

基于泊松回归和超门限峰值方法的极端降水变化分析 ——以徐州市为例

夏庚瑞, 裴凤松

(江苏师范大学 城市与环境学院, 徐州 221116)

摘要: 基于1960—2012年徐州市逐日降水数据, 采用超门限峰值方法来提取极端降水事件。在泊松回归方法基础上, 分析徐州市极端降水的特征及变化趋势。结论指出: 徐州市年最大日降水量呈现震荡变化。另外, 根据泊松回归分析结果, 徐州市的年极端降水强度和年极端降水事件数呈现震荡趋势。

关键词: 极端降水; 超门限峰值方法; 泊松回归; 徐州市

中图分类号: P426.6 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-9901(2015)02-0081-06

Analysis of changes in extreme precipitation in Xuzhou City based on peaks-over-threshold approach and poisson regression

XIA Geng-rui, PEI Feng-song

(School of Urban and Environmental Sciences, Jiangsu Normal University, Xuzhou 221116, China)

Abstract: There are great uncertainties in temporal and spatial distributions of extreme precipitation. In this paper, the author analyzed the variations of extreme precipitation based on daily precipitation data during 1960—2012 in Xuzhou City, Jiangsu Province. Peaks-over-threshold method and poisson regression, were employed to analyze variations of extreme precipitation and its tendency. The results pointed out that the frequency and intensity of extreme precipitation showed slow shock. According to the Poisson regression analysis, the number of the annual extreme precipitation events in Xuzhou had a shock trend.

Key words: extreme precipitation; peaks-over-threshold approach; poisson regression; Xuzhou City

近百年来, 在全球变暖的大背景下, 极端气候事件愈来愈引起人们的关注(黄雪松等, 2005; 余卫东等, 2008; 任国玉等, 2010)。各国学者对极端气候事件的研究也越来越多, 极端降水事件则是其中重要的一部分。极端降水对于工农业生产及城市管理等非常重要, 直接关系到生活、生产等各个方面, 开展极端降水研究具有重要意义。

国内外研究人员对极端降水事件开展了大量的研究工作。Karl and Knight (1998) 基于降水评估等方法指出美国的极端降水事件具有增加的趋势。Roy and Balling (1998) 发现, 上个世纪, 印

度极端降水事件的发生频率存在明显增加的趋势。但极端降水的变化在不同区域具有不一致性, 部分地区的极端降水在不断减少, 如 Karagiannidis et al (2012) 应用线性回归方法研究发现欧洲大部分地区极端降水事件存在减弱趋势, 极端降水存在着很大的地域差异。

翟盘茂等(2007) 研究发现, 近五十多年来, 中国的极端强降水平均强度和极端强降水值都存在增加的趋势。蔡敏等(2007) 对中国东部极端降水时空分布研究结果表明, 近五十年来北方极端降水变率主要是以减小为主。杨金虎等(2008) 研究表明极端降水事件趋势减少主要出现在东北、

西北东部和华北。王志福和钱永甫(2009)对中国极端降水事件的频数和强度特征进行了分析,指出全国持续1天极端事件的相对频数具有上升趋势,其空间上均表现为全国大部分上升。以往研究表明,极端降水在时空分布上具有较大的不确定性。有研究发现,在气候变暖的背景下,包括徐州在内的华北地区降水呈减少趋势,特别是从1965年以来持续减少(马晓波,1999;李发东等,2007;孙振华等,2007;韩军彩等,2010),但刘铮瑶等(2013)发现济南市极端降水有增加趋势。极端降水的变化对社会、经济发展以及城市建设等方面具有重要影响。

降水特征及其变化对徐州市的农业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并不多见,因此,本文以徐州市为例,基于逐日的降水资料,利用超门限峰值方法和泊松回归分析等方法,对徐州市极端降水的特征和变化趋势进行分析研究。

1 研究区概况

徐州市是江苏省省辖市,地处江苏西北部,华北平原的东南部,苏、鲁、豫、皖四省接壤地区,长江三角洲北翼,北倚微山湖,西连宿州,东临连云港,南接宿迁,京杭大运河从中穿过,陇海、京沪两大铁路干线在徐州交汇,素有“五省通衢”之称,为全国综合性交通枢纽和东西、南北经济联系的重要“十字路口”,有“通徐州,则通全国”的称誉。现有总人口1016万,现辖5区、3县、2市。徐州是矿产资源富集且组合条件优越的地区之一,是国家重要的能源基地。徐州市属暖温带半湿润季风气候,年降水量主要集中于夏季,易发生洪涝灾害,其他季节为少雨季节,特别是冬季降水稀少。

2 数据与方法

2.1 数据源及预处理

徐州市位于116°22'~118°40'E、33°43'~34°58'N,属暖温带半湿润季风气候,降水量年际及季节分布不均。本文收集了徐州市1960—2012年逐日降水量相关数据,其主要来源于中国气象科学数据共享服务网(<http://cdc.cma.gov.cn/>)。受仪器或人为因素等影响,原始数据中部分日期降水数据出现缺测。为便于进一步分析,本研究对其中缺测的数据进行了检查处理,对数据质量进行如下控制:

非观测值37266利用纬度相近,距离最近气象站同一时段数据代替,微量值37200则代之以0值。

2.2 研究方法

2.2.1 超门限峰值方法

本文采用超门限峰值方法来分析徐州市极端降水的特征和趋势。超门限峰值方法(peaks-over-threshold approach, POT)是对观测值超过某一阈值之上数据进行研究的一种方法(余敦先等,2011):将多年逐日降水量从小到大排序,取某百分位下日降水量作为极端降水量的阈值(建军和洪建昌,2012);若某日的降水超过该阈值,则设定为极端降水日。另外,从首个极端降水日出现开始,若连续四日无极端降水发生,则定义为一个极端降水事件。本文取第99百分位日降水量作为极端降水量的阈值(建军和洪建昌,2012)。使用徐州市1960—2012年的逐日降水数据,对该地区的极端降水强度进行分析。极端降水强度(Extreme Precipitation Intensity, EPI)的计算过程(王志福和钱永甫,2009)为:

$$EPI = \frac{\sum Pr}{n} \quad (1)$$

其中, Pr 代表极端降水量, n 代表极端降水日数。

2.2.2 泊松回归方法

泊松回归(Poisson regression)是用来对计数资料和列联表建模的一种回归分析方法,又被称作对数—线性模型。假设 y 表示对某一极端事件(如极端降水)发生数的观测,而随机变量 Y 等于 y 的发生概率。泊松回归中,因变量 Y 服从均值为 λ 的泊松分布,并假设它的对数可根据一些可观察的特征估计的线性组合建模。泊松回归的计算过程(Villarini et al, 2013)如下:

$$P(Y_i=y|\lambda_i) = \frac{e^{-\lambda_i} \lambda_i^y}{y!} (y=0,1,2...) \quad (2)$$

$$\lambda_i = \exp(a+b \times T) \quad (3)$$

其中, λ 为泊松分布的参数,在这里表示事件的平均发生数, a 、 b 是常量系数。

泊松回归分析在应用中时需要满足以下条件(曾平等,2011):(1)事件发生次数的条件均值等于条件方差(equidispersion);(2)事件间相互独立。本文通过使用离散系数来检验其合理性。离散系数(dispersion coefficient, DC)的计算方法为(Faraway, 2005):

$$DC = \frac{\sigma}{\mu} \quad (4)$$

其中, σ 表示极端降水事件年发生次数的方差, μ 表示极端降水事件年发生次数的数学期望。

3 研究结果

3.1 极端降水强度的变化

3.1.1 极端降水强度的季节变化

经计算, 徐州市极端降水阈值取 104.06 mm。

降水强度是衡量极端降水的另一要素, 通常情况下, 降水强度越大, 其带来的损失越多。图 1 是 1960—2012 年徐州市极端降水强度季节变化曲线图。该曲线图反映出, 徐州市极端降水的强度主要集中在夏季, 春季和秋季极端降水较少, 冬季无极端降水。这是因为徐州市降水时空分布不均匀, 降水主要集中在 6—8 月的汛期, 这对徐州市极端降水的研究具有重大的影响。

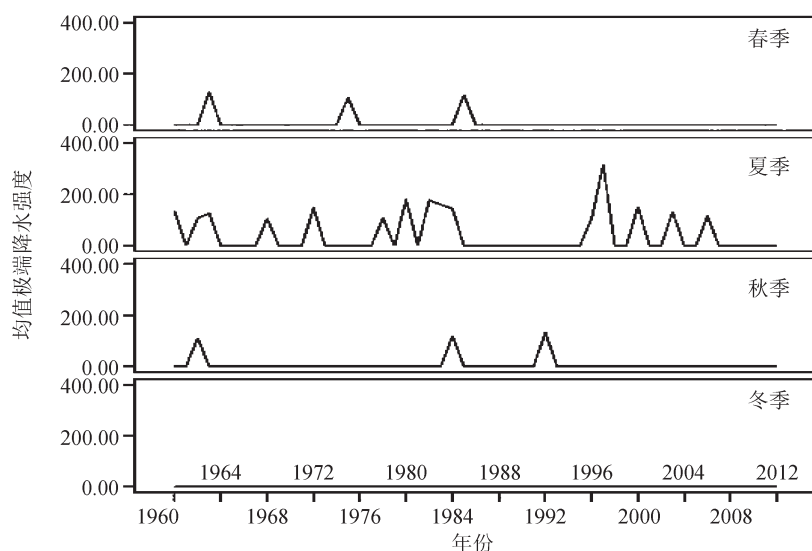


图 1 1960—2012 年徐州市极端降水强度季节变化

Fig.1 The seasonal variation in the intensity of extreme precipitation in Xuzhou city during 1960—2012

3.1.2 极端降水强度的年际变化

图 2 是徐州市五十三年来的年极端降水强度曲线图, 该图反映出, 徐州市的极端降水强度五十三年来起伏变化比较大。其中, 在 1998 年降水强度特别突出, 这是受到当时特大洪水的影响。

不仅如此, 年最大日降水量的变化曲线 (图 3) 与年极端降水强度的变化曲线也具有很大的一致性, 具有震荡变化的走势。进一步表明徐州市五十三年来的极端降水强度具有震荡变化的走势。

3.2 极端降水事件数的变化特征

3.2.1 极端降水事件数的季节变化特征

图 4 是徐州市 1960—2012 年季节极端降水事件数曲线图。由图可知, 徐州市的极端降水事件数主要集中在夏季, 春季和秋季略少, 冬季没有极端降水事件的发生。与极端降水强度季节变化曲线 (图 1) 走势相比较, 极端降水事件数的季节

变化曲线趋势与其具有一致性。

3.2.2 极端降水事件数的年变化特征

图 5 是根据超门限值方法计算出的徐州市五十三年来逐年极端降水事件数变化结果。从图中可以看出, 年极端降水事件数起伏都较大; 将其年际变化与年极端降水强度变化相比较, 二者具有较好的一致性, 即在极端降水事件较多的年份, 其年降水强度也比较高 (图 2, 图 5)。

3.3 极端降水事件的变化趋势

为了进一步反映极端降水事件的变化趋势, 采用泊松回归方法对结果作了进一步分析。经过计算, 徐州市年极端降水事件数的离散系数为 0.93, 基本满足泊松回归条件, 认为可以使用泊松回归方法对极端降水事件变化趋势进行分析。经过计算, 泊松回归模型时间变量的回归系数为 -0.023, 这说明徐州市的极端降水事件数量略呈震荡变化趋势, 这与极端降水强度分析结果相一致。

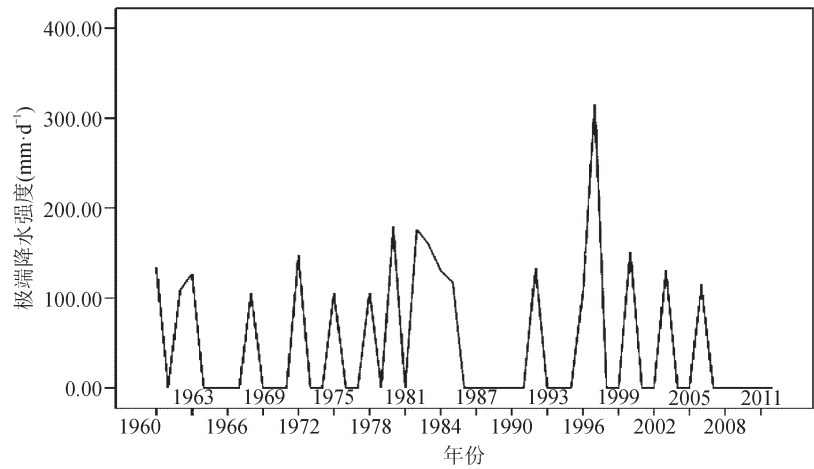


图 2 1960—2012 年徐州市极端降水强度变化
Fig.2 The variation in the intensity of extreme precipitation in Xuzhou city during 1960—2012

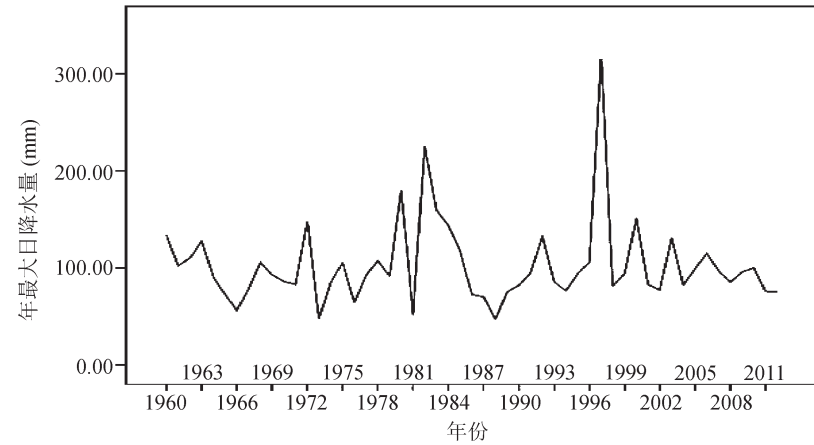


图 3 1960—2012 年徐州市最大日降水量变化
Fig.3 The maximum daily precipitation variation in Xuzhou city during 1960—2012

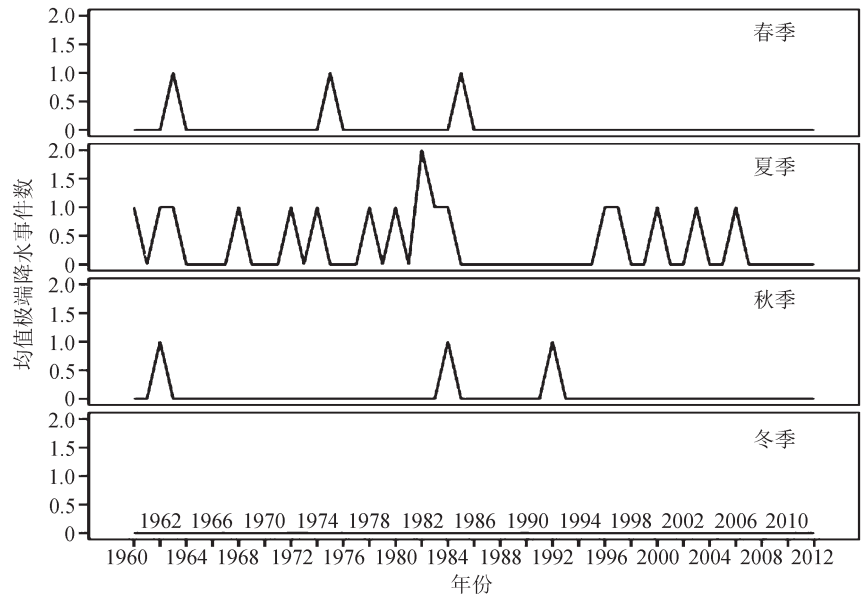


图 4 1960—2012 年徐州市季节极端降水事件数变化
Fig.4 The seasonal variation in the events of extreme precipitation in Xuzhou city during 1960—2012

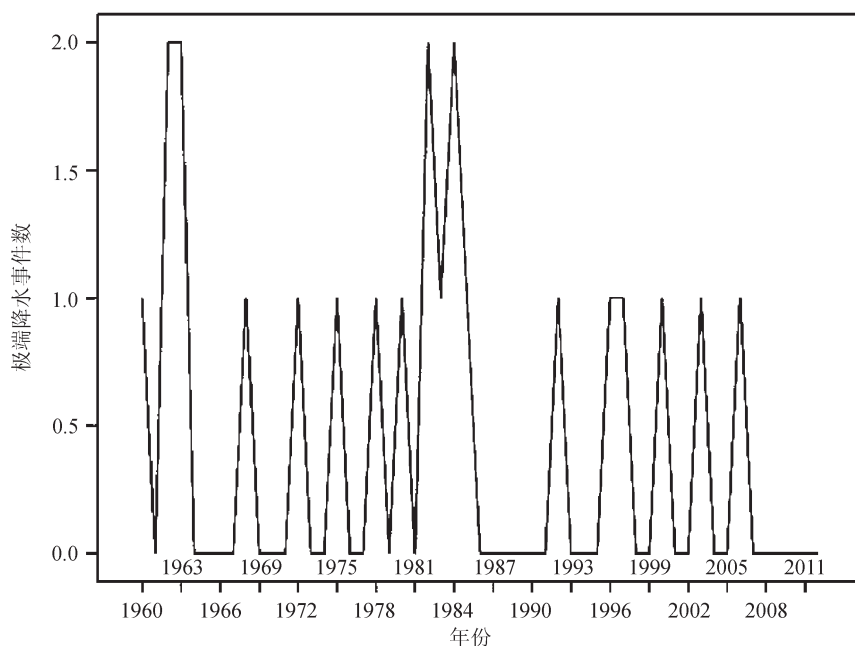


图5 1960—2012年徐州市年极端降水事件数变化

Fig.5 The annual variation in the events of extreme precipitation in Xuzhou city during 1960—2012

4 结论

利用1960—2012年徐州市逐日降水量相关数据,基于超门限峰值方法和泊松回归方法,对本地区最大日降水量、极端降水强度和极端降水事件数进行了分析研究,得到如下结论:

(1) 徐州市的年最大日降水量和年极端降水强度的变化在整体上呈震荡变化的趋势。

(2) 徐州市的最大极端降水事件数和最高极端降水强度主要集中在夏季,春季的起伏变化较大,冬季无极端降水事件。

(3) 徐州市的年极端降水事件数和极端降水量均呈震荡变化趋势。

考虑到以上结论为基于近五十三年(1960—2012)的徐州市日降水量数据分析结果,其变化趋势是否能够反映本地区的极端气候变化长期趋势,这有待于进一步的长序列数据分析。另外,本研究分析了徐州市极端降水强度及极端降水事件数量的变化及其趋势。徐州市极端降水的变化特征是由于我国地处东亚季风区,尤其徐州等东部地区,季风气候显著。强降水主要集中在夏季,夏季的降水与该年的旱涝情况联系密切,这也是很多研究极端降水成因多和夏季异常降水可能影响因子联系起来的原因所在。

参考文献

- 蔡敏,丁裕国,江志红. 2007. 我国东部极端降水时空分布及其概率特征[J]. 高原气象, 26(2): 309–318. [Cai M, Ding Y G, Jiang Z H. 2007. Extreme precipitation experimentation over Eastern China based on L-moment Estimation [J]. Plateau Meteorology, 26(2): 309–318.]
- 韩军彩,周顺武,王传辉,等. 2010. 华北地区近30年降水变化特征分析[J]. 安徽农业科学, 38(34): 19644–19680. [Han J C, Zhou S W, Wang C H, et al. 2010. Analysis on the variation characteristics of precipitation in North China during recent 30 years [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 38(34): 19644–19680.]
- 黄雪松,李艳兰,覃志年. 2005. 桂林市极端天气气候事件分析[J]. 灾害学, 20(4): 87–91. [Huang X S, Li Y L, Qin Z N. 2005. Analysis on extreme weather-climate events in Guilin [J]. Journal of Catastrophology, 20(4): 87–91.]
- 建军,洪建昌. 2012. 西藏极端降水事件的定义及其与印度洋海温遥相关研究[R/OL]. 北京: 国家气候中心, 中国气象局气候研究开放实验室. [Jian J, Hong J C. 2012. The definition of extreme precipitation events in Tibet and its relationship with India ocean research [R/OL]. BeiJing: China Meteorological, Laboratory for Climate Studies, China Meteorological Administration.]
- 李发东,宋献方,张秋英,等. 2007. 40年来栾城降水变化

- 特征分析[J]. 水文, 26(2): 12–16. [Li F D, Song X F, Zhang Q Y, et al. 2007. Characteristics of precipitation at Luancheng Station in recent 40 years [J]. *Journal of China Hydrology*, 26(2): 12–16.]
- 刘铮瑶, 董治宝, 殷淑艳, 等. 2013. 济南市极端降水变化特征及趋势分析[J]. 地球环境学报, 4(6): 1506–1512. [Liu Z Y, Dong Z B, Yin S F, et al. 2013. Variation tendency and distribution characteristics of extreme precipitation in Jinan [J]. *Journal of Earth Environment*, 4(6): 1506–1512.]
- 马晓波. 1999. 华北地区水资源的气候特征[J]. 高原气象, 18(4): 520–524. [Ma X B. 1999. Climate Characteristics of Water Resources in North China [J]. *Plateau Meteorology*, 18(4): 520–524.]
- 任国玉, 封国林, 严中伟. 2010. 中国极端气候变化观测研究回顾与展望[J]. 气候与环境研究, 15(4): 337–353. [Ren G Y, Feng G L, Yan Z W. 2010. Progresses in observation studies of climate extremes and changes and changes in mainland China [J]. *Climatic and Environmental Research*, 15(4): 337–353.]
- 余敦先, 夏军, 张永勇, 等. 2011. 近50年来淮河流域极端降水的时空变化及统计特征[J]. 地理学报, 66(9): 1200–1210. [She D X, Xia J, Zhang Y Y, et al. 2011. The trend analysis and statistical distribution of extreme rainfall events in the Huaihe River Basin in the past 50 years [J]. *Acta Geographica Sinica*, 66(9): 1200–1210.]
- 孙振华, 冯绍元, 杨忠山, 等. 2007. 1950—2005年北京市降水特征初步分析[J]. 灌溉排水学报, 26(2): 12–16. [Sun Z H, Feng S Y, Yang Z S, et al. 2007. Primary analysis of the precipitation characteristics for Beijing during the period from 1950 to 2005 [J]. *Journal of Irrigation and Drainage*, 26(2): 12–16.]
- 王志福, 钱永甫. 2009. 中国极端降水事件的频数和强度特征[J]. 水科学进展, 20(1): 1–9. [Wang Z F, Qian Y F. 2009. Frequency and intensity of extreme precipitation events in China [J]. *Advances in Water Science*, 20(1): 1–9.]
- 杨金虎, 江志红, 任国玉, 等. 2008. 中国年极端降水事件的时空分布特征[J]. 气候与环境研究, 13(1): 75–83. [Yang J H, Jiang Z H, Ren G Y, et al. 2008. Temporal and spatial characteristic of extreme precipitation event in China [J]. *Climatic and Environmental Research*, 13(1): 75–83.]
- 余卫东, 柳俊高, 常军, 等. 2008. 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, 4(2): 78–83. [Yu W D, Liu J G, Chang J, et al. 2008. Changes in extreme temperature and precipitation in Henan Province during 1957—2005 [J]. *Advances in Climate Change Research*, 4(2): 78–83.]
- 曾平, 赵晋芳, 刘桂芬. 2011. Poisson回归中过度离散的检验方法[J]. 中国卫生统计, 28(4): 211–212. [Zeng P, Zhao J F, Liu G F. 2011. The test method for discrete in Poisson regression [J]. *Chinese Journal of Health Statistics*, 28(4): 211–212.]
- 翟盘茂, 王萃萃, 李威. 2007. 极端降水事件变化的观测研究[J]. 气候变化研究进展, 3(3): 144–148. [Zhai P M, Wang C C, Li W. 2007. A review on study of change in precipitation extremes [J]. *Advances in Climate Change Research*, 3(3): 144–148.]
- Faraway J J. 2005. Extending the linear model with R: generalized linear, mixed effects and nonparametric regression models [M]. Boca Raton London New York: CRC press.
- Karagiannidis A F, Karacostas T, Maheras P, et al. 2012. Climatological aspects of extreme precipitation in Europe, related to mid-latitude cyclonic systems [J]. *Theoretical and Applied Climatology*, 107(1–2): 165–174.
- Karl T R, Knight R W. 1998. Secular trends of precipitation amount, frequency, and intensity in the United States [J]. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 79: 231–241.
- Roy S S, Balling R C. 1998. Trends in extreme daily rainfall indices in India [J]. *International Journal of Climatology*, 18: 1141–1155.
- Villarini G, Smith J A, Vecchi G A. 2013. Changing frequency of heavy rainfall over the Central United States [J]. *Journal of Climate*, 26(1): 351–357.