

全球海温异常的年代际变化^{*}

朱亚芬 钱维宏

(北京大学地球物理系, 北京)

提 要

本文首先应用子波变换技术对 1950~1996 年赤道东太平洋的逐月海温距平序列作了分析, 发现海温异常存在着明显的准 2 年、准 5 年和年代际变化, 1977 年前后为海温异常的年代际突变时间; 然后用全球格点海温资料分析了年代际变化的空间特征, 结果指出 1977 年后赤道东太平洋平均海温比 1977 年前的 28 年平均海温增暖 $0.4 \sim 0.5^{\circ}\text{C}$, 而西北太平洋的海温降低达 0.6°C , 大西洋北部的年代际降温也达到 0.6°C 。

关键词: 海温异常, 年代际变化, 子波变换, 空间特征。

一、引 言

1996 年世界气象组织(WMO)公布的未来 15 年《气候变率与可预报性研究》计划^[1]中把年代际气候变率作为子计划提出, 充分显示出这个问题研究的重要性。通过实施《热带海洋和全球大气》TOGA10 年计划, 人们发现海气相互作用的现象 ENSO 有年代际变率。这种变率使得经典 ENSO 预报模型在 1980 年代后不能适用, 耦合模式在近年的预报与观测不一致。最近, 人们发现 1970 年代后期发生了明显的气候突变(abrupt change), 这种突变称之为基本态的年代际变化(interdecadal change)^[3]。1980 年代 El Niño(1982、1986、1991)事件发展的特征^[3]与 1977 年以前 El Niño 事件合成分析的特征^[4]有所不同, 进入 1990 年代以来年际增温的频率加快了^[5]。由于全球气候变化与赤道海温异常有着密切的联系, 赤道地区海温异常已成为全球气候预测的一个重要指标, 而年际海温异常的发生又直接受海洋年代际基本态的制约。因此, 年代际海温异常变化的研究就被列为 CLIVAR 计划的内容之一。年代际气候变率的研究主要是在 1990 年代进行的, 研究的时间较短, 而且还缺少对全球系统的分析。本文用子波变换技术不但清楚地分析出了赤道东太平洋海温变化的多时间多尺度特征, 而且还分析出了年代际海温异常的全球结构。

二、赤道太平洋海温异常序列的子波变换

根据所选区域的不同, 赤道东太平洋海温异常有几种表示方法, 如 NINO1+2($0^{\circ} \sim 10^{\circ}\text{S}$,

^{*} 本文于 1997 年 12 月收到。

80°W~ 90°W) 区、NINO3(5°N~ 5°S, 150°W~ 90°W) 区、NINO4(5°N~ 5°S, 160°E~ 150°W) 区和 NINOC(0~ 10°S, 180°~ 90°W) 区, 不同的作者用不同地区的海温异常作为预测气候异常的指标。在上述区域中, NINOC 的范围最大, 它能较好的将 80 年代以来赤道中太平洋的增温事件包含在内。所以, 本文所指赤道东太平洋海温异常是用 Angell^[6] 定义的区域, 也就是 NINOC 区。利用美国国家环境预报中心(NCEP) 的 1950~ 1992 年 2×2 经纬网格月海温资料和 1981~ 1996 年 1×1 经纬网格月海温资料首先得到了 NINOC 区月海温距平(SSTA) 序列, 对这一序列作子波变换就能清楚地看出海温异常在不同的时间尺度上所表现的变化。我们用墨西哥帽(MHAT) 子波变换对上述 564 个月的 NINOC 区海温异常作了分析, 图 1 是这一子波变换得出的 200 个月连续时间尺度上的波系数分布。用 NINO3 区 564 个月的 SSTA 序列作子波变换也得到相同的系数分布结构(图略)。

图 1 横坐标为年份, 纵坐标为子波变换的时间尺度, 白色区域为正的波系数, 表示正的海温异常时段, 深色区域为负的波系数, 表示负的海温异常时段。从图 1 可以看出, 在年际时间尺度(50~ 80 个月) 上海温异常的变幅最大。图 1 中的这一变温就是通常意义上的 EN-SO 事件, 大约 5 年左右发生一次。除此之外, 还有两点引起了人们的注意。一是进入 1980 年代以来海温异常首先增温的区域与以前不同了^[3], 这种不同归结于海温异常存在的年代际变化, 图 1 中 1970 年代末在年代际时间尺度(150 个月) 上海温异常由冷变暖。二是进入 1990 年代以来所谓的海温异常频率加快只是表现在比 50~ 80 个月还要短的时间尺度上, 如 1990~ 1996 年的 3 次增温。所以, 在 70~ 100 个月的时间尺度上 1990 年代后只是一次增温过程, 但在小于 60 个月的时间尺度上 1990 年代以来有 3 次增温过程。这里, 我们得到了海温异常的年代际、年际(5~ 6 年) 和准 2 年三个时间尺度, 实际的海温异常是所有时间尺度上海温异常的综合。关于海温异常的年代际变化空间特征在 TOGA10 年计划的实施研究中已有很多报道, 我们这里侧重于全球海温异常年代际变化特征的分析。

三、全球海温年代际变化的特征

根据图 1, 我们可以确定 NINOC 区海温异常的年代际变化大致发生在 1977 年。于是, 我们把 1950~ 1996 年的 47 年分成 1950~ 1977 年的前 28 年和 1978~ 1996 年的后 19 年。考虑 1992 年后海温资料网格不同, 我们对后一时段只计算了 1978~ 1992 年共 15 年。

为得到海温异常的年代际变化特征, 我们首先对 1950~ 1992 年 43 年的海温值作逐月平均和年平均, 然后分别计算了前后两个时段相对 43 年月平均值的距平和年平均距平。月平均值的距平每个月的中心值虽然不同, 但它们的分布形式都与多年平均距平相似, 所以我们分析前后两个时段所表现出的年代际海温异常空间结构。

图 2 是 1977 年后全球海温平均与 1950~ 1992 年海温平均的差。从图 2 中可以明显地看出, 1977 年以来赤道中东太平洋、南北美洲大陆西部太平洋、印度洋和大西洋南部为正的海温距平。在太平洋上, 存在 4 个主要的海温正距平区, 分别在赤道中太平洋、东太平洋赤道以南、东太平洋赤道以北和阿留申地区, 其中阿留申地区正变温达 0.4℃, 最大增温区在东太平洋赤道以南。图 2 中明显的降温区位于西北太平洋和北大西洋北部, 它们的降温都达到

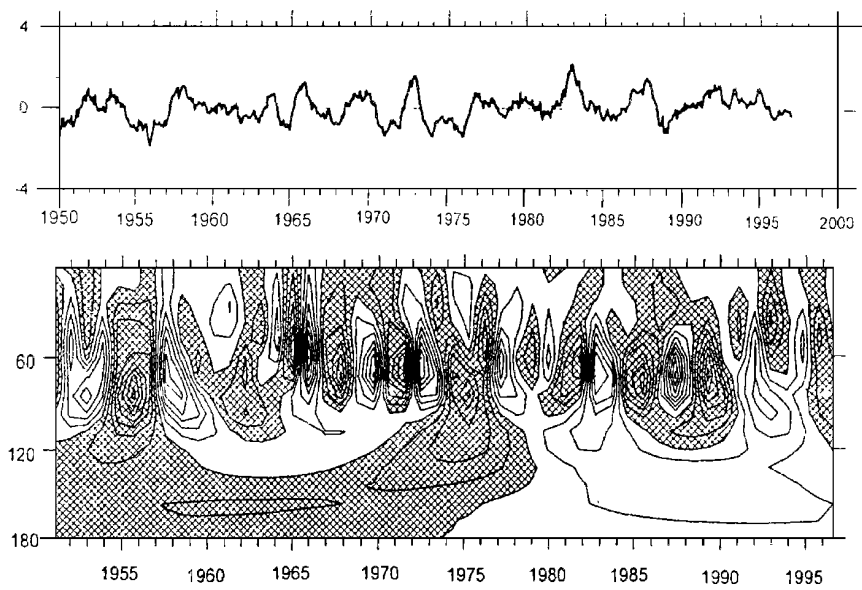


图 1 1950~ 1996 年海温异常指数序列作子波变换得出的 200 个连续时间尺度上的波系数 (等值线间隔为 1.0)

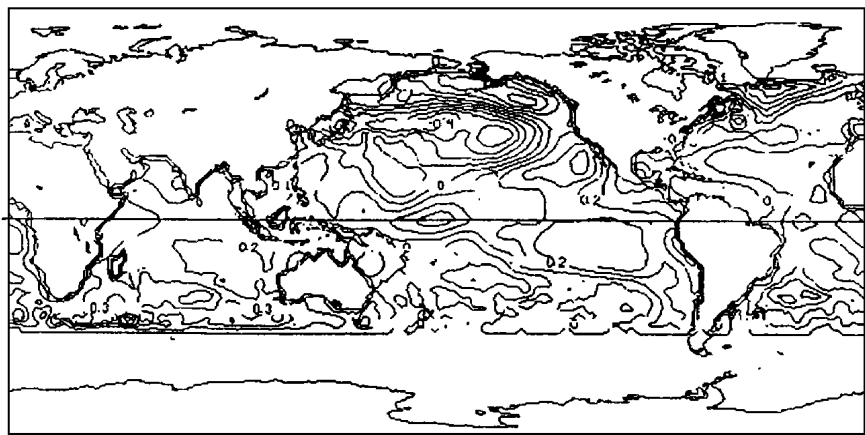


图 2 1978~ 1992 年全球海温平均与 1950~ 1992 年全球海温平均的差(单位: $^{\circ}\text{C}$)
- 0.4 $^{\circ}\text{C}$ 。

图 3 是 1977 年前全球海温平均与 1950~ 1992 年海温平均的差。图 3 与图 2 的变温中心和区域分布一致, 所不同的仅仅是在符号上完全相反。1977 年前赤道中东太平洋上存在 3 个降温中心, 而西北太平洋的增温达 0.2 $^{\circ}\text{C}$ 。

如果用 1978~ 1992 年的平均海温减 1950~ 1977 年的平均海温, 我们就得到了用这两个时段表示的年代际海温的相对变化, 这一结果如图 4 所示。从图 4 中看出, 年代际增温主要

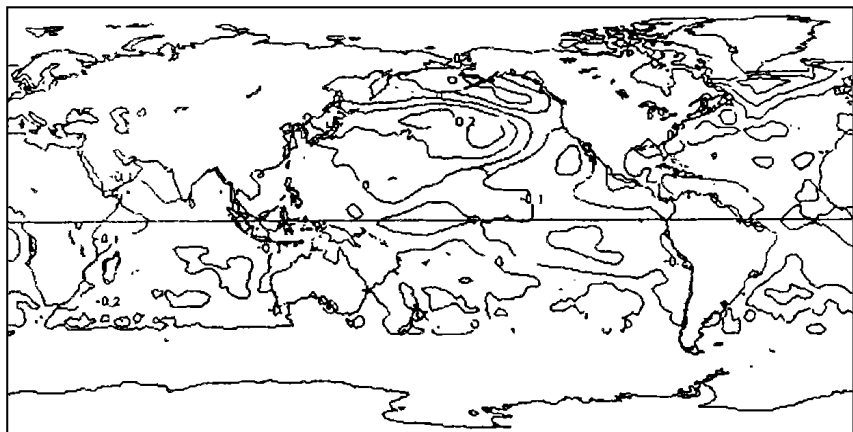


图3 1950~1977年全球海温平均与1950~1992年全球海温平均的差(单位: $^{\circ}\text{C}$)

在低纬三大洋和太平洋及大西洋的东部地区, 中心最大增温可达 0.5°C 。大西洋南部也存在明显的增温, 但由于 20°S 以南的资料是根据 EOF 插值得到的, 这里对此不予分析。明显的年代际降温分别位于西北太平洋和北大西洋的北部, 它们的中心数值达 -0.6°C 。看来洋盆形状对海温年代际变化的全球结构有一定的影响。

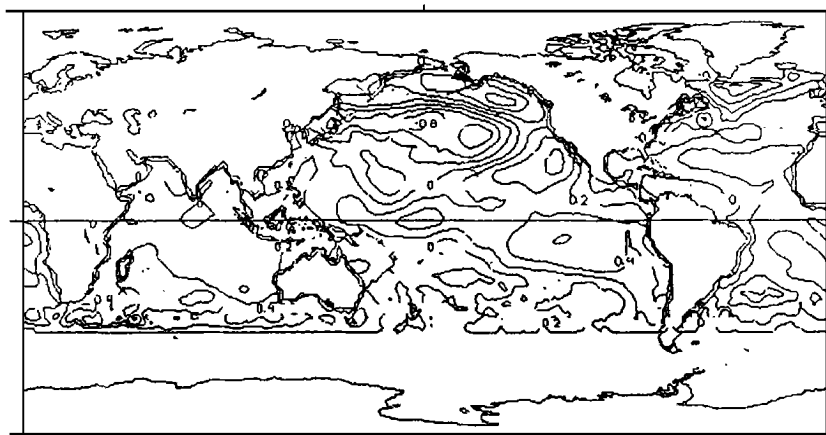


图4 1978~1992年全球平均海温与1950~1977年全球海温的差(单位: $^{\circ}\text{C}$)

从以上海温异常的年代际变化可以看出, 在赤道中东太平洋的正海温距平区中包含3个增温中心, 只有中太平洋的增温中心是相对赤道对称的, 而低纬东太平洋的两个增温中心相对赤道不是完全对称的。从这里也能看出, 选用 NINOC 区海温距平序列表征赤道太平洋的海温异常能够较好地反映出海温异常的年代际变化。

四、海温变化的年际全球结构与年代际结构

用 NINOC 区的海温距平序列与 1950~ 1996 年的全球 2×2 经纬度格点海温距平资料作相关分析, 其相关系数分布如图 5 所示。图 5 表示 NINOC 区海温变化与低纬中东太平洋和低纬印度洋及大西洋海温变化之间有正的相关, 与西北太平洋和西南太平洋海温变化之间存在负的相关。如果把 1977 年前后分成两个时段求每一个时段的海温距平的相关或根据年代求它们的相关, 结果都表现出与上述完全一致的海温异常全球结构。这一海温异常的全球相关分布表明, 在年际时间尺度上海温异常具有全球协同的变化结构。

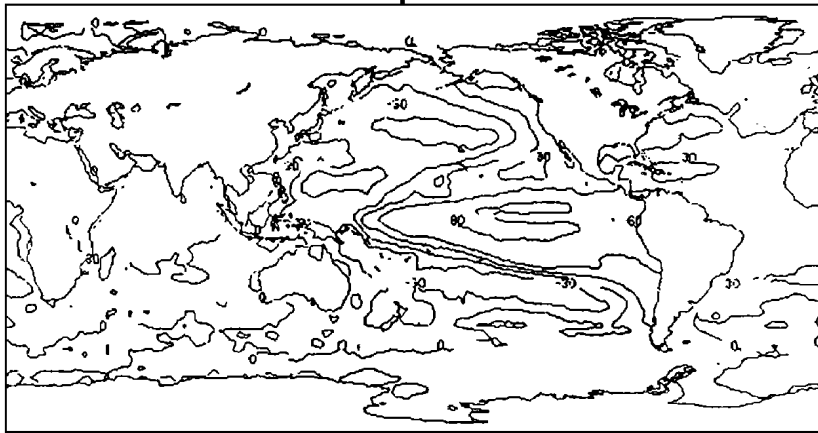


图 5 1950~ 1996 年 NINOC 区海温距平序列与全球海温的同期相关 ($\times 0.01$)

比较图 5 中的相关分布与图 4 中的全球海温年代际变化结构不难发现, 图 5 中的正相关区与图 4 中的年代际正变温区一致, 负相关区与年代际负变温区一致。虽然一个是年际变化, 另一个是年代变化, 但它暗示着 1977 年后赤道太平洋年代际增温增加了 El Niño 事件的强度, 减弱了 La Nina 事件的强度。所以, 1980 年代以来 El Niño 事件不但强度比以前的强, 而且持续时间也较以前长。我们不以 El Niño 事件的强度和 La Nina 事件的强度为标准给出事件过程中最强的月份, 而是取 NINOC 区海温序列的相对极值月份。极大值月份是 1951 年 11 月、1953 年 4 月、1957 年 12 月、1963 年 12 月、1965 年 12 月、1969 年 10 月、1972 年 11 月、1976 年 10 月、1979 年 9 月、1982 年 12 月、1987 年 9 月、1992 年 5 月、1993 年 5 月和 1994 年 12 月, 海温极小值月份是 1950 年 2 月、1955 年 11 月、1964 年 12 月、1968 年 1 月、1970 年 12 月、1974 年 1 月、1975 年 12 月、1978 年 9 月、1981 年 2 月、1985 年 10 月、1988 年 11 月和 1995 年 11 月。将这些月份在 1977 年前后分开, 分别计算海温极大值月份和极小值月份全球海温距平的合成。图 6(a) 和 (b) 分别是 1977 年前 NINOC 区正的和负的海温极值月份全球海温距平的合成。图 7(a) 和 (b) 分别是 1977 年后 NINOC 区正的和负的海温极值月份全球海温距平的合成。比较图 6 和图 7 中海温合成结果的量值不难发现, 1977 年前负的海温距平明显偏强, 1977 年后正的海温距平明显偏强。

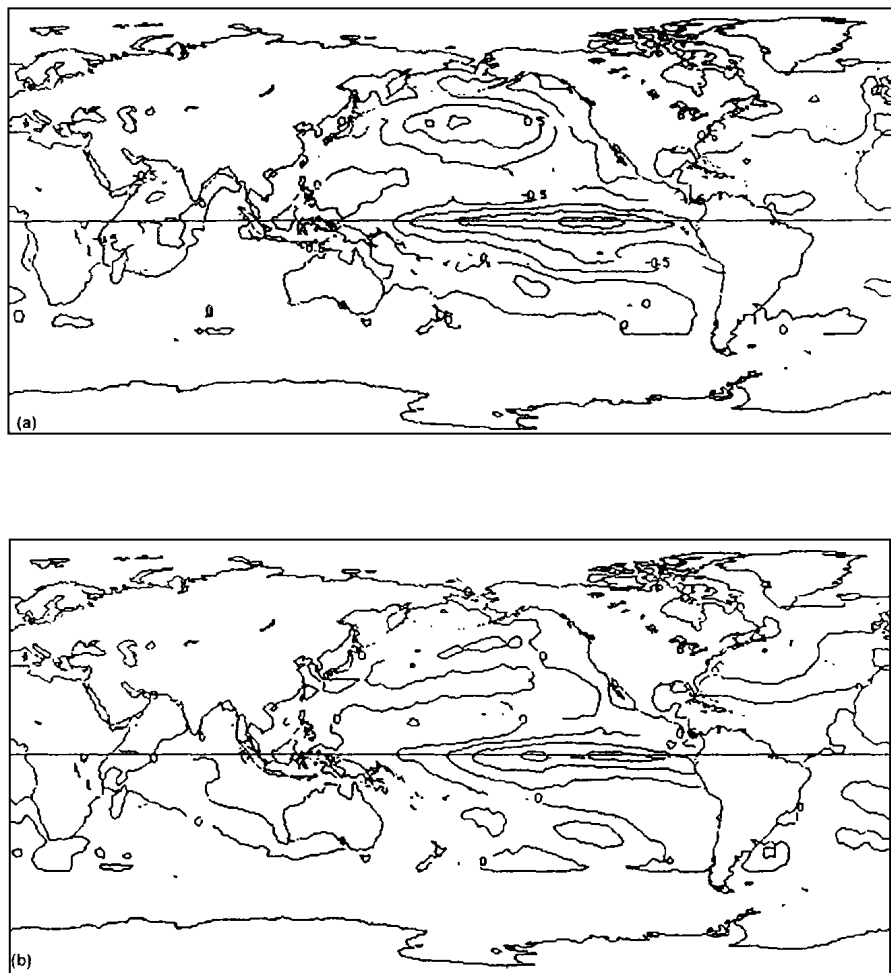


图6 1977年前NINOC区正的(a)和负的(b)海温极值月份全球海温距平的合成(单位: $^{\circ}\text{C}$)

五、结果与讨论

(1) 通过 1950~1996 年逐月的 NINOC 区海温距平序列的子波变换发现, 赤道中东太平洋海温异常存在着多时间尺度的变化, 较明显的时间尺度是准 2 年、准 5 年和年代际。1950 年以来年代际海温异常的转换时间发生在 1977 年前后。

(2) 年代际海温异常存在着全球的变化结构, 1977 年前(后)赤道中东太平洋海温偏低(偏高), 而西北太平洋的海温明显偏高(偏低)。年代际变温中心的相对数值达到 $0.5 \sim 0.6^{\circ}\text{C}$ 。

(3) 低纬中东太平洋海温年代际变化存在 3 个中心, 分别出现在赤道中太平洋和东太平洋的赤道两侧, 年代际海温变化的 3 个中心与年际海温变化的中心不完全一致。

(4) 年代际海温异常的全球结构是与年际海温异常的全球结构一致的, 这一现象表明年代际海温变化构成了年际海温异常的背景。年代际海温增温使得年际 El Niño 事件偏强、频率增加或时间偏长。

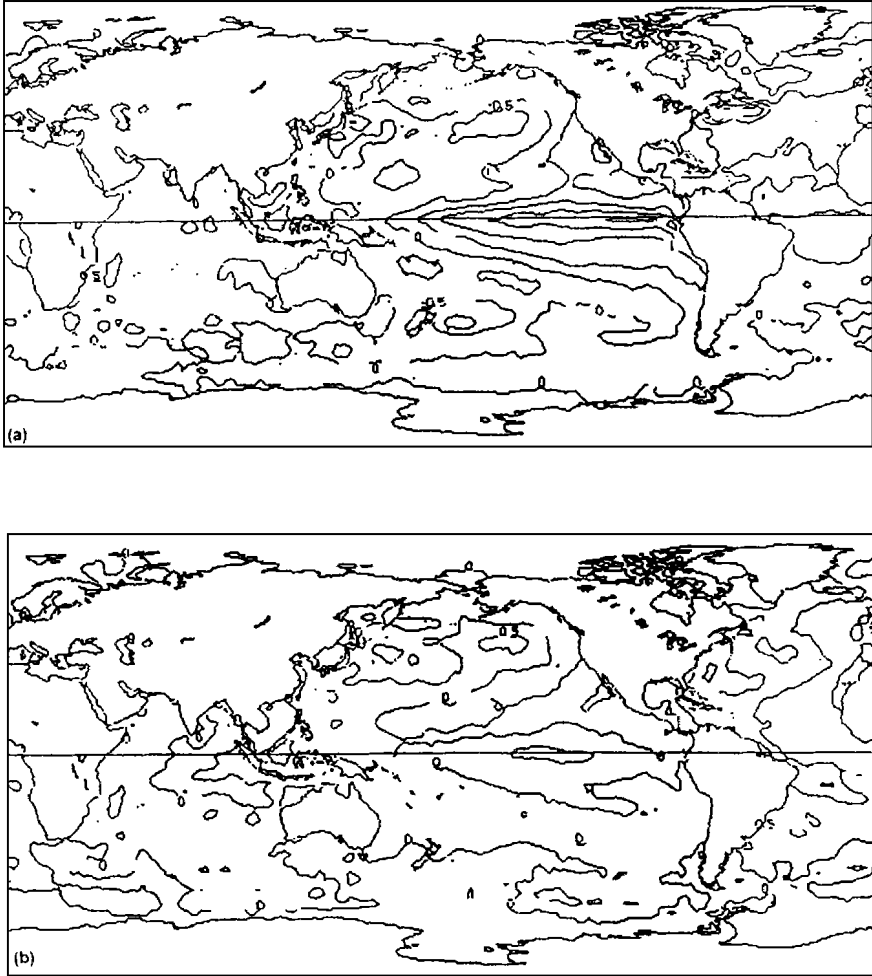


图7 1977年后NINOC区正的(a)和负的(b)海温极值月份全球海温距平的合成(单位: $^{\circ}\text{C}$)

(5) 由于海温异常存在年代际变化, 选用多长的时间序列平均代表多年平均也是需要考虑的。应用于1980年代以来的 ENSO 预报的距平模式如果选用1977年以前的季节平均场代入模式看来不一定合适。

参 考 文 献

[1] Clivar. A study of climate variability and predictability, Science Plan, August 1995 WCRP- 89, WMO/TD No. 690.

[2] Graham, N. E. , Decadal- scale climate variability in the tropical and North Pacific during the 1970s and 1980s: observations and model results. Climate Dynamics, 10: 135~ 162, 1994.

[3] Wang, B. , Interdecadal changes in El Niño onset in the last four decades. J. Climate. 8: 267~ 285, 1995.

[4] Rasmusson, E. M. , and Carpenter, T. H. , Variations in tropical sea surface temperature and surface wind fields associated with the Southern Oscillation/ El Niño. Mon. Wea. Rev. , 110: 354~ 384, 1982.

[5] Qian Weihong. The understanding of ENSO cycle mechanism and ENSO potential prediction ability. Acta Meteor. Sinica, 11(1): 105 ~ 118, 1997.

[6] Angell, J. K. , Comparison of variations in atmospheric quantities with sea surface temperature variations in equatorial Eastern Pacific, Mon. Wea. Rev. , 19: 230~ 243.