

## 太平洋表层海温的年代际变化\*

吴爱明 胡敦欣 白学志

(中国科学院海洋研究所)

众所周知, ENSO (El Niño/Southern Oscillation) 是发生在热带太平洋的年际时间尺度上最强的气候信号, 与 El Niño (La Nina) 相应的正 (负) 海温距平 (SSTA) 主要分布于赤道中东太平洋地区 (Rasmusson *et al.*, 1982)。相对于热带太平洋的年际 ENSO 现象, 人们注意到北太平洋海平面气压 (SLP) 存在更长周期的年代际变化 (Trenberth *et al.*, 1994), 有人认为这与北太平洋的表层温度 (SST) 变化有关 (Latif *et al.*, 1994), 也有人认为与热带 SST 的异常关系更为密切 (Jacobs *et al.*, 1994)。20 世纪 80 年代后的 ENSO 事件和 20 世纪 60, 70 年代有明显的差别 (Wang, 1995), 20 世纪 90 年后 El Niño 发生频数增加, 并且在 1997 和 1998 年出现了 20 世纪最强的一次 El Niño 事件 (McPhaden, 1999)。

因此, 不论是作为大气年代际变化可能的一个驱动因子, 还是作为年际 ENSO 的背景场, 从整体上了解太平洋 SST 的年代际时间尺度上的时、空变化特征都是十分重要的。

### 一、资料与分析

所用资料是 1945—1993 年全球  $1^\circ \times 1^\circ$  的月平均 COADS 海温距平 (SSTA) 及相应气候场。

#### 1. 太平洋 SST 年代际变化的时间结构

本研究选取 3 个区域: NINO3 区 ( $90^\circ\text{W}$ — $150^\circ\text{W}$ ,  $5^\circ\text{S}$ — $5^\circ\text{N}$ )、NINOC 区 ( $100^\circ\text{W}$ — $140^\circ\text{W}$ ,  $5^\circ\text{S}$ — $15^\circ\text{S}$ ) 和 NINOD 区 ( $160^\circ\text{E}$ — $160^\circ\text{W}$ ,  $35^\circ\text{N}$ — $45^\circ\text{N}$ ) 分别代表赤道中东太平洋、东太平洋的赤道南侧和北太平洋, 并将上述 3 海区内 SSTA 的区域平均分别称为 NINO3, NINOC 和 NINOD 指数。图 1b 给出 NINO3 指数 Morlet 小波变换系数 (实部) 的时间-频率 (周期) 分布 (阴影区为正, 这里只截取了周期在 7 a 以上的部分)。从图 1

\* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第 3889 号。  
国家自然科学基金资助项目, 49906003 号。  
收稿日期: 1999 年 10 月 8 日。

可以看出, NINO3 指数在 128—169 个月 (即 10—14 a) 的周期段上有明显的变化, 且 70 年代后强度明显加强。20 世纪 70 年代初、中期为负, 70 年代后期至 1985 年为正, 1986—1989 年为负, 20 世纪 90 年代为正。相对于 NINO3 指数而言, NINOD 指数的年代际变化更为显著 (图 1c), 其小波系数的量值明显大于 NINO3 指数的小波系数, 除 169 个月 (14 a) 左右的显著周期变化外, 最强的变化出现在 294 个月 (约 25 a) 左右的周期段。显然, NINOD 指数代表的北太平洋 SST 的年代际变化更趋于低频区。

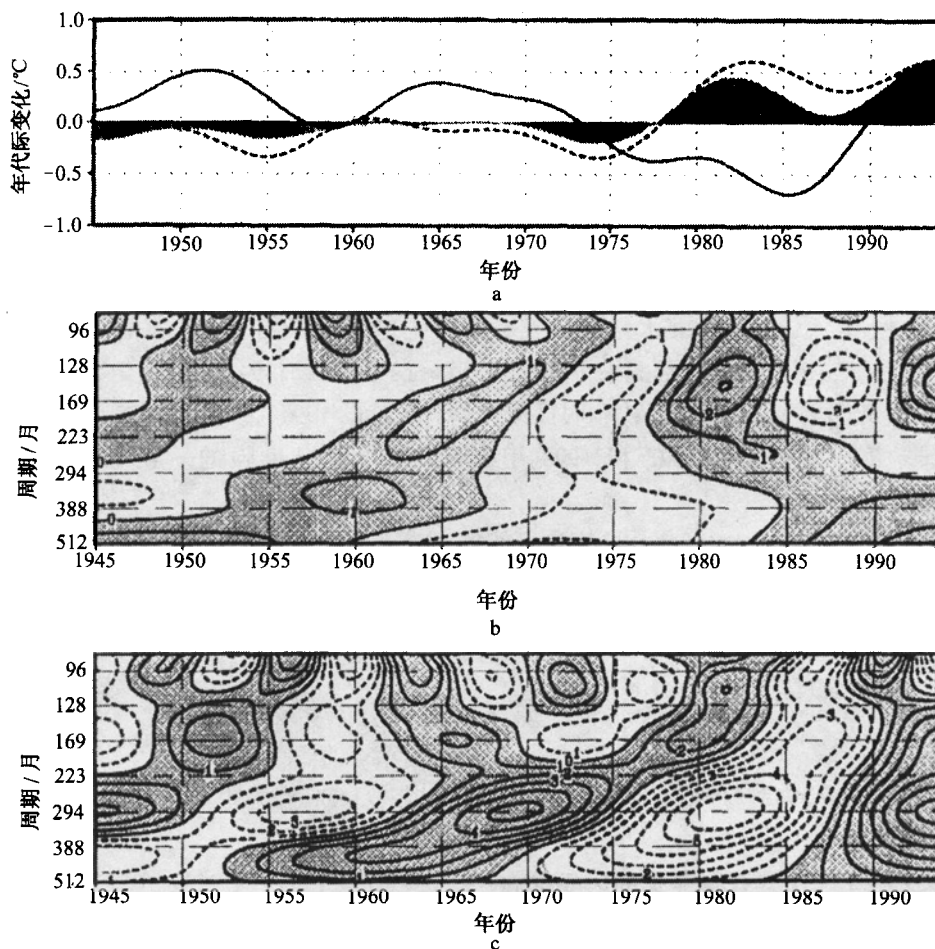


图 1 1945—1993 年太平洋海温指数的年代际变化

a. NINO3、NINOC 和 NINOD 指数 (分别用阴影、虚线和实线表示); b. NINO3 指数的 Morlet 小波变换系数 (实部) 的时-频分布 (阴影区为正); c. NINOD 指数小波变换系数的时-频分布

对上述 NINO3, NINOC 和 NINOD 指数序列进行低通滤波, 保留周期在 10 a 和 10 a 以上的部分, 得到它们相应的年代际分量序列 (图 1a)。从图 1 中可以看到, NINO3 和 NINOC 指数有相近的变化, 但后者的振幅略大一些, 说明 SST 年代际变化的最强区不在中东太平洋的赤道上, 两者指数 1997 年之前几乎全为负距平, 为年代际的冷期; 1977 年之后全为正距平, 为年代际的暖期; 20 世纪 80 年代初和 90 年代的正距平较强, 处强

暖期。而北太平洋, NINOD 指数和 NINO3 指数在大部分时间符号相反, 1973 年前基本上为正距平, 1973—1990 年为负距平, 20 世纪 90 年代后又转为正距平。由此可见, 太平洋海区 20 世纪 90 年代后几乎是整体变暖。

## 2. 太平洋 SST 年代际分量的 EOF 分解

为进一步了解太平洋 SST 年代际变化的时、空特征, 我们对  $120^{\circ}\text{E}$ — $60^{\circ}\text{W}$ ,  $30^{\circ}\text{S}$ — $60^{\circ}\text{N}$  范围内太平洋 SSTA 序列进行低通滤波 (保留周期在 10 a 和 10 a 以上的部分), 再对得到的年代际分量 ( $\text{SSTA}_{\text{DEC}}$ ) 进行了经验正交函数 (EOF) 分解。

第一模态的时间序列和空间分布 (图 2a, b), 可解释总方差的 46.6%, 从时间变化上看, 很类似于图 1a 中 NINO3 或 NINOC 指数的变化。除 1960 年附近的弱正值外, 1977 年前基本上为负, 1977 年后全为正; 从空间分布上看 (阴影区值  $\geq 0.3$ ), 北太平洋中纬度地区 ( $20^{\circ}\text{N}$ — $45^{\circ}\text{N}$ ,  $140^{\circ}\text{W}$  以西) 与赤道太平洋及北太平洋的其他地区具有相反的符号 (即位相相反), 但整个赤道太平洋具有统一的符号, 高值中心出现在日界线附近以及中东太平洋赤道南、北两侧, 其中之一对应于 NINOC 区。显然, EOF 第一模态揭示了北太平洋中纬度 SST 与周围海域 (包括热带太平洋) SST 的反位相振荡型, 结合图 2a, b 可知, 1977 年前 (后), 热带太平洋 SST 偏冷 (暖), 而北太平洋中纬度 SST 偏暖 (冷)。

第二模态 (图 2c, d) 的方差贡献为 21.2%, 在时间变化上, 1970 年前为正, 1970—1990 年为负, 1990 年后又转为正, 与图 1a 中的 NINOD 指数的变化非常接近, 只是由正转负的时间提前到 1970 年。其空间分布则是典型的北太平洋振荡型, 中心大约位于  $160^{\circ}\text{W}$ ,  $40^{\circ}\text{N}$ , 该中心的指数值明显高于其他海区。前面我们提到, 20 世纪 90 年

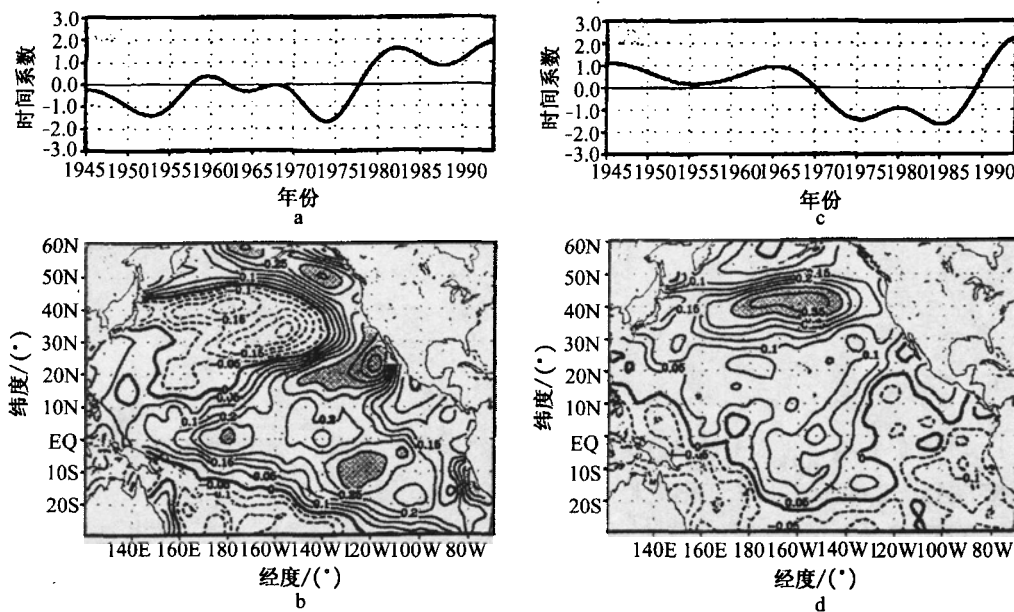


图 2 太平洋 SST 年代际分量 EOF 分解

- a. 第一模态的时间序列; b. 第一模态的空间分布;  
c. 第二模态的时间序列; d. 第二模态的空间分布 (图中阴影区值  $\geq 0.3$ )

代后北太平洋 SST 也偏暖,但从第一模态(图 2a, b)并不能看出此结果,显然,这应归结于第二模态的贡献。

### 3. 太平洋 SST 年代际变化与 ENSO 的关系

1982—1983 年发生的 El Niño 事件当时被认为是 20 世纪以来最强大的一次,但 1997—1998 年爆发的 El Niño 事件的强度又超过了 1982—1983 年。另外,进入 20 世纪 90 年代以后,仅 1995 年之前就有 3 次 El Niño 事件,也有人认为这是一次长过程的 El Niño。总之,与 20 世纪 60, 70 年代相比,20 世纪 80 年代以后的 El Niño 事件强度明显增大,频数明显增加。图 3 给出 NINO3 指数(1950 年 1 月—1999 年 8 月,直接取自 <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices> 网址,它和 COADS 资料计算的结果基本相近)的年际分量(实线)和年代际分量(阴影),它们的和用虚线表示。从图 3 可以看出,1982—1983 年的强 El Niño 事件刚好处于赤道中东太平洋 SST 年代际变化的强暖期,1990 年后 NINO3 指数的年代际分量本身就达到了 El Niño 的标准(一般认为 NINO3 指数至少 6 个月维持  $+0.5^{\circ}\text{C}$  以上就构成一次 El Niño 事件),如果没有年代际分量的贡献,1993—1994 年就构不成 El Niño 事件。另外,1997—1998 年也处于年代际的强暖位相。因此,频繁的、强大的 El Niño 事件都以暖的年代际变化为背景,后者是前者的必要条件。除强度外,在不同的年代,年际 ENSO 的发生、发展形态亦有明显的不同。

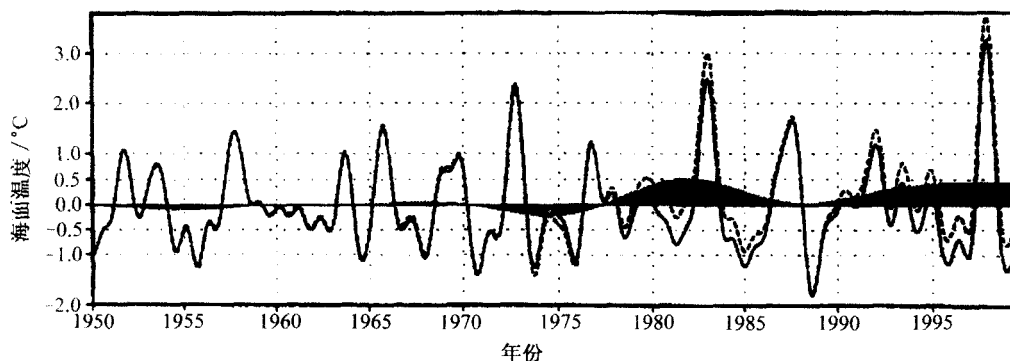


图 3 1950—1998 年 NINO3 指数的年代际、年际分量及两者的和(分别用阴影、实线和虚线表示)

## 二、结 论

1. 热带太平洋和北太平洋 SST 均存在显著的年代际变化,赤道地区相对较弱;在时间结构上,北太平洋 SST 变化更趋于低频。

2. 1977 年是赤道太平洋 SST 年代际变化的转折点(由冷转暖),同样也是太平洋(包括热带和北太平洋)SST 主要模态(EOF1, 方差贡献为 46.6%)时间变化的转折点。但实际 1973 年北太平洋就由暖期转入冷期,这主要归结于第二模态(EOF2, 方差贡献为 21.2%)的作用;1990 年后赤道太平洋及北太平洋均进入暖期。

3. EOF 第一模态揭示了北太平洋中纬度 SST 与周围海域(包括热带太平洋)SST 的反位相振荡型,而第二模态揭示了北太平洋振荡型。

4. 赤道 SST 的年代际变化对年际 ENSO 的强度有重要的影响。强、暖的 SST 年代际背景是频繁的、强大的 El Niño 事件发生的必要条件。

### 参 考 文 献

- Jacobs, G., *et al.*, 1994, Decadal-scale trans-Pacific propagation and warming effects of an El Niño anomaly, *Nature*, 370:365—370.
- Latif, M. and T. Barnett, 1994, Causes of decadal climate variability over the North Pacific and North America, *Science*, 266:634—637.
- Mophaden, M., 1999, Genesis and evolution of the 1997—1998 El Niño, *Science*, 283:950—954.
- Rasmusson, E. and T. Carpenter, 1982, Variations in tropical sea surface temperature and surface wind fields associated with the Southern Oscillation/El Niño, *Mon. Wea. Rev.*, 110:354—384.
- Trenberth, K., and J. Hurrell, 1994, Decadal atmosphere-ocean variations in the Pacific, *Clim. Dyn.*, 9:303—319.
- Wang, B., 1995, Interdecadal changes in El Niño onset in the last four decades, *J. Clim.*, 8:267—285.

## INTERDECADAL VARIABILITY OF THE SEA SURFACE TEMPERATURE IN THE PACIFIC\*

Wu Aiming, Hu Dunxin, Bai Xuezhong  
(*Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences*)

### ABSTRACT

Temporal and spatial characteristics of interdecadal SST variability of the North Pacific Ocean were investigated and its effect on ENSO was discussed. Interdecadal variability in SST obviously exists in both the tropical and north Pacific Ocean, while it is relatively weak in the equatorial Pacific and SST changes in the north Pacific possess lower frequencies. 1977 was a turning point for interdecadal SST variations (from cold to warm) in the equatorial Pacific as well as for the SST principal mode (EOF1) of the Pacific SST in terms of temporal change. But the north Pacific changed from warm to cold period from 1973, which is attributed mainly to the second mode. Both equatorial and north Pacific Ocean has turned to warm period since 1990. Revealed by the first mode, SST oscillation of the middle latitude North Pacific Ocean and its adjacent area are out of phase, while oscillation of the north Pacific was revealed by the second mode. Significant impact of interdecadal changes of equatorial SST on ENSO strength is shown. It seems that warm decadal background is a prerequisite condition for frequent and strong ENSO events.

---

\* Contribution No. 3889 from the Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences.