

近 40 年湖南省极端强降水气候 变化趋势与突变特征

罗伯良 张超 林浩

(湖南省气象科学研究所,长沙 410007)

提 要: 利用 1961—2004 年逐日降水资料,对湖南极端强降水事件气候变化趋势和突变特征进行分析。结果表明:近 44 年来,极端强降水量和日数呈增加趋势。1993 年是显著增加的突变点,年平均极端强降水量与日数 1994—2004 年比 1961—1993 年分别增加 126.4mm 和 2.05d。极端强降水年平均强度趋势不明显,无明显突变,但 1993 年之后一直处于上升趋势,1994—2004 年比 1961—1993 年增加了 $2.25\text{mm} \cdot \text{d}^{-1}$ 。间隔 1~5d 的极端强降水事件除湘西和永州南部外,大部分地区呈增加趋势,洞庭湖区和湘江流域增加显著。极端强降水事件发生时间主要集中在 6 月中下旬和 5 月上中旬,1990 年代以来,7 月中旬也是极端强降水事件频发时段。

关键词: 极端强降水 气候变化 突变

Characteristics of Climatic Changes and Catastrophe of Extreme Precipitation in Hunan in Recent 40 Years

Luo Bailiang Zhang Chao Lin Hao

(Institute of Hunan Meteorology, Changsha 410007)

Abstract: According to the data of daily precipitation in Hunan from 1961 to 2004, the climatic changes and the catastrophe of extreme precipitation events are analysed. The results show that the amount and days of extreme precipitation has significantly increased in the recent 44 years. 1993 is the mutational site of significant increase. Between 1994 - 2004 and 1991 - 1993 the difference of extreme precipitation amount is 126.4 mm and the difference of extreme precipitation days is 2.05 d. The intensity of extreme precipitation has no significant mutation but there is an upward trend after 1993. The increase of the intensity of extreme precipitation is $2.25\text{mm} \cdot \text{d}^{-1}$ between 1994 - 2004 and 1991 - 1993. In addition to the south of Yongzhou and the west of Hunan,

基金项目:湖南省科技厅“气候变暖背景下湖南省极端天气和气候事件特征分析及趋势预测”(05FJ4064)资助

收稿日期:2006 年 12 月 26 日; 修定稿日期:2007 年 11 月 17 日

the spacing from one to five days of extreme precipitation events showed an upward trend in the most areas, the Dongting Lake and the Xiangjiang River Basin increased significantly. Extreme precipitation events mainly occurred in the second and third ten days of June and the first and second ten days of May. Since 1990s, extreme precipitation events frequently occurred in the second ten days of July.

Key Words: extreme precipitation events climatic change mutation

引 言

IPCC 第 3 次评估报告指出^[1]:自 1861 年以来,全球近地面气温一直呈上升趋势,20 世纪全球增温 0.6 ± 0.2 ,且以 1990 年代增温最为明显。20 世纪以来中国气温变化与全球及北半球变化趋势一致,升温率为每 100 年 0.44 ,而且近 20~30 年,中国气温上升趋势与东亚地区一致,气温回升显著^[2]。随着气候变暖,中国的天气和气候极端事件发生频率也出现变化,极端降水事件趋多、趋强。由于极端事件的频率和强度变化对自然和社会的冲击远大于气候平均变化带来的影响,因此,全球气候变暖引发的极端气候事件增加的可能性受到了各国政府和社会各界的普遍关注。为此,近年来气象学者对极端气象事件越来越重视,并取得许多研究成果。翟盘茂等^[3]做了中国降水极值变化趋势检测;杨宏青等^[4]利用面雨量研究了长江流域暴雨日数和暴雨量趋势变化;张文等^[5]对长江中下游地区汛期极端降水量的异常特征进行了研究;苏布达等^[6]分析了长江流域极端强降水时空变化趋势。文献^[7]指出,长江及长江以南地区年降水量和极端降水量趋于增加,极端降水值和降水事件强度有所加强。但极端气象事件的变化存在明显的地区差异,地处长江中游以南的湖南降水年际变化大,是气候变化响应的重要地区,地区特色明显。为进一步揭示湖南省极端降水气候变化特征,本文利用近 44 年降水资料

对湖南省极端强降水气候变化趋势和突变特征进行系统研究。

1 资料与方法

资料为湖南省内分布较均匀的 88 个气象站 1961—2004 年逐日降水量,参照世界气象组织将 $>90\%$ 分位点的事件定义为极端事件的规定,本文将各站 1961—2004 年降水序列中日降水量 $>95\%$ 分位点的事件定义为极端强降水事件。趋势分析和突变检验则运用线性变化倾向率和 Mann-Kendall (MK) 非参数检验方法^[8]。

2 极端强降水气候变化分析

2.1 极端强降水空间分布

湖南省极端强降水强度阈值分布在 $18.7 \sim 29.1 \text{mm} \cdot \text{d}^{-1}$ 之间,平均阈值为 $22 \text{mm} \cdot \text{d}^{-1}$,接近大雨 (25mm)。按此标准,在湖南只要出现大雨或以上降水就算极端强降水。极端强降水强度阈值湘东、湘南偏大,湘西、湘北及衡邵盆地偏小,其中永州大部、郴州、株洲、南岳、长沙、娄底北部、益阳南部和岳阳大部分地区阈值都在平均值以上,南岳、安化和桂东尤为显著;其他地区均在平均值以下(图 1)。

2.2 极端强降水量趋势分析和突变检验

图 2 为湖南省近 44 年极端强降水量的时间变化曲线。近 44 年湖南省极端强降水量呈上升趋势,特别自 1985 年以来呈显著上

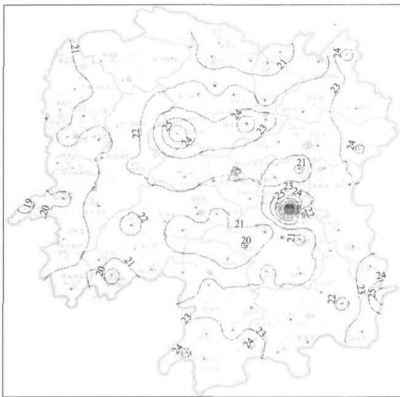


图 1 湖南 95 %分位点对应的极端强降水空间分布

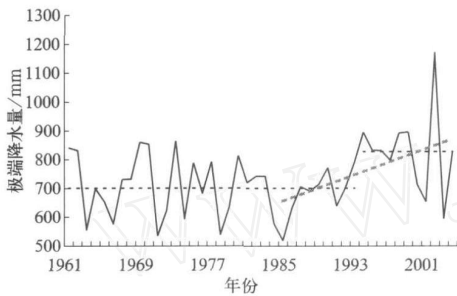


图 2 湖南极端强降水总量逐年变化曲线

升趋势,线性倾向率为每 10 年增加 114mm,通过 $\alpha = 0.05$ 显著性检验。虽然从总体上看,近 44 年湖南省极端强降水量呈增加趋势,但在气候的长期变化过程中存在着突变性。突变检验表明,湖南省极端强降水量以 1993 年为突变点(图 3),出现了显著增长。1961—1993 年的平均值为 701.13mm,1994

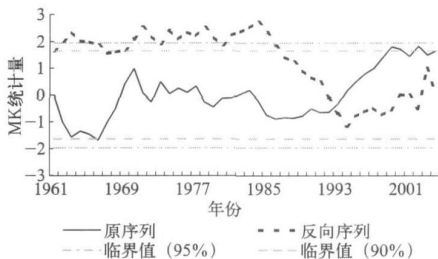


图 3 湖南极端强降水量突变检验

—2004 年的平均值为 827.54mm,1994—2004 年比 1961—1993 年增加幅度达 126.41mm,增加幅度达到了 2.5 个“标准暴雨日”(日降水量 50mm,下同)降水量。

根据对 88 个气象台站的趋势分析(图略),极端强降水量除湘西北和湘中部分台站有略微减少趋势外,全省大部分地区都呈增加趋势,其中湘东南部和洞庭湖区以及其他地区个别台站呈显著增加趋势。

从湖南省 1993 年突变前后两个时期极端强降水量差值空间分布来看,1994—2004 年与 1961—1993 年相比,极端强降水量除古丈和沅陵外都有所增加,增加量大多为 50~150mm,即增加 1~3 个标准暴雨日降水量,湘东北和湘东南增加最多,超过 200mm,即增加了 4 个标准暴雨日降水量。图 4 给出了湖南极端强降水量 1994—2004 年平均值与 1961—1993 年平均值差异的 t 统计量检验,不难看出,洞庭湖区和湘东南地区显著性水平达到 0.05。

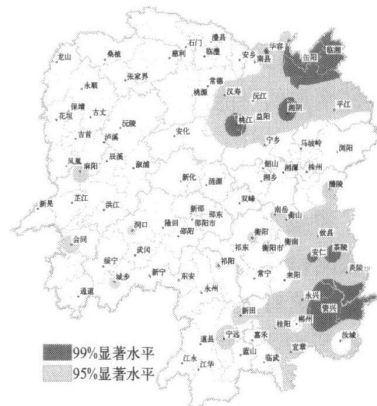


图 4 湖南极端强降水量 1994—2004 年平均值与 1961—1993 年平均值差异 t 统计量检验

2.3 极端强降水事件的年平均强度趋势分析和突变检验

湖南省极端强降水事件的年平均强度趋势分析结果表明(图 5),极端强降水年平均

强度呈弱增强,但未达到显著标准。从极端强降水强度空间分布看,除常德东北部、岳阳西北部、湘潭、衡阳、长沙东部、株洲北部以及永州北部和邵阳中部的极端强降水强度呈减弱趋势外,其他地区的极端强降水强度均为增强趋势,其中湘西和湘南的部分台站增强趋势显著。

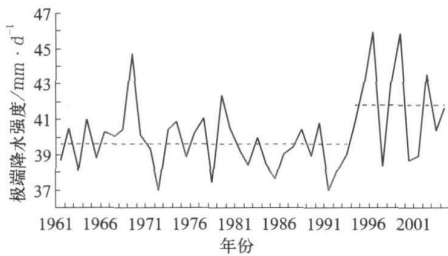


图 5 湖南极端强降水强度逐年变化曲线

突变检验表明(图略),湖南极端强降水事件的年平均强度无明显突变,但 1993 年之后一直处于上升趋势。1961—1993 年的平均值为 $39.61 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$, 1994—2004 年的平均值为 $41.86 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$, 1994—2004 年比 1961—1993 年增加了 $2.25 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$ 。由于 95% 分位点以上极端强降水事件平均日数为 18.2d, 因此由平均强度增加带来的极端强降水增加量约为 41mm。

1994—2004 年与 1961—1993 年相比,极端强降水强度在全省除衡阳市、衡南和祁阳以外都有所增强,增强幅度为 $1 \sim 4 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$, 湘西北和湘东南增强幅度较大,个别台站超过 $5 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$ 。

2.4 极端强降水事件的年降水日数趋势分析和突变检验

湖南省极端强降水事件的年降水日数趋势分析结果表明(图 6),全省极端强降水日数变化趋势不明显,每 10 年约上升 0.481d。

但全省极端强降水日数存在突变性,突变检验表明,全省极端强降水日数以 1993 年为突变点,1993 年以后出现了显著性增加(图 7)。1961—1993 年的平均值为 17.68d, 1994—2004 年的平均值为 19.73d, 1994—2004 年比 1961—1993 年增加了 2.05d。极端强降水事件的年降水日数与极端降水总量逐年变化一致(图 2),与极端强降水强度逐年变化也呈相似变化趋势。

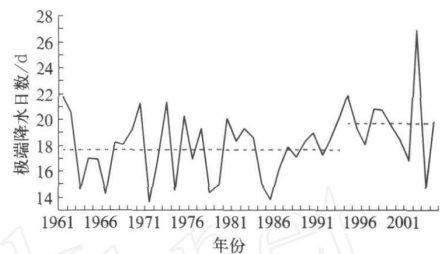


图 6 湖南极端强降水日数逐年变化曲线

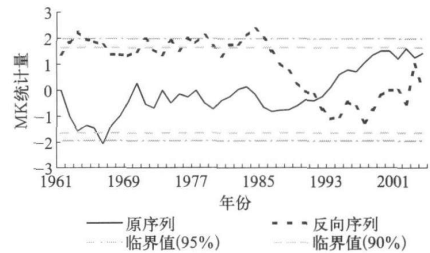


图 7 湖南极端强降水日数突变检验

但极端强降水日数各地变化不一,湘西、娄底、邵阳北部、湘潭西部的极端强降水日数呈减少趋势,湘西北减少趋势更为明显;其他地区的极端强降水日数均呈增加趋势,湘东北增加趋势显著。

1994—2004 年与 1961—1993 年相比,极端强降水日数全省除湘西北部分台站外都有所增加,增加量大多为 $1 \sim 4 \text{ d}$, 湘东北和湘东南的个别台站超过 5d。说明“大雨”降水日数在增加。

2.5 暴雨强度和日数逐年变化

湖南省暴雨(日雨量 50mm)强度呈显著增加趋势(图 8),倾向变化系数为 0.273 ,达到 90% 显著水平。1961—1993 年的平均值为 $72.10\text{mm} \cdot \text{d}^{-1}$,1994—2004 年的平均值为 $75.51\text{mm} \cdot \text{d}^{-1}$,1994—2004 年比 1961—1993 年增加了 $3.41\text{mm} \cdot \text{d}^{-1}$ 。

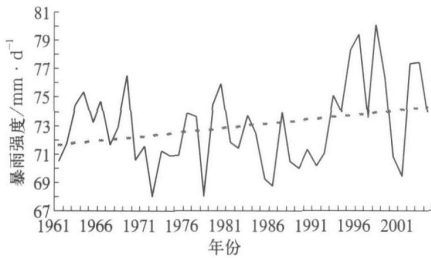


图 8 湖南极端强降水暴雨强度逐年变化曲线

湖南省暴雨日数也呈显著增长趋势,倾向变化系数为 0.257 ,达到 90% 显著水平。1961—1993 年的平均值为 3.48d ,1994—2004 年的平均值为 4.49d ,1994—2004 年比 1961—1993 年增加了 1.01d 。说明近 10 年不仅暴雨强度在增强,而且暴雨日数也在增多。

2.6 不同时间间隔极端强降水频率分布

极端强降水时间间隔可以反映极端降水集中发生的程度。由相邻极端事件间隔天数的统计显示,湖南极端强降水事件构成中,有一半以上的事件常发生在间隔 $1 \sim 10\text{d}$ 内,尤其集中于间隔 $1 \sim 5\text{d}$ 时间。随着间隔天数增加,极端降水事件出现频率降低(表 1)。间隔 $1 \sim 5\text{d}$ 极端强降水日数占总极端强降水日数的 56.89% ,说明间隔 $1 \sim 5\text{d}$ 的极端强降水对湖南省洪涝灾害发生起着主要作用。

表 1 不同时间间隔极端强降水频率分布 (%)

间隔日数	1~5	6~10	11~15	16~20	21~25	26~30
频率	35.63	17.72	11.24	8.17	5.54	4.10

间隔 $1 \sim 5\text{d}$ 极端强降水日数占总极端强降水日数的百分比呈逐年上升趋势(图略),

尽管增加趋势不显著,但近 10 余年,间隔 $1 \sim 5\text{d}$ 极端强降水日数占总极端强降水日数的百分比大都在 56% 以上,说明间隔 $1 \sim 5\text{d}$ 极端强降水在 1990 年代以来的洪涝灾害发生中占主导作用。

运用线性变化倾向率和 MK 方法对间隔 $1 \sim 5\text{d}$ 极端强降水日数进行趋势分析和突变检验(图 9),结果表明,间隔 $1 \sim 5\text{d}$ 极端强降水日数以 1993 年为突变点,呈增多趋势。1961—1993 年的平均值为 9.97d ,1994—2004 年的平均值为 11.93d ,1994—2004 年比 1961—1993 年增加了 1.96d 。

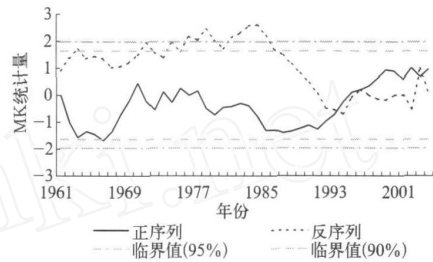


图 9 间隔 $1 \sim 5\text{d}$ 极端强降水日数逐年变化曲线及突变检验

从地域分布看,间隔 $1 \sim 5\text{d}$ 极端强降水日数呈下降趋势的地区主要分布在湘西和永州南部,其他地区都呈增加趋势,洞庭湖地区间隔 $1 \sim 5\text{d}$ 极端强降水日数增加趋势显著。

1994—2004 年与 1961—1993 年相比间隔 $1 \sim 5\text{d}$ 极端强降水日数在全省除湘西和常德北部的部分台站、永州南部的江华外都有所增加,增加量大多为 $1 \sim 4\text{d}$,湘东部分台站超过 5d 。说明发生洪水的概率在增加,尤其是湘江流域和洞庭湖区。

湖南省极端强降水主要发生在 4—10 月的汛期,以 5、6 月出现频率最多,4、7 月次之(表 2)。12—2 月发生几率很少。另外从表 2 发现,1994 年以来,1 月和 7 月极端强降水发生频率增加显著,说明近 10 年在冬暖的背景下,冬季 1 月极端强降水概率增加,而盛夏 7 月降水增多。

表 2 湖南极端强降水年内发生频率(%)

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1961—2004 年	1.99	3.35	7.07	14.14	16.99	17.14	11.24	10.70	5.45	6.32	4.15	1.46
1961—1993 年	1.50	3.48	7.35	14.22	17.52	16.94	10.59	10.44	5.76	6.30	4.51	1.40
1994—2004 年	3.30	3.03	6.31	13.92	15.56	17.67	13.00	11.41	4.61	6.37	3.20	1.62

从按每 5d 统计的汛期湖南极端强降水事件的频率分布(图略)看,1961—2004 年,极端强降水事件峰值出现在 6 月下旬前期,其次是在 5 月中旬前期,再次为 6 月中旬后期。1961—1993 年,极端强降水事件峰值出现在 6 月下旬前期,其次是在 5 月中旬前期,再次为 5 月上旬前期。1994—2004 年,极端强降水事件峰值出现在 6 月下旬前期,其次是在 6 月上旬后期,再次为 7 月中旬后期。

以上统计事实说明,湖南极端强降水事件主要发生在 6 月中下旬和 5 月上中旬,此期间出现雨水集中期的概率较大。近 10 年来,7 月中旬极端强降水事件发生频率在增加,因此在制作中期天气预报和短期气候预测及决策服务时须加以特别关注。

3 小 结

对湖南 1961—2004 年极端强降水气候变化趋势和突变特征分析研究表明:

(1) 湖南省极端强降水强度阈值分布在 $18.7 \sim 29.1 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$ 之间,平均阈值为 $22 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$,接近大雨;强降水强度阈值湘东、湘南偏大,湘西、湘北及衡邵盆地偏小。近 44 年来,极端强降水量呈显著增加趋势,1993 年是显著增加的突变点,年平均极端强降水量 1994—2004 年比 1961—1993 年增加 126.4 mm 。显著增加的地区出现在湘东南和湘东北,增加量超过 200 mm 。

(2) 极端强降水年平均强度趋势不明显,无明显突变,但 1993 年之后一直处于上升趋势,1994—2004 年比 1961—1993 年增加了 $2.25 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$ 。由平均强度增加带来的极端强降水增加量约为 41 mm 。

(3) 44 年来,极端强降水日数呈增加趋势。1993 年是显著增加的突变点,极端强降水日数 1994—2004 年比 1961—1993 年增加了 2.05 d 。

(4) 暴雨强度和日数呈显著增加趋势,近 10 年不仅暴雨强度在增强,而且暴雨日数在增多。

(5) 间隔 $1 \sim 5 \text{ d}$ 的极端强降水事件除湘西和永州南部外,大部分地区呈增加趋势,洞庭湖区和湘江流域增加显著。极端强降水事件发生时间主要集中在 6 月中下旬和 5 月上中旬。1994 年以来,1 月和 7 月极端强降水发生频率增加显著。

随着全球气候变暖,将出现更多高温、暴雨洪涝、干旱等极端天气,因此在未来气候变暖背景下极端天气事件对湖南防灾减灾、经济社会发展的影响亟待进行深入研究。

参考文献

- [1] Watson R T. Climate Change (2001) [R]. IPCC Third Assessment Report Geneva:IPCC,2001. 184.
- [2] 王绍武. 现代气候学研究进展 [M]. 北京:气象出版社,2001:82-85.
- [3] 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):208-215.
- [4] 杨宏青,陈正洪,石燕,等. 长江流域近 40 年强降水的变化趋势 [J]. 气象,2005,31(3):66-68.
- [5] 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.
- [6] 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,2(1):9-14.
- [7] 秦大河,丁一汇,苏纪兰,等. 中国气候与环境演变评估(I):中国气候与环境变化及未来趋势 [J]. 气候变化研究进展,1(1):4-9.
- [8] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术 [M]. 北京:气象出版社,1999. 43-45,69-70.