

局地暴雨增强数值预报 模式的试验研究

沈树勤

(江苏省气象台, 南京 210008)

提 要

局地暴雨增强数值预报模式是建立在适用于地方微机上可实现的区域数值预报业务系统。该模式由兰州高原大气所引进本台并同时开展数值模式的对比试验, 并且在 1994 年 6 月 15 日—7 月 15 日梅汛期中进行试验。结果表明: 模式运行正常可靠, 计算稳定, 对降水具有一定的预报能力。

关键词: 局地暴雨 数值预报模式 试验研究

引 言

局地暴雨增强数值预报模式是建立在适用于地方微机上可实现的区域数值预报业务系统。该模式是以兰州高原大气所等单位开发的有限区域嵌套细网格模式为基础^[1], 对原模式的结构, 如坐标、水平格距、垂直分层加以改进和对原模式的物理过程改善而形成^[2]。本台先后从兰州高原大气所引进分辨率不同的数值模式(①170km、6 层数值预报模式; ②80km、6 层数值预报模式; ③80km、11 层数值预报模式, 即模式 I、II、III)从总体组装、分步实施、对比试验到 1994 年 6 月 15 日—7 月 15 日梅汛期中的数值预报试验, 投入业务应用, 获得令人满意的效果。

1 局地暴雨增强数值预报模式总体结构

局地暴雨增强数值预报模式总体结构, 大的方面包括三部分, 即资料的前处理、模式、后处理三部分^[2]。

1.1 资料前处理

1.1.1 资料预处理

根据模式的要求对实时探空报进行处理, 对本台 STYS 库中 PDP 原始常规探空报文进行分析处理、分解, 输出满足模式的高质量、规格化的要素资料。

1.1.2 客观分析

将不规则的单站要素资料经客观分析形成正方形网格点资料, 在模式中采用经过修改了的 NCAR 客观分析程序, 其处理方案是改进的 Gressman 逐步订正法。先给定一个初始场, 然后用实测场逐步订正它, 直到订正的场逼近观测记录为止, 最后的分析值实际上是各种可利用的信息的加权平均。

1.1.3 初始化

常规资料经过收集、电报分析、质量控制、客观分析后, 去掉虚假的和模式不能描述的那些大气运动的信息, 使得模式与实际大气相协调, 并将标准等压面格点值垂直插值到模式层上。本模式的初始化方法主要有三种: 地转风场初始化方法; 整层无辐散初始化方法; 各层无辐散初始化方法。

1.2 预报模式

上述三种分辨率不同的预报模式采用以颜宏等人发展的复杂地形条件下的嵌套细网格模式^[1]为基础, 经过水平坐标修改后的模式, 水平网格为 C 型跳点正方形网格, 垂直结构采用等厚行星边界层的 $P-\alpha$ 混合坐标, 另外还采用了 Arakawa-Lamb 的位势拟能守恒格式, 加入了较真实的地形, 三维插值的气压梯度力计算方案等有特色的地形处理方法。该模式物理过程主要是: 水平与垂直涡动

的扩散,干空气绝热对流调整,大范围稳定性降水过程和积云对流参数化,以及太阳短波辐射,大气长波辐射及地气耦合效应等。

1.3 后处理

对模式预报结果进行处理,输出预报数值结果或图形^[2]。这里我们采用NCAR绘图软件,如绘制24小时、48小时850hPa、700hPa、500hPa高度场预报图、流场预报图、降水量格点数值图和降水量等值线预报图等。

2 数值预报模式的运行试验

模式能在微机环境正常运行试验,在业务中运用,进行如下几方面的试验:

2.1 模式稳定性试验

所引进的业务预报数值模式,在给定合适的物理参数条件下,24、48小时各要素预报,运行稳定可靠,尤其在1994年6月15日—7月15日,在近一个月的试验中模式运行正常,计算稳定。为了对预报模式运行进行监测,在模式运行时可计算并显示一些有关的统计量或关键格点的某些有指示意义的物理

量^[1]。如平均动能(或总动能)、平均位势涡度拟能、地面气压倾向均方根。在投入业务应用试验的近1个月中,在表1的各参数条件下,进行模式运行监测,位势涡度拟能守恒稳定,系统无虚假发展,动能无突变现象,地面气压倾向均方根也较稳定,表明模式性能稳定。

2.2 确定物理参数进行模式试验

大气运动是极为复杂多变的,大气的数值模拟(或数值预报)的困难不仅在于大气作为一种流体,其自身运动具有高度的非线性的动力学特征,而且大气运动过程受着多种物理过程的制约和影响。作为天气预报,最关心的还是各种要素的预报,如晴雨、雨量和地面温湿状况,而这些无不与非绝热的次网格物理过程有关。我们用模式Ⅱ投入实验,模式中所采用的模式物理(即次网格过程)参数化方案,在内容上是比较完整的。为了取得较符合实际的计算结果,通过个例实验,调整物理参数。目前投入业务运行的模式Ⅱ的控制参数如表1所示。

表1 模式Ⅱ控制参数表

80000.0	110.0	35.0	DS/XLONC/XLATC
10	32		NLOQ/NLAQ
1 2 1 2 232 1			IMTN>IDRY>IDIAHT/IFEIC/IADJ>IDRY>IDUMP
709.0			XDATA
715.00	24.00		TDATED/TAPEDT
715.00	6.00	48.01	24.00
2.00	20.00	24.00	12.00
+ 0.100E-03 + 0.050E-01 + 0.625E-01 + 0.312E-01			TSTEP/TSTEPQ/TPRT/TSTORE
0.00 1 0			XNH/XKHXMAX/XKSMH/XKSM
			TSTART

表中左边为实际输入模式参数,右边为注释,代表左边参数的变量名,其具体含意如下:

DS/XLONC/XLATC 分别表示格距,经度,纬度中心坐标位置。

NLOQ/NLAQ 分别为经向、纬向网格点数。

IMTN 地形控制=1有地形;(=0无地形)。

IDRY 水汽选择=2大尺度+积云降水;(=0干模式;=1大尺度降水)

IDIAHT 绝热加热控制:4大尺度+积云+辐射加热(=0绝热;=1大尺度降水加

热;=2大尺度+积云降水;)。

IFRIC 扩散摩擦=2有水平及垂直摩擦;(=0无摩擦扩散;=1水平扩散)

IADJ 干空气绝热对流调整=2 T守恒调整;(=0不调整;=1 Q守恒调整)

IDRY 侧边界处理方案选择;=32嵌套侧边界。(=0固定侧边界;)

IDUMP 边界值输入控制;=1按资料顺序输入;(=2每间隔一时次输入)。

XDATA 表示输入地表反照率、土壤湿度的资料日期。

TDATED/TAPEDT 分别为资料序列的开始日期和资料序列时间间隔。

TDATA/TSMOTH/TIMAX/TBDIST

分别表示预报初始时刻、平滑间隔、最大预报时间、边界输入时间。

TSTEP/TSTEPQ/TPRT/TSTORE 分别为积分时间步长(分钟),水汽时间步长(分钟),资料输出打印间隔,后处理资料存储间隔。

XNH/XKHXMAX/XKSMH/XKSM 均为平滑系数,分别表示水平扩散,最大水平扩散、高纬度平滑、全场平滑。

TSTART(分钟)=0 从头开始运行;(>0 重新起步)。

由表1可见,模式系统控制参数,其中模式物理参数在内容上是比较完整的,以这些控制参数进入模式,经试验,计算稳定,运转正常,其效果较明显。

2.3 数值模式对比试验

2.3.1 分辨率不同的模式的运行时间试验

由兰州高原大气所引进本台三套分辨率不同的模式,在同一台 AST486 微机(内存2兆以上)都使用 FORTRN5.0 和 NDP-FORTRAN 编译情况下,分辨率不同的模式48小时预报的运行时间如表2。

表2

	水平 格距	垂直 分层	个例日期	网格点数	所用机时
模式 I	170	6	94.7.15	34×24	33分
模式 II	80	6	94.7.15	40×32	2小时37分
模式 III	80	11	94.7.15	40×32	5小时40分

由表2可知,三套分辨率不同的模式在48小时预报中所用机时是不同的,从业务使用和日常发布时间来看,模式 I、模式 II 具有业务实用性。

2.3.2 分辨率不同的模式选取相同的物理参数时对同一过程的对比试验。

分辨率不同的三种模式(见表2)选取相同的物理参数(见表1),但三种模式中的平滑系数有所不同,对同一天气过程(1994年7月15日)24小时和48小时降水预报进行对比试验。

1994年7月15日是一次高空低槽东移,副高东撤南落的一次降水过程,700hPa高空图上高空低槽在北京、郑州、重庆一线,

与低槽相配合的是一个冷温度槽,该槽后出现明显的降温,延安 $\Delta T_{24} = -5^{\circ}\text{C}$,对流层下层槽位置稍偏东一些,700hPa 的高空槽在济南、汉口、贵阳一线,槽后出现 -8°C 的冷中心,在槽前西南气流中温度露点差小于 5°C 的范围在华东地区。副高脊线原为准东西向,该日在海上转为近南北向,在大陆部分南落。山东南部、浙江北部的华东大部分地区出现降水,在长江中下游的江苏省出现暴雨。

三种模式24小时预报在江苏全省大部分有降水,对照实况比较接近实际,暴雨在江淮之间和淮北地区,出现 $\geq 50\text{mm}$ 的降水的7站是:宝应为56mm,滨海为52.9mm,响水为84.1mm,东海为87.4mm,赣榆为84.9mm,徐州为51.9mm,涟水降水量最大为104mm。出现25—49.9mm的站有苏州,建湖,灌南,灌云,燕尾港,连云港,睢宁,新沂,丰县等站。模式 II 24小时预报情况来看,预报在本省江淮之间南部,东部地区有4个格点出现77—89mm暴雨区。对照实况来看,预报落区偏南,误差150—200km,降水量数值基本与实况接近(图略)。48小时预报暴雨落区在本省东南部,对照实况落区偏南200—250km,其降水量最大值为79mm。

模式 III 24小时降水量量级预报与模式 II 相差不大(雨量超过50mm的区域中,各点降水量预报值与实况误差在10mm左右),落区预报较模式 II 有所改进:24小时暴雨落区比实况偏100km左右,48小时暴雨落区偏120—160km左右,显然与模式 II 相比误差减少。模式 I 与模式 II、III 比较,预报降水落区与实况基本接近,但量级上无论在24小时还是在48小时均未报出暴雨,模式 I 24小时降水量预报最大值为27mm,48小时为37mm,其中10mm以上的降水区与实况基本接近。由此可见,高分辨率模式 III 较模式 II 和模式 I 计算结果要好些,但用机时间太长,不能赶上业务预报,模式 I 对暴雨预报能力差些,而模式 II 无论从计算结果还是用机时间在业务应用中都较为理想。

3 数值模式试验效果检验

利用模式 II 和表1所确定的物理参数,在1994年6月15日—7月15日进行为期1个月的试验(其中4天因故缺少资料而未进

行试验)。现对模式降水试验效果检验如下。

由江苏省内 24 小时降水量中心值逐日变化曲线(图 1),可以看出预报和实况中心值变化趋势基本一致,24 小时暴雨预报较好。6 月 26—27 日预报和实况中心值变化趋势基本一致,尤其是 24 小时暴雨预报较好。6 月 26—27 日预报降水量为 91mm,实况为 79.3mm;6 月 28—29 日预报降水量为 77mm,实况出现 63mm;7 月 15—16 日预报降水量为 81mm,实况为 104mm。而小雨和中雨等降水量预报和实况相比一般偏高些。因此,24 小时降水趋势预报是成功的。由 48 小时降水量中心值逐日变化曲线(图 2)可以看出:48 小时降水预报也有上述趋势(但边界上误差较大,24 和 48 小时预报值明显偏大),预报值与实况相比较偏大更为明显,但三次暴雨过程都预报出来了。上述三次暴雨的预报值分别为:111、97、75mm,前两次偏大一些,而 7 月 15—16 日的预报值与实况相比偏少,但三次暴雨过程趋势是基本正确的。

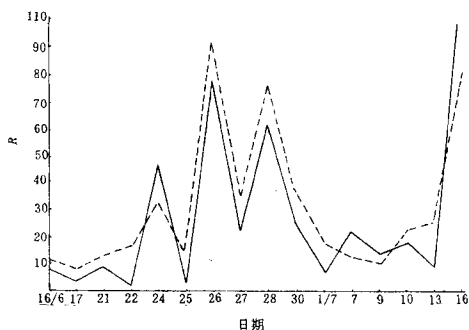


图1 24小时预报(虚线)和实况(实线)降水曲线

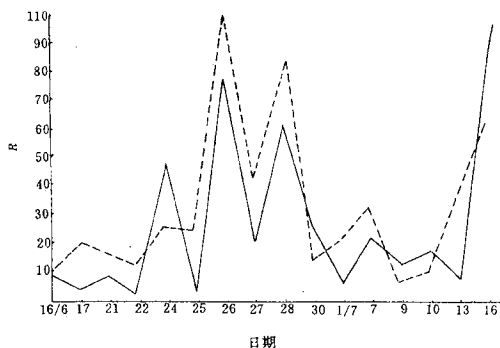


图2 48小时预报(虚线)和实况(实线)降水曲线

4 结束语

4.1 局地暴雨增强数值预报模式是建立在适用于地方微机上可实现的区域数值预报业务系统,该系统总体结构分为前处理、模式、后处理三大部分。

4.2 模式在微机适合环境下运行试验,开展了:稳定性试验;分辨率不同模式的运行时间对比试验;三种分辨率不同模式选取相同物理参数对同一过程的对比试验。

4.3 利用 80km、6 层模式在 1994 年 6 月 15 日—7 月 15 日进行为期一个月的试验中,对降水预报产品进行分析和检验,表明模式运行正常可靠、计算稳定,对江苏省暴雨具有一定的预报能力。

参考文献

- 1 颜宏:复杂地形条件下嵌套细网格模式的设计(一)、(二).高原气象,1987(2).
- 2 吕世华,陈玉春.微机气象应用软件开发手册.北京:气象出版社,1992,3.
- 3 陈玉春,吕世华.一微机数值模式系统及其预报的可行性试验.高原气象,1991(1).

The Experimental Research on the Numerical Prediction Model of the Local Torrential Rain Enhancement

Shen Shuqin

(Meteorological Observatory of Jiangsu Province, Nanjing 210008)

Abstract

The numerical prediction model of the local torrential rain enhancement is an operational system of regional numerical prediction and the established system is to be realized on local station's microcomputers. The model is introduced from Lanzhou Plateau Atmosphere Institute to this observatory. The contrast experiment of the numerical model has been done in the mean time. It was processed in batches during the plum rain season from 15th June to 15th July in 1994. The result shows that the model runs with no problems, the calculation is stable. It possesses certain ability to precipitation forecasts.

Key Words: local torrential rain prediction model experimental research