

谢仁波, 张李娟, 李金星, 等. 铜仁市暴雨局地性、同步性和相关性研究[J]. 中低纬山地气象, 2023, 47(2): 59-63.

铜仁市暴雨局地性、同步性和相关性研究

谢仁波¹, 张李娟², 李金星¹, 简 鑫¹, 张怀芳¹

(1. 贵州省印江县气象局, 贵州 印江 555200; 2. 贵州省万山特区气象局, 贵州 万山 554200)

摘 要:通过对贵州省铜仁市 10 个国家级地面气象观测站 2007—2021 年逐日降水资料统计分析发现:(1)铜仁市暴雨天气过程的局地性非常突出,大暴雨以上天气过程单站率占 70.4%,暴雨以上天气过程单站率为 50%,研究时长内没有查询到 10 个国家级台站同日出现暴雨的案例。(2)铜仁市暴雨天气过程同步性总体较差,有 95.6% 的台站暴雨以上同步率 < 50%。(3)台站间年度暴雨日数相关性总体不明显,仅有 22.2% (6.7%) 能通过 0.05 (0.01) 显著性检验。(4)发生暴雨以上天气过程时,站间雨量相关性也不够理想,有 64.4% (60%) 能通过 0.05 (0.01) 显著性检验,其中西部思南和印江之间相关性最好,大暴雨天气过程雨量相关系数达到 0.8550,暴雨以上天气过程雨量相关系数达到 0.7908;东部碧江和万山之间相关性最好,大暴雨以上天气过程雨量相关系数为 0.6067,暴雨以上天气过程相关系数为 0.5772,可供复杂地形下精细化预报参考。

关键词:暴雨过程;局地性;相关性;同步性;铜仁市

中图分类号:P426.61+3 **文献标识码:**A

A Study on Locality, Synchronicity and Correlation of Heavy Rain in Tongren City

XIE Renbo¹, ZHANG Lijuan², LI Jinxing¹, JIAN Xin¹, ZHANG Huaifang¹

(1. Yinjiang Meteorological Bureau of Guizhou Province, Yinjiang 555200, China;

2. Wanshan Meteorological Bureau of Guizhou Province, Wanshan 554200, China)

Abstract: Through statistical analysis of daily precipitation data of 10 national ground meteorological observation stations in Tongren City, Guizhou Province from 2007 to 2021, it is found that: (1) the locality of the rainstorm weather process in Tongren is very prominent. The single station rate of the weather process above heavy rainstorm accounts for 70.4%, and the single station rate of the weather process above rainstorm is 50%. During the study period, no rainstorm cases occurred in 10 national stations on the same day were found. (2) The synchrony of rainstorm weather process in Tongren was generally poor, and 95.6% of the stations had synchrony rate of rainstorm above less than 50%. (3) The correlation between the annual number of heavy rainstorm days among the stations was generally not obvious, and only 22.2% (6.7%) could pass the significance test of 0.05 (0.01). (4) When the weather process above heavy rainstorm occurred, the rainfall correlation between stations was also not ideal, and 64.4% (60%) could pass the significance test of 0.05 (0.01). Among them, the correlation between Sinan and Yinjiang in the western was the best, and the correlation coefficient of heavy rainstorm weather process reached 0.8550, and the rainfall correlation coefficient of weather process above heavy rainstorm reached 0.7908. The correlation between Bijiang and Wanshan in the east is the best. The correlation coefficient of rainfall is 0.6067 when the weather process above heavy rainstorm occurs, and 0.5772 when the weather process above rainstorm occurs, which can be used as a reference for fine prediction under complex terrain.

Key words: rainstorm process; locality; correlation; synchronicity; Tongren City

0 引言

新时代的气象工作要围绕服务国家、服务人民和保障生命安全、生产发展、生活富裕、生态良好的定位,对标监测精密、预报精准、服务精细的要求来开展,因此降水特别是暴雨“定点、定时、定量”的精细化预报服务就显得尤为重要。铜仁市地处贵州高原自东向西的三级台阶的第一级阶梯上和贵州高原东北边缘向湘西丘陵及四川盆地过渡的斜坡地带,武陵山脉的主峰梵净山山脉将铜仁市 10 县(区)分为东西 2 部分,东部和西部各有 5 县(区)。虽然总体上来看,天气系统遵循自西向东移动,但若干回流天气和局地强对流天气的事实表明,低纬高原地区的气象要素变化除了受大气环流因子的影响外,高程、坡度、坡向等地理因子的作用不可忽视^[1],准确的暴雨落区预报依然是预报精准的必经之路。

谢仁波等^[2]研究铜仁西部 5 县各级降水同步性发现,同一天内,24%的小雨、53%的中雨、60%的大雨、66%的暴雨及 81%的大暴雨都以单站形式出现,5 站同日出生大暴雨的情况没有发生过。黎荣等^[3]统计分析表明,1988—2018 年铜仁市未出现 10 个区县同时发生暴雨的情况,暴雨天气大部分是中、小尺度系统引发,具有局地性的特点。也就是说,1 次暴雨过程影响的台站数量是有限的,发布的气象预报预警如降雨区域、时间、强度等难以精准也是客观事实,暴雨精准预报仍是世界难题^[4]。王芬等^[5]研究表明,贵州省中雨日、大雨日及暴雨日呈南多北少分布,1963—2011 年总雨日、小雨日、中雨日、大雨日整体上都呈减少趋势,而暴雨日却呈一定的增加趋势。王芬等^[6]认为,暴雨日受副高不同特征指数的影响,每年分布特征均不同。甘文强等^[7]研究表明,近年来贵州极端降雨量对总降雨量的贡献率呈增加趋势,且极端降雨日数受海拔高度的影响明显。汪文烈等^[8]对区域站与国家站观测的气温、降水相关性分析发现,台站间暴雨日数相关性最差。因此,对复杂地形下一定范围内暴雨天气过程的同步性、相关性进行统计分析,对铜仁市降水精细化预报有一定参考意义。

1 资料和方法

资料主体为铜仁市思南、德江、沿河、印江、石阡、松桃、碧江、江口、万山、玉屏等 10 个国家级气象观测站 2007—2021 年逐日降水资料。所辖区域在东西 2 个经度,南北 2 个纬度范围内。

关于暴雨天气过程,本文把铜仁市看作 1 个整体,规定凡某日出现 1 站以上 50mm 以上降水称为铜仁市出现了暴雨天气降水过程。

关于暴雨局地性,凡仅有 1 站出现 50mm 以上的降水,称为单站暴雨,以单站率大(小)衡量局地性程度。

关于暴雨同步性,本文规定为同一日(20—20 时)A 站出现暴雨以上量级降水时,其他 1 个或多个台站同日出生暴雨时称为暴雨同步,其同步性好(差)用 1 个或多个台站同日出生暴雨日数与 A 站总暴雨以上总日数的比值来衡量。比值大说明同步性好,比值小说明同步性差。

关于暴雨日与雨量相关性,以相关系数来衡量,通过 Excel 求得,显著性检验用 T 检验。

2 结果分析

2.1 问题引入

2014 年 6 月 3 日夜至 4 日凌晨,铜仁市石阡县、印江县部分地区出现大暴雨到特大暴雨,石阡县城周边出现超过有气象记录以来的历史极值,县城出现大面积内涝,基础设施毁损严重,水电路讯中断,紧急转移 43 837 人,因灾死亡 7 人,失踪 1 人,直接经济损失 28 亿元。图 1 给出了铜仁市各区县地理位置和当日降水情况。

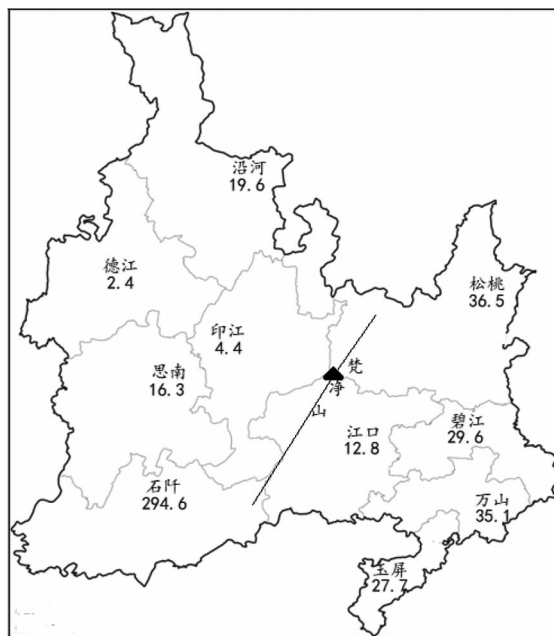
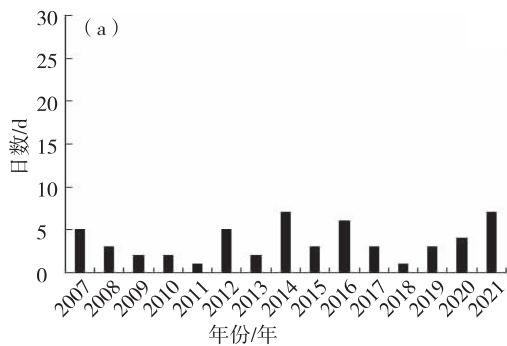


图 1 铜仁市 2014 年 6 月 4 日降水分布(单位:mm)

Fig. 1 Precipitation distribution
in Tongren City on June 4, 2014(unit:mm)

从图 1 可以看出,在石阡出现 294.6 mm 特大暴雨情况下,同处西部的沿河、思南仅出现中雨,德

江、印江仅出现小雨。同处南部的江口出现中雨,万山、玉屏仅出现大雨量级。假定石阡特大暴雨可以通过某个模式或系统或预报员经验完整准确预报出来,相邻区县预报量或至少应在暴雨及以上,是否存在“雨岛”效应?因此,在目前科技条件下,研究铜仁暴雨过程局地性、同步性和相关性仍是重要的基础研究。



2.2 铜仁市暴雨以上过程年际变化

图2给出了大暴雨(暴雨)日数年际变化。从大暴雨日(日降水量 $\geq 100\text{ mm}$)来看,铜仁市在1~7 d之间,年均3.6 d,从暴雨过程($50\text{ mm} \leq \text{日降水量} < 100\text{ mm}$)来看,铜仁在10~27 d之间,平均15.2 d。年际间大暴雨和暴雨日变化大,年度预报难度也大。

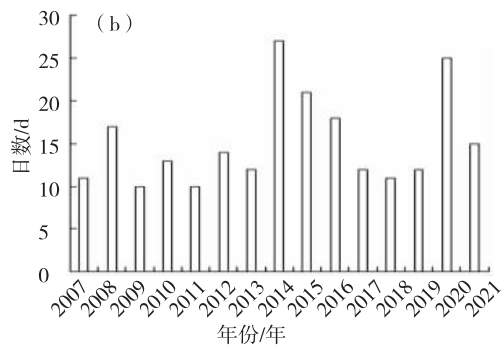


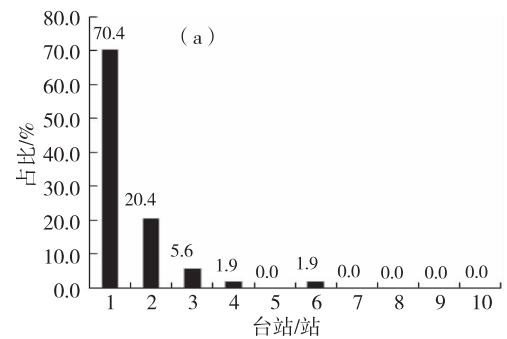
图2 铜仁市暴雨过程年际变化(a:大暴雨, b:暴雨)

Fig. 2 Interannual variation of rainstorm processes in Tongren (a:heavy rainstorm, b:rainstorm)

2.3 暴雨过程局地性分析

前面已指出,铜仁市年际间暴雨过程数量变化大,那么暴雨过程涉及的台站数又如何呢?涉及的台站数是可以衡量局地性强弱的一个信号或指标。且由于涉及的特大暴雨过程较少,在局地性分析时,图3仅给出暴雨过程中日降水量 $\geq 100\text{ mm}$ 和日降水量 $\geq 50\text{ mm}$ 涉及的台站数量与大暴雨(暴雨)过程数百分比。

由图3可知,铜仁市的大暴雨和暴雨天气过程



常以单站形式出现,其中大暴雨及以上天气过程单站率占70.4%,暴雨过程单站率为50%。同日出现100 mm以上降水涉及的最多台站数为6站,达到区域性大暴雨标准的约为1/10;同日出现50 mm以上降水涉及的最多台站数为8站,达到区域性暴雨标准的占比约占1/3。在2007—2021共15 a的研究时段内没有查询到10个国家级台站同日出现暴雨的案例,在一定程度上又证明铜仁暴雨局地性明显。

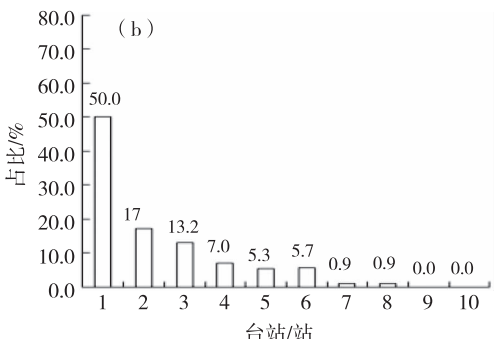


图3 铜仁市暴雨过程中受影响的台站数占比(a:大暴雨, b:暴雨)

Fig. 3 Proportion of affected stations during the rainstorm in Tongren (a:heavy rainstorm, b:rainstorm)

2.4 暴雨过程同步性分析

表1统计了统计指标站出现暴雨以上量级时,目标站当日出现暴雨以上量级的情况,其中同步率为目标站同日出现次数与指标站出现总次数之比,以百分数表示。由表1可知,西部距离最近的思南—印江2站之间暴雨及以上过程同步性比较好,

分别达到71.1%和54.0%,东部碧江与江口同步性稍高,分别为53.6%和51.7%,有95.6%的台站暴雨以上同步率 $< 50\%$,其中西部思南和东部玉屏间的同步性最差,同步率只有7.9%和6.5%,离预报精准的差距还很大,分县分区域的订正预报非常重要。

表 1 铜仁市国家级台站站间暴雨同步率(单位:%)

Tab.1 Synchronization rate of rainstorm among national stations in Tongren City(unit:%)

指标站	目标站	同步率	指标站	目标站	同步率	指标站	目标站	同步率	指标站	目标站	同步率	指标站	目标站	同步率
沿河	德江	43.1	德江	印江	32.1	印江	思南	54.0	思南	石阡	18.4	石阡	松桃	33.3
	印江	25.5		思南	30.2		石阡	18.0		松桃	39.5		碧江	31.0
	思南	21.6		石阡	13.2		松桃	46.0		碧江	26.3		江口	42.9
	石阡	15.7		松桃	34.0		碧江	30.0		江口	42.1		万山	23.8
	松桃	43.1		碧江	15.1		江口	36.0		万山	23.7		玉屏	33.3
	碧江	17.6		江口	18.9		万山	14.0		玉屏	7.9		沿河	19.0
	江口	19.6		万山	15.1		玉屏	10.0		沿河	28.9		德江	16.7
	万山	19.6		玉屏	9.4		沿河	26.0		德江	42.1		印江	21.4
	玉屏	13.7		沿河	41.5		德江	34.0		印江	71.1		思南	16.7
松桃	碧江	36.4	碧江	江口	53.6	江口	万山	39.7	万山	玉屏	37.0	玉屏	沿河	15.2
	江口	36.4		万山	42.9		玉屏	29.3		沿河	18.5		德江	10.9
	万山	21.2		玉屏	30.4		沿河	17.2		德江	14.8		印江	10.9
	玉屏	13.6		沿河	16.1		德江	17.2		印江	13.0		思南	6.5
	沿河	33.3		德江	14.3		印江	31.0		思南	16.7		石阡	30.4
	德江	21.2		印江	26.8		思南	27.6		石阡	18.5		松桃	19.6
	印江	28.8		思南	17.9		石阡	31.0		松桃	25.9		碧江	37.0
	思南	16.7		石阡	23.2		松桃	41.4		碧江	48.1		江口	37.0
	石阡	16.7		松桃	42.9		碧江	51.7		江口	42.6		万山	43.5

注:同步率超过 50% 的加粗显示。

2.5 暴雨过程相关性分析

2.5.1 铜仁市台站间年暴雨以上日数相关性 表 2 给出了近 15 a 来铜仁市台站间年暴雨以上日数相关系数。通过相关系数显著性检验得知,沿河—德江、沿河—印江、沿河—思南、德江—石阡、印江—

思南、印江—碧江、思南—松桃、思南—碧江、石阡—碧江、碧江—万山间的相关系数可通过 0.05 检验,通过比例为 22.2%;印江—碧江、印江—思南、德江—石阡间的相关系数可通过 0.01 检验,通过比例仅为 6.7%。

表 2 铜仁市台站间暴雨以上日数相关性

Tab.2 Correlation of heavy rainstorm days among stations in Tongren City

	沿河	德江	印江	思南	石阡	松桃	碧江	江口	万山
德江	0.5199								
印江	0.5182	0.4659							
思南	0.6093	0.4532	0.7595*						
石阡	0.3127	0.6761*	0.3911	0.3544					
松桃	0.4795	0.5556	0.5357	0.5220	0.2905				
碧江	0.3308	0.4939	0.7650*	0.5231	0.5661	0.4609			
江口	0.0495	0.2226	0.3799	0.3178	0.4956	-0.0046	0.4887		
万山	-0.0713	0.2100	0.3837	0.4379	0.1782	0.1703	0.6277	0.4461	
玉屏	-0.1650	-0.0161	0.1212	0.2922	0.1447	-0.2295	-0.2295	0.154	0.509

注:加粗部分通过 0.05 检验,加*部分通过 0.01 检验。

2.5.2 铜仁市发生暴雨以上天气过程时台站间雨量相关性 表 3 给出了暴雨以上天气过程时站与站之间雨量相关系数。从表 3 可以看出,铜仁市出现暴雨以上天气过程时,站与站之间雨量有的呈正相

关,有的呈负相关。西部思南和印江之间相关性最好,相关系数达到 0.7908;东部碧江和万山之间相关性最好,相关系数为 0.5772。有 64.4%(60%)能通过 0.05(0.01)显著性检验。

表 3 铜仁市暴雨以上天气过程时站间雨量相关系数

Tab.3 Rainfall correlation coefficient between stations in the rainstorm weather process in Tongren City

	沿河	德江	印江	思南	石阡	松桃	碧江	江口	万山
德江	0.4031[*]								
印江	0.0798	0.2346[*]							
思南	0.0685	0.2815[*]	0.7908[*]						
石阡	-0.0170	-0.0386	0.2025[*]	0.2742[*]					
松桃	0.2275[*]	0.2498[*]	0.4125[*]	0.2921[*]	0.1988[*]				
碧江	-0.0383	-0.0546	0.2551[*]	0.2823[*]	0.2545[*]	0.2840[*]			
江口	-0.0422	-0.0078	0.3196[*]	0.3051[*]	0.3587[*]	0.2389[*]	0.5671[*]		
万山	-0.0741	-0.0992	0.0327	0.0868	0.2547[*]	0.1080	0.5772[*]	0.4501[*]	
玉屏	-0.1198	-0.1353	-0.1230	-0.0682	0.2648[*]	-0.0336	0.2404[*]	0.2553[*]	0.5285[*]

注:加粗部分通过 0.05 检验,加^{*}部分通过 0.01 检验。

进一步统计发现,铜仁市大暴雨以上天气过程站间雨量相关系数,也是有的呈正相关,有的呈负相关,其中西部思南和印江之间相关性最好,相关系数达到 0.8550;东部碧江和万山之间相关性最好,为 0.6067。相关系数显著性检验临界值 $R_{0.05} = 0.278\ 09$, $R_{0.01} = 0.347\ 65$,站与站间仅有 22.2% (17.8%) 能通过 0.05(0.01)显著性检验,其中沿河与碧江、沿河与江口是负相关。

3 结论与讨论

本文利用历史资料对铜仁 10 县降水量级进行了时空同步性分析,对提高站点降水预报水平具有一定参考意义。

(1)铜仁 10 个县(区)东西宽约 150 km,南北长约 210 km,纬向和经向大致跨 2°,暴雨以上降水同步性总体比较差,雨量相关性不够理想,暴雨以上降水中小尺度特征明显。依靠气象卫星、天气雷达等探测手段和产品,作好临近订正、跟踪和预警服务仍是当前提高公众满意度和政府决策的重要手段。

(2)同样的降水量,由于出现时间不同、降水强度不同、降水落区不同,对不同人群、不同行业产生

的影响差别很大。要达到服务精细,交叉学科的应用和灾情评定方法都需要认真研究。

(3)在下垫面影响较大的情况下,单站特大暴雨过程前、过程中是否涉及“雨岛效应”问题需要进一步研究。

参考文献

[1] 胡娟,李华宏,闵颖. 引入低纬高原复杂地形因子的气象要素精细化估算模型[J]. 气象科技,2011,39(5):552-557.
[2] 谢仁波,史向阳,李晓龙. 铜仁西 5 县各级降水同步性初探[J]. 贵州气象,2013,37(4):24-26.
[3] 黎荣,张丹丹,梅思雨,等. 近 31 a 来铜仁市暴雨气候特征分析[J]. 贵州科学,2020,38(2):54-57.
[4] 辛雨. 暴雨精准预报仍是世界难题[N]. 中国科学报,2020-08-13(1)[2022-08-03].
[5] 王芬,曹杰,李腹广,等. 贵州不同等级降水日数气候特征及其与降水量的关系[J]. 高原气象,2015,34(1):145-154.
[6] 王芬,张娇艳,谷晓平,等. 西太平洋副热带高压不同特征指数与贵州夏季降水的关系[J]. 暴雨灾害,2017,36(4):348-356.
[7] 甘文强,李刚,万雪丽. 近 57 a 5—9 月贵州极端强降水变化特征[J]. 干旱气象,2018,36(4):617-623.
[8] 汪文烈,韦玮,马林. 基于区域站与国家站观测的气温、降水相关性分析[J]. 浙江农业科学,2018,59(9):1622-1625.