

全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会规划推荐教材

JianzhuDianqi  
Kongzhi  
Jishu

# 建筑电气控制技术

(建筑电气工程技术专业适用)

本教材编审委员会组织编写

胡晓元 主编



中国建筑工业出版社  
China Architecture & Building Press

全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会规划推荐教材

# 建筑电气控制技术

(建筑电气工程技术专业适用)

本教材编审委员会组织编写

胡晓元 主 编

李录锋 副主编

张毅敏 主 审

中国建筑工业出版社

**图书在版编目 (CIP) 数据**

建筑电气控制技术/胡晓元主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2005

全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会规划推荐教材. 建筑电气工程技术专业适用

ISBN 978-7-112-06954-5

I. 建... II. 胡... III. 房屋建筑设备-电气控制  
高等学校: 技术学校-教材 IV. TU85

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 014243 号

全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会规划推荐教材

**建筑电气控制技术**

(建筑电气工程技术专业适用)

本教材编审委员会组织编写

胡晓元 主编

李录锋 副主编

张毅敏 主审

\*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京建筑工业印刷厂印刷

\*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 13½ 字数: 324 千字

2005 年 5 月第一版 2007 年 7 月第二次印刷

印数: 3001—4500 册 定价: 19.00 元

ISBN 978-7-112-06954-5

(12908)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本书介绍了电气继电器控制线路的电器、元件和基本控制线路的组成，结合建筑业实际，着重介绍了建筑施工现场常用设备和楼宇设备的电气控制线路，并从提高职业能力角度介绍了电气控制线路的安装、调试和常见故障处理方法，同时简单介绍了电气控制线路的设计方法。

本书是高职高专建筑电气工程技术专业教材，也适用于其他相近专业，同时还可作为建筑施工企业、物业管理行业中从事电气控制、设备维修的工程技术人员参考。

\* \* \*

责任编辑：齐庆梅 朱首明

责任设计：刘向阳

责任校对：刘梅 李志瑛 赵明霞

## 本教材编审委员会名单

主任：刘春泽

副主任：贺俊杰 张健

委员：陈思仿 范柳先 孙景芝 刘玲 蔡可键

蒋志良 贾永康 王青山 胡晓元 刘复欣

韩永学 郑发泰 沈瑞珠 黄河 尹秀妍

## 序 言

全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会建筑设备类专业指导分委员会（原名高等学校土建学科教学指导委员会高等职业教育专业委员会水暖电类专业指导小组）是建设部受教育部委托，并由建设部聘任和管理的专家机构。其主要工作任务是，研究建筑设备类高职高专教育的专业发展方向、专业设置和教育教学改革，按照以能力为本位的教学指导思想，围绕职业岗位范围、知识结构、能力结构、业务规格和素质要求，组织制定并及时修订各专业培养目标、专业教育标准和专业培养方案；组织编写主干课程的教学大纲，以指导全国高职高专院校规范建筑设备类专业办学，达到专业基本标准要求；研究建筑设备类高职高专教材建设，组织教材编审工作；制定专业教育评估标准，协调配合专业教育评估工作的开展；组织开展教学研究活动，构建理论与实践紧密结合的教学内容体系，构筑“校企合作、产学研结合”的人才培养模式，为我国建设事业的健康发展提供智力支持。

在建设部人事教育司和全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会的领导下，2002年以来，全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会建筑设备类专业指导分委员会的工作取得了多项成果，编制了建筑设备类高职高专教育指导性专业目录；制定了“供热通风与空调工程技术”、“建筑电气工程技术”、“给水排水工程技术”等专业的教育标准、人才培养方案、主干课程教学大纲、教材编审原则，深入研究了建筑设备类专业人才培养模式。

为适应高职高专教育人才培养模式，使毕业生成为具备本专业必需的文化基础、专业理论知识和专业技能，能胜任建筑设备类专业设计、施工、监理、运行及物业设施管理的高等技术应用性人才，全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会建筑设备类专业指导分委员会，在总结近几年高职高专教育教学改革与实践经验的基础上，通过开发新课程，整合原有课程，更新课程内容，构建了新的课程体系，并于2004年启动了“供热通风与空调工程技术”、“建筑电气工程技术”、“给水排水工程技术”三个专业主干课程的教材编写工作。

这套教材的编写坚持贯彻以全面素质为基础，以能力为本位，以实用为主导的指导思想。注意反映国内外最新技术和研究成果，突出高等职业教育的特点，并及时与我国最新技术标准和行业规范相结合，充分体现其先进性、创新性、适用性。它是我国近年来工程技术应用研究和教学工作实践的科学总结，本套教材的使用将会进一步推动建筑设备类专业的建设与发展。

“供热通风与空调工程技术”、“建筑电气工程技术”、“给水排水工程技术”三个专业教材的编写工作得到了教育部、建设部相关部门的支持，在全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会的领导下，聘请全国高职高专院校本专业享有盛誉、多年从事“供热通风与空调工程技术”、“建筑电气工程技术”、“给水排水工程技术”专业教学、科研、设计的

副教授以上的专家担任主编和主审，同时吸收工程一线具有丰富实践经验的高级工程师及优秀青年教师参加编写。可以说，该系列教材的出版凝聚了全国各高职高专院校“供热通风与空调工程技术”、“建筑电气工程技术”、“给水排水工程技术”三个专业同行的心血，也是他们多年来教学工作的结晶和精诚协作的体现。

各门教材的主编和主审在教材编写过程中认真负责，工作严谨，值此教材出版之际，全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会建筑设备类专业指导分委员会谨向他们致以崇高的敬意。此外，对大力支持这套教材出版的中国建筑工业出版社表示衷心的感谢，向在编写、审稿、出版过程中给予关心和帮助的单位 and 同仁致以诚挚的谢意。衷心希望“供热通风与空调工程技术”、“建筑电气工程技术”、“给水排水工程技术”这三个专业教材的面世，能够受到各高职高专院校和从事本专业工程技术人员的欢迎，能够对高职高专教学改革以及高职高专教育的发展起到积极的推动作用。

**全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会**  
**建筑设备类专业指导分委员会**  
2004年9月

## 前 言

根据全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会对高职规划推荐教材的统一部署,建筑设备类专业指导分委员会决定将建筑电气工程技术专业纳入首批规划推荐教材的专业。2003年南宁会议确定了本专业十一门课程按规划推荐教材编写,2004年1月广州会议对编写大纲进行了审定,本教材是根据审定后的编写大纲并结合建筑施工企业对电气技术人员的岗位要求编写的。

根据编写大纲的要求,本教材只涉及继电接触控制内容。

本书编写的指导思想是: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、控制线路实际故障的能力。

全书分为六章,第一章介绍了常用低压电器和电子电器;第二章介绍了继电接触控制线路的组成和基本控制线路;第三章介绍了常用生产及施工设备控制线路;第四章介绍了楼宇常用设备电气控制线路;第五章介绍了电气控制系统安装、调试及常见故障处理方法;第六章介绍了电气控制线路设计基础,重点讲述了经验设计法,对逻辑设计方法仅做一般介绍。

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,深入浅出阐述复杂控制线路。由于本门课程对实践性教学环节要求很高,因此必须以实物为基础、实验为手段进行基础训练,并结合工程实际开展实训,才能提高学生分析、解决和处理控制线路故障的能力,达到预期教学效果。

本书由四川建筑职业技术学院胡晓元主编,徐州建筑职业技术学院李录锋副主编,第三、五、六章及绪论由胡晓元编写,第一、二章及实验由李录锋编写,第四章由绵阳职业技术学院李健明编写,绵阳水利电力学校范松康参与了第四、五章部分内容编写。在全书编写过程中得到了黑龙江建筑职业技术学院孙景芝教授的支持,得到了有关建筑施工单位大力协助,在此表示衷心的感谢。在编写时还参阅了有关文献资料,在此也向作者表示感谢。

广州建设职业技术学院张毅敏担任本书主审,提出了许多宝贵意见,在此一并表示感谢。

由于我国幅员辽阔,环境、文化、经济、风俗各异,对建筑有不同要求,从而对建筑设备侧重也不一样,北方必须供热,南方强调制冷空调。因此,不同地域应根据当地建筑设备的使用情况重点讲述相关电气控制线路。本书虽尽量考虑各地不同需要,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。



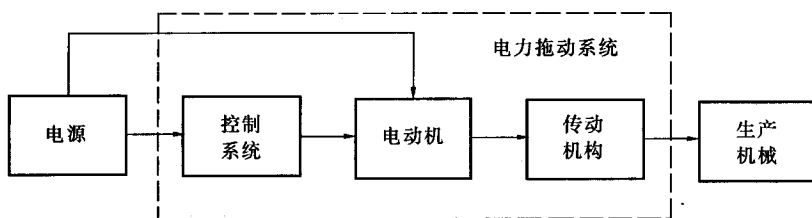
# 目 录

绪论	1
<b>第一章 常用低压控制电器</b>	<b>3</b>
第一节 电磁式低压电器的基本知识	3
第二节 刀开关及熔断器	10
第三节 主令电器	16
第四节 接触器	21
第五节 继电器	23
第六节 低压断路器	34
第七节 其他控制电器	38
本章小结	46
思考题与习题	46
<b>第二章 继电接触控制线路的组成</b>	<b>48</b>
第一节 电气图形符号及控制线路绘制规则	48
第二节 基本控制线路	54
第三节 几种典型的电动机控制线路	61
本章小结	75
思考题与习题	76
<b>第三章 常用生产及施工设备控制线路</b>	<b>77</b>
第一节 简单施工生产设备控制线路	77
第二节 施工垂直运输设备控制线路	81
本章小结	93
思考题与习题	93
<b>第四章 楼宇常用设备电气控制线路</b>	<b>94</b>
第一节 电梯控制线路	94
第二节 制冷与空气调节系统	115
第三节 给水排水系统电气控制	135
第四节 锅炉房设备电气控制	145
第五节 自备应急电源	154
本章小结	162
思考题与习题	164
<b>第五章 控制线路安装、调试及常见故障处理</b>	<b>165</b>
第一节 控制线路的安装要求	165
第二节 施工准备	172

第三节	控制线路的调试	173
第四节	常见低压电器故障及检修方法	174
第五节	控制线路故障检修	178
本章小结		180
思考题与习题		181
<b>第六章</b>	<b>电气控制线路设计基础</b>	<b>188</b>
第一节	电气控制线路的设计要求和方法	188
第二节	分析设计法	189
第三节	逻辑设计法	192
本章小结		194
思考题与习题		195
<b>附</b>	<b>推荐实验</b>	<b>196</b>
实验一	低压电器的认识和三相异步电动机点动、自锁控制	196
实验二	三相异步电动机的正反转及 Y- $\Delta$ 启动控制	197
实验三	电动机的顺序控制电路	199
实验四	电动机的两地控制电路	200
实验五	电动葫芦的电气控制电路	201
主要参考文献		204

## 绪 论

电能是现代工业生产的能源，也是现代工业生产的主要能源，由于电能具有输送迅捷、分配简单、使用方便、转换容易、易于控制等特点，在实际生产中大量使用电动机把电能转换为机械能，用于设备拖动。因此，从电磁感应的发现到今天不过百余年，由于工业生产对动力的需求，使人们不断研究能把电能转换为机械能的装置——电动机，同时也不断研究保证电动机驱动的控制系统和完成机械能传输的传动系统，这种通过控制、驱动、传输将电能转换为机械能的工作系统被称为电力拖动系统，该系统构成如下图所示：



由此可见，电力拖动系统由控制系统、电动机、传动机构三部分组成。

本课程只涉及控制系统。

从电动机逐步取代蒸汽机开始，最初的电动机由于受生产设备的现状和技术水平的限制，采用集中拖动，即一台电动机要拖动多台设备，或一台设备上的多个运动部件由一台电动机拖动，难以适应迅猛发展的工业革命需要。随着电动机设计水平和制造水平的提高，到 20 世纪 20 年代已发展为单独拖动，随后又出现了多电动机拖动，时至今日，多电动机拖动成为电力拖动的主要方式。

在这百年之中，能满足各种生产要求，适用于各种场合的电动机不断出现，极大地简化了生产机械的结构。同时，由于各类电动机种类繁多、功能多样、性能各异，有不同的机械特性，自然对控制线路提出了不同的要求；另一方面，由于新设备的功能不断扩展，对控制系统的要求也不断提高。因此，伴随着生产力的发展，设备的更新换代，电气控制技术也经历了一次又一次革命，发展成为一门独立的技术科学。

社会经济的发展带动了建筑业的发展，现代社会高层建筑大量出现，为满足建筑施工高效、安全的要求，大量先进的施工设备进入了现场；随着智能化楼宇不断增多和建筑功能日臻完善，电梯、制冷、供热、通风、空调、给排水、消防、安防等建筑设备及系统已普遍使用，现代建筑在充分展现功能的完整性时也体现出了建筑电气控制的复杂性。

本书只涉及继电接触控制内容，基本要求是：能对电动机进行启动、运行、反转、调速、制动、保护、监测、自控和计量，达到操作方便、控制有效、安全可靠、提高效率的目的。

电气控制技术经历了从手动到自动的发展过程，本书讲述的继电接触控制这一经典技

术一直沿用到今天，随着科学技术的不断发展，特别是计算机技术的发展，电气控制技术出现了革命性重大进步，数控技术、可编程控制器、计算机控制已开始广泛应用到了建筑设备控制的各个环节。

本门课程重点培养学生阅读分析和维护控制线路的能力，学习时要抓住两个关键：第一是熟悉低压电器的结构、动作原理；第二是要熟记基本控制线路。在学习难度较大的复杂控制线路时，最好的办法就是读图、读图、再读图。

本课程应在学习了《电工学》和《电机与拖动》后开设。

# 第一章 常用低压控制电器

本章首先介绍了电磁式低压电器的基础知识，然后介绍了电流较大的主电路中常用的刀开关、熔断器、主令电器、接触器、继电器、低压断路器等低压控制电器的结构、基本工作原理、作用、应用场合、主要技术参数、典型产品、图形符号和文字符号以及选择、整定和使用方法。并介绍了部分新型低压控制电器的基本知识。

## 第一节 电磁式低压电器的基本知识

电器按其工作电压等级可分成高压电器和低压电器。低压电器通常是指用于交流电压1200 V、直流电压1500 V及以下的电路中起通断、保护、控制或调节作用的电器产品。低压电器根据其作用可以分为控制电器、保护电器、测量电器等，本书仅介绍电气控制系统中常用的低压控制电器。

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。

### 一、低压电器的作用

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，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。

## 二、低压电器的分类

低压电器的用途广泛，作用多样，品种规格繁多，原理结构各异。为了概括地了解这些低压电器，可以从以下几个方面加以分类：

### (一) 按操作方式分

(1) 手动电器 由人工直接操作才能完成任务的电器称为手动电器，如刀开关、按钮和转换开关等。

(2) 自动电器 指不需人工直接操作，按照电信号或非电信号自动完成接通、分断电路任务的电器称为自动电器，如低压断路器、接触器和继电器等。

### (二) 按照低压电器在控制电路中的作用分

(1) 低压配电电器 主要用于低压配电系统或动力设备中，用来对电能进行输送、分配和保护。如刀开关、低压断路器、转换开关和熔断器等。

(2) 低压控制电器 主要用于拖动及其他控制电路中，对命令、现场信号进行分析判断并驱动电器设备进行工作。低压控制电器有接触器、启动器、电磁铁、继电器、控制按钮、行程开关、主令控制器和万能转换开关等。

对低压配电电器的基本要求是灭弧能力强、分断能力好、热稳定性能好以及限流准确等；对低压控制电器，则要求其动作可靠、操作频率高、寿命长并具有一定的负载能力。

在电气控制电路中，两类低压电器常互相配合，同时使用。

### (三) 按工作原理分

(1) 电磁式电器 根据电磁感应原理来工作的电器，如电磁式继电器、接触器等。

(2) 非电量控制电器 电器的工作是靠外力或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、压力继电器和温度继电器等。

电磁式电器在电气控制线路中使用量最大，类型也很多，并且各类电磁式电器在工作原理和结构上基本相同。

## 三、电磁式低压电器的基本结构及原理

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、指示和保护等功能的。电磁式低压电器由以下几部分组成：电磁机构、触头系统、灭弧系统。

### (一) 电磁机构

#### 1. 电磁吸力

可以用下式表示：

$$F = \frac{\mu_0 S}{2\delta^2} I^2 N^2 \quad (1-1)$$

式中  $I$ ——线圈中通过的电流 (A)；

$N$ ——线圈匝数 (匝)；

$S$ ——气隙截面积 ( $\text{m}^2$ )；

$\delta$ ——气隙宽度 (m)；

$F$ ——电磁吸力 (N)；

$\mu_0$ ——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形状。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  $\delta$  成线性关系，如图 1-2 所示。

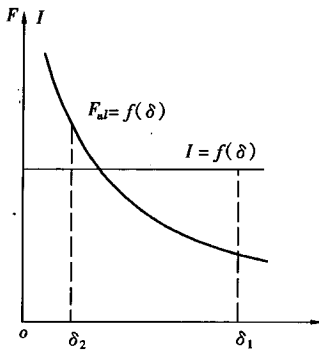


图 1-1 直流电磁机构的吸力特性

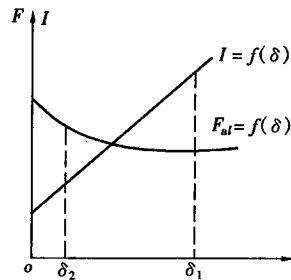


图 1-2 交流电磁机构的吸力特性

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  $F_r$  表示。由于弹簧的作用力与其长度成线性关系，所以反力特性曲线都是直线段，如图 1-3 中的曲线 3 所示  $\delta_1$  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  $\delta_1$  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  $\delta_2$  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  $\delta_2$  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，而动触点继

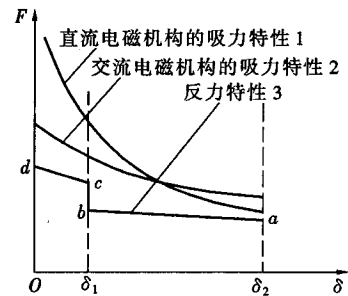


图 1-3 电磁机构的吸力特性与反力特性

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须过程；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。

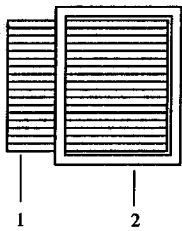


图 1-4 短路环的结构  
1—铁芯；2—短路环

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心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。

### (二) 触头系统

#### 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，导电良好；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。

## 2. 接触电阻

触头的表面无论怎样的平整与光洁，总还存在凸起凹坑。当动静触头闭合时，不可能是面接触，而是仅有一些凸起部分相接触。电流流过时，局部的电流密度较大，电流导通的电阻也较大，这就是接触电阻产生的原因。此外，如果触头表面有氧化层、油污以及其他杂物时，也会影响接触电阻的大小。在实际使用中，为了减小接触电阻，通常采用以下方法：

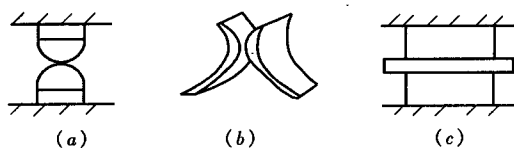


图 1-5 电磁式电器的触头

(a) 点接触式；(b) 线接触式；(c) 面接触式

(1) 增加触头之间的压力 从微观角度来看，增加压力可以使触头的凸起部分发生变形，动静触头之间的接触面增大，缓解触头对电流的束流作用。

(2) 合理改变触头的形状 触头的种类有点接触、线接触、面接触几种形式。点接触的触头表面是球形，接触时仅有一点相接触，因而接触电阻较大，通常用于小电流的场合。线接触的触头表面为一圆柱形，触头接触时不再是一点接触，而是一条线相接触。通过合理的设计，可使触头在闭合的过程当中，接触线从一处滑向另一处。这样，在滑动中擦去表面的氧化膜，保证可靠的接触。同时，产生电弧的位置与导电的位置不是同一位置，可有效地防止电弧对触头的损伤，这种形状的触头常用于容量较大的回路。面接触型触头的表面是一个平面，故触头接触时接触区域是一个平面，可以通过较大的电流，常用作容量很大的接触器的主触头。

(3) 采用合适的材料 在常用的导电金属中，银的导电性能最好，因而被广泛地用作触头材料。由于银的成本较高，实际中可采用镀银或嵌银的办法降低成本。与铜相比以银作触头有两个优点：一是银的导电性能比铜好，触头不容易发热；二是银触头氧化后，生成的氧化银的导电性能与银差不多，而铜的氧化物的电阻则要大多。采用银的触头在氧化的情况下，可以更有效地防止氧化物对导电性能的影响。实际应用中，考虑到电弧的烧灼、触头的机械强度和机械寿命，触头材料一般采用银的合金，常用的有银—氧化镉等。

## (三) 灭弧系统

### 1. 电弧的危害

各种电气设备和电力线路发生短路时，其短路点要产生强烈的电弧；当使用开关电器切断带有负荷的电路时，如果触头间的电压高于  $10 \sim 20\text{V}$ ，电流大于  $80 \sim 100\text{mA}$ ，在开关的触头间也会产生电弧。开关电器触头间产生的电弧，不仅延长了开断时间，而且还会烧熔触头，损坏电气设备，甚至造成严重的事故。电弧的主要危害有以下两个方面：

(1) 电弧的能量集中、亮度很大、温度极高，其中心温度可达  $10000^\circ\text{C}$  以上，表面温度也在  $3000 \sim 4000^\circ\text{C}$ ，如果不能及时熄灭电弧，开关触头就会被烧毁。

(2) 电弧是一束质量极轻，在外力作用下极易变形的游离气体。当电弧在空气中移动时可能造成飞弧短路，形成严重的事故。

因此，对于各种用来切断负荷电流的高、低压开关电器，必须采用有效的灭弧措施，迅速熄灭电弧，减小电弧的危害。

### 2. 电弧的形成

电弧是一种气体游离放电现象，以自由电子的大量涌现为形成条件，而自由电子又是