

影响东亚季风环流异常因子的敏感性试验*

张光智 徐祥德 苗秋菊

(中国气象科学研究院, 北京 100081)

提 要

文章使用改进了的 OSU 全球气候模式, 动态地使用厄尔尼诺年(1972年)实际下垫面温度月距平资料, 对太平洋海面温度异常以及太平洋中不同关键区海面温度异常进行了敏感性试验。数值试验结果表明: El Nino 实际海温时空异常, 特别是关键区的海面温度异常, 引起了东亚季风环流的异常变化, 出现了干旱的环流形势。无论赤道中太平洋或是赤道东太平洋的海面温度异常都是很敏感的影响因子, 对预报有一定的指示意义。

关键词: 东亚季风; 影响因子; 敏感性试验。

引 言

目前已广泛采用全球大气环流模式(AGCM)对各种气候变化及其特征进行数值模拟试验。通过研究模式对各种强迫因子的响应可以认识它们与大气环流间的相互关系。本文采用陈隆勋等^[4]改进的 OSU 三层模式将 1972 年典型的厄尔尼诺年期间实际的海面温度月距平作为下垫面热力边界条件, 研究实际海温异常的时空变化及其影响, 以分析大气环流中与我国有重大关系的东亚季风环流的变化及其对厄尔尼诺年海面温度异常的响应, 为短期气候预测提供某些依据。

1 数值试验的设计及试验方案

1.1 试验设计的天气学背景

根据王绍武等^[5]的分型, 1972 年是典型的 E 类厄尔尼诺年, 即春夏 SST 异常增暖。1972 年 5~8 月赤道中、东太平洋存在显著的大范围的 SST 正距平区, 且其范围逐月扩大, 强度增加。这一年是中国大陆自 1949 年以来干旱最严重的一年。赤道东太平洋 SST 表现为明显的正距平, 秘鲁海岸附近的水温比正常年暖 10°C ^[6], 近大陆的黑潮暖流明显的减弱, 太平洋中部 SST 也异常的升高。这一年西南季风气流强度很弱, 而且西风急流也异常偏北, 东亚锋面活动在 50°N 以北才活跃, 使得我国广大地区锋面降水偏少。加之

* 由中国气象局“长期天气预报理论和方法研究”课题资助。
1995-02-08 收到, 1995-06-01 收到修改稿。

这一年台风多半在海上盘旋或北上,副高位置偏东偏北远离大陆,台风带来的降水也少.大气环流的异常包含东亚季风环流的异常,造成了1972年我国大陆大面积干旱的发生.

1.2 试验方案

改进后的三层 OSU 模式仍用 σ 坐标描述,较原二层 OSU 模式增加了一层边界层.模式高层为 387.5 hPa,中层为 762.5 hPa,低层为 975 hPa.修改后的 OSU 模式在模拟气候特征的能力上有明显的改进^[4].根据 1972 年的天气背景,我们用这一年 4~8 月逐月时空变化异常的实际海温距平随积分时间加到相应月试验区域的气候平均海温场上,其它地区仍取气候值.下面给出 4 个模拟方案:

(1) 模式海洋下垫面热力边界为气候平均海温场,即为控制试验,记为 M_1 .

(2) 太平洋 SST 异常的试验.即在太平洋区域,用 1972 年 4~8 月实际的 SST 月距平随积分时间分别加在该区域气候平均海温场上,该试验记为 M_2 .

(3) 赤道东太平洋 SST 异常的试验.赤道东太平洋区的范围为 $5^{\circ}\text{S}\sim 5^{\circ}\text{N}$, $90^{\circ}\sim 150^{\circ}\text{W}$ 区域,此区域即为美国气候中心气候诊断公报所划分的厄尔尼诺年 SST 关键区——Nino3 区.在此区域气候平均 SST 场上随积分时间逐月迭加(1972 年 4~8 月)该区域的 SST 月距平值,该试验记为 M_3 .

(4) 赤道中太平洋 SST 异常的试验.赤道中太平洋的范围为 $5^{\circ}\text{S}\sim 5^{\circ}\text{N}$, $150^{\circ}\text{W}\sim 160^{\circ}\text{E}$ 区域,即为美国气候中心气候诊断公报所划分的厄尔尼诺年 SST 的另一关键区——Nino4 区.试验同 M_3 ,记该试验为 M_4 .

2 东亚季风环流平均气候特征的模拟

作为对比试验的基础, M_1 试验是从基本模式出发,采用 $4^{\circ}\times 5^{\circ}$ 的网格点,对各变量场在全球 46×72 个格点上从 5 月 1 日开始积分,时间步长为 600 s,积分时间为 6 个月,即积分到 10 月 31 日,模式尚稳定.因此,上述 3 种敏感性试验也都从 5 月 1 日开始积分.本文舍弃前 2 个月的积分结果,只采用 7 月份的月平均的积分结果进行对比讨论.

图 1 为 M_1 试验 7 月份低层(950 hPa)和高层(387.5 hPa(图略))的月平均风场分布.与 7 月份 100 hPa 气候平均流场(图略)相比较,该模式对东亚季风环流的描述尚有一定能力,尽管两支季风气流位置稍有些偏离.一支低空急流源于马达加斯加岛附近,流经阿拉伯海、印度洋,经孟加拉湾流向印度次大陆.与气候平均场比较,其位置偏东 $5\sim 10$ 个经度.另一支低空越赤道气流源于澳大利亚,经中南半岛、中国南海流至我国华南.与气候平均场比较,其位置稍有些偏西.这两支低空急流分别为西南季风和东亚季风,它们是给东亚带来夏季风降水的重要环流结构.高层(387.5 hPa)流场(图略)表明,从西藏高原到太平洋西岸是一支反气旋环流.这支反气旋环流在我国华北上空分支,一支高空西风急流流向日本,另一支东北风急流经我国南海流向赤道.

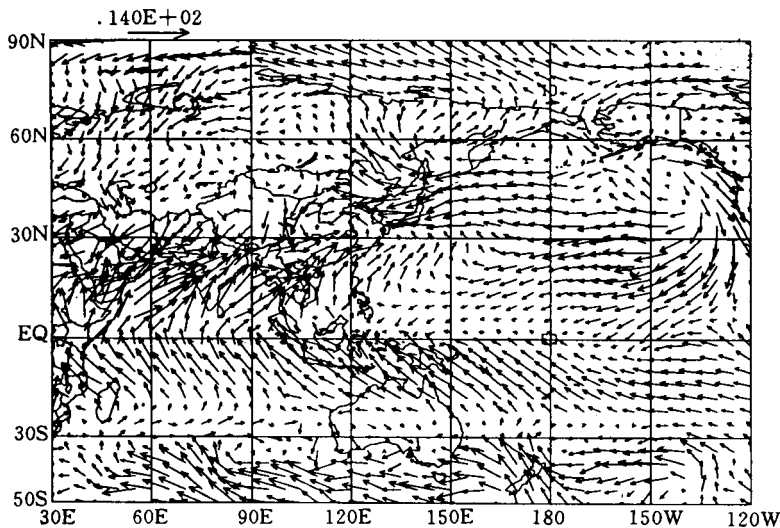


图 1 控制试验(M_1)的 7 月份低层(975 hPa)平均风场图

Fig. 1 The mean wind field of July in lower layer (975 hPa) for control experiment (M_1)

3 影响东亚季风环流异常因子的敏感性试验

3.1 东亚季风环流变异特征的模拟

3.1.1 太平洋海面温度异常的试验(M_2) 图 2 为 M_2 试验得到的 7 月份低层风场与 M_1 试验 7 月的相应风场的差值图, 高层风场试验的差值图从略。即纬向风差 $U(M_2) - U(M_1)$ 与经向风差 $V(M_2) - V(M_1)$ 的合成风图。对比图 2 与图 1, 可以看到: 台湾以东, 经中国南海上空, 过中印半岛到印度洋一带的越赤道气流由原来的西南风急流(图 1) 转为东北风急流; 原来在我国华北到东北经日本列岛一带的强劲的偏东风气流为偏西风急流所代替; 原来长江流域一带的东西向辐合线已被东西向的辐散带所代替。

对比高层 M_2 试验的差值图与该层的 M_1 可以看到下述特点: 原先位于我国东部的反气旋气流已被反时针旋转占优势的气流(类似于气旋性环流)所代替; 原先在华北到东北南部的西风急流为流经该区的东风急流所代替; 原先在中南半岛到印尼一带的越赤道气流由东北风转为西南风。

以上积分结果表明: 低空夏季的西南季风显著衰减, 季风区的高空反气旋气流变成气旋式气流占优势。高低空季风气流的逆反, 使夏季风雨型天气形势转为干旱天气形势。

3.1.2 赤道东太平洋海面温度异常的试验(M_3) M_3 试验同样从 5 月 1 日开始积分。用 M_3 试验得到的 7 月风场减去基本试验 M_1 的 7 月风场可分别得到低层和高层的风场差值图(图略)。与图 1 相比较的结果表明, 赤道东太平洋 SST 异常增高同样使得季风环流发生异常的改变, 出现干旱型的环流形势。

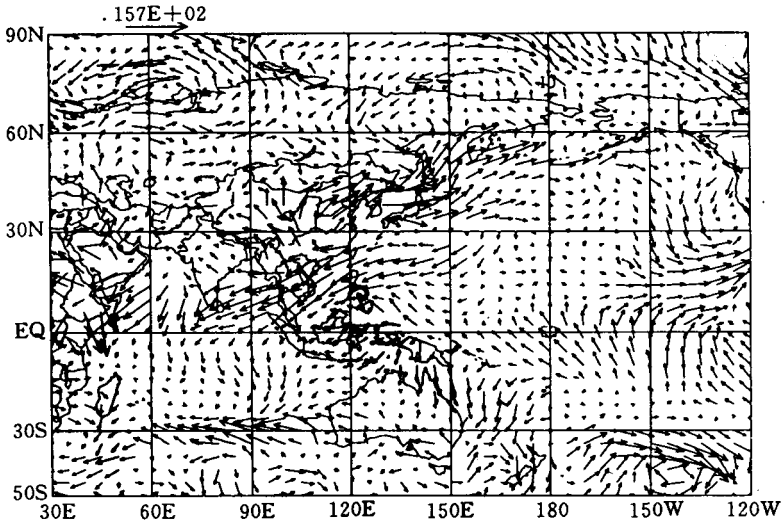


图2 M_2 试验 7 月风场与 M_1 试验 7 月低层(975 hPa)风场的差值图

Fig. 2 The difference of wind field in July for lower layer between experiments ($M_2 - M_1$)

3.1.3 赤道中太平洋海面温度异常的试验(M_4) M_4 试验亦从 5 月 1 日开始积分,从试验得到的 7 月份的风场减去 M_1 试验 7 月份风场的差值图(图略)可知,除去中国东部高层的气旋式旋转的气流位置向大陆内部西移至 90°E 附近外,其余特征与 M_3 试验比较相似。

分析 M_2 、 M_3 、 M_4 试验结果,说明由厄尔尼诺现象引起的太平洋 SST 的异常及太平洋中的海温关键区(赤道东、中太平洋)SST 异常增高都能激发出东亚季风环流发生异常改变,造成干旱环流形势的出现。尽管关键区海温时空变化与整个太平洋海温时空变化对北半球东亚环流影响效应较相似,但仍有一定的差异。除上面提到的流场上的差异外,我们还对温度场的模拟结果进行了比较。将 M_2 、 M_3 以及 M_4 试验的 7 月低层温度场分别与控制试验 M_1 的 7 月低层温度场作差值图(见图 3),由 M_2 的差值图(图 3a)可见,中国大陆中、低纬度有一高温区,与干旱的天气形势相伴随。 M_3 的差值图(图 3b)的形势与其类似,但高温区中心强度较 M_2 的强,其范围也稍大些。比较 M_4 试验也有与上述相似的正温度差值区。

3.2 低纬海温时空变化与东亚地区纬向、经向平均风廓线特征的关系

将以上各试验纬向风 7 月份月平均的积分结果在 $60^\circ \sim 150^\circ\text{E}$ 的范围内进行纬向平均,以分析东亚地区纬向风的变化。图 4 为 M_2 试验的 7 月纬向风的纬向平均值与 M_1 试验相应风场的差值随纬度的变化。由图可见,在低层从 30°N 至 30°S 的季风活跃区西风明显减弱。它削弱了沃克环流在西太平洋上升支的强度,即削弱了在我国东部沿海的沃克环流上升支的强度,使得 30°N 以南我国长江流域出现干旱少雨的环流形势。

由图还可以看到,我国 $40^\circ \sim 70^\circ\text{N}$ 地区西风是加强的(正差值区),这表明西风急流偏北,这个结果与对 1972 年干旱的观测事实分析结果一致。与低层相反,在高层赤道

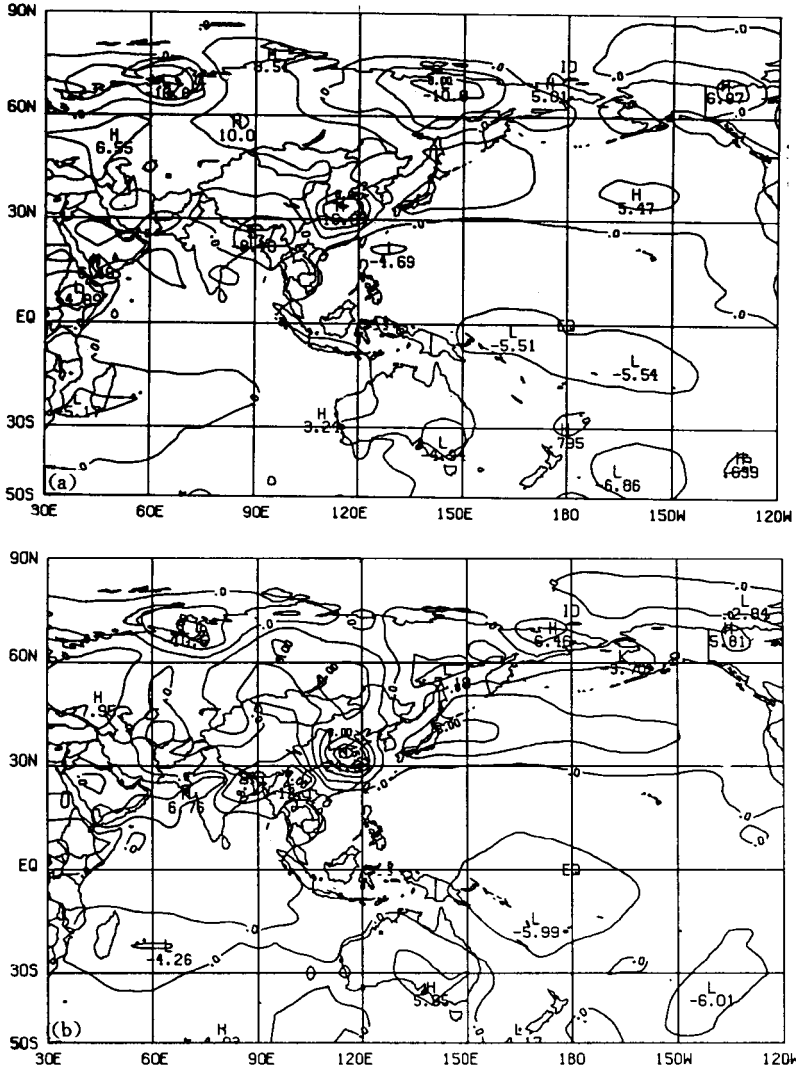


图 3 M_2 和 M_3 试验与控制试验 M_1 的 7 月低层温度场的差值图 (a) $M_2 - M_1$ (b) $M_3 - M_1$

Fig. 3 The difference of lower temperature in July between experiments

(a) $M_2 - M_1$ (b) $M_3 - M_1$

两侧是西风加强区。这种在沃克环流左侧，高空西风加强与低空西风减弱相配合，削弱了东亚季风环流的强度，这个结果与文献[7]分析季风强度变化的结果相符合。

图 5 表示 M_2 试验 7 月经向风在 $110^\circ \sim 120^\circ E$ 间的平均值与 M_1 相应值的偏差随纬度的变化。由图可见，在低层 $25^\circ N$ 以南地区越赤道气流向北输送的经向风被削弱(负值)， $25^\circ N$ 以北经向风的向北分量才有所加强。在高层，除赤道附近有些负值外，中低纬为向北经向风控制。按典型夏季季风环流形势，中低纬高层应为向南的经向风。由此可知，异常 SST 的时空变化，削弱了经向环流，这在 $110^\circ \sim 120^\circ E$ 东亚季风通道上表现得非常明显。

显. 分析 M_3 及 M_4 试验亦有上述类似的变化.

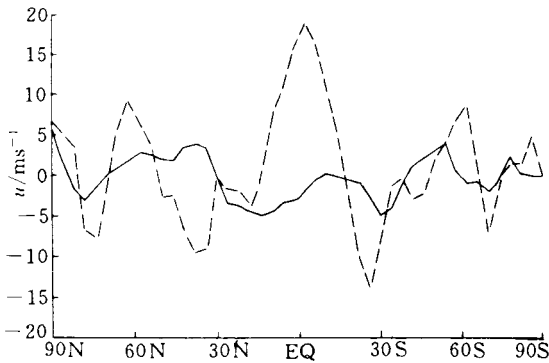


图 4 M_2 试验 7 月纬向风在 $60^\circ\sim 150^\circ\text{E}$ 之间的平均值与 M_1 试验相应风场之差随纬度的变化 (实线: 低层, 虚线: 高层)

Fig. 4 The change of the difference of mean zonal wind ($60^\circ\sim 150^\circ\text{E}$) in July between M_2 and M_1 experiments with the latitude (the solid line is lower layer, the dashed line is upper layer)

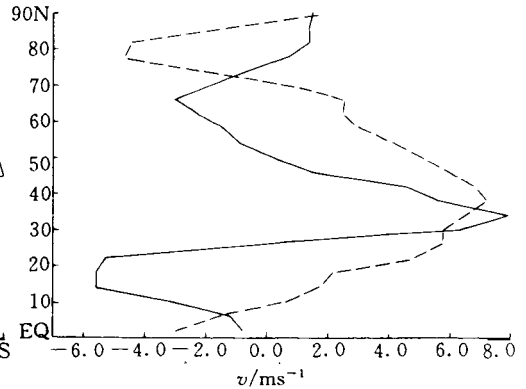


图 5 M_2 试验 7 月经向风在 $110^\circ\sim 120^\circ\text{E}$ 的平均值与 M_1 试验相应风场之差随纬度的变化 (实线: 低层, 虚线: 高层)

Fig. 5 The change of the difference of mean meridional wind ($110^\circ\sim 120^\circ\text{E}$) in July between M_2 and M_1 experiments with the latitude (the solid line is lower layer, the dashed line is upper layer)

4 结 语

数值试验的结果证明了在海温关键区(尽管其范围不大)的 SST 异常, 无论是赤道东太平洋或是赤道中太平洋 SST 异常偏高, 积分 3 个月, 就可以激发出干旱型流场. 仅保留关键区(Nino3 区或 Nino4 区)的实际 SST 异常均可产生类似于整个太平洋地区 SST 时空异常强迫的动力效应. 可见, 关键区的海温异常偏高是非常敏感的因子. 因此, 在分析东亚季风环流是否会发生变异时, 把注意力放在太平洋, 特别是关键区的赤道中太平洋和赤道东太平洋的 SST 异常仍具有一定的预报意义.

参 考 文 献

- 1 Namias J. 大尺度海气相互作用及其短期气候振荡. 长期天气预报译文集. 国家气象局长期预报总课题组编, 1987 年 5 月, 65~73.
- 2 张光智, 郑庆林. 非均匀海面温度异常分布对沃克环流影响的数值试验. 气象科学研究所院刊, 1988, 3(2): 113~119.
- 3 Keshavamurty R N. 大气对赤道太平洋海面温度距平的反应与南方涛动的遥相关. 长期天气预报译文集. 国家气象局长期预报总课题组编, 1987 年 5 月, 85~100.
- 4 陈隆勋, 王安宇, 樊云等. The three-level global atmospheric general circulation model: Formulation and results. *Acta Meteorologica Sinica*, 1993, 7(1): 31~49.
- 5 臧恒范, 王绍武. 1854~1987 年期间厄尔尼诺事件. 海洋学报, 1991, 13(1): 26~34.

- 6 Krishnamurti T N and Kanamitus M. 干旱年和正常雨量年北半球夏季行星尺度季风. 季风动力学. 陈咸吉等译. 北京: 气象出版社, 1986. 14~42.
- 7 王继志. 季风与越赤道气流的研究与问题. 见: 中国气象学会编. 天气学的新进展——现代天气学讲座文选. 北京: 气象出版社, 1986. 294~307.

A SENSITIVITY SIMULATION FOR ANOMALOUS FACTORS INFLUENCING THE MONSOON CIRCULATION IN EAST ASIA

Zhang Guangzhi Xu Xiangde Miao Qiuju

(Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081)

Abstract

Based on the monthly temperature departure data of the underlying surface during the El Nino year (1972), a sensitivity simulation of anomalous SST in the Pacific and also in several key areas of the Pacific has been made by using the improved OSU global climatic model. As a thermodynamic forced source, the anomalous SST is put into the model initially as well as the spatial and temporal varieties of anomalous SST with integrated time are superimposed continuously. The results of numerical simulation indicate that the spatial and temporal anomalies for the observed SST in the Pacific, especially in key areas during the El Nino year bring about an anomalous change of monsoon circulation in East Asia, and the drought circulation pattern appears. For this change of monsoon circulation, the affecting factors of anomalous SST in both the central equatorial Pacific area and the eastern equatorial Pacific area are all very sensitive, so they have a certain significance for weather forecast.

Key words: East Asian monsoon; Affecting factor; Sensitivity simulation.

中国业务数值预报交流与研讨会在海口举行

由中国气象学会数值预报专业委员会与《八五》攻关课题“台风、暴雨业务数值预报方法研究”技术组联合组织的“中国业务数值预报交流与研讨会”于1996年4月1日~5日在海南省海口市举行。数值预报专业委员会委员、课题科技人员及各区域气象中心有关专家共60人出席了会议。尤为可喜的是不少青年科技人员参加会议并作了报告。

会上交流学术报告共28篇；25名专家作了重点研讨发言，颜宏副局长在会上作了有关业务数值预报思考的精辟发言，受到与会人员的热烈欢迎。会上的学术报告及研讨情况表明，《八五》科技攻关课题“台风、暴雨业务数值预报方法”带动了我国业务数值预报整体水平的提高。研究建立的各级台风、暴雨数值预报系统不仅在技术上达到90年代初国际先进水平，而且已经在业务应用中发挥了积极的作用。专家们对未来我国数值预报的发展进行了热烈深入的讨论，并在业务数值预报的指导思想、技术路线等一系列重大问题上取得了共识。

(本刊编辑部)