

暴雨预报套网格数值模式试验的初步结果

赵思雄 张宝严

(中国科学院大气物理研究所)

提 要

本文设计了双向的粗细网格相互嵌套的套网格模式,采用同模式自身相互嵌套,既加密了网格,改善了预报质量,又不致过多地增加计算量。结果表明:24小时模拟过程中计算稳定,在网格嵌套处未见到边界值有不协调的现象,暴雨预报结果亦较原模式有所改进。

中国科学院大气物理研究所与武汉暴雨研究所将有限区域细网格模式用于1983—1989年的夏季汛期预报试验及业务预报中,已证明此模式预报暴雨效果较好^[1]。但是仍有10—15%的暴雨落区预报结果不理想,预报的降水平均强度比实况要小。发现其中除了初值及侧边界值有重要影响外^{[2][3]},模式的水平分辨率对预报结果亦有很显著的影响^[4]。由于我们现在采用的模式的水平分辨率为100公里,对于描写中尺度系统来说,这样的格距仍显得太大,若把网格距从100公里缩小为50公里,则对降水预报有较大改进。但是缩小一半网格距,计算量就要增加2⁴倍。由于现有计算机的容量和速度有限,提高分辨率这一方案实现起来有困难,对于台站更是如此。为此,我们设计了一种双向的粗细网格相互嵌套的套网格模式并进行了初步试验。

一、套 网 格 模 式

国外进行套网格模式的试验始于1960年,当时主要是用于飓风移动的预报,70年代中期以来有些国家已开始用于日常的预报业务之中^[5,6,7,8,9]。我国的气象科学工作者对此也进行了一定的研究^[10,11,12]。

我们发展的套网格模型是一个包含大尺度凝结和积云对流参数化方案的五层原始方程模式,它是在大气物理所有限区域中尺度暴雨预报模式的基础上进行设计的。粗网格的水平格距为100公里,范围为90—132°E, 20—40°N,共30×24个格点,细网格水平格距为50公里,细网格计算区域包含在粗网格计算区域之中,细网格区域的范围大小及在粗网格区域中的相对位置可根据需要调整和变动。

由于目前尚无中尺度高分辨的探空资料,因而本文的初值方案是:首先由客观分析得到粗网格上的要素场,然后由粗网格区域的各要素场内插出细网格区域上各相应要素场的值。

时间积分方案为:在粗网格区域内进行时间积分时取时间步长为180秒,而在细网格区域内进行时间积分时所取的时间步长为90秒。

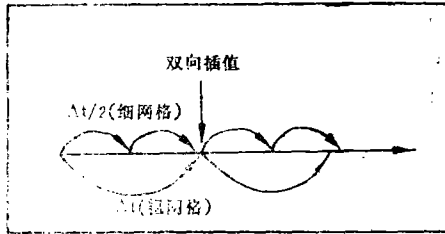


图1 粗细网格区域时间积分的步骤及双向内插

预报时,先在细网格区域作时间积分两步,其后在粗网格区域作时间积分一步。上述两项工作完成后,即进行双向内插。先由粗网格区域所得的预报值内插出细网格侧边界上的相应的要素值,然后,用细网格点上的预报值来代替在粗细网格重叠区域中粗

网格点上原有的预报值。这样就完成了整个一次计算过程,如此继续循环下去,则可完成套网格模式的运算,得出12小时及24小时降水和形势预报。这样作的优点在于,对于我们感兴趣的区域(如长江中游或暴雨多发区等)加密了网格,既有可能改善预报质量,又不致于增加太多的计算量。

本工作的另一特点是将同一模式既用于粗网格区域又用于细网格区域,采用同模式于不同网格区域自身相互嵌套,这样作不但自成体系,且在程序处理上较异模式套网格方案颇为简略,更适合于区域中心预报的要求。

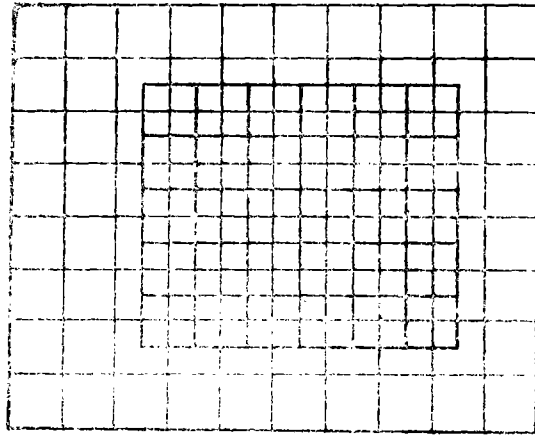


图2 粗细网格相互嵌套示意图

二、试验的初步结果

一般来说,采用嵌套的方法容易在内边界处产生寄生波,致使出现计算不稳定。这对单向套网格尤其如此。本文采用了双向嵌套网格方案,效果较好。在试验中,为了抑制细网格嵌入粗网格后,细网格边界处的不协调,我们曾设计了粗网格的(全场)光滑,以抑制某些虚假波动的发展,但是试验结果发现,若无这种倾向光滑处理时,粗细网格的要素场也仍然未发现紊乱现象。这也许表明,双向嵌套网格过程中,粗细网格预报值相互有影响,能较好协调,这可能是一个原因。

一些个例试验表明:对于24小时的预报,未发现侧边界附近的区域有不协调之处。个例试验结果还可看出,套网格模式预报的结果,无论是系统的位置与强度都比原来用非套网格模式的效果要好些。图3和图4给出了以1988年6月28日00时(GMT)为初始场,用非套网格数值模式和套网格模式作的24小时中尺度暴雨预报,分别与实测的24小时降水量比较,可以看到这次降水过程产生了大范围的雨区。从广西、湖南至长江中下游,有一条基本上由西向东伸展的降水带。在此降水带内有三个主要的暴雨中心。第一个在扬州附近,降水量约160毫米;第二个在洞庭湖附近,降水量为96毫米;第三个中心在桂林以东红水河以西,降水量为69毫米。在我们的试验中,将细网格的较小的预报

区域置于第一个和第二个暴雨中心所在的区域之上。其范围大体相当于 110°E — 123°E , 26.5°N — 35.5°N 的范围, 在细网格区域中采用 50 公里的格距, 共有 27×21 个网格点。与此同时, 我们在上述套网格模式中粗网格区域相当的范围, 用非套网格模式作了试验, 此时, 水平格距取 100 公里, 对比试验的结果表明: 非套网格模式与套网格模式预报出的 24 小时降水量分布, 其大的特征与实测的 24 小时降水量分布基本上一致。但是仔细分析一下可以发现, 无论是降水中心还是降水强度, 套网格模式均比非套网格模式预报结果要好些。例如对于第一个暴雨中心, 非套网格模式虽报出 52 毫米, 但位置比实况偏东了 250 公里, 而用套网格模式报出 56 毫米, 位置有了明显改善, 仅比实况偏南 50 公里。第二个暴雨中心, 非套网格模式没有报出, 且报的雨量甚小。采用套网格模式后, 这一暴雨中心虽然没有报出, 但雨量和位置报得要好些。

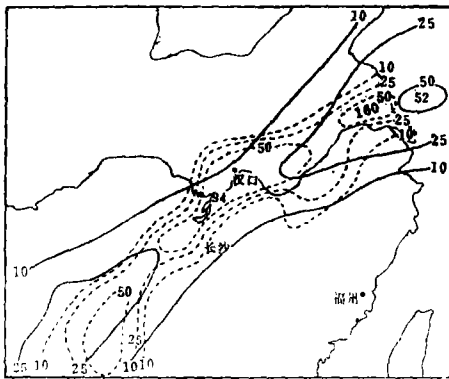


图 3 1988年6月28日00时至29日00时实测的24小时降水量(虚线)与非套网格24小时降水量预报值(实线)(单位:毫米)

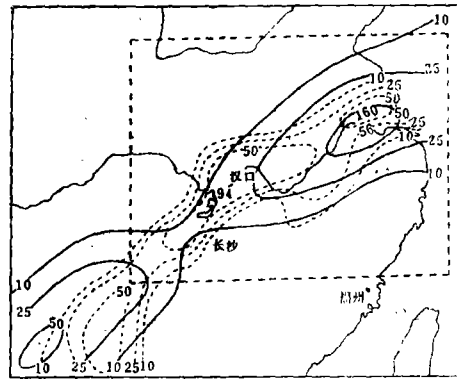


图 4 1988年6月28日00时至29日00时实测的24小时降水量(虚线)与套网格24小时降水量预报值(实线)(单位:毫米)

应该指出, 上述的套网格方案是较为简单的。用套网格模式作 24 小时预报花费的 CPU, 大约要增加 2 倍左右。这在现有的计算机条件下是有可能实现的。当然上述的套网格模式的试验仅仅是第一步, 问题仍然是复杂的, (如边界上反射波的更好地处理) 仍有待进一步深入试验研究。

参 考 文 献

- [1] 周晓平、赵思雄、张可苏、刘苏红、张宝严, 1988: 一个东亚季风区的暴雨数值预报模式, 大气科学特刊, 60—78.
- [2] 赵思雄、周晓平, 1984: 风场在预报暴雨发生中的作用—1975年8月上旬特大暴雨的数值实验, 大气科学, 8卷, 1—6.
- [3] 匡本贺、冯光柳, 1989: 模式的水平分辨率对暴雨预报的影响, 大气科学, 13, 497—501.
- [4] Phillips, N.A., and J. Shukla, 1973: On the strategy of combining coarse and fine grid meshes in numerical weather prediction J. Appl. Meteor., 12, 763—770.
- [5] Miyakoda, K., and A. Rosati, 1977: One-way nested grid models: the interface conditions and the numerical accuracy. Mon. Wea. Rev., 105, 1092—1107.

- [6] Kurihara, Y., G.J.Tripoli and M.A.Bender, 1979: Design of a movable nested-mesh primitive equation model. *Mon. Wea. Rev.*, 107, 229—249.
- [7] Phillips, N.A., 1979: The nested grid model. NOAA Technical Report NWS 22, 1—20.
- [8] Leslie, L.M., G.A.Millis, L.M.Logan, D.J.Gauntlett, G.A.Kelly, M.J.Manton, J.L.McGregor and J.M.Sardie, 1985: A high resolution primitive equation NWP Model for operation and research. *Aust. Met. Mag.*, 33, 11—35.
- [9] 曾庆存、李荣风, 1985: 不等距差分格式的计算紊乱问题, 第三次全国数值天气预报会议文集。
- [10] 廖洞贤、王两铭, 1986: 数值天气预报原理及其应用, 气象出版社。
- [11] 朱永程等, 1983: 台风路径预报套网格模式的试验, 第三次全国数值天气预报会议文集。

INITIAL EXPERIMENT RESULTS OF THE NESTED GRID NUMERICAL MODEL FOR TORRENTIAL RAIN FORECASTING

Zhao Sixiong* Zhang Baoyan*

ABSTRACT

A two-way grid model internested by coarse-fine mesh is designed. As the model is self-internested, it densifies the grid, much improving the quality of forecasting without having to do many calculations. Results show that operation is stable in the 24-hr simulation process and there is no incoordination between the boundary values at the nested grid. The new model proves to be an improvement on the original one in heavy rain forecasting.

*Affiliated with the Institute of Atmospheric Physics, Academia Sinica