

ICS 33.100
M 04
备案号: 46009-2015

DB

上 海 市 地 方 标 准

DB 31/T910-2015

区域雷击风险评估技术规范

Technical Specification for Regional Lightning Risk Assessment

2015-06-15 发布

2015-10-01 实施

上海市质量技术监督局 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 术语与定义	1
3 风险因子	2
4 评估流程	3
5 评估方法	5
6 风险等级判定	8
附录A (规范性附录) 区域雷击风险因子分级标准	9
附录B (资料性附录) 区域雷击风险评估现场勘测内容	15
附录C (资料性附录) 评估区域及其周边气候环境和雷闪资料分析	17
附录D (资料性附录) 区域雷电环境评价方法	18
附录E (资料性附录) 定量指标各分级区间的中间值	21
附录F (资料性附录) 评估指标权重 ω 的确定	22
附录G (资料性附录) 评估实例	26

前 言

本规范按照 GB/T 1.1-2009 给出的规则起草。

本规范由上海市气象局提出并归口。

本规范起草单位：上海市防雷中心

本规范主要起草人：黄晓虹 陈华晖 王 强 顾宇丹 梅勇成 周歧斌

本规范参加起草人：

本规范2015年06月首次发布。

区域雷击风险评估技术规范

1 范围

本标准适用于高速公路、轨道交通、大型桥梁、港口码头、交通枢纽、油气输送管道等重大公共服务设施，占地面积超过1km²的规划功能性区域或长度超过2km的狭长区域场所（如大型游乐场所、旅游景区、工业园区、大型居住社区及其他相关主管部门认为需要进行区域雷击风险评估的特殊区域）的区域雷击风险评估。

2 术语和定义

2.1 区域雷击风险 regional lightning risk

在一定的区域范围内，由于雷击而引起的年平均可能损失量（含人员和财物）。

2.2 安全距离 safety distance

表征在评估区域周边是否有潜在影响评估区域安全的爆炸、火灾危险场所或建（构）筑物，由周边危险源（品）类别、可能的影响程度和物理距离共同决定。

2.3 相对高度 relative height

指评估区域周边范围内建（构）筑物的平均高度与评估区域内建（构）筑物的平均高度，两者之间的一种相对关系。

2.4 人员密度 personnel density

指评估区域内单位面积上可能活动的人员数量。

2.5 影响程度 influence

表征评估区域内项目遭受雷击后对评估区域周边的人员及设施可能造成的影响。

2.6 建筑密度 building density

指评估区域内建（构）筑物的占地面积总和与总占用地面积的比例。

2.7 等效高度 equivalent height

指评估区域内建（构）筑物的最高接闪高度，即建（构）筑物自身高度外加顶部具有影响接闪的设施高度。

2.8 区域雷电防护水平 regional lightning protection level

反映区域内建（构）筑物整体的雷电防护能力。

2.9 区域防雷安全管理 safety management of regional lightning protection

指评估区域防雷安全管理水平对区域雷击风险的影响，由雷电预警服务、雷击事故应急预案以及

雷电防护安全教育与培训共同决定。

3 风险因子

3.1 风险因子构成

3.1.1 雷电风险因子

由雷击大地密度、雷电流强度两个参数决定。

3.1.2 地域风险因子

由土壤电阻率、地形地貌、周边环境（由安全距离、相对高度两个子指标决定）三个参数共同决定。

3.1.3 承灾体风险因子

由项目属性（由使用性质、人员密度、影响程度三个子指标决定）、建筑物特征（由建筑密度、等效高度、材料结构三个子指标决定）、电子电气系统（由电子系统、电气系统两个子指标决定）、灾害防御能力（由区域雷电防护水平、区域防雷安全管理两个子指标决定）四个参数共同决定。

3.2 风险因子层次结构

区域雷击风险的组成因子按层次分析法分为四级层次，见图1。

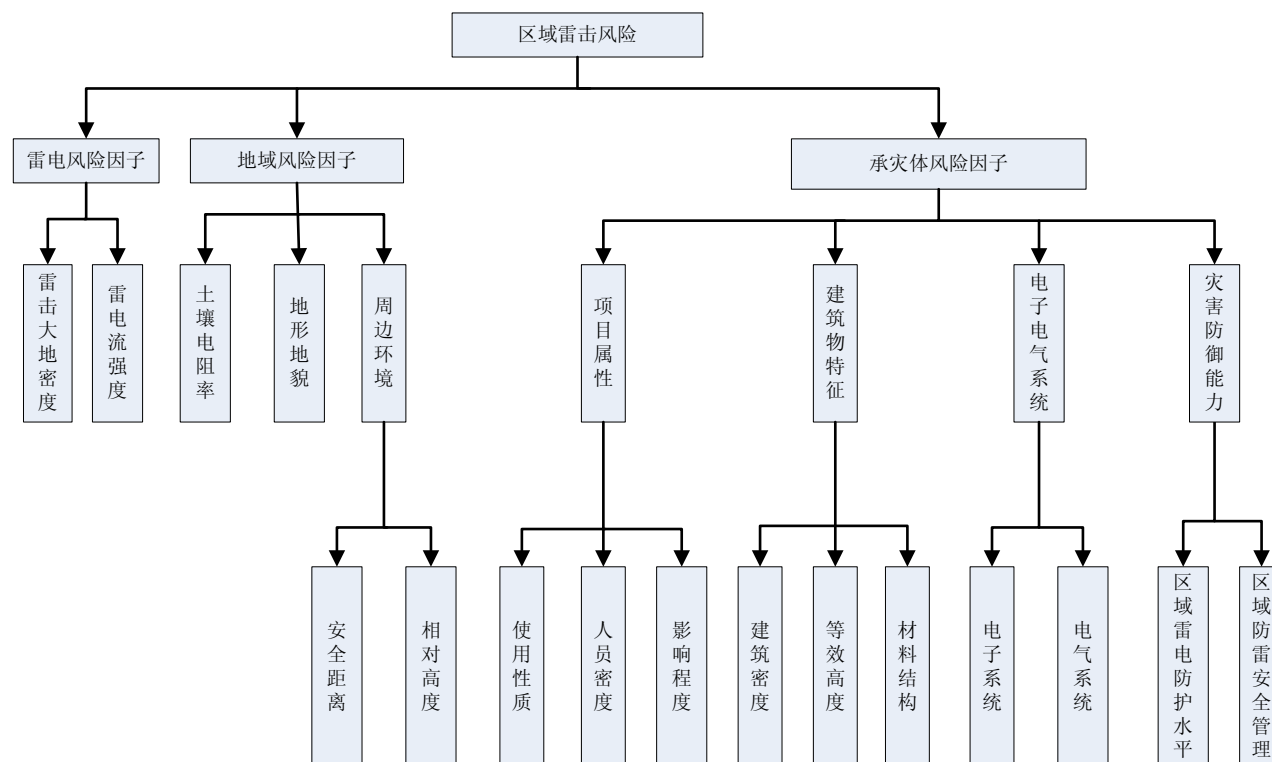


图1 区域雷击风险评估指标因子层次结构

3.3 风险因子等级

根据对区域雷击风险的影响程度不同，将各风险因子分为I、II、III、IV、V五个等级，具体分级标准见附录A。

4 评估流程

4.1 评估依据

- 区域控制性规划文本；
- 区域周边地形图；
- 区域地质勘察报告；
- 区域地闪监测资料；
- 区域内建（构）筑物的设计文本；
- 区域内建（构）筑物的防雷装置检测报告（已建建设项目需提供）。

4.2 基本流程

评估基本流程可见下图2。

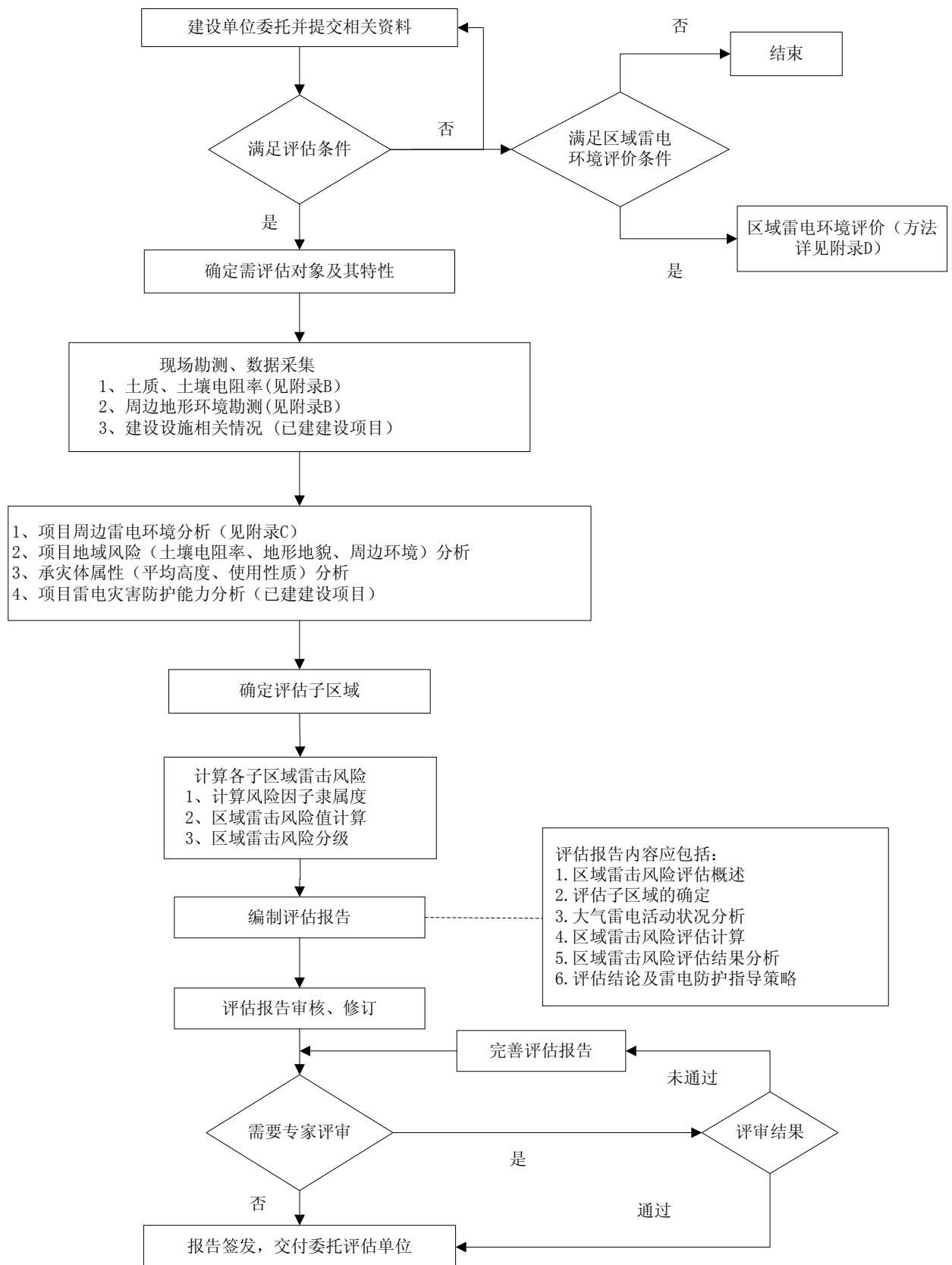


图2 区域雷击风险评估步骤

5 评估方法

5.1 评估子区域

5.1.1 划分原则

当评估区域内雷电风险因子、地域风险因子、承灾体风险因子存在明显差异时，评估区域宜划分成不同的子区域。

5.1.2 区域划分考虑的因素

- 地闪分布（具体差异指标：雷击大地密度）；
- 地域风险（具体差异指标：土壤电阻率、地形地貌、区域周边环境）；
- 建设项目的形态特征（具体差异指标：平均高度）；
- 建设项目属性（具体差异指标：使用性质）；
- 建设项目的雷电防护能力（具体差异指标：区域雷电防护水平）。

注1：只有占地面积大于5平方公里的评估项目才需考虑“区域地闪分布情况”的差异；

注2：只有已建建设项目的区域雷击风险评估才需考虑“雷电防护能力”的差异。

5.1.3 划分方法

按照4.1.1的优先级别，逐级分析各级因素对应的具体差异指标，通过判定这些指标是否在整个评估项目范围内存在较大差异，从而确定是否需要将评估项目范围划分成不同的评估子区域。具体差异指标的判定方法如表1所示。

表1 具体差异指标的判定方法

优先等级	影响因素名称	具体差异指标	满足下列判定条件之一的，应划分为独立的评估子区域
1	地闪分布	雷击大地密度	雷击大地密度超过整个项目区域平均值1倍及以上的
2	地域风险	土壤电阻率、 地形地貌、 区域周边环境	①土壤电阻率超过整个项目区域平均值1倍及以上的； ②地形地貌跟其他区域存在明显差异； ③周边环境跟其他区域存在明显差异； 至少同时满足上述三个条件中的两个。
3	项目形态特征	平均高度	建（构）筑物的平均高度超过整个项目区域平均值1倍及以上的
4	建设项目属性	使用性质	建（构）筑物的使用性质跟其他区域存在明显差异
5	雷电防护能力	区域雷电防护水平	区域内建（构）筑物的雷电防护情况（一类、二类、三类、保护不全或无保护）跟其他区域存在明显差异
注：对于某个评估子区域而言，它在地理位置分布上可以是分散的，而不一定是连续的一片区域；			
注：最终确定的评估子区域占地面积应大于0.25km ² 或狭长区域长度超过1km。			

5.2 风险计算方法

5.2.1 风险指标因子分类

风险指标因子分为定性指标和定量指标两大类。定性指标有地形地貌、安全距离、相对高度、使用性质、影响程度、材料结构、电子系统、电气系统、区域雷电防护水平和区域防雷安全管理。定量指标又分为极小型指标和极大型指标两种，其中雷击大地密度、雷电流强度、人员密度、建筑密度、等效高度为极小型指标，土壤电阻率为极大型指标。

5.2.2 风险指标因子获取方法

5.2.2.1 雷击大地密度、雷电流强度应通过闪电定位系统获取相关数据。

5.2.2.2 土壤电阻率的具体测试方法见附录 B。

5.2.2.3 地形地貌应通过现场勘察评估项目所在地的地理环境，并结合周边地形图、项目设计文本得出。

5.2.2.4 安全距离应通过参照卫星遥感地图进行实地勘察，来判定评估区域外 1km 范围内是否有潜在影响评估区域安全的爆炸、火灾危险场所或建（构）筑物。若存在，需进一步确定周边危险源（品）类别、可能的影响程度和物理距离。

5.2.2.5 相对高度应通过参照卫星遥感地图进行实地勘察，结合设计文本确定评估区域外有无其他较高的接闪物体，具体见附录 B。

5.2.2.6 使用性质、人员密度、影响程度、建筑密度、等效高度、材料结构、电子系统、电气系统应在项目设计文本中查找得出。

5.2.2.7 区域雷电防护水平应从评估项目的防雷装置安全性能检测报告中获取。

5.2.2.8 区域防雷安全管理应通过咨询项目方所采取的防雷安全管理措施而获得。

5.2.3 评估指标因子隶属度 R 的计算

5.2.3.1 定性指标隶属度的确定

定性指标隶属度的确定方法是将资料收集、现场勘查后的具体情况与该定性指标的分级标准相比较，当其符合某一个危险等级的描述，则说明该指标完全隶属于该危险等级，即隶属度=1。

5.2.3.2 定量指标隶属度的计算

5.2.3.2.1 极小型指标隶属度的计算公式

a) 对于 I 级 ($j=1$):

$$\mu_{v_j}(r_{ij}) = \begin{cases} 1 & r_{ij} \leq v_1 \\ \frac{v_2 - r_{ij}}{v_2 - v_1} & v_1 < r_{ij} < v_2 \\ 0 & r_{ij} \geq v_2 \end{cases} \dots\dots\dots (1)$$

式中： r_{ij} ——指向同一上层指标的第 i 个子指标实际值；

$\mu_{v_j}(r_{ij})$ ——第 i 个子指标隶属第 j 级的隶属度。

b) 对于 II、III、IV 级 ($j=2, 3, 4$):

$$\mu_{v_j}(r_{ij}) = \begin{cases} 0 & r_{ij} \leq v_1 \\ \frac{r_{ij} - v_{j-1}}{v_j - v_{j-1}} & v_{j-1} < r_{ij} < v_j \\ 1 & r_{ij} = v_j \\ \frac{v_{j+1} - r_{ij}}{v_{j+1} - v_j} & v_j < r_{ij} < v_{j+1} \\ 0 & r_{ij} \geq v_{j+1} \end{cases} \dots\dots\dots (2)$$

c) 对于V级(j=5):

$$\mu_{v_j}(r_{ij}) = \begin{cases} 1 & r_{ij} \geq v_5 \\ \frac{r_{ij} - v_4}{v_5 - v_4} & v_4 < r_{ij} < v_5 \\ 0 & r_{ij} \leq v_4 \end{cases} \dots\dots\dots (3)$$

注: v_1, v_2, v_3, v_4, v_5 ——风险指标因子在各分级区间的中间值, 见附录E。

5.2.3.2.2 极大型指标隶属度的计算公式

a) 对于I级(j=1):

$$\mu_{v_j}(r_{ij}) = \begin{cases} 1 & r_{ij} \geq v_1 \\ \frac{r_{ij} - v_2}{v_1 - v_2} & v_2 < r_{ij} < v_1 \\ 0 & r_{ij} \leq v_2 \end{cases} \dots\dots\dots (4)$$

b) 对于II、III、IV级(j=2, 3, 4):

$$\mu_{v_j}(r_{ij}) = \begin{cases} 0 & r_{ij} \geq v_{j-1} \\ \frac{r_{ij} - v_{j-1}}{v_j - v_{j-1}} & v_j < r_{ij} < v_{j-1} \\ 1 & r_{ij} = v_j \\ \frac{v_{j+1} - r_{ij}}{v_{j+1} - v_j} & v_{j+1} < r_{ij} < v_j \\ 0 & r_{ij} \leq v_{j+1} \end{cases} \dots\dots\dots (5)$$

c) 对于V级(j=5):

$$\mu_{v_j}(r_{ij}) = \begin{cases} 1 & r_{ij} \leq v_5 \\ \frac{v_4 - r_{ij}}{v_4 - v_5} & v_5 < r_{ij} < v_4 \\ 0 & r_{ij} \geq v_4 \end{cases} \dots\dots\dots (6)$$

5.2.4 综合评估

综合评估基本公式为

$$B = W \cdot R = (w_1, w_2, \dots, w_m) \cdot \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{15} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{25} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{m5} \end{bmatrix} = [b_1, b_2, b_3, b_4, b_5] \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中： B ——评估指标的隶属度向量；

W ——指向同一上层指标的各子指标所构成的权重向量，见附录F；

R ——指向同一上层指标的各子指标所构成的隶属度矩阵。

5.2.5 综合评估结果计算

通过多级综合评估，由第四层指标向第一层指标逐级计算得出“区域雷击风险”的隶属度向量。通过加权平均的方法量化得到综合评估结果 g 值：

$$g = 1 * b_1 + 3 * b_2 + 5 * b_3 + 7 * b_4 + 9 * b_5 \quad \dots\dots\dots (8)$$

6 风险等级判定

根据综合评估结果 g 值，按表2进行风险等级判定。风险等级判定的具体实例见附录G。

表2 区域雷击风险分级标准

危险等级	说 明
	综合评估用 g 表示， g 值越小代表区域内项目雷击致灾风险越低， g 值越大代表区域内项目雷击致灾风险越高， g 值区间 $[0, 10]$ 。
I 级	综合评估 $0 < g < 2$ ，低风险，产生雷击灾害事故的可能性较小。
II 级	综合评估 $2 \leq g < 4$ ，较低风险，产生雷击灾害事故的可能性小。
III 级	综合评估 $4 \leq g < 6$ ，中等风险，产生雷击灾害事故的可能性较大。
IV 级	综合评估 $6 \leq g < 8$ ，较高风险，产生雷击灾害事故的可能性大。
V 级	综合评估 $8 \leq g < 10$ ，高风险，产生雷击灾害事故的可能性极大。
备注	风险评估报告结论中应给出 g 值所对应的主要风险影响因子及雷电防护建议。

附 录 A
(规范性附录)
区域雷击风险因子分级标准

A.1 雷电风险影响因素

A.1.1 雷击大地密度

表A.1 雷击大地密度分级标准

危险等级	I 级	II 级	III 级	IV 级	V 级
雷击大地密度(次/(km ² ·a))	[0, 2.5)	[2.5, 5)	[5, 7.5)	[7.5, 10)	[10, ∞)

注：计算隶属度时，上限可取31次/(km²·a)。

A.1.2 雷电流强度

表A.2 雷电流强度分级标准

危险等级	I 级	II 级	III 级	IV 级	V 级
雷电流强度(kA)	[0, 5)	[5, 10)	[10, 15)	[15, 30)	[30, ∞)

注：雷电流强度隶属度可由评估项目所在区域的雷电流强度分布概率直接得出。

A.2 地域风险影响因素

A.2.1 土壤电阻率

表A.3 土壤电阻率分级标准

危险等级	I 级	II 级	III 级	IV 级	V 级
土壤电阻率($\Omega \cdot m$)	[80, ∞)	[60, 80)	[40, 60)	[20, 40)	[0, 20)

注：计算隶属度时，上限可取200($\Omega \cdot m$)。

A.2.2 地形地貌

表A.4 地形地貌分级标准

危险等级	I 级	II 级	III 级	IV 级	V 级
地形地貌	平原	水域面积占比 [5, 20%)	水域面积占比 [20%, 60%)	水域面积占比 [60%, 1)	旷野孤立或突出区域

A.2.3 周边环境

周边环境包括两个子指标：安全距离、相对高度。

A.2.3.1 安全距离

- A.2.3.1.1 I级不符合以下II级、III级、IV级、V级的情况者。
- A.2.3.1.2 II级满足下列条件之一者：
- 距离评估区域1000米内具有0区或20区爆炸危险场所的建筑物。
 - 距离评估区域1000米内具有1区或21区爆炸危险场所的建筑物，因电火花而引起爆炸，会造成巨大破坏和人身伤亡者。
 - 距离评估区域500米内制造、使用或贮存火炸药及其制品的危险建（构）筑物，且电火花不易引起爆炸或不致造成巨大破坏和人身伤亡者。
 - 距离评估区域500米内具有2区或22区爆炸危险场所的建（构）筑物。
 - 距离评估区域500米内有爆炸危险的露天钢质封闭气罐。
- A.2.3.1.3 III级满足下列条件之一者：
- 距离评估区域500米内具有0区或20区爆炸危险场所的建筑物。
 - 距离评估区域500米内具有1区或21区爆炸危险场所的建筑物，因电火花而引起爆炸，会造成巨大破坏和人身伤亡者。
 - 距离评估区域300米内具有1区或21区爆炸危险场所的建（构）筑物，且电火花不易引起爆炸或不致造成巨大破坏和人身伤亡者。
 - 距离评估区域300米内具有2区或22区爆炸危险场所的建（构）筑物。
 - 距离评估区域300米内有爆炸危险的露天钢质封闭气罐。
- A.2.3.1.4 IV级满足下列条件之一者：
- 距离评估区域300米内具有0区或20区爆炸危险场所的建筑物。
 - 距离评估区域300米内具有1区或21区爆炸危险场所的建筑物，因电火花而引起爆炸，会造成巨大破坏和人身伤亡者。
 - 距离评估区域100米内具有1区或21区爆炸危险场所的建（构）筑物，且电火花不易引起爆炸或不致造成巨大破坏和人身伤亡者。
 - 距离评估区域100米内具有2区或22区爆炸危险场所的建（构）筑物。
 - 距离评估区域100米内有爆炸危险的露天钢质封闭气罐。
- A.2.3.1.5 V级满足下列条件之一者：
- 距离评估区域1000米内凡制造、使用或贮存火炸药及其制品的危险建筑物，因电火花而引起爆炸、爆轰，会造成巨大破坏和人身伤亡者。
 - 距离评估区域100米内具有0区或20区爆炸危险场所的建筑物。
 - 距离评估区域100米内具有1区或21区爆炸危险场所的建筑物，因电火花而引起爆炸，会造成巨大破坏和人身伤亡者。

A.2.3.2 相对高度

- A.2.3.2.1 I级评估区域被比区域内项目高的外部建（构）筑物或其它雷击可接闪物体所环绕。
- A.2.3.2.2 II级评估区域外局部方向有高于评估区域内项目的建（构）筑物或其它雷击可接闪物体。
- A.2.3.2.3 III级评估区域外建（构）筑物或其它雷击可接闪物体与评估区域内项目高度基本持平。
- A.2.3.2.4 IV级评估区域外建（构）筑物或其它雷击可接闪物体低于区域内项目高度。
- A.2.3.2.5 V级评估区域外无建（构）筑物或其它雷击可接闪物体。

注：考虑到评估区域内（或评估区域外）的地物可能高度不一致，所以均采用“平均高度”这一概念：即将不同高度的地物综合考虑其占地面积的占比，从而得出平均高度；

注：“评估区域外”仅在以下情况方需考虑：当评估区域内所有建筑物外扩3H宽度后，与区域周边所有建筑物外扩3H宽度有交集，其中H指建筑物每边的扩大宽度，详见GB 21714.2-2008；

注：当评估区域外建（构）筑物或其它雷击可接闪物体与评估区域内项目平均高度差不小于20%以上，方可以认定

为“高”或者“矮”。

A.3 承灾体风险影响因素

A.3.1 项目属性

项目属性包括三个子指标：使用性质、人员密度、影响程度。

A.3.1.1 使用性质

表A.5 使用性质分级标准

危险等级	建（构）筑物的使用性质
I 级	低于 24m 的民用建筑、工业建筑等
II 级	商业建筑、公共娱乐场所、高层建筑等
III 级	超过 100m 的民用建筑、酒店、教学楼、大型工业建筑等
IV 级	三级医院、大型文化体育活动场馆、幼儿园、养老院等
V 级	市级办公业务楼、市级博物馆、大型公共服务设施、有火灾爆炸危险的建（构）筑物等

注：当区域内建（构）筑物使用性质不同时，通过对建（构）筑物的占地面积按不同危险等级赋予权重（取I级危险等级的权重系数为0.6，II级危险等级的权重系数为0.7，III级危险等级的权重系数为0.8，IV级危险等级的权重系数为0.9，V级危险等级的权重系数为1.0），并根据占地面积大的建（构）筑物来定最终的危险等级。

A.3.1.2 人员密度

表A.6 人员密度分级标准

危险等级	人员密度（单位：人/km ² ）
I 级	[0, 10000)
II 级	[10000, 20000)
III 级	[20000, 30000)
IV 级	[30000, 40000)
V 级	[40000, ∞)

注：计算隶属度时，上限可取50000（人/km²）。

A.3.1.3 影响程度

表A.7 影响程度分级标准

危险等级	区域内项目危险特征
I 级	区域内项目遭受雷击后一般不会产生危及区域外的爆炸或火灾危险。
II 级	区域内项目有三级加油加气站，以及类似爆炸或火灾危险场所。
III 级	区域内项目有二级加油加气站，以及类似爆炸或火灾危险场所。
IV 级	区域内项目有一级加油加气站，四级/五级石油库，四级/五级石油天然气站场，小型、中型石油化工企业，小型民用爆炸物品储存库，小型烟花爆竹生产企业，危险品计算药量总量小于等于 5000kg 的烟花爆竹仓库，小型、中型危险化学品企业及其仓库，以及类似爆炸或火灾危险场所。
V 级	区域内项目有一级/二级/三级石油库，一级/二级/三级石油天然气站场，大型、特大型石油化

	工企业, 中型、大型民用爆炸物品储存库, 中型、大型烟花爆竹生产企业, 危险品计算药量总量大于 5000kg 的烟花爆竹仓库, 大型、特大型危险化学品企业及其仓库, 以及类似爆炸或火灾危险场所。
--	---

A.3.2 建筑物特征

建筑物特征包括三个子指标: 建筑密度、材料结构、等效高度。

A.3.2.1 建筑密度

表A.8 建筑密度分级标准

危险等级	I 级	II 级	III 级	IV 级	V 级
建筑密度百分比	[0, 15%)	[15%, 30%)	[30%, 45%)	[45%, 60%)	[60%, 1]

A.3.2.2 等效高度

表A.9 等效高度分级标准

危险等级	I 级	II 级	III 级	IV 级	V 级
等效高度(m)	[0, 30)	[30, 45)	[45, 60)	[60, 100)	[100, ∞)

注: 计算隶属度时, 上限可取600m。

A.3.2.3 材料结构

表A.10 材料结构分级标准

危险等级	建(构)筑物的材料结构
I 级	建(构)筑物为木结构
II 级	建(构)筑物为砖木结构
III 级	建(构)筑物为砖混结构
IV 级	建(构)筑物屋顶和主体结构为钢筋混凝土结构
V 级	建(构)筑物屋顶和主体结构为钢结构

A.3.3 电子电气系统特征

电子电气系统特征包括两个子指标: 电子系统、电气系统。

A.3.3.1 电子系统

表A.11 电子系统分级标准

危险等级	电子系统
I 级	一般用途的电子系统
II 级	一般性智能建筑、一级医院、一般公共办公场所等
III 级	中型展览馆、二级医院、三星级宾馆、区县级公共办公场所等
IV 级	大型体育场馆、四星级宾馆、市级公共办公场所、乙级安全防范系统等
V 级	三级医院、五星级宾馆、国家级公共办公场所、甲级安全防范系统等

A.3.3.2 电气系统

- A.3.3.2.1 I级电力负荷中仅有三级负荷，室外低压配电线路全线采用电缆埋地敷设。
- A.3.3.2.2 II级电力负荷中仅有三级负荷，室外低压配电线路全线采用架空电缆，或仅部分线路采用电缆埋地敷设。
- A.3.3.2.3 III级电力负荷中有二级负荷，室外低压配电线路全线采用电缆埋地敷设。
- A.3.3.2.4 IV级符合下列情况之一者：
- 电力负荷中有一级负荷，室外低压配电线路全线采用电缆埋地敷设。
 - 电力负荷中有二级负荷，全线采用架空电缆，或仅部分线路采用电缆埋地敷设。
- A.3.3.2.5 V级电力负荷中有一级负荷，室外低压配电线路全线采用架空电缆，或仅部分线路采用电缆埋地敷设。

A.3.4 灾害防御能力影响因素

灾害防御能力主要应用于已建建设项目的区域雷击风险评估，它表征的是承灾体自身对抗雷电灾害的能力，包括两个子指标：区域雷电防护水平、区域防雷安全管理。

A.3.4.1 区域雷电防护水平

- A.3.4.1.1 I级区域内建（构）筑物按一类建筑物防雷标准采取了相应的防护措施。
- A.3.4.1.2 II级符合下列情况之一者：
- 区域内建（构）筑物按一类建筑物防雷标准采取了相应的防直击雷措施，但防闪电感应或防闪电电涌侵入措施保护不全。
 - 区域内建（构）筑物按二类建筑物防雷标准采取了相应的防护措施。
- A.3.4.1.3 III级符合下列情况之一者：
- 区域内建（构）筑物按二类建筑物防雷标准采取了相应的防直击雷措施，但防闪电感应或防闪电电涌侵入措施保护不全。
 - 区域内建（构）筑物按三类建筑物防雷标准采取了防护措施。
- A.3.4.1.4 IV级符合下列情况之一者：
- 区域内建（构）筑物按三类建筑物防雷标准采取了相应的防直击雷措施，但防闪电电涌侵入措施保护不全。
 - 区域内建（构）筑物采取了防闪电感应或防闪电电涌侵入措施，但防直击雷措施保护不全。
- A.3.4.1.5 V级区域内建（构）筑物无采取任何防雷措施或各类防雷设施均不能满足标准要求。
- 注：当区域内建（构）筑物雷电防护水平不同时，通过对建（构）筑物的建筑面积按不同危险等级赋予权重（取I级危险等级的权重系数为0.6，II级危险等级的权重系数为0.7，III级危险等级的权重系数为0.8，IV级危险等级的权重系数为0.9，V级危险等级的权重系数为1.0），并根据建筑面积大的建（构）筑物来定最终的危险等级。

A.3.4.2 区域防雷安全管理

区域防雷安全管理分级主要依据雷电预警服务、雷击事故应急预案以及雷电防护安全教育与培训，具体分级以是否满足或部分满足下述三个条件为判断准则，具体见表A.12：

- 区域所在地有雷电预警服务。
- 区域内单位制定有雷击事故应急预案。
- 区域内单位定期或不定期对相关人员进行雷电防护安全教育和培训。

表A.12 区域防雷安全管理分级标准

危险等级	区域内采取的防雷安全管理
------	--------------

I 级	条件(一)(二)(三)全部满足
II 级	满足条件(二)(三)或(一)(二)
III 级	满足条件(一)(三)
IV 级	满足条件(一)或(二)或(三)
V 级	条件(一)(二)(三)均不满足

附 录 B
(资料性附录)
区域雷击风险评估现场勘测内容

B.1 土壤电阻率测量**B.1.1 测量原理**

现场测量土壤电阻率的方法主要有三电极法和四电极法，对于大体积未翻动过的土壤，建议采用四电极法对其进行土壤电阻率的测量。

B.1.2 测量方法

B.1.2.1 为了更加全面的反映项目区域内土壤成份的相对一致性，应根据项目地质勘测报告选择足够数量的试验区。一般情况下，可将评估项目范围划分成相同尺度的网格，并在各个网格内选取至少一个采集点。

注：网格大小可根据各地区的具体情况而调整，建议不大于500m×500m；

注：当网格内的土壤性质分布较为一致时，可只选取一个采集点。

B.1.2.2 在测量单个测试点时，应改变不同的电极间距 a （1m~6m）分别进行测量，并将所有的测量原始数据进行记录，以便对其进行处理，从而得出单个测试点的土壤电阻率值。

B.1.2.3 现场勘测时应详细记录以下信息：土壤干湿状况、土质状况、采集当日的天气状况等信息。

B.1.3 实测数据的处理方法

B.1.3.1 一次测量所得到的值，只能代表某一深度范围内的土壤电阻率。由于季节、土质、天气等因素对测量数值有一定影响，所以该数据还应考虑季节系数 ψ 。

表B.1 根据土壤性质决定的季节修正系数表

土壤性质	深度/m	Ψ_1	Ψ_2	Ψ_3
粘土	0.5~0.8	3	2	1.5
粘土	0.8~3	2	1.5	1.4
陶土	0~2	2.4	1.36	1.2
砂砾盖以陶土	0~2	1.8	1.2	1.1
园地	0~3	/	1.32	1.2
黄沙	0~2	2.4	1.56	1.2
杂以黄沙的砂砾	0~2	1.5	1.3	1.2
泥炭	0~2	1.4	1.1	1.0
石灰石	0~2	2.5	1.51	1.2

注： Ψ_1 ——在测量前数天天下过较长时间的雨时选用。 Ψ_2 ——在测量时土壤具有中等含水量时选用。 Ψ_3 ——在测量时，可能为全年最高电阻，即土壤干燥或测量前降雨不大时选用。

B.1.3.2 单个测试点土壤电阻率值的计算方法：通过改变电极间距 a 值（1m~6m）可测量得到6个相应的 ρ_a （ ρ_a ：电极间距为 a 时的视电阻率）值，对各 ρ_a 值进行季节系数修正后，取所有 ρ_a 值的算术平均数记为该测试点的土壤电阻率值。

B.2 项目周边环境勘测

根据项目总体（规划）平面图和地形图，对项目区域范围及周边的地形、地理环境进行勘测，主要内容包括：

- 勘测项目区域范围及周边的建筑环境，包括建筑密度、高度、分布等，特别注意易燃易爆或人员密集公共场所的分布。
- 勘查项目区域范围及周边的地形、地理环境，如是否靠近水域或其他特殊地形、地理位置。
- 统计、估测项目区域内人员流动情况（包括人员分布、逗留时间等）以及历年雷电灾害情况。

注：“项目区域周边”泛指区域内所有建筑物外扩 $3H$ 宽度后形成的最大边界范围，其中 H 指建筑物每边的扩大宽度，详见GB 21714.2-2008。

附 录 C

(资料性附录)

评估区域及其周边气候环境和雷闪资料分析

C.1 雷电环境分析的主要内容

项目区域及周边气候环境分析和闪电定位资料分析。

C.2 雷电环境分析步骤

C.2.1 利用卫星定位仪确定评估项目区域的地理位置，分析其周边的雷电气候环境。

C.2.2 利用闪电定位监测资料，对评估区域范围内闪电资料（闪电资料提取面域见表C.1）进行分析，确定区域雷击大地密度、雷闪分布状况、雷电流强度幅值分布特征、闪电月变化规律、闪电日变化规律等，作为区域雷击风险评估的基础参数。

表C.1 闪电资料提取面域 S

类型	闪电资料提取面域 S
爆炸危险、公共服务设施项目	以评估区域中心点为圆心，并取相连的服务设施节点(包括电源、信号、金属管道等)中离评估区域最长的距离 R 为半径所构成的面积，R 一般应介于 1~5km 之间。
轨道交通、港口桥梁、机场	根据项目的具体形状往外围扩延至少 1000m 后构成的条形面积
住宅小区、商业中心、工业园区等大型建设区域	整个项目建设范围往外扩延至少 1000m 后构成的面积
其他	根据具体情况确定
注：为保证数据的准确、有效，同一地区的闪电定位监测资料必须累积至少三年以上。	

附录 D
(资料性附录)
区域雷电环境评价方法

某些评估项目(如工业园区、经济开发区等)开发建设时间跨度大,常常因缺少较为详实的区域内建(构)筑物设计资料而无法进行区域雷击风险评估。作为区域雷击风险评估工作的补充,可运用区域雷电环境评价方法来解决此类问题:通过了解评估区域雷电背景情况,为评估项目在选址、功能布局设计以及后续建筑物单体雷击风险评估等方面提供全面宏观的指导性意见。

D.1 主要内容

- D.1.1 勘测并分析评估区域范围内的土壤性质、土壤电阻率值及周边环境调查情况;
- D.1.2 统计项目所在区域气象台站30年雷暴资料,分析区域雷暴气候特征;
- D.1.3 统计项目区域所在位置的历年闪电定位资料,分析闪电活动特征;
- D.1.4 统计评估区域内地闪的雷电流幅值分布情况,推算不同等级风险区域的防雷装置防护效率及各类防雷建筑物对应的可容许年预计雷击次数;
- D.1.5 根据评估区域内各地闪的雷电流幅值,对评估区域进行电磁环境分析。

D.2 基本步骤

- D.2.1 分析评估项目资料,确定需评估对象及其特性;
- D.2.2 编制评估工作大纲(方案),将评估区域用500m×500m的网格进行划分;
- D.2.3 现场测量土壤电阻率及勘测周边环境,详见附录B;
- D.2.4 利用GPS定位仪确定评估项目区域的地理位置,分析区域气候特征:包括雷暴日数年变化、月变化、季节变化等;
- D.2.5 利用闪电定位监测资料,对评估区域范围的闪电资料(闪电资料提取面域见表C.1)分别进行分析,确定相应区域的雷击大地密度、雷闪空间分布状况、雷电流强度幅值分布特征、闪电月变化规律、闪电日变化规律等;
- D.2.6 以500m×500m的网格为单位分析区域雷击大地密度分布情况,并根据雷击大地密度分级标准(见表D.1)划分为五种不同的风险等级;

注:各网格内的雷击大地密度可作为网格内建筑物年预计雷击次数计算的参考值;

注:若存在建筑物横跨两个不同网格区块的,应采用两个网格区块中雷击大地密度较高者进行计算。

表D.1 雷击大地密度分级标准

	高风险区域	较高风险区域	中等风险区域	较低风险区域	低风险区域
区域雷击大地密度(次/km ² ·a)	[10, ∞)	[7.5, 10)	[5, 7.5)	[2.5, 5)	[0, 2.5)
标示颜色	红色	橙色	黄色	蓝色	白色

- D.2.7 分析区域内各类建筑物防雷装置防护效率 η 及保证 R_f 值不大于 10^{-5} 时的年预计雷击次数 N_f 值:
——根据雷击大地密度分级结果,先按不同风险等级(高、较高、中等、较低、低风险)分别统计

出相对应的网格区域内所有地闪的雷电流幅值分布情况；

——再按不同防雷建筑物类别（一类、二类、三类防雷建筑物）分别统计出所对应的雷电流参数最大值和最小值出现的概率，从而得出相应的防雷装置防护效率 η 如表 D. 2 所示；

表D. 2 防护效率 η 计算样表

评估区域	防雷类别	雷电流幅值	分布概率	雷电流幅值	分布概率	防护效率 η
高风险区域	一类	$I \leq 5\text{kA}$	0.15	$I \geq 200\text{kA}$	0	0.85
	二类	$I \leq 10\text{kA}$	0.387	$I \geq 150\text{kA}$	0	0.613
	三类	$I \leq 16\text{kA}$	0.604	$I \geq 100\text{kA}$	0.05	0.391

——根据规范 GB50057-2010 规定，如果取可接受的年最大损失风险 $R_T=10^{-5}$ ，则可计算得出建筑物可接受的年允许遭雷击次数 N_T 如表 D. 3 所示。

表D. 3 $P_r W_r$ 值

建筑物		$P_r W_r$ 值	$N_T = 10^{-5} / (P_r W_r)$
形式	特点		
一般建筑物	正常危险	0.2×10^{-3}	5×10^{-2}
公共建筑物	重大危险（引起恐慌、重大损失）	1×10^{-3}	1×10^{-2}

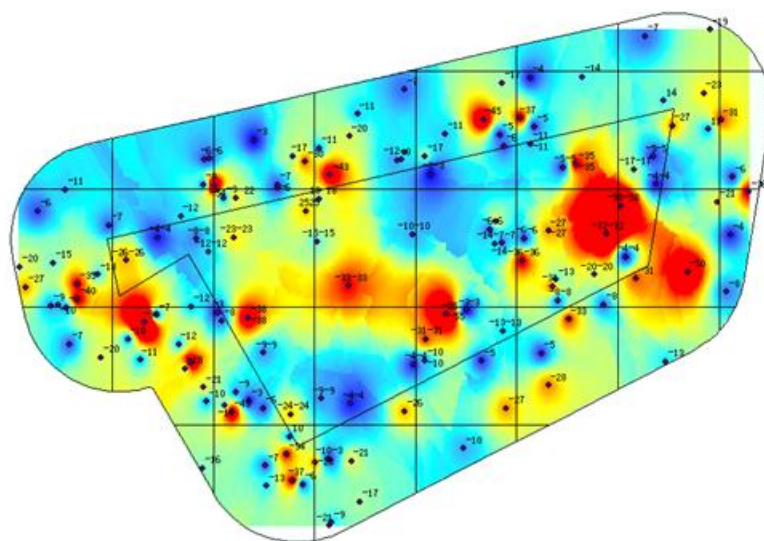
注：概率 P_r 表示建筑物自身保护的程或表示考虑这样的真实情况的一个因素，即不是每一个打到需要防雷的建筑物的雷击和不是每一个使防雷装置所选用的规格和尺寸失败的雷击均造成损坏。 P_r 值主要取决于建筑物的特点，它的结构、用途、存放物或设备。

注： W_r 是考虑雷击后果的一个系数，后果越严重， W_r 值越大。

——根据公式 D. 1，结合上述防雷装置的防护效率 η 和 N_T 值，可推算得出保证 R_T 值不大于 10^{-5} 时的年预计雷击次数 N_r 值，并将其作为判定建筑物是否需要单体雷击风险评估的依据。

$$\eta \geq 1 - \frac{N_T}{N_r} \quad \dots\dots\dots (D. 1)$$

——区域电磁环境分析：当评估区域及其附近遭受雷击时，强大的雷电流将产生电磁感应，从而对区域建筑物内电力线路和电子设备产生电磁干扰。一般来说，电子设备都承受不了 $\pm 5\text{V}$ 的电压波动，而当磁场强度超过 2.4Gs 时，就会造成微机的永久性损坏。依据电磁感应强度 B_0 ，按计算机误动作、假性损坏、损坏以及电子计算机机房内磁场干扰场强不大于 800A/m 的规定，将电磁环境分为 0.07Gs 、 0.7Gs 和 2.4Gs 三个级别进行电磁辐射计算，则可得出评估区域从弱到强的雷电流电磁影响范围分布。



图D.1 雷电电磁脉冲影响范围(样图)

——区域雷电环境评价结果分析，出具评价结论。

附 录 E
(资料性附录)
定量指标各分级区间的中间值

除“雷电流强度”外的5个定量指标，其对应的各分级区间中间值如下表E.1所示。

表E.1 各分级区间的中间值汇总表

风险指标因子	单位	v_1	v_2	v_3	v_4	v_5
雷击大地密度	次/ (km ² · a)	1.25	3.75	6.25	8.75	20.5
人员密度	人/km ²	5000	15000	25000	35000	45000
建筑密度	/	7.5%	22.5%	37.5%	52.5%	80%
等效高度	m	15	37.5	52.5	80	350
土壤电阻率	$\Omega \cdot m$	140	70	50	30	10

附 录 F
(资料性附录)
评估指标权重 ω 的确定

F.1 基本方法

F.1.1 构造判断矩阵

从第二层指标开始,采用1~9标度法对指向同一上层指标的各子指标之间进行成对比较,确定各指标之间的相对重要性,见表F.1。

表F.1 两两比较赋值表

标度	含义
$a_{ij} = 1$	指标 A_i 与指标 A_j 具有相等的重要性
$a_{ij} = 3$	指标 A_i 比指标 A_j 稍微重要
$a_{ij} = 5$	指标 A_i 比指标 A_j 明显重要
$a_{ij} = 7$	指标 A_i 比指标 A_j 强烈重要
$a_{ij} = 9$	指标 A_i 比指标 A_j 极度重要
$a_{ij} = 2,4,6,8$	指标 A_i 与指标 A_j 相比,介于相邻结果的中间值
特殊情况	$a_{ji} = 1/a_{ij}$
	$a_{ii} = 1$

根据上表,可得出指向同一上层指标的各子指标的判断矩阵 A 为:

$$A = (a_{ij})_{m \times m} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1m} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2m} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \cdots & a_{mm} \end{bmatrix} \quad \dots\dots\dots (F.1)$$

式中: m ——指向同一上层指标的子指标数量,下同。

F.1.2 计算相对权重

通过求解判断矩阵 A 的最大特征值 λ_{\max} 及最大特征值对应的特征向量 W ，得出各指标的相对权重。

F.1.3 一致性检验

特殊的，当成对比较得出的判断矩阵的阶数大于等于3时，则需要进行一次一致性检验，具体检验方法如下：

——根据判断矩阵得出一致性指标 $C.I.$ ：

$$C.I. = \frac{\lambda_{\max} - m}{m - 1} \quad \dots\dots\dots (F. 2)$$

——根据判断矩阵阶数，找出对应的平均随机一致性指标 $R.I.$ ：

表F.2 平均随机一致性指标值

判断矩阵的阶数	1	2	3	4	5	6	7
$R.I.$	0	0	0.52	0.9	1.12	1.26	1.36
判断矩阵的阶数	8	9	10	11	12	13	14
$R.I.$	1.41	1.46	1.49	1.52	1.54	1.56	1.58

——根据 $C.I.$ 和 $R.I.$ 的值，计算一致性比例 $C.R.$ ：

$$C.R. = \frac{C.I.}{R.I.} \quad \dots\dots\dots (F. 3)$$

当 $C.R. \leq 0.1$ 时，则判断矩阵 A 的一致性符合要求的，反之，需要对判断矩阵 A 的两两比较值作调整，直到计算出符合一致性要求的 $C.R.$ 值。

F.2 不同类型项目评估指标权重比的推荐值

F.2.1 住宅区、一般性的工业园区

表F.3 评估指标权重比推荐值

指标层次	指标名称	权重比推荐值
二	雷电风险:地域风险:承灾体风险	3:1:2
三	雷击大地密度:雷电流强度	2:1
	土壤电阻率:地形地貌:周边环境	1:1:3
	项目属性:建筑物特征:电子电气系统:灾害防御能力	1:1:1:2

四	安全距离:相对高度	1:3
	使用性质:人员密度:影响程度	3:3:1
	建筑密度:等效高度:材料结构	3:3:1
	电子系统:电气系统	1:3
	区域雷电防护水平:区域防雷安全管理	3:1

F.2.2 办公、酒店区域

表F.4 评估指标权重比推荐值

指标层次	指标名称	权重比推荐值
二	雷电风险:地域风险:承灾体风险	3:1:2
三	雷击大地密度:雷电流强度	2:1
	土壤电阻率:地形地貌:周边环境	1:1:3
	项目属性:建筑物特征:电子电气系统:灾害防御能力	1:1:1:2
四	安全距离:相对高度	1:1
	使用性质:人员密度:影响程度	3:3:1
	建筑密度:等效高度:材料结构	1:3:1
	电子系统:电气系统	1:2
	区域雷电防护水平:区域防雷安全管理	3:1

F.2.3 商业设施区域、大型游乐场所、旅游景区、体育场馆、展览区等人员聚集公共场所

表F.5 评估指标权重比推荐值

指标层次	指标名称	权重比推荐值
二	雷电风险:地域风险:承灾体风险	3:1:2
三	雷击大地密度:雷电流强度	3:1
	土壤电阻率:地形地貌:周边环境	1:1:3
	项目属性:建筑物特征:电子电气系统:灾害防御能力	1:1:1:2
四	安全距离:相对高度	1:1
	使用性质:人员密度:影响程度	3:3:1
	建筑密度:等效高度:材料结构	1:1:1
	电子系统:电气系统	1:1
	区域雷电防护水平:区域防雷安全管理	1:1

F.2.4 重大公共服务设施（高速公路、轨道交通、大型桥梁、交通枢纽、油气输送管道等）

表F.6 评估指标权重比推荐值

指标层次	指标名称	权重比推荐值
------	------	--------

二	雷电风险:地域风险:承灾体风险	3:2:2
三	雷击大地密度:雷电流强度	3:1
	土壤电阻率:地形地貌:周边环境	1:1:1
	项目属性:建筑物特征:电子电气系统:灾害防御能力	2:1:2:2
四	安全距离:相对高度	1:1
	使用性质:人员密度:影响程度	3:3:2
	建筑密度:等效高度:材料结构	1:1:1
	电子系统:电气系统	1:2
	区域雷电防护水平:区域防雷安全管理	3:1

F.2.5 医院、养老院、教学区域

表F.7 评估指标权重比推荐值

指标层次	指标名称	权重比推荐值
二	雷电风险:地域风险:承灾体风险	3:1:2
三	雷击大地密度:雷电流强度	3:1
	土壤电阻率:地形地貌:周边环境	1:1:3
	项目属性:建筑物特征:电子电气系统:灾害防御能力	1:1:1:1
四	安全距离:相对高度	1:1
	使用性质:人员密度:影响程度	3:3:1
	建筑密度:等效高度:材料结构	3:3:1
	电子系统:电气系统	1:1
	区域雷电防护水平:区域防雷安全管理	1:1

附 录 G
(资料性附录)
评估实例

以上海某高校为例进行评估，说明区域雷击风险评估方法的应用。

G.1 项目概况

某高校校区位于上海北部地区，占地面积近2000亩，拥有学生2万余人。

G.2 现场勘测及数据采集分析

G.2.1 闪电定位资料分析

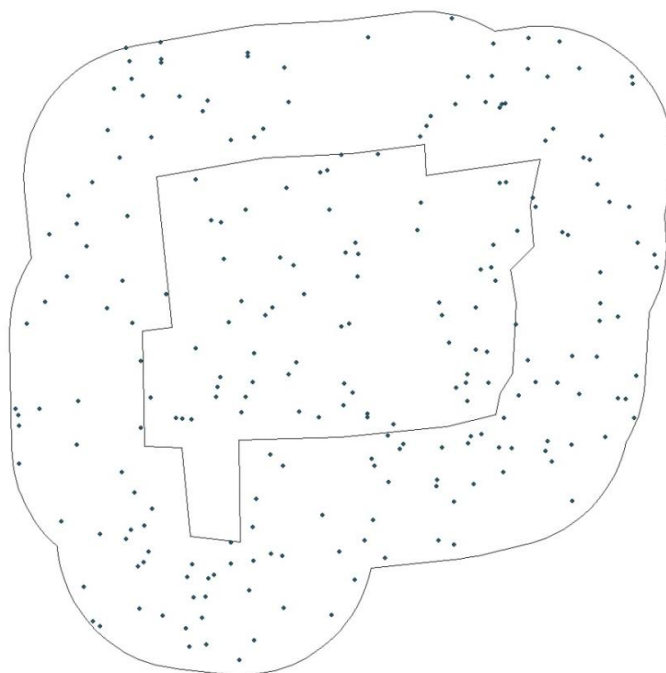
G.2.1.1 资料收集

以评估项目所在区域及其周边1km范围，提取最近四年地闪资料。

G.2.1.2 资料分析

G.2.1.2.1 区域地闪分布

根据图G.1可知：项目区域及其周边1km范围内共发生地闪232次，区域雷击大地密度的平均值为 $N_g=11.68$ 次/（年·平方公里）。项目及周边的任意方向都有闪电发生。

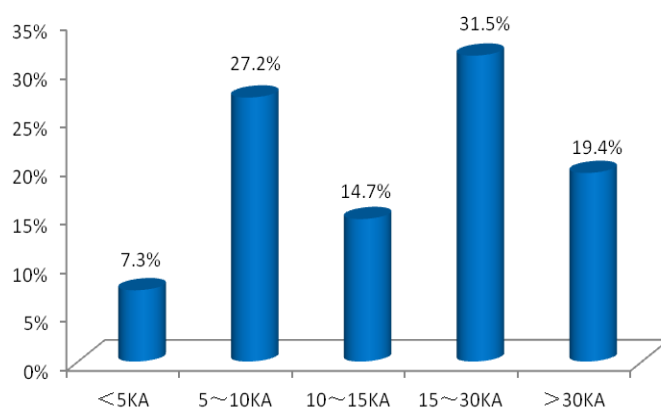


图G.1 评估区域及其周边 1km 范围地闪分布示意图

G.2.1.2.2 雷电流特征

根据地闪监测定位资料，评估项目及其周边1km区域范围内雷电流情况如下：

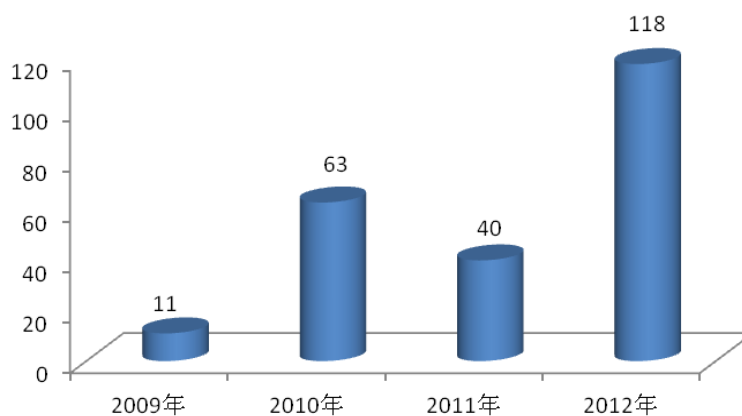
- 雷电流区间为：[-71, 23] kA；
- 雷电流幅值的平均值为：18.6 KA。
- 如下图 G.2 所示，雷电流幅值主要分布在 0~30kA 之间，占全部地闪 80.6%左右。



图G.2 区域及其周边 1km 范围地闪雷电流幅值概率分布图

G.2.1.2.3 地闪年变化规律

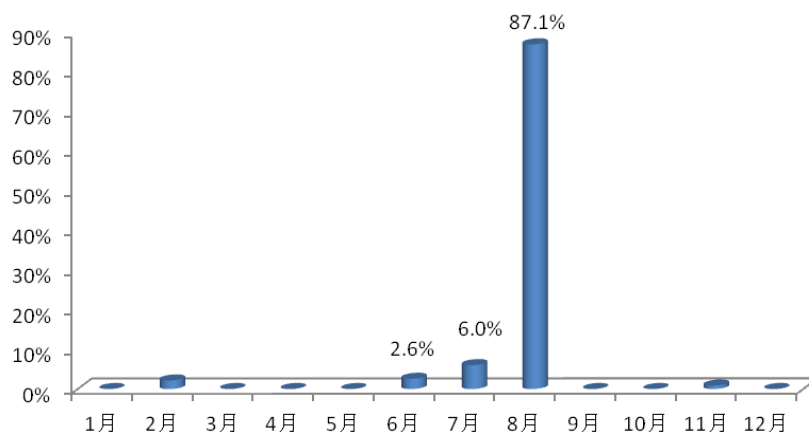
图G.3显示区域周围地闪年变化情况，可以看出该区域范围内近4年间，2010和2012年的地闪频数较高，分别达到63次和118次。



图G.3 地闪频数年分布图

G.2.1.2.4 地闪月变化规律

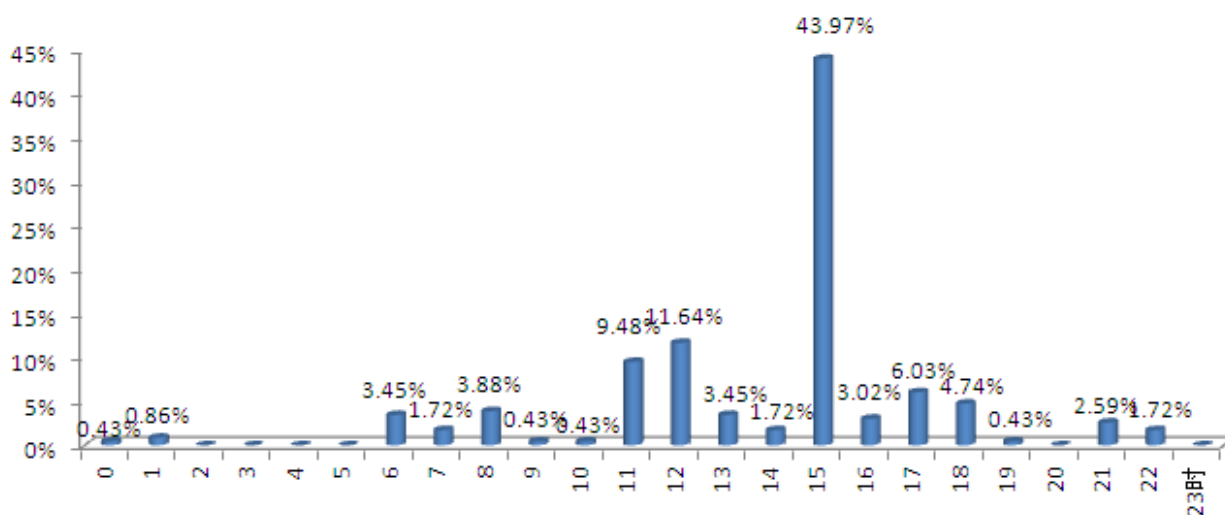
图G.4显示区域周围地闪密度月变化情况，可以看出：该地域地闪主要发生在8月，占总地闪数的87.1%。



图G.4 地闪月变化图

G.2.1.2.5 地闪日变化规律

从地闪日变化图G.5中可以看出，区域附近地闪主要集中在15-16时发生，占总地闪数的43.97%。



图G.5 地闪日变化图

G.2.2 土壤电阻率

根据现场勘测条件和地理位置分布，以不大于500m×500m的网格在校区范围内取6个测试点分别进行土壤电阻率的采样测量，土壤测量值如表G.1所示。

表G.1 土壤电阻率测量值

测试点	不同测量间距对应的平均 ρ 值 ($\Omega \cdot m$)					平均值	季节系数	最终值
	2m	3m	4m	5m	6m			
1	25.9	21.9	21.8	15.01	13.39	19.6	1.32	25.87
2	16.57	16.17	15.89	15.44	13.53	15.52	1.32	20.49
3	42.0	29.1	15.56	9.33	5.67	20.33	1.32	26.84

4	20.7	13.55	11.79	11.17	9.52	13.35	1.32	17.62
5	40.5	24.5	15.42	12.25	7.57	20.05	1.32	26.46
6	43.1	28.5	17.62	8.13	5.82	20.63	1.32	27.24

注：考虑到表层土壤均为回填土，内含杂质较多，故从2m间距开始测量。

注：现场土壤主要为粘土和田园土，土壤状况为一般潮湿，故季节系数取1.32。

G.2.3 周边环境

本项目周边地理方位遥感图如图G.6所示，结合实地勘测可知，区域周围环境情况如下：项目北边为居民住宅（别墅和小高层），北边有小河浜；项目西侧为居民住宅（别墅、多层或等高的住宅小区），和一个大型商业广场，西南角有一加油站；项目南侧为住宅小区（多层、小高层）和学校、办公楼（多层），1km范围内有化工厂。项目东侧靠近小河浜，东北角有一加油站。



图G.6 项目周边地理方位遥感图

G.3 评估子区域的确定

按照评估子区域划分方法，结合前文，逐级分析如下：

- 因项目占地面积小于5平方公里，所以无需考虑区域地闪分布情况的差异。
- 项目范围区域内地形和土壤电阻率基本不存在较大差异，只有周边地物环境指标有所差异，因此从地域风险因素考虑的话无需划分子区域。

——项目形态特征存在一定的差异，详见图 G.7（图中标识为较高建筑物）。



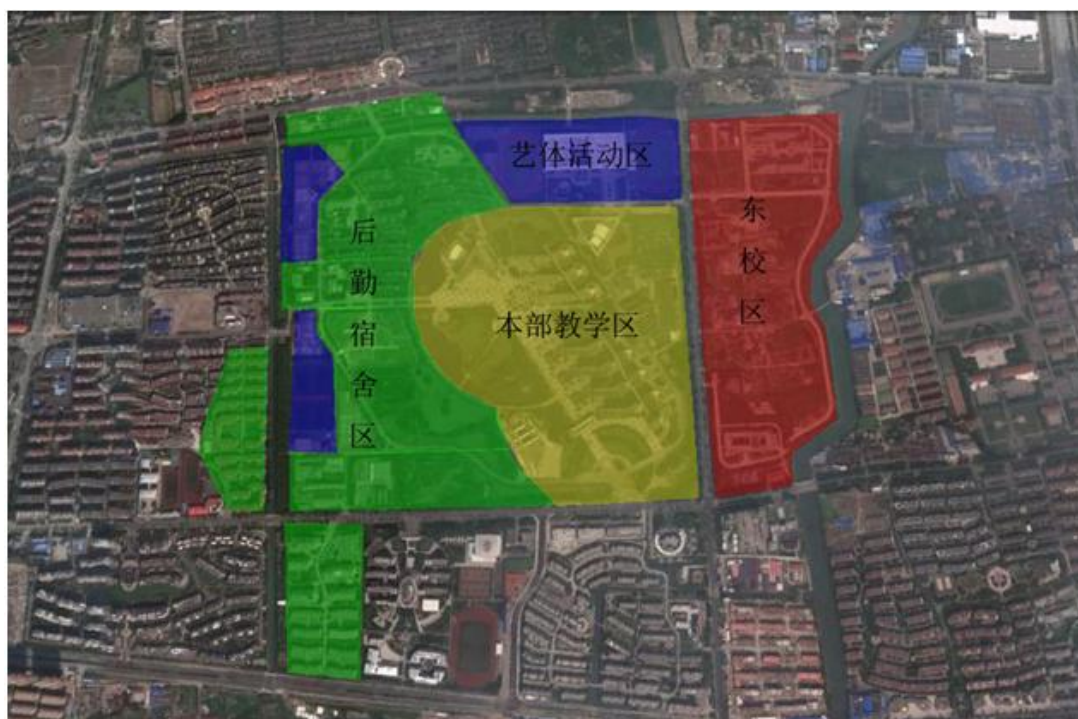
图G.7 建筑高度分区示意图

——建设项目属性存在一定的差异，大致可分为三种类型：

- 1) 教学区：用于日常教学，包括本部校区的教学楼、图书馆以及东校区；
- 2) 后勤宿舍区：包括后勤基建大楼、学生宿舍、食堂等；
- 3) 艺体活动区域：指户外或户内的大型活动区域，包括体育馆、艺术中心、网球馆等。

——参照防雷装置检测报告，除本部教学区 A、B、C、D 楼的雷电防护装置存在失效或保护不全的情况外，其他区域的雷电防护能力基本无明显差异。

综上所述，可将项目地块划分为本部教学区、后勤宿舍区、艺体活动区以及东校区等4个子区域（详见图G.8），从而对其进行区域雷击风险评估。为简化演示，下文将以“本部教学区”为例计算该子区域的区域雷击风险。



图G.8 评估子区域划分图

G.4 本部教学区雷击风险指标隶属度的计算

G.4.1 雷击大地密度

根据雷击大地密度分级标准和定量指标隶属度的确定方法，因 v_1, v_2, v_3, v_4, v_5 分别为1.25、3.75、6.25、8.75、20.5（见附录E），又有项目周边地区雷击大地密度实际值为11.68次/（a km²），因此根据极小型隶属函数处理方法，计算如下：

$$\mu_{v_4}(r_4) = \frac{20.5 - 11.68}{20.5 - 8.75} = 0.751$$

$$\mu_{v_5}(r_5) = \frac{11.68 - 8.75}{20.5 - 8.75} = 0.249$$

可以得出雷击大地密度的隶属度如下表G.2所示。

表G.2 雷击大地密度隶属度

危险等级	I级	II级	III级	IV级	V级
雷击大地密度	0	0	0	0.751	0.249

G.4.2 雷电流强度

依据项目区域雷电流统计，雷电流强度分布概率图可清晰显示雷电流强度隶属度，隶属度表格如G.3：

表G.3 雷电流强度隶属度

危险等级	I级	II级	III级	IV级	V级
雷电流强度	0.073	0.272	0.146	0.315	0.194

G.4.3 土壤电阻率

根据土壤电阻率分级标准和定量指标隶属度的确定方法，因 v_1, v_2, v_3, v_4, v_5 分别为140、70、50、30、10（见附录E）。又有项目土壤电阻率均值为 $24.1 \Omega \cdot m$ ，因此根据极大型隶属函数处理方法，计算如下：

$$\mu_{v_4}(r_4) = \frac{10 - 24.1}{10 - 30} = 0.705$$

$$\mu_{v_5}(r_5) = \frac{24.1 - 30}{10 - 30} = 0.295$$

可以得出该项目土壤电阻率隶属度如下表G.4所示：

表G.4 土壤电阻率隶属度

危险等级	I级	II级	III级	IV级	V级
土壤电阻率	0	0	0	0.705	0.295

G.4.4 地形地貌

勘察场地的地貌为典型的滨海平原地貌，且水域面积较小。因此根据地形地貌分级标准，可明显判断出地形地貌的隶属度，具体见下表G.5：

表G.5 地形地貌隶属度

危险等级	I级	II级	III级	IV级	V级
地形地貌	1	0	0	0	0

G.4.5 周边环境

G.4.5.1 安全距离

根据现场勘测结果，结合安全距离分级标准，可判断出安全距离的隶属度，具体见下表G.6：

表G.6 安全距离隶属度

危险等级	I级	II级	III级	IV级	V级
安全距离	1	0	0	0	0

G.4.5.2 相对高度

区域建筑物平均高度约为21米，结合相对高度分级标准，可判断出相对高度的隶属度，具体见下表G.7：

表G.7 相对高度隶属度

危险等级	I级	II级	III级	IV级	V级
相对高度	0	0	1	0	0

G.4.6 项目属性

G.4.6.1 使用性质

本片区域内建筑物大多都是教学楼、图书馆及综合办公楼等人员密集场所，结合使用性质分级标准，可得使用性质隶属度等级，具体见下表G.8：

表G.8 使用性质隶属度

危险等级	I级	II级	III级	IV级	V级
使用性质	0	0	1	0	0

G.4.6.2 人员密度

根据校方提供的资料，该区域可容纳的最大人数约为16000人，相应人员密度约为42000人/平方公里。根据定量指标隶属度的确定方法和区域项目人员密度分级标准，令 v_1 ， v_2 ， v_3 ， v_4 ， v_5 分别为5000，15000，25000，35000，45000（见附录E），根据极大值隶属函数处理方法，计算如下：

$$\mu_{v_4}(r_4) = \frac{45000 - 42000}{45000 - 35000} = 0.3$$

$$\mu_{v_5}(r_5) = \frac{42000 - 35000}{45000 - 35000} = 0.7$$

可得人员密度的隶属度如下表G.9所示：

表G.9 人员密度隶属度

危险等级	I级	II级	III级	IV级	V级
人员密度	0	0	0	0.3	0.7

G.4.6.3 影响程度

该区域内的项目一旦遭受雷电灾害一般不会产生危及区域外的爆炸或火灾危险。结合影响程度分级标准，完全隶属于I级，具体见下表G.10：

表G.10 影响程度隶属度

危险等级	I级	II级	III级	IV级	V级
影响程度	1	0	0	0	0

G.4.7 建筑物特征

G.4.7.1 建筑物密度

根据相关材料，区域内建筑物密度约为17%。根据定量指标隶属度的确定方法和建筑密度分级标准，令 v_1, v_2, v_3, v_4, v_5 分别为7.5%，22.5%，37.5%，52.5%，80%（见附录E）。因此根据极小型隶属函数处理方法计算如下：

$$\mu_{v_1}(r_1) = \frac{22.5\% - 17\%}{22.5\% - 7.5\%} = 0.367$$

$$\mu_{v_2}(r_2) = \frac{17\% - 7.5\%}{22.5\% - 7.5\%} = 0.633$$

可以得出建筑密度隶属度如下表G.11：

表G.11 建筑密度隶属度

危险等级	I级	II级	III级	IV级	V级
建筑密度	0.367	0.633	0	0	0

G.4.7.2 等效高度

本区域内最高的建筑物为行政楼46.8m，根据定量指标隶属度的确定方法和等效高度分级标准，令 v_1, v_2, v_3, v_4, v_5 分别为15, 37.5, 52.5, 80, 350（见附录E）。因此根据极小型隶属函数处理方法计算如下：

$$\mu_{v_2}(r_2) = \frac{52.5 - 46.8}{52.5 - 37.5} = 0.38$$

$$\mu_{v_3}(r_3) = \frac{46.8 - 37.5}{52.5 - 37.5} = 0.62$$

可以得出等效高度的隶属度如下表G.12所示：

表G.12 等效高度隶属度

危险等级	I级	II级	III级	IV级	V级
等效高度	0	0.38	0.62	0	0

G.4.7.3 材料结构

根据项目提供的资料，区域内建筑物材料结构以混凝土为主。因此，可以得出该项目的材料结构隶属于IV级，其材料结构的隶属度如下表G.13所示：

表G.13 材料结构隶属度

危险等级	I级	II级	III级	IV级	V级
材料结构	0	0	0	1	0

G.4.8 电子电气系统

G.4.8.1 电子系统

本区域为教学区，结合电子系统的分级标准，其电子系统的隶属度如下表G. 14所示：

表G. 14 电子系统隶属度

危险等级	I 级	II 级	III 级	IV 级	V 级
电子系统	0	0	1	0	0

G. 4. 8. 2 电气系统

根据项目的设计资料及勘查结果，结合电气系统分级标准可知，该项目的电气系统隶属度如表G. 15所示：

表G. 15 电气系统隶属度

危险等级	I 级	II 级	III 级	IV 级	V 级
电气系统	0	0	1	0	0

G. 4. 9 灾害防御能力

G. 4. 9. 1 区域雷电防护水平

根据防雷装置检测报告，结合区域雷电防护水平的分级标准可知，区域雷电防护水平隶属度如下表G. 16所示：

表G. 16 区域雷电防护水平隶属度

危险等级	I 级	II 级	III 级	IV 级	V 级
区域雷电防护水平	0	0	0	1	0

G. 4. 9. 2 区域防雷安全管理

根据现场调查征询结果，结合区域防雷安全管理的分级标准可知，区域防雷安全管理隶属度如表G. 17所示：

表G. 17 区域防雷安全管理隶属度

危险等级	I 级	II 级	III 级	IV 级	V 级
区域防雷安全管理	0	0	0	0	1

G. 5 本部教学区雷击风险评估结果

根据上文中的雷击风险指标隶属度以及指标权重比（见附录F），我们可以最终计算得到本部教学区的风险隶属度分布如表G. 18所示。

表G. 18 雷击风险隶属度

子区域名称	区域雷击风险隶属度 b 值				
	I 级	II 级	III 级	IV 级	V 级

本部教学区	0.1175	0.0702	0.2094	0.4088	0.1941
-------	--------	--------	--------	--------	--------

结合区域雷击风险隶属度值，根据综合评估 $g = 1*b_1 + 3*b_2 + 5*b_3 + 7*b_4 + 9*b_5$ ，得出各片区的最终风险值和风险等级，详见表G.19。

表G.19 风险值

子区域名称	风险值	风险等级
本部教学区	5.98	III（中等）

G.6 本部教学区雷击风险评估结论

G.6.1 经评估计算可知，本部教学区的雷击风险综合评估g值为5.98，处于中等风险区域，产生雷击灾害事故的可能性较大。

G.6.2 处于III级以上的原始影响指标共有6个，主要包括雷击大地密度、土壤电阻率、人员密度、材料结构、区域雷电防护水平和区域防雷安全管理等，在雷电防护安全工作中应有针对性的对这些指标进行重点考虑。

G.6.3 处于本区域中的一般建（构）筑物在进行防雷设计或施工前，宜进行单体雷击风险评估。

G.6.4 考虑本区域的实际情况，从经济合理性出发，建议优先采取以下措施来降低相应的风险：

——区域内建构筑物严格按三类建筑物防雷标准采取了防护措施；

——制定相应的雷击事故应急预案以及常规教育培训措施。

G.6.5 采取措施后，可将雷击风险综合评估g值降为5.65。