江西强雷电活动分布与地形及其土地利用的相关性

余建华[1]　刘海兵[2]

（1 江西省气象服务中心，南昌 330046；2 江西省上饶市气象局，上饶 334000）

摘要　为揭示地形及土地利用类型对江西地区强雷电活动影响，本文选取闪电密度极大值和闪电平均强度极大值作为反映强雷电活动的两个主要参数，利用江西雷电监测资料、地表植被遥感以及地形高程影像文件，提取不同土地利用类型以及海拔高度、坡度和坡向参数值，重点分析强雷电活动分布与土地利用及地形的相关性。结果表明：江西强雷电活动活跃区主要分布于城乡建设用地，雷电活动的落雷概率最高，其次为耕地。闪电平均强度极大值的雷电活动集中发生在赣州及九江的丘陵和山地，其土地利用类型主要为林地，其次为耕地。影响强雷电活动分布的地形因子主要包括坡度、坡向及海拔高度。

关键词　强雷电活动；地形因子；土地利用；相关性

中图分类号：P449　**DOI**：10.19517/j.1671-6345.20190443　**文献标识码**：A

引言

近年来，不少专家学者对各个地区地形因子（坡度、坡向和海拔高度）以及地表植被覆盖类型与雷电活动特征进行相关研究。张玮等[1]利用 2007—2016 年浙江省地闪数据，数字地形海拔数据、土地覆盖数据和 HWSD 数据集，定量化分析海拔、坡度、坡向、土地覆盖类型及土壤电导率对该地区地闪的影响。王学良等[2]利用 2007 年 1—12 月监测资料，采用数理统计方法，对不同海拔高度的频次、极性、雷电流幅值和波前陡度等参数进行了统计分析。赵生昊等[3]利用 2007—2016 年重庆市闪电监测资料及该区域数字高程模型，使用 GIS 空间分析、数理统计等方法，研究了雷电灾害两种主要致灾因子（闪电密度、强度）与 3 类地形因素（海拔高度、坡度、坡向）之间的关系。本文在此研究基础上，进一步研究分析江西地区强雷电活动分布特征，强雷电活动是指该地区落雷频次极度频繁，雷电强度极高的雷电活动。故选取闪电密度极大值和闪电平均强度极大值作为江西地区强雷电活动的两个主要雷电参数，并提取统计出落雷地区的地形海拔高度、坡度和坡向以及土地利用类型，以期进一步认识江西地区强雷电活动分布与地形特征及土地利用类型的相关性，这对雷电过程预报预警能力的提升和防雷减灾工作有重要意义，目前国内关于这方面的研究较少。

1　资料来源与分析方法

1.1　资料来源

本文所用闪电资料来源于江西地区闪电监测定位系统探测的云地闪电资料，闪电定位仪分布于上饶、九江、南昌等地共 12 部。闪电资料包括闪电发生时间、地理位置（经、纬度）、极性（正、负闪电）和雷电流幅值等参数[4-6]。本文选取 2006 年 1 月至 2017 年 12 月共 12 年探测到的地闪资料。

江西地区地形海拔高度数据来源于国家地理信息中心，从其官方网站上下载卫星遥感影像文件，再通过地理信息工具软件转换为所需要的研究数据格式。

文中在统计分析江西地区土地利用类型所用到的地表植被遥感数据来自美国地质勘探局，选择的是 2007—2009、2011—2013 及 2014—2016 年的 Landsat 8 OLI 卫星遥感影像资料，其分辨率为 30 m。

1.2　研究方法

文中研究分析的两个主要雷电参数闪电密度极大值和闪电平均强度极大值是通过自制的闪电统计

作者简介：余建华，男，1967 年生，硕士，正高级工程师，主要研究方向为雷电防护技术、气象服务，Email:jxyujianhua@163.com.

收稿日期：2019 年 10 月 12 日；定稿日期：2020 年 8 月 10 日

程序将江西划分为若干个 2.0 km×2.0 km 单元网格,格距 0.02°×0.02°,提取出每个网格单元的闪电次数和闪电平均强度极大值,再从这些提取值中筛选出各年份(2006—2017 年)排在前十的极大值,最后统计出 12 年的共计 120 个闪电密度极大值以及 120 个闪电平均强度极大值,将这两种参数值分别通过 Surfer 软件叠加在江西地区海拔高度等值线图上,提取出极大值位置的海拔高度。

土地利用类型的分类是使用 ENVI 软件对地表植被的卫星遥感影像资料进行处理,按照土地的使用情况,将江西地区划分为城乡建设用地、水域、林地、草地、耕地和未利用土地共 6 类。通过筛选出的闪电密度和闪电平均强度极大值位置的经、纬度,在 ENVI 进行分类后处理好的文件中获取这两种主要参数位置的土地利用类型[7-9]。最后得出江西闪电密度和闪电平均强度极大值所处位置的地形海拔高度和土地利用类型。

2　结果分析

2.1　闪电密度极大值与海拔高度相关性

利用经过处理后统计得出的同一经、纬度位置闪电密度极大值和海拔高度数据,分析闪电密度极大值不同海拔高度影响特征,其分布曲线如图 1 所示。从表 1 中统计的数据可以看出,接近 1/3 的闪电密度极大值 N_g 大于等于 42.0 次/(a·km^2)的强雷电活动主要集中发生在海拔高度 110～150 m 的丘陵地区,闪电密度极大值低于 42.0 次/(a·km^2)的强雷电活动分布在海拔 150 m 以上地区。图 2 为江西三维地形图上闪电次数极大值(每年每 4 km^2 的闪电次数)的分布图,X、Y 坐标分别为经度和纬度,Z 坐标为海拔高度,比色刻度尺为各色标值对应不同的海拔高度,三维地形图中各地区所标注的数据为闪电次数极大值。图 2 中标注的红色十字图标其闪电密度极大值大于等于 42.0 次/(a·km^2)且闪电次数极大值超过 168 次,主要分布在赣州城区和抚州临川区。从三维地形分布图来看,大部分闪电次数极大值区域周边地势高,与山地邻近,处于海拔高、低起伏的临界地区。

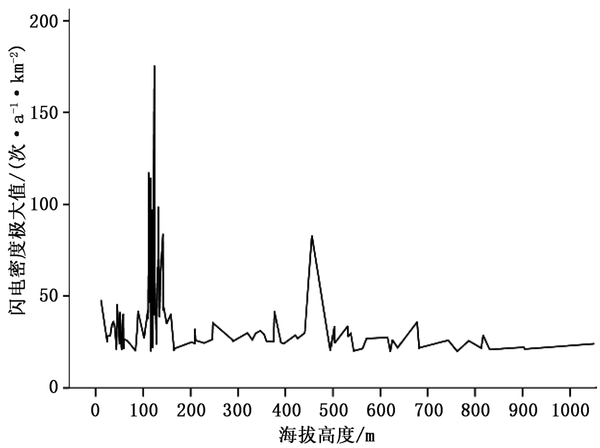

图 1　闪电密度极大值不同海拔高度分布曲线

(纵轴为每年每 4 km^2 的闪电次数)

表 1　不同海拔高度的闪电密度极大值 N_g(次·a^{-1}·km^{-2})比例　　%

	0～110 m	110～150 m	150 m 以上
N_g<42.0	15.0	5.8	41.5
N_g≥42.0	4.2	31.0	2.5

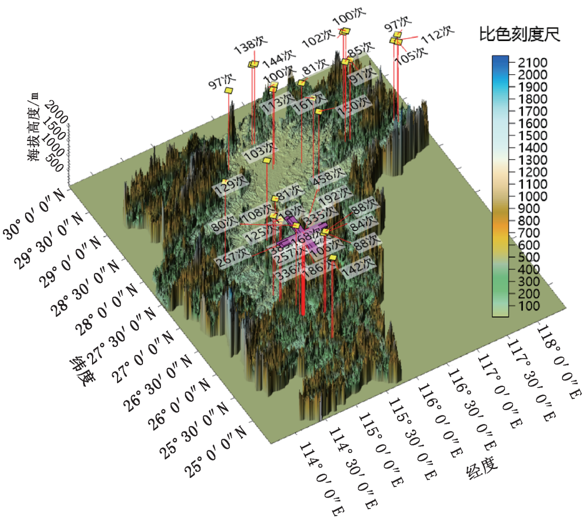

图 2　江西闪电次数极大值三维地形分布

2.2　闪电密度极大值与土地利用类型相关性

从图 3 中各土地利用类型的闪电密度极大值、闪电密度极大值比例以及占地面积所占比例可以看出,城乡建设用地闪电密度极大值所占比例最大为 50.4%,而占地面积仅为 5.9%;其次林地所占比例为 28.2%,而占地面积为 64.3%;草地为 15.4%,其占地面积 1.8%;耕地为 5.1%,其占地面积为 23.2%。从统计得出的数据综合分析可以明显看出,城乡建设用地落雷概率最高,其次为林地、草地以及耕地。从各土地利用类型闪电密度极大值的平均值可以看出,城乡建设用地为 58.2 次/(a · km^2),其次为耕地

30.2 次/(a·km^2)。从上述统计结果综合分析得出江西地区闪电密度极大值主要集中在城市建设用地。考虑是因为除了太阳辐射、天气系统的影响，城市的热岛效应有利于对流云团的抬升和闪电的发生。谢哲宇等[10]应用遥感技术和统计学方法，分析南昌城区 1996—2016 年以来城市热环境时空变化规律，探究南昌城市热环境与土地利用/覆盖之间的关系，结果表明在此期间南昌市热岛效应显著增强，地表温度与植被覆盖呈负相关，地表温度为：建设用地＞耕地＞林地。唐豪等[11]利用 1989 年和 2004 年南昌市 Landsat 影像数据分析这两个时期的南昌市热岛强度分布特征，结果表明，南昌市存在明显的热岛效应，主城区的地表温度由城区中心向近郊、远郊逐渐降低。

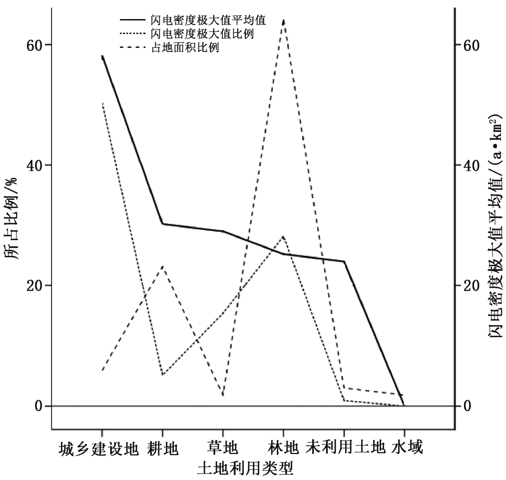

图 3　各土地利用类型闪电密度极大值、闪电密度极大值比例以及占地面积比例

2.3　闪电平均强度极大值三维地形分布特征

图 4 为江西三维地形图上闪电平均强度极大值的分布，X、Y 坐标分别为经度和纬度，Z 坐标为海拔高度，比色刻度尺为各色标值对应不同的海拔高度。从图 4 可以看出，闪电平均强度极大值分布区域靠近江西省界地区，主要集中在江西省西北部、北部、东北部以及南部地区。结合图 5 发现，闪电平均强度极大值主要集中在海拔高的地区，即丘陵和山地，其中以小起伏山地所占比例最高为 37.1%，其次为中起伏山地，所占比例为 31.0%，丘陵所占比例为 22.4%，平原和高起伏山地所占比例分别为 6.9%和 2.6%。

2.4　闪电密度极大值与地形坡度的相关性分析

坡度(slope)是地表单元陡缓的程度，通常把坡

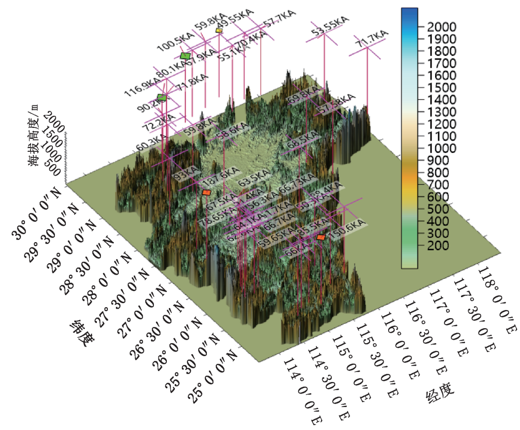

图 4　江西闪电平均强度极大值三维地形分布

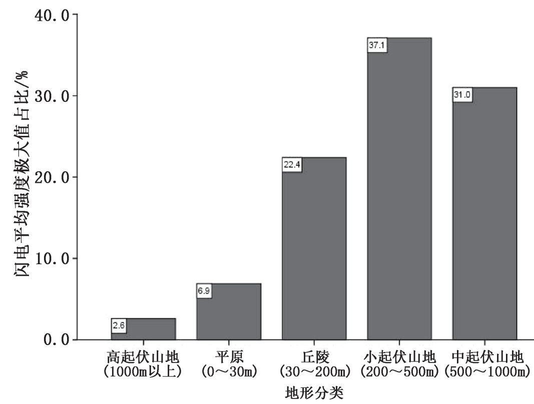

图 5　各地形闪电平均强度极大值占比

面的垂直高度 h 和水平方向的距离 I 的比叫做坡度，其计算公式如下：坡度＝(高程差/路程)×100%。为分析各坡度对强雷电活动活跃度的影响，结合空间分辨率 100 m×100 m 的 DEM 数据，通过 ArcGis 10.0 提取江西地区闪电密度极大值处的坡度[12-13]，分析不同坡度的闪电密度极大值分布特征。图 6 为江西闪电密度极大值在不同坡度下的分布特征，本文将地形坡度分为 5 类，分别为(0°～2°)：平坦平原、盆地中央部分以及台面等；(2°～6°)：山前地带、山前倾斜平原、浅丘以及谷地等；(6°～15°)：丘陵、山麓地带以及盆地周围；(15°～25°)：一般在 200～1500 m 的山地中；(25°以上)：接近山顶部分。从图中可以看出，在坡度为(0°～2°)的地形强雷电活动最为活跃，其次为(2°～6°)的山前地带。雷电活动相对较弱的是在坡度为 6°～15°的丘陵、山麓地带以及盆地周围以及 15°～25°的山地(200～1500 m)。这与江西地区闪电密度极大值在地形海拔高度及各土

地利用类型的分布特征分析的结果一致,因为平原、丘陵及城乡建设地其地形坡度主要在 0°～6°范围内。

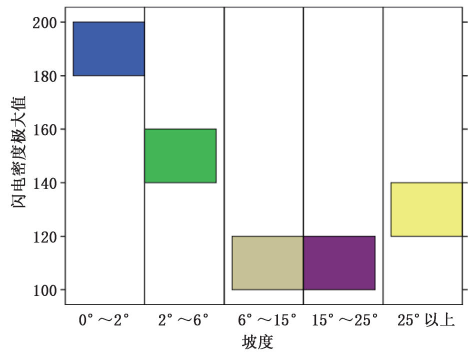

图 6　各坡度的闪电密度极大值分布

(纵坐标为各年每 4 km² 的总闪电次数)

2.5　闪电密度极大值与地形坡向的相关性分析

坡向(aspect)即地表坡面的指向或朝向。通常,在北半球,坡向指南为向阳坡,坡向指北,为背阳坡。受空气流向的影响,一般还有迎风坡与背风坡之分。坡向对气候的影响很明显,如对降水的影响表现为迎风坡降水多于背风坡。中等尺度上,8 坡向分类最为常用[14-15],故将坡向划分为:东(67. 5°～112.5°)、东南(112. 5°～157. 5°)、南(157. 5°～202. 5°)、西南(202. 5°～247. 5°)、西(247. 5°～292. 5°)、西北(292. 5°～337. 5°)、北(0°～22.5°,337. 5°～360°)和东北(22. 5°～67. 5°)。

为分析不同坡向对强雷电活动活跃度的影响,结合空间分辨率 200 m×200 m 的 DEM 高程数据,通过 ArcGis 10.0 提取江西地区闪电密度极大值处的坡向,分析各地形坡向的闪电密度极大值分布特征。从图 7 可以看出,东南坡雷电活动最为活跃,其次为北坡和西坡,雷电活动相对较弱的在东北坡、西北坡以及西南坡。在江西山岭地区,夏季以东南风为主,东南坡地表坡面朝向东南,当暖空气经过山坡被强迫上升时,在山地迎风的一面空气沿山坡上升,到一定高度变冷而形成雷云,更易产生强对流雷暴天气;但到了山脉背风的那一面,空气沿山坡下沉,温度升高,雷雨消散或减弱。从以上分析可以看出,江西强雷电活动的活跃程度的空间分布在不同地形坡向处具有显著的差异。

2.6　闪电平均强度极大值与土地利用类型相关性

从图 8 可以看出,闪电平均强度极大值所占比例分别为:林地,所占比例为 55. 2%;其次为耕地,

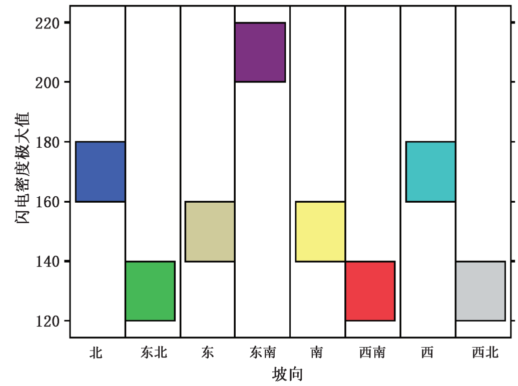

图 7　各坡向的闪电密度极大值分布

(纵坐标为各年每 4 km² 的总闪电次数)

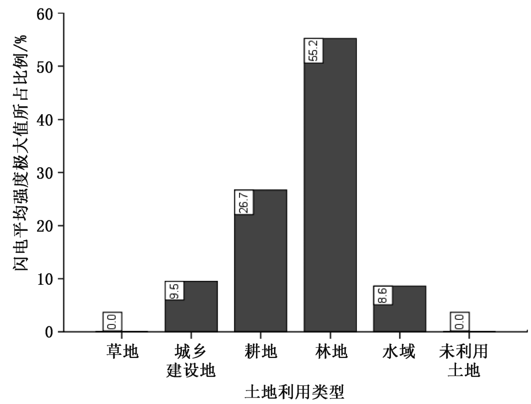

图 8　各土地利用类型闪电平均强度极大值占比

为 26.7%;小部分在城乡建设用地和水域,分别为 9.5%和 8.6%。而且有部分林地、耕地和城乡建设用地靠近水域附近。结合不同土地利用类型及海拔高度与闪电平均强度极大值的相关性,从两者数据分析得出的结论是一致的,因为大部分林地都是分布在海拔比较高的山地,即闪电平均强度高的雷电活动主要发生在林地,其次为耕地。综合分析可以看出,强度大的闪电更易发生于林地和耕地,高于其他土地利用类型。而林地一般分布于海拔较高的地区,这也验证了江西地区闪电平均强度与海拔高度呈正相关性的结论。

3　结论

(1)江西地区强雷电活动主要集中在城乡建设地和耕地,从闪电密度极大值土地利用类型所占比例来看,城乡建设用地落雷概率最高,其次为林地、草地以及耕地。从各土地利用类型闪电密度极大值的平均值可以看出,城乡建设用地闪电密度极大值最高为

58.2次/(a·km²),其次为耕地30.2次/(a·km²)。

(2)江西地区闪电平均强度极大值主要分布在丘陵和山地,从闪电平均强度极大值各土地利用类型所占比例来看,闪电平均强度高的强雷电活动主要发生在林地,其次为耕地。

(3)影响江西强雷电活动分布的地形因子主要包括坡向、坡度、海拔高度和地形形态等,其中坡度、坡向及海拔高度对雷电活动分布的影响尤为显著。从地形坡度的角度分析,在坡度为(0°～2°)地形的强雷电活动最为活跃,其次为(2°～6°)的山前地带。雷电活动相对较弱的是坡度为6°～15°的丘陵、山麓地带和盆地周围以及15°～25°的山地(200～1500 m)。从坡向上分析,东南坡雷电活动最为活跃,其次为北坡和西坡,雷电活动相对较弱的在东北坡、西北坡以及西南坡。从海拔高度影响分析上看,接近1/3的雷电活动(闪电密度极大值高于42.0次/(a·km²))集中发生在海拔高度110～150 m的丘陵地形,主要分布在赣州城区和抚州临川区。强雷电活动活跃区其地形特征为周边地势高,与山地邻近,处于海拔高、低起伏的临界地区。

参考文献

[1] 张祎,姜瑜君,赵伟,等.浙江省地理参数对地闪的影响[J].气象科技,2019,47(3):513-519.

[2] 王学良,余田野,贺姗,等.区域海拔高度对云地闪电参数分布的影响[J].高电压技术,2020,46(4):1206-1215.

[3] 赵生昊,覃彬全,刘青松.重庆市地形对雷电灾害主要致灾因子影响分析[J].气象科技,2020,48(1):127-131.

[4] 薛根元,冯国标,何凤翩,等.闪电监测定位系统及其应用[J].气象科技,2004,32(4):274-277.

[5] 余建华,李玉塔,高雅隽,等.基于实况资料的闪电定位系统定位精度分析[J].气象与减灾研究,2015,38(2):70-73.

[6] 曾庆锋,张其林,赖鑫,等.深圳市闪电定位资料误差分析及其优化[J].气象科技,2015,43(3):530-536+542.

[7] 李秀瑞,孙林,朱金山,等.多尺度遥感数据协同的干旱地区植被覆盖度提取[J/OL].生态学杂志,2016,35(5):1394-1402.

[8] 吴文欢,于宏,赵英俊,等.基于面向对象的高分辨率遥感影像目标信息提取[J].世界核地质科学,2016,33(2):91-95.

[9] 王永吉,孟庆岩,杨健,等.一种基于特征选择的面向对象遥感影像分类方法[J].科学技术与工程,2016,16(32):107-113.

[10] 谢哲宇,黄庭,李亚静,等.南昌市土地利用与城市热环境时空关系研究[J].环境科学与技术,2019,42(增刊1):241-248.

[11] 唐豪,夏丽红.南昌市热岛效应研究及分析[J].中国资源综合利用,2019,37(1):190-193.

[12] 刘学军,任志峰,王彦芳,等.基于DEM的任意方向坡度计算方法[J].地域研究与开发,2009,28(4):139-141.

[13] 陈贺,李原园,杨志峰,等.地形因素对降水分布影响的研究[J].水土保持研究,2007,14(1):119-122.

[14] 乔淼,曾燕,邱新法.宏观坡向对不同等级降水的影响[J].水土保持研究,2018,25(1):167-171.

[15] 韩贵锋,叶林,孙忠伟.山地城市坡向对地表温度的影响——以重庆市主城区为例[J].生态学报,2014,34(14):4017-4024.

Extreme Lightning Activity and Its Correlation to Topography and Land Use Type

YU Jianhua[1] LIU Haibing[2]

(1 Jiangxi Provincial Meteorological Service Center, Nanchang 330046;
2 Shangrao Meteorological Service, Jiangxi, Shangrao 334000)

Abstract: In order to reveal the effects of topography and land use types on extreme lightning activities in Jiangxi Province, in this paper, the maximum lightning density and maximum lightning intensity are selected as the two main parameters to reflect extreme lightning activity. Based on the monitoring data of lightning and the remote sensing data of surface vegetation and topographic elevation image, the main parameters of different land use, slope and aspect are extracted. The distribution of extreme lightning activity and its correlation to land use and topography are analyzed. The results show that the extreme lightning activities mainly occurred in urban and rural construction lands, and the second is arable lands. The activities of lightning with the maximum intensity occurred in hills and mountains in Ganzhou and Jiujiang, in which the land use type is forestland mainly, and the next is arable land. The topographic factors that affect the distribution of extreme lightning activity mainly include slope, aspect and elevation.

Keywords: extreme lightning activity; land use type; topographic factor; correlation.