

北太平洋海温异常对我国降水影响的数值试验^①

朱平盛 张苏平 胡桂芳

(山东省气象科学研究所, 济南 250031)

提 要

利用全球大气环流模式(OSU-AGCM),作中纬度北太平洋热源异常强迫的数值试验,分析中纬度北太平洋海温异常对降水的影响。结果表明,中纬度北太平洋大范围海温降低,将造成东北地区季内降水偏多,而我国40°N以南大部分地区降水偏少;同时,北太平洋中低纬度地区降水将发生显著的变化。通过分析海温异常所造成的大气物理量场的变化,就海温异常对降水的影响机制进行了探讨,得出一些有益的结果。

关键词: 北太平洋 海温异常 降水 数值试验

引 言

近年兴,关于大气与海洋相互作用的研究日益被人们所重视,特别是针对低纬度海温异常与大气环流和降水异常的关系研究较多。研究表明:赤道太平洋、印度洋海温异常(SSTA)对全球大气环流和气候异常能产生显著影响^[1~4]。关于中纬度地区SSTA对大气环流和降水的影响陈烈庭等^[5]曾指出,北太平洋海温异常与北半球中高纬PNA型环流密切相关;杨英^[6]、王谦谦等^[7]的研究表明,北太平洋,尤其是北太平洋洋流区和西太平洋沿岸的SSTA,对我国夏季降水异常及江淮流域旱涝的形成至关重要。本文在上述研究的基础上,用全球两层大气环流模式,在分析北太平洋SST变化特征的基础上,以1986年3月实际SST距平场作为下边界热源强迫进行数值试验,分析中纬度北太平洋SSTA对我国降水的影响,以期揭示其作用

与机制,寻求更加可靠的气候预测因子。

1 北太平洋SST变化特征和试验方案

所用资料为1951~1993年太平洋月平均SST(范围:10°S~50°N,120°E~80°W,格距:5°×5°)和我国160站的月降水量。以各网格点SST的均方差以及SST与我国同期平均降水量的相关系数,反映SST的变化特征及其与我国降水的相关性。发现,3月份北太平洋SST均方差是春季(3~5月)最大的月份,其大范围高值区分别位于西北太平洋沿岸(最大值为1.57℃)、赤道中、东太平洋(中心值为1.23℃)和中纬度北太平洋(中心值为0.92℃,图略)。其中,中纬度北太平洋SST均方差虽然小于前两个海域,但其范围最广,而且与我国同期降水量相关性最好($\alpha \leq 0.05$,图1)。因此,我们选择这一海域,分析其SSTA对我国降水的影响。

^① 本文受中国气象局科技项目“卫星资料在山东旱涝分析预测中的应用”资助

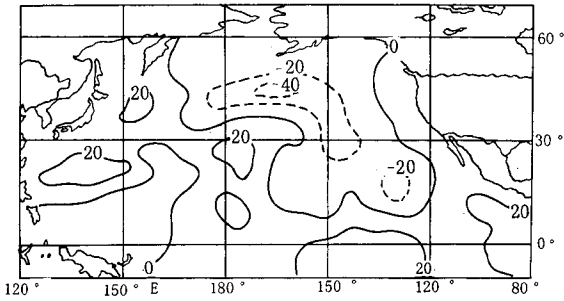


图1 我国春季(3~5月)降水量与北太平洋SST相关分布图($\times 100$)

所用数值模式是美国俄勒冈州立大学气候研究所设计的全球两层大气环流模式(OSU-AGCM)。该模式采用垂直 σ 坐标和原始动力学方程,并考虑实际海陆分布、地形、地表植被和海表温度等下垫面动力、热力因素,模式的结构特点和各物理过程参数化方

案参阅文献[8、9]

所作数值试验设计了两个方案:首先,以模式积分第70天的模式气候场为初始场,其中下边界初始场的SST用2月份多年气候平均值做控制试验(CNL);敏感性试验(STA)则在控制试验积分至第10天后,将1986年3月中纬度北太平洋SST距平场的区域平均迭加到原海温场上,其它条件不变。两试验均从2月18日积分到3月31日,取后21天的日平均结果,并用STA与CNL结果之差来反映SSTA对大气的影。图2是1986年3月实际北太平洋SST距平和敏感性试验所迭加的异常场。可见,中纬度北太平洋存在大范围强的负距平,中心值达 -1.8°C 。在敏感性试验中,我们将该区SST距平的区域平均作为海温异常值,以消除单点SST随机误差的影响。

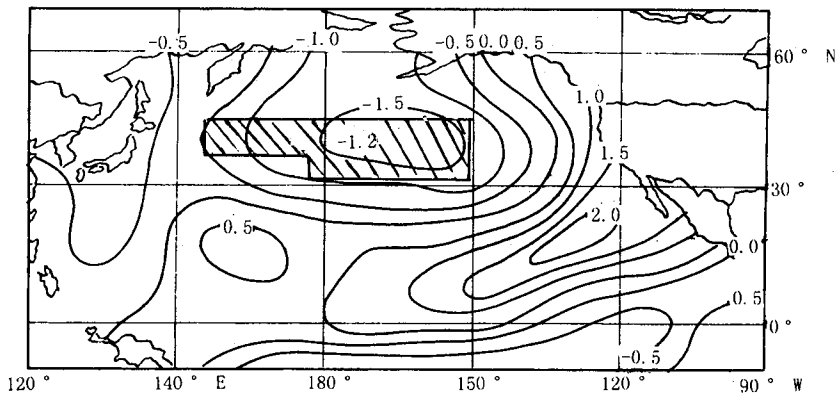


图2 1986年3月北太平洋SST距平场(阴影区为STA所迭加海温异常区,数值为异常值)

2 试验结果与分析

2.1 试验结果

图3是1986年3月我国降水距平百分率和试验所得STA与CNL降水量差值分布。实况中,我国 40°N 以北大部地区降水为正距平,东北地区降水显著偏多,而 40°N 以南除华东沿海外,大部地区降水偏少,其中,青藏高原东部、云贵高原和黄淮地区尤为明

显。这一分布形势在图3b上得到了较好的体现。但模拟结果中,东北的多雨中心和云贵高原的少雨中心位置均较实况稍偏东北;华东南部的多雨区没有模拟出来。另外,模拟结果表明,北太平洋上降水变化明显大于 135°E 以西的大陆地区;虽然所加的海温异常源在中纬度北太平洋,但降水变化在整个北太平洋中低纬地区都十分显著;降水异常分布与

SSTA 并无明显的对应关系,即使在海温异常的海域内,降水变化也并非一致。这说明,中纬度北太平洋 SSTA 对大气影响不是局部的,降水对 SSTA 的响应非常复杂。

2.2 海温异常对降水的影响机制分析

为了讨论 SSTA 对降水变化的影响机制,我们分析 STA 与 CNL 模拟得到的有关物理量差值场。从 600hPa 垂直运动速度、400hPa 和 800hPa 两层水平散度差值场(图略)可以看出,降水量差值与垂直速度差值的分布形势很相似,而上升运动差值分布和两层水平散度差值场的配置具有较好对应关系。上升运动加强的地区对应于低层散度的负变差(辐合)与高层散度的正变差(辐散);上升运动减弱的地区对应着低层散度的正变差与高层散度的负变差。而且,上层散度差值明显大于下层的散度差值,并与降水差值场分布相近。这从两层的风矢差值场(图 4)也能很好地反映出来。由于中纬度北太平洋 SST 降低,该海域 800hPa 上反气旋式环流加强,但其尺度远大于海温负距平区的尺度,在副热带东太平洋有 3 个较完整的反气旋差值环流;在我国 37°N 以北有弱的气旋式环

流产生,在 37°N 以南则表现为反气旋性环流加强。400hPa 风矢差值远大于 800hPa 风矢差值(约 1.5~3 倍),环流形势变化更加显著,而且与降水和垂直运动差值分布对应较好。在我国 40°N 以北有大范围的反气旋式差值环流,40°N 以南则表现为气旋式差值环流。这一分布形势必然造成我国北方上空大气高层辐散和低层辐合,上升运动加强,而 40°N 以南大气高层辐合与下层辐散造成上升运动减弱。大气垂直运动场的这种变化造成了降水量北多南少的异常分布。

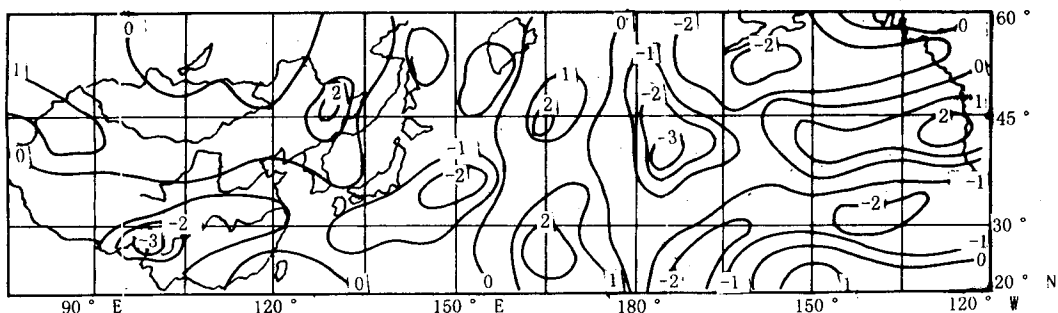
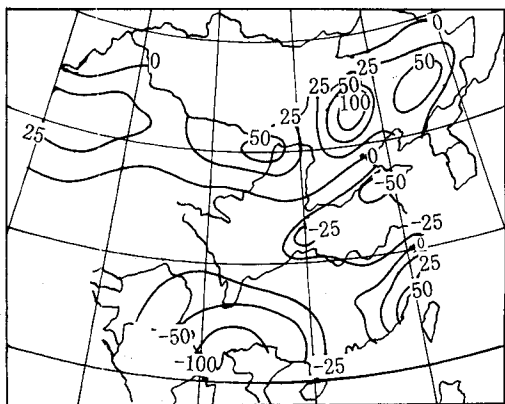


图 3 1986 年 3 月降水量距平百分率(上)和 STACNL 模拟的降水量差值分布图(下)

单位:mm/日,等值线间隔:0.3

以上分析表明,降水异常与中纬度北太平洋 SSTA 在空间分布上并不存在明显的相关,而与风场,特别是对流层上部风场,以及垂直运动场的变化有较好的对应关系。说明 SSTA 不可能直接对降水产生影响,而是

通过风场的变化造成水汽通量散度和上升运动变化,而导致降水异常的。那么,海温异常又是怎样影响到大气风场和环流变化的呢?分析地(海)表感热和潜热通量差值场(图 5a)可以看出,中纬度北太平洋 SST 降低使

约 $25^{\circ}\sim 47^{\circ}\text{N}$ 范围内海洋向大气的感热、潜热通量明显下降,而其它海域变化较小,特别在 135°E 以西的大陆地区基本无异常表现。感热和潜热通量负变差的范围,尤其是东西宽度远大于 SST 负距平区的宽度,而与

800hPa 流场变化有极好的对应关系。在 $30^{\circ}\sim 40^{\circ}\text{N}$ 沿纬圈排列的三个负变差中心都与 800hPa 上的反气旋差值环流相对应(图 4b)。可见,中纬度北太平洋海温降低将造成比其自身更大范围海洋向大气感热和水汽通

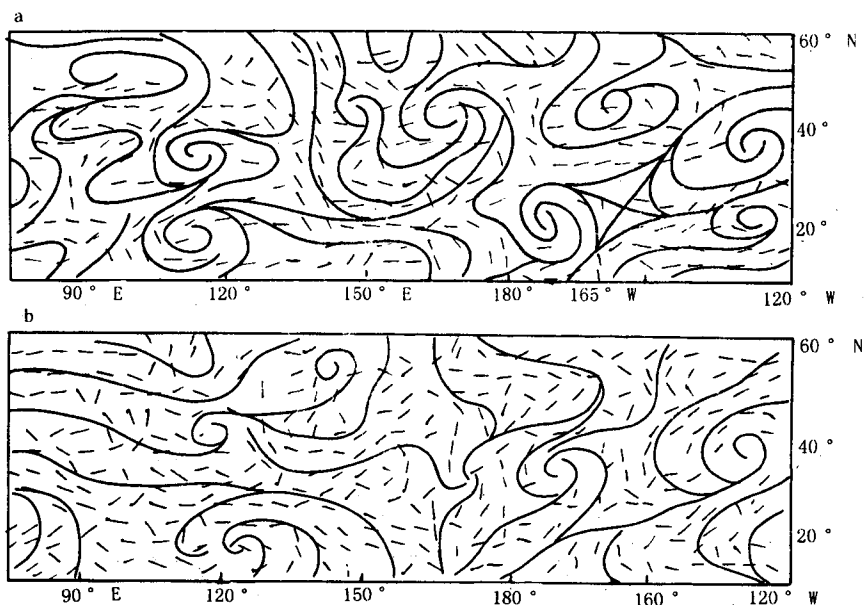


图4 STA-NCL 试验 400hPa(a)和 800hPa(b)东亚及太平洋地区水平风矢差值

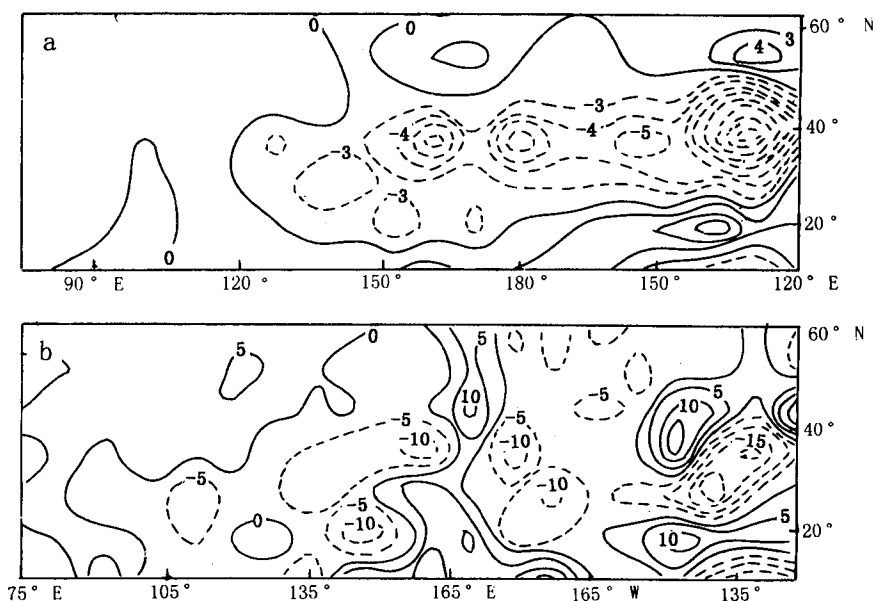


图5 STA-CNL 的地表感热和潜热通量差值(a)和大气非绝热加热率差值(b)分布图 单位: $10\text{ly} \cdot \text{日}^{-1}$

量减少,由于低层大气直接受其作用,所以低层环流变化与之有很好的对应:感热通量下降使低层大气降温增压,反气旋环流加强;潜热通量变化则通过水汽的上升凝结造成潜热释放而加热大气。从试验得到的对流层大气非绝热加热率差值场(图5b)可以看出,它与降水量差值场非常相似。这说明海温异常一方面改变了低层大气的感热和潜热通量,造成风场及水汽分布变化,引起降水的异常。另一方面,通过垂直运动改变了凝结潜热释放量,对中上层和更大水平范围的大气产生异常加热,从而引起大气环流和稳定度的变化,这就导致其它地区和更大量值的降水异常。这也是异常降水与对流层上层风场及水平散度场的变化在空间分布上存在较好对应关系的原因。同时,异常降水所产生的凝结潜热对大气环流异常所起的反馈作用,也将导致更远地区降水的异常。

3 结论与讨论

以实测的北太平洋 SSTA 作为外源强迫作数值试验,表明,春季中纬度北太平洋大范围负的 SSTA 将造成我国季内降水北多南少的异常分布,40°N 以北,特别是东北地区降水偏多,40°N 以南的大部分地区则降水偏少;在太平洋中低纬度广大地区降水异常尤为显著。SSTA 对大气的影响不是局地的,首先它造成比其自身范围更大的海洋向大气的感热和水汽通量的异常,引起大气温、压、风场的变化,并通过风场造成垂直运动和水汽分布异常,导致降水异常。其中低层大气由于受海温异常的作用更直接,环流变化与 SSTA 及感、潜热通量异常在空间分布上有很好的对应关系,但对流层上层环流的变化更加显著。低层环流异常主要引起水汽聚散和分布的异常,而由于海洋向大气水汽通量的改变所产生的潜热对中上层大气环流变化起到主要作用,由此产生较强的辐散辐合更

有利于上升运动的加强或减弱,导致大范围的降水异常。故降水异常与对流层上层的异常环流有更好的对应关系。另外,异常降水通过潜热加热对大气环流变化具有反馈作用,使大气环流发生更大范围和程度的异常,影响到我国和其他地区的降水变化。

造成大气环流和气候异常的因子很多,其作用机制亦十分复杂。本文试图给出中纬度北太平洋 SSTA 影响我国和北太平洋地区大气变化的物理图象,但由于模式的垂直分辨率较低,难以对经、纬向垂直环流的变化加以分析,而只就试验所得结果和春季北太平洋 SSTA 对降水的影响机制做了初步的分析和探讨。更深入的工作有待今后对模式的逐步改进作进一步的研究。

参考文献

- 1 陈烈庭. 东太平洋地区海温异常对热带大气环流及我国汛期降水的影响. 大气科学, 1977, 1(1): 1~12.
- 2 林学椿, 于淑华. 厄尔尼诺与我国汛期降水. 气象学报, 1993, 51(4): 434~441.
- 3 杨芳林, 袁重光. 夏季赤道太平洋海温异常对全球及东亚短期气候变化影响的数值试验. 大气科学, 1995, 19(5): 535~544.
- 4 Nitta T. Convective Activities in the Tropical Western Pacific and Their Impact on the Northern Hemisphere Summer Circulation. J. Meteor. Soc., Japan, 1987, 65: 373~390.
- 5 陈烈庭, 吴仁广. 北方涛动同北半球大气环流的遥相关(一). 大气科学, 1991, 15(4): 26~33.
- 6 杨英, 孙照渤. 中纬度北太平洋 SST 异常与大气环流的关系. 南京气象学院学报, 1995, 18(2): 192~199.
- 7 王谦谦. 1991 年太平洋海温异常对降水影响的数值试验, 南京气象学院学报, 1995, 18(2): 200~205.
- 8 Mmichael E. S., W. Lawrence G. The January and July Performance of the OUS Two-Level Atmospheric General Circulation Model. Journal of the Atmospheric Sciences, 1980, 37(9): 1914~1943.
- 9 S. J. Ghan, J. W. Langaas. A Documentation of the OUS Two-Level Atmospheric General Circulation Model. Climatic Research Institute Oregon State University Report, 1982, No. 35.

(下转第 43 页)

Simulation of the Effect of North Pacific SST Anomaly in the Middle Latitude on Precipitation in China

Zhu Pingsheng Zhang Suping Hu Guifang

(Shandong Research Institute of Meteorological Science, Jinan 250031)

Abstract

The effect of north Pacific SST anomaly in the middle latitude, which is both active and significantly correlative with rainfall in China, on precipitation was simulated by means of OSU-AGCM. The results show that SST decrease in a large scale may cause more rainfall in north China and less precipitation in south China with a boundary at about 40°N latitude. At the same time significant changes take place for precipitation in north Pacific in the middle and low latitude. The mechanism of the impact of SST anomaly on precipitation was discussed through analysing the variation of the atmospheric physical fields caused by SST anomaly and some useful results were obtained.

Key Words: SST anomaly north Pacific precipitation numerical simulation