

热带西太平洋暖池次表层暖水的起源 ——对 1997/1998 年 ENSO 事件的分析^{*}

巢纪平¹⁾ 袁绍宇²⁾ 巢清尘³⁾ 田纪伟²⁾

1) (国家海洋环境预报中心, 北京, 100081)

2) (青岛海洋大学, 青岛, 266003)

3) (国家气象中心, 北京, 100081)

摘 要 分析了从 1955 ~ 1999 年 45 年热带、副热带太平洋地区次表层温度距平资料, 在分析沿赤道距平极值曲面的深度分布后, 认为它基本接近气候温跃层的深度分布。由此分析了 1994 ~ 1999 年该曲面上温度距平的演变发现: 1997/1998 年 El Niño 产生时, 在热带西太平洋暖池次表层 (160 m 附近) 的温度正距平, 是从 1994/1995 年 El Niño 在 Niño 3 区的最大正距平信号传播或演变过来的, 整个最大正距平信号的传播轨迹形成一似“8”字的形状。与此同时, 当正的温度距平开始从暖池向东传播时, 一最大温度负距平信号在 Niño 3 区出现, 并伴随赤道最大正距平信号的东传, 在其北部 (5 ~ 10°N) 向西传, 然后又向东传最后到达 Niño 3 区, 其传播轨迹形成一扁“0”字形状。分析表明, 1997/1998 年这次完整的 El Niño/La Niña 事件主要是在热带流系的温跃层附近形成并传播的。

关键词: El Niño/La Niña 事件; 温度距平; 气候温跃层

1 引言

ENSO 是热带太平洋上层温度异常变化的海洋现象, 它的出现对热带和全球的天气、气候都会造成重大的影响。最近的分析表明^[1~5], 以 Niño 3 区出现持续的海表正温度距平的 ENSO 现象, 其温度正距平来自西太平洋暖池的次表层 (160 m 深附近), 是在那里发展后沿赤道的温跃层东传到 Niño 3 区的。但暖池次表层的暖水是从哪里来的, 这是一个尚未研究的新问题。

本文通过进一步分析 1997/1998 年 El Niño/La Niña 事件热带海洋以外的次表层海温距平资料, 发现整个热带太平洋次表层海温正 (负) 距平, 存在着有规则的分布和演变, 它们与热带太平洋流系的分布和运动有关, 由此得出一些有意义的结果。

2 资料

本文所用的资料为国家气候中心资料室提供的美国 Scripps 海洋研究所联合环境分析中心 (JEDAC) 的海表和次表层海温观测资料。这是根据投弃式温深计 (XBT)、船

船和浮标观测资料经过最优差值方法得到的, 包括 11 个标准层上的海温距平 (0 m、20 m、40 m、60 m、80 m、120 m、160 m、200 m、240 m、300 m、400 m), 水平分辨率为 $5^{\circ} \times 2^{\circ}$ (经度 $\times$ 纬度), 范围包括 ($30^{\circ}\text{E} \sim 180^{\circ} \sim 30^{\circ}\text{E}$, $60^{\circ}\text{N} \sim 60^{\circ}\text{S}$)。资料的时间长度从 1955 年 1 月到 1999 年 12 月共 45 年。本文对资料的分析主要集中在 ($20^{\circ}\text{S} \sim 20^{\circ}\text{N}$, $120^{\circ}\text{E} \sim 180^{\circ} \sim 90^{\circ}\text{W}$) 之间的热带和副热带太平洋地区。

3 热带海温距平最大变化的深度曲面

基于我们对已有大的海温距平主要发生在温跃层附近的认识, 这一认识不仅对赤道地区是如此, 同时曾分析过黑潮次表层的温度距平的变化规律, 以及与暖池次表层海温和 Niño 3 区海温变化的关系, 发现也有着一定的统计意义的联系。为此有理由把对温度距平的分析主要着眼在温跃层附近。由于缺少整个热带太平洋温跃层的分布资

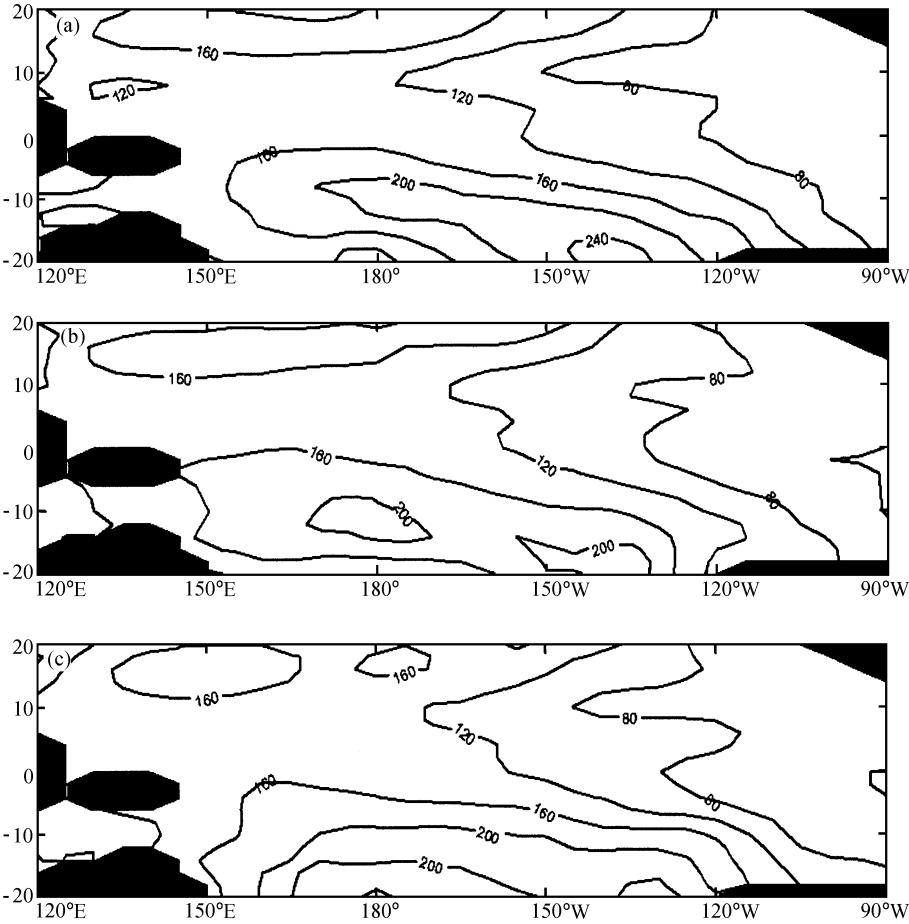


图 1 统计意义上距平最大值曲面
(a) 1 月; (b) 4 月; (c) 7 月

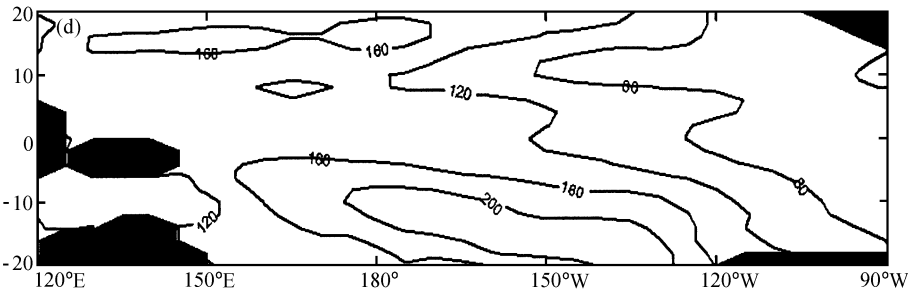


图 1 (续) (d) 10 月

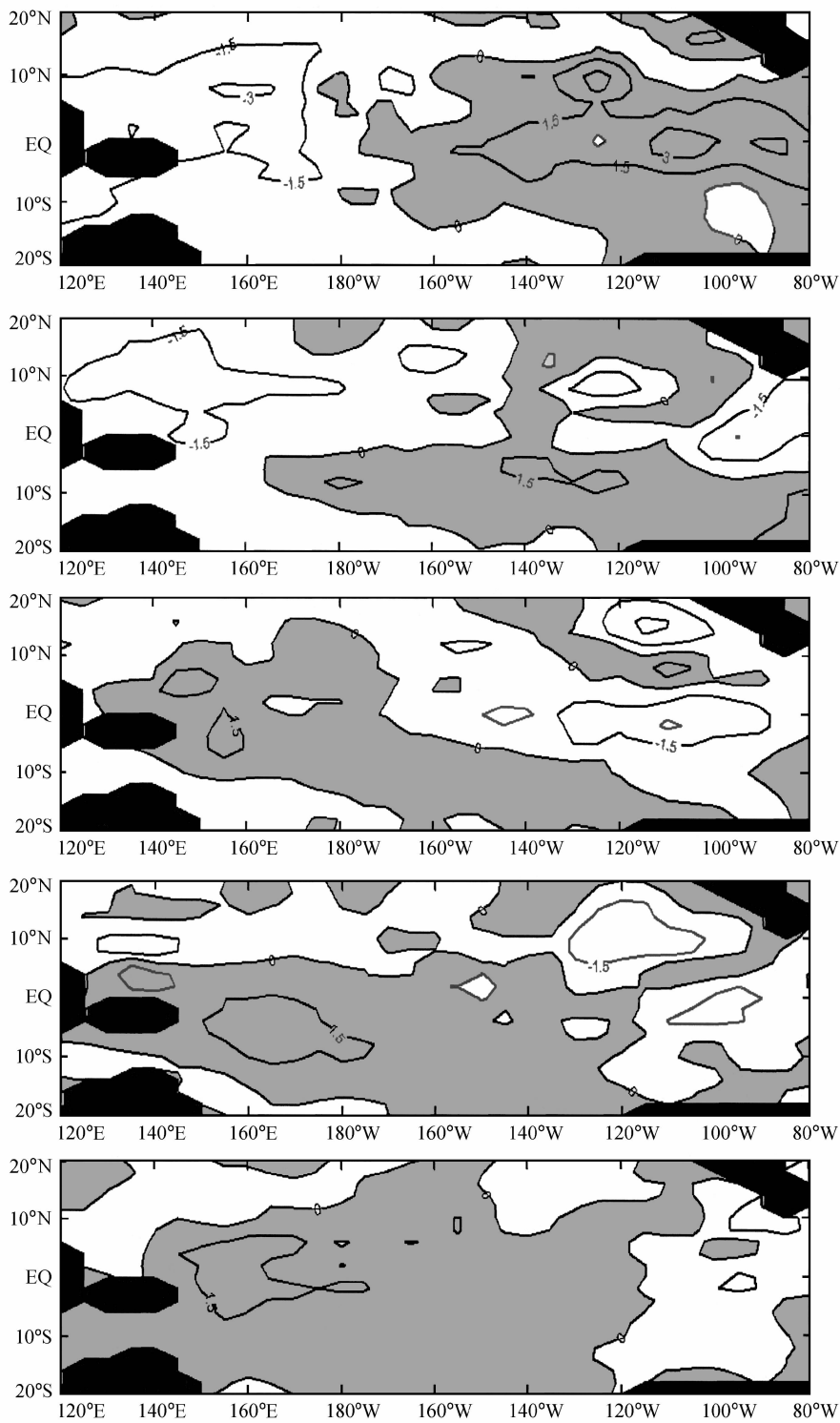
料，我们构造了另一个曲面来代替温跃层。鉴于认为大的温度变化一般都发生在温跃层附近这一认识，我们对 1955 ~ 1999 年 45 年次表 11 层的温度距平资料进行分析，得出每个月的距平最大值出现的深度，这样就可以得到该月统计意义上（45 年平均）的距平最大值曲面（图 1）。由图可以看出随着月份的变化，该深度曲面略有变化，但变化的幅度很小，其中 4 月份的深度最浅，依次增深，到 12 月份达到最深。

4 距平最大值曲面上距平的分布及演化规律

通过资料分析，利用线性差值的方法给出 1994 ~ 1999 年的距平最大值曲面上的距平值，如图 2 所示。

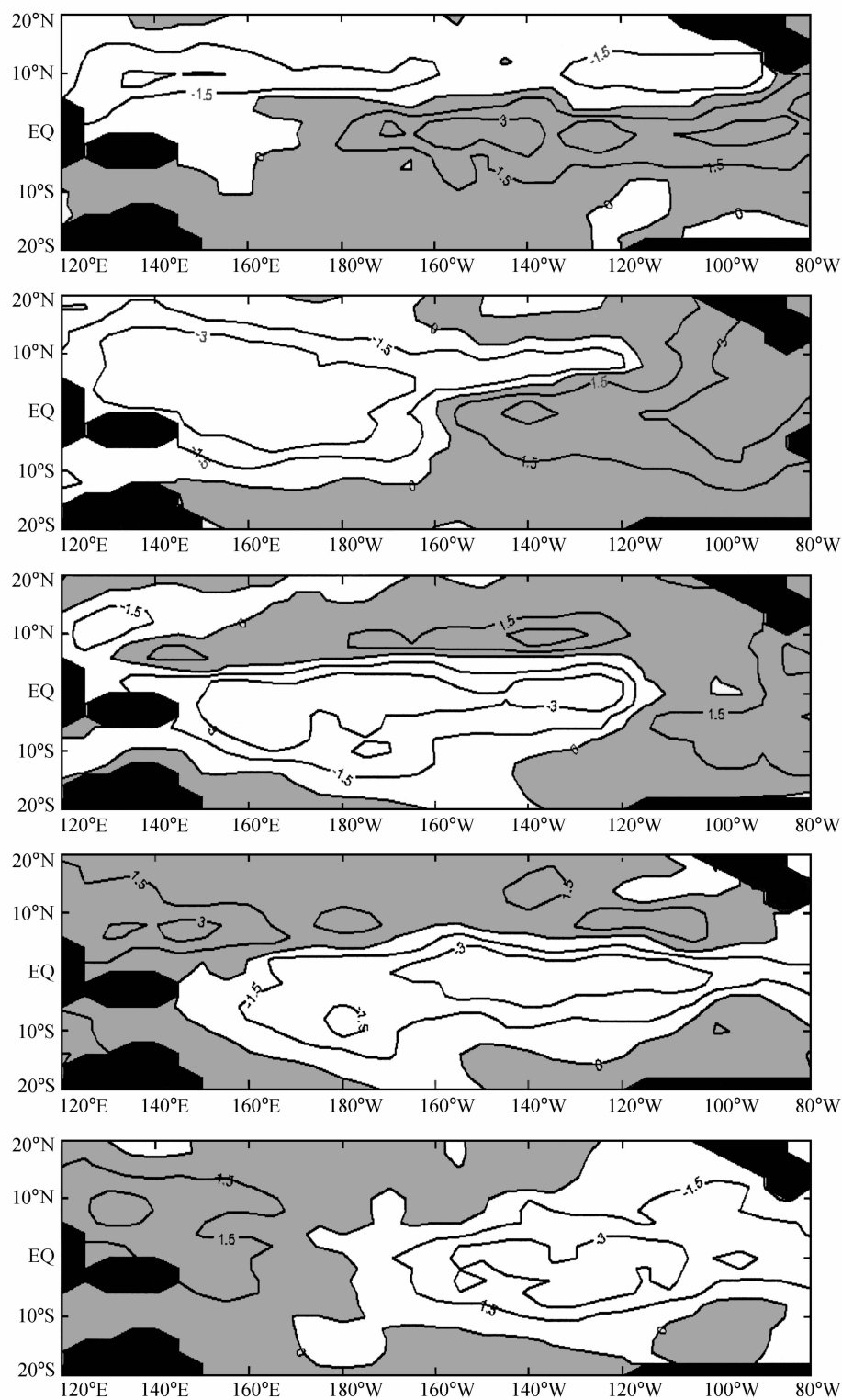
由于在 1994 ~ 1999 年期间存在两次 El Niño 现象，本文着重指出这两次 El Niño 现象的联系。分析表明，1997/1998 年 El Niño 在暖池附近最大正距平信号产生的源头来自 1994/1995 年 El Niño 在 Niño 3 区的最大温度正距平信号。存在于 Niño 3 区的正距平信号从 1994 年 11 ~ 12 月开始沿南赤道洋流的位置（5 ~ 15°S）逐渐西传，大约经过一年的时间于 1995 年底到达暖池，并在暖池附近开始聚集、发展，到 1996 年底，已经占据了整个中西太平洋（140°E ~ 180° ~ 170°W），并开始向东发展，发展方向顺时针转向 180 度。在 1997 年 1 ~ 2 月间，一最大负距平信号在 Niño 3 区附近出现，并伴随最大正距平信号的东传，在其北部向西传，于 1997 年 9 ~ 10 月之间到达暖池附近，此时中西太平洋最大正距平信号已沿赤道传到 Niño 3 区，形成 1997/1998 年的 El Niño 事件。然后，该正距平信号在赤道东太平洋持续 4 个月，到 1998 年 1 月开始逆时针转向 180 度，在 5 ~ 15°N 北赤道洋流的位置转向西传，而最大负距平信号也在暖池转向，开始在 5°S ~ 5°N 之间向东传，经过一年左右的时间，到 1998 年冬季传到 Niño 3 区，一次新的 La Niña 现象出现。

从整个时间演变的过程来看，最大正距平信号的传播于 1994 年底从 Niño 3 区出发，经 5 ~ 15°S 之间西传，经过一年左右的时间，于 1995 年底到达暖池，并在暖池附近开始积聚，到 1996 年底，开始沿 5°S ~ 5°N 之间向东传（该过程可能是波的入射及反射的过程），再经过一年左右的时间于 1997 年 9 ~ 10 月到达 Niño 3 区，然后逆时针左转沿 5 ~ 15°N 向西传，经过一年左右的时间于 1998 年底到达暖池，整个信号的传播形成一似“8”字的形状，最大负距平信号的传播形成一扁“0”字的形状。正、负温度距平信号的上述传播过程，历时约 4 年。



1994 年第 4 季度 ~ 1996 年第 4 季度 (间隔一个季度)

图 2 1994 ~ 1998 年季度的平均距平分布图



1997 年第 1 季度 ~ 1999 年第 1 季度（间隔一个季度）

图 2（续）

5 结论与讨论

通过以上的分析,可以看出这些信号传播的路径基本与海洋洋流系一致,但是从信号传播的时间来看,这些信号的传播速度要比洋流速度快得多。可以初步认为,向西传播是沿洋流的 Rossby 波,而向东传播是 Kelvin 波。传播过程的机制需进一步分析研究。

由图 2 也可以看出,当 El Niño 或是 La Niña 发生时,最大正距平信号和最大负距平信号像传送带一样,或是冷信号在暖信号北面随暖信号的东传而向西传播,或是暖信号在冷信号的北面随冷信号的东传而向西传播,这也可能是信号传播方向相反的两列不同性质的波系,如 Rossby 波和 Kelvin 波同时在作用。当然也可能存在其他的过程。另外,传统认为 El Niño/La Niña 形成变化是在赤道地区,从此次分析表明,从整个过程看,超出了赤道地区,是热带、副热带的一种大尺度海洋现象。

本文只是分析了 1997/1998 年一次 El Niño/La Niña 过程,基本看到该过程的暖(冷)温度距平的生成演变过程,此次过程的演变与南、北赤道洋流、黑潮所在位置很靠近,表明了热带太平洋流系在 El Niño/La Niña 发生、发展中有重要作用。当然这尚需作进一步分析,特别是海洋对大气环流的响应方面,自然是更需分析研究的。但我们认为本文的分析结果对研究 El Niño/La Niña 现象提出了一些值得研究的新问题。本文只是对一个个例的研究,对近 40 年所有 El Niño/La Niña 事件的分析将在另文阐述。

参 考 文 献

1 Mc Phaden, M. J. , and Xuri Yu, Equatorial waves and the 1997 ~98 El Niño, *Geophys. Res. Lett.* , 1999, **26** (19), 2961 ~2964.

2 Mc phaden, M. J. , Genesis and evolution of the 1997 ~98 El Niño, *Science*, 1999, **283**, 950 ~953.

3 Webster, P. J. , A. M. Moore et al. , Coupled ocean – atmosphere dynamics in the Indian Ocean during 1997 ~1998, *Nature*, 1999, **401**, 356 ~363.

4 李崇银、穆明权,厄尔尼诺的发生与赤道西太平洋暖池次表层海温异常, *大气科学*, 1999, **23** (5), 513 ~521。

5 巢清尘、巢纪平,热带西太平洋和东印度洋对 ENSO 发展的影响, *自然科学进展*, 2001, **11** (12), 1293 ~1300。

The Origin of Warm Water Mass in “Warm Pool” Subsurface of the Western Tropical Pacific—the Analysis of the 1997 ~ 1998 El Niño

Chao Jiping¹⁾, Yuan Shaoyu²⁾, Chao Qingchen³⁾, and Tian Jiwei²⁾

1) (*National Marine Environment Forecast Center, Beijing, 100081*);

2) (*Ocean University of Qingdao, Qingdao, 266003*)

3) (*National Meteorological Center, Beijing, 100081*)

Abstract Analysis on the data of 45 years sea temperature anomaly in western tropical Pacific subsurface layer from 1955 to 1999 and the depth distribution along equatorial anomaly extremum curved surface shows that the curved surface is basically similar to the depth distribution of climatic thermocline. So, the analysis of sea temperature anomaly evolution along the surface between 1994 and 1999 indicates that the sea temperature positive anomaly in “warm pool” subsurface (about 160 meters) of western tropical Pacific, when 1997/1998 El Niño occurs, is from the signal of maximum positive temperature anomaly in Niño 3 region of 1994/1995 El Niño. The propagating trajectory of maximum positive temperature anomaly is similar “8” in form. In the same time, as the positive anomaly spreads eastwards from “warm pool”, a maximum negative anomaly occurs in Niño 3 region and spreads eastwards accompanied with the equatorial positive anomaly. Then it spreads westwards in the north (about 5 ~ 10°N) and eastwards to Niño 3 region finally. Its propagating trajectory is similar the flat “O” in form. The analysis states that the total event of 1997/1998 El Niño/La Niña mainly forms and propagates near thermocline of tropical stream system.

Key words: El Niño/La Niña event; temperature anomaly; climatic thermocline