

亚澳季风区内水汽汇的准两年振荡及其与大气环流的关系*

乔云亭^{1,2}, 简茂球¹, 罗会邦¹

(1. 中山大学大气科学系//季风与环境研究中心, 广东 广州 510275;

2. 中国科学院大气物理研究所 LASG, 北京 100029)

摘要: 利用 1950 - 2000 年大气视水汽汇资料, 分析了亚澳季风区内水汽汇准两年振荡的变化特征及其与大气环流的关系。亚澳季风区内水汽汇有显著的准两年振荡, 其关键区位于西太平洋暖池、孟加拉湾、东南印度洋和西南印度洋, 它们对应 3 种遥相关型。当暖池水汽汇偏强时, 我国华南为偏北风距平, 东亚季风区水汽汇偏弱; 印度洋水汽汇距平呈现为偶极子分布, 东南印度洋附近水汽汇偏强时, 东南印度洋至赤道西印度洋为偏西风距平, 赤道西印度洋水汽汇偏弱; 孟加拉湾水汽汇偏强时, 孟加拉湾至西南印度洋为偏南风距平, 西南印度洋的水汽汇偏弱。反之亦然。

关键词: 准两年振荡; 亚澳季风区; 水汽汇

中图分类号: P434 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2005) 05-0098-04

准两年变化是大气环流变化过程中的一个重要特性。它在大气-海洋-地球系统的相互作用与反馈机制中扮演着重要角色, 也是季风年际变异中不可缺少的重要组成部分。东亚夏季风、南亚夏季风及亚洲冬季风都有明显的准两年振荡^[1-3], 相应地, 印度、东亚及印度尼西亚的季风降水也有明显的准两年振荡。现有的研究大多只关注亚洲季风区, 没有考虑亚澳季风区内各子区域的水汽汇准两年振荡相互间的联系。因此, 本文对亚澳季风区内水汽汇的准两年振荡进行分析, 并探讨它与大气环流的关系。

1 资料与方法

本文使用的资料有: 1950 - 2000 年 NCEP/NCAR 再分析逐日资料集中的 u 、 v 、 ω 及 q , 分辨率为 $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ 。本文的分析所用的水汽汇资料是对由下面的方法算得的逐日垂直积分视水汽汇进行月平均处理而得。下文中主要使用 1978 - 2000 年的视水汽汇资料进行研究。视水汽汇的计算采用倒算法^[4], 其公式为:

$$Q_2 = -L \left[\frac{\partial q}{\partial t} + \mathbf{v} \cdot \nabla q + \omega \frac{\partial q}{\partial p} \right]$$

其中 q 为比湿, $\mathbf{v}$ 为水平风, ω 为 p 坐标垂直速度, L 为蒸发潜热。

水汽汇的垂直积分可表示为:

$$\langle Q_2 \rangle = \frac{1}{g} \int_{p_T}^{p_s} Q_2 dp$$

其中 p_s 为地面气压, 由于 NCEP 高空水汽资料只到 300hPa, 故 $p_T = 300$ hPa。

2 准两年振荡 (TBO) 的关键区及典型空间分布

为了判断亚澳季风区内水汽汇的准两年振荡是否显著, 首先对亚澳季风区水汽汇距平场进行逐点功率谱分析, 将每一点 TBO 分量的功率谱与噪音临界值相比。若 TBO 分量的功率谱超过 0.05、0.1 和 0.2 显著水平对应的临界值, 则标记分别为 3、2 和 1, 表明该处 TBO 显著, 其结果如图 1。当显著水平取为 0.05 时, 准两年变化为显著周期的区域主要有西太平洋暖池、孟加拉湾季风区、苏门答腊岛附近的东南印度洋以及马达加斯加岛东侧的西南印度洋, 将显著水平取为 0.1, 准两年振荡显著的范围扩大很多; 将显著水平取为 0.2, 几乎整个亚澳季风区都有明显的准两年变化。此外, 采用带通滤波的方法得到亚澳季风区水汽汇距平场 TBO 分量, 计算了 TBO 分量的方差及其对原始距平场的方差贡献 (图略)。TBO 方差图的大值区分别位于西太平洋暖池、孟加拉湾、东南印度洋及西南印度洋等地, 特别是东南印度洋 TBO 分量的方差贡献

* 收稿日期: 2004 - 12 - 22

基金项目: 中山大学青年教师科研启动基金、中国科学院大气物理研究所 LASG 开放课题联合资助项目

作者简介: 乔云亭 (1975 年生), 女, 讲师; E-mail: ee56@zsu.edu.cn

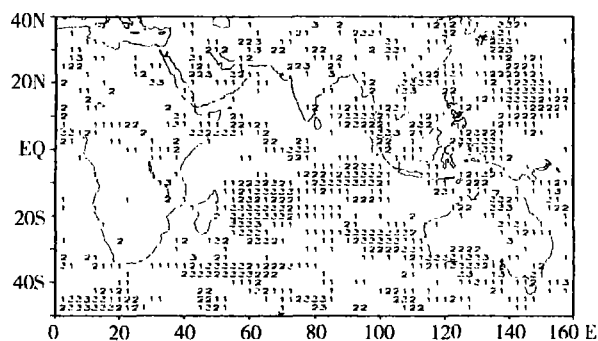


图1 TBO功率谱显著区(数值为3、2、1分别表明达到0.05、0.1、0.2显著水平)

Fig.1 The outstanding region of TBO with spectrum analysis (Value 3, 2 and 1 mean respectively reaching 0.05, 0.1 and 0.2 significant level)

最大,也就是说,这些区域水汽汇有明显的准两年变化。因此,亚澳季风区内部确实存在明显的准两年变化,关键区分别为西太平洋暖池、孟加拉湾、东南印度洋和西南印度洋。

利用 EOF 分析方法对亚澳季风区水汽汇距平场的 TBO 分量进行分析,以期得到其典型空间分布。图2为 EOF 第一型的空间分布,其方差贡献为 20.4%,图中阴影区为绝对值大于 0.04 的区域。

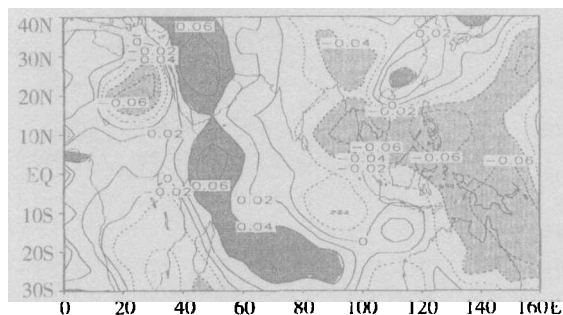


图2 亚澳季风区水汽汇距平场 TBO 分量的 EOF 第一型空间分布

Fig.2 The spatial distribution of TBO component of moisture sink anomaly for the first mode of EOF analysis

由图2可见,它主要反映了亚澳季风区内三种与关键区相关的分布形势,分别为:(1)西太平洋暖池是显著的负值中心,它与其西北侧的东亚季风区水汽汇呈反相分布,反映出东亚-太平洋型分布。(2)印度洋有明显的偶极子分布,在苏门答腊岛以西的东南印度洋与 50°E 附近的赤道印度洋呈明显的反相分布。(3)孟加拉湾为显著负值中心,而西南印度洋为大范围正值中心,二者之间存在密切的联系,反映了南北半球的遥相关型。由于第一型已反映出准两年振荡关键区的变化,故只给出 EOF 分析的第一型。下面讨论各关键区水汽汇的准

两年振荡及其相关的大气环流形势。

3 准两年振荡(TBO)的遥相关型及其与大气环流的关系

3.1 西太平洋暖池水汽汇准两年振荡

图3a和b分别给出西太平洋暖池区域平均(130-160°E, 0-20°N)水汽汇距平的 TBO 分量与邻近地区 $\langle Q_2 \rangle$ 距平场 TBO 分量和它与 850 hPa 风场距平相应的 TBO 分量的相关分布。图中阴影区为相关系数绝对值大于 0.4 的区域,超过 99.9% 的信度。由图3a可知,最大正相关区位于暖池本身,而最大负相关区则位于东亚季风区,二者形成明显的“跷跷板”型。这与前面 EOF 的分析结果一致,反映了东亚-太平洋型的遥相关分布。相应地,图3b上,在暖池有一气旋性距平环流,我国东南沿海为偏北风距平,其北侧的我国华北及东北地区为反气旋性距平环流所控制。综合来讲,当暖池水汽汇偏强时,东亚季风区水汽汇偏弱,相应地,暖池为气旋性距平环流,东亚季风区为偏北风距平和反气旋性距平环流;反之亦然。

3.2 印度洋水汽汇偶极子的准两年振荡

定义西赤道印度洋(45-55°E, 5°S-5°N)与

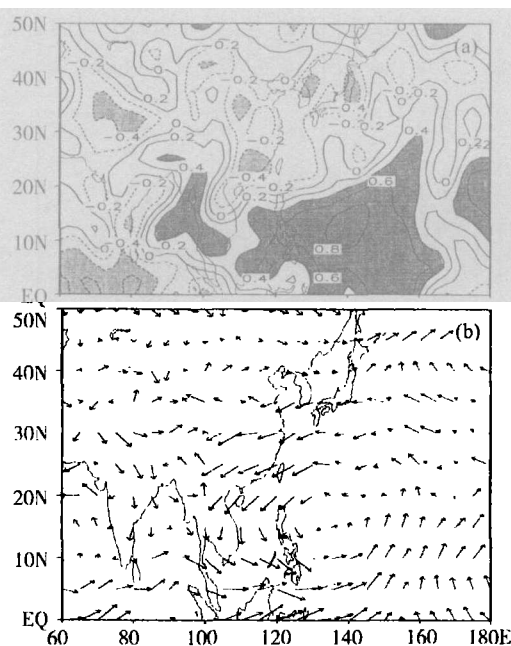


图3 西太平洋暖池 $\langle Q_2 \rangle$ 距平 TBO 分量与邻近地区 $\langle Q_2 \rangle$ 距平 TBO 分量(a)及与 850hPa 距平风 TBO 分量(b)的同时相关

Fig.3 The correlation coefficient distribution of the regionally averaged TBO component of moisture sink over the western Pacific warm pool with the $\langle Q_2 \rangle$ field (a) and the anomalous wind in 850hPa (b)

东南印度洋 (90 – 100°E, 12.5 – 5°S) 区域平均 $\langle Q_2 \rangle$ 距平 TBO 分量的差为印度洋水汽汇偶极子指数 (MDMI)。为了与 Saji 等^[5]的结果进行比较, 将资料序列延长为 1950 – 2000 年, 计算出 MDMI 指数, 其时间曲线如图 4。由图 4 可见, 在过去的半个世纪中, 印度洋偶极子强年有 6 a, 分别为 1961、1963、1972、1994、1997 和 1999 年, 每年的最大峰值出现在 10 月或 11 月, 这与 Saji 等的结论基本一致。说明印度洋的水汽汇距平场在准两年变化的时间尺度上有明显的偶极子分布, 即印度洋偶极子有明显的准两年变化。

图 5 为 MDMI 指数与相应的水汽汇距平场 TBO 分量和 850 hPa 距平风场 TBO 分量的同时相关分布, 图中阴影区为相关系数绝对值大于 0.6 的区域, 超过

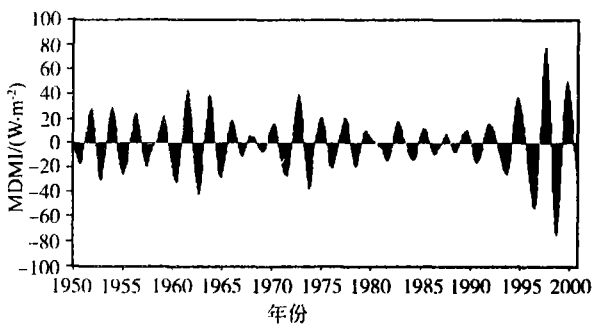


图 4 印度洋水汽汇偶极子指数 (MDMI) 时间曲线

Fig.4 The time series of MDMI over the Indian Ocean

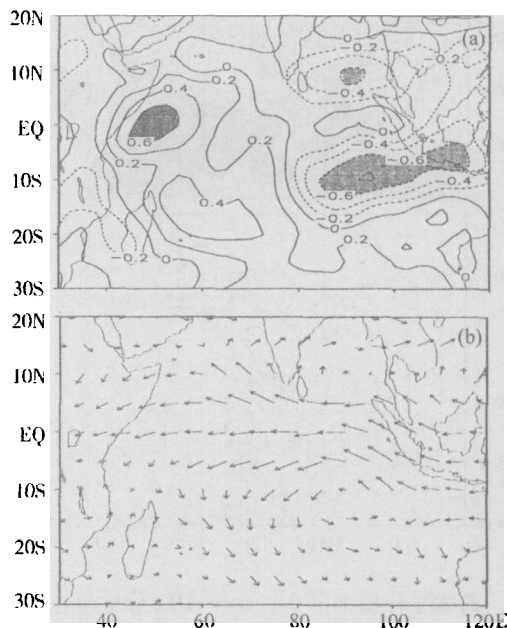


图 5 印度洋 MDMI 指数与邻近地区 $\langle Q_2 \rangle$ 距平 TBO 分量 (a) 及与 850 hPa 距平风 TBO 分量 (b) 的同时相关

Fig.5 The correlation coefficient distribution of MDMI over the Indian Ocean with the $\langle Q_2 \rangle$ field (a) and the anomalous wind in 850 hPa (b)

99.9%信度。由图 5a 清晰可见, 最大正相关中心位于 (45 – 55°E, 5°S – 5°N) 附近的赤道西印度洋, 最大负相关中心位于 (90 – 100°E, 12.5 – 7.5°S) 附近的东南印度洋。图 5b 上, 东南印度洋有强盛的偏东风距平气流将水汽输送至赤道西印度洋, 使其水汽汇加强, 反之亦然。

3.3 孟加拉湾水汽汇准两年振荡

图 6a 和 b 分别给出孟加拉湾 (85 – 100°E, 10 – 20°N) 区域平均水汽汇距平 TBO 分量与邻近地区 $\langle Q_2 \rangle$ 距平场 TBO 分量和它与 850hPa 风场距平 TBO 分量的相关分布。图 6a 上, 最大负相关区位于南半球西南印度洋, 中心约为 (70°E, 20°S), 相应地, 图 6b 上, 马达加斯加附近有一反气旋性距平环流, 该反气旋西侧的南半球西南印度洋有一股强盛的偏南风距平气流, 越过赤道, 与孟加拉湾以北的偏北风距平气流交汇, 在孟加拉湾激发出一气旋性距平环流, 也就是说, 在准两年变化尺度上, 当孟加拉湾水汽汇偏强时, 西南印度洋水汽汇偏弱, 该地强盛的偏南风距平气流跨越赤道, 将水汽输送到孟加拉湾, 反之亦然。

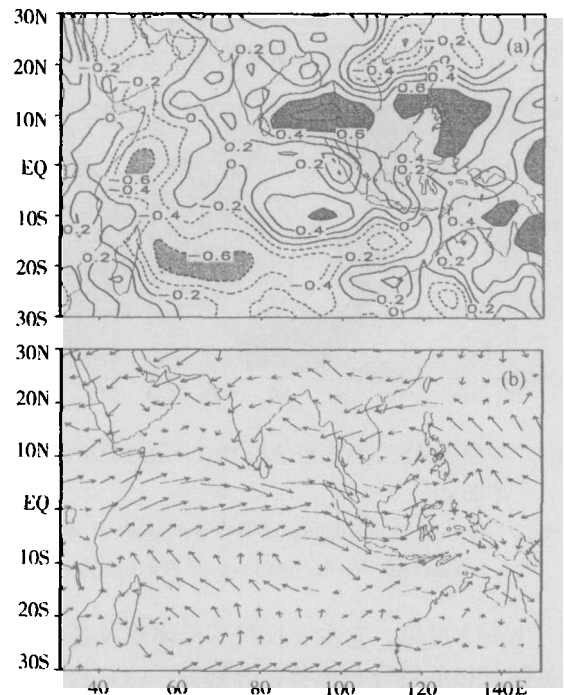


图 6 孟加拉湾区域平均 $\langle Q_2 \rangle$ 距平 TBO 分量与邻近地区 $\langle Q_2 \rangle$ 距平 TBO 分量 (a) 及与 850 hPa 距平风 TBO 分量 (b) 的同时相关

Fig.6 The correlation coefficient distribution of the regionally averaged TBO component of moisture sink of the Bay of Bengal with the $\langle Q_2 \rangle$ field(a)and the anomalous wind in 850 hPa(b)

3.4 三种遥相关型与大气环流关系的综合分析

图 7 给出亚澳季风区水汽汇距平场 TBO 分量

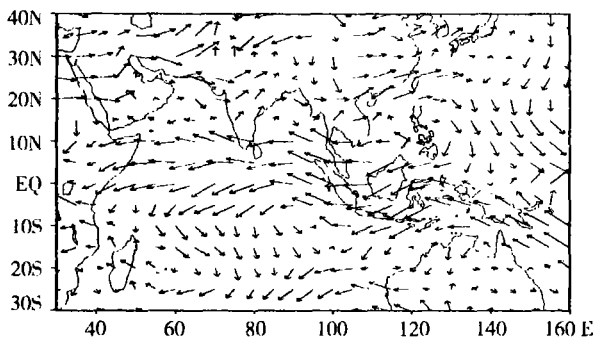


图7 亚澳季风区水汽汇距平场 TBO 分量 EOF 第一分量与 850 hPa 距平风 TBO 分量的同时相关

Fig.7 The correlation coefficient of the time coefficient for the first EOF mode of TBO component of $\langle Q_2 \rangle$ with the anomalous wind in 850 hPa

EOF 第一型时间系数与 850 hPa 距平风 TBO 分量的同时相关。它可以综合反映三种遥相关型与大气环流的关系。对比图 2 和图 7 可知, 当西太平洋暖池、东南印度洋及孟加拉湾水汽汇偏强时, 我国华南为偏北风距平、东南印度洋至赤道西印度洋为偏西风距平、孟加拉湾至西南印度洋为偏南风距平, 东亚季风区、赤道西印度洋及西南印度洋的水汽汇偏弱; 反之亦然。

4 小 结

本文分析了亚澳季风区内水汽汇准两年振荡的变化特征及其与大气环流的关系, 主要结果如下:

①亚澳季风区内水汽汇有显著的准两年变化, 其关键区分别位于西太平洋暖池、孟加拉湾、东南印度洋和西南印度洋, 它们对应三种遥相关型。②暖池水汽汇偏强时, 我国华南为偏北风距平, 东亚季风区水汽汇偏弱, 反之亦然。③印度洋水汽汇距平呈现为偶极子分布, 东南印度洋附近水汽汇偏强时, 东南印度洋至赤道西印度洋为偏西风距平, 赤道西印度洋水汽汇偏弱, 反之亦然, 这说明印度洋偶极子有明显的准两年变化。④孟加拉湾水汽汇偏强时, 孟加拉湾至西南印度洋为偏南风距平, 西南印度洋的水汽汇偏弱, 反之亦然。

参考文献:

- [1] SHEN SUHUNG, LAU K M. Biennial oscillation associated with the East Asian Summer monsoon and tropical sea surface temperatures[J]. J Meteor Soc Japan, 1995, 73(1):105 - 124.
- [2] GERNALD A. MEEHL. The South Asian Monsoon and the tropospheric biennial oscillation[J]. J Climate, 1997, 10(8), 1921 - 1943.
- [3] TOMOHIKO TOMITA, TETSUZO YASUNARI. Role of the Northeast Winter monsoon on the biennial oscillation of the ENSO/Monsoon system[J]. J Meteor Soc Japan, 1996, 74(4):399 - 413.
- [4] YANAI M S, ESBENSEN, CHU J H. Determination of bulk properties of tropical cloud clusters from large-scale heat and moisture budgets[J]. J Atmos Sci, 1973, 30, 611 - 627.
- [5] SAJI N H, COSWAMI B N, VINAYACHANDRAN P N, et al. A dipole mode in the tropical Indian Ocean[J]. Nature, 1999, 401:360 - 363.

Tropical Biennial Oscillation of Moisture Sink over Asian-Australian Monsoon Region and its Relationship with Atmospheric Circulation

QIAO Yun-ting^{1,2}, JIAN Mao-qiu¹, LUO Hui-bang¹

(1. Department of Atmospheric Sciences/The Research Center for Monsoon and Environment, SUN Yat-sen University, Guangzhou 510275, China;

2. LASG, Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China)

Abstract: Using the apparent moisture sink data from 1950 to 2000, the tropical biennial oscillation of moisture sink over Asian-Australian monsoon (AA monsoon) region and its relationship with the atmospheric circulation are studied. The results show that the west pacific warm pool, Bay of Benge, southeast Indian Ocean and southwest Indian Ocean are the key regions of the biennial oscillation in AA monsoon region. They correspond to three main teleconnection patterns. When the moisture sink ($\langle Q_2 \rangle$) over the west Pacific warm pool is stronger, it is northerly wind anomaly over Southern China, $\langle Q_2 \rangle$ over the East-Asian monsoon region is weaker; there is apparent dipole mode in the Indian Ocean. When $\langle Q_2 \rangle$ over the southeast Indian Ocean is stronger, it is westerly wind anomaly from the southeast to western equatorial Indian Ocean, $\langle Q_2 \rangle$ over the western equatorial Indian Ocean is weaker. When $\langle Q_2 \rangle$ over Bay of Benge is stronger, it is southerly wind anomaly from the Bay of Benge to the southwest Indian Ocean, $\langle Q_2 \rangle$ over the southwest Indian Ocean is weaker, and vice versa.

Key words: tropical biennial oscillation; Asian-Australian monsoon region; moisture sink