

胡娅敏,杜尧东,罗晓玲. 2013. 近 49 年华南“龙舟水”的降水分型. 气象,39(8):1031-1041.

近 49 年华南“龙舟水”的降水分型^{* 1}

胡娅敏^{1,2,3} 杜尧东¹ 罗晓玲^{1,2}

1 广东省气候中心,广州 510080
2 广州市气候与农业气象中心,广州 510080
3 中国气象局广州热带海洋气象研究所,广州 510080

提 要: 采用旋转经验正交函数分解法(EOF)对华南地区 1961—2009 年“龙舟水”进行了降水分型,并采用线性倾向估计法、经验模态分解(EMD)、Morlet 小波分析和 Mann-Kendall 检测等分析方法对各降水型的时空特征进行了研究。结果发现:华南“龙舟水”具有东南沿海型、北部型和西南沿海 3 种优势降水型,并存在着 6~8 a 的周期振荡。近 49 年东南沿海型(北部型和西南沿海型)呈现一致的下降(上升)趋势,华南“龙舟水”在 20 世纪 90 年代中期至今主要呈现北部型,但近几年东南沿海型和西南沿海型对应显著正距平。东南沿海型和北部型分别在 20 世纪 70 年代中后期和 90 年代初各有一次突变,而西南沿海型没有发生明显的突变。最后,从西太平洋副热带高压、阻塞高压、季风槽、低层切变线、垂直速度和整层水汽输送等方面对比了“龙舟水”期间 3 种不同降水型所对应的大气环流异同。

关键词: 华南,“龙舟水”,降水分型, EOF, 经验模态分解

中图分类号: P468 **文献标志码:** A **doi:** 10. 7519/j. issn. 1000-0526. 2013. 08. 010

Precipitation Patterns During the “Dragon Boat Water” in
South China for the Recent 49 Years

HU Yamin^{1,2,3} DU Yaodong¹ LUO Xiaoling^{1,2}

1 Guangdong Climate Centre, Guangzhou 510080
2 Guangzhou Climate and Agrometeorology Centre, Guangzhou 510080
3 Institute of Tropical and Marine Meteorology, CMA, Guangzhou 510080

Abstract: Based on the rotated empirical orthogonal function (EOF) method, the precipitation patterns during the “Dragon Boat Water” from 1961 to 2009 are analyzed. What’s more, the spatial and temporal characteristics are discussed by adopting linear tendency estimation, experimental mode decomposition (EMD), Morlet wavelet analysis and Mann-Kendall test. The results show that there are three kinds preferred precipitation patterns in Southeast Coast, the North region and Southwest Coast, respectively, and all of them show 6—8 year periodic oscillations. Southeast Coast has decreasing trend in precipitation, while the North region and Southwest Coast share an increasing trend in the past 49 years. However, the precipitation “dragon boat water” has occurred more frequently in the North region since mid 1990s, and the rainfalls in Southeast and Southwest Coast have shown positive anomalies in recent several years. Two abrupt jumps occurred in mid 1970s and early 1990s in Southeast Coast and the North region, respectively, but there was no obvious change in Southwest Coast. Finally, the different atmospheric circulation features are compared from the aspects of Northwest Pacific subtropical high, blocking high, monsoon

^{*} 国家自然科学基金青年基金项目(40905043)、中英瑞适应气候变化项目(ACCC/2010527)、中国气象局气候变化专项(CCSF2011-25)和广州市科技计划项目(2010Y1-C031)共同资助
2012 年 5 月 21 日收稿; 2012 年 12 月 4 日收修定稿
第一作者: 胡娅敏,从事短期气候预测和气候变化研究. Email: huyamin_1978@sohu. com

trough, low layer shear, vertical velocity speed and the total water vapor transport.

Key words: South China, “dragon boat water”, precipitation patterns, rotated empirical orthogonal function (REOF), experimental mode decomposition (EMD)

引 言

每年 4 月开始,中国受夏季风影响的主要雨带有 3 个,首先是 4—6 月暴雨频发的华南前汛期,其次是 6 月中旬至 7 月上旬的江淮梅雨,接着是 7 月下旬至 8 月上旬的华北雨季,这 3 个雨季的发生大多与冷空气的活动和季风涌的北上密切相关。其中,华南前汛期中降水最集中、雨量最大的过程主要发生在 5 月下旬至 6 月中旬,这是华南地区的降水高峰期,江河迅速上涨,俗称“龙舟水”(潘嘉念, 2000)。对广东的“龙舟水”研究表明,各站(除徐闻站)均在 5 月 21 日前后开始出现龙舟水害,全省最迟结束期是 6 月 20 日,“龙舟水”过程年均达 10 d 以上。而龙舟水害发生期间正是早稻抽穗开花期,若遇“龙舟水”,不利于开花授粉,加上阴雨寡照削弱光合作用,影响结实,产量下降(潘嘉念, 2000; 黄珍珠等, 2011),研究表明若此期间碰上持续 2~3 d 的暴雨过程,可造成 5%~10% 的产量流失,另外“龙舟水”对各类旱地作物也有很大影响,因此做好“龙舟水”预测是汛期中为农服务工作的重点。同时,每年这个时期前后,华南降水明显增多,江河水位已经较高,此时如遇天文大潮或台风风暴潮的顶托,使江河排水速度大大减慢,甚至发生海潮倒灌现象,水位迅速上涨,容易造成洪涝灾害,常导致局地性山洪爆发、泥石流和山体滑坡等地质灾害,也可导致江河水位上涨,造成严重的暴雨洪涝。

2008 年,广东遭遇了历史上最强的“龙舟水”,全省平均雨量达到 629 mm,较常年同期偏多 1 倍,创广东有完整气象记录(1951 年)以来的历史新高,18 个市(县)破当地历史最高纪录。期间广东连续出现 4 次强降水过程,降水集中期长达 23 d,全省 80 个市(县)出现暴雨以上强降水,51 个市(县)出现大暴雨,惠东、阳江、东莞分别出现日雨量 398、356 和 344 mm 的特大暴雨。由于此次过程的持续时间长、降水强度大、影响范围广,导致广东大部分地区遭遇严重洪涝灾害,农业、水产养殖业和交通等

受到严重影响,直接经济损失约 53 亿元人民币(林良勋等, 2009; 王婷等, 2008)。因此,若能提前做出准确的短期气候预测,扬长避短,发挥气候优势,合理搭配品种和适时播种,使关键生育期避开“龙舟水”出现最盛期,可有效提高农业生产产量。

当前对于江淮梅雨和华南前汛期的研究工作非常多,尤其是有关降水分型的研究(胡娅敏等, 2010; 吴丽姬等, 2007),而对“龙舟水”的研究大多只是对于个例及其总体特征进行分析(林良勋等, 2009; 王婷等, 2008; 唐竹胜等, 2010; 范伶俐等, 2009),对于华南地区“龙舟水”的气候特征,尤其是降水分型工作研究还不多,由于“龙舟水”发生的时间和地点对农业生产生活有较大影响,因此做好“龙舟水”预测是汛期中为农服务工作的重点,事实上,从地区预报的实用角度,如果知道更细致的雨区分布特征,如:降雨落区是偏东或是偏北,具体什么地方降水多、什么地方降水少,这对于农业生产的安排非常重要,而研究华南“龙舟水”的气候特征及环流特征是短期气候预测中首要开展的工作。本文旨在充分认识“龙舟水”(5 月 21 日至 6 月 20 日)发生地域的气候特征以及影响“龙舟水”的环流系统,为短期气候预测提供可参考的背景分析和预测依据。本文首先分析华南“龙舟水”期间的气候平均值特征,然后利用旋转经验正交函数分解(rotated empirical orthogonal function, REOF)找出华南地区“龙舟水”的主要降水分布型,分析各雨型对应的时空分布特征,并对得到的不同降水型进行年份合成,讨论影响各种“龙舟水”降水型的大气环流特征,为华南地区短期气候预测提供可能的气候背景参考,并为政府决策部门提供前期技术指导,以便于布置防灾减灾工作。

1 资料和研究方法

1.1 数据来源

华南地区定义为 104°E 以东, 28°N 以南的地区,主要包括:广东、广西、海南、贵州、湖南、江西和

福建共7个省(区)。根据“龙舟水”与早稻开花结实关系试验和调研资料分析,“龙舟水”的标准定义为5月21至6月20日期间的降水总量(潘嘉念,2000)。

本文所用再分析资料取自美国NCEP/NCAR Reanalysis 1逐日资料集(时段为1961—2009年,水平分辨率为 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$)与中国气象局国家气象信息中心整编的1961—2009年华南地区的100个台站的逐日降水资料。

1.2 研究方法

本文主要使用的分析方法有:

(1) 旋转经验正交函数分解(REOF)是在经验正交函数分解 EOF)的基础上,选择一个正交旋转矩阵,使原始矩阵旋转以后的列向量元素平方的方差达最大,从而使原要素场的信息特征集中映射到荷载场所表示的优势空间上。它可以将空间场上与主成分相关的高值区集中在一个较小的范围内,从而更容易识别空间型;旋转后每一个空间点只与一个主成分存在高相关(刘燕等,2007)。旋转后的典型空间分布结构清晰,不但可以较好地反映不同区域的变化,而且可以反映不同地域的相关分布状况。

(2) 经验模态分解(empirical mode decomposition, EMD)(张明阳等,2007),即逐级进行平稳化处理,把不同周期的波动从原信号中分离出来,并且该波动是平稳的,不同尺度的波动被定义成为本征模态函数(intrinsic mode function, IMF),不同的 IMF 分量是平稳信号,具有非线性特征,IMF 波动分量具有显著的缓变波包的特性,这意味着不同特征尺度波动的波幅随时间变化,因而也具有时间上的局域化特征。EMD 分解过程就是依次提取各个 IMF 分量的过程,每次提取都将高频信号分离出,剩下低频信号,最后得到趋势分量是单调函数或者均值函数。另外,EMD 方法依据数据自身的时间尺度特征来进行信号分解,无须预先设定任何基函数。这一点与建立在先验性的谐波基函数和小波基函数上的傅里叶分解与小波分解方法具有本质性的差别。

(3) 运用线性倾向估计法和 EMD 分析各旋转空间模对应时间系数的趋势变化。

(4) 采用 Morlet 小波分析法(Torrence et al,

1998)来分析各旋转空间模对应的时间系数总体周期变化特征,并通过对资料双向对称延伸来减弱边界效应的影响(林振山等,1999)。同时,采用 EMD 方法分析各局域化的周期特征。

(5) 根据 Mann-Kendall(M-K)法分析近49年来各旋转空间模发生的突变过程。M-K 法是一种非参数统计检验方法,分别按时间顺序和逆序对所研究的时间序列构造两个统计量 UF 和 UB ,当 UF 和 UB 两条曲线出现交点,交点对应的时刻便是突变开始的时间。

详细了解各分析方法可参阅文献(魏凤英,1999)。

2 结果与分析

2.1 “龙舟水”气候平均值的特征

图1a给出了“龙舟水”期间的气候态降水量的空间分布,其量值为150~450 mm,有5个降水中心,分别位于福建北部、广东东北部、广东珠江口以西地区、广西北海地区和广西东北部,它们均超过了300 mm,除华南西部山区的降水为150 mm,其余大部分地区为200~250 mm。计算“龙舟水”期间的降水量占5~6月降水总量的比值(图1b),华南大部的降水量都超过了50%,其中沿海地区、海南省以及华南西部的山区,在“龙舟水”期间的降水超过这两月降水总量的55%以上。

2.2 近49年“龙舟水”的主要模态

REOF 是进行各种气象要素场的分型区划的较好方法,它得到的主要雨型不仅可以反映降水的主要气候特征和规律,而且不同雨型之间环流成因差异也是显著的。因此,本文利用华南地区100个台站1961—2009年逐日降水资料,采用 REOF 分析方法研究华南地区“龙舟水”期间的降水分型。REOF 法对华南“龙舟水”期间降水展开的前3个特征向量方差贡献分别为23.0%、19.1%和16.2%,累计方差达58.3%。对分解出来的3个特征向量采用特征值误差范围方法检验,即利用 North 等(魏凤英,1999)的经验方法对其取样误差进行评估,结果表明它们之间是可分的,也是稳定的,因此这3

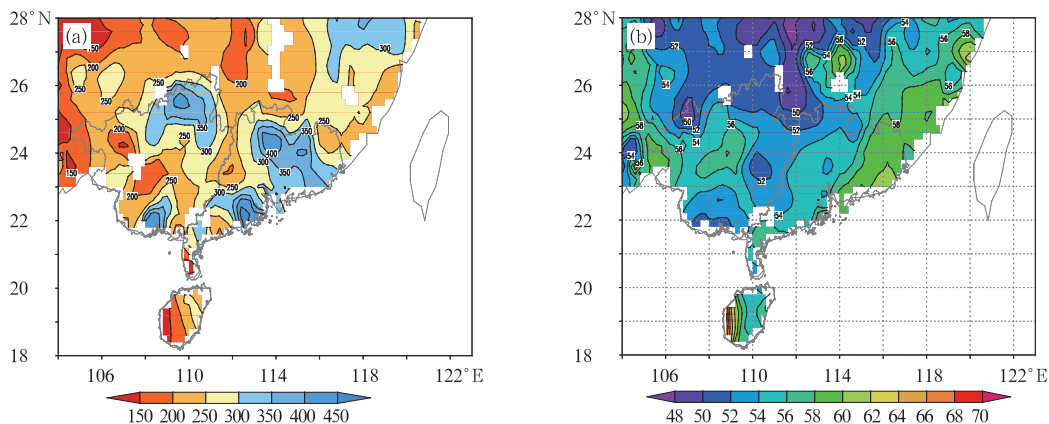


图 1 “龙舟水”期间的降水气候平均值(a,单位:mm)及其占 5—6 月降水量的比值(b)

Fig. 1 Climatic mean precipitation during the “dragon boat water” (a, unit; mm) and the ratio to total precipitation in May and June (b)

个特征值所对应的 REOF 是有价值的信号。所以,我们取前 3 个旋转空间模来描述“龙舟水”期间降水的区域分布特征。

从图 2 可以看出,3 种分布型的高荷载地域中心的空间分布结构分别位于:东南沿海地区、北部地区和西南沿海地区,因此对华南“龙舟水”期间这 3 种雨型分别命名为:东南沿海型、北部型和西南沿海型。各降水型的主要特点表现如下:

第一旋转空间模为东南沿海型,如图 2a 所示。该型雨带主要分布在东南沿海地区,呈东北—西南走向发展,最大降水中心位于广东东部和福建大部。采用线性倾向估计法和 EMD 方法均得到,近 49 年其时间序列图在演变中呈现一致的下降趋势(但没有通过 $\alpha=0.05$ 的显著性水平检验),尤其是 20 世纪 80 年代中期至 2005 年主要以负距平为主,但近几年有增加趋势。

第二旋转空间模为北部型,如图 2b 所示。主要雨带位于华南北部偏东地区,降水中心位于福建北部、江西和湖南大部以及广东和广西的北部。其时间系数图表现出非常明显的年代际变化,20 世纪 60 年代中期至 90 年代前期华南地区的降水呈现反相分布形势,而 20 世纪 90 年代中期至今,主要呈现该模态的降水分布型,采用线性倾向估计法和 EMD 均得到,近 49 年其时间序列图在演变中呈现上升趋势(但没有通过 $\alpha=0.05$ 的显著性水平检验)。

第三旋转空间模是西南沿海型,如图 2c 所示。主要雨带位于华南西南沿海地区,最大降水中心位

于广东西部和广西东部地区。其时间序列图表现线性上升趋势(但没有通过 $\alpha=0.05$ 的显著性水平检验),而采用 EMD 方法分析得到 20 世纪 60 年代初期至 80 年代初期表现为减少趋势,自 20 世纪 80 年代之后呈现上升趋势。其年代际变化明显,20 世纪 70 年代中期至 80 年代中期和 90 年代中期至 2006 年处于年代际偏少阶段,而 20 世纪 90 年代初至 90 年代中期处于年代际偏多阶段,尤其是 2009 和 2010 年显著偏多。

三种空间分布型分别与吴丽姬等(2007)对华南前汛期季风爆发前区域持续性暴雨雨型分布的第二型、第三型和第一型相对应。

M-K 突变分析(图略)表明:东南沿海型和北部型分别在 20 世纪 70 年代中后期和 90 年代初有一次突变(在 $\alpha=0.05$ 显著性水平上是显著的),其中前者在 20 世纪 70 年代中期之前降水偏多,之后转为偏少的年代际背景下,这与全球气温突变一致,而后者在 90 年代之前处于偏少背景,之后转为偏多背景。但西南沿海型没有发生明显的突变。

采用 Morlet 小波分析各降水型对应的时间周期特征,得到东南沿海型(图 3a)、北部型(结果同图 3a)和西南沿海型(结果同图 3a)均具有 6~8 a(通过 $\alpha=0.05$ 显著性水平检验)、16 和 32 a 的周期。采用 EMD 方法得到东南沿海型(图 3b)、北部型(结果同图 3b)和西南沿海型(结果同图 3b)的 IMF2 分量、IMF3 分量和 IMF4 分别具有 8、16 和 32 a 的周期(3 种周期均通过 $\alpha=0.05$ 显著性水平检验),可

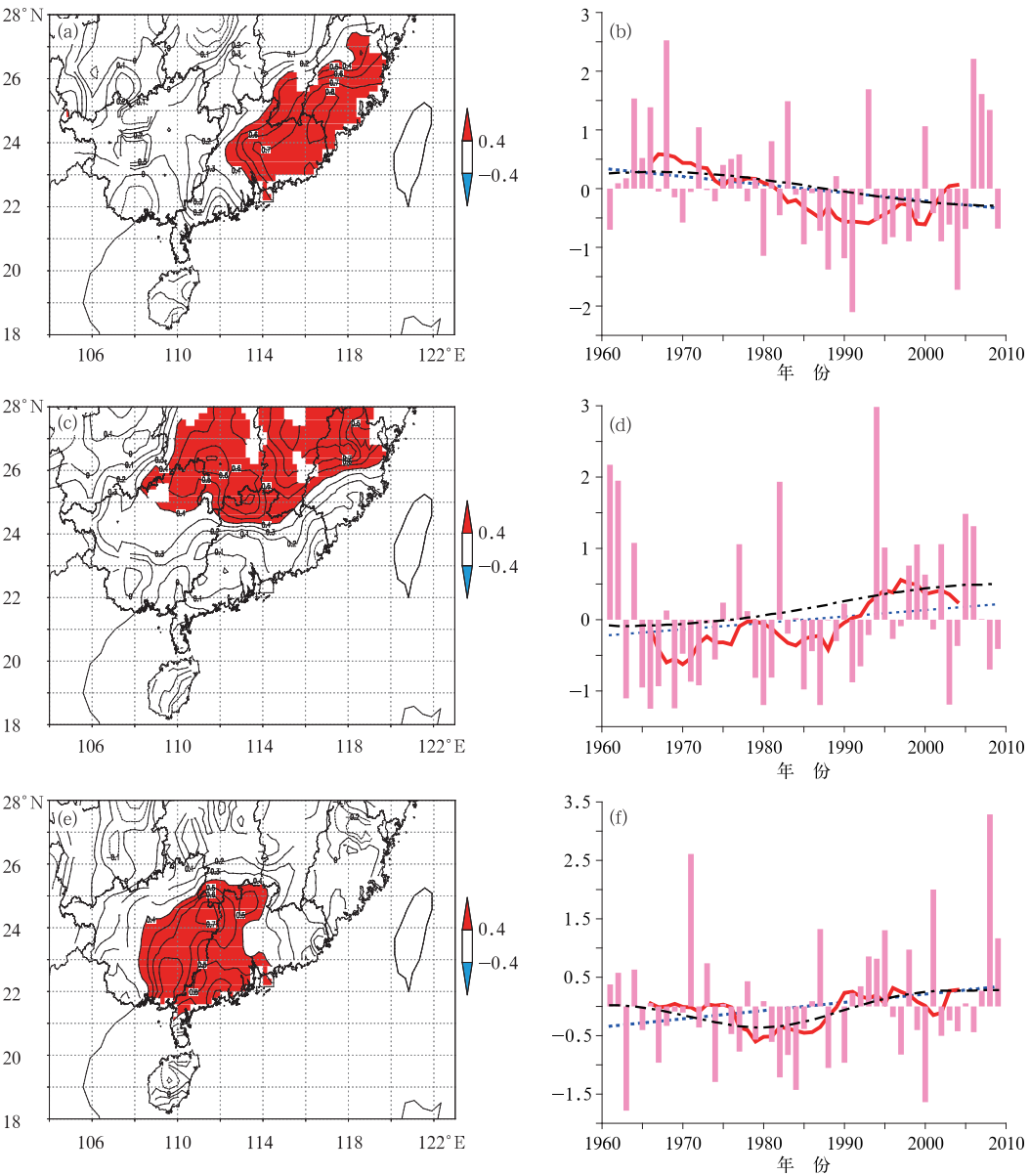


图 2 REOF 的第一至第三旋转空间模(a, c, e)及其对应的时间系数(b, d, f)
(虚线是线性趋势,点划线是 EMD 方法得到的趋势,实线是 11 a 滑动平均)

Fig. 2 The first, second and third rotated spatial modes (a, c, e) based on REOF
and their corresponding time series (b, d, f)
(dashed lines are linear trends, dotted lines are trends from EMD and
solid lines are the 11 year moving mean value)

以看出两种方法对“龙舟水”的周期分析结果一致。

2.3 各主要模式对应的环流型

研究表明,影响一个地区旱涝分布的成因有很多,如:太阳辐射、下垫面(海温、海冰、积雪和陆面过程等),但最直接和根本的原因是大气环流的影响。基于此,本文仅分析影响不同区域降水型的大气环

流的配置异同,取绝对值大于 1.0 的时间系数对应的旋转空间模作为对应空间型的典型代表年(表 1),然后对各降水型进行合成分析。近 49 年中第一和第二空间分布型出现概率较第三空间分布型略多。

首先,分析近 49 年平均的“龙舟水”期间的环流特征(图 4):如图 4a 所示,500 hPa 高度场上西太平

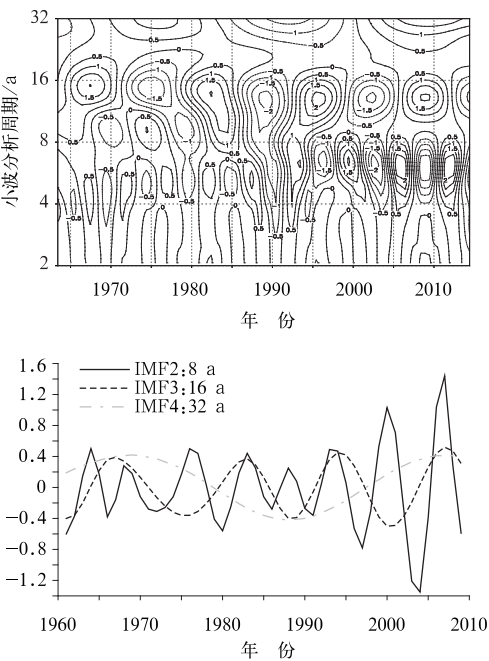


图 3 东南沿海型的周期分析

(a) Morlet 小波分析变换系数实部的时频分布, (b) EMD 得到的 IMF2~IMF4 分量

(对应的周期均通过了 $\alpha=0.05$ 的显著性水平检验)

Fig. 3 Period analysis of the precipitation in Southeast Coast

(a) time-frequency diagrams for the real part of Morlet wavelet transform coefficients, (b) components of IMF2—IMF4 based on EMD (the corresponding periods have passed the $\alpha=0.05$ significance level test)

洋副热带高压(以下简称西太副高)呈带状分布,脊线在 $21^{\circ}\sim 22^{\circ}\text{N}$ 附近摆动,孟加拉湾地区稳定一维持低压槽,使华南地区盛行西南风,另外,在中高纬地区雅库茨克—鄂霍茨克海维持一高压(以下简称鄂海高压),而我国东北建立了稳定的宽槽,东北低槽正好与高纬的阻塞形势形成一稳定的偶极型,这种下游稳定的形势,使冷空气主要沿东北低压后部南达到华南地区,在此处与来自孟加拉湾的偏南气流形成稳定的对峙局面,导致降水过程持续不断,大雨、暴雨频繁出现;在对流层低层 850 hPa 上,孟加拉湾地区的季风槽非常明显,槽前的西南暖湿气流不断向华南输送暖湿空气,并与南下冷空气频繁交汇,产生层结不稳定,为降水的产生提供了非常有利的低层环流背景(图 4b);垂直速度在华南地区 $22^{\circ}\sim 28^{\circ}\text{N}$ 维持一强的上升运动(图 4d);(4) 华南地区的水汽输送主要来自孟加拉湾和南海地区的热带季风暖湿气流,同时,沿着副高的西南侧有一东南暖湿气流也源源不断地输送过来(图 4c)。

东南沿海型、北部型和西南沿海型的“龙舟水”期间环流特征差异(图 5~图 7):(1) 对流层中层 500 hPa 高度场,东南沿海型在中高纬地区鄂海高压和贝加尔湖低压(以下简称贝低压)较气候平均态偏强,同时西太副高的带状分布较平均值更狭窄,脊线位置偏南(图略),这种配置有利于雨带偏南;而北部型的鄂海高压较平均值偏弱,西太副高面积较气候平均值偏大、脊线位置偏北、西伸脊点偏西(图

表 1 REOF 的前 3 个主要模态对比

Table 1 Comparison of the first three REOF modes

分布型		占总方差比例/%	典型涝年	典型旱年	涝(旱)年 年数
第一空间模	东南沿海型	23.0	1964, 1966, 1968, 1972, 1983, 1993, 2000, 2006, 2007, 2008	1980, 1988, 1990, 1991, 2004,	10(5)
			1961, 1962, 1964, 1977, 1982, 1994, 1995, 1999, 2002, 2005, 2006	1963, 1965, 1966, 1969, 1980, 1985, 1987, 2003	11(8)
第二空间模	北部型	19.1	1971, 1987, 1995, 2001, 2008, 2009	1963, 1967, 1974, 1982, 1984, 1988, 1990, 2000	6(8)
第三空间模	西南沿海型	16.2			
合计		58.3			27(21)

注:下划实线年:东南沿海型和北部型相同年份;下划虚线年:西南沿海型和北部型相同年份;方框年:东南沿海型和西南沿海型相同年份。

略);西南沿海型中高纬地区两高一低的环流形势较气候平均值更为显著,同时副高面积较气候平均值

偏大、西伸脊点偏西、脊线位置偏南(图略);(2) 850 hPa 低层风场上,来自于南海北部的异常反气旋西

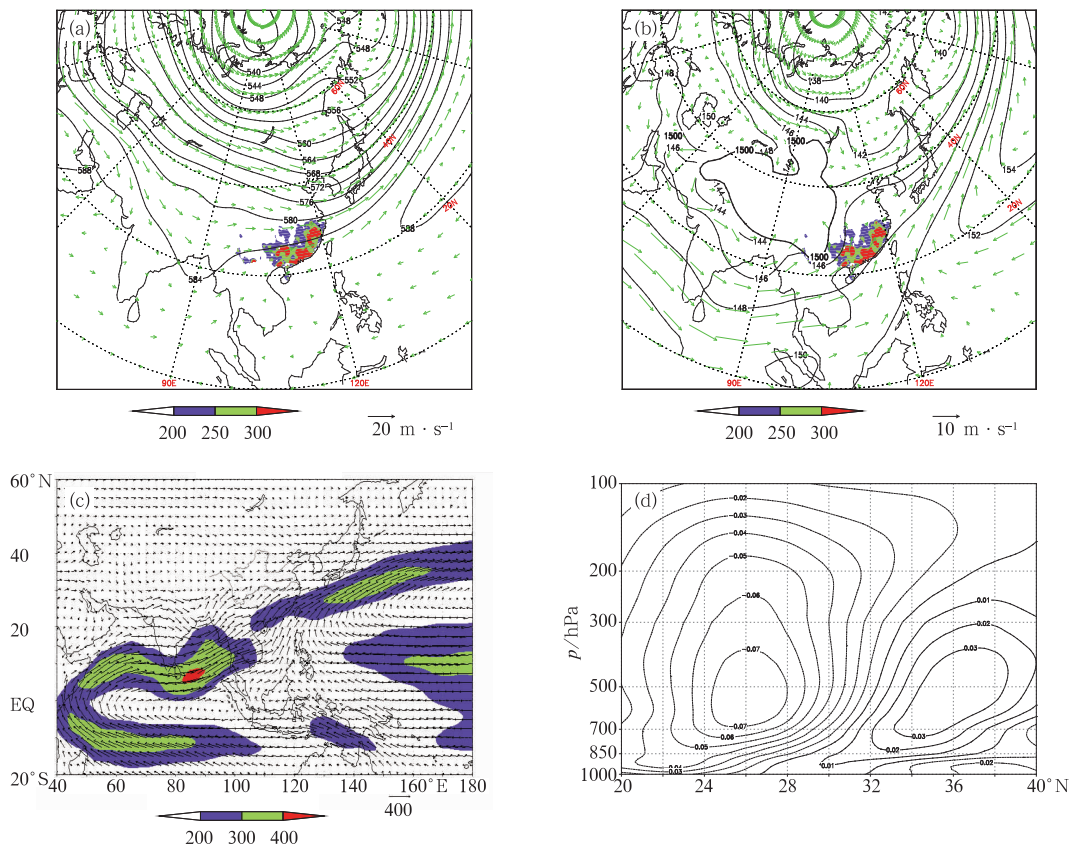


图 4 近 49 年平均的“龙舟水”期间环流
(a) 500 hPa 高度场(单位:dagpm)及风场(单位: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$), (b) 850 hPa 高度场(单位:dagpm)和
风场(单位: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$), (c) 整层水汽输送(单位: $\text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$),
(d) 垂直速度场(单位: $\text{Pa} \cdot \text{s}^{-1}$)
(a~b 中的阴影区为“龙舟水”期间的降水量,单位:mm)

Fig. 4 Climatic circulation patterns during the “dragon boat water” for the recent 49 years
(a) 500 hPa geopotential height (unit: dagpm) and wind field (unit: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$),
(b) 850 hPa geopotential height (unit: dagpm) and the wind field (unit: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$),
(c) total water vapor transport vector (unit: $\text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$),
(d) vertical velocity field (unit: $\text{Pa} \cdot \text{s}^{-1}$)
[shaded areas in (a) and (b) are the total rainfall, unit: mm]

北侧的暖湿气流与日本东部的异常气旋西北侧携带的冷空气交汇于华南的东南沿海地区造成东南沿海型降水(图 5b);来自于西北太平洋上异常的反气旋西北侧携带的暖湿气流与鄂霍茨克海上异常气旋的西南侧携带的冷空气交汇在华南北部形成北部型降水(图 6b);而西北太平洋上异常的反气旋较北部型更为偏西偏北,其西南侧携带的暖湿气流与贝加尔湖西北部的异常气旋的西南侧携带的冷空气交汇于华南西南沿海地区形成西南沿海型降水(图 7b);(3) 东南沿海型的水汽输送主要是来自于沿青藏高原南麓的异常西风输送和南海北部的异常反气旋的

西北侧的水汽输送至华南东南沿海地区(图 5c),北部型来自南海和西太副高西南侧的异常偏南水汽输送较强,一直把水汽输送至华南北部地区(图 6c),而西南沿海型的水汽主要来自于华南东部沿海的异常反气旋西南侧的水汽输送(图 7c);(4) 东部沿海型沿 116°E 的垂直速度在华南北部 $22^{\circ} \sim 26^{\circ}\text{N}$ 呈现一致的上升(图 5d),而北部型沿 116°E 的垂直速度在华南北部 $24^{\circ} \sim 30^{\circ}\text{N}$ 呈现一致的上升(图 6d),西南沿海型沿 112°E 的垂直速度在华南北部 $20^{\circ} \sim 22^{\circ}\text{N}$ 呈现上升(图 7d)。

从上述环流的合成分析,可以得到:影响华南地

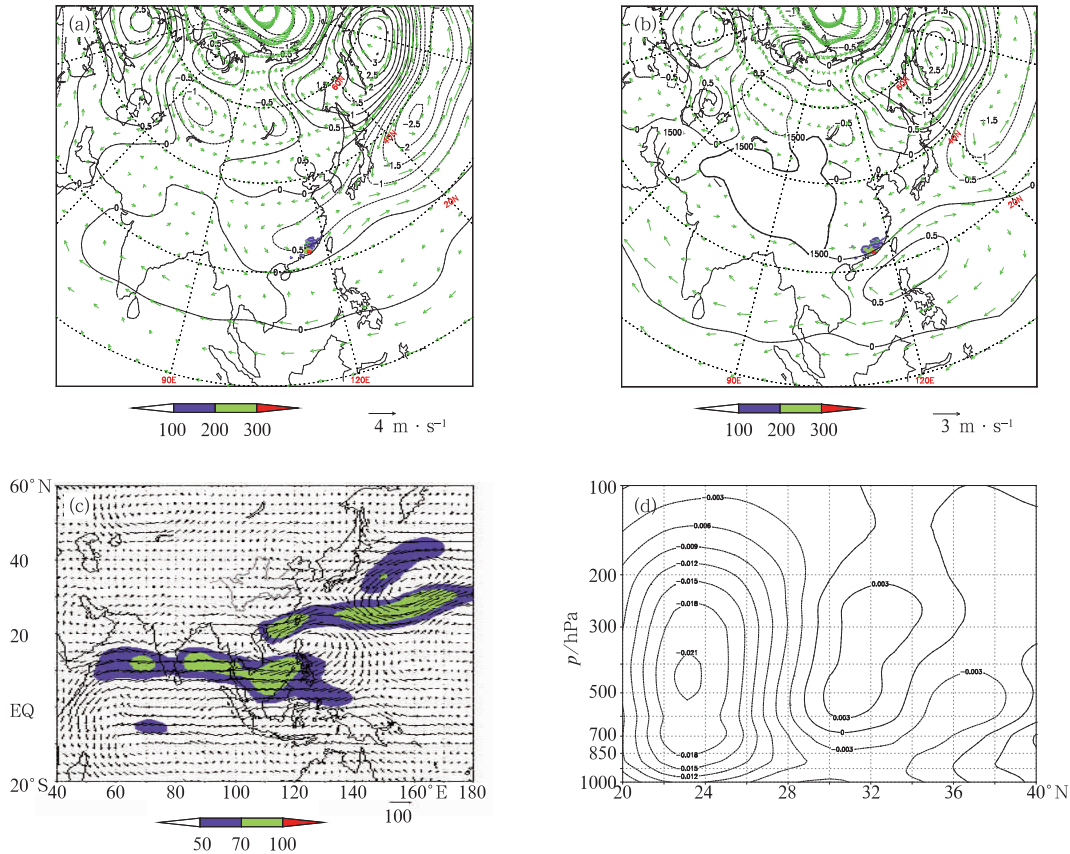


图 5 东南沿海型的环流距平场

(a~d 的图例说明同图 4; a~b 中的阴影区为降水距平, 单位: mm; a~b 中的等值线为位势高度场, 单位: dagpm)

Fig. 5 Circulation anomaly fields in Southeast Coast

[the illustration of (a)~(d) are the same as Fig. 4; shaded areas in (a) and (b) show the precipitation anomalies, unit: mm, and contours in (a) and (b) are the geopotential height, unit: dagpm]

区“龙舟水”的大气环流型和影响江淮梅雨(胡亚敏等, 2010)的环流因子基本一致, 南面季风槽和副高西南侧携带暖湿气流和来自北方的冷空气在华南或江淮地区长时间交汇造成, 不同之处是随着季风的北推和西太副高的北跳, 雨带从 5 月下旬至 6 月中旬的华南地区移至 6 月中旬至 7 月上旬江淮地区, 华南“龙舟水”期间的降水有锋面降水和热带季风降水两种, 有时候两种降水同时发生, 当南海季风爆发后, 主要以对流性降水为主; 但当南海季风爆发前或是中断或是北方有弱冷空气活动时, 以锋面降水为主, 如果碰上情况比较特殊的时候, 则两种降水同时相互作用, 往往造成华南地区长时期大范围的降水(郑彬等, 2007), 而江淮梅雨主要是锋面性质的降雨, 但是锋面的强度与季风的强度密切相关。

3 结论和讨论

由于“龙舟水”发生的时间和地点对农业生产、生活有较大影响, 因此做好“龙舟水”预测是汛期中为农服务工作的重点, 而研究华南“龙舟水”的气候特征及环流特征是短期气候预测中首要开展的工作。本文采用 REOF 分析研究 1961—2009 年华南地区“龙舟水”发生地域的气候特征, 并采用统计方法分析了各降水空间型的趋势特征、周期振荡和突变现象, 并从西太副高、阻塞高压、季风槽、低层切变线、垂直速度和整层水汽输送对比分析了不同雨带所对应的大气环流系统异同, 为今后开展华南“龙舟水”的短期气候预测提供了气候背景分析和预测指

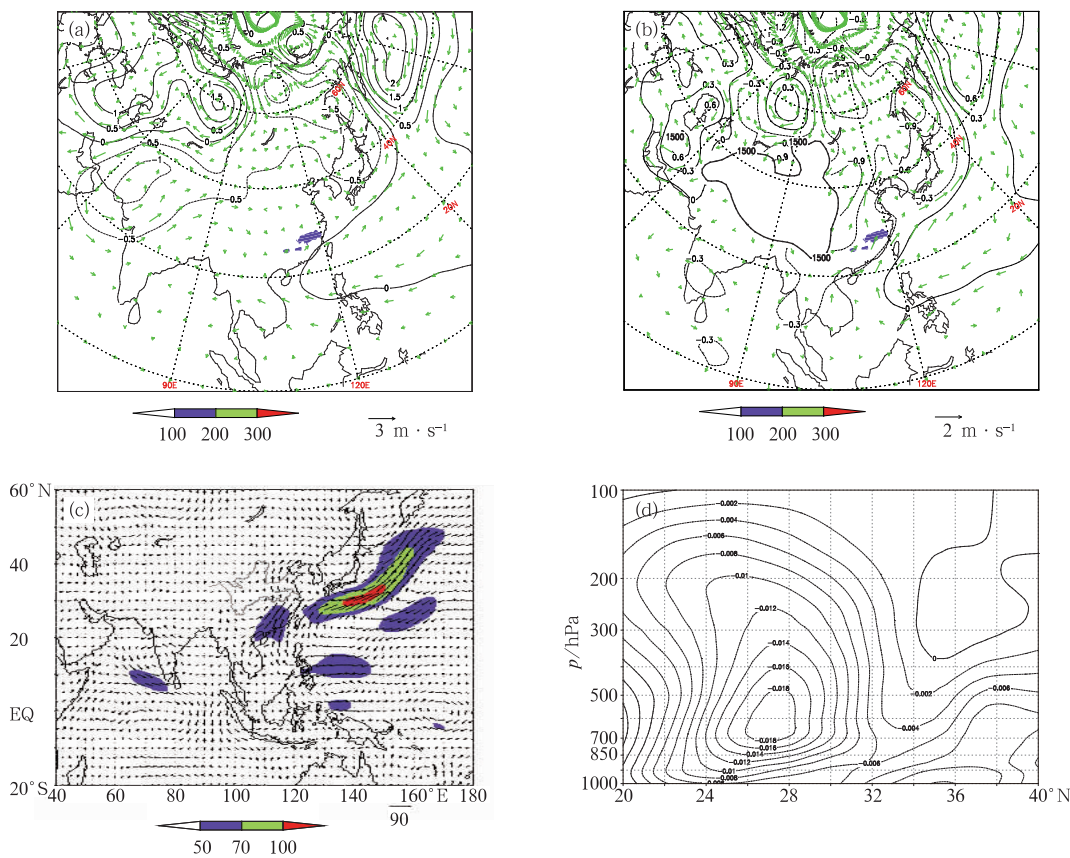


图 6 说明同图 5,但是对北部型

Fig. 6 The same as Fig. 5, but for the North region

导。主要结论如下:

(1) 采用 REOF 分析得到,华南“龙舟水”期间主要有 3 种降水模态——东南沿海型、北部型和西南沿海型。各降水型的时间序列表现出不同的变化特征,近 49 年东南沿海型呈现一致的下降趋势,但近几年有增加趋势;北部型呈上升趋势,尤其是 20 世纪 90 年代中期之后至今;西南沿海型年代际变化显著,近 2 年显著偏多。从 3 种模态的气候趋势表明,近几年“龙舟水”降水几乎是全区域型的偏多,而实况也是如此,如:2005、2006 和 2008 年整个华南地区“龙舟水”降水均偏多。

M-K 突变分析得到:东南沿海型和北部型分别在 20 世纪 70 年代中后期和 90 年代初有一次突变(通过 $\alpha=0.05$ 显著性水平检验),而西南沿海型没有发生明显的突变。

Morlet 小波分析和 EMD 得到各旋转空间模对应时间序列具有 6~8 a 的周期振荡(通过 $\alpha=0.05$ 显著性水平检验)。

(2) 影响 3 种龙舟降水型的大气环流特征存在显著不同:(a) 500 hPa 高度场,东南沿海型在中高纬地区鄂海高压和贝加尔湖低压偏强,同时西太副高的带状分布更狭窄,脊线位置偏南,有利于雨带偏南;而北部型鄂海高压偏弱,西太副高面积偏大、脊线偏北、西伸脊点偏西;西南沿海型中高纬地区两高一低的环流形势较气候态更为显著,同时副高面积偏大、西伸脊点偏西、脊线位置偏南;(b) 850 hPa 低层风场上,来自于南海北部的异常反气旋西北侧的暖湿气流与日本东部的异常气旋西北侧携带的冷空气交汇于东南沿海地区造成东南沿海型降水;来自于西北太平洋上异常的反气旋西北侧携带的暖湿气流与鄂霍茨克海上异常气旋的西南侧携带的冷空气交汇在华南北部形成北部型降水;而西北太平洋上异常的反气旋较北部型更为偏西偏北,其西南侧携带的暖湿气流与贝湖西北部的异常气旋的西南侧携带的冷空气交汇于华南西南沿海地区;(c) 东南沿海型的水汽输送来自于沿青藏高原南麓的异常西风

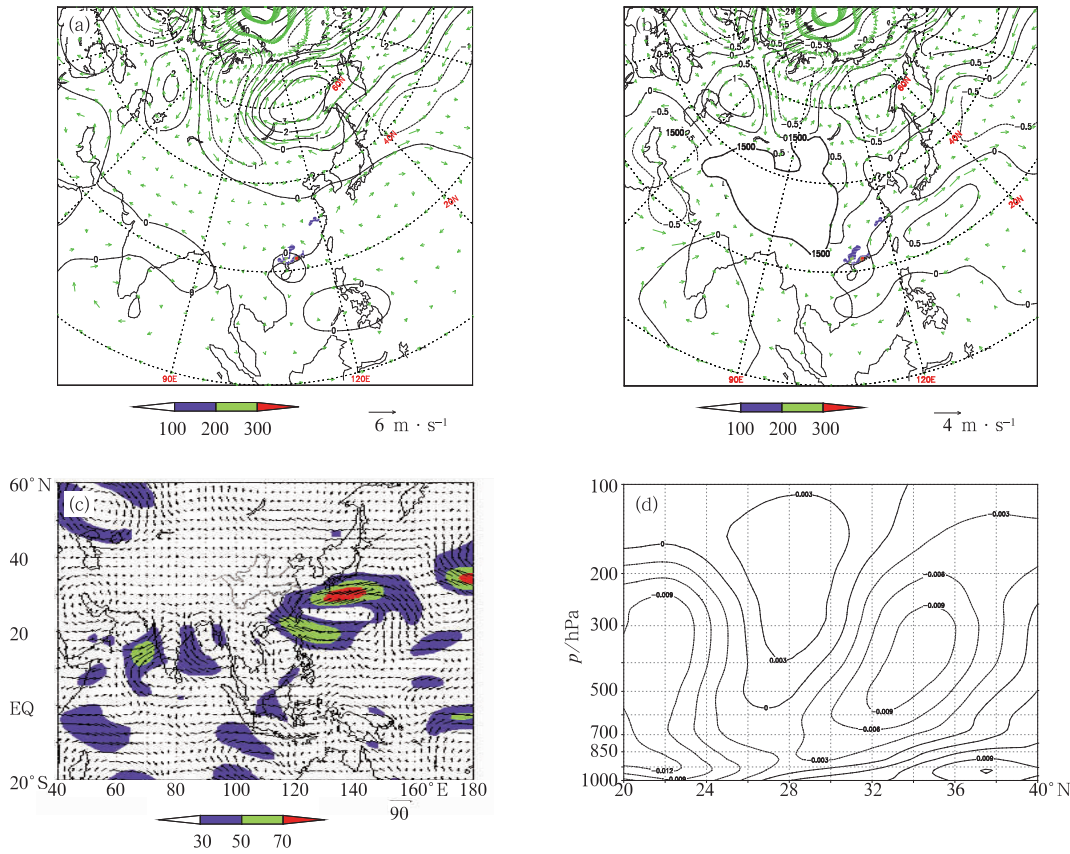


图 7 说明同图 5,但是对西南沿海型

Fig. 7 The same as Fig. 5, but for Southwest Coast

输送和南海北部的异常反气旋的西北侧的水汽输送,北部型来自南海和西太副高西南侧的异常偏南水汽输送较强,一直把水汽输送至华南北部地区,而西南沿海型的水汽主要来自于华南东部沿海的异常反气旋西南侧的水汽输送;(d) 东部沿海型沿 116°E 的垂直速度在华南东部 22°~26°N 呈现一致的上升,而北部型沿 116°E 的垂直速度在华南东部 24°~30°N 呈现一致的上升,西南沿海型沿 112°E 的垂直速度在华南西南地区 20°~22°N 呈现上升。

华南“龙舟水”是一种局地的气候现象,“龙舟水”发生的时间和地点对农业和人民的生产生活有较大影响,本文得到 3 种降水型的气候趋势和周期特征,以及对应的环流型都是短期气候预测的准备工作。将来可根据不同降水型的趋势特征及周期性,从统计角度建立模型对未来年份的“龙舟水”进行预测,同时根据本文研究得到的环流配置型,结合数值预报产品的结果,找出两者相似的环流系统,从而可对未来年份的“龙舟水”进行预测,如果统计预

报和数值预报结论相近,基本可确定未来年份的“龙舟水”降水分布型。

另外,本文分析指出华南“龙舟水”和江淮梅雨一样都是冷暖空气的长时间交汇造成,其交汇地区主要受西太副高控制。本文仅从统计分析和大尺度环流配置的角度对其发生的降水型进行了初步分析,今后可参考对江淮梅雨的研究,开展影响“龙舟水”的内部环流和外强迫因子研究,从而建立华南“龙舟水”的物理预测模型,尽早为政府提供“龙舟水”害的防御对策与措施。同时,可针对东南沿海型和北部型分别在 20 世纪 70 年代中后期和 90 年代初的突变,开展成因分析,是否与孟加拉湾季风结束偏早有关(李聪等,2012)。另外,本文主要从月尺度开展了“龙舟水”的研究,今后可深入对“龙舟水”的降水过程开展天气分型工作,对比分析多种模式对“龙舟水”降水预测的效果检验(张国华等,2011),更细致地研究“龙舟水”降水的特征,以期更好地为生产生活服务。

参考文献

范伶俐,郭品文. 2009. 广东“龙舟水”降水量成因分析. 广东海洋大学学报,29(6):61-67.

胡娅敏,丁一汇,廖菲. 2010. 近 52 年江淮梅雨的降水分型. 气象学报,68(2):235-247.

黄珍珠,王华,陈新光,等. 2011. 气候变化背景下“龙舟水”特征及其对广东早稻产量的影响. 生态环境学报,20(5):793-797.

李聪,肖子牛,张晓玲. 2012. 近 60 年中国不同区域降水的气候变化特征. 气象,38(4):419-424.

林良勋,吴乃庚,黄忠,等. 2009. 广东 2008 年罕见“龙舟水”特点及成因诊断分析. 气象,35(4):43-50.

林振山,邓自旺. 1999. 子波气候诊断技术的研究. 北京:气象出版社.

刘燕,叶萌. 2007. 基于 REOF 分析的广东前汛期降水趋势的区域特征. 广东气象,29(4):11-14.

潘嘉念. 2000. 广东省农业气象灾害及其防灾减灾对策. 北京:气象出版社,173.

唐竹胜,温丽华,陈坚,等. 2010. 2008 年广东“龙舟水”特点及诊断分析. 企业科技与发展,(20):302-305.

王婷,胡娅敏,潘蔚娟. 2008. 2008 年广东“史上最强龙舟水”的气候成因. 广东气象,30(4):5-7.

魏凤英. 1999. 现代气候统计诊断与预测技术. 北京:气象出版社.

吴丽姬,温之平,贺海晏,等. 2007. 华南前汛期区域持续性暴雨分布特征及分型. 中山大学学报(自然科学版),46(6):108-113.

张国华,张江涛,张南,等. 2011. 基于河北区域天气分型的多模式降水检验评估. 气象,37(8):968-976.

张明阳,王克林,刘会玉,等. 2007. 基于 EMD 的洪涝灾害成灾面积波动的多时间尺度分析——以湖南省为例. 中国生态农业学报,15(1):131-134.

郑彬,林爱兰,袁金南,等. 2007. 广东 0605 大暴雨的成因探讨. 热带气象学报,23(2):135-140.

Torrence C, Compo G P. 1998. A practical guide to wavelet analysis. Bull Amer Meteor Soc, 79(1): 61-78.