

数字滤波方法在月尺度数值预报中的应用*

II. 保留不同低频过程的效果比较

杨 燕 纪立人

(中国科学院大气物理研究所, 北京 100080)

摘 要 用数字滤波方法对观测资料序列进行处理, 得到初始场用于 T42L9 全球谱模式的月预报, 以去除误差增长较快的高频扰动对低频过程的影响, 并且利用多时刻的观测资料提取低频过程的信息。对冬季和夏季两个不同个例进行了实验, 并比较了取不同长度的观测序列, 截取不同周期的过程作为初值对预报效果的影响。结果说明, 经过滤波后对低频分量和平均场的预报都有较显著的改进。而且对于较长时效的预报, 应保留更低频的过程 (比如 10 d 以上周期)。最显著的改进是在第 2 旬。冬季个例经过滤波的初始场在第 2 旬对北太平洋阻塞形势的预报能力有较明显提高。

关键词 数值预报 数字滤波 低频过程

1 引言

月尺度的长期数值预报的对象是那些低频 (长于天气尺度扰动) 过程。Lorenz^[1]指出在一个包含了许多不同尺度的扰动的流体中, 各种扰动都有其内在的有限的可预报性时效。较长周期、大尺度的过程比那些时空尺度较小的过程具有更好的可预报性。瞬时的确定性预报的上限大约为两周, 超过这个上限时, 应该报什么和怎样报的问题尚未解决, 一般认为应报那些低频过程。本文就试验一种提取低频过程信息的方法。且纪范先生指出, 用大气环流模式作长期预报“存在一个难以克服的带根本性的问题, 就是它把预报问题提为一个初值问题, 只使用一个时刻的系统的状态作为预报的依据, 未能充分地利用我们已掌握的信息”^[2]。张家诚先生也曾指出: “任何尺度的初始值都只能对应本阶次的尺度的预报量, 超出一定范围, 就应当改变初始量的阶次”^[3]。

从以上观点来看, 只用一个瞬时的观测场作初值来作月尺度的预报是有缺陷的。一方面, 初始场中包含的关于各种过程本身发展、演变的信息远远不够; 另一方面, 它又包含了许多小尺度、短周期的扰动, 它们相对于低频过程来说是一种“噪音”, 其尺度与所要预报的低频过程的尺度不匹配。这种扰动的误差增长远快于低频过程, 并且作为虚假的能量源、汇, 会对低频过程产生干扰, 影响整个预报的准确性, 降低可预报时效。因而在预报过程中应除去那些高频扰动, 而同时应尽可能多地利用多时刻的观测资料所提供的信息。滤波方法在一定程度上能达到上述两个目的。T. N. Krishnamurti 等^[4]用滤波方法滤掉初始场中的高频扰动, 延缓了 30~60 d 的低频模态的误差增长, 较好地

1995-05-16 收到, 1995-09-01 收到修改稿

* 本工作得到中国科学院重大项目 KY85-10 资助

预报了夏季风的进程。杨燕和纪立人^[5]的工作中,采用了另一种数字滤波器,用它对观测资料的序列进行处理,去掉 10 d 以下周期的扰动,用此低频分量作为初始场进行预报,使得误差增长明显减慢,不论是对逐日的低频分量还是对平均场的预报效果都有提高,但那里仅试验了一个夏季的个例。本文是以上工作的继续,将给出冬季个例的结果,并试验在初始场中保留不同周期的过程对预报效果的影响。

这里仍将预报问题作为初值问题对待,但这个初值中包含了相对较多的对长期预报有意义的低频过程的信息,而在一定程度上去除了高频噪音的影响。在滤波过程中,采用不同长度的观测序列,所利用的观测信息也不同,而截断的周期不同,抑制噪音的程度也不同,可以想象,取较长的截断周期时,由于利用了较多的观测信息,而去除了较多的噪音的影响,应能提高预报技巧;但另一方面,由于去除了高频过程甚至天气尺度过程,虽然在积分过程中它们可以在低频背景上重新产生出来,但它们对低频过程的反馈作用已受到歪曲。因而如何找到适当的截断周期是一个值得探讨的问题。

2 实验方法

我们对冬季和夏季各取了一个个例。冬季以 1979 年 2 月 9 日为初始时刻,夏季以 1992 年 6 月 1 日为初始时刻,都作了 30 天预报。这两个日期是根据我们掌握的资料任意选取的。这两组实验的初始场的构造方法请见表 1。所不同的是,对于 1992 年 6 月 1 日的初始场未作 $T_c = 4$ d 的实验 (T_c 为截断周期,比此周期短的扰动都从初始场中滤掉了)。其中的实验 A 是控制实验,即从 2 月 9 日或 6 月 1 日的分析场直接报 30 d,不作任何滤波。实验 B 实际上是初始化过程,它去掉的是周期小于 12 h 的高频重力波振荡,为此先从给定的初始场(设为 $t=0$ 时刻)用绝热模式反向积分 6 h,然后从 $t=-6$ h 开始用非绝热模式向前积分 12 h 至 $t=6$ h,用数字滤波器对这 12 h 的序列进行处理,得到 $t=0$ 时刻经过滤波的初始场。这种方法就是非绝热滤波初始化,记为 DDFI,它仅利用了一个时刻的观测资料。在文献[6]中曾用这种方法对冬季和夏季的个例进行了初始化实验,结果表明它能很有效地去除初始场中的高频重力波扰动。这里则用经过 DDFI 的初始场作了 30 d 预报。其他几个滤波实验中不仅保留了不同尺度的过程,而且它们所利用观测信息也不相同。比如 2 月 9 日的实验 C 利用了 5 d (每日一次)的观测资料,保留了大部分天气尺度扰动,而实验 E 利用了 11 d 的观测资料,包含低频过程的信息最多,初始场中的高频分量最少。

表 1 初始场的实验方案

1979 年			1992 年		
实验名称	资料序列 (12:00 UTC)	截断周期 T_c	实验名称	资料序列 (12:00 UTC)	截断周期 T_c
实验 A	2 月 9 日		实验 A	6 月 1 日	
实验 B	2 月 9 日	12 h	实验 B	6 月 1 日	12 h
实验 C	2 月 7 日~2 月 11 日	4 d	实验 C	5 月 28 日~6 月 5 日	4 d
实验 D	2 月 5 日~2 月 13 日	7 d	实验 D	5 月 27 日~6 月 6 日	7 d
实验 E	2 月 4 日~2 月 14 日	10 d			

3 实验结果

3.1 滤波对初始场的改变

图 1a、b 分别为 1979 年实验 A 和实验 E 的初始场, 其中图 1a 实际上是观测分析场。比较这两个场可以看出, 经滤波后的场光滑得多, 很多小尺度的扰动都被滤掉了, 但两图上大的槽脊系统非常一致。这是因为小尺度的系统往往是移动较快、周期较短的过程, 而行星尺度的系统一般是准静止的, 且周期很长, 因而在滤波后被保留了下来。实验 C 和实验 D 的初始场与实验 E 非常接近, 而实验 B 的初始场与实验 A 的非常接近, 这里不再给出。1992 年的结果与 1979 年的结果一致, 经过滤波的初始场光滑得多, 并且取 10 d 和 7 d 的截断周期得到的初始场从图上看差别很小。

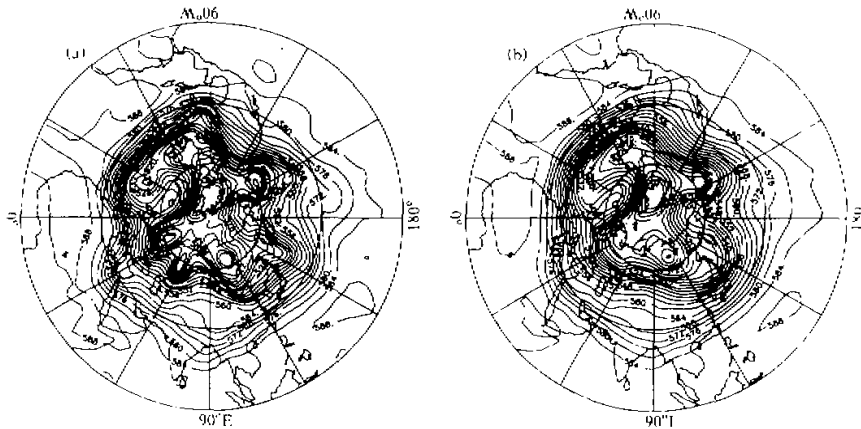


图 1 1979 年 2 月 9 日控制实验 (实验 A) (a) 和经滤波的实验 (实验 E) 的初始场 (b)

3.2 预报结果的用距平相关系数 (C) 和均方根误差 (σ) 检验

对于长期预报来说, 低频分量更有意义, 所以这里我们用同样的滤波器对模式预报和观测的 30 d 序列又分别作了滑动滤波, 取截断周期为 10 d, 即保留 10 d 以上的低频过程。对滤波后的两个序列再求距平相关系数 (C) 和均方根误差 (σ)。图 2 是冬季的几个实验的低频分量的 C 随时间的演变。图 2a 和 2b 分别是北半球和南半球的结果。A 线是控制实验的结果, B~E 线分别是实验 B 至实验 E 的结果, F 线则是持续性预报的结果, 作为参照。

我们看到, 北半球前半个月是 A 至 E 的 C 依次升高, 实验 E 比控制实验最多时提高了 0.3。就是说保留的振荡周期越长, 最初十几天内预报技巧下降越慢, 滤波的效果越好。而且这几个实验的 C 都明显高于持续性预报, 表明有较高的预报技巧。在后半个月, 经过滤波的几个实验结果都逐渐接近控制实验的结果 (A 线), 甚至 B、C、D 的 C 还变得低于控制实验。只有取截断周期为 10 d 的实验 E 保持与 A 接近。

下面看图 2b 南半球的结果。在约 13 d 以前几个滤波实验的结果 C 相差不多, 都

比控制实验 A 有所提高, 以后差别逐渐增大。实验 D ($T_c = 7$ d) 的 C 最高, 其次是 B (DDFI) 和 E ($T_c = 10$ d), C 比较差些, 但也一直保持高于控制实验的结果。所以从南半球来看, 并非截断周期越长越好。另外南半球正是夏季, 所有预报的 C 都下降很快, 在约 11 d 后就低于持续性预报, 而不象北半球那样一直保持高于持续性预报。我们还分别对 1~3 波和 4~9 波进行了检验, 结果与上述所有波的情况类似。

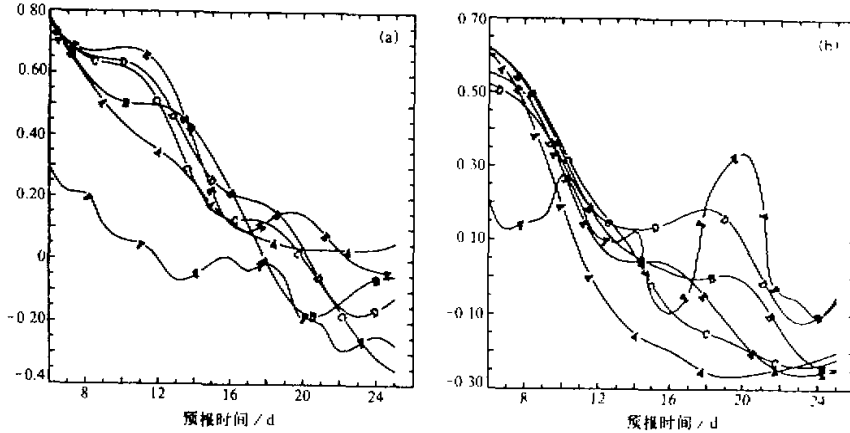


图 2 1979 年 2 月 9 日预报的距平相关系数的时间演变

(a) 北半球; (b) 南半球

A 线: 实验 A; B 线: 实验 B; C 线: 实验 C; D 线: 实验 D; E 线: 实验 E; F 线: 持续性预报

图 3a、b 则分别是 1992 年夏季实验的北半球和南半球的检验结果。我们看到, 在北半球只有实验 D (10 d 截断周期) 的 C 始终高于持续性预报 (E 线)。实验 C 在十几天时 C 较低, 降到持续性预报以下, 但以后又迅速上升, 超过实验 D。这两个滤波实验的结果在约 22 d 以前都好于控制实验。实验 B 则与控制实验的结果相差不多, 它们在初始阶段 C 下降很快, 在 12~18 d 之间达到最低值, 比持续性预报还低得多, 但随后又迅速上升, 20 多天以后变得比滤波实验还高。图 3b 是南半球的情况, 此图上滤波实验 (C、D) 与控制实验和作 DDFI 的实验 (A、B) 差别非常显著。在 C、D 两实验中, C 变化很小, 一直保持在 0.4 以上, 后半个月还有随时间升高的趋势。而实验 A 和 B 中, 在第 13 d 前后急剧下降至 0.15 左右, 然后再回升。南、北半球的结果都表明, 经过滤波的实验比不滤波的结果提高最多的是在 10~20 d 的时段内, C 最多能提高 0.3~0.4。

图 4a、b 给出 1992 年夏季实验的北、南半球 σ 的变化, 仍是低频分量的结果。图 4a 中北半球 C、D 实验的 σ 明显小于 A 和 B 实验, 它们大约在第 14、15 d 才接近持续性预报的误差, 而不作滤波的 A、B 实验在第 7 d 就与持续性预报的误差相当。图 4b 是南半球的情况, 此时几个实验的差别不象北半球那样显著, 但仍可以看出 C、D 两实验虽然初始几天误差较大, 但以后的误差增长较慢, 因此约 10 d 以后它们的 σ 就小于 A 和 B 实验。

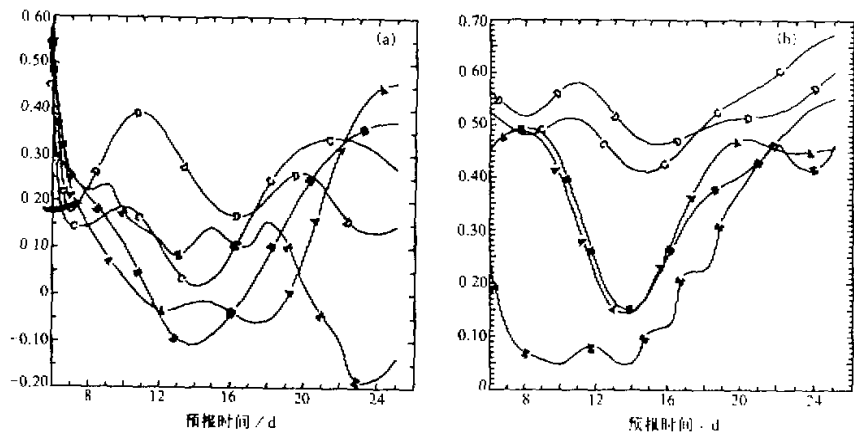


图3 同图2, 但为1992年6月1日预报的结果
(a) 北半球; (b) 南半球
A线: 实验A; B线: 实验B; C线: 实验C; D线: 实验D; E线: 持续性预报

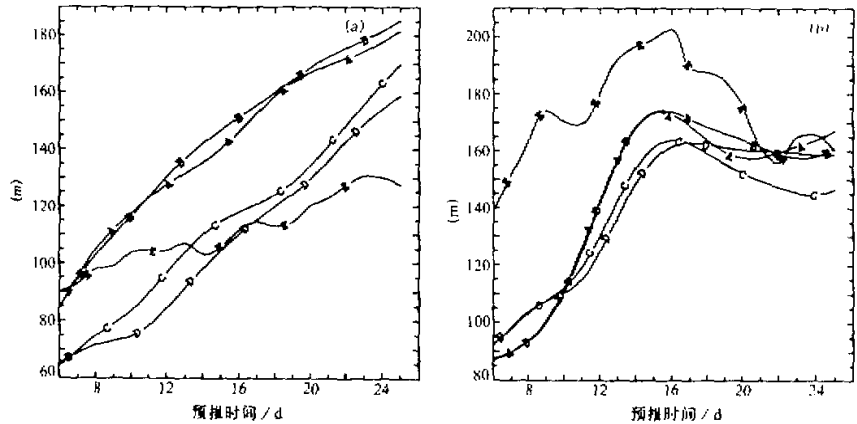


图4 同图3, 但为均方根误差的演变

以上结果说明, 经过滤波后由于去除了高频噪音的影响, 误差增长明显减慢, 较显著地提高了预报效果。

3.3 平均场的预报

表2是冬季几个实验的全球1~5 d, 1~10 d直到1~30 d平均场的预报结果的C检验。这里某一时段的平均场, 就是对这一时段中每天一次输出的要素场进行平均, 对观测资料也作同样处理, 然后求它们的相关。我们看到, 对于1~5 d平均的检验, 实验B的C最高, 而对于1~15 d以上的平均则是截断周期较长的实验E较好, 它的月

平均预报 C 比控制实验高了 0.11, 其他实验 1~10 d 至 1~20 d 平均的 C 都高于控制实验, 但由于最后几天的预报较差, 所以 1~25 d 以上平均预报的 C 低于控制实验, 尤其是截断周期为 4 d 的实验 C 的 C 最低。

表 2 中南半球的检验结果表明, 经过滤波后的实验对平均场的预报大都好于控制实验。与北半球不同的是, 对于 1~20 d 以上的平均场的预报是截断周期为 7 d 的实验 D 最好, C 比控制实验提高了 0.14 以上。另外, 它对 4~9 波的预报改进更大, 从 -0.3 以下提高到 +0.3 以上, 由此提高了对所有波总体的预报效果。

表 2 1979 年冬季实验的全球 500 hPa 平均高度场距平相关系数

平均时段 (d)	北半球					南半球				
	实验 A	实验 B	实验 C	实验 D	实验 E	实验 A	实验 B	实验 C	实验 D	实验 E
1~5	0.9472	0.9509	0.9409	0.9203	0.9069	0.7345	0.7366	0.7452	0.7104	0.7237
1~10	0.8123	0.8229	0.8282	0.8186	0.8253	0.6040	0.6192	0.6435	0.5985	0.6311
1~15	0.6718	0.7177	0.7294	0.7302	0.7642	0.4651	0.4959	0.5631	0.4882	0.4975
1~20	0.5685	0.5969	0.5872	0.6328	0.6571	0.3026	0.3774	0.4201	0.4494	0.3868
1~25	0.4615	0.4416	0.3911	0.4456	0.5366	0.1937	0.2740	0.2181	0.3006	0.2150
1~30	0.3522	0.3430	0.2051	0.3305	0.4644	0.0931	0.1413	0.0953	0.2323	0.1027

下面看一下夏季的预报情况。表 3 是全球 1~5 d 至 1~30 d 平均场的检验结果。可以看到, 对于 1~5 d 平均预报, 经初始化和滤波的结果都不如控制实验, 特别是 C 、 D 两实验的 C 比控制实验下降了 0.24~0.28, 这是因为初始几天的环流演变主要是由较短周期的天气尺度扰动决定的, 而这些扰动在实验 C 、 D 的初始场中被滤掉了, 所以在初始阶段它们与控制实验差别较大。对于 1~10 d 平均是经过初始化的实验 B 最好, 比控制实验提高了 0.22 以上, 说明经过 DDFI 对短-中期预报有一定改进。而对 15 d 以上的预报则都是实验 D 的结果较好, 最多提高了 0.22 以上。实验 C 的结果虽然比控制实验也有一定提高, 但不如实验 D 那么显著。表 3 中南半球的情况与北半球类似, 总的来看仍是实验 D 的结果较好, 例如控制实验 1~15 d 以上平均的 C 大约在 0.46~0.54 之间, 而经滤波后提高到 0.7 以上。实验 C 也有较明显的提高。而实验 B 则几乎没有改进。

从表 2 和表 3 中可以看到一些共同的规律。北半球无论冬夏, 随着预报时效的延长, 截断周期较长的实验结果 C 相对越高。南半球对于较长的预报则是冬季 $T_c = 7$ d

表 3 1992 年夏季实验的全球 500 hPa 平均高度场距平相关系数

平均时段 (d)	北半球				南半球			
	实验 A	实验 B	实验 C	实验 D	实验 A	实验 B	实验 C	实验 D
1~5	0.7333	0.6783	0.4913	0.4510	0.7525	0.7163	0.7670	0.7571
1~10	0.3961	0.6209	0.3145	0.3266	0.6266	0.6383	0.6686	0.6866
1~15	0.1619	0.3576	0.2130	0.3820	0.4623	0.4846	0.6595	0.7054
1~20	0.0755	0.1398	0.1551	0.2753	0.4601	0.4558	0.6602	0.7065
1~25	0.1050	0.1782	0.1429	0.2679	0.5128	0.5144	0.6869	0.7126
1~30	0.1860	0.2071	0.1163	0.2213	0.5423	0.5729	0.7332	0.7270

的结果最好,而夏季是 $T_c = 10\text{ d}$ 的结果最好。总的说来,预报的时效越长,则初始场中应保留更多的低频分量。

表4是1979年冬季预报的全球一个月中3个10 d平均场预报的C检验。从中看出,北半球前2句经过初始化和滤波的预报都好于控制实验。实验D对第2句的改进最大,C提高了0.14以上,而在第3句,经过滤波的几个实验都比控制实验差,实验E相对较好,C非常差。但注意此时控制实验的C已经很低。对于南半球,则提高最明显的仍是在第2句,且仍是D的实验效果最好,第2句、第3句分别提高了0.38和0.2。 $T_c = 4\text{ d}$ 和 $T_c = 10\text{ d}$ 的两个实验在第2句也有较显著的提高,从控制实验的较大的负值提高到正值,而第3句改进不明显。

表4 1979年冬季实验的全球500 hPa旬平均高度场距平相关系数

旬	北半球					南半球				
	实验A	实验B	实验C	实验D	实验E	实验A	实验B	实验C	实验D	实验E
1	0.8123	0.8229	0.8282	0.8186	0.8253	0.6040	0.6192	0.6435	0.5985	0.6311
2	0.1941	0.2795	0.2342	0.3392	0.2758	-0.2258	-0.0078	0.0445	0.1576	0.0257
3	0.0489	-0.0743	-0.3550	-0.1818	0.0184	-0.2749	-0.3255	-0.2477	-0.0747	-0.2690

表5是6月1日预报的一个月中,各旬平均的检验结果,可以看到,北半球DDFI的结果对各旬平均预报几乎没有改进,而C、D两实验结果则主要是对第2旬平均有显著提高。在控制实验中,第2旬的C很低,而实验D中的C提高了0.26以上。第三旬控制实验由于预报技巧的恢复,C又达到较高的值,甚至超过第1旬,而实验C、D都比它有较大下降。南半球的情况,则是实验D对第2旬改进较大,而实验C对第3旬改进较大,总的来看,滤波对南半球预报的改进大于北半球。但有意思的是,滤波使北半球夏季的 σ 的减小远大于南半球。这或许是因为北半球夏季短周期的扰动所占方差比重较大。

表5 1992年夏季实验的全球500 hPa旬平均高度场距平相关系数

旬	北半球				南半球			
	实验A	实验B	实验C	实验D	实验A	实验B	实验C	实验D
1	0.3961	0.4208	0.3145	0.3266	0.6266	0.6251	0.6686	0.6866
2	-0.0225	-0.0561	0.0992	0.2396	0.3040	0.2981	0.4878	0.5318
3	0.4340	0.3841	0.2715	0.1585	0.4835	0.5646	0.6857	0.5993

总之,从以上分析看出,对初始场进行滤波对冬季和夏季的低频分量及平均场的预报都有较明显的改善,而且主要的提高是在10~20 d的时段内。对于较长时段的预报,需要去除较多的高频分量,保留更低频的过程,则效果较好。此结果进一步说明我们所保留的低频过程的信息的确对长期预报有重要意义。

3.4 平均环流形势的预报

下面看一下对平均环流形势的预报情况。在文献[5]中已对比了夏季预报的结果,经过滤波后的第2旬预报改进最大,明显比控制实验更接近观测实况。这里给出冬季个

例的结果。第 1 旬几个实验得到的 500 hPa 平均场相差不多, 而且都与观测比较接近。主要过程是初始场中在西欧和北大西洋上空的高脊发展成阻塞形势, 其西部的低涡也切断出来, 同时在北太平洋阿留申上空又有一高脊正在发展。图 5a、b、c 分别是第 2 旬平均的北半球 500 hPa 位势高度场, 图 5a 是观测分析场, 图 5b 是控制实验 (实验 A) 的结果, 图 5c 是实验 D 的结果。在观测分析场中, 一个很显著的特点是上述北太平洋上空的高脊发展成了阻高, 其西南部则是一个切断低涡, 东部还有一低槽向西南伸展, 而上一旬在北大西洋上空的阻高和切断低压则减弱成了一对槽脊。极涡分裂出两个低中心, 一个在欧亚大陆北部, 另一个在北美北部。图 5b 的控制实验的结果与观测有较大差别。北太平洋阿留申附近的阻高和低涡几乎没有反映, 北大西洋和西欧上空的槽脊减弱过快, 几乎看不出来了。另外极涡的位置和形状也报得不对。图 5c 的实验 D 的结果在北太平洋报出了一个高中心, 比实际偏弱了些, 阻塞形势有所反映, 虽然不够典型, 而且纬度偏南, 但已比控制实验结果有较大改进。其东、西部各报出了一个低槽, 西欧和北大西洋上的槽脊也与观测符合, 极涡则报得过强了, 没有明显的两个低中心。实验

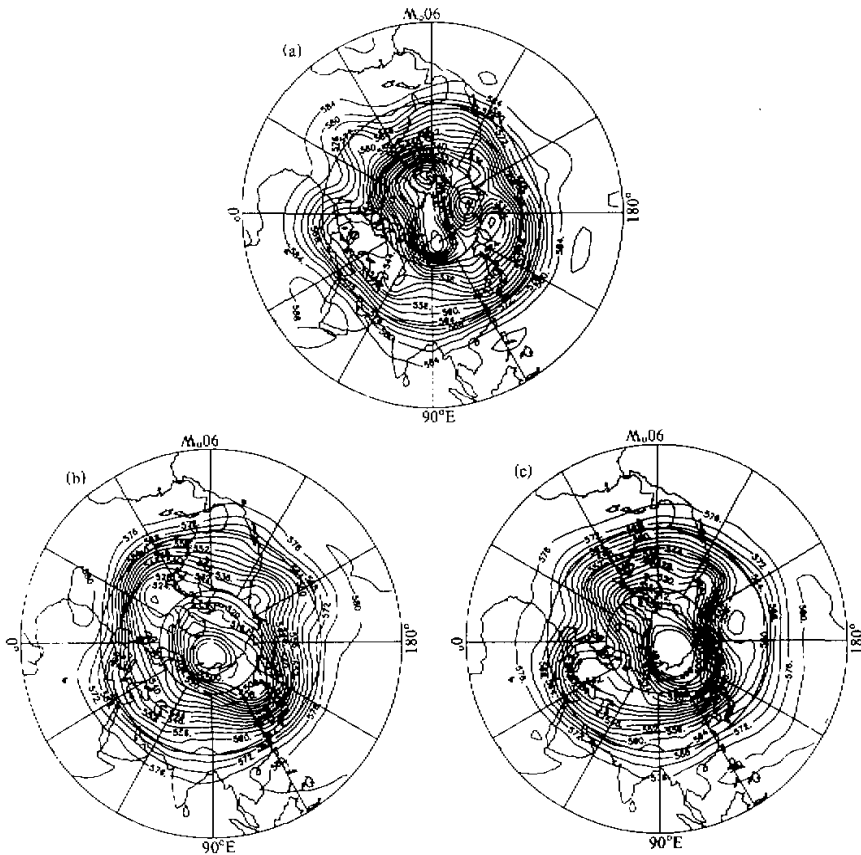


图 5 1979 年 2 月 9 日预报第 2 旬平均的北半球 500 hPa 位势高度场
(a) 观测分析场; (b) 实验 A 的结果; (c) 实验 D 的结果

E 的结果与图 5c 差别很小。总之经过滤波后, 对第 2 旬的环流形势的预报明显好于控制实验。

进一步分析逐日环流预报的情况说明, 旬平均场上的这种差别正是逐日预报场上差别的反映。作为例子, 图 6 中给出第 14 d 的 500 hPa 位势高度场。从第 10 d 以后, 北太平洋的高脊逐渐加强, 发展成阻高, 而其西部的低涡也迅速加深, 在第 14 d 的观测场中 (图 6a) 已建立了阻塞形势, 而在西欧的西部又有新的高脊发展起来。图 6b 的控制实验中, 在北太平洋仅报出了一个弱脊, 其东、西两侧为弱槽, 西太平洋上的低涡比观测偏西了约 30 个经度。而图 6c 的经过滤波的实验 D 的结果中, 阻塞形势基本报出来了, 但其西部的低涡偏弱, 成为一个低槽, 其主体偏移到了高脊的南部, 而观测场中这里仅为一个很弱的低槽。在西欧新产生的高脊也有一定反映。此时实验 E 的结果与实验 D 的结果差别也很小。第 14 d 已接近逐日可预报性的上限, 还能基本反映出阻塞形势的建立过程, 这是很有意义的。从逐日预报的 C 来看, 此时实验 A 的 C 为 0.25 左右, 而实验 E 达到约 0.45。说明经过一定处理后, 对于某些低频过程在超过可预报上

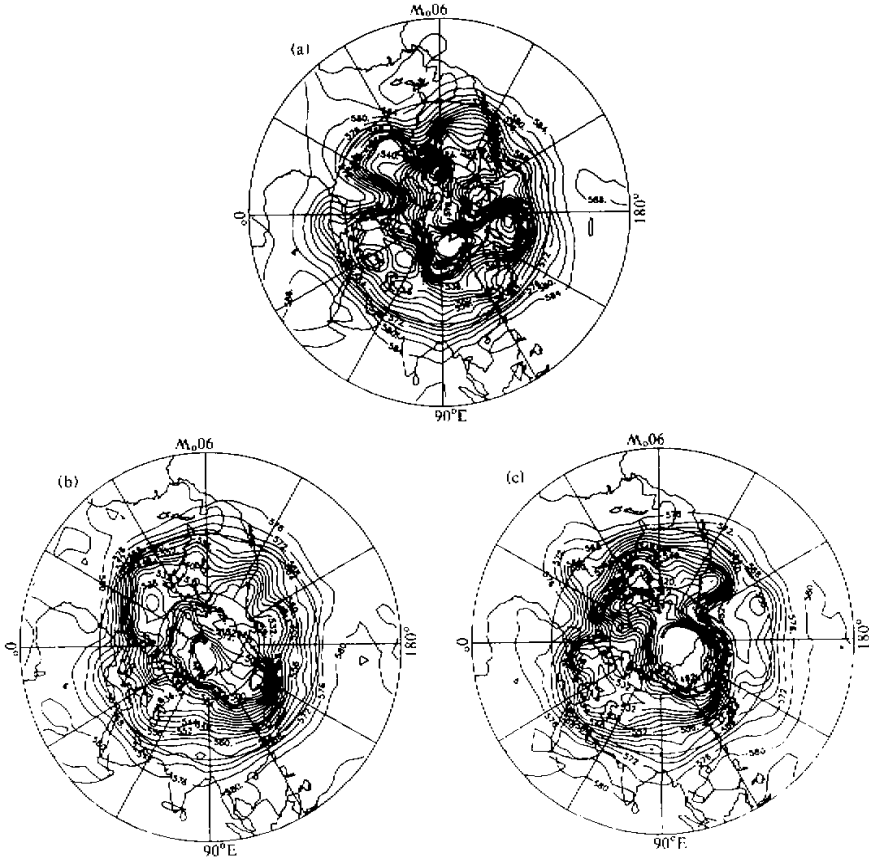


图 6 同图 5, 但为第 14 d (1979 年 2 月 23 日) 的观测和预报结果

限后仍可作出有意义的延伸预报。

图 7a、b、c 分别是观测的月平均场及控制实验和实验 D 的预报结果。观测的图上的主要特征与第 2 旬平均图有些类似。在北太平洋由于阻塞造成气流的弯曲和分支，西欧上空为一弱槽，极涡分为两个中心。图 7b 的控制实验中在北太平洋基本上是平直的纬向环流，只是在北美以西报出了一个低槽，与图 7a 有较大差别。而观测场上的特征在滤波的实验 D 和 E 中都有较好反映（图 7c）。实验 B 的第 2 旬的预报好于控制实验，但月平均场的预报图与控制实验结果差别不大。

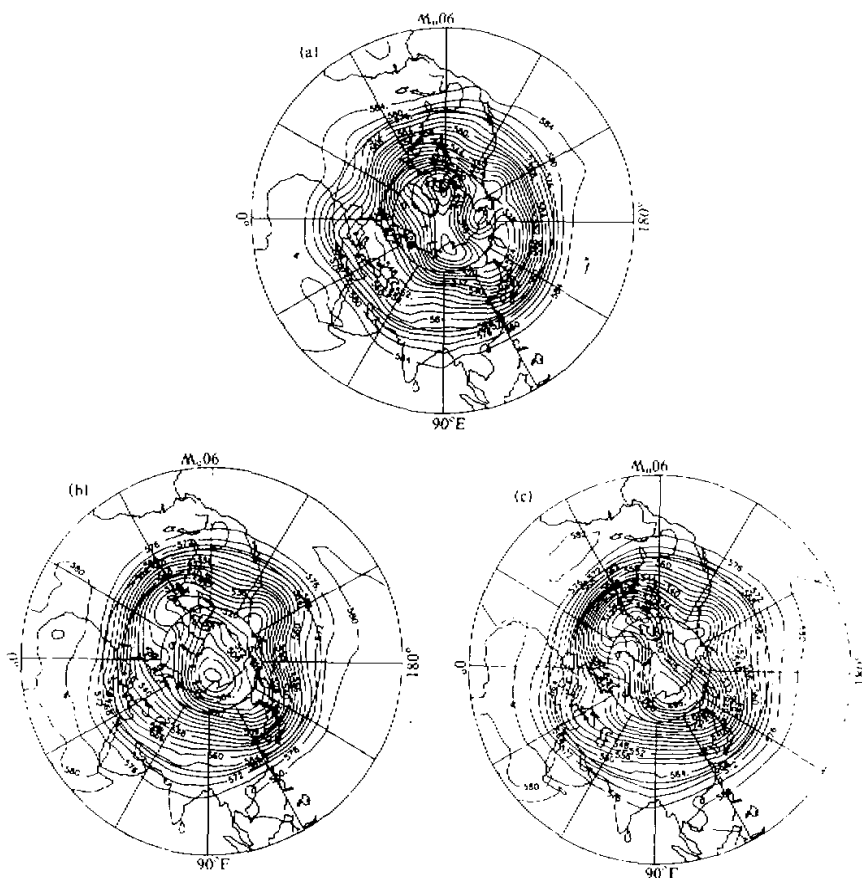


图 7 1979 年 2 月 9 日预报的月平均的北半球 500 hPa 位势高度场
(a) 观测分析场；(b) 实验 A 的结果；(c) 实验 D 的结果

有意思的是，实验 D、E 经过滤波的初始场虽然比实验 A 光滑，但无论是旬平均图上还是月平均图上报出的系统却较强，相反实验 A 的预报场却趋向于平直的纬向环流。在 1992 年夏季的实验中也有类似的结果。看来这不是偶然的，这正是由于滤波实验的初始场中包含了其后几天过程演变的信息，特别是行星尺度的低频过程的信息，而

且高频扰动的干扰较少。在这里高频扰动对行星尺度波可能是起耗散作用。

4 小结

本工作试验了一种在长期预报中提取低频分量信息的方法。用数字滤波方法对观测资料序列进行处理,去掉高频扰动,得到初始场用于 T42L9 全球谱模式的月预报。进行滤波的目的有两个:(1)减少噪音,去除误差增长较快的高频扰动对低频过程的影响,给出与我们所关心的过程的时空尺度相匹配的初值;(2)利用多时刻的观测资料提取低频过程的信息,或者利用模式短时间积分所提供的关于系统演变的信息,增加初始场中的信息量。也就是说,为了增大信噪比,以改进低频分量或平均场的预报。

我们对冬季和夏季两个不同个例进行了实验,并且比较了取不同长度的观测序列,截取不同周期的过程作为初值对预报效果的影响。结果说明作 18 h 滤波初始化的效果主要是使较短时段的预报有一定提高,而取较短的观测序列和较短的截断周期(如 4 d),也仅对 1~5 d 及 1~10 d 时段的预报有所改进,对较长时段的预报反而不如控制实验的结果。若取较长的截断周期(如 7 d 或 10 d),则对低频分量和较长时段的平均预报都有较显著的改进。因此对于较长时效的预报,应保留更低频的过程。对旬平均来说提高较大的是在第 2 旬。对平均环流形势预报也是滤波的实验较符合观测事实,特别是,冬季个例经过滤波的初始场在第 2 旬显示出对北太平洋阻塞形势的建立过程有一定的预报能力。

这种滤波方法一方面去除了高频噪音,另一方面利用了较多的观测信息,因而对提高预报技巧有一定作用。这种方法只在初始场中去掉了高频分量,它们还会在积分过程中重新产生出来,但因为此时低频分量报得较好,在它的背景上产生的高频分量误差也会较小。因而能推迟低频分量的误差增长,或者说推迟它被高频扰动误差“污染”的时间。我们还试验了在预报过程中再作几次滤波,以不断滤掉新产生的高频分量,但这种方法并没有进一步提高预报技巧。可能的原因是,预报过程中进行滤波,对预报场是一种干扰,破坏了已经建立的物理量之间的协调关系,所以效果不会太好。

参 考 文 献

- 1 Lorenz, E. N., 1969, The predictability of a flow which possesses many scales of motion, *Tellus*, **21**, 289~307.
- 2 丑纪范, 1986, 长期数值天气预报, 北京:气象出版社.
- 3 张家诚, 1981, 长期天气预报方法论概要, 北京:农业出版社.
- 4 Krishnamurti, T. N., M. Subramaniam et al., 1992, One-month forecasts of wet and dry spells of the monsoon, *Mon. Wea. Rev.*, **120**, 1191~1223.
- 5 杨燕、纪立人, 1997, 数字滤波方法在月尺度数值预报中的应用 I: 初始场滤波的作用, *大气科学*, **23**(4), 437~448.
- 6 杨燕、纪立人, 1997, 用数字滤波方法作数值模式的初始化, *气象学报*, **55**(3), 346~355.

The Application of the Digital Filtering Method in Monthly Numerical Weather Prediction Part II: The Comparison of the Forecast Skill with the Different Low Frequency Processes

Yang Yan and Ji Liren

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

Abstract The digital filtering method is used to process the observational series and to provide initial fields for the monthly extended-range forecasting of the T42L9 global model. The aim is to suppress the “noise” of the high frequency (HF) perturbations with the fast error growth rate and to reduce their impact on the low frequency (LF) processes and to extract information of LF modes from the multi-time observations. The experiments of both winter and summer cases have been completed and their impact on forecast skill of the length of observation series and the cut-off period of the filter are compared. The results show that after filtering, the forecast skill for LF modes and for mean fields are significantly improved. For the longer forecast ranges, it is preferable to use longer observational series and to filter out more HF modes (such as shorter than 10-day period). The most obvious improvement is for the second 10-day forecast. In the winter case, the filtered experiments predict the onset of blocking event over the North Pacific with the reasonable accuracy.

Key words numerical weather prediction digital filtering low frequency processes