

普通高等教育智能建筑规划教材

建筑电气控制技术

马小军 主编



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



本书是2001年12月在上海同济大学召开的全国建筑电气、智能建筑本科及高职高专教材编写工作会议确定的系列教材之一。其特点是,既讲述电气控制技术的基本原理,又注重介绍电气控制技术在建筑电气领域中的实际应用。另外为适应可编程序控制器技术的应用需求,本书用了较多篇幅来介绍国内典型可编程序控制器机型的原理、使用技术和一些新的发展成果,突出工程上的实用性。

全书分两篇,共十三章,内容包括:常用控制电器、电气控制的基本环节和基本规律、电气控制系统的设计、电气控制应用实例分析、可编程序控制器基础知识、OMRON CPM1A型可编程序控制器、三菱F1系列可编程序控制器、SIEMENS S7-200可编程序控制器、可编程序控制器系统设计、可编程序控制器的通信与网络、可编程序控制器的应用等。

本书的内容选取遵循“宽编窄用”的原则,以适应不同专业、不同层次的学校需要,而且各章的论述力求做到原理与应用并重,理论与实际结合,从而达到学以致用目的。

本书可作为电气工程及其自动化本科,建筑电气、楼宇自动化设备管理等高职高专教材,也可供工程技术人员自学和作为培训教材使用。

图书在版编目(CIP)数据

建筑电气控制技术/马小军主编. —北京:机械工业出版社,2003.7
普通高等教育智能建筑规划教材
ISBN 7-111-12286-0

I. 建... I. 马... III. 房屋建筑设备—电气控制—高等学校—教材 IV. TU85

中国版本图书馆CIP数据核字(2003)第041863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:周娟 贡克勤 王保家 版式设计:冉晓华
责任校对:王欣 封面设计:张静 责任印制:路琳
北京机工印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行
2003年7月第1版·第1次印刷
787mm×1092mm¹/₁₆·22.5印张·552千字
定价:32.00元

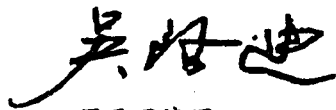
凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
本社购书热线电话(010)68993821、88379646
封面防伪标均为盗版

序

20世纪,电子技术、计算机网络技术、自动控制技术和系统工程技术获得了空前的高速发展,并渗透到各个领域,深刻地影响着人类的生产方式和生活方式,给人类带来了前所未有的方便和利益。建筑领域也未能例外,智能化建筑便是在这一背景下走进人们的生活。智能化建筑充分应用各种电子技术、计算机网络技术、自动控制技术、系统工程技术,并加以研发和整合成智能装备,为人们提供安全、便捷、舒适的工作条件和生活环境,并日益成为主导现代建筑的主流。近年来,人们不难发现,凡是按现代化、信息化运作的机构与行业,如政府、金融、商业、医疗、文教、体育、交通枢纽、法院、工厂等,他们所建造的新建筑物,都已具有不同程度的智能化。

智能化建筑市场的拓展为建筑电气工程的发展提供了宽广的天地。特别是建筑电气工程中的弱电系统,更是借助电子技术、计算机网络技术、自动控制技术和系统工程技术在智能建筑中的综合利用,使其获得了日新月异的发展。智能化建筑也为其设备制造、工程设计、工程施工、物业管理等行业创造了巨大的市场,促进了社会对智能建筑技术专业人才的急速增加。令人高兴的是众多院校顺应时代发展的要求,调整教学计划、更新课程内容、致力于培养建筑电气与智能建筑应用方向的人才,以适应国民经济高速发展需要。这正是这套建筑电气与智能建筑系列教材的出版背景。

我欣喜地发现,参加这套建筑电气与智能建筑系列教材编撰工作的有近20个姐妹学校,不论是主编者或是主审者,均是这个领域有突出成就的专家。因此,我深信这套系列教材将会反映各姐妹学校在为国民经济服务方面的最新研究成果。系列教材的出版还说明一个问题,时代需要协作精神,时代需要集体智慧。我借此机会感谢所有作者,是你们的辛劳为读者提供了一套好的教材。



写于同济园

2002年9月28日

前 言

本书是普通高等教育智能建筑规划教材之一，由智能建筑规划教材编委会组织编写。

电气控制是一门成熟的技术，但还在不断地完善和发展。建筑电气控制和可编程序控制器的联网应用已有不少的专著和资料，但作为专业教材还不多见。本书编写的指导思想是，将传统的电气控制技术与建筑电气控制应用相结合，把典型可编程序控制器与其通信联网应用相结合，使学生在理论与实践结合、动手能力方面得到训练，以适应社会发展的需要。

本书内容涉及电器、控制、计算机、通信等领域，并紧密联系实际，面向工程，内容综合。在编写过程中，编者查阅了大量公开或内部发行的工程技术专著和资料，吸取了许多有益知识，借用了其中一些内容，并下载一些软件程序，在此向本书所列主要参考文献的作者致以衷心的感谢。

本书的出版得到机械工业出版社教材编辑室的重视和关心，得到中国电工技术学会电气工程教育委员会的具体指导。编写大纲由本系列教材编委会委员、著名的建筑电气及智能建筑专家同济大学程大章教授审定。南京工业大学马小军任主编，负责全书的编写组织及统稿工作，并编写第二、三章，第九、十二、十三章的部分章节及附录 A、C；重庆大学赵宏家任副主编，并编写第四~第六章；上海工程技术大学季子荣编写第七、八章及附录 B；扬州大学王永华编写第一、十一章；广东工业大学龚仕伟编写第十章，第十二、十三章的部分章节；江苏嘉华公司的余宁晖编写第九章的部分章节。北京建筑工程学院陈志新教授任本书主审。

本书在编写过程中得到南京工业大学、北京建筑工程学院、扬州大学相关院、系领导及同志们的大力支持，得到张九根副院长、陈虹主任的关心帮助。南京工业大学王连春等同学参与部分绘图工作。特别是陈志新教授，通审全文，并提出了极好的意见。在此向他们表示真诚的感谢！

本书可作为电气工程与自动化类本科、高职高专的“电气控制技术”、“可编程序控制器”等课程的教材。建议总学时数 48~56 学时，两部分内容可各占一半学时，或有侧重。对于第二篇可编程序控制器的内容较多，各院校可根据自身实际情况，选讲其中一种型号的内容，其它型号可进行一般性介绍。实践环节应安排四分之一的学时数。

由于编者水平有限，书中难免存在缺漏和不当之处，敬请各位专家和广大读者批评指正。

编 者

目 录

序 前言

第一篇 电气控制技术

第一章 常用控制电器	1	第四章 空调与制冷系统的电气控制	60
第一节 概述	1	第一节 空调系统的分类与调节装置	60
第二节 电磁式控制器的工作原理	3	第二节 分散式空调系统的电气控制实例	65
第三节 接触器	8	第三节 半集中式空调系统的电气控制实例	69
第四节 电磁式继电器	13	第四节 集中式空调系统的电气控制实例	75
第五节 常用非电磁类继电器	18	第五节 制冷系统的电气控制实例	80
第六节 刀开关与低压断路器	21	习题与思考题	85
第七节 熔断器	24	第五章 水泵与锅炉设备的电气控制	86
第八节 主令电器	27	第一节 生活水泵的控制	86
习题与思考题	30	第二节 消防水泵的控制	93
第二章 电气控制的基本环节和基本规律	31	第三节 防、排烟设备的控制	95
第一节 电气控制系统的电路图及绘制原则	31	第四节 锅炉房设备的组成及控制任务	99
第二节 电气控制的基本环节	33	第五节 锅炉的电气控制实例	104
第三节 电气控制的基本规律	34	习题与思考题	111
第四节 三相异步电动机的控制电路	39	第六章 电梯的电气控制	112
习题与思考题	46	第一节 电梯的分类和基本结构	112
第三章 电气控制系统的设计	48	第二节 电梯的控制电路实例	117
第一节 电气控制系统设计的基本原则	48	习题与思考题	129
第二节 电气控制系统电路设计	50		
习题与思考题	58		

第二篇 可编程序控制器及其应用

第七章 可编程序控制器的基础知识	130	一般介绍	130
第一节 可编程序控制器 (PLC) 的		第二节 可编程序控制器的基本组成及各模块的功能	133
		第三节 可编程序控制器的基本工作原理	139

第四节	可编程序控制器的性能指标及其特点	142	量处理方法	250
第五节	可编程序控制器的编程语言	144	第五节	S7-200 编程系统的使用
习题与思考题	.....	146	习题与思考题	.....
第八章	OMRON CPM1A 小型可编程序控制器	147	第十一章	可编程序控制器系统设计
第一节	OMRON 可编程序控制器的 一般介绍	147	计	.....
第二节	CPM1A 小型机的组成及特点	149	第一节	可编程序控制器设计的内容 和步骤
第三节	指令系统	159	第二节	可编程序控制器的硬件设计
第四节	编程中应注意的基本原则	180	第三节	可编程序控制器的软件设计
第五节	基本电路的梯形图编程举例	185	第四节	基本程序的编制
习题与思考题	.....	190	第五节	可编程序控制器设计举例
第九章	三菱 F1 系列可编程序控制器	193	习题与思考题	.....
第一节	F1 系列 PLC 的概况	193	第十二章	可编程序控制器的通信与 网络
第二节	F1 系列 PLC 编程元件及其编号	194	第一节	PLC 通信网络的基本知识
第三节	基本指令功能	196	第二节	PLC 网络通信方法介绍
第四节	步进指令及编程方法	202	第三节	PLC 与计算机通信
第五节	功能指令的基本知识	208	第四节	典型 PLC 网络系统分析
第六节	常用环节编程与技巧	211	习题与思考题	.....
习题与思考题	.....	219	第十三章	可编程序控制器的应用
第十章	西门子 S7-200 可编程序 控制器	222	第一节	PLC 在洁净空调中央监控系统中的应用
第一节	SIMATIC S7 系列可编程序 控制器概述	222	第二节	PLC 在电梯控制上的应用
第二节	S7-200 PLC 的系统组成	226	第三节	PLC 在楼宇自控中的应用
第三节	S7-200 可编程序控制器指令 系统	233	附录	336
第四节	S7-200 可编程序控制器模拟		附录 A	常用电气图形和文字符号表
			附录 B	OMRON CPM 系列的编程 器及其使用
			附录 C	F1 编程软件
			参考文献	349

第一篇 电气控制技术

第一章 常用控制电器

第一节 概 述

随着科技进步与经济发展，电能的应用日益普及。电器对电能的生产、输送、分配与应用起着控制、调节、检测和保护的作用，在电力输配电系统和电力拖动自动控制系统中应用极为广泛。

电器的种类繁多，结构各异。本章主要介绍用于电力拖动及控制系统领域中的常用低压电器（即所谓“控制电器”）的结构、工作原理、图形符号、型号、规格及用途等相关知识，为正确选择和合理使用这些电器打下基础。

一、电器的分类

电器是接通和断开电路或调节、控制和保护电路及电气设备用的电工器具。由控制电器组成的自动控制系统，称为继电器-接触器控制系统，简称继电器接触式控制系统。

电器的用途广泛，功能多样，种类繁多，结构各异。下面是几种常用的电器分类。

1. 按工作电压等级分

(1) 高压电器 用于交流电压 1200V、直流电压 1500V 及以上电路中的电器。例如高压断路器、高压隔离开关、高压熔断器等。

(2) 低压电器 用于交流 50Hz（或 60Hz），额定电压 1200V 以下；直流额定电压 1500V 以下的电路中起通断、保护、控制或调节作用的电器。例如接触器、继电器等。

2. 按动作原理分

(1) 手动电器 用手或依靠机械力进行操作的电器，如手动开关、控制按钮、行程开关等主令电器。

(2) 自动电器 借助于电磁力或某个物理量的变化自动进行操作的电器，如接触器、各种类型的继电器、电磁阀等。

3. 按用途分

(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、继电器、电动机起动器等。

(2) 主令电器 自动控制系统中发送动作指令的电器，如按钮、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) 执行电器 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。

(5) 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、空气断路器等。

4. 按工作原理分

(1) 电磁式电器 依据电磁感应原理来工作，如接触器、各种类型的电磁式继电器等。

(2) 非电量控制电器 依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、温度继电器等。

二、电器的作用

低压电器是构成低压控制电路的最基本元件，它们性能的优劣、状态的好坏、维修是否及时将直接影响到控制电路的正常工作。低压控制电器能够依据操作信号或外界现场信号的要求，自动或手动地改变电路的状态、参数，实现对电路或被控对象的控制、保护、测量、指示、调节。它的工作过程是将一些非电信号或电量信号转变为非通即断的开关信号或随信号变化的模拟量信号，实现对被控对象的控制。低压电器的作用有：

(1) 控制作用 如电梯的上下移动、快慢速自动切换与自动停层等。

(2) 保护作用 能根据设备的特点，对设备、环境以及人身安全实行自动保护，如电动机的过热保护、电网的短路保护、漏电保护等。

(3) 测量作用 利用仪表及与之相适应的电器，对设备、电网或其它非电参数进行测量，如电流、电压、功率、转速、温度、湿度等。

(4) 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、房间温度和湿度的调节、光照度的自动调节等。

(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) 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，供电的市电与自备电的切换等。

当然，低压电器作用远不止这些，随着科学技术的发展，新功能、新设备会不断出现，常用低压电器的主要种类及用途如表 1-1 所示。

表 1-1 常用低压电器的主要种类及用途

序号	类别	主要品种	用途
1	断路器	塑料外壳式断路器	主要用于电路的过负荷、短路、欠电压、漏电压保护，也可用于不频繁接通和断开的电路
		框架式断路器	
		限流式断路器	
		漏电保护式断路器	
		直流快速断路器	
2	刀开关	开关板用刀开关	主要用于电路的隔离，有时也能分断负荷
		负荷开关	
		熔断器式刀开关	
3	转换开关	组合开关	主要用于电源切换，也可用于负荷通断或电路的切换
		换向开关	

(续)

序号	类别	主要品种	用途
4	主令电器	按钮	主要用于发布命令或程序控制
		限位开关	
		微动开关	
		接近开关	
		万能转换开关	
5	接触器	交流接触器	主要用于远距离频繁控制负荷, 切断带负荷电路
		直流接触器	
6	起动器	电磁起动器	主要用于电动机的起动
		星/三角起动器	
		自耦减压起动器	
7	控制器	凸轮控制器	主要用于控制回路的切换
		平面控制器	
8	继电器	电流继电器	主要用于控制电路中, 将被控量转换成控制电路所需电量或开关信号
		电压继电器	
		时间继电器	
		中间继电器	
		温度继电器	
		热继电器	
9	熔断器	有填料熔断器	主要用于电路短路保护, 也用于电路的过载保护
		无填料熔断器	
		半封闭插入式熔断器	
		快速熔断器	
		自复熔断器	
10	电磁铁	制动电磁铁	主要用于起重、牵引、制动等地方
		起重电磁铁	
		牵引电磁铁	

对低压配电电器的要求是灭弧能力强、分断能力好、热稳定性能好、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。

第二节 电磁式控制电器的工作原理

电磁式电器在电气控制电路中使用量最大, 类型也很多, 各类电磁式电器在工作原理和构造上基本相同。就结构而言, 大都由两个主要部分组成: 感测部分——电磁机构; 执行部分——触头系统。

一、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量转换成机械能量, 带动

触头动作，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，可分为三种类型。

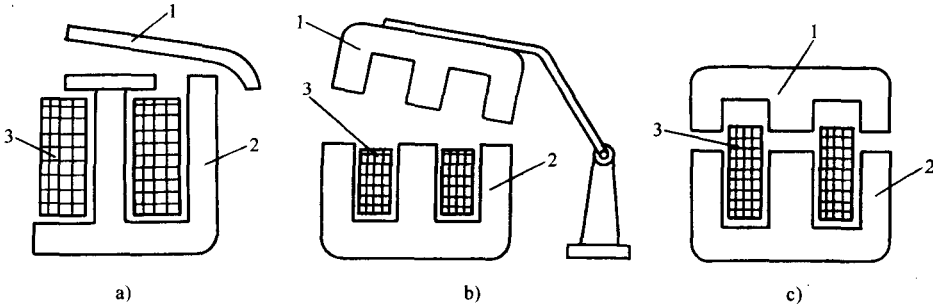


图 1-1 常用的磁路结构

a) 沿棱角转动的拍合式铁心 b) 沿轴转动的拍合式铁心 c) 双 E 形直动式铁心

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。此种结构多用于触头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，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而制成。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。按通入线圈的电流种类不同，可分为直流线圈和交流线圈。

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

对于交流电磁式电器，由于其铁心存在磁滞和涡流损耗，这样线圈和铁心都发热，所以交流电磁式电器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，这样有利于铁心和线圈的散热。

二、电磁吸力与吸力特性

电磁式电器是根据电磁铁的基本原理而设计，电磁吸力是影响其可靠工作的一个重要参数。对于图 1-2 所示的电磁机构，电磁吸力 $F_x \propto B^2 S$ (B 为气隙磁感应强度)，可由下式表示：

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

式中 I ——线圈中通过的电流 (A)；

N ——线圈匝数 (匝)；

S ——气隙截面积 (m^2)；

δ ——气隙宽度 (m)；

F_x ——电磁吸力 (N)；

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

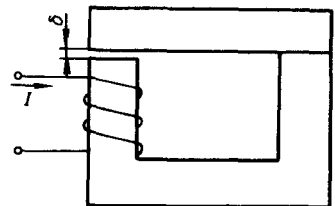


图 1-2 电磁机构

1. 直流电磁机构的电磁吸力特性

从式(1-1)可以看出,对于固定线圈通以恒定的直流电流时,其电磁力仅与气隙 δ^2 成反比,吸力特性为二次曲线。当外施电压为常数和线圈电阻不变时,吸合电流($I=U/R$)与气隙长度无关。吸力特性曲线如图1-3所示。

直流电磁机构在吸合时,气隙较小,吸力也就较大,因此对于依靠弹簧复位的电磁铁来说,在线圈断电时,由于剩磁产生的吸力,使复位比较困难,会造成一些保护用继电器的性能不能满足要求。在吸力较小的直流电压型电器中,如衔铁上一般都装有一片0.1mm厚非磁性磷铜片,增加在吸合时的空气间隙,使衔铁易复位。在吸力较大的直流电压型电器中,如直流接触器,铁心的端面上加有极靴,减小在闭合状态下的吸力,使衔铁复位自如。

2. 交流电磁机构的电磁吸力特性

与直流电磁机构相比,交流电磁机构的吸力特性有较大的不同。对于交流电磁机构多与电路并联使用,当外施电压 U 及频率 f 为常数时,忽略线圈电阻压降:

$$U \approx E = 4.44f\Phi N \quad (1-2)$$

$\Phi = \text{常数}$ (对于固定线圈,匝数 $N = \text{常数}$),由式(1-1)可知电磁吸力 $F_x \propto B^2 S$ 亦为常数。即交流电磁机构的吸力特性为一条与气隙长度无关的直线,实际上考虑衔铁吸合前后漏磁的变化时, F_x 随 δ 的减小而略有增加。对于并联电磁机构,由磁路欧姆定律 $NI \approx \Phi R_m$ 可知(R_m 为气隙磁阻,随 δ 的变化成正比变化),在线圈通电而衔铁尚未吸合瞬间,吸合电流随 δ 的变化成正比变化,为衔铁吸合后的额定电流的很多倍,U形电磁机构可达5~6倍,E形电磁机构可达10~15倍。所以,在可靠性要求较高或要求频繁动作的控制系统中,一般采用直流电磁机构而不采用交流电磁机构。

由于交流电磁机构的磁通是交变的,会在磁心中感应出涡流,使铁心的磁通幅值减小,相位滞后,电能损耗及铁心发热。为解决这一问题,铁心采用较顽力很小的硅钢片叠加在一起做成,硅钢片之间相互绝缘。因此,交流电磁机构的剩磁很小,一般不会产生衔铁被剩磁吸住而不能释放复位的现象。

电磁机构的复位是依靠弹簧的弹力实现的,因此在吸合过程中,电磁吸力必须克服弹簧的弹力 F_r ,电磁吸力 F_x 与弹力 F_r 相比,应大一些,但不宜相差太大。对于交流电磁机构,由于电流是交变的,吸力也是脉动的,电流为零时,吸力也为零。所以50Hz的电源加在线圈上时,吸力为100Hz的脉动吸力,脉动的吸力 F_x 小于弹力 F_r 时,衔铁将在弹簧的作用下移动,而当吸力 F_x 大于弹力 F_r 时衔铁将克服弹簧力而吸合。如此周而复始,使衔铁产生振动,发出噪声,实际吸力曲线如图1-4所示,因此,必须采取有效措施,消除振动和噪声。

具体办法是在铁心端部开一个槽,槽内嵌入称为短路环(或称分磁环)的铜环,如图1-5所示。当励磁线圈通入交流电后,在短路环中就有感应电流产生,该感应电流又会产生一个磁通。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 ,由于短路环的作用,使 Φ_1 与 Φ_2 产生相移,即不同时为零,使合成吸力始终大于反作用力,从而消除了振动和噪声。

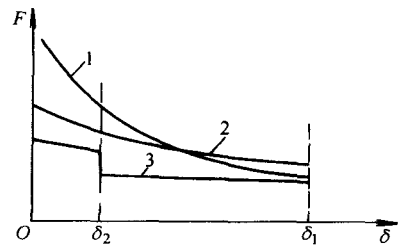


图1-3 电磁机构的电磁吸力特性
1—直流电磁机构 2—交流电磁机构
3—反力特性

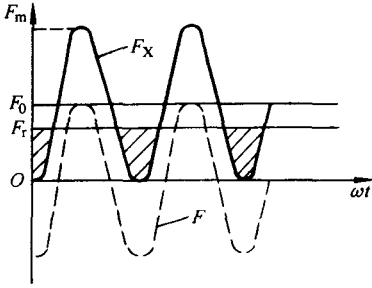


图 1-4 交流电磁机构实际吸力曲线

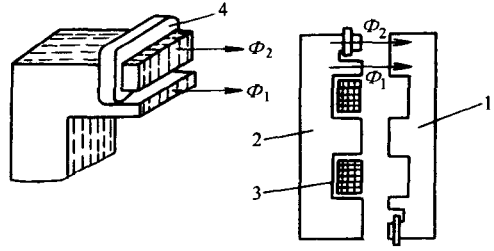


图 1-5 交流电磁铁的短路环

1—衔铁 2—铁心 3—线圈 4—短路环

短路环通常包围 2/3 的铁心截面，它一般用铜、康铜或镍铬合金等材料制成。

3. 反力特性

电磁系统的反作用力与气隙的关系曲线称为反力特性。反作用力包括弹簧力、衔铁自身重力、摩擦阻力等。图 1-3 中所示曲线 3 即为反力特性曲线。

为了保证使衔铁能牢牢吸合，反作用力特性必须与吸力特性配合好，如图 1-3 所示。在整个吸合过程中，吸力都必须大于反作用力，但不能过大或过小。吸力过大，动、静触头接触时以及衔铁与铁心接触时的冲击力也大，会使触头和衔铁发生弹跳导致触头的熔焊或烧毁，影响电器的机械寿命；吸力过小，会使衔铁运动速度降低，难以满足高操作频率的要求。因此，吸力特性与反力特性必须配合得当。在实际应用中，可调整反力弹簧或触头初压力以改变反力特性，使之与吸力特性有良好配合。

三、电器的触头系统

触头是电器的执行部分，起接通和分断电路的作用。触头的结构形式很多，按其所控制的电路可分为主触头和辅助触头。主触头用于接通或断开主电路，允许通过较大的电流；辅助触头用于接通或断开控制电路，只能通过较小的电流。

触头按其原始状态可分为常开触头和常闭触头：原始状态时断开，线圈通电后闭合的触头叫常开触头；原始状态时闭合，线圈通电后断开的触头叫常闭触头。

触头按其结构形式可分为桥式触头和指形触头，如图 1-6 所示。

(1) 桥式触头 图 1-6a 为两个点接触的桥式触头，图 1-6b 是两个面接触的桥式触头，两个触头串于同一条电路中，电路的接通与断开由两个触头共同完成。点接触型式适用于电流不大，且触头压力小的场合；面接触型式适用于大电流的场合。

(2) 指形触头 图 1-6c 为指形触头，其接触区为一直线，触头接通或分断时产生滚动摩擦，以利于去掉氧化膜。指形触头适用于接电次数多、电流大的场合。

为了使触头接触的更加紧密，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，并且随着触头闭合增大触头互压力。

触头要求导电、导热性能良好，通常用铜制成。但铜的表面容易氧化而生成一层氧化铜，将增大触头的接触电阻，使电能损耗增大，触头温度上升。所以有些电器，如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的电阻率与纯银相似（氧化铜则不然，其电阻率可达纯铜的十余倍以上），而且要在较高的温度下才会形成，同时又容易粉化。因此，银质触头具有较低和稳定的接触电阻。

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；另外，可将氧化膜去掉，这种结构的触头，保证触头接触可靠。

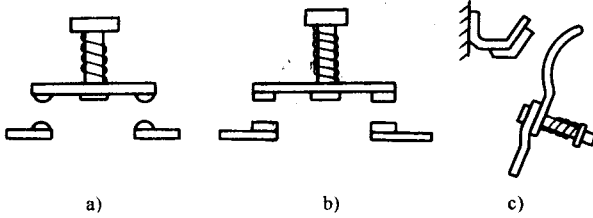


图 1-6 触头的结构型式

a)、b) 桥式触头 c) 指形触头

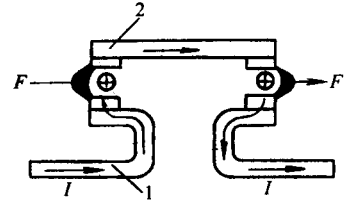


图 1-7 电动力灭弧示意图

1—静触头 2—动触头

四、电弧的产生及灭弧方法

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，断开后加在触头间隙（或称弧隙）两端电压超过某一数值时，触头间隙中就会产生电弧。电弧实际上是触头间气体在强电场作用下产生的放电现象，产生高温并发出强光，将触头烧损，并使电路的切断时间延长，严重时会引起火灾或其它事故，因此，在电器中应采取适当措施熄灭电弧。常用的灭弧方法有以下几种：

1. 电动力灭弧

图 1-7 是一种桥式结构双断口触头，当触头打开时，在断口中产生电弧。电弧电流在两电枢之间产生图中以 \otimes 表示的磁场，根据左手定则，电弧电流要受到一个指向外侧的电动力 F 的作用，使电弧向外运动并拉长，使它迅速穿越冷却介质而加快冷却并熄灭。这种灭弧方法一般用于交流接触器等交流电器中。

2. 磁吹灭弧

其原理如图 1-8 所示。在触头电路中串入一个磁吹线圈，它产生的磁通经过导磁夹板 5 引向触头周围，如图中的“ \times ”符号所示；当触头开断产生电弧后，电弧电流产生的磁通如图中 \otimes 和 \odot 符号所示。可见在弧柱下方两个磁通是相加的，而在弧柱上方彼此相减，因此，电弧在下强上弱的磁场作用下，被拉长并吹入灭弧罩中，引弧角与静触头相连接，其作用是引导电弧向上运动，将热量传递给罩壁，使电弧冷却熄灭。

由于这种灭弧装置是利用电弧电流本身灭弧，因而电弧电流越大，吹弧能力也越强。它广泛应用于直流接触器中。

3. 灭弧栅

灭弧栅的灭弧原理如图 1-9 所示。灭弧栅片由许多镀铜薄钢片组成，片间距离为 2~3mm，安放在触头上方的灭弧罩内。一旦出现电弧，电弧周围产生磁场，电弧被导磁钢片吸入栅片内，且被栅片分割成许多串联的短弧，当交流电压过零时电弧自然熄灭，两栅片间必须有 150~250V 电压，电弧才能重燃。这样，一方面电源电压不足以维持电弧，同时由于栅片的散热作用，电弧熄灭后就很难重燃，它常用于交流接触器。

4. 灭弧罩

灭弧罩通常用耐弧陶土、石棉水泥或耐弧塑料制成。其作用是分隔各路电弧，防止发生短路。另外，由于电弧与灭弧罩接触，故能使电弧迅速冷却而熄灭。灭弧罩常用于交流接触器中。

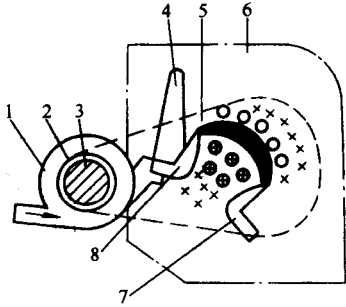


图 1-8 磁吹灭弧示意图

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—动触头 8—静触头

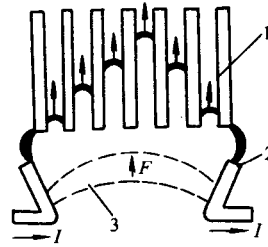


图 1-9 栅片灭弧示意图

1—灭弧栅片 2—触头 3—电弧

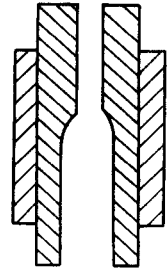


图 1-10 窄缝灭弧

5. 窄缝灭弧

这种灭弧方法是利用灭弧罩的窄缝来实现的。灭弧罩内只有一个纵缝，缝的下部宽些上部窄些，将电弧弧柱直径压缩，使电弧同缝壁紧密接触，加强冷却和去游离作用，使电弧熄火加快。目前有采用数个窄缝的，它将电弧引入纵缝，分劈成若干段直径较小的电弧，以增强去游离作用。窄缝灭弧常用于交流和直流感触器上。

灭弧的方法还很多。低压电器灭弧时，有时只采用上述一种方法，有时多种方法并用，以增加灭弧能力。

第三节 接 触 器

接触器是一种用来自动接通或断开大电流电路的电器。它可以频繁地接通或分断交直流电路，并可实现远距离控制。其主要控制对象是电动机，也可用于电热设备、电焊机、电容器组等其它负载。它还具有低电压释放保护功能，接触器具有控制容量大、过载能力强、寿命长、设备简单经济等特点，是电力拖动自动控制电路中使用最广泛的电器元件。

按照所控制电路的种类，接触器可分为交流接触器和直流接触器两大类。

一、交流接触器

1. 交流接触器结构与工作原理

图 1-11 为交流接触器的外形与结构示意图，交流接触器由以下四部分组成：

(1) 电磁机构 电磁机构由线圈、动铁心（衔铁）和静铁心组成，其作用是将电磁能转换成机械能，产生电磁吸力带动触头动作。

(2) 触头系统 包括主触头和辅助触头。主触头用于通断主电路，通常为三对常开触头。辅助触头用于控制电路，起电气联锁作用，故又称联锁触头，一般常开、常闭各两对。

(3) 灭弧装置 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，常采用双断口触头灭弧、电动力灭弧、相间隔板隔弧及陶土灭弧罩灭弧。对于大容量的接触器，采用纵缝灭弧罩及栅片灭弧。

(4) 其它部件 包括反作用弹簧、缓冲弹簧、触头压力弹簧、传动机构及外壳等。

电磁式接触器的工作原理如下：线圈通电后，在铁心中产生磁通及电磁吸力。此电磁吸

力克服弹簧反力使得衔铁吸合，带动触头机构动作，常闭触头打开，常开触头闭合，互锁或接通电路。线圈失电或线圈两端电压显著降低时，电磁吸力小于弹簧反力，使得衔铁释放，触头机构复位，断开电路或解除互锁。

接触器的图形符号如图 1-12 所示，文字符号为 KM。

2. 交流接触器的分类

交流接触器的种类很多，其分类方法也不尽相同。按照一般的分类方法，大致有以下几种。

(1) 按主触头极数分 可分为单极、双极、三极、四极和五极接触器。单极接触器主要用于单相负荷，如照明负荷、焊机等，在电动机能耗制动中也可采用；双极接触器用于绕线转子异步电动机的转子回路中，启动时用于短接启动绕组；三极接触器用于三相负荷，例如在电动机的控制及其它场合，使用最为广泛；四极接触器主要用于三相四线制的照明电路，也可用来控制双回路电动机负载；五极交流接触器用来组成自耦补偿启动器或控制双笼型电动机，以变换绕组接法。

(2) 按灭弧介质分 可分为空气式接触器、真空式接触器等。依靠空气绝缘的接触器用于一般负载，而采用真空绝缘的接触器常用在煤矿、石油、化工企业及电压在 660V 和 1140V 等一些特殊的场合。

(3) 按有无触头分 可分为有触头接触器和无触头接触器。常见的接触器多为有触头接触器，而无触头接触器属于电子技术应用的产物，一般采用晶闸管作为回路的通断元件。由于晶闸管导通时所需的触发电压很小，而且回路通断时无火花产生，因而可用于高操作频率的设备和易燃、易爆、无噪声的场合。

3. 交流接触器的基本参数

(1) 额定电压 指主触头额定工作电压，应等于负载的额定电压。一只接触器常规定几个额定电压，同时列出相应的额定电流或控制功率。通常，最大工作电压即为额定电压。常用的额定电压值为 220V、380V、660V 等。

(2) 额定电流 接触器触头在额定工作条件下的电流值。380V 三相电动机控制电路中，额定工作电流可近似等于控制功率的两倍。常用额定电流等级为 5A、10A、20A、40A、60A、100A、150A、250A、400A、600A。

(3) 通断能力 可分为最大接通电流和最大分断电流。最大接通电流是指触头闭合时不会造成触头熔焊时的最大电流值；最大分断电流是指触头断开时能可靠灭弧的最大电流。一

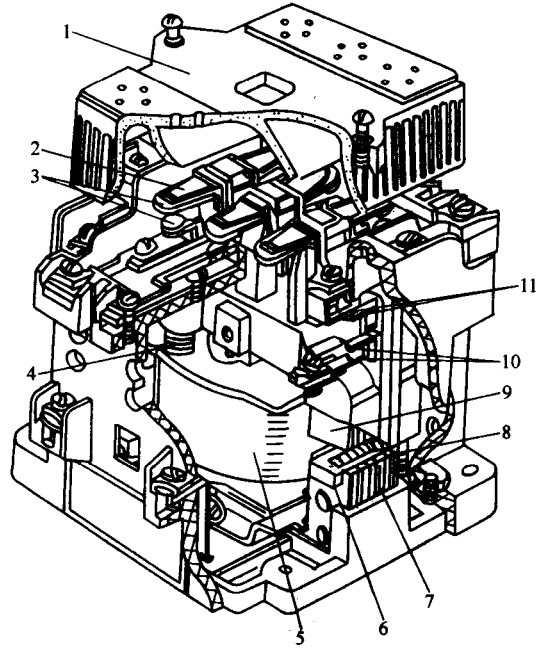


图 1-11 CJ10-20 型交流接触器

1—灭弧罩 2—触头压力弹簧片 3—主触头 4—反作用弹簧 5—线圈 6—短路环 7—静铁心 8—弹簧 9—动铁心 10—辅助常开触头 11—辅助常闭触头

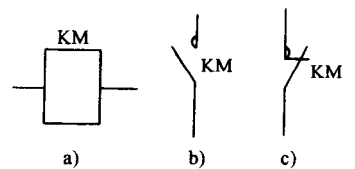


图 1-12 接触器的图形符号

a) 线圈 b) 常开触头 c) 常闭触头

般通断能力是额定电流的 5~10 倍。当然，这一数值与开断电路的电压等级有关，电压越高，通断能力越小。

(4) 动作值 可分为吸合电压和释放电压。吸合电压是指接触器吸合前，缓慢增加吸合线圈两端的电压，接触器可以吸合时的最小电压。释放电压是指接触器吸合后，缓慢降低吸合线圈的电压，接触器释放时的最大电压。一般规定，吸合电压不低于线圈额定电压的 85%，释放电压不高于线圈额定电压的 70%。

(5) 吸引线圈额定电压 接触器正常工作时，吸引线圈上所加的电压值。一般该电压数值以及线圈的匝数、线径等数据均标于线包上，而不是标于接触器外壳铭牌上，使用时应加以注意。

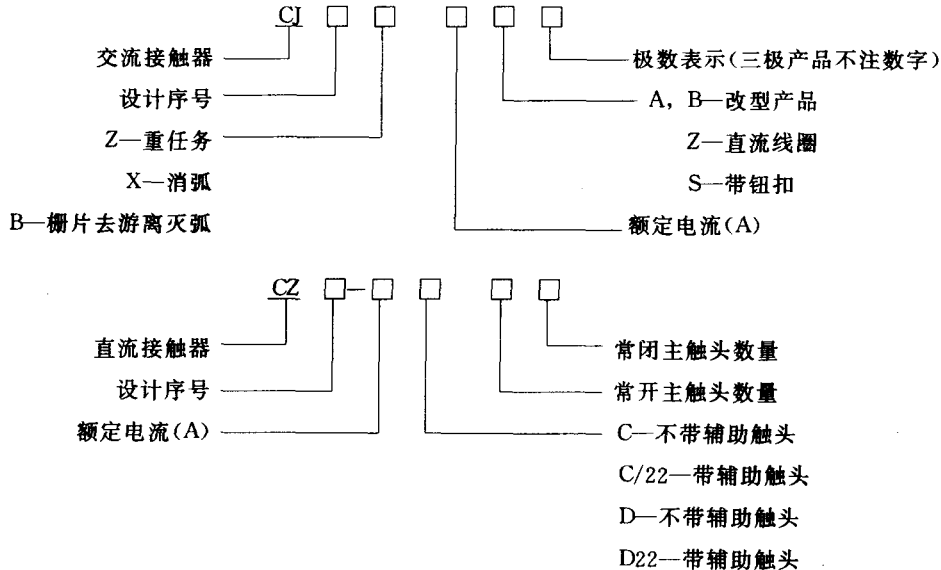
(6) 操作频率 接触器在吸合瞬间，吸引线圈需消耗比额定电流大 5~7 倍的电流，如果操作频率过高，则会使线圈严重发热，直接影响接触器的正常使用。为此，规定了接触器的允许操作频率，一般为每小时允许操作次数的最大值。

(7) 寿命 包括电寿命和机械寿命。目前接触器的机械寿命已达一千万次以上，电气寿命约是机械寿命的 5%~20%。

二、直流接触器

直流接触器的结构和工作原理基本上与交流接触器相同，结构上也是由电磁机构、触头系统和灭弧装置等部分组成，但也有不同之处，电磁机构方面的不同之处在第二节已有详细介绍。由于直流电弧比交流电弧难以熄灭，直流接触器常采用磁吹式灭弧装置灭弧。

三、接触器的型号说明



例如：CJ10Z—40/3 为交流接触器，设计序号 10，重任务型，额定电流 40A，主触头为 3 极。

CJ12T—250/3 为改型后的交流接触器，设计序号 12，额定电流 250A，3 个主触头。

我国生产的交流接触器常用的有 CJ10、CJ12、CJX1、CJ20 等系列及其派生系列产品，CJ0 系列及其改型产品已逐步被 CJ10、CJX 系列产品取代。上述系列产品一般具有三对常开主触头，常开、常闭辅助触头各两对。直流接触器常用的有 CZ0 系列，分单极和双极两大类。单

极和双极均可制成常开或常闭触头型式。常开、常闭辅助触头各不超过两对。

除以上常用系列外，我国近年来还引进了一些生产线，生产了一些满足 IEC 标准的交流接触器，下面作以简单介绍。

CJ12B—S 系列锁扣接触器用于交流 50Hz、电压 380V 及以下、电流 600A 及以下的配电电路中，供远距离接通和分断电路用，并适宜于不频繁地起动和停止交流电动机，具有正常工作时吸引线圈不通电、无噪声等特点。其锁扣机构位于电磁系统的下方。锁扣机构靠吸引线圈通电，吸引线圈断电后靠锁扣机构保持在锁住位置。由于线圈不通电，不仅无电力损耗，而且消除了磁噪声。

CKJ 系列交流真空接触器特别适宜于组成防爆电磁起动器。其结构与其它系列的接触器不同，它将动、静主触头封闭在真空灭弧室内，通过电磁操作机构、弹簧、绝缘摇臂等部件使接触器闭合或分断。该接触器的分断能力、机械寿命和电寿命都高于普通交流接触器。

由德国引进的西门子公司的 3TB 系列、BBC 公司的 B 系列交流接触器等具有 20 世纪 80 年代初水平。它们主要供远距离接通和分断电路，并适用于频繁地起动及控制交流电动机。3TB 系列产品具有结构紧凑、机械寿命和电气寿命长、安装方便、可靠性高等特点，额定电压为 220~660V，额定电流为 9~630A。

常用 CJ20、CJ12、CKJ 系列交流接触器主要技术数据如表 1-2、表 1-3、表 1-4 所示。

表 1-2 CJ20 系列交流接触器主要技术数据表

型 号	额定电流/ A	额定电压/ V	操作频率/(次/h)		电寿命/万次		可控制电动机功率/kW	机械寿命/ 万次
			AC-3	AC-4	AC-3	AC-4		
CJ20-10	10 5.2	380 660	1200 600	300 120	100	4	4 4	1000
CJ20-16	16 13					4	7.5 11	
CJ20-25	25 14.5					4	11 13	
CJ20-40	40 25					4	22 22	
CJ20-63	63 40	380 660 1140	1200 600 300	300 120 60	200 (120)	8 8	30 35	1000 (600)
CJ20-160	160					1.5	85	
CJ20-160	100					1.5	85	
CJ20-160/11	80	1140	300	60		1.5	85	
CJ20-250	250	380	600	120	120 (60)	1	132	600 (300)
CJ20-250/06	200	660	300	60		1	190	
CJ20-630	630	380	600	120		5	300	
CJ20-630/11	400	660	300	60		5	350	
CJ20-630/11	400	1140	120	30		0.5	400	