

文章编号:1006-7639(2004)-03-0055-04

# 甘肃省常规天气要素客观分县预报系统

孙兰东<sup>1,2</sup>,张铁军<sup>1</sup>

(1.兰州中心气象台,甘肃 兰州 730020;2.中国科学院寒区旱区环境与工程研究所,甘肃 兰州 730020)

**摘要:**运用 T106 数值模式的历史资料及气象站点的观测资料,经过处理后形成预报因子,采用 MOS 方法建立甘肃省 80 个站的极端温度、风、云量、有无降水等常规天气要素的预报方程。投入业务运行后,取得了良好的预报效果,为预报员提供了一种客观预报工具。

**关键词:**MOS;数值模式;预报因子

**中图分类号:**P456.7

**文献标识码:**B

## 引言

一些国家和地区的 MOS 预报水平在不断提高,它能够提供较为客观、定量、长时间、具有相当高的预报准确率的指导预报,并在业务预报和服务中发挥了积极作用<sup>[1-2]</sup>。怎样使数值预报产品在日常的预报业务中发挥更大作用,达到中国气象局提出的天气预报要向精细化、客观化、定量化方向发展的要求,这是重要的科学问题。基于气象业务的迫切需求,针对甘肃省天气气候特征及地形地貌,本文利用 T106 模式资料,运用 MOS 方法,对甘肃全省 80 个站点的日最高、最低温度<sup>[3]</sup>、日均风速、风向、总云量和降水共 6 个天气要素的客观预报作尝试,开发出甘肃省常规天气要素客观分县预报系统,预报时效为 24、48、72、96 和 120 h 共 5 d,试图探索一条适合甘肃特点的数值预报产品的解释应用途径。该系统于 2000 年投入业务运行,并于 2003 年进行了 T213 资料的替代,预报效果较好。

## 1 MOS 预报方程建立方法

### 1.1 历史资料处理和预报因子确定

目前国内外统计预报大都以线性回归作为其数学模型,但以相同数学模型建立回归方程的预报准确率却不尽相同,追究原因主要归结为预报因子的处理技术和因子选取方法。通过大量的实验表明,预报因子的处理和筛选围绕下述几个基本思路进行

时,回归方程的预报效果相对较好<sup>[4-5]</sup>:一是预报因子与预报对象间不仅要有较好的相关关系,而且应有较明确的、符合一定天气动力学原理的物理意义,能够初步反映预报因子对预报对象产生影响的物理机制;二是预报因子应能够反映场与点的统一性,应该既能够将天气系统的基本属性描述出来,又能反映出站点在整个场中的特殊位置及属性;三是一般而言,预报因子与预报对象间的关系并非线性关系,而多为非线性,因此要在线性回归模型中反映预报因子与预报对象间的非线性关系,则因子应通过非线性组合成有一定物理意义的组合因子。基于这些想法,本方案确定 T106 数值模式初始场为 20 时、 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$  的标准等压面的网格点资料 850、700、500、400、300 hPa 等压面上的高度、温度、相对湿度、风的 u、v 分量及海平面气压等 6 个基本物理量作为预报量的基本预报因子(共 30 个)。利用这 6 个基本量,计算 850、700、500、400、300 hPa 的涡度、散度、辐散风、垂直速度、露点温度、比湿、假相当位温、位涡 1、位涡 2、K 指数、地转风、水汽通量、水汽通量散度、螺旋度等 25 种动力、水汽等预报因子(共 125 个)。采用权重插值法,将网格点的资料插到甘肃省 80 个站点上,资料长度为 1995~1998 年。除此以外,预报因子还包括 80 个站点的实况观测资料,各个测站的海拔高度、经度、纬度和每日 14 时、20 时的温度、水汽压、本站气压和日平均温度,还有相关时间的预报因子  $\sin(\text{日序})$ 、 $\cos(\text{日序})$  共 14 个实

收稿日期:2004-06-02;改回日期:2004-08-06

基金项目:2003 年兰州中心气象台科技创新基金项目资助。

作者简介:孙兰东(1968-),女,河南叶县人,高级工程师,主要从事中期及短期天气预报工作。

况预报因子,其中每日的温度、水汽压和本站气压从1995~1998年的观测资料中得到。这样,共有165个预报因子,每个预报因子又有00、24、36、48、60、72、96、120 h共8个预报时效。

## 1.2 预报量选择及处理

考虑到日常业务预报需求,最后确定的预报量包括日最高最低温度、风向、风速、总云量和有无降水。其中降水按照无雨和有雨进行0、1分档后建立MOS预报方程,即有降水为1,无降水为0,故MOS方程的结果实际是0、1之间的概率值。实际业务中,实时数值产品代入方程,得到降水的概率值,经过判据判别后,预报有雨还是无雨。

## 1.3 建立预报方程

### 1.3.1 预报因子的初选

根据甘肃天气气候特点,分春季(3~5月)、夏季(6~8月)、秋季(9~11月)和冬季(12~2月)4个季节分别建立各季节的各个预报量的预报方程。首先供预报量的24 h预报所选的预报因子包括00和24时效的预报因子,供预报量的48 h预报所选的预报因子包括24和48时效,供预报量的72 h预报所选的预报因子包括48、60和72时效,供预报量的96 h预报所选的预报因子包括72和96时效,供预报量的120 h预报所选的预报因子包括96和120

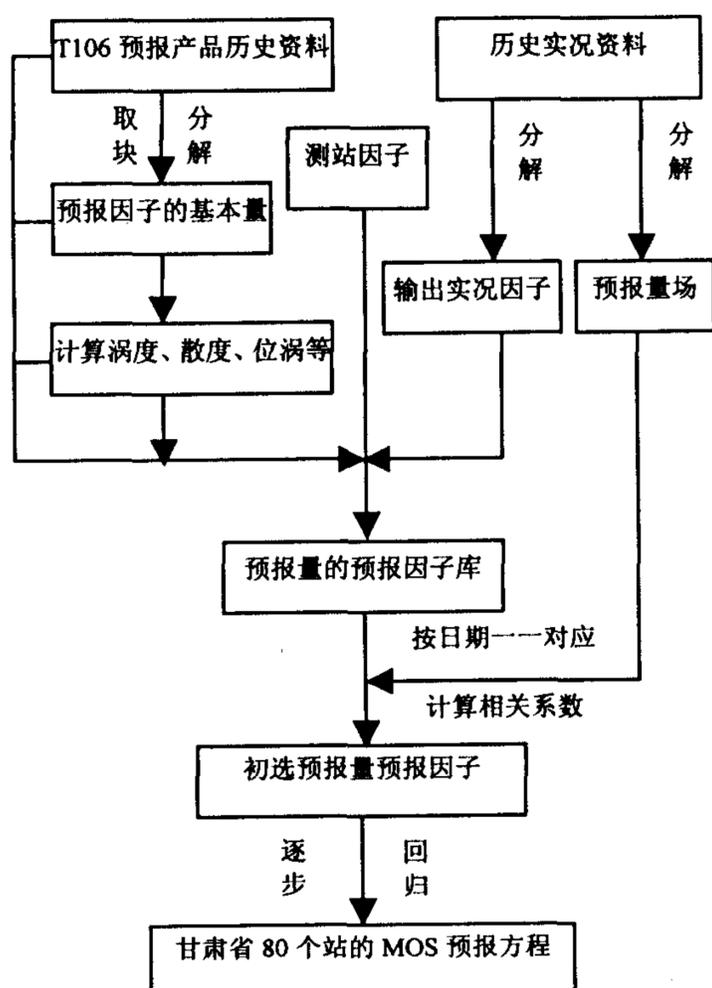


图1 MOS预报技术流程图

Fig.1 The flow chart of MOS prediction technique

时效。将预报因子与预报量之间找相关,分别计算各自的相关系数,根据相关系数,先就每个预报量确定出150个以下的预报因子。

### 1.3.2 逐步回归法建立预报方程

采用逐步回归分析方法筛选预报因子,本案中进入方程的因子数控制在10个左右,众多因子经过筛选形成了最佳组合的多元回归方程,包括这些筛选出的优质因子及其回归系数、方程常数项系数等。这样就建立了 $6 \times 5 \times 4 \times 80$ 个MOS预报方程。方程的形式为:

$$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_4x_4 + a_5x_5 + a_6x_6 + a_7x_7 + a_8x_8 + a_9x_9 + a_{10}x_{10}$$

其中系数 $a_i$ 表示回归因子对预报对象贡献的大小,表示了回归因子与预报对象密切相关的程度。

技术流程见图1。

### 1.3.3 兰州站温度预报的预报因子分析

表1 兰州站0~24 h最低温度MOS方程

Tab.1 The MOS equations of minimum temperature in Lanzhou station

		因子含义	因子对应方程系数
850 hPa	辐散风 u	T106 00 h	.2638E+07
500 hPa	假相当位温	T106 00 h	.1045E+01
700 hPa	位温	T106 00 h	-.4186E+01
	500~850 hPa的厚度	T106 00 h	.5926E+00
850 hPa	温度 Y 梯度	T106 00 h	-.1147E+03
500 hPa	位涡 1	T106 24 h	-.9774E+05
	500~700 hPa的厚度	T106 24 h	-.2541E+00
700 hPa	假相当位温 Y 梯度	T106 24 h	-.1252E+02
850 hPa	温度平流	T106 24 h	.5121E-01
	地面 20 时的温度	实况	.3379E+00
	方程常数项 A0		-.9145E+03

由表1看到,兰州站24时效的最低温度MOS逐步回归方程,入选的预报因子数控制在10个,这些预报因子物理意义明确,因子所在层次多样,既有低层,又有高层。物理量要素全面,既有常规等压面之间的厚度、地面温度、假相当位温等,又有温度平流、辐散风 $u$ 等导出的预报因子。

### 1.3.4 降水临界概率的确定

因为降水预报是建立0、1概率MOS方程,将1995~1998年T106的历史资料回代到建立好的降水方程中得到降水预报的概率值,计算TS,由TS最大原则定出降水有无的判据,即称为临界概率值。

若降水预报值大于临界值,则报有降水;反之,则报无降水。

## 2 业务应用及效果检验分析

这项工作全部用以 Win98 为界面的 Fortran Power Station4.0 软件设计程序。实时 T213 资料的采集、解码、地面报文的分解,加工处理、预报结论的输出,全部实现了完全自动化业务流程。输出的预报产品形式为甘肃省 80 个站 1~5 d 的 5 个预报量的预报综合表格。该系统于 2000 年 4 月投入业务运行,并于 2003 年 8 月用 T213 数值预报产品替代原 T106 模式的产品,预报效果较好,在实际业务中发挥了很大作用。

### 2.1 极端温度预报效果检验分析

根据中国气象局业务发展与天气司 1998 年下发的《天气预报业务规定》中的预报评分方案规定,温度预报与实况误差在  $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  以内的为预报准确。统计 2000~2003 年兰州市日极端温度 24~120 h 客观预报(表 2)结果可以看到,从 2000~2003 年,该系统对兰州市最高、最低温度的预报效果相当理想。在最低温度预报中,预报准确率 24 h 达到 86.7%,这与预报员的主观预报相差不多,而 120 h(第 5 天)预报准确率也有 73.3%;最低温度的 1~5 d 的绝对平均误差均  $< 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,这说明最低温度的 MOS 预报方程很稳定,预报因子的选择也比较适当。在最高温度预报中,预报准确率 24 h 达到 72.6%,而 120 h(第 5 天)预报准确率也有 50.6%,这些都是主观预报所无法达到的,完全可以在业务中起到十分重要的指导作用。从表 1 中也可以看到,最低温度的预报效果明显好于最高温度,这可能是相对于最高温度而言,最低温度的变化幅度小,数值比较稳定, MOS 预报方程也反映出这一点。

表 2 2000~2003 年兰州市温度客观预报结果分析表

Tab.2 The prediction results analysis of temperature in Lanzhou city during 2000~2003

预报时效 (h)	最低温度的 TS (%)	平均误差 (°C)	最高温度的 TS (%)	平均误差 (°C)
24	86.7	1.59	72.6	1.62
48	66.7	1.59	69.3	2.32
72	68.0	1.84	64.0	1.85
96	80.0	1.49	57.3	2.20
120	73.3	1.54	50.6	2.46
平均	75.2	1.61	60.3	2.09

图 2 可以看出,24 h 的最高、最低温度 MOS 预报曲线和温度实况曲线接近重合,说明在 2003 年 8 月和 12 月, MOS 预报较好地反映出温度的变化趋势,较准确地预报出了 3 次降温 and 2 次明显升温趋势,这说明预报方程无论在一般天气还是转折性天气背景下,都有较强的预报能力。同时 72 和 120 h 的预报曲线与实况曲线的温度预报趋势较为一致,基本上反映出温度的升、降趋势,只是有几次幅度小于实况,数值有所偏差。从图 2 可以看出,预报值大于实况值的情况出现比预报值小于实况值的情况要多,这可能与温度 MOS 方程中选取的预报因子有密切关系,还需进一步观察各个预报因子对温度方程的贡献。

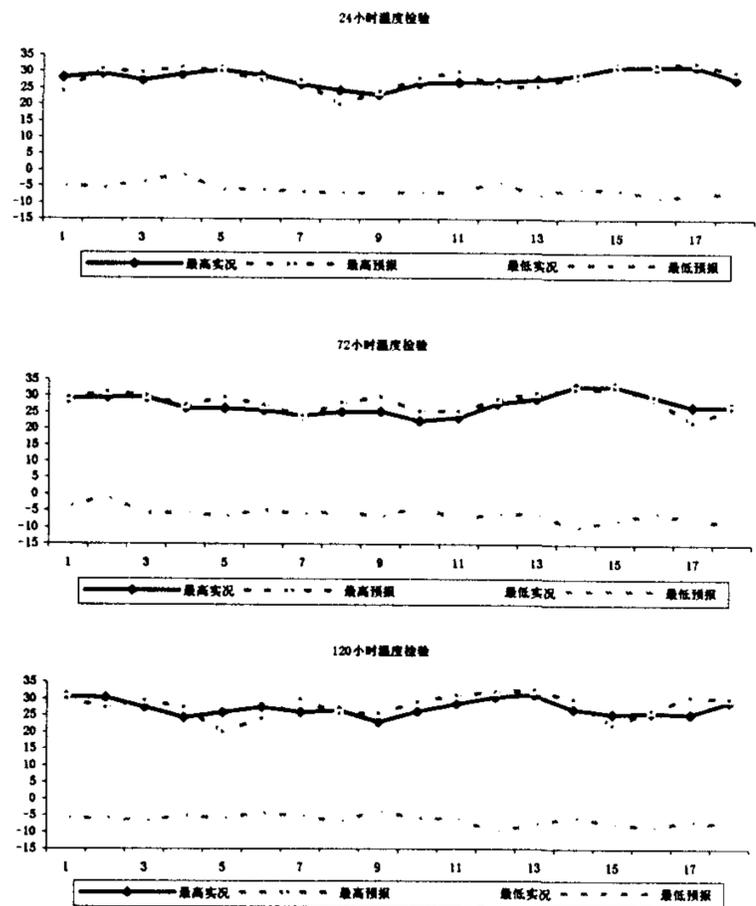


图 2 兰州市最高温度、最低温度对比曲线

Fig.2 The contrasting curve of the maximum and minimum temperature in Lanzhou city

### 2.2 降水预报效果检验分析

表 3 2000~2003 年合作市降水客观预报结果分析表

Tab.3 The prediction results analysis of precipitation in Hezuo city during 2000~2003

预报时效 (h)	春季 TS (%)	夏季 TS (%)	秋季 TS (%)	冬季 TS (%)
24	76.5	85.7	85.2	78.8
48	70.6	81.0	70.0	80.2
72	70.6	84.0	68.2	72.6
96	76.5	70.0	72.1	75.5
120	75.0	70.0	77.8	76.4
平均	73.9	78.2	74.7	76.7

表3表明,合作市的有无降水预报效果不错,对日常业务能起到非常重要的指导作用。24~120 h的TS评分在70.0%左右,除24 h TS与预报员的主观预报相近外,48 h以后的客观预报还是有很好的指导意义。兰州市的降水客观预报的评分(表略)要低于合作市,这也与各自预报因子的选择有很大关系,同时合作市位于甘肃省南部,相对于兰州来说,降水日数要多一些,这样在建立方程时它的样本长度也要长一些,MOS预报方程相对较稳定。在对降水进行检验时也发现(表略),多数站点降水MOS预报方程的空报率明显大于漏报率,分析这可能与降水临界概率值的确定有密切关系。而如何确定降水的临界概率值,这也是以后需要研究的问题。

### 3 总结

(1)24 h的极端温度预报水平与预报员的主观预报相当,而48、72、96和120时效的预报水平是主观预报很难达到的;最低温度的预报准确率高于最高温度,这是由于相对最高温度来讲,最低温度日变化幅度小,比较稳定。

(2)最高温度和最低温度预报方程无论在一般天气形势,还是特殊天气形势下,都有较强的预报能力。24和48 h的极端温度预报曲线和实况曲线二者十分接近,在天气稳定时,两条曲线几乎重合,72、96和120 h也基本能预报出气温的升、降趋势,只是有时预报的升、降温的幅度小于实际的升、降温幅

度。

(3)日均风速及总云量的预报,丰富了客观预报产品的种类,也使预报更精细化,更好地满足市场的需求。

(4)MOS预报方程为各要素预报时效的延伸提供了有力的客观工具,在某种意义上可以说,这项工作使得天气要素预报提前了2~4d。

(5)有无降水的预报效果比较令人满意,48h以后的客观预报对日常业务有很好的指导意义;降水预报各站的空报率明显高于漏报率。降水概率临界值的确定是一个复杂而又十分重要的工作,临界值的大小,直接关系到降水预报的准确率。我们以后还要在消除降水空报次数、确定合理的临界值方面再做进一步的工作。

#### 参考文献:

- [1] David A, Olson, W Norman, et al. Evaluation of 33 years of quantitative precipitation forecasting at the NMC[J]. Wea Forecasting, 1995, (18):498-510.
- [2] Gary M, Carter J, Paul Dallavalle, et al. Statistical forecasts based on National Meteorological Center's numerical weather prediction system[J]. Wea Forecasting, 1989, (4):401-412.
- [3] 孙兰东,叶燕华,王平鲁. 用T106资料制作甘肃省极端温度逐日滚动预报[J]. 甘肃气象, 2001, 19(3):14-17.
- [4] 杞明辉,李敏,杨飞,等. MOS方法制作云南降水概率预报[A]. 国家气象中心. 常规天气要素分县预报逐级指导技术研究论文集[C]. 2001. 35-40.
- [5] 杞明辉,肖子牛,晏红命. 一种改进的考虑环流特征的MOS预报方法[J]. 高原气象, 2003, 22(4):405-409.

## The Objective Prediction System of Routine Weather Elements in Gansu Province

SUN Lan-dong<sup>1,2</sup>, ZHANG Tie-jun<sup>1</sup>

(1. Lanzhou Central Meteorological Observatory, Lanzhou 730020, China;

2. Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730020, China)

**Abstract:** Based on the historical material of T106 model and observed data of stations, we obtain the predictor after handling the data, and build the MOS prediction equations about the temperature, wind, cloud and precipitation of 80 stations in Gansu Province. After the operational application, we get the better prediction results, and supply an objective tool for weatherman.

**Key words:** MOS; numerical model; predictor