

# ENSO 循环与亚、澳季风和南、北方涛动的关系\*

陈烈庭

吴仁广

(中国科学院大气物理研究所, 北京, 100029)

(美国夏威夷大学气象系, 夏威夷, 96822)

## 摘 要

文中从研究 ENSO 循环的成因出发, 分析了厄尔尼诺(El Nino)和拉尼娜(La Nina)的产生与西太平洋暖池地区西风异常的关系; 在此基础上, 探讨了西太平洋西风异常的形成和变化与亚洲和澳大利亚冬季风的关系; 最后, 分析了亚、澳冬季风的活动, 西太平洋西风异常的形成和东传, 以及厄尔尼诺和拉尼娜的交替出现等现象与南方涛动和北方涛动传播波的联系。

关键词: ENSO 循环, 亚、澳季风, 南、北方涛动。

## 1 引 言

ENSO 是迄今为止发现的全球气候和海洋环境异常最强的信号之一, 它已成为许多国家长期天气预报和气候预测考虑的首要因素。因此, ENSO 的预测问题已迫切地提到日程上来。

然而, ENSO 的预测是一个非常困难的问题。尽管当前从统计学、诊断分析和模式研究等各个方面已提出了一些预测的方法, 但都还处于试验阶段。还有待于进一步完善和提高, 特别是要增进对 ENSO 的成因及其发生发展的物理过程的认识。Wyrski<sup>[1]</sup>和 Rasmusson 等<sup>[2]</sup>给出厄尔尼诺发生、发展各个时期热带太平洋大气和海洋变化的一些前兆特征。Keen<sup>[3]</sup>和 Nitta<sup>[4]</sup>指出西太平洋暖池地区西风爆发(westerly burst)对厄尔尼诺的形成具有重要作用。它们是目前厄尔尼诺诊断和预测的主要依据, 有一定成效。但这些研究主要是强调热带太平洋地区因素的作用。近年来, 越来越多的分析表明, 厄尔尼诺的形成与热带太平洋以外地区大气环流的异常有密切关系。例如, 李崇银<sup>[5]</sup>强调东亚强冬季风是导致厄尔尼诺事件发生的重要机制。黄荣辉等<sup>[6]</sup>指出, 热带太平洋以外地区西风异常向赤道地区的传播是产生热带太平洋西风异常的一个重要原因。另外, Nakazawa<sup>[7]</sup>和 Lau 等<sup>[8]</sup>的分析表明, 来自印度洋向东传播的 30~50d 周期振荡和超大型云团, 在西太平洋强烈发展可以诱发西风爆发, 导致 ENSO 的发生。我们在这方面也做了一些工作<sup>[9~11]</sup>, 指出厄尔尼诺/南方涛动和北方涛动循环不只是热带太平洋的现象, 而是全球的现象。本文的主要目的是想进一步探讨厄尔尼诺和拉尼娜的成因和发生、发展的物理过程。

\* 初稿时间: 1997 年 12 月 3 日; 修改稿时间: 1998 年 11 月 24 日。

## 2 资料及其处理

文中所用资料, 热带太平洋一些岛屿的 850hPa 月平均高空风单站资料取自美国的世界月气候资料。赤道东太平洋海温取  $0 \sim 10^{\circ}\text{S}$ ,  $180 \sim 90^{\circ}\text{W}$ , 即 Nino C 区海温的平均值作为代表, 资料年代从 1960 ~ 1990 年。全球 850hPa 月平均风场和 1000hPa 月平均高度场资料来自 ECMWF, 网距为  $5^{\circ} \times 5^{\circ}$ ; 资料年代为 1979 ~ 1988 年。

为了去掉一些短周期变化的影响及可能存在的资料误差, 以及尽可能突出与 ENSO 有关的大尺度特征, 我们对 ECMWF 的高度场和风场资料进行了处理。先求出它们的距平场, 再进行纬向谐波分析, 然后取其纬向平均值和前 4 个谐波分量作 30 ~ 60 个月的时间带通滤波。图 1 是 1000hPa 高度距平、850hPa 上  $u$  和  $v$  分量距平通过上述谐波分析和带通滤波前后方差比的分布。图中虚线通过的地方为印度洋和太平洋方差比相对较大的地区。在图 1a 上, 赤道南北两侧各有一条东西向的高值带, 方差比在 40% 以上。在第 5 节我们将会看到, 这正是南、北方涛动的正负距平中心自西向东移动的地带, 并且赤道南北两个带中位于太平洋西部和东部的 4 个高值中心分别与南、北方涛动活动中心的位置一致。850hPa 上  $u$  和  $v$  分量距平方差比的高值区主要在热带太平洋, 其中以东南信风区和东北信风区尤为明显,  $u$  分量大都在 40% 以上, 中心达 50%;  $v$  分量也在 35% 左右。因此, 可以认为, 这些方差比高值区的高度和风 3 ~ 5a 的低频振荡是极为显著的。同时也说明, 经过谐波分析和带通滤波处理后的距平场能反映 ENSO 的大尺度特征。

## 3 厄尔尼诺和拉尼娜与西风异常

前面提到, 许多研究表明<sup>[1-8]</sup>, 在厄尔尼诺发生之前热带西太平洋对流层低层都有西风的异常加强, 即所谓西风爆发; 而热带西太平洋东风异常增强时有利于拉尼娜的产生。然而, 是不是所有热带西太平洋西风和东风异常都将导致厄尔尼诺和拉尼娜的发生呢? 图 2 是位于海洋大陆和赤道中太平洋之间地区的新加坡 ( $1^{\circ}22' \text{N}$ ,  $103^{\circ}59' \text{E}$ )、特鲁克岛 ( $7^{\circ}28' \text{N}$ ,  $150^{\circ}51' \text{E}$ )、马朱罗岛 ( $7^{\circ}05' \text{N}$ ,  $171^{\circ}23' \text{E}$ ) 和塔拉瓦 ( $1^{\circ}21' \text{N}$ ,  $172^{\circ}56' \text{E}$ ) 4 个单站 850 hPa 纬向风距平和 Nino C 区海温距平的变化曲线。在 1960 ~ 1990 年期间共发生 7 次厄尔尼诺事件 (1963, 1965, 1968 ~ 1969, 1972, 1976, 1982 ~ 1983, 1986 ~ 1987 年)。可以看到, 每次事件前期的冬季西太平洋附近海洋大陆都对应有西风异常, 而后向中太平洋传播 (见实箭头所示), 强度维持或加强, 无一例外。说明热带西太平洋西风异常的确是厄尔尼诺发生的一个重要条件。但值得注意的现象是仍有不少西风异常在热带西太平洋形成后在原地消失或在东传过程中很快减弱。这类过程并不伴随着厄尔尼诺的产生。拉尼娜也有类似情况, 只是对应东风异常向中太平洋传播 (见虚箭头所示)。并也不是所有西太平洋的东风异常都伴随有拉尼娜的产生。这就是说, 实际上热带西太平洋西风 (东风) 异常是很频繁的, 其中只有西风 (东风) 异常在西太平洋形成后继续东传加强的过程才能产生厄尔尼诺 (拉尼娜)。

为了进一步证实上述热带西太平洋西风异常时空变化的特征与厄尔尼诺的关系, 我们选取 1980 年代的 3 次厄尔尼诺过程 (1979 ~ 1980, 1982 ~ 1983 和 1986 ~ 1987 年) 作为例子进行比较分析。1979 ~ 1980 年热带太平洋海温演变的特点是, 开始时与厄尔尼诺事件的初始位相非常相似, 但赤道东太平洋海温距平始终没有发展起来, 未出现发展和成

熟两个位相。国际上有人称这次过程为中途夭折的厄尔尼诺事件。而1982~1983和1986~1987年的过程,众所周知是两次发展完备且强度相当强的厄尔尼诺事件。图3是这3个例子的850 hPa月平均纬向风距平的时空变化。1979~1980年纬向风距平的演变特征(图3a),1979年12月热带太平洋地区出现有大范围的西风距平,但1980年1~2月很快就减弱了。4月日界线附近又出现西风距平,但此后该西风距平中心反而西移,一直滞留在日界线以西,没有向东传播。1982~1983年的特征(图3b),1982年6月热带太平洋地区出现大面积的西风距平,随后其强度不断增强并向东移动,到年底距平中心移到150°W,最大西风距平高达 $9\text{ m/s}$ 。1986~1987年的过程(图3c)与1982~1983年有共同的特征,从1986年12月到1987年4月西风距平中心也从150°E附近东移到了日界线以东。但这次西风异常的强度要弱得多。通过以上分析可见,正如过去许多研究所指出的,热带西太平洋西风爆发对ENSO的形成具有非常重要的

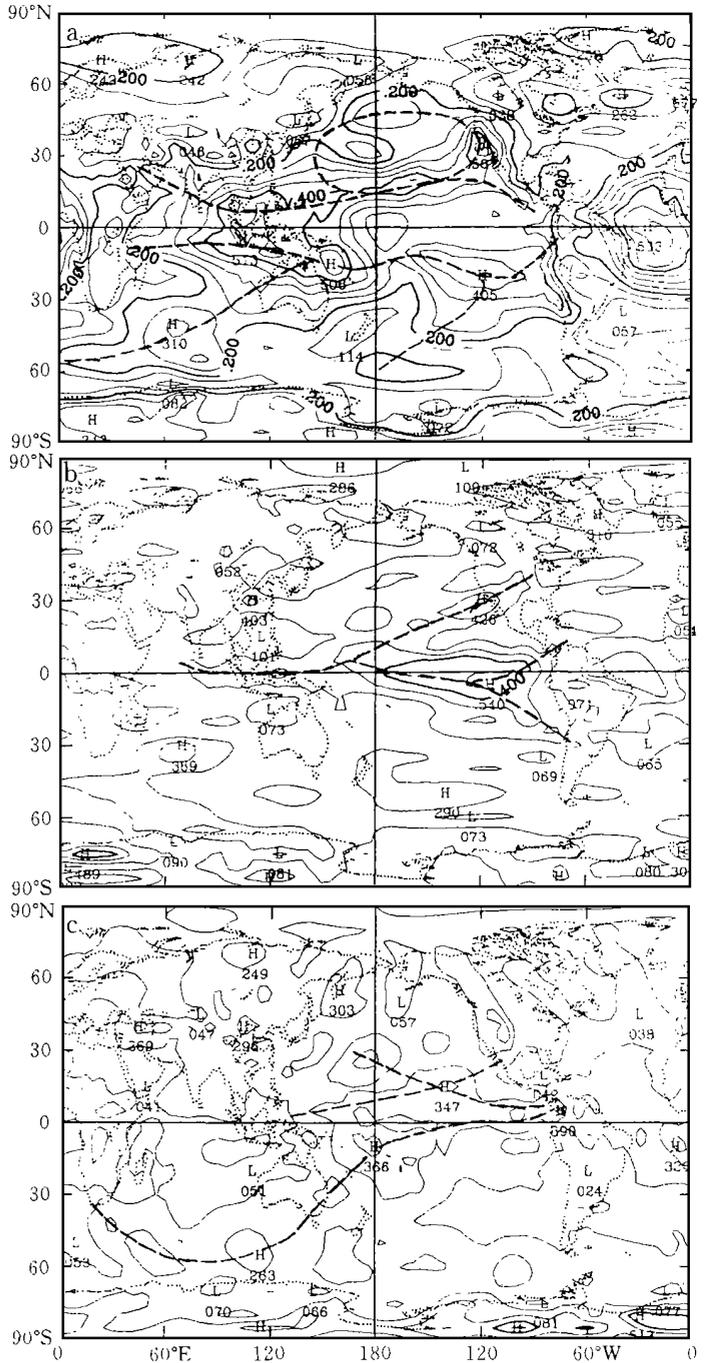


图1 1000 hPa高度距平(a)、850 hPa  $u$ 分量(b)和  $v$ 分量距平(c)谐波分析和带通滤波后方方差比分布  
(a.等值线间隔为0.050;b,c.等值线间隔为0.100。  
虚线通过的地方为印度洋和太平洋方差比相对较大的地区)

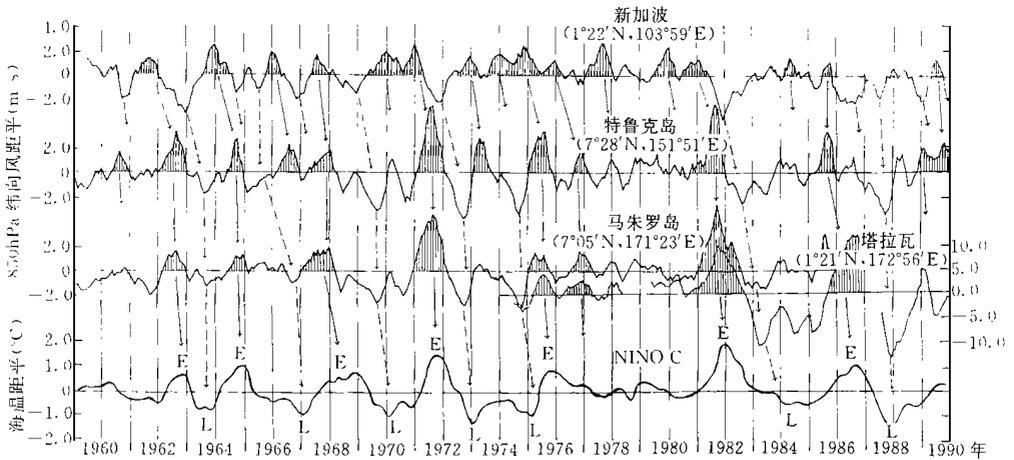


图 2 1960~1990 年新加坡、特鲁克岛、马朱罗岛和塔拉瓦 850 hPa 纬向风距平及 Nino C 区海温距平的变化曲线

(垂线表示每年 12 月, 阴影区表示月平均纬向风连续 3 个月正距平在 1m/s 以上的西风异常, E 和 L 分别为厄尔尼诺和拉尼娜年<sup>[12]</sup>)

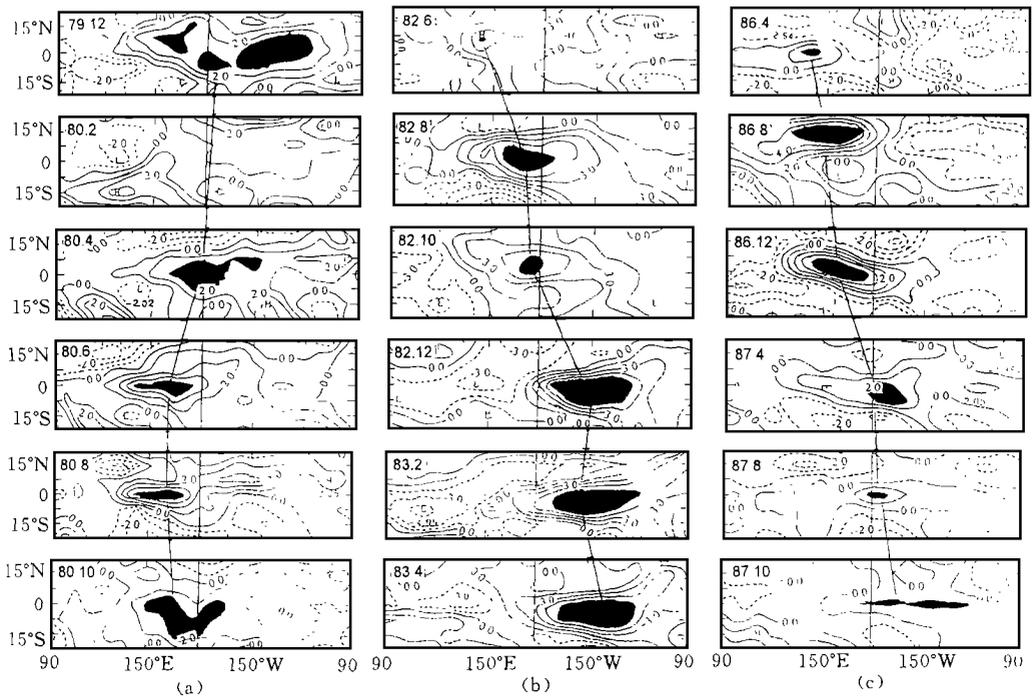


图 3 850 hPa 月平均纬向风距平的时空变化

(a. 1979~1980; b. 1982~1983; c. 1986~1987.)

实线为西风距平, 虚线为东风距平, 图 a 和 c 的等值线间隔为 1.00m/s, b 的等值线间隔为 1.50m/s)

作用。但是,西太平洋西风异常出现并不意味着厄尔尼诺事件就一定能产生,它还取决于西风距平是否继续加强和向东传播。

#### 4 西风异常的形成和东传与亚洲和澳大利亚季季风

从上面的分析看出,研究西风异常发生发展的规律是有重要意义的。特别是前面我们提到,热带西太平洋西风和东风异常形成后,它是否继续加强和向东传播对厄尔尼诺发生起决定性作用。那么,是什么因素促使西风和东风距平出现加强和东传呢?这也是需要研究的一个问题。下面用 1980 年代两次发展完好的厄尔尼诺(1982~1983 和 1986~1987 年)和拉尼娜(1984~1985 和 1988~1989 年)事件的全球 850 hPa 风场距平资料,经过谐波分析和带通滤波进行合成分析,对这问题进行探讨。

图 4 给出厄尔尼诺发生前后各季 850 hPa 风场距平的合成图。厄尔尼诺发生前一年的冬季(图 4a),在 90°E 附近为 1 个清楚的反气旋距平环流,说明东亚冬季风偏强。中国东部一直到华南和南海吹偏北风距平气流。它们在西太平洋赤道地区与来自南太平洋的经向风辐合,其上空 200 hPa 为辐散(图略),使这里的对流活动异常活跃,从而导致西太平洋的 Hadley 环流发展,这强化的 Hadley 环流反过来也有利于西伯利亚反气旋距平环流的加强和维持。热带西太平洋地区赤道南北两侧各为气旋式距平环流。这就是 Keen 和 Nitta 所谓的跨赤道气旋对<sup>[3,4]</sup>。其间从马来西亚到印度尼西亚和澳大利亚北部盛行西风距平气流。

在厄尔尼诺发生当年的夏季(图 4b,南半球为冬季),距平分布有很大变化。南印度洋

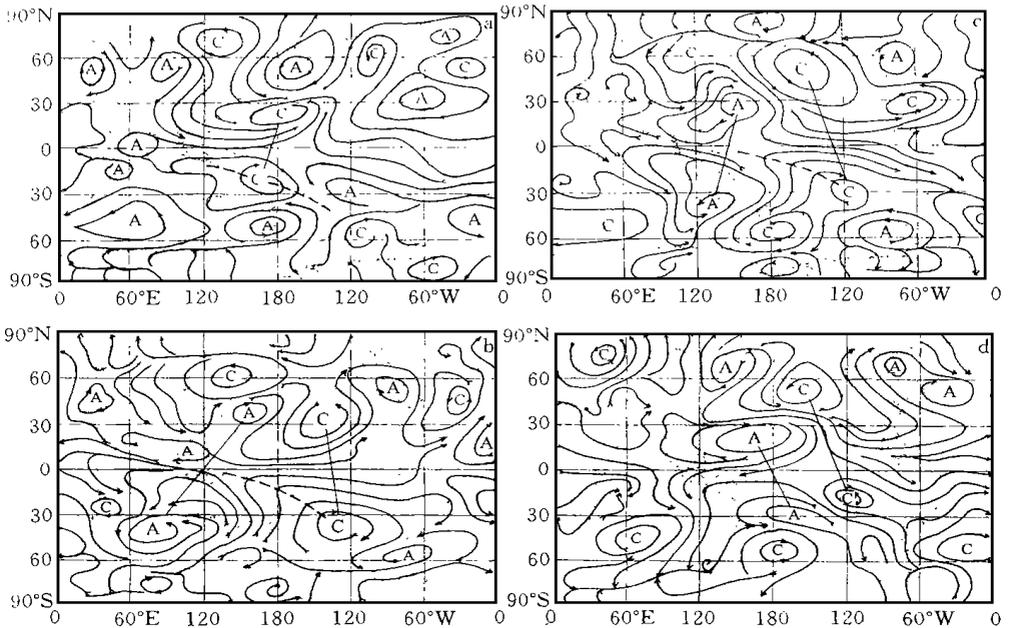


图 4 厄尔尼诺事件前一年(-1)冬季、当年(0)夏季和冬季及第二年(+1)夏季 850hPa 风场距平的合成图

(A 为反气旋式距平环流中心,C 为气旋式距平环流中心)

反气旋式距平环流发展,并向赤道和澳大利亚扩展。北印度洋盛行东风距平气流,说明印度夏季风偏弱。而澳大利亚东北侧盛行东南信风,说明澳大利亚冬季风偏强。这些现象都与澳大利亚冷高压频繁的活动有关。可以看到,在西太平洋赤道地区越赤道西南气流盛行,说明东亚夏季风也偏强。这里值得指出的是,这支强化的来自南半球的东亚夏季风气流越过赤道后转成西南风,将使原在赤道太平洋中西部的西风距平进一步加强,并向东扩展。最后导致厄尔尼诺的发生。另外,随着热带跨赤道气旋距平环流东移到东太平洋,其间的赤道西风距平气流也东传,使中东太平洋由东风距平气流转为西到西北风(南半球)和西到西南风(北半球)距平气流,即东南信风和东北信风都减弱。同时跨赤道气旋对西侧的经向风距平气流辐合区也东移,它反映西太平洋强对流活动区向东推进, Walker 环流减弱。

在当年冬季(图 4c),西太平洋为一跨赤道反气旋式距平环流对,东太平洋气旋式距平环流对仍维持。赤道印度洋的东风距平气流比夏季更强,并已向东扩展到西太平洋。赤道太平洋中东部的西风距平气流达最强。这是典型的厄尔尼诺高峰期的分布特征。在第二年夏季(图 4d),距平分布有很大变化。印度洋西部由东风距平转为西风距平。热带太平洋地区,西部东风距平大大向东扩展,东部西风距平范围明显缩小。厄尔尼诺已减弱。因此,图 4 清楚地反映了亚、澳冬季风对热带西太平洋西风异常和对流活动异常的重要作用。当然,这些西风异常和对流活动异常也包含了赤道中太平洋增暖反馈的效应。

图 5 为拉尼娜发生前后各季 850 hPa 风场距平的合成图。与图 4 比较,即可看出它们的特征有很大的相似性,只是符号相反。在前一年冬季(图 5a),东亚大陆为气旋式距平环流区,华南和南海盛行东南风距平气流。因此,与厄尔尼诺的情况相反,拉尼娜前一年冬季东亚冬季风是偏弱的。热带西太平洋盛行东风距平气流。在当年夏季(图 5b),赤道印度洋是西风距平,澳大利亚为北风距平,说明印度夏季风偏强,澳洲冬季风和东亚夏季风均偏弱。整个热带太平洋都盛行东风距平气流,有利于拉尼娜发展。到当年冬季(图 5c),出现了典型的拉尼娜高峰期的分布特征。第二年夏季(图 5d),拉尼娜已处于恢复期。

以上分析表明,厄尔尼诺和拉尼娜之间距平演变的过程不仅有很大的相似性,而且还有其密切的联系。在厄尔尼诺发生时期已孕育着拉尼娜产生的条件,而拉尼娜发生时期也已孕育着厄尔尼诺产生的条件,使赤道太平洋暖水期和冷水期交替出现。另外,可以看到,季风系统、信风系统和太平洋海温的低频变化是有其内在联系的,厄尔尼诺和拉尼娜是它们之间相互作用的突出表现。在北半球冬季东亚季风强的年份,若其后 6~8 月印度夏季风偏弱,而同时南半球澳大利亚的冬季风也偏强,热带太平洋将有西风距平形成、加强和东传,信风减弱,有利于厄尔尼诺事件的发生。相反的过程则有利于拉尼娜的产生。

## 5 季风、西风异常与南、北方涛动

Barnett<sup>[13]</sup>分析了 1951~1980 年准全球海平面气压的变化,指出构成南方涛动两个活动中心的正、负气压距平存在自西向东移动的现象。它们最先出现在南亚,移入印度洋后沿南太平洋副热带向东移动,直到太平洋东部。Krishnamurti 等<sup>[14]</sup>对 1961~1976 年期间发生的 4 个厄尔尼诺事件进行分析,证实了南方涛动的正、负气压距平东移现象的存在。并指出这些正、负气压距平并不都源自南亚,有些是来自印度洋南极大陆附近。

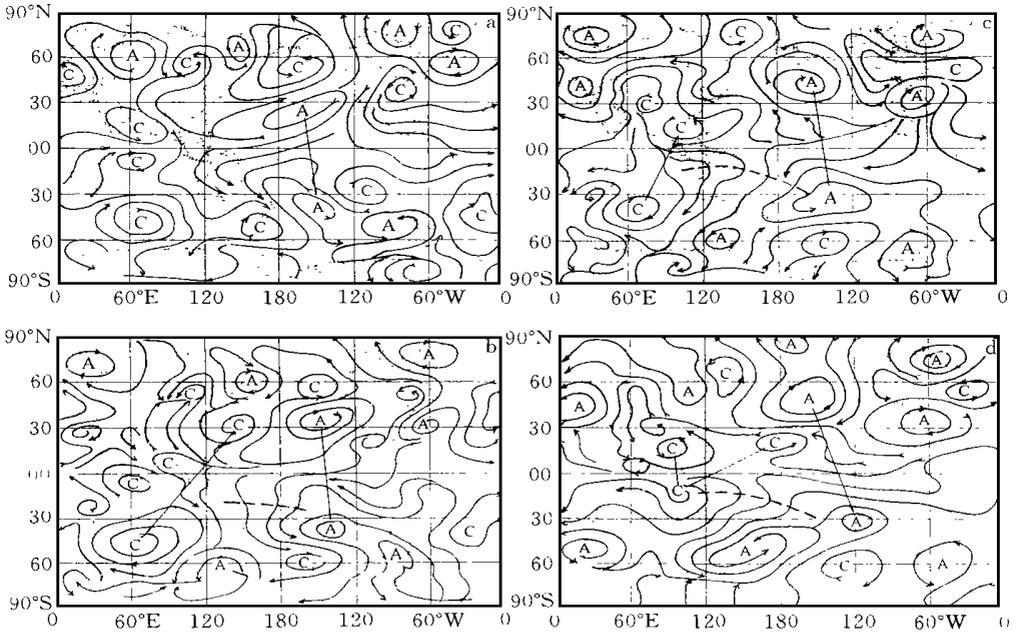


图5 同图4,但为拉尼娜的情况

Yasunari<sup>[15]</sup>综合了1964~1979年期间发生的厄尔尼诺各要素演变的过程,给出ENSO循环各个位相海平面气压距平分布的特征,得到与Barnett和Krishnamurti等同样的结果,但他指出这些自西向东移动的正、负气压距平似乎可追溯到中亚或者欧亚地区。我们也曾用1980年代经过30~60个月带通滤波的全球1000 hPa高度距平资料,计算其与东赤道太平洋海温的时滞相关,分析了ENSO循环与全球大气环流的关系<sup>[9]</sup>,发现不仅在南太平洋而且在北太平洋也存在正、负气压距平自西向东移动的过程。这正、负气压距平是北方涛动的组成部分。并指出南、北太平洋气压距平的变化有很强的对称性。北太平洋正、负气压距平的源地可追溯到亚洲大陆中高纬度地区。南太平洋的源地可追溯到南印度洋中高纬度地区。

南、北方涛动是南、北太平洋东西向的海平面气压反相振荡的现象<sup>[16,17]</sup>。下面用经过谐波分析和带通滤波的全球1000 hPa高度场距平资料来描写南、北方涛动时空变化及其与季风和西风异常,以及厄尔尼诺和拉尼娜的联系。我们作出了1981~1988年逐年各季高度距平的平均图。像天气图一样,从中可以清楚地看出南、北方涛动各活动中心移动和演变的情况。由于篇幅限制,这里只给出1981~1984年期间一些季的演变作为例子加以描述(见图6)。从1981年春到1984年秋,正、负高度距平中心均绕北太平洋逆时针走了一圈。经历了北方涛动正位相(1981年春季) 北太平洋涛动负位相(1982年春季) 北方涛动负位相(1982年秋季) 北太平洋涛动正位相(1983年秋季) 北方涛动正位相(1984年秋季),完成一次循环,历时近 $4a$ 。这说明北方涛动和北太平洋涛动都有 $3\sim 5a$ 时间尺度的变化,并且它们之间相互联系、相互转换,分别属于一个过程中的不同位相或阶段。南印度洋至南太平洋,从1981年春到1984年秋的近 $4a$ 期间,正、负高度距平中心也经历了

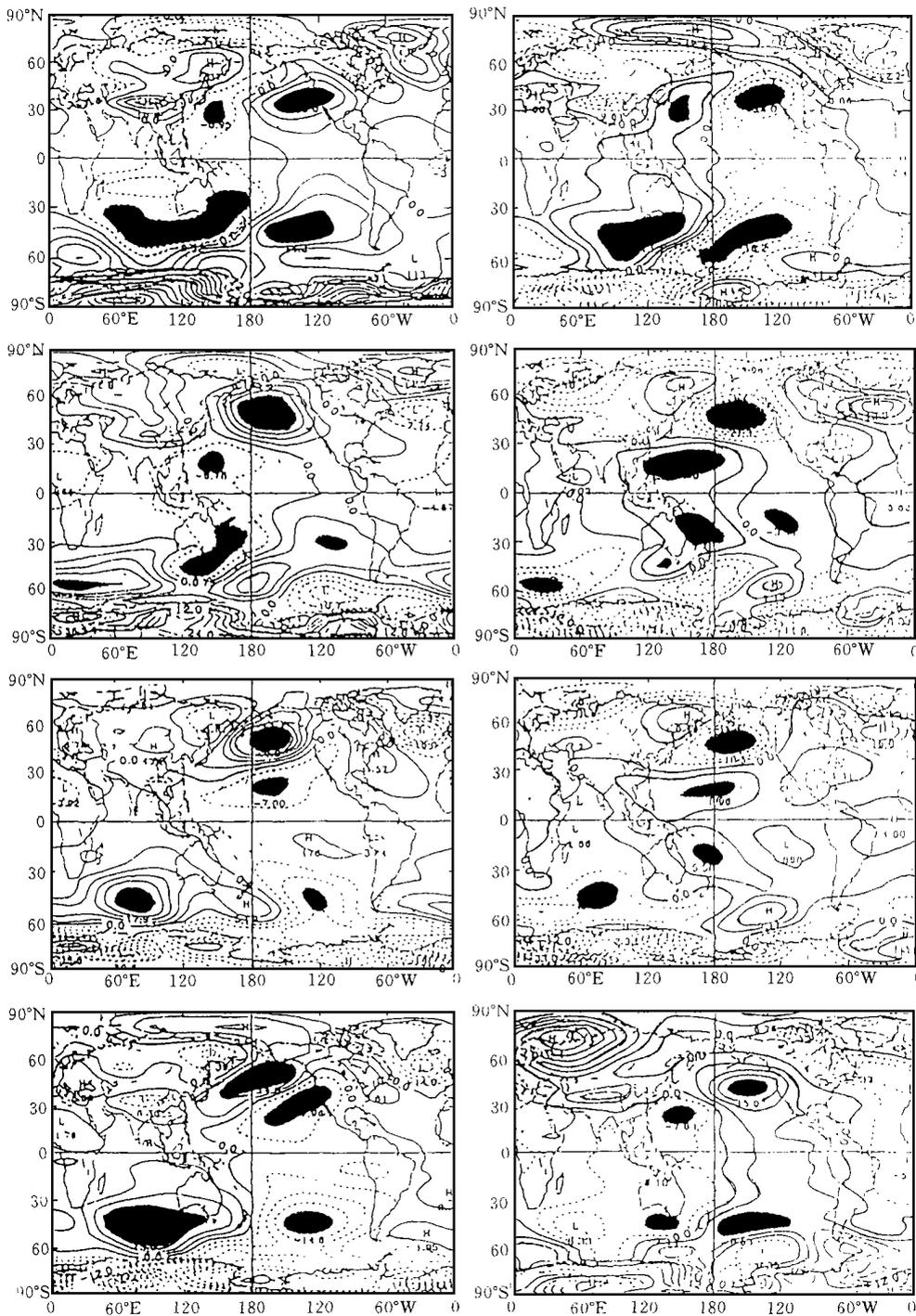


图 6 1981~1984 年 1000 hPa 高度季距平场的演变

(等值线间隔为 3gpm)

南方涛动正位相(1981年春季) 南方涛动负位相(1982年秋季) 南方涛动正位相(1984年秋季)的一次循环过程。

另外,可以清楚地看到,南、北太平洋高度距平中心沿副热带自西向东移动有很强的对称性。1981年春季,南、北方涛动均处于正位相。西太平洋赤道南北各为负中心,相当于跨赤道气旋对。东太平洋赤道南北各为正中心,相当于跨赤道反气旋对。西太平洋的一对负中心不断东移。到1982年秋季,负中心移到东太平洋,西太平洋为一对新移来的正中心占据,南、北方涛动均处于负位相。在1984年秋季,随着西太平洋一对正中心移到东太平洋,南、北方涛动又都返回到正位相。根据逐月的高度距平演变图(图略),北太平洋正、负距平的源地可追溯到亚洲大陆中部和北印度洋。南太平洋的正、负距平可追溯到南印度洋中高纬度地区。因此,印度洋和热带太平洋地区存在一对对相对于赤道南、北半球对称的正、负气压距平中心自西向东移动的过程。当负(正)距平对东移时,伴随有异常西风(东风)和强(弱)对流活动沿赤道自西向东传播,促使太平洋特别是赤道东太平洋信风减弱(加强)。通过海-气相互作用,导致厄尔尼诺(拉尼娜)事件发生。

以上结果说明,厄尔尼诺和拉尼娜的交替出现及其与亚洲和澳大利亚冬季风的联系同以3~5a振荡为特征的南、北方涛动的正、负气压距平中心自西向东移动的过程有关。它们分别自源地移入印度洋和西太平洋后,沿南、北太平洋副热带向东传播。在传播的过程中,形成了如图7所示的亚洲和澳大利亚季风、西风异常、信风、厄尔尼诺和拉尼娜等现象之间的关系。即前1年冬季,东亚冬季风异常加强,赤道西太平洋西风爆发,但此时东太平洋信风仍较强,ENSO循环处于从拉尼娜向厄尔尼诺的过渡期。当年夏季,澳大利亚冬季风异常加

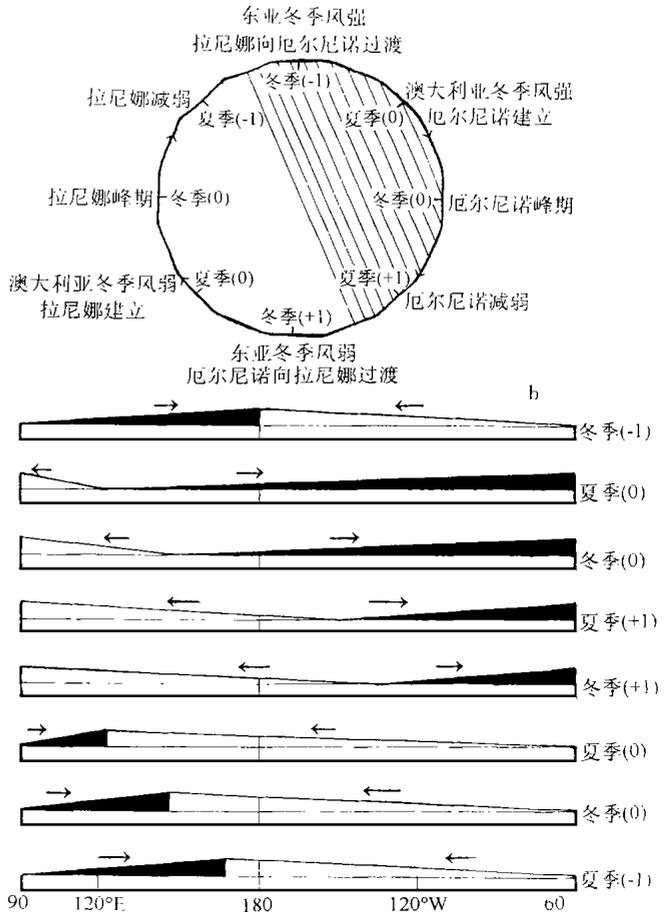


图7 亚、澳冬季风,赤道太平洋西风和信风异常与 ENSO 循环联系的示意图

- (a. 亚、澳冬季风与 ENSO 3~5a 振荡各位相的联系;
- b. 表示各位相赤道太平洋西风和信风异常的分布及其向东传播的特征。阴影(空白)区为西(东)风区,箭头 ( )表示西(东)风)

强, 西太平洋西风进一步加强并向东传播, 整个赤道太平洋信风减弱, 厄尔尼诺建立, 此时印度洋盛行东风距平气流, 所以印度夏季风偏弱。当年冬季, 赤道太平洋中、东部的西风距平气流达最强, 厄尔尼诺发展到峰期。但此时赤道印度洋的东风距平向东扩展到了西太平洋, 已孕育着厄尔尼诺减弱的条件。后 1 年夏季, 赤道太平洋西部东风距平进一步东扩, 东西部西风距平范围明显缩小, 厄尔尼诺减弱。拉尼娜的过程相似, 但符号相反。

## 6 结论和讨论

从以上讨论, 可以得到如下几点结论:

(1) 西太平洋暖池地区的西风(东风)异常与东亚强(弱)冬季风活动有密切关系。但东亚冬季风引发的西风(东风)异常的频数比厄尔尼诺(拉尼娜)事件要多得多, 并不是所有西风(东风)异常都伴随有厄尔尼诺(拉尼娜)产生, 而是只有西风(东风)异常在西太平洋形成后继续加强并向东传播的过程, 才能产生厄尔尼诺(拉尼娜)。

(2) 西太平洋西风(东风)异常的加强和东传与澳大利亚冬季风的异常加强(减弱)有密切关系。这支强化(减弱)的来自澳大利亚冷高压的东南(偏北)风距平气流越过赤道后转成西南(偏东)风距平气流加入西太平洋, 使这里的西风(东风)异常进一步加强并向东伸展, 促使东太平洋信风异常减弱(加强), 通过海-气相互作用, 导致厄尔尼诺(拉尼娜)的形成。

(3) 亚洲和澳大利亚冬季风的活动, 热带西太平洋西风异常的形成和东传, 信风的变化, 以及厄尔尼诺和拉尼娜的交替出现等现象是有其内在联系的, 它们之间联系的一个重要环节就是以 3~5a 振荡为特征的南、北方涛动的传播波过程。南、北方涛动的正、负气压距平中心在自西向东移动的过程中形成了这些现象的上述关系。

根据上述结果, 我们认为, 单靠前冬东亚强(弱)冬季风尚不足以引起厄尔尼诺(拉尼娜)的生成, 还必须在当年夏季接着有澳大利亚强(弱)冬季风的持续作用, 才能产生厄尔尼诺(拉尼娜)。然而, 应该说明的是, ENSO 的成因是多方面的, 这里我们探讨的只是热带外的亚、澳季风引起赤道西太平洋西风爆发和强对流活动的作用。最近李崇银的研究指出<sup>[18]</sup>, 它们将分别激发出海洋 Kelvin 波和大气季内振荡的异常, 通过海-气相互作用, 可导致 El Nino 的发生。另外, 实际上 ENSO 循环是海-气耦合双向作用的产物, 海洋热力状况的变化, 反过来也会改变西风和对流活动的强度。并且在不同发展阶段, 大气和海洋具有不同的重要性。因此, 这是一个非常复杂的过程。关于季风在 ENSO 循环动力学中的作用目前还不清楚, 尚有待进一步深入研究。

## 参考文献

- 1 Wyrтки K. El Nino—the dynamic response of the equatorial Pacific Ocean to atmospheric forcing. *J Phys Oceanogr*, 1975, 5: 572–584
- 2 Rasmusson E M, Carpenter T H. Variations in tropical sea surface temperature and surface wind fields associated with the Southern Oscillation/El Nino. *Mon Wea Rev*, 1982, 110: 354–384
- 3 Keen R A. The role of cross-equatorial tropical cyclone pairs in the Southern Oscillation. *Mon Wea Rev*, 1982, 110: 1405–1416
- 4 Nitta Ts. Development of a twin cyclone and westerly bursts during the initial phase of the 1986–87 El Nino. *J Meteor Soc, Japan*, 1989, 67: 677–681

- 5 李崇银. 频繁的强大亚大槽与 El Nino 的发生. 中国科学(B辑), 1988, 6: 667 ~ 674
- 6 黄荣辉, 傅云飞. 关于 ENSO 循环动力学研究的若干进展与问题. 见: 灾害性气候的过程及诊断. 北京: 气象出版社, 1996. 172 ~ 188
- 7 Nakazawa T. Tropical super-clusters under intra- seasonal variation. Meteor Rea Report, Japan-US Workshop on the El Nino- Southern Oscillation Phenomenon, Japan, 1987, Nov 3- 7
- 8 Lau K M, Sui C H. Mechanisms of westerly wind bursts over the western Pacific warm pool- a crucial linkage of the Monsoon-ENSO system. International Workshop on the Climate System of Monsoon Asia. Kyoto International Community House, Kyoto, Japan, 1996, 271- 274
- 9 Chen Lieting, Fan Zhen. The Southern Oscillation/ Northern Oscillation cycle associated with sea surface temperature in the equatorial Pacific. Adv Atmos Sci, 1993, 10(3): 353- 364
- 10 吴仁广, 陈烈庭. 1980 ~ 1989 年全球 1000 hPa 高度距平 3 ~ 5 年尺度演变. 大气科学, 1995, 19(5): 575 ~ 585
- 11 吕建华, 陈烈庭. 80 年代发展和夭折的 ENSO 事件热带海气系统及大尺度背景场的对比分析. 见: 灾害性气候的过程及诊断. 北京: 气象出版社, 1996. 189 ~ 195
- 12 ENSO 监测小组. 厄尔尼诺事件的划分标准和指数. 气象, 1989, 15(3): 37 ~ 38
- 13 Barnett T P. Variations in near-g lobal sea level pressure. J Atmos Sci, 1985, 42: 478- 501
- 14 Krishnamurti T N, Chu S H, Iglesias W. On the sea level pressure of the Southern Oscillation. Arch Meteor Geoph Biocl(A), 1986, 34: 385- 425
- 15 Yasunari T. Global structure of El Nino/Southern Oscillation. Part : Time evolution. J Meteor Soc, Japan, 1987, 65: 81- 102
- 16 陈烈庭, 詹志强. 北太平洋东西部气压距平的遥相关. 科学通报, 1984, 29(8): 481 ~ 483
- 17 Walker G T, Bliss E W. World weather IV. Mem Roy Meteor Soc, 1932, 3: 81- 95
- 18 李崇银, 穆明权. 异常东亚冬季风激发 ENSO 的数值模拟研究. 大气科学, 1998, 22(4): 481 ~ 490

## ENSO CYCLE ASSOCIATED WITH ASIAN/ AUSTRALIAN MONSOON AND SOUTHERN/ NORTHERN OSCILLATION

Chen Lieting

*(Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100029)*

Wu Renguang

*(Department of Meteorology, University of Hawaii at Manoa, Honolulu, Hawaii 96822)*

### Abstract

In this paper, in order to investigate the causes for the formation of ENSO Cycle, we first examine the relationship of El Nino and La Nina events with the westerly wind anomalies over the western Pacific warm pool. On this basis, the roles of the Asian and Australian winter monsoons in the formation and progress of the westerly wind anomalies are studied. Finally, we analyze the associations of the Asian and Australian winter monsoons, the westerly wind anomalies and the El Nino and La Nina alternations with the propagating anomalies of the Southern and Northern Oscillation.

**Key words:** ENSO Cycle, Asian/ Australian Monsoon, Southern/ Northern Oscillation.