

文章编号: 1004-4965 (2005) 06-0597-08

改进的 AREMS 对 2003 年汛期 降水预报及对比检验

王叶红¹, 赵玉春², 张 兵¹

(1. 中国气象局武汉暴雨研究所, 湖北 武汉 430074; 2. 武汉中心气象台, 湖北 武汉 430074)

摘 要: 利用包含三维变分同化的中尺度暴雨数值预报模式系统 AREMS 和 AREM2.1 对 2003 年主汛期 (6~8 月) 进行了每天两个时次 (08 时和 20 时) 的实时平行预报试验。对 24 h 累积降水量预报进行了分区检验, 结果表明: (1) AREMS 对我国夏季降水具有较强预报能力, 长江中下游地区 TS 评分最高。长江中下游、华北和华南地区空报率大于漏报率, 东北和西南地区东部则相反。(2) 模式条件的改变 (模式层顶、侧边界条件及初值分析) 对不同区域 24 h 降水预报的影响程度不同: 6~8 月平均而言, 影响最显著的是东北、华北地区, 然后依次为华南、西南地区东部, 影响最小的是长江中下游地区。(3) 模式条件的改变对不同区域 TS 评分影响不同: 6~8 月平均而言, AREMS 对东北地区降水预报效果改进最显著, 特别是 12~36 h 时效的降水预报; 对华北地区的改进也非常明显; 对华南地区降水预报水平整体下降; 对长江中下游和西南地区东部改进不明显。(4) 模式条件的改变对不同区域空报率和漏报率影响不同: 华北漏报率明显减小, 但空报率有所增加; 东北绝大多数的空报率与漏报率都较 AREM2.1 有所减小; 西南东部地区, 08 时漏报率略有所减小, 空报率增大, 20 时反之。(5) 长江中下游、华南和西南地区东部 TS 评分差值在 6、7、8 各月变化明显。

关 键 词: 降水预报; 客观检验; AREMS

中图分类号: P426.6

文献标识码: A

1 引 言

AREM2.1 模式是一个考虑了我国复杂地形的有限区域数值预报模式^[1]。该模式已在国内外二十多家科研和业务单位得到广泛使用, 大量研究和业务试验^[2~6]表明, AREM2.1 对东亚区域的暴雨模拟和预报较国内外其它预报模式有明显的长处和优势, 是目前我国自行发展的从事暴雨等中尺度研究和预报的主要工具之一。文献[2]对 2002 年汛期试验结果进行了 24

收稿日期: 2004-06-22; 修订日期: 2004-12-27

基金项目: “十五”国家重点科技攻关计划项目 (2001BA607B); 科技部重点转面上项目“我国南方致洪暴雨预测预警系统”资助

作者简介: 王叶红 (1974-), 女, 河南人, 工程师, 硕士, 主要从事数值预报和资料同化研究。E-mail: yehongw@whihr.com.cn

h 预报降水的 TS 评分检验,表明 AREM2.1 模式是适合于我国计算机条件,对我国夏季降水有较强预报能力的中尺度数值预报模式。为进一步提高 AREM2.1 模式的降水预报能力和应用水平,“973”(中国暴雨)项目对模式进行了改进和完善,并将 AREM2.1 模式集成为一个配有三维变分同化系统^[7]的中尺度暴雨数值预报模式系统(AREMS)。为了解 AREMS 的降水预报能力以及改进前后模式预报效果的差异,2003 年 6~8 月对 AREMS 与 AREM2.1 模式进行了实时平行预报试验,并对 24 h 降水预报结果进行了分区检验。

2 中尺度暴雨数值模式预报系统

AREM2.1 模式由中国科学院大气物理研究所宇如聪等^[1]设计并经过改进。模式垂直坐标选用 σ -坐标, σ -坐标保留了 σ -坐标具有的简单下边界条件,又避免了在陡峭地形下 σ -坐标模式计算误差较大的缺点。模式中变量的水平分布采用 E 网格,水平分辨率平均约 37 km。模式的物理过程包括非局地边界层、水平扩散、大尺度凝结降水及 Betts 对流参数化调整方案。水汽平流计算采用保形正定平流差分。与 AREM2.1 模式相比,AREMS 的改进主要包括三个方面:(1) AREM2.1 采用的初值分析系统是改进的 Barnes 客观分析方案,AREMS 增加了三维变分同化分析系统^[7];(2) AREM2.1 采用的侧边界条件为固定边界,AREMS 增加了时变边界条件;(3) AREMS 将模式层顶由原模式的 100 hPa 抬高到 50 hPa。模式垂直分层由 25 层增加到 28 层。模式层顶抬高后,使得三维变分分析的对流层以上的信息可以进入模式,并且垂直分层方式也有利于模式层模式顶的波能反射。

3 试验方案

AREM2.1 模式采用的试验方案为:固定侧边界;垂直方向等距分为 25 层,模式层顶到 100 hPa;初始化方案采用的是改进的 Barnes 客观分析法,用 Gaussian 权重函数加权平均法给出背景场。改进后的模式系统 AREMS 采用的试验方案为:时变侧边界,用 T_{213} 每隔 6 小时的预报场为模式提供侧边界;垂直方向等距分为 28 层,模式层顶到 50 hPa;初始化方案采用三维变分分析,其中背景场由 T_{213} 模式 12 h 预报场提供,观测场采用的是常规探空和地面资料。其余方案两者都相同。模式积分范围均为 $85\sim 135^\circ\text{E}$, $15\sim 55^\circ\text{N}$ 。

2003 年 6~8 月对两种方案进行了连续的实时业务试验,每天进行两个时次(08 时和 20 时)的预报,除个别天 T_{213} 资料收取不完整而无法进行试验外,以 08 时和 20 时为初始时刻的试验个例分别为 87 和 83 个。

参加预报评分的区域范围及站点如图 1 所示。评分中 24 h 降水量分为五个降水等级:大于 0.1、10、25、50 和 100 mm。评分区域分为五个:长江中下游、

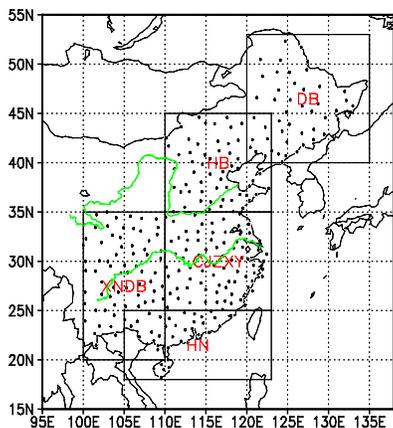


图 1 TS 评分站点分布及分区示意

华南、华北、东北和西南地区东部。所检验的预报降水时段为两个：以 08 时为初始时刻模式预报的 0~24 h 降水量和以 20 时为初始时刻预报的 12~36 h 降水量。检验采用站点对站点的方式，即将模式预报的格点降水量插值到各测站，与测站上的实况降水量进行比较。预报检验统计量为 TS 评分、漏报率、空报率。公式详见文献[8]。

4 AREMS 6~8 月降水预报平均概况

图 2 为 AREMS 对所划分的五个区域的 6~8 月平均检验情况。由图 2 的左图 AREMS 08 时降水预报检验结果可见：

(1) AREMS 对各区晴雨预报 ($R > 0.1 \text{ mm}$) 评分最高，随着降水量级的增加 TS 评分逐渐降低（西南地区东部 100 mm 降水除外，其 TS 评分高于 50 mm 的）。

(2) 从不同区域的 TS 评分来看，对 0.1 mm 降水的 TS 评分，西南地区东部最高 (0.488)，然后依次为长江中下游 (0.445)、东北 (0.442)、华南 (0.411)、华北地区 (0.337)。可见除华北地区的评分较低外，其它四个区域的评分差别不显著，说明 AREMS 对上述四个区域降水落区预报能力相当。模式对 10、25、50 mm 降水预报的 TS 评分，均是长江中下游地区最高，对应地评分最低的区域分别为华南、东北和西南地区东部。长江中下游、华南、华北、东北和西南东部地区 50 mm 降水预报的 TS 评分分别为 0.055、0.047、0.034、0.044 和 0.031，表明 AREMS 模式对上述地区的暴雨都具有一定的预报能力。对 100 mm 降水的预报，TS 评分最高的是西南地区东部，然后依次为华南、华北地区、长江中下游和东北地区。可见，对中雨、大雨和暴雨的预报长江中下游评分最高，而对晴雨和大暴雨的预报评分最高的是西南地区东部。

(3) 从各区的空报率和漏报率来看，总体上，长江中下游、华北和华南地区空报率大于漏报率（仅除华南地区 10、25 mm 降水相反），并且除 100 mm 降水的空报率显著地高于漏报率外，其它降水级别两者差别不是很大；东北和西南地区东部则是漏报率大于空报率（西南地区东部 0.1 mm 降水除外），其变化趋势也与上述三个区域明显不同：东北地区对 0.1、100 mm 降水预报的漏报率和空报率差别较小，分别为 0.11 和 0.0，而其它三个降水级别两者的差别分别为 0.31、0.36 和 0.33，差别比较显著；西南地区东部表现为随着降水级别增加，漏报率与空报率的差别越来越显著，其差值分别为 -0.08、0.1、0.25、0.37 和 0.48，说明 AREMS 对西南东部地区级别越大的降水越容易漏报，而越不易空报。

由图 2 的右图 AREMS 20 时降水预报检验结果可见：

(1) 与 0~24 h 降水预报类似，12~36 h 的降水预报检验，也表现出随着降水量级的增加 TS 评分逐渐降低（华北和东北地区 100 mm 降水除外，其 TS 评分高于 50 mm 的）。

(2) 从不同区域的 TS 评分来看，对 0.1 mm 降水的 TS 评分，东北最高 (0.398)，然后依次为长江中下游 (0.387)、西南地区东部 (0.361)、华南 (0.359)、华北地区 (0.299)。模式对 10、25 mm 降水预报的 TS 评分，以长江中下游地区最高，华北、东北和华南地区次之，西南东部地区最低。模式对 50、100 mm 降水预报的 TS 评分，东北地区最高，西南东部地区最低。东北和长江中下游地区 50 mm 降水预报的 TS 评分分别为 0.044 和 0.042，表明 AREMS 模式 12~36 h 的降水预报对上述两地区的暴雨仍具有一定的预报能力。对 100 mm 降水的预报，长江中下游、华南和西南东部地区的 TS 评分已为零，表明模式对该地区的大

暴雨过程预报能力较差。

(3) 各区空报率和漏报率的分布特征与 0~24 h 降水预报的分布特征基本一致, 总体上, 长江中下游、华北和华南地区绝大多数空报率大于漏报率; 东北和西南地区东部则是漏报率大于空报率(仅除东北地区 50、100 mm 降水相反)。西南地区东部同样表现出随着降水级别增加, 漏报率与空报率的差别越来越显著的特征, 其差值在 0.1~0.75 之间。

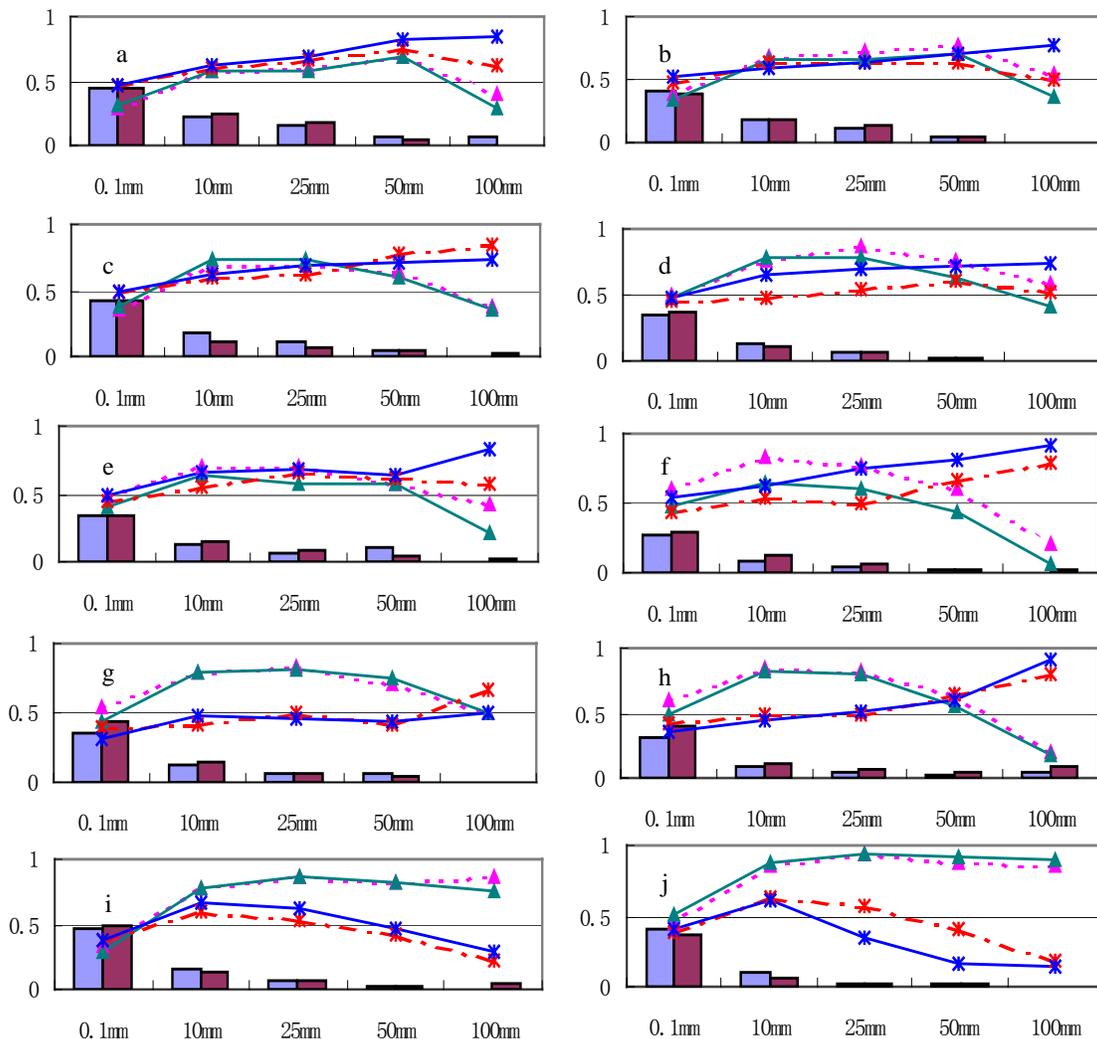


图 2 2003 年 6~8 月各区的 AREMS 和 AREM2.1 的 24 小时降水预报评分 横坐标为降水级别。
左图为 08 时起报 0~24 h 降水预报, 右图为 20 时起报 12~36 h 降水预报。深色直方柱、—线—*—
线分别为 AREMS 的 TS 评分、漏报率和空报率; 浅色直方柱、--线--*--线分别为 AREM2.1 的 TS 评分、
漏报率和空报率。a~b 为长江中下游; c~d 为华南; e~f 为华北; g~h 为东北; i~j 为西南地区东部。

对比两个不同预报时效的降水评分, 主要有以下不同:

(1) 6~8 月平均而言, 12~36 h 的降水预报 TS 评分要低于 0~24 h 的预报检验, 说明随着预报时效的增加, 模式对降水的预报水平有所下降。

(2) 总体上, 12~36 h 的漏报率较 0~24 h 的漏报率有所增加(除华北地区 50、100 mm 降水和东北 25、50、100 mm 降水外); 长江中下游、西南东部地区空报率有所降低, 而其

它区的空报率有所增加。

5 AREMS 与 AREM2.1 24 h 预报降水量对比检验

5.1 6~8 月平均结果

由图 2 还可以看出 AREMS 与 AREM2.1 的降水预报检验的对比情况：

(1) AREMS 对长江中下游地区(图 2a、2b)10、25 mm 降水预报 TS 评分略高于 AREM2.1，但整体而言，各降水级别 TS 评分的差别都不大(除 08 时 100 mm 降水)，即 AREMS 对长江中下游地区 24 h 降水预报改进不明显。08 时降水预报，AREMS 的空报率比 AREM2.1 高，从小到大五个降水级别的空报率差值分别为 0.0、0.03、0.02、0.08、0.21，即随着降水量级的增大，AREMS 的空报现象越来越明显。而 AREMS 的漏报率总体上比 AREM2.1 有所降低，五个降水级别的漏报率差值分别为 0.02、-0.01、-0.01、0.0、-0.11。所以改进后的 AREMS 降低了漏报率，但空报现象增多了，特别显著的是 100 mm 的降水。20 时与 08 时的空报、漏报特点基本一致，表现为除 10、25 mm 的 AREMS 的空报率略有所减小外，其余都较 AREM2.1 有所增大；而漏报率则比 AREM2.1 有所减小。可见 AREMS 预报降水区范围大于 AREM2.1，致使漏报减小，但空报增加，导致 TS 评分总体下降。

(2) 除 08 时起报的 100 mm 降水和 20 时的 0.1、25 mm 降水外，AREMS 在华南地区的 TS 评分是减小的(图 2c、2d)。08 时华南地区除 50、100 mm 漏报率和 0.1、50、100 mm 空报率 AREMS 有所减小外，其余的都较 AREM2.1 有所增大；20 时华南地区漏报率整体减小，但空报率整体增大。注意到，对华南地区来说，两个模式系统 TS 评分的差别要比长江中下游地区的大，说明 AREMS 所做的改进对华南地区的影响比长江中下游地区大。

(3) 对华北地区，AREMS 表现出显著的改进效果，08 时和 20 时 TS 评分(图 2e、2f)，除 50 mm 外，AREMS 一致高于 AREM2.1，TS 评分增幅较大，特别是 12~36 h 时效的降水预报 TS 评分增幅最大。说明改进后的 AREMS 对华北地区降水预报改进较明显，特别是对更长时效降水预报的改进更为显著。与 AREM2.1 相比较，AREMS 的漏报率明显减小，但空报率有所增加。注意到，AREMS 对 10 mm 降水的漏报率最大，而随着降水级别的增加，漏报率减小，但空报率增加，说明 AREMS 对华北地区的强降水不易漏报，但易空报。

(4) 对东北地区，AREMS 也有显著的改进效果，08 时和 20 时的 TS 评分(图 2g、2h)均是 AREMS 高于 AREM2.1(除 08 时 25、50 mm 外)。且除 08 时 50 mm 的漏报率、10 mm 的空报率和 20 时 100 mm 的空报率外，AREMS 的空报率与漏报率都较 AREM2.1 有所减小，除 100 mm 外，漏报率均大于空报率。说明对该地区的降水预报而言，更易出现漏报。

(5) 对西南地区东部，08 时除 10 mm 的评分 AREMS 略低于 AREM2.1 外，其余各等级降水的 TS 评分均高于 AREM2.1，漏报率略有所减小，空报率则增大。但 20 时的降水评分则是 AREMS 一致地低于 AREM2.1 的，且总体而言，表现为漏报率升高，空报率降低。但 AREMS 与 AREM2.1 对各级的降水 TS 评分的差别不及华北、东北和华南地区明显。

5.2 逐月结果

为进一步了解改进的 AREMS 在各月的不同影响，表 1 分别给出了上述五个区域 TS 评分差值(AREMS-AREM2.1)在各月的分布。

(1) 长江中下游地区 08 时降水预报, 6、7 月 TS 评分差值基本为负(除 6 月的 0.1 mm 及 7 月的 10 mm); 8 月差值基本为正(除 0.1 mm 为很小的负值 -0.31%)。20 时降水预报, 6、7、8 各月 TS 评分差值均有正有负。从逐月差值来看, TS 变化的主要特点为: AREMS 对长江中下游地区 6、7 月降水预报水平整体下降, 对 8 月降水预报水平有所提高。

表 1 2003 年 6、7、8 月降水预报 TS 评分(%) 差值(AREMS-AREM2.1)

月 份	雨型 /mm	08 时起报 0~24 h 降水					20 时起报 12~36 h 降水				
		长江中下游	华南	华北	东北	西南东部	长江中下游	华南	华北	东北	西南东部
6 月	0.1	1.16	0.38	2.65	6.05	-0.06	0.93	-4.68	6.21	10.65	-5.15
	10	-1.82	-9.15	5.58	2.71	-2.96	-3.15	-6.79	8.99	3.05	0.16
	25	-0.48	-6.27	0.07	0.42	0.66	-2.28	-0.30	2.57	3.77	3.34
	50	-0.83	-2.90	1.67	-5.56	3.46	3.71	-4.33	0.17	4.33	3.57
	100	-9.14	-1.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	50.00	0.00
7 月	0.1	-1.32	3.86	1.56	8.46	0.97	-2.43	7.01	0.21	6.66	-7.29
	10	0.70	-5.23	0.63	4.94	-0.01	3.10	2.97	5.22	4.01	-4.04
	25	-0.42	-1.25	3.79	-1.19	0.26	4.15	-1.73	-0.17	2.12	-2.99
	50	-3.27	-1.22	-5.95	5.20	-0.61	-8.57	3.33	0.00	1.95	-3.04
	100	-3.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-8.33	0.00
8 月	0.1	-0.31	-6.27	-2.31	9.43	2.35	-1.74	-1.92	4.52	7.27	-1.33
	10	4.15	-0.04	1.56	-1.24	2.36	0.46	-3.01	1.05	0.28	-2.70
	25	4.15	-0.02	1.62	-1.02	1.23	-0.32	1.47	5.13	1.71	-1.74
	50	1.05	3.87	-17.97	-6.98	-1.67	1.73	0.67	-2.05	3.46	0.00
	100	0.00	8.33	3.33	0.00	12.50	0.00	0.00	6.67	0.00	0.00

(2) 对华南地区 08 时降水预报来说, AREMS 只改进了 6、7 月的 0.1 mm 降水预报及 8 月的 50、100 mm 降水预报。20 时降水预报, 6 月对各级别降水 TS 评分差值均为负, 7 月除 25 mm 为负外其余为正, 8 月差值为正的是 25、50 mm 的降水预报, 即 AREMS 对 7 月的降水预报改进较明显, 对 8 月降水强度大的预报也有所改进。

(3) 对华北地区而言, 08 时降水预报, 除 7 月 50 mm 及 8 月的 0.1、50 mm 降水的 TS 评分差值为负外, 其余均为正值。20 时降水预报, 除 7 月 25 mm 及 8 月 50 mm 降水的 TS 评分差值为负外, 其余均为正值。说明对各月而言, AREMS 对华北地区的降水预报(除 7、8 月 50 mm 的不及 AREM2.1 外), 其余降水量级均有较大改进。

(4) 对东北地区而言, 08 时降水预报, 6、7 月降水的 TS 评分差值基本为正值(除 6 月的 50 mm 及 7 月的 25 mm); 8 月差值基本为负(除 0.1 mm)。20 时降水预报, 除 7 月 100 mm 降水的 TS 评分差值为负外, 其余均为正值。说明 AREMS 对东北地区降水预报效果改进较明显, 特别是对长时效降水预报的改进更显著。这主要原因在于: 东北地区处于模式积分范围的侧边界, 受边界条件的影响较大, 因而采用时变边界条件可以使天气系统移进移出; 该地区探空资料比较稀疏, 采用三维变分同化系统可以弥补探空资料不足的缺点, 充分利用大尺度模式提供的初始场信息。但是, 从试验方案设计来看, AREMS 较 AREM2.1 对东北地区降水预报的改进是边界条件、初值分析系统以及模式层顶的抬高共同作用的结果, 若要讨论模式条件的改变对降水预报的不同影响以及影响程度的大小, 需要设计新的试验方案, 分别讨论单一模式条件的改变所引起的降水预报的变化。限于篇幅, 详细的对比分析将另文讨论。

(5) 对西南地区东部而言, 08 时降水预报, AREMS 对 6 月 25、50 mm 降水预报和 8

月各级别降水预报改进比较明显,特别是 8 月的 100 mm 降水预报,对 20 时降水预报,AREMS 改进的是 6 月 10、25、50 mm 降水的 TS 评分。

6 结论与讨论

(1) AREMS 对我国夏季降水具有较强预报能力,总体而言,长江中下游地区降水预报评分最高。长江中下游、华北和华南地区空报率大于漏报率,但两者的差异并不显著(100 mm 降水除外),而东北和西南地区东部则是漏报率大于空报率。AREMS 对晴雨预报的评分最高,随着降水量级的增加 TS 评分逐渐降低。12~36 h 的降水预报 TS 评分低于 0~24 h 的预报检验,表明随着预报时效的增加,模式对降水的预报水平有所下降。但 12~36 h 的降水预报仍具有相当的参考意义。

(2) 模式条件的改变(模式层顶、边界条件及初值分析)对不同区域 24 h 降水预报的影响程度不同。6~8 月平均而言,影响最显著的是东北、华北地区,然后依次为华南、西南地区东部,影响最小的是长江中下游地区。

(3) 模式条件的改变对不同区域的不同级别的 24 h 降水预报 TS 评分影响不同:6~8 月平均而言,AREMS 对东北地区降水预报效果改进最显著,特别是 12~36 h 的降水预报;对华北地区的改进也非常明显;对华南地区降水预报水平整体下降;对长江中下游和西南地区东部各个级别的降水来说,AREMS 的改进均不明显。

(4) 模式条件的改变对不同区域、不同级别降水预报的空报率和漏报率影响不同。长江中下游 08 时降水预报,AREMS 的空报率比 AREM2.1 大,而漏报率总体上比 AREM2.1 有所减小。华南地区 08 时降水预报除 50、100 mm 漏报率和 0.1、50、100 mm 空报率 AREMS 有所减小外,其余的都较 AREM2.1 有所增大;20 时华南地区漏报率整体减小,但空报率整体增大。华北与 AREM2.1 相较,AREMS 的漏报率明显减小,但空报率有所增加。东北绝大多数的空报率与漏报率都较 AREM2.1 有所下降。对西南东部地区,08 时漏报率略有所降低,空报率则升高,但 20 时的降水评分则不同,整体而言,与 08 时相反,表现为漏报率升高,空报率降低。

(5) 两个模式系统对东北、华北各级别降水的预报在各月与 6~8 月平均情况基本一致。而长江中下游、华南和西南地区东部 TS 评分差值在 6、7、8 各月变化明显。

不同模式条件下,中尺度暴雨模式对各区域的预报效果的影响不尽相同。模式层顶的抬高、边界条件以及初值产生过程的不同都会对各区域产生不同的影响,本文讨论的仅是改进后的 AREMS 的整体效果,对不同模式条件的改变所起的不同作用,将另文详细分析。

参 考 文 献:

- [1] 宇如聪. 陡峭地形有限区域数值预报模式设计[J]. 大气科学, 1989, 13(2): 139-149.
- [2] 王叶红, 王志斌. AREM 模式对 2002 年汛期降水的实时预报试验[J]. 气象, 2005, 31(2): 17-22. 306.
- [3] 崔春光, 闵爱荣, 胡伯威. 中尺度地形对“98·7”鄂东特大暴雨的动力作用[J]. 气象学报, 2002, 60(5): 602-612.
- [4] 田珍富, 滕俏彬, 王作述. 一次局地特大暴雨湿位涡的中尺度分析[J]. 热带气象学报, 1998, 14(2): 163-172.

- [5] 周祖刚, 张维桓, 林乃实, 等. 对区域数值模式 (REM) 的改进及数值试验[J]. 热带气象学报, 1999, 15(2): 146-153.
- [6] 闵爱荣, 廖移山, 王叶红. 中尺度暴雨预报模式在湖北的汛期试验分析[J]. 暴雨·灾害, 2003, 1(1): 79-85.
- [7] 张 华, 薛纪善, 庄世宇, 等. GRAPeS 三维变分同化系统的理想试验[J]. 气象学报, 2004, 62(1): 31-41.
- [8] 刘还珠, 黄 卓. NMC 与 HLAFS 降水预报的比较[J]. 气象, 1998, 24(1): 47-52.

VERIFICATIONS OF PRECIPITATION FORECASTS FROM ADVANCED AREMS DURING 2003 FLOOD SEASON

WANG Ye-hong¹, ZHAO Yu-chun², ZHANG Bing¹

(1. Institute of Heavy Rain, Wuhan, CMA, Wuhan 430074, China;

2. Wuhan Central Meteorological Observatory, Wuhan 430074, China)

Abstract: The real time forecasting experiments during the main flood season in 2003 are performed two times a day by two model systems, with one the mesoscale heavy rain forecasting model system named AREMS (Advanced Regional Eta-coordinate Model System) including three-dimensional variational assimilation and the other the AREM model version 2.1. The 24hr accumulated precipitation forecasts are verified in different parts of China. The results show as follows: (1) AREMS has a better forecasting ability for summer precipitation in China, with the highest Ts score in the middle-lower valleys of Yangtze River. Fault-hitting rates are bigger than no-hitting rates in the middle-lower reaches of Yangtze River, North China and South China and it is just reversal in Northeast China and the east part of Southwest China. (2) The changes of model conditions (including model level top, lateral boundary condition and initial condition) have different impacts on the 24hr forecasted precipitation in different areas, with Northeast China and North China influenced most evidently from June to August, South China and the east part of South-west China coming to the next and the middle-lower reaches of Yangtze river least impacted. (3) The changes of model conditions have different influences on Ts scores in different areas. In general, AREMS has most obviously improved precipitation forecast in Northeast China, especially for the period from 12 to 36 forecasting hours. The improvement in North China is also obvious. However, the precipitation prediction ability in South China is generally decreasing, with little improvement in the middle-lower valleys of Yangtze River and the east part of Southwest China. (4) The changes of model conditions have different effects on false-hitting rates and no-hitting rates in different areas. The latter ratios are obviously reduced in North China as opposed to false-hitting rates. Most no-hitting and false-hitting rates in Northeast China are less than those of AREM2.1. In the east part of South-west China, no-hitting rates are slightly reduced at 08h as opposed to false-hitting rates, but it is reversed at 20h. (5) There exist obvious differences of Ts scores in the middle-lower valleys of Yangtze River, South China and the east part of South-west China in June, July and August.

Key words: precipitation forecast; objective verification; AREMS