

# 华北中部近 45 a 极端降水事件变化特征

张爱英<sup>1,2</sup>, 高霞<sup>3</sup>, 任国玉<sup>4</sup>

(1. 中国气象科学研究院, 北京 100081; 2. 山东省气象局气候中心, 山东 济南 250031;  
3. 河北省保定市气象局, 河北 保定 071000; 4. 中国气象局国家气候中心, 北京 100081)

**摘要:** 利用华北中部 41 个气象站 1961 ~ 2005 年逐日降水资料, 采用通用的极端气候指数, 分析了近 45 a 来华北中部极端降水事件频率变化的时空特征。结果表明: 华北中部平均年最大日降水量呈下降趋势, 南部平原地区一般减少, 北部山地区域多有增加, 降水日数有较明显减少, 强降水日数和暴雨日数变化趋势不明显, 降水日数的减少主要是中、小雨(雪)日数减少造成的。暴雨日数和强度在 20 世纪 90 年代中后期显著增加。华北中部强降水日数和暴雨日数在降水日数中的比重有增大趋势, 强降水量和暴雨降水量在总降水量中的比重可能也增加了。这种相对增加趋势主要发生在 20 世纪 90 年代中期以后。

**关键词:** 华北中部; 极端降水; 强降水日数; 暴雨日数

**中图分类号:** P468.0<sup>+</sup>24

**文献标识码:** A

## 引言

近百年来全球和中国的气候正经历一次以变暖为主要特征的显著变化<sup>[1-2]</sup>。在气候变暖的背景下, 极端气候事件强度和频率的变化引起科学界极大兴趣<sup>[2-5]</sup>。一些研究发现, 最近的 50 多 a, 北半球中高纬度陆地极端强降水事件增多<sup>[6-8]</sup>, 我国长江流域和东南沿海地区的极端强降水事件频率也明显增多<sup>[2,4,9]</sup>。

在最近的 50 余 a, 我国华北地区的年降水量明显趋于减少<sup>[2,5]</sup>。研究表明, 在年降水量趋向减少的地区, 极端强降水事件频率一般也趋于下降<sup>[8]</sup>。华北地区的暴雨和强降水事件频率也有减少趋势<sup>[5]</sup>。但是, 也有分析认为, 即使在总降水量没有明显变化甚至减少的地区, 例如美国和地中海等地, 极端强降水量在总降水量中所占份额却有增加趋势<sup>[7,10]</sup>。相似的情形可能发生在华北地区<sup>[4]</sup>。

了解区域降水和强降水事件的分布及其变化规律, 有助于准确预报降水的时间、雨量及其分布, 对于趋利避害, 减少损失具有重要意义<sup>[11]</sup>。而华北地区位于东亚夏季风的北边缘, 季风变化对强降水影响较大。该区西部、北部位于黄土高原、蒙古高原的

过渡带, 又是全国的政治、经济和文化中心, 水资源短缺严重制约了华北地区经济和社会发展, 导致生态系统和自然环境的普遍恶化<sup>[12]</sup>。在区域气候明显变暖和降水总量显著减少的背景下<sup>[13]</sup>, 研究该区域降水和强降水发生频率和强度的变化, 具有重要的意义。

## 1 资料及方法

极端降水事件分析需要利用高时间分辨率资料。本文所用降水资料为来自国家气象信息中心的华北中部 41 个地面气象站 (包括河北省 39 个站和北京、天津 2 站) 1961 ~ 2005 年的逐日降水资料, 进行了较严格的质量控制, 订正了由于各种人为原因造成的错误值。

以华北地区的核心区域为例, 利用逐日降水资料和通用的极端降水阈值的方法, 选取其边缘分布确定极端值和极端值阈值, 最后将上述方法所得到的极端值, 对近 45 a 来极端降水事件发生频率和强度变化趋势进行了研究。分析结果对于进一步理解华北地区降水气候变化的机理、预估未来极端强降水事件可能趋势, 为华北地区水资源可持续利用和

收稿日期: 2008 - 11 - 26; 改回日期: 2008 - 11 - 30

基金项目: 国家科技支撑项目 (2007BAC03A01) 资助

作者简介: 张爱英 (1974 - ), 女, 工程师, 主要从事气候及气候变化研究。E-mail: zhangay66@sohu.com

管理提供决策依据。

在计算分析极端降水事件时间序列前,首先需要选取代表性的极端强降水指数<sup>[14-15]</sup>。由于我国的气候类型存在明显的地域性差异,极端降水事件指数的定义既要考虑绝对降水量,又要兼顾相对降水量。世界气象组织(WMO)气候学委员会(CCL)及气候变率和可预报性研究计划(CLMAR)推荐了 50 个极端气候指数(<http://www.eca.knmi.nl>),可以看作为目前研究中通用的指数。本文选取每年日降水量大于 1961~2000 年雨日(日降水量  $\geq 0.1$  mm)降水量概率分布第 95 百分位阈值的天数作为极端降水指数。

由于降水台站分布相对均匀,研究区域平均极端降水指数序列通过计算获得全部 41 个站的算术平均值。估计极端降水指数的变化趋势采用线性趋势估计法。线性趋势的统计显著性采用  $t$  检验方法检验,而极端降水指数变化的突变或转折采用 Mann-Kendall(M-K)方法检验。

## 2 结果及分析

### 2.1 年最大日降水量

图 1 给出华北中部平均的逐年最大日降水量时

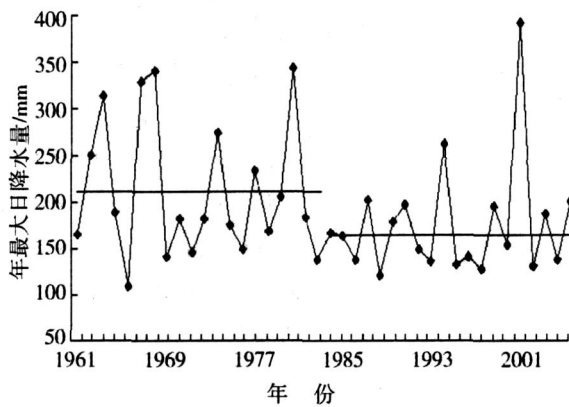


图 1 1961~2005 年逐年最大日降水量变化

Fig 1 Yearly variation of maximum daily precipitation for period 1961 - 2005

间变化序列。可以看到,年最大日降水量整体呈下降的趋势,线性趋势为  $-12 \text{ mm}/10 \text{ a}$ ,通过了信度水平为 0.05 的显著性检验。进入 20 世纪 80 年代以来减少明显,1980 年是个分界点,之前的年最大日降水量均值为 211.34 mm,之后的均值为 176.2 mm,减少了 35 mm。M-K 检验表明,在上世纪 70 年代末、80 年代初,年最大日降水量存在一个由高

到低的突变。研究区平均年最大日降水量发生在 2001 年。

### 2.2 强降水日数

图 2a 是华北中部强降水日数线性变化趋势的地理分布情况。只有少数台站强降水日数呈弱的上升趋势,绝大多数台站均为负值,即强降水日数减少,但在统计上均不具有显著意义。所有台站强降水日数增加和减少趋势都不超过  $0.1 \text{ d}/10 \text{ a}$ 。

研究区平均强降水日数每年发生 9.4 d。近 45 a 来,该区域强降水日数在 20 世纪 70 年代偏多,80 年代初偏少,80 年代末到 90 年代初偏多,但长期线性趋势变化明显(图 2b)。M-K 检验没有发现强降水日数时间序列存在任何转折现象。

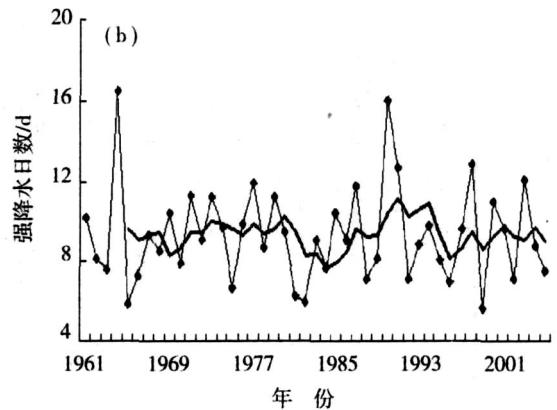
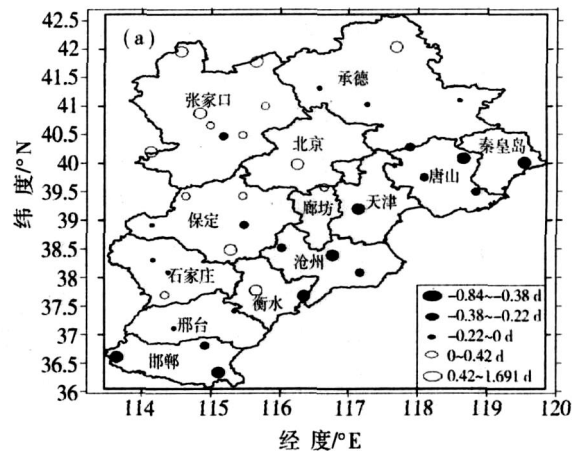


图 2 1961~2005 年强降水日数变化

(a)强降水日数变化空间趋势分布;

(b)强降水日数变化序列

Fig 2 The spatial (a) and temporal variation of extreme precipitation days during 1961 - 2005 in central North China

### 2.3 暴雨日数与强度

华北中部平均每年暴雨发生天数是 1.385 d,平均暴雨降水强度为 77.4 mm/d,虽然华北中部平均

暴雨天数只占雨季降水总天数的 1.5%,其降水量却占到了夏季降水量的 29.2%,全年降水量的 20.7%。

近 45 a来暴雨日数在大部分台站呈弱减少趋势,南部平原地区减少更明显,但北部山区较多台站有增加趋势(图 3a)。

暴雨日数在 1980年前后发生了转折,呈显著下降趋势(图 3b)。这个变化与最大日降水量变化一致,也与整个东亚地区 1979~1980年前后夏季降水大尺度的年代际转折同步。因此,华北中部暴雨日数和降水极值的变化可能与 1980年左右发生的大尺度降水模态的年代际转换有关。经 M-K 检验,明显的突变点发生在 1981和 1997年,其中 1981~1997年趋势为明显下降,1997年之后明显增加。

华北中部平均暴雨强度变化与暴雨日数相似,整个时期线性变化趋势为  $-2.9 \text{ mm/d} \cdot 10 \text{ a}$ ,但没有通过统计显著性检验(图 3c)。从年代尺度看,暴雨强度在 1980年前后也有明显差异。1980~1993年平均比 1961~1979年平均偏低 10 d,用 Monte Carlo方法检验表明其显著水平达 99%。与暴雨日数一样,华北中部平均暴雨强度在世纪之交(1999~2001年)出现显著增加,明显高于多年平均值。

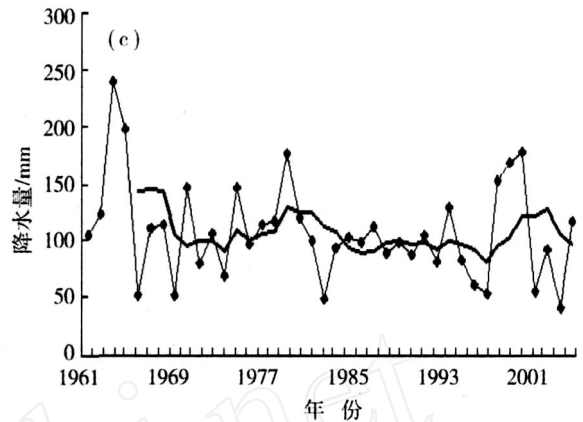


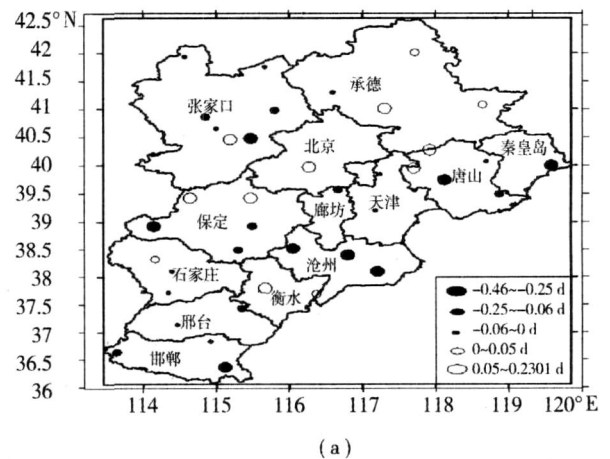
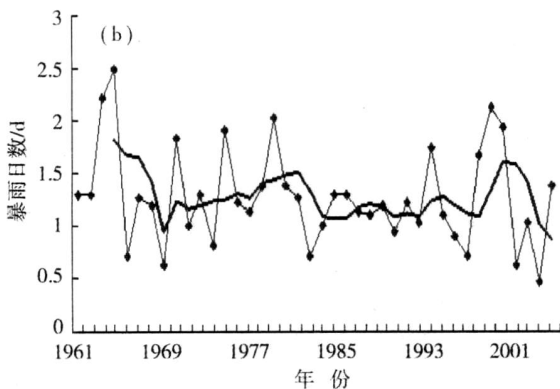
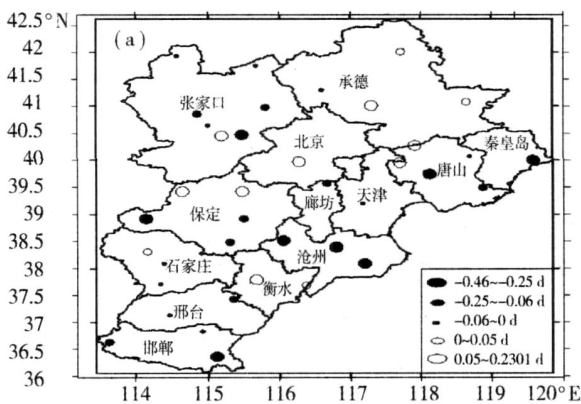
图 3 暴雨日数和暴雨强度变化  
(a)暴雨日数变化趋势分布;(b)暴雨日数变化曲线;(c)暴雨强度变化曲线

Fig 3 Variation of rainstorm days and rainstorm intensity  
(a) for spatial variation trends of rainstorm days;  
(b) for temporal change of rainstorm days;  
(c) for rainstorm intensity

### 2.4 降水日数

华北中部年降水日数变化趋势分布情况见图 4a。总体上看,南部平原地区降水日数一般有减少趋势,东部沿海地带比较显著;北部山地区域,特别是长城以北地区降水日数有明显增加;华北中部东北部的多雨中心降水日数变化不大。

图 4b表示研究区平均降水日数变化序列。该区域多年平均值为 67 d,出现最多降水日数的年份是 1964年,达到 93 d;最少降水日数发生在 1997年,平均只有 54 d。在整个研究时段,平均降水日数有较明显减少趋势,其中 20世纪 80年代初和 90年代中后期经历了 2次下降。M-K 检验表明,1981年和 1994年前后的减少是显著的。



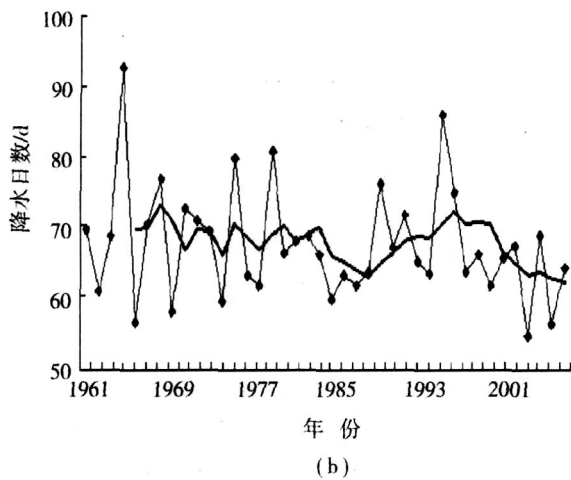


图 4 降水日数变化

Fig 4 The spatial (a) and temporal (b) variation of precipitation days in the period of 1961 - 2005 in central North China

### 3 结论与讨论

(1) 平均年最大日降水量整体呈下降趋势, 线性趋势为  $-12 \text{ mm}/10 \text{ a}$ 。1980 年为最大日降水量由多向少的转折点, 但整个分析时期的最大值却出现在 2001 年。

(2) 平均强降水日数和暴雨日数变化不大, 但南部平原地区明显减少, 而北部山地台站多数呈增加趋势。暴雨日数和强度在 20 世纪 90 年代中后期显著增加。

(3) 降水日数呈明显减少趋势, 南部和东南部平原地区减少更显著。降水日数的显著减少转折发生在 21 世纪 80 年代初和 90 年代中期。

(4) 降水强度变化趋势不明显, 这与降水日数和降水总量变化趋势十分相近有密切关系。年降水量变化的空间分布形势也与降水日数变化一致。

以上分析结果表明, 自 20 世纪 60 年代初以来, 华北中部极端强降水日数发生了一定变化。平均年最大日降水量、降水日数和总降水量变化趋势具有明显的相似性, 均表现出显著下降趋势, 而强降水日数和暴雨日数的变化趋势则不明显。降水日数的减少主要是中、小雨(雪)日数减少造成的。

降水类型的差异变化说明, 华北中部强降水日数和暴雨日数在降水日数中的比例有增大趋势, 强降水量和暴雨降水量在总降水量中的比重可能也增加了。这一现象与前人针对国外和我国华北地区的

分析结果有相似性<sup>[4,7,10]</sup>。但是, 华北中部极端强降水事件的相对增加主要发生在 20 世纪 90 年代中期以后。

关于极端降水变化的原因, 今后还需专门研究。降水的观测还存在若干问题, 主要包括风速和辐射导致的测量误差等<sup>[16]</sup>, 今后的极端降水变化检测研究中需要对这些误差给予更多关注。

#### 参考文献:

- [1] Houghton J T, Ding Y H, Griggs D G, et al. Climate Change 2001: The Science Basis Contribution of Working Group to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [M]. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2001.
- [2] 丁一汇, 任国玉 (主编). 中国气候变化科学概论 [M]. 北京: 气象出版社, 2008.
- [3] 秦大河, 陈振林, 罗勇, 等. 气候变化科学的最新认知 [J]. 气候变化研究进展, 2007, 3(2): 63 - 73.
- [4] 任国玉. 气候变化与中国水资源 [M]. 北京: 气象出版社, 2007. 91 - 112.
- [5] 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.
- [6] Haylock M R, Goodess C M. Interannual variability of extreme European winter rainfall and links with mean large - scale circulation [J]. Int J Climatol, 2004, 24: 759 - 776.
- [7] Groisman P Ya. Trends in intense precipitation in the climate record [J]. Climate J, 2005, 18: 1326 - 1350.
- [8] 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 [R]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2007. 996.
- [9] 苏布达, 姜彤, 任国玉, 等. 长江流域极端降水时空分布和趋势 [J]. 气候变化研究进展, 2006, 2(1): 9 - 14.
- [10] Alexander L. Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation [J]. J Geophys Res, 2006, D05109, doi: 10. 1029/2005JD006290.
- [11] 李维京, 赵振国, 李想, 等. 中国北方干旱的气候特征及其成因的初步研究 [J]. 干旱气象, 2003, 21(4): 1 - 5.
- [12] 张利平, 夏军, 胡志芳. 华北地区降水多时间尺度演变特征 [J]. 气候变化研究进展, 2008, 4(3): 140 - 144.
- [13] 杨绚, 李栋梁. 中国干旱气候分区及其降水量变化特征 [J]. 干旱气象, 2008, 26(2): 17 - 24.
- [14] 潘晓华, 翟盘茂. 我国极端气候极端事件的确定选取与分析 [J]. 气象, 2002, 28(18): 28 - 31.
- [15] 杨莲梅. 新疆极端降水的气候变化 [J]. 地理学报, 2003, 58(4): 577 - 583.
- [16] 任芝花, 王改利, 邹风玲, 等. 中国降水测量误差的研究 [J]. 气象学报, 2003, 61(5): 621 - 627.

## Characteristic of Extreme Precipitation Events Change in Central North China in Recent 45 Years

ZHANG Aiyi<sup>1,2</sup>, GAO Xia<sup>3</sup>, REN Guoyu<sup>4</sup>

(1 Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081, China; 2 Climate Center of Shandong Province, Ji'nan 250031, China; 3 Baoding Meteorological Bureau of Hebei Province, Baoding 0710003, China; 4 National Climate Center, Beijing 100081, China)

**Abstract:** Using daily precipitation data of 41 meteorological stations in Central North China from 1961 to 2005 and the extreme precipitation indices developed by WMO/CCL and CLMAR, the temporal and spatial characteristics of extreme precipitation events change was analyzed. Results show that the annual average maximum daily precipitation presented a decreasing trend in central North China, but the average heavy and extreme rainfall days changed indistinctively; the days and intensity of heavy rainfall increased obviously in the middle and late 1990s; there was a significant drop in rainfall days, especially in the south and southeast region, but no significant change in rainfall intensity. These imply that the proportion of the extreme precipitation events in the total rainfall days increased, and the proportion of extreme precipitation amount in the total annual precipitation might increase also in the period 1961 - 2005 in the research region.

**Key words:** central north China; extreme precipitation; heavy rainfall days; rainstorm days

## 欢迎订阅 2009年《干旱气象》

《干旱气象》是中国气象局兰州干旱气象研究所、中国气象学会干旱气象学委员会主办的专业学术期刊,国内外公开发行。《干旱气象》辟有研究论文、短论、应用技术报告、研究综述和学术争鸣等栏目,主要刊登有关干旱气象的最新研究成果、发展动向和趋势;气象科学各学科具有创造性的论文;有推广价值的技术经验;有关国内外气象科技的新理论、新技术、新方法等方面的短论和研究综述。《干旱气象》已被《中国期刊网》、《中国学术期刊(光盘版 CAJ-CD)》、万方数据-数字化期刊群、中国核心期刊(遴选)数据库全文收录。

《干旱气象》内容丰富、信息量大、研读性强,适合广大气象科研业务工作者、各相关专业技术人员、大专院校师生阅读。

《干旱气象》为季刊,2009年正刊4期,每期定价16元,全年64元。欢迎广大读者订阅,并可以随时邮局款汇购买,款到开正式发票。

编辑部地址:甘肃省兰州市东岗东路2070号 中国气象局兰州干旱气象研究所《干旱气象》编辑部  
邮政编码:730020 联系电话:0931-4670216-2270

电子信箱:gsqx@chinajournal.net.cn

银行汇款:兰州市工商银行拱星墩分理处

户名:中国气象局兰州干旱气象研究所

帐号:2703001509026401376

邮汇:兰州市东岗东路2070号 中国气象局兰州干旱气象研究所《干旱气象》编辑部