

古建筑雷击风险评估探讨^{*}

陶 彪^{*}, 张华明, 杨世刚

(山西省雷电防护监测中心, 山西 太原 030002)

摘 要: 通过对古建筑防雷现状的调查研究, 提出古建筑物的重要性、年预计雷击次数、自身结构、内部环境变化、雷击史是评估古建筑雷击风险的主要项目, 并确定了各个项目的风险系数。根据风险系数给出了古建筑物雷电防护等级的计算公式。

关键词: 古建筑物; 雷击; 风险评估

中图分类号: TM865 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-811X(2009)04-0077-04

0 引言

中国的古建筑物数量庞大、各具特色, 以她无法估量的历史价值编织着中华民族悠久的发展史, 其承载的建筑思想、建筑美学和营造法式贯穿于秦汉以至明清两千余年。因此, 古建筑物的安全保护, 显得尤为重要, 古建筑物的防雷保护就是其中之一。

近年来, 各地对古建筑物的雷击防护作了不少有益的探索^[1-3], 为了使古建筑物因地制宜地采取防雷措施, 防止或减少雷击古建筑所造成的无法估量的文物损失, 做到安全可靠、经济合理, 首先应在认真调查地理、土质、土壤、气象、环境等条件和雷电活动规律以及被保护物的特点等的基础上, 对古建筑进行雷击风险评估。

本文通过对古建筑防雷现状的调查研究, 提出古建筑物的重要性、年预计雷击次数、自身结构、内部环境变化、雷击史是评估古建筑雷击风险的主要项目, 并确定了各个项目的风险系数。根据风险系数给出了古建筑物雷电防护等级的计算公式。

1 古建筑物雷击风险评估

古建筑物遭雷击属于小概率事件, 因而, 为了做到安全可靠、经济合理, 首先要对古建筑进行雷击风险评估, 我们从古建筑的重要性、年预

计雷击次数、自身结构、内部环境变化、雷击史等5个方面进行了讨论, 然后根据古建筑的实际情况取相应的风险系数。

1.1 古建筑的文物价值的重要性

许多学者^[4]将古建筑物的防雷风险与古建筑物的文物价值、艺术价值联系在一起, 认为属于国家文物, 雷击风险就高, 但从雷害发生的角度考虑, 古建筑物的文物和艺术价值与雷害没有直接关系, 当然, 考虑到一旦发生雷害, 文物和艺术价值损失的不可逆性, 可以将古建筑物的文物及其艺术价值计算在雷击风险之内, 只是将其对风险评估影响定为较小, 其权重值可定为20%。

当进行风险评估时, 国家级古建筑物, 风险度取100~90, 省级古建筑物取89~80, 其它古建筑物取<79, 这样, 就可以将古建筑物的不同级别用权重区别开来, 有利于评估的定量化。

1.2 古建筑物的年预计雷击次数

古建筑物多数建在地势较高的山上, 或建在土壤电阻率有突变的山脚边, 易被雷电侵袭。建筑物的年预计雷击次数是一个建筑物可能遭受的雷击概率, 是雷击风险度的具体的表现, 是雷击风险评估中的第一个最重要因素。当古建筑物的地理位置符合这种描述, 至少说明, 古建筑遭受雷击的外部条件具备了, 因而确定其所占风险评估权重的25%。

1.3 古建筑的自身结构

古建筑物具有以下易遭受雷击的结构特点^[5]。

^{*} 收稿日期: 2009-04-15

基金项目: 山西省气象局资助项目(SXKYBLD20092017); 中国气象局气象行业标准(古建筑物防雷技术规范 QX2006-67)

作者简介: 陶彪(1949-), 男, 山西朔州人, 高级工程师, 主要从事雷电防护方面的研究. E-mail: zhanghuaming980@163.com

(1) 从结构上看，为了体现建筑的雄伟、挺拔，古建筑物都建有高耸的屋脊，而这些高耸的屋脊也正好为带电云层放电创造条件；

(2) 多数古建筑物大殿正脊中部埋设金属宝盒，有的建筑物屋顶内部还有锡背，这些金属物都大大增加了建筑物接闪放电的可能性；

(3) 古建筑绝大多数为砖木结构，一旦遭受雷击，极易引起木质构件燃烧。

古建筑物的这种结构，是别人无法改变的，是固有的，结构不同，雷击的可能性就不同，导电的、能够积累电荷的，就容易遭雷击。比如，纯木结构的建筑和有金属屋顶结构的建筑，雷击风险的差异可能很大，因而将其权重定为 15%。

1.4 古建筑内部环境变化

古建筑内部环境变化，是雷击风险评估中第 2 个最重要因素，根据我们对几起古建筑雷击事故的调查，认为古建筑内部环境变化占权重的 25%。以山西运城稷山大佛寺及山西应县木塔雷害为例。

(1) 山西省运城稷山雷害事故 第 1 次雷害发生在 2004 年 5 月 11 日 03：58，稷山县大佛寺遭强雷电袭击，大佛寺燃起大火。大火过后，大佛寺两层佛阁和大量的珍贵木刻、砖雕艺术品荡然无存，

只剩下三面残墙(图 1)。



图 1 大佛寺第一次雷灾

大佛寺位于山西稷山县城东北的高土崖上，地势较高，佛阁为土木结构。据工作人员讲，当晚 23：00 时左右闻雷，且下有小雨，凌晨 03：00 时左右，狂风大作，电闪雷鸣，大佛寺附近震耳欲聋的炸雷响声不断，随后有一工作人员见大佛寺主殿上东北角冒烟起火，火势顺风而起，大火一直持续到当日中午。

第 2 次雷害发生在 2005 年 8 月 13 日，当时维修上次雷击损坏工程刚刚竣工，这次雷击发生在刚刚维修后的偏殿，当时木柱较潮湿，新砌的砖墙也没有完全干透。图 2 是雷击后痕迹照片。



图 2 雷击后痕迹照片

比较两次雷击，头一次雷击是从大殿立柱开始，燃烧从内到外，经过仔细观察，该立柱内部有腐败迹象，在雷击前，大殿内有过漏雨纪录，说明立柱在漫长的岁月中，立柱内木质发生了某些变化，比较潮湿，其导电特性可能比原木柱好得多，因而当雷雨云下行先导发生时，立柱本身具备了产生上行先导的条件，进而发生雷害。图 3 为雷击后的立柱，可见燃烧是从内部开始的。



图 3 雷击后的立柱

(2) 山西省应县木塔雷害事故 2002 年 9 月 7 日夜，有目击者见到木塔塔顶发生火光，当时气象站有雷电发生纪录，9 月 15 日，工作人员在木

塔顶层清扫时，发现木塔五层东北角辅柱被雷击。事后有关学者经过仔细分析，不排除此次雷害原

因^[6]，是因为塔内加装了某些仪器，改变了古塔原有的对大地绝缘的物理状态所致。

1.5 雷击史的考虑

有无雷击纪录，作为风险评估的一个因子，但不作为重要因子，有两方面的原因，一是一些雷击纪录的可信度需要论证，二是有很多雷击事件并没有记录在案，同时，也是将雷击事件作为小概率事件对待的一种态度。根据实际，权重值可以在 15 的范围内作取舍。

表 1 为根据以上讨论所得出的古建筑雷击风险评估各因子权重取值及计算方法。

表 1 古建筑物雷击风险评估计算方法				
项目	内容	权重%	级别	风险度取值
X1	重要性	Q1 = 20	世界遗产、国家级	100 ~ 90
			省、部级	89 ~ 80
			其它级	≤ 79
X2	年预计雷击次数 (次/年)	Q2 = 25	≥ 0. 06	100 ~ 90
			> 0. 03 且 < 0. 06	89 ~ 80
			≤ 0. 03	≤ 79
X3	自身结构	Q3 = 15	金属结构、屋顶有金属物	100 ~ 90
			部分金属结构	89 ~ 80
			其它砖、木结构等	≤ 79
X4	内部环境、结构变化	Q4 = 25	年久失修、木结构进水	100 ~ 90
			潮湿	89 ~ 80
			其它	≤ 79
X5	雷击史	Q5 = 15	自身有雷击记录	100 ~ 90
			周围有雷击记录	89 ~ 80
			无雷击记录	≤ 79
评估值		$E = \sum X_i \times Q_i = X_1 \times 20\% + X_2 \times 25\% + X_3 \times 15\% + X_4 \times 25\% + X_5 \times 15\%$		

2 古建筑物的雷电防护分级

我们将古建筑的雷电防护等级根据其雷击风险划分为 A、B、C 三级，当风险评估值取 ≥ 90 时，可按 A 级防雷等级作防雷保护，当评估值在 89 ~ 80 时，可按 B 级防雷等级进行防护，≤ 79 的风险评估取值则按 C 级防雷等级进行防护。表 1 给出了古建筑物雷击风险评估及计算方法。下列情况下首先应进行雷电防护风险评估，然后确定雷电防护等级：

- (1) 古建筑物重建或修复时；
- (2) 古建筑物开发利用时；

(3) 古建筑的重要性和价值级别提高时；

(4) 古建筑物需要引入电源、信号线路或增设消防、防盗防火报警、监视系统等信息设备时；

(5) 其它有可能给古建筑增加雷电危害的情况发生时，如周围环境变化、敷设高压线路、埋设地下管道等。

之所以这样要求，是为了从源头上减少雷击隐患。在调查中，我们发现，重建或修复的古建筑物内部结构已经发生了变化，增加了不少现代元素，比如修复的大梁，为了结实，在内部嵌入了钢板之类的金属物。为了安全，安装了监控、消防报警等信息线路、设备。所有这些情况，都会加大古建筑物遭受雷击的概率。因此，对古建筑物进行雷击风险评估并确定雷电防护等级是保证古建筑物安全的重要步骤。

3 结论

通过对古建筑现状的调查研究，得出古建筑物的重要性、年预计雷击次数、自身结构、内部环境变化、雷击史是评估古建筑雷击风险的主要项目，其中重要性和价值的权重值占 20%、年预计雷击次数占 25%、自身结构 15%、内部环境变化 25%、雷击史 15%。根据风险系数给出了古建筑物雷电防护等级的计算公式： $E = \sum Xi \times Qi = X1 \times 20\% + X2 \times 25\% + X3 \times 15\% + X4 \times 25\% + X5 \times 15\%$ 。

参考文献：

[1] 方琼玉，黎梓华，姚立宏. 桂林靖江王城防雷方案初探[J]. 气象研究与应用, 2007, 28(3): 59-61.

[2] 童凌. 古建筑防雷设计措施初探[J]. 四川建筑, 2007, 27(3): 63-65.

[3] 马龙. 山区古建筑防雷措施[J]. 武警学院学报, 1999, 15(6): 14-16.

[4] 国家技术监督局. 建筑物防雷设计规范 GB 50057-94(2000 版)[S]. 北京: 中国计划出版社, 2001.

[5] 石拥军, 李建宇. 古建筑防雷略论[J]. 消防技术与产品信息, 2004, 12(6): 17-19.

[6] 郝孝智, 关象石. 从应县木塔遭受雷击谈“绝缘防雷”[C]// 第二届中国防雷论坛论文摘编. 北京, 2003: 59-60.

Discussion on Risk Assessment of Lightning on Ancient Architectures

Tao Biao, Zhang Huaming and Yang Shigang

(Thunder Prevention and Observation Center of Shanxi Province, Taiyuan 030002, China)

Abstract: According to the investigation and study on current state of lightning protection of ancient architectures, significance, estimated annual number of lightning strokes, self structures, internal environment changes and the history of lightning strokes of ancient architectures are proposed as the main items of their risk assessment of lightning. Risk coefficients of each item are determined meanwhile. Formula for calculating the grade of lightning protection of ancient architecture is given according to the risk coefficients.

Key words: ancient architecture; lightning strike; risk assessment

(上接第 72 页)

Evaluation on Geological Disasters Triggered by the 5. 12 Wenchuan Earthquake Based on GIS Technology

——A Case Study in Anxian County of Sichuan Province

Yang Taiping, Tang Chuan and Qi Xin

(State Key Lab of Geo-hazard Prevention and Geo-environment Protection, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

Abstract: 187 locations of geological disasters were identified in Anxian County, Mianyang, based on an emergency field investigation and remote sensing interpretation after the Wenchuan earthquake of magnitude 8. 0. By use of GIS technology, a statistical analysis is made on the relation between distribution of seismic geological disasters and other related factors, such as distance to earthquake fault, slope, lithology and rivers. The results show that the earthquake geological disasters in the region are on the zonal distribution along the fault zone and along the river are on the linear distribution. Earthquake geological disasters are closely related to terrain slope. The majority of disaster points concentrate within the range of 15° ~ 45°. Earthquake geological disasters and terrain have a close correlation. Geological disasters in the northern mountain areas are significantly higher than that in the southern plain areas. Most landslides occur in soft rock such as phyllite and shale, many of which are soil landslides. While, most collapses occur in hard rocks such as magmatic rock.

Key words: Wenchuan earthquake of magnitude 8.0; geological disaster; risk; remote sensing interpretation; GIS; Sichuan's Anxian County