

刘诗军 王 庆 迟竹萍

(山东省气象科学研究所, 济南 250031)

## 提 要

MM5 模式是国际上应用比较广泛的一种中尺度气象模式,因为它采用了非静力平衡动力框架、可选择的多种物理过程以及四维同化(FDDA)等先进技术,在气象科研和业务预报领域取得了广泛的应用。由于技术的原因,MM5 模式一直运行在 UNIX 系统之下,直接在 Windows 系统下运行的个例还不多。作者尝试将 MM5 模式由 UNIX 系统移植到 Windows 系统并据此建立了微机业务应用系统。详细介绍了模式在移植过程中所要注意的几个问题、微机业务技术系统的结构及预报方案。

**关键词:** MM5 程序移植 数值预报

## 引 言

MM5 是美国宾西法尼亚大学(PSU)和美国国家大气研究中心(NCAR)联合开发的第五代中尺度气象模式,它主要具有如下特点:(1)采用非静力平衡动力框架,对暴雨、冰雹、飑线等中小尺度天气系统有比较强的模拟能力;(2)考虑了非常详细的物理过程,对每种物理过程又提供了多种实施方案,允许人们根据不同的问题选用不同的方案进行研究;(3)采用了目前比较先进的四维同化(FDDA)处理技术;(4)模式系统具有比较完整的资料处理体系,能够满足业务需要。正因为如此,MM5 在世界各地得到了广泛应用。在我国,从上个世纪 90 年代开始,中科院、国家气象局和一些大专院校就开始了这方面的研究并在此基础上建立了相应的业务应用系统。由于 MM5 模式运行所需要的计算机条件比较高(一般为大型计算机,UNIX 操作系统),资料比较多(中期数值预报资料、常规天气资料、土壤植被资料等),一般省一级的台站很难具备,因此这方面的应用也比

较少。随着计算机技术的发展,微机的计算能力有了很大提高,现在比较高档微机的计算能力已经可以满足 MM5 模式运行的需要。同样,由于 9210 工程的实施及我国中期数值预报业务的不断发展,基层台站已经能够获取包括常规观测资料、数值预报产品在内的 MM5 模式运行所需的各种资料。因此,建立一套基于微机的 MM5 业务应用系统已经成为可能。在这方面的的工作大致可以从以下两个方向入手:①利用现在比较流行的 Linux 操作系统作为模式运行的环境,建立一套完全基于 Linux 或者 Linux 与 Windows 相结合的业务应用系统。这样做具有明显的好处,即:对模式本身不需要进行修改,工作量小,不易出错。然而在现阶段,Windows 仍然是微机上的主流操作系统,大多数人对 Linux 系统不是十分了解,同时 Linux 又不是十分完善,其上运行的软件还比较少,这些无疑限制了 MM5 模式的应用。②通过对 MM5 模式进行系统改造,使其能够在 Windows 系统下运行。这样做虽然工

<sup>①</sup> 本文由“十五”国家重点科技攻关项目(2001BA610A-06-011)、科技部社会公益研究专项资金项目(2001DKB20104)和山东省气象局 2002 年“人工增雨作业潜力区的研究”课题资助。

作量比较大,但却使 MM5 模式可以在微机的主流操作系统下运行,大大降低了模式运行所需要的技术要求,有利于它的推广应用。

### 1 模式移植

MM5 模式系统在研制时采用了一系列新的技术标准,同时考虑了不同平台之间数据一致性的要求,因而对编译器的性能也提出了一定的要求:即 FORTRAN90 标准、CRAY 指针(FORTRAN90 指针)、直接读取 BIG\_ENDIAN 格式数据等。COMPAQ 公司的 Visual Fortran 系列编译系统可以满足这方面的要求,另一方面,在模式系统中还存在 C 语言与 FORTRAN 语言的混合编程,因而还需要选择合适的 C 语言编译器。综合以上考虑,最终我们选定 COMPAQ 的 Visual Fortran 6.0 和 Microsoft 的 Visual C++ 6.0 作为模式运行的环境,在此基础上开始了 MM5 模式系统的移植工作。

MM5 模式的移植工作比较庞杂,在此不多叙述,下面主要介绍在移植过程中需要着重注意的几个方面:

(1)由于 Windows 系统与 Unix 系统之间的差异造成的兼容性问题。这方面主要是不同操作系统对文件名的要求不同造成的,在 Unix 系统中允许“:”出现在文件名的任何位置,而在 Windows 系统中除了盘符外不允许在其他位置出现。这种差异要求对程序的相关部分进行修改(主要是 REGRID 模块)。

(2)不同编译器对函数参数的不同处理方式所造成的函数调用问题。在 UNIX 系统下,函数一般采用 C 调用规则进行参数传递,字符串变量只传入地址,并允许函数的形参和实参不匹配。而在 Windows 系统中,默认的调用规则对字符串变量的处理是在传入字符串地址后紧接着再传入字符串长度这个隐含变量,同时还要求函数的形参和实参必须一致。这些差异将使 MM5 模式在 Windows 系统下根本无法编译。针对这一问题,解决办法是利用 Visual Fortran 兼容性比较

好的优点,调整相关的编译选项(/iface:cref /iface:nomixed\_str\_len\_arg),让 Visual Fortran 采用 UNIX 系统的函数调用规则进行编译。尽管如此,仍然有必要对 MM5 模式中形参与实参不一致的地方进行修改,尽量做到两者一致。

(3)模式中残存的与 FORTRAN 90 标准相冲突的内容,主要是 Hollerith 常数(字符串)。

(4)由于预处理方式不同所造成的编译问题。为了增加灵活性,适应不同版本的 UNIX 系统和满足人们的不同需要,在 MM5 模式中使用了很条件编译指令和宏定义。在 UNIX 系统下程序的预处理主要是通过调用相应的 C 预处理程序来完成,而在 Windows 系统下则需要利用 Visual Fortran 系统提供的预处理工具来做这部分工作。除了宏函数外,该程序基本上可以与 C 预处理程序兼容。对于模式中的宏函数定义,可以通过将相应的宏定义替换为语句函数的办法解决(MM5 模块中的 functb.incl)。

(5)在剖析 UNIX 系统下 MM5 模式的执行过程的基础上,建立 Windows 系统下的执行流程,制作出相应的批处理文件,并在此基础上形成模式的自动执行方案。

除此之外,在移植过程中还可能出现堆栈不足、系统内存不足等问题,可分别通过修改相应的编译连接选项和增加虚拟内存的办法来解决,在此就不多叙述。总之,通过对模式的修改,完成了程序的移植工作,除了与 NCARG 绘图软件包有关的几个模块(GRAPH,RIP)外,其他部分均可以在 Windows 系统下正常运行。

### 2 业务应用系统介绍

如前所述,MM5 微机业务应用系统是在 Windows 系统下运行的,具体的软硬件环境如下:

硬件条件:微机系统(CPU: Pentium 4 1.8G,内存:256M)

操作系统:Windows 98/2000

软件环境: Compaq Visual Fortran 6.0,  
Microsoft Visual C++ 6.0  
整个系统主要由资料采集和预处理系

统、MM5 模式运行系统以及预报产品的后  
期处理、分发系统构成,详细情况可参看图  
1。

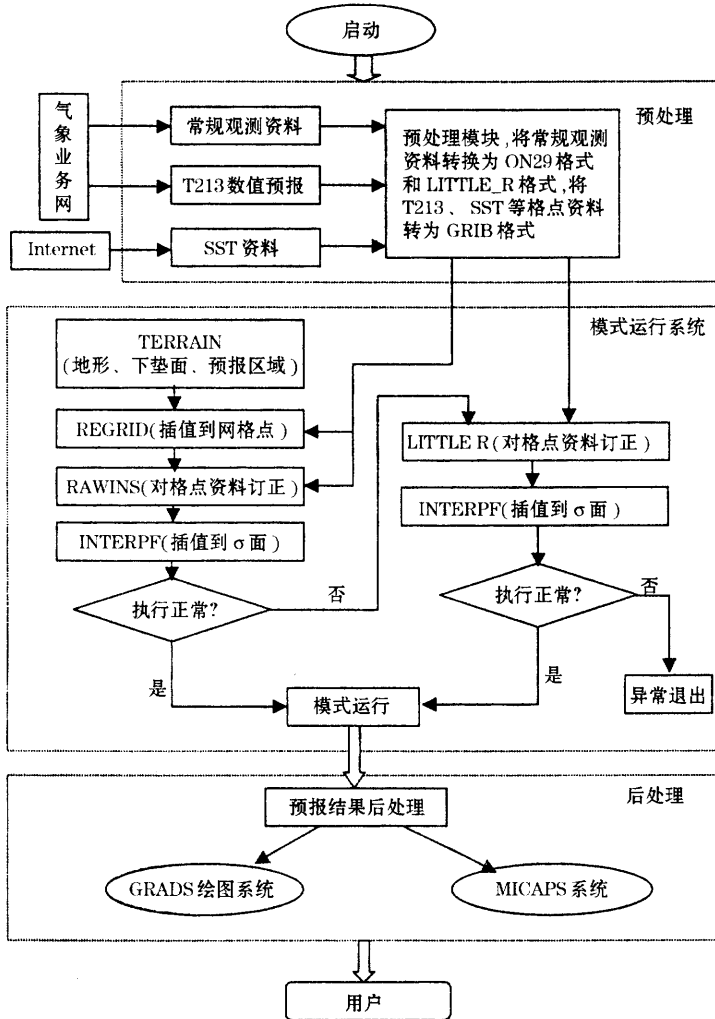


图 1 MM5 微机业务应用系统示意图

### 2.1 资料采集和预处理

这部分的功能主要是为 MM5 模式运行提供必要的数 据,具体来说可以分成两个方面,即:资料采集和资料的预处理。

#### 2.1.1 资料采集系统

所谓资料采集就是收集尽可能多的气象资料,为 MM5 模式运行服务。现在,这部分工作主要依赖于现有的气象业务网络,同时部分考虑了 Internet 的作用。通过资料采集

系统,我们每天将业务网上的 T213 数值预报产品、常规天气观测资料、卫星云图、雷达以及 Internet 上的相关信息(SST)等加以分类、整理,为 MM5 模式系统以及其他一些科研项目提供必要的资料。

#### 2.1.2 资料预处理系统

MM5 模式在设计时考虑了使用不同数据集的要求,提供了针对欧美比较流行的数据格式的程序接口,包括: NCEP GDAS、

NCEP ETA、ECMWF TOGA 等,此外还提供了基于 grib 格式的通用程序接口。在台站观测资料方面,资料处理的灵活性相对来说要小些,只提供了 RAWINS 和 LITTLE\_R 两种处理方案,分别对应 NMC ON29 格式和 LITTLE\_R 程序所规定的特殊的文本格式。资料预处理系统就是针对上述 MM5 模式所能使用的数据格式而专门研制的,负责将 T213 资料和常规观测资料转换为 MM5 模式能够使用的数据格式。

## 2.2 MM5 模式运行系统

MM5 模式运行系统是整个业务应用系统的核心部分,是我们通过程序移植将 MM5 模式由 UNIX 系统移植到微机系统的部分,包括 TERRAIN、REGRID、RAWINS、LITTLE\_R、INTERPF、MM5 等模块,各模块的具体功能可参见相关文献[1]。

## 2.3 预报产品后处理及分发

在 UNIX 系统下,MM5 模式的计算结果可以通过 GRAPH、RIP 等组件进行察看。然而,这两个组件都需要 NCARG 绘图软件包的支持,暂时还没有移植成功。目前,我们使用 GRADS 来查看模式的输出结果,将来还考虑将 MM5 模式的计算结果转换为 MICAPS 可以识别的数据格式(离散点和网格点),通过 MICAPS 系统将 MM5 的预报产品与其他一些预报工具的预报结果结合起来,满足预报业务的需要。除此之外,还可以通过 Internet,将模式的预报产品向社会公布。

## 3 模式预报方案

根据山东的地理位置及天气气候特点,在考虑了微机系统的计算能力前提下,我们设计了如下的模式预报方案。整个方案要求预报区域应尽量包含影响山东的主要天气系统,同时计算时间不能太长,应该控制在 2 小时以内。

(1)双向作用套网格系统:母域中心定位于(36.0°N、115.9°E),格点数为 82×61,格距 54km;子域左下角位于母域的(35,23),格点数为 67×55,格距 18km(图 2)。

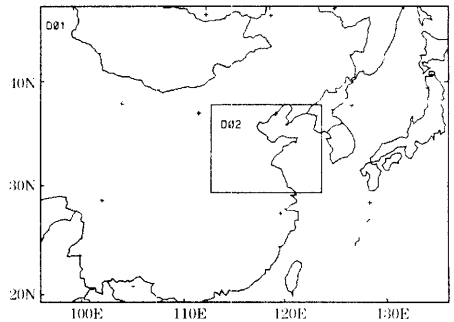


图 2 模式网格区域示意图

(2)模式层顶  $P_i$  及垂直分层  $K_o$ :  $P_i = 100\text{hPa}$ ,  $\sigma$  层面垂直分层  $K_o = 27$  (0.00, 0.05, 0.10, 0.15, 0.20, 0.25, 0.30, 0.35, 0.40, 0.45, 0.50, 0.55, 0.60, 0.64, 0.68, 0.72, 0.76, 0.80, 0.83, 0.86, 0.89, 0.92, 0.94, 0.96, 0.98, 0.99, 1.00)。

(3)地形及下垫面特征:对 NCAR 的 10' 和 5' 的地形及 25 类下垫面资料,利用复合双抛物线插值方法形成模式所需的地形和下垫面资料。

(4)初始条件和边界条件:采用国家气象中心下发的 T213 中期数值预报产品作为模式的第一猜场,利用 12h 一次的高空观测和 3h 一次的地面观测资料对其进行订正,最后形成模式的初始条件和边界条件。在模式运行过程中,还利用分析逼近的方法,在运行的前 12h 进行四维同化,尽可能的利用在模式运行前所能获取的各种资料,提高预报的准确性。

(5)行星边界层过程:采用 MRF 行星边界层参数化方案。

(6)辐射过程:采用云辐射处理方案,考虑云对辐射造成的影响。

(7)地面温度:采用五层土壤模型,利用垂直扩散方程计算 1、2、4、8、16cm 深度的土壤温度。

(8)积云对流参数化:大网格(母域)选用 Betts-Miller 参数化,次网格(子域)选用 Grell 参数化,在所有网格上都考虑浅对流。

(9)可分辨尺度的云降水处理方案:根据业务应用的要求,需要在显式云处理中考虑

冰相过程,同时为了满足计算速度的要求,最终选用简化的 Schultz 方案。

(10)模拟预报时间:模式共运行 60 小时,其中前 12 小时进行四维同化,后 48 小时用于预报。

#### 4 业务应用试验

自 2002 年 5 月份模式系统移植成功并开始业务试运行以来,每天 11 时,利用前一天 20 时 T213 中期数值预报的预报结果,结合 20 时、23 时、02 时、05 时和 08 时五次常规观测资料,预报未来 48 小时内的天气情况。经过近半年的试运行,对 MM5 模式系统的预报能力有了比较全面的了解,在大多数情况下它能够预报出天气系统未来变化,对 36 小时内降水落区、强度以及系统未来的发展趋势等都具有比较好的预报能力。

#### 5 结 语

(1)现阶段 Windows 系统仍然是微机上的主流操作系统,利用微机直接在 Windows 系统下运行 MM5 模式,无疑会使 MM5 模式更好地与气象台站现有的业务系统相结合,有利于它的推广应用。

(2)经过对 MM5 模式的编译运行等环节的仔细分析研究,通过程序移植的手段将

其移植到 Windows 环境下运行。文中着重介绍了 MM5 模式在移植过程中所应注意的几个问题,对于正在做这方面工作的人员有一定的参考价值。

(3)经过半年多的业务运行试验,我们发现使用 T213 中期数值预报产品并结合常规观测资料的 MM5 模式系统具有很强的预报能力,能够比较准确地预报出降水的强度和落区,对于改善天气预报的准确率,提高气象服务水平十分有益。

#### 参考文献

- 1 PSU/NCAR Mesoscale Modeling System Tutorial Class Notes and User Guide: MM5 Modeling System Version 3, Mesoscale and Microscale Meteorology Division National Center for Atmospheric Research. January 2001.
- 2 贝刚. 在微机上运行 MMSV3 模式系统. 气象, 2001, 27(2): 16~20.
- 3 周小珊, 杨森, 张立祥. 中尺度数值模式(MMSV3)在沈阳区域气象中心的试用. 气象, 2001, 27(8): 28~32.
- 4 何宏让, 潘晓滨等. MM5 微机模拟系统的简介和初步应用个例. 气象科技, 2000, 27(6): 161~170.
- 5 冯伍虎, 程麟生, 程明虎. "96·8"特大暴雨和中尺度系统发展结构的非静力数值模拟. 气象学报, 2001, 27(6): 294~307.

## Application of MM5 Model and the Operational Weather Forecast System

Liu Shijun Wang Qing Chi Zhuping

(Shandong Meteorological Institute, Jinan 250031)

#### Abstract

MM5 model system is one of the most widely used mesoscale meteorological modeling system in the world. Due to its nonhydrostatically dynamical structure, optional physical options and the advanced Four-Dimensional Data Assimilation (FDDA), MM5 is mainly used in meteorological research and operational weather predicting domain. For some technical reason, MM5 is always running on UNIX system, the case running on Windows is quite few. Application of MM5 to Windows has been tried and is successful, and an operational weather forecast system is established based on the work. Some problems were put forward, the structure of PC operational weather forecast system and its scheme was introduced.

**Key Words:** MM5 application porting numerical forecast