

# DB41

## 河南省地方标准

DB41/T 1978—2020

### 文物建筑雷电灾害风险评估方法

地方标准信息服务平台

2020 - 09 - 11 发布

2020 - 12 - 11 实施

河南省市场监督管理局 发布



目 次

前言 ..... II

1 范围 ..... 1

2 规范性引用文件 ..... 1

3 术语和定义 ..... 1

4 评估资料收集 ..... 2

5 雷电环境评价 ..... 2

6 风险识别 ..... 3

7 风险计算 ..... 3

8 风险评价 ..... 3

附录 A（资料性附录）年均危险事件次数的估算 ..... 5

附录 B（资料性附录）不可恢复的文化遗产损失 ..... 9

附录 C（规范性附录）风险容许值 ..... 10

参考文献 ..... 12

地方标准信息服务平台

## 前 言

本标准按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本标准由河南省气象标准化技术委员会提出并归口。

本标准起草单位：河南省气象灾害防御技术中心（河南省防雷中心）、信阳市气象局、商丘市气象局、许昌市气象局、河南华孚永基科技有限公司。

本标准主要起草人：杨美荣、李鹏、郭红晨、李森、程丽丹、王玮、杜晓宾、金趁意、卢友发、蒋超、邱洋、张玉桦、何巍、刘奇、王芦、赵战友。

地方标准信息服务平台

# 文物建筑雷电灾害风险评估方法

## 1 范围

本标准规定了文物建筑雷电灾害风险评估的术语和定义、评估资料收集、雷电环境评价、风险识别、风险计算和风险评价。

本标准适用于核定公布为各级文物保护单位的文物建筑的雷电灾害风险评估。其他不可移动文物中的文物建筑可参照执行。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 21714.2—2015 雷电防护 第 2 部分：风险管理

QX/T 85—2018 雷电灾害风险评估技术规范

## 3 术语和定义

GB/T 21714.2—2015 和 QX/T 85—2018 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。为便于使用，以下重复列出了 GB/T 21714.2—2015 和 QX/T 85—2018 中的某些术语和定义。

### 3.1

#### 雷电灾害风险评估

根据雷电特性及其致灾机理，分析雷电对评估对象的影响，提出降低风险措施的评价和估算过程。  
[QX/T 85—2018，定义 3.1.1]

### 3.2

#### 文物建筑

各级文物保护单位和尚未核定公布为文物保护单位的不可移动文物中的古建筑、石窟寺及石刻、近现代重要史迹及代表性建筑以及其它不可移动文物中的建筑遗产。

### 3.3

#### 风险分量

按损害成因和损害类型细分的部分风险。  
[GB/T 21714.2—2015，定义 3.1.32]

### 3.4

#### 风险容许值

$R_T$   
需保护对象能够容许的雷击最大风险值。  
[GB/T 21714.2—2015，定义 3.1.33]

### 3.5

#### 雷击线路

雷闪击中连接到需保护建筑物的线路。

[GB/T 21714.2—2015, 定义 3.1.17]

### 3.6

#### 物理损害

由于雷电的机械、热、化学或爆炸等效应对建筑物（或其内存物）所造成的损害。

[GB/T 21714.2—2015, 定义 3.1.26]

### 3.7

#### 人身伤害

文物建筑遭雷击引起的接触电压和跨步电压通过电击造成人身永久性伤害，包括死亡。

### 3.8

#### 危险事件

需防护建筑物或其附近遭受雷击的事件，或者是可能引起损害的、与建筑物相连的、需防护的线路或其附近遭受雷击。

[GB/T 21714.2—2015, 定义 3.1.14]

### 3.9

#### 防护措施

为减小需保护建筑物雷电损害风险而采取的措施。

[GB/T 21714.2—2015, 定义 3.1.38]

## 4 评估资料收集

文物建筑雷电灾害风险评估应遵循科学性、完整性、真实性原则。在文物建筑雷电灾害风险评估时，应进行现场勘察并收集以下资料：

- 文物建筑现状总平面图、电气图、建筑图、结构图及其他相关图纸，文物建筑所用材料、修缮记录，现状照片等；
- 文物建筑的历史沿革及现存建筑的年代、文物保护单位的级别及公布时间；
- 文物建筑所在地地理环境，包括地形、地质、土壤、水文、周边的高大树木及建筑物情况；
- 文物建筑所在地区雷暴观测、闪电定位系统数据等气象资料（至少最近五年），文物建筑雷击灾害历史资料等；
- 文物建筑雷电防护装置的现状；
- 文物建筑管理使用情况、常驻人员和人员流动情况等。

## 5 雷电环境评价

### 5.1 雷电活动分布特征

根据文物建筑所在地的雷暴观测、闪电定位数据等气象资料，分析文物建筑所在地的雷暴路径，雷电年变化、月变化、日变化特征，雷电的空间分布特征，雷电流的强度特征等。

### 5.2 雷电流散流特征

根据文物建筑所在地的地形、地质、土壤状况等分析雷电流散流特征。

## 6 风险识别

6.1 风险类型识别

文物建筑雷击损失类型以及对应的风险应考虑以下两种：  
——人身伤亡损失，对应人身伤亡损失风险  $R_1$ ；  
——文化遗产损失，对应文化遗产损失风险  $R_3$ 。

6.2 文物建筑分区

可将文物建筑划分为多个区域进行风险分量识别和计算，每个分区应具有相同或相近的特性，并应考虑到实现最适当防护措施的可性。区域主要根据以下情况进行划分：  
——土壤或地板的类型；  
——已有的或将采取的防护措施；  
——损失率的取值。

7 风险计算

7.1 人身伤亡损失风险计算

第*i*个分区内人身伤亡损失风险 $R_{1i}$ 按式（1）计算：

$$R_{1i} = R_{Ai} + R_{Bi} + R_{Ui} + R_{Vi} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- $R_{Ai}$ ——第*i*个分区内雷击文物建筑造成人身伤害的风险分量；
- $R_{Bi}$ ——第*i*个分区内雷击文物建筑造成物理损害的风险分量；
- $R_{Ui}$ ——第*i*个分区内雷击线路造成人身伤害的风险分量；
- $R_{Vi}$ ——第*i*个分区内雷击线路造成物理损害的风险分量。

$R_{Ai}$ 、 $R_{Bi}$  应按GB/T 21714.2—2015中的6.2计算， $R_{Ui}$ 、 $R_{Vi}$  应按GB/T 21714.2—2015中的6.4计算。其中涉及文物建筑年均危险事件次数的计算参见附录A；其中涉及人身伤亡损失率的计算参数参见GB/T 21714.2—2015中附录 C人身伤亡损失率取值。

7.2 文化遗产损失风险计算

第*i*个分区内文化遗产损失风险  $R_{3i}$  按式（2）计算：

$$R_{3i} = R_{Bi} + R_{Vi} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

- $R_{Bi}$ ——第*i*个分区内雷击文物建筑造成物理损害的风险分量；
- $R_{Vi}$ ——第*i*个分区内雷击线路造成物理损害的风险分量。

$R_{Bi}$ 应按GB/T 21714.2—2015中的6.2计算， $R_{Vi}$ 应按GB/T 21714.2—2015中的6.4计算。其中涉及文物建筑年均危险事件次数的计算参见附录A ；其中涉及文化遗产损失率的计算参数参见附录B文化遗产损失率取值。

8 风险评价

8.1 人身伤亡损失风险评价

人身伤亡损失风险 $R_1$ 为所有分区内人身伤亡损失风险 $R_{1i}$ 的和，见公式（3）：

$$R_1 = \sum_i R_{1i} \dots\dots\dots (3)$$

人身伤亡损失风险容许值 $R_T$ 按附录C取值，如果 $R_1 > R_T$ ，应按损害类型选择符合相关标准要求的防护措施以减少风险，使 $R_1 \leq R_T$ ；如果 $R_1 \leq R_T$ ，可结合需求单位对雷击风险的预期，根据雷击风险分量进一步采取防护措施以减少风险。

## 8.2 文化遗产损失风险评价

文化遗产损失风险 $R_3$ 为所有分区内文化遗产损失风险 $R_{3i}$ 的和，见公式（4）：

$$R_3 = \sum_i R_{3i} \dots\dots\dots (4)$$

文化遗产损失风险容许值 $R_T$ 按附录C取值，如果 $R_3 > R_T$ ，应按损害类型选择符合相关标准要求的防护措施以减少风险，使 $R_3 \leq R_T$ ；如果 $R_3 \leq R_T$ ，可结合需求单位对雷击风险的预期要求，根据雷击风险分量进一步采取防护措施以减少风险。

地方标准信息服务平台



附 录 A  
(资料性附录)  
年均危险事件次数的估算

A.1 雷击大地密度  $N_G$  的确定

如果当地闪电定位系统有5年及以上观测资料，宜采用闪电定位系统数据统计出的年平均地闪密度确定雷击大地密度 $N_G$ (见图 A.1)。如果当地气象部门有30年以上人工雷暴日观测资料，也可用式(A.1)估算：

$$N_G \approx 0.1 \times T_D \dots\dots\dots (A.1)$$

式中：  
 $N_G$ ——雷击大地密度，单位为次每平方千米年[次/( $\text{km}^2 \cdot \text{a}$ )]；  
 $T_D$ ——年平均雷暴日，单位为天每年(d/a)。

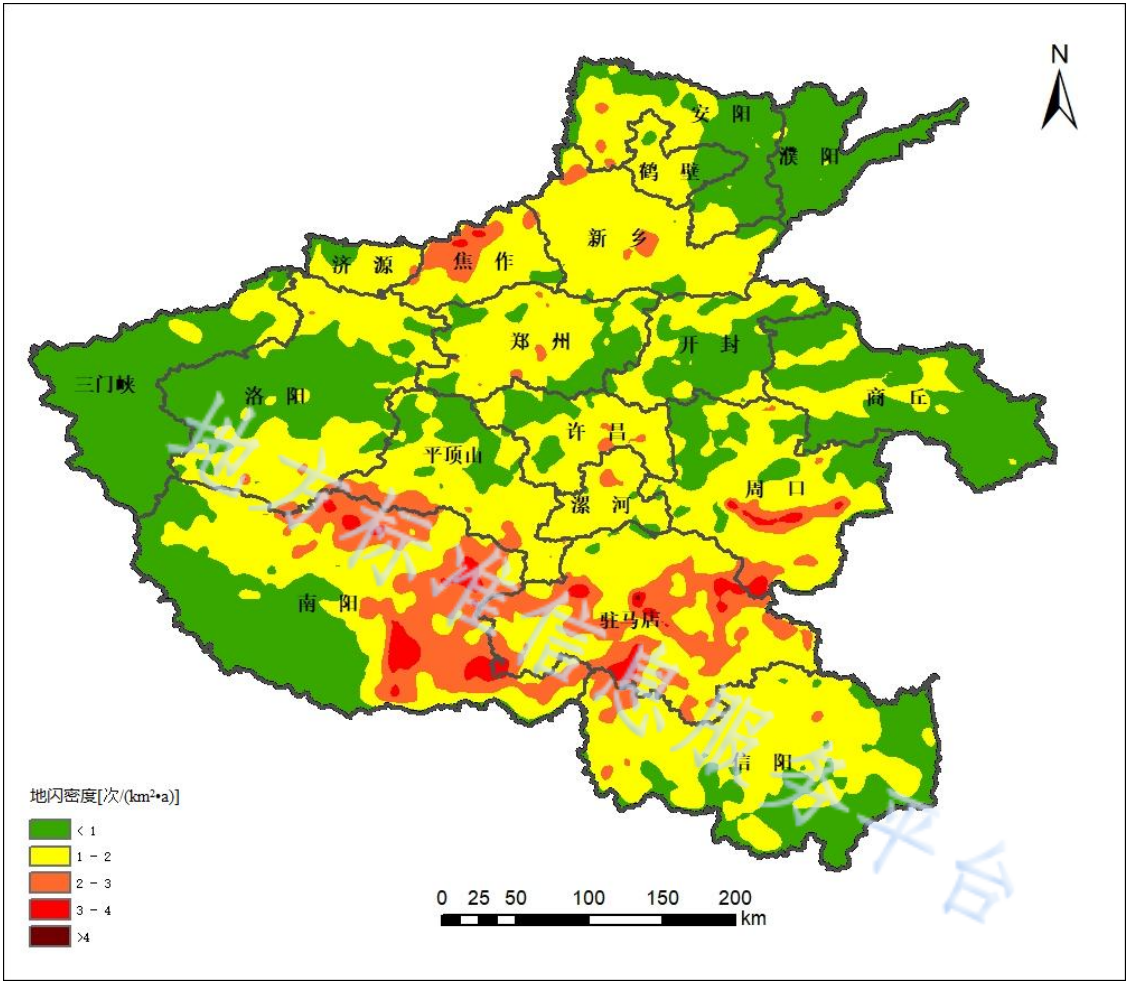


图 A.1 河南省年平均地闪密度分布图

## A.2 截收面积 $A_D$ 的确定

A.2.1 对于一般平坦大地上近似长方体的文物建筑，其等效雷击截收面积  $A_D$  的计算可采用式 (A.2)：

$$A_D = L \times W + 6H \times (L + W) + \pi (3H)^2 \quad \dots\dots\dots (A.2)$$

式中：

$A_D$ ——等效雷击截收面积，单位为平方米 ( $m^2$ )；

$L$ ——文物建筑的屋顶最大外廓的长度，单位为米 (m)；

$W$ ——文物建筑屋顶最大外廓的宽度，单位为米 (m)；

$H$ ——文物建筑的屋顶及其附属物最高处距室外地面的高度，单位为米 (m)；

$\pi$ ——圆周率，约等于3.14。

A.2.2 斜坡屋顶文物建筑（屋顶包含正脊的文物建筑，包括庑殿顶、歇山顶、悬山顶、卷棚顶、硬山顶等，多用于宫殿、园林、坛庙、民居），当屋顶坡度大于1/3时，其等效雷击截收面积  $A_D$  的计算可采用式 (A.3)：

$$A_D = 6H \times L + \pi (3H)^2 \quad \dots\dots\dots (A.3)$$

式中：

$A_D$ ——等效雷击截收面积，单位为平方米 ( $m^2$ )；

$H$ ——文物建筑的屋顶及其附属物最高处距室外地面的高度，单位为米 (m)；

$L$ ——文物建筑的屋顶最大外廓的长度，单位为米 (m)；

$\pi$ ——圆周率，约等于3.14。

A.2.3 攒尖式文物建筑（屋顶坡面相交，最后“攒”在一起，上做宝顶的文物建筑。包含三角攒尖，四角攒尖、多角攒尖、圆攒尖和盔顶，多用于亭、阁、坛）以及碉楼、塔等，当屋顶各个方向坡度大于1/3时，其等效雷击截收面积  $A_D$  的计算可采用式 (A.4)：

$$A_D = \pi (3H)^2 \quad \dots\dots\dots (A.4)$$

式中：

$A_D$ ——等效雷击截收面积，单位为平方米 ( $m^2$ )；

$\pi$ ——圆周率，约等于3.14；

$H$ ——文物建筑的屋顶及其附属物最高处距室外地面的高度，单位为米 (m)。

## A.3 文物建筑的位置因子

考虑到文物建筑暴露程度及周围3H范围内物体对危险事件次数的影响引入了位置因子  $C_D$ （见表A.1）。

表 A.1 文物建筑的位置因子  $C_D$

文物建筑暴露及周围物体情况	位置因子 $C_D$
周围有更高的建筑物或树木	0.25
周围有相同高度的建筑物或树木	0.5
一般孤立的文物建筑物	1.0
位于河边、湖边、山坡下或山地中土壤电阻率较低处，地下水露头处、特别潮湿处	1.5
金属屋面、有金属构件或金属镶嵌物屋顶且是砖木结构的文物建筑	1.7
小山顶或山丘上孤立的文物建筑	2.0

A.4 文物建筑的危险事件次数  $N_D$

$N_D$  的计算可采用式 (A.5)：

$$N_D = N_G \times A_D \times C_D \times 10^{-6} \dots\dots\dots (A.5)$$

式中：

- $N_G$  ——雷击大地密度，单位为次每平方千米年[次/(km<sup>2</sup>•a)]；
- $A_D$  ——孤立文物建筑的截收面积，单位为平方米 (m<sup>2</sup>)；
- $C_D$  ——文物建筑的位置因子（见表 A.1）。

A.5 毗邻文物建筑的危险事件次数  $N_{DJ}$

雷击线路远端相连建筑物的年平均危险事件次数 $N_{DJ}$ 的计算可采用式 (A.6)：

$$N_{DJ} = N_G \times A_{DJ} \times C_{DJ} \times C_T \times 10^{-6} \dots\dots\dots (A.6)$$

式中：

- $N_G$  ——雷击大地密度，单位为次每平方千米年[次/(km<sup>2</sup>•a)]；
- $A_{DJ}$  ——毗邻建筑物的截收面积，单位为平方米 (m<sup>2</sup>)；
- $C_{DJ}$  ——毗邻建筑物的位置因子（见表 A.1）；
- $C_T$  ——线路类型因子（见表 A.3）。

A.6 雷击线路的危险事件次数  $N_L$

线路可能由多个区段组成，对于每个区段， $N_L$  的计算可采用式 (A.7)：

$$N_L = N_G \times A_L \times C_I \times C_T \times C_E \times 10^{-6} \dots\dots\dots (A.7)$$

式中：

- $N_L$  ——雷击线路危险事件的次数，单位为次每年（次/a）；
- $N_G$  ——雷击大地密度，单位为次每平方千米年[次/(km<sup>2</sup>•a)]；
- $A_L$  ——雷击线路的截收面积，单位为平方米 (m<sup>2</sup>)；
- $C_I$  ——线路安装因子（见表 A.2）；
- $C_T$  ——线路类型因子（见表 A.3）；
- $C_E$  ——线路环境因子（见表 A.4）。

雷击线路的截收面积计算可采用式 (A.8)：

$$A_L = 40 \times L_L \dots\dots\dots (A.8)$$

式中：

- $L_L$  ——线路区段的长度，单位为米 (m)。如果线路区段的长度未知，则假设 $L_L=1000$  m。

表 A.2 线路安装因子  $C_I$

布线方式	$C_I$
架空	1
地埋	0.5
完全埋设在网格型地网中的电缆	0.01

表 A.3 线路类型因子  $C_T$ 

类型	$C_T$
低压供电线路，通信或数据线路	1
高压配电线路（具有 HV/LV 变压器）	0.2

表 A.4 线路环境因子  $C_E$ 

环境	$C_E$
农村	1
郊区	0.5
市区	0.1
有高层建筑的市区 <sup>a</sup>	0.01
<sup>a</sup> 建筑物高度大于 20 m。	

附 录 B  
(资料性附录)  
不可恢复的文化遗产损失

按照公式 (B. 1) 可以确定每个分区的损失率, 考虑以下因素:  
——文化遗产损失的各种实际损失率受某个分区特性的影响, 考虑到这一点, 引入了缩减因子 ( $r_f$  和  $r_p$ )。  
——分区中损失率的最大值应随该分区的价值 ( $c_z$ ) 与整个文物建筑的总价值 ( $c_t$ ) 的比率减小而减小。

$$L_B = L_V = r_p \times r_f \times L_F \times c_z / c_t \quad \dots\dots\dots (B. 1)$$

式中:  
 $L_B$  ——雷击文物建筑导致分区内物理损害的典型损失率;  
 $L_V$  ——雷击线路导致分区内物理损害的典型损失率;  
 $r_p$  ——由防火措施决定的减少物理损害导致损失的因子 (见GB/T 21714.2—2015表C.4);  
 $r_f$  ——由火灾危险程度决定的减小物理损害导致损失的因子 (见GB/T 21714.2—2015表C.5);  
 $L_F$  ——一次危险事件引起物理损害导致文物损毁价值的典型损失率 (见表B.1);  
 $c_z$  ——分区中的文化遗产价值;  
 $c_t$  ——文物建筑及其内存物的总价值 (所有分区的价值总和)。

表 B.1 文化遗产损失:  $L_F$  的典型值

损害类型	典型损失率		建筑材料
物理损害	$L_F$	0.7	以木质等可燃物为主要建筑材料的文物建筑
		0.5	其他建筑材料的文物建筑

地方标准信息服务平台

附 录 C  
(规范性附录)  
风险容许值

### C.1 雷电危险等级划分

C.1.1 文物建筑应根据其文物价值、发生雷击事故的可能性划分为三个雷电危险等级。

C.1.2 在可能发生地闪的地区，遇下列情况之一的，应划为第一级雷电危险文物建筑：

- a) 全国重点文物保护单位的文物建筑、被联合国教科文组织列入世界文化遗产目录的文物建筑；
- b) 历史上遭受过雷击，或预计年均危险事件次数大于等于 0.05 次/a，或高度在 15 m 及以上的省级文物保护单位的文物建筑。

C.1.3 在可能发生地闪的地区，凡不属于C.1.2规定的文物建筑，遇下列情况之一的，应划为第二级雷电危险文物建筑：

- a) 省级文物保护单位的文物建筑；
- b) 历史上遭受过雷击的，或预计年均危险事件次数大于等于 0.05 次/a，或高度在 15 m 及以上的市、县级文物保护单位的文物建筑。

C.1.4 在可能发生地闪的地区，凡不属于C.1.2、C.1.3规定的文物建筑，遇下列情况之一的，应划为第三级雷电危险文物建筑：

- a) 市、县级文物保护单位的文物建筑；
- b) 其他文物建筑。

注：预计年均危险事件次数参照附录 A 计算。

表 C.1 文物建筑雷电危险等级划分

文物建筑属性	第一级	第二级	第三级
全国重点文物保护单位及列入世界文化遗产目录的文物建筑	全国重点文物保护单位及列入世界文化遗产目录的文物建筑	—	—
省级文物保护单位的文物建筑	历史上遭受过雷击的	除满足第一级雷电危险等级之外的其他省级文物保护单位的文物建筑	—
	预计年均危险事件次数大于等于 0.05 次/a 的 高度在 15 m 及以上的		
市、县级文物保护单位的文物建筑	—	历史上遭受过雷击的	除满足第一、二级雷电危险等级之外的其他市、县级文物保护单位的文物建筑
		预计年均危险事件次数大于等于 0.05 次/a 的 高度在 15 m 及以上的	
其他文物建筑	—	—	其他文物建筑

### C.2 雷击风险容许值

由相关职能部门确定风险容许值。

表 C.2 给出涉及雷电引起的人身伤亡损失和文化遗产损失的典型 $R_T$  值：

表 C.2 不同雷电危险等级文物建筑的风险容许值  $R_T$

损失类型	第一级	第二级	第三级
人身伤亡损失	$2 \times 10^{-6}$	$5 \times 10^{-6}$	$10^{-5}$
文化遗产损失	$2 \times 10^{-5}$	$5 \times 10^{-5}$	$10^{-4}$

地方标准信息服务平台

### 参 考 文 献

- [1] GB/T 21714.1—2015 雷电防护 第1部分：总则
  - [2] GB/T 21714.3—2015 雷电防护 第3部分：建筑物的物理损害和生命危险
  - [3] GB/T 21714.4—2015 雷电防护 第4部分：建筑物内电气和电子系统
  - [4] GB 50016—2014 建筑设计防火规范
  - [5] GB 50057—2010 建筑物防雷设计规范
  - [6] GB 51017—2014 古建筑防雷工程技术规范
  - [7] 15D505 古建筑防雷设计与安装
- 

地方标准信息服务平台