

甘肃白银汛期不同等级降水日数气候特征 及其与降水量的关系

邵清军¹, 张俊红^{1*}, 杨博成¹, 何 敏¹, 施金池¹, 姬 诚²

¹甘肃省白银市气象局, 甘肃 白银

²甘肃省定西市通渭县华家岭气象站, 甘肃 定西

收稿日期: 2025年4月2日; 录用日期: 2025年5月1日; 发布日期: 2025年5月9日

摘 要

利用1961~2020年白银地区4测站逐日降水资料, 采用线性趋势估计、相似系数、子波分析等数理统计方法, 对白银地区不同等级降水日数气候特征进行分析。结果表明: 随着降水等级的上升, 对应该量级的降水日数迅速减少, 并呈现“南多北少”的空间分布特点, 地域上南部较北部稳定, 不同级别上总降水日数最稳定, 小雨次之, 再次中雨。北部总降水日数、小雨日数、中雨日数的年代际变化趋势均不明显; 南部年代际下降趋势比较显著, 总降水日数变化较显著, 小雨次之、再次中雨。白银市汛期总降水日数和小雨降水日数的年代际变化非常相似, 21世纪10年代呈下降趋势, 20年代呈上升趋势; 中雨降水日数年代际变化北部呈上升趋势, 南部呈下降趋势。降水总日数和小雨日数具有10~15年左右的周期变化, 目前正处在偏多的正位相; 在较大的时间尺度上具有20~25年左右的周期, 目前正处在偏多的正位相。汛期年降水量不仅与总雨日数、小雨日数、中雨日数的变化特点及趋势非常相似, 而且不同等级降水日数对汛期年总降水的贡献关系均非常密切, 其正相关程度随着降水等级的升高而增大, 在异常年份, 中雨及以上降水日数的变化对旱涝的影响更大。

关键词

不同等级, 降水日数, 气候特征, 降水量

Climate Characteristics of Different Levels of Precipitation Days during the Flood Season in Baiyin, Gansu Province and Their Relationship with Precipitation

Qingjun Shao¹, Junhong Zhang^{1*}, Bocheng Yang¹, Min He¹, Jinchi Shi¹, Cheng Ji²

*通讯作者。

文章引用: 邵清军, 张俊红, 杨博成, 何敏, 施金池, 姬诚. 甘肃白银汛期不同等级降水日数气候特征及其与降水量的关系[J]. 气候变化研究快报, 2025, 14(3): 337-348. DOI: 10.12677/ccrl.2025.143035

¹Baiyin Meteorological Bureau of Gansu Province, Baiyin Gansu²Huajialing Meteorological Station, Tongwei County, Dingxi City, Gansu Province, Dingxi GansuReceived: Apr. 2nd, 2025; accepted: May 1st, 2025; published: May 9th, 2025

Abstract

Using daily precipitation data from four stations in Baiyin area from 1961 to 2020, this study analyzed the climatic characteristics of different levels of precipitation days in Baiyin area using mathematical statistical methods such as linear trend estimation, similarity coefficient, and wavelet analysis. The results show that as the precipitation level increases, the number of precipitation days corresponding to that level rapidly decreases, and presents a spatial distribution characteristic of “more in the south and less in the north”. Geographically, the south is more stable than the north, and the total number of precipitation days is the most stable at different levels, followed by light rain and then moderate rain. The decadal trends of total precipitation days, light rain days, and moderate rain days in the northern region are not significant; The decadal decline trend in the southern region is relatively significant, with a significant change in the total number of precipitation days, followed by light rain and moderate rain again. The decadal changes in the total number of rainy days and light rain days during the flood season in Baiyin City are very similar, showing a downward trend in the 2010s and an upward trend in the 2020s; The decadal variation of the number of days with moderate rainfall shows an upward trend in the north and a downward trend in the south. The total number of rainy days and the number of light rainy days have a periodic variation of about 10~15 years, and are currently in a positive phase with more precipitation; On a larger time scale, it has a period of around 20~25 years and is currently in a biased positive phase. The annual precipitation during the flood season is not only very similar to the characteristics and trends of total rainy days, light rainy days, and moderate rainy days, but also closely related to the contribution of different levels of precipitation days to the total annual precipitation during the flood season. The degree of positive correlation increases with the increase of precipitation level. In different years, the change in the number of moderate and above rainy days has a greater impact on droughts and floods.

Keywords

Different Levels, Precipitation Days, Climatic Characteristics, Precipitation

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

近年来,在全球气候变暖的背景下,全球洪涝灾害频发,IPCC 第四次评估报告指出,由于温室效应的影响,使得最近几十年强降水事件发生的频率有所上升,并且这种趋势会进一步发展[1]。Mantont [2]、Easter [3]等分析表明,世界一些地区的年降水量与极端降水事件增减趋势存在很大差异,有的甚至呈相反的变化趋势,这说明洪涝灾害的发生虽然与降水量的多少有一定的关联,但很大程度上取决于降水在时间和空间分配上的不均匀性,即与降水事件的频率和强度有更为密切的联系。我国气象工作者针对降水日数的变化开展了一系列的研究工作[4]-[14]。研究结果表明,洪涝灾害不仅与降水日数有关,而且与降水强度有重要关系,虽然不同等级降水日数的变化既能够间接地反映出某一地区的洪涝情况,也同样

成为衡量降水是否均匀分配的一项重要指标，然而在不同的地域上仍表现出一定的差异性。在以往的研究中，有一些关于中国西北和甘肃省降水日数气候特征方面的研究[15]-[20]，但针对白银地区的研究大都侧重于旱涝趋势变化特征方面的研究[21] [22]，却利用不同等级降水日数气候变化特征及其与降水量的关系分析研究并不多见。

白银市地处中国内陆的甘肃中部，属腾格里沙漠边缘和祁连山余脉到黄土高原的过渡地带，地势走向呈西北—东南分布，海拔高度在 1275~3317 m 之间，总面积 2.12 万 km²，北部地方地势平坦，南部地方山大沟深，气候南北差异大，降水时空分布不均匀，汛期局地强对流天气频发，降水变率大。因此，通过对不同降水日数的基本气候特征及其与年降水量关系的分析研究，为进一步提升白银市气象防灾减灾能力具有重要的现实指导意义。

2. 资料和方法

2.1. 资料来源

由图 1 可以看出，白银市所辖的景泰、白银、靖远、会宁 4 县区依次自北向南分布，且 4 个地面

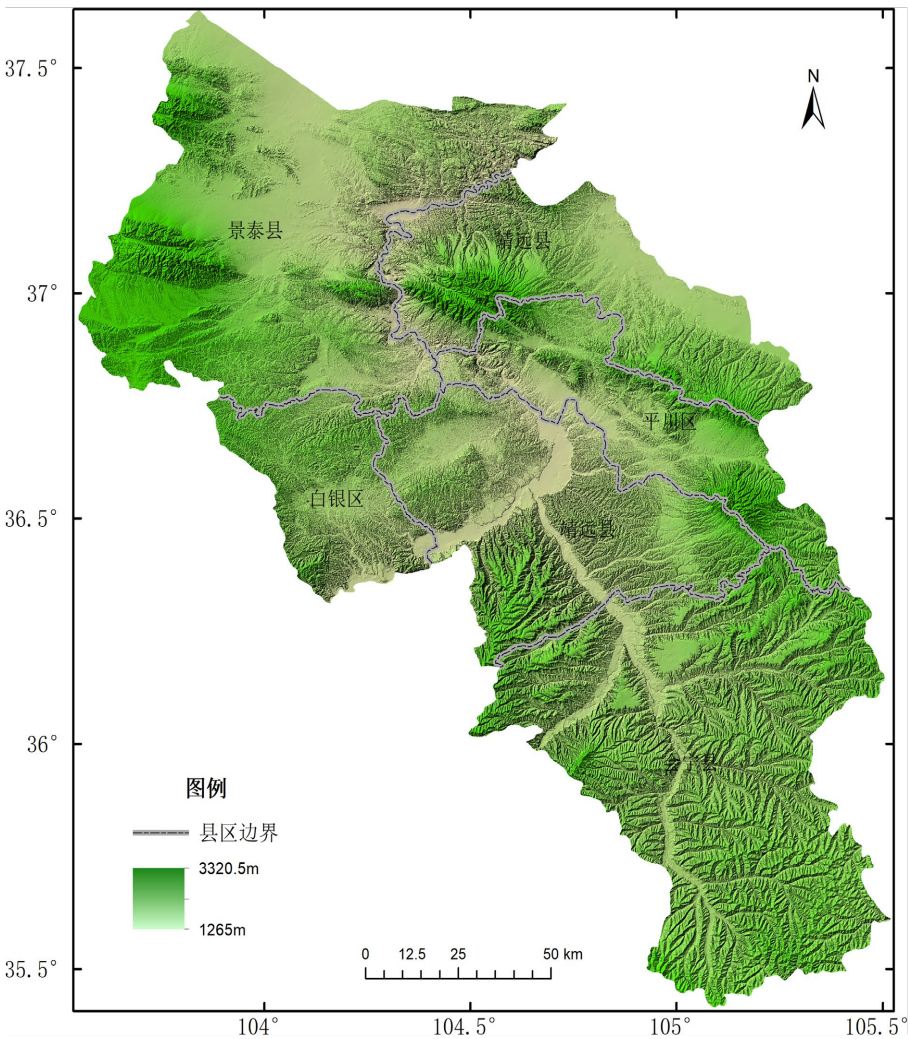


Figure 1. Topographic and Geomorphic Map of Baiyin City
图 1. 白银市地形地貌图

气象观测站间的距离都在 50 km 以上。尽管面积不大,但南北气候差异大。为使研究更具针对性,根据观测站所处的地理位置和地形地貌,可将景泰、白银、靖远划分为北部地区,会宁划分为南部地区[23],并选取 4 个测站 1961~2020 年地面观测资料中汛期(4~9 月)有关日降水量的观测记录作为研究对象,对不同等级降水日数进行统计,分别按年建立了汛期降水量及降水日数的时间序列。其中,北部降水日数时间序列为景泰、白银、靖远三站平均,南部降水日数由会宁站代表。另外,根据降水等级划分标准,将日降水量分为 4 个等级,即小雨(日降水量 0.1~9.9 mm)、中雨(日降水量 10~24.9 mm)、大雨(日降水量 25~49.9 mm)、暴雨(日降水量 50~99.9 mm)。这里日降水量时间段指的是以北京时 20^h~20^h 为日界的 24 小时降水量。

2.2. 方法说明

为分析不同等级降水日数在不同地域上的空间分布及其稳定性变化,分别计算其平均降水日数以及平均绝对变率和平均相对变率[24];为分析不同等级降水日数的年际变化趋势,利用线性趋势方法进行分析[25],求取其年际变化的倾向率,采用 F 分布函数对线性趋势进行检验,其信度水平都设为 $\alpha = 0.05$;为分析不同等级降水日数的年代际变化趋势,采用滑动平均、多项式拟合等方法进行分析[26];同时,统计汛期极端降水年份对应的不同降水日数,通过距平合成分析了解其对应关系,并将用两组样本平均值差异的方法进行 t 分布函数显著性检验;为分析降水日数的多时间尺度周期特征,采用小波分析技术,小波基(母波)采用 Morlet 子波[27];为分析不同降水日数在汛期降水量长期趋势变化中的作用,求取其相关系数和相似系数,采用 t 分布函数对相关系数进行信度检验。另外,本文所采取的相似系数方法[28]是用来表示两幅空间分布图的相似程度,其具体公式如下:

$$\cos \theta = \frac{\sum_{i=1}^j x_i y_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^j x_i^2} \sqrt{\sum_{i=1}^j y_i^2}}$$

其中 j 指的是站数, x_i 、 y_i 分别指第 i 站(空间点)的要素值。当 $\cos \alpha = 1(-1)$ 时,表示两幅空间图完全相同(相反);当 $\cos \theta = 0$ 时,表示两幅空间图完全不相同。

3. 结果分析

3.1. 汛期降水日数变化特征

3.1.1. 降水日数空间分布及稳定性

Table 1. Daily average absolute and relative variability of precipitation at different levels during the flood season in Baiyin City

表 1. 白银市汛期不同等级降水日平均绝对和相对变率

站名	总日数			小雨日数			中雨日数		
	平均	绝对变率	相对变率	平均	绝对变率	相对变率	平均	绝对变率	相对变率
景泰	43.2	6.2	14.3	38.5	5.5	14.4	4.0	1.5	38.4
白银	50.1	6.0	12.1	45.5	5.7	12.6	4.2	2.0	47.9
靖远	46.1	6.9	14.9	40.3	6.5	16.1	5.1	1.4	27.7
会宁	62.4	7.9	12.7	51.6	7.2	13.9	9.0	2.9	31.7

注:表中所列项目单位:平均 d/a, 平均绝对变率 d/a; 平均相对变率%。

表 1 给出了白银市汛期不同等级降水日数的年平均、平均绝对变率和相对变率。由表 1 可知：汛期年平均降水总日数、小雨日数、中雨日数：会宁分别为 62.4 d/a、51.6 d/a、9.0 d/a，白银分别为 50.1 d/a、45.5 d/a、4.2 d/a，靖远分别为 46.1 d/a、40.3 d/a、5.1 d/a，景泰分别为 43.2 d/a、38.5 d/a、4.0 d/a，会宁最多，白银次之，靖远小雨日数相较于白银较少，中雨日数相较于白银较多，景泰最少。其中，最多的会宁比最少的景泰分别偏多 3 成、2 成、1 倍，呈现“南多北少”的空间分布特点。尽管在表 1 中略去了暴雨日数的统计内容，且暴雨平均日数平均不足 0.5 次，完全属于小概率事件，但在全球气候变暖的背景下，暴雨对白银市当地工农业生产的影响有所上升，例如：1999 年 7 月 15 日白银市区突发暴雨，累计日降水量 77.3 mm，引发城市内涝，为 60 年来历史极值，需另文研究。为描述某气象要素在不同地域上的稳定性变化，常常会通过计算绝对变率并求得相对变率以数值的大小来表示其变化程度，即相对变率小，表明该气象要素波动程度小，则稳定性就好，反之亦然。由表 1 可知：总降水日数平均绝对变率南北部分别为 7.9 d/a、6.4 d/a，平均相对变率南北部分别为 12.7%、13.7%；小雨日数平均绝对变率南北部分别为 7.2 d/a、5.9 d/a，平均相对变率南北部分别为 13.9%、14.4%；中雨日数平均绝对变率南北部分别为 2.9 d/a、1.6 d/a，平均相对变率南北部分别为 31.7%、38.0%，表明汛期不同等级降水日数南部较北部稳定。另外，也可以看出不同级别降水日数稳定性变化的排序是：总降水日数最稳定，次之小雨日数，再次中雨日数。

3.1.2. 汛期不同等级降水日数年际变化

图 2 给出了白银市南北部汛期不同等级降水日数年际演变的特点。在时间分布上，由图 2(a)结果显示，北部、南部总降水日数都有一定的下降趋势，线性倾向率分别为 $-0.87/10a$ 、 $-2.85/10a$ ，北部未通过可信度 $\alpha=0.05$ 的 t 检验，南部通过了可信度 $\alpha=0.05$ 的 t 检验，说明南部总降水日数较北部减少趋势更显著一些；由图 2(b)结果显示，北部、南部小雨日数变化趋势与总降水日数相似，都有一定的下降趋势，线性倾向率分别为 $-0.90/10a$ 、 $-2.47/10a$ ，北部仍未通过可信度 $\alpha=0.05$ 的 t 检验，南部通过了可信度 $\alpha=0.05$ 的 t 检验，同样说明南部小雨日数较北部减少趋势更显著一些；由图 2(c)结果显示，北部、南部中雨日数变化趋势出现了一定的差异性，尽管其线性倾向率分别为 $-0.02/10a$ 、 $-0.21/10a$ ，但均未通过可信度 $\alpha=0.05$ 的 t 检验，北部基本在平均线附近摆动近似直线无趋势变化，南部略有一定的下降趋势。通过上述分析可以看出，白银市南北部汛期不同等级降水日数时间演变趋势是：总降水日数、小雨日数、中雨日数北部变化趋势均不明显，南部较北部下降趋势比较显著，存在一定的地域分布上的差异，并且在不同级别的降水日数中，其年际下降趋势的排序是总降水日数 > 小雨日数 > 中雨日数，同时也可以得出白银市汛期降水主要以小雨为主。

3.1.3. 汛期不同等级降水日数年代际变化

降水日数的变化不仅表现为线性趋势，还有年代际变化特征。为了描述不同等级降水日数的长期变化趋势，采用多项式拟合和滑动平均方法，对白银市南北部汛期不同等级降水日数进行分析，多项式次数为 6 次，滑动平均为 10 年平均。

图 3 给出了白银市南北部汛期不同等级降水日数随时间演变的年代际变化曲线，且不同方法绘制的曲线其变化趋势均具有较好的一致性。由图 3(a)和图 3(b)可以看出，不论是北部还是南部，20 世纪 60 年代初期至中期曲线上升，60 年代中后期至 90 年代初期曲线变化相对平稳，且整体上呈现偏多的状态；20 世纪 90 年代初中期至 21 世纪 10 年代中期曲线下降，21 世纪 10 年代中后期至 20 年代中期曲线上升，且整体上呈现偏少的状态。尽管从地域分布上，年总降水日数和小雨日数南北部年代际变化趋势基本相似，南部曲线变化幅度明显大于北部，但变化趋势无明显的差异性。由图 3(c)可以看出，北部 20 世纪 60 年代曲线变化平稳，呈现略偏少的状态；80 年代中后期至 90 年代中期曲线平缓上升，90 年代中后期至

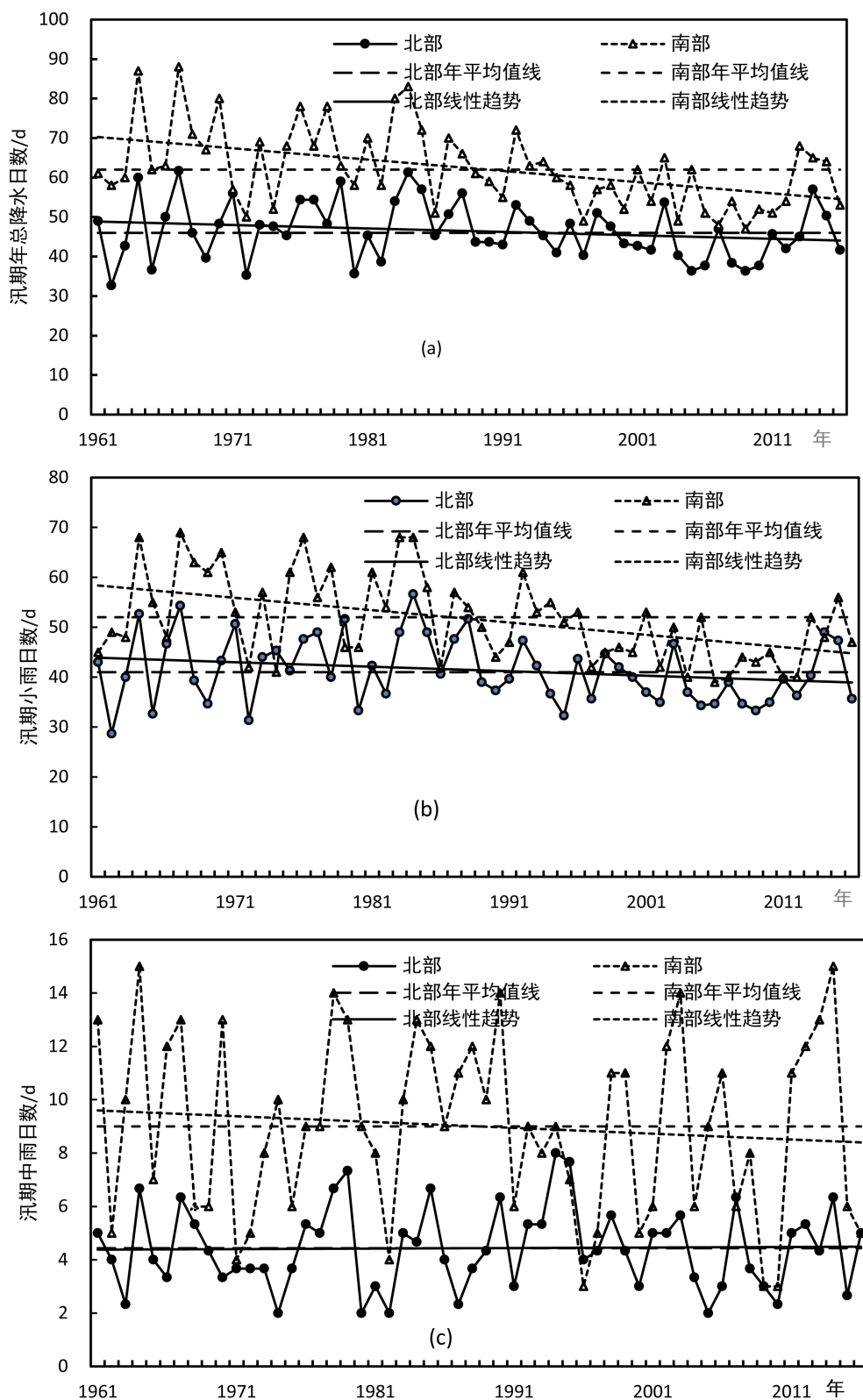


Figure 2. Annual variation trend chart of precipitation days with different levels during flood season in the northern and southern parts of Baiyin City

图 2. 白银市北部与南部汛期不同等级降水日数的年际变化趋势图

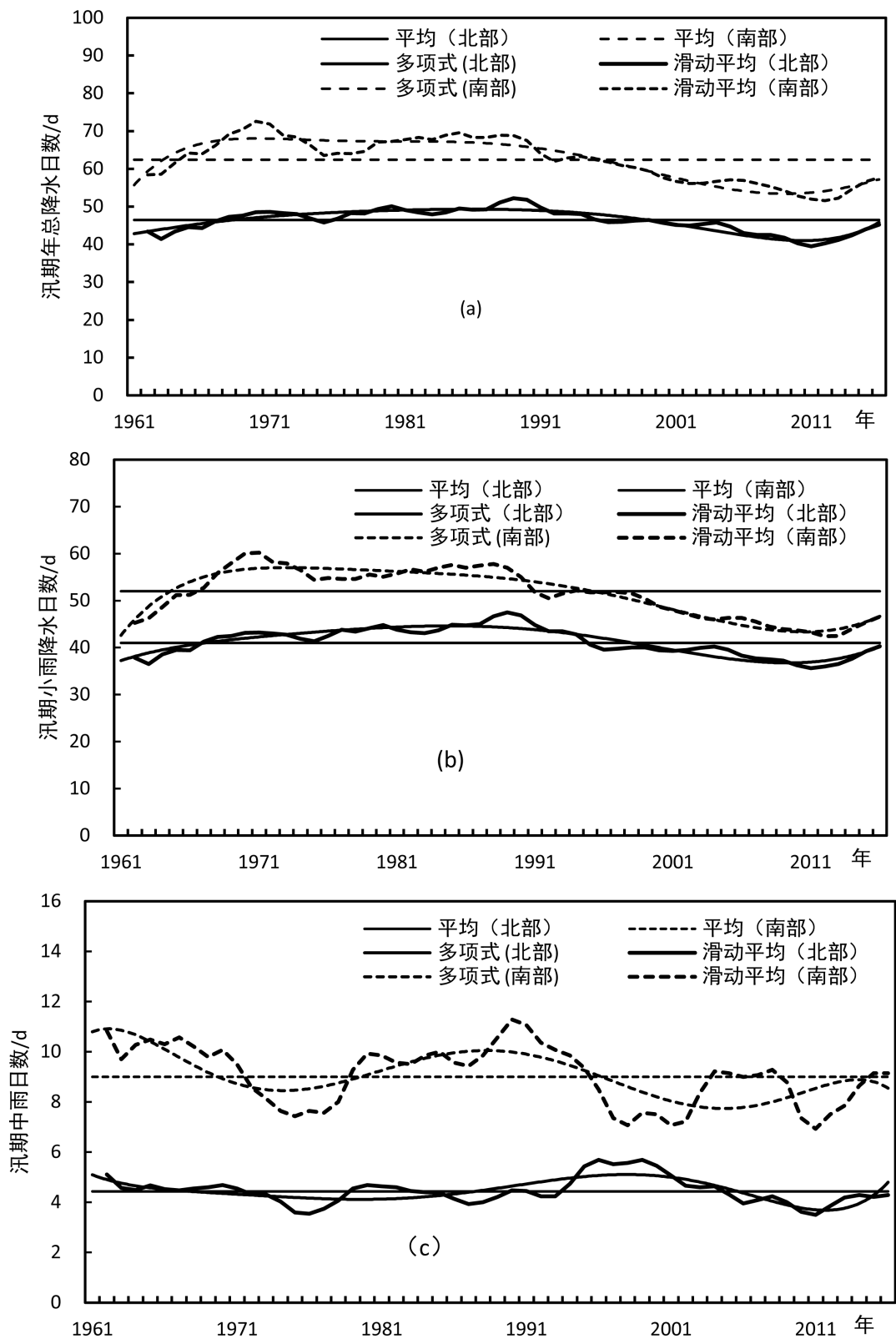


Figure 3. Inter decadal trend chart of precipitation days of different levels during the flood season in the northern and southern parts of Baiyin City

图 3. 白银市北部与南部汛期不同等级降水日数的年代际变化趋势图

21 世纪 10 年代初期曲线平缓下降, 且呈现略偏多的状态; 21 世纪 10 年代初中期 10 年代末期曲线仍平缓下降, 21 世纪 20 年代初期至 20 年代中后期曲线平缓上升, 且呈现偏少的状态。南部 20 世纪 60 年代初期至 70 年代中期曲线下降, 70 年代中后期至 70 年代末期曲线上升, 基本呈偏少的状态; 20 世纪 80 年代中后期至 90 年代初期曲线下降, 基本呈偏多的状态; 20 世纪 90 年代初中期至 21 世纪 10 年代初期曲线下降, 10 年代初中期至末期曲线上升, 基本呈偏少的状态; 21 世纪 20 年代中后期南北部变化趋势相反, 北部呈上升趋势, 南部呈下降趋势, 且南部曲线变化幅度明显大于北部, 存在地域分布上的差异性。

由此可见, 白银市汛期总降水日数和小雨降水日数不仅具有非常相似的年代际变化特征, 21 世纪 10 年代呈下降趋势, 20 年代呈上升趋势, 而且在地域分布上无明显的差异性; 汛期中雨降水日数年代际变化存在比较明显的地域差异性, 21 世纪 20 年代呈相反的变化趋势, 北部呈上升趋势, 南部呈下降趋势。

3.1.4. 汛期不同等级降水日数变化的周期特征

对白银市汛期不同等级降水日数进行了小波分析方法计算, 不难发现其多时间尺度周期特征, 结果显示南北部的周期性变化具有较好的一致性。为限于篇幅, 故将白银南部会宁不同等级降水日数作为代表站并建立资料序列进行 Morlet 小波变换。从图 4(a)可以看出, 降水总日数从 20 世纪 60 年代初中期~21 世纪 10 年代末期具有 10~15 年的周期变化, 目前正处在偏多的正位相; 从图 4(b)可以看出, 小雨日数的周期性变化与总降水日数基本一致, 同样具有 10~15 年的周期变化; 从图 4(c)可以看出, 中雨日数的周期性变化与总降水日数和小雨日数有所不同, 在不同的时间尺度上具有不同的周期性变化。即 20 世纪 60 年代初期~21 世纪 20 年代中期, 在较大的时间尺度上具有 20~25 年左右的长周期, 目前正处在偏多的正位相。

为更清晰地反映白银市中雨日数的周期性随时间变化的特征, 进一步分别提取了时间尺度 $a = 10$ 和 $a = 20$ 的小波系数, 并绘制小波系数分解图 5。由图 5 可以看出, 中雨日数的时间周期性在不同的时间尺度上呈现明显的反位相变化特点。

3.2. 汛期不同等级降水对汛期年降水总量的贡献

3.2.1. 汛期不同等级降水日数在其降水量长期变化中的作用

分析汛期年降水总量的空间分布图可知(图略), 汛期年降水总量的大值区同样位于白银市南部, 呈现“南多北少”的空间分布特征。利用相似系数公式计算得出: 由表 2 可知, 与汛期总降水日数、小雨日数、中雨日数等不同等级降水日数空间分布的平均相似系数分别为 0.96、0.96、0.97, 这表明汛期年降水总量与不同等级降水日数的空间分布非常一致。汛期年降水总量的线性趋势与总雨日数、小雨日数、中雨日数的线性趋势空间分布也具有非常高的一致性(图略), 北部未通过显著性检验, 变化趋势不明显; 南部通过显著性检验, 有明显的减少趋势。其线性趋势与汛期年总降水日数、小雨日数、中雨日数的线性趋势的相似系数分别为 0.98、0.97、0.99, 这说明汛期年降水量与汛期年总雨日数、小雨日数、中雨日数的线性趋势的空间分布同样非常相似。

另外, 分别计算了不同等级降水日数与汛期年总降水的相关系数, 均通过了 0.001t 检验的阈值。由表 2 可知, 不同等级降水日数与汛期年降水量的相关系数, 在时间的变化上具有显著的相关性, 随着降水等级的升高相关程度增大, 并且在空间变化上具有明显的一致性, 南北部无明显的差异。这表明汛期年总降水日数、小雨日数、中雨日数对汛期年总降水的贡献关系均非常密切, 其贡献随着降水等级的升高而增大。

3.2.2. 汛期异常年份不同等级降水日数对年总降水量的作用

将 1961~2020 年共 59a 白银市南北部的汛期年降水量资料作标准化处理, 并将标准化场资料数量 $\geq$

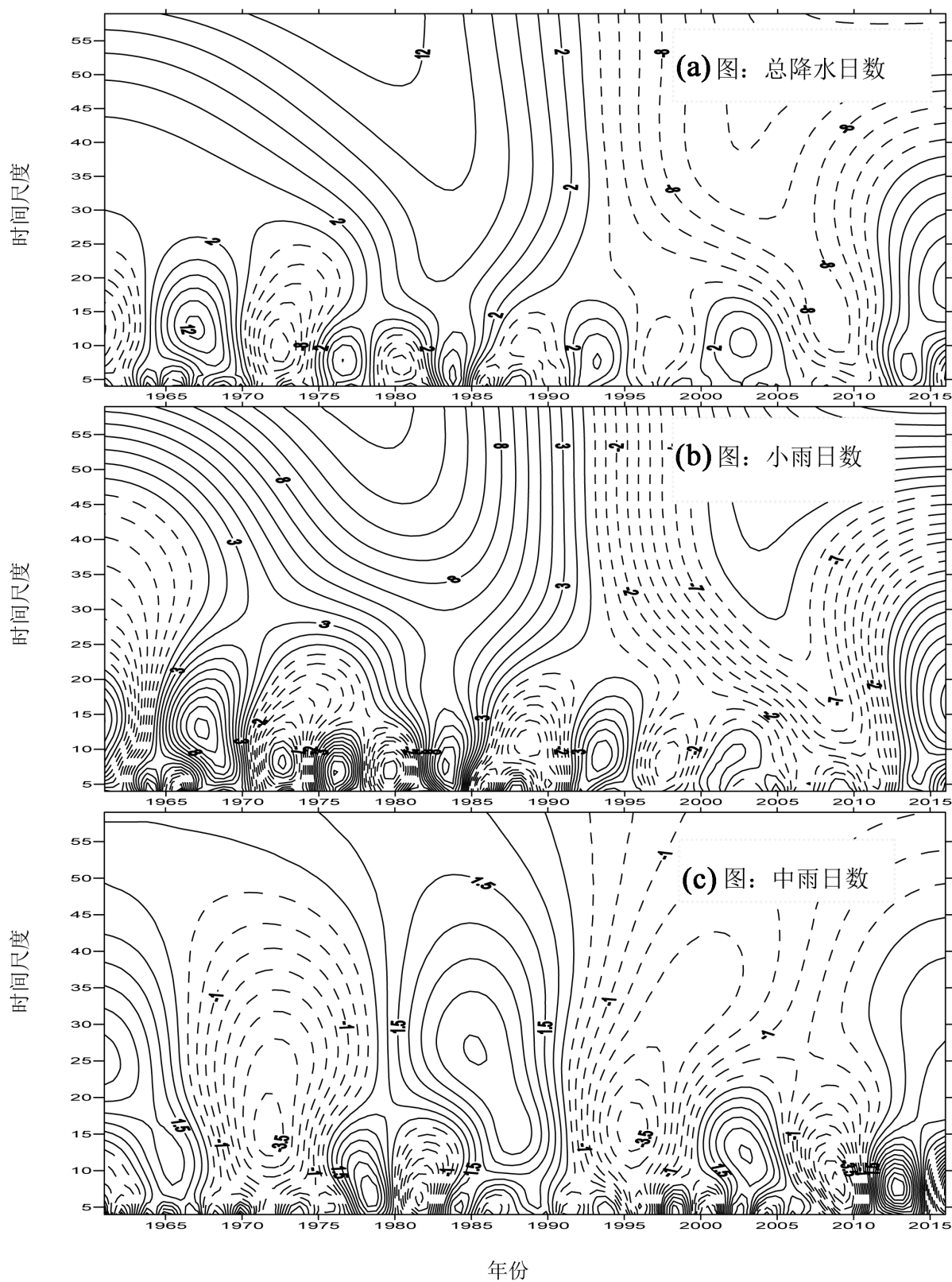


Figure 4. Morlet wavelet coefficient map of precipitation days at different levels during the flood season in Baiyin City
图 4. 白银市汛期不同等级降水日数 Morlet 小波系数

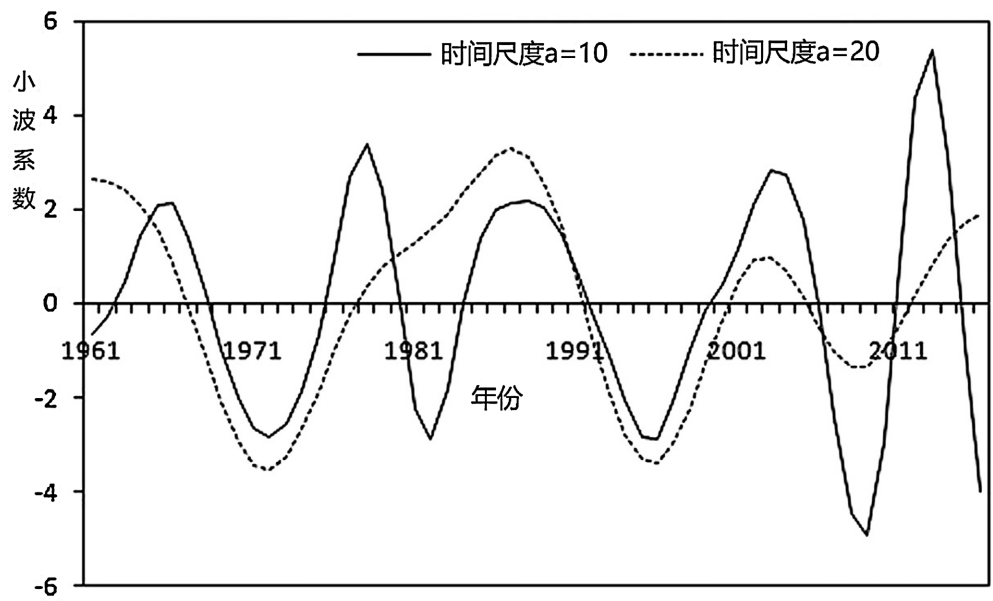


Figure 5. Morlet wavelet coefficient decomposition results of rainy days in Baiyin City
图 5. 白银市中雨日数的 Morlet 小波系数分解结果图

Table 2. The similarity coefficient and correlation coefficient between the number of days with different levels of precipitation during the flood season in Baiyin City and the changes in precipitation distribution
表 2. 白银市汛期不同等级降水日数与其降水量分布变化的相似系数及相关系数

项目	总降水日数	小雨日数	中雨日数
与汛期降水空间分布相似程度	0.96	0.96	0.97
与汛期降水线性趋势相似程度	0.98	0.97	0.99
与北部汛期降水相关系数	0.78	0.72	0.88
与南部汛期降水相关系数	0.79	0.69	0.91

Table 3. Extreme precipitation years during flood season in Baiyin City
表 3. 白银市汛期极端降水年份

极端年份	北部	南部
降水偏多	1964 1967 1978 1985 1995	1961 1964 1966 1967 1970
	2003 2014	1978 1979 1983 1984
降水偏少	1962 1965 1972 1975 1980	1969 1971 1982 1996 2007
	1981 1982 2005 2006 2009	2009
	2010	

1.0 倍标准差定为降水偏多年, ≤ -1.0 倍标准差定为降水偏少年, 从中挑选出极端降水年份。由表 3 可以看出, 白银市汛期极端降水偏多年份南部多于北部, 极端降水偏少年份北部多于南部, 且多数极端年份不相同, 存在显著的地域性差异性。

为分析白银市汛期极端降水年份对应的不同级别降水日数的变化情况, 采用距平合成分析方法分别求取在不同地域上异常年份偏多年和偏少年的变化, 均值采用白银市南北部 59 年汛期平均降水日数, 并将用两组样本平均值差异的方法进行了显著性检验。

由表 4 可以看出,在降水偏多年,白银市汛期南北部不同等级降水日数与历年相比均为正距平,均为中雨偏多最大,总雨日、小雨日通过了 0.05 显著差异性检验,中雨日通过了 0.01 显著差异性检验,其变化南北部具有相当的一致性。其中,北部总雨水日、小雨日、中雨日偏距分别为 13.9%、11.8%、48.2%,南部总雨水日、小雨日、中雨日偏距分别为 16.6%、16.2%、43.3%,但北部中雨日比南部偏多数值大,南部总雨水日、小雨日比北部偏多数值大。在降水偏少年,均为中雨偏少最大,总雨日、小雨日通过了 0.05 显著差异性检验,中雨日通过了 0.01 显著差异性检验,白银市汛期南北部不同等级降水日数与历年相比均为负距平。北部总雨日、小雨日、中雨日偏距分别为-18.6%、-15.7%、-33.0%,总雨日、小雨日通过了 0.05 检验,中雨日通过了 0.01 检验,中雨日的差异性最为显著;南部总雨日、小雨日、中雨日分别偏多-11.9%、-1.7%、-52.2%,总雨日通过了 0.05 检验,中雨日通过了 0.01 检验,中雨日的差异性最为显著。从上述的分析可知,白银市南北部不同等级降水日数在汛期降水偏多(少)的变化中存在显著的差异性,即降水量的偏多(少)与降水日数的关系密切,与较高降水等级日数关系更为密切。进一步可以推断降水过程的强度及频数与旱涝关系密切。小雨日虽多,但其强度小,所以对总降水量的贡献并不高;中雨及以上降水日数虽少,但其强度大,所以对总降水量的贡献比较大,且无论在降水偏多年还是在降水偏少年,中雨及以上降水日数的变化对旱涝的影响更大。

Table 4. Statistics of extreme precipitation years and corresponding different levels of precipitation days during the flood season in baiyin city

表 4. 白银市汛期极端降水年份及对应不同等级降水日数统计

不同等级	一般年份平均		偏多年				偏少年			
	北部	南部	北部		南部		北部		南部	
			平均	偏多	平均	偏多	平均	偏少	平均	偏少
总雨日	46.5	62.4	52.9	13.9	72.8	16.6	37.8	-18.6	55.0	-11.9
小雨日	41.4	51.6	46.3	11.8	59.9	16.2	34.9	-15.7	50.7	-1.7
中雨日	4.4	9.0	6.6	48.2	12.9	43.3	3.0	-33.0	4.3	-52.2

注：表中所列项目单位：平均日数 d/a，偏距比例%。

4. 结论

- (1) 白银市汛期不同等级降水日数随着降水等级的上升,该量级的降水日数迅速减少,并呈现“南多北少”的空间分布特点,地域上南部较北部稳定,不同级别上总降水日数最稳定,小雨次之,再次中雨。
- (2) 白银市汛期北部不同等级降水日数的年际变化趋势均不明显,南部下降趋势比较显著,且在不同级别的降水日数中,总降水日数下降趋势较显著,小雨次之、再次中雨。
- (3) 白银市汛期总降水日数和小雨降水日数年代际变化非常相似,即 21 世纪 10 年代呈下降趋势,20 年代呈上升趋势,在地域分布上无明显的差异性;中雨降水日数年代际变化存在明显的地域差异性,即 21 世纪 20 年代呈相反的变化趋势,北部呈上升趋势,南部呈下降趋势。
- (4) 白银市汛期降水总雨日数和小雨日数在 20 世纪 60 年代初中期~21 世纪 10 年代末期具有 10~15 年左右的周期变化,目前正处在偏多的正位相。中雨日数在 20 世纪 60 年代初期~21 世纪 20 年代中期在较大的时间尺度上具有 20~25 年左右的长周期,目前正处在偏多的正位相。
- (5) 汛期年降水量不仅与总雨日数、小雨日数、中雨日数的变化非常相似,而且不同等级降水日数对汛期年总降水的贡献关系均非常密切,其贡献随着降水等级的升高而增大。在异常年份,中雨及以上降水日数的变化对旱涝的影响更大。

参考文献

- [1] IPCC (2007) Climate Change 2007: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Inter Governmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, 996.
- [2] Manton, M.J., Della-Marta, P.M., Haylock, M.R., Hennessy, K.J., Nicholls, N., Chambers, L.E., *et al.* (2001) Trends in Extreme Daily Rainfall and Temperature in Southeast Asia and the South Pacific: 1961-1998. *International Journal of Climatology*, **21**, 269-284. <https://doi.org/10.1002/joc.610>
- [3] Easterling, D.R., Evans, J.L., Groisman, P.Y., Karl, T.R., Kunkel, K.E. and Ambenje, P. (2000) Observed Variability and Trends in Extreme Climate Events: A Brief Review. *Bulletin of the American Meteorological Society*, **81**, 417-425. [https://doi.org/10.1175/1520-0477\(2000\)081<0417:ovatie>2.3.co;2](https://doi.org/10.1175/1520-0477(2000)081<0417:ovatie>2.3.co;2)
- [4] 孙凤华, 杨素英, 任国玉. 东北地区降水日数、强度和持续时间的年代际变化[J]. 应用气象学报, 2007, 18(5): 610-618.
- [5] 李永华, 徐海明, 刘德. 2006 年夏季西南地区东部特大干旱及其大气环流异常[J]. 气象学报, 2009, 67(1): 122-132.
- [6] 李红梅, 周天军, 宇如聪. 近四十年我国东部盛夏日降水特性变化分析[J]. 大气科学, 2008, 32(2): 358-370.
- [7] 鲍名, 黄荣辉. 近 40 年我国暴雨的年代及变化特征[J]. 大气科学, 2006, 30(6): 1057-1067.
- [8] 任国玉, 吴虹. 我国降水变化趋势的空间特征[J]. 应用气象学报, 2000, 11(3): 322-330.
- [9] 艾卉, 张耀存, 卢伟. 我国东部地区夏季不同等级降水日数年际变化特征分析[J]. 气象科学, 2009, 29(3): 299-306.
- [10] 韩军彩, 陈静, 岳艳霞, 等. 石家庄市不同等级降水日数的时空分布特征[J]. 气象与环境学报, 2009, 29(6): 34-38.
- [11] 宁亮, 钱永甫. 中国年和季各等级日降水量的变化趋势分析[J]. 高原气象, 2008, 27(5): 1010-1020.
- [12] 吴昊, 廖必军, 蔡寿强. 浙江省不同强度降水日数的时空分布特征[J]. 干旱气象, 2012, 30(3): 360-366.
- [13] 朱坚, 张耀存, 黄丹青. 全球变暖情景下中国东部地区不同等级降水变化特征分析[J]. 高原气象, 2009, 28(4): 889-896.
- [14] 陆晨, 李青春. 北京夏季不同等级降水过程与旱涝关系的分析[J]. 气象, 2005, 23(2): 38-41.
- [15] 魏锋, 丁裕国, 白虎志, 等. 甘肃省近 40a 汛期无雨日异常的气候特征分析[J]. 气象科学, 2005, 25(3): 250-255.
- [16] 李栋梁, 谢金南, 王雷, 等. 甘肃河东降水量的周期变化[J]. 高原气象, 2000, 19(3): 295-303.
- [17] 中国西北干旱气候变化与预测研究[M]. 北京: 气象出版社, 2000: 207-208.
- [18] 韩晖, 孟丽霞. 甘肃省近 40a 年降水结构空间变化分析[J]. 干旱气象, 2010, 28(1): 30-34.
- [19] 程瑛, 候政君, 孔祥伟, 等. 甘肃省强降水变化特征[J]. 干旱气象, 2014, 32(3): 383-386.
- [20] 魏锋, 王劲松, 李宝梓, 等. 祁连山 45a 5~9 月日降水气候特征[J]. 干旱气象, 2010, 28(3): 285-290.
- [21] 景怀玺, 李富洲, 白虎志. 白银市近 48a 地表干湿状况及变干趋势[J]. 干旱气象, 2006, 24(3): 52-56.
- [22] 陈少勇, 李逢春, 曹治国, 等. 白银市“四旱”气候特征及成因研究[J]. 成都信息工程学院学报, 2003, 18(1): 49-54.
- [23] 陈少勇, 李逢春, 曹治国, 等. 白银市干旱气候特征[J]. 干旱地区研究, 2002, 20(4): 153-156.
- [24] 景怀玺, 徐科展, 石圆圆, 等. T213 数值预报产品在白银市盛夏中雨以上降水中的释用技术[J]. 干旱气象, 2008, 26(1): 83-88.
- [25] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 北京: 气象出版社, 1999.
- [26] 黄嘉佑. 气象统计分析与预报方法[M]. 北京: 气象出版社, 2004.
- [27] 景怀玺, 石圆圆, 白虎志. 甘肃中部雷暴天气变化的气候特征分析[J]. 干旱气象, 2007, 25(1): 53-57.
- [28] 王颖, 施能, 顾骏强, 等. 中国雨日的气候变化[J]. 大气科学, 2006, 30(1): 163-170.