

章国材

(国家气象中心,北京 100081)

## 提 要

在没有数值天气预报的年代,天气预报是由预报员作出的,随着数值天气预报业务水平的不断提高,它首先取代了预报员的天气形势预报,目前正进入取代部分天气要素预报的时代。未来10~20年中尺度数值天气预报和集合预报以及后处理技术将获得重大进展,客观预报有可能取代目前预报员的一些预报项目,但是预报员的作用仍然是不可缺少的,但需要按与时俱进的观点,认真分析客观预报与主观预报的最佳结合点,以不断提高天气预报水平。

关键词: 预报员 天气预报 作用

## 引 言

在数值天气预报业务问世之前,天气预报是由预报员根据天气学知识先作天气图分析然后外推天气形势后作出天气预报的。数值天气预报业务出现后,情况发生了很大变化,发达国家上个世纪80年代,我国大约在90年代,数值预报对天气形势的预报已经超过了有经验的预报员的预报水平。因此,预报员不再用外推的方法作天气形势预报,天气形势预报主要依赖于数值预报。当然,根据检验结果,对数值形势预报的系统误差进行订正仍然可以提高形势预报水平,但是,预报员的主要精力集中在天气要素预报上。随着数值天气预报及其解释应用技术水平的不断提高,数值模式和解释应用方法对天气要素的预报的准确率不断提高。在这种情况下,预报员在天气预报中的作用问题引起了一些发达国家研究的兴趣,美国第84届气象学会年会(西雅图,2004年1月)专门设立了一个论坛,讨论这个问题,成为一个热门话题。研究这个问题,对于预报员如何更好地使用数值天气预报产品,有所为有所不为,进一步提高天气预报准确率是有益的。

## 1 美国主观与客观预报的对比分析及气象

## 界的讨论

Jeff Baare<sup>[1]</sup>统计了2003年7月1日~11月3日四个模式AVN、Eta、MRF、NGM(这些都是美国环境预报中心的业务模式)的MOS预报(AMOS、EMOS、MMOS、NMOS)及其中至少两个模式的MOS平均CMOS与美国气象局预报员最高最低温度预报平均绝对误差(MAE)、降水预报Brier评分结果,选择散布在美国各地30个站的实况与天气预报台(WFO)的预报结果进行对比分析,分白天和晚上两个时段,分析结果见表1。

表1 模式输出统计与预报员温度预报平均绝对误差(°F)

预报	第一天		第二天	
	最高气温	最低气温	最高气温	最低气温
预报员	2.04	2.26	2.51	2.60
CMOS	2.10	2.10	2.52	2.43
AMOS	2.39	2.31	2.95	2.58
EMOS	2.57	2.30	3.07	2.66
MMOS	2.46	2.31	3.03	2.64
NMOS	2.42	2.48	2.90	2.92

由表1可见,对于最高气温预报,预报员预报稍好于模式输出统计结果,对于最低温度预报则不然,CMOS明显地好于预报员预报。由表1还可以看出,CMOS好于单个模式的MOS结果,因此多模式输出产品的集

合也是十分必要的。

Jeff Baars 还分析了温度波动较大(一天变温超过 10°F)时,模式输出统计与预报员预报的结果(表略),仍然是 CMOS 好于预报员预报,但平均绝对误差比表 1 中的数值大 1.0~1.5°F。

表 2 给出模式输出统计与预报员降水预报 Brier 评分。由表 2 可知对于降水预报无论 24 小时还是 48 小时、白天还是夜间,CMOS 都好于预报员的预报结果,多模式的集合优于单个模式产品输出统计的结果(Brier 评分值越低表明预报水平越高)。

表 2 模式输出统计与预报员降水预报 Brier 评分

预报	第一天		第二天	
	白天	夜间	白天	夜间
预报员	0.090	0.088	0.100	0.098
CMOS	0.089	0.083	0.098	0.093
AMOS	0.092	0.086	0.101	0.092
EMOS	0.091	0.088	0.104	0.101
MMOS	0.094	0.086	0.102	0.092
NMOS	0.098	0.091	0.108	0.106

由以上的对比分析可知,在美国预报员对气温和降水的预报与 CMOS 相比无什么优势,这是预报员在未来天气预报中的作用成为美国气象界热门话题的一个重要原因。在美国气象学会第 84 届年会上,人们分析对比主观与客观预报结果(以上仅是一个例子)预测天气预报发展趋势,主流的观点是<sup>[2]</sup>:未来 10~20 年,由于高分辨率模式预报、中尺度集合预报和模式后处理技术的发展,预报员要超过客观预报水平越来越困难,有的人甚至认为将来的中尺度集合预报将是人不可能超越的。预报员将放弃除临近预报之外更

长时效的大多数预报,集中精力于临近预报(3 小时之内),解释和帮助用户使用大量的气象信息,发展新的创新的应用以及与其它环境预测系统的整合,对预报模式进行检验以改进模式和后处理系统等,这些观点值得我们注意和研究。

## 2 中国主客观预报的对比分析

“九五”期间,作者曾主持“我国天气预报逐级指导技术研究”<sup>[3]</sup>,在江西和山东两省通过两年半的严格对比试验,得到许多有意义的成果,现列举一、二。

客观预报,山东省台用的 T106L19 模式输出统计(MOS),江西省用的卡尔曼滤波方法;主观预报是指不看本课题研制的客观预报方法和上级指导预报的结果但可以看其它一切气象信息(包括各种 NWP 产品和以前制作的客观预报方法等)所作出的预报;综合预报是参考了本课题研制的客观预报方法和上级指导预报之后所作出的最终的预报。表 3 给出山东省最高、最低气温主客观预报平均绝对误差对比。由表 3 可以看出,省台在所有预报时效上,客观预报方法的平均绝对误差最小,最低温度预报效果好于最高温度预报,随着预报时效的延长,预报水平虽然逐渐降低,但仍然是可用的。各季的分析(表略)结论是一样的,只是春季温度变化较大,最高温度预报 72 小时以后误差较大。江西省台的对比分析结果类似(表略)。对比分析还可以得出其它一些有意义的结论,请参阅文献[3]。

表 3 山东省 1998 年 7 月~2000 年 9 月最高( $T_G$ )和最低气温( $T_D$ )预报平均绝对误差对比表(°C)

预报时效	24 小时		48 小时		72 小时		96 小时		120 小时	
	$T_G$	$T_D$	$T_G$	$T_D$	$T_G$	$T_D$	$T_G$	$T_D$	$T_G$	$T_D$
客观预报方法	1.7	1.7	2.1	1.9	2.3	2.1	2.4	2.2	2.6	2.3
省台主观预报	2.1	2.5	2.6	2.6	2.8	2.9	3.1	2.9	3.3	3.1
省台综合预报	2.2	2.4	2.6	2.6	2.8	2.8	3.1	2.9	3.3	3.1
市台主观预报	2.1	2.1	2.6	2.3	2.9	2.6	3.0	2.7	3.1	2.7
市台综合预报	2.1	2.1	2.6	2.4	2.9	2.7	3.2	2.7	3.3	2.9
县站主观预报	2.1	2.1	2.6	2.3	2.9	2.5	3.1	2.5	3.2	2.6
县站综合预报	2.1	2.2	2.6	2.4	2.9	2.7	3.1	2.7	3.2	2.8

降水预报比温度预报更为复杂,我们仅给出山东省气象台降水分级客观预报和综合预报  $T_s$  评分,时段是1998年7月~2000年9月(见表4)。由表4可以看出,一般来说

24、48小时预报,各个量级降水预报以预报员的综合预报水平较高,72小时以后的预报,以客观预报水平较高。江西省台降水预报评分与此类似,详细情况见文献[3]。

表4 山东省气象台降水分级预报  $T_s$  评分

预报类型	24小时		48小时		72小时		96小时		120小时	
	客观预报	综合预报	客观预报	综合预报	客观预报	综合预报	客观预报	综合预报	客观预报	综合预报
晴雨	0.847	0.847	0.786	0.812	0.775	0.773	0.742	0.749	0.694	0.252
中雨	0.134	0.165	0.111	0.113	0.072	0.062	0.061	0.067	0.057	0.062
大雨	0.049	0.158	0.059	0.073	0.033	0.034	0.023	0.003	0.024	0.041
暴雨	0.008	0.073	0.026	0.055	0.016	0.005	0.013	0.000	0.007	0.007

我们又分析了2003年中央气象台降水和温度预报的结果,由于中央气象台预报员仅对MOS 24小时预报结果进行订正,表5给出了2003年各月及年平均24小时最高和

最低温度预报的全国平均的平均绝对误差。由表5可知,最高气温24小时预报预报员高于MOS、最低气温24小时预报MOS高于预报员,与美国的分析结论相同(见表1)。

表5 2003年中央气象台最高和最低气温24小时预报平均绝对误差(°C)

预报类型	最高气温		最低气温	
	预报员	MOS	预报员	MOS
1月	2.1	2.2	2.2	2.1
2月	2.1	2.1	2.1	2.0
3月	2.1	2.2	2.1	1.8
4月	2.3	2.2	2.0	1.6
5月	1.9	1.9	1.6	1.4
6月	1.8	1.9	1.6	1.2
7月	1.6	1.8	1.3	1.1
8月	1.6	1.7	1.5	1.1
9月	1.6	1.9	1.6	1.3
10月	1.7	1.9	1.7	1.5
11月	1.8	2.0	1.9	1.8
12月	1.7	2.2	1.9	2.1
年平均	1.9	2.0	2.0	1.6

由于中央气象台降水的MOS预报效果不佳,我们将预报员的降水分级预报直接与T213L31降水预报进行对比,得到表6(全国平均)。

由表6可知,在72小时预报时效内,预报员对降水预报有明显的订正能力,72小时之后,这个优越不明显,与“九五”期间我们得到的结论是类似的。与美国相比结论是不一样的。由于两者评分方法不一样,难以一一对应,二者产生差异的主要原因可能是数值模式系统(包括同化系统)预报水平的差异,也可能是解释应用水平的差异,这些都需要做进一步的分析研究。

表6 2003年4~12月中央气象台预报员与T213L31降水分级预报  $T_s$  评分对比表

预报时效/h	小雨		中雨		大雨		暴雨		大暴雨	
	预报员	T213	预报员	T213	预报员	T213	预报员	T213	预报员	T213
24	0.615	0.568	0.249	0.208	0.162	0.114	0.105	0.063	0.049	0.020
48	0.553	0.548	0.220	0.170	0.124	0.074	0.061	0.027	0.010	0.004
72	0.523	0.525	0.192	0.152	0.099	0.058	0.029	0.018	0.022	0.000
96	0.456	0.500	0.134	0.121	0.054	0.044	0.010	0.013	0.000	0.000
120	0.425	0.476	0.126	0.104	0.038	0.036	0.007	0.010	0.000	0.000

总而言之,在目前中国数值天气预报和解释应用(客观预报)水平的条件下,数值预报解释应用产品对最高、最低气温的预报有很高的实用价值,对降水预报有参考价值,预报员对数值预报及其解释应用产品的订正可

以提高降水预报水平,特别是在72小时时效之内。

### 3 结论与讨论

预报员在天气预报中的作用问题实质上不是一个理论问题而是一个实践问题,在数

值天气预报问世之前,天气预报是由预报员作出来的,随着数值天气预报业务水平的提高,它首先取代了预报员的天气形势预报,随着数值天气要素预报水平的提高,它将逐步取代预报员的一些天气要素的预报,哪些可以取代哪些不能取代必须靠实践去检验。未来10~20年,天气预报将发生三场革命(它们应当是并发的),第一是中尺度数值天气预报系统的革命,它将同化包括天气雷达在内的可以获得的有用资料,分辨率将达到1km,并具有预报灾害性天气的能力;第二是集合概率预报的革命,中短期天气预报的最终和最大的抓手可能是中尺度集合预报<sup>[4]</sup>,它将在灾害性天气概率预报上发挥主导作用;第三是后加工的革命,目前的MOS方法是线性的,基于格点和非线性的后处理方案(例如神经网络)将进一步提高天气预报水平,这三场革命将大大提高中短期天气预报客观定量和精细化水平。在这种形势下预报员如何发挥作用,除了第2节提到的内容之外,在灾害性天气的中短期预报上预报员仍然可以发挥重要作用,观测误差、分析同化误差和模式误差将永远存在下去,虽然发展了集合预报系

统,天气预报将大大改善;但是人脑具有无限的创造力,预报员可以在新的基础上进行创新的思维,构造新的概念模型,不断解决数值预报尚不能很好解决的问题,以不断提高天气预报水平。由于人倾向于在一段时间内集中处理少数问题,而气象服务需要的产品品种越来越多,要求越来越高,预报员的人力资源又有限,因此,各级气象台站应该认真研制客观预报方法,并不断提高其水平,预报员应集中精力去做客观预报做不好的事情,认真分析客观预报与主观预报的最佳结合点,以期从总体上提高天气预报水平,不断满足气象服务的需求。

#### 参考文献

- 1 Jeff Baars. Performance of National Weather Service forecasts versus model output statistics. 84th AMS Annual Meeting, 2004. 1, Seatttel.
- 2 Clifford Mass. The role of human forecasters during the 21st century. 84th AMS Annual Meeting, 2004. 1, Seatttel.
- 3 章国材. 我国天气预报逐级指导技术研究, 北京: 气象出版社, 2001. 7.
- 4 章国材. 中短期天气集合预报问题. 气象, 2004, 30(4): 3~5.

## The Role of Human Forecasters in the Future

Zhang Guocai

(National Meteorological Center, Beijing 100081)

#### Abstract

In the ages when NWP didn't come out, weather forecasts were made by the forecasters. With NWP's improvement, NWP took the place of synoptic forecasting in first step, and at present it even takes place of the part of weather elements. In the next two decades mesoscale NWP and ensembles will be improved very much, although objective forecasts may replace some part of forecasts made by forecasters, but forecasters will play an important role in weather forecasts. We need to analyze the combination between objective and subjective forecasts to improve weather forecast further.

**Key Words:** forecaster weather forecast objective and subjective forecast