



中华人民共和国气象行业标准

QX/T 405—2017

雷电灾害风险区划技术指南

Technical guidelines for lightning disaster risk zoning

2017-12-29 发布

2018-04-01 实施

中 国 气 象 局 发 布

目 次

前言	III
引言	V
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 区划流程	2
5 资料收集与处理	3
6 区划模型和方法	5
附录 A(资料性附录) 归一化处理办法	8
附录 B(资料性附录) 百分位数法	9
附录 C(资料性附录) 权重大小确定方法	10
附录 D(资料性附录) 自然断点法	13
参考文献	14

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由全国雷电灾害防御行业标准化技术委员会提出并归口。

本标准起草单位：安徽省气象局、广东省气象局、上海市气象局、浙江省气象局、重庆市气象局。

本标准主要起草人：程向阳、陶寅、邹建军、陈昌、赵洋、贾佳、李慧武、陈春晓、李家启、覃彬全、刘岩、鞠晓雨。

引 言

本标准是防雷监管标准体系的标准之一。防雷监管标准体系是贯彻落实国务院“放管服”改革和《国务院关于优化建设工程防雷许可的决定》等精神,转变防雷监管方式,加强事中事后监管而制定的系列标准。为指导雷电灾害风险区划工作,制定本标准。

雷电灾害风险区划技术指南

1 范围

本标准给出了雷电灾害风险区划的流程、资料收集与处理、区划模型和方法。
本标准适用于雷电灾害风险区划。

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 21010—2007 土地利用现状分类

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

雷电灾害风险 lightning disaster risk

雷电灾害发生的可能性及其可能损失。

3.2

致灾因子 hazard

可能造成人员伤亡、财产损失、资源与环境破坏、社会系统混乱等的异变因子。

3.3

承灾体 hazard-affected body

承受灾害的对象。

[MZ/T 027—2011,定义 3.6]

3.4

暴露度 exposure

受雷电灾害影响的承灾体的数量和价值量。

3.5

脆弱性 frangibility

受到不利影响的倾向或趋势。

3.6

易损性 vulnerability

承灾体的易损程度,包含暴露度和脆弱性两方面。

3.7

雷电灾害风险指数 lightning disaster risk index

根据致灾因子危险性和承灾体易损性对雷电灾害风险进行评定的量化指标。

3.8

雷电灾害风险区划 lightning disaster risk zoning

根据雷电灾害风险指数大小,对雷电灾害风险的空间范围进行区域划分。

3.9

闪电定位系统 lightning location system

利用多种闪电定位技术和方法,通过探测闪电放电过程中一些特定放电事件产生的电磁辐射信号来确定该事件发生的时间和位置,用来监测闪电时空演变和特征的设备系统。从构成上闪电定位系统一般由多个设在不同地理位置的探测子站(简称子站)、数据处理和系统监控中心(简称闪电定位中心站或中心站)、产品输出和显示系统以及配套的通信设施等组成。

[QX/T 79—2007,定义 3.6]

3.10

地闪 cloud ground flash

发生在雷暴云体与大地和地物之间的闪电放电过程。

[QX/T 79—2007,定义 3.4]

3.11

地闪密度 lightning density

单位面积上年平均地闪次数。

注 1:改写 GB 50057—2010,附录 A.0.1 中 N_g 定义。

注 2:单位为次每平方千米年。

3.12

地闪强度 lightning intensity

按百分位数法将地闪放电的雷电流幅值分级后加权平均得到的强度。

注:单位为千安培(kA)。

3.13

生命损失指数 life lose index

单位面积上年平均雷电灾害次数与雷击造成人员伤亡数的加权平均指数。

3.14

经济损失指数 economic lose index

单位面积上年平均雷电灾害次数与雷击造成直接经济损失的加权平均指数。

4 区划流程

雷电灾害风险区划流程见图 1。

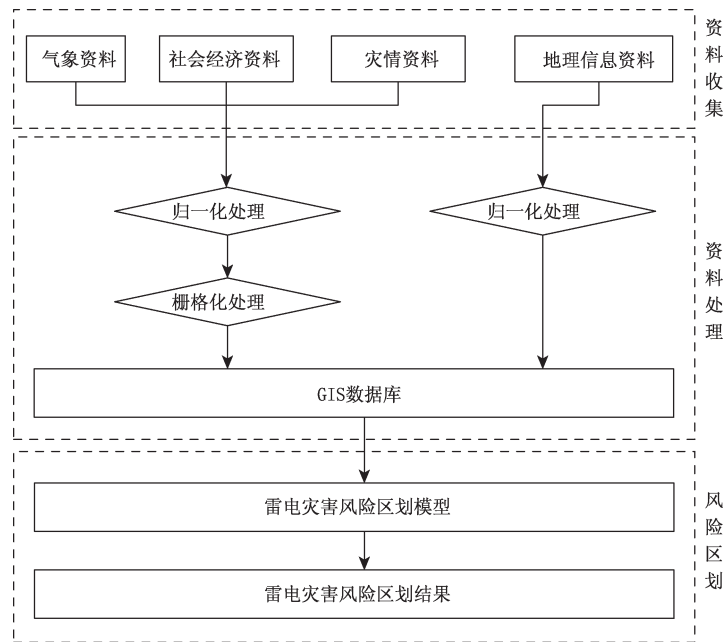


图 1 雷电灾害风险区划流程

5 资料收集与处理

5.1 资料收集

5.1.1 气象资料

宜收集 5 年以上的闪电定位系统资料,包括雷击的时间、经纬度、雷电流幅值等参数。

5.1.2 社会经济资料

以县级行政区域为单元,收集土地面积、GDP、总人口资料。

5.1.3 灾情资料

宜收集 5 年以上的雷电灾情资料,包含人员伤亡和直接经济损失。

5.1.4 地理信息资料

收集分辨率不低于 1:250000 的数字高程模型(DEM)数据、土壤电导率数据和土地利用数据。

5.2 资料处理

5.2.1 处理方法

5.2.1.1 对收集的资料进行归一化处理,归一化处理方法参见附录 A。

5.2.1.2 采用百分位数法对雷电流幅值进行等级划分,百分位数法参见附录 B。

5.2.2 气象资料

5.2.2.1 剔除雷电流幅值为 0 kA~2 kA 和 200 kA 以上的闪电定位系统资料。

5.2.2.2 将区域划分为 3 km×3 km 的网格,统计各网格内地闪频次,除以资料年限,得到各网格内的

地闪密度,并进行归一化处理,形成地闪密度栅格数据。

5.2.2.3 按表 1 将雷电流幅值划分为 5 个等级。

表 1 雷电流幅值等级

等级	百分位数(P)区间
1 级	$P \leq 60\%$
2 级	$60\% < P \leq 80\%$
3 级	$80\% < P \leq 90\%$
4 级	$90\% < P \leq 95\%$
5 级	$P > 95\%$

5.2.2.4 将区域划分为 3 km×3 km 的网格,统计各网格内不同雷电流幅值等级的地闪频次,并进行归一化处理。

5.2.2.5 按照公式(1)计算各网格内的地闪强度,形成地闪强度栅格数据。

$$L_n = \sum_{i=1}^5 \left(\frac{i}{15} \times F_i \right) \dots\dots\dots(1)$$

式中:

L_n ——地闪强度;

i ——雷电流幅值等级;

F_i ——雷电流幅值为 i 等级的地闪频次的归一化值。

5.2.3 社会经济资料

5.2.3.1 以人口除以土地面积,得到人口密度,并进行归一化处理,形成 3 km×3 km 的人口密度栅格数据。

5.2.3.2 以 GDP 除以土地面积,得到 GDP 密度,并进行归一化处理,形成 3 km×3 km 的 GDP 密度栅格数据。

5.2.4 灾情资料

5.2.4.1 统计单位面积上的年平均雷电灾害次数(单位为次每平方千米年)与单位面积上的雷击造成人员伤亡数(单位为人每平方千米年),并进行归一化处理。

5.2.4.2 按照公式(2)计算生命损失指数,形成 3 km×3 km 的生命损失指数栅格数据。

$$C_l = 0.5 \times F + 0.5 \times C \dots\dots\dots(2)$$

式中:

C_l ——生命损失指数;

F ——年平均雷电灾害次数的归一化值;

C ——年平均雷击造成人员伤亡数的归一化值。

5.2.4.3 统计单位面积上的年平均雷电灾害次数(单位为次每平方千米年)与雷击造成直接经济损失(单位为万元每平方千米年),并进行归一化处理。

5.2.4.4 按照公式(3)计算经济损失指数,形成 3 km×3 km 的经济损失指数栅格数据。

$$M_l = 0.5 \times F + 0.5 \times M \dots\dots\dots(3)$$

式中:

M_l ——经济损失指数;

F ——年平均雷电灾害次数的归一化值；
 M ——年平均雷击造成直接经济损失的归一化值。

5.2.5 地理信息资料

- 5.2.5.1 对土壤电导率资料进行归一化处理,形成归一化的土壤电导率栅格数据。
- 5.2.5.2 对数字高程模型(DEM)资料进行归一化处理,形成归一化的海拔高度栅格数据。
- 5.2.5.3 计算以目标栅格为中心、大小为 3×3 栅格的正方形范围内高程的标准差,并进行归一化处理,形成归一化的地形起伏栅格数据。
- 5.2.5.4 根据 GB/T 21010—2007 表 A.1 的三大类分类,将土地利用数据按表 2 进行赋值,并进行归一化处理,形成归一化的防护能力指数栅格数据。

表 2 防护能力指数赋值标准

土地利用类型	防护能力指数
建设用地	1.0
农用地	0.6
未利用地	0.5

5.2.6 建立 GIS 数据库

将气象资料、社会经济资料和地理信息资料处理成相同的空间分辨率和空间投影坐标系统,建立地理信息系统(GIS)数据库。

6 区划模型和方法

6.1 区划模型

雷电灾害风险区划模型由雷电灾害风险指数计算和雷电灾害风险等级划分组成。雷电灾害风险指数计算包括致灾因子危险性分析和承灾体易损性分析。承灾体易损性分析包括承灾体暴露度分析和脆弱性分析。区划模型见图 2。

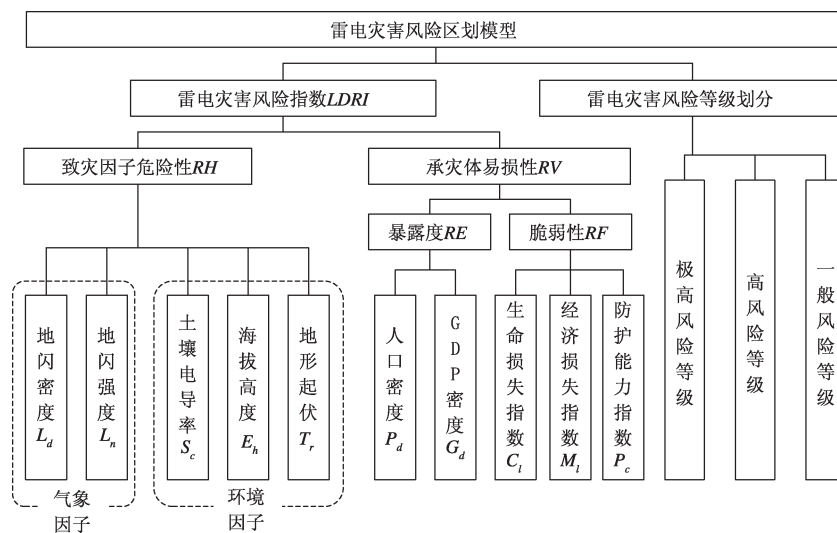


图 2 雷电灾害风险区划模型

6.2 区划方法

6.2.1 雷电灾害风险指数计算

雷电灾害风险指数按式(4)计算:

$$LDRI = (RH^{wh}) \times (RE^{we} \times RF^{wf}) \dots\dots\dots(4)$$

式中:

$LDRI$ ——雷电灾害风险指数;

RH ——致灾因子危险性;

wh ——致灾因子危险性权重;

RE ——承灾体暴露度;

we ——承灾体暴露度权重;

RF ——承灾体脆弱性;

wf ——承灾体脆弱性权重。

各权重值的计算参见附录 C。

6.2.2 致灾因子危险性分析

致灾因子危险性按式(5)计算:

$$RH = (L_d^{wd} + L_n^{wn}) \times (S_c^{ws} + E_h^{we} + T_r^{wt}) \dots\dots\dots(5)$$

式中:

RH ——致灾因子危险性;

L_d ——地闪密度;

wd ——地闪密度权重;

L_n ——地闪强度;

wn ——地闪强度权重;

S_c ——土壤电导率;

ws ——土壤电导率权重;

E_h ——海拔高度;

we ——海拔高度权重;

T_r ——地形起伏;

wt ——地形起伏权重。

各权重值的计算参见附录 C。

6.2.3 承灾体暴露度分析

承灾体暴露度按式(6)计算:

$$RE = P_d^{wp} + G_d^{wg} \dots\dots\dots(6)$$

式中:

RE ——承灾体暴露度;

P_d ——人口密度;

wp ——人口密度权重;

G_d ——GDP 密度;

wg ——GDP 密度权重。

各权重值的计算参见附录 C。

6.2.4 承灾体脆弱性分析

承灾体脆弱性按式(7)计算:

$$RF = C_l^{\omega_c} + M_l^{\omega_m} + (1 - P_c)^{\omega_p} \dots\dots\dots(7)$$

式中:

- RF —— 承灾体脆弱性;
 - C_l —— 生命损失指数;
 - ω_c —— 生命损失指数权重;
 - M_l —— 经济损失指数;
 - ω_m —— 经济损失指数权重;
 - P_c —— 防护能力指数;
 - ω_p —— 防护能力指数权重。
- 各权重值的计算参见附录 C。

6.2.5 雷电灾害风险等级划分

依据雷电灾害风险指数大小,采用自然断点法,将雷电灾害风险划分为极高风险等级(Ⅰ级)、高风险等级(Ⅱ级)和一般风险等级(Ⅲ级)。自然断点法参见附录 D。

附 录 A
(资料性附录)
归一化处理办法

归一化是将有量纲的数值经过变换,化为无量纲的数值,进而消除各指标的量纲差异。计算公式为:

$$D_{ij} = 0.5 + 0.5 \times \frac{A_{ij} - \min_i}{\max_i - \min_i} \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

D_{ij} —— j 站(格)点第 i 个指标的归一化值;

A_{ij} —— j 站(格)点第 i 个指标值;

\min_i, \max_i —— 分别是第 i 个指标值中的最小值和最大值。

附 录 B
(资料性附录)
百分位数法

百分位数是一种位置指标,常用于描述一组样本值在某百分位置上的水平,多个百分位结合使用,可以更全面地描述资料的分布特征。百分位数的计算采用以下经验公式:

$$\hat{Q}_i(p) = (1 - \gamma)X_{(j)} + \gamma X_{(j+1)} \quad \dots\dots\dots(B.1)$$

$$\gamma = p \times n + (1 + p)/3 - j \quad \dots\dots\dots(B.2)$$

$$j = \text{int}(p \times n + (1 + p)/3) \quad \dots\dots\dots(B.3)$$

式中:

$\hat{Q}_i(p)$ ——第 i 个百分位数;

p ——百分位数;

γ ——对应第 j 位的中间计算量;

X ——升序排列后的样本序列;

j ——第 j 个序列数;

n ——序列总数。

附录 C
(资料性附录)
权重大小确定方法

C.1 熵值法

C.1.1 原理

熵是系统无序程度的度量,可用于度量已知数据所包含的有效信息量和确定权重。通过对熵的计算确定权重,即根据各项指标值的差异程度,确定各指标的权重。当评价对象的某项指标值相差较大时,熵值较小,说明该指标提供的有效信息量较大,其权重也应较大;反之,若某项指标值相差较小,熵值较大,说明该指标提供的信息量较小,其权重也应较小。当各被评价对象的某项指标值完全相同时,熵值达到最大,意味着该指标无有用信息,可以从评价指标体系中去除。

C.1.2 步骤

C.1.2.1 原始数据矩阵归一化

设 m 个评价指标 i 、 n 个被评价对象 j , 构成原始数据矩阵 $(a_{ij})_{m \times n}$, 对其归一化后, 对大者为优的评价指标, 归一化公式为:

$$r_{ij} = \frac{a_{ij} - \min_j \{a_{ij}\}}{\max_j \{a_{ij}\} - \min_j \{a_{ij}\}} \dots\dots\dots (C. 1)$$

式中:

r_{ij} —— j 站(格)点第 i 个指标的归一化值;

a_{ij} —— j 站(格)点第 i 个指标值。

对小者为优的评价指标, 归一化公式为:

$$r_{ij} = \frac{\max_j \{a_{ij}\} - a_{ij}}{\max_j \{a_{ij}\} - \min_j \{a_{ij}\}} \dots\dots\dots (C. 2)$$

式中:

r_{ij} —— j 站(格)点第 i 个指标的归一化值;

a_{ij} —— j 站(格)点第 i 个指标值。

C.1.2.2 定义熵

在有 m 个评价指标 i 、 n 个被评价对象 j 的评估案例中, 第 i 个评价指标的熵的计算公式为:

$$h_i = -k \sum_{j=1}^n f_{ij} \ln f_{ij} \dots\dots\dots (C. 3)$$

式中:

h_i —— 第 i 个评价指标的熵;

k —— 与样本 m 有关的常数, 一般为 $1/\ln m$;

f_{ij} —— 第 j 项评价指标下第 i 个评估方案占该评价指标的比重, 计算公式见 (C. 4)。

$$f_{ij} = r_{ij} / \sum_{j=1}^n r_{ij} \dots\dots\dots (C. 4)$$

式中:

r_{ij} ——归一化后的值。

C.1.2.3 定义熵权

定义了第 i 个评价指标的熵之后,按照公式(C.5)可得到第 i 个评价指标的熵权:

$$\omega_i = \frac{1 - h_i}{m - \sum_{i=1}^m h_i} \quad (0 \leq \omega_i \leq 1, \sum_{i=1}^m \omega_i = 1) \quad \dots\dots\dots(C.5)$$

式中:

ω_i ——第 i 个评价指标的熵权;

h_i ——第 i 个评价指标的熵;

m ——评价指标数量。

C.2 层次分析法

C.2.1 原理

把一个复杂系统中的每个指标都分解为若干个有序层次,每一层次中的元素具有大致相等的地位,并且每一层与上一层次的某个指标和下一层次的若干指标有着一定的联系,每一个层次之间按照隶属关系组建成一个有序的递阶层次结构模型。在这个层次结构模型中,根据客观事实的判断,通过两两比较判断的方式确定同一层次中每个指标的相对重要性,以数字的方式建立判断矩阵,然后利用向量的计算方法得出同一层次中每个指标的相对重要性权重系数,最后通过组合计算所有层次的相对权重系数得到每个最底层指标相对于目标的重要性权重系数。

C.2.2 步骤

C.2.2.1 构造判断矩阵

采用 1~9 标度法对各指标进行成对比较,确定各指标之间的相对重要性并给出相应的比值,见表 C.1。

表 C.1 两两比较赋值表

标度	含义
$a_{ij} = 1$	因素 A_i 与因素 A_j 具有相等的重要性
$a_{ij} = 3$	因素 A_i 比 A_j 稍显重要
$a_{ij} = 5$	因素 A_i 比 A_j 明显重要
$a_{ij} = 7$	因素 A_i 比 A_j 强烈重要
$a_{ij} = 9$	因素 A_i 比 A_j 极度重要
$a_{ij} = 2, 4, 6, 8$	因素 A_i 与因素 A_j 相比,介于结果的中间值
倒数	$a_{ji} = 1/a_{ij}$

上述过程得出的判断矩阵 A 为:

$$\mathbf{A} = (a_{ij})_{n \times n} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & a_{3n} \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nm} \end{bmatrix} \quad \dots\dots\dots(C.6)$$

其中： $a_{ii} = 1, a_{ji} = 1/a_{ij}$ 。

C.2.2.2 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**, 得出同一层次各指标的相对权重系数。

C.2.2.3 一致性检验

用平均随机一致性指标 (*R. I.*) 对各指标重要程度比较链上的相容性进行检验, 当成对比较得出的判断矩阵的阶数大于或等于 3 时, 则需要一致性检验。

根据判断矩阵得出一致性指标 (*C. I.*):

$$C. I. = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \dots\dots\dots(C. 7)$$

根据判断矩阵阶数, 按照表 C. 2 找出对应的 *R. I.*。

表 C. 2 平均随机一致性指标值

判断矩阵的阶数	<i>R. I.</i>
1	0
2	0
3	0. 52
4	0. 9
5	1. 12
6	1. 26
7	1. 36

根据 *C. I.* 和 *R. I.* 的值, 计算一致性比例 (*C. R.*):

$$C. R. = \frac{C. I.}{R. I.} \dots\dots\dots(C. 8)$$

当 *C. R.* 小于或等于 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。

C.2.2.4 计算合成权重

当所有层次的相对权重计算得出后, 利用各层次指标的层次单排序结果, 进一步计算递阶层次结构模型中最底层指标相对于总目标的组合权重, 由下而上逐层进行, 进行层次总排序。

附 录 D
(资料性附录)
自然断点法

自然断点法(Jenks natural breaks method)是一种地图分级算法。该算法认为数据本身有断点,可利用数据这一特点进行分级。算法原理是一个小聚类,聚类结束条件是组间方差最大、组内方差最小。计算方法见式(D.1):

$$SSD_{i-j} = \sum_{k=1}^j A[k]^2 - \frac{(\sum_{k=1}^j A[k])^2}{j-i+1} \quad (1 \leq i < j \leq N) \quad \dots\dots\dots(D.1)$$

式中:

SSD ——方差;

i, j ——第 i, j 个元素;

A ——长度为 N 的数组;

k —— i, j 中间的数,表示 A 组中的第 k 个元素。

参 考 文 献

- [1] GB 50057—2010 建筑物防雷设计规范
 - [2] MZ/T 027—2011 自然灾害风险管理基本术语
 - [3] QX/T 79—2007 闪电监测定位系统 第1部分:技术条件
 - [4] 章国材. 自然灾害风险评估与区划原理和方法[M]. 北京:气象出版社,2014
 - [5] 章国材. 气象灾害风险评估与区划方法[M]. 北京:气象出版社,2010
 - [6] IEEE Std 1243-1997. IEEE guide for improving the lightning performance of transmission lines[S]. New York:IEEE Inc. ,1997
 - [7] IPCC. Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation: A special report of working groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change [M]. Cambridge and NewYork: Cambridge University Press, 2012
-

中华人民共和国
气象行业标准
雷电灾害风险区划技术指南

QX/T 405—2017

*

气象出版社出版发行
北京市海淀区中关村南大街46号
邮政编码:100081
网址:<http://www.qxcbs.com>
发行部:010-68408042
北京中新伟业印刷有限公司印刷
各地新华书店经销

*

开本:880×1230 1/16 印张:1.5 字数:45千字
2018年2月第一版 2018年2月第一次印刷

*

书号:135029-5953 定价:24.00元

如有印装差错 由本社发行部调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68406301