

近45年来河北省极端降水事件的变化研究

高霞¹ 王宏² 于成文³ 戴新刚⁴ 史丽红¹

(1. 河北省保定市气象局, 071000; 2. 河北省承德市气象局;
3. 河北省气候中心; 4. 中国科学院大气物理研究所)

提 要: 利用河北省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年河北省极端降水事件频率变化的时空特征。结果表明, 全省平均年最大日降水量呈下降趋势, 1980年为由多向少的转折点; 强降水日数和暴雨日数变化不大, 但南部平原地区一般减少, 北部山地区域多有增加, 暴雨日数和强度在1990年代中后期显著增加; 降水日数有较明显减少, 南部和东南部平原减少更显著; 降水日数的减少主要是中、小雨(雪)日数减少造成的。这些结果说明, 河北省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增加了。这种相对增加趋势主要发生在1990年代中期以后。

关键词: 降水日数 极端降水指数 极端降水

Analysis of Extreme Precipitation Events Change for Hebei Province

Gao Xia¹ Wang Hong² Yu Chengwen³ Dai Xingang⁴ Shi Lihong¹

(1. Baoding Meteorological Office, Hebei Province, 071000; 2. Chengde Meteorological Office, Hebei Province;
3. Climate Center of Hebei Province; 4. Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences)

Abstract: By using daily precipitation data of Hebei Province, from 1961 to 2005 and the extreme precipitation indices developed by WMO/CCL and CLIVAR, the temporal and spatial characteristics of change of extreme precipitation events in the province were analyzed. Results show that the average maximum one-day precipitation undergoes a decreasing trend, especially in the south of Hebei Plain, with 1980 being the abrupt year; Days with intensive precipitation as defined by $R_{95\%}$ and heavy precipitation as defined by R_{MH} more or less remain unchanged over the period analyzed, in spite of the fact that the stations of northern Hebei Plateau generally witness an increase, and those of the south a decrease; An obvious

资助课题: 国家重点基础研究发展规划项目(2006CB400504); 国家自然科学基金(40775048)资助

收稿日期: 2008年4月14日; 修定稿日期: 2009年3月13日

upward trend of days with intensive and heavy precipitation exists in late 1990s. The results indicate that average maximum one-day precipitation, days with precipitation and annual precipitation amount experience similar trends of decrease, but extreme precipitation events including days with intensive and heavy precipitation see no significant change. These imply that the proportion of the extreme precipitation events in the total precipitation days, and probably the proportion of extreme precipitation amount in the total annual precipitation, might increase over period 1961—2005 in the province. The increase dominantly occurs after mid 1990s.

Key Words: precipitation days indices of extreme precipitation extreme precipitation

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^[1-4]。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学界极大兴趣^[5-7]。一些研究发现,最近的50多年,北半球中高纬度陆地极端强降水事件增多了^[8-10],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^[6-7,11]。

在最近的50余年,我国华北地区的年降水量明显趋于减少^[6-7]。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^[10]。华北地区的暴雨和强降水事件频率也有减少趋势^[6]。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区,极端强降水量在总降水量中所占份额却有增加趋势^[9]。相似的情形可能发生在华北地区^[12]。

暴雨和强降水事件的长期变化对农业、环境及生态系统有重要影响。在区域气候明显变暖和降水总量显著减少的背景下,华北地区极端强降水事件发生频率和强度究竟出现了什么变化,非常值得关注。本文以华北地区的核心区域河北省为例,利用逐日降水资料和通用的极端降水阈值定义方法,对近45年来极端降水事件发生频率和强度变化趋势进行了研究。

1 资料及方法

本文所用降水资料为河北省39个地面气象站1961—2005年的逐日降水资料,由河北省气候中心资料室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。考虑到空间要素的连贯性,本文增加了北京和天津的两个站的逐日降水资料。

在计算分析极端降水事件时间序列前,首先需要选取具有代表性的极端强降水指数^[13-14]。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(CLIVAR)推荐了50个极端气候指数^[15](<http://www.eca.knmi.nl>),可以作为目前研究中通用的指数。本文从中选取5个极端降水指数。表1给出这5个极端降水指数的定义。

表1 极端降水指数

R_{MH}	年最大日降水量
$R_{0.1mm}$	年内日降水量大于0.1mm的天数
R_{50mm}	年内日降水量大于50mm的天数
中等雨日数 $R_{75\%}$	年内日降水量大于1961—2000年期间雨日(日降水量 $\geq 1mm$)降水量概率分布第75百分位阈值的天数
强降水日数 $R_{95\%}$	每年内日降水量大于1961—2000年期间雨日(日降水量 $\geq 1mm$)降水量概率分布第95百分位阈值的天数

由于降水台站分布相对均匀,平均极端

降水指数序列通过计算全部 41 个站的算术平均值获得。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 检验方法进行检验,而极端降水指数变化的突变或转折采用 Mann-Kendall (M-K)方法进行检验。

2 河北省极端降水指数的变化趋势

在全球气候变暖的背景下,河北年平均降水量有减少趋势。其中,极端降水事件的变化可能起到更重要的作用。因为降水量变化不大,但是如果降水在时空分布上变化不均匀,仍然会加剧区域旱涝灾害发生的频率和强度。极端降水事件能在一定程度上较好地反映降水的不均匀分布。

2.1 年最大日降水量

图 1 给出河北省空间平均的逐年最大日降水量时间变化序列,可以看出 R_{MH} 整体呈现下降的趋势,线性趋势为 $12\text{mm}/10\text{a}$,通过了 $\alpha=0.05$ 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 211.34mm ,之后的均值为 176.2mm ,减少了 35mm 。这表明在 20 世纪 70 年代末和 20 世纪 80 年代初中国极端降水的频率和极值确实存在突变(经 M-K 检验,图略)。

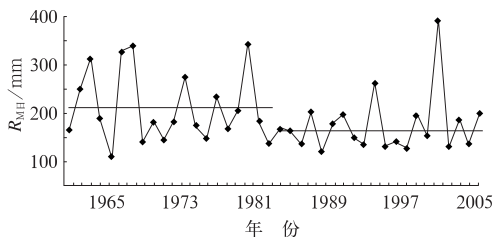


图 1 河北省年最大日降水量(R_{MH})随时间变化曲线

2.2 强降水日数

图 2a 是河北省强降水日数 $R_{95\%}$ 线性变化趋势的地理分布。只有少数站强降水日数 $R_{95\%}$ 呈弱的上升趋势,绝大多数台站为负值,即强降水日数减少,但在统计上都不具有显著意义,所有台站强降水日数增加和减少都没有超过 $0.1\text{d}/10\text{a}$ 。

全省平均强降水日数每年发生 9.4d 。近 45 年来,强降水日数在 20 世纪 70 年代偏多,20 世纪 80 年代初偏少,20 世纪 80 年代末到 20 世纪 90 年代初偏多,但长期线性趋势变化不明显(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。

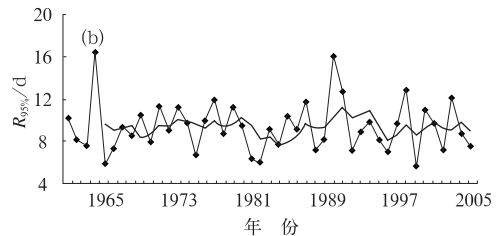
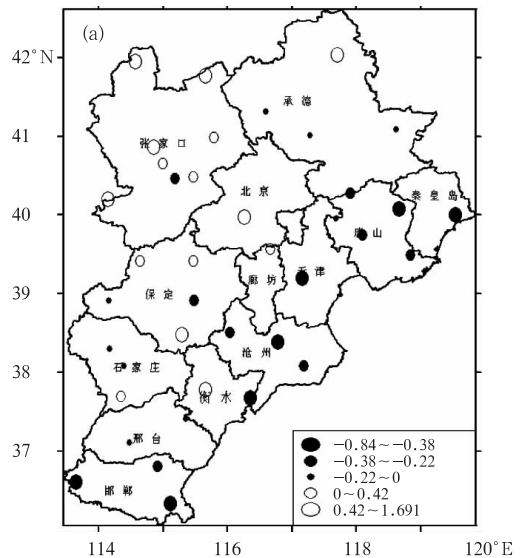


图 2 河北省强降水日数($R_{95\%}$)线性变化趋势(a,单位: $\text{d}/10\text{a}$)和变化曲线(b)

2.3 中等雨日数 $R_{75\%}$

图 3a 是河北省中等雨日线性变化率的地理分布。除北部地区呈弱的上升趋势外,其余地区均在减少,其中南部平原趋势变化较大,以大于 1d/10a 的速率减少。

河北省平均中等强度降水日数每年为 21.8d。从图 3b 看出,20 世纪 80 年之前中等强度降水日数普遍较多,20 世纪 80 年代前期中雨以上的降水日数很少,后期出现频次增多,进入 20 世纪 90 年代呈下降的趋势,经 M-K 统计检验,突变点是 2000 年。

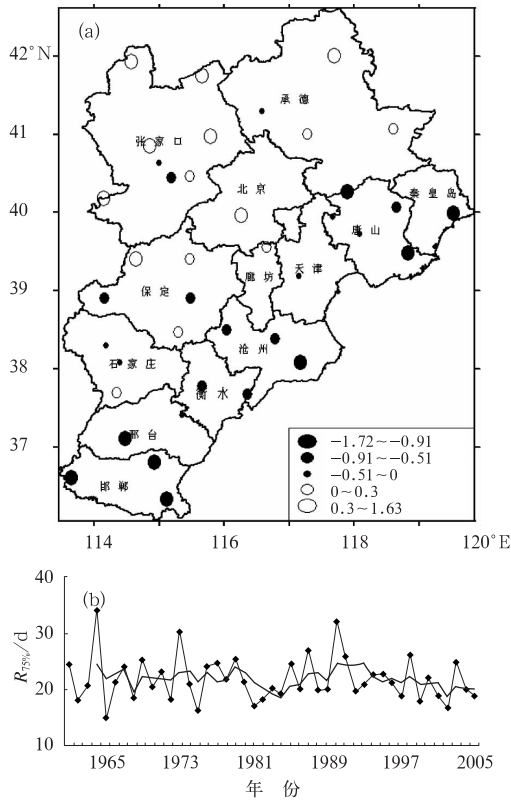


图 3 河北省中等雨日数($R_{75\%}$)线性变化趋势(a,单位:d/10a)和变化曲线(b)

2.4 有量降水日数变化趋势

在气象预报中,雨日增多,干旱的程度降

低,而且雨日的气候变化与降水量的气候变化会有很大的差别,这在有些省份已有研究^[15-18]。日降水量 $>0.1\text{ mm}$ 的降水日数定义为雨日。图 4a 表明南部地区有量降水日数减少明显,尤其是东部沿海市更为显著。长城以北尤其是西北部的丘陵地区降水日增加较大,而东北地区的多雨中心变化不大。

图 4b 是雨日的时间序列,可以看出,河北省 $R_{0.1\text{mm}}$ 呈减少趋势。 $R_{0.1\text{mm}}$ 统计量 M-K 曲线显示突变点是 1981 年、1986 年和 1994 年,1981 年之后有量降水日数逐渐下降,到 1986 年之后呈明显上升趋势,直到 1994 年;1994 年之后雨日显著减少,总体看来前 20 年比后 20 年的雨日要平均多 6~10d。

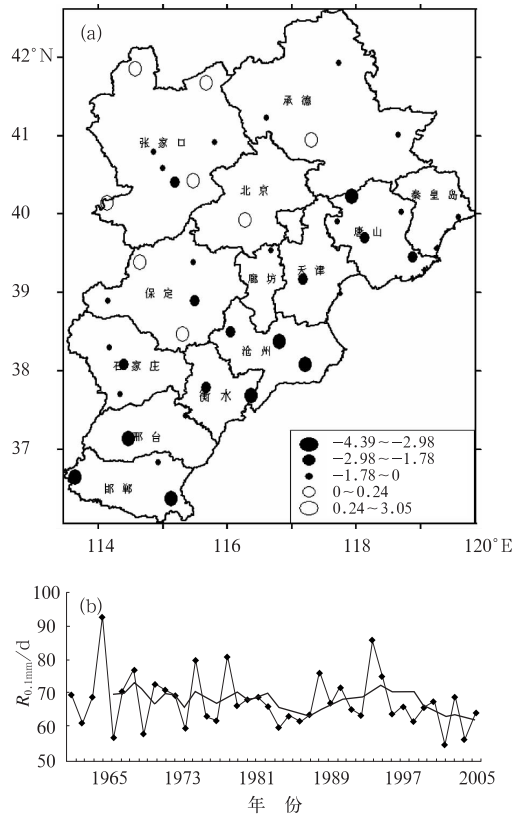


图 4 河北省有量降水日数($R_{0.1\text{mm}}$)线性变化趋势(a,单位:d/10a)和时间序列(b)

2.5 暴雨日数变化特征

日降水量超过 50mm 的降水事件都归为暴雨,包含了通常所说的暴雨和特大暴雨 (>100mm/d)。根据研究区 39 站 1961—2005 年统计,暴雨发生频次平均是每年 1.385 次,平均降水强度为 77.4mm/d,这说明大部分的暴雨更接近定义的 50mm 这个下限。与龚道溢计算的 72.5mm/d 比较一致。虽然河北省平均暴雨天数只占雨季降水总数的 1.5%,其降水量却占夏季总降水量的 29.2%,全年降水量的 20.7%。

近 45 年来暴雨频次大部分台站呈现弱的减少趋势,南部平原地区减少更明显,但北部山区有较多台站有增加趋势(图 5a)。暴雨在 1980 年前后发生了转折,呈现显著下降

趋势(图 5b)。也同整个东亚地区 1979—1980 年前后夏季降水大尺度的年代际转折同步。因此,河北省以及华北地区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。

从以上降水日数的分析可以看出,对于河北省降水而言,主要降水事件为中等强度降水;在年降水量减少的前提下,其每年的总降水日数也呈减少的趋势,每年暴雨以及强降水日数变化幅度很小,降水日数的减少主要是 50mm 以下有量降水日数尤其是中等强度降水日数的减少。

3 结语

利用 39 个站逐日降水资料,对 1961—2005 年河北省极端强降水事件频率和强度的时间变化特征进行了分析,获得以下结果。

(1) 全省平均年最大日降水量整体呈现下降的趋势,线性趋势为 12mm/10a。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) 全省平均的强降水日数和暴雨日数变化不大,但南部平原地区一般明显减少,而北部山地台站多数呈增加趋势。暴雨日数在 20 世纪 90 年代中后期增加显著。

(3) 南部地区和东部沿海城市的有量降水以及中等雨日显著减少,西北部的丘陵地区降水日有不同程度的增加,说明平原的气候脆弱与旱化明显。

以上分析结果表明,自 20 世纪 60 年代初以来,河北省极端强降水日数发生了一定变化。全省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,均表现出显著的下陷趋势,而强降水日数和暴

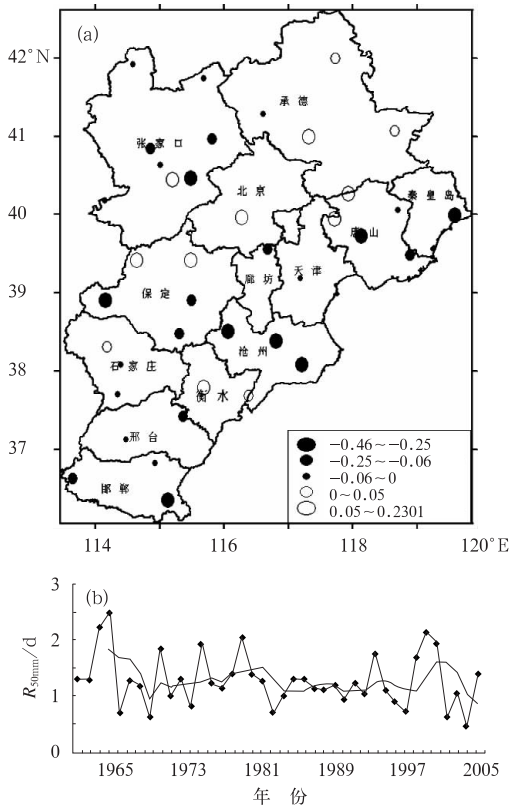


图 5 河北省暴雨日数线性变化趋势
(a, 单位: d/10a) 和时间序列(b)

雨日数的变化趋势则不明显。因此,降水日数的减少主要是中、小雨(雪)日数减少造成的。

降水类型的变化差异表明,河北省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^[9-12]。但是,河北省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。此前全省强降水日数、暴雨日数同降水日数的变化趋势十分相似,极端强降水事件频率的相对变化不明显。

关于极端降水变化的原因,今后还需要进行专门研究。此外,降水的观测还存在若干问题。这些问题主要包括风速和辐射导致的测量误差等^[19]。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] Hansen J, Lebedeff S. Global trends of measured surface air temperature[J]. *Geophys Res*, 1987, 92D(11): 13345-13372.
- [2] Houghton J T, Ding Y H, Griggs D G, et al. *Climate Change 2001: The Science Basis*[M]. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2001.
- [3] 王绍武. 近百年我国及全球气温变化趋势[J]. *气象*, 1990, 16(2): 11-15.
- [4] 丁一汇, 戴晓苏. 中国近年来的温度变化[J]. *气象*, 1994, 20(12): 19-26.
- [5] 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.
- [6] 翟盘茂, 王志伟, 邹旭恺. 全国及主要流域极端气候事件变化[M]. *气候变化与中国水资源*, 北京: 气象出版社, 2007: 91-112.
- [7] 丁一汇, 任国玉. *中国气候变化科学概论*[M]. 北京: 气象出版社, 2008: 276-281.
- [8] Haylock, M. R. and C. M. Goodess. Interannual variability of extreme European winter rainfall and links with mean large-scale circulation[J]. *Int. J. Climatol.*, 2004, 24, 759-776.
- [9] Groisman, P. Ya., et al. Trends in intense precipitation in the climate record[J]. *J. Climate*, 18, 2005, 1326-1350.
- [10] IPCC, *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*[M]. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007.
- [11] 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.
- [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] 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.
- [14] Klein A M G, Konnen G P. Trends in indices of daily temperature and precipitation extremes in Europe[J]. *Climate*, 2003, 16(22): 3665-3680.
- [15] 施能, 陈绿文, 封国林. 1920—2000年全球6—8月陆地旱涝气候变化[J]. *气象学报*, 2003, 61(2): 509-515.
- [16] 杨莲梅. 新疆极端降水的气候变化[J]. *地理学报*, 2003, 58(4): 577-583.
- [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] 张文, 寿绍文, 杨金虎. 长江中下游地区汛期极端降水量的异常特征分析[J]. *气象*, 2007, 33(3): 61-67.
- [19] 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.