

利用 T_{42} 资料对北京大降水的诊断分析

陈大刚 谢 庄

(北京市气象局气象台 100081)

提 要

采用平滑滤波的方法,对 T_{42} 实况资料和 24 小时预报场资料进行尺度分离,从分离出的扰动场中显示出原始场中没有的次天气尺度特征,为大降水预报提供依据。

关键词: 滤波 次天气尺度 大降水

引 言

实际大气运动是由不同尺度天气系统组成的,大降水的产生要有一定的大尺度环境条件,同时也与次天气尺度系统密切相关。目前我国中期数值预报系统 T_{42} 的建立,可以提供众多的形势场和物理量场的各种资料,但是从这些资料中仍无法识别天气尺度系统和次天气尺度系统的状况。本文的主要目的是,将目前科研中应用的滤波方法用于数值产品,使科研成果直接指导业务预报。在我国的通讯情况下,上午 10—12 点就可得到 T_{42} 的前一天 20 时实况和 24—120 小时的预报资料。本文采用滤波方法对实况资料和 24 小时预报资料进行尺度分离,在微机上 1—3 分钟即可分离出一个场的资料,从分离出的扰动场中显示出原始场中没有的次天气尺度特征,可为大降水预报提供依据。

这里我们分别对 1991 年 6 月 10 日和 1992 年 7 月 25 日,北京地区两场大暴雨进行尺度分离。

1 滤波原理

简单的一维三点平滑算子为:

$$\bar{f}_i = f_i + s \times (f_{i+1} + f_{i-1} - 2f_i) / 2 \quad (1)$$

其中 f_i 为原始场在格点 i 上的值, s 为平滑系数, $\bar{f}_i$ 代表在格点 i 上的平滑值。

气象要素场分布的特点具有波动性,设

f_i 是函数 $f(x)$ 展成傅氏级数后的某一单波,

$$f_i = C + A \cos k(x_i - \sigma) \quad (2)$$

式中 $k = 2\pi/L$ 为波数, A 为振幅, L 为波长, σ 为波的位相, C 为常数,因此将式(2)代入式(1)后可得:

$$\bar{f}_i = C + A(1 - s(1 - \cos k\Delta x)) \cos k(x_i - \sigma) \quad (3)$$

从式(3)可以看出,平滑后波动的波数和位相都没有变化,只改变了波的振幅。用平滑后和平滑前波的振幅之比表示响应函数:

$$R(k) = \bar{A}/A = 1 - s(1 - \cos k\Delta x) = 1 - 2s \cdot \sin^2(\pi\Delta x/L) \quad (4)$$

在实际的数值分析中,经常遇见的是二维问题,将函数先对 x 方向平滑,然后把得到的场再对 y 方向平滑,即得

$$\begin{aligned} f_{i,j} = & f_{i,j} + s/2(1-s)(f_{i+1,j} + f_{i-1,j} \\ & + f_{i,j+1} + f_{i,j-1} - 4f_{i,j}) \\ & + s^2/4(f_{i-1,j-1} + f_{i-1,j+1} + f_{i+1,j+1} \\ & + f_{i+1,j-1} - 4f_{i,j}) \end{aligned} \quad (5)$$

又称之为 9 点平滑格式。

同理可推出其响应函数为:

$$R = (1 - 2s \cdot \sin^2 k\Delta x/2) \cdot (1 - 2s \cdot \sin^2 l\Delta y/2) \quad (6)$$

k, l 分别为 x, y 方向的波数。

因此如果只要求滤去短波,尽可能少地衰减长波,这样就可对函数用同一平滑算子,做多次平滑。用平滑系数 $s_1, s_2, s_3, \dots, s_n$ 作

n 次平滑后的响应函数为:

$$R_n = \prod_{m=1}^n (1 - 2s_m \sin^2 k \Delta x / 2) \cdot (1 - 2s_m \sin^2 l \Delta y / 2) \quad (7)$$

从响应函数曲线图上(图1)可以看到,当波长 L 小于 $4d$ ($d = \Delta x$),其波衰减 98% 以上,基本上被全部滤掉,而波长大于 $16d$ 的波则保留了 80% 以上,这样就保留了大尺度运动。

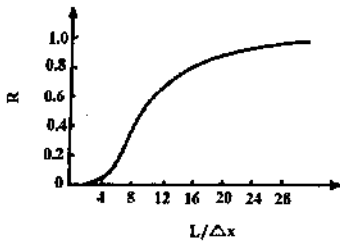


图1 $s = 0.5$ 平滑 3 次的响应函数曲线

任一气象要素 f 可以写成:

$$f = \bar{f} + (f - \bar{f})$$

$\bar{f}$ 表示平滑后的场, $(f - \bar{f})$ 为原始场与平滑后的场之差,如果应用平滑公式使“平滑”成为一个低通滤波器,则 $\bar{f}$ 为场的低通部分,即大尺度运动,而 $(f - \bar{f})$ 为场的高频部分,即小尺度运动。所以我们用未分离的数值预报场减去平滑后的数值预报场,就得到了扰动预报场,这种扰动预报场可反映出在未分离的数值预报场中难以表现的次天气尺度系统。

2 计算结果

为了提高对次天气尺度系统的诊断能力,首先我们把 1991 年 6 月 10 日 20 时和 1992 年 7 月 25 日 20 时的 T_{42} 实况和 24 小时预报资料,由原来的 $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ 网格距,进行两点插值,变成 $1.25^\circ \times 1.25^\circ$ 网格距,然后进行 3 次 9 点平滑滤波,取平滑系数 s 为 0.5,滤波范围为 $30-47.5^\circ \text{N}$, $100-125^\circ \text{E}$,并计算出它们的扰动场。1991 年 6 月 10 日 20 时 850hPa 流场在 42°N , 114°E 附近有一个较强辐合中心(图略),经过尺度分离后的

850hPa 扰动场,同样在北京的西北部边缘有一个强辐合中心(图略),正是这样的辐合造成北京的大降水。

1992 年 7 月 25 日夜里,北京出现一次大一暴雨天气过程,图 2a 是 1992 年 7 月 25 日 20 时 850hPa 流场,在这张图上可以看到的只是一个高空槽,真正造成这场大一暴雨的系统并不明显,进行平滑后流场表现得更为光滑完整,图 2b 是经过尺度分离后得到的次天气尺度流场,产生这场大一暴雨的影响系统在这张图上表现得十分清晰,有一个尺度约 300km 的辐合中心,这是北京地区产生这场大一暴雨的主要天气系统。同样对 1000hPa 流场做尺度分离,也可以看到这个辐合中心。在 850hPa 涡度场上可以看到(图略),北京处于正涡度中心,经过尺度分离后可见一条东北西南向的带状正涡度区。图 2c 是 1992 年 7 月 24 日 20 时 24 小时 850hPa 流场的预报图,它与实况比较相近,只是高空槽报的弱些;图 2d 是 1992 年 7 月 24 日 24 小时 850hPa 流场预报场的扰动场,同样在北京的北部有一个辐合中心,与实况相比它显得更为明显。在 24 小时涡度预报图上(图略),北京也处于正涡度中心,经过尺度分离,北京仍然在正涡度中心内。

3 结论

从以上事实可以说明,经过尺度分离可以发现在客观场中难以表现的次天气尺度涡旋,北京的大降水与这种辐合中心有较好的对应关系。用上述尺度分离方法, T_{42} 模式 24 小时预报资料可以诊断本市未来 24 小时以内的大降水,以及可能发生的区域,给我们提供了一个延长强对流天气预报时效的方法。

我们目前在工作中所采用的方法是,首先进行 MOS 预报,把每天的 MOS 预报结果做为是否进行尺度分离的过滤条件。如果 MOS 预报有降水,然后再采用尺度分离的方法,如果能够在北京附近诊断出次天气尺度辐合系统,则可预报北京地区有大的降水。用

这种方法在一般微机上只需 3—5 分钟就可 完成,比较适合台站业务使用。

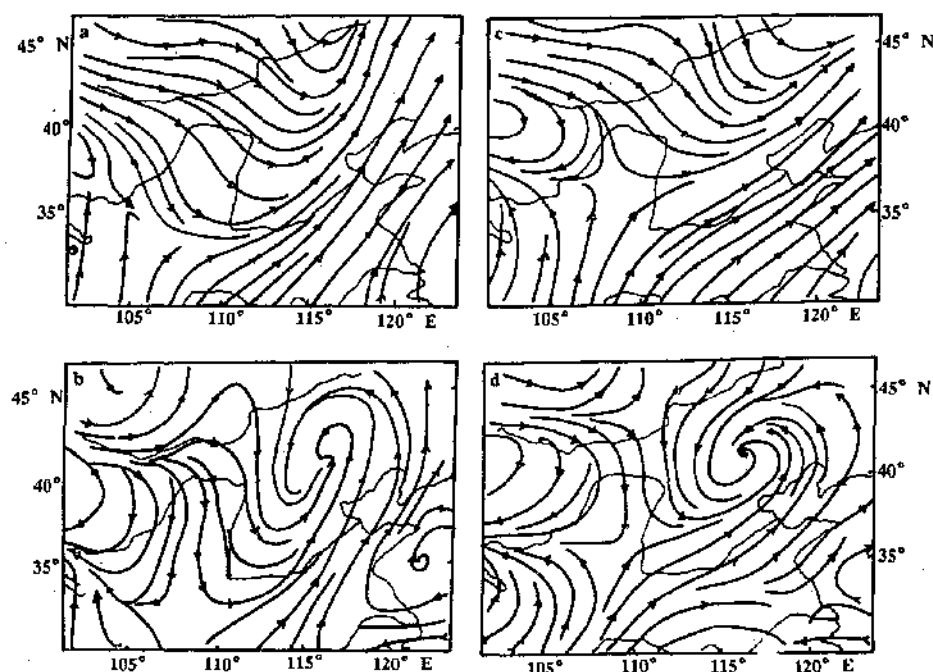


图 2 1992 年 850hPa 流场

- a. 7 月 25 日 20 时实况 b. 7 月 25 日 20 时扰动场
c. 7 月 24 日 20 时 24 小时预报场 d. 7 月 24 日 20 时 24 小时预报扰动场

不足之处就在于数值预报场的本身是一个经过平滑的场,且网格距较大,数值预报本身又有系统误差,MOS 预报有时还会出现漏报,这样就有可能造成大雨的漏报。因此,随

着 T_{42} 模式预报能力的提高,以及我们将采用有限区域网格资料,用这种尺度分离的方法将会得到更好的效果。

参考文献(略)

The Application of T_{42} Products to the Diagnosis of Heavy Rainfall in Beijing

Chen Dagang Xie Zhuang

(Beijing Meteorological Bureau, 100081)

Abstract

The space filtering is applied to separate forecasting field of 24h T_{42} products. The mesoscale features appear clearly in disturbance field, which couldn't be found in initial forecasting field (T_{42} products). This mesoscale features is good for the prediction of heavy rainfall events in Beijing.

Key Words: filtering mesoscale heavy rainfall