

建筑电气专业系列教材

# 建筑电气控制技术

郭福雁 黄民德 张哲 主编



天津大学出版社

TIANJIN UNIVERSITY PRESS

建筑电气专业系列教材

主要内容

本书主要介绍建筑电气控制系统的组成、工作原理、设计方法和施工要求。全书共分三章：第一章介绍建筑电气控制系统的组成、工作原理；第二章介绍建筑电气控制系统的组成、工作原理；第三章介绍建筑电气控制系统的组成、工作原理。

# 建筑电气控制技术

图符(GB) 目录(目次)

郭福雁 黄民德 张哲 主编

ISBN 978-7-304-5945-4

1. 黄民德、郭福雁、张哲主编  
2. 天津大学出版社出版

中国标准书号 15110

中国标准书号 15110

天津大学出版社  
地址：天津市津南区津南大道201号  
邮编：300384  
电话：(022) 84774000  
网址：www.tjup.com.cn  
电子邮箱：tjup@tjup.com.cn  
印刷：天津新华印刷厂  
发行：天津新华书店  
地址：天津新华书店  
邮编：300010  
电话：(022) 23333333  
网址：www.tjup.com.cn

天津大学出版社  
地址：天津市津南区津南大道201号  
邮编：300384  
电话：(022) 84774000  
网址：www.tjup.com.cn  
电子邮箱：tjup@tjup.com.cn  
印刷：天津新华印刷厂  
发行：天津新华书店  
地址：天津新华书店  
邮编：300010  
电话：(022) 23333333  
网址：www.tjup.com.cn

2009年7月第1版  
2009年3月第1次  
1-3 000  
45.00 元

天津大学出版社



TIANJIN UNIVERSITY PRESS

### 内容提要

本书分为三部分。第一部分为继电器-接触器控制系统,包括常用低压控制电器、继电器-接触器控制电器的典型控制;第二部分为常用建筑电气系统的控制电路分析;第三部分为 PLC 控制系统,包括可编程序控制器基础、可编程序控制器程序设计方法和常用的可编程序控制器。

本书内容深入浅出,电路图经典实用,可作为大专院校和职业技术学院电气工程及自动化专业、建筑电气技术专业及其他相关专业的教材,也可作为成人教育和技术培训用教材和工程技术人员参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

建筑电气控制技术/郭福雁,黄民德,张哲主编. —天津:  
天津大学出版社,2009.3

ISBN 978-7-5618-2942-4

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 019101 号

出版发行 天津大学出版社  
出版人 杨欢  
地 址 天津市卫津路 92 号天津大学内(邮编:300072)  
电 话 发行部:022-27403647 邮购部:022-27402742  
网 址 www.tjup.com  
短信网址 发送“天大”至 916088  
印 刷 天津泰宇印务有限公司  
经 销 全国各地新华书店  
开 本 185mm × 260mm  
印 张 23.75  
字 数 593 千  
版 次 2009 年 3 月第 1 版  
印 次 2009 年 3 月第 1 次  
印 数 1-3 000  
定 价 42.60 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,烦请向我社发行部门联系调换

版权所有 侵权必究

# 前 言

随着我国国民经济的高速发展,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解读和运行分析的能力,本书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。

编写本书的主导思想是:既要适应建筑行业电气控制现状的实际需要,又要反映电气控制技术的新发展。编写中注意精选内容,力求结合工程实际,突出应用,着重于生产机械或设备控制电路的工作原理和分析方法,尽可能做到通俗易懂,便于自学。

本书目的是让读者通过阅读和学习能全面了解到建筑电气控制技术研究的主要内容和发展方向及在建筑中的应用。编写时,强调理论联系实际的学习方式,深入浅出地阐释基本概念,充分体现建筑电气控制技术的理论性、工程的实用性和技术的现代性,以期达到事半功倍的效果。

本书的内容分为三大部分:第一部分为基础部分(1~3章),主要介绍常用控制电器的基本结构、工作原理及性能以及继电器、接触器控制的基本环节及设计和调试内容;第二部分为建筑内各系统主要设备的电气控制电路分析(4~6章),主要介绍水泵与消防设备、空调与制冷设备、锅炉、电梯等设备的控制系统分析;第三部分为可编程序控制器(7~9章),主要介绍可编程序控制器的工作原理、特点、编程语言和编程方法及应用设计。

本书由天津城市建设学院郭福雁和黄民德合作完成。其中,第1~5章由郭福雁编写,第7~9章及附录部分由黄民德编写,第6章由天津宝利集团有限公司张哲编写。全书由黄民德统稿。

在本书编写过程中参考了大量的文献和网上资料,文献中不能一一列举,在此谨向这些资料作者表示衷心的感谢!并对天津城市建设学院杨国庆提供资料表示感谢!在编写过程中得到张月洁和王佃瑞两位同志的大力协助,在此表示感谢!

建筑电气控制技术是一门涉及知识面广、技术性强、实用性强的学科,并仍在不断发展中。本书不可能涵盖所有内容,希望能起到抛砖引玉的作用。限于作者水平有限,书中不妥之处在所难免,恳请读者和同人批评指正。

编者  
2009.1

# 目 录

(171)	.....	1.2
(171)	.....	1.2
(170)	.....	1.2
(171)	.....	1.2
(181)	.....	1.2
(192)	.....	1.2
(200)	.....	1.2
<b>第1章 常用低压电器</b>	.....	<b>(1)</b>
1.1 概述	.....	(1)
1.2 电磁式电器结构及工作原理	.....	(3)
1.3 接触器	.....	(10)
1.4 继电器	.....	(14)
1.5 热继电器	.....	(19)
1.6 信号继电器	.....	(22)
1.7 主令电器	.....	(26)
1.8 熔断器	.....	(30)
1.9 低压开关和低压断路器	.....	(33)
1.10 常用电子电器	.....	(41)
思考题与习题	.....	(45)
<b>第2章 继电-接触器控制系统的基本控制环节</b>	.....	<b>(46)</b>
2.1 电气控制电路图的图形、文字符号及绘制原则	.....	(46)
2.2 电气控制的基本环节及规律	.....	(51)
2.3 三相异步电动机的基本电气控制电路	.....	(58)
2.4 保护环节	.....	(70)
2.5 实例分析	.....	(72)
思考题与习题	.....	(75)
<b>第3章 电气控制系统设计基础</b>	.....	<b>(77)</b>
3.1 电气控制系统设计的基本原则	.....	(77)
3.2 电气控制系统设计的基本要求	.....	(77)
3.3 电气控制系统设计的基本内容	.....	(82)
3.4 电气控制系统设计步骤	.....	(83)
3.5 电气控制系统的设计方法	.....	(84)
3.6 常用电气元器件的选择	.....	(92)
思考题与习题	.....	(94)
<b>第4章 建筑给水排水主要系统及其电气控制</b>	.....	<b>(98)</b>
4.1 建筑给水系统	.....	(98)
4.2 给水系统的控制	.....	(104)
4.3 建筑排水系统及其控制	.....	(118)
4.4 室内消防给水系统及其控制	.....	(122)
思考题与习题	.....	(134)



# 目 录

第5章 暖通空调主要系统及其电气控制 .....	(137)
5.1 供暖系统 .....	(137)
5.2 空调系统 .....	(160)
5.3 空调水系统 .....	(177)
5.4 空调与制冷设备控制 .....	(185)
5.5 通风系统及其控制 .....	(192)
思考题与习题 .....	(206)
第6章 电梯系统设备及其电气控制 .....	(207)
6.1 电梯系统介绍 .....	(207)
6.2 电梯的控制系统 .....	(208)
6.3 电梯的控制要求 .....	(211)
6.4 电梯电力拖动 .....	(213)
6.5 电梯选择与设置的基本原则及步骤 .....	(227)
6.6 电梯交通计算 .....	(229)
6.7 电梯选择与设置校验 .....	(232)
6.8 电梯供电设计 .....	(233)
思考题与习题 .....	(236)
第7章 可程序控制器基础知识 .....	(237)
7.1 概述 .....	(237)
7.2 常用术语及编程语言 .....	(243)
7.3 基本结构及工作原理 .....	(246)
7.4 应用系统设计的基本内容和步骤 .....	(252)
思考题与习题 .....	(254)
第8章 欧姆龙 C 系列可程序控制器 .....	(255)
8.1 欧姆龙 C 系列机的基本结构 .....	(255)
8.2 欧姆龙 C 系列 P 型机的指令系统 .....	(259)
8.3 编程中应注意的基本原则及常用环节 .....	(290)
8.4 应用举例 .....	(302)
思考题与习题 .....	(318)
第9章 西门子 S7—200 系列可程序控制器 .....	(320)
9.1 系统的构成及特点 .....	(320)
9.2 指令系统 .....	(332)
9.3 指令应用举例 .....	(346)
9.4 实例分析——双恒压无塔供水控制系统设计 .....	(351)
思考题与习题 .....	(361)
附录1 常用电气图形、文字符号表 .....	(363)
附录2 《民用建筑电气设计规范》(节选) .....	(365)
附录3 欧姆龙 C 系列机的技术指标 .....	(367)
附录4 S7—200 系列 CPU22X 主要技术指标 .....	(370)
参考文献 .....	(372)

# 第1章 常用低压电器

器:低压电器是电力拖动控制系统、低压供电系统的基本组成单元,其性能优劣直接影响系统的可靠性、先进性和经济性,是电气控制技术的基础。因此,必须熟练掌握低压电器的结构、工作原理并能正确使用。本章主要介绍常用低压电器的分类、结构、工作原理以及使用方法等,以利进行控制系统的设计、分析和维护。

## 1.1 概述

### 1.1.1 电器的分类

电器用途广泛、功能多样、种类繁多、结构各异,工作原理也各有不同,因而有多种分类方法。

#### 1. 按工作电压等级分类

(1) 高压电器 工作在交流电压1 200 V、直流电压1 500 V及以上电路中的电器为高压电器,如高压断路器、高压隔离开关、高压熔断器等。

(2) 低压电器 工作在交流50 Hz(或60 Hz)、额定电压1 200 V以下或直流额定电压1 500 V以下的在电路内起通断、保护、控制或调节作用的电器为低压电器,如接触器、继电器等。生产机械上大多使用低压电器。

#### 2. 按动作原理分类

(1) 手动电器 靠人手操作发出动作指令的电器,如刀开关、按钮等。

(2) 自动电器 产生电磁吸力而自动完成动作指令的电器,如接触器、继电器、电磁阀等。

#### 3. 按工作原理分类

(1) 电磁式电器 根据电磁感应原理进行工作的电器,如交直流接触器、电磁式继电器等。

(2) 非电量控制电器 以非电物理量作为控制量进行工作的电器,如按钮开关、行程开关、刀开关、热继电器、速度继电器等。

#### 4. 按用途分类

(1) 控制电器 主要用于各种控制电路和控制系统。这类电器有接触器、继电器、转换开关、电磁阀等。对这类电器的主要技术要求是有一定的通断能力,操作频率要高,电器和机械寿命要长。

(2) 保护电器 主要用于对电路和电气设备进行安全保护。这类低压电器有熔断器、热继电器、安全继电器、电压继电器、电流继电器和避雷器等。对这类电器的主要技术要求是有一定的通断能力,反应要灵敏,可靠性要高。

(3) 主令电器 主要用于发送控制指令。这类电器有按钮、主令开关、行程开关和万能转换开关等。对这类电器的主要技术要求是操作频率要高,抗冲击,电器和机械寿命要长。

(4) 执行电器 主要用于完成某种动作和传动功能。这类低压电器有电磁铁、电磁离合器

等。

5) 配电电器 主要用于供、配电系统中,进行电能输送和分配。这类电器有刀开关、自动开关、隔离开关、转换开关以及熔断器等。对这类电器的主要技术要求是分断能力强、限流效果好,在系统发生故障时保护动作准确、工作可靠,动稳定及热稳定性能好。

随着电子技术和计算机技术的进步,近几年又出现了利用集成电路或电子元件构成的电子式电器、利用单片机构成的智能化电器以及可直接与现场总线连接的具有通信功能的电器。

### 1.1.2 电器的作用

电器是构成控制系统的最基本元件,它的性能直接影响控制系统能否正常工作。电器应能依据操作信号或外界现场信号的要求,自动或手动改变系统的状态、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电量信号或非电信号转变为非通即断的开关信号或随信号变化的模拟信号,实现对被控对象的控制。电器的主要作用如下。

1) 控制作用 如控制电梯的上下移动、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、电网或其他非电参数进行测量,如电流、电压、功率、转速、温度、压力等。

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,如电动机速度的调节、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 利用电器的控制、保护等功能,显示检测出的设备运行状况与电气电路工作情况。

6) 转换作用 在用电设备之间转换或使低压电器、控制电路分时投入运行,以实现功能切换,如被控装置操作的手动与自动的转换、供电系统的市电与自备电源的切换等。

当然,电器的作用远不止这些,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见表 1-1。

表 1-1 常用低压电器的主要种类及用途表

序号	类别	主要品种	主要用途
1	断路器	框架式断路器	主要用于电路的过载、短路、欠电压、漏电保护,也可用于不需要频繁接通和断开的电路
		塑料外壳式断路器	
		快速直流断路器	
		限流式断路器	
2	接触器	漏电保护式断路器	主要用于远距离频繁控制负载,切断带负荷电路
		交流接触器	
		直流接触器	



序号	类别	主要品种	主要用途
3	继电器	电磁式继电器	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
		时间继电器	
		温度继电器	
		热继电器	
		速度继电器	
		干簧继电器	
4	熔断器	瓷插式熔断器	主要用于短路保护,也可用于过载保护
		螺旋式熔断器	
		有填料封闭管式熔断器	
		无填料封闭管式熔断器	
		快速熔断器	
		自复式熔断器	
5	主令电器	控制按钮	主要用于发布控制命令,改变控制系统的工作状态
		位置开关	
		万能转换开关	
		主令控制器	
6	刀开关	胶盖闸刀开关	主要用于不频繁地接通和分断电路
		封闭式负荷开关	
		熔断器式刀开关	
7	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切换
		换向开关	
8	控制器	凸轮控制器	主要用于控制回路的切换
		平面控制器	
9	启动器	电磁启动器	主要用于电动机的启动
		星/三角启动器	
		自耦减压启动器	
10	电磁铁	制动电磁铁	主要用于起重、牵引、制动等场合
		起重电磁铁	
		牵引电磁铁	

## 1.2 电磁式电器结构及工作原理

电磁式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继电器就是两种最常用的电磁式电器。虽然电磁式电器的类型很多,但它的工作原理和构造基本相同。其结构大都是由两个主要部分组成,即感应部分(电磁机构)和执行部分(触点系统)。

## 1.2.1 电磁机构原理

### 1. 电磁机构

电磁机构是电磁式低压电器的关键部分,由线圈、铁芯和衔铁组成,主要作用是通过电磁感应原理将电能转换成机械能,带动触点动作,完成接通或分断电路的功能。根据衔铁相对铁芯的运动方式,电磁机构可分为直动式和拍合式两种,如图 1-1 及图 1-2 所示。在图 1-2 中,拍合式又分为衔铁沿棱角转动和衔铁沿轴转动两种。

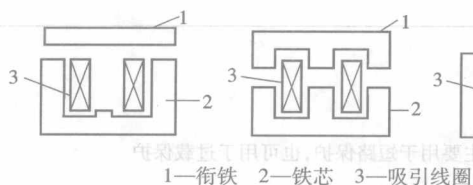


图 1-1 直动式电磁机构

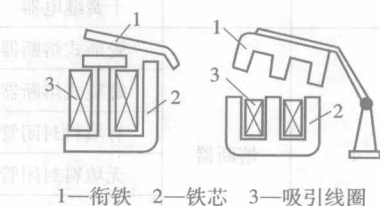


图 1-2 拍合式电磁机构

直动式电磁机构多用于交流接触器、继电器中。衔铁沿棱角转动的拍合式电磁机构广泛应用于直流电器中。衔铁沿轴转动的拍合式电磁机构的铁芯形状有 E 形和 U 形两种,多用于触点容量大的交流电器中。

电磁式电器分为直流和交流两类,都是利用电磁铁原理制成。通常,直流电磁铁的铁芯是用整块钢材或工程纯铁制成,而交流电磁铁的铁芯则是用硅钢片叠铆而成。

### 2. 吸引线圈

吸引线圈的作用是将电能转换为磁能。按通入电流种类不同可分为直流电磁线圈和交流电磁线圈。直流电磁线圈一般做成无骨架、高而薄的瘦高型,使线圈与铁芯直接接触,易于散热。由于交流电磁线圈铁芯存在磁滞和涡流损耗,所以铁芯也会发热。为了改善线圈和铁芯的散热情况,线圈设有骨架,使铁芯与线圈隔离,并将线圈制成短而厚的矮胖型。另外,根据线圈在电路中的连接方式,可将线圈分为串联线圈和并联线圈。电磁线圈串联接入电路,用来感测线路电流,电磁机构衔铁的吸合与否取决于线圈中流过电流的大小。这种接入方式的线圈又称为电流线圈,一般用于电流继电器或控制电器的电流线圈。电磁线圈并联接入电路,用来感测线路电压,电磁机构衔铁的吸合与否取决于线圈两端电压的大小。这种接入方式的线圈又称为电压线圈,大多数电磁式电器线圈都按照并联接入方式设计。为减少对电路电压分配的影响,串联线圈采用粗导线制造,匝数少,线圈的阻抗较小。为减少电路的分流作用,并联线圈需要较大的阻抗,一般导线细、匝数多。

## 1.2.2 电磁吸力及其特性

电磁线圈通电以后,铁芯吸引衔铁带动触点改变原来状态进而接通或断开电路的力称为电磁吸力。电磁式低压电器在吸合或释放过程中,气隙是变化的,电磁吸力也将随气隙的变化而变化,这种特性称为吸力特性。电磁线圈断电使触点恢复常态的力称为反力。电磁机构使衔铁释放(复位)的力与气隙长度的关系曲线称为反力特性。电磁式电器中反力由复位弹簧和触点产生,衔铁吸合时要求电磁吸力大于反力,衔铁复位时要求反力大于电磁吸力(此时是剩磁产生的电磁吸力)。

电磁式电器是根据电磁铁的基本原理设计的,电磁吸力是决定其能否可靠工作的一个重要参数。对图 1-3 所示的电磁机构,电磁吸力  $F \propto B^2 S$  ( $B$  为气隙磁感应强度)。

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

- 式中:  $I$ ——线圈中通过的电流(A);  
 $N$ ——线圈的匝数(匝);  
 $S$ ——气隙截面积( $m^2$ );  
 $\delta$ ——气隙宽度(m);  
 $F$ ——电磁吸力(N);  
 $\mu_0$ ——真空磁导率,  $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H/m}$ 。

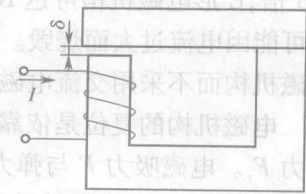
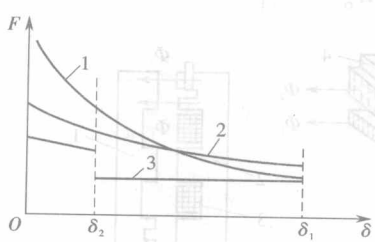


图 1-3 电磁机构

1. 直流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 电磁吸力特性

从式(1-1)可以看出,固定线圈通以直流电流时,电磁力  $F$  仅与  $\delta^2$  成反比。吸力特性曲线如图 1-4 所示。由此看出,衔铁闭合前后吸力很大,且气隙越小,吸力越大。但衔铁吸合前后吸引线圈励磁电流不便,故直流电磁机构适用于运动频繁的场所,且衔铁吸合后电磁吸力大,工作可靠。但是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,衔铁上一般都装有一片 0.1 mm 厚非磁性磷钢片,增加在吸合时的空气间隙,使衔铁易于复位。

在吸力较大的直流电压型电器中,如直流接触器,铁芯的端面上加有极靴,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不同。交流电磁机构多与电路并联使用。当外加电压  $U$  及频率  $f$  为常数时,若忽略线圈电阻压降,外加电压  $U \approx E = 4.44f\Phi N$  (1-2)

式中:  $U$ ——外加电压(V);

$E$ ——线圈感应电动势(V);

$f$ ——线圈电压的频率(Hz);

$N$ ——线圈匝数(匝);

$\Phi$ ——气隙磁通(Wb)。

当外加电压  $U$ 、频率  $f$  和线圈匝数  $N$  为常量时,气隙磁通  $\Phi$  也为常量。由式(1-1)可知,电磁吸力  $F \propto B^2 S$  也为常量,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,  $F$  随  $\delta$  的减小而略有增加。对于并联电磁机构,由磁路欧姆定律  $NI \approx \Phi R_m$  ( $R_m$  为气隙磁阻,随  $\delta$  的变化成正比变化)可知,在线圈通电而衔铁尚未吸合瞬间,吸合电流随  $\delta$  成正比变化,是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。若衔铁卡住不能吸合或衔铁频繁动作,交流励磁线圈很可能因电流过大而烧毁。所以,在可靠性要求较高或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。

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 $F$ 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0时,吸力也为0。所以,50 Hz 的电源加在线圈上有100 Hz 的脉动吸力。当脉动的吸力 $F$ 小于弹力 $F_r$ 时,衔铁将在弹簧的作用下移动,而当吸力 $F$ 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,不能正常工作。实际吸力曲线如图1-5所示。解决该问题的具体办法是在铁芯端部开一个槽,槽内嵌入称为短路环(或称分磁环)的铜环,如图1-6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。短路环把铁芯中的磁通分为两部分,即不穿过短路环的 $\Phi_1$ 和穿过短路环中的 $\Phi_2$ 。由于短路的作用,使 $\Phi_1$ 与 $\Phi_2$ 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。

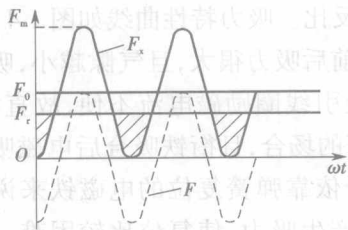
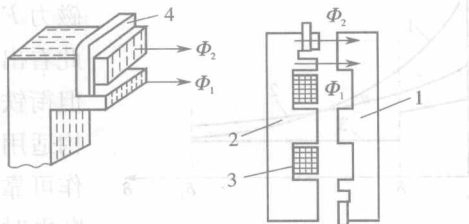


图1-5 交流电磁机构实际吸力曲线



1—衔铁 2—铁芯 3—线圈 4—短路环

图1-6 交流电磁铁的短路环

### 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1-4中曲线3即为反力特性曲线。

为了保证衔铁能牢牢吸合,反作用力特性必须与吸力特性正确配合,如图1-4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、静触点接触时以及衔铁与铁芯接触时的冲击力也大,会使触点和衔铁发生弹跳,导致触点熔焊或烧毁,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点初压力以改变反力特性,使之与吸力特性良好配合。

## 1.2.3 电弧的产生及灭弧方法

触点是电磁式电器的执行部分,起接通或断开电路的作用。触点的结构形式很多,按其所控制的电路可分为主触点和辅助触点。主触点用于接通或断开主电路,允许通过较大的电流;辅助触点用于接通或断开控制电路,只能通过较小的电流。

电磁式电器触点在线圈未通电状态时有常开(动合)和常闭(动断)两种状态,分别称为常开(动合)触点和常闭(动断)触点。当电磁线圈有电流通过且电磁机构动作时,触点改变原来的状态,常开(动合)触点将闭合,使与其相连的电路接通,常闭(动断)触点将断开,使与其相

连的电路断开。能与机械一块动作的触点称动触点,固定不动的触点称静触点。

### 1. 触点的接触形式

在闭合状态下,动、静触点完全接触,称为电接触。电接触时触点的接触电阻大小将影响工作情况。接触电阻大时触点易发热,温度升高,从而使触点易产生熔焊现象,既影响工作的可靠性,又降低了触点的寿命。触点接触电阻的大小主要与触点的接触形式、接触压力、材料及表面状况有关。

触点的接触形式有点接触、线接触和面接触三种,如图 1-7 所示。图(a)所示为点接触,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和减小触点表面电阻,常用于小电流电器中,如接触器的辅助触点和继电器触点。图(b)所示为线接触,通常做成指形触点结构,接触区是一条直线。触点通、断过程是滚动接触并产生滚动摩擦,利于去掉氧化膜。开始接触时,静、动触点在 A 点接触,靠弹簧压力滚动到 B 点,并在 B 点保持接通状态。断开时作相反运动,这样可以在通断过程中自动清除触点表面的氧化膜。同时,长时期工作的位置不是在易烧灼的 A 点而是在 B 点,保证了触点的良好接触。这种滚动线接触适用于通电次数多、电流大的场合,多用于中等容量的电器,如接触器的主触点。图(c)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,多用于较大容量接触器的触头。

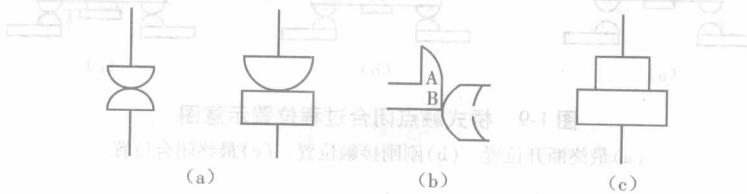


图 1-7 触点的接触形式

(a)点接触 (b)线接触 (c)面接触

### 2. 触点的结构

触点的结构主要有图 1-8 所示的几种类型。

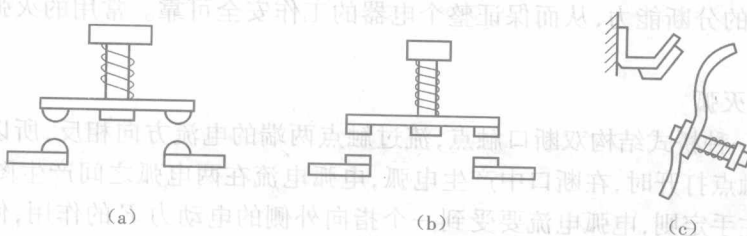


图 1-8 触点的结构

(a)桥式触点(点接触) (b)桥式触点(面接触) (c)指形触点(线接触)

1) 桥式触点 电磁式电器通常同时具有常开和常闭两种触点。桥式常闭触点与常开触点结构及动作对称,一般在常开触点闭合时,常闭触点断开。图 1-8 中静触点的两个触点串接于同一条电路中。当衔铁被吸向铁芯时,与衔铁固连在一起的动触点也随着移动。当与静触点接触时,便使同静触点相连的电路接通。电路的接通与断开由两个触点共同完成。



2) 指形触点 这种触点接通或分断时产生滚动摩擦,以利于去掉触点表面的氧化膜。指形触点适用于接电次数多、电流大的场合。

### 3. 减小触点接触电阻的方法

减小触点接触电阻的主要方法如下。

增加接触压力可使触点的接触面积增加,从而减小接触电阻。在触点接触时,为了使触点接触得更加紧密,并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 1-9(b)所示。并且,随着触点闭合,逐渐增大触点间的压力。触点闭合后弹簧在超行程内继续变形而产生一个终压力  $F_2$ ,如图 1-9(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,在触点磨损情况下,仍具有一定压力,但磨损严重时超行程也不起作用。

另一减小接触电阻的方法是选择电阻系数小的材料,如在触点上镀银或嵌银等。另外,改善触点的表面状况,尽量避免或减少触点表面形成氧化物,保持触点表面清洁,避免聚集尘埃,也是较好的方法。

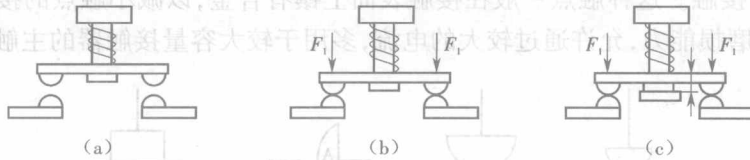


图 1-9 桥式触点闭合过程位置示意图

(a) 最终断开位置 (b) 刚刚接触位置 (c) 最终闭合位置

### 4. 电弧的产生及常用灭弧方法

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,断开后加在触点间隙(或称弧隙)两端电压超过某一数值时,触点间隙中就会产生电弧。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,会产生高温并发出强光,将触点烧损,并使电路的切断时间延长,严重时会引起火灾或其他事故,因此,必须采取适当且有效的措施,以保护触点系统,减小对它的损伤,提高它的分断能力,从而保证整个电器的工作安全可靠。常用的灭弧方法有以下几种。

#### (1) 电动力灭弧

图 1-10 是一种桥式结构双断口触点,流过触点两端的电流方向相反,所以产生互相排斥的电动力。当触点打开时,在断口中产生电弧,电弧电流在两电弧之间产生图中以“ $\oplus$ ”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,并迅速穿越冷却介质,从而加快电弧冷却并熄灭。这种灭弧方法多用于小容量交流接触器等交流电器中。

#### (2) 磁吹灭弧

磁吹灭弧方法是利用电弧在磁场中受力,将电弧拉长,并使电弧在冷却的灭弧罩窄缝中运动,产生强烈的消电离作用,从而将电弧熄灭。其原理如图 1-11 所示。

图 1-11 中,在触点电路中串入吹弧线圈。该线圈产生的磁场由导磁夹板引向触点周围,其方向由右手螺旋定则确定(图 1-11 中  $\times$  所示)。触点间电弧产生磁场的方向为  $\oplus$  和  $\ominus$  所示。

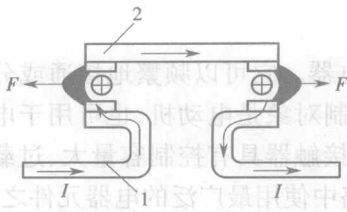


图 1-10 电力灭弧示意图

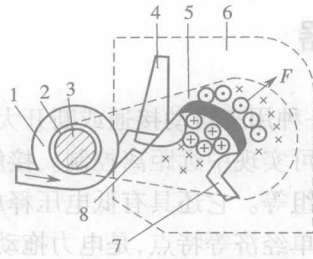


图 1-11 磁吹灭弧示意图

这两个磁场在电弧下方方向相同(叠加),在弧柱上方方向相反(相减),所以弧柱下方的磁场强于上方的磁场。在下方磁场作用下,电弧受力的方向为  $F$  的方向。在  $F$  的作用下,电弧被吹离触点,经引弧角引进灭弧罩,使电弧熄灭。这种灭弧装置利用电弧电流本身灭弧,电弧电流越大,吹弧能力也越强。它广泛应用于直流灭弧装置中(如直流接触器)。

### (3) 栅片灭弧

灭弧栅一般是由镀铜薄钢片(称为栅片)和石棉绝缘板组成,通常装在电器触点上方的灭弧室内,彼此间互相绝缘,如图 1-12 所示。电弧进入栅片时被分割成一段一段的短弧,而栅片就是这些短弧的电极,这样就使每段短弧上的电压达不到燃弧电压。同时每两片灭弧片之间都有 150 V ~ 250 V 的绝缘强度,使整个灭弧栅的绝缘强度大大加强,以致外加电压无法维持,电弧迅速熄灭。此外,栅片还能吸收电弧热量,使电弧迅速冷却。基于上述原因,电弧进入栅片后就会很快熄灭。由于栅片灭弧装置的灭弧效果在交流时比直流时强得多,因此在交流电器中常采用栅片灭弧。

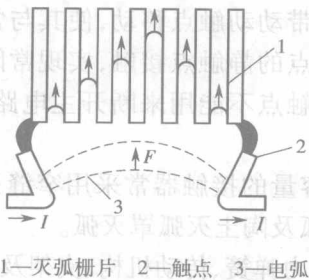


图 1-12 栅片灭弧示意图

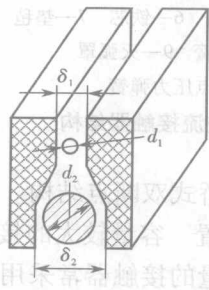


图 1-13 窄缝灭弧罩断面

### (4) 窄缝灭弧

这种灭弧方法是利用灭弧罩的窄缝实现的。灭弧罩内有一个或数个纵缝,缝的下部宽,上部窄,如图 1-13 所示。当触点断开时,电弧在电动力的作用下进入缝内,窄缝可将电弧柱分成若干直径较小的电弧,使电弧同缝紧密接触,加强冷却和去游离作用,使电弧熄灭速度加快。灭弧罩通常用耐热陶土、石棉水泥或耐热塑料制成。

## 1.3 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、直流负载电路,并可实现中远距离控制。接触器的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。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之一。

按操作方式接触器可分为电磁接触器、气动接触器和电磁气动接触器;按灭弧介质可分为空气电磁接触器、油浸式接触器和真空接触器等。最常用的是按照接触器主触点控制的电路划分,即将接触器分为交流接触器和直流接触器两大类。本节介绍电磁式接触器。

### 1.3.1 接触器的结构及原理

#### 1. 交流接触器的结构

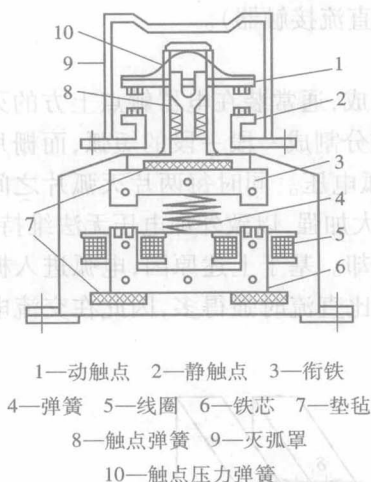


图 1-14 交流接触器结构

图 1-14 为交流接触器结构示意图。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、动铁芯(衔铁)和静铁芯组成,作用是将电磁能转换成机械能,产生电磁吸力,带动触点动作。

2) 触点系统 包括主触点和辅助触点。主触点用于接通或断开主电路,通常为三极。辅助触点用于控制电路,起控制其他元件接通或分断及电气互锁作用,故又称互锁触点,一般有多对常开、常闭触点。主触点容量较大,带有灭弧装置;辅助触点容量较小,不设灭弧装置。辅助触点结构通常是常开和常闭成对出现。当线圈通电后,衔铁在电磁吸力的作用下吸向铁芯,同时带动动触点移动,使其与常闭触点的静触点分开,与常开触点的静触点接触,实现常闭触点断开,常开触点闭合。辅助触点不能用来断开主电路。主、辅

触点一般采用桥式双断点结构。

3) 灭弧装置 容量较大的接触器都有灭弧装置。大容量的接触器常采用窄缝灭弧及栅片灭弧。小容量的接触器常采用电动力灭弧、相间弧板隔弧及陶土灭弧罩灭弧。

4) 其他辅助部件 包括反作用弹簧、缓冲弹簧、触点压力弹簧、传动机构、支架及底座等。

#### 2. 接触器的工作原理

当交流接触器线圈通电后,铁芯中产生磁通及电磁吸力,衔铁在电磁吸力的作用下吸向铁芯,同时带动触点动作。触点动作时,常闭触点断开,常开触点后闭合。当线圈中的电压值降低到某一数值时(无论是正常控制还是欠电压、失电压故障,一般降至线圈额定电压的 85%),铁芯中的磁通下降,电磁吸力减小。当减小到不足以克服复位弹簧的反力时,衔铁释放,主、辅触点的常开触点断开、常闭触点恢复闭合。这也是接触器的失压保护功能。

直流接触器的结构和工作原理与交流接触器基本相同,接触器的图形符号和文字符号如图 1-15 所示。

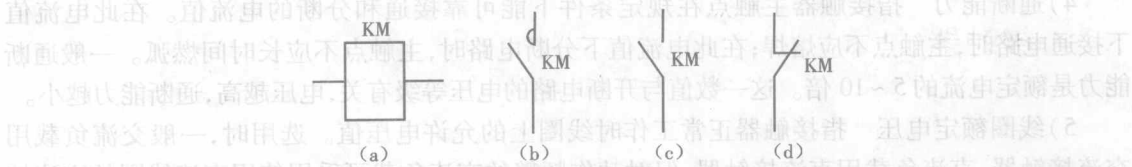


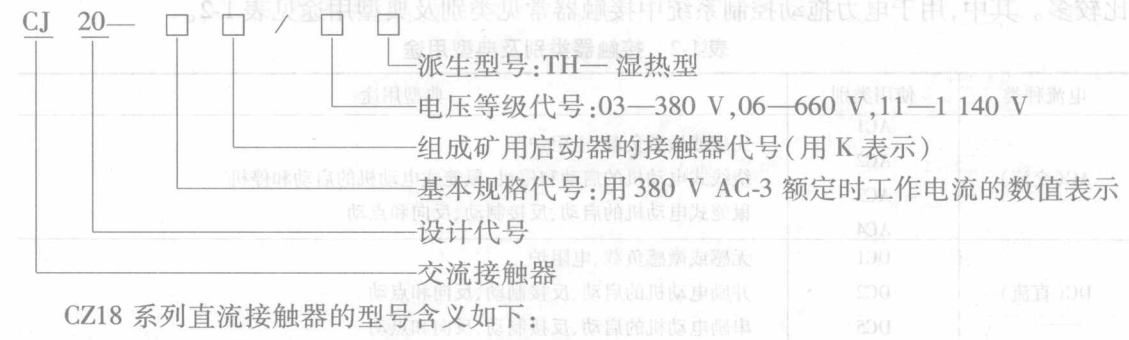
图 1-15 接触器的图形符号

(a)线圈 (b)主触点 (c)常开触点 (d)常闭触点

### 1.3.2 接触器的型号及主要技术参数

目前,我国常用的交流接触器主要有 CJ20、CJX1、CJX2 和 CJ24 等系列;引进产品应用较多的有德国 BBC 公司的 B 系列、西门子公司的 3TB 和 3TF 系列、法国 TE 公司的 LC1 和 LC2 系列等。常用的直流接触器有 CZ18、CZ21、CZ22、CZ10 和 CZ2 等系列。

CJ20 系列交流接触器的型号含义如下:



CZ18 系列直流接触器的型号含义如下:



接触器的主要技术参数有极数和电流种类以及额定电压、额定电流、额定通断能力、线圈额定电压、允许操作频率、寿命、使用类别等。

1) 接触器的极数和电流种类 按接触器主触点的个数确定其极数,有两极、三极和四极接触器;按主电路的电流种类分有交流接触器和直流接触器。

2) 额定工作电压 指主触点之间正常工作电压值,也就是主触点所在电路的电源电压。直流接触器的额定电压有 110 V、220 V、440 V、660 V;交流接触器的额定电压有 110 V、220 V、380 V、500 V、660 V 等。

3) 额定电流 指接触器触点在额定工作条件下的电流值。直流接触器的额定电流有 40 A、80 A、100 A、150 A、250 A、400 A 及 600 A;交流接触器的额定电流有 10 A、20 A、40 A、60 A、100 A、150 A、250 A、400 A 及 600 A。