

我国夏季降水对太平洋海温年代际变化响应的数值试验

葛旭阳

(上海气候中心, 上海 200030)

摘 要: 利用近 50 年观测资料对我国夏季降水和太平洋海温进行诊断分析, 发现两者都具有年代际变化特征。在此基础上, 利用 L9R15 大气环流模式, 对太平洋海温暖背景异常情况下的夏季降水进行敏感性数值试验, 其结果与统计事实基本一致。

关 键 词: 太平洋海温; 夏季降水; 年代际变化; 数值试验

中图分类号: P461⁺. 2; P435⁺. 2 文献标识码: A

大量工作表明, 海气相互作用的异常对我国天气气候的影响十分明显, 其中与 ENSO 关系尤为密切。而不少研究表明, ENSO 这种年际气候变化的最强信号也存在显著的年代际振荡特征^[1]。Wang^[2]指出, 在近 40 年中, 太平洋海温在 70 年代末 80 年初就经历了一次年代际增暖现象。朱乾根等^[3]的研究结果也证实了以上事实, 并分析了太平洋海温年代际增暖的分布特征。此外, 对长期观测资料的一系列分析表明, 近 50 年中国气候变化亦具有阶段性特征, 李崇银等^[4]对 50 年代及 80 年代的大气环流形势进行了对比分析表明, 我国气候变化也有明显的年代际尺度特征。徐群^[5]提出了 80 年代以来盛夏我国季风雨带南移的现象。王绍武^[6]指出 20 世纪 80 年代从全国来看降水不多, 但长江流域多雨, 90 年代以后江南降水增多。由此可见, 从 80 年代开始我国夏季降水亦出现了明显的年代际变化。而年代际尺度的海温变化情况对我国夏季天气气候的影响如何? 这两者间是否存在一定的联系? 本文试图对这些问题进行初步分析, 以加深对我国夏季降水气候背景的认识。

1 统计事实分析

由上述分析可知, 赤道太平洋地区海温在 70 年代末 80 年代初存在一次气候突变。参照文献[3], 取 1957~1976 年作为冷阶段, 1977~1993 年作为暖阶段, 并计算了两阶段的太平洋地区海温的差值分布(图略)。分析可知, 后阶段热带海温出现大范围的增温现象, 整个赤道太平洋上海温出现增暖现象, 尤其是赤道东南太平洋增暖的强度及范围最为显著, 目前一些气象学家亦称之为“年代际 ENSO”现象。此外, 赤道西太平洋暖池到我国东部沿海也存在大范围增温现象, 而北太平洋中纬度地区则出现负偏差, 即存在阶段性变冷现象。以上海温异常分布特征与文献[2]所得结果一致。赤道太平洋大范围海水增暖特别是我国东部近海海温的异常增暖,

将减弱海陆热力对比, 这会导致季风活动发生变化, 从而引起雨型分布发生改变。

图 1 为冷、暖两阶段我国东部地区夏季(6~8 月份)降水的差值(暖背景减去冷背景)分布情况。由图可见, 长江以南及其我国东北北部为正值区, 这意味着后阶段该地区降水偏多, 而长江以北及华北大部为负值区, 对应后阶段为降水偏少期。为进一步加以说明, 对上述两阶段降水量进行了 t 检验, 定义统计量 $t = (\bar{X}_1 - \bar{X}_2) / \sqrt{\frac{n_1 \frac{s_1^2}{n_1} + n_2 \frac{s_2^2}{n_2}}{n_1 + n_2 - 2}}$ 。分析表明, 长江流域及其东北北部地区基本上达到 0.05 信度检验。此外, 还给出了长江三角洲地区(由上海龙华、崇明、东山、南通、东台、常州、南京、溧阳、杭州和乍浦 10 个代表站平均所得)的夏季降水量距平累积曲线(图 2)。由图可见, 该地区在 60、70 年代, 累积值呈现为下降趋势, 即标准化值总体上负多正少, 夏季降水相应为偏少期; 80 年代以后累积值则为明显的上升趋势, 即该地区降水转为偏多期。以上分析表明, 我国区域降水亦具有明显的年代际振荡特征。

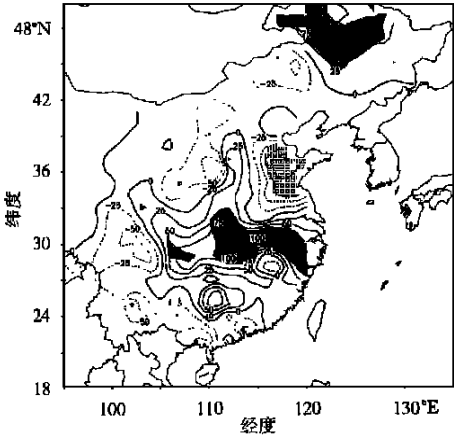


图 1 我国东部地区夏季降水的
差值(暖背景减去冷背景)分布
(阴影区代表通过 0.05 信度 t 检验)

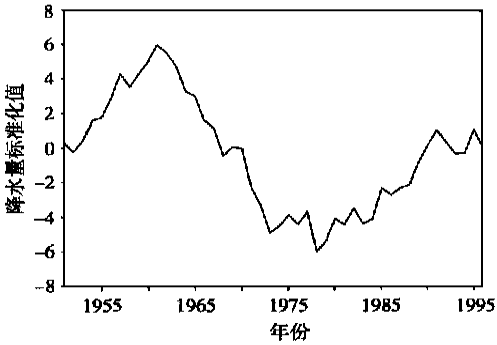


图 2 长江三角洲地区夏季降水量
的标准化累积值曲线

Fig.2 The accumulated anomaly of
summer rainfall in the Yangtze River Delta

Fig.1 The difference of summer rainfall
in east China between warm and
cold SST backgrounds
(Areas passing 0.05 significance are shaded)

大量研究工作表明, 我国夏季降水主要是受季风活动影响, 夏季风的强弱与之关系密切。在此, 利用施能等^[7]计算的东亚夏季风强度指数 I_{SM} 来进行分析。由定义可知, I_{SM} 数值越小(大), 对应夏季风强度越强(弱)。由东亚夏季风强度指数 I_{SM} 标准化值累积曲线(图略)可见, 60、70 年代期间, I_{SM} 标准化累积值呈现下降趋势, 即该期间东亚夏季风表现为强度偏强趋势; 80、90 年代期间, I_{SM} 标准化累积值呈现上升趋势, 对应东亚夏季风强度偏弱, 而关于强(弱)夏季风有利于长江流域夏季降水偏少(多)的事实已为大量研究所证实。

以上分析表明了我国夏季降水、东亚夏季风与太平洋海温场具有基本一致的年代际变化现象。季风形成的本质原因是海陆热力分布不均匀所致, 而大范围海温增温, 这必将导致海陆热力对比发生变化, 进而影响季风强度和降水的分布。为此, 我们将针对海温进行敏感性试验研究。

2 模式和试验方案

2.1 模式

所用模式是由中科院大气所LASG提供的菱形截断15个波的9层谱模式(L9R15), 模式中具体的数学模型及物理过程参见文献[8]。

2.2 试验方案设计

基于上述分析, 本试验把冷、暖阶段 T_{ss} 月平均场对 T_{ss} 气候场(1961~1990年平均)的偏差定义为冷、暖背景偏差。

控制试验(CT): 试验中 T_{ss} 采用气候场, 它仅具有季节变化, 其他外强迫因子, 诸如雪盖、海冰、臭氧等都采用气候平均值。先将模式积分3 a后, 取第三年的12月31日作为初始场, 并继续积分1 a, 取夏季(6~8月)物理量进行对比分析。

暖阶段(WDT): 将暖背景 T_{ss} 偏差插值到对应的模式区域格点上, 并与海温气候场叠加, 作为暖背景的海温异常情况。 T_{ssa} 具体分布大致为(图略): 在20°S~20°N, 100°E~90°W热带太平洋区域上叠加一正距平区, 其中最大距平值为0.4℃, 中心主要位于赤道东太平洋区域; 而在30°N~50°N, 140°E~120°W北太平洋区域上则施加一负值区, 负距平中心值为-0.2℃。其他物理量与控制试验一致。

3 数值模拟结果分析

3.1 降水场

为较好的评价敏感性试验, 在降水场对比分析时采用相对偏差来表示, 即: $f = \frac{R_{WDT} - R_{CT}}{R_{CT}}$ 。由图3可以看到, 从我国西南、华南到长江流域、朝鲜半岛一带为正值区, 即对应降水偏多。而我国华北、东北一带则为负值区, 对应降水偏少。而上文统计分析表明, 我国区域降水存在年代际振荡特征, 80年代以后我国长江以南地区夏季降水偏多, 主要降水增加地区位于长江流域, 长江以北及华北大部夏季降水进入偏少期, 由此可见, 模拟结果基本上揭示了降水异常的区域特征, 但模拟结果中我国东北地区北部降水性质与实际不符。同时还需要指出的是, 与统计事实相比而言, 模拟结果中降水距平百分率过于偏大, 这可能与降水气候变化是受多种因素制约有关, 而本文仅考虑了降水对太平洋海温场的响应, 对于其他因子的影响尚未加以综合考虑, 这也意味着造成我国降水阶段性变化的原因是非常复杂的, 需要作进一步研究。但从总体上定性分析来看, 数值试验结果与统计事实基本上一致, 即当太平洋出现大范围增暖时, 有利于我国南方夏季降水偏多, 我

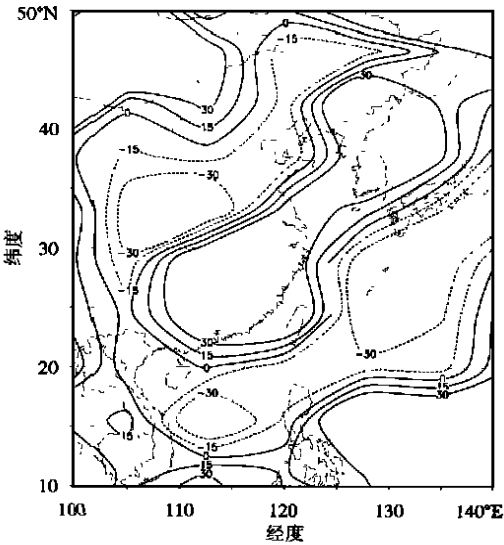


图3 WDT与CT的夏季降水偏差
相对百分率(WDT减去CT)

Fig. 3 The difference of summer rainfall
departure percentage between WDT and CT
(WDT minus CT)

国北方降水偏少。

3.2 500 hPa 高度场

环流异常是降水异常的直接原因,为此,我们重点分析敏感性试验 WDT 与控制试验 CT 的环流对比结果。由图 4 可见,东亚太平洋沿岸呈现为比较明显的波列分布形式,由南到北为“+ - +”分布,主要分布情况为:我国江南地区基本上为正偏差区,我国华北到日本一带为负偏差区,而北侧鄂霍茨克海地区则为显著的正偏差区。结合气候平均场可知,这种异常分布型对应于低纬副热带高压位置偏南,强度较强,而中高纬鄂霍茨克海地区多阻塞形式,扰动频繁,易导致冷空气南下。而西太平洋副高的季节性位置变化,特别是南北位置及强度与我国雨型关系密切。当副高脊线异常偏北,雨带位于黄河流域及其以北地区,而我国南方降水相对偏少;反之,当副高脊线异常偏南,雨带亦显著偏南。由此可见,太平洋海温年代际变化可能导致副高脊线位置发生异常,进而导致我国夏季雨型也发生变化。

3.3 850 hPa 流场

由图 5 可知,我国长江以南沿海地区为差值反气旋性环流控制,这与上述该地区 500 hPa 高度场上为正偏差性质一致,即对应于西太平洋副高异常偏南情况;而我国华北一带地区存在差值北风,这也意味着东亚副热带夏季风强度偏弱。而上文统计分析亦表明,在 80、90 年代期间, I_{SM} 标准化累积值呈现上升趋势,对应东亚夏季风强度偏弱,即数值试验结果亦证实了这一点。以上分析表明,东亚夏季副热带季风强度变化与太平洋海温年代际变化存在一定的联系。

4 结论与讨论

(1) 太平洋地区海温在 70 年代末 80 年代初存在一次气候突变,后阶段整个赤道太平洋海温出现大范围的增温现象,尤其是赤道东南太平洋增暖的强度及范围最为显著。我国区域降水也存在基本一致的年代际振荡特征,长江以南地区进入 80 年代后降水转为偏多期,而华北大部地区为降水偏少期。

(2) 数值试验结果表明,当赤道太平洋出现大范围阶段性增暖时,有利于我国南方夏季降水偏多,我国北方降水偏少,这一点与统计事实相符。

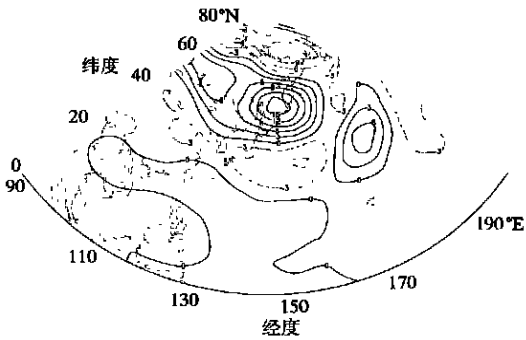


图 4 夏季 500 hPa 高度场差值分布(单位: dagmp)
Fig.4 The difference of 500 hPa geopotential height in summer between WDT and CT (WDT minus CT; unit: dagmp)

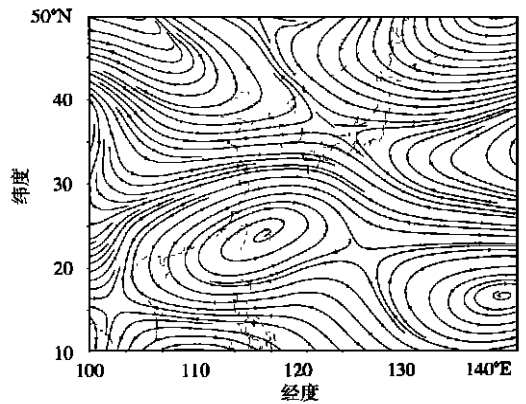


图 5 夏季 850 hPa 环流差值分布
Fig.5 The difference of 850 hPa circulation in summer between WDT and CT (WDT minus CT)

(3) 通过对大气环流的差值分析表明, 大气环流对赤道太平洋增暖现象的响应十分显著, 太平洋海温场的增暖易造成西太平洋副高脊线位置异常偏南, 东亚夏季副热带季风强度易偏弱, 从而使我国夏季雨型发生变化。

由此可见, 海温的年代际变化可能对降水的阶段性具有一定的作用, 大范围海洋温度阶段性增温现象, 对我国夏季雨型分布十分重要, 主要表现为海温增温特别是我国近海海温增暖, 有利于海陆热力对比减小, 进而影响季风强度, 导致我国夏季雨型发生变化。但降水气候变化受多种因素制约, 而本文仅从海温角度探讨了造成降水阶段性变化的可能背景原因, 对于其他因子的影响尚未考虑, 例如陆面过程的影响及大气环流的动力学过程也可能对气候的年代际变化起一定的作用, 所以说对其物理成因的分析是初步的, 这些仍需要进一步研究。

参考文献:

- [1] ZHNAG Y, WALLACE J M, BATTISTID S. ENSO-like interdecadal variability: 1900~1993[J]. J Climate, 1997, 10(5): 1004~1020
- [2] WANG Bin. Interdecadal change in El Nino onset in the last four decades[J]. J Climate. 1995, 8(2): 276~285
- [3] 朱乾根, 葛旭阳, 矫梅燕. 1976/77 年与 1982/83 年 El Nino 事件的年代际背景差异[J]. 气象科学, 1998, 18(3): 203~213
- [4] 李崇银, 李桂龙, 龙振夏. 中国气候年代际变化的大气环流形势对比分析[J]. 应用气象学报, 1999, 10(4): 1~8
- [5] 徐 群. 近十余年我国盛夏季风雨带南移的重要原因[C]. 见: 丁一汇主编. 中国的气候变化与气候影响研究. 北京: 气象出版社, 1996. 264~271
- [6] 王绍武. 近百年气候变化与变率的诊断研究[J]. 气象学报, 1994, 52(2): 261~273
- [7] 施 能, 鲁建军, 朱乾根. 东亚冬、夏季风百年强度指数及其气候变化[J]. 南京气象学院学报, 1996, 19(2): 168~177
- [8] WU Guoxiong, LIU Hui, ZHAO Yucheng, et al. A nine-layer atmosphere general circulation model and its performance[J]. A A S, 1996, 13(1): 1~18

Numerical study on response of summer rainfall in China to interdecadal SST change in the Pacific

Ge Xuyang

(Shanghai Climate Center, Shanghai 200030)

Abstract: Based on recent 50 years data, the analysis of variations in SST and summer rainfall in China has been done. The results show that both of them have similar interdecadal change. Based on it, we carry out numerical study on response of summer rainfall to the anomalous warm SST background in the Pacific in terms of L9R15 model, and find that the numerical results are in agreement with statistical facts.

Key words: SST in the Pacific; summer rainfall; interdecadal change; numerical experiment