

亚洲夏季风环流的低频振荡*

吴池胜

(中山大学大气科学系, 广州510275)

摘要 根据欧洲中心1980~1985年资料,利用经验正交函数分析方法,研究了亚洲地区夏半年(4~9月)大气环流低频振荡的特征.结果表明:亚洲夏季风环流的低频振荡存在四种主要的空间分布型,其周期分别约为120, 80, 20~30, 40~60d,它们的位相变化直接影响季风系统各主要成员的活动;对流层下部,大气环流低频变化最明显的地区是热带西太平洋—南海附近地区,该区的振荡与印度地区的反相;当对流层下部东亚热带季风活跃时,对流层上部季风系统的响应方式因振荡周期的不同而有明显的差异.

关键词 季风环流, 低频振荡, 经验正交函数

自80年代以来,大气低频振荡一直是气象科学的热门课题之一,以往的研究大多采用波谱分析或滤波技术来揭示低频分量的结构和传播特征等.由于低频分量的方差比(对总方差的贡献)相对来说是比较小的,因此要想通过对低频振荡的研究来提高长期天气预报和短期气候预报的准确率,必须弄清低频振荡对大气环流变化的影响程度.陈世训等利用1979年的资料研究了夏季风准40天振荡过程中的环流变化^[1]. Weickmann分析了北半球冬季大气环流的低频振荡^[2].林海等研究了低频振荡与南亚高压的关系^[3].尽管如此,目前有关大气环流低频变化的三维物理图象仍然是不太清楚的.本文利用经验正交函数(EOF)分析方法,研究了亚洲地区夏半年低频振荡的环流特征及其对大气环流变化的影响,在分析中强调了对流层上下部环流系统的匹配.

1 资料和方法

本研究使用了欧洲中心1980~1983年4~9月的850h Pa和200h Pa的格点风资料.分析范围为60°~150°E, 0°~40°N,格距为5°×5°共有171个格点.有关EOF分析方法的基本公式见有关教科书.为了能考察环流系统在对流层上下部的同步变化,我们把200h Pa和850h Pa的资料放在同一矩阵内,这样,样本资料矩阵就包含有2(层)×2(个要素)×171=684个格点值.先对原始资料(u , v 分量)作5天非滑动平均(为方

收稿日期: 1995-07-03

* 国家自然科学基金资助项目 (49135120)

便计,这里仍称之为“候平均值”),从 4月 2日~ 9月 28日共 30候,求取各候的偏差风 v' ,即 $v' = (v - \bar{v})$, \bar{v} 为 4~ 9月的平均风.然后利用 v' 作 EOF 分析.

2 低频振荡的环流特征

表 1 列出前 4 个特征值及相应的累加拟合率或累加方差贡献.表中 λ_i 为第 k 个特征值, F_k 为前 k 个特征向量 (CEV) 的累加拟合率.从表中可知,CEV 1~ 4 的累加拟合率为 74%.图 1 是前四个特征向量的时间系数曲线 (限于篇幅,仅给出振幅较强的典型时段,其余的图略),由图可见,CEV 1 的周期约为 120d,它描写场变量的季节变化部分;CEV 2 的主要振荡周期约为 80d,CEV 3 主要描述周期约为 20~ 30d 的振动,CEV 4 的振动周期约为 40~ 60d.下面我们将主要分析 30~ 60d 振荡,即 CEV 3 和 CEV 4 的环流特征.

表 1 主要特征值及累加拟合率

Tab. 1 Main eigenvalue and the sum of fitting ratio

特 征 值				累 加 拟 合 率			
λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	F_1	F_2	F_3	F_4
2033260.0	206010.1	144150.9	114305.9	0.5996	0.6604	0.7029	0.7366

2.1 CEV3

CEV 3 主要代表周期为 20~ 30d 的振动分量,其特征流场如图 2 所示.由图可见,当时间系数为正 (负) 时,在 850h Pa 层上,热带西太平洋和南海附近地区主要为一近于东西走向的气旋 (反气旋) 性环流,而印度南部附近地区为反气旋 (气旋) 性环流控制,即两地的振荡位相相反;在 200h Pa 层上,东亚地区主要为一中心在 32.5°N , 115°E 处的气旋 (反气旋) 性环流,在其南侧 (从华南—台湾以东的洋面上) 有一强风带,另外在赤道附近存在一支方向相反的强风带,后面我们将会看到正是这两支相反的风带引起东风急流轴的南北振荡.

为了进一步考察特征向量场的天气学意义,我们把特征向量流场 (CEV) 迭加在 4~ 9月的平均场 (图略) 上,得到综合场 (S_i):

$$S_i = M + a_i \cdot \text{CEV}_i \quad (1)$$

式中 i 表示表中特征向量的序号, M 为平均场, a_i 为第 i 个特征向量时间系数的典型值 (极值),并以 S_i^+ 和 S_i^- 分别表示 a_i 取正值和负值时的综合场.

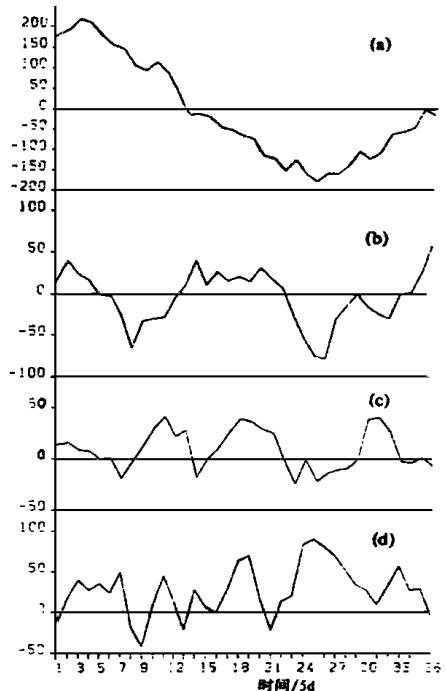


图 1 前 4 个特征向量的时间系数曲线 (a) CEV 1 (b) CEV 2 (c) CEV 4 (d) CEV 3

Fig. 1 The time series of circulation eigenvector 1 (CEV 1), CEV 2, CEV 4, and CEV 3

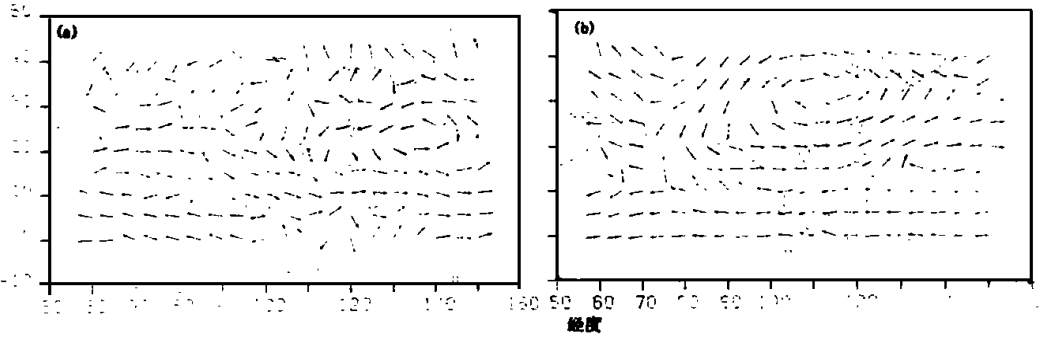


图2 CEV 的流场 (a) 850h Pa, (b) 200h Pa

Fig. 2 The pattern of circulation eigenvector 3 (CEV3) (a) 850hPa (b) 200hPa

图3是 CEV 的综合场. 由图 3a 可见 S_3 的主要特征是: 副热带高压偏北其西脊端伸抵华东地区; 赤道西风沿 $10^{\circ}N$ 直抵 140° 以东的洋面上, 南海中南部附近地区的西南风加大, 南海季风槽与西太平洋 ITCZ 相联接. 绵延数千公里. 因此, S_3 代表东亚热带 (即热带西太平洋—南海附近地区) 西南季风活跃的情形. S_3 的环流形势则相反 (图 3c), 即

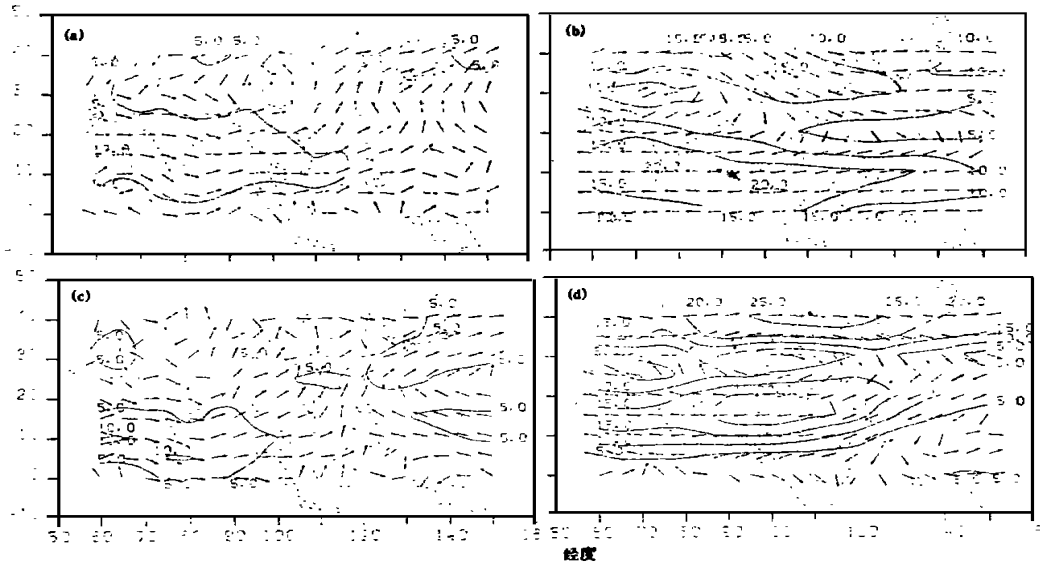


图3 CEV 的综合场

Fig. 3 The composite wind (S) for CEV3 (see text)

(a) 850h Pa S_3 , (b) 200h Pa S_3 , (c) 850h Pa S_3 , (d) 200h Pa S_3

南海南部的西南风减弱, 副热带高压西伸进南海东部, 且其西南端与赤道缓冲带相接, 西太平洋低纬地区盛行偏东风, ITCZ 趋于消失 (如果把季节变化分量—CEV 也迭加在 S 场上的话, 可见到 ITCZ 并不完全消失, 而是减弱中断了 (图略)), 与此同时, 印度东北部地区的气旋性环流有所加强. 因此 S_3 代表东亚热带季风的不活跃 (中断减弱) 阶段. 此外, 在图 3a 上还可看出, 随着振荡位相的变换, 印度地区大气环流的变化远不如南海—西太平洋地区的明显. 在 200hPa 层上, S_3 (图 3b) 的主要特征是南亚反气旋中心西移至

75°E (称之为西部型), 南海—中印半岛上空的北支 (15°~20°N) 东风急流减弱消失, 而在雅蒲岛至新加坡一线上出着南支东风急流; 在 S_3 (图 3d) 上, 环流形势变化则相反, 南亚反气旋中心偏东 (约 110°E 处, 称之为东部型), 此时南支东风急流消失, 北支东风急流出现, 即随着振荡位相的转换, 热带东风急流的变化主要表现为急流轴在南北方向上的振动。

2.2 CEV4

CEV4 代表周期为 40~60d 的振荡, 其环流特征如图 4 所示。由图 4a 可见, 西太平洋和南海附近地区 (包括我国东南部和日本地区) 为一庞大的气旋性环流控制, 环流中心约在 135°E 28°N; 主要的反气旋中心位于阿拉伯海北部, 整个印度半岛几乎均受其影响。这种“东低西高”的环流形势使得印度地区吹偏东风而同纬度的南海—西太平洋地区则吹偏西风, 即两地的风向呈反位相, 这是 CEV4 与 CEV3 的主要差异之一。另外, 在河套东侧是一向南伸抵长江流域的高压脊; 在低纬赤道附近则为一致的偏西风。在 200h Pa 层上 (图 4b), 与 CEV3 相反, 我国大陆地区为反气旋性环流控制。

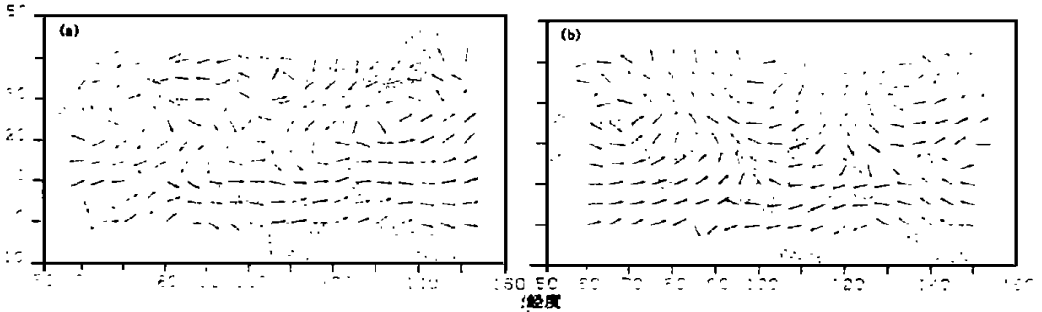


图 4 CEV4 的流场 (a) 850h Pa, (b) 200h Pa

Fig. 4 As in Fig. 2 except for CEV4

图 5 是 CEV4 的综合场。850h Pa 层 (图 5a) 上, 副热带高压东退, 105°E 以东地区越赤道气流明显, 赤道西风向东推进到 140°E 以东的西太平洋地区, 但印度洋上的大风中心偏南 (5°N), 印度次大陆上盛行西北风, 同时我国东部为反气旋环流控制, 从日本南部到华南沿海有一气旋性切变线。因此 S_4 描写了东亚热带季风 (南海—西太平洋地区的西南季风) 活跃而印度季风以及东亚副热带西南季风中断的情形。当时间系数为负时 (图 5c), 副热带高压西伸进南海, 原在 S_4 上介于 105°~130°E 之间的越赤道气流大为减弱, 西太平洋低纬盛行偏东风, ITCZ 减弱消失; 与此同时, 印度地区由前一阶段的西北风转为西南风, 强的西南风由阿拉伯海经印度和孟加拉湾吹向江淮地区, 且印度东北部的气旋性环流也加强了。所以, S_4 代表了印度地区西南季风和我国大陆副热带季风的活跃以及热带西太平洋西南季风中断的情形。

因此, 由上述分析可看到, 随着低频振荡位相的转换, 印度季风与西太平洋—南海地区的季风活动是反位相的, 而与我国大陆东部的副热带 (西南) 季风又是同位相的。文 [4] 曾根据对 OLR 低频分量的 EOF 分析结果, 推测印度地区的季风活动与西太平洋—南海地区的相反。这种推测现在正好由 S_4 与 S_3 所代表的环流变化给予佐证。

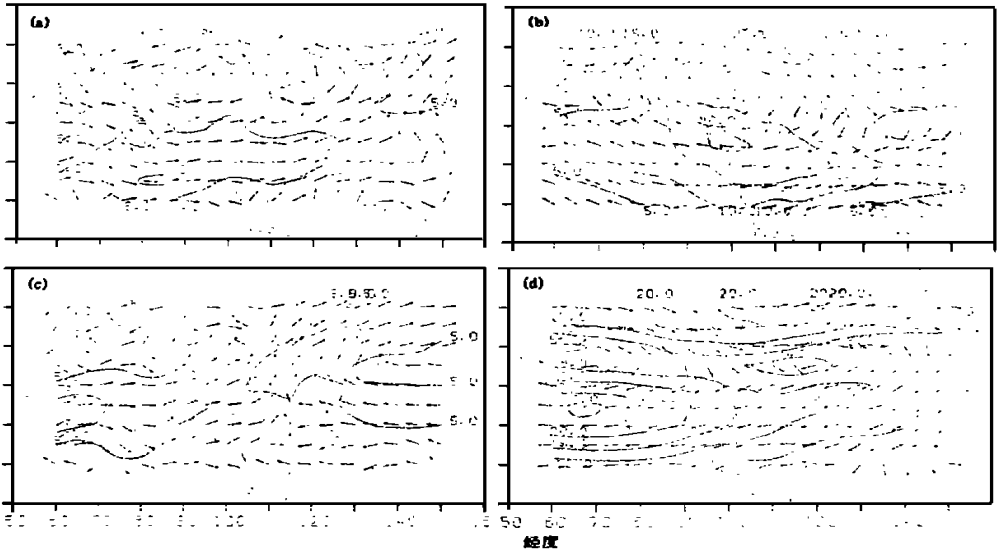


图 5 CEV4 的综合场

Fig. 5 As in Fig. 3 except for CEV4

(a) 850hPa的 S_4 , (b) 200hPa的 S_4 , (c) 850hPa的 S_4^- , (d) 200hPa的 S_4^-

在 200hPa 层上, S_4 (图 5b) 的主要特征是南亚反气旋为东部型, 中心位置约在 100°E 处, 同时热带东风急流核也几乎在同一经度位置上; 另外赤道上空 ($90^\circ\sim 130^\circ\text{E}$ 之间) 的东北风加大, 即由北向南的越赤道气流加强, 这与同一位相时低层由南向北的越赤道气流加强 (图 5a) 正好互为对应. S_4^- (图 5d) 的情形正相反, 即南亚反气旋中心以及东风急流核的位置偏西 (约 65°E , 为西部型) 且 $100^\circ\sim 120^\circ$ 间的越赤道气流也随之减弱了.

因此, 比较 S_3 与 S_4 (或 S_3 与 S_4^-) 的形势, 我们可以看到, 在不同周期的低频系统活动中, 对流层下部热带西太平洋—南海附近地区都可出现西南季风的活跃 (或中断), 但对流层上部的主要季风系统 (南亚高压、东风急流) 的相应变化 (即高低层系统的匹配) 却是有明显差异的.

3 小 结

根据上述分析, 我们得到如下几点主要的结果:

(1) 亚洲地区夏季风环流的低频振荡存在 4 种主要的空间分布型, 其周期分别为 120, 80, 40~60, 20~30d. 它们的位相变化直接影响季风系统各主要成员的活动.

(2) 在对流层下部, 低频振荡引起大气环流变化最明显的地区是热带西太平洋—南海地区. 在印度地区, 随着 40~60d 振荡位相的转换, 环流变化主要表现为西北风与西南风的转换, 而其他周期的振荡所引起的环流变化则不明显.

(3) 就低频分量活动而言, 印度季风与东亚热带 (即热带西太平洋—南海地区的) 季风互为反相, 即印度季风活跃时, 东亚热带季风则不活跃, 反之亦然; 同时, 印度季风又与我国东部大陆的副热带季风同相振荡.

(4) 周期为 20~ 30d 的振荡与周期为 40~ 60d 的振荡的最大差异在于对流层上下部系统的匹配不同, 前者当对流层下部西太平洋—南海地区处于西南季风的活跃阶段时, 200h Pa 层上南亚反气旋为西部型, 热带东风急流轴位置偏南 (5°N); 当南海—西太平洋地区转为西南季风的不活跃阶段时, 高空南亚反气旋为东部型, 南支东风急流消失, 北支东风急流出现. 而对 40~ 60d 振荡来说, 当西太平洋—南海地区的西南季风活跃时, 高空南亚反气旋则为东部型, 热带东风急流核也随之偏东, 随着振荡位相的转换, 上述的环流变化则相反.

参 考 文 献

- 1 陈世训, 柯史钊. 季风区热带环流的振动与季风辐合带. 全国热带夏季风会议文集 (1981), 1983. 1~ 14
- 2 Weikmann K M. Intraseasonal circulation and outgoing longwave radiation modes during northern hemisphere winter, *Mon. Wea. Rev.*, 1983, 3: 1838~ 1858
- 3 林海, 徐裕华. 北半球对流层上部超长波的低频振荡及其与南亚高压变动的关系. 大气科学文集, 1990. 186~ 193
- 4 陈隆勋等. 东亚季风. 北京: 气象出版社, 1991. 31

The Low Frequency Oscillation of Asia Monsoon Circulation in Summer

Wu Chisheng*

Abstract Using the Empirical Orthogonal Function (EOF) analysis method, the characters of low frequency oscillation (LFO) of Asia monsoon circulation in summer half year are investigated. The results show that ① the first four major spatial pattern from the EOF analysis, which time coefficients approximately have remarkable periods of 120, 80, 20~ 30 and 40~ 60 days, responds to the influence of different monsoon systems, respectively. ② The amplitude of LFO of monsoon circulation at lower troposphere over the tropical western pacific and China South Sea and its surrounding is most large and it is of opposite phase with that over India. ③ While the tropical monsoon at lower troposphere over Asia eastern is in active phase, there may be different circulation situation at upper troposphere accordingly as their different period of LFO.

Keywords monsoon circulation, low frequency oscillation, empirical orthogonal function

* Department of Atmospheric Sciences, Zhongshan University, Guangzhou 510275