

# 长江中下游地区汛期极端降水量的异常特征分析

张 文<sup>1,2</sup> 寿绍文<sup>1</sup> 杨金虎<sup>1</sup>

(1. 南京信息工程大学大气科学系, 210044; 2. 武汉中心气象台)

**提 要:** 利用长江中下游地区(湖北、湖南、江苏、安徽、江西、浙江和上海)1960—2004年87个台站汛期(5—9月)逐日降水资料,统计不同台站近45年逐年汛期极端降水量,运用EOF、REOF、趋势分析及Morlet小波分析等方法进行了时空分布特征分析。结果表明:长江中下游地区汛期极端降水量的平均空间差异较大;一致性异常特征是长江中下游地区汛期极端降水量的最主要的空间模态,而南、北反向变化模态也是比较重要的;长江中下游地区汛期极端降水量可分为两湖平原型、北方型、沿海型及南方型4个主要的空间分型;各主要空间分区极端降水量的年际变化特征差异较大,但从长期变化趋势来看,除了东北部极少部分区域外,其余区域汛期极端降水量均表现为增加趋势;另外近45年来长江中下游地区汛期极端降水量各分区的周期振荡不完全一致。

**关键词:** 汛期 极端降水量 异常特征

## Analysis of Anomaly Characteristics of Extreme Precipitation in Flood Season in the Mid-lower Reaches of the Yangtze River

Zhang Wen<sup>1,2</sup> Shou Shaowen<sup>1</sup> Yang Jinhui<sup>1</sup>

(1. Department of Atmospheric Sciences, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044; 2. Wuhan Central Meteorological Observatory)

**Abstract:** By using the 1960—2004 flood season (from May to September) daily precipitation data of 87 stations in six provinces and one city in the mid-lower reaches of the Yangtze River, with EOF, REOF, tendency analysis and Morlet wavelet analysis, it is analyzed that the annual extreme precipitation of various stations and its spatial distribution for the recent 45 years. The re-

资助项目:国家自然科学基金项目(40405009、4057022);国家重点基础研究发展规划项目(2004CB418301);江苏省气象灾害重点实验室项目(KLME050201);江苏省自然科学基金项目(BK2005141)

收稿日期:2006年10月30日; 修定稿日期:2007年1月24日

sults show that the average spatial distributions of the extreme precipitation display clear differences in flood season in the region. The consistently abnormal characteristic is the main spatial distribution mode of extreme precipitation in flood season in the region, and it is also the important mode that the south and the north areas are reverse change feature. The extreme precipitation of flood season is divided into four spatial distribution types, i. e., the two lakes and plain type, the northern type, the coastland type and the southern type. The difference of the interannual change is clear in every sub-area and from the long-range change tendency to see, except the northeast of the region, the extreme precipitation shows increasing tendency. For the recent 45 years, the periodic oscillations of the extreme precipitation are not well consistent in every distribution type.

**Key Words:** flood season extreme precipitation abnormal characteristic

## 引 言

关于气候变化的研究过去主要集中在平均温度和降水量的变化方面。大量的研究已经表明,极端气候事件(如洪水、干旱、台风、高温和低温等)对社会和环境产生更严重的影响<sup>[1-2]</sup>,所以极端气候事件越来越引起公众的关注。作为一个科学问题,极端气候事件的形成机制是极其复杂的,有待于深入的研究,可以认为,研究极端气候事件的形成机制和变化规律既是科学发展的需要,也是社会的迫切要求。

对于降水而言,随着全球的变暖,降水量也在发生着变化,其中许多热带地区降水量增多,副热带大部分地区降水量减少,高纬度地区降水量趋于增多。研究表明:强降水事件在美国、中国、澳大利亚、加拿大、挪威、墨西哥、波兰和前苏联均有所增加<sup>[3]</sup>,研究表明,在全世界的许多区域降水事件频率的变化要么很小,要么就很大,往往总降水量增多,则强降水量就会以更大的比例增加<sup>[4]</sup>。

对于长江中下游地区的气候研究以前主要集中在总降水量上<sup>[5-8]</sup>,而极端降水作为长江中下游地区汛期最常见的一种灾害性天

气,往往造成江河泛滥,堤坝冲毁,城乡淹没等灾害,严重影响生产,危害人民生命财产安全。因此了解其汛期极端降水的气候规律具有重要的意义,基于以上理由本文企图探讨长江中下游地区的汛期极端降水量的时空分布特征。

## 1 资料及方法

资料选用长江中下游地区六省一市(湖北、湖南、江苏、安徽、江西、浙江和上海)87个测站 1960—2004 汛期(5—9 月)年逐日降水资料,按照中国气象局的暴雨定义标准,将日降水量大于等于 50mm 的降水定义为极端降水,统计出长江中下游地区逐年汛期各站极端降水总量并建立时间序列。

EOF、REOF 在提取气象场优势信号、反映气象场空间分布特征等方面有其独到之处<sup>[9]</sup>,本文采用 EOF 对标准化资料进行展开,得到空间载荷向量(VL)及主成分(PC)阵,在此基础上,进行 REOF 展开,得到旋转载荷向量(RVL)和对应的旋转主成分(RPC)。

为了弄清楚时间序列的长期变化趋势,还运用气候趋势分析<sup>[10]</sup>,Morlet 小波<sup>[11]</sup>分析方法对时间序列进行了周期分析。

## 2 长江中下游地区汛期极端降水量的空间分布特征

### 2.1 平均分布特征

图1为长江中下游地区近45年来汛期极端降水量的多年平均空间分布图。由图1可见长江中下游地区汛期极端降水量空间差异很大,江西和安徽交界一带极端降水量最多,年平均在500mm以上,其中安徽黄山高达731mm,而鄂西北、湘南、淮北及苏北极端降水量较少,年平均在200mm以下,其中湖北房县年平均仅为76mm,可见长江中下游地区汛期极端降水量的空间分布差异明显,由于本区南北相距10个纬度,东靠海洋,西居内陆,地理位置的这种差异,使得该区域内极端降水量在空间上存在较大的差异。

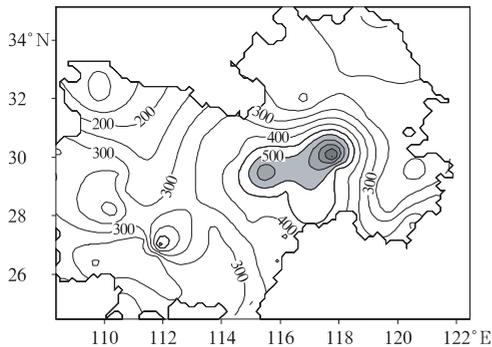


图1 极端降水量的多年平均空间分布

### 2.2 异常分布特征

对长江中下游地区87个台站汛期极端降水量利用主成分和旋转主成分分析,其载荷向量(LV)和旋转载荷向量(RLV)能够较好地反映汛期极端降水量的空间异常特征。表1给出了旋转前后PC和RPC对总方差的贡献率。可以看出,随着时间尺度的扩大,测站数目的增多,其主成分和旋转主成分的收敛速度降低,这正好说明了长江中下游地区汛期极端降水量的时空差异甚大。另外旋

转后的各分量方差贡献比旋转前要均匀分散,同时某些分量方差大小顺序也发生了变化,这是因为旋转后各分量的物理意义是着重表现空间的相关性分布特征,相应的方差贡献只集中于某一较小的区域,使其它区域的方差贡献尽量减小,而主分量分析却着重把整个计算范围的方差贡献集中到前几个主分量上。

表1 前10个PC和RPC对总方差的贡献率(%)

序号	PC 贡献率	RPC 贡献率
1	17.40	10.12
2	10.84	9.18
3	6.77	5.88
4	5.50	8.31
5	4.91	7.11
6	4.79	5.10
7	3.87	6.44
8	3.63	4.08
9	3.41	4.00
10	2.87	3.77
累积贡献率	63.99	63.99

图2是长江中下游地区极端降水量的两个最主要模态的空间分布图,从第一个模态分布(图2a)可以看出,整个长江中下游地区载荷向量表现为一致的正值,这说明长江中下游地区一般在同一大尺度天气系统控制之下,出现极端降水的步调是完全一致的。相比较长江沿江一带载荷值较大,这说明这些区域极端降水最容易出现异常。

从第二模态分布图(图2b)可以看出,江北与江南极端降水量表现出反向的变化特征,其中淮北、苏北、湘南及赣南载荷向量较大,说明这些区域极端降水最容易发生异常。之所以会出现这种变化特征,主要是由于西太平洋副热带高压的季节性北移所导致,当副热带雨带偏南时,该区域南部受副热带雨带的影响容易出现极端降水,而北部干旱,当副热带高压北移而控制该区域南部,这样由于其北部处在副热带高压边缘而容易出现极端降水,而南部由于受副高控制高温少雨。

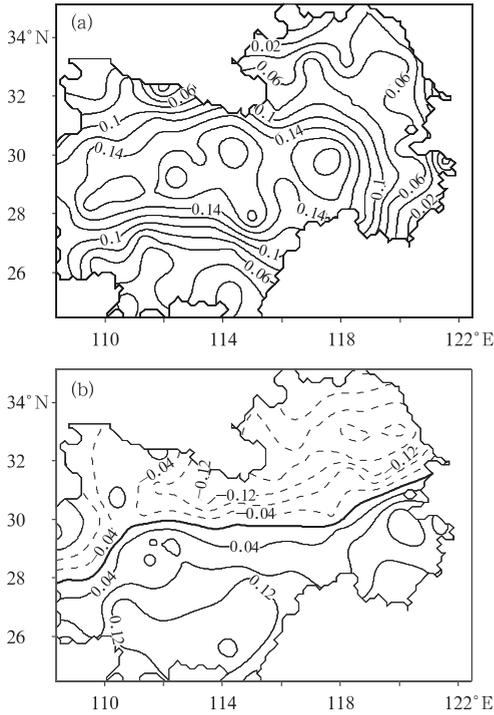


图 2 EOF 第一(a),第二(b)模态的空间分布图

从方差贡献率看,前两个模态明显偏大,同时总贡献率将近 30%,因此它们是长江中下游地区汛期极端降水量的两个最主要空间异常模态。

为了进一步了解长江中下游地区汛期极端降水量的次地域特点,本文对前 10 个主成分及对应的载荷向量进行了旋转,得到了 4 个主要的空间分区模态(图 3)。所有图中阴影区为旋转载荷向量绝对值大于 0.6 的区域。

I 区:两湖平原型(图 3a)。旋转载荷向量大值区集中在湖南北部及湖北南部,中心值为 +0.78,代表站是湖南岳阳,该地区处于洞庭湖和鄱阳湖盆地,是华南和长江中下游的过渡地带,极端降水的峰值出现在 6 月。

II 区:北方型(图 3b)。旋转载荷向量大值区位于安徽和江苏中北部,中心值为 -0.83,代表站为江苏南京,该区域因位置偏北,极端降水主要集中在 7—9 月。

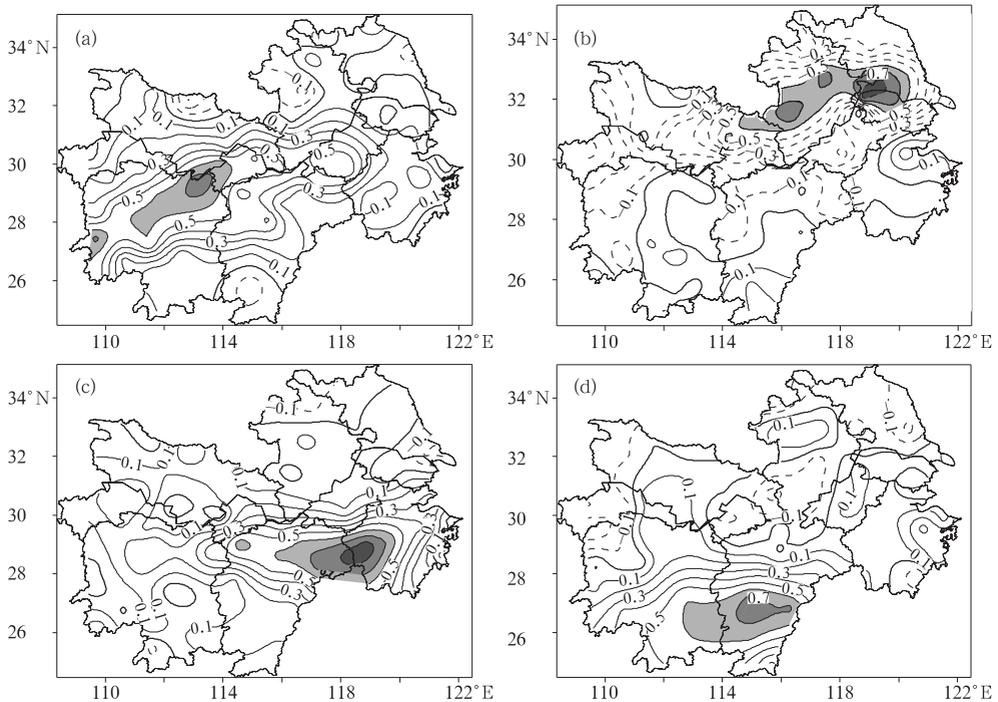


图 3 REOF 两湖平原型(a)、北方型(b)、沿海型(c)、南方型(d)空间模态分布图

Ⅲ区:沿海型(图 3c)。旋转载荷向量大值区位于江西东北及浙江一带,中心值为+0.86,代表站为浙江衢州,该区域地处沿海,受台风的影响明显,极端降水的季节分配出现两个峰值,6月是第一峰值,8—9月因台风影响出现第二个峰值。

Ⅳ区:南方型(图 3d)。旋转载荷向量大值区位于南岭北坡的湖南和江西南部,中心值为+0.76 代表站为江西吉安,该区域极端降水的季节分配具有华南的特点,极端降水频数呈双峰型分布。4月起极端降水明显增多,5月或6月最多,7月相对偏少,8月因受台风的影响出现第二个多极端降水时期。

综上所述,长江中下游地区汛期极端降水量的 4 个主要的空间分型分别是两湖平原型、北方型、沿海型及南方型。

### 3 长江中下游汛期极端降水量异常的时间变化特征

#### 3.1 年际变化及趋势分析

下面通过各分区代表站的汛期极端降水

量时间序列来分析各分区汛期极端降水异常的时间演变特征。图 4 给出各分区代表站汛期极端降水量的时间演变曲线和二阶拟合曲线,可以看出,岳阳 45 年来汛期极端降水量表现为明显的增加趋势,在 1986 年之前的 27 年里只有 8 年表现为正距平,而且正距平绝对值普遍较小,而在 1986 年之后的 18 年中只有 6 年为负距平,并且负距平绝对值明显小于正距平。1968、1972、1984 及 1992 年汛期极端降水量异常偏少,而 1977、1995、1999 及 2002 年异常偏多;南京 45 年来汛期极端降水量变化趋势很小,二阶拟合线基本与 X 轴平行。1990 和 1994 年汛期极端降水量异常偏少,而 1962 和 1991 年异常偏多;衢州 45 年来汛期极端降水量也表现为增加趋势,但增加趋势主要发生在 1987 年之前,1987 年之后没有明显趋势变化。1980 和 1985 年汛期极端降水量异常偏少,而 1983、1989 和 1993 年异常偏多;吉安 45 年来汛期极端降水量表现为明显的反抛物线状,转折期大约在 1982 年左右。1972 年汛期极端降水量异常偏少,而 1961、1968、1982、1999 和

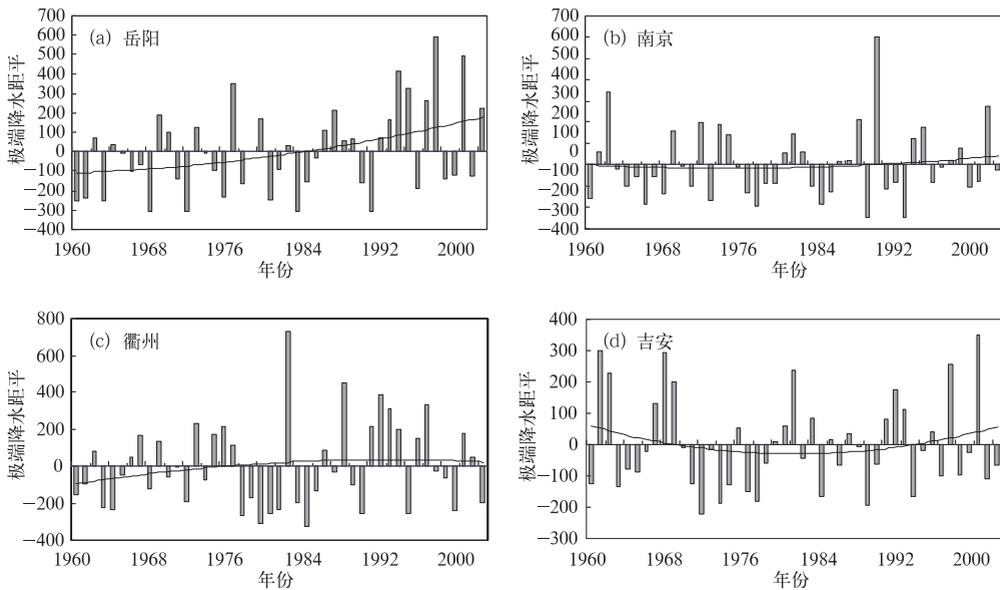


图 4 各型代表站距平序列的时间演变和二阶拟合曲线

2002 年异常偏多。

为了进一步了解长江中下游地区汛期极端降水量近 45 年来的趋势变化情况,图 5 给出了气候趋势系数和气候倾向率的空间分布图,从图 5 年发现,长江中下游地区汛期极端降水量除了东北部一小块区域表现出了减少趋势外,其余区域均表现为增加,其中江西东北部及湖南北部少部分区域的增加相对显著,从图 5b 可以看出,这些区域近 45 年来极端降水量的增加率普遍大于  $30\text{mm}/10\text{a}$ ,其中增加最显著的是江西庐山,其增长率为  $72\text{mm}/10\text{a}$ 。

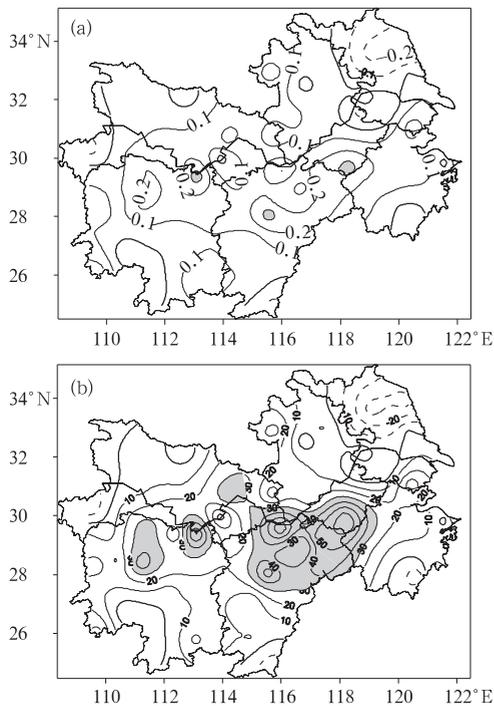


图 5 长江中下游地区汛期极端降水量近 45 年气候趋势系数(a)和气候倾向率(b)的空间分布

由此我们可认为,在长江中下游地区的 4 个主要空间分型中,近 45 年来汛期极端降水量年际变化特征不完全一致,除了东北部小部分地区极端降水量表现为减少外,其余区域均表现为增加趋势。

### 3.2 周期分析

为了搞清楚长江中下游地区汛期极端降水量的周期变化特征,本文对各分区代表站的时间序列进行小波分析,从 Morlet 小波变化系数(实部)等值线图可以发现,岳阳(图 6)近 45 年来一直存在着 24 年左右的周期,但由于资料长度有限,该周期信度不高,1985 年之前也存在 10~11 年的周期,而 1985 年之后该周期变为 8~9 年,并且振幅有所增强;南京(图略)45 年来存在准 15 年的周期,1985 年之前还存在 6~7 年和准 10 年的周期,而 1985 年之后这两个周期合并为 7~8 年周期,并且在 1985—1995 年间该周期振幅强于 1985 年之前,1995 年之后振幅又减弱;衢州(图略)45 年来存在准 21 年的周期振荡,同样由于资料年代有限该周期信度不高,另外在 1985 年之前也存在 8~9 年的周期,而 1985 年之后 8~9 年的周期突然变弱,但又出现了 5 年的周期振荡,并且振幅较强;吉安(图略)45 年来一直存在较显著的 16 年和 11 年的周期振荡,在 1980 年之前还存在 7 年左右的周期,并且振幅很强。通过比较可以发现,各分区代表站所对应的周期振荡差异明显。

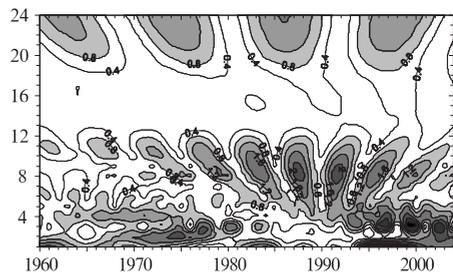


图 6 岳阳汛期极端降水量 Morlet 小波变换系数等值线图

因此,长江中下游地区汛期极端降水量的各主要空间分区中,近 45 年来极端降水量各区之间的周期振荡不完全一致。

## 4 结论

(1) 长江中下游地区汛期极端降水量的平均空间差异较大,其中江西和安徽交界一带极端降水量最多,而鄂西北、湘南、淮北及苏北极端降水量最少。

(2) 一致性异常特征是长江中下游地区汛期极端降水量的最主要的空间模态,而南、北反向变化模态也是比较重要的。

(3) 长江中下游地区汛期极端降水量可分为以下4个主要的空间分型:两湖平原型、北方型、沿海型及南方型。

(4) 长江中下游地区近45年来汛期极端降水量的4个主要空间分型中,近45年来汛期极端降水量年际变化特征不完全一致,除了东北部小部分区域极端降水量表现为减少外,其余区域均表现为增加趋势。

(5) 长江中下游地区近45年汛期极端降水量的各主要空间分型中,极端降水量的周期振荡不完全一致。

## 参考文献

- [1] Changnon S A, Roger A, Pielk Jr, et al. Human factors explain the increased losses from weather and climate extremes[J]. Bull. of the Amer. Mete. Soci., 2000,81(3): 437-442.
- [2] Easterling D R, J L Evans, P Ya Groisman, et al. Observed variability and trends in extreme climate events: a brief review[J]. Bull. of the Amer. Mete. Soci., 2000,81(3): 417-425.
- [3] Groisman P, Karl T, Easterling D, et al. Changes in the probability of extreme precipitation: important indicators of climate change[J]. Climatic Change, 1999,42: 243-283.
- [4] IPCC: Climate Change 2001, The Scientific Basis, Observed Climate Variability and Chang. In: J T Houghton, Y Ding, J Griggs et al., Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, 881.
- [5] 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.
- [6] 吕军,张静,刘健,等.江苏省夏季降水时空分布演变特征[J].气象,2006,32(9):48-52.
- [7] 龚振淞,何敏.长江流域夏季降水与全球海温关系的分析[J].气象,2006,32(1):56-61.
- [8] 沈锦花,胡波.浙江省近534年旱涝发生规律及突变分析[J].气象,2005,31(10):76-79.
- [9] 施能.气象科研与预报中的多元分析方法[M].北京:气象出版社,2002:120-122,143-146.
- [10] 施能,陈家其,屠其璞.中国近100年来4个年代际的气候变化特征[J].气象学报,1995,53(4):431-439.
- [11] 林振山,邓自旺.子波气候诊断技术的研究[M].北京:气象出版社,1999:24-25.