

文章编号:1004-9045(2008)03-0273-05

2007 年主汛期武汉区域四种数值模式定量降水预报评估

孟英杰^{1,2}, 吴洪宝¹, 王 丽², 张萍萍²

(1.南京信息工程大学大气科学学院, 南京 210044; 2.武汉中心气象台, 武汉 430074)

摘 要: 利用武汉中心气象台研发的“武汉区域气象中心天气轨道业务产品检验与评估平台”, 对武汉区域气象中心在业务中使用的 T213、AREM、日本数值预报模式和德国数值预报模式在 2007 年主汛期的降水预报进行了分级降水检验以及时空分布演变综合评估。结果表明, 日本数值预报模式的综合预报性能最好, AREM 次好, 各模式均存在对强降水预报漏报率偏大的问题; AREM 模式对降水带分布和中心强度的预报与实况最接近, 表现出对降水带分布较强的预报能力, 其它模式对强降水中心位置及强度的预报均有一定偏差; 四种数值模式对区域强降水过程的发展趋势具有较强的预报能力, 但降水量预报与实况有一定的差距。

关键词: 数值模式; T_s 评分; 漏报率; 空报率; 预报偏差

中图分类号: P456.7 **文献标识码:** A

1 引言

武汉区域各省(湖北、河南、湖南三省, 下同)同处中纬度西风带中, 气候复杂多变, 特别是每年主汛期(6—8 月, 下同)旱涝灾害时有发生, 因此降水预报研究一直是武汉区域各省气象工作的重点。在众多降水预报方法中, 随着数值模式理论与方法、大气探测技术和计算机技术的快速发展, 数值预报模式表现出对客观定量降水预报的巨大潜力, 已经成为目前业务预报领域不可替代的可用参考方法^[1]。由于数值预报结果受地形、植被以及模式初始场、边界条件、物理过程等诸多方面影响, 造成数值模式的天气要素预报无论是在时间、空间分布和量级大小上都不可避免地出现一些差异^[2], 常常使预报员在大量数值预报产品面前犹豫不决、信心不足。预报员要选择可信度较高的数值预报产品, 就需要对各种预报产品在不同时期和背景下的准确率有所了解。因此, 开展对数值产品的检验, 特别是数值产品对降水预报的检验是必不可少的工作。

对于各数值模式定量降水预报在我国不同区域的预报效果分析与检验, 已有不少气象工作者进行过较为深入的研究。如王雨^[3]对 2004 年主汛期各数值预报模式定量降水预报进行了评估。罗剑琴等^[4]利用 ECMWF、T213L31 模式高度预报和客观分析场格点资料以及长江上游流域分区面雨量实况资料, 在对影响长江上游流域暴雨的主要天气系统进行形势分类的基础上, 对两种模式进行了误差分析和降水主要影响系统预报能力分析。公颖^[5]为了获得 AREM 模式 2007

年汛期降水预报效果和特点, 对 2007 年 6—8 月 AREM 模式降水预报进行了不同时效、5 个区域的 T_s 评分对比, 并将其与 T213、日本数值预报模式降水预报的 T_s 评分作了比较, 同时对 AREM 模式 2007 年汛期主要降水过程预报效果进行了检验分析。考虑到目前武汉区域用于业务应用的数值预报模式主要有 T213、JMA(日本模式)、GRE(德国模式)三种全球数值预报模式和中国气象局武汉暴雨研究所研制的 AREM 中尺度数值模式, 利用武汉中心气象台研制的“武汉区域气象中心天气轨道业务产品检验与评估平台”, 对上述四种数值预报模式产品在 2007 年主汛期的降水预报进行了客观检验与分析, 以期在今后汛期预报中为预报人员作出正确的选择和订正预报结果提供客观依据, 同时向相关模式研发人员提供反馈信息, 以利于模式物理参数化过程中可能存在缺陷的诊断和修正。

2 资料与方法

2.1 资料来源及预处理

参加本研究检验的模式有 T213、AREM、JMA、GRE, 实况资料为 2007 年 6 月 1 日至 8 月 31 日逐日 08:00—08:00(北京时, 下同)的武汉区域气象站点 24 h 累计降水, 数值模式预报场为与实况相对应的每天 20:00 起报的 12~36 h 及 36~60 h 的 24 h 累计降水预报(以下简称 36 h 和 60 h 降水预报)。

采用目前气象业务中常用的最优插值法^[6], 将 2007 年主汛期四种数值预报模式的 36 h、60 h 降水格点预报场分别插值到武汉区域各省共 283 个气象站点, 以

收稿日期: 2008-02-19; 定稿日期: 2008-05-30

基金项目: 湖北省科技厅“城市防灾减灾应急气象服务系统开发研究”项目(2006AA301B45)资助

作者简介: 孟英杰, 女, 1978 年生, 工程师, 主要从事气象预报服务工作。E-mail: connie_m@21cn.com

此作为各数值模式对各个气象站点的降水预报资料。

2.2 检验方法

为便于研究和比较,本文采用目前气象部门应用比较广泛的《中短期天气预报质量检验办法》,对上述数值模式降水预报产品进行 T_s 、空报率、漏报率和预报偏差等多个参量检验。根据 24 h 降水量(R)大小,将降水分为小雨($R < 10$ mm)、中雨($10 \text{ mm} \leq R < 25$ mm)、大雨($25 \text{ mm} \leq R < 50$ mm)和暴雨($R \geq 50$ mm)四个等级。 T_s 评分(T_s)、漏报率(P_o)、空报率(F_{AR})、预报偏差(B)的计算式如下:

$$T_s = N_A / (N_A + N_B + N_C) \times 100\% \quad (1)$$

$$P_o = N_C / (N_A + N_C) \times 100\% \quad (2)$$

$$F_{AR} = N_B / (N_A + N_B) \times 100\% \quad (3)$$

$$B = (N_A + N_B) / (N_A + N_C) \quad (4)$$

式(1)~(4)中, N_A 为预报正确的站(次)数、 N_B 为空报站(次)数、 N_C 为漏报站(次)数。

另外,为了使抽象的检验结果便于预报员和研究人员有较为直观的理解,本文还参考了宇如聪^[7]、王雨^[8]等采用的根据模式预报平均降水的空间分布和平均降水的时间演变来评价其预报性能的方法。

3 检验结果及分析

3.1 四种数值模式降水预报的 T_s 评分比较

计算 2007 年主汛期 T213、AREM、JMA、GRE 四种数值模式对武汉区域不同时效降水的预报 T_s 评分,其结果见图 1。

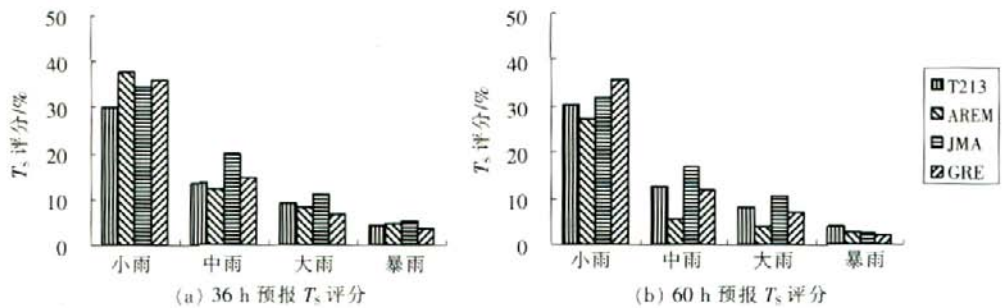


图 1 T213、AREM、JMA、GRE 武汉区域 2007 年主汛期降水预报的 36 h (a)、60 h (b) T_s 评分

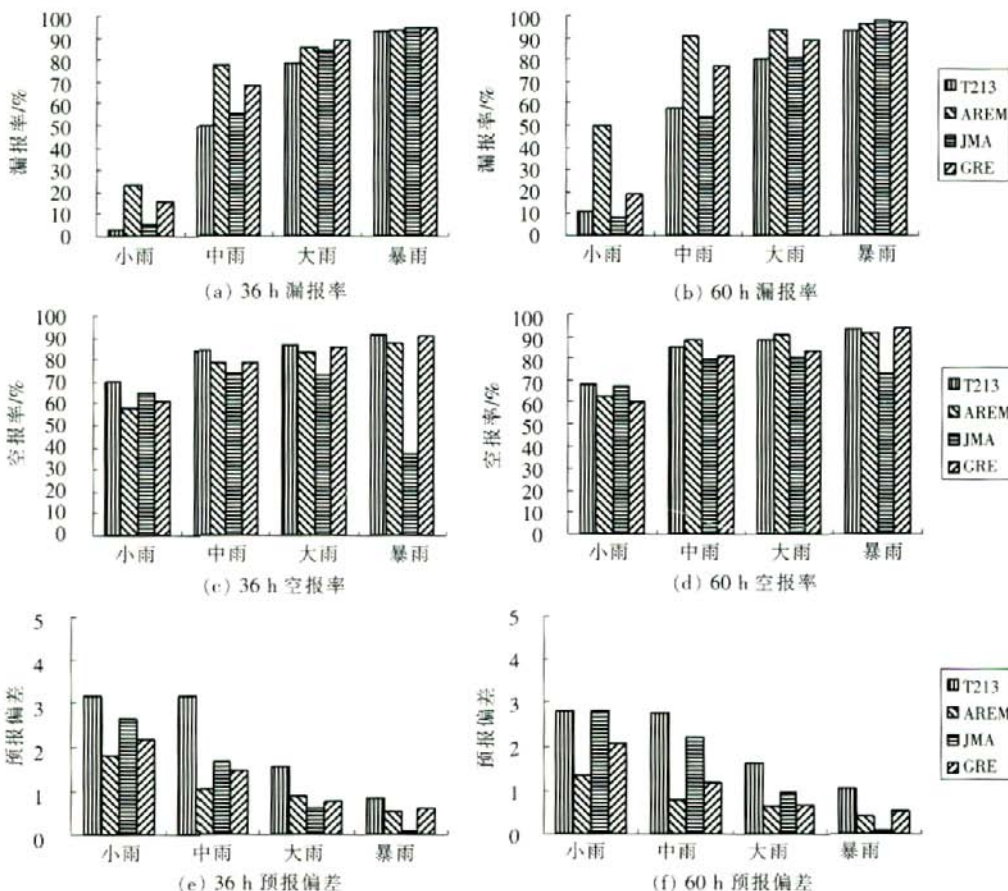


图 2 T213、AREM、JMA、GRE 武汉区域 2007 年主汛期不同时效降水预报的漏报率、空报率和预报偏差

从图1中可见,无论全球数值模式还是中尺度数值模式,随降水量级增加, T_s 评分均明显下降,且各模式36 h预报效果均好于60 h预报效果。如36 h降水预报,对小雨预报的 T_s 评分,AREM最高(37.5%),JMA与GRE相差不大,T213略低于其它三个模式;其它量级预报的 T_s 评分,JMA最高,其余三种模式差别不大。对大雨以上的强降水,四种模式预报的 T_s 评分均不高,普遍低于10.0%。

3.2 四种模式降水预报的漏、空报率及预报偏差比较

图2给出的是2007年主汛期T213、AREM、JMA、GRE四种数值模式不同时效降水预报的漏报率、空报率和预报偏差。

分析图2可知:(1)从预报时效上来看,除JMA的中雨、大雨预报的漏报率60 h略低于36 h外,四种数值模式60 h预报的空报率和漏报率均高于36 h预报(或基本持平)。(2)从降水量级的预报上来看,随降水量级增加,四种数值预报模式的空、漏报率增加,特

别是暴雨的空、漏报率显著增大(JMA暴雨空报率例外)。(3)对比四种模式的预报空、漏报率及预报偏差,对于小雨和中雨预报,空报率高,漏报率低,预报范围较实况偏大;大雨预报,除T213之外,其他三种数值模式的漏报率均高于空报率,预报范围较实况偏小;暴雨预报,各模式的漏报率均显著增大,除T213 60 h降水预报之外,其它模式预报范围均较实况明显偏小,尤其是JMA。(4)从四种模式的综合对比来看,JMA的空报率较小,其余三种模式的空报率大致相当;四种模式的漏报率差别不大,只有AREM的60 h预报的漏报率相对较高。

3.3 武汉区域2007年主汛期降水实况及模式预报对比

图3是武汉区域2007年主汛期24 h降水实况与T213、AREM、JMA、GRE四种数值模式36 h降水预报的日平均分布对比。通过该区域内主汛期降水量的日平均分布可反映模式对降水落点、落区空间分布的预报能力。

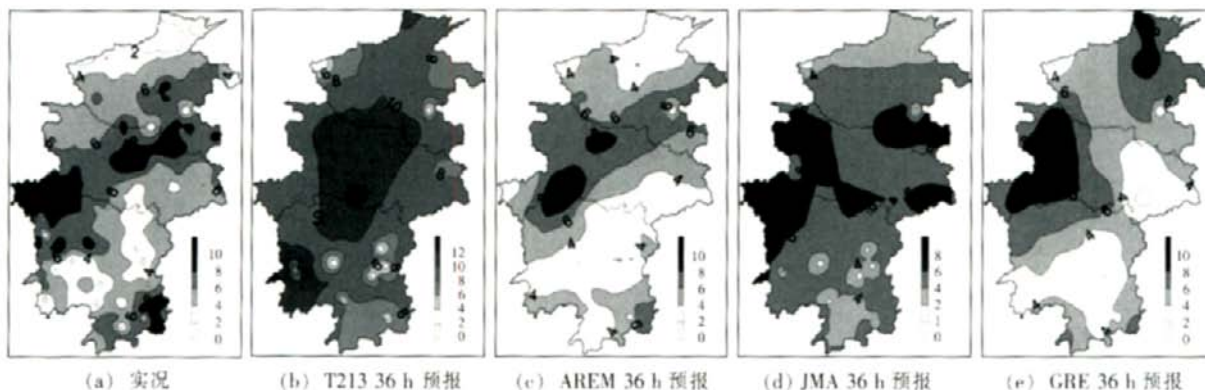


图3 武汉区域2007年主汛期降水实况与T213、AREM、JMA和GRE的36 h降水预报日平均分布图(单位: $\text{mm}\cdot\text{d}^{-1}$)

与通常年份武汉区域主汛期降水的准东西向分布略有不同,2007年主汛期雨带呈东北—西南向分布,位于湘西北、鄂西南、江汉平原西北部到豫东一线(图3a),强降水中心主要分布在芷江、常德、五峰、京山、驻马店等站点附近,在强中心两侧,雨量减小,另外,在湖南南部出现次降水中心。

分析四种模式预报的雨带分布、强降水中心位置及强度发现:(1)AREM模式对降水带的分布形势预报效果(图3c)好于其它三个模式(图3b、d、e)。(2)对强降水中心及其强度,各模式的预报差别较大,其中AREM不仅预报出鄂西南、湘西北至豫东一线的强降水带和湖南南部的降水区,且预报的中心强度也与实况较为接近,只是对江汉平原西北的强降水区的预报略偏北、偏弱,对湖南的次降水中心预报也偏弱;T213报出鄂中的一个中心,但其预报的强降水范围偏大、强度偏强且最强中心偏南,T213也报出湖南的次降水中心,但预报的强度和位置与实况均有偏差;JMA报出了鄂西

与湘西北的降水中心和河南信阳的降水中心,但未对江汉平原的强降水区作出预报,且降水预报强度明显偏弱;GRE对降水强度、位置的预报与实况差别最大。

对四种模式48 h的降水预报作了降水量日平均分布分析(图略)。结果表明,各模式60 h预报在降水分布上均不及36 h预报,只有JMA对降水区的预报略好于36 h预报,报出了强降雨带,但对强度的预报偏小;AREM预报的强降雨带位置偏东、强度偏小;T213预报的降水中心位置偏东偏北、强度偏大;GRE只报出了鄂西的一个降水中心,且位置偏北。

3.4 降水逐日实况及模式预报对比

分析数值模式降水预报在某一季节的日平均分布,可大致反映模式在该季节对降水空间分布的预报能力,而区域平均逐日降水演变图则能较好地反映一个模式对某一区域不同时间发生的大降水过程的预报能力^[3-7]。将各模式武汉区域2007年主汛期降水作逐日区域平均,并给出区域平均降水逐日演变图(图4)。

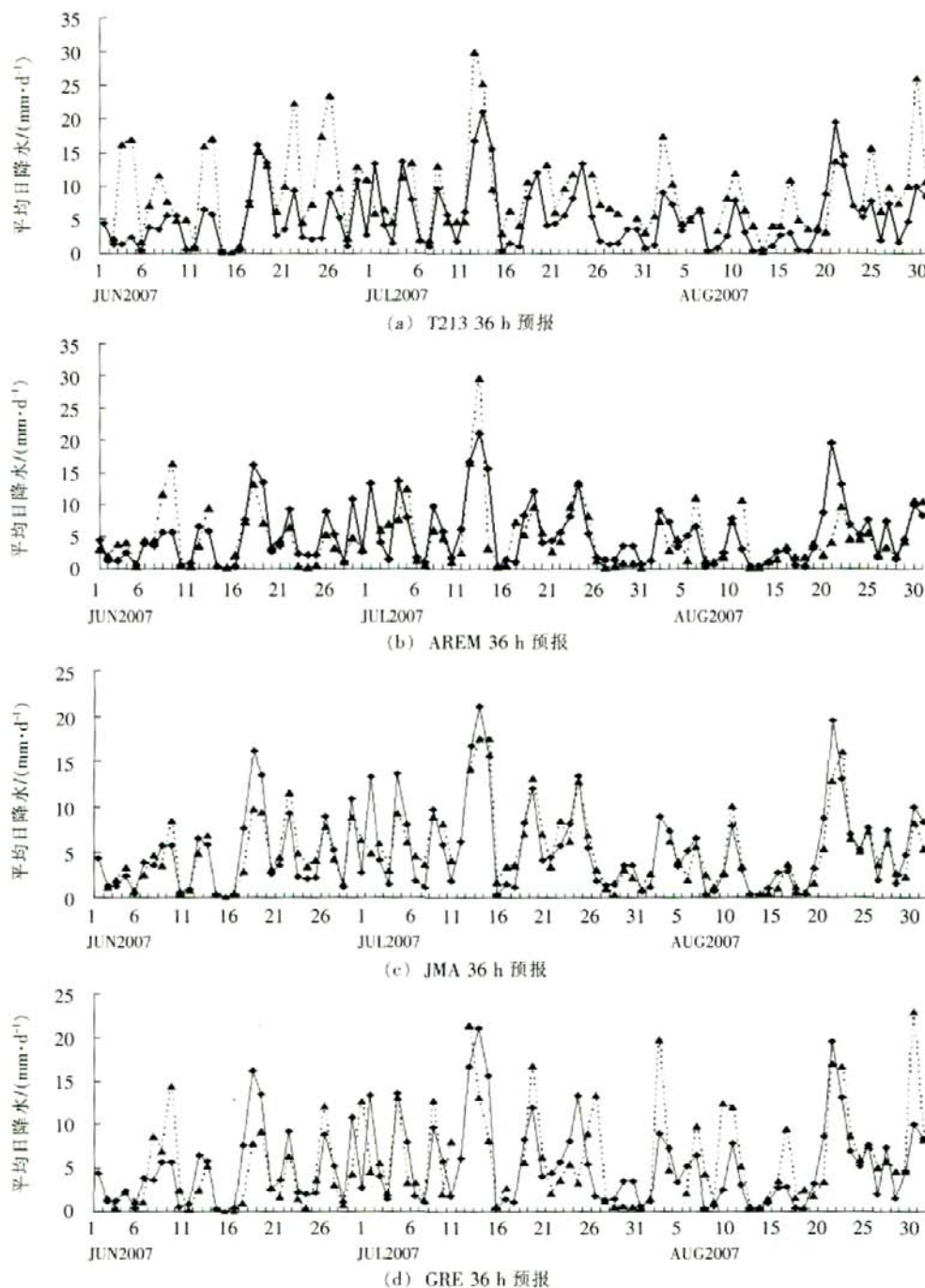


图 4 武汉区域 2007 年主汛期 T213、AREM、JMA 和 GRE 的日平均降水量 36 h 预报(—▲—)与实况(—●—)的逐日演变图(单位 mm)

从图 4 中可见, 四种数值模式基本上能够对当年武汉区域大的降水过程的演变趋势作出准确预报, 只是在降水量值上存在一定的差别, T213 和 GRE 的预报值较实况以偏大为主(图 4a, d), AREM 和 JMA 的预报值较实况以偏小为主(图 4b, c), 且空、漏报均较少。如 6 月 25—27 日的降水过程, 四种数值模式均对这次过程作出了预报, 25—26 日 24 h 降水的区域平均值为 8.9 mm, T213 和 GRE 的预报值分别为 23.4 mm、12.1 mm(图 4a, d), 较实况偏大, AREM 和 JMA 的预报值分别为 5.3 mm、7.8 mm(图 4b, c), 较实况偏小。

通过对四种模式的 60 h 预报的日平均降水量预报的检验分析发现(图略), 四种数值模式基本上能报出武汉区域大的降水过程。相比之下, AREM 和 JMA 的预报与实况最为接近。

4 结论

本文对 T213、AREM、JMA、GRE 四种数值预报模式在 2007 年主汛期的降水预报进行了客观检验与分析, 得出以下几点结论。

(1) 随着降水量级的增加, 各模式的 T_s 评分均下

降,且60 h预报的 T_s 评分低于36 h的。综合比较而言,JMA预报的 T_s 评分高于其它模式,其余三种模式的 T_s 评分差别不大;针对大雨以上的强降水,各模式的强降水预报的 T_s 评分明显偏低。

(2)四种数值模式的空、漏报率随降水量级的增加而增大,60 h预报高于36 h(或基本持平);小雨和中雨预报,四种模式的空报率均高于漏报率;大雨和暴雨预报,四种模式基本上是漏报率高于空报率。综合比较,JMA的空报率最小,AREM的预报范围与实况基本相当。

(3)对2007年主汛期降水的36 h预报,AREM模式对降水带分布形势的预报效果好于其它三个模式,报出多个强降水中心,预报强度与实况接近;T213和JMA次之,其中T213的预报范围偏大、强度偏强,JMA预报的降水强度显著偏弱,GRE的预报效果较差。随着预报时效延长,各模式的预报准确率下降,对雨带分布的预报与实况的偏差增大。

(4)四种数值模式基本上能够对武汉区域大的降

水过程的演变趋势作出较为准确的预报,但在降水量预报上与实况存在一定差别,T213和GRE的预报较实况以偏大为主,AREM和JMA的预报较实况以偏小为主,降水过程的空、漏报现象均较少。

参考文献:

- [1] 曾智华,马雷鸣,梁旭东,等.MM5数值预报引入GRAPES三维变分同化技术在上海地区的预报和检验[J].应用气象学报,2004,15(5):534-542.
- [2] 陈敏,王迎春,仲跻芹,等.北京地区中尺度数值业务预报的客观检验[J].应用气象学报,2003,14(5):522-532.
- [3] 王雨.2004年主汛期各数值预报模式定量降水预报评估[J].应用气象学报,2006,17(3):316-323.
- [4] 罗剑琴,孙士型,陈少平,等.长江上游流域数值预报产品评价分析[J].暴雨灾害,2007,26(3):246-250.
- [5] 公颖.2007年主汛期AREM模式降水预报效果检验分析[J].暴雨灾害,2007,26(4):372-380.
- [6] 蔡秀华,曹鸿兴.资料插值的进展[J].气象,2005,31(8):3-7.
- [7] 宇如聪,徐幼平.AREM及其对2003年汛期降水的模拟[J].气象学报,2004,62(6):715-724.

Evaluation of Quantitative Precipitation Estimation of Numerical Weather Prediction Models in Wuhan Region During Main Flood Season of 2007

MENG Ying-jie^{1,2}, WU Hong-bao¹, WANG Li², ZHANG Ping-ping²

(1. Institute of Atmospheric Sciences, NUIST, Nanjing 210044; 2. Wuhan Central Meteorology Observatory, wuhan 430074)

Abstract: By using the evaluation and analysis system of weather products in wuhan regional meteorological center, four numerical weather prediction models are verified and assessed for their QPE using in Wuhan region during main flood season of 2007. Firstly, the integrated forecast ability of the Japanese global model is the best, AREM the second best, and the fail rates of four models are all bigger than observations. Secondly, the distribution and intension of precipitation of AREM furthest closing to the observations shows a good spatial forecast capability for the quantitative precipitation forecasting. Thirdly, Four models have good performs on forecasting the developing trends of rainfall processes, but their QPE need to be improved for some errors comparing with the rain gauge observations.

Key words: Numerical weather prediction models; T_s score; Fail rate; False rate; Predicting deviation