

文章编号: 1007-7588(2013)01-0182-09

河西地区1960年至2011年不同级别降水日数和极端降水事件的变化特征

李小亚, 张 勃, 汪宝龙, 程军奇, 赵一飞, 安美玲

(西北师范大学地理与环境科学学院, 兰州 730070)

摘 要:选取河西地区13个气象站点1960年-2011年逐年日降水资料,计算河西地区极端降水阈值,分析了河西地区极端降水的时空变化特征,并对未来变化特征进行了预测。结果表明:①各量级的降水日变化不尽相同,其中以小雪日的增加和微雨日的减少最为显著;②各极端降水指数均呈增加趋势,在20世纪60年代增加幅度大;③在0.05的置信度下,极端降水指数在1966年发生突变现象,突变之后极端降水指数向增多趋势转变;④极端降水指数在不同的时间序列存在长短不同的周期振荡,同时在不同时间尺度上所反映的极端降水指数的偏多和偏少结构不一样;⑤在空间分布上,极端降水指数的变化趋势存在较大的区域性差异,由河西西北向东南呈增加趋势,表明极端降水的分布是与所处的气候带有关的,季风可能是引起其变化的主要原因;⑥Hurst指数表明未来降水日数与过去趋势一致,但小雪日(增加)和微雨日(减少)的持续强度最显著;极端降水指数中,R95极端降水量和最大5天连续降水量未来变化趋势和过去一致,但持续强度不大,R99极端降水量和最大1天降水量未来变化趋势不明显。

关键词:河西地区;降水日数;极端降水;空间分布

1 引言

20世纪90年代以来,气候变暖背景下的极端天气气候事件的变化引起了广泛关注^[1]。政府间气候变化专门委员会(IPCC)1995年第二次评估报告指出了极端事件变化研究的重要意义,并力图回答“气候是否变得更加极端了?”这一难题^[2]。2001年IPCC第三次评估报告^[3]指出,极端天气事件是指某一地点或地区从统计分布的观点看不常或极少发生的天气事件,极端气候事件是指某一时段许多天气事件平均状况是极端的(如一个季度降水)^[2,4-5]。中国气象局国家气候中心气候变化室于2003年1月24日举办了“气候变化研究关键科学问题研讨会”^[6]对极端天气气候事件的研究提出了问题:极端事件的发生频率和强度变化是在目前全球气候变暖背景下发生的,未来气候将进一步趋于变暖,极

端事件的情景又将如何?国内学者对全国和各个区域的极端降水也进行了大量的研究。翟盘茂等^[7]的研究表明,在过去45年中,中国年降水量、一日和三日最大降水量及不同级别的强降水总量没有明显的极端化倾向,但平均降水强度极端偏高的区域范围表现为扩大的趋势。潘晓华等^[8-9]指出,中国的极端降水事件趋多、趋强,其中西北西部总降水量趋于增多,极端降水值和极端降水强度没有发生显著变化,但极端降水事件趋于频繁。刘洪兰等^[10]和杨晓玲等^[11]对河西地区中、东部降水和极端降水做了局部研究。从河西地区局部区域来看,河西地区东部区域年降水量和年降水日数由北向南逐渐增加^[12]。因此对整个河西地区降水日数及极端降水的研究对进一步全面了解河西地区降水时空特征具有重要意义。

收稿日期:2012-05-28;修订日期:2012-11-06

基金项目:国家自然科学基金资助项目(编号:40961038);生态经济学省级重点学科项目(编号:5001-021);西北师范大学知识与科技创新工程项目(编号:NWNU-KJXG-03-06)。

作者简介:李小亚,女,甘肃秦安人,硕士生,主要研究方向为区域环境与资源开发。E-mail: youhappy456@163.com

通讯作者:张勃, E-mail: zhangbo@nwnu.edu.cn

有些研究取某个固定的日降水量作为阈值,判定出现大于该阈值的降水即为极端降水^[13-14],例如我国通常把日降水量超过 50mm 的降水事件称为暴雨,日降水量超过 25mm 的降水事件称为大雨。事实上,我国幅员辽阔,气候的地域差异明显,不同地区有不同气候和自然环境,因此仅用绝对阈值定义日降水极端事件,不能准确反映一地降水情况^[15]。有关河西地区气候的研究多体现在一般性降水方面^[16-17]以及先前的研究主要利用降水百分率、降水阈值等来定义极端降水事件^[18-19],最近 Zolina 等^[20-21]应用连续湿润天数的历时及其降水强度来研究欧洲极端降水,得出连续湿润天数有变长的趋势,其对应的降水强度增加。事实上,最大 1 天降水量和最大 5 天连续降水量也是极端降水的重要方面,但类似从统计降水日和最大连续降水入手对河西地区极端降水的研究较少。基于此,本文中极端降水事件的定义是采用最大 1 天降水量和最大 5 天连续降水量以及气候极值研究中常见的取 95 和 99 百分位值作为极端阈值,研究极端降水事件的趋势变化、周期、空间分布以及预测未来发展趋势。

2 研究方法 with 数据来源

本文选取了 13 个气象观测站,包括敦煌、瓜州、马鬃山、玉门镇、酒泉、鼎新、张掖、高台、山丹、永昌、民勤、武威和乌鞘岭,如图 1。通过 1960 年-2011 年逐日雨量(日降水量 $\geq 0.1\text{mm}$ 日数)数据计算出极端降水事件以及 10 个不同量级降水日数数据。研究中计算的基本参量如表 1^[22]。本研究中极端阈值采用 Bonsal 非参数化方案^[19],步骤如下:设某个气象要素有 n 个值,将这 n 个值按升序排列 $x_1, x_2, \dots, x_m \dots, x_n$, 某个值小于或等于 X_m 的概率^[23-24]:

$$P = (m - 0.31) / (n + 0.38) \quad (1)$$

式中 m 为 x_m 的序号。

据此得到河西地区 13 个代表气象

站的极端降水阈值。

在确定了极端降水事件阈值和最大 1 天降水量和最大 5 天连续降水量的基础上,利用降水要素倾向率计算、Morlet 小波分析、Mann-Kendal 突变分析、各降水指数之间进行相关分析、R/S 分析预测未来变化趋势以及反距离加权法(IDW)对各指数

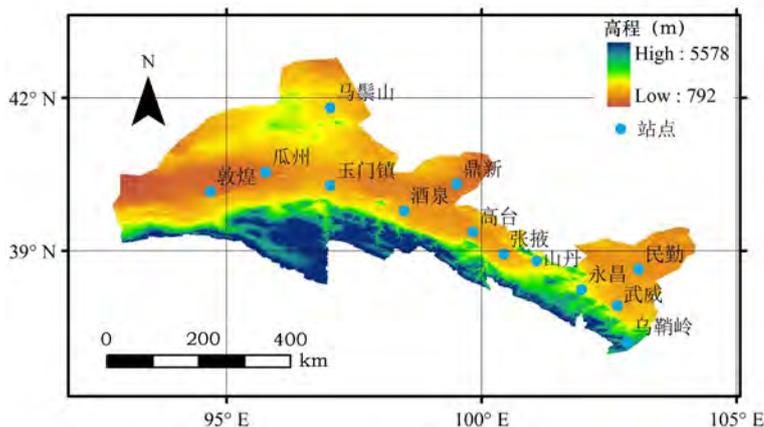


图 1 研究区域气象站点分布

Fig.1 The spatial distribution of meteorological stations in study area

表 1 不同级别降水和极端降水指标的定义

Table 1 Definition of days of different rainy days grade and extreme precipitation indices

precipitation indices			
降水指数		定义	单位
降雨	微雨天数	日降水量在 0~0.2mm 的天数	d
	小雨天数	日降水量在 0.3~6.0mm 的天数	d
	中雨天数	日降水量在 6.1~12.0mm 的天数	d
	大雨天数	日降水量在 12.1~24.0mm 的天数	d
降雪	微雪天数	日降雪量在 0~0.2mm 的天数	d
	小雪天数	日降雪量在 0.3~3.0mm 的天数	d
	中雪天数	日降雪量在 3.1~6.0mm 的天数	d
极端降水	最大 1 天降水量	年内最大的 1 天降水总量	mm
	最大 5 天连续降水量	年内最大的连续性 5 天降水总量	mm
	R95 降水量	日降水量大于 1960 年-2011 年的第 95 个百分位 52 年平均数值的降水量	mm
	R99 降水量	日降水量大于 1960 年-2011 年的第 99 个百分位 52 年平均数值的降水量	mm

表 2 不同降水日的趋势变化

Table 2 The trends of different grade rainy days

降水日	微雨	小雨	中雨	大雨	微雪	小雪	中雪
倾向率	-0.1900	0.0410	0.0050	0.3542	-0.0070	0.1200	0.0030
P	<0.0001	0.2041	0.5415	0.9057	0.7394	<0.0001	0.1024

倾向率进行空间插值。

3 结果与分析

3.1 不同级别降水日的年际变化

表2是近52年各量级降水日的趋势变化。除微雪日和微雨日呈减少趋势外,小雨日、中雨日、大雨日、小雪日和中雪日均呈增加趋势。其中小雪日和微雨日通过0.001的显著性检验,小雪日和微雨日倾向率分别为1.20d/10a和-1.90d/10a,表明小雪日和微雨日分别呈显著增加和显著减少趋势。从5年滑动平均来看(图略),微雨日在整个时间序列波动下降,其中20世纪80年代之前波动上升,随后波动下降。小雨日和中雨日在整个时间序列呈微弱的波动上升趋势。大雨日呈缓慢的增加趋势,其中60年代-70年代增加幅度较大,2005年以后下降幅度增大。微雪日在整个时间序列呈减少趋势,其中60年代-60年代后期、90年代中期到2011年呈上升趋势。小雪日在整个时间序列呈波动上升趋势。中雪日在整个时间序列变化幅度不大,呈微弱上升趋势。

3.2 极端降水的变化

3.2.1 极端降水的年际变化 图2是近52年极端降水的线性趋势。河西地区1960年-2011年极端降水量均呈增加趋势,其中R99极端降水量趋势为1.40mm/10a,R95极端降水量是3.12mm/10a,最大5天连续降水量为0.87mm/10a;最大1天降水量是0.51mm/10a。可见,近52年以来,河西地区极端降水趋于增加,这和西北地区降水量增加^[14,25]、中高纬度大部分地区强降水或极端降水频率相应增加^[3,14]的大背景是一致的。从5年滑动平均来看,极端降水在各个年代经历了一个波动上升的变化过程。R99极端降水量20世纪60年代-70年代上升幅度大,之后呈小幅波动上升。R95极端降水量60年代-70年代上升明显,之后呈小幅波动上升。最大5天连续降水量60年代-70年代前期增加幅度大,2008年之后呈大幅上升趋势。最大1天降水量60年代-60年代中后期大幅上升,之后呈缓慢波动增加趋势。

3.2.2 极端降水趋势的空间分布特征 河西地区极

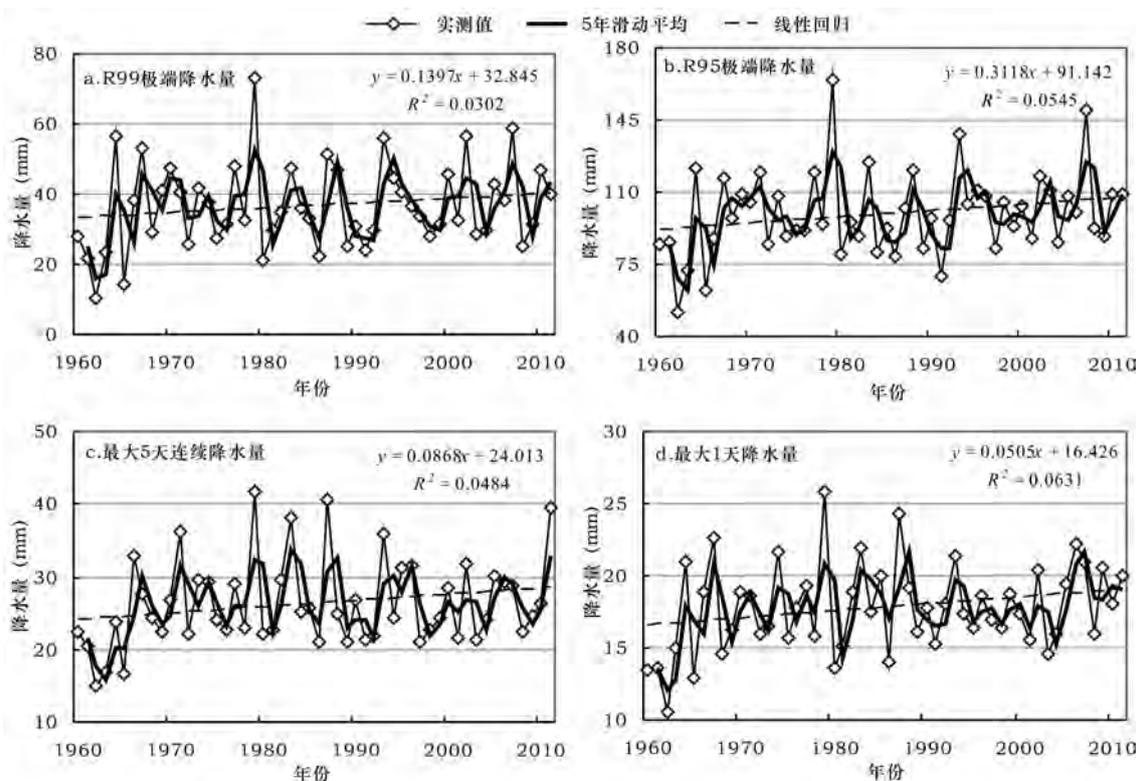


图2 1960年-2011年河西地区极端降水事件趋势变化

Fig.2 The trends of the extreme precipitation of the Hexi region from 1960 to 2011

2013年1月

端降水趋势变化在空间上存在相似性,同时又存在明显的地域性差异。从空间分布看,R99极端降水量以马鬃山为减少的辐射中心,瓜州、玉门镇呈减少趋势,其它区域以增加为主,以酒泉为分界,酒泉东南明显增加,乌鞘岭增加最快(图3a)。R95极端降水量以酒泉为界,酒泉西北呈减少趋势,其中北山以北的马鬃山一带呈大幅减少趋势;酒泉东南部以永昌、乌鞘岭增加最为显著(图3b)。最大5天连续降水量马鬃山、玉门镇呈减少趋势,其余各地均增加,但以山丹增加最为显著(图3c)。最大1天降水量玉门镇、马鬃山、高台呈减少趋势,山丹东南部呈显著增加趋势(图3d)。总之,河西极端降水增加区域主要集中在河西东南部,以酒泉为极端降水变化的分水岭,酒泉东南为极端降水显著增加区域,其中乌鞘岭、武威,山丹、永昌极端降水增加显著;酒泉西北为增加不够显著,马鬃山、瓜州和玉门镇极端降水明显减少,敦煌基本保持不变。河西极端降水指数在空间分布上表现出明显的空间差异,增加趋势呈由河西西北向东南增加,越往东南,增加幅度越大,表明极端降水的分布与所处的气候带有关,季风可能是引起其变化的主要原因。

3.2.3 不同级别降水和极端降水周期分析 利用Morlet小波分析河西地区近52年极端降水指数周期变化特征,河西地区近52年极端降水存在一定的振荡周期(图4)。R99极端降水量在整个时间序列存在20年的主周期,1960年-1975年存在5年的小周期,1975年-1990年存在8年的小周期,1980年-2011年存在12年的小周期(图4a)。R95极端降水量在整个时间序列存在20年左右的周期振荡,1980年-2000年存在7年左右和12年左右的小周期(图4b);最大5天连续降水量在整个时间序列存在20年左右的振荡周期,1980年之前存在10年左右的小周期,1975年-1990年存在7年左右的小周期,2000年之后又存在8年左右的小周期(图4c);最大1天降水量在整个时间序列中存在5年的振荡周期(图4d)。

3.2.4 不同级别降水和极端降水突变分析 对极端降水指数做Mann-Kendal突变分析发现,UF与UB曲线的相交点位于两个临界点之间,说明极端降水均有突变情况发生^[26](图5),但突变时间不尽相同。R99极端降水量在1966年和2008年发生突变,突变不显著(图5a)。R95极端降水量在1966年和

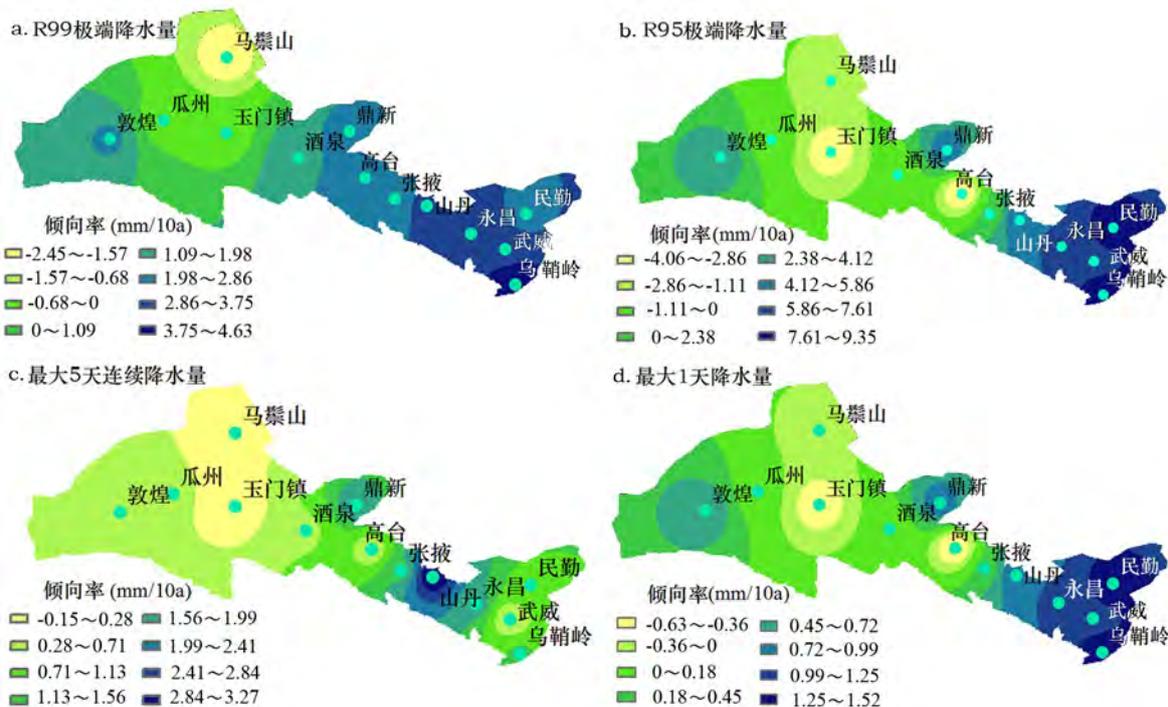


图3 1960年-2011年河西地区极端降水倾向率分布

Fig.3 The distribution map of the trend of the extreme precipitation of the in Hexi region from 1960 to 2011

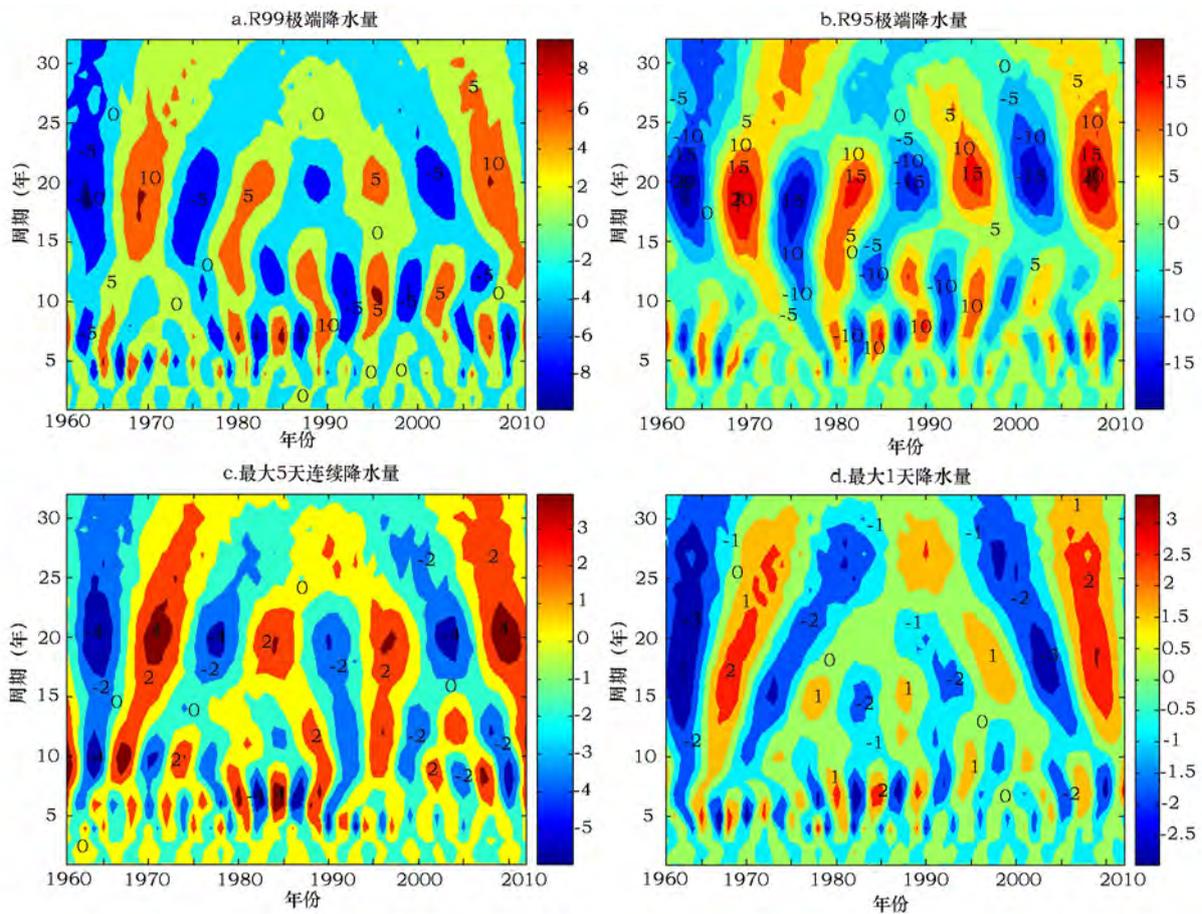


图4 1960年-2011年河西地区极端降水 Morlet小波分析

Fig.4 Morlet analysis of the extreme precipitation of the in Hexi region from 1960 to 2011

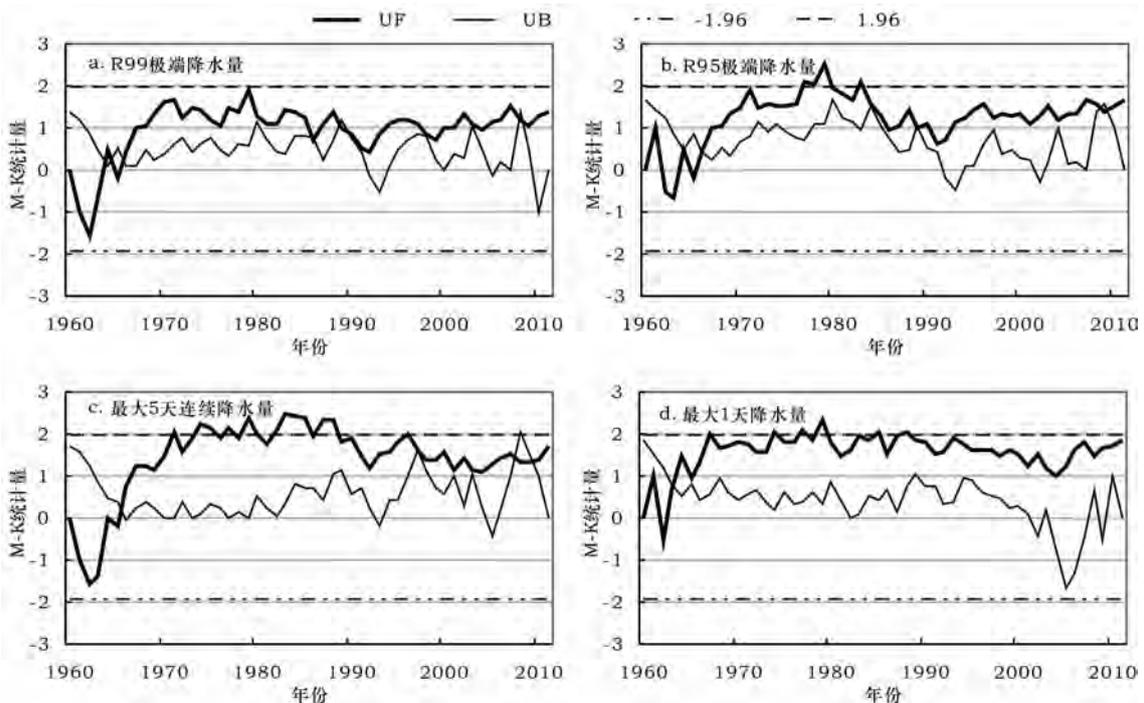


图5 1960年-2011年河西地区极端降水 Mann-Kendal突变分析

Fig.5 The analysis of the extreme precipitation mutation of the in Hexi region from 1960 to 2011

2013 年 1 月

2008 年发生突变, 1977 年 UF 曲线超过了 1.96 的信度线, 表明 1977 年之后 R95 极端降水增加趋势更加显著 (图 5b)。最大 5 天连续降水量突变年份在 1966 年, 1971 年 UF 曲线超过了 1.96 的信度线, 表明 1971 年之后最大 5 天连续降水量增加趋势更加显著 (图 5c)。最大 1 天降水量在 1966 年发生突变, 1974 年 UF 曲线超过了 1.96 的信度线, 表明 1974 年之后最大 1 天降水量增加趋势更加显著 (图 5d)。可见, 极端降水指数的突变并不是在同一时期发生的, 极端降水的共同突变点在 1966 年, 已有研究指出河西总体降水量在增加并且河西雨量的突变年是 1967 年^[27], 由此可见, 降水总量的增加和极端降水是同时发生的。

3.2.5 极端降水和降水总量的相关性 为了解河西地区极端降水事件与总降水量的关系, 验证文中选取的极端降水事件指数是否对降水有指示作用, 对极端降水指数和降水总量之间的相关性进行相关分析 (图 6)。

年降水量跟各极端降水事件指数之间存在非常好的相关性, 散点图均表现出一定的规律性, 二

者均呈线性关系, 并呈正相关, 表明各极端降水事件指数的增加 (减少) 将反映出降水量的增加 (减少)。其中 R99 极端降水量和降水总量通过最小二乘法的线性拟合得到方程为: $y=0.4688x-24.3790$, 相关系数为 0.85, 并通过 0.001 的显著性检验; R95 极端降水量和降水总量的线性方程为: $y=0.9029x-17.9462$, 相关系数为 0.99, 并通过 0.001 的显著性检验; 最大 5 天连续降水量和降水总量的线性拟合方程为: $y=0.1808x+2.8189$, 二者相关系数为 0.67, 并通过 0.001 显著性检验; 最大 1 天降水量和总降水量的线性拟合方程为: $y=0.0915x+5.8758$, 二者相关系数为 0.67, 并通过 0.001 显著性检验。可见, 极端降水事件指数对河西的降水均有很好的指示作用。

3.3 未来雨日及极端降水变化特征预测

Hurst 等人^[28-29] 通过研究表明, 不同的 Hurst 指数 H ($0 < H < 1$) 对应着不同的几种情况:

(1) $H = 0.5$, 各项气候要素完全独立, 相互没有依赖, 气候变化具有随机性;

(2) $0.5 < H < 1$, 表明未来气候总体变化将与过

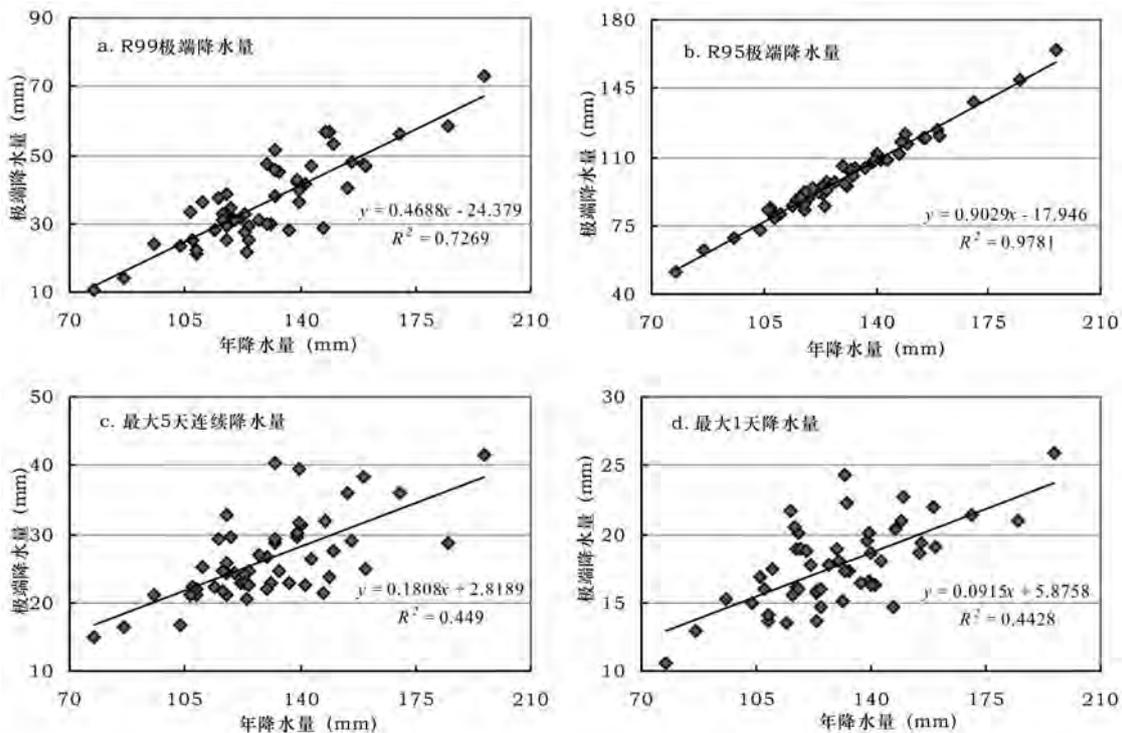


图 6 1960 年-2011 年河西地区极端降水和年降水量的线性拟合

Fig.6 The linear regression between the extreme precipitation and annual total precipitation in Hexi from 1960 to 2011

表3 各级雨日及极端降水 Hurst 指数

雨日及极端降水	微雨日	小雨日	中雨日	大雨日	微雪日	小雪日
Hurst 指数	0.98	0.60	0.50	0.61	0.65	0.98
雨日及极端降水	中雪日	R99 极端降水量	R95 极端降水量	最大5天连续降水量	最大1天降水量	
Hurst 指数	0.70	0.44	0.52	0.53	0.47	

去的变化趋势一致。如过去整体增加的趋势预示将来的整体趋势还是增加,反之亦然。且 H 值越接近1,持续性越强;

(3) $0 < H < 0.5$, 表明未来气候总体变化将与过去呈相反趋势。即过去整体增加的趋势预示将来的整体上减少,反之亦然,这种现象就是反持续性。 H 值越接近0,反持续性越强。

从表3各级雨日及极端降水的 Hurst 指数表明,未来降水日数除中雨日未来变化表现为随机性外,其它降水日数与过去趋势一致,但以小雪日(增加)和微雨日(减少)的持续强度最强;极端降水指数中,R95 极端降水量和最大5天连续降水量未来变化趋势和过去一致,但持续强度不大,R99 极端降水量和最大1天降水量未来变化极端降水事件变化趋势不明显。

4 结论

(1) 河西地区各级雨日中,小雨日、中雨日、大雨日、小雪日和中雪日均呈增加趋势,微雨日和微雪日呈下降趋势,其中小雪日和微雨日分别呈显著增加和显著减少。各年际雨日的变化不尽相同。

(2) 河西地区各极端降水指数均呈增加趋势,这和西北地区降水量增加、中高纬度大部分地区强降水或极端降水频率相应增加的大背景是一致的。

(3) 突变分析显示,在0.05的置信度下,各极端降水指数均发生了突变现象,但突变不尽相同。R99 极端降水量和 R95 极端降水量在1966年、2008年发生突变,其中 R99 极端降水量突变不显著,R95 极端降水量在1977年之后增加趋势更加显著;最大5天连续降水量在1966年发生突变,1971年之后降水增加趋势更加显著;最大1天降水量在1966年发生突变,1974年之后降水增加趋势更加显著。

(4) Morlet 小波分析显示,极端降水指数在不同的时间序列中存在着长短不同的周期振荡,同时在

不同时间尺度上所反映的极端降水指数的偏多和偏少结构是不一样的,在整个时间序列中极端降水指数主要以5年左右和20年左右的振荡周期为主。

(5) 空间插值显示在空间分布上,各极端降水指数的变化趋势存在较大的区域性差异,极端降水指数表现出明显的空间差异,以酒泉为分水岭,酒泉西北部极端降水增加不显著,酒泉东南极端降水增加幅度较大。越往河西东南部增加幅度越大,表明极端降水的分布是与所处的气候带有关的,季风可能是引起其变化的主要原因。

(6) Hurst 指数表明未来降水日数与过去趋势一致,但以小雪日(增加)和微雨日(减少)的持续强度最强;极端降水指数中,R95 极端降水量和最大5天连续降水量未来变化趋势和过去一致,但持续强度不大,R99 极端降水量和最大1天降水量未来变化极端降水事件变化趋势不明显。

参考文献(References):

- [1] 余卫东,柳俊高,常军,等. 1957-2005年河南省降水和温度极端事件变化[J]. 气候变化研究进展,2008,4(2):78-83.
- [2] J.T.Houghton, Y.Ding, D.J. Griggs, et al. Climate change 2001: The Science of Climate Change. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change[R]. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2001.
- [3] IPCC. Climate change 2001: The science of climate change[A]. Houghton J T, Y Ding, D J Griggs, et al. (eds.). Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change[C]. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2001.
- [4] 张宁,孙照渤,曾刚. 1955-2005年中国极端气温的变化[J]. 南京气象学院学报,2008,31(1):123-128.
- [5] IPCC. Climate change 2001: Synthesis report[R]. Cambridge: Cambridge University Press, 2001.

2013 年 1 月

- [6] 罗勇, 孙颖, 高学杰, 等. 气候变化研究关键科学问题进展[J]. 气候变化通讯, 2003, 2(2): 15-18.
- [7] 翟盘茂, 任福民, 张强. 中国降水极端值变化趋势检测[J]. 气象学报, 1999, 7(2): 208-217.
- [8] 潘晓华. 中国近 50 年极端温度和降水事件研究[D]. 北京: 中国气象科学研究院, 2002.
- [9] 王颖. 1955-2004 年极端气温事件的时空变化特征研究[D]. 南京: 南京信息工程大学文, 2006.
- [10] 刘洪兰, 白虎志, 张俊国. 河西走廊中部近 53 年降水变化及未来趋势预测[J]. 干旱区研究, 2011, 28(1): 146-150.
- [11] 杨晓玲, 丁文魁, 郭利梅. 河西走廊东部的降水特征[J]. 干旱区研究, 2010, 27(5): 663-668.
- [12] 李玲萍, 李岩瑛, 盖晓萍. 河西走廊东部降水日数及强度的时空特征[J]. 干旱地区农业研究, 2009, 27(4): 254-260.
- [13] 李志, 刘文兆, 郑粉莉. 1965 年至 2005 年泾河流域极端降水事件的变化趋势分析[J]. 资源科学, 2010, 32(8): 1527-1532.
- [14] 翟盘茂, 潘晓华. 中国北方近 50 年温度和降水极端事件变化[J]. 地理学报, 2003, 58(9): 1-10.
- [15] 任王玉, 任国玉. 1960-2008 年江西省极端降水变化趋势[J]. 气候与环境研究, 2010, 15(4): 462-469.
- [16] 陈少勇, 任燕, 乔立, 等. 中国西北地区大雨以上降水日数的时间分布特征[J]. 资源科学, 2011, 33(5): 958-965.
- [17] 郭江勇, 林纾. 万莉莉. 500hpa 高度场对西北地区秋季降水的影响分析[J]. 资源科学, 2009, 31(10): 1749-1754.
- [18] 杨金虎, 江志红, 杨启国, 等. 中国西北汛期极端降水事件分析[J]. 中国沙漠, 2007, 27(2): 320-325.
- [19] Fatichi S, Caporali E. A comprehensive analysis of changes in precipitation regime in Tuscany[J]. *International Journal of Climatology*, 2009, 29(13): 1883-1893.
- [20] 李剑锋, 张强, 白云岗, 等. 新疆地区最大连续降水事件时空变化特征[J]. 地理学报, 2012, 67(3): 312-320.
- [21] Zolina O, Simmer C, Gulev S K, et al. Changing structure of European precipitation: Longer wet periods leading to more abundant rainfalls[J]. *Geophys. Res. Lett.*, 2010, doi: 10.1029/2010GL042468.
- [22] 肖开提, 多莱特. 新疆降水量级标准的划分[J]. 新疆气象, 2005, 28(3): 7-8.
- [23] 辛渝, 崔彩霞, 张广兴, 等. 博州不同级别降水及极端降水事件的时空变化[J]. 中国沙漠, 2008, 28(2): 362-369.
- [24] 杨莲梅. 新疆极端降水的气候变化[J]. 地理学报, 2003, 58(4): 577-582.
- [25] 李玲萍, 李岩瑛, 钱莉, 等. 1961-2005 年河西走廊东部极端降水事件变化研究[J]. 冰川冻土, 2010, 32(3): 497-504.
- [26] 张艳梅, 顾欣, 陈海涛, 等. 贵州高原西北部冻雨的时空变化特征[J]. 资源科学, 2011, 33(3): 477-482.
- [27] 林纾, 陆登荣. 近 40 年来甘肃省降水的变化特征[J]. 高原气象, 2004, 23(6): 898-904.
- [28] 冯新灵, 罗隆诚, 邱丽丽. 成都未来气候变化趋势的 R/S 分析[J]. 长江流域资源与环境, 2008, 17(1): 83-87.
- [29] 尹海霞, 张勃, 王亚敏, 等. 黑河流域中游地区近 43 年来农作物需水量的变化趋势分析[J]. 资源科学, 2012, 34(3): 409-417.

Variation in Precipitation for Hexi Region Over 52 Years

LI Xiaoya, ZHANG Bo, WANG Baolong, CHENG Junqi, ZHAO Yifei, AN Meiling

(College of Geographic and Environmental Sciences, Northwest Normal University, Lanzhou 730070, China)

Abstract: Located in semiarid northwestern China, and far from any ocean, Hexi belongs to the typical continental climate zone. All kinds of weather conditions can be frequently experienced there, especially extreme precipitation. Socio-economic development, human health and the natural environment have become vulnerable to extreme precipitation events in Hexi. Based on daily precipitation data from 1960 to 2009 at 13 meteorological stations across Hexi, regression analysis, inverse distance weighted, Mann-Kendall, sliding average, correlation analysis, Morlet wavelet analysis and R/S analysis were employed to analyze spatial and temporal variability, and future patterns, of rainy days and extreme precipitation events. We found that drizzle days have decreased and light rain days have increased. Very wet day precipitation, extremely wet day precipitation, annual maximum with 1-day and 5-day precipitation all increased at rates of 3.12, 1.39, 0.505 and 0.868, respectively. Annual total precipitation and precipitation extremes are correlated. Extreme precipitation indices show abrupt change at the 0.05 level. Mutations of extreme precipitation events took place in 1966, and changes increased in tendency after 1966. Different vibration periods were displayed very clearly in extreme precipitation indices and reflects different structures which are more or less in different time scales. Differences in spatial distribution still exist, especially in the southeast where the range of change is largest; the monsoon was the major reason for this change. The Hurst index shows that future light snow days (increasing) and future drizzle days (decreasing) are an obvious trend; future extreme precipitation events showed no obvious future trend.

Key words: Hexi; Rainy days; Extreme precipitation; Spatial distribution; Predictive modeling