文章编号:1674-7070(2012)05-0415-05

雷击风险评估中的位置因子 C_d 的探讨

马金福[1]　汝洪博[1]　冯志伟[1]

摘要

从周边建筑物对所考虑建筑物的扩大宽度影响的角度,分析了周边有等高、更低或更高的其他建筑物3种情况下,周边建筑物对所考虑的建筑物截收面积的实际影响.在此基础上提出了周边建筑物的高度、相对位置、环绕程度等均对建筑物截收面积有较大影响,并不能将其乘以一个恒定的位置因子作为考虑了周边建筑物的影响,应根据建筑物所处环境的实际情况的不同做更为精确的计算,以提高风险评估的准确性.

关键词

雷击风险评估;位置因子;截收面积;扩大宽度

中图分类号 TM866

文献标志码 A

0　引言

在雷击风险评估中,计算建筑物的年预计风险 R 是确定建筑物是否需要防雷措施的关键内容.风险 R 由许多参量组成,其中建筑物的截收面积 A_d 及位置因子 C_d 影响雷击建筑物的年平均危险事件次数 N_D,进而影响风险 R 的大小,因此,提高对建筑物截收面积计算的准确性也是提高雷击风险评估准确性的途径之一.目前所采用的几种等效截收面积的计算方法,其核心是计算建筑物的扩大宽度,沿建筑物屋面轮廓,以扩大宽度向外扩展即可得到其等效截收面积.而扩大宽度是根据建筑物的保护范围确定的,许多学者提出关于保护范围的物理模型[1-2],钱冠军等[3]提出先导传播模型理论,认为确定雷击距(即保护半径)不仅与雷电流大小有关,还与建筑物的高度有关.

在实际工作中,计算建筑物截收面积的方法主要有两种,即《建筑物防雷设计规范》(GB 50057—2010)和《雷电防护 第二部分:风险管理》(GB/T 21714.2—2008)规定的计算方法,其主要区别在于向建筑物四周扩大的宽度不同.GB 50057—2010 规定[4],高度低于 100 m 的建筑物,其四周扩大宽度由滚球法计算而得,即取滚球半径 100 m 时在地面上的保护半径,高度高于 100 m 时,扩大宽度按其高度计算.而 GB/T 21714.2—2008 规定[5],对于平坦大地上的孤立建筑物,其截收面积 A_d 是从建筑物上部各点,以斜率为 1/3 的直线向地面投射,在地面上由所有投射点构成的面积,如图 1 所示,其中 L、W、H 为建筑物的长、宽、高.

除规范给出的基本计算公式外,目前对于等效截收面积的计算方法已有不少研究,文献[6-9]对复杂和不规则的建筑物屋面给出了 AotoCAD 作图的方法以及将等效面积做近似计算的方法,施广全等[10]讨论过中高层建筑物特殊情况下规范计算方法的不合理之处,并提出了相应的修正方法.

以上计算方法均基于对孤立建筑物的等效截收面积的计算,当所考虑的建筑物不是孤立的情况下,就需要考虑到周边环境的影响.GB/T 21714.2—2008 根据建筑物的暴露程度及周围物体对危险事件次数的影响引入了位置因子 C_d,将年平均危险事件次数 N_D 定义为雷击大地密度 N_g、截收面积 A_d 及位置因子 C_d 3 个参量的乘积,其中 N_g 是根据闪电资料确定的数据,不受建筑物的影响,故本文将 C_d 视为建

收稿日期 2011-09-26

资助项目 湖州市科技局科技攻关课题(2008-GS10)

作者简介

马金福,男,高级工程师,主要研究方向为雷电防护.qxjmjf@163.com

1　浙江省湖州市气象局,湖州,313000

筑物受所处环境或周边建筑物的影响,等效截收面积的增加或缩减因子,其取值如表 1 所示. 在关于 C_d 取值的研究中,甘庆辉等[11]指出风险评估中位置因子 C_d 的典型值可能导致评估结果出现较大误差,并利用电气几何模型给出了 C_d 的具体取值方法.

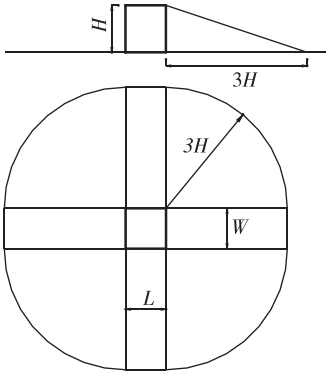


图 1　孤立建筑物的截收面积 A_d

Fig. 1　Equivalent area A_d of an isolated structure

表 1　位置因子 C_d 取值表

Table 1　Value of location factor C_d

建筑物暴露程度及周围物体	C_d
周围有更高的建筑物或树木	0.25
周围有相同高度或更低的建筑物或树木	0.50
孤立建筑物:附近无其他建筑物或树木	1.00
小山顶或山丘上孤立的建筑物	2.00

表 1 规定了建筑物所处的 4 种环境下位置因子的取值,包含了大部分的位置环境,但其规定是定性的,特别是“周围有更高的建筑物或树木”及“周围有相同高度或更低的建筑物或树木”这 2 条规定,没有定量的标准,致使实际评估中误差较大. 例如周边物体的具体高度、相对位置、环绕程度等,都没有详细的规定. 事实上,这些因素都是影响位置因子取值及截收面积计算结果的. 因此,有必要对其进行深入分析,从建筑物截收面积角度找出其定量关系,以满足更加精细的雷击风险评估工作的需要.

本文主要讨论《雷电防护 第二部分:风险管理》(GB/T 21714.2—2008)中的位置因子 C_d 辅助计算截收面积结果的准确性,因此分析截收面积时也采用了该规范的计算方法,并以规则建筑物为例,从所考虑的建筑物周围有等高、比它高和低的其他建筑物 3 种情况详细说明.

1　周围有相同高度的建筑物

根据 GB/T 21714.2—2008 的计算方法,当周围建筑物与所考虑建筑物距离超过建筑物高度的 6 倍($6H$,H 为所考虑的建筑物的高度)时,相互之间没有影响,当两者距离小于 $6H$ 时,周围建筑物的存在会影响所考虑建筑物截收面积的扩大宽度,进而影响其截收面积. 如图 2 所示,由于两建筑物高度相同,其截收范围的交线刚好位于两建筑物间距平分线的位置,因此可得出所考虑建筑物的扩大宽度为

$$D = \frac{d}{2}, \tag{1}$$

其中,d 为两建筑物的间距.

扩大宽度相较于孤立建筑物有所减小,减小量 k 与建筑物的高度 H 及 d 有关:

$$k = 3H - \frac{d}{2}. \tag{2}$$

所考虑建筑物的截收面积即为以扩大宽度 $d/2$ 向外扩展后得到的面积.

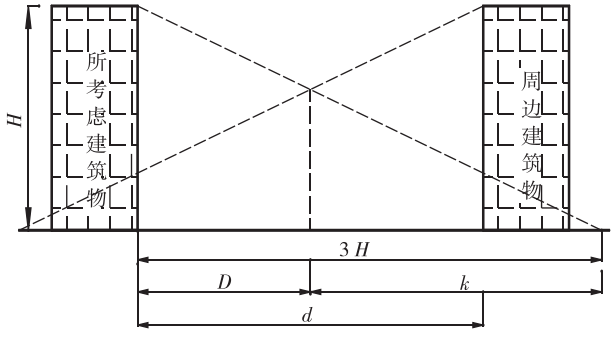


图 2　周围有等高建筑物时所考虑建筑物截收面积示意

Fig. 2　Equivalent area of structure with surrounding building of the same height

以长 60 m、宽 20 m、高 60 m 的建筑物为例,四周相距 40 m 的位置环绕有等高的其他建筑物,采用本文提出的计算方法,其截收面积为 5 657 m^2,而按照 GB/T 21714.2—2008 的计算方法,其截收面积为 65 894 m^2,两者相差近 11 倍,可见其差别之大.

仍以该建筑物为例,周围建筑物从相距 40 m 增大到 200 m,按照 GB/T 21714.2—2008 的计算方法,其截收面积仍为 65 894 m^2,采用本文提出的计算方法,其截收面积为 48 616 m^2,比相距 40 m 时大得多,也反应了周边建筑物距离所考虑建筑物的远近程度对该建筑物的截收面积影响不同.

仍采用前面的例子,在一侧(长边侧)相距 200 m 的位置有等高的建筑物,其余三面是平坦大地,若按照 GB/T 21714.2—2008 的计算方法,其截

收面积仍为 65 894 m^2,而采用本文提出的计算方法(忽略对 4 个角的影响),其截收面积为 126 988 m^2,比采用 GB/T 21714.2—2008 的计算结果大得多.

从以上例子可以看出,规范规定的计算方法没有区分周围建筑物的远近及四周环绕程度的不同,与本文计算结果的差别是相当大的.

2 周围有更低的建筑物

当周围有更低的建筑物时,周围建筑物(高度为 h)对所考虑建筑物(高度为 H)截收面积的影响也是对其扩大宽度的影响. 当周围建筑物与所考虑建筑物距离超过两建筑物高度之和的 3 倍时,相互之间没有影响,当两者距离小于两建筑物高度之和的 3 倍时,存在以下 3 种情况:

1) 周围建筑物在所考虑建筑物的保护范围内,即$(d+w)\leqslant 3(H-h)$(w 为周围建筑物的宽度),这种情况对所考虑建筑物的截收面积没有影响;

2) 周围建筑物的屋面一部分被所考虑建筑物保护,即$[3(H-h)-w]\leqslant d\leqslant 3(H-h)$,如图 3a 所示,其四周扩大宽度相应减小,其减小量 k 与周围建筑物的高度 h 有关:

$$k = 3h, \tag{3}$$

即,其扩大宽度 D 为

$$D = 3(H-h); \tag{4}$$

3) 周围建筑物仅有侧面的一部分被所考虑建筑物保护,即 $d>3(H-h)$,如图 3b 所示,其四周扩大宽度相应减小,其减小量 k 与建筑物的高度(H、h)及两者之间的距离 d 有关,

$$k = \frac{[3(H+h)-d]}{2}, \tag{5}$$

即,其扩大宽度 D 为

$$D = \frac{d}{2} + \frac{3(H-h)}{2}. \tag{6}$$

以长 60 m、宽 20 m、高 60 m 的建筑物为所考虑建筑物,其四周环绕有宽 20 m、高 40 m 的建筑物,四周建筑物远近不同,会出现上述讨论的 3 种情况,分别采用 GB/T 21714.2—2008 及本文提出的方法计算其等效面积并对比如表 2 所示. 3 种情况下,规范的计算结果是相同的,但本文研究的计算方法将其细化,每种情况其计算结果都是不同的,且差距较大.

3 周围有更高的建筑物

当周围有更高的建筑物时,周围建筑物(高度

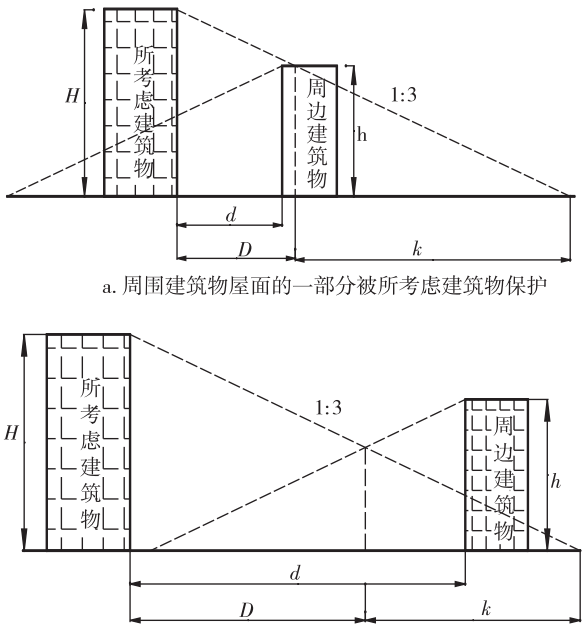


图 3 周围有更低的建筑物时所考虑建筑物截收面积示意

Fig. 3 Equivalent area of structure with lower surrounding building

表 2 2 种方法计算结果的对比

Table 2 The calculation result comparison between two methods

3 种情况	四周建筑物与所考虑建筑物的距离/m	规范方法的计算值/m^2	本文方法的计算值/m^2
①	40	65 894	131 788
②	60	65 894	22 109
③	200	65 894	75 093

h)对所考虑建筑物(高度 H)截收面积的影响不仅仅是四周的扩大宽度,还有可能影响到建筑物本身的投影面积. 当周围建筑物与所考虑建筑物距离超过两建筑物高度之和的 3 倍时,相互之间没有影响,当两者距离小于两建筑物高度之和的 3 倍时,存在以下 3 种情况:

1) 所考虑建筑物在周边建筑物的保护范围内,即$(d+w)\leqslant 3(h-H)$(w 为所考虑建筑物的宽度),这种情况下所考虑建筑物截收面积为零,比按规范 GB/T 21714.2—2008 计算的结果要小得多;

2) 所考虑建筑物的屋面一部分被周围建筑物保护到,即$[3(h-H)-w]\leqslant d\leqslant 3(h-H)$,如图 4 所示,其向四周的扩大宽度应为零,且其自身的投影面积也要受到影响,即其截收面积小于其自身的投影面积,每边缩进宽度 k'为

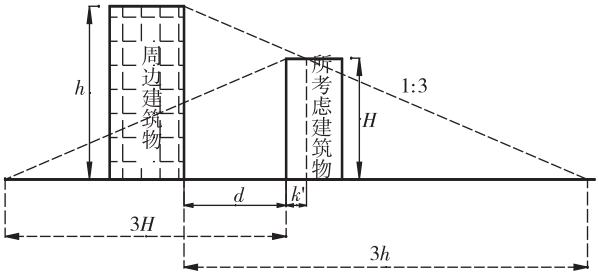


图 4　周围有更高的建筑物时所考虑建筑物截收面积示意

Fig. 4　Equivalent area of structure with higher surrounding building

$$k' = 3(h - H) - d; \tag{7}$$

3) 所考虑建筑物只有侧面的一部分被周边建筑物保护到,即 $d > 3(h - H)$,同理于周围有更低建筑物的第 3 种情况,可参照图 3b,其四周扩大宽度相应减小,其减小量 k 与建筑物的高度(H 和 h)及两者之间的距离 d 有关:

$$k = \frac{[3(H + h) - d]}{2}, \tag{8}$$

即,其扩大宽度 D 为

$$D = \frac{d}{2} - \frac{3(h - H)}{2}. \tag{9}$$

仍采用前面的例子,在该建筑物的一侧相距 200 m 的位置有一高 80 m 的建筑物,其余三侧是平坦大地,若按照 GB/T 21714.2—2008 的计算方法,其截收面积为 32 947 m^2,而采用本文提出的计算方法(忽略对 4 个角的影响),其截收面积为 125 188 m^2,比按规范 GB/T 21714.2—2008 计算结果大得多.

4　结论

由以上分析可知,周围建筑物的环绕程度、间隔距离及相对高度等均对建筑物的截收面积有很大影响,若不考虑这些因素,仅将建筑物的截收面积乘以一个恒定的比例系数作为考虑了周边建筑物影响的结果,将会出现较大的误差,影响风险评估的准确性,因此,在实际工作中需要考虑建筑物的实际情况,尽可能真实地反应出建筑物的截收面积受周边环境的影响程度.

理论上,建筑物上各点都要计算其相应的扩大宽度,再计算整个建筑物的截收面积,但在实际工作中,这样做很复杂,可以用 CAD 画图的方法确定,或用割补等简化方法进行计算,得出能满足工程要求精度的数值.

参考文献

References

[1] 许颖,刘继,马宏达,等. 建(构)筑物雷电防护[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2010:25-32
XU Ying, LIU Ji, MA Hongda, et al. Lightning protection of buildings and structures[M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2010:25-32

[2] 许颖. 再析避雷针(线)防直击雷作用[J]. 广东电力,2005,18(12):12-14
XU Ying. Reanalysis on direct lightning strike protection of lightning rods and overhead ground wires[J]. Guangdong Electric Power, 2005, 18(12):12-14

[3] 钱冠军,王晓瑜. 避雷针保护范围及其物理模型[J]. 建筑电气,1997,16(4):29-32
QIAN Guanjun, WANG Xiaoyu. The scope of protection and physical model of lightning rod[J]. Building Electricity, 1997, 16(4):29-32

[4] GB 50057—2010 建筑物防雷设计规范[S]. 北京:中国计划出版社,2011
GB 50057—2010 Code for design protection of structures against lightning[S]. Beijing: China Plan Publishing House, 2011

[5] 全国雷电防护标准化技术委员会. GB/T 21714.2—2008 雷电防护 第 2 部分:风险管理[S]. 2008:10
The lightning protection standardization technical commission. GB/T 21714.2—2008. Protection against lightning. Part 2: Risk management[S]. 2008:10

[6] 姚坤. 利用计算机作图法求建筑物年预计雷击次数[J]. 建筑电气,2004,23(4):30-32
YAO Kun. The calculation method for the building's annual predicted number of lightning stokes by graphing method[J]. Building Electricity, 2004, 23(4):30-32

[7] 朱奎荣,杨仲江. 复杂建筑物的等效面积研究:AutoCAD 在雷电风险评估中的应用[C]//第七届中国国际防雷论坛论文集,2008
ZHU Kuirong, YANG Zhongjiang. The studies of collection area about complex structures: The application of AutoCAD in the lightning risk assessment[C]//Proceedings of the 7th International Lightning Protection Conference in China, 2008

[8] 王芳春. 建筑物年预计雷击次数 N 的简化计算方法[J]. 建筑电气,2004,23(2):19-22
WANG Fangchun. The simplified calculation method of the building's annual predicted number of lightning stokes[J]. Building Electricity, 2004, 23(2):19-22

[9] 问楠臻,高文俊. 基于 IEC 62305 雷击风险评估计算方法[J]. 建筑电气,2008,27 (7):34-37
WEN Nanzhen, GAO Wenjun. The calculation method in lightning risk assessment based on IEC 62305[J]. Building Electricity, 2008, 27(7):34-37

[10] 施广全,王振会. 雷击灾害风险评估中等效截收面积计算方法研究[J]. 气象与环境科学,2008,31(2):47-50
SHI Guangquan, WANG Zhenhui. Research on calculating method for equivalent area in lightning disasters risk assessment[J]. Meteorological and Environmental Sci-

ences,2008,31(2):47-50
[11] 甘庆辉,许薇,汤强. 电气-几何模型在雷击风险评估中计算 C_d 值的应用[J]. 气象与环境学报,2010,26(1):69-71
GAN Qinghui, XU Wei, TANG Qiang. Application of electric-geometric model in calculating C_d[J]. Journal of Meteorology and Environment,2010,26(1):69-71

Discussion on the location factor in lightning risk assessment

MA Jinfu[1] RU Hongbo[1] FENG Zhiwei[1]
1 Huzhou Lightning Protection Center, Huzhou 313000

Abstract From the viewpoint of the surrounding building's impact on calculated building's expanded width, the influence of the surrounding building on the equivalent area was analyzed under three cases: the surrounding buildings of the same height, higher or lower than the calculated building. Then it is concluded that the height, the relative location and surrounding degree of the surrounding building have a great influence on the equivalent area of a building, which can not be simply expressed by a constant location factor in the calculation of equivalent area considering the influence of the surrounding building. More precise calculations should be done according to the actual situation to improve the accuracy of the lightning risk assessment.

Key words lightning risk assessment; location factor; equivalent area; expanded width