



高等院校网络教育系列教材

# Electrical Control Technology 电气控制技术

郭丙君◎编著



华东理工大学出版社  
EAST CHINA UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS

高等院校网络教育系列教材

# 电气控制技术

郭丙君 编著



 华东理工大学出版社  
EAST CHINA UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS

· 上海 ·

## 图书在版编目(CIP)数据

电气控制技术/郭丙君编著. —上海:华东理工大学出版社,2018.8  
高等院校网络教育系列教材  
ISBN 978-7-5628-5525-5

I. ①电… II. ①郭… III. ①电气控制-高等学校-教材  
IV. ①TM921.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 155233 号

## 内容提要

本书既介绍了常用的低压电器和电气控制系统,又系统地介绍了 PLC 的基本组成、工作原理及其应用技术;以西门子 S7-1200 系列小型 PLC 为主,深入介绍了其组成、指令系统、I/O 系统和特殊功能 I/O 模块;对 S7-1200 的编程语言、编程方法和 PLC 的网络与通信技术也作了分析和介绍。本书通过对应用实例的深入分析使读者掌握 PLC 的基本原理和编程方法,并熟练利用 PLC 进行计算机控制系统的开发。

本书可作为本科电气工程类、机电一体化类和应用电子类等相关专业的教材,也可作为各类成人高校的 PLC 课程教材。对于从事 PLC 应用的工程技术人员也是一本实用的参考书。

.....  
项目统筹/周颖 牛东

责任编辑/李佳慧 徐知今

装帧设计/戚亮轩

出版发行/华东理工大学出版社有限公司

地 址:上海市梅陇路 130 号,200237

电 话:021-64250306

网 址:www.ecustpress.cn

邮 箱:zongbianban@ecustpress.cn

印 刷/江苏凤凰数码印务有限公司

开 本/787mm×1092mm 1/16

印 张/16.25

字 数/421 千字

版 次/2018 年 8 月第 1 版

印 次/2018 年 8 月第 1 次

定 价/48.00 元  
.....

版权所有 侵权必究

# 前 言

---

为了适应电气控制新技术的发展,特别是可编程序控制器(Programmable Logic Controller, PLC)及其应用技术迅速发展的需要,结合作者的科研应用成果和教学经验编写本书,强调了 PLC 应用能力的培养,编写内容力求结合生产实际,突出应用和通俗易懂便于自学的特点。

PLC 自 20 世纪 70 年代诞生以来,得到了极其高速的发展,在各行各业都得到了广泛的应用。它综合了计算机技术、自动控制技术和通信技术,是一种新型的、通用的自动控制装置。它以功能强、可靠性高、使用灵活方便、易于编程和适应在工业环境下应用等一系列优点,成为现代工业控制的三大支柱之一。目前 PLC 在我国的应用相当广泛,尤其是小型和微型 PLC 产品,使用十分方便,备受电气工程技术人员欢迎。

全书共分六章,其中第 1 章常用低压电器简要介绍低压电器的原理、结构和选型等,第 2 章电气控制基本线路与设计主要介绍电气控制的基本环节,原理设计等,第 3 至第 6 章系统地介绍了 PLC 的工作原理、特点与硬件结构,以目前广泛使用的西门子 S7-1200 系列小型 PLC 为主,介绍 PLC 的编程元件与指令系统、分析各种 PLC 程序设计方法,给出大量的常用基本环节编程。对于 PLC 的联网通信、PLC 控制系统的设计也做了重点介绍。对 PLC 的应用实例进行了详细分析。

本书由浅入深,通俗易懂,案例丰富;从继电接触控制过渡到 PLC 控制;从单台 PLC 过渡到 PLC 网络;从指令学习过渡到利用 PLC 进行控制系统设计与应用软件开发;从 PLC 控制到 PLC 开发计算机控制系统,使读者对于 PLC 的应用从设备和装置级过渡到系统级,应用的广度和深度逐步深入。

由于编者水平有限,加之时间仓促,书中难免存在不当和谬误之处,恳请有关专家和广大读者不吝赐教。

编 者

2018 年 2 月于华东理工大学

# 目 录

绪 论	1
第1章 常用低压电器	4
1.1 概述	4
1.1.1 电器的定义与分类	4
1.1.2 低压电器发展概况	5
1.1.3 低压电器电磁机构及执行机构	5
1.1.4 触点系统	6
1.1.5 灭弧系统	6
1.2 接触器	8
1.2.1 接触器结构和工作原理	8
1.2.2 接触器的型号及主要技术参数	9
1.3 继电器	11
1.3.1 电流电压继电器	11
1.3.2 中间继电器	12
1.3.3 热继电器	13
1.3.4 时间继电器	15
1.3.5 速度继电器	17
1.3.6 液位继电器	18
1.4 熔断器	19
1.4.1 熔断器的分类	19
1.4.2 熔断器型号及主要性能参数	20
1.5 低压开关和低压断路器	21
1.5.1 低压断路器	21
1.5.2 漏电保护器	22
1.5.3 低压隔离器	24
1.6 主令电器	26
1.6.1 按钮	26

1.6.2	行程开关	27
1.6.3	接近开关	28
1.6.4	凸轮控制器	29
1.6.5	主令控制器	30
	习题与思考题一	30
<b>第2章</b>	<b>电气控制基本线路与设计</b>	<b>31</b>
2.1	电气控制线路的绘制	31
2.1.1	电气原理图	38
2.1.2	电气元件布置图	41
2.1.3	电气安装接线图	41
2.2	三相异步电动机的全压启动控制	42
2.2.1	启动、点动和停止控制环节	42
2.2.2	可逆控制和互锁环节	44
2.2.3	顺序控制环节	46
2.3	三相异步电动机的降压启动控制	47
2.4	三相异步电动机的调速控制	52
2.4.1	三相笼型电动机的变极调速控制	52
2.4.2	绕线转子电动机转子串电阻的调速控制	54
2.5	三相异步电动机的制动控制	55
2.5.1	三相异步电动机反接制动控制	55
2.5.2	三相异步电动机能耗制动控制	56
2.6	其他典型控制环节	58
2.7	电气控制线路的设计方法	60
2.7.1	经验设计法	60
2.7.2	逻辑设计法	63
2.7.3	原理图设计中应注意的问题	65
	习题与思考题二	66
<b>第3章</b>	<b>PLC 系统基础</b>	<b>67</b>
3.1	可编程控制器概述	67
3.2	可编程控制器的组成	71
3.3	可编程控制器的工作原理	76
3.4	主要的可编程控制器产品及其分类	79
3.5	PLC 的性能指标	80
3.6	S7-1200 的硬件	82

---

---

3.6.1 CPU 模块 .....	83
3.6.2 信号板与信号模块 .....	86
3.6.3 集成的通信接口与通信模块 .....	89
3.7 S7-1200 的编程语言和 S7-1200 用户程序结构 .....	90
3.7.1 S7-1200 的编程语言 .....	90
3.7.2 S7-1200 用户程序结构 .....	92
3.8 数据类型与系统存储区 .....	94
3.8.1 物理存储区 .....	94
3.8.2 数制与数据类型 .....	95
3.8.3 系统存储器 .....	99
习题与思考题三 .....	101
<b>第 4 章 PLC 指令系统</b> .....	<b>102</b>
4.1 基本指令 .....	102
4.1.1 位逻辑 .....	102
4.1.2 定时器 .....	107
4.1.3 计数器 .....	115
4.1.4 比较指令 .....	118
4.1.5 数学指令 .....	120
4.1.6 移动指令 .....	121
4.1.7 转换指令 .....	123
4.1.8 程序控制指令 .....	124
4.1.9 字逻辑运算指令 .....	125
4.1.10 移位和循环指令 .....	127
4.2 扩展指令 .....	129
4.2.1 日期和时间指令 .....	129
4.2.2 字符串和字符指令 .....	131
4.2.3 扩展指令中的程序控制指令 .....	134
4.2.4 通信指令 .....	135
4.2.5 中断指令 .....	139
4.2.6 高速脉冲输出指令 .....	140
4.2.7 高速计数器指令 .....	141
4.2.8 PID 控制指令 .....	142
4.2.9 运动控制指令 .....	142
4.3 全库指令 .....	143
4.3.1 USS .....	143

4.3.2 Modbus .....	144
习题与思考题四 .....	145
<b>第5章 PLC 控制系统设计</b> .....	147
5.1 PLC 应用系统软件设计与开发的过程 .....	147
5.2 应用软件设计的内容 .....	147
5.2.1 功能的分析与设计 .....	148
5.2.2 I/O 信号及数据结构分析与设计 .....	149
5.2.3 程序结构分析和设计 .....	150
5.2.4 软件设计规格说明书编制 .....	150
5.2.5 用编程语言进行程序设计 .....	151
5.2.6 软件测试 .....	151
5.2.7 程序使用说明书编制 .....	152
5.3 PLC 程序设计的常用方法 .....	152
5.3.1 经验设计法 .....	152
5.3.2 逻辑设计法 .....	152
5.3.3 顺序控制设计法 .....	153
5.4 PLC 程序设计步骤 .....	153
5.4.1 程序设计步骤 .....	153
5.4.2 程序设计流程图 .....	155
5.5 经验设计法 .....	155
5.5.1 梯形图中的基本电路 .....	156
5.5.2 梯形图的经验设计法 .....	157
5.5.3 PLC 的编程原则 .....	160
5.6 顺序控制设计法与顺序功能图 .....	161
5.6.1 顺序功能图的基本结构 .....	161
5.6.2 使用启保停电路 .....	168
5.6.3 使用置位复位指令 .....	173
5.7 使用数据块、结构化编程和使用组织块 .....	178
5.7.1 使用数据块 .....	178
5.7.2 使用组织块 .....	186
习题与思考题五 .....	194
<b>第6章 S7-1200PLC 的通信</b> .....	195
6.1 S7-1200PLC 以太网通信概述 .....	195
6.1.1 支持的协议 .....	195
6.1.2 通信过程 .....	197



---

---

6.1.3 通信指令 .....	198
6.2 S7-1200PLC 之间的以太网通信 .....	200
6.2.1 组态网络 .....	200
6.2.2 PLC_1 编程通信 .....	201
6.2.3 PLC_2 编程通信 .....	203
6.2.4 下载并监控 .....	205
6.3 S7-1200PLC 与 S7-200PLC 和 S7-300/400PLC 的通信 .....	205
6.3.1 S7-1200PLC 与 S7-200PLC 之间的通信 .....	205
6.3.2 S7-1200PLC 与 S7-300/400PLC 的通信 .....	211
6.4 S7-1200PLC 的串口通信 .....	219
习题与思考题六 .....	226
<b>附录 STEP 7 Basic 软件使用 .....</b>	<b>228</b>
<b>参考文献 .....</b>	<b>249</b>

---

# 绪 论

## 1. 控制装置的发展

工业生产的各个领域,无论是过程控制系统还是电气传动控制系统,都包含着大量的开关量和模拟量。开关量又称数字量,如电机的启停、阀门的开闭、电子元件的置位与复位、计时、产品的计数等;模拟量又称连续量,如温度、压力、流量、液位等。

最初,数字量和模拟量的控制主要用继电器、接触器或分立元件的电子线路来实现,它取代了原来的手动控制方式,并迅速成为工业控制的主流,这是自动控制的开始,也是以后诸多形式控制设备产生的基础。

随着社会生产力的发展和科学技术的进步,人们对所用的控制设备不断提出新的要求,要求设备更加通用、灵活、易变、经济、可靠,固定接线式的老装置显然不能满足这种需要。电子和集成制造技术的不断发展和控制理论不断完善,特别是计算机技术的诞生和发展,使自控装置得到飞速发展,历经多次变革,这种要求不断变为现实,而且又不断成为过去。

以电气传动自控装置的发展为例,可将发展过程大致分为以下几代。

### 1) 继电器接触器控制系统

继电器接触器控制系统产生于 20 世纪 20 年代,是自动控制的开端。它由为数不多的继电器、接触器和保护元件等组成。这种控制系统是为实现某一专门控制要求而设计的,通过电器元件之间的固定连线构成控制电路。它简单、经济,成本低,适用于动作比较简单、控制规模较小的场合,曾一度占据工业控制的主导地位。但是在动作复杂、规模较大的场合,就暴露出明显的缺点:体积庞大、耗电量高、接线复杂、可靠性差、维修困难,在今天控制对象经常变化的情况下,就越来越难以适应了,也就是灵活性差。

### 2) 顺序控制器

顺序控制器产生于 20 世纪 60 年代。所谓顺序控制,是以预先规定好的时间或条件为依据,按预先规定好的动作次序,对控制过程各阶段顺序地进行以开关量为主的自动控制。

曾经流行的顺序控制器主要有三种类型:基本逻辑型、条件步进型和步进型。

它们是直接从继电器接触器控制系统演变而来,并首次采用了程序的思想。由固定位置的电子元件排列成的矩阵电路,控制程序通过元件间连线的接插来实现,程序的运行是通过在不同时间接通不同回路来实现的。改变矩阵板的配线就可以很容易地改变控制程序,增加了程序的灵活性,大大方便了用户的使用。

其特点是:通用性和灵活性强,通过更改程序可以很容易地适应经常更改的控制要求,容易对大型、复杂系统进行控制,但程序的实现和更改方式并没有从本质上改变,仍然是对

硬件进行设置和更改。

### 3) 可编程序控制器(PLC)

PLC产生于1969年,它是计算机技术与继电器控制技术相结合的产物,具有逻辑控制、定时、计数等功能,并取代了继电器控制。

它采用了计算机存储程序和顺序执行的原理;编程语言采用的是直观的类似继电器控制电路图的梯形图语言,这使得原来的工厂工作人员可以很容易地学习和使用。控制程序的更改可以通过直接改变存储器中的应用软件来实现,由于软件的更改极易实现,从而在实现方式上有了本质的飞跃,其通用性和灵活性进一步增强。

目前,可编程序控制器已经具有了顺序控制、算术运算、数据转换和通信等更为强大的功能,指令系统丰富,程序结构灵活,不但可以完成开关量及顺序控制,而且可以用来实现模拟量等复杂的控制。运行可靠、通用性和适应性强,发展非常迅速,既可以用来单独构成控制系统,其系统也可作为DCS系统中主要现场控制系统,是目前工业自动化应用得最广的控制设备。

### 4) 数控加工中心

数控机床(Center of numerical control, CNC)产生于20世纪50年代,它是一种具有广泛通用性的高效率自动化机床,它综合应用了电子技术、检测技术、计算机技术、自动控制和机床结构设计等各个技术领域的最新技术成就。目前仍然广泛应用,并且在一般数控机床的基础上发展成为附带自动换刀、自适应等功能的复杂数控系列产品,称为加工中心。它能够对多道工序的工件进行连续加工,节省了夹具,缩短了装夹定位、对刀等辅助时间,解决了占机械加工总量80%左右的单件和小批量生产的自动化,提高了工效和产品质量。

### 5) 分布式计算机控制系统

分布式计算机控制系统(Distributed Control System, DCS)是随着计算机通信和网络技术的发展而发展起来的。它包含多台相对独立的计算机控制系统,分散布置,并行工作,独立或协同地完成不同的子功能。

在大型计算机控制系统中,通常采用分布式多级系统而形成工厂自动化网络系统。它是根据对数据处理量实时性要求不同,将计算机控制系统分为多级,下级接受上级的指令和控制,各级相对独立地完成不同性质的任务。多级分布控制系统的最低级目前通常由可编程序控制器及其他现场控制设备构成,接受上级计算机或人工设定值,对生产机械或生产过程的某些参数直接进行控制。

分布式控制系统大大提高了控制系统的可靠性和灵活性,成本低,是当前工厂自动化大规模控制系统的主要形式,目前应用广泛,发展迅速,技术日渐完善。

## 2. 课程的性质、内容与任务

### 1) 课程的性质和内容

“电气控制技术”是一门实践性较强的专业课。电气控制技术在生产过程、科学研究及其他各领域的应用十分广泛。本课程主要内容是以电动机或其他执行电器为控制对象,介绍电气控制基本原理、线路、程序及控制装置的设计方法。电气控制技术涉及面很广,各种电气设备种类繁多、功能各异,但就其控制原理、基本线路、设计基础而言是类似的。本课程从应用角度出发,以方法论为手段,讲授上述几方面内容,以培养学生对电气控制系统的分析和设计的基本能力。

本课程以传统的继电器接触器控制系统为开端,主要有以下原因:

(1) 继电器接触器控制是可编程序控制器产生的基础

虽然目前的可编程序控制器的功能极为强大,既可实现数字量的控制,又可实现模拟量的控制,但它最初是为了在数字量控制中取代继电器接触器控制系统而产生的,源自继电器接触器的思想,两者有许多相同和相似之处。熟悉继电器接触器控制元件和控制电路,就很容易从思想上接受可编程序控制器的组成结构和编程语言,为后续进一步的学习和使用打下基础。

(2) 目前工业生产中继电器接触器等传统设备仍大量应用

一方面,目前工厂为降低设备投资,不少控制要求不太复杂的场合仍在使用继电器接触器。另一方面,如电机拖动中,主电路的通断仍由接触器来完成。另外,电力设备和工业配电设备仍以继电器接触器等为主。继电器接触控制与 PLC 控制各有特点,并不因为 PLC 的高性能而完全取代继电器、接触器等传统设备,当今工厂自动控制往往是传统与现代控制设备并存的状态。特别是作为电气工程专业的学生,掌握继电器接触控制技术是很有必要的。

(3) 有利于在比较中学习掌握设备的使用

通过学习继电器接触控制系统和可编程序控制器,比较两者在各方面的异同,便于掌握各种设备的应用知识,而且有利于将原有的较完善的继电器接触控制系统很容易地改造为可编程序控制系统。这一点特别适合我国的国情。

PLC 是目前应用越来越广泛的一种工业控制器,由于它将计算机的编程灵活、功能齐全、应用面广等优点与继电器系统的控制简单、使用方便、抗干扰能力强、价格便宜等优点结合起来,而本身又具有体积小、重量轻、耗电省等特点,作为电气工程技术人员很有必要掌握 PLC 的基本原理与应用技术。本课程主要介绍占据工业自动控制装置中支柱地位的可编程序控制器。包括可编程序控制器的一般知识、西门子 S7 - 1200 系列可编程序控制器的原理、指令系统、编程及相关配套设备的使用方法,重点内容是掌握它的使用、程序设计、应用设计和仿真技术。

2) 课程任务

通过本课程的学习,使得学生熟悉工厂常用控制电气的原理、结构及使用,熟练掌握电气控制的基本环节,能够分析和设计一般规模的继电器接触器的电气控制系统。

了解 PLC 的结构、工作原理及主要技术指标,掌握 PLC 的梯形图和语句表两种编程语言,掌握常用指令,能够根据工艺过程和控制要求完成 PLC 的程序设计和应用设计,而且能够进行程序的调试和修改,而后可用于实际应用。

切实加强实践环节,熟练使用 PLC 的主机、计算机编程软件及常用模块。

对 PLC 的系统扩展、现场技术、通信知识、仿真技术以及工业网络有一定的了解,能够完成简单的通信任务。

# 第 1 章

## 常用低压电器

本章主要介绍常用低压电器的结构、工作原理、型号、规格及用途等有关知识,同时介绍它们的图形符号及文字符号,为正确选择和合理使用这些电器打下基础。

### 1.1 概述

#### 1.1.1 电器的定义与分类

凡是自动或手动接通和断开电路,以及能实现对电路或非电对象切换、控制、保护、检测、变换和调节目的的电气元件统称为电器。

电器的用途广泛,功能多样,种类繁多、构造各异。其分类方法很多,下面介绍几种常用的分类方法:

##### 1. 按照工作电压等级分

(1) 低压电器:工作电压在交流 1000V 或直流 1200V 以下的各种电器。例如接触器、控制器、启动器、刀开关、自动开关、熔断器、继电器、电阻器、主令电器等。

(2) 高压电器:工作电压高于交流 1000V 或直流 1200V 以上的各种电器。例如高压断路器、隔离开关、高压熔断器、避雷器等。

##### 2. 按动作原理分

(1) 手动电器:指需要人工直接操作才能完成指令任务的电器。例如刀开关、控制器、转换开关、控制按钮等。

(2) 自动电器:指不需要人工操作,而是按照电的或非电的信号自动完成指令任务的电器。例如自动开关、交直流接触器、继电器、高压断路器等。

##### 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。例如接触器、各种控制继电器、控制器、启动器等。

(2) 主令电器:用于自动控制系统中发送控制指令的电器。如控制按钮、主令开关、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) 配电电器:用于电能的输送和分配的电器。例如高压断路器、隔离开关、刀开关、自动开关等。

(5) 执行电器:指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。

### 1.1.2 低压电器发展概况

低压电器的生产和发展是和电的发明和广泛应用分不开的,从按钮、刀开关、熔断器等简单的低压电器开始,到各种规格的低压断路器、接触器以及由它们组成的成套电气控制设备,都是随着生产的需要而发展的。

自中华人民共和国成立以来,随着国民经济的恢复和大规模经济建设的进行,我国国民经济各部门对低压电器的种类、品种、质量提出了越来越高的要求。低压电器的品种也从少到多,产品质量从低到高逐渐发展。但是产品与电工行业的国际标准 IEC 仍有一定的差距。

改革开放以后,我国低压电器制造工业有了飞速发展。一方面,国产产品如 CJ20 系列接触器、RJ20 系列热继电器、DZ20 系列塑料外壳式断路器都是国内 20 世纪 80 年代更新换代的产品,符合国家新标准(参考 IEC 标准制订),有的甚至符合 IEC 标准。另一方面,积极从德国 BBC 公司、AEC 公司及西门子公司、美国西屋公司、日本寺崎公司等引进了接触器、热继电器、启动器、断路器等先进的产品制造技术,并基本实现国产化,使我国低压电器的产品质量有较大的提高。

当前,我国低压电器的发展总是不断提高其技术参数的性能指标,并在其经济性能上下功夫。其间,使用新材料、新工艺、新技术对产品质量的提高、性能的改善有着十分重要的作用。同时我国大力开发新产品,特别是多功能化产品及机电一体化产品,如电子化的新型控制电器(如接近开关、光电开关、固态继电器与接触器、电子式电机保护器等)正不断被研制、开发出来。总之,低压电器正向高性能、高可靠性、多功能、小型化、使用方便等方向发展。

### 1.1.3 低压电器电磁机构及执行机构

电磁机构的作用是将电磁能转换为机械能并带动触点的闭合或断开,完成通断电路的控制作用。

电磁机构由吸引线圈、铁心和衔铁组成,其结构形式按衔铁的运动方式可分为直动式和拍合式,图 1-1 是直动式和拍合式电磁机构的常用结构形式。

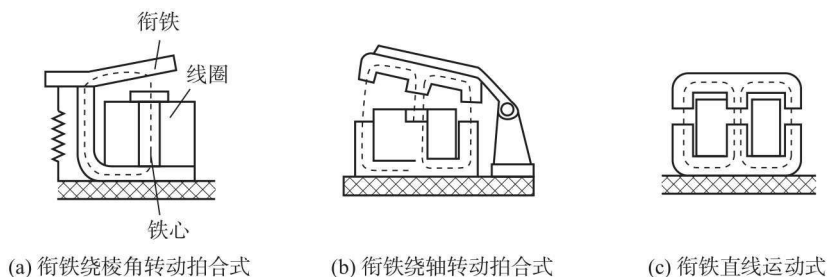


图 1-1 电磁机构



吸引线圈的作用是将电能转换为磁能,即产生磁通,衔铁在电磁吸力作用下产生机械位移使铁心吸合。通入直流电流的线圈称为直流线圈,通入交流电的线圈称为交流线圈。

对于直流线圈,铁心不发热,只是线圈发热,因此线圈与铁心接触以利散热。线圈做成无骨架、高而薄的瘦高型,以改善线圈自身散热。铁心和衔铁由软钢或工程纯铁制成。

对于交流线圈,除线圈发热外,由于铁心中有涡流和磁滞损耗,铁心也会发热。为了改善线圈和铁心的散热情况,在铁心与线圈之间留有散热间隙,而且把线圈做成有骨架的矮胖型。铁心用硅钢片叠成,以减少涡流。当线圈通过工作电流时产生足够的磁功势,从而在磁路中形成磁通,使衔铁获得足够的电磁力,克服反作用力而吸合。在交流电流产生的交变磁场中,为避免因磁通过零点造成衔铁的抖动,须在交流电器铁心的端部开槽,嵌入一铜短路环,使环内感应电流产生的磁通与环外磁通不同时过零,使电磁吸力总是大于弹簧的反作用力,因而可以消除铁心的抖动。

另外,根据线圈在电路中的连接方式可分为串联线圈(即电流线圈)和并联线圈(即电压线圈)。串联(电流)线圈串接在线路中,流过的电流大,为减少对电路的影响,线圈的导线粗、匝数少、线圈的阻抗较小。并联(电压)线圈并联在线路上,为减少分流作用,降低对原电路的影响,需要较大的阻抗,因此线圈的导线细而匝数多。

#### 1.1.4 触点系统

触点的作用是接通或分断电路,因此要求触点具有良好的接触性能和导电性能,电流容量较小的电器,其触点通常采用银质材料。这是因为银质触点具有较低和较稳定的接触电阻,其氧化膜电阻率与纯银相似,可以避免触点表面氧化膜电阻率增加而造成接触不良。电流容量较大的电器,其触点通常采用铜质材料。

触点的结构有桥式和指形两种,图 1-2 为触点结构形式。

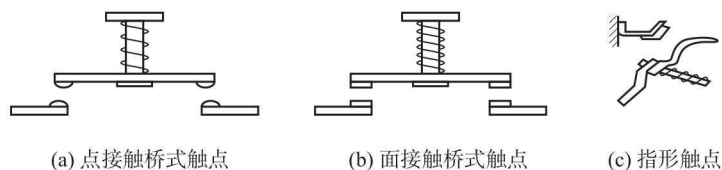


图 1-2 触点结构形式

桥式触点又分为点接触式和面接触式。点接触式适用于电流不大并且触点压力小的场合,面接触式适用于大电流的场合。指形触点在接通与分断时产生滚动摩擦,可以去掉氧化膜,故其触点可以用紫铜制造,它适合于触点分合次数多、电流大的场合。

#### 1.1.5 灭弧系统

触点分断电路时,由于热电子发射和强电场的作用,使气体游离,从而在分断瞬间产生电弧。电弧的高温能将触点烧损,缩短电器的使用寿命,又延长了电路的分断时间。因此,应采用适当措施迅速熄灭电弧。

低压控制电器常用的灭弧方法有以下三种。

### 1. 电动力吹弧

电动力吹弧如图 1-3 所示。桥式触点在分断时本身具有电动力吹弧功能,不用任何附加装置,就可使电弧迅速熄灭。这种灭弧方法多用于小容量交流接触器中。

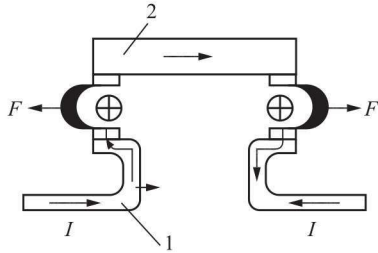


图 1-3 电动力灭弧示意图

1—静触点;2—动触点

### 2. 磁吹灭弧

磁吹灭弧是在触点电路中串入吹弧线圈,如图 1-4 所示。该线圈产生的磁场由导磁夹板引向触点周围,其方向由右手定则确定(如图 1-4 中 $\times$ 所示)。触点间的电弧所产生的磁场,其方向为 $\otimes\odot$ 所示。这两个磁场在电弧下方方向相向(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  $F$  所指的方向,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。

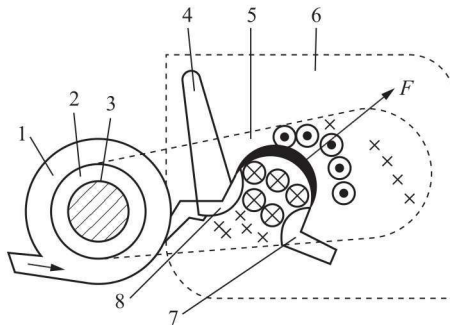


图 1-4 磁吹灭弧示意图

1—磁吹线圈;2—绝缘套;3—铁心;4—引弧角;4—导磁夹板;5—灭弧罩;7—动触点;8—静触点

### 3. 栅片灭弧

灭弧栅片是一组薄铜片,它们彼此间相互绝缘,如图 1-5 所示。当电弧进入栅片被分割成一段段串联的短弧,而栅片就是这些短弧的电极。每两片电弧之间都有 150~250V 的绝缘强度,使整个灭弧栅的绝缘强度大大加强,以至于外电压无法维持,电弧迅速熄灭。由于栅片灭弧效应在交流时要比直流强得多,所以交流电器常常采用栅片灭弧。



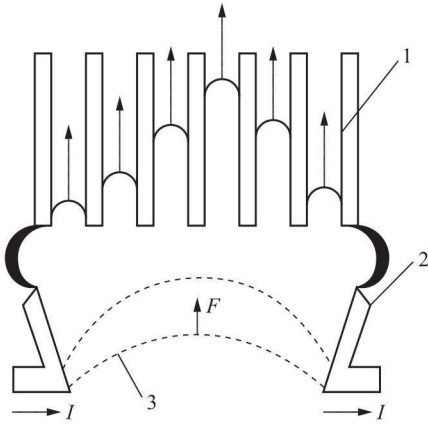


图 1-5 栅片灭弧示意图

1—灭弧栅片;2—触点;3—电弧

## 1.2 接触器

接触器是一种自动的电磁式电器,适用于远距离频繁接通或断开交直流主电路及大容量控制电路。其主要控制对象是电动机,也可用于控制其他负荷,如电焊机、电容器、电阻炉等。它不仅能实现远距离自动操作和欠电压释放保护及零电压保护功能,而且有控制容量大、工作可靠、操作频率高、使用寿命长等优点。常用的接触器分为交流接触器和直流接触器两类。

### 1.2.1 接触器结构和工作原理

图 1-6 为接触器结构示意图,接触器主要由电磁系统、触头系统和灭弧装置组成。

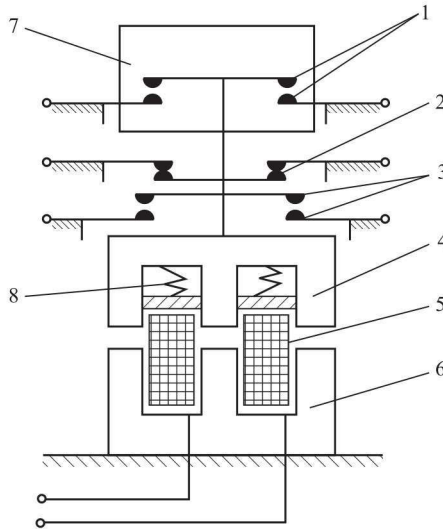


图 1-6 接触器结构示意图

1—主触点;2—常闭辅助触点;3—常开辅助触点;4—铁心  
5—电磁线圈;6—衔铁;7—灭弧罩;8—弹簧