

高等学校试用教材

# 工厂电气控制设备

合肥工业大学 李仁 主编



机械工业出版社

## **工厂电气控制设备**

合肥工业大学 李仁 主编

\*

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第 117 号)

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

\*

开本  $787 \times 1092 \frac{1}{16}$  · 印张  $24 \frac{1}{2}$  · 插页 2 · 字数 605 千字

1980 年 7 月北京第一版·1980 年 7 月北京第一次印刷

印数 00,001—17,000 · 定价 2.65 元

\*

统一书号: 15033·4859

## 前 言

本书系根据 1978 年 4 月一机部在天津召开的高等学校对口专业座谈会确定的教学计划和同年五月在黄山召开的工业电气自动化专业教材会议上制定的编写大纲编写的。本书为工业电气自动化专业学生试用教材，供现场教学与课堂教学使用，也可供有关专业师生、从事现场工作的工程技术人员参考。

本书内容共分三篇。第一篇断续控制系统及其设备，包括常用电器控制系统的组成、典型生产机械的自动控制系统及顺序控制器；第二篇连续控制系统及其设备，包括交磁放大机系统及其控制的龙门刨床、磁放大器系统及可控硅系统；第三篇数字控制系统及其设备，包括数控机床的一般概念、数字技术基础知识、插补原理、运算器、控制器、输入输出及数控线切割机。上述内容，一方面照顾到目前国内现有机械设备及技术水平，同时也考虑到今后的发展及新技术的逐步推广。

本书的重点内容为电器控制系统及其设备和交磁放大机控制系统。作为新技术的顺序控制器和数控机床作了一定篇幅的介绍；可控硅控制系统根据教材会议精神，其主要内容放在后续课程“半导体变流技术”和“自动控制系统”中介绍，这里仅介绍有关的基本线路与基本概念。

顺序控制器和数控机床中都用到数字技术的基础知识，但考虑到后者应用较多，为使学生建立较完整的概念和便于现场工程技术人员参考，将数字技术基础知识统一放在第九章集中介绍。

本书图形及文字符号以国家标准电工系统图图形符号 GB312-64，国家标准电工设备文字符号 GB315-64，国家标准机械制图 GB126-74，第一机械工业部标准电力传动设备文字符号 JB1476-75 和第四机械工业部标准二进制逻辑电路图形符号 SJ1223-77 为主要依据。对某些典型的、长期使用的电气控制设备，为照顾实际使用仍采用了原有线路。

本书由合肥工业大学及安徽工学院李仁、鹿世金、董亚林同志编写。李仁副教授主编。

本书承哈尔滨工业大学王炎副教授主审并提供了不少宝贵意见，谨致以衷心的感谢。在本书编写过程中承蒙清华大学、哈尔滨工业大学、天津大学、太原工学院等兄弟院校以及上海交通电器厂、济南机床二厂等单位提供了许多宝贵资料；合肥工业大学顾绳谷教授、哈尔滨工业大学赵昌颖付教授为本书的编写提供了许多宝贵意见，表示衷心感谢。

由于我们的水平及时间限制，书中难免有不妥和错误之处，请读者将宝贵意见寄合肥工业大学工业电气自动化教研室。

编者 一九七九年五月

# 目 录

## 前言

### 第一篇 断续控制系统及其设备

第一章 控制电器与电器控制系统	1
§ 1-1 常用控制电器	1
§ 1-2 电器控制线路的绘制原则、图形及文字符号	26
§ 1-3 鼠笼电动机起、停的电器控制线路	31
§ 1-4 组成电器控制线路的基本规律	32
§ 1-5 电器控制线路设计的一般方法	38
第二章 典型生产机械的电器控制线路	44
§ 2-1 普通车床电器控制线路	44
§ 2-2 磨床电器控制线路	46
§ 2-3 钻床电器控制线路	49
§ 2-4 铣床电器控制线路	52
§ 2-5 镗床电器控制线路	57
§ 2-6 起重机电器控制线路	62
第三章 顺序控制器	75
§ 3-1 概述	75
§ 3-2 基本逻辑型顺序控制器	76
§ 3-3 条件步进型顺序控制器	91
§ 3-4 时间步进型顺序控制器	116

### 第二篇 连续控制系统及其设备

第四章 交磁放大机及其控制系统	127
§ 4-1 交磁放大机	127
§ 4-2 自动调速系统的主要技术指标	149
§ 4-3 速度负反馈自动调速系统的静态分析	151
§ 4-4 速度负反馈自动调速系统的动态分析	157
§ 4-5 电压负反馈、电流正反馈、电势负反馈在调速系统中的应用	163
§ 4-6 电流截止负反馈系统	168
* § 4-7 带调节器的交磁放大机一直流电动机调速系统	173
§ 4-8 交磁放大机调速系统主要元件的选择原则	178
第五章 交磁放大机控制的龙门刨床	179
§ 5-1 龙门刨床的工艺特点及其对自动控制系统的要求	179
§ 5-2 龙门刨床的主拖动系统	181
§ 5-3 龙门刨床的电气控制系统	186
* 第六章 磁放大器及其控制系统	199

## VI

§ 6-1 磁放大器的基本工作原理与特性 .....	199
§ 6-2 磁放大器应用实例 .....	204
§ 6-3 磁放大器工作于电感负载时的特性 .....	205
§ 6-4 磁放大器组成的自动调速系统 .....	207
§ 6-5 采用磁放大器控制直流电动机励磁的龙门刨床 .....	208
<b>第七章 可控硅及其供电的自动控制系统 .....</b>	<b>211</b>
§ 7-1 可控硅整流元件 .....	212
§ 7-2 单相可控整流电路 .....	216
§ 7-3 三相可控整流电路 .....	221
§ 7-4 可控硅-直流电动机调速系统 .....	234
§ 7-5 可控硅的保护及串并联 .....	237
§ 7-6 可控硅装置的触发电路 .....	243
§ 7-7 可控硅控制的高精度半自动磨床 .....	247
§ 7-8 可控硅控制的龙门铣床 .....	250

## 第三篇 数字控制系统及其设备

<b>第八章 数字程序控制机床的基本概念 .....</b>	<b>255</b>
§ 8-1 数控机床的基本工作原理 .....	255
§ 8-2 数控装置的分类 .....	257
§ 8-3 数控机床的产生和发展 .....	259
<b>* 第九章 数字技术基础知识 .....</b>	<b>261</b>
§ 9-1 二进制数 .....	261
§ 9-2 逻辑代数 .....	268
§ 9-3 基本逻辑部件 .....	280
<b>第十章 插补原理 .....</b>	<b>293</b>
§ 10-1 脉冲数字乘法器式的直线插补器 .....	293
§ 10-2 数字积分器式插补器 .....	296
§ 10-3 逐点比较法 .....	301
<b>第十一章 运算器 .....</b>	<b>311</b>
§ 11-1 运算器的职能及运算方式 .....	311
§ 11-2 运算器的基本部件 .....	312
§ 11-3 串行运算的实现 .....	315
§ 11-4 运算器中的控制门 .....	318
<b>第十二章 控制器 .....</b>	<b>326</b>
§ 12-1 控制器的职能及其组成 .....	326
§ 12-2 时序脉冲发生器 .....	328
§ 12-3 运算控制信号和进给控制信号形成电路 .....	331
§ 12-4 走圆修改指令 .....	334
<b>第十三章 输入控制 .....</b>	<b>338</b>
§ 13-1 程序带用的代码及程序安排 .....	338
§ 13-2 输入方式 .....	342

§ 13-3 输入控制器 .....	346
<b>第十四章 输出控制系统 .....</b>	<b>354</b>
§ 14-1 步进电机 .....	354
§ 14-2 脉冲分配器 .....	363
§ 14-3 步进电机的驱动线路 .....	365
<b>第十五章 DSK67B 集成电路线切割机数控装置 .....</b>	<b>368</b>
§ 15-1 概述 .....	368
§ 15-2 面板布置与扳键开关的使用 .....	369
§ 15-3 控制过程 .....	373
<b>第三篇附录 .....</b>	<b>380</b>
<b>第三篇主要符号说明 .....</b>	<b>381</b>
<b>参考文献 .....</b>	<b>384</b>

注：本书中有“\*”号者为参考内容

# 第一篇 断续控制系统及其设备

## 第一章 控制电器与电器控制系统

### § 1-1 常用控制电器

在工厂电气设备中，某些控制元件如接触器、继电器、主令控制器、电阻器、熔断器等统称电器。电器就是一种控制电的工具。它能对电能的产生、分配起控制和保护作用。应用这些电器组成的自动控制系统，称为电器控制系统（原称继电器—接触器控制系统）。

电器的种类很多，按其工作电压以交流 1000 伏、直流 1200 伏为界，划分为高压电器与低压电器两大类。低压电器按其控制对象又可分为电器控制系统用和电力系统用电器。前者就是本节叙述范围。

#### 一、接触器

接触器是用来接通或切断电动机或其它负载主电路的一种控制电器。通常分为交流接触器与直流接触器。

接触器的基本参数有：主触点的额定电流、主触点允许切断电流、触点数、线圈电压、操作频率、动作时间、机械寿命和电器寿命等。

现代生产的接触器，其额定电流最大可达 2500 安，允许接通次数为 150~1500 次/小时，电气寿命 50~100 万次，机械寿命 500~1000 万次。

#### （一）接触器的结构

一般接触器都具有下列组成部分：电磁机构、主触点和灭弧装置、辅助触点、释放弹簧机构或缓冲装置、支架与底座。交、直流接触器外形图分别示于图 1-1 和图 1-2。

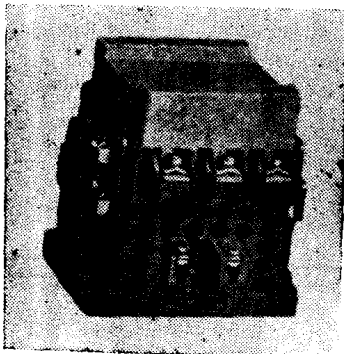


图1-1 交流接触器外形图

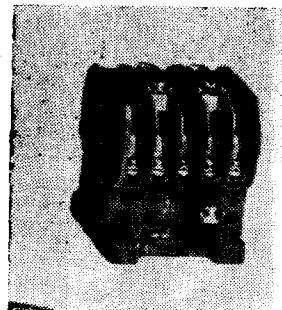
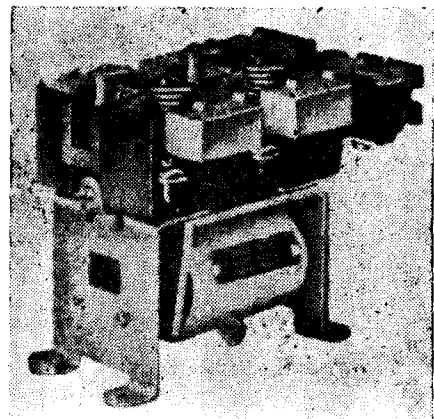


图1-2 直流接触器外形图



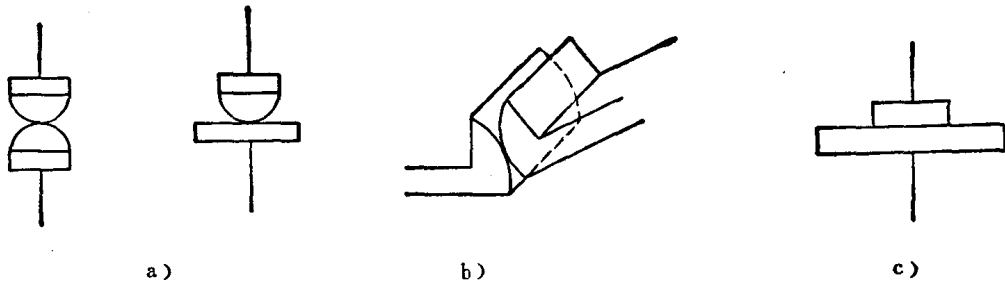


图1-3 触点的三种接触形式  
a) 点接触 b) 线接触 c) 面接触

1. 触点 触点是用来接通或断开被控制的电路。它的结构形式很多，按其接触形式可分为三种，即点接触、线接触和面接触。如图1-3所示。图1-3a是点接触，它由两个半圆形触点或一个半圆形与一个平面形触点构成。因此它常用于小电流的电器中，如接触器的辅助触点或继电器触点。图1-3b是线接触，它的接触区域是一条直线。触点在通断过程中是滚动接触，如图1-4所示。开始接触时，静触点在A点接触，靠弹簧压力经B点滚动到C点。断开时作相反运动。这样可以自动清除触点表面的氧化膜；同时长期工作的位置不是在易烧灼的A点而是在C点，保证了触点的良好接触。这种滚动线接触多用于中等容量的触点，如接触器的主触点。图1-3c中所示是面接触，它可允许通过较大电流。这种触点一般在接触表面上镶有合金，以减小触点接触电阻和提高耐磨性，多用于较大容量接触器的主触点。

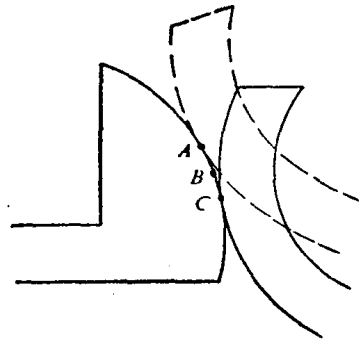


图1-4 指形触点的接触过程

由于触点表面的不平与氧化层的存在，将在两个触点的接触处呈现一定的电阻。为了减小此接触电阻，需在触点间加一定压力，当动触点刚与静触点接触，由于安装时弹簧被预先压缩了一段，因而产生一个初压力  $F_c$  如图1-5b所示。触点闭合后由于弹簧在超程内继续变形而产生一终压力  $F_z$  如图1-5c所示。弹簧压缩的距离  $l$  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。磨损严重时应予更换。

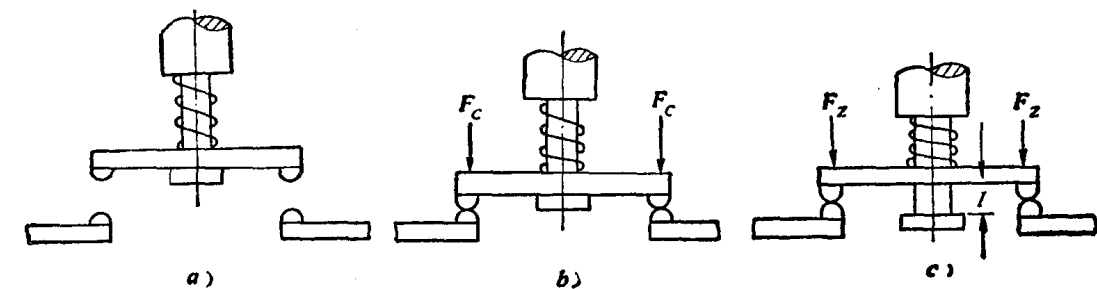


图1-5 触点的位置示意图  
a) 最终拉开位置 b) 刚刚接触位置 c) 最终闭合位置

2. 电弧的产生与灭弧装置 当接触器触点切断电路时，如电路中电压超过10~12伏和



电流超过 80~100 毫安，在拉开的两个触点之间将出现强烈火光，这实际上是一种气体放电的现象，通常称为“电弧”。

所谓气体放电，就是气体中有大量的带电质点作定向运动。当触点分离瞬间，间隙很小，电路电压几乎全部降落在触点之间，在触点间形成很高的电场强度，阴极中的自由电子会逸出到气隙中并向正极加速运动。前进途中撞击气体原子，该原子分裂成带负电的电子和带正电的离子。此电子在向正极运动过程中又将撞击其它原子，这种现象叫撞击电离。撞击电离的正离子向阴极运动，撞在阴极上会使阴极温度逐渐升高，到达一定温度时，一部分电子将从阴极逸出再参与撞击电离。由于高温使电极发射电子叫热电子发射。当电弧的温度达到 3000℃ 或更高时，触点间的原子以很高的速度作不规则的运动并相互剧烈撞击，撞击结果原子也将造成电离，这种因高温使原子撞击所产生的电离称为热游离。

撞击电离、热电子发射和热游离的结果，在两触点间呈现大量向阳极飞驰的电子流，这就是所谓的电弧。

应当指出，伴随着电离的进行也存在着消电离的现象。消电离主要是通过正、负带电质点的复合进行的。温度越低，带电质点运动越慢，越容易复合。

根据上述电弧产生的物理过程可知，欲使电弧熄灭，应设法降低电弧温度和电场强度，以加强消电离作用，当电离速度低于消电离速度，则电弧熄灭。根据上述灭弧原则，常用的灭弧装置有：

(1) 磁吹式灭弧装置。其原理如图 1-6 所示。在触点电路中串入一个吹弧线圈 3，它

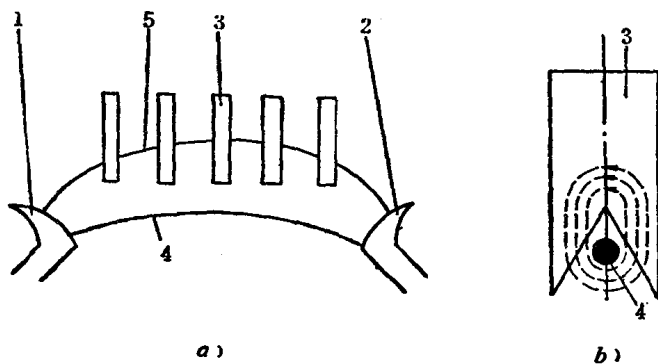


图1-7 灭弧栅灭弧原理

a) 栅片灭弧原理 b) 电弧进入栅片的图形

1—静触点 2—动触点 3—灭弧栅片 4—长电弧 5—短电弧

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，吹弧的能力也越强。它广泛应用于直流接触器中。

(2) 灭弧栅。灭弧栅灭弧原理如图 1-7 所示。灭弧栅 3 是由许多镀铜薄钢片组成，片

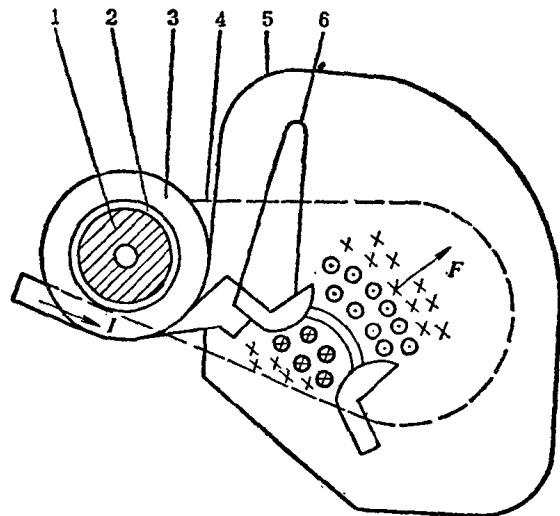


图1-6 磁吹式灭弧装置

1—铁芯 2—绝缘管 3—吹弧线圈 4—导磁铜片  
5—灭弧罩 6—熄弧角

产生的磁通通过导磁铜片 4 引向触点周围，如图中“×”符号所示；当产生电弧后，其磁通如图中“⊗”和“⊙”符号所示。可见在弧柱下吹弧线圈产生的磁通与电弧产生的磁通是相加的，而在弧柱上面彼此相消，因此就产生一个向上运动的力将电弧拉长并吹入灭弧罩 5 中，灭弧角 6 和静触点相连接，其作用引导电弧向上运动，将热量传递给罩壁，促使电弧熄灭。

间距离为2~3毫米，安放在触点上方的灭弧罩（图中未画出）内。一旦发生电弧，电弧周围产生磁场，导磁的钢片将电弧吸入栅片，电弧被栅片分割成许多串联的短电弧，当交流电压过零时电弧自然熄灭，两栅片间必须有150~250伏电弧压降，电弧才能重燃。这样一来，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，电弧自然熄灭后很难重燃。这是一种常用的交流灭弧装置。

(3) 灭弧罩。比灭弧栅更为简单的是采用一个用陶土和石棉水泥做的耐高温的灭弧罩，用以降温和隔弧。可用于交流和直流灭弧。

(4) 多断点灭弧。在交流电路中也可采用桥式触点，如图1-8所示有两个断开点，就相当于两对电极。若一对断点处要使电弧熄灭后重燃需要150~250伏，现二对断点就需要 $2 \times (150 \sim 250)$ 伏，所以有利于灭弧。若采用双极或三极接触器控制一个电路时，根据需要可灵活地将二个极或三个极串联起来当做一个触点使用，这组触点便成为多断点的，加强了灭弧效果。

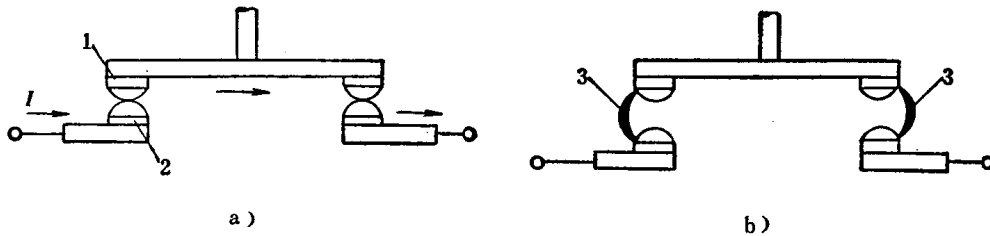


图1-8 桥式触点

a) 闭合状态 b) 断开状态  
1—动触点 2—静触点 3—电弧

3. 电磁机构 电磁机构是接触器的主要组成部分之一，它将电磁能转换为机械能，带动触点使之闭合或断开。电磁机构由吸引线圈和磁路两部分组成。磁路包括铁芯、衔铁、铁轭和空气隙，利用气隙把电磁能转换为机械能。电磁机构分类如下：

(1) 按衔铁的运动方式分类。有以下几种：

衔铁沿棱角转动的拍合式铁芯，如图1-9 a所示。衔铁绕铁轭的棱角而转动，磨损较小，铁芯用软铁，适用于直流接触器；

衔铁沿轴转动的拍合式铁芯，如图1-9 b所示。衔铁绕轴而转动，用于交流接触器，铁芯用硅钢片叠成；

衔铁直线运动的直动式铁芯，如图1-9 c所示。衔铁在线圈内成直线运动，多用于交流接触器中。

(2) 按磁系统形状分类。电磁机构可分为U形和E形，如图1-9 b所示。

(3) 按线圈的联接方式分类。可分为并联（电压线圈）和串联（电流线圈）两种。

(4) 按吸引线圈的种类分类。可分为直流线圈和交流线圈两种。

电磁机构的工作情况常用吸力特性与反力特性来表征。电磁机构的吸力与气隙的关系曲线称为吸力特性。它随励磁电流种类（交流或直流），线圈的连接方式（串联或并联）而有所差异。电磁机构转动部分的静阻力与气隙的关系曲线称为反力特性。阻力的大小与作用弹簧、摩擦阻力以及衔铁重量有关。下面分析吸力特性、反力特性和两者的配合关系。

电磁机构的吸力可近似地按下式求得：

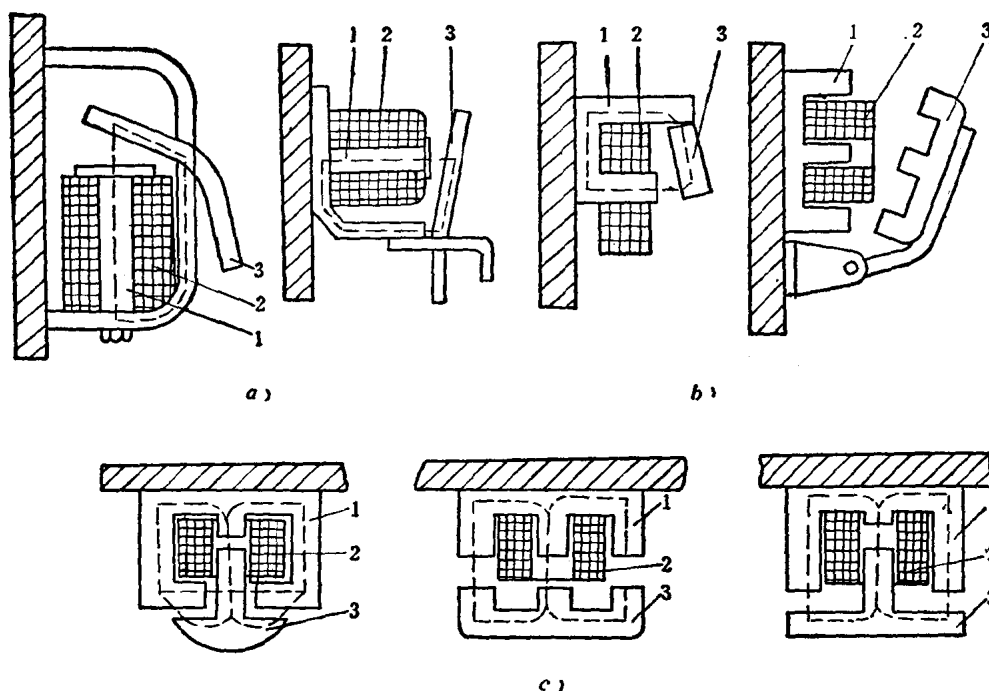


图1-9 常用电磁机构的形式

1—铁芯 2—线圈 3—衔铁

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

当  $S$  为常数时,  $F$  与  $B^2$  成正比。

对于具有电压线圈的直流电磁机构, 因外加电压和线圈电阻不变, 则流过线圈的电流为常数而与磁路的气隙大小无关。根据磁路定律

$$\phi = \frac{IW}{R_m} \propto \frac{1}{R_m} \quad (1-2)$$

则

$$F \propto \phi^2 \propto \left(\frac{1}{R_m}\right)^2 \quad (1-3)$$

吸力  $F$  与磁阻  $R_m$  成反比, 亦即与气隙  $\delta^2$  成反比。故吸力特性为二次曲线形状, 如图 1-10 所示。它表明衔铁闭合前后吸力变化很大。

对于具有电压线圈的交流电磁机构其吸力特性则有所不同。设外加电压不变, 交流吸引线圈的阻抗主要决定于线圈的电抗, 电阻可忽略, 则

$$U \approx E = 4.44 f \phi W \quad (1-4)$$

$$\phi = \frac{U}{4.44 f W} \quad (1-5)$$

式中  $F$ ——电磁机构的吸力 (牛顿);

$\phi$ ——磁通 (韦伯);

$B$ ——磁通密度 (特斯拉 = 韦伯/米<sup>2</sup>);

$U$ ——电压 (伏)。

$S$ ——吸力处端面积 (米<sup>2</sup>);

当频率  $f$ 、匝数  $W$  和电压  $U$  均为常数时,  $\phi$  为常数, 由式 (1-3) 知  $F$  亦为常数, 说明  $F$  与  $\delta$  大小无关。实际上考虑到漏磁的作用,  $F$  随  $\delta$  减小略有增加, 如图 1-11 所示。图中并示出线圈电流  $I$  随  $\delta$  成反比变化的一条直线, 这是因为  $\phi$  不变时, 由式 (1-2) 可知  $Iw$  将随  $R_m$

(亦即气隙  $\delta$ ) 变化而成正比变化。

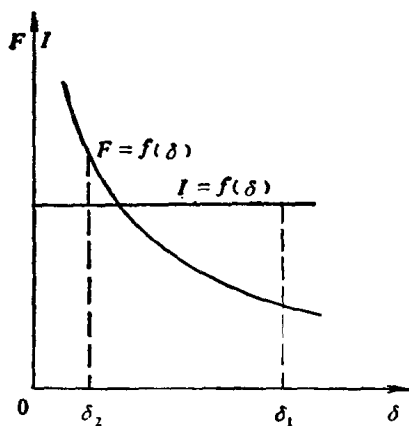


图1-10 直流电磁机构的吸力特性

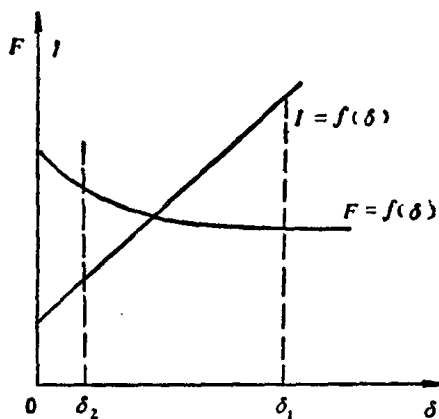


图1-11 交流电磁机构的吸力特性

从上述结论还可看出：为什么有些场合一定要用直流电磁机构而不用交流的。因为一般U型交流电磁机构，线圈通电而衔铁尚未吸合瞬间，电流将达到吸合后额定电流的5~6倍，如图1-11示，E型电磁机构将达到10~15倍。如果衔铁卡住不能吸合，或者频繁动作，线圈可能烧毁。这就是对于可靠性的要求高，或频繁动作的控制系统采用直流电磁机构，而不采用交流电磁机构的原因。

阻力特性与吸力特性之间的配合关系，示于图1-12中。欲使接触器衔铁吸合，在整个吸合过程中，吸力需大于反力，这样触点才能闭合接通电路。阻力特性曲线如图1-12中曲线3所示。在 $\delta_1 \sim \delta_2$ 的区域内，阻力随气隙减小略有增大。到达 $\delta_2$ 位置，动触点开始与静触点接触，这时触点上的初压力作用到衔铁上，阻力骤增，曲线突变。其后在 $\delta_2$ 到0的区域内，气隙越小触点压得越紧，阻力越大，线段较 $\delta_1 \sim \delta_2$ 段陡。这就是整个吸合过程中阻力特性。

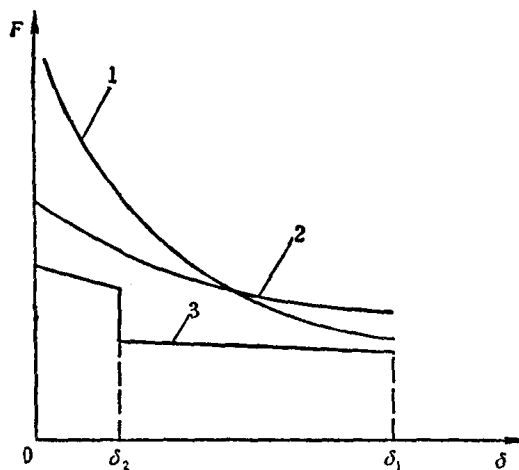


图1-12 吸力特性和阻力特性

1—直流接触器吸力特性 2—交流接触器吸力特性  
3—阻力特性

为了保证吸合过程中衔铁能正常闭合，吸力在各个位置上必须大于阻力，但也不能过大，否则会影响电器的机械寿命。反映在图1-12上就是要保证吸力特性高于阻力特性。上述特性对于继电器同样适用。在使用中常常调整反力弹簧或触点初压力以改变阻力特性，就是为了使之与吸力特性良好配合。

对于单相交流电磁机构，在铁芯端面上要装一个用铜制成的分磁环(或称短路环)方能正常工作。这是因为磁通是交变的，当磁通过零时吸力也为零，吸合后的衔铁在反作用弹簧的作用下将被拉开，磁通过零后吸力增大，当吸力大于反力时，衔铁又吸合。这样随交流电频率衔铁吸力每周两次过零，衔铁产生强烈震动与噪音，甚至使铁芯松散。当镶入短路环如图1-13所示，使铁芯里通过二个在时间上不不同的磁通，矛盾就解决了。

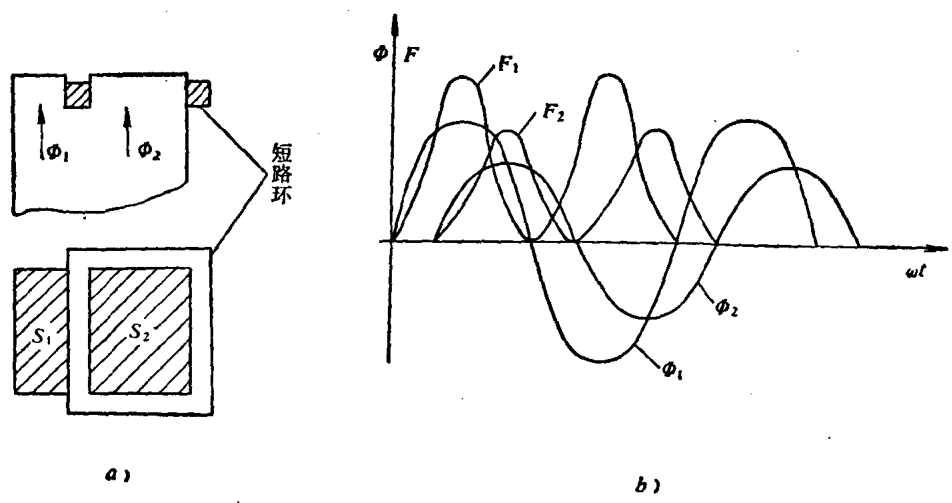
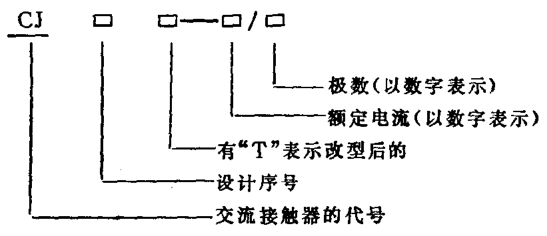


图1-13 加短路环后的磁通和电磁吸力图  
 a) 磁通示意图 b) 电磁吸力图

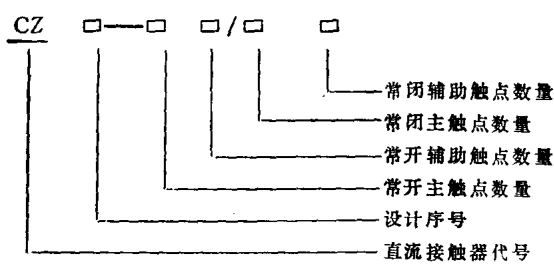
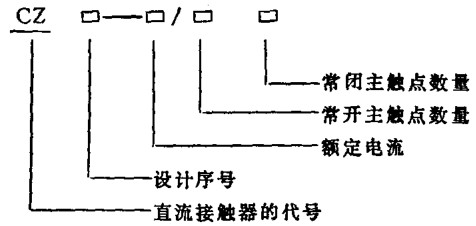
图 1-13 中电磁机构的交变磁通穿过短路环所包围的截面  $S_2$ ，在环中产生涡流，根据电磁感应定律，此涡流产生的  $\phi_2$  在相位上落后于截面  $S_1$  中的磁通  $\phi_1$ ，由  $\phi_1$ 、 $\phi_2$  产生的吸力  $F_1$ 、 $F_2$  示于图 1-13 b，作用在衔铁上的力是  $F_1 + F_2$ ，只要此合力始终超过其反力，衔铁的振动现象就消失了。

(二) 接触器的主要技术数据

1. 以交流接触器 CJ0、CJ10、CJ12，直流接触器 CZ0 为例介绍。



例 CJ12-250/3 为 CJ12 系列交流接触器，额定电流 250 A，主触点三极。  
 CJ12T-250/3 为 CJ12T 系列。余同上。



例 CZ0-100/20 为 CZ0 系列直流接触器，额定电流 100A，双极常开主触点。

CJ0, CJ10, CJ12 系列交流接触器与 CZ0 系列直流接触器基本技术数据见表 1-1 到表 1-4。

表1-1 CJ0 系列交流接触器技术数据表

型 号	主触点额定电流 (A)	工作线圈电压 (V)	辅助触点额定电流 (A)	可 控 电 动 机 功 率 (kW)		
				127 V	220 V	380 V
CJ0-10	10	36、127	5	1.5	2.5	4
CJ0-20	20			3	5.5	10
CJ0-40	40	220、380		6	11	20
CJ0-75	75			13	22	38

表1-2 CJ10 系列交流接触器技术数据表

型 号	额 定 电 流 (A)	联锁触点额定电流 (A)	可 控 制 三 相 电 动 机 的 最 大 功 率 (kW)		
			220	380	500
CJ10-5	5	5	1.2	2.2	2.2
CJ10-10	10	5	2.2	4	4
CJ10-20	20	5	5.5	10	10
CJ10-40	40	5	11	20	26
CJ10-60	60	5	17	30	
CJ10-100	100	5	29	50	
CJ10-150	150	5	47	75	

表1-3 CJ12 系列交流接触器技术数据表

型 号	额 定 电 流 (A)	额 定 电 压 (V)	极 数	辅 助 触 点		
				额 定 电 压 (V)	额 定 电 流 (A)	触 点 组 合
CJ12-100	100	交流380	3	交流380	10	三常开三 常闭或五 常开一常 闭任意组 合
CJ12-150	150					
CJ12-250	250			直流220		
CJ12-400	400					
CJ12-600	600					

表1-4 CZ0 系列直流接触器技术数据表

型 号	额 定 电 压 (伏)	额 定 电 流 (安)	额 定 操 作 频 率 (次/小时)	主 触 点 型 式 及 数 量		联 锁 触 点 有 效 数 量		
				常 开	常 闭	常 开	常 闭	
CZ0-40/20	440	40	1200	2	2	2	2	
CZ0-40/02			600					
CZ0-100/20		100	1200	2	1	2	2	
CZ0-100/10			600	1				
CZ0-100/01		150	1200	2	1	2	1	
CZ0-150/20				600				1
CZ0-150/10			600	1200	2	1	2	2
CZ0-150/01				600	1			
CZ0-250/20		250	600	2	1	3	2	
CZ0-250/10				1				
CZ0-400/20		400	600	2	1	3	2	
CZ0-400/10				1				
CZ0-600/10				600				1

我国生产的交流接触器常用的有 CJ1、QC1、QC2、CJ0、CJ10、CJ12 等系列产品。CJ10、CJ12 新系列接触器所有受冲击的部件均采用了缓冲装置；合理地减小触点开距和行程；运动系统布置合理，结构紧凑；采用结构联结，不用螺钉，维修方便。

直流接触器常用的有 CZ1、CZ3 等系列和新产品 CZ0 系列。新系列接触器具有寿命长、体积小、工艺性好、零部件通用性强等优点。

2. 额定电压 接触器铭牌额定电压是指主触点上的额定电压。其电压等级：

直流接触器：220 伏，440 伏，660 伏。

交流接触器：220 伏，380 伏，500 伏。

如某负载是 380 伏的三相异步电动机，则应选 380 伏的交流接触器。

3. 额定电流 接触器铭牌额定电流是指主触点的额定电流。其电流等级：

直流接触器：25 安，40 安，60 安，100 安，150 安，250 安，400 安，600 安。

交流接触器：10 安，15 安，25 安，40 安，60 安，100 安，150 安，250 安，400 安，600 安。

上述电流是指接触器安装在敞开式控制屏上；触点工作不超过额定温升；负载为间断——长期工作制时的电流值。所谓间断——长期工作制是指接触器连续通电时间不超过 8 小时。若超过 8 小时，必须空载开闭触点三次以上，以消除表面氧化膜。如果上述诸条件改变了就要相应修正其电流值。具体如下：

当接触器安装在箱柜内，由于冷却条件变差，要降低电流 10~20% 使用；

当接触器工作于长期工作制，安装是敞开式，电流降低 20~25%；安装在箱柜内，电流降低 25~35% 使用；

当接触器工作于重复短时工作制，而且通电持续率不超过 40%；敞开安装，电流允许提高 10~25%；箱柜安装，允许提高 5~10% 使用。

介于上述情况之间者，可酌情增减。

4. 线圈的额定电压 其电压等级：

直流线圈：24 伏，48 伏，220 伏，440 伏。

交流线圈：36 伏、127 伏，220 伏，380 伏。

选用时一般交流负载用交流接触器，直流负载用直流接触器，但交流负载频繁动作时可采用直流吸引线圈的接触器。

通常采用的是直流 110 伏，220 伏；交流 127 伏，220 伏，380 伏。直流接触器断开时产生过电压可达 10~20 倍，故不宜采用高电压等级（440 伏已停止生产）。而电压太低接通此线圈用的继电器或接触器的联锁触点不可靠（如灰尘、或油层存在）。

5. 额定操作频率 即每小时接通次数。交流接触器最高为 600 次/小时；直流接触器可高达 1200 次/小时。

综上所述，选择接触器可按下述步骤进行：根据负载性质确定工作任务类别，并根据类别确定接触器系列〔详见我国电工专业标准（D）25-59 和（D 210-61）〕；根据负载额定电压确定接触器额定电压；根据负载电流确定接触器额定电流，并根据外界实际条件加以修正；选定吸引线圈的额定电压；根据负载情况复核操作频率应在额定范围内。

最后，简要介绍一下国外交流接触器的发展情况。近十余年来，新型元件（如可控硅）大量问世，但由于交流接触器具有过载能力强、结构简单、维护方便、价格低廉等一系列优

点,迄今仍广泛应用于工业设备自动控制系统,而且产量逐年增加。日本近十余年交流接触器产量增加达30倍。目前世界各国的电器制造厂和科研机构对交流接触器的研究和制造正进行着新的工作。二十年代末期世界各国以转动式交流接触器为主要产品,四十年代开始采用直动式交流接触器,当前交流接触器发展趋势大致如下:

(1) 提高通断能力。国际电工标准 I.E.C. 158-1 和西德规范 VDE-0660 规定交流接触器的通断能力在额定电压和  $\cos\varphi = 0.4$  时接通和切断 10~12 倍额定电流,许多国家提高到 20~30 倍。如日本户上公司生产的 UNK 系列交流接触器通断能力达 133~200 倍。

(2) 提高使用寿命。I.E.C.185-1 标准规定交流接触器的机械寿命为 1 千万次。某些国家产品如表 1-5 所示。

表1-5 某些国家的交流接触器的操作频率、电寿命和机械寿命的比较表

国别	企业名称	产品系列	额定操作频率 (次/小时)	机械寿命(万次)	电寿命 (万次)	备注
国际电工标准 I. E. C.			最高1200	最高1000	AC3 工作制时 不少于机械寿命的 1/20	
瑞典	ASEA	EG	3000	500~2000		
西德	西门子	K915	1000~2000	1000~1500		
意大利	Ghisalpa	E	600~3400	100~1000		
日本	户上	PAK-U	1200	500~1000	50~200	
	户上	UNK	1200	500	50	
	神钢	K-EP	1200	500	50	
比利时	ACEC	KT	600~1200	800~1200		
瑞士	SBIK	DL	1000~3000		50~300	
苏联		KHT6000	1200	1000~15000	50~100	
		KT6000	1200	500~1000	50~100	
		KT7000	1200	500	50	
英国	BHI	3000	1200	1000	200	
法国	BBC	R	600~1200	1000	150~200	

(3) 小型化。这是世界各国发展交流接触器的总趋势。近 20 年来国际上机械寿命与电气寿命提高了 20 倍,安装面积减少了 25%。表 1-6 列出了近 20 年某些国家接触器主要参数对比数值。

表1-6 某些国家接触器主要参数对比数值表

接触器	外形尺寸	机械寿命 (百万次)	接触器	外形尺寸	机械寿命 (百万次)
	长 宽 高 (毫米)			长 宽 高 (毫米)	
1952	112、222、165	< 1	1972	89、108、82	> 10



(4) 新材料的应用。近十余年来, 化学工业与冶金工业为接触器提供了大量新材料, 如产品中的易磨损零件采用了高耐磨性和高冲击强度的聚脂树脂和聚酰胺树脂塑料或用尼龙冲压零件代替; 灭弧装置用高级苯酚树脂塑料; 触点用银氧化镉, 都收到了良好效果。

(5) 派生产品增加。如交直流通用接触器。

(6) 产品系列化。有利于节省材料、提高质量。目前国外许多系列接触器已做到只要用途一样, 技术参数基本一样, 只是结构不同。

(7) 发展方向。目前交流接触器仍是电磁式的, 它有许多弱点。随着半导体技术的发展, 日本已制成一种半导体接触器, 它无火花、无触点、体积小、重量轻、技术性能优越。但由于目前过载能力低、成本高, 发展尚有阻碍。但可预见半导体接触器将是今后发展的主要方向之一。

## 二、继电器

继电器是一种根据特定形式的输入信号而动作的自动控制电器, 它与接触器不同, 它主要用于反映控制信号, 其触点通常接在控制电路中。继电器的种类很多, 分类的方法也很多, 常用的分类方法有:

按输入量的物理性质分: 电压继电器、电流继电器、功率继电器、时间继电器、温度继电器等;

按动作原理分: 电磁式继电器、感应式继电器、电动式继电器、热继电器、电子式继电器等;

按动作时间分: 快速继电器、延时继电器、一般继电器;

按执行环节作用原理分: 有触点继电器、无触点继电器;

按用途分: 电器控制系统用继电器、电力系统用继电器。

这里主要介绍电器控制系统用的电磁式(电压、电流、中间)继电器、时间继电器、热继电器、速度继电器等。

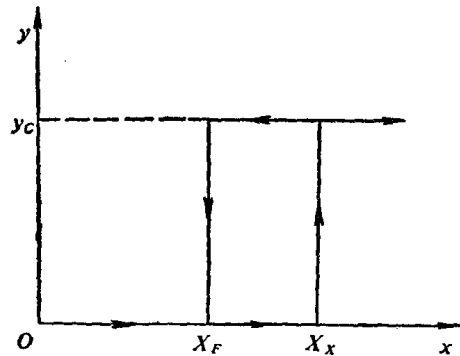


图1-14 继电器特性

继电器的主要特性是输入—输出特性, 电磁式继电器的特性如图 1-14 所示。这一矩形曲线统称为继电器特性。

当继电器输入量  $X$  由零增至  $X_r$  以前, 继电器输出量  $Y$  为零。当输入量增加到  $X_x$  值时, 继电器吸合, 通过其触点的输出量为  $Y_c$  值, 当  $X$  再增加,  $Y$  值不变。当  $X$  减少到  $X_r$  时继电器释放, 输出由  $Y_c$  降到零,  $X$  再减小  $Y$  值永为零。图中:

$X_x$  称为继电器吸合值, 欲使继电器动作输入量必须大于此值;

$X_r$  称为继电器释放值, 欲使继电器释放输入量必须小于此值;

$K_r = X_r / X_x$  称为继电器的返回系数。它是继电器重要参数之一。不同场合要求不同的  $K_r$  值。例如一般继电器要求低返回系数  $K_r$  值在 0.1~0.4 之间, 这样当继电器吸合后, 输入值波动较大时不致引起误动作; 欠电压继电器则要求高返回系数,  $K_r$  值在 0.6 以上, 设某继电器  $K_r = 0.66$ , 吸上电压为 90% 额定电压, 则电压低于 60% 额定电压的电压时继电器释放, 起到欠电压保护作用。  $K_r$  值是可以调节的, 具体方法随着继电器结构不同而有所差异。