第31卷第9期
2011年09月

地 理 科 学
SCIENTIA GEOGRAPHICA SINICA

Vol. 31 No. 9
Sep., 2 0 1 1

1961 ~ 2008 年山东省极端降水事件的变化趋势分析

姜德娟[1],李 志[2],王 昆[3]

(1. 中国科学院烟台海岸带研究所,山东 烟台 264003; 2. 西北农林科技大学资源环境学院,陕西 杨凌 712100; 3. 中国科学院地理科学与资源研究所,北京 100101)

摘要: 利用山东省 1961 ~ 2008 年逐日降水资料,采用百分位值法定义了极端降水事件的阈值,然后统计出极端降水事件的频次、降水量、强度和年最大日降水量,并对其空间分布和时间趋势进行分析。结果表明,山东省极端降水事件阈值的空间分布存在明显的地域差异,总体上以泰山为中心向周边逐渐减小; 频次的空间差异较小,基本在 18 d/a 左右; 极端降水量、强度和年最大日降水量的空间特征基本相似,总体呈自东南向西北递减的态势,且高值中心均分布于泰山一带。48 a 来,除降水强度,极端降水事件的其他 3 个指标呈弱减少趋势,并于 1965 年左右发生了突变现象; 相对中西部,胶东半岛的减少趋势更为显著。48 a 来,极端降水事件的 4 个指标均存在明显的年代际特征,而且还存在准 11 a 的震荡周期,并以 1984 年为中间轴呈左右对称分布。

关 键 词: 极端降水事件; 时间变化; 空间差异; 山东省

中图分类号: P467 文献标识码: A 文章编号: 1000 - 0690(2011) 09 - 1118 - 07

近年来,由极端降水事件导致的洪涝、干旱等气象灾害给世界许多国家和地区造成了严重损失[1~4],极端降水事件引起了各国政府与社会各界的广泛关注。IPCC 第四次评估报告指出,随着全球气候变暖,大部分陆地区域发生强降水事件的频率在增加,且自 20 世纪 70 年代以来严重干旱事件也有所增加[5]。Easterling 等[2] 和 Groisman 等[6] 对早期研究结果的分析也发现,强降水事件在美国、中国东南部、澳大利亚大部、加拿大南部、挪威北部、日本北部、南非西南部和前苏联均有所增加,但在中国东北部、日本南部、埃塞俄比亚、肯尼亚西部、泰国则有所减少。Alexander 等[7] 对全球的研究指出,年降水总量大于 10 mm 以及大于 20 mm 的降水天数明显增加。近年来,更多学者从区域尺度对极端降水事件进行研究[8~10],其研究结果对评价区域降水及水资源形势具有重要意义。

国内学者对极端降水事件的研究主要是在 21 世纪以来,例如,翟盘茂等和杨金虎等的研究指出,中国极端降水事件存在明显的区域性和时间趋势; 其中,东北、华北强降水事件趋势减少,但西北、长江中下游、华南及青藏高原强降水事件趋于增多[11~13]。国内大多数研究[14~18] 与翟盘茂等[11,12] 和杨金虎等[13] 的研究结果总体一致,但也存在明显的空间差异。因此从区域尺度探讨极端降水事件的变化趋势,不仅能更好地认识气候变化特征与规律,而且有助于制定适应与减缓气候异常变化影响的政策与措施[19,20]。

1 研究区概况

山东省位于中国东部沿海、黄河下游,总人口 9 417 万人,现辖 17 个市 140 个县(市、区)(图 1),是中国重要的农产区,素有"粮棉油之库,水果水产之乡"之称,粮食产量居全国第二位,并拥有全国最大的蔬菜基地[21]。全省属典型的大陆性季风气候区,年降水量主要集中于夏季,易发生洪涝灾害; 其他季节则为少雨季节,特别是春季降水稀少,易形成旱灾。近年来,在全球气候变化的背景下,年降水量表现出减少趋势,特别是夏季减少更为显著[22~25]。降水特征及其变化对山东省农业生产及经济发展具有重要影响。目前,该方面研究多集中于降水的年或季节变化,而对极端降水事件的研究尚不多见,因此,本文利用山东省 1961 ~ 2008 年的逐日降水资料,揭示 48 a 来极端降水事件的趋势特征。

收稿日期: 2010 - 09 - 08; 修订日期: 2011 - 05 - 11
基金项目: 国家自然科学基金项目(40901028) 资助。
作者简介: 姜德娟(1979 -),女,山东日照人,博士,助理研究员,主要研究方向为气候变化与流域模拟。E-mail: djjiang@ yic. ac. cn

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

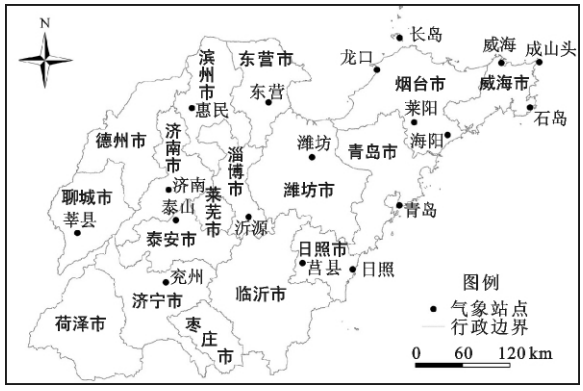

图 1　山东省及 18 个气象站点位置示意图

Fig. 1　Shandong Province and the location of 18 meteorological stations

2　资料与方法

本文所采用的降水资料为国家气象信息中心提供的山东省 18 个国家常规气象观测站(经过严格的质量控制) 1961 ~ 2008 年的逐日降水资料(图 1)。关于极端降水事件的定义,国内通常将日降水量≥50 mm 的降水事件称为暴雨,日降水量≥25 mm 且 < 50 mm 的降水事件称为大雨。实际上,对于不同地区来说,极端降水事件不能完全采用全国统一固定的日降水量的简单定义[1]。近年来,利用极端降水指数进行研究的文献越来越多,尤其是以采用百分位值法的文献居多[11,13,16,17,20,26~28]。因此,本文也采用该方法对极端降水事件进行定义,即,把 1961 ~ 2008 年逐年日降水量按升序排列,将第 95 个百分位值的 48 a 平均值定义为极端降水事件的阈值,当某站某日降水量超过该站极端降水事件的阈值时,称该日出现了极端降水事件;某站某年发生极端降水事件的次数称为极端降水事件的发生频次,某站某年所有极端降水量的总和称为该站该年的极端降水量,年极端降水量与发生频次的比值称为极端降水事件的强度,某站某年极端降水事件的日最大值称为极端降水事件的年最大日降水量。本文采用 Mann-Kendall(M - K) 法对评价极端降水事件的 4 个指标(发生频次、年极端降水量、降水强度和年最大日降水量) 进行趋势分析和突变检验,采用 Morlet 小波变换方法进行周期分析。空间插值采用反距离权重插值法(IDW)。

3　极端降水事件的空间分布特征

根据极端降水事件的定义,得到了 1961 ~ 2008 年 18 个站点极端降水事件的阈值,基本介于 8 ~ 17 mm/d 之间,区域平均值为 10.9 mm/d。从空间分布来看,极端降水事件的阈值自西南向东北方向呈"少—多—少"的分布特征,最大阈值中心出现在泰山一带,阈值大于 14 mm/d,最小阈值中心位于聊城西部和烟台长岛县,阈值小于 9 mm/d(图 2)。

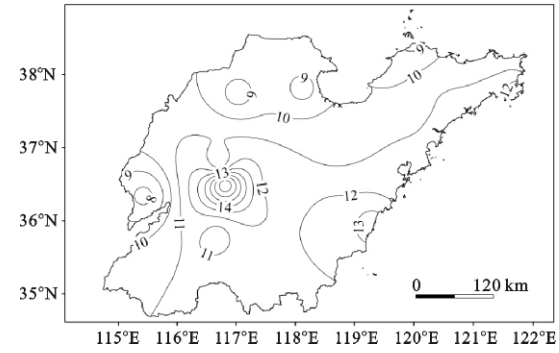

图 2　山东省极端降水事件阈值的空间分布

Fig. 2　Spatial distribution of extreme precipitation thresholds in Shandong Province

图 3 为极端降水事件发生频次和年极端降水量多年均值的空间分布图,可见极端降水事件发生频次的空间差异较小(图 3a),基本在 18 d/a 左右。其中,高值中心位于淄博南部,发生频次超过 18.2 d/a,低值中心主要位于青岛东南部和烟台西北部,发生频次低于 17.7 d/a。年极端降水量、降水强度和年最大日降水量的空间特征基本相似(图 3b,以年极端降水量为例),总体呈自东南向西北递减的态势,且高值中心均位于泰山一带。年极端降水量主要介于 450 ~ 700 mm/a 之间,低值中心位于烟台长岛县,年极端降水量小于 450 mm/a;极端降水强度主要介于 24 ~ 42 mm/d 之间,低值中心位于鲁北、聊城西部以及烟台长岛县,降水强度低于 26 mm/d;年最大日降水量主要介于 75 ~ 110 mm/d 之间,低值中心位于潍坊中部,年最大日降水量小于 75 mm/d。

4　极端降水事件的时间变化特征

4.1　变化趋势分析

4.1.1　发生频次

1961 ~ 2008 年,极端降水事件发生频次(区域平均值) 总体呈减少趋势(图 4),但只有石岛站通过了95% 的显著性检验。由 5 年滑动平均曲线

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

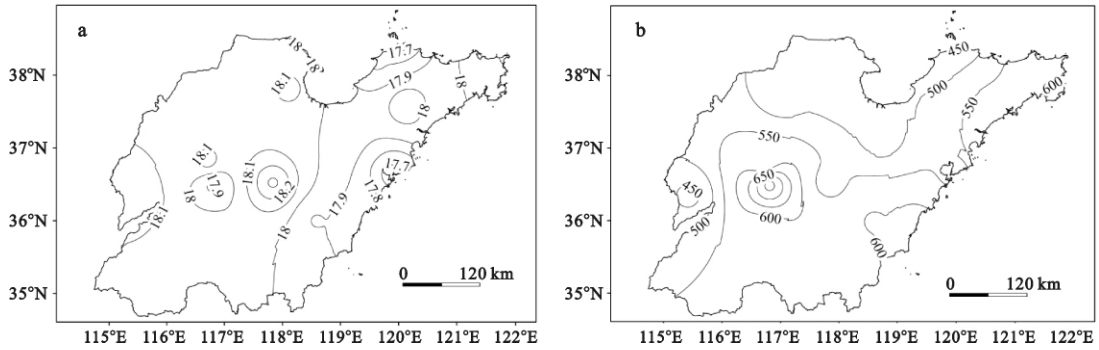

图 3 山东省极端降水事件发生频次(a)和年极端降水量(b)的空间分布

Fig. 3 Spatial distribution of frequency (a) and annual amount (b) for extreme precipitation events in Shandong Province

(图 4)可见,发生频次存在明显的年代际特征,20 世纪 60 ~ 70 年代中后期以及 2003 ~ 2008 年总体为正距平,70 年代后期至 2002 年总体为负距平,说明 48 a 来发生频次的 5 年滑动平均值总体表现为减少趋势。

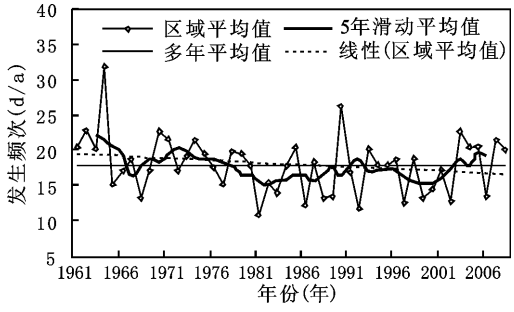

图 4 山东省极端降水发生频次的年际变化

Fig. 4 Interannual variation of extreme precipitation frequency in Shandong Province

图 5a 为极端降水事件发生频次的线性斜率,可见均为负值,年均减幅为 0.06 d/a。烟台东南部、威海东部以及潍坊中部的减少率最大,其绝对值大于 0.08 d/a,淄博南部与日照西部减少率最小,其绝对值小于 0.02 d/a;相对中西部地区,胶东半岛发生频次的减少趋势更为明显。

4.1.2 年极端降水量

年极端降水量的时间序列特征及 5 年滑动平均曲线,与发生频次基本一致,呈弱减少趋势,且存在明显的年代际特征。M - K 检验表明,18 个站点的趋势均不显著。图 5b 为年极端降水量的线性斜率,可见除济南和沂源地区为正值外,其余地区均为负值,特别是胶东半岛地区,年极端降水量呈更为显著的减少趋势。

4.1.3 降水强度

极端降水强度多年均值为 30.1 mm/d,48 a 来未发生明显变化(图 6),但具有明显的年代际特征,20 世纪 60 ~ 70 年代以及 90 年代以来波动相对较大,而 80 年代的波动趋势相对较弱,48 a 总体呈 3 个阶段"先下降后上升"的趋势特征。图 7a 为极端降水强度的线性斜率,可见胶东半岛大部、日照中西部、临沂东部、聊城大部以及菏泽西北部的线性斜率为负值,其余地区均为正值,但总体而

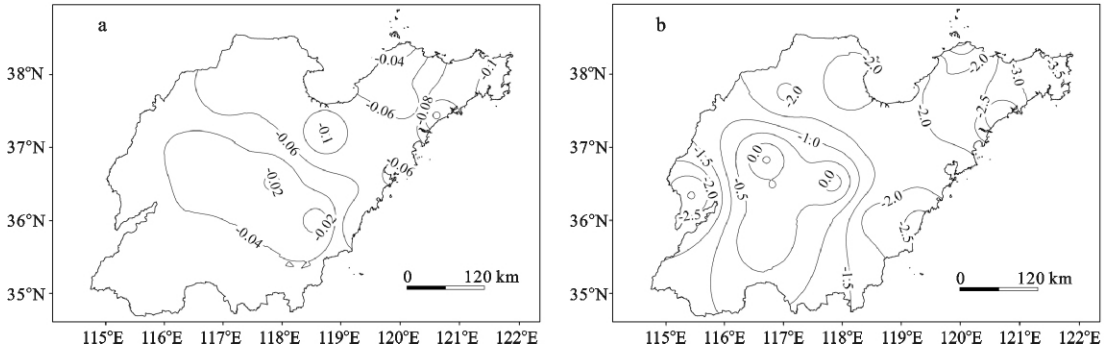

图 5 山东省极端降水事件发生频次(a)和年极端降水量(b)的线性斜率

Fig. 5 Linear slope for frequency (a) and annual amount (b) of extreme precipitation events in Shandong Province

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

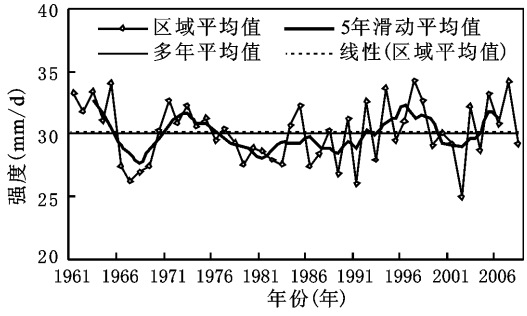

图 6　山东省极端降水强度的年际变化

Fig. 6　Interannual variation of extreme precipitation intensity in Shandong Province

言，极端降水强度的线性斜率均较小，进一步说明其变化趋势不明显。

4.1.4　年最大日降水量

年最大日降水量的时间序列特征与极端降水事件的发生频次、年极端降水量基本一致，48 a 呈弱减少趋势，18 个站点均未通过 M－K 显著性检验; 5 年滑动平均曲线及年代际特征则与极端降水强度基本一致。图 7b 为年最大日降水量的线性斜率，可见大部分区域为负值，尤其是胶东半岛东部以及日照西部，线性斜率更小，低于 －0.4 mm/a，说明这些地区年最大日降水量具有更为显著的减少趋势。

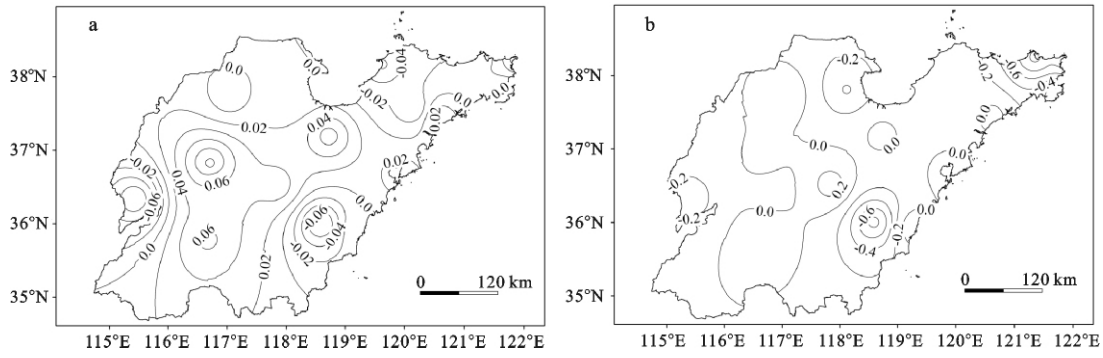

图 7　山东省极端降水强度(a) 和年最大日降水量(b) 的线性斜率

Fig. 7　Linear slope for intensity (a) and annual daily maximum amount (b) of extreme precipitation events in Shandong Province

4.2　突变检验

对 48 a 来极端降水事件的 4 个指标(区域平均值) 进行突变检验发现，发生频次、年极端降水量和年最大日降水量(图 8a，以发生频次为例) 均发生了突变现象，突变时间在1965年左右，且自 1961 年开始就呈减少趋势。极端降水强度自 1963 年开始表现为减少趋势，但减少趋势不显著，所以未发生突变现象(图 8b) 。

4.3　周期分析

对极端降水事件(区域平均值) 的时间序列进行 Morlet 小波分析发现，发生频次、年极端降水量和年最大日降水量的变化周期基本相似，但与降水强度相差较大，因此本文以年极端降水量和降水强度 2 个指标为代表进行分析。从年极端降水量的小波变换系数(实部) 等值线图(图 9a) 可以发现，普遍存在 3 a、6 a、10 ~ 12 a 和 34 a 的变化周期，其

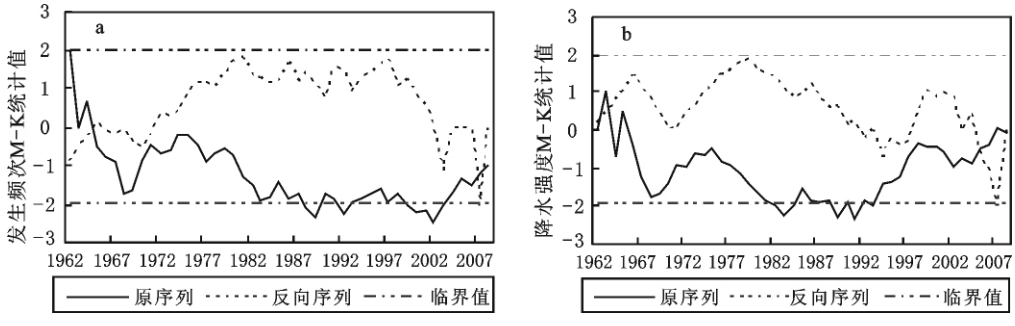

图 8　山东省极端降水发生频次(a) 和强度(b) 的 M-K 突变检验曲线

Fig. 8　The M-K catastrophe detection curve of extreme precipitation frequency (a) and intensity (b) in Shandong Province

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

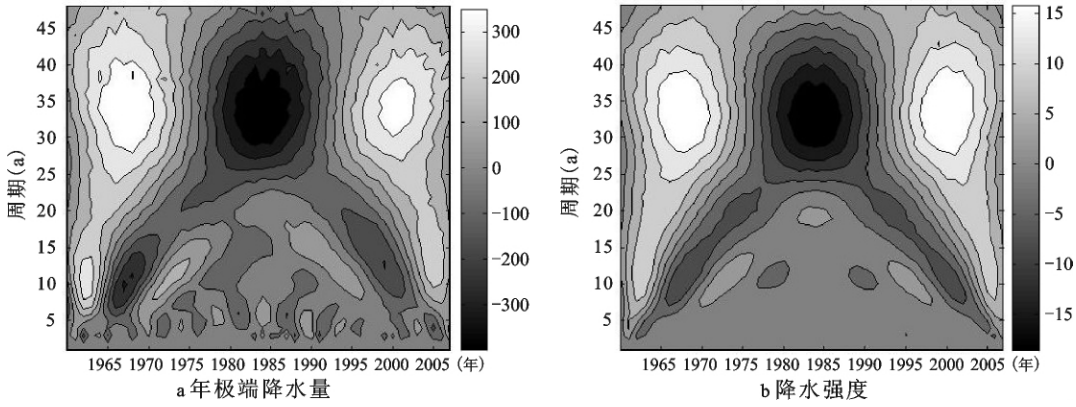

图 9 山东省年极端降水量(a)和降水强度(b)的小波变化实部值分布

Fig. 9 Real part of Morlet wavelet of annual amount (a) and intensity (b) of extreme precipitation events in Shandong Province

中,3 a 振荡周期在 48 a 中始终存在,6 a 震荡周期在 1980 年代比较显著,10 ~ 12 a 震荡周期在 1970 年代中期以前和 1990 年代中期以来比较显著,34 a 震荡周期表现最为显著且振幅最强。

由图 9b 可见,极端降水强度存在 11 a、16 a 和 34 a 的变化周期。34 a 震荡周期最为显著,其他周期振幅相对较弱,其中,11a 周期发生于 1970 年代和 1990 年代,16 a 周期发生在 1970 年代初期和 1990 年代末期。总体而言,年极端降水量和降水强度的变化周期均以 1984 年为中间轴呈左右对称分布。值得注意的是,由于本研究的时间序列为 48 a,因此,34 a 的震荡周期可信度不高,需要更长时间序列资料进行检验。

5 讨 论

从山东省极端降水事件的空间分布来看,除发生频次,其他 3 个指标的空间特征基本相似,总体呈自东南向西北递减的态势,这与年降水总量的空间分布特征基本一致[22],说明山东省极端降水与年降水总量密切相关。为此,进一步分析了极端降水量与年降水总量的比例关系,发现 18 个站点的比例(多年均值)均达到 70% 以上,表明山东省年降水总量主要来自极端降水事件的贡献,也就是说,极端降水直接影响并基本决定着年降水总量,进而对旱涝情势产生影响。从时间变化来看,山东省 48 a 来极端降水事件(发生频次、年极端降水量和最大日降水量)的总体趋势并不显著,但却有所减少,这与年降水总量的变化特征也基本相似[22]。特别是在胶东半岛极端降水事件的减少趋势更为显著,由此可能加重了该区域的水资源压力及水资源短缺形势。

因为目前针对山东省极端降水的研究相对较少,为此,本文采用覆盖山东省的中国北方、华北等地区的早期研究结果与之进行对照。1961 ~ 2008 年间,山东省极端降水事件的发生频次呈减少趋势,这与中国北方、华北地区极端降水发生天数的下降趋势一致[11~13,29~31],而且也与全国的总体趋势相似[29~32],但是减幅(0.06 d/a)大于中国北方(0.02 d/a)[11]和华北地区(0.014 d/a[13],0.025 ~ 0.05 d/a[30])。突变检验和周期分析表明,山东省极端降水事件的发生频次、年极端降水量和年最大日降水量在 1965 年左右均发生了突变现象,且普遍存在准 3 a、6 a 的变化周期,这与杨金虎等[13]对华北地区的研究结果基本一致。总体而言,在全球气候变暖的背景下,山东省 48 a 来极端降水有所减少,然而同期极端高、低温事件分别呈显著的增加和减少趋势[21],说明 48 a 来山东省极端气候处于相对少雨阶段且向增暖趋势发展,这对经济社会的可持续发展非常不利,特别是对农业生产可能产生重要影响。其中,胶东半岛极端气候的变化趋势更为显著,今后需重点关注。

6 结 论

基于 1961 ~ 2008 年的逐日降水资料,本文对山东省极端降水事件的变化趋势进行了研究,主要结论如下:

1) 极端降水阈值的空间分布存在明显地域差异,总体上具有以泰山为中心向周边减小的特征;发生频次的空间差异相对较小,基本在 18 d/a 左右;年极端降水量、降水强度和年最大日降水量的空间特征基本相似,总体呈自东南向西北递减的态势,且高值中心均分布于泰山一带。

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

2) 48 a 来,极端降水事件各指标存在明显的年代际特征,总体呈弱减少趋势(除降水强度),20 世纪 60 ~ 70 年代为极端降水偏多时段,而 20 世纪 80 年代以来为极端降水偏少阶段。其中,相对于中西部,胶东半岛的减少趋势更为显著,很可能给农业生产带来更为重要的影响,是今后需重点关注的区域。

3) 除降水强度,极端降水事件的其他 3 个指标均发生了突变现象,突变时间在 1965 年左右,且自 1961 年开始就呈减少趋势。

4) 极端降水事件发生频次、年极端降水量和年最大日降水量的变化周期基本相似,存在 3 a、6 a 和 10 ~ 12 a 的震荡周期; 极端降水强度则具有 11 a 和 16 a 的震荡周期。总体而言,极端降水事件 4 个指标的震荡周期均以 1984 年为中间轴呈左右对称分布。

5) 极端降水事件的发生及其变化很大程度影响着山东省的年降水总量,进而对全省的旱涝情势产生重要影响,需重点关注。

参考文献:

[1] Karl T R, Easterling D R. Climate extremes: selected review and future research directions [J]. Climatic Change, 1999, (42): 309 – 325.

[2] Easterling D R, Evans J L, Groisman P Ya, et al. Observed variability and trends in extreme climate events: a brief review [J]. Bulletin of the American Meteorological Society, 2000, **81**(3): 417 – 425.

[3] Changnon S A, Pielke Jr R A, Changnon D, 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.

[4] Marques S C, Azeiteiro U M, Martinho F, et al. Climate variability and planktonic communities: The effect of an extreme event (severe drought) in a southern European estuary [J]. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 2007, (73): 725 – 734.

[5] IPCC. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [M] //Solomon S, Qin D, Manninget M, et al. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2007.

[6] Groisman P Y, Karl T R, Easterling D R, et al. Changes in the probability of heavy precipitation: important indicators of climatic change [J]. Climatic Change, 1999, **42**(1): 243 – 283.

[7] Alexander L V, Zhang X, Peterson T C, et al. Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation [J]. Journal of Geophysical Research-Atmosphere, 2006, 111, D05109.

[8] Kunkel K E. North American trends in extreme precipitation [J]. Natural Hazards, 2003, (29): 291 – 305.

[9] Bartholy J, Pongrácz R. Regional analysis of extreme temperature and precipitation indices for the Carpathian Basin from 1946 to 2001 [J]. Global and Planetary Change, 2007, (57): 83 – 95.

[10] Pal I, Al-Tabbaa A. Trends in seasonal precipitation extremes-An indicator of 'climate change' in Kerala, India [J]. Journal of Hydrology, 2009, (367): 62 – 69.

[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 [J]. 地理学报, 2003, **58**(增刊): 1 ~ 10.

[12] 翟盘茂, 王萃萃, 李　威. 极端降水事件变化的观测研究 [J]. 气候变化研究进展, 2007, **3**(3): 144 ~ 148.

[13] 杨金虎, 江志红, 王鹏祥, 等. 中国年极端降水事件的时空分布特征 [J]. 气候与环境研究, 2008, **13**(1): 75 ~ 83.

[14] 龚道溢, 韩　晖. 华北农牧交错带夏季极端气候的趋势分析 [J]. 地理学报, 2004, **59**(2): 230 ~ 238.

[15] 田　红. 江淮地区极端气候事件的时空变化特征 [J]. 自然灾害学报, 2007, **16**(6): 36 ~ 41.

[16] Su B D, Gemmer M, Jiang T. Spatial and temporal variation of extreme precipitation over the Yangtze River Basin [J]. Quaternary International, 2008, (186): 22 – 31.

[17] 罗伯良, 张　超, 林　浩. 近 40 年湖南省极端强降水气候变化趋势与突变特征 [J]. 气象, 2008, **34**(1): 80 ~ 85.

[18] 陈晓光, Declan Conway, 陈晓娟, 等. 1961 ~ 2005 年宁夏极端降水事件变化趋势分析 [J]. 气候变化研究进展, 2008, **4**(3): 156 ~ 160.

[19] Unkaševiĉ M, Tošiĉ I, Vujoviĉ D. Variability and probability of annual and extreme precipitation over Serbia and Montenegro [J]. Theoretical and Applied Climatology, 2004, (79): 103 – 109.

[20] Rahimzadeh F, Asgari A, Fattahi E. Variability of extreme temperature and precipitation in Iran during recent decades [J]. International Journal of Climatology, 2009, (29): 329 – 343.

[21] 姜德娟, 李　志, 王　昆. 1961 ~ 2008 年山东省极端温度事件时空特征分析 [J]. 科技导报, 2011, **29**(1): 30 ~ 35.

[22] 徐宗学, 孟翠玲, 赵芳芳. 山东省近 40 a 来的气温和降水变化趋势分析 [J]. 气象科学, 2007, **27**(4): 387 ~ 393.

[23] 王业宏, 孙兴池, 高慧君. 山东省近 55 年夏季降水和平均气温的多时间尺度分析 [J]. 山东气象, 2007, **27**(3): 10 ~ 13.

[24] 杨士恩, 王　启. 山东夏季降水的气候特征及其成因 [J]. 热带气象学报, 2007, **23**(1): 65 ~ 71.

[25] 迟竹萍. 近 45 年山东夏季降水时空分布及变化趋势分析 [J]. 高原气象, 2009, **28**(1): 220 ~ 226.

[26] 闵　屾, 钱永甫. 中国极端降水事件的区域性和持续性研究 [J]. 水科学进展, 2008, **19**(6): 764 ~ 771.

[27] 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.

[28] Jiang D J, Wang K, Li Z, et al. Variability of extreme summer

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

precipitation over Circum-Bohai-Sea region during 1961 – 2008 [J]. Theoretical and Applied Climatology, 104: 501 – 509.

[29] Zhai P M, Zhang X B, Wan H, et al. Trends in total precipitation and frequency of daily precipitation extremes over China [J]. Journal of Climate, 2005, **18** (7): 1096 – 1108.

[30] Qian W, Lin X. Regional trends in recent precipitation indices in China [J]. Meteorology and Atmospheric Physics, 2005, (90): 193 – 207.

[31] Wang Y, Zhou L. Observed trends in extreme precipitation events in China during 1961 – 2001 and the associated changes in large-scale circulation [J]. Geophysical Research Letters, 2005, (32): L09707. doi: 10.1029/2005GL022574.

[32] You Q L, Kang S C, Aguilar E, et al. Changes in daily climate extremes in China and their connection to the large scale atmospheric circulation during 1961 – 2003 [J]. Climate Dynamics, 2010, doi: 10.1007/s0038200907350.

Trends of Extreme Precipitation Events Over Shandong Province From 1961 to 2008

JIANG De-Juan[1], LI Zhi[2], WANG Kun[3]

(1. *Yantai Institute of Coastal Zone Research, Chinese Academy of Sciences, Yantai, Shandong* 264003, *China*; 2. *College of Resources and Environment, Northwest Agriculture and Forestry University, Yangling, Shaanxi* 712100, *China*; 3. *Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing* 100101, *China*)

Abstract: Based on daily precipitation data of 18 meteorological stations over Shandong Province during 1961 ~ 2008, the extreme precipitation thresholds were determined for different stations by the centesimal value method, and then, four indices including frequency, annual amount, intensity and annual daily maximum amount of extreme precipitation events were counted and their spatial characteristics and temporary trends were analyzed. The results showed that the extreme precipitation thresholds indicated the remarkable regional difference and gradually decreased from the center of the Taishan Mountain to outside. The frequency of extreme precipitation events was about 18 d/a with a sight regional difference. The spatial characteristics of annual amount, intensity and annual daily maximum amount of extreme precipitation events were similar, i. e., they were all characterized with a decrease from the southeast to northwest of Shandong Province and their high-value centers were located in the Taishan Mountain. For recent 48 years, 4 indices except intensity of extreme precipitation events showed a slight decreasing trend, which was more significant in Jiaodong peninsular, and moreover, the abruption changes in the year of about 1965 occurred for these three indices. However, the intensity of extreme precipitation events showed no obvious trend and no abruption change. Four indices of extreme precipitation events all indicated the remarkable interdecadal variability and furthermore, the qusia-11 year oscillating period existed for these four indices during 1961 ~ 2008, which were symmetrically distributed surrounding the middle-axis in the year of 1984.

Key words: extreme precipitation event; temporary trend; spatial difference; Shandong Province

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net