

# 第 1 章 常用低压电器

## 1.1 概述

### 1. 低压电器的定义

凡是对电能的生产、输送、分配和使用起控制、调节、检测、转换及保护作用的电工器械均可称为电器。用于交流 50Hz 额定电压 1200V 以下或直流额定电压 1500V 以下的电路内起通断、保护、控制或调节作用的电器称为低压电器。

### 2. 低压电器的分类

按用途可分为配电电器和控制电器。按动作方式可分为自动操作电器和手动操作电器。按执行机构又可分为有触点电器和无触点电器。

## 1.2 接触器

### 1.2.1 接触器的用途及分类

#### 1. 接触器的用途

接触器是一种通用性很强的电磁式电器，它可以频繁地接通和分断交、直流主电路，并可实现远距离控制，主要用来控制电动机，也可控制电容器、电阻炉和照明器具等电力负载。

#### 2. 接触器的分类

接触器按主触点通过电流的种类，可分为交流接触器和直流接触器。按其主触点的极数还可分为单极、双极、三极、四极和五极等多种。

接触器的文字符号和图形符号如图 1.1 所示。

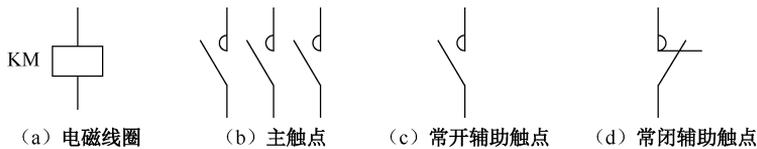


图 1.1 接触器的文字符号和图形符号

## 1.2.2 接触器的工作原理及结构

### 1. 交流接触器

**结构：**交流接触器主要由电磁机构、触点系统、弹簧和灭弧装置等组成。

**其工作原理是：**当线圈中有工作电流通过时，在铁芯中产生磁通，由此产生对衔铁的电磁力的作用。当电磁吸力克服弹簧的反作用力，使得衔铁与铁芯闭合，同时通过传动机构由衔铁带动相应的触点动作。当线圈断电或电压显著降低时，电磁吸力消失或降低，在释放弹簧的反作用力的作用下，衔铁返回，并带动触点恢复到原来的状态。

#### 1) 电磁机构

电磁机构的主要作用是将电磁能量转换成机械能量，带动触点动作，完成通断电路的控制作用。电磁机构由铁芯（静铁芯）、衔铁（动铁芯）和线圈等几部分组成。根据衔铁的运动方式不同，可以分为转动式和直动式，如图 1.2 所示。交流接触器的铁芯一般都是 E 型直动式电磁机构，如 CJ0、CJ10 系列，也有的采用衔铁绕轴转动的拍合式，如 CJ12、CJ12B 系列接触器。为了减少剩磁，保证断电后衔铁可靠地释放，E 型铁芯中柱较短，铁芯闭合后上下中柱间形成 0.1 ~ 0.2mm 的气隙。

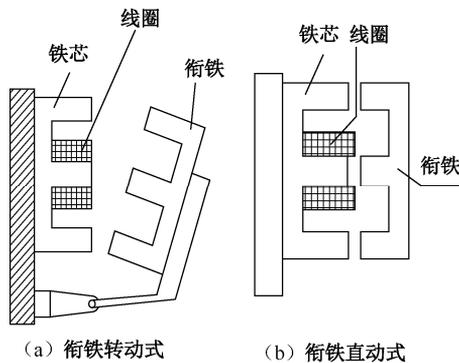


图 1.2 交流接触器电磁机构系统图

交流电磁结构特点如下。

(1) 交流接触器的线圈中通过交流电，产生交变的磁通，并在铁芯中产生磁滞损耗和涡流损耗，使铁芯发热。一方面，为了减少交变的磁场在铁芯中产生的磁滞损耗和涡流损耗，交流接触器的铁芯一般用硅钢片叠压而成；另一方面，线圈由绝缘的铜线绕成有骨架的短而粗的形状，将线圈与铁芯隔开，便于散热。

(2) 交流接触器的线圈中通过交流电，产生交变的磁通，其产生的电磁吸力在最大值和零之间脉动。因此当电磁吸力大于弹簧反力时衔铁被吸合，当电磁吸力小于弹簧的反力时衔铁开始释放，这样便产生振动和噪声。为了消除振动和噪声，在交流接触器的铁芯端面上装入一个

铜制的短路环，如图 1.3 所示。

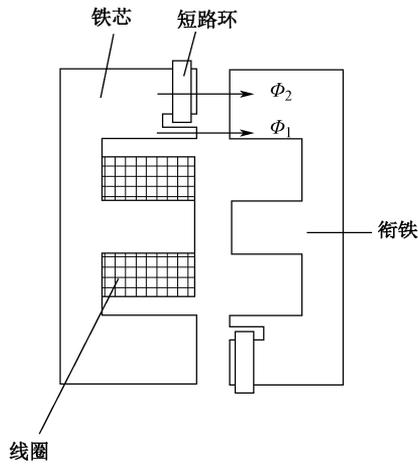


图 1.3 短路环的结构

短路环的工作原理：图 1.4 所示为在铁芯端面装入短路环后，交变的磁通  $\Phi_m$  经过铁芯端面时被分成两部分  $\Phi_{1m}$  和  $\Phi_{2m}$ ，且  $\Phi_{1m}$  和  $\Phi_{2m}$  同相位， $\Phi_{2m}$  经过短路环在其中产生感应电动势  $E$ ， $E$  滞后于  $\Phi_{2m} 90^\circ$ ， $E$  在短路环中产生感应电流  $I$ ， $I$  在短路环附近产生磁通  $\Phi$ ， $\Phi$  和  $I$  同相位。因此由于  $\Phi$  的产生，使得穿过短路环的磁通变为  $\Phi_2 = \Phi_{2m} + \Phi$ ，而未经过短路环的磁通变为  $\Phi_1 = \Phi_{1m} - \Phi$ 。由相量图可知， $\Phi_2$  和  $\Phi_1$  之间不再同相位，这样就使得  $\Phi_2$  和  $\Phi_1$  分别产生的电磁力  $F_2$  和  $F_1$  不会同时为 0，所以总吸力  $F$  不再为 0。如果短路环设计合理，总吸力  $F$  将比较平坦，衔铁就不会产生振动和噪声了。

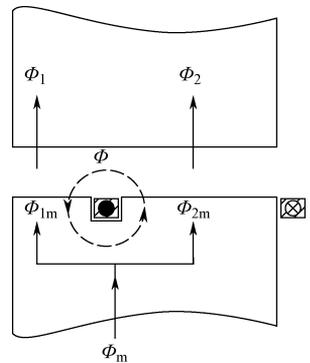


图 1.4 铁芯端面磁通分布

### 2) 触点系统

交流接触器的触点由主触点和辅助触点构成。主触点用于通断电流较大的主电路，由接触面积较大的常开触点组成，一般有 3 对。辅助触点用以通断电流较小的控制电路，由常开触点和常闭触点组成。常开触点（又称为动合触点）是指电器设备在未通电或未受外力的作用时的常态下，触点处于断开状态；常闭触点（又称为动断触点）是指电器设备在未通电或未受外力的作用时的常态下，触点处于闭合状态。触点的结构有桥式和指式两类。交流接触器一般采用双断口桥式触点，如图 1.5 所示，指形触点如图 1.6 所示。

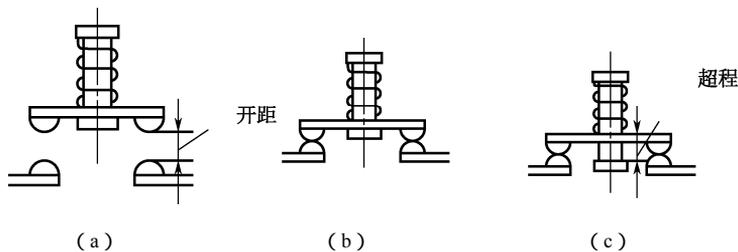


图 1.5 双断口桥式触点

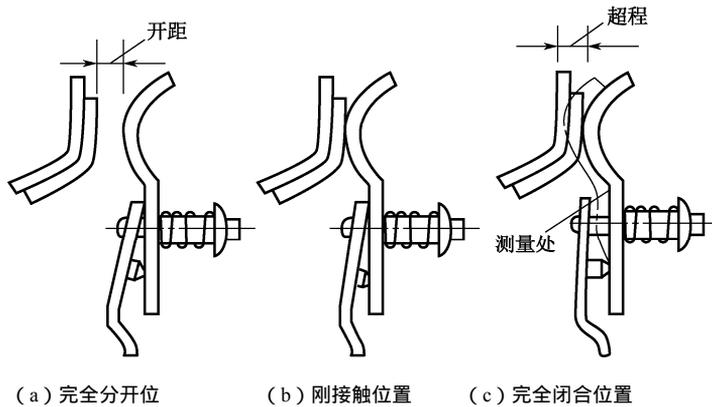


图 1.6 指形触点

触点一般采用导电性能良好的紫铜材料构成，因铜的表面容易氧化生成一层不易导电的氧化铜，所以在触点表面嵌有银片，氧化后的银片仍有良好的导电性能。

因指形触点在接通与分断时动触点沿静触点产生滚动摩擦，可以去掉氧化膜，因此其触点可以用紫铜制造，特别适合于触点分合次数多、电流大的场合。

### 3) 灭弧系统

触点在分断电流瞬间，在触点间的气隙中就会产生电弧，电弧的高温能将触点烧损，并且电路不易断开，可能造成其他事故，因此，应采用适当措施迅速熄灭电弧。

熄灭电弧的主要措施有：迅速增加电弧长度（拉长电弧），使得单位长度内维持电弧燃烧的电场强度不够而将电弧熄灭。使电弧与流体介质或固体介质相接触，加强冷却和去游离作用，使电弧加快熄灭。电弧有直流电弧和交流电弧两类，交流电流有自然过零点，因此其电弧较易熄灭。

#### (1) 拉长灭弧

通过机械装置或电动力的作用将电弧迅速拉长并在电弧电流过零时熄灭，如图 1.7 所示。这种方法多用于开关电器中。

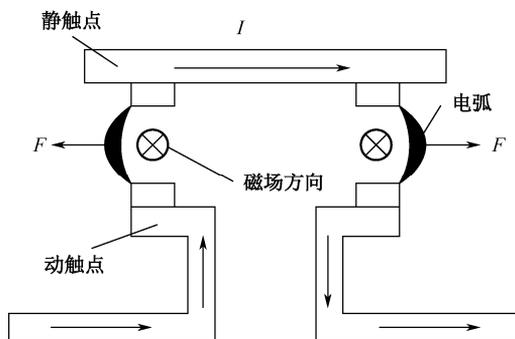


图 1.7 电动力拉长灭弧

#### (2) 窄缝灭弧

在电弧所形成的磁场电动力的作用下，可使电弧拉长并进入灭弧罩的窄（纵）缝中，几条纵缝可将电弧分割成数段且与固体介质相接触，电弧便迅速熄灭，如图 1.8 所示。这种结构多用于交流接触器上。

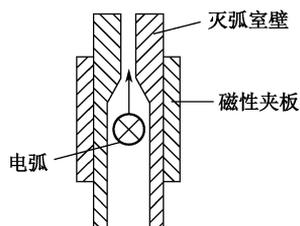
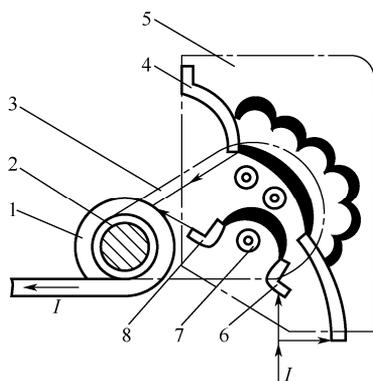


图 1.8 窄缝灭弧

### (3) 磁吹灭弧

在一个与触点串联的磁吹线圈产生的磁场作用下，电弧受电磁力的作用而拉长，被吹入由固体介质构成的灭弧罩内，与固体介质相接触，电弧被冷却而熄灭，如图 1.9 所示。直流电器中常采用磁吹灭弧。

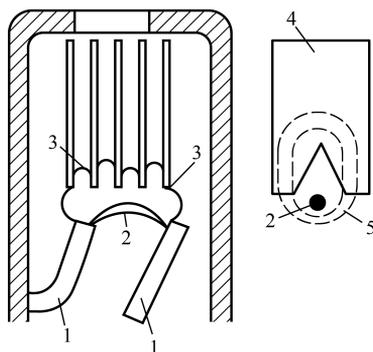


1—磁吹线圈；2—铁芯；3—导磁夹板；4—引弧角；  
5—灭弧罩；6—动触点；7—磁场方向；8—静触点

图 1.9 磁吹灭弧

### (4) 栅片灭弧

触点分开时，产生的电弧在电动力的作用下被推入一组金属栅片中而被分割成数段，彼此绝缘的金属栅片的每一片都相当于一个电极，因而就有许多个阴阳极压降。对交流电弧来说，近阴极处，在电弧过零时就会熄灭，如图 1.10 所示。由于栅片灭弧效应在交流时要比直流时强得多，所以交流电器常常采用栅片灭弧。



1—主触点；2—电弧；3—电弧进入灭弧栅片；4—灭弧栅片；5—电弧产生的磁场

图 1.10 栅片灭弧

## 2. 直流接触器

直流接触器主要用于控制直流电压至 440V、直流电流至 630A 的直流电力线路,常用于频繁地操作和控制直流电动机。直流接触器的结构和工作原理与交流接触器基本相同,在结构上也是由电磁机构、触点系统和灭弧装置等组成的,但也有不同之处。

### 1) 电磁机构

电磁机构由铁芯、线圈和衔铁组成。线圈中通过的是直流电,产生的是恒定的磁通,不会在铁芯中产生磁滞损耗和涡流损耗,所以铁芯不发热。铁芯可以用整块铸钢或铸铁制成,并且由于磁通恒定,其产生的吸力在衔铁和铁芯闭合后是恒定不变的,因此在运行时没有振动和噪声,所以在铁芯上不需要安装短路环。在直流接触器运行时,电磁机构中只有线圈产生热量,为了使线圈散热良好,通常将线圈绕制成长而薄的圆筒形,没有骨架,与铁芯直接接触,便于散热。

### 2) 触点系统

直流接触器的主触点接通或断开较大的电流,常采用滚动接触的指形触点,一般有单极或双极两种。辅助触点开断电流较小,常做成双断口桥式触点。

### 3) 灭弧装置

直流接触器的主触点在分断大的直流电时,产生直流电弧,较难熄灭,一般采用灭弧能力较强的磁吹式灭弧。

### 4) 其他部件

其他部件包括底座,反作用弹簧,缓冲弹簧,触点压力弹簧,传动机构和接线柱。反作用弹簧的作用是当吸引线圈断电时,迅速使主触点、常开触点分断;缓冲弹簧的作用是缓冲衔铁吸合时对铁芯和外壳的冲击力;触点压力弹簧的作用是增加动静触点之间的压力,增大接触面积,降低接触电阻,避免触点由于接触不良而过热。

## 1.2.3 接触器的主要技术参数及型号

### 1. 接触器的主要技术参数

(1) 额定电压。接触器铭牌上标注的额定电压是指主触点正常工作的额定电压。交流接触器常用的额定电压等级有 127V、220V、380V、660V;直流接触器常用的电压等级有 110V、220V、440V、660V。

(2) 额定电流。接触器铭牌上标注的额定电流是指主触点的额定电流。交、直流接触器常用的额定电流的等级有 10A、20A、40A、60A、100A、150A、250A、400A、600A。

(3) 线圈的额定电压。线圈的额定电压指接触器吸引线圈的正常工作电压值。交流线圈常用的电压等级为 36V、110V、127V、220V、380V;直流线圈常用的电压等级为 24V、48V、110V、220V、440V。选用时交流负载选用交流接触器,直流负载选用直流接触器,但交流负载频繁动作时可采用直流线圈的交流接触器。

(4) 主触点的接通和分断能力。主触点的接通和分断能力指主触点在规定的条件下能可靠地接通和分断的电流值。在此电流值下,接通时主触点不发生熔焊,分断时不应产生长时间的燃弧。接触器的使用类别不同,对主触点的接通和分断能力的要求也不同。常见的接触器的使用类别、典型用途及主触点要求达到的接通和分断能力如表 1.1 所示。

表 1.1 常见的接触器的使用类别、典型用途及主触点要求达到的接通和分断能力

电流种类	使用类别	主触点接通和分断能力	典型用途
交流	AC1	允许接通和分断额定电流	无感或微感负载、电阻炉
	AC2	允许接通和分断 4 倍额定电流	绕线式感应电动机的启动和制动
	AC3	允许接通 6 倍额定电流和分断额定电流	笼型感应电动机的启动和分断
	AC4	允许接通和分断 6 倍额定电流	笼型感应电动机的启动、反转、反接制动
直流	DC1	允许接通和分断额定电流	无感或微感负载、电阻炉
	DC2	允许接通和分断 4 倍额定电流	并励电动机的启动、反转、反接制动
	DC3	允许接通和分断 4 倍额定电流	串励电动机的启动、反转、反接制动

(5) 额定操作频率。额定操作频率指接触器在每小时内最高操作次数。交、直流接触器的额定操作频率为 1200 次/小时或 600 次/小时。

(6) 机械寿命。机械寿命指接触器所能承受的无载操作的次数。

(7) 电寿命。电寿命指在规定的正常的工作条件下，接触器带负载操作的次数。

## 2. 交流接触器的主要型号

### 1) CJ10 系列交流接触器

CJ10 系列交流接触器适用于交流 50HZ、电压至 380V、电流至 150A 的电力线路，作远距离接通与分断线路之用，并适宜于频繁地启动和控制交流电动机。其吸引线圈的额定电压交流为 36V、127V、220V、380V；直流为 110V、220V。吸引线圈在额定电压的 85%~105% 时可以正常工作，在线圈电流切断后，常开触点应完全开启，而不停留在中间位置。

接触器主触点的接通能力与分断能力：在 105% 的额定电压下，功率因数为 0.35 时能承受接通 12 倍额定电流 100 次，或者能承受接通与分断 10 倍额定电流 20 次，每次间隔 5 秒，通电时间 0.2 秒。接触器的操作频率为每小时 600 次，电寿命可达 60 万次，机械寿命为 300 万次。CJ10 型系列交流接触器为直动式，主触点采用双断口桥式触点，20A 以上的接触器均装有灭弧装置。电磁系统为双 E 型铁芯磁轭两边铁柱端面嵌有短路环，衔铁中柱较短，为了削弱剩磁的作用，闭合后留有空气间隙。

### 2) CJ20 系列交流接触器

CJ20 系列交流接触器适用于交流 50HZ、电压至 660V、电流至 630A 的电力线路，作远距离接通与分断线路之用，并适宜于频繁地启动和控制交流电动机。CJ20 型系列交流接触器为直动式，主触点采用双断口桥式触点，U 形铁芯。辅助触点采用通用的辅助触点，根据需要可制成不同组合以适应不同需要。辅助触点的组合有 2 常开 2 常闭；4 常开 2 常闭；也可根据需要交换成 3 常开 3 常闭或 2 常开 4 常闭。CJ20 系列交流接触器的结构优点是体积小，重量轻，易于维护。

## 3. 直流接触器的主要型号

### 1) CZ0 系列直流接触器

CZ0 系列直流接触器适用于直流电压 440V 以下、电流 600A 及以下电路，作远距离接通和分断直流电力线路，及频繁启动、停止直流电动机及控制直流电动机的换向及反接制动之用。其主触点的额定电流有 40A、100A、150A、250A、400A、600A。主触点的灭弧装置由串联磁吹线圈和横隔板陶土灭弧罩组成。

## 2) CZ18 系列直流接触器

CZ18 系列直流接触器适用于直流电压 440V 以下、电流至 1600A 及以下电路，作远距离接通和分断直流电力线路之用，以及频繁启动、停止直流电动机及控制直流电动机的换向及反接制动。其主触点的额定电流有 40A、80A、160A、315A、630A、1000A。

### 1.2.4 接触器的选择

#### 1. 选择接触器的类型

根据负载电流的种类来选择接触器的类型。交流负载选择交流接触器，直流负载选用直流接触器。

#### 2. 选择主触点的额定电压

主触点的额定电压应大于或等于负载的额定电压。

#### 3. 选择主触点的额定电流

主触点的额定电流应不小于负载电路的额定电流，如果用来控制电动机的频繁启动、正反转或反接制动，应将接触器的主触点的额定电流降低一个等级使用。在低压电气控制系统中，380V 的三相异步电动机是主要的控制对象，如果知道了电动机的额定功率，则控制该电动机的接触器的额定电流的数值大约是电动机功率值的 2 倍（一个千瓦两个电流）。

#### 4. 选择接触器吸引线圈的电压

交流接触器线圈额定电压一般直接选用 380V 或 220V，直流接触器可选线圈的额定电压和直流控制回路的电压一致。直流接触器的线圈加直流电压，交流接触器的线圈一般加交流电压。如果把加直流电压的线圈加上交流电压，因线圈阻抗太大，电流太小，则接触器往往不吸合；如果将加交流电压的线圈加上直流电压，则因电阻太小，电流太大，会烧坏线圈。

#### 5. 根据使用类别选用相应产品系列

如果生产中大量使用小容量笼型感应电动机，负载为一般任务，则选用 AC3 使用类别；控制机床电动机启动、反转、反接制动的接触器，负载任务较重，则选用 AC4。

### 1.2.5 接触器的运行维护

#### 1. 安装注意事项

接触器在安装使用前应将铁芯端面的防锈油擦净。接触器一般应垂直安装于垂直的平面上，倾斜度不超过  $5^\circ$ ；安装孔的螺钉应装有垫圈，并拧紧螺钉防止松脱或振动；避免异物落入接触器内。

#### 2. 日常维护

(1) 定期检查接触器的零部件，要求可动部分灵活，紧固件无松动。已损坏的零件应及时

修理或更换。

(2) 保持触点表面的清洁,不允许沾有油污,当触点表面因电弧烧蚀而附有金属小颗粒时,应及时去掉。银和银合金触点表面因电弧作用而生成黑色氧化膜时,不必锉去,因为这种氧化膜的导电性很好,锉去反而缩短了触点的使用寿命。触点的厚度减小到原厚度的  $1/4$  时,应更换触点。

(3) 接触器不允许在去掉灭弧罩的情况下使用,因为这样在触点分断时很可能造成相间短路事故。陶土制成的灭弧罩易碎,避免因碰撞而损坏,要及时清除灭弧室内的炭化物。

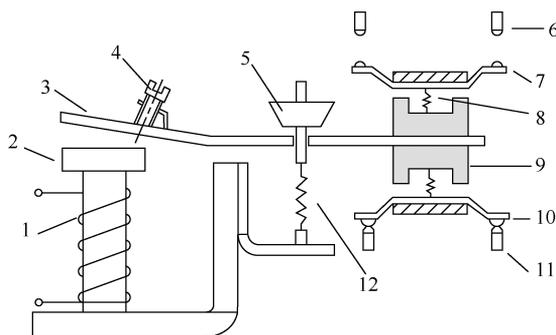
## 1.3 继电器

继电器是一种根据电或非电信号的变化来接通或断开小电流(一般小于  $5A$ ) 控制电路的自动控制电器。继电器的输入量(如电流、电压、温度、压力等)变化到某一定值时继电器动作,其触点便接通和断开控制回路。由于继电器的触点用于控制电路中,通断的电流小,所以继电器的触点结构简单,不安装灭弧装置。

继电器的分类:按输入信号不同可以分为电流继电器、电压继电器、时间继电器、热继电器及温度、压力、速度继电器等。按工作原理又可以分为电磁式继电器、感应式继电器、电动式继电器、电子式继电器等。按输出形式还可分为有触点和无触点两类。

### 1.3.1 电磁式继电器

电磁式继电器结构如图 1.11 所示。电磁式继电器的主要结构有电磁机构和触点系统。继电器的工作原理和接触器相似,不同之处在于,继电器可以通过反作用调节螺母 5,来调节反作用力的大小,从而调节了继电器的动作值的大小。电磁式继电器是对电压信号、电流信号的变化作出反应,其触点用于切换小电流的控制电路,而接触器使其吸引线圈的电压信号达到一定值,触点动作。主触点用于通断大电流的主电路,主触点上装有灭弧装置,辅助触点用于通断小电流的控制电路。



1—线圈;2—铁芯;3—衔铁;4—止动螺钉;5—反作用调节螺母;6、11—静触点;  
7、6—常开触点;10、11—常闭触点;8—触点弹簧;9—绝缘支架;12—反作用弹簧

图 1.11 电磁式继电器结构示意图

### 1. 电磁式电流继电器

电磁式电流继电器的文字符号和图形符号如图 1.12 所示。

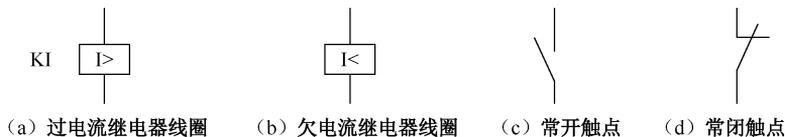


图 1.12 电磁式电流继电器的文字符号和图形符号

电流继电器的输入信号是电流，电流继电器的线圈串联在被测量的电路中，以反应电路电流的变化。电流继电器的线圈匝数少，导线粗，线圈阻抗小。电流继电器又分为过电流继电器和欠电流继电器两种。

#### 1) 过电流继电器

正常工作时，线圈中通过正常的负荷电流，继电器不动作，即衔铁不吸合。当通过线圈的电流超过正常的负荷电流，达到某一整定值时，继电器动作，衔铁吸合，同时带动触点动作。

(1)  $I_{OP}$ ：使过电流继电器动作的最小电流称为继电器的动作电流。

(2) 返回电流  $I_{re}$ ：继电器动作以后，当流入线圈中的电流逐渐减小到某一电流值时，继电器因电磁力小于弹簧的反作用力而返回到原始位置的最大电流。

(3) 返回系数  $K_{re}$ ： $K_{re}=I_{re}/I_{OP}$ 。过电流继电器的返回系数小于 1。

#### 2) 欠电流继电器

正常工作时，线圈中通过正常的负荷电流，衔铁吸合，其常开触点闭合，常闭触点断开。当通过线圈的电流降低到某一电流值时，衔铁动作（释放），同时带动触点动作，常开触点断开，常闭触点闭合。使欠电流继电器动作（衔铁释放）的最大电流称为继电器的动作电流，用  $I_{OP}$  表示。继电器动作（衔铁释放）以后，当流入线圈中的电流上升到某一电流值时，继电器返回到衔铁吸合状态的最小电流称为返回电流，用  $I_{re}$  表示，欠电流继电器的返回系数大于 1。

### 2. 电压继电器

电压继电器的输入信号是电压，电压继电器的线圈并联在被测量的电路中，以反应电路电压的变化。电压继电器的线圈匝数多，导线细，线圈阻抗大。电压继电器的文字符号是 KV，图形符号如图 1.13 所示。

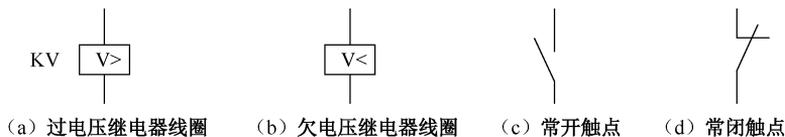


图 1.13 电压继电器的文字符号和图形符号

#### (1) 过电压继电器

正常工作时，线圈的电压为额定电压，继电器不动作，即衔铁不吸合。当线圈的电压高于额定电压，达到某一整定值时，继电器动作，衔铁吸合，同时带动触点动作，常开触点闭合，常闭触点断开。直流电路一般不会产生过电压，所以在产品中只有交流过电压继电器，用于过压保护。其动作电压、返回电压和返回系数的概念和过电流继电器的相似。过电压继电器的返回系数小于 1。

## (2) 欠电压继电器

在额定参数时，欠电压继电器的衔铁处于吸合状态，当其吸引线圈的电压降低到某一整定值时，欠电压继电器动作（衔铁释放），当吸引线圈的电压上升后，欠电压继电器返回到衔铁吸合状态。其动作电压、返回电压和返回系数的概念和欠电流继电器的相似。欠电压继电器的返回系数大于 1。欠电压继电器常用于电力线路的欠压和失压保护。

## 3. 中间继电器

中间继电器触点数量多，触点容量大，在控制电路中起增加触点数量和中间放大的作用，有的中间继电器还带有短延时。其线圈为电压线圈，要求当线圈电压为零时，衔铁能可靠释放，对动作参数无要求，中间继电器没有弹簧调节装置。

中间继电器的文字符号和图形符号如图 1.14 所示。

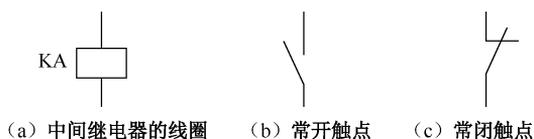


图 1.14 中间继电器的文字符号和图形符号

## 1.3.2 时间继电器

从得到输入信号（线圈通电或断电）开始，经过一定的延时后才输出信号（触点闭合或断开）的继电器，称为时间继电器。时间继电器的文字符号为 KT，图形符号如图 1.15 所示。

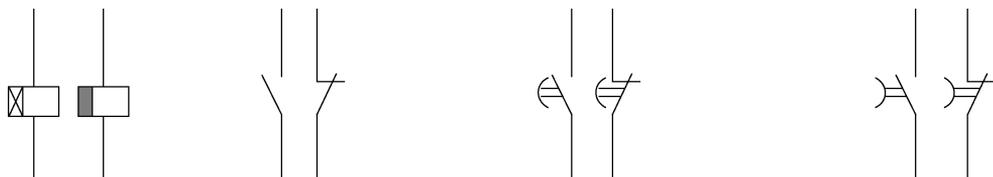


图 1.15 时间继电器的图形符号

### 1. 直流电磁式时间继电器

(1) 工作原理：利用电磁系统在电磁线圈断电后磁通延缓变化的原理工作。

(2) 直流电磁式时间继电器的特点：构简单，价格低廉，延时较短（0.3~5.5s），只能用于直流断电延时，延时精度不高，体积大。常用的有 JT3、JT18 系列。

(3) 直流电磁式时间继电器改变延时的方法有两种：一种是粗调，改变安装在衔铁上的非磁性垫片的厚度，垫片厚时延时短，垫片薄时延时长。另一种是细调，调整反力弹簧的反力大小改变延时，弹簧紧则延时短，弹簧松则延时长。

### 2. 空气阻尼式时间继电器

(1) 空气阻尼式时间继电器的工作原理：利用空气的阻尼作用而达到延时的目的。JS7.A 系列空气阻尼式时间继电器由电磁系统、触点系统（由两个微动开关构成，包括两对瞬时触点和两对延时触点）、空气室及传动机构等部分组成，如图 1.16 所示。

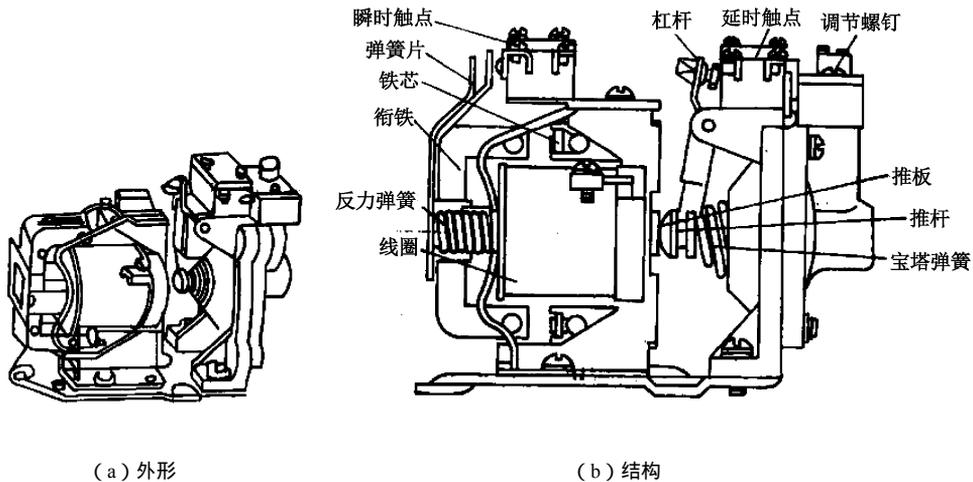
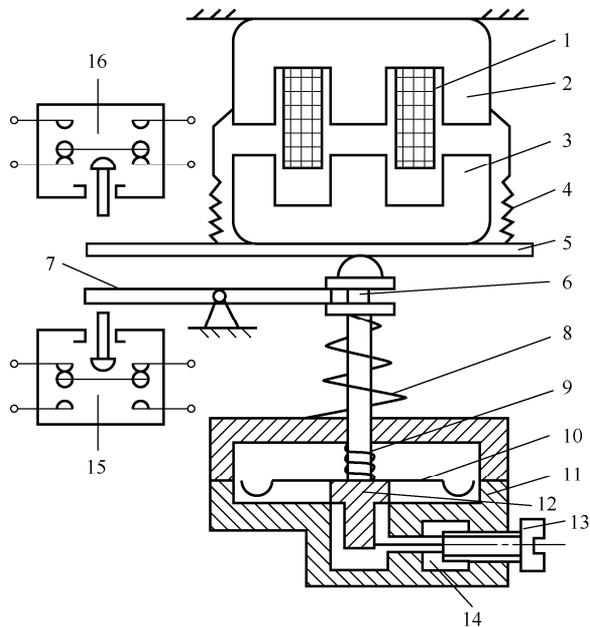


图 1.16 JS7.A 系列空气阻尼式时间继电器的外形和结构图

JS7.A 系列空气阻尼式时间继电器的工作原理图如图 1.17 所示。图 1.17 为通电延时型时间继电器，当线圈 1 通电后，衔铁 3 吸合，微动开关 16 受压其触点瞬时动作，活塞杆 6 在塔形弹簧 8 的作用下带动活塞 12 及橡皮膜 10 向上移动，这时橡皮膜下面空气稀薄，与橡皮囊上面的空气形成压力差，对活塞的向上移动产生阻尼作用，因此活塞杆 6 只能缓慢地向上移动，其移动速度取决于进气孔的大小，可通过调节螺钉 13 进行调整。经过一段延时后，活塞杆 6 才能移动到最上端。这时通过杠杆 7 压动微动开关 15，使延时触点动作，常开触点闭合，常闭触点断开。当线圈 1 断电后，电磁力消失，衔铁 3 在反力弹簧 4 的作用下释放，并通过活塞杆 6 将活塞 12 推向下端，这时橡皮膜 10 下方空气室内的空气通过橡皮膜 10、弱弹簧 9 和活塞 12 的肩部，迅速地排掉，微动开关 15、16 能迅速复位，无延时。



1—线圈；2—铁芯；3—衔铁；4—反作用力弹簧；5—推板；6—活塞杆；7—杠杆；8—塔形弹簧；9—弱弹簧；10—橡皮膜；11—空气室壁；12—活塞；13—调节螺钉；14—进气孔；15、16—微动开关

图 1.17 JS7.A 系列空气阻尼式时间继电器工作原理图（通电延时型）



$C_2$  充电。当电容器  $C_2$  的电压上升到  $|u_c \cdot u_s| < |u_p|$  时, VF 导通, D 点电位下降, VT 导通, 晶闸管 VTH 被触发导通, 继电器 KA 线圈通电动作, 输出延时时间到的信号。从时间继电器通电给电容  $C_2$  充电, 到 KA 动作的这段时间为延时时间。KA 动作后, 其常开触点闭合,  $C_2$  经  $R_9$  放电, VF、VT 相继截止, 为下次动作做准备。同时, KA 的常闭触点断开, Ne 氖泡启辉。VF、VT 相继截止后, 晶闸管 VT 仍保持接通, KA 线圈保持通电状态, 只有切断电源, 继电器 KA 才断电释放。

近期开发的电子式时间继电器产品多为数字式, 又称计数式, 其结构是由脉冲发生器、计数器、数字显示器、放大器及执行机构组成的, 具有延时时间长、调节方便、精度高的优点, 有的还带有数字显示, 应用很广。

(2) 电子式时间继电器的特点: 延时时间较长(几分钟到几十分钟), 延时精度比空气阻尼式的好, 体积小、机械结构简单、调节方便、寿命长、可靠性强, 但延时受电压波动和并境温度变化的影响, 抗干扰性差。常用的产品有 JS13、JS14、JS15、JS20 和 ST3P 系列。JS20 系列有通电延时型、断电延时型, 以及带有瞬动触点的通电延时型。ST3P 系列超级列间继电器是引进日本富士机电公司同类产品进行技术改进的新产品, 其内部装有时间继电器专用的大规模集成电路, 使用了高质量薄膜电容器和金属陶瓷可变电阻器, 采用了高精度震荡回路和分频回路, 它具有体积小、重量轻、精度高、延时范围宽、性能好、寿命长等优点。广泛应用于自动化控制电路中。

(3) 电子式时间继电器调整延时的方法: 调节单极多位开关, 改变  $R_{10}$  的值, 就可以改变延时时间的长短。

(4) ST3P 系列时间继电器的产品介绍: ST3P 系列时间继电器适用于交流 50Hz、工作电压 380V 及以下或直流工作电压 24V 的控制电路中作延时元件, 按预定的时间接通或分断电路。它通过电位器来设定延时, 机械寿命达到  $10^6$  万次, 电寿命为  $10^5$  次, 其主要技术数据如表 1.2 所示。ST3P 系列时间继电器的接线图如图 1.19 所示。ST3P 系列时间继电器的工作时序图如图 1.20 所示, 图中  $t$  和  $t'$  均为延时时间。

表 1.2 ST3P 系列时间继电器主要技术数据

型号	ST3PA	ST3PG	ST3PC	ST3PF	ST3PFT1	ST3PK	ST3PY	ST3PR
动作形式	通电延时	断电延时	通电延时带瞬动触点	断电延时	信号断开延时	星-三角形启动延时	往复循环延时	
触点数量	两对延时闭合的常开触点(1-3)和(8-6); 两对延时分断的常闭触点(1-4)和(8-5)	两对延时分断的常开触点(1-3)和(8-6); 两对延时闭合的常闭触点(1-4)和(8-5)	一对延时闭合的常开触点(8-6); 一对延时分断的常闭触点(8-5); 一对瞬动分断的常开触点(1-4); 一对瞬动闭合的常闭触点(1-3)	一对延时闭合的常开触点(8-6); 一对延时分断的常闭触点(8-5)	两对延时闭合的常开触点(1-3)和(8-6); 两对延时分断的常闭触点(1-4)和(8-5)	一对延时分断的常开触点; 一对延时闭合的常闭触点	一对延时闭合的常开触点(4-5); 一对延时分断的常闭触点(4-6); 一对瞬动触点(7-8)	延时 1 转换: 一对延时闭合的常开触点(8-6); 一对延时分断的常闭触点(8-5)

续表

型号	ST3PA	ST3PG	ST3PC	ST3PF	ST3PFT1	ST3PK	ST3PY	ST3PR
延时范围	A : 0.05 ~ 0.5s/5s/30s/3min B : 0.1 ~ 1s/10s/60s/6min C : 0.5 ~ 5s/50s/5min//30min D : 1 ~ 10s/100s/10min/60min E : 5 ~ 60s/10min/60min/6h F : 0.25 ~ 2min/20min/2h/12h G : 0.5 ~ 4min/40min/4h/24h			0.1 ~ 1s 0.2 ~ 2s 0.5 ~ 5s 1 ~ 10s 2.5 ~ 30s 5 ~ 60s		0.1 ~ 0.5s 0.25 ~ 2s 0.5 ~ 5s 1 ~ 10s 2.5 ~ 30s 5 ~ 60s	1 ~ 10s 2.5 ~ 30s 5 ~ 60s	0.5 ~ 6s/60s 1 ~ 10s/10min 2.5 ~ 30s/30min
额定电压	交流 (50Hz)	24V、110V、220V				110V、220V	110V、220V	110V、220V
	直流	24V、48V、110V				24V		24V
触点容量	AC250V、3A							
安装方式	配合不同的插座和附件可实现：装置式安装、面板式安装及 35mm 导轨安装							

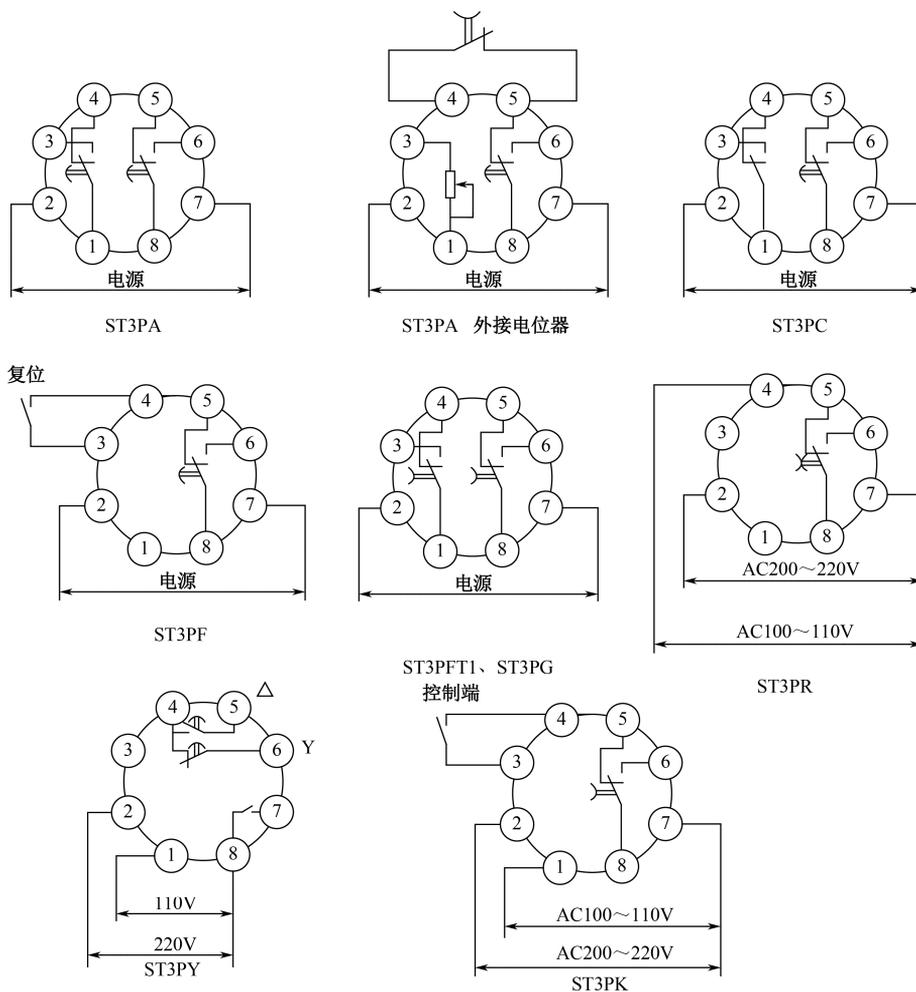


图 1.19 ST3P 系列时间继电器的接线图

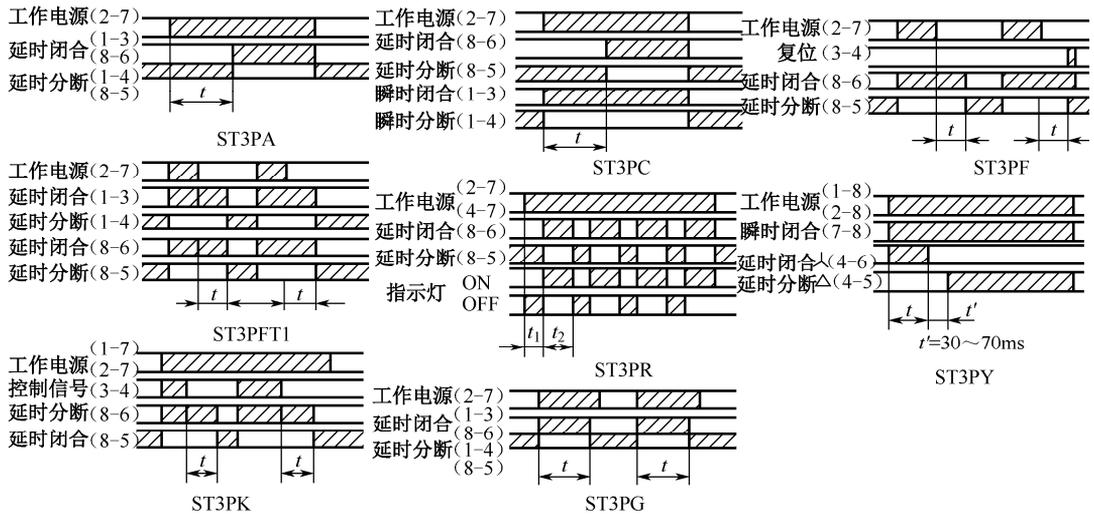


图 1.20 ST3P 系列时间继电器的工作时序图

### 1.3.3 热继电器

#### 1. 热继电器的作用和保护特性

热继电器是专门用来对连续运行的电动机进行过载及断相保护，以防止电动机过热而烧毁的保护电器。

热继电器中通过的过载电流和热继电器触点动作的时间关系就是热继电器的保护特性。电动机的过载特性和热继电器的保护特性及其配合如图 1.21 所示。

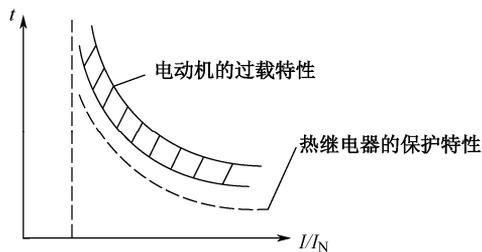


图 1.21 电动机的过载特性和热继电器的保护特性及其配合

#### 2. 热继电器的分类及主要技术参数和型号

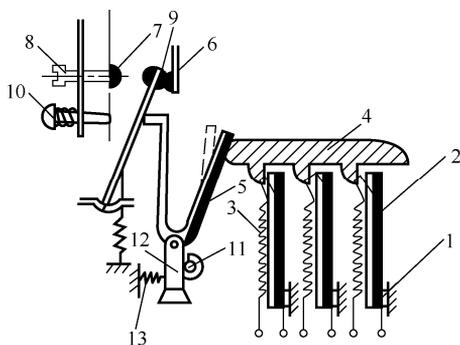
按相数来分，热继电器有单相、两相和三相式三种类型。按功能来分，三相式的热继电器又有带断相保护装置和不带断相保护装置的。按复位方式分，热继电器有自动复位的和手动复位的。所谓自动复位是指触点断开后能自动返回。按温度补偿可分为带温度补偿的和不带温度补偿的。

热继电器的主要技术参数有额定电压、额定电流、相数、整定电流等。热继电器的整定电流是指热继电器的热元件允许长期通过又不致引起继电器动作的最大电流值，超过此值热继电器就会动作。

常用的热继电器有 JR20、JR36、JRS1 系列具有断相保护功能的热继电器每一系列的热继电器一般只能和相应系列的接触器配套使用，如 JR20 热继电器和 CJ20 接触器配套使用。

### 3. 热继电器的工作原理

热继电器主要由热元件、双金属片、触点系统、动作机构等元件组成。双金属片是继电器的测量元件，它由两种不同膨胀系数的金属片采用热和压力结合或机械碾压而成，高膨胀系数的铁镍铬合金作为主动层，膨胀系数小的铁镍合金作为被动层。热继电器是利用测量元件被加热到一定程度，双金属片将向被动层方向弯曲，通过传动机构带动触点动作的保护继电器，如图 1.22 所示。图 1.22 中主双金属片 2 与加热元件 3 串接在电动机主电路的进线端，当电动机过载时，主双金属片受热弯曲推动导板 4，并通过补偿双金属片 5 和传动机构将常闭触点（动触点 9 和静触点 6）断开，常开触点（动触点 9 和静触点 7）闭合。热继电器的常闭触点串接于电动机的控制电路中，热继电器动作，其常闭触点断开后，切断电动机的控制电路，电动机断电，从而保护了电动机。热继电器的常开触点可以接入信号回路，当热继电器动作后，其常开触点闭合，接通信号回路，发出信号。在电动机正常运行时，热元件产生的热量不会使触点系统动作。调节旋钮 11 为偏心轮，转动偏心轮，可以改变补偿双金属片 5 与导板 4 的接触距离，从而调节热继电器动作电流的整定值。热继电器动作后可以手动复位，也可以自动复位。靠调节复位螺钉 8 来改变常开触点的位置，使热继电器工作在手动复位或自动复位两种工作状态。热继电器动作后，应在 5min 内自动复位，或在 2min 内，可靠地手动复位。若调成手动复位时，在故障排除后要按下按钮 10 恢复常闭触点闭合的状态。补偿双金属片的作用是用来补偿环境温度对热继电器的影响。若周围环境温度升高，双金属片和补偿双金属片同时向左边弯曲，使导板和补偿双金属片之间的接触距离不变，热继电器的特性将不受环境温度的影响。



1—推杆；2—主双金属片；3—加热元件；4—导板；5—补偿双金属片；6—常闭静触点；7—常开静触点；  
8—复位螺钉；9—动触点；10—按钮；11—调节旋钮；12—支撑件；13—压簧

图 1.22 热继电器的结构示意图

### 4. 带断相保护的热继电器

若三相异步电动机为 D 形接线，正常运行时相电流等于线电流的  $1/\sqrt{3}$ ，即流过电动机绕组的电流是流过热继电器热元件电流的  $1/\sqrt{3} = \sqrt{3}/3$ ，而当发生断相时，流过电动机接于全压绕组的电流是线电流（即流过热继电器热元件电流）的  $2/3$ ，如图 1.23 所示。

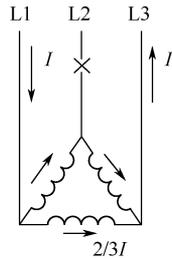
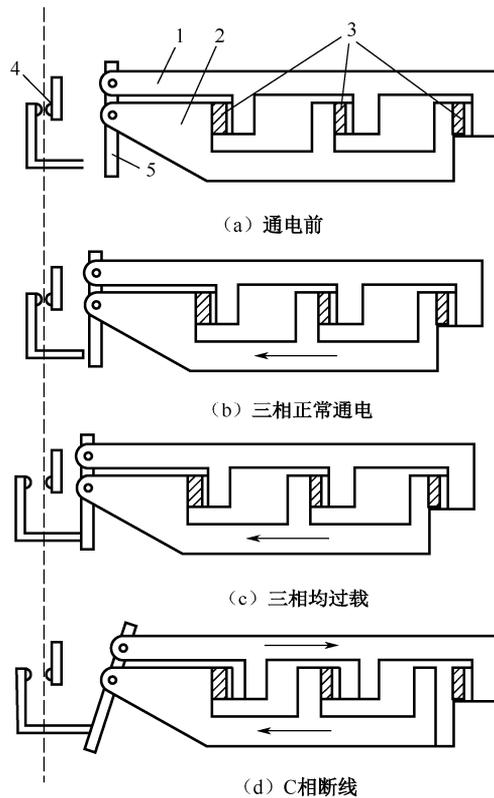


图 1.23 电动机为三角形接线一相断路时的电流分配

如果热继电器的整定的动作电流是  $I$ ，则电动机中允许通过的最大电流为  $\sqrt{3} I/3$ ，但是产生断相时，热继电器的动作电流仍然是  $I$ ，则电动机一相绕组中的电流将达到  $2I/3$ ，这样便有烧毁绕组的危险，所以三角形电动机必须采用带有断相保护的热继电器。带有断相保护的热继电器如图 1.24 所示。将热继电器的导板改为差动机构。图 1.24 (a) 为通电前各部件的位置；图 1.24 (b) 为正常通电时的位置，三相双金属片都受热向左弯曲，继电器不动作。图 1.24 (c) 为三相均过载，三相双金属片同时向左弯曲，通过机构使常闭触点打开；图 1.24 (d) 为 C 相断线情况，此时 C 相的双金属片逐渐冷却，都向右移动，推动上导板向右移动，而另相的双金属片在电流加热下，端部仍然向左移动，上下导板的差动作用经杠杆放大，迅速使常闭触点打开，实现了断相保护的作用。



1—上导板；2—下导板；3—主双金属片；4—顶头；5—杠杆

图 1.24 带有断相保护的热继电器的工作原理