

# 华南夏季风降水开始日期的变化及其与前期环流和海温的关系

谷德军 梁建茵 郑彬 林爱兰 李春晖

(中国气象局广州热带海洋气象研究所, 广州, 510080)

**摘要:** 利用 1951-2004 年 NCEP/NCAR 逐月同化资料及 ERSST 海温资料, 研究了华南夏季风降水开始日期的变化特征及其与前期冬季大气环流和海温的关系。小波分析表明, 夏季风降水开始日期具有明显的年际和年代际变化, 年际变化以准 2-3 年变化为主, 年代际变化周期约 16 年。华南夏季风降水开始偏早年在大气环流上的前兆信号表现为前期冬季乌拉尔山阻塞高压偏强、东亚大槽较深, 阿留申低压偏强, 冷空气活动偏强。冬季鄂霍茨克海附近海温为华南夏季风降水开始迟早的稳定正相关前兆信号区。合成分析表明, 冬季鄂霍茨克海附近 SST 正异常时, 5 月 100 hPa 青藏高原偏东偏北偏弱, 异常偏西风控制华南; 850 hPa 风场在华南表现为东北风, 华南受冷空气影响为主, 华南夏季风降水开始日期偏晚。相反时, 若冬季鄂霍茨克海附近 SST 负异常, 5 月 100 hPa 青藏高原偏西偏南偏强, 异常偏东风控制华南; 850 hPa 风场在华南表现为偏南风, 华南受热带系统影响为主, 华南夏季风降水开始日期偏早。

**关键词:** 华南夏季风降水开始日期 年代际变化 前兆信号 青藏高原

## Variation of Starting Date of Summer Monsoon Rain in Southern China and its Relation with circulation and SST in preceding winter

Gu De-jun, Liang Jian-yin, Zheng Bin, Lin Ai-lan, and Li Chun-hui

(Guangzhou Institute of Tropical and Marine Meteorology, CMA, Guangzhou 510080)

**Abstract:** The variation characteristics of starting date of summer monsoon rain(SDSMR) in Southern China and its relation with atmospheric circulation and SST in the preceding winter are studied using NCEP/NCAR monthly global assimilated data and ERSST data during 1951-2004. The wavelet analysis exhibits significant interannual and interdecadal variation in the sequence of SDSMR. The interannual variation is dominated by quasi-bi-triennium periodic oscillation and the period of interdecadal variation is about 16 years. The Ural Mountains blocking high is stronger, the Eastern Asia trough is deeper, the Aleutian low is stronger and the cold air activity is stronger during the preceding winter for earlier SDSMR. The SST anomalies near Okhotsk Sea are stable positive precursory signal for SDSMR and can last for winter and spring. The composite analysis shows that the Tibetan high is weaker and is located east and north, anomalous westerly controls Southern China at 100 hPa during May and the SDSMR is later, when The SST anomalies near Okhotsk Sea is positive. The northeast wind prevails in Southern China at 850 hPa meanwhile and reflects the cold air dominates Southern China. Contrarily, when The SST anomalies near Okhotsk Sea is negative, the Tibetan high is stronger and is located west and south, anomalous easterly controls Southern China at 100 hPa during May and the SDSMR is earlier. The southerly prevails in Southern China at 850 hPa and reflects the tropical circulation system dominates Southern China.

**Key words:** starting date of summer monsoon rain(SDSMR), interdecadal variation, precursory signals and Tibetan high.

# 华南夏季风降水开始日期的变化及其与前期环流和海温的关系

谷德军 梁建茵 郑彬 林爱兰 李春晖

(中国气象局广州热带海洋气象研究所, 广州, 510080)

## 1 引言

4-6月是广东的主要雨季, 俗称为前汛期。前汛期的雨季盛期、暴雨集中期及防汛最紧张时段均出现在5-6月。如1994年6月中旬, 华南发生大范围持续性致洪暴雨, 导致珠江流域的西江、北江同时发生50年一遇的特大洪涝, 两广直接经济损失高达540亿<sup>[1]</sup>; 2005年6月广东的河源、龙门等地遭受四百年一遇的特大暴雨袭击, 西江、北江发生百年一遇的洪水灾害, 给国民经济也造成不少损失。据谢炯光等<sup>[2]</sup>统计, 广东5-6月出现连续暴雨(持续3天以上的暴雨过程)的几率达87%, 而4月出现连续暴雨的几率只有13%。文献[3]的统计也表明, 连续暴雨以每年5月底至6月初出现的几率最大。早在1980s初, 沈如桂<sup>[4]</sup>就指出, 华南前汛期初期的降水多是西风带南支气流及南海高压脊北侧偏西气流相联系, 为“北强南弱”分布, 而随着南海夏季风的建立和加强, 华南前汛期降水进入后期, 转为“北弱南强”分布。陈隆勋等<sup>[5, 6]</sup>也指出, 东亚地区自春到夏存在副热带季风雨季和热带季风雨季, 相应地华南前汛期降水可分为前期的锋面降水和后期的夏季风降水。池艳珍等<sup>[7]</sup>对华南前汛期不同降水时段的特征分析也表明, 锋面降水时段主要集中在4月, 为典型的由冬到夏过渡的环流形势, 夏季风降水时段盛期主要集中在6月。据李春晖研究<sup>[8]</sup>, 南海夏季风向北推进影响到华南地区的时间存在明显的差异, 最早的可以一天就推进影响到华南地区, 最晚的却要42天。故南海夏季风爆发后并不意味着华南夏季风降水的开始, 直到南海夏季风推进到华南地区, 才开始出现季风降水, 从而造成华南前汛期降水的第二峰值。因此, 有必要直接深入研究华南夏季风降水开始日期的变化规律并寻找其前兆信号, 对做好前汛期后期的夏季风降水开始的预测及对防汛抗洪具有重大意义。

郑彬等<sup>[9]</sup>分析了气候平均状态下锋面降水和季风降水期间大气性质和特征的差异, 得到华南夏季风降水开始日期的基本判据: 华南地区 100 hPa 纬向风由西风转为东风并维持 5 天以上; 并利用该判据得到 1951-2004 年逐年华南前汛期锋面降水和季风降水的划分日期。合成分析的结果表明, 该判据能将锋面降水和季风降水期间大气特点的显著差别区分开来。本文基于此文确定的逐年华南前汛期锋面降水和夏季风降水的划分日期(以下简称为夏季风降水开始日期)时间序列, 研究华南夏季风降水开始迟早的变化特征及其在前期大气环流和海温场的前兆信号。

## 2 资料和方法

本文所用资料如下：①郑彬等<sup>[9]</sup>确定的逐年华南夏季风降水开始日期时间序列；②重建的海表温度资料 ERSST<sup>[10、11]</sup> (<ftp://ftp.ncdc.noaa.gov/pub/data/ersst-v2/>)，水平分辨率为  $2^{\circ} \times 2^{\circ}$ ；③NCEP/NCAR 全球  $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$  的月平均 100hPa 风场、500hPa 高度场和 850hPa 风场资料<sup>[12]</sup>。

采用的研究方法有以墨西哥帽为小波母函数的小波分析、相关分析和合成分析等。小波变换主要用于研究华南夏季风降水开始日期变化特征，相关分析主要用于研究华南夏季风降水开始日期与前期大气环流及海温场的关系，合成分析用于研究前期冬季海温异常对应的 5 月份大气环流异常。

## 3 华南夏季风降水开始日变化特征

图 1a 为华南夏季风降水开始日期的逐年距平、线性倾向变化及其高斯 9 点平滑变化曲线。零值代表 1951-2004 年华南夏季风降水开始日期的平均值(5 月 30-31 日)。可见，华南夏季风降水开始日期具有较明显的年际和年代际变化特征，逐年的开始日期差异也较大：最早的为 1951 年 5 月 13 日，最晚的为 1996 年 6 月 19 日，相差达 37 天。从线性倾向变化直线可见，夏季风降水开始日期有逐渐变晚的趋势。线性倾向值  $b=0.11$ ，反映近 54 年来夏季风降水开始日期以 0.11 天/年的线性倾向变晚；相关系数为 0.251，可以通过  $\alpha=0.1$  显著性水平检验，说明变晚趋势较明显。另外，从高斯 9 点平滑变化曲线可见，夏季风降水开始日期具有较明显的年代际变化特征。即 1950s 前中期夏季风降水开始日期偏早，1950s 末~1960s 前期正常，1960s 后期~1970s 前期偏晚，1970s 后期~1980s 前期偏早，1980s 后期~1990s 前期偏晚，1990s 中期~2000s 前期正常。

夏季风降水开始日期序列的标准差  $\sigma=8$ ，本文取距平值  $\geq \sigma$  为夏季风降水开始日期偏晚年；距平值  $\leq -\sigma$  为偏早年。则夏季风降水开始日期偏早年有 10 年：1951、1953、1956、1964、1967、1979、1986、1994、1995 和 2001 年；夏季风降水开始偏晚年有 8 年：1957、1972、1973、1987、1989、1991、1996 和 2003 年。

从图 1b 小波系数的分布可见，夏季风降水开始日期具有明显的准 2-3 年和 10~18 年的年代际周期振荡。其中准 2-3 年振荡主要出现在 1950s 前中期、1960s 中期、1980s 中期、1990s 中期及 2000s 前后；准 10~18 年的年代际变化在 1950s~1990s 初一直存在。1990s 中期的变化特征以 4-5 年为主。1970s~1990s 初的年代际变化都通过了 95% 的显著性检验。从小波方差图(图 2a)可见，华南夏季风降水开始日期的主要周期为 2-3 年和 16 年；从功率谱图可以看出，13 年、2.9 年和 2.4 年为明显的峰值。故华南夏季风降水开始日期具有明显的准 2-3 年的年际和 16 年的年代际周期振荡。

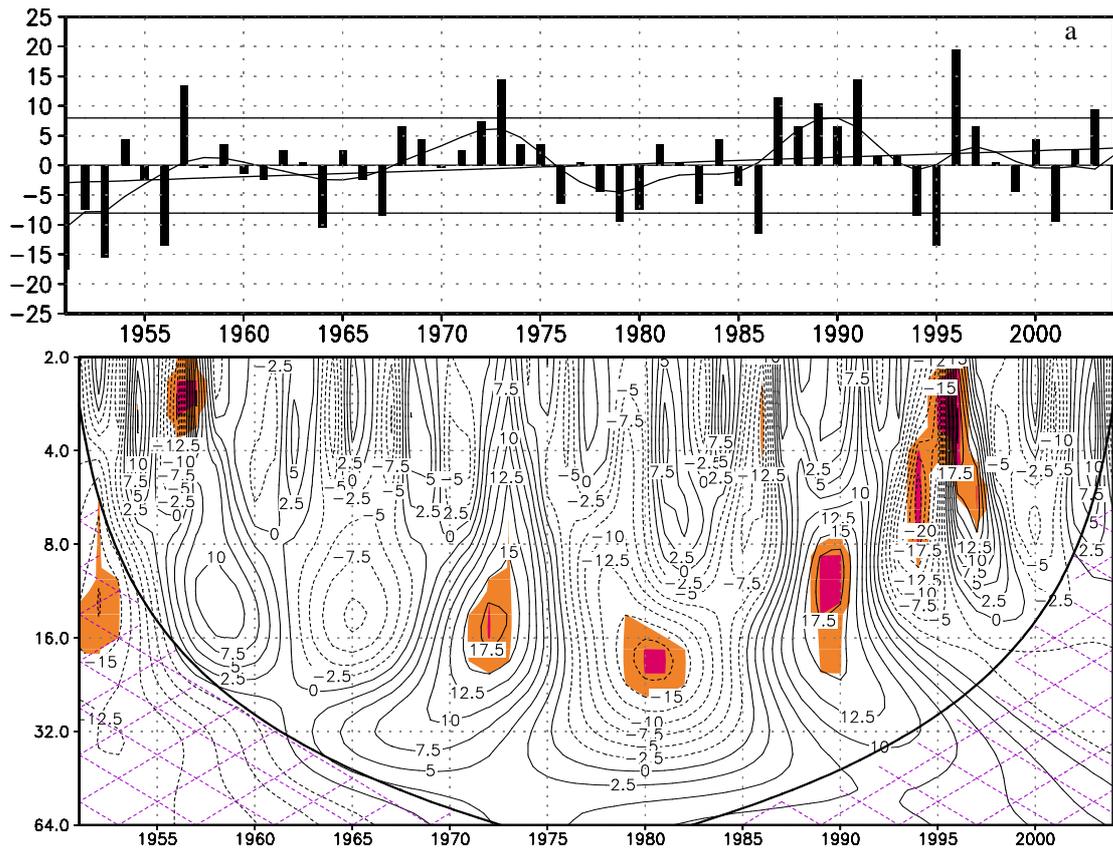


图 1 华南夏季风降水开始日期距平序列 (a, 斜直线为线性拟合趋势线, 实横线为 1 倍标准差值, 细曲线为高斯 9 点平滑曲线) 及其小波变换 (b, 交叉平行网状线为受边界外影响区域, 浅色和深色区域分别通过  $\alpha=0.1$  和  $0.05$  的显著性水平检验)

Fig.1 The anomalies of the starting date of summer monsoon rain over southern China (a, tilting line for fitted trend, solid horizontal line for standard deviation, thin curve line for 9 Gaussian smoothing) and its wavelet transform (b, cross-hatched region on left and right bottoms indicating the cone of influence by edge, light and dark shaded for  $\alpha=0.1$  and  $0.05$  significant level test respectively)

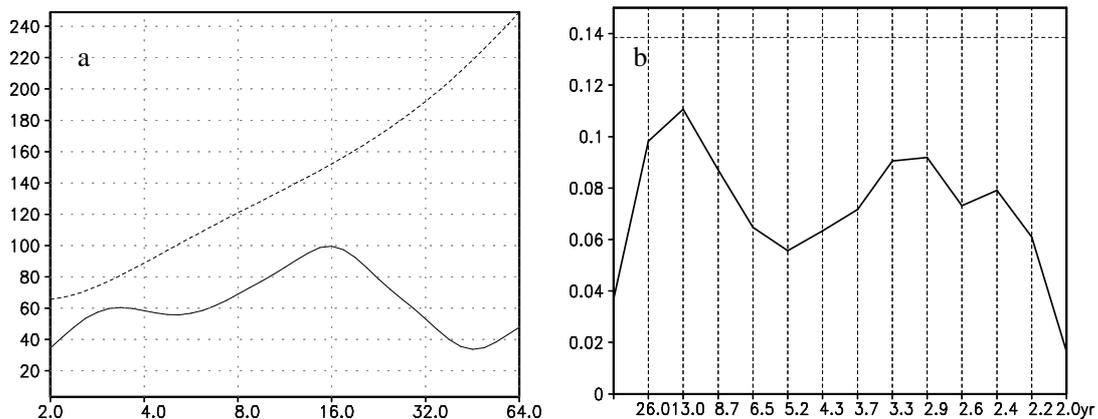


图 2 1951-2004 年华南夏季风降水开始日期的小波方差 (a) 及其功率谱 (b) (虚线为  $\alpha=0.05$  的显著性水平)

Fig.2 The wavelet variance (a) and Fourier power spectrum (b) of the starting date of summer monsoon rain over southern China from 1951 to 2004 (dashed line for  $\alpha=0.05$  significant level test)

#### 4 华南夏季风降水开始迟早与前期冬季大气环流的关系

图3给出了华南夏季风降水开始日期与前期冬季(12-2月)北半球海平面气压的相关系数及异常迟早年前期冬季的海平面气压差。从图3a可见,显著相关区主要出现在中高纬度地区。显著的负相关跨越北极,最好相关区域在北美北部的加拿大到格陵兰岛,相关系数达-0.41;另外,在西伯利亚和中国中北部还有两个显著负相关区。两个显著正相关区分别在欧洲西部和阿留申群岛附近,相关系数分别为0.43和0.3。从图3b可见,异常偏迟与偏早年的海平面气压差值有类似的分布,北极区,海平面气压明显正异常,并且在 $60^{\circ}\text{N}$ - $80^{\circ}\text{N}$ 范围内有两个显著的正异常中心,分别位于新地岛附近和美洲东岸。两个显著的负异常中心分别位于欧洲西部和阿留申群岛。根据地转关系,亚洲大陆的高压异常和北太平洋的低压异常使得东亚地区盛行偏北风,反映出冷空气活动较强。

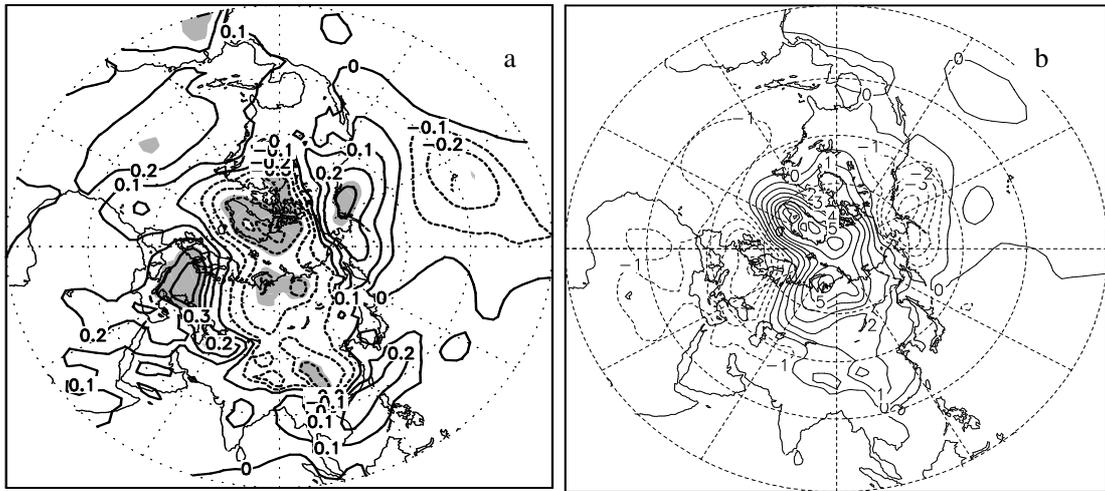


图3 华南夏季风降水开始日期与前冬北半球海平面气压场的相关系数(a, 阴影区通过 $\alpha=0.05$ 的显著性检验)及异常偏早年与偏迟年前期冬季气压场差值(b, hPa)

Fig.3 correlation coefficient between the starting date of summer monsoon rain over South China and sea level pressure in Northern Hemisphere in winter(a, shaded area for  $\alpha=0.05$  significant level test) and composite difference of sea level pressure between the earlier and later years of the starting date of summer monsoon rain (b, hPa)

图4a为从华南夏季风降水开始日期与前期冬季北半球500hPa高度场的相关系数分布,可见,北美的加拿大至格陵兰为明显的负相关区,在乌拉尔山附近也为一显著负相关区;而在欧洲西部、鄂霍茨克海、北美西岸和美国东南部为显著的正相关区。在西半球有类似于负相位的太平洋-北美型(PNA)遥相关分布;在东半球有类似于负相位的欧亚-太平洋型(EUP)遥相关分布。从华南夏季降水开始早与降水开始晚年前期冬季500hPa高度场差值(图4b)明显可以看出,负异常出现在北太平洋和大西洋偏东地区,我国东北至日本为明显的负异常;而正异常主要出现在加拿大至格陵兰及乌拉尔山附近。反映了华南夏季风降水偏早年的前期冬季乌拉尔山阻塞高压偏强、东亚大槽较深,冷空气活动偏强。

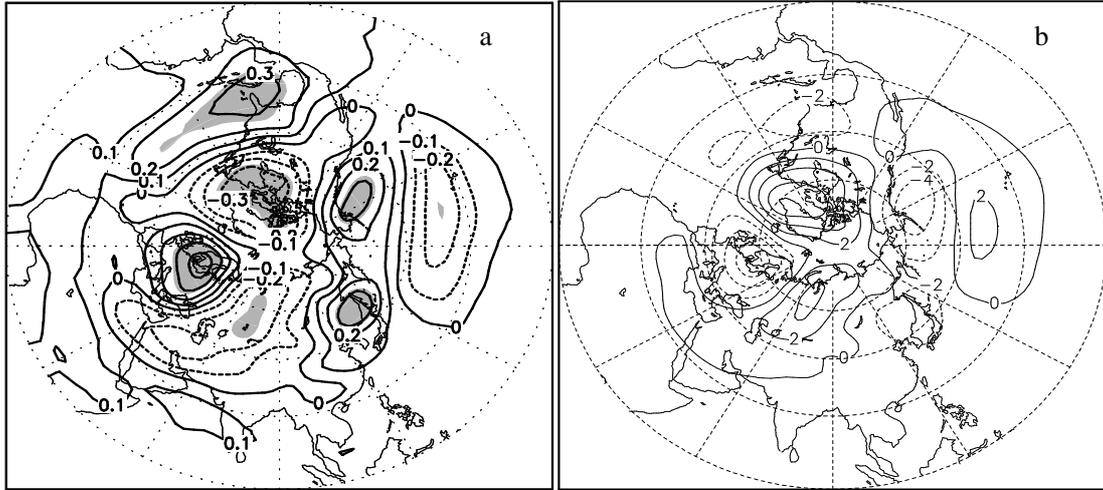


图4 华南夏季风降水开始日期与前期冬季 500hPa 高度场的相关系数(a, 阴影区通过  $\alpha = 0.05$  的显著性水平检验)及偏早年与偏晚年前期冬季 500hPa 高度场差值(b,  $\times 10\text{gpm}$ )

Fig.4 correlation coefficient between the starting date of summer monsoon rain over South China and 500hPa geopotential height in Northern Hemisphere in winter(a, shaded area for  $\alpha = 0.05$  significant level test) and composite difference of 500hPa geopotential height between the earlier and later years of the starting date of summer monsoon rain(b,  $\times 10\text{gpm}$ )

## 5 华南夏季风降水开始迟早与前期海温场的关系及 5 月大气环流异常

郑斌等<sup>[9]</sup>已分析出华南夏季风降水开始日前后大气环流存在明显的差异。由于海温异常是大气环流异常的重要外强迫之一，而且大气环流异常对海温异常的响应存在一定的滞后性，故研究华南夏季风降水开始迟早与前期海温场的关系有可能找到一些对预报有意义的前兆信号。通过研究前兆信号对应的后期大气环流场异常，不但可以验证前兆信号的可信度，还可以提供一些物理上合理的解释。

### 5.1 华南夏季风降水开始迟早与前期海温场的相关

图 5 给出了华南夏季风降水开始日期与前期 12-2 月逐月海温场的相关系数。可见，从前冬 12 月到 2 月，北太平洋的鄂霍次克海附近 ( $140-160^{\circ}\text{E}$ ,  $45-55^{\circ}\text{N}$ ) 区域的海表面温度与华南夏季风降水开始日期呈稳定的显著正相关，通过  $\alpha = 0.05$  的显著性水平检验。另外还可见，在 ( $180^{\circ}-160^{\circ}\text{W}$ ,  $10-20^{\circ}\text{N}$ ) 区域也存在以稳定的正相关区。

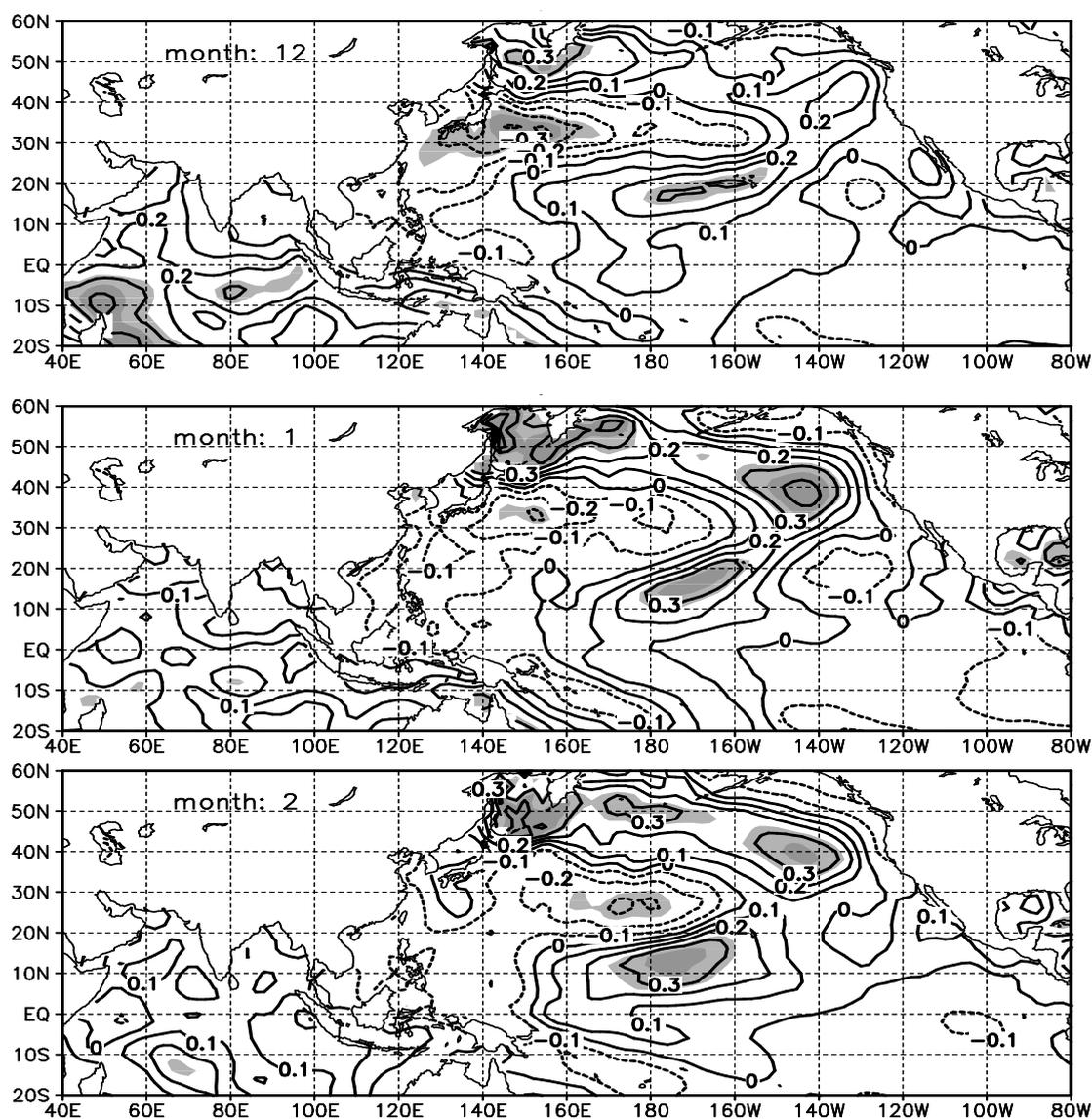


图 5 华南夏季风降水开始与前期冬季各月海温的相关（浅色、深色阴影区分别为通过  $\alpha=0.05$  和  $0.01$  的显著性水平检验区）。

Fig.5 The correlation between the starting date of monsoon rain over southern China and monthly SST during winter(light and dark shaded for  $\alpha=0.05$  and  $0.01$  significant level test).

鄂霍次克海附近海温与华南夏季风降水开始早晚呈正相关，说明华南夏季风降水开始早，前期冬季鄂霍次克海附近海温较低。这与前面得到的华南夏季风降水开始早对应的东亚地区前期冬季冷空气强的结论是一致的。已有研究表明，在中纬度海域，海洋对大气的异常加热主要受冷空气强度左右<sup>[13]</sup>。最明显的证据是，冬季海洋对大气加热多的年份不是水温高而是水温低、气温更低的年份<sup>[14]</sup>，海温的变化是对海洋失热多少的响应。强的冷空气把更多的极地干冷空气携带南下，使得鄂霍次克海附近海洋失去较多的热量，海温降低。

图 6 给出了前期冬季(12~2 月)平均的鄂霍次克海附近海温序列。鄂霍次克海附近的冬

季平均海温约  $1.7^{\circ}\text{C}$ ，均根方差为  $0.45^{\circ}\text{C}$ 。以超过一倍均跟方差为异常年份，则 1984、1991、1996、1997、1998 和 2004 为海温偏暖年；1951、1952、1953、1954、1955、1956、1961、1966 和 1979 为海温偏冷年。二者基本以 1970s 末为界，反映出该区海温可能受太平洋年代际变化 (PDO) 影响<sup>[15]</sup>。

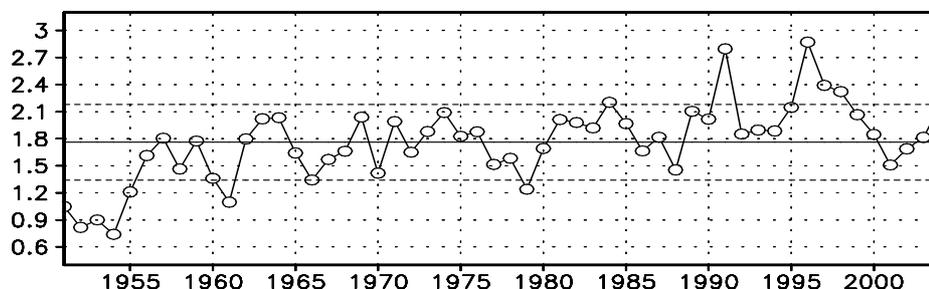


图 6 1951-2004 鄂霍次克海附近 ( $140-160^{\circ}\text{E}$ ,  $45-55^{\circ}\text{N}$ ) 的冬季平均海温 (实线为平均值, 虚线为一倍根方差).  
Fig.6 preceding winter (DJF) mean SST of Okhotsk sea ( $140-160^{\circ}\text{E}$ ,  $45-55^{\circ}\text{N}$ ) from 1951 to 2004 (solid line for mean and dash line for standard deviation).

## 5.2 冬季鄂霍次克海附近海温场异常对后期大气环流的影响

根据上节确定的显著相关区海温变化的异常年, 采用合成分析的方法研究显著相关区海温异常对应的后期大气环流异常。目的表现在两方面: 其一, 验证海温场前兆信号的真实性和可靠性; 其二, 分析前兆信号区的海温通过何种途径影响华南夏季风降水的开始。前文已知, 平均的华南夏季风降水开始日期为 5 月底, 所以我们研究前期冬季海温异常所对应的 5 月份平均大气环流。若华南地区 5 月  $100\text{ hPa}$  纬向风偏差为东风, 则认为华南夏季风降水开始早; 反之, 若华南地区 5 月  $100\text{ hPa}$  纬向风偏差仍为西风控制, 则认为华南夏季风降水开始晚。

图 7 为前期冬季鄂霍次克海海温异常年时 5 月份  $100\text{ hPa}$  合成环流偏差。可以看出, 当冬季鄂霍茨克海 SST 正异常时, 合成的 5 月份  $100\text{ hPa}$  青藏高原偏东偏北偏弱, 偏差场上表现为以 ( $110^{\circ}\text{E}, 32.5^{\circ}\text{N}$ ) 为中心的气旋式环流, 该环流使得异常的偏西风控制华南, 季风降水开始日期偏晚。相反时, 若冬季鄂霍茨克海 SST 负异常, 合成的 5 月  $100\text{ hPa}$  青藏高原偏西偏南偏强, 偏差场上表现为以 ( $105^{\circ}\text{E}, 27.5^{\circ}\text{N}$ ) 为中心的反气旋式环流, 该环流使得异常的偏东风控制华南, 季风降水开始日期偏早。

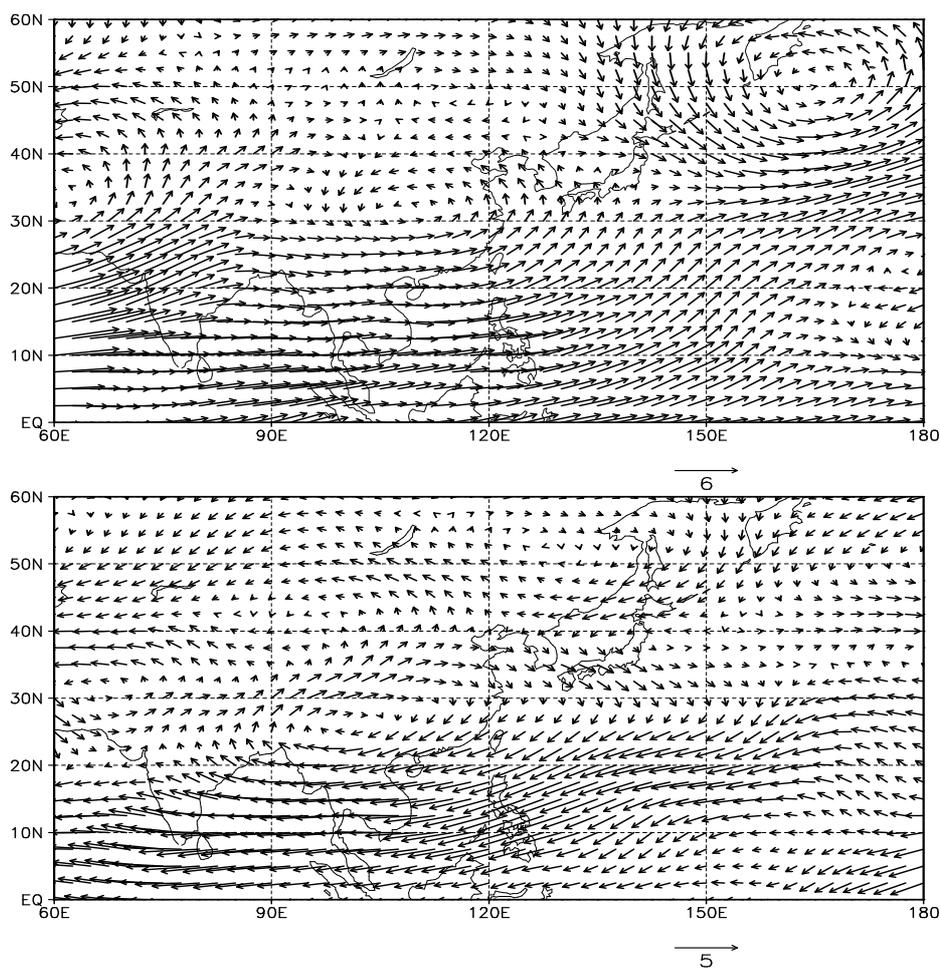


图 7 冬季鄂克次克海海温正(上)、负(下)异常时 5 月 100 hPa 合成环流偏差(m/s).

Fig.7 The deviation of 100 hPa circulation during May for positive(upper panel) and negative(lower panel) anomalous SST in Okhotsk sea(m/s).

冬季鄂克次克海正、负海温异常对应的 5 月份 500 hPa 高度场之差(图略)表现为乌拉尔山和贝加尔湖阻塞高压都很强,而鄂霍次克海以东为高度场负异常。鄂霍次克海处于强大气压梯度力中心,从而在东亚沿岸产生强烈偏北风。对应的 5 月份 850 hPa 环流偏差见图 8,当冬季鄂霍茨克海 SST 正异常时,整个东亚地区以偏北风为主,华南盛行东北风,反映出华南仍受北方冷空气的影响。若冬季鄂霍茨克海 SST 负异常,5 月 850 hPa 环流在东亚地区基本相反,盛行偏南风。华南盛行西南风,受南部热带天气系统影响为主。

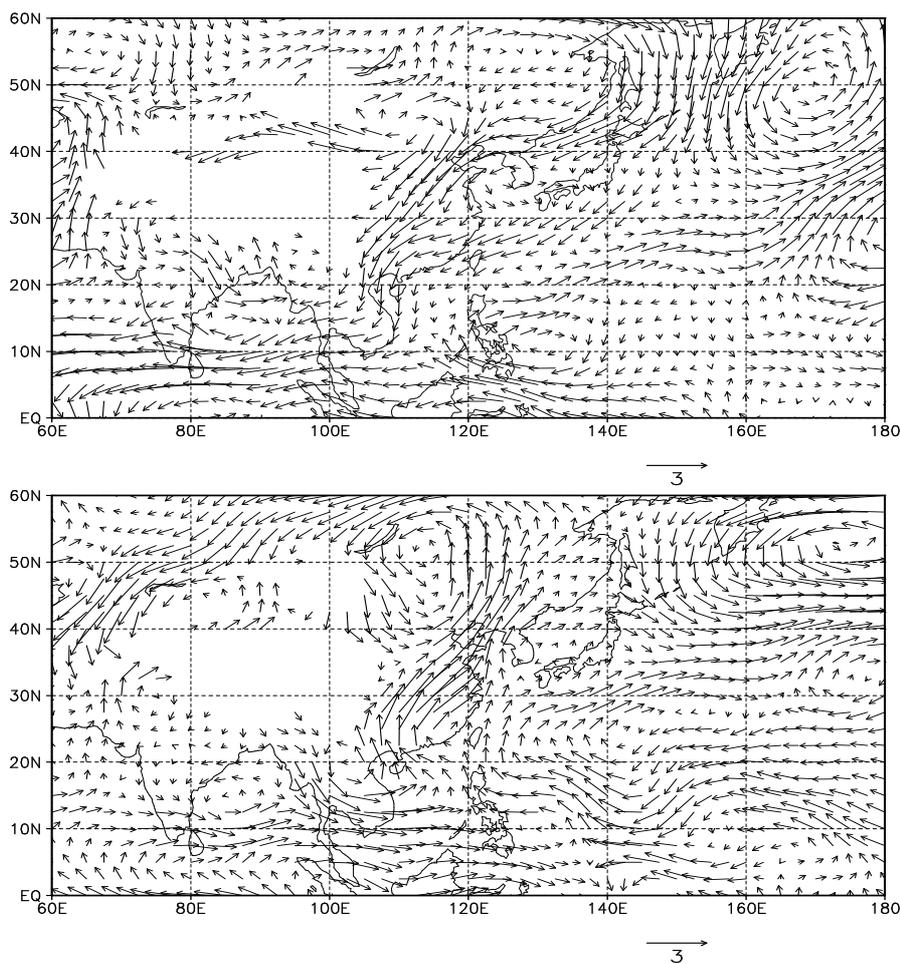


图8 冬季鄂克次克海海温正(上)、负(下)异常时5月850 hPa合成环流偏差(m/s).

Fig.8 The deviation of 850 hPa circulation during May for positive(upper panel) and negative(lower panel) anomalous SST in Okhotsk sea(m/s).

冬季鄂克次克海附近海温异常是如何影响到华南夏季风降水开始迟早的？我们知道，虽然中高纬度的海气相互作用是以大气环流异常影响海洋为主，但受大气环流异常影响已经变化的冬季海温对后期大气环流的影响还是存在的。Liu和Wu<sup>[16]</sup>的研究表明，大气对冬季北太平洋海温正异常的响应是正压的脊；对海温负异常的响应是正压的槽。因此对应到冬季鄂克次克海附近海温负异常，后期鄂克次克海阻塞高压将减弱。根据Wang等<sup>[17]</sup>提出的与鄂克次克海阻塞高压有关的遥相关型，当鄂克次克海阻塞高压减弱时，日本上空500 hPa高度场为正异常，即东亚大槽变弱，从而使得影响我国东部的冷空气活动将减弱。所以，当冬季鄂克次克海附近海温为负异常时，后期鄂克次克海阻塞高压将减弱，东亚大槽减弱，影响我国东部的冷空气减弱，相对来说华南地区更易受热带系统控制，夏季风降水开始日期偏早。反之，当冬季鄂克次克海附近海温为正异常时，后期的鄂克次克海阻塞高压将加强，东亚大槽加深，

影响我国东部的冷空气加强，华南地区在初夏时更易受北方冷空气的影响，夏季风降水开始日期偏晚。

## 6 结论

通过上述研究，本文得到如下结论：

(1)1951-2004年平均的华南夏季风降水开始日为5月30-31日，呈每十年1.1天的弱变晚趋势。有明显的年际和年代际变化，年际变化以准2-3年变化为主；年代际变化周期约16年。

(2)华南夏季风降水开始偏早年在大气环流上的前兆信号表现为前期冬季乌拉尔山阻塞高压偏强、东亚大槽较深，阿留申低压偏强，反映了冷空气活动偏强。

(3)前期冬季鄂霍茨克海海表温度为华南季风降水开始迟早的稳定正相关前兆信号区，基本能维持冬春两季。冬季鄂霍茨克海SST正异常时，5月100 hPa上的青藏高原偏东偏北偏弱，异常的偏西风控制华南；850 hPa环流反映华南受冷空气影响为主，华南夏季风降水开始日期偏晚。相反，若冬季鄂霍茨克海附近SST负异常，5月100 hPa上的青藏高原偏西偏南偏强，异常的偏东风控制华南；850 hPa环流反映华南受热带系统为主，华南夏季风降水日期开始偏早。

## 参考文献

- [1] 薛纪善主编. 1994年华南夏季特大暴雨研究. 北京：气象出版社，1999.
- [2] 谢炯光, 纪忠萍, 谷德军, 等. 广东省前汛期连续暴雨的气候背景及中期环流特征, 应用气象学报, 2006, 17(3): 354-362.
- [3] 广东省热带海洋气象研究所编著. 广东前汛期暴雨. 广州：科学普及出版社广州分社, 1984, 9-10.
- [4] 沈如桂, 陶全珍, 赖莹莹, 等. 华南前汛期对流层高低空的低纬环流变动和降水, 全国热带季风学术会议文集-1982, 昆明：云南人民出版社, 1983: 10-20.
- [5] 陈隆勋, 朱乾根, 罗汉邦, 等. 东亚季风. 北京：气象出版社, 1991.
- [6] 陈隆勋, 李薇, 赵平, 等. 东亚地区夏季风爆发过程. 气候与环境研究, 2000, 5(4): 345-355.
- [7] 池艳珍, 何金海, 吴志伟. 华南前汛期不同降水时段的特征分析. 南京气象学院学报, 2005, 28(2): 163-171.
- [8] 李春晖, 梁建茵, 郑彬, 等. 南海夏季风北推时间及相关环流变化特征的研究. 应用气象学报, 待发表.
- [9] 郑彬, 梁建茵, 林爱兰, 等. 华南前汛期的锋面降水和夏季风降水 I. 划分日期的确定. 大气科学(待发表).
- [10] Smith, T M, R W Reynolds, Extended Reconstruction of Global Sea Surface Temperatures Based on COADS Data (1854-1997). *Journal of Climate*, 2003, 16, 1495-1510.
- [11] Smith, T M, R W Reynolds, Improved Extended Reconstruction of SST (1854-1997). *Journal of Climate*, 2004, 17, 2466-2477.
- [12] Kalnay, E et al., The NCEP/NCAR 40 year reanalysis project, Bull. Am. Meteor. Soc., 1996, 77: 437-471.

- [13] 赵永平, McBean G A. 北太平洋海洋异常加热主要型及其与海面水温的关系. 海洋与湖沼, 1991, 22(1):84-92.
- [14] 赵永平, 张必称, 井立才. 冬季东海黑潮海气热量交换对长江中下游汛期降水的影响. 海洋与湖沼, 1983, 14(3):256-262.
- [15] Mantua, N J, S R Hare, Y Zhang, et al. A Pacific interdecadal climate oscillation with impacts on salmon production. Bull. Amer. Meteor. Soc. 1997, 78: 1069-1079.
- [16] Liu, Z, L Wu. Atmospheric response to north Pacific SST: the role of ocean-atmosphere coupling. Journal of climate, 2004, 17(9):1859-1882.
- [17] Wang Y F, Yasushi F, Kuranoshin K. A teleconnection pattern related with the development of the Okhotsk High and the northward progress of the subtropical high in the East Asian summer. Adv. Atmos. Sci., 2003, 20(2): 237-244.