

文章编号: 1000-5862(2016)01-0106-05

江西省不同等级雨日数的变化特征及对降水量的影响

张敬伟¹, 郑林¹, 魏蕾娜²

(1. 江西师范大学地理与环境学院, 鄱阳湖湿地与流域教育部重点实验室, 江西 南昌 330022;

2. 江西省核工业地质调查院, 江西 南昌 330000)

摘要: 利用 1961—2010 年江西省 79 个气象台站逐日降水资料, 借助小波分析、M-K 检验等方法分析了 50 年来不同等级降水日数的时空变化、周期性和突变性特征, 与厄尔尼诺(ENSO) 的关系, 以及对年降水量的贡献程度。结果表明: 总雨日数和小雨日数呈下降趋势, 而暴雨日数和大雨日数增长趋势较为明显, 中雨日数的变化较为稳定; 雨日数变化趋势在空间上表现为“东部比西部活跃、南部比北部活跃、中部趋于稳定”的特征; 不同等级雨日数的突变时间和变化趋势不同, 其震荡周期在 28 年、8 年、9 年、22 年不等; 雨日数变化可能受 ENSO 暖事件滞后效应控制, 以总雨日数和小雨日数最为显著; 大雨日数、暴雨日数和小雨强度对降水量的影响最为显著; 暴雨日数和小雨强度对降水增量的影响具有全局性特征。

关键词: 不同等级雨日数; 时空差异; 突变性与周期规律; ENSO 事件; 降水贡献率

中图分类号: K 903 **文献标志码:** A **DOI:** 10.16357/j.cnki.issn1000-5862.2016.01.19

0 引言

IPCC 报告指出: 在气候变化和人类活动的影响下, 区域水循环将引起降水事件的震荡, 极端天气气候事件的概率和强度将增大^[1]。目前, 我国关于降水气候变化的研究主要基于对过去的降水资料进行统计拟合分析^[2]。从地域上而言, 研究区覆盖了我国西北地区^[3]、东北地区^[4-5]、海河流域^[6]、黄河流域^[7]、长江流域^[8] 等多个典型的地理单元; 从研究方法来看, 大多采用趋势波动^[9] 探讨降水时间序列变化特征; 排列熵法及 Morlet 小波分析^[10] 探讨降水事件的周期性和突变性; EOF 及 REOF 法^[11] 研究降水时空特征; 百分位阈值法对极端降水阈值进行比较分析^[12]; 综合累积距平、回归分析、M-K 检验等统计学方法^[13] 分析区域降水的变化特征。随着降水趋势及影响因素研究的不断深入, 降水总量的变化并不能完全反映气候变化对生态、社会经济系统的影响^[14] 日益成为气候变化研究一个新的共识。因此, 围绕降水日数^[15]、降水变化的动力机制^[16] 研究, 以及对降水量的影响^[2,17] 分析得到了广泛的关注。

江西省行政区面积约占长江流域总面积的 9%, 但多年平均入江水量占长江总水量的

16%^[18]。气候变化背景下, 江西省降水表现为总量呈波动上升、时空分布不均等的趋势^[19]。近年来, 学者们围绕江西省降水变化展开了一系列的研究, 在降水的时空变化^[20]、降水引发的旱涝交替^[21]、极端降水事件诊断^[22]、降水量与水汽输送、大气环流的关系^[23] 等方面取得了阶段性成果。尽管如此, 已有的研究在降水日数方面仍没有形成系统、长时间序列的研究成果。鉴于江西省雨日数与降水量之间的密切关系, 本文通过对江西省 50 年来不同等级雨日数变化特征、动因等研究的基础上, 探索对年降水量的贡献以及与厄尔尼诺(ENSO) 的关系, 旨在更加全面地掌握江西省气候变化的基本事实。

1 资料与研究方法

本文数据来源于中国气象数据共享服务网, 降水量的等级以国家气象局《降水强度等级划分标注(内陆)》为依据, 分为总雨日、小雨日、中雨日、大雨日、暴雨日。鉴于 Nino3.4 区能很好地反映出海表温度的变化情况, 本文采用源于美国海洋大气局气候预测中心的该海区海温距平指数(SSTA) 判定 ENSO 冷暖事件的发生与结束^[24]。在台站选择上, 参照鄱阳湖流域气候变化评估^[18] 的研究过程, 筛选

收稿日期: 2015-11-28

基金项目: 江西省科技成果转化计划(20142BB190022) 和江西师范大学 2013 年度青年成长基金(人文社科类) 资助项目。

作者简介: 张敬伟(1984-) 男, 江西上饶人, 讲师, 硕士, 主要从事区域规划与分析、气候变化的影响和评估的研究。

了79个气象台站的数据展开研究。

在GIS技术支持下,基于Morlet小波分析^[25]、M-K检验法和气候倾向率法^[26],就江西省1961—2010年不同等级雨日数的时空变化、周期特征和突变特征展开分析;结合SSTA月序列数据并定义ENSO事件的强度、起止时间等^[27],使用相关分析法分析不同等级雨日数与ENSO事件的相关性;在探讨不同等级雨日数对降水增量的影响时,使用降水量增量分析法^[2]提取不同等级雨日数、强度对降水的贡献率。

2 不同等级雨日数的时空特征

2.1 不同等级雨日数时间序列特征

江西省1961—2010年总雨日数、小雨日数下降趋势较为明显,其趋势为 $-5.8\text{ d}/10\text{ 年}$ 和 $-5.2\text{ d}/10\text{ 年}$,总雨日数和小雨日数的距平率分别为 -10.3% 和 -13.1% 。从年代来看,总雨日数和小雨日数在20世纪80年代和21世纪前10年的下降最为明显,其余年份的变化稍弱。中雨日数在21世纪前10年的下降趋势较为显著,其倾向率分别为 $-1.6\text{ d}/10\text{ 年}$,而1971—2000年呈弱增长的态势,中雨日数的变化总体而言呈倒“V”型的特征。暴雨日数和大雨日数增长趋势较为明显,又以20世纪90年代的增长最为显著。其中,大雨日数倾向率达 $1.65\text{ d}/10\text{ 年}$ 、距平率 9.7% ,大雨10年总日数超过150 d。与大雨日数相比,暴雨日数的趋势更加明显,其倾向率达 $0.22\text{ d}/10\text{ 年}$ 、距平率高达 21.1% ,暴雨10年总日数超过60 d。

2.2 不同等级雨日数的空间分布特征

雨日数偏多的地区集中在赣闽边界武夷山脉以北、赣鄂边界幕府山以西、赣湘边界罗霄山一带,该

地区多年平均雨日数值在170 d以上,部分地区甚至超过180 d。其中雨日数越多的地区,其减少趋势越大;小雨日数高位值呈“西北—东南—西南”三角分布的态势,该地区多年小雨日数在120 d以上;中雨日数在空间上表现为明显的东部多于西部、南部多于北部的特征,高位值主要分布在赣江流域、信江流域中上游,多年中雨日数在30 d以上。中雨日数的趋势值变化较为稳定。大雨日数表现为明显的东部多于西部、南部多于北部的特征,其高低值的分界线由北至南依次为鄱阳—进贤—宜黄—宁都—于都—安远一带,临界值为14 d左右。暴雨日数高低值的分界线由西至东依次为莲花—泰和—于都—瑞金一带,南北临界值在5 d左右。

3 不同等级雨日数的突变性和周期性特征

3.1 不同等级雨日数的突变性特征

由图1可知,雨日数在20世纪70年代初期,其 $UF_k > 0$,这表明雨日数呈增加的趋势,之后, UF_k 呈递减趋势, UF_k 和 UB_k 2条曲线在1979年前后相交,随后 UF_k 超出95%置信度范围,这说明雨日数在1979年前后发生了减少突变。结合前期整理的数据也表明:1979年前雨日数多年的平均值在177 d,之后为158 d,突变点前后雨日数变化在 -19 d ,下降趋势十分明显;采取同样方法分析可知:小雨日数在1981年前后发生了减少突变,突变点前后小雨日数的变化趋势为 -20 d ;中雨日数发生了多次突变,其中较为典型的突变点为1971年的增加突变和1998年的减少突变;大雨日数也发生了多次突变,典型的突变点为1987年的增加突变和2003年的减少突变;暴雨日数在1994年前后发生了增加突变,2005年前后发生了减少突变。

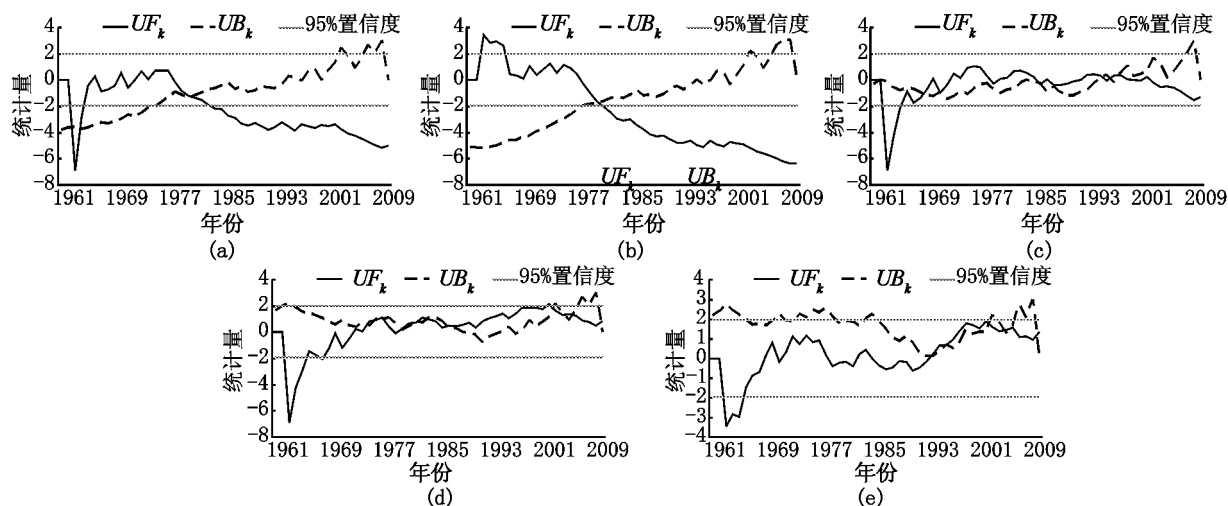


图1 江西省不同等级雨日数的突变检验

3.2 不同等级雨日数周期性特征

江西省不同等级雨日数演化过程中存在的多时间尺度特征,其中雨日数存在着 8~32 年、16~32 年 2 类尺度的周期变化规律,在 8~32 年尺度上存在准 3 次震荡;在 16~32 年时间尺度上存在准 2 次震荡;小雨日数存在着 12~32 年、21~32 年 2 类尺度的周期变化规律;中雨日数存在着 7~10 年、17~32 年、25~30 年的 3 类尺度的周期变化规律,在 7~10 年尺度上出现了准 2 次震荡;大雨日数存在着 4~12 年、17~32 年、25~32 年的 3 类尺度的周期变化规律,在 17~32 年尺度上出现了准 3 次震荡并具有全域性;暴雨日数存在着 4~10 年、18~22 年、22~32 年的 3 类尺度的周期变化规律,在 22~32 年尺度上出现了准 4 次震荡。雨日数峰值依次为 8 年、13 年、18 年、22 年和 28 年,最大峰值对应着 28 年的时间尺度,这说明 28 年左右的周期震荡最强,为雨日数变化的第 1 主周期,其余为次周期;同理可知 28 年左右为小雨日数变化的第 1 主周期,其余为次周期;28 年、8 年的时间尺度为中雨日数变化的第 1、第 2 主周期;28 年、9 年、4 年时间尺度为大雨日数变化的第 1、第 2、第 3 主周期;28 年、22 年、10 年、4 年时间尺度为暴雨日数变化的第 1~4 主周期。

表 1 不同等级雨日数与 ENSO 的相关性

	总雨日数		小雨日数		中雨日数		大雨日数		暴雨日数	
	较多年均值	距平	较多年均值	距平	较多年均值	距平	较多年均值	距平	较多年均值	距平
ElNino	0.571	0.580*	0.501	0.483	0.535	0.567	0.262	0.245	0.087	0.062
LaNina	0.437	0.426	0.472	0.441	0.237	0.214	0.130	0.157	-0.001	-0.001

注: * 代表通过了 $\alpha=0.05$ 的显著性检验。

5 不同等级雨日数引起降水增量的时空分析

江西省 1961—2010 年降水量增量受小雨、中雨的降水强度的影响,其趋势分别为 5.17 mm/年、-17.07 mm/年。此外,降水日数对降水增量的影响主要体现在大雨日数和暴雨日数,其趋势分别为 34.1 mm/年、43.5 mm/年。20 世纪 60 年代,降水增量的控制因素与整个统计结果相似;20 世纪 70 年代,降水增量全部由不同等级降水强度决定;20 世纪 80 年代,降水增量由小雨日数和中雨、大雨、暴雨的降水强度决定;20 世纪 90 年代,降水增量由小雨、大雨、暴雨日数和中雨的降水强度决定;21 世纪前 10 年,降水增量由小雨、中雨的降水强度和大雨、暴雨日数决定。由此可见,不同年代降水增量的控制因素不同,又以大雨日数、暴雨日数和小雨强度对江

4 不同等级雨日数与 ENSO 的相关性

已有的研究表明,ENSO 与降水存在着密切的关系^[28]。通过计算可知,ENSO 具有一定的周期特点,暖事件共发生 12 次,有 6 个高峰期,ElNino 年分别为 1969 年、1972 年、1983 年、1987 年、1992 年、1997 年,以冬季发生次数比例最高,占总次数的 75%,持续时间大多在 6~10 个月。ElNino 以 20 世纪 60 年代、90 年代和 21 世纪前 10 年发生次数最多;LaNina 共发生 11 次,有 1 个高峰期为 1973 年,以冬季发生次数比例最高,占总次数的 55%,持续时间大多在 10~20 个月,最长的持续时间超过 3 年,LaNina 以 20 世纪 60 年代和 21 世纪前 10 年发生次数最多。

从不同等级雨日数、距平值与 SSTA 的相关性(见表 1)来看,3 者之间的相关性存在显著差异。其中 ElNino 和 LaNina 年强度与总雨日数、小雨日数、中雨日数距平值均呈正相关的关系,以 ElNino 与总雨日数的距平值关系最为显著,通过了 $\alpha=0.05$ 的显著性检验。而 LaNina 与暴雨日数的距平值呈负相关的关系。

西省降水增量的影响最为显著。

从空间尺度来看,江西省不同地区的雨日数和降水强度的对降水增量的影响不同,东部地区、西部地区降水增量的主要受暴雨日数和小雨、中雨、大雨强度共同影响,中部、中南部和北部地区降水增量的主要受暴雨日数和小雨、中雨、大雨强度共同影响,南部地区受所有雨日数的降水强度影响,东北部地区受中雨强度和小雨、大雨、暴雨日数共同影响。整体来看,暴雨日数和小雨强度对降水增量的影响具有全局性,其中暴雨日数在西部和南部地区对降水增量影响最大,分别为 59.2 mm/年、59.6 mm/年,小雨强度在北部和中部地区对降水增量影响最大,分别为 -2.9 mm/年、-2.8 mm/年。

6 结论与讨论

1) 从不同等级雨日数和倾向率的时间序列特

征来看,总雨日数整体呈下降趋势,而暴雨日数和大雨日数增长趋势较为明显,中雨日数的变化较为稳定。在20世纪90年代趋增,21世纪前10年趋减。整体而言,不同等级雨日数的变化趋势在空间上表现为东部强于西部、南部强于北部、中部稳定的格局特征。

2) 从江西省不同等级雨日数的突变特征来看,总雨日数、小雨日数在1979年、1981年前后呈现逐年递减的趋势;中雨日数、大雨日数和暴雨日数在1971年、1987年、1994年前后呈增加趋势,1998年、2003年、2005年以后呈减少趋势。纵观不同等级雨日数周期特征,存在着28年、8年、9年、22年左右的震荡周期。

3) 江西省不同等级雨日数主要受ENSO暖事件滞后效应控制,以对总雨日数和小雨日数的变化影响最为显著,统计显示:ENSO暖事件信号点在1983年前后,较全球尺度发生在1976年暖事件引发的降水异常相比,相差了约7年,信号点次年的雨日数、小雨日数较多年平均值相比减少了11 d、19 d。其余等级降水日数对ENSO的响应有待进一步研究。

4) 从时间角度而言,大雨日数、暴雨日数和小雨强度对江西省降水增量的影响最为显著且均呈正影响,其趋势值分别为35.10 mm/年、43.10 mm/年和5.17 mm/年。从空间角度而言,江西省东部、西部、中部、中南部和北部地区的降水增量受降水强度影响较大,而南部地区、东北部地区主要受雨日数影响。此外,暴雨日数和小雨强度对降水增量的影响具有全局性特征。其中暴雨日数对降水增量为正影响,且以西部和南部最为显著,超过59.00 mm/年。小雨强度对降水增量为负影响,又以中南部和北部最为显著,超过-2.70 mm/年。

7 参考文献

- [1] IPCC. Climatechange 2001: the scientific basis [M]. Cambridge,United Kingdom,New York: Cambridge University 2011.
- [2] 徐新创,张学珍,戴尔阜,等. 1961—2010年中国降水强度变化趋势及其对降水量影响分析[J]. 地理研究, 2014, 33(7): 1335-1347.
- [3] 贾文雄,张禹舜,李宗省. 近50年来祁连山及河西走廊地区极端降水的时空变化研究[J]. 地理科学, 2014, 34(8): 1002-1009.
- [4] 杨素英,孙凤华,马建中. 增暖背景下中国东北地区极端降水事件的演变特征[J]. 地理科学, 2008, 28(2): 224-228.
- [5] 李邦东,周旭,赵中军,等. 近50年中国东北地区不同类型和等级降水事件变化特征[J]. 高原气象, 2013, 32(5): 1414-1424.
- [6] 李慧芳,殷淑燕. 海河流域不同等级降水强度和雨日的时空变化特征[J]. 中国农业气象, 2014, 35(6): 603-610.
- [7] 陈效速,刘立,尉杨平. 1961—2005年黄河流域极端气候事件变化趋势[J]. 人民黄河, 2011, 33(5): 3-5.
- [8] 唐晶晶. 1952—2007年间长江流域降水时空分布变化: 全球变暖下降水重新分配实例分析[D]. 上海: 华东师范大学, 2010.
- [9] 郑有飞,郭建茂,尹继福,等. 基于DFA法的江苏省极端降水时空分布特征研究[J]. 自然灾害学报, 2012, 21(4): 76-83.
- [10] 孙东永,黄强,张莉. 基于排列熵和小波分析的渭河降水突变研究[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2015, 43(4): 1-6.
- [11] 陈豫英,陈楠,王式功,等. 中蒙干旱半干旱区降水的时空变化特征(I): 年降水特征及5~9月降水的REOF分析[J]. 高原气象, 2010, 29(1): 33-43.
- [12] 罗梦森,熊世为,梁宇飞. 区域极端降水事件阈值计算方法比较分析[J]. 气象科学, 2013, 33(5): 549-554.
- [13] 韩雪云,杨青,姚俊强. 新疆天山山区近51年来降水变化特征[J]. 水土保持研究, 2013, 20(2): 139-144.
- [14] Karl T R, Knight R W. Secular trends of precipitation amount, frequency, and intensity in the United States [J]. Bulletin of American Meteorological Society, 1998, 79(2): 231-241.
- [15] 钟军,苏布达,翟建青,等. 中国日降水的分布特征和未来变化[J]. 气候变化研究进展, 2013, 9(2): 89-95.
- [16] 宗海锋,陈烈庭,张庆云. ENSO与中国夏季降水年际变化关系的不稳定性特征[J]. 大气科学, 2010, 34(1): 184-192.
- [17] 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.
- [18] 殷剑敏,苏布达,陈晓玲,等. 鄱阳湖流域气候变化影响评估报告[M]. 北京: 气象出版社, 2011.
- [19] 王怀清,赵冠男,彭静,等. 近50年鄱阳湖五大流域降水变化特征分析[J]. 长江流域资源与环境, 2009, 18(7): 615-619.
- [20] 郭华,姜彤,王国杰,等. 1961—2003年鄱阳湖流域气候变化趋势及突变分析[J]. 湖泊科学, 2006, 18(5): 443-451.
- [21] 李玉梅,杨梅,黄少平,等. 江西省夏季干旱特征分析[J]. 应用气象学报, 2003, 14(1): 161-169.
- [22] 马锋敏,张超美,张传江,等. 2011年4月江西降水异常偏少的初步诊断分析[J]. 气象与减灾研究, 2011, 34(4): 16-22.

- [23] 吴珊珊,邹海波,胡菊芳. ENSO 对江西省春季降水的影响 [J]. 气象与减灾研究, 2010, 33(3): 16-21.
- [24] 杨东,王慧,程军奇,等. 近 50 年青海省气候变化特征及其与 ENSO 的关系 [J]. 生态环境学报, 2013, 22(4): 547-553.
- [25] Mallat S, Hwang W L. Singularity detection and processing with wavelets: special issue on wavelet transforms and multiresolution analysis [J]. IEEE Trans Inform Theory, 1992, 38(2): 617-643.
- [26] 戴声佩,李海亮,罗红霞,等. 1960—2011 年华南地区界限温度 10℃ 积温时空变化分析 [J]. 地理学报, 2014, 69(5): 650-660.
- [27] 李芬,张建新,郝智文,等. 山西降水与 ENSO 的相关性研究 [J]. 地理学报, 2015, 70(3): 420-430.
- [28] 苏明峰,王会军. 中国气候干湿变率与 ENSO 的关系及其稳定性 [J]. 中国科学: D 辑, 2006, 36(10): 951-958.

The Temporal and Spatial Variation of Rain Days with Different Grades , Motivation and the Effect of Precipitation in Jiangxi Province

ZHANG Jingwei¹, ZHENG Lin¹, WEI Leina²

(1. College of Geography and Environment, Educational Key Laboratory of Poyang Lake Wetland and Watershed Research, Jiangxi Normal University, Nanchang Jiangxi 330022, China; 2. Institute of Jiangxi Nuclear Industry Geological Survey, Nanchang Jiangxi 330000, China)

Abstract: According to the daily precipitation data of 79 stations in Jiangxi province from 1961 to 2010, with the help of wavelet analysis, M-K test and correlation analysis method, the characteristics of temporal and spatial variation, periodicity and mutability, the relationship with ENSO event and its contribution degree of annual precipitation of the different number of rainy days during the last 50 years are studied. The findings suggest that, the total number of rainy days showed a declining trend, while the number of rainstorm and heavy rainy days was an obvious increasing trend and the number of moderate rainy days was stable; the variation tendency of the number of rainy days was in a spatial pattern, "the Eastern Jiangxi is more than western, the Southern is more than the Northern and the central region is stable"; the abrupt change time and the variation tendency of different number of rainy days are different, meanwhile, its abrupt cycle was around 28a, 8a, 9a and 22a; the number of rainy days is likely to be controlled by hysteresis effects of ENSO warm event, while the total number of rainy days and number of light rainy days was most remarkably controlled; the number of rainstorm and heavy rainy days and the intensity of light rain had the most notable impact on the rainfall increment. Additionally, the impacts of the latter two had a global characteristic.

Key words: different grades rain days; variation of temporal and spatial; mutability and cycle; ENSO events; rate of contribution to precipitation

(责任编辑: 曾剑锋)