

# 数值预报产品和客观预报方法预报能力检验

张建海<sup>1,2</sup> 诸晓明<sup>2</sup>

(1. 南京信息工程大学大气科学系, 210044; 2. 浙江省绍兴市气象台)

**提 要:** 利用天气预报业务中使用的 JMH、MM5、中央气象台、MOS 以及预报员 5 种预报产品资料, 对 2003 年 10 月至 2004 年 9 月绍兴市降水和气温预报按自然天气季节、量级和主要影响天气系统进行了检验评估。结果表明: 对中雨及以下量级的降水预报, JMH 和中央气象台降水预报准确率较高, 但对大雨及以上量级降水预报, 各种方法都不太理想。冷锋、气旋和台风影响下的降水预报准确率明显高于暖锋和副高影响下的降水。MM5 气温预报系统性偏低, MOS 气温预报则呈现一定的季节性。

**关键词:** 客观预报 自然天气季节 天气系统 检验评价 统计方法 气温 降水

## Verification of Prediction Capability of NWP Products and Objective Forecast Methods

Zhang Jianhai<sup>1,2</sup> Zhu Xiaoming<sup>2</sup>

(1. Department of Atmosphere Sciences, Nanjing University of Information Science & Technology 210044;  
2. Shaoxing Meteorological Observatory, Zhejiang Province)

**Abstract:** Based on the products of JMH, MM5, NMC, MOS and forecaster's subjective forecast, precipitation and temperature prediction in Shaoxing City are verified in terms of natural weather season, grade and main synoptic system. The results show that the TS score of JMA and NMC is better from light rain to middle rain, but the TS score of all products is not satisfactory for heavy rain prediction. When the rain is caused by cold front, cyclone or typhoon, the rainfall forecast skill is higher than warm front or subtropical high. As for temperature prediction, MM5 is lower systematically and MOS responds score varies



with season.

**Key Words:** objective forecasting natural weather season synoptic system temperature rainfall

## 引 言

随着数值预报技术的快速发展,数值产品在天气预报业务中得到越来越广泛的应用。但由于数值预报结果受模式初始场、边界条件、物理过程、地形、植被及模式本身的设计等诸多方面的影响<sup>[1]</sup>,数值产品,特别是对天气要素的预报无论是出现时间、空间分布和量值大小都不可避免地存在一定的误差。另一方面随着气象业务现代化建设的发展,各级台站获得的预报信息大量地增加,但由于各种数值产品和客观方法的预报性能参差不齐,常常使预报员在大量气象信息面前犹豫不决,信心不足。预报员选择可信度较高的客观预报就需要对各种预报产品在不同情形下的准确率有所了解。

因此开展对数值产品和客观方法的检验是必不可少的工作<sup>[2~4]</sup>,定性定量评估数值产品和客观方法的预报性能、预报技巧及误差的分布特点,无论对于研发人员还是预报员都是十分有益的。它既能向研发人员提供反馈信息,有助于诊断和修正模式物理参数化过程中可能存在的缺陷,又能有利于预报员作出正确的选择,为订正预报结果提供客观依据。

## 1 资料及统计方法

### 1.1 资料说明及处理

绍兴市气象台常用的数值产品和客观方法中提供降水和气温预报的有日本数值预报(以下称 JMH)、绍兴 MM5 数值模式、中

央气象台预报、绍兴 MOS 预报。由于 9210 下发的 JMH 产品只是图形格式的传真预报图,文中检验所用资料从网上获取,用距离权重插值方法把格点值插值到站点。绍兴 MM5 数值模式是基于 PSU/NCAR 发展的非静力中尺度数值模式,模式水平分辨率为 15km。中央台预报是指国家气象中心发布的对地方台站的指导预报。绍兴 MOS 预报是指利用 JMH 资料,应用 MOS 预报方法制作的降水、气温客观预报。预报员预报是指综合考虑各种数值产品和客观方法,结合预报员自身经验最终得到的预报。

由于 5 种预报是同时次的预报,因此效果检验分析的结论具有较好的现实意义。下面对 2003 年 10 月至 2004 年 9 月上述 5 种预报产品进行检验分析,若因故缺资料,则缺资料当天不参加统计。

### 1.2 统计方法

#### 1.2.1 降水定性预报检验方法

当预报为有雨,若实况降水量  $R_{\text{实}} \geq 0.0\text{mm}$  评定为正确,若实况无雨则评定为空报;当预报为无雨,若实况无雨评定为正确;若实况降水量  $R_{\text{实}} > 0.0\text{mm}$  评定为漏报。定性准确率 = 报对次数 / (报对次数 + 空报次数 + 漏报次数)。

#### 1.2.2 降水定量预报检验方法

检验分 5 个降水量级 ( $R_{\text{实}} \geq 0.1$ 、 $R_{\text{实}} \geq 10$ 、 $R_{\text{实}} \geq 25$ 、 $R_{\text{实}} \geq 50$ 、 $R_{\text{实}} \geq 100\text{mm}$ , 亦即小、中、大、暴和大暴雨以上)。当预报为某量级降水,若实况降水量落在预报区间评定为正确,若实况降水量小于预报区间起始值评定为偏大,若实况降水量大于预报区间终止值评定为偏小,定量正确率 = 报对



次数/ (报对次数+偏大次数+偏小次数)。

1.2.3 气温定量预报检验方法

记  $F$  为预报值,  $O$  为实况值,  $M$  为预报次数, 采用两种气温定量检验方法。①平均偏差  $ME = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M (F_i - O_i)$ , 它反映统计时段内气温预报的某种系统性误差。②绝对误差  $MAE = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M |F_i - O_i|$ , 它反映预报值与实况值的平均偏离程度, 因而能反映总误差情况。

2 降水预报检验

2.1 按自然天气季节统计

众所周知, 在不同自然天气季节数值产

品的误差分布不同<sup>[6]</sup>, 数值产品的释用预报模型也是按不同季节分别建立的, 因此在检验分析中引入自然天气季节有利于发现季节性的特殊误差。根据绍兴市的天气气候特点, 把全年分成 8 个季节如表 1 所示。

表 1 给出了绍兴市全年 8 个自然天气季节转换期间的气温概率方面的特点、各转换日的活动区间、转换日的具体指标以及实际划分日期。T、R 分别代表平均气温和雨日, “↗” 表示上升较激烈, “↘” 表示下降较激烈, 指标栏指日平均气温。

表 2 是按自然天气季节统计得到的定性降水预报准确率。由表 2 可知, 准确率随自然天气季节的不同而变化, 变化幅度从 20%~40% 不等。分析表 2 数据发现盛夏季节预报准确率均低于平均值, 且为 8 个季节最低或次低, 显示盛夏季节的降水预报难度

表 1 绍兴市自然天气季节转换特点、指标及季节划分

季节转换标准				2003. 10. 1~2004. 9. 30 季节划分		
季节转换	转换期特点	转换日期区间/月·日	指标/℃	季节	实际划分日期	长度/天
隆冬→晚冬	T↗R↗	2. 6~2. 15	≥5. 0	隆冬	2003. 12. 4~2004. 2. 8	57
晚冬→初春	T↗	3. 6~3. 15	≥8. 5	晚冬	2004. 2. 9~2004. 3. 8	29
初春→晚春	T↗	4. 16~4. 25	≥19. 0	初春	2004. 3. 9~2004. 4. 17	40
晚春→初夏	T↗R↘	6. 6~6. 15	≥25. 0	晚春	2004. 4. 18~2004. 6. 12	56
初夏→盛夏	T↗R↘	7. 1~7. 10	≥29. 0	初夏	2004. 6. 13~2004. 7. 1	19
盛夏→初秋	T↘R↗	8. 27~9. 5	≤25. 0	盛夏	2004. 7. 2~2004. 8. 31	61
初秋→晚秋	T↘R↗	10. 6~10. 15	≤18. 0	初秋	2004. 9. 1~2004. 9. 30, 2003. 10. 1~2003. 10. 7	37
晚秋→隆冬	T↘R↗	12. 6~12. 15	<5. 0	晚秋	2003. 10. 8~2003. 12. 13	67

表 2 自然天气季节降水定性预报准确率/%

时效	12~24 小时					24~36 小时					12~36 小时				
	JMH	MM5	中央台	MOS	预报员	JMH	MM5	中央台	MOS	预报员	JMH	MM5	中央台	MOS	预报员
隆冬	76. 9	69. 2	57. 1	66. 7	85. 7	50. 0	66. 7	61. 5	55. 6	64. 3	62. 5	71. 4	73. 3	63. 2	75. 0
晚冬	55. 6	57. 1	71. 4	55. 6	71. 4	75. 0	57. 1	100. 0	57. 1	75. 0	80. 0	66. 7	88. 9	63. 6	90. 0
初春	66. 7	76. 9	53. 3	55. 6	75. 0	68. 4	64. 7	68. 8	70. 0	76. 5	68. 0	68. 2	76. 2	73. 1	79. 2
晚春	82. 1	75. 0	73. 1	66. 7	80. 8	80. 0	56. 5	76. 9	70. 0	76. 9	80. 0	65. 6	81. 8	65. 5	78. 8
初夏	75. 0	80. 0	60. 0	33. 3	66. 7	66. 7	42. 9	50. 0	28. 6	63. 6	88. 9	62. 5	75. 0	37. 5	81. 8
盛夏	53. 8	63. 2	59. 1	43. 8	66. 7	51. 5	35. 0	51. 7	45. 5	48. 3	63. 2	69. 2	64. 5	56. 0	62. 5
初秋	82. 4	61. 1	71. 4	46. 2	93. 3	72. 2	44. 4	72. 2	44. 4	68. 4	94. 4	59. 1	77. 3	61. 1	90. 0
晚秋	66. 7	64. 3	86. 7	62. 5	80. 0	76. 9	66. 7	78. 6	84. 6	84. 6	73. 7	78. 9	88. 9	82. 4	100. 0
平均	69. 6	68. 1	66. 7	56. 7	78. 9	67. 1	53. 8	67. 6	58. 9	68. 8	74. 3	67. 8	77. 2	64. 6	80. 4



为全年最大。从表 2 末行可见 5 种预报产品的总体降水预报准确率从高到低依次为预报员、中央台、JMH、MM5 和 MOS，可见预报员对数值产品和客观方法的应用技术有了一定的提高。

一般而言，由数值产品释用得到的客观预报可使原预报准确率有所提高，但表 2 一个令人困惑的现象是：基于 JMH 资料应用 MOS 方法制作的绍兴 MOS 预报的降水预报准确率低于 JMH 约 10%。分析这一现象的原因有两个：①MOS 方法是利用数值预报产品来建立预报关系的，其预报关系依赖于数值模式，绍兴 MOS 建立距今已有 10 多年，而在此期间 JMH 模式有了较大改进和变动进而在某种程度上影响 MOS 预报的效果。②绍兴 MOS 用 24、36 小时的 JMH 产品制作 12~24、24~36 小时的预报，存在预报量与预报因子之间时间尺度不匹配的问题<sup>[6]</sup>。

从预报时效看，4 种客观预报 24~36 小时准确率除 MM5 外基本与 12~24 小时

持平，表明在较短时效内容观预报准确率随时效增加无明显下降或下降不明显，而预报员预报则下降约 10%，显示预报员经验在临近天气预报中发挥了作用。从时间分辨率看，时间间隔长的（12~36 小时）准确率高于时间间隔短的（12~24 或 24~36 小时）。

2.2 按量级统计

表 3 是 12~36 小时降水预报按量级统计的检验结果。表 3 统计事实表明量级预报的准确率总体较低，并且随降水量级的增加而减小。预报员在小雨和中雨量级降水预报中的准确率最高，其次为中央台，JMH 和 MM5 在小雨量级中等同，中雨量级 JMH 优于 MM5。在大雨及以上量级降水预报中，4 种预报产品的准确率比较接近，预报员甚至略低，由此可见预报员对大雨及以上量级的雨量预报技巧在数值产品和客观方法基础上没有提高。

表 3 12~36 小时降水预报按量级预报统计

量级	准确率/%				偏大率/%				偏小率/%			
	JMH	MM5	中央台	预报员	JMH	MM5	中央台	预报员	JMH	MM5	中央台	预报员
≥0.1mm	43.6	43.5	49.6	60.3	40.9	32.1	32.4	24.8	15.4	24.4	18.0	14.9
≥10mm	21.4	7.7	22.4	36.6	57.1	43.6	46.9	29.3	21.4	48.7	30.6	34.1
≥25mm	12.5	12.5	11.1	10.0	50.0	50	44.4	10.0	37.5	37.5	44.7	80.0
≥50mm	0.0	16.7	0.0	0.0	20.0	50	42.9	20.0	80.0	33.3	57.1	80.0
≥100mm	/	/	0.0	/	/	/	100.0	/	/	/	0.0	/

注：“/”表示该量级降水既未预报也未出现

比较表 3 中偏大率和偏小率对应数据，发现 JMH、MM5 和中央台的偏大率和偏小率在大雨及以上量级大致相当，而预报员在相应量级预报中偏小率远远高于偏大率，反映预报员面临较大降水时不敢报大的心理。

2.3 按影响天气系统统计

预报经验表明，数值产品和客观方法对不同天气系统的预报能力是不同的，基于此种考虑，对统计时段内绍兴站降水过程按主要影响系统分类进行检验，便于预报员根据各种客观预报对不同影响系统的预报能力有



的放矢地进行合理订正,以提高降水预报准确率。

2003 年 10 月至 2004 年 9 月影响绍兴降水的主要天气系统大致可分为以下 6 种类型:①冷锋:高空低槽逼近,地面冷锋影响。②暖锋:高空西南气流强盛,地面处在

入海高压后部。③气旋:地面有低压、倒槽或气旋影响。④副高:高空受副热带高压边缘影响。⑤台风:受热带气旋影响或外围影响。⑥其它:影响系统不明显的天气形势。表 4 列出了降水预报准确率按影响系统分类的检验结果。

表 4 12~36 小时降水预报按影响天气系统统计

类型	正确率/%					空报率/%					漏报率/%				
	JMH	MM5	中央台	MOS	预报员	JMH	MM5	中央台	MOS	预报员	JMH	MM5	中央台	MOS	预报员
冷锋	77.8	76.7	87.1	70.8	90.8	4.8	15.0	3.2	7.7	3.1	17.5	8.3	9.7	21.5	6.2
暖锋	61.9	63.2	76.5	58.8	72.2	28.6	21.1	17.6	11.8	16.7	9.5	15.8	5.9	29.4	11.1
气旋	96.2	69.6	89.3	69.2	96.3	0.0	0.0	3.6	0.0	0.0	3.8	30.4	7.1	30.8	3.7
副高	53.6	57.9	52.2	42.1	42.3	42.9	21.1	30.4	15.8	38.5	3.6	21.1	17.4	42.1	19.2
台风	87.5	81.8	70.6	81.8	85.7	12.5	0.0	23.5	0.0	7.1	0.0	18.2	5.9	18.2	7.1
其它	71.4	50.0	61.9	55.0	73.7	19.0	25.0	23.8	20.0	10.5	9.5	25.0	14.3	25.0	15.8
平均	74.3	67.8	77.2	64.6	80.4	16.0	15.1	13.2	9.5	10.7	9.7	17.1	9.6	25.9	8.9

5 种预报产品对冷锋、气旋和台风影响下的降水预报准确率较高,普遍高于平均值,特别是气旋类降水 JMH 和预报员的准确率分别高达 96.2%、96.3%;对暖锋、副高类降水预报准确率较低,预报员也只有 42.3%。统计数据反映,在不明朗的天气形势下,JMH 预报有较好参考价值。

绍兴冬季经常受冷空气影响,通常冬季的预报比夏季的预报难度要小,这是冷锋类降水预报准确率高的原因。由于受地面气旋影响下出现的降水一般都比较明显,故预报难度也不大。台风降水的预报通常难度较大,为何准确率反而较高?分析 2004 年影响(包括外围影响)绍兴的 8 个热带气旋发现它们的移动路径都不异常,预报难度相对不大,较高预报准确率可能和这有关。绍兴“出梅”后进入高温季节,受副高边缘影响时常出现午后雷阵雨,因为具有极强的局地性,故预报难度最大。细分析还发现副高减弱东撤时预报准确率高于副高加强西进,原因是由于当副高东撤时其西部有时有低槽东移,有上升运动发展;而当副高西进时,低

槽北缩。受暖锋影响下的暖区降水也有局部性特点,导致对其的预报准确率也不高。

### 3 气温预报检验

表 5 是气温预报平均偏差和绝对误差按自然天气季节的统计结果。由表可见,MM5 气温预报的平均偏差较中央台、MOS 和预报员显著偏大,且全年中除初夏季节外都整体偏低,尤以晚秋、隆冬和晚冬为甚。MOS 的平均偏差最小但仍具有一定的季节性,高温预报初夏、盛夏和初秋系统性偏低,低温预报隆冬、晚冬、初春和晚春系统性偏高,揭示 MOS 对极端气温预报幅度不够。中央台和预报员气温预报平均偏差没有季节性变化特点。

气温预报的绝对误差从低到高依次为预报员、MOS、中央台和 MM5,且 4 种预报的绝对误差在冷季普遍大于暖季,这可能是由于冷季冷空气活动较为频繁,气温起伏大,因此预报难度大所致。



4 结论和讨论

利用绍兴气象台短期天气预报实时测评

检验系统<sup>[7]</sup>对 2003 年 10 月至 2004 年 9 月 5 种预报产品进行了检验分析, 获得以下初步结论:

表 5 气温预报按自然天气季节统计

季节	最高气温/℃								最低气温/℃							
	平均偏差				绝对误差				平均偏差				绝对误差			
	MM5	中央台	MOS	预报员	MM5	中央台	MOS	预报员	MM5	中央台	MOS	预报员	MM5	中央台	MOS	预报员
隆冬	-2.5	0.5	-0.3	-0.5	2.9	1.7	1.7	1.6	-3.6	0.3	0.1	-0.2	3.7	2.3	1.6	1.2
晚冬	-2.3	-1.4	-0.3	-0.2	3.2	3.1	3.2	2.2	-1.2	-1.4	0.6	-0.0	2.3	2.4	2.0	1.2
初春	-1.1	-0.2	0.2	-0.6	3.0	2.7	2.3	1.9	-0.5	0.5	0.5	0.5	1.5	1.7	1.6	1.0
晚春	-0.7	-0.2	0.0	-0.3	2.4	2.3	1.9	1.6	-0.2	0.2	0.1	-0.3	1.5	1.6	1.5	1.1
初夏	0.3	0.2	-0.2	-0.5	2.2	2.2	1.7	1.7	0.8	-0.4	-0.4	-0.4	1.6	1.3	0.8	1.0
盛夏	-1.6	-1.0	-1.1	-0.1	2.2	2.0	1.5	1.1	-0.1	-0.8	-0.0	0.1	1.2	1.2	1.1	1.1
初秋	-0.4	0.7	-0.6	-0.4	2.4	2.0	2.1	1.5	-0.1	-0.1	-0.6	-0.0	1.4	1.2	1.2	1.0
晚秋	-3.0	-0.8	0.2	-0.1	3.2	2.0	2.3	1.7	-1.5	0.1	-0.2	-0.3	2.3	1.4	1.3	1.2
平均	-1.6	-0.3	-0.2	-0.3	2.7	2.2	2.0	1.6	-1.0	-0.2	0.0	-0.1	2.0	1.6	1.4	1.1

(1) 数值预报和客观方法已经获得很大发展, 预报员在其基础上综合运用各种气象信息和预报技术使准确率有了进一步提高。在实际业务预报中 JMH 和中央台降水预报, 中央台和 MOS 气温预报有较好的参考作用。

(2) 降水预报正确率在不同自然天气季节、不同降水量级、不同影响系统下有所不同, 但呈现出一定的规律性, 准确率在盛夏季节最低, 随降水量级增大而明显减小。冷锋、气旋和台风影响下的降水预报准确率较高, 暖锋和副高影响时准确率较低。

(3) MM5 气温的预报整体上偏低, MOS 气温预报则呈现一定的季节性, 冷季低温预报偏高, 暖季高温预报偏低。

(4) 由于对误差的分析方法比较粗糙, 无法进一步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, 样本的统计特征是否能够很好地代表统计母体的统计特征, 有待以后继续研究。

需要指出的是, 由于统计时段内绍兴站

暴雨雨日较少, 表 3 给出的暴雨及以上量级的准确率是否真正反映实际预报能力还有待于以后积累更多暴雨个例后进一步的分析。

参考文献

1 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. 应用气象学报, 2003, 14 (5): 522~532.

2 许美玲, 孙绩华. MM5 中尺度非静力模式对云南省降水预报检验. 气象, 2002, 28 (12): 24~27.

3 王雨. 2002 年主汛期国家气象中心主客观降水预报对比检验. 气象, 2003, 29 (5): 21~25.

4 张守峰, 郭文华, 张金艳等. T213 模式对强冷空气短期预报能力的分析检验. 气象, 2003, 29 (8): 43~48.

5 王国强, 陈晓平, 诸晓明等. 短期客观预报系统中的自然天气季节及其转换. 浙江气象科技, 1992, 13 (1): 9~12.

6 陈炎, 王兴荣, 刘忠平等. 用相应时段累积因子预报累积降水的初步探讨. 气象科学, 2002, 22 (3): 357~360.

7 诸晓明, 张建海, 王丽华等. 绍兴市气象台短期天气预报实时测评检验系统. 气象, 2004, 30 (8): 45~48.