

模式的水平分辨率对暴雨预报的影响

匡本贺 冯光柳

(武汉暴雨研究所)

提 要

研究表明:采用以常规的气象观测网获得的资料作模式的初值,若适当提高模式的水平分辨率,可明显地改进预报结果,它不仅可提高梅雨锋上中尺度对流系统发生、发展过程的模拟能力,同时还能改进暴雨落区的预报准确性。

一、引 言

对有限区域数值预报模式的改进和试验一直是大家关心的题目,涉及到的问题较多,因此不可能在这里逐个进行细致的实验,现实的办法是就其中一两个问题进行单项试验。本文在不考虑改进物理过程的情况下,就水平和垂直分辨率对暴雨预报的影响问题进行了研究。

二、试 验 方 案

在我们对1983—1986年长江中游暴雨数值预报试验研究中^[1,2],虽然平均的技术评分TS达到了28%,总的看效果不算差,但是对每一个个例仔细进行检查后发现,有的例子的预报还是不理想的。为了弄清原因,有必要进行深入的分析。即,要区别开这到底是由于模式中物理过程存在的问题,还是由于其它方面的原因(如模式分辨率的限制)所致。为此,我们针对模式的水平和垂直分辨率的改变对暴雨预报的影响,专门设计了一些方案进行试验研究(见表1)。方案1为基本的实验,垂直分层取5层,

表1 试验方案

方 案	水平格距(km)	垂直分层	积分范围(格点)	预报时效(h)
1	100	5	30×24	24
2	100	9	30×24	24
3	50	5	60×48	24
4	50	5	31×31	24

水平格距100 km。方案2是把垂直分层增加为9层,水平格距不变。方案3是水平格距为50 km,垂直分层为5层。而方案4与方案3相近,只是计算的范围缩小。在上述四个方案中,试验计算区域中心均位于武汉附近(即115°E, 30°N)。

1987年2月13日收到, 8月15日收到修改稿。

三、试验结果

为了试验模式对不同天气系统背景下产生暴雨的预报能力,我们选择了两次不同类型的暴雨过程,一是长江中游地区典型的低涡新生暴雨过程,另一是西南低涡东移到长江中游地区形成的暴雨过程,现分述如下:

1. 新生低涡的暴雨过程

从卫星云图上可以看出(图略),从1986年6月15日08时至16日08时,长江中下游地区有三个云团新生,而与这三个云团相对应可发现三个暴雨中心,分别位于川东鄂西(62 mm),大别山西侧(96 mm)和南京以东(97 mm),前一个暴雨中心降水主要集中在前12小时,而后两个暴雨中心集中在后12小时.

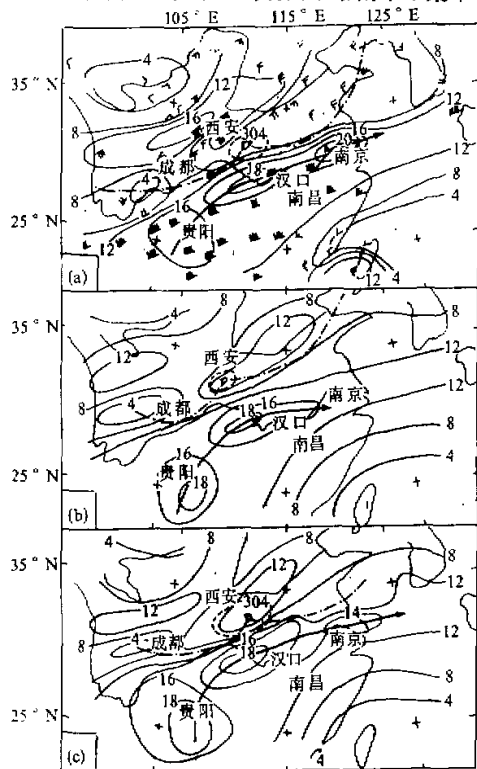


图1 1986年6月15日20时700 hPa实况和预报图

a 为实况, b 为方案1的预报, c 为方案3的预报.

图中实线为等风速线(单位为 m/s), 虚线为实况或预报低涡中心, 点划线为切变线, 箭头线为急流轴.

和大别山西侧的两个暴雨中心,而南京以东的另一暴雨中心漏报(图2).但方案3把三个暴雨中心都报出来了.此外,暴雨中心预报值比前两个方案平均提高了40%.从表2的暴雨

这是一次典型的低涡新生暴雨过程,从700 hPa图上可以发现,15日20时江汉平原地区新生一低涡,中心强度为3040 GPM(位势米)(图1a).虽然影响这次暴雨过程的这一主要中尺度低涡,在方案1,2中均能模拟出来(图1b),但15日20时700 hPa图上新生于江汉平原的一个中尺度低涡位置预报偏西100 km,强度也比实况弱得多;方案3(即改变格距为50 km)预报的这一新生低涡的位置和强度(图1c)比方案1,2更接近实况,中心强度也为3040 GPM.而方案4虽然水平网格缩小为50 km,但积分区域范围小,这一方案12小时的形势预报与实况出入较大.这也许是由于侧边界影响大所致.

由暴雨的技术评分(即TS)来对各个不同方案进行检验.虽然方案1和2中降水和24小时落区预报基本与实况一致,但从预报的雨量大小与降水范围看,仍比方案3要差.表2上半部分是这次过程暴雨落区技术评分TS值¹⁾和暴雨中心预报数值.由表可见:方案1,2均只能报出川东鄂西

$$1) TS = \frac{\text{报对面积}}{(\text{预报面积} + \text{实况面积}) - \text{报对面积}}$$

落区评分上看,对于方案3大于50 mm/d的TS值最大为28%,比前两个方案都有所增加。

由对天气事实的分析可知,这次暴雨的降水具有明显的阶段性,因而我们有必要对每12小时内的降水进行比较。在各个方案中随着预报时间的延长,只有方案3的TS值增大,即12—24小时的后12小时大于30 mm/12 h的TS值比方案1和2的预报水平有所提高。由此可以说明提高模式的水平分辨率对暴雨落区和降水量的预报均有所改进。

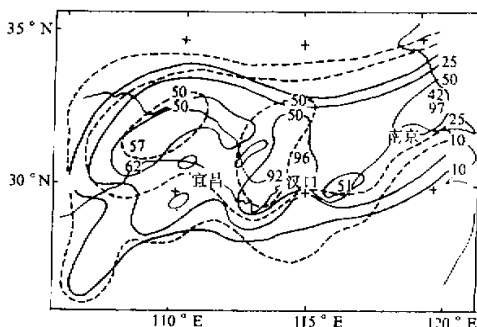


图2 1986年6月15日08时至16日08时24小时降水预报(虚线)及实况(实线)图

方案1的结果

表2 两次暴雨过程暴雨落区技术评分TS值及暴雨中心预报与实况的比较情况

日期	降水量级	方案	0—12小时 TS (%)	12—24小时 TS (%)	降水量级	0—24 小时 TS (%)	暴雨中心					
							预报	实况	预报	实况	预报	实况
1986年 6月15 日08时 至16日 08时	>30mm	1	65	18	>50 mm	25	57	62	92	96	38	97
		2	60	18		23	52		91		33	
		3	57	25		28	74		141		53	
		4	30	0		5	60		68			
1986年 6月21 日08时 至22日 08时	>30 mm	1	33	0	>50 mm	9	50	263				
		3	68	26		31	87					
		4	7	0		0	34					

说明：表中0表示漏报、暴雨中心栏内为实况出现的个数与预报的对应值。

我们还讨论了垂直分层问题,发现仅增加垂直分层,即将原模式的五层提高到九层(方案2),预报效果未见明显的改进。当然,这还不能由此得出垂直分辨率对暴雨预报没有重要影响的结论。这可能是因为,我们虽然提高了垂直分辨率,但仍采用的是均匀分层所致。对方案4,12小时后预报结果不好,尽管和方案3一样提高了模式水平分辨率,但缩小了预报区域范围,侧边界的影响比方案3大,从而影响了预报水平。看来侧边界的处理也是一个很重要的问题。

2. 西南低涡东移加强的暴雨过程

1986年6月21日08时至22日08时,在一次西南低涡东移时,在孟加拉湾强烈云涌的作用下,湖北东部地区产生了一次特大暴雨过程,24小时降水最大中心在黄石市为263 mm,破该地区历史最高记录,这次暴雨的形势与上例明显不同,它是在一次移动性低涡影响下产生在长江中游的暴雨过程。

表2下半部分是这次暴雨过程的预报情况。由表可见,无论是从暴雨落区技术评

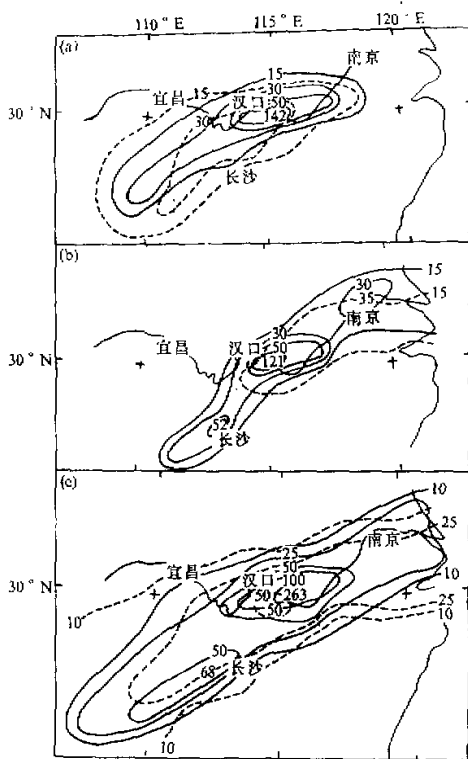


图3 1986年6月21日08时至22日08时各个时

段方案1预报降水(虚线)与实况(实线)

a 为21日08时至20时12小时预报与实况,

b 为21日20时至22日08时12小时预报与实况,

c 为21日08时至22日08时24小时预报与实况。

的移动演变,还是暴雨落区和雨量预报均以方案3为最好。

近年来 Yamasaki^[3], Rosenthal^[4], 陈秋士^[5,6] 和章震越^[7] 等采用提高模式水平分辨率的办法,模拟的结果在不同程度上都有所改进,这与本文对梅雨锋系统的模拟结果是相似的。

四、小 结

通过以上两个不同类型的暴雨个例四种方案计算结果的分析,我们认为在目前条件下,对于中尺度 α 系统的暴雨预报来说,即使暂不改进模式的物理过程,而仅提高模

型和暴雨中心的数值上看,均以方案3的预报为最佳。图3是方案1的各时段降水预报与实况,雨区预报基本与实况一致,但前12小时预报比后12小时好,后12小时位于长沙附近的一个暴雨中心未报出来(图3b)。从24小时预报看,虽说雨区预报与实况一致,但降水量预报较小,仅只预报一个格点出现50 mm的暴雨中心,位置也比实况偏南100 km(图3c)。图4是方案3的预报结果,它明显比方案1预报要好,特别是对大于50 mm/d的雨区的预报改进较大,大于50 mm/d的暴雨预报范围扩大,基本与相应的实况雨区重合(图4c),TS值比方案1提高了22%。暴雨中心强度比方案1提高了50%(87 mm/d)。在降水时段预报上,方案1在后12小时未报出的暴雨中心方案3基本报出来了,特别是三个降水中心位置预报较好,其中有两个达到暴雨量级,仅长沙附近的一个中心预报比实况偏小(图4b)。由表2看出后12小时大于30 mm/12h的TS值也是方案3最大,为26%。总之四个方案中,无论是中尺度低涡

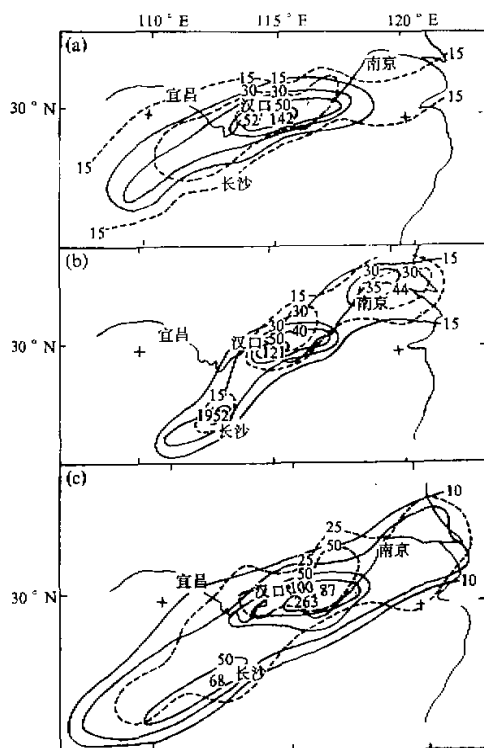


图4 1986年6月21日08时至22日08时各个时段
方案3预报降水(虚线)与实况(实线)
说明同图3。

式网格的水平分辨率,对预报结果也可有较大的改进。特别是对梅雨锋上中尺度低涡的新生、移动、发展和演变过程的改进更为显著。保持100 km水平格距,将模式垂直分层由五层增加到九层时,降水量的预报改进不明显,这可能是由于试验中采用均匀分层,而未考虑边界层内的过程所致,有待进一步研究。

本文承赵思雄同志热情指导,特此致谢。

参 考 文 献

- [1] 周晓平、赵思雄、刘苏红、张宝严、胡伯威、俞康庆、匡本贺,长江中游暴雨数值预报的试验研究,第四次全国数值预报会议材料,1986年7月。
- [2] 匡本贺,1988,夏季不同时段暴雨数值试验的对比分析,大气科学,12 No. 3, 333—336。
- [3] Yamasaki, M., 1977, A preliminary experiment of tropical cyclone without parameterizing effects of cumulus convection, *J. Met. Soc. Japan*, 55, 11—30。
- [4] Rosenthal, S. L., 1978, Numerical simulation of tropical cyclone development with latent heat release by resolvable scales, I. model description and preliminary results, *J. Atmos. Sci.*, 35, 258—271。
- [5] 陈秋士、王音牧,环境气流影响下台风发展的数值模拟,第四次全国数值预报会议材料,1986年7月。
- [6] 张展、陈秋士,非轴对称模式中环境场对台风形成影响的数值试验,同文献[5]。
- [7] 章震越、吴青,一次梅雨锋降水的数值模拟,同文献[5]。