



智能制造领域高素质技术技能型人才培养方案教材
高等职业教育机电一体化及电气自动化技术专业教材

机电传动与控制

主编◎蔡文斐 杜海军

JIDIAN

CHUANDONG YU

KONGZHI



华中科技大学出版社
<http://www.hustp.com>

机电传动与控制

主 编 蔡文斐 杜海军
副主编 金兴伟 盖超会 徐建荣
参 编 尹 久

华中科技大学出版社
中国·武汉

内 容 简 介

本书共分6个项目,内容包括:常用低压电器、三相异步电动机、三相异步电动机的电气控制、直流电动机及其电气控制、控制电机及其电气控制、典型机械设备的电气控制。每个项目都采用任务驱动的编写模式,以典型工作任务构建结构。每个任务包括任务导入、任务分析、相关知识、任务实施等,任务难度由简到繁、由易到难。

本书可作为高等职业教育机电一体化专业、数控专业及非电类相关专业的教材,也可作为成人教育的电气控制相关课程教材,还可用作机电行业的工程技术人员参考书或电工考证培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

机电传动与控制/蔡文斐,杜海军主编. —武汉:华中科技大学出版社,2021.8
ISBN 978-7-5680-7517-6

I. ①机… II. ①蔡… ②杜… III. ①电力传动控制设备-高等学校-教材 IV. ①TM921.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2021)第172086号

机电传动与控制

Jidian Chuandong yu Kongzhi

蔡文斐 杜海军 主编

策划编辑:张毅

责任编辑:张毅

封面设计:袍子

责任监印:朱玢

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

电话:(027)81321913

武汉市东湖新技术开发区华工科技园

邮编:430223

录排:华中科技大学惠友文印中心

印刷:武汉首壹印刷有限公司

开本:787mm×1092mm 1/16

印张:17.75

字数:443千字

版次:2021年8月第1版第1次印刷

定价:49.80元



本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

高等职业教育的任务是培养动手能力强、职业素质高的高端型技能人才。为贯彻《国家职业教育改革实施方案》(国发〔2019〕4号)的精神,全面落实“以服务为宗旨、以就业为导向”的办学方针和“以就业为导向、以能力为本位”的教育教学指导思想,根据机电一体化专业职业岗位群的要求,在充分调研的基础上,我们组织了一些实践能力较强的高校教师和行业、企业一线技术专家共同编写了本书。

我们在编写过程中,遵循以工学结合为切入点、以工作过程为导向的教材建设思路。根据企业的工作实际,分析机电一体化专业职业岗位群的要求和工作内容,结合学校实训设备的实际,以项目为载体整合教材结构,以任务驱动安排教学内容,打破传统的学科型课程框架,以期达到落实先进的教学理念的目的。

机电传动控制是机电工程技术人员必须掌握的专业知识。为了帮助机电一体化专业及非电类专业学生尽快掌握机电传动方面的综合知识,本书从机电一体化技术需要出发,坚持理论知识以“必需、够用”为度,突出“教中做、做中学、学中练”这一核心指导原则,努力培养学生的综合应用能力和实际动手能力。

本书由湖北轻工职业技术学院蔡文斐、湖北工业职业技术学院杜海军担任主编,由湖北工业职业技术学院金兴伟、武汉软件工程职业学院盖超会、福建中烟工业有限责任公司技术中心徐建荣担任副主编,湖北轻工职业技术学院尹久参编。其中,蔡文斐编写绪论、项目1~项目3,杜海军编写项目6,金兴伟编写项目4,盖超会编写项目5任务1,徐建荣编写项目5任务2,尹久参与了部分章节编写。全书由蔡文斐定稿、统稿。

在本书的编写过程中,参阅了多种同类教材和著作,特向其编著者致以衷心感谢。此外,本书在编写过程中得到了武汉船舶重装集团、湖北新冶钢有限公司及德国克朗斯股份有限公司武汉培训部等有关单位和部门的大力帮助,在此深表谢意。

由于编者知识水平有限,书中难免有不妥之处,敬请读者批评指正。

编者
2021年7月

绪论	1
项目 1 常用低压电器	5
学习任务 1 常用低压电器的认知	6
学习任务 2 常用低压电器的故障诊断与维修	49
思考与练习	54
项目 2 三相异步电动机	56
学习任务 1 三相异步电动机的拆卸与装配	57
学习任务 2 三相异步电动机运行时的参数测量	67
思考与练习	84
项目 3 三相异步电动机的电气控制	87
学习任务 1 三相异步电动机单向控制电路的安装与调试	88
学习任务 2 三相异步电动机正反转控制电路的安装与调试	105
学习任务 3 三相异步电动机 Y— Δ 降压启动控制电路的安装与调试	117
学习任务 4 三相异步电动机的调速、制动及控制电路	133
思考与练习	145
项目 4 直流电动机及其电气控制	148
学习任务 1 直流电动机的认知	149
学习任务 2 直流电动机的电气控制	165
思考与练习	193
项目 5 控制电机及其电气控制	195
学习任务 1 伺服电动机及其电气控制	196
学习任务 2 步进电动机及其电气控制	214
思考与练习	235
项目 6 典型机械设备的电气控制	236
学习任务 1 C650 型普通卧式车床电气控制电路分析	237
学习任务 2 X62W 型卧式万能铣床电气控制与维修	258
思考与练习	274
附录 电气图常用图形与文字符号新旧标准对照表	276
参考文献	280

0

绪论

◀ 知识目标

- (1) 了解机电传动控制的任务和目的；
- (2) 熟悉机电传动控制系统的发展；
- (3) 熟悉本课程的性质和基本任务。

◀ 能力目标

- (1) 能够讲述机电传动控制系统的发展阶段；
- (2) 能够讲述本课程的基本任务。

华中科技大学出版社



一、机电传动控制的任务和目的

凡是以电动机为原动机,包含控制电动机的一整套控制系统,并能完成一定生产工艺过程要求的系统,都称为机电传动控制系统。生产机械称为电动机的负载。

1. 机电传动控制的任务

- (1) 将电能转换为机械能。
- (2) 实现生产机械的启动、停止以及速度的调节。
- (3) 满足各种生产工艺过程的要求。
- (4) 保证生产过程的正常进行。

2. 机电传动控制的目的

(1) 从广义上讲,机电传动控制的目的就是要使生产设备、生产线、车间乃至整个工厂都实现自动化。

(2) 从狭义上讲,机电传动控制的目的是控制电动机驱动生产机械,实现生产产品数量的增加(效率)、质量的提高(精度)、生产成本的降低、工人劳动条件的改善以及能量的合理利用等。

随着生产工艺的发展,不同生产领域对机电传动控制系统的要求越来越高。例如:①重型镗床为保证加工精度和表面粗糙度,要求在极慢的稳速下进给,即要求系统有很宽的调速范围;②轧钢车间的可逆式轧机及其辅助机械,正反转操作频繁,要求在不到 1 s 的时间内完成从正转到反转的过程,即要求系统能迅速启动、制动和反向;③电梯和提升机则要求启动和制动平稳,并能准确地停止在给定的位置上;④冷、热连轧机以及造纸机则要求各机架或各分部的转速保持一定的比例关系协调运转;⑤为了提高效率,由数台或十几台设备组成的生产自动线,要求统一控制或管理;⑥一些精密机床要求加工精度达到百分之几毫米,甚至几微米。

二、机电传动控制系统的发展概况

原始的机械设备由工作机构、传动机构和原动机(电动机)组成,其控制由工作机构和传动机构的机械配合实现。

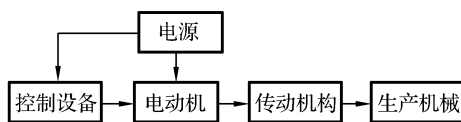


图 0-1 现代机电传动控制系统的一般组成

随着电气元件和自动控制系统的发展,设备的性能不断提高,机电传动及其控制系统也在不断发展,现代机电传动控制系统的一般组成如图 0-1 所示。

机电传动控制系统总是随着社会生产的发展而发展的。就其发展而言,可从机电传动和控制系统两个方面来讨论。

1. 机电传动的发展

1) 成组拖动

一台电动机拖动一根天轴(或地轴),然后再由天轴(或地轴)通过皮带轮和皮带分别拖动多台生产机械。其特点是生产效率低、劳动条件差,一旦电动机出现故障,将造成成组的生产机械停车。

2) 单电动机拖动

一台电动机拖动一台生产机械的各运动部件。这种拖动方式较成组拖动前进了一步,但当一台生产机械的运动部件较多时,其传动机构十分复杂。

3) 多台电动机拖动

一台生产机械的各个运动部件分别由不同的电动机来拖动。这种拖动方式不仅大大简化了生产机械的传动机构,而且为生产机械的自动化提供了有利条件,现代机电传动基本上均采用这种拖动形式。

2. 机电传动控制系统的发展

控制系统伴随控制器件的发展而发展。随着功率器件、放大器件的不断发展,机电传动控制系统也日新月异地发展,它主要经历了以下四个阶段。

1) 继电器-接触器控制

继电器-接触器控制出现在 20 世纪初,它借助简单的接触器与继电器,实现对控制对象的启动、停车、反转以及有级调速等控制。其特点是,简单、易掌握、价格低、易维修,许多通用设备至今仍采用这种控制系统。它的缺点是,控制速度慢、控制精度差且体积大、功耗大。

2) 电机放大机控制

电机放大机控制是 20 世纪 30 年代出现的一种控制系统,它使控制系统从断续控制发展到连续控制,减少了电路的触点,提高了控制系统的可靠性并使生产效率得到提高。

3) 磁放大器控制和大功率可控整流器控制

磁放大器控制和大功率可控整流器控制是 20 世纪 40 年代出现的一种控制系统,其最后的主流代表是大功率晶闸管、晶体管控制,它开辟了机电传动自动控制系统的新时代,同时在控制理论中出现了采样控制、工业控制中出现了单片机和 PLC 控制。晶闸管、晶体管控制特点是,效率高、控制特性好、反应快、寿命长、易维护、体积小、质量轻。

4) 计算机数字控制(CNC)

计算机数字控制(CNC)是 20 世纪 70 年代初出现的一种控制系统,主要应用于数控机床和加工中心。它强化了自动化程度,提高了机床的通用性和加工效率,并为机械加工的全部自动化创造了物质基础。

20 世纪 80 年代,由于数控机床、工业机器人和计算机的应用,出现了机械加工自动线——柔性制造系统(FMS),并成为实现自动化车间和自动化工厂的重要组成部分。机械制造自动化高级阶段是走向设计、制造一体化,即利用计算机辅助设计(CAD)与计算机辅助制造(CAM)形成产品设计和制造过程的完整系统。计算机集成制造系统(CIMS)的目标是实现制造过程的高效率、高柔性、高质量。研制计算机集成制造系统是人们今后的任务。

三、机电传动控制课程的性质和基本任务

1. 机电传动控制课程的性质

机电传动控制课程是一门应用性很强的专业基础课程。本课程实践性强,与生产实际联系紧密,知识的覆盖面较宽,具有强电与弱电结合,机、电、液结合的特点。机电传动与控制技术在生产、科学研究和其他领域有着十分广泛的应用。

本课程主要内容是,以电动机和其他执行电器为主要对象,重点介绍交、直流电动机,控

制电动机,常用低压电器的基本结构、原理与选用,基本电气控制电路的原理与应用,机床电气控制电路,电气控制电路的设计等内容。

本课程从应用的角度出发,力求理论联系实际,努力贯彻高职教育机电类岗位高技能人才培养的宗旨,以工学结合为指导思想,以就业为导向,强调学历教育与职业技能“双证”融合的教育理念,力求提高学生的动手能力和综合素质,积极实现高职教育高技能人才培养目标定位的教学内涵。

2. 机电传动控制课程的基本任务

(1) 掌握交流电动机、直流电动机和控制电机的结构原理、种类、用途、型号及机械特性,达到能正确使用和选择的目的。

(2) 熟悉常用低压电器的基本原理、用途及型号,达到能正确使用和选择的目的。

(3) 掌握基本电气控制电路的工作原理和分析方法,具有电气控制电路的故障排查能力。

(4) 熟悉和掌握典型生产机械电气控制电路,具有从事机电传动设备的安装、调试、运行和维护等技术工作的能力。

(5) 初步具有设计、改造、革新一般生产机械控制系统的能力。

(6) 配合电工考证。

华中科技大学出版社

项目 1

常用低压电器

1

本项目通过对指定的低压电器的认识,完成对组成电气控制电路的一些常用低压电器的型号、符号、工作原理、用途和主要技术参数学习,达到能正确地选用和使用这些常用低压电器的目的。

◀ 知识目标

- (1)了解低压电器的概念与分类。
- (2)熟悉常用低压电器的类型、用途、基本结构、外形特征及工作原理。
- (3)熟悉常用低压电器的型号表示法、主要技术参数、文字符号和图形符号。

◀ 能力目标

- (1)能够正确识别、选用和使用常用低压电器。
- (2)会测量低压电器的线圈电阻值、电压值、电流值,会判断触头的通断情况。
- (3)能够完成对常用低压电器的维护及故障处理。



学习任务 1 常用低压电器的认知

【任务导入】

传统的继电器、接触器控制技术是近代电气控制的基础,且目前仍被广泛应用。本任务将从应用方面介绍常用低压电器的用途、基本结构、工作原理、主要技术参数和选用方法。图 1-1 所示为一些常用低压电器。

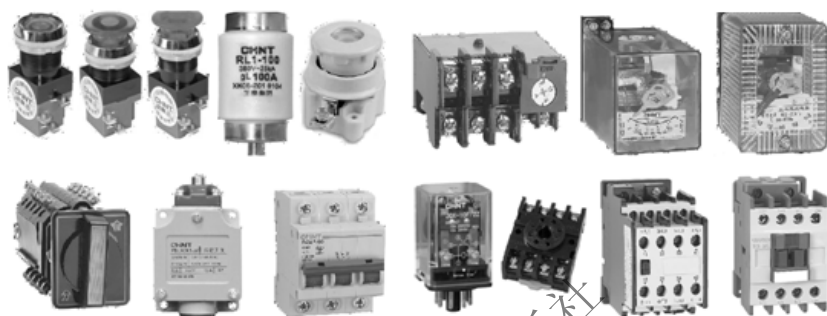


图 1-1 常用低压电器

【任务分析】

完成本任务的步骤是:先介绍一些低压电器的基本知识及发展方向,熟悉其工作原理;再对照低压电器的实物查阅相应的资料,认识低压电器的名称、符号和型号,熟悉其外形结构,以达到识别的目的;最后使用工具和仪表对一些低压电器进行检查与测试,熟悉其用途、主要参数,以达到正确地选择和使用低压电器的目的。

【相关知识】

一、电器的定义和类型

1. 电器的定义

电器是指能自动或手动接通和断开电路,以及能对电路或非电路现象进行切换、控制、保护、检测、变换和调节的设备。

2. 电器的类型

电器用途广泛,功能多样,构造各异,其分类方法很多,从使用角度常分为以下几种。

1) 按工作电压等级分类

(1)高压电器,指工作电压在交流 1 200 V 及以上或直流 1 500 V 及以上的各种电器。例如,高压熔断器、高压隔离开关、高压断路器等。

(2)低压电器,指工作电压在交流 1 200 V 以下或直流 1 500 V 以下的各种电器。例如,接触器、继电器、刀开关、按钮等。

2) 按用途分类

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

(2) 保护电器,指用于保护电动机使其安全运行,以及保护生产机械使其不受损坏的电器。例如,熔断器、热继电器等。

(3) 执行电器,指用于操作带动生产机械和支承与保持机械装置在固定位置上的电器。例如,电磁铁、电磁阀、电磁离合器等。

(4) 配电电器,指用于电能的输送与分配的电器。例如,各类刀开关、断路器等。

(5) 主令电器,指用于自动控制系统中发送动作指令的电器。例如,控制按钮、主令开关、行程开关等。

3) 按动作性质分类

(1) 非自动电器,指无动力机构而靠人力或外力来接通或切断电路的电器。例如,各类刀开关等。

(2) 自动电器,指依靠指令或物理量(如电流、电压、时间、速度等)变化而自动动作的电器。例如,接触器、继电器等。

4) 按工作原理分类

(1) 电磁式电器,指依据电磁感应原理来工作的电器。例如,交直流接触器、各种电磁式继电器、电磁阀等。

(2) 非电量控制电器,指靠外力或某种非物理量的变化而动作的电器。例如,行程开关、按钮、时间继电器、温度继电器、压力继电器等。

二、电磁式电器的结构与工作原理

电磁式电器在电气自动化控制系统中使用最多,种类也很多,其工作原理和结构基本相同。就其结构而言,主要由电磁机构、触头系统和灭弧系统三大部分组成。

1. 电磁机构

电磁机构是电磁式电器的信号感测部分。它的主要作用是将电磁能量转换为机械能量并带动触头动作,从而完成电路的接通或分断。它通常采用电磁铁的形式,由吸引线圈、静铁芯(铁芯)、动铁芯(衔铁)等组成,其中动铁芯与动触点支架相连。常用电磁机构的形式如图1-2所示。

电磁式电器分为直流电磁式电器和交流电磁式电器两大类,它们都是利用电磁铁的原理制成的。电磁铁按励磁电流可分为直流电磁铁和交流电磁铁两种形式。其吸引线圈接入电路的方式可以分为电压线圈和电流线圈。通常电压线圈采用并联方式接入,电流线圈采用串联方式接入。通常直流电磁铁的铁芯是用整块钢材或工程纯铁制成的,而交流电磁铁的铁芯为了减小涡流损耗则用硅钢片叠加而成。

1) 吸引线圈

吸引线圈的作用是将电能转换为磁场能量。按通入电流的种类不同,可分为直流线圈和交流线圈两种。

对于直流电磁铁,因其铁芯不发热,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,使线圈与铁芯直接接触,易于散热。

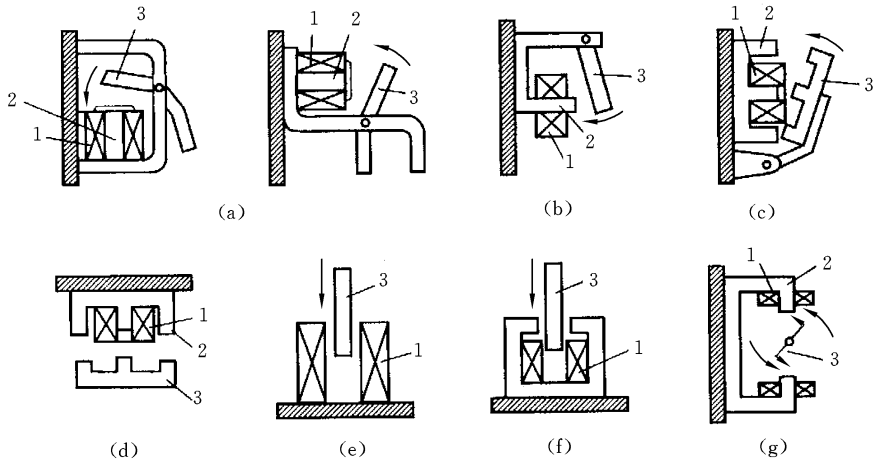


图 1-2 常用电磁机构的形式

1—线圈；2—铁芯；3—衔铁

对于交流电磁铁,因其铁芯存在磁滞和涡流损耗,线圈和铁芯都会发热,所以交流电磁铁的吸引线圈有骨架,使线圈与铁芯隔离并将线圈制成短而厚的形状,这样有利于线圈和铁芯的散热。

2) 电磁式电器的工作原理

(1)交流电磁铁的工作原理。电磁线圈通电产生磁场,使动、静铁芯磁化而互相吸引,当动铁芯被吸引而向静铁芯运动时,与动铁芯相连的动触点也被拉向静触点,令其闭合从而接通电路。电磁线圈断电后,磁场消失,动铁芯在复位弹簧的作用下,回到原位,并牵动动、静触点,断开电路。图 1-3 所示为电磁铁的示意图。

(2)交流电磁铁中短路环的作用。由于交流电磁铁的磁通是交变的,线圈磁场对衔铁的吸引力也是交变的。当交流电流过零时,线圈磁通为零,对衔铁的吸引力也为零,衔铁在复位弹簧的作用下将产生释放运动,这就使得动、静铁芯之间的吸引力随着交流电的变化而变化,从而产生振动和噪声,加速动、静铁芯接触面积的磨损,引起结合不良,严重时还会使触点烧蚀。为了消除这一弊端,在铁芯柱面的一部分,嵌入一只短路环。图 1-4 所示为交流电磁铁的短路环示意图。短路环通常包围 2/3 的铁芯截面,一般用铜、锰白铜或镍铬合金等材料制成。

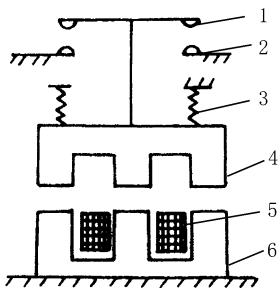


图 1-3 电磁铁的示意图

1—动触点；2—静触点；3—复位弹簧；
4—动铁芯；5—电磁线圈；6—静铁芯

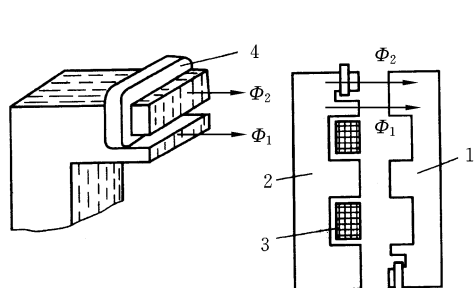


图 1-4 交流电磁铁的短路环示意图

1—衔铁；2—铁芯；3—线圈；4—短路环

2. 触头系统

触头是电器的执行部分,起接通和分断电路的作用。因此,要求触头的导电、导热性能良好,触头通常用铜或银制成。

1) 触头的接触电阻

铜和银的表面都容易氧化而生成一层氧化铜和氧化银。对于铜质材料的触头,这层氧化铜会使触头的接触电阻增加(氧化铜的电阻率是纯铜的十几倍),触头损耗增大,温度上升。但银质材料的触头则不一样,因为氧化银的电阻率与纯银的相差不大,且要在高温下才会形成,因此,银质触头具有较小和稳定的接触电阻。对于继电器和小容量的电器,其触头常采用银质材料;对于中大容量的低压电器,若采用铜质触头,则在结构设计上,触头最好采用滚动接触,这样可将氧化膜去掉。

在理想情况下,触头闭合时,接触电阻为零;触头断开时,接触电阻为无穷大。

2) 触头的类型

(1)按结构形式,触头分为桥式触头和指形触头两种。桥式触头又分为点接触桥式触头(见图 1-5(a))和面接触桥式触头(见图 1-5(b))两种。点接触桥式触头适用于小电流且触头压力小的场合,面接触桥式触头适用于大电流的场合。指形触头(见图 1-5(c))的接触面为一直线,触头接通或分断时会产生滚动摩擦,以利于去掉氧化膜,此种形式适用于通电次数多、电流大的场合。

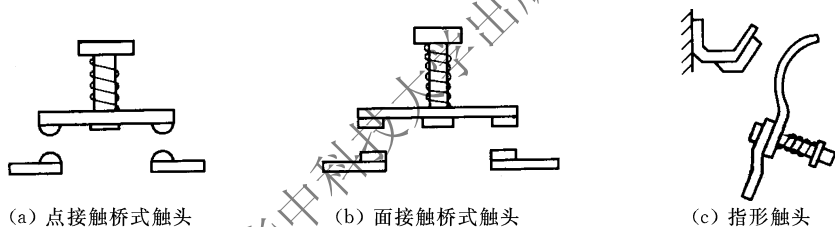


图 1-5 触头的结构形式

(2)按功能,触头分为主触头和辅助触头两类。主触头用于接通和分断主电路,辅助触头用于接通和分断二次电路,还能起互锁和连锁作用。

(3)按位置,触头分为静触头和动触头两类。静触头固定不动,动触头可由连杆带着移动。

为了使触头接触得更加紧密,以减小接触电阻,并消除开始接触时产生的振动,在触头上装有接触弹簧,在刚刚接触时产生初压力,并且随着触头的闭合又增大触头的互压力,如图 1-6 所示。

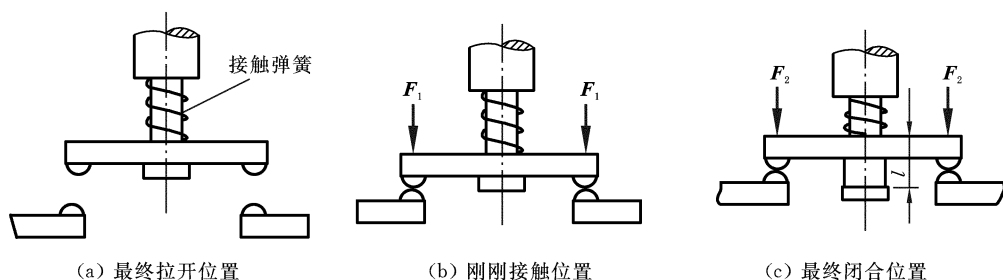


图 1-6 触头的位置示意图

3. 灭弧系统

1) 电弧的产生

在触点由闭合状态过渡到断开状态的过程中,如果加在触头间隙两端的电压超过某一数值(在 12~20 V 之间),则触头间隙就会产生的电弧。电弧实际上是触头间气体在强电场作用下产生的电离放电现象,是一种炽热的电子流。

2) 电弧的特点

外部有白炽弧光,内部有很高的温度,电流的密度也很大。

3) 电弧的危害

电弧产生后,伴随高温产生并发出强光,将会烧损触头,缩短电器的使用寿命,使电路仍然保持导通状态,延迟了电路的切断时间,严重时会引起火灾或其他事故。因此,在电器中应采取适当的措施熄灭电弧。

4) 电弧的灭弧方法

通常的灭弧方法有电动力灭弧、磁吹灭弧、窄缝灭弧和栅片灭弧四种。

(1)电动力灭弧。电动力灭弧的原理如图 1-7 所示。当触头断开时,在断口中产生电弧,在电动力 F 的作用下,电弧向外运动被拉长,加快冷却并熄灭。这种灭弧方法一般用于交流接触器中。

(2)磁吹灭弧。磁吹灭弧的原理如图 1-8 所示。在触头电路中串入一个磁吹线圈,负载电流产生如图 1-8 所示的磁场方向。在触头断开产生电弧后,电动力的作用使电弧被拉长并吹入灭弧罩中,使电弧冷却并熄灭。这种灭弧方法利用电弧的电流灭弧,电流越大,吹弧能力也越强。它广泛应用于直流接触器中。

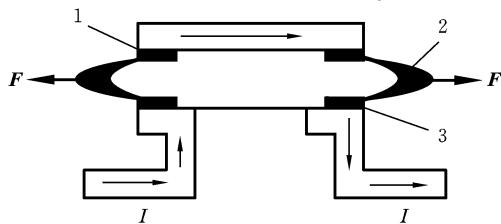


图 1-7 电动力灭弧原理图
1—动触点;2—电弧;3—静触点

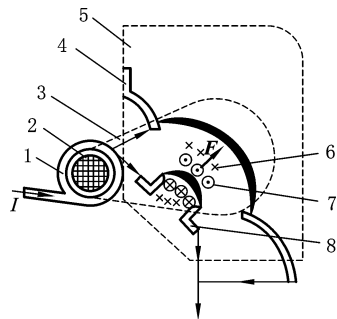
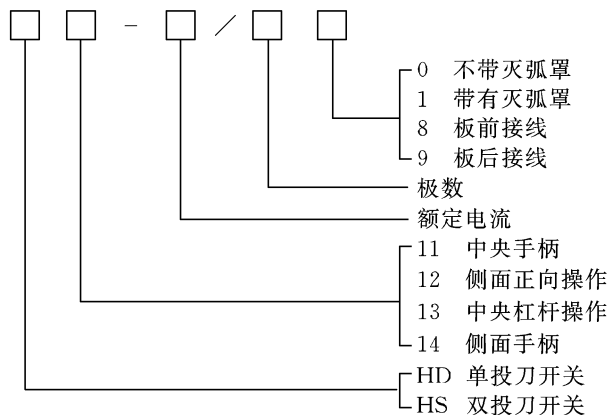


图 1-8 磁吹灭弧原理图
1—磁吹线圈;2—铁芯;3—导磁夹板;4—引弧角;
5—灭弧罩;6—磁吹线圈磁场;7—电弧电流磁场;8—动触头

(3)窄缝灭弧。这种灭弧方法是利用灭弧罩的窄缝来实现灭弧的。灭弧罩内只有一个窄缝,缝的下部宽些,上部窄些,如图 1-9 所示。当触头断开时,电弧在电动力的作用下进入窄缝内,窄缝可直接压缩电弧柱,使电弧同缝壁紧密接触,加强冷却和消电离作用,使电弧熄灭加快。窄缝灭弧常用于交流和直流接触器上。

(4)栅片灭弧。栅片灭弧的示意图如图 1-10 所示。灭弧栅由多片镀铜薄钢片(称为栅片)组成,栅片间相互绝缘。当电弧产生时,电动力的作用使电弧被拉入灭弧栅而被分割成

器式)等开关系列。其中,HR5 刀开关中的熔断器采用 NT 型低压高分断型,并且结构紧凑,其分断能力高达 100 kA。



刀开关的图形符号和文字符号如图 1-12 所示。

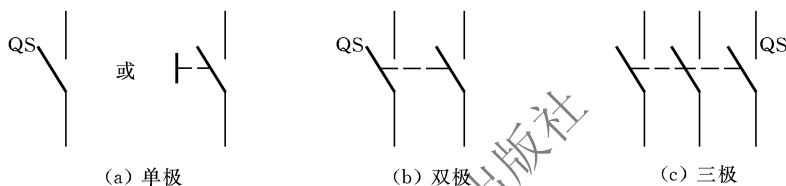


图 1-12 刀开关的图形符号和文字符号

(4) 安装和使用时应注意的事项有如下两点。

① 电源进线应接在静触头一边的进线端,用电设备应接在动触头一边的出线端,一般遵循上进下出、左进右出的原则。

② 安装时,刀开关在合闸状态下手柄应该向上,不能倒装或平装,以防闸刀松动落下误合闸,造成安全事故。

2) 转换开关

转换开关又称为组合开关,实质上为刀开关。它是一种多触头、多位置式可控多个回路的低压电器。转换开关一般用于电气设备中非频繁通断电路、换接电源和负载、测量三相电压以及直接控制小容量电动机的运行状态。转换开关较刀开关更灵巧方便,除通断外,还有转换功能。

(1) 转换开关的结构。

转换开关由动触头(动触片)、静触头(静触片)、转轴、手柄、定位机构及外壳等部分组成,其动、静触头分别叠装于数层绝缘壳内,结构示意图如图 1-13 所示。HZ10 系列转换开关的外形图如图 1-14 所示,当转动手柄时,每层的动触片随方形轴一起转动。

(2) 转换开关的主要参数。

转换开关有单极、双极和多极三种。其主要参数有额定电压、额定电流、允许操作频率、极数、可控制电动机的最大功率。额定电流有 10 A、20 A、40 A、60 A 等几种。

(3) 转换开关的类型和符号。

转换开关常用的类型有 HZ15、HZ10、HZ5、HZ2、3ST、3LB 等系列。其中,HZ5 系列是类似于万能转换开关的产品,其结构和一般转换开关的有所不同,HZ15 系列为新型的全国