

文章编号 1001-8166(2002)05-0631-08

# ENSO—7 赤道西太平洋异常纬向风所驱动的热带太平洋次表层海温距平的循环

李崇银 穆明权

(中国科学院大气物理所 LASG 国家重点实验室,北京 100029)

**摘 要** 近几年的系列分析研究表明,ENSO 与异常东亚冬季风之间有相互影响,持续的强(弱)东亚冬季风通过引起赤道西太平洋地区的西(东)风异常对 El Niño/La Niña 的发生起着重要作用;赤道太平洋次表层海温异常(SOTA)的年际变化(循环)与 ENSO 发生有密切关系,ENSO 的真正源在西太平洋暖池,暖池正(负)SOTA 沿赤道温跃层东传到东太平洋,便导致 El Niño/La Niña 的爆发;在暖池正(负)SOTA 沿赤道东传的同时,有负(正)SOTA 沿 10°N 和 10°S 纬度带向西传播,从而构成 SOTA 的循环。热带太平洋 SOTA 循环的驱动者是赤道西太平洋的异常纬向风。进而可以认为:ENSO 实质上是主要由异常东亚季风引起的赤道西太平洋异常纬向风所驱动的热带太平洋次表层海温距平的年际循环。

**关键词** ENSO 循环,东亚季风异常,纬向风异常,次表层海温异常(SOTA),年际循环

**中图分类号**: P4 **文献标识码**: A

## 0 引言

ENSO (El Niño-Southern Oscillation) 已被认为是年际气候变化的最强信号,而且它的发生往往给全球不少地方造成严重洪涝或干旱,从而受到全世界的普遍关注<sup>[1-3]</sup>。为了搞清 ENSO 发生的原因,国外科学家相继提出了关于 ENSO 产生机制的所谓信风张弛理论<sup>[4]</sup>,不稳定海洋波动理论<sup>[5,6]</sup>和延迟振子理论<sup>[7,8]</sup>。我国学者在这方面也作了一些研究,并指出赤道海洋 Rossby 波对 ENSO 的产生也有重要作用<sup>[9]</sup>。上述研究虽然各自都能部分地解释 ENSO 的发生和演变特征,但 ENSO 发生的确切原因仍未真正搞清楚,对 ENSO 的预测也就尚处试验阶段。

根据“ENSO 是热带太平洋海—气相互作用的产物”的观点<sup>[10]</sup>,我们一直强调大气环流异常在激

发 ENSO 中也有重要作用。指出了持续的强(弱)东亚冬季风将导致赤道西太平洋地区的持续西(东)风异常和强(弱)大气季节内振荡,通过海—气相互作用它们对激发 El Niño(La Niña)有重要作用<sup>[11-13]</sup>,用 GCM 所作的数值模拟试验也证明了有上述的结果<sup>[14]</sup>。

最近我们用 JEDAC (Joint Environmental Data Analysis Center, USA) 海温资料和 NCEP 再分析资料所作的分析研究,发现西太平洋暖池次表层海温的正(负)异常及其向东传播与 El Niño(La Niña)的发生有直接关系<sup>[15,16]</sup>;海—气耦合模式的数值模拟也得到完全一样的结果。还提出了东亚冬季风—暖池状况—ENSO 相互作用的观念<sup>[17]</sup>。进一步的分析研究,并联系已有的结果,我们还可以初步提出一个关于 ENSO 本质的新看法,它不同于、但部分类似于延迟振子理论:ENSO 实际上是主要由东亚季风异

收稿日期 2002-07-18,修回日期 2002-08-14。

\* 基金项目 国家重点基础研究发展规划项目“我国重大气候和天气灾害的形成机理和预测理论研究”(编号:G19980409003);国家科技攻关计划(2001BA603B-04)共同资助。

作者简介:李崇银(1940-),男,四川达州人,研究员,中国科学院院士,主要从事大气动力学、热带气象和气候动力学等方面的研究。  
E-mail:lcy@lasg.iap.ac.cn

常造成的赤道西太平洋异常纬向风所驱动的热带太平洋次表层海温距平的循环。

## 1 异常东亚冬季风与 ENSO 的相互作用

ENSO 和异常东亚冬季风的关系早已在一系列研究中被指出,它们之间的相互作用也是很清楚的<sup>[11,13]</sup>。为进一步表明 ENSO 与异常东亚冬季风之间的相互作用,我们这里进一步讨论对 1950—1996 年发生的 El Niño 和 La Niña 事件分别进行合成分析的结果。

图 1 表示合成的 El Niño 情况,合成的 El Niño 事件在春季开始爆发,在 11 月达到最强,但赤道西太平洋地区的西风异常要早于 El Niño 事件的爆发约 2~3 个月;而在 El Niño 事件爆发之前的冬半年,东亚冬季风持续偏强(图 1 中 a, b, c 和 d 分别给出的 500 hPa 高度异常、蒙古地区地面气压异常、中国东部地区气温异常和东亚/西北太平洋地区经向风异常,它们都可以反映东亚冬季风的活动情况)。合成分析结果表明,持续的强冬季风通过在赤道西太平洋地区引起西风异常,对 El Niño 事件的发生起着重要激发作用。另一方面,在 El Niño 爆发后的冬季,东亚冬季风明显偏弱,说明 El Niño 对其后的东亚冬季风有削弱作用。

对 La Niña 的合成表明,在其爆发之前约 2~3 个月赤道西太平洋地区有持续的东风异常出现,而在赤道东风异常之前的冬半年,东亚冬季风明显偏弱(图略)。这意味着持续的弱东亚冬季风通过引起赤道西太平洋地区的东风异常(异常东风可引起异常冷性海洋 Kelvin 波)对 La Niña 的发生起着重要作用。然而在 La Niña 的冬季,东亚冬季风却偏强,说明 La Niña 有增强东亚冬季风的作用。

为了进一步说明异常东亚冬季风对 ENSO 发生的激发作用,利用一个海—气耦合模式进行了数值模拟试验<sup>[14]</sup>。所用耦合模式的大气模式是中国科学院大气物理研究所发展的全球两层格点(4°纬度×5°经度)大气环流模式,海洋模式是自由面热带太平洋环流模式,其分辨率为 1°纬度×2°经度,垂直方向为 14 层,底部在 400 m,模式范围为 121°E~69°W,30°S~30°N。海—气耦合采用了线性统计修正技术,从而较一般的通量修正既能很好克服气候漂移,又能较好保留其季节和年际变化特征。耦合模式的数值试验取得了同观测资料分析相类似的结果,持续的强(弱)东亚冬季风将导致赤道东太平洋的持续正(负)海温距平,其正(负)SSTA 的分布形

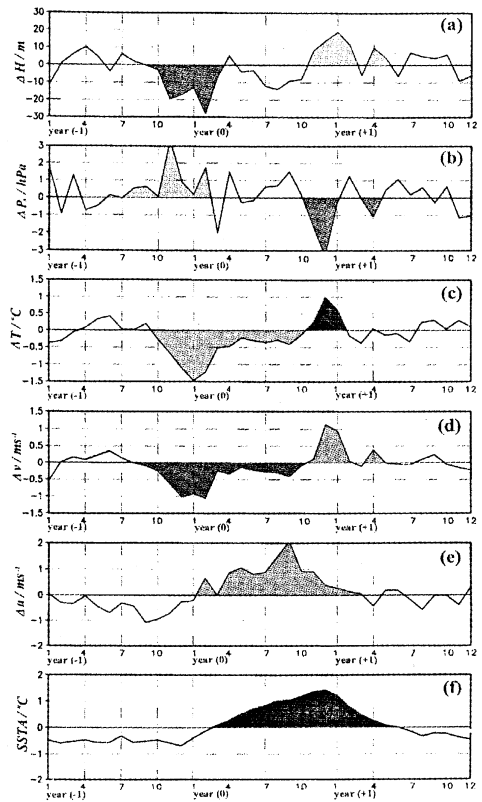


图 1 El Niño 与东亚冬季风异常(合成分析结果)

Fig. 1 El Niño and the anomalies of East-Asian winter monsoon (completed results)

- (a) 区域(30°~40°N, 100°~130°E)平均 500 高度距平(位势 m)
- (b) 区域(35°~50°N, 80°~110°E)平均海平面气压距平(hPa)
- (c) 区域(30°~40°N, 120°~130°E)平均地面气温距平(°C)
- (d) 区域(25°~35°N, 120°~140°E)平均经向风距平(m/s)
- (e) 赤道西太平洋区域(5°S~5°N, 150°~160°E)平均纬向风距平(m/s)
- (f) Niño 3 区(5°S~5°N, 150°~90°W)平均 SSTA (°C)

势与 El Niño (La Niña) 十分相似(图略)。

## 2 El Niño/La Niña 的发生与西太平洋暖池次表层海温的异常

为了搞清西太平洋暖池次表层海温距平(SOTA)与 ENSO 的关系,我们分析了西太平洋暖池区域(10°S~10°N, 140°~180°E)次表层(120~160 m)海温异常(SOTA)及 Niño 3 区 SSTa 的时间演变(图略)。其结果清楚地表明在 1956—1997 年期间,每次 El Niño 事件爆发之前的半年到 2 年时间,都有明显的 SOTA 正距平在暖池出现;在 La Niña 爆发前,暖池区次表层海温都有明显的负距平。而在 El

Niño/La Niña 事件发生之后,西太平洋暖池区域的 SOTA 却变为负(正)距平。当 El Niño/La Niña 处于最强盛时,西太平洋暖池 SOTA 将为最大负(正)距平。

分析一个热带太平洋海—气耦合模式的长期模拟结果,也清楚表明有同观测十分类似的演变特征。图 2 分别给出了模式模拟的西太平洋暖池 SOTA 和 Niño 3 区 SSTa 的时间演变。它十分清楚地表明在每次 El Niño/La Niña 发生之前,暖池区都先期有 SOTA 的正(负)异常存在,而当每次 El Niño/La Niña 发生之后,暖池区又将出现负(正)的 SOTA。

因此,由资料分析和数值模拟的结果可以认为,

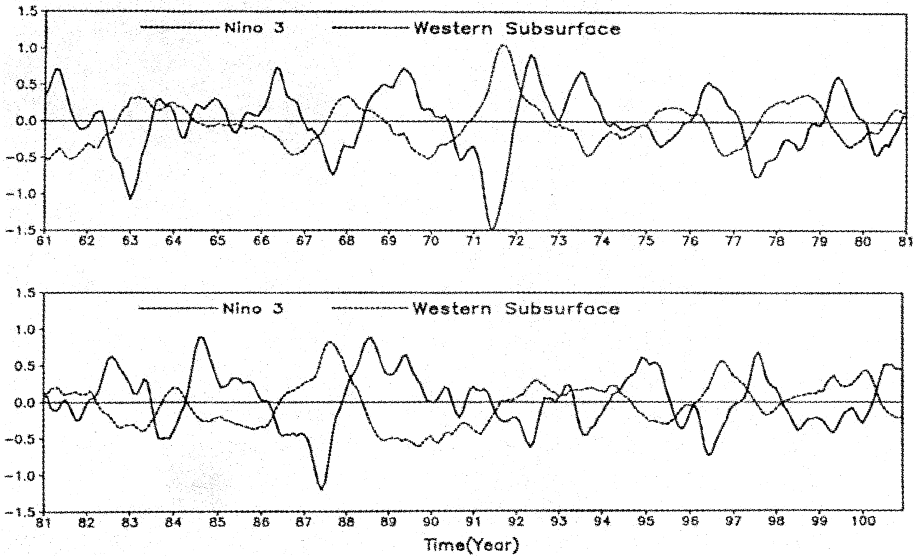


图 2 海—气耦合模式模拟的西太平洋暖池 SOTA (实线)和 Niño 3 区 SSTa (虚线)的时间演变<sup>[15]</sup>

Fig.2 Temporal variations of simulated SOTA in the warm pool (solid line) and the SSTa in Niño 3 (dashed line) with the CGCM

赤道西太平洋暖池区正(负) SOTA 的出现是 El Niño/La Niña 发生的重要前兆。但暖池区正(负) SOTA 的出现只是 El Niño/La Niña 发生的前提条件,El Niño/La Niña 爆发的直接原因是暖池区正(负) SOTA 沿赤道温跃层东传到东太平洋及其向表层的扩展<sup>[15]</sup>。

## 3 ENSO 循环的分析

1997 年初夏爆发了 20 世纪最强的一次 El Niño 事件,而早在此次 El Niño 发生之前,西太平洋暖池

已有极明显的次表层海温异常(SOTA),暖池区 SOTA 正距平沿温跃层东传到赤道东太平洋并向表层的扩展是 El Niño 事件爆发的直接原因;当 El Niño 事件发生后,暖池区的 SOTA 又出现负值。其后,暖池区 SOTA 负距平的向东传播和在赤道东太平洋的向表层扩展又导致了 1988 年 La Niña 的发生<sup>[15,16]</sup>。为了搞清 1997—1998 年 ENSO 期间热带太平洋次表层海温距平的循环过程及其与赤道西太平洋西风异常和东亚冬季风异常的关系,我们分析了 1996—1998 年热带太平洋海温及其上空大气的

各月平均异常形势。图3分别给出了1996年11月、1997年2月、1997年6月和1997年9月东亚和太平洋地区的月平均850 hPa经向风距平(VA)、850 hPa纬向风距平(UA)、热带太平洋次表层海温异常(SOTA)和海表水温异常(SSTA)的形势及变化可了解ENSO循环的特征。其中SOTA取了大致沿温跃层的值,平均来讲热带太平洋的温跃层是西深东浅,故暖池区取为160°~120°W厚度层之均值,中东太平洋取为120°~80°W之均值,东太平洋取为80°~40°W之均值。可以看到SOTA正距平的沿赤道东传直接与赤道西太平洋的西风异常相联系;并且在赤道西太平洋西风异常之前,在东亚沿海及西北太平洋地区一直有持续的北风异常,表明东亚冬季风持续偏强。还有一个十分明显的现象是在SOTA正距平沿赤道东传的同时,有SOTA负距平在10°N和10°S两个纬度带沿温跃层向西传播,然后在暖池区形成SOTA负距平区,并取代原来的SOTA正距平。也就是说,伴随着El Niño的发生,热带太平洋的SOTA正距平由暖池沿赤道东传到赤道东太平洋,而原在赤道东太平洋的SOTA负距平同时沿10°N和10°S两个纬度带向西传到暖池区,构成一个循环过程。但这里仅是SOTA正距平由暖池沿赤道东传的情况,对ENSO而言只能是半圈循环,而这半圈循环直接与赤道西太平洋的西风异常和持续的强东亚冬季风相联系。我们在文献[15]和[17]中已经指出,东亚冬季风持续异常所引起的赤道西太平洋地区纬向风的异常是直接导致上述这种循环的重要原因。而国外的研究也表明,1997年El Niño的发生与东亚中纬度地区大气环流异常(实际就是冬季风异常)有关<sup>[18]</sup>。

类似上述结果,分析1997年12月、1998年2月、1998年5月和1998年8月的月平均异常形势,可以看到由El Niño向La Niña转变的情况(图略)。暖池次表层有SOTA负距平沿赤道东传,并在赤道东太平洋扩展到海表,形成了负SSTA和La Niña。而SOTA负距平沿赤道的东传直接与赤道西太平洋的东风异常相联系;并且在赤道西太平洋出现东风异常之前东亚冬季风持续偏弱,有南风异常。同时,在SOTA负距平沿赤道东传的时候,有SOTA正距平沿10°N和10°S两个纬度带向西传播,并逐渐在暖池区形成SOTA正距平区,这个暖池SOTA正距平又为下一次ENSO循环准备了条件。很显然,这里表现了SOTA负距平由暖池沿赤道东传,而SOTA正距平沿10°N和10°S两个纬度带西传的另半圈循

环。将这里的分析结果与图3结合在一起,就构成了一个完整的热带太平洋SOTA的循环及ENSO循环。因此也可以认为,ENSO循环实际上也可认为是热带太平洋次表层海温距平沿赤道及10°N和10°S两个纬度带的循环。而东亚冬季风持续偏弱(弱)所导致的赤道西太平洋西(东)风异常,驱动了暖池次表层SOTA正(负)距平沿赤道东传。

对近50年历次ENSO循环的分析也都表明有上述1997—1998年ENSO的演变形势,说明赤道西太平洋纬向风异常所驱动的SOTA的年际循环是ENSO的本质所在。SOTA沿着赤道东传可认为主要是赤道西太平洋异常纬向风所激发的异常海洋开尔文(Kelvin)波的作用<sup>[19,20]</sup>,而SOTA沿10°N和10°S两个纬度带的西传,既有海洋罗斯贝(Rossby)波的作用也有赤道洋流的作用,具体过程和动力学还需进一步研究。

#### 4 SOTA循环的时间剖面及与大气环流异常的相关分析

为了更清楚地看到热带太平洋次表层海温异常的循环特征,在图4中分别给出了1979—1993年沿赤道(C)和沿10°N纬带(A)的SOTA时间经度剖面,以及西太平洋SOTA的时间—纬度剖面(B)。为方便,我们从C图1981年开始看,可清楚看到有SOTA正距平由暖池区(140°~180°E)东传,并于1982年夏在赤道东太平洋形成强正距平,SSTA也在那里出现强的正距平,导致了1982年的El Niño;然后SOTA正距平沿10°N纬带西传(A)并于1984年到达西太平洋,其后南传(B)到赤道西太平洋。后来,在赤道西太平洋暖池区的SOTA正距平从1985年又开始东传(C),1986年夏在赤道东太平洋形成SOTA正距平,并导致了1986年的El Niño。类似的循环过程可以一直持续地进行。同样,SOTA负距平也有完全类似的循环过程,并形成1984年和1988年的La Niña(冷事件)。

图4仅给出了SOTA沿赤道和沿10°N纬带的传播情况,分析沿赤道和沿10°S纬带的SOTA的传播情况也有类似的结果。因此它们再次清楚地表明,ENSO循环实际上是热带太平洋次表层海温异常沿赤道和10°N/10°S两个纬带作年际循环在赤道东太平洋的反映。就SSTA而论,用赤道东太平洋海表温度异常来定义ENSO循环也是自然的;但是,如果就热带太平洋SOTA而论,ENSO的真正源是在西太平洋暖池次表层。

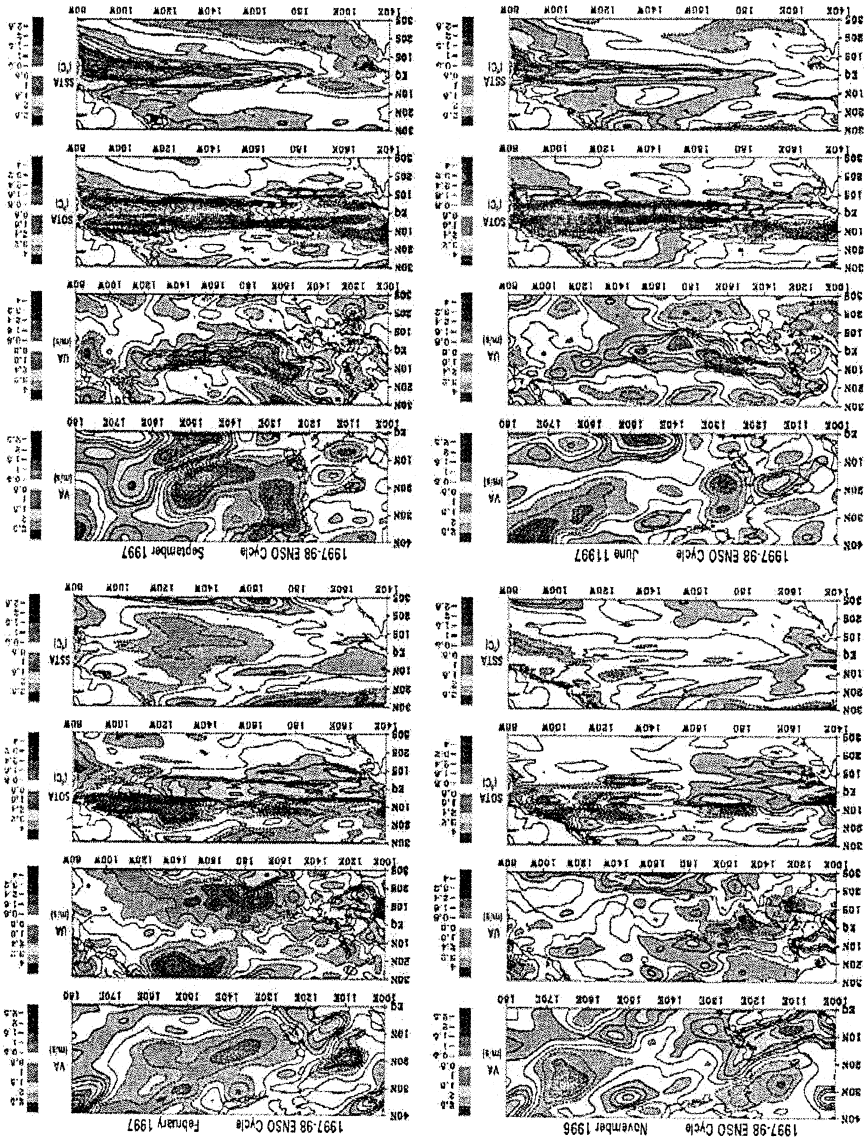


图 3 1996 年 11 月, 1997 年 2 月, 1997 年 6 月和 1997 年 9 月平均的海、气异常形势

Fig. 3 The atmospheric and Oceanic mean anomalous patterns in November 1996, February 1997, June 1997 and September 1997

每图由上至下为: (a) 东亚和太平洋地区 850 hPa 经向风距平 (VA) (b) 热带太平洋海区 850hPa 纬向风距平 (UA) (c) 热带太平洋次表层海温距平 (SOTA) (d) 热带太平洋海水温距平 (SSTA)

In each one from above to bottom represents respectively: (a) Meridional wind anomalies at 850hPa in the East Asia and north Pacific region (VA) (b) Zonal wind anomalies in the tropical Pacific region (UA) (c) Subsurface ocean temperature anomalies in the tropical Pacific (SOTA) (d) Sea surface temperature anomalies in the tropical Pacific (SSTA)

分析暖池次表层海温异常的东传与赤道西太平洋纬向风异常,以及与西北太平洋地区(20~30°N, 120~150°E) 经向风异常的时滞相关系数的时间演变(图略),其结果表明暖池次表层 SOTA 东传到赤道东太平洋与赤道西太平洋纬向风异常有明显正相关,而与东亚冬季风异常有明显负相关。赤道西太

平洋纬向风异常超前 2~3 个月有最大正相关,而东亚冬季风异常超前 4~5 个月有最大负相关。

### 5 结 语

(1) ENSO 与异常东亚冬季风之间有明显相互影响,持续的强(弱)东亚冬季风通过引起赤道西太

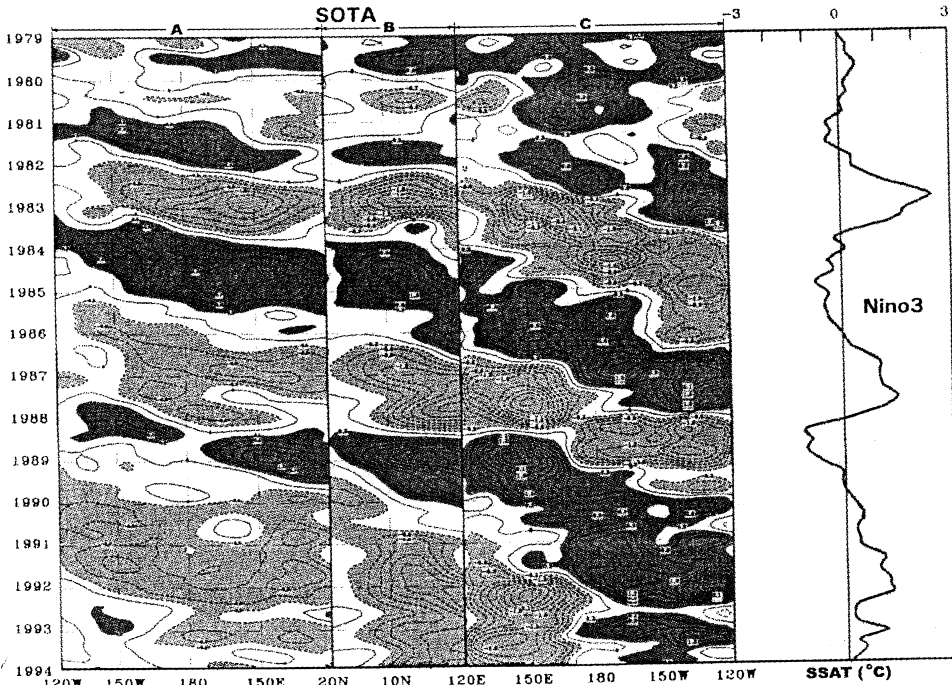


图 4 太平洋 SOTA 沿赤道(6°N~6°S 平均 左图 C)和沿 10°N 纬带(左图 A)的时间-经度剖面,西太平洋 SOTA 的时间-纬度剖面(120~160°E 平均 左图 B),以及 Niño-3 区 SSTA 的时间变化(右图)

Fig.4 The time-longitude section of the SOTA along the equator (averaged during 6°N~6°S, left C) and latitude 10°N (left A) in the Pacific; The time-latitude section of the SOTA (averaged during 120~160°E, left B); Temporal of SSTA in the Niño-3 (right)

平洋地区的西(东)风异常和强(弱)大气季节内振荡对 El Niño(La Niña)的发生起着重要的作用。而 ENSO 反过来又将影响东亚冬季风的活动。

(2) El Niño/La Niña 发生之前,西太平洋暖池次表层的海温已有持续的正(负)距平(SOTA)存在,而正(负)SOTA 沿赤道温跃层东传到东太平洋是 El Niño/La Niña 发生的直接原因。

(3) ENSO 循环其实是热带太平洋次表层海温异常(SOTA)沿赤道及沿 10°N 和 10°S 两个纬度带作年际循环在赤道东太平洋的一种表现。热带太平

洋 SOTA 的最强信号在西太平洋暖池区,暖池区 SOTA 的动向又对 ENSO 循环起关键作用。因此, ENSO 循环的真正源区是西太平洋暖池次表层。

(4) 只有在赤道西太平洋异常纬向风的驱动下,暖池区的 SOTA 才沿赤道东传。因此,赤道西太平洋的纬向风异常是 SOTA 循环(或 ENSO 循环)的驱动力。已有的一系列分析表明,持续的强(弱)东亚冬季风异常是引起赤道西太平洋西(东)风异常的主要原因<sup>[11,12,21]</sup>,本文的分析也清楚表明了这一点。因此,我们可以就 ENSO 循环的本质提出新的

见解: ENSO 是主要由东亚季风异常引起的赤道西太平洋异常纬向风所驱动的热带太平洋次表层海温异常的循环。

最后还须指出,上述结果是基于资料的分析和数值模拟得到的,其物理图像十分明确。在延滞振子理论中虽然也提到了东传 Kelvin 波和西传 Rossby 波的作用,但该理论不仅对大气环流异常的重要作用考虑不够,有的假定(例如假定了在赤道西太平洋的海—气相互作用较弱等)也欠妥;而且该理论没有讨论次表层海温或者温跃层的异常,更没有强调西太平洋暖池次表层海温异常的重要性。

#### 参考文献(References):

- [1] Chen Lieting. The effects of the anomalous sea-surface temperature of the equatorial eastern Pacific Ocean on the tropical circulation and rainfall during the rainy period[J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences, 1997, 21(1): 1-12. [陈烈庭. 东太平洋赤道地区海水温度异常对热带大气环流及我国汛期降水的影响[J]. 大气科学, 1997, 21(1): 1-12.]
- [2] Rasmusson E M, Wallace J M. Meteorological aspects of El Niño / Southern Oscillation[J]. Science, 1983, 222: 1195-1202.
- [3] Zang Hengfan, Wang Shaowu. The influence of equatorial eastern Pacific Ocean temperature on atmospheric circulation in the lower latitudes[J]. Acta Oceanologica Sinica, 1984, 6: 16-24. [臧恒范, 王绍武. 赤道东太平洋水温对低纬大气环流的影响[J]. 海洋学报, 1984, 6: 16-24.]
- [4] Wyrtki K. El Niño—the dynamic response of equatorial Pacific ocean to atmospheric forcing[J]. Journal of Physical Oceanography, 1975, 5: 572-583.
- [5] Philander S G, Yamagata T, Pacanowski R C. Unstable air-sea interactions in the tropics[J]. Journal of Atmospheric Sciences, 1984, 41: 604-613.
- [6] Cane M A, Zebiak S E. A theory for El Niño and Southern Oscillation[J]. Science, 1985, 228: 1085-1087.
- [7] Suarez M J, Schopf P A. A delayed action oscillator for ENSO[J]. Journal of Atmospheric Sciences, 1988, 45: 3283-3287.
- [8] Neelin J D. The slow sea surface temperature mode and the fast-wave limit: Analytic theory for tropical interannual oscillations and experiments in a hybrid coupled mode[J]. Journal of Atmospheric Sciences, 1991, 48: 584-606.
- [9] Zhang Renhe and Chao Jiping. Unstable tropical air-sea interaction waves and their physical mechanism[J]. Advance in Atmospheric Sciences, 1993, 10: 61-70.
- [10] Bierknes J. Atmospheric teleconnections from the equatorial Pacific[J]. Monthly Weather Review, 1969, 97: 163-172.
- [11] Li Chongyin. The frequent activity of the stronger trough in East Asia and El Niño occurrence[J]. Science in China (Series B), 1989, 32: 976-985. [李崇银. 频繁强东亚大槽活动与 El Niño 的发生[J]. 中国科学(B), 1988, 32: 667-674.]
- [12] Li Chongyin. Interaction between anomalous winter monsoon in East Asia and El Niño event[J]. Advance in Atmospheric Sciences, 1990, 7: 36-46.
- [13] Li Chongyin, Mu Mingquan. ENSO cycle and anomalies of winter monsoon in East Asia[A]. In: Chang C P, et al eds. East Asia and Western Pacific Meteorology and Climatology[C]. World Scientific, 1998. 60-73.
- [14] Li Chongyin, Mu Mingquan. Numerical simulations of anomalous winter monsoon in East Asia exciting ENSO[J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences, 1998, 22(4): 393-403. [李崇银, 穆明权. 异常东亚冬季风激发 ENSO 的数值模拟研究[J]. 大气科学, 1998, 22(4): 481-490.]
- [15] Li Chongyin, Mu Mingquan. ENSO occurrence and subsurface ocean temperature anomalies in the equatorial warm pool[J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences, 1999, 23(5): 513-521. [李崇银, 穆明权. 厄尔尼诺发生与赤道西太平洋暖池次表层海温异常[J]. 大气科学, 1999, 23(5): 513-521.]
- [16] Chao Qingchen, Chao Jiping. Influence of the tropical western Pacific and eastern Indian Ocean on the ENSO development[J]. Progress in Natural Science, 2001, 11: 293-300. [巢清尘, 巢纪平. 热带西太平洋和东印度洋对 ENSO 发展的影响[J]. 自然科学进展, 2001, 11: 293-300.]
- [17] Li Chongyin, Mu Mingquan. Relationship between East-Asian winter monsoon, warm pool situation and ENSO cycle[J]. Chinese Science Bulletin, 2000, 45: 1448-1455. [李崇银, 穆明权. 东亚冬季风暖池状况—ENSO 循环的关系[J]. 科学通报, 2000, 45: 678-685.]
- [18] Yu L, Rienerker M. Evidence of an extratropical atmospheric influence during the onset of the 1997-1998 El Niño[J]. Geophysical Research Letters, 1998, 25: 3537-3540.
- [19] Yamagata T. On the recent development of simple coupled ocean-atmosphere models of ENSO[J]. Journal of Oceanographic Society Japan, 1986, 42: 299-307.
- [20] Huang Ronghui, Fu Yunfei, Zang Xianyun. Asian monsoon and ENSO cycle interaction[J]. Climate and Environmental Research, 1996, (1): 38-54. [黄荣辉, 付云飞, 臧晓云. 亚洲季风与 ENSO 循环相互作用[J]. 气候与环境研究, 1996, (1): 38-54.]
- [21] Li Chongyin. Westerly anomalies over the equatorial western Pacific and Asian winter monsoon[Z]. Proceeding of International Scientific Conference on the TOGA Programme, WCRP-91-WMO/TP, No. 717, 1985. 557-561.

## A FURTHER INQUIRY ON ESSENCE OF THE ENSO CYCLE

LI Chong-yin , MU Ming-quan

(LASG , Institute of Atmospheric Physics , CAS , Beijing 100029 , China)

**Abstract :** Based on scientific theory—the ENSO results from air-sea interaction in the tropical Pacific , the analyses and CGCM simulation showed that there is interaction between the ENSO and anomalous East-Asian winter monsoon , the continued strong (weak) East-Asian winter monsoon plays an important role in the occurrence of El Niño (La Niña) through causing the westerly (easterly) wind anomalies over the equatorial western Pacific ; the ENSO is closely related to the subsurface ocean temperature anomalies (SOTA) in the western Pacific warm pool and its evolution. There is always positive (negative) SOTA in the warm pool region prior to the occurrence of El Niño (La Niña) event , but after the occurrence of El Niño (La Niña) , there is negative (positive) SOTA . The precedence of ENSO is exactly in the western Pacific warm pool and the occurrence of ENSO is directly related to the SOTA in the warm pool and its eastward propagation along the equatorial thermocline. The SOTA in the tropical Pacific has very clear interannual cycle. The cycle consists of eastward propagating positive SOTA along the equator and the associated westward propagation of negative SOTA along 10°N and 10°S latitudes ; then the eastward propagation of negative SOTA along the equator is also associated to the westward propagation of positive SOTA along 10°N and 10°S latitudes. The analyses still show that the eastward propagation of SOTA along the equator is directly related to anomalous zonal wind over the equatorial western Pacific , which is mainly caused by anomalous East-Asian winter monsoon . Therefore , it can be suggested that the atmospheric circulation anomaly in the middle latitude , particularly the anomaly of winter monsoon in East Asia , plays an important role in the ENSO occurrence ; i.e. , the ENSO is exactly the cycle of subsurface ocean temperature anomalies in the tropical Pacific driven by anomalous zonal wind over the equatorial western Pacific caused mainly by anomalous East-Asian monsoon .

**Key words :** ENSO cycle ; East-Asian monsoon anomaly ; Zonal wind anomaly ; Subsurface ocean temperature anomaly (SOTA) ; Interannual cycle.