

# 一个考虑 SST 变化的月数值预报结果分析

## 山西省气候预报研究课题组

(山西省气象科学研究所, 太原, 030002)

### 摘 要

根据陈隆勋等对海温月季变化研究的结果提出除了从冬到春的过渡月份外, SST 距平的相邻月的月际变化不大。在此基础上, 选了 1996 年 6 月并利用 CCM1 动力气候模式作了月数值预报。在预报中, 利用 1996 年 6 月 1 日 00Z 中国国家气象中心 T64 的客观分析资料作初值, 利用 1996 年 5 月的 SST 距平加到 6 月气候 SST 作为 6 月的 SST, 作了一个月数值预报。结果表明, 考虑了 SST 变化的数值预报优于用气候海温作的数值预报。前者的 500 hPa 高度场预报距平、850 hPa 纬向风预报距平、中国地区气温预报距平和降水预报距平分布均十分接近于实际观测分布。

关键词: 动力气候模式, 月数值预报, SST 变化。

## 1 引 言

自本世纪 80 年代以来, 世界上许多研究中心相继利用他们设计的动力气候模式进行月预报试验。在 1992 年于意大利的利雅斯特(Trieste)召开的国际长期预报会议上<sup>[1]</sup>, 美国的 NCAR(CCM1 模式), GFDL(Geophysical Fluid Dynamics Laboratory), NOAA, 英国 Hadley 中心, ECMWF, 法国和加拿大 CCC(Canadian Climate Centre) 先后报告了他们的月-季预报试验结果, 几乎每个模式都已进行了 40~100 例的试验。以北半球距平符合率作为评分标准, 许多模式均已超过 60%, 达到可以应用的标准。20 世纪 90 年代, 许多国家的预报中心, 例如 NMC/NOAA, ECMRWF, JMA(Japan Meteorological Agency), CCC, Hadley 中心和 BMRC(Bureau of Meteorology Reserch Center(澳大利亚)) 都已进行了月数值预报的业务, 有一些已作为正式业务发布。

月数值预报需要解决许多物理和技术问题。作为物理问题, 影响月天气过程除了中期物理过程及其外延, 还需要考虑海温和陆面物理过程的月际变化。其中, 主要的是海温月际变化。但与季预报不同, 后者需要考虑海-地-气耦合过程。作为月预报, 大气变化可以单纯考虑为 SST(Sea Surface Temperature) 的强迫作用。

根据分析, 积分外延常在 10~15 d 后预报准确率下降到定态预报准确率之下, 因而月预报准确率常依赖于其前 10 d 的预报准确率。这主要是没有考虑海温和陆面状态等月际变化。根据数值试验, 赤道上海温变化在半个月后可以影响到白令海峡等极地地区的

环流, 南极冰变化在半个月以后也可影响赤道地区, 甚至影响东亚热带的环流变化。因而, 月数值预报除了模式积分外延外, 还得考虑表面海温和陆面状态的月际变化。除了物理问题外, 月数值预报的技术问题主要是作为初值问题, 初值存在某些误差会造成积分的分叉, 亦即混沌问题。目前, 大多采用多次初值的积分结果集成来解决。

本文的目的是作出中国的一个省或一个大区的月数值预报。首先是利用一个全球动力气候模式作月数值预报, 再利用逐日积分结果强迫一个中国区域动力气候模式的边界, 作出区域或省的月数值预报。山西省气候预报课题组和中国气象科学研究院地球环境研究室合作, 利用他们发展的改进的全球 CCM1/NCAR 气候模式<sup>[1-3]</sup>和水平分辨率为  $100\text{ km} \times 100\text{ km}$  的中国区域气候模式, 对 1996 年 6 个月例作了试验, 建立了一个作月数值预报的试验系统。本文介绍的是全球模式结果, 区域模式结果将在另文介绍。

陈隆勋等 (1995) 在对海温月季变化的研究中发现自 4 月份以后, 相邻月的月际的海温距平变化不大且相关很大, 可以用预报月的上个月海温距平来代替预报月的海温距平。文中利用这个概念得到预报月的表面海温, 强迫大气模式作月预报。只是冬春之间 (即 2~3 月), 用以上方法需要慎重考虑。

## 2 模式和初值

本文利用 NCAR 发展的 CCM1 动力气候模式。该模式是 1987 年 NCAR 试制的, 为垂直 12 层水平菱形截断 15 波 (R15, 相当于  $5 \times 7$  分辨率)。此模式动力框架取自 ECM-RWF, 引进后在时间差分上有改进。辐射计算由 NCAR 自行设计, 对流参数化方案为 GFDL 的对流调节方案。CCM1 模中包含有一个土壤湿度平衡方程和一个地表热力学方程以逐步调整土壤湿度和土表温度。此外, 还含有一热力学冰模式。从动力气候模式而言, 所包含的物理过程是比较完善的。

陈隆勋和宋玉宽<sup>[4]</sup> (1993) 对此模式作了某些改进。主要在水平扩散方案上由二阶 Laplace 改为四阶并取为非线性, 其程序取自 CCM2。此外, 改进了模式的地表参数中植被分布, 数据取中国农业大地图并参考多年平均的气象卫星绿度指数。此外, 还根据 COADS 海洋资料订正了南海和西太平洋的 SST 资料。

NCAR 对 CCM1 模式曾积分 15 a, 并有结果发表。陈隆勋和宋玉宽<sup>[5]</sup> (1996) 为了研究  $\text{CO}_2$  倍增后的气候情景, 曾在 NCAR 的 15 a 模拟的基础上继续积分 10 a。现取其最后 2 a 平均结果作为模式的气候状态结果, 以与本文的月预报作出距平。

为了试验海温的自相关特性, 陈隆勋等 (1993) 曾作过 SSTA (Sea surface Temperature Anomaly) 的相邻月的月际距平相关特性, 发现除了 2~3 月外, 各地 SSTA 月际自相关系数大多超过 95% 置信度。这表明自冬到春的过渡时期是 SSTA 的预报“障碍期”。这和 Yasunari 等 (1992) 提出的大气的季风预报障碍时期时比较一致的, Yasunari 等以此定义“季风年”。表面海温似乎也有此特征。在 3 月以后, SSTA 相邻月份的月际变化甚小。因此, 这里取 1996 年 5 月的 SST 距平作为 1996 年 6 月的距平, 加到 6 月的 SST 气候值上, 修改后的 SST 值作为 1996 年 6 月 SST 预报值, 加到模式中作强迫值。

模式的积分初值取自国家气象中心 1996 年 6 月 1 日 00Z 的 T64 格点的客观分析值。水平进行内插后作为初值。现文没有进行多次初值的集成预报试验。

### 3 1996 年 6 月的实测环流形势和中国地区月平均的实测天气状况

为了与预报结果相比, 本节介绍 1996 年 6 月的实测环流场。所有资料均引自国家气

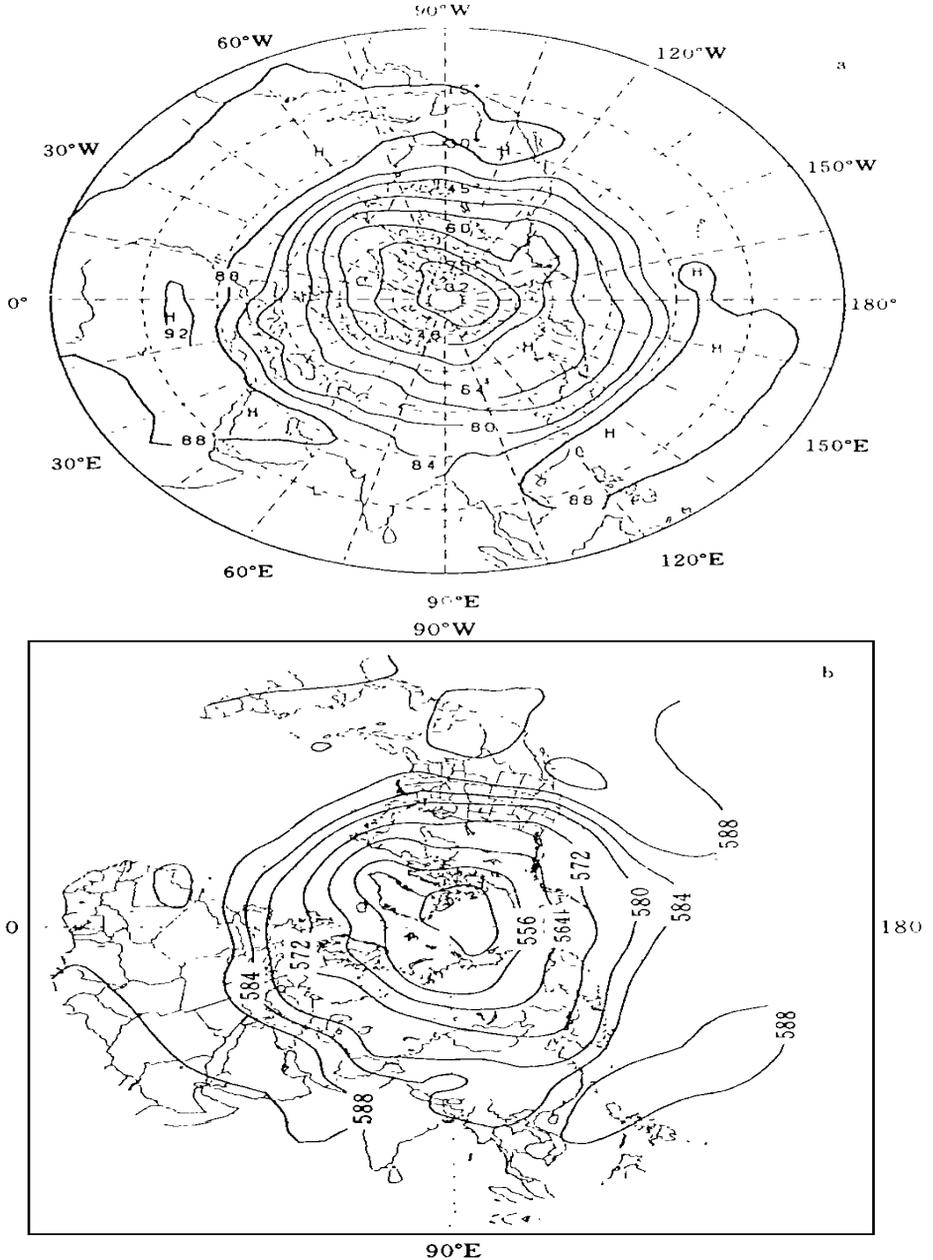


图 1 1996 年 6 月监测(取自国家气候中心气候监测公报)和预报的 500 hPa 位势高度  
(a. 监测; b. 预报)

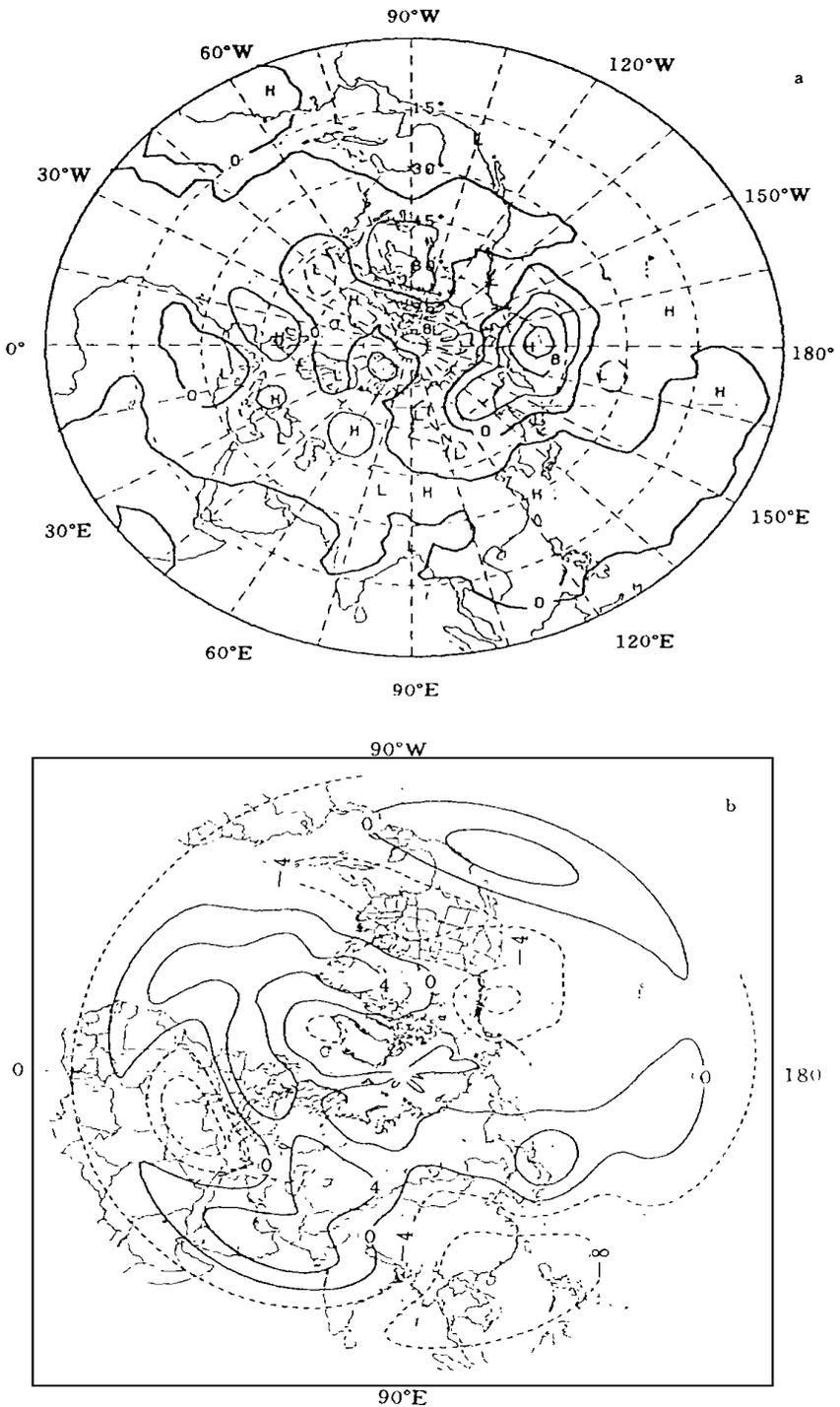


图2 1996年6月监测(取自国家气候中心气候监测公报)和预报的500 hPa位势高度距平 (a. 监测; b. 预报)

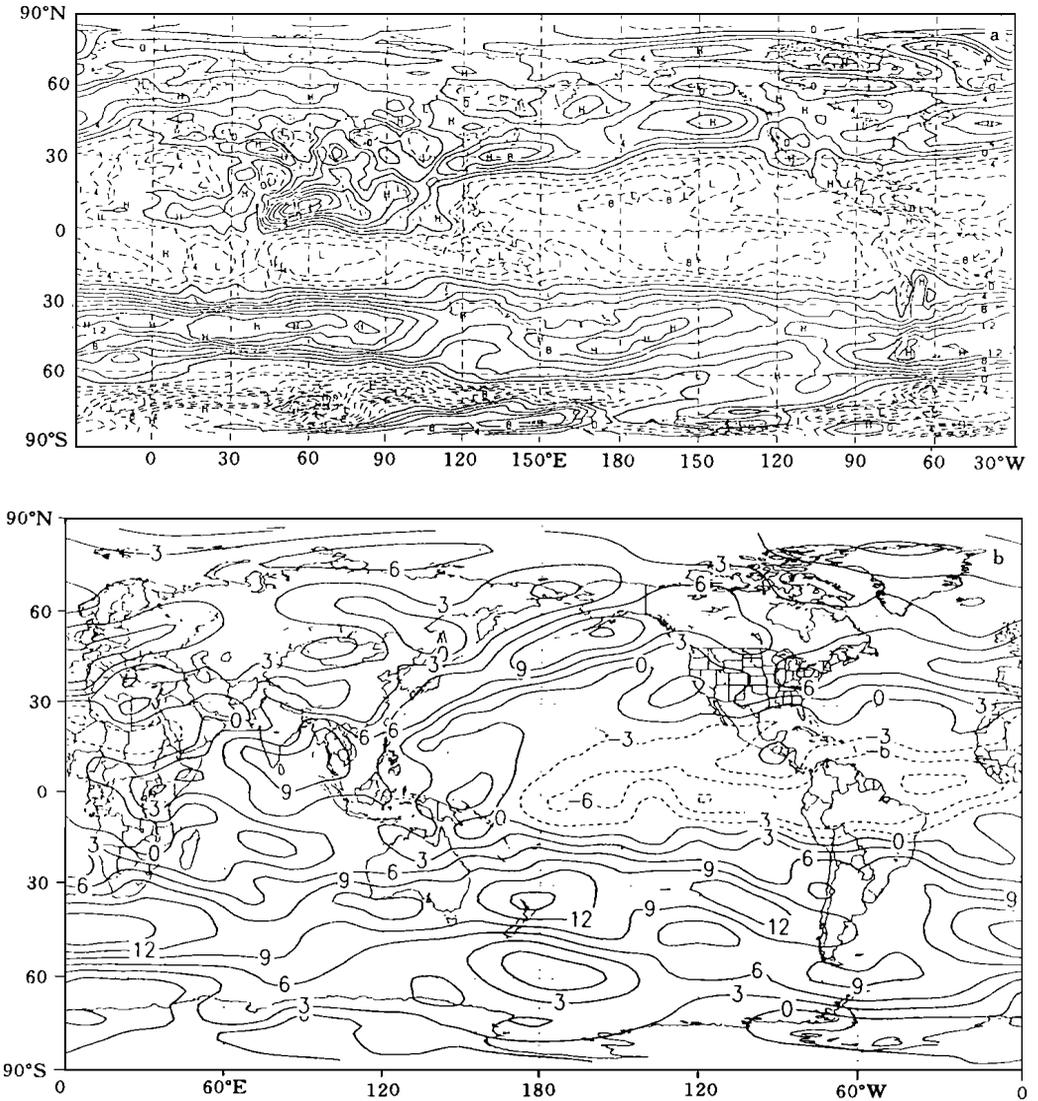


图3 1996年6月监测(取自国家气候中心气候监测公报)和预报的850 hPa平均纬向风分布  
(a. 监测; b. 预报。正值为西风或正距平, 负值为东风或负距平(m/s))

候中心所出的气候监测公报。图1a, b为1996年6月北半球500 hPa位势高度及其距平分布。从图中看到, 该月在45°N以北的大西洋出现负距平中心, 而太平洋中部, 出现正距平中心, 正中心达12位势什米, 正距平区扩及西伯利亚东部地区, 表明东亚大槽偏弱。此外, 东亚地区40°N以南为弱正距平区, 副热带高压脊线自华南沿海伸展到西太平洋。

图3a为850 hPa实测纬向风分布。从图中看到该月自阿剌伯海向东经孟加拉湾中部到中国华南和日本上空存在一个西风带, 此带在阿剌伯海、孟加拉湾和日本以南有三个中心。前两个显然为热带季风中心, 最后一个为副热带高压转向的SW风。在西太平洋副

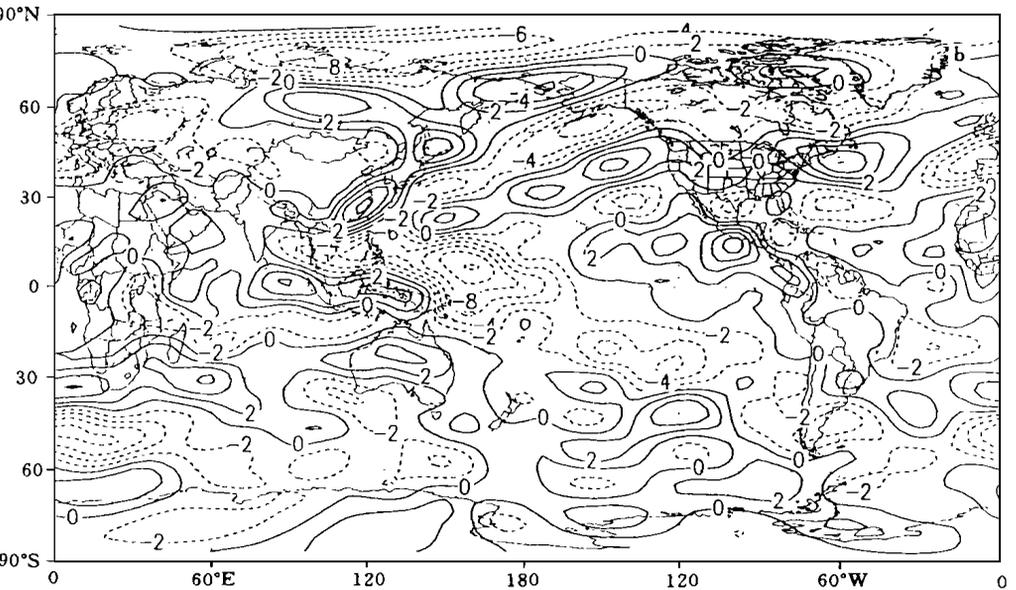
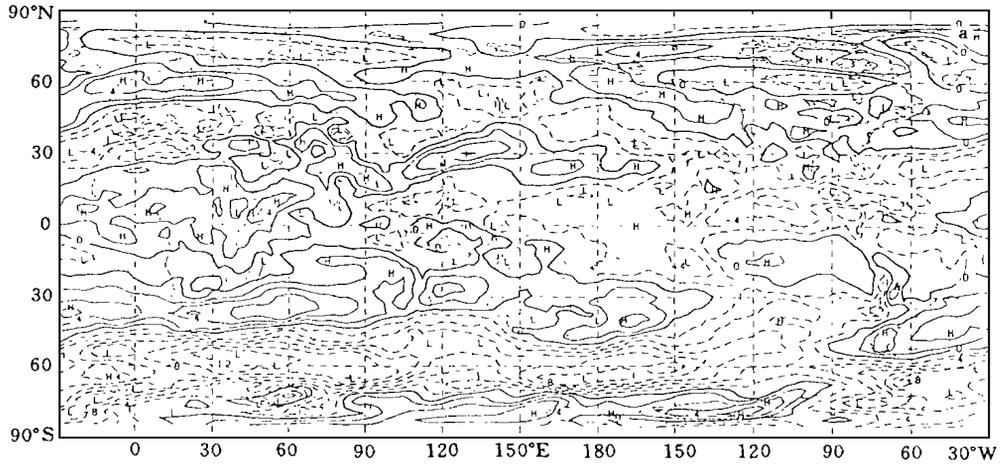


图 4 1996 年 6 月监测(取自国家气候中心气候监测公报)和预报的 850 hPa 平均纬向风距平分布 (a. 监测; b. 预报)

热带高压西风带以南有强的东风带, 零线在南海位于华南沿海, 西太平洋约在 27°N。在东太平洋赤道有一个信风风速中心。大西洋的风速零线位于 30°N。图 4a 为 850 hPa 纬向风距平, 可见南海热带西风弱, 而中纬西风强, 副热带高压脊线在华南沿海。与此同时在阿拉伯海西侧的索马里越赤道气流西风偏强。

图 5a 和图 6a 为该月中国地区气温距平和降水距平百分率。对气温距平而言, 内蒙北部边境、山西中西部、陕西、甘肃和新疆南部为负距平, 其他地区为正距平。负距平中心在山西西南部, 中心距平值达 -2。吉林和浙江为正距平中心, 中心值达 +2。对降水距平百分率(%)而言, 山西西部和陕西(50%)、长江下游(100%)、湖南、湖北西部和长江

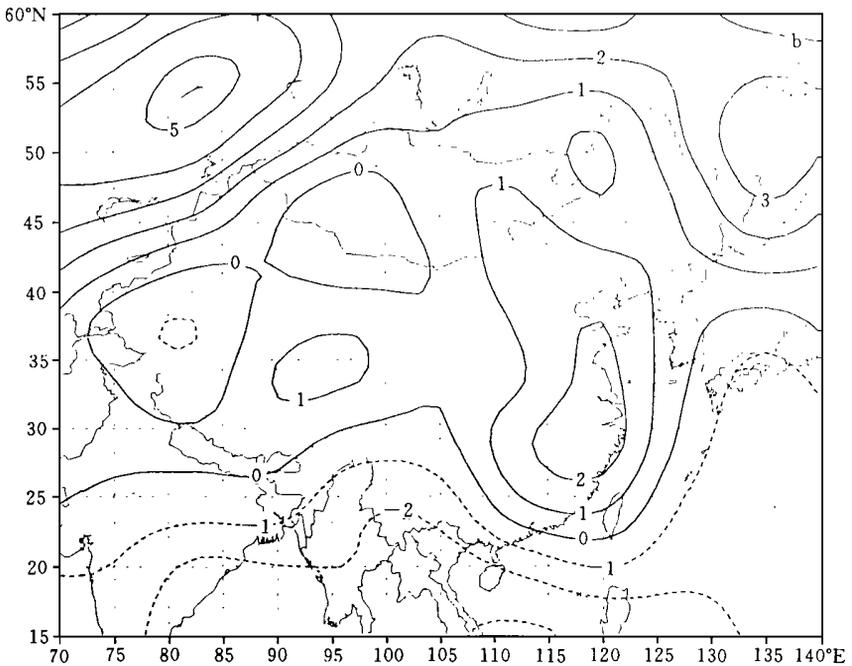
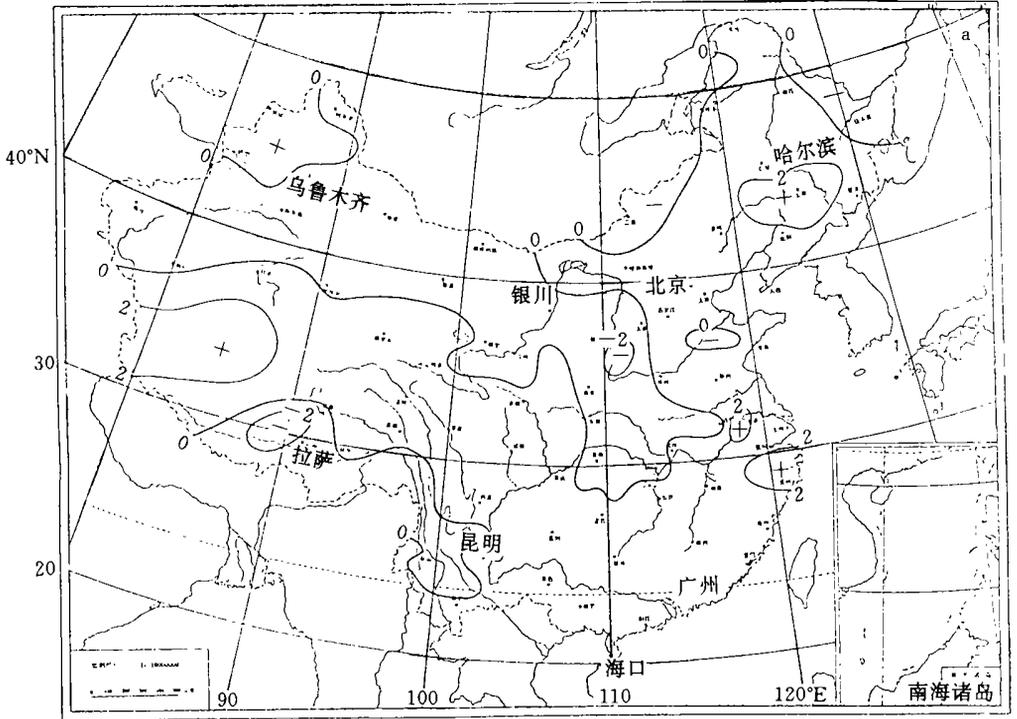


图5 1996年6月监测(取自国家气候中心气候监测公报)和预报的850 hPa中国气温距平  
(a. 监测; b. 预报)

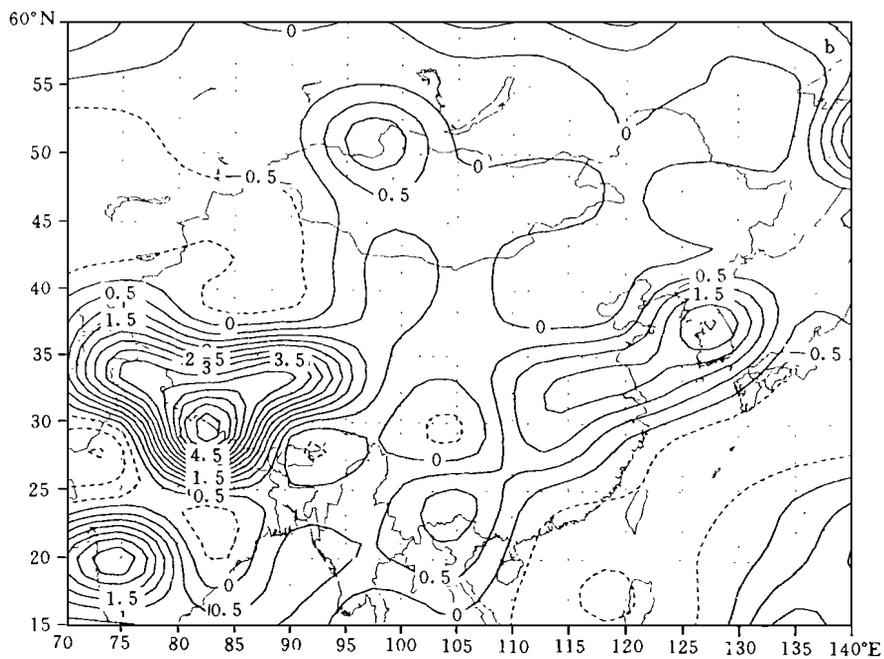
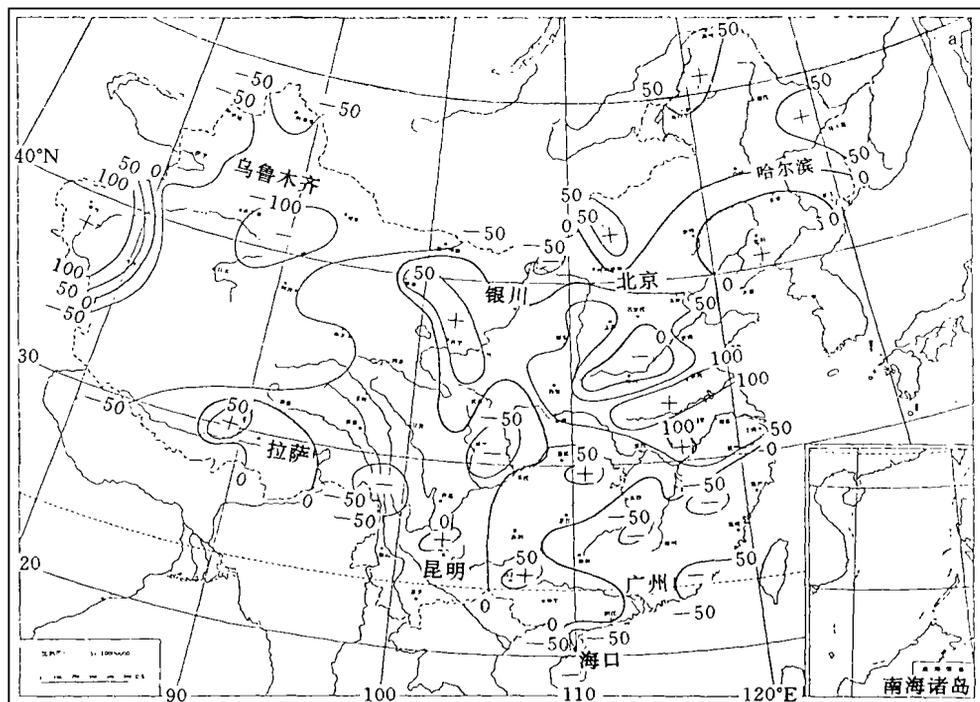


图 6 1996 年 6 月监测(取自国家气候中心气候监测公报)和  
预报的 850 hPa 中国降水距平百分率分布  
(a. 监测; b. 预报)

中游(50%)、内蒙北部、吉林和黑龙江(50%)、西藏东部(50%)以及新疆西南部(+100%)为正中心。整个中国东部的降水是江南和华南以及华北中南部为降水负距平,长江中下游和淮河为正距平。

#### 4 预报结果分析

图 1b 和图 2b 分别为为预报的 6 月份 500 hPa 位势高度场和距平场。从预报的位势高度场和实测场(图 1a, b)比较后可见,东亚槽预报经度比实测偏西约  $10 \sim 15^\circ$ ; 北美东岸和西岸槽位置相符。东亚副热带高压脊线位置略偏南,南海东部到西太平洋脊线位置预报和实测几乎一致。为了比较距平分布,在图 3b 上标上实测距平中心位置。比较可见,除了  $40^\circ\text{N}$  以北的东太平洋地区、中国南方和南海南部外,其他地区实测和预报的距平符号几乎一致。尤其是从北美到北非洲的波列,预报和实测几乎一致。对中国华南和南海北部,实测距平为正值而预报为负值,表明对副热带高压强度预报偏弱和位置预报略偏南。在中太平洋,表示对太平洋中部大槽预报偏弱。

图 3b 和图 4b 分别为预报的 850 hPa 纬向风速及其距平分布。对预报的风速分布(图 3b),若与实测分布(图 3a)相比可以看到阿拉伯海经孟加拉湾到中国华南和日本上空的西风带,与实测十分相近。预报的西风带在孟加拉湾和东海上空有风速中心,与实测相近,但没有预报出阿刺海上空强风速中心。此外,预报的东亚地区风速零线比实测偏南约  $2^\circ$  纬度。比较图 1a 和图 1b, 500 hPa 预报的和实测的副热带高压脊线位置也偏南约  $2^\circ$  纬度。此外,在东太平洋赤道实测风的东风中心也预报出来了。但预报的东风普遍过强。与实测相比,北美东岸的强西风以及亚洲地区南半球东西风界也预报很好。对 850 hPa 预报的纬向风距平分布(图 5b),中国华南到日本的预报的强西风距平与实测相近。 $60^\circ\text{N}$  附近的横跨欧亚的强西风距平、美国东岸到大西洋的强西风距平中心、南海南部的强东风距平也预报出来了。不足之处在于东太平洋热带地区,实测为强东风距平中心而预报的为西风距平中心。

图 5b 为预报的地表气温距平。从图上看到,预报的是华东沿海有一个高温带。距平分布在长江三角洲附近有一个  $+2^\circ\text{C}$  距平中心,这与实测相似。此外,在东北和新疆南部和西藏有正距平中心均与实测相似。在  $105 \sim 110^\circ\text{E}$  有一个正距平小值区,此区正好是实测的负距平区。

图 6b 为预报的降水分布和距平百分率分布。从预报的降水分布(图略)看到,在中南半岛有一个降水中心,在长江淮河之间有一雨带,均与实测相近。比较预报距平百分率分布(图 7b)和实测的降水距平百分率分布(图 3b),可见实测的黄河和长江之间正距平百分率已预报出来,但预报的零线约偏南  $2^\circ$  纬距,因此,江南和华南降水负距平百分率区预报的经实测的范围要小。这与预报副热带高压脊线比实测的偏南  $2^\circ$  纬度有关。华北和四川的负中心、西藏和青海的正中心、华南以及华东沿海的负区也预报出来了,但与实测相比负区偏小。从以上的比较分析可以看到,整个预报的降水距平百分率分布和实测分布是十分相近的,主要的雨带和少雨带位置预报很好,许多距平百分率中心,如华北和四川负中心,长江下游和广西正中心预报位置和实测十分接近。不足的是预报降水距平百分率值比实测的偏大,例如江淮雨带偏大 50%,广西多雨区也偏大 50%,西藏雨区偏大

更多。在控制试验中, CCM1 模拟的降水比气候值偏大 50%, 在西藏存在一个虚假的降水中心, 以上预报缺点是和模式本身气候模拟特性是一致的。

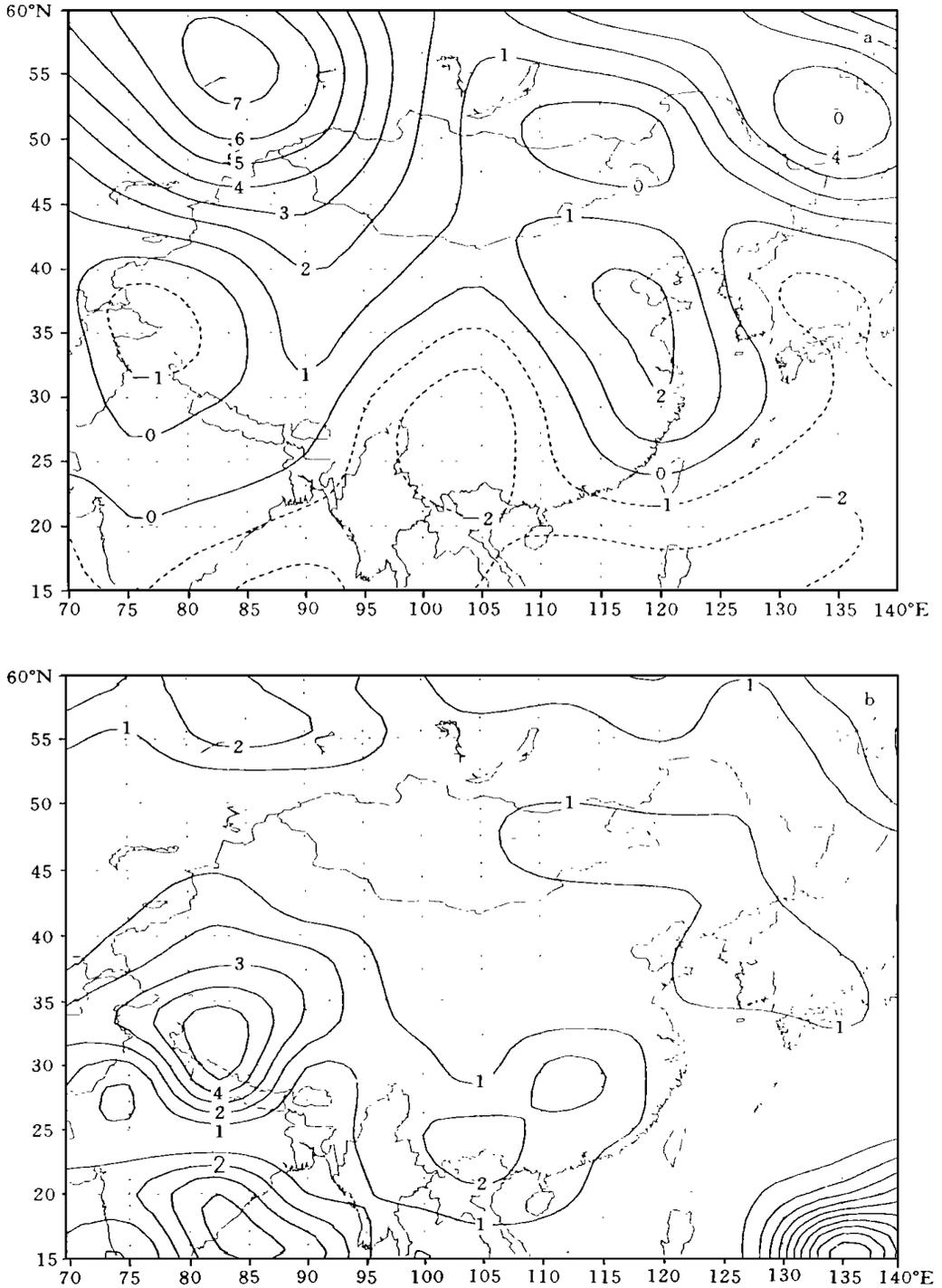


图 7 气候 SST 强迫下预报的 1996 年 6 月中国气温距平分布(a)和降水百分率分布(b)

以上是利用 CCM1 模式对 1996 年 6 月全球和中国地区环流、气温和降水预报结果。预报的 500 hPa 环流除南海和北太平洋中部高纬外, 预报的和实测的位势高度距平符号都十分一致。副热带高压脊线位置也十分一致。850 hPa 纬向风除了阿刺伯海季风过弱外, 亚洲其他地区的纬向风预报十分接近实测。中国地区气温正距平区预报很好, 实测的负距平区只预报出零距平区, 是全国距平相对小值区。降水预报除了数值过大外, 分布预报很好。从总的说, 预报是成功的。

以上预报是在 5~6 月间海温距平不变的假定下得到的。6 月的海温已不是气候的海温。为了验证改变海温的预报改进, 我们曾用同一初值但在气候 6 月海温下作了一个月积分。

图 7a, b 分别为气候 SST 强迫下预报的 1996 年 6 月中国气温距平(7a) 和降水百分率分布(7b)。比较气温距平预报, 气候 SST(图 7a) 和 SST A 变化(图 5b) 的预报在中国东部均为正距平, 是一致的。但气候 SST 预报的华南西部强气温负距平是错误的, SST A 变化在此地区边界虽然也预报出一个负距平, 而实测是一个弱正距平, SST A 变化的预报接近实测。对降水距平百分率的预报, 实测的江淮流域强距平百分率带(图 6a), 气候 SST 预报(图 7b) 没有预报出来, 而 SST A 变化的预报(图 6b) 却明显的预报出来。实测的华北和西北地区负降水距平百分率, SST A 变化的预报正确而气候 SST 预报却仍为正距平, 预报错误。此外, 实测的四川北部的负降水百分率中心, SST A 变化的预报结果十分好, 而气候 SST 预报却预报不出来。从以上讨论可见, 对 1996 年 6 月气温和降水预报而言, SST A 变化的预报明显的优于气候 SST 预报。

## 5 结 论

用 CCM1 动力气候模式作了 1996 年 6 月的月数值预报。将 1996 年 5 月的 SST 距平加到气候 6 月海温上, 得到的预报结果和实测结果十分相符。比用 6 月气候海温作的预报大有改进。这表明月预报中海温的作用仍是十分重要的。但这是一个个例, 课题组正在作更多个例来验证其作用。

海温月预报也是一个十分困难的问题。陈隆勋等提出可用上个月的 SST A 加到预报月的气候 SST A 上而近似求得预报月的 SST 分布的思路。这个想法或许是可行的。

致谢: 本文得到中国气象科学研究院陈隆勋教授的指导, 谨致谢意。

## 参考文献

- 1 Williamson G S and Williamson D L. Circulation statistics form seasonal and perpetual January and July simulations with the NCAR community climate model(CCM1). NCAR Technical Note, 1987. R15 NCAR/TN-302+STR, 1- 199
- 2 Williamson D L, Kiehl J T, Ramanathan V, Dickinson R E and Hack J J. Description of NCAR community climate model CCM1. Tech note NCAR/TN-285-STR, NCAR, Boulder Colo, 1987, 112pp
- 3 Kiehl J, T, Wolski, Priegleb B P and Ramanathan V. Documentation of Radiation and cloud routines in the NCAR community climate model(CCM1), Tech. Note, NCAR/TN-288 t1a NCAR, Boulder Colo, 1987, 112pp
- 4 陈隆勋, 宋玉宽. CCM1 气候模式的气候模拟结果分析及与其他气候模式结果的比较. 见: 陈隆勋主编. 气候变化规律及其数值模拟研究论文第二集. 北京: 气象出版社, 1996, 241~254

- 5 宋玉宽, 陈隆勋. 二氧化碳稳态倍增下的气候变化数值模拟. 见: 陈隆勋主编. 气候变化规律及其数值模拟研究论文第二集. 北京: 气象出版社, 1996, 228 ~ 240

## AN ANALYSIS ON ONE-MONTH NUMERICAL PREDICTION WITH CONSIDERING SST

Shanxi Research Group of Climate Prediction

(*Shanxi Research Institute of Meteorological Science, Taiyuan, 030002*)

### Abstract

Based on a result that the variation of SSTA between the adjacent month is small, an one-month numerical prediction of June, 1996 is calculated by using CCM1/NCAR climate model. In the prediction, the initial value is taken from the objective analysis of T<sub>64</sub> grid system of China National Meteorological Center for 00Z the first of June, 1996. The SST distribution of June, 1996 is computed from June climate SST adding the SSTA of May, 1996. For comparison, an one-month prediction using the climate June SST is also calculated. It is shown that the prediction results of changed SST are greatly better than that using the climate SST. In the former case, the predicted deviation of the 500 hPa geopotential height in Northern Hemisphere, the zonal wind velocity at 850 hPa, the predicted deviation of surface air temperature and the predicted percentage of rainfall deviation are quite same as that of observed.

**Key words:** Dynamic climate model, Monthly numerical prediction, Change of SST.