

防雷技术在林业信息塔的应用

管云岩

(四川省林业规划院 四川 成都 610081)

摘要: 雷电对信息塔和人身安全有重大危害,必须采取有效措施防止雷击、跨步电压和雷电电磁脉冲。本文通过工程实例,对闪电杆、引下线、接地体设置、接闪杆雷击保护范围、接地电阻的计算、防止雷电电磁脉冲的措施作了一个总结。

关键词: 林业信息塔; 森林火灾监控; 防雷技术应用

中图分类号: S762 文献标识码: A 文章编号: 1003-5508(2014)02-0070-04

林业信息塔在林区广泛应用,均安装在林区高山的突出位置,主要起到监控林区火灾和保护森林资源的作用。林业信息塔可以做到全天候值守,大大节约人力资源,对提高工作效率、经济效益和社会效益都十分明显。塔身一般为钢结构,塔高20 m左右。塔顶安装太阳能电池和监控信息设备,由于信息塔使用环境比较特殊,均安装在山顶突出位置,塔身易遭受雷击,防雷是不可缺少的重要环节。本文结合工程设计实例探讨北川林业局在永安镇、白泥乡、桂溪乡等地的林业信息塔的设计安装,谈谈林业信息塔防雷技术的应用。

1 雷电的危害

雷电的产生是由于电荷粒子在云层中累积到一定程度,对地或建筑物也可以不同带电云层之间,发生的放电过程,常常产生巨大的声鸣和电光,短时间内释放出巨大的能量,如果雷电对建筑物放电将产生强大的破坏力,主要表现在3个方面:

1.1 电效应

雷电的电荷瞬间放电几十万伏,几百万伏的电压,可以击穿电气绝缘,烧坏或熔断电线,造成电力系统大规模停电、短路,雷电或者高压进一步串入低压系统会引发用电设备烧毁,人员伤亡。再则,雷电流入大地时,会在地面上因为雷电流产生跨步电压,致使人畜触电事故。

1.2 热效应

雷电流流过导体时会引起电热效应,巨大的电

流产生的热量会引起火灾或爆炸。

1.3 机械效应

雷电击中建筑物时释放的热量瞬间引起空气膨胀,发生爆炸或者造成严重破坏。雷电对地建筑物典型的向下闪击,其可能的4种组合见图1(a)~(d),首次雷击电流最大值 I_m 在100 kA到200 kA左右,波头时间在 $10 \mu\text{s}$ 左右,半值时间 $350 \mu\text{s}$ 左右,放电量 $50 \text{ C} \sim 100 \text{ C}$ 。首次以后的雷击电流减小到50 kA以下,长时间雷击的时间可能持续0.5 s。

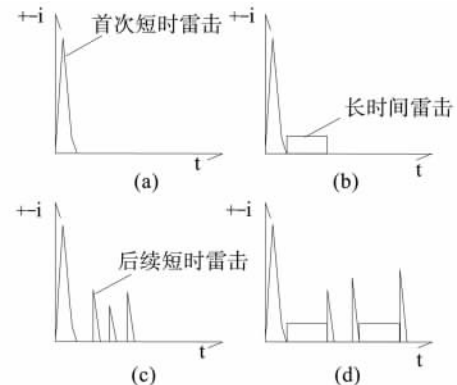


图1 向下闪击的可能的雷击组合

2 防雷措施

按照国家建筑标准规范对建筑物的重要性、使用性质、发生雷电事故的可能性和后果,作了强制性的规定,按照防雷要求分成3类。本文所涉及的信息塔高度一般在20 m,一般安装在山头的高耸孤立建筑,属于3类防雷建筑。

按照3类保护的措施,信息塔的防雷保护可以

利用在塔上装设独立接闪杆来避雷保护。工程上认为大地是一个电位为零的巨大电荷载体, 防雷的措施是把雷电电流通过金属导体, 引到大地放电, 这样就起到保护建筑物的目的, 根据电荷有尖端放电的原理, 可以在建筑物顶端设置接闪杆, 接引雷电电流然后通过金属引下线, 和接地体连接进行放电, 把雷电电流引入大地, 即可起到保护的作用。

2.1 接闪杆的保护范围

现在工程上对于高层建筑和通讯微波塔这类建筑, 采用滚球法来确定保护范围; 也有折线法计算保护范围, 此法对于多层建筑比较有效。针对该信息塔, 主要保护上端的设备平台, 采用滚球法比较合适。

下面就用滚球法计算接闪杆计算保护范围(图2): h 为接闪杆的有效高度, 单位为 m。接闪杆的材料除满足电气性能外, 还应该考虑风负荷, 选用本工程接闪杆采用下段 $\phi 50$ 的热镀锌钢管, 上段采用 $\phi 40$ 的热镀锌钢管, 中间加角钢支撑, 其顶端切割成尖状。

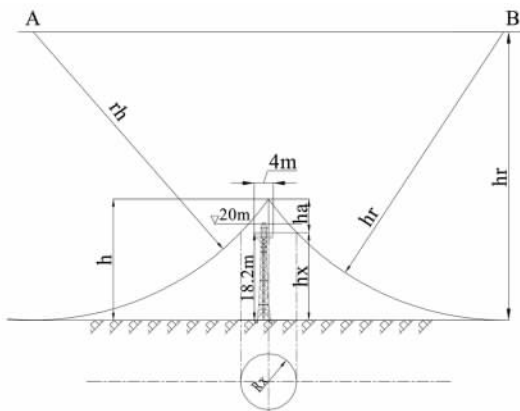


图2 信息塔接闪杆的保护范围

按照规范该工程的 3 类建筑滚球半径 $hr = 60$ m。从工程图中得知接闪杆高度 $h = 25.2$ m, $h < hr$ 时:

(1) 距离地面 hr 作一平行于地面的平行线。

(2) 以杆尖为圆心, hr 为半径作弧线, 弧线与杆尖相交并与地面相切。弧线到地面为其保护范围。保护范围为一个对称的锥体。

(3) 以 A、B 为圆心, hr 为半径作弧线, 弧线与杆尖相交并与地面相切。弧线到地面为其保护范围。保护范围为一个对称的锥体。

(4) 接闪杆在 hx 高度的水平面上的保护半径 R_x 和地面的保护半径 R_o , 按照下面公式计算:

$$R_x = \sqrt{h(2hr - h)} - \sqrt{hx(2hr - hx)} \quad (1)$$

$$R_o = \sqrt{h(2hr - h)} \quad (2)$$

分别把工程中的 $hx = 18.2$ m 和 $hr = 60$ m, $h = 25.2$ m 代入(1)和(2)式

$$R_x = \sqrt{25.2(2 \times 60 - 25.2)} - \sqrt{18.2(2 \times 60 - 18.2)} = 5.8 \text{ m}$$

$$R_o = \sqrt{25.2(2 \times 60 - 25.2)} = 48.8 \text{ m}$$

由以上计算可以看出, 在 18.2 的设备平台, 有效保护宽度为 $5.8 \times 2 = 11.6$ m, 大于平台 4m 的宽度, 也可以在一定范围安装太阳能板电池和发射天线。

信息塔为钢结构, 采用型钢热镀锌, 连接一般为焊接和螺栓连接, 电气连通性好, 利用在塔的四角上下联通的主钢材作为防雷引下线。在信息塔的塔顶设立接闪杆, 只要建筑物在设置的接闪杆保护范围内, 就可以起到雷击保护作用。

2.2 接地电阻

接下来的一个问题是, 利用接闪杆引导雷击电流通过引下线到地下接地体, 把电流释放到大地, 接地电阻的大小是影响避雷效果的重要指标。理论上讲接地电阻越小越安全, 但是实际工程中, 做到太小的接地电阻, 需要花费更多的工程费用, 我们只要满足建筑物的安全即可, 国家规范对不同等级和用途的接地电阻都有规定, 《建筑物防雷设计规范》(GB50057-2010) 中, 对接闪杆每一引下线的冲击电阻不大于 10Ω 。接地电阻理论上为接地极表面到无穷远的电阻, 工程上一般取 20 m ~ 40 m 范围作为接地电阻。

按通过接地极流入大地中交流工频电流求得的接地电阻, 称为工频接地电阻; 按通过接地极流入大地中冲击电流(雷电流)求得的电阻, 称为冲击接地电阻。雷电流从接地极流入土壤时, 接地极附近形成很强的电场, 将土壤击穿并产生火花, 相当于增加了接地极的截面, 减小了接地电阻。另一方面雷电流有高频特性, 使接地极本身电抗增大。一般情况下后者影响较小, 即冲击接地电阻一般小于高频接地电阻。

决定接地电阻的土壤电阻率是一个重要因素, 土壤的电阻率是由土壤的类型、含水量、温度、溶解在土壤中的水中的化合物的种类和浓度、土壤的颗粒大小以及颗粒的分布、密度性和压力、电晕作用等密切相关。土壤的接地电阻一般以实测为准, 缺少数据时候可以参考设计手册的经验数据, 此外接地电阻还与接地极的材料、形状、埋设深度、埋设方

式都有密切关系。可见,接地电阻的计算是复杂多变影响因素很多的变量,建立准确的数学模型,比较困难,实际意义不大。工程上一般采用近似计算或者估算,并且在施工中实地测量的方法,如果达不到要求则补充接地装置的做法来满足工程要求。图3为工程人工接地网布置图,埋设深度为1 m。图4为接地网剖面图。

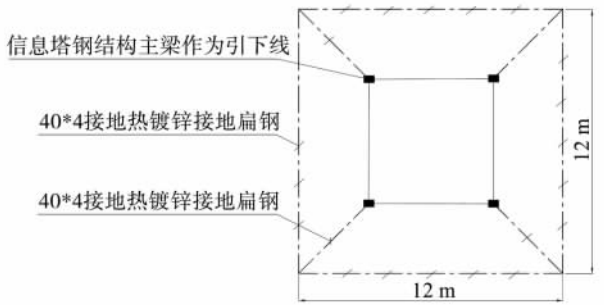


图3 接地网平面布置图

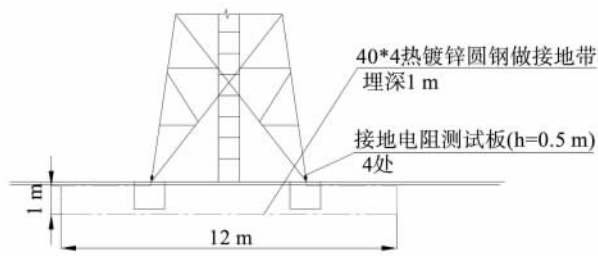


图4 接地网剖面图

本工程建在北川,经过实地勘察,土质为砂质黏土,土壤湿润,其表面覆盖植被较好,电阻率按设计手册取 $70 \Omega \cdot \text{m}$ ($\rho_0 = 70 \Omega \cdot \text{m}$),计算雷击防护接地装置的土壤电阻率,应该取雷季中最大可能的数字,并按照:

$$\rho = \rho_0 \psi \quad (3)$$

式中 ρ ——土壤电阻率, $\Omega \cdot \text{m}$;

ρ_0 ——雷雨中无雨水时所测的电阻率, $\Omega \cdot \text{m}$;

ψ ——考虑土壤干燥所取得季节系数。

按照设计手册对于本工程采用水平接地埋设深度1 m的闭合人工接地体季节系数取1.4。

$$\rho = \rho_0 \psi = 70 \times 1.4 = 98 \Omega \cdot \text{m}$$

根据《工业与民用电力装置的接地设计规范》GBJ65-83附录的闭合水平接地体的近似计算:

$$R \approx 0.5 \cdot \frac{\rho}{\sqrt{S}} \quad (4)$$

式中 R ——工频接地电阻 Ω ;

S ——大于 100 m^2 的闭合接地网的面积。

根据本工程设计的闭合接地网的面积为 $S = 12 \times 12 = 144 \text{ m}^2$,将 ρ 和 S 的计算结果代入(4)得出:

$$R \approx 0.5 \cdot \frac{\rho}{\sqrt{S}} = 0.5 \times \frac{98}{\sqrt{144}} = 4.08 \Omega$$

以上计算结果为工频电阻值,防雷的冲击电阻要进行换算,

$$R_i = R/A$$

式 R_i ——接地装置的冲击电阻;

R ——有效接地装置各支线长度小于或者等于接地体的有效长度 l_e ,或者有支线大于 l_e 而取其等于 l_e 时的工频电阻 Ω 。

A ——换算系数,可以从《建筑物防雷设计规范》GB50057-2010附录C中可以得知在本工程的土壤电阻率 $\rho = 98 \Omega \cdot \text{m}$, $A = 1$,冲击电阻等于工频电阻,即:

$$R_i = R/A = R = 4.08 \Omega$$

这里需要对接地体的有效长度 l_e 作一个解释,按照《建筑物防雷设计规范》GB50057-2010的5.4.6条的条文解释,由于电脉冲在地中速度是有效的,而且由于冲击电流的陡度是高的,一接地装置仅有一定的最大延伸长度有效地将冲击电流散流入大地,故引出了外引长度不大于有效长度 l_e 。

$$l_e = 2\sqrt{\rho} \quad (5)$$

将本工程的 $\rho = 98 \Omega \cdot \text{m}$ 代入(5)得出 $l_e = 19.78 \text{ m}$,本工程的四条分支引下线,计算接地体长度为12 m,所以计算的工频电阻 $R \approx 0.5 \cdot \frac{\rho}{\sqrt{S}} = 4.08 \Omega$ 是符合规范的。

防雷引下线是利用信息塔钢结构的主钢梁都是 $50 \times 50 \times 5$ 的角钢构成,上下电气连通较好,满足规范对引下线的强度要求。需要指出的是计算未包括信息塔基础本身的自然接地电阻,施工实际测量接地电阻从理论上讲还要小于计算值。

(1)对于高电阻率土壤的降阻措施:工程设计中常常会遇到,多沙、多石的情况,接地电阻常常达不到规范要求,这就需要对土壤进行降阻方法,通常有:

①井式或者深钻式接地极:当地下深处的土壤或水的电阻率较低时,采用钻机钻孔,把钢管接地极打入井孔中,并向钢管内和井内灌满泥浆。

②换土法:在接地体周围1 m~4 m范围内,换上比原来土壤电阻率小得多的土壤,可以是黏土、泥碳、黑土等。换土后,接地电阻可以减小到原来的 $2/3 \sim 2/5$ 。这种方法,其土壤电阻率受外界压力和温度影响较大,在高水位、水分渗入的地区效果好,但是石质底层难以达到理想效果。

③降阻剂法: 常用的化学降阻剂可以分为两类, 高分子树脂类和无机化合物类。降阻效果可以达到原来的 50% ~ 30%。长效化学降阻剂不但具有高导电性, 而且降阻效果能够保持长久, 即使有流动的地下水也不会流失, 有效果好、消耗钢材少、占地少、施工简单的优点, 为降低土壤接地电阻率的首选方法。

(2) 其他安全措施: 由于雷电流在地面散流, 会沿地面形成电势差, 水平距离为 0.8 m 的点的电位差, 即称为跨步电压, 会造成人身触电事故。工程上常常采用设置均压环, 设置护栏、警告牌使进入引下线 3m 以内的范围, 地面铺设绝缘层来降低危险程度。结合本工程的性质在引下线 3m 的范围铺设 5 cm 的沥青层或 15 cm 的砾石比较简单易行, 效果也比较好。其次在信息塔的 2.7 m 以下的范围和金属爬梯, 要用 1.2/50 μ s 冲击电压 100 kV 的绝缘层隔。

3 防雷击电磁脉冲

接地是分流和泄放直接雷击电流和雷电电磁脉冲能量的最有效手段之一。作为信息塔要安装信息电子设备, 应该把建筑物的所有金属件设备外壳与防雷装置组成一个接地系统, 形成等电位联接, 如果有外部电源接入采用 TN 系统时, 从总配电箱起采用 TN-S 系统。

信息塔安装的专业通讯设备, 如果要将设备直流接地、交流接地、安全保护接地和防雷接地共用一组接地装置, 接地装置的接地电阻值必须按照接入设备要求的最小值确定。一般来讲接地电阻达到 4 Ω 左右, 山区自然条件有限, 接地电阻再小已经不容易, 如果尚不能满足专业通讯设备的要求, 则要另外设置接地装置并与防雷接地保持 3 m 以外的距离。

限于塔本身的空间和结构有限, 户外专业通讯设备应该有良好的金属外壳和屏蔽电缆, 起到防雷电磁场, 防风、雨、冰雪, 防止小动物的侵害, 屏蔽线路传输线路安装浪涌保护器等手段起到过电流保护。

图 5 为安装设备前的信息塔; 图 6 为安装设备后的信息塔。

4 结束语

该信息塔自从 2012 年 12 月验收以来, 工作稳



图 5 安装设备前的信息塔



图 6 安装设备后的信息塔

定。经过近一年的运行来看, 防雷电和防电磁脉冲效果良好, 起到了良好的社会效益。

对于信息塔的维护应该做到定期检测接地电阻值, 及时除锈防腐, 紧固连接螺栓, 检查线缆的状态, 及时观察处理信息塔地基变化和周围林木生长和倒伏的危险。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 建筑物防雷设计规范 GB50057-2010. 中国计划出版社出版发行, 2010.
- [2] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 建筑物电子信息系统防雷技术规范 GB50343-2012. 中国建筑工业出版社出版发行, 2012.
- [3] 中国航空工业规划设计研究院. 工业与民用配电设计手册(第三版) 中国电力出版社, 2005.