短路故障时, 刀开关并不因短路电流产生的电动力作用而发生变形、损坏或触刀自动弹出之类的现象, 这一短路电流峰值即为刀开关的动稳定电流, 可高达额定电流的数十倍。

4) 热稳定电流 当电路发生短路故障时, 刀开关在一定时间 (通常为 1s) 内通过某一短路电流, 并不会因温度急剧升高而发生熔焊现象, 这一最大短路电流称为刀开关的热稳定电流。刀开关的热稳定电流也可高达额定电流的数十倍。

刀开关常用型号有: HD14、HD17、HS13 系列, 其中 HD17 系列为新型换代产品。HK2、HD13BX 系列为开启式负荷开关; HD13BX 为较先进开启式负荷开关, 操作方式为旋转型。HH4、HH10、HH11 系列为封闭式负荷开关。HR3、HR5 系列为熔断器式刀开关, 其中 HR5 刀开关中的熔断器采用 NT 型低压高分断型, 带弹簧储能机构, 有断相保护功能, 并且结构紧凑, 分断能力高达 100kA。表 1-1 为 HK2 系列负荷开关技术数据。

表 1-1 HK2 系列负荷开关技术数据

额定电压 /V	额定电流 /A	极 数	熔断体极限分断能力 /A	控制电动机功率 /kW	机械寿命 /次	电气寿命 /次
250	10	2	500	1.1	10000	2000
	15		500	1.5		
	30		1000	3.0		
250	15	3	500	2.2	10000	2000
	30		1000	4.0		
	60		1000	5.5		

(4) 型号含义及电气符号 刀开关按刀数分单极、双极和三极, 型号意义如下所示。

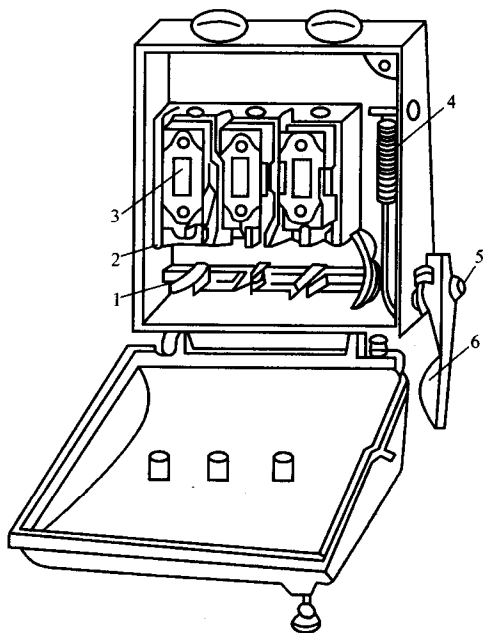
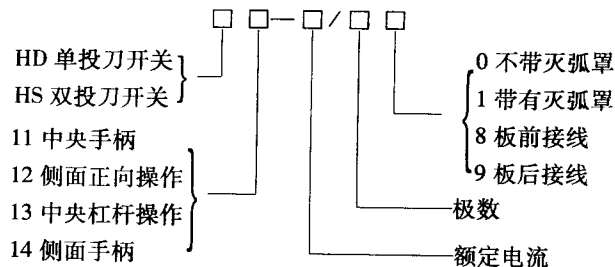


图 1-12 铁壳开关的结构图

1—触刀 2—夹座 3—熔断器 4—速断
弹簧 5—转轴 6—手柄

刀开关的图形符号和文字符号如图 1-13 所示。

(5) 刀开关的选择原则 要根据使用场合选择刀开关的类型、极数及操作方式。刀开关的额定电压和额定电流应大于或等于电路电压和电路的额定电流。对于电动机负载，开启式刀开关额定电流可取电动机额定电流的 3 倍；封闭式刀开关额定电流可取电动机额定电流的 1.5 倍。

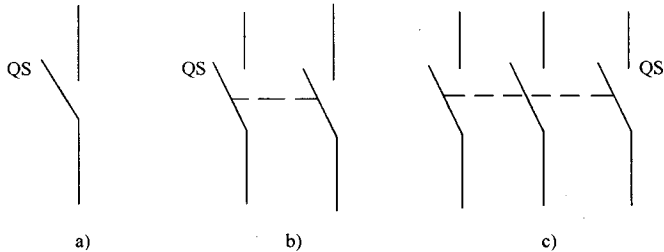


图 1-13 刀开关的图形符号和文字符号
a) 单极 b) 双极 c) 三极

(二) 转换开关

转换开关又名组合开关，是一种多触点、多位置式、可控制多个回路的电器。一般用于电气设备中非频繁地通断电路、换接电源和负载、测量三相电压以及控制小容量异步电动机的正反转等。

转换开关由动触点（动触片）、静触点（静触片）、转轴、手柄、定位机构及外壳等部分组成。其动、静触点分别叠装于数层绝缘壳内，结构示意图如图 1-14 所示，当转动手柄时，每层的动触点随方形转轴一起转动，从而同时实现对各层电路的通、断控制。由于采用了扭簧储能，可使开关快速接通或分断而与手柄旋转速度无关。

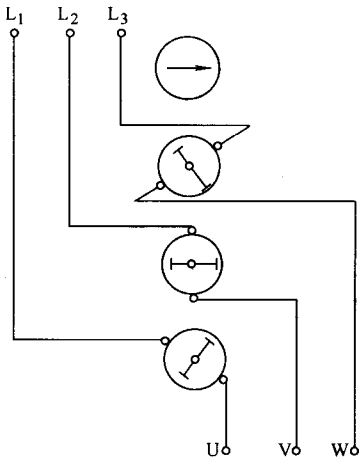


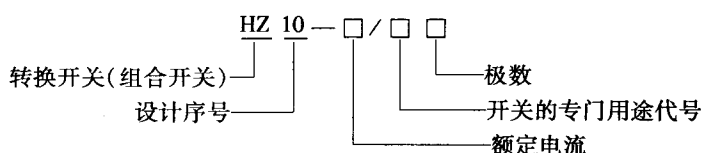
图 1-14 转换开关结构示意图

转换开关的主要技术参数有额定电压、额定电流、极数等，其中额定电流有 10A、25A、60A 等几级。常用型号有 HZ5、HZ10、HZ15 等系列，HZ5 系列其结构与一般转换开关有所不同，与万能转换开关相类似；HZ10 为早期全国统一设计产品；HZ15 为新型的全国统一设计的更新换代产品。表 1-2 为 HZ10 系列组合开关的技术数据。

表 1-2 10 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		额定电压及额定电流下的通断次数			
				接通	分断	容量 /kW	额定电 流/A	AC cosφ		直流时间常数/s	
								≥0.8	≥0.3	≤0.0025	≤0.01
HZ10—10	DC:220 AC:380	6	单极	94	62	3	7	20000	10000	20000	10000
10		2、3									
HZ10—25			25	155	108	5.5	12				
HZ10—60			60								
HZ10—100			100						10000	5000	10000

(1) 转换开关的型号及含义如下所示。



(2) 转换开关的电气符号 转换开关在电路中的图形符号和文字符号如图 1-15 所示。

(3) 转换开关的选择原则

1) 如果用于控制小容量 (如 7kW 以下) 电动机的起停时, 则转换开关额定电流应为电动机额定电流的 3 倍。

2) 如果通过转换开关接通电源, 则转换开关额定电流可稍大于电动机的额定电流。

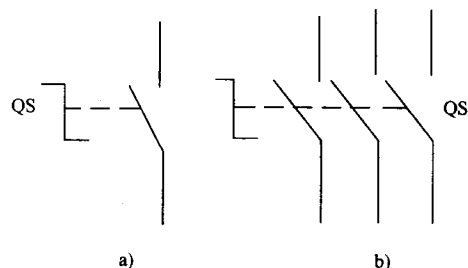


图 1-15 转换开关的符号

a) 单极 b) 三极

二、低压断路器

低压断路器又称自动空气开关, 是低压配电系统和电力拖动系统中非常重要的电器, 它相当于刀开关、熔断器、热继电器和欠电压继电器等的组合, 集多种控制与保护于一身, 并具有操作安全、使用方便、工作可靠、安装简单、分断能力高等优点, 因此, 得到了广泛应用。

(一) 低压断路器结构及工作原理

低压断路器的结构原理如图 1-16 所示, 主要有触点、灭弧系统、各种脱扣器和操作机构等组成。

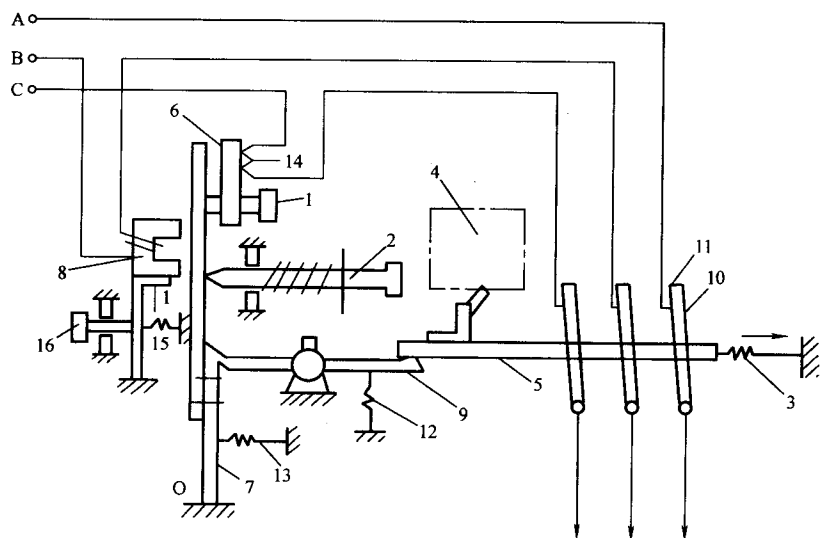


图 1-16 低压断路器结构原理

1—热脱扣器整定按钮 2—手动脱扣按钮 3—脱扣弹簧 4—手动合闸机构 5—合闸连杆
6—热脱扣器 7—锁扣 8—电磁脱扣器 9—脱扣连杆 10、11—动、静触点
12、13—弹簧 14—发热元件 15—电磁脱扣弹簧 16—调节旋钮

当手动合闸后, 动、静触点闭合, 脱扣连杆 9 被锁扣 7 的锁钩钩住, 它又将合闸连杆 5 钩住, 使触点保持在闭合状态。

发热元件 14 与主电路串联, 当有电流流过时产生热量使热脱扣器 6 的下端向左弯曲, 发生过载时, 热脱扣器 6 弯曲到将脱扣锁钩推离开脱扣连杆 9, 从而松开合闸连杆 5, 动、静触点 10、11 受脱扣弹簧 3 的作用而迅速分开。

电磁脱扣器 8 有一个匝数很少的线圈与主电路串联, 当发生短路时, 它使铁心脱扣器上部的吸力大于弹簧的反力, 脱扣锁钩向左转动, 最后也使触点断开。

如果要求手动脱扣时, 按下手动脱扣按钮 2 就可使触点断开。

脱扣器可以对脱扣电流进行整定, 只要改变热脱扣器所需要的弯曲程度和电磁脱扣器铁心机构的气隙大小就可以。热脱扣器和电磁脱扣器互相配合, 热脱扣器担负主电路的过载保护, 电磁脱扣器担负短路故障保护。当低压断路器由于过载而断开后, 应等待 2~3min 才能重新合闸, 以使热脱扣器回复原位。

低压断路器的主要触点由耐压电弧合金 (如银钨合金) 制成, 采用灭弧栅片加陶瓷罩来灭弧。

(二) 低压断路器的主要技术参数和类型

低压断路器的主要技术参数有: 额定电压、额定电流、极数、脱扣器类型、整定电流范围、分断能力、动作时间等。

断路器的种类繁多, 按用途和结构特点可分为框架式低压断路器、塑料外壳式低压断路器、直流式快速断路器和限流式断路器等。

(1) 框架式低压断路器 (万能式低压断路器) 具有绝缘衬底的框架结构底座将所有的构件组装在一起, 常用于配电网的保护。主要型号有 DW10 和 DW15 系列。

(2) 塑料外壳式低压断路器 (装置式低压断路器) 具有用模压绝缘材料制成的封闭型外壳将所有构件组装在一起, 用作配电网的保护和电动机、照明电路及电热器等控制开关。主要型号有 DZ5、DZ10、DZ20 等系列。

(3) 直流式快速断路器 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, 用于半导体整流元件和整流装置的保护。主要型号有 DS 系列。

(4) 限流式断路器 利用短路电流产生的巨大电动吸力, 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, 避免了电路中可能出现的最大短路电流。适用于要求分断能力较高的场合 (可分断高达 70kA 短路电流的电路)。主要型号有 DWX15、DZX10 系列等。

另外, 我国引进的国外产品有德国的 ME 系列, 西门子公司的 3WE 系列, 日本的 AE、AH、TG 系列, 法国的 C45、S060 系列, 美国的 H 系列等。这些引进产品都有较高的技术经济指标, 通过这些国外先进技术的引进, 使我国断路器的技术水平达到了一个新的阶段, 为今后开发、完善新一代智能型的断路器打下了良好的基础。国产型号 DW15 系列断路器的技术数据见表 1-3。

表 1-3 DW15 系列断路器的技术数据

型 号	额定电压 /V	额定电流 /A	额定短路接通分断能力/kA -				短延时最大 延时/s	外形尺寸/mm (宽×高×深)
			电压 /V	接通 最大值	分断 有效值	$\cos\phi$		
DW15—200	380	200	380	40	20		—	242×420×341 (正面) 386×420×316 (侧面)