

# 近 50 年来四川盆地降水日数的时空变化特征

任小玢<sup>1</sup>, 董治宝<sup>1,2</sup>, 周正朝<sup>1</sup>

(1. 陕西师范大学 旅游与环境学院, 陕西 西安 710062;

2. 中国科学院 寒区旱区环境与工程研究所 风沙物理与沙漠环境实验室, 甘肃 兰州 730000)

**摘要:** 利用 1960—2010 年四川盆地 16 个气象站逐日降水资料, 采用距平统计法、线性趋势法、Mann—Kendall 检验法及 Kriging 插值法对该区近 50 a 降水日数及不同等级降水日数的时空分布特征进行了定量分析。结果表明: (1) 四川盆地降水发生日数总体呈减少趋势, 且从 20 世纪 90 年代开始出现以来延续至今; 不同等级降水日数均呈减少趋势, 其中小雨日数减少最明显, 对降水日数减少的贡献最多。(2) 四川盆地降水日数的减少是一种突变现象, 突变年份为 1994 年。(3) 四川盆地年均降水日数总体表现为西部、南部较多, 东部、北部较少。(4) 四川盆地西部、北部降水日数减少趋势较快, 这种减少趋势可能是对全球变暖的区域响应; 不同等级降水日数的趋势随地域的变化存在很大差异, 其中东北部暴雨日数的小幅增加趋势使得地质灾害发生的可能性增加。

**关键词:** 降水日数; 年际变化; 空间分布; 四川盆地

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2012)04-0065-06

中图分类号: P466

## Spatio-temporal Variation of Precipitation Days of Sichuan Basin in Nearly 50 Years

REN Xiao-bin<sup>1</sup>, DONG Zhi-bao<sup>1,2</sup>, ZHOU Zheng-chao<sup>1</sup>

(1. College of Tourism Environment Science, Shaanxi Normal University, Xi'an, Shaanxi

710062, China; 2. Laboratory of Blown Sand Physics and Desert Environments, Cold and Arid Regions

Environmental and Engineering Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou, Gansu 730000, China)

**Abstract:** Based on the daily precipitation data of 16 selected meteorological stations over 1960—2010 in Sichuan Basin, this paper analyzed the spatio-temporal distribution characteristics of annual mean precipitation days and different levels precipitation days by applying multiple analysis methods. The results indicated as follows. (1) The precipitation days occurring in Sichuan Basin showed a decreasing tendency, which started since the 1990s and continued to now. (2) The decreasing of precipitation days of Sichuan Basin was a mutation phenomenon, which began from 1994. (3) The distribution of the annual mean precipitation days mainly showed that the more in west and south, while the less in east and north. (4) The precipitation days in west and north area of Sichuan Basin decreased rapidly. This decreasing tendency might be a result from the global warming. The regional distribution of precipitation days changed a lot with different levels. The increasing tendency of rainstorm days in northeast made more possibilities of geological disasters compared than ever before.

**Keywords:** precipitation days; interannual variation; spatial distribution; Sichuan Basin

近百年来, 全球气候变暖对自然生态和人类生存环境产生了显著影响, 各种极端天气及灾害事件不断增加, 给人类的生产生活 and 经济发展带来严重影响<sup>[1-3]</sup>。在此背景下, 我国大面积旱涝灾害频次的增加可能与 20 世纪暖期降水分布变化基本一致<sup>[4]</sup>。近 50 a 来我国降水量的变化存在明显的区域特征<sup>[5]</sup>, 区

域降水成为众多学者的研究对象<sup>[6-9]</sup>。Karl 等<sup>[10]</sup> 在研究中提出降水表现为降水量和降水频次, 降水量不能完全反映降水对区域经济效益的影响是因为即使同一年降水量相同, 不同等级降水事件发生频次的差异对该地水资源、农业、生态系统所产生的效应不同<sup>[11]</sup>, 对旱涝灾害<sup>[12]</sup>、高温天气的发生频次及持续时

收稿日期: 2011-10-24

修回日期: 2012-03-19

资助项目: 陕西省自然科学基金项目“基于植被影响的小流域降雨—侵蚀非线性关系及侵蚀趋势预估”(2011JQ5005); 霍英东教育基金会高等院校青年教师基金项目(131025); 教育部“长江学者”特聘教授基金项目(801813)。

作者简介: 任小玢(1987—), 女(满族), 宁夏回族自治区银川市人, 硕士研究生, 研究方向为城郊水土保持与灾害防治。E-mail: fifa1023@126.com。

间也有一定影响。

四川盆地位于长江流域上游,包括四川省东部和重庆市大部,由于其相对闭塞的地理位置和下垫面的复杂性<sup>[13]</sup>,成为气象观测上的敏感地区,同时四川盆地是我国主要的粮食生产区,水资源配置空间差异大,易涝易旱,且自 20 世纪 90 年代以来盆地增温显著<sup>[14]</sup>,因此对盆地内降水的研究意义重大。已有研究表明<sup>[14-16]</sup>,四川盆地降水量呈减少趋势,盆地内降水存在分布的不均匀性,表现为东部和西部的震荡,以往的研究多从降水量变化的角度进行分析,尽管有学者在对近 50 a 来长江流域降水日数的研究中提到四川盆地是长江流域降水日数唯一减少的地区<sup>[11]</sup>,但未对其不同等级降水日数的变化趋势及空间分布特征进行深入分析,本研究着重探讨近 50 a 来四川盆地年均降水日数及不同等级降水日数的时空变化特征,以期对该地区经济可持续发展及未来旱涝灾害的监测和预测提供一定的科学借鉴。

## 1 资料与方法

采用的资料为 1960—2010 年四川盆地 16 个气象站(巴中、达县、都江堰、广元、阆中、乐山、绵阳、南充、遂宁、叙永、雅安、宜宾、沙坪坝、万州、梁平、酉阳)逐日降水数据。降水日数的统计按照气象观测标准  $\geq 0.1$  mm 的降水日数确定(地面凝结水雾、露、霜等不参加计算)。不同降水等级按照中国气象局所规定的标准统计,即 24 h 内的降雨量称为日降雨量,凡是日雨量在 9.9 mm 以下的称为小雨,10.0~24.9 mm 为中雨,25.0~49.9 mm 为大雨,50 mm 以上为暴雨<sup>[17]</sup>。文中四川盆地年均降水日数及不同等级降水日数为 16 个气象站数据的平均值。

采用距平统计法、线性趋势法<sup>[18]</sup>、Mann—Kendall 检验法<sup>[19]</sup>及 Kriging 插值法<sup>[20]</sup>定量分析近 50 a 来四川盆地降水日数在时间和空间上的变化特征。

## 2 降水日数的时间变化特征

### 2.1 降水日数年变化

分析图 1 可知,四川盆地年均降水日数总体呈减少趋势。1990 年以前,年均降水日数多为正距平,仅个别年份为负距平,1964 年年均降水日数高于均值 29.3 d,达到历史最高;1990 年以后年均降水日数多为负距平并不断减少,2006 年低于均值 19.5 d,降至近 20 a 最低,2006 年以后降水日数呈小幅回升趋势。

不同等级降水日数总体呈减少趋势。小雨日数 1997 年以前多为正距平,1964 年高于均值 26.7 d,达到近 50 a 最高,1998 年以后多为负距平,且明显减

少;中雨日数呈波动减少趋势,1983 年以来中雨日数多为负距平,1991 年低于均值 4.3 d,降至近 50 a 最低;大雨和暴雨日数减少幅度小且变化不明显,大雨日数高于或低于均值的最大幅度不超过 3 d,暴雨日数在均值上下波动性最强。

总体看来,近 50 a 来四川盆地降水日数呈减少趋势,这与全国降水日数明显减少的变化趋势是一致的<sup>[21]</sup>。

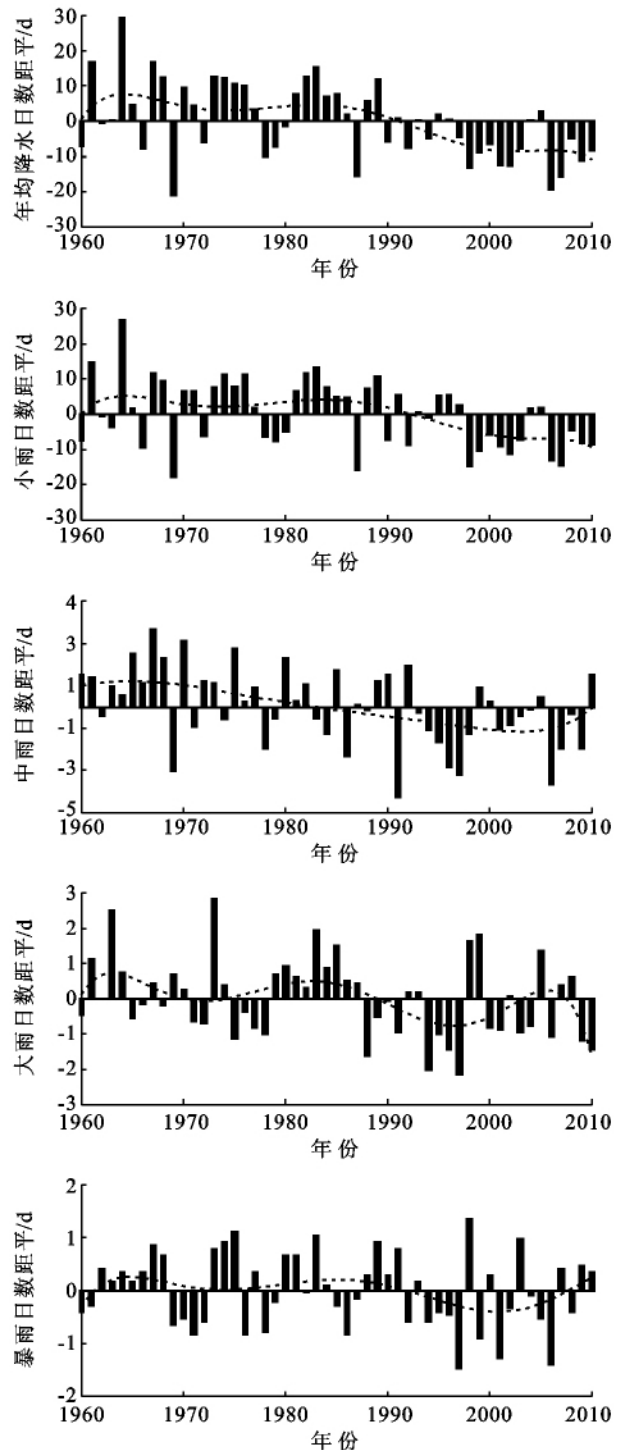


图 1 四川盆地年均降水及不同等级降水日数距平变化

2.2 降水日数年代际及倾向率变化

分析表 1 可知,近 50 a 来四川盆地每 10 a 降水日数频次分布呈减少趋势。20 世纪 60—70 年代减少微弱,仅为 0.43 d,而 20 世纪 80—90 年代减少较多,高达 9.37 d,且最近的降水日数减少趋势自 20 世纪 90 年代出现以来延续至今。已有研究表明<sup>[21]</sup>,四川盆地少雨量年多在 70 年代和 90 年代以后,多雨量年多发生在 60 和 80 年代,可发现盆地降雨日数和降雨量的增减变化具有一定的同步性,尤其是 20 世纪 80—90 年代这种同步性表现更明显。对于不同等级降水日数,小雨日数先增加后减少,1980—1990 年代减少 6.82 d,减少幅度较大;中雨、大雨、暴雨日数变化呈波动性,无明显规律。

表 1 研究区年均降水及不同等级降水日数频次分布 d

降雨类型	1960—1969 年	1970—1979 年	1980—1989 年	1990—1999 年	2000—2010 年
年均降水	157.83	157.40	158.76	149.39	144.76
小雨	125.58	126.24	127.61	120.79	115.87
中雨	20.09	19.57	19.26	18.01	18.30
大雨	7.92	7.45	8.00	7.13	7.08
暴雨	3.81	3.59	3.89	3.47	3.51

分析表 2 可知,近 50 a 来四川盆地年均降水日数和不同等级降水日数倾向率均小于 0,进一步说明降水日数整体减少。其中,年均降水日数倾向率为 -3.54 d/10 a,而 1954—2000 年我国降水日数的倾向率为 -3.8 d/10 a<sup>[22]</sup>,四川盆地年均降水日数减少趋势未超过此水平。不同等级降水日数中,小雨日数减少趋势最明显,表明小雨日数的减少对年均降水日数减少的贡献最多。中雨日数和大雨日数减少较慢,暴雨日数减少最慢。

表 2 研究区年均降水及不同等级降水日数倾向率 d/10 a

年均降水	小雨	中雨	大雨	暴雨
-3.54	-2.61	-0.52	-0.2	-0.06

2.3 降水日数变化的突变检验

对近 50 a 来四川盆地年均降水及不同等级降水日数的变化进行 Mann—Kendall 突变检验分析。由图 2a 中 UF(正序列统计)曲线可知,1977 年以来,年均降水日数呈不断减少趋势,1999 年超过显著性水平 0.05 临界线(图 2 中平行虚线为  $\alpha=0.05$  显著性水平,下同),达到减少显著水平,这种现象的突变年份为 1994 年。分析图 2b 中 UF 曲线可知,小雨日数 1989 年以前呈微弱的波动性减少趋势,1990 年以来不断减少,2000 年达到减少显著水平,此现象的突变

年份为 1996 年。分析图 2c 中 UF 曲线得知,1975 年以来中雨日数逐年减少,1995 年达到减少显著水平,突变年份为 1981 年。分析图 2d 中 UF 曲线可知,1965 年以来大雨日数除 1984—1985 年有小幅增加外,其他年份均呈减少趋势,且多未达到显著水平,突变年份不明显。分析图 2e 中 UF 曲线可知,暴雨日数 1994 年以前多呈增加趋势,1995 年以来呈减少趋势,且多未达到显著水平,突变年份不明显。

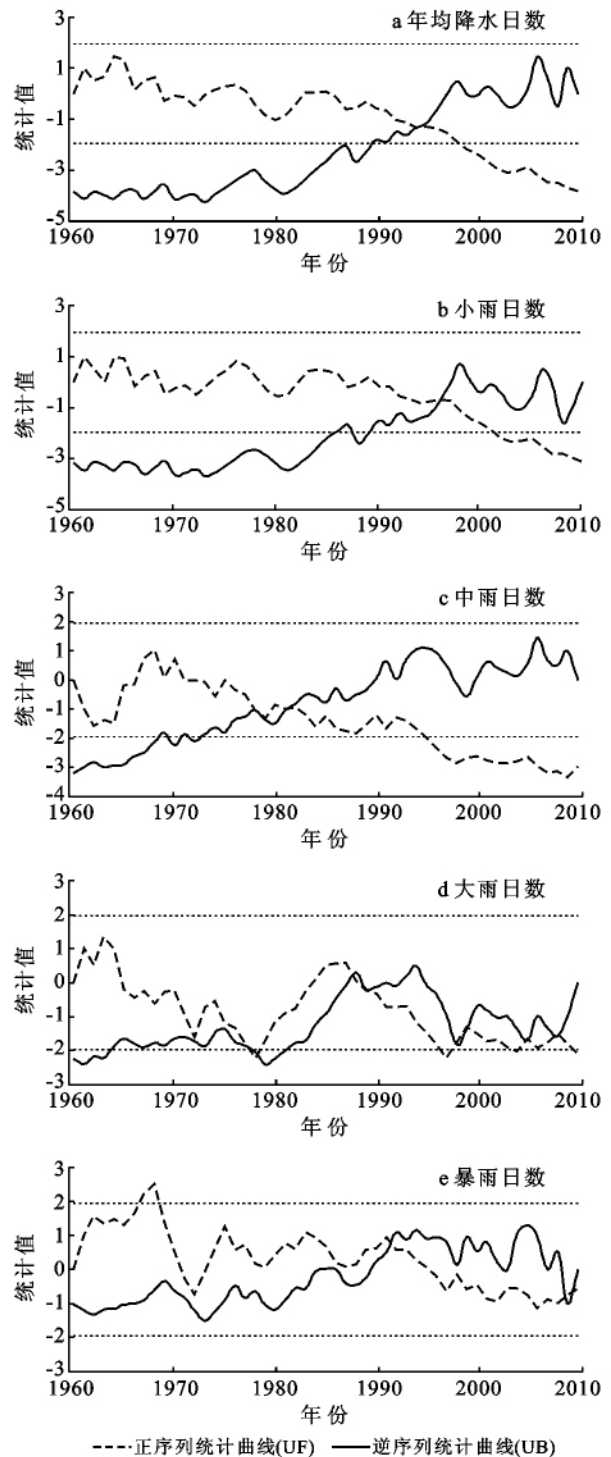


图 2 研究区年均降水及不同等级降水日数 M-K 突变检验

### 3 空间变化特征

分析图 3 降雨等级日数分布情况发现,近 50 a 来四川盆地年均降水日数空间变化差值范围大,位于

西部边缘的雅安降水日数最多,其次是叙永、都江堰、宜宾、乐山等地区,年降水日数均可达 165 d 以上,而北部、中部降水日数较少,总体表现为西部多于东部,南部多于北部。

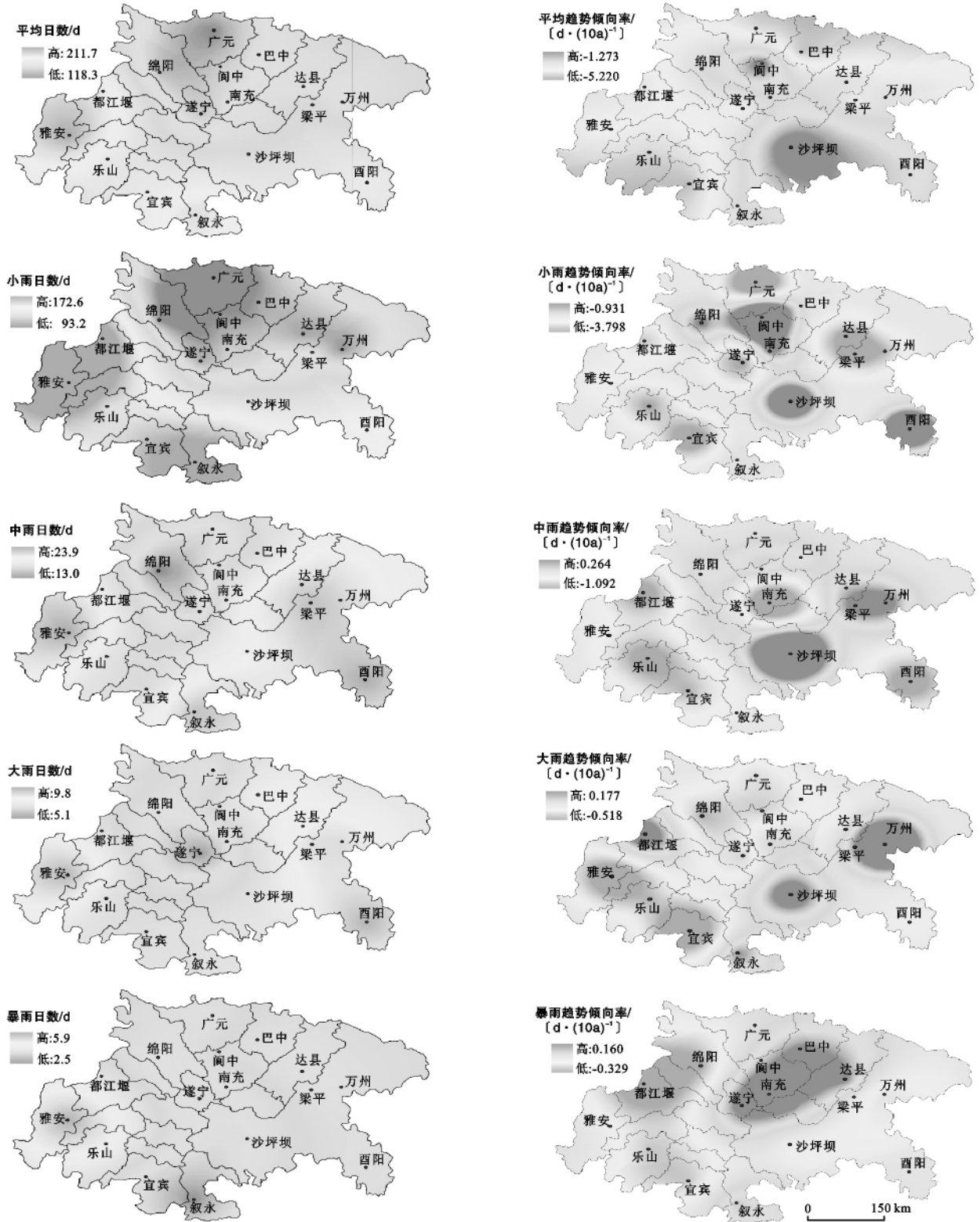


图 3 研究区年均降水及不同等级降水日数及其倾向率空间分布

小雨日数空间变化差值范围较大,西部、西南部明显高于其他地区,且从西南向东北呈明显减少趋势,雅安、叙永、都江堰等地区小雨发生日数最多,为典型的小雨中心。中雨日数较集中在西部、东部及东南部,其中西阳和雅安等地区中雨日数最多,均为24 d/a。大雨日数较多发生在西部的雅安和东南部的酉阳县,中部的遂宁市最少,空间分布上呈现东部、西部较多,中部较少的现象。暴雨日数多集中在雅安地区,该地是典型的暴雨中心,其次为巴中、达县,叙永暴雨日数最少,其他地区暴雨日数差别不大。

综上所述,四川盆地西部边缘山地降水日数最多,符合该地区为中国突出的多雨区,有“华西雨屏”之称的说法<sup>[23]</sup>;年均降水日数西部、南部较多,中部、北部较少,且不同等级降水日数的空间分布差异较大,无疑对盆地内水资源配置产生一定影响。

分析图3各降雨等级倾向率分布情况可知,近50 a来四川盆地西部及北部降水日数减少趋势较快,宜宾和巴中减少趋势最快,两地倾向率分别为-5.34和-4.96 d/10 a,沙坪坝区、阆中市减少趋势最慢。

不同等级降水日数的倾向率随地域的变化存在较大差异。广元、宜宾、梁平、遂宁、乐山等地为小雨日数减少较快中心。南充、西阳、乐山等县市为中雨日数减少较快中心,相反的是沙坪坝区倾向率为0.26 d/10 a,呈现小幅增长趋势,这可能是由于沙坪坝区是重庆市较繁华地区之一,受到城市化因素如城市热岛效应等影响较大,因此出现较为反常的变化规律。大雨日数在盆地西南部减少较快,宜宾和雅安等地的倾向率分别为-0.52和-0.48 d/10 a,形成两个减少程度较快的中心地区,万州区则以0.18 d/10 a的趋势小幅增加。暴雨日数西部较东部减少更快,都江堰市达-0.46 d/10 a,成为减速最快地区中心,南充、达县、巴中、阆中、遂宁、叙永等地区则呈略微增加趋势。

总体看来,四川盆地西部地区降水日数集中,北部地区无雨日数较多,近50 a来这两个地区降水日数均呈快速减少趋势,表明四川盆地有变干趋势,加之盆地自20世纪90年代中期以来显著增温<sup>[14]</sup>,盆地西部、北部地区在此背景下的暖干趋势可能是对全球变暖的区域响应。关于暴雨日数值得注意的是:四川盆地东北部属于“大暴雨、山洪、滑坡”区<sup>[24]</sup>,该地区暴雨日数呈增加趋势,可能表明尽管降水日数总体减少,但是暴雨日数及强度反而有所增加,由此带来地质灾害的严重程度增强。

## 4 结论

(1) 近50 a来四川盆地降水日数呈明显减少趋

势。年均降水日数倾向率低于1954—2000年我国降水日数的倾向率水平,小雨日数的减少对年均降水日数减少的贡献最多。降水日数的年代变化呈减少趋势,且降雨日数和降雨量的增减变化具有一定的同步性。自20世纪90年代以来出现的降水日数减少趋势延续至今,现今四川盆地仍处在降水日数较少阶段,此现象对该地区持续高温天气、干旱灾害发生有一定影响。

(2) 近50 a来,通过Mann—Kendall检验得出四川盆地年均降水日数的减少变化显著,且突变年份为1994年。小雨日数突变年份为1996年,中雨日数突变年份为1981年,大雨及暴雨日数突变年份不明显。

(3) 近50 a来四川盆地年均降水日数存在空间分布差异,对盆地内水资源配置会有一定影响。年均降水日数表现为:西部、南部地区年均降水日数较多,中部、北部较少。不同等级降水日数表现为:盆地西部、南部小雨日数高于其他地区,且呈现从西南向东北明显减少的趋势;中雨日数在西部、东部及东南部较多;大雨日数在东部、西部较多,中部较少;暴雨日数集中在西部地区,雅安为典型暴雨中心。

(4) 近50 a来四川盆地降水日数变化趋势的空间差异性较大,盆地西部及北部降水日数减少趋势较快。广元、宜宾、梁平、遂宁、乐山等地区为小雨日数减少较快的中心;南充、西阳、乐山为中雨日数减少较快的中心;大雨日数西南部减少较快,宜宾和雅安等地为减少较快的中心;暴雨日数西部较东部减少更快,而南充、达县、巴中、阆中、遂宁、叙永等地区呈略微增加趋势。总体看来,盆地西部和北部地区降水日数的快速减少表明四川盆地呈现变干趋势,在盆地显著增温的背景下,此变化可能是对全球变暖的区域响应。尽管降水日数总体减少,但东北部地区暴雨日数及强度可能有所增加,使得发生地质灾害的可能性增加,灾害所造成后果的严重性增强。

### [参 考 文 献]

- [1] 《广东气象》编辑部. 气候变化2007:气候变化影响、适应和脆弱性:IPCC第2次工作会议第4次评估报告主要结论介绍[J]. 广东气象, 2007, 29(2): 1-4.
- [2] Changnon S A, Roger A, Pielk J, et al. Human factors explain the increased losses from weather and climate extremes[J]. Bulletin of the American Meteorological Society, 2000, 81(3): 437-442.
- [3] Easterling D R, Evans J L, Groisman P Y, et al. Observed variability and trends in extreme climate events: A brief review[J]. Bulletin of the American Meteorol-

- logical Society, 2000, 81(3): 417-425.
- [4] 陈家其, 施能. 全球增暖下我国旱涝灾害可能情景的初步研究[J]. 地理科学, 1995, 15(3): 201-207.
- [5] 左洪超, 吕世华, 胡隐樵. 中国近 50 年气温及降水量的变化趋势分析[J]. 高原气象, 2004, 23(2): 238-244.
- [6] 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): 891-895.
- [7] 李智才, 宋燕, 德平. 山西省主汛期极端降水变化特征[J]. 气候与环境研究, 2010, 15(4): 433-442.
- [8] 陈少勇, 任燕, 乔立, 等. 中国西北地区大雨以上降水日数的时空分布特征[J]. 资源科学, 2011, 33(5): 958-965.
- [9] 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.
- [10] Karl T R, Knight R W. Secular trends of precipitation amount, frequency, and intensity in the United States [J]. Bulletin of the American Meteorological Society, 1998, 79(2): 231-241.
- [11] 吴宜进, 熊安元, 姜彤, 等. 近 50 年长江流域降水日数的演变趋势[J]. 长江流域资源与环境, 2008, 17(2): 217-222.
- [12] 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, 25(6): 34-38.
- [13] 白爱娟, 刘晓东, 刘长海. 青藏高原与四川盆地夏季降水日变化的对比分析[J]. 高原气象, 2011, 30(4): 852-859.
- [14] 白莹莹, 张炎, 高阳华, 等. 四川盆地降水变化的区域差异[J]. 地理科学, 2011, 31(4): 478-484.
- [15] 邵远坤, 沈桐立, 游泳, 等. 四川盆地近 40 年来的降水特征分析[J]. 西南农业大学学报: 自然科学版, 2005, 27(6): 749-752.
- [16] 刘晓冉, 李国平, 范广州, 等. 我国西南地区 1960—2000 年降水资源变化的时空特征[J]. 自然资源学报, 2007, 22(5): 783-792.
- [17] 黄国如, 何泓杰. 城市化对济南汛期降雨特征的影响[J]. 自然灾害学报, 2011, 20(3): 7-12.
- [18] 党碧玲, 任志远, 张翀. 西安地区近 50 a 降水量的统计分析[J]. 西北大学学报: 自然科学版, 2011, 41(1): 139-144.
- [19] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 北京: 气象出版社, 2007.
- [20] 曹文静, 李强子, 蒙继华, 等. 基于 GIS 的气温插值方法比较[J]. 中国农业气象, 2007, 28(S): 175-178.
- [21] 陈超, 庞艳梅, 潘学标. 近半个世纪以来四川盆地气温和降水的变化特征[J]. 中国农业气象, 2010, 31(S1): 27-31.
- [22] 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): 162-170.
- [23] 徐裕华, 王宗德, 王明, 等. 西南气候[M]. 北京: 气象出版社, 1991: 298.
- [24] 周长艳, 岑思弦, 李跃清, 等. 四川省近 50 年降水的变化特征及影响[J]. 地理学报, 2011, 66(5): 619-630.

(上接第 64 页)

[参 考 文 献]

- [1] 杨爱民, 唐克旺, 王浩, 等. 生态用水的基本理论与计算方法[J]. 水利学报, 2004(12): 39-45.
- [2] 汤奇成. 绿洲的发展与水资源的合理利用[J]. 干旱区资源与环境, 1995, 9(3): 107-111.
- [3] 杨劫, 宋炳煜, 朴顺姬, 等. 黄埔川丘陵沟壑区小流域生态用水实验研究[J]. 自然资源学报, 2003, 18(5): 513-521.
- [4] 贾宝全, 许英勤. 干旱区生态用水的概念和分类: 以新疆为例[J]. 干旱区地理, 1998, 21(2): 8-12.
- [5] 贾宝全, 慈龙骏. 新疆生态用水量的初步估算[J]. 生态学报, 2000, 20(2): 243-250.
- [6] 潘启民, 任志远, 郝国占. 黑河流域生态需水分析[J]. 黄河水利职业技术学院学报, 2001, 13(1): 14-16.
- [7] 李丽娟, 郑红星. 海滦河流域河流系统生态环境需水量计算[J]. 地理学报, 2000, 55(4): 495-500.
- [8] 宋炳煜, 尹晓青. 草原植物群落蒸腾耗水量的测定方法比较[C]//中国科学院内蒙古草原生态系统定位站. 草原生态系统研究: 第 2 集. 北京: 科学出版社, 1988: 224-231.
- [9] 宋炳. 草原区不同植物群落蒸发蒸腾的研究[J]. 植物生态学报, 1995, 19(4): 319-328.
- [10] 刘昌明, 王会肖等. 土壤—作物—大气界面水分过程与节水调控[M]. 北京: 科学出版社, 1999: 60-65.