第4卷 第2期
2008年3月
气候变化研究进展
ADVANCES IN CLIMATE CHANGE RESEARCH
Vol.4, No.2
March, 2008

文章编号:1673-1719 (2008) 02-0078-06

1957—2005年河南省降水和温度极端事件变化

余卫东[1]，柳俊高[2]，常 军[2]，王纪军[2]

（1 河南省气象科学研究所，郑州 450003；
2 河南省气候中心，郑州 450003）

摘 要：利用河南省1957—2005年逐日降水，最高、最低和日平均气温资料，分析了近50 a河南省极端天气事件的变化趋势。结果表明：1957—2005年河南省暴雨日数、极端降水事件和严重干燥事件发生频率都在增加，但其线性趋势并不显著；暴雨和极端降水的变化趋势呈明显的南北差异；异常高温事件增加而异常低温事件减少，暖冬的趋势比较显著；高温日数和低温日数都显著减少，其变化趋势的空间分布具有很好的一致性。

关键词：气候变化；强降水；极端温度；河南省
中图分类号：P467 文献标识码：A

引 言

20世纪90年代以来，气候变暖背景下的极端天气气候事件的变化引起了广泛关注[1]。近年来，国内外对极端天气事件的研究主要集中在降水和温度两个方面，对降水的研究表明：近50 a来我国年降水量、1 d和3 d最大降水量以及不同级别的强降水总量没有明显的异常倾向，但降水强度极值偏高的范围表现出扩大的趋势。1980年以后，东北、华南暴雨频数增加、强度增大[2-3]，长江流域中下游地区极端降水显著增加[4]，华北地区强降水事件趋于减少[5]，华北农牧交错带暴雨频数存在明显的年代际变化[6]。

对极端温度的研究表明，20世纪50—90年代我国极端最低温度显著上升，而极端最高温度缓慢下降。极端最低温度的变率以春、秋两季为最大，且大变率区域主要集中在北方[7]。我国北方极端最低温度发生的频率在显著减少，最低气温＜0℃的日数显著减少，无霜期明显加长；极端最高温度发生频率没有明显的变化趋势，但在20世纪90年代以后有明显的增加趋势[5,8]。研究结果表明，东北地区春季极端气温变化与北极涛动指数关系密切[9]。在极端值的理论分布上，丁裕国等[10]利用概率加权法和Gumbel分布对中国极端气温时空变化特征进行了气候模拟。程炳岩等[11]推广了非正态假设下的交叉理论，且将其用于极值特征的诊断。苏布达等[12]分析了长江流域降水极值时空分布和概率分布，认为Wakeby分布函数能较好地拟合降水极值的概率分布。

河南省处于暖温带和亚热带气候交界的边缘地区，气候具有明显的过渡性特征。对该地区的极端气温、降水事件变化规律及其科学预防的研究，可为暖温带-亚热带过渡区的气候预测预估、应对气候变化、合理开发利用气候资源等提供科学依据。

收稿日期：2007-04-20； 修订日期：2007-10-18
基金项目：河南省科技厅项目“河南省高影响事件变化规律及科学预防措施研究”(0624460004) 资助
作者简介：余卫东（1972-），男，高级工程师，主要从事应用气象和气候变化研究．E-mail: sqywd@sohu.com

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

www.climatechange.cn

1 资料和方法

所用资料来自河南省30个气象观测站逐日的平均气温，最高、最低气温和降水量，分析时段为1957—2005年。雨日定义为日降水量≥0.1 mm的日数，微量降水日不计算在内。全省平均状况用30个站点的平均值代表；对极端降水的分析主要包括年暴雨日数、暴雨强度、极端降水事件以及干燥事件；对温度极端事件的分析主要有异常高（低）温事件和高（低）温日数的变化。序列的线性变化趋势计算采取最小二乘法，并通过相关性的显著性统计检验进行判断，采取Mann-Kendall法进行突变分析。

2 极端降水的变化

2.1 暴雨日数

分析可知，暴雨日数以0.06 d/10a的趋势增加，但未通过统计检验。暴雨日数年际间波动幅度比较大，多年平均值为2.4 d，最多的年份为2000年，全省平均暴雨日数4.0 d，是最少年份1966年的4倍（图略）。全省平均暴雨雨量和暴雨强度都没有显著的变化趋势。

全省暴雨日数线性趋势的空间分布存在明显的南北差异，34 ℃N以北的地区，大多数台站的年暴雨次数在减少，且随着纬度的增加这种减少的趋势进一步增强，其中西部三门峡站的减少趋势达到了$\alpha=0.05$的显著水平。暴雨频率增加的站点主要集中在东部和南部，但只有中部偏南的舞阳和南部的新蔡增加趋势达到了$\alpha=0.05$的显著水平。

2.2 极端降水事件

河南省地处暖温带－亚热带过渡区，南北站点分别处于不同的气候带，用统一的暴雨标准并不能真实反映全省极端降水的变化情况。有必要根据每个测站的日降水量分别确定其极端降水事件的阈值，本文把1971—2000年逐年日降水量序列的第99个百分位的30 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这个阈值时，就记为一次极端降水事件[4]。

图1给出河南省极端降水阈值等值线空间分布，由图可见，等值线分布多呈东西走向，具有明显的纬度特征。降水阈值自东南向西北逐步减少，东南部分地区极端降水阈值达50 mm/d以上，西部的三门峡地区不足30 mm/d，其余地区在30～50 mm/d之间。

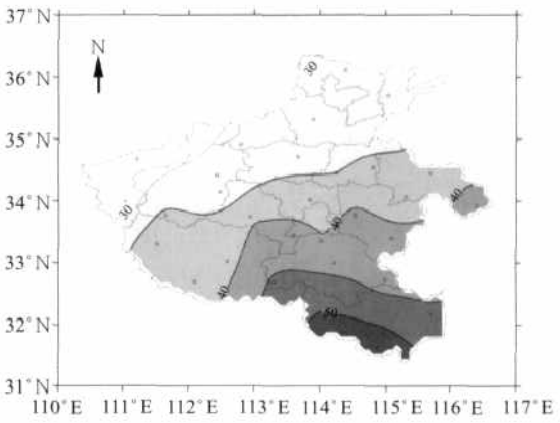

图1 河南省极端降水阈值空间分布（单位：mm/d）

Fig. 1 Spatial distribution of extreme precipitation thresholds in Henan Province during 1971–2000 (unit: mm/d)

图2给出河南省1957—2005年极端降水事件次数的变化，由图可知，近50 a极端降水以0.12 d/10a的趋势增加，该趋势在统计上并不显著。极端降水事件多年平均值为每年4.3 d，最多的是2003年，全省平均7.3 d；最少是1966年，全省平均1.8 d。极端降水事件具有明显的年代际特点：20世纪60年代前期和80年代前期以及近3 a（2003—2005年）极端降水事件偏多，80年代后期到90年代前期偏少，这与暴雨日数的变化规律类似。

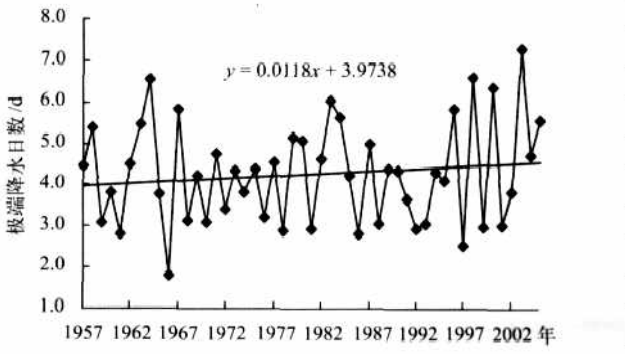

图2 1957—2005年河南省极端降水事件次数的变化

Fig. 2 Variation in the number of extreme intense precipitation events from 1957 to 2005 in Henan Province

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

从空间分布来看（图略），河南省极端降水事件线性趋势从西北向东南逐渐增加。北部和西部地区极端降水事件的频率趋于减少，其中北部的安阳最为明显，其线性趋势达到了-0.43 d/10a，通过了a=0.05的统计检验；南部和东南部地区极端降水事件频率趋于增加，其中新蔡增加的趋势值为0.58 d/10a，通过了a=0.05的统计检验。

2.3 干燥事件

对于降水极端偏少的情况，定义连续无雨日（其中霜、雾、露等造成的降水记录都当成无雨日）≥5 d而＜10 d为一般干燥事件，≥10 d为严重干燥事件[6]。

近50 a来严重干燥事件和一般干燥事件的总频次都呈增加趋势，其倾向率分别达0.17次/10a和0.38次/10a（图3）。其中严重干燥事件变化趋势并不显著，而一般干燥事件的增加趋势通过了a=0.05的统计检验。利用M-K方法进行突变分析，结果表明，以2000年为突变点，一般干燥事件出现了显著的增加。分别将其与年降水总量进行相关分析，结果表明，无论是严重干燥事件还是一般干燥事件都与年降水总量呈显著的负相关，其相关系数都通过了a=0.01的统计检验。

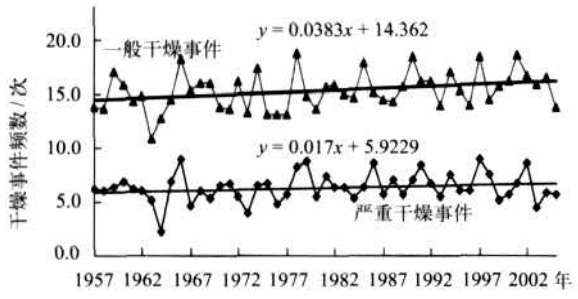

图3 1957—2005年河南省干燥事件频数的变化

Fig. 3 Variation in the frequency of long dry spells from 1957 to 2005 in Henan Province

从季节变化上看，严重干燥事件和一般干燥事件在四季呈现不同程度的变化趋势。其中春季增加趋势最为明显，其增加趋势值分别是0.13次/10a和0.19次/10a，分别达到了a=0.05和a=0.01的显著性水平；其余季节变化都不明显，说明全年干燥事件的增加主要是由于春季干燥事件增加引起的。突变分析结果表明，春季的严重干燥事件在1995年发生突变，一般干燥事件分别在1960年和1981年发生突变。根据其与各季节降水量的相关分析结果表明，春、夏两季的干燥事件与降水量都呈显著的负相关。秋季的严重干燥事件与降水量关系密切，而一般干燥事件与降水量的关系不密切。冬季比较特殊，干燥事件与降水量表现为正相关，尤其是一般干燥事件，与冬季降水量的相关性甚至通过了a=0.01的显著性水平。这是由于冬季降水量虽然以1.84 mm/10a的趋势增加，但其雨日却以0.47 d/10a的趋势减少。因此，虽然严重干燥事件减少，而一般干燥事件发生频率却仍在增加。

3 极端温度事件的变化

3.1 极端温度事件定义

根据IPCC评估报告建议，在研究气候变暖与极端冷暖事件的联系时，用序列的第90个和第10个百分位值分别作为极端高温和低温的阈值[2]。许多研究常用日最高气温和日最低气温来定义极端气温事件，但龚道溢等[6]认为日最高（低）气温只表示温度在瞬间的极端状况，并不能真正表征该日气温是否异常，因此本文选取日平均气温进行极端温度事件分析。

将某站1957—2005年中同日的日平均气温资料按升序排列，得到逐日平均气温的第90个和第10个百分位值。如果某日的平均气温大于该日平均气温的第90个百分位值，则认为该日出现了异常高温事件；若小于该日平均气温的第10个百分位值，则定义为一次异常低温事件。

3.2 异常高（低）温事件

河南省近50 a来异常高温事件以1.78 d/10a的趋势增加（图4a），异常低温事件以1.58 d/10a的趋势减少（图4b），但二者的变化趋势都不显著。年代际变化方面，20世纪50年代后期到60年代中期，异常高温事件日数接近平均值；70年代到90年代初波动下降，2001年以后略有下降，但是仍然高于平均

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

www.climatechange.cn

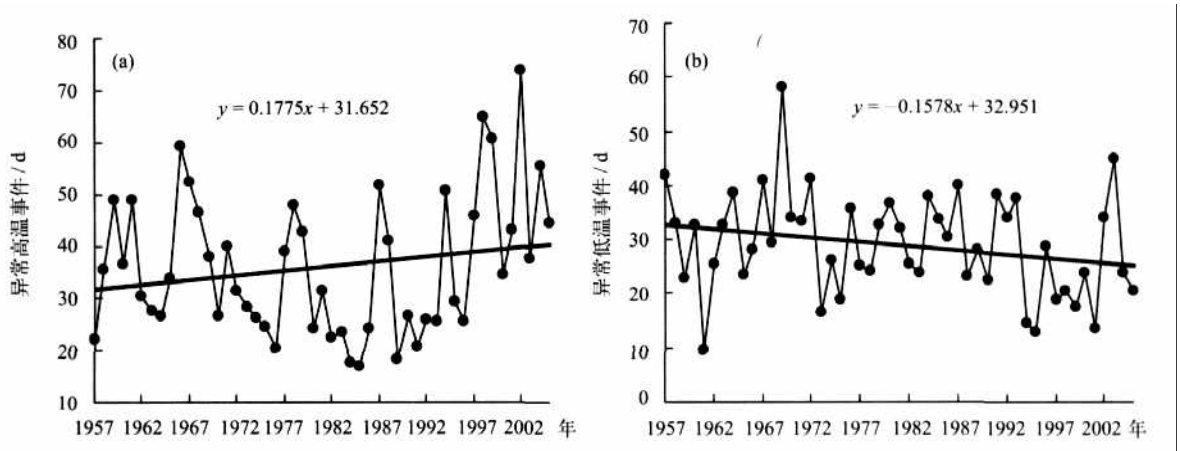

图4　河南省异常高温事件 (a) 和异常低温事件 (b) 变化

Fig. 4　Variation in the number of extreme hot (a) and extreme cold (b) days from 1957 to 2005 in Henan Province

值。异常低温事件在20世纪50年代后期到60年代前期偏少；60年代中后期明显偏多，1965—1970年平均为35.6 d，高于1957—2005年的平均值（29.0 d）。90年代中后期异常低温事件显著减少，1995—2001年平均仅为19.4 d；2001年以后有所上升，2002—2005年的平均接近常年值。

从极端温度事件线性趋势的空间分布来看，异常高温事件除中部和西部的个别台站以2 d/10a的趋势减少外，绝大部分地区以2～6 d/10a的趋势在增加，且北部地区增加趋势大于南部地区。异常低温事件只有一个站呈现微弱的增加趋势，其余台站均显示出不同程度的减少趋势，总体上北部地区减少趋势大于南部。

从季节变化上看，全省冬、春、秋季异常高温事件增加而异常低温事件减少，夏季的变化趋势与之相反。冬、春、秋季向偏暖的趋势发展，夏季则向凉夏趋势发展，其中暖冬的变化趋势比较明显。

3.3　高（低）温日数

定义日最高温度≥35℃的日数为高温日数，日最低温度≤0℃的日数为低温日数，分别计算分析其变化趋势。结果表明，近50 a来河南省高温日数和低温日数都表现出明显的减少趋势（图5），其线性趋势分别为-1.84 d/10a和-3.44 d/10a，分别通过了a=0.05和a=0.01的统计检验。高温日数在20世纪60年代中期存在一个高值区，此后逐渐减少；到80年代前期达到最低；80年代后期开始有所回升，到2000年以后逐渐达到平均水平。低温日数在60年代

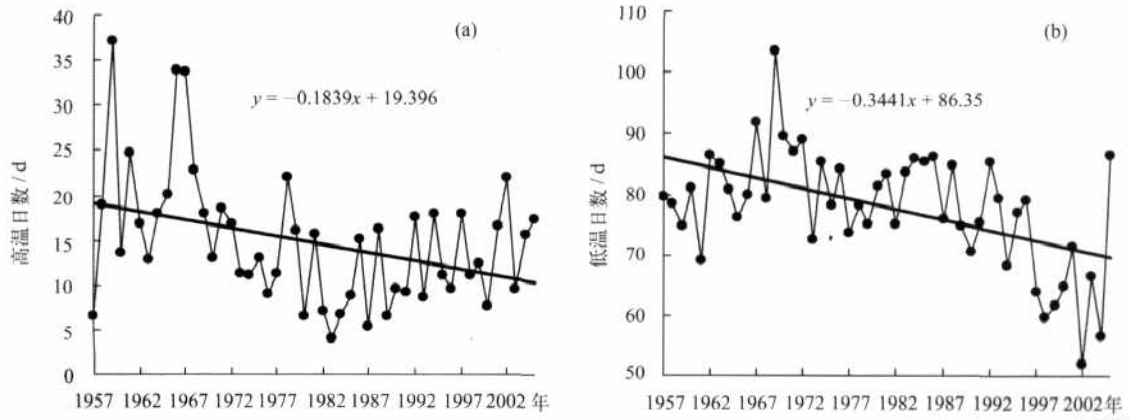

图5　河南省高温日数 (a) 和低温日数 (b) 的逐年变化

Fig. 5　Variation in the number of days with maximum temperatures ≥ 35℃ (a) and with minimum temperatures ≤ 0℃ (b) in Henan Province

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

后期存在一个高值区，此后一直下降，在2003年以后又有所回升。突变检测结果显示，年高温日数和低温日数都存在由多向少的突变，分别发生在1970年和1993年。

高、低温日数变化趋势的空间分布表现出很好的一致性：高温日数只有两个站点呈现微弱的增加趋势，其余都呈现减少趋势，且60%以上的站点通过了0.05的统计检验；所有站点的低温日数都呈现减少趋势，80%以上站点通过了0.05的统计检验。

4 结 论

(1) 1957—2005年，河南省暴雨日数和极端降水事件发生频率分别以0.06 d/10a和0.12 d/10a的趋势在增加，但都没有达到显著性水平。二者变化趋势的空间分布类似，都呈现明显的南北差异，表现出明显的气候过渡特征。大致以34 ℃N为界，该界线以南大部分台站暴雨和极端降水事件趋于增多，而34 ℃N以北的台站大都趋于减少。极端降水阈值在空间上由西北向东南逐步增大。

(2) 一般干燥事件和严重干燥事件发生频率总体上都呈现增加的趋势，其中严重干燥事件增加趋势不显著，而一般干燥事件的增加趋势达到了a=0.05的显著性水平。二者与年降水总量都呈显著的负相关。季节变化上，两类干燥事件以春季增加趋势最为明显，都达到显著性水平，其余季节变化都不明显。变化趋势的空间分布都表现出良好的一致性。

(3) 全省异常高温事件增加而异常低温事件减少，北部增暖趋势明显高于南部。冬、春、秋季异常高温事件增加而异常低温事件减少，夏季的变化趋势与之相反。暖冬的趋势比较明显，夏季则向凉夏趋势发展。

(4) 高温日数和低温日数都表现出明显的减少趋势，分别通过了a=0.05和a=0.01的显著性统计检验。趋势变化的空间分布都表现出很好的一致性。■

参考文献

[1] 丁一汇，张锦，宋亚芳．天气和气候极端事件的变化及其与全球变暖的关系 [J]. 气象, 2002, 28 (3): 3-7

[2] 翟盘茂，任福民，张强．中国降水极值变化趋势检测 [J]. 气象学报, 1999, 57 (2): 208-216

[3] 刘小宁．我国暴雨极端事件的气候变化特征 [J]. 灾害学, 1999, 14 (1): 54-59

[4] 苏布达，姜彤，任国玉，等．长江流域1960—2004年极端强降水时空变化趋势 [J]. 气候变化研究进展, 2006, 2 (1): 9-14

[5] 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): 1-10

[6] 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

[7] 任福民，翟盘茂．1951—1990年中国极端气温变化分析 [J]. 大气科学, 1998, 22 (2): 217-227

[8] 马柱国，符淙斌，任小波，等．中国北方年极端温度的变化趋势与区域增暖的联系 [J]. 地理学报, 2003, 58 (增刊1): 11-20

[9] 王冀，江志红，张海东，等．1957—2000年东北地区春季极端气温变化及其与北极涛动的关系 [J]. 气候变化研究进展, 2007, 3 (1): 41-45

[10] 丁裕国，刘吉峰，张耀存．基于概率加权估计的中国极端气温时空分布模拟试验 [J]. 大气科学, 2004, 28 (5): 771-782

[11] 程炳岩，丁裕国，汪方．非正态分布的天气气候序列极值特征诊断方法研究 [J]. 大气科学, 2003, 27 (5): 920-928

[12] 苏布达，Marco Gemmer，姜彤，等．1960—2005年长江流域降水极值概率分布特征 [J]. 气候变化研究进展, 2007, 3 (4): 208-213

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

www.climatechange.cn

Changes in Extreme Temperature and Precipitation in Henan Province During 1957-2005

Yu Weidong[1], Liu Jungao[2], Chang Jun[2], Wang Jijun[2]

(1 *Henan Institute of Meteorological Sciences, Zhengzhou* 450003, *China;*
2 *Henan Climate Center, Zhengzhou* 450003, *China*)

Abstract: Based on the daily mean temperature, daily maximum temperature, daily minimum temperature and daily precipitation data at 30 stations in Henan Province from 1957 to 2005, the spatial and temporal characteristics of changes in weather and climate extremes were studied. The main conclusions are summarized as follows: both the numbers of heavy rain days and the extreme intense precipitation events increased, and long dry spell events also increased, but their increasing tendencies were not distinct. There were obvious differences in trends of the extreme intense precipitation and the number of heavy rain days between the south and north parts of Henan Province. The extreme hot days increased, while the extreme cold days decreased, and the tendency of warm winter was remarkable. The days of maximum temperature ≥35℃ and the days of minimum temperatures ≤0℃ significantly decreased. There were very good consistency in the spatial distribution of the extreme temperature events.

Key words: climate change; intense precipitation; extreme temperature; Henan Province

消 息

中国气象局国家气候中心暨气候研究开放实验室2007年度学术年会召开

2008年2月25－26日，“中国气象局国家气候中心暨气候研究开放实验室2007年度学术年会”在北京召开。来自北京大学、南京大学、南京信息工程大学、北京师范大学等高校，中国科学院大气物理研究所、寒区旱区环境与工程研究所、地理科学与资源研究所等科研院所，中国气象局国家气候中心、国家气象中心、国家气象信息中心，以及中国气象局有关省、市、区气象局共计38个单位的150多位代表出席了学术年会。国家气候中心副主任罗勇主持了开幕式，李维京副主任在开幕式上致辞。

国家气候中心丁一汇院士、北京大学王绍武教授、中国气象科学研究院张人禾研究员、中国水电工程顾问集团公司施鹏飞研究员应邀在大会作有关全球变化与极端天气气候事件、中国的风电产业化发展等特邀学术报告。

此次年会共分3个分会：气候变率的机理、预测与气候评价分会；气候变化检测、预估及其影响评估分会；气候资源评估分会。分会主要围绕以下7方面热点问题展开研讨：1) 气候变率的诊断与机理研究；2) 气候模式模拟及预测方法研究；3) 区域气候分析与评价；4) 气候变化监测、检测及成因分析；5) 气候变化模拟及预估；6) 气候变化影响与评估；7) 风能、太阳能等气候资源的评估与利用。

年会共交流了93篇报告，收录了100余篇论文摘要，是历年学术年会交流论文最多的一年，实现了开放、合作、联合、交流之目的。年会还按上述7个专题组织讨论，与会代表对国家气候中心的科研和业务建设提出了中肯的建议。

中国气象局国家气候中心 张 雁

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net