

中等专业学校
试用教材

工厂电气控制设备

河北省机电学校 许蓼 主编

机械工业出版社

中等专业学校试用教材

工厂电气控制设备

河北机电学校 许 罗 主编



机械工业出版社

前 言

本书是根据原国家机械工业委员会教育局 1987 年 5 月制定的中等专业学校工业企业电气化专业教学计划与《工厂电气控制设备》课程教学大纲编写的。

本书以一般工厂常用典型电气控制设备及其基础知识为重点, 阐述并分析了常用低压电器、继电—接触器控制电路基本环节, 机床、组合机床及起重运输设备、可编程序控制器及应用、电机放大机自动调速系统基本环节、A 系列龙门刨床电气设备等。本书适当增加了继电—接触器控制系统的设计内容, 以提高学生对继电—接触器控制系统的设计能力; 从交流电梯电气控制典型环节入手, 介绍了电梯的结构、电气控制和各种保护; 介绍了一种新型工业自动控制装置可编程序控制器, 以适应工业发展、技术进步的需要。

全书共 9 章。内容包括: 常用低压电器, 继电—接触器控制电路基本环节, 常用机床的电气控制, 组合机床的电气控制, 起重运输设备的电气控制, 继电—接触器控制系统的设计, 可编程序控制器的应用, 电机放大机自动调速系统的基本环节, A 系列龙门刨床电气设备等。

本书为中等专业学校工业企业电气化专业的教材, 也可供有关专业师生、从事现场工作的工程技术人员参考。

本书由河北省机电学校许蓼主编。参加本书编写的有常州机械学校薛少初(编写第一、七章), 福建机电学校连赛英(编写第二、四章), 其余由许蓼编写。

本书由上海大学工学院丁元杰副教授主审。参加讨论与审稿的有申鸿光、罗智英、肖乐恩、王彻、陈达昭、李海青等同志。编者根据审稿意见作了修改, 罗智英、肖乐恩两同志提供了部分习题, 在定稿过程中赵明同志帮助进行了审定。对于上述同志的支持和帮助, 在此表示衷心的感谢。

由于编者水平所限, 本书难免存在缺点和错误, 恳望读者提出批评和指教。

编 者
1990年 6 月

目 录

绪论

第一章 常用低压电器

- § 1-1 低压电器的基本知识 3
- § 1-2 手控电器及主令电器 7
- § 1-3 接触器 16
- § 1-4 继电器 21
- § 1-5 熔断器 34
- § 1-6 自动开关与电动机的综合保护 37

习题 43

第二章 继电—接触器控制电路的基本环节

- § 2-1 常用电气控制系统的图形符号 45
 - § 2-2 电气控制系统图 47
 - § 2-3 三相笼型异步电动机全压启动控制电路 49
 - § 2-4 三相笼型异步电动机减压启动控制电路 55
 - § 2-5 绕线转子异步电动机启动控制电路 61
 - § 2-6 三相异步电动机电气制动控制电路 65
 - § 2-7 同步电动机的控制电路 69
 - § 2-8 直流电动机的控制电路 72
- 习题 80

第三章 常用机床的电气控制

- § 3-1 普通车床的电气控制 82
 - § 3-2 磨床的电气控制 85
 - § 3-3 摇臂钻床的电气控制 89
 - § 3-4 铣床的电气控制 94
 - § 3-5 镗床的电气控制 102
- 习题 109

第四章 组合机床电气控制

- § 4-1 概述 110
 - § 4-2 组合机床控制电路的基本控制环节 111
 - § 4-3 通用部件的参考控制电路 114
 - § 4-4 组合机床控制电路举例 134
 - § 4-5 自动线电气控制 138
- 习题 146

第五章 起重运输设备的电气控制

- § 5-1 桥式起重机概述 147
 - § 5-2 凸轮控制器及其控制电路 152
 - § 5-3 主令控制器与交流磁力控制盘 154
 - § 5-4 提升机构磁力控制器控制系统 156
 - § 5-5 PQY、PQS 系列交流起重机磁力控制站及其控制电路 159
 - § 5-6 起重机的电气保护设备 165
 - § 5-7 制动器与制动电磁铁 167
 - § 5-8 桥式起重机控制电路分析 169
 - § 5-9 电动葫芦和梁式起重机的电气控制 172
 - § 5-10 电梯的电气控制 174
- 习题 191

第六章 继电—接触器控制系统的设计

- § 6-1 生产机械电力装备设计的基本原则和内容 192
 - § 6-2 电力拖动方案确定原则和电动机选择 192
 - § 6-3 继电—接触器控制系统设计的一般要求 195
 - § 6-4 电气控制电路的设计 197
 - § 6-5 常用控制电器的选择 207
 - § 6-6 生产机械电气设备施工设计 211
- 习题 216

第七章 可编程序控制器的应用

- § 7-1 概述 217
 - § 7-2 小型可编程序控制器的指令系统 222
 - § 7-3 可编程序控制器的程序设计 231
 - § 7-4 可编程序控制器的应用设计 241
- 习题 248

第八章 电机放大机自动调速系统的基本环节

- § 8-1 自动调速系统的基本概念 249
- § 8-2 电机放大机 253
- § 8-3 转速负反馈自动调速系统 258
- § 8-4 电压负反馈和电流正反馈自动调速系统 265

| | | | |
|------------------------------------|-----|---------------------------------|-----|
| § 8-5 电动势负反馈自动调速系统 | 270 | § 9-4 主拖动系统运行分析 | 297 |
| § 8-6 稳定环节 | 271 | § 9-5 电气设备的安装、试车与调整 | 303 |
| § 8-7 具有电流截止负反馈环节的自动 调速系统 | 274 | § 9-6 常见故障分析与处理 | 308 |
| 习题 | 278 | 习题 | 312 |
| 第九章 A系列龙门刨床电气设备 | | 附录 | |
| § 9-1 A系列龙门刨床概述 | 281 | 附录一 电气图常用图形及文字符号新旧对 照表 | 313 |
| § 9-2 主拖动系统静态分析 | 282 | 附录二 编程器的使用 | 321 |
| § 9-3 交流控制电路 | 286 | 参考文献 | 325 |

绪 论

工厂设备有各式各样，它们都为电力所拖动。采用各种控制装置来实现对它的控制，则称为电力拖动自动控制。按控制系统分，有断续控制、连续控制和计算机控制系统。本书以前两种控制系统及其设备为主，并介绍在集成电路，计算机技术基础上发展起来的一种新型工业自动控制装置-可编程序控制器。

一、电力拖动自动控制的发展

19世纪末，在生产机械的拖动系统中，电动机逐渐代替了蒸汽机，出现了电力拖动。随着生产实践的需要与发展，20世纪20年代电力拖动方式由集中拖动发展为单独拖动。为了进一步简化机械传动机构，更好地满足大型机械和精密机械各部分对机械特性的不同需求，在30年代出现了多电动机拖动方式，机械各部分分别采用不同的电动机拖动。这种多电机拖动不仅简化了机械结构，使机械的工作性能日趋完善，还为机械的自动化控制创造了良好的条件。目前，常用的生产机械绝大多数都采用单独拖动或多电动机拖动。

在电力拖动方式的演变过程中，电力拖动的控制方式也由手动控制逐步向自动控制方向发展。手动控制是利用刀开关、控制器等手动控制电器，由人力操纵实现电动机起动、停止或正反转；自动控制是利用自动控制器来操纵电动机，人在控制过程中只是发出信号，监视生产机械的运转状况。自动控制是在手动控制基础上发展起来的，最初的自动控制是用数量不多的继电器、接触器及保护元件组成的继电-接触器控制，通常简称为继电器控制。这种控制是由操作者通过主令电器接通继电器接触器电路，进而控制电动机，实现电动机的起动、制动、反向、调速与停车的控制。这种控制方法简单，工作稳定，成本低，在一定范围内适应单机和生产自动线的需要，在工矿企业中仍广泛应用。但此种控制具有使用的单一性，即一台控制装置只能针对某一种固定程序的设备，一旦程序有所变动，就得重新配线。对控制要求比较复杂的设备或控制程序经常改变的设备不能采用此系统进行控制。这种电器控制其输入和输出信号只有通和断两种状态，因而这种控制是断续的，不能连续反映信号的变化，故称为断续控制。

为了使控制系统获得更好的静态和动态特性，完成更复杂的控制任务，现在广泛地采用反馈控制系统。反馈控制系统是由连续控制元件组成的，它不仅能反映信号的通或断，而且能反映信号的数值大小和变化，这种由连续控制元件组成的反馈控制系统，称为连续控制系统。用作连续控制的元件，以前普遍采用电机放大机和磁放大器，随着半导体器件和晶闸管元件的发展，越来越多地采用晶闸管作为控制元件的晶闸管控制系统。

可编程序控制器(Programmable Controller)简称PC，是70年代以来在集成电路、计算机技术基础上发展起来的一种新型工业自动控制装置，是一种以微处理器为核心用作数字控制的专用计算机。它不仅充分利用微处理器的优点来满足各种工业领域的实时控制要求，同时也照顾到现场电气操作维护人员的技能和习惯，摒弃了微机常用的计算机编程语言的表达形式，独具风格地形成一套以继电器梯形图为基础的形象编程语言和模块化的软件结构，使用户程序的编制清晰直观、方便易学，且调试和查错都容易。它不仅可以取代以继电、接触

器为主的顺序控制器，而且广泛地应用于大规模的生产过程控制。它具有通用性强，程序可变，编程容易，可靠性高，使用维护方便等优点。

由于数控技术的发展和电子计算机的应用，电力拖动自动控制又发展到一个新的水平，向着生产过程自动化的方向发展，这是今后电力拖动自动控制的发展方向。

尽管如此，在当前的生产实践中，电力拖动断续与连续控制仍是大量的、常见的，同时也是基本的。在工矿企业中广泛使用的生产设备仍由断续或连续控制系统进行控制。

二、课程的任务、内容和学习方法

本课程是工业企业电气化专业的主要专业课。本课程应在学习《电机原理》、《电力拖动基础》以后，并在进行了电工劳动实习的基础上进行讲授，以便保证有较巩固的基础理论知识和感性认识。

在学习本课程时应抓住典型控制环节和典型设备深入研究，掌握生产机械电力拖动控制装置的基本工作原理和实际运行方面的知识，作到举一反三。

同时，在学习本课程时，必须注意培养实际操作技能、设计能力和独立工作能力；必须注意理论联系实际，课堂教学与生产实习紧密结合，教材中有些内容（常用低压电器、电气设备的安装、调试和维修）可在实习中结合现场讲授，有的内容（继电器接触器电路设计）可在课程设计时讲授。应对研究实物、练习、实验，实习和设计等教学环节给予高度重视。由于科学技术发展很快，电力拖动自动控制的面貌日新月异，应注意新元件、新技术、新产品、新装置的出现与使用，把基本理论与新技术结合起来，努力跟上科学技术的发展。

第一章 常用低压电器

低压电器是电力拖动自动控制系统的基本组成元件。控制系统的优劣与所用低压电器直接相关。电气技术人员必须熟悉常用低压电器的原理、结构、型号、规格和用途，并能正确选择、使用与维护。

§ 1-1 低压电器的基本知识

低压电器通常是指工作在交流电压小于 1200 V、直流电压小于 1500 V 的电路中起通、断、保护、控制或调节作用的电器设备。

一、低压电器的分类

低压电器的种类繁多，就其用途或所控制的对象可概括为两大类：

(1) 低压配电电器 这类电器包括刀开关、转换开关、熔断器和自动开关。主要用于低压配电系统中，要求在系统发生故障的情况下动作准确、工作可靠，在规定的时间内通过允许的短路电流时，其电动力和热效应不会损坏电器。

(2) 低压控制电器 包括接触器、控制继电器、起动器、控制器、主令电器、电阻器和电磁铁等。主要用于电气传动系统中，要求寿命长、体积小、重量轻、工作可靠。

按低压电器的动作方式可分为：

(1) 自动切换电器 依靠电器本身参数变化或外来信号（如电、磁、光、热等）而自动完成接通、分断或使电机起动、反向以及停止等动作。如接触器、继电器等。

(2) 非自动切换电器 依靠外力（如人工）直接操作来进行切换等动作。如按钮、刀开关等。

按电器的执行机能可分为有触点电器和无触点电器。

一般用途的低压电器（称为基本系列）的使用环境条件为：海拔高度不超过 2000 m；周围空气温度为 $-25\sim 40^{\circ}\text{C}$ ；空气相对湿度 90%；安装倾斜度不大于 5° ；无爆炸危险的介质及无显著摇动和冲击振动的场合。对于在特殊环境和工作条件下使用的各类低压电器，常在基本系列产品的基础上进行派生，构成如防爆电器、船舶电器、化工电器、热带电器、高原电器以及牵引电器等。

低压电器一般都有两个基本部分。一个是感受部分，它感受外界的信号，作出有规律的反应，在自动切换电器中，感受部分大多由电磁机构组成，在手控电器中，感受部分通常为操作手柄等；另一个是执行部分，如触点连同灭弧系统，它根据指令，执行电路接通、切断等任务。对于自动开关类的低压电器，还具有中间（传递）部分，它的任务是把感受和执行两部分联系起来，使它们协同一致，按一定的规律动作。

二、灭弧装置

各种有触点电器都是通过触点的开、闭来通、断电路的，触点接通电路时存在着接触电阻，引起触点温升；触点分断电路时，由于热电子发射和强电场的作用，使气体游离，从而

在分断瞬间产生电弧。开关电器在开断电路时产生的电弧,一方面使电路仍旧保持导通状态,延迟了电路的开断,另一方面会烧损触点,缩短电器的使用寿命。所以不少电器采取了灭弧措施,归纳起来主要有以下几种:

- 1) 依靠触点的分开,机械地拉长电弧,见图 1-1 a 与 b。
- 2) 利用流过导电回路或特制线圈的电流在弧区产生磁场,使电弧受力迅速移动和拉长电弧,见图 1-1 a、b、c、d。
- 3) 将电弧分隔成许多串联的短弧,见图 1-1 c、f。

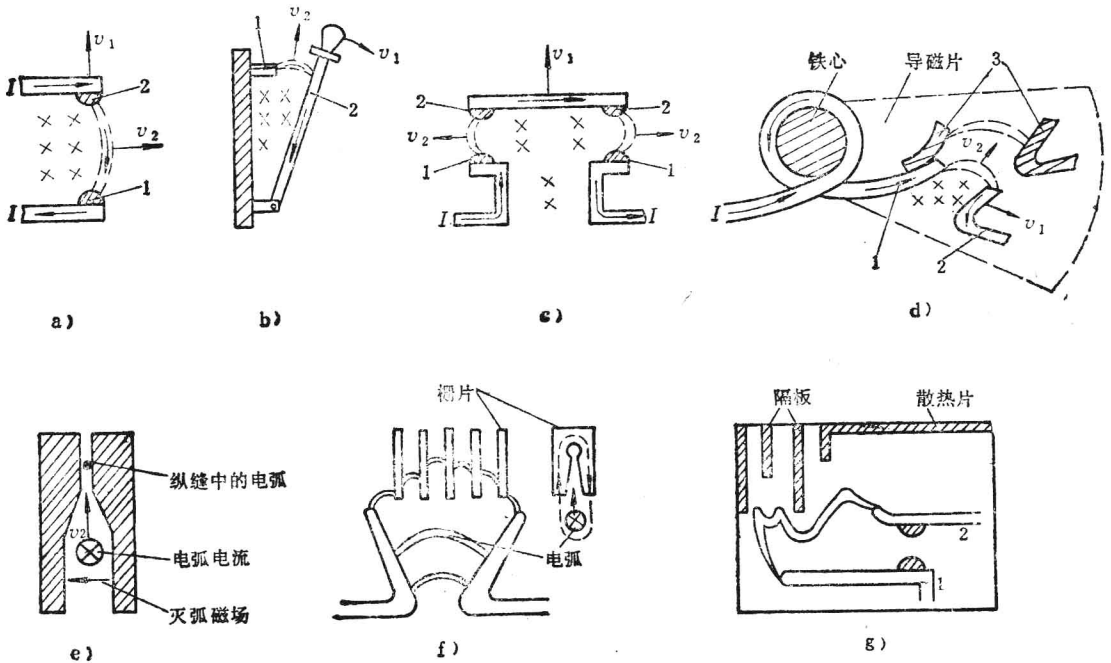


图 1-1 灭弧措施

- a)、b) 机械性拉长电弧 c) 双触点灭弧 d) 磁吹灭弧 e) 纵缝灭弧 f) 金属栅片灭弧
g) 纵缝陶瓷灭弧
1—静触点 2—动触点 3—引弧角 v_1 —动触点移动速度 v_2 —电弧在磁场力作用下移动速度

4) 依靠磁场的作用,将电弧驱入用耐弧材料制成的狭缝中,以加快电弧的冷却,见图 1-1 e、g。

5) 在封闭的灭弧室中,利用电弧自身能量分解固体材料产生气体,以提高灭弧室中的压力,或者利用产生的气体进行吹弧。

不同电器采用不同的灭弧措施,有些则采用多种措施,例如石英砂熔断器的熔片用纯银片冲成变截面的形状,放在密封的管内,管内充满石英砂,如图 1-2 所示。当出现短路电流时,熔片狭颈处熔断,气化,形成几个串联的短弧,熔片气化后,体积受石英砂限制,不能自由膨胀,因此产生很高的压力,此压力推动弧隙中游离气体迅速向周围石英砂中扩散,并受到石英砂的冷却而消游离,从而有较强的灭弧能力。

三、电磁机构

电磁机构的作用是将电磁能转换成为机械能并带动触点闭合或断开。

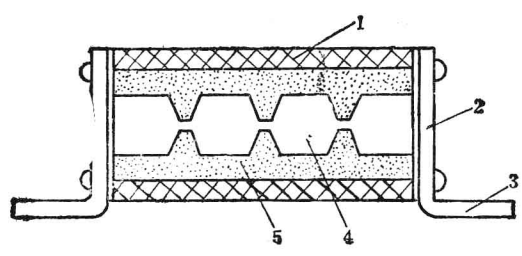


图 1-2 熔断器的灭弧措施
 1—熔管 2—端盖 3—接线板 4—熔片 5—石英砂

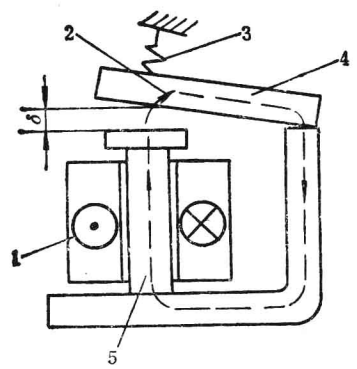


图 1-3 电磁机构示意图
 1—线圈 2—磁通 ϕ 3—反力弹簧 4—衔铁 5—铁心

(一) 结构型式

电磁机构通常采用电磁铁的形式，由吸引线圈、铁心（亦称静铁心或磁轭）和衔铁（也称动铁心）三部分组成，如图 1-3 所示。其工作原理如下：

当线圈通入电流后，磁通 ϕ 通过铁心、衔铁和工作气隙形成闭合回路，如图中虚线所示。因衔铁受到电磁吸力，便吸向铁心，但衔铁的运动受到反作用弹簧的拉力，故只有当电磁力大于弹簧反力时，衔铁才能可靠地被铁心吸住。电磁吸力应大于弹簧反力，以便吸牢，但吸力又不宜过大，若过大则在吸合时衔铁与铁心将发生严重撞击。

电磁铁有各种结构形式。铁心有 E 型、U 型。动作方式有直动式，转动式。它们各有不同的机电性能，适用于不同的场合。图 1-4 列出了几种电磁铁心的结构形式。

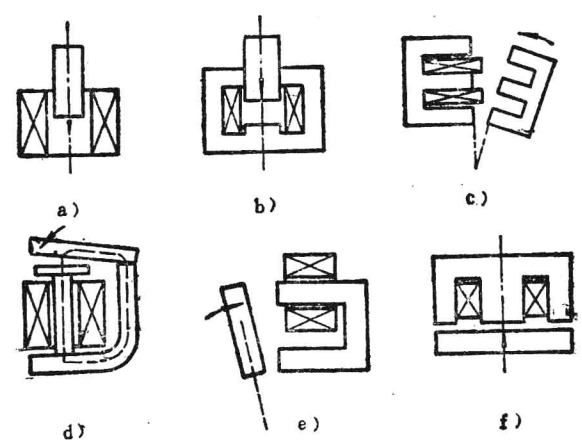


图 1-4 电磁铁心的结构形式

直流励磁的电磁铁和交流励磁的电磁铁在结构上也不相同。直流电磁铁在稳定状态下通过恒定磁通，铁心中没有磁滞损耗和涡流损耗，也就不产生热量，只有线圈是产生热量的热源。因此，直流电磁铁的线圈没有骨架，且成细长形，以增加它和铁心直接接触的面积，从而使线圈产生的热量通过铁心散发出去。交流电磁铁中通过交变磁通，铁心中有磁滞损耗和涡流损耗，也就产生热量。为此，一方面铁心用电工钢片叠成，以减小铁损，另一方面将线圈制成短粗形，并由线圈骨架把它和铁心隔开，以免铁心的热量传给线圈使其过热而烧坏。

大多数电磁铁的线圈跨

，获得其额定电压而吸合，称电压线圈，其电

流值由电路电压和线圈本身

。由于圈数多、导线细、电流较小而匝间电

流值不由线圈本身电阻或阻抗、而由电路负载的大小决定。由于主电路的电流一般比较大，所以线圈导线比较粗，匝数较少，通常用紫铜条或粗的紫铜线绕制。

(二) 交流电磁铁的分磁环

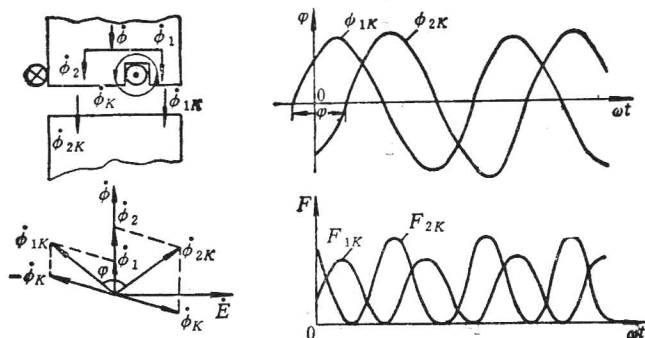


图 1-5 交流电磁铁分磁环

在如此反复循环的过程中，衔铁产生强烈的振动和噪声，噪声污染工作环境，振动使电器寿命缩短，并使触点接触不良、磨损或熔焊。在铁心端面装设了分磁环后，将气隙磁通 ϕ 分为两部分，一部分 ϕ_2 穿过分磁环，将在环内产生感应电动势、感应电流，产生磁通 ϕ_K ， ϕ_K 分别与 ϕ_1 、 ϕ_2 相量相加，使穿过气隙的磁通成为 ϕ_{1K} 与 ϕ_{2K} ，它们不仅相位不同而且幅值也不一样。由这两个磁通产生的电磁力 F_{1K} 与 F_{2K} 就不再同时过零点，如图 1-5 所示。如果分磁环设计得比较理想，使 $\varphi \approx 90^\circ$ ，并且 F_{1K} 、 F_{2K} 近乎相等，这时，合成磁力就相当平坦，只要最小吸力大于反力，那么衔铁将会牢牢地被吸住，不会产生振动和噪声。

四、低压电器的主要技术参数

电器要可靠地接通和分断被控电路，而不同的被控电路工作在不同的电压或电流等级、不同的通断频繁程度及不同性质负载的情况下，对电器提出了各种技术要求。如触点在分断状态时要有一定的耐压能力，防止漏电或介质击穿，因而电器应有额定工作电压这一基本参数；触点闭合时，总有一定的接触电阻，负载电流在接触电阻上产生的压降和热量不应过大，因此对电器触点规定了额定电流值；被控负载的工作情况对电器的要求有着重要的影响，如笼型异步电动机反接制动及反向时的电流峰值比起动时电流的峰值约大 2 倍，所以电动机频繁反向时，控制电器的工作条件较差，于是，有些控制电器被制成能使用在较恶劣条件下，而有些则不能，这就使电器有不同的使用类别。配电电器担负着接通和分断短路电流的任务，相应地规定了极限通、断能力；电器分断电流时出现的电弧要烧损触点甚至熔焊，因此电器都有一定的使用寿命。

下面仅就控制电器的主要技术参数作一介绍，供选用电器时参考。

(一) 使用类别

按国标 GB 2455—85，将控制电器主触点和辅助触点的标准使用类别列于表 1-1 中。

(二) 主参数——额定工作电压和额定工作电流

额定工作电压是指在规定条件下，能保证电器正常工作的电压值，通常是指触点的额定电压值。有电磁机构的控制电器还规定了电磁线圈的额定工作电压。

额定工作电流是根据电器的具体使用条件确定的电流值，它和额定电压、电网频率、额定工作制、使用类别、触点寿命及防护等级等因素有关，同一个开关电器可以对应不同使

表 1-1 控制电器触点的标准使用类别

| 触 点 | 电流种类 | 使用类别 | 典 型 用 途 举 例 |
|------------------|--------|----------------------|----------------------------------|
| 主 触 点 | 交 流 | AC-1 | 无感或微感负载、电阻炉 |
| | | AC-2 | 绕线转子异步电动机的起动、分断 |
| | | AC-3 | 笼型异步电动机的起动、运转中分断 |
| | | AC-4 | 笼型异步电动机的起动、反接制动、反向、点动 |
| 直 流 | DC-1 | 无感或微感负载、电阻炉 | |
| | DC-3 | 并励电动机的起动、点动与反接制动 | |
| | DC-5 | 串励电动机的起动、点动与反接制动 | |
| 辅 助 触 点 | 交 流 | AC-11 | 控制交流电磁铁 |
| | | AC-14 | 控制小容量($\leq 72\text{VA}$)电磁铁负载 |
| | | AC-15 | 控制容量大于72VA的电磁铁负载 |
| | 直 流 | DC-11 | 控制直流电磁铁 |
| DC-13 | | 控制直流电磁铁, 即电感与电阻的混合负载 | |
| DC-14 | | 控制电路中有经济电阻的直流电磁铁负载 | |

用条件以规定不同的工作电流值, 参见表 1-11 中 CJX 2 系列小容量交流接触器技术数据。

(三) 通断能力

通断能力以表 1-2 中非正常负载时能接通和断开的电流值来衡量。接通能力是指开关闭合时不会造成触点熔焊的能力。断开能力是指开关断开时能可靠灭弧的能力。

表 1-2 相应于使用类别的接通与分断条件

| 类别 | 正 常 负 载 | | | | | | 非 正 常 负 载 | | | | | |
|------|---------|---------|---------------|---------|---------|---------------|-----------|---------|---------------|---------|---------|---------------|
| | 接 通 | | | 分 断 | | | 接 通 | | | 分 断 | | |
| | I/I_N | U/U_N | $\cos\varphi$ | I/I_N | U/U_N | $\cos\varphi$ | I/I_N | U/U_N | $\cos\varphi$ | I/I_N | U/U_N | $\cos\varphi$ |
| AC-1 | 1 | 1 | 0.95 | 1 | 1 | 0.95 | 1.5 | 1.1 | 0.95 | 1.5 | 1.1 | 0.95 |
| AC-2 | 2.5 | 1 | 0.65 | 1 | 0.4 | 0.65 | 4 | 1.1 | 0.65 | 4 | 1.1 | 0.65 |
| AC-3 | 6 | 1 | 0.35 | 1 | 0.17 | 0.35 | 10 | 1.1 | 0.35 | 8 | 1.1 | 0.35 |
| AC-4 | 6 | 1 | 0.35 | 6 | 1 | 0.35 | 10 | 1.1 | 0.35 | 8 | 1.1 | 0.35 |

(四) 寿命

包括机械寿命和电寿命。机械寿命是电器在无电流情况下能操作的次数; 电寿命是指按所定使用条件不需修理或更换零件的负载操作次数。

§ 1-2 手控电器及主令电器

这类电器包括按钮、刀开关、转换开关、行程开关和主令控制器等, 属于非自动切换的开关电器。它们在控制电路中用于发布命令, 使控制系统的状态改变。

一、刀开关

刀开关是一种手动配电电器, 主要用来手动接通与断开交、直流电路, 通常只作隔离开

关使用，也可用于不频繁地接通与分断额定电流以下的负载，如小型电动机、电阻炉等。

刀开关按极数划分有单极、双极与三极几种。其结构都由刀片、触点座、手柄和底板组成。

为了使用方便和减小体积，在刀开关上再安装上熔丝或熔断器，组成兼有通、断电路和保护作用的开关电器，如胶盖闸刀开关、熔断式刀开关等。

(一) 胶盖闸刀开关

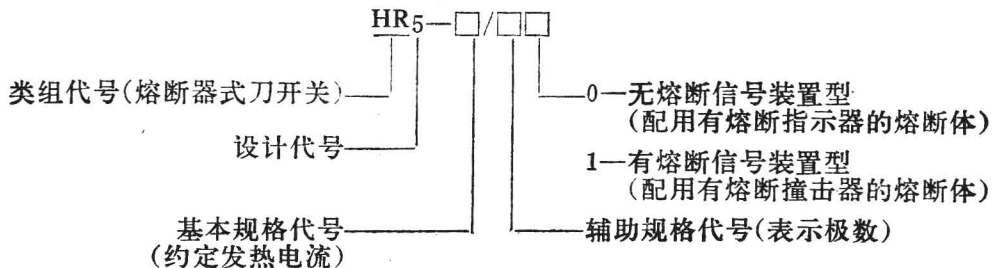
胶盖闸刀开关主要用于频率为 50 Hz，电压小于 380 V，电流小于 60 A 的电力线路中，作为一般照明、电热等回路的控制开关；也可用作分支线路的配电开关。三极胶盖闸刀开关适当降低容量时可以直接用于不频繁地控制小型电动机，并借助于熔丝起过载保护作用。常用的有 HK 1、HK 2 系列，胶盖闸刀开关的技术数据见表 1-3。

表 1-3 HK2 系列胶盖闸刀开关的技术数据

| 额定电压 | 额定电流/A | 极数 | 最大分断电流(熔断器极限分断电流)/A | 控制电动机功率/kW | 机械寿命(万次) | 电寿命(万次) |
|-------|--------|----|---------------------|------------|----------|---------|
| 250 V | 10 | 2 | 500 | 1.1 | 10000 | 2000 |
| | 15 | 2 | 500 | 1.5 | | |
| | 30 | 2 | 1000 | 3.0 | | |
| 380 V | 15 | 3 | 500 | 2.2 | 10000 | 2000 |
| | 30 | 3 | 1000 | 4.0 | | |
| | 60 | 3 | 1000 | 5.5 | | |

(二) 熔断器式刀开关(铁壳开关、负荷开关)

熔断器式刀开关适用于配电线路，作电源开关、隔离开关和应急开关并作电路保护之用，但一般不用于直接通、断电动机。常用的型号有 HR 5、HH 10、HH 11 等系列。型号意义如下：



HR 5 系列开关由底座和盖两大部分组成。底座由钢板制成，其上装有插座组、灭弧室和极间隔板。塑料盖的背面卡装熔断体，盖兼作操作手柄，拉动盖的上部手把，它就绕底座下部铰链旋转而通断电路。开关在断开位置有足够的隔离距离，以便安全地更换熔断体。

开关底座两侧装有片状弹簧，使开关具有快速闭合和断开的功能。灭弧室具有防止电弧吹向操作者和防止发生闪路的作用。

有熔断信号装置的开关侧面还装有 LX 19 K 行程开关，当某相熔断体熔断时，熔断撞击器弹出，通过传动轴，触动行程开关，以便发出信号或切断电动机控制电路，防止电动机缺相运行。

HR 5 系列熔断器式刀开关的主要技术数据列于表 1-4 中。

表 1-4 HR5系列熔断器式刀开关的技术数据

| 额定电压/V | 500、660 | | | |
|----------------|---|--------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|
| 约定发热电流/A | 100 | 200 | 400 | 630 |
| 可配熔断体额定电流 A | 4、6、10、15、20、25、 32、35、40、50、63、80、 100、125、160 | 80、100、125、160、 200、224、250 | 125、160、224、250、 300、315、355、400 | 315、355、400、425、 500、630 |

二、组合开关

组合开关也是一种刀开关，不过它的刀片（动触片）是转动式的，比刀开关轻巧而且组合性强，能组成各种不同线路。

组合开关由若干分别装在数层绝缘件内的双断点桥式动触片、静触片（它与盒外的接线相联）组成。动触片装在附加有手柄的绝缘方轴上，方轴随手柄而旋转，于是动触片也随方轴转动并变更其与静触片分、合位置。所以，组合开关实际上是一个多触点、多位置式可以控制多个回路的主令电器，亦称转换开关。图 1-6 为其结构原理图。

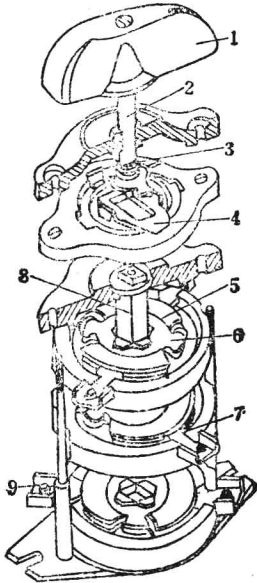


图 1-6 HZ 10-10/3 型组合开关

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

转换开关可分为单极、双极和多极三类。其主要参数有额定电压、额定电流、允许操作频率、极数、可控制电动机最大功率等。其中额定电流具有 10、20、40 和 60 A 等几个等级。全国统一设计的新型组合开关有 HZ 15 系列，其它常用的组合开关有 HZ 10、HZ 5 和 HZ 2 型。近年引进生产的德国西门子公司 3 ST、3 LB 系列组合开关也有应用。

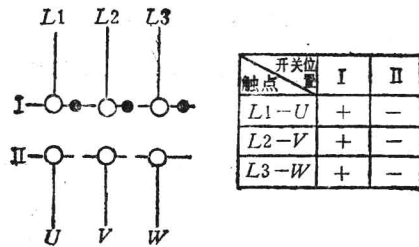
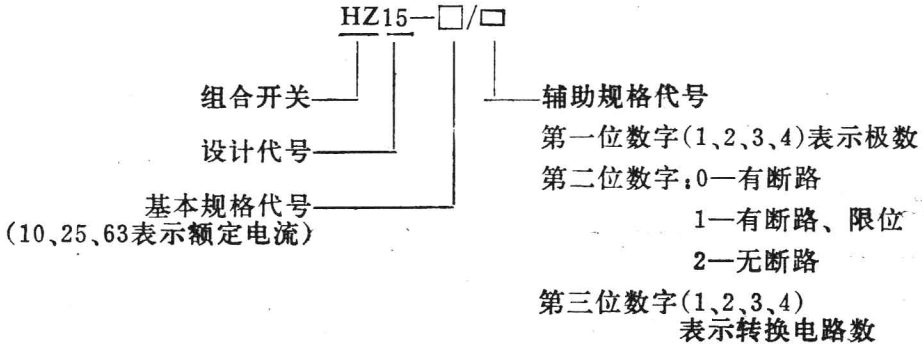


图 1-7 组合开关的图形符号

组合开关根据接线方法不同可组成以下几种类型：同时通断（各极同时接通或同时分断）、交替通断（一个操作位置上，只有总极数中的一部分接通，而另一部分断开）、两位转换（类似双投开关）、三位转换、四位转换等，以满足不同电路的控制要求。

组合开关在电气原理图中的画法，如图 1-7 所示。图中虚线表示操作位置，而不同操作位置的各对触点通断状态示于触点下方或右侧，规定用与虚线相交位置上的涂黑圆点表示接通，没有涂黑圆点表示断开。另一种是用触点通断状态表来表示，表中以“+”（或“×”）表示触点闭合，“-”（或无记号）表示分断。

产品样本和有关手册提供各种组合开关的接线图，读者应学会查阅，以便选用。
组合开关的型号含义如下：



HZ 10 系列组合开关产品类型及接线图举例见表 1-5 与表 1-6。

表 1-5 HZ10系列组合开关产品举例

| 类 型 | 型 号 | 极 数 | 层 数 | 接线图号 | 额 定 电 流 I/A | | | |
|-------------------|------------------------|-----|-----|------|----------------|----|----|-----|
| | | | | | 10 | 20 | 60 | 100 |
| 同时通断 | HZ10-□/1 | 1 | 1 | 1 | √ ^① | — | — | — |
| | HZ10-□/3j ^② | 3 | 3 | 3 | √ | √ | √ | — |
| 交替通断 ^③ | HZ10-□/12 | — | 2 | 5 | √ | √ | — | — |
| 两位转换 | HZ10-□P/3 | 3 | 3 | 13 | √ | √ | √ | √ |
| 四位转换 | HZ10-□G/1 | 1 | 2 | 26 | √ | √ | √ | — |

① √表示有此额定电流等级。

② j表示机床用开关

③ 分母上第一位数字表示起动时的接通路数，第二位数字表示通断的总路数。

三、万能转换开关

万能转换开关是具有更多操作位置和触点、能够换接多个电路的一种手动控制电器。由于它能控制多个回路，适应复杂线路的要求，故有“万能”转换开关之称。

典型的万能转换开关如图 1-8 所示。它由触点座、凸轮、转轴、定位机构、螺杆和手柄等组成，并由 1~20 层触点底座叠装起来。其中每层底座均可装三对触点，并由触点底座中的凸轮（套在转轴上）来控制这三对触点的接通和断开。由于各层凸轮可制成不同形状，因此用手柄将开关转到不同位置时，通过凸轮的作用，可使各对触点按所需的变化规律接通或断开，以适应不同线路的需要。

表征万能转换开关特性的有额定电压、额定电流、手柄型式、触点座数、触点对数、触点座排列型式、定位特征代号、手柄定位角度等。如 LW 6 系列的额定电压为交流 380 V、直流 220 V，额定电流为 5 A，触点座排列型式有单列式、双列式和三列式。对于双列式，其列与列之间用齿轮啮合，并由公共手柄进行操作，双列式的触点对数比单列式增加一倍。当定位机构用不同限位方式时，LW 6 所用手柄可达 2~12 个操作位置。

常用的万能转换开关有 LW 8、LW 6、LW 5、LW 2 等系列。

表 1-6 HZ10系列组合开关接线图选录

| 图号 1 | 图号 3 | 图号 5 | 图号 13 | 图号 26 |
|------|--------|--------|-------|-------|
| | | | | |
| 单 板 | 三极同时通断 | 二极交替通断 | 两位转换 | 四位转换 |

万能转换开关主要用作电气控制电路的换接。在操作不太频繁的情况下，也可用于小容量电动机的起动、换接或改变转向。

万能转换开关型号含义如下：

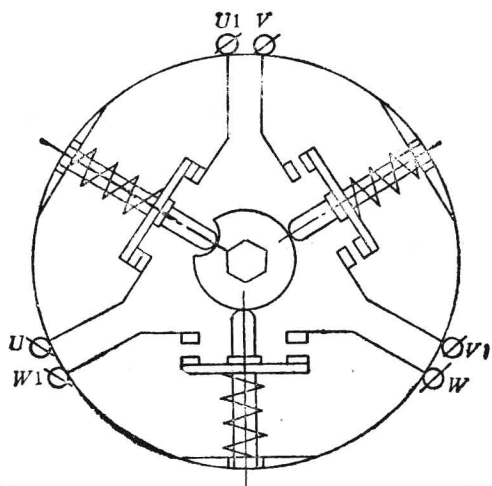
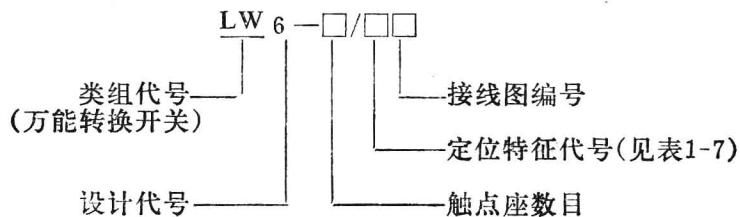


图 1-8 LW 6 系列万能转换开关结构示意图

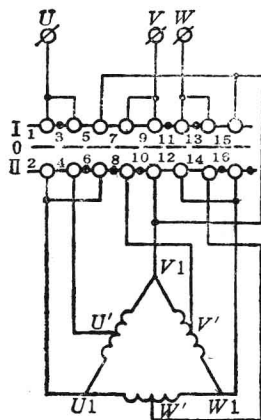


图 1-9 LW 6-3/B 097 用于电动机变速控制

| 触点 | 手柄位置 | | |
|-------|------|---|----|
| | I | 0 | II |
| 1-2 | + | - | - |
| 3-4 | - | - | + |
| 5-6 | - | - | + |
| 7-8 | - | - | + |
| 9-10 | + | - | - |
| 11-12 | + | - | - |
| 13-14 | - | - | + |
| 15-16 | - | - | + |

如 LW 6-3/B 097 型万能转换开关, 共有 3 个触点座, 每个触点座内有三对触点, 总共 9 对触点, 定位特征代号为 B (手柄有三个位置), 接线图编号 097, 从产品样本查得触点通断状态如图 1-9, 左边是用黑圈点表示的用于电动机变速控制的接线图。

四、控制按钮

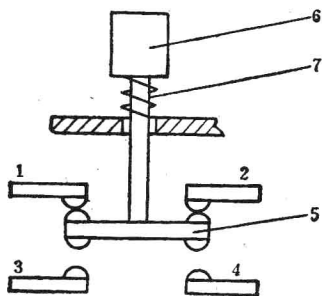


图 1-10 LA 19 系列控制按钮结构示意图

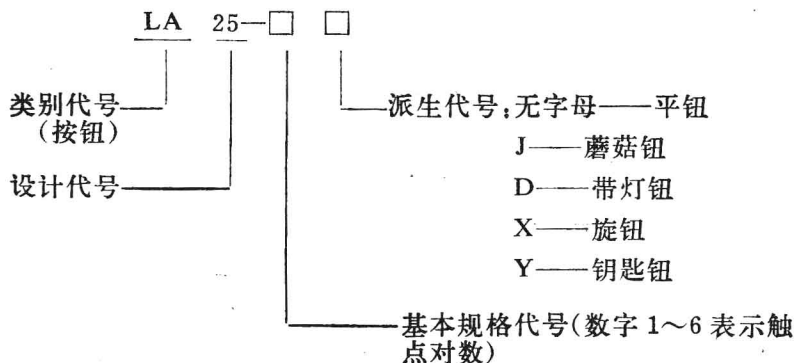
图 1-10 为控制按钮结构图。常态（未受外力）时, 在复位弹簧 7 作用下, 静触点 1, 2 与桥式动触点 5 闭合, 习惯上称为常闭（动断）触点。静触点 3, 4 与桥式动触点 5 分断, 称之为常开（动合）触点。当按下按钮帽 6 时, 动触点 5 先和静触点 1, 2 分断, 然后再和静触点 3, 4 闭合。

控制按钮的主要技术要求如下: 规格、结构型式、触点对数和按钮颜色。通常所选用的规格为交流额定电压 500 V, 允许持续电流为 5 A。结构型式有多种, 适合于以下各种场合: 紧急式-装有突出的蘑菇形钮帽,

以便紧急操作; 旋钮式-用手旋转进行操作; 指示灯式-在透明的按钮内装入信号灯, 以作信号显示; 钥匙式-为使用安全起见, 须用钥匙插入方可旋转操作, 等等。按钮的颜色有红、绿、黑、黄以及白、蓝等种, 供不同场合选用。

控制按钮主要用于操纵接触器、继电器或电气联锁电路, 以实现对各种运动的控制。

全国统一设计的按钮新型号为 LA 25 系列, 其它常用的型号为 LA 2、LA 10、LA 18、LA 19、LA 20 等系列。引进生产的有德国 BBC 公司的 LAZ 系列。按钮型号含义如下:



LA 25 系列按钮是组合式结构, 并采用插接式结构连接方式, 接触系统采用独立的接触单元, 用户可以根据需要任意组合常开、常闭触点对数, 最多可组合成六个单元。

五、行程开关和接近开关

行程开关又称限位开关, 能将机械位移转变为电信号, 以控制机械运动。它的种类很多, 按运动形式可分为直动式和转动式; 按结构可分为直动式、滚动式和微动式; 按触点性质可分为有触点式和无触点式。

(一) 直动式行程开关

图 1-11 为直动式行程开关结构图。其动作原理与控制按钮类似, 只是它用运动部件上的撞块来碰撞行程开关的推杆。其优点是结构简单, 成本较低, 缺点是触点的分合速度取决于