

# 雷电的危害及其预防措施

仇 九 子

( 武警学院物理教研室 廊坊 065000)

雷电是自然界中极为壮观的声、光、电现象,是雷暴天气的产物。全世界每天平均有 300 万次雷电产生,各地雷电活动规律随地理、地形、季节、气候的差异而不同。不少地区雷害非常严重,因雷电导致建筑物、军事设施、电力系统、通讯系统、卫星电视系统、计算机和其他设备损坏的恶性事故经常发生,雷电还可引燃森林、易燃易爆物品、石油化工产品等造成火灾,给人民的生命和财产造成巨大的损失。所以,认识雷电和预防雷电是防灾减灾领域的重大课题。本文简要介绍了雷电的形成、危害和目前常采用的预防措施。

## 1. 雷暴云的形成和放电

雷暴季节,下垫面受太阳强辐射而形成大范围的均匀加热,造成极大的温度垂直递减,使大气发生自由对流,在有外界扰动的情况下,如地形抬升、冷空气活动、锋面和切变线的辐合抬升等,可使局地大气对流运动加强。当低层大气有充足水汽时,强对流就可能将地表的水汽输送到高空凝结形成积雨云,同时引起正负电荷的分离和积累。当积雨云中的电荷累积到某一临界值后,就可以产生火花放电,这时的积雨云就叫做雷暴云。

雷暴云中正负电荷中心之间或云中电荷中心与地之间的放电过程称为雷电。雷暴云中电荷分布并非均匀的,而是形成许多堆积中心。因而不论是在云中或是在云和地之间,各处的电场强度并不都是一样。随着云中正、负电荷的积累,使空间电场达到一定限值时,就会使空气击穿,由云开始向地先导放电。如果地面有高层建筑物或其他突出物存在,当雷电先导通道的顶端接近地面时,就会诱发迎面先导。当先导与迎面先导会合时即形成了从云到地面的强烈电离通道,这时出现极大的电流,这就是雷电的主放电阶段,雷鸣和电闪都伴随出现。

## 2. 雷电的危害

雷电的危害方式主要有 4 种:直击雷危害,雷电的静电感应危害,雷电的电磁感应危害和雷电波入侵危害。

直击雷电危害是指雷电直接击落在建筑物或其他物体上,它的高电压和大电流脉冲产生的电磁效应、热效应和机械效应会造成许多危害。直击雷发生的几率较小,但危害极大。如使建筑物倒塌,引起森林等火灾,导致油库、火药库爆炸,使电力、通讯线路中断等等。雷电的静电感应危害是指雷雨云闪电时产生的强大的脉冲电流使云中的电荷与地面中和,从而引起静电场的强烈变化,导致附近导体上感应电荷发生相应的剧烈变化。在闪电前,地面附近的导体上因静电感应带有与向下运动的先导电流(云下部电荷)符号相反的电荷。在雷暴云进行主放电时,先导通道中的电荷迅速被中和,如果导体上的感应电荷不能通过合适的通道及时释放,导体就会产生很高的静电位,造成火灾或设备损坏。雷电的电磁感应危害是指雷电电流在 50~ 100 微秒的时间内,从 0 安变化到几十万安,再由几十万安变化到 0,在其周围空间会产生瞬变的强电磁场。处于空间变化的强电磁场中的物体,由于电磁感应,在其内部就会产生很高的感应电动势,从而造成极大的危害;同时闪电能辐射出频率从几赫兹到几千兆赫的电磁波,有很宽的频带,对通讯设备也会产生严重的危害,轻则干扰通讯信号,重则损坏仪器设备。其中以 5~ 10 千赫的电磁辐射强度最大。在雷电危害中,当被保护物距离雷电较近时,以静电感应危害为主;当被保护物距离雷电较远时,以电磁辐射危害为主。雷电波入侵危害是指由于雷击而在架空线路或空中金属管道上产生的冲击高电压沿线路或管道传播所造成的各种损害。雷电过电压的入侵可损坏电器设备,击伤操作人员,还可造成其他危害。

## 3. 雷电的预防措施

### 3.1 避雷针防雷法

其原理是利用避雷针高出被保护物的高度使雷云下的电场发生畸变,从而将一定范围内的雷电流吸引到避雷针上,通过引下线和接地装置导入大地,使处于它下面一定范围内的被保护对象免遭雷电直击。避雷针,实质上是引雷针,它使雷电触击其上使

建筑物得以保护。当雷击避雷针时,由于引下线的阻抗,强大的雷电流可能会造成避雷系统带上高电位,对地电压可达相当高的数值,以至于可能造成接闪器及引下线向周围设备(设施)跳火反击,从而造成火灾或人身伤亡事故。另外强大的雷电流泄入大地,在接地极周围形成跨步电压的危险也是不容忽视的。

### 3.2 法拉第笼式防雷法

它是利用钢筋或铜带编织成的网,叫做法拉第笼,把建筑物包围起来,从而使网内的被保护物免受静电危害和遭雷直击。但建筑物有通道,有对外的空隙,还不能做到天衣无缝。且法拉第笼只能屏蔽静电场,而对电流引起的空间变化的电磁场无法屏蔽,并且它不能使拐角处避免雷击。

### 3.3 滚球防雷保护法

这种方法,假设一个半径为 45 米的球,滚越建筑物,球体所能接触到建筑物的各个部分,是能遭到雷击的地方,球体不能接触到的建筑物的部分,则认为是受保护区。用这一方法也可以计算避雷针的保护范围。

### 3.4 E. F. 避雷保护系统

该防雷装置是由 E. F. Australasia 公司创造的,由一个发射离子的电极和以高压同轴屏蔽的特殊电缆作为引下线及普通的接地装置组成。在中心电极四周,排列着 4~12 个同位素支架,里面放置同位素镅 241(半衰期 450 年)。电极装置在空间电场的作用下能向空间发射电荷,吸引雷云向电极放电或中和云下部电荷,从而使建筑物免遭雷击。同轴电缆采取屏蔽且与建筑物绝缘,不但建筑物不带电,同时也可避免向周围物体跳击。E. F. 避雷系统在安装使用时必须注意以下事项: 1) E. F. 电极必须置于建筑物的最高处,针距离建筑物的最高面须大于 3 米左右。2) E. F. 系统的同轴电缆引下线与电极连接段,须与周围建筑物及支架绝缘,以免发生跳击现象。3) 同轴电缆引下线与电极连接的一端只连内导体;与接地装置连接的一端,内外导体同时连接于接地极上。4) 同轴电缆引下线与电话线,数据传输线等弱电线路的间距须大于 1 米。5) 接地装置的接地电阻一般在  $10\Omega$  以下,但最好在  $5\Omega$  以下。6) E. F. 电极的放射性元素镅 241 是用黄金膜片密封固定的,为了防止电极因终年经受风雨沙土的侵蚀,而使密封受损泄露放射物,因此必须定期进行严格检查。

### 3.5 避雷器防雷法

它是为了保护设备不受感应雷和雷电波入侵的损害。其防雷原理是:通过间隙击穿达到对地放电目的,它必须与被保护设备并联,避雷器的间隙击穿电压比被保护设备的绝缘击穿电压低。在正常工作电压下,避雷器间隙不会被击穿,当雷电波沿导线传过来,出现危及被保护设备的过电压时,避雷器间隙很快被击穿,对地放电,使大量的电荷都泄入到大地,从而限制了被保护设备过电压,起到保护设备的作用。过电压过去以后,间隙能迅速恢复灭弧,使被保护设备正常工作。或者是采用大面积无源波导元件,让有用信号波与雷电波信号分开,有用信号进入接收装置,而让雷电波对地放电,使大量的电荷泄入地中,起到保护设备的作用。

### 3.6 消雷器防雷法

它的主要原理是当雷云移动到消雷器上方,消雷器在雷云电场的启动下,产生电晕电流。电晕电流一方面在消雷器上空形成 V 型空间电荷屏蔽层,另一方面与雷云电荷中和,从而削弱雷云电场,使雷电不能击穿空气放电,起到消雷作用,让被保护物免遭雷击。

### 3.7 人工影响雷电防雷法

人类的某些活动,如空间救援,强爆炸物的搬运和核装置的安装等,都需要对雷电进行短暂的保护,而常规的防雷装置已不适用。因此防雷界的专家们提出了人工影响雷电的防雷方法。其主要原理是: 1) 对云播撒冻结核,改变云体动力和微物理过程,以影响雷电放电。2) 播撒金属箔以增加云中电导率,使云中电场维持在产生雷电值以下,从而抑制雷电产生。3) 用激光、火箭拖动导线丝等人为方法触发雷电放电,使云体小部分区域在限定的时间和地点放电。第一、二两种方法主要用于防止雷电引起森林火灾,第三种方法主要是为空间飞行器安全通过带电云体,提供一个自由走廊。

雷电是最严重的自然灾害之一。对雷电形成机制、危害方式和预防措施的研究是世界防灾减灾领域的重大课题,对这一课题的研究有助于人们消除和预防雷电,减少雷电造成的损失。虽然近些年,国内外在这一领域已取得了一些研究成果。但还远远不能满足社会对防雷工作的实际要求。国内外防雷专家们仍在不断研究新的防雷措施和设备。我们相信,随着防雷技术的不断完善和发展,人类必将征服雷电,消除雷电给人类造成的各种灾害。