

热带和热带外海表温度异常与低空环流特征比较*

吴国雄 王敬方

(大气科学和地球流体力学数值模拟国家重点实验室(LASG),
中国科学院大气物理研究所,北京,100080)

摘 要

利用旋转主分量方法(RPC),在对西太平洋和印度洋 1980 年 1 月至 1988 年 9 月共 105 个月的月平均海表温度(SST)进行分析的基础上,提取热带模及高纬模两种 SST 异常(SS-TA)分布。再通过分析同期 850hPa,各气象要素在该两模上的投影,比较低层大气与不同纬度上 SSTA 相联系的异常特征。

结果表明,无论是热带还是热带外地区,暖性 SSTA 上空均有正的水汽异常及平均流场对月平均水汽输送的异常辐合。两地区 SSTA 上空 850hPa 月平均异常的最重要差异表现在流场、高度场及温度场上。热带正 SSTA 上方 850hPa 位势高度及温度均为负距平,流场呈 Gill 型的气旋式异常环流。热带外正 SSTA 上方 850hPa 高度及温度均为正距平,流场则呈反气旋式异常环流。分析表明,高纬度的这种异常特征主要是由于中高纬度大气的地转性和斜压性较强所致。

关键词: 旋转主分量,热带模和高纬模,地转性和斜压性。

1 引 言

过去几十年中,人们广泛深入地研究了海气相互作用,揭示了大量关于 ENSO 的特征(例如见 Bjerkness, 1966^[1]和 1969^[2]; Philander, 1990^[3]; 巢纪平, 1993^[4]等),发现了热带地区 SST 的变化对中高纬大气影响的事实(例如见 Horel 和 Wallace, 1981^[5])。并应用大气环流模式进行 ENSO 模拟及热带 SSTA 影响全球气候的敏感性研究(例如, Rown-tree, 1972^[6]和 1976^[7]; Blackmon, 1983^[8]; Shukla 和 Wallace, 1983^[9]; Lau, 1985^[10]),使我们对热带 SSTA 及大气环流的相互作用的认识大大深化。

相对来说,热带外 SSTA 与全球气候的相关的研究较少。其实很早以前,气象工作者就发现中纬度的海表温度与该地区的大气现象(如降水温度)存在良好的相关(Namias, 1969^[11])。Ratcliffe and Murray(1970^[12])发现冬季纽芬兰附近的 SSTA 与北大西洋及欧洲区域的天气相关密切。中国科学院大气物理所(1978^[13])证明春季西太平洋黑潮和亲潮区的海水温度与夏季长江流域降水相关密切等。Wallace and Jiang(1987^[14])发现北大西洋西部 SSTA 存在南北向振荡,北太平洋中东部阿拉斯加湾附近存在着东西向的振荡。

* 初稿时间:1994 年 9 月 20 日;修改稿时间:1995 年 4 月 20 日。

资助课题:国家自然科学基金 49575265 项目,国家基础性研究重大关键项目“气候动力学和气候预测理论研究”以及中国科学院“灾害性气候预测及其对农业年景和水资源调制的影响”。

他们的研究以及后来的工作(Wallace et al., 1990^[15])表明,中纬度 SSTA 的上述振荡型分别与大气环流的西大西洋型(WA),以及太平洋北美型(PNA)有良好对应关系。归佩兰(1978)^[16]和林学椿(1978)^[17]也发现北半球中高纬区域 SSTA 与其上方 500hPa 高度异常存在良好的正相关。在数值模拟方面,Palmer 和 Sun(1985)^[18]利用 UK Met. Off. 模式成功模拟了纽芬兰地区 SSTA 对北太平洋及欧洲天气的影响。Lan 和 Nath(1990)^[19]用 GFDL 的 9 层 15 波菱形截断气候模式进行 30a 积分,并利用旋转主分量(RPC)法分析 SST 与模式大气高度场的相关。获得若干新的中纬度 SST 分布型及其与大气的相关,也得到了许多与观测一致的现象。

本文的目的是通过资料分析去比较热带及中高纬地区 SSTA 与低对流层大气相关的异同,以及导致这些异同的原因。

2 资料及分析方法

本研究的 SST 是根据大气所资料中心(DCIAP)存档的英国皇家气象局(UKMO)提供的 1980 年 1 月至 1988 年 9 月共 105 个月的月平均资料($5^\circ \times 5^\circ$)。对所缺资料已经 Cressmen 插值补充(王敬方,1994^[20])。同期 850hPa 各要素场的资料取自 DCIAP 存档的

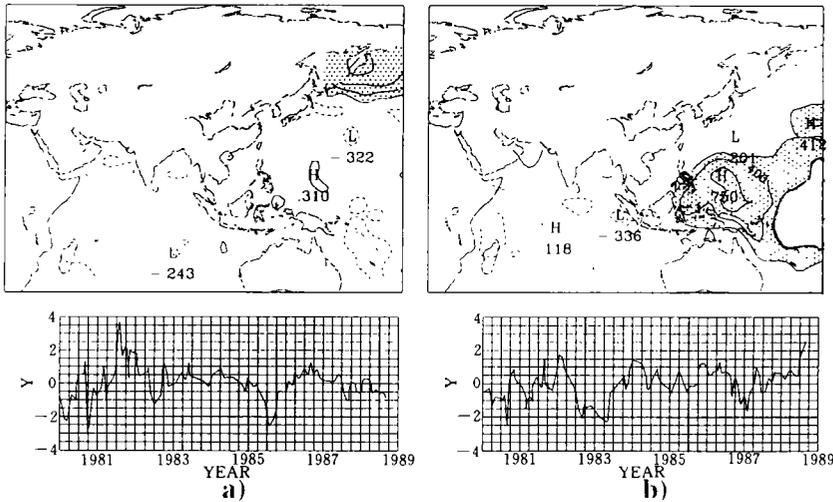


图 1 对西太平洋及印度洋地区 1980 年 1 月至 1988 年 9 月共 105 个月期间的月平均海表温度(SST)作旋转主分量(RPC)分析所得得到的高纬模 E_1 (a)及热带模 E_2 (b)。

(上图 为空间分布,阴影区为置信度超过 99% 的区域;

下图 为相应的时间特征向量,所用海温资料已经正规化处理)

ECMWF 的逐日及月平均记录。

首先对 42.5°S 到 77.5°N 之间日期变更线以西的太平洋区域及印度洋区域的月平均 SST 作 EOF 展开。选取前 15 个主分量,它们在时空场中的时间信息累积方差达 80% 以上。然后对它们作最大方差(Varimax)正交转动得到新的正交的旋转主分量(RPC)(参见

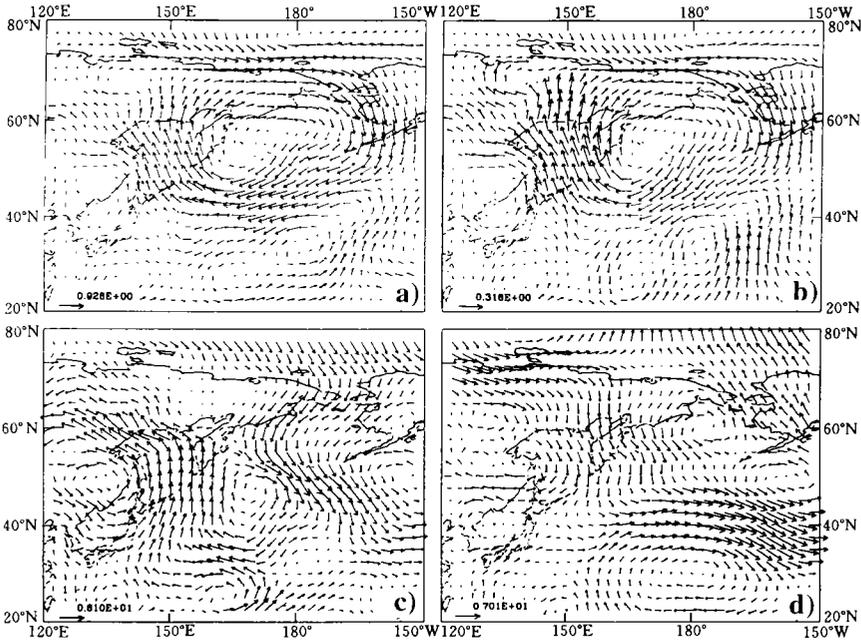


图2 105个月的850hPa月平均风场在SST高纬模

E_1 上的投影(a),以及与 E_1 的相关分布(b)

(此期间时间特征向量(见图1a下部)中最大正值月份(1981年8月)

及最大负值的月份(1980年10月)观测到的异常风分布分别在(c),(d)给出)

Horel, 1981^[20];王敬方, 1994^①)。这种RPC的重要优点是特定空间点的演变信息在特定的RPC上有最大负荷。因此物理意义明确,而且每一空间型上统计显著的区域上实际物理量的演变基本与该时间向量的演变相似。由上述得到的RPC的空间型中选取第3和第4个RPC— k $K E_i$ 和 E_i 。 E_i 的特征是SSTA在堪察加半岛附近有正的中心(图1a),而 E_i 的正SSTA中心则位于热带的菲律宾群岛的东部海域上(图1b),因此,它们分别代表热带外地区和热带地区的SSTA模。

为研究任一向量 $A(a_1, a_2, \dots, a_n)$ 与特定的RPC分量 $E(e_1, e_2, \dots, e_n)$ 的相关,最简单的方法是计算 A 在 E 上的投影 $P(A, E)$,或计算两者的协方差。这里

$$P(A, E) = A \cdot E = \sum_{i=1}^n a_i e_i$$

由于 e_i 均值为零,因此 $P(A, E) = P(A', E)$ 。亦就是说向量 A 在 E 上的投影即为其异常场 A' 在 E 上的投影。容易证明,投影 P 和相关系数 r_{AE} 之间存在正比关系:

$$P(A, E) = \sigma_A r_{AE}$$

为检验投影和相关两者的定性关系,图2和图3分别计算了850hPa月平均风场在 E_i 和 E_i 上的投影和相关。容易看出,同一模态中的投影场(图a)和相关场(图b)的空间分布十

① 王敬方. 全球海表温度异常的时空分布及海气相关. 硕士论文, 中国科学院大气物理所, 1994, 77pp.

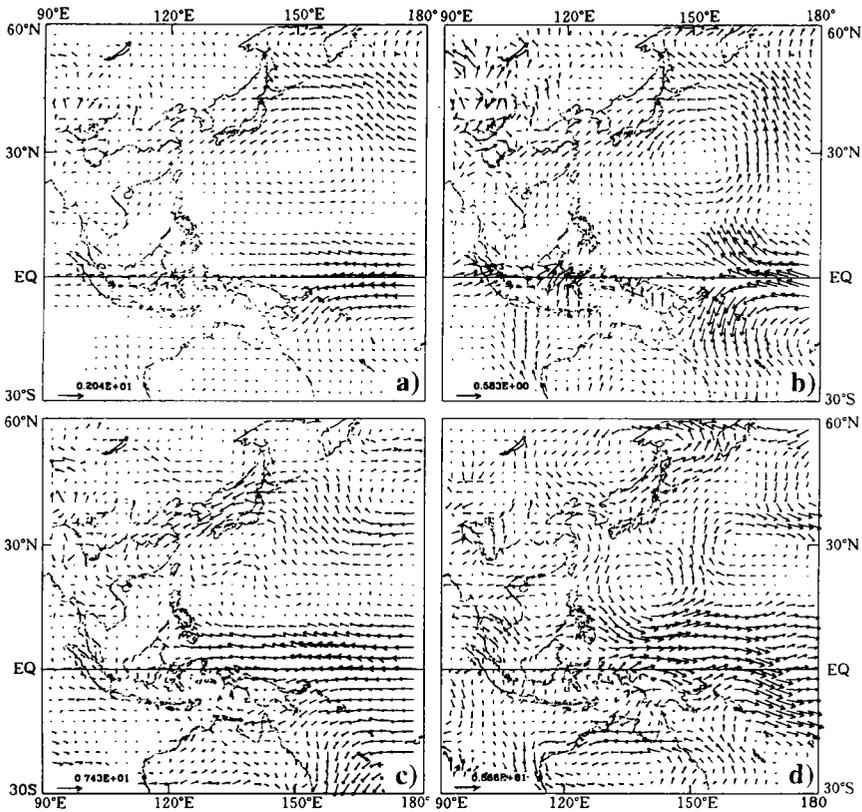


图 3 105 个月的 850hPa 月平均风场在 SST 热带模

E_1 上的投影(a),以及与 E_1 的相关分布(b)

(此期间时间特征向量(见图 1b 下部)最大正值月份(1988 年 9 月)

及最大负值月份(1980 年 9 月)观测到的异常风分布分别在(c),(d)给出)

分相似。图中还给出每一模态时间分量(见图 1 下方小图)中具有最大正值和负值的月份的实际异常风场。结果表明,最大正值月份异常风场与投影场很相似,而最大负值月份异常风场则与投影风场的风向相反。这说明简单的投影法可以获取气象场与相应海温场特征变化的物理信息。而且对矢量场而言,不受其分量之方差的影响,具有方向不变的优点。

3 850hPa 月平均场与 SSTA

图 4 给出了 105 个月的 850hPa 月平均高度场 (Z_{850}) 分别在 SSTA 的高纬模和热带模上的投影。在高纬度地区(图 4a)正 SSTA 上方 Z_{850} 为显著的正异常,在负 SSTA 的上方则为负异常。图 4a 和 SSTA 的分布(如图 5a)相比较,容易看出在绝大多数空间点上,SSTA 和 Z_{850} 存在着——对应的正相关。与此相反在热带地区(图 4b),热带正 SSTA 上空的 Z_{850} 为负异常。图 4b 与相应下方的 SSTA 的分布(如图 6a)比较,容易看出 SSTA 与 Z_{850} 在约 25°N 以南的热带地区为负相关,而在 25°N 以北的中高纬地区为正相关。

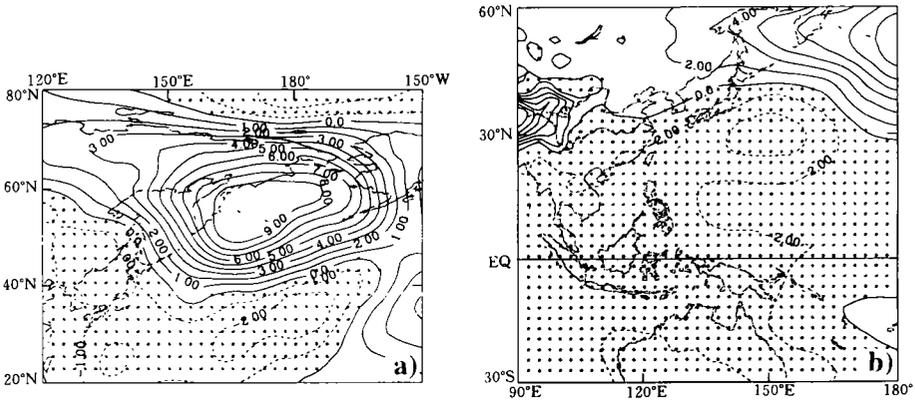


图 4 105 个月的 850hPa 月平均高度场 (Z_{850}) 在 SST 高纬模 E_s 上的投影(a), 以及在 SST 热带模 E_t 上的投影(b)(阴影区为负值区)

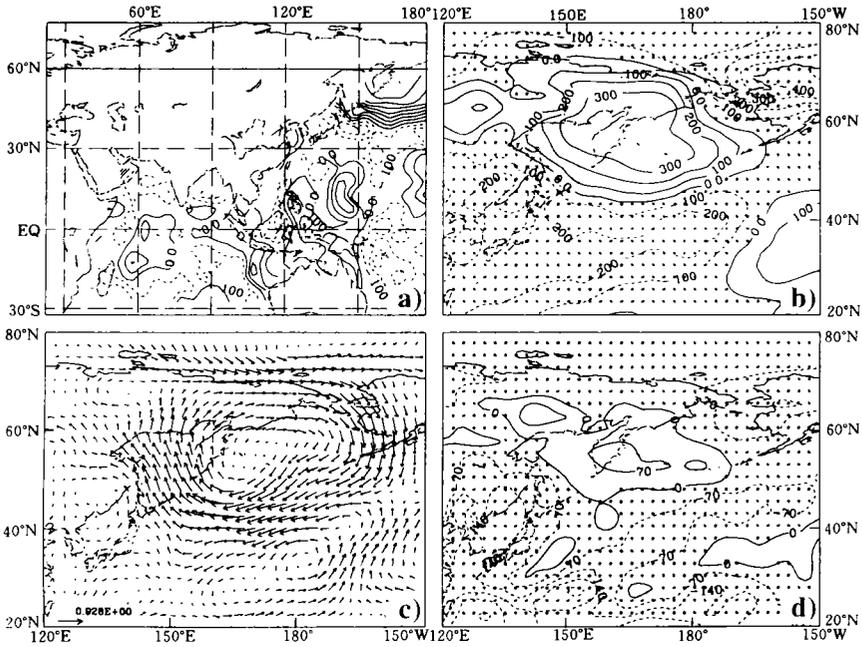


图 5 105 个月的 SST 高纬模 E_s 的空间型(a)以及 850hPa 各月平均要素场在高纬模 E_s 上的投影:(b)温度场 \bar{T} ; (c)流场 \bar{V} ; (d)比湿场 \bar{q} (等值线的间隔(a)为 0.1, (b)为 0.1°C , (d)为 $0.7 \times 10^{-3} \text{g/g}$, 虚线及阴影区表示负值)

850hPa 的温度场 (T_{850}), 流场 (V_{850}) 及比湿场 (q_{850}) 在高纬模和热带模上的投影分别表示在图 5 和图 6 中。中高纬正 SSTA 上方 T_{850} 偏暖(图 5b), 比湿偏高(图 5d), 且有反气旋式流场相对应(图 5c); 热带正 SSTA 上方 T_{850} 偏冷(图 6b), 比湿偏高(图 6d), 且有 Gill 型的双气旋式环流相对应(图 6c); 反之亦然。值得注意的是热带暖性 SSTA 上空, 气柱的下边界(如 1000hPa)在异常感热加热作用下变暖, 但到了 850hPa 气柱已比周

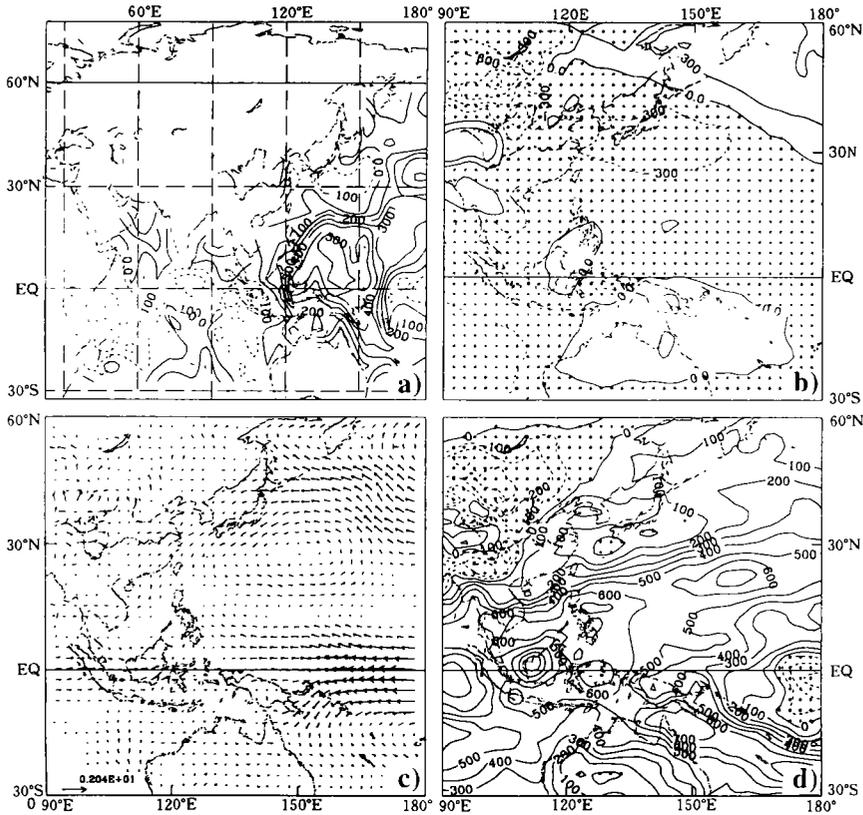


图 6 105 个月的 SST 热带模的空间型(a)以及 850hPa 各月平均要素场在热带模 E_1 上的投影:(b)温度场;(c)流场 \bar{V} ;(d)比湿场 \bar{q}
(等值线的间隔(a)为 0.1,(b)为 0.3°C,(d)为 $0.1 \times 10^{-2} \text{g/g}$,虚线及阴影区表示负值)

围冷(图 6b),因此底层空气对流不稳定性增加,有利于强对流降水系统发展。

简言之,与低纬及中高纬 SSTA 相关的 850hPa 平均场中,除了比湿呈现出正异常的特征外,其它如高度场、温度场和风场均表现为相反异常型态。

4 地转性和斜压性

关于大气与热带和赤道地区 SSTA 的相关和响应已有较多的研究。由于热带大气温度分布相对均匀,垂直加热尺度 H_Q 很大(通常 $> 6\text{km}$),因此上下层大气借助于中小尺度的深对流互相耦合,于是对应于暖 SSTA 有低空的辐合、气旋式的环流及高空的辐散、反气旋式环流(吴国雄,刘还珠,1992^[22])。中高纬大气温度水平差异大,垂直加热尺度小($< 1\text{km}$)。因此中高纬暖 SSTA 上空大气的环流结构表现出与热带极大的不同。为进一步分析上节所述的中高纬大气环流状态,从动量方程出发,对实际风场作如下展开:

$$\bar{V} = \bar{V}_g + \bar{V}'_g + \bar{V}'_c + \bar{V}'_v,$$

其中

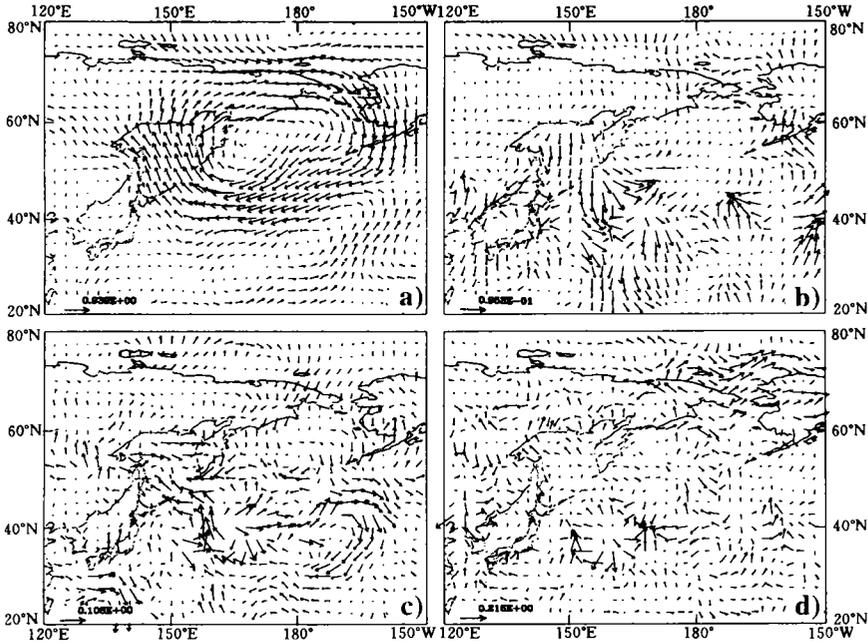


图 7 105 个月的月均 V_{850} 在 SST 高纬模 E 上的投影
 \bar{V} 之各分量:(a)地转分量 V_g ; (b)时间平均非地转风分量 \bar{V} ; (c)时变非地转风分量 V'_g ; 以及 (d)余差项 \bar{V}

$$V_g = \frac{1}{f} \mathbf{k} \times \nabla \bar{\Phi} \quad \text{为地转风分量;}$$

$$\bar{V} = \frac{1}{f} \mathbf{k} \times \left[\frac{\partial}{\partial x} (\bar{u} \bar{V}) + \frac{\partial}{\partial y} (\bar{v} \bar{V}) \right] \quad \text{为时间平均非地转风分量;}$$

$$V'_g = \frac{1}{f} \mathbf{k} \times \left[\frac{\partial}{\partial x} (\overline{u' V'}) + \frac{\partial}{\partial y} (\overline{v' V'}) \right] \quad \text{为时变非地转风分量;}$$

$$V_r \quad \text{为余差项。}$$

这里

$$\bar{A} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N A_n \quad \text{表示月平均值, } N \text{ 为天数,}$$

$$A' = A - \bar{A} \quad \text{为逐日对月平均值的偏差。}$$

由实际资料计算各分量月平均值后投影到 SST 的各模态上,结果如图 7 所示。它表明余差项的贡献很小。非地转项 \bar{V} 有与基本风速 V (见图 2a) 反向的趋势,但它与 V'_g 量值都很小。与图 2a 比较发现 V 的主要成分是地转风。根据图 5b, 中高纬正 SSTA 上方, 大气自地面至 850hPa 均存在正的温度异常中心, 由热成风关系可以推知, 如果该层中的平均温度异常梯度为 $0.4^\circ\text{C}/1000\text{km}$ (参见图 5b), 则表面无风的气柱在 850hPa 的反气旋式环流的强度可达 $1.1\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。看来地转关系是 850hPa 反气旋式异常环流形成的重要因子。

850hPa 温度通量及其辐散在高纬模及热带模上的投影分别表示在图 8 和图 9 中。为分析温度通量的定常分量和时变分量的不同贡献, 在制作该图时, 我们对月平均的温度通

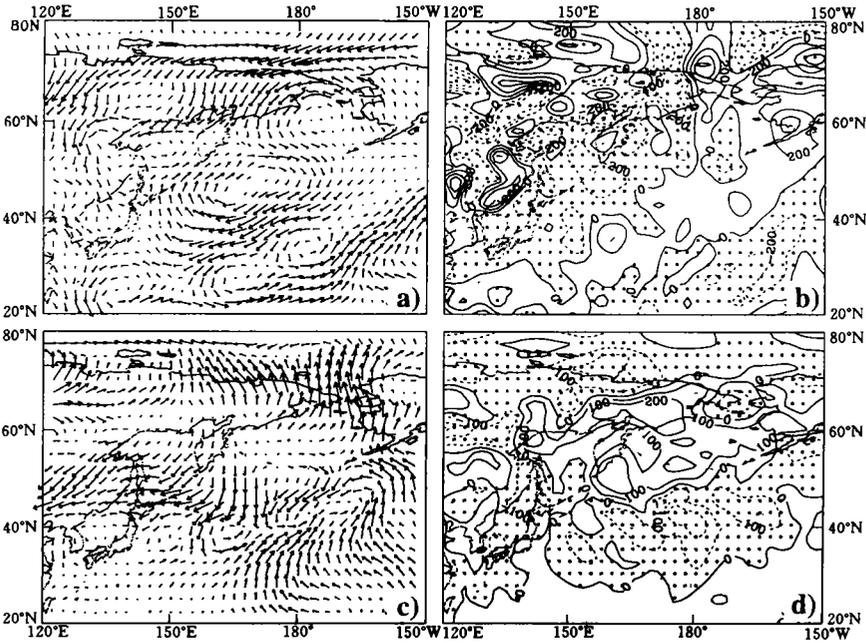


图 8 105 个月的 850hPa 月平均温度通量及其辐散在 SST 高纬模 E_s 上的投影, (虚线和阴影区为负值, (a)月平均风 \bar{V} 的通量 $\bar{V}T$; (b) $\nabla \cdot \bar{V}T$, 等值线间隔 $2 \times 10^{-6} \text{C/s}$; (c)月平均时变涡动温度通量 $\overline{vT'}$; (d) $\nabla \cdot \overline{vT'}$, 等值线间隔 $1 \times 10^{-6} \text{C/s}$)

量进行了如下的分解:

$$\overline{vT'} = \bar{V}T + \overline{vT'}$$

因此有:

$$\frac{\partial \bar{T}}{\partial t} = -\nabla \cdot \bar{V}T - \nabla \cdot \overline{vT'} + \text{其它项}$$

把月平均量 $\bar{V}T$ 及 $\overline{vT'}$, $\nabla \cdot (\bar{V}T)$ 及 $\nabla \cdot \overline{vT'}$ 投影到不同的 SST 模态上, 便得到图 8 和图 9。

图 8 的一个非常突出的特征表现在 $\overline{vT'}$ 的分布(图 8c)上, 向北的时变感热输送 $\overline{vT'}$ 在暖性 SSTA 中心(见图 5a)以南减小, 在其北加强。这似可用大气斜压性的变化解释如下。由于当 SSTA 为正的月份, 其 SSTA 上方对应着正的 \bar{T}_{850} 异常(图 5b), 这时在 850hPa 面上, 经向的温度梯度 $(-\frac{\partial \bar{T}}{\partial y})$ 在 \bar{T}_{850} 异常中心轴以南减少, 以北增加。因此斜压性在该中心轴以南减少, 在其北增加。导致 $\overline{vT'}$ 在其南为负, 在其北为正, 呈现如图 8c 的分布。由于在 SSTA 上方异常的 $\overline{vT'}$ 向南北方向发散, $\nabla \cdot \overline{vT'}$ 为正值(图 8d)。因此时变感热输送在该区导致平均气温下降, 或说对 \bar{T} 起耗散作用。为了维持该区域的正温度异常, 定常温度通量 $\bar{V}T$ (图 8a) 必须向该区辐合, 即如图 8b 所示为 $\nabla \cdot \bar{V}T < 0$ 。简言之, 高纬地区正 SSTA 上方, 850hPa 的暖温度中心主要靠定常温度平流来维持。

与热带模对应的时变涡动温度输送(图 9c)非常弱。因此, 它对温度场变化的贡献一

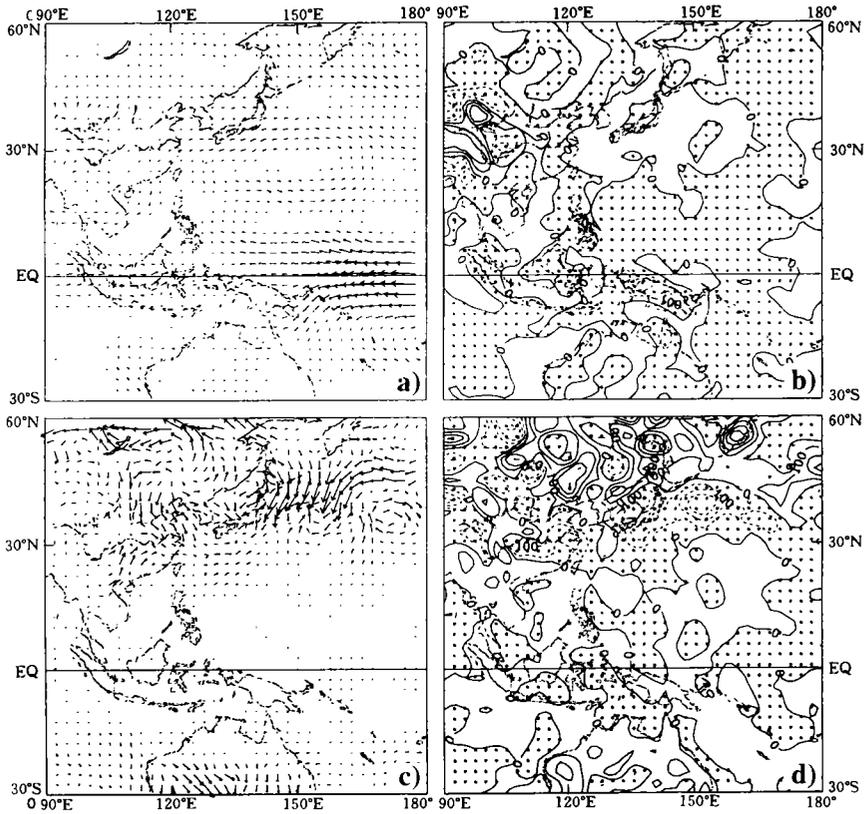


图 9 同图 8, 但为在 SST 热带模 E_1 上的投影

(等值线的间隔(b)为 $1 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C/s}$; (d)为 $1 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C/s}$)

$\nabla \cdot VT'$ (图 9d) 可忽略不计。换言之, 主要的温度平流过程是与定常流相联系的定常温度输送(图 9a)。由于它在暖性 SSTA 上空辐合, 其作用是使 \bar{T}_{850} 升高。这与图 6 所示的结果 (\bar{T}_{850} 在热带暖 SSTA 上空一般为负异常) 相矛盾。由此推知, 热带暖 SSTA 上 \bar{T}_{850} 偏冷主要应是绝热大气上升冷却所致。

5 水汽输送和 SSTA

图 10 是 850hPa 水汽输送在高纬模上的投影。时间平均流的水汽通量的分布(图 10a) 与平均流本身十分相似。它在暖性 SSTA 上空辐合(图 10b), 从而导致 \bar{q}_{850} 增加(参见图 5d)。另一方面, 与斜压性相关的时变涡动水汽通量在该区向外辐散(图 10c, d), 使大气含水量减少, 或者说时变涡动对该区水汽的含量起着耗散作用, 与时间平均流呈现了相反的特征。

850hPa 水汽通量在热带模上的投影由图 11 表示。这时暖性 SSTA 上方时变涡动的通量及其辐合均很弱(图 11c, d)。时间平均流的水汽输送的分布与异常流自身的分布相似(图 11a), 它在热带暖性的 SSTA 上空导致了水汽的辐合(图 11b)。而且辐合带的分布

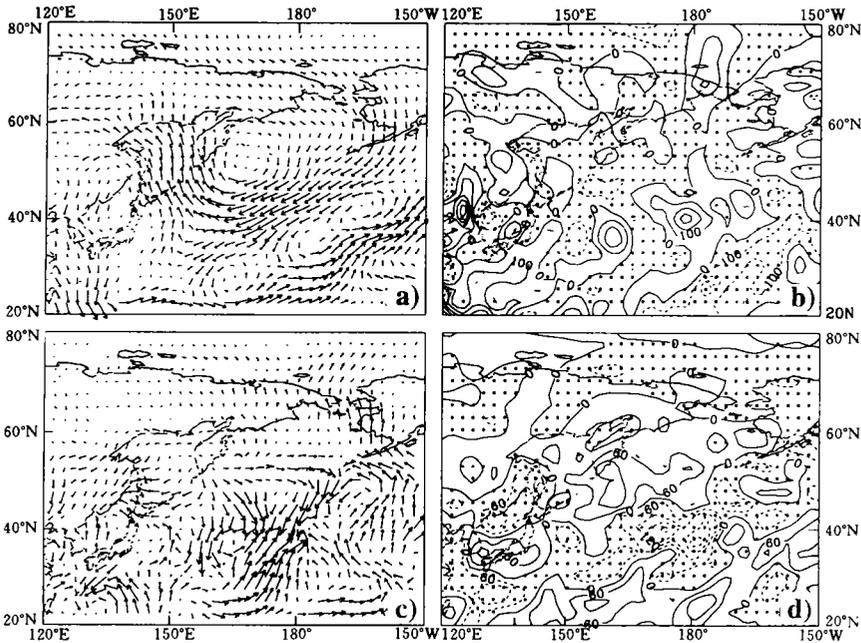


图 10 850hPa 月平均水汽通量及其辐散在 SST 高纬模 E_1 上的投影

(虚线及阴影区为负值。(a)月平均风的通量 $\bar{V}\bar{q}$; (b) $\nabla \cdot \bar{V}\bar{q}$, 等值线间隔为 $1 \times 10^{-9} \text{ g}/(\text{g} \cdot \text{s})$;
(c)月平均时变涡动水汽通量 $\bar{V}'q'$; (d) $\nabla \cdot \bar{V}'q'$, 等值线间隔为 $0.6 \times 10^{-9} \text{ g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$)

与正 SSTA 的分布(图 6a)和 \bar{q}_{850} 的投影分布(图 6d)也大致相似,表明热带暖性 SSTA 区上空时间平均流的水汽输送之辐合是形成 \bar{q}_{850} 正异常分布的基本原因。

6 讨论和结论

通过比较 850hPa 流场在海温异常的热带模和高纬模特征向量上的投影,发现两者存在若干异同之处。

不论是在热带、还是在热带外,850hPa 各种要素场在 SSTA 上的投影,主要中心都出现在 SSTA 的区域上及其附近,向远处迅速衰减,呈现了显著的邻域相关。暖性的 SSTA 区上方 850hPa 的比湿场有高值中心对应。这个高值中心的存在与定常异常流(\bar{V}_{850})对平均水汽(\bar{q})的输送在该区辐合有关。在热带外的场合,时变涡动的水汽输送在该区域辐散,对水汽变化起耗散作用。

两者的差异表现在时间平均高度场、温度场和流场上。暖 SSTA 上空 850hPa 处,在热带地区有显著的冷性气旋式环流,并伴有负高度异常。而在热带外地区则为强烈的暖性反气旋性环流,并伴有正高度异常。热带的气旋性环流主要是由于低空的辐合所致(吴国雄,这还珠,1992^[22])。而热带外的反气旋环流主要是一种热成风环流。时变涡动的动量输送对反气旋环流的维持也起着正贡献的作用。由于在热带暖性 SSTA 上空 850hPa 处已变为冷性异常,因此低空层结变得更不稳定,更有利于对流不稳定能的释放及深对流的发

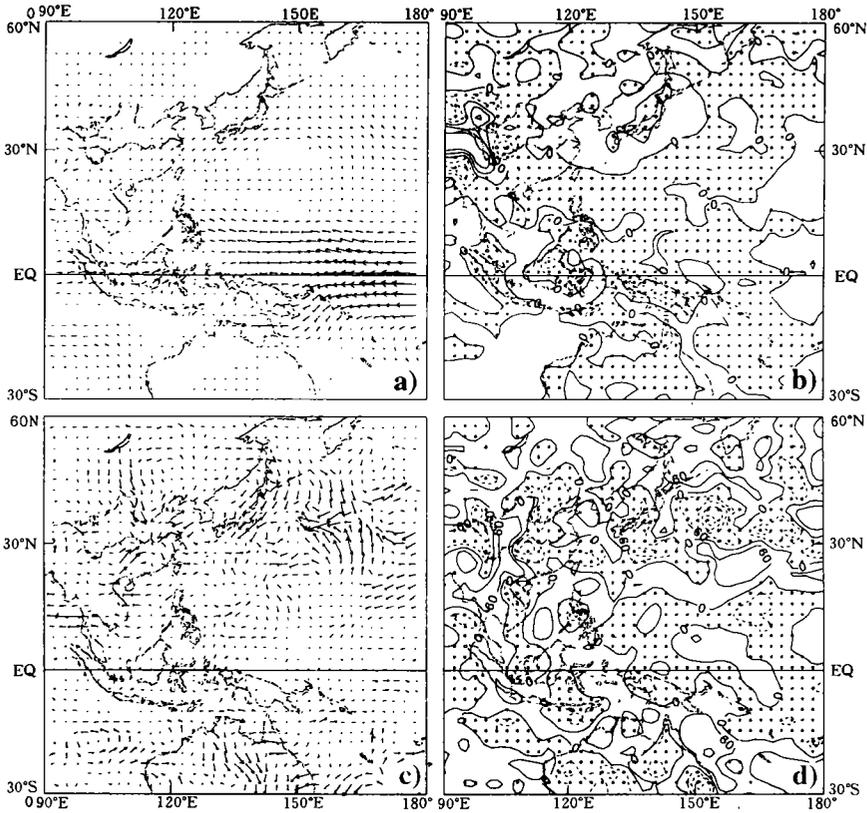


图 11 同图 10, 但为 SST 热带模 E_1 上的投影

(等值线间隔(b)为 $7 \times 10^{-9} \text{g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$; (d)为 $6 \times 10^{-9} \text{g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$)

展。与对流相联系的绝热加热在热带的能量平衡中因而显得十分重要。与中高纬形成明显的对比。

中高纬正 SSTA 上空 850hPa 的暖气温异常改变了南北方向的温度梯度,斜压性在暖中心北面增加,在其南面减少。时变涡动的向北热量、水汽输送在暖中心北面增加,在南面减少,从而对该处平均暖(湿)中心的维持起着阻尼作用。由于中高纬的绝热加热作用较弱,因此该暖(湿)中心主要由时间平均流对平均温度(水汽)的输送之辐合($\nabla \cdot \bar{\mathbf{V}} \bar{T} < 0$ $\nabla \cdot \bar{\mathbf{V}} \bar{q} < 0$)来维持。因此,中高纬度的斜压性在决定温湿场的特征中起着十分重要的作用。

把同一气象场投影到不同的,且相互正交的海温模态上,可以用来研究不同纬带海气相互作用过程的异同。由于投影法不受方差量的影响,因此对矢量场而言,相对于相关法具有矢量方向不变性的优点。但没有相关法那样能直接给出信度的长处。而且与相关法类似,不能确定 SSTA 及大气异常的因果关系。为达此目的,在未来的研究中还必须借助于海气耦合模式进行深入的试验。

参考文献

- [1] Bjerknes J. A possible response of the atmospheric Hadley circulation to equatorial anomalies of ocean temperature. *Tellus*. 1960. 18: 820—829.
- [2] Bjerknes J. Atmospheric teleconnections from the equatorial Pacific. *Mon Wea Rev.* 1969. 97: 161—172.
- [3] Philander S G. El Niño. La Niña and the Southern Oscillation. *Acad Press*. 1990. 289.
- [4] 巢纪平. 厄尔尼诺和南方涛动动力学. 气象出版社. 北京: 1993. 309.
- [5] Horel J D and Wallace J M. Planetary scale atmospheric phenomena associated with the Southern Oscillation. *Mon Wea Rev.* 1981. 109: 813—829.
- [6] Rowntree P R. The influence of tropical east Pacific ocean temperatures on the atmosphere. *Quart J Roy Meteor Soc.* 1972. 98: 290—321.
- [7] Rowntree P R. Response of the atmosphere to a tropical Atlantic ocean temperature anomaly. *Quart J Roy Meteor Soc.* 1976. 102: 607—625.
- [8] Blackmon M L, Geisler J E and Pitcher E J. A general circulation study of January climate anomaly patterns associated with interannual variation of equatorial Pacific sea surface temperatures. *J Atmos Sci.* 1983. 40: 1410—1425.
- [9] Shukla J and Wallace J M. Numerical simulation of the atmospheric response to equatorial Pacific sea surface temperature anomalies. *J Atmos Sci.* 1983. 40: 1613—1630.
- [10] Lau N C. Modelling the seasonal dependence of the atmospheric response to observed El Niños in 1962—1976. *Mon Wea Rev.* 1985. 113: 1970—1996.
- [11] Namias J. Seasonal interactions between the north Pacific ocean and the atmosphere during the 1960's. *Mon Wea Rev.* 1969. 97: 173—192.
- [12] Ratcliffe R A S and Murray R. New lag associations between North Atlantic sea temperature and European pressure applied to long-range weather forecasting. *Quart J Roy Meteor Soc.* 1970. 96: 226—246.
- [13] 大气物理所. 海气相互作用与旱涝长期预报. 科学出版社. 北京: 1978. 129pp.
- [14] Wallace J M and Jiang Q R. On the observed structure of the interannual variability of the atmosphere/ocean climate system. *Atmospheric and Oceanic Variability*. Roy Meteor Soc. H Cattle Ed. 1987. 17—43.
- [15] Wallace J M. Smith C and Jiang Q R. Spatial patterns of atmosphere/Ocean interaction in the northern winter. *J Climate.* 1990. 3: 990—998.
- [16] 归佩兰. 北太平洋海水表面特征及相应的大气环流型“海气相互作用与旱涝长期预报”. 中国科学院大气物理所集刊. 1978. 6: 13—26.
- [17] 林学椿. 北太平洋海水表面温度异常及其对东亚大气环流的影响. “海气相互作用与旱涝长期预报”. 中国科学院大气物理所集刊. 1978. 6: 40—71.
- [18] Palmer T N and Sun Z B. A modelling and observational study of the relationship between sea surface temperature in the northwest Atlantic and the atmospheric general circulation. *Quart J Roy Meteor Soc.* 1985. 111: 947—975.
- [19] Lau N C and Nath M J. A general circulation model study of the atmospheric response to extratropical SST anomalies observed in 1950—1979. *J Climate.* 1990. 3 (9): 965—989.
- [20] Horel J D. A rotated principal component analysis of the interannual variability of the Northern Hemisphere 500mb height field. *Mon Wea Rev.* 1981. 109: 2080—2092.
- [21] Wu Guoxiong and Liu Huanghu. Atmospheric precipitation in response to equatorial and tropical sea surface temperature anomalies. *J Atmos Sci.* 1992. 49: 2236—2255.

COMPARISON OF THE CORRELATIONS OF LOWER TROPOSPHERIC CIRCULATION WITH TROPICAL AND EXTRATROPICAL SEA SURFACE TEMPERATURE ANOMALIES

Wu guoxiong Wang Jingfang

(LASG Institute of Atmospheric Physics, Academia Sinica, Beijing, 100080)

Abstract

The method of rotational principle component (RPC) was employed to analyse the sea surface temperature (SST) in the area of the Indian Ocean and western Pacific Ocean in the 105-month period from January 1980 to September 1988. A tropical mode E_1 of SST anomaly (SSTA) centered to the east of the Philippines and an extratropical mode E_2 of SSTA in the surroundings of the Kamchatka Peninsula were thus obtained. The monthly mean meteorological fields at 850hPa in the same 105-month period were then projected onto the time eigenvectors of these two modes respectively to compare their relations with SSTA at different latitudes.

Results show that in both tropical and extratropical regions, warm SSTA is accompanied by positive anomaly of specific humidity at 850hPa, and by abnormal convergence of mean flux of monthly averaged specific humidity. Moreover, the statistically significant correlations of the 850hPa fields were found just above the SSTA region or its neighbourhoods.

The main differences between the two sets of projection were found in the 850hPa fields of flow, geopotential height, and temperature. Related to the tropical positive SSTA are lower height, colder temperature anomalies, and accompanied with the Gill type cyclonic abnormal circulation. On the contrary, over the extratropical positive SSTA, positive height and temperature anomalies, and a strong anomalous anticyclonic circulation appear. Diagnoses showed that such remarkable differences are mainly due to the strong geostrophy and baroclinity of the atmosphere at high latitudes.

Key words: Rotational principle component, Tropical mode and high latitude mode, Geostrophy and baroclinity.