

## 高空纬向风准 3.5 年振荡特征

陈多\* 陈隆勋

沈如桂

(国家气象局气象科学研究所)

(中山大学大气科学系)

### 提 要

本文利用 1968—1985 年 NMC 客观分析 700 和 200hPa 月平均纬向风,对其准 3.5 年振荡(SO)作了研究。发现其主要活动于 180—150°W 南北太平洋及 25—35°N 纬带上。其传播特征为赤道上向东、副热带基本向西而中纬向东,50—90°E 间经向传播不明显,而太平洋上向北。CEOF 分析表明,其方差主要集中于第 1,2 分量。对其演变及与东太平洋赤道海温的 SO 分量间关系也作了研究。

### 一、引 言

五十年代以来,发生了 10 次公认的 ENSO 事件,即 1951,1953,1957—1958,1963,1965—1966,1969,1972—1973,1976,1982—1983,1986—1987。ENSO 事件是全球性的事件,其信号不仅存在于热带海洋上,在大气环流中也有明显的反映<sup>[1,2,3]</sup>。对 ENSO 事件的研究,已经取得了很大进展<sup>[4,5,6,7]</sup>。但就诊断分析而言,大多数是从实际资料出发而得到 ENSO 事件的特征,这样做对揭露事实有利,但不易分析各种时间尺度的振动机制,因为 ENSO 事件的发生的周期为 2—7 年不等,而 SO(Southern Oscillation)的主要周期为 3—4 年,因而单用 SO 不足以完全解释 ENSO 事件。Yasunari<sup>[8]</sup>,闫敬华<sup>[9]</sup>,田少奋<sup>[10]</sup>与 Trenberth<sup>[11]</sup>等指出,海气藕合系统中众多海洋气象要素中都存在准二年振荡(QBO),准 3.5 年振荡(SO)及准 5.5 年振荡(FYO)。他们都将这些甚低频振荡分离出来加以研究。甚低频(即年际)振荡的研究目前还是初步的,热带研究的多,全球研究的少。

本文目的主要研究对流层纬向风 3.5 年振荡(QBO 结果将另文介绍)在中低纬的传播规律及其与 ENSO 的关系,为理论、数值分析和中长期预报提供依据。以下为了简称,我们以 SO 来代替准 3.5 年振荡。

### 二、资 料

#### 1. 全球风场 NMC 资料

NMC(US National Meteorological Centre)全球风场资料含有 1968 年 3 月至 1985 年 2

本文 1990 年 3 月 4 日收到,7 月 7 日收到修改稿。

\* 现在广东省气象局工作

月共 17 年月平均的六个等压面的经向风、纬向风分量格点资料。格点经距大致是  $5^\circ$ , 纬向边界由  $48.1^\circ\text{S}$  至  $48.1^\circ\text{N}$ , 共有 1656 ( $23 \times 72$ ) 个格点。

我们分别将 200hPa 和 700hPa 的资料代表对流层上层和下层。采用 700hPa 的资料的原因是由于 1000hPa 和 850hPa 的资料只有 9 年, 而且 700hPa 和 850hPa 资料时间重叠部分(1968 年 3 月—1974 年 12 月)的结果分析表明非常相似。因而也是可行的。

## 2. 东太平洋海温月平均资料

这部分资料由中央气象台长期预报科整编。时间由 1951 年 1 月开始。本文只用到 1986 年 12 月为止的赤道东太平洋区域( $5^\circ\text{S}$ — $5^\circ\text{N}$ ,  $170^\circ$ — $130^\circ\text{W}$ )。赤道东太平洋海温值用该区域平均值来代表。

## 三、分析方法

根据前人的研究结果<sup>[8,9,10]</sup>, 风场和海温场的年际振荡 SO 是存在的, 因而不再作功率谱分析。

### 1. 滤波前资料预处理

先求得各月的气候平均值, 进而求得各月距平, 构成新的年际序列, 这实际是消除季节变化, 使资料更加集中地反映年际变化的信息, 然后进行半年的滑动平均, 以削弱周期半年以下的波动。

### 2. 滤波

对新的年际序列, 进行滤波分析以分辨出待研究的年际振荡。滤波采用 Murakami<sup>[12]</sup> 提出的方案。

本文所取的参数为:  $\Delta t=1$ ,  $N$  取与各种资料的序列时间长度一致。  $\omega_0=2\pi/40$  月,  $\omega_1=\omega_0-\Delta\omega$ ,  $\omega_2=\omega_0^2/\omega_1$ , 取  $\Delta\omega=7$ 。经过滤波, 以滤出要求的年际振荡。

### 3. 滞后相关分析

两要素间的滞后相关分析计算公式如下:

$$R_j = \frac{\sum (x_{i+j} - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_{i+j} - \bar{x})^2 \cdot \sum (y_i - \bar{y})^2}}$$

其中,  $R$  为滞后相关系数,  $x_i, y_i$  分别为两要素序列,  $j$  为落后时间,  $\bar{x}, \bar{y}$  分别为序列的平均值。

### 4. 复经验正交函数分析

复经验正交函数, 简记 CEOF, 是对物理量场进行时空结构分析的一种新方法, 具体理论及步骤详见文献<sup>[13,14,15]</sup>。

我们恢复了 CEOF 的低阶特征场, 并依位相把 1968—1985 年间所有发生的 QBO 特征

场进行合成,得到八个位相的合成结构。本文中八个位相相应于时间位相函数中的位相  $0, \pi/4, 3\pi/4, \pi, 5\pi/4, 3\pi/2, 7\pi/4$ 。

### 四、3.5年振荡的方差分布

为了找出年际振荡的主要活动地区,我们作了17年序列SO方差分布。如上节所述,我们取中心频率为40个月,即3.5年。图1a、b是纬向风SO在200和700hPa上的方差分

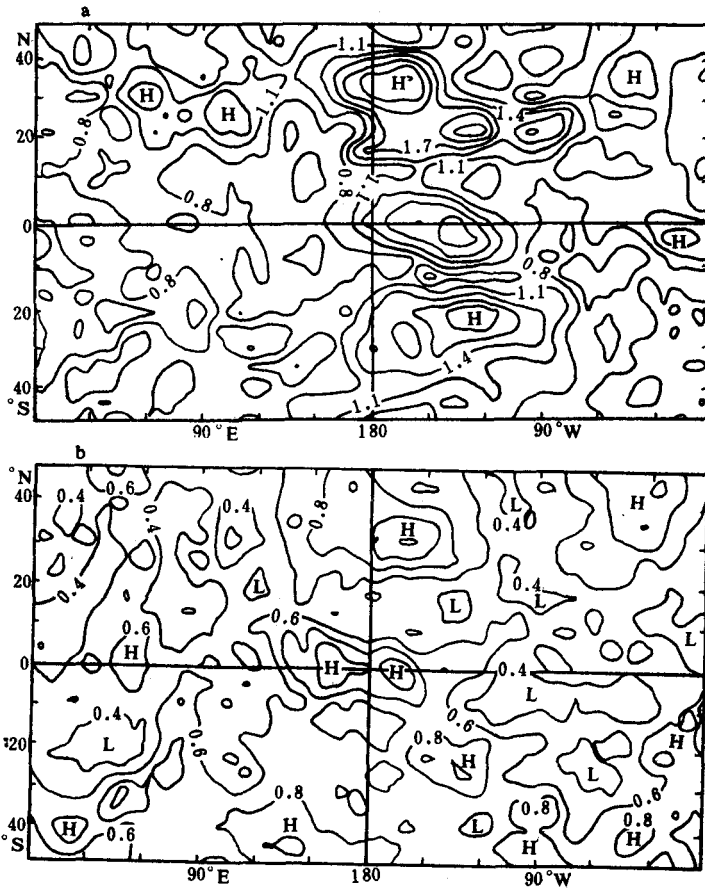


图1 纬向风SO在200hPa(a)和700hPa(b)的方差分布

(等值线间隔为0.3(a),0.2(b))

布。图中最大中心区即为SO活跃区。对200hPa(图1a),方差中心位于160°—120°W区域内,在24°S、130°W,2°S、140°W和36°N、160°W有三个中心。所以,纬向风准3.5年振荡在200hPa上,以中太平洋—东太平洋西部最为活跃。其次,在中国华北和西北、东北太平洋和北美大陆还存在二个大值区,表明该二地区也是SO活跃区。实际上,我们看到自25°N到40°N的纬带上,赤道上和25—40°S纬带上,SO甚为活跃。

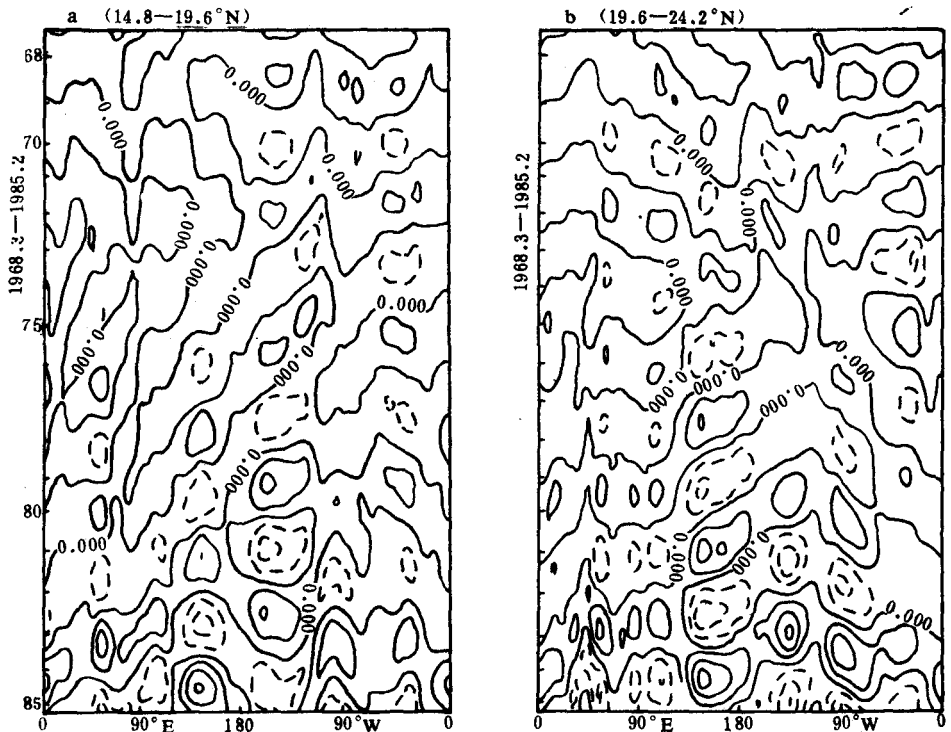
700hPa(图1b)上除中太平洋赤道外,在南北半球的25°到40°也是SO活跃带,和200hPa是一致的。200hPa中太平洋上的三个大中心,在700hPa都有反映。表明上下活跃

区基本是一致的。上下不同的是,200hPa 上三个中心走向是自 SSE 到 NNW,而 700hPa 却为 SSW 到 NNE。表明上下位置略有差异。

对于 3.5 年振荡,过去只注意赤道上的活动,从我们得到的结果来看,还需注意 25—40° 纬带内的活动,后者正是影响我国的活动带。

### 五、纬向风 SO 的纬向传播

Yasunari(1985)<sup>[8]</sup>曾讨论过赤道上高低空纬向风的传播,指出它们是上下一致的由西向东传播的。200hPa 上 QBO 和 SO 东风轴线在东太平洋赤道相交的年份均是南方涛动指数最小的年份,亦即是 El Nino 发生年份。在低空,这正是 QBO 和 SO 西风轴线东传到东太平洋赤道的年份。我们的结果和 Yasunari<sup>[8]</sup>一致,不再讨论。本文要讨论的是赤道外的 SO 传播情况。图 2a—d 是 700hPa 上南北半球副热带纬度上 SO 分量的时间剖面图。我们看到,对北半球的 14.8—19.6°N(图 2a),除了 1968—1970 年外,东半球均是自东向西传播的。对 19.6—24.2°N(图 2b),除 1968—1970 年外,均是自 120°W 向西传播到 90°E。这两个北半球纬带均在 150°E 和 130°W 各有一个振荡中心。对南半球 14.8—19.6°S(图 2c)上,所有年份的 SO 分量均自 150°W 向西传播到 50°E,而 19.6—24.2°S(图 2d),除了 1968—1971 年为驻波振荡外,其余年份均自 120°W 向西传播到 90°E。在南半球,在 140—150°E 和 90—120°W 各有一个振荡中心。所以,可以说在南北副热带纬带上,SO 基本上是由中太平洋向西传播到 90°E。这和赤道上以向东传播为主是相反的。



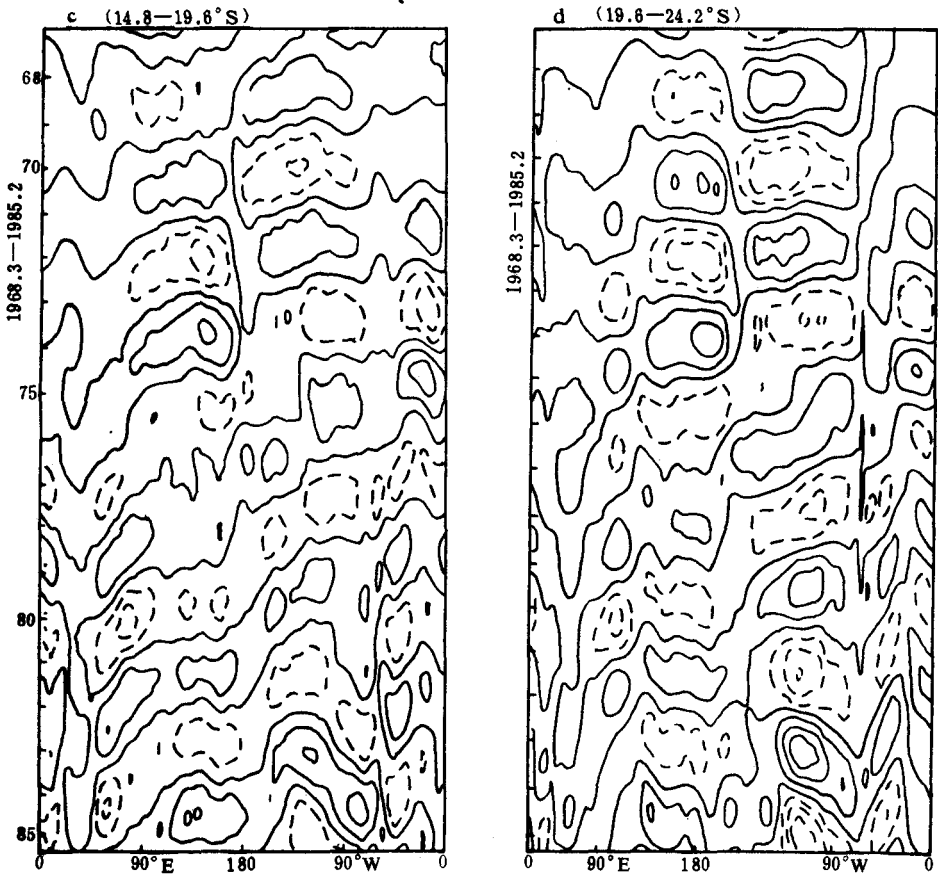


图 2 700hPa 上南北半球副热带纬带纬向风 SO 分量纬向时间剖面图

(a)14.8—19.6°N (b)19.6—24.2°N (c)14.8—19.6°S (d)19.6—24.2°S

以上是副热带纬度 SO 传播特征。以下来讨论中纬度 SO 传播特征。图 3a—d 是 200hPa 和 700hPa 上 28.7—33.0°N 和 37.1—41.0°N 的纬向风 SO 时间剖面图。对 28.7—33.0°N 来说,无论是 700hPa 还是 200hPa,在 150°E—120°W 仍为自东向西传播外,其余经度均已转变为自西向东传播。我们看到 200hPa 上在 70°E 或 120°E、180°、90°W 和 30°W 各有振荡中心,700hPa 上在 180°、30°W 和 60°E 各有振荡中心。基本上是纬向 1—2 波在控制振荡的活动,这和赤道上及副热带上情况是一致的。在 37.1—41.0°N,我们看到,几乎所有振荡都是自西向东传播。最强的振荡中心位于中太平洋,和图 1 中方差分布中太平洋中纬度有一个最大方差中心是一致的。这表明,30°N 附近是振荡传播方向的过渡带,即由副热带的基本自东向西传播转变到中纬度的自西向东传播。这一特征和低频振荡一致。

需要指出的是,在青藏高原经度上,并未发现 SO 中心。在 200hPa 上,28.7—33.0°N 纬带上 SO 中心不是位于 60°E 就是位于 120°E 以东。而 37.1—41.0°N 上位于 30°E。所以青藏高原不是 SO 振荡的源区,这是需注意的。

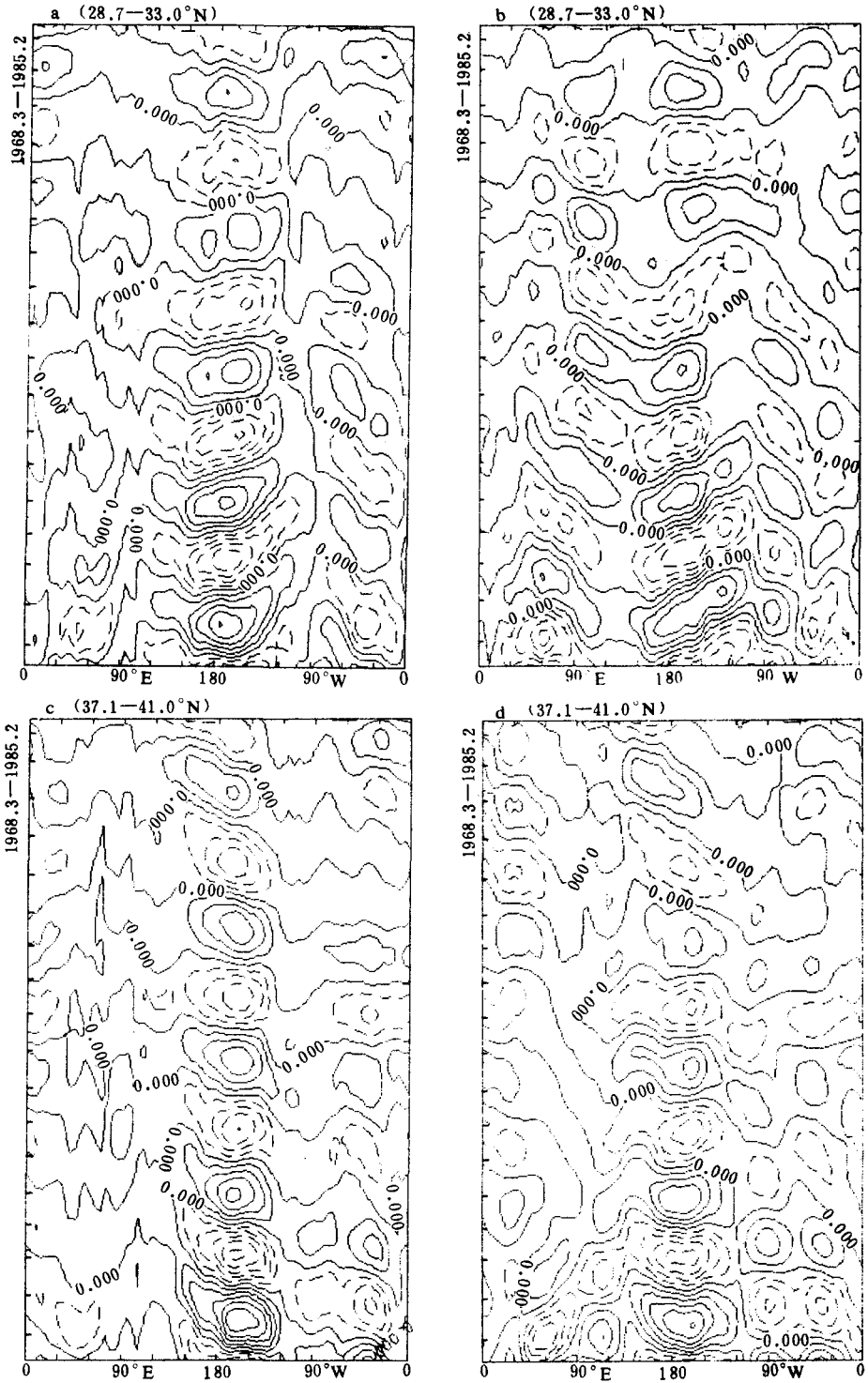


图 3 700hPa(a,c)和 200hPa(b,d)上沿 28.7 33.0°N 和 37.1 41.0°N 上纬向风 SO 分量时间剖面图

### 六、纬向风 SO 分量的经向传播

为了讨论 SO 分量的经向传播,我们作了沿 50—90°E、95—140°E 和 180—120°W 的经向时间剖面。由 50—90°E 平均剖面图(略)可分析到,在南半球,基本是自南向北传播的,然而北半球的传播极不明显,无固定方向。图 4a、b 是 95—140°E 平均剖面,它大致为东亚地区。可以看到,其传播特征与 50—90°E 的有许多不同。在 200hPa 上,南半球传播不明显,但北半球自 10°N 起有明显向北传播,在 30—35°N 间出现振荡中心。在 700hPa 上,自南半球到北半球,基本是自南向北经赤道传播到北半球 35°N 或到 48°N。因此,95—140°E 的经向传播远比 50—90°E 明显。180—120°W 东太平洋地区(图略),200hPa 上 SO 十分明显的是自南向北,即自南半球向北半球传播,一直到 48°N。700hPa 只能说基本是自南向北传播的,但在 1984—1985 年不明显。

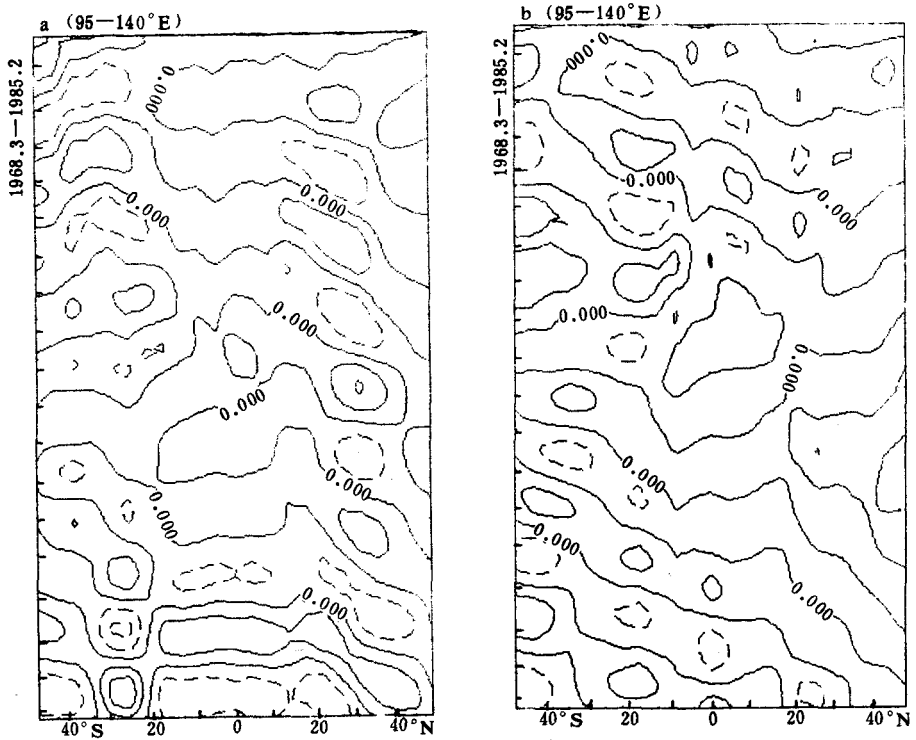


图 4 200hPa(a)和 700hPa(b)沿 95—140°E 纬向风 SO 分量经向时间剖面图

从以上结果来看,各经度上 SO 的经向传播特征是不一致的,似乎越向东传播越明显。

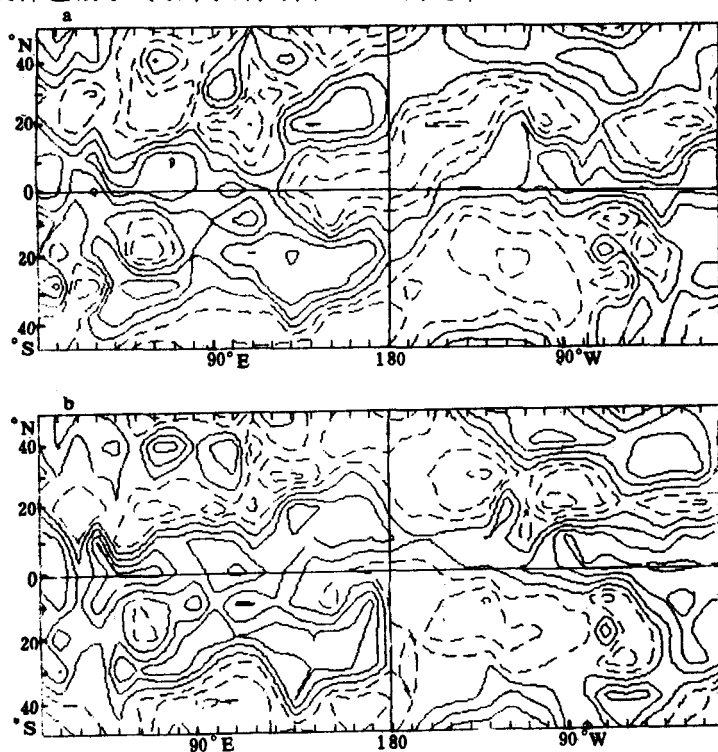
### 七、纬向风 SO 的 CEOF 分析

我们作了 200hPa 和 700hPa 的纬向风的 CEOF 分析,表 1 是其六个特征向量解释方差和累计方差百分比。前三个分量累计方差百分比已占 90%以上。第一分量占 59.4%

表 1 纬向风 SO 的 CEOF 分析前六个特征向量解释方差和累计方差百分比

层 次	200hPa		700hPa	
	解 释 方 差	累 积 方 差 %	解 释 方 差	累 积 方 差 %
一	59.4	59.4	52.9	52.9
二	19.0	78.4	25.3	78.2
三	12.8	91.2	12.2	90.4
四	3.2	94.2	4.2	94.6
五	2.0	96.4	2.7	97.3
六	1.0	97.4	1.0	98.3

(200hPa) 和 52.9%(700hPa)。所以第一分量已基本上可以反映其特征。图 5a—d 是 700hPa 纬向风 SO 分量 CEOF 恢复场各位相特征矢量分布。图中每  $\pi/4$  位相间隔为 5 个月。即  $\pi/4$  位相为第 5 个月,  $\pi/2$  位相为第 10 个月。对 700hPa(图 5), 在 0 位相时(图 5a), 西、中太平洋赤道为东风距平, 在  $70^{\circ}\text{E}$  及  $40^{\circ}\text{W}$  为西风距平中心, 明显的由纬向 1—2 波控制。此种位相相当于东太平洋赤道 SO 为冷水位相的情况。5 个月(图 5b),  $180^{\circ}$  处东风中心减弱, 印度洋西风中心东移到  $100^{\circ}\text{E}$ 。到 10 个月(图 5c), 西风中心移到西太平洋。15 个月(图 5d) 到  $150^{\circ}\text{E}$ , 西风距平已控制中太平洋。这时, 东太平洋赤道为东风距平所控制, 印度洋也被东风距平控制, 并在  $70^{\circ}\text{E}$  出现中心。





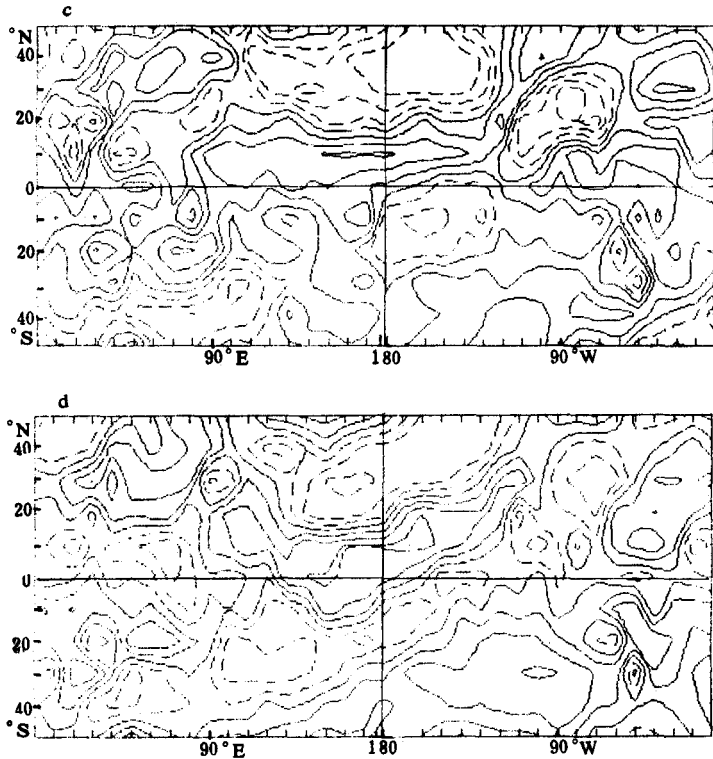


图5 700hPa特征场第一主分量恢复场

(a) 0 位相 (b)  $\frac{1}{4}\pi$  位相 (c)  $\frac{\pi}{2}$  位相 (d)  $\frac{3}{4}\pi$  位相

需要指出的是,在 0 位相时,东太平洋赤道为西风距平,北侧为东风距平,在 40°N 为西风距平。在其演变中,赤道西风距平始终和北侧的东西风距平相连,呈南北向轴线,可以当作一种遥相关,显然是 EPA 型。但是,由印度洋赤道东传的西风距平,其北侧有相应的东风距平中心。在 0 位相时,中太平洋赤道东风距平中心北侧在 140°E、25°N 处有西风中心,在同经度的 48°N 处有东风中心。到  $3\pi/4$  位相时,中太平洋赤道为西风距平中心,其北侧 27°N、160°E 处有东风距平中心,48°N、150°E 处有西风中心,基本上为 SSE—NNW 走向,和上述东太平洋赤道中心是明显不同的遥相关方式。这是中太平洋—东亚的遥相关,和东太平洋—北美的遥相关完全不同。

200hPa 上特征(图略)和 700hPa 基本一致。亦即振荡中心在赤道是东传的,也存在中太平洋赤道—东亚的遥相关。

## 八、纬向风和东太平洋赤道 SST 和 SO 分量间关系

为了讨论纬向风 SO 分量和海温场 SO 之间的关系,我们作了 5°N—5°S, 140—100°W 之间平均 SSTA 曲线,并滤出其 SO 分量,之后把 SSTA 的 SO 序列和全球的纬向风 SO 分量作滞后相关分析。依 t 检验,对样本数为 100 时,置信概率 99% 需相关系数达 0.26。我

们的样本数为 216, 所以相关系数若在 0.26 以上, 置信概率已达 99% 以上。图 6a, b 是东太平洋赤道 SSTa 的 SO 分量(以下简称 EEPSO)与纬向风 SO 分量(以下简称 USO)滞后相关系数沿赤道时间分布。对 700hPa(图 6a), -10 月(即 USO 在先 10 个月), 已有正相关中心自西太平洋赤道移到中太平洋, 180° 上在 -5 月相关最大, 在 0.6 以上。这表明, EEPSO 达最大暖水前 10 月, 已有西风距平自西太平洋传播到中太平洋。在 5 个月前最强。EEPSO 最大暖水之后 12 个月, 中太平洋变为东风距平最大。在半年(即 +6 个月)左右时间, 相关最小。因而对 SO 而言, 对环流影响应在次年, 而不是冬天影响夏天环流或夏天 SST 影响冬天环流。200hPa 相关分布和 700hPa 一致但符号相反。不同的是中太平洋负相关在 0 月最大, 几乎是同步的。

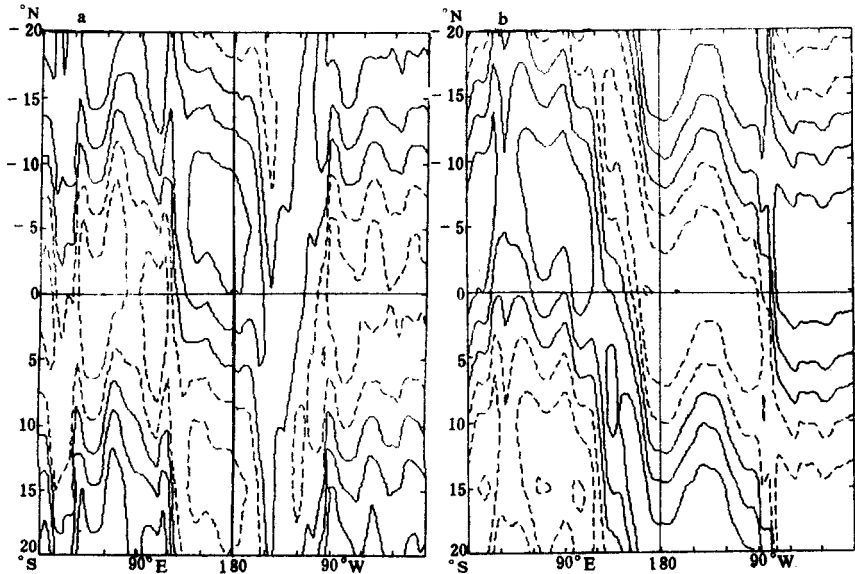


图 6 东太平洋赤道 SSTa 的 SO 分量与纬向风 SO 分量沿赤道滞后相关系数分布图  
(a)700hPa (b)200hPa

(实线为正相关而虚线为负相关, 间隔为 0.3, 纵座标为滞后月份, 负月为纬向风在前)

## 九、结 论

从以上讨论, 我们可得以下结论:

1. 纬向风准 3.5 年振荡(SO)活跃区在南北半球东中太平洋 180—150°W 间, 南半球、赤道和北半球各有一个活动中心。沿 25—35°N 另有一个活动带, 在东亚、北美各有一个弱中心。
2. SO 传播在赤道是向东的, 东半球副热带则基本是向西, 而中纬又变为向东。在 50—90°E 上传播并不十分明显, 而太平洋上是向北传播的。
3. 纬向风 SO 的 CEOF 分析表明, 在振荡中心自印度洋传播到中太平洋过程中, 赤道振荡中心和北侧的正负中心存在遥相关, 这与东太平洋赤道的 EPA 型遥相关不同。
4. 东太平洋赤道海温的 SO 分量(EEPSO)与纬向风 SO 分量之间沿赤道滞后, 相关分

析表明,10个月之前的环流已开始影响 EEPSO 暖水极值的形成。而 EEPSO 暖水最大值对纬向风 SO 的影响约在一年后。

环流、气压和海温的年际振荡的特征已有不少研究,但它们之间的关系,即藕合过程(就振荡而言)却研究得不多。年际振荡和低频振荡之间关系也甚少研究,这是今后需加以注意的。

致谢:本文是在中国国家自然科学基金会 4860210 项目和国家气象局季风基金的资助下完成的,特此致谢。

### 参 考 文 献

- [1] Cane, M. A., Oceanographic events during El Niño., *Science*, **222**, 1189—1195, 1983.
- [2] Rasmusson, E. M. and J. M. Wallace, Meteorological aspects of the El Niño/southern Oscillation, *Science*, **222**, 1189—1195, 1983.
- [3] WMO, World Climate Research Programme, TOGA(1984), PP. 10—82, 1984.
- [4] Wyrtki, R., the Southern Oscillation, Ocean—Atmosphere Interaction and El Niño, *Mar. Technol. Soc. J.*, **16**, 3—10, 1982.
- [5] Rasmusson, E. M. and T. H. Carpenter, Variation in tropical sea surface temperature and surface wind fields associated with the Southern Oscillation/El Niño. *Mon. Wea. Rev.* **110**, 354—384, 1982.
- [6] Horel, J. D. and J. M. Wallace, Planetary scale atmospheric phenomena associated with the southern oscillation. *Mon. Wea. Rev.* **109**, 813—829, 1981.
- [7] Shula, J. and J. M. Wallace, Numerical simulation of the atmospheric response to equatorial Pacific sea surface temperature anomalies. *J. Atmos. Sci.*, **40**, 1613—1630, 1983.
- [8] Yasunari, T., Zonally propagating of the global east—west circulation associated with the southern oscillation. *J. Met. Soc. Japan*, **63**, 1013—1029, 1985.
- [9] 闰敬华, 低纬地区的甚低频振荡及其与 El Niño 的关系, 国家气象局气科院研究生毕业论文, 1987 年。
- [10] 田少奋, 北半球对流层准二年周期振动, 筑波大学地球科学研究科硕士论文, 1985。
- [11] Trenberth, R. E., and Shin, W. T. K., Quasi—biennial fluctuation in sea level pressure over the Northern Hemisphere, *Mon. Wea. Rev.* **112**, 761—777, 1984.
- [12] Murakami, M., Large—scale aspects of deep convective activity over the GATE area, *Mon. Wea. Rev.*, **107**, 994—1013, 1979.
- [13] Barnett, T. P., Interaction of the monsoon and Pacific trade wind system at interannual time scale. Part. I. the equatorial zone, *Mon. Wea. Rev.*, **111**, 756—773, 1983.
- [14] Horel, J. D., Complex principal component analysis theory and examples, *J. Climate Appl. Meteor.*, **23**, 1660—1673, 1984.
- [15] Rasmusson, E. M., P. A. Arkin and W. Y. Chen, Biennial variation in surface temperature over the United States as revealed by singular decomposition, *Mon. Wea. Rev.*, **109**, 587—598, 1981.

## FEATURES OF QUASI—3.5 YEAR OSCILLATION OF ZONAL WIND IN TROPOSPHERE

Chen Duo Chen Longxun

(*Academy of Meteorological Science, SMA*)

Shen Rugui

(*Zhongshan University*)

### Abstract

Using the monthly zonal wind data at 700 and 200 hPa during 1968—1985 analyzed by NMC, the features of quasi—3.5 year oscillation are discussed. It is found that the oscillation is mainly in the southern and northern hemispheres of 180—150°W and in the belt of 25—35°N. It moves eastward over the equator and the midlatitude, and moves westward over the subtropics. For the meridional propagation, it is northward over the Pacific and there is no obvious propagation direction over the region of 50—90°E. The results of CEOF analysis show that the variance of oscillation is mainly concentrated at the first and second main component. In this paper, the evolution of oscillation and its relation to the 3.5 year oscillation of SSTA in the equatorial eastern Pacific are also discussed.