

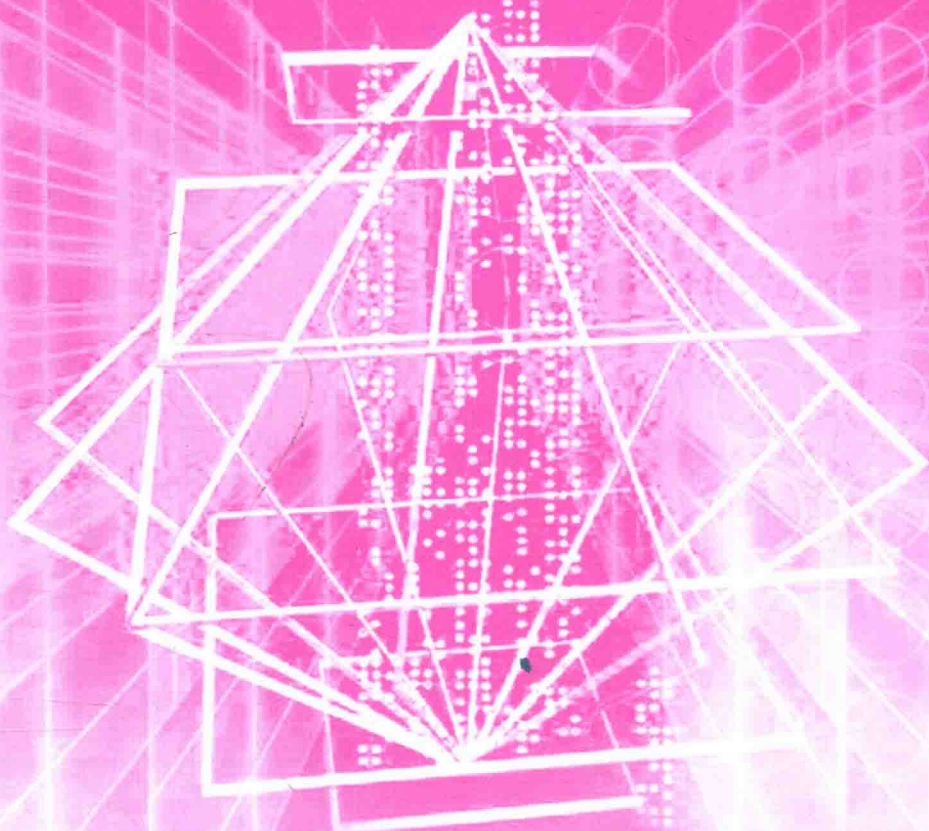


高等职业技术教育建筑设备类专业“十三五”规划教材

建筑电气控制技术

(第2版)

主 编 裴 涛 王瑾烽 张贵芳
主 审 胡晓元



武汉理工大学出版社

高等职业技术教育建筑设备类专业“十三五”规划教材

建筑电气控制技术

(第2版)

主 编	裴 涛	王瑾烽	张贵芳
副主编	马福军	韩俊玲	毛金玲
主 审	胡晓元		

武汉理工大学出版社

· 武 汉 ·

内 容 提 要

本书系统地介绍了常用低压电器,电气控制电路的基本环节,电气图的绘制,常用施工机械的电气控制,楼宇常用设备电气控制,电气控制系统的设计、安装、调试与维修,S7-200 可编程控制器,以及西门子 MM420 变频器及其应用。

本书可作为高等职业技术学院和成人高等学校建筑电气、电气自动化、楼宇智能化及机电一体化等专业的教材或参考书,亦可供有关工程技术人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

建筑电气控制技术/裴涛,王瑾烽,张贵芳主编.—2版.—武汉:武汉理工大学出版社,2018.8

ISBN 978-7-5629-5855-0

I. ①建… II. ①裴… ②王… ③张… III. ①房屋建筑设备-电气控制 IV. ①TU85

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 183279 号

项目负责人:杨学忠 张淑芳

责 任 编 辑:张淑芳

责 任 校 对:丁 冲

封 面 设 计:芳华时代

出 版 发 行:武汉理工大学出版社

社 址:武汉市洪山区珞狮路 122 号

邮 编:430070

网 址:<http://www.wutp.com.cn>

经 销:各地新华书店

印 刷:武汉市兴和彩色印务有限公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:18.5 插页:1

字 数:468 千字

版 次:2018 年 8 月第 2 版

印 次:2018 年 8 月第 1 次印刷 总第 4 次印刷

印 数:3000 册

定 价:42.00 元

凡使用本教材的老师,可拨打 13971389897 索取电子教案。

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请向出版社发行部调换。

本社购书热线电话:027-87515778 87515848 87785758 87165708(传真)

版权所有,盗版必究。

高等职业技术教育建筑设备类专业规划教材

出版说明

随着教学改革不断深化和社会发展对人才的现实需求,根据教育部“高等职业教育应以服务为宗旨,以就业为导向,走产学研结合的发展道路”的办学方向和“要加强学生实践能力、技术运用能力的培养,充分反映新兴技术、新兴产业对技能培养的要求,满足经济结构战略性调整、技术结构优化升级和高科技产业迅速发展对人才培养的要求”的职业技术教育培养目标,以及职业技术教育“要逐步建立以能力培养为基础的、特色鲜明的专业教材和实训指导教材”的教材建设要求,武汉理工大学出版社经过广泛的调查研究,与全国 20 多所高等专科学校、高等职业技术学院的建筑设备和建筑电气工程技术方面的教育专家、学者共同探讨,于 2007 年组织编写了一套适应高等职业教育建筑设备相关专业人才培养和教学要求的、具有鲜明职业教育特色的实用性教材《高等职业技术教育建筑设备类专业规划教材》。

本套教材是根据教育部、住房和城乡建设部高职高专建筑设备类专业教学指导委员会制订的培养方案和各课程教学大纲组织编写的,具有如下特点:

(1)教材的编写坚持“以应用为目的,专业理论知识以必需、够用为度”的原则,着重培养学生从事工程设计、施工和管理等方面的专项能力,体现能力本位的教育思想。

(2)教材的理论体系、组织结构、编写方法,以突出实践性教学和使学生容易掌握为准则,同时全面体现本领域的新法规、新规范、新方法、新成果,与施工企业与机构的生产、工作实际紧密结合,力求达到学以致用目的。

(3)本套教材努力使用和推广现代化教学手段,将分步组织编写、制作和出版与教材配套的案例、实训教材、模拟试题、教学大纲及电子教案。

本套教材出版后被多所院校长期使用,普遍反映内容质量良好,突出了职业教育注重能力培养的特点,符合当前职业教育的教学要求,其中多种教材被评为普通高等教育“十二五”住房和城乡建设部规划教材,《建筑给水排水工程》被评为“十二五”职业教育国家规划教材。

随着国家标准、技术规范的不断更新,近期我们也对本套教材进行了全面修订,以适应经济技术发展和职业教育对技能型应用人才培养的需要。

高等职业技术教育建筑设备类专业规划教材编委会

2014 年 12 月

第2版前言

随着我国国民经济的快速发展,电气控制技术在工业与民用建筑中得到越来越广泛的应用,并已渗透到建筑设备的设计、运行、制造、管理等部门。随着建筑设备自动化程度的日益提高及对建筑节能的迫切要求,需要每一位建筑电气从业者具有对建筑电气控制电路进行解读和运行分析的能力,《建筑电气控制技术》就是为满足日益增长的对于控制技术学习和培训的需求编写的。

编写本书的指导思想是:按照高等职业教育的教育标准和培养目标,结合建设行业的特点,根据建筑施工现场实际,针对应用、突出实用,以培养学生的读图能力为主线,重点训练分析、解决控制线路故障的能力。

本书出版后受到用书单位的一致好评。根据行业发展需要和教学改革的要求,我们对上版教材进行了全面修订,补充和更新了课题7的相关内容,增加了课题8。修订之后全书共分为8个课题:课题1介绍常用的低压电器;课题2介绍电气控制的基本环节;课题3介绍电气图绘制基本知识;课题4介绍常用施工机械的电气控制知识;课题5介绍楼宇常用设备电气控制;课题6介绍电气控制系统的设计、安装、调试与维修;课题7介绍S7-200可编程控制器的基本知识;课题8介绍西门子MM420变频器及其应用。

本书力求遵循高职教育规律,紧扣工程实际,循序渐进讲述控制原理,深入浅出地阐述复杂的控制电路。

本书由辽宁建筑职业技术学院裴涛、浙江建设职业技术学院王瑾烽和湖北城建职业技术学院张贵芳担任主编,浙江建设职业技术学院马福军和辽宁建筑职业技术学院韩俊玲、毛金玲担任副主编。具体分工为:课题1由韩俊玲编写,课题2、课题4由张贵芳编写,课题3、课题6由马福军编写,课题5由裴涛编写,课题7由毛金玲编写、王瑾烽修订,课题8由王瑾烽编写。

四川建筑职业技术学院胡晓元担任本书的主审,提出了许多宝贵意见,在此表示感谢。

本书虽然尽量考虑各地不同需求,但很难做到各方都满意,加之作者水平有限,时间仓促,存在的错误和不足之处恳请读者批评指正。

编者

2018年6月

目 录

课题 1 常用低压电器	(1)
1.1 电磁式低压电器的基本知识	(1)
1.1.1 低压电器及其分类	(2)
1.1.2 电磁式低压电器的基本结构和工作原理	(3)
1.2 开关电器	(8)
1.2.1 刀开关	(8)
1.2.2 组合开关	(10)
1.2.3 负荷开关	(10)
1.2.4 低压断路器	(11)
1.3 主令电器	(15)
1.3.1 按钮	(15)
1.3.2 行程开关	(16)
1.3.3 接近开关	(17)
1.3.4 万能转换开关	(19)
1.3.5 主令控制器	(20)
1.4 低压熔断器	(21)
1.4.1 低压熔断器的主要参数	(22)
1.4.2 常用的低压熔断器	(22)
1.5 接触器	(23)
1.5.1 常用接触器基本结构、工作原理	(23)
1.5.2 接触器的参数和主要技术数据	(25)
1.5.3 接触器的选择及使用注意事项	(26)
1.6 继电器	(27)
1.6.1 电磁式继电器	(27)
1.6.2 中间继电器	(28)
1.6.3 电流继电器	(28)
1.6.4 电压继电器	(29)
1.6.5 时间继电器	(30)
1.6.6 热继电器	(33)
1.6.7 速度继电器	(36)
1.6.8 压力继电器	(37)
1.6.9 液位继电器	(37)
思考题与习题	(38)
课题 2 电气控制电路的基本环节	(39)
2.1 三相异步电动机直接起动控制	(39)

2.1.1 三相异步电动机点动与长动控制	(39)
2.1.2 三相异步电动机单向运行直接起动控制	(42)
2.1.3 三相异步电动机双向运行直接起动控制	(44)
2.2 三相异步电动机降压起动控制	(48)
2.2.1 三相异步电动机 Y- Δ	(48)
2.2.2 三相异步电动机自耦变压器降压起动	(50)
2.2.3 三相异步电动机定子串电阻(电抗器)降压起动	(52)
2.3 绕线式三相异步电动机的起动控制	(53)
2.3.1 绕线式三相异步电动机转子回路串电阻起动	(54)
2.3.2 绕线式三相异步电动机转子回路串频敏变抗器起动	(56)
2.4 三相异步电动机的调速控制	(58)
2.4.1 三相异步电动机变极调速	(59)
2.4.2 三相异步电动机变频变压调速	(60)
2.4.3 绕线式三相异步电动机转子绕组串电阻调速	(67)
2.4.4 涡流制动器调速	(69)
2.5 电动机的制动	(73)
2.5.1 机械制动	(73)
2.5.2 电气制动	(76)
思考题与习题	(80)
课题3 电气图的绘制	(88)
3.1 电气图的分类和作用	(88)
3.1.1 电气图的分类	(88)
3.1.2 常用电气图的作用	(91)
3.2 电气图用文字符号和图形符号	(94)
3.2.1 图形符号	(96)
3.2.2 文字符号	(98)
思考题与习题	(98)
课题4 常用施工机械的电气控制	(99)
4.1 混凝土振动器控制电路	(99)
4.1.1 混凝土振动器分类	(99)
4.1.2 电动混凝土振动器的结构和工作原理	(100)
4.1.3 混凝土振动器控制线路	(101)
4.2 混凝土搅拌机控制电路	(102)
4.2.1 混凝土搅拌机的构成及分类	(102)
4.2.2 搅拌机的控制过程分析	(104)
4.3 附墙式升降机控制电路	(105)
4.3.1 附墙式升降机的结构及其分类	(106)
4.3.2 典型附墙式升降机电气控制电路分析	(107)
4.4 塔式起重机控制电路	(111)
4.4.1 塔式起重机的分类及特点	(111)
4.4.2 塔式起重机的组成与工作机构	(112)

4.4.3 QTZ80 型塔式起重机电气控制电路分析	(117)
思考题与习题	(129)
课题 5 楼宇常用设备电气控制	(130)
5.1 电梯控制电路	(130)
5.1.1 电梯的分类	(130)
5.1.2 电梯的结构和工作原理	(130)
5.1.3 电梯的电气控制系统	(131)
5.1.4 对电梯的各种控制要求	(133)
5.1.5 交流双速电梯控制线路分析	(135)
5.2 空调系统控制电路	(146)
5.2.1 空调的分类	(146)
5.2.2 空调系统设备组成	(147)
5.2.3 空调电气系统常用器件	(148)
5.2.4 制冷与空调系统电气控制实例分析	(153)
5.3 给水排水控制电路	(166)
5.3.1 干簧管水位控制器	(167)
5.3.2 生活给水系统的电气控制	(168)
5.3.3 消防给水控制系统	(170)
5.3.4 排水系统的电气控制	(173)
5.4 锅炉房设备控制电路	(176)
5.4.1 锅炉设备的组成	(176)
5.4.2 锅炉的自动控制任务	(178)
5.4.3 锅炉的电气控制实例	(181)
5.5 自备应急电源	(185)
思考题与习题	(191)
课题 6 电气控制系统的设计、安装、调试与检修	(192)
6.1 继电器接触器控制系统的电路设计方法	(192)
6.1.1 电气控制设计概述	(192)
6.1.2 电气控制设计的一般原则及注意问题	(193)
6.1.3 电气控制系统故障危害及保护的一些基本知识	(195)
6.1.4 电气原理图的设计	(202)
6.2 继电器接触器控制系统的电路安装	(207)
6.2.1 控制线路的安装要求和相关原则	(207)
6.2.2 常用低压电器的安装	(208)
6.2.3 控制线路的技术准备	(212)
6.3 控制线路的调试	(212)
6.3.1 控制线路的模拟动作试验	(212)
6.3.2 试运行	(212)
6.3.3 常见低压电器故障及检修方法	(213)
6.3.4 电气控制线路检查的具体方法	(218)
6.3.5 检修实例	(221)

思考题与习题·····	(222)
课题7 S7-200 可编程控制器 ·····	(223)
7.1 S7-200PLC 的硬件配置及编址·····	(223)
7.1.1 PLC 的基本概念·····	(223)
7.1.2 PLC 的硬件组成·····	(224)
7.1.3 S7-200 模块的特点及技术参数·····	(225)
7.1.4 PLC 的软件组成·····	(226)
7.1.5 PLC 的工作原理与 S7-200 工作方式·····	(227)
7.1.6 S7-200 的编程数据类型和编程元件的寻址·····	(228)
7.1.7 S7-200 编程语言及程序结构·····	(233)
7.2 S7-200 常用指令·····	(234)
7.2.1 基本逻辑指令·····	(235)
7.2.2 定时、计数和比较指令·····	(236)
7.3 S7-200 其他指令·····	(241)
7.3.1 算术运算指令·····	(241)
7.3.2 逻辑运算指令·····	(244)
7.3.3 传送类指令·····	(246)
7.3.4 移位指令·····	(247)
7.3.5 转换指令·····	(249)
7.3.6 编码和译码指令·····	(251)
7.4 S7-200PLC 应用实例——机械手控制系统的设计与实现·····	(253)
7.4.1 工艺过程与控制要求·····	(253)
7.4.2 控制方案的确定·····	(254)
7.4.3 系统硬件和软件的设计·····	(255)
思考题与习题·····	(258)
课题8 西门子 MM420 变频器及其应用 ·····	(259)
8.1 变频器基础·····	(259)
8.1.1 变频器的工作原理概述·····	(260)
8.1.2 变频器的基本构成与分类·····	(261)
8.1.3 西门子 MM420 变频器·····	(264)
8.2 西门子变频器 MM420 的典型应用·····	(272)
8.2.1 变频器在点动控制中的应用·····	(272)
8.2.2 变频器在正反转控制中的应用·····	(274)
8.2.3 变频器在 3 段速控制中的应用·····	(276)
8.3 西门子变频器与 PLC 的联机应用·····	(278)
8.3.1 变频器与 PLC 的联机·····	(278)
8.3.2 联机在正反转中的应用·····	(280)
8.3.3 联机在 3 段速控制中的应用·····	(282)
思考题与习题·····	(284)
参考文献 ·····	(285)

课题 1 常用低压电器



知识目标

1. 了解低压电器的分类及基本结构；
2. 掌握电磁式低压电器的工作原理；
3. 掌握常用低压电器的选择依据和方法。



能力目标

1. 能够识别并区分各类低压电器；
2. 能够合理选择低压电器。

1.1 电磁式低压电器的基本知识

电力拖动控制系统一般分成两大部分：一部分是主电路，由开关、熔断器、接触器（主触点）等电器元件组成，控制电动机接通、断开线路，一般主电路的电流较大；另一部分是控制电路，由主令电器、接触器线圈、辅助触点和继电器等电器元件组成，控制电路的任务是根据操作指令，依照自动控制系统的规律和具体的工艺要求对主电路系统进行控制，一般控制电路的电流较小，但电路中使用的低压控制电器种类较多，线路也较主电路复杂。

低压电器的定义为：根据使用要求及控制信号，通过一个或多个器件组合，能手动或自动分合额定电压在直流 1200 V、交流 1500 V 及以下的电路，以实现电路中被控制对象的控制调节、变换、检测、保护等作用的基本器件称为低压电器。采用电磁原理构成的低压电器元件，称为电磁式低压电器；利用集成电路或电子元件构成的低压电器元件，称为电子式低压电器；利用现代控制原理构成的低压电器元件或装置，称为自动化电器、智能化电器或可通信电器。根据电器的控制原理、结构原理及用途，低压电器又可分为终端组合式电器、智能化电器和模数化电器等。

从作用上来讲，低压电器是指在低压供电系统中能够依据操作指令或外界现场信号的要求，手动或自动地改变电路的状况、参数，用以实现对电路或被控对象的控制、保护、测量、指示、调节和转换等的电气器械。低压电器的作用有：

- (1) 控制作用 如电梯轿厢的上下移动、快慢速自动切换与自动平层动作的完成。
- (2) 检测作用 利用仪表及与之相适应的电器，对设备、电网或其他非电参数进行测量，如电压、电流、功率、转速、温度、湿度等。
- (3) 保护作用 能根据设备的特点，对设备、环境以及人身实行自动保护，如电机的过热保护以及漏电保护等。
- (4) 转换作用 在用电设备之间转换或对低压电器、控制电路分时投入运行，以实现功能切换，如励磁装置手动与自动的转换，供电系统的市电与自备电源的切换等。

(5) 指示作用 利用低压电器的控制、保护等功能,检测出设备运行状况与电气电路工作情况,如绝缘监测、保护掉牌指示等。

(6) 调节作用 低压电器可对一些电量和非电量进行调整,以满足用户的要求,如柴油机油门的调整、房间温湿度的调节、建筑物照度的自动调节等。

当然,低压电器的作用远不止这些,随着科学技术的发展以及新器件、新设备的不断出现,低压电器也会开发出更多新功能。

1.1.1 低压电器及其分类

低压电器种类繁多,功能多样,构造各异,用途广泛,工作原理各不相同,常用低压电器的分类方法也很多。

1. 按用途或控制对象分类

(1) 配电电器:主要用于低压配电系统中。要求系统发生故障时准确动作、可靠工作,在规定条件下具有相应的动稳定性与热稳定性,使电器不会被损坏。常用的配电电器有刀开关、转换开关、熔断器、断路器等。

(2) 控制电器:主要用于电气传动系统中。要求寿命长、体积小、质量轻且动作迅速、准确、可靠。常用的控制电器有接触器、继电器、起动器、主令电器、电磁铁等。

2. 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:用手动操作来进行切换的电器,如刀开关、转换开关、按钮等。

3. 按触点类型分类

(1) 有触点电器:利用触点的接通和分断来切换电路,如接触器、刀开关、按钮等。

(2) 无触点电器:无可分离的触点。主要利用电子元件的开关效应,即导通和截止来实现电路的通、断控制,如接近开关、霍尔开关、电子式时间继电器、固态继电器等。

4. 按工作原理分类

(1) 电磁式电器:根据电磁感应原理动作的电器,如接触器、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。

5. 按低压电器型号分类

为了便于了解文字符号和各种低压电器的特点,采用我国《国产低压电器产品型号编制办法》(JB 2930—81.10)的分类方法,将低压电器分为 13 个大类。每个大类用一位汉语拼音字母作为该产品型号的首字母,第二位汉语拼音字母表示该类电器的各种形式。

(1) 刀开关 H,例如 HS 为双投式刀开关(刀型转换开关),HZ 为组合开关。

(2) 熔断器 R,例如 RC 为瓷插式熔断器,RM 为密封式熔断器。

(3) 断路器 D,例如 DW 为万能式断路器,DZ 为塑壳式断路器。

(4) 控制器 K,例如 KT 为凸轮控制器,KG 为鼓型控制器。

(5) 接触器 C,例如 CJ 为交流接触器,CZ 为直流接触器。

(6) 起动器 Q,例如 QJ 为自耦变压器降压起动器,QX 为星三角起动器。

(7) 控制继电器 J,例如 JR 为热继电器,JS 为时间继电器。

- (8) 主令电器 L, 例如 LA 为按钮, LX 为行程开关。
- (9) 电阻器 Z, 例如 ZG 为管型电阻器, ZT 为铸铁电阻器。
- (10) 变阻器 B, 例如 BP 为频敏变阻器, BT 为起动调速变阻器。
- (11) 调整器 T, 例如 TD 为单相调压器, TS 为三相调压器。
- (12) 电磁铁 M, 例如 MY 为液压电磁铁, MZ 为制动电磁铁。
- (13) 其他 A, 例如 AD 为信号灯, AL 为电铃。

在选用低压电器时常根据型号来进行选用, 所以本书按型号分类对上述低压电器的分类进行说明。

1.1.2 电磁式低压电器的基本结构和工作原理

电磁式低压电器是利用电磁现象完成电气电路或非电对象的控制、切换、检测、指示和保护等功能。电磁式低压电器由电磁机构、触头系统和灭弧系统组成。

1.1.2.1 电磁机构

1. 电磁吸力

电磁吸力可以用下式表示:

$$F = \frac{\mu_0 S}{2\delta^2} I^2 N \quad (1.1)$$

式中 I ——线圈中通过的电流, A;

N ——线圈匝数, 匝;

S ——气隙截面积, m^2 ;

δ ——气隙宽度, m;

F ——电磁吸力, N;

μ_0 ——真空磁导率, $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H/m}$ 。

2. 直流电磁机构的电磁吸力特性

对于直流电磁机构, 因为外加的电压和线圈电阻不变, 则流过线圈的电流为常数, 与磁路的气隙大小无关, 所以, 电磁吸力与气隙的平方成反比, 因此吸力特性为二次曲线, 如图 1.1 所示。

3. 交流电磁机构的电磁吸力特性

对于具有电压线圈的交流电磁机构, 其吸力特性与直流电磁机构有所不同。设外加电压不变, 线圈的阻抗主要取决于线圈的感抗, 电阻可忽略, 电阻压降也可忽略。当线圈的外加交流电压不变时, 线圈的阻抗随着气隙的改变而改变, 所以线圈中的电流也改变。气隙大时感抗小, 线圈电流大; 反之则小。当气隙变化时, 电流 I 与气隙 δ 呈线性关系, 如图 1.2 所示。

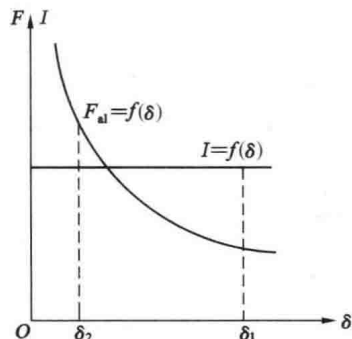


图 1.1 直流电磁机构的吸力特性

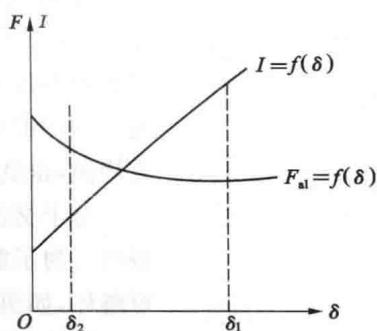


图 1.2 交流电磁机构的吸力特性

从上面的分析可以看出,直流电磁机构的吸力与气隙的平方成反比,而交流电磁机构的吸力与气隙的大小无关。因此,直流电磁机构的吸力特性比交流电磁机构的吸力特性要陡。

4. 电磁机构的反力特性

在不计电磁机构运动部件重力的情况下,电磁机构的反力主要由释放弹簧和触点弹簧的反力构成,用 F 表示。由于弹簧的作用力与其长度呈线性关系,所以反力特性曲线都是直线

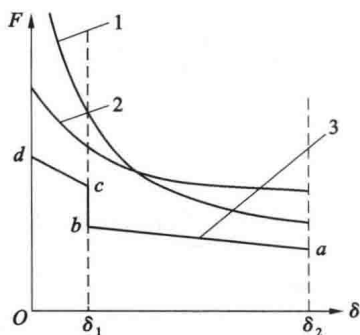


图 1.3 电磁机构的吸力特性与反力特性

1—直流电磁机构的吸力特性;

2—交流电磁机构的吸力特性;3—反力特性

段,如图 1.3 中的曲线 3 所示 δ_2 为气隙的最大值,此时对应的动、静触点之间的距离称为触点断开距离,简称开距(也叫触点行程)。在衔铁闭合过程中,当气隙由 δ_2 开始减小时,反力逐渐增大,如曲线 3 中的 ab 段所示,这一段为释放弹簧的反力变化。到达气隙 δ_1 位置时,动、静触点刚刚接触,由于触点弹簧预先被压缩了一段,因而当动、静触点刚刚接触时,由触点弹簧产生一个压力,称为初压力,此时初压力作用到衔铁上,反力突增,曲线突变,如曲线 3 中的 bc 段所示,这一段为触点弹簧的初压力。当气隙由 δ_1 再减小时,释放弹簧与触点弹簧同时起作用,使反力变化增大。气隙越小触点压得越紧,反力越大,线段较 $\delta_1 \sim \delta_2$ 段陡,如曲线 3 的 cd 段所示。触点弹簧压缩的距离称为触点的超行程,即从动触点刚接触到静触点开始,而后动触点继续向前运动压紧的距离。触点完全闭合后动触点已不再向前运动时的触点压力称为终压力。

从上面的分析可以看出,气隙减少的过程就是触点闭合的过程。开距、超行程、初压力、终压力是触点的四个基本参数。开距是为保证断开电弧和在规定的试验电压下不被击穿;超行程是保证触点可靠接触的必需过程;初压力主要是限制并防止触点在刚接触时所发生的机械振动;终压力是保证在闭合状态下触点之间的电阻较小,使触点温度不超过允许值。

调整释放弹簧的松紧可以改变反力特性曲线的位置。若将释放弹簧扭紧,则反力特性曲线上移;若将释放弹簧放松,则反力特性曲线平行下移。

5. 电磁机构的吸力特性与反力特性的配合

吸力特性与反力特性合理配合,可保证衔铁在产生可靠吸合动作的前提下,尽量减少衔铁和铁芯柱端面间的机械磨损和触点的电磨损。为此,反力特性曲线应在吸力特性曲线的下方且彼此靠近,如图 1.3 所示。如果反力特性曲线在吸力特性曲线的上方,这时衔铁无法产生闭合动作,尤其是对于交流电磁机构,由于衔铁无法吸合使线圈电流过大会导致线圈过热乃至烧坏。如果反力过小,则反力特性曲线远离吸力特性曲线的下方,这时衔铁虽然能产生闭合动作,但由于吸力过大,使衔铁闭合时的运动速度过大,因而会产生很大的冲击力,使衔铁与铁芯柱端面造成严重的机械磨损。此外,过大的冲击力有可能使触点产生弹跳现象,从而导致触点的熔焊或烧损,也就会引起严重的电磨损,降低触点的使用寿命。

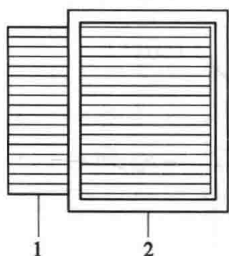


图 1.4 短路环的结构

1—铁芯;2—短路环

对于交流电磁机构,由于通过的是交流电,所以衔铁将会产生振动。为了解决这一问题,在交流电磁机构的磁芯端面上都加装短路环,如图 1.4 所示。

加装短路环后,铁芯中的磁通被分为两部分,一部分是不通过

短路环的磁通,另一部分是通过短路环的磁通。由于主磁通是交变的,因此短路环中也将感应出交变的电动势,产生交变的电流,该电流产生的磁通将阻碍交变磁通的变化。综合作用的结果,使得穿过短路环的磁通滞后主磁通一个角度。

此时电磁吸力由两部分组成,一部分是由主磁通产生的吸力,另一部分是由短路环的磁通产生的吸力,二者均为脉动吸力,但相差一个相角。由于两个力没有同时为零的时刻,因而其合力也没有为零的时刻。如果配合适当,合力将始终大于弹簧的弹力,衔铁将克服弹簧的弹力而稳定地吸合,这就消除了由于采用交流电源而使电磁机构产生的抖动与噪声。

1.1.2.2 触头及灭弧系统

1. 触头的形式

触头又称为触点,是用于切断或接通电器回路的部件。由于需要对电流进行切断和接通,其导电性能和使用寿命将是考虑的主要因素。在回路接通时,触头应该接触紧密,良好导电;回路切断时则应可靠地切断电路,保证有足够的绝缘间隙。影响触头正常工作的主要因素是接触电阻,接触电阻较大时,电流通过时发热过大,会造成触头氧化,严重时导致骨架烧坏甚至触头熔焊。为了保证不同使用场合需要,电磁式电器的触头设计为三种形式,如图 1.5 所示。

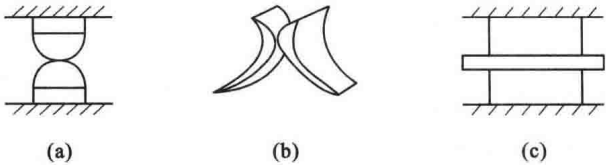


图 1.5 电磁式电器的触头

(a) 点接触式;(b) 线接触式;(c) 面接触式

2. 触头的接触电阻

触头是电器的主要执行部分,起接通和分断电路的作用。在有触头的电器元件中,电器元件的基本功能是靠触头来执行的,因此要求触头导电、导热性能良好。通常用铜、银、镍及其合金材料制成,有时也在铜触头表面电镀锡、银或镍。铜的表面容易氧化而生成一层氧化铜,它将增大触头的接触电阻,使触头的损耗增大,温度上升。所以,有些特殊用途的电器如微型继电器和小容量的电器,其触头常采用银质材料,这不仅在于其导电和导热性能均优于铜质触头,更主要的是其氧化膜电阻率很低,仅是纯铜的十几分之一,甚至还小,而且要在较高的温度下才会形成,同时又容易粉化,因此,银质触头具有较低而稳定的接触电阻。对于大中容量的低压电器,在结构设计上,触头采用滚动接触,可将氧化膜去掉,这种结构的触头一般常采用铜质材料。

触头之间的接触电阻包括膜电阻和收缩电阻。膜电阻是触头接触表面在大气中自然氧化而生成的氧化膜造成的。氧化膜的电阻要比触头本身的电阻大几十到几千倍,导电性能极差,甚至不导电,并受环境的影响较大。收缩电阻是由于触头的接触表面不是十分光滑,在接触时,实际接触的面积总是小于触头原有可接触面积,这样有效导电截面减小。当电流流过时,就会产生收缩现象,从而使电阻增加及接触区的导电性能变差。由于这种原因增加的电阻称为收缩电阻。如果触头之间的接触电阻较大,会在电流流过触头时造成较大的电压降落,这对弱电控制系统影响较严重。另外,电流流过触头时电阻损耗大,将使触头发热而致温度升高,导致触头表面的膜电阻进一步增加及相邻绝缘材料的老化,严重时可使触头熔焊,造成电气系统发生事故,因此,对各种电器的触头都规定了最高环境温度和允许温升。除此之外,触头在

运行时还存在磨损现象,包括电磨损和机械磨损。电磨损是由于在通断过程中触头间的放电作用使触头材料发生物理性能和化学性能变化而引起的,它是引起触头材料损耗的主要原因之一,电磨损的程度取决于放电时间内通过触头间隙的电荷量的多少及触头材料性质等。机械磨损是由于机械作用使触头材料发生磨损和消耗,机械磨损的程度取决于材料硬度、触头压力及触头的滑动方式等。为了使接触电阻尽可能减小,一是要选用导电性和耐磨性好的金属材料做触头,使触头本身的电阻尽量减小;二是要使触头接触得紧密一些。另外,在使用过程中尽量保持触头清洁,在有条件的情况下应定期清扫触头表面。

3. 电弧的熄灭

在弧柱中气体不断游离的同时,还进行着一种与游离现象相反的过程,即带电质点自由电子和正离子不断中和为中性质点的“去游离”过程。去游离使带电质点大大减少,它是电弧能否熄灭的主要因素。当去游离作用大于游离作用时,则电弧电流逐渐减小,直至熄灭。

电弧的去游离过程包括复合和扩散两种形式。

(1) 复合 介质中正负带电质点接近时互相吸引而彼此中和成为中性质点的现象,称为复合。由于弧柱中自由电子的运动速度约为离子运动速度的 1000 倍,所以正、负离子之间的复合要比电子和正离子之间的复合容易得多。通常,动能小的电子先附在中性质点上,形成负离子,再与正离子复合。

(2) 扩散 由于热运动,弧柱中的带电质点逸出弧柱外的现象,称为扩散。扩散现象会使弧柱中的带电质点减少,有助于电弧的熄灭。电弧中发生扩散现象是由于电弧与周围介质的温度相差很大以及弧柱内与周围介质中的带电质点浓度相差很大的缘故。

4. 开关电器常用的灭弧方法

(1) 快速分断 利用强力储能弹簧迅速作用释放能量,使触头快速分断,迅速拉长电弧,以减少碰撞游离的作用时间。

(2) 吹弧 在灭弧室中,利用压缩空气、六氟化硫(SF_6)气体或高压绝缘油猛烈喷吹电弧,将电弧拉长和冷却,从而熄灭电弧。吹弧的方式有纵吹、横吹和纵横吹。图 1.6 所示为纵吹和横吹的气体吹弧。该方法广泛应用于高压断路器中。

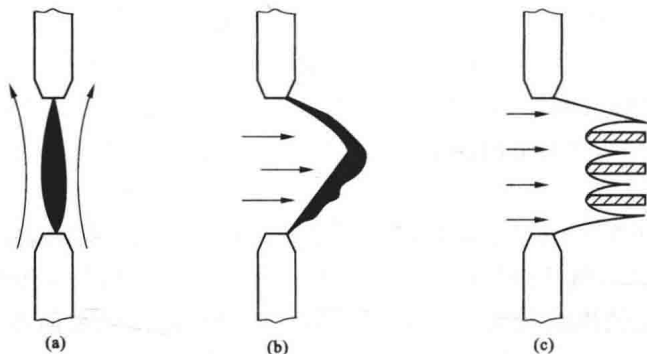


图 1.6 气体吹弧示意图

(a) 纵吹;(b) 横吹;(c) 带隔板的横吹

(3) 使电弧在周围介质中迅速移动 这样也能得到拉长电弧或吹弧同样的效果。使电弧在周围介质中移动的方法有电动力、磁力和磁吹动三种。该方法常用于低压开关电器中。

(4) 采用多断口灭弧 在开关电器的每相内制成两个或多个断口,如图 1.7 所示。由于

断口的增加,相当于将一个电弧在灭弧室中分成几个串联的短弧,使每个断口上的电弧电压降低,有利于电弧的熄灭。同时,也使开关电器的足以灭弧的触头行程减小,缩短了熄弧时间,并且减小了开关电器的尺寸。

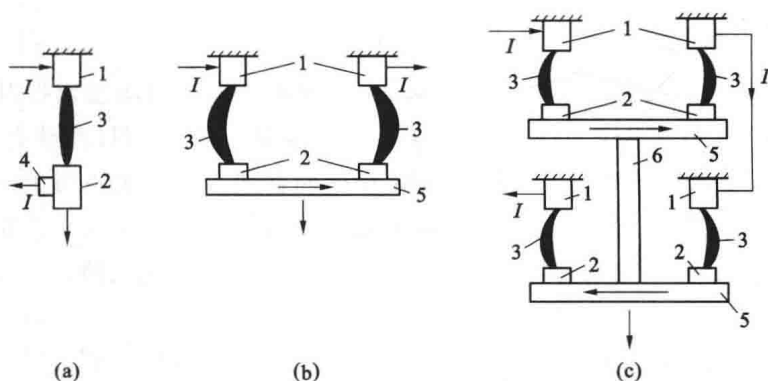


图 1.7 多断口灭弧示意图

(a) 一个断口;(b) 两个断口;(c) 四个断口

1—静触头;2—动触头;3—电弧室;4—滑动触头;5—触头桥;6—绝缘拉杆

(5) 在固体介质的狭缝或狭沟中灭弧 低压开关电器中广泛采用固体介质构成的狭缝或狭沟灭弧装置。电弧在狭缝或狭沟中产生,其高温将使固体介质分解,产生大量气体,形成高压区,从而提高了带电质点的浓度,增加了复合的机会。同时,电弧与固体介质紧密接触,附在固体介质表面的带电质点强烈地复合和冷却,热游离作用降低,去游离作用显著增强,于是电弧熄灭。

(6) 将长电弧分割成若干个短电弧 如图 1.8 所示,在低压开关电器触头之间产生的电弧进入与电弧垂直的金属栅片内以后,将一个长电弧分割成一串短电弧。在交流电路中,当电弧电流过零时,每一短电弧同时熄灭,其相应的阴极附近起始介质电强度立即达 150~250 V,若所有电弧阴极的介质电强度的总和永远大于触头间的外加电压,电弧就不再重燃。这种方法常用于低压交流开关中。

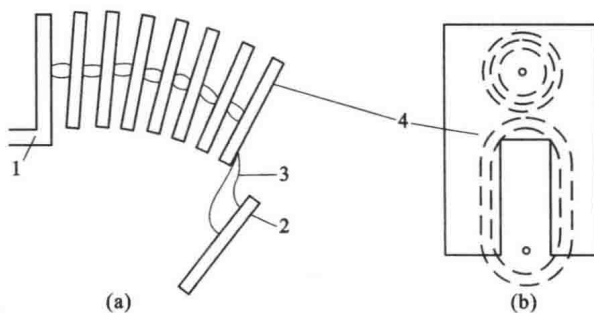


图 1.8 长弧切短

(a) 金属片灭弧;(b) 缺口钢片

1—静触点;2—动触点;3—电弧;4—金属栅片

在电气设备中,一种设备常使用多种灭弧方法。

1.2 开关电器

1.2.1 刀开关

刀开关是一种手动电器,常用的刀开关有 HD 型单投刀开关、HS 型双投刀开关、HR 型熔断器式刀开关、HZ 型组合开关、HK 型闸刀开关、HY 型倒顺开关、HH 型铁壳开关等。

HD 型单投刀开关、HS 型双投刀开关、HR 型熔断器式刀开关主要用于成套配电装置中作为隔离开关,装有灭弧装置的刀开关也可以控制一定范围内的负荷线路。作为隔离开关的刀开关的容量比较大,其额定电流为 100~1500 A,主要用于供电线路的电源隔离。隔离开关没有灭弧装置,不能操作带负荷的线路,只能操作空载线路或电流很小的线路,如小型空载变压器、电压互感器等。操作时应注意,停电时应将线路的负荷电流用断路器、负荷开关等开关电器切断后再将隔离开关断开,送电时操作顺序相反。隔离开关断开时有明显的断开点,有利于检修人员的停电检修工作。隔离刀开关由于控制负荷能力很小,也没有保护线路的功能,所以通常不能单独使用,一般要和能切断负荷电流和故障电流的电器(如熔断器、断路器和负荷开关等)一起使用。

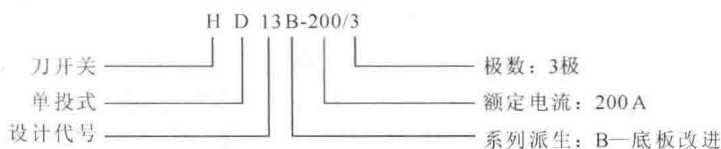
HZ 型组合开关、HK 型闸刀开关一般用作电气设备及照明线路的电源开关。

HY 型倒顺开关、HH 型铁壳开关装有灭弧装置,一般可用于电气设备的起动、停止控制。

1. HD 型单投刀开关

HD 型单投刀开关按极数分为 1 极、2 极、3 极,其结构及图形符号如图 1.9 所示。其中图 1.9(a)为直接手动操作;图 1.9(b)为手柄操作;图 1.9(c)~(h)为刀开关的图形符号和文字符号。其中图 1.9(c)为一般图形符号,图 1.9(d)为手动符号,图 1.9(e)为三极单投刀开关符号。当刀开关用作隔离开关时,其图形符号上加一横杠,如图 1.9(f)~(h)所示。

单投刀开关的型号含义如下:



11—中央手柄式;

12—侧方正面杠杆操作机构式;

13—中央正面杠杆操作机构式;

14—侧面手柄式。

2. HS 型双投刀开关

HS 型双投刀开关也称转换开关,其作用与单投刀开关类似,常用于双电源的切换或双供电线路的切换等,如图 1.10 所示。由于双投刀开关具有机械互锁的结构特点,因此可以防止双电源的并联运行和两条供电线路同时供电。

3. HR 型熔断器式刀开关

HR 型熔断器式刀开关也称刀熔开关,它实际上是将刀开关和熔断器组合成一体的电器,如图 1.11 所示。刀熔开关操作方便,并简化了供电线路,在供电线路上应用很广泛。刀熔开关可以