

郭媛,卢炳夫,黄伊曼. 基于雷电易发评价体系下的广西雷电区划[J]. 气象研究与应用,2021,42(1):63–67.

Guo Yuan, Lu Bingfu, Huang Yiman. Lightning division of Guangxi based on the evaluation system of lightning proneness [J]. Journal of Meteorological Research and Application, 2021, 42(1): 63–67.

基于雷电易发评价体系下的广西雷电区划

郭媛¹, 卢炳夫¹, 黄伊曼²

(1. 广西壮族自治区气象灾害防御技术中心, 南宁 530022; 2. 广西壮族自治区气象台, 南宁 530022)

摘要: 利用 1960—2013 年广西地面气象站观测雷暴资料、2009—2018 年二维雷电监测定位资料和 2016—2018 年三维雷电定位监测资料,以闪电密度为评估要素,建立层次分析模型,绘制广西雷电易发区划图;并加载环境高程数据、2000—2019 年雷灾数据以及 2005 年—2018 年广西人口、GDP 统计资料,计算雷电灾害风险值,绘制广西雷电灾害风险区划图。结果表明,广西雷电易发区划分为极高易发区、高易发区、中等易发区三个等级,其中以中等易发区为主,该区面积约占全区总面积的 47%;极高易发区域主要分布在桂南、桂东南及桂东地区。广西雷电灾害风险划分为极高风险、高风险和中等风险三个等级,以中等风险为主,广西雷电灾害风险区划与雷电易发区域分布态势基本一致,等级变化趋势由沿海向内陆递减。

关键词: 雷电易发;评价体系;雷电灾害;风险区划

中图分类号: S429

文献标识码: A

doi: 10.19849/j.cnki.CN45-1356/P.2021.1.11

OSID:



引言

广西是我国雷电高发区之一,根据多年人工观测雷暴日数据和不完全雷灾数据统计,每年平均雷暴日在 60~90d 之间,沿海地区例如防城港东兴市高达 105d,内陆地区例如河池市的天峨县约为 51d。广西也属于雷灾频发的省份之一,自 2000 年以来,广西共发生 2 600 余起雷灾事件,400 余起雷击人员伤亡事件,造成人员伤亡 800 余人。

雷电灾害风险区划是通过科学、系统的评估计算,根据风险值的大小判断一定区域范围内的雷电灾害风险等级,为区域的防灾减灾规划提供科学依据。雷电灾害风险区划是相关法律法规赋予气象部门的职责,《气象灾害防御条例》、《国务院关于优化建设工程防雷许可的决定》以及《广西区政府关于优化建设工程防雷许可的意见》等文件都对雷电区划(包括雷电易发和雷电灾害风险)提出了相关要求。

近些年来,国内学者^[1-15]对很多省区的雷电灾害易损性评估与易发区域划分已经做了相关的研究,

研究成果为当地做好雷电灾害防御提供了一定的科学理论支撑。但目前没有统一的标准,造成雷电区划结果不统一。雷电易发和雷电灾害风险概念的混淆,让雷电区划在实际工作开展中存在一定难度,气象行业标准《雷电灾害风险区划技术指南》(QX/T 405-2017)在 2018 年 4 月开始实施,但对于雷电易发区域的概念,目前没有明确的定义。

本文基于广西雷暴观测资料、多维雷电监测定位资料,以闪电密度为评估要素,通过层次分析模型,以及广西地理信息数据、雷灾数据、人口和 GDP 统计资料,推算广西雷电灾害风险值,在此基础上,采用自然断点法,进行广西雷电风险区域,以期广西雷电灾害防御提供参考依据。

1 资料与和方法

1.1 数据来源

采用了广西壮族自治区气象信息中心提供的 1960 年—2013 年广西地面观测雷暴资料;广西壮族自治区防雷中心提供的 2009 年—2018 年二维闪电

收稿日期: 2020-03-09

基金项目: 广西气象局气象科研计划面上项目(桂气科 2019M03)

作者简介: 郭媛(1984—),女,硕士,高级工程师,主要从事应用气象、雷电防御、专业服务等工作。E-mail: 105453865@qq.com

监测定位资料、2016 年—2018 年三维闪电监测定位资料、2000 年—2019 年雷灾资料；广西壮族自治区统计局网站 2005 年—2018 年年鉴的人口和 GDP 资料；中国科学院资源环境科学数据中心(<http://www.resdc.cn>)下载的广西 DEM 1km 高程数据。

1.2 研究方法

1.2.1 研究方法

以广西 111 个区县行政区域和 1276 个乡镇行政区域为评估单元，进行广西雷电易发区域划分和广西雷电灾害风险区划。采用层次分析法进行风险分析，采用自然断点法、模糊 C-均值聚类算法进行风险等级划分。雷电易发区域划分只使用雷电观测资料，包括地面雷暴观测资料、二维雷电监测定位资料、三维雷电定位监测资料。雷电灾害风险区划除使用雷电观测资料外，增加环境高程数据、雷灾数据、人口资料、GDP 资料。

1.2.2 模型建立—层次分析法

(1)雷电易发区划评价指标体系

广西雷电易发风险的分析中，选取闪电密度(二维闪电数据 D1，三维闪电数据 D2)、人工观测雷暴日(D3)3 个指标描述雷电灾害的外动力特征。

(2)雷电灾害风险区划评价指标体系

广西雷电灾害风险的分析中，选取闪电密度(D)、雷灾频度(T)、环境高程(H)、人口密度(P)及 GDP 密度(G)5 个指标描述雷电灾害的外动力、致灾敏感性、孕灾环境和承灾体特征。

(3)评价模型建立

第一步，在雷电风险评估过程中，分三层构建层次结构的模型^[16]：第一层，雷电危险度目标层；第二层，雷电风险形成条件准则层；第三层，影响因素指标层。

第二步，根据雷电风险各项评估指标的权重，建立权重判断矩阵。求得每一层次的各元素对上一层次某元素的优先权重，最后再加权和方法递阶归并各备择方案对总目标的最终权重，此最终权重最大者即为最优方案。利用层次模型和评估指标，构建判断矩阵 T，两两要素采用 Saaty 标度法相互比较。

第三步，通过一致性检验。

第四步，计算出评价指标的权重值。对比较矩阵求出最大特征根值 rmax 和特征向量 W，对特征向量进行归一化数据处理后，即为各指标的权重。

第五步，通过计算出各项指标的权重系数，并得

到权重矩阵(R)，结合风险评估归一化指数 X，得到风险评估数学模型为 $W=\sum R\cdot X$ 。即为雷电区划风险值。

1.2.3 等级划分

(1)自然断点法(雷电易发区划)

自然断点法^[17]认为数据本身存在断点，可利用数据的此特点进行雷电风险分级。聚类是它的算法原理。当组间方差最大同时组内方差最小，聚类结束。

(2)模糊 C-均值聚类算法(雷电灾害风险区划)

模糊 C-均值聚类算法^[18]fuzzy c-means algorithm (FCMA)或称(FCM)。它通过优化目标函数得到每个样本点对所有类中心的隶属度，从而决定样本点的类属以达到自动对样本数据进行分类的目的。采取迭代的方式求解，直到满足收敛条件，得到最优解。

2 雷电区划技术流程

2.1 广西雷电易发区划

根据广西三维雷电定位资料、ADTD 二维雷电定位资料以及人工雷暴观测资料综合划分(如图 1 所示)广西雷电易发区域及其防范等级^[19]，根据表 1，对二维闪电密度、三维闪电密度及人工雷暴观测资料闪电密度进行两两相互比较。考虑闪电定位监测数据时间序列虽然较短(ADTD 二维闪电数据为 11 年，三维闪电数据为 3 年)，但是较人工雷暴观测资料其探测精度更高，探测范围更大，同时受人为因素、地形因素干扰小，更能真实反映广西雷电活动的客观规律特征，因此，其权重较人工雷暴观测数据大。而在闪电监测数据中，三维闪电监测站网更密集(全区 20 个站点)，探测精度更高，探测范围更大，同时还能探测云闪，因此认为其权重较 ADTD 二维闪电数据也较为重要。通过判断矩阵赋值，求得得

表 1 成对比较矩阵标度含义

因素 i 比因素 j	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
倒数	$a_{ij}=\frac{1}{a_{ji}}$

出闪电密度(二维 D1, 三维 D2)、雷暴日(D3)合理权重系数:

$$w=\begin{Bmatrix} 0.5816 \\ 0.3090 \\ 0.1095 \end{Bmatrix}$$

计算 0.01°×0.01°空间分辨率广西综合闪电密度 D_{ij} , 并结合广西乡镇地图矢量边界, 计算广西乡镇级平均闪电密度 \bar{D} 。

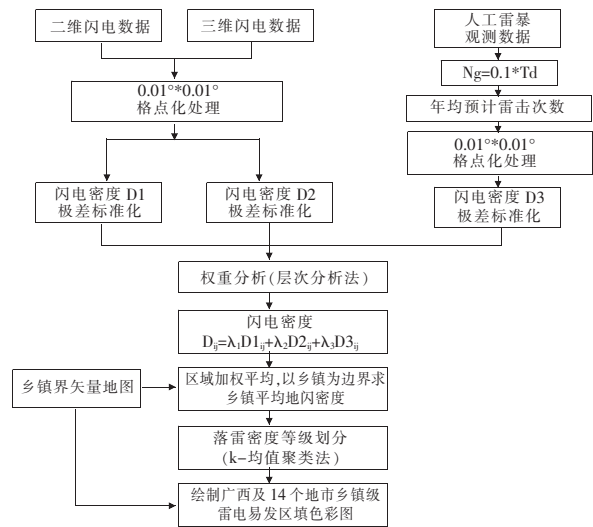


图 1 广西雷电易发区划技术流程图

2.2 广西雷电灾害风险区划

依据广西雷电的气候分析,按照雷电灾害风险的程度、易损的影响,不断充实评价指标(如图 2所示),不断探索数据的标准化处理,科学建立评价模型,包含外动力、致灾敏感性、孕灾环境和承灾体^[20-22],构建雷电灾害风险区划评估体系,模型第一层为总目标层,雷电灾害风险评估值(f);第二层为

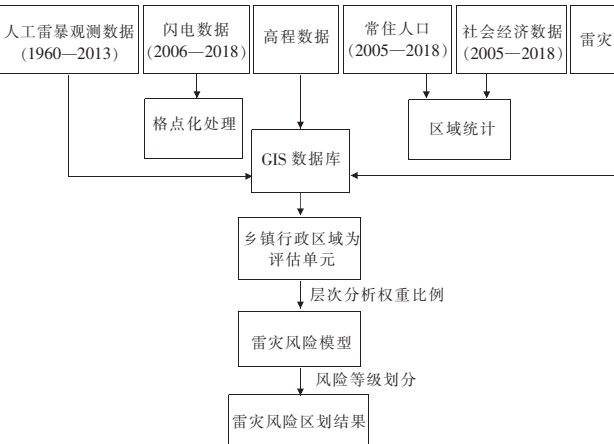


图 2 广西雷电灾害风险区划技术流程图

影响因子层,包含外动力、致灾敏感性、孕灾环境和承灾体 4 个因素;第三层为影响因子要素层,包含人工雷暴闪电密度(D1)、二维闪电密度(D2)、三维闪电密度(D3)、雷灾频度(T)、环境高程(H)、人口密度(P)及 GDP 密度(G)7 个影响要素。

根据表 1, 对各层次评估指标进行两两比较并赋值(如表 2 所示),构造判断矩阵,并进行一致性检验。通过雷电灾害风险区划评估值(f)的数学模型,可计算得到广西各乡镇的雷电灾害风险评估值f。

$$f=0.0555D1+0.1566D2+0.2948D3+0.1428T+0.0863H+0.088P+0.1761G$$

表 2 影响因子层判断矩阵赋值表

	外动力	致灾敏感性	承灾体	孕灾环境
外动力	1	4	2	5
致灾敏感性	1/4	1	1/2	2
承灾体	1/2	2	1	3
孕灾环境	1/5	1/2	1/3	1

3 结果与分析

3.1 广西雷电易发区划

依据广西闪电定位系统资料及人工雷暴观测资料,通过对闪电密度进行权重分析^[23],利用均值聚类法将广西雷电易发区域划分为极高易发区、高易发区、中等易发区(表 3)。

表 3 广西雷电易发区划分级比率

雷电易发等级	临界 \bar{D} 值	按乡镇级行政区域划分等级 (占广西百分比及乡镇个数)
中等易发区	≤ 0.2399	47.26% (603 个乡镇)
高易发区	$> 0.2399,$ ≤ 0.3468	36.13% (461 个乡镇)
极高易发区	> 0.3468	16.61% (212 个乡镇)

极高易发区是雷电活动最频繁,落雷最为密集的地区,约为 3.87 万 km²,占广西乡镇总数的 16.61%;高易发区是雷电活动较为频繁,落雷相对密集的地区,约为 9.31 万 km²,占乡镇总数的 36.13%;中等易发区是雷电活动一般的地区,约为 10.58 万 km²,占乡镇总数的 47.26%。雷电易发区域在广西全区呈现由东南向西北递减的趋势,雷电极高易发区域主要集中在南宁南部、防城港东南部、钦

州西部、贵港东部、梧州中北部、贺州西南部;雷电高易发区域集中在北海、玉林、梧州南部、南宁中东部、崇左东部、来宾、百色中部、柳州中部、桂林西南部;雷电中等易发区域集中在崇左中北部、百色南部和北部、河池大部、柳州北部和南部、桂林大部(图3)。

3.2 广西雷电灾害风险区划

依据广西雷电气候分析,按照雷电灾害风险程度、雷灾易损影响和区县行政区划,采用自然断点法,中等风险区及高风险区的中断值为0.1537,高风险区和极高风险区的中断值为0.2107。根据中断值

0.1537和0.2107绘制广西雷电灾害风险区划图,将广西雷电灾害风险划分为极高风险、高风险和中等风险三个等级^[14,24]。广西雷电灾害风险处于极高等级的乡镇占全区乡镇总数的9.6%,高等级的乡镇有29.1%,中等风险的乡镇占61.3%。其中,防城港、钦州、梧州、贵港、南宁、柳州市处于雷电灾害风险极高等级的乡镇占比较多;百色、玉林、来宾市处于雷电灾害风险高等级的乡镇占比较多;整体上,风险等级呈沿海向内陆递减的趋势(图4)。

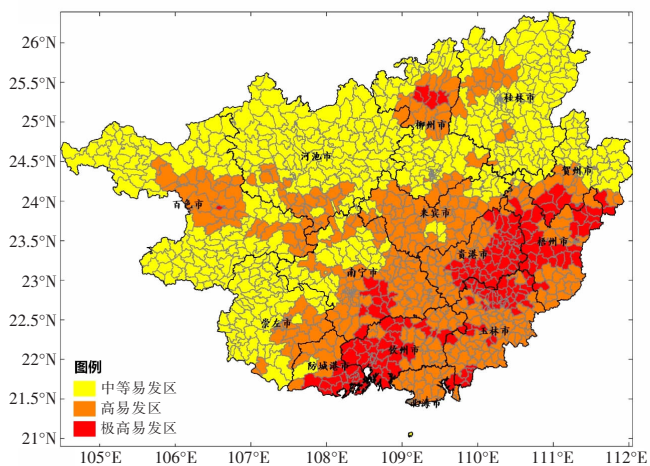


图3 广西乡镇级雷电易发区划图

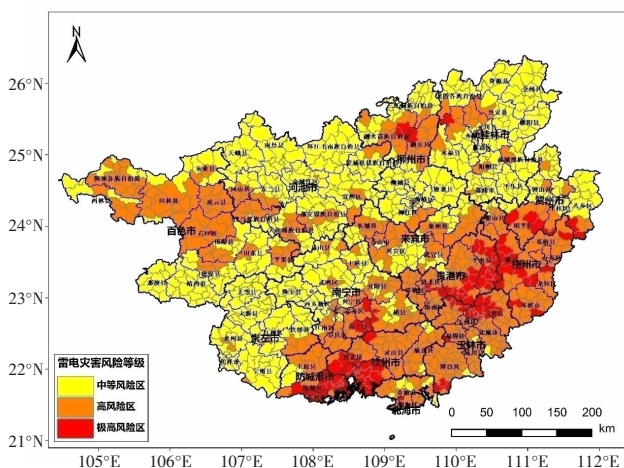


图4 广西乡镇级雷电灾害风险区划图

4 结论与讨论

依据广西雷电数据指标评价体系,面向不同评估单元和应用对象,通过层次分析模型,计算致灾因子(雷电密度,包括雷暴日和闪电数据),将广西雷电易发区域划分为极高易发区、高易发区、中等易发区;在雷电易发区划的基础上,通过加载雷灾频度、环境高程、人口密度及GDP密度等承灾体及脆弱性特征,将广西雷电灾害风险划分为极高风险、高风险和中等风险三个等级,其中极高易发区域主要分布在桂南、桂东南及桂东地区,雷电完善风险等级区划分布规律基本一致。鉴于广西雷电活动的频繁程度和受灾影响严重程度,现阶段广西雷电区划结果中,雷电易发区划未设定低易发区,雷电灾害风险未设定低风险等级。

综合来看,广西雷电高易发区域的雷电灾害风险也相对较大;雷电易发区划能较好地反映广西雷电活动变化及雷电气候特征。雷电敏感行业可以根

据所在区域的雷电灾害风险区划结果,使雷电灾害风险防范措施更有针对性和靶向性。

参考文献:

- [1] 吕海勇,庄燕洵,尹娜.广东省雷电灾害易损性分析与风险区划[J].广东气象,2016,38(2):50-53.
- [2] 赵伟,杨续超,张斌.浙江省雷电灾害风险分析及区划[J].热带气象学报,2014,30(5):996-1000.
- [3] 吕振东,李玉塔,王怀清.江西省雷电时空分布特征及其区域易损性分析[J].能源研究与管理,2016(1):51-57.
- [4] 崔逊,庄燕洵,王洪生.基于组合评价法的江苏省雷电灾害风险区划[J].自然灾害学报,2015,24(6):187-194.
- [5] 贺秋艳,祝燕德,郭在华,等.湖南省雷电灾害易损性分析及区划[J].成都信息工程学院学报,2011,26(1):98-102.
- [6] 金晨路,肖稳安,王学良.湖北省雷电灾害易损性分析与区划[J].暴雨灾害,2011,30(3):272-276.
- [7] 刘春泉,刘凯,厚学军,等.基于SPSS的宁夏雷电灾害特征分析和雷电灾害风险区划研究[J].宁夏农林科技,2015,56(1):65-68,70.

- [8] 陈洁,苏炳彦.基于聚类法的陕西省雷电灾害风险区划[J].陕西气象,2015(S1):4-6.
- [9] 冯桂力,陈文选,刘诗军,等.山东地区闪电的特征分析[J].应用气象学报,2002,13(3):347-355.
- [10] 袁湘玲,王振会,肖稳安,等.雷电灾害潜在与现实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.
- [11] 卜俊伟.基于闪电定位资料的四川省雷电风险区划分析[J].高原山地气象研究,2014,34(2):87-90.
- [12] 程向阳,谢五三.雷电灾害风险区划方法研究及其在安徽省的应用[J].气象科学,2012,32(1):80-85.
- [13] 田艳婷,吴孟恒,史锋旗,等.河北省雷电灾害易损性综合评估与区划[J].气象科技,2012,40(3):507-512.
- [14] 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.
- [15] 郭林.基于主成分分析法的雷电灾害风险区划研究—以河南省为例[J].科技与创新,2016(19):5-7.
- [16] Elsom D M. Deaths caused by lightning in England and Wales[J]. Weather,1993(48):83-90.
- [17] Coates L,Blong R,Siciliano F. Lightning fatalities in Australia[J]. Natural Hazards,1993(8):217-233.
- [18] 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.
- [19] 陈渭民.电学原理[M].北京:气象出版社,2006:1-2.
- [20] 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,2013,25(1):175-182.
- [21] 程萌,王秀丽.基于闪电定位数据的鲁西南地区雷电灾害易损度区划[J].气象与环境科学,2017,32(4):47-51.
- [22] 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.
- [23] 梁维亮,屈梅芳,赖珍权,等.广西雷暴天气预报指标研究[J].气象研究与应用,2014,35(3):15-19.
- [24] 郭媛,吴量,何宽,等.基于层次分析法的广西雷电灾害风险区划[J].气象研究与应用,2018,39(2):108-113.

Lightning division of Guangxi based on the evaluation system of lightning proneness

Guo Yuan¹, Lu Bingfu¹, Huang Yiman²

(1. Guangxi Meteorological Disaster Prevention Technology Center, Nanning Guangxi 530022;

2. Guangxi Meteorological Observatory, Nanning Guangxi 530022)

Abstract: Using Guangxi ground weather station observational thunderstorm data from 1960 to 2013, two-dimensional lightning monitoring positioning data from 2009 to 2018, and three-dimensional lightning positioning monitoring data from 2016 to 2018, an analytic hierarchy process model was established with the lightning density as the evaluation element, and the lightning susceptibility zoning map of Guangxi was drawn. The results showed that the lightning-prone areas in Guangxi were divided into three levels: extremely high-prone areas, high-prone areas, and medium-prone areas. The medium-prone areas were the main areas, accounting for 47% of Guangxi; the extremely high-prone areas were mainly distributed in southern Guangxi, southeastern Guangxi and eastern Guangxi. Lightning disaster risk in Guangxi was divided into three grades: extremely high risk, high risk and medium risk. Most areas were medium risk. The lightning disaster risk zoning in Guangxi was basically consistent with the distribution of lightning-prone areas, and the grade change trend was decreasing from the coast to the inland.

Key words: lightning susceptibility; evaluation system; lightning disaster; risk zoning