

永胜县汛期暴雨的时空分布特征

朱宝菲¹, 朱宝倩², 王晏东¹, 杨锦涛¹, 成国芳¹, 张崇莉³

¹云南省永胜县气象局, 云南 丽江

²云南省永仁县气象局, 云南 楚雄

³云南省丽江市气象局, 云南 丽江

收稿日期: 2025年10月9日; 录用日期: 2025年11月4日; 发布日期: 2025年11月13日

摘要

本研究基于永胜县国家气象站(1993~2023年)和38个区域自动站(2013~2023年)的5~10月逐日降水数据, 采用统计分析和小波分析等方法, 系统分析了永胜县汛期暴雨的时空分布特征。本研究具有明确的区域应用价值。永胜县地处地形复杂区域, 汛期暴雨是引发山洪、滑坡、泥石流等自然灾害的主要诱因。因此, 系统分析该地区暴雨的气候特征, 可为当地的防灾减灾、水资源管理和气象预报服务提供科学依据。

关键词

气候特征, 汛期, 暴雨, 时空分布, 永胜县

Spatiotemporal Distribution Characteristics of Heavy Rainfall during the Flood Season in Yongsheng County

Baofei Zhu¹, Baoqian Zhu², Yandong Wang¹, Jintao Yang¹, Guofang Cheng¹, Chongli Zhang³

¹Yongsheng County Meteorological Bureau, Lijiang Yunnan

²Yongren County Meteorological Bureau, Chuxiong Yunnan

³Lijiang County Meteorological Bureau, Lijiang Yunnan

Received: October 9, 2025; accepted: November 4, 2025; published: November 13, 2025

Abstract

Based on daily precipitation data from May to October collected at the national meteorological station in Yongsheng County (1993~2023) and 38 regional automatic weather stations (2013~2023), this study systematically analyzes the spatiotemporal distribution characteristics of heavy rainfall during the flood season in Yongsheng County using statistical analysis and wavelet analysis. The

文章引用: 朱宝菲, 朱宝倩, 王晏东, 杨锦涛, 成国芳, 张崇莉. 永胜县汛期暴雨的时空分布特征[J]. 自然科学, 2025, 13(6): 1248-1255. DOI: 10.12677/ojns.2025.136130

research has clear regional application value. Located in an area with complex terrain, heavy rainfall during the flood season is a major trigger of natural disasters such as flash floods, landslides, and debris flows in Yongsheng County. Therefore, a systematic analysis of the climatic characteristics of heavy rainfall in this region can provide a scientific basis for local disaster prevention and mitigation, water resource management, and meteorological forecasting services.

Keywords

Climate Characteristics, Flood Season, Heavy Rainfall, Spatiotemporal Distribution, Yongsheng County

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

永胜县是云南省丽江市下辖县之一，县境位于云南省西北部，丽江中部，地处滇西北高原与横断山脉交汇处，长江上游地区。永胜县县城位于永北镇，全县面积 4952 平方千米，辖 9 个镇、6 个乡，属亚热带山地季风气候，海拔高度在 1056 至 3963 米之间，东与华坪县相交，西与玉龙县相依，北和宁蒗彝族自治县毗邻，南与大理州宾川县相连，是丽江的重要交通枢纽地。永胜县占据地理优势，地跨横断山脉和滇西北高原两种地貌，是三江并流的边缘地区，有江、河、湖泊、河谷等多种地貌类型，地势东北高、西南低。金沙江从县境北部的松坪乡入境，沿西部往南经大安、顺州后向东折，经涛源、片角、鲁地拉、仁和等乡镇后出境，在永胜境内有长达 215 千米的河段。受复杂地形、地貌及季风气候影响，永胜县降水具有很强的局地性、突发性及短时降水强度大的特征，因汛期 5~10 月累计降水量占全年降水量的 94.8%，导致汛期暴雨引发的洪涝、泥石流、山体滑坡等灾害成为永胜县主要的灾害性天气之一，常给当地人民生命财产造成严重的损失[1]-[6]。虽然不少学者对云南暴雨进行研究分析，如：张云瑾等[3]通过对长达 14 年云南盛夏 45 次成片暴雨的当天和前一天各层天气图的统计分析，分析出 9 种与暴雨形成有关的天气系统；朱莉等[7]对云南两次局地特大暴雨个例进行了数值模拟，分析了其条件不稳定性、对流不稳定性以及条件性对称不稳定性；铁永波等[8]针对 2020 年 5 月 25 日贡山县强降雨诱发的地质灾害，分析了其发育分布特征与形成机制及地形影响；黄初龙等[9]对比分析了昆明地区发生在夏季和秋季的两次局地大暴雨过程，分析影响系统、水汽来源和对流环境等方面的差异；解明恩等[10]利用 1961~2018 年云南省逐日降水资料，分析了云南雨涝过程特征，构建了雨涝指数，用于客观定量监测和评估云南洪涝灾害的强度，并分析了 1961~2018 年云南雨涝过程的特征；胡颖等[11]从致灾因子危险性、孕灾环境敏感性和承灾体易损性三个方面，建立了云南省 1 km 分辨率的暴雨灾害风险评估模型与风险区划。但是针对永胜县县域降水的分析较少，本研究基于永胜县国家气象站(1993~2023 年)和 38 个区域自动站(2013~2023 年)的 5~10 月逐日降水数据研究汛期暴雨日数、暴雨强度、暴雨贡献率、暴雨初终日、连续暴雨等的气候特征，分析出永胜县汛期暴雨时空特征分布，进一步为当地的防灾减灾、水资源管理和气象预报预警服务提供科学依据。

2. 资料与方法

本研究采用永胜国家基本气象站 1993~2023 年 5~10 月的逐日降水资料，运用统计和线性分析方法分析近 31 年汛期暴雨日数、暴雨强度、暴雨贡献率及暴雨初终日数的变化等，并利用 Morlet 小波分析汛期暴

雨对时间的变化规律。

由于区域站建站时间偏晚，部分资料缺失，选择 2013~2023 年近 11 年 38 个区域自动站降水数据和永胜国家基本气象站的汛期 5~10 月降水数据资料进行分析，利用 Surfer 软件，对统计数据和基底图进行网格化处理，从而形成永胜县汛期暴雨空间分布图。

根据云南汛期的定义，将汛期定义为每年 5~10 月。暴雨日定义为：前日 20:00~当日 20:00，日降雨量 ≥ 50 mm，大暴雨日降雨量 ≥ 100 mm，特大暴雨日降雨量 ≥ 250 mm；暴雨强度定义为暴雨降雨量和暴雨日数的比值；暴雨贡献率定义为暴雨降雨量与同期总降雨量的比值；连续暴雨为连续 2 d 及以上的暴雨。

3. 永胜国家基本气象站汛期暴雨时间分布分析

3.1. 汛期雨量分析

1993~2023 年均降雨量为 912.4 mm，汛期年均降雨量为 864.7 mm，占 94.8%；汛期年均暴雨降雨量为 143.1 毫米，占汛期年均降雨量的 16.5%。经计算暴雨日数与汛期暴雨降雨量、年降雨量的相关系数分别为 0.94 和 0.27，说明暴雨日数与汛期暴雨降雨量具有很好的相关性，但与年降雨量的相关性较弱。1993~2023 年汛期有 5 年无暴雨日，占 16.13%，最多暴雨次数出现在 2019 年的 5 次，占 3.23%，近 31 年来每年有 1 场暴雨的频率占 19.34%，每年有 2 场的暴雨频率占 41.94%，每年有 3 场的暴雨频率占 16.13%，每年有 4 场的暴雨频率占 3.23%。

3.2. 月际变化

由每年汛期各月暴雨累计次数(图 1)可知，除 5 月未监测到暴雨外，6~10 月均监测到暴雨。其中，汛期暴雨单月累计：6 月 9 d，7 月 18 d，8 月 19 d，9 月 9 d，10 月 1 d。7~8 月汛期暴雨在 15 d 以上，占总日数的 66%，10 月仅出现 1 d(2018 年 10 月 1 日 61.3 mm)，由此可见汛期暴雨集中在 7~8 月，且 1995 至 2003 年连续 9 年在 7 月均出现一场暴雨天气，而相较于其余月份，在 8 月多出现 2 场及 2 场以上的暴雨天气。

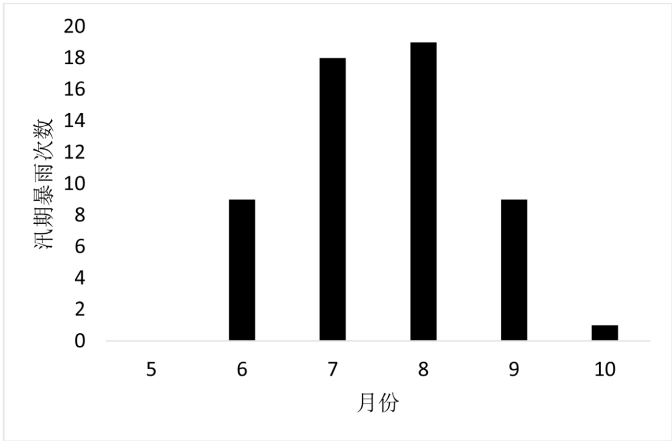


Figure 1. Cumulative distribution of heavy rainfall frequency during the 1993~2023 flood seasons
图 1. 1993~2023 年汛期暴雨次数累计分布

3.3. 年际变化

对永胜县汛期暴雨发生次数进行统计发现，近 31 年汛期暴雨总日数为 56 d，年平均 1.8 d，大暴雨

日数为 4 d, 占 7%, 除 2004 年外, 仅在 2019 年至 2022 年陆续出现 3 次大暴雨现象, 但无特大暴雨天气现象。暴雨日数出现最多的年份为 2019 年 5 d, 有 5 年无暴雨日(2006、2008、2011~2013 年)。从汛期暴雨日数变化趋势(图 2(a))可得知, 近 31 年来永胜汛期暴雨日数以 0.007 d/年的速率增加, 趋势系数为 0.052 (未通过 $\alpha = 0.05$ 的显著性检验), 增幅不明显。由图可知, 在 20 世纪 90 年代至 21 世纪 00 年代中期, 暴雨日数处于相对稳定期; 21 世纪 00 年代中后期至 10 年代中期, 暴雨日数处于偏少期, 且无暴雨趋势明显; 21 世纪 10 年代中期至 2023 年暴雨日数逐渐偏多, 突破 1993 年来暴雨日数极值, 总体呈增长趋势。从汛期暴雨日数的小波分析(图 2(b))看, 暴雨日数的年际变化具有低频波动、局部年际突变的特点。高值年集群呈现约 8 年的时间间隔及局部年际波动的 4 年左右的小周期; 汛期暴雨日数存在多时间尺度的周期性特征, 且在不同时期尺度的信号强度随时间变化存在显著差异, 短周期波动活跃, 中、长周期表现出比较明显的年代际变化规律。

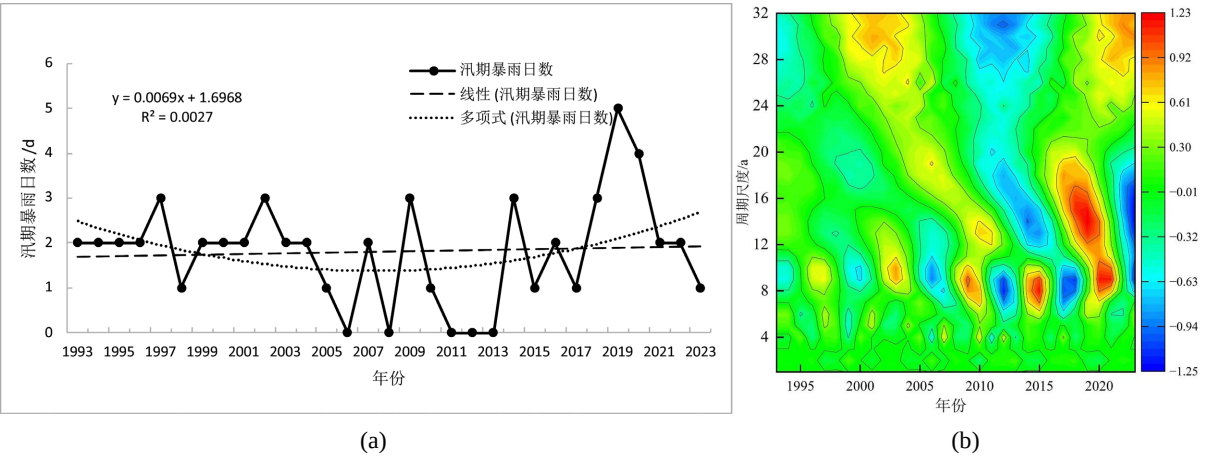


Figure 2. Interannual variation (a) and wavelet analysis (b) of heavy rainfall days during the 1993~2023 flood seasons
图 2. 1993~2023 年汛期暴雨日数的年际变化(a)和小波分析(b)

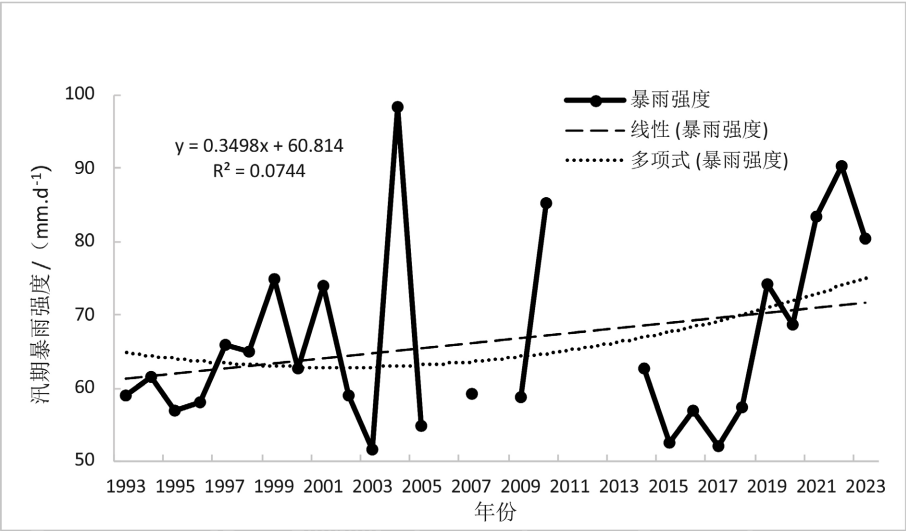


Figure 3. Interannual variation of heavy rainfall intensity during the 1993~2023 flood seasons
图 3. 1993~2023 年汛期暴雨强度的年际变化

永胜县汛期平均暴雨强度(图 3)为 66.3 mm/d, 单日最大平均暴雨强度出现在 2022 年 90.2 mm/d, 单

日最小平均暴雨强度出现在 2003 年 51.6 mm/d (除无暴雨年份); 单日最大暴雨强度出现在 2004 年 132.7 mm/d, 最小暴雨强度 50 mm/d, 出现在 1996 年(除无暴雨年份)。汛期平均暴雨强度以 0.35 mm/(d·年)的速率增强, 趋势系数为 0.273 (未通过 $\alpha = 0.05$ 的显著性检验), 突变性明显。由图知, 20 世纪 90 年代至 21 世纪 00 年代中期, 暴雨强度呈稳步增长趋势; 21 世纪 00 年代中后期至 21 世纪 10 年代中期, 暴雨强度波动明显, 且有 5 年无暴雨日明显; 2014 年以后暴雨强度逐渐稳定偏强, 呈增长趋势。

1993~2023 年永胜县汛期平均暴雨贡献率为 13.9%, 2019 年最大 40.2%, 1998 年和 2005 年最小 6.1% (除无暴雨年份外)。由(图 4)可知, 近 31 年来永胜县暴雨贡献率变化由稳定至先减后增。1997、2009、2014、2018~2022 年 8 年暴雨贡献率在 20%以上, 其余年份均在 20%以下。1993~2004、2018~2022 年暴雨贡献较为稳定。

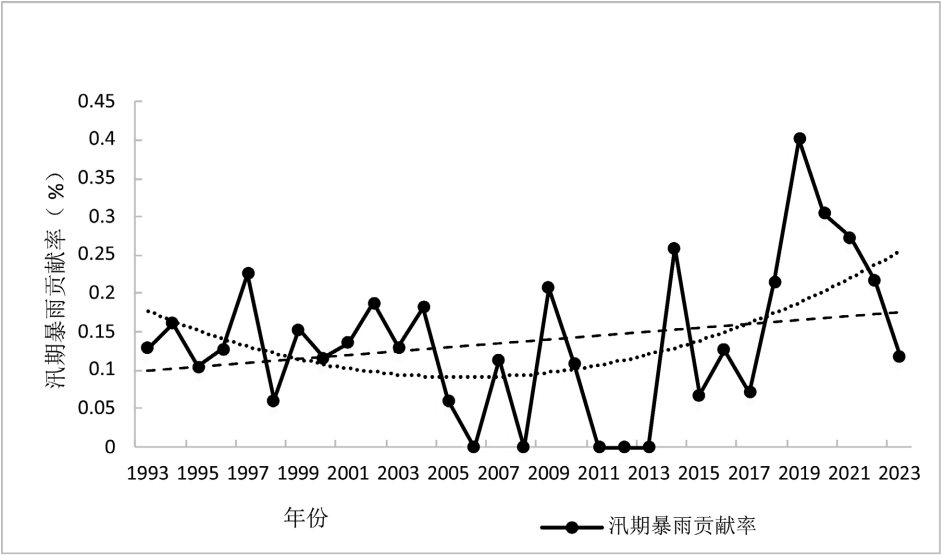


Figure 4. Contribution rate of heavy rainfall during the 1993~2023 flood seasons
图 4. 1993~2023 年汛期暴雨贡献率

3.4. 暴雨初、终日变化

永胜县 1993~2023 年汛期暴雨平均初日为 7 月 8 日, 最早在 6 月 10 日(2009 年), 最晚 8 月 4 日(2004 年), 暴雨初日出现在 6、7 月份次数最多, 均占 45%; 平均终日为 8 月 18 日, 暴雨终日出现在 9 月份次数最多, 占 35%, 终日最早 7 月 6 日(2016 年), 最晚 10 月 1 日(2018 年); 汛期暴雨初日至终日平均持续 41 天, 最长 109 天(2009 年 6 月 10 日~9 月 27 日)、最短 10 天(2007 年 7 月 10 日~7 月 20 日), 汛期暴雨长度变化大, 从 10 天到 109 天。分析可知, 1993~2023 年, 暴雨发生时间在年际尺度上保持相对稳定, 汛期暴雨初终日及汛期长度无显著的线性变化趋势。

3.5. 连续暴雨的变化

永胜县汛期自 1993~2023 年来仅有一次连续两天出现大于 50 毫米的降水, 出现在 2020 年 8 月 17 日至 18 日, 分别降雨 91.7 mm、60.8 mm。由此可知, 永胜县连续性降暴雨的概率较小。

4. 永胜县汛期暴雨的空间分布

由于永胜地区仅一个国家基本气象站, 因此, 本研究还选取 2013~2023 年永胜地区 38 个区域自动站的逐日降水资料, 将站点选取更密集, 数据更具代表性, 空间分布呈精细化, 能较好反映出永胜县汛期

暴雨的空间分布，但由于选取时间仅 11 年，也存在时间上的局限性。

从 2013~2023 年永胜地区汛期暴雨的平均暴雨日数空间分布(图 5(a))可知，永胜平均暴雨日数基本呈现“由南向北逐渐增多”的分布特点，即永胜南部片角向北至松坪暴雨日数逐渐增加，南部片角、涛源、期纳、鲁地拉、程海一带降雨日数最少，东山、松坪一带最多。平均暴雨日数的最高值区出现在永胜东南部东山，为 3.6d，次高值为永胜的北部松坪 3.5 d，其周围暴雨日数均呈正常；最少暴雨日数位于片角 - 程海一带，最小值为 1 d 左右。

从 2013~2023 年永胜地区汛期暴雨的平均暴雨强度空间分布(图 5(b))可知，汛期暴雨强度呈现“中间弱四周强”的特点，中部暴雨强度相较于北部松坪、南部片角、东部仁和一带较弱，且中部暴雨强度往四周逐渐增强，其中南部片角一带最强，最大值达 78.7 mm/d，其次为东部仁和 - 六德一带为 78.6 mm/d；而暴雨强度的小值区位于大安 - 程海 - 期纳一带均值约为 63.7 mm/d。由平均暴雨强度分布图也可知，永胜暴雨点受地形影响和相邻县域强对流天气影响较大，永胜县域边缘地区平均暴雨强度值较大，且暴雨强度低值区呈片状分布。

由汛期暴雨日数图和暴雨强度图知，松坪、东山、仁和一带降雨次数与强度呈正相关，片角一带降雨次数少但降水强度大，县中间区域相对稳定，也侧面反映与其他县域紧邻的乡镇，降水受影响较大。一般而言，北部松坪、大安降雨常受西北部玉龙、古城一带的影响，对流由西北向东南移动，常具有局地性短时强降水的特征；东南部东山、仁和、六德一带受楚雄的影响，对流常呈东南 - 西北移向，伴随着强降水和冰雹天气；片角、涛源、期纳等南部一带降水常受大理影响，对流由西向东移动，边缘地区常影响到片角区域，造成片角出现山体滑坡等自然灾害，且近年来片角影响最重的自然灾害常出现在 9 月；受东北部宁蒗的影响，对流呈东北 - 西南移，常影响到光华、三川、羊坪、永北一带，带来强降水和冰雹天气。

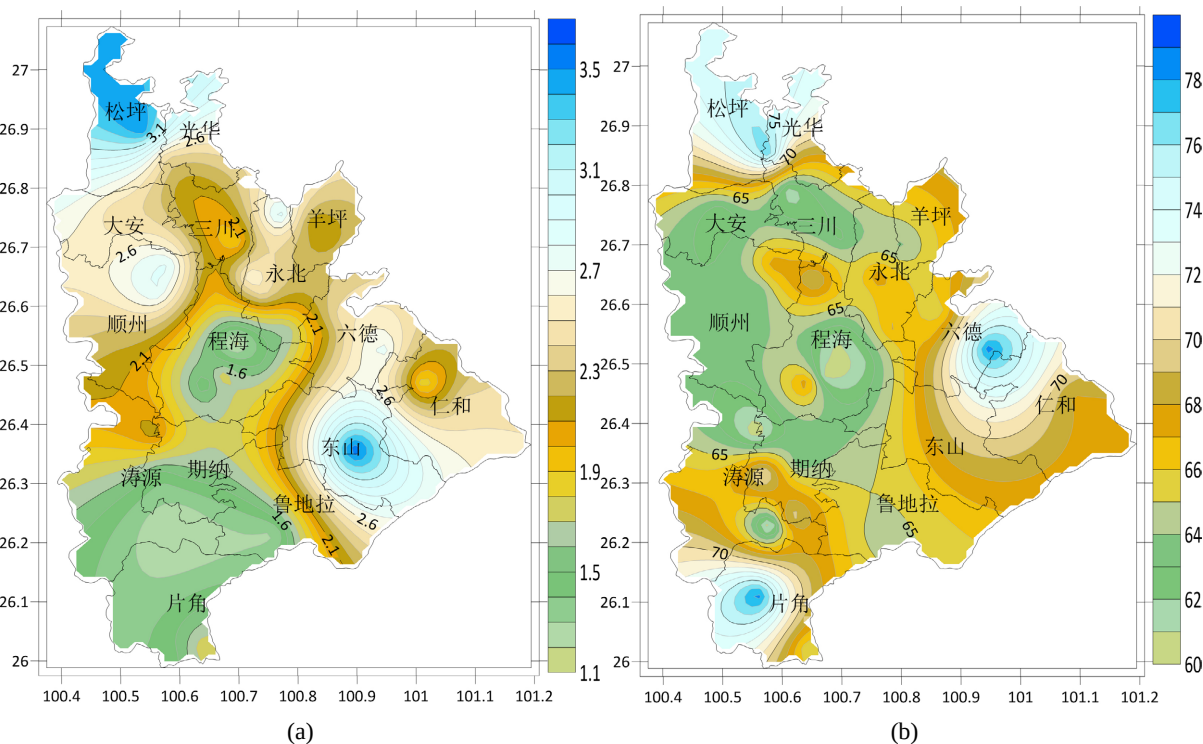


Figure 5. Spatial distribution of heavy rainfall days (a) and heavy rainfall intensity; (b) during the 2013~2023 flood seasons
图 5. 2013~2023 年汛期暴雨日数(a)和汛期暴雨强度; (b) 空间分布

5. 永胜县暴雨时空分布特征与云南降雨的相似点

云南地处低纬高原地区,影响云南降雨的主要天气系统为南支槽、昆明准静止锋、切变线、辐合区、西南低涡、热带气旋等,且云南靠近孟加拉湾和南海两个热源和水汽源,受东亚夏季风和印度西南季风的影响,和来自北方和青藏高原上空冷空气的影响以及地形的作用,局地暴雨频发,具有突发性强、强度大、历时短的特点[3][7],从永胜汛期暴雨空间分布图上也能反映出以上特点,松坪、东山、仁和一带降雨次数与强度呈正相关,片角一带降雨次数少但降水强度大,说明单次降雨强度大;由于永胜地貌多样,地形对降雨的影响也较大,从图 5 也能看出,由华坪移来的暴雨往往影响到六德和仁和区域,受地形影响,向永胜中部移动时强度减弱,降雨强度相对偏小。“七下八上”是云南防汛期的关键时刻,从永胜汛期暴雨日数分布也能发现,暴雨集中出现在 7 月下旬和八月上旬的频率较高。总而言之,云南省地貌丰富、地形多样,暴雨类型及分布也受多方协同影响,永胜县暴雨的分布特征也仅是云南省暴雨天气的缩影之一。

6. 结论

- 1) 汛期暴雨日数与汛期暴雨降雨量具有较强的相关性,但与年降雨量的相关性较弱。
- 2) 汛期暴雨集中在 7~8 月,累计汛期暴雨日数在 15 d 以上,占总日数的 66%,1995 至 2003 年在 7 月均出现暴雨天气,8 月出现 2 次暴雨天气的概率较大。
- 3) 汛期暴雨总日数为 56 d,年平均 1.8 d,大暴雨日数为 4 d,除 2004 年外,仅在 2019 年至 2022 年陆续出现 3 次大暴雨现象,但无特大暴雨天气现象;暴雨日数出现最多的年份为 2019 年 5 d,有 5 年无暴雨日,且仅有一场连续暴雨。
- 4) 永胜县汛期平均暴雨强度为 66.3 mm/d,最大暴雨强度出现在 2004 年 132.7 mm/d,最小 50 mm/d,出现在 1996 年(除无暴雨年份)。
- 5) 1993~2023 年永胜县汛期平均暴雨贡献率为 13.9%,2019 年最大 40.2%,1998 年和 2005 年最小 5.1% (除无暴雨年份外)。
- 6) 汛期暴雨平均初日为 7 月 8 日,暴雨初日出现在 6、7 月份次数最多,均占 45%;平均终日为 8 月 18 日,暴雨终日出现在 9 月份次数最多,占 35%。
- 7) 2013~2023 年永胜地区汛期暴雨的平均暴雨日数空间分布呈现“由南向北逐渐增多”的特点,平均暴雨强度空间分布呈现“中间弱四周强”的特点。

项目名称

项目编号: LJQXKJCX-2024-06; 项目名称: 永胜县汛期暴雨的时空分布特征分析。

参考文献

- [1] 于淑婷,罗亚丽,李建. 1982-2016 年云南省不同强度降水气候态及其变化[J]. 暴雨灾害, 2020, 39(4): 363-371.
- [2] 万石云,李华宏,胡娟. 云南省滑坡泥石流灾害危险区划[J]. 灾害学, 2013, 28(2): 60-64.
- [3] 张云瑾,张成军,冉茜,等. 云南盛夏暴雨分析[J]. 云南大学学报(自然科学版), 1994(S1): 132-136.
- [4] 程建刚,解明恩. 近 50 年云南区域气候变化特征分析[J]. 地理科学进展, 2008(5): 19-26.
- [5] 程建刚,王学锋,范立张,等. 近 50 年来云南气候带的变化特征[J]. 地理科学进展, 2009, 28(1): 18-24.
- [6] 浦吉存,黄中艳,高敏. 云南气候特征与主要经济作物种植适宜性的关系[J]. 气象研究与应用, 2021, 42(1): 53-57.
- [7] 朱莉,张腾飞,丁治英. 云南两次灾害性特大暴雨不稳定机制的对比分析[J]. 自然灾害学报, 2015, 24(2): 178-185.

-
- [8] 铁永波, 阮崇飞, 杨顺, 等. 云南省贡山县“5·25”暴雨诱发地质灾害的特征与形成机制[J]. 水土保持通报, 2021, 41(2): 10-15+24.
 - [9] 黄初龙, 王将, 耿琼, 等. 昆明不同季节两次局地大暴雨过程对比分析[J]. 云南大学学报(自然科学版), 2021, 43(2): 315-325.
 - [10] 解明恩, 陈鲜艳, 张文千, 等. 雨涝指数在云南洪涝灾害监测中的应用[J]. 灾害学, 2022, 37(3): 77-83.
 - [11] 胡颖, 殷娴, 陈剑桥, 等. 基于 GIS 的云南省 1km 精细化暴雨灾害风险评估[J]. 气象科技, 2022, 50(5): 742-750.