

doi:10.16104/j.issn.1673-1891.2022.02.014

# 基于三维闪电的凉山州森林火灾高危区雷电活动特征分析

罗可妮, 张 琨\*

(四川省防雷中心, 四川 成都 610072)

**摘要:**为了分析四川省凉山彝族自治州森林火灾高危区雷电活动特征,利用四川地区三维闪电监测定位系统收集 2018—2020 年的雷电活动数据资料,运用 ArcGIS 软件和数理统计等方法分析四川省凉山州木里藏族自治县和盐源县两地的雷电活动时空分布特征,找出凉山州森林雷击火灾重点防护时节和地区,为进一步研究凉山州森林火灾高危区雷电风险区划和雷击火灾预防提供科学依据和技术支持。

**关键词:**森林火灾;三维闪电;凉山州

**中图分类号:**S762      **文献标志码:**A      **文章编号:**1673-1891(2022)02-0071-03

## Analysis of Lightning Activity Characteristics in High Risk Area of Forest Fire in Liangshan Prefecture Based on Three-Dimensional Lightning Dada

LUO Keni, ZHANG Kun\*

(Sichuan Lightning Protection Center, Chengdu, Sichuan 610072, China)

**Abstract:** In order to study and analyze the characteristics of lightning activity in the high risk area of forest fire in Liangshan Yi Autonomous Prefecture in Sichuan province, the lightning activity data from 2018 year to 2020 year were collected by Sichuan three-dimensional lightning monitoring and location system, and the temporal and spatial distribution characteristics of lightning activities in Muli Tibetan Autonomous County and Yanyuan County in Liangshan Prefecture of Sichuan province were analyzed by ArcGIS software and mathematical statistics. This paper summarizes the key protection seasons and areas of forest lightning fire in Liangshan Prefecture, so as to provide scientific basis and technical support for further study of lightning risk zoning and lightning fire prevention in the high-risk area of forest fire in Liangshan Prefecture.

**Keywords:** forest fire; three-dimensional lightning; Liangshan Prefecture

## 0 引言

随着气温升高,全球发生闪电的次数日益增多,特别是在春末夏初季节,天气干燥炎热,雷电引起的火灾时有发生。雷击火往往发生在深山丛林,容易击中干枯的树叶、草原等,若雨水不能到达地面,或因雨量太少不能熄灭雷击引起的火源时<sup>[1]</sup>,森林雷击火发生概率会增加<sup>[2]</sup>。据统计,2021 年 1—5 月全国共发生森林火灾 744 起(重大火灾 6 起),受害森林面积达 4 209 hm<sup>2</sup>,死亡 34 人;四川省发生森林火灾 109 起<sup>[3]</sup>,占全国的 14.7%,位居第 2。四川常年雷电发生较高的区域主要位于凉山州、

甘孜州、宜宾、达州等区域,该区域内森林覆盖面积较高,一旦发生森林雷击火灾,后果极为严重,对人民生命财产安全都有严重的威胁。因此从森林雷击火灾的预防角度出发<sup>[4]</sup>,针对雷击火频发地区的雷电活动规律的研究就显得尤为重要。

## 1 资料与方法

### 1.1 研究区域概况

凉山州位于四川省西南部,地势西北高,东南低,北部高,南部低,属于亚热带季风气候区,气候干燥降水量少并且容易蒸发,植被茂密,每年发生闪电频次高。据统计,凉山州年平均雷暴日数高达

收稿日期:2021-12-29

基金项目:高原与盆地暴雨旱涝灾害四川省重点实验室科技发展基金项目(SCQXKJYXMS202120);四川省防雷中心科学技术研究基金项目(SCFLZX2022003)。

作者简介:罗可妮(1993—),女(壮族),广西百色人,助理工程师,本科,研究方向:雷电防御。\*通信作者:张琨(1987—),男,河南睢县人,高级工程师,硕士,研究方向:雷电防御。

200 d/a 以上,最大放电电流高达 500 kA,属于典型的高雷暴区,而雷击起火是山火频发的最大源头。

根据《四川省森林防火规划》(2016—2025 年),凉山州共有 11 个森林火险区划为森林火灾高危区,分别为德昌县、会理县、冕宁县、木里县、西昌市、盐源县、会东县、宁南县、普格县、喜德县、昭觉县<sup>[5]</sup>。由于雷击火的发生受气温与降水的影响,月均气温高、降水量少的地区,雷击火次数明显多<sup>[6]</sup>,所以,本文主要就木里县和盐源县进行研究。木里县位居凉山彝族自治州的西北,地理坐标为东经 100°03′~101°40′,北纬 27°40′~29°10′,海拔在 2 500 m 左右,属高原亚温带湿润气候,常年均气温在 12.4 ℃,平均降雨量 830 mm,呈变干变暖的趋势。盐源县位于四川省青藏高原东南缘,雅砻江下游西岸,地理坐标为东经 100°42′~102°03′,北纬 27°06′~28°16′,其年温差小,日温差大,由于受高空西风环流的南支流和印度洋气流所控制,年均气温 12.1 ℃,最高温度 30.7 ℃,最低温度零下 11.3 ℃,全县冬春干旱,夏秋雨量集中,雨热同季,日照充足<sup>[7]</sup>。

## 1.2 资料来源

近年来,四川省气象部门对于雷电的观测水平有了很大程度的提高,从原先的人工定性观测发展到目前的自动化定量观测,积累了多年的雷电观测数据。四川省三维闪电监测网按照 60~80 km 布局三维闪电监测站点设计,其中围绕凉山州森林火灾多发重发区域布设 8 套 DDW1 型闪电定位仪,DDW1 闪电定位仪中心站软件是凉山州地区 DDW1 型雷电定位网核心数据处理中心,实现凉山州地区 DDW1 型闪电定位仪云闪、地闪数据接收、显示、存储,定位计算和数据转发等功能,监测范围已覆盖整个研究区域,能够满足当地对于森林雷击火雷电方面监测。本文选取了由四川省气象部门提供的 2018—2020 年四川省三维闪电数据资料,数据资料包括雷电发生时间、经纬度、正负极性、强度、发生高度和陡度等参数<sup>[8]</sup>。

近年来,随着社会需求和防雷气象服务发展的需求增加,三维闪电建设日趋完善,三维闪电数据资料越来越精确和完整,防雷中心利用三维闪电数据开展了在强天气过程中的应用研究,使雷电数据资料在灾害性天气预报、雷电灾害风险区划、森林火灾高危区风险区划研究中也能发挥应有的作用。

## 1.3 研究方法

雷击火作为天然火源是一种难以控制的自然现象,其形成机制极为复杂<sup>[9]</sup>。本文利用近 3 a 三

维闪电数据资料,利用数理统计方法计算研究区域雷电密度,结合 ArcGIS 技术,统计分析凉山州森林火灾高危区木里县、盐源县 2 地的雷电活动时空分布规律,绘制雷电密度分布图、线型规律图和柱状图等,按照不同年份进行归类分析及逐年对比,准确掌握其雷电活动变化特征。

## 2 雷电活动分析

### 2.1 数据处理

三维闪电原始数据未经过地域分类或数据分析,数据量较大,无法直接操作,本文利用 MATLAB 对雷电数据做提取、查询、整理、统计,得出闪电频次、雷电密度、雷暴日数、各月份的雷电次数等信息,直观地了解木里县和盐源县的雷电活动时间分布特征。统计出两地 2018、2019、2020 年正闪、负闪、总闪次数,绘制三维闪电频次变化图。

木里县、盐源县 2018—2020 年三维闪电频次变化如图 1 所示。从三维闪电年发生频次的分布特征来看,木里县 2020 年雷电频次最高,为 62 163 次;2018 年雷电频次最低,为 56 189 次。盐源县 2018 年雷电频次最高,为 56 103 次;2019 年雷电频次最低,为 54 175 次。对 2018—2020 年正负地闪数据进行比较,两地负闪数均明显大于正闪数,正负闪之比均趋近于 1:3。

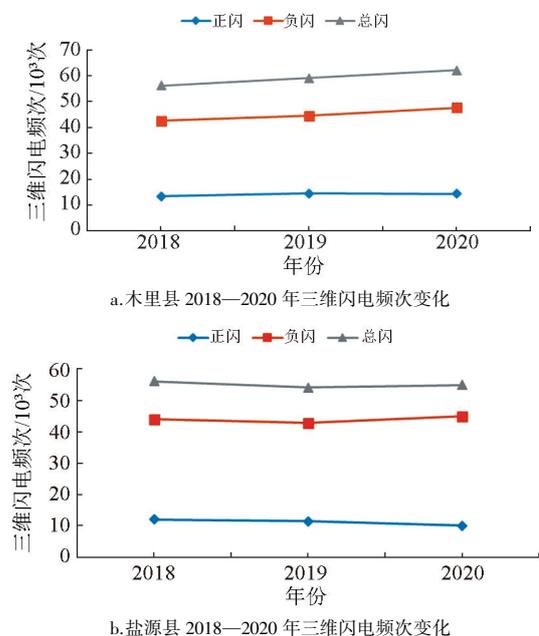


图 1 木里县和盐源县 2018—2020 年三维闪电频次变化

2018—2020 年木里县和盐源县三维闪电绝对数如图 2 所示。

木里县、盐源县雷电活动覆盖全年 1—12 月,2018—2020 年两地有共同特征,1—3 月、11—12 月

雷电闪击次数较少,4—10月发生雷电次数较多。

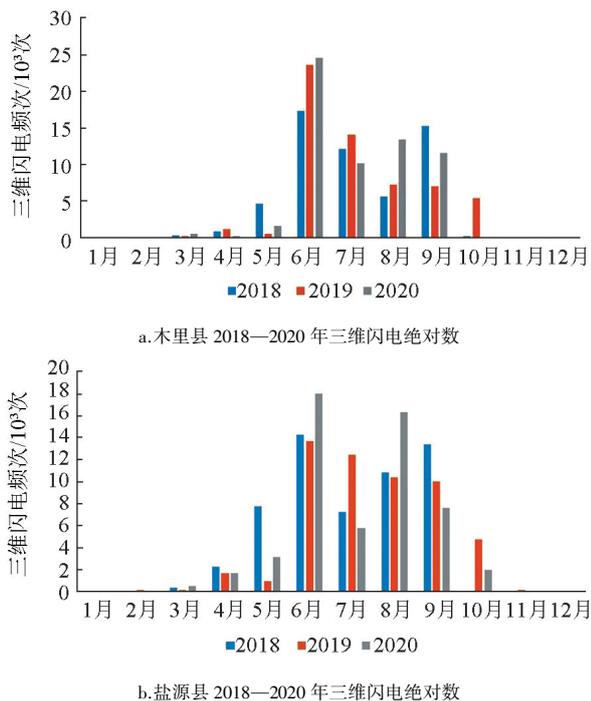


图2 木里县和盐源县 2018—2020 年三维闪电绝对数

雷电活动季节性分布特征明显,其中,木里县 3 a 来雷电发生次数分布特点:从多到少依次为夏季(128 199 次)、秋季(39 412 次)、春季(9 841 次)、冬季(42 次),主要以夏季为主,在全年中所占比重达 72.2%,秋季占 22.2%,6 月份次数最多,占全年的 36.9%;盐源县 3 a 来发生雷电次数从多到少依次为夏季(108 888 次)、秋季(37 886 次)、春季(18 237 次)、冬季(176 次),夏季在全年中所占比重达 65.9%,秋季占 22.9%,6 月份次数最多,占全年的 27.8%。

## 2.2 雷电发生情况

ArcGIS 是对空间数据进行采集、编辑、存储、分析和输出的计算机信息系统,本文借助 ArcGIS 平台,对木里县、盐源县雷电活动进行空间区划分析。

通过 3 a 的三维闪电数据分析,2018 年,木里县三维闪电雷暴日数最高可达 39 d/a,盐源县雷暴日数最高可达 52 d/a;2019 年,木里县三维闪电雷暴日数最高可达 37 d/a,盐源县雷暴日数最高可达 40 d/a;2020 年,木里县三维闪电雷暴日数最高可达 22 d/a,盐源县雷暴日数最高可达 23 d/a。

利用 ArcGIS 软件对三维闪电数据进行分析可知木里县整体雷暴活动频发区域分布较广。其中,分布较多的地区主要集中在中部、北部和东部,主要包括东朗乡、沙湾乡、卡拉乡、麦地龙乡、唐央乡、博窝乡。

近 3 a 盐源县年均雷暴日数分布差异较大,2018 年和 2020 年年均雷暴日数较多的地区较为集中,主要分布于南部边缘地区,包括黄草镇、藤桥乡、树河镇、马鹿乡;2019 年雷暴高频区较多,年均雷暴日数分布比较分散,较多的地区主要包括盐井镇、黄草镇、大草乡、桃子乡、白乌镇、阿萨乡。

通过 2018—2020 年的三维闪电数据分析,2018 年,木里县三维闪电平均密度为 4.52 次/( $\text{km}^2 \cdot \text{a}$ ),盐源县平均密度为 6.92 次/( $\text{km}^2 \cdot \text{a}$ );2019 年,木里县三维闪电平均密度为 4.72 次/( $\text{km}^2 \cdot \text{a}$ ),盐源县平均密度为 7.24 次/( $\text{km}^2 \cdot \text{a}$ );2020 年,木里县三维闪电平均密度为 5.12 次/( $\text{km}^2 \cdot \text{a}$ ),盐源县平均密度为 7.24 次/( $\text{km}^2 \cdot \text{a}$ )。

2018 年木里县中部和南部地区雷电密度较高,以沙湾乡、固增苗族乡、博科乡、卡拉乡、白碉苗族乡、牦牛坪乡为主;2019 年主要集中分布在东部和南部地区,以屋脚蒙古族乡、保波乡、卡拉乡为主;2020 年主要集中分布在东部地区,以保波乡、卡拉乡为主。

2018 年和 2019 年盐源县雷电密度最高地区,主要集中分布在南部,以藤桥乡、树河镇、黄草镇、博大乡为主;2020 年主要集中分布在南部和东部边缘地区,以阿萨乡、巴折乡为主。

## 3 结论

凉山州气候干燥、降水量少,有变暖、变干的趋势,是极利于林木雷击火灾发生的环境。基于 2018—2020 年四川省三维闪电数据资料,研究分析凉山州森林火灾高危区的雷电活动特征,为进一步研究凉山州森林火灾高危区雷电风险区划和预防雷击火提供理论依据。研究结果表明:

1) 2018—2020 年木里县和盐源县雷电发生频次均在 5 万次以上,在四川省县级地区属于较高频次,两地负闪数均明显大于正闪数,近 3 a 正负闪之比均趋近于 1:3。木里县闪电频次逐年增长,盐源县变化平缓。两地雷电发生频次较高的季节均是夏季,夏季的雷电发生次数是秋季的 3 倍,其中 6 月份次数最多。

2) 2018—2020 年,木里县年均雷暴日数较多区域主要集中分布于中部、北部和东部的东朗乡、沙湾乡、卡拉乡、麦地龙乡、唐央乡、博窝乡。木里县雷电密度最高主要分布在中部、南部和东部地区,以沙湾乡、固增苗族乡、博科乡、卡拉乡、白碉苗族乡、牦牛坪乡、屋脚蒙古族乡、保波乡为主。

(下转第 108 页)

- 技,2020,4(15):179-182.
- [5] 王家琦,李家良,王江徽,等.基于 CDIO 的《物联网医疗开发与实训》项目教学法研究[J].电脑知识与技术,2020,16(11):170-171+173.
- [6] 柴瑞谦,王波,倪受春,等.CDIO 理念下项目化教学模式在汽车设计课程中的应用[J].时代汽车,2020(17):76-78.
- [7] 许斌,马江龙,林思建.CDIO 模式下测控专业的项目驱动式教学改革[J].电气电子教学学报,2020,42(6):41-44.
- [8] 陈嘉清,韦婷婷.基于 CDIO 教育理念的 BIM 工程能力提升研究[J].科技经济导刊,2021,29(3):163-164.
- [9] 林睦纲,赵辉煌,陈坚祯,等.基于 CDIO 理念的《JAVA 网络编程》课程教学模式探讨[J].中国教育信息化,2021(4):45-48.
- [10] 李岚,杜佳,张晓雨,等.基于 CDIO 理念的应用型课程混合式教学改革与研究——以《动态 Web 技术》课程为例[J].兰州文理学院学报(自然科学版),2021,35(1):119-123+128.

(上接第 73 页)

盐源县 2018 年和 2020 年年均雷暴日数较多的地区主要分布于南部边缘地区,包括黄草镇、藤桥乡、树河镇、马鹿乡;2019 年年均雷暴日数较多的地区主要包括盐井镇、黄草镇、大草乡、桃子乡、白乌镇、阿萨乡。2018—2020 年盐源县雷电密度最高主要分布在南部和东部边缘地区,其中以藤桥乡、树河镇、黄草镇、博大乡、阿萨乡、巴折乡为主。

3) 总体来看,凉山州森林火灾高危地区是四川省雷电发生的高频区,雷电活动频繁、森林覆盖面

广,极易导致森林雷击火灾的发生。通过对凉山州森林火灾高危地区的雷电活动规律的研究,后期进一步对雷击火发生的年变化和时空分布进行研究分析的基础上<sup>[10]</sup>,掌握雷电发生的准确性和实时性,提高雷电灾害的预警和及时性,结合我国不断进步的闪电定位技术、区域防雷理论等,可采取有针对性的雷击火灾风险防范和应急管理措施<sup>[11]</sup>,最大程度地降低凉山州森林火灾高危区的雷电灾害风险。

#### 参考文献:

- [1] 王会福,龚立群.秦岭林区雷击火的发生和预防[J].陕西林业科技,2013(5):69-70+72.
- [2] LYNCH J A, HOLLIS J L, HU F S. Climatic and landscape controls of the boreal forest fire regime: Holocene records from Alaska [J]. *Journal of Ecology*, 2004, 92(3): 477-489.
- [3] 蒋岳新,舒立福,王秋华.四川省地震灾区森林火灾特点及防火对策[J].森林防火,2009(1):22-25.
- [4] 唐秀俊,梁芬,顾先锋.雷公山保护区森林火灾防控及对策[J].绿色科技,2016(20):107-109.
- [5] 黄大海.四川凉山 13 个县(市)发布高森林草原火险红色预警[N].川观新闻,2021-03-29.
- [6] 田晓瑞,舒立福,王明玉,等.大兴安岭雷击火时空分布及预报模型[J].林业科学研究,2009,22(1):14-20.
- [7] 江云,熊忠伟.盐源县土壤有效硼、铜含量及影响因素分析[J].四川林业科技,2015,36(1):58-61.
- [8] 唐赞,朱俊儒,周承,等.淮安地区闪电活动时空分布特征分析[J].现代农业科技,2015(8):250-252.
- [9] 李华.黑龙江大兴安岭森林雷击火环境及预测预报[D].北京:中国林业科学研究院,2005.
- [10] 张琨,余海蓉,卜俊伟.四川省雷电灾害风险致灾性评估研究[J].农业灾害研究,2021,11(4):130-131.
- [11] BRABANDER O P, VDOVINA O A, GRISHIN A M, et al. Investigation of the conditions of transition of a surface forest fire to a crown fire [J]. *Combustion, Explosion, and Shock Waves*, 1989, 24(4): 435-440.