

琚建华, 刘一伶, 李汀, 等. 2010. 南海夏季风季节内振荡的年际变化研究 [J]. 大气科学, 34 (2): 253 - 261. Ju Jianhua, Liu Yiling, Li Ting, et al. 2010. Research on interannual variation of intraseasonal oscillation of the South China Sea summer monsoon [J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences (in Chinese), 34 (2): 253 - 261.

# 南海夏季风季节内振荡的年际变化研究

琚建华<sup>1</sup> 刘一伶<sup>2,3</sup> 李汀<sup>2</sup> 李跃清<sup>4</sup>

1 云南省气象局, 昆明 650092

2 云南大学大气科学系, 昆明 650091

3 北京维艾思气象信息科技有限公司, 北京 100081

4 成都高原气象研究所, 成都 610072

**摘 要** 利用 NCEP/NCAR 风场、垂直速度再分析资料和 NOAA 的逐日向外长波辐射 (简称 OLR) 资料, 运用 Butterworth 带通滤波方法, 对南海夏季风季节内振荡 (简称 ISO) 的特征和年际变化情况进行了初步研究。气候平均状况下 ISO 在亚洲季风区存在 5 个活动中心, 其中包括南海南部地区 ( $5^{\circ}\text{N}\sim 15^{\circ}\text{N}$ ,  $110^{\circ}\text{E}\sim 120^{\circ}\text{E}$ )。气候平均状况下南海 ISO 在 5~9 月有三次比较明显的活跃过程。以 850 hPa 风在西南方向上的投影 ( $V_{sw}$ ) 经 30~60 天带通滤波后的绝对值在南海区域的夏季平均定义了当年南海夏季风 ISO 活动指数, 以此确定了南海夏季风 ISO 活跃年和不活跃年, 并由此提取了两者在逐日序列和水平分布场特征上的差异。通过对南海夏季风 ISO 活跃年与不活跃年 ISO 信号差别的研究发现: 在南海夏季风 ISO 活动较活跃年份的一个完整周期的 8 个位相合成中, 低频对流中心从热带印度洋西部东传到达南海后, 受 Walker 环流和西太平洋副热带高压底层东风气流阻挡等其它动力和热力因素的影响转向东北传。春季南海地区较强的 Walker 环流和对流活动有可能作为南海夏季风 ISO 活跃的前期信号。

**关键词** 南海夏季风 ISO 活动指数 年际变化 前期信号

**文章编号** 1006 - 9895 (2010) 02 - 0253 - 09

**中图分类号** P462

**文献标识码** A

## Research on Interannual Variation of Intraseasonal Oscillation of the South China Sea Summer Monsoon

JU Jianhua<sup>1</sup>, LIU Yiling<sup>2, 3</sup>, LI Ting<sup>2</sup>, and LI Yueqing<sup>4</sup>

1 Yunnan Provincial Meteorological Bureau, Kunming 650092

2 Department of Atmospheric Science, Yunnan University, Kunming 650091

3 Beijing Weather Information Service Co., Ltd., Beijing 100081

4 Chengdu Institute of Plateau Meteorology, Chengdu 610072

**Abstract** The characteristics and interannual variation of Intraseasonal Oscillation (ISO) of the South China Sea (SCS) summer monsoon are preliminarily examined by Butterworth band-pass filtering method, using the NCEP/NCAR reanalysis wind fields and vertical speed and the NOAA outgoing longwave radiation (OLR) data. The authors first project 850-hPa wind to the southwest ( $V_{sw}$ ), then process it with 30 - 60 days band-pass filtering method, calculate its absolute value in the SCS area, and then calculate the average value during the summer time. After

**收稿日期** 2009 - 01 - 09, 2009 - 05 - 12 收修定稿

**资助项目** 国家自然科学基金云南省联合基金项目 U0833602, 国家 COPES 计划 GYHY200706005, 国际科技合作项目 2007DFB20210

**作者简介** 琚建华, 男, 1956 年出生, 博士, 教授, 主要研究方向为全球气候变化和热带季风。E-mail: jujh@cma.gov.cn

that, the authors use it to measure the activity intensity of the SCS summer monsoon ISO (SCSSISO). The authors calculate the average value of SCSSISO in the SCS area, and then, define it as the SCSISO index. Climatologically, there exist five ISO activity centers over the Asian summer monsoon region, including the SCS ( $5^{\circ}\text{N} - 15^{\circ}\text{N}$ ,  $110^{\circ}\text{E} - 120^{\circ}\text{E}$ ). The authors select the above-mentioned area, calculate the summer average value in the area, then get the day-to-day sequence of climate-average 850-hPa  $V_{sw}$  after 30–60 days band-pass filtering in the SCS region. There are also three obvious active processes of the SCS ISO from May to September, under average climate condition. The authors standardize the time series of the SCSSISO index from 1979 to 2007, recognise years with the index more than 1 as active, and less than  $-1$  inactive. The active years are 1979, 1996, 1999, 2007 and the inactive years are 1993, 1994, 1995, 1998 from 1979 to 2007. During the active years, the SCSSISO starts to become markedly stronger from early summer (early May). However, the SCSSISO is very weak throughout all the year, during inactive years.

In order to study the circulation features of ISO activity in the SCS summer monsoon region, relatively complete and significant fluctuations of the daily ISO activity in the SCS summer monsoon are divided into eight phases. Phase 1 to phase 4 are positive phases and phase 5 to 8 negative. The authors find that, in the eight phases of a complete cycle activity in the SCSSISO active years, the low-frequency convection center first starts moving eastward from the tropical western Indian Ocean, then turns northeastward, and finally arrive in the northwestern Pacific Ocean. New ISO forms in the west of the Indian Ocean in phase 8 and a new cycle begins there.

The factors are also studied, which have impacts on the interannual variability of the ISO activity in the SCS summer monsoon. Seasonal average of the 850-hPa winds and OLR in the prior spring (MAM), the difference between upper-level and low-level (200 hPa–850 hPa) zonal winds averaged in spring, and the profile of spring averaged vertical velocity along the equator are calculated using the difference of the composite OLR and winds between the active and inactive years, to find out the relationship and differences between the prior convections and the tropical zonal circulations. The results reveal that the region near the SCS has a low OLR center and stronger Walker circulation in the prior spring of the SCSSISO active years. The stronger Walker circulation in spring which affects the northward propagation of ITCZ and then forms a strong center of low-frequency convection near the SCS in spring, can be one of the signals of the interannual variability of ISO activity.

**Key words** the South China Sea summer monsoon, activity index of ISO, interannual variation, prior signal

## 1 引言

自从 Madden 和 Julian (1971) 发现热带大气的季节内振荡以来, 季节内振荡 (Intraseasonal Oscillation, 简称 ISO) 受到广泛的关注。Krishnamurti and Gadgil (1985) 通过 FGGE 资料的分析指出 30~60 天振荡是一种全球大气变化现象, 并且低频振荡与夏季风的关系也受到了重视。张镔和王景毅 (1976) 较早提出了东亚夏季风 30~60 天振荡问题。

Hoskins and Pearce (1983)、Krishnamurti and Gadgil (1985) 发现低频分量的方差对大气变化总方差的贡献超过天气尺度扰动方差的贡献。新近的数值模拟研究 (李崇银等, 2006) 也表明, 大气 ISO 模拟的均方根误差的分布形势与总的均方根误差的分布形势几乎完全一致, 并占了模式模拟

结果均方根误差的 30%~40%。因此, ISO 的活动及其异常必然对不少地区的天气和气候都有重大影响。卫捷等 (2007) 分析 2007 年汛期降水预测总结时指出, 中国夏季汛期平均降水的可预测性受限于这样一个事实——降水季节内变化的振幅可能占其年际变化的一半以上。这也表明在某些年份, 外强迫不强时, 季节内振荡比较活跃, 6~8 月降水总量主要决定于由于大气内部动力学不稳定所引起的大气季节内振荡的作用。由此可见, 亚洲季风区 ISO 的变化与东亚区域旱涝密切相关, 对该区域降水的中长期预报有重要的指导意义。

关于 ISO 如何对我国的天气和降水产生影响, 前人已经做过很多有益的研究。何金海等 (1984) 发现低频波的北传与中国东部夏季风雨带的季节性移动和北跳有关。在长江流域分别为旱涝年时, 低频流场和低频波的配置和传播方向有明显差异 (李

桂龙和李崇银, 1999; Chen et al., 2001; Yang and Li, 2003; 琚建华等, 2005; 琚建华和赵而旭, 2005; 韩荣青等, 2006), 发现东亚夏季风的季节内振荡表现为随时间向北传播的低频波, 这种低频波动能够较好地描述东亚夏季风在东亚地区的推进过程, 并对我国东部地区的大尺度降水过程有一定的调控作用, 其年际变化决定了我国东部地区夏季雨带类型差异。朱乾根和徐国强 (2000) 及徐国强和朱乾根 (2002) 的研究指出, 准 45 天东西向低频槽脊由南海不断向北传播, 以及低槽中的低频低涡向西传播是形成长江流域低频降水的重要原因, 南海低频夏季风的向北传播对长江流域降水具有重要贡献。琚建华等 (2007) 把这种 ISO 低频波向北传播的现象总结成夏季风涌, 并进一步指出东亚季风区的大气季节内振荡具有经向与纬向传播相互补充的特点 (琚建华等, 2008)。

Li et al. (2001) 在已有关于夏季风强弱研究的基础上, 对强、弱南海夏季风年分别进行合成分析, 表明大气季节内振荡在南海及附近地区的活动对于强东亚夏季风形势的建立起着重要的作用。贺懿华等 (2006) 研究表明, 江淮流域涝年, 南海地区云顶黑体温度 (TBB) 30~60 d 振荡十分活跃, 向北传播非常明显。当 TBB 强对流位相传播到 30°N 附近的副热带地区时, 激发其对流扰动加强, 造成江淮流域集中暴雨。而旱年则相反。这些研究工作也反映出南海作为 ISO 活动的关键区域对我国的天气气候特别是夏季降水影响重大。

关于季节内振荡的年际变化, 以往的研究工作多将重点放在热带或近赤道地区 (李崇银和周亚萍, 1994; Li and Smith, 1995; Lau and Peng, 1987; 李崇银和穆明权, 1998), 关于南海地区季节内振荡年际变化的研究还不多 (Li et al., 2001)。本文重点研究南海夏季风季节内振荡的气候特征和年际变化, 内容涉及南海夏季风 ISO 的气候态特征及其 ISO 活跃与不活跃年年际变化的特征, 并对这种年际变化的成因及前期信号进行初步分析。

## 2 资料和方法

本文使用的资料为: NCEP/NCAR 纬向风、经向风、垂直速度的逐日再分析资料 ( $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ ) (Kalnay et al., 1996) 和 NOAA 的逐日向长外长波辐射 (OLR) 资料 ( $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ ) (Gruber and Krue-

ger, 1984)。

为了提取南海夏季风中的 ISO 活动特征, 使用一维 Butterworth 函数滤波器进行 30~60 天带通滤波处理 (李崇银, 1991)。另外, 还使用了合成分析等常用资料统计与分析方法。

## 3 南海地区季节内振荡的气候学特征以及年际变化指数的建立

亚洲夏季风区的 ISO 的活动情况每年不同, 但它总是比较固定地出现在一年中的某个时段, 这种 ISO 对年循环的锁相被称为气候的季节内振荡 (简称 CISO)。北半球季风区具有显著的季节内振荡, 这一点已经被很多工作所证实 (Krishnamurti and Bhalme, 1976)。为了研究东亚夏季风的气候季节内振荡特征, 本文选取 1971~2000 的 30 年平均风在西南方向的投影 (记为  $V_{sw}$ ) 作为研究对象, 对它进行 30~60 天带通滤波。

ISO 活动的强度变化随时间呈波动形式振荡, 振荡越强说明 ISO 越活跃。Li et al. (2001) 曾用低频动能来描述南海 ISO, 受其启发本文使用振荡振幅的绝对值来反映 ISO 的活动强度。我们将亚洲季风区 1971~2000 年 30 年平均的 850 hPa  $V_{sw}$  做了 30~60 天带通滤波, 取绝对值后再做夏季 (6、7、8 三个月) 的平均, 以此反映夏季风 CISO 的活动强度 (图 1)。从图 1 中可以清楚地看到在亚洲季风区有 5 个明显的 CISO 活动中心, 分别位于印度洋北部阿拉伯海 (5°N~15°N, 50°E~75°E)、孟加拉湾 (10°N~20°N, 85°E~95°E)、南海 (5°N~15°N, 110°E~120°E)、西太平洋暖池 (5°N~15°N, 130°E~140°E) 和东亚副热带地区 (25°N~35°N, 110°E~120°E)。

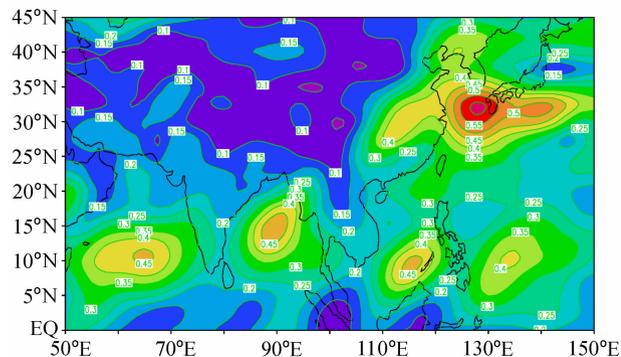


图 1 亚洲季风区夏季风 ISO 的活动强度 (单位: m/s)

Fig. 1 Activity intensity of summer monsoon Intraseasonal Oscillation (ISO) in the Asian monsoon region (units: m/s)

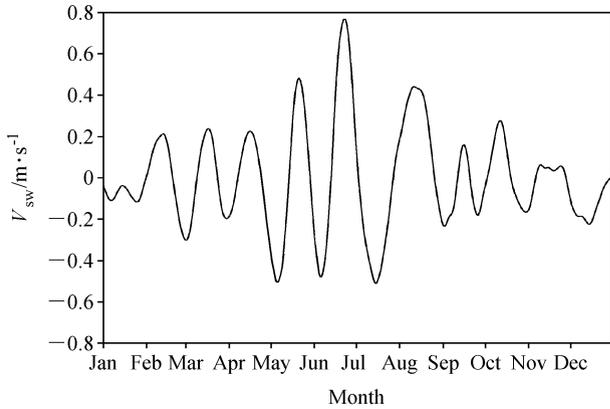


图2 南海地区(5°N~15°N, 110°E~120°E)气候平均850 hPa  $V_{sw}$  30~60天带通滤波后的时间序列(1971~2000年平均)

Fig. 2 Time series sequence of climate-average 850-hPa  $V_{sw}$  after 30~60 days band-pass filtering in the South China Sea (SCS) region (5°N~15°N, 110°E~120°E) (1971~2000 mean)

这五个 CISO 活动中心都位于季风活动的关键区域,因此它们的活动与变化也必然对东亚季风区其它区域的季节内振荡产生影响。而南海作为中国东部夏季西南季风登陆的必经之地,是联系东亚热带季风与副热带季风的枢纽。从以往的研究(琚建华等,2007)来看,影响我国长江中下游和淮河流域大范围降水的夏季风涌很大一部分是由南海开始向北传播的,因此,南海 ISO 活动的强弱和变化对东亚夏季风和我国东部夏季降水可能有着重要的影响。下面,我们将对南海夏季风 ISO 的活动情况作出分析。

选取(5°N~15°N, 110°E~120°E)的范围作为南海的研究区域,将上述气候态 850 hPa 夏季 ISO 强度在该区域取平均值,得到气候态的南海 ISO 活动日序列(图2)。由图2可见,南海 ISO 活动的强度变化随时间呈波动形式,冬、春振荡较弱,5月份,当南海夏季风爆发时 ISO 振荡突然加强,并持续到8月底,期间经历三次比较明显的活跃过程。

通过以上对南海和东亚气候季节内振荡特征的分析,可以发现,气候平均状态下南海区域(5°N~15°N, 110°E~120°E)确实存在着 ISO 活动的活跃区,并且在夏季(6、7、8月)存在两个较强的波。由此,按以下方法构造南海夏季风 ISO 活动的年际变化指数:850 hPa 风在西南方向上的投影( $V_{sw}$ )经30~60天带通滤波后,取其绝对值,并在南海区域(5°N~15°N, 110°E~120°E)取夏季(6、7、8月)

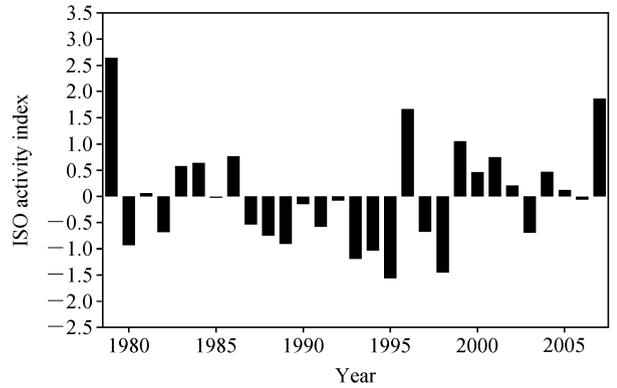


图3 1979~2007年南海夏季风 ISO 活动指数的时间序列(已标准化)

Fig. 3 Standardized time series of the ISO activity index of the SCS summer monsoon from 1979 to 2007

平均,以描述当年南海夏季风 ISO 的活跃程度。

将1979~2007年南海夏季风 ISO 活动年际变化指数的时间序列做标准化处理(图3),分别以大于1(或小于-1)的年份作为南海夏季风 ISO 的活跃年(或不活跃年),得到29年来南海夏季风 ISO 活跃的年份有1979、1996、1999、2007年,不活跃的年份有1993、1994、1995、1998年。为了考查两者的差异,我们分别做出上述典型年份的南海夏季风 ISO 活动强度的逐日序列(图4)。在南海夏季风 ISO 活跃年份,从夏初(5月初)开始,ISO 振荡明显、振幅较大,活动较强(图4a);其活动中心强度较大,主要位于0°~20°N的纬度带上,但1979和1996年呈现出 ISO 在亚洲热带季风区的活跃,而1999和2007年仅活跃在南海附近(图略)。在南海夏季风 ISO 不活跃的年份,ISO 全年较弱,振荡不明显,夏季没有明显的活跃期(图4b);也没有显著的活动区域(图略)。

#### 4 南海夏季风季节内振荡活动的环流背景

为了研究南海夏季风 ISO 活动的环流特征,从南海夏季风 ISO 活动强度逐日序列中挑出比较完整和明显的波动周期,划分为8个位相,分别为位相1(0位相)、位相2(0到正位相)、位相3(峰值位相)、位相4(正到0位相)、位相5(0位相)、位相6(0到负位相)、位相7(谷值位相)、位相8(负到0位相)。将 OLR 场和 850 hPa 风场分别经过30~60天带通滤波,在8个位相上分别合成,再用

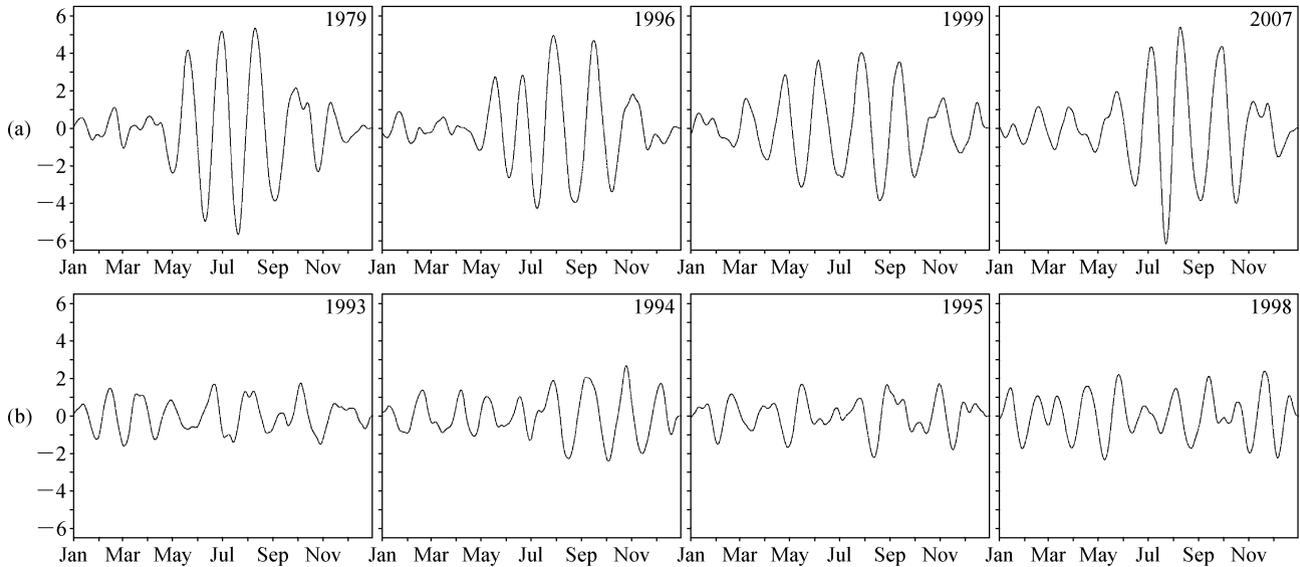


图4 南海地区 ( $5^{\circ}\text{N}\sim 15^{\circ}\text{N}$ ,  $110^{\circ}\text{E}\sim 120^{\circ}\text{E}$ ) (a) 活跃年和 (b) 不活跃年夏季风 ISO 活动强度的时间序列

Fig. 4 Time series of the SCS summer monsoon ISO intensity in (a) active years and (b) inactive years

上节划分的活跃年合成减去不活跃年合成,用以反映低频对流场和低频环流场随着南海夏季风 ISO 位相变化的分布特征(图 5)。

在对流层低层 (850 hPa) (图 5), 位相 1 中南海区域低频气旋活动不明显, 印度洋及印度半岛有低频气旋活动, 而我国华南地区以及中太平洋北部中纬度地区受低频反气旋控制, OLR 负值区所代表的低频对流活动中心位于印度半岛附近及中南半岛南部。位相 3 是 ISO 活动的峰值位相, 南海—西太平洋暖池区的低频气旋活动极其强盛, 范围广、强度大, 而日本附近的副热带区域则是为低频反气旋所控制, 低频对流活动中心已经完全由印度洋和孟加拉湾地区转移到南海—西太平洋暖池区域, 对流活动中心和低频气旋区域重合。位相 5 ISO 又重新回到 0 位相, 南海区域的低频气旋活动消失, 转为西风控制, 西北太平洋副热带区域由低频反气旋转为低频气旋, 低频对流活动中心位于副热带的低频气旋控制区域。位相 7 是 ISO 不活跃的谷值位相, 南海—西太平洋暖池低频反气旋建立, 副热带低频气旋减弱、范围缩小, 低频对流最弱。

由图 5 可以看出, 在南海夏季风 ISO 活动周期的 4 个正位相 (位相 1~4) 和 4 个负位相 (位相 5~8), 850 hPa 南海—西太平洋暖池区与副热带的低频环流活动始终是相反的。在一个完整周期中, 低频对流中心先沿  $0\sim 15^{\circ}\text{N}$  的纬度带从热带印度洋

西部向东移动至南海—西太平洋暖池区后受 Walker 环流和西太平洋副热带高压底层东风气流阻挡等其它动力和热力因素的影响转向东北传, 直到达西北太平洋副热带地区。在第 8 位相在印度洋西部附近一次新的 ISO 活动开始出现, 相应的循环开始。

## 5 南海夏季风季节内振荡年际变化的成因及前期信号

为了研究南海夏季风 ISO 活动强度年际变化的影响原因, 我们重点考虑了前期春季外源强迫可能对 ISO 年际变化产生的影响。利用南海夏季风 ISO 活跃年与不活跃年的风场和 OLR 的合成场之差, 计算了前期春季 (3、4、5 月) 850 hPa 风场和 OLR 场的季节平均值 (图 6), 以及春季平均的高低层纬向风之差 ( $200\sim 850$  hPa) (图 7a), 和相应的春季平均垂直速度沿赤道的剖面图 (图 7b), 以考查前期对流场和热带纬向环流场的联系和差异。

由图 6 可见, 在南海夏季风 ISO 活跃年份, 其前期最强对流活动中心恰好位于本文选取的南海区域, 另外 4 个气候平均的 ISO 活动中心 (阿拉伯海、孟加拉湾、西太平洋暖池以及东亚副热带地区) 对流活动也比较活跃。这说明 ISO 的活动与对流活动密切相关, 这与 Madden and Julian (1971) 用在赤道地区 MJO 的结论是一致的。南海区域春季较强的对流活动通常会伴随当年夏季南海夏季风

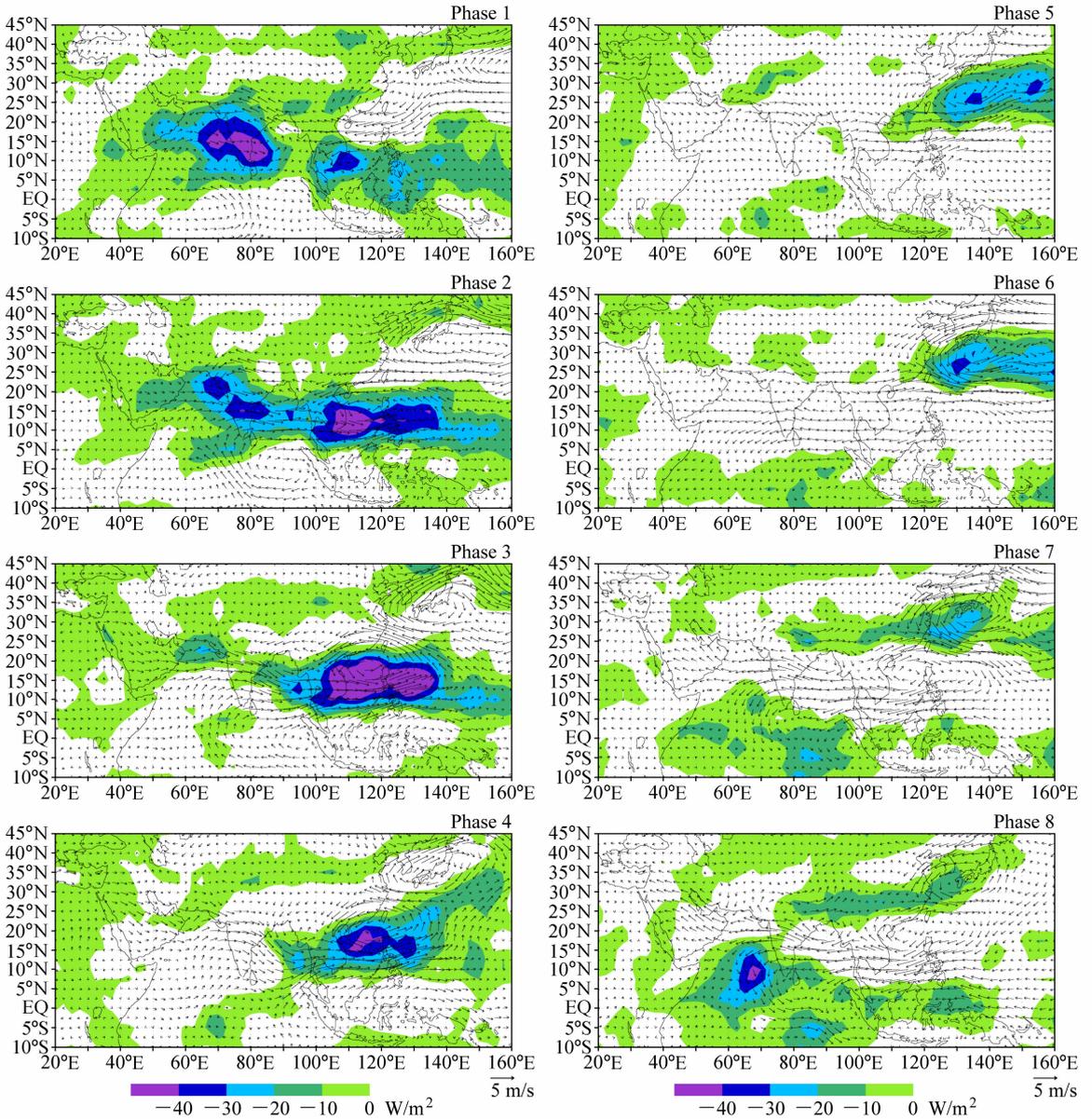


图 5 850 hPa 8 个位相低频风场和低频 OLR 场 (阴影区) 的差值分布

Fig. 5 Low-frequency wind and OLR (shaded area) differences during eight phases at 850 hPa

ISO 的活跃, 这种前期相关特征似乎可能为业务部门对南海 ISO 活动的气候短期预测提供一定的参考依据。

由图 7 可见, 在南海夏季风 ISO 活跃年, 赤道太平洋地区的高层西风和低层东风都较强 (图 7a), 相应地, 赤道西太平洋地区垂直上升运动较强, 而赤道中东太平洋下沉运动较强 (图 7b)。图 7a、b 两图所代表的水平和垂直结构反映了春季 Walker 环流的增强。Murakami and Tetsuo (1985) 的研究就指出, 赤道地区 Walker 环流存在明显的准 45 天

周期变化, 这种变化同南亚夏季风活动有明显关系, 在南亚夏季风 ISO 活跃期, 赤道 Walker 环流正处于其 45 天准周期变化加强期, 相反, 在南亚夏季风中断期 (ISO 不活跃期), 赤道 Walker 环流正处于其 45 天准周期变化的减弱阶段。本文中南海夏季风 ISO 的活跃与强 Walker 环流的关系与此是相符的。

Li (1996) 的研究中指出春季热带赤道太平洋地区 Walker 环流的加强, 引起该地区的大气低层东风异常, 会激发季节内振荡的加强。此外, 冬春

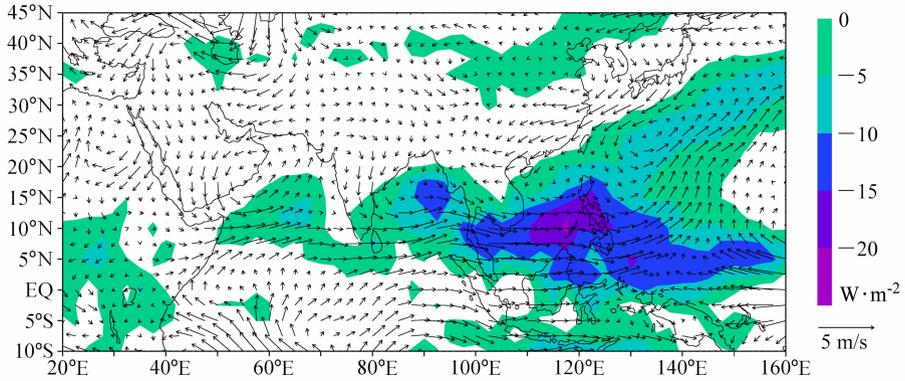


图 6 南海夏季风 ISO 活跃年减去不活跃年春季平均 850 hPa 环流和 OLR 的差值分布

Fig. 6 Spring-averaged wind and OLR differences between active and inactive years of the SCS summer monsoon at 850 hPa

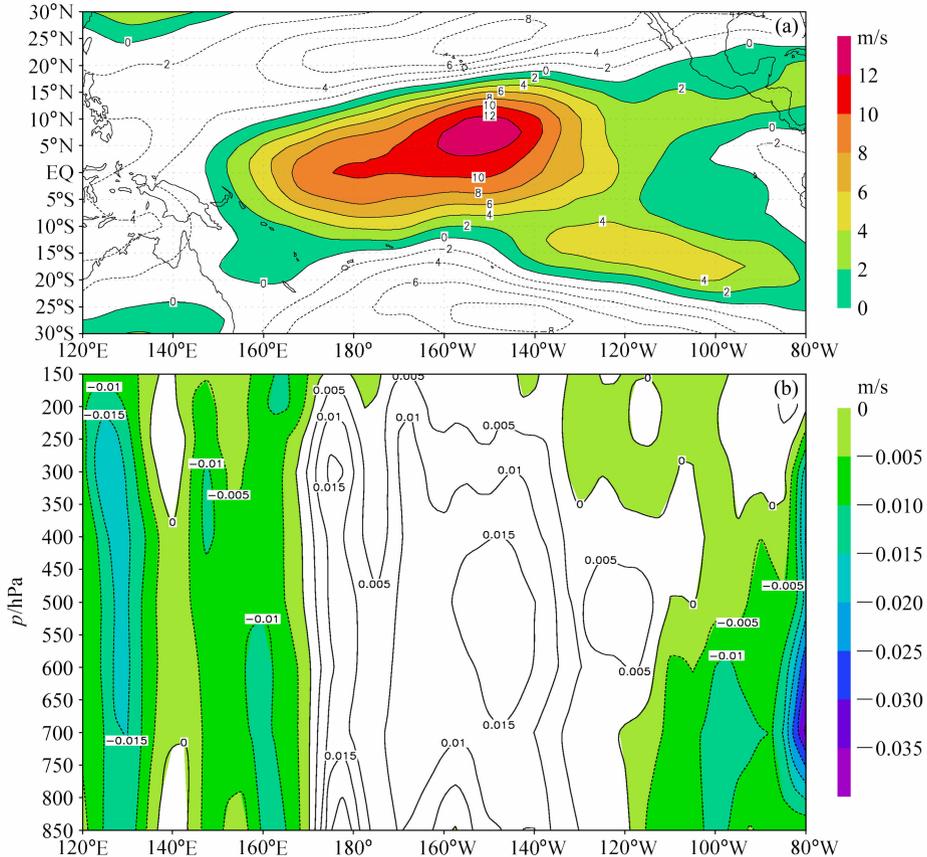


图 7 南海夏季风 ISO 活跃年减去不活跃年 (a) 高低层纬向风之差 (200~850 hPa) (单位: m/s) 及 (b) 垂直速度 (单位: m/s) 沿赤道的剖面图 (3、4、5 月平均)

Fig. 7 Differences of (a) high- and low-level zonal wind difference (200 hPa minus 850 hPa) and (b) section of vertical wind along the equator between active and inactive years of the SCS summer monsoon (averaged over Mar, Apr, and May)

季活跃的 Walker 环流使得其位于南海南部的上升支异常活跃, 激发南海—西太平洋地区 ITCZ 的活跃, 进而随着代表热带洋面暖湿气团的 ITCZ 的加强北上, 可在当地激发出旺盛的对流发展, 这种对

流活动正是 ISO 活跃的主要表现形式。由于对流活动可逐渐在南海地区形成大气潜热源中心, 随着热源中心的不断稳定, 可一直影响到随后初夏和夏季南海的对流活动 (琚建华和罗会邦, 1987)。热

带大气季节内振荡的动力学研究清楚地表明, 积云对流加热反馈是激发大气季节内振荡的主要动力学机制。因此, 南海—西太平洋地区对流活动的加强, 必然会激发出较强的大气季节内振荡 (Lau and Peng, 1987; Li, 1993)。因此, 我们有可能将春季赤道太平洋地区 Walker 环流的活动强弱特征和南海南部地区对流活动的强弱作为 ISO 活动年际变化的一种前期信号。

## 6 结论与讨论

本文通过对南海夏季风季节内振荡的特征及其年际变化的研究, 初步得出以下结论:

(1) 气候平均状况下亚洲季风区存在 5 个 ISO 活动中心, 其中包括南海南部 ( $5^{\circ}\text{N}\sim 15^{\circ}\text{N}$ ,  $110^{\circ}\text{E}\sim 120^{\circ}\text{E}$ )。气候平均状况下南海 ISO 在 5~9 月有三次比较明显的活跃过程。

(2) 用 850 hPa 西南风 ( $V_{sw}$ ) 经 30~60 天带通滤波后, 取其绝对值在南海区域的夏季平均能够构造南海夏季风 ISO 活动的年际变化指数, 该指数能较好地反应出南海夏季风 ISO 活动的强度特征。

(3) 在南海夏季风 ISO 活动周期的 8 个位相中, 低频对流中心从热带印度洋西部东传到达南海后, 受 Walker 环流和西太平洋副热带高压底层东风气流阻挡等其它动力和热力因素的影响转向东北传。在南海夏季风 ISO 活动周期的正负位相中, 低频环流特征相反。

(4) 南海夏季风 ISO 活跃年份前期春季 Walker 环流较强, 影响 ITCZ 北抬, 形成南海前期春季低频对流活动的强中心, 有可能作为 ISO 活动年际变化的前期信号。

我们在研究中发现, 南海地区的 ISO 活动与赤道地区东传的 MJO 以及副热带的 ISO 活动都存在一定的关系, MJO 对各年南海夏季风涌的向北推进所起的作用是有差异的, 这对于东亚夏季风活动的短期气候预测是十分重要的。另外, 我们在研究过程中发现, MJO 也存在着显著的年际变化, 究竟是什么原因造成 MJO 的年际变化? 且 MJO 的年际变化对南海夏季风中 ISO 的年际变化是否会起控制作用? 这都是我们感兴趣的科学问题。研究以上这些问题以及热带和副热带 ISO 如何相互影响将是十分有意义的工作, 我们将陆续探讨这些问题。

## 参考文献 (References)

- Chen Longxun, Zhu Congwen, Wang Wen, et al. 2001. Analysis of the characteristics of 30 - 60 day low-frequency oscillation over Asia during 1998 SCSMEX [J]. *Adv. Atmos. Sci.*, 18: 623 - 638.
- Gruber A, Krueger A F. 1984. The status of the NOAA outgoing longwave radiation data set [J]. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 65: 958 - 962.
- 韩荣青, 李维京, 董敏. 2006. 北半球副热带—中纬度太平洋大气季节内振荡的纬向传播与东亚夏季旱涝 [J]. *气象学报*, 64 (2): 149 - 163. Han Rongqing, Li Weijing, Dong Min. 2006. The impact of 30 - 60 day oscillations over the subtropical Pacific on the East Asian summer rainfall [J]. *Acta Meteorologica Sinica (in Chinese)*, 64 (2): 149 - 163.
- 何金海, Murakami T, Nakazawa T. 1984. 1979 年夏季亚洲季风区域 40~50 天周期振荡的环流及其水汽输送场的变化 [J]. *南京气象学院学报*, 2: 163 - 175. He Jinhai, Murakami T, Nakazawa T. 1984. Circulation with 40 - 50 day oscillation and changes in moisture transport over monsoon Asia in 1979 summer [J]. *Journal of Nanjing Institute of Meteorology (in Chinese)*, 2: 163 - 175.
- 贺懿华, 王晓玲, 金琪. 2006. 南海热带对流季节内振荡对江淮流域旱涝影响的初步分析 [J]. *热带气象学报*, 22 (3): 259 - 264. He Yihua, Wang Xiaoling, Jin Qi. 2006. The preliminary analysis for the impact of interseasonal oscillation of the tropical convection over South China Sea on the droughts and floods of Changjiang and Huaihe River basin [J]. *Journal of Tropical Meteorology (in Chinese)*, 22 (3): 259 - 264.
- Hoskins B J, Pearce R. 1983. *Large-Scale Dynamical Processes in the Atmosphere* [M]. Academic Press.
- 据建华, 罗会邦. 1987. 大气热源的结构和东亚夏季风形成中热源和热带环流的关系 [C]//气象科技论文集. 北京: 气象出版社, 103 - 115. Ju Jianhua, Luo Huibang. 1987. Structure of atmospheric heat source and the relationship between heat source and the tropical circulation during the formation of East Asian summer monsoon [C]// *Meteorological Science and Technology Essays*. Beijing: China Meteorological Press, 103 - 115.
- 据建华, 钱诚, 曹杰. 2005. 东亚夏季风的季节内振荡研究 [J]. *大气科学*, 29 (2): 187 - 194. Ju Jianhua, Qian Cheng, Cao Jie. 2005. The intraseasonal oscillation of East Asian summer monsoon [J]. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences (in Chinese)*, 29 (2): 187 - 194.
- 据建华, 赵而旭. 2005. 东亚季风区的低频振荡对长江中下游旱涝的影响 [J]. *热带气象学报*, 21 (2): 163 - 171. Ju Jianhua, Zhao Erxu. 2005. Impacts of the low frequency oscillation in East Asian summer monsoon on the drought and flooding in the middle and lower valley of the Yangtze River [J]. *Journal of Tropical Meteorology (in Chinese)*, 21 (2): 163 - 171.

- 据建华, 孙丹, 吕俊梅. 2007. 东亚季风涌对我国东部大尺度降水过程的影响分析 [J]. 大气科学, 31 (6): 1029-1039. Ju Jianhua, Sun Dan, Lü Junmei. 2007. The influence of the East Asian monsoon stream on the large-scale precipitation course in Eastern China [J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences (in Chinese), 31 (6): 1029-1039.
- 据建华, 孙丹, 吕俊梅. 2008. 东亚季风区大气季节内振荡经向与纬向传播特征分析 [J]. 大气科学, 32 (3): 523-529. Ju Jianhua, Sun Dan, Lü Junmei. 2008. The relay character analysis of the zonal and longitudinal propagations of the atmospheric intraseasonal oscillation in the East Asian monsoon region [J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences (in Chinese), 32 (3): 523-529.
- Kalnay E, Kanamitsu M, Kistler R, et al. 1996. The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project [J]. Bull. Amer. Meteor. Soc., 77: 437-471.
- Krishnamurti T N, Bhalme H. 1976. Oscillation of a monsoon system. Part I: Observational aspects [J]. J. Atmos. Sci., 33: 1927-1953.
- Krishnamurti T N, Gadgil S. 1985. On the structure of the 30 to 50 day mode over the globe during FGGE. Tellus, 37A: 336-360.
- Lau K M, Peng L. 1987. Origin of low frequency (intraseasonal) oscillations in the tropical atmosphere. Part I: Basic theory [J]. J. Atmos. Sci., 44: 950-972.
- 李崇银. 1991. 大气低频振荡 [M]. 北京: 气象出版社, 12-18. Li Chongyin. 1991. Low-Frequency Oscillation in the Atmosphere (in Chinese) [M]. Beijing: China Meteorological Press, 12-18.
- Li Chongyin. 1993. A further inquiry on the mechanism of 30-60 day oscillation in the tropical atmosphere [J]. Adv. Atmos. Sci., 10: 41-53.
- 李崇银, 周亚萍. 1994. 热带大气季节内振荡和 ENSO 的相互关系 [J]. 地球物理学报, 37: 17-26. Li Chongyin, Zhou Yaping. 1994. Relationship between intraseasonal oscillation in the tropical atmosphere and ENSO [J]. Chinese Journal of Geophysics (in Chinese), 37 (1): 17-26.
- Li Chongyin, Smith I. 1995. Numerical simulation of the tropical intraseasonal oscillation and the effect of warm SSTs [J]. Acta Meteor. Sinica, 9: 1-12.
- Li Chongyin. 1996. Enso cycle and anomalies of winter monsoon in East Asia [C]. Workshop on El Niño, Southern Oscillation and Monsoon. ICTP, SMR/930-18, Trieste, 15-26.
- 李崇银, 穆明权. 1998. 异常东亚冬季风激发 ENSO 的数值模拟研究 [J]. 大气科学, 22 (4): 481-490. Li Chongyin, Mu Mingquan. 1998. Numerical simulations of anomalous winter monsoon in East Asia exciting ENSO [J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences (Scientia Atmospherica Sinica) (in Chinese), 22 (4): 481-490.
- Li Chongyin, Long Zhenxia, Zhang Qingyun. 2001. Strong/weak summer monsoon activity over the South China Sea and atmospheric intraseasonal oscillation [J]. Adv. Atmos. Sci., 18 (6): 1146-1160.
- 李崇银, 贾小龙, 董敏. 2006. 大气季节内振荡的数值模拟比较研究 [J]. 气象学报, 64 (4): 412-419. Li Chongyin, Jia Xiaolong, Dong Min. 2006. Numerical simulation and comparison study of the atmospheric intraseasonal oscillation [J]. Acta Meteorologica Sinica (in Chinese), 64 (4): 412-419.
- 李桂龙, 李崇银. 1999. 江淮流域夏季旱涝与不同时间尺度大气扰动的关系 [J]. 大气科学, 23 (1): 39-50. Li Guilong, Li Chongyin. 1999. Drought and flood in the Changjiang-Huaihe River basin associated with the multi-time-scale oscillation [J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences (in Chinese), 23 (1): 39-50.
- Madden R D, Julian P R. 1971. Detection of a 40-50 day oscillation in the zonal wind in the tropical Pacific [J]. J. Atmos. Sci., 28: 702-708.
- Murakami T, Nakazawa T. 1985. Tropical 45 day oscillations during the 1979 Northern Hemisphere summer [J]. J. Atmos. Sci., 42: 1107-1122.
- 卫捷, 陶诗言, 梁丰. 2007. 2007 年夏季中国大陆 85°E 以东的异常天气与气候——中国科学院大气物理研究所 2007 年汛期降水预测的总结 [J]. 气候与环境研究, 12 (6): 699-712. Wei Jie, Tao Shiyang, Liang Feng. 2007. The anomalous weather and climate of China in the summer 2007—Verification of seasonal climate predictions of Institute of Atmospheric Physics/ Chinese Academy of Sciences [J]. Climatic and Environmental Research (in Chinese), 12 (6): 699-712.
- 徐国强, 朱乾根. 2002. 1998 年南海夏季风低频振荡特征分析 [J]. 热带气象学报, 18 (4): 309-316. Xu Guoqiang, Zhu Qian-gen. 2002. Feature analysis of summer monsoon LFO over SCS in 1998 [J]. Journal of Tropical Meteorology (in Chinese), 18 (4): 309-316.
- Yang Hui, Li Chongyin. 2003. The relation between atmospheric intraseasonal oscillation and summer severe flood and drought in the Changjiang-Huaihe River basin [J]. Adv. Atmos. Sci., 20 (4): 540-553.
- 张镔, 王景毅. 1976. 夏季热带低层环流及其中期变化的初步分析 [C]//热带天气会议文集. 北京: 科学出版社, 132-144. Zhang Xin, Wang Jingyi. 1976. Preliminary analysis of summer tropical low-level circulation and its medium-term changes [C]//Collected Works of Tropical Weather Meeting. Beijing: Science Press, 132-144.
- 朱乾根, 徐国强. 2000. 1998 年夏季中国南部低频降水特征与南海低频夏季风活动 [J]. 气象科学, 20 (3): 239-248. Zhu Qian-gen, Xu Guoqiang. 2000. The feature of LFP in South China with SCS LF summer monsoon activity in the summer of 1998 [J]. Scientia Meteorologica Sinica (in Chinese), 20 (3): 239-248.