



ELECTRIC POWER ENGINEERING 电力工程

鞠平 主编

第五章 开关设备

5.1 电弧与灭弧

5.2 高压断路器

5.3 隔离开关、高压负荷开关、高压熔断器

5.4 低压电器

5.1 电弧与灭弧

5.1.1 电弧产生和熄灭的物理过程

5.1.2 灭弧的物理过程

5.1.3 熄灭交流电弧的基本方法

5.1 电弧与灭弧

存在:

在机械开关开断电路的过程中，当两触头间电压高于10~20V，电流大于80~100mA时，就会在动、静触头间产生电弧。

危害:

- ❖ 电弧的存在使电路不能断开;
- ❖ 电弧的高温可能烧坏触头或破坏触头附近的绝缘;
- ❖ 电弧不能熄灭将使触头周围的空气迅速膨胀形成巨大的爆炸力。

5.1.1 电弧与灭弧

❖ 电弧中带电质点的产生

强电场发射 碰撞游离
热游离 热电子发射

❖ 电弧间隙的去游离

复合
扩散

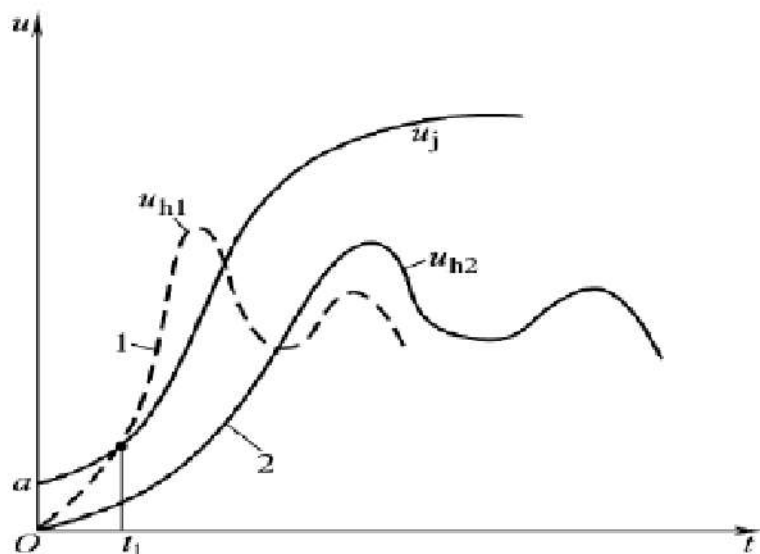
5.1.2 灭弧的物理过程

利用电弧自然过零的机会，加强去游离，熄灭电弧。

$$u_j(t) > u_h(t)$$

$u_j(t)$ 弧系介质耐受电压

$u_h(t)$ 恢复电压



介质强度与恢复电压曲线
1—电弧重燃 2—电弧不重燃

5.1.3 熄灭交流电弧的基本方法

- ❖ 用液体或气体吹弧
- ❖ 采用多断口熄弧
- ❖ 利用真空灭弧
- ❖ 利用特殊介质灭弧
- ❖ 快速拉长电弧
- ❖ 采用特殊金属材料作为灭弧触头
- ❖ 采用并联电阻
- ❖ 其他措施

5.2 高压断路器

5.2.1 电力系统对高压断路器的要求

5.2.2 高压断路器的型号、分类和特点

5.2.3 SF₆高压断路器

5.2 高压断路器

高压断路器的作用：

控制：根据电力系统的运行要求，接通或断开工 作电路；

保护：系统发生故障时，在继电保护装置的作用下，自动断开故障部分，保证系统中无故障部分的正常运行。

断路器的核心性能：**灭弧能力**

5.2.1 电力系统对高压断路器的要求

- ❖ 工作可靠
- ❖ 足够的开断短路电流的能力
- ❖ 尽可能短的切断时间
- ❖ 具有自动重合闸性能
- ❖ 足够的机械强度和良好的稳定性能
- ❖ 结构简单、价格低廉

5.2.2 高压断路器的型号、分类和特点

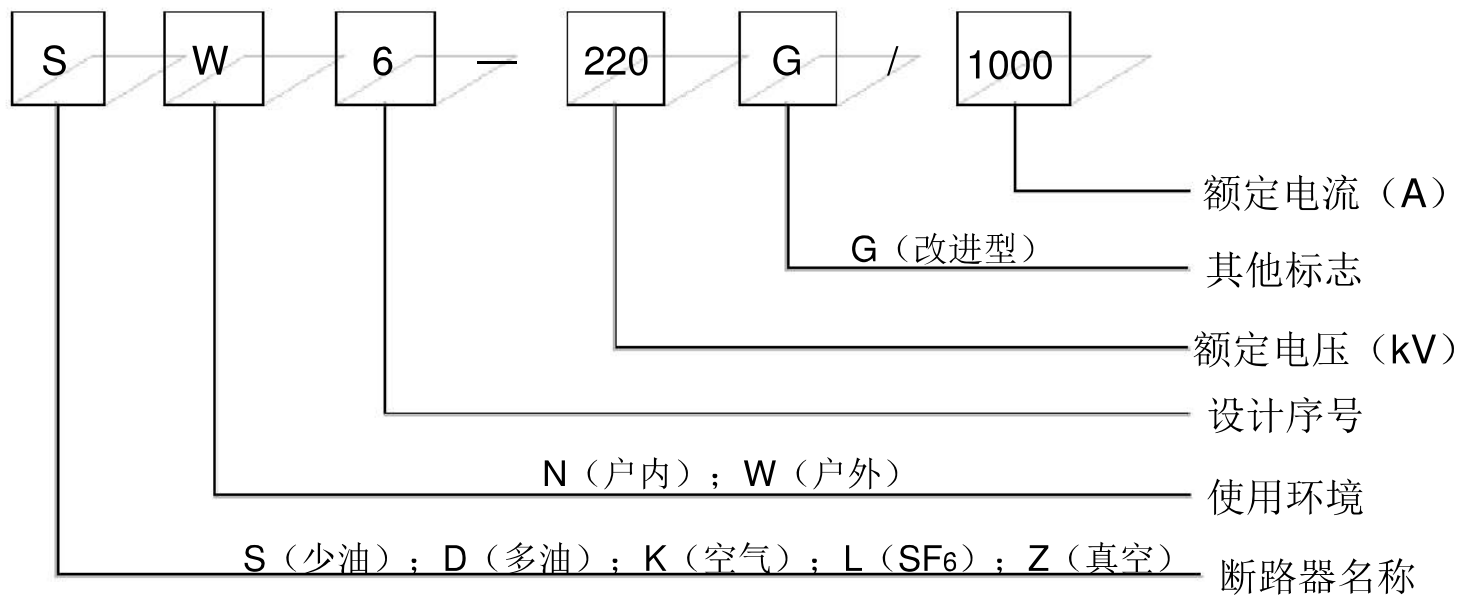
1、高压断路器类别与特点

按灭弧介质分 { 油断路器
压缩空气断路器
SF6断路器
真空断路器

按安装场所分 { 户内式
户外式

5.2.2 高压断路器的型号、分类和特点

2、高压断路器的型号



5.2.2 高压断路器的型号、分类和特点

3、高压断路器的技术参数

额定电压 U_N : 保证断路器长期正常工作的线电压 (kV)

额定电流 I_N : 额定的环境温度下, 允许长期通过的最大工作电流 (A)

额定开断电流 I_{Nbr} : 额定电压下能可靠开断的最大电流 (kA)

热稳定电流 I_{th} : 某一规定的短时间内断路器能耐受的短路电流热效应所对应的电流值 (kA)

动稳定电流 I_{es} : 断路器在关合位置时能允许通过而不至影响其正常运行的短路电流最大瞬时值 (kA)

5.2.2 高压断路器的型号、分类和特点

额定短路关合电流 I_{Nd} ：断路器在额定电压下用相应操动机构能闭合的最大短路电流（kA）

开断时间 t_{br} ：断路器操动机构接到分闸指令起到三相电弧完全熄灭为止的一段时间

开断时间 = 分闸时间 + 熄弧时间

合闸时间 t_d ：断路器操动机构接到合闸信号起到三相触头完全接通为止的一段时间

5.2.3 SF₆高压断路器

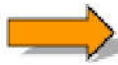
1、SF₆气体特性及SF₆断路器的结构类型

(1) SF₆气体的特性

无色、无臭、无毒、不可燃

灭弧和绝缘性能优越

水分参与下将产生强腐蚀性分解产物



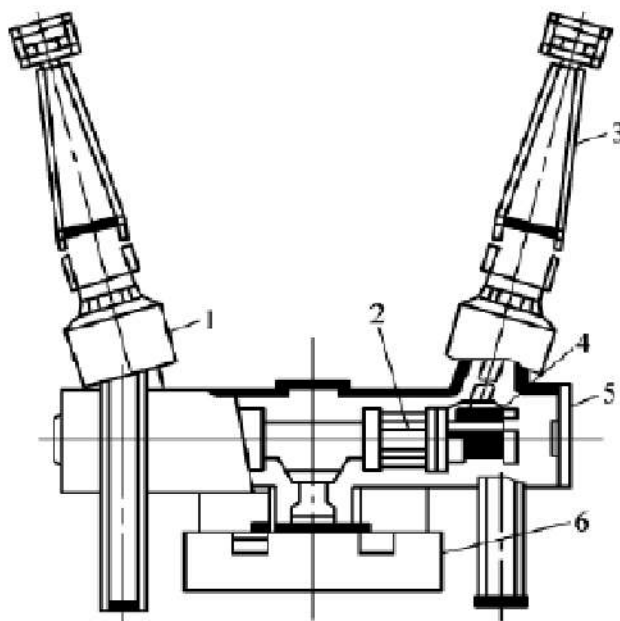
灭弧速度快，开断能力强，安全可靠，无火灾
工艺要求高，造价较高

5.2.3 SF₆高压断路器

(2) SF₆断路器的结构类型

落地罐式

触头和灭弧室装在冲有SF₆气体并接地的金属罐中，触头与罐壁间的绝缘采用环氧支持绝缘子，引线靠绝缘瓷套管引出。



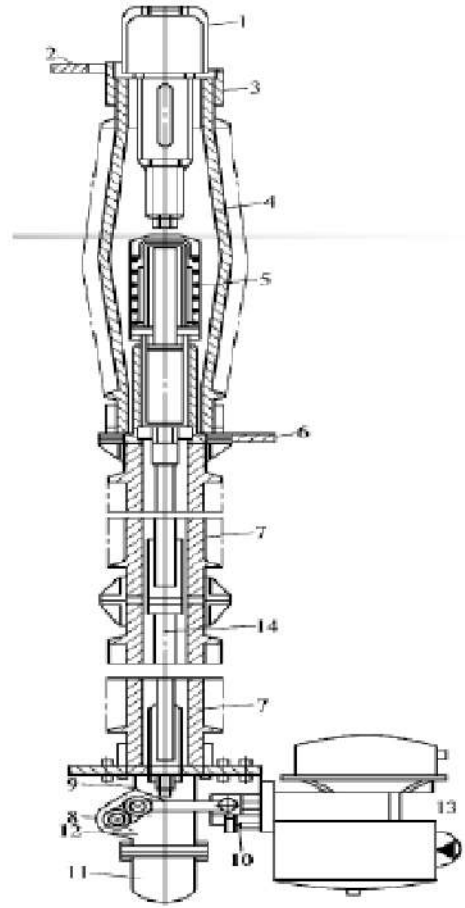
1—套管式电流互感器 2—灭弧室 3—套管
4—合闸电阻 5—吸附剂 6—操作机构箱

5.2.3 SF₆高压断路器

磁柱式

灭弧室可布置成T形或Y形；

灭弧室位于高电位，靠支柱绝缘瓷套对地绝缘。



5.2.3 SF₆高压断路器

2、断路器灭弧室结构及灭弧过程

(1) 单压式（压气式）灭弧室

只有一个气压系统，常态时只有单一的SF₆气体

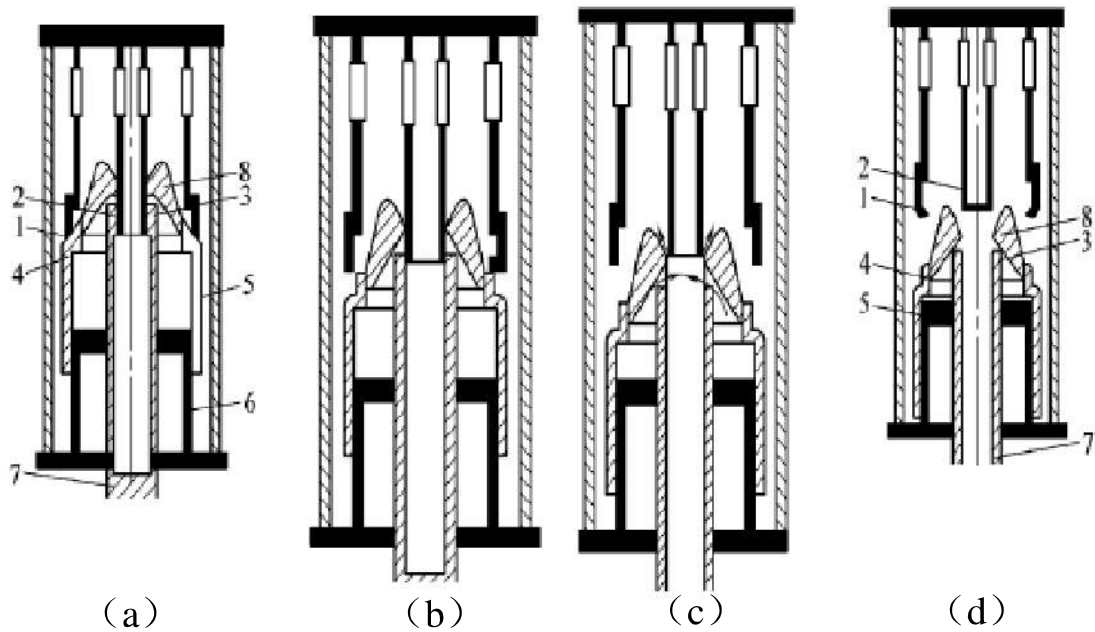
灭弧室的可动部分带有气压装置，分闸过程中，气压缸的触头同时运行，将气压室内气体压缩。触头分离后，电弧受到高速气流纵吹而将电弧熄灭。

(2) 双压式灭弧室

有高压和低压两个气压系统

灭弧时，高压室控制阀打开，高压SF₆气体经过喷嘴吹向低压系统，再吹向电弧使其熄灭。

5.2.3 SF₆高压断路器



压气式变开距灭弧室工作原理

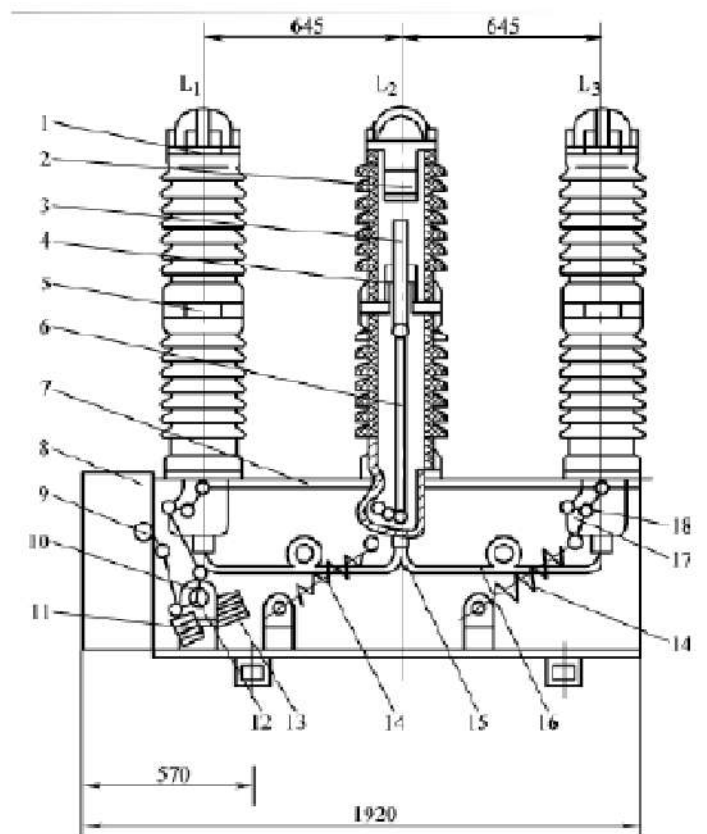
(a) 合闸位置 (b) 产生压力 (c) 电弧熄灭 (d) 分闸位置

1—静触头 2—静弧触头 3—动弧触头 4—动触头 5—压气缸 6—压气活塞 7—拉杆 8—绝缘喷嘴

5.2.3 SF₆高压断路器

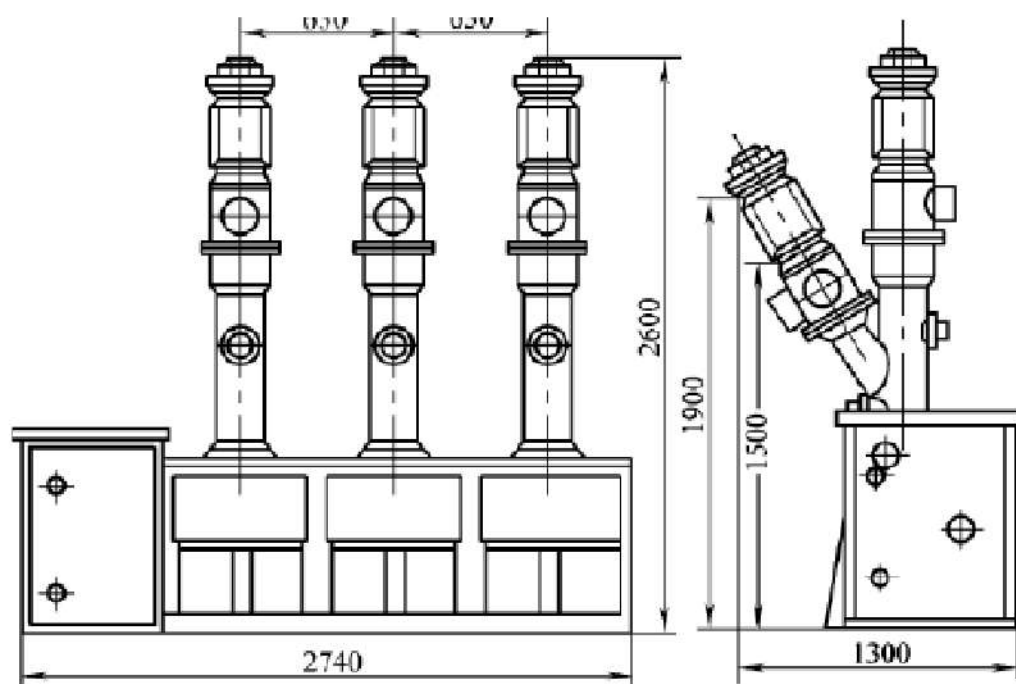
3、两种典型SF₆断路器

(1) LW16—15型断路器



5.2.3 SF₆高压断路器

(2) LW8—35型断路器



5.3 隔离开关、高压负荷开关、高压熔断器

5.3.1 隔离开关

5.3.2 高压负荷开关

5.3.3 高压熔断器

5.3.1 隔离开关

没有灭弧装置



不能用来开断负荷电流和短路电流



与断路器配合使用
由断路器完成带负荷线路的关合开断任务

5.3.1 隔离开关

1、隔离开关的用途与应满足的要求

(1) 隔离开关的用途

- ❖ 隔离电源
- ❖ 倒闸操作
- ❖ 接通和断开小电流电路

5.3.1 隔离开关

(2) 隔离开关应满足的要求

- ❖ 具有明显的断口
- ❖ 断口之间应有可靠的绝缘
- ❖ 具有足够的热稳定和动稳定
- ❖ 结构简单，动作可靠
- ❖ 带有接地开关的隔离开关必须有联锁机构
- ❖ 要装有和断路器之间的联锁机构

5.3.1 隔离开关

2、隔离开关的技术参数、分类和型号

(1) 隔离开关的主要技术参数

额定电压：隔离开关长期运行所能承受的工作电压

最高工作电压：隔离开关能承受的超过额定电压的最高电压

额定电流：隔离开关可以长期通过的工作电流

热稳定电流：隔离开关在规定的时间内允许通过的最大电流

极限通过电流峰值：隔离开关所能承受的最大瞬时冲击电流

5.3.1 隔离开关

(2) 隔离开关分类

按装设地点不同：户内式和户外式

按绝缘支柱数目：单柱式、双柱式和三柱式

按动触头运动方式：水平旋转式、垂直旋转式、摆动式和插入式

按有无接地开关：无接地开关、一侧有接地开关、两侧有接地开关

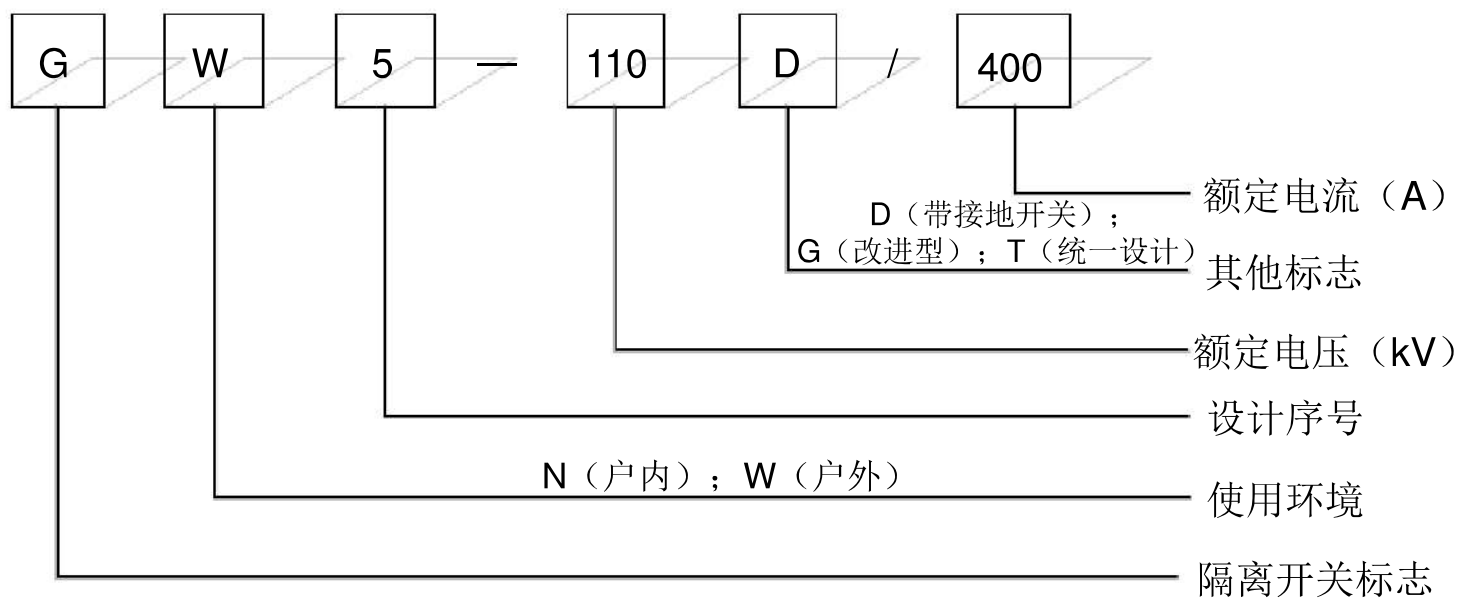
按操动机构不同：手动式、电动式、气动式和液压式

按极数：单极、双极和三极

按装方式：平装式和套管式

5.3.1 隔离开关

(3) 隔离开关的型号、规格

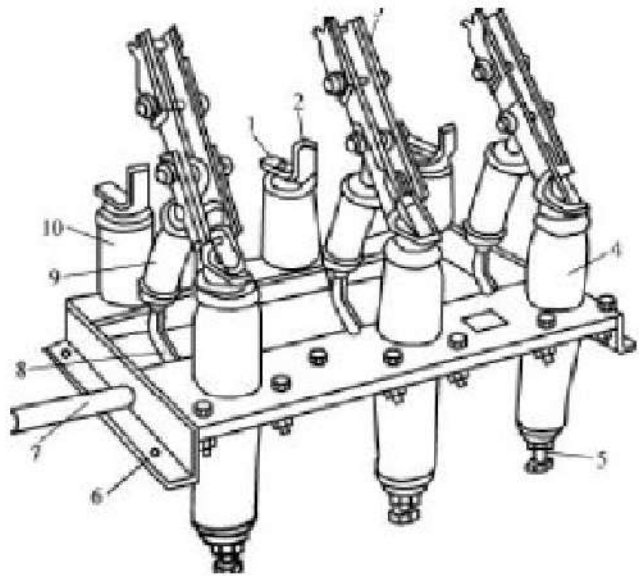


5.3.1 隔离开关

3、隔离开关的结构和工作原理

(1) 户内隔离开关

户内隔离开关有三极和单极两种，一般为刀闸隔离开关。

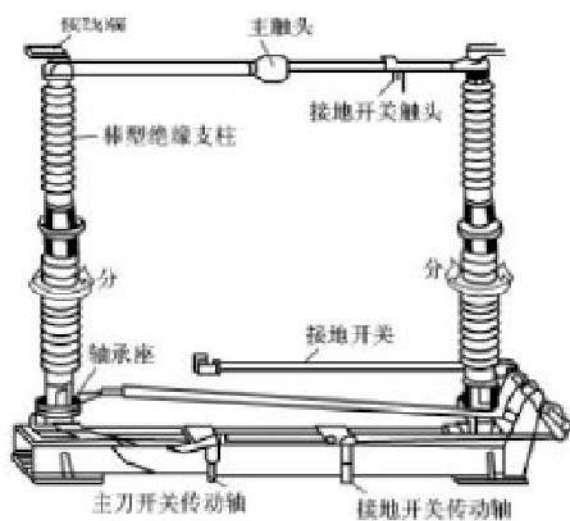
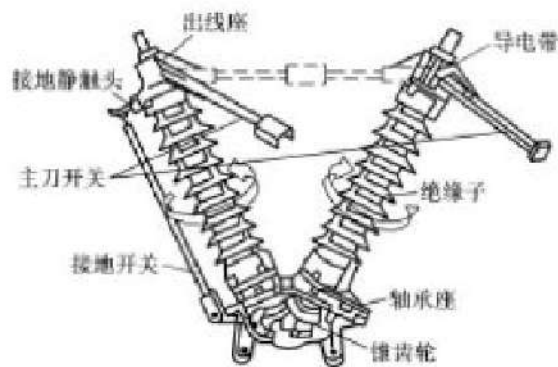


5.3.1 隔离开关

(1) 户外隔离开关

户外隔离开关有单柱式双柱式和三柱式3种。

由于工作条件比户内隔离开关差，其绝缘强度和接卸强度要求较高。



5.3.1 隔离开关

断路器和隔离开关的操作顺序：

- ❖ 接通电路时，先合上断路器两侧的隔离开关，再合断路器
- ❖ 切断电路时，先断开断路器，再拉开两侧的隔离开关

严禁在未断开断路器的情况下拉合隔离开关

5.3.2 高压负荷开关

1、高压负荷开关的用途和特点

- ❖ 具有灭弧装置和一定的分合闸速度，能开断正常的负荷电流和过负荷电流，也能关合一定的短路电流，但不能开断短路电流。
- ❖ 可用于控制供电线路的负荷电流，可用来控制空载线路、空载变压器及电容器等。
- ❖ 分闸时有明显的断口，可起到隔离开关的作用，与高压断路器串联使用，在功率不大或可靠性要求不高的配电回路中可用于代替断路器。

5.3.2 高压负荷开关

2、几种典型的高压负荷开关的结构特点与基本原理

真空负荷开关：无明显电弧、不会发生火灾及爆炸事故、可靠性好、使用寿命长、几乎不需要维护、体积小重量轻，可用于各种成套配电装置。

SF₆负荷开关：灭弧效果好，无爆炸、燃烧的可能，使用寿命长，检修周期一般可达10年。

5.3.3 高压熔断器

1、熔断器的作用与特点

- ❖ 熔断器是最简单和最早使用的一种保护电器。
- ❖ 串联在电路中，当电路发生短路或过负荷时，熔体熔断，切断故障电路，使电气设备免遭损坏，维持电力系统其余部分正常工作。
- ❖ 广泛应用于低压电路中，而且在35kV及以下的小容量高压电路，特别是供电可靠性要求不是很高的配电线路中应用广泛。

5.3.3 高压熔断器

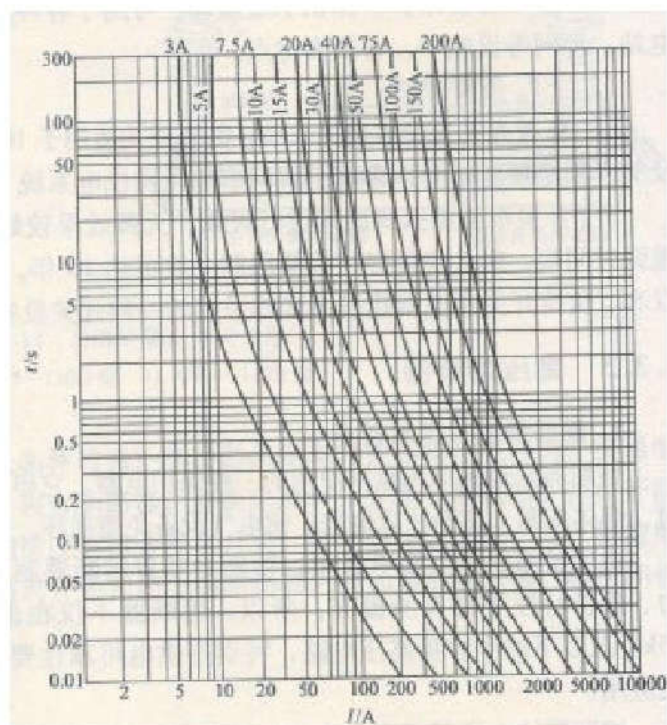
2、高压熔断器的基本结构、工作特性

- ❖ 由金属熔件（熔体）、支持熔件的触头、灭弧装置和绝缘底座等部分组成。
- ❖ 按装在被保护设备或线路的电源侧。当电路中发生过负荷或短路时，熔体被过负荷或短路电流加热，并在被保护设备的温度未达到破坏其绝缘之前熔断，使电路断开，保护设备。
- ❖ 熔体熔断汽化时会发生电弧，必须采取措施灭弧。

5.3.3 高压熔断器

熔体熔化时间长短，取决于熔体熔点的高低和所通过电流的大小。

熔体熔断电流和熔断时间之间呈现反时特性，即电流越大，熔断时间越短。



6~35kV熔丝安秒特性

5.3.3 高压熔断器

3、高压熔断器的的技术参数

熔断器额定电压：既是绝缘介质所允许的电压等级，又是熔断器允许的灭弧电压等级。

熔断器额定电流：在一般环境温度下，熔断器壳体的载流部分和接触部分长期允许通过的最大工作电流。

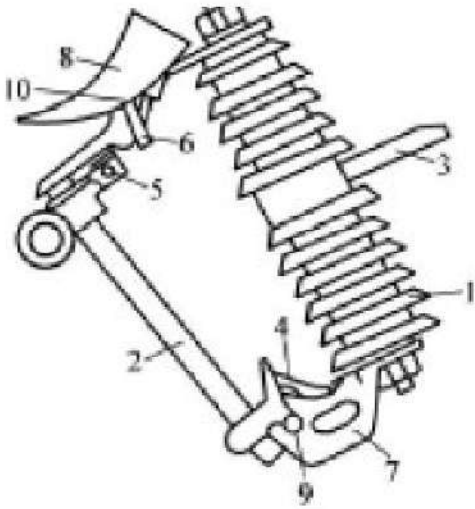
熔体的额定电流：熔体允许长期通过而不发生熔断的最大电流有效值。

熔断器的开关电流：做能开断的最大电流。

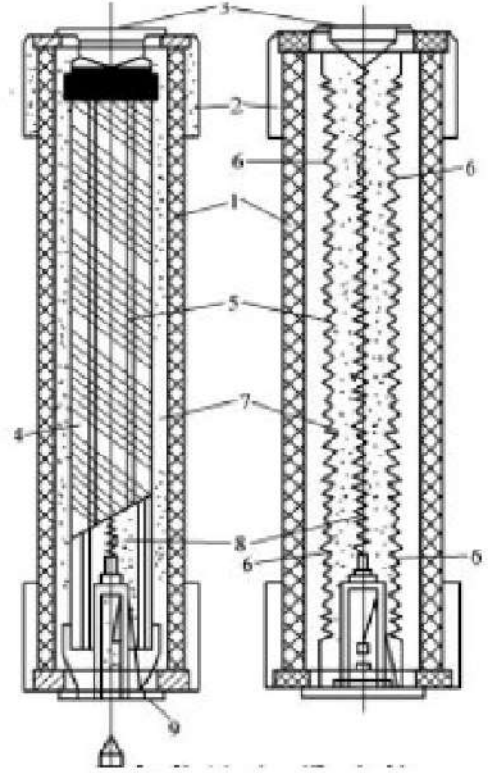
5.3.3 高压熔断器

4、典型的高压熔断器的介绍

(1) 跌落式熔断器

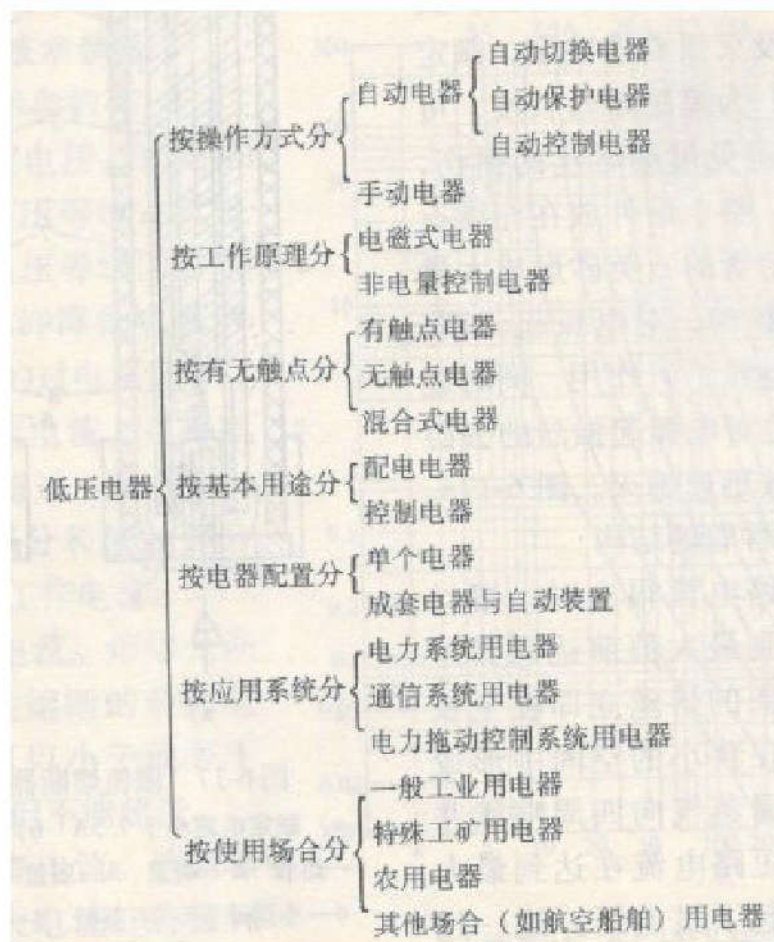


(2) 限流式熔断器

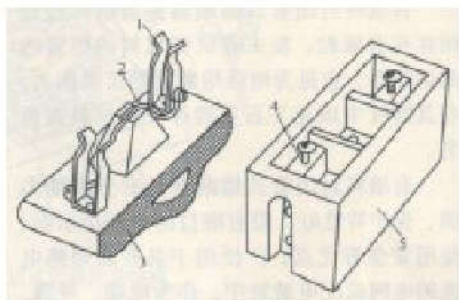


5.4 低压电器

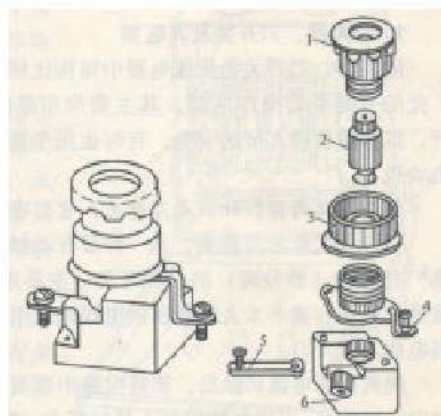
低压电器通常指正常工作在交流电压1200V及以下或直流电压1500V及以下的电路中的电器。



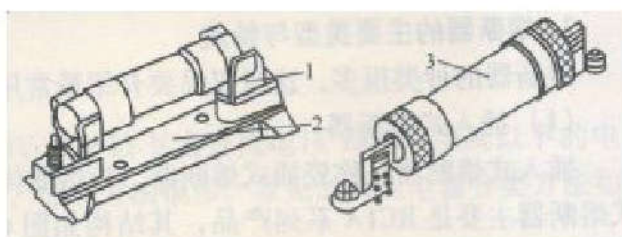
5.4.1 低压熔断器



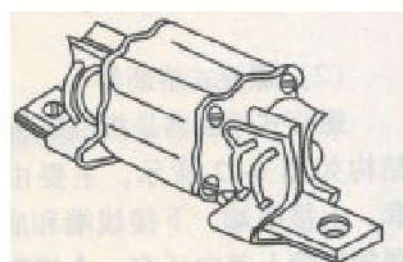
插入式熔断器



螺旋式熔断器



无填料密闭管式熔断器



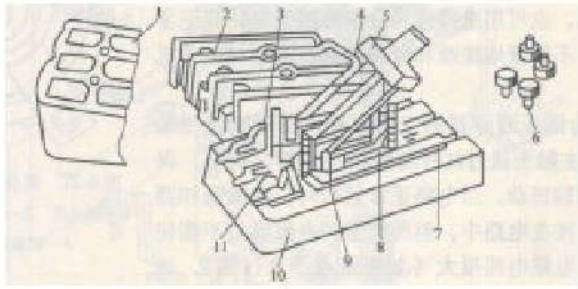
有填料密闭管式熔断器

5.4.2 低压刀开关

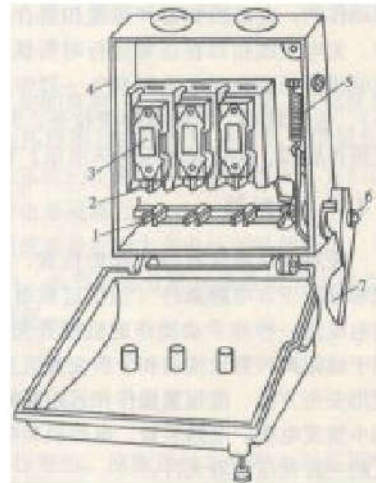
刀开关：又称闸刀开关，是一种带有动触头，在闭合位置与底座上的静触头相契合（或分离）的一种开关。主要用于各种配电设备和供电线路，可作为非频繁地接通和分断容量不太大的低压供电线路。

隔离器：在电源切除后，能将电路中所有电流通路都切断，并保持有效的隔离距离（又称电气间隙），可保障检修人员的安全。一般属于无载通断电器，有一定的载流能力。

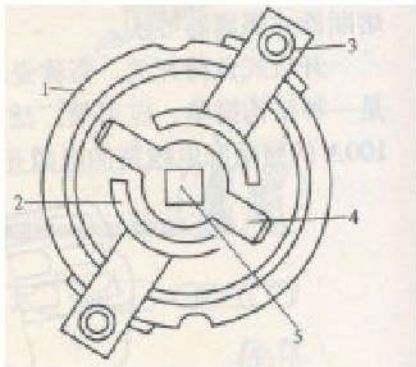
5.4.2 低压刀开关



HK系列开启式负荷开关



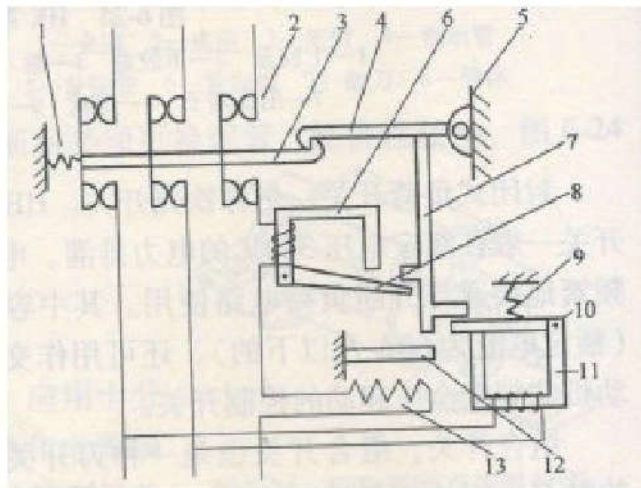
HH型封闭式负荷开关



组合开关

5.4.3 低压断路器

低压断路器俗称自动空气开关。按规定条件对配电电路、电动机或其他用电设备实行通断操作并起保护作用。



低压断路器工作原理

5.4.4 接触器

接触器是指仅有一个起始位置，能接通、承载和分断正常电路条件（包括过载运行条件）下的电流的一种非手动操作的机械开关电器。

- 用于远距离频繁接通和分断交直流主电路和大容量控制电路；
- 动作快、控制容量大、使用安全方便、能频繁操作和远距离操作；
- 主要用于控制交直流电动机，也可用于控制小型发电机、电热装置、电焊机、电容器组等设备。

