

实时海温对动力延伸(月)预报 影响的数值试验研究*

骆美霞 张道民

(中国科学院大气物理研究所大气科学和地球流体力学国家重点实验室,北京 100029)

提 要

对1992年7月10日、19日和1997年7月1日3个个例,进行了实时海温和气候海温的对比数值试验,研究实时海温对月尺度数值预报的影响。个例试验结果表明,实时海温对10天以下的数值预报影响较小,但对月时间尺度的数值预报的影响则十分明显,实时海温对大气的强迫作用同模式大气的初值和预报模式包含的物理过程以及海温异常的强度有关。

关键词: 动力延伸(月)预报 实时海温 数值试验

引 言

实时海温对数值预报的影响逐渐为人们所认识。Fennessy and Shukla^[1]的研究指出,实时海温对热带地区预报有重要影响。Kingtse 等^[2]进一步研究了实时海温对中高纬度纬向风(u)和流函数的影响,指出只对中高纬度的PNA区域($30^{\circ} \sim 70^{\circ} \text{N}, 160^{\circ} \sim 40^{\circ} \text{W}$)和PSN区域($30^{\circ} \sim 70^{\circ} \text{S}, 160^{\circ} \sim 40^{\circ} \text{W}$)的影响明显,对其它地区的影响不明显。目前直接讨论实时海温对高度场影响的文章还不多见。本文通过以实时海温和气候海温作为下边界的对比试验,研究实时海温对降水、温度和高度场预报的影响,并探讨海温的强迫影响同模式大气初值、模式包含的物理过程及海温异常本身强度的关系,为进一步研究海温对南海夏季风活动的影响提供模式基础。

1 数值模式及试验方案

本文使用的是中国科学院大气物理研究所在欧洲中心谱模式基础上发展而成的T42L9全球谱模式^[3,4]。该模式包含有地形、辐射、降水、积云对流、蒸发、凝结等较全面的物理过程。我们设计了表1中所列出的5种试验方案,通过不同方案的数值试验,探讨实时海温对月尺度数值预报的影响。本文所作的各种试验都是将下垫面的温度作为下边界条件,其中若下垫面为海面则海面温度作为固定的下边界条件输入模式中,也就是说,当海温初值给定后,在数值积分过程中保持不变,而陆面上的温度则按地面温度预报方程

* 国家“九五”重点科技项目:“我国短期气候预测系统的研究”资助。

2002-03-01 收到,2002-05-27 收到修改稿。

随积分时间而变。方案 1 和方案 3 的海温初值为多年 7 月平均海温(无海温距平,称它为气候海温),方案 2 和方案 4 的海温初值是 1992 年或 1997 年的 7 月平均海温(有海温距平,称它为实时海温),方案 5 的海温初值是将 1997 年 7 月海温距平放大 1.5 倍后的海温,方案 1 和方案 2 以及方案 5 有地形作用,方案 3 和方案 4 不包含地形作用。

我们以 1997 年 7 月 1 日和 1992 年 7 月 10 日以及 19 日 12:00(世界时,下同)的气象场(u, v, z, q)为初值,对预报方程进行时间积分,不同试验方案都分别积分了 30 d。1992 年 7 月和 1997 年 7 月平均全球海温资料和大气初始资料来自中国科学院大气物理研究所资料中心,全球多年 7 月平均海温资料来自欧洲中期天气预报中心。

表 1 试验方案

方案 1	方案 2	方案 3	方案 4	方案 5
气候海温,包含地形作用在内的全部物理过程	实时海温,包含地形作用在内的全部物理过程	气候海温,除不包含地形作用外,其余物理过程同方案 1	实时海温,除不包含地形作用外,其余物理过程同方案 2	将 1997 年 7 月海温距平放大 1.5 倍后的海温,其余同方案 2

2 海温距平特征

我们选取了 1992 年 7 月和 1997 年 7 月的实时海温作为下边界条件进行预报试验,图 1 分别给出了 1992 年和 1997 年 7 月平均海温距平分布。1991~1992 年出现了一次 El Niño 过程,这次过程开始于 1991 年 5 月,11 月进入盛期,到 1992 年 6 月开始减弱。由图 1a 看出,1992 年 7 月全球海温距平(1992 年 7 月平均海温与多年 7 月平均海温之差)的特点是北太平洋(27°N 以北)为负距平,中心值接近 -3°C ,位于($37^{\circ}\text{N}, 180^{\circ}$)附近,赤道东太平洋有很弱的正距平,西太平洋为负距平,黄海地区有负中心,印度洋为正距平,阿拉伯海和孟加拉湾地区有正中心。 45°N 附近的北大西洋为负距平,负中心位于($45^{\circ}\text{N}, 51^{\circ}\text{W}$),中心值超过 -3°C 。 $29^{\circ}\text{S} \sim 24^{\circ}\text{N}$ 的大西洋地区大部分为正距平, 52°S 附近的南大西洋为负距平。

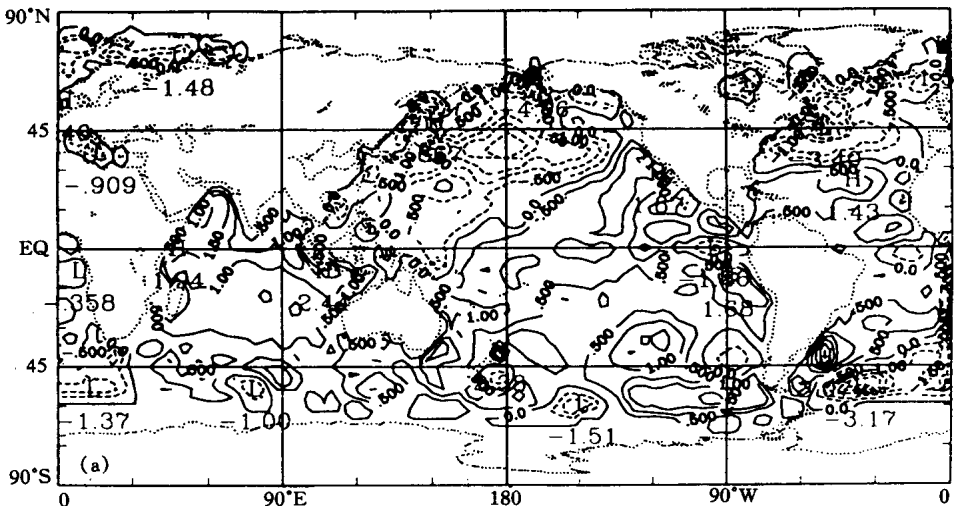
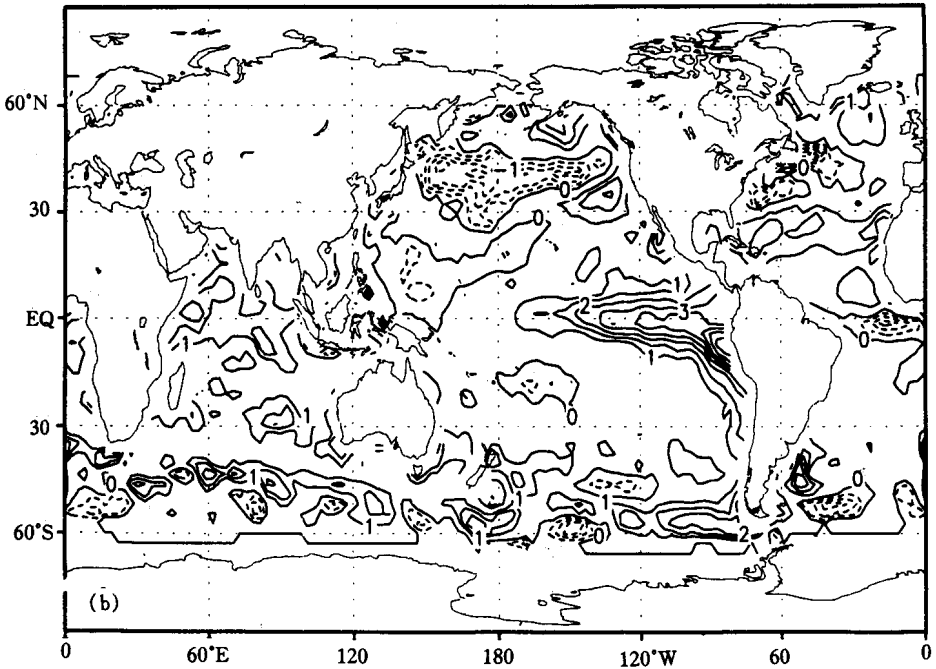


图 1 7 月平均全球海温距平分布($^{\circ}\text{C}$)(a) 1992 年,(b) 1997 年(等值线间隔为 0.5°C)



续图 1

由图 1b 看出,1997 年是很典型的 El Nino 年,7 月在赤道东太平洋具有很强的正距平,距平最大中心位于(7°S,87°W)附近,最大正距平达 5 °C,比 1992 年 7 月的海温距平强。

3 数值试验结果

对 1997 年 7 月 1 日个例进行了方案 1、方案 2 和方案 5 三种方案试验,对 1992 年 7 月 19 日个例我们只进行了方案 1 和 2 两种方案试验,而对 1992 年 7 月 10 日个例进行了四种方案试验。对于 1992 年 7 月 19 日个例我们分析了实时海温对降水量、温度场和高度场的影响,对于 1997 年 7 月 1 日和 1992 年 7 月 10 日个例只讨论了对高度场的影响。

3.1 对降水量的影响

图 2 给出了全球平均(有降水的格点参加平均)的 24 h 降水量改变率($(R_2 - R_1) / R_1$), R_2 和 R_1 分别为方案 2 和方案 1 的 24 h 降水量。图 2 给出的是 1992 年 7 月 19 日个例的结果,由图看出,海温距平(方案 2)对前 8 d 预报的影响不大,8 d 后海温距平的影响开始表现出来,到积分 21 d,海温的影响达到最大,24 h 降水量的改变率达 40%。

3.2 对温度场的影响

图 3 给出了由 1992 年 7 月 19 日个例得到的全球模式整层平均温度的改变量(方案 2 - 方案 1)。由图 3 看出,海温距平(方案 2)对前 10 d 预报的影响不大,积分 10 d 后,海温的影响开始表现出来,到积分 23 ~ 24 d,海温的影响达到最大,温度的改变量达 0.36 °C。

对比图 2 和图 3,似乎可以看出,降水的变化先于温度的变化,例如降水开始响应的

时间大约是 8 d,而温度开始响应的时间大约是 10 d,降水量的最大改变率出现在积分第 21 d,而温度场推迟了两天,最大改变量出现在积分 23~24 d。这似乎可以推论由降水引起的潜热变化对温度的变化起着重要作用。

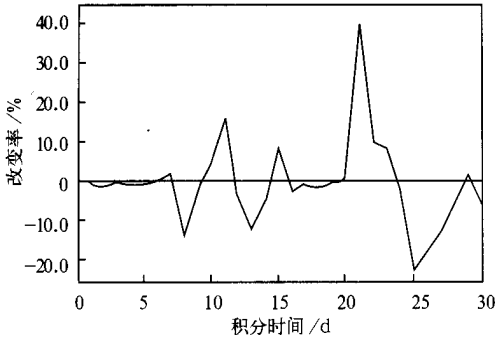


图 2 全球平均 24 h 时降水量改变率 $(R_2 - R_1) / R_1$

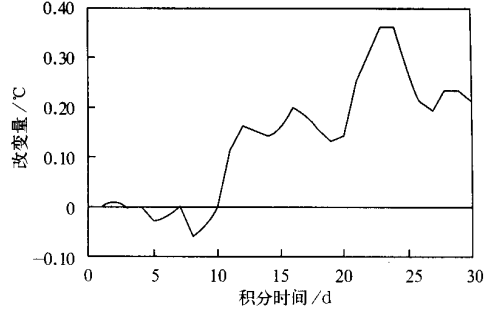


图 3 全球整层平均温度改变量(方案 2 - 方案 1)

3.3 对高度场的影响

3.3.1 同模式物理过程的关系

为了进一步考虑实时海温对大气的强迫影响是否同地形作用有明显的关系,我们进一步以 1992 年 7 月 10 日为个例进行了表 1 中列出的前四种方案的试验。图 4 给出了 1~N 天平均的北半球高度场距平相关系数的变化。由图 4 看出,在包含有地形作用的情况下,1992 年 7 月实时海温对 7 月 10 日个例的月预报有明显的影响,对 500 hPa 和 700 hPa 的月平均(1~30 d)距平相关系数分别提高了 0.294 和 0.291。由图 4 还可看出,对于不同方案,1~10 d 平均的高度场距平相关系数的差异很小,这说明在积分前 10 d,实时海温对高度场预报的影响很小,积分 10 d 后实时海温的影响才开始表现出来。

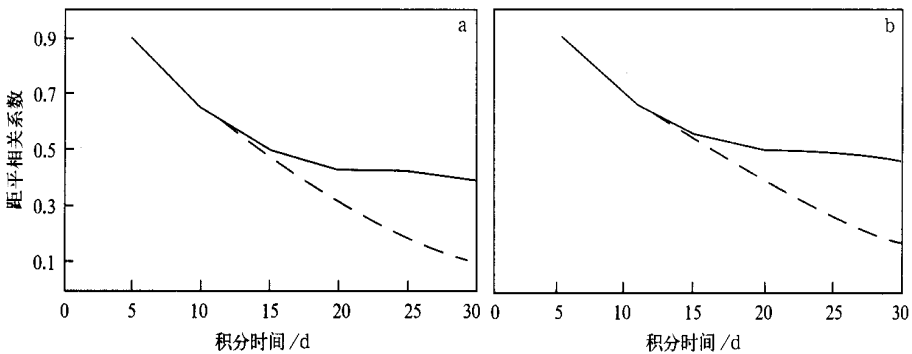


图 4 北半球 1~N 天平均预报高度场距平相关系数的变化

(a) 500 hPa, (b) 700 hPa(实线:方案 2,虚线:方案 1)

图 5 给出了方案 4(实线)和方案 3(虚线)的对比试验结果,方案 4 和方案 3 均没有考虑地形作用。由图 5 看出,对于 7 月 10 日个例,在无地形作用的情况下,海温距平的影响

只表现在对流层低层(见图 5b),而对于对流层中层 500 hPa 的影响甚小(见图 5a),700 hPa 高度场的月平均距平相关系数提高了 0.09。由图 5b 还可看出,实时海温对积分前 15 d 的预报几乎没有影响。将图 4 和图 5 相对比可看出,相同的海温距平,对于同样的大气初始场,在不同的物理过程下(有地形作用和无地形作用相比较),相同的海温距平对大气的强迫影响是不同的。这说明实时海温对大气的强迫作用同模式包含的物理过程有关。

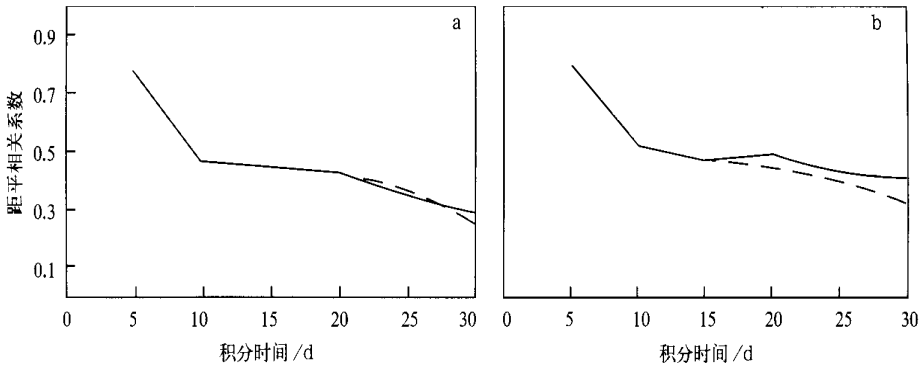


图 5 北半球 1 ~ N 天平均预报高度场距平相关系数的变化
(a) 500 hPa, (b) 700 hPa (实线:方案 4,虚线:方案 3)

3.3.2 同模式大气初值的关系

1992 年 7 月 19 日个例试验结果也表明,在有地形作用时,实时海温(方案 2)对高度场月尺度预报有明显改进,对北半球 500 hPa 月平均高度场距平相关系数提高了 0.1043,而对前 10 d 高度场距平相关系数几乎没有影响(图略)。将 7 月 10 日和 19 日的试验结果相比较可看出,在同样的物理过程作用下,相同的海温距平对不同大气初值的强迫作用有所不同。这说明实时海温对大气的强迫作用,不仅决定于海温异常本身的强度,还依赖于大气的初值状况,同模式大气初值的关系很密切。

3.3.3 同海温异常强度的关系

前面几节(图 2 ~ 5)讨论了 1992 年 7 月海温距平(图 1a)对大气的强迫影响,在这一节我们讨论 1997 年 7 月海温距平(图 1b)对大气的影

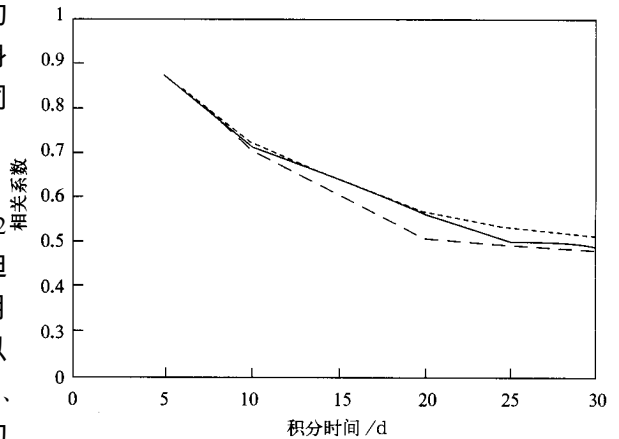


图 6 全球 1 ~ N 天平均 500 hPa 高度场距平相关系数的变化
(点线:方案 5,实线:方案 2,虚线:方案 1)

强迫影响的差异,我们还进一步将1997年7月的实际海温距平放大1.5倍后的海温作为下边界进行了对比试验(方案5)。图6给出了1~N天平均的全球500 hPa高度场距平相关系数的变化,图中实线表示1997年7月实时海温(方案2),长虚线表示多年平均的7月气候海温(方案1),点线表示对1997年7月的海温距平放大1.5倍后的海温(方案5)。比较图6中的3根线可看出,1997年7月的实时海温对月预报有改进,进一步将1997年7月实际海温距平放大1.5倍后海温的强迫作用明显加强,对月预报的改进更明显(图中点线所示的改进比实线明显)。这说明对相同的大气初值,在相同的物理过程作用下,海温对大气的强迫作用同海温异常本身的强度有关。

4 结 语

本文个例试验结果表明,1992年7月的海温距平不仅对降水量和温度场的月尺度预报有明显的影响,而且对高度场的月平均预报有明显改进。对于7月19日个例,积分第21 d方案2(实时海温)对全球范围平均(有降水的格点参加平均)的24 h降水量的改变量达40%,积分第23 d方案2对全球整层平均温度提高了0.36 °C,对北半球500 hPa月平均高度场距平相关系数提高了0.1043。对于7月10日个例,方案2(实时海温)对北半球500 hPa和700 hPa月平均高度场的距平相关系数分别提高了0.294和0.291。以上数字是十分可观的,显示了实时海温影响的重要性,在作月尺度预报时应该考虑实时海温的影响。

1992年7月10日的个例试验表明,对于同样的海温距平,当预报模式包含地形作用时海温对北半球高度场预报的影响比不包含地形作用时明显。在不包含地形作用时实时海温的影响限于对流层低层,有地形作用时可影响到对流层中层500 hPa,这可能是地形作用产生的重力波向上传播的结果,这是一个需要进一步研究的问题。

虽然本文只给出了3个有影响的个例,例子较少,但从实时海温是否能有效提高月预报水平的角度来看,这几个例子在一定程度上也可以说明问题。本文的试验结果表明,实时海温对月尺度数值预报的影响是一个十分复杂的问题,海温异常的影响同大气的初值情况和预报模式包含的物理过程有关,还同海温异常本身的强度有关,大气对海温异常强迫开始响应的的时间大约是积分第10天。

参考文献

- 1 Fennessy M J, Shukla. Comparison of the impact of the 1982/1983 and 1986/1987 Pacific SST anomalies of time mean predictions of atmospheric circulation. *J. Climate*, 1991, 4: 407 ~ 423.
- 2 Kingtse, et al. Tropical and extratropical interaction and its impact on extended-range forecasting, Part I: The impact of sea surface temperature anomalies. *Mon. Wea. Rev.*, 1994, 122: 274 ~ 290.
- 3 纪立人, 陈嘉滨, 张道民, 等. 一个包含非绝热物理过程的全球谱模式及其初步结果. “中期数值天气预报研究”成果汇编. 北京: 气象出版社, 1990. 27 ~ 40.
- 4 Zhang Daomin, Li Jinlong, Ji Liren, et al. A global spectral model and test of its performance. *Advances in Atmospheric Sciences*, 1995, 12(1): 67 ~ 78.

NUMERICAL EXPERIMENT ON EFFECTS OF REAL SEA SURFACE TEMPERATURE ON DYNAMIC EXTENDED (MONTHLY) FORECASTING

Luo Meixia Zhang Daomin

(*Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029*)

Abstract

The comparative numerical experiments with real and climatic sea surface temperature (SST) for three cases are performed, by using the global spectral model. These cases are on July 10, July 19, 1992 and July 1, 1997, respectively. The effects of real SSTs on the monthly dynamic extended forecast are investigated by the different circulation changes in the general circulation model generated with real and climatic SSTs. The results of numerical experiments show that the effect of real SST on predictions less than 10 days is not obvious, but the impact on monthly forecasts is obvious. The forcing effect of real SST on the monthly forecasts is complex and may be related to the initial conditions of numerical integration, the various physical processes included in the forecast model, and the strength of SST anomalies.

Key words: Monthly dynamic extended forecast Real sea surface temperature Numerical experiment