

第六章

开关电器

教学要求

- 掌握电弧的形成及熄灭条件
- 熟悉电弧形成的物理过程、特性
- 掌握直流电弧及交流电弧的特性及熄灭条件
- 掌握开关电器常用的熄弧方法
- 掌握断路器及隔离开关的功能、类型及基本参数

主要电气一次设备简介

(直接与发配电电路相连接的设备)

- 进行能量转换的设备：
发电机G、变压器T、电动机
- 接通和开断电路的开关设备：断路器QF、隔离开关QS、熔断器FU、负荷开关
- 连接电路的导体：控制电缆、小母线、连接线
- 限制电流和防止过电压的设备：电抗器、避雷器
- 接地装置

主要电气二次设备简介

(对一次设备、其它设备的工作进行监测和控制保护的
设备)

- 用于反映不正常工作状态：继电器、信号装置
- 测量电气参数的设备：仪表、示波器、录波器
- 控制及自动装置：控制开关，同期及自动装置
- 交换电路电气量，隔离高压的设备：电压互感器
PT、电流互感器CT

主要内容

- 灭弧原理
- 高压断路器
- 隔离开关
- 高压负荷开关高压熔断器

灭弧原理

- 1、电弧中带电质点的产生

当切断路瞬间，动静触头间出现弧光放电，是由于其间的介质迅速游离，存在着一定浓度的带电质点，即带正电荷的离子和带负电荷的电子。

触头间电弧燃烧的区域称为弧隙。弧隙中带电质点不断增多的游离过程可以由各种不同途径发生：（1）强电场发射；（2）碰撞游离；（3）热游离；（4）热电子发射。

灭弧原理

- 强电场发射

在断路器触头分开的最初瞬间，触头电极的表面受到外加电压所形成的强电场的作用，金属电极表面的电子就会在电场力的作用下被拉出，即发生了所谓强电场发射。金属表面发射电子的数量决定于极间电场强度的高低。当电场强度超过 10^7V/cm 时，即使金属表面温度不高，其电子发射量也会显著增加。

灭弧原理

- 碰撞游离

当有一定强动能的电子撞击到某种气体的中性质点时，可使其间电子被释放出来，游离成正离子和新的自由电子。被撞击的电子和原来的电子又会在电场作用下向阳极作加速运动，获得足够动能后，又将撞击其它中性质点，产生更多的自由电子和正离子，使带电质点浓度迅速增加。这一游离过程即称为碰撞游离。

灭弧原理

- 热游离

在高温下，气体分子和原子热运动加快，它们互相碰撞，在温度足够高时会撞击产生离子和自由电子，这种现象称为热游离。

灭弧原理

- 热电子发射

在弧光放电过程中，电极表面少数点上有局部较集中的电流，同时因开关触头分离后，触头间接触压力及接触面积逐渐减小，接触电阻也随之增加，会使电极表面有相应高温，从而造成其中的电子获得很大的动能后逸出到周围空间。这种现象称为热电子发射，其强弱程度与阴极的材料及表面温度有关，是气体介质中带电质点产生的主要原因之一。

灭弧原理

- 电弧间隙的去游离

在电弧放电发生后，介质中同时存在着游离与去游离这样二个相反过程。去游离对应的是弧隙中带电粒子（正离子或自由电子）减少的过程，它进行的方式主要有两种：

1. 复合
2. 扩散

灭弧原理

- 复合

再结合是指带异性电荷的质点相互接触，交换多余电荷而形成中性质点的现象，又称复合。

灭弧原理

- 扩散

带电质点从弧燃区域逃逸至周围介质中去称作扩散。电弧中扩散主要因（1）弧燃区域与周围介质中带电质点浓度不同；（2）两区域中温度的不同而引起。弧柱中带电质点不断扩散到介质中，并在介质中发生再结合，使得弧燃区域中导电质点数目减少，发生去游离。

扩散的速率决定于电弧表面上带电质点数目，故与电弧直径成反比。

灭弧原理

• 电弧的熄灭

电弧中存在的游离与去游离这二个性质相反过程的强弱对比就决定了电弧最终发展趋势，即当游离强于去游离时，电弧就会发生并燃烧激烈；若去游离与游离过程达到平衡，电弧就会稳定燃烧；而在去游离占有优势时，电弧的燃烧即将减弱并最终熄灭

在电弧产生后只要抓住有利时机，采取合理措施去减弱热游离而加强去游离，就将加速促成电弧熄灭。

灭弧原理

- 交流电弧的特性及熄灭

1. 交流电弧的特性

交流电弧存在自然暂时熄弧点。

交流电弧有动态伏—安特性

2. 交流电弧的熄灭

介质强度恢复过程

恢复电压的变化过程

交流电弧的熄灭

灭弧原理

• 熄灭交流电弧的基本方法

1. 采用新型介质熄弧
2. 利用气体或油吹动电弧
3. 采用多断口灭弧
4. 采用特殊金属材料作为灭弧触头
5. 采用并联电阻
6. 其它措施

基于交流电弧熄灭的基本原理，还可以在开关电器灭弧过程中采用固体介质狭缝灭弧，把长弧分成串联短弧以及加快断路器触头分离速度等众多措施，结合具体的开断电路特点加以应用。

高压断路器

- 开关电器按功能可分为以下几种：

(1) 仅用于正常情况下断开或接通正常工作电流的开关设备，如高压负荷开关、低压闸刀开关、接触器和磁力启动器等；

(2) 仅在故障或过负荷情况下切断或闭合故障电流和过载电流的开关设备，如高低压熔断器；

(3) 既能开断或闭合正常工作电流，又能开断、闭合故障电流的开关设备，常见的有：高低压断路器和低压空气开关；

(4) 仅用于检修时隔离带电部分的开关电器，主要指隔离开关。

高压断路器

- 电力系统对高压断路器的要求
 - (1) 在正常情况下能开断和关合电路。
 - (2) 在电力系统发生故障时应以较短时间将故障部分从电力系统中切除，以减轻故障对设备的损害；
 - (3) 应能配合自动重合闸进行多次关合和开断。

高压断路器

- 高压断路器的基本类型

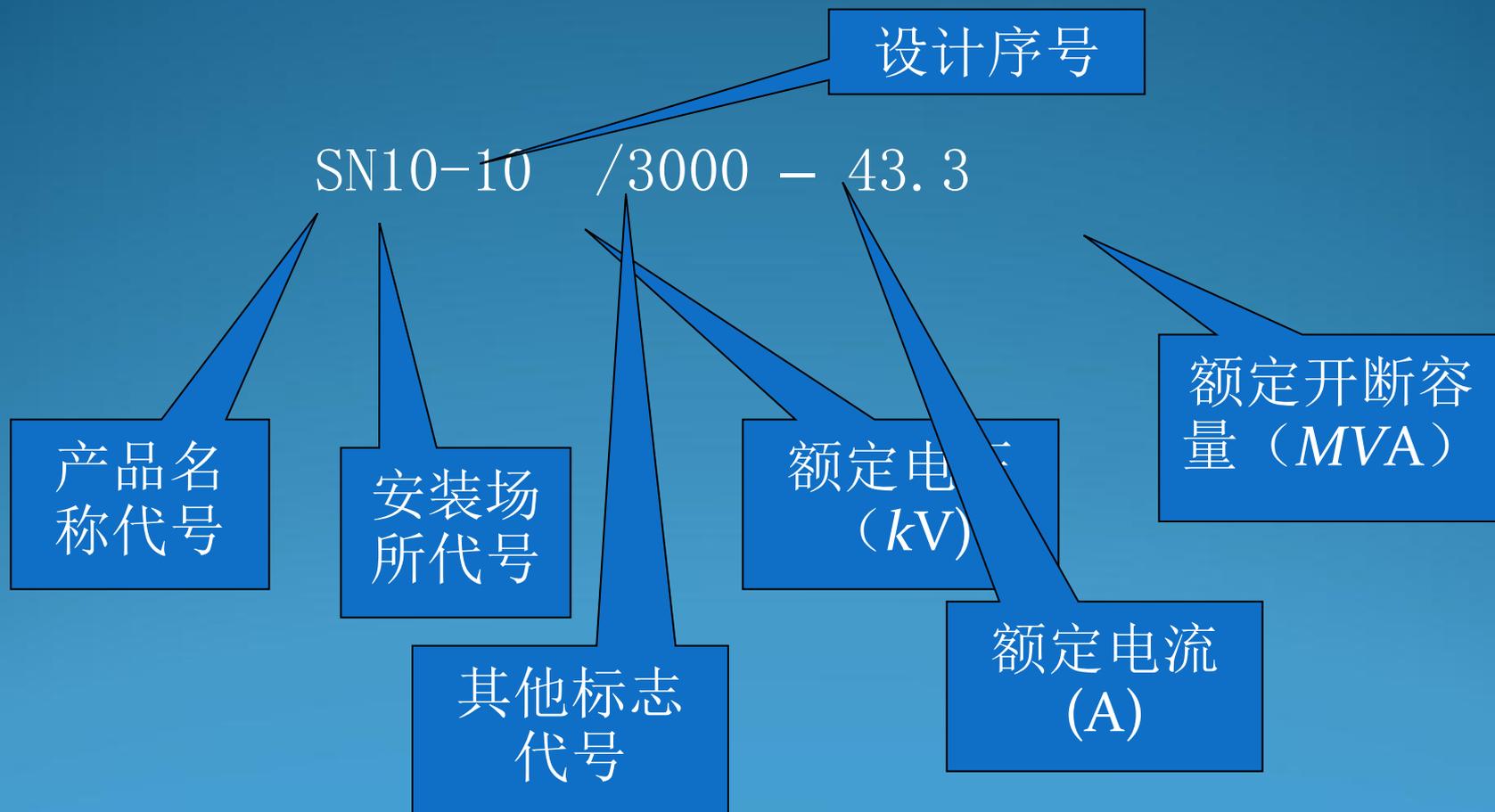
按灭弧介质的不同，断路器可分为

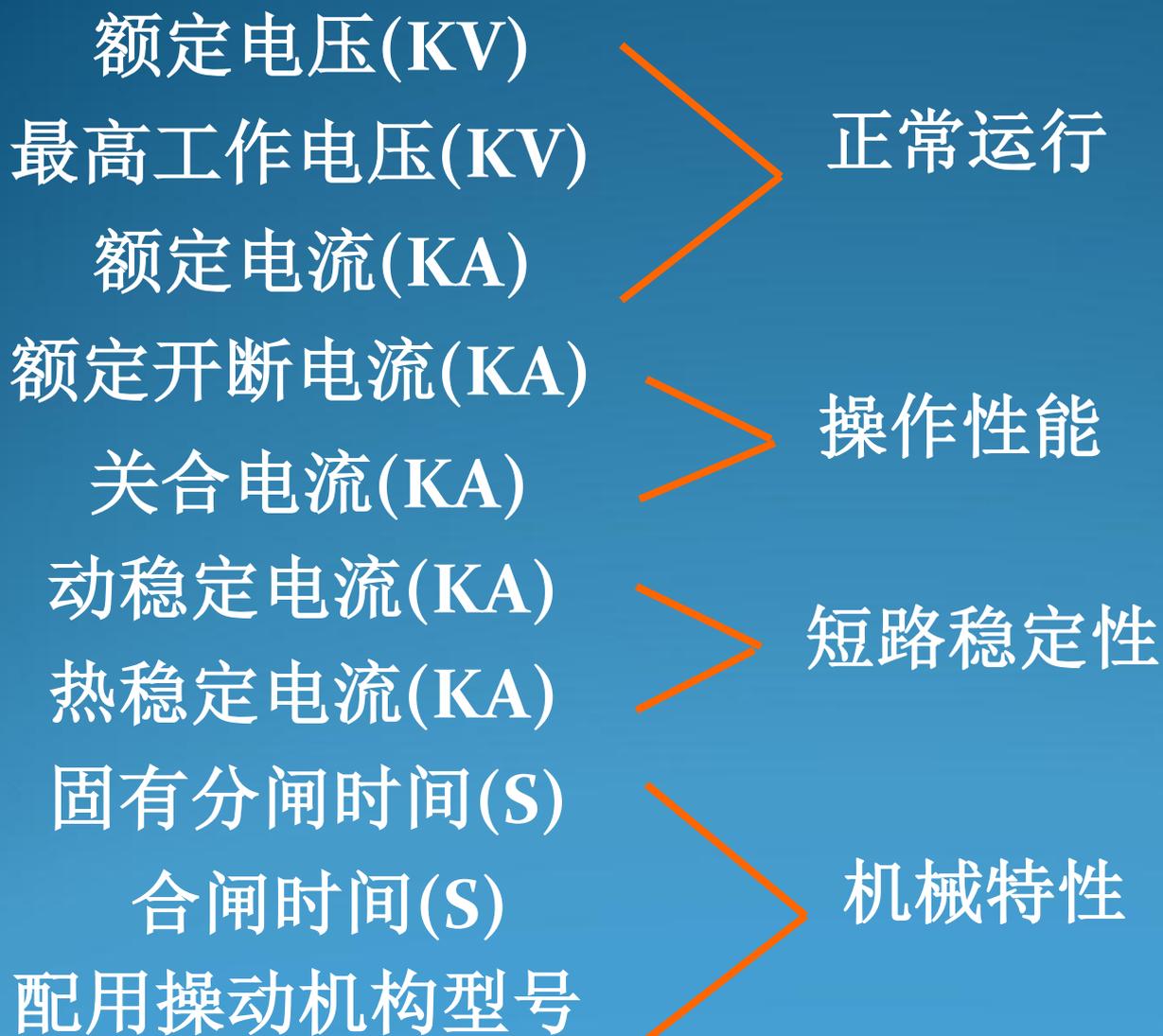
- (1) 油断路器。
- (2) 压缩空气断路器。
- (3) 六氟化硫断路器。
- (4) 真空断路器。
- (5) 磁吹断路器。
- (6) 固体产气断路器（简称自产气断路器）。

按断路器安装地点，又可将其分为

- (1) 屋内式
- (2) 屋外式。

❖ 高压断路器的型号说明





高压断路器

- 高压断路器的基本技术参数

额定电压 U_N

保证断路器正常长期工作的线电压（标称电压），以KV为单位。按我国现行国标及有关暂行规定，我国断路器的额定电压有10，20，35，60，110，220，330，500KV。

按国家标准，额定电压在220KV及以下的电气设备，其最高工作电压为额定电压的1.15倍；对于330KV及以上电气设备，规定为1.1倍。

高压断路器

● 高压断路器的基本技术参数

1. 额定电流 I_N

额定电流是断路器允许长期通过的最大工作电流，以A为单位。在长期通过额定电流时，断路器各部分发热温度不超过国家标准。

我国断路器额定电流等级为200，400，600，
(1000)，1250，1600，(1500)，2000，3150，
4000，5000，6300，8000，10000，12500，16000及
20000A等

高压断路器

• 高压断路器的基本技术参数

额定开断电流 I_{Nbr}

额定开断电流是指在额定电压下断路器能开断而不致妨碍其继续工作的最大短路电流，单位为KA。

热稳定电流 I_{th}

又称短时耐受电流。它指的是在某一规定的短时间 t 内断路器能耐受的短路电流热效应所对应的电流值，以KA为单位。

动稳定电流 I_{es}

又称峰值耐受电流，它是断路器在关合位置时能允许通过而不致影响其正常运行的短路电流最大瞬时值，以KA为单位。

高压断路器

- 高压断路器的基本技术参数

额定短路关合电流 I_{Ncl}

额定短路关合电流是指断路器在额定电压下用相应操动机构所能闭合的最大短路电流，单位为KA。

开断时间 t_{br}

开断时间是指断路器的操动机构到分闸指令起到三相电弧完全熄灭为止的一段时间，它包括断路器的分闸时间和燃弧时间两部分。

合闸时间 t_{cl} :

处于分闸位置的断路器从接到合闸信号瞬间起到断路器三相触头全接通为止所经历的时间为合闸时间。

高压断路器

• 断路器的型号

1 2 3 — 4 5 / 6 7 8

1——表示断路器的字母代号，有S—少油；D—多油；Z—真空；K—空气；L—SF6；

2——安装场所代号，N—表示屋内型；W—表示屋外型；

3——设计序列号；

4——额定电压，KV；

5——其它标志，如G—改进型，F表示分相操作；

6——额定电流，A；

7——额定开断能力（KA或MVA）；

8——特殊环境代号。

隔离开关

- 隔离开关是一种没有灭弧装置的开关设备。它一般只用来关合和开断有电压无负荷的线路，而不能用以开断负荷电流和短路电流，它需要与断路器配合使用，由断路器来完成关合、开断任务。

隔离开关

- 隔离开关用途

(1)、将停役的电气设备与带电电网隔离，以形成安全的电气设备检修断口，建立可靠的绝缘回路；

(2)、根据运行需要换接线路以及开断和关合一定长度线路的交流电流和一定容量的空载变压器的励磁电流。

隔离开关

- 对隔离开关的特殊要求

- 1)、隔离开关在分闸状态时应有明显可见的断口，使运行人员能明确区分电器是否与电网断开，但在全封闭式配电装置中除外；
- (2)、隔离开关断点之间应有足够的距离，可靠的绝缘，在任何状态下都不能被击穿而引起过电压危及工作人员的安全；
- (3)、具有足够的短路稳定性，包括动稳定和热稳定。
- (4)、隔离开关应结构简单，动作可靠；
- (5)、带有接地闸刀的隔离开关应有保证操作顺序的闭锁装置，以供安全检修和检修完成后恢复正常运行。

隔离开关

隔离开关的分类

按安装地点的不同，隔离开关可划分为户内、户外两种；

按绝缘支柱的数目，隔离开关可分为单柱式、双柱式和三柱式三种；

按刀闸的运行方式，隔离开关可分为水平旋转式、垂直旋转式、摆动式和插入式四种；

按有无接地闸刀，它又可分为带接地刀闸和不带接地刀闸两种。

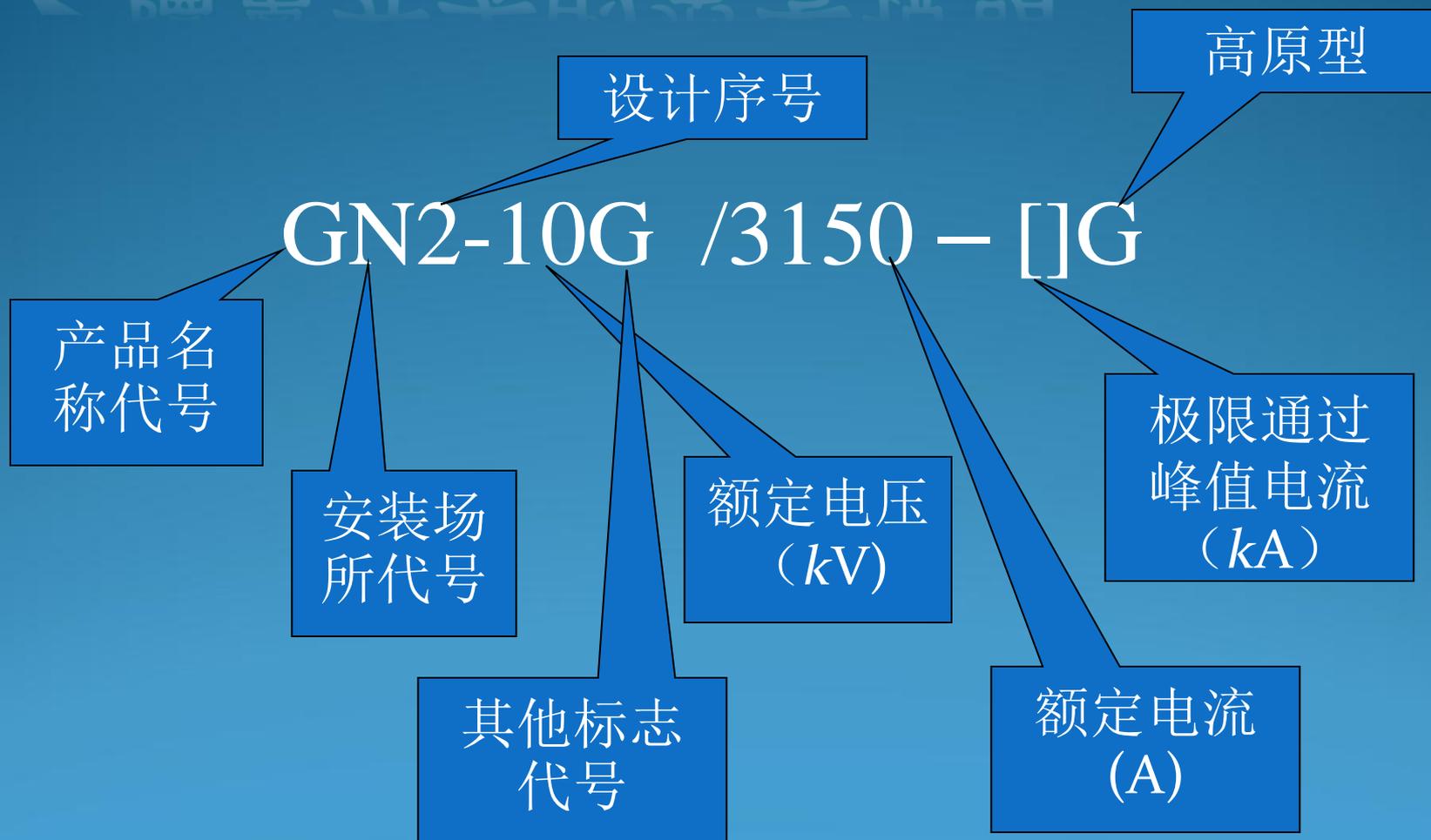
隔离开关

- 隔离开关的典型结构

(1) 户内隔离开关：户内隔离开关有三极式和单极式两种，一般为刀闸隔离开关；

(2) 户外隔离开关：户外隔离开关有单柱式、双柱式和三柱式三种。

隔离开关的型号说明



高压负荷开关

• 负荷开关的用途

负荷开关用于电网中，其主要作用是用于配电系统中关合、开断正常条件下的电流，并能通过规定的异常电流，即负荷开关可以分、合正常的负荷电流和关合短路电流，但不能作为电路中的保护开关，因此它必须与具有开断短路电流能力的断路器或熔断器配合使用，一般将负荷开关与高压熔断器相配合，故障电流的开断由熔断器来完成，负荷开关则负责完成正常负荷电流的分合操作。

高压负荷开关

- 负荷开关的类型
 - (1) 产气式负荷开关
 - (2) 压气式高压负荷开关
 - (3) 真空负荷开关
 - (4) SF₆负荷开关

高压熔断器

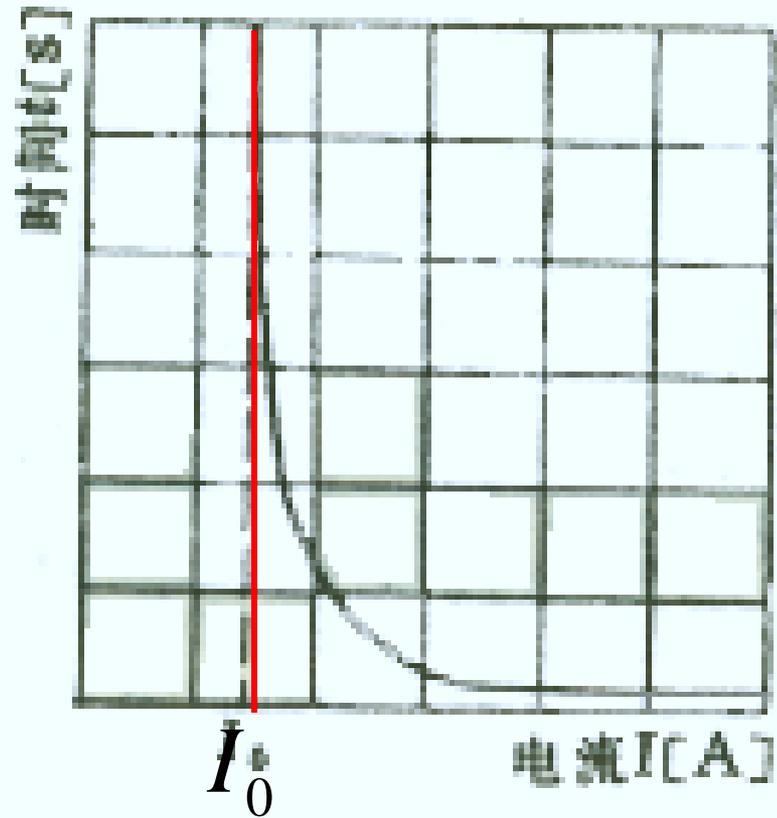
• 熔断器作用

熔体工作时串联在被保护回路中，正常情况下工作电流不应使熔体熔断，当流过熔体的电流超过一定数值（如短路电流或过负荷电流）时，熔体会因自身产生的热量而自行熔断，从而达到切断电路保护电网和设备的目的。

熔体从通过非正常电流到开断整个过程由三个阶段构成：从短路电流开始通过熔体至熔体熔断所需的时间即熔体熔化时间；从熔体熔断到产生电弧所需的时间；从电弧产生至电弧熄灭所需时间，即燃弧时间。

二、熔断器的特性

1.时间—电流特性 该特性又称为熔体的安秒特性，表示熔体熔化时间与通过电流间的关系



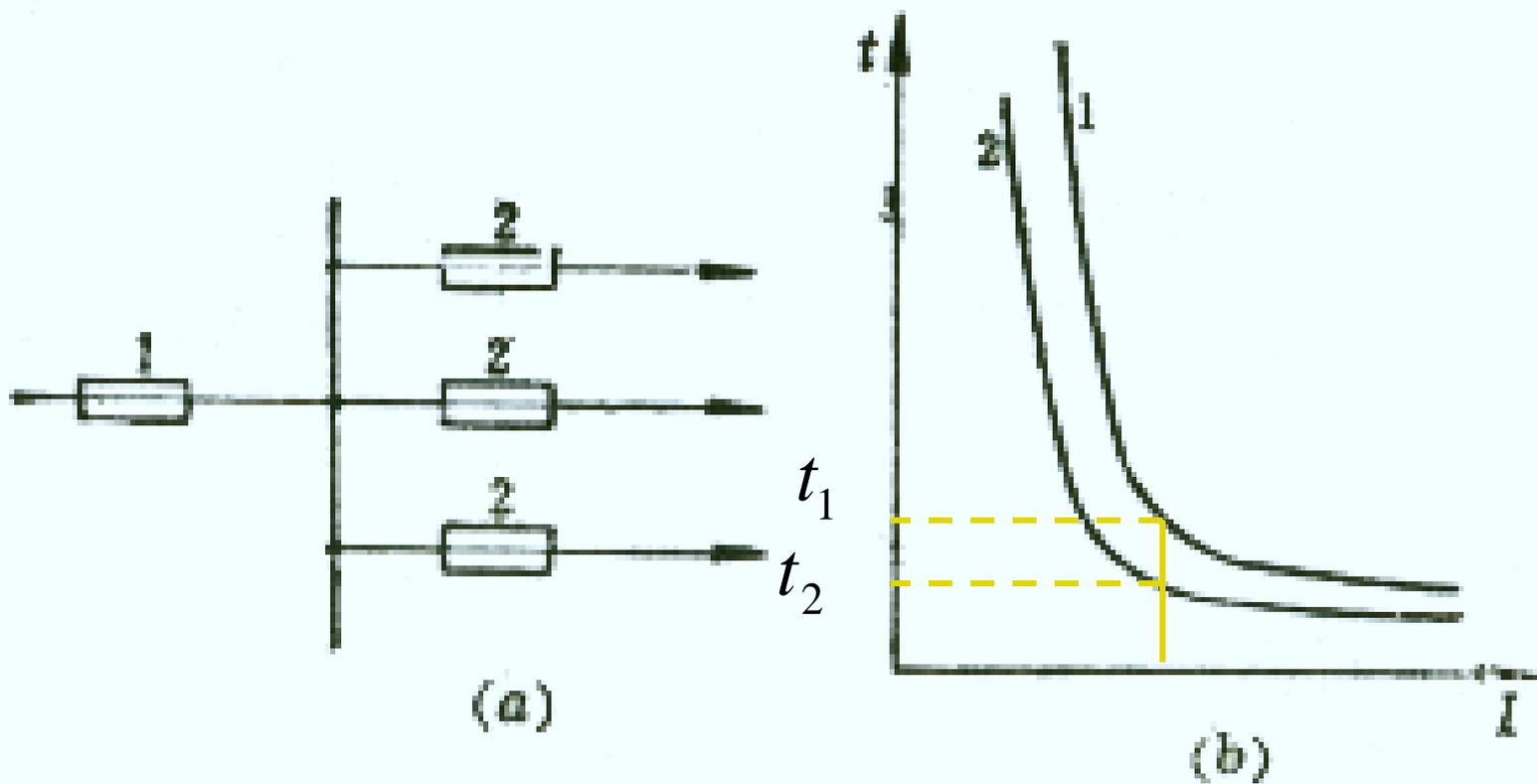
时间—电流特性

使熔断器熔体熔断的电流值与熔断时间的关系称为熔断器的保护特性曲线，也称为熔断器的安一秒特性，我们可以从表7-1可以看出流过熔体的电流越大熔断所需的时间越短，电流越小侧熔断的时间就越长。而熔体的额定电流是熔体长期工作而不致熔断的电流。

熔断电流	$1.2\sim 1.3I_N$	$1.6I_N$	$2I_N$	$2.5I_N$	$3I_N$	$4I_N$
熔断时间	∞	1h	40s	8s	4.5s	2.5s

熔断器的熔断电流与熔断时间的数值关系

2、时间—电流特性配合



高压熔断器

- 熔断器特性
- 时间—电流特性

该特性又称为熔体的安秒特性，表示熔体熔化时间与通过电流间的关系

- 最小熔化电流

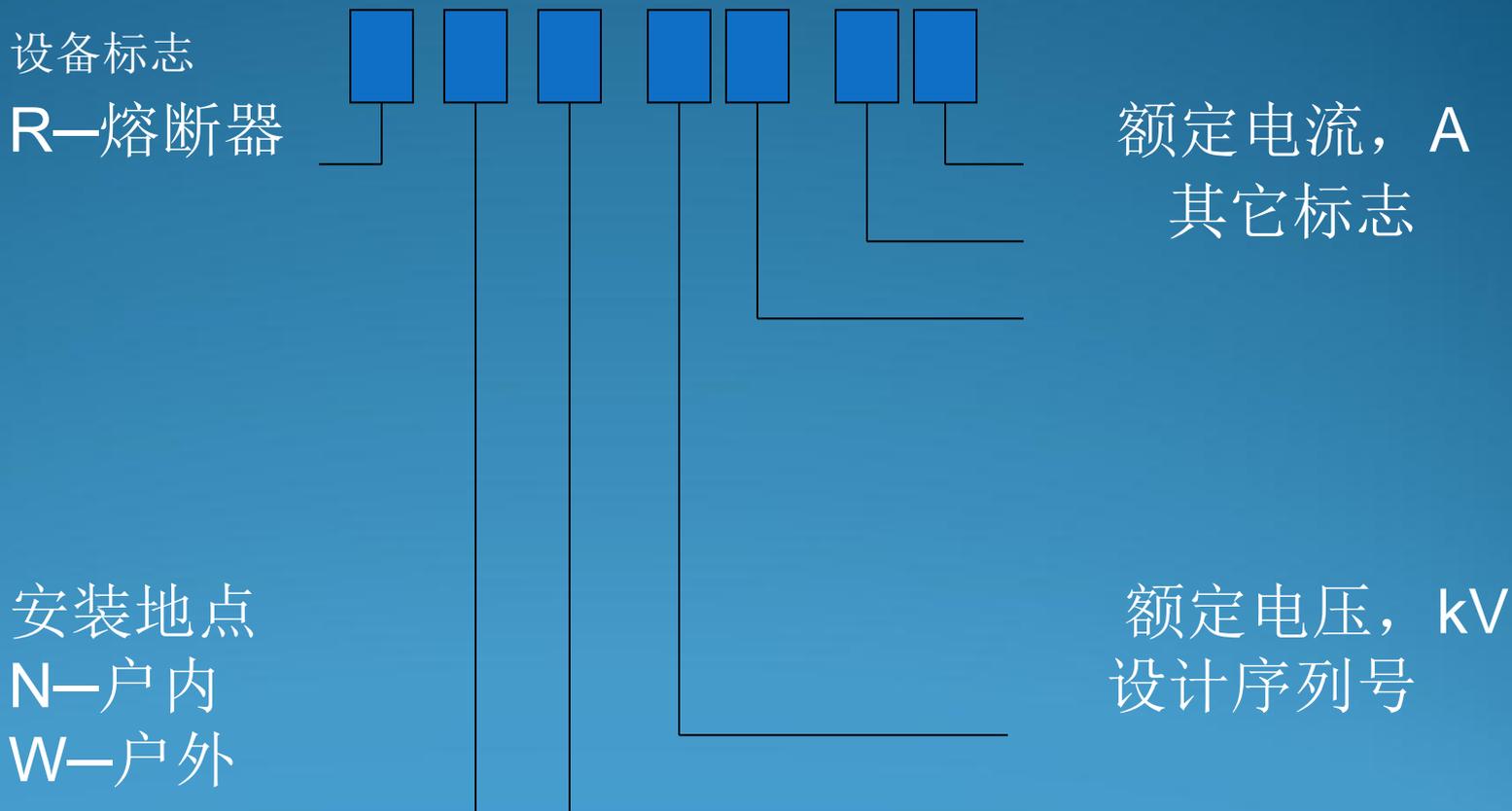
最小熔化电流 (I_{\min}) 是熔体熔化必须的最小电流。

高压熔断器

- 高压熔断器的典型结构和工作原理
- 跌落式熔断器
- 限流式熔断器

高压熔断器型号

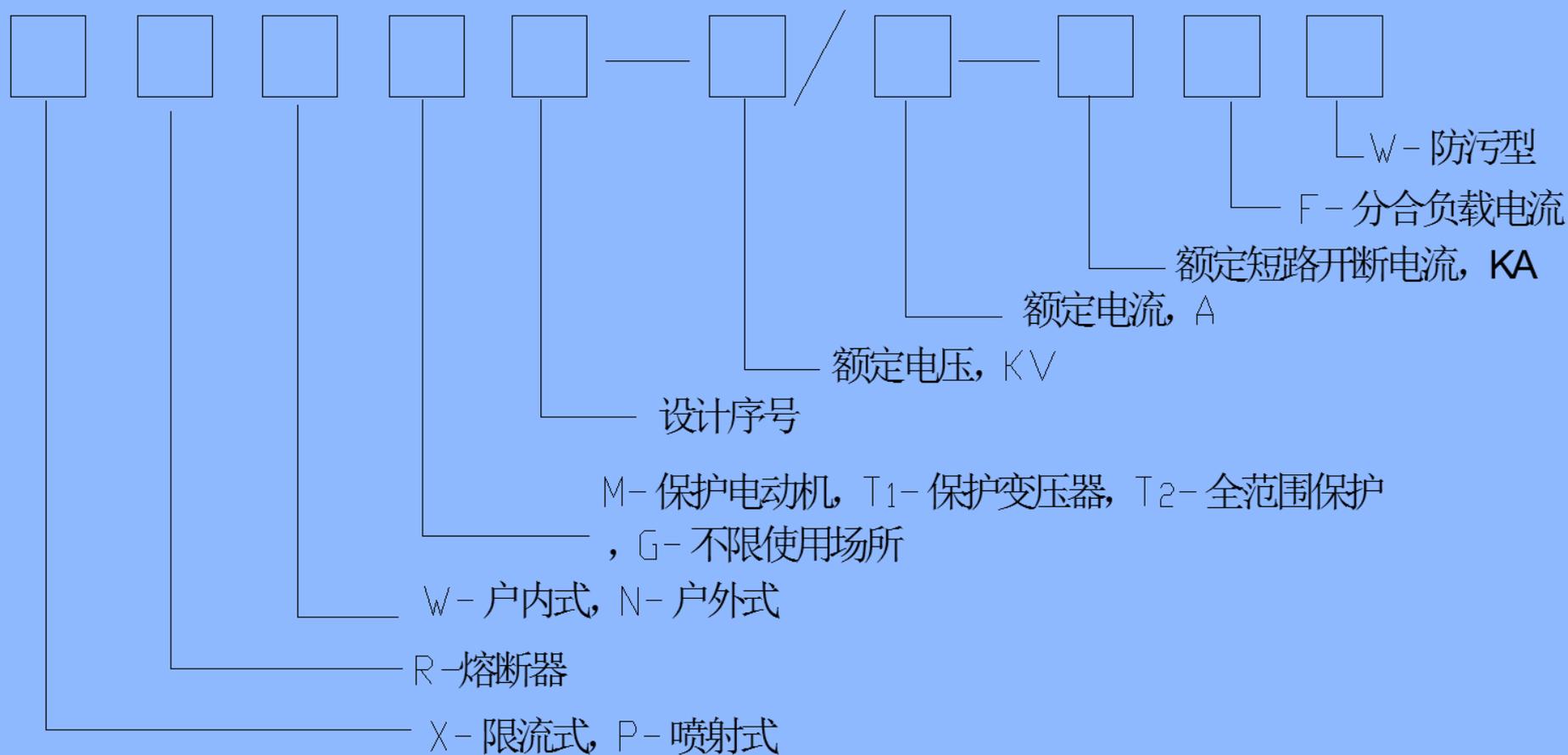
- 熔断器的型号



(1) 作用：起过载或短路保护作用

(2) 分类：（分户内型和户外型）

(3) 型号表达式



熔断器的参数

- (1)、额定电压；
- (2)、额定电流；
- (3)、熔体的额定电流；
- (4)、极限短路电流；

开关电器类型

- (1) 仅用于正常情况下断开或接通正常工作电流的开关设备，如高压负荷开关、低压闸刀开关、接触器和磁力启动器等；
- (2) 仅在故障或过负荷情况下切断或闭合故障电流和过载电流的开关设备，如高低压熔断器；
- (3) 既能开断或闭合正常工作电流，又能开断、闭合故障电流的开关设备，常见的有：高低压断路器和低压空气开关；
- (4) 仅用于检修时隔离带电部分的开关电器，主要指隔离开关。

Thank you