

西北地区东部夏季极端降水量非均匀性特征^{* 1}

杨金虎¹⁾²⁾³⁾ 江志红¹⁾ 王鹏祥³⁾ 白虎志³⁾

¹⁾ (江苏省气象灾害重点实验室 南京信息工程大学, 南京 210044)

²⁾ (中国气象局成都高原气象研究所, 成都 610072)

³⁾ (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, 兰州 730020)

摘 要

利用极端降水量集中度和集中期讨论西北地区东部夏季极端降水量的非均匀性分布特征。结果表明:西北地区东部夏季极端降水量集中度与集中期的空间差异并不大;西北地区东部夏季极端降水量的季节内分配状况同夏季极端降水量存在较好的相关性,极端降水量越集中、集中期越早,则极端降水量越少,反之亦然;东亚夏季风同西北地区东部夏季极端降水量、极端降水量集中期存在负相关,与极端降水量集中度存在正相关。

关键词: 西北地区东部;夏季极端降水;非均匀性

引 言

西北地区东部位于东亚内陆腹地,是主要的雨养农业区,也是生态环境最脆弱的地区。夏季干旱是该区最主要的自然灾害之一。夏季降水量占年降水量的 55% 以上,降水量分布不均且年变率较大,所以夏季降水量的多少直接关系到当年的干湿特征。以往关于西北地区夏季干旱气候的研究主要集中在降水量方面,其中李栋梁等^[1-2]对我国西北地区夏季降水特征做了研究,杨金虎等^[3]、郭艳君等^[4]先后通过降水量定义干湿指数对西北地区夏季干旱特征进行了分析,事实上对于西北这样干旱的地区来说,小量级的降水对于缓解农业干旱,改善土壤墒情起不到有效的作用。为此,近年来人们也开始关注西北地区的极端降水^[5-8]的变化特征。尽管关于西北地区干旱气候特征已经做了大量研究,但研究重点主要在年际或年代际变化特征方面,而对于季节内变化特征很少涉及。本文通过引进描述季节内非均匀特征的集中度和集中期,进而对西北地区东部夏季极端降水量非均匀性分布特征进行探讨。

1 资料和方法

1.1 资 料

资料来源于国家气候中心整编的西北地区东部

(甘肃黄河以东、宁夏及陕西)33 个气象台站 1960—2004 年夏季(6—8 月)逐日降水资料,东亚夏季风指数为李建平等定义指数^[9-10],具体指数来自于 <http://web.lasg.ac.cn/staff/ljp/index.html> 网站。

1.2 极端降水阈值的定义

本文把 1971—2000 年逐年日降水量序列的第 95 个百分位值的 30 年平均值定义为极端降水的阈值^[11],当某站某日降水量超过了该站极端降水阈值时,就称该日出现了极端降水,某站某年夏季所有极端降水量总和称为该站该年夏季极端降水量。从西北地区东部极端降水量阈值的空间分布(图略)可以看出,等值线呈东北—西南走向,并且自西北向东南逐渐减小,其中最小的站为甘肃靖远,其值为 16.1 mm,最大的站为陕西安康,其值为 32.8 mm,这说明西北地区东部极端降水量阈值空间差异甚大。

1.3 极端降水量集中度与集中期的定义

本文通过引进 Zhang 等^[12]定义的表征单站降水量季节内分配特征的新参数——降水集中度和集中期来分析极端降水的季节内分配特征,

$$D_i = \sqrt{R_{xi}^2 + R_{yi}^2} / R_i \quad (1)$$

$$P_i = \arctan(R_{xi} / R_{yi}) \quad (2)$$

$$R_{xi} = \sum_{j=1}^{18} (r_{ij} \times \sin\theta_j); R_{yi} = \sum_{j=1}^{18} (r_{ij} \times \cos\theta_j) \quad (3)$$

* 国家自然科学基金项目(40375032,40675043)、中国气象局兰州干旱气象研究所干旱气象科学研究基金项目(IAM200609)及中国气象局成都高原气象研究所高原气象开放基金项目(LPM2007002)共同资助。

2007-02-02 收到,2007-07-11 收到再改稿。

式(1)~(3)中, D_i 和 P_i 分别为研究时段内的极端降水集中度和集中期; R_i 为某测站研究时段内总极端降水量; r_{ij} 为研究时段内某候总极端降水量; θ_j 为研究时段内各候对应的方位角,整个研究时段的方位角设为 360° ; i 为年份, $i=1960,1961,\dots,2004$;为研究时段内的候序, $j=1,2,\dots,18$ 。 x,y 指矢量分解后相互垂直的两个方向。

由式(1)和式(2)可知, D_i 能够反映夏季极端降水在各候的集中程度,如果夏季极端降水集中在某一个候,则它们合成向量的模与总极端降水量之比为1,即 D_i 为极大值;如果每个候的极端降水量都相等,则它们各个分量累加后为0,即 D_i 为极小值。 P_i 就是合成向量的方位角,它指示出每个候极端降水量合成后的总体效应,也就是向量合成后重心所指示的角度,反映了夏季候极端降水量最大出现在哪一个时段内。

1.4 区域平均序列的计算

在计算区域平均时间序列时,采用 Jones 等^[13-14]提出的方法,把整个区域按经纬度划分为 $2^\circ \times 2^\circ$ 的网格,将每个网格内所有站点的数据作算术

平均,得到各网格的值,然后将各网格的值应用面积加权平均法,得到该区域的时间序列。

2 极端降水量集中度和集中期的时空特征

2.1 极端降水量集中度与集中期的平均空间特征

图1给出了西北地区东部夏季极端降水量集中度和集中期的多年平均空间分布,从极端降水量集中度空间分布图1a可以看出,整个西北地区东部极端降水量集中程度总体较差,而且空间差异不大,东南部的陕南地区为相对大值区,而甘肃南部为相对小值区,其中西安极端降水量最集中,集中度为0.46,而岷县最分散,集中度为0.32。从极端降水量集中期空间分布图1b可以看出,等值线基本呈东北—西南走向,并且集中期自西北部向东南部逐渐减小,陕南地区集中期较小,而甘肃中部较大,最小的为安康,集中期为169,即在7月第3候,最大的为兰州,集中期为235,也就是7月第6候,集中期最早与最迟的相差3个候。总体来说西北东部夏季极端降水量集中度同集中期的空间差异不大。

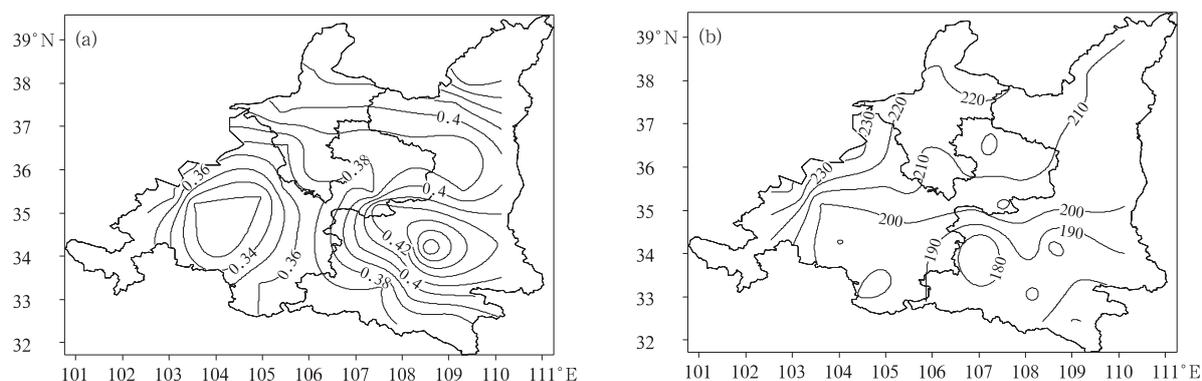


图1 夏季极端降水量集中度(a)与集中期(单位:°)(b)空间分布

Fig. 1 Concentration degree(a) and period (unit:°) (b) spatial distribution of extreme precipitation in summer

2.2 极端降水量同极端降水量集中度与集中期的关系

从西北地区东部夏季极端降水量集中度和集中期区域平均的标准化序列中挑选出标准化距平绝对值大于 σ 的年份作为异常年份,研究发现,在集中度异常偏大的1969,1973,1975,1976,1977,1978,1997年及1999年中,有4年夏季极端降水量异常偏少,其他大多年份略偏小,相反在集中度异常偏少的1980,1981,1987,1989,1990年及1999年中,有3年夏季极端降水量异常偏多,其他年份都略偏多。

在集中期异常偏大的1960,1962,1963,1970,1976,1992,1995,2003年及2004年中,有2年极端降水量异常偏多,其他大多年份夏季极端降水也略偏多,而在集中期异常偏小的1965,1967,1971,1972,1986,1991,1994年及1999年中,也有2年极端降水异常偏少,同样其他大多年份的极端降水也是略有偏少。

为了进一步证实西北地区东部夏季极端降水量同其集中度和集中期的相关性,图2给出了夏季极端降水量同其集中期和集中度的散点图,可以清楚

地看出集中度同极端降水量呈负相关,而集中期同极端降水量呈正相关,并且集中度同极端降水量的相关性远远好于集中期,通过求它们之间的相关系数,发现集中度同极端降水量之间的相关系数为 -0.67(达到了 0.001 显著性水平),而集中期同极端

降水量之间的相关系数为 0.289(达到了 0.05 的显著性水平)。由此可以认为,西北地区东部夏季极端降水量的季节内分配状况同同期极端降水量存在较好的相关性。极端降水量越集中、集中期越早,则极端降水量越少,反之亦然。

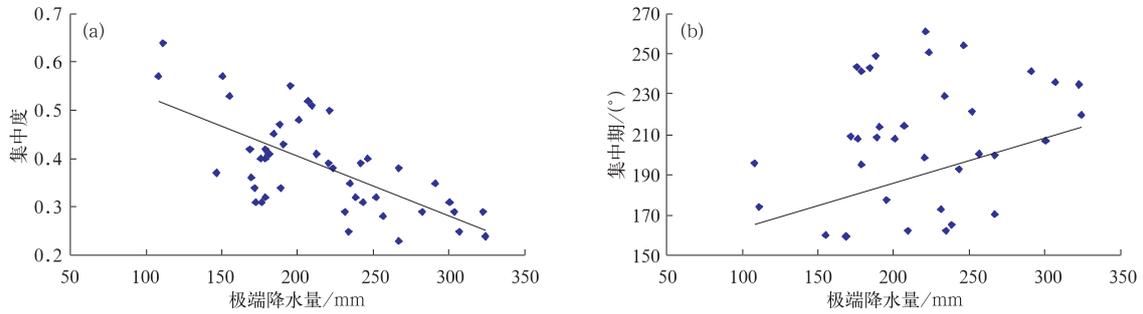


图 2 夏季极端降水量同集中度(a)和集中期(b)的散点图
Fig. 2 Concentration degree(a) and period(b) scatter dot map with extreme precipitation in summer

3 极端降水量、极端降水量集中度和集中期同东亚夏季风关系

西北地区东部位于东亚季风区边缘,东亚夏季风的强弱对于西北地区东部夏季降水存在显著影

响^[15],而它同夏季极端降水量以及极端降水量的季内非均匀性分配特征又存在怎样的关系?为此文中根据李建平等东亚夏季风指数^[9-10],挑选出夏季风最强的1960,1961,1963,1972年及1985年,最弱的1980,1983,1988,1996年及1998年,分别对夏季风异常强、弱年西北地区东部夏季极端降水量、极端降

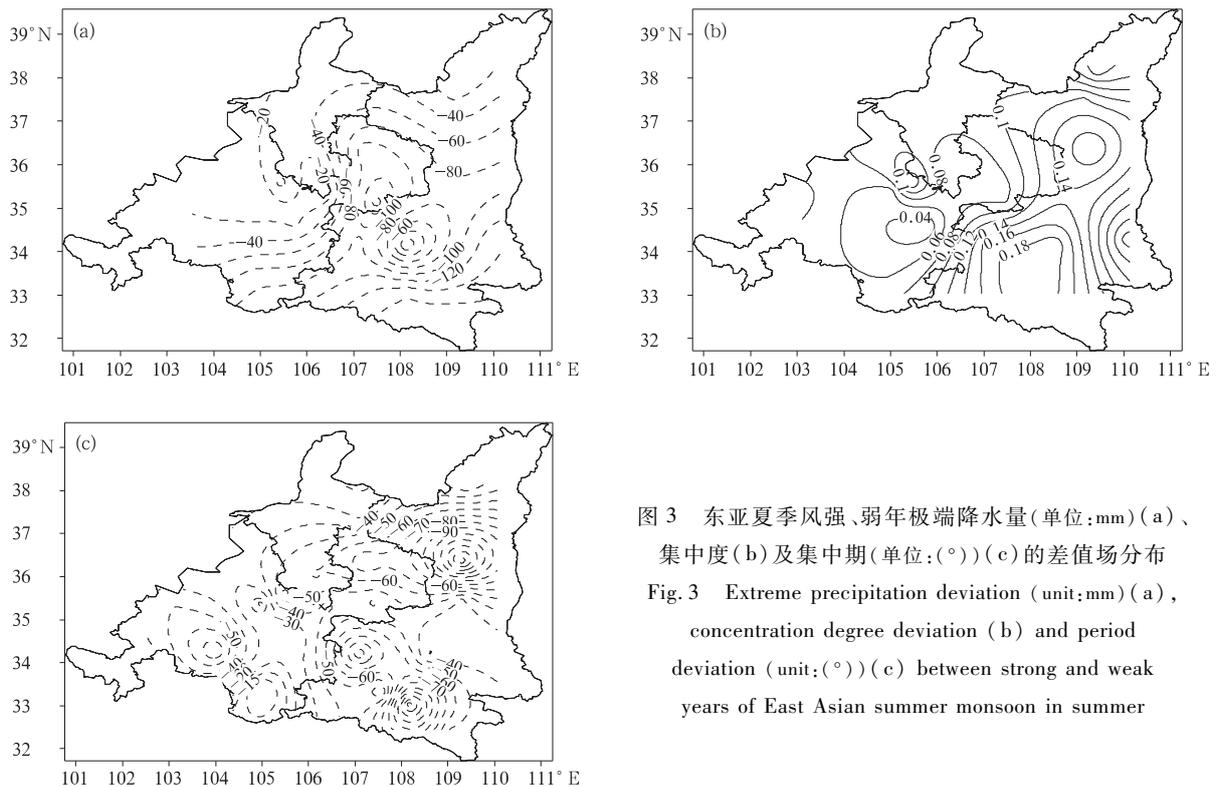


图 3 东亚夏季风强、弱年极端降水量(单位:mm)(a)、集中度(b)及集中期(单位:°)(c)的差值场分布
Fig. 3 Extreme precipitation deviation (unit:mm) (a), concentration degree deviation (unit:°) (b) and period deviation (unit:°) (c) between strong and weak years of East Asian summer monsoon in summer

水量集中度和集中期做合成分析,图3分别给出强、弱年极端降水量、极端降水量集中度和集中期差值场分布,可以看出,极端降水量、极端降水量集中期的差值场空间分布中,整个西北地区东部呈一致的负值区,而极端降水量集中度却表现为一致的正值区,并且在陕西境内的差值绝对值都最大,从以上的分析可以看出东亚夏季风可能同西北地区东部夏季极端降水量集中度与集中期以及极端降水量可能存在一定的因果关系。

为了进一步研究东亚夏季风同西北地区东部极端降水量、极端降水集中度及集中期的相关程度,分别计算东亚夏季风指数同区域平均的极端降水量、极端降水量集中度及集中期时间序列的相关,结果表明:极端降水量与极端降水量集中期同东亚夏季风呈负相关,相关系数分别为 -0.38 (达到了 0.01 的显著性水平)、 -0.29 (达到了 0.05 的显著性水平),而极端降水量集中度同东亚夏季风呈正相关,相关系数为 0.28 (达到了 0.05 的显著性水平),这说明西北地区东部夏季极端降水量、极端降水量集中度和集中期同东亚夏季风之间存在较好同期相关性,东亚夏季风偏强,则夏季极端降水量偏少,极端降水量集中程度较高,集中期偏早,反之亦然。

4 小 结

1) 西北地区东部夏季极端降水量集中度与集中期的空间差异不大,但其东南部的陕南地区集中程度较高,集中期较早,而甘肃中、南部集中程度较差,集中期较迟。

2) 西北地区东部夏季极端降水量的季节内分配状况同夏季极端降水量之间存在较好的相关性,极端降水量越集中、集中期越早,则极端降水量越少,反之亦然。

3) 西北地区东部夏季极端降水量并没有随着

总降水量的减少而减少,它同东亚夏季风之间表现为负相关,另外东亚夏季风同极端降水集中期之间也存在负相关,而同极端降水集中度之间存在正相关。

参 考 文 献

- [1] 李栋梁,谢金南,王文. 中国西北夏季降水特征及其异常分析. 大气科学, 1997, 21(3):331-340.
- [2] 李栋梁,陈丽平. 青藏高原地面加热场强度与东亚环流及西北初夏旱的关系. 应用气象学报,1999(4):383-391.
- [3] 杨金虎,杨启国,姚玉璧,等. 中国西北夏季干旱指数研究. 资源科学,2006,28(3):17-22.
- [4] 郭艳君,孙安健. 我国西北地区夏季旱涝气候特征研究. 自然灾害学报,2004,13(5):97-102.
- [5] 赵庆云,张武,王式功,等. 西北地区东部干旱半干旱区极端降水事件的变化. 中国沙漠,2005,25(6):904-909.
- [6] 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. 地球科学进展, 2005, 20(增刊):138-145.
- [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. 干旱区研究,2006,23(1):109-114.
- [8] 湛芸,李强,李泽椿. 青藏高原东北部强降水天气过程的气候特征分析. 应用气象学报,2006(增刊):98-103.
- [9] 李建平,曾庆存. 一个新的季风指数及其年际变化与雨量的关系. 气候与环境研究,2005,10(3):351-365.
- [10] Li Jianping, Zeng Qincun. A new monsoon index and the geographical distribution of the global monsoons. *Adv Atmos Sci*, 2003, 20:299-302.
- [11] 翟盘茂,潘晓华. 中国北方近50年温度和降水极端事件变化. 地理学报, 2003, 58(增刊):1-10.
- [12] Zhang Lujun, Qian Yongfu. Annual distribution features of precipitation in china and their interannual variations. *Acta Meteorologica Sinica*, 2003, 17(2):146-163.
- [13] Jones P D, Hulme M. Calculating regional climatic time series for temperature and precipitation: Methods and illustrations. *International Journal of Climatology*, 1996, 16: 361-377.
- [14] 郭军,任国玉. 黄淮海流域蒸发量的变化及其原因分析. 水科学进展,2005,16(5):666-672.
- [15] 高由禧. 东亚季风的若干问题. 北京:科学出版社,1962:49-63.

Intra-seasonal Inhomogeneity of Summer Extreme Precipitation in the East Part of Northwest China

Yang Jinhui¹⁾²⁾³⁾ Jiang Zhihong¹⁾ Wang Pengxiang³⁾ Bai Huzhi³⁾

¹⁾ (*Jiangsu Key Laboratory of Meteorological Disaster, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044*)

²⁾ (*Chengdu Institute of Plateau Meteorology, CMA, Chengdu 610072*)

³⁾ (*Lanzhou Institute of Arid Meteorology of China Meteorological Administration, Key Laboratory of Arid Climate Change and Reducing Disaster of Gansu Province, Key Laboratory of Arid Climate Change and Disaster Reduction of China Meteorological Administration, Lanzhou 730020*)

Abstract

Based on 33 weather stations daily precipitation datasets in the east of Northwest China from 1960 to 2004, the extreme precipitation threshold of different stations are defined by centesimal value method, by introducing extreme precipitation concentration degree and period which reflects time distribution feature. Intra-seasonal inhomogeneity characteristics of extreme precipitation are analyzed by the new parameter in the east of Northwest China. The result show that the summer extreme precipitation shows increasing trend in the east of Northwest China. From long term tendency, it is found that the summer extreme precipitation displays clear inter-annual variability since 1980s. Moreover, it shows distinct inter-decadal change in the recent 45 years. It is proved that inconspicuous spatial difference is reflected by extreme precipitation concentration degree and period. It is also found that there is high relativity between summer extreme precipitation concentration degree and concentration period and summer extreme precipitation in the east of Northwest China. If the summer extreme precipitation concentration degree leans to high and concentration period leans to early date, the extreme precipitation leans to more amount, vice versa. It is proved that summer extreme precipitation concentration degree and period exhibit remarkable inter-decadal period vibration in recent 45 years. Despite summer total precipitation showing decreasing trend in the east of Northwest China, the summer extreme precipitation displays increasing trend, therefore it shows that there exist negative correlation between summer extreme precipitation, summer extreme precipitation concentration period and east Asian summer monsoon, but there is positive correlation between summer extreme precipitation concentration degree and east Asian summer monsoon, moreover its relativity is more remarkable between extreme precipitation.

Key words: the East Part of Northwest China; summer extreme precipitation; inhomogeneity