

# El Niño 期间移动性海温场与大气环流相互关系的复奇异值分解

肖天贵 缪锦海

(成都气象学院, 成都, 610041)

## 摘 要

利用 1982 ~ 1983 年北太平洋海温场、OLR 场、TBB 场和 500 hPa 高度场的月均资料及复奇异值分解方法(CSVD)初步研究了移动性海温场与大气环流的相互关系, 结果表明: (1) 在 1982 ~ 1983 年, 海温变化有很大的空间尺度, 但各海区海温振荡的变化方向及变化程度存在差异, 赤道中太平洋有持续的增暖过程, 并有东传趋势, 赤道太平洋地区存在海温场传播的“源”和“汇”; (2) OLR 场和 TBB 场在低纬地区与 SST 场有密切联系, 对流的加强基本和海温增暖变化相一致, 热带对流活动在海气相互作用中有重要影响, 但 OLR 场和 TBB 场所表现的振荡特征、移动特征和“源”“汇”特征是有差异的; (3) 500 hPa 高度场的振幅和位相空间场中, 振幅分布和位相梯度的指向说明了副热带高压南北进退的重要影响; (4) 由奇异值的大小揭示的海气相互关系中, 高度场与海温场的关系比 OLR 场、TBB 场与海温场的关系更紧密; (5) 在研究两个移动场的相互关系中, CSVD 分解方法具有很强的特征浓缩性, 具有诊断提取要素场中强信号及优势信号的能力, 这说明 CSVD 方法值得推广。

关键词: CSVD 方法, EL Niño, 移动性 SST 场, 大气环流, OLR 场, TBB 场。

## 1 引 言

最近一、二十年, 在气候变化的诊断研究中, 一些学者提出过一些很有意义的新方法用于讨论气象要素场的主要特征及其相互作用问题。如 Barnett<sup>[1]</sup>提出 CEOF 方法, 讨论了季风和信风系统在年际变化时间尺度内的相互作用, 为研究单个移动场的主要特征提供了合适的途径; Wallace 等<sup>[2]</sup>利用 SVD 方法, 揭示了海气相互作用的一些新事实, 提出了用以诊断两个数量场相互关系的一般方法。但是, 在气候变化中, 还存在一类非常重要的问题, 即两个移动性场的相互关系问题, 如移动性海温与大气环流的相互关系, 低频振荡与 ENSO 的关系, 移动性海冰与大气环流的关系等, 目前国内外还没有比较好的对于此类问题研究的诊断方法, 对此, 缪锦海、肖天贵<sup>[3]</sup>在借鉴 CEOF 和 SVD 方法的基础上, 提出了新的复奇异值分解(CSVD)的诊断方法, 用于研究两个移动性场相互关系的问题。文献[3]利用两个特殊的正弦波场, 通过 CSVD 方法研究了两个移动性正弦波场的尺度特征及移动性特征。下面运用 1982 ~ 1983 年北太平洋地区移动性 SST 场与 OLR 场、TBB 场和 500 hPa 高度场的资料分析了移动性海温场与大气环流的相互关系。结果表明, CSVD 是一种具有优良特性的广义诊断分析工具。

## 2 CSVD 方法的基本思路及文中所用资料说明

## 2.1 CSVD 方法的基本思路

设有两个要素场, 其实数型资料矩阵元素分别为  $x_{it}, y_{jt}, (i = 1, 2, 3, \dots, m, j = 1, 2, 3, \dots, n, t = 1, 2, 3, \dots, )$ ,  $i, j$  分别表示两个要素场的空间点, 通常  $m \times n, t$  表示要素场的时间点, 两要素场均取。

首先, 利用时序的 Hilbert 变换构造虚部资料  $x_{it}^{\leq}, y_{jt}^{\leq}$ , 组成复数矩阵

$$\begin{aligned} mX &= (x_{it} + i x_{it}^{\leq}) \\ nY &= (y_{jt} + i y_{jt}^{\leq}) \end{aligned}$$

上式中的非下角  $i = \sqrt{-1}$ 。故此, 通过 Hilbert 变换构造了同时具有实部和虚部的两个新的物理量。其中, 虚部时间序列是实部时间序列的一种类型的正交变换, 实部和虚部时间序列位相差为  $\pi/2$ 。

其次, 求  $X, Y$  两复矩阵的协方差阵  $C$

$$mC_n = mX Y_n^H \quad (1)$$

$$mC_n^H = nY X_m^H$$

并由半正定的 Hermite 阵  $C^H C$  或  $CC^H$  进行复奇异值分解

$$mC_n = mL_r rR_n^H \quad (2)$$

这里  $L$  是  $m \times r$  阶复矩阵, 各列向量之间是复正交的, 即  $L^H L = I, L$  为  $C$  矩阵的左酉矩阵;  $R$  是  $n \times r$  阶复矩阵, 各列向量之间也是复正交的, 即  $R^H R = J, R$  称为  $C$  矩阵的右酉矩阵, 其中  $r$  是  $C$  矩阵的秩,  $r = \min(m, n)$ ,  $r$  是  $r \times r$  的对角阵

$$r = \text{diag}(\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_r)$$

$\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_r$  称为  $C$  矩阵的奇异值, 且  $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_r > 0$ 。

利用分解式 (2) 讨论如下测度资料:

(1) 第  $k$  对空间分布型表示的协方差大小即奇异值  $\lambda_k^2$ , 以及占总协方差的百分比

$$SCF = \lambda_k^2 / \sum_{i=1}^r \lambda_i^2$$

因奇异值已经按大小顺序排列, 则前  $h$  对奇异向量 (空间分布型) 所能解释的协方差即展开精度为

$$CSCF_h = \sum_{i=1}^h \lambda_i^2 / \sum_{i=1}^r \lambda_i^2$$

(2) 由空间复奇异向量求出第  $k$  对空间振幅函数  $S_k(x)$  及空间位相函数  $\theta_k(x)$ , 即

$$S_{kx}(x) = [X_k(x) \overline{X_k(x)}]^{1/2}$$

$$S_{ky}(x) = [Y_k(x) \overline{Y_k(x)}]^{1/2}$$

$$\theta_{kx}(x) = \tan^{-1} \left[ \frac{\text{Im}(X_k(x))}{\text{Re}(X_k(x))} \right]$$

$$\theta_{ky}(x) = \tan^{-1} \left[ \frac{\text{Im}(Y_k(x))}{\text{Re}(Y_k(x))} \right]$$

由时间系数函数求出第  $k$  个时间振幅函数  $R_k(t)$  和时间位相函数  $\theta_k(t)$ ,

$$R_{kA}(t) = [A_k(t) \overline{A_k(t)}]^{1/2}$$

$$R_{kB}(t) = [B_k(t) \overline{B_k(t)}]^{1/2}$$

$${}_{kA}(t) = \tan^{-1} \left[ \frac{\text{Im}(A_k(t))}{\text{Re}(A_k(t))} \right]$$

$${}_{kB}(t) = \tan^{-1} \left[ \frac{\text{Im}(B_k(t))}{\text{Re}(B_k(t))} \right]$$

上面各式中 Re, Im 分别表示取实部和虚部。\$S\_k\$ 表示第 \$k\$ 个特征向量长度的空间分布, \$k\$ 表示扰动在各空间位置的相对位相, 在 \$(-\pi, \pi)\$ 内取值。\$R\_k\$ 表示第 \$k\$ 个特征向量的复时间系数振幅随时间的变化, \$\phi\_k\$ 表示第 \$k\$ 个特征向量的时间系数位相随时间的变化。

## 2.2 资料说明

选用资料是 1982 年 5 月~1983 年 12 月的 SST 场、OLR 场、TBB 场和 500 hPa 高度场月均资料, 其中 SST 场的空间范围为(10 S ~ 50 N, 120 E ~ 80 W) 共 286 个格点, OLR 场的空间范围为(10 S ~ 50 N, 90 E ~ 160 W) 共 299 个格点, TBB 场的空间范围为(30 S ~ 30 N, 120 E ~ 160 W) 共 221 格点, 500 hPa 高度场的空间范围为(10 ~ 50 N, 80 ~ 180 E) 共 99 个格点。由于 1982~1983 年为强 El Niño 年, 故在上述资料中以 SST 场为左场, OLR 场、TBB 场和 500 hPa 高度场为右场进行 CSVD 分解计算, 用以讨论移动性海温场与大气环流在上述范围内的相互关系。另需说明的是, 计算中使用了卷积方法进行 Hilbert 变换, 其中 L 取 7, 故应用的实际资料比上述时段前后延拓了 7 个月。

## 3 SST 场与 OLR 场的 CSVD 分解结果

### 3.1 主要的复奇异值计算结果

由表 1 可见, 在所列出的 7 对复奇异值结果中, 每种分解计算的第一对空间分布型所能表示的协方差均占总协方差的 95% 以上, 这表明仅考虑第一对奇异值及第一特征向量已足够反映两场的主要相关信息。表 1 中还可看出, 由奇异值的大小所揭示的海气相互关系中, 高度场与海温场的关系比 OLR 场、TBB 场与海温场的关系更紧密。所以, 在以下分析中仅讨论每种分解计算的第一特征向量的结果。

表 1 3 种 CSVD 分解计算的前 7 个奇异值, 方差贡献及展开精度

方 案	模 态	1	2	3	4	5	6	7
SST/OLR	奇异值	424.65	79.68	32.41	17.34	14.54	9.63	7.89
	SCF	95.64	3.37	0.56	0.15	0.11	0.03	0.03
	CSCF	95.64	99.01	99.67	99.82	99.93	99.96	99.99
SST/TBB	奇异值	235.81	42.45	25.76	11.37	9.29	8.15	5.93
	SCF	95.13	3.08	1.13	0.22	0.15	0.11	0.06
	CSCF	95.13	98.21	99.33	99.55	99.70	99.81	99.87
SST/500 hPa	奇异值	257.70	23.74	8.07	5.77	3.19	2.51	2.03
	SCF	98.97	0.83	0.09	0.04	0.01	0.01	0.00
	CSCF	98.97	99.78	99.87	99.93	99.94	99.95	99.96

### 3.2 移动性海温场与 OLR 场的 CSVD 分解结果

图 1 和图 2 为 SST 场和 OLR 场的第一对复奇异向量的空间振幅函数、空间位相函数及振幅和位相的时间变化函数。图 1 揭示了海温场空间分布的主要振荡特征及尺度特征。图 1a 表明在赤道太平洋地区海面温度有 2 个主要的变率中心, 最大变率中心在 110°

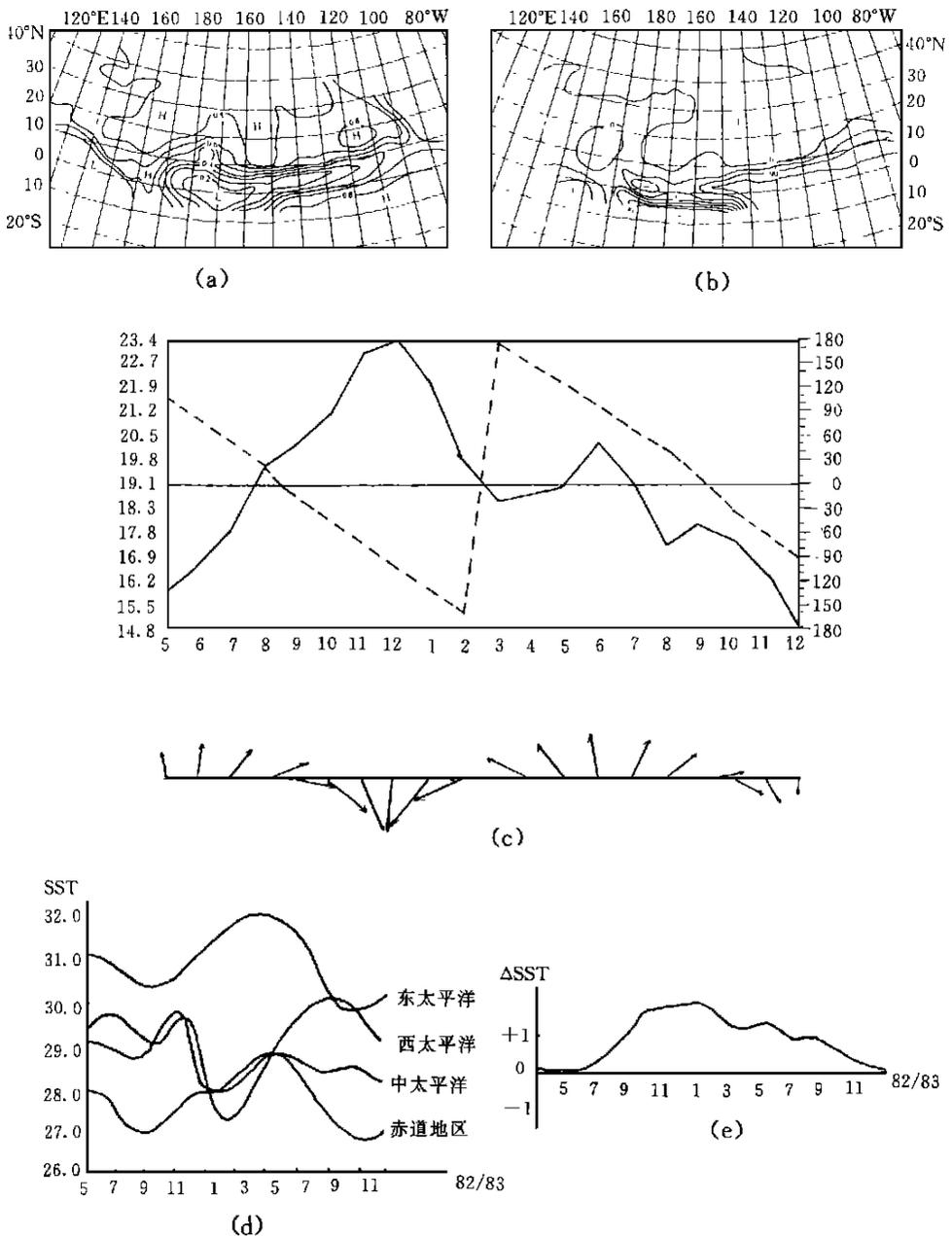


图1 1982~1983年SST与OLR场CSVD分解的第一对复奇异向量  
相对应的SST场结果及不同海域的SST变化

(a. 振幅空间场, 等值线间隔为0.1; b. 位相空间场, 等值线间隔为45°; c. 振幅和位相的时间序列, 其中实线为振幅, 虚线为位相, 矢线是振幅和位相的总和, 长度为振幅的权重, 方向为时间位相; d. 赤道太平洋不同海域的平均海温变化曲线, 其中分区为西太平洋(120~160°E), 中太平洋(160°E~160°W), 东太平洋(160°W以东), 赤道地区(10°S~10°N); e. 赤道东太平洋海温增幅变化(取自文献[5]图7.4)

W 附近, 最小变率中心在 170 W 附近, 就其范围来看, 最小变率的范围要比最大变率的范围大很多, 而在 20 N 以北的太平洋为比较均匀的高变率区, 它同赤道中太平洋的海温变率表现为相反的特征。图 1b 的位相分布表明, 海温变率有很大的空间尺度, 东北太平洋、西北太平洋、赤道东南太平洋、赤道中太平洋各海区内的海温变化均具有近似相同的位相, 其尺度达  $30^{\circ} \sim 70^{\circ}$  的经纬距, 但各海区之间的位相变化却不完全一致, 甚至是反相的, 如东北太平洋与赤道东南太平洋的海温变化即为反相的, 即若赤道东南太平洋是增温, 东北太平洋则是降温, 且均表现为较大的振荡。已有的研究表明, 1982~1983 年 El Niño 的增暖首先形成于赤道中太平洋, 然后向东传播, 但图 1a 中赤道地区海温变率的最大值中心并未出现在中太平洋, 相反在中太平洋为最小的海温变率中心, 我们认为这有其合理性。这正反映了赤道中太平洋的增暖在东传的过程中其本身仍保持了较高的海面温度又振荡较小的实际情况, 而赤道东太平洋的海面温度则振荡较大。图 1d 是按不同海域计算的海温变化情况, 可见, 中太平洋海温变化的距平值是较小的, 这种状况在文献 [6] 所做的沿赤道地区 OLR 的距平时间经度图上有清楚的表现。所以振幅和位相的空间分布清楚地反映了海温在不同海域的变化特征和尺度特征, 尤其是赤道太平洋地区的增暖和振荡特征。

位相梯度可以反映出不同海区海温场的信息流方向, 所以图 1b 反映了海温场的主要移动性特征及“源”和“汇”特征。图 1c 中时间系数的矢量图沿顺时针方向旋转变化的, 图 1b 中的海温场移动主要表现为赤道中太平洋海温的东传趋势。这同大量的关于 1982—1983 年赤道海温增暖变化自西向东传播的主要分析结果是一致的<sup>[4]</sup>。在低纬地区的 165 E 附近, 有一振幅高值区, 在位相图上表现为由中太平洋和西太平洋海温变率中心相向传播的海温波的辐合区, 这正是 El Niño 年中加强东移的 Walk 环流上升支所在位置。由此可看出, 赤道太平洋地区海温传播的“源”、“汇”特征是比较明显的。

图 1c 的时间振幅和位相函数表明了 10 S 以北的太平洋海温在 1982 年 5 月至 1983 年 12 月期间的演变特征, 其振幅峰值位于 1982 年 12 月和 1983 年 1 月。通常分析认为的 EL Niño 的起止时间(1982 年 9 月至 1983 年 9 月)在图 1c 中基本上表现在  $0^{\circ} \sim 360^{\circ}$  的一个 2 位相的变化周期内, 赤道东太平洋(见图 1e, 取自文献 [5]) 增温幅度从 1982 年 8~9 月开始到 11 月至 1983 年 2 月达到最大值然后于 1983 年 3~9 月保持某一增温幅度, 并且在 5, 6 月有一小波动的变化过程在时间振幅函数图上得到了相当清晰的体现, 时间振幅函数的变化过程与我们计算的东太平洋地区的海温平均变化过程也非常相似, 这表明 EL Niño 作为气候变化强信号的重要作用, 也说明了 CSV D 方法具有诊断提取要素场中强信号及优势信息的能力。显然, 第一对复奇异向量的 SST 场相当清晰的表现出太平洋海温场在 1982~1983 年的增温特点、传播特征及海温变化的空间尺度等主要特征。

图 2a 表示了中、西太平洋及东亚地区的 OLR 场的振幅变化特征, 由振幅表示的对流情况在各地区是不同的。在赤道地区的中太平洋和西太平洋地区 OLR 空间振幅有两个最小变率区, 其中心位于 170 E 和 130 E 附近, 同中太平洋及西太平洋海温增暖位置基本一致, 在某种程度上反映了赤道地区热带对流的加强和海温增暖变化的一致性。在 40 N 以北的太平洋、鄂霍茨克海及长江中下游等地有几个 OLR 高变率中心, 表明这 3 个地区的对流活动比较频繁, 天气气候变化较大, 这同文献 [6] 揭示的长江流域的异常降水、鄂霍茨克海高压的异常加强对应较好。注意到图 2b 的位相分布, 可见在 130 E 以东的中、西太

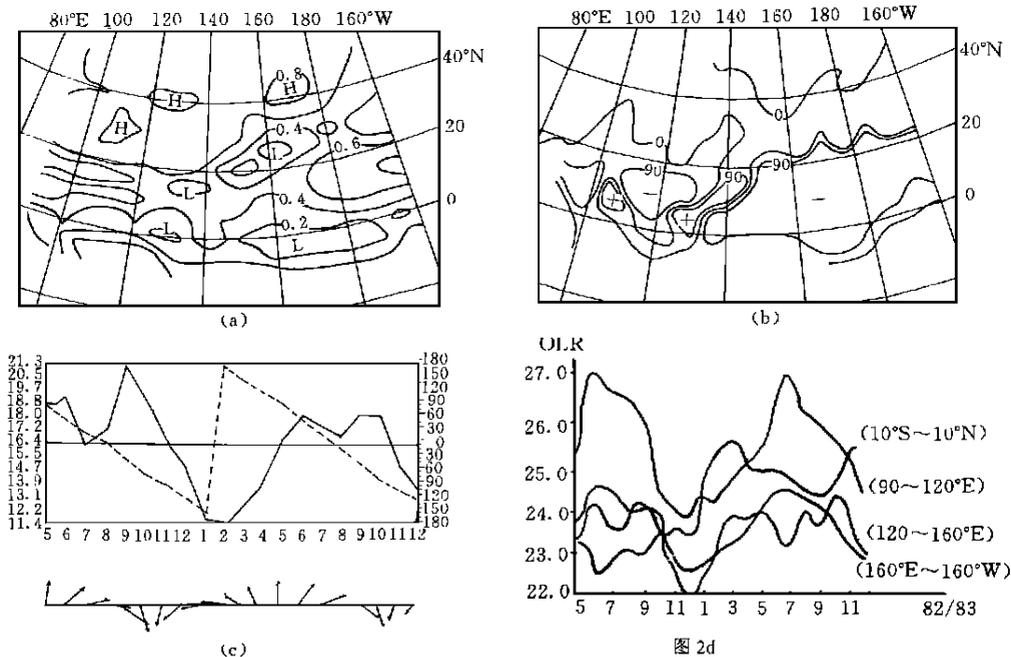


图2 1982/83年SST与OLR场CSVD分解的第一对复奇异向量  
相对应的OLR场结果及不同海域OLR的平均变化

- (a. 振幅空间场, 等值线间隔为0.2; b. 位相空间场, 等值线间隔为45°; c. 振幅和位相的时间序列, 其中实线为振幅, 虚线为位相, 矢线是振幅和位相的总和, 长度为振幅的权重, 方向为时间位相;  
d. OLR在赤道太平洋不同海域的平均变化曲线)

平洋低纬地区OLR变化具有很大的空间尺度(基本同位相), 尺度达60°以上的经纬度, 但130°E附近的OLR振荡变化却是反相的。结合图2c中时间系数顺时针旋转的位相变化特征, 在130°E的赤道附近有东西向的OLR的信息流传播, 即130°E附近存在OLR的传播“源”。由于OLR场相当于一张红外云图, 130°E赤道地区的低变率中心亦表明了强烈的上升运动, 可反映出Walker环流在130°E附近存在上升气流并高层气流向东传播的特征。

图2c的时间振幅函数和位相函数表明, 时间振幅变化特征同我们所计算的OLR在各区域的平均变化特征(图2d)是基本一致的(赤道西太平洋除外), 揭示了OLR的季节变化特征。振荡的传播在月季尺度上是均匀的, 位相锁相在1983年2月, 此时振幅为最小值。OLR的最大振荡与SST的最大振荡相比位相相差 $\pi/2$ , 反映了热带对流活动在海气相互作用中的重要影响。

#### 4 SST场与TBB场的CSVD分解结果

实际计算结果表明, 在SST场和TBB场、500 hPa高度场的CSVD分解结果中, SST场的空间振幅函数、空间位相函数及振幅、位相的时间变化函数基本上同前述SST与OLR场分解结果中的SST场的主要特征基本类似, 为节省篇幅, 以下SST与TBB场、500 hPa高度场的相互关系的分析中仅讨论TBB场和500 hPa场的主要分解特征。

图3为1982~1983年SST与TBB场CSVD分解的第一对复奇异向量TBB场的空间振幅场、空间位相场和振幅与位相的时间序列。由图3a可见,TBB场在赤道中太平洋地区有两个变率中心,即170°E以东的高变率中心和以西的低变率中心,在赤道以北的15°N左右,170°E以东和160°E以西有两个低变率中心,分别与中、西太平洋地区的增暖

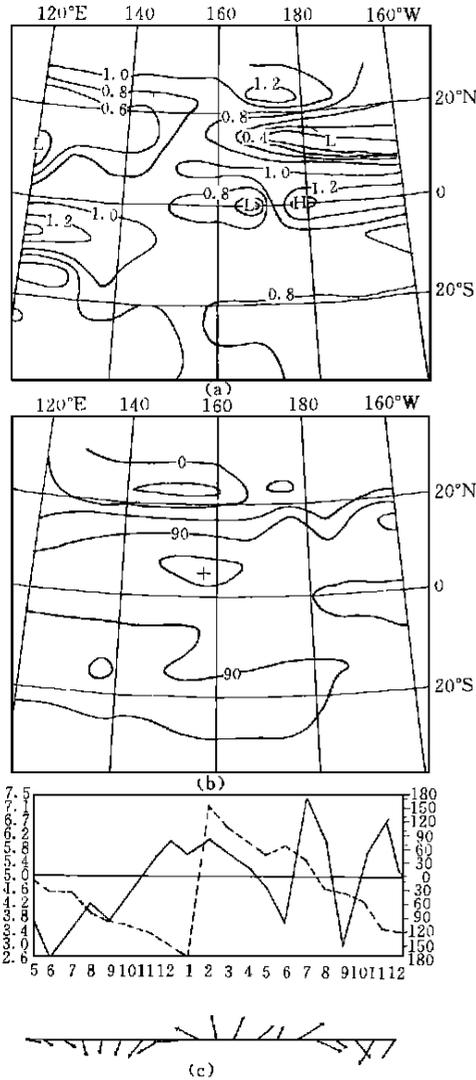


图3 1982/83年与SST与TBB场CSVD分解的第一对复奇异向量相对应的TBB场结果 (a. 振幅空间场,等值线间隔为0.2; b. 位相空间场,等值线间隔为45°; c. 振幅和位相的时间序列,其中实线为振幅,虚线为位相,矢线是振幅和位相的总和,长度为振幅的权重,方向为时间位相)

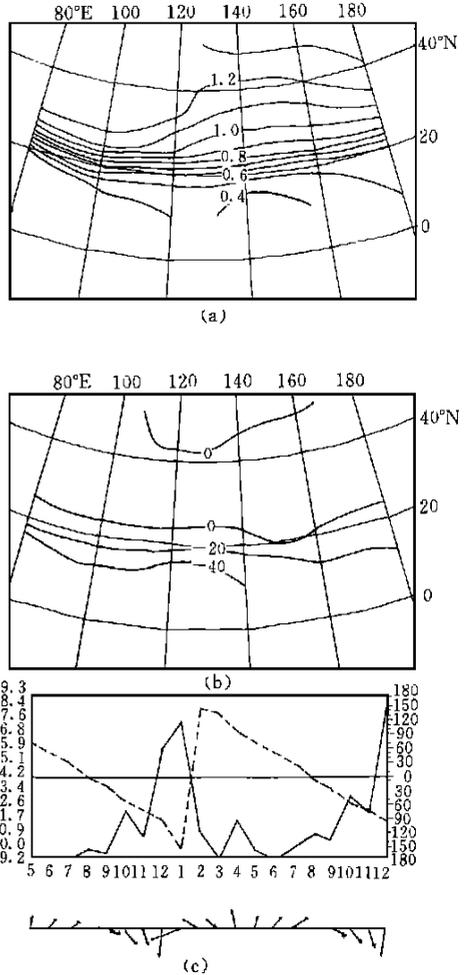


图4 1982/83年SST与500 hPa高度场CSVD分解的第一对复奇异向量相对应的高度场结果 (a. 振幅空间场,等值线间隔为0.2; b. 位相空间场,等值线间隔为20°; c. 振幅和位相的时间序列,其中实线为振幅,虚线为位相,矢线是振幅和位相的总和,长度为振幅的权重,方向为时间位相)

区相对应, 这表明赤道中太平洋地区海水增暖在 TBB 场上也有明显的对应表现。图 3b 的位相变化表明, 赤道以南地区、赤道以北  $5^{\circ}\text{N}$  左右的  $160^{\circ}\text{E}$  的东、西地区 TBB 场均有较大的空间变化尺度, 赤道附近  $150^{\circ}\sim 160^{\circ}\text{E}$  地区有一 TBB 的传播“源”, 由位相梯度可见, 这个 TBB “源”向东有微弱的传播。比较图 1、图 2, 可知对不同的要素场来说, 其要素场的传播的“源”“汇”特征是不一样的。

图 3c 可见, TBB 场振幅函数的时间序列中有 3 个振幅极大值, 分别在 1983 年 2、7 月和 11 月, 基本上对应着 SST 场的时间演化趋势, 但其变化落后大约 1 个月。位相函数时间序列的不连续变化, 反映了 TBB 场振荡的传播在月季尺度上显示出某些不均匀性。位相锁相在 1983 年 2 月, 对应着振幅的极大值。TBB 场与 OLR 场的不同变化特征, 表明两场所代表的海气信息的差异。

## 5 SST 场与 500 hPa 高度场的 CSV D 分解结果

图 4 为 1982~1983 年 SST 与 500 hPa 高度场 CSV D 分解的第一对复奇异向量高度场的空间振幅场、空间位相场和振幅与位相的时间序列。由图 4a 可见, 高度场在西太平洋和东亚地区的振荡表现为两个特点, 一是振荡随纬度增大而增强, 且大洋上比陆地上振荡更偏北, 振幅的梯度变化陆地比海洋大, 二是振幅的等值线在副热带地区与纬度基本平行, 这两个特点反映了西太平洋副热带高压的进退过程中不同纬度带和海洋与陆地上 500 hPa 高度值的变化大小。图 4b 的位相空间分布表明, 等位相线基本与纬度平行, 在  $20^{\circ}\text{N}$  左右位相梯度值最大, 位相梯度指向北, 说明高度场在  $20^{\circ}\text{N}$  附近移动最快, 且总体上看高度场是向北传播的(图 4c 中位相的时序是沿顺时针旋转的), 在  $20^{\circ}\text{N}$  以北的大范围地区具有基本相同的位相, 表明该地区的高度值变化具有很大的空间尺度。位相分布说明的高度场向北移动和尺度现象, 反映了在 1982 年 5 月至 1983 年 12 月期间西太平洋副热带高压北进南退特征和对副热带及中纬度地区 500 hPa 高度场的重要影响。图 4c 表明位相的时序变化锁相在 1983 年 2 月, 振荡的峰值出现在 1982 年 12 月, 而其它季节的振荡变化则较小, 可见, 振幅有准 1 年的周期变化, 反映了高度场的年际变化特征。

## 6 结论与讨论

对 1982~1983 年度移动性海温场与大气环流的相互关系有如下结论:

(1) 在研究两个移动场的相互关系中, CSV D 分解方法具有很强的特征浓缩性, SST-OLR 场、SST-TBB 和 SST-500 hPa 场在 El Niño 年的分解计算中, 其第一对复奇异值和相应的复奇异向量就代表了两个移动场的主要特征, 并反映出其中的优势信号, 这说明 CSV D 方法收敛速度快, 诊断提取要素场中强信号及优势信号的能力强。另外, 由奇异值的大小揭示的海气相互关系中, 高度场与海温场的关系比 OLR 场、TBB 场与海温场的关系更紧密。

(2) CSV D 分解的第一对复奇异向量的分析表明, 在 1982~1983 年, 北太平洋的海温变化有很大的空间尺度, 但变化方向及变化程度存在差异, 如赤道太平洋地区的中部太平洋地区表现出海温增暖但振荡较小, 东部太平洋则为海温增暖但振荡较大, 并与北部太平洋的海温振荡呈反位相变化的特征; 位相梯度揭示了赤道太平洋地区存在海温场传播的

“源”、“汇”特征以及 El Niño 年中加强东移的 Walker 环流上升支所在位置;赤道中太平洋海温增暖主要为向东传播的趋势,这同大量的分析结果相一致;时间振幅函数非常清晰地描述了赤道东太平洋的增暖过程,表明 EL Niño 作为气候变化强信号的重要作用,其位相变化表明这种增暖过程是均匀传播的。

(3) OLR 场的第一复奇异向量场的特征表明,其振幅空间场的尺度要小于 SST 场的空间尺度,在低纬地区 OLR 场与 SST 场有密切联系。在 El Niño 年,中、西太平洋热带对流的加强和海温增暖变化基本一致,OLR 的最大振荡与 SST 的最大振荡相比位相相差  $1/2$ ,这反映了热带对流活动在海气相互作用中的重要影响。

(4) TBB 场的第一复奇异向量场的特征表明,赤道中、西太平洋地区海水增暖在 TBB 场上也有明显的对应表现,其振幅空间场中的变率中心分别与中、西太平洋地区的增暖区相对应。位相变化表明,TBB 的空间变化尺度要小于 SST 的空间变化尺度,赤道附近  $150 \sim 160^{\circ}E$  地区有一 TBB 的传播“源”,向东有微弱的传播,但其传播特征同 OLR 场是不一样的,反映出不同要素场信息的差异特征。时间序列也反映了海气相互作用的影响。

(5) 500 hPa 高度场的第一复奇异向量场的特征表明,在 El Niño 年,空间振幅的变化几乎都是向北增大的,其传播方向亦指向北,可见副热带高压南北进退的重要影响。

(6) 仅选用特殊年份的 SST 场、OLR 场、TBB 场和 500 hPa 高度场区域资料来研究移动性海温场与大气环流的相互关系,由于资料序列较短,不能很好地揭示诸如振荡周期等重要问题,但仍可以说明 CSVD 方法具有优良的诊断和提取要素场中优势信号的能力。另外,研究中仅讨论了几种要素场的空间分布特征及移动特征,其相互关系的研究还有待深化。

## 参考文献

- 1 Barnett T P. Interaction of the Monsoon and Pacific trade wind system at interannual time scales. Part I: The equatorial zones. *Mon Wea Rev*, 1983, 111: 756—773
- 2 Wallace J M, Smith C, Bretherton C S. Singular value decomposition of wintertime sea surface temperature and 500 height anomalies. *J Climate*, 1992, 5: 561—576
- 3 缪锦海,肖天贵.复奇异值分解方法的构造及度量特征. *成都气象学院学报*, 1996, 11(3): 97~105
- 4 Chen W Y. The Climate of spring global anomalies associated with El Niño. *Mon Wea Rev*, 111, 1983, 2371—2384
- 5 丁一汇编著. *高等天气学*. 北京:气象出版社, 1991, 726
- 6 赵汉光,张先恭,丁一汇.厄尔尼诺与我国气候异常. 1988 年长期天气预报文集. 北京:气象出版社, 1990, 334

# COMPLEX SINGULAR VALUE DECOMPOSITION OF THE RELATIONSHIP BETWEEN TRAVELLING SEA SURFACE TEMPERATURE AND GENERAL CIRCULATION DURING THE ELNINO

Xiao Tiangui Miao Jinhai

(Chengdu Institute of Meteorology, Chengdu, 610041)

## Abstract

By means of complex singular value decomposition (CSVD) and according to the monthly mean dataset of sea surface temperature (SST) over the North Pacific, observation of long-wave radiation (OLR), temperature of black body radiation (TBB) and 500 hPa height in the year of 1982 ~ 1983, primary study of the relationship between traveling SST fields and general circulation is carried out. Results show:

(1) In the year of 1982 ~ 1983, the change of SST has a large space scale, but there is still differed of the change of direction and degree between each ocean. Such as, continuous process of heating exists in equator Pacific, and it may be spread to the East. Resource and converge of SST field spreading exist in equator Pacific. (2) In low latitudes area, OLR, TBB field and SST field are closely related. Strengthen of convection is nearly consistent with the change of SST heating. Tropical convection plays an important role in the interaction between ocean and atmosphere. (3) In the amplitude and phase space field of 500 hPa height, both amplitude distribution and phase gradient direction showed the impact by the forward and backward of subtropical high. (4) According to the relationship between ocean and atmosphere showed by the singular value, the relationship between 500 hPa height and SST field is closer than OLR, TBB field and SST field. (5) Calculation shows CSVD was very representative in the study on the relationship between the two traveling field, it also has the ability to diagnose and extract the middle-strong signal and preferred signal from element field. CSVD method is valued to be spread.

**Key word:** CSVD method, El Niño, Traveling SST field, OLR, TBB.