

气象数值预报模式 WRF 自动化业务构建系统的搭建试验

单乃超 (民航安徽空管分局气象台, 安徽合肥 230051)

摘要 利用 Shell、Fortran、Grads 等高级语言构架并实现了 WRF 并行计算的自动化业务系统, 该系统能够定时下载数据、定时运行, 自动绘制数值预报产品, 极大地提高了工作效率。

关键词 数值天气预报; WRF; 自动化; 构建系统; 试验

中图分类号 S165 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2013)31-12412-02

Experiment for WRF Automation Construction System

SHAN Nai-chao (Anhui Air Traffic Control Sub-Bureau Meteorological Station, Hefei, Anhui 230051)

Abstract Using advanced programming language such as Shell, Fortran and Grads to frame and implement a parallel-computing automated business system, which is capable of timed downloads data, timed run, automatic drawing of numerical forecast products, and greatly improves working efficiency.

Key words Numerical weather prediction; WRF; Automation; Construction system; Experiment

随着大气科学理论、数值计算方法和高性能计算机技术的不断发展, 现代天气预报方法已从传统的建立在大气定性理论、数理统计与预报员经验基础上的半经验方法, 发展到以大气科学理论为基础, 综合现代科学技术的最新成果, 通过高性能计算平台的模拟计算得到预测结果的数值预报方法。WRF (Weather Research and Forecasting Model) 是下一代中尺度数值天气预报系统, 主要是涉及用于执行预报作业与大气研究工作。WRF 是由美国大气研究中心 (NCAR)、美国海洋与大气管理局 (NCEP) 及预报体统实验室 (FSL)、空军气象局 (AFWA) 海洋研究实验室、奥克拉荷马大学及联邦空管理局 (FAA) 共同努力开发的成果, 在国内, 许多人利用 MM5 模式进行了自动化的业务平台开发^[1]。笔者采用的 WRF 版本为 Version3.1.1, 对以安徽合肥为中心的模式自动化业务系统构建进行搭建试验。

1 系统的基本构架

1.1 资料获取、采集 模式利用 NCEP 的 GFS 全球数值预报模式数据, 连接美国 NCEP 数据服务器, 每日定时下载 2 次 (08:00、20:00) 最新 GFS 预报资料 (grib2 格式), 预报时效 72 h, 时间间隔 3 h, 并存储到本地数据服务器, 作为区域数值天气预报模式初始场和侧边界控制。网格密度为 $1.0^\circ \times 1.0^\circ$ 。

1.2 模式运行 WRF 模式共有 2 个大的程序模块, 即预处理模块 (WPS) 和模式运行核心模块 (WRF ARW), 其中 WPS (WRF Preprocessing System) 模块分为 geogrid、ungrib、metgrid 3 个子模块; geogrid 建立“静态的”地面数据, ungrib 解压 GIB 气象数据, 并归纳成为一个 intermediate 文件格式, metgrid 把气象数据水平插入模式领域内, 输出文件将被用作 WRFV3 的输入文件; WRF ARW 模式运行核心模块通过 real 模块把 metgrid 生成的数据垂直插值到模式 sigma 坐标中, 并输出 WRF 主程序的初值条件和边值条件 (图 1)。

1.3 预报结果后处理 利用 GRADS 绘图工具对系统的预报结果进行批量画图。

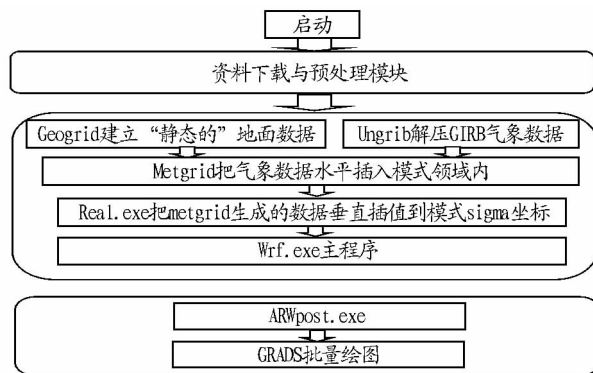


图 1 WRF 模式自动化业务系统流程

2 模式的参数化试验方案

一些学者对于 WRF 的不同参数对应当地参数化方案给出了解释^[2], 也有对该地区利用不同的参数化方案进行了对比试验^[3], 该试验模式的参数化方案为二重嵌套, 格距 60、20 km, 中心为 35°N 、 70°E , 格点 77×62 、 61×61 , 垂直层数 19 层, 积云参数化为新版 Kain-Frisch, 边界层为 YSU scheme, 辐射采用 RRTM 长波和 Goddard 短波, 地面通量为 isfflx = 1, 云微物理过程为 WSM 6-class graupel scheme, 预报时效 72 h。

3 系统的自动化实现

利用一台双核小型机采取 MPI 并行计算的方式, 涉及 Shell、Fortran、Grads 等计算机语言与平台, 通过定时编写脚本程序并调用脚本实现自动化运行, Shell 是一个命令解释器, 是系统的用户界面, 提供了用户与内核交互操作的接口, 接受用户输入的命令并把它送入内核去执行, 它是一个公用程序, 在用户登录的时候启动, 主要有 Bourne Shell、Cshell、K Shell、Z Shell 4 种版本, 该系统采用的是 C shell。

3.1 模式的定时启动 crontab 是 Linux 下的定时任务触发器通过 cron 服务使用户能够在指定的时间执行某些程序或脚本, 用时需先创建 crontab 文件, crontab 文件有 6 个域, 每个域之间用空格或 Tab 键分开, 前 5 个域均是整数或 *, 格式为: 分钟 (0-59) 小时 (0-23) 日 (1-31) 月 (1-12) 星期

(0-6);要执行的命令如创建文件 auto_run.cron,其命令行内容(省去环境变量的定义)为:12 30 * * * /home/wrf/auto_run.csh,其含义为每天的 12:30 执行路径/home/wrf/auto_run.csh 下的可执行文件 auto_run.csh。创建好 crontab 文件后,还需要使用命令“crontab auto_runcron”进行安装,安装后程序方可按照定时设置启动。对安装好的 crontab 文件进行编辑可使用 crontab - e 命令,删除非根用户下的 crontab 文件可使用 crontab - r 命令。由于 crontab 触发时并不登录用户,所以无法进入用户的 Shell 所,因此脚本中许多定义的变量和路径等就无法识别,因此在 crontab 启动时需要加入 12 30 * * * su 用户名 /home/wrf/auto_run.csh 用户登录命令实现。

3.2 模式的参数传递 模式运行中涉及到几个重要的参数,需要在不同的脚本模块中传递,如开始时间、结束时间、文件路径等,由于这些参数均是常量,所以可以在调用脚本的时候加入参数进行传递这些固定的量,这样可以使脚本更加简洁明了,结构化业更为明显。如:

```
set WRF_DIR = /home/WRFV3
set WPS_DIR = /home/WPS
```

那么 cd \$ WRF_DIR 就等价于 cd /home/WRFV3。在 Shell 中,调用脚本后面可以加入参数,每当 Shell 执行时,Shell 自动把第 1 个参数存在变量 \$ 1 中,第 2 个参数存在变量 \$ 2 中,如环境变量中定义了变量 WRF_DIR

```
set WRF_DIR = /home/WRFV3
set WPS_DIR = /home/WPS
```

则如果在调用脚本中加入参数 ./wrf_auto_run.csh \$ WRF_DIR \$ WPS_DIR,那么在 wrf_auto_run.csh 这个脚本程序中 \$ 1 即被赋值为/home/WRFV3,\$ 2 即被赋值为/home/WPS,接着就可以像使用一般变量一样去使用被赋值的 \$ 1 和 \$ 2 了。

3.3 时间的控制 时间的控制是整个自动化运行中最为复杂的步骤,涉及到起始时间、结束时间和预报长度等众多变量,主要是通过由 Shell 与 Fortran 编写的程序实现,原理是利用 Shell 程序设置时间参数,每次运行模式时均要自动的更改时间参数,如文件 namelist.wps 和 namelist.input 中的模式运行时间控制参数,起始时间是指模式预报的起始时间,它决定着 GFS 初始场资料的调用与模式运行中涉及到的全部时间设置。可以利用 Shell 的 date 命令和倒引号来定义起始时间,并利用参数传递变量 \$ 来便捷地传递它。date 命令可以显示或设置系统的时间与日期,如:

```
set TIMENOW = /bin/date + %Y%m%d%H 定义预报起始时间
```

```
set TIMEEND = /bin/date -d "3 days" + %Y%m%d%H 定义 3 d 后的预报结束时间
```

再利用带参数调用脚本的方式将这些时间变量传递给不同的模块来使用。由于模式运行的时间有特定的数字格式,因此需要将传递的 date 命令传递之后的时间变量进行切割,切割成年份、月份、日期切割并分别赋值于不同的变量便

于使用,如:

```
set YEARNOW = `echo $ TIMENOW |cut -c1-4`
set MONTHNOW = `echo $ TIMENOW |cut -c5-6`
set DAYNOW = `echo $ TIMENOW |cut -c7-8`
```

这样,利用输出重定向,

```
cat > namelist.wps << EOF
```

```
start _ date = ` $ YEARNOW - $ MONTHNOW - $ DAYNOW`,
```

```
EOF
```

更改模式的起始时间和结束时间等,在模式自动运行之前更改此次模式运行的时间参数,进而实现自动化。

3.4 资料的自动获取 模式的初始场资料来自 NCEP 的 GFS 全球数值预报模式数据。连接美国 NCEP 数据服务器 ftp://ftp.rpd.ncep.noaa.gov/pub/data/nccf/com/gfs/prod,每日定时下载 2 次(08:00、20:00)通过 Shell 的 wget 命令,wget 是 Linux 环境下用于从互联网撒谎能够提取文件的工具,支持代理服务器和断点续传功能,能够自动地递归远程主机的目录,找到合乎条件的文件并将其下载到本地硬盘上。利用 wget -i filelist 命令可以自动批量下载 filelist 中的地址,首先利用上述时间传递方法和输出重定向方法建立自动下载目录,利用 crontab 服务每天 2 次运行 wget 自动下载,从而完成资料的自动获取。部分代码如下

```
set ADDRESS = ftp://ftp.rpd.ncep.noaa.gov/pub/data/nccf/com/gfs/prod/
set AA = 12
set ZZ = z.pgrbf
set IDX = .idx
set GRIB = .grib2
set FILE = gfs. $ YEARNOW $ MONTHNOW $ DAYNOW $ AA
foreach HH (00 06 12 18 24 30 36 42 48 54 60 66 72)
set FILENAME = gfs.t $ AA $ ZZ $ HH $ GRIB
echo $ ADDRESS $ FILE $ FILENAME >>& /home/filelist
end
wget -N -c -t0 -T15 -i filelist > /home/wget.log
```

3.5 各个模块的自动运行实现 WRF 模式运行流程主要分为 WPS 的运行和 WRF 主程序的运行 2 个部分,前面通过时间的控制和输出重定向可以自动修改时间配置,因此可以分别编写每个模块的自动运行脚本,并由一个 wrf_autorun.csh 顺序分别调用每个脚本,然后利用 crontab 服务定时自动运行 wrf_autorun.csh,从而实现整个 WRF 模式的自动化运行。

3.6 预报结果的后处理自动化 模式自动运行结束后需要对预报结果后处理才能业务使用,分为以下 3 个部分来实现:①将预报结果 wrfout 转化成为 Grads 绘图工具能够识别的 ctl 文件和 dat 格式文件。文中采用的是 Arwpost 这个软件来实现,具体的时间参数设置利用上述方法进行。②利用

(下转第 12430 页)

业化程度与国外相比,仍然存在很大差距,制约其发展主要有以下问题。

3.1 技术问题 在我国,从生物质热解制油技术的研究现状来看,其工艺仍然采用国外传统制油工艺,核心技术的自主创新研发能力较低。我国生物质热解制油装备与国外相比在运行稳定性、能耗、成本、转化率等方面仍存在诸多问题。另外,大多数生物质热解制油技术装备自动化程度低、操作复杂,很多装备在温度、流量等方面无法实现精确测控。

3.2 应用问题 与国外相比,人们对生物燃油的认识不足。因此,我国目前应用范围较窄,主要代替煤等燃料用于工业炉窑供热,与现行能源价格相比,生物燃油缺乏一定的市场竞争能力。

3.3 设备推广问题 由于生物质热解制油技术工艺复杂,整套装备生产线成本高,作为一种新兴技术产业,企业投资具有一定风险,缺少完善的运营模式,民间投入资金较少,规模化程度不高,因此目前仍难以实现商业化。同时,成本问题将限制生物质能市场的发展,而市场狭小又会导致生物质热解制油技术与装备推广困难。

3.4 社会问题 首先,生物质热解制油技术的研发与应用较晚,国家对高校和科研院所等研究机构投入不足,培养专业人才的数量有限。其次,国家在财政、金融、市场开放等方面缺乏合理有效的激励政策,生物质能产品进入市场和享受政府补贴的障碍较多,相关政策之间也存在着协调性差、难以落实等问题。最后,企业与高校之间缺乏紧密的合作,理论与实践难以有效结合。

4 生物质热解制油技术发展建议

我国具有丰富的生物质能资源,有利于生物质热解制油技术的发展。根据我国生物质热解制油技术发展面临的主要问题,提出以下几点建议。一、加大对生物质热解制油技术的研究,致力于培养专业人才。在国外研究基础上,加强自主创新能力,提高国产装备的生产效率、可靠性和自动化程度。二、加大生物质热解制油技术的推广和应用,充分发挥生物燃油作为新能源的替代作用,拓展生物燃油市场,为我国经济发展提供清洁的能源,改善人们的生活条件。三、完善政策、法律支撑体系,制定切实可行的补贴方案,科学实

行财税扶持,从而形成从原料供应、产品加工到市场开拓和相关服务等完整的产业链。四、生物质热解制油技术是一种涵盖能源、农业、林业等多学科的综合技术,加大宣传力度,制定科学发展规划。五、生物质热解制油生产线应从运行稳定性、能耗、成本、转化率入手,提高生物燃油的生产效率和改善生物燃油品质。因此,从节能、减排、环保等方面,应以可持续发展的战略高度来考虑,今后国家、企业、高校及科研院所应紧密结合,实现产学研一体化,更好地将生物质热解制油技术应用于生产实践中。

5 小结

通过对生物质热解制油技术研究现状的分析,从技术、应用、设备推广和社会方面归纳出我国生物质热解制油技术发展面临的主要问题。从发展趋势上看,生物质热解制油技术的兴起到深入研究再到推广应用是中国经济可持续发展的需要。用生物燃油代替煤、石油等化石燃料在经济、技术上具有可行性和优越性,未来必然具有广阔的发展和应用前景。

参考文献

- [1] 常杰. 生物质气化发电发展关键问题及前景展望[J]. 电力建设, 2009, 30(6): 1-5.
- [2] 马德金, 孔宪迪, 唐根生. 生物质制沼气的相关技术参数分析[J]. 科技传播, 2010(8): 135-136.
- [3] 李平, 蔡鸣, 陈正明, 等. 生物质固体成型燃料技术研究进展及应用效益分析[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(14): 8284-8286, 8306.
- [4] 颜涌捷, 张素萍, 任铮伟, 等. 生物质制液体燃料[J]. 太阳能学报, 2013(1): 18-19.
- [5] 王述洋, 谭文英. 中国生物质能技术装备研发应用现状及发展趋势[C]//第二届中国林业学术大会—SI 现代林业技术装备创新发展论文集. 南宁: 中国林学会, 2009: 27-31.
- [6] 秦特夫. 生物质热裂解和化学液化制燃料油技术现状及展望[J]. 生物质化学工程, 2006(S1): 78-85.
- [7] 郭艳, 王焱, 魏飞, 等. 生物质快速裂解液化技术的研究进展[J]. 化工进展, 2001, 20(8): 13-17.
- [8] 生物质制油(BTL)脱颖而出[J]. 精细石油化工进展, 2008, 9(5): 54-55.
- [9] MEIER D, FAIX O. State of the art or applied pyrolysis of lignocellulosic materials: A review[J]. Bioresource Technology, 1999, 68: 71-77.
- [10] BRIDGWATER A V. Review of fast pyrolysis of biomass and product upgrading[J]. Biomass and Bioenergy, 2012, 38: 68-94.
- [11] LEDE J, BROLST F, NDIAYE F T, et al. Properties of biobills produced by biomass fast pyrolysis in a cyclone reactor[J]. Fuel, 2007, 86(12): 1800-1810.
- [12] 刘荣厚, 鲁楠, 曹玉瑞, 等. 旋转锥反应器生物质热裂解工艺过程及实验[J]. 沈阳农业大学学报, 1997, 28(4): 307-311.
- [13] 何芳, 姚福生, 易维明, 等. 下降管式生物质热解液化装置的计算分析[J]. 农业工程学报, 2005, 21(8): 122-125.

(上接第 12413 页)

Shell 调用 Grads 画图脚本文件进行批量画图, 将所有画图语句写在一个 gs 文件中, 利用 Shell 语句可实现脱离 Grads 界面环境批量画图(gif 格式), 即./gradsnc -lbc "run test.gs"。③将所有的图片转移到 Windows 业务平台, 利用 ftp 软件进行下载和同步。

4 结语

此模式中心区域选为安徽, 能够自动地从 NCEP 服务器上下数据, 并自动运行, 后处理出图, 有效地提供了数值预报产品, 提高了工作效率, 是真正意义上的自动或业务系统。由于从模式自动运行到输出产品均是在 Linux 环境中, 为更

好地投入业务运行, 后续将开发基于 Windows 的业务平台的浏览同步软件, 另外, 数据同化对改善模式处置进而提高数值预报水平至关重要, 为提高数值预报模式的预报能力, 后续将开展对常规资料和非常规资料的同化试验研究, 进而为 WRF 模式本地化业务运行提供了较好的平台和开端。

参考文献

- [1] 王伟, 李江南, 管勇. 气象数值模式 MM5 自动化业务系统的构架与实现[J]. 现代计算机, 2007(3): 75-79.
- [2] 胡向军, 陶建红, 郑飞, 等. WRF 模式物理过程参数化方案简介[J]. 甘肃科技, 2008, 24(20): 73-75.
- [3] 段旭, 王曼, 陈新梅, 等. 中尺度 WRF 数值模式系统本地化业务试验[J]. 气象, 2011, 37(1): 39-47.