

热带东印度洋-西太平洋海域 OLR 季节内振荡空间分布特征*

王韶霞 刘秦玉 徐启春

(青岛海洋大学物理海洋研究所 青岛 266003)

提要 利用卫星观测的 OLR (Outgoing Longwave Radiation) 候平均资料(1979—1993 年)分析热带东印度洋-西太平洋海域大气对流季节内振荡的空间分布特征。发现热带东印度洋-西太平洋海域(35°N—35°S, 75°E—180°E)大气对流运动的季节内振荡在 4 个区域中表现较明显: (1) 热带东印度洋大气对流季节内振荡信号最强, 显著的振荡周期集中在 6.5—12.5 候; (2) 澳大利亚西北洋面季节内振荡强信号主要周期表现为 9.5—15.5 候; (3) 澳大利亚东北洋面振荡周期集中在 6.5—9.5 候和 9.5—15.5 候, 南半球的大气对流活动季节内振荡显著区沿 10°S 呈纬向带状分布; (4) 南海北部、吕宋海峡附近及日本群岛以南的西北太平洋区域, ISO 振荡周期集中在 6.5—12.5 候, 南海南部季节内振荡周期集中在 6.5—15.5 候。

关键词 热带东印度洋-西太平洋 大气对流 季节内振荡 分布特征

学科分类号 P732

90 年代以来, El Niño 现象的频繁发生及由此引发的全球气候异常, 使热带地区大气环流的振荡特征再次成为研究热点。卫星观测提供的大范围连续观测资料, 克服了热带地区观测资料缺乏的问题, 而且由于观测时间间隔短, 时间序列连续性好, 使研究热带地区大气环流季节内时间尺度上的振荡成为可能。以前的统计结果表明, 赤道印度洋为季节内对流异常发生及加强区, 西北太平洋为北半球夏季季节内振荡 (Intraseasonal Oscillation, 简称 ISO) 的活跃区, 海洋大陆及赤道东中太平洋则都为耗散区 (Wang *et al*, 1990)。ISO 的两个显著活动中心赤道印度洋和西太平洋季风区还存在有驻波类型的振荡翘翘板 (Seesaw) (Zhu *et al*, 1993), 而西侧活跃中心中对流的驻振荡可能更明显 (Zhang *et al*, 1997)。以上的研究成果说明低纬大气季节内振荡在热带大气环流的短期气候变化中扮演重要角色。因此充分了解 ISO 在热带东印度洋-西太平洋的时空分布特征, 对研究短期气候异常有重要意义。

但是, 对热带东印度洋-西太平洋这一地区的 ISO 空间分布特征缺乏定量性的分析, 而且前人的研究对 ISO 周期范围有过不同的定义 (例如周期为 27—70 天, 30—60 天, 35—95 天等都有涉及; Lau *et al*, 1983a, b; Murakami *et al*, 1986; Salby *et al*, 1994), 这主要因为以前的研究受观测资料的限制是对某一点、某几点或某一区域平均的单一变量较

* 国家自然科学基金资助项目, 49776286 号。王韶霞, 女, 出生于 1973 年 7 月, 博士生, E-mail: shxwang@lib. ouqdu.edu.cn

收稿日期: 1998-10-06, 收修改稿日期: 1999-04-01

短时间序列进行分析,也尚未能清楚给出哪些地方大气的 ISO 以哪些周期为主。卫星观测的大范围候平均 OLR 资料能够反映大气垂直运动(对流活动)的空间分布,本文尝试利用 OLR 资料对热带东印度洋-西太平洋的候平均 OLR 资料进行功率谱分析,并采用分周期比较的方法,得到该海域 OLR 资料 ISO 空间分布特征,也反映了该海域大气对流运动 ISO 的空间分布特征。

1 资料

利用卫星观测提供的大范围、长序列 OLR 资料(1979—1993 年逐候平均, $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ 经纬网格),分析热带东印度洋-西太平洋海域($35^\circ \text{N}—35^\circ \text{S}$, $75^\circ \text{E}—180^\circ \text{E}$) ISO 周期的空间分布特征。网格点原始时间序列减去对应候的气候平均,再经过加权及滑动平滑处理后,得到新的距平时间序列。新序列长度为 $N = 1\,078$ 候,对新序列做功率谱分析时最大后延取 $m = 155$ 候。

2 ISO 的空间分布特征

OLR 资料主要反映了低纬度高频对流活动情况。为了验证不同地区 OLR 振荡周期是否有差异,从 $35^\circ \text{N}—35^\circ \text{S}$, $75^\circ \text{E}—180^\circ \text{E}$ 区域内每 $7.5^\circ \times 7.5^\circ$ 经纬网格选取一个网格点,共选取了 9×14 个网格点进行功率谱分析。功率谱估计公式为:

$$S_l = \frac{B_l}{m} \left[r(0) + \sum_{\tau=1}^{m-1} r(\tau) \left(1 + \cos \frac{\pi \tau}{m} \cos \left(\frac{\pi l \tau}{m} \right) \right) \right] \quad (l = 0, 1, 2, \dots, m)$$

$$B_l = \begin{cases} 1 & (l \neq 0, m) \\ 1/2 & (l = 0, m) \end{cases}$$

式中, $r(\tau)$ 为相关函数, $\tau = 0, 1, 2, \dots, m-1$ 。 m 为相关函数的最大后延长度,这里取 $m = 155$ 候。 S_0 为第 0 个谱波估计值,相当于无限波长的周期(趋势), S_m 为最后一个波谱估计值,相当于波谱中所有能分解的最短波长(周期), $S_l (l = 1, 2, \dots, m-1)$ 为除 0 和 m 以外的中间谐波的谱估计值(黄嘉佑, 1984)。结果表明不同地区 OLR 具有不同的振荡周期:有准 30—90 天周期的 ISO,有显著过信度的准两年周期振荡,也有的网格点无显著的周期振荡出现。图 1 为 6 个不同地区,OLR 资料功率谱分析表现出不同振荡周期特点的功率谱图。

从图 1 可以看出,网格点(0° , 125°E)附近的 OLR 表现为明显的准两年周期振荡,150 候以上周期的功率谱估计值明显超过 5% 信度检验线(图 1a)。同在赤道上的 80°E 附近的 OLR 资料在 5.1—13.6 候周期上(ISO 周期)具有广阔的峰值,尽管在这个峰域内,功率谱估计值在 12 候附近突然下降至 5% 信度检验线以下,但并不影响 ISO 是此区域重要的周期振荡(图 1b)。Salby 等(1994)利用 OLR 资料分析(0° , 84°E)单点处的振荡周期也有类似的发现。赤道以南的网格点(7.5°S , 125°E)和(7.5°S , 170°E)附近的 OLR 资料也以 ISO 为主要周期振荡(图 1c, d);赤道以北的网格点(15°N , 125°E)附近的 OLR 资料除具有 ISO 周期(5.7—11.6 候)振荡外,准两年周期的功率谱估计值也为峰值但未超过 5% 信度检验线(图 1e);位于(15°N , 155°E)附近的 OLR 资料则几乎没有超过信度检验线的功率谱估计值(图 1f)。以上的分析表明,热带东印度洋-西太平洋海域不同地区大气对流的振荡周期不同,并不是该海域任何地点大气对流活动的 ISO 都明显。

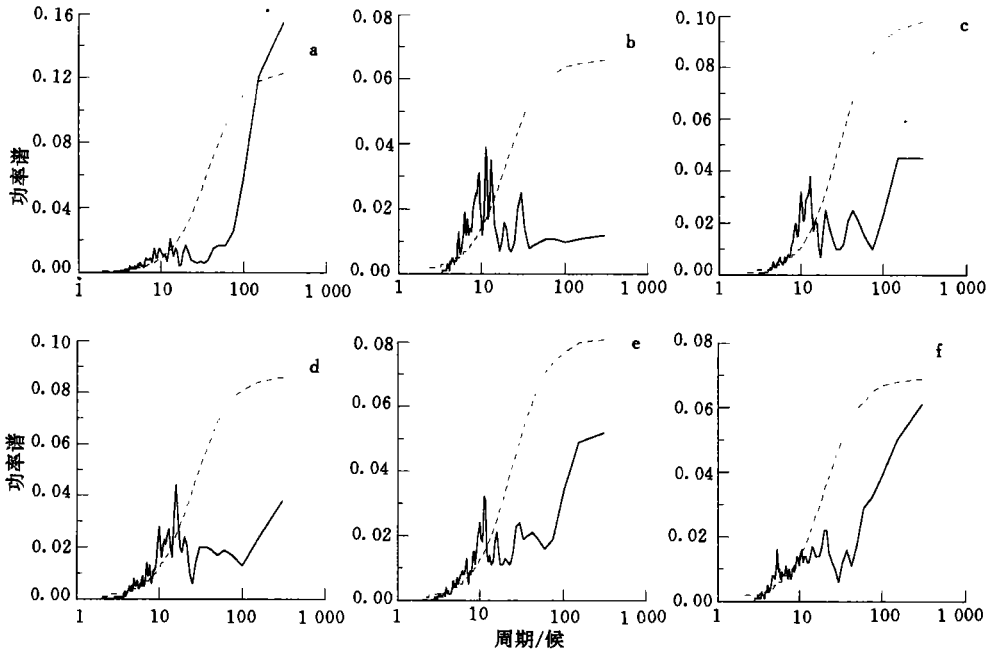


图 1 35°N—35°S, 75°—180°E 范围内代表格点功率谱图

Fig.1 The power spectra of selected grid points in the region of 35°N—35°S, 75°—180°E

a. 0, 125°E; b. 0, 80°E; c. 7.5°S, 125°E; d. 7.5°S, 170°E; e. 15°N, 125°E; f. 15°N, 155°E

----- 0.05 的信度检验线; ——功率谱曲线

为了解热带东印度洋—西太平洋海域 ISO 周期范围,特别是 ISO 周期的空间分布特征,我们考虑选择特定 ISO 周期范围,计算此周期范围所对应的超过信度检验线的功率谱估计值在总功率谱估计值中所占的比值 p_k 。分析 p_k 在热带东印度洋—西太平洋海域的空间分布特征,从而掌握 ISO 周期的空间分布特征。

前人的研究对 ISO 周期范围有过不同的定义(例如周期为 27—70 天、30—60 天、35—95 天等都有涉及)。图 1 功率谱估计值分析也发现 OLR 资料的 ISO 周期在不同的地区略有差别(图 1b、c、d、e)。在分析热带东印度洋—西太平洋海域大气对流活动季节内振荡周期的空间分布特征时,为了突出显示不同 ISO 周期具有不同的空间分布特征,首先选取了 6.5—15.5 候的周期范围计算 p_1 值,又分别计算了 6.5—9.5 候,9.5—12.5 候,12.5—15.5 候和 15.5—18.5 候周期范围的 p_k ($k = 2, 3, 4, 5$)。

$$p_k = \frac{\sum_{j=t_1}^{j=t_2} S_j}{\sum_{m=0}^{m=155} S_m} \quad \text{其中 } S_j \text{ 为 } t_1 - t_2 \text{ 周期内超过标准信度的功率谱估计值。}$$

$$k = \begin{cases} 1 & t_1 = 6.5, t_2 = 15.5 \\ 2 & t_1 = 6.5, t_2 = 9.5 \\ 3 & t_1 = 9.5, t_2 = 12.5 \\ 4 & t_1 = 12.5, t_2 = 15.5 \\ 5 & t_1 = 15.5, t_2 = 18.5 \end{cases} \quad t_i \text{ 的单位为候 } (i = 1, 2)$$

周期为 15.5—18.5 候的 p_5 值在整个热带东印度洋及西太平洋几乎都为零(图略), 说明此海域内 OLR 资料所反映的 ISO 周期基本不超过 15.5 候。可以看出 $p_1 \approx p_2 + p_3 + p_4$ 。图 2a、b、c、d 为 p_1 、 p_2 、 p_3 、 p_4 值空间分布。

从图 2 可以看出, 热带东印度洋、澳大利亚西北、东北洋面及南海南部、中部及吕宋海峡附近为 4 个 ISO 明显的区域。在所选择的 6.5—15.5 候周期范围内, 热带东印度洋的 p_1 值最大。中心值超过 0.48, 中心区位于 5°N — 5°S , 80°E — 90°E 范围。在该区域 p_2 就超过 0.28(图 2b)。 p_3 值还超过 0.16(图 2c), 而在图 2d 中比值 p_4 几乎为零。说明热带东印度洋 ISO 的主要振荡周期为准 6.5—12.5 候, 这与图 1 中 (0° , 80°E) 的功率谱估计值的结果一致。

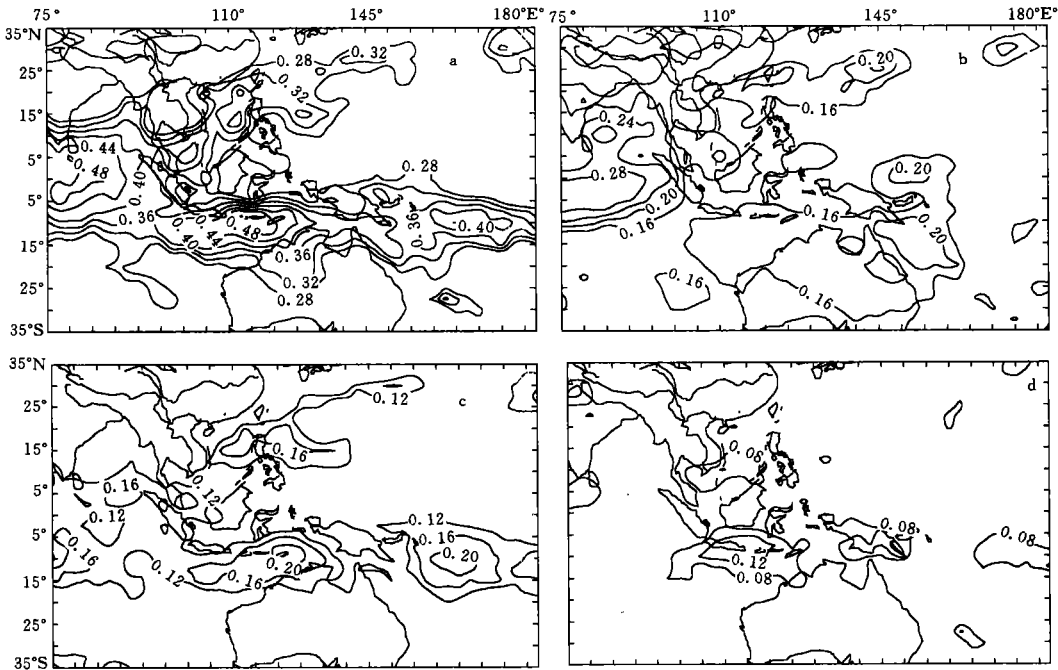


图 2 35°N—35°S, 75°—180°E 范围内 OLR 资料 p_k 值分布图

Fig.2 The distribution of OLR oscillations characteristic features in 35°N—35°S, 75°—180°E

a. 6.5—15.5 候; b. 6.5—9.5 候; c. 9.5—12.5 候; d. 12.5—15.5 候

除热带东印度洋外澳洲大陆西北洋面上 p_1 值也达到 0.48, 中心区位于 7.5°S — 12.5°S , 115°E — 125°E 范围。与热带东印度洋不同的是此域的 p_2 值仅有 0.16(图 2b), 而 p_3 值超过 0.20(图 2c), 大于热带东印度洋的 p_3 值, 此海域 p_4 值仍然超过 0.12(图 2d), 所以澳洲大陆西北洋面的 p_1 值才能达到 0.48。通过与热带东印度洋海域的 p_k 值比较, 澳洲大陆西北洋面显著的 ISO 周期较长, 集中在准 6.5—15.5 候频段上。澳洲大陆东北洋面 p_1 值也较大, 同样采用上面的方法分析通过图 2b、c、d 可知, 该海域 p_k 值分布既不同与澳洲大陆西北洋面, 又不同与热带东印度洋海域。 5°N — 20°S , 145°E — 160°E 范围内只有 p_2 值较显著, p_3 、 p_4 都不甚明显, ISO 周期集中在准 6.5—9.5 候。而再往东侧的 0° — 20°S , 155°E — 175°E 范围内 p_3 值较大, ISO 周期集中在准 9.5—15.5 候。总的讲来澳洲大陆两侧的 ISO 周期虽不

如热带东印度洋 ISO 周期集中,但在选择的 6.5—15.5 候周期范围内,南半球的 ISO 显著区域沿 10°S 为中心的纬向带状域分布(图 2a)。

除了上述三个 ISO 较明显的海域外,在热带西北太平洋海域也有相对较高 p_k 值,但强度不如南半球高, p_k 值空间分布特征也与南半球不同。图 2a 显示从南海南部、南海北部、热带西北太平洋近赤道海域(吕宋海峡东北洋面向东北至日本群岛以南一直到中北太平洋)都有 p_1 值较高区域出现。图 2b、c 上述地区的 p_k 值都有一定的值, p_k 值的变化反映出南海北部及热带西北太平洋近赤道海域的 ISO 周期为准 6.5—12.5 候,而在南海南部 p_4 仍有出现,说明此处大气对流的 ISO 周期为准 6.5—15.5 候。

3 结论

利用候平均 OLR 资料(1979—1993 年)进行功率谱分析,结果表明热带东印度洋—西太平洋海域在以下四个区域中,大气垂直运动表现为较明显的 ISO: (1) 热带东印度洋; (2) 澳大利亚西北洋面; (3) 澳大利亚东北洋面; (4) 南海南部、中部及吕宋海峡附近。其中最显著的 ISO 区位于热带东印度洋,振荡周期集中在准 6.5—12.5 候,在赤道上 ISO 信号最强;澳大利亚西北洋面大气对流活动 ISO 表现为准 6.5—15.5 候,东部的振荡周期较复杂,表现为准 6.5—9.5 候和准 9.5—15.5 候,南半球的 ISO 显著区域沿 10°S 为中心的纬向带状域分布;热带西北太平洋近赤道海域的 ISO 周期为准 6.5—12.5 候。ISO 强信号从南海南部、南海北部、吕宋海峡东北洋面向东北至日本群岛以南一直到中北太平洋。分析结果还表明热带东印度洋—西太平洋海域 OLR 资料所反映的 ISO 周期不超过 15.5 候。

该地区大气季节内振荡的时空分布特征还须用其他大气资料的分析进一步证实,其形成机制以及与全球气候异常密切相关的传播特征也有待于进一步研究。

致谢 北京大学谢安教授提供 OLR 资料,谨致谢忱。

参 考 文 献

- 黄嘉佑, 1984. 气象中的谱分析. 北京: 气象出版社, 27—36
- Lau Ka-Ming, Chan P H, 1983a. Short-term climate variability and atmospheric teleconnections from satellite-observed outgoing longwave radiation Part I: simultaneous relationships. *J Atmos Sci*, 40(12):2 735—2 751
- Lau Ka-Ming, Chan P H, 1983b. Short-term climate variability and atmospheric teleconnections from satellite-observed outgoing longwave radiation Part II: lagged correlations. *J Atmos Sci*, 40(12):2 751—2 767
- Murakami T, Chen L X, Xie A *et al*, 1986. Eastward propagation of 30—60 day perturbations as revealed from outgoing longwave radiation data. *J Atmos Sci*, 43(10):961—971
- Salby M L, Hendon H H, 1994. Intraseasonal behavior of clouds, temperature and motion in the tropics. *J Atmos Sci*, 51(15):2 207—2 224
- Wang B, Rui H, 1990. Synoptic climatology of transient tropical intraseasonal convection anomalies: 1975—1985. *Meteor Atmos Phys*, 44:43—62
- Zhang C D, Hendon H H, 1997. Propagating and standing components of the intraseasonal oscillation in tropical convection. *J Atmos Sci*, 54(15):741—755
- Zhu B, Wang B, 1993. The 30—60 day convection seesaw between the tropical India and western Pacific Oceans. *J Atmos Sci*, 50(2):184—199

THE DISTRIBUTION CHARACTERISTICS OF INTRASEASONAL OSCILLATION OF THE OLR IN TROPICAL EASTERN INDIA OCEAN-WESTERN PACIFIC OCEAN

WANG Shao-xia, LIU Qin-yu, XU Qi-chun

(*Institute of Physical Oceanography, Ocean University of Qingdao, Qingdao, 266003*)

Abstract In order to understand the distribution characteristics of the Intraseasonal Oscillation (ISO) of the atmosphere convection in tropical eastern India Ocean-Western Pacific Ocean, long-period pentad mean OLR (Outgoing Longwave Radiation) data (1979—1993) collected by satellite are studied using the power spectrum analysis. The results reveal that there are four regions in which the ISO signal is significant.

(1) ISO signal concentrates on the Equator over the tropical eastern India Ocean. ISO period is mainly quasi-6.5—12.5-pentad;

(2) ISO signal in the northwestern part of Australia appears quasi-6.5—15.5-pentad oscillation period;

(3) ISO signal in the northeastern part of Australia seems complex. Both quasi-6.5—9.5-pentad and quasi-9.5—15.5-pentad oscillation periods exist;

(4) The northern part of the South China Sea, Luzon Strait and southern areas of Japan archipelago northwestern Pacific Ocean are associated with quasi-6.5—12.5-pentad; oscillations while the southern part of the South China Sea ISO period is quasi-6.5—15.5-pentad.

Key words Tropical eastern India Ocean-Western Pacific Ocean Convection of atmosphere
Intraseasonal Oscillation The distribution characteristics

Subject classification number P732