

阙志萍, 李崇银. 2011. 亚洲两个季风区大气季节内振荡的比较分析 [J]. 大气科学, 35 (5): 791–800. Que Zhiping, Li Chongyin. 2011. Comparative analysis of the atmospheric intraseasonal oscillation in two Asian monsoon regions [J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences (in Chinese), 35 (5): 791–800.

亚洲两个季风区大气季节内振荡的比较分析

阙志萍^{1, 2} 李崇银^{1, 3}

1 中国科学院大气物理研究所大气科学和地球流体力学数值模拟国家重点实验室, 北京 100029

2 中国科学院研究生院, 北京 100049

3 解放军理工大学气象学院, 南京 211101

摘 要 本文利用 ECMWF 逐日再分析资料 (1961~2000 年), 主要从结构和水平传播包括经向传播和纬向传播方面对南海和南亚两个季风区的 30~60 天振荡进行了比较分析。研究结果发现, 两个季风区的大气季节内振荡都存在明显的年际变化, 但并没有出现同相或反相的变化关系。两个季风区 ISO 在结构上既有相似的地方也有不同点, 在垂直结构上都有“斜压”特征, 但南海大气季节内振荡的风场和温度场随高度西倾都要比南亚地区大气季节内振荡更明显; 在水平结构上南海低频 (30~60 天) 季风槽也要比印度低频季风槽显著。另外以 1996 年夏季为例比较分析了两个季风区的大气 ISO 的经向传播和纬向传播特征, 结果发现两个季风区 ISO 在经向上的传播都是在 5 月初开始, 且以向北传播为主, 但在南海季风区向北传播开始的时间比在印度季风区要稍早, 起始纬度更高, 北传到达的纬度更低, 传播特征也不如印度季风区典型。纬向传播上在不同时间传播特点不同, 传播方向也不同。但无论是向东还是向西传播, 南海地区 ISO 相对比南亚地区的 ISO 要强, 传播速度也相对要快一些。

关键词 季节内振荡 (ISO) 南海和南亚季风区 比较分析 结构 传播

文章编号 1006-9895 (2011) 05-0791-10

中图分类号 P462

文献标识码 A

Comparative Analysis of the Atmospheric Intraseasonal Oscillation in Two Asian Monsoon Regions

QUE Zhiping^{1,2} and LI Chongyin^{1,3}

1 State Key Laboratory of Numerical Modeling for Atmospheric Sciences and Geophysical Fluid Dynamics, Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029

2 Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049

3 Meteorological College, PLA University of Science and Technology, Nanjing 211101

Abstract The ECMWF daily reanalysis data (1961–2000) are used to study the differences of intraseasonal oscillation (ISO) between the South China Sea (SCS) and South Asia (SA) monsoon regions through the band-pass filtering for 30–60 days. The comparative analysis of the ISO in these two regions is made mainly from the structure and horizontal propagation including zonal propagation and meridional propagation. It is found that the vertical structure of ISO in the SCS tilts westward more obviously than that in SA and that the summer monsoon trough over the SCS is more powerful than that over SA. The meridional and zonal propagations of the ISO in the two monsoon

收稿日期 2010-09-26, 2011-02-28 收修定稿

资助项目 国家自然科学基金资助项目 U0833602, 国家重点基础研究发展计划项目 2010CB950400

作者简介 阙志萍, 女, 1987 年出生, 硕士研究生, 主要从事季风研究。E-mail: quezhiping@sina.com

regions in 1996 are compared as an example. It is shown that all of them propagate northward but the ISO over the SCS begins to propagate northward earlier and arrives at the lower latitude than that over SA; the northward propagating is relatively slow over the SCS; the zonal propagation of the ISO is obviously different over these two regions, before July the ISO propagates westward over the SCS while eastward over SA.

Key words intraseasonal oscillation (ISO), South China Sea (SCS) and South Asia (SA) monsoon regions, comparative analysis, structure, propagation

1 引言

季节内振荡 (Intraseasonal Oscillation, 简称 ISO) 是重要的大气环流系统之一, 不少研究已表明它的活动对天气气候变化有着重大的影响, 尤其是在热带和副热带地区。因此, 自 20 世纪 70 年代初发现大气季节内振荡以来, 国内外已经对其进行了一系列的研究 (Madden and Julian, 1971, 1972; Krishnamurti and Subrahmanyam, 1982; Murakami et al., 1984; Lau and Chan, 1985; 李崇银, 1990, 1995; 董敏和李崇银, 2007)。关于大气季节内振荡的结构特征, 分析发现热带大气季节内振荡在垂直方向上主要表现为“斜压”结构特征, 其纬向风和温度随高度有明显西倾现象, 以致对流层上层和对流层下层呈反相的特征。然而, 中高纬度的大气 ISO 却有典型的正压垂直结构特征, 其高度场 (温度场) 和风场扰动在对流层上层和下层呈一致的分布形势。由于热带大气 ISO 实际上是多尺度的, 但主要表现为 1 波扰动, 所以其水平结构特征也就主要表现为东西向的“偶极子”特征, 而中高纬度的大气 ISO 不仅主要为 2 波和 3 波的扰动, 其水平结构更多地表现为 Rossby 波列 (即低频波列) 的特征。关于大气季节内振荡的传播, 主要分为纬向传播和经向传播。北半球热带大气季节内振荡多表现出向东移动的纬向传播特征, 而在赤道以外的副热带大气中, 季节内振荡更以西传为主; 而经向传播则存在地域和季节性的差异, 东亚地区夏季在 30°N 以南大气季节内振荡主要表现为从赤道向北传播, 在 30°N 以北主要表现为向南传播; 东亚地区冬季大气季节内振荡主要是向南传播。

亚洲季风是由南亚 (印度) 季风和东亚季风这两个相关但又各具特色的子季风系统所组成。Tao and Chen (1987) 指出南海夏季风不仅是东亚季风的重要组成部分, 而且对印度季风和东亚夏季风的建立起着重要作用; 亚洲季风首先在南海爆发, 然

后分别向西北和北方扩展, 使其印度夏季风和东亚夏季风逐渐建立。1980 年代初, Yasunari (1980) 发现印度季风区的云量也有 30~40 天的周期变化, 这不仅又一次证实了 30~60 天振荡的存在, 而且将热带大气季节内振荡同季风活动联系了起来。通过对 MONEX (Monsoon Experiment) 资料的分析, Krishnamurti and Subrahmanyam (1982) 发现印度季风区的槽脊活动也有 30~50 天的振荡和向北传播的特征; Murakami et al. (1984)、Murakami and Nakazawa (1985) 的研究不仅揭露出亚洲季风区季节内扰动风场和位势高度场的东传和向北移动特征, 而且提出了扰动能量频散问题; Li Chongyin (1985) 从动力学上研究了热带大气 ISO 的产生机制以及季风槽向北传播和扰动向西频散能量的原因。这样, 大气季节内振荡的研究从 20 世纪 80 年代开始得到蓬勃开展, 不仅把大气 30~60 天振荡作为大气运动的准周期变化现象, 而且视其为大气运动的一类实体 (系统)。

其后国内外学者对南海季风的季节内振荡进行了不少研究 (Li Chongyin, 1985; Sumathipala and Murakami, 1988; Chen and Xie, 1988; 李崇银, 1990; Huang, 1994; 何金海和丁一汇, 1996; 林爱兰, 1998; 琚建华等, 2005), 对其基本特征和性质已有相当的揭示和认识。南海季风区和南亚季风区都处于热带, 因此南海和南亚大气季节内振荡都具有热带 ISO 的特点, 但与赤道附近的大气 MJO 有一定的差异。同时, 由于两个季风区本身的性质及各种因素的综合作用, 又使得这两个季风区的大气季节内振荡存在不同的特点。以前分别对亚洲两个季风区大气 ISO 本身的研究比较多, 但是对于南海季风区和印度季风区大气季节内振荡的比较研究相对较少, 因此本文将从大气 ISO 的结构和传播特点出发, 对南海和南亚地区的大气季节内振荡进行比较分析, 希望能更深入地揭示和认识两个季风区的大气季节内振荡。

本文第 2 节是所用资料和方法说明, 第 3 节是南海和南亚季风区大气 ISO 的年际变化特征, 第 4 节是南海和南亚大气季节内振荡垂直结构和水平结构的对比, 第 5 节是南海和南亚大气季节内振荡经向传播和纬向传播的比较, 最后是结论和讨论。

2 资料和方法说明

本文所用的资料有欧洲中心 1961~2000 年逐日再分析资料(分辨率为 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$), 包括温度、位势高度、水平和垂直风速, 以及 1975~2004 年 OLR 逐日资料。

在分析研究中已将闰年的 2 月第二十九天剔除, 即 2 月全部为 28 天。分析选取了两个区域, 其中南海地区为 ($10^{\circ}\text{N} \sim 20^{\circ}\text{N}$, $105^{\circ}\text{E} \sim 120^{\circ}\text{E}$), 南亚地区为 ($5^{\circ}\text{N} \sim 25^{\circ}\text{N}$, $60^{\circ}\text{E} \sim 100^{\circ}\text{E}$)。文中用到了 Morlet 小波分析, 带通滤波和合成技术, 带通滤波使用的是一维 Butterworth 函数。参照 Mao and Chan (2005) 的方法, 对某一波动过程 $f(t)$, 根据其振幅的大小和对应时间 t 的位置, 可以在一个波动周期中定义 8 个位相。其位相 3 和位相 7 对应振幅的波峰和波谷, 分别为波动的正位相和负位相; 位相 1 是波动由负位相向正位相的转变位相, 位相 5 是波动由正位相向负位相的转变位相; 位相 2、4、6 和 8 为振幅达到极值振幅一半所对应的位置。本文的合成分析都是对大气 ISO 的相同位相进行的, 不会出现不同位相间人为“正负相抵”的情况。

3 南海和南亚季风区大气季节内振荡的年际变化特征

关于如何表征夏季风活动, 人们根据不同的研究目的, 用不同的要素定义了许多种南海季风指数和南亚季风指数。例如, Webster and Yang (1992) 用 200 hPa 和 850 hPa 纬向风的差来定义南亚季风指数; 谢安等 (1997) 用南海区域平均 OLR 及纬向风来定义南海夏季风的爆发和活动; 李崇银和张利平 (1999) 基于南海夏季风环流的最基本特征, 用对流层上下层散度差来描写南海夏季风, 既能同时考虑经向风和纬向风, 又能反映对流活动的一定特征; 吴尚森和梁建茵 (2001) 根据 850 hPa 西南风的大小简单定义南海夏季风指数。本文为了提取季风指数的季节内振荡, 因而选用了区域平均 850 hPa 西南风作为南海季风指数, 而南亚季风指数选用了

Webster-Yang 指数 (Webster and Yang, 1992), 两者统一起来即可写成:

$$I_m = \frac{V - \bar{V}}{\sqrt{\frac{1}{n} (V - \bar{V})^2}},$$

其中, 对于南海夏季风指数, V 为南海地区 850 hPa 上夏季全风速在西南方向上的投影, 即 $V = (u + v) / \sqrt{2}$; 而对于印度季风指数, $V = u(850 \text{ hPa}) - u(200 \text{ hPa})$ 。

为了提取出南海夏季风和印度夏季风 ISO 的主要周期, 根据上述季风指数定义的公式计算出 1961~2000 年南海地区和印度地区逐日季风指数, 并对其进行小波分析。南海地区夏季风季节内振荡主要以 30~60 天和 15~25 天为主要振荡周期, 但是在不同年份, 两个主要周期的强度存在很大的不同, 而印度地区夏季风振荡主要以 30~60 天振荡周期为主导。

将南海地区季风指数和印度地区季风指数进行 30~60 天滤波, 可得出两地区带通滤波的解释方差图 (图 1)。将 1961~2000 年每年的 30~60 天滤波后的南海季风指数序列滤波后的南海季风指数序列同原序列做相关分析, 用相关系数的平方来表示 30~60 天滤波后的南海季风指数序列方差占原始南海季风指数序列的方差的比例, 得出南海季风指数 30~60 天带通滤波的解释方差图 (图 1a)。按同样的方法可以得出印度季风指数 30~60 天带通滤波的解释方差图 (图 1b)。从图 1 中可以看出, 无论是南海地区还是印度地区的 30~60 天振荡, 都存在明显的年际变化。

为了提取出振荡较强年, 将两地区 30~60 天振荡解释方差标准化后大于 0.5 的年份作为振荡强年。因此, 可得出南海地区 30~60 天振荡强年为: 1967、1969、1972、1973、1974、1975、1978、1979、1984、1985、1992、1996 年共 12 年; 印度地区 30~60 天振荡强年为: 1961、1962、1964、1968、1978、1979、1982、1985、1986、1987、1996、1997、1998、2000 共 14 年。

从图 1 中两个季风区 30~60 天振荡曲线的比较还可以看到, 亚洲两个季风区大气 ISO 的年际变化既没有明显的同相变化关系, 也不存在明显反相变化关系。这在一定意义上是两个季风系统独立性

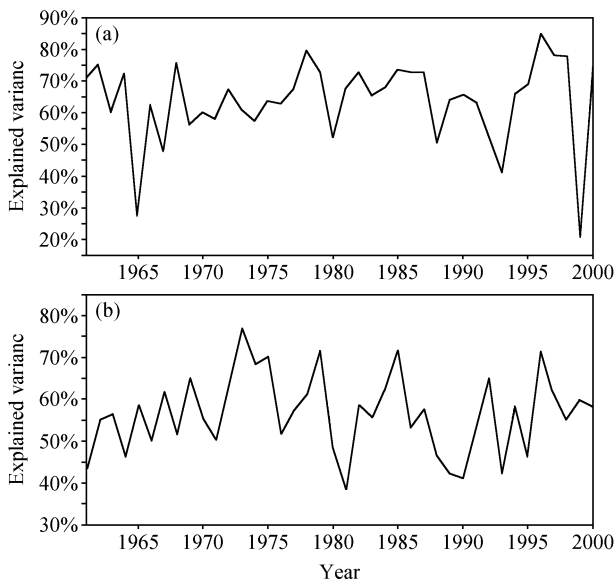


图 1 1961~2000 年 (a) 南海地区和 (b) 印度地区 30~60 天振荡的解释方差 (占总方差的百分比)
Fig. 1 The explained variance (the percentage to total variance) of 30 - 60 days oscillation over (a) the South China Sea (SCS) and (b) South Asia during 1961 - 2000

的反映,我们难以用某个季风系统 ISO 的强弱来推断另一个季风系统 ISO 的强度变化。为了揭示夏季单独南海区域强弱 ISO 年和印度区域 ISO 强弱年的各自特征,选取了南海和印度地区各自振荡强年的大气 ISO 动能来做合成,排除掉两个地区都是振荡强年的 1978、1979、1985 及 1996 年 4 年,则南海地区为 1967、1969、1972、1973、1974、1975、1984、1992 年共 8 年,而印度地区为 1961、1962、1964、1968、1982、1986、1987、1997、1998、2000 年共 10 年。同理,排除掉两个地区都是振荡弱年 1980、1988、1993 和 1995 年 4 年,南海地区单独弱年为 1961、1964、1966、1968、1971、1976、1981、1989、1990 和 1995 年共 10 年,而印度地区振荡弱年为 1965、1967、1969、1974、1992 和 1999 共 6 年。表 1 中给出了单独南海区域及印度区域夏季强弱 ISO 年的 850 hPa 大气 ISO 动能合成的平均值,从表 1 可以清楚看到,无论是南海地区 ISO 动能强年还是弱年,印度地区的 ISO 动能都没有很大的变化,而印度地区 ISO 动能强弱年不同时,南海地区 ISO 动能区却有很大的变化。这说明南海地区 ISO 动能强弱年与印度地区 ISO 关系不大,而印度地区 ISO 动能的强弱年与南海地区 ISO 关系密切。

表 1 南海地区 ISO 强弱年和印度地区 ISO 强弱年的区域平均动能

Table 1 The composite of atmospheric ISO kinetic energy at 850 hPa for strong and weak ISO years over the SCS and South Asia

	区域平均动能/(m^2/s^{-2})	
	南海地区	印度地区
南海强 ISO 动能年份	6	2.8
南海弱 ISO 动能年份	3.3	2.2
印度强 ISO 动能年份	3.7	2.6
印度弱 ISO 动能年份	5.7	2

4 南海和南亚 30~60 天振荡结构比较

南海季风区和南亚季风区同处于热带地区,因而这两个地区的季节内振荡自然而然就具有热带 ISO 的结构特征,但同时,它们还具有各自的特点。

4.1 南海和南亚 30~60 天振荡垂直结构的比较

为了比较南海和南亚地区 30~60 天振荡垂直结构,我们选取了同时是南海地区和南亚地区振荡强年的 4 个年份,利用 1978、1979、1985 和 1996 年夏季资料按位相合成分析得到了 $10^{\circ}\text{N}\sim 20^{\circ}\text{N}$ 平均 30~60 天滤波低频纬向风 u 、温度 T 和垂直速度 ω 的高度—经度剖面图,图 2 和图 3 分别给出的是第 2 和第 6 位相的情况。

从总体上来说,无论是南海地区还是印度地区,热带 ISO 的垂直结构特征都很明显,30~60 天振荡的纬向风扰动随高度西倾,对流层上层风场和对流层低层风场呈相反特征;在温度场上扰动也有西倾的结构;温度场和纬向风场都存在着很明显的对流层上下层近乎反相的“斜压”结构特征。在垂直速度场上,30~60 天振荡在对流层有上下一致的垂直运动,且最大上升或下沉运动在 400 hPa 左右。但是从图 2 和图 3 都可以看出,虽然西倾不是很强,但南海季风区西倾比印度季风区更明显,印度季风区已经基本上变为水平。另外,按同样的方法分析得到了 $5^{\circ}\text{S}\sim 5^{\circ}\text{N}$ 平均 30~60 天滤波低频纬向风 u 、温度 T 和垂直速度 ω 高度—经度剖面图(图略),与之相比较可以发现,在 $10^{\circ}\text{N}\sim 20^{\circ}\text{N}$ 地区的大气低频振荡与 MJO 存在着一定的区别。 $5^{\circ}\text{S}\sim 5^{\circ}\text{N}$ 地区大气低频振荡(即 MJO)的西倾比 $10^{\circ}\text{N}\sim 20^{\circ}\text{N}$ 区域的 ISO 更明显,并且在东亚经度区不如

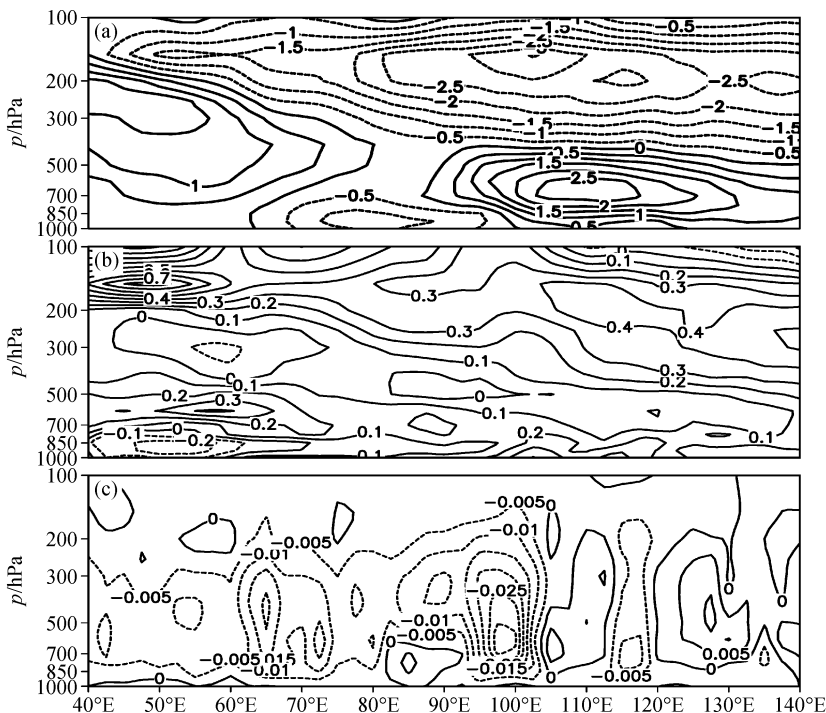


图 2 多年合成 10°N~20°N 地区大气 30~60 天振荡第 2 位相的 (a) 纬向风 u (单位: m/s)、(b) 温度 T (单位: °C) 和 (c) 垂直速度 ω (单位: m/s) 的高度—经度剖面图

Fig. 2 Height-longitude sections of (a) u (m/s), (b) T (°C), and (c) ω (m/s) of atmospheric 30-60 days oscillation averaged over 10°N-20°N for phase 2

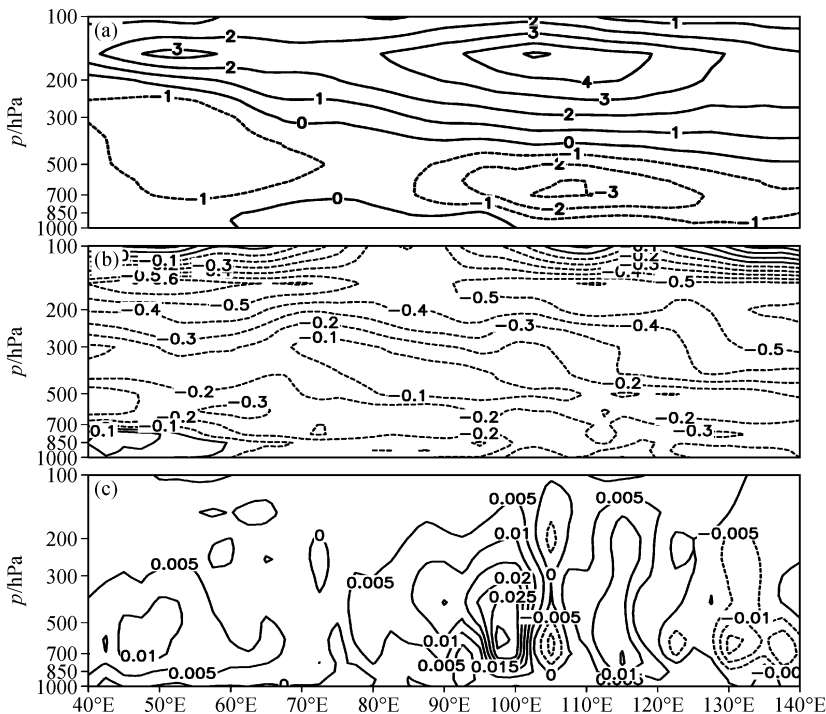


图 3 同图 2, 但为第 6 位相

Fig. 3 The same as Fig. 2, but for phase 6

在印度经度区西倾明显,这与 $10^{\circ}\text{N}\sim 20^{\circ}\text{N}$ 区域 ISO 的情况刚好相反。

4.2 南海和南亚 30~60 天振荡水平结构的比较

为了比较南海和南亚 30~60 天振荡的水平结构,图 4 给出了按位相合成的第 2 位相 30~60 天滤波后的低频风场,从上至下分别为 200 hPa、500 hPa 和 850 hPa。由图 4 我们可以看到,850 hPa 上在 5°N 以北从阿拉伯海一直往东直到菲律宾以东的西太平洋都受偏西气流控制;在南海北部及台湾以北从西太平洋到中国大陸东部有一支很强的东南气流,与南海中南部的偏西气流构成了一个东西向的南海低频季风槽。而在印度北部,南面的偏西气流与青藏高原南麓的弱偏东气流,构成了一个比较浅的为印度季低频风槽。很显然,南海低频季风槽在

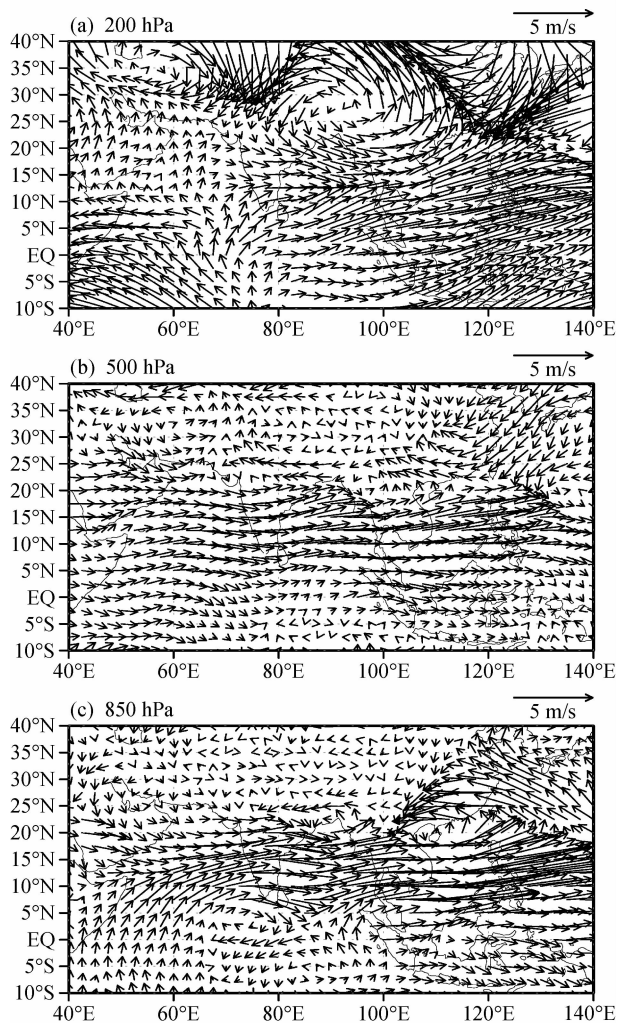


图 4 多年合成 30~60 天滤波后的第 2 位相低频风场形势

Fig. 4 The composite of 30-60-day filtered low-frequency wind in phase 2 for many years

强度上要比印度低频季风槽强,这可能是南海相对有较多热带气旋生成的原因之一,因为强的低频气旋性涡度的存在有利于热带气旋的产生(潘静等, 2010)。在 500 hPa 上从赤道附近到 20°N 都盛行较强的偏西气流,但南海低频季风槽和印度低频季风槽的形态仍然可以看到,只是位置较 850 hPa 偏北。而在 200 hPa 上形势有明显不同,两个低频季风槽都已不存在,原印度低频季风槽区已为低频西北气流所控制,原南海低频季风槽区已为低频西风气流控制;阿拉伯海区域盛行低频偏南气流,青藏高原东部为较强低频气旋性环流控制,而西部为低频反气旋性环流控制。因此,南海和南亚的低频(30~60 天振荡)流场既有共同的特征,又有差异。在对流层中低层,两个地区都有低频季风槽存在,其南边都有较强的低频西风气流;但是南海地区的低频季风槽要强于南亚地区的低频季风槽。在对流层上层,南海和南亚的低频流场有明显的差异,南海地区 200 hPa 基本为偏西气流控制,而南亚主要为西北气流控制。对比图 4 中不同高度层的流场形势,可以看到南海地区的低频流场有相对较为明显的一些的西倾特征,同垂直结构的分析结果一致。

5 南海和南亚 30~60 天振荡水平传播的比较

大气季节内振荡的水平传播主要分为经向传播和纬向传播,虽然以往的研究表明,热带大气季节内振荡在纬向上主要表现为缓慢向东传播,而在经向上表现为向北传播,但是热带大气 30~60 天振荡的水平传播具有较明显的地域性,纬向传播除了缓慢东传之外,也有西移的情况,特别是在赤道以外的热带地区,热带大气 30~60 天振荡的向西移动还是常见的现象。而经向上的传播也并非都向北传播,在不同地区也具有不同的经向传播特征。为了比较南海季风区和印度季风区夏季 30~60 天振荡在水平方向上的传播,对 1978、1979、1985 和 1996 年四个南海地区和印度地区季节内振荡均为强年的年份进行了分析,得到了类似的结果。本文中将以 1996 年为例给出图加以说明,不同年份的情况稍有不同,但总体来说基本上一样。

5.1 南海和南亚 30~60 天振荡经向传播的比较

为了比较南海季风区和印度季风区夏季 30~60 天振荡在经向上的传播,分别给出了 1996 年经

过 30~60 天带通滤波后的 850 hPa 低频纬向风在 70°E~90°E (图 5a) 和 100°E~120°E (图 5b) 经度带平均的纬度—时间剖面图。

平均来看, 南海季风区 ISO 一般比印度季风区 ISO 开始向北传播要早, 这与南海季风比印度季风早爆发有关, 但由于各年季风爆发时间不同, 所以 ISO 的传播情况也会有些不同。具体分析 1996 年, 可以看出, 印度季风区和南海季风都表现出明显的向北传播, 传播开始的时间略有不同, 都是从 5 月初开始传播, 但南海季风区相对要早一些。从传播开始的纬度来看, 印度季风区从赤道地区就开始了北传, 而南海季风区从 3°N 附近开始传播; 印度季风区 ISO 北传可以一直延伸到 30°N, 而南海季风区 ISO 的明显向北传播只能到 22°N 左右; 从传播速度来看, 印度地区 ISO 的北传速度明显要比南海地区大。

为进一步考察更多关于南海季风区和印度季风

区 ISO 经向传播特点, 下面给出了 1996 年经过 30~60 天带通滤波后的低频 OLR 在 70°E~90°E (图 6a) 和 100°E~120°E (图 6b) 经度带平均的纬度—时间剖面图。从图 6 来看, OLR 的 ISO 与纬向风的 ISO 传播略有不同。虽然从总体来说两个季风区低频 OLR 的经向传播仍然以北传为主, 但是在印度季风区, 8 月中旬以后北传已经不明显, 反而在较低纬度处出现向南传播的现象。南海季风区低频 OLR 向北传播比低频纬向风到达更高纬度, 一直延伸到 26°N 附近, 并且在 10 月初才出现了南传。

5.2 南海和南亚 30~60 天振荡纬向传播的比较

季风区 ISO 不仅存在经向上的传播, 同样也存在纬向传播。下面, 我们来分析南海季风区和印度季风区 ISO 的纬向传播情况。仍然使用 1996 年夏季 30~60 天滤波后的 850 hPa 纬向风, 得到了 10°N~20°N 平均的经度—时间剖面图 (图 7)。从

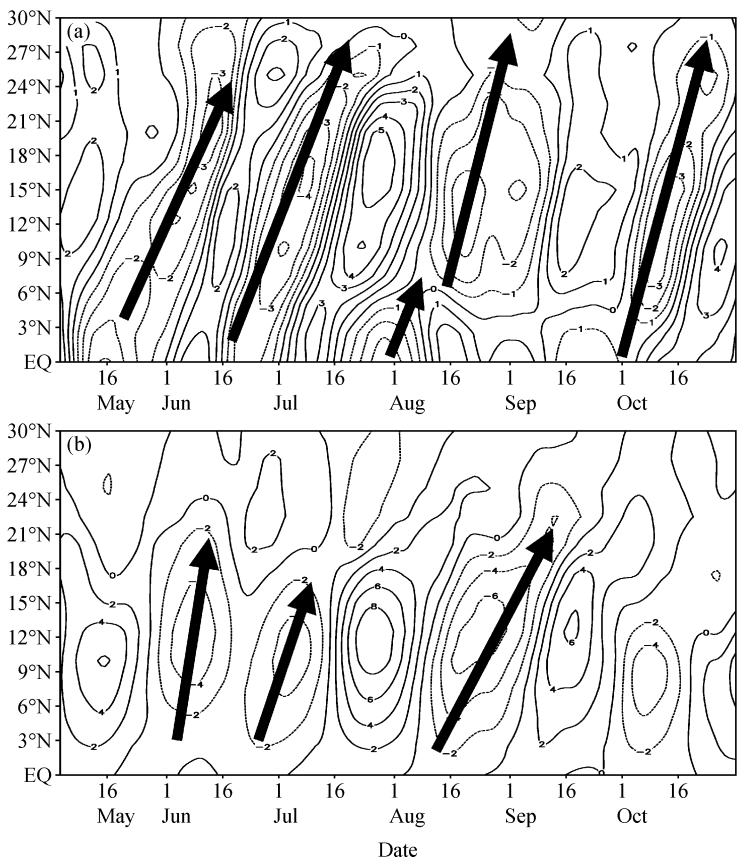


图 5 1996 年 70°E~90°E (a) 和 100°E~120°E (b) 经度带平均 850 hPa 30~60 天滤波低频纬向风 (单位: m/s) 的时间—纬度剖面图。箭头表示季节内振荡传播的方向 (下同)

Fig. 5 Time-latitude sections of 30-60-day filtered 850-hPa low-frequency zonal wind (m/s) averaged over (a) 70°E-90°E and (b) 100°E-120°E in 1996. The arrows mean the propagating direction of ISO (the same below)

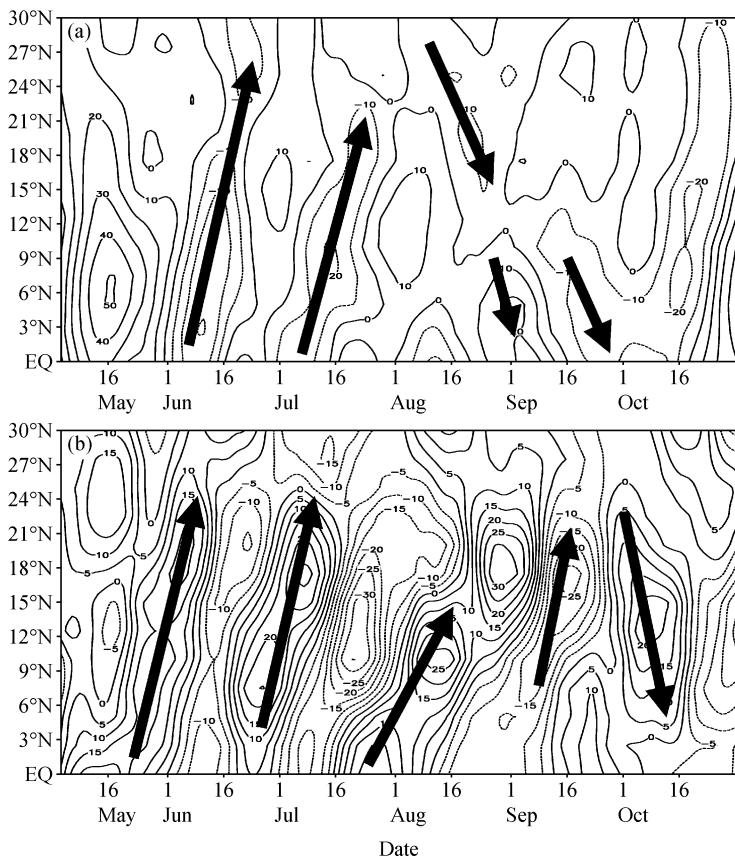


图 6 1996 年 70°E~90°E (a) 和 100°E~120°E (b) 经度带平均 30~60 天滤波 OLR (单位: W/m^2) 的时间-纬度剖面

Fig. 6 Time-latitude sections of 30-60-day filtered OLR (W/m^2) averaged over (a) 70°E-90°E and (b) 100°E-120°E in 1996

图 7 可以看出,在 7 月中旬以前,南海季风区和印度季风区 ISO 在纬向传播上表现出相反的传播方向,印度季风区 (70°E~90°E) ISO 在纬向上表现为向东传播,而南海地区 (100°E~120°E) ISO 为向西传播。到 7 月中旬以后,两个季风区 ISO 都基本以东传为主;但 8 月中旬开始两个地区又都表现为西传的特征。并且,从图 7 中的等值线额度可以看出,无论是向西传播还是向东传播,南海地区的 ISO 相对比南亚地区的 ISO 要强。总的来看,南海地区 ISO 传播的速度比印度地区 ISO 传播的速度要快一些。进一步分析 1996 年低频 OLR 的时间-经度剖面情况 (图 8),从低频 OLR 来看,与低频纬向风的纬向传播有着较为相似的情况,但相反的纬向传播特征更为明显。

6 总结和讨论

南海和南亚都属于亚洲季风区,在这两个季风区都存在季节内振荡,也都属于热带大气季节内振

荡,但是这两个地区的季节内振荡又存在自身的特点。本文主要从结构和水平传播包括经向传播和纬向传播方面对这两个季风区的 30~60 天振荡进行了比较分析,得出以下主要结论:

(1) 无论是南海季风区还是印度季风区,大气 30~60 天振荡的强度都存在明显的年际变化。但亚洲两个季风区大气 ISO 的年际变化既没有明显的同相变化关系,也不存在明显反相变化关系。无论是南海地区 ISO 动能强年还是弱年,印度地区的 ISO 动能都没有很大的变化,而印度地区 ISO 动能强弱年不同时,南海地区 ISO 动能区却有很大的变化。这说明南海地区 ISO 动能强弱年与印度地区 ISO 关系不大,而印度地区 ISO 动能的强弱年与南海地区 ISO 关系密切。

(2) 南海季风区和印度季风区 ISO 结构上既有相似的地方也有不同点,相似之处是垂直结构上温度场和纬向风场都存在着很明显的对流层上层近乎反相的“斜压”结构特征;而对流层上下层垂直

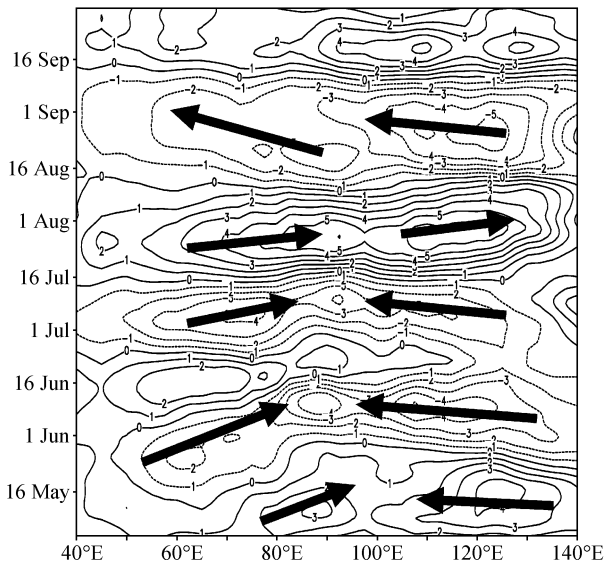


图 7 1996 年 10°N~20°N 纬度带平均 850 hPa 30~60 天滤波低频纬向风 (单位: m/s) 的时间—经度剖面图

Fig. 7 Time-longitude section of 30-60-day filtered 850-hPa low-frequency zonal wind (m/s) averaged over 10°N-20°N in 1996

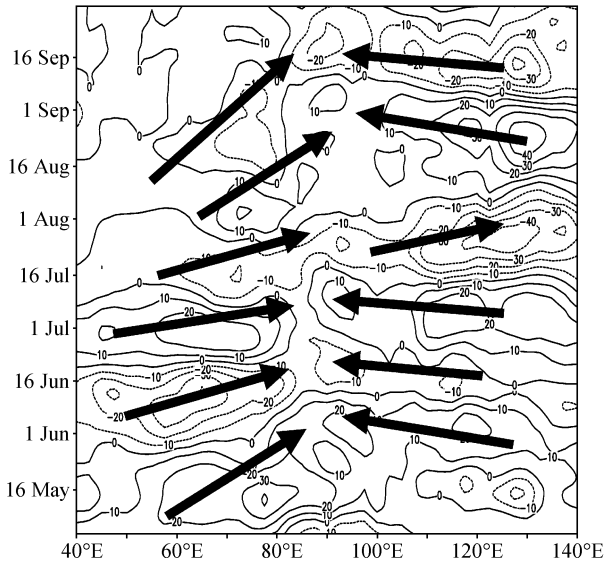


图 8 1996 年 10°N~20°N 平均 30-60 天滤波低频 OLR (单位: W/m²) 的时间—经度剖面

Fig. 8 Time-longitude section of 30-60-day filtered low-frequency OLR (W/m²) averaged over 10°N-20°N in 1996

速度保持一致性,且都有西倾的特征。不同点是在 10°N~20°N 之间南海地区 ISO 结构的西倾要比印度地区明显,这与在 5°S~5°N 的 MJO 结构情况刚好相反,那里在南亚经度区 ISO 结构的西倾更明

显。水平结构上两个季风区的 ISO 也存在区别,850 hPa 上南海低频季风槽很明显,而印度低频季风槽相对较弱。200 hPa 上南海季风区受低频西南气流控制,而南亚季风区北部有较强的低频西北气流。

(3) 以 1996 年夏季为代表所作的经向传播分析表明,南海季风区和印度季风区 ISO 在经向上的传播都是在 5 月初开始,且以向北传播为主。大气 ISO 北传开始的时间在南海季风区要比在印度季风区稍早一点;南海季风区 ISO 北传的起始纬度要高于印度季风区,北传到达的最高纬度比印度季风区要低,传播特征也不及在印度季风区那么典型。

(4) 以 1996 年夏季为代表所作的纬向传播分析表明,在 7 月中旬以前,南海季风区和印度季风区 ISO 在纬向传播上表现出相反的传播方向,印度季风区 ISO 主要表现为向东传播,而南海地区 ISO 主要为向西传播。到 7 月中旬以后,两个季风区 ISO 都基本以东传为主,但 8 月中旬开始两个地区又都表现为西传的特征。无论是向西传播还是向东传播,南海地区的 ISO 相对比南亚地区的 ISO 要强。总的来看,南海地区 ISO 传播的速度比印度地区 ISO 传播的速度要快一些。

本文对比分析研究了亚洲两个季风区大气 ISO 的相似特征,尤其是它们的差异,使我们对两个季风区的 ISO 有了更进一步的认识。关于导致它们有明显差异的原因,本文未及讨论,将是下面我们要深入研究的问题。

参考文献 (References)

Chen Longxun, Xie An. 1988. Westward propagation low-frequency oscillation and its teleconnection in the Eastern Hemisphere [J]. Acta Meteorologica Sinica, 2: 300-310.

董敏, 李崇银. 2007. 热带季节内振荡模拟研究的若干进展 [J]. 大气科学, 31: 1113-1122.

Dong Min, Li Chongyin. 2007. Some progress in the simulation study of the intraseasonal oscillation of the tropical atmosphere [J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences (in Chinese), 31: 1113-1122.

何金海, 丁一汇. 1996. 亚洲季风研究的新进展 [M]. 北京: 气象出版社.

He Jinhai, Ding Yihui. 1996. New Progresses in Research on Asian Monsoon (in Chinese) [M]. Beijing: China Meteorological Press.

Huang Ronghui. 1994. Interactions between the 30-60 day oscillation, the walker circulation and the convective activities in the tropical western Pacific and their relations to the interannual oscillation [J]. Journal of Climate, 7: 1523-1542.

- lation [J]. *Advances in Atmospheric Sciences*, 3: 367–384.
- 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. The intraseasonal oscillation of East Asian summer monsoon [J]. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences (in Chinese)*, 29 (2): 187–194.
- Krishnamurti T N, Subrahmanyam D. 1982. The 30–50 day mode at 850 mb during MONEX [J]. *J. Atmos. Sci.*, 39: 2088–2095.
- Lau K M, Chan P H. 1985. Aspects of the 40–50 day oscillation during the northern winter as inferred from outgoing longwave radiation [J]. *Mon. Wea. Rev.*, 113: 1889–1890.
- Li Chongyin. 1985. Actions of summer monsoon troughs (ridges) and tropical cyclone over South Asia and the moving CISK mode [J]. *Scientia Sinica (Ser. B)*, 28: 1197–1206.
- 李崇银. 1993. 大气低频振荡 (修订本) [M]. 北京: 气象出版社, 310pp. Li Chongyin. 1993. *Atmospheric Low-Frequency Oscillation (Revised)* (in Chinese) [M]. Beijing: China Meteorological Press, 310pp.
- 李崇银. 1995. 热带大气季节内振荡的几个基本问题 [J]. *热带气象学报*, 3: 276–288. Li Chongyin. 1995. Some fundamental problems of intraseasonal oscillation in the tropical atmosphere [J]. *Journal of Tropical Meteorology (in Chinese)*, 3: 276–288.
- 李崇银, 张利平. 1999. 南海夏季风特征及其指数 [J]. *自然科学进展*, 9: 536–541. Li Chongyin, Zhang Liping. 1999. The characteristics and index of South China Sea summer monsoon [J]. *Progress in Natural Science (in Chinese)*, 9: 536–541.
- 林爱兰. 1998. 南海夏季风的低频特征 [J]. *热带气象学报*, 2: 113–118. Lin Ailan. 1998. The characteristics of low-frequency oscillation over South China Sea [J]. *Journal of Tropical Meteorology (in Chinese)*, 2: 113–118.
- Madden R A, 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.
- Madden R A, Julian P R. 1972. Description of globe-scale circulation cells in the tropics with a 40–50 day period [J]. *J. Atmos. Sci.*, 29: 1109–1123.
- Mao J Y, Chan J C L. 2005. Intraseasonal variability of the South China Sea summer monsoon [J]. *J. Climate*, 18 (13): 2388–2402.
- Murakami M. 1984. 30–40 day global atmospheric changes during the northern summer 1979 [R]. GARP Special Report, No. 44, 11–35.
- Murakami T, Nakazawa T, He J H. 1984. On the 40–50 day oscillations during the 1979 Northern Hemisphere summer. Part I: Phase propagation [J]. *J. Meteor. Soc. Japan*, 62: 440–468.
- Murakami T, Nakazawa T. 1985. Tropical 45 day oscillations during the 1979 Northern Hemisphere summer [J]. *J. Atmos. Sci.*, 11: 1107–1122.
- 潘静, 李崇银, 宋洁. 2010. 热带大气季节内振荡对西北太平洋台风的调制作用 [J]. *大气科学*, 34 (6): 1059–1070. Pan Jing, Li Chongyin, Song Jie. 2010. The modulation of Madden-Julian on typhoons in northwestern Pacific Ocean [J]. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences (in Chinese)*, 34 (6): 1059–1070.
- Sumathipala W L, Murakami T. 1988. Intraseasonal fluctuations in low-level meridional winds over the South China Sea and the western Pacific and monsoonal convection over Indonesia and northern Australia [J]. *Tellus*, 40A: 205–219.
- Tao Shiyan, Chen Longxun. 1987. A review of recent research on the East Asia summer monsoon in China [M]// *Monsoon Meteorology*. Oxford University Press, 60–92.
- Webster P J, Yang S. 1992. Monsoon and ENSO: Selectively interactive systems [J]. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 118: 877–926.
- 吴尚森, 梁建茵. 2001. 南海夏季风强度指数及其变化特征 [J]. *热带气象学报*, 17 (4): 337–344. Wu Shangsen, Liang Jianyin. 2001. An index of South China Sea summer monsoon intensity and its variation characters [J]. *Journal of Tropical Meteorology (in Chinese)*, 17 (4): 337–344.
- 谢安, 刘霞, 叶谦. 1997. 赤道涡旋与南海夏季风爆发 [J]. *气象学报*, 55 (5): 611–619. Xie An, Liu Xia, Ye Qian. 1997. Equatorial vortex and the onset of summer monsoon over South China Sea [J]. *Acta Meteorological Sinica (in Chinese)*, 55 (5): 611–619.
- Yasunari T. 1980. A quasi-stationary appearance of 30–40 day period in the cloudiness fluctuations during the summer monsoon over India [J]. *J. Meteor. Soc. Japan*, 58: 225–229.