



# 第1章 电气控制系统常用器件



# 主要内容

1. 电器的基本知识
2. 接触器
3. 继电器
4. 开关电器
5. 熔断器
6. 主令电器
7. 信号电器
8. 常用执行器件
9. 常用检测仪表
10. 常用安装附件



# 1.1 电器的基础知识

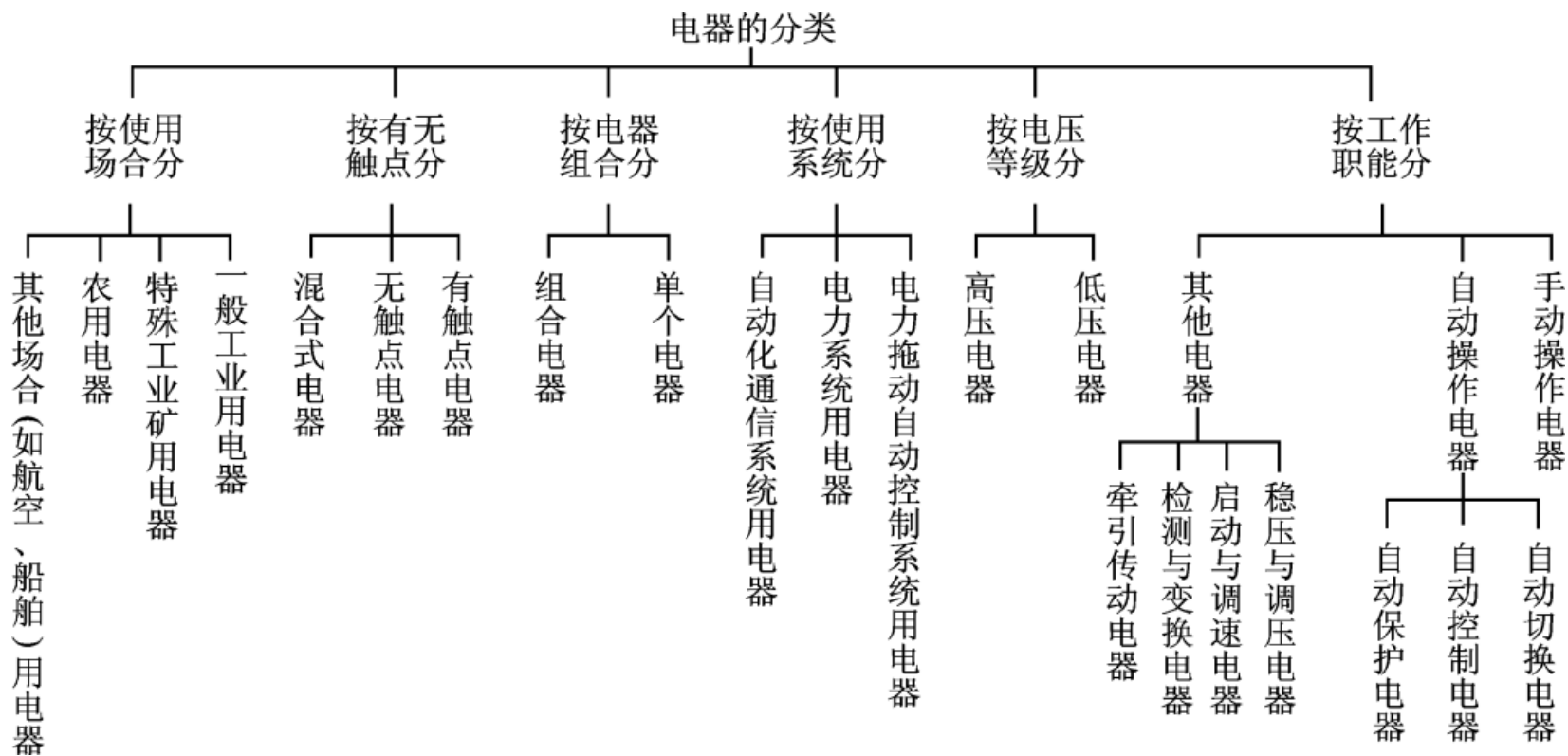
## 1. 电器的定义和分类

### ■ 定义

- **电器**就是根据外界施加的信号和要求，能手动或自动地断开或接通电路，断续或连续地变化电路参数，以实现电或非电对象的切换、控制、检测、保护、变换和调整的电工器械。
- **低压电器**一般指工作在交流电压**1200v**、直流电压**1500v**下列的电器。
- 采用电磁原理完毕上述功能的低压电器称为电磁式低压电器。如接触器、各类电磁式继电器等。
- 非电量控制电器是靠外力或某种非电物理量的变化而动作的电器，如行程开关、速度继电器等。

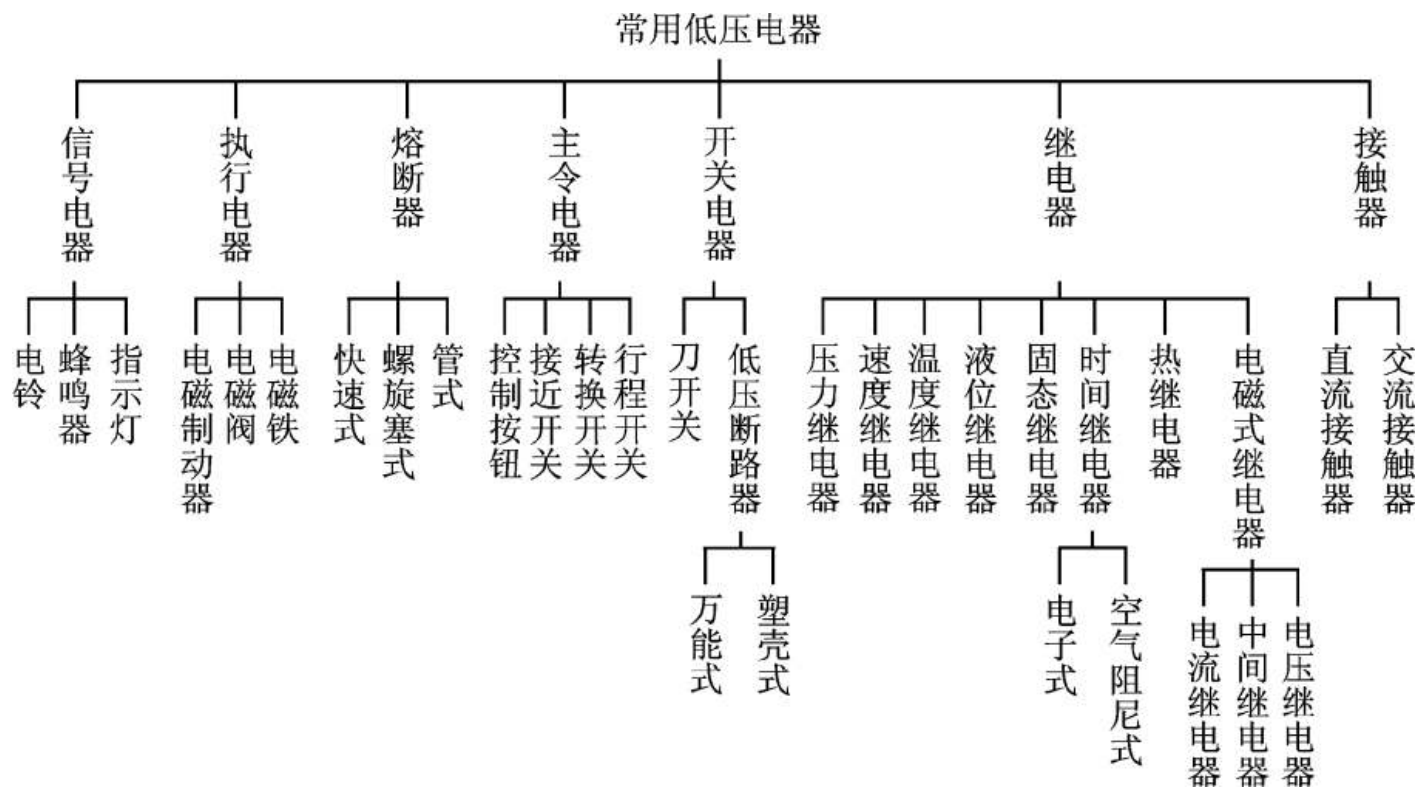


# 1.1 电器的基础知识





# 1.1 电器的基础知识





## 1.1 电器的基础知识

### 1. 低压电器的其他分类

1、按用途和控制对象分：配电电器和控制电器。

(1) 用于低压电力网的配电电器。涉及刀开关、空气断路器和隔离开关等。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精确，工作可靠，有足够的热稳定性和动稳定性。

(2) 用于电力拖动及自动控制系统的控制电器。涉及：接触器、开启器和多种继电器等。对控制电器的主要技术要求是操作频率高，寿命长，有相应的转换能力。



# 1.1 电器的基础知识

## 2、按操作方式分：自动电器和手动电器。

(1) **自动电器**：经过电磁（或压缩空气）做功来完毕接通、分断、开启、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**：经过人力做功来完毕接通、分断、开启、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（按钮、行程开关、主令开关）等。

（还有低压保护电器：熔断器、热/电压/电流继电器；

低压执行电器：电磁铁、电磁离合器）

## 3、按工作原理分：电磁式电器和非电量控制电器。

(1) **电磁式电器**：是根据电磁感应原理来工作的电器，如接触器、各类电磁式继电器等。

(2) **非电量控制电器**：是靠外力或某种非电物理量的变化而动作的电器，如行程开关、速度继电器等。



# 1.1 电器的基础知识

## 2. 电磁式低压电器的基本构造和工作原理

### ■ 电磁式低压电器

最常用的低压电器

构造上，由三个主要部分构成：

触头、灭弧装置和电磁机构。



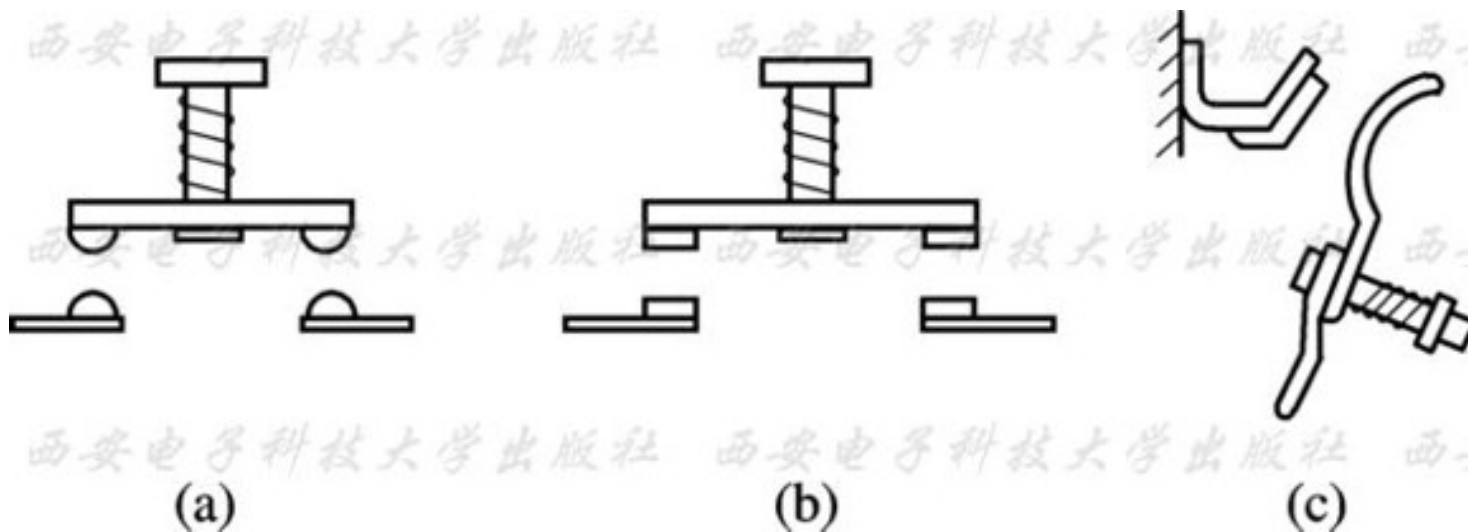
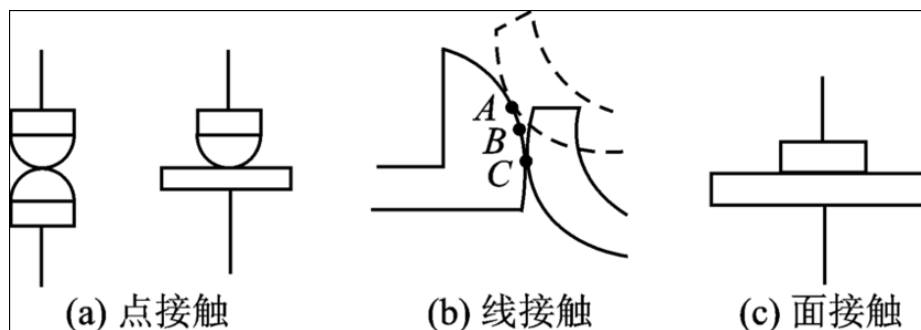


# 1.1 电器的基础知识

## 2. 电磁式低压电器的基本构造和工作原理

### ■ 触头

● 形式





## 1.1 电器的基础知识

- ★ 触头是电器的执行部分，起接通和分断电路的作用。触头一般用铜制成。因为铜制成的触头表面易产生氧化膜，使触头的接触电阻增大，从而使触头的损耗也增大，所以，有些采用银制材料，以减小接触电阻。触头的接触形式主要有点、线和面接触三种形式，点接触电流小、线接触次之、面接触电流最大。
- ★ 常用的继电器和接触器中，触头多采用单断点指形触头和双断点桥式触头
  - (1) 桥式触头：用于大容量电器中，触头开距小，构造紧凑，冲击小、经过电流大。
  - (2) 指形触头：有利于去掉氧化膜。（detail see p6）



# 1.1 电器的基础知识

## 2. 电磁式低压电器的基本构造和工作原理

### ■ 触头电弧的产生危害

在大气中分断电路时，因为电场的存在，触头表面的大量电子溢出会产生电弧。电弧一经产生，就会产生大量热能。电弧的存在既烧蚀了触头的金属表面，降低了电器的使用寿命，又延长了电路的分断时间，所以必须迅速把电弧熄灭。

- **灭弧：把电弧拉长，把电弧变短。** 为使电弧熄灭，可采用将电弧拉长、使弧柱冷却、把电弧提成若干短弧等措施。灭弧装置就是基于这些原理来设计的。

### 电动力灭弧

根据左手定则，电弧电流要受到一种指向外侧的电动力 $F$ 的作用，使电弧向外运动并拉长，同步也使电弧温度降低，有利于熄灭电弧。

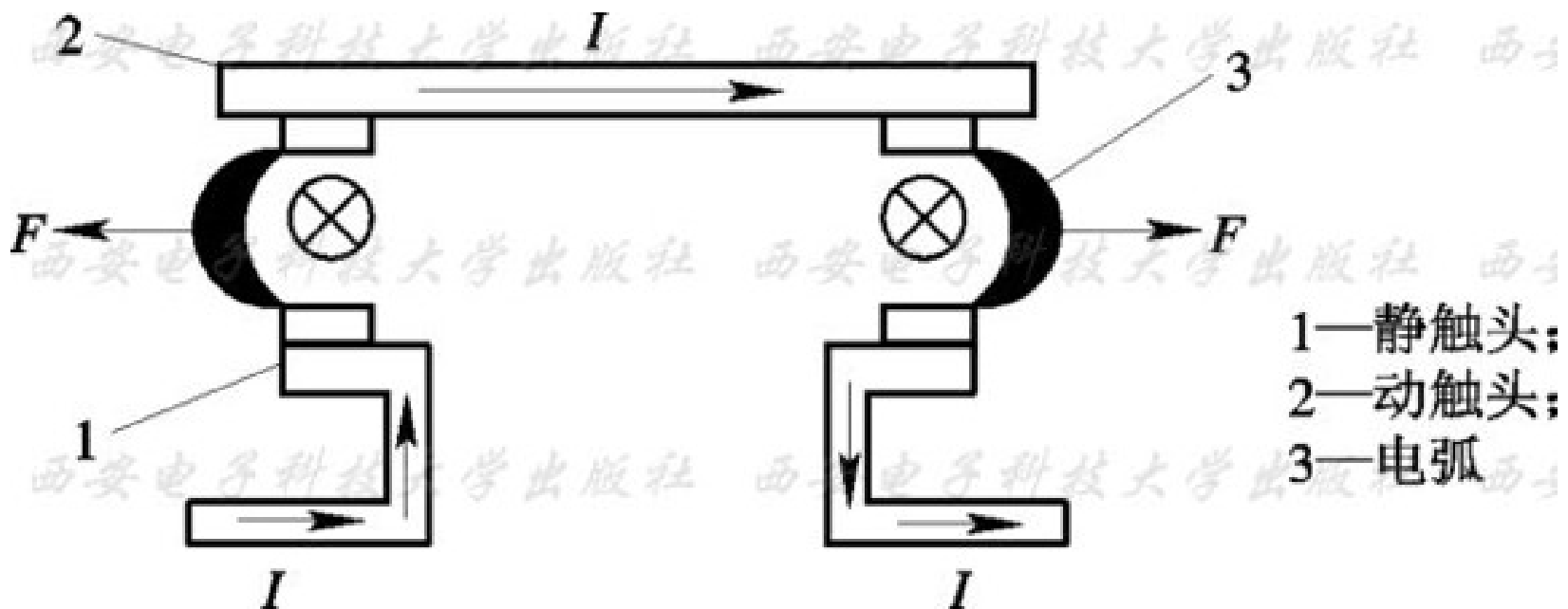


图1-5 双断点触头的电动力灭弧



## 1.1 电器的基础知识

1. 这种灭弧措施简朴，无需专门的灭弧装置，一般用于接触器等交流小容量电器。
2. 2、磁吹灭弧
3. 磁吹灭弧的原理如图1-6所示。在触头电路中串入一种磁吹线圈，该线圈产生的磁通经过导磁夹板引向触头周围。在弧柱下方，两个磁通是相加的，而在弧柱上方是彼此相减的，所以，在下强上弱的磁场作用下，电弧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。
4. 这种灭弧装置是利用电弧电流本身灭弧的，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。

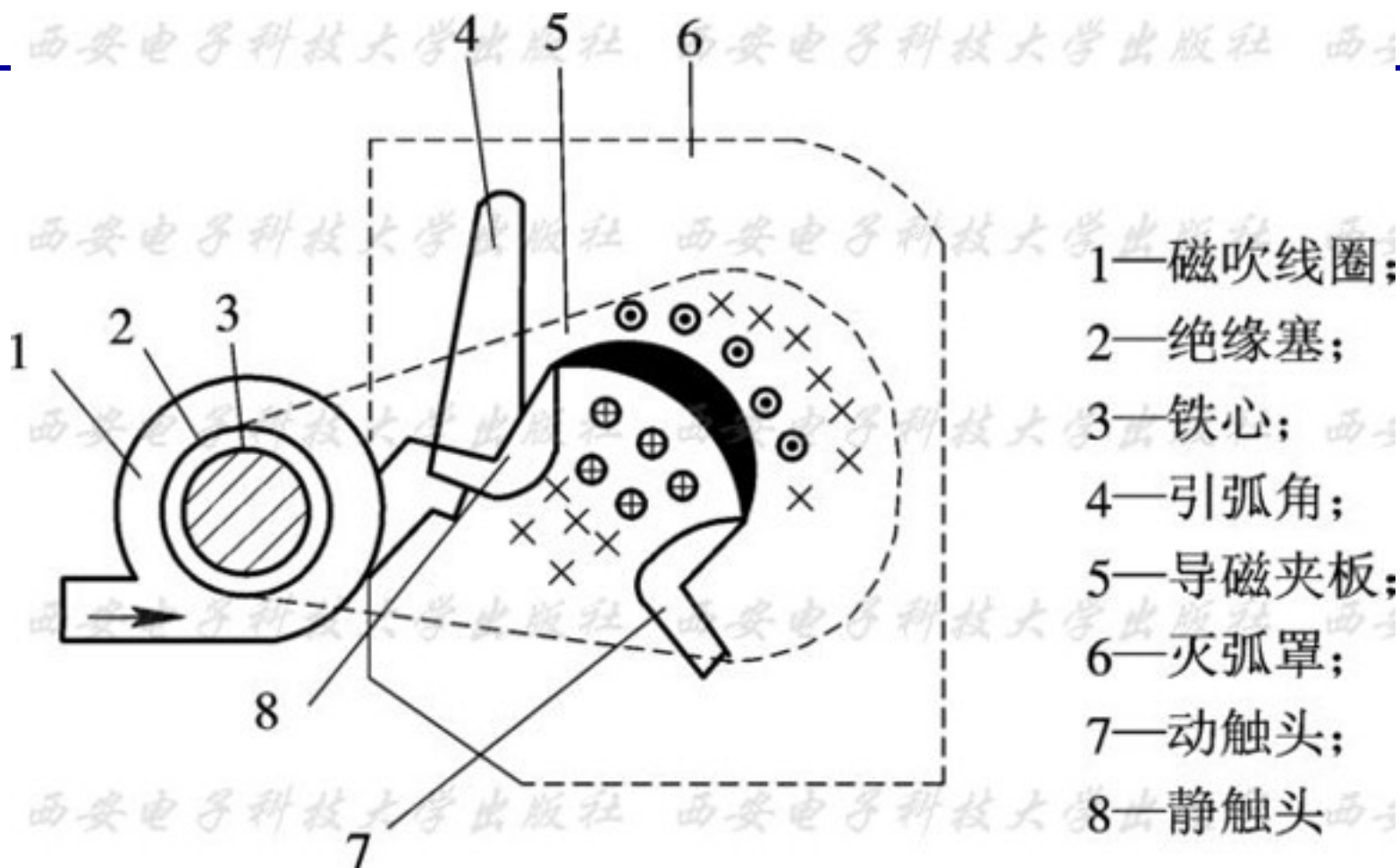


图1-6 磁吹灭弧示意图



## 1.1 电器的基础知识

### 1. 3、金属栅片灭弧

- 图1-7所示为金属栅片灭弧装置示意图。灭弧栅是由多片镀铜薄钢片（称为栅片）构成的，它们安放在电器触头上方的灭弧栅内，彼此之间绝缘。当电器的触头分离时，所产生的电弧在吹磁电动力作用下被推向灭弧栅内。当电弧进入栅片后被分割成一段段串联的短弧，而栅片就是这些短弧的电极。每两片灭弧栅片之间都有**150~250V**的绝缘强度，使整个灭弧栅的绝缘强度大大加强，以致外加电压无法维持，电弧迅速熄灭。除此之外，栅片还能吸收电弧热量，使电弧冷却。基于上述原因，电弧进入栅片后就会不久熄灭。因为栅片灭弧装置的灭弧效果在交流时要比直流时强得多，所以在交流电器中常采用栅片灭弧。

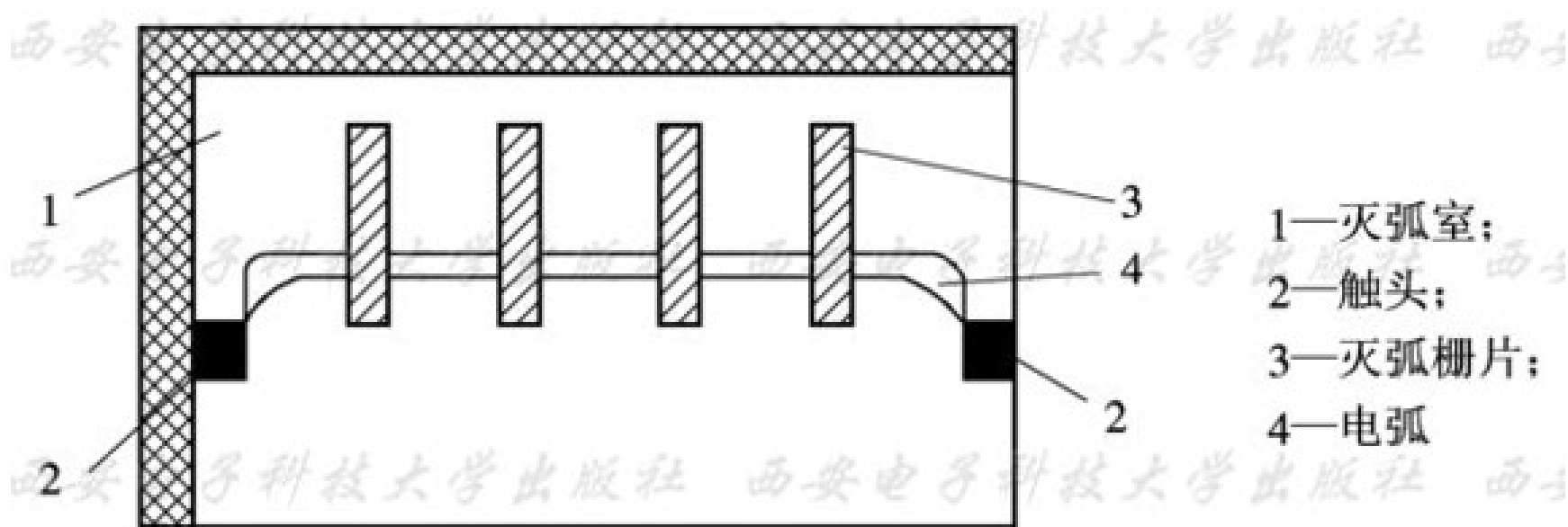


图1-7 金属栅片灭弧示意图 (here end of first class)

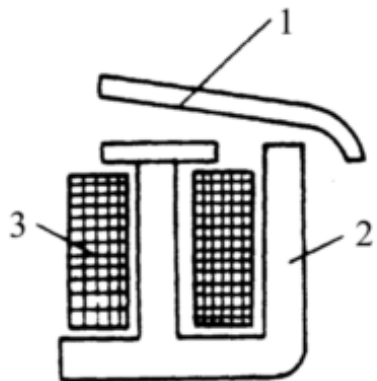


# 1.1 电器的基础知识

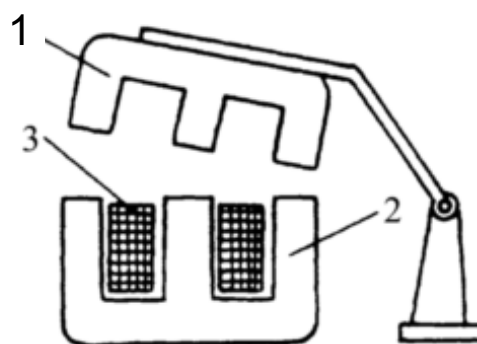
## 2. 电磁式低压电器的基本构造和工作原理

### ■ 电磁机构

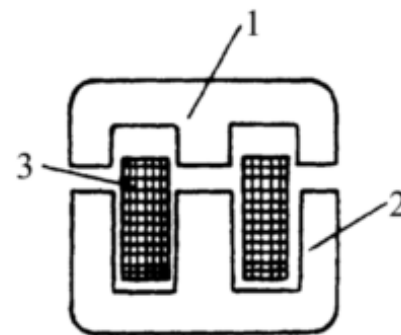
- 作用：电磁机构是电磁式低压电器的感测部件，线圈通电后鼓励磁场，衔铁在磁场作用下运动，它的作用是将电磁能量转换成机械能量，带动触头动作使之闭合或断开，从而实现电路的接通或分断（常开触头：动合；常闭触头：动断）。
- 构造：



(a) 衔铁沿棱角转动的拍合式铁心



(b) 衔铁沿轴转动的拍合式铁心



(c) 双 E 型直动式铁心

1.衔铁 2.铁芯 3.线圈



# 1.1 电器的基础知识

## 2. 电磁式低压电器的基本构造和工作原理

### ■ 电磁机构 — 工作原理

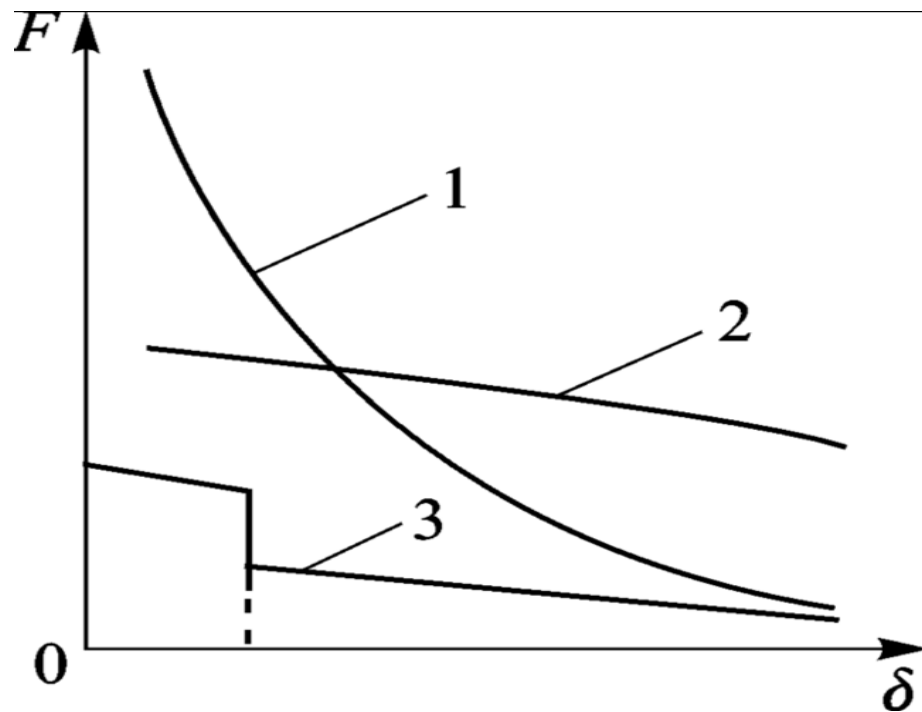
- 吸力特征：电磁机构使衔铁吸合的力与气隙的关系曲线称为吸力特征。
- 反力特征：电磁机构使衔铁释放（复位）的力与气隙的关系曲线称为反力特征，反力主要由弹簧提供，与弹性位移成正比。
  - ✓ 交流电磁机构的吸力特征： $F$ 与气隙  $\delta$  无关
  - ✓ 直流电磁机构的吸力特征： $F$ 与  $\delta$  的平方成反比—双曲线
  - ✓ 吸力和反力的配合：吸力不小于反力



### 2. 电磁式低压电器的基本构造和工作原理

#### ■ 电磁机构 — 工作原理 (见p8-11, 自学)

##### ● 吸力特征和反力特征





## 1.1 电器的基础知识

### 阐明：

1. 按吸引线圈所通电流性质的不同，电磁铁可分为直流电磁铁和交流电磁铁。
2. 直流电磁铁因为通入的是直流电，其铁心不发烧，只有线圈发烧，所以，线圈与铁心接触有利于散热。
3. 交流电磁铁因为通入的是交流电，铁心中存在磁滞损耗和涡流损耗，这么会使线圈和铁心都发烧。。

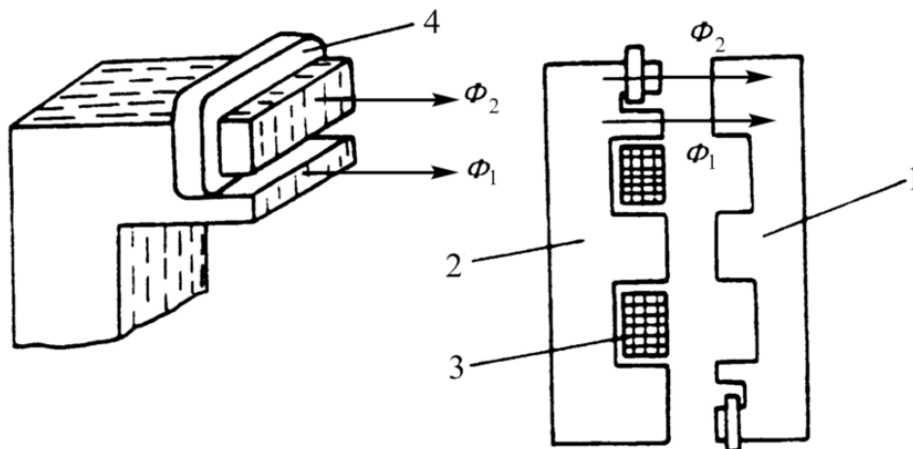
# 1.1 电器的基础知识

## 2. 电磁式低压电器的基本构造和工作原理

### ■ 电磁机构

- 单相交流电磁机构的特征

- ✓ 噪声和振动的产生：对于单相交流电磁机构，电磁吸力是一种两倍于电源频率的周期变量。在交流磁经过零时电磁吸力也为零，则衔铁在反力作用下被拉开，但随即电磁力又会增大，衔铁又会被拉回，周而复始，从而在成振动，产生噪声。
- ✓ 处理方法：加短路环



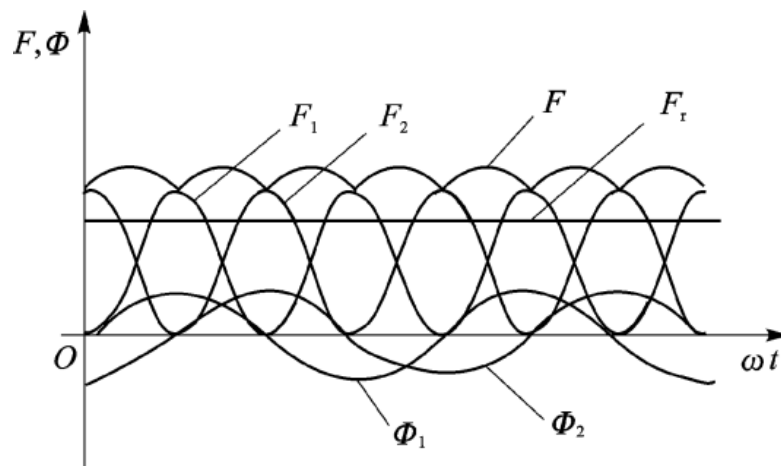


# 1.1 电器的基础知识

## 2. 电磁式低压电器的基本构造和工作原理

### ■ 电磁机构

- 单相交流电磁机构的特征
  - ✓ 加短路环后的电磁吸力特征:



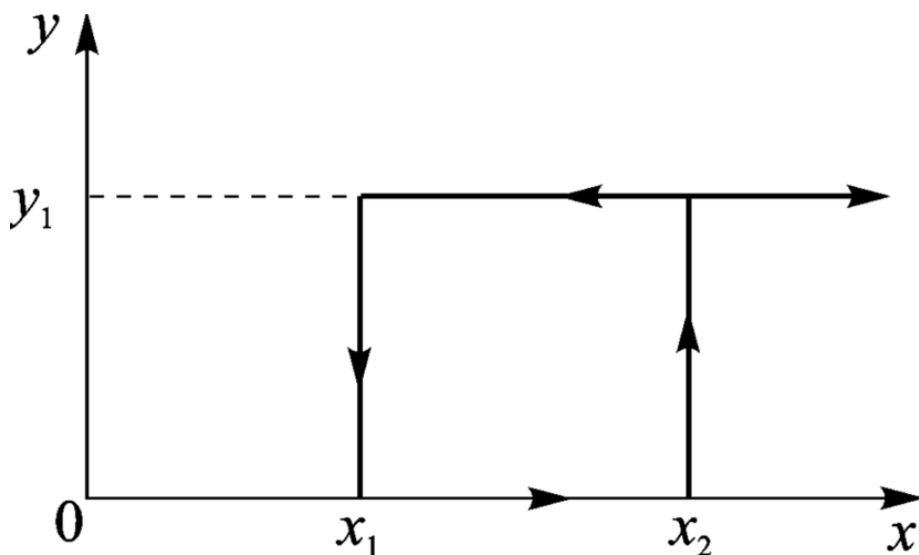


# 1.1 电器的基础知识

## 2. 电磁式低压电器的基本构造和工作原理

### ■ 电磁机构

- 输入/输出特征：继电器特征（回环特征）

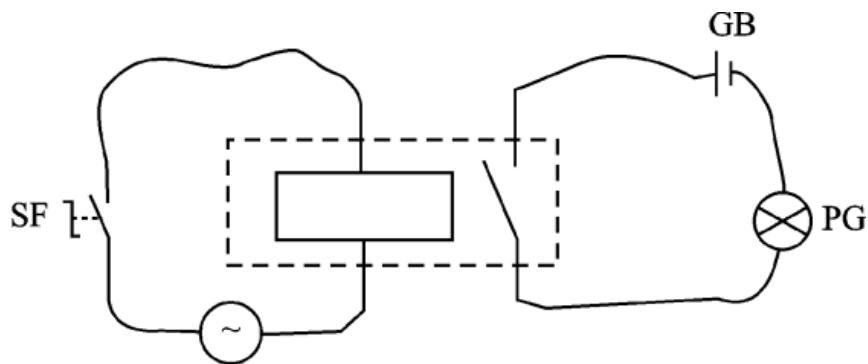




# 1.1 电器的基础知识

## 2. 电磁式低压电器的基本构造和工作原理

### ■ 电磁机构工作原理的实质







## 1.2 接触器

### 1. 接触器的用途和分类

#### ■ 定义

- 接触器是用来频繁地、远距离地接通或分断电动机主电路或其他负载电路的自动控制电器。

#### ■ 用途

- 控制电动机的起动、反转、制动和调速等。
- 控制电动机主电路和大电流电路的通断的开关电器。

#### ■ 分类

- 交流接触器、直流接触器



## 1.2 电磁式接触器

1. 电磁式接触器是一种应用广泛的开关电器。它主要用于频繁接通或分断交、直流主电路和大容量的控制电路。它可远距离操作，配合继电器实现定时操作，联锁控制及多种定量控制和失压保护，被广泛应用于自动控制电路中。其主要控制对象是电动机，也可用于控制其他电力负载，如电热器、电焊机、电容器组等。
2. 接触器按流过接触器主触头的电流的性质分为直流接触器和交流接触器。按主触点的极数可分为单极、双极、三极、四极、五极等几种，单极、双极多为直流接触器。
3. 1.2.1 电磁式交流接触器的构造和工作原理
4. 1、构造
5. 如图1-18所示，接触器主要由电磁系统、触头系统、灭弧系统（图中未画出）及其他部分构成。

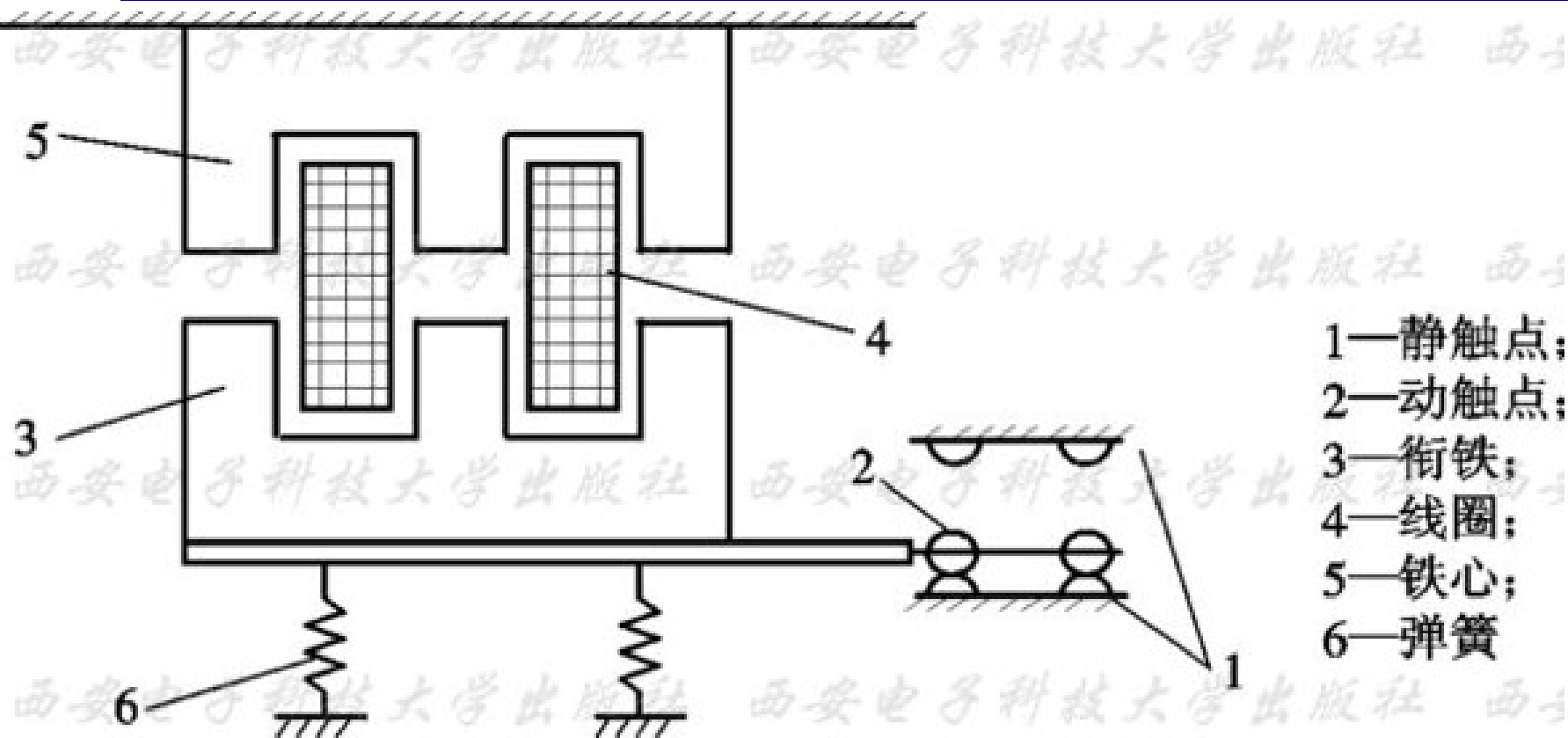


图1-18 接触器构造示意图



## 1.2 电磁式接触器

1. (1) 电磁系统：涉及电磁线圈、铁心和衔铁，是接触器的主要构成部分，依托它带动触点的闭合与断开。
2. (2) 触头系统：触头系统是接触器的执行部分，它涉及主触点和辅助触点。
3. (3) 灭弧系统：灭弧装置用来确保在触点断开电路时，产生的电弧能可靠地熄灭，降低电弧对触点的损伤。
4. (4) 其他部分：涉及绝缘外壳、弹簧、短路环、传动机构等。

### 5. 2、工作原理

#### 1.2.1 交流接触器

1. 如图1-18所示，当接触器线圈通电后，线圈电流产生磁场，使铁心产生电磁吸力吸引衔铁，并带动触头动作：常闭触点断开，常开触点闭合，两者是联动的。当线圈断电时，电磁吸力消失，衔铁在自重和释放弹簧的作用下，使触点复原：常开触点断开，常闭触点闭合。接触器的触点数目应能满足控制线路的要求。



## 1.2 电磁式接触器

### 1. 1.2.2 直流接触器

2. 直流接触器的构造与工作原理基本上与交流接触器相同，即由线圈、铁心、衔铁、触头、灭弧装置构成。所不同的是除触头电流和线圈电压为直流外，其触头大都采用滚动接触的指形触头。铁心由整块钢或铸铁制成，线圈则制成长而薄的圆筒形。为确保衔铁可靠地释放，常在铁心与衔铁之间垫有非磁性垫片。
3. 因为直流电弧不象交流电弧那样有自然过零点，更难熄灭，所以，直流接触器常用磁吹式灭弧装置。

### 4. 1.2.3 接触器的主要技术参数和选择

#### 5. 1、主要技术参数

6. (1) 额定电压：是指主触头的额定电压，交流有127V，220V，380V，500V，660V；直流有：110V，220V，440V，



## 1.2 电磁式接触器

1. (2) 额定电流：是指主触头的额定电流。有5A，10A，20A，40A，60A，100A，150A，250A，400A，600A等。
2. (3) 吸引线圈额定电压：交流有：36V，110V，127V，220V，380V；直流有：24V，48V，220V，440V。
3. (4) 电气寿命和机械寿命：接触器的电气寿命是在要求使用类别的正常操作条件下，不需修理或更换零件的负载操作次数，其数值应不大于机械寿命的1/20。
4. (5) 操作频率：额定操作频率（次/h）即允许的每小时接通的最屡次。交流接触器最高为600次/h，直流接触器可高达1200次/h。
5. 常见接触器有CJ10系列、CJ20系列、3TH和CJX1（3TB）系列等。



## 1.2 电磁式接触器

### 1. 2、接触器的选择

2. (1) 接触器类型选择：根据负载电流的类型和负载的轻重来选择，即是交流负载还是直流负载，是轻载、一般负载还是重负载（）。
3. (2) 主触头额定电流的选择。接触器的额定电流应不小于或等于被控回路的额定电流。
4. 对于电动机负载，可根据下列经验公式计算：

$$I_{NC} \geq P_{NM} / (1 \sim 1.4) U_{NM}$$

式中： $I_{NC}$ ——接触器主触头电流（A）；

$P_{NM}$ ——电动机的额定功率（W）；

$U_{NM}$ ——电动机的额定电压（V）。



## 1.2 电磁式接触器

1. 若接触器控制的电动机开启、制动或正反转频繁，一般要将接触器主触头的额定电流降一级使用（如CJ20-25作为CJ20-16用）。
2. (3) 额定电压的选择：接触器主触头的额定电压应不小于或等于负载回路的电压。
3. (4) 吸引线圈额定电压的选择：一般为380V或220V。
4. (5) 接触器的触头数量、种类选择。其触头数量和种类应满足主电路和控制线路的要求。
5. **1.2.4 真空交流接触器**
6. 真空接触器以真空为灭弧介质，其主触头密封在特制的真空灭弧管内。当操作线圈通电时，衔铁吸合，在触点弹簧和真空管自闭力的作用下触点闭合；操作线圈断电时，反力弹簧克服真空管自闭力使衔铁释放，触点断开。接触器分断电流时，触点间隙中会形成由金属蒸汽和其他带电粒子构成的真空电弧。因真空介质具有很高的绝缘强度，且介质恢复速度不久，所以真空中的燃弧时间一般不不小于10ms。





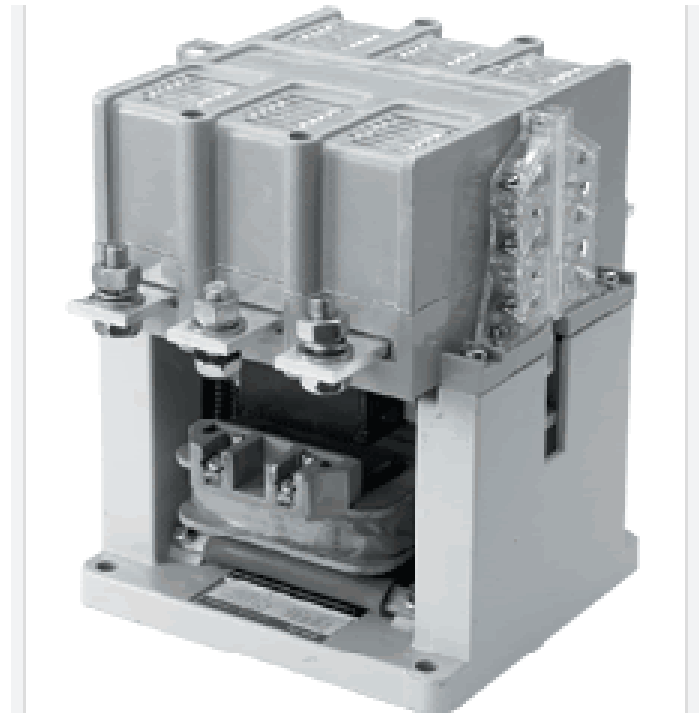
真空接触器具有下列特点：

- (1) 分断能力强：分断电流可达额定电流的10~20倍。
- (2) 寿命长：电寿命达数十万次，机械寿命可达百万次。
- (3) 体积小，重量轻，安全可靠。
- (4) 维修简便，主触点无需维修，运营噪声小，运营不受恶劣环境影响。
- (5) 可频繁操作。

接触器的型号含义及电气符号如图1-19所示。



图1-19 接触器的型号含义及电气符号（注：早期符号）  
(a) 型号含义； (b) 电气符号

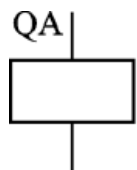




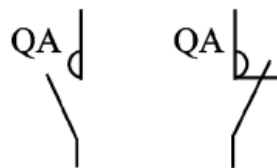
## 1.2 接触器

### 接触器的构成和工作原理

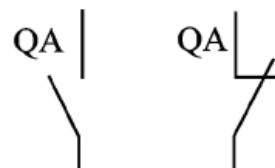
#### ■ 图形和文字符号



(a) 线圈



(b) 主触点



(c) 辅助触点

常见接触器类别及其经典应用场合

**交流** AC1 无感或微感负载 如电阻炉

AC2 绕线电机启/停

AC3 鼠笼电机启/停

AC4 鼠笼电机启/停，带反接制动、反转或点动

**直流** DC1 无感或微感负载 如电阻炉

DC3 并励电动机启/停，带反接制动、反转或点动

DC5 串励电动机启/停，带反接制动、反转或点动



## 1.2 接触器

### 4. 接触器的选择

- 根据负载类型选接触器
- 根据负载大小选额定电流
- 选择额定电压
- **选择交流接触器的经验法 (Ref: p14)**



## 1.3 继电器

### 继电器的定义和分类

#### ■ 定义

继电器是根据某种输入信号来接通或断开小电流控制电路，实现远距离控制和保护的自动控电器。其输入量能够是电流、电压等电量，也能够是温度、时间、速度、压力等非电量，而输出则是触头的动作或者是电路参数的变化。

继电器是根据一定的信号（如电流、电压、时间和速度等物理量）的变化来接通或分断小电流电路和电器的自动控制电器。

继电器实质上是一种传递信号的电器，它根据特定形式的输入信号而动作，从而到达控制的目的。继电器一般不用来直接控制主电路，而是经过接触器或其他电器来对主电路进行控制，所以同接触器相比较，继电器的触头一般接在控制电路中，触头断流容量较小，一般不需要灭弧装置，但对继电器动作的精确性则要求较高。



## 1.3 继电器

### 继电器的定义和分类

#### ■ 分类

**按输入信号的性质分为：**电压继电器、电流继电器、时间继电器、温度继电器、速度继电器、压力继电器等。

**按工作原理分为：**电磁式继电器、感应式继电器、电动式继电器、热继电器和电子式继电器等。

**按输出形式分为：**有触点和无触点(半导体式)两类

**按用途分为：**控制用和保护用继电器等。



### 电磁式电流、电压及中间继电器

低压控制系统中的控制继电器大部分为电磁式构造。

### 工作原理及特征

图1-20为电磁式继电器的经典构造示意图。电磁式继电器的构造构成和工作原理与电磁式接触器相同，是由电磁机构和触头系统两个主要部分构成的。电磁构造由线圈1、铁心2、衔铁7构成。它的触点一般为桥式触点，有常开和常闭两种形式。

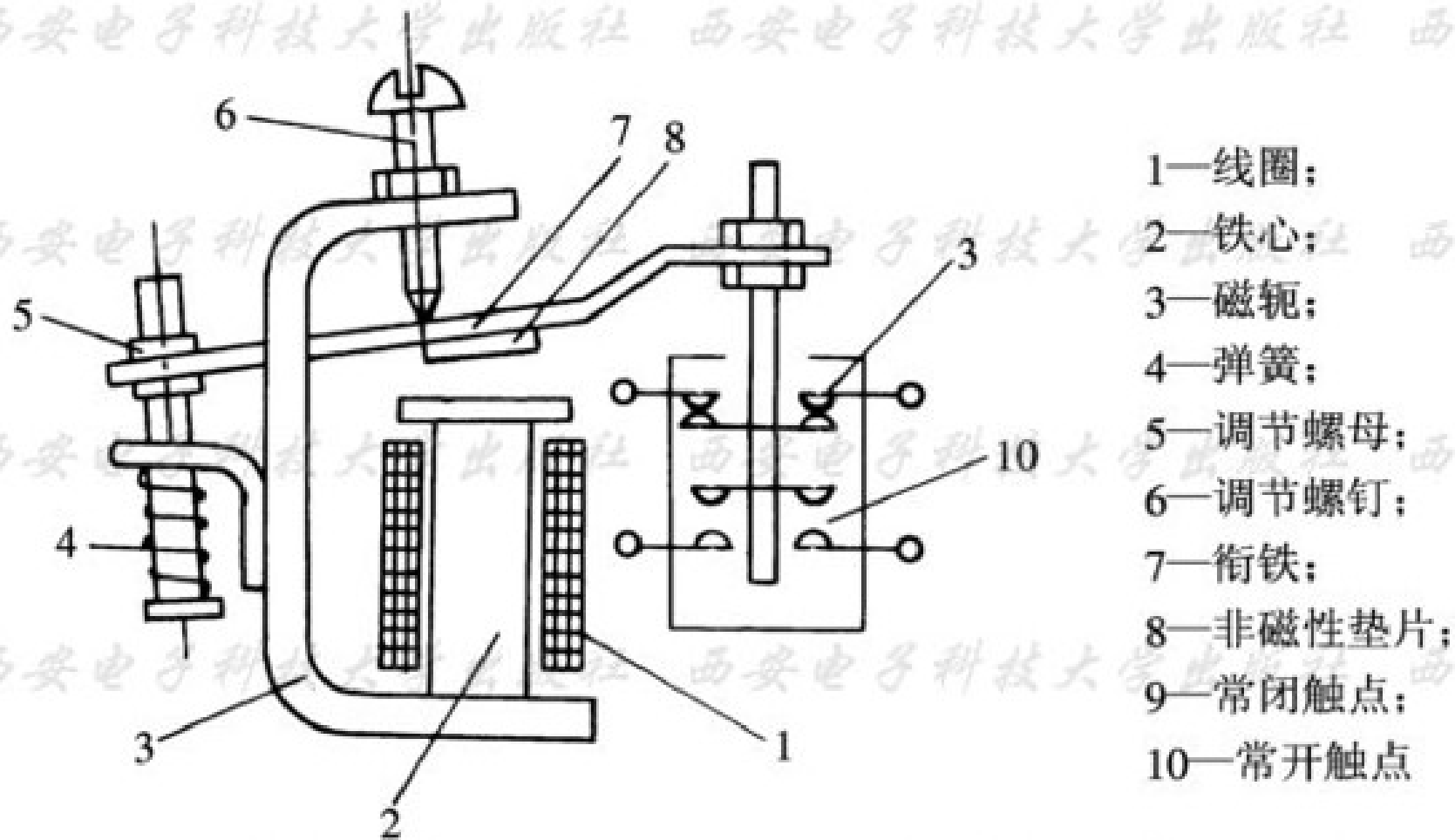


图1-20 电磁式继电器构造示意图

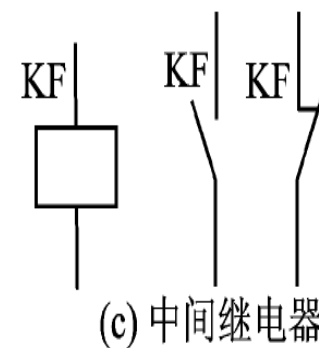
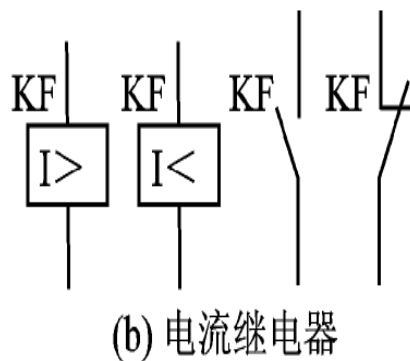
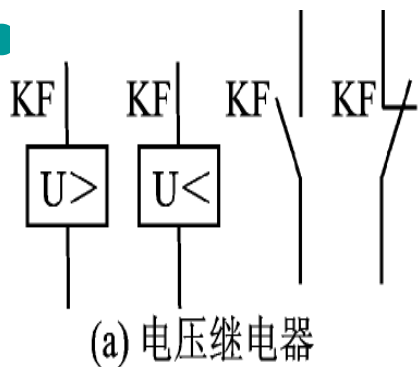




## 1.3 继电器

### 1. 电磁式继电器

- 电压继电器：过电压和欠电压继电器
- 电流继电器：过电流和欠电流继电器
- 中间继电器：是一种电压继电器





## 1.3 电磁式继电器

### 电磁式电流继电器

电流继电器是因电路中电流变化而动作的继电器，主要用于电动机、发电机或其他负载的故障及短路保护，直流电动机磁场控制或失磁保护等。电流继电器的线圈串于被测量电路中，其线圈匝数少、导线粗、阻抗小。

电流继电器有过电流和欠电流继电器两种。

在电路正常工作时，过电流继电器的衔铁是释放的；一旦电路发生过载或短路故障时，衔铁才吸合，带动相应的触点动作，即常开触点闭合，常闭触点断开。

在电路正常工作时，欠电流继电器的衔铁是吸合的，其常开触点闭合，常闭触点断开；一旦线圈中的电流降至额定电流的10%~20%下列时，衔铁释放，发出信号，从而变化电路的状态。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/188073017013006137>