

# Analysis of the Characteristics of China Precipitation Changes during 1961-2011

Zhenghua Gao

Huainan Meteorological Bureau, Huainan  
Email: gzh0011@126.com

Received: Jul. 2<sup>nd</sup>, 2013; revised: Aug. 1<sup>st</sup>, 2013; accepted: Aug. 10<sup>th</sup>, 2013

Copyright © 2013 Zhenghua Gao. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**Abstract:** Statistical and EOF analysis was conducted to investigate the 51 years (from 1961 to 2011) of temporal and spatial distribution of precipitation over China by using monthly gridded precipitation data from the National Meteorological Information Center of China. Generally speaking, from 1961 to 2011, precipitation decreases from 1963 to 1973 then increases until 2003, after then precipitation decreases again. Precipitation amount decreases from the southeast of China to the northwest. Precipitation is more over the southeast coastal area of China, while it is less over Xinjiang, Qinhai and Gansu province. The high value zone of precipitation amount in July and October appears over the southeast coast inland. The first mode of EOF decomposition shows similar variation characteristics over the whole country. Southeast China is the primary variation characteristic area. The precipitation amount variation of Southeast China can dominate the precipitation variation characteristic of the entire country.

**Keywords:** Rainfall; Space-Time Change; EOF Analysis; Reduce

## 1961~2011 年中国降水时空变化特征分析

高正华

安徽省淮南市气象局, 淮南  
Email: gzh0011@126.com

收稿日期: 2013 年 7 月 2 日; 修回日期: 2013 年 8 月 1 日; 录用日期: 2013 年 8 月 10 日

**摘要:** 利用中国气象局国家气象信息中心 1961~2011 年的中国地面逐月降水量网格数据集, 通过数据统计以及 EOF 分解对中国区域 51 年间的降水时空分布特征进行了分析, 结果显示: 1961~2011 年间, 降水量总体上经过了先减少后增加再减少的过程, 经历了两次较为明显的低谷, 分别为 1963~1973 年以及 2003 年以来; 我国降水量从东南向西北递减, 在东南沿海地区分布较多, 新疆、青海以及甘肃西北部地区降水分布较少, 7 月和 10 月降水量的高值区出现东南沿海偏内陆地区, 出现多个降水大值中心; 且在 EOF 分解中第一个主模态全国区域表现为相似的变化特征, 我国东南沿海地区的变化特征为主要的变化特征区域; 我国东南沿海的降水量变化可主导中国整个区域的降水量变化特征。

**关键词:** 降水; 时空变化; EOF 分析; 减少

### 1. 引言

降水资源作为水资源的根本来源, 是水资源评价中的重要组成部分之一。政府间气候变化专门委员会

(IPCC)第四次评估报告指出, 全球气候变暖必将导致降水量的时空分布变化从而对水资源、生态系统状况和社会经济发展等产生深刻的影响<sup>[1]</sup>。全球变暖所驱

动的水循环和降水时空格局的变化将有可能进一步导致旱涝等自然灾害的频发<sup>[2-4]</sup>。中国大部分地区在东亚季风区内,有关降水的区域性分布及其受东亚季风影响等问题的研究早已进行,刘晓冉<sup>[5]</sup>等利用我国西南地区 96 个测站的降水量资料对西南地区年降水资源变化的时空特征进行了分析。卢燕宇<sup>[6]</sup>等利用淮河流域四省 170 个气象站点 1961~2005 年的降水观测数据,对淮河流域降水的时空格局及其变化特征进行了分析。张文纲<sup>[7]</sup>等对青藏高原 40 年来的降水量时空变化趋势进行了分析。南庆红<sup>[8]</sup>等应用 EOF 方法分析了新疆降水的变化特征。刘毅<sup>[9]</sup>等对 40 年来重庆地区夏季降水的气候特征进行了分析。

研究者针对于全国区域的降水量时空分布特征分析还较少,这一方面由于我国降水量特征与气候背景相一致,很早就得出了我国降水主要的分布特征,即我国东南沿海降水较多,往西北递减。虽然如此,但很少研究应用大量数据对该空间分布特征进行验证,同时也很少有研究应用长时间序列数据,分析我国降水量的时间变化特征。而且绝大多数降水量分布特征是针对于小区域的研究,同时所使用的资料也仅为离散性的站点数据,分布比较稀疏,因为降水是兼具时空属性的大气物理过程,在针对空间分布进行分析时会有很大的误差。

因此,在降水量的空间分布特征分析时使用栅格化的气象数据有着较大的优势,本文拟使用中国气象局国家气象信息中心的  $0.5^\circ \times 0.5^\circ$  栅格化降水数据对 1961~2011 年间的降水量时空变化特征进行分析。该数据是由国家气象信息中心的研究者根据全国的国家级台站资料,经过再处理,质量控制以及插值后的产品化数据,是目前精度较高同时数据较为完整且数据覆盖较广的降水量数据。

## 2. 数据来源及其处理

### 2.1. 数据来源

本文数据来源于中国气象局国家气象信息中心的中国地面逐月降水量网格数据集,该数据集利用全国 2416 个国家级台站(包括国家气候观测台,国家气象观测一级站、二级站)观测的逐月降水量,采用基于“气候背景场”的最优插值方法,实时生成中国区域逐月降水量的网格产品,数据格式为 ARCGIS 标准格

式,产品空间分辨率均为  $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ ,使用该数据集 1961~2011 年 51 年的数据。

### 2.2. 数据处理

1) 平均处理:将中国区域每月各格点的降水量求和取平均值设定为每月中国区域平均值,再将 12 个月的中国区域平均值取算术平均值设定为中国区域的年平均降水量;取中国区域每个格点 1961~2011 年 1~12 月的平均值,得到中国区域 30 年平均降水量空间分布数据;取中国区域每个格点 1961~2011 年 1、4、7、10 月的平均值,得到中国区域 1、4、7、10 月平均降水量分布数据。

2) EOF 分解: EOF 分解即经验正交函数分析,又称为主分量分析或主成分分析。它是用来将大量初始信息资料(矩阵)加以压缩,并从中求得能最大部分地捕获初始方差的正交线性组合或固有变量,即出现频率最高的时空变化型或主导的时空变化型的一种分析方法。EOF 分解被用于气候中的多个参数如积雪、气温以及降水等的时空分布特征分析。

3) 数据提取:通过 EOF 分解可确定中国区域内 1961~2011 年期间,降水量变化特征较为明显的空间区域,将降水量变化幅度较为明显的该空间区域内的数据提取出来,对其时间变化特征进行再分析。

## 3. 结果与分析

### 3.1. 年平均降水量时间分布特征

根据以上数据处理,得到 1961~2011 年间的年平均降水量年际变化特征,如图 1 所示,其中黑色虚线为经过 10 点快速傅里叶变换(FFT)平滑处理后降水量变化趋势线,黑色实线 1961~2011 年间降水平均值线(49.12 mm)。由图可见,1961~2011 年间,总体上降水量经过了先减少后增加再减少的过程,期间降水量经历了两次较为明显的低谷,分别为 1963~1973 年以及 2003 年以来,2003 年以来降水量的减少造就了这段时间内频繁发生的秋伏旱灾害。2011 年年平均降水量 44.55 mm 为 51 年间的极小值,1998 年的 54.52 mm 为 30 年间的极大值。经过与历史事件对应对照,1998 年的大范围降水造成了 1998 年全流域型的特大洪水,2011 年的年平均降水量极小值造成了我国南方地区 60 年难得一遇的大旱。1961~2011 年内的 51 年中,

年平均降水量在平均线以上的年数只有 20 年，其余 31 年均分布在平均线以下，同时近 15 年来，分布在平均线以上的只有四年，由此可见近年来降水量是呈现明显偏少的现象。

为了进一步分析 1961~2011 年间降水量的时间分布特征，给出了 1961~2011 年间 1、4、7、10 月平均降水量的年际变化图，如图 2 所示。图中黑色实线为

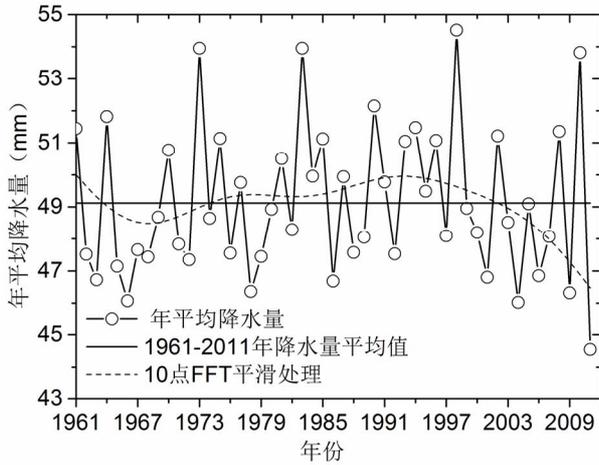


Figure 1. Interannual variability of year-average precipitation from 1961 to 2011

图 1. 1961~2011 年平均降水量年际变化

51 年各月降水量平均线，虚线为经过快速傅里叶变换 (FFT) 后的二次趋势线，由此可见 1 月份呈现增加的趋势，这与全年的降水量变化相悖，但是由于 1 月份平均降水量分布在 0~20 mm 内，较少的降水量变化，对于全年的降水量变化特征影响较小。4 月和 10 月降水量呈现很明显的减少特征，平均线以下的年份大部分出现在近二十年内。7 月份降水量变化特征较为复杂一些，先出现了一个增加的趋势，后出现减少的趋势，从 1990 年左右开始一直处于减少的趋势中，同时 2000 年以来大部分年份的降水量分布在平均线以下，这更加剧了降水量减少的趋势。

### 3.2. 年平均降水量空间分布特征

使用 1961~2011 年的降水量数据给出了如图 3 所示我国年平均降水量空间分布示意图，由图可见，我国降水量大值区主要分布在东南沿海地区，从东南向西北递减，其中低值区分布在我国新疆、青海以及甘肃西北部地区。1961~2011 年间我国东南沿海地区的平均降水量大约在 100~140 mm 左右，我国大部分地区的平均降水量在 20~100 mm 之间，我国新疆、青海等降水量稀缺地区的降水量值在 5~20 mm 之间。

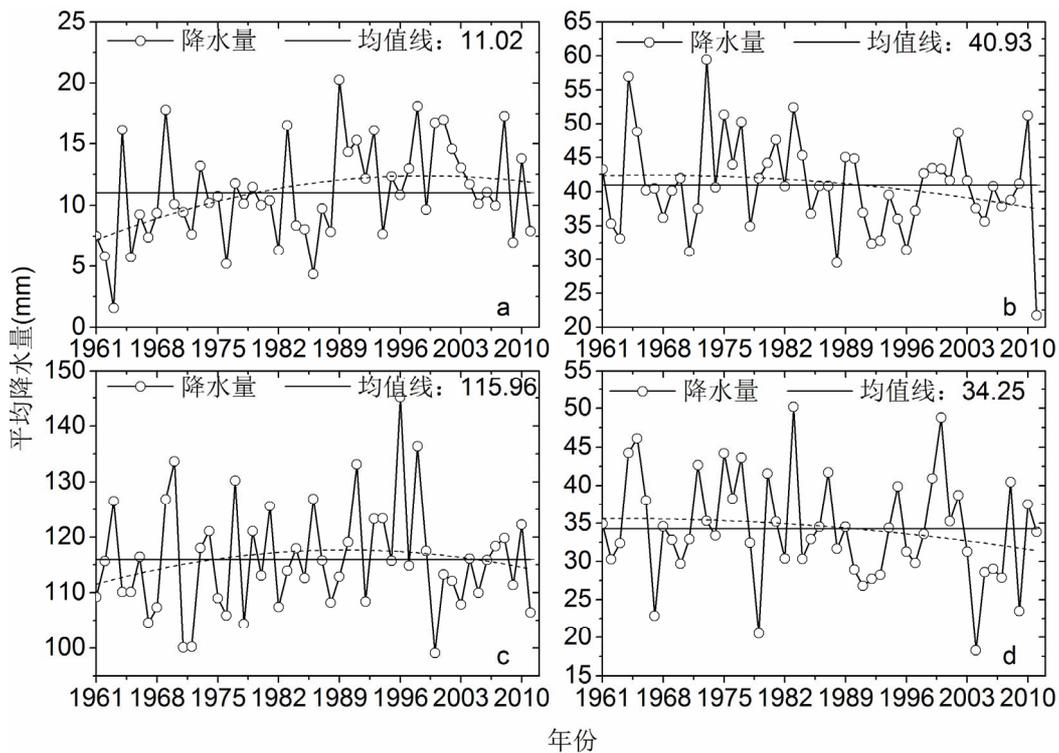


Figure 2. Interannual variability of month-average precipitation in Jan, Apr, Jul and Oct from 1961 to 2011; (a) Jan; (b) Apr; (c) Jul; (d) Oct

图 2. 1961~2011 年 1、4、7、10 月平均降水量年际变化; (a) 1 月; (b) 4 月; (c) 7 月; (d) 10 月

为了探讨不同月份降水量的空间分布特征，图 4 给出了中国区域 1961~2011 年 51 年 1、4、7、10 月平均降水量空间分布示意图，由图可见，1、4、7、10 月的平均降水量空间分布特征总体上呈现东南多西北少的特征，相比较而言，1 月和 4 月与年平均降水量分布特征相似性较高，均为我国东部沿海地区为大值区，西北部地区的新疆、青海等地为小值区。7 月和 10 月的降水量高值区并不是出现在我国东南沿海地区，而是出现在东南沿海偏内陆的一些地区，这主要是由于夏秋季节，太阳辐射较为强烈，易形成局

地的小气候，同时受地形抬升影响而形成较多的局地强降水。这样的表现在 7 月尤为明显，夏季的局地强降水较多，形成了 7 月份我国东南部地区很多个降水大值区。

### 3.3. 平均降水量 EOF 分析

上文已经给出了我国降水量的 51 年来的降水量变化特征，由于中国边疆辽阔，为了进一步分析中国区域中那些地区的降水量变化主导了中国区域的降水量变化特征，使用 EOF 分析(主成分分析)对 51 年来的降水量进行分析，从而给出中国区域内不同地区的降水量 51 年来的变化趋势特征。

对 1961~2011 年 1、4、7、10 月平均降水量原始场分别进行 EOF 分析，由于 EOF 分析中方差贡献率小的变量通常规律性很差，其实际物理意义也不清晰，因此在实际分析过程中常常视为误差量或噪声而忽略，只取方差贡献率大的变量来研究，从而达到降维分析的目的。因此取方差贡献较大的前四个模态，前四个模态的累计方差贡献分别达到了 0.90、0.93、0.91 以及 0.86，如表 1 所示。

本文主要关心，中国区域内降水量最主要的变化

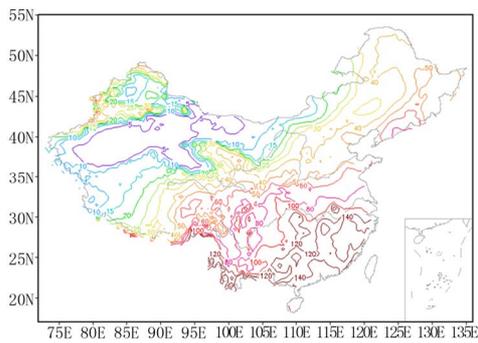


Figure 3. Spatial distribution of thirty years average precipitation from 1961 to 2011 in China  
图 3. 中国区域 1961~2011 年 30 年平均降水量空间分布

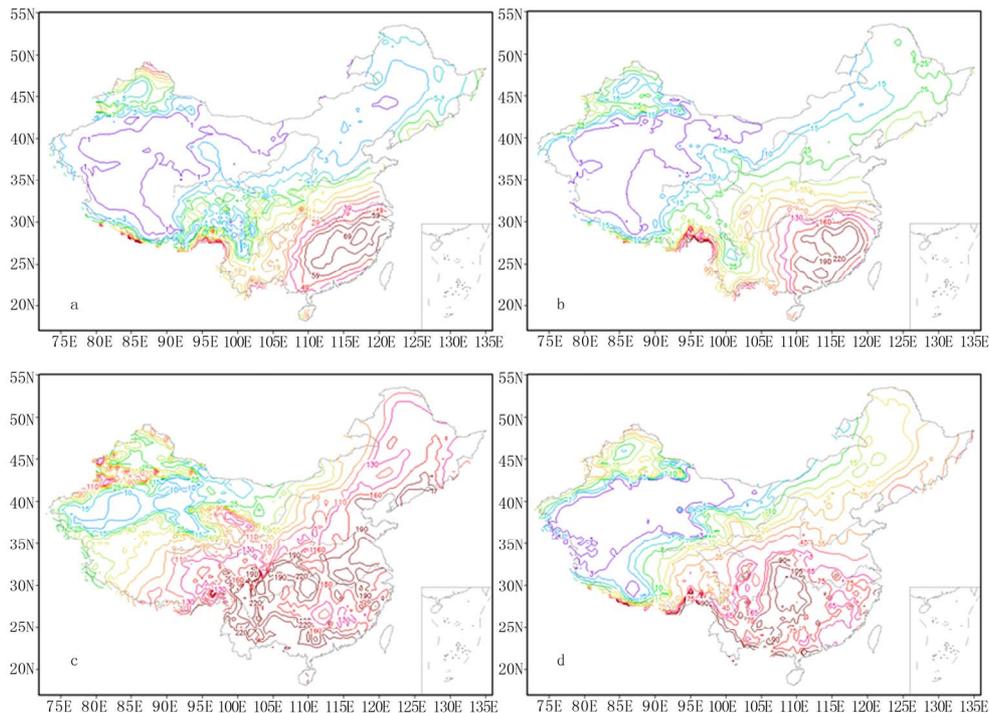


Figure 4. Spatial distribution of thirty years month-average precipitation from 1961 to 2011 in Jan, Apr, Jul and Oct in China; (a) Jan; (b) Apr; (c) Jul; (d) Oct  
图 4. 中国区域 1961~2011 年 51 年 1、4、7、10 月平均降水量空间分布; (a) 1 月; (b) 4 月; (c) 7 月; (d) 10 月

趋势特征,同时,1、4、7、10月第一模态的方差贡献达到了0.7862、0.8643、0.8573以及0.7278,由此可见第一模态的空间分布特征足以表现1、4、7、10月的主要变化特征,因此只给出4个月份第一个模态的空间分布型即可,如图5所示。由图可见,4个月份中,全国区域空间分布特征值均为正值,这说明全国区域均表现为相似的变化特征,从1月、4月、10月中可见,我国东南沿海地区的变化特征为主要变化特征区域,7月份这样的主要变化特征区域扩展到了我国东北及其中东部地区。

因此,选择我国东南沿海地区对其降水量的时间变化特征进行进一步分析。

**Table 1. Variance contribution rate and cumulative variance contribution rate of former four main modes in Jan, Apr, Jul and Oct**  
表 1. 1、4、7、10月前4个主模态的方差贡献率和累积方差贡献率

特征向量	第1模态	第2模态	第3模态	第4模态	累计方差贡献
1月	0.7862	0.0542	0.0341	0.0256	0.9000
4月	0.8643	0.0365	0.0172	0.0129	0.9309
7月	0.8573	0.0253	0.0146	0.0123	0.9095
10月	0.7278	0.0528	0.0451	0.0372	0.8630

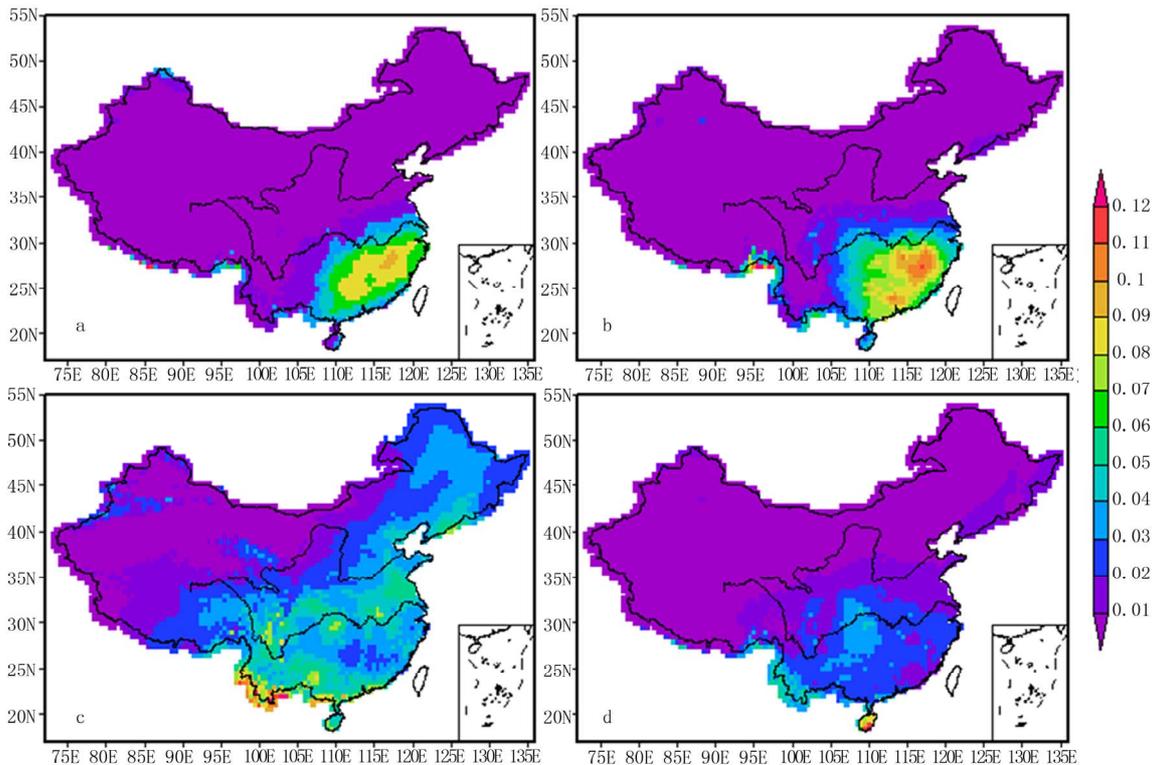
### 3.4. 东南沿海地区降水量时间分布特征

根据以上分析,将我国东南沿海地区的降水量提取出来,对其时间分布特征进行分析,如图6所示,其中黑色虚线为趋势线,黑色实线为均值线,由图可见,4月和10月的降水量表现为明显的下降趋势,这与全国区域4月和10月降水量变化特性相同,1月和7月变化趋势表现为先增加后减少的趋势,这也与全国的变化趋势相同。由此可见,正如上文分析,我国东南沿海地区的降水量主导了中国区域的降水量时间变化特征。

## 4. 结论

本文利用中国气象局国家气象信息中心 1982~2011年中国地面逐月  $0.5^\circ \times 0.5^\circ$  降水量网格数据集,通过时间空间统计方法以及主成分分析法对中国区域内 1961~2011年 51年间的降水时间空间分布特征进行了分析,得到如下结论:

1) 1961~2011年间,总体上降水量经过了先减少后增加再减少的过程,期间降水量经历了两次较为明显的低谷,分别为 1963~1973年以及 2003年以来,



**Figure 5. Spatial distribution of first main modes in Jan, Apr, Jul and Oct; (a) Jan; (b) Apr; (c) Jul; (d) Oct**  
图 5. 1月、4月、7月、10月第一个主模态空间分布图; (a) 1月; (b) 4月; (c) 7月; (d) 10月

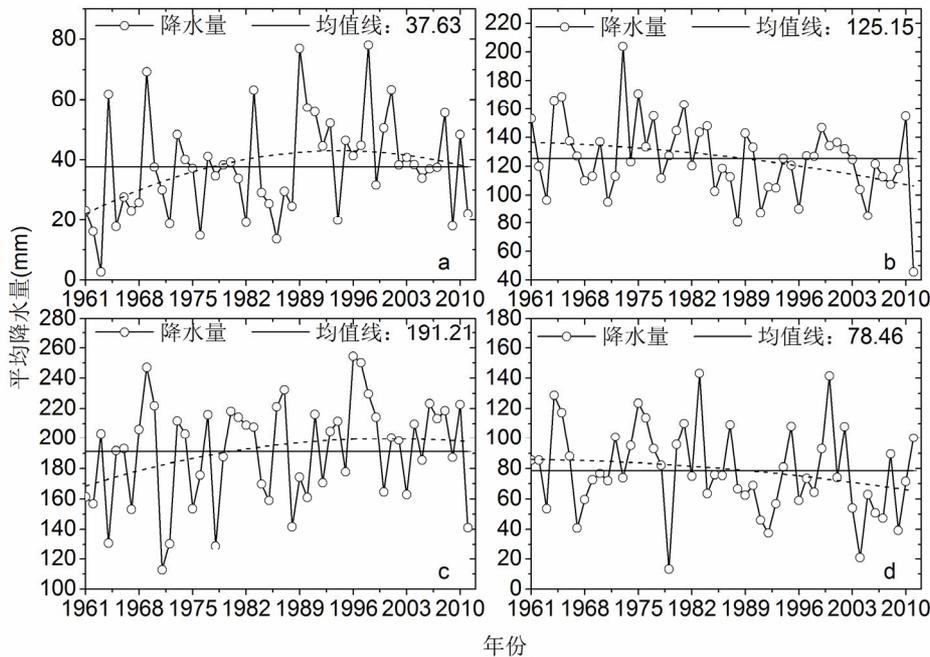


Figure 6. Interannual variability of month-average precipitation in Jan, Apr, Jul and Oct from 1961 to 2011 in southeastern coastal areas; (a) Jan; (b) Apr; (c) Jul; (d) Oct

图 6. 1961~2011 年东南沿海地区 1、4、7、10 月平均降水量年际变化; (a) 1 月; (b) 4 月; (c) 7 月; (d) 10 月

2003 年以来降水量的减少造就了这段时间内频繁发生的秋伏旱灾害。

2) 对 1961~2011 年间的降水量进行空间分布特征统计, 降水量从东南向西北递减, 其中降水量主要集中在东南沿海地区, 新疆、青海以及甘肃西北部地区降水分布较少; 受东南部地区夏秋季节局地对流降水的影响, 7 月和 10 月降水量的高值区出现东南沿海偏内陆地区, 同时出现多个降水大值中心。

3) EOF 分解结果显示, 第一个主模态全国区域均表现为相似的变化特征, 我国东南沿海地区的变化特征为主要变化特征区域。

4) 对我国东南沿海地区的降水时间变化特征进行分析可见, 我国东南沿海的降水量变化可主导中国整个区域的降水量变化特征。

## 5. 致谢

本文数据来源于国家气象信息中心数据服务网, 对国家气象信息中心表示衷心的感谢。

## 参考文献 (References)

- [1] IPCC. Summary for policymakers of the synthesis report of the IPCC fourth assessment report. Cambridge: Cambridge University Press, 2007: 2-22.
- [2] R. S. Bradley, H. F. Diaz, J. K. Eischeid, et al. Precipitation fluctuations over northern hemisphere land areas since the mid-19th century. *Science*, 1987, 237: 171-175.
- [3] M. Hulme. A 1951-80 global land precipitation climatology for the evaluation of general circulation models. *Climate Dynamics*, 1992, 7: 57-72.
- [4] 丁一汇, 任国玉, 石广玉等. 气候变化国家评估报告(I): 中国气候变化的历史和未来趋势[J]. *气候变化研究进展*, 2006, 2(1): 3-8.
- [5] 刘晓冉, 李国平, 范广洲, 程炳岩, 李洪权. 我国西南地区 1960~2000 年降水资源变化的时空特征[J]. *自然资源学报* 2007, 22(5): 783-792.
- [6] 卢燕宇, 吴必文等. 1961~2005 年淮河流域降水时空演变特征分析[A]. 第 26 届中国气象学会年会气候变化分会场论文集[C], 2009.
- [7] 张文纲, 李述训, 庞强强. 青藏高原 40 年来降水量时空变化趋势[J]. *水科学进展*, 2009, 20(2): 168-176.
- [8] 南庆红, 杨舵, 杨青. 应用 EOF 方法分析新疆降水变化特征[J]. *中国沙漠*, 2003, 23(5): 554-559.
- [9] 刘毅, 何金海等. 近 40 年重庆地区夏季降水的气候特征[J]. *气象科学*, 2005, 25(5): 490-498.