

省级 GRAPES 模式预报系统的构建

李 周¹, 孔海江¹, 宋 伟², 谷秀杰¹, 乔春贵¹

(1. 河南省气象台, 郑州 450003; 2. 郑州大学信息工程学院, 郑州 450001)

摘 要: 利用 9210 卫星广播的 T213 资料作为初始场, 在联想深腾 1800 机群系统上构建了省级 GRAPES 中尺度数值预报系统, 实现了 GRAPES-MESO V2.5 的高效运行, 一方面可提供日常的业务预报产品, 另一方面也可为广大预报员提供一个诊断模拟的平台。

关键词: GRAPES 模式; 联想深腾 1800 机群; 数值预报

中图分类号: P456.7

文献标识码: A

文章编号: 1673-7148(2007)04-0078-04

引 言

近十几年来,随着计算机技术的快速发展,较大计算能力的计算机售价越来越便宜,使得省级台站发展数值预报成为可能;大气科学的不断发展,数值预报技术的不断改进,气象观测资料的迅速增加,使得数值预报的水平也在不断提高。数值天气预报已经取得很大成功,现在要开展定时、定点、定量预报,只有依靠数值预报方法,别无它途^[1]。当前数值模式发展的主流途径是不断提高分辨率,更加逼真地描述各种物理过程,走精细化道路^[2]。同时,由我国科学家自主开发的数值预报模式(GRAPES、AREM)的出现,也为省级台站开展数值预报提供了技术保障。由于计算能力的限制和各地不同的地理气候特征,广大省(地、市)气象部门开展数值预报时,不宜重复主流途径的做法,应开辟适合于各地特定情况的另类途径^[3]。因此,发展省级数值预报是一条可以解决不同地域特征天气预报的可行之路。谷湘潜等^[4]曾对 MM5 模式在省级数值预报系统精细化预报方面作了研究;中国科学院(CAS)、大气物理研究所(IAP)、大气科学和地球流体力学国家重点实验室(LASG)针对中国暴雨数值预报建立了一个能考虑陡峭地形的有限区域 η 坐标的数值预报模式(REM)^[5],后来又在 REM 模式基础上发展了一个更先进的有限区域 η 坐标数值预报模式系统(AREM)^[6],并投入省级预报业务^[7]。

由于 AREM 是静力模式,空间插分用 E 网格,其网格距不能选取得很小,否则会影响对中小尺度的预报和模拟能力;MM5 是上一代的中尺度模式,由于其本身的缺陷,现在已被 WRF 模式取代,WRF 选用地形追随的静力气压垂直坐标及欧拉插分方案。GRAPES 研发小组与 WRF 研发团队合作研制的 GRAPES 模式,选取高度地形追随垂直坐标及半隐式半拉格朗日时间插分方案,该模式可以选取比较长的时间步长,在空间分辨率较小的情况下,可以节省计算时间,提高计算效率。由于模式在微机运行所需的时间很长,不能满足业务需要,河南省气象局通过局校合作,充分利用郑州大学的计算资源,通过协商,在郑州大学联想深腾 1800 机群系统上安装 GRAPES 模式,为河南省的气象科研提供计算平台。

1 联想深腾 1800 机群系统简介

联想深腾 1800 高性能服务器是联想高性能服务器事业部研制的基于 IA 架构的机群系统。在设计上严格遵循联想高性能服务器 eDORAS3 理念,采用主流的 Cluster 结构作为其体系结构,结点机采用基于 Intel 架构的商用服务器,通过高速通信网络实现结点间互连,对外提供单一系统映像,既能很好地支持大规模科学工程计算,也能适用于信息服务和事务处理,具有结点选择丰富灵活、机群域网专业高效、基础架构完备可靠和机群管理简洁实用等技术

特色。该服务器一共有 48 个节点,每个节点有两个 CPU,共有 96 个 CPU,计算能力可达每秒 4~5 千亿次,有 4T 的存储空间。

2 模式安装及运行

2.1 模式安装

首先把模式拷贝到/home/grapes/下,然后建立 grapes 模式所用资料的主目录(资料包括 T213 资料和观测资料),最后把 9210 资料放在/home/grapes/9210_data/下。代码如下:

```
cp grapes_model_3dv.20040621.tar.gz
tar-xzvf grapes_model_v2.5.tar.gz
cd grapes
mkdir 9210_data
mkdir 9210_t213
cd 9210_data
```

2.2 模式编译及分步运行

运行 GRAPES 模式有分步运行和用作业卡运行两种方法。在初次安装 GRAPES 模式时,必须用分步运行方法,以便于根据需求修改参数。

以 2005 年 10 月 29 日 08 时 36 h 预报为例,介绍分步运行的方法。

2.2.1 获取 T213 预报场和观测资料并解码 GRIB

```
cd /home/grapes/9210_t213_proc
./9210_t213_proc.sh 2005102812 36 ../data/
9210_t213 ../t213_DATA
```

其中,“2005102812”是 T213 资料的时间(用年月日时表示);“36”是指预报时效为 36 h;“../data/9210_t213”是指通过 9210 广播的 T213 资料 GRIB 码存放目录;“../t213_DATA”是指 T213 资料解码后的存放路径。在/home/grapes/t213_DATA/2005102812/目录下生成 t2132005102812、t2132005102900、t2132005102906、t2132005102912、t2132005102918、t2132005103000 共 7 个文件。

2.2.2 做三维变分同化

① T213 数据前处理

首先进入 T213 资料处理的目录,把原来保存的执行文件清除,然后生成新的执行文件 t213proc.exe。修改 T213 资料的时间和模式的预报时间,修改 namelist_t213.sh 文件中的 record2 和 record3,然后运行 t213proc.exe。运行后,在/home/grapes_3dv/data/input/backgrd 目录下生成 xb.dat,即为三维变分资料同化生成的背景场。代码如下:

```
cd /home/grapes/grapes_3dv/preproc/9210_t213
```

```
_proc
```

```
make clean
```

```
make
```

```
namelist _t213.sh 2005102812 2005102900
```

```
../../../../t213_DATA
```

```
./t213proc.exe
```

② 常规资料解码

修改起始日期文件 wsdat.dat 为模式起报时间(比 T213 资料晚 12 h,即 05102900),然后对程序进行编译,生成 ptrans0.exe 和 ptranstp.exe 两个可执行文件,运行 ptrans0.exe,在当前目录生成 aaxx1.dat, ttaal.dat, ttbb1.dat,再运行 ptranstp.exe,在当前目录生成 gg0100.dat,同时在/grapes/grapes_3dv/data/input/GTS 目录下生成 TEMP 文件。代码如下:

```
cd /home/grapes/grapes_3dv/preproc/9210_obs
_proc/datatran
```

```
cat ../../../../data/9210_obs/05102908.ABJ
```

```
> fn.dat
```

```
pgf90-o ptrans0.exe ptrans0.for
```

```
pgf90-o ptranstp.exe ptranstp.for
```

```
./ptranst0.exe
```

```
./ptranstp.exe
```

③ 三维变分资料同化

进行三维变分资料同化时,先进入三维变分程序的目录,然后根据本地计算机的编译器来修改编译参数,在 3dv/configs/目录下 configs.3dvar 文件中进行修改。接着进入变分程序的执行目录,把原来编译生成的文件先清除,再重新生成可执行文件 grapes3dvar.exe。修改 namelist_3dv.sh_9210,其格点设置(格点数、水平格距、起始经纬度)必须和 T213 前处理模块 9210_t213_proc 中 namelist_t213.sh 的设置相同。执行三维变分的程序,在/grapes/grapes_3dv/data/output 目录下生成分析场 dxa2005102900.dat, xa2005102900.dat 两个文件。把 xa2005102900.dat 文件拷贝到模式的运行目录,并重命名为 xa.dat。代码如下:

```
cd ../../../../3dv
```

```
cd ../rundir
```

```
./make_clean
```

```
./make_script
```

```
./namelist_3dv_9210 2005102900
```

```
./grapes3dvar.exe
```

```
cd ../../data/output
```

```
mv xa2005102900. dat ../../../../grapes_model_
v2.5/run/xa. dat
```

2.3 模式主模块

先进入模式主模块目录,把原来保存的执行文件和临时文件清除,代码如下:

```
cd ../../../../grapes_model_v2.5
clean
```

2.3.1 编译 grapes 主模块

修改 configure. grapes 和 Makefile. grapes 中有关与编译器相关的编译参数。

并行运算:

```
cp configure_grapes_parallel configure. grapes
cp Makefile_grapes_parallel Makefile. grapes
```

串行运算:

```
cp configure_grapes_serial configure. grapes
cp Makefile_grapes_parallel Makefile. grapes
```

编译 grapes, 在 run 目录下生成 si. exe 和 grapes. exe, 代码如下:

```
./compile grapes
```

2.3.2 运行主模块

进入模式执行程序所在目录, 然后设置其相关参数, 其对应的量为 (./namelist_grapes. sh_9210 \$model_dt \$step_max \$step_output \$YYYY1 \$MM1 \$DD1 \$HH1 \$YYYY2 \$MM2 \$DD2 \$HH2 \$do_static \$YYYYMMDDHH_init), 接着把 T213 的资料连接到模式的主模块中, 再把模式所需要的地形数据连接过来。运行 si. exe, 生成预报的初始资料 grapesinput 和侧边界 grapesbdy。再运行 grapes. exe 生成预报结果, 有两个文件, 分别为 post. ctl_2005102900 和 postvar2005102900, 通过 Grads 绘图软件, 可以实现模式预报结果的可视化输出。代码如下:

```
cd run
./namelist_grapes. sh_9210 180 732 20 2005 10
29 00 2005 10 29 12 . true. 2005102900
cd t213
ln -s /home/grapes/t213_DATA/2005102812/
ln -s /home/grapes/geodata
./si. exe
./grapes. exe
```

2.4 作业卡运行

作业卡运行就是把上面分步运行的步骤编写成在 Linux 环境下自动执行的 shell 脚本。用 shell 脚本自动运行。

在/home/grapes/grapes_sh 目录下

```
./grapes. sh 2005102900 36 . true.
```

其中, “2005102900” 是预报起始时间, “36” 表示预报的时效, “. true.” 表示是否做静态资料。当改变预报区域后, 必须要做静态资料, 应选用 . true.。再次用这个区域计算时, 就不需要作静态资料, 应选用. false.。

2.5 修改区域大小及模式分辨率

修改区域大小及模式分辨率时需改动的文件:

① 在/home/grapes/grapes_3dv/preproc/9210_t213_proc 目录下的 namelist_t213. sh 文件中的 record2 和 record3;

② 在/home/grapes/grapes_3dv/3dv/rundir 目录下的 namelist_3dv. sh_9210 文件中的 record4、record5 和 record7;

③ 在/home/grapes/grapes_model_v2.5/run 目录下的 go. go. 9210 文件中的 namelist_01。

空间分辨率和时间分辨率有一个大致的关系, 即 $dt/dx = 10$ 。比如如果空间分辨率取 60 km, 时间分辨率一般取 600 s; 如果空间分辨率取 10 km, 时间分辨率一般取 100 s。时间分辨率的修改在作业卡/home/grapes/grapes_sh 目录下的 grapes. sh 文件中。

2.6 模式运行的出错信息及其处理

错误信息 1:

```
PGFIO - F - 217/unformatted read/unit = 50/attempt to read past end of file.
```

```
File name = ./t213/t2132005102900024 unformatted, sequential access record = 2
```

In source file readt213.f, at line number 27

可能原因: 在./t213/目录中文件 t2132005102900024 不存在。

解决方案: 检查 t213 目录中的文件是否缺资料, 补齐资料后重做。

错误信息 2:

```
./si. exe: error while loading shared libraries:
libpgc. so: cannot open shared object file: No such file
or directory
```

可能原因: 编译选项中缺少 libpgc. so 文件。

解决方案: 修改 home/grapes/grapes_model_v2.5/run 目录下的 config. si 文件。

错误信息 3:

运行 si. exe 时

```
PGFIO-F-214/unformatted read/unit = 0/READ
not allowed for write-only file.
```

File name = stderr formatted, sequential access
record = 0

In source file get_static_data.F, at line number 76

可能原因:模式区域修改过后,没有重新做静态资料。

解决方案:重新做静态资料。

错误信息 4:

segment fault

可能原因:是否有分母为 0 的情况,堆栈受到限制。

解决方案:请查看系统的设置:ulimit -a,然后通过 ulimit -s unlimited 使得系统堆栈不受限制。

错误信息 5:

error opening file grapesinput stop running!

DYNAMICS OPTION: grapes

alloc_space_field: domain 1 0

可能原因:由于没有生成新的初始场 grapesinput 而产生的错误。

解决方案:检查 si 是否正常运行,有一种情况是因为模式区域修改过后,没有重新做静态资料而产生。

错误信息 6:

File(s) missing for 10m land data

Static file not created ERROR

FORTTRAN STOP

可能原因:一种是由于 namelist.input 文件中的参数设置错误,特别是模式范围设置错误造成的;另外一种是由于在/home/grapes 目录下没有静态资料数据 geodata。

解决方案:检查/home/grapes 目录下有没有静

态资料数据 geodata 目录;或者检查 namelist_grapes.sh 文件中的模式范围设置。

3 结 论

通过 GRAPES 模式在河南省气象台的业务运行,检验了模式对河南省本地的预报能力,并开展不同天气条件下、不同物理过程及参数化方案的数值模拟试验,对该模式在河南及其周边地区的预报中所应选取的参数和性能调整有了更加清晰的认识。但在研究工作中也发现,现有计算条件下,由于不同的微物理方案对于不同天气过程的预报能力不同,尚未有一种能够在任何天气条件下都表现同样优秀的统一参数化方案。因而,开展集合预报,消除数值预报中的不确定性迫在眉睫。

参考文献

- [1] Charney J G, Fjortoft R, von Neumann J. Numerical integration of the barotropic vorticity equation[J]. Tellus, 1950(2):237-254.
- [2] 丑纪范,徐明. 短期气候数值预测的进展和前景[J]. 科学通报, 2001,46(11):890-895.
- [3] 丑纪范,任宏利. 数值天气预报——另类途径的必要性和可行性[J]. 应用气象学报,2006,17(2):240-244.
- [4] 谷湘潜,谷美繁. 如何在 LINUX 下并行运行数值模式[J]. 气象,2006,32(2):104-110.
- [5] Yu Rucong. The Design of the Limited Area Numerical Weather Prediction Model with Steep Mountains[J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences (In English), 1989,13(2):145-158.
- [6] 宇如聪,薛纪善,徐幼平. AREM 中尺度暴雨数值预报模式系统[M]. 北京:气象出版社,2004:221-233.
- [7] 方慈安,梅修宁,毛光祥. η 坐标有限区域数值预报模式的实时预报试验[J]. 气象,1999,25(9):15-20.

Construction of the Provincial GRAPES Numerical Prediction System

Li Zhou¹, Kong Haijiang¹, Song Wei², Gu Xiujie¹, Qiao Chungui¹

(1. Henan Provincial Meteorological Observatory, Zhengzhou 450003, China;

2. College of Information Engineering of Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China)

Abstract: By using T213 data as its initial field, GRAPES is used to construct a mesoscale numerical prediction system of the provincial operation on the Lenovo Shenteng 1800 PC cluster. GRAPES-MESO V2.5 can work efficiently, which proves that it can be used in operation as a prediction product and as a platform for forecasters' diagnosis and simulation of weather cases.

Key words: GRAPES model; Lenovo Shenteng 1800 PC cluster; numerical prediction