

# 近58a贵州梵净山区域雨日的时空变化特征

徐大红, 胡萍, 陈超

贵州省铜仁市气象局, 贵州 铜仁  
Email: 70713686@qq.com

收稿日期: 2021年2月21日; 录用日期: 2021年3月16日; 发布日期: 2021年3月22日

## 摘要

利用1960年~2017年贵州梵净山区域10个国家观测站的逐日降水资料, 采用EOF分解法、线性回归、趋势检验、距平累积、相关分析方法, 分析该区域年雨日、不同等级雨日的空间变化特征和气候变化趋势, 以及不同等级雨日与降雨量的关系。结果得出: 总雨日的空间典型场特征中76.1%为全区一致型; 近58a中, 总雨日呈中部少雨日带、东西两边多雨日带分布, 全区域均为一致性减少趋势, 多雨日区减小趋势小, 少雨日区减小趋势明显, 总雨日的年代际分布经历了偏多 - 偏少 - 偏多 - 偏少的过程; 年小雨日数呈东多西少分布, 年中雨日数呈西北部向东南部增多分布, 年大雨日数呈西南少东部多分布, 年暴雨日数呈西南部少、东北 + 西北多的人字形分布。年雨日数与年降雨量近58a的曲线变化相似, 在1982年和2002年有明显偏多向偏少的转折, 20世纪之后雨日数下降的趋势较降水量更为明显; 各级雨日数均与年降水量呈正相关关系, 大雨日数与雨量的线性相关系数最大, 小雨日数与雨量的线性相关系数最小。

## 关键词

梵净山区域, 雨日, 空间分布特征, 时间变化特征

# Temporal and Spatial Variation Characteristics of Rainy Days in Fanjing Mountain Area of Guizhou Province in Recent 58 Years

Dahong Xu, Ping Hu, Chao Chen

Tongren city Meteorological Bureau of Guizhou Province, Tongren Guizhou  
Email: 70713686@qq.com

Received: Feb. 21<sup>st</sup>, 2021; accepted: Mar. 16<sup>th</sup>, 2021; published: Mar. 22<sup>nd</sup>, 2021

## Abstract

Based on the daily precipitation data of 10 national observatories in Fanjingshan region of Guizhou

文章引用: 徐大红, 胡萍, 陈超. 近 58a 贵州梵净山区域雨日的时空变化特征[J]. 气候变化研究快报, 2021, 10(2): 136-145. DOI: 10.12677/ccrl.2021.102017

from 1960 to 2017, the spatial variation characteristics and climate change trends of annual rainy days and different grades of rainy days in this region were analyzed by EOF decomposition method, linear regression, trend test, anomaly accumulation and correlation analysis method, and the relationship between different grades of rainy days and rainfall was also analyzed. The results show that 76.1% of the spatial typical field characteristics of total rainy days are consistent in the whole region; in the past 58 years, the total rainy days are distributed in the middle and the east and west rainy days, with a consistent decreasing trend in the whole region, with a small decreasing trend in the rainy days and an obvious decreasing trend in the less rainy days. The interdecadal distribution of the total rainy days has experienced more - less - more - less; the annual light rain days are less in the east and west, while the annual rain days increase from northwest to southeast. The annual heavy rain days are less in the southwest and more in the east, and the annual heavy rain days are less in the southwest and more in the northeast + northwest. The curve of annual rain days is similar to that of annual rainfall in recent 58 years. In 1982 and 2002, there was an obvious turning point from more to less. After the 20th century, the trend of rain days decreased more obviously than that of precipitation. There is a positive correlation between rain days at all levels and annual precipitation. The linear correlation coefficient between heavy rain days and rainfall is the largest, while the linear correlation coefficient between light rain days and rainfall is the smallest.

## Keywords

Fanjing Mountain Area, Rainy Days, Spatial Distribution Characteristics, Time Variation Characteristics

Copyright © 2021 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

全球气候变暖已是毋庸置疑的事实。IPCC 第五次评估报告(AR5)中指出, 北半球 1983 年至 2012 年可能是过去 1400 年里最热的 30 年, 全球气候变暖引发的暴雨、洪涝、高温、干旱等极端事件发生频率增加, 降水的变化趋势也会因区域不同而不同。干旱、暴雨洪涝等气象灾害事件与降雨量、雨日的多寡直接相关。因此气象工作者对降水这一气象因子展开大量的研究, 天气工作者注重对降水机理研究, 气候工作者则注重对降水变化特征及其影响展开研究。近年来, 国内外有许多学者研究气候变化对不同区域雨日和降水量及降水强度的关系, 本文参考了一些中国和相邻区域的相关研究工作[1]-[10]。多数情况下, 雨日多降雨量就多, 降雨量少则雨日就对应少, 但也不都是此变化趋势。比如, 任国玉等(2005)研究指出近 50a 中国整体区域雨日减少明显, 但平均降雨量变化趋势却不明显, 大范围旱涝事件增多, 强降水事件区域集中出现。特别是由于降水的地域差异大, 不同区域降水与雨日的异同步特征不尽相同, 因此在研究降雨强度的同时, 对雨日展开研究也很必要。张琪[1]等指出西南地区降水量分布整体呈东多西少的分布形态, 中雨日和小雨日呈明显减少趋势, 但暴雨日、大雨日均呈增加趋势。张剑明[2]等研究指出湖南雨日空间分布大致是南多北少, 雨日与降水量呈正相关关系。常军等[3]研究了近 50 年黄河流域降水和雨日指出, 年降水量与年雨日变化趋势相一致。周长艳[4]等发现四川盆地西部、中部地区雨日主要呈减少趋势, 年降水减少明显, 但盆地东部地区年平均暴雨、大雨日数及强度都呈明显增加、增强趋势。张志才[7]等研究指出贵州汛期有雨日、降雨强度、最大日降雨量的出现频率呈明显的上升趋势。

贵州梵净山区域位于贵州省东北部铜仁市行政辖区, 梵净山作为武陵山脉主峰南北向横亘在铜仁市中部, 该区域内洪涝、干旱灾害是最主要的两种气象灾害, 近年来旱涝灾害发生频次也在增加, 而与旱涝灾

害直接相关的就是降水在时间和空间的不均匀分布。因此本文利用梵净山区域 10 个国家观测站 1960~2017 年的逐日降雨资料对该区域总雨日、不同等级雨日、总降雨量的时空变化特征进行分析,从而揭示该区域近 58a 降水的变化规律,为该区域水资源影响变化评估和生态文明建设气象保障服务提供支撑。

## 2. 资料和方法

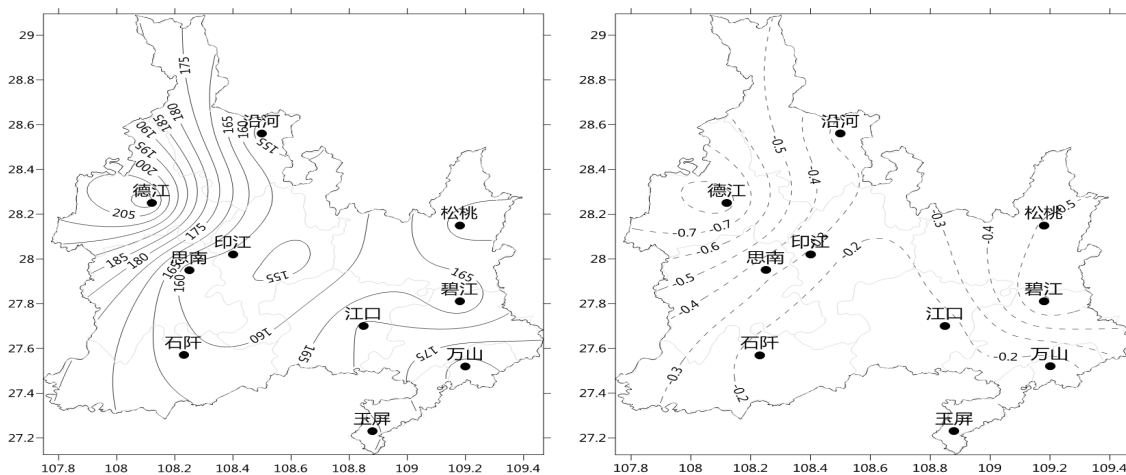
本文采用贵州梵净山区域铜仁市下辖 10 个国家观测站的逐日降水(20 时~20 时)资料,序列长度为 1960~2017 年共 58a,资料经过了均一检验。定义有效雨日为日降水量  $\geq 0.1$  mm 的日数,区域年降雨量定义为区域内 10 个站的年雨量累加,小雨日定义为日降水量为 0.1~9.9 mm 的日数,中雨日定义为日降水量为 10.0~24.9 mm 的日数,大雨日定义为日降水量为 25.0~49.9 mm 的日数,暴雨日定义为日降水量  $\geq 50$  mm 的日数,气候值采用 1981~2010 年 30 年的平均值。采用的方法为 EOF 分解法、线性回归、趋势检验、距平累积分析等方法,分析贵州梵净山区域总雨日和不同等级雨日的时间变化趋势、空间变化特征,以及不同等级雨日与降雨量之间的关系。

## 3. 梵净山区域总雨日的空间分布特征

### 3.1. 梵净山区域总雨日的空间分布及变化趋势

贵州梵净山区域平均年总雨日为 179.3 d,各站在 150.4 d/a~212.5 d/a 之间。空间分布大致是中部少、东西两边多态势。表现为东西 2 条多雨日带、2 个多雨日区,中部 1 条少雨日带、2 个少雨日中心。2 个多雨日区分别为德江最多中心 212.5 d/a、万山次多中心 182.3 d/a;中部南北向的少雨带从石阡-思南-印江-沿河伸展,2 个少雨日中心分别为沿河 150.4 d/a、思南 153.4 d/a(图 1(a))。

进一步分析贵州梵净山区域站点年总雨日的区域差异,对各站点雨日做线性倾向进行估计(图 1(b))。发现梵净山区域 10 个站的线性倾向系数均  $< 0$ ,说明该区域各站年总雨日在过去 58a 间随时间  $t$  的增加均呈减少趋势,减少最明显区域为德江-8.6 d/10a、碧江-6.1 d/10a、松桃-5.1 d/10a,减少趋势最少区为万山-1.1 d/10a、印江-1.4 d/10a、思南-1.5 d/10a、江口-1.5 d/10a。其中,德江、碧江、松桃、印江、思南 4 个站通过 0.01 显著性检验,沿河站点通过 0.05 显著性检验。这说明贵州梵净山区域年总雨日的空间分布,多雨日区减小的趋势较少雨日带减小趋势更加明显,预示未来贵州梵净山区域年总雨日的空间分布差异可能减小。



**Figure 1.** Spatial distribution (a) and spatial variation trend (b) of annual total rain days in Fanjingshan region of Guizhou province (The triangle in the figure indicates the sites that passed the 0.05 significance test, and the square indicates the sites that passed the 0.01 significance test)

**图 1.** 贵州梵净山区域年总雨日的空间分布(a)和空间变化趋势(b) (图中三角形表明通过 0.05 显著性检验的站点,方块表明通过 0.01 显著性检验的站点)

### 3.2. 梵净山区域雨日的空间气候变化特征

以上统计分析发现, 梵净山区域雨日的空间分布有着明显的区域性差异, 因此我们再对该区域 1960~2017 年逐年雨日分别标准化处理后, 运用 EOF 分解法解析雨日的主要空间分布型。表 1 为 EOF 分解后前 5 个模态方差贡献率和累积方差贡献率, 可看到前 4 个模态的累积方差贡献率达到 91.9%, 因此年总雨日 EOF 分解的前 4 个模态的空间分布场, 就可以较好地表征梵净山区域雨日的空间典型场分布特征。

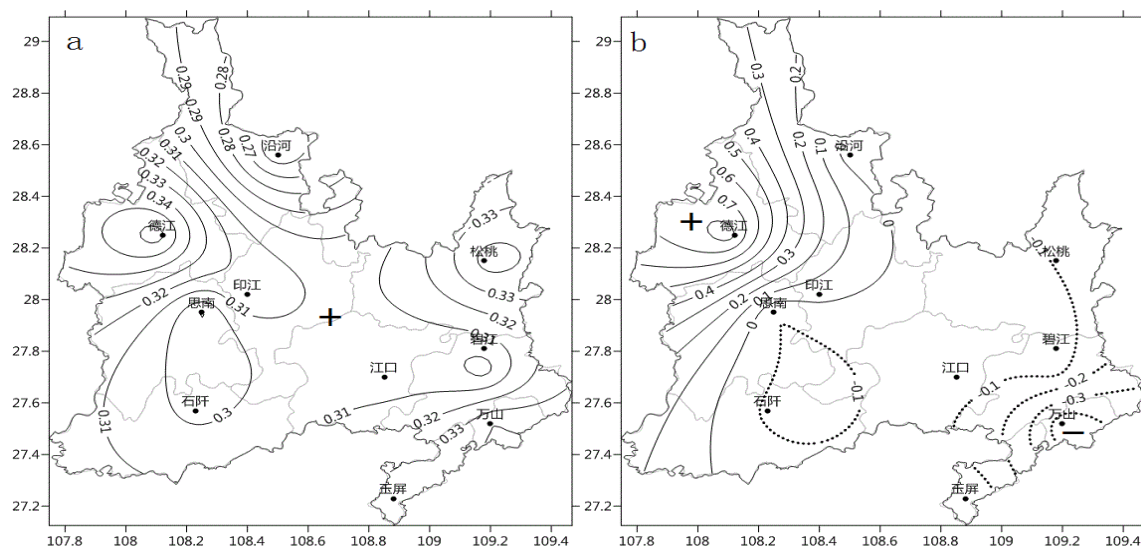
**Table 1.** Variance contribution and cumulative contribution of the first five modes in EOF analysis of total rainy days in 1 year  
**表 1.** 年总雨日的 EOF 分析前 5 个模态方差贡献及累积贡献

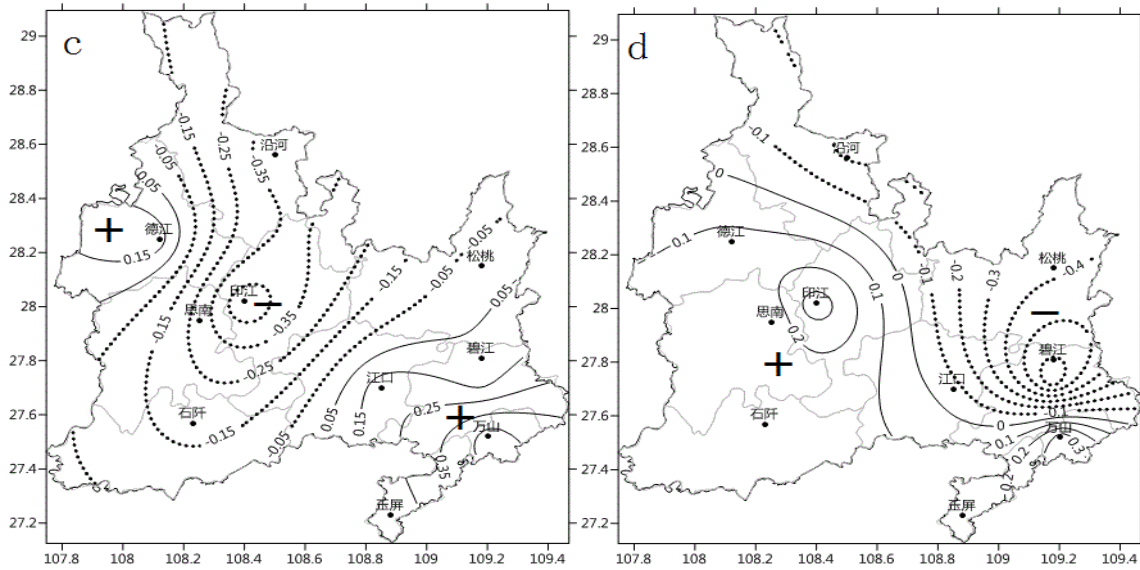
模态	第一模态	第二模态	第三模态	第四模态	第五模态
方差贡献率%	76.1	8.8	3.7	3.3	2.9
累积方差贡献率%	76.1	84.9	88.6	91.9	94.8

运用 EOF 分解法得到梵净山区域雨日的前四个模态的空间典型场分布特征图 2。从图 2(a)看出, 梵净山区域雨日的第一模态场分布符号一致, 均为正值, 表明梵净山区域的雨日空间场主要分布特征基本一致, 为全区一致型, 说明该地区多数年份的梵净山区域雨日反映为一致多或一致少的分布, 多雨日中心有 2 个, 以西部德江 0.36 最多, 东北部松桃次多 0.35, 少雨日中心分布西北部沿河 0.25 最少, 次少雨日为石阡 - 思南、碧江; 该分布型出现最多, 占比达到 76.1%。图 2(b)的第二模态场分布符号西北为正、东部及南部为负, 表明梵净山区域地区的梵净山区域雨日第二种空间场分布型为西北与东部、南部反相型, 该分布型占比为 8.8%。图 2(c)的第三模态场分布符号表现为中西部为负、东部及西北部为正, 说明梵净山区域雨日的第三种空间场分布特征为西部偏多(少) + 中部偏少(少) + 东部偏多(少)型, 该分布型占比为 3.7%。图 2(d)的第四模态场分布符号为西南正、东北负, 说明梵净山区域雨日的第四种空间场分布特征为西南与东北的反相型, 该分布型出现最少, 占比仅为 2.9%。

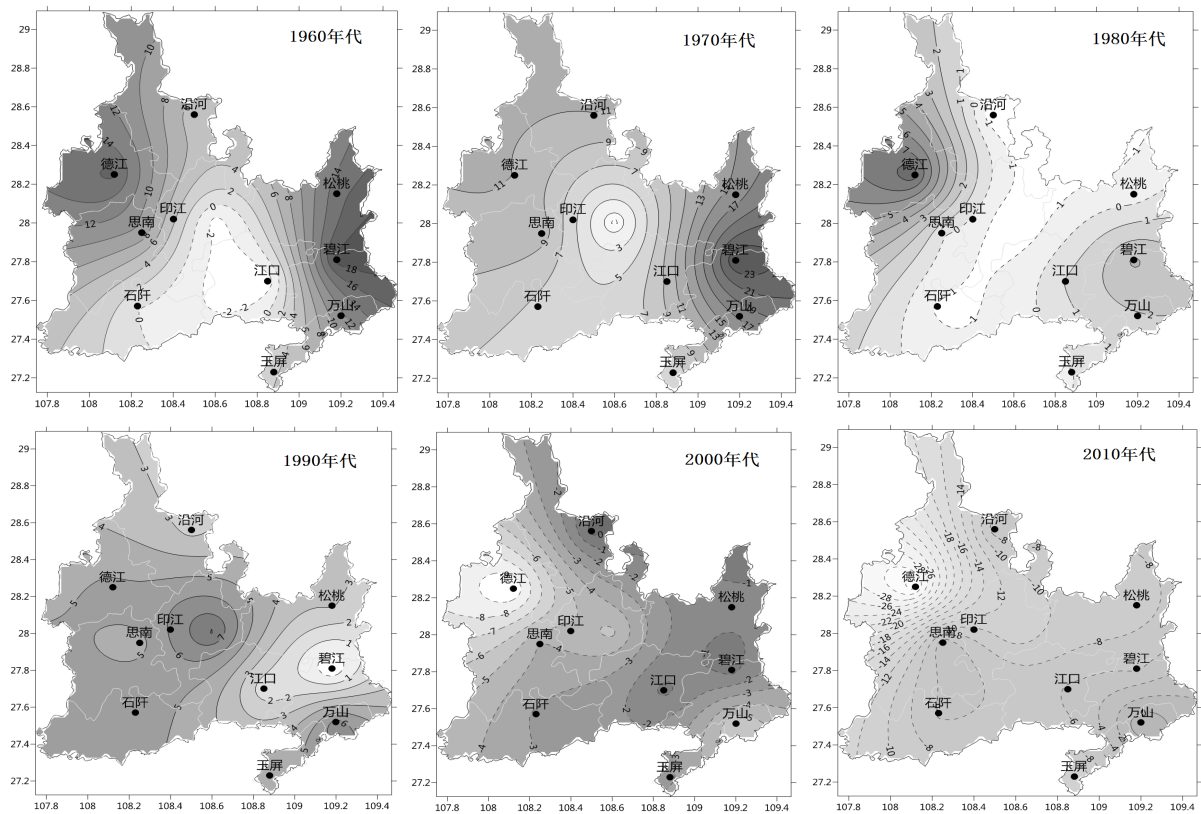
### 3.3. 梵净山区域总雨日的时间分布特征

从 1960 年至 2017 年分 6 个十年作年代际特征分析(图 3), 给出了 1960 年代至 2010 年代梵净山区域雨日距平分布。发现梵净山雨日存在明显的年代际变化, 1960 年代、1970 年代、1990 年代区域内大部分站点为正距平, 2000 年代、2010 年代大部站点为负距平, 1980 年代区域内站点雨日的正负距平各有差异。1970 年代区域内站点的年总雨日数表现为一致增多, 区域平均增多 9.4 d, 为过去 58a 来雨日最多的 10a; 2010 年代





**Figure 2.** Spatial field distribution of the first four modes of EOF analysis on rainy days in Fanjingshan area (first mode a, second mode b, third mode c, fourth mode d)  
**图 2.** 梵净山区域雨日 EOF 分析的前 4 个模态空间场分布图(第一模态 a, 第二模态 b, 第三模态 c, 第四模态 d)



**Figure 3.** Interdecadal variation of rainy days in Fanjing mountain region of Guizhou  
**图 3.** 贵州梵净山区域雨日的年代际变化特征图

区域内站点的年总雨日数表现为一致减少, 区域平均减少 9.4 d, 为过去 58a 来雨日最少的 10a。1960 年代区域内的江口、印江雨日减少, 石阡为正常, 其余 7 个站雨日增多, 碧江、德江、松桃 3 站的雨日正距平在 15



d 以上, 最多为碧江增多达 19 d。1970 年代除印江站点为-1 d 外, 其余 9 个站点均为正距平, 其中碧江、松桃、沿河、德江 4 个站点正距平在 10 d 以上, 碧江站最多达 25 d。1980 年代德江站雨日变化最显著, 正距平最多达 9 天, 其余站点正负距平在-2 d~3 d 之间。1990 年代除碧江站点为负距平-1 d 外, 其余 9 个站点均为正距平, 其中德江、思南、印江、石阡、万山正距平在 5 d 以上, 最多为印江 8 d。2000 年代除沿河站正常外, 其余 9 个站点均为负距平, 其中印江、万山、德江负距平在-5 d 以上, 德江站负距平达-10 d。2010 年代除万山站为正距平 2 d 外, 其余 9 个站点均为负距平, 其中松桃、印江、玉屏、德江负距平在-9 d 以上, 最多为德江-33 d。

#### 4. 梵净山区域不同等级雨日的时空分布特征

##### 4.1. 梵净山区域不同等级雨日的空间分布特征

对贵州梵净山区域 10 个站点不同等级的降雨日数进行分析(图 4), 发现该区域内年小雨日数呈东多

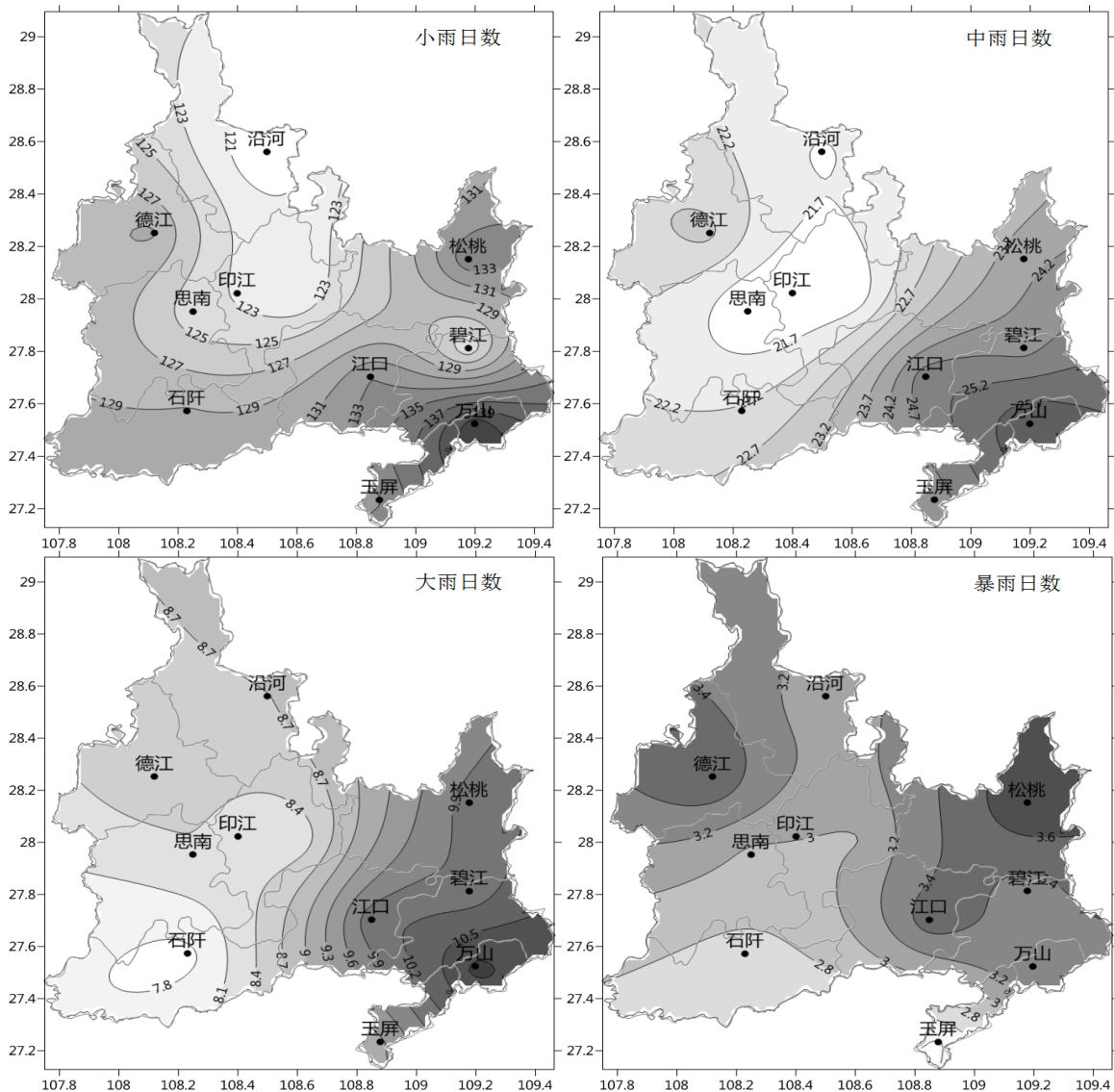


Figure 4. Spatial distribution of rain days of different grades in Fanjingshan Mountain area of Guizhou

图 4. 贵州梵净山区域不同等级雨日的空间分布图

西少分布, 西北地区沿河为最少小雨日区(119.0 d), 东南地区万山为最多小雨日区(142.7 d), 东北地区松桃为次多小雨日区(134.5 d)。年中雨日数呈西北部向东南部增多分布, 中西部地区思南为最少中雨日区(21.2 d), 东南地区万山为最多中雨日区(26.2 d), 中东部江口为次多中雨日区(25.0 d)。年大雨日数呈西南少东部多分布, 西南地区石阡为最少大雨日区(7.7 d), 东南地区万山为最多大雨日区(10.9 d), 东部其他地区江口、松桃、碧江为次多大雨日区(10.1 d)。年暴雨日数呈人字形分布, 西南部地区石阡为最少暴雨日区(2.7 d), 东北地区松桃为最多暴雨日区(3.8 d), 西北地区德江为次多暴雨日区(3.6 d), 江口为第三多暴雨日区(3.5 d), 印证了多年来该区域存在的三个暴雨中心。

## 4.2. 梵净山区域不同等级雨日的时间分布特征及变化趋势

### 4.2.1. 梵净山区域不同等级雨日的年代际变化特征

贵州梵净山区域 1960~2017 年的年平均雨日在 133.9 d (2011 年)~199.9 d (1997 年)之间(图 5)。其中, 年平均小雨日数在 104.6 d (2011 年)~153.8 d (1997 年)之间, 中雨日数在 13.8 d (2011 年)~29.2 d (1963 年)之间, 大雨日数在 4.9 d (1960 年)~13.9 d (1967 年)之间, 暴雨日数在 1.1 d (1981 年)~6.0 d (1996 年、2014 年)之间。贵州梵净山区域平均总雨日的年代际分布有明显差异, 在过去 58a 间经历了偏多 - 偏少 - 偏多 - 偏少过程, 其中 1960 年代至 1970 年代最多, 1990 年代次多, 1980 年代和 2000 年代至 2010 年代最少。

### 4.2.2 梵净山区域不同等级雨日的趋势变化特征

从贵州梵净山不同等级雨日的时间趋势变化(图 6)可看出, 过去 58a 年小雨和中雨日数呈减少趋势, 暴雨日数呈增加趋势, 大雨日数弱减少趋势。其中区域内小雨日数的回归系数为 $-2.1$  d/10a, 通过了 0.05 的显著性水平检验; 中雨日数的回归系数为 $-0.42$  d/10a, 通过了 0.05 的显著性水平检验; 大雨日数的回归系数为 $-0.02$  d/10a, 通过了 0.05 的显著性水平检验; 暴雨日数的回归系数为  $0.15$  d/10a, 通过了 0.05

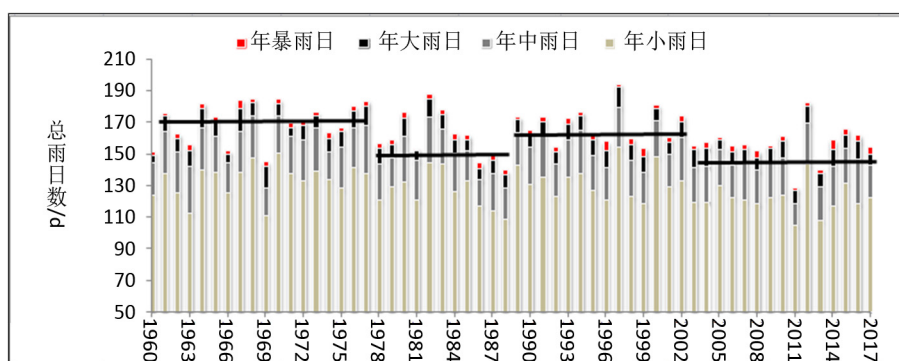
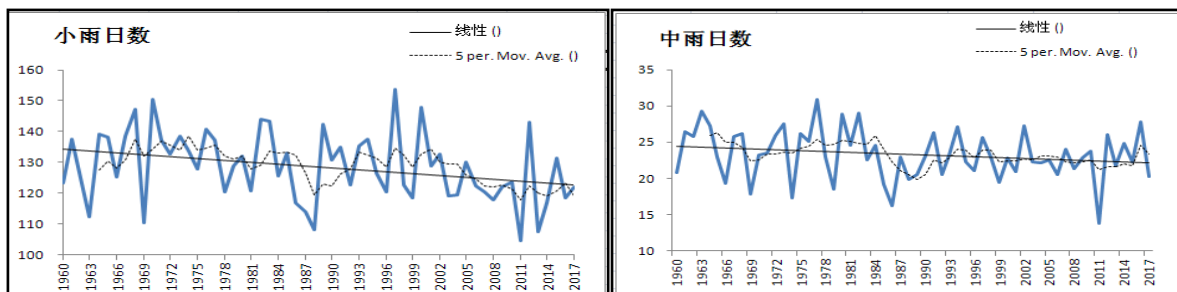
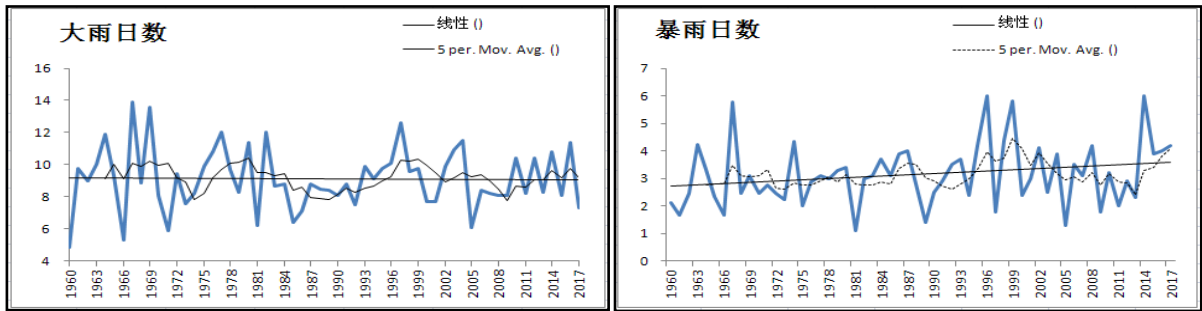


Figure 5. Interannual variation of rain days in Fanjing mountain area of Guizhou province from 1960 to 2017

图 5. 1960~2017 年贵州梵净山区域雨日的年际变化





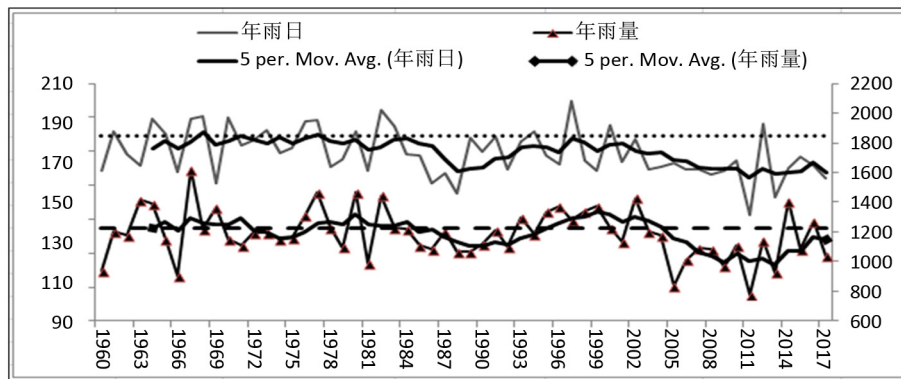
**Figure 6.** Time trend change chart of different rain days in Fanjing Mountain area of Guizhou  
**图 6.** 贵州梵净山区域不同等级雨日的时间趋势变化图

的显著性水平检验。四者的综合变化反映了年总雨日数为减少的趋势，小雨和中雨日数的变化对该区域年总雨日的影响更加突出。

## 5. 梵净山区域雨日与降雨量的关系

### 5.1. 梵净山区域年总雨日与年雨量的年际变化特征

对比贵州梵净山区域年雨日数与年降雨量近 58a 的时间序列分布图和 5 年滑动平均分析(图 7)，结果说明年雨日和年降水量的曲线变化非常相似，二者的波峰波谷几乎一致，转折点也大体相同，在 1982 年和 2002 年有明显偏多向偏少的转折；同时可看出在 1960 年代至 1970 年代波动偏多期，1980 年代至 1990 年代初为偏少期，1990 年代为短暂偏多期，2000 年之后至 2010 年代雨日、降水量均处于偏少期。但二者变化幅度有所不同，1990 年代中后期雨量比雨日增多趋势明显，进入 20 世纪之后雨日下降的趋势较降水量更为明显。



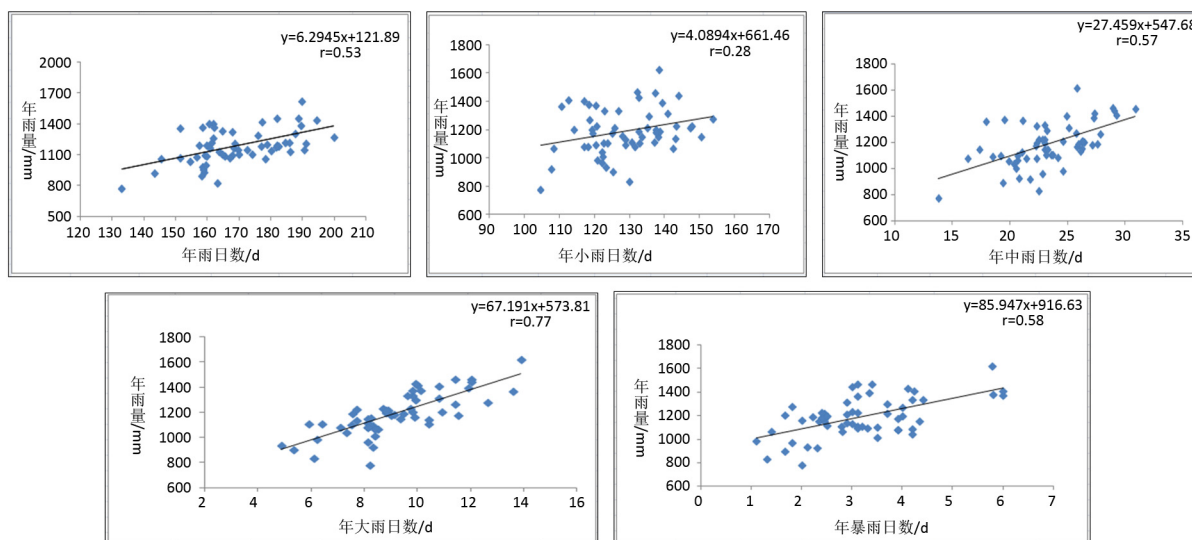
**Figure 7.** Time series comparison chart of annual rainfall day and annual rainfall in Fanjing Mountain region of Guizhou

**图 7.** 贵州梵净山区域年雨日与年雨量的时间序列对比图

### 5.2. 不同等级雨日与雨量的相关性

将贵州梵净山近 58a 年总雨日、不同等级雨日数分别与年降水量进行相关性(图 8)分析，结果表明年总雨日与年降水量呈正相关关系，相关系数为 0.53 (通过 0.01 显著性检验)。同时该区域内 4 种不同等级的雨日数(小雨、中雨、大雨、暴雨)均与降水量呈线性正相关关系，大雨日数与雨量的线性相关系数最大为 0.77，暴雨日数与雨量的线性相关系数第二为 0.58，中雨日数与雨量的线性相关系数第三为 0.57，小雨日数与雨量的线性相关系数最小仅为 0.28。说明大雨、暴雨、中雨这 3 个等级的降雨日数对年降水量的贡献起主要作用，小雨日数的贡献最小。





**Figure 8.** Scatter plot of annual rain days and annual rainfall of different grades in Fanjing mountain area of Guizhou  
**图 8.** 贵州省梵净山区域年不同等级雨日与年雨量的相关散点图

## 6. 结论与讨论

利用贵州梵净山铜仁市辖区 10 个国家观测站近 58 年的逐日降雨资料, 采用 EOF 分解法\回归分析、相关分析、距平累积、趋势显著性检验方法, 分析梵净山区域不同等级雨日的时空分布特征趋势变化特征, 同时还分析了不同等级雨日与降雨量的关系, 得到以下结论:

1) 贵州梵净山区域总雨日的空间典型场特征中 76.1% 为全区一致型, 一致多或一致少。近 58a 中, 雨日的空间分布呈中部南北向为少雨日带、东西两边为多雨日带分布, 全区域雨日的趋势变化为一致性减少的趋势, 多雨日区减小的趋势较少雨日带减小趋势更加明显。

2) 贵州梵净山区域平均总雨日的年代际分布有明显差异, 在过去 58a 间经历了偏多 - 偏少 - 偏多 - 偏少过程, 1960 年代至 1970 年代最多, 1990 年代次多, 1980 年代和 2000 年代至 2010 年代最少。区域内站点的雨日也存在明显年代际变化, 1960 年代、1970 年代、1990 年代区域内大部分站点为正距平, 2000 年代、2010 年代大部站点为负距平, 1980 年代区域内站点雨日的正负距平各有差异。

3) 贵州梵净山区域 10 个站点的年小雨日数呈东多西少分布, 年中雨日数呈西北部向东南部增多分布, 年大雨日数呈西南少东部多分布, 年暴雨日数呈西南部少东北、西北多人字形分布。

4) 贵州梵净山区域年雨日数与年降雨量近 58a 的曲线变化(年代际变化)非常相似, 二者的波峰波谷几乎一致, 转折点也大体相同, 在 1982 年和 2002 年有明显偏多向偏少的转折。但二者变化幅度有所不同, 1990 年代中后期雨量比雨日增多趋势明显, 而进入 20 世纪之后雨日下降的趋势较降水量更为明显。

5) 贵州梵净山近 58a 年总雨日、小雨日数、中雨日数、大雨、暴雨日数均与年降水量呈正相关关系, 大雨日数与雨量的线性相关系数最大, 暴雨日数与雨量的线性相关系数第二为 0.58, 中雨日数与雨量的线性相关系数第三为 0.57, 小雨日数与雨量的线性相关系数最小仅为 0.28。说明大雨、暴雨、中雨这 3 个等级的降雨日数对年降雨量的贡献起主要作用, 小雨日数的贡献最小。

## 基金项目

贵州省科技计划项目《基于气候变化的梵净山区域水资源响应事实研究》黔科合基础[2018] 1158 资助。

---

## 参考文献

- [1] 张琪, 李跃清. 近 48 年西南地区降水量和雨日的气候变化特征[J]. 高原气象, 2014, 33(2): 372-383.
- [2] 张剑明, 李巧媛, 谭啸. 1960~2010 年湖南雨日的 时空变化特征[J]. 干旱气象, 2014, 32(3): 373-381.
- [3] 张立波, 景元书, 娄伟平, 等. 近 50a 华东地区雨日及降水量的变化特征[J]. 大气科学学报, 2013, 36(4): 426-433.
- [4] 常军, 王永光, 赵宇, 等. 近 50 年黄河流域降水量及雨日的气候变化特征[J]. 高原气象, 2014, 33(1): 43-54.
- [5] 陈晓燕, 尚可政, 王式功, 等. 近 50 年中国不同强度降水日数时空变化特征[J]. 干旱区研究, 2010, 27(5): 766-772.
- [6] 符传博, 吴润, 丹利. 近 50 年云南省雨日及降水量的气候变化[J]. 高原气象, 2011, 30(4): 1027-1033.
- [7] 张志才, 陈喜, 王文, 等. 贵州降雨变化趋势与极值特征分析[J]. 地球与环境, 2007, 35(4): 351-356.
- [8] 张天宇, 李永华, 程炳岩, 等. 重庆主城区百年雨日及强度变化特征[J]. 重庆师范大学学报(自然科学版), 2011, 28(3): 37-42.
- [9] 施能, 陈家其, 屠其璞. 中国近 100 年来 4 个年代际的气候变化特征[J]. 气象学报, 1995, 53(4): 432-439.
- [10] 符娇兰, 林祥, 钱维宏. 中国夏季分级雨日的时空特征[J]. 热带气象学报, 2008, 24(4): 367-373.