

ICS 07.060

A47

备案号:

DB46

海南省地方标准

DB 46/ T 466—2018

雷电灾害区域风险评估技术规范

Technical specifications for regional lightning disaster risk assessment

2018 - 10 - 23 发布

2018 - 12 - 01 实施

海南省市场监督管理局 发布

前 言

本规范按照GB/T 1.1-2009给出的规则起草。

本规范由海南省气象局提出并归口。

本规范起草单位：海南省气象灾害防御技术中心。

本规范主要起草人：高焱、张廷龙、余海、周方聪、韦昌雄、劳小青、李敏、吴海、张茂华、陈哲。

雷电灾害区域风险评估技术规范

1 范围

本标准规定了雷电灾害区域风险评估的风险指标、资料和流程、方法、风险等级判定和报告内容。本标准适用于占地面积超过1km²的规划功能性区域或长度超过2km的狭长区域场所的雷电灾害区域风险评估。

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，仅所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》第二部分 风险管理

——GB 50058-2014《爆炸危险环境电力装置设计规范》

——GB 50074-2014《石油库设计规范》

——GB 50156-2012《汽车加油加气站设计与施工规范》

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

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。

3.2

相对高度 relative height

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。

3.3

人员密度 personnel density

评估区域内单位面积上可能活动的人员数量。

3.4

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。

3.5

建筑密度 building density

评估区域内建（构）筑物的占地面积总和与总占地面积的比例。

3.6

等效高度 equivalent height

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。

3.7

区域雷电防护水平 regional lightning protection level

评估区域内建（构）筑物整体的雷电防护能力。

3.8

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

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。

3.9

电气系统 electrical system

由低压供电组合部件构成的系统。也称低压配电系统或低压配电线路。
(GB 50057-2010, 定义2.0.26)

3.10

电子系统 electronic system

由敏感电子组合部件构成的系统。
(GB 50057-2010, 定义2.0.27)

4 风险指标

4.1 风险指标的构成

由雷电参数、地域环境和承灾体构成，见图1。

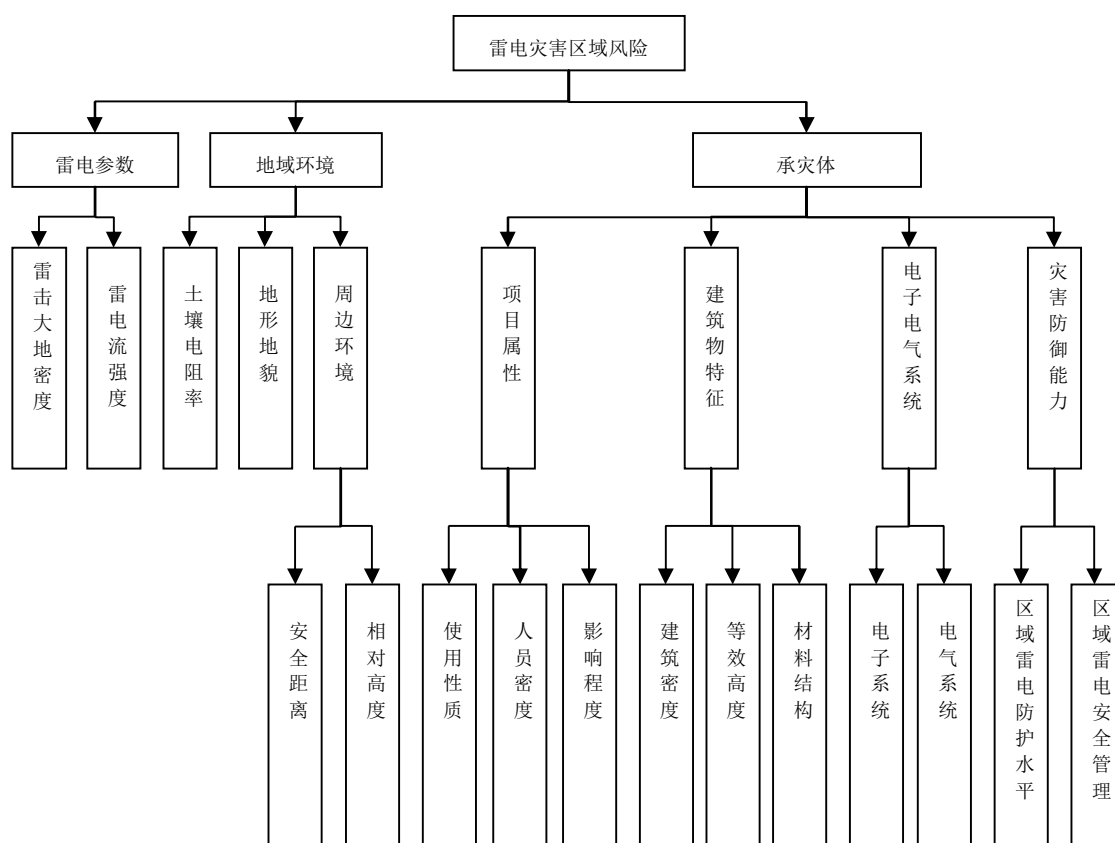


图1 区域风险评估指标层次结构

4.2 风险指标等级

根据各风险指标对雷电灾害区域风险的影响程度，将其分为I、II、III、IV、V五个等级，具体分级标准参见附录A。

5 评估资料和流程

5.1 资料

应包括但不限于以下资料：

- 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（已建项目需提供）。

5.2 流程

流程见图2。

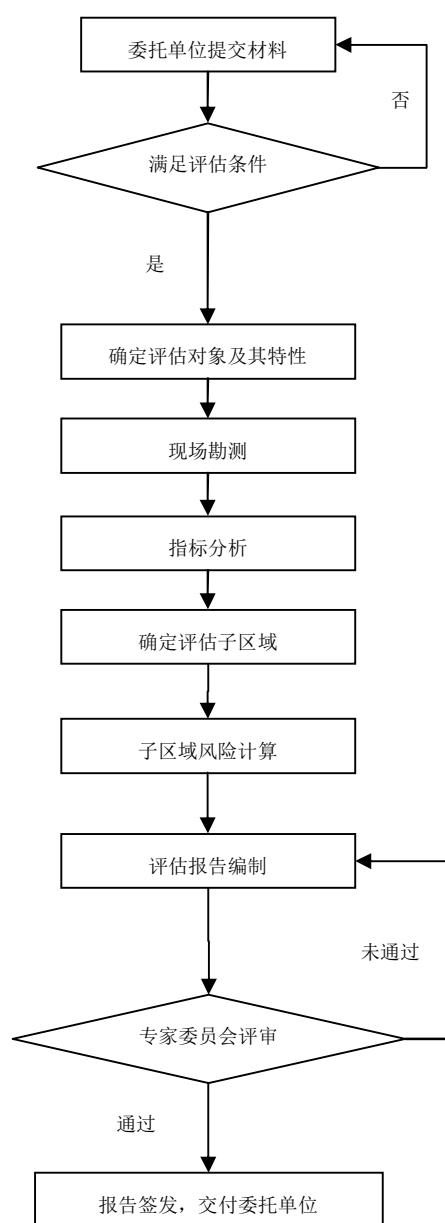


图2 区域风险评估流程

注1: 现场勘测应包括土质、土壤电阻率勘测 (参见附录 B)、周边地形地貌环境勘测 (参见附录 B) 及建设设施相关情况 (已建项目)。

注2: 指标分析应包括项目周边雷电环境分析 (参见附录 C)、项目地域风险 (土壤电阻率、地形地貌、周边环境) 分析、承灾体属性 (平均高度、使用性质) 分析和项目雷电灾害防护能力分析 (已建项目)。

注3: 子区域风险计算应包括风险指标隶属度计算、区域雷击风险值计算和区域雷击风险分级。

6 评估方法

6.1 子区域划分

6.1.1 划分原则

当评估区域内雷电参数、地域环境、承灾体存在明显差异时，评估区域宜划分成不同的子区域。

6.1.2 划分因素

- 雷电参数；
- 地域环境；
- 项目属性；
- 灾害防御能力。

注1：只有占地面积大于5平方公里的评估项目才需考虑“雷电参数”的差异；

注2：只有已建项目才需考虑“灾害防御能力”的差异。

6.1.3 划分方法

按照第6.1.2条的优先级别，逐级分析各因素对应的差异指标划分子区域，差异指标的判定方法见表1。

表1 差异指标的判定方法

优先等级	影响因素名称	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	雷电参数	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	地域环境	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	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
4	灾害防御能力	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1：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2：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。			

6.2 风险计算方法

6.2.1 风险指标分类

风险指标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。

6.2.2 风险指标获取方法

6.2.2.1 雷击大地密度应通过雷暴日资料和闪电定位数据获取，计算方法参见附录D。

6.2.2.2 雷电流强度应通过闪电定位系统获取相关数据。

6.2.2.3 土壤电阻率的具体测试方法参见附录B。

6.2.2.4 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，参见附录B。

6.2.2.5 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。

6.2.2.6 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，参见附录 B。

6.2.2.7 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。

6.2.2.8 区域雷电防护水平指标应从评估项目的防雷装置定期检测报告中获取。

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

6.2.3 评估指标隶属度计算

6.2.3.1 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。

6.2.3.2 定量指标隶属度的计算

各定量指标隶属度应分别按照极小型或极大型指标隶属度公式计算，参见附录 E。指向同一上层指标的各子指标隶属度构成隶属度矩阵 M。

6.2.4 综合评估

综合评估基本公式为：

$$B = W \cdot M = (w_1, w_2, \dots, w_m) \cdot \begin{bmatrix} \mu_{11} & \mu_{12} & \dots & \mu_{15} \\ \mu_{21} & \mu_{22} & \dots & \mu_{25} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \mu_{m1} & \mu_{m2} & \dots & \mu_{m5} \end{bmatrix} = [b_1, b_2, b_3, b_4, b_5] \dots \dots \dots (1)$$

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，参见附录 G；

M ——指向同一上层指标的各子指标所构成的隶属度矩阵。

6.2.5 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“雷电灾害区域风险”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：

$$g = 1 * b_1 + 3 * b_2 + 5 * b_3 + 7 * b_4 + 9 * b_5 \dots \dots \dots (2)$$

7 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。

表2 雷电灾害区域风险分级标准

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 $0 < g < 2$, 一般风险, 产生雷击灾害事故的可能性不大。
II 级	综合评估 $2 \leq g < 4$, 中等风险, 产生雷击灾害事故的可能性中等。
III 级	综合评估 $4 \leq g < 6$, 较高风险, 产生雷击灾害事故的可能性较大。
IV 级	综合评估 $6 \leq g < 8$, 高风险, 产生雷击灾害事故的可能性大。
V 级	综合评估 $8 \leq g < 10$, 极高风险, 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。

8 评估报告内容

应包括但不限于以下内容:

- 区域风险评估概述;
- 评估子区域的确定;
- 大气雷电活动状况分析;
- 区域风险评估计算;
- 区域风险评估结果分析;
- 评估结论及雷电防护指导策略。

附 录 A
(资料性附录)
区域雷击风险指标分级标准

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/($\text{km}^2 \cdot \text{a}$))	[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/($\text{km}^2 \cdot \text{a}$)。

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, 10)	[10, 20)	[20, 35)	[35, 50)	[50, ∞)

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，小于2kA和大于200kA的数据宜剔除。

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($\Omega \cdot \text{m}$)	[200, ∞)	[100, 200)	[50, 100)	[20, 50)	[0, 20)

注：计算隶属度时，上限可取400($\Omega \cdot \text{m}$)。

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级为不符合以下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。

注：0区、1区、2区、20区、21区、22区的定义参见GB 50058-2014。

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1：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2：“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指建筑物平均高度，参见GB 21714-2015；

注3：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	区域内项目有特级/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。
--	-----------------------------------------------------------------------------------------------

注: 加油加气站、石油库分级分别参见GB50074-2014和GB50156-2012。

A.3.1.4 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.3.1.5 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.3.1.6 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.3.1.7 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.3.2 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.3.2.1 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.3.2.2 电气系统

- A.3.2.2.1 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.3.2.2.2 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.3.2.2.3 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.3.2.2.4 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.3.2.2.5 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.3.3 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.3.3.1 区域雷电防护水平

- A.3.3.1.1 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.3.3.1.2 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.3.3.1.3 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.3.3.1.4 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.3.3.1.5 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.3.3.2 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，参见表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1：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2：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

- 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指建筑物平均高度，参见GB 21714-2015。

附 录 C
(资料性附录)
评估区域及其周边雷电环境分析

C.1 主要内容

C.1.1 雷暴日分析

包括评估区域年平均雷暴日空间分布、选定点年平均雷暴日值、选定点雷暴日年变化、选定点雷暴日月变化等。

C.1.2 闪电定位资料分析

包括评估区域年平均地闪密度空间分布、雷电流强度空间分布、地闪频次月变化、地闪频次日变化和选定点年平均地闪密度值等。

注：地闪密度指单位面积上年平均地闪频次。

C.2 资料收集

C.2.1 地理位置信息

利用卫星定位仪确定评估项目区域的地理位置，包括评估区域边界和选定点或特定点经纬度。

C.2.2 雷暴日资料

包含人工观测雷暴日数及站点经纬度，资料年限应不少于30年，且应从最近年份开始提取。

C.2.3 闪电定位数据

包含闪电的发生时间、经纬度、强度、定位方式等，收集省级范围和评估区域扩延10km内的闪电定位数据，资料年限应不少于5年，且应从最近年份开始提取。

注：省级范围是指闪电定位网覆盖的区域，目前海南省闪电定位网还未覆盖到南海地区，海南省省级范围宜采用海南岛的范围。

C.3 分析步骤

C.3.1 雷暴日分析

C.3.1.1 采用雷暴日和站点经纬度数据，插值得出海南岛雷暴日空间分布图，再根据评估区域选定点的经纬度读取评估区域的年平均雷暴日值。

C.3.1.2 对逐月雷暴日资料插值处理，读取评估区域逐月雷暴日值，以此绘制评估区域雷暴日月变化曲线。

C.3.1.3 对逐年雷暴日资料插值处理，读取评估区域逐年雷暴日值，以此绘制评估区域雷暴日年变化曲线。

C.3.2 闪电定位数据分析

- C.3.2.1 采用省级范围以上的闪电定位数据，以不小于 $3\text{km} \times 3\text{km}$ 的网格插值得出地闪密度空间分布，根据评估区域选定点的经纬度读取其年平均地闪密度值。
- C.3.2.2 利用实测的评估区域经纬度坐标（包括选定点、边界等），根据C.3.2.1的地闪密度空间分布，绘制评估区域地闪密度空间分布图。
- C.3.2.3 采用省级范围以上的闪电定位数据，以 $3\text{km} \times 3\text{km}$ 作为采样网格，取采样网格内的平均地闪电流值作为网格值，插值得出评估区域雷电流强度空间分布图。
- C.3.2.4 采用评估区域外延 10km 范围内的闪电定位数据，统计各月份发生的地闪频次，以此绘制地闪频次月变化曲线。
- C.3.2.5 采用评估区域外延 10km 范围内的闪电定位数据，统计各时段发生的地闪频次，以此绘制地闪频次日变化曲线。

注：评估区域为长度超过 2km 的狭长区域场所时，评估区域外延 10km 表征为区域短边界外延 10km ，并延长边界选取范围内闪电定位数据。

附 录 D
(资料性附录)
雷击大地密度计算方法

D.1 利用雷暴日计算雷击大地的年平均密度

利用长年代人工观测的雷暴日资料计算评估区域 N_{ga} ：

$$N_{ga} = 0.1T_d \dots\dots\dots (D.1)$$

式中：

N_{ga} ——基于人工观测的雷暴日计算得出的雷击大地的年平均密度，单位：次/（ $\text{km}^2 \cdot \text{a}$ ）；

T_d ——年平均雷暴日数，单位：天。

注：长年代人工观测的雷暴日资料年限应大于30年。

D.2 利用闪电定位数据计算地闪密度

选取评估区域闪电定位数据提取半径 R ，参见附录C，统计半径范围内的闪电频数，计算评估区域地闪密度 N_{gf} 。

D.3 利用权重系数计算雷击大地密度

根据第D.1 和第D.2 条中计算得出的 N_{ga} 和 N_{gf} ，引入资料时限作为权重系数计算评估点的雷击大地密度 N_g ：

$$N_g = k1 \times N_{ga} + k2 \times N_{gf} \dots\dots\dots (D.2)$$

式中：

N_g ——评估区域雷击大地密度；

$k1$ ——雷暴日资料时限系数，为雷暴日资料年限 $y1$ 与雷暴日资料年限和闪电定位数据年限之和 y 的比值；

k_2 ——闪电定位数据时限系数，为闪电定位数据年限 y_2 与雷暴日资料年限和闪电定位数据年限之和 y 的比值。

附 录 E
(资料性附录)
定量指标隶属度计算

E.1 极小型指标隶属度的计算公式

a) 对于 I 级 ($j=1$):

$$\mu(r_{ij}) = \begin{cases} 1 & r_{ij} \leq V_1 \\ \frac{V_2 - r_{ij}}{V_2 - V_1} & V_1 < r_{ij} < V_2 \dots\dots\dots (E.1) \\ 0 & r_{ij} \geq V_2 \end{cases}$$

式中:

r_{ij} ——指向同一上层指标的第 i 个子指标实际值;

$\mu(r_{ij})$ ——第 i 个子指标隶属第 j 级的隶属度。

b) 对于 II、III、IV 级 ($j=2, 3, 4$):

$$\mu(r_{ij}) = \begin{cases} 0 & r_{ij} \leq V_1 \\ \frac{r_{ij} - V_{j-1}}{V_j - V_{j-1}} & V_{j-1} < r_{ij} < V_j \\ 1 & r_{ij} = V_j \dots\dots\dots (E.2) \\ \frac{V_{j+1} - r_{ij}}{V_{j+1} - V_j} & V_j < r_{ij} < V_{j+1} \\ 0 & r_{ij} \geq V_{j+1} \end{cases}$$

c) 对于 V 级 ($j=5$):

$$\mu(r_{ij}) = \begin{cases} 1 & r_{ij} \geq V_5 \\ \frac{r_{ij} - V_4}{V_5 - V_4} & V_4 < r_{ij} < V_5 \dots\dots\dots (E.3) \\ 0 & r_{ij} \leq V_4 \end{cases}$$

注: v_1, v_2, v_3, v_4, v_5 ——风险指标在各分级区间的中间值, 参见附录F。

E.2 极大型指标隶属度的计算公式

a) 对于 I 级 ($j=1$):

$$\mu(r_{ij}) = \begin{cases} 1 & r_{ij} \geq v_5 \\ \frac{r_{ij} - v_4}{v_5 - v_4} & v_4 < r_{ij} < v_5 \dots\dots\dots (E.4) \\ 0 & r_{ij} \leq v_4 \end{cases}$$

b) 对于 II、III、IV 级 ($j=2, 3, 4$):

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

c) 对于 V 级 ($j=5$):

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

附 录 F
(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F.1所示。

表F.1 各分级区间的中间值汇总表

风险指标	单位	v_1	v_2	v_3	v_4	v_5
雷击大地密度	次/($\text{km}^2 \cdot \text{a}$)	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	$\Omega \cdot m$	300	150	75	35	10

附 录 G
(资料性附录)
评估指标权重 ω 的确定

G.1 基本方法

G.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G.1。

表G.1 两两比较赋值表

标度	含义
$a_{ij} = 1$	指标A与指标A具有相等的重要性
$a_{ij} = 3$	指标A比指标A稍微重要
$a_{ij} = 5$	指标A比指标A明显重要
$a_{ij} = 7$	指标A比指标A强烈重要
$a_{ij} = 9$	指标A比指标A极度重要
$a_{ij} = 2,4,6,8$	指标A与指标A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:

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

式中:

m ——指向同一上层指标的子指标数量,下同。

G.1.2 计算相对权重

通过求解判断矩阵的最大特征值 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。

G.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 $C.I.$ ：

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

——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G.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 $C.R.$ ：

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

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。

G.2 不同类型项目评估指标权重比的推荐值

G.2.1 住宅区、一般性的工业园区

表G.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	雷电参数:地域环境:承灾体	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

G.2.2 办公、酒店区域

表G.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	雷电参数:地域环境:承灾体	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

G.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G.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	雷电参数:地域环境:承灾体	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

G.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G.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	雷电参数:地域环境:承灾体	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

G.2.5 医院、养老院、教学区域

表G.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	雷电参数:地域环境:承灾体	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

参 考 文 献

- [1] GB 50057-2010 建筑物防雷设计规范
 - [2] DB 31/T 910-2015 区域雷击风险评估技术规范
 - [3] 高焱, 劳小青, 李健生, 等. 雷击风险评估中雷击大地年平均密度的计算[J]. 气象研究与应用, 2009, 30 (3) : 68-70
-