

文章编号:1004-9045(2007)04-0301-05

三种数值预报产品短期强降水预报定量误差评估

王 丽¹, 金 琪¹, 柯怡明²

(1.武汉中心气象台, 武汉 430074; 2.湖北省气象局, 武汉 430074)

摘 要:利用误差分析和累计降水检验的方法,对日本、德国、T213 三种数值预报模式在强降水过程中的预报进行了统计和比较,并分析了强降水过程中日本模式的预报定量误差。结果表明:三模式产品在强降水过程预报中预报值基本上小于实况,而且随着实况量级的增加,预报偏小的次数增多。其中日本模式的预报最为稳定,且结果较接近实况,为解释应用提供了依据和数据参考。

关键词:数值模式;降水预报;定量误差;统计检验

中图分类号: P459.9 文献标识码: A

1 引言

华中地处中原,属于东亚季风区,天气变化剧烈,降水年变率大,时空分布不均,特别是强降水频繁,常带来严重的洪涝灾害。因此,华中区域各省气象工作的重点基本都放在降水预报或与之相关的灾害性天气预报上,强降水预报的方法研究已成为气象科研的重点。在众多的强降水预报方法中,随着数值模式理论与方法、大气探测技术和计算机技术的飞速发展,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参考预报方法^[1]。但由于华中区域处于中纬度西风带中,气候环境复杂多变,且地形独特,强降水预报相对复杂。究竟数值预报模式对强降水有多大预报能力,在何种程度上能为预报员提供可信的参考信息,已成为预报员和研究人员关注的重点。

我国从 20 世纪 70 年代开始研究降水预报模式,经过几十年的发展,目前在业务上广泛应用的有 HLAFS、AREM 等区域模式,也有全球中期数值预报模式 T213,这些模式在降水预报方面表现了较好的预报能力,明显提高了我国定量降水的预报能力^[2-4]。同时,华中各省预报员也仍习惯使用日本或德国数值预报模式的降水预报产品作为日常预报业务的参考^[5-10]。因此,对数值预报产品的合理选取与释用已成为摆在预报员面前亟待解决的问题。

降水预报评价在国际上仍是一个在广泛深入研究的工作,至今为止没有一个客观统计检验方法能单独地全面描述降水预报的性能。在我国应用比较广泛

的主要是中国气象局制定的《重要天气预报质量评定办法》,对各种数值预报产品的降水预报正确率、空报率和漏报率进行检验^[5-13],而对降水预报产品的定量预报误差进行检验的则相对较少。通过预报误差检验,能定量反映数值预报与实况之间的真实差距,为预报员应用数值预报产品,特别是强降水预报中订正及解释应用提供依据。因此,本文以误差检验为主,在华中区域选择湖北省作为代表,对在预报业务中广泛应用的日本(JMA)、德国(GRE)、T213 三种全球数值预报降水产品进行分析检验,以期以后的应用提供参考。

2 资料和方法

2.1 资料来源

日本(JMA)、德国(GRE)、T213 这三种数值预报模式在武汉区域气象中心投入业务应用的时间并不一致,中国气象局于 2002 年 9 月下发了 T213 L31 产品,2004 年 10 月下发了日本、德国两种产品的格点预报场。另外中国气象局武汉暴雨研究所也通过日本气象厅网站下载并保存了 2002 年以来的日本降水预报资料。分别收集并整理了 2002~2006 年 T213 和日本以及 2004~2006 年德国的降水预报资料以及相应时段的湖北省 77 个气象观测站降水实况。其中实况资料为每天 08:00~08:00(北京时)的 24 h 累计降水,全球模式的预报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。

2.2 数据插值方法

为便于检验,将上述三种数值预报产品的 12~36、36~60 h 格点预报数据内插到湖北省各气象站点,以

收稿日期:2007-08-30;定稿日期:2007-11-19

基金项目:中国气象局新技术重点推广项目“长江中游气象水文预报与服务系统研究”(CMATG2006Z08)资助

作者简介:王丽,女,1969 年生,高级工程师,主要从事暴雨和水文气象预报研究。E-mail:wangsiyuan@126.com

此作为数值模式对气象站点的 24 h、48 h 降水预报资料。插值方法采用目前气象业务中最常用的最优插值法^[14]。

2.3 检验方法

目前国内各种数值预报产品检验分析表明^[2-13]: 全球数值预报模式对短期内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,往往漏报多,空报少。针对强降水预报,全球数值模式存在一定的系统性误差,预报往往偏小,误差具有一致性,有利于预报员在强降水预报中进行相关订正及解释。因此,采用类似于温度、气压预报评价中常使用的误差检验方法,对日本、德国、T213 三种降水产品的预报误差进行检验。

整理湖北省各气象站点强降水过程中三种产品的预报值和实况,并对预报误差,平均偏大率、平均偏小率、平均偏大误差、平均偏小误差等特征量进行统计,其中相关定义如下:

强降水: 日降水(08-08时) ≥ 25 mm(下同)。

预报误差: $X_i = [(x_p - x_o) / x_o] \times 100\%$, X_p 为预报值, X_o 为实况值。

预报偏大率: $S_p = (N_p / N) \times 100\%$ 。在强降水个例中,如果某站预报误差 $X_i > 0$,则认为该站预报偏大。 N_p 为所有强降水过程中,预报误差 $X_i > 0$ 的总站次, N 则为

日降水(08-08时) ≥ 25 mm 的总站次。

预报偏小率: $S_n = (N_n / N) \times 100\%$ 。在强降水个例中,如果某站预报误差 $X_i < 0$,则认为该站预报偏小, N_n 为所有强降水过程中,预报误差 $X_i < 0$ 的总站次, N 定义同上文。

平均偏大误差: $X_g = \frac{1}{N_g} \sum_{i=1}^{N_g} X_{gi}$, X_{gi} 为某次强降水过程中某站偏大的预报误差, N_g 定义同上文。

平均偏小误差: $X_n = \frac{1}{N_n} \sum_{i=1}^{N_n} X_{ni}$, X_{ni} 为某次强降水过程中某站偏小的预报误差, N_n 定义同上文。

3 检验结果及分析

使用上述方法将实况和各数值预报资料进行计算,分别统计了三种预报产品按量级、地区及主汛期期间(6-8月)的误差。

3.1 按量级预报误差分析

参照中国气象局 Ts 技巧评分中雨量等级的划分标准,将强降水过程按照 24 h 降水量划分为大雨($25 \text{ mm} < R_{24} < 50 \text{ mm}$)、暴雨($50 \text{ mm} < R_{24} < 100 \text{ mm}$)、大暴雨以上($R_{24} \geq 100 \text{ mm}$)三个量级,并按照这个划分标准,计算三种预报产品的统计量,结果见图 1。

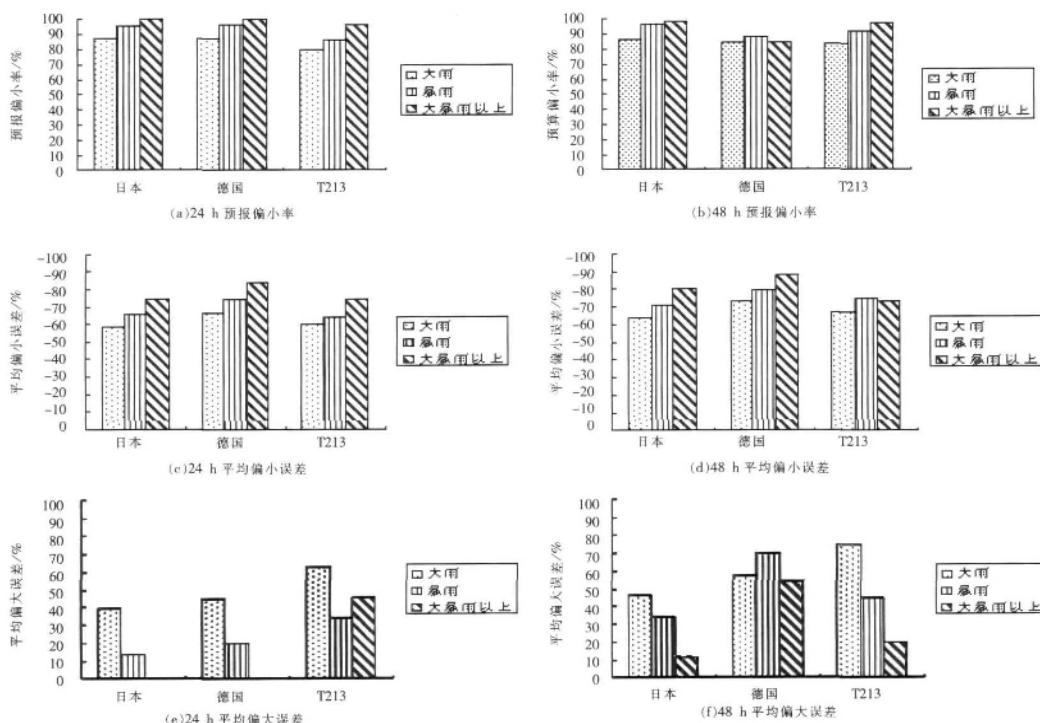


图 1 按量级三种降水产品的预报偏小率、平均偏小误差、平均偏大误差

从图 1 中的 24、48 h 两个时段预报偏小率的分布可见,不论是大雨、暴雨、还是大暴雨以上的量级,上述三种产品预报值基本上小于实况值,而且随着实

况量级的增加,预报偏小的次数也逐渐越多。这同时验证了国内其它文献所指出的:全球数值模式强降水过程漏报多,空报少的特点,也反映了在强降水预报

中,各数值模式预报一致偏小的系统特征。三种产品之间预报偏小率也各有不同,其中日本模式在 24、48 h 两个时段各个量级的预报偏小率均高于其它两种产品,暴雨的预报偏小率达到 95%以上,大暴雨的预报偏小率甚至为 100%,而德国模式在 24、48 h 两个时段的表现有一定差异,48 h 的预报偏小率低于 24 h,其在两个时次的预报一致性上不如日本和 T213。

从预报平均偏小误差发现,三种产品预报值与实况相比,均偏小明显,24 h 的最小误差也达 -60%以上,而且随着量级的增大,误差越大,大暴雨以上量级的最大误差接近 90%。比较而言,德国在三个量级、两个时段上偏小误差最大,日本和 T213 则基本相当,只是在 48 h 大暴雨以上的预报误差大于 T213。

尽管三种产品的预报大多数比实况偏小,但也有部分量级、部分时次的预报比实况大。为客观的评价三种预报产品的性能,有必要对它们的偏大误差进行客观分析。由图 1 可以看出,三种产品的平均偏大误差差别较大,48 h T213 的大雨的平均偏大误差达到 75.5%。相比之下,各个量级、各个时次的预报,日本降水预报的平均偏大误差明显小于其它两种产品。

综合分析表明:三种全球数值预报产品在各个雨量量级上的预报绝大多数偏小,且偏小误差较大。日本、德国、T213 这三者之间,德国的平均偏小误差最大,T213 的 24 h 各级降水和 48 h 大雨量级平均偏大误差最大,日本则相对稳定,预报偏小的一致性较好,

预报误差也最小。

3.2 按自然区预报误差分析

湖北省地势为西、北、东三面高起,中部向南敞开,具有马蹄形层状分布特征,其中山地占 56%,丘陵岗地占 24%,平原占 20%(图 2)。由于地貌类型复杂多样,形成有地区性差异的地方气候,对湖北省强降水的分布也有影响。因此,我们还对三种数值产品在湖北省鄂东北、鄂东南、江汉平原、鄂西北和鄂西南五个自然区(图 2)的预报与实况数据进行了分析。

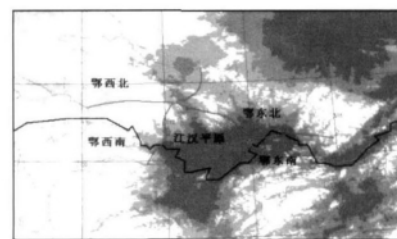


图 2 湖北省地形及自然区分布

由图 3 可见,同按量级比较的结果类似,在强降雨过程预报中,三种数值预报产品针对湖北五个自然区两个时段的预报偏小的次数占绝大部分,其中日本的预报偏小率最高,24 h T213 预报偏小率最低,48 h 德国与 T213 基本相当(图 3)。值得指出的是,三种数值产品的预报偏小率,西部地区大于东部地区,这可能与西部地区山脉众多,强降水形成机理复杂,而全球数值模式由于地表数据相对粗糙,更大程度地是反映大尺度降水的发展趋势有关。

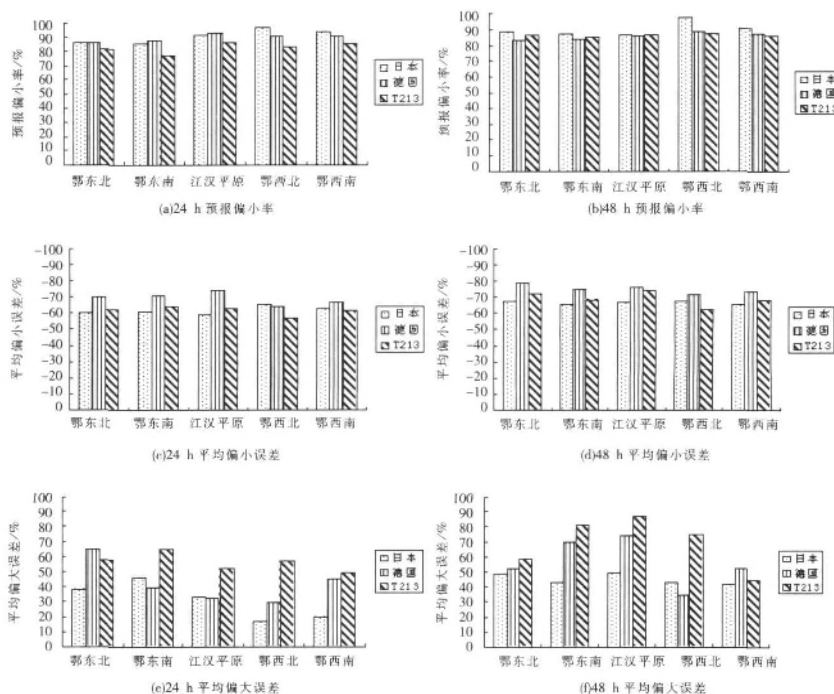


图 3 按自然区三种降水产品的预报偏小率、平均偏小误差、平均偏大误差

从三种产品的预报平均偏小误差来看(图 3),日本、德国、T213 在五个区域各自的平均偏小误差相差不

大,基本都在 60%以上。综合比较三个产品,德国的误差最大,其它两种产品比较接近,日本误差略小于 T213。

T213 的预报偏小率却小于其它两种产品,但其平均偏大误差却明显大于日本和德国,日本的最小(图 3)。说明 T213 在强降水预报中预报的一致性不如日本和德国,且平均最大误差最大,易空报。因此,从三种产品在五个自然区的预报统计分析不难看出,日本的预报产品更加稳定,不论平均偏小误差,还是平均偏大误差,更接近实况。

3.3 汛期预报误差分析

每年主汛期(6-8月)是一年中强降水最为集中,也是衡量各种预报产品质量的关键期。因此客观评价上述产品的预报误差有必要对其主汛期的强降水预报进行检验。同按量级和区域的检验方法一样,通过分析得到图 4。

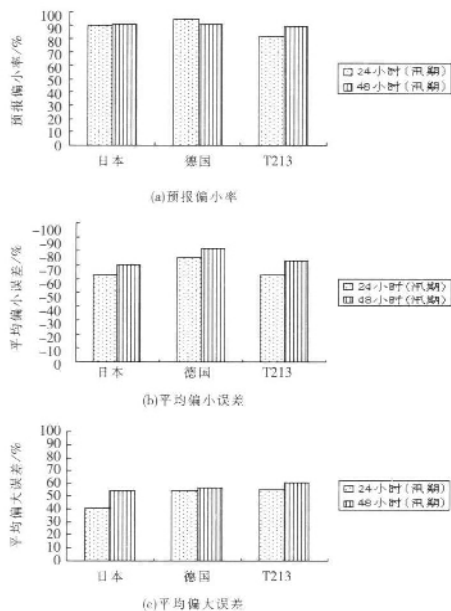


图 4 主汛期三种降水产品的预报偏小率、平均偏小误差、平均偏大误差

从图 4 看出,汛期三种预报产品预报值仍然以偏小居多,T213 偏小率最小、日本与德国基本相当。但分析平均偏小误差和平均偏大误差统计的结果,不论是 24 h,还是 48 h,日本的预报最接近实况,但最小的误差也有 40%以上,德国的误差最大,T213 其次。

按照本文定义的方法,从量级、地区和汛期三方面对日本、德国、T213 的预报结果分析表明:三种全球数值预报的降水产品针对强降水预报,基本偏小。相比而言,T213 预报的稳定性较差,而且预报平均最大误差较大;德国的偏小误差最大;日本的预报具有一致偏小的特点,而且不论是平均最小误差,还是平均最大误差都是最小的,更接近实况。

3.4 综合检验分析

为进一步比较三种产品在强降水预报中的性能,在误差分析的基础上,还采用了累加检验的方法对三种数值预报做了评估。所谓累加检验就是指当实况降

水为某一级降水时,只要预报降水等于或大于该级降水均算正确。定义如下:

$$F = \frac{N_A}{N_A + N_B + N_C} \times 100\%$$

实况为强降水,预报为强降水则认为正确,否则为漏报;若预报为强降水,实况 < 25mm,则为空报。 N_A 为预报正确的站(次)数, N_B 为漏报的站(次)数; N_C 为空报的站(次)数。

统计显示(表 1):三种产品的预报准确率德国最低,48 h 只有 12.08%,T213 次之,日本的准确率最高,其 24 h 和 48 h 准确率比较接近,均在 23%左右。

表 1 三种降水产品预报准确率

预报时段	准确率 (%)		
	日本	德国	T213
24 h	23.10	16.19	20.19
48 h	23.40	12.08	13.24

4 日本降水产品误差定量分析

通过上述方法的检验发现,日本降水预报产品更加稳定,与实况更为接近。因此,对其预报误差进行了进一步比较,为预报员在解释应用中提供一定的数字依据。

表 2 是按量级对日本降水预报进行的误差定量,分析表明:随着实况量级的增加,平均偏小误差逐渐增大,而平均偏大误差逐渐减小。两种误差分布,24 h 预报均比 48 h 更接近实况。其中平均偏小误差基本在 -58%到 -80%之间,而平均偏大误差为 0 到 46%,其中 24 h 日本没有预报过大暴雨以上的量级。

可见虽然日本降水预报偏大率较小,但其预报质量高于偏小时的预报,在实际业务中,偏小预报所需订正的幅度也相应大些。

表 2 按量级日本降水预报的误差定量

量级	平均偏小误差 (%)		平均偏大误差 (%)	
	24 h	48 h	24 h	48 h
大雨	-58.78	-63.33	39.52	46.97
暴雨	-65.70	-71.30	13.83	34.32
大暴雨以上	-74.93	-80.42	0.00	11.82

类似于表 2,本文还分析了不同地区和主汛期日本的强降水预报定量误差(表略),同按量级比较的结果一致,其 24 h 的降水预报质量高于 48 h 预报,而且预报偏大时的误差小于预报偏小时的误差。五个地区在各个时次相互间的误差差别不大。主汛期日本预报的平均偏小误差 24 h 达到 58%,48 h 达到 63%,

平均偏大误差 24 h 为 30.93%, 48 h 为 46.65%。

5 结论与讨论

该文利用误差分析和累计降水检验的方法, 对日本、德国、T213 三种模式在强降水过程中的预报进行了统计和比较, 分析了强降水过程中日本的预报定量误差, 得到以下初步结论:

(1)按照量级、自然区和主汛期的统计: 日本、德国、T213 在强降水过程预报中预报值基本上小于实况, 预报偏小明显。其中随着实况量级的增加, 日本、德国、T213 预报偏小的次数越多, 其中平均偏小误差随着量级的增加, 误差增大; 而平均偏大误差则相反。

(2)从误差检验得出: 日本、德国、T213 三种数值预报之间, 德国的平均偏小误差最大, T213 的平均偏大误差最大, 日本则相对稳定, 预报具有一致偏小的特点, 而且其平均偏小误差、平均偏大误差都是最小的, 更接近实况。日本累计降水检验的结果也优于其它两种产品。

(3)通过具体的误差定量分析, 在强降水过程中, 日本 24 h 的预报质量高于 48 h, 24 h 平均偏小误差基本在 58%以上。日本降水预报偏大时的预报质量高于偏小时的预报。

强降水是在一定的天气尺度背景下产生, 由多种因素互相作用的结果。日本降水预报的检验也进一步证明了其作为全球模式能较好地反映大尺度范围的降水发生机制, 因此如何利用其预报具有一致偏小的稳定性特点, 结合误差检验的结果, 提高强降水预报的准确率将是值得继续研究的问题。

需要指出的是: 由于本文误差分析方法较为粗

糙, 无法区分出与系统性误差有关的具体物理过程。另一方面因统计资料的局限, 样本的统计特征能否很好地代表上述产品的统计特征, 也有待进一步研究。

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] 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.
- [3] 王雨. 2003 年主汛期及淮河强降水过程中外数值模式降水预报检验[J]. 天气与气候, 2004, 3(1): 78-87.
- [4] 王雨. 2002 年主汛期国家气象中心主客观降水预报对比检验[J]. 气象, 2003, 29(5): 21-25.
- [5] 彭习灿, 肖本权. 2002 年冬季日本降水预报与咸宁同期降水实况的对比[J]. 湖北气象, 2003(3): 41-42.
- [6] 顾永刚, 王丽, 徐双柱. 2005 年夏季华中地区四种数值预报模式的预报效果评估[J]. 湖北气象, 2006, 25(2): 13-16.
- [7] 蔡静菲, 邓兴旺. 对 T213 降水产品短期预报水平的评估[J]. 湖北气象, 2003(1): 9-10.
- [8] 熊传辉, 马安国, 饶传新, 等. 三种数值预报产品在清江流域雨量预报中的应用检验[J]. 湖北气象, 2004(1): 24-26.
- [9] 李辉, 宋婧, 霍传秀, 等. T213 模式对河南省降水预报检验评价[J]. 河南气象, 2004(4): 16-17.
- [10] 卢振礼, 郑美琴. 日本数值产品降水量预报的应用及检验[J]. 河南气象, 2005(4): 20-21.
- [11] 张建海, 诸晓明. 数值预报产品和客观预报方法预报能力检验[J]. 气象, 2006, 32(2): 58-63.
- [12] 吴洁晶, 李瑞光. 1997 年日本短期降水数值预报效果的检验[J]. 海岸工程, 1998, 17(2): 70-73.
- [13] 徐文正, 王善芳, 崔建云. 天气在线降水预报与日本传真图的对比检验[J]. 山东气象, 2005(3): 20-21.
- [14] 蔡秀华, 曹鸿兴. 资料插值的进展[J]. 气象, 2005, 31(8): 3-7.

Quantitative Evaluation of Short-term Strong Precipitation Forecasting of

WANG li¹, JIN qi¹, KE yi-ming²

(1. Wuhan Central Meteorological Observatory, Wuhan, 430074; 2. Hubei Provincial Meteorological Bureau, Wuhan, 430074)

Abstract: The precipitation products of JMA, GRE and T213 in strong precipitation courses were statisticed and compared by using the means of error analysis and accumulative verification, and the quantitative error of JMA's precipitation forecasting in heavy rainfall processes was analyzed. The results show that the forecasting value of these three models are all less than the observed value in heavy rainfall forecast, and with the precipitation increasing, the times of underestimating increases. JMA's forecasting is the most steady one among JMA, GRE, T213, which has the consistent character and is more near to the reality. It provides the gist and reference for JMA forecasting's explaining and applying.

Key words: NWP model; Pprecipitation forecast; Quantitative error; statistical test