

文章编号:1673-8411 (2018) 02-0108-06

基于层次分析法的广西雷灾风险区划

郭媛¹, 吴量², 何宽¹, 阳宏声¹

(1.广西区防雷中心, 南宁 530022; 2.广西河池市气象局, 广西 河池 547000)

摘要:利用广西地面观测雷暴资料(1960~2013 年)、二维雷电监测定位资料(2009~2016 年)和广西区统计局年鉴资料(2005~2016 年),以广西全区 14 个地市行政区域为评估单元,考虑人口密度以及经济发展因素,选取年均雷暴日、地闪密度、人口密度、单位面积上的 GDP 总产值作为评估指标,建立层次分析模型,得到广西全区市级雷电灾害风险区划结果。结果表明:梧州、钦州、玉林、贵港、防城港、贺州所在行政区域属极高雷灾风险等级;北海、来宾、南宁、崇左、百色、桂林所在行政区域属高雷灾风险等级;河池、柳州所在行政区域属中等雷灾风险等级。

关键词:雷电灾害;风险;区划;层次分析

中图分类号:P49

文献标识码:A

Risk zoning in Guangxi based on analytic hierarchy process

Guoyuan¹, Wu Liang², He Kuan¹, Yang Hongsheng¹

(1. Guangxi Lightning Protection Center, Nanning Guangxi 530022;

2. Hechi Meteorological Bureau, Hechi Guangxi 547000)

Abstract: Using Guangxi ground observation data (1960~2013), two-dimensional lightning monitoring and positioning data (2009~2016), and the Yearbook of Guangxi Statistics Bureau (2005~2016), the evaluation unit was the 14 city administrative regions of the whole Guangxi region; considering the population density and the economic development factors, selecting the annual thunderstorm days, ground flash density, population density, and the total output value of GDP per unit area as evaluation indexes, a hierarchical analysis model was set up to get the result of the regional lightning hazard zoning in the whole Guangxi. The results showed that the administrative region of Wuzhou, Qinzhou, Yulin, Guigang, Fangchenggang, and Hezhou belonged to the risk grade of high lightning disaster; Beihai, the guests, Nanning, Chongzuo, Baise, and Guilin belonged to the high lightning risk grade, and the administrative region of Hechi and Liuzhou belonged to the risk grade of moderate lightning.

Keywords: lightning disaster; risk; zoning; analytic hierarchy process

前言

广西是全国雷电高发区之一。年平均雷暴日在沿海地带一般为 90d,桂西北内陆地区 60d,最多的东兴市为 105d,最少的天峨县也有 54.5d。广西同时也是雷电灾害最严重的省区之一。据不完全统计,自 1998~2017 年,广西全区发生雷电灾害 847 起,造成严重经济损失和人员伤亡。自 1998 年至今,广西全

区共发生 405 起雷击人员伤亡事件,造成人员伤亡 753 人(死亡 376 人、伤 377 人)。

近些年来,雷电灾害的科学防护越来越受到重视,许多地区纷纷开展雷电易发区域划分和雷电灾害风险区划,国内的气象科技工作者,诸如广东、浙江、江西、江苏、河北、河南、陕西、山东、吉林、四川、贵州、湖北在区域雷电灾害易损性评估与风险区划方面已经做了相关的研究。《国务院关于优化建设工

收稿日期:2017-11-15

基金项目:广西区气象局重点项目(广西农村雷电监测预警服务系统工程)GXZC2015-G1-0406-KLZB 资助。

作者简介:郭媛(1984-),女,硕士,工程师,从事应用气象、雷电防御等方面研究,E-mail:105453865@qq.com。

程防雷许可的决定》(国发[2016]39号), 明确要求“气象部门要加强对雷电灾害防御工作的组织管理, 做好雷电监测、预报预警、雷电灾害调查鉴定和防雷科普宣传, 划分雷电易发区域及其防范等级并及时向社会公布”。经过相当长一段时间对资料的收集、统计、分析, 在前期工作基础上, 充分考虑雷电灾害

的外动力作用以及广西各地市的社会经济指标, 初探广西雷电易发区域及危险防范等级划分, 以期为进一步广西区市县三级雷电防护及防雷监管业务提供必要性参考。

1 雷灾风险区划流程(图 1)

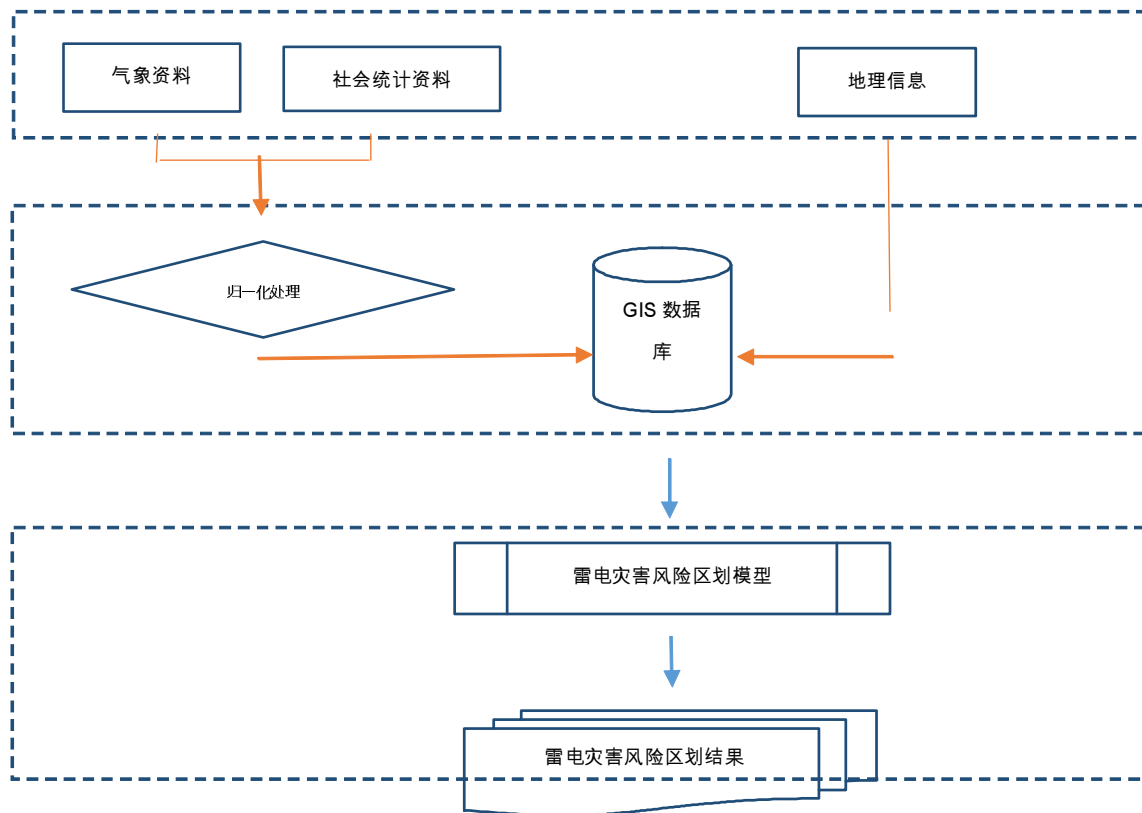


图 1 雷灾风险区划流程

2 资料收集

- (1) 广西区气象信息中心提供广西 1960 年~2013 年的地面观测雷暴资料;
- (2) 广西区防雷中心提供 2009 年~2016 年二维雷电监测定位资料;
- (3) 广西区统计局 2005~2016 年年鉴。

3 采用方法

3.1 层次分析法

在对广西全区雷电灾害风险的计算过程中, 选取了雷暴日(T)、地闪密度(N)、人口密度(L)、GDP 生产均值(D)4 个指标描述了雷电灾害的外动力和承灾体特征。其分析步骤如下:

- (1) 建立层次结构模型。根据实际情况, 在雷电

灾害风险评估过程中, 将层次分析模型分为 3 层: 第 1 层是雷电灾害危险度的目标层; 第 2 层是雷电灾害形成条件的准则层; 第 3 层是影响因素的指标层。

(2) 建立雷电灾害风险评估指标权重的成对比较矩阵。从层次结构模型的第 2 层开始, 对于从属于(或影响)上一层每个因素的同一层诸因素, 构造成对比较矩阵, 直到最下层。依据选用的评估指标和层次模型, 建立判断矩阵 T:

$$T = \begin{bmatrix} B_{11} & B_{12} & B_{13} \\ B_{21} & B_{22} & B_{23} \\ B_{31} & B_{32} & B_{33} \\ B_{41} & B_{42} & B_{43} \end{bmatrix}$$

矩阵中各项 B_{ij} 表示该项所对应的 B_i 相对于 B_j 的重要程度, 常采用 Saaty 标度法, 如表 1 所示。

表 1 成对比较矩阵标度含义

因素比因素	量化值
同等重要	1
稍微重要	3
较强重要	5
强烈重要	7
极端重要	9
两相邻判断的中间值	2, 4, 6, 8

(3)成对比较矩阵的一致性检验。对于每一个成对比较矩阵计算最大特征根及对应特征向量,利用一致性指标、随机一致性指标和一致性比率做一致性检验。一致性指标 $I_c=(r_{\max}-n)/(n-1)$,其中 n 为成对比较矩阵的阶数,然后查找平均随机一致性指标 I_r ,最后计算一致性比例 R_c , $R_c=I_c/I_r$,当 $R_c<0.1$ 时,一般认为成对比较矩阵的一致性是可以接受的,否则,就要对成对比较矩阵做适当的修正。

(4)计算出各指标的权重值。对于构造出的成对比较矩阵用 Matlab 软件求出最大特征根 r_{\max} 和特征向量 W ,对特征向量进行归一化后即为各指标的权重。

(5)雷电灾害风险值计算。通过层次结构分析法,计算出各指标的权重系数,得到权重矩阵(R),结合风险评估归一化指数 X ,得到风险评估的数学模型为 $W=\sum R\cdot X$ 。依据此公式,可计算出各市的雷电灾害风险值。

3.2 自然断点法

自然断点法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。计算方法见下式:

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

式中:SSD—方差; i,j —第 i,j 个元素;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。

4 雷电灾害风险评估指标分析

4.1 雷暴日指标

以各个气象观测站的记录为依据,统计近 50a (1960—2013 年)的雷暴日观测资料,得到各市多年平均雷暴日(表 2)。

表 2 广西各市多年平均雷暴日

地市	南宁	柳州	桂林	梧州	北海	防城港	钦州	贵港	玉林	百色	贺州	河池	来宾	崇左
多年平均雷暴日 (d/a)	73.4	64.6	63.9	86.5	73.4	85	90.2	84.8	92.5	66.9	72.4	61.6	72.8	74.6

4.2 地闪密度指标

利用 2009—2016 年观测到的闪电资料,根据广

西各市的行政区划边界,统计得到地闪密度值,地闪密度的空间分布如表 3 和图 2(见彩页)所示。

表 3 广西各市地闪密度

地市	南宁	柳州	桂林	梧州	北海	防城港	钦州	贵港	玉林	百色	贺州	河池	来宾	崇左
地闪密度 (次 $\text{km}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$)	1.856	1.082	1.7404	4.448	2.062	1.063	2.550	2.329	1.416	1.758	3.016	1.806	2.193	1.082

4.3 人口密度指标

人口密度(L ,单位:万人/ km^2)能够反映区域发

生雷电灾害时,单位面积上受危害的人数。统计广西 2005—2016 年各市平均人口密度,如表 4 所示。

表 4 广西各市人口密度

地市	南宁	柳州	桂林	梧州	北海	防城港	钦州
人口密度 (万人/ km^2)	0.029	0.01	0.018	0.023	0.04659	0.00715	0.02911
地市	贵港	玉林	百色	贺州	河池	来宾	崇左
人口密度 (万人/ km^2)	0.019881	0.0209	0.0097	0.01665	0.01035	0.016056	0.011707

4.4 单位面积的 GDP 指标

单位面积的 GDP,可反映区域遭受雷击后单位面积上可能的经济损失,也可以间接反映各市抵御雷电灾害的能力及灾后恢复能力。其计算公式为 $D=$

D_s/S ,其中 D_s 为各市的 GDP 生产总值, S 为各区县的土地面积,统计得到广西各市的 GDP 指标如表 5 所示。

表 5 广西各市 GDP 生产均值

地市	南宁	柳州	桂林	梧州	北海	防城港	钦州
GDP 生产均值 (亿元/km ²)	0.08619	0.0371	0.043061	0.0507	0.1463	0.02807	0.0512
地市	贵港	玉林	百色	贺州	河池	来宾	崇左
GDP 生产均值 (亿元/km ²)	0.026074	0.032215	0.016386	0.026468	0.012811	0.028359	0.023699

5 雷电灾害风险评估与区划

5.1 建立风险评估模型

选取了雷暴日(T)、地闪密度(N)、人口密度(L)、GDP 生产均值(D)作为评估指标,按照 Saaty 标度方法,建立雷电灾害风险评估的成对比较矩阵及权重分布。

b1 判断矩阵一致性比例为 0。

表 7 中间层要素 b1 判断矩阵

b1	c1	c2	Wi (权重)
c1	1	5	0.83
c2	0.2	1	0.1667

判断矩阵一致性比例均<0.1,说明成对比较矩阵具有较为满意的一致性,由此得到最终权重,见表 8。

表 8 雷电灾害风险评估参数最终权重

备选方案	权重
b3	0.2255
b2	0.1007
c1	0.5615
c2	0.1123

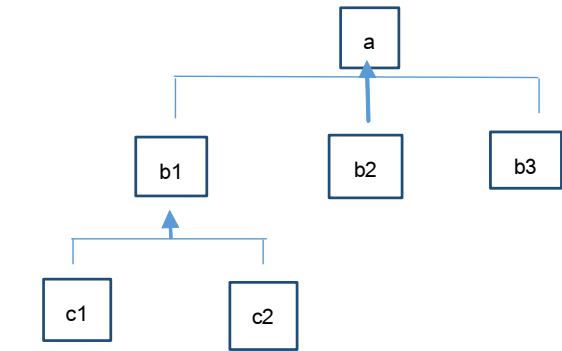


图 3 层次结构模型图示

a 为决策目标,b1 为中间层要素,即雷灾危险性;雷灾造成的经济影响 b2、雷灾造成的社会影响 b3、二维闪电数据 c1、雷暴日观测数据 c2 为备选方案

考虑 b1 与 b3 比,十分重要,与 b2 比,比较重要;b3 与 b2 比,稍微重要;c1 与 c2 比,十分重要,采用层次分析法:

a 判断矩阵一致性比例为 0.0825。

表 6 决策目标 a 判断矩阵

a	b1	b2	b3	Wi (权重)
b1	1	4	5	0.6738
b2	0.25	1	3	0.2255
b3	0.2	0.33	1	0.1007

综上所述,雷电灾害风险评估模型为 $W=0.1123T+0.5615N+0.2255L+0.1007D$

5.2 雷灾风险值计算

为了使各指标值取统一量纲,对指标进行归一化处理,将值统一转化到[0,1]范围.本文采用归一化函数对各指标进行无量纲化:

$$R_i = \begin{cases} 1, x_i \geq x_{\max}, \\ \frac{x_i}{x_{\max}}, x_{\min} \leq x_i \leq x_{\max}, \\ 0, x_i < x_{\min}, \end{cases}$$

其中 R_i 是归一化后的值, x_i 是各项指标的实际值, x_{\max} 是各项指标的最大值。利用指标归一化结果及推算出的风险评估方程,计算出各市的风险值,如表 9 所示。

表 9 广西各市雷灾风险值

地市	南宁	柳州	桂林	梧州	北海	防城港	钦州
风险值	0.7607	0.6438	0.66791	1	0.771497	0.83037	0.94657
地市	贵港	玉林	百色	贺州	河池	来宾	崇左
风险值	0.886457	0.915319	0.696313	0.80422	0.649696	0.770604	0.735164

5.3 雷灾风险等级划分

依据广西雷电气候分析,采用自然断点法,将全区雷灾风险划分为极高风险等级(雷电易发危险Ⅰ

级)、高风险等级(雷电易发危险Ⅱ级)、中等风险等级(雷电易发危险Ⅲ级),表 10 和图 4(见彩页)。

表 10 广西区级雷灾风险等级区划表

地市	南宁	柳州	桂林	梧州	北海	防城港	钦州
雷灾风险等级	高风险	中等风险	高风险	高风险	高风险	极高风险	极高风险
地市	贵港	玉林	百色	贺州	河池	来宾	崇左
雷灾风险等级	极高风险	极高风险	高风险	极高风险	中等风险	高风险	高风险

6 防雷安全防范等级及措施

6.1 防雷安全防范等级

根据所处区域的雷灾风险区划结果,将防雷安

全防范等级对应划分为一级、二级和三级(表 11)。

6.2 措施

防雷安全防范措施是被防范对象按照相关防雷标准,结合其所处雷电风险等级和雷电防范等级,应采取的工程性、非工程性措施(表 12、表 13)。

6.2.1 工程性措施

建(构)筑物的防雷措施应符合 GB50057-2010 的规定,电子信息系统防雷措施应符合 GB50343-2012 的规定。

表 11 防雷安全防范等级

雷电风险区划	防雷安全防范等级
极高风险区	一级
高风险区	二级
中等风险区	三级

表 12 工程性措施附加措施

雷电防范等级	附加措施
一级	宜将建(构)筑物的防雷类别和电子信息系统防雷等级增加一个级别。
二级	宜根据防护对象,在现有的建(构)筑物的防雷类别和电子信息系统防雷等级基础上,加强某些防雷措施的等级。
三级	在现有的建(构)筑物的防雷类别和电子信息系统防雷等级基础上,采取防雷措施。

6.2.2 非工程性措施

(1)建立雷电安全管理制度,制定雷电灾害应急预案,开展雷电防御知识培训。

(2)按法律法规规定委托具有防雷检测资质的机构进行定期检测,并对防雷安全隐患及时整改。

(3)设立专门雷电安全管理员,组织防雷装置自查,确保防雷装置正常运行。

(4)设立警示标志,并在可触及的部位采取隔离措施或做绝缘处理。

(5)遇雷雨天气时必须停止户外作业,提醒及时进入安全地带,切断重要设备的电源,防止雷击损坏。

(6)根据雷电预警信息,做好相应防范措施,及时上报雷电灾情。

表 13 非工程性措施附加措施

雷电防范等级	附加措施
一级	雷电安全管理员, 宜每月组织1次防雷装置自查; 设立LED雷电预警信息显示屏。
二级	雷电安全管理员, 宜每季度组织 1 次防雷装置自查; 设立 LED 雷电预警信息显示屏。
三级	雷电安全管理员, 宜在每年雷雨季节前组织 1 次防雷装置自查; 注意接收雷电预警信息。

参考文献:

- [1] Elsom D M. Deaths caused by lightning in England and Wales[J]. Weather, 1993, 48:83-90.
- [2] Coates L, Blong R, Siciliano F. Lightning fatalities in Australia[J]. Natural Hazards, 1993, 8:217-233.
- [3] Curran E B, Holle R L, LOPEZ R E. Lightning casualties and damages in the United States from 1959 to 1994 [J]. Climate, 2000, 13:3448-3464.
- [4] 陈渭民. 电学原理[M].北京:气象出版社,2006:1-2.
- [5] 高邁,蒙小亮,劳小青.基于聚类分析的海南岛雷电灾害易损度风险区划[J].自然灾害学报,2013(1):175-182.
- [6] 丁旻,甘文强,邵莉丽.贵州省雷电灾害易损性分析及区域划分[J].成都信息工程学院学报,2011,26(2):189-193.
- [7] 郭虎,熊亚军.北京市雷电灾害易损性分析、评估及易损度区划[J].应用气象学报,2008,19(1):35-40.
- [8] 袁湘玲,王振会,肖稳安,等.雷电灾害潜在与现易损性分析及区划研究—以黑龙江省为例[J].灾害学,2011,26(1):20-25.
- [9] 殷娴,肖稳安,冯民学,等.区域雷灾分布特征及易损度区划[J].气象科技,2009,37(2):216-219.
- [10] 郭虎,熊亚军.北京市雷电灾害易损性分析、评估及易损度区划[J].应用气象学报,2008,19(1):35-36.
- [11] 严春银.江西省雷电灾害易损性分析及其区划[J].江西科学,2006,24(2):131-132
- [12] 刘三梅,吕海勇,陈绍东,等.广东省雷电风险区划研究[J].资源科学,2014,36(11):2337-2344.
- [13] 阳宏声,林为东,杨召绪,等.浅谈雷灾调查鉴定方法[J].气象研究与应用,2012,33(2):118-121.
- [14] 黄建林,张勇,刘丁维.近 10a 信宜市雷击灾害分析[J].气象研究与应用,2012,33(S1):316-317.
- [15] 张月红,劳红福.一次雷击事故的浅析[J].气象研究与应用,2011,32(4):173-176.
- [16] 李传龙,高敏,蒙小亮.万宁市区雷暴特征初步分析与雷电防护[J].气象研究与应用,2011,32(1):104-107.
- [17] 李远辉,李建勇.江门雷电活动特征及其对防雷减灾的意义[J].气象研究与应用,2010,31(S2):188-190.
- [18] 朱明,潘杰丽,李会玲.一次雷击事故成因分析及其预防措施[J].气象研究与应用,2007,28(4):67-68.

(上接第 104 页)

- [5] 王旻燕,邓莉,赵芳,等.CIMISS 中气象卫星数据存储和服务模型[J].安徽农业科学,2012,40(8):4785-4789.
- [6] 王宏记,杨代才.基于 CIMISS 的长江流域气象水文信息共享系统设计与实现研究 [J]. 安徽农业科学,2014,42(32):11565-11570.
- [7] 杨润芝,马强,李德泉,等.内存转发模型在 CIMISS 数据收发系统中的应用[J].应用气象学报,2012,23(3):377-384.
- [8] 王祝先.黑龙江省 CIMISS 前端通信系统设计[J].黑龙江科学,2017,8(17):62-63.
- [9] 潘雪,董洋,杨英奎.基于 CIMISS 报文快速处理系统设计[J].现代化农业,2017,12:62-63.
- [10] 史彩霞,黎颖智,张许斌.基于 CIMISS 的广西气象服务信息综合业务系统的设计与实现[J].气象研究与应用,2016,37(4):82-85.
- [11] 刘波涛,冯翠丽.物联网应用中嵌入式 HTTP 协议的设计与实现[J].佳木斯大学学报(自然科学版),2011,29(5):713-718.
- [12] 吕浩勇,胡寅,张朝阳.一种基于 HTTP 协议的动态 Web 资源缓存机制及实现[J].黄冈师范学院学报,2014,34(6):65-66.
- [13] 王艳萍,张锐.在 Delphi 下用 Windows API 函数实现串行通信[J].宁夏工程技术,2003,2(2):141-143.
- [14] 隋永朋,魏振钢.Win32 Api 函数的重要作用及调用[J].山东理工大学学报 (自然科学版),200620 (6):97-99,102.
- [15] AMARDEO C,SARMA,JG..Identities in the future Internet of Things[J].Wireless Pers Commun 2009,49:353-363.
- [16] Intemational Telecommunication Union UIT.ITU Internet Reports 2005:The Internet of Things[R].2005.
- [17] 国家气象信息中心. 全国综合气象信息共享平台 (CIMISS)总体设计总论卷[Z].2009.
- [18] 国家气象信息中心. 全国综合气象信息共享平台 (CIMISS)总体设计架构[Z].2011.