

南海夏季风对热带海洋海温异常 强迫响应的 GEFA 估算

魏红成^{1,2} 郑彬¹ 王伟³

(中国气象局广州热带海洋气象研究所¹, 广州 510080;

南京信息工程大学², 南京 210044; 解放军 94701 部队气象台³, 安庆 246001)

摘要 利用 1948 至 2007 年美国国家环境预报中心/美国国家大气研究中心(NCEP/NCAR)的再分析资料和扩展重建 Reynolds 的 1948~2007 年逐月海表温距平资料第三版(ERSSTv3)海温距平资料,运用广义平衡反馈分析法的截断 EOF 方法,通过估算南海海区纬向风对毗邻的热带海洋各海盆海温异常的响应,量化了南海夏季风对各海盆海温异常型的响应程度。发现:在夏季样南海地区纬向风对热带太平洋第一模态(TP1)、热带太平洋第二模态(TP2)、南太平洋第一模态(SP1)、热带印度洋第一模态(TI1)、南印度洋第一模态(SI1)有着显著的响应,其中,TP1 响应最强,TP2 的响应与 TP1 的响应反相,但受限于起海温强迫常小于 TP1,以至于其响应振幅在常年远小于 TP1。

关键词 广义平衡反馈分析法 南海夏季风强度 南海纬向风

中图法分类号 P732.3; **文献标志码** A

南海夏季风的爆发时间、强弱对我国汛期降水有着重要的影响^[1,2]。南海夏季风的爆发标志着冬季环流向夏季环流的转变,其强度与夏季长江中下游区降水和淮河区降水有显著的反相关,与江南区降水和华南后汛期降水有显著的正相关^[3]。根据季风经典理论,亚洲夏季风是大气对亚洲大陆和邻近海域热力差异的响应,海陆热力差异造成的温度梯度的转向是季风爆发的根本原因^[4]。但是季风的的活动同样受多方面因素影响,包括不同区域的海温异常、陆面过程、对流活动等。而表现出的风场和高度场的异常通常是上述几个因素的影响的结果,与南海夏季风季风的的活动直接相关。

历年来的研究已达成共识,南海夏季风的正常爆发时间在 5 月第 4 候,季风的强弱与热带海洋的强迫存在密切的关系,相应的暖池区的海温异常会导致该地区的对流异常,进而影响到南海海区西南风的活动^[5-7];也有研究表明除了南海海区自身,也

有其他地区的海温异常如热带太平洋^[8,9]、热带印度洋^[10,11]会影响南海夏季风的活动。

此前的工作大多是定性分析,对于各海区的海温异常对南海夏季风强度的作用缺乏系统定量分析,各个海区分别对季风的贡献如何,谁占了主导地位?尚不清楚。近年来被 Liu 等^[12]将 Frankignoul 等^[13]开发的用于分离海洋与大气之间相互作用的统计方法“平衡反馈分析法”(Equilibrium Feedback Assessment,简称 EFA)推广拓展开到了多个海区,提出了“广义平衡反馈分析法”(Generalized Equilibrium Feedback Assessment,简称 GEFA),用于系统分离不同海区、不同下垫面对气候异常的贡献。它的优越性在简单模式和观测分析中得到了初步验证^[14]。基于此,将选择南海夏季风主要盛行的时段(6~8月)各海盆的海温变化为海洋对大气的异常强迫,用广义平衡反馈分析法分离南海夏季风对同期研究区域热带海洋不同海区海温异常的响应,找出影响南海夏季风强度的关键海区,进而解释上述问题。

2013 年 4 月 23 日收到

第一作者简介:魏红成(1986—),男。E-mail:weihe123@163.com。

1 资料与方法

1.1 研究资料

本文所选用的资料为:NOAA 基于国际海洋-大气数据集(International Comprehensive Ocean-Atmosphere Data Set,ICODAS)扩展重建的 1948 ~ 2007 年逐月海表温资料第三版的距平资料(Extended Reconstructed Sea Surface Temperature,简称 ERSST_v3)^[15,16],水平分辨率为 $2^{\circ} \times 2^{\circ}$;NECP/NCAR 的再分析月平均资料,所用的要素为纬向风资料,水平分辨率为 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$,时间长度为 1948 ~ 2007 年。

1.2 广义平衡反馈分析法(GEFA)简介

本文采用的 GEFA 可以较好地估算理论模式设定的局地或者非局地平衡反馈系数,分离不同海区的 SST 异常对大气变化的贡献。由于 GEFA 是一种线性统计方法,海洋强迫因子间的相关性增大,会使 GEFA 样本误差迅速增大。所以,原则上,各强迫因子间相关性越小越好。此处使用 EOF 空间场的主要海洋模态,这可以有效减少强迫场噪音^[17]。

假设区域大气受到整个海洋不同海区的作用,则该区大气的变化 $x_i(t)$ 可以表示为大气内变化和海洋反馈两部分的线性组合

$$x_i(t) = \sum_{j=1}^J b_{ij}y_j(t) + n_i(t) \quad (1)$$

式(1)中 $x_i(t)$ 表示的区域是 i 大气异常场, $y_j(t)$ 表示的是区域 j 的海表温(SST)异常场, $n_i(t)$ 表示的是局地大气内变化, b_{ij} 则表示区域 i 对第 j 个海区的响应系数,该系数反映的是该海区 SST 异常对大气的独自贡献。取某一海区 SST 的 EOF 模态代表海洋对大气的强迫场,取前 j 个 SST 的 EOF 模态来构建 SST 变化的主要信息。

$$y(t) = \sum_{j=1}^J e_j p_j(t) \quad (2)$$

式(2)中, $\{e_j\}$ 是 EOF 空间场,而 $\{p_j\}$ 为对应的主分量场,此时将 EOF 空间场标准化[标准差 $\sigma(e_j) = 1$],则 e_j 是第 j 个单位 SST 的强迫场,对应的主分量 $p_j(t) = e_j^T y(t)$ 。此时,大气平衡方程式(1)在 SST 的 EOF 空间场可近似地表达式为式(3)。

$$x(t) = B y(t) + n(t) = \tilde{B}_e P(t) + n(t) \quad (3)$$

式(3)中, $\tilde{B}_e = [B_{e1} \dots B_{ej}] \equiv [\tilde{b}_{e1} \dots \tilde{b}_{ej}]$ 是 EOF 空间场的反馈系数矩阵,通过超前 $P(t - \tau)$ 与式(2)两边一起作协方差,得到响应矩阵 $\tilde{B}_e$ 。

$$\tilde{B}_e = C_{xP}(\tau) C_{PP}^{-1}(\tau) \quad (4)$$

式(4) $\tilde{b}_{ej}$ (单位: $m \text{ } ^{\circ}C^{-1}$),解释为大气 x 对第 j 个 EOF 模态 e_j 的敏感响应。由于 SST 的空间场已被标准化,则 SST 模态的作用强度相同 [$\sigma(e_j) = 1$],比较大气对不同模态的敏感响应程度,用来评估 SST 异常强迫的有效性。对观测 SST,对应的响应振幅 BY 为

$$\tilde{b} \sigma[p_j(t)] \quad (5)$$

式(5)中 $\sigma[p_j(t)]$ 表示第 j 个主分量的标准差。大气敏感响应 B (响应系数)反应的是大气自身的响应特征,而与 SST 模态的作用无关,大气响应振幅反映的是:有自身的大气响应特征和海温的变化强度共同作用的大气响应幅度。所以,根据所选的下垫面和大气异常场,可以利用式(4)求得 B 的估计值,进而利用式(5)估算出相应的响应振幅 B_Y 用来评估大气对下垫面异常强迫的响应程度。

2 夏季南海纬向风对热带海洋海盆海温异常强迫的响应 GEFA 估算

2.1 典型大气响应场的提取

选择夏季南海地区的纬向风作为大气响应场区。图 1 是 60 年夏季南海夏季风强度指数^[18]与南海地区和周边纬向风距平的相关系数图。可以看到,南海夏季风强度指数与本地和的纬向风距平(偏西风)呈显著正相关区主要涵盖南海海域及其上游孟加拉湾、印度半岛乃至波斯湾地区。另外,从图 2 同样可以看到二者的多年变化一致,南海地区的纬向风的状况基本可以代表同期南海夏季风的强度状况。所以,选择正相关性很高的典型区域($0 \sim 20^{\circ}N, 100 \sim 120^{\circ}E$)的同期纬向风距平来代表同期南海夏季风的特征,来作为 GEFA 的大气异常响应项,用来估算它对下垫面的响应程度。研究区与同期季风强度指数的相关系数为 0.85。

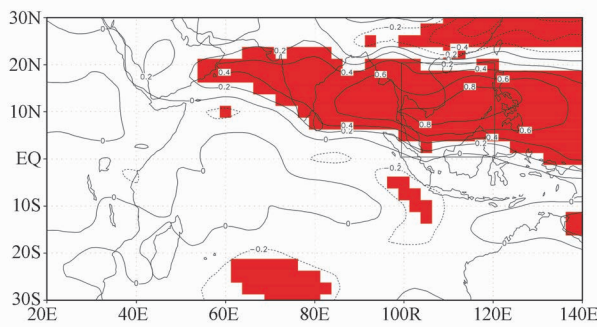


图1 1948~2007年夏季(6~8月)纬向风与南海夏季季风强度指数的相关系数场,阴影部分为通过95%显著性水平的区域(框内为所选研究区域)

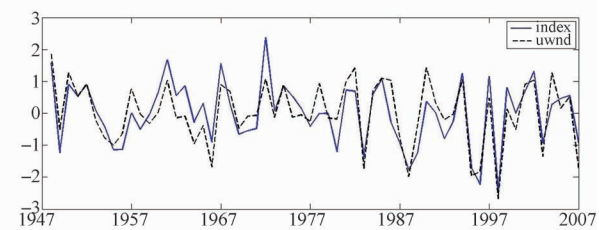


图2 1948~2007年标准化的南海研究区纬向风距平平均(虚线)与同期南海夏季季风强度指数(实线)比较

2.2 海温强迫场的提取

在选择下垫面强迫时,根据前面的分析,知道南海夏季风的活动与与之毗邻的太平洋和印度洋有着密切的关系;而且从图3也可以看到两者有着显著的相关。于是,选择与南海相邻的印度洋和太

平洋中不重合的海温异常强迫区域作为强迫场:赤道太平洋区(TP:120°E~80°W,20°S~20°N),北太平洋区(NP:140°E~120°W,20~60°N),南太平洋区(SP:120°E~80°W,60S~20°S),赤道印度洋区(TI:40°E~120°E,20°S~20°N),南印度洋区(SI:40°E~120°E,60°S~30°S)。将以上五个主要的海区进行 EOF 分解,得到每个海盆的海温异常模态,选取每个海盆的前三个模态作为对大气的强迫场,运用 GEFA 方法,计算大气异常场对各海温异常模态的反馈系数 B ,和响应振幅 B_V 。以上的海区所选的是夏季(6,7,8月)月平均海温距平(SSTA)资料(1948年至2007年),扣除了季节变化,且运用三阶线性回归扣除了长期变化趋势。图4是对所选的五个海盆分别做 EOF 分解,得到的前三个模态所对应的空间分布场,表格1为各模态对应的解释方差。为提高估算精度,将海温异常场的格点做了稀释处理^[18]。每一行依次为该海盆的 SSTA 的 EOF 分解的第一、二、三空间模态。

	赤道太平洋	南太平洋	北太平洋	赤道印度洋	南印度洋
	(TP)	(SP)	(NP)	(TI)	(SI)
第一模态	57.310 8	28.043 8	32.567 8	60.089 3	59.610 6
第二模态	12.798 4	19.586 0	17.536 1	11.278 2	14.405 2
第三模态	10.576 0	11.678 0	8.683 8	9.922 8	8.773 6

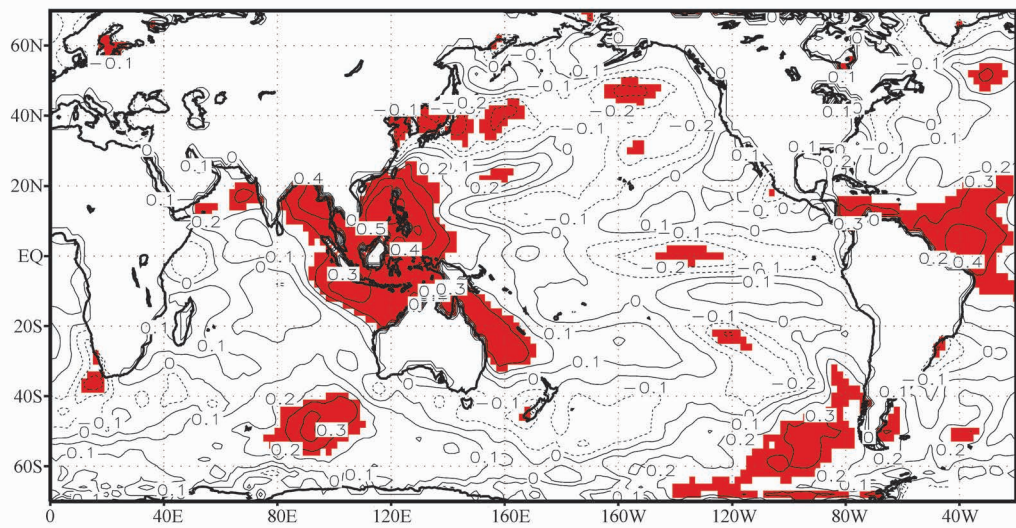


图3 研究区域纬向风与同期全球海温距平的相关图,阴影部分为通过95%显著性水平的区域

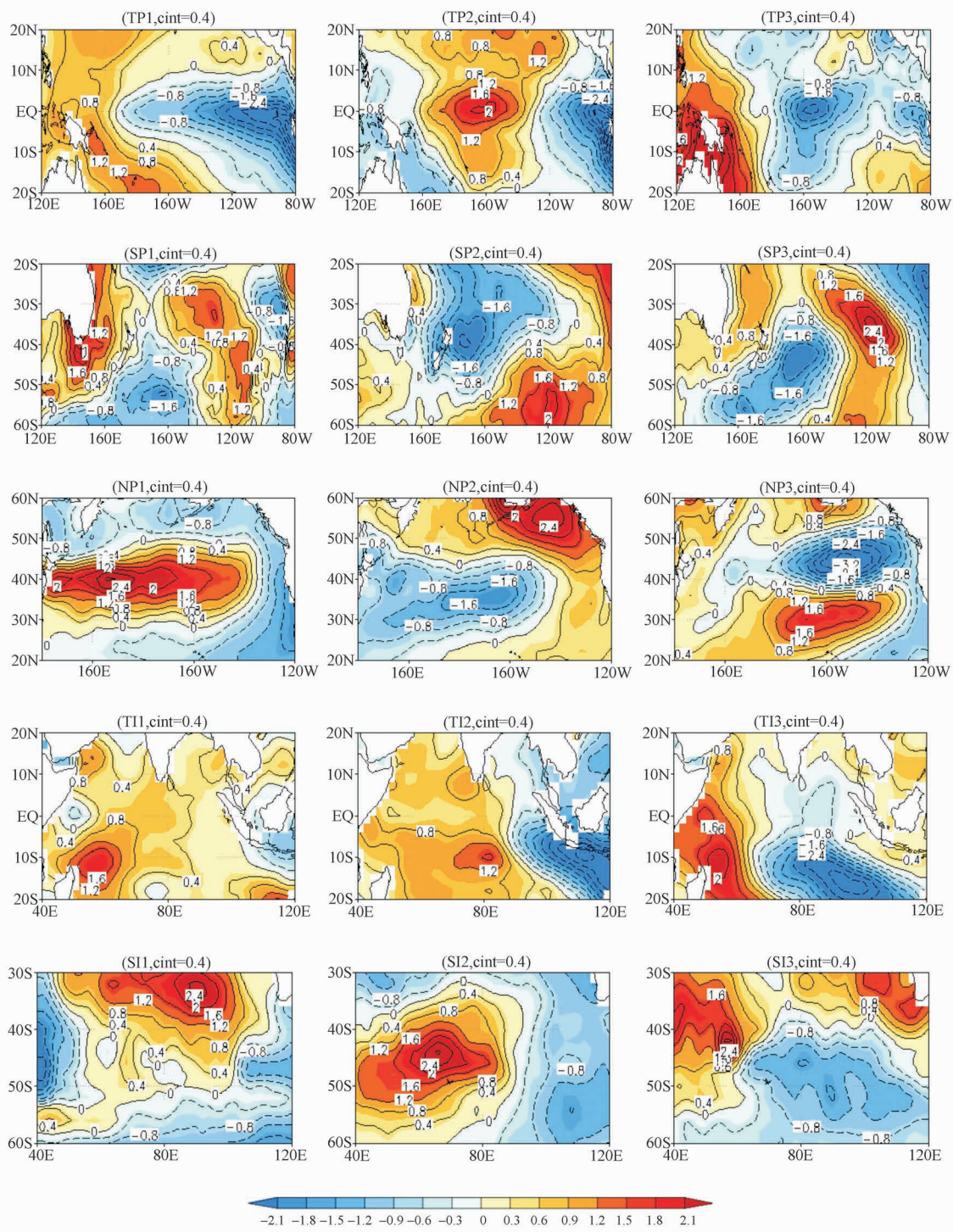


图4 热带太平洋(TP)、南太平洋(SP)、北太平洋(NP)、热带印度洋(TI)和南印度洋(SI)海温异常 EOF 分解的第一、第二和第三模态的空间分布场

2.3 估计响应值的稳定性讨论

本作为基础样本长度,考察南海研究区的响应系数以 1948.6~1968.8 夏季(6、7、8)月共 60 个样随样本长度的变化。如图图 4(a)、(b)、(c)所示,

横坐标代表选用的样本数,由此发现,对不同海盆的响应系数 B ,趋于稳定所需的样本也不同,例如,SP2 在大于 132 个样本之后基本就趋于了稳定,而 TP1 在样本大于 168 个之后才勉强稳定,不过大多在样本数大于 150 个之后,响应系数趋于了稳定。表 2 进一步给出了各海盆 B (响应系数)值的变差系数(标准差/均值),可以看到各海盆响应系数(B)随样本变化的变差系数大多在 0.5 上下,说明 B 值基本稳定,但同样也可以看到,偏离研究区域较远的北太平洋第三模态(NP3)、南太平洋第一模态(SP1)变差系数较大,不是很稳定,这可能与不同纬度海洋对大气的强迫作用的显著性有关。

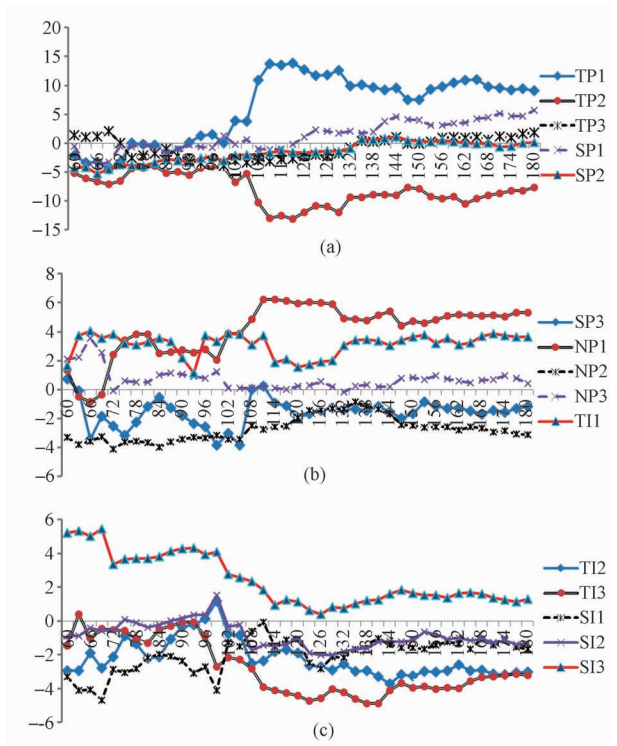


图5 (a)、(b)、(c)为南海研究区纬向风对所选的 15 个海温异常模态的响应系数 B 随样本长度的变化趋势

	表 2 各海盆响应系数(B)随样本变化的变差系数				
	赤道太平洋 (TP)	南太平洋 (SP)	北太平洋 (NP)	热带印度洋 (TI)	南印度洋 (SI)
EOF1	0.470 5	0.992 9	0.444 9	0.500 8	0.612 5
EOF2	0.502	0.572 7	1.034 3	0.513 5	0.452 8
EOF3	0.620 2	0.481 5	1.022 0	0.470 1	0.783 3

表 3 南海纬向风区(100E~140°E,0~20°N)对各海盆海温异常强迫的响应系数 b [单位:m/(s·℃)]和响应振幅(m/s),黑体的表示通过 90%置信的蒙特卡洛检验		
海盆	反馈系数 b	响应振幅 B_Y
TP1	9.37	2.42
TP2	-8.49	-1.21
TP3	2.58	0.46
SP1	4.65	0.47
SP2	0.55	0.08
SP3	1.67	0.21
NP1	4.06	0.76
NP2	2.19	0.38
NP3	-0.71	-0.09
TI1	3.13	0.11
TI2	-1.74	-0.19
TI3	-2.23	-0.22
SI1	-2.01	-0.18
SI2	-2.58	-0.42
SI3	-2.57	-0.31

2.4 南海海区纬向风对不同海区海温异常模态的响应评估

根据广义平衡反馈分析法公式(4),选择样本容量为 180 个,计算上文选择的夏季南海研究区(0~20N,100~120E)对已处理好的 15 个海盆模态的响应系数 B ,并利用 Monte Carlo 方法来检验大气响应的显著性。结果如表 3 所示。看到南海纬向风区响应显著的模态分别为:TP1、TP2、SP1、TI1、SI1,对应的响应系数依次为 9.37 m/s·℃、-8.49 m/s·℃、4.65 m/s·℃、3.13 m/s·℃、-2.01 m/s·℃。以 TP1 为例,TP1 的响应系数表示:TP1 海温强迫型 SST 变化 1℃时,对应的南海纬向风的响应为 9.37 m/s,其他依次类推。响应系数表征的是大气对相应海温强迫的响应的物理特性,大气异常场对海温模态的响应不仅仅取决于响应系数,同时还与强迫场的强度(SSTA)有关。根据式(5),可以求出的多年大气对各海盆海温异常强迫的平均响应振幅 B_Y ,作为夏季南海研究区纬向风对同期不同海温异常模态的响应振幅估计(见表 2)。可以看到,对南海纬向风区响应振幅最大的模态是 TP1,响应振幅很大,为 2.42 m/s,这个数值表征的是多年大气对 TP1 的响应的振动幅度。其他模态(如:TP2、SP1、TI1、SI1),由于同期相应的海温强迫强度较小导致响应的响应振幅较小。可见,夏季(6、7、8 月)对南海纬

向风影响最大的是赤道太平洋第一模态,从其物理特性上看即 El Niño/La Niña 型海温异常分别模态, TP2、SP1、SI1、TI1 依次次之。

依据海温异常强迫的时间权重,亦可得出相应年份的相应响应状况。下面将大气强迫场扩展至整个南海海区,同时根据这五个显著响应模态对应的时间系数选出各自强迫明显的典型年份,与同期的观测进行对比,验证估算的结果(见图 5)。图 5(a)、(b)、(c)、(d)、(e) 分别为单独 TP1(1998 年)、TP2(1991 年)、SP1(1986 年)、TI1(1955 年)、SI1(2003 年)强迫时大气的响应值,图 5(A)、(B)、(C)、(D)、(E) 则分别为对应的同期纬向风观测值。以南海研究区纬向风负异常很大的 1998 年为例,由于该年正处于 El Niño 衰减年,与图 4 中 TP1 反相的海温异常强度较大,所求得的南海纬向风场对 TP1 的响应为 -6.65 m/s ,而同时期 TP2、SP1、TI1、SI1 模态的海温异常强迫相对较弱,所对应的大气响应的响应振幅依次为: 1.84 m/s (TP2)、 0.54 m/s (SP1)、 -0.55 m/s (TI1)、 -0.01 m/s (SI1),研究区域对以上五个海盆的共同作用的响应值为 -4.83 m/s 。同样,根据历年的 Niño3.4 指数,选择 El Niño/La Niña 模态强迫偏弱的 1991 年为例,得到该年南海纬向风距平对上述几个模态的响应依次为: -0.58 m/s (TP1)、 1.05 m/s (TP2)、 0.26 m/s (SP1)、 0.002 m/s (TI1)、 0.17 m/s (SI1) 研究区域内纬向风对上述几个海温异常共同强迫的响应为 0.90 m/s 。可以看到,该年夏季,TP1 型强迫对季风的贡献较小,而此时其他几个海盆模态则发挥了更大的作用,特别是 TP2 型的海温异常强迫较大,从图 4 中 TP2 型空间分布可以看到,相比 TP1 模态,TP2 型海温异常模态异常中心总体偏东,海温异常的区域主要集中在赤道中部太平洋和赤道东太平洋,TP2 强迫偏强也正好和该年的 Niño 3.4 指数为偏小的正值相对应。图 5(A) 和图 5(B) 分别为 1998 年和 1991 年夏季纬向风距平图,黑框内的区域为计算的研究区域,从数值来看,与根据 GEFA 估算而得的这两年赤道印度洋纬向风对海温异常场的响应值大致相近。可以看到,选择的典型年份纬向风场对响应海温异常模态的响应分布大致和实

际观测值分布有着相似的特征,具体的数值上也较为近似,另外,上述的各显著的强迫模态的空间分布(见图 4: TP1、TP2、SP1、TI1、SI1) 也与对应同期的海温距平场(图略)分布相似,可以推断,在该年份相对应的海温异常强迫型模态起到了主要的作用,南海研究区的纬向风对其产生了显著的响应,进一步验证了上文估算。

从不同模态之间的关系来看,图 4(a) 和表 3 中都可以看到,南海海区纬向风对 TP1 型海温异常模态的响应与 TP2 型反相,从两者的时间系数看(图略)两者的海温异常大多处于同一时期,但由于 TP2 型海温强迫强度小于 TP1 型,所以相对应的响应振幅也较 TP1 小得多,两者的可靠的响应区主要涵盖孟加拉湾以东及中南半岛上空,和西北太平洋菲律宾以东的洋面上。此外,南海海区纬向风对 TP1、TI1、SI1 的响应的分布很相似,显著的响应区从孟加拉湾涵盖南海海区大部,延伸至菲律宾以东地区, TI1 和 SI1 分别表示的是热带印度洋、南印度洋海温全区一致型的异常分布,两者有着类似的海温异常变化特征,受南北半球分布影响,纬向风对其的响应同样互为反相。已有的研究^[19]表明了 TI1(又称海盆一致模)是对 TP1 型(El Niño/La Niña)海温异常的响应, TI1 在 ENSO 发生第二年春季达到峰值位相,且较为持续,可以从春季持续到夏季,该暖(冷)模态通过触发大气的“Matsuno-Gill pattern”^[20,21] 响应进而影响到南亚和南海海区。

3 结论

运用平衡反馈分析法(GEFA)研究探讨了夏季南海海区纬向风对邻近特选的 15 个海温强迫型的响应情况,量化了南海海区的纬向风对各海盆的海温异常的响应,并在相应显著模态的特征年份上与观察资料互相进行了印证,主要有以下结论:

(1)南海夏季风的强度主要与上游印度洋和南海上空的纬向风直接相关,而纬向风变化又与热带和副热带海盆的海温异常强迫密切相关。主要对热带太平洋第一模态(TP1)、热带太平洋第二模态(TP2)、南太平洋第一模态(SP1)、热带印度洋第一模态(TI1)、南印度洋第一模态(SI1)具有显著的响

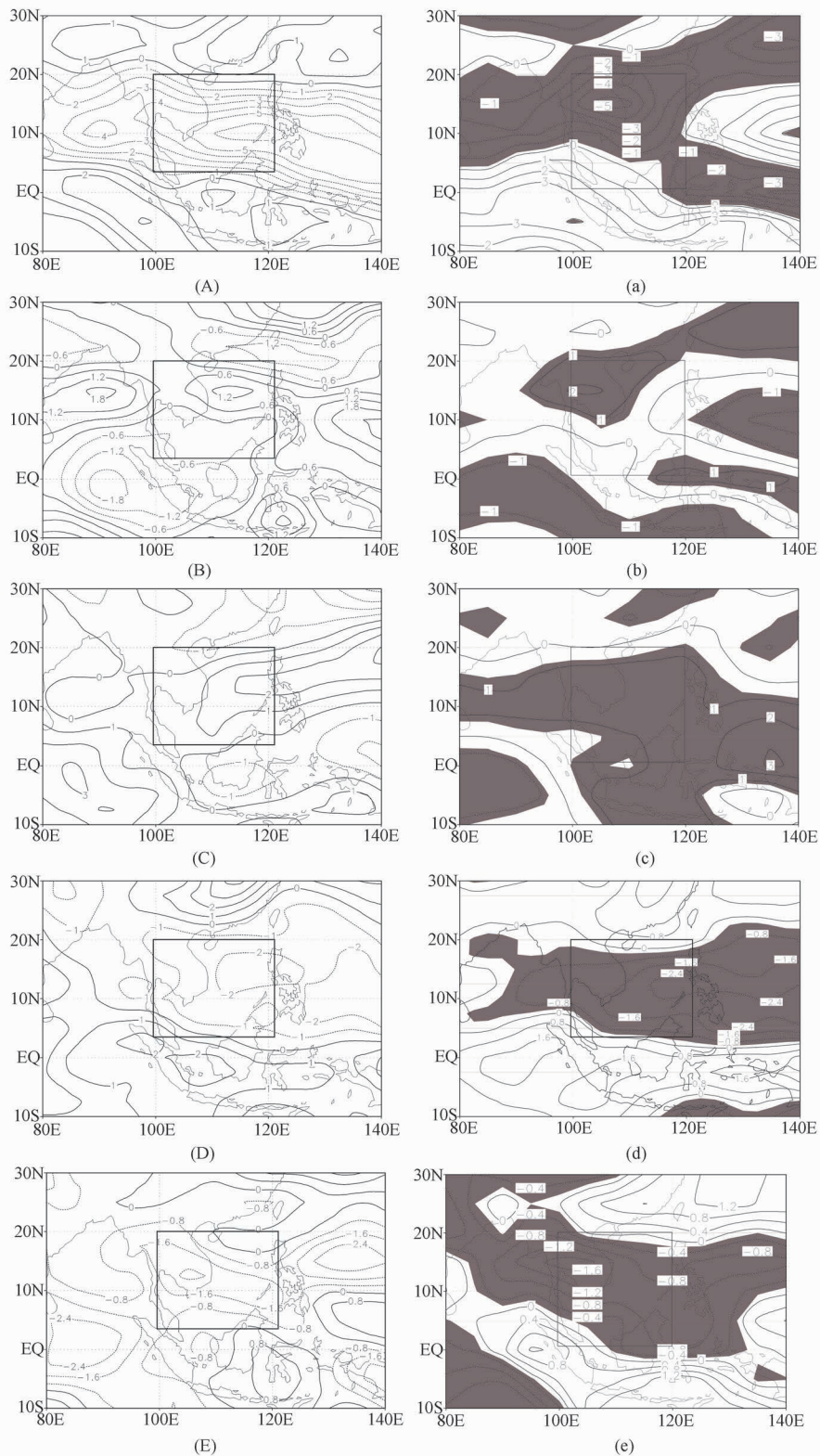


图6 1998(A)、1991(B)、1986(C)、1955(D)、2003(E)夏季纬向风距平观测值，
右侧依次为同期纬向风对 TP1(a)、TP2(b)、SP1(c)、TII(d)、SII(e)单独响应振幅，
阴影部分为通过 90% 置信的蒙特卡洛显著性检验的区域

应,其中对赤道太平洋第一模态(TP1)响应最大,响应振幅也最高,从量化计算的角度验证了此前很多研究者^[21-23]的结论;

(2)南海海区的纬向风对赤道太平洋第二模态型的海温强迫(TP2)与其第一模态(TP1)的响应相反,但由于 TP2 的海温强迫强度较 TP1 小的多,故其响应振幅也远小于 TP1,但也存在 TP2 型响应振幅占主要作用的年份,如 TP1 型强迫很小时的 1991 年;

本文运用广义平衡反馈分析法(GEFA)的截断 EOF 方法,通过估算了南海海区的纬向风对毗邻的印度洋、太平洋海盆海温异常强迫的响应来研究热带海洋对南海夏季风强度的影响。这也只是 GEFA 方法在估算海气相互作用的一种初步应用,只是量化了各个海区海温异常强迫模态对相关大气的反馈程度,并给出了简单的响应机制,而对具体的海气耦合机制则未涉及,仍需要更进一步的研究揭示。

参 考 文 献

- 孙淑清,马淑杰. 南海夏季风持续异常的特征及其与大尺度环流的关系. 见:丁一汇,李崇银,南海夏季风爆发和演变及其与海洋的相互作用. 北京:气象出版社,1999:89—93
- 李维京. 1998 年大气环流异常及其对中国气候异常的影响. 气象,1999;25(4):20—25
- 薛纪善. 1994 年华南夏季特大暴雨研究. 北京:气象出版社,1999:24—25
- 周 浩,温之平,蓝光东. 南海夏季风爆发迟早与赤道纬向风关系的诊断研究,大气科学,2007;31(5):950—962
- 陈永利,胡敦欣. 南海夏季风爆发与西太平洋暖池区热含量及对流异常. 海洋学报,2003;25(3):20—31
- 丁一汇,李崇银,柳艳菊,等. 南海季风试验研究. 气候与环境研究,2002;7:202—208
- 张永生,吴国雄. 关于亚洲夏季风爆发及北半球季节突变的物理机制的诊断分析 II-青藏高原及邻近地区地表感热加热的作用. 气象学报,1999;57(1):56—72
- Angell J K. Comparison of variations in atmosphere quantities with sea surface temperature variations in the equatorial eastern Pacific. Mon Wea Rev,1981;109:230—243
- Shukla J, Paolino D A. The southern oscillation and long-range forecasting of the summer monsoon rainfall over India. Mon Wea Rev, 1983;111:1830—1837
- 杨 霞,管兆勇,朱保林. IOD 对 ENSO 影响中国夏季降水和气温的干扰作用. 南京气象学院学报,2007;30(2):170—177
- 闫晓勇,张 铭. 赤道东太平洋海温异常期间印度洋偶极子对东亚季风区影响的数值模拟. 热带气象学报,2004;20(4):375—382.
- Liu Z, Wen N, Liu Y. On the assessment of non-local climate feedback, part I: the generalized equilibrium feedback assessment. Climate,2008;21:134—148
- Frankignoul C, Czaja C A, L'Heveder B. Air-sea feedback in the North Atlantic and surface boundary conditions for ocean models. Climate,1998;11:2310—2324
- 温 娜,刘征宇,江志红. GEFA 海气相互作用估计方法研究进展. 气象科技进展,2012;2(1):19—24
- Smith T M, Reynolds R W, Peterson T C, et al. Improvements to NOAA's historical merged land-ocean surface temperature analysis (1880—2006). Journal of Climate,2008;21:2283—2296
- Xue Y, Smith T M, Reynolds R W. Interdecadal changes of 30-yr SST normals during 1871—2000. J Climate,2003;16:1601—1612
- Fan L, Liu Z, Liu Q. Robust GEFA assessment of climate feedback to SST EOF modes. Adv Atmos Sci,2011;28:907—912
- 吴尚森,梁建茵. 南海夏季风强度指数及其变化特征. 热带气象学报,2001;17(4):337—344
- 杨建玲,刘秦玉. 热带印度 SST 海盆模态的“充电/放电”作用一对下级南亚高亚的影响,海洋学报,2008;30(2):12—19
- Matsuno T. Quasi-geostrophic motions in the equatorial area. Meteor Soc Japan,1966;44:25—43
- Gill A E. Some simple solutions for heat-induced tropical circulation. Quart J Roy Meteor Soc,1980;106:447—462
- 毛玉江,谢 安,宋焱云,等. 海温及其变化对南海夏季风爆发的影响. 气象学报,2000;58(5):556—569
- 陈 隽,金祖辉. 影响南海夏季风爆发因子的诊断研究. 气候与环境研究,2001;6(1):19—32

The Response of the South China Sea Summer Monsoon to the Tropical Ocean SST Anomalies Forced Base on GEFA Estimate

WEI Hong-cheng^{1,2}, ZHENG Bin², WANG Wei³

(Guangzhou Institute of Tropical and Marine Meteorology¹, CMA, Guangzhou 510080, P. R. China;

Nanjing University of Information Science & Technology², Nanjing 210044, P. R. China;

Meteorological Observatory of 94701 Unit of PLA³, Anqing 246001, P. R. China)

[Abstract] The South China Sea summer monsoon(SCSSM) exists a close relationship between the intensity of the equatorial Indian Ocean zonal wind. Base on 1948—2007 U. S. National Centers for Environmental Prediction / National Center for Atmospheric Research (NCEP / NCAR) reanalysis data and the extended reconstruction Reynolds 1948—2007 monthly sea surface temperature anomalies in the information the third edition (ERSST_v3) SSTA data, the truncated EOF method of generalized equilibrium feedback analysis(GEFA) is used to estimate the equatorial Indian Ocean zonal wind and the Pacific basin SST anomalies response, to quantify the degree of response of each basin sea surface temperature anomaly to equatorial Indian Ocean zonal wind. In the summer, the first mode of tropical Pacific SST Anomalies (TP1) is the largest force to the equatorial Indian Ocean zonal wind. The tropical Pacific SST mode (TP2) having the opposite effect with TP1; In North Pacific, the second mode (NP1 and NP2) and the first mode (SP1) of South Pacific, also has appreciable response. However, due to the different quality of each forcing and weak, these modes were easily masked by powerful TP1 modes. The forced of NP1 and NP2 mode could cause the atmospheric circulation anomalies of Lake Baikal, and it could make an abnormal cyclonic circulation in the lower layer from the western North Pacific to eastern China, it may weaken the subtropical high forces, and it conducive to the development of the South China Sea Summer Monsoon.

[Key words] generalized equilibrium feedback assessment South China Sea summer monsoon(SCSSM) zonal wind of equatorial Indian Ocean

(上接第 6369 页)

Application of a Simple WENO Limiter to An h -adaptive RKDG Method

ZHU Hong-qiang

(School of Natural Science, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210023, P. R. China)

[Abstract] A simple WENO limiter is applied to an h -adaptive RKDG algorithm based on troubled-cell indicators, and the resulting algorithm is numerically proved that it can improve the solution quality near the discontinuities. The numerical tests also indicate that the simple WENO limiter can produce oscillation-free solutions when one-dimensional h -adaptive mesh is used, and can still maintain the accuracy on smooth regions.

[Key words] conservation law adaptive method reconstruction discontinuous Galerkin