

南海海温与赤道东太平洋海温的遥相关^{*}

鄢利农

谢 强

(国家海洋局第一海洋研究所) (中国科学院海洋研究所)

胡基福

牛宝山

(青岛海洋大学) (胜利石油管理局气象处)

南海不仅蕴藏着丰富的海底石油和各种矿产,而且还是海上重要航道,具有政治、军事和经济的特殊地位。它处于菲律宾、马来西亚和中南半岛三面陆地的环抱之中,东边与热带西太平洋边缘接壤,是一个半封闭的深水海域,既受陆地影响,又与邻近海域有关联,具有独特的海洋环境特征。由于南海为低纬热带海洋,而且处于季风气流上游,因此是我国夏季降水的水汽和各种能量的重要源地之一。它的海温变化与季风环流的相互作用可以直接影响我国东部低纬地区的降水量。因此,研究南海海温的变化特征及其与 El Niño 的关系,不仅是研究该海域海洋环境预报的重要课题,而且可为中国南方天气与气候及其预测的研究提供重要依据。

本文在分析南海海温与赤道太平洋海温长期趋势的基础上,采用了典型相关分析方法研究两海区的遥相关,并重点对南海滞后赤道东太平洋海温 12 个月的两海区前两对典型变量的交叉谱进行了分析。

一、海区与资料

南海海域是指 $107.5^{\circ}\text{E}-117.5^{\circ}\text{E}$, $25^{\circ}-17.5^{\circ}\text{N}$ 海域, $5^{\circ}\times 5^{\circ}$ 的网格点共 12 个。根据 El Niño 事件发生的区域,美国气候中心曾把赤道东太平洋海域划分为 Niño1+2 区 ($0-10^{\circ}\text{S}$, $90^{\circ}-80^{\circ}\text{W}$), Niño3 区 ($5^{\circ}\text{N}-5^{\circ}\text{S}$, $150^{\circ}-90^{\circ}\text{W}$) 和 Niño4 区 ($5^{\circ}\text{N}-5^{\circ}\text{S}$, $160^{\circ}\text{E}-150^{\circ}\text{W}$) (王世平等, 1991)。从 El Niño 事件发展过程来看,有的是自赤道太平洋东岸向西发展直至日期变更线,有的则首先发现在中东太平洋向东发展达南美海岸,然后再折回,沿赤道方向向西发展。因此,有些学者将以上两种类型分为向东发展型和向西发展型。实际上,不管哪种类型,东海岸的暖水皆源于西方。为了研究方便,我们确定 $180^{\circ}\text{E}-90^{\circ}\text{W}$, $5^{\circ}\text{N}-5^{\circ}\text{S}$ 范围(基本上属于 Niño3 区和 Niño4 区)作研究海域, $2^{\circ}\times 5^{\circ}$ 的网格点共计 95 个,以下称赤道东太平洋。

本文所采用的资料长度均取两海区较全的 1951—1990 年逐月海平面温度距平

^{*} 收稿日期:1997 年 10 月。

CORDS 资料。

二、南海海温与赤道东太平洋海温的长期变化趋势

为了研究南海海温与赤道东太平洋海温的长期变化趋势,两海区的海温用各自所有格点的平均值来表示,并用它们的年平均资料进行研究。

两海区的线性趋势分别记为:

$$\hat{y}_1 = 10.7781 + 0.00869252t$$

$$\hat{y}_2 = 26.2273 + 0.00037373t$$

式中, $\hat{y}_1$ 代表南海海温的线性估计值; $\hat{y}_2$ 代表赤道东太平洋海温的线性估计值; t 为时间坐标。由图 1a 可见,从 1951 年开始,40 年来南海海温约上升 0.3°C ,而赤道东太平洋海温近 40 年没有明显的增温现象。

图 1b 为两海区距平时序曲线,从图可以看出,两海区的海温逐年变化基本上是反相的,也就是说,当发生 El Niño 时,赤道东太平洋海温出现最大正距平,南海海温为负距平;而南海海温对 El Niño 的响应约在一年后出现。

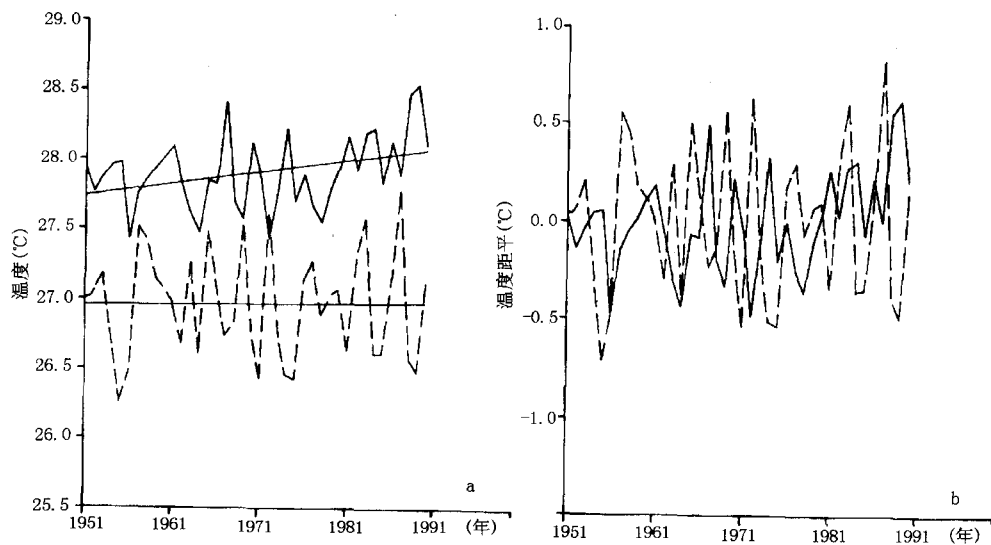


图 1 南海海温(实线)和赤道东太平洋海温(虚线)时序曲线及其线性趋势

a. 两海区平均温度的时序曲线及线性趋势; b. 两海区距平的时序曲线

三、南海海温与赤道东太平洋海温遥相关特征的分析

典型相关分析是研究两组随机变量,即两个随机向量之间的相关关系,它是从两组随机变量的相关中提取主要信息(Harry, 1968; Nevill, 1987)。因此,它是研究两组变量间的整体关系的统计方法。从两组变量各自的线性组合中找出的少量有代表性,且相关较好的综合变量称为典型变量,并通过这些少量的典型变量之间的相关关系的研究来代替原来

两组变量之间的相关关系的研究。本文采用典型相关关系来分析南海海温与赤道东太平洋海温遥相关特征。

南海与赤道东太平洋是两个不相接的、相距较远的海区,因此两区间的良好关系并不反映在二者的同时关系上,而是存在良好的滞后遥相关。从图 1b 可看出,当 El Niño 事件发生时,赤道东太平洋海温出现异常高温,而南海海温并没有升温现象出现,却有明显的滞后现象。为了进一步揭示这种滞后的关系,我们计算了南海海温滞后赤道东太平洋海温的典型相关,并均取它们的第一对典型相关系数(通过 $\alpha=0.05$ 的显著性水平)进行分析。

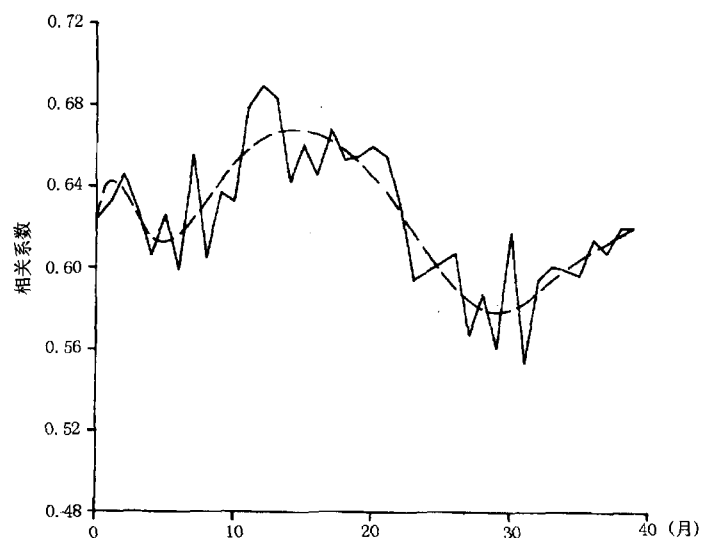


图 2 南海海温滞后赤道东太平洋海温的不同间隔(月)
海温的第一典型相关系数变化曲线(实线)及其 10 阶多项式拟合线(虚线)

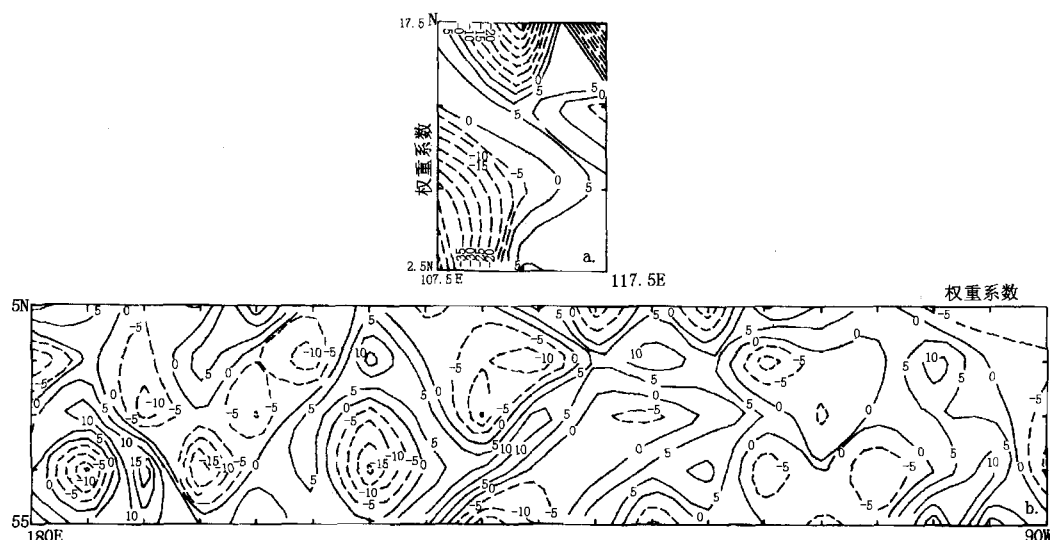


图 3 南海海温(a)滞后赤道东太平洋海温(b)12 个月时第一典型变量权重系数空间分布

由图 2 可得出:南海海温滞后赤道东太平洋约 12 个月左右,两海区的典型相关系数达到最大($\lambda=0.689$),即南海落后赤道东太平洋约 1 年时,两海区之间的遥相关最密切。

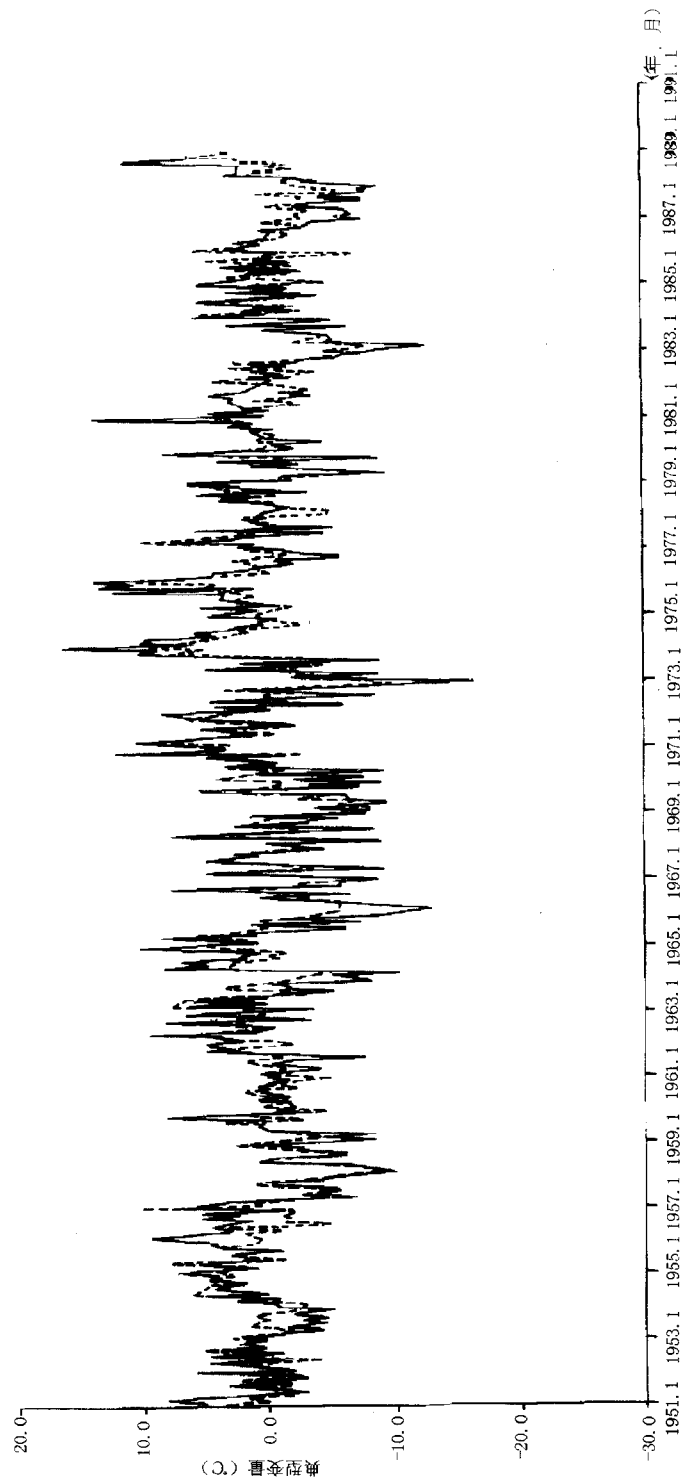


图4 南海海温 (实线) 滞后赤道东太平洋海温 (虚线) 12月时第一典型变量的时序曲线

为分析两海区海温遥相关的时空特征,我们主要分析南海海温滞后赤道东太平洋海温 12 个月的第一典型变量变化及其权重系数的空间分布。图 3a 反映了南海的第一典型变量与其海温场各网格点相关的空间分布;图 3b 反映了赤道东太平洋第一典型变量与其海温场各网格点相关的空间分布。图 3 中的相关分布反映了两海区海温在滞后 12 个月时遥相关的空间分布形势,可见南海海温滞后赤道东太平洋海温约 1 年时两海区海温整体相关的空间分布形势都是以负值区为主要趋势。南海以三个负中心为主,而赤道东太平洋则有很多个负中心并排分布。因为两海区均以负值为主,所以各典型变量与其对应的空间向量相乘的结果为海温距平值。当分析这对典型变量的时序曲线时,可以看出时序曲线的最小值对应海温的距平最大值,反之亦然。

由图 4 可见,两典型变量时序曲线变化非常一致,反映两海区在滞后 1 年时有良好的遥相关关系。也就是说,在南海海温滞后赤道东太平洋海温约 1 年时,两海区海温的正(负)距平符号是一致的。特别对于 1957—1958 年、1963—1964 年、1965—1966 年、1972—1973 年、1979—1980 年、1982—1983 年和 1986—1987 年等 El Niño 事件时,两典型变量时序曲线非常一致,这说明南海海温在滞后赤道东太平洋约 1 年时遥相关最好,而且是正相关。进而揭示了这样一个事实:当 El Niño 事件发生时(赤道东太平洋的增温现象),南海海温的增温现象不是发生在当年,而是发生在次年。

四、时序曲线的交叉谱分析

典型变量是两组随机变量中提取共同的、相关的主要信息,我们把典型变量的时间序列做交叉谱分析,便可以得到这主要信息的共同周期情况。

凝聚谱的估计为(胡基福,1996)

$$R_{12}^2(l) = \frac{P_{12}^2(l) + Q_{12}^2(l)}{P_{11}(l)P_{22}(l)} \quad (1)$$

式中, $R_{12}(l)$ 为凝聚谱, $P_{12}(l)$ 为协谱, $Q_{12}(l)$ 为正交谱, $P_{11}(l)$ 与 $P_{22}(l)$ 分别为两组随机变量的功率谱。其中协谱与正交谱的估计分别为

$$P_{12}(l) = \frac{B_l}{m} \left\{ r_{12}(0) + \frac{1}{2} \sum_{\tau=1}^{m-1} [r_{12}(\tau) + r_{21}(\tau)] (1 + \cos \frac{\pi\tau}{m}) \cos(\frac{\pi\tau l}{m}) \right\} \quad (2)$$

$$Q_{12}(l) = \frac{B_l}{m} \left\{ \frac{1}{2} \sum_{\tau=1}^{m-1} (1 + \cos \frac{\pi\tau}{m}) \cos(\frac{\pi\tau l}{m}) [r_{12}(\tau) - r_{21}(\tau)] \right\} \quad (3)$$

$$B_l = \begin{cases} 1 & (l \neq 0, m) \\ 1/2 & (l = 0, m) \end{cases} \quad (4)$$

$$(l = 0, 1, 2, \dots, m)$$

式中, $r_{12}(0)$ 为两组变量同时的相关系数, $r_{12}(\tau)$ 为第一组变量滞后第二组变量 τ 时刻的两组变量的相关系数,而 $r_{12}(\tau)$ 则为第二组变量滞后第一组变量 τ 时刻的两组变量的相关系数。

位相谱估计为

$$\theta(l) = \text{tg}^{-1} \left[\frac{Q_{12}(l)}{P_{12}(l)} \right] \quad (5)$$

式中, $\theta(l)$ 为位相谱, $P_{12}(l)$ 为协谱, $Q_{12}(l)$ 为正交谱。

另外使用下式作凝聚谱的检验,即

$$R_c = \sqrt{1 - \alpha^{\frac{1}{f-1}}} \quad (6)$$

式中, f 为自由度, $f = (2n - m/2)/m$, 本文取 $n = 456, m = 100, \alpha = 0.001$ 时, $f = 8.6, R_c^2 = R_c = 0.772, R_{12}^2(l) \geq R_c^2$ 时, 该周期显著。

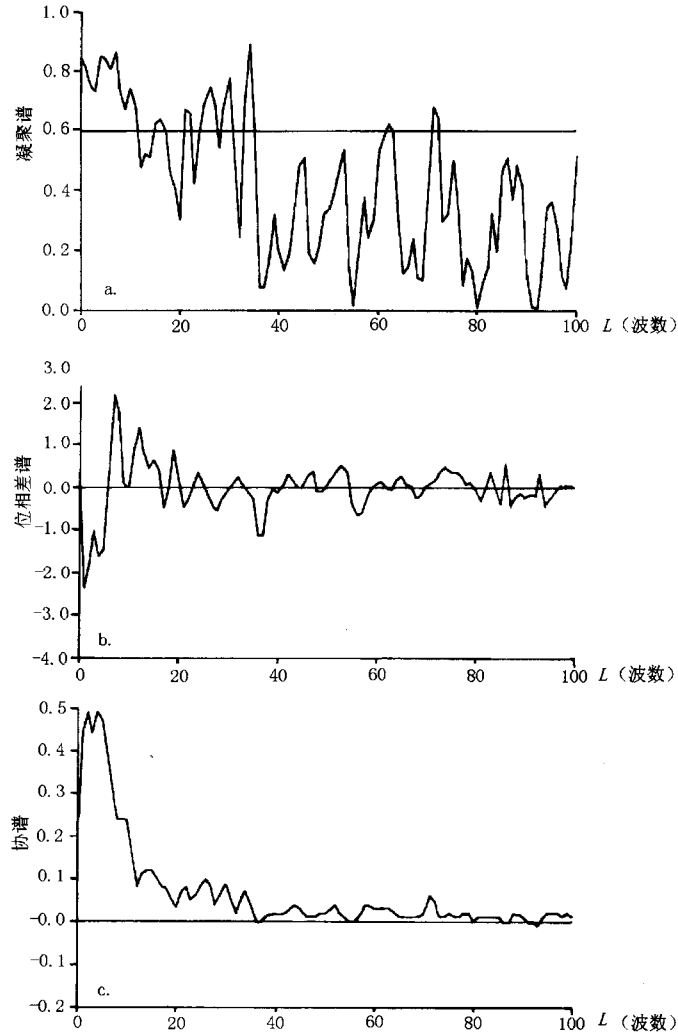


图5 第一对典型变量两海区交叉率谱

a. 凝聚谱; b. 位相差谱; c. 协谱

从图 5a 可以看出,两海区的第一对典型变量存在显著的长周期耦合振荡(通过 $\alpha = 0.001$ 的显著性水平),其中 20 个月左右、40 个月、50 个月与 200 个月的周期最显著。从图 6a 也可以得到两海区的第二对典型变量也存在 20 个月左右、40 个月、50 个月与 200 个月的耦合振荡。因为前两对典型变量都存在相同耦合振荡周期,所以这些耦合振荡周期为两海区主要周期特征。20 个月左右周期振荡反映两海区准两年的振荡;40 个月、50 个月的振荡与 El Niño 发生的 3—4 年周期相吻合;而 200 个月(16.7 年)振荡恰好与 E 型环

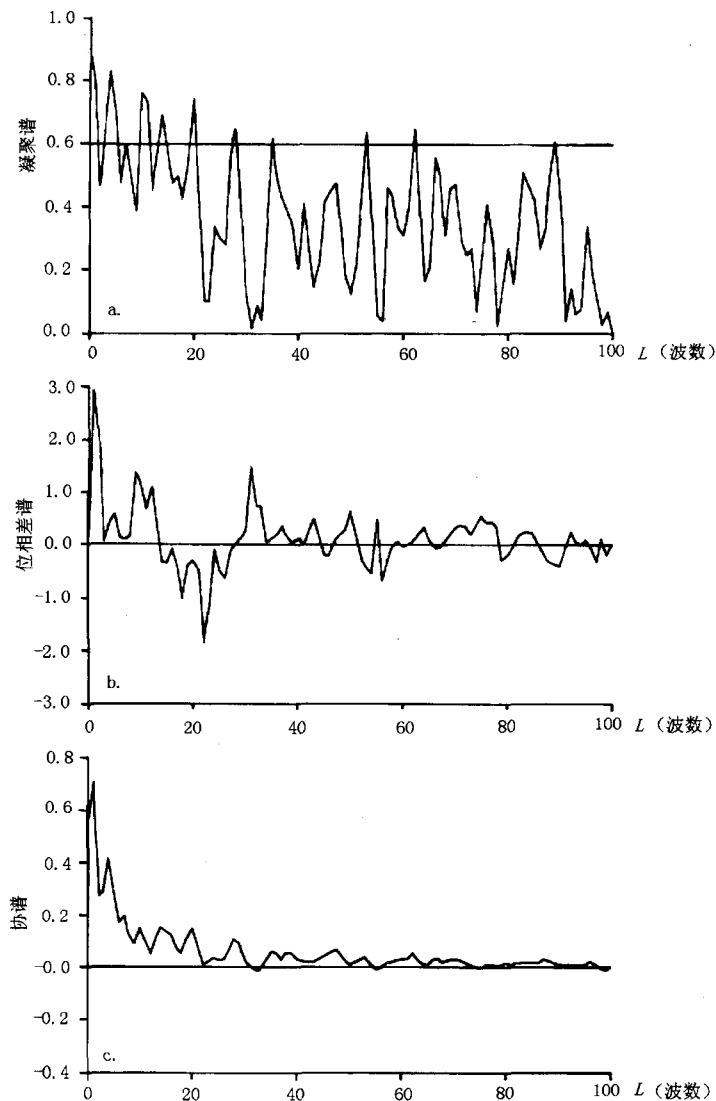


图6 第二对典型变量两海区交叉率谱

a. 凝聚谱; b. 位相差谱; c. 协谱

流相一致(章其嘉等,1994)。

表2 两对典型变量凝聚谱的所有显著周期($\alpha=0.001$)

典型变量	显著周期(月)							
	200	50	40	20	7.7	6.2	3.2	2.8
第一对	200	50	40	20	7.7	6.2	3.2	2.8
第二对	200	50	40	20	7.1	5.7	3.8	2.2

从两对典型变量的协谱(图5,6)可以看出,它们的协谱基本上全为正值,并且从落后位相谱(图5,6)也可看出这些同位相的振荡的位相差都很小,而且有正有负。这说明当南海海温滞后赤道东太平洋海温12个月时,两海区海温所有的周期振荡全为同位相,而且

位相差很小,正、负基本抵销。同时也说明在南海海温滞后赤道东太平洋海温 12 个月时两海区耦合的特别好,进一步证明了前文的结论。

五、小 结

1. 南海海温近 40 年来有明显增温趋势,约在 0.3°C 以上,而赤道东太平洋海温却没有明显增温趋势。

2. 南海海温与赤道东太平洋海温的遥相关,最好的关系并不是同时的关系,而是南海海温落后赤道东太平洋海温约 12 个月的关系最好。这种滞后关系反映了南海海温对 El Niño 事件的滞后响应。

3. 通过对南海海温滞后赤道东太平洋海温 12 个月的典型变量的交叉谱分析,得出两海区共同存在准两年的振荡、3—4 年的耦合振荡与 16.7 年的长周期耦合振荡。

参 考 文 献

王世平,庄丽莉,1991,80 年代的 ENSO 回顾,气象科技,2:8—20。

胡基福,1996,气象统计原理与方法,青岛海洋大学出版社,180—187。

章基嘉,高学杰,1994,1891—1990 年期间北半球大气环流和中国气候的变化,应用气象学报,5(2):1—10。

Harry R. G. 1968, Canonical correlation and its relationship to discriminant analysis and multiple regression, *J. Atmos. Sci.*, **25**:23—31

Nevill Nicholls, 1987, The use of canonical correlation to study teleconnection *Mon. Wea. Rev.*, **115**:393—399.

TELECONNECTIONS BETWEEN SOUTH CHINA SEA SST AND EQUATORIAL EASTERN PACIFIC SST

Yan Linong

(First Institute of Oceanography, SOA)

Xie Qiang

(Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences)

Hu Jifu

(Ocean University of Qingdao)

Niu Baoshan

(Shengli Petroleum Administration, Dep. Meteo)

ABSTRACT

This study of the teleconnections between South China Sea SST and equatorial eastern Pacific were studied by using the canonical correlation analysis showed that the relationships were closest when South China SST lagged equatorial eastern Pacific SST by twelve months. As a result of the South China Sea SST's response to the El Niño events. The coefficients of the canonical correlation variation between the SST of the two sea regions were studied by using cross-spectrum analysis. The results showed that the two regions have period of about quasi-2 years, 3-4 years and 16.7 years.