

甘肃省近 50 a 夏季极端强降水量的气候特征

张小明^{1,2}, 杨金虎¹, 高伟东², 全志伟²

(1. 中国气象局兰州干旱气象研究所, 甘肃省干旱气候变化与减灾重点实验室, 中国气象局干旱气候变化与减灾重点开放实验室, 甘肃 兰州 730020; 2. 甘肃省定西市气象局, 甘肃 定西 743000)

摘要: 利用甘肃省 1960~2006 年 59 个台站逐日降水资料, 根据百分位值法定义了不同台站的极端强降水阈值, 统计出了夏季 (6~8 月) 逐年逐站极端强降水量, 并进行了时空特征诊断。结果表明: 一致性异常分布是甘肃省夏季极端强降水量的最主要空间模态; 夏季极端强降水量的异常空间分布可分为陇南型、陇中型、河西西部型、河西东部型及陇东型 5 个关键区; 在 5 个关键区中, 陇南区、陇中区近 47 a 来夏季极端强降水量表现出减少趋势, 河西东部区与陇东区表现出增加趋势, 而河西西部区却经历了少—多—少的抛物线型变化; 另外从周期分析来看, 甘肃省夏季极端强降水量近 47 a 来在大多数分区存在 11~13 a 和 6~8 a 的振荡周期。

关键词: 甘肃; 极端强降水; 时空特征

中图分类号: P468.0⁺24

文献标识码: A

引言

气候变化的研究过去主要集中在平均温度和降水量的变化。实际上极端气候事件所造成的经济损失是非常巨大的^[1-3], 所以越来越引起公众的关注。由于极端气候事件的形成机制很复杂, 研究形成机制和变化规律既是科学发展的需要, 也是社会的迫切要求。

随着全球变暖, 许多热带地区降水量增多, 副热带大部分地区降水量减少, 而高纬度地区降水量趋于增多。强降水事件在美国、中国、澳大利亚、加拿大、挪威、墨西哥、波兰和前苏联均有所增加^[4]。20 世纪后半叶, 中纬度大部分地区降水量增加, 强降水或极端降水频率也相应增加。

对西北地区极端降水方面的研究近年来做了许多工作^[5-12], 但把甘肃省作为一个整体进行研究的目前还不多见, 前人的研究工作主要集中在极端降水事件的变化方面, 而对于极端降水量气候特征的分析较少。同时甘肃省的主要降水过程在夏季, 因此研究夏季的极端强降水显得更有意义。

1 资料及方法

1.1 资料

所用资料来源于中国气象局整编的甘肃省 59 个台站的逐日降水资料集, 时段为 1960~2006 年。夏季为 6~8 月。

1.2 极端强降水阈值的确定

气候的定义从其本质上看与某种天气事件的概率分布有关。当天气的状态严重偏离其平均态时在统计意义上就可以称为极端事件。大多数人在确定极端事件的极值时按照不同气候要素采用不同分布型的边缘来确定, 或者取某个影响人类或生物的界限作为气候极端值或阈值。事实上, 对于不同的地区来说, 极端事件是不能完全用全国统一固定的阈值简单定义。本文根据每一个测站的日降水量定义了不同地区极端强降水事件的阈值。其具体方法是^[13]: 把 1971~2000 年逐年日降水量序列的第 90 个百分位值的 30 a 平均值定义为极端强降水事件的阈值, 当某站某日降水量超过了极端强降水事件的阈值时, 就称该日出现了极端强降水事件。每站每年夏季所有极端强降水量之和就看作为该站该年的夏季极端强降水量。

收稿日期: 2008 - 01 - 21; 改回日期: 2008 - 05 - 05

基金项目: 干旱气象科学研究基金项目 (AM200609) 资助

作者简介: 张小明, 男, 甘肃岷县人, 工程师, 主要研究方向为短期气候预测。E-mail: qxjzm@sina.com

对于极端事件阈值的确定,本文参照 Bonsal 方法,如果某个气象要素有 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 x_m 的概率^[14]:

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

式中: m 为 x_m 的序号, n 为某个气象要素值的个数,如果有 30 个值,那么第 90 个百分位上的值为排序后的 x_{27} ($P = 87.9\%$) 和 x_{28} ($P = 91.1\%$) 的线性插值。

在确定不同台站极端强降水阈值的基础上,统计了不同台站近 47 a 来夏季极端强降水总量,通过 EOF、REOF、趋势分析和 Morlet 小波分析^[15-17]进行了时空特征分析。

2 夏季极端强降水量的空间分布特征

2.1 极端强降水阈值的空间分布

图 1 给出了甘肃省极端强降水阈值的空间分布,表现出西北小而东南大的特点,在甘肃中部也有一个极大值中心。从整个甘肃省来看,阈值最大的站为徽县和宁县,值为 20.1 mm,最小的站是鼎新,值为 8.2 mm。这说明甘肃省极端强降水阈值的空间差异大。极端强降水量的多年平均空间分布(图略)显示,等值线走向同图 1 的极端强降水阈值空间分布非常相似,即从西北部到东南部呈递增趋势,全省夏季平均极端强降水量为 97.5 mm,其中最多的是康县,值为 193.9 mm,最少的是敦煌,值为 9.4 mm。

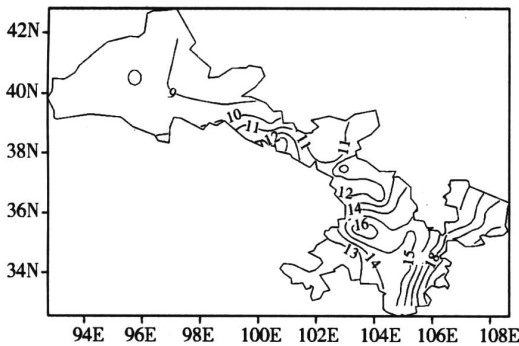


图 1 甘肃省极端强降水阈值的空间分布
Fig 1 Spatial distribution of extremely heavy precipitation threshold in Gansu Province

2.2 夏季极端强降水量的异常空间分布

为了清楚甘肃省夏季极端强降水量的异常空间特征,对极端强降水量时间序列进行了 EOF 分析。图 2 是前 2 个最主要模态的空间分布,从第一模态

分布(图 2a)可以看出,整个甘肃省表现为一致的正值,说明甘肃省夏季极端强降水量表现出一致的同位相变化特征,夏季降水一般在同一尺度天气系统控制之下,出现极端强降水的步调很一致。相比较,陇东、陇南一带载荷值较大,说明这些区域夏季极端强降水量最容易出现异常,而河西西部载荷值较小,说明该区域夏季极端强降水量不易发生异常,该模态的方差贡献为 28.82%。从第二模态(图 2b)可以看出,甘肃省东南部的陇东、陇南地区同西北部表现出反位向的变化特征,这主要是由于副热带高压影响所致。夏季甘肃省的降水影响系统主要为副热带高压,当副热带高压比较偏北偏西时,陇东、陇南地区往往受其控制极端强降水偏少,而甘肃西北部由于处在副热带边缘极端强降水偏多,当副热带高压东退时,陇东、陇南地区往往处在副热带边缘极端强降水偏多,而其它区域由于远离副高而偏少,该模态的方差贡献为 16.26%。

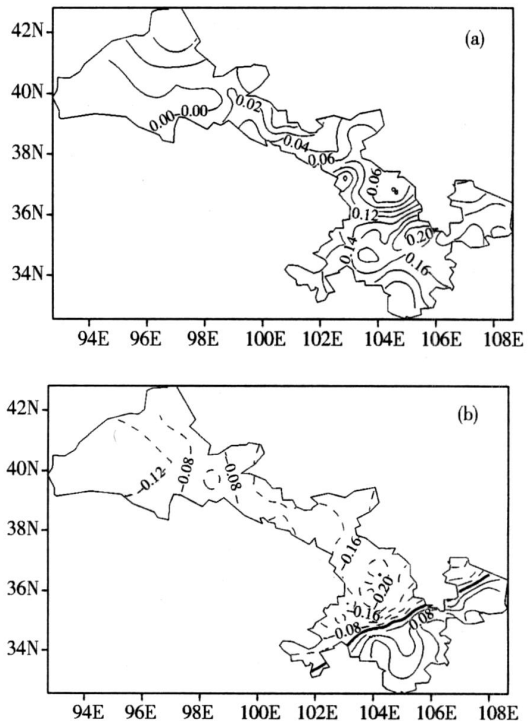


图 2 极端强降水量 EOF 前 2 对模态空间分布
Fig 2 The spatial distribution of the EOF first two modes of extremely heavy precipitation in Gansu Province

从方差贡献率看,极端强降水量的前 2 个模态总贡献率均已达 45%,因此它们是甘肃省夏季极端强降水量的 2 个最主要空间异常模态。

由于甘肃省地形较为复杂,不同区域气候差异

明显,为了清楚其夏季极端强降水量的次地域特点,本文利用 REOF进行了分区,由前 5 个旋转载荷向量 (RLV)场得到了 5 个主要的空间异常区 (图 3,所有图中阴影区为旋转载荷向量绝对值 > 0.5 的区域)。

区为陇南型 (图 3a)。从图中发现 RLV1 大值区集中在陇南地区,其中中心值为 $+0.75$,代表站是宕昌,该地区属半湿润、半干旱气候区。

区为陇中型 (图 3b)。RLV2 的大值中心为 -0.85 ,代表站为华家岭,该地区属干旱半干旱区。

区为河西西部型 (图 3c)。RLV3 的大值中心为 -0.82 ,代表站为玉门镇,该地区属干旱区。

区为河西东部型 (图 3d)。RLV4 的大值中心为 0.82 ,代表站为白银,该地区也属干旱区。

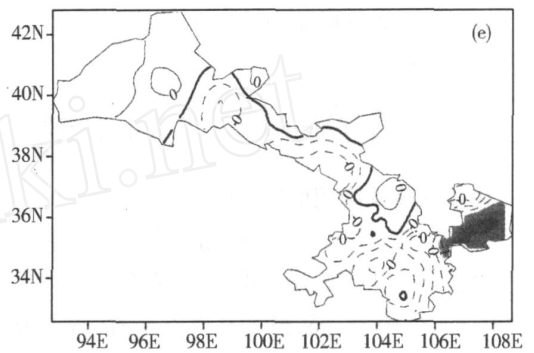
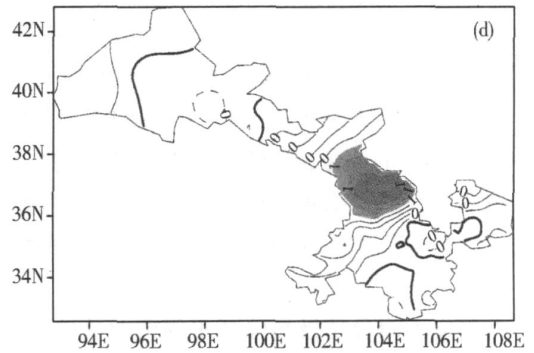
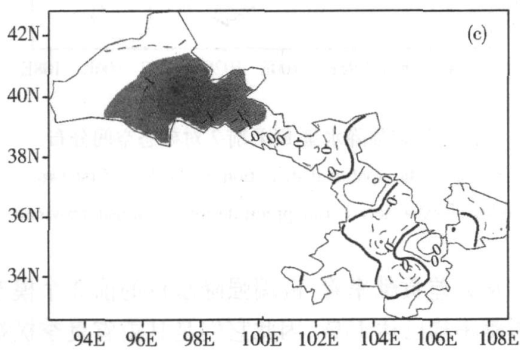
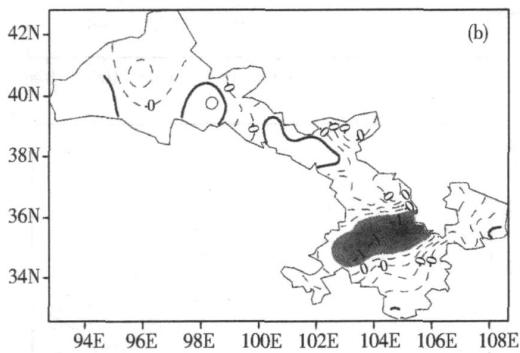
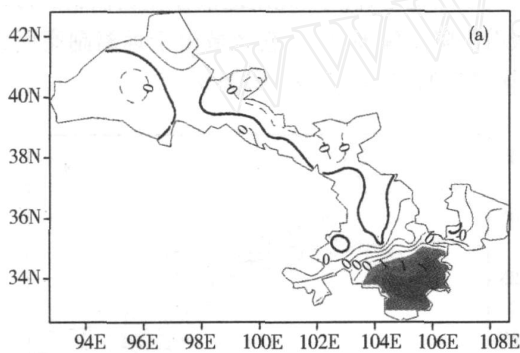


图 3 REOF 前 5 个载荷向量场的空间分布
Fig 3 The spatial distribution of the REOF first five rotated loading vectors

区为陇东型 (图 3e)。RLV5 的大值中心为 -0.79 ,代表站为西峰,该地区属半湿润、半干旱气候区。

综上所述,甘肃省夏季极端强降水量的空间分型主要有:陇南型、陇中型、河西西部型、河西东部型及陇东型。

3 夏季极端强降水量的时间变化特征

3.1 年际变化及趋势

图 4 给出了各分区代表站极端强降水量标准化序列的时间演变以及线性和二阶拟合趋势。可以看出,陇南区 (图 4a) 47 年来夏季极端强降水量线性和二阶拟合线基本重合,因此其一直表现为减少趋势,趋势系数为 -0.27 (通过了 0.05 的显著性检验),递减率为 $10.5 \text{ mm}/10 \text{ a}$;陇中区 (图 4b) 47 年来夏季极端强降水量表现出了弱的减少趋势,趋势系数仅为 -0.09 ,递减率为 $4.4 \text{ mm}/10 \text{ a}$;河西西部区 (图 4c) 夏季极端强降水量的线性趋势同 x 轴完全平行,这说明近 47 年来该区夏季极端强降水量没有明显的增加或减少变化,但从二阶拟合趋势线可以

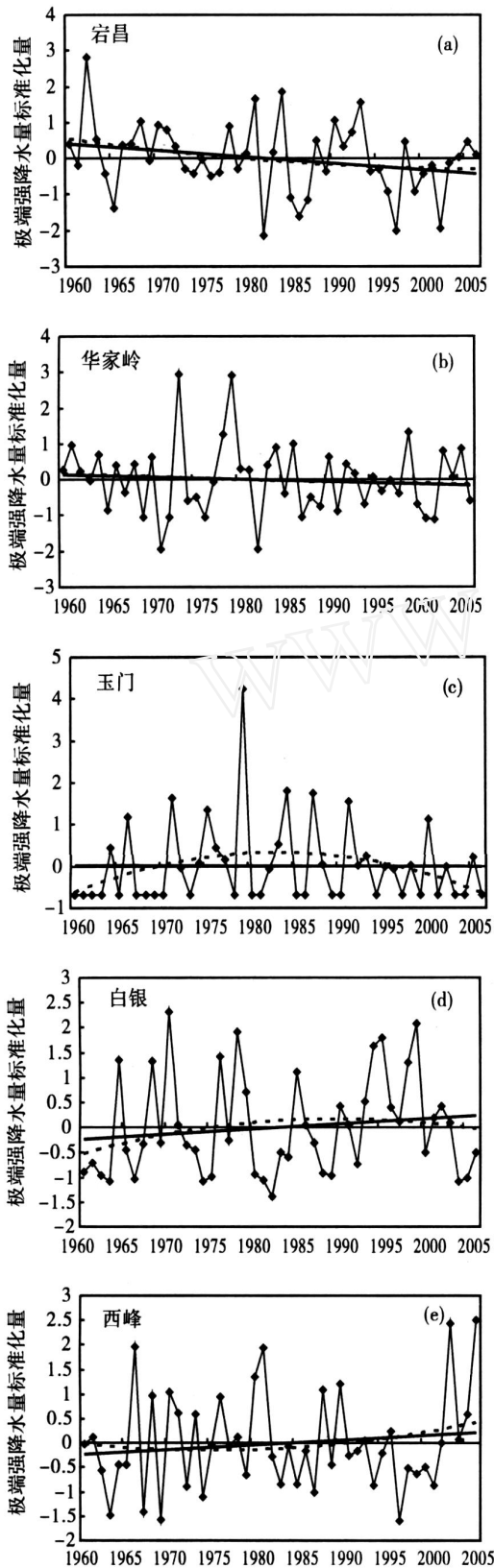


图 4 各分区夏季极端强降水量的时间演变曲线
 Fig 4 Summer extremely heavy precipitation evolution in each area

看出,在 1983 年之前表现出了明显的增加趋势,趋势系数为 0.3,递增率为 7.3 mm/10 a,而在 1983 年之后表现出了显著的减少趋势,趋势系数为 -0.32,递减率为 5.7 mm/10 a;河西东部区(图 4d)近 47 a 来夏季极端强降水量从其线性和二阶拟合趋势线可以看出,其表现出了增加趋势,趋势系数为 0.14,递增率为 3.9 mm/10 a;陇东区(图 4e)近 47 a 来夏季极端强降水量同河西东部区比较相似,也表现出了增加趋势,趋势系数为 0.13,递增率为 6.6 mm/10 a。

综上所述,陇南区、陇中区近 47 a 来夏季极端强降水量表现出了减少趋势,河西东部区与陇东区表现出了增加趋势,而河西西部区却经历了少—多—少的抛物线型变化。

3.2 周期分析

对各分区代表站的时间序列进行小波分析,从 Morlet 小波变换系数(实部)等值线图(略)可以发现,陇南区近 47 a 一直存在显著的 11~13 a 的周期,其振幅较强,其它周期不太明显;陇中区 47 a 来一直存在较显著的准 6 a 和准 16 a 的周期振荡,而且在 20 世纪 70 和 80 年代准 6 a 的周期振荡振幅较强;河西西部区近 47 a 来一直存在 11~13 a、6~8 a 周期振荡,另外在 20 世纪 60 年代中期到 90 年代中期存在振幅很强的准 4 a 周期振荡;河西东部区近 47 a 来一直存在准 22 a、准 13 a 的周期振荡,而且在 20 世纪 70 和 80 年代准 7 a 周期振荡也比较显著,由于资料年代所限,22 a 的周期振荡有待于进一步检验;陇东区在近 47 a 来一直存在准 12 a 和准 7 a 周期振荡,相比较准 12 a 的周期振荡振幅较强。

综上所述,甘肃省夏季极端强降水量近 47 a 来在大多数分区存在 11~13 a 和 6~8 a 的周期振荡,另外在不同的分区以及不同的年代也反映出了准 16 a、准 22 a 以及准 4 a 的周期振荡。

4 结 论

(1) 一致性异常特征是甘肃省夏季极端强降水量的最重要空间模态,而其西北部同东南部呈反向变化特征。

(2) 甘肃省夏季极端强降水量的空间分型主要有陇南型、陇中型、河西西部型、河西东部型及陇东型。

(3) 陇南区、陇中区近 47 a 来夏季极端强降水量表现出了减少趋势,河西东部区与陇东区表现出了增加趋势,而河西西部区却经历了少—多—少的

抛物线型变化。

(4)甘肃省夏季极端强降水量近 47 a来大多数分区存在 11~13 a和 6~8 a的周期振荡,另外在不同的分区以及不同的年代也反映出了准 16 a、准 22 a以及准 4 a的周期振荡。

参考文献:

- [1] Changnon SA, Roger A, Pielk Jr, et al Human factors explain the increased losses from weather and climate extremes[J]. Bull of the Amer Mete Soci, 2000, 81(3): 437 - 442
- [2] IPCC: Climate Change 2001, The Scientific Basis, Observed Climate Variability and Change In: Houghton J T, Ding Y, Griggs J, et al Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change[R]. Cambridge University Press, 881.
- [3] Easterling D R, Evans J L, Groisman P Ya, et al Observed variability and trends in extreme climate events: a brief review[J]. Bull of the Amer Mete Soci, 2000, 81(3): 417 - 425.
- [4] Groisman P, Karl T, Easterling D, et al Changes in the probability of extreme precipitation: important indicators of climate change[J]. Climatic Change, 1999(42): 243 - 283.
- [5] 杨金虎,江志红,杨启国,等.中国西北近 41a来年中雨及以上级别降水次数的时空分布特征[J].地球科学进展,2005,20(增):138 - 145.
- [6] 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):329 - 325.
- [7] 杨金虎,王润元,姚玉璧,等.甘肃省年有效降水次数的异常特征分析[J].干旱区研究,2006,23(1):109 - 114.
- [8] 王建兵,王振国,李晓媛,等.甘南高原一次突发性强对流天气的诊断分析[J].干旱气象,2007,25(3):54 - 60.
- [9] 张天锋,王位泰,吴爱敏,等.庆阳一次强暴雨天气过程雷达回波特征[J].干旱气象,2007,25(3):61 - 65.
- [10] 张天锋,王位泰,杨民,等.2005.5.30庆阳强冰雹天气雷达资料分析[J].干旱气象,2006,24(1):34 - 37.
- [11] 渠永兴,孙旭映,冀兰芝,等.甘肃永登地区一次单单体冰雹过程分析[J].干旱气象,2005,23(3):34 - 38.
- [12] 藤水昌,渠永兴,王坚,等.河西走廊一次突发性暴雨天气的诊断分析[J].干旱气象,2007,25(3):66 - 71.
- [13] 翟盘茂,潘晓华.中国北方近 50a温度和降水极端事件变化[J].地理学报,2003,58(增):1 - 10.
- [14] Bonsal B R, Zhang X B, Vincent L A, et al Characteristic of daily and extreme temperature over Canada[J]. J Climate, 2001, 14(14): 1959 - 1976.
- [15] 施能.气象科研与预报中的多元分析方法[M].北京:气象出版社,2002.120 - 122;143 - 146.
- [16] 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):431 - 439.
- [17] 林振山,邓自旺.子波气候诊断技术的研究[M].北京:气象出版社,1999.24 - 25.

Climate Characteristic of Summer Extremely Heavy Precipitation over Gansu Province in Recent Half Century

ZHANG Xiaoming^{1,2}, YANG Jinhui², GAO Weidong², QUAN Zhiwei²

(1. Institute of Arid Meteorology, CMA, Key Laboratory of Arid Climate Change and Reducing Disaster of Gansu Province, Key Laboratory of Arid Climate Change and Disaster Reduction of CMA, Lanzhou 730020, China;
2. Dingxi Meteorological Bureau of Gansu Province, Dingxi 743000, China)

Abstract: Using daily precipitation data in 59 stations of Gansu province during 1960 - 2006, extremely heavy precipitation thresholds are determined for different stations, and the temporal and spatial distribution of summer extremely heavy precipitation is diagnosed in recent half century. The results show that the consistent anomaly distribution is main spatial mode for summer heavy precipitation in Gansu province, and the spatial mode is divided into five key areas: the Longnan area, the Longzhong area, the west of Hexi area, the east of Hexi and the Longdong area, respectively. The extremely heavy precipitation presented decreasing tendency in the Longnan and Longzhong areas, and increasing tendency in the east of Hexi and Longdong areas, but it came through few - more - few change in the west of Hexi area. From period analysis, the period vibration of 11 - 13 a and 6 - 8 a displayed clearly in most key areas.

Key words: Gansu; extremely heavy precipitation; temporal and spatial characteristic