

# 不同背景场条件下 AREM 模式预报效果评估分析

公颖 李俊

(中国气象局武汉暴雨研究所, 武汉 430074)

**摘要** 分析了 2005 年 6 月 1 日至 11 月 31 日以 T213 分析场为背景场和以 AVN(Aviation)分析场为背景场条件下 AREM(Advanced Regional Eta Model)模式降水预报效果,并对两分析场计算日平均偏差和均方根标准差,分析偏差分布、总结两者之间的差别。结果表明:AREM 模式在其他条件完全相同,分别使用两种分析场做背景场条件下,出现了降水预报效果的较明显差异,总体上以 AVN 分析场为背景场条件下 AREM 模式的预报效果好于以 T213 分析场为背景场;对两分析场进行统计学对比,发现两分析场在高度、温度和相对湿度 3 个要素上存在较大的差异,两分析场在新疆北侧的西伯利亚、内蒙古东北部及俄罗斯东南部区域、孟加拉湾、青藏高原等地区存在较大偏差,而这些地区的天气系统对我国天气有重要的影响。

**关键词** 背景场 AREM 模式 日平均偏差 均方根标准差

## 引言

数值天气预报精度主要取决于模式本身的完善程度及模式初值场的准确程度,目前数值模式已日臻完善,模式初值场的精度就成了现代数值天气预报成功与否的关键<sup>[1]</sup>。当前中尺度模式业务运行的初值场通常通过常规报文资料对 T213、NCEP(National Centers for Environmental Prediction)或 AVN(Aviation)预报场(分析场)进行客观分析获得。不同模式的预报场(分析场)之间有差异,为中尺度模式提供的背景场就不同,这影响了模式初值,从而影响中尺度模式的预报效果。AREM(Advanced Regional Eta Model)模式在改进、升级过程中不断完善,在各地的业务运行中体现了很好的稳定性和降水预报性能,其 2.3 版本目前已较为成熟、完善,2004~2006 年在湖北省天气预报中发挥了重要的作用,为预报员提供了有价值的参考信息。中国气象局武汉暴雨研究所作为长期参与 AREM 模式改进和试验工作的重点单位,为 AREM 的完善和发展做了大量的工作<sup>[2,3]</sup>。本文对采用中国气象局业务预报模式 T213 和美国全球预报模式 AVN 分析场做背景场条件下,AREM 模式的预报效果进行

对比,研究不同背景场对 AREM 模式预报效果的影响,并分析、总结两分析场之间的差别,为今后中尺度模式改进、应用过程中,增强初值场的可靠性,进一步提高模式预报效果提供参考。

## 1 不同背景场条件下 AREM 模式降水预报效果对比

### 1.1 预报效果评估方法

对全国 400 个基本站点及湖北省 77 个雨量站进行 24 h 累积降水预报检验,预报的网格资料通过双线性方法插值到观测站点,计算站点对站点的 TS 评分、漏报率、空报率和预报偏差。

$$\text{TS 评分: } \frac{\sum_{d=1}^n N_A}{\sum_{d=1}^n (N_A + N_B + N_C)}$$

$$\text{漏报率(PO): } \frac{\sum_{d=1}^n N_C}{\sum_{d=1}^n (N_A + N_C)}$$

$$\text{空报率(NH): } \frac{\sum_{d=1}^n N_B}{\sum_{d=1}^n (N_A + N_B)}$$

中国气象局新技术推广项目“我国区域业务数值天气预报模式评估”资助

作者简介:公颖,女,1978 年生,硕士,从事数值天气预报研究,Email:gongying74@sohu.com

收稿日期:2007 年 4 月 9 日;定稿日期:2008 年 11 月 17 日

$$\text{预报偏差(B)}: \frac{\sum_{d=1}^n (N_A + N_B)}{\sum_{d=1}^n (N_A + N_C)}$$

其中  $N_A$  表示某一天预报时段内在检验区域内预报和实况降雨量都出现在某一降水等级内的站点数, 即预报命中的站数;  $N_B$  表示预报出现而实况未出现的站点数, 即空报的站数;  $N_C$  表示未预报而实况出现的站点数, 即漏报站数,  $n$  表示评分天数,  $d$  为天数。

评估时段为 2005 年 6 月 1 日至 11 月 31 日。

雨量 ( $R$ ) 等级划分: 小雨以上量级,  $R \geq 0.1$  mm; 中雨以上量级,  $R \geq 10$  mm; 大雨以上量级,  $R \geq 25$  mm; 暴雨以上量级,  $R \geq 50$  mm; 大暴雨以上量级,  $R \geq 100$  mm。

评分区域为全国、湖北省、长江中下游 ( $110^\circ \sim 123^\circ \text{E}$ ,  $25^\circ \sim 35^\circ \text{N}$ ), 华南 ( $105^\circ \sim 123^\circ \text{E}$ ,  $18^\circ \sim 29^\circ \text{N}$ ), 以尽量使用站点密度大且资料可靠的站号表为原则, 全国区域具普遍性, 湖北省站点密度大 (77 个站), 长江中下游和华南是我国降水较为集中和典型的区域, 所以, 取这 4 个区域进行分析 (图 1)。

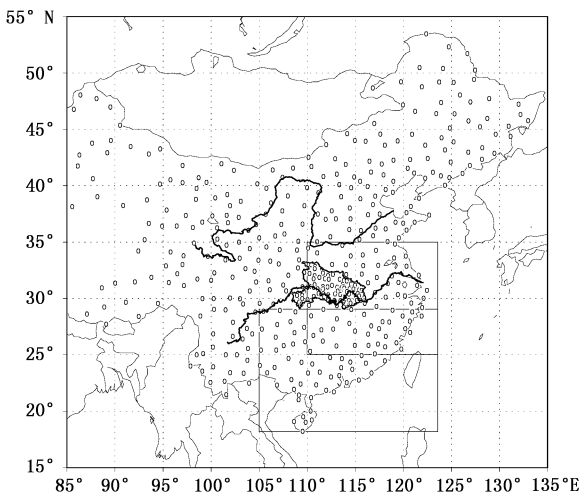


图 1 评估区域划分和站点分布

## 1.2 评估内容

由于背景场资料的限制 (只有 20:00 T213 分析场资料), 本文只做两背景场条件下每日 20:00 (北京时, 下同) 的 12~36 h 降水预报评分的对比分析。

(1) 以 T213 分析场为背景和以 AVN 分析场为背景条件下, AREM 模式对 2005 年下半年各区域降水的预报情况。

4 个区域两种背景场条件下, TS 评分差异比较明显 (图 2)。全国范围、华南区域 TS 以 AVN 分析场为背景场条件下明显高于以 T213 分析场为背景场, 长江中下游大雨、暴雨以上量级 TS 均为以 AVN 分析场为背景条件下略高, 其他量级评分相当, 湖北省大雨、大暴雨以上量级 TS, 以 T213 分析场为背景场条件下稍高, 暴雨以上量级以 AVN 分析场为背景场条件下略高, 其他量级评分相当。

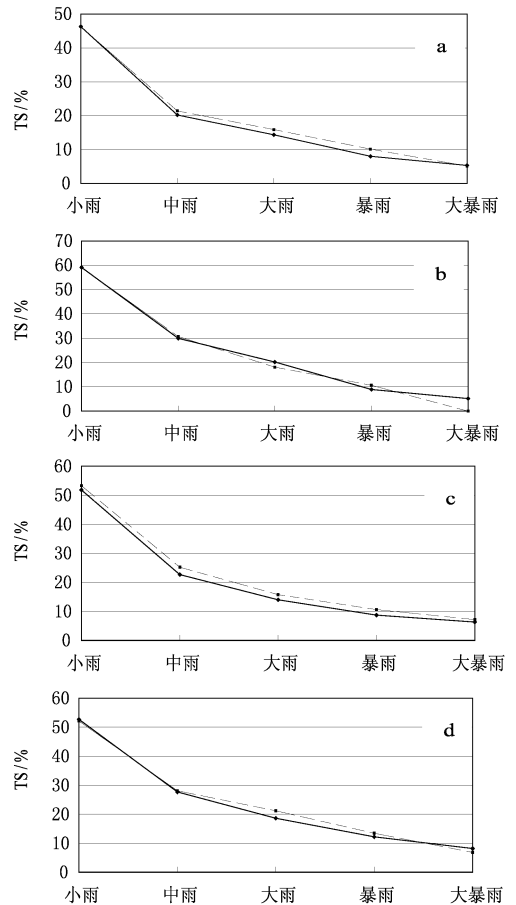


图 2 评分区域 2005 年 6~11 月 TS 评分: (a) 全国, (b) 湖北省, (c) 华南, (d) 长江中下游 (实线表示以 T213 分析场为背景场, 虚线表示以 AVN 分析场为背景场, 下同)

全国、湖北省、长江中下游地区两背景场条件下漏报率相当, 华南地区各量级漏报率均是以 T213 分析场为背景场明显大于以 AVN 分析场为背景场 (图 3)。

华南、长江中下游地区, 两背景场条件下空报率相当, 湖北省小雨到暴雨以上量级空报率也相当, 但大暴雨以上量级空报率以 AVN 分析场为背景场明显大于以 T213 分析场为背景场, 全国范围各量级

空报率则是以 T213 分析场为背景场大于以 AVN

分析场为背景场(图 4)。

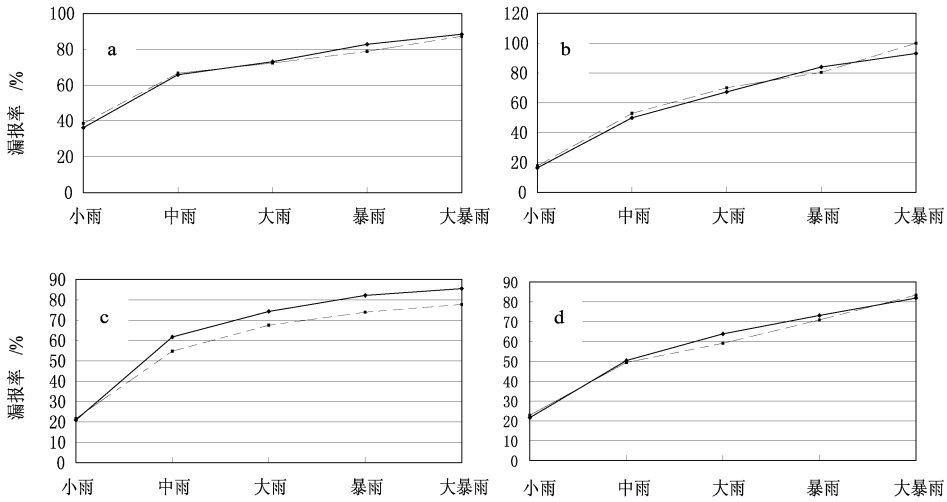


图 3 评分区域 2005 年 6~11 月漏报率:(a) 全国,(b) 湖北省,(c) 华南,(d) 长江中下游

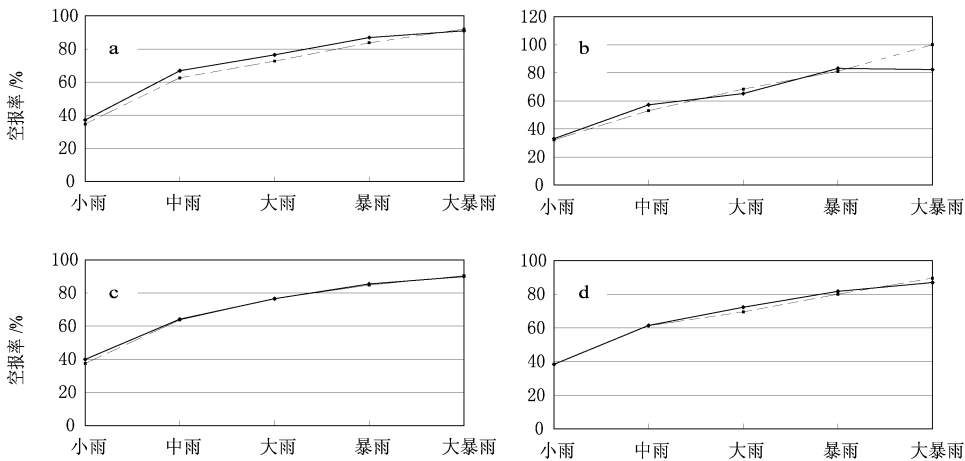


图 4 评分区域 2005 年 6~11 月空报率:(a) 全国,(b) 湖北省,(c) 华南,(d) 长江中下游

全国、长江中下游、华南降水量级预报偏差均基本大于 1,两背景场条件下偏差随量级变化趋势基本相同,但以 T213 分析场为背景场更稳定、更接近 1,湖北省小雨以上量级偏差两背景场条件下也均大于 1,随量级增大,两偏差均减小,中雨以上量级偏差以 T213 分析场为背景场大于 1,以 AVN 分析场为背景场条件下等于 1,大雨、暴雨以上量级两偏差相当,均接近 1,大暴雨以上量级两偏差在 0.5 左右(图 5)。

综上,以 T213 分析场为背景场和以 AVN 分析场为背景场条件下,AREM 模式降水预报存在差异,后者预报情况稍好。

(2)以 T213 分析场为背景和以 AVN 分析场为背景条件下,AREM 模式对 2005 年汛期全国范围

逐月降水的预报情况。6 月,小雨以上量级 TS 评分两背景场条件下相当,其他量级 TS 评分均为以 AVN 分析场为背景场高于以 T213 分析场为背景场,大雨以上量级表现明显;小雨、中雨以上量级漏报率两背景场条件下相差不大,以 T213 分析场为背景场略小于以 AVN 分析场为背景场,其他量级的漏报率均为以 AVN 分析场为背景场明显低于以 T213 分析场为背景场;所有量级的空报率均是以 AVN 分析场为背景场的条件下较小,中雨到大雨以上量级表现明显;两背景场条件下,预报偏差均基本大于 1,且随着量级增大而增大,以 T213 分析场为背景场条件下偏差增幅较小、预报相对稳定,而以 AVN 分析场为背景条件下大暴雨以上量级的预报

偏差很大,达 3.4(图 6)。

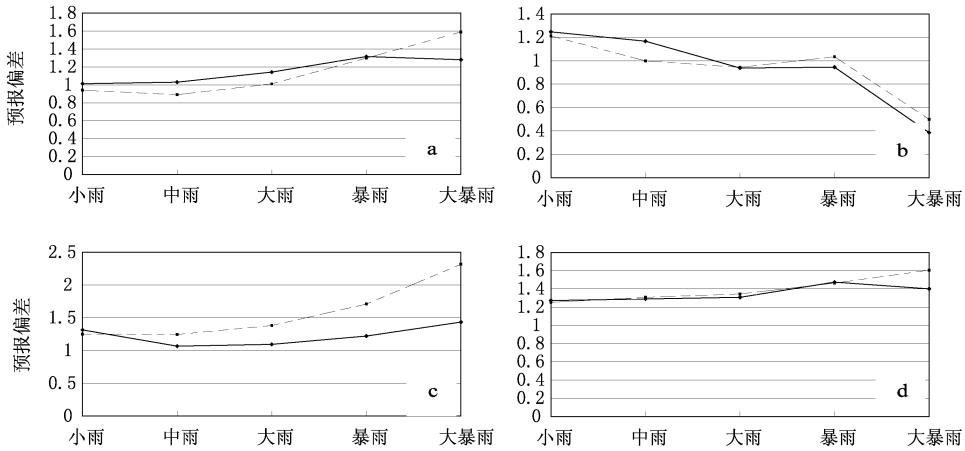


图 5 评分区域 2005 年 6~11 月预报偏差:(a) 全国,(b) 湖北省,(c) 华南,(d) 长江中下游

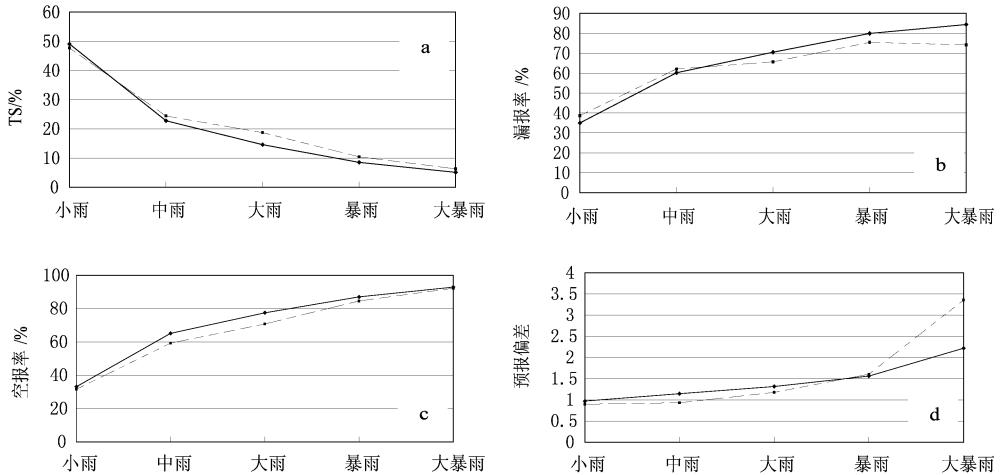


图 6 全国 2005 年 6 月预报情况:(a) TS,(b) 漏报率,(c) 空报率,(d) 预报偏差

综上,6 月 AREM 模式以 AVN 分析场为背景场条件下降水预报效果好于以 T213 分析场为背景场,大雨以上量级表现明显。

7 月,小雨、中雨以上量级 TS 评分两背景场条件下评分相当,其他量级 TS 评分均为以 AVN 分析场为背景场高于以 T213 分析场为背景场,大雨到暴雨以上量级表现明显;小雨、中雨以上量级漏报率两背景场条件下相当,其他量级的漏报率,以 AVN 分析场为背景场低于以 T213 分析场为背景场,暴雨以上量级表现明显;所有量级的空报率均是以 AVN 分析场为背景场较小,大到暴雨以上量级表现明显;两背景场条件下,除暴雨以上量级外,预报偏差均小于 1,所有量级偏差均是以 T213 分析场为背景场条件下较大(图 7)。

总之,7 月 AREM 模式以 AVN 分析场为背景场的降水预报效果仍好于以 T213 分析场为背景场的预报,暴雨以上量级表现明显。

8 月,两背景场条件下,小雨到大雨以上量级,两背景场条件下 AREM 模式降水预报效果相当,暴雨、大暴雨以上量级降水,以 T213 分析场为背景条件下 TS 评分较高,漏报率、空报率均较小,预报效果较好(图 8)。

综上,以 T213 分析场为背景场和以 AVN 分析场为背景场条件下,AREM 模式降水预报效果存在一定的差异。从上述统计看,以 AVN 分析场为背景场的 AREM 模式降水预报效果好于以 T213 分析场为背景场的 AREM 模式降水预报效果(2005 年 6~11 月湖北省(图 2~5)及 2005 年 8 月全国范

围(图 8)除外);从预报偏差看,总体上,以 T213 分析场为背景场的 AREM 模式降水预报较以 AVN 分析场为背景场的 AREM 模式降水预报偏差更接近 1。从上述统计看,以 AVN 分析场为背景场的

AREM 模式预报偏差在小雨-大雨以上量级均接近于 1,暴雨至大暴雨以上量级均明显大于 1(2005 年 6~11 月湖北省(图 5b),2005 年 7 月全国范围(图 7d)除外)。

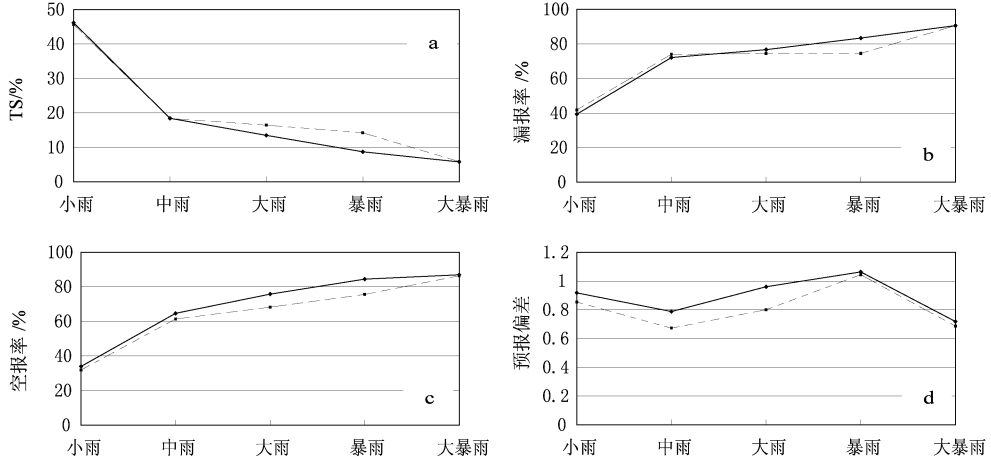


图 7 全国 2005 年 7 月预报情况:(a) TS, (b) 漏报率, (c) 空报率, (d) 预报偏差

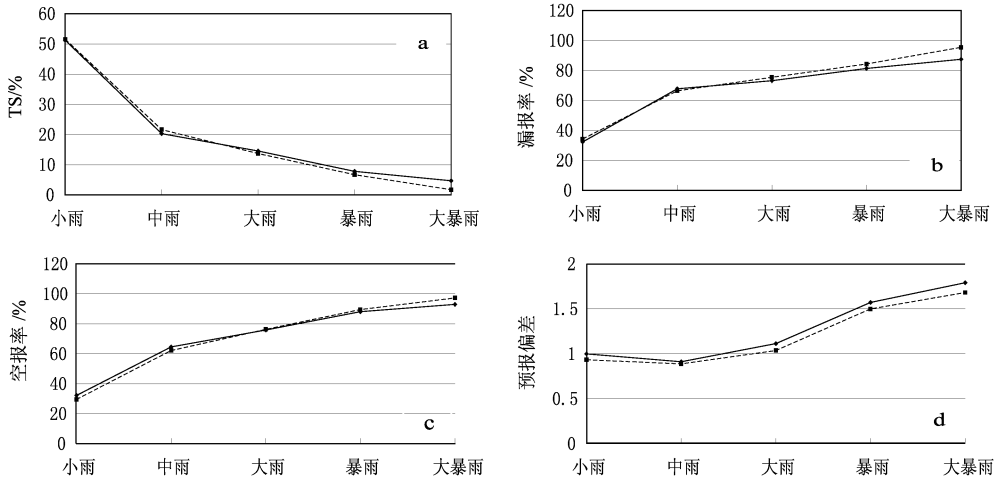


图 8 全国 2005 年 8 月预报情况:(a) TS, (b) 漏报率, (c) 空报率, (d) 预报偏差

## 2 T213 与 AVN 分析场之间的统计学对比分析

上述 AREM 模式降水预报出现不同的效果,是在其他条件均相同,唯独背景场不同的条件下产生的,即以 T213 分析场为背景场和以 AVN 分析场为背景场,所以两背景场间的差别应该是导致模式出现预报效果差异的主要原因。

取 2005 年 6 月 1 日至 2005 年 11 月 30 日每天 20:00(北京时间)的 T213 和 AVN 分析场,在 70°~140°E,10°~60°N(T213 模式数据范围)范围内做对

应格点上 AVN 相对于 T213 的偏差(两种资料分辨率均为 1°),再求每个格点的日平均偏差  $\frac{1}{n} \sum (A_{AVN} - A_{T213})$  和均方根标准差  $[\frac{1}{n} \sum (A_{AVN} - A_{T213})^2]^{\frac{1}{2}}$ ,公式中  $n$  代表总天数(取高度、温度、相对湿度 3 个对降水有重要影响的要素场在 100、200、300、400、500、700、850、925 hPa 各层次上做统计分析)。

### 2.1 高度场分析

100、200、300、400、500 hPa 两分析场的日平均偏差和均方根标准差分布有较大的相似性,日平均

偏差中心和均方根标准差中心基本重合,日平均偏差基本为负值,偏差主要分布在我国新疆东北侧的西伯利亚地区到我国内蒙古东北部、黑龙江北部、俄罗斯东南部区域和我国西藏南部及其南侧地区,日平均偏差最大绝对值为 15~21 gpm,均方根标准差最大值为 22~40 gpm(图 9a)。

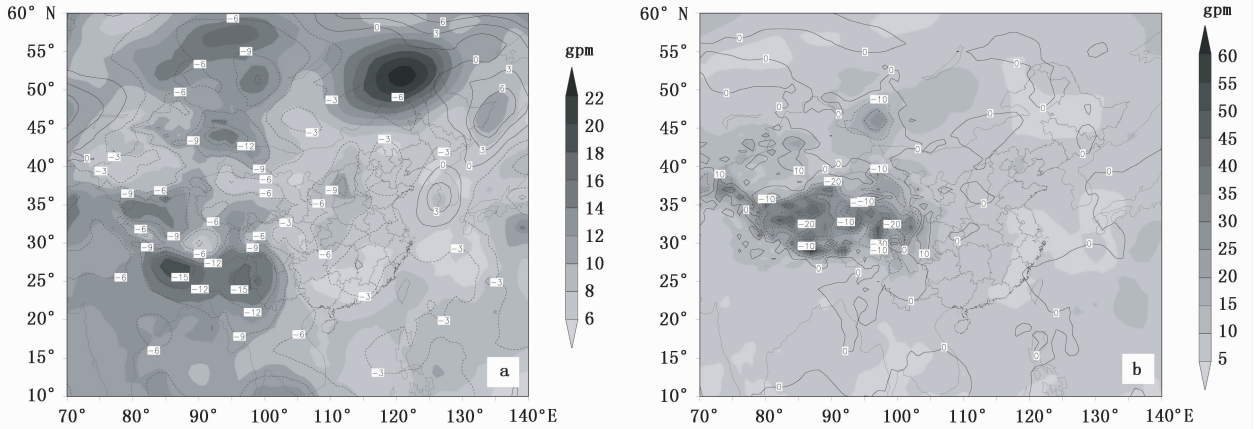


图 9 高度场日平均偏差(等值线)和均方根标准差(阴影):(a) 500 hPa, (b) 850 hPa

## 2.2 温度场分析

温度偏差在 T213 模式范围左、上边界(70°~80°E, 55°~60°N)附近偏差较大,为能突出其他区域偏差,图 10 范围取 10°~55°N, 80°~140°E(包括了 AREM 模式范围 15°~55°N, 85°~135°E, 下同)。

100、200、300 hPa 日平均偏差和均方根标准差均较小(图 10a),日平均偏差绝对值不超过 1.5 °C,均方根标准差不超过 2.5 °C,400、500 hPa 温度偏差

700、850、925 hPa 日平均偏差和均方根标准差分布形势相近,负日平均偏差和均方根标准差主要分布在西藏-青海南部-四川西部地区(图 9b),这应该与当地特殊地形高度条件下 T213 与 AVN 的处理方式有关,因为 AREM 模式将地形以下值设为缺测,所以此偏差不会给 AREM 预报效果带来影响。

大小与高层大体相当,但日平均偏差绝对值大值和均方根标准差大值区集中于青藏高原地区(图 10b)。

700、850、925 hPa 温度偏差(图 10c)集中分布于青藏高原及附近地区,日平均偏差最大值为 6~10 °C,均方根标准差最大值为 8~13 °C,因 AREM 模式将地形以下值设为缺测,所以此偏差不会给 AREM 预报效果带来影响。

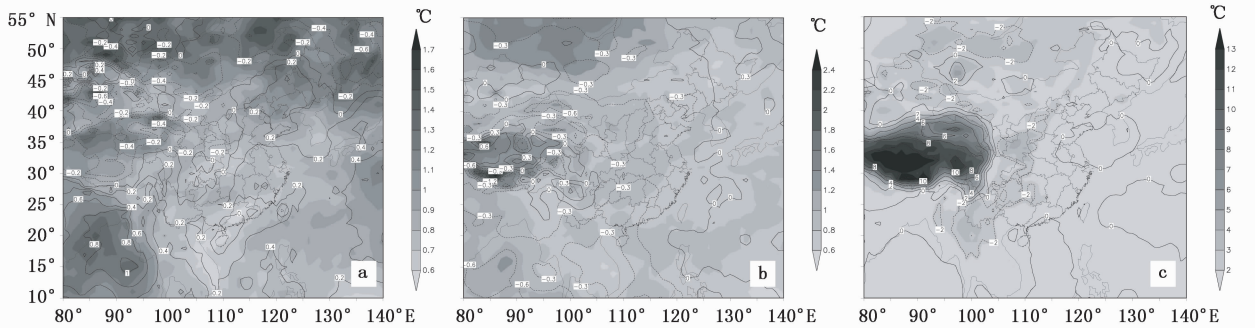


图 10 温度场日平均偏差(等值线)和均方根标准差(阴影):(a) 200 hPa, (b) 500 hPa, (c) 925 hPa

## 2.3 相对湿度场分析

T213 将 200 hPa 及以上层次相对湿度设为常数 10%,而 AVN 在 200 hPa 及以上层次上仍有确切的相对湿度分布,AREM 模式在降水预报中会考虑到

200 hPa 以上高层的相对湿度, T213 的此种处理方式会影响 AREM 模式的预报效果。

300、400 hPa 相对湿度场上孟加拉湾地区是日平均偏差和均方根标准差均较大的地区,相对湿度

日平均偏差为正,最大值达 25%~30%(图 11a),孟加拉湾是我国降水的主要水汽源之一,两背景场相对湿度的此种偏差分布会给 AREM 模式预报效果带来较大影响。500 hPa相对湿度偏差较小(图略)。

700 hPa相对湿度较大偏差分布在孟加拉湾和青藏高原地区(图略)。850 hPa、925 hPa日平均偏

差(以负偏差为主)和均方根标准差主要分布在青藏高原及附近地区、我国新疆北侧西伯利亚地区、我国内蒙古东北部及其北侧俄罗斯东南部地区(图 11b),AREM 模式将地形以下值设为缺测,所以此青藏高原地区相对湿度的偏差不会给 AREM 模式预报效果带来较大影响。

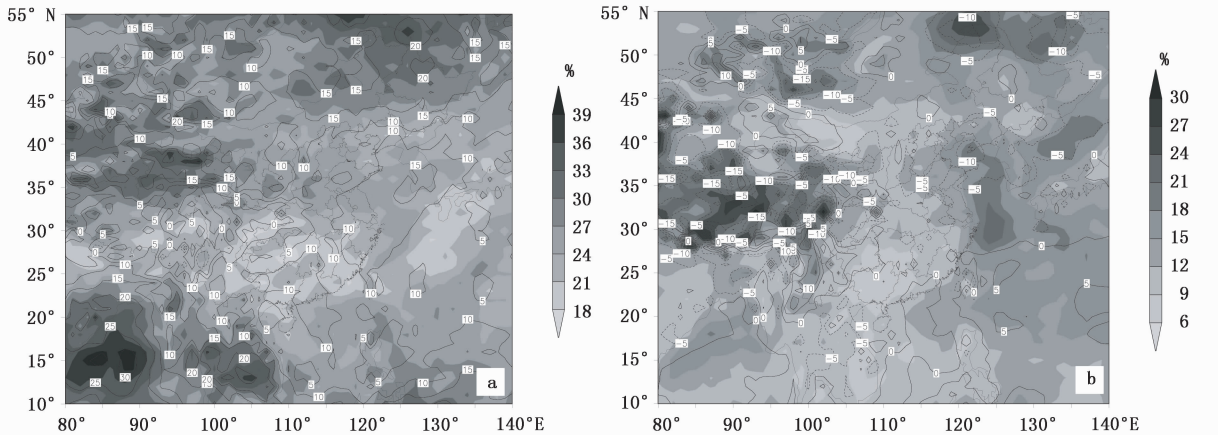


图 11 相对湿度场日平均偏差(等值线)和均方根标准差(阴影):(a) 300 hPa, (b) 850 hPa

综上,T213 和 AVN 两分析场在高度和相对湿度两个对降水预报有重要影响的要素场存在较大的差异,从而影响两种背景场条件下 AREM 模式的预报效果。

### 3 结论与讨论

(1)AREM 模式在其他条件完全相同,分别使用 T213 分析场和 AVN 分析场两种资料做背景场条件下,出现了降水预报效果的较明显差异,从 2005 年 6~11 月全国、湖北省、长江中下游、华南各区域及 2005 年 6、7、8 月逐月全国范围降水预报评估情况看,以 AVN 分析场为背景场条件下,AREM 模式的预报效果总体上好于以 T213 分析场为背景场条件下的预报效果。

(2)从预报偏差看,总体上,以 T213 分析场为背景场的 AREM 模式降水预报较以 AVN 分析场为背景场的 AREM 模式降水预报偏差更接近 1,从文中统计看,以 AVN 分析场为背景场的 AREM 模式预报偏差在小雨到大雨以上量级均接近于 1,暴雨至大暴雨以上量级均明显大于 1(2005 年 6~11 月湖北省、2005 年 7 月全国范围除外)。

(3)对 2005 年 6 月 1 日至 11 月 31 日每日 20:00AVN 分析场和 T213 分析场进行统计,计算

日平均偏差和均方根标准差、分析偏差分布,发现中高层两高度分析场日平均偏差中心和均方根标准差中心基本重合,日平均偏差基本为负值,偏差主要分布在我国新疆东北侧的西伯利亚地区到我国内蒙古东北部、黑龙江北部、俄罗斯东南部区域和我国西藏南部及其南侧地区,日平均偏差最大绝对值为 15~21 gpm,均方根标准差最大值为 22~40 gpm;中高层两温度分析场偏差不大;300 hPa、400 hPa相对湿度场上孟加拉湾地区是日平均偏差和均方根标准差均较大的地区,相对湿度日平均偏差为正。

(4)T213 将 200 hPa 及以上层次相对湿度设为常数 10%,而 AVN 在 200 hPa 及以上层次上仍有确切的相对湿度分布,AREM 模式在降水预报中会考虑到 200 hPa 以上高层的相对湿度,T213 的此种处理方式应该是影响 AREM 模式出现不同的预报效果原因之一。

(5)700 hPa、850 hPa、925 hPa 各要素场最大偏差均集中在青藏高原附近地区,因为 AREM 模式将地形以下值设为缺测,所以此中低层偏差不会给 AREM 预报效果带来明显影响。

(6)AVN 和 T213 两分析场在新疆及其北侧的西伯利亚、内蒙古东北部及俄罗斯东南部区域、孟加拉湾、青藏高原等地区存在较大偏差,这种明显的偏

差说明它们在资料使用和客观分析方面存在一定差异,而前述这些地区的天气系统对我国天气有重要的影响,这些是出现两种背景场条件下,AREM 模式降水预报效果出现明显差别的重要原因。

寻找这些差异出现的真正内在原因是增强初值场可靠性,提高预报准确性的重要举措。李长青、闫之辉等<sup>[4]</sup>对 2005 年 5 月 11 日至 6 月 10 日 T213 和 NCEP 分析场进行了对比分析,发现在青藏高原附近地区产生较大差异,并指出这种差异是由地形资料的不同引起的,对于 T213 分析场与 AVN 分析场之间这些差别产生的根本原因,需要我们在今后工

作中继续总结、发现。

### 参考文献

- [1] 潘宁,董超华,张文建,等. 变分同化及卫星资料同化[J]. 气象科技,2001,29(2):29-36.
- [2] 闵爱容,崔春光.  $\eta$  坐标有限区域模式在 1999 年江淮流域汛期中的应用[J]. 暴雨·灾害,2000,4(1):53-61.
- [3] 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.
- [4] 李长青,闫之辉. NCEP-FNL 与 T213L31 同化资料对比分析中的地形差异影响[J]. 气象,2007,33(1):62-69.

## Evaluation and Analysis of AREM Prediction under Different Background Fields

Gong Ying Li Jun

(Wuhan Institute of Heavy Rain, CMA, Wuhan 430074)

**Abstract:** The rainfall prediction with AREM (Advanced Regional Eta Model) under the background of T213 analysis and AVN (Aviation) analysis fields from 1 June to 31 November 2005 is analyzed. The daily average deviation and root mean-square standard deviation of the two analysis fields are computed, and the distribution of the deviation is analyzed. The results show that keeping the other conditions the same, there is obvious difference in the rainfall prediction of AREM between two background fields; as a whole, the prediction is better under the background of AVN analysis field than under T213 analysis field; contrasting the two analysis fields statistically, there were obvious differences in height, temperature and relative humidity, and big deviation over Siberia north of Xinjiang, the northeastern part of Mongolia and the southeast part of Russia, the Bay of Bengal, and the Qinghai-Xizang Plateau. The weather systems in those areas have important effect on the weather in China.

**Key words:** background field, AREM (Advanced Regional Eta Model), daily average deviation, root mean-square standard deviation