

The background of the slide is a dramatic night scene of a thunderstorm. Several bright, jagged lightning bolts are visible, striking down from a dark, cloudy sky. In the foreground, a utility pole with multiple power lines is silhouetted against the storm. The overall atmosphere is one of danger and high voltage, which directly relates to the chapter's focus on electrical safety.

第七章

电气防火及防雷

第一节 电气火灾与爆炸的原因

电气火灾与爆炸的原因很多，除设备缺陷、安装不当等设计和施工方面的原因外，电气设备过热和电火花、电弧是引起电气火灾与爆炸的直接原因。

一、电气设备过热

常见引起电气设备过热的情况有：

短路、过载、接触不良、铁心发热、散热不良。

二、电火花和电弧

电火花大体分为工作火花和事故火花。工作火花是指电气设备正常工作时或正常操作过程中产生的火花；事故火花是线路或设备发生故障时出现的火花。

第二节 危险物质和危险环境

危险物质是指在大气条件下，能与空气混合形成爆炸性混合物的气体、蒸汽、薄雾、粉尘或纤维。所谓爆炸性混合物是指一经点燃，即在充有混合物的范围内极为迅速地传播燃烧的混合物。这类爆炸危险物质分为三类：I类指矿井甲烷；II类指爆炸性气体、蒸气、薄雾；III类指爆炸性粉尘、纤维。

一、危险物质的性能参数

危险物质的主要性能参数包括闪点、燃点、引燃温度、爆炸极限、最小点燃电流。

闪点是在规定条件下，易燃液体能释放出足够的蒸气并在液面上方与空气形成爆炸性混合物，点火时能发生闪燃（一闪即灭）的最低温度。闪点越低者危险性越大。

燃点是物质在空气中点火时发生燃烧，移去火源仍能继续燃烧的最低温度。

引燃温度又称自燃点或自燃温度，是在规定条件下，可燃物质不需外来火源即发生燃烧的最低温度。

爆炸极限通常指爆炸浓度极限。该极限是指在一定的温度和压力下，气体、蒸气、薄雾或粉尘、纤维与空气形成的能够被引燃并传播火焰的浓度范围。

二、危险物质分组和分级

气体、蒸汽危险物质按引燃温度分为六组；按最小点燃电流比和最大试验安全间隙分为三级。

三、气体、蒸汽爆炸危险环境的分类

根据爆炸性气体混合物出现的频繁程度和持续时间将此类危险环境分为0区、1区和2区。危险区域的大小受通风条件、释放源特征和危险物品性能参数的影响。

爆炸危险区域的级别主要受释放源特征和通风条件的影响。爆炸危险区域的范围和等级还与危险蒸汽密度等因素有关。

四、粉尘、纤维爆炸危险环境的分类

根据爆炸性混合物出现的频繁程度和持续时间将此类危险环境分为10区和11区。

五、火灾危险环境的分类

火灾危险环境分为21区、22区和23区分别为有可燃液体、有可燃粉尘或纤维和有可燃固体存在的火灾危险环境。

第三节 防爆电气设备和防爆电气线路

爆炸危险环境使用的电气设备结构上应能防止由于在使用中产生火花、电弧或危险温度而成为安装地点爆炸性混合物的引燃源。

一、防爆电气设备

防爆电气设备种类很多，主要有如下类型：

隔爆型、增安型、充油型、充砂型、本质安全型、正压型、无火花型、特殊型。

二、防爆电气设备选用

应当根据安装地点的危险等级、危险物质的组别和级别、电气设备的种类和使用条件选用爆炸危险环境的电气设备。所选用电气设备的组别和级别不应低于该环境中危险物质的组别和级别。当存在两种以上危险物质时，应按危险程度较高的危险物质选用。

在爆炸危险环境，应尽量少用或不用携带式电气设备，应尽量少安装插销座。

三、防爆电气线路

在爆炸危险环境和火灾危险环境，电气线路的安装位置、敷设方式、导线材质、连接方法等均应与区域危险等级相适应。

1. 安装位置 电气线路应当敷设在爆炸危险性较小或距离释放源较远的位置。

2. 配线方式 爆炸危险环境电气线路主要采用防爆钢管配线和电缆配线。

3. 导线材料

4. 连接爆炸危险环境的电气线路不得有非防爆型中间接头。

5. 允许载流量导线允许载流量不应小于熔断器熔体额定电流和断路器长延时过电流脱扣器整定电流的1.25倍或电动机额定电流的1.25倍。高压线路应按短路电流进行热稳定校验。

6. 隔离和密封敷设电气线路的沟道以及保护管、电缆或钢管在穿过爆炸危险环境等级不同的区域之间的隔墙或楼板时，应用非燃性材料严密堵塞。

第四节 电气防火防爆技术

发生火灾和爆炸必须具备两个条件：一是环境中存在足够数量和浓度的可燃性易燃易爆物质；二是要有引燃或引爆的能源。上述又分别称为危险源和火源。因此电气防火防爆应着力于排除危险源和火源。

一、消除或减少爆炸性混合物

采取封闭式作业、清理现场积尘、设计正压室、采取开式作业或通风措施、在危险空间充填惰性气体或不活泼气体、安装报警装置。

二、隔离和间距

危险性大的设备应分室安装，并在隔墙上采取封堵措施。变、配电室与爆炸危险环境或火灾危险环境毗连时，隔墙应用非燃性材料制成；孔洞、沟道应用非燃性材料严密堵塞；门、窗应开向无爆炸或火灾危险的场所。

电气装置，特别是高压、充油的电气装置应与爆炸危险区域保持规定的安全距离。变、配电站不应设在容易沉积可燃粉尘或可燃纤维的地方。

三、消除引燃源

主要包括以下措施：

1. 按爆炸危险环境的特征和危险物的级别、组别选用电气设备和设计电气线路。

2. 保持电气设备和电气线路安全运行。安全运行包括电流、电压、温升和温度不超过允许范围，包括绝缘良好、连接和接触良好、整体完好无损、清洁、标志清晰等。

在爆炸危险环境应尽量少用携带式设备和移动式设备；一般情况下不应进行电气测量工作。

四、保护接地

爆炸危险环境接地应注意如下几点：

1. 应将所有不带电金属物件做等电位联结。从防止电击考虑不需接地（接零）者，在爆炸危险环境仍应接地（接零）。

2. 如低压由接地系统配电，应采用TN—S系统，不得采用TN—C系统。即在爆炸危险环境应将保护零线与工作零线分开。

3. 如低压由不接地系统配电，应采用IT系统，并装有一相接地时或严重漏电时能自动切断电源的保护装置或能发出声、光双重信号的报警装置。

五、电气灭火

电气火灾有两个不同于其他火灾的特点（1）着火的电气设备可能是带电的，扑救时要防止人员触电；（2）充油电气设备着火后可能发生喷油火爆炸，造成火势蔓延。

1. 先断电后灭火

如火灾现场尚未停电，应设法切断电源。切断电源应注意以下问题：

- （1）切断部位应选择得当，不得因切断电源影响疏散和灭火工作；
- （2）在可能的条件下，先卸去线路负荷，再切断电源
- （3）因火烧、烟熏、水浇，电气绝缘可能大大降低，切断电源应配用绝缘的工具；
- （4）应在电源侧的电线支持点附近剪断电线，防止电线断落下来造成电击或短路；
- （5）切断电线时，应在错开的位置切断不同相的电线，防止切断时发生短路。

2. 带电灭火的安全要求

(1) 不得用泡沫灭火器带电灭火；带电灭火应采用干粉、二氧化碳、1211等灭火器。

(2) 人及所带器材与带电体之间保持足够的安全距离：干粉、二氧化碳、1211等灭火器喷嘴至10kV带电体的距离不得小于0.4m；用水枪带电灭火时，宜采用喷雾水枪，水枪喷嘴应接地，并应保持足够的安全距离。

(3) 对架空线路等空中设备灭火时，人与带电体之间的仰角不应超过45°，防止导线断落下来危及灭火人员的安全。

(4) 如有带电导线断落地面，应在落地点周围画警戒圈，防止可能的跨步电压电击。

3. 充油设备灭火

充油设备外部着火时，可用干粉等灭火器及时灭火。如火势较大，应切断电源，并可用水灭火。充油设备内部着火时，除应及时切断电源外，建有事故储油坑的应设法将油放进储油坑；可用喷雾水、泡沫等灭火。应注意防止燃着的油流顺电缆沟蔓延。电缆沟内的油火可用泡沫覆盖扑灭。

第五节 雷电的危害

一、雷击的主要对象

1. 雷击区的形成首先与地理条件有关。
2. 雷云对地放电地点与地质结构有密切关系。
3. 雷云对地的放电途径总是朝着电场强度最大的方向推进，因此如果地面上有较高尖顶建设物或铁塔等，由于其尖顶处有较大的电场强度，所以，易受雷击。
4. 从工厂烟囱中冒出的热气常有大量导电微粒和游离子气团，它比一般空气容易导电，所以烟囱较易受雷击。
5. 一般建筑物受雷击的部位为屋角、檐角和屋脊等。

二、雷电的破坏作用

1. 电作用的破坏
2. 热作用的破坏
3. 机械作用的破坏

第六节 防雷装置

防雷装置的种类很多，避雷针、避雷线、避雷网、避雷带、避雷器都是经常采用的防雷装置。一套完整的防雷装置应由接闪器、引下线和接地装置三部分组成。避雷针主要用来保护露天的变配电设备、建筑物和构筑物。避雷线主要用来保护电力线路。避雷网和避雷带，主要用来保护建筑物。避雷器主要用来保护电力设备。

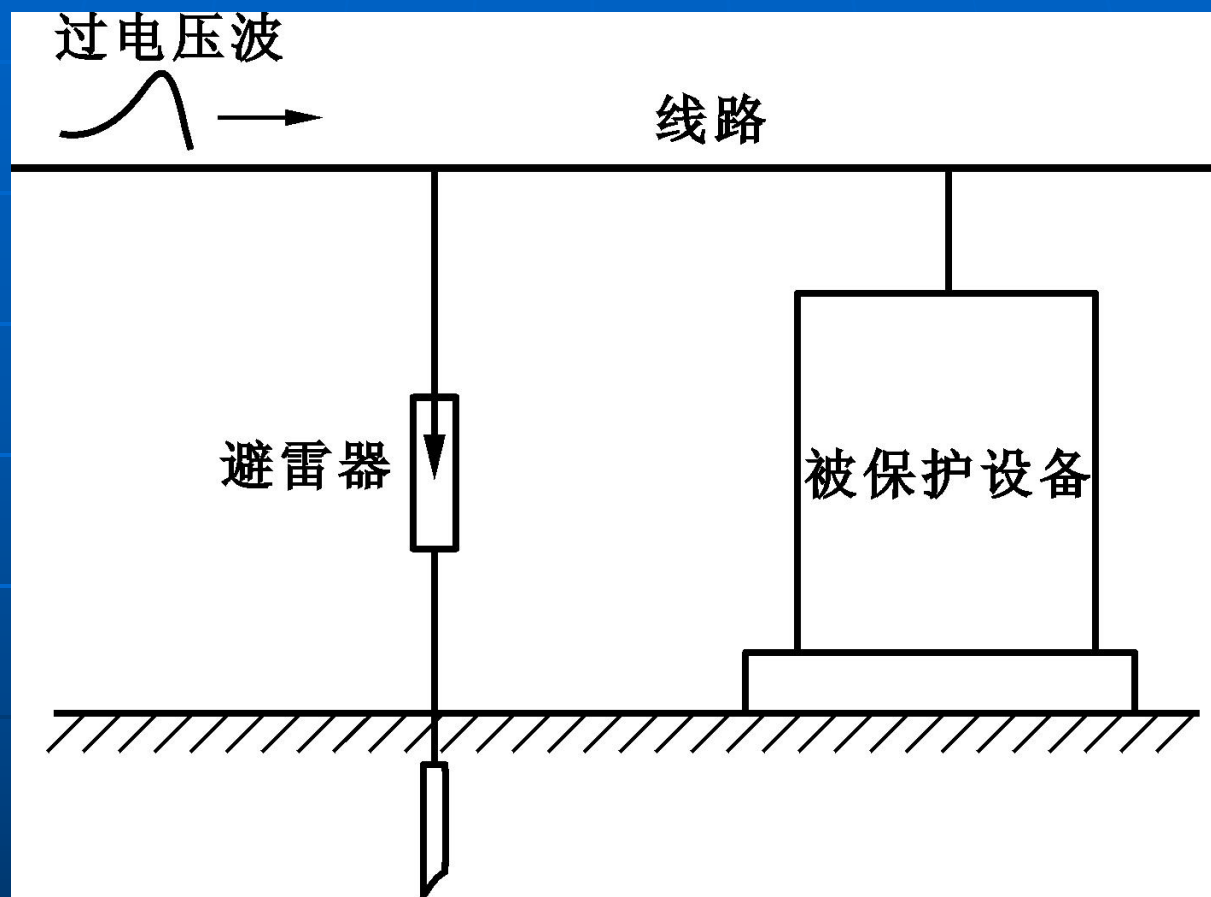
一、接闪器

避雷针、避雷线、避雷带、避雷网以及建筑物的金属屋面（正常时能形成爆炸性混合物，电火花会引起爆炸的工业建筑物和构筑物的除外）均可作为接闪器。接闪器是利用其高出被保护物的突出部位，把雷电引向自身，接受雷击放电。

二、避雷器

避雷器用来防止雷电产生的大气过电压（即高电位）沿线路侵入变、配电所或其他建筑物内，危害被保护设备的绝缘。避雷器应与被保护的设备并联。 如图所示。

如图下图所示。当线路上出现危及设备绝缘的过电压时，它就对地放电，从而保护了设备的绝缘。



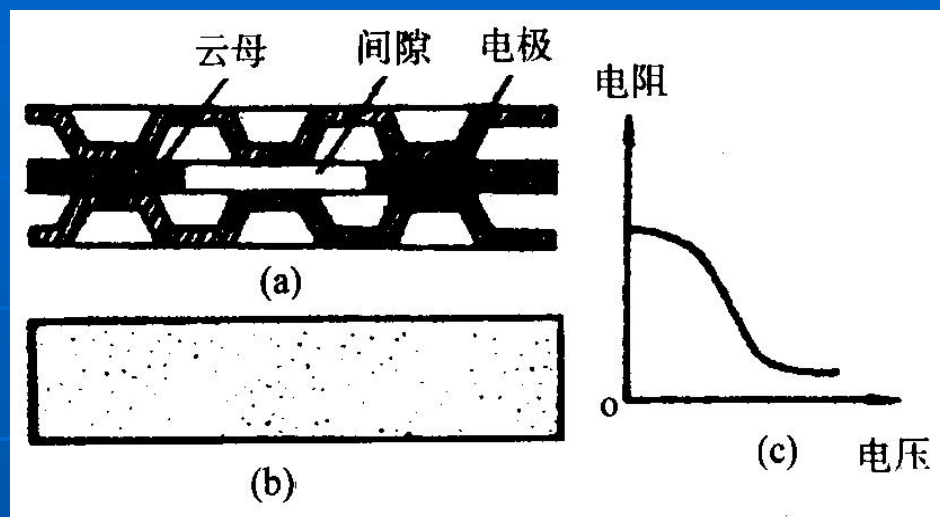
避雷器的连接

1. 阀型避雷器

高压阀型避雷器和低压阀型避雷器都由火花间隙和阀电阻片组成，装在密封的磁套管内，火花间隙用铜片冲制而成，每对间隙用0.5~1mm厚的云母垫圈隔开，如右图a所示。在正常情况下，火花间隙阻止线路工频电流通过，但在大气过电压作用下，火花间隙就被击穿而放电；阀电阻片由陶料粘固起来的电工用金刚砂（碳化硅）颗粒组成，如右图b所示。

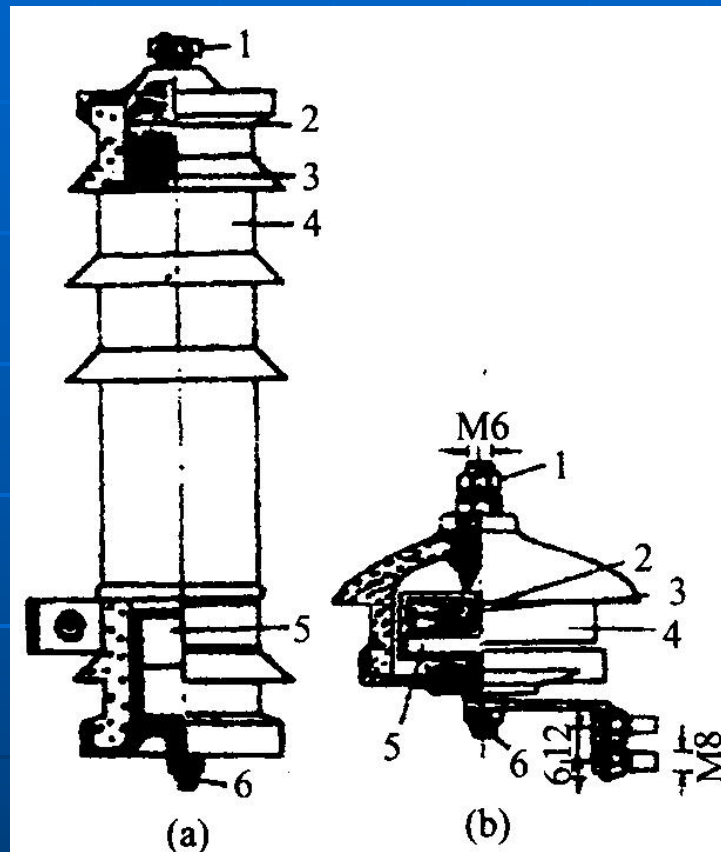
它具有非线性特性，正常电压时，阀片的电阻很大；过电压时，阀片的电阻变得很小，如图c所示。因此，当线路上出现过电压时，阀型避雷器的火花间隙被击穿，阀片能使雷电流畅通地向大地泄放。而当过电压一消失，线路上恢复工频电压时，阀片便呈现很大的电阻，使火花间隙绝缘迅速恢复，从而保证线路恢复正常运行。

低压阀型避雷器中串联的火花间隙和阀片少，电压升高时，阀型避雷器中串联的火花间隙和阀片也随之增多。



阀形避雷器的组成及特性

我国生产的FS4—10型高压阀型避雷器和FS—0.38型低压阀型避雷器的结构如下图所示。



高低压阀型避雷器结构图

(a) FS4—10型 (b) FS—0.38型阀

1—上接线端；2—火花间隙；3—云母垫圈；4—磁套管；5—阀电阻片；6—下接线端

2. 氧化锌避雷器

氧化锌避雷器由具有较好的非线性“伏—安”特性的氧化锌电阻片组装而成。在正常工作电压下，具有极高的电阻而呈绝缘状态，在雷电过电压作用下，则呈现低电阻状态，泄放雷电流，使与避雷器并联的电器设备的残压，被抑制在设备绝缘安全值以下，待有害的过电压消失后，迅速恢复高电阻而呈绝缘状态，从而有效地保护了被保护电器设备的绝缘性能，免受过电压的损害。

它与阀式避雷器相比具有动作迅速、通流容量大、残压低、无续流、对大气过电压和操作过电压都起保护作用、结构简单、可靠性高、寿命长、维护简便等优点。

在10kV系统中，氧化锌避雷器较多地并联在真空开关上，以便限制截流过电压。

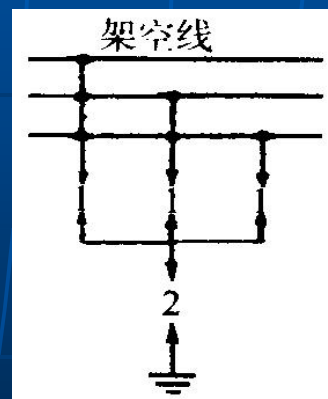
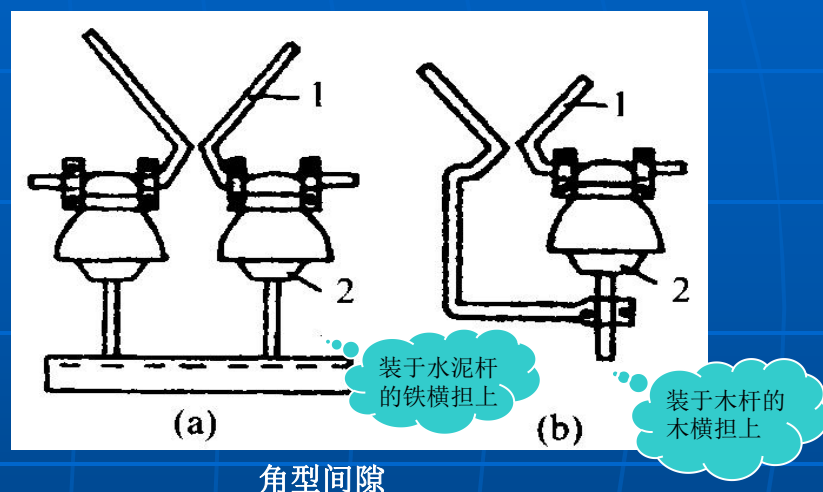
由于氧化锌避雷器长期并联在带电的母线上，必然会长期通过泄漏电流，使其发热，甚至导致爆炸。因此，有的工厂已经开始生产带间隙的氧化锌避雷器，这样可以有效地消除泄漏电流。

3. 保护间隙

保护间隙是最简单经济的防雷设备。它的结构十分简单，成本低，维护方便，但保护性能差，灭弧能力小，容易造成接地或短路故障，引起线路开关跳闸或熔断器熔断，造成停电。所以对装有保护间隙的线路，一般要求装设自动重合闸装置或自重合熔断器与它配合，以提高供电可靠性。

常见的两种角型间隙的结构如右图 1 所示。这种角型间隙俗称羊角避雷器。角型间隙的一个电极接线路，另一个电极接地。为了防止间隙被外物（如鼠、鸟、树枝等）短接而发生接地，在其接地引下线中通常再串联一个辅助间隙，如右下图所示。这样，即使主间隙被外物短接，也不致造成接地短路事故。

保护电力变压器的角型间隙，一般都应装在高压熔断器的内侧，即靠近变压器的一边。这样，在间隙放电时熔断器能迅速熔断，以减少变电所线路断路器的跳闸次数，并缩小停电范围。



三相角型间隙和辅助间隙的连接图
1—主间隙 2—辅助间隙

三、引下线

防雷装置的引下线应满足机械强度、耐腐蚀和热稳定的要求。一般采用圆钢或扁钢，其尺寸和腐蚀要求与避雷带相同。如用钢绞线，其截面不应小于25mm²。

引下线应沿建筑物外墙敷设，并经短途径接地；建筑有特殊要求时，可以暗设，但截面应加大一级。建筑物的金属构件（如消防梯等）可用作引下线，但所有金属构件之间均应连成电气通路。采用多根引下线时，为便于测量接地电阻和检验引下线、接地线的连接情况，应在各引下线距地高约1.8m处设置断接卡。在易受机械损坏的地方，地面1.7m至地面下0.3m的一段引下线和接地线应加竹管、角钢或钢管保护。采用角钢或钢管保护时，应与引下线连接起来，以减小通过雷电流时的阻抗。互相连接的避雷针、避雷网、避雷带或金属屋面的接地引下线，一般不应少于两根

四、接地装置

接地装置是防雷装置的重要组成部分，作用是向大地泄放雷电流，限制防雷装置的对地电压，使之不致过高。

防雷接地装置与一般接地装置的要求基本相同，但所用材料的最小尺寸应稍大于其他接地装置的最小尺寸。

在接地电阻满足要求的前提下，防雷接地装置可以和其它接地装置共用。

为了防止跨步电压伤人，防直击雷接地装置距建筑物出入口和人行道的距离不应小于3m，距电气设备接地装置要求在5m以上。其工频接地电阻一般不大于10Ω，如果防雷接地与保护接地合用接地装置时，接地电阻不应大于1Ω。

第七节 防雷措施

一、架空线路的防雷措施

1. 设避雷线

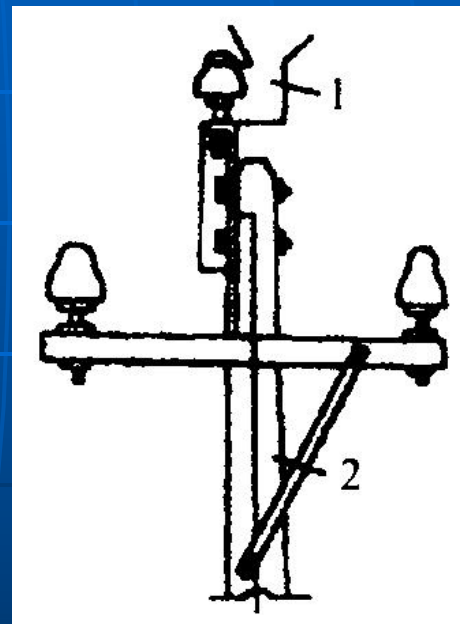
在60kV及以上的架空线路上才沿全线装设避雷线。在35kV及以下的架空线路上一般只在进出变电所的一段线路上装设。

2. 提高线路本身的绝缘水平

在架空线路上，采用木横担、瓷横担或高一级的绝缘子，以提高线路的防雷性能。

3. 用三角形顶线作保护线

由于3~10kV线路通常是中性点不接地的，因此，如在三角形排列的顶线绝缘子上装以保护间隙，如图右所示，这在雷击时，顶线承受雷击，间隙被击穿，对地泄放雷电流，从而保护了下面的两根导线，一般也不会引起线路跳闸。



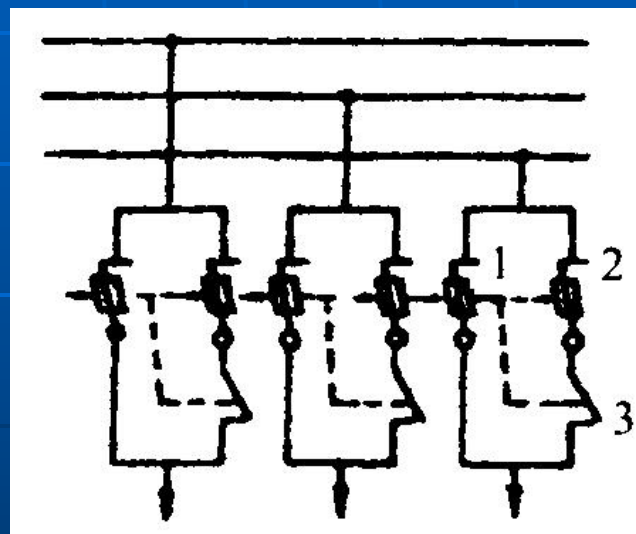
顶相绝缘子附有保护间隙
1—保护间隙；2—接地线

4. 装设自动重合闸装置或自重合熔断器

线路上因雷击放电而产生的短路是由电弧引起的，线路断路器跳闸后，电弧就熄灭了。如果采用一次自动重合闸装置，使开关经0.5s或更长一点时间自动合闸，电弧一般不会复燃，从而能恢复供电。也可在线路上装设自重合熔断器。如下图所示。当雷击线路使常用熔体熔断而自动跌开时（其结构、原理与跌落式熔断器相同），重合曲柄借助这一跌落的重力而转动，使重合触点闭合，备用熔体投入运行，恢复线路供电。供电中断时间大致只0.5s，对一般用户影响不大。

5. 装设避雷器和保护间隙

用来保护线路上个别绝缘最薄弱的部分，包括个别特别高的杆塔、带拉线的杆塔、木杆线路中的个别金属杆塔或个别铁横担电杆以及线路的交叉跨越处等。



一次自重合熔断器原理图

1—常用熔体；2—备用熔体；3—重合触点

二、变配电所的防雷措施

1. 装设避雷针

用来保护整个变、配电所建（构）筑物，使之免遭直接雷击。

2. 高压侧装设阀型避雷器或保护间隙

主要用来保护主变压器，以免高电位沿高压线路侵入变电所，损坏变电所这一最主要的设备

3. 低压侧装设阀型避雷器或保护间隙

主要在多雷区使用，以防止雷电波由低压侧侵入而击穿变压器的绝缘。当变压器低压侧中性点不接地时，其中性点也应加装避雷器或保护间隙。

三、建筑物的防雷措施

四、人身防雷措施