

# 南海与其邻近西太平洋 SST 年际变化的位相不连续性\*

周发琇

(青岛海洋大学海洋气象系 青岛 266003)

王作台

(中央大学大气科学系 台湾中坜 32054)

**提要** 使用 NCEP  $1^\circ \times 1^\circ$  周平均表层海温资料(1982—1994)对南海与其邻近西太平洋进行谐波分析,结果发现对于 SST 的年变化,南海与其邻近西太平洋海域位相连续;而对于准两年变化(QBO),南海与其邻近西太平洋海域位相不连续。并据 El Niño 年与 La Niña 年对此现象的成因做了进一步分析。

**关键词** 南海 西太平洋 SST 位相不连续

**学科分类号** P732

南海地处热带西太平洋边缘,是一个半封闭的深水海盆,又处在东亚季风区,受季风影响,其环流系统具有明显的季风特征,冬半年呈逆时针环流,夏半年呈顺时针环流;其上混合层不可避免地受环流系统的影响。但南海的表层水温(SST)的年变化(季节变化)主要受太阳辐射影响。具有显著的热带 SST 年变化特征,每年有两峰值,分别在5月中旬和10月中旬,南海大部分年平均 SST 在  $28^\circ\text{C}$  以上,除隆冬季节外,大部分时间 SST 均超过  $28^\circ\text{C}$ ,与热带西太平洋暖池连成一体,可属于西太平洋暖池的一部分。然而周发琇等(1991)曾经发现,南海 SST 的年际变化却与邻近的西太平洋在同期呈弱的负相关,两相毗邻海区的 SST 在年际变化中有显著的位相差,甚或反位相。这对于热带西太平洋气候异常具有重要的意义,因为海洋的热力异常是引起大气运动异常的重要外强迫,从某一初始状态,一个微小的扰动,由于耦合的长期作用,非线性放大,将会产生极重要的后果,例如对东亚季风或对热带太平洋大气波动构成影响。因此有必要进一步研究南海及其邻近西太平洋海域 SST 在年循环与年际变化中彼此之关系。本文使用较高质量的 SST 周平均资料,分析南海及其邻近西太平洋 SST 年循环的一致性和年际变化的位相不连续性,并讨论其成因。

## 1 资料与方法

本文使用美国 NCEP 全球  $1^\circ \times 1^\circ$  网格点的周平均资料,包括 SST 和陆面温度;序列长

\* 国家自然科学基金资助项目, 49676276号; 国家教委博士点基金资助项目, 96062330号。周发琇, 男, 出生于1937年4月, 博士生导师, 教授, E-mail: zfx@ouqd.edu.cn

收稿日期: 1998-10-04, 收修改稿日期: 1999-03-20

度为1982—1994共13年,每格点有676样本。这是一份高质量的海(陆)表层温度资料。为能连续地表示南海及其邻近的西太平洋的SST演变过程,本文选取两个剖面:一个通过南海中部,沿 $14.5^{\circ}\text{N}$ ,从 $100^{\circ}\text{E}$ 到 $140^{\circ}\text{E}$ ,该剖面从中南半岛开始,经南海中部,穿过菲律宾;另一剖面沿 $7.5^{\circ}\text{N}$ 通过南沙群岛,穿过苏禄海,亦从 $100^{\circ}\text{E}$ 到 $140^{\circ}\text{E}$ 。这两个剖面沿纬向跨过整个南海,截止在其邻近的西太平洋(以下简称西太)。资料使用前,先逐点对时域进行3点加权平滑(权重0.25, 0.5, 0.25),以滤除3周以下的高频波;然后在空间上将 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ 的网格内插到 $0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$ 的网格上。

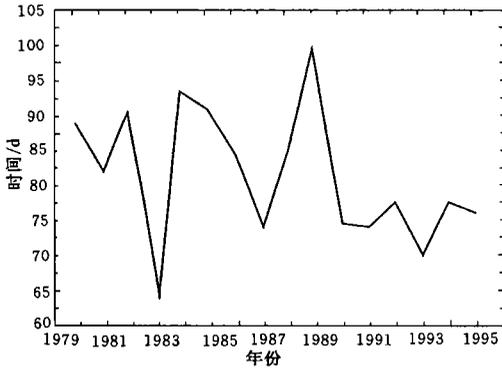


图1 1979—1995年南海冬季北风大于 $7\text{m/s}$ 的日数  
(引自Zhang Yi *et al.*, 1997)

Fig.1 Number of days for the northly winds with their speed exceeding  $7\text{m/s}$  in winter over the SCS (1979—1995) (from Zhang Yi *et al.*, 1997)

1982—1983共2年,是典型的El Niño年;另一个是1988—1989共2年,是典型的La Niña年(龚道溢等, 1998)。使用两个个例资料,分离出其双年变化,以此比较南海及其邻近西太平洋SST年际变化的特征。上述两个例具有明显的季风异常特征,尤其冬季风异常。1982—1983年冬,是一个暖冬,来自西伯利亚的冷空气活动很弱,且次数较少,南海水温暖异常;而1988—1989年冬季却恰好相反,该冬是一个冷冬,冷空气特别频繁强烈(图1),水温负异常。因此,这两个冬季既是典型的冬季风异常实例,又分别是El Niño与La Niña年的冬季,对于南海及西太平洋的影响,也具有典型性。

## 2 主要结果

### 2.1 年循环的连续性

考虑到南海中部SST年际变化振幅最大(于慎余等, 1994),所取南北两个剖面中,北剖面沿 $14.5^{\circ}\text{N}$ 在 $109^{\circ}\text{E}$ 以西为陆地;南剖面沿 $7.5^{\circ}\text{N}$ 穿过南沙群岛,在 $125^{\circ}\text{E}$ 附近棉兰老岛为少量陆面,但该剖面东部穿过苏禄南部,棉兰老岛以东才是太平洋,南剖面虽然陆面很小,但穿过的海域却较复杂。

首先通过这两个剖面比较南海与其邻近西太SST在气候意义上的年循环特征,从图2看出,南北两个剖面SST之年变化具有如下共同特点。

(1) SST年振幅南海大于西太平洋。

(2) SST年循环的活动中心南北两个剖面都位于 $107^{\circ}\text{E}$ — $108^{\circ}\text{E}$ ,虽然北剖面已在陆面上,但南剖面却在海上。这是一个很有趣的现象。北剖面的活动中心,在一定程度上反映了陆-海交界处的气候特征。

(3) 年循环的活动周期,南海先于西太平洋,南部先于北部。北剖面从最低温度(第4周)到最高温度(第31周)共27周,而从最高到最低只有25周;南剖面从最低(第1周)到最高

温度(第 28 周)比北剖面提前 3 周,但两个极值温度所经历的时间是相同的,显示出太阳辐射有规则的影响。

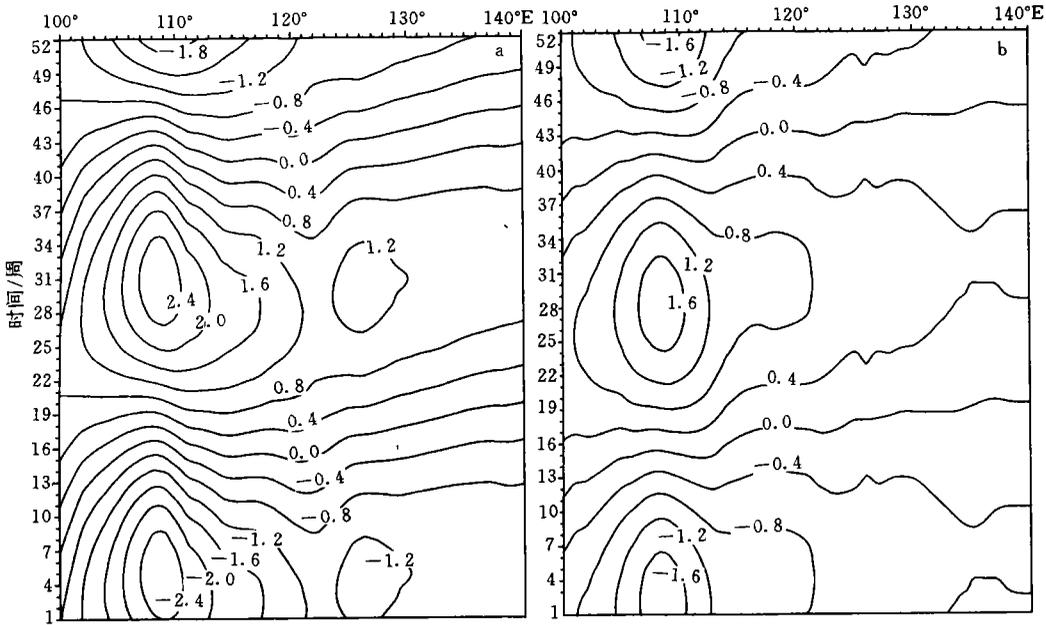


图2 沿14.5°N剖面(a)和7.5°N剖面(b) SST 气候平均的年变化(℃)

Fig.2 SST (℃) longitude-time section along 14.5°N(a) and 7.5°N(b)

+ 高于平均值; - 低于平均值(图3, 5同)

(4) 南北剖面在 127°E—128°E 有一个弱的活动中心,该中心在西太平洋上。

比较图 2 两个剖面 SST 年循环,可见两相邻海域 SST 年循环没有原则隔离现象,即没有位相不连续现象,南海与其邻近之西太平洋,属于太阳辐射影响下的同一气候系统。两相邻海域 SST 的年循环的微小差异,是因地理位置之差异所致。

气候平均状态如此,个别年份(如 1982、1983、1988、1989 年)也近于此,并无原则差别(图略)。

### 2.2 年际变化的位相不连续性

准两年振荡(QBO)是南海 SST 年际变化中最典型的事件,热带西太平洋亦然(周发琇等,1991;于慎余等,1994),而且最大振幅出现在冬季风期,尤其南海。在年循环中南海与其邻近西太平洋夏季风期 SST 差别很小,但在冬季风期差别甚大,这是南海 SST 区域性特征之一。考虑到上述气候背景,选取 1982—1983 年暖冬个例,也是 El Niño 事件(1982, 9—1983, 9 共 13 个月),与 1988—1989 年冷冬个例,也是 La Niña 事件(1988, 6—1989, 6 共 13 个月)(许建平等,1994)作为两年变化的个例分析,以比较南海与其相邻西太 SST 年际变化之位相差异。

#### 2.2.1 北剖面(14.5°N) 比较图 3a、b 两图,可以发现水温距平最大的差别如下

(1) 南海中央海盆在这两个例中 SST 距平(SSTA)是完全反位相的。1982 年初 SSTA

为负,1982—1983年冬季则为正,1983年2月初开始达到正极值 $0.5^{\circ}\text{C}$ ;而1988年初SSTA为正,1988—1989年冬为负距平,1989年2月达到负极值 $-0.7^{\circ}\text{C}$ 。这一事实表明南海中央海盆在暖冬(1982—1983)与冷冬(1988—1989)期间SSTA的变化是完全反号的。

(2) 南海与其邻近的同纬度的西太平洋SSTA是反位相的,当南海SSTA  $> 0$ 时,西太SSTA  $< 0$ (1982—1983年),反之,当南海SSTA  $< 0$ ,西太SSTA  $> 0$ (1988—1989年)。相对而言,在这两个例中,中南半岛上的陆温并无原则差别,表明SSTA之差异是由海洋自身的物理过程决定的,与陆地关系不大。

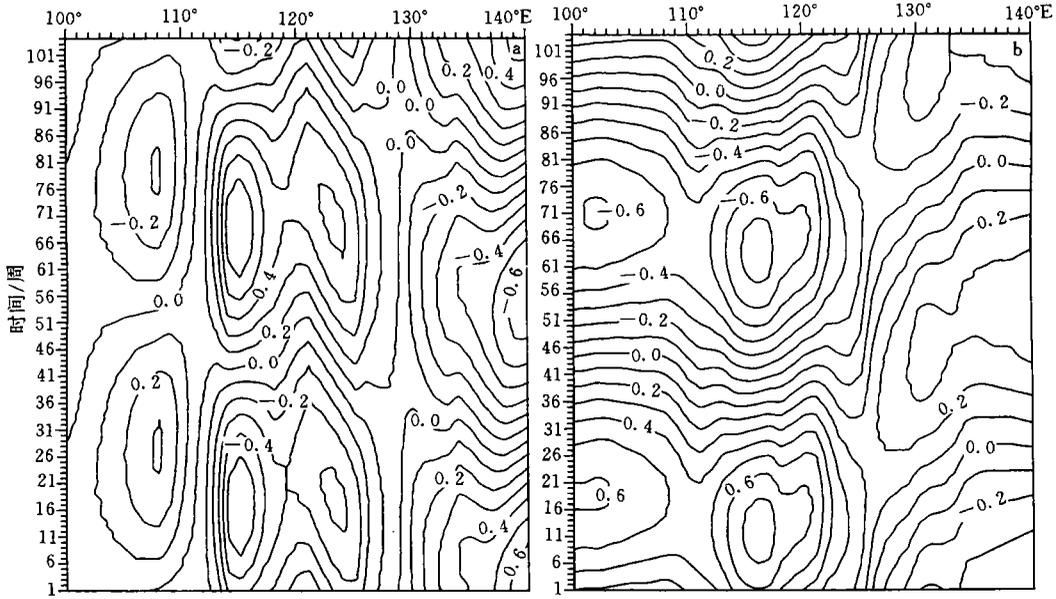


图3 沿 $14.5^{\circ}\text{N}$ 剖面SSTA的年际变化( $^{\circ}\text{C}$ )

Fig.3 SSTA( $^{\circ}\text{C}$ ) longitude-time section along  $14.5^{\circ}\text{N}$

a. 1982—1983年; b. 1988—1989年

为更清楚地证实以上现象,给出南海中部一点( $14.5^{\circ}\text{N}, 114.5^{\circ}\text{E}$ )与西太平洋一点( $14.5^{\circ}\text{N}, 130.5^{\circ}\text{E}$ )的SSTA在1982—1983年、1988—1989年两个例中之变化曲线(图4a,

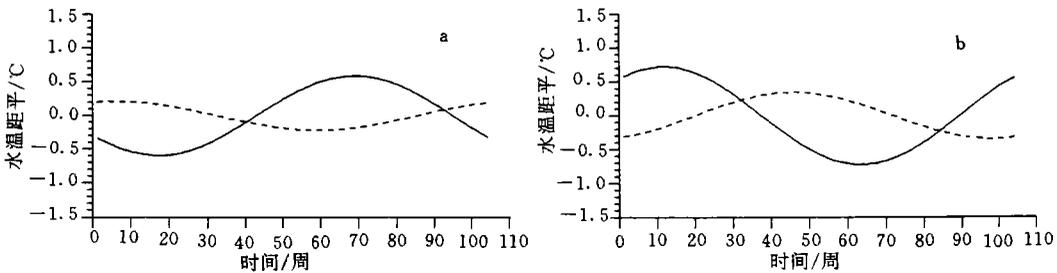


图4 点( $14.5^{\circ}\text{N}, 114.5^{\circ}\text{E}$ )(实线)与点( $14.5^{\circ}\text{N}, 130.5^{\circ}\text{E}$ )(虚线)的SSTA变化( $^{\circ}\text{C}$ )

Fig.4 Time series of SSTA ( $^{\circ}\text{C}$ ) at sites ( $14.5^{\circ}\text{N}, 114.5^{\circ}\text{E}$ ) and ( $14.5^{\circ}\text{N}, 130.5^{\circ}\text{E}$ )

a. 1982—1983年; b. 1988—1989年

b)。在这两个例中, 两点的  $SSTA$  变化几乎是反位相的。在 El Niño 期间, 西太降温, 而南海升温, 这也正是南海  $SSTA$  与赤道东太平洋  $SSTA$  正相关(周发琇等, 1991)的原因; 在 La Niña 期间, 西太平洋升温, 赤道东太平洋降温, 但南海也降温, 这同样维持南海  $SSTA$  与东太平洋  $SSTA$  正相关, 而南海中央海盆与其相邻的西太,  $SSTA$  却属负相关。

**2.2.2 南剖面(7.5°N)** 沿 7.5°N 剖面, 117°E 以西为南海, 以东到 124°E 为苏禄海, 穿过棉兰老岛, 约在 127°E 以东才属西太平洋, 该剖面的地理环境比北剖面略为复杂。图 5a、b 给出南剖面两个例  $SSTA$  的分布, 比较图 4a、b 两图可以发现以下特点。

(1) 在南海(117°E 以西)部分仍然具有 1982—1983 年暖冬( $SSTA > 0$ )与 1988—1989 年冷冬( $SSTA < 0$ )的特征。

(2) 南海与苏禄海  $SSTA$  有明显的位相差, 1982—1983 年事件约差 10 周, 1988—1989 年事件相差约 5 周。显然 1982—1983 年事件的位相差大于 1988—1989 年事件。

(3) 南海部分与西太平洋部分  $SSTA$  基本上反位相, 但 1988—1989 年两海区的  $SSTA$  虽有位相差, 但不呈反位相。从  $SSTA$  的系统性看, 南海  $SSTA$  先于西太平洋(图 5b)。

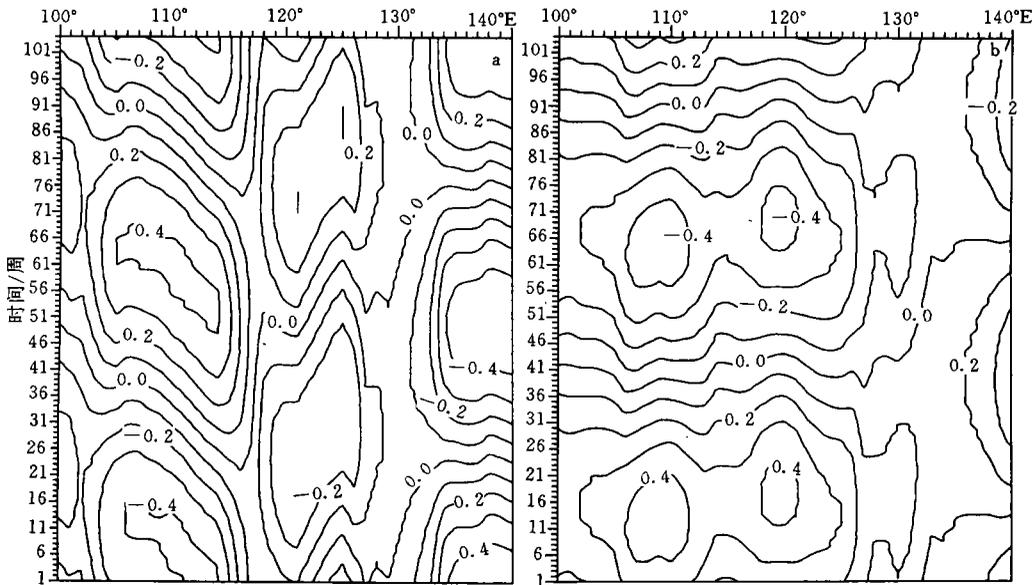


图5 沿7.5°N剖面SST的年际变化(°C)

Fig.5 SST(°C) longitude-time section along 7.5°N

a. 1982—1983年; b. 1988—1989年

为进一步说明南海与西太平洋  $SSTA$  的变化特征, 给出南海(7.5°N, 114.5°E)与西太平洋(7.5°N, 130.5°E)两点在 1982—1983 年与 1988—1989 年两个例的变化曲线(图 6a, b)。比较图 5a、b 两图, 可以发现 1982—1983 年, 南海与西太平洋  $SSTA$  基本上反位相, 且南海振幅大于西太; 但 1988—1989 年南海却没有显示出与西太  $SSTA$  有显著的位相差。西太  $SSTA$  振幅仍很小。在 El Niño 期间, 南海与西太  $SSTA$  仍保持反位相, 但在 La Niña 期间却不尽然。

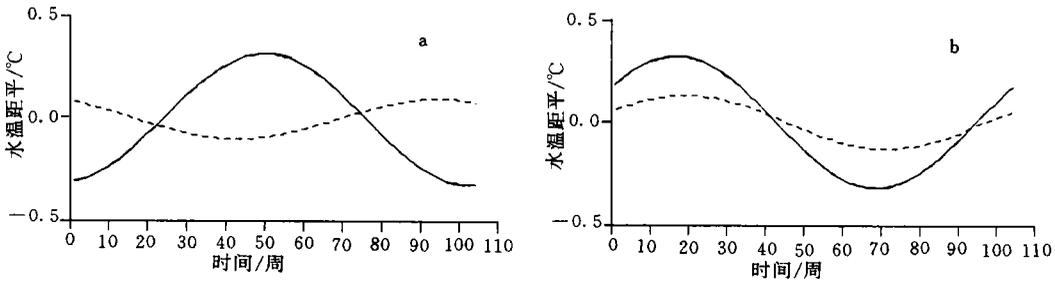


图6 点(7.5°N, 114.5°E)(实线)与(7.5°N, 130.5°E)(虚线)的SSTA变化(°C)

Fig.6 Time series of SSTA (°C) at sites (7.5°N, 114.5°E) and (7.5°N, 130.5°E)

a. 1982—1983年; b. 1988—1989年

### 3 讨论与结论

**3.1** 对于气候平均意义下的 SSTA 年循环, 太阳辐射是决定性控制因子, 南海及其邻近的西太平洋海域, 虽有地理上的一些差异, 但 SSTA 的年变化是连续的, 并无原则差别, 也就是说在太阳辐射年变化影响下南海与其邻近的西太海域, SSTA 年循环均属一个气候系统。

**3.2** 对于 SSTA 年际变化, 特别是对于准两年变化(QBO), 南海与其邻近的西太平洋海域是相互独立的, 虽然南海是热带西太平洋的边缘海, 但在 SSTA 年际变化中位相不连续。原因在于: 南海是一个准封闭的深水海盆, 其 SSTA 年际变化, 基本上是对东亚季风异常强迫的响应, 所以 SSTA 与季风异常有显著的相关关系(傅刚等, 1994); 例如 1982—1983 年暖冬期间, 南海 SSTA > 0, 1988—1989 年冷冬, 南海 SSTA < 0; 但热带西太平洋 SSTA 却是整个大洋海盆上混合层变化的一部分, 例如在 El Niño 期间(1982—1983 年), 热带东太平洋上混合层加深, SSTA 升温, 而在 La Niña 期间(1988—1989 年), 西太平洋上混合层加厚, SSTA 升高, 东太平洋相反。这是整个热带太平洋上混合层的变化, 在上述两个例中都明显地反应出来, 而上述这种变化与南海上混合层的变化并无直接的内在联系, 因而导致南海与其邻近的西太在 SSTA 年际变化中位相不连续, 甚至反位相。

在 El Niño 与 La Niña 期间, 热带太平洋除上混合层有显著的变化外, 北赤道流也明显异常, 在 El Niño 期间减弱, La Niña 期间加强; 北赤道流之异常, 使得黑潮流轴的 SSTA 异常, 西太平洋黑潮流轴上 SSTA 的年际变化自然反应了 El Niño 与 La Niña 的特征, 而南海 SSTA 却不受其影响, 这也是南海上混合层的变化独立于其邻近的西太平洋的一个原因。考虑到这一原因, 北剖面的(14.5°N, 130.5°E)点是在黑潮流轴上, 其 SSTA 的年际变化更多地反应了北赤道流变化所带来的后果, 但南剖面上(7.5°N, 130.5°E)点, 其 SSTA 变化可能比北部点更复杂。

**3.3** 苏禄海是地处西太平洋与南海之间的一个边缘海, 其与南海与西太平洋均有沟通, 但在 SSTA 年际变化中, 更多地反映了南海 SSTA 的特征; 然而与南海 SSTA 有显著的位相差(图 5)。

**3.4** 以 SSTA 为标志的上混合层的年际变化, 南海与其邻近的西太平洋有显著的位相差。因而, 在海气相互作用中, 南海与西太平洋海域, 海洋对大气的加热保持一定的位相差, 甚至反位相, 这种扰动因长期作用, 在海—气间由于耦合的非线性放大, 必将产生极重要的后果, 无论对东亚季风环流, 还是对热带太平洋上大气波动的激发都将是十分重要的。因

此,南海虽小(与热带太平洋相比),但在热带西太平洋海洋-大气相互作用中的作用是不可忽视的。

**致谢** 张涛、高荣珍参加了资料计算和绘图工作,谨致谢忱。

### 参 考 文 献

- 于慎余,周发琇,王东晓,1994. 南海表层水温低频振荡的基本特征. 海洋与湖沼, 25(5): 546—551
- 许建平,闵伟,1994. 近赤道西太平洋低空纬向风异常对 ENSO 事件的指示性. 海洋学报, 16(2): 33—42
- 周发琇,于慎余,1991. 南海表层水温的低频振荡. 海洋学报, 13(3): 331—338
- 傅刚,周发琇,于慎余,1994. 南海表层水温甚低频振荡的动力学机制. 青岛海洋大学学报, 24(4): 456—462
- 龚道溢,王绍武,1998. ENSO 对中国四季降水的影响. 自然灾害学报, 7(4): 44—52
- Zhang Yi, Sperber K R, Boyle J S, 1997. GCM Simulated east Asian winter monsoon: results from eight AMIP models. PCMDI Report, 39: 1—48

# PHASE DISCONTINUITY OF THE SST INTERANNUAL OSCILLATION BETWEEN THE SOUTH CHINA SEA AND ITS ADJOINING WEST PACIFIC REGION

ZHOU Fa-xiu

(Department of Marine Meteorology, Ocean University of Qingdao, Qingdao, 266003)

WANG Jough-tai

(Department of Atmospheric Science, Central University, Chung-Li, Taiwan, 32054)

**Abstract** In this paper, the  $1^\circ \times 1^\circ$  / longitude  $\times$  latitude weekly mean SST data (1982—1994) of American National Center of Environment Prediction (NCEP) have been analyzed using the harmonic analysis method. Two cross sections are chosen along latitude  $14.5^\circ$  N and  $7.5^\circ$  N from  $100^\circ$  E to  $140^\circ$  E for analyzing the spatial SST phase evolution in the spatial domain of the South China Sea (SCS) and its neighboring West Pacific. Moreover, two time domain 1982—1983 and 1988—1989 are selected for analyzing the typical events of El Niño and La Niña. The results are summarized as follows.

(1) The annual cycle of SST both in the SCS and its neighboring West Pacific are continuous in the phase domain.

(2) The interannual variation of SST in both the SCS and its neighboring West Pacific are discontinuous in the phase domain. SST anomaly (SSTA) was positive in 1982—1983 winter, while SSTA was negative in 1988—1989 winter. Reversibly, SSTA in the West Pacific is negative in 1982—1983 winter, but positive in 1988—1989 winter. The above result describes the SSTA features of El Niño and La Niña events. The reason is related to the spatial geographical distribution of the semi-closed SCS and the open West Pacific region.

(3) The phase difference of SST between the SCS and its neighboring West Pacific would cause the atmospheric waves in the tropical West Pacific because of the nonlinear air-sea interaction.

**Key words** SCS West Pacific SST Phase discontinuity

**Subject classification number** P732