

冬春海温异常对东亚初夏季风环流的影响^{*}

吴 池 胜

(中山大学大气科学系, 广州 510275)

摘 要 用 OSU 的两层大气环流模式进行了热带西太平洋冬春海温异常对东亚初夏 (5 月) 季风环流影响的数值试验. 结果表明: ① 海温的负距平引起西太平洋副热带高压脊南落和西伸, 东亚热带季风环流减弱, 我国西南和华南地区的降水增加; ② 海温的正距平引起西太平洋副热带高压明显减弱, 西太平洋的赤道西风加强, 我国西南和华南地区的降水减少.

关键词 热带西太平洋, 海温异常, 季风环流, 数值试验

分类号 P 435

关于热带西太平洋海温 (SST) 异常对东亚大气环流和天气气候影响的研究, 已取得相当多的成果, 但大多集中于讨论夏季 (6~8 月) 的海温异常问题; 实际上海温异常也可发生在其他季节, 而且该海区的海温距平 (Δ SST) 一般与热带东太平洋的成反位相关系^[1]. 中央气象台长期预报组曾指出^[2], 西太平洋副热带高压的活动由冬到夏存在持续性并认为这可能与西太平洋 Δ SST 的变化具有较大的保守性及自身的周期变化规律有关. 南海海洋研究所气象组认为, 冬季南海海温的异常一般可持续到春季, 初夏副热带高压的强度与 Δ SST 有明显的正相关^[3]. 作者也曾发现, 广东的汛期降水与南海冬季的 Δ SST 有密切的关系^[4]. 由此推测, 热带西太平洋冬春的海温异常也可能是引起夏季气候异常的重要因子. 以往一系列的研究结果已表明, 数值模拟 (试验) 是探讨外源强迫对大气环流和气候影响的重要手段. 因此, 本文利用 OSU 模式研究热带西太平洋冬春的海温异常对东亚地区初夏 (5 月) 季风环流和降水的影响.

1 模式简介和试验方案

1.1 模式简介

本试验采用俄勒岗州大学 (OSU) 的 σ 坐标系两层大气环流模式. 模式中包含对流调整、大尺度凝结和蒸发、积云对流、长波辐射和短波辐射等物理过程; 边界层中的各种通量的处理, 采用常数通量层参数化方法; 地表的温度、湿度和雪量分别由地表热量平衡方程、地表水份收支方程和雪量方程决定; 模式中还考虑了臭氧含量的纬度和季节变化; 模式的 SST 和海冰分布为已知, 由两个相邻 (以 15d 为界) 的月平均 SST 线性内插以得到每日的 SST

^{*} 国家自然科学基金 (49135120) 资助项目

收稿日期: 1996-11-05 吴池胜, 男, 50 岁, 副教授

值,而海冰分布则每月更换一次;地形采用 4(个纬距) $\times$ 5(个经距)网格的真实地形,其中青藏高原的最高高度为 4 415 m.

模式的时间积分方案采用欧拉后差和中央差交替进行的方式,时间步长取为 10 min,每小时先进行 4步欧拉后差,然后进行 2步中央差,如此重复.

1.2 试验方案

为研究热带西太平洋冬春海温异常对大气环流的影响,设计了两组试验:

(1)控制试验 CE. 它包括模式的全部物理过程,采用实际的海陆分布、地形高度以及气候平均的海温值.

(2)敏感试验. 敏感试验 S_1 和 S_2 分别在月平均海温场上迭加上负距平和正距平值,如图 1所示. 除海温外,模式中的其他物理过程与试验 CE的相同. 实际上,热带西太平洋的 Δ SST场相当复杂,试验中所设计的 Δ SST场作了理想化处理,以便于突出 Δ SST对大气环流的影响.

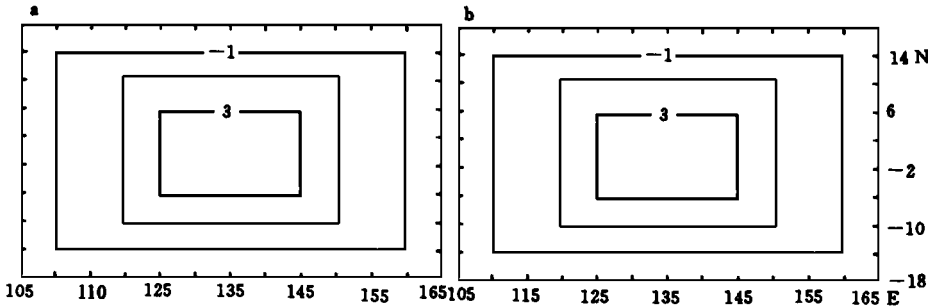


图 1 敏感试验的海温距平场

1 Patterns of sea surface temperature anomaly for the sensitive experiments S_1 (a) and S_2 (b)

两组试验均以模式的第 70年 10月 1日 24时的计算结果为初值,分别向前积分到次年的 5月 31日,其中敏感试验在 11月至次年的 5月加入图 1中的海温异常值.

2 结果分析

模式对季节平均大气环流的模拟能力详见文献 [5]. 下面主要分析海温异常所引起的初夏季风环流的变化.

2.1 对流层下部环流

图 2(a)是试验 S_1 与控制试验 CE的 850 hPa层的差值流场. 由图可见,热带西太平洋和南海地区(包括中印半岛的中南部)为反气旋性差值环流控制;在此反气旋的南侧,约在 100°E~ 150°E区间上有明显的由北往南的越赤道气流. 与此同时,海平面气压的差值场 (S_1 - CE)也发生相应的变化,热带西太平洋和我国南海附近地区为正变压区,而副热带的热带西太平洋海区则为负变压区(图略). 由此表明,当热带西太平洋海温为负距平时将引起西太平洋副热带高压脊南落西伸. 文献 [6]指出,东亚夏季风的建立是与 5月中旬后南海地区副热带高压脊的东退密切相关. 因此,上述的热带西太平洋和南海地区风压场的变化显然不利于东亚(南海)热带季风环流的建立,但却有利于华南地区副热带西风的增强.

图 2(b)是试验 S_2 与 S_1 的 850 hPa层的差值风场. 由图可见,热带西太平洋和南海附

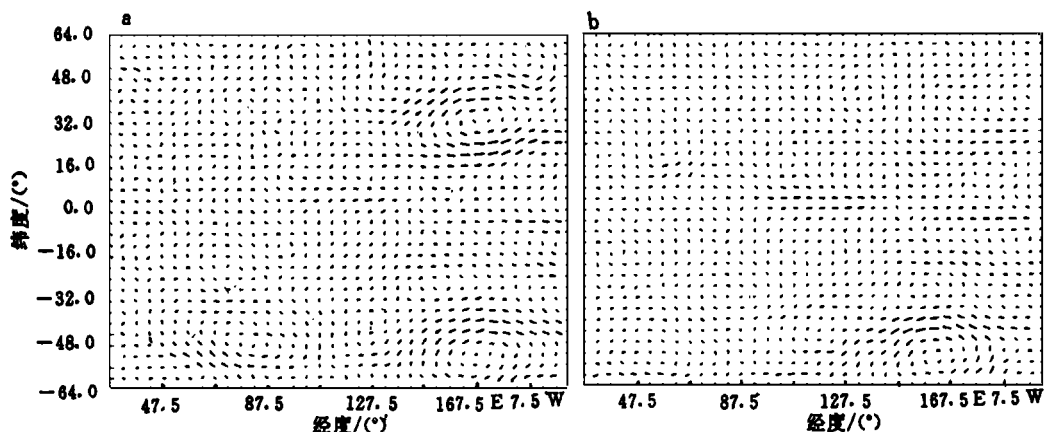


图 2 5 月 850 hPa 差值风场

Fig. 2 Simulated 850 hPa difference currents between two experiments in May

(a) ($S_1 - CE$) (b) ($S_2 - S_1$)

近地区为气旋性环流控制,气旋中心约位于 $14^{\circ}N$ $140^{\circ}E$ 附近.同时,在海平面气压差值 ($S - CE$) 场上,热带西太平洋和南海附近地区为负变压区 (图略).这说明赤道西太平洋海温的异常增暖将引起西太平洋副热带高压脊明显减弱和西太平洋地区低空由南往北的越赤道气流增强,从而有利于西太平洋地区热带 (西南) 季风的建立.此外,南海地区是处于上述差值气旋中心的西部,吹偏北风.显然,这种变化不利于南海热带季风环流建立.

2.2 对流层上部环流

图 3(a) 是试验 S_1 与控制试验 CE 的 250 hPa 层的差值流场.在海温异常变冷区 (图 1 (a)) 的两侧各有一气旋性环流中心,其间沿赤道带附近盛行偏西风,气流汇合明显,从而造成该区的下沉运动和对流层下部的辐散 (图 2(a)) 以及海平面气压的升高 (图略). 约在 $150^{\circ}E$ 以西,向北的越赤道气流正好补偿低层由北往南的质量输送 (图 2(a)). 从冬到夏,东亚地区越赤道气流方向的转换是夏季风北进的先兆^①. 因此,热带西太平洋海温的异常变冷所产生的上述差值越赤道流 (低层由北→南,高层由南→北) 是不利于东亚夏季风经圈环流的建立 (加强) 的.

此外,作者还注意到,图 3(a) 中北印度洋上的反气旋 (高压脊) 与同一纬度的中心约在 $130^{\circ}E$ 附近的气旋性环流组成“东低西高”的流型.与控制试验的结果 (图略) 相配合,可以看出海温的异常变冷将引起 5 月份原位于中印半岛上空的南亚高压中心偏西 (在试验 S_1 的 250 hPa 流场图上,南亚反气旋的中心西移至中印半岛西侧的孟加拉湾上 (图略)); 同时,西太平洋-南海地区的东风也因此而减弱.

图 3(b) 是试验 S_2 与 S_1 的 250 hPa 层的差值风场.由图 3(b) 可见,在赤道西太平洋及其附近地区,其环流形势与图 3(a) 正相反,即在热带西太平洋和澳大利亚北侧附近分别有一反气旋,海温异常变暖区的上空吹偏东风,气流明显辐散,这与低层的辐合 (图 2(b)) 恰相对应.热带西太平洋上的反气旋偏差风将导致原位于中印半岛上的南亚反气旋向东伸展,

① 张镭. 季风——行星尺度中长期变化特征. 1995 年全国季风学术讨论会论文摘要, 1995. 9

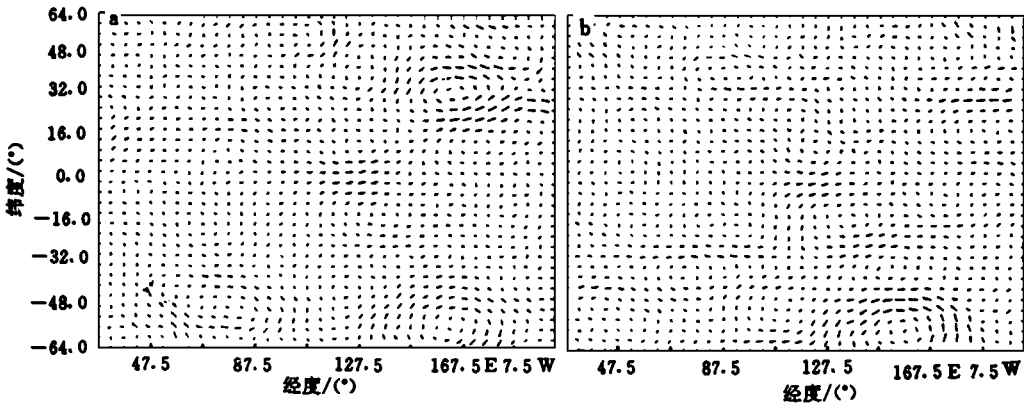


图 3 5 月 250 hPa 差值风场

Fig. 3 Simulated 250 hPa difference currents between two experiments in May

(a) ($S_1 - CE$) (b) ($S_2 - S_1$)

在此反气旋南缘由北往南的越赤道气流正好补偿低层(图 2(b))的跨越赤道往北的质量输送.

2.3 降水

图 4(a)是试验 S_1 与试验 CE 的降水差值分布. 由图可见,在海温异常变冷区附近,降水明显减少,主要的负值中心约位于 $140^{\circ}E$ 的赤道北侧附近,这里正是 850 hPa 层上差值反气旋中心南侧的气流强辐散区(图 2(a)),也是高空(250 hPa)的强辐合区(图 3(a)). 另外,在海温异常变冷区的两侧,南北半球各存在一近于东西向的正值区,我国的华南、西南地区正处于北侧的正值带内,降水有所增加. 因此,结合图 2(a)和图 3(a)可看出,当热带西太平洋海温异常变冷时,可引起该区域对流层上部气流的辐合下沉,而对流层下部则形成辐散的差值反气旋流场,从而引起该区降水相应减少;与此同时,在该区域的四周产生补偿性的上升运动并导致降水相应增加. 热带西太平洋(冬春)海温的负距平在 ENSO 年常出现,其中尤以 1982~1983 年和 1986~1987 年的比较典型^[7]. 广东 1983 年 5 月降水偏多,1987 年 5 月为涝月^[4],这与本文模拟结果颇相吻合.

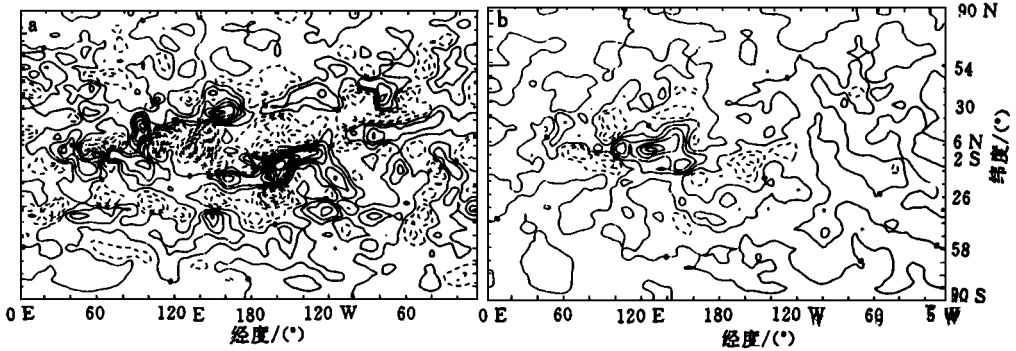


图 4 5 月降水差值分布

Fig. 4 Distribution of difference precipitation between two experiments in May

(a) ($S_1 - CE$) (b) ($S_2 - S_1$)

图 4(b)是试验 S_2 与试验 S_1 的降水差值分布,在赤道西太平洋地区有一近于东西向正值区,其范围与海温异常区基本相一致,其最大正值(降水增加)中心恰是该区 850 hPa 层上的气流辐合区(图 2(b));在此正值区的四周,则是表征降水减少的负值区,我国的华南和西南地区正位于此负值区内。因此,上述结果说明,热带西太平洋海温的异常增暖将引起该区对流层下部水平气流的辐合,降水增多,同时在其四周则产生补偿升的下沉而引起降水减少。1985 年和 1988 年是典型的反厄尔尼诺年,这两年的春季,热带西太平洋海温都出现明显的正距平^[8]。广东 1985 年 5 月出现严重的干旱,与上述的模拟结果比较接近;但 1988 年 5 月广东的降水基本正常。因此,△SST 只是影响降水的诸多重要因子中的一个^[4]。

3 小 结

本文用数值试验方法研究了热带西太平洋冬春的海温异常对东亚地区 5 月季风环流和降水的影响,主要的结果如下:

(1) 热带西太平洋冬春海温的异常变冷引起西太平洋副热带高压脊南落和西伸,对流层下部南海地区反气旋性环流增强;位于副热带高压北侧的华南地区的副热带西南季风也得到增强;与此同时,对流层上部的南亚高压中心西移,南海南部的热带东风减弱。海温的异常变冷所产生的差值越赤道气流(低层由北向南、高层由南向北)与东亚地区夏季风经圈环流的方向正相反。因此,赤道西太平洋冬春海温的异常变冷不利于东亚(南海)地区夏季风环流的建立,或者说将使该地区的夏季风环流减弱。

(2) 热带西太平洋冬春海温的异常增暖将引起对流层上部的南亚高压向东扩展,南海南部的热带东风增强。同时,对流层下部的西太平洋副热带高压脊明显减弱,西太平洋地区(低层由南向北、高层由北向南)的越赤道气流增强,从而有利于西太平洋地区热带(西南)季风的建立(发展)。

(3) 热带西太平洋冬春海温的异常变冷(暖)将引起该区的降水明显减少(增加),同时我国华南、西南地区的降水则增多(减少)。

参 考 文 献

- 1 陈敬阳,孙照渤. 热带西太平洋和印度洋海表温度的时空分布特征. 南京气象学院学报, 1997, 16 (1): 41~ 47
- 2 中央气象台长期预报组. 淮河流域夏季降水前期环流特征的初步分析及其长期预报. 气象科技资料, 1974(6): 11~ 17
- 3 中国科学院南海海洋研究所气象组. 南海北部冬季海温异常与副高活动关系的初步分析. 热带天气会议论文集, 1976, 150~ 154
- 4 吴池胜,杨平章. 海气系统异常与广东夏季旱涝的关系. 中山大学学报(自然科学版), 1991, 30 (3): 76~ 83
- 5 Schlesinger M E, Gates W L. The January and July performance of the OSU two-level atmospheric general circulation model. J Atmos Sci, 1980, 37: 1914~ 1943
- 6 陈隆勋,朱乾根,罗会邦,等. 东亚季风. 北京: 气象出版社, 1991. 68~ 69
- 7 黄荣辉,孙凤英. 热带西太平洋暖池的热状态及其上空对流活动对东亚夏季气候异常的影响. 大气科学, 1994, 18(2): 141~ 151

Numerical Study on Effects of SST Anomaly in Tropical Western Pacific during Winter and Spring on the Early Summer Monsoon in East Asia

Wu Chisheng^{*}

Abstract In order to study the effects of SST anomaly in tropical western Pacific during winter and spring on the early summer monsoon in East Asia, a set of numerical experiments is conducted using OSU-AGCM. It is shown that the early summer monsoon in East Asia responds significantly to the SST anomaly. The negative SST anomaly results in the extending westward of the western Pacific subtropical high with the ridge line shifted by south, the weakening of the tropical monsoon over East Asia, as well as the rainfall increasing over southwest China and south China. The positive SST anomaly results in the weakening of the western Pacific subtropical high, the strengthening of equatorial westerlies in the lower troposphere over the tropical western Pacific, as well as the rainfall decreasing over southwest China and south China.

Keywords tropical western Pacific, SST anomaly, monsoon circulation, numerical experiment

^{*} Department of Atmospheric Science, Zhongshan University, Guangzhou 510275