

1991 年江淮暴雨期间环流异常的 动力延伸预报试验*

章基嘉

李维京

(中国气象科学研究院,北京,100081)

(国家气象中心)

徐祥德 苗俊峰

(天津市气象局)

提 要

介绍了利用 T42L9 模式对 1991 年夏季江淮流域暴雨期间旬和月平均环流异常的动力延伸预报(DERF)试验和利用 OSU-AGCM 进行青藏高原热力异常敏感性试验的结果,指出 T42L9 模式对造成暴雨的环流异常有一定的预报能力,并证实高原的热力异常是引起江淮暴雨的一个重要因子。

关键词:江淮暴雨,环流异常,DERF 试验,热力敏感性试验

1 引言

1991 年夏季江淮流域发生了仅次于 1954 年的暴雨和洪涝,暴雨集中在 5 月 19—26 日,6 月 2—20 日和 6 月 29 日—7 月 13 日这三个时段,形成雨季来的早,雨势猛,持续时间长的特点。这种持续性暴雨必然是持续的环流异常造成的。然而目前逐日的有用数值预报大体上只有 5—7d,其理论的可预报性上限也只有两周左右。作者利用国家气象中心的 T42L9 全球谱模式作为动力框架,进行一年多的动力延伸预报试验表明,对第一旬 500hPa 平均高度场和纬偏差距平场的半球预报,其距平符号重合率可达 73%,第二旬为 61%,第三旬为 58%。对于持续稳定的环流形势,预报效果更好些。在上述试验的基础上,作者对 1991 年江淮流域持续暴雨期间 500hPa 旬和月的平均环流及其异常进行了动力延伸预报试验,并根据长期天气预报的经验和 1991 年的实况设计了三种方案利用 OSU-AGCM 对青藏高原春夏期间热力异常的影响进行了敏感性试验,本文讨论这些数值试验的结果。

2 动力延伸预报试验

2.1 制作动力延伸预报的可能性

不少研究表明^(1,2),使用 GCM 作时间平均的动力延伸预报,随着平均时间的增长,预报效果会有所提高,我们的试验结果也证实了这一点。图 1 中曲线 2—4 分别给出经过 5、9 和 15d 滑动平均后的 500hPa 高度预报值和观测值相比的均方根误差时间演变曲线,曲线 1 是未经滑动平均的情况。可以清楚地看出,随着平均时间增长,预报的均方根误差依

* 1992 年 11 月 16 日收到原稿,1993 年元月 15 日收到修改稿。受“八五长期天气预报和方法”课题资助。

次减小。其次,T42L9 模式中包含了变化比较缓慢的物理过程,如 SST、土壤湿度等,随着积分时间的增长,这些具有长记忆的缓变过程的作用将相对增大,其作用的时间尺度常可超过两周左右的确定论可预报上限。我们的试验结果表明,一个月的动力延伸预报对初始场的依赖性相当大,而且 SST 对预报结果的影响也与不同的初值有关,对于比较稳定的初始场,其影响不明显,而对于不稳定的初始场,影响比较显著,也就是说初始场的影响程度与大气内部的动力稳定性有关。

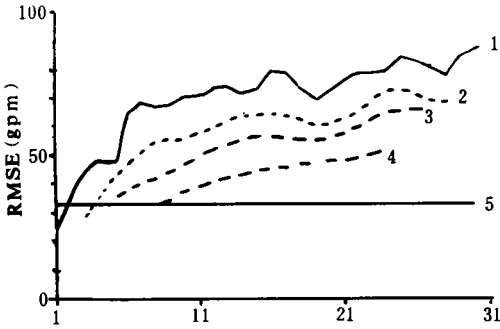


图1 1991年6月北半球500hPa高度场预报均方根误差随时间的演变
(曲线1未经滑动平均,2—4分别为经5、9和15d滑动平均,5为月平均)

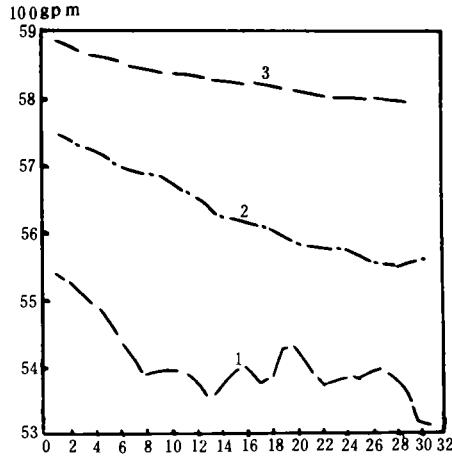


图2 1991年7月20日到8月20日模式的系统误差
(曲线1、2、3分别表示高、中、低纬)

基于以上两个方面的试验结果,我们认为,在环流形势比较持续稳定的情况下,制作动力延伸预报有可能得到令人满意的结果。

2.2 消除模式部分系统误差的一种简易方法

目前各种数值预报模式均不同程度地存在系统性误差(亦称模式的气候漂移),T42L9 模式也不例外。作为例子,图2给出了1991年7月20日—8月20日模式系统误差的时间演变曲线。由图可见,高、中、低三个纬度带500hPa预报的平均高度值,随着积分时间增长而下降。若用通常的方法计算距平值,会在大多数地区出现负距平,这反映了模式的气候漂移。经过多种试验,我们得出,若采用纬偏值距平场,即

$$H' = (H - [H]) - (\bar{H} - [\bar{H}]) = (H - \bar{H}) - ([H] - [\bar{H}])$$

可以部分地消除模式的系统误差。事实上,上式第一个等号右端的第一项为预报图上的高度对其纬圈均值的偏差(简称纬偏值),第二项为同期气候平均图上的纬偏值,两者之差为纬偏值的距平。改写后,第二个等号右端的第一项就是通常意义下的高度距平值,而第二项是纬向平均高度的距平,它是一个对纬向平均气候漂移的订正,可以消除模式在中高纬度温度偏低而使西风带过分地向低纬扩张造成的系统偏差。

2.3 1991年夏季旬和月平均环流的 DERF 试验结果

图3a是DERF的5月下旬(即以4月30日12时为初始场之后的第三旬,对应于第一段暴雨)500hPa高度纬偏值距平场,图3b是它的实况。预报与实况相比,在亚洲范围内纬偏值距平分布相当一致,尤其是乌拉尔山阻塞高压的加强,西太平洋副高脊线的第一次北跳及它们之间形成的东西向低压带预报得比较好,这表示在此低压带中有冷暖空气的

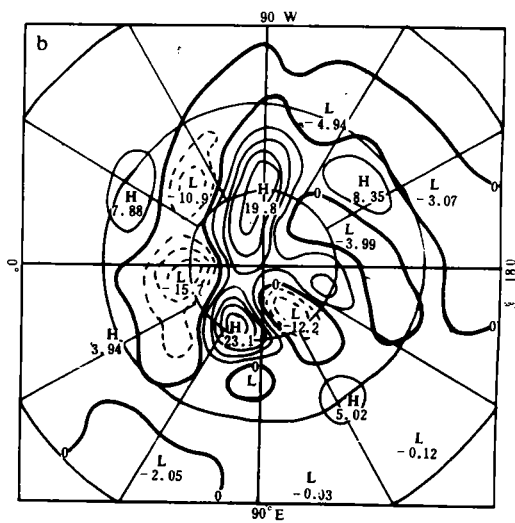
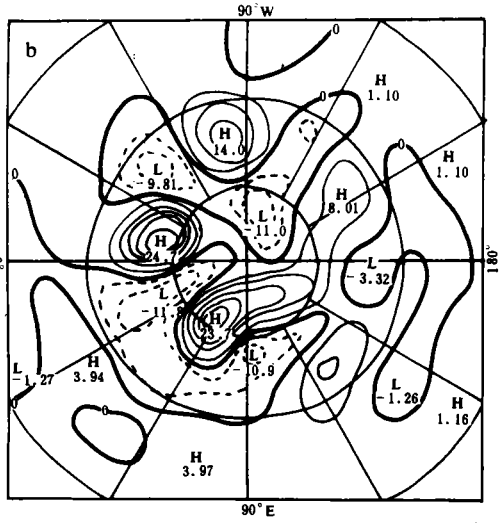
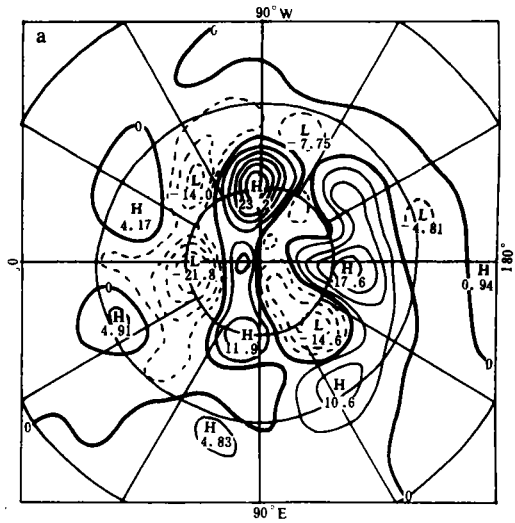
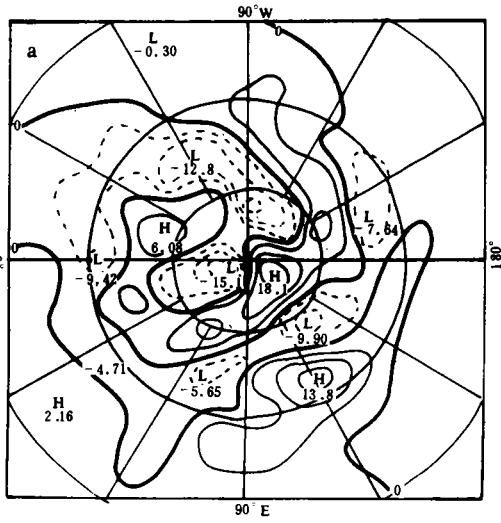


图3 1991年5月下旬500hPa高度距平
(a. 预报(以1991年4月30日12时为初始场);
b. 实况(单位:10gpm))

图4 1991年6月上旬500hPa高度距平
(a. 预报(以1991年5月31日12时为初始场);
b. 实况)

交绥和西南气流中的水汽辐合。第一段暴雨就发生在这个低压带南侧的对流层下部。图4a是6月上旬500hPa高度纬偏值距平的预报(初始场为5月31日12时),图4b是它的实况,对应于第二段暴雨的前期。环流异常的形势与5月下旬大体相似,但是出现了东亚阻塞,形成“两高一低”的环流形势。我们还计算了6月中旬(第二段暴雨后期)、下旬和7月上旬(第三段暴雨),中旬(雨带北跳)的旬预报图和5、6、7、8四个月的月平均预报图,与实况也比较相似(图略),说明T42L9模式对旬、月平均环流异常特征的DERF有一定的预报能力。为了表示雨带北跳过程中环流演变特征的预报情况,图5给出以7月31日12

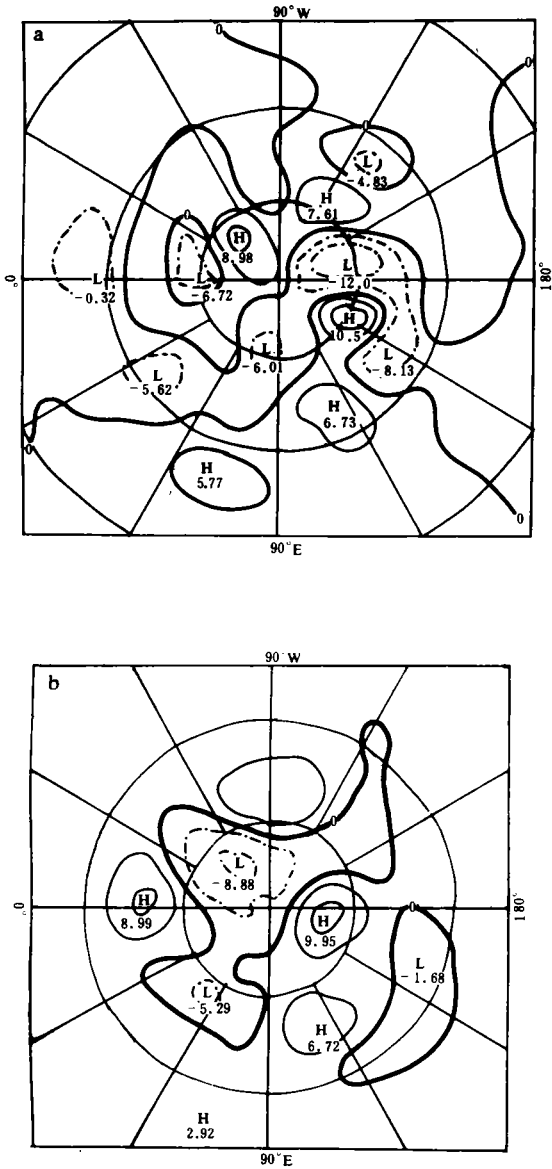


图 5 1991 年 8 月 500hPa 高度距平
(a. 预报(以 1991 年 7 月 31 日 12 时为初始场);
b. 实况)

时为初始场积分 31d,得到的 8 月平均 500hPa 高度纬偏值距平预报图及其实况。由图可见,导致江淮暴雨的低压带不复存在,乌拉尔山阻塞消失,而东亚阻塞加强(与 60°N,150°E 的正距平中心相对应);在中国大陆东部出现另一个正距平中心,它对应着西太平洋副高脊线在经历相当长时间的稳定之后的第二次季节性北跳。在此过程中雨带越过华北而抵达东北地区。正是这两个距平中心的稳定维持,造成 8 月份华北的大范围高温干旱。

3 青藏高原热力异常的敏感性试验

从上面的讨论中我们进一步考虑这样的问题:为什么 DERF 方法在北半球范围内预报的准确率不算高,而对 1991 年夏季江淮暴雨期间亚洲范围内环流异常的预报却得到满意的结果?我们从长期天气预报的观测研究^[3,4]中得到启发,即青藏高原春夏之交的热力异常可通过 30—60d 大气低频振荡的向东传播与汛期东部地区大范围降水异常产生正相关。观测表明,1991 年自 3 月起高原南部,95°E 以西地区,地面温度连续 5 个月出现 2°C 左右的正距平。这说明 1991 年春夏期间高原的地面增温不仅早于常年,而且持续稳定,高原南部热力状况的异常是非常明显的。为了证实这种相关性,我们采用 OSU-AGCM 作为敏感性试验的模式,并设计了如下三种方案:

(1)模式中不改变高原地面温度,从 5 月开始积分 4 个月作为对比的控制试验。

(2)模式中整个高原区域自 5 月开始将地面均匀增温 5°C,积分 4 个月,作为大面积强加热试验。

(3)模式中只在高原南部(95°E 以西)地区自 5 月开始将地面均匀增温 2°C(即适度增温),积分 4 个月,作为模拟 1991 年春夏期间实际加热的试验。

然后,从 6 月 16 日到 7 月 15 日方案(2)和(3)中的平均流场和降水场中分别减去方案(1)同一时期的平均场,得到相应的差值场,用以分析两种异常加热引起的不同后果。

图 6a、b 分别给出模式积分在两类高原加热下的流函数差值场。由图可见,高原前期

将地面均匀增温 5°C,积分 4 个月,作为大面积强加热试验。

(3)模式中只在高原南部(95°E 以西)地区自 5 月开始将地面均匀增温 2°C(即适度增温),积分 4 个月,作为模拟 1991 年春夏期间实际加热的试验。

然后,从 6 月 16 日到 7 月 15 日方案(2)和(3)中的平均流场和降水场中分别减去方案(1)同一时期的平均场,得到相应的差值场,用以分析两种异常加热引起的不同后果。

图 6a、b 分别给出模式积分在两类高原加热下的流函数差值场。由图可见,高原前期

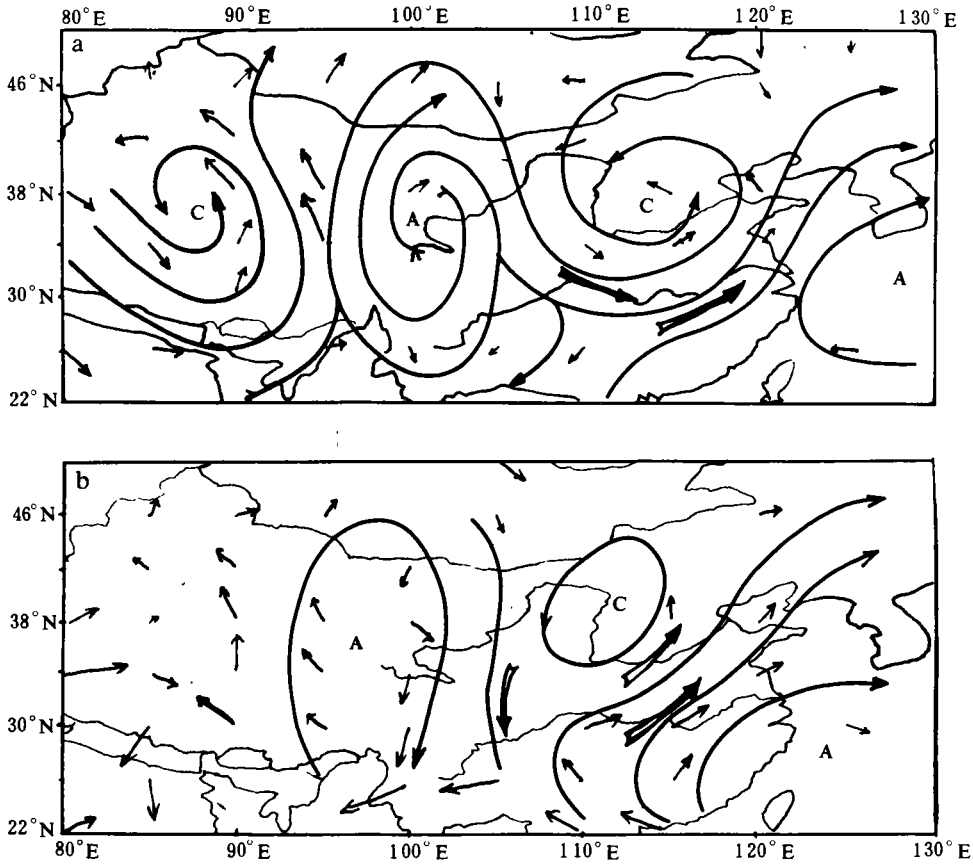


图6 模式积分6月16日—7月15日两类高原加热方案与控制试验方案的模拟流场差值分布
(a. 方案(3)-方案(1); b. 方案(2)-方案(1), 相当于800hPa等压面)

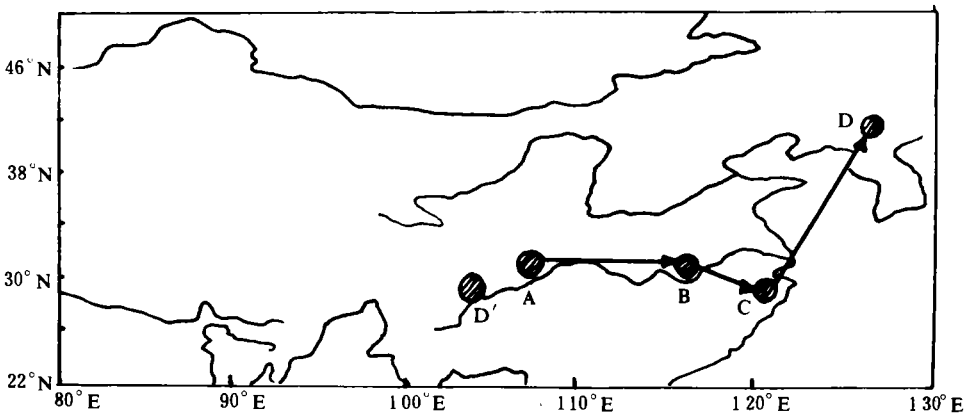


图7 长江流域6月中旬—7月中旬方案(3)减去方案(1)模拟雨量差值场中暴雨中心的位移
(图中A:6月中旬,B:6月下旬,C:7月上旬,D:7月中旬)

的适度增温可引起“两高一低”的梅雨环流形势,江淮地区处于两高脊之间的低槽底部,槽

后偏北的冷气流与副高西侧的西南暖湿气流在江淮地区交绥,有利于梅雨锋区上雨带的形成和维持。值得注意的是,在高原大面积强增温的试验中,西边的阻塞环流明显减弱,而副高脊则明显西伸,两者之间的低槽亦减弱,江淮地区处于副高西伸脊的单一西南气流控制之下,冷暖气流的交绥迁移到长江上游地区,不利于江淮地区雨带的形成和维持。这说明,高原的适度增温引起的下垫面热力异常可能是导致 1991 年夏季江淮持续暴雨的重要原因之一,而高原大范围强增温则有可能导致梅雨期典型环流的削弱甚至破坏,不利于江淮地区暴雨洪涝的形成。

为了从雨量差值分布上,直接展示高原加热的后果,图 7 给出的方案(3)减方案(1)的雨量差值场中,逐旬雨量差值中心自西向东位移,到 7 月中旬随雨带的季节性北跳,暴雨中心的位移亦出现不连续地北跳,并在长江上游形成一暴雨中心。可见,方案(3)的降水差值场的一些特征与 1991 年夏季江淮流域持续稳定的暴雨过程及雨带的季节性北跳是十分相似的,而 DERF 方法对 1991 年江淮暴雨期间环流异常的预报比较成功,正是因为 T42L9 模式的初始场中适当地考虑了高原地面热力异常的作用,并由 OSU-AGCM 的敏感性试验得到证实。

4 结论

本文的数值试验表明:

(1)利用国家气象中心现行的业务数值模式(T42L9)制作一个月时间尺度内旬和月平均环流的动力延伸预报有一定的预报能力,而在环流形势比较稳定的情况下,效果更好。因此,DERF 方法值得进一步试验。

(2)对于 1991 年江淮持续暴雨的环流异常,利用该模式,并在初始场中考虑长期天气预报的经验,加进有亚洲特色的预报因子,有可能制作出比较成功的动力延伸预报。这主要是由于月时间尺度的数值预报对初始场仍有相当大的依赖性。

(3)根据我国长期预报的经验设计试验方案,利用 AGCM 进行敏感性试验,以确定这些经验的适用程度,改进数值预报模式,把经验通过参数化加入模式,可能是改进长期预报的有效途径之一。

(4)采用纬偏值距平是部分消除模式系统误差的简单有效的方法。

致谢:国家气象中心于洪富同志帮助清绘本文的全部附图,特此致谢。

参考文献

- [1] Smagorinsky J. Problems and promises of deterministic extended range forecasting. *Bull. A M S.* 1969, 50: 285—311.
- [2] Miyakoda K and Chao J P. 1982, Essay on dynamical long-range forecasts of atmospheric circulation. *J Met Soc Jap.* 1982, 60: 292—307.
- [3] 章基嘉,孙国武,陈葆德著. 青藏高原大气低频变化的研究. 北京:气象出版社,1991,100—102.
- [4] 章基嘉,朱抱真,朱福康等著. 青藏高原气象学进展. 北京:科学出版社,1988,124—128.

**THE EXPERIMENT OF DERF WITH T42L9 MODEL FOR DEKAD
AND MONTHLY MEAN CIRCULATION ANOMALY DURING THE
SUMMER HEAVY RAINFALL PERIOD IN 1991**

Zhang Jijia

(Chinese Academy of Meteorological Science, Beijing, 100081)

Li Weijing

(National Meteorological Centre, Beijing, 100081)

Xu Xiangde Miao Junfeng

(Tianjing Weather Service, 300074)

Abstract

In this paper, the results of experiment of dynamic extended-range forecasts (DERF) with T42L9 model for dekad and monthly mean circulation during the summer heavy rainfall period in 1991 over the Yangtze and Huaihe River Valley and the sensitive experiment of thermo-dynamic effect of the Qinghai-Xizang Plateau on the circulation anomaly are presented. It has been shown that DERF method with T42L9 model has some ability for prediction of mean circulation anomaly including the summer heavy rainfall, and the plateau's thermo-dynamic anomalous effect may be an important factor for the persistent rainfall process.

Key words: Heavy rainfall over the Yangtze and Huaihe River, Circulation anomaly, DERF experiment, Sensitive experiment of thermodynamic effect.