

月数值天气预报的试验研究*

张道民 纪立人 李金龙

(中国科学院大气物理研究所, 北京 100080)

摘 要 用中国科学院大气物理研究所二室的全球谱模式做了多个例子的月预报试验, 结果表明, 500 hPa 月平均预报高度场不仅明显优于持续性预报, 也优于气候预报。文章还就如何从逐日的瞬时动力预报中提取对月预报有用的信息进行了讨论, 并指出, 用加权平均代替通常使用的算术平均求得平均月预报显著地提高了预报效果。

关键词 谱模式 月数值预报 试验

1 引言

Lorenz^[1]指出, 由于小尺度分析误差随时间的增长, 不可能得到两周以上有预报意义的瞬时数值天气预报。然而用大气环流模式制作经过时间或空间滤波的月时间尺度的有使用价值的预报仍然是可能的, 因为这样的滤波方法可分离出较好预报的运动尺度^[1]。Miyakoda 等人首先用大气环流模式做了 30 天平均的有意义的动力预报。之后, 世界各大预报中心、象 ECMWF^[2], 美国 NMC^[3], 加拿大气候中心^[4]和 H 本 JMA^[5]的学者都先后进行了大量的延伸(月)预报试验, 做了一个月甚至更长的时间积分, 给出了一个月的平均高度场, 讨论了初始场、模式空间分辨率和模式的系统误差对预报结果的影响, 探讨了如何提高月预报质量(如用相邻初值集合预报代替纯动力预报)和如何从预报产品中更有效地提取一些有用信息的方法(如 EOF 处理), 得到了较令人鼓舞的结果, 但是总的说来月尺度的数值预报水平还比较低, 有些问题尚待研究。

本文是在 ECMWF 模式基础上大气物理研究所发展的全球谱模式^[6,7], 对春夏秋冬不同季节共做了 6 个实例的月预报试验, 对预报结果做了分析和检验, 将结果与持续性预报和气候预报做了比较, 初步分析了模式误差, 对所得的结果进行了简单的误差订正, 并就有些问题进行了讨论, 本文给出了这些试验的一些结果。

2 模式简述和初始资料

预报试验所使用模式为全球谱模式, 三角截断水平方向取 42 个波, 垂直方向分为 9 层(简称 T42L9), 模式采用静力扣除方案, 即将预报变量温度、地面气压和诊断变量位势高度分为基本量和扰动量; 而将扰动量作为预报变量, 这样可以加速谱展开的收敛性, 减少截断误差。模式中包括了辐散、垂直扩散、地面过程、大尺度降水、积云对

1994-06-12 收到, 1994-12-14 收到修改稿

* 本文是在中国科学院重大应用项目 KY85-10 支持下完成的

流参数化(包括深对流和浅对流)和次网格尺度地形重力波阻参数化等各种非绝热物理过程,其方案在文献[6,7]中已有较详细的描述。

积分所使用的初始资料为 1979 年春、夏、秋、冬各选一个例子,和 1992 年 1993 年各 1 个例子,共 6 个例子,其日期分别为 1979 年 4 月 1 日、6 月 1 日、10 月 1 日、12 月 25 日、1992 年 6 月 1 日和 1993 年 6 月 1 日。

3 预报试验结果

对每个例子各积分了 30 天,我们将此称为纯动力预报。检验了预报高度场在 100、200、300、500、700 和 850 hPa 6 个标准等压面上的高度距平相关系数 R 和均方根误差 σ ,给出了 1~10 天、1~15 天和 1~30 天北半球 500 hPa 预报平均距平场图等,其结果分述如下。

3.1 检验评分

首先来看每 10 天的预报高度平均场与相应观测场的检验结果。表 1 为北半球(20~90°N) 500 hPa 高度的 R ,由表 1 看出不同的个例相差较大,平均而言,在预报时段的第一个 10 天,评分还比较高,但第二个 10 天评分急剧下降,到第三个 10 天有的个例的 R 又有不同程度的回升,有人认为这可能反映了大气中低频变化的周期性^[8],或模式能预报大气中的周期性的波动但位相有误差,或纯系随机误差^[9],其原因尚待进一步研究,为比较,表中给出了 6 个例子的相应初值持续性预报评分。

表 1 500 hPa 北半球(20~90°N) 10 天平均预报的 R

项 目 个 例	预 报			持 续 预 报		
	1~10	11~20	21~30	1~10	11~20	21~30
1979 年 4 月 1 日	0.7772	0.5299	0.0418	0.4816	-0.0037	0.1545
1979 年 6 月 1 日	0.6557	0.0914	0.3992	0.3100	-0.0269	-0.1571
1979 年 10 月 1 日	0.8553	0.1648	0.1303	0.6564	-0.0376	0.0767
1979 年 12 月 25 日	0.7463	0.3993	0.5591	0.5414	-0.1786	0.3205
1992 年 6 月 1 日	0.5493	0.2294	0.2862	0.4260	0.1567	-0.1888
1993 年 6 月 1 日	0.6696	0.2733	0.2624	0.5238	0.1990	0.1443
平 均	0.7089	0.2814	0.2798	0.4899	0.0182	0.0583

其次,再来看预报之前若干天平均高度 R 的变化。图 1 为 6 个例子平均的 1~ N 天($N=5, 10, 15, \dots, 30$) 北半球 500 hPa 预报平均高度的 R 的变化曲线,从图可以看出,1~10 天,1~15 天和 1~30 天的 R 分别为 0.7089, 0.5760 和 0.4063。个例不同 R 相差较大,夏季的三个例子(1979、1992 和 1993 年的 6 月 1 日)都比较低(1~30 天 R 分别为 0.1919、0.2668 和 0.3864),这与一些文章给出的结果相近。

图 2 给出 6 个例子平均的 500 hPa 1~ N 天($N=1, 2, \dots, 30$ 天)的动力预报平均高度与相应 30 天平均实况的相关系数 R 的时间演变,可以看出,在北半球 R 的最大值出现在 $N=13$ 天处,其值为 0.5188,就是说 1~13 天平均预报与 30 天平均实况相关最大。对南半球(20~90°S), $N=8$ 天, $R=0.5270$ 。曲线的这种变化表明,由于时间

平均相当某种滤波, 随着积分时间的延长, 平均场中所包含的波长较短的高频波逐渐被滤掉, 同时被加进的资料愈多愈接近月平均状态, 评分 R 逐渐提高, 曲线上升, 这是自然的。然而随着 N 的继续增大, 包含有各种尺度的越来越不太精确的逐日预报被加进来参加平均, R 又随 N 的增大而逐渐降低, Tracton 等人^[3]由 108 个例子, 得 $N=7$ 天, 据此, 他们认为, 对于月预报只积分 7 天就够了, 用前 7 天的平均预报代替 1~30 天的月平均预报, 反而比积分 30 天得到的结果要好

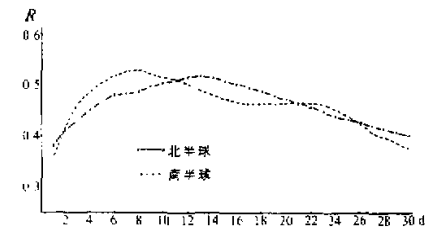


图 2 500 hPa 1~ N 天
($N=1$ 到 30 天) 平均预报高度同 30 天
平均实况的 R (6 例平均)

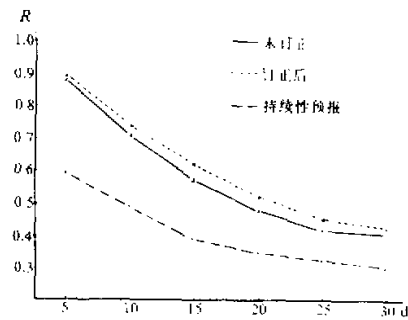


图 1 北半球 500 hPa 1~ N 天平均
预报高度的 R 演变图 (6 例平均)

(30 天平均预报 $R=0.39$, 而前 7 天平均预报 $R=0.47$)。但这里有两个问题, 第一, 对月预报 N 是未知的, 且随个例和地区不同而异, 由图可见, 6 个例子平均, 北半球 $N=13$ 天, 而南半球 $N=8$ 天。表 2 为南北半球的 N 值及所对应的 R 值。而 Tracton 等人给出的 108 个例子中, N 从 1 到 30 天均有出现。第二, 对瞬时动力预报的结果作某种误差订正 (比如预报减去纬向平均误差) 或对瞬时

预报采取某种加权平均, 最大的 R 与响应的 N 值是可以变化的 (见表 2)。

3.2 动力预报与初值持续性预报和气候预报的比较

首先动力预报与持续性预报的比较。由表 1 已经看出, 对预报的 3 个时段 (1~10、11~12 和 21~30 天), 平均动力预报明显优于持续性预报, 特别是在后两个 10 天, 持续性预报已有不少个例出现负相关。对于 1~10 天、1~20 天和 1~30 天的平均预报前者的评分也明显的高于后者 (图 1), 动力预报 (北半球 500 hPa 6 个例子平均)

表 2 500 hPa 高度场最大的 R 与相应的 N 值

个例日期	算术平均预报				加数平均预报 (c)			
	北半球		南半球		北半球		南半球	
	N	R	N	R	N	R	N	R
1979 年 4 月 1 日	8	0.6385	8	0.5631	30	0.6695	24	0.5533
1979 年 6 月 1 日	13	0.4148	16	0.7246	27	0.3411	23	0.6812
1979 年 10 月 1 日	8	0.6587	6	0.5403	30	0.6686	20	0.5259
1978 年 12 月 25 日	18	0.5712	10	0.4106	30	0.5768	23	0.3910
1992 年 6 月 1 日	13	0.3985	5	0.4231	28	0.3998	30	0.3982
1993 年 6 月 1 日	7	0.5175	8	0.6372	20	0.5278	28	0.6415
平 均	13	0.5188	8	0.5270	30	0.5282	24	0.5313

的 R 分别为 0.7089, 0.4815 和 0.4063, 而持续预报的相应值为 0.4899, 0.3488 和 0.3014。均方根误差的差别也很显著, 前者只有后者的 $1/2$ 到 $2/3$ 。图 3 给出 6 个例子平均的北半球 500 hPa 5 天滑动平均预报高度与相应实况的 R 时间演变, 可以看出, 在第 18 天 (即第 16 天到 20 天的平均预报), 动力和持续性预报同时出现最小值, 而后又有不同程度的回升。

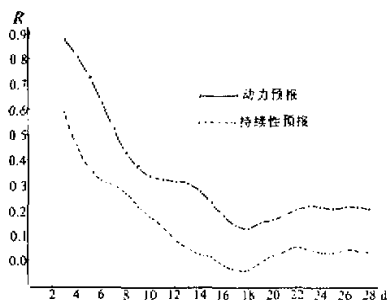


图 3 北半球 500 hPa 5 天滑动平均预报高度的 R (6 例平均)

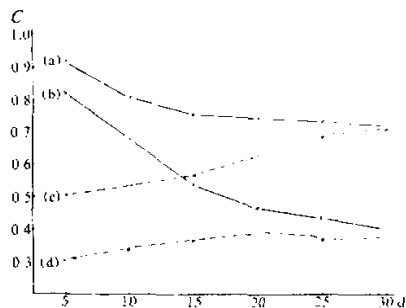


图 4 500 hPa 1-N 天平均预报高度的 C 演变 (6 例平均)

(a) 北半球动力预报; (b) 南半球动力预报;
(c) 北半球气候预报; (d) 南半球气候预报

其次, 是动力与气候预报的比较。这里, 气候预报指相应的多年月平均场, 显然, 对气候预报的相关检验距平相关系数已不适用, 为此, 我们用预报高度场与其纬向平均值的偏差场和相应观测场的偏差场之间的相关系数作标准, 用 C 表示, C 定义为

$$C = \frac{\sum (H_f - \bar{H}_f)(H_o - \bar{H}_o)}{\sqrt{\sum (H_f - \bar{H}_f)^2 \sum (H_o - \bar{H}_o)^2}},$$

其中 H_f 为预报值, H_o 为观测值, $\bar{H}_f$ 为预报值沿纬圈方向的平均值 (随纬度变化), 因此 C 表示预报场与观测场槽脊位置的相关性大小。图 4 为 6 个例子平均的 500 hPa 动力和气候预报 1~ N 天 ($N=5, 10, 15, \dots, 30$) 的 C 时间演变, 可以看出动力预报始终比气候预报相关性要高, 动力预报 C 随时间逐渐下降, 但愈向后愈缓慢, 而气候预报, 由于观测值平均时间愈长愈接近气候值, 因此气候预报的 C 的相关曲线随时间逐渐上升。南半球, 尽管 C 大小不同, 但其变化趋势与北半球相近。对于均方根误差 σ (图略), 一般说来, 动力预报前 15 天增长较快, 但 15 天后变化非常缓慢, 6 个例子平均 1~30 天平均预报高度仅比 1~15 天 σ 增加 1.5 m。对气候预报前 20 天 σ 急剧下降, 后来逐渐平缓, 从 σ 看, 月平均动力预报比气候预报并未减小, 甚至有的反而增加, 这与 Yamada 等人^[5]和 Tracton 等人^[3]的结果相似。均方根误差的增大, 其原因有两个, 一是预报与实况槽脊系统的位相不一致, 二是预报场整层抬高或降低。若为前者, 则相关系数 C 相应也较差, 若为后者, 则 C 并不一定差, 因此, 相对而言, C 较之于 σ 更有参考价值。另一方面, 尽管有的动力预报的 σ 比气候预报还差, 它却能给出平均月预报的距平分布, 而气候预报却不能, 因此它仍然是有意义的。另外, 对 1~10、11~20 和 21~30 天 3 个时段 6 个例子平均北半球 500 hPa 动力预报的 C 分别为 0.8099、0.5612

和 0.4583, 而相应的气候预报则分别为 0.5360、0.5387 和 0.5777, 前两个 10 天动力预报均好于气候预报, 就是说, 第二个旬的动力预报仍具有一定的参考价值。

3.3 误差初步订正

由于大气中小尺度扰动内在的不稳定性和大气环流数值模式的不完善, 一般说来, 当大气环流模式由实际的初始场进行积分时, 系统误差就会发展, 由大量的积分实例所确定的模式气候(长时间积分结果)与相应的气候实况并不一致, 而是趋向于模式本身的内在统计平衡状态, 这种差别或系统统计误差通常称之为模式的气候漂移。为增加模式输出产品的可用性, 对这些误差进行订正是必要的。由于我们的积分个例不够多, 只能给出初步的误差分析, 设 ΔH 为纬向平均误差, 有

$$\Delta H_i = \frac{1}{N_i} \sum_{j=1}^{N_i} (H_{f,j} - H_{o,j}),$$

其中 N_i 为沿纬圈方向的格点数, 下标“f”与“o”分别表示预报和观测。图 5 为前述 1979 年 4 个例子和 6 个例子平均的 500 hPa 1~30 天平均预报高度沿纬圈方向的平均误差随纬度变化, 可以看出, 虽个例不同, 但误差的纬向分布有某些共同之处, 特别是在 (60°S~60°N) 之间, 误差均为负值, 这表明模式预报高度偏低。同样月平均预报高度与相应的月气候高度之差亦有类似现象。为此, 我们对预报高度场在 (60°S~60°N) 之间订正后再进行检验, 效果比较明显(图 1)。这里我们用多个例子的(但不包括被订正个例)统计误差进行订正, 6 个例子, 每个例子都用其余 5 个例子的平均误差进行订正, 订正后相应的 σ 也有明显的改进。

3.4 预报实例

对于月预报, 如果仿照中期数值预报, 就逐旬或逐候的平均环流同实况对比, 目前除少数个例外, 模式还未达到这个水平, 下面就 30 天平均的 500 hPa 高度场预报进行讨论。

3.4.1 1993 年 6 月个例

这里给出 1993 年 6 月 1 日为初始场的例子, 图 6a 是初始 500 hPa 高度场, 同多年

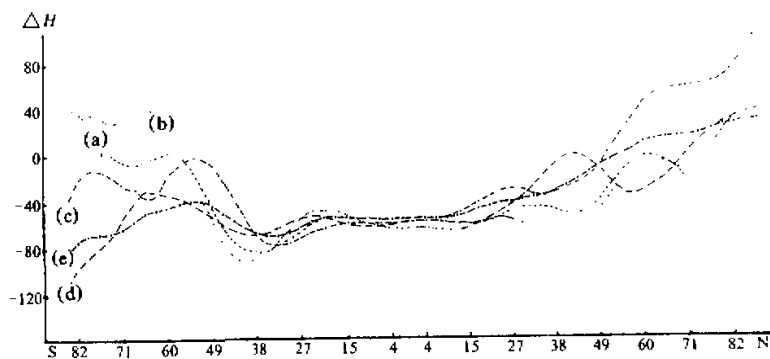


图 5 北半球 500 hPa 30 天平均预报高度的纬向平均误差 (ΔH) 分布

(a) 1979 年 10 月 1 日例; (b) 1978 年 12 月 25 日例; (c) 1979 年 6 月 1 日例;

(d) 1979 年 4 月 1 日例; (e) 6 个例平均

6 月平均图相比, 大致在西半球长波槽脊分布是相似的, 而东半球则相差较大, 欧洲范围内最明显的变化, 是乌拉尔阻塞高压以及 90°E 以东西伯利亚上空宽槽——贝加尔湖槽的建立, 它们的位置均比 6 月多年平均相应脊和槽的位置偏东约 30 个经度。

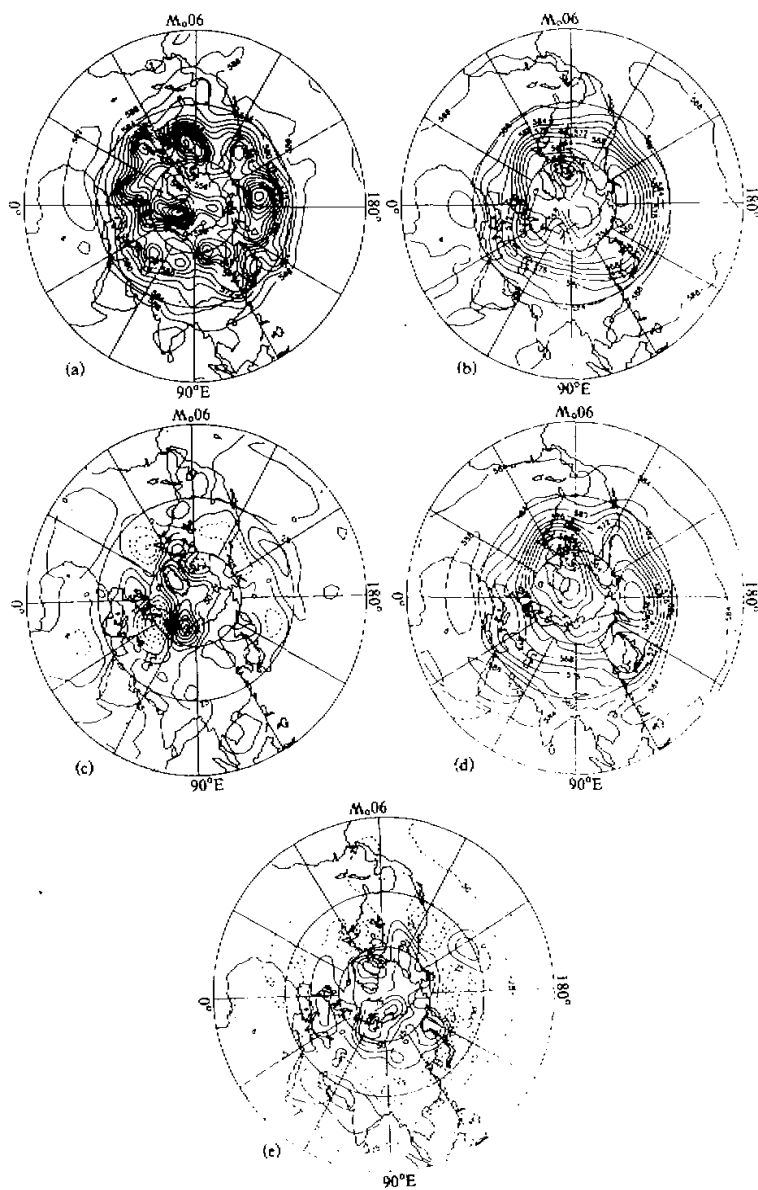


图 6 1993 年 6 月 1 日 500 hPa 高度(a) 初始场; (b) 30 天平均实况;
(c) 30 天平均实况距平; (d) 30 天平均预报; (e) 30 天平均预报距平

实况的月平均环流特征(图 6b)是中高纬呈 4 波型,太平洋北部、北美东岸、北欧和贝加尔湖上空的槽均较常年强。欧亚地区的显著特征是乌拉尔的脊,亚洲东岸急流分支比常年明显,与此相联系,西太平洋副高西部(120°E 左右)脊线偏南。这些特点清楚表现在距平图(图 6c)上,北半球环绕 $30\sim 60^{\circ}\text{N}$ 纬度带主要为负距平所占据,并有几个明显的中心。高纬和极地则主要是正距平区,最大中心在新地岛上空。

在图 6e 上,预报给出乌拉尔至新地岛的主要正距平区,但强度较弱,同时报出了西欧、贝加尔湖和鄂霍茨克海的正距平。北欧的负距平预报太弱。预报还给出日本列岛上空北正南负的距平型式,但强度太强。而且负距平向西伸展,同实况相差较大。北太平洋的负距平带,预报明显太强。回到预报的高度场(图 6d),西半球中高纬度主要槽脊位置同实况(图 6b)基本一致。东半球预报稍差,乌拉尔脊及其以东的槽振幅小,不如实况清楚,中纬度西风带也明显比实况弱,比较成功的是报出亚洲东岸北高南低、急流分支的特征,以及副高脊线偏南的现象。此外,模式有明显的系统性偏差,整个副热带地区高度偏低。总的来说,这是一个中等偏上预报水平的个例。还有一定参考价值。

3.4.2 1978 年 12 月个例

这是一个冬季的例子,也是一个预报比较成功的例子,月平均 500 hPa 高度预报距平相关达到 0.5809。图 7a 是初始场,以后 15 天中的主要变化是极涡的偶极型过渡,北美和亚洲北部各建立强大的低压中心,其南面急流加强,在亚洲 $30\sim 60^{\circ}\text{N}$ 间出现强劲的纬向环流,并一直向东延伸到日界线以东(图略)这些大尺度环流特征延续到下半个月,在 30 天平均图上仍可以清楚地看出来(图 7b),反映在距平图上(图 7c)则是极区为正距平所占据,向南大致在 $30\sim 60^{\circ}\text{N}$ 之间,几乎整个是相互连接的负距平带。图 7d 是预报的 30 天平均图,中、高纬环流同实况是比较相似的,基本上抓住了偶极型极涡的环流特征。预报的距平图(图 7e)上也得出极区偏向北美一侧正距平区以及环绕极区的负距平带,几个负距平中心的位置同实况也是接近的,只是北美的负中心比实况偏南,同时也报出了东半球环绕 30°N 附近的几个正距平中心,只是地中海附近中心偏弱。不足的是副高明显偏弱,在距平图上则是低纬度全为负值,这是模式的系统性误差,冬季、夏季的个例都存在,初步诊断证明,它同模式辐射过程在低纬度太强的辐射冷却有关。

这个例子说明,当大尺度环流的主要变化发生在预报初期(第一个 10 天),而以后大尺度环流的槽脊分布相对稳定,则月动力预报可能有较高评分。

3.5 讨论

Tracton 等人和我们的结果表明,似乎用前 N 天(本文 $N=13$,而文献[3]中 $N=7$)的预报代替月预报即可,那么 N 天后的预报有无价值,如有,又如何提取信息呢?为便于讨论,设 $N=10$,若用前 10 天的瞬时预报平均代替月预报,这等同于前 10 天的预报取其本身,而第二、三个 10 天的预报用前 10 天的预报代替而得到 30 天(月)的平均预报,若这样的预报比真正的月预报好,这表明,第二、第三个 10 天的预报效果较差以致还不如用前 10 天的预报代替而得到月预报好。然而,当用前 10 天的平均预报分别与第二、第三个 10 天的相应实况求相关 R 时(6 个例子 500 hPa 北半球分别为 0.1484 和 0.1029)却不如用真正的预报与相应实况的相关 R (分别为 0.2814 和 0.2798)高,这表明,后 20 天的瞬时动力预报对平均月预报还存在有用信息而未被提

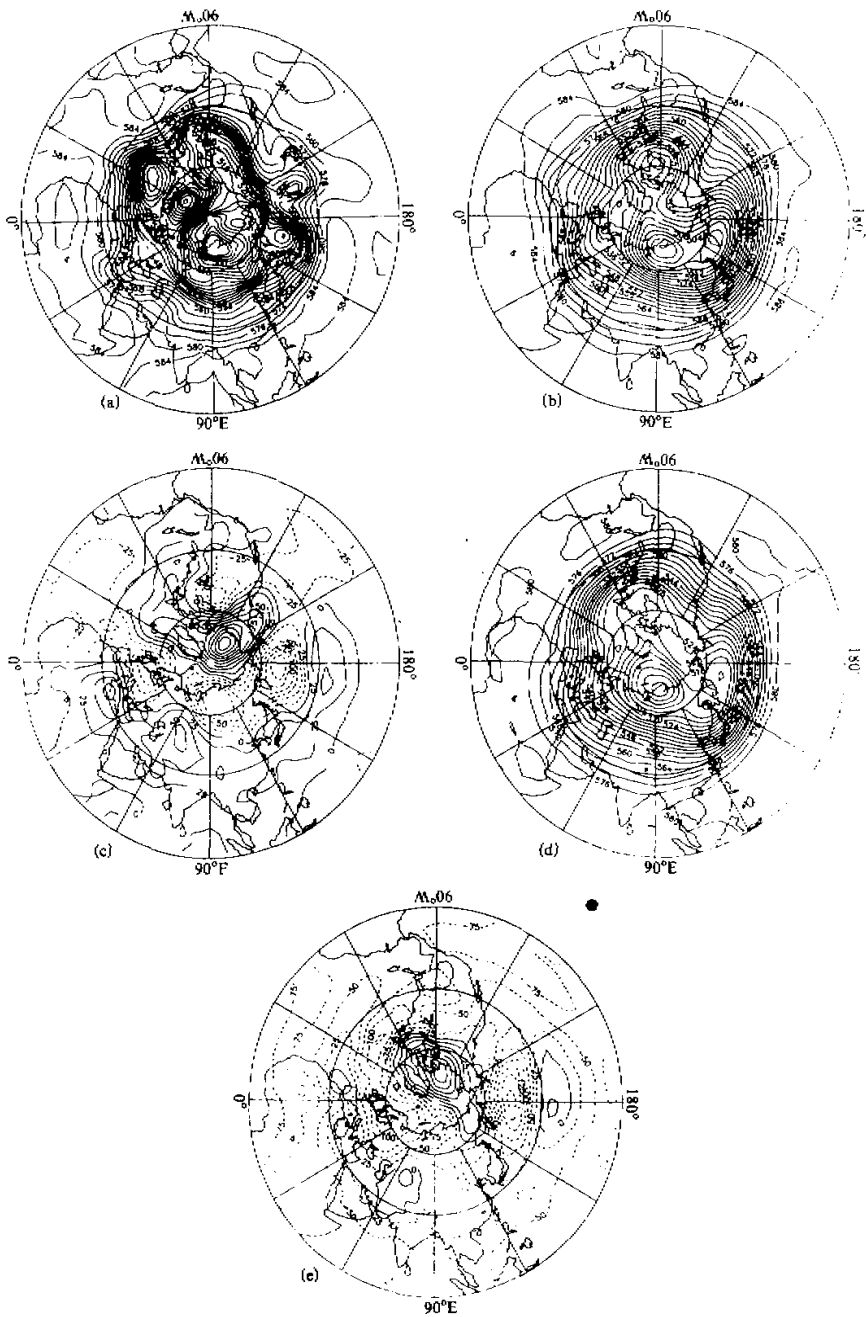


图 7 1978 年 12 月 25 日例 500 hPa 高度(a) 初始场; (b) 30 天平均实况;
(c) 30 天平均实况距平; (d) 30 天平均预报; (e) 30 天平均预报距平

取出来。用前 10 天预报代替月预报，也意味着，在制作月平均预报时，前 10 天瞬时预报权重取为 3，而后 20 天均取为零的加权平均，如果我们取不同的权重而得到的月的加权平均预报结果将如何呢？我们取如下几种权重形式：

- (a) 考虑到瞬时预报前期精度较高，后期精度较低，取线性权重 $W=1+(15.5-N)/15.5$ ，其中 N 为预报时间（天）。
- (b) 前 10 天 W 均为 3，后 20 天 $W=0$ ，即用前 10 天平均预报代替月预报。
- (c) 前 10 天为动力预报本身，后 20 天用气候值代替。
- (d) 1~10 天、11~20 天和 21~30 天的不同时段，根据其相应实况的相关 R 大小，取不同的权重，比如参见表 1 它们分别取为 0.7089、0.2814 和 0.2798。
- (e) 由表 1 看出，有的个例第二个 10 天 R 较低，第三个 10 天又有“回升”（由图 3 也可看出），取 W 为随预报时间先下降而后又略有回升的抛物线形式，比如 $W=0.05+(N-22)^2/(50+N)$ ，其中 N 为瞬时预报时间（天），这样得到的评分结果如表 3 所示。

由表 3 看出，第一，不论哪种方案，都比原方案（即瞬时动力预报取算术平均）得到的平均月预报效果要好。第二，不难推证，方案（b）与方案（c）它们的 R 相同，而（c）方案得到的月平均距平仅为（b）方案的三分之一。随着预报时间的延伸，由（c）得到的预报同实况一样，越来越接近于气候状况，因此， σ 较小。第三，（e）的评分最高，同时由表 2 可以看出，月平均的相关 $R=0.5282$ ，它也是类似图 2 曲线的最大值，这表明，尽管后期的瞬时动力预报精度不高，对月平均仍有正贡献，亦即仍然包含有对月预报有用的信息。

表 3 500 hPa 北半球不同平均方案的平均预报评分（6 个例子平均）

项 目 \ 方 案		原方案	a	b	c	d	e
1~10 天	R	0.7089	0.7280	0.7089	0.7089	0.7089	0.7576
	σ	48.8	47.4	48.8	48.8	48.8	45.4
1~20 天	R	0.4815	0.5404	0.5718	0.5718	0.5477	0.5907
	σ	52.7	49.5	52.8	42.1	49.5	50.2
1~30 天	R	0.4063	0.5002	0.5062	0.5062	0.4881	0.5282
	σ	53.8	48.0	56.4	38.7	48.5	51.4

上面的讨论及误差订正，仅仅是对动力预报结果的后处理，即如何由瞬时的动力预报获得最佳的月平均预报，然而，要提高月预报的水平，另一个重要的方面也是一个根本途径是寻找物理原因改造模式，进一步提高瞬时动力预报的水平，比如，有不少作者考虑海温异常的影响（即用实时海温或预报海温代替月平均的气候海温），也可以在预报过程中进行误差订正，或滤去计算精度不高的高频短波，这也是我们下一步打算做的工作之一。

4 结论

- (1) 从 6 个例子平均情况看，尽管包含了 3 个较难预报的夏季例子，月平均预报距平

相关系数仍达 0.4063, 这与目前国外得到的结果相近^[2,3], 而对 1~15 天的平均预报, 即使以逐日预报广泛采用的可用性预报标准 $R=0.6$ 为依据, 也基本达到了可用水平。

(2) 本文得到的动力预报不仅优于持续性预报, 而且若以高度纬向偏差场(这种偏差场较好地代替了槽脊位置)的相关系数为标准, 也优于气候预报。

(3) 对系统误差, 纬圈平均误差占了较大比重, 只要做些简单的误差订正, 对预报结果就有较明显的改进。

(4) 如何从已得到的逐日瞬时动力预报中充分提取对预报有用的信息, 亦即如何得到一张客观的月平均预报图是很重要的, 本文提出了一种采用加权平均获取月预报的一种尝试, 而且取得了较好的结果。

参 考 文 献

- 1 Murphy, J. M. and Dickinson, A., 1989, Extended-range prediction experiments using an 11-level GCM, *Meteor. Atmos. Phys.*, **40**, 61~83.
- 2 Tibaldi, S. et al., 1990, Extended-range predictions with ECMWF models: influence of horizontal resolution on systematic error and forecast skill, *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **116**, 835~866.
- 3 Tracton, M. S. et al., 1988, Dynamical extended range forecasting (DERF) at the National Meteorological Center, *Proceedings of a workshop held at ECMWF 16~18 May*, 153~198.
- 4 Boer, G. J. et al., 1988, Dynamical extended range forecasting at the Canadian Climate Centre, *Proceedings of a workshop held at ECMWF 16~18 May*, 135~152.
- 5 Yamada, S. et al., 1991, Dynamical one-month forecast experiments with the JMA global prediction model, *J. Met. Soc. Japan*, **69**, 153~159.
- 6 纪立人, 陈嘉滨, 张道民, 吴万里等, 1990, 一个包含非绝热物理过程的全球谱模式及其初步试验结果, 中期数值天气预报研究成果汇编, 气象出版社, 27~40.
- 7 Zhang Daomin, Li Jinlong, Ji Liren et al., 1995, A global spectral model and test of its performance, *Advances in Atmospheric Sciences*, **12**, 67~78.
- 8 Molteni, F. et al., 30 and 60-day forecast experiments with the ECMWF spectral models. Workshop on Predictability in the Medium and Extended-Range, 17~19 March 1986.
- 9 Jeffrey L. Anderson and Huug M. Van Den Dool, 1994, Skill and return of skill in dynamic extended-range forecasts, *Mon. Wea. Rev.*, **122**, 507~516.

An Experimental Study on Monthly Numerical Weather Prediction

Zhang Daomin, Ji Liren and Li Jilong

(Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080)

Abstract Experiments of monthly dynamical extended-range prediction with the global spectral model developed by Lab II, IAP are performed. The results show that the 30-day mean 500 hPa height forecasts are obviously superior not only to the persistence but also to climate forecasts. In this paper, we also discuss how to get a better monthly mean height forecast from day-by-day prediction, which indicates that forecast skill is enhanced markedly when weighted mean forecast is used instead of arithmetic one.

Key words spectral model monthly numerical prediction experiment