

# Space-Time Characteristics of Hainan Island's Precipitation in Summer

Tiansheng Zhang<sup>1</sup>, Ming Chen<sup>1</sup>, Mingjie Wu<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Hainan Meteorological Service Center, Haikou Hainan

<sup>2</sup>Hainan Meteorological Information Center, Haikou Hainan

Email: zhangtians@yeah.net

Received: Jul. 7<sup>th</sup>, 2016; accepted: Jul. 25<sup>th</sup>, 2016; published: Jul. 28<sup>th</sup>, 2016

Copyright © 2016 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

---

## Abstract

With the help of EOF, REOF, and Morlet wavelet analysis, the space-time characteristics of Hainan Island's summer precipitation are studied by using June-August precipitation data during the period 1970-2013 from 18 observational stations. Results show that: the first three EOFs for summer precipitation in Hainan Island are enough to explain the spatial distribution of precipitation anomaly. The spatial structure is respectively as the same as the whole, in contrast to the southeast and northwest; the middle and the west are opposite to the north and the east. According to REOF analysis, the study region should be divided into 4 subregions, namely: Subregion I is the north and northeast area; Subregion II is the south and the southeast area; Subregion III is the northwest and the central area; Subregion IV is the southwest and the west area. According to the result of Morlet wavelet analysis, for the typical station (e.g. Haikou) in Subregion I, there are 2-year, 5-year and 11 - 12-year periods and the precipitation is gradually increasing at the 11 - 12-year timescale; for the typical station (e.g. Baoting) in Subregion II, there are 6-year and 15 - 16-year periods and the precipitation is small yet at 15 - 16-year period; for the typical station (e.g. Qiongzong) in Subregion III, there are 3-year, 7-year and 12-year periods, and the precipitation is small at 12-year period; for the typical station (e.g. Dongfang) in Subregion IV, there are 4-year, 8-year and 18-year periods.

## Keywords

Space-Time Character, Characteristic Timescale, Wavelet Analysis, REOF

---

## 海南岛夏季降水的时空演变特征

张天圣<sup>1</sup>, 陈明<sup>1</sup>, 吴名杰<sup>2</sup>

<sup>1</sup>海南省气象服务中心, 海南 海口

<sup>2</sup>海南省气象信息中心, 海南 海口

Email: zhangtians@yeah.net

收稿日期: 2016年7月7日; 录用日期: 2016年7月25日; 发布日期: 2016年7月28日

## 摘要

利用1970~2013年6~8月份海南岛18个气象观测站月降水资料, 通过EOF、REOF、Morlet小波分析方法研究了海南岛夏季降水的时空演变特征, 结果表明: 海南岛夏季降水的EOF分析前3个特征向量场较好地反映了降水异常的空间分布, 分别为整体一致、东南与西北相反、中、西部与北、东部相反的空间结构。经REOF分析可以将海南岛夏季降水的空间结构划分为4个区域: I区为北部和东北部地区、II区为南部和东南部地区、III区为中部和西北部地区、IV区为西部和西南部地区, 通过小波分析得出, I区典型代表站海口观测站夏季降水的特征时间尺度是2年、5年、11~12年, 而且在11~12时间尺度上降水将开始逐渐增加, II区典型代表站保亭观测站夏季降水的特征时间尺度是6年、15~16年, 而且在15~16年时间尺度上仍然处于降水偏少期, III区典型代表站琼中观测站夏季降水的特征时间尺度是3年、7年、12年, 而且在12年时间尺度上仍然处于降水偏少期, IV区典型代表站东方观测站夏季降水的特征时间尺度是4年、8年、18年。

## 关键词

时空演变, 特征时间尺度, 小波分析, 旋转经验正交展开

## 1. 引言

在大气温室效应加剧, 全球气候变暖的背景下, 中国不同区域出现了严重的旱涝现象, 因此降水量的变化趋势也引起国内学者的高度关注[1]-[10]。海南岛地处热带地区, 属于热带季风海洋性气候, 降水充沛, 是地球上同纬度降雨量最多的地区之一[11], 海南岛为一穹形山体, 中间高四周低, 由山地、丘陵、台地、平原顺序逐级递降, 山地以五指山为代表, 另外还有鹦哥岭坝王岭、尖峰岭、吊罗山等等。对于海南岛降水的研究, 一些学者也做了不少工作[12]-[17], 但总的来说, 有的由于所用自动站较少, 或者是把海南降水作为一个整体来研究, 或者在多时间尺度上没有深入的分析, 采用的是传统的统计方法, 这些都存在一定的局限性。受地形影响, 海南岛各地雨量差别大, 尤其是在夏季的时候, 降水也较为复杂, 因此有必要对海南岛夏季降水的时空演变特征进行更深入的研究。

## 2. 研究方法和资料处理

本文选用了海南岛18个市县气象观测站1970~2013年6~8月份月降水资料, 为了消除地理位置的影响, 先对18个观测站的降水资料进行标准化处理。本文采用的方法有经验正交展开方法(EOF), 旋转经验正交展开法(REOF), Morlet小波分析法。

## 3. 海南岛夏季降水的空间分布型

图1给出了海南岛夏季44年平均降水分布, 可以看到, 降水平均值在500到900mm之间, 强降水中心出现在南部保亭站、西部的昌江、乐东和北部的定安站, 尤其是保亭站由于受扇形喇叭口影响, 这里的降水较为明显。对海南岛降水进行EOF展开, 前3个特征向量方差贡献分别为42.2%、16.7%和

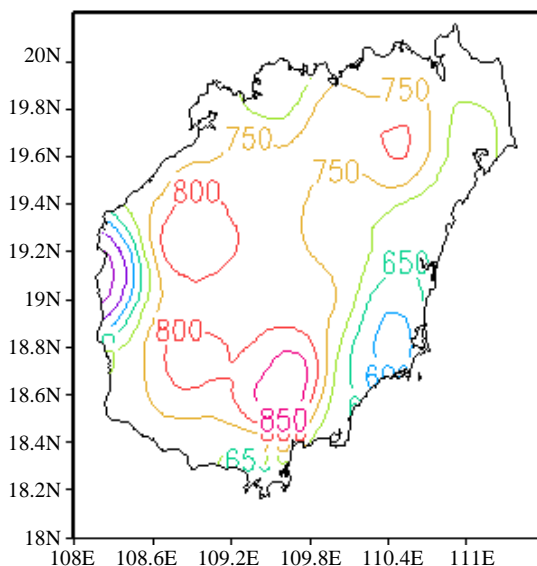


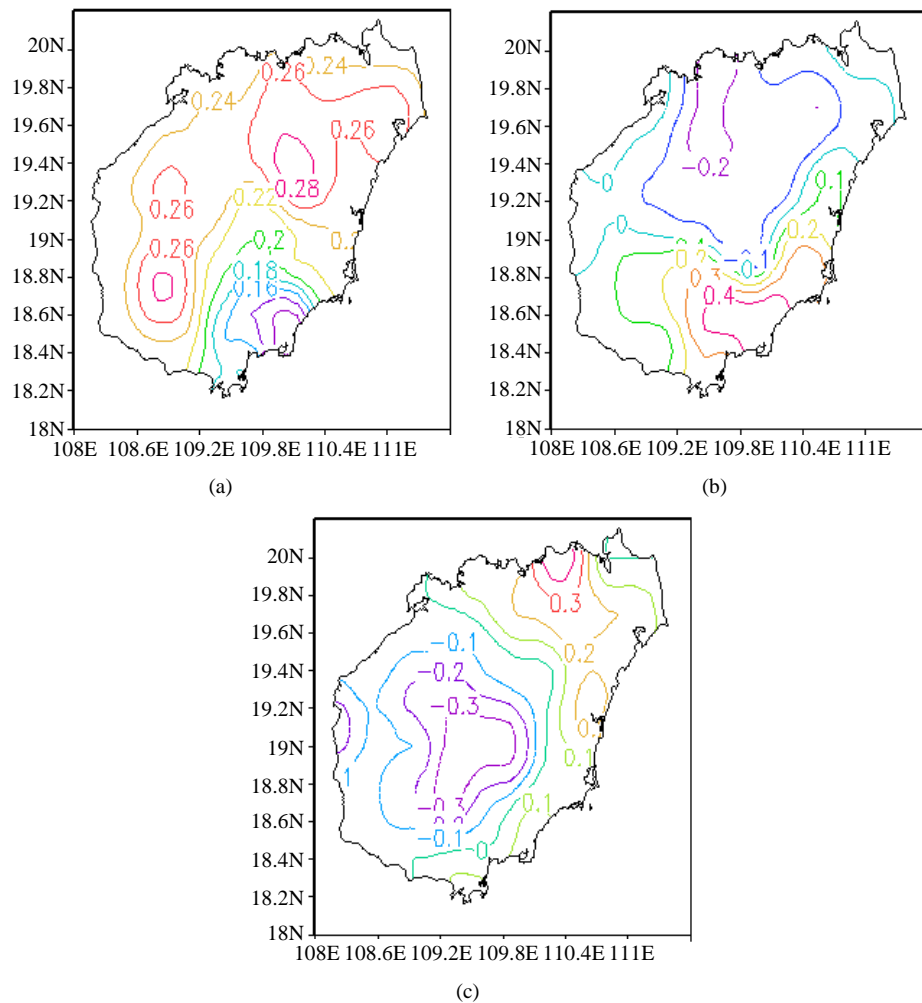
Figure 1. Distribution of Hainan Island's summer average rainfall in 1970-2013 (unit: mm)  
图 1. 海南岛夏季 1970~2013 年平均降水量(单位: mm)

9.2%，图 2 给出了海南岛夏季降水的前 3 个特征向量场，反映了夏季降水异常的几个主要空间分布型，第一特征向量场表现出全省一致型，即全省一致多雨或少雨，这显然是受大尺度天气系统影响的缘故，载荷量大值区出现在北部内陆的屯昌、澄迈、东部的文昌和西部的乐东、昌江一带，说明这些地区是夏季发生旱涝的敏感区域。从第二特征向量场可以看出，降水分布情况呈现出东南部—西北部反向的分布特征，正值大值区出现在东南部的万宁、陵水、保亭，负值大值区出现在西北部的临高儋州一带，这可能是受到地形影响的结果，海南岛地形为穹型山体，中间高，四周低，气流受到山地迎风坡和背风坡作用容易形成降水反向分布的情况，但是其物理机制还有待于进一步研究。从第三特征向量场可以看出降水分布情况呈现出中部、西部地区与北部、东部地区反向的分布特征，绝对值大值区出现在北部地区的海口和中部山区的五指山、琼中，由以上分析可以看到，海南岛夏季雨型可以分为 3 大类 6 种雨型：全岛降水一致多雨(少雨)型，东南部降水偏多(少)西北部降水偏少(多)型、东南部降水偏少西北部降水偏多型、中、西部降水偏多(少)与北、东部降水偏少(多)型。

#### 4. 海南岛夏季降水的主要雨型

利用 EOF 分析得出，海南岛夏季雨型大致可以分为 3 大类 6 种雨型：

第一类：全岛降水一致型(A)，包括两种雨型，A1 型为全岛降水一致偏多，44 年中有 12 年属于 A1 型，占 27.2%，A2 型为全岛降水一致偏少，有 14 年属于 A2 型，占 31.8%。第二类：东南部—西北部降水反向型(B)，包括两种雨型，B1 型为东南部降水偏多西北部降水偏少，有 5 年属于 B1 型，占 11.3%，B2 型为东南部降水偏少西北部降水偏多，有 6 年属于 B2 型，占 13.6%，第三类：中、西部—北、东部降水反向型(C)，包括两种雨型，C1 型为中、西部降水偏少北、东部降水偏多，有 4 年属于 C1 型，占 10%，C2 型为中、西部降水偏多北、东部降水偏少，有 3 年属于 C2 型，占 7%。表 1 为这 3 大类降水在不同年代的统计情况，可以看出：在 70 年代主要以全岛降水一致型为主，80 年代三大类雨型均有出现，90 年代只有全岛降水一致型和东南—西北部降水反向型出现，而且出现的次数相当，2000 年以来，全岛一致型和中、西部—北、东部降水反向型出现的次数较多，东南—西北部降水反向型出现的次数相对较少，总的来看，近年来，降水的局地性越来越明显。



**Figure 2.** The summer precipitation in Hainan Island ((a) The first EOF; (b) The second EOF; (c) The third EOF)

**图 2.** 海南岛夏季降水第一特征场(a)、第二特征场(b)、第三特征场(c)

**Table 1.** 3 types of summer precipitation in Hainan Island decadal statistics from 1970 to 2013

**表 1.** 1970~2013 年海南岛夏季降水 3 大类型年代际统计情况

降水类型	70 年代	80 年代	90 年代	2000 年以来
A 型	8	5	6	7
B 型	1	3	5	2
C 型	1	2	0	4

## 5. 海南岛夏季降水的区域性

从第一特征向量和第二特征向量场可以看出,海南岛夏季降水存在一致型和东南西北反向型,甚至存在中部型(第三特征向量场),由于 EOF 不能清晰的表示不同地理区域的特征,因此在 EOF 的基础上进一步做最大正交方差旋转,REOF 分析是在 EOF 分析的基础上再做空间旋转,REOF 分析后的各模态在数值上反映了空间相关程度,据此可以将相关性较高的区域规划到一起[18]-[21]。因为前 4 个特征向量场的累计方差贡献达到了 80% 以上,可以用来代表降水原始向量场,因此对前 4 个特征向量进行方差最大

旋转,并由前4个旋转载荷向量场划分出海南岛夏季降水区域,我们还对比了旋转前后各主成分对降水量场方差的贡献,可以看出,旋转后载荷要比旋转前分布均匀,这是因为旋转后各主成分的意义着重表现空间的相关性分布特征,高载荷只集中在某一较小的区域,使其它大部分区域的载荷尽量接近0。从图3可以看到,第一旋转向量场的高值区主要分布在北部、东北部地区,极大值位于海口站,这种分布结构的方差贡献为30.8%。第二旋转向量场的高值区主要分布在东南部、南部地区,极大值位于保亭站,这种分布结构的方差贡献为28.3%。第三旋转向量场的高值区主要分布在中部、西北部地区,极大值位于琼中站,这种分布结构的方差贡献为22.3%。第四旋转向量场的高值区主要分布在西部、西南部地区,极大值位于东方站,这种分布结构的方差贡献为18.6%。按照载荷绝对值 $>0.5$ 的高载荷区基本布满全岛来考虑,海南岛夏季降水大致可以分为北部东北部、东南部南部、中部西北部、西部西南部4个异常区,其典型代表站分别为海口站、保亭站、琼中站、东方站(如图4)。

## 6. 典型代表站的降水量变化特征

通过前面分析可以看到,由于地域不同,海南岛夏季降水划分为4个区域,4个典型代表站可以反映出不同地区的降水特征。从图5中也可以看到,4个代表站在降水演变过程中明显不同:海口站从70年代中期到90年代中期主要处于降水偏少期,而90年代中后期以来,年际变化尺度上的波动性很大,极端旱涝年分别出现在1996年和2001年;保亭站表现出明显的年代际变化,70年代和80年代处于降水偏少期,90年代到00年代中期处于降水偏多期,00年代中后期以来降水有所减弱,极端旱涝年出现在1977年和1992年;琼中站降水从70年代到80年代中期主要处于降水偏多期,80年代中后期到2001年降水偏多、偏少年交替出现,2001年以后降水呈现出偏少趋势,典型旱涝年出现在1988年和2001年;东方站降水从70年代到80年代呈现出减少的趋势,并且在1988年达到历史极值,90年代以来降水偏多、偏少年交替出现,2005年开始降水逐渐以偏多为主,典型旱涝年分别出现在1988年和1974年。

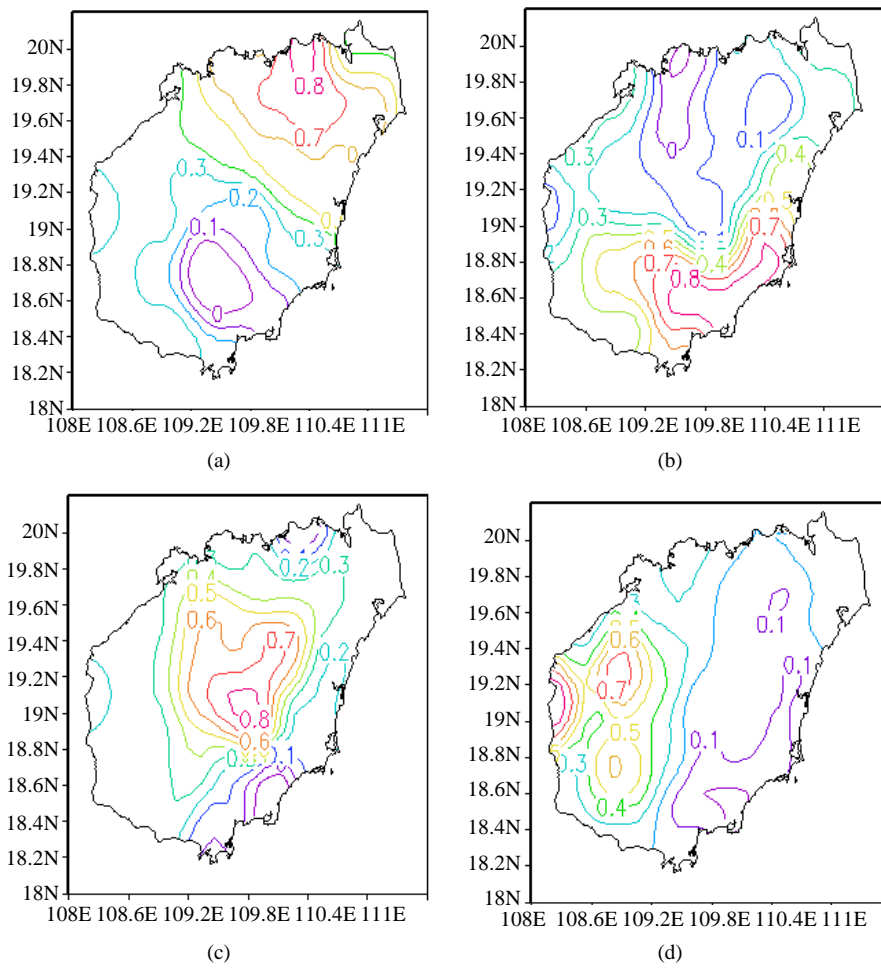
图6给出了4个典型代表站的Morlet小波分析,从图6(a)可以看到,海口站夏季降水的特征时间尺度为2年、5年、11~12年,从小波变换系数实部可以看出,2年时间尺度从90年代开始振荡比较明显,5年时间尺度的振荡从80年代开始比较明显,而11~12年时间尺度的振荡经历了降水偏多→偏少→偏多→偏少循环交替过程,2013年“0”线开始闭合,说明在11~12年时间尺度上降水开始逐渐增加;从图6(b)中可以看到,保亭站夏季降水的特征时间尺度为6年、15~16年,6年时间尺度从80年代开始振荡变得明显,15~16年时间尺度的周期振荡较6年时间尺度明显,而且2013年“0”线还未闭合,说明在15~16年时间尺度上仍然处于降水偏少期;从图6(c)中可以看出,琼中站夏季降水的特征时间尺度为3年、7年、12年,3年时间尺度的振荡从80年代中期以后变得比较明显,7年、12年时间尺度的振荡从70年代以来都比较明显,而且12年时间尺度上小波系数的等值线仍未闭合,说明在12年时间尺度上仍然处于降水偏少期;从图6(d)中可以看出,东方站夏季降水的特征时间尺度为4年、8年、18年,4年时间尺度的振荡在70年代和80年代较为明显,8年、18年时间尺度的振荡从70年代以来就较为明显。

## 7. 结论

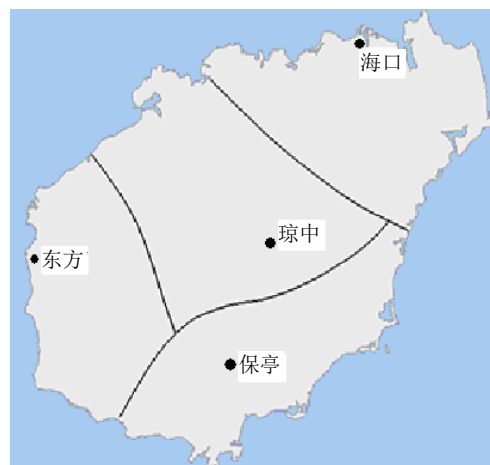
在全球气候变暖背景下,我国旱涝气象灾害日益严重,极端降水和干旱造成了很大的经济损失,本文采用EOF、REOF、小波分析等方法研究了海南岛夏季降水的时空演变特征,得出以下几点结论:

1) 海南岛夏季降水第一特征向量场为全省降水一致偏多(偏少)型,第二特征向量场为东南部—西北部降水反向分布型,第三特征向量场为中部西部地区与北部东部地区降水反向型。

2) 通过REOF分析将海南岛夏季降水划分为4个异常区:北部东北部地区、东南部南部地区、中部西北部地区、西部西南部地区、这4个异常区的典型代表站分别为海口站、保亭站、琼中站、东方站。

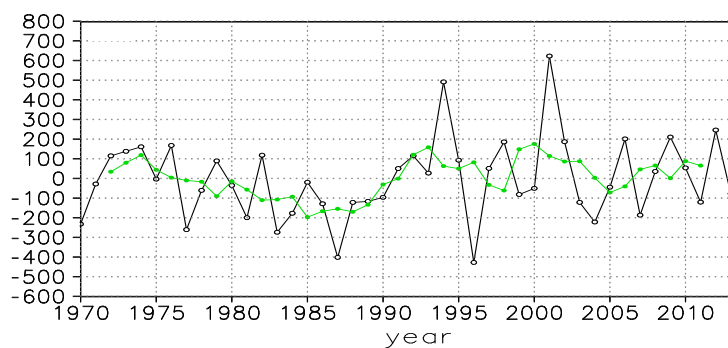


**Figure 3.** REOF rotary load vector of Summer Precipitation in Hainan from 1970 to 2013. ((a) The first rotating EOF; (b) The second rotating EOF; (c) The third rotating EOF; (d) The fourth rotating EOF)  
**图 3.** 1970~2013 年海南夏季降水 REOF 前 4 个旋转载荷向量分布。((a) 第一旋转向量场; (b) 第二旋转向量场; (c) 第三旋转向量场; (d) 第四旋转向量场)

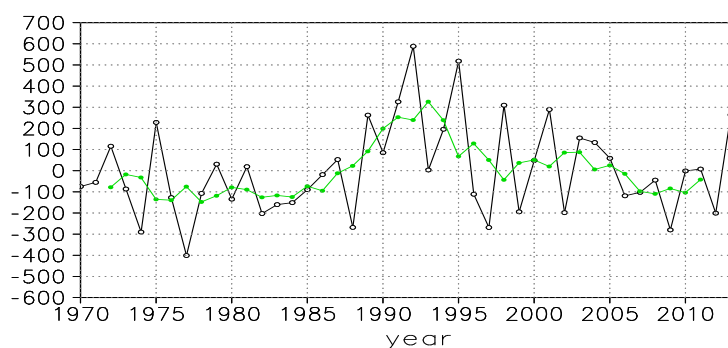


**Figure 4.** The distribution of 4 abnormal subregions  
**图 4.** 4 个异常区分布图

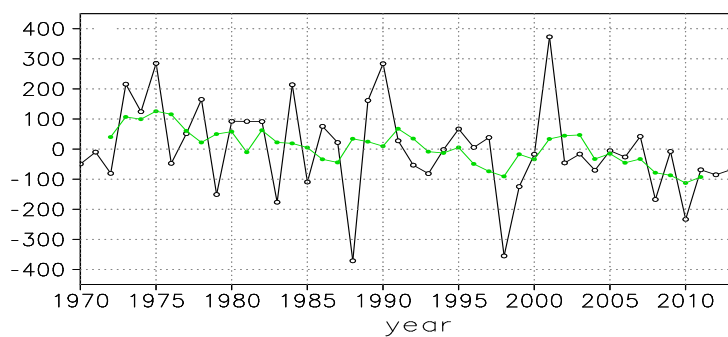




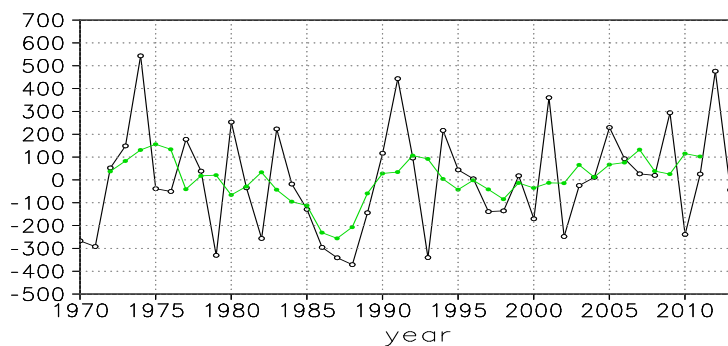
(a)



(b)



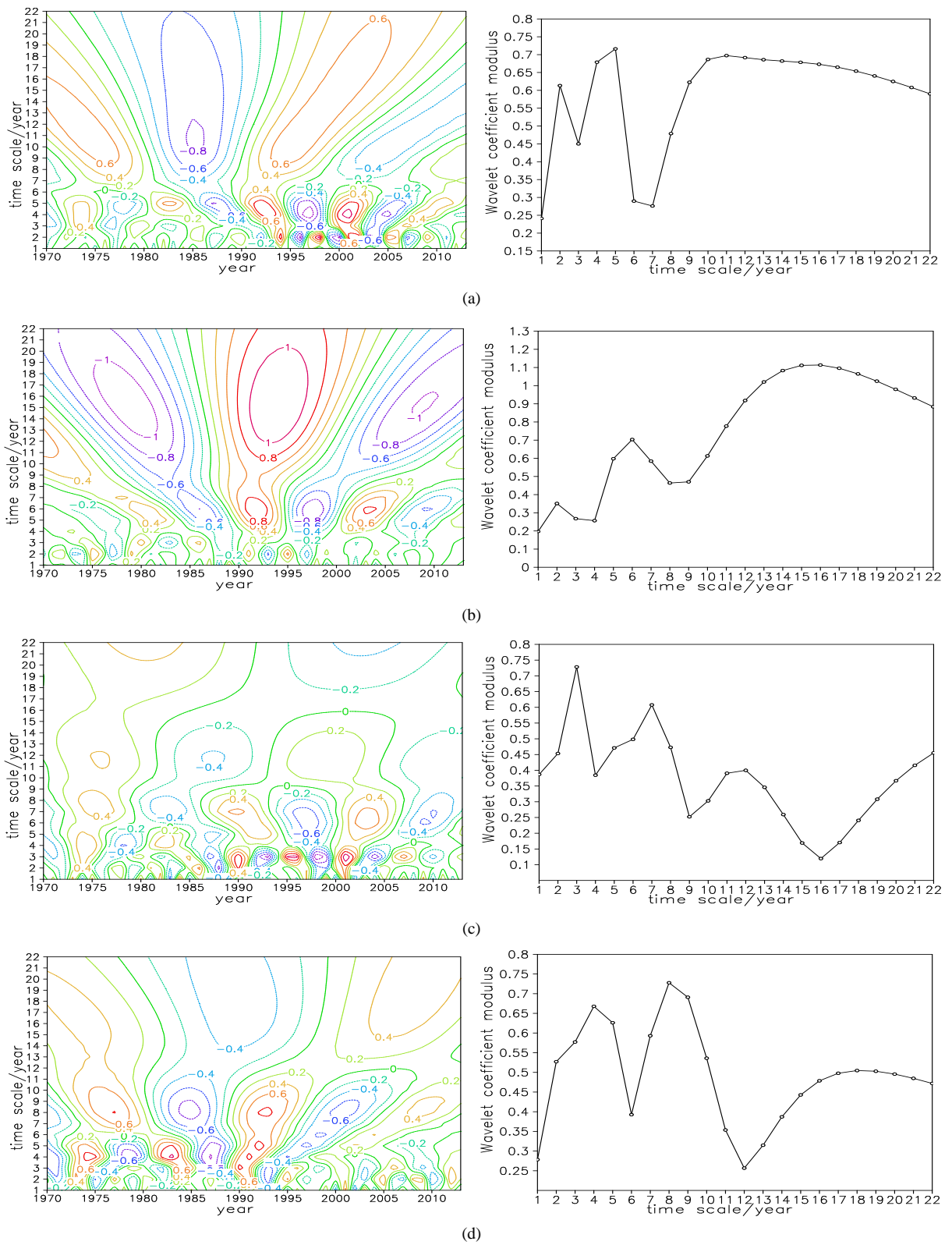
(c)



(d)

**Figure 5.** Four typical representative station's precipitation anomalies ((a) Haikou station; (b) Baoting station; (c) Qiongzong station; (d) Dongfang station)

**图 5.** 4 个典型代表站的降水距平((a) 海口站; (b) 保亭站; (c) 琼中站; (d) 东方站)



**Figure 6.** The wavelet analysis of 4 typical representative stations' rainfall ((a) Haikou station; (b) Baoting station; (c) Qiongzong station; (d) Dongfang station)

**图 6.** 4 个典型代表站小波分析((a) 海口站; (b) 保亭站; (c) 琼中站; (d) 东方站)



3) 通过小波分析得出: 海口站夏季降水的特征时间尺度为 2 年、5 年、11~12 年, 在 11~12 时间尺度上降水开始逐渐增加, 保亭站夏季降水的特征时间尺度为 6 年、15~16 年, 15~16 年时间尺度上仍然处于降水偏少期, 琼中站夏季降水的特征时间尺度为 3 年、7 年、12 年, 12 年时间尺度上仍然处于降水偏少期, 东方站夏季降水的特征时间尺度为 4 年、8 年、18 年。

## 参考文献 (References)

- [1] 曹乃和, 吴志伟, 陈新育. 长江中下游地区夏季旱涝分型及预测[J]. 气象, 2003, 29(9): 37-41.
- [2] 陈兴芳, 赵振国. 中国汛期降水预测研究及应用[M]. 北京: 气象出版社, 2000: 1-8.
- [3] 刘丽, 陶云. 云南省汛期极端强降水事件的气候特征[J]. 干旱气象, 2012, 30(1): 15-20.
- [4] 刘毅, 何金海, 王黎娟. 近 40a 重庆地区夏季降水的气候特征[J]. 气象科学, 2005, 25(5): 490-498.
- [5] 肖科丽, 赵国令, 王越, 等. 陕西汛期降水时空分布及典型旱涝年环流特征[J]. 气象科技, 2006, 34(4): 410-413.
- [6] 张庆云. 1880 年以来华北降水及水资源的变化[J]. 高原气象, 1999, 18(4): 486-495.
- [7] 施能, 陈家其. 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): 431-443.
- [8] 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.
- [9] 张志才, 陈喜, 等. 贵州降雨变化趋势与极值特征分析[J]. 地球与环境, 2007, 35(4): 351-356.
- [10] 郑思轶, 刘树华. 北京城市化发展对温度、湿度和降水的影响[J]. 气候与环境研究, 2008, 13(2): 123-133.
- [11] 王春乙. 海南气候[M]. 北京气象出版社, 2014: 5.
- [12] 何春生. 海南岛 50 年来气候变化的某些特征[J]. 热带农业科学, 2004, 24(4): 19-24.
- [13] 林培松, 李森, 李保生. 近 50 年来海南岛西部气候变化初步研究[J]. 气象, 2005, 31(2): 51-55.
- [14] 王胜, 吴坤悌, 陈明. 1961 年以来海南岛降水变化趋势分析[J]. 广西气象, 2006, 27(1): 24-27.
- [15] 杨馥祯, 吴胜安. 近 39 年海南岛极端天气事件频率变化[J]. 气象, 2007, 33(3): 107-113.
- [16] 黄彦彬, 赵酉龙, 林文实. 海南岛雷暴日的气候变化特征分析[J]. 热带作物学报, 2009, 30(12): 1887-1892.
- [17] 陈小丽, 吴慧. 海南岛近 42 年气候变化特征研究[J]. 气象, 2004, 30(8): 27-30.
- [18] 林振山. 子波气候诊断技术的研究[M]. 北京: 气象出版社, 1999.
- [19] 张剑明, 章新平, 黎祖贤, 等. 湖南省 46 年来降水的气候特征[J]. 热带气象学报, 2008, 24(5): 512-518.
- [20] 牛涛, 陈隆勋, 王文. 青藏高原冬季平均温度、湿度气候特征的 REOF 分析[J]. 应用气象学报, 2002, 13(5): 560-570.
- [21] 姚玉璧, 董安祥, 王毅荣, 等. 基于帕默尔干旱指数的中国春季区域干旱特征比较研究[J]. 干旱区地理, 2007, 30(1): 22-29.

### 期刊投稿者将享受如下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>