

乌鲁木齐市区域数值预报 模式业务系统

张广兴 吕 斌

(新疆乌鲁木齐市气象局, 830002)

提 要

介绍了区域非静力中尺度数值模式预报系统,模式与 MICAPS 平台的结合,运行的硬件、软件平台,在新疆气候及复杂地形下对模式的预报能力进行了初步的试验。

关键词: 中尺度 模式 应用

引 言

随着经济的发展,社会的进步,对定时定点天气预报的需求也越来越高,数值预报产品的解释与应用是适应这种需求的主要手段^[1]。用区域非静力中尺度数值模式做出高时空分辨率的单点要素预报将有利于作针对性的服务,尤其是对城市重大活动的保障,灾害天气的预警极有帮助。

“9210”工程的实施,大大丰富了基层预报台站的资料。MICAPS 作为新一代预报平台,为预报员提供了便捷的分析、查询方式。硬件装备也有了长足的发展,这都为在地市气象台建设和运行区域中尺度模式奠定了基础。

本文所述系统试图用中尺度模式的产品为依托,在 MICAPS 平台上开发出本地的高时空分辨率的要素预报值 T 、 V 、 R ,使 MICAPS 具有当地特点。

区域中尺度模式近年来发展较快,国内外均有较成熟的技术。我们选择的是适合自己计算条件、拥有较多用户的系统,并进行一定选项的适应性试验,以便找出适合本地的较佳方案。最主要的是进行模式输出产品的应用开发研究,以提高预报服务水平。

1 模式简介

乌鲁木齐市气象局现在运行的区域中尺度预报系统包括两个中尺度模式,其一是

MM5^[1];其二是 IAP-Eta。Eta 在调试中不做重点介绍,而以 MM5 为主。MM5 是 MM4 的升级版,目前我们运行的版本是 MM5V3.3,已经发展成为完全非静力模式,水平格距可以达到 $5\text{km} \times 5\text{km}$,甚至达到 $1\text{km} \times 1\text{km}$ ^[2]。模式对中小尺度强对流天气的预报能力明显加强,增加了 4 层地温输出。除此之外,程序代码也有一些变化,工作站版与 CRAY 版合二为一,采用条件编译,使用 F90、F77 以及 C 语言编程,充分利用 C 语言较好的文件输出输入功能,F90 的高效,并行计算优点。

MM5 除做业务预报外还能进行季风、台风和气旋的数值研究。只要格距适中,也能进行中尺度对流系统、锋面系统、海陆风、台风、山谷风及城市热岛效应等较小的中 β 、中 γ 系统的预报/模拟研究,下面给出 MM5V3 的流程图(见图 1)。

1.1 主要特点

水平方向可实行多种投影方式,等距 B 网格,垂直方向为仿地形 σ 坐标,即用无量纲量 $\sigma = (p - p_t)/(p_s - p_t)$ 来定义模式层, p 是气压, p_t 是模式最高层气压, p_s 是表层气压,垂直取 23 层。

空间方面除降水采用一阶向前差分外,其余各项均采用二阶中央有限差分方案。时间方面对基本方程组采用了二阶蛙跃时间差

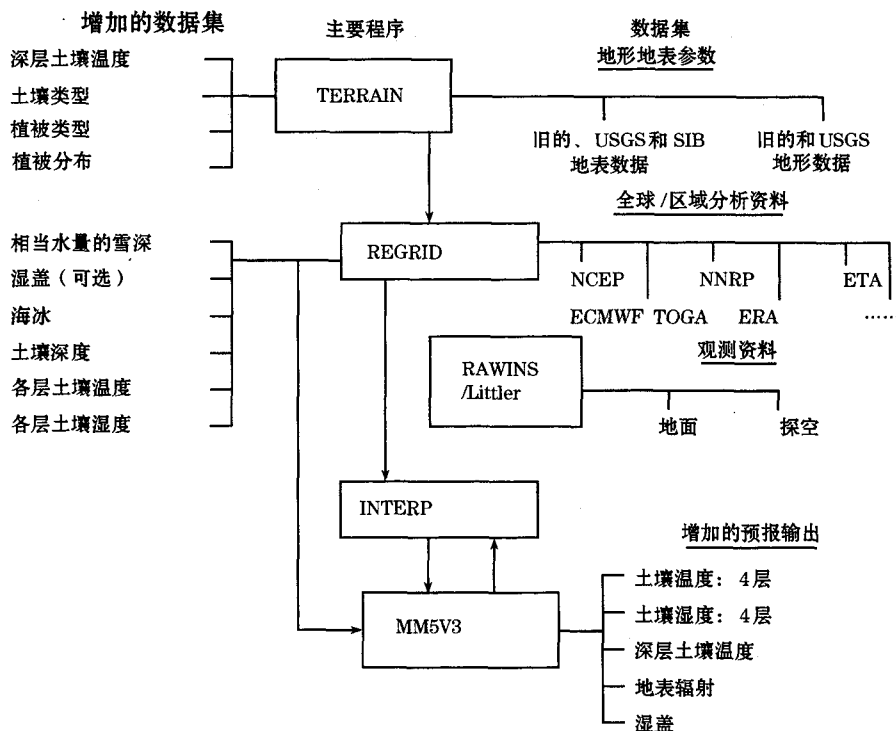


图1 MM5V3 模式流程图

分方案,为了一些项的稳定性,对此项采用时间分裂方案,如对较快的声波采用短时间步长,对较慢的重力波采用较长时间步长。

物理过程设计了多个方案可供选择,如积云对流参数化方案有以下几种可供比较: Anthes-Kuo 型、Grell 型、Arakawa-Schabert 型、Fritsch 型、Chappen 型、Kain-Fritsch 型和 Betts-Miller 型;行星边界层参数化方案有总体边界层方案和高分辨率行星边界层方案两种比较常用的方案。还讨论了显式水汽参数化方案、辐射方案和地面温度方案等^[3]。

我们运行的模式采用三层嵌套网格,兰勃托投影。外层粗网格,格距 60km,中间细网格,格距 20km,最内层格距 10km,积分步长 170s,积分时间 48h。模式的地形、地表资料选用 NCAR 提供的全球经纬网格资料。使用国家气象中心 T106 模式的输出场作为背景场和侧边界,外区为时间流入流出边界条件,内层采用时变边界条件。模式的主要物理过程选用:

- ①简单冰相显式湿方案;②Kain-Fritsch

积云参数化方案;③云辐射方案;④MRT 边界方案。

1.2 模式的计算区域

中心位置 43°N、87°E,外层粗网格 75 × 65 格点,格距 60km,覆盖区域 4500km × 3900km;中间细网格 58 × 55 格点,格距 20km,覆盖区域 1160 km × 1100 km;最内层 58 × 50 格点,格距 10km,覆盖区域 580km × 500km,(见图 2)。

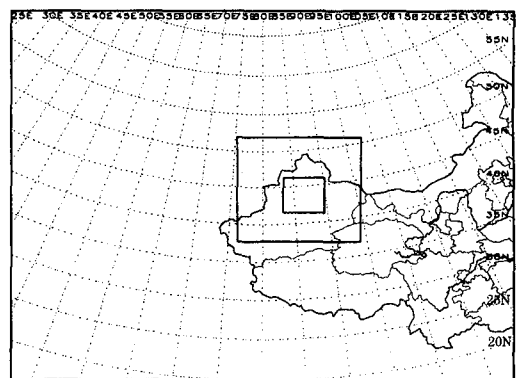


图2 MM5V3 模式积分区域示意图 (三层嵌套方案)

1.3 模式的硬件连接及通讯流程

模式启动后,先用 FTP 方式与“9210”VSAT 工作站联网,读取初始数据,积分进行完毕后再与乌鲁木齐市气象局局域网以 FTP 联接,把结果传至局域网文件服务器,各 MICAPS 用户终端通过共享方式查询显示结果(见图 3)。

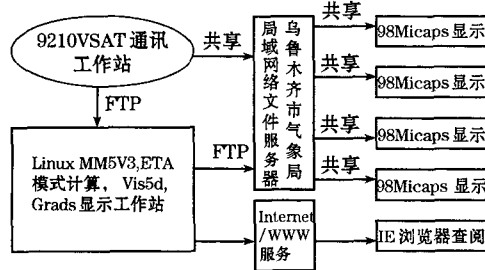


图 3 模式的硬件及通讯流程示意图

1.4 模式的工作流程

充分利用 Linux 操作系统的多任务特点,作业可放在后台运行。事先制定好任务表,完全自动定时启动,无需人工干预,每天积分两次,第一次用北京时间 20 时资料,次日 01:30 启动,很好地利用晚上充足的时间,进行三层嵌套 10km 网格距的模式计算,约 04:16 结束;第二次加进 08 时资料 11:30 启动,进行两层嵌套 20km 网格距的模式计算,约 13:20 结束。

系统先从“9210”工程的 VSAT 接收工作站中读取 T106 预报分析资料,以及高空地面报文,通过前处理系统为模式提供初始场和边界条件。为了充分利用每天的高空资料的中尺度信息,又不破坏原程序的完整性,本系统编写了高空地面报文转换为 ON24 格式的程序,因为不论哪种报文格式,相对较稳定,而模式改动升级较频繁,因此,不修改模式的报文接口,而用程序对报文进行必要的格式转化,这样较容易做。另外,针对 LITTLE_R 模块使用的数据格式,系统也提供了报文转换程序供实际预报选用。积分完成后,由后处理系统为 Vis5D 生成相应格式数据;同样为 Grads 生成数据;形成 MICAPS 格式的格点数据,把标准格点值插到区域各站形成 Micaps 站点格式数据,通过网格以 FTP 方式传至局域网络文件服务器,供预报

员及有关人员查看,作业流程见图 4。

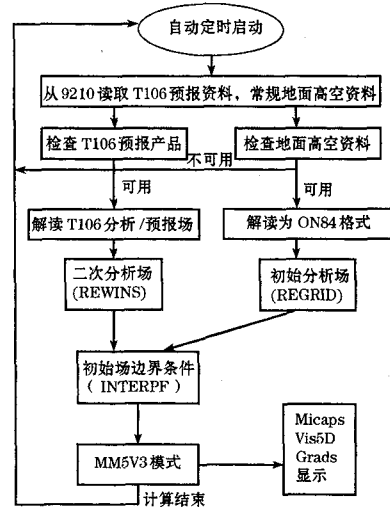


图 4 业务模式作业流程示意图

1.5 模式的输出结果及显示

MM5V3 的输出结果较多,利用这些结果系统可生成 Micaps 平台数据,5 维气象动画软件 Vis5D 显示数据,科学研究显示软件 Grads 数据。

1.5.1 Micaps 显示

这是国内预报员常用的气象软件,MM5V3 的输出结果由后处理软件生成 MICAPS 格式数据。格点值插值得到的站点 48 小时累计降水;24、12、6、3、1 小时时间断累计降水;站点 48 小时地面逐时风向、风速、温度、降水综合;格点 48 小时累计降水;24、12、6、3、1 小时时间断格点累计降水;格点 48 小时地面风矢量。

1.5.2 Vis5D 显示

这是一个可以用来对网格点数据和不规则定位数据进行可视化的软件系统,数据源可以来自数值天气预报模式、地面观测资料和其他类似资料。Vis5D 能以 5 维矩形形式处理数据,即:3 个空间维,1 个时间维,以及一个用于枚举多个物理变量的维。可以做模式输出量的三维动画、风矢量切片、风流线切片,可以创建和显示风轨迹,整层某量的水平切片和垂直剖面。探空模式下,可以显示可移动垂直光标所在处的垂直探空结果和 SkewT(温度斜交图)。MM5V3 输出的所有

二维和三维数据都可以由后处理软件产生 Vis5D 格式数据,在 Vis5D 中查看,具体内容见表 1、表 2。

表 1 三维变量场的说明(等 σ 面, Vis5d 中等压面为近似值)

变量名	变量说明	单位	变量位置
U	东西风分量	$m \cdot s^{-1}$	D
V	南北风分量	$m \cdot s^{-1}$	D
T	温度	K	C
Q	混合率	$kg \cdot kg^{-1}$	C
CLW	云水	$kg \cdot kg^{-1}$	C
RNW	雨水	$kg \cdot kg^{-1}$	C
ICE	冰水	$kg \cdot kg^{-1}$	C
SNOW	雪水	$kg \cdot kg^{-1}$	C
GRAUPEL	冰雹	$kg \cdot kg^{-1}$	C
NCI	冰雹的数浓度	m^{-3}	C
TKE	湍流动能	$J \cdot kg^{-1}$	C
RAD_TEND	大气辐射倾向	$K \cdot d^{-1}$	C
W	垂直风	$m \cdot s^{-1}$	C
PP	气压扰动	$Pa \cdot kPa$	C

注意:以上变量大部分乘以 P^* ,且 P^* 的单位为千帕

表 2 二维变量场的说明(主要为地面)

变量名	变量说明	单位	变量位置
PSTARCRS	P^* = 地面气压 - 大气顶层气压	Pa	C
GROUND T	地面温度	K	C
RAIN CON	对流性降水	cm	C
RAIN NON	非对流性降水	cm	C
RES TEMP	有限存贮温度	K	C
LAND USE	地面状况	种类	C
SNOWCOVER	雪盖	无量纲	C
SHFLUX	感热通量	$W \cdot m^{-2}$	C
LHFLUX	潜热通量	$W \cdot m^{-2}$	C
SWDOWN	地表向下短波辐射	$W \cdot m^{-2}$	C
LWDOWN	地表向下长波辐射	$W \cdot m^{-2}$	C
SOIL T _n	1~6 层的土壤温度	K	C

2 模式运行的硬件环境

模式所选择的方案,计算机最低要求配置:CPU P III 600,内存 256M,硬盘 10G 以上的微机。如果条件许可,可以选择采用 SMP (对称多处理)技术双 CPU 的工作站,这种机器也可以自己组装,主板也有售。我们的计算机的配置为:双 P III 800EB CPU,内存 256M,前端总线 133MHz,硬盘 20G。并行计算速度比单 P III 600 机器快 2 倍,基本满足需要。作为经费不太足的部门,这是一种不错的选择。

3 软件平台

3.1 操作系统

在 PC 微机或在 SMP 双 CPU 工作站上运行 MM5,要求采用 Linux 操作系统。随着 Internet 应用的日益普及, Linux 已经成为当前十分流行的一种操作系统^[4]。它几乎和 UNIX 一样,功能非常强大,可以作为个人工作站、X 终端客户或 X 应用服务器使用。通过简单安装,就可以获得 Linux 提供的多项网络服务,如域名服务、电子邮件、匿名 FTP 服务等,同时还提供了 UNIX 图形工作站所具有的 X-WINDOWS^[5]。对于科学计算,一般 Linux 系统也提供免费的各种编译器。

Linux 的版本较多,目前比较流行的有 Red Hat、Slackware 和 Debian。我们目前采用 Red Hat Linux 6.1 版本。

3.2 编译器

本文所述模式支持并行计算,采用支持并行计算的 PGI 3.1 for Linux 进行编译,在采用 SMP 技术双 CPU 微机上可实现并行执行,效率明显提高。20km × 20km 格距 48 小时预报积分时间 100 分钟,同样的方案在单 P III 600 微机上,积分 210 分钟。10km × 10km 格距 150 分钟。PGI 3.1 for Linux 既可编译 C、C++ 程序,也可编译 FORTRAN、77、FORTRAN90、HPF (高性能 FORTRAN),编译效率很高。

4 初步试运行结果

4.1 降水

该系统 2000 年 10 月 31 日投入试运行,初试报出了 11 月 2 日的中雪,预报本市落入 5mm 降水圈内,单点报 7mm,07~08 时开始,实况是本市降水 6 时开始,过程降水量 4.7mm,昌吉降水 6mm。之后几次较明显的降水过程均能报出,并较接近实况,能在 48 小时起报,但提前 48 小时往往报得偏大,逐步在 24 小时订正的较准。对较小的降水往往报的偏大。小于 1mm 降水一般报 1~2mm。对新疆盆地冷高压控制下的阴雪天气预报能力较差。山区降水预报不如平原,采用 σ 坐标的 MM5 在陡峭山地的预报能力还需要进一步检验。

4.2 风

系统没有对风作重点试验,从初步使用情况来看,可以报出风的日变化,给出风速、

风向值,其中12月8日的东南大风瞬间达到 $25\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,模式两圈套 $20\times 20\text{km}$ 格距方案报出了风速 $20\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,风向为东北,显然是格距太大,没有分辨出本地周围的山, $10\times 10\text{km}$ 格距方案结果预报风速 $20\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,风向为南。风向尚可,风速是定时值,小于等于瞬时风速应该在情理之中。另外,风是积分底部的数值,而非观测场 10m 高度的值,在下垫面比较粗糙时差异较明显。下一个版本已经做了这步工作,把积分底部的风订正到 10m 测场高度。作为小概率事件的冬季乌鲁木齐市东南大风^[6],模式有一定的预报能力。

4.3 温度

温度预报在无逆温时偏低,强逆温时偏高。同样存在积分底部向 2m 观测场百叶箱高度订正的问题,新版MM5V3.4已作。从标准格点向预报站点插值时,方法较简单,新版本在向站点插值时已考虑了拔海高度因子,这一步正在逐步试验改进。另外,如果资料时间有一定的长度,再做统计分析,如存在系统性偏差,进行统计订正就比较理想了。

5 小结

(1)MM5模式与“9210”相结合,利用非静力中尺度数值模式这种较好的方法作出本地客观要素预报,输出到MICAPS平台,使MICAPS二次开发更具本地特色,更解决本地的问题,是为MICAPS预报平台增加内容的一个尝试。

(2)MM5对新疆干旱半干旱地区及复杂地形下的降水、温度、风等有一定的预报能力,对乌鲁木齐市的东南大风也有一些预报能力。如果进一步试验,调整相应选项方案及加大分辨率,预报准确率仍有可能提高。初步试验结果山区降水预报差于平地。

(3)山区站是新疆各大河流的主要流域,

尤其是洪水的汇流区域。要加紧进行采用 η 坐标的Eta模式在山区降水预报的实验。

(4)尽管MM5的试验取得了一定效果。但目前模式所选格点数即积分区域尚不够大,作为区域模式,侧边界对预报区域内的影响较大。为了尽量减少对所取预报区域的影响,积分区域一般尽可能取大。如北京市气象局运行的MM5V2模式,粗网格取 101×101 个点,水平格距 45km ,细网格点数 103×103 ,水平格距 15km 。即使用双PⅢ 800 EB的计算机做出48小时预报,计算时间仍然太长。不过P4已经发布,计算机速度又将明显提高,价格也较易接受。届时可将模式的积分区域取得足够大,预报结果也会更理想些。

(5)微机或SMP双CPU工作站+Linux做数值模式,具有很高的性价比,我们的模式已稳定运行两个月,除停电或无资料使模式停止运行外,很少停机、死机,稳定性出乎我们预料,基于Linux操作系统的Free软件较多,在互联网时代只要勤于寻找,就可以花较少的钱,办较多较大的事。

参考文献

- 1 王建捷等. 北京地区中尺度非静力数值预报系统的开发与实时预报应用. 应用气象学报, 1999, 10(4): 386~393.
- 2 康红文, 柳崇健. 中尺度气象模式研究若干进展及其在区域业务预报中的应用. 新疆气象, 2000, 23(5), 1~2.
- 3 马艳, 张庆华. 中尺度数值模式MM5V2评介. 气象, 2000, 26(11): 52~55.
- 4 谷湘潜, 谷美繁. 大型数值模式的移植与计算结果. 气象科技, 1999, (4): 30~33.
- 5 Bill ball, Stephen Smoogen. 杨晓云, 王建桥等译. Linux自学通. 北京: 机械工业出版社, 1998.
- 6 新疆短期预报手册. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社, 1987: 305.

An Operational System of Urumqi Regional Numerical Prediction Model

Zhang Guangxing LüBin

(Urumqi City Meteorological Bureau, 830002)

Abstract

The forecasting system of the regional nonhydrostatic mesoscale numerical model is briefly introduced. The combination of the model with the MICAPS platform, the software and the hardware on which the model runs, and the primary experiments to test prediction performance of the system under the local climate and the complex topography in Xinjiang are also carried out.

Key Words: meso-scale model application