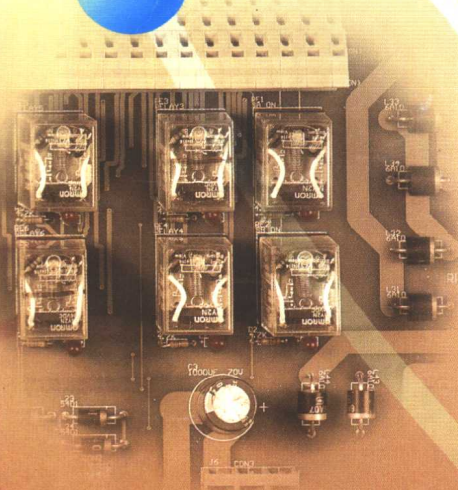




中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

电器及 PLC 控制技术

黄 净 主编



机械工业出版社



中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

电器及 PLC 控制技术

(机电技术应用专业)

主 编	黄 净
副 主 编	刘玉娟
参 编	王本轶
	龚戈淬
责任主审	罗圣国
审 稿 人	周剑英
	王长松



机械工业出版社

本书是根据中等职业学校加工制造类机电技术应用专业“电器及PLC控制技术”课程教学大纲编写的。全书的内容编排充分考虑既要突出工程应用,又要便于课堂教学。主要介绍:常用低压电器、电气控制系统的基本环节、可编程序控制器基础知识和程序编制、PLC程序设计方法、电器与PLC控制系统的设计、安装、维护和应用,并附有适量的能力训练题和习题。

本书可作为中等职业学校“机电技术应用”及相关专业的教材,也可以作为职业培训教材和电气技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电器及PLC控制技术/黄净主编. —北京:机械工业出版社,
2002.5

中等职业教育国家规划教材

ISBN 7-111-10155-3

I. 电… II. 黄… III. ①电气设备-自动控制-专业学校-教材
②可编程序控制器-专业学校-教材 IV. TM762

中国版本图书馆CIP数据核字(2002)第020935号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:王小东 版式设计:张世琴 责任校对:程俊巧

封面设计:姚毅 责任印制:闫焱

北京京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2003年2月第1版·第2次印刷

787mm×1092mm¹/₁₆·15.5印张·381千字

3 001—7 000册

定价:18.50元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010)68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

中等职业教育国家规划教材出版说明

为了贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》精神，落实《面向 21 世纪教育振兴行动计划》中提出的职业教育课程改革和教材建设规划，根据《中等职业教育国家规划教材申报、立项及管理意见》（教职成〔2001〕1 号）的精神，教育部组织力量对实现中等职业教育培养目标和保证基本教学规格起保障作用的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 80 个重点建设专业主干课程的教材进行了规划和编写，从 2001 年秋季开学起，国家规划教材将陆续提供给各类中等职业学校选用。

国家规划教材是根据教育部最新颁布的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 80 个重点建设专业主干课程的教学大纲编写而成的，并经全国中等职业教育教材审定委员会审定通过。新教材全面贯彻素质教育思想，从社会发展对高素质劳动者和中初级专门人才需要的实际出发，注重对学生的创新精神和实践能力的培养。新教材在理论体系、组织结构和阐述方法等方面均做了一些新的尝试。新教材实行一纲多本，努力为教材选用提供比较和选择，满足不同学制、不同专业和不同办学条件的教学需要。

希望各地、各部门积极推广和选用国家规划教材，并在使用过程中，注意总结经验，及时提出修改意见和建议，使之不断完善和提高。

教育部职业教育与成人教育司

2001.5

前 言

本书为教育部面向 21 世纪中等职业教育“机电技术应用”专业国家规划教材。教材内容根据加工制造类机电技术应用专业“电器及 PLC 控制技术”课程的教学大纲编写。

本书编写过程中力求做到“宽、浅、用、新”，具有以下特点：

1. 本书综汇了“工厂电气控制”与“可编程序控制器”两门课程的主要内容。书中精选传统继电器控制的内容，并大幅度增加了应用日益广泛的可编程序控制器的内容。章节编排与大纲内容相对应，打破传统的两门课程的界限，注意了二者的合理过渡与有机融合。

2. 书中内容突出以工程实践为主线，除了在各个章节的编写中注意结合实际，配有应用举例外，在第七章、第八章专门编排了工程应用内容供教学选用。

3. 全书编写过程中淡化了理论教学与实验教学的界限。本着“必需”、“够用”的原则，编写时注意选用一些结合生产实际并浅显易懂的应用实例，其后配有注重培养学生操作技能和创新意识的针对性较强的能力训练题。采用这样的编写方式便于学生理解知识要领，提高学生的动手能力，适于实施专业教室上课的教学方式。

4. 本书在可编程序控制器部分介绍了两种不同机型的指令系统，选用了类似的应用举例和能力训练题。这样既便于各学校根据现有设备选用教材，又有利于学生自学和拓宽知识，为培养学生的知识迁移能力提供了便利。

全书共分八章。第一章常用低压电器，第二章电气控制系统的基本环节，第三章可编程序控制器基础知识，第四章 F1 系列可编程序控制器的程序编制，第五章 C 系列 P 型可编程序控制器的程序编制，第六章 PLC 程序设计方法，第七章电器与 PLC 控制系统的设计与安装维护，第八章电器与 PLC 控制技术的应用，书后附有习题，附录中选有电气图常用图形符号新旧对照表和 PLC 编程器的使用说明。

本书由北京市仪器仪表工业学校黄净任主编（第四章、第五章）、刘玉娟任副主编（第一章、第三章）。参加编写的有中原机械工业学校王本轶（第六章、第七章、第八章、附录），北京市仪器仪表工业学校龚戈淬（第二章）。

本书由罗圣国任责任主审，参加审稿的有周剑英、王长松。在本书编写过程中得到了一些单位的支持和帮助，在此，编者对上述单位和个人以及所列参考文献中的所有编者表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中难免有不足和错误之处，敬请读者批评指正。

编 者
2002 年 1 月

目 录

前言	
第一章 常用低压电器	1
第一节 概述	1
第二节 手控电器及主令电器	5
第三节 接触器	10
第四节 继电器	12
第五节 熔断器	18
第六节 断路器	20
第七节 低压电器的产品型号	21
第二章 电气控制系统的基本环节	24
第一节 电气控制电路的绘制	24
第二节 三相笼型异步电动机的直接 启动控制	27
第三节 三相笼型异步电动机的减压 启动控制	31
第四节 三相笼型异步电动机的制动 控制	35
第五节 其它典型控制环节	38
第六节 电气控制保护环节简介	41
第三章 可编程序控制器基础知识	43
第一节 概述	43
第二节 PLC 控制系统与继电器控 制系统的比较	46
第三节 PLC 的基本组成	48
第四节 PLC 的基本工作原理	53
第五节 PLC 的分类	54
第六节 常用可编程序控制器及其 性能	55
第四章 F1 系列可编程序控制器的 程序编制	62
第一节 F1 系列 PLC 的软继电器及其 编号	62
第二节 基本指令及编程方法	65
第三节 步进梯形指令及编程方法	100
第四节 功能指令简介	111
第五章 C 系列 P 型可编程序控制器的 程序编制	121
第一节 C 系列 P 型 PLC 的软继电器及 其编号	121
第二节 基本指令及编程方法	124
第三节 定时器、计数器指令及编程 方法	129
第四节 功能指令及编程方法	137
第六章 PLC 程序设计方法	159
第一节 编程方法指导	159
第二节 功能表图设计法	162
第三节 程序设计举例	168
第七章 电器与 PLC 控制系统的设计、 安装和维护	174
第一节 继电器控制系统设计简介	174
第二节 PLC 控制系统设计简介	177
第三节 减少 I/O 点数的措施	182
第四节 PLC 应用中应注意的若干 问题	186
第五节 PLC 控制系统对安装的要求	189
第六节 PLC 的维护和故障诊断	190
第八章 电器与 PLC 控制技术的 应用	192
第一节 电器与 PLC 在机床中的应用	192
第二节 PLC 在注塑机上的应用	195
第三节 PLC 在机械手中的应用	199
第四节 PLC 在电梯控制上的应用	204
总习题	214
附录	219
附录 A 电气图常用文字、图形符号新旧对 照表	219
附录 B 三菱 F1-20P-E 编程器及使用	226
附录 C 立石 3G2A6-PRO15-E 编程器及 使用	232
参考文献	241

第一章 常用低压电器

第一节 概 述

凡是根据外界特定信号自动或手动地接通或断开电路，实现对电路或非电对象控制的电工设备都叫做电器。

工作在交流电压 1200V，或直流电压 1500V 及以下的电路中起通断、保护、控制或调节作用的电器产品叫低压电器。

低压电器是电力拖动自动控制系统的基本组成元件，控制系统的可靠性、先进性、经济性与所用的低压电器有着直接的关系，作为电气技术人员必须熟练掌握低压电器的结构、原理，并能正确选用和维护。

一、低压电器的分类

低压电器用途广泛，功能多样，种类繁多，分类方法各异，通常分为：

1. 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、控制器、起动器等。

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

(5) 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。

2. 按工作原理分类

(1) 电磁式电器 依据电磁感应原理来工作的电器。如交直流接触器、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、压力继电器、温度继电器等。

3. 按执行机能分类

(1) 有触点电器 利用触点的接触和分离来通断电路的电器。如刀开关、接触器、继电器等。

(2) 无触点电器 利用电子电路发出检测信号，达到执行指令并控制电路目的的电器。如电感式开关、电子接近开关、晶闸管式时间继电器等。

有触点的电磁式电器在电气自动控制电路中使用最多，其类型也很多，各类电磁式电器在工作原理和构造上亦基本相同。就其结构而言，大多由两个主要部分组成，即：感测和执

行部分。感测部分在自动切换电器中常由电磁机构组成，在手动切换电器中常为操作手柄，执行部分为触点。

二、电磁机构

电磁机构是电磁式电器的感测部分，它的主要作用是将电磁能转换为机械能量，带动触点动作，从而完成接通或分断电路。

电磁机构由吸引线圈、铁心、衔铁等几部分组成。

1. 常用的磁路结构

常用的磁路结构如图 1-1 所示，可分为三种型式。

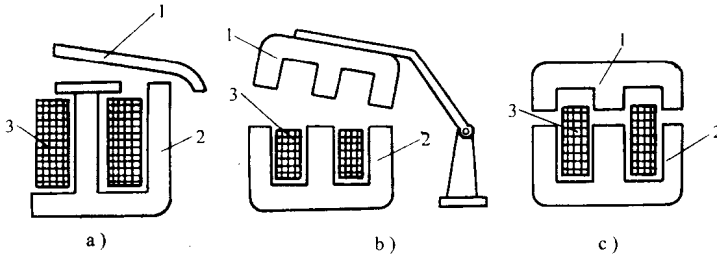


图 1-1 常用的磁路结构

1—衔铁 2—铁心 3—吸引线圈

1) 衔铁沿棱角转动的拍合式铁心如图 1-1a 所示。这种形式广泛应用于直流电器中。

2) 衔铁沿轴转动的拍合式铁心如图 1-1b 所示。其铁心形状有 E 形和 U 形两种。此种结构多用于触点容量较大的交流电器中。

3) 衔铁直线运动的双 E 形直动式铁心，如图 1-1c 所示。多用于交流接触器、继电器中。

电磁式电器分为直流与交流两大类，都是利用电磁铁的原理制成。通常直流电磁铁的铁心是用整块钢材或工程纯铁制成，而交流电磁铁的铁心则是用硅钢片叠铆而成。

2. 吸引线圈

吸引线圈的作用是将电能转换成磁场能量。按通入电流种类不同，吸引线圈可分为直流和交流两种。

对于直流电磁铁，因其铁心不发热，只有线圈发热，所以直流电磁铁的吸引线圈做成高而薄的瘦长形，且不设线圈骨架，使线圈与铁心直接接触，易于散热。

对于交流电磁铁，由于其铁心存在磁滞和涡流损耗，这样线圈和铁心都发热，所以交流电磁铁的吸引线圈设有骨架，使铁心与线圈隔离并将线圈制成短而厚的矮胖形，这样做有利于铁心和线圈的散热。

3. 交流电磁铁的短路环

交流电磁铁磁通是交变的，当磁通过零时，电磁铁的吸力也为零，吸合后的衔铁在反力弹簧的作用下将被拉开，磁通过零后电磁吸力又增大，当吸力大于弹簧反力时，衔铁又吸合。这样

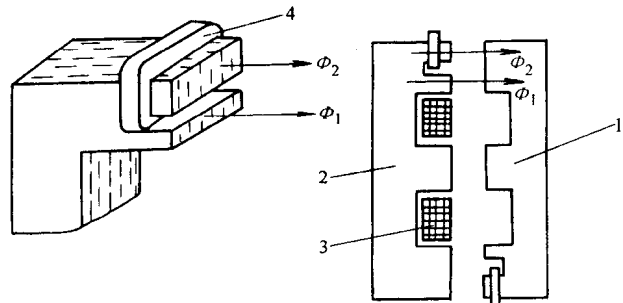


图 1-2 交流电磁铁的短路环

1—衔铁 2—铁心 3—线圈 4—短路环

反复动作，使衔铁产生强烈振动和噪声，甚至使铁心松散。因此交流电磁铁铁心端面上都安装一个铜制的短路环。短路环包围铁心端面约 $2/3$ 的面积，如图 1-2 所示。短路环把铁心中的磁通分为两部分，即不穿过短路环的 Φ_1 和穿过短路环的 Φ_2 ，且 Φ_2 滞后 Φ_1 ，使合成吸力始终大于反作用力，从而消除了振动和噪声。

三、触点系统和灭弧装置

1. 触点系统

触点是电器的执行部分，起接通和分断电路的作用。要求触点的导电、导热性能良好。触点主要有以下几种结构形式：

(1) 桥式触点 图 1-3a 是两个点接触的桥式触点，图 1-3b 是两个面接触的触点，均为两个触点串于同一条电路中，电路的接通与断开由两个触点共同完成。点接触形式用于电流不大、且触点压力小的场合；面接触形式适用于大电流的场合。

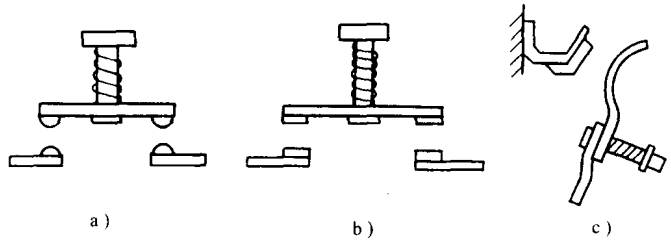


图 1-3 触点的结构形式

(2) 指形触点 图 1-3c 所示为指形触点，其接触区为一直线，触点接通或分断时产生滚动摩擦，利于去掉氧化膜。此种形式适用于通电次数多、电流大的场合。

为了使触点接触得更加紧密，以减小接触电阻，并消除开始接触时产生的振动，在触点上装有接触弹簧，在刚刚接触时产生初压力，并且随着触点闭合增大触点压力。

2. 灭弧方法

产生电弧的条件：在大气中断开电路时，如果被断开电路的电流超过某一数值，断开后加在触点间隙两端电压超过某一数值（在 $12 \sim 20\text{V}$ 之间）时，则触点间隙中就会产生电弧。电弧产生后，一方面使电路仍旧保持导通状态，延迟了电路的断开；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，归纳起来主要有下面几种：

(1) 机械力灭弧 依靠触点的分开，机械地拉长电弧，使之冷却并熄灭，如图 1-4 所示。

(2) 电动力灭弧 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，如图 1-5 所示。这种灭弧方法一般用于交流接触器等交流电器中。

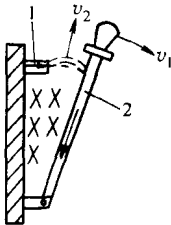


图 1-4 机械力灭弧

1—静触点 2—动触点

v_1 —动触点移动速度 v_2 —电弧在
磁场力作用下移动速度

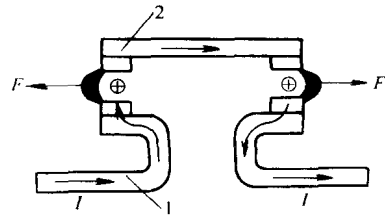


图 1-5 电动力灭弧

1—静触点 2—动触点

(3) 磁吹灭弧 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 1-6 所示。当触点开断产生电弧后，在电动力作用下，电弧被拉长并吹入灭弧罩 6 中，使电弧冷却熄灭。这种灭弧装置是利用电弧电流灭弧，电流越大，吹弧能力也越强。它广泛应用于直流接触器中。

(4) 窄缝灭弧 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，如图 1-7 所示。

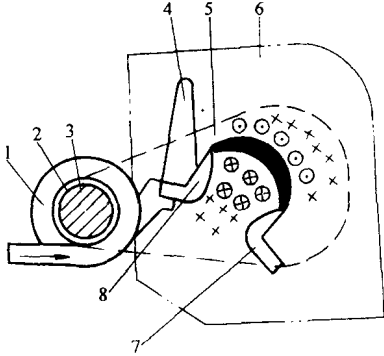


图 1-6 磁吹灭弧

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

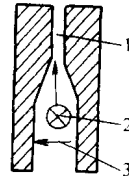


图 1-7 窄缝灭弧

1—窄缝中的电弧 2—电弧
电流 3—灭弧磁场

(5) 栅片灭弧 将电弧分隔成许多串连的短弧，使电弧迅速冷却而很快灭弧，如图 1-8 所示。

(6) 气吹灭弧 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，来提高灭弧室中的压力或者利用产生的气流使电弧拉长和冷却进行灭弧，如图 1-9 所示。常见熔断器的灭弧就是利用熔片气化后，受石英砂限制，体积不能自由膨胀而产生很高压力，此气体压力又推动游离气体向石英砂中扩散，因而受石英砂的冷却和去游离，最终达到灭弧效果。

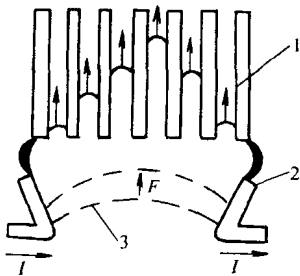


图 1-8 栅片灭弧

1—灭弧栅片 2—触点 3—电弧

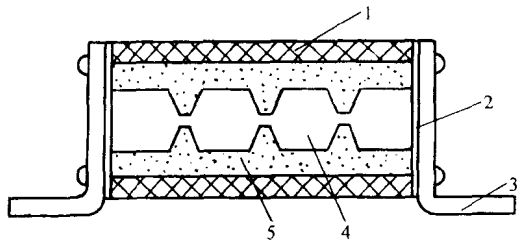


图 1-9 气吹灭弧

1—熔管 2—端盖 3—接线板
4—熔片 5—石英砂

第二节 手控电器及主令电器

手控电器广泛应用于配电线路，用作电源的隔离、保护与控制。常用的有：刀开关、转换开关等。主令电器在自动控制系统中专用于发布控制指令。主令电器种类繁多，按其作用可分为：控制按钮、行程开关、万能转换开关等。

一、手控电器

1. 刀开关

刀开关是结构最简单，应用最广泛的一种手动电器。在低压电路中，作为不频繁接通和分断电路用，或用来将电路与电源隔离。

刀开关由操作手柄、触刀、静插座和绝缘底板组成。依靠手动来实现触刀插入插座与脱离插座的控制。按刀数可分为单极、双极和三极。刀开关符号如图 1-10 所示。刀开关一般均与熔丝或熔断器组成具有保护作用的开关电器，如开启式负荷开关（胶盖闸刀开关）和封闭式负荷开关（铁壳开关）等。

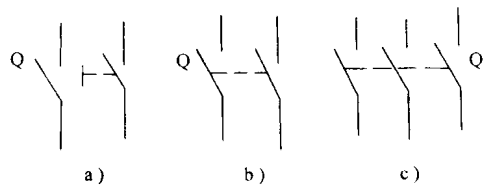


图 1-10 刀开关的符号

a) 单极 b) 双极 c) 三极

(1) 胶盖闸刀开关 图 1-11a 所示为 HK 系列瓷底胶盖刀开关结构图，由刀开关和熔丝组合而成。瓷底板上装有进线座、静触点、熔丝、出线座和刀片式的动触点，上面罩有两块胶盖。这样，操作人员不会触及带电部分，并且分断电路时产生的电弧也不会飞出胶盖外面而灼伤操作人员。

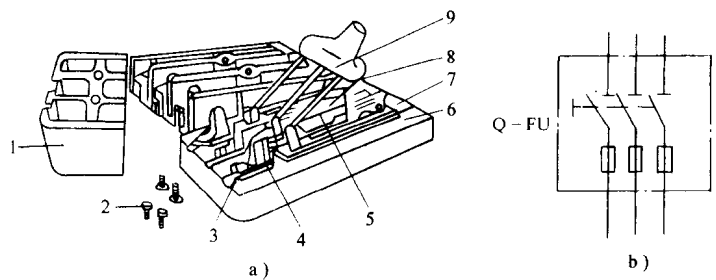


图 1-11 HK 系列瓷底胶盖刀开关

a) 结构图 b) 带熔断器刀开关符号

1—胶盖 2—胶盖固定螺钉 3—进线座 4—静触点 5—熔丝
6—瓷底 7—出线座 8—动触点 9—瓷柄

这种开关适用于额定电压为交流 380V 或直流 440V、额定电流不超过 60A 的电器装置，在电热、照明等各种配电设备中，不频繁地接通或切断负载电路，及起短路保护作用。三极闸刀开关由于没有灭弧装置，因此在适当降低容量使用时，也可用作小容量异步电动机不频繁直接起动和停止的控制开关。在拉闸与合闸时，动作要迅速，以利于迅速灭弧，减少刀片的灼伤。

安装时，刀开关在合闸状态下手柄应该向上，不能倒装和平装，以防止闸刀松动落下时误合闸。电源进线应接在静触点一边的进线端，用电设备应接在动触点一边的出线端。这样，当刀开关关断时，闸刀和熔丝均不带电，以保证更换熔丝时的安全。

胶盖闸刀开关图形符号和文字符号如图 1-11b 所示。

铁壳开关 又称封闭式负荷开关，常用的 HH 系列结构和外形如图 1-12 所示。它由刀开关、熔断器、灭弧装置、操作机构和金属外壳构成。三把闸刀固定在一根绝缘轴上，由手柄操作。操作机构装有机械连锁，使盖子打开时手柄不能合闸和手柄合闸时盖子不能打开，

铁壳开关 又称封闭式负荷开关，常用的 HH 系列结构和外形如图 1-12 所示。它由刀开关、熔断器、灭弧装置、操作机构和金属外壳构成。三把闸刀固定在一根绝缘轴上，由手柄操作。操作机构装有机械连锁，使盖子打开时手柄不能合闸和手柄合闸时盖子不能打开，

以保证操作安全。操作机构中，在手柄转轴与底座间装有速动弹簧，使刀开关的接通与断开速度与手柄操作速度无关，这样有利于迅速灭弧。

铁壳开关适用于各种配电设备中，供手动不频繁地接通和分断负载电路，并可控制交流异步电动机的不频繁直接起动及停止，具有短路保护功能。

使用铁壳开关时，外壳应可靠接地，防止意外漏电造成触电事故。

铁壳开关图形符号和文字符号与胶盖闸刀开关相同。

2. 转换开关

转换开关又称组合开关，一般用于电气设备中不频繁地通断电路、换接电源和负载，小容量电动机不频繁的起停控制。

图 1-13 所示为 HZ10 系列转换开关的外形和结构图，实际上它是由多极触点组合而成的刀开关，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，其内部结构示意图如图 1-14 所示，当转动手柄时，每层的动触片随方形转轴一起转动。

用转换开关控制 7kW 以下电动机的起动和停止，该转换开关额定电流应为电动机额定电流的 3 倍。

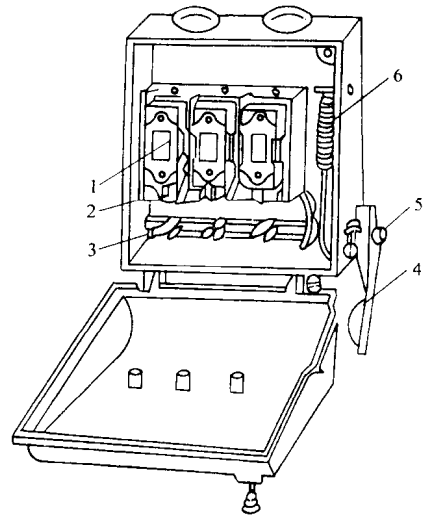


图 1-12 HH 系列铁壳开关

- 1—熔断器 2—夹座 3—闸刀 4—手柄
- 5—转轴 6—速动弹簧

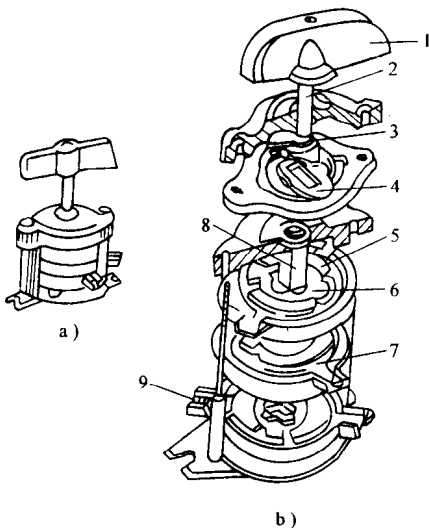


图 1-13 HZ10-10/3 型转换开关

a) 外形 b) 结构

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

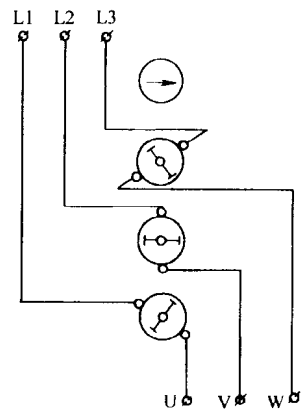


图 1-14 转换开关结构示意图

用转换开关接通电源，由接触器控制电动机时，转换开关的额定电流可稍大于电动机的额定电流。

HZ10 系列为早期全国统一设计产品。适用于额定电压 500V 以下，额定电流有 10A、

25A、100A 几个等级。极数有 1~4 极。HZ15 系列为新型的全国统一设计更新换代产品。

转换开关有单极、双极和多极之分，其图形和文字符号如图 1-15 所示。

二、主令电器

1. 控制按钮

控制按钮是一种结构简单、应用广泛的主令电器，是用来短间接通或断开小电流电路的手动主令电器。

控制按钮由按钮帽、复位弹簧、桥式触点和外壳等组成。通常作成复合触点，即具有动合触点和动断触点。图 1-16 所示为 LA19 系列控制按钮的外形图、结构示意图。按钮在结构上有多种形式，如旋转式——用手动旋钮进行操作；指示灯式——按钮内装有信号灯显示信号；紧急式——装有突起的蘑菇形按钮帽，以便紧急操作；带锁式——即用钥匙转动来开关电路，并在钥匙抽出后不能随意动作，具有保密和安全功能。为了便于区分各按钮不同的控制作用，通常将按钮帽做成不同颜色，以避免误操作。常以红色表示停止按钮，绿色表示启动按钮。

控制按钮的选择要根据所需触点对数、使用场合及作用来选择型号及按钮颜色。

LA25 系列是全国统一设计的按钮新型号，其它常用的型号有 LA2、LA10、LA18、LA19、LA20 等系列。国外的有德国 BBC 公司的 LAZ 系列。

图 1-17 是按钮的图形符号。

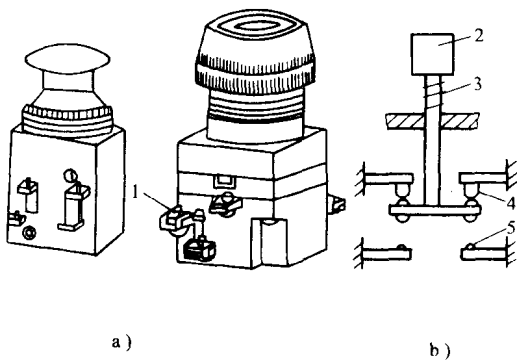


图 1-16 LA19-11 型按钮

a) 外形 b) 结构

1—接线柱 2—按钮帽 3—复位弹簧

4—动断触头 5—动合触点

2. 行程开关

行程开关也称为位置开关或限位开关。它的作用与按钮开关相同，其特点是不靠手按，而是利用生产机械某些运动部件的碰撞使触点动作，发出控制指令的主令电器。它是将机械位移转变为电信号来控制机械运动的。主要用于控制机械的运动方向、行程大小和位置保护。行程开关的结构可分为三部分：操作机构、触点系统和外壳。行程开关的种类很多，按其结构可分为直动式、转动式和微动式；按其复位方式可分为自动和非自动复位；按触点性质可分为触点式和无触点式。

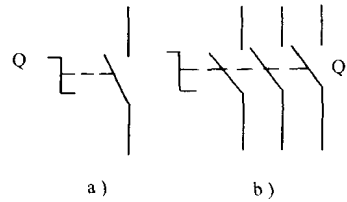


图 1-15 转换开关的符号

a) 单极 b) 三板

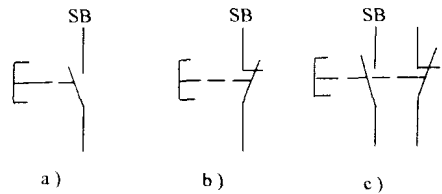


图 1-17 按钮的符号

a) 动合触点 b) 动断触点 c) 复式触点

(1) 直动式行程开关 直动式行程开关的动作原理与控制按钮类似, 又可称为按钮式。其结构如图 1-18 所示, 但它是用运动部件上的撞块来碰撞行程开关的推杆发出控制指令的。

直动式行程开关结构简单、成本较低, 但其触点的分合速度要取决于撞块移动的速度, 若撞块移动速度慢, 不能瞬间切断电路, 致使电弧停留时间过长会烧损触点。因此这种开关不宜用在撞块移动速度小于 0.4m/min 的场合。

为克服直动式行程开关的缺点, 使触点瞬时动作, 行程开关一般都应具有快速换接动作机构, 以保证动作的可靠性、控制位置的精确性和减小电弧对触点的灼烧。

(2) 微动开关 微动开关是采用弯形片状弹簧的瞬时机构, 它的快速动作是靠弯片弹簧, 发生变形时储存的能量突然释放来完成的。微动开关结构如图 1-19 所示, 当推杆被压下时, 弹簧片变形储能并产生位移。当达到一定临界点时, 势能要转变成动能, 弹簧片和动触点会产生瞬间的跳动, 使动断触点断开,

动合触点闭合。反之, 减小操作力, 又使弹簧片反向跳动。具有此种瞬时动作的微动开关, 其动作极限行程和动作压力均很小, 只适用于小型机构中使用。但它有体积小, 动作灵敏的优点。

(3) 转动式行程开关 为克服直动式行程开关的缺点, 还可采用能瞬时动作的转动式行程开关。转动式行程开关可分为单轮旋转式和双轮旋转式。外形如图 1-20 所示。

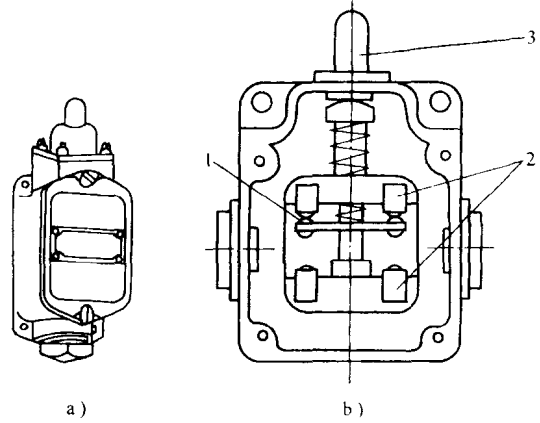


图 1-18 直动式行程开关

a) 外形图 b) 结构图

1—动触点 2—静触点 3—推杆

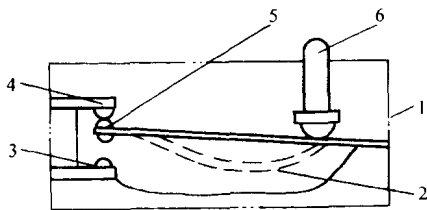


图 1-19 微动开关结构图

1—壳体 2—弓簧片 3—动合触点

4—动断触点 5—动触点 6—推杆

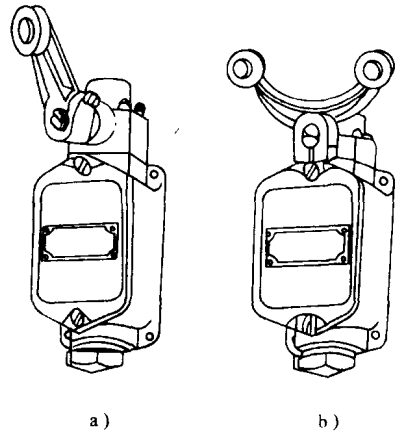


图 1-20 转动式行程开关结构图

a) 单轮旋转式 b) 双轮旋转式

它适用于低速运动的机械。单轮旋转式和直动式行程开关可以自动复位, 而双轮旋转式行程开关不可以自动复位。

目前, 国内生产的行程开关品种规格很多, 较常用的有: LXW5、LX19、LXK3、LX32、LX33 等系列。

行程开关的图形符号及文字符号如图 1-21 所示。

(4) 接近开关 接近开关又称无触点行程开关，它除可以完成行程控制和限位保护外，还是一种非接触型的检测装置，用作检测零件尺寸和测速等，也可用于变频计数器、变频脉冲发生器、液面控制和加工程序的自动衔接等。它具有工作可靠、寿命长、功耗低、复定位精度高、操作频率高以及适应恶劣的工作环境等特点，目前在工业生产等领域内已逐渐得到了推广应用。

按接近开关的工作原理分类有：高频振荡型、电容型、永久磁铁型和霍尔效应型等，其中高频振荡型最为常用。高频振荡型的电路形式多种多样，但基本组成由振荡器、放大器和输出三部分构成。其基本工作原理是：当金属物体进入高频振荡器的线圈磁场（称感应头）时，金属物体内部要产生涡流损耗，它吸收了振荡器的能量，使振荡回路电阻增大，以致振荡减弱直至停振。振荡和停振两种状态经过晶体管放大电路和输出电路就能检测到有无金属物体，开关就能输出相应的控制信号。

图 1-22 是 LJ2 型晶体管式接近开关的原理图。第一级是一个电容三点式振荡器，由三极管 V_1 、振荡线圈 L 及电容 C_1 、 C_2 和 C_3 组成。振荡器的输出加到三极管 V_2 的基极上，经过 V_2 放大及二极管 V_7 、 V_8 整流后的直流信号加到 V_3 的基极，使 V_3 导通。 V_4 与 V_5 组成施密特电路。

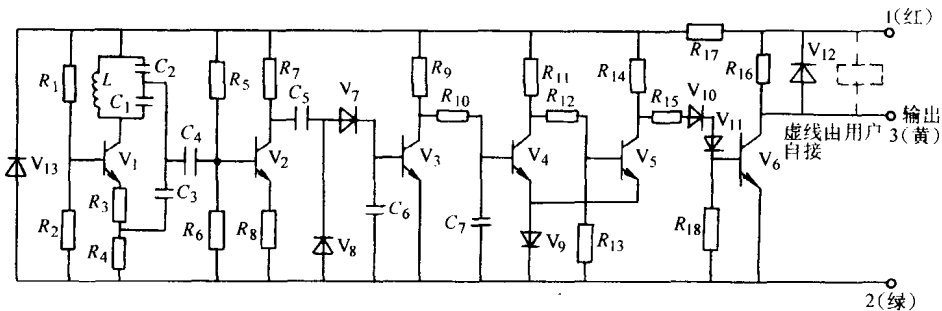


图 1-22 LJ2 型接近开关电路原理图

当没有金属物体接近振荡线圈 L 时， V_4 截止， V_5 导通，故 V_6 截止，则开关无信号输出。

当有金属物体靠近开关感应头时，该物体产生的涡流吸收了振荡器的能量，使振荡减弱至停止，此时 V_7 、 V_8 整流电路无输出电压， V_3 截止，使施密特电路翻转， V_4 导通， V_5 截止，故 V_6 导通，则开关有信号输出。

接近开关及主要系列产品有 LJ2、LJ6、LXJ18 和 35G 等系列。接近开关的文字符号与行程开关相同，其图形符号如图 1-23 所示。

3. 万能转换开关

万能转换开关实际是一种多档位、控制多回路的组合开关，用于控制电路发布控制指令或用于远距离控制，也可作为电压表、电流表的换相开关或作为小容量电动机的起动、调速和换相控制。由于其换接电路多，用途广泛，故又称为万能转换开关。

目前常用的万能转换开关有 LW5、LW6 等系列。

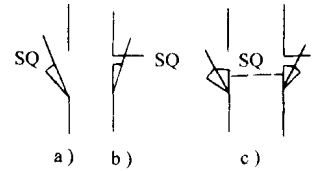


图 1-21 行程开关的符号

- a) 动合触点
- b) 动断触点
- c) 复式触点

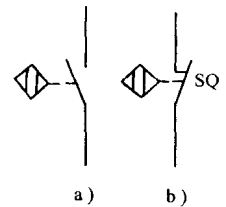


图 1-23 接近开关的符号

- a) 动合触点
- b) 动断触点

LW6 系列万能转换开关由操作机构、面板、手柄及触点座等主要部件组成，其操作位置有 2~12 个，触点底座有 1~10 层，其中每层底座均可装三对触点，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，当手柄转动到不同位置时，通过凸轮的作用，可使各对触点按所需要的规律接通和分断。

LW6 系列万能转换开关还可装成双列型式，列与列之间用齿轮啮合，并由一个公共手柄进行操作，因此，这种转换开关装入的触点最多可达到 60 对。图 1-24 所示为 LW6 系列万能转换开关中某一层的结构原理图。图 1-25 所示为万能转换开关的图形和文字符号。万能转换开关的各档位通断状况有两种表示法：图形表示法和列表表示法。图 1-25 是用图形表示法表示电路通断状况的一个举例，表示在零位时 1、3 两路接通，在左位时 1 路接通，在右位时 2 路接通。

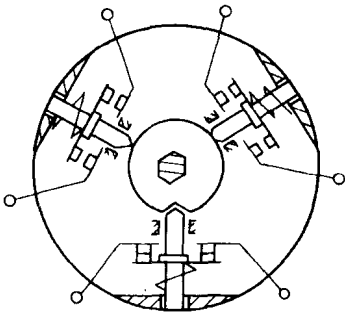


图 1-24 万能转换开关结构示意图

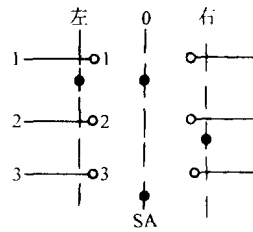


图 1-25 万能转换开关的符号

当用万能转换开关来控制电动机时，要根据电动机接线图来选择万能转换开关，并考虑开关额定电流。

第三节 接 触 器

接触器能依靠电磁力的作用使触点闭合或分离来接通或分断交直流主回路和大容量控制电路，并能实现远距离自动控制和频繁操作，具有欠（零）电压保护，是自动控制系统和电力拖动系统中应用广泛的一种低压控制电器。

接触器主要由电磁系统、触点系统和灭弧装置组成。可分为交流接触器和直流接触器两大类型。

一、交流接触器

1. 交流接触器电磁系统

用来操作触点的闭合与分断，包括线圈、动铁心和静铁心。线圈由绝缘铜导线绕制而成，一般制成粗而短的圆筒形，并与铁心之间有一定的间隙，以免与铁心直接接触而受热烧坏。铁心由硅钢片叠压而成，以减少铁心中的涡流损耗，避免铁心过热。在铁心上装有短路环，以减少交流接触器吸合时产生的振动和噪声，故又称减振环。

2. 触点系统

分主触点和辅助触点，用来直接接通和分断交流主电路和控制电路。

主触点用以通断电流较大的主电路，体积较大，一般有三对动合触点；辅助触点用以通断电流较小的控制电路，体积较小，有动合和动断两种触点。触点用导电性能较好的紫铜制

成，并在接触部分镶上银或银合金块，以减小接触电阻。

3. 灭弧装置

用来迅速熄灭主触点在分断电路时所产生的电弧，保护触点不受电弧灼伤，并使分断时间缩短。容量在 10A 以上的接触器都有灭弧装置，对于小容量的接触器，常采用双断口桥形触点以利于灭弧，其上有陶土灭弧罩。对于大容量的接触器常采用纵缝灭弧罩及栅片灭弧结构。

4. 其它部件

其它部件包括反作用力弹簧、传动机构和接线柱等。其结构示意图如图 1-26 所示。

5. 工作原理

当线圈通入电流后，在铁心中形成强磁场，动铁心受到电磁力的作用，便吸向静铁心。但动铁心的运动受到反作用力弹簧阻力，故只有当电磁力大于弹簧反力时，动铁心才能被静铁心吸住。动铁心吸下时，带动动触点与静触点接触，从而使被控电路接通。当线圈断电后，动铁心在反力弹簧作用下迅速离开静铁心，从而使动、静触点也分离，断开被控电路。

常用的交流接触器产品有：国内：CJ10、CJ12、CJ10X、CJ20、CJX1、CJX2；国外：B 系列、3TB、3TD、LC-D 等系列。

二、直流接触器

直流接触器与交流接触器在结构与工作原理上基本相同。在结构上也是由电磁机构、触点系统和灭弧装置等部分组成。但也有不同之处，其铁心通以直流电，不会产生涡流和磁滞损耗，所以不发热。为方便加工，由整块软钢制成。为使线圈散热良好，通常将线圈绕制成长而薄的圆筒形，与铁心直接接触，易于散热。直流接触器灭弧较困难，一般采用灭弧能力较强的磁吹灭弧装置。

常用的直流接触器有：CZ0、CZ18 等系列。

接触器图形及文字符号如图 1-27 所示。

三、使用接触器的注意事项

1) 定期检查接触器的零件，要求可动部分灵活，紧固件无松动，已损坏的零件应及时修理或更换。

2) 保持触点表面的清洁，不允许粘有油污。当触点表面因电弧烧蚀而附有金属小珠粒时，应及时去掉。触点若已磨损，应及时调整，消除过大的超程；若触点厚度只剩下 1/3 时，应及时更换。银和银合金触点表面因电弧作用而生成黑色氧化膜时，不必锉去，因为这种氧化膜的接触电阻很低，不会造成接触不良，锉掉反而缩短了触点寿命。

3) 接触器不允许在去掉灭弧罩的情况下使用，因为这样很可能因触点分断时电弧互相连接而造成相间短路事故。用陶土制成的灭弧罩易碎，拆装时应小心，避免碰撞造成损坏。

4) 若接触器已不能修复，应予更换。更换前应检查接触器的铭牌和线圈标牌上标出的参

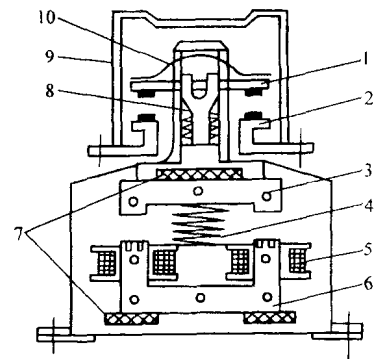


图 1-26 CJ20-63 型交流

接触器示意图

- 1—动触点 2—静触点 3—动铁心
4—缓冲弹簧 5—电磁线圈 6—静铁心
7—垫毡 8—接触弹簧
9—灭弧罩 10—触点压力簧片

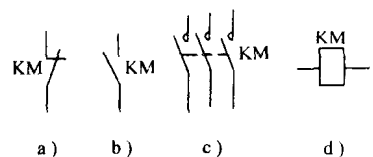


图 1-27 接触器的文字与图形符号

- a) 辅助动断触点 b) 辅助动合触点
c) 主触点 d) 线圈