



全国高等职业教育“十二五”规划教材
中国电子教育学会推荐教材
全国高等职业院校规划教材·精品与示范系列

建筑电气控制技术

◎ 苏 山 魏 华 主编

◎ 马福军 王瑾烽 叶 亭 江祥明 副主编

—— 各类建筑拔地而起

—— 急需大量电气工程技能人才

—— 学好电气控制技术

—— 有利于快速上岗就业



- ◆ 结合国家示范建设成果以及最新工程应用实例进行编写
- ◆ 以岗位能力为核心、以实践教学为主体构建课程内容
- ◆ 引入当前建筑电气工程实践中的新知识、新技术和新产品
- ◆ 为教学方便，本书配有免费的电子教学课件、练习题参考答案等



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

全国高等职业教育“十二五”规划教材
中国电子教育学会推荐教材
全国高等职业院校规划教材·精品与示范系列

建筑电气控制技术

苏 山 魏 华 主 编
马福军 王瑾烽 叶 亭 江祥明 副主编

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书根据国家示范建设项目成果以及该课程标准新的要求进行编写。本书既讲述电气控制技术的基本原理,又重点介绍电气控制技术在建筑电气领域中的最新应用。全书共9章,不仅优化和调整了许多原有课程内容,还增加了如双电源切换装置、电涌保护器、控制与保护开关电器、软启动控制、变频启动控制、消防稳压泵的典型控制、排水设备的控制、通风排烟设备的控制、电梯微机控制系统、电气控制设计中的电气保护等内容。本书内容上选取建筑电气工程中的新知识、新技术和新产品,剔除了过时的内容,具有较强的实用性和先进性。本书以培养高素质技术技能型人才为目标,编写思路清晰、概念准确、用词恰当、内容新颖,选取了多个最新的工程应用实例。

本书为高等职业本专科院校建筑类专业相应课程的教材,也可作为开放大学、成人教育、自学考试、中职学校和培训班的教材,以及工程技术人员的参考书。

本教材配有免费的电子教学课件、练习题参考答案,详见前言。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

建筑电气控制技术/苏山,魏华主编. —北京:电子工业出版社,2016.2
全国高等职业院校规划教材·精品与示范系列
ISBN 978-7-121-26859-5

I. ①建… II. ①苏…②魏… III. ①房屋建筑设备—电气控制—高等职业教育—教材 IV. ①TU85

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第180914号

策划编辑:陈健德(E-mail:chenjd@phei.com.cn)

责任编辑:刘真平

印 刷:三河市华成印务有限公司

装 订:三河市华成印务有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开 本:787×1092 1/16 印张:18.5 字数:474千字

版 次:2016年2月第1版

印 次:2016年2月第1次印刷

定 价:42.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至zlts@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

前 言



随着我国建筑行业的蓬勃发展,各地企业需要大量的建筑类专业技能型人才,为满足现代社会对专业人才的迫切需求,培养适应建筑电气职业标准的高素质技术技能人才,深化职业教育教学改革,推行工学结合项目导向人才培养模式,构建以岗位能力为核心、以实践教学为主体的特色课程体系和人才培养方案。本书根据教育部新的职业教育教学改革精神,结合国家高职示范建设项目成果以及行业技术发展进行编写。

本书选取多个最新的工程应用实例,全面引入当前建筑电气工程实践中的新知识、新技术和新产品,剔除了过时的内容,具有很强的职业教育特色,体现建筑电气行业技术发展要求,行业特点鲜明。本书以培养高素质技术技能人才为目标,编写思路清晰、概念准确、用词恰当、内容新颖,具有较强的实用性和先进性。

本书既讲述电气控制技术的基本原理,又重点介绍电气控制技术在建筑电气领域中的最新应用,不仅优化和调整了许多原有课程内容,还增加了如双电源切换装置、电涌保护器、控制与保护开关电器、软启动控制、变频启动控制、消防稳压泵的典型控制、排水设备的控制、通风排烟设备的控制、电梯微机控制系统、电气控制设计中的电气保护等新内容。另外,为适应可编程序控制技术的应用需求,本书专用一章来介绍可编程序控制器的组成和工作原理、使用技术,突出在工程上的应用性。

本书共分为9章,内容包括:常用低压电器、电气控制的典型环节与规律、给排水设备的控制、通风排烟设备的控制、空调与制冷设备的控制、电梯的控制、建筑施工常用机械设备的控制、可编程序控制、电气控制设计等。本书为高等职业本专科院校建筑类专业相应课程的教材,也可作为开放大学、成人教育、自学考试、中职学校和培训班的教材,以及工程技术人员的参考书。

本书由浙江建设职业技术学院苏山和广西经贸职业技术学院魏华任主编,马福军、王瑾烽、叶亭、江祥明任副主编。其中第1、9章由苏山编写;第2章由魏华编写;第6章由马福军编写;第8章由王瑾烽编写;第5、7章由叶亭编写;第3、4章由江祥明编写。全书由苏山负责统一定稿,由浙江省建筑设计研究院教授级高级工程师杨彤、浙江中凯科技股份有限公司高级工程师李华民、中天建设集团浙江安装工程有限公司高级工程师卢丹凤进行了认真的审阅,并提供了非常宝贵的修改意见,在此谨向他们表示诚挚的谢意。

本书参考了大量的书刊资料,并引用了部分内容,除在参考文献中列出外,在此一并向这些书刊资料的作者表示衷心的感谢。

由于建筑电气控制新技术、新产品的不断发展和进步,加之我们的专业水平有限、时

间仓促，书中难免有错漏之处，恳请广大读者批评指正。

为了方便教师教学，本书还配有免费的电子教学课件、练习题参考答案，请有此需要的教师登录华信教育资源网 (<http://www.hxedu.com.cn>) 免费注册后再进行下载，有问题时请在网站留言板留言或与电子工业出版社联系 (E-mail: hxedu@phei.com.cn)。

编 者





第1章 常用低压电器	1
教学导航	1
1.1 低压电器的分类、结构与工作原理	2
1.1.1 低压电器的分类与用途	2
1.1.2 低压电器的结构要求	3
1.1.3 电磁式控制电器的工作原理	4
1.1.4 电气控制技术中常用的图形、文字符号	9
1.2 开关和保护类电器	12
1.2.1 刀开关	12
1.2.2 低压负荷开关	13
1.2.3 熔断器式刀开关	14
1.2.4 熔断器	15
1.2.5 断路器	22
1.2.6 漏电保护器	28
1.2.7 双电源切换装置	29
1.2.8 电涌保护器	31
1.3 控制类电器	34
1.3.1 主令电器(广义)	34
1.3.2 接触器	40
1.3.3 继电器	47
1.3.4 控制与保护开关电器	55
1.3.5 电动机控制器	62
1.3.6 软启动器	63
1.3.7 变频器	63
思考练习题1	64
第2章 电气控制的典型环节与规律	65
教学导航	65
2.1 三相鼠笼型异步电动机全压启动的控制	66
2.1.1 点动控制	67
2.1.2 电气控制系统的保护环节	68
2.1.3 既能连续运行又能点动的控制	69
2.1.4 多地控制	70

2.1.5	正、反转控制	71
2.1.6	行程限位控制	73
2.1.7	顺序控制	74
2.2	三相鼠笼型异步电动机降压启动控制	75
2.2.1	星-三角形降压启动控制	75
2.2.2	延边三角形降压启动控制	76
2.2.3	电阻(或电抗器)降压启动控制	77
2.2.4	自耦变压器降压启动控制	77
2.2.5	软启动控制	79
2.3	三相鼠笼型异步电动机变频启动控制	80
2.4	三相鼠笼型电动机的制动控制	82
2.4.1	机械制动控制	82
2.4.2	反接制动控制	82
2.4.3	能耗制动控制	84
2.5	三相鼠笼型电动机的调速控制	85
2.5.1	三相鼠笼型电动机的变极调速控制	86
2.5.2	三相鼠笼型电动机的变频调速控制	87
2.6	三相绕线型异步电动机的启动控制	89
2.6.1	转子回路串电阻启动控制	89
2.6.2	转子回路串频敏变阻器启动控制	91
	思考练习题 2	93

第 3 章 给排水设备的控制 95

教学导航	95
3.1 生活供水设备的控制	96
3.1.1 常用的水位控制器	96
3.1.2 生活水泵的运行与控制方式	99
3.1.3 生活水泵的典型控制电路	101
3.2 消防供水设备的控制	117
3.2.1 消火栓泵的典型控制电路	117
3.2.2 自动喷淋泵的典型控制电路	124
3.2.3 消防稳压泵的典型控制电路	127
3.3 排水设备的控制	128
3.3.1 单台排水泵的典型控制电路	130
3.3.2 两台排水泵的典型控制电路	130
思考练习题 3	134

第 4 章 通风排烟设备的控制 135

教学导航	135
4.1 常用的通风排烟设备	136

4.1.1 非消防通风设备	136
4.1.2 防排烟设备	136
4.1.3 通风排烟系统的配套设备	137
4.2 普通风机的控制	139
4.3 消防排烟风机的控制	139
思考练习题 4	143
第 5 章 空调与制冷设备的控制	144
教学导航	144
5.1 空调设备的分类	145
5.1.1 空调系统的分类	145
5.1.2 空调系统常用的调节装置	146
5.2 分散式空调设备的控制	153
5.2.1 分散式空调机组的种类	153
5.2.2 电气控制实例	154
5.3 半集中式空调设备的控制	157
5.3.1 风机盘管和新风系统的组成	157
5.3.2 风机盘管空调系统电气控制实例	159
5.3.3 新风机控制	162
5.4 集中式空调设备的控制	163
5.4.1 集中式空调系统电气控制特点	164
5.4.2 集中式空调系统的电气控制分析	165
5.5 制冷设备的控制	170
5.5.1 压缩式制冷的基本原理和主要设备	170
5.5.2 螺杆式冷水机组的电气控制	171
5.5.3 活塞式制冷机组的电气控制	175
思考练习题 5	180
第 6 章 电梯的控制	181
教学导航	181
6.1 电梯的分类与结构	182
6.1.1 电梯的分类	182
6.1.2 电梯的基本构造	185
6.2 电梯的控制要求	190
6.2.1 电梯的控制方法	190
6.2.2 不同控制形式的单机运行电梯控制要求	191
6.3 电梯的电力拖动	192
6.3.1 电梯拖动系统的分类	193
6.3.2 变压变频调速拖动系统	193
6.4 电梯微机控制系统	200

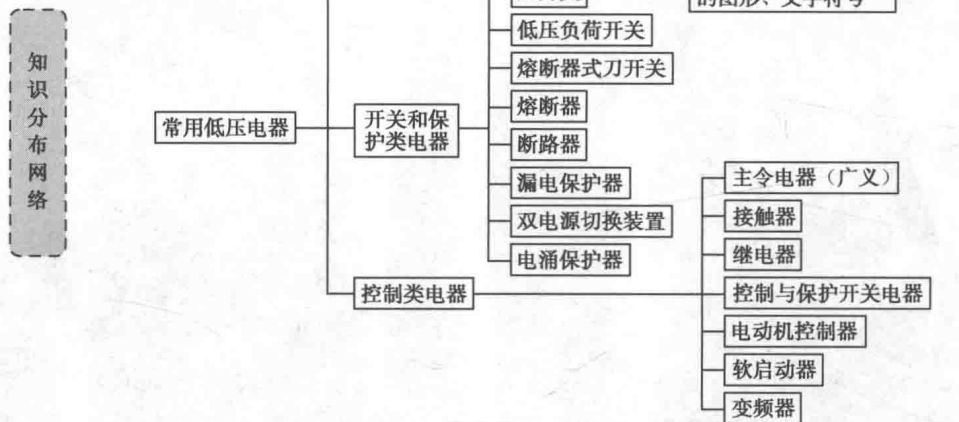
6.4.1 Miconic-L 微机电梯控制系统	200
6.4.2 某微机电梯控制系统	202
思考练习题 6	213
第 7 章 建筑施工常用机械设备的控制	214
教学导航	214
7.1 散装水泥装置与混凝土搅拌机的控制	215
7.1.1 散装水泥出料、称量及计数的电气控制	215
7.1.2 混凝土搅拌机的控制	216
7.2 塔式起重机的控制	219
7.2.1 塔式起重机的工作机构	219
7.2.2 QTZ50 型塔式起重机的安全保护装置	221
7.2.3 QTZ50 型塔式起重机的控制电路分析	222
思考练习题 7	227
第 8 章 可编程序控制	228
教学导航	228
8.1 可编程控制器的组成和工作原理	229
8.1.1 PLC 的硬件组成	230
8.1.2 PLC 的软件组成	231
8.1.3 PLC 的工作原理	232
8.2 西门子 S7-200 系列可编程控制器	233
8.2.1 S7-200 系列可编程控制器的结构与性能参数	234
8.2.2 S7-200 系列 CPU 存储器的数据类型及寻址方式	236
8.2.3 S7-200 系列可编程控制器的指令系统	238
8.2.4 S7-200 系列可编程控制器的程序设计	248
8.3 PLC 在典型电动机控制系统中的应用与编程	253
8.3.1 电动机的正、反转控制	253
8.3.2 电动机的启/停控制	258
8.3.3 电动机 Y- Δ 降压启动控制	260
思考练习题 8	263
第 9 章 电气控制设计	264
教学导航	264
9.1 电气控制设计的基本原则、内容和步骤	265
9.1.1 电气控制设计的一般原则	265
9.1.2 电气控制设计的基本内容	266
9.1.3 电气控制设计的一般步骤	268
9.2 电气控制设计的基本要求	270
9.3 电气控制设计的设计方法	272
9.4 主要参数计算及常用元器件的选择	277

9.4.1 三相绕线转子异步电动机启动电阻计算·····	277
9.4.2 笼型异步电动机能耗制动参数计算·····	278
9.4.3 整流变压器参数计算·····	278
9.4.4 常用电气元件的选择·····	278
9.4.5 接触器的选择·····	279
9.4.6 继电器的选择·····	280
9.4.7 熔断器的选择·····	281
9.5 电气控制设计中的电气保护·····	281
9.6 某高层建筑泵机的电气控制设计分析·····	283
思考练习题 9·····	285
参考文献·····	286



教学导航

教	知识重点	1. 了解常用低压电器的结构、工作原理; 2. 掌握常用低压电器的功能和图形文字符号; 3. 熟悉常用低压电器的型号和选用方法
	知识难点	常用低压电器的工作原理
	推荐教学方式	利用多媒体图片和动画把低压电器的结构、工作原理演示给学生们看,同时结合在实训楼观看实物讲解
	建议学时	12 学时
学	推荐学习方法	结合本章内容,通过自我查找资料、观察总结,了解低压电器的结构、工作原理,为今后分析电气控制系统图打下良好的基础
	必须掌握的理论知识	1. 低压电器基本概念; 2. 常用低压电器的分类方法; 3. 接触器和继电器; 4. 其他低压开关和控制电器
	必须掌握的技能	1. 认识常用的低压电器; 2. 主要低压电器的选用



章节导读

低压电器的分类、结构与工作原理：低压电器的分类与用途、低压电器的结构要求、电磁式控制电器的基本原理及电气控制技术中常用的图形、文字符号。

开关和保护类电器：刀开关、低压负荷开关、熔断器式刀开关、熔断器、断路器、漏电保护器、双电源切换装置、电涌保护器。

控制类电器：主令电器（广义）、接触器、继电器、控制与保护开关电器、电动机控制器、软启动器、变频器。

1.1 低压电器的分类、结构与工作原理

在我国经济建设事业和人民生活中，电能的应用越来越广泛，大多采用低压供电。为了安全、可靠地使用电能，电路中就必须装有各种起调节、分配、控制和保护作用的各类断路器、接触器、继电器等低压电器。即无论是低压供电系统还是控制生产过程的电力拖动控制系统，都是由用途不同的各类低压电器组成的。随着科学技术和生产的发展，低压电器的种类不断增多，用量也不断增大，用途更为广泛。

1.1.1 低压电器的分类与用途

我国现行标准将工作电压交流 1200V、直流 1500V 以下的电气线路中起通断、保护、控制或调节作用的电器称为低压电器。

1. 低压电器的分类

低压电器的种类繁多，工作原理也各异，因而有不同的分类方法。以下介绍三种分类方式。



1) 按用途和控制对象分

按用途和控制对象不同, 可将低压电器分为开关保护类电器和控制类电器。

(1) 用于低压电力网的开关保护类电器: 这类低压电器主要用于低压供电系统, 它包括刀开关、负荷开关、隔离开关、断路器和熔断器等。对配电电器的主要技术要求是断流能力强、限流效果好; 在系统发生故障时保护动作准确, 工作可靠; 有足够的热稳定性和动稳定性。

(2) 低压控制电器: 这类电器主要用于电力拖动及自动控制系统, 它包括接触器、启动器和各种控制继电器等。对控制电器的主要技术要求是操作频率高, 电器和机械寿命长, 有相应的转换能力。

2) 按操作方式分

按操作方式不同, 可将低压电器分为自动电器和手动电器。

(1) 自动电器: 通过电磁(或压缩空气)做功来完成接通、分断、启动、反向和停止等动作的电器称为自动电器。常用的自动电器有接触器、继电器等。

(2) 手动电器: 通过人力做功来完成接通、分断、启动、反向和停止等动作的电器称为手动电器。常用的手动电器有刀开关、转换开关和主令电器等。

3) 按工作原理分

按工作原理不同, 可将低压电器分为电磁式电器和非电量控制电器。

(1) 电磁式电器: 这类电器是根据电磁感应原理进行工作的, 它包括交直流接触器、电磁式继电器等。

(2) 非电量控制电器: 这类电器是以非电物理量作为控制量进行工作的, 包括按钮开关、行程开关、热继电器、速度继电器等。另外, 低压电器按工作条件还可划分为一般工业电器、船用电器、化工电器、矿用电器、牵引电器及航空电器等几类, 对不同类型低压电器的防护形式、耐潮湿、耐腐蚀、抗冲击等性能的要求不同。

下面, 我们将重点介绍最典型的几类低压电器, 如刀开关、熔断器、断路器、接触器、继电器、主令电器、启动器等。

2. 低压电器的基本用途

在输送电能的输电线路和各种用电的场合, 需要使用不同的电器来控制电路通、断, 并对电路的各种参数进行调节。低压电器在电路中的用途就是根据外界控制信号或控制要求, 通过一个或多个器件组合, 自动或手动地接通、分断电路, 连续或断续地改变电路状态, 对电路进行切换、控制、保护、检测和调节。

1.1.2 低压电器的结构要求

低压电器产品的种类多、数量大, 用途极为广泛。为了保证不同产地、不同企业生产的低压电器产品的规格、性能和质量一致, 通用和互换性好, 低压电器的设计和制造必须严格按照国家的有关标准, 尤其是基本系列的各类开关电器必须保证执行三化, 即标准化、系列化、通用化, 四统一, 即型号规格、技术条件、外形及安装尺寸、易损零部件统一的原则。我们在购置和选用低压电器元件时, 也要特别注意检查其结构是否符合标准, 防止给今后的运行和维修工作留下隐患和麻烦。



1.1.3 电磁式控制电器的工作原理

电磁式控制电器是低压电器中最典型也是应用最广泛的一种电器。控制系统中的接触器和电磁式继电器就是两种最常用的电磁式控制电器。虽然电磁式控制电器的类型很多，但它的工作原理和构造基本相同。其基本结构是由电磁机构和触点系统组成。触点是电磁式控制电器的执行部分，电器就是通过触点的动作来分合被控的电路的。触点在闭合状态下，动、静触点完全接触，并有工作电流通过时，称为电接触。电接触时会存在接触电阻，动、静触点在分离时，会产生电弧，触点系统存在的接触电阻和电弧的物理现象，对电气系统的安全运行影响较大；另外，电磁机构的电磁吸力和反力特性又是决定电器性能的主要因素之一。低压电器的主要技术性能指标与参数就是在这些基础上制定的。因此，触点结构、电弧、灭弧装置以及电磁吸力和反力特性等是构成低压电器的基本问题，也是研究电气元件结构和工作原理的基础。

1. 电磁机构

电磁机构是电磁式继电器和接触器等低压器件的主要组成部件之一，工作原理是将电磁能转换成为机械能，从而带动触点动作。常用电磁机构的形式如图 1-1 所示。

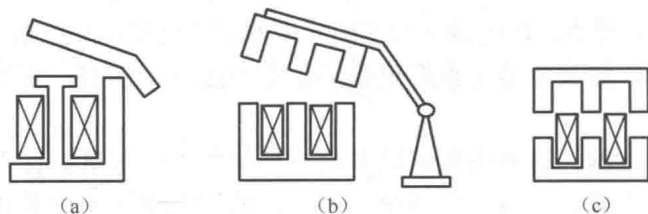


图 1-1 常用电磁机构的形式

电磁机构由吸引线圈（励磁线圈）和磁路两部分组成。其中磁路包括铁芯、铁轭、衔铁和空气隙。当吸引线圈通过一定的电压或电流时，产生激励磁场及吸力，并通过气隙转换为机械能，从而带动衔铁运动使触点动作，以完成触点的断开和闭合。

图 1-1 是几种常用的电磁机构结构示意图。由图可见，衔铁可以直动，也可以绕支点转动。按磁系统形状分类，电磁机构可分为 U 形（见图 1-1 (a)）和 E 形（见图 1-1 (b)）两种。铁芯按衔铁的运动方式分为如下几类：

(1) 衔铁沿棱角转动的拍合式铁芯如图 1-1 (a) 所示，其衔铁绕铁轭的棱角转动，磨损较小，铁芯一般用电工软铁制成，适用于直流继电器和接触器。

(2) 衔铁沿轴转动的拍合式铁芯如图 1-1 (b) 所示，其衔铁绕轴转动，铁芯一般用硅钢片叠成，常用于较大容量的交流接触器。

(3) 衔铁做直线运动的直动式铁芯如图 1-1 (c) 所示，衔铁在线圈内成直线运动，较多用于中小容量交流接触器和继电器中。吸引线圈按其通电种类一般分为交流电磁线圈和直流电磁线圈。对于交流电磁线圈，通交流电时，为了减小因涡流造成的能量损失和温升，铁芯和衔铁用硅钢片叠成。对于直流电磁线圈，铁芯和衔铁可以用整块电工软钢做成。当线圈并联于电源工作时，称为电压线圈，它的特点是线圈匝数多，导线线径较细。当线圈串联于电路工作时，称为电流线圈，它的特点是线圈匝数少，导线线径较粗。



2. 电磁机构的工作原理

电磁机构使衔铁释放的力与气隙之间的关系曲线称为反力特性曲线。电磁机构使衔铁释放的力一般有两种：一种是利用弹簧的反力，另一种是利用衔铁的自身重力。弹簧的反力与其机械形变的位移量 x 成正比，其反力特性可写成：

$$F_{f1} = K_1 x \quad (1-1)$$

自重的反力与气隙大小无关，如果气隙方向与重力一致，其反力特性可写成：

$$F_{f2} = -K_2 \quad (1-2)$$

考虑到常开触点闭合时超行程机构的弹力作用，上述两种反力特性曲线如图 1-2 所示。其中 δ_1 为电磁机构气隙的初始值； δ_2 为动、静触点开始接触时的气隙长度。由于超行程机构的弹力作用，反力特性在 δ_1 处有一突变。

3. 吸力特性

电磁机构的吸力与气隙之间的关系曲线称为吸力特性曲线。电磁机构的吸力与很多因素有关，当铁芯与衔铁端面互相平行，且气隙 δ 比较小时，吸力可近似地按下式求得

$$F = 4 \times 10^5 B^2 S = 4 \times 10^5 \phi^2 / S \quad (1-3)$$

式中 B ——气隙间磁通密度 (T)；

S ——吸力处气隙端面积 (m^2)；

F ——电磁吸力 (N)。

当端面积 S 为常数时，吸力 F 与磁通密度 B^2 成正比，即 F 与磁通 ϕ 成正比，反比于端面积 S ，即

$$F \propto \phi^2 / S$$

电磁机构的吸力特性反映的是其电磁吸力与气隙的关系，而励磁电流的种类不同，其吸力特性也不一样。如图 1-3 所示为交流和直流吸力特性曲线。

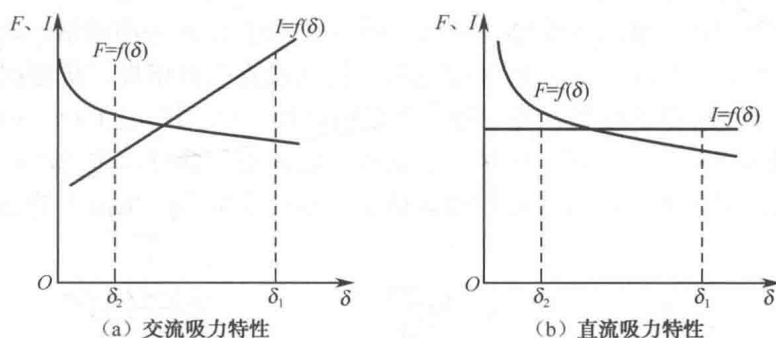


图 1-3 吸力特性曲线

4. 触点系统

触点按其原始状态可分为常开触点和常闭触点。原始状态时（即线圈未通电）断开，



线圈通电后闭合的触点叫常开触点。原始状态闭合，线圈通电后断开的触点叫常闭触点。线圈断电后所有触点复原。

1) 触点的接触电阻

当动、静触点闭合后，不可能是完全紧密地接触，从微观看，只是一些凸起点之间的有效接触，因此工作电流只流过这些相接触的凸起点，使有效导电面积减小，该区域的电阻远大于金属导体的电阻。这种由于动、静触点闭合时形成的电阻，称为接触电阻。由于接触电阻的存在，不仅会造成一定的电压损耗，还会使铜耗增加，造成触点温升超过允许值，导致触点表面的“膜电阻”进一步增加及相邻绝缘材料的老化，严重时可使触点熔焊，造成电气系统发生事故。因此，对各种电器的触点都规定了它的最高环境温度和允许温升。

为确保导电、导热性能良好，触点通常由铜、银、镍及其合金材料制成，有时也在铜触点表面电镀锡、银或镍。对于有些特殊用途的电器，如微型继电器和小容量的电器，其触点常采用银质材料，以减小其接触电阻；对于大中容量的低压电器，在结构设计上，采用滚动接触结构的触点，可将氧化膜去掉。

除此之外，触点在运行时还存在磨损，触点的磨损包括电磨损和机械磨损。电磨损是由于在通断过程中触点间的放电作用使触点材料发生物理性能和化学性能变化而引起的。电磨损是引起触点材料损耗的主要原因之一。机械磨损是由于机械作用使触点材料发生磨损和消耗。机械磨损的程度取决于材料硬度、触点压力及触点的滑动方式等。为了使接触电阻尽可能减小，一是要选用导电性好、耐磨性好的金属材料做触点，使触点本身的电阻尽量减小；二是要使触点接触得紧密一些。另外，在使用过程中尽量保持触点清洁，在有条件的情况下应定期清扫触点表面。

2) 触点的接触形式

触点的接触形式及结构形式很多，通常按其接触形式分为三种，即点接触、面接触和线接触，如图 1-4 所示。显然，面接触时的实际接触面要比线接触的大，而线接触的又比点接触的大。图 1-4 (a) 所示为点接触，它由两个半球形触点或一个半球形与一个平面形触点构成，这种结构有利于提高单位面积上的压力，减小触点表面电阻。它常用于小电流的电器中，如接触器的辅助触点和继电器触点。图 1-4 (b) 所示为面接触，这种触点一般在接触表面上镶有合金，以减小触点的接触电阻，提高触点的抗熔焊、抗磨损能力，允许通过较大的电流。中小容量的接触器的主触点多采用这种结构。图 1-4 (c) 所示为线接触，通常被做成指形触点结构，其接触区是一条直线。触点通、断过程中滚动接触并产生滚动摩擦，以利于去掉氧化膜。这种滚动线接触适用于通电次数多、电流大的场合，多用于中等容量电器。

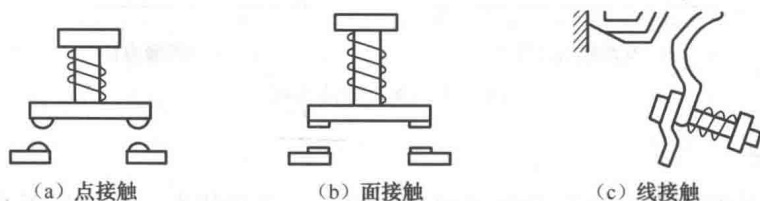


图 1-4 触点的接触形式



触点在接触时,为了使触点接触得更加紧密,以减小接触电阻,消除开始接触时产生的振动,一般在触点上都装有接触弹簧。当动触点刚与静触点接触时,由于安装时弹簧预先压缩了一段,因此产生一个初压力 F_1 ,如图 1-5 (b) 所示,并且随着触点闭合,逐渐增大触点间的压力。触点闭合后由于弹簧在超行程内继续变形而产生一终压力 F_2 ,如图 1-5 (c) 所示。弹簧被压缩的距离称为触点的超行程,即从静、动触点开始接触到触点压紧,整个触点系统向前压紧的距离。有了超行程,在触点磨损的情况下,仍具有一定压力,磨损严重时超行程将失效。

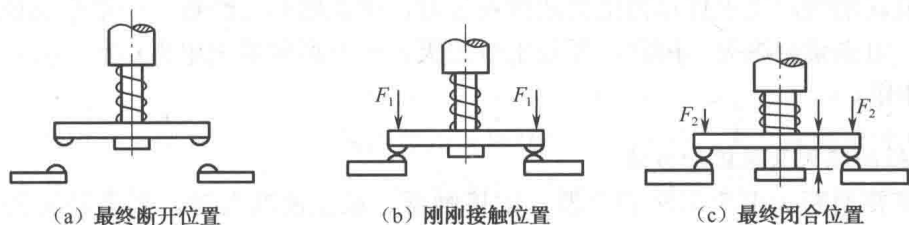


图 1-5 桥式触点闭合过程位置示意图

5. 电弧的产生及灭弧方法

1) 电弧的产生及其物理过程

在自然环境中分断电路时,如果电路的电流(或电压)超过某一数值(根据触点材料的不同,此值为 $0.25 \sim 1 \text{ A}$ 、 $12 \sim 20 \text{ V}$),触点在分断的时候就会产生电弧。

电弧实际上是触点间气体在强电场作用下产生的放电现象。所谓气体放电,就是触点间隙中的气体被游离产生大量的电子和离子,在强电场作用下,大量的带电粒子做定向运动,于是绝缘的气体就变成了导体。电流通过这个游离区时所消耗的电能转换为热能和光能,发出光和热的效应,产生高温并发出强光,使触点烧损,并使电路的切断时间延长,甚至不能断开,造成严重事故。所以,必须采取措施熄灭或减小电弧,为此首先要了解电弧产生的原因。电弧产生主要经历以下四个物理过程:

(1) 强电场放射

触点开始分离时,其间隙很小,电路电压几乎全部降落在触点间很小很小的间隙上,因此该处电场强度很高,每米可达几亿伏,此强电场将触点阴极表面的自由电子拉出到间隙中,使触点间隙中存在较多的电子,这种现象就是所谓的强电场放射。

(2) 撞击电离

触点间隙中的自由电子在电场作用下,向正极加速运动,它在前进途中撞击气体原子,该原子被分裂成电子和正离子。电子在向正极运动过程中,又将撞击其他原子,使触点间隙中气体中的电荷越来越多,这种现象称为撞击电离。触点间隙中的电场强度越强,电子在加速过程中所走的路程越长,它所获得的能量就越大,故撞击电离的电子就越多。

(3) 热电子发射

撞击电离产生的正离子向阴极运动,撞击在阴极上会使阴极温度逐渐升高,使阴极金属中电子动能增加,当阴极温度达到一定程度时,一部分电子有足够动能将从阴极表面逸出,再参与撞击电离。由于高温使电极发射电子的现象称为热电子发射。