

季风区环流季节变化及其在 El Nino 年的异常*

王盘兴 徐建军 许应龙

(南京气象学院, 南京 210044)

提 要

该文用 EOF 分析方法研究了 1981~1983 年 5~9 月印度洋、西太平洋季风区环流的季节变化及其年际异常. 所得第 1 特征向量是季风分量. 其 1983 年的时间系数曲线与 1981、1982 年的差异表明, El Nino 年夏季风环流弱, 且其向北半球夏季型的转变期较正常年推迟. 在西太平洋地区它表现为副高北进的滞后. 用 IAP GCM 作的一个相应的数值试验证实了上述结果的正确.

关键词: 季风区环流; 季节变化异常; El Nino 年; 夏季.

引 言

在早期的研究中, 季风常作为一种次行星尺度地理区域的现象被研究, 其中, 东亚季风、印度季风的研究有着悠久的历史. Ramage^[1]从全球角度考察了季风现象, 指出 25°S~35°N, 30°W~170°E 范围内季风现象表现得最明显, 他把这个区域定义为世界典型季风区. 研究表明, 北半球夏半年期间, 季风区环流系统的季节变化十分明显, 如北半球区域的印度夏季风低压、西太平洋副高; 赤道附近的赤道辐合带、赤道缓冲带和跨赤道气流; 以及南半球区域的印度洋副高和澳洲大陆冷高等都有明显的季节变化. 另外, 研究指出^[2], 它们的季节变化进程存在相互联系.

一般说来, 定量地研究季风区诸多环流系统的季节变化的相互联系是一件困难的事. 文献[3]对 1979 年 5~7 月季风区 MONEX 风场资料作了自然正交展开(EOF 分析), 从中得到了“季风分量”. 它对于说明 1979 年季风区环流系统的季节变化及其相互联系是有益的. 文献[4]对 IAP GCM 的试验结果(两个控制试验, 一个 1983 年 SST 异常试验)作了类似的分析, 不但从中得到了模式大气的“季风分量”, 而且还发现 SST 异常年的时间系数曲线与控制试验存在明显的差别. 因而证明, EOF 分析方法是一种定量分析季风区

* 本工作属国家自然科学基金重点项目(低纬大气热源与环流变异规律的研究).

1994-04-11 收到, 1994-05-10 收到修改稿.

环流季节变化及其年际异常的有效工具。

本文因而选用 EOF 分析方法分析了印度洋、西太平洋季风区 ($30^{\circ}\text{N}\sim 30^{\circ}\text{S}$, $30^{\circ}\sim 150^{\circ}\text{E}$) 的 1000 hPa 高度场和 850 hPa 候平均风场距平序列。为了将分析结果与文献[4]的数值试验分析结果作比较, 计算方案的设计尽可能与文献[4]相一致。

1 资料和方法

对区域 $30^{\circ}\text{N}\sim 30^{\circ}\text{S}$ 和时段 1981~1983 年 5~9 月, 用 ECMWF 客观分析资料(格距 $\Delta\tau\times\Delta\varphi=5^{\circ}\times 5^{\circ}$), 求得了 1000 hPa 高度(记为 H_{1000} ; 单位: 位势什米), 850 hPa 风(记为 \vec{V}_{850} ; 单位: m/s) 的候平均场时间序列。由文献[5]可知, 1982 年 9 月~1983 年 9 月发生了 50 年代以来最强的一次 El Nino 事件。因此, 1981、1982 年 5~9 月(对应 1~30, 31~60 候)基本上是 SST 正常年, 1983 年 5~9 月(对应 61~90 候)为 El Nino 式的 SST 异常年。

由于上述观测资料的选取在时空区域、分析项目、异常背景等方面与文献[4]所分析的数值试验结果很接近, 故文献[4]的分析结果可直接与本文的分析结果相比较。

分析对象是 H_{1000} 、 \vec{V}_{850} 对其 5~9 月多年(这里是 3 年)平均场的偏差。记原始资料序列为 F_{ij} , 且 $i=1\sim m$, $j=1\sim n$ 。其中, i 为候序, m 为总候数(这里为 90); j 为场点序, n 为总场点(这里为 $25\times 13=325$)。平均场定义为:

$$\bar{F}_j = \sum_{i=1}^m F_{i,j}/m \quad j = 1 \sim n \quad (1)$$

距平场序列定义为:

$$F'_{ij} = F_{ij} - \bar{F}_j \quad i = 1 \sim m, j = 1 \sim n \quad (2)$$

由上二式的定义可知, 距平场序列中包含了季内、季节和年际变化的全部信息。对式(2)作 EOF 分析。其中 H'_{1000} 的 EOF 分析采用常规方法; \vec{V}'_{850} 的 EOF 分析采用文献[6]的方法。

2 平均场与 EOF 分析的方差拟合率

作为 EOF 分析的基础, 这里给出平均场特点及距平场时间序列 EOF 分析的方差拟合率。1981~1983 年 5~9 月平均高度场 \bar{H}_{1000} 和 850 hPa 风场 $\bar{\vec{V}}_{850}$ (图略) 的基本特点如下:

2.1 \bar{H}_{1000} 的特点

北半球: 中心在印度北部平原的季风低压明显。季风槽向东伸展控制中南半岛及南海; 向西伸展控制阿拉伯半岛及红海。西太平洋副高脊线在 $20^{\circ}\sim 25^{\circ}\text{N}$ 之间, 西伸达 140°E ; 其南侧为赤道槽, 槽线位于赤道以北。这与北半球初夏阶段近地面环流型接近。

南半球: 等高线比较平直, 且南高北低。高压脊约位于 60°E 和 150°E 附近, 它们分别为印度洋副高和澳大利亚寒潮冷高的平均位置。

赤道非洲东海岸和印度尼西亚: 或等高线较密, 或等高线与纬线有明显交角, 是索马

里急流和印度尼西亚及以东跨赤道气流存在的反映. 印度洋区域附近的南北风切变明显, 而赤道附近气压场较弱, 为赤道缓冲带(B 系统)控制.

2.2 \bar{V}'_{850} 的特点

北半球, 印度夏季风低压位置在印度东北部平原, 其前部的东南气流进入中南半岛及我国南海和华南地区; 西太平洋副高脊线位置在 $20^{\circ} \sim 25^{\circ}N$ 之间. 南半球, 印度洋副高和澳洲大陆冷高清楚, 赤道印度洋西风及缓冲系统(B 系统)明显, $45^{\circ}E$ 处的索马里急流(窄而强)和 $105^{\circ} \sim 130^{\circ}E$ 的跨赤道气流(宽而弱)清楚. \bar{V}'_{850} 与 \bar{H}'_{1000} 基本特点有良好的配合.

为了判断 H'_{1000} 和 \bar{V}'_{850} 分析中特征向量在拟合环流演变中的相对重要性, 对 EOF 分析得到的全部特征值降序排列得 λ_h ,

$$\lambda_h, \quad h = 1 \sim H \quad (3)$$

其中, H 为特征值总个数 ($H = 89$); 第 h 个特征向量对距平场序列总方差的拟合率为:

$$\rho_h = \lambda_h / \sum_{h'=1}^H \lambda_{h'} \quad (4)$$

前 h 个特征向量对距平场序列总方差的拟合率为

$$P_h = \sum_{h'=1}^h \lambda_{h'} / \sum_{h'=1}^H \lambda_{h'} \quad (5)$$

图 1 给出了 H'_{1000} 和 \bar{V}'_{850} 的 EOF 分析的 ρ_h 和 P_h , $h = 1 \sim 20$. 由图中虚线 (ρ_h) 可知, H'_{1000} 和 \bar{V}'_{850} 的前 3 个特征向量对 H'_{1000} (\bar{V}'_{850}) 总方差的个别拟合率 ρ_h 均在 10% (7%) 或以上. 从方差贡献考虑, 它们是真正重要的特征向量. 由于环流的季节变化及其年际异常是构成 H'_{1000} 和 \bar{V}'_{850} 总方差的主要成分, 因而可以研究前几个特征向量及其时间系数.

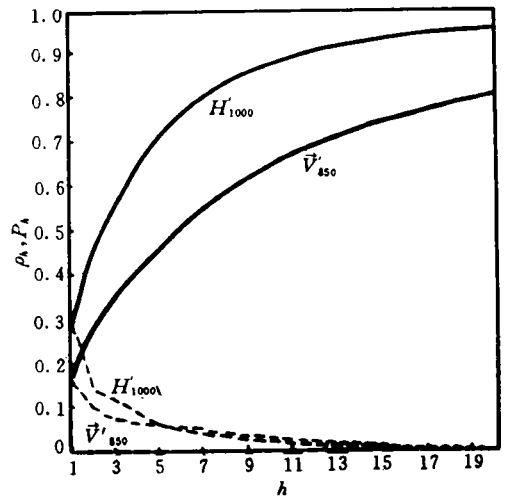


图 1 EOF 分析的方差拟合率 ρ_h 、 P_h (虚线为 ρ_h , 实线为 P_h)

Fig. 1 Variance fitting ratios of EOF analysis (dash line: ρ_h , solid line: P_h)

3 季风区环流的季节变化

为了考察季风区环流的季节变化, 关键是确定导致环流季节变化的空间环流型, 它就是所谓“季风分量”. “季风分量”的识别主要以特征向量的时间系数是否具有明显的年变化周期为依据; 另外还需根据特征向量空间型结构来判断.

图 2 和图 3 分别给出 H'_{1000} 和 \bar{V}'_{850} 的第 1、2 特征向量的时间系数. 为了便于后面分析季节变化的异常, 已将同一特征向量的时间系数分作 1981、1982 和 1983 年 3 段.

比较图 2、3, T_1 (图 2) 明显地具有年变化的时间尺度, 而 T_2 (图 3) 明显地为季节内振荡分量. 由于本文着重分析季风区环流的季节变化及其(年际)异常, 因而第 1 特征向量及其时间系数是研究分析的对象.

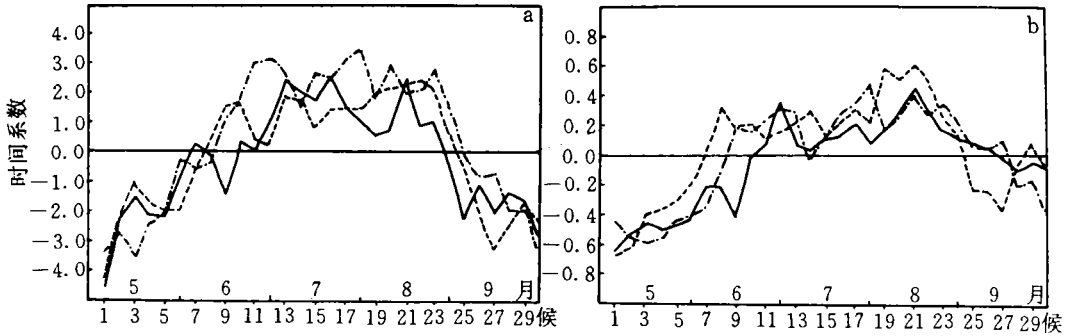


图2 第1特征向量时间系数 (a) H'_{1000} (b) V'_{850} (点线为1981年, 点段线为1982年, 实线为1983年)

Fig. 2 Time coefficients of the first eigenvectors (a) H'_{1000} (b) V'_{850} (dotted line :1981; dot - dashed line; 1982; solid line; 1983)

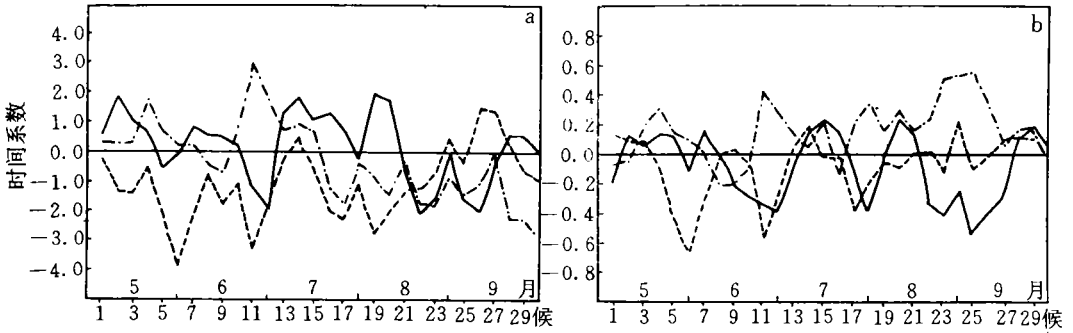


图3 同图2, 但为第2特征向量时间系数

Fig. 3 As in Fig. 2, but for time coefficients of the second eigenvectors

图2表明,正常年份(1981,1982年)的时间系数 T_1 有如下特点:6月上中旬由负转正,9月(主要是九月初)由正转负,其间稳定于正值.这一时段大致对应于东亚初夏(6月2日~7月9日),盛夏(7月10日~9月8日)两个自然天气季节.也与北半球的6月突变和10月突变相近.

图4(a,b)给出了 H'_{1000} 和 V'_{850} 的第1特征向量.考察某一特征向量在环流演变中所起作用的方法,是假定其时间系数由负转正时,看 $F(t) = \bar{F} + T_k(t)X_k$ 的流型变化特点.

(1) H'_{1000} T_1 由负转正时,流型变化总的特点是使平均图上南(半球)高、北(半球)低的形势明显起来.北半球,印度低压加深;西太平洋副高脊及其南侧的赤道槽位置北移.南半球,非洲大陆高压,印度洋高压和澳洲大陆冷高位置更靠近赤道,势力加强.赤道上,非洲东海岸和印度尼西亚区域附加一个由南向北的水平气压梯度,使两处的跨赤道气流明显加强;同时,印度洋热带区域因附加了一个南半球东风、北半球西风的切变,赤道缓冲系统将加强.

(2) V'_{850} T_1 由负转正时,区域环流变化的总特点与 H'_{1000} 类似.值得注意的是:因副

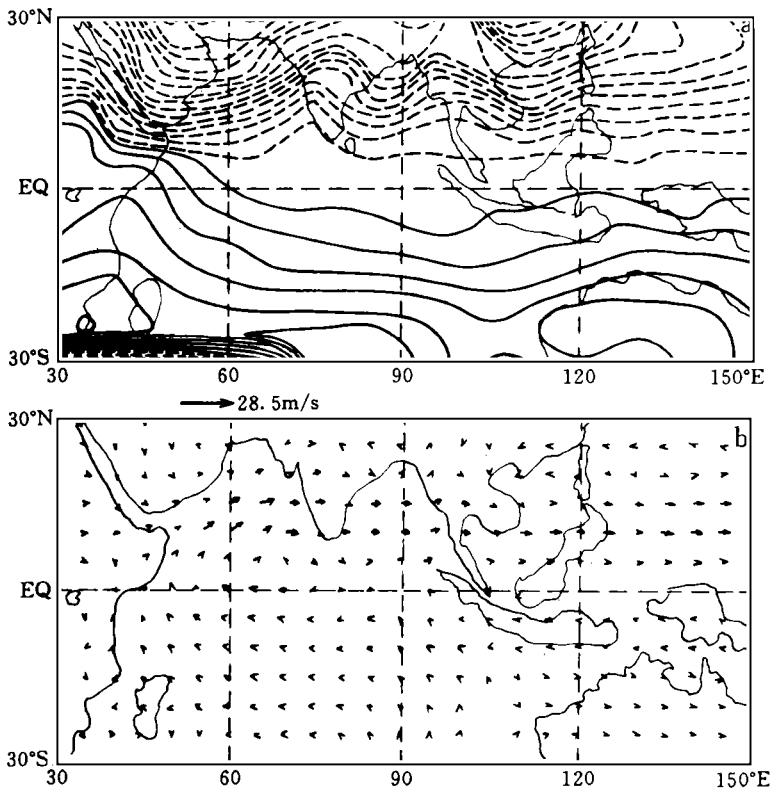


图 4 第 1 特征向量(X_1) (a) H'_{1000} (b) \vec{V}'_{850} (等值线间隔为 2, 外围实线为 0.0; 风速大小见比例尺)

Fig. 4 The first eigenvector(X_1) (a) H'_{1000} (b) \vec{V}'_{850} (the interval of contours is 2, and the outermost solid line is 0.0; the wind speed is referred to the scale)

高脊线位置的北移,我国东部地区的控制气流已由来自孟加拉湾的西南气流转为来自热带西太平洋的东南气流,控制范围也由华南扩展至江淮流域.赤道上,主要跨赤道气流及印度洋赤道缓冲系统的加强也是明显的.

上述环流变化特征,与北(南)半球进入夏季(冬季)、赤道进入北半球夏季型的环流季节进程相一致.并且,根据第 1 特征向量时间系数由负转正的时间在 6 月上中旬可知,它与北半球夏季形势建立的时间一致^[3,7].故第 1 特征向量是反映季风区环流发生季节变化的主要分量.类似文献[3],称图 4(a,b)为 1000hPa 高度场和 850hPa 风场的“季风分量”.

4 季风区环流季节变化的年际异常

按我们的分析方案,季节变化及年际异常的信息均应反映在时间系数的演变中.上节论证了第 1 特征向量是反映季风区环流季节变化的主要分量,如果 El Nino 事件会影响季风区环流季节进程,则 T_1 曲线的 1983 年部分应与 1981、1982 年部分存在明显差异.

由图 2(a,b)可知,无论 H'_{1000} 或 \vec{V}'_{850} , El Nino 年(1983 年) T_1 曲线均与正常年有明

显差别. 这种差别主要表现在由春至夏季节转换的推迟(滞后约为 2~3 候), 以及夏季期间的时间系数数值较正常年偏低. 由“季风分量”的意义可知, 这意味着 El Nino 年季风区环流进入与北半球夏季相对应的环流型的时间推迟, 因夏季特征不如正常年典型.

上述环流异常的 EOF 分析结论可由 El Nino 年东亚夏季风区环流季节性进程和天气异常的分析得到证实. 文献[8]给出了 1983 年西太平洋副高脊线位置与多年平均位置季节变化的比较(图略), El Nino 年西太平洋副高北进过程的滞后是明显的. 此外, 对我国夏季东北天气异常的分析表明, El Nino 年是低温冷害易发生的年份^[9]. 东北低温冷害的发生可以认为是东亚区域夏季风环流较正常年弱, 热量向北输送较常年弱, 从而导致东亚中纬度区域平均温度偏低的结果. 上述西太平洋副高及东北气温在 El Nino 年的异常有一定的代表性, 在 80 年代另一次 El Nino 事件中(1987)也观测到类似异常^[10,11].

文献[4]对 IAP GCM 试验资料作了与本文工作平行的 EOF 分析. 其海平面气压, 850 hPa 的多年 5~9 月平均场, 距平场序列 EOF 分析的第 1 特征向量与本文所作实际环流分析结果相当一致(图略). 而其第 1 特征向量时间系数曲线(图略)显示的季风区环流季节变化及其年际异常的基本特征与本文的分析结果相同. 因而本文所揭露的北半球夏半年季风环流季节变化及其在 El Nino 年异常的基本特征是比较可信的.

5 小 结

我们利用 EOF 分析方法, 研究了 5~9 月印度洋、西太平洋季风区环流的季节变化, 得到的第 1 特征向量是反映环流季节变化的主要分量, 称为“季风分量”. 1983 年“季风分量”时间系数曲线较 1981、1982 年明显滞后, 表明 El Nino 年的 SST 异常导致季风区环流向北半球夏季环流型转化的推迟. 与此对应, 在西太平洋地区, El Nino 事件中, 西太平洋副高北进滞后, 并对我国东部天气产生严重影响. 上述观测事实, 均被对 IAP GCM 数值试验资料的类似分析所证实. 本文指出的西太平洋、印度洋季风区环流在 1983 年 El Nino 事件中出现的简单而又重要的异常是否对多数 El Nino 事件有代表性, 有待于观测和数值模拟的进一步论证.

参 考 文 献

- 1 Ramage C S. Monsoon Meteorology. Academic Press, 1971.
- 2 章基嘉, 朱福康, 彭永清, 王盘兴. 1979 年初夏大气环流季节转换的若干事实. 气象, 1984, 10(4): 2~4.
- 3 章基嘉, 王盘兴, 孙照渤等. 低纬大气环流季节转换及青藏高原非绝热加热作用的天气统计学分析. 南京气象学院学报, 1983, 6(1): 1~13.
- 4 王盘兴, Lau K M, Shen S H. IAP GCM 模式大气季风区环流季节变化及其在 El Nino 年的异常. 低纬高原天气, 1991, (4): 7~14.
- 5 ENSO 监测小组. 厄尔尼诺事件的划分标准和指数. 气象, 1989 年, 15(3): 37~38.
- 6 王盘兴. 气象向量场的自然正交展开方法及其应用. 南京气象学院学报, 1989, 12(1): 37~48.
- 7 叶笃正, 朱抱真. 大气环流的若干基本问题. 北京: 科学出版社, 1959 年.
- 8 徐良炎, 陈国珍, 李小泉. 1983 年我国天气气候特点和北半球主要环流的特征. 气象, 1984, 10(4): 22~25.
- 9 曾昭美, 章名立. 热带东太平洋关键区海温与中国东北地区气温的关系. 大气科学, 1987, 11(4): 382~389.

- 10 徐良炎,刘宗秀.1987年我国天气气候特点和北半球主要环流特征.气象,1988,14(4):209~222.
11 符淙斌,厄尔尼诺/南方涛动现象与年际气候变化.大气科学,1987,11(2):209~222.

SEASONAL VARIATION OF CIRCULATION IN THE MONSOON AREA AND ITS ANOMALIES IN EL NINO YEARS

Wang Panxin Xu Jianjun Xu Yinlong
(*Nanjing Institute of Meteorology, Nanjing 210044*)

Abstract

By using the EOF analysis method, the seasonal variation and its anomalies of circulation over the Indian Ocean, West Pacific monsoon area during the period from May to September, 1981~1983 are studied. The first eigenvector field represents the monsoon component. The comparisons of the corresponding time coefficient curve for 1983 with those for 1981 and 1982 indicate that the summer monsoon circulation in El Nino years is weak, and the circulation transition from winter monsoon pattern to summer monsoon pattern is later than the normal, which is reflected by the time lag of the seasonal northward shift of the subtropical high over West Pacific. The corresponding numerical experiments in terms of the IAP GCM confirm to the above results.

Key words: Circulation in monsoon area; Anomalies of seasonal variation; El Nino years; Summer.