

# 南北半球副热带高压对赤道东太平洋海温变化的响应\*

龚道溢 王绍武

(北京大学地球物理系, 北京 100871)

**摘要** 本文利用1974年1月到1996年12月重分析 (NOAA NCEP-NCAR CDAS-1) 全球500 hPa 位势高度场资料, 及同期赤道太平洋各海区 SST 资料, 研究了南北半球副热带高压的变化特征及其对赤道东太平洋 SST 变化的响应. 结果表明, 全球副热带高压的变化及对 SST 的响应, 在南北两个半球有很好的一致性. 全球副热带高压强度的变化与超前3个月 SST 的正相关最为显著. 对 SST 响应最强烈的区域主要在南北纬30°之间的低纬, 低纬地区局地 SST 对副热带高压也有强烈的影响. 从10°到30°纬度, 对 SST 的响应分别落后于赤道2~9个月. 在中、高纬大气环流的响应表现为波列特征, 对暖 SST 及冷 SST 的响应波列基本相反, 但对暖 SST 的响应更为显著. 海温和副热带高压的月际持续性有明显的季节变化, 副热带高压9~10月的相关障碍可能与 NinõC 区 SST 8~9月的相关障碍低点有关.

**关键词** 南北半球 副热带高压 赤道东太平洋海温

## 1 引言

60年代, Bjerknes<sup>[1,2]</sup>首先注意到赤道太平洋地区海水表面温度 (SST) 的变化, 与低纬大气环流间有很密切的关系, 而且赤道东太平洋地区 SST 的异常不仅通过 Walker 环流对低纬大气环流产生影响, 还通过 Hadley 环流对北半球中高纬的大气环流产生影响. Bjerknes 认为, SST 偏高时, Hadley 环流的上升支和下沉支都加强, 北半球副热带高压和中纬西风也随之加强, 同时副热带高压的轴线更偏向赤道<sup>[3]</sup>. 反之, SST 偏低时, 北半球副热带高压和中纬西风将减弱. Horel 和 Wallace<sup>[4]</sup>则提出赤道东太平洋 SST 的异常, 可通过大气波列的方式影响北半球行星尺度大气环流型式, Karoly<sup>[5]</sup>则把这种关系进一步推广到南半球. 80年代以来, 大量的研究显示 ENSO 具有全球范围的影响<sup>[6]</sup>, 许多地区的气温、降水等天气、气候要素的

本文于1997-07-02收到, 修改稿于1997-10-07收到.

\* 国家自然科学基金资助重点项目 (编号: 49635190).

第一作者简介: 龚道溢, 男, 29岁, 博士后, 从事气候学研究.

变化与赤道东太平洋地区 SST 有着密切联系. 但是, 关系最显著、信号最清晰的主要还是低纬地区<sup>[7]</sup>, 而副热带高压作为低纬最重要的环流系统, 在 SST 的异常与区域天气、气候的变化联系机制中, 是关键环节之一. 因此, 副热带高压对赤道东太平洋 SST 变化的响应规律如何, 尤其引起人们的重视. 陈烈庭<sup>[8]</sup>探讨了北太平洋副热带高压与赤道太平洋海温相互作用的可能机制, 臧恒范和王绍武<sup>[9]</sup>研究了北半球低纬 500 hPa 高度及西太平洋副热带高压强度、面积、西伸脊点、北界、脊线等指标与赤道东太平洋地区 SST 的关系; 向元珍和包澄澜<sup>[10]</sup>讨论了北半球大气环流对 SST 异常响应的传播特点.

由于缺少南半球的系统性资料, 以前的研究多限于考虑 SST 对北半球副热带高压的影响, 尤其是对北太平洋副热带高压的影响, 而热带太平洋海温对南半球副热带高压的影响则研究得很少. 南半球副热带高压与赤道东太平洋地区 SST 关系如何? 做为一个整体, 全球副热带高压对赤道东太平洋 SST 变化的响应又如何? 本文将对此进行分析.

## 2 资料与方法

热带太平洋海温资料包括 CPC 公布的 Niño 1+2 ( $0^{\circ}\sim 10^{\circ}\text{S}$ ,  $90^{\circ}\sim 80^{\circ}\text{W}$ )、Niño 3 ( $5^{\circ}\text{N}\sim 5^{\circ}\text{S}$ ,  $150^{\circ}\sim 90^{\circ}\text{W}$ )、Niño 4 ( $5^{\circ}\text{N}\sim 5^{\circ}\text{S}$ ,  $160^{\circ}\text{E}\sim 150^{\circ}\text{W}$ )、Niño 3.4 ( $5^{\circ}\text{N}\sim 5^{\circ}\text{S}$ ,  $170^{\circ}\sim 120^{\circ}\text{W}$ ) 区海温和 Niño C ( $0^{\circ}\sim 10^{\circ}\text{S}$ ,  $180^{\circ}\sim 90^{\circ}\text{W}$ ) 海温, 使用多种海温对比可以判断对副热带高压影响最显著的海区. 全球 500 hPa 高度场资料为最新的重分析资料 (NOAA NCEP-NCAR CDAS-1), 取  $10^{\circ}$  经度  $\times 5^{\circ}$  纬度格式, 许多研究已经指出, 重分析资料的可靠性是有保证的<sup>[11,12]</sup>. 海温资料和 500 hPa 高度场资料取统一的时间, 从 1974 年 1 月到 1996 年 12 月.

首先定义副热带高压强度指数来表征副热带高压的强弱: 在给定区域里, 所有 500 hPa 位势高度 ( $\times 9.806 \text{ J/kg}$ ) 超过  $57\,270.8 \text{ J/kg}^1$  的格点, 与  $57\,270.8 \text{ J/kg}$  差值除 98 的累加和. 即如果格点 500 hPa 位势高度等于  $57\,368.9 \text{ J/kg}^2$ , 则加 1,  $57\,466.9 \text{ J/kg}^3$ , 则加 2, 其余以此类推. 取  $57\,270.8 \text{ J/kg}$  作为标准是考虑到如果标准太低, 月份之间差别不大, 反映不出月、季和年际变化; 如果标准取得太高则许多月份值为 0, 失去了定义的意义. 为了区别出各地区对海温响应的可能差异, 考虑到多年平均副热带高压的中心位置, 分别对以下区域进行定义和统计: (1)  $I_{NA}$ :  $10^{\circ}\sim 50^{\circ}\text{N}$ ,  $110^{\circ}\text{W}\sim 60^{\circ}\text{E}$ ; (2)  $I_{NP}$ :  $10^{\circ}\sim 50^{\circ}\text{N}$ ,  $70^{\circ}\text{E}\sim 120^{\circ}\text{W}$ ; (3)  $I_{SA}$ :  $10^{\circ}\sim 50^{\circ}\text{S}$ ,  $80^{\circ}\text{W}\sim 70^{\circ}\text{E}$ ; (4)  $I_{SP}$ :  $10^{\circ}\sim 50^{\circ}\text{S}$ ,  $80^{\circ}\text{E}\sim 90^{\circ}\text{W}$ ; (5)  $I_n$ :  $10^{\circ}\sim 50^{\circ}\text{N}$ ; (6)  $I_s$ :  $10^{\circ}\sim 50^{\circ}\text{S}$ ; (7)  $I_g$ :  $50^{\circ}\text{N}\sim 50^{\circ}\text{S}$ .

$I_{NA}$  代表北大西洋副热带高压强度,  $I_{NP}$  代表北太平洋副热带高压强度,  $I_{SA}$  代表南大西洋副热带高压强度,  $I_{SP}$  代表南太平洋副热带高压强度,  $I_n$  代表北半球副热带高压强度,  $I_s$  代表南半球副热带高压强度,  $I_g$  代表全球副热带高压强度. 国家气候中心曾定义了西太平洋副热带高压强度指数, 经度范围为  $110^{\circ}\text{E}\sim 180^{\circ}$ , 标准取  $57\,663.1 \text{ J/kg}^4$ . 西太平洋副热带高压强度指数与  $I_{NP}$  的关系也较好, 二者距平的相关系数达 0.77.

由于南北半球季节的差异, 用各月副热带高压强度距平来做为强度指数, 就会存在南北

1)  $57\,270.8 \text{ J/kg} = 5\,840 \text{ gpm}$ ;

2)  $57\,368.9 \text{ J/kg} = 5\,850 \text{ gpm}$ ;

3)  $57\,466.9 \text{ J/kg} = 5\,860 \text{ gpm}$ ;

4)  $57\,663.1 \text{ J/kg} = 5\,880 \text{ gpm}$ .

半球指数间的季节差异, 如果用各月副热带高压强度标准化值来作为强度指数, 则可消除这种季节差异造成的指数间的时滞假象. 例如用距平代表的  $I_n$  与  $I_s$  之间的同时相关系数为 0.79, 而用标准化值代表的  $I_n$  与  $I_s$  之间的同时相关系数则提高到 0.90. 可见, 经过各月标准化处理的副热带高压强度指数的更具有代表性. 因此本文将使用经过各月标准化处理的副热带高压强度指数.

表1 各区域副热带高压强度指数之间同时相关系数

	$I_{NA}$	$I_{NP}$	$I_{SA}$	$I_{SP}$	$I_n$	$I_s$	$I_g$
$I_{NA}$	1.00	0.85	0.82	0.82	0.96	0.85	0.93
$I_{NP}$	0.85	1.00	0.82	0.87	0.97	0.88	0.94
$I_{SA}$	0.82	0.82	1.00	0.86	0.86	0.97	0.92
$I_{SP}$	0.82	0.87	0.86	1.00	0.88	0.96	0.94
$I_n$	0.96	0.97	0.86	0.88	1.00	0.90	0.97
$I_s$	0.85	0.88	0.97	0.96	0.90	1.00	0.96
$I_g$	0.93	0.94	0.92	0.94	0.97	0.96	1.00

### 3 赤道东太平洋海温对南北半球副热带高压的影响

全球副热带高压强度指数  $I_g$ 、北半球副热带高压强度指数  $I_n$  和南半球副热带高压强度指数  $I_s$  变化过程见图1. 图中可以看到, 全球及南北半球副热带高压强度变化的趋势、极大值、极小值、转折点等都非常接近, 特别是几次强的 ENSO 事件时期, 表现非常突出. 北半球副热带高压强度指数  $I_n$  与南半球副热带高压强度指数  $I_s$  间同时相关系数达 0.90, 二者与全球副热带高压强度指数  $I_g$  相关分别为 0.97 和 0.96. 各区域副热带高压强度指数都是同时相关系数

最大, 即没有发现有地区间的超前、落后现象. 因此, 可以得到结论: 从月平均来看, 南北半球以及不同经度副热带高压的变化基本可以认为是同时发生的.

为了讨论副热带高压变化与 SST 关系, 这里共选用了 5 个常用的赤道东太平洋海温指数与各副热带高压指数计算相关系数 (见表 2), 发现南半球副热带高压与 SST 的关系甚至还略高于北半球. 这充分证明赤道东太平洋 SST 不仅影响 Walker 环流, 也影响太平洋的经向环流, Wang<sup>[13]</sup> 曾用南、北太平洋低纬 ( $10^\circ$ ) 和中纬 ( $30^\circ$ ) 几个区域地面经向风定义经向环流指数 ( $I_m$ ), 研究了  $I_m$  与赤道东太平洋 SST 及 Walker 环流

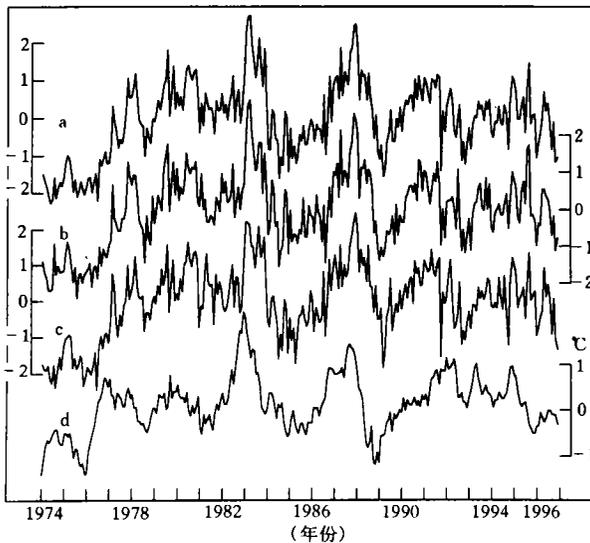


图1 副热带高压强度指数与海温变化

- a. 全球副热带高压强度指数  $I_g$ . b. 南半球副热带高压强度指数  $I_s$ .  
c. 北半球副热带高压强度指数  $I_n$ . d. NiñoC区 SST

指数  $I_w$  的关系,发现  $I_w$  和  $I_m$  都与 SST 有密切关系, Karoly<sup>[5]</sup>也指出赤道太平洋出现暖事件时,赤道到20°S左右和赤道到20°N左右的热带太平洋500 hPa 高度会同时出现正距平,南北大致对称.

从整体来看,南、北半球和全球副热带高压强度与 NiñoC 区 SST 相关最高,但大都有3个月的落后.由于  $I_g$  与 NiñoC 区 SST 是所有相关系数中最高的,所以又作了  $I_g$  与 NiñoC 区 SST 交叉谱分析.图2是交叉谱分析的凝聚谱值和位相差,从达95%信度水平的46个月左右周期的位相看,上述相关分析中的 SST 的数月超前关系是显著的.但从纬圈平均来看,从赤道到南北约30°,有一个传播的过程.图3是南北半球低纬沿纬圈平均500 hPa 高度距平

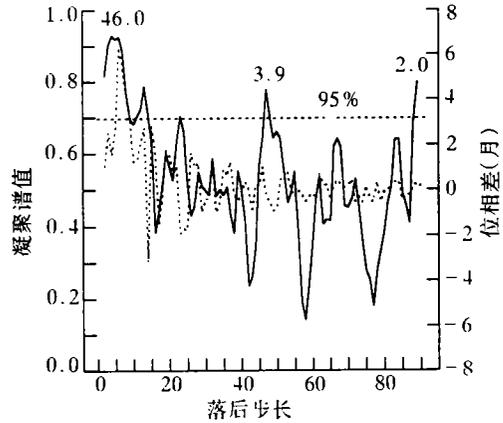


图2  $I_g$  和 NiñoC 区 SST 交叉谱分析  
左纵坐标及实线为凝聚谱值 右纵坐标及点线为位相差 位相差正值代表 SST 超前  $I_g$

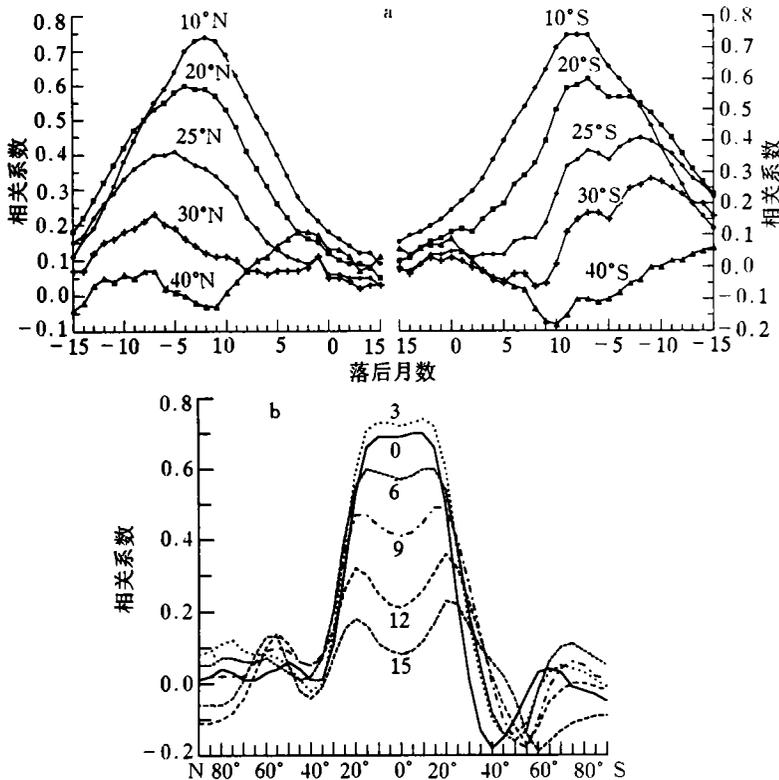


图3 全球纬圈平均500 hPa 距平与 NiñoC 区 SST 的交叉落后相关系数

- a. 左为北半球 右为南半球,横坐标为落后月数,负号代表 SST 超前,正号代表 SST 落后
- b. 横坐标为纬度,图中数字为 SST 超前月数

与 NiñoC 区 SST 的交叉落后相关. 从 $10^{\circ}\text{S}$  到 $30^{\circ}\text{S}$ , 相关系数逐渐降低, 这表明副热带高压受 NiñoC 区 SST 影响在逐渐减弱, 最大相关系数在 $10^{\circ}\text{S}$  为 0.74, 到 $30^{\circ}\text{S}$  仅为 0.28,  $10^{\circ}\text{N}$  为 0.74,  $30^{\circ}\text{N}$  为 0.23. 随时间推移, SST 对 500 hPa 高度的影响逐渐向南北两个副热带传播. NiñoC 区 SST 与纬圈平均 500 hPa 高度距平的最大相关系数,  $10^{\circ}\text{S}$  出现在 500 hPa 高度落后 2 个月,  $15^{\circ}\text{S}$  为 3 个月, 到 $30^{\circ}\text{S}$  则是落后 9 个月.  $10^{\circ}\text{N}$  出现在 500 hPa 高度落后 2 个月,  $20^{\circ}\text{N}$  落后 4 个月,  $25^{\circ}\text{N}$  为 5 个月,  $30^{\circ}\text{N}$  落后 7 个月. 但是, 最显著的传播主要集中于南北 $20^{\circ}$  之间, 图 3b 中赤道附近的两个相关峰值, 随落后时间的推移逐渐向副热带传播, 但不超出南北 $20^{\circ}$ , 而在图 3a 上 $30^{\circ}\sim 40^{\circ}$  纬度表现出的相关系数的高值, 与落后 3 到 12 个月 $30^{\circ}\sim 40^{\circ}$  纬度的相关系数都在上升有关, 并非低纬相关高值传播所形成.

表2 副热带高压强度指数与海表温度的相关系数

	Niño1+2			Niño3			Niño4			Niño3.4			NiñoC		
	$r_0$	滞后	$r_{\max}$	$r_0$	滞后	$r_{\max}$	$r_0$	滞后	$r_{\max}$	$r_0$	滞后	$r_{\max}$	$r_0$	滞后	$r_{\max}$
$I_{NA}$	0.29	3	0.37	0.39	3	0.51	0.56	4	0.64	0.51	3	0.61	0.51	3	0.60
$I_{NP}$	0.39	2	0.46	0.47	3	0.56	0.51	4	0.64	0.51	4	0.63	0.57	3	0.65
$I_{SA}$	0.37	2	0.45	0.46	3	0.57	0.55	3	0.64	0.53	3	0.64	0.57	3	0.66
$I_{SP}$	0.37	2	0.45	0.48	3	0.58	0.57	3	0.66	0.54	3	0.65	0.60	3	0.68
$I_n$	0.36	3	0.43	0.46	3	0.57	0.56	4	0.67	0.53	4	0.65	0.57	3	0.65
$I_s$	0.38	2	0.47	0.48	3	0.60	0.58	3	0.67	0.55	3	0.67	0.60	3	0.69
$I_g$	0.37	2	0.41	0.47	3	0.62	0.61	4	0.69	0.59	3	0.69	0.62	3	0.70

$r_0$ 为同时相关系数,  $r_{\max}$ 为最大相关系数.

不过, 从表2也可以看出, 虽然大部 SST 指数超前副热带高压3个月相关系数最大, 但中太平洋 SST 对副热带高压的影响, 有比东太平洋早的趋势, 偏早约1~2个月. 最近20多年来, 发生的 El Niño 与 La Niña 事件都是以第2类居多, 即海温的异常首先出现在中太平洋, 然后向东太平洋传播. 因此, 副热带高压对不同海区 SST 响应时间上的差异, 可能就与近来第2类 El Niño 和第2类 La Niña 事件居多有关.

#### 4 赤道东太平洋海温对南北半球中高纬大气环流的影响

为了研究赤道东太平洋海温异常对中高纬大气环流的影响, 计算了 NiñoC 区 SST 与同时到落后15个月全球 500 hPa 高度场的相关系数. 发现两个最突出的特点: 一是低纬显著正相关区, 在南北 $30^{\circ}$  纬度之间直到高度场落后12个月仍很明显, 而且正相关区范围随落后时间的增加无明显变化, 直到13个月以后连续的正相关区才显著缩小为多个减弱的中心. 另一个特点是环太平洋地区有明显的波列伸向中高纬度. 图4给出同时及高度场落后3个月的相关系数分布图. 可以很明显地看出上述两个特点. 为了对第一个特点作进一步分析, 图5a 给出太平洋所在半球 ( $110^{\circ}\text{E}\sim 70^{\circ}\text{W}$ ) 各纬圈平均高度的同时至落后15个月相关系数. 图5a 有一个明显的特征, 尽管从相关峰值的大小来看, 高度场落后 SST 三个月相关系数最大, 但正相关的峰值至落后15个月时仍未超出南北纬 $20^{\circ}$  左右的范围. 这就是说, 至少在太平洋地区, 上节所指出

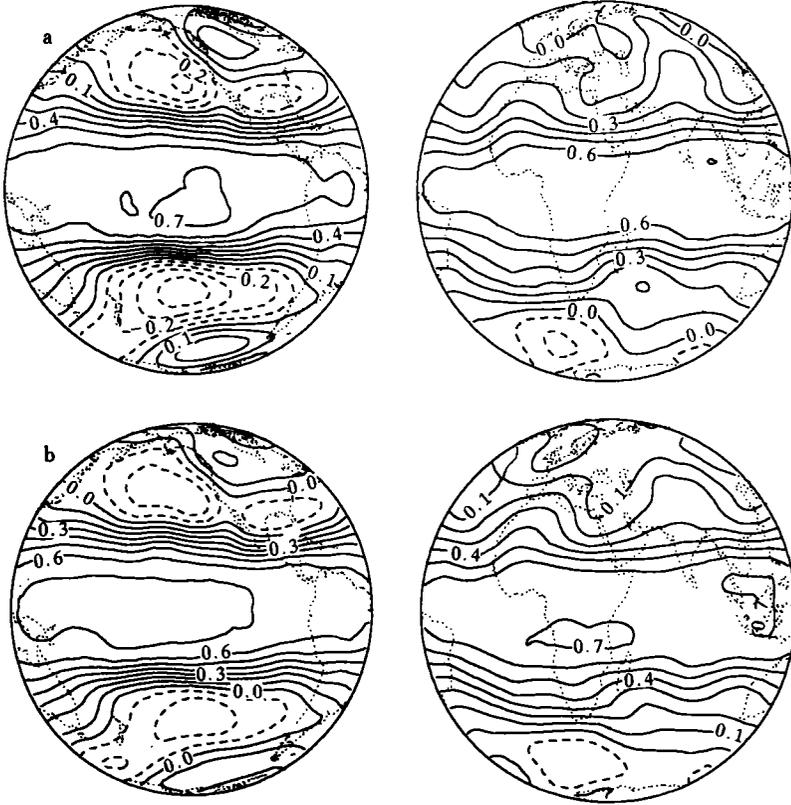


图4 NiñoC 区 SST 与 (a) 同时及 (b) 落后3个月500 hPa 高度距平的相关系数

的 SST 的影响向副热带的传播受到了限制. 分析表明这可能与太平洋区域 SST 的变化有关. 图5b 给出 NiñoC 区 SST 及各纬度太平洋 SST 同时至落后15个月的相关, 可见图形与图5a 十分相似. NiñoC 区 SST 与各纬度 SST 相关的峰值亦未超出南北纬 $20^{\circ}$ . 这说明赤道东太平洋 SST 对副热带高压的影响有可能是通过 SST 的传播再对500 hPa 高度产生局地影响.

另外, 在图4中中高纬两个半球的正负相关中心都是相间分布, 表现为显著的波列特征. 北太平洋及北美地区为 PNA 型. 南半球在新西兰东北洋面是一个相关负中心, 别林斯高晋海为一正中心, 在南非与南极大陆之间的洋面为另一负中心, 南半球的这种波列分布与 PNA 型很相似, 而且波列的分布主要是在太平洋所在半球. 对流层中高层对赤道东太平洋 SST 变化响应的波列特征, Karoly<sup>[5]</sup>曾在 Horel 和 Wallace<sup>[4]</sup>的基础上给出了一个示意图, 不过 Karoly 的主要依据是1972~1983年中的3次暖事件500 hPa 高度季节距平合成分析. 为进行检验和对比, 我们作了5个冬季和夏季500 hPa 高度距平合成图, 5个北半球冬季分别是1976/1977年、1982/1983年、1986/1987年、1991/1992年和1994/1995年, 5个北半球夏季分别是1976、1983、1987、1991、1993年, 结果见图6. 北半球夏季, 北太平洋的负距平中心比 Karoly 的更偏北; 太平洋低纬地区南北半球也没有两个对称的正距平中心; 南半球中高纬的波列除了南美南部没有负值中心外, 大致与 Karoly 一致. 北半球冬季, 北半球的 PNA 型非常一致, 稍有不同

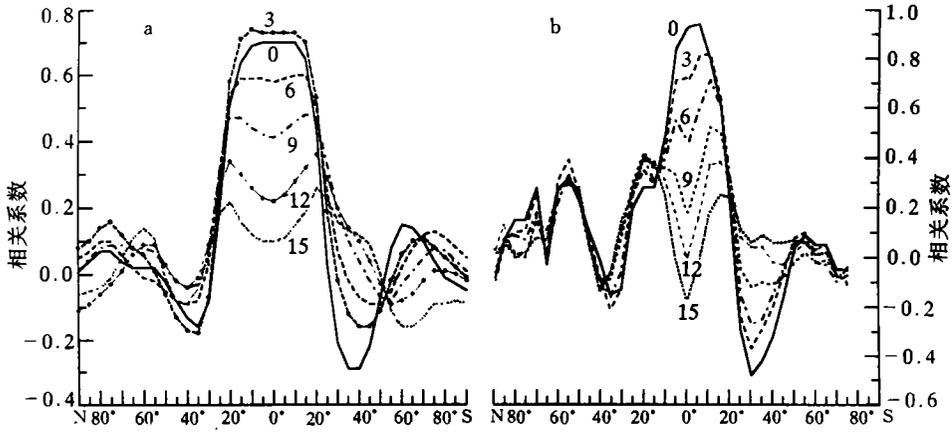


图5 NiñoC 区 SST 与太平洋纬圈平均500 hPa 高度 (a) 及 SST (b) 的相关系数  
图中数字代表 NiñoC 区 SST 超前月数

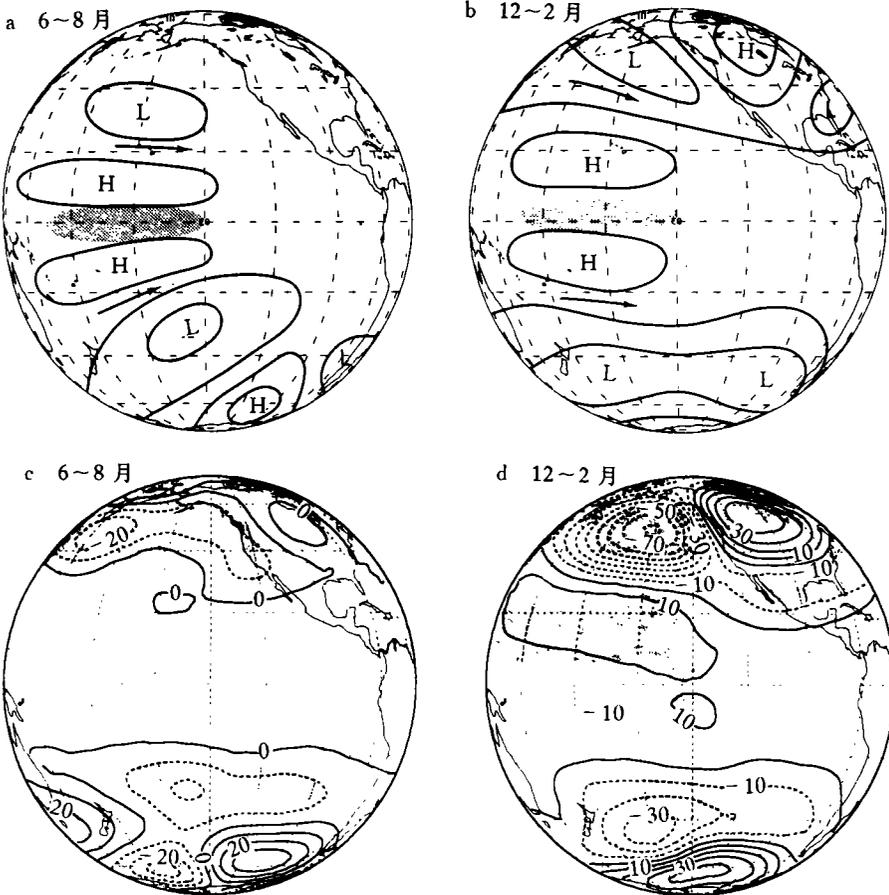


图6 500 hPa 高度距平合成图  
a、b. 取自 Karoly 的示意图 c、d. 中阴影区为  $t$  检验达95%信度显著区

的是阿留申地区的负距平中心比加拿大西部正距平更强；低纬的两个正距平中心中，北半球的中心也要强于南半球；南半球中高纬的波列仍然稳定清晰，而在 Karoly 的示意图中，主体是负的距平，正距平非常弱。取5个冷 SST 的夏季和冬季作合成分析，结果基本与暖 SST 时相反，而且强度较暖 SST 时弱。因此总体来看，南北半球中高纬都存在对赤道东太平洋 SST 变化的波列响应，而且波列的形式相似；波列的季节差异北半球大于南半球，12~2月大于6~8月，暖事件强于冷事件。

## 5 副热带高压与赤道东太平洋海温异常季节变化的相关障碍

许多研究工作指出，不管是观测资料的分析还是数值模式的模拟结果，热带大气与海洋都存在一个春季“预报障碍”，即低纬地区环流指标和 SST 的持续性在3~5月份显著下降<sup>[13,14]</sup>。而北半球及西太平洋副热带高压的持续则在秋季（9~10月）存在“障碍”<sup>[16]</sup>。既然 SST 与全球副热带高压强度有很密切的关系，那么二者的持续性为什么不同呢？

Torrence 和 Webster 最近的工作指出<sup>[14]</sup>，SST 的持续性在不同的海区是不一样的，持续性的最低值的出现在时间上也是有差别的。因此，我们计算了 SOI 和各海区 SST 相邻月间的相关系数（图7b），发现各海区间差别很大。一个特点是各海区相关系数变化幅度差别比较大，最大的是 Niño1+2区，变幅为0.15，最小的 Niño4区仅为0.04，前者几乎是后者的4倍。另一个显著特点相关低值点出现的月份都不尽相同，Niño1+2区在1、2月和2、3月最低，Niño3区在3、4月，Niño3.4区5、6月，Niño4区7、8月，NiñoC 区是6、7月和8、9月最低。可见，SOI 和 Niño3区持续性的“春季障碍”最为典型。

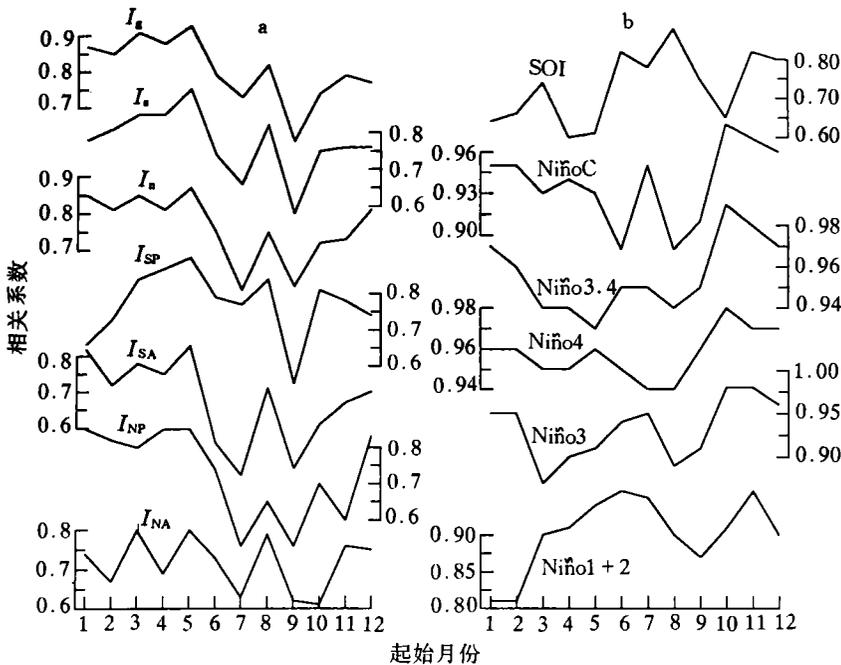


图7 副热带高压强度指数 (a) 和 SST (b) 的持续相关系数

横坐标为起始月份，表示当月与下一月份的相关系数，如：1代表1月与2月份间相关系数

与 SST 不同, 虽然各副热带高压强度指数反应的区域不同, 还存在南北半球季节之间的差异, 但各区域副热带高压强度指数相邻月间的相关系数则表现出高度的一致性, 不仅是持续相关系数的变幅接近, 变化特征和低值出现的时间也几乎一致. 图7a 是副热带高压强度指数相邻月份间的相关系数, 很显然, 副热带高压强度指数的变化都是在7、8月和9、10月相关降低, 1~5月间, 持续相关很高, 最高的是5、6月. 可见, 副热带高压的持续相关主要是“秋季障碍”. 对比图7a 和图7b, 发现 NiñoC 区 SST 的持续相关变化与副热带高压的变化非常相似, 而副热带高压强度的月际变化要落后于 NiñoC 区 SST 的月际变化1个月. 这说明副热带高压的9~10月的相关障碍可能与 NiñoC 区 SST 8~9月的相关障碍低点有关.

图8是各月  $I_g$  与 NiñoC 区 SST 的落后1~24个月的相关系数.  $I_g$  随落后时间的增加, 相关系数并不是持续下降, 而是隔数月后, 相关系数又显著提高. 1月  $I_g$  落后9个月时相关系数极小, 落后10个月极大, 落后13~14个月又变成极大值, 8月落后2个月、3个月、6个月和9个月时相关系数分别为极小值、极大值、极小值和极大值. 可见持续性的变化有一定的规律, 都是在特定的月份出现相应的变化, 为此, 在图中分别标出4条等月份线, a 为10月份, b 为11月份, c 为2月份, d 为5月份. 副热带高压强度持续性的这种变化特点与 NiñoC 区 SST 有什么关系呢? NiñoC 区 SST 持续性最好的是5~6月份, 显著正相关可持续达1年之久, 最差的是2~4月份, 显著正相关仅持续约半年左右. 持续性在4~5月间有一个突然增加的过程. 可见, 副热带高压强度各月持续性在5~6月份出现显著正相关, 在2~3月出现相关极小值, 是与 NiñoC 区 SST 在5~6月的高持续性和2~4月的低持续性相对应的. 因此, 副热带高压的持续相关系数是一个振荡减弱的过程, 其持续相关结构与海温持续相关结构的差别说明副热带高压不仅受海温的影响, 还与大气运动本身的特征有关.

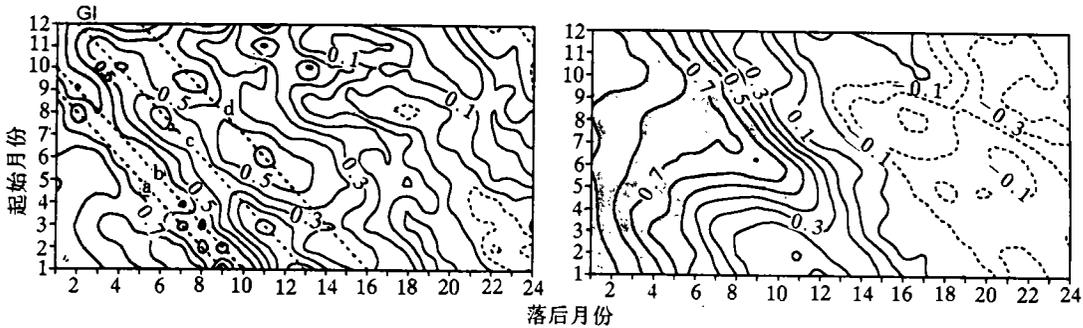


图8 各月  $I_g$  与 SST 的持续相关系数

## 6 结论

6.1 南半球副热带高压对赤道东太平洋 SST 的响应与北半球类似, 并且也是落后3个月时最显著.

6.2 30°S~30°N 的低纬地区500 hPa 高度场对 SST 有强烈的响应, 最大相关系数达0.7以上. 相关峰值随时间向南北半球副热带传播, 传播最显著的区域集中在南北20°之间.

6.3 中高纬500 hPa 高度对赤道东太平洋 SST 的响应在太平洋最为明显, 表现为很强的波

列. 无论南半球还是北半球, 12~2月波列最清楚. 对冷事件的反应与对暖事件的反应相反.

6.4 全球副热带高压异常的月际持续性有明显的季节变化. 9~10月持续性最小. 这种相关障碍与 ENSO 的春季障碍不同. 副热带高压的相关障碍可能与 NiñoC 区 SST 8~9月的相关障碍低点有关.

## 参考文献

- 1 Bjerknes J. A possible response of the atmospheric Hadley circulation to equatorial anomalies of ocean temperature. *Tellus*, 1966, **18**, 820~829
- 2 Bjerknes J. Atmospheric teleconnections from the equatorial Pacific. *Mon. Wea. Rev.*, 1969, **97**, 63~172
- 3 Angell J K. Comparison of variation in atmospheric quantities with sea surface temperature variations in the equatorial eastern Pacific. *Mon. Wea. Rev.*, 1981, **109**, 230~243
- 4 Horel J D, Wallace J M. Planetary scale atmospheric phenomena associated with the Southern Oscillation. *Mon. Wea. Rev.*, 1981, **109**, 813~829
- 5 Karoly D J. Southern hemispheric circulation features associated with El Niño-Southern Oscillation events. *J. Climate*, 1989, **2**: 1 239~1 252
- 6 Glantz M H, Katz R W, Nicholls N. (eds) Teleconnections linking worldwide climate anomalies. Cambridge, Cambridge University Press, 1991, 1~535
- 7 Anderson J, Rosati A, Gudgel R G. Potential predictability in an ensemble of coupled atmosphere-ocean general circulation model seasonal forecasts. In: Proceedings of the 21st Annual Climate Diagnostics and Prediction Workshop, Alabama, 1996, 18~21
- 8 陈烈庭. 北太平洋副热带高压与赤道东部海温的相互作用. *大气科学*, 1982, **6**, 148~156
- 9 臧恒范, 王绍武. 赤道东太平洋水温对低纬大气环流的影响. *海洋学报*, 1984, **6**(1): 16~24
- 10 向元珍, 包澄渊. El Niño 事件对大气环流影响的传播途径. *科学通报*, 1992, **37**(18): 1 677~1 680
- 11 Kalnay E, Kanamitsu M, Kistler R *et al.* The NCEP/NCAR 40-year Reanalysis Project. *Bulletin of the American Meteorology Society*, 1996, **77**(3): 437~471
- 12 Chelliah M. An assessment of the monthly mean atmospheric field from the NMC/NCAR Reanalysis Project. In: Proceedings of 19th Annual Climate Diagnostics Workshop, College Park, MD, 1994, 230~233
- 13 Wang Shaowu. A version of the circulation scheme in the equatorial zone. *Beitr. Phys. Atmosph.*, 1987, **60**(4): 478~487
- 14 Torrence C, Webster P J. Inherent limits to interannual predictability? In: Proceedings of the 20th Annual Climate Diagnostics Workshop, Seattle, Washington, 1995, 390~393
- 15 Torrence C, Webster P J. The predictability barrier in interannual variability. In: Proceedings of the 19th Annual Climate Diagnostics Workshop, College Park, MD, 1994, 452~455
- 16 王绍武, 赵宗慈. 长期天气预报基础. 上海: 上海科学技术出版社, 1987, 153~158

## Response of global subtropical highs to the equatorial eastern Pacific SST anomaly

Gong Daoyi,<sup>1</sup> Wang Shaowu<sup>1</sup>

1. *Department of Geophysics, Peking University, Beijing 100871*

**Abstract**—Based on the reanalysis data of global 500 hPa geopotential height (NCEP-NCAR CDAS-1) and tropical Pacific SSTs, the characteristics of the global subtropical highs and their response to tropical eastern Pacific SST are investigated. Results show that the global subtropical highs respond to SST consistently. Subtropical high intensity correlates to the 3 months leading SST maximally. The relationships between SST and 500 hPa height stand out in low latitudes. The time for 500 hPa height reaching maximum correlation to SST is 2 months later in latitude of 10° and 9 months in latitude of 30° than equatorial zone. And the response of atmospheric circulation over extratropics performs as wave train, and the response is more significant in the condition of warmer SST. Persistence of SSTs and subtropical highs change obviously from season to season. Minimum persistence of subtropical highs in September and October may relate to the low persistence of SSTs in August and September.

**Key words** Global subtropical highs, equatorial eastern Pacific SST