

## 数值预报产品在暴雨短时预报中的应用研究

谢 齐 强\*

(武汉暴雨研究所)

### 提 要

本文对北京气象中心的有限区域数值模式及武汉暴雨所的有限区域细网格数值模式作暴雨短时预报进行了分析研究,同时也指出存在的问题。

人们对天气预报的要求日益增高,希望重大天气的出现时间、地点及强度这三者的预报都比较准确。然而,一些危害大的天气往往是中小尺度系统造成的,其影响范围小,一般在200km以内,生命史短,常常只几个小时,是比较难报的。为了作好0—12h的暴雨预报,使其客观、定量而有足够的物理依据,除了用实时资料和经验方法外,一种有希望的途径是开展中尺度数值预报及利用其产品进行统计预报。为此,本文对现有的两种有限区域细网格数值模式的输出产品进行了分析研究,以便应用于暴雨的短时预报。

### 一、北京气象中心的有限区域数值模式产品的分析应用

按现有的业务数值预报,选用北京气象中心的有限区域数值模式产品比B模式产品要好些。一则是其格距较细,二则是接近预报时段。在有限区域数值模式输出的24个产品中我们初步选出14个物理量。分别为:0—24h降水量预报、12—36h降水量预报、初始场和36h预报的700hPa水汽散度、假相当位温、温度露点差、水汽通量散度、垂直速度和500hPa涡度。

预报对象是9-2-4攻关课题中的A、B区(长江三峡及荆江地段,即湖北省宜昌和荆州的大部分地区,共16个气象站)12Z—18Z(世界时、下同)有无暴雨。暴雨是小概率事件,一般情况下没有,只是在一些特定的形势下才有可能出现。对这类小概率事件的预报,我们先采用消空法,从1985—1987年6—8月的14个数值预报产品和相对应的降水资料中找到两个较好的消空指标:一个是初始场上700hPa宜都附近的假相当位温,如低于352.5K,则试验区无暴雨;另一个指标是初始场上700hPa宜都附近水汽辐合值低于403单位,则没有暴雨。二者同时出现,则报该时段没有暴雨。这两个指标消空的样本较多,且物理意义比较明显,如果初始时刻预报区上空反映温湿条件的假相当位温

\* 参加此项工作的同志有:袁良焱、程远喜、何卫干、罗剑琴、李才援等。

太小,而水汽辐合值又比较小,显然不利于暴雨。

有限区域数值模式中的降水预报是我们判断有无暴雨的重要依据。基于用该模式预报的降水中心往往比实际小,而雨区的范围又比实况大,我们设计的方案要求:1.数值预报的降水必须大于某一数值;2.由于预报时段既在0—24h内,又在12—36h范围内,从逻辑上判断,要求有限区域模式所作的0—24h和12—36h降水量预报必须同时大于某一界限值才有可能出现暴雨;3.在预报区域内的两个格点(一个在宜都附近,一个在洪湖附近)中有一个格点的降水预报达到临界值,或者在预报区域附近的6个格点中有一个达到比前述的临界值高20的数值时,才有可能出现暴雨。否则仍不报暴雨。在可能发生暴雨的样本中再用逐步回归方程判断有无暴雨。由此设计的预报工作流程为:1.收报,接收北京气象中心的有限区域数值预报产品资料编码;2.译报;3.统计分析14个物理量;4.建随机文件;5.作出有无暴雨的预报判断;6.打印预报结论;7.发布预报,供值班预报员参考,并请值班预报员签名留存。这种在前期工作基础上制定的一套预报方案和工作程序,在日常预报工作中不管是谁来运行这一程序都会得到同样的预报结论,因而是客观的。整个工作均在微机上完成,基本上实现自动化。1989年6月14日12Z到8月15日12Z期间,共发布了62次12—18Z试验区有无暴雨的预报。其中在7月26日下午发布了一次有暴雨的预报,61次未报暴雨,据资料统计,62天中AB区尚未出现暴雨。故空报1次,没有漏报。

## 二、武汉暴雨所数值预报产品的应用研究

中国科学院大气物理研究所的有限区域细网格数值模式在垂直方向分五层、水平格距100km。武汉暴雨研究所用这个模式作了许多试验,所作的24h雨带预报是比较成功的。本文主要分析研究其对暴雨的短时预报能力如何。

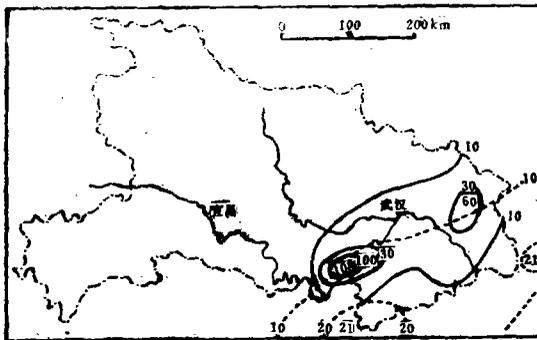


图1 1988年6月28日00—06Z湖北省降水实况(实线)及预报(虚线)

图1列出了1988年6月28日00—06Z湖北省的降水实况及有限区域细网格数值模式所做的0—6h降水量预报。这是西风带低值系统造成的一次强暴雨过程,6h雨量在洪湖达到108mm。模式预报的降水中心为21mm,位置比实况偏南,距离不到100km。鄂东北的罗田还有1个6mm的降水中心,在其东南方150km处该模式亦报出一个21mm的降水中心。再者,预报的10mm降水等值线走向与实况降水相当一致,南端

重合,北端相距不到100km。我省大部分地区既没有预报而实况也未出现大的降水,可见预报是比较成功的。一般中尺度模式对初值的协调要6h,而大气物理所的细网格数值模式在开始6h的降水预报就有这样好的结果是值得重视和应用的。由于目前初始场的资料收集需要3h左右,因此,其实用性有待于通讯系统和计算机的改进。

为了考察该模式对0—12h暴雨的预报能力,我们分析了1989年8月7日00—12Z的

湖北降水实况及细网格数值模式的降水预报(图2)。这是1989年13号热带风暴登陆后演变为低压系统影响我省时出现的暴雨。这个时段的暴雨中心在洪湖, 雨量为53mm, 而

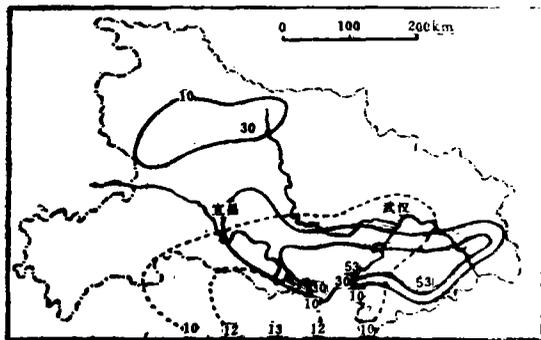


图2 1989年8月7日00—12Z湖北省降水实况(实线)及预报(虚线)

圈于其内, 预报的中心降水量虽然只有3mm, 但其位置在广济, 与实况相距仅80km。模式在鄂西南报了2mm的雨区, 虽未出现暴雨, 但其附近的长阳却出现16mm的降水。这种预报雨区与实况的对应说明其降水预报对暴雨的短时预报有参考价值。

为了作好暴雨的短时预报, 仅靠模式的降水预报是不够的。我们分析了有限区域细网格数值模式输出的一些产品, 这里既有作为初始场的实测气压、位势高度、温度、湿度和风的客观分析资料, 还有这些要素的6h、12h预报值, 并有通过计算获得的诊断大气特性

的一些物理量, 如地面、850、700、500、200hPa五层的散度、涡度、垂直速度、水汽通量辐合、温度平流、涡度平流、假相当位温、稳定度等。这些丰富的资料既可以用来诊断一些中尺度系统发生发展的物理机制, 又为暴雨的短时预报提供了大量信息。其初始场最能反映大气的实际情况, 预报的6h和12h的物理量能描述模式大气的一些主要特征, 而且这些物理量不象降水那样有格距波的干扰。如能恰当应用将能改善暴雨的短时预报。这里我们举出以1988年6月28日00Z初始场作出的12h后的整层水汽通量辐合和500hPa涡度预报图(图4)作为例子。由图4可见, 如果西边以整层水汽通量辐合零值线为界, 东边以500hPa涡度16单位等值线为界, 也就是说, 预报终止时刻在整层水汽通量辐合区, 并且500hPa的涡度大于16单位时, 可能出现暴雨。这个围区显然比只考虑6—12h降水预报有改进<sup>[1]</sup>。我们分析其它物理量时, 还看到这次预报中水汽通量辐合区与700hPa上升速度区一致。因而这种雨区预报的物理意义比较清楚。由图4及850

预报的中心为13mm, 在洪湖西南方120km。预报的10mm雨区在我省南部与实况非常相似。这些显然在短时预报中有参考价值。盛夏的暴雨是比较难报的, 该模式表现出的预报能力是较好的。

图3给出了1989年8月8日06—12Z的湖北省降水实况及数值降水预报。实况的暴雨中心在鄂城为65mm。武汉暴雨所用有限区域细网格数值模式所作的降水预报明显偏小, 但是6—12h预报的2mm等值线围区仍将实况暴雨区

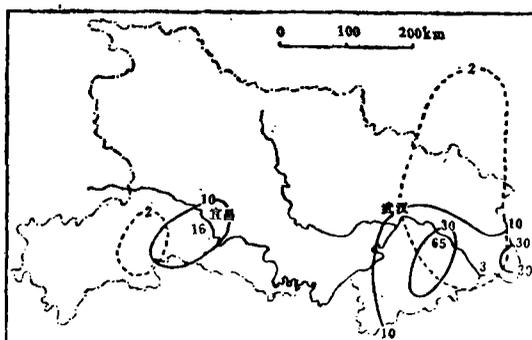


图3 1989年8月8日06—12Z湖北省降水实况(实线)及预报(虚线)

hPa散度、700hPa上升速度分布图上还可以看到一个特征:在实况暴雨区附近为预报的4种物理量的密集带,而其它区域的等值线则十分稀疏。这说明暴雨发生区的各种要素

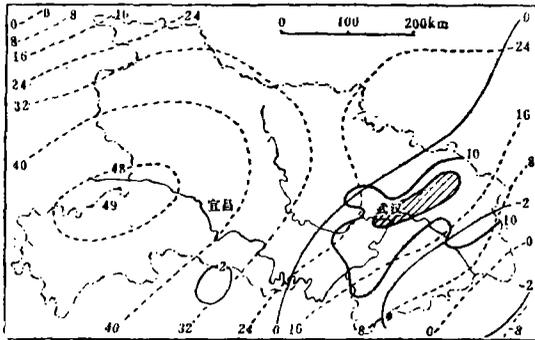


图4 1988年6月28日12Z预报的整层水汽通量散度 ( $10^{-3}g \cdot s^{-1} \cdot cm^{-2}$ , 实线) 及500hPa 涡度 ( $10^{-4}s^{-1}$ , 虚线) 阴影区为06—12Z实况降水  $> 30mm$  雨区, 外圈的粗实线为10mm等值线

变化非常剧烈,这与一般天气学的理论也是相符合的。因而模式大气能刻画出实际大气的一些重要特征。

上面分析了模式输出产品与降水实况分布的一些对应关系,为了作好一个地区的暴雨短时预报,还必须研究有限区域细网格数值模式的输出产品在一个地区的统计特征<sup>[2]</sup>。我们选了A、B区附近的6个格点上的降水预报作平均值并且挑选最大、最小值,同时将A、B区各时段按降水情况分为无雨、小雨、中雨、大雨、暴雨、大暴雨、特大暴雨等7类,以0—6这7个数字代表。对1989年6月

15日—7月15日试验期中的26个样本进行统计(表1)。由表1可以看出,试验区预报降水的平均值与实况降水的相关系数以0—6Z时段最高,随着时段的延伸而逐渐下降,

表1 试验区内降水实况与预报的对比

时 段	预报降水与实况降水之相关系数	实况降水指数	占全天中的 %	预报降水量	占全天中的 %
00—06Z	0.79	0.58	19	2.8	37
06—12Z	0.49	0.54	18	1.9	25
12—18Z	0.46	0.81	26	1.5	20
18—24Z	0.29	1.15	37	1.4	18

这个现象不是偶然的,因为第1个时段是以实测值作初始场,以后的时段是预报的要素场作初始场,随着时段的延伸,这种预报的要素场与实际大气的偏离越来越大,因而预报的降水与实况降水的相关越来越差。相关系数的变化还说明,用模式预报的降水量作短时预报是可行的,即使对第4时段,其降水量预报仍有参考价值。由表1还可以看出:0—6Z预报的降水量最大,占4个时段总降水量的37%,以后随时段的延伸,预报的降水量逐渐减少。而实况降水则正好相反,开始两个时段较小,第4个时段降水最大。因此,这是模式降水预报的一种系统性误差。由图1和图3比较可见,预报的降水量随时段延伸而减小并不局限于一个地区,而带有普遍性。这点提醒我们,模式预报的降水量在时段上具有超前性,如果开始时段预报的降水量较大而实况没有出现,则未来的时段尤其应当注意可能出现暴雨。

### 三、小 结

1. 本文分析研究了两种有限区域数值模式的产品用来制作暴雨短时预报的可能性及一些途径。我们曾经比较过同一天的两种数值降水预报, 看到武汉暴雨所作的有限区域细网格数值预报的降水中心、雨带走向比北京中心的有限区域模式的降水预报更为接近实际。这是因为北京气象中心的有限区域模式格距为 $190.5\text{km}$ , 难以刻画中尺度系统的演变; 再者是对与暴雨关系密切的水汽通量辐合和上升速度<sup>[1]</sup>这两个物理量的预报与实际差异较大, 而武汉暴雨所的有限区域细网格数值模式采用实测风作初值, 预报的水汽通量辐合和上升速度要好些。当然, 武汉暴雨所的降水数值预报也存在一些问题。我们注意到, 用两种数值预报产品分别作出有暴雨的结论后再归结为有暴雨, 则可以提高暴雨的短时预报准确率, 减少空报。

2. 前面我们提到用消空法消掉一些没有暴雨的样本, 以提高暴雨出现的概率。但是消掉一些样本后, 剩下的样本中, 因子与预报对象的相关系数绝对值都有所下降。如表 1 中 06—12Z 时段用 26 个样本计算的降水量预报值与实况值的相关系数为 0.49, 以预报降水量为 0 作消空指标消掉 9 个样本后, 剩下 17 个样本所计算的相关系数降低为 0.24。一般来说, 各因子报无暴雨的准确率都比较高, 消空时主要消掉一些对相关系数作正贡献的样本, 所以消空后相关系数往往下降。再者, 样本数减少, 对相关系数进行信度检验的置信水平将要提高。因此, 消空后的样本中暴雨概率提高了, 预报的难度也增加了。

3. 数值预报的产品输出时刻距离初始场已过去几个小时, 应当及时利用这几个小时的实测资料、雷达、卫星资料结合数值预报产品来制作暴雨的短时预报。

### 参 考 文 献

- [ 1 ] 谢齐强, 用细网格数值模式的产品制作短时降水预报的探讨, 气象, 15 卷, 3 期, 45[1], 1989。
- [ 2 ] 朱盛明、曲宇实, 数值预报产品统计解释技术的进展, 72 页, 气象出版社, 1988。
- [ 3 ] 包澄澜、王德瀚, 暴雨的分析与预报, 农业出版社, 1981。

STUDY ON THE APPLICATION OF NWP  
PRODUCTS IN VERY SHORT-RANGE RAINSTORM  
FORECASTING

Xie Qiqiang\*

**ABSTRACT**

In this paper, the limited-area NWP model from the National Meteorological Center, Beijing, and the limited-area fine-mesh NWP model from the Wuhan Research Institute of Heavy Rain are studied and analyzed when they are used for very short-range rainstorm forecasting. Some problems in the application of NWP products are also pointed out.

\* Affiliated with the Wuhan Research Institute of Heavy Rain