

1991~1994 年 El Niño 的异常特征的诊断研究*

张 勤 丁汇 周琴芳

(国家气候中心, 北京, 100081)

摘 要

1991~1994 年热带中东太平洋海温持续 4 a 多出现正距平。Nino3 指数一直为正值。在此正距平背景下, 产生了两次振荡和 3 次 El Niño 暖期。在此期间赤道东太平洋海温在 ± 5 纬度范围内发生了两次负距平的变化, 形成了一个狭窄的温度梯度很大的“冷核”, 而赤道外的中纬度海洋则持续维持两个正海温距平。这一时期海表温度资料 EOF 分析的结果进一步表明, 第一特征向量的空间分布实际上反映了上述冷核特征。1991~1994 年的 ENSO 事件主要是低频分量发生了较大异常, 赤道低层纬向风和高层西风在前期减弱(1991-01—1992-05), 后期加强(1992-06—1994-011)。无论是海温还是风场的低频分量都表现出一周期 ENSO 循环的特征。因此作者认为, 虽然 Nino3 指数等在这 4 a 多期间均为正值, 但是大气和海洋耦合系统的低频变化部分只发生了一次完整的 ENSO 循环过程。1991 年至 1992 年上半年对应于 El Niño 暖位相, 1992 年下半年至 1994 年底对应于 La Niña 冷位相。但是这个冷位相没有能够得到充分发展, 只出现两次极狭窄的冷核。冷位相的明显“夭折”, 而代之以出现两次较弱的增暖, 可能与季节内尺度的大气强迫与低频变化部分的相互作用有关。

关键词: 1991~1994 年 El Niño, 低频分量, ENSO 循环。

1 引 言

20 世纪 90 年代以来热带大气和海洋出现了持续性异常状况, 1991~1995 年热带中东太平洋地区连续 4 a 多维持正距平。在这 4 a 多中又发生了两次在正距平背景条件下的振荡, 即出现 3 个异常增暖期^[1,2]。很多人把它们看作是发生了 3 次 El Niño 过程。在这期间, 热带大气也明显异常, 表现在南方涛动指数持续为负值, 热带中太平洋地区对流活动异常活跃。这种长时间的热带太平洋大气、海洋持续性异常特征是有记录以来所少有的现象。当时许多气象学家认为: 目前世界正处在一次罕见的持续性 El Niño 影响之中, 它造成的后果将难以预料。

对于 El Niño 的研究一直是近几十年来人们关注的焦点。早在 20 世纪 60 年代 Bjerknes^[3]就提出了 El Niño 和南方涛动事实是热带太平洋大尺度海气相互作用现象的论点。70 年代至 80 年代初, 许多观测事实和理论研究以及数值模式的研究成果证实了 Bjerknes 的假说。Wyrtek^[4]根据海面风应力、海平面高度 SST、斜温层结构及赤道洋流变

* 初稿时间: 1996 年 8 月 28 日; 修改稿时间: 1997 年 3 月 31 日。

资助课题: 自然科学基金。

化等观测资料分析提出了 El Niño 发生的海洋学模型。他指出在 El Niño 发生前,信风增强、热带海平面西高东低的海面坡度不断增大,因而不断积累位能。一旦信风发生张弛,则导致位能释放,表层暖水回流,东太平洋斜温层变深,海表面升高,上翻流减弱,从而出现海表温度增暖。近年来,通过对 ENSO 的系统观测、数值模拟和理论研究,已经大大加深了人们对 ENSO 的认识。ENSO 过程已不再是单个事件的问题,而是一种循环过程,即海气相互作用所导致的大气和海洋耦合系统的一种不规则振荡。现在已有不少学者用各种海气耦合模式模拟以前已发生的 ENSO 循环,而且做了大量的 ENSO 预报工作,取得了可喜的成果。如 Anderson 和 McCreary^[7] 利用 Gill^[8] 定态大气模式,海洋用单层的约化重力, SST 由热力学方程预报的耦合模式研究得到了一个很有规律的振荡解。Zebiak 和 Cane^[9] 发展了一个简单的距平海气耦合模式,并提前一年成功地作出了 ENSO 预报。利用大气和海洋 GCM 耦合模式对 ENSO 年际变化性的模拟也取得了初步的进展。然而 1991~1994 年发生的这次异常 ENSO,绝大部分的模式预报都失败了,有的甚至预报结果完全相反,这给气象学家提出了新的课题。本文就是通过对 1991~1994 年实际观测资料的分析,研究这次特殊的 ENSO 事件的基本特征,以及与历史上 ENSO 的差异,寻找产生这次持续海温异常的原因,为今后更好地预报 ENSO 提供有意义的依据。

2 1991~1995 年 El Niño 过程的基本特征

利用 1962 年 1 月至 1995 年 5 月的全球海温资料计算的 Niño 指数,结果表明所有的 Niño 指数(Niño1, 2, 3, 4)从 1991 年至 1995 年初均为正值。在这期间除了 Niño4 区以外,发生了两次在正距平背景条件下的振荡,即出现了 3 次异常峰值,因而自 1991 年 1 月至 1995 年 3 月,热带中太平洋持续长达 5 a 之久的正海表温度距平,其中有 3 次异常增温阶段,其强度均已接近和超过 1987 年的 El Niño。通常 ENSO 事件持续 12 个月左右,平均间隔时间为 3~4 a,而这次 1991~1995 年的热带太平洋海温异常,如果从单个 El Niño 事件来分,可以看作是发生了 3 次周期非常短的 El Niño 过程。而若从 ENSO 循环的观点来看,又可以认为是一次异常长的持续的 El Niño。与此同时,热带大气也发生了明显的持续性异常。热带南太平洋海平面气压为持续西高东低异常型,南方涛动指数(SOI)自 1990 年 10 月至 1995 年初也一直持续为负指数。此外热带中太平洋地区对流活动亦较常年加强,对流活跃期也持续了 4 a 多时间。这些分析都表明,在最近的 4 a 多时间中,热带太平洋大气和海洋持续异常,许多指标呈现 ENSO 循环中暖位相的特征,其振幅表现出类似于年周期变化特征的两次明显的振荡,即发生了 1991~1992, 1993, 1994~1995 年 3 次 El Niño 过程,这在历史上是十分罕见的。

对 1991~1995 年的海温观测资料作更深入细致的分析后,我们发现 SSTA 演变特征要比 EL Niño 指数反映的要更加复杂。图 1 是 SSTA 沿赤道的时间剖面图。从图中可以看出,在赤道西太平洋和赤道中太平洋维持了近 5 a 的正距平,而在赤道东太平洋出现了两次负距平过程。第一次是从 1992 年 6 月至 1993 年 2 月,第二次是从 1993 年 7 月至 1994 年 10 月。但是这个特征在取 5°N 至 5°S 平均的近赤道时间剖面图中不如图 1 明显,尤其是冷区沿赤道东太平洋的向西伸展的情况不显著。从赤道东太平洋的海温距平变化来看,似乎在此期间发生了两次 La Niña 冷位相过程的迹象。从图 1 中还可以看出,不仅

热带太平洋海温在此期间发生了持续性异常, 海温的全球特征也发生了变化。通常在 El Niño 年, 热带西印度洋应同样为 SSTA 的正距平区, 但是在这 4 a 中, 该区 SSTA 为负距平区, 形成了整个从印度洋到太平洋大范围热带海洋温度距平的异常分布特征。

根据上面的分析, 我们可以将 1991~1995 年的整个热带太平洋海温距平的演变过程分为 5 个阶段: 第一阶段(1991. 1-1992. 6)是暖期, 第二阶段(1992. 7-1993. 2)是冷期, 第三阶段(1993. 3-1993. 6)为又一暖期, 第四阶段(1993. 7-1994. 10)又是一个冷期, 第五阶段(1994. 11-1995. 3)为暖期。图 2a, b, c, d, e 分别是这 5 个阶段中最具代表性月份的海温水平分布。图 2a 是 1992 年 1 月的海温距平, 这是一个较典型的 El Niño 海温距平分布。热带中东太平洋出现了大范围的正海温距平, 中心位于 150°W 至 130°W 之间, 最大正距平达到 4, 热带西太平洋是负海温距平。这是一次较强的 El Niño 过程, 持续的时间也相对较长。1992 年 6 月以后, 海温分布特征发生了显著变化。图 2b 是 1993 年 1 月的海温距平。从赤道日期变更线以东至整个大洋东部的北美沿岸及南美沿岸是一片正海温距平, 并向中高纬延伸北至 45°N, 南至 50°S, 构成了一个近似对称于赤道的三角形海温距平区。但是在赤道太平洋东部有一个范围很小(±5° 纬度以内) 温度梯度很大的“冷核”, 中心温度距平为 -2, 赤道的两边, 东太平洋各有一个 +3 海温距平中心, 这种类型的海温分布特征是很少见的。它与 El Niño 以及 La Nina 的分布完全不同, 似乎是“冷核”代表了系统可能产生 La Nina 冷位相, 但是受到了中纬度海温正距平的抑制, 而使该 La Nina “夭折”了。第三阶段热带海洋又演变为暖期(图 2c)。特别要强调的是在东太平洋中纬度的两个高海温距平一直维持, 且强度有所加强, 这个暖期一共持续了 4 个月, 它不是典型的 El Niño 海温分布, 赤道附近的海温距平值也不是最大, 很快又在东赤道太平洋出现了一个强冷核(图 2d)。在赤道东太平洋形成了一个温度梯度很大的狭长的负海温距平区, 而它的两侧仍然各有一个正海温距平维持, 其强度保持在 +2, 一个中心位于 20°N 北美沿岸, 另一个在南半球 20°S 位于 120~140°W 之间, 这个时期的海温分布特征与上一个冷期完全一致, 只是赤道东太平洋冷核的等温线更密集, 持续时间更长, 直到 1994 年 10 月才消失。第二个冷期结束后, 太平洋东部又恢复暖期的特征(图 2e), 在热带太平洋中部有一个正距

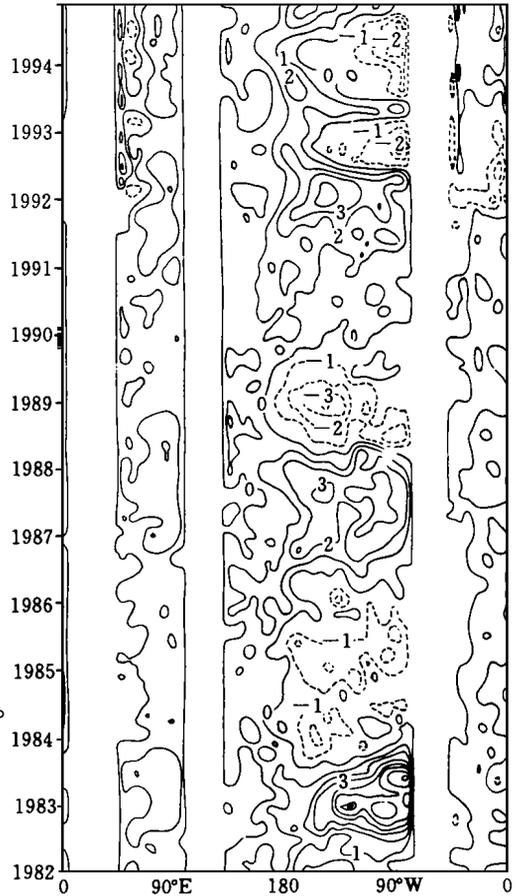


图 1 SST A 沿赤道 0 的时间剖面图
(虚线表示负距平, 实线表示正距平, 单位:)

平区。但是在赤道太平洋东部有一个范围很小(±5° 纬度以内) 温度梯度很大的“冷核”, 中心温度距平为 -2, 赤道的两边, 东太平洋各有一个 +3 海温距平中心, 这种类型的海温分布特征是很少见的。它与 El Niño 以及 La Nina 的分布完全不同, 似乎是“冷核”代表了系统可能产生 La Nina 冷位相, 但是受到了中纬度海温正距平的抑制, 而使该 La Nina “夭折”了。第三阶段热带海洋又演变为暖期(图 2c)。特别要强调的是在东太平洋中纬度的两个高海温距平一直维持, 且强度有所加强, 这个暖期一共持续了 4 个月, 它不是典型的 El Niño 海温分布, 赤道附近的海温距平值也不是最大, 很快又在东赤道太平洋出现了一个强冷核(图 2d)。在赤道东太平洋形成了一个温度梯度很大的狭长的负海温距平区, 而它的两侧仍然各有一个正海温距平维持, 其强度保持在 +2, 一个中心位于 20°N 北美沿岸, 另一个在南半球 20°S 位于 120~140°W 之间, 这个时期的海温分布特征与上一个冷期完全一致, 只是赤道东太平洋冷核的等温线更密集, 持续时间更长, 直到 1994 年 10 月才消失。第二个冷期结束后, 太平洋东部又恢复暖期的特征(图 2e), 在热带太平洋中部有一个正距

平中心,同时东太平洋中纬的正距平仍然存在。直到1995年3月整个东太平洋海温距平才基本接近零。持续了4 a 多的热带太平洋海温异常才结束。

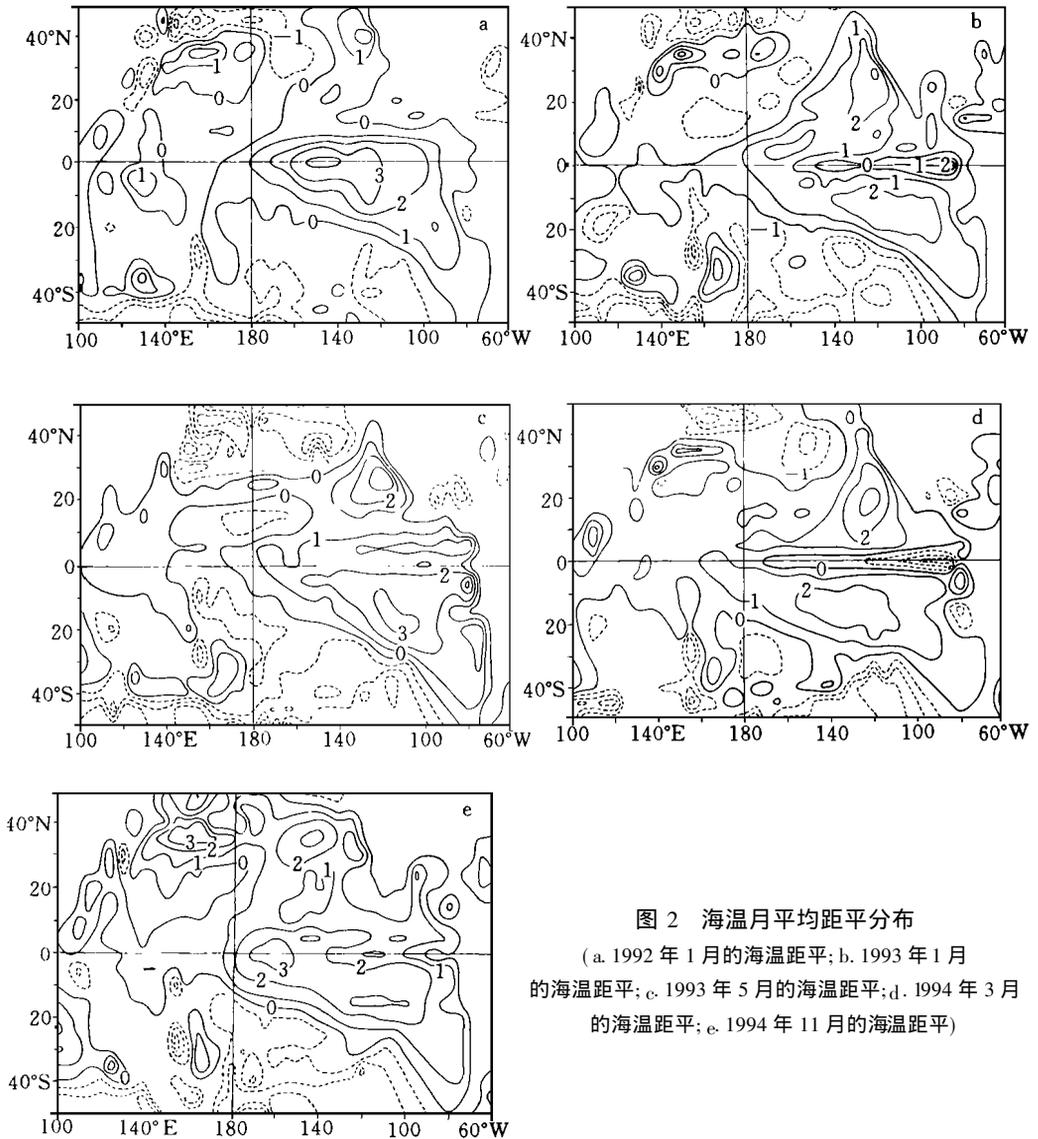


图2 海温月平均距平分布

(a. 1992年1月的海温距平; b. 1993年1月的海温距平; c. 1993年5月的海温距平; d. 1994年3月的海温距平; e. 1994年11月的海温距平)

综合上面的分析,可以看到,1991~1995年的热带太平洋海温发生了一次很特殊的过程,其特点是(1)赤道东太平洋海温距平在 ± 5 纬度的范围内产生了类似 ENSO 循环的变化过程。一条狭窄的冷水带出现在赤道中东太平洋。(2)东北太平洋和东南太平洋各有一个正距平维持,这两个特点是和历史上的 ENSO 有所不同的。

3 海温距平的 EOF 分析

为了更深入地讨论 1991~1994 年 ENSO 过程的特点,对热带太平洋地区($30^{\circ}\text{S} - 30^{\circ}$

N, 110 E- 50 W) 的 5×5 海温距平月平均资料作了 EOF 分析。同时也对 1962 ~ 1990 年的相同资料作了 EOF 分析, 以比较这次 1991 ~ 1994 年 ENSO 的特点。

图 3a 是 1991 至 1994 年热带太平洋海温距平的第一特征向量的空间分布, 它占方差贡献的 29%, 从图中可以看到最明显的特征是日期变更线以东至赤道东太平洋南北 $\pm 5^\circ$ 纬度范围内对称于赤道的一个窄长的带状分布, 它的等值线非常密集, 是个剧烈的变温区。这个区域正好和图 2 中的“冷核”相对应, 并且它有两个最大变温中心, 一个位于 130° W, 另一个位于 90° W 附近。在它的外侧, 即东北太平洋和东南太平洋是与中心核相反的距平分布, 即如果是“冷核”, 则两翼纬度海温距平是正值, 反之亦然。这与上节分析的中纬度海温出现正距平的特点相一致。图 3b 是第二特征向量的空间分布, 它占总体方差的 19%, 它的分布特征基本上代表了 ENSO 循环的海温距平的变化特点。海温变化范围比第一分量要宽得多, 特别是东南太平洋。

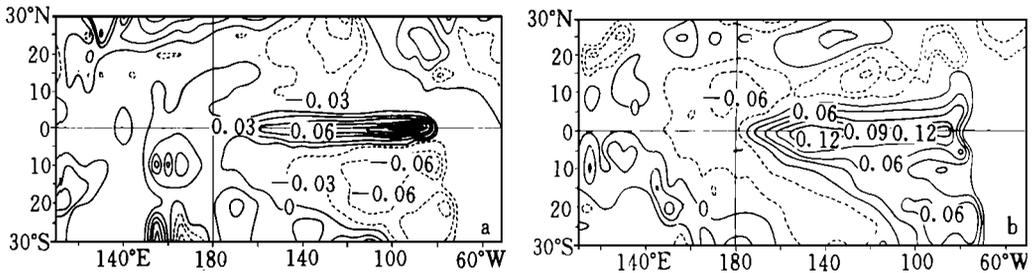


图 3 1991 ~ 1994 年热带太平洋 SST A 特征分布
(a. EOF1 分量; b. EOF2 分量)

图 4 是 1991 ~ 1994 年海温距平的第一特征向量和第二特征向量的时间曲线, 结合它们的空间分布, 可以看到如果 EOF2 代表了 ENSO 循环, 则从 1991 年 1 月至 1992 年 6 月 t_2 为正值, 它恰恰反映了 ENSO 暖位相 (El Niño) 的海温分布特征。而 1992 年 7 月至 1994

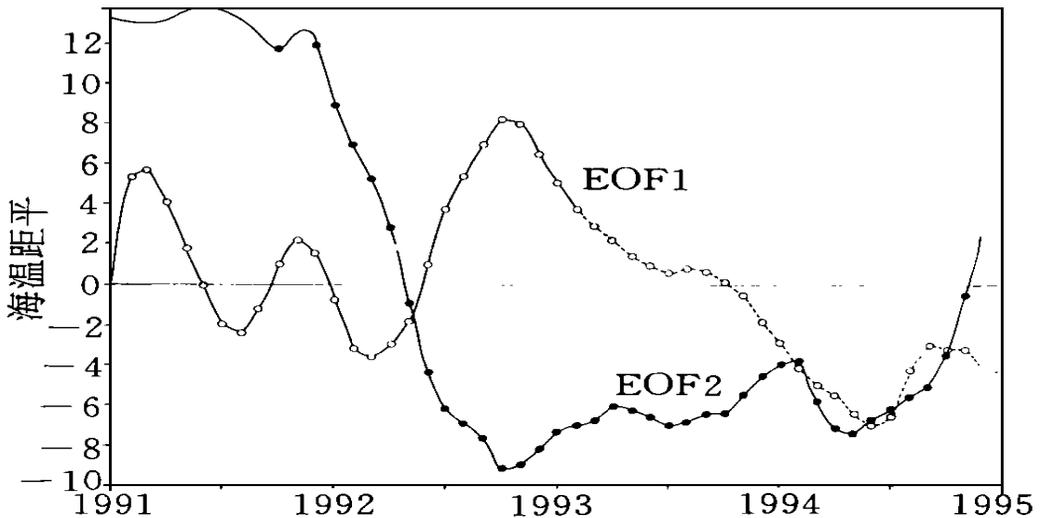


图 4 1991 ~ 1994 年海温距平的第一特征向量和第二特征向量的时间曲线

年 11 月 t_2 系数一直为负值,它代表了 ENSO 循环中冷位相(La Nina)的海温分布特征。1994 年 11 月以后 t_2 又变化为正值,说明又一次 El Niño 的发生。 t_2 的时间变化周期刚好接近 4 a,与经典的 ENSO 循环的周期吻合。

第一特征向量的时间系数 t_1 在 1992 年 6 月以前,表现为周期接近 1 a 的振荡,而且振幅比第二分量小得多,而在 1992 年 7 月以后,振荡周期明显变长,强度增加,特别是 1993 年 7 月以前与 t_2 是反位相,1993 年 7 月以后,与 t_2 是同位相,第一特征向量和第二特征向量叠加的结果,表现出了 1991~1994 年 ENSO 的基本特征。

总之,我们看到 1991~1994 年的 EOF 特征分量与历史上(1962~1990 年)的分布有明显不同(图略)。它的第一分量不是通常的代表 ENSO 循环的海温距平分布特征,而是这次 ENSO 过程所特有的赤道东太平洋“冷核”,两侧为暖水区的分布,而第二特征分量才反映了 ENSO 循环的特点。结合时间系数分析,我们可以认为,这次 1991~1994 年的 ENSO 暖位相可以从 1991 年 1 月(或更早些)延续到 1992 年 6 月。无论是海温分布的特点,还是 El Niño 指数,以及 SOI 指数、对流活动等都对对应了比较“正常”的 El Niño 过程,而 1992 年 6 月至 1994 年 10 月本应发生一次冷位相过程,但是由于某种机制的影响,使这次 La Nina 过程没有得到充分发展,而是受到了抑制,结果使这次 La Nina “夭折”。在 El Niño 指数等平均值的指标上反而表现为 El Niño 的特征,所以这是一次非常特殊的冷水过程,究竟是什么原因引起这次 La Nina “夭折”,这正是我们感兴趣的问题。

4 海表温度的多时间尺度分析

Rasmusson 等^[8]根据观测研究提出了 ENSO 主要由 3 种时间尺度的变化过程组成:一是 3~7 a 的低频变化模态(LF),二是准两年振荡(QB),三是年循环分量(AC)。ENSO 过程中的多重时间尺度特征及其相互作用的理论已得到了越来越多的观测事实的证实。为了进一步分析 1991~1994 年 ENSO 过程的特点,我们对海温资料作了滤波处理,分别提取了低频变化分量、准两年振荡和年循环分量。图 5 是 Niño3 指数的低频分量(LF)、准两年分量(QB)和年循环分量(AC)。可以看到低频分量从 1962 年至 1990 年期间基本上保持了 3~5 a 的低频振荡,反映了 ENSO 循环的基本周期。其中 La Nina 位相以 1970 年为最强,El Niño 暖位相以 1982,1983 年为最强,但是 1990 年以后至 1995 年初,低频分量一直在平均值以上,出现了超长周期的低频分量。显然,这个低频分量的异常正是 1991~1995 年 ENSO 异常发展的特点。准两年振荡的 Niño3 指数 1991~1995 年期间振幅和周期都没有显著的变化,强度属于中等,而年循环分量则显著增强,比历史上任何时期(1962~1990 年)的年循环振荡都要强烈得多,由此可见,1991~1995 年 ENSO 的异常发展在 El Niño 指数等指标上主要反映在低频分量的异常,以及与年循环的相互作用上。

海温距平低频分量沿赤道的时间剖面图(图略)比图 2 更清楚地显示了 1991~1994 年这次 ENSO 循环的特征,1991~1992 年 6 月是一次比较典型的 El Niño 过程,而 1992 年 7 月~1994 年 11 月在赤道东太平洋产生了负温度距平,但是冷水未能向西明显地扩展和传播,致使热带在太平洋仍然维持海温正距平。根据这样的分析,1991~1994 年中,实际上低频分量发生了一次 ENSO 循环过程。但这个基本过程又受到了以年循环分量为主的其它模态的干扰,通过它们的相互作用,形成了这次特殊的 ENSO 过程。

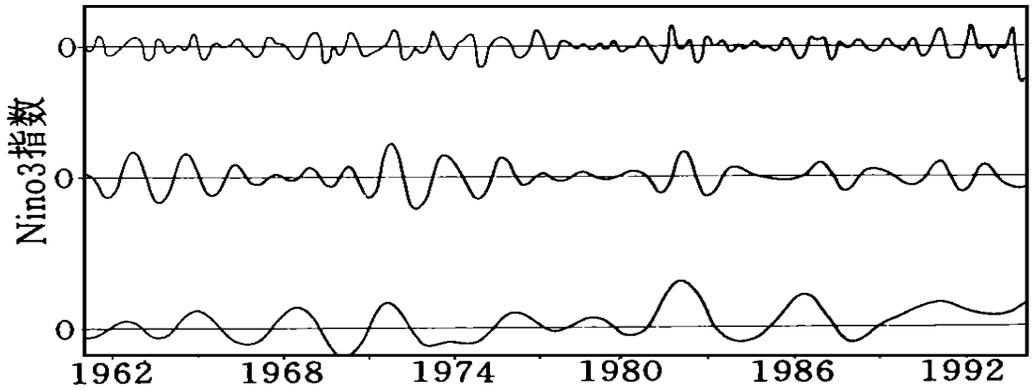


图5 Niño3 指数的年循环分量(上)、准两年振荡分量(中)和低频分量(下)

1991~1994年的 ENSO 循环太平洋海温分布具有两个最大的特点: 一是出现了“冷核”结构。说明在赤道东太平洋仍然出现了 La Nina 位相的冷水上翻加强的过程, 但是这些低温的海水被抑制在狭窄的纬度内。二是在东北太平洋和东南太平洋的赤道以外地区 ($10^{\circ} \sim 40^{\circ}$) 出现了持续的正海温距平, 可能正是由于这两个正海温距平区的存在, 限制了赤道附近的冷海水向南北两侧伸展, 这两个特点在海温距平的低频分量上都表现得十分明显。在准两年振荡分量和年循环分量中也有所反映(图略)。由此可见, 寻找产生这次特殊异常的 ENSO 循环的关键是解释为什么其中的 La Nina 位相未能得到充分发展以及为什么东太平洋中纬度维持如此的正距平区。

5 1991~1994年风场的特征

为了分析 1991~1994 年这次 ENSO 的海气相互作用过程, 先对 1980~1994 年 850 hPa 的风场和 300 hPa 的风场进行了诊断分析。图 6a 是 850 hPa 纬向风距平的低频滤波分量沿赤道的时间剖面图。1980 年至 1990 年期间的低频振荡分量很清楚地反映了 ENSO 的循环过程, 西风距平对应于 El Niño 位相, 东风距平对应于 La Nina 位相。结合图 6b 300 hPa 纬向风距平的低频滤波分量的赤道剖面图, 可以看出, 这实际上反映了 Walker 环流的强度具有 3~4 a 的低频变化。正常情况下, Walker 环流在赤道西太平洋暖池区形成上升支, 高层西风气流, 直至赤道东太平洋沿岸形成下沉支。而低层风场转为赤道偏东风。根据 1990 年至 1993 年初赤道纬向风场分布的估计, 即低层为弱西风距平, 则正常的 Walker 环流可能减弱, Walker 环流的上升支和下沉支位置也发生了移动, 加强的上升支东移到中太平洋(日期变更线附近), 下沉支位于南美大陆 (60°W 附近)。而从 1993 年初至 1995 年初, 热带中太平洋转为东风距平, 强度为 2 m/s 。但是东风距平的范围较小 (160°E 到 130°W), 其中心位于 160°W , 东风距平表示 Walker 环流加强了, 但这种加强仅仅限于中太平洋。而在西太平洋和东太平洋则出现了西风距平。300 hPa 的风场具有与之完全对应的分布特征。由此可以推测, 在这期间, 原来位于暖池附近的 Walker 环流上升支可能向东移动, 而它的下沉支同时向西收缩, 形成了一个经向范围比较有限的 Walker 环流。可见从 1990 年至 1995 年, Walker 环流发生了明显变化, 不仅强度有所变化, 而且它的上升

支和下沉支的位置也可能发生了纬向移动。

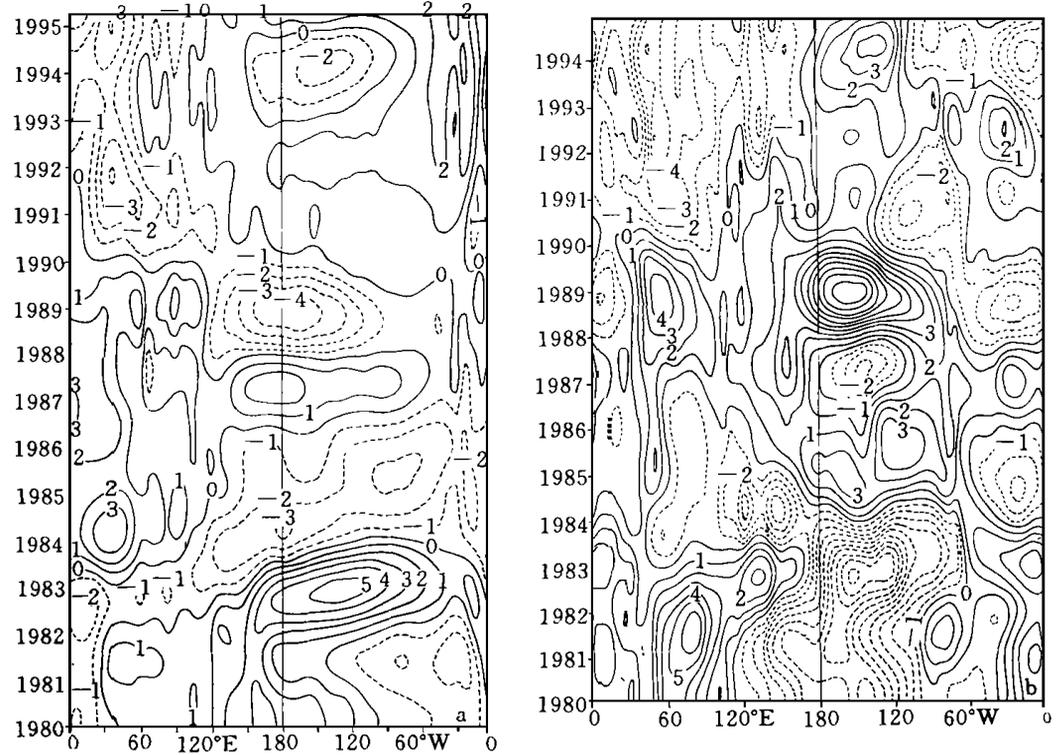


图6 纬向风低频分量的赤道时间剖面图

(a. 850 hPa; b. 300 hPa)

在图6a中,有一点值得特别注意,这就是从1991年至1995年初,在赤道附近的东太平洋一直有一个西风距平维持(100°W~180°)。尤其是1993年以后,这个西风距平的存在对整个海气相互作用过程产生了较大的影响。图7a是1994年1月850 hPa纬向风距平的低频分量的水平分布。可以看到热带太平洋是一个东风距平,而中心位于南美沿岸的西风距平一直向西伸展到120°W,而且它的强度几乎是前者的两倍。结合图7b 300 hPa纬向风距平的低频分量,不难发现它们的距平符号相反,中心位置相对应。这再次反映了Walker环流原来位于南美沿岸的下沉支可能向西移动到了东太平洋,由于它对海洋的影响,可以部分地解释为什么1991~1994年ENSO如此异常。

1990年至1992年6月期间,热带西太平洋对流减弱,而且向东移动,致使整个低层风场出现西风距平,高层为东风距平,Walker环流减弱,信风在中东太平洋减弱,导致一次El Niño暖位相过程,这与历史上发生的El Niño的机制基本一致。第二阶段1992年下半年到1994年底,热带西太平洋对流加强,高层风场在热带中太平洋为西风距平,低层为东风距平。在中、西热带太平洋低层是加强的信风(东风距平),而在热带东太平洋是减弱的信风(西风距平),在该区域形成了一个风的附加辐散,导致热带中、西太平洋的Walker环流加强,而热带东太平洋的Walker环流减弱,使Walker环流的下沉支向中太平洋收

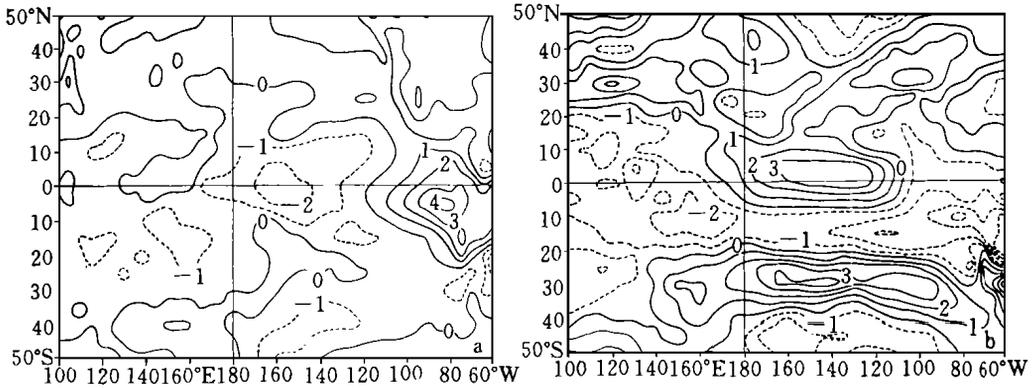


图7 1994年1月纬向风距平

(a. 850 hPa; b. 300 hPa)

缩。赤道洋流在加强的东风信风风应力的作用下使中、西太平洋的赤道洋流加强。它将表层的暖水输送到西太平洋,而在东太平洋(远离美洲沿岸)由于风场辐散加强,冷水上翻加强,出现了冷水核。但是热带东太平洋的信风减弱,使该区表层赤道洋流回流到东太平洋沿岸。这样一方面在赤道东太平洋的附加辐散区内加强了冷水上翻形成了一个太平洋冷核。另一方面由于东太平洋西风距平不仅改变了赤道洋流,而且这股赤道回流被东太平洋海岸阻挡后向中纬度输送,减弱了东北、东南太平洋的涡旋环流,导致这两地区的海温持续高温。

6 结论和讨论

通过对1991年到1994年海温月距平资料以及850 hPa和300 hPa的风场资料的分析,发现了这次 ENSO 过程的一些基本特征:

(1) 1991年至1994年热带中东太平洋海温持续4 a多出现正距平, Niño3 指数一直为正值,同时在正距平背景下,产生了两次振荡,出现了3个 El Niño 暖期。

(2) 赤道东太平洋海温在 ± 5 纬度范围内发生了两次负距平的变化,形成了一个狭窄的温度梯度很大的“冷核”,而赤道外的中纬度海洋则持续维持了两个正海温距平。

(3) 1991~1994年热带太平洋海温距平的 EOF 分析表明,第一特征向量的空间分布反映了上述(2)的特征,而第二特征向量反映了 ENSO 循环,这同历史资料的分析结果完全不同。

(4) 对海温资料的多时间尺度分析结果显示,1991~1994年主要是低频分量发生了较大的异常,无论是风场和海温都表现出一 ENSO 循环过程。

(5) 对高低层风场低频分量的分析可以看到赤道地区的信风在前期为减弱,后期为加强,同时低频分量所代表的 Walker 环流发生了改变,另外在赤道东太平洋上空一直持续维持一个较强的西风距平,也是这次 ENSO 过程的一个重要特征。

根据以上几点结论,对1991~1994年异常 ENSO 过程提出这样的观点:

虽然 Niño3 指数等在这4 a多期间均为正值,但这期间大气和海洋的耦合系统已经

发生了一次完整的 ENSO 循环过程。1991 年至 1992 年上半年对应于 El Niño 的暖位相, 1992 年下半年至 1994 年底对应于 La Niña 冷位相, 但是这个冷位相未能得到充分发展 (或“夭折”), 这个结果可能与 Walker 环流的调整或变异以及东亚季风的异常变化密切相关。

参考文献

- 1 李清泉, 丁一汇. 1991~1995 年 El Niño 事件的特征及其对中国天气气候异常的影响. 气候与环境研究, 1997, 2: 2
- 2 Ding Y H and Sumi A. Large-scale atmospheric circulation features during TOGA-COARE IOP. J Meteor Soc Japan, 1995, 73(2B): 340~351
- 3 Bjerknes J. Atmospheric teleconnections from the equatorial Pacific. Mon Wea Rev, 1969, 97: 163~172
- 4 Wytki K. El Niño—The dynamic response of the equatorial Pacific ocean to atmospheric forcing. J Phys Oceanogr, 1975, 5: 572~584
- 5 Gill A E and Rasmusson E M. The 1982~1983 climate anomaly in equatorial Pacific. Nature, 1983, 306: 229~234
- 6 Rasmusson E M and Wallace J M. Meteorological aspects of the El Niño /Southern Oscillation. Science, 1983, 222: 1195~1202
- 7 Anderson D L T and McCreary J P. Slow propagation disturbance in a coupled ocean-atmosphere model. J Atmos Sci, 1985, 42: 615~629
- 8 Gill A E. Some simple solutions for heat-induced tropical circulation. Quart J Roy Meteor Soc, 1980, 106: 447~462
- 9 Zebiak S E and Cane M A. A model El Niño-Southern Oscillation. Mon Wea Rev, 1987, 115: 2262~2278

A STUDY ABOUT FEATURES OF EL NIÑO EVENTS DURING 1991– 1994

Zhang Qin Ding Yihui Zhou Qinfang

(*National Climate Center, Beijing, 100081*)

Abstract

The anomalies of the sea surface temperature in the central and eastern tropical Pacific kept the positive values for more than 4 years from 1991 to 1994. On this background, the Niño3 index assumed two oscillations. As the result, there were three warm episodes during this period. In this paper, a diagnostic study of the basic features of the sea surface temperature and wind fields in tropical Pacific has been done. It is found that two anomalous processes of negative SST anomalies in the eastern equatorial Pacific between 5 S– 5 N existed. The narrow cold water tongue in the equatorial zone has strong temperature gradient and surrounded by the off-equatorial warm waters, with one positive SSTA area located in the middle-latitude of the Northeast Pacific and the other in the Southeast Pacific. The cold water looks like a cold core. This anomalous features of the SSTA evolution during 1991 to 1994 is different from those observed in the history. Based on a EOF analysis, the distribution of the first eigenvalue (EOF1) just reflects the cold core pattern. Using the low-frequency filter, the LF component of the Niño 3 index showed the positive anomaly for 4 years, but the cross-section of the SSTA along the equator has two periods of negative SSTA near the equatorial East Pacific. However, the low-frequency component of the zonal wind along the equator only demonstrates one cycle. There are the westerly zonal wind anomaly over the tropical central Pacific from 1991 to June of 1992, and easterly wind anomaly from July 1992 to the end of 1994. It is noticeable that the easterly anomaly of zonal wind did not extend to the tropical eastern Pacific. It can be found the strong westerly zonal wind anomaly at 850 hPa off the coast of tropical South America. These results suggest that the coupled system of the Pacific Ocean and the atmosphere has evolved as a whole ENSO cycle during this 4 years. The warm phase spanned from Jan., 1991 to June, 1992, and the cold phase from July, 1992 to the end of 1994. But, this La Nina phase has been aborted by the positive anomalous SSTA in the middle-latitude off East Pacific, which were linked with the adjustment of the Walker cell and Asian monsoon.

Key words: 1991 ~ 1994 El Niño, low-frequency component, ENSO cycle.