

雷击灾害风险评估中等效截收面积计算方法研究

施广全^{1,2}, 王振会^{1,2}

(1. 南京信息工程大学江苏省气象灾害重点实验室, 南京 210044; 2. 南京信息工程大学遥感学院, 南京 210044)

摘要: 建筑物等效截收面积的计算直接影响到对该建筑物年预计雷击次数的计算, 进而影响到对该建筑物雷击风险评估的准确性。《建筑物防雷设计规范》给出的建筑物等效截收面积的计算方法, 适用于高点延伸范围大于低点延伸范围的建筑物等效截收面积的计算, 用于计算低点延伸范围大于高点延伸范围的建筑物等效截收面积却不尽合理。鉴于此, 提出了优化的计算方法: 由建筑物高点和低点计算的等效面积之和, 减去滚球法计算出的保护范围面积, 得到修正后的等效面积, 该方法考虑了中高层建筑的引雷作用, 计算结果更接近实际。

关键词: 雷击概率; 风险评估; 等效截收面积 A_e ; 滚球法

中图分类号: TU895; TB115

文献标识码: A

文章编号: 1673-7148(2008)02-0047-04

引言

雷击灾害风险评估是根据雷击大地导致人员、财产损害程度确定防护等级、类别的一种综合计算及分析方法^[1]。雷击建筑物引起的损害取决于很多因素, 这些因素与建筑物本身密切相关^[2]。建筑物等效截收面积 A_e 就是其中最重要的因素。

建筑物等效截收面积 A_e 定义为与建筑物截收相同雷击次数的等效面积。该数值的大小与该建筑物被闪电击中的概率密切相关, 直接影响到该建筑物雷电防护级别的确定。因此该参数的计算对评估建筑物遭受雷击的风险至关重要。

对于外形结构规则的建筑物, 在计算等效截收面积 A_e 时, 直接按照《建筑物防雷设计规范》(GB50057-2000) 提供的算法计算即可。而对外形不规则的建筑物, 利用《建筑物防雷设计规范》中提供的算法计算得到的结果误差比较大。本文介绍了在此情况下, 如何优化计算建筑物等效截收面积 A_e 。

1 建筑物等效面积 A_e 的计算方法^[3]

建筑物等效面积 A_e 应为其实际平面面积向外扩大后的面积。其计算方法应符合下列规定:

①当建筑物的高 $H < 100$ m 时, 其每边的扩大宽度和等效面积应按下列公式计算确定(如图1所示):

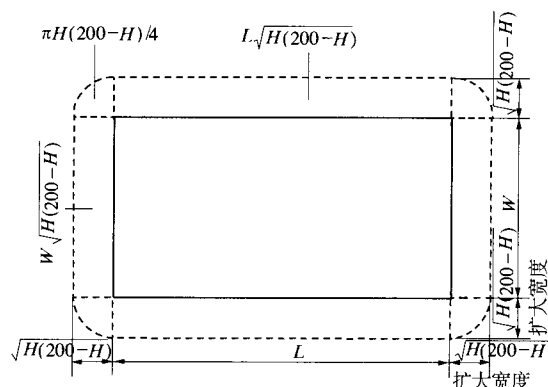


图1 建筑物的等效截收面积示意图

建筑物平面面积扩大后的面积 A_e 如图中周边虚线所包围的面积

$$D = \sqrt{H(200-H)}$$

$$A_e = [LW + 2(L+W) \cdot \sqrt{H(200-H)} + \pi H(200-H)] \cdot 10^{-6}$$

式中, D 为建筑物每边的扩大宽度(m), L 、 W 、 H 分别为建筑物的长、宽、高(m)。

②当建筑物的高 $H \geq 100$ m 时, 其每边的扩大宽度应按等于建筑物的高 H 计算; 建筑物的等效面积应按下式确定:

收稿日期: 2007-10-25; 修订日期: 2008-04-13

基金项目: 南京信息工程大学江苏省气象灾害重点实验室项目(KLME050101); 南京信息工程大学科研基金项目资助

作者简介: 施广全(1979-), 男, 江苏扬州人, 讲师, 硕士, 主要从事雷电防护、雷电监测预警研究。E-mail: jsnimfanglei@nuist.edu.cn

$$A_e = [LW + 2H(L + W) + \pi H^2] \times 10^{-6}$$

③当建筑物各部位的高不同时,应沿建筑物周边逐点算出最大扩大宽度,其等效面积 A_e 应按每点最大扩大宽度外端的连接线所包围的面积计算。

2 两种不同情况的计算案例

2.1 建筑物高点的延伸范围大于低点的延伸范围

位于深圳市福田区竹子林黄牛岭公园内的深圳气象雷达塔,主塔主体为框架—剪力墙结构,高度为86.1 m。该气象雷达塔的俯视图如图2所示。

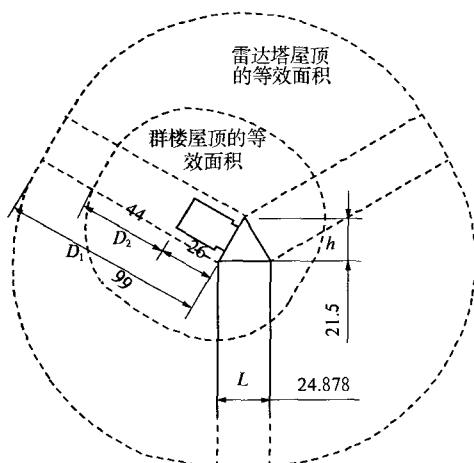


图2 深圳气象雷达塔的等效面积示意图

当建筑物高度 <100 m时,其每边的扩大宽度 D 应按下式计算:

$$D = \sqrt{H(200 - H)}$$

雷达塔屋顶的等效面积 A_e 应按下式计算:

$$A_e = \left(\frac{1}{2}L \times h + 3L \times D_1 + \pi D_1^2 \right) \times 10^{-6}$$

其中, $L=24.878$ m, $H=86.1$ m, $h=21.5$ m。

雷达塔顶的扩大宽度

$$D_1 = \sqrt{86.1(200 - 86.1)} \approx 99 \text{ m}$$

气象雷达塔的裙楼(附楼)长、宽、高分别为26 m、16.34 m、10.5 m,其每边的扩大宽度

$$D_2 = \sqrt{10.5(200 - 10.5)} \approx 44 \text{ m}$$

依据《建筑物防雷设计规范》规定:“当建筑物各部位的高度不同时,应沿建筑物周边逐点算出最大扩大宽度,其等效面积 A_e 应按每点最大扩大宽度外端的连接线所包围的面积计算。”因为 $44 \text{ m} + 26 \text{ m} < 99 \text{ m}$,裙楼屋顶的等效面积与雷达塔屋顶的等效面积重合,且没有超出雷达塔屋顶的等效面积范围,所以深圳气象雷达塔的等效面积用雷达塔屋顶的等效面积计算。

在本案例中,《建筑物防雷设计规范》中的算法

是合理的。根据“滚球法”计算,裙楼部分在雷达塔屋顶的保护范围之内,因此,裙楼部分的等效截收面积可以不予考虑。

2.2 建筑物低点的延伸范围大于高点的延伸范围

位于上海北郊的某大型仓库,四周是边长为345 m、高度为12 m的正方形仓储区,中间为一高层办公建筑物,高度为150 m,其平面图如图3。

框架结构的高层建筑物外部防雷的做法通常为:天面采用避雷针(带)和避雷网,引下线采用大楼主筋,接地采用大楼基础接地^[4]。该评估对象中的仓储区部分和办公楼部分在配电系统、通信系统、接地系统有紧密的联系,此区域内任意一点落雷产生的影响将会作用在全区域,所以应将二者作为一个独立的对象来计算等效截收面积。

根据《建筑物防雷设计规范》的规定,仓储区部分扩大宽度

$$D_1 = \sqrt{12(200 - 12)} \approx 47.5 \text{ m}$$

中间高层办公建筑物的扩大宽度

$$D_2 = 150 \text{ m}$$

由于 $150 \text{ m} + 20 \text{ m} < (345/2) \text{ m} + 47.5 \text{ m}$,根据《建筑物防雷设计规范》规定,“等效面积 A_e 应按每点最大扩大宽度外端的连接线所包围的面积计算”,因此,等效截收面积应按照仓储区部分等效面积来计算。

从计算的结果可以看出,计算对象中有无中央区域的高层办公建筑物,等效截收面积的计算结果是相同的,后续计算出来的建筑物年预计雷击次数也是相同的。

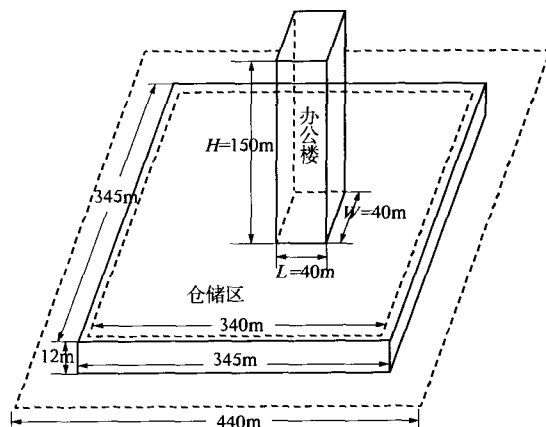


图3 上海某大型仓储区的等效面积示意图

而客观上,有无中央高层建筑物,计算对象遭受雷击的几率是大不相同的。大量的观测统计事实证明了这一点。

图4是2006年6月22日,上海东方明珠塔被

闪电击中的照片。

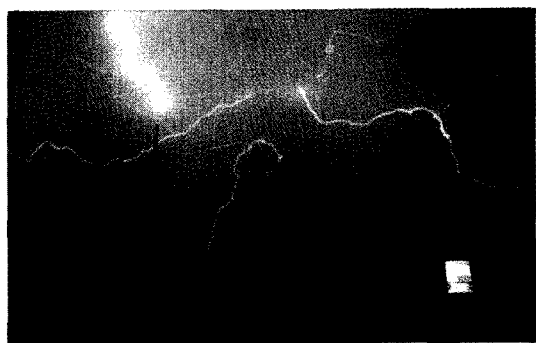


图4 上海东方明珠塔被闪电击中的照片

美国纽约的帝国大厦高度为1454英尺。根据统计,帝国大厦顶端的避雷针每年要遭受约23次雷击,这座大厦曾经在24 min内遭受雷击8次^[5]。图5是2007年5月16日下午,位于美国纽约市的帝国大厦被闪电击中的照片。

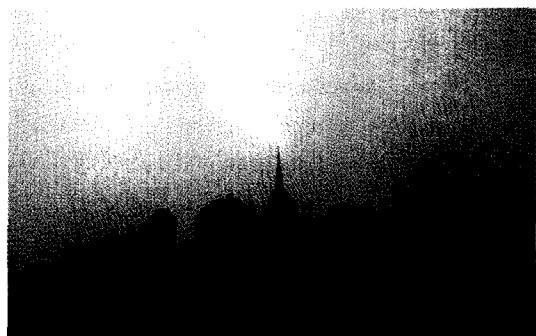


图5 美国纽约市帝国大厦被闪电击中的照片

笔者从北京市避雷装置检测中心了解到,每到雷雨季节,人们时常可以看到闪电击中中央电视台塔的情景。

以上诸多事实说明,高耸的建筑物被闪电击中的概率客观上的确是比较大的。这说明在第二种情况中,如果套用《建筑物防雷设计规范》的算法,那么计算的结果和实际情况将存在极大的差异,评估结果明显不可靠。

3 解决上述第二种情况的方法

就上述第二种情况而言,可考虑结合“滚球法”来计算等效截收面积 A_e 。该算法的计算原理中考虑了建筑物的高点对低点的直击雷雷击的屏蔽作用。

计算步骤如下:

①分别计算出建筑物中高点和低点的延伸范围及等效截收面积。

②利用“滚球法”计算出建筑物高点对低点的保护范围。《建筑物防雷设计规范》在计算与建筑

物截收相同雷击次数的等效面积 A_e 时,是在 $h_r = 100$ m的条件下推算的^[3]。

③用建筑物高点和低点计算出来的等效面积之和扣除第②步中用“滚球法”计算出来的保护范围面积,得到修正后的面积。

④根据修正后的面积,计算建筑物年预计雷击次数并判定相应的防护类别。

对本文2.2中的案例,具体计算过程如下。

高层办公建筑物的等效截收面积:

$$A_{e1} = (40 \times 40 + 40 \times 150 \times 4 + \pi \times 150^2) \times 10^{-6} \\ = 0.09625 \text{ km}^2$$

周边仓储区的等效截收面积:

$$A_{e2} = (345 \times 345 + 345 \times 47.5 \times 4 + \pi \times 47.5^2) \times 10^{-6} \\ = 0.19166 \text{ km}^2$$

高层办公建筑物对周边仓储区的直击雷雷击的屏蔽作用,取仓储区的屋面作为基准面^[6],取滚球半径 $h_r = 100$ m。保护范围的面积为

$$A_{e3} = [(L + W) \times h_r \times 2 + \pi \times h_r^2] \times 10^{-6} \\ = [(40 + 40) \times 100 \times 2 + \pi \times 100^2] \times 10^{-6} \\ = 0.0474 \text{ km}^2$$

高层办公建筑物的平面面积为重复计算面积:

$$S = (40 \times 40) \times 10^{-6} = 0.0016 \text{ km}^2$$

最终修正的等效截收面积

$$A_e = A_{e1} + A_{e2} - A_{e3} - S \\ = 0.09625 + 0.19166 - 0.0474 - 0.0016 \\ = 0.23891 \text{ km}^2$$

修正后的结果 A_e 大于按照规范计算的结果 A_{e2} ,这样就考虑到了计算对象中高层办公建筑的引雷作用,其计算效果要优于《建筑物防雷设计规范》中提供的算法所得出的结果。

4 结 论

从本文的分析来看,目前风险评估体系在实践中存在一定缺陷。

①不同结构的建筑物使用同样的计算等效截收面积的模式显然是不适合的。原因在于评估模式的僵化套用。目前,国内使用的雷击灾害风险评估模式多来源于IEC,未充分考虑国内国外的差异。此外,评估结果的验证非常困难,从而导致人们对评估结果的信服程度大大降低。

②雷电灾害风险评估是一个宏观上定量的计算。闪电是一种小概率事件,发生的偶然性非常大,对地落雷密度分布极不均匀。因此评估中计算的范围越大,则评估结果对实际防雷工程的参考价值越

小。而对建筑物落雷概率的定性分析却对实际防雷工程有着重要的参考价值。本文建议要更多地以被评估建筑物的重要性和使用性质来确定雷电防护的深度和广度。

参考文献

[1] 彭筱虹, 陈明先. 雷电损害风险评估浅析[J]. 高电压技术, 2006, 32(3): 120 - 122.

[2] 赵军, 郭在华. 雷击风险评估方法综合应用研究[J]. 成都信息工程学院学报, 2007, 22(增刊): 48 - 50.

[3] 中华人民共和国机械工业部. GB 50057—1994 建筑物防雷设计规范[S]. 2000 年版. 北京: 中国计划出版社, 2001.

[4] 王兵. 浅谈智能大厦的直击雷防护[J]. 西藏科技, 2004(7): 46 - 47.

[5] Zeleny, R O. 科学年鉴[M]. 北京: 科学出版社, 1988.

[6] 韩海轮, 陈俊, 黄晓兰. 避雷针(带)保护范围的计算[J]. 气象与环境科学, 2007, 30(增刊): 193 - 194.

Research on Calculating Method for Equivalent Area in Lightning Disasters Risk Assessment

Shi Guangquan^{1,2}, Wang Zhenhui^{1,2}

(1. Jiangsu Key Laboratory of Meteorological Disaster, NUIST, Nanjing 210044, China;

2. School of Remote Sensing, NUIST, Nanjing 210044, China)

Abstract: Calculation of Equivalent Area A_e concerns annual forecast lightning stroke frequency on the building directly, and influences the accuracy of lightning disasters risk assessment furthermore. The calculating method provided by <Design Code for Protection of Structures against Lightning> is suitable for the situation in which the extending area of high part of the building is broader than the low's, but is not suitable for the situation which is just the opposite. In view of this, the paper proposes an optimized calculating method. The sum of the equivalent area A_e calculated from the high part and the low's subtracts the protective area of the high part using rolling-ball method, then the modified result is gained. The triggered lightning effect of the high-rise building is considered in the improved calculating method. So, its calculating result is more closing to the real situation.

Key words: lightning stroke probability; risk assessment; equivalent area A_e ; rolling-ball method