

# 江苏省B模式MOS预报业务配套系统

范淦清 陶政 董孝银等\*

(江苏省MOS预报推广应用组)

## 一、前言

本文介绍江苏省的省、地、县配套的MOS预报业务系统(图1)。省台接收国家模式的电传数据，加工发布MOS指导预报；地、县接收后并结合本地要素作出订正预报。首先给出以B模式气压场产品为基础的MOS预报方案，列出预报对象，因子选择，数学模型，历史拟合和试报效果，揭示MOS预报制作技术；接着介绍两年汛期

传真发布的效果，从而说明研制的预报方案有稳定的预报效果；最后简述目前用B模式电传产品建立的江苏MOS预报业务配套方法，并介绍台站订正预报工具。

## 二、MOS预报方案

### 1. 数值预报产品

研制MOS预报方案的数值产品为B模式的 $24^h$ 、 $36^h$ 、 $48^h$ 预报场资料，包括 $100$ ， $300$ ， $500$ ， $700$ ， $850\text{hPa}$ 高度及地面气压，可降水等。范围为西至河套、宜昌，东至济州岛、台湾岛之间的 $20$ 个格点(图2)，格点序号是从左到右，从上到下。

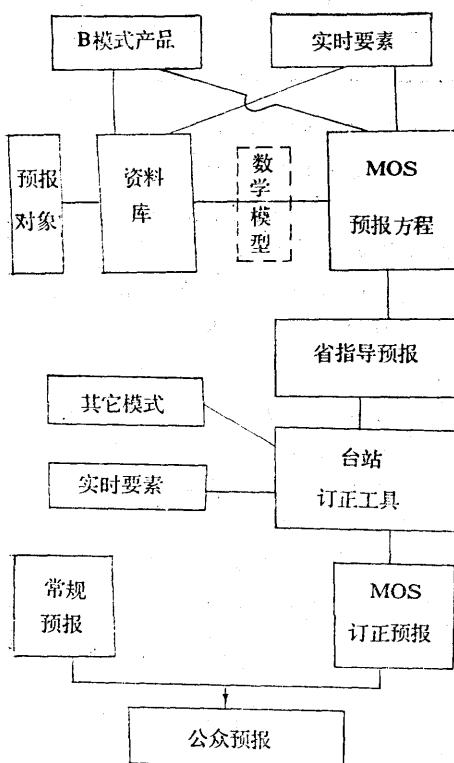


图1 江苏MOS预报业务配套系统

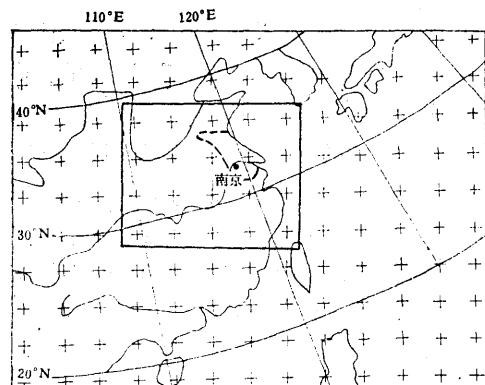


图2 B模式格点位置  
方框为本方案选取范围

### 2. 预报员经验因子

在预报方案中，如何加进预报员经验，以实时信息提高预报准确率，是个重要的问题。我们使用本省预报员极为注意的天气指

\* 本工作顾问：王式中总工程师，参加推广和配套的还有张忠义、姚树青、陈中林、邵春森、宋林君等。

标站黄山高山站（海拔 1841 m）08<sup>h</sup>风资料进行这方面的尝试。它表示低空急流及水汽输送条件，包含在所建立的许多预报方程中作为预报因子。

### 3. 预报对象

本方案由于预报汛期 5—7 月区域降水概率和单站天气级别。预报的时次有次日白天（原始场资料时间为 20<sup>h</sup>）、次日夜间、第三日白天、第三日夜间。

（1）概率预报给出预报天气出现的可能性，便于人们准确的使用天气预报。统计概率时，我们改变了国外某站下雨为 100%、不下雨为 0% 的统计方法。而认为相邻的这样两个站是处在同一天气系统里，目前天气尺度的观测手段和数值模式的格距，难以加以区别。所以我们认为这样两个站降水的可能性是 1/2，两站的降水概率都是 50%，而不是一个站为 100%，另一站为 0%。

我们首先根据历史资料，运用统计学方法定出相似天气区域，该区域在特定的天气系统下，各地天气相似。如将南京站及其周围的气象站（含安徽省马鞍山、滁县）共 10 个站划为一个相似天气区域。以区域内下雨站数与总站数之比，作为该区域降水概率，适用于区域内的每一站。

（2）方案中，对南京相似天气区域内的中心城市——南京，进行了单站天气级别的预报<sup>[1]</sup>。有晴到多云、阴天、小雨、中雨、大雨、暴雨六个级别。预报单站天气时，既预报晴雨，也预报降水量级。

### 4. 相关场分析

方案中，对预报量和产品场进行相关普查，从中选出信度高、符合一定要求的格点资料，以原始数据作为因子，进入预报模型以备筛选。南京区域降水概率对 B 模式数值产品场的相关情况如表 1。同样作出南京站天气级别的相关表（略）。

相关场分析揭示，关系好的格点，一般在本地上空且大都偏东。这说明模式预报系统在我省不存在偏慢现象。

表 1 模式输出场与南京区域降雨概率相关系数

相关系数 模式输出场	时段	次日白天		第三日	
		次日白天	次日夜间	第三日 白 天	第三日 夜 间
100hPa	24 <sup>h</sup>	0.46	0.49		
	36 <sup>h</sup>		0.47	0.36	
	48 <sup>h</sup>			0.36	0.38
300hPa	24 <sup>h</sup>	0.56	0.56		
	36 <sup>h</sup>		0.61	0.52	
	48 <sup>h</sup>			0.51	0.56
500hPa	24 <sup>h</sup>	0.48	0.56		
	36 <sup>h</sup>		0.47	0.49	
	48 <sup>h</sup>			0.46	0.51
700hPa	24 <sup>h</sup>	0.25	0.42		
	36 <sup>h</sup>		0.22	0.32	
	48 <sup>h</sup>			0.25	0.28
850hPa	24 <sup>h</sup>	0.33	-0.23		
	36 <sup>h</sup>		-0.23	-0.26	
	48 <sup>h</sup>			-0.34	-0.38
地 面	24 <sup>h</sup>	-0.40	-0.34		
	36 <sup>h</sup>		-0.43	-0.41	
	48 <sup>h</sup>			-0.42	-0.45
可 降 水	24 <sup>h</sup>	0.56	0.43		
	36 <sup>h</sup>		0.45	0.46	
	48 <sup>h</sup>			0.53	0.53

### 5. 逐步回归 MOS 方程

在建立区域概率和单站分级天气预报工具时，进行了各种数学模型的比较，最后选用逐步回归数学模型为本方案主要计算模型<sup>[2]</sup>。这样，在省级计算机情况下，可以用全息资料投入机器，还可以统一计算程序，便于推广扩大，使 MOS 预报业务化。

在建立预报方程过程中，我们的作法是：

（1）一层产品，原则上取两个因子，可以从西风带和副热带各取一个，或者只取一个。

（2）因子引进、剔除的 F 标尺，在样本数为 90 的情况下取为 1.0。

（3）正规矩阵系数衰减的临界值取为 0.0001。

（4）方程最终入选预报因子数目为 5—7 个，以 5 个为最好。

（5）方程按次日白天、夜间，第三天

白天、夜间四个时段的区域概率和南京单站的天气级别分别列出。下面作为例子，给出次日白天区域概率和南京单站天气级别的方程 $y_1$ 和 $y_5$ 。

$$y_1 = -24.0045 - 1.5414(P^{24}_{9+14+19}) + 6.2510(R^{24}_{8+9}) + 0.0806(100^{24}_{5+10}) + 4.4561 \text{ (黄山风)}$$

$$r = 0.76 \quad S_y = 28.33 \quad F_{\min} = 1.0$$

$$Y_5 = 0.13900 + 0.00537(300^{24}_{5+9+10}) + 0.00795(500^{24}_{5+10}) - 0.01462(850^{24}_{8+13}) + 0.32551(R^{24}_8)$$

$$r = 0.65 \quad S_y = 1.74 \quad F_{\min} = 1.0$$

式中P为地面气压(hPa)，R为可降水(mm)，100、300、500、850指各层等压面，右上角标指预报时间，右下角标指格点序号，“黄山风”为实时要素，发布MOS预报前的08<sup>b</sup>观测资料，具体计算按风向、风速转换成对应的风指数值。

## 6. 预报指标

预报方程的复相关系数r，一般在0.65—0.78之间。概率方程的均方误差在25—30%之间，单站方程的为1.5级左右。

所建立的预报方程，由于统计方法的局限性，难以拟合极端事件。为此，需要重新归纳预报指标，以便实际预报中应用。归纳的结果是，取区域降水概率的界标为35—40%，概率大于此值，认为区域内各站有降水，反之无降水。历史拟合率在80—90%之间。单站天气级别的确定方法是，计算值小于3.0时为无雨，3.0—4.0时为阴天或小雨，4.0以上为中雨以上强降水。历史拟合率为72—81%。

## 7. 试验预报

1983年在江苏省气象台进行了试验预报，南京区域降水概率预报，48小时内的预报准确率为70—76%，南京单站天气级别预报的准确率为66—77%。

## 三、MOS业务预报

1984年初，参照上述方案，加进B模式

1983年汛期气压场等输出格点资料，预报范围扩展到全省，即7个相似天气区域以及相应区域内中心城市，根据两年资料建立了江苏省MOS预报工具。在1984年和1985年汛期，通过传真向全省台站进行广播。两年业务预报的总结如下：

### 1. 1984年前汛期MOS预报传真广播

(1) 天气过程的开始和结束的预报是成功的。可追溯到过程开始与结束的共有15次过程，6月3日的过程预报范围偏小，6日过程预报早1天，7月2日过程预报早2天，过程开始与结束的预报准确率为80%(12/15)。

(2) 对强降水有一定的预报能力。大雨以上过程共有7次，报出6次，漏报1次，预报准确率为85.7% (6/7)，CSI(成功界限指数)=0.85。

(3) 南京天气区域降水概率预报评分，以南京单点实况为检验标准，概率值大于40%预报有雨，准确率为23/29；小于40%时，预报无雨，准确率为6/6，总准确率为82.9% (29/35)。有雨预报的CSI=0.79。

(4) 单站天气级别预报评分，以南京站为例：按照时间界限，允许前、后延6小时(天气级别取夜间、白天强度大者)，误差超过一个级别者算错，准确率为82.9% (29/35)。

(5) 对天气过程存在有报早现象，尚未发现迟报。

### 2. 1985年前汛期MOS预报传真广播

(1) 预报期间共有8次天气过程，都作了预报，无一漏报。6月17日54区槽南滑减弱，MOS预报18、19日全省有小雨，实况全省无降水，报空了。过程预报的CSI=0.89。

(2) 全省区域性大—暴雨过程共有7次，其中6次作了大雨或暴雨预报，7月5目的局部大雨过程预报为大范围大—暴雨过程，预报过强。所以大—暴雨预报的CSI=6/8=0.75。

(3) 各天气区域降水概率预报评分，仍以南京区域为例，以南京单站实况为检验标准，预报有雨的准确率为 $21/24$ ，无雨的准确率为 $10/11$ ，总准确率为 $88.6\% (31/35)$ 。预报有雨的CSI = 0.84。

(4) 单站天气级别的预报评分，以南京为例，按照评分标准，准确率为 $82.9\% (29/35)$ 。预报小雨的CSI = 0.81，预报中雨以上的CSI = 0.80。

#### 四、业务预报MOS方程

B模式格点产品资料的电传，为MOS预报进入业务化阶段提供了条件。我们完成了B模式运行以来所有项目预报产品的进机任务，全部数据均以数据库方式装入IBM-PC机。目前已按照经过三年实践检验的MOS预报方案，以B模式部分气压场和全部物理量为数值产品，重建和新建了全省汛期和秋季MOS预报业务方程，除降水概率和单站天气级别之外，秋季预报还增加了最低气温的预报。

目前全省的业务MOS预报方程的数目为，汛期方程64个，秋季方程77个，其中包括9个温度预报方程。

#### 五、推广应用中的几项比较试验

##### 1. 日本模式与B模式

统计了1983、1984两年前汛期日本模式物理量（以涡度、垂直速度为代表）预报与徐州天气的关系。相关系数表明，该物理量预报对江苏天气有一定的解释能力。但就效果而言，B模式并不比日本模式差，B模式的物理量预报与徐州天气的相关均大于日本模式。在我们的比较试验中，B模式使用的是原始格点值，而日本模式的物理量数值是从传真图上读的，读数误差可能影响了日本模式的效果，所以不能得出B模式优于日本模式的结论。但至少可以说，在效果上两个模式大致相当。另外B模式的最大优点是可以得到产品的原始格点值。

##### 2. 气压场和物理量场因子的非线性现象

常规数学处理中，一般是在线性假定下进行的，所以了解因子的非线性特征十分重要。例如预报员的经验，一般是副高愈强，江苏降水愈大，但是副高北进到一定位置，却对我省降水不利，甚至出现高温干旱，作为物理量的低空风，也有同样的趋势。这些现象在数学上称为非线性。表2列出了扬州

表2 不同时期数值产品与天气的相关系数

数 值 产 品	48 <sup>h</sup> 500hPa 高度		36 <sup>h</sup> 700hPa θse		36 <sup>h</sup> 850hPa 全风速	
	时 期	6.1—7.6	7.7—31	6.1—7.6	7.7—31	6.1—7.6
24—48 <sup>h</sup> 概 率	-0.35	0.22	0.43	0.34	0.20	-0.33
24—48 <sup>h</sup> 天 气 级	-0.31	0.04	0.52	0.36	0.29	-0.25

区域和扬州站24—48<sup>h</sup>时段的天气与1984年梅雨前后500hPa 48<sup>h</sup>高度场、36<sup>h</sup>700hPa θse场、500hPa全风速场的相关关系。可以看出500hPa高度场、850hPa全风速与天气的关系，在梅雨前和梅雨后是相反的，而700hPaθse场与天气的关系，在两个时期中无明显差异。

##### 3. 地方实时因子在MOS预报工具中的

##### 作用

引进实时因子，能够吸取更近期的信息，使预报更加准确。我们进行了引进实时因子的试验，计算了徐州单站要素与本区域、本站天气的相关系数，但大部分相关都很差，说明这些实时因子不可能进入预报方程。但黄山风资料与扬州区域、扬州单点天气的相关很好。这项试验告诉我们，在寻找

地方实时因子方面要花费很大力气，认真吸收各方面的预报经验，才能找到合适的地方因子。我们对已建立的全省77个秋季预报MOS方程进行了统计，有40个方程选黄山风资料作为预报因子，足见其作用之明显。

## 六、地、县MOS预报配套

省级MOS指导预报发至台站以后，地、县如何使用？是个很需要研究的问题。我们省、地、县共同进行了这方面的探讨，认为要尽量避免业务中的重复劳动。我省地、县在省级分片和代表站指导预报之后，利用本地所能得到的资料，进行再加工，建立订正预报工具。有的县站还直接利用省级预报，寻找与本站天气的统计关系，也取得一定的效果。现举例简介其一般形式：

1. 南通（地）台建立的汛期区域降水概率订正方程

$$Y_{24-38} = -7.9882 + 0.8071 \times (\text{省B模式指导预报}) + 4.5218 \times (08^h \text{日本地面24小时预报为东高西低型}) + 3.3172 \times (08^h \text{日本12—24小时本地降水预报}) + 0.1237 \times (\text{本地与} 30^\circ\text{N}, 120^\circ\text{E} \text{的B模式} 700\text{hPa 垂直速度之和}) - 1.1823 \times (\text{日本} 500\text{hPa 预报的本区控制系统})。$$

该方程的复相关系数  $r = 0.7095$ ，历史拟合率为  $56/74 = 76\%$ （B模式为  $50/74 = 68\%$ ）。

2. 如东县站建立的汛期天气级别方程

$$Y_{38-48} = 0.8876 + 0.3558 \times (\text{省B模式南通点预报}) + 0.1008 \times (08^h \text{日本地面24小时预报为东高西低型}) + 0.0737 \times (\text{南通与南京的日本} R_{38} \text{预报之和}) - 0.0805 \times (\text{欧洲中心} 500\text{hPa} 48 \text{小时预报本区的控制系统})。$$

该方程  $r = 0.7033$ ，历史拟合率为  $61/74 = 82\%$ （B模式为  $46/74 = 62\%$ ）。

3. 东台县站根据省指导预报建立的本站秋季天气级别订正方程

$$Y_{24-48} = -0.048 + 0.011 \times (\text{省B模}$$

式盐城区域概率指导预报) + 0.803 \times (\text{省B模式盐城单点天气指导预报})。

方程的  $r = 0.753$ ，各级别的拟合率为：  
y值小于2.5为无雨的是  $101/113$ ；  
2.6—4.0为小雨的是  $33/46$ ；  
4.1—4.8为中雨的是  $13/13$ ；  
4.9—5.8为大雨的是  $8/8$ ；  
5.9以上为暴雨的是  $2/2$ 。若误差一个级别算错时，总准确率为  $157/182 = 86.5\%$ 。

## 参考文献

- [1] 和田德弘(日)，利用电子计算机制品预报天气和雨量，  
研究时报11/12月，1972(史国宁译)。  
[2] M. A. Efroymson，多重回归分析，徐献瑜译，  
数学计算机上用的数学方法(第17章)，上海科技出版社，  
1963。

## 《气象》从1986年1月开始 执行法定计量单位

国家气象局“贯彻执行《国务院关于在我国统一实行法定计量单位命令》的通知”

[84] 国气办字第019号文件规定：“从1986年1月1日起，出版的书籍、刊物均应使用法定计量单位。”

遵照上述规定，本刊自1986年第1期开始，将使用国务院统一颁布的法定计量单位。在使用中需说明两点：

第一，气象上过去使用的计量单位，绝大多数与法定计量单位一致。从1986年第1期开始，无论行文中或图表公式中，一般均用计量单位符号，如米/秒用  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ，千米用 km，克/千克用  $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ，位势米用 gpm 表示。

第二，以下几个单位废除，改用法定计量单位。

1. 气压及水汽压（绝对湿度）的单位原为毫巴(mb)，现在这一单位废除，改用百帕(记作hPa)， $1(\text{mb}) = 1(\text{hPa})$ 。

2. 辐射能的单位原为卡(cal)，现在这一单位废除，改用焦尔(J)， $1(\text{cal}) = 4.1855(\text{J})$ 。

3. 辐射通量密度的单位原为卡/厘米<sup>2</sup>·分(cal/cm<sup>2</sup>·min)，现在这一单位废除，改用瓦/米<sup>2</sup>(W·m<sup>-2</sup>)， $1(\text{cal}/\text{cm}^2\cdot\text{min}) = 697.8(\text{W}\cdot\text{m}^{-2})$ 。

《气象》编辑部