

# MM5 V3.5 模式对陕北地区中尺度系统的模拟能力试验<sup>①</sup>

郭建侠<sup>1</sup> 杜继稳<sup>2</sup> 郑有飞<sup>1</sup>

(1. 南京气象学院, 210044; 2. 陕西省气象台)

## 提 要

使用 NCEP 再分析资料作为大尺度背景场, 在 9km 网格距下, 应用 MM5V3.5 对陕北地区的夏季降水和冬季降温进行了模拟试验, 结果发现 MM5V3.5 对该地区夏季区域性降水分布型态、演变过程以及冬季降温过程具有很好的模拟能力, 对局地性极强的降雨模拟能力较差, 对降水中心的模拟存在一定的偏差, 大范围的区域性降水模拟有虚假中心出现。

**关键词:** MM5 夏季降雨 冬季降温 模拟能力

## 引 言

MM5 是由美国宾州大学 PSU (The Pennsylvania State University) 和美国国家大气研究中心 NCAR (the National Center for Atmospheric Research) 联合开发的公用中尺度数值模式, 已经发展到 V3.5 版本。由于该模式包含了非静力部分, 可以进行细网格短时步的计算, 目前已经普遍应用于数值分析研究, 也有一些台站用于预报业务试用中<sup>[1-9]</sup>。

陕北地区属黄土高原, 多丘陵沟壑, 地形地貌复杂, 气象灾害频繁, 是陕西气象预报的重点和难点地区, 为了提高对这一地区中小尺度天气事件的预报能力, 引进目前最新版本的中尺度数值模式 MM5V3.5, 对其进行研究与开发改进是非常必要的。

本文研究了 MM5V3.5 在网格距缩小到 9km 情况下, 对陕北地区夏季降水和冬季降温过程的模拟性能, 为这一地区使用数值预报工具提供参考。

## 1 资料来源及参数设置

本文所使用的大尺度背景资料是从中国

科学院寒区旱区环境与工程研究所得到的美国 NCEP 再分析资料、全球 5' 地形资料和 USGS 陆面资料, 作为对比的地面观测资料是由中国气象局气象中心资料室提供的同期信息化资料。

为使整个陕北地区处于模式计算区域中, 模式中心点定于 37.8°N、108.8°E, 南北、东西方向各取 120 个格点, 网格距 9km。模式计算区域为 33.93 ~ 41.48°N、104.02 ~ 113.58°E, 区域内地形如图 1 所示, 可以看出, 陕北东侧 111°E 附近、36°N 以北的吕梁

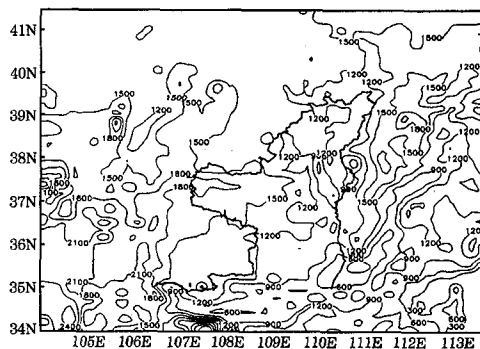


图 1 模式计算区域内地形

① 陕西省自然科学基金项目 2001D10 和陕西省生态办项目(1999-003)共同资助

山脉,陕北西侧  $106^{\circ}\text{E}$  的六盘山,陕北境内的白于山,陕北南部的秦岭太白山等均有很好的反映,经与有关地图对照,模式地形与实况有较好的一致性。

模式选用的物理过程为:Grell 积云对流方案、简单冰相降水过程、cloud 辐射方案、MRF 行星边界层方案、OSU LSM 陆面方案,垂直分辨率  $K_v = 23$  层,大气顶气压  $100\text{hPa}$ ,时间积分步长  $\Delta t = 30\text{s}$ ,采用张弛边界条件,每 6 小时更换一次侧边界条件。

## 2 实况与模拟结果

为体现代表性,选择两个夏季降雨个例和一个冬季降温个例进行模拟试验。

个例 1:1999 年 7 月 4 日的一次区域降雨过程。实况如图 2a,雨区基本覆盖  $38^{\circ}\text{N}$  以南,雨带呈西南—东北方向,强降雨带由西向东穿过陕北西南部和中部,呈拱形分布。

为考察不同初值对模拟结果的影响,分别以 1999 年 7 月 1 日 06UTC,1 日 12UTC,2 日 00UTC,2 日 12UTC,3 日 00UTC 为初始场,积分至 6 日 12UTC,模拟的 4 日降水分布见图 2b~f。可以看出,不同初值模拟的 4 日降水基本将西南—东北方向的雨带分布特征模拟出来了, $34^{\circ}\text{N}$ 、 $111^{\circ}\text{E}$  附近的无雨区也有明显的体现。但是,实况中仅有一条强降雨带,而不同初值模拟的降水均存在两条强降雨带,位置分别位于实况强降雨带的南北两侧,南侧的降雨强度大于北侧,与实况的由北向南递增特点符合。实况中的几个强降雨中心,在模拟结果中均有反映,但是位置普遍偏西、偏北,偏移量在  $0.5\sim 1.5$  个经纬度左右,模拟的降雨中心强度普遍较实况偏大,与文献[1]的结论一致。图 2c~f 中  $111.5^{\circ}\text{E}$  以西的主要强降雨中心呈拱型分布结构,与实况的强降雨带分布形态较为一致。

我们注意到,初值对于模拟结果具有一定的影响,1 日 06UTC 模拟的雨区最大,强降雨中心范围也最大,雨带向北偏移最剧烈,3 日 00UTC 模拟的雨区最小,两条雨带向中部收缩,强降雨中心位置相对而言更接近实

况。可见,模式短时间的模拟效果优于长时间的。

我们还注意到,模拟结果中  $37.5^{\circ}\text{N}$ 、 $112^{\circ}\text{E}$  附近普遍有一强降雨中心,随着初始场的后延,这一中心的范围和强度不断缩小。这一中心在实况图中并没有出现,是虚假降水中心,还是台站网格未捕捉到的真实降水?对比 7 月 5~6 日的降水模拟结果(图略)与实况(图略),发现这一中心在 5~6 日的模拟结果中仍然存在,而实况中雨区已从模拟区域中基本消退,据此可以判断这一中心为虚假降雨中心。文献[1]中曾出现了类似结果,作者指出:当模式格距缩小到  $10\text{km}$  时,在模拟出主要降水分布特征的同时也出现了一些虚假的降水中心。分析图 2 中该降水中心的位置正处于吕梁山脉,山地的复杂地形在细网格下产生扰动可能是引起虚假降雨中心的原因。

个例 2:1999 年 7 月 11~14 日的一次降雨过程,从 11 日至 14 日,模拟区域内出现两次南北方向分布的降雨过程,11 日有 2 站达到暴雨,分别是山西兴县  $90.8\text{mm}$  和山西原平  $58.1\text{mm}$ ,另有 12 站达到中雨以上(图 3a);13 日有 3 站降暴雨,其中陕西吴旗达到大暴雨  $113.4\text{mm}$ ,另两站为甘肃平凉  $76.2\text{mm}$ 、内蒙古东胜  $60\text{mm}$ ,此外,有 8 站达到中雨以上(图 3b)。这次降雨过程呈现不连续特征,雨量分布极不均匀,局地性较强。

分别以 1999 年 7 月 10 日 00UTC,11 日 00UTC,12 日 00UTC 为初始场,积分至 15 日 12UTC。发现,模式模拟的降雨过程演变与实况有非常好的一致性,较好地体现了降雨过程中的不连续性。就降水分布来看,11 日的降水南北向分布特征较明显(图 3a'),而 13 日仅出现了南部的降雨区(图 3b'),北部的强降雨中心没有模拟出来。实况资料表明,模拟区域内  $38^{\circ}\text{N}$  以北共有 10 个站点,13 日只有内蒙古东胜单站雨量达到  $60\text{mm}$ ,周围的 8 个站点都是微量或无雨,东边距离较远的 1 个站点达到  $27\text{mm}$ ,与此相反, $38^{\circ}\text{N}$  以南有两个站达到暴雨,7 个站达到中雨以

上,很明显,北部是一次特别典型的局地性暴雨过程,而南部则相对呈现区域性特征。说明MM5V3.5对区域性降水有一定的模拟能力,而对局地性极强的降水模拟性能欠佳。

可以看到,模拟的降雨中心位置较实况仍有偏移,13日以前雨强带向北、向西偏移较明显,与个例1的结论类同,13日及以后主要雨区则呈现向西、向南偏移的特征,14

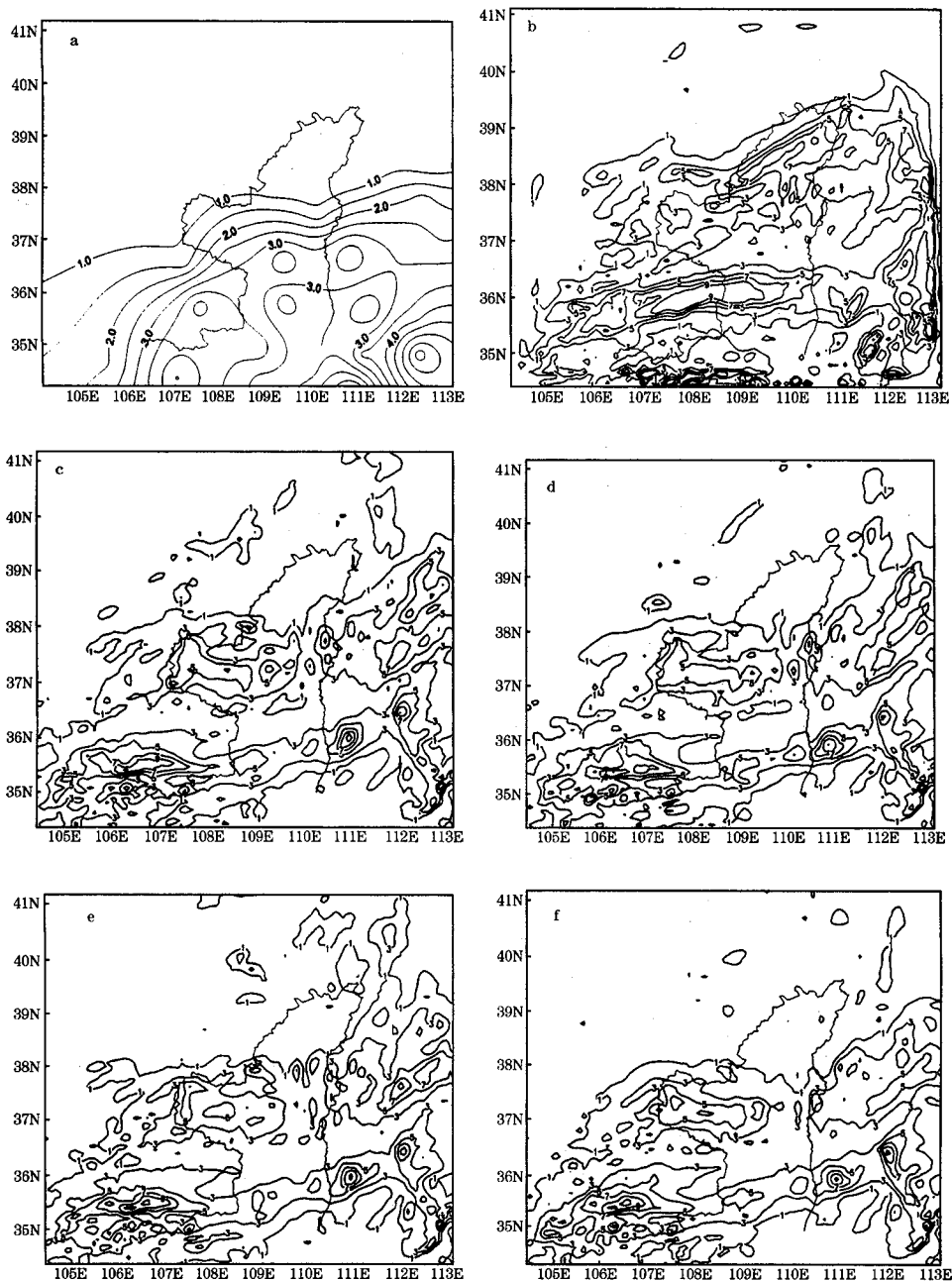


图2 7月4日模拟的降水量分布与实况对比(cm)

a:实况;b-f:7月1日06、12时,2日00、12时,3日00时(UTC)为初值的模拟结果

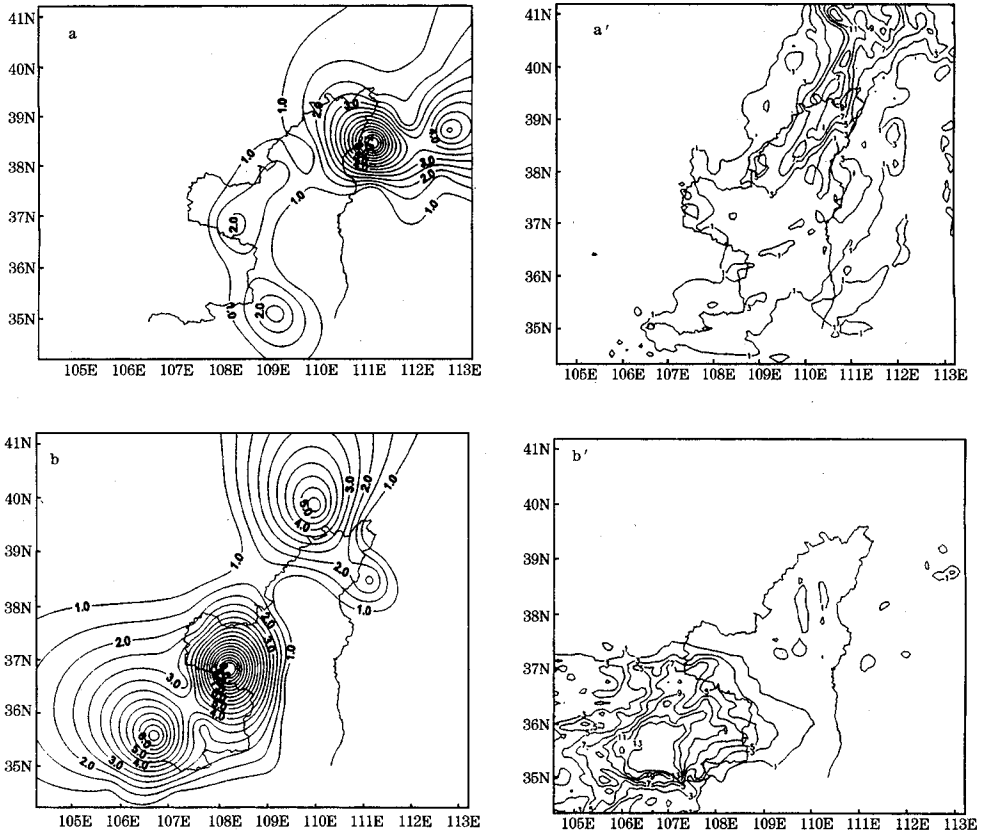


图3 7月11、13日模拟降水与实况对比(cm)

a、b:实况,a'、b':模拟值

日北部的小片雨区明显向东南偏移(图略),说明模拟雨区的偏移存在很大的不确定性。此外,模拟的降雨中心强度也较实况偏大,与个例1的结果类似。

我们注意到,在这次降雨过程的模拟结果中并没有出现吕梁山脉地区的虚假降雨中心,说明网格距的缩小和地形的扰动作用并非一定产生虚假降水中心,只有在包含该地区的大范围降水过程模拟中才会产生虚假中心。

个例3:1999年1月4~8日的一次强降温过程,陕北地区12个代表站在4~8日期间日平均温度下降了8~12℃,这种天气过程在冬季较常见,也是预报的重点内容。

以1999年1月2日06UTC为初始场,积分到10日12UTC。图4中虚线是12个

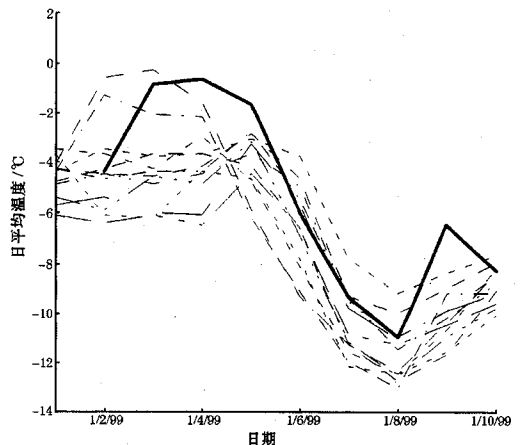


图4 1999年1月陕北地区温度变化及模拟的区域平均温度变化图

虚线:陕北地区12个代表站的日平均温度变化曲线  
粗实线:模拟的区域日平均温度变化曲线

代表站的日平均温度变化曲线,粗实线是模拟区域(35~39.5°N、107~111°E)的日平均温度变化曲线,从图中可以看出,模拟的日平均温度变化4日前呈现上升特点,4~8日连续下降,降温幅度接近12℃,8~9日温度回升,9日以后又下降,与实况有相当好的一致性。可见,用NCEP再分析资料作为初始场,能够很好地再现冬季旬尺度的区域温度变化情况,同时也说明了9km网格的MM5V3.5对陕北地区冬季温度变化趋势的模拟能力较强。

### 3 结论和讨论

本文通过3个个例的试验,分别检验了MM5V3.5对陕北地区夏季降水和冬季强降温过程的模拟性能,结果显示在模式网格距为9km的分辨率下,MM5V3.5能够很好地模拟出陕北地区夏季区域性降水的分布型和演变过程,模拟的降水中心位置存在一定的偏差,降雨强度普遍较实况偏大,大范围的区域性降水模拟中有虚假中心出现;模式对局地性极强的暴雨模拟能力较差;对温度趋势的模拟能力较强,能够很好地模拟出冬季旬尺度的温度变化情况。

模式的模拟能力还与物理过程选择、下垫面属性等有关,限于篇幅,我们将在另文中

进一步讨论。由于本文仅对3个个例进行了模拟,结论是否具有普遍性,尚需进一步的试验和检验。

**致谢:**本文所使用的MM5V3.5模式和NCEP再分析资料是从中国科学院寒区旱区工程研究所得到的,吕世华教授和陈玉春教授传授了MM5V3.5模式的使用方法,对此表示衷心的感谢。

### 参考文献

- 1 王建捷,胡欣,郭肖容. MM5模式中不同对流参数化方案的比较试验. 应用气象学报,2001,12(1): 41~53.
- 2 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,2001,59(3): 294~307.
- 3 吕世华,陈玉春,安兴琴. 兰州盆地局地环流及逆温形成的数值模拟. 高原气象,2001,20(增刊): 1~7.
- 4 姜学恭,孙永刚,沈建国. 一次东北冷涡暴雨过程的数值模拟试验. 气象,2001,27(1): 25~30.
- 5 许东培,康凤琴,郑新江. 1998年“4.18”强沙尘暴分析及数值模拟. 气象,2002,28(8): 9~14.
- 6 周小珊,杨森,张立祥. 中尺度数值模式(MM5V3)在沈阳区域气象中心的试用. 气象,2001,27(8): 28~32.
- 7 孙军,李泽椿. 西北地区沙尘暴预报方法的初步研究. 气象,2001,27(1): 19~24.
- 8 崔春光,房春华,胡伯威等. 地形对低涡大暴雨影响的数值模拟试验. 气象,2000,26(8): 14~18.
- 9 刘建军,程麟生. “97.12”高原暴雪过程中尺度热量和水汽收支诊断. 气象,2002,28(6): 16~22.

## Numerical Simulation Tests of the Meso-scale System for the North of Shaanxi Province

Guo Jianxia<sup>1</sup> Du Jiwen<sup>2</sup> Zheng Youfei<sup>1</sup>

(1. Nanjing Institute of Meteorology, 210044;

2. Shaanxi Province Meteorological Observatory)

### Abstract

Three cases are chosen to verify the MM5V3.5 model's simulating capability for meso-scale system in the north of Shaanxi province. The results indicate that at 9km resolution and NCEP as the large scale background field, the model has the best ability of simulating the pattern of summer rainfall and evolution features except some deviation in the position and intensity of precipitation centers. Also, it has higher capability of imitating the trend of winter temperature. Meanwhile, it is poor of its performance in simulating the extreme local precipitation centers, and, there appear some dummy rainfall centers in precipitation's simulation for large areas.

**Key Words:** MM5 summer precipitation winter temperature simulating capability