

第 1 章 常用低压电器

内容提要

本章主要讲述了接触器、继电器、熔断器、低压断路器、低压隔离器、主令器、电磁阀等低压电器的用途、基本结构、工作原理及其主要参数和图形符号。

学习要求

掌握常用低压电器的工作原理，图形符号及用途。

了解各低压电器的技术参数，以便正确选取电器。

随着电器技术不断发展，为提高系统的可靠性，应尽量选用新型的电气元件。

1.1 概述

1.1.1 电器的定义

电器是根据外界特定的信号和要求，自动或手动接通和断开电路，断续或连续地改变电路参数，实现对电路或非电对象的切换、控制、保护、检测、变换和调节的电气设备。

电器的种类繁多，构造各异。根据其工作电压高低，电器可分为高压电器和低压电器。工作在交流额定电压 1200V 及以下，直流额定电压 1500V 及以下的电器称为低压电器。

1.1.2 常用低压电器分类

由于低压电器的职能、品种和规格的多样化，工作原理也各异，因而有不同的分类方法。根据其使用系统间的关系，习惯上按用途可分为以下几类。

1. 低压配电电器

主要用于低压供电系统。这类低压电器有刀开关、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，动稳定及热稳定性要好。

2. 低压控制电器

主要用于电力拖动控制系统。这类低压电器有接触器、继电器、控制器等。对这类电器的主要技术要求是有一定的通断能力，操作频率高，电器和机械寿命要长。

3. 低压主令器

主要用于发送控制指令的电器。这类电器有按钮、主令开关、行程开关和万能开关等。对这类电器的主要技术要求是操作频率要高，抗冲击，电气和机械寿命要长。

4. 低压保护电器

主要用于对电路和电气设备进行安全保护的电器。这类低压电器有熔断器、热继电器、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。

5. 低压执行电器

主要用于执行某种动作和传动功能的电器。这类低压电器有电磁铁、电磁离合器等。

1.1.3 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。

随着国民经济的恢复和大规模经济建设的进行，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 年代更新换代产品，符合国家新标准（参考 IEC 标准制定），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了较大的提高。

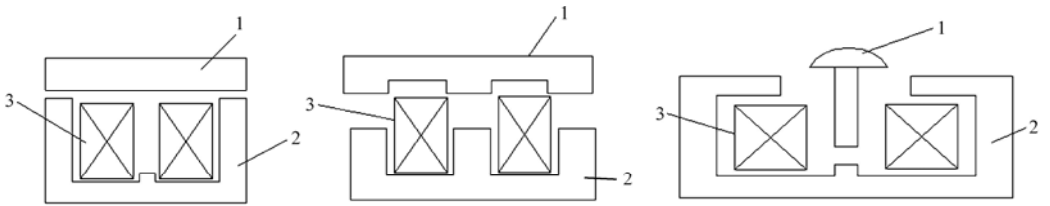
当前，我国低压电器的发展总是不断提高其技术参数的性能指标，并在其经济性能上下功夫。其间，使用新材料、新工艺、新技术对产品质量的提高、性能的改善有着十分重要的作用。同时我国大力开发新产品，特别是多功能化产品及机电一体化产品，如电子化的新型控制电器（接近开关、光电开关、固态继电器与接触器、电子式电机保护器等）正不断研制、开发出来。总之，低压电器正向高性能、高可靠性、多功能、小型化、使用方便等方向发展。

1.2 低压电器的电磁机构及执行机构

1.2.1 电磁机构

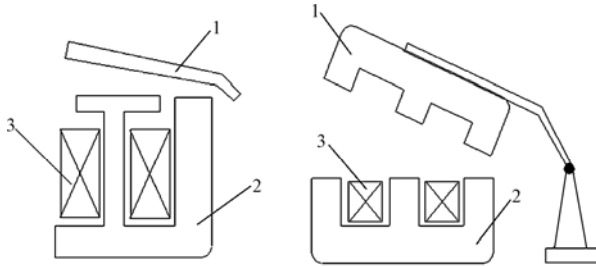
电磁机构的作用是将电磁能转换成为机械能并带动触点的闭合或断开，完成通断电路的控制作用。

电磁机构由吸引线圈、铁芯和衔铁组成，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 和图 1.2 是直动式和拍合式电磁机构的常用结构形式。图中，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芯吸合。通入直流电的线圈称直流线圈，通入交流电的线圈称交流线圈。



1—衔铁；2—铁芯；3—吸引线圈

图 1.1 直动式电磁机构



1—衔铁；2—铁芯；3—吸引线圈

图 1.2 拍合式电磁机构

对于直流线圈，铁芯不发热，只是线圈发热，因此线圈与铁芯接触以利散热。线圈做成无骨架、高而薄的瘦高型，以改善线圈自身散热。铁芯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，由于铁芯中有涡流和磁滞损耗，铁芯也会发热。为了改善线圈和铁芯的散热情况，在铁芯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。铁芯用硅钢片叠成，以减小涡流。当线圈通过工作电流时产生足够的磁动势，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，需在交流电器铁芯的端部开槽，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，因而可以消除铁芯的抖动。

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，为减小对电路的影响，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，为减小分流作用，降低对原电路的影响，需要较大的阻抗，因此线圈的导线细且匝数多。

1.2.2 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。

触点的结构有桥式和指形两种，图 1.3 为触点结构形式。

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。

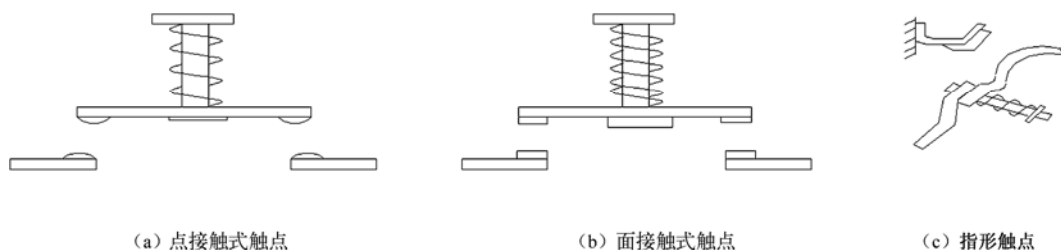


图 1.3 触点结构形式

1.2.3 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，缩短电气的使用寿命，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几种。

1. 电动力吹弧

电动力吹弧示意图如图 1.4 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，便可使电弧迅速熄灭。这种灭弧方法多用于小容量交流接触器中。

2. 磁吹灭弧

在触点电路中串入吹弧线圈，如图 1.5 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（如图中 \times 所示），触点间的电弧所产生的磁场，其方向为 $\otimes \otimes$ 所示。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，电弧受力的方向为力 F 所指的方向，在力 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。

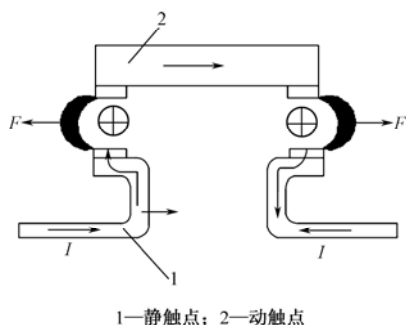


图 1.4 电动力灭弧示意图

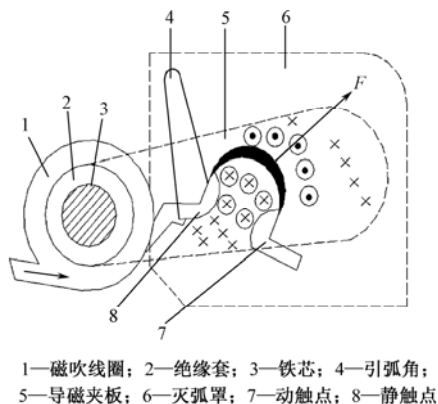
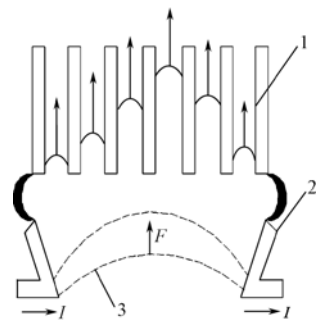


图 1.5 磁吹灭弧示意图

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 1.6 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。



1—灭弧栅片；2—触点；3—电弧

图 1.6 栅片灭弧示意图

1.3 接触器

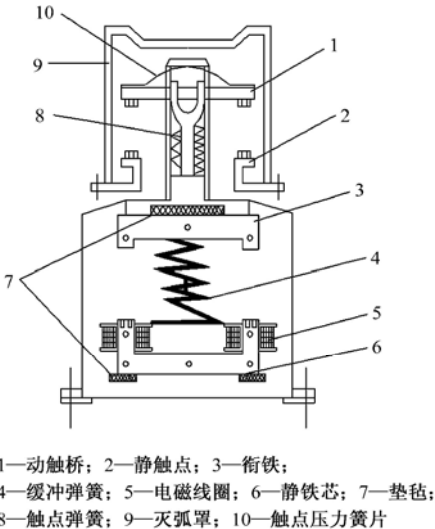
接触器是一种自动的电磁式电器，适用于远距离频繁接通或断开交直流主电路及大容量控制电路。其主要控制对象是电动机，也可用于控制其他负载，如电焊机、电容器、电阻炉等。它不仅能实现远距离自动操作和欠电压释放保护及零电压保护功能，而且控制容量大，工作可靠，操作频率高，使用寿命长。常用的接触器分为交流接触器和直流接触器两类。

1.3.1 接触器结构和工作原理

图 1.7 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

由电磁线圈、铁芯和衔铁组成，其功能是操作触点的闭合和断开。



1—动触桥；2—静触点；3—衔铁；
4—缓冲弹簧；5—电磁线圈；6—静铁芯；7—垫毡；
8—触点弹簧；9—灭弧罩；10—触点压力簧片

图 1.7 CJ20 交流接触器结构示意图

2. 触点系统

触点系统包括主触点和辅助触点。主触点用在通断电流较大的主电路中，一般由三对常开触点组成，体积较大。辅助触点用以通断小电流的控制电路，体积较小，它有“常开”、“常闭”触点（“常开”、“常闭”是指电磁系统未通电动作前触点的状态）。常开触点（又叫动合触点）是指线圈未通电时，其动、静触点是处于断开状态的，当线圈通电后就闭合。常闭触点（又叫动断触点）是指在线圈未通电时，其动、静触点是处于闭合状态的，当线圈通电后，则断开。

线圈通电时，常闭触点先断开，常开触点后闭合；线圈断电时，常开触点先复位（断开），常闭触点后复位（闭合），其中间存在一个很短

的时间间隔。分析电路时，应注意这个时间间隔。

3. 灭弧系统

容量在 10A 以上的接触器都有灭弧装置，常采用纵缝灭弧罩及栅片灭弧结构。

4. 其他部分

包括弹簧、传动机构、接线柱及外壳等。

当交流接触器线圈通电后，在铁芯中产生磁通，由此在衔铁气隙处产生吸力，使衔铁向下运动（产生闭合作用），在衔铁带动下，使动断（常闭）触点断开，动合（常开）触点闭合。当线圈断电或电压显著降低时，吸力消失或减弱，衔铁在弹簧的作用下释放，各触点恢复原来位置。这就是接触器的工作原理。

接触器的图形符号如图 1.8 所示，文字符号为 KM。

直流接触器的结构和工作原理与交流接触器基本相同，仅有电磁机构方面不同。

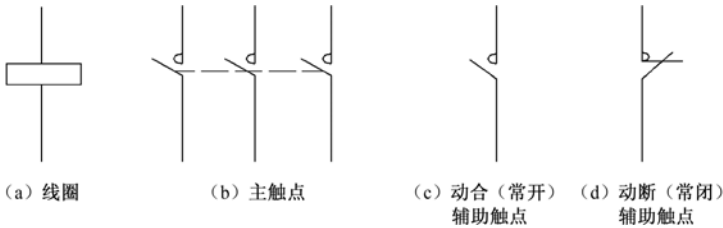


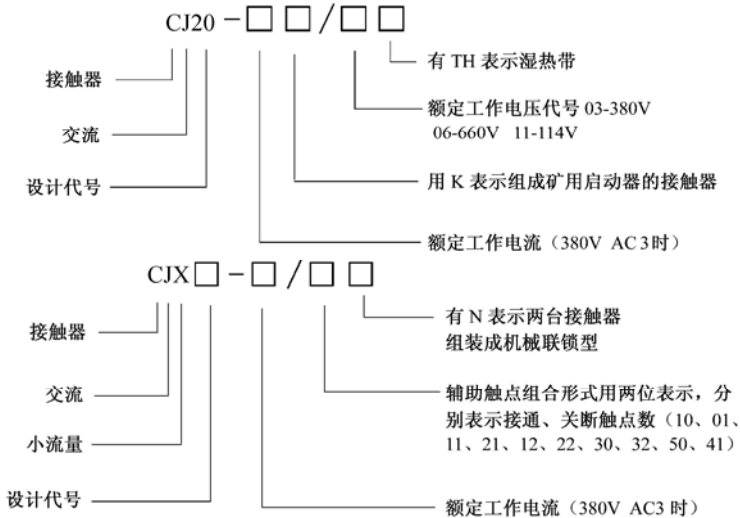
图 1.8 接触器图形符号

1.3.2 接触器的型号及主要技术参数

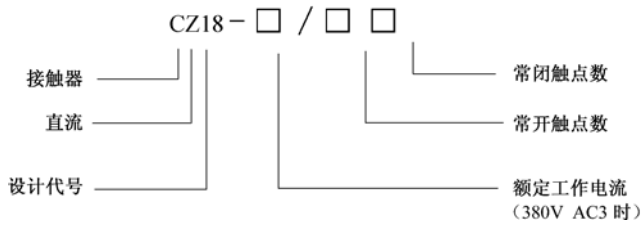
目前我国常用的交流接触器主要有：CJ20、CJX1、CJX2、CJ12 和 CJ10 等系列，引进产品应用较多的有：引进德国 BBC 公司制造技术生产的 B 系列、德国 SIEMENS 公司的 3TB 系列、法国 TE 公司的 LC1 系列等；常用的直流接触器有 CZ18、CZ21、CZ22、和 CZ10、CZ2 等系列，CZ18 系列是取代 CZ0 系列的新产品。

1. 型号含义

交流接触器型号的含义如下：



直流接触器型号的含义如下：



2. 主要技术参数

- (1) 额定电压：是指主触点的额定工作电压。
- (2) 额定电流：是指主触点的额定电流。表 1.1 列出了交、直流接触器的电压、电流额定值。

表 1.1 接触器的额定电压和额定电流的等级表

	直流接触器	交流接触器
额定电压 (V)	110、220、440、660	220、380、500、660
额定电流 (A)	5、10、20、40、60、100、 150、250、400、600	5、10、20、40、60、100、 150、250、400、600

- (3) 线圈额定电压：常用的额定电压等级见表 1.2。

表 1.2 接触器线圈的额定电压等级表

直流线圈 (V)	交流线圈 (V)
24、48、110、220、440	36、110、220、380

(4) 接通和分断能力：接触器在规定条件下，能在给定电压下接通或分断的预期电流值。在此电流值下接通或分断时，不应发生熔焊、飞弧和过分磨损等。在低压电器标准中，按接触器的用途分类，规定了它的接通和分断能力，可查阅相关手册获得。

(5) 机械寿命和电寿命：机械寿命是指需要维修或更换零、部件前（允许正常维护包括更换触点）所能承受的无载操作循环次数；电寿命是指在规定的正常工作条件下，不需修理或更换零、部件的有载操作循环次数。

(6) 操作频率：是指每小时的操作次数。交流接触器最高为 600 次/小时，而直流接触器最高为 1200 次/小时。操作频率直接影响到接触器的电寿命和灭弧罩的工作条件，对于交流接触器还影响到线圈的温升。

3. 接触器的选用

应根据以下原则选用接触器：

- (1) 根据被接通或分断的电流种类选择接触器的类型。
- (2) 根据被控电路中电流大小和使用类别选择接触器的额定电流。
- (3) 根据被控电路电压等级选择接触器的额定电压。
- (4) 根据控制电路的电压等级选择接触器线圈的额定电压。

1.4 继电器

继电器是一种根据电气量（如电压、电流等）或非电气量（如热、时间、压力、转速等）

的变化接通或断开控制电路，以实现自动控制和保护电力拖动装置的电器。继电器一般由感测机构、中间机构和执行机构三个基本部分组成。感测机构把感测到的电气量或非电气量传递给中间机构，将它与额定的整定值进行比较，当达到整定值（过量或欠量）时，中间机构便使执行机构动作，从而接通或断开被控电路。

继电器种类繁多，常用的有电流继电器、电压继电器、中间继电器、时间继电器、热继电器以及温度、计数、频率继电器等等。

1.4.1 电流继电器和电压继电器

1. 电流继电器

根据线圈中电流的大小而接通和断开电路的继电器称为电流继电器。使用时电流继电器的线圈与负载串联，其线圈的匝数少而线径粗。当线圈电流高于整定值动作的继电器称为过电流继电器；低于整定值时动作的继电器称为欠电流继电器。过电流继电器线圈通过小于整定电流时继电器不动作，只有超过整定电流时，继电器才动作。过电流继电器的动作电流整定范围是：交流过电流继电器为（110%~400%） I_N ，直流过电流继电器为（70%~300%） I_N 。欠电流继电器线圈通过的电流大于或等于额定电流时，继电器吸合，只有电流低于整定值时，继电器才释放。欠电流继电器动作电流整定范围是：吸合电流为（30%~65%） I_N ，释放电流为（10%~20%） I_N 。

型号意义如下：

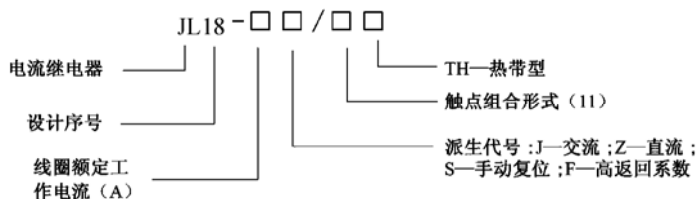


图 1.9 所示为过电流、欠电流继电器图形符号，其文字符号为 KA。

2. 电压继电器

电压继电器检测对象为线圈两端的电压变化信号。根据线圈两端电压的大小而接通或断开电路，实际工作中，电压继电器的线圈并联于被测电路中。

根据实际应用的要求，电压继电器分过电压继电器、欠电压继电器和零电压继电器。过电压继电器是当电压大于其整定值时动作的电压继电器，主要用于对电路或设备进行过电压保护，其整定值为（105%~120%）额定电压。欠电压继电器是当电压降至某一规定范围时动作的电压继电器；零电压继电器是欠电压继电器的一种特殊形式，是当继电器的端电压降至或接近消失时才动作的电压继电器。欠电压继电器和零电压继电器在线路正常工作时，铁芯与衔铁是吸合的，当电压降至低于整定值时，衔铁释放，带动触点动作，对电路实现欠电压或零电压保护。欠电压继电器整定值为（40%~70%）额定电压，零电压继电器整定值为（10%~35%）额定电压。

电压继电器图形符号如图 1.10 所示，文字符号为 KV。

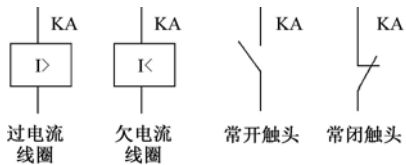


图 1.9 过电流、欠电流继电器图形符号

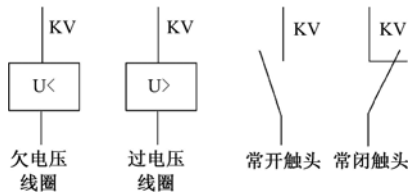


图 1.10 电压继电器图形符号

1.4.2 中间继电器

中间继电器在控制电路中主要用来传递信号、扩大信号功率以及将一个输入信号变换成多个输出信号等。中间继电器的基本结构及工作原理与接触器完全相同。但中间继电器的触点对数多，且没有主辅之分，各对触点允许通过的电流大小相同，多数为 5A。因此，对工作电流小于 5A 的电气控制线路，可用中间继电器代替接触器实施控制。

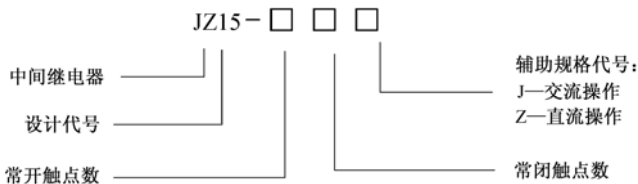


图 1.11 中间继电器图形符号

中间继电器的图形符号如图 1.11 所示，文字符号为 KA。

目前，国内常用中间继电器有 JZ7、JZ8（交流）、JZ14、JZ15、JZ17（交、直流）等系列。引进产品有：德国西门子公司的 3TH 系列和 BBC 公司的 K 系列等。

JZ15 系列中间继电器型号含义如下：



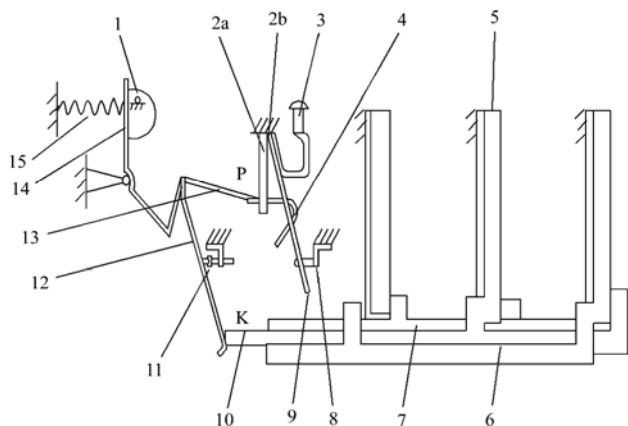
1.4.3 热继电器

热继电器是利用电流的热效应原理工作的保护电器。热继电器主要用于电动机的过载保护、断相保护。

1. 热继电器结构及工作原理

热继电器主要由热元件、双金属片、动作机构、触点、调整装置及手动复位装置等组成，如图 1.12 所示。

热继电器的热元件串接在电动机定子绕组中，一对常闭触点串接在电动机的控制电路中，当电动机正常运行时，热元件中流过电流小，热元件产生的热量虽能使金属片弯曲，但不能使触点动作。当电动机过载时，流过热元件的电流加大，产生的热量增加，使双金属片产生弯曲位移增大，经过一定时间后，通过导板推动热继电器的触点动作，使常闭触点断开，切断电动机控制电路，使电动机主电路失电，电动机得到保护。当故障排除后，按下手动复位按钮，使常闭触点重新闭合（复位），可以重新启动电动机。



1—凸轮；2a、2b—簧片；3—手动复位按钮；4—弓簧；5—主双金属片；6—外导板；7—内导板；8—静触点；9—动触点；10—杠杆；11—调节螺钉；12—补偿双金属片；13—推杆；14—连杆；15—压簧

图 1.12 热继电器工作原理示意图

由于热继电器主双金属片受热膨胀的热惯性及动作机构传递信号的惰性原因，热继电器从电动机过载到触点动作需要一定时间，也就是说，即使电动机严重过载甚至短路，热继电器也不会瞬时动作，因此热继电器不能用于短路保护。但也正是这个热惯性和机械惰性，保证了热继电器在电动机启动或短时过载时不会动作，从而满足了电动机的运行要求。热继电器的文字符号为 FR，图形符号如图 1.13 所示。

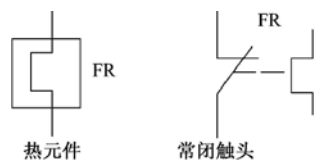
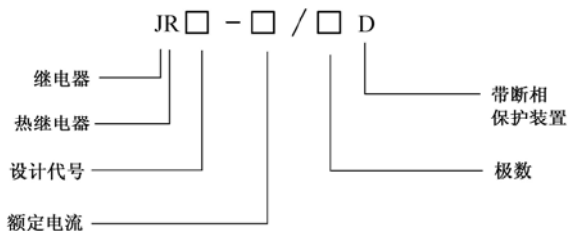


图 1.13 热继电器图形符号

2. 热继电器型号及主要参数

热继电器的型号及含义如下：



其主要参数如下：

- (1) 热继电器额定电流：热继电器中可以安装的热元件的最大整定电流值。
- (2) 热元件额定电流：热元件整定电流调节范围的最大值。
- (3) 整定电流：热元件能够长期通过而不致引起热继电器动作的最大电流值。通常热继电器的整定电流与电动机的额定电流相当，一般取（95%~105%）额定电流。

1.4.4 时间继电器

从得到输入信号（线圈的通电或断电）开始，经过一定的延时后才输出信号（触点的闭合或断开）的继电器，称为时间继电器。

时间继电器延时方式有两种：通电延时、断电延时。

通电延时：接收输入信号后延迟一定时间，输出信号才发生变化；当输入信号消失后，输出瞬时复原。

断电延时：接收输入信号时，瞬时产生相应的输出信号；当输入信号消失后，延迟一定时间，输出才复原。

常用的时间继电器主要有电磁式、电动式、空气阻尼式、晶体管式等。其中，电磁式时间继电器的结构简单，价格低廉，但体积和重量较大，延时较短（如 JT3 型只有 0.3~5.5s），且只能用于直流断电延时；电动式时间继电器的延时精度高，延时可调范围大（由几分钟到几小时），但结构复杂，价格贵。目前在电力拖动线路中，应用较多的是空气阻尼式时间继电器。近年来，晶体管式时间继电器的应用日益广泛。

空气阻尼式时间继电器是利用空气阻尼作用而达到延时的目的。它由电磁机构、延时机构和触点组成。

空气阻尼式时间继电器的电磁机构有交流、直流两种。延时方式有通电延时型和断电延时型（改变电磁机构位置、将电磁铁翻转 180° 安装）。当动铁芯（衔铁）位于静铁芯和延时机构之间位置时为通电延时型；当静铁芯位于动铁芯和延时机构之间位置时为断电延时型。JS7-A 系列时间继电器如图 1.14 所示。

现以通电延时型为例说明其工作原理。当线圈 1 得电后，衔铁（动铁芯）3 吸合，活塞杆 6 在塔形弹簧 8 作用下带动活塞 12 及橡皮膜 10 向上移动，橡皮膜下方空气室空气变得稀薄，形成负压，活塞杆只能缓慢移动，其移动速度由进气孔气隙大小来决定。经一段时间延时后，活塞杆通过杠杆 7 压动微动开关 15，使其触点动作，起到通电延时作用。

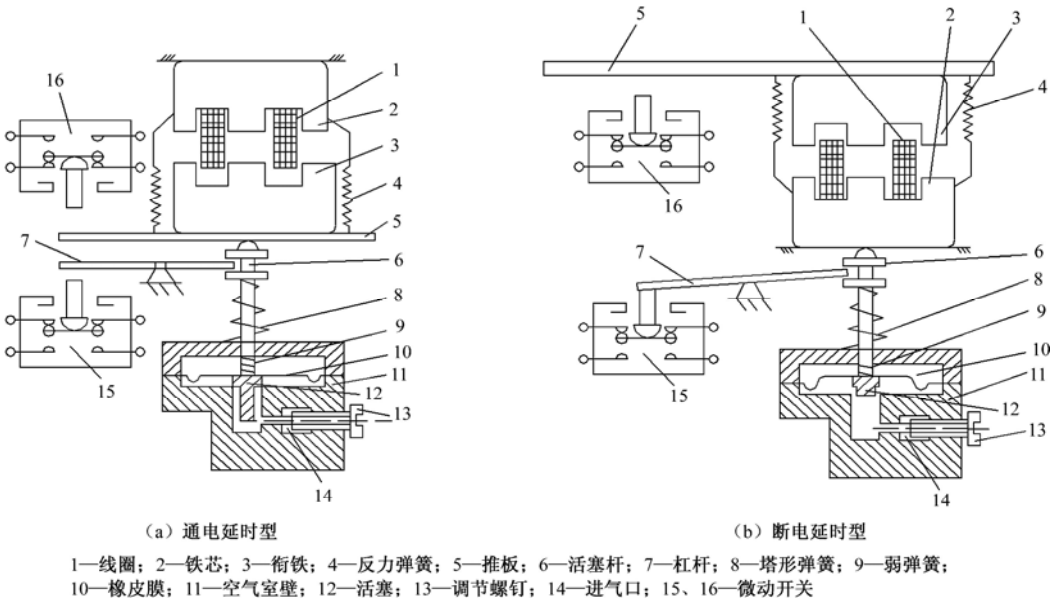


图 1.14 JS7-A 系列时间继电器

当线圈断电时，衔铁释放，橡皮膜下方空气室内的空气通过活塞肩部所形成的单向阀迅速地排出，使活塞杆、杠杆、微动开关等迅速复位。由线圈得电到触点动作的一段时间即为

时间继电器的延时时间，其大小可以通过调节螺钉 13 调节进气孔气隙的大小来改变。

断电时间继电器的结构、工作原理与通电延时继电器相似，只是电磁铁安装方向不同，即当衔铁吸合时推动活塞复位，排出空气。当衔铁释放时活塞杆在弹簧作用下使活塞向下移动，实现断电延时。

在线圈通电和断电时，微动开关 16 在推板 5 的作用下瞬时动作，其触点即为时间继电器的瞬时触点。

时间继电器的图形符号如图 1.15 所示，文字符号为 KT。

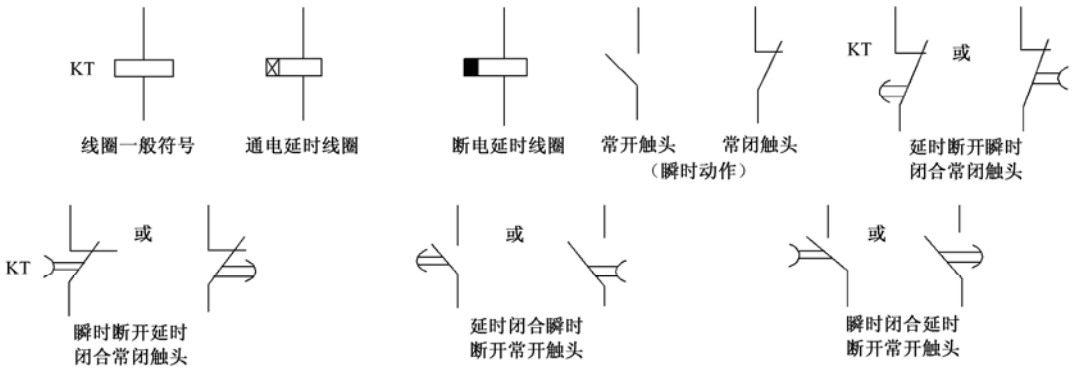


图 1.15 时间继电器图形及文字符号

空气阻尼式时间继电器结构简单，价格低廉，延时范围 0.4~180s，但是延时误差较大，难以精确地整定延时时间，常用于延时精度要求不高的交流控制电路中。

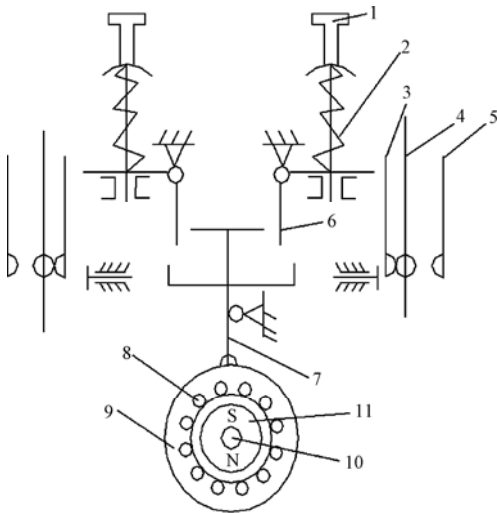
1.4.5 速度继电器

速度继电器是当转速达到规定值时动作的继电器，其作用是与接触器配合实现对电动机的制动，所以又称为反制动继电器。

图 1.16 是速度继电器的结构原理图。速度继电器主要由转子、定子和触点三部分组成。转子是一个圆柱形永久磁铁，定子是一个笼型空心圆环，由矽钢片叠成并装有笼型绕组，速度继电器转子的轴与被控制电动机的轴相连，而定子空套在转子上。当电动机转动时，速度继电器的转子随之转动，这样，永久磁铁的静磁场就成了旋转磁场，定子内的短路导体因切割磁场而感应电动势并产生电流，带电导体在旋转磁场的作用下产生电磁转矩，于是定子随转子旋转方向转动，但由于有返回杠杆挡位，故定子只能随转子转动一定角度，定子的转动经杠杆作用使相应的触点动作，并在杠杆推动触点动作的同时，压缩弹簧，其反作用力也阻止定子转动。当被控电动机转速下降时，速度继电器转子转速也随之下降，于是定子的电磁转矩减小，当电磁转矩小于反作用弹簧的反作用力矩时，定子返回原来位置，对应触点恢复到原来状态。同理，当电动机向相反方向转动时，定子作反向转动，使速度继电器的反向触点动作。

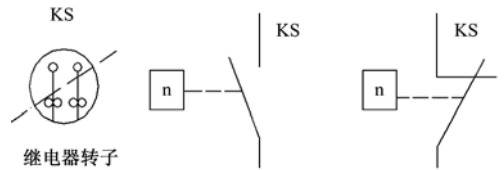
调节螺钉的位置，可以调节反力弹簧的反作用力大小，从而调节触点动作时所需转子的转速。一般速度继电器的动作转速不低于 120r/min，复位转速约为 100r/min 以下。

速度继电器图形符号如图 1.17 所示，文字符号为 KS。



1—螺钉；2—反力弹簧；3—常闭触点；4—动触点；
5—常开触点；6—返回杠杆；7—杠杆；8—定子导体；
9—定子；10—转轴；11—转子

图 1.16 速度继电器的结构原理图



(a) 常开触点

(b) 常闭触点

图 1.17 速度继电器图形符号

1.4.6 液位继电器

有些锅炉和水柜需根据液位的高低变化来控制水泵电动机的启停，这一控制可由液位继电器来完成。

图 1.18 为液位继电器的结构示意图。浮筒置于被控锅炉和水柜内，浮筒的一端有一根磁钢，锅炉外壁装有一对触点，动触点的一端也有一根磁钢，它与浮筒一端的磁钢相对应。当锅炉或水柜内的水位降低到极限值时，浮筒下落使磁钢端绕支点 A 上翘。由于磁钢同性相斥的作用，使动触点的磁钢端被斥下落，通过支点 B 使触点 1-1 接通，2-2 断开。反之，水位升高到上限位置时，浮筒上浮使触点 2-2 接通，1-1 断开。

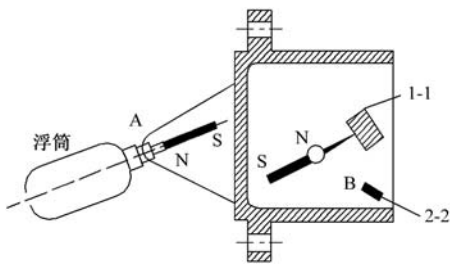


图 1.18 JYF-02 液位继电器

显然，液位继电器的安装位置决定了被控的液位。

1.4.7 干簧继电器

干簧继电器由于其结构小巧，动作迅速，工作稳定，灵敏度高等优点，近年来得到广泛的应用。

干簧继电器的主要部分是干簧管，它由一组或几组导磁簧片封装在惰性气体（如氩、氮等气体）的玻璃管中组成开关元件。导磁簧片又兼作接触簧片，即控制触点，也就是说，一组簧片起开关电路和磁路双重作用。图 1.19 为干簧继电器的结构原理图，其中图 (a) 表示利用线圈内磁场驱动继电器动作，图 (b) 表示利用外磁场驱动继电器。在磁场作用下，干簧管中的两簧片分别被磁化而相吸引，接通电路。磁场消失后，簧片靠本身的弹性分开。

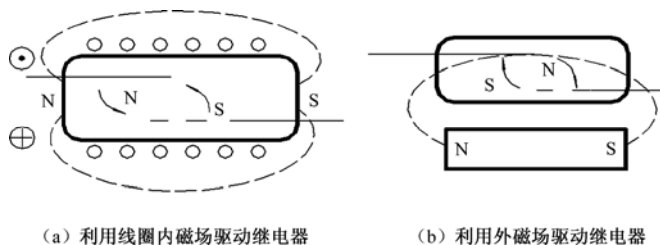


图 1.19 干簧继电器的结构原理

干簧继电器特点如下：

- (1) 接触点与空气隔绝，可有效地防止老化和污染，也不会因触点产生火花而引起附近易燃物的燃烧。
- (2) 触点采用金、钯的合金镀层，接触电阻稳定，寿命长，为 100 万~1000 万次。
- (3) 动作速度快，为 1~3ms，比一般继电器快 5~10 倍。
- (4) 与永久磁铁配合使用方便，灵活。可与晶体管配套使用。
- (5) 承受电压低，通常不超过 250V。

1.4.8 固态继电器

固态继电器 SOLIDSTATE RELAYS，简写成“SSR”是一种全部由固态电子元件组成的无触点开关器件，利用电子元件的开关特性，可达到无触点、无火花接通和断开的目的，因此又称为“无触点开关”。它广泛应用于各种控制仪器仪表设备、计算机数据采集和处理系统、交通信号管理系统等作为执行器件。

固态继电器是一种四端组件，其中两端是输入端，两端是输出端。按主电路可分为直流和交流两种固态继电器，直流固态继电器内部的开关元件是功率晶体管，交流固态继电器内部的开关元件是晶闸管，产品封装结构有塑封型和金属壳全封型。

固态继电器原理框图如图 1.20 所示。图 1.20 (a) 是交流型 SSR 的工作原理框图。SSR 有两个输入端 (A 和 B) 及两个输出端 (C 和 D)，是一种四端器件。工作时只要在 A、B 端加上一定的控制信号，就可以控制 C、D 两端之间的“通”和“断”。其中耦合电路用的元件是“光电耦合器”，其功能是为 A、B 端输入的控制信号提供一个输入/输出端之间的通道，并在电气上断开 SSR 中输入端和输出端之间的 (电) 联系，以防止输出端对输入端的影响。在使用是，可直接将 SSR 的输入端与计算机输出接口相接。触发电路的功能是产生符合控制要求的触发信号，以驱动开关电路。由于开关电路在不加特殊控制电路时，会产生射频干扰，并以高次谐波或尖峰电压等污染电网，为此特设“过零控制电路”。所谓“过零”是指，当加入控制信号，交流电压过零时，SSR 即为接通状态；而当断开控制信号后，SSR 要等到交流电的正、负半周交界点 (零电位) 处，才为断开状态。这种设计能防止高次谐波的干扰和对电网的污染。吸收电路是为防止从电源中传来的尖峰、浪涌 (电压) 对开关器件造成冲击和干扰引起误动作而设计的，一般是用 RC 串联吸收电路或非线性电阻器 (压敏电阻器)。

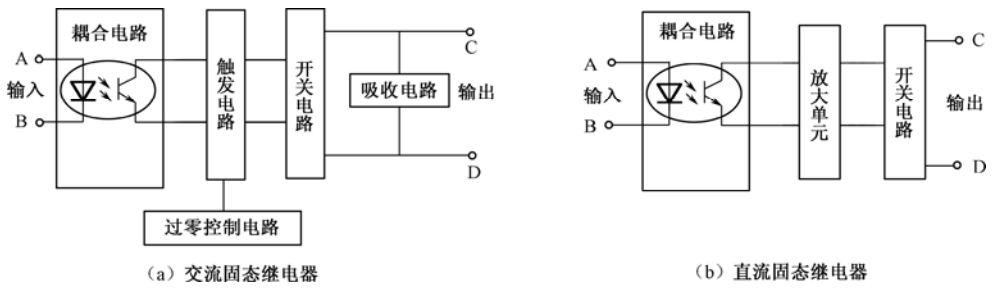


图 1.20 固态继电器原理框图

1.5 熔断器

熔断器是低压电路及电动机控制线路中主要用作短路保护的电器。使用时串联在被保护的电路中，当电路发生短路故障，通过熔断器的电流达到或超过某一规定值时，以其自身产生的热量使熔体熔断，从而自动分断电路，起到保护作用。它具有结构简单，价格便宜，动作可靠，使用维护方便等优点，因此得到广泛应用。其图形符号和文字符号如图 1.21 所示。



图 1.21 熔断器图形符号

1.5.1 熔断器的分类

熔断器种类很多，常用的有以下几种。

1. 插入式熔断器（无填料式）

常用的有 RC1A 系列，主要用于低压分支路及中小容量的控制系统的短路保护，亦可用于民用照明电路的短路保护。

RC1A 系列结构简单，它由瓷盖、底座、触点、熔丝等组成，其价格低，熔体更换方便，但它的分断能力低。

2. 螺旋式熔断器

有 RL1、RL2、RL6、RL7 等系列，其中 RL6、RL7 系列熔断器分别取代 RL1、RL2 系列，常用于配电线路及机床控制线路中作短路保护。螺旋式快速熔断器有 RLS2 等系列，常用作半导体元器件的保护。

螺旋式熔断器由瓷底座、熔管、瓷帽等组成。瓷管内装有熔体，并装满石英砂，将熔管置入底座内，旋紧瓷帽，电路就可以接通。瓷帽顶部有玻璃圆孔，其内部有熔断指示器，当熔体熔断时，指示器跳出。螺旋式熔断器具有较高的分断能力，限流性好，有明显的熔断指示，可不用工具就能安全更换熔体，在机床中被广泛采用。

3. 无填料封闭管式熔断器

常用无填料封闭管式熔断器有 RM1、RM10 等系列，主要用于作低压配电线路的过载和短路保护。

无填料封闭管式熔断器分断能力较低，限流特性较差，适合于线路容量不大的电网中，其最大优点是熔体可很方便拆换。

4. 有填料封闭管式熔断器

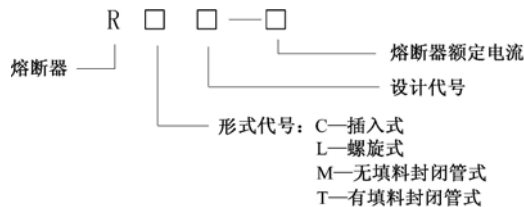
常用有填料封闭管式熔断器有 RT0、RT12、RT14、RT15 等系列，引进产品有德国 AEG 公司的 NT 系列。有填料封闭管式熔断器主要作为工业电气装置、配电设备的过载和短路保护，亦可配套使用于熔断器组合电器中。有填料快速熔断器 RS0、RS3 系列，用作硅整流元件和晶闸管元件及其所组成的成套装置的过载和短路保护。

有填料封闭管式熔断器具有高的分断能力，保护特性稳定，限流特性好，使用安全，可用于各种电路和电气设备的过载和短路保护。

1.5.2 熔断器型号及主要性能参数

1. 熔断器型号的含义

熔断器型号的含义如下所示：



2. 主要性能参数

(1) 额定电压：保证熔断器能长期正常工作的电压。

(2) 额定电流：保证熔断器能长期正常工作的电流。是由熔断器各部分长期工作时允许温升决定的，它与熔体的额定电流是两个不同的概念。熔体的额定电流是指在规定的条件下，长时间通过熔体而熔体不熔断时的最大电流值。通常一个额定电流等级的熔断器可以配用若干个额定电流等级的熔体，但熔体的额定电流不能大于熔断器的额定电流值。

(3) 极限分断电流：是指熔断器在额定电压下所能断开的最大短路电流。

(4) 时间-电流特性：在规定工作条件下，表征流过熔体的电流与熔体熔断时间关系的函数曲线，也称保护特性或熔断特性。如图 1.22 所示。

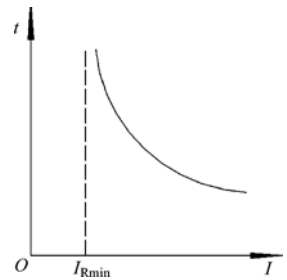


图 1.22 熔断器的时间-电流特性

1.6 低压断路器

低压断路器可用来分配电能，不频繁地启动异步电动机，对电源线路及电动机等实行保护，当它们发生严重的过载或短路及欠电压等故障时能自动切断电路，其功能相当于熔断器式断路器与过流、欠压、热继电器的组合，而且在分断故障电流后一般不需要更换零部件，

因而获得了广泛的应用。

1.6.1 低压断路器结构及工作原理

低压断路器由操作机构、触点、保护装置（各种脱扣器）、灭弧系统等组成。低压断路器工作原理如图 1.23 所示。

低压断路器的主触点是靠手动操作或电动合闸的，主触点闭合后，自由脱扣机构将主触点锁在合闸位置上。过电流脱扣器的线圈和热脱扣器的热元件与主电路串联，欠电压脱扣器的线圈和电源并联。当电路发生短路或严重过载时，过电流继电器的衔铁闭合，使自由脱扣器机构动作，主触点断开主电路。当电路过载时，热脱扣器的热元件发热使双金属片向上弯曲，推动自由脱扣机构动作。当电路欠电压时，欠电压脱扣器的衔铁释放，也使自由脱扣器机构动作。分磁脱扣器则作为远距离控制用，在正常工作时，其线圈是断电的，在需远距离控制时，按下启动按钮，使线圈得电，衔铁带动自由脱扣器机构动作，使主触点断开。

低压断路器的图形符号如图 1.24 所示，文字符号 QF。

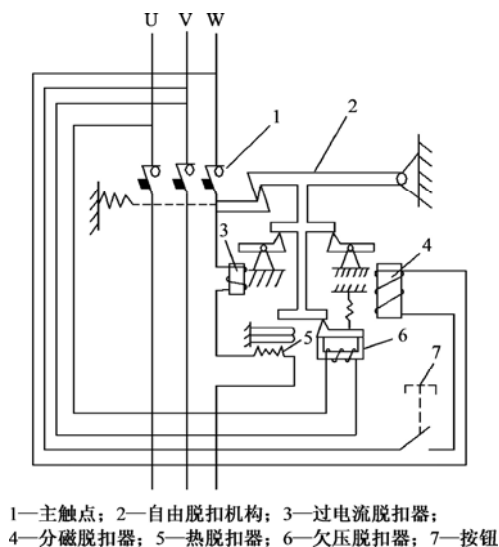


图 1.23 低压断路器的工作原理示意图

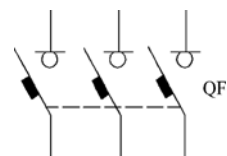


图 1.24 低压断路器的图形符号

1.6.2 低压断路器类型及主要参数

1. 低压断路器分类

(1) 万能式断路器。具有绝缘衬垫的框架结构底座将所有的构件组装在一起，用于配电网络的保护。主要型号有 DW10、DW15 两个系列。

(2) 塑料外壳式断路器。具有用模压绝缘材料制成封闭外壳将所有构件组装在一起。用于配电网络的保护和电动机、照明电路及电热器等控制开关。主要型号有 DZ5、DZ10、DZ20 等系列。

(3) 模块化小型断路器。模块化小型断路器由操作机构、热脱扣器、电磁脱扣器、触点系统、灭弧室等部件组成，所有部件都置于一个绝缘壳中。在结构上具有外形尺寸模块化（9mm 的倍数）和安装导轨化的特点，该系列断路器可作为线路和交流电动机等的电源控制

开关及过载、短路等保护用。常用型号有 C45、DZ47、S、DZ187、XA、MC 等系列。

(4) 智能化断路器。传统的断路器的保护功能是利用了热磁效应原理，通过机械系统的动作来实现的。智能化断路器的特征是采用了以微处理器或单片机为核心的智能控制器（智能脱扣器）。它不仅具备普通断路器的各种保护功能，同时还具有实时显示电路中的各种电参数（电流、电压、功率因数等），对电路进行在线监视、测量、试验、自诊断、通信等功能；能够对各种保护功能的动作参数进行显示、设定和修改。将电路动作时的故障参数存储在非易失存储器中以便查询。智能化断路器原理框图如图 1.25 所示。

目前国内生产的智能化断路器主要型号有 DW45、DW40、DW914(AH)、DW18(AE-S)、DW48、DW19(3WZ)、DW17(ME) 等。

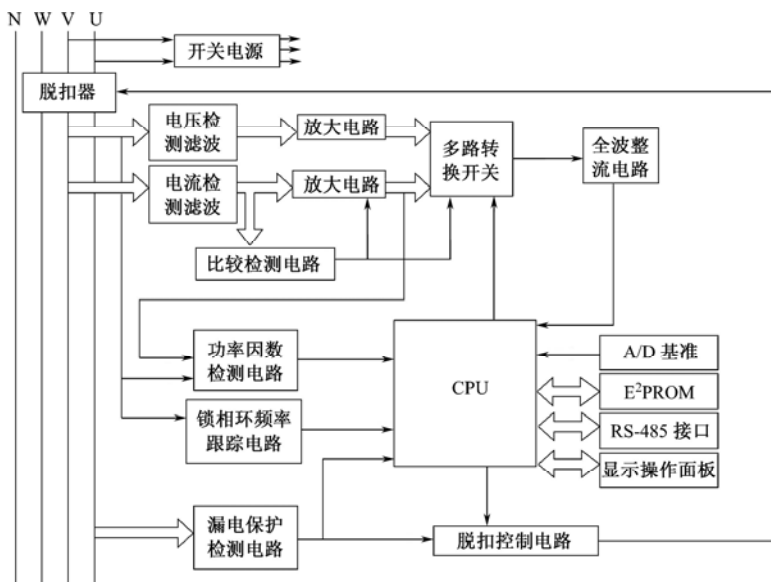


图 1.25 智能化断路器原理框图

1.7 低压隔离器

1.7.1 刀开关

刀开关是一种手动配电电器，主要用来手动接通或断开交、直流电路，通常只作为隔离开关使用，也可用于不频繁地接通与分断额定电流以下的负载，如小容量电动机、电阻炉等。

刀开关按极数可分为单极、双极、三极，其结构主要由操作手柄、触刀、触点座和底座组成。依靠手动来实现触刀插入触点座与脱离触点座的控制。

刀开关安装时，手柄要向上，不得倒装或平装，避免由于重力自由下落而引起误动作和合闸。接线时电源线接上端，负载线接下端。刀开关文字符号为 QS，图形符号如图 1.26 所示。

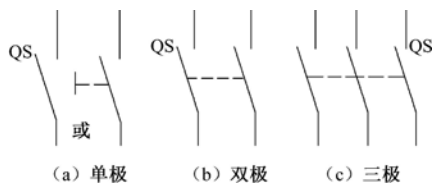


图 1.26 刀开关的图形符号