

文章编号 : 1673-8411 (2019) 03-0035-04

## 泉州市关键点 FZMOS 预报检验与误差分析

程思, 韩赓, 裴昌春

(福建省泉州市气象局, 泉州 362000)

**摘要:** 从降水和气温要素入手, 对 FZMOS 客观订正预报产品性能进行初步评估, 总结其误差发生特点并分析误差来源, 供预报员参考, 提高市级关键点预报订正业务质量。研究表明: 预报员在 FZEC-MOS 雨量及高温预报上仍有提高订正质量的空间; 高温预报在冬春季普遍偏低而夏秋季普遍偏高, 夏季的低温普遍预报偏高, 雨量预报普遍偏大, 在夏季尤为明显; 泉州地区某些关键点(如德化葛坑、大坠岛等)预报性能较差; 初冬冷空气可能预报偏强, 春末初夏的冷空气有可能预报偏弱; 3-6 月地面温度回暖不均, 易产生暖区辐合辐散, 触发对流, 雨量往往预报偏小, 需调大; 春季低层变性冷空气之上的西南风推进较快, 雨量需要往大调; 夏季台风影响下的雨量预报偏大, 需要适当调小。

**关键词:** FZMOS; 智能网格; 关键点; 检验; 误差分析

中图分类号: P467

文献标识码: A

## Forecast Assessment and Error Analysis of FZMOS Forecast in Key Stations of Quanzhou

Cheng Si, Lin Xiongjun, Pei Changchun

(Quanzhou Meteorological Service, Quanzhou Fujian 362000)

**Abstract:** Starting from precipitation and temperature, the performance of FZMOS objective revised forecast products is preliminarily evaluated, the occurrence regularity and the sources of error are summarized to provide a reference for forecasters and help to improve the forecast quality. The results show that there is still much room for forecasters to revise FZEC-MOS rainfall and high temperature forecast. High temperature forecast is generally low in winter and spring, but high in summer and autumn, and precipitation forecast is generally on the high side, especially in summer. Some key stations in Quanzhou are poorly predicted (e.g. Dehua Gekeng, Dazhui Island). The cold air in early winter may be strong, and the cold air in late spring and early summer may be weak. The surface temperature warms unevenly from March to June, which is prone to convergence and divergence in the warm zone, triggering convection, which makes the precipitation forecast small and needs to be adjusted. In the spring, the southwesterly wind above the low-denatured cold air advances faster, and the rainfall needs to be increased; the rainfall forecast under the influence of the summer typhoon is large and needs to be appropriately decreased.

**Keywords:** FZMOS; intelligent grid; key stations; forecast assessment; error analysis

### 引言

近两年智能网格气象预报产品投入业务运行, 在全国得到广泛的应用, 目前多个省、市级的网格关键点主观订正预报主要参考了 FZMOS (福州 MOS 站点客观要素精细化预报) 等客观订

正预报, 这种产品采用了 MOS 释用方法。直接利用数值预报产品的历史数据, 与同时间的局地天气要素实测值之间建立统计预报方法, 预报时将实时资料算出的数值预报产品代入方程, 做出局地天气预报的模式输出统计方法简称 MOS 方法。吴启树<sup>[1]</sup>、陈豫英<sup>[2]</sup>、陈晓光<sup>[3]</sup>、李文娟<sup>[4]</sup>、

收稿日期: 2018-12-05

基金项目: 福建省气象局基层科技专项项目 2019J04, 泉州市科技计划项目 2018Z040

作者简介: 程思 (1987-), 女, 硕士, 工程师, 主要研究天气预报及气象服务。E-mail: 438272189@qq.com

罗菊英<sup>[5]</sup>等人分别将MOS预报方法应用到风、相对湿度、短时要素、气温等方面,结果表明该方法对上述气象要素均有较强的预报能力,而且较原模式预报水平都有显著的提高。

FZMOS从2015年开始投入业务应用并不断改进,包含全省2000多个自动站0~240h的逐12h降水量、风向风速以及逐24h最高气温、最低气温等要素的预报值。吴启树<sup>[1]</sup>等人以ECMWF模式细网格地面气温为预报因子,设计多种训练期方案对MOS温度预报进行检验和改进,改进后的方案较原模式产品质量有所提高。从长时间统计来看,客观订正预报准确率虽高于ECMWF模式预报,有较好的应用参考价值,但预报员在日常预报应用中发现,特定季节的气温如春季高温、秋冬季低温,或是在转折性天气和暴雨过程发生时,客观订正预报的某些要素的误差较大,预报员仍有提高订正质量的空间。

## 1 资料与数据

实况数据采用经MDOS质控后的福建省区域自动站的逐时地面气象要素数据,选取泉州市共32个关键点2016年1月至2017年12月31日20-20时的24h降水量、24h最高气温、24h最低气温等数据作为检验和误差分析对象。

预报数据来源于每日20时起报的FZMOS站点客观订正精细化预报rffc文件,使用其中的关键点24h降水、最高气温和最低气温的0-24h预报。检验站点、要素及其时间选取与实况数据一致。

## 2 统计检验方法

### 2.1 预报检验

检验对象:FZMOS客观订正预报产品0-24h降水量、最高气温和最低气温预报。

检验内容:分为降水预报检验和温度预报检验。其中降水预报检验指晴雨检验,温度预报检验为 $\leq 2^{\circ}\text{C}$ 温度预报准确率。

检验方法:

(1)晴雨(雪)预报检验

$$\text{预报准确率: PC} = \frac{\text{NA} + \text{ND}}{\text{NA} + \text{NB} + \text{NC} + \text{ND}} \times 100\%$$

式中,NA为有降水预报正确站(次)数,NB为空报站(次)数、NC为漏报站(次)数,ND为无降水预报正确的站(次)数

(2)温度预报检验

$$\text{预报准确率: TT}_k = \frac{\text{Nr}_k}{\text{Nf}_k}$$

其中, $F_i$ 为第*i*站(次)预报温度, $O_i$ 为第*i*站(次)实况温度; $K$ 为1、2,分别代表 $\leq 1^{\circ}\text{C}$ 、 $\leq 2^{\circ}\text{C}$ , $\text{Nr}_k$ 为预报正确的站(次)数, $\text{Nf}_k$ 为预报的总站(次)数。

预报准确率: $\text{TT}_k = \frac{\text{Nr}_k}{\text{Nf}_k} \times 100\%$ ,平均绝对误差:

$$T_{\text{MAE}} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |F_i - O_i|$$

其中, $F_i$ 为第*i*站(次)预报温度, $O_i$ 为第*i*站(次)实况温度, $K$ 为1、2,分别代表 $|F_i - O_i|_{\leq 1^{\circ}\text{C}}$ 、 $|F_i - O_i|_{\leq 2^{\circ}\text{C}}$ , $\text{Nr}_k$ 为预报正确的站(次)数, $\text{Nf}_k$ 为预报的总站(次)数。

温度预报准确率的实际含义是温度预报误差 $\leq 1^{\circ}\text{C}$ ( $2^{\circ}\text{C}$ )的百分率(日常业务中温度预报准确率通常应用 $\leq 2^{\circ}\text{C}$ 百分率,故本文仅做 $\leq 2^{\circ}\text{C}$ 温度预报准确率统计)。

### 2.2 计算误差、分析归纳

对以上检验的结果运用统计分析方法进行归纳。

全省各关键点高低温、日雨量的客观订正预

报值与实况数据之间的误差: $MAD = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i - m(x)$

其中, $x_i$ 为第*i*站(次)要素客观订正预报值, $m(x)$ 为实况值, $n$ 为样本数,按照年、季、月分别取365、90、30。

## 3 预报准确率

通过计算各关键点的实况数据及预报值之间的误差,初步评估了FZEC-MOS的预报性能,各要素性能评估详见表1。其中高温预报 $\leq 2^{\circ}\text{C}$ 正确率66.71%(安溪兰田水库)-90.69%(崇武),安溪、永春、德化的关键点预报正确率相对较低,普遍低于70%;低温预报 $\leq 2^{\circ}\text{C}$ 正确率相对较高74.75%(德化九仙山)-92.52%(崇武),普遍在80%以上;同时山区的晴雨预报也相对较低,晴雨准确率72.64%(德化葛坑镇)-87.59%(南安)。因此在关键点的雨量及高温预报订正上仍有提高的空间。

## 4 误差分析

### 4.1 按季节分类

高温预报:冬春季普遍偏低,而夏秋季普遍偏高;某些关键点如安溪、九仙山、德化及海岛站(大坠岛、大竹岛)普遍偏高,南安石井、安溪芦田镇明显偏低。

低温预报:夏季的低温普遍预报偏高,其余季节比实况略低;山区的大部分关键点普遍预报偏低,惠安互助水库预报明显偏低,沿海预报相对较好。

表 1 MOS 预报性能评估

站号	站名	高温正确率	低温正确率	晴雨正确率	站号	站名	高温正确率	低温正确率	晴雨正确率
58929	安溪	76.73%	86.88%	85.19%	F5302	永春龙门滩水电站	69.68%	78.28%	83.78%
58931	德化九仙山	69.25%	74.75%	73.48%	F5321	永春仙夹镇	77.29%	87.87%	81.95%
58934	永春	79.41%	87.87%	84.77%	F5401	安溪煤矸石发电站	68.69%	80.25%	81.52%
58935	德化	79.97%	88.86%	83.50%	F5409	安溪芦田镇	74.19%	79.97%	81.95%
58957	惠安大竹岛	83.64%	89.56%	84.49%	F5414	安溪桃舟乡	73.91%	81.95%	81.24%
59131	南安	82.51%	89.70%	87.59%	F5416	安溪福田乡	70.52%	77.43%	83.50%
58132	大坪山	86.32%	90.27%	82.79%	F5422	安溪兰田水库	66.71%	80.68%	81.38%
58133	崇武	90.69%	92.52%	85.33%	F5423	安溪十五中	78.00%	88.29%	78.14%
58136	惠安大坠岛	90.59%	92.47%	86.40%	F5508	南安玲苏中学	76.14%	84.31%	83.66%
58137	晋江	86.04%	89.28%	86.18%	F5516	南安五星中学	77.86%	85.47%	82.37%
58138	南安石井	74.27%	78.03%	83.47%	F5521	南安乐峰中学	75.18%	82.79%	84.49%
F5203	德化南埕镇	72.36%	80.25%	81.95%	F5522	南安柳南中学	83.92%	89.56%	82.79%
F5204	德化水口镇	70.66%	82.79%	81.10%	F5527	南安成功初级中学	78.10%	84.97%	85.29%
F5206	德化葛坑镇	77.43%	86.18%	72.64%	F5623	晋江石圳华侨中学	88.89%	92.16%	84.97%
F5220	德化龙门滩镇 最大值	76.45% 90.69%	85.19% 92.52%	79.27% 87.59%	F5712	惠安互助水库	71.23%	83.64%	82.93%

雨量预报: 雨量的预报普遍偏大, 在夏季尤为明显, 订正过程中需适当调小。

## 4.2 按天气过程分类

### 4.2.1 过程选取

选取 75% 站次以上预报错误的过程进行深入分析, 分别得到高温、低温、雨量预报偏差较大的天气过程样本 40 个、16 个、54 个。

### 4.2.2 高低温预报样本

通过研究 56 个高低温预报较差样本, 分析表明:

(1) 初冬冷空气可能预报偏强, 则预报值需调高 2-4℃; 高压入海后, 处于入海高压后部时, 高温预报偏高, 需下调, 低温回升往往比较迅速, 需上调;

(2) 冬春季冷空气过后若天气晴好, 气温迅速回升时高温预报偏低, 需调高 2-4℃; 若为阴雨天气, 则高温预报偏高, 需下调 3-5℃;

(3) MOS 降水没报, 而实况出现弱降水时, 则高温预报值需调低低温上调; 模式雨量预报偏弱时, 高温也需下调 2-4℃;

(4) 天气晴好无云时高温调高, 低温调低, 反之相反;

(5) 春季南支槽前西南风预报偏强, 回温强度预报偏强, 高温需下调 3-5℃;

(6) 初秋冷空气刚开始影响时, 对冷空气强度往往估计不足, 高温需下调 2-4℃;

(7) 春末初夏的冷空气有可能预报偏弱, 入海高压后部冷空气变性会滞后, 温度要调低。

### 4.2.3 雨量预报样本

通过研究 54 个雨量预报较差样本, 分析表明:

(1) 3-6 月份地面温度回暖不均, 易产生暖区辐合辐散, 触发对流, 雨量往往预报偏小, 需调大; 午后突发的热对流易漏报;

(2) 春季低层变性冷空气之上的西南风推进较快, 雨量需要偏高调; 南支槽东移及暖切影响下的降水量级预报也偏弱;

(3) 冬春季西南气流影响加强时, 尤其是达到急流标准时, 易产生漏报或者雨量预报量级偏小; 三层西南气流影响, 系统较弱时, 易产生漏报; 此外冷锋带来的降水预报也偏弱;

(4) 当影响系统(如低层切变、辐合)位置位于闽北或更北时, 预报量级偏大, 需调小; 华南暖切处于两广处, 偏东气流下的降水预报偏强;

(5) 夏季台风影响下的雨量预报偏大, 需要调小。

## 5 结论与讨论

(1) FZEC-MOS 高温预报  $\leq 2^\circ\text{C}$  准确率 66.71-90.69%, 冬春季准确率较低而夏秋季准确率较高, 低温预报  $\leq 2^\circ\text{C}$  准确率普遍比较高, 74.75-92.52%, 在 12 月即晚秋初冬时预报较差, 可能跟季节变换冷空气强度把握不准关系较大; 晴雨准确率 72.64-87.59%, 夏半年偏差较大, 这跟夏季降水时空分布不均不无关系。由此看来, 在 FZEC-MOS 雨量及高温预报订正上仍有提高空间。

(2) 高温预报值在冬春季普遍偏低, 而夏秋季普遍偏高; 夏季的低温值普遍预报偏高, 其余季节比实况略低; 雨量的预报值普遍偏大, 在夏季尤为明显, 订正过程中需适当调小。

(3) 某些关键点如安溪、九仙山、德化及海岛站(大坠岛、大竹岛)的高温预报值普遍偏高, 南安石井、安溪芦田镇则明显偏低; 山区大部分关键点的低温预报值普遍偏低, 惠安互助水库预报明显偏低, 沿海预报相对较好。

(下转第 55 页)

(图略), 过程结束。

此次过程中, 在系统东移的过程中最大 VIL 值呈三次明显的跃增。第一次为  $7 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ , 表明系统发展雷达回波增强; 第二次跃增达到  $16 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ , 呈爆发式的增长, 表明冰雹在迅速的发展使得回波强度迅速增大; 第三次是在已经记录到有冰雹降落之后, 跃增达  $15 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ , 表明仍有冰雹在东移的过程中重新发展。前两次跃增发生在 4 个体扫时间内, 由此可以看出此次强风暴发展的非常迅速。

此次冰雹有记录的时间在 17 时左右, 第二次跃增为 16 时 45 分到 51 分, 比跃增时间滞后约 15 分钟左右, 冰雹降落后 VIL 有所下降。

## 4 结论

(1) 此次过程是在上干下湿的不稳定的层结, 配合地面冷空气、低层切变线、东移的高空槽前有利的大尺度环流背景下产生的。

(2) 三体散射、旁瓣回波都可以作为辅助判断冰雹出现的潜势, 当反射率因子强度超过  $60 \text{ dBz}$ , 尤其当有三体散射配合出现时就应及时发布冰雹预警信号。

(3) 垂直液态水含量 (VIL) 的强度和跃增

对冰雹有很好的指示作用, 当  $\text{VIL} > 40 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ , 且有明显跃增时, 出现冰雹的概率比较大。

### 参考文献:

- [1] 俞小鼎, 姚秀萍, 熊廷南, 等. 多普勒天气雷达原理与业务应用 [M]. 北京: 气象出版社, 2006: 116-155.
  - [2] 汤兴芝, 黄兴友, 等. 冰雹云的多普勒天气雷达识别参量及其预警作用 [J]. 暴雨灾害, 2009, 28(3): 261-265.
  - [3] 何草青, 蒲廷超, 郭洪权, 等. 广西冰雹云的识别特征及预报分析 [J]. 气象研究与应用, 2015, 36(S1): 141-142.
  - [4] 郭媚媚, 赖天文, 罗焯坤, 等. 2011年4月17日广东强冰雹天气过程的成因及特征分析 [J]. 热带气象学报, 2012, 28(3): 425-432.
  - [5] 梁维亮, 屈梅芳, 赖珍权, 等. 广西雷暴天气预报指标研究 [J]. 气象研究与应用, 2015, 36(3): 15-19.
  - [6] 冯晋勤, 汤达章, 俞小鼎, 等. 新一代天气雷达中气旋识别产品的统计分析 [J]. 气象, 2010, 36(8): 47-52.
  - [7] 廖玉芳, 俞小鼎, 吴林林, 等. 强暴雹的雷达三体散射统计与个例分析 [J]. 高原气象, 2007, 26(4): 812-819.
  - [8] 何炳伟, 胡振菊, 高伟, 等. 常德多普勒天气雷达强雹暴三体散射统计分析 [J]. 气象, 2018, 44(3): 455-462.
  - [9] 廖玉芳, 俞小鼎, 吴林林, 等. S 波段多普勒天气雷达旁瓣回波的特征分析 [J]. 热带气象学报, 2008, 24(2): 183-188.
  - [10] 王晓明, 谢静芳, 王侠飞, 等. 强对流天气的分析及短时预报 [M]. 北京: 气象出版社, 1992: 162-167.
- 
- (上接第37页)
- (4) 初冬冷空气可能预报偏强, 则预报值需调高; MOS 白天降水没报, 而实况出现弱降水时, 则预报值需调低; 天气晴好无云时高温调高, 低温调低, 反之相反; 春末初夏的冷空气有可能预报偏弱, 入海高压后部冷空气变性会滞后, 温度要调低。
  - (5) 3-6 月份地面温度回暖不均, 易产生暖区辐合辐散, 触发对流, 雨量值往往预报偏小, 需调大; 春季低层变性冷空气之上的西南风推进较快, 雨量值需要偏高调; 夏季台风影响下的雨量值预报偏大, 需要适当调小。
- 参考文献:**
- [1] 吴启树, 韩美, 郭弘, 等. MOS 温度预报中最优训练期方案 [J]. 应用气象学报, 2016, (4): 426-434.
  - [2] 陈豫英, 陈晓光, 马金仁. 精细化 MOS 相对湿度预报方法研究 [J]. 气象科技, 2006, (2): 143-146.
  - [3] 陈豫英, 陈晓光, 马金仁. 风的精细化 MOS 预报方法研究 [J]. 气象科学, 2006 (2): 210-216.
  - [4] 李文娟, 郇敏杰. MOS 方法在短时要素预报中的应用与检验 [J]. 气象与环境学报, 2013, (2): 12-18.
  - [5] 罗菊英, 周建山, 闫永财. 基于数值预报及上级指导产品的本地气温 MOS 预报方法 [J]. 气象科技, 2014(3): 443-450.
  - [6] 吴振玲, 潘璇, 董昊. 天津市多模式气温集成预报方法 [J]. 应用气象学报, 2014, (3): 293-301.
  - [7] 邱学兴, 王东勇, 朱红芳. 乡镇精细化最高最低气温预报方法研究 [J]. 气象与环境学报, 2013, (3): 92-96.
  - [8] 陈豫英, 陈楠, 马金仁. 宁夏汛期分级降水客观预报方法应用检验 [J]. 暴雨灾害, 2016, (6): 546-553.
  - [9] 张继赢, 费杰, 邢宇航. 基于数值产品的乡镇天气预报方法研究与应用 [J]. 气象与环境学报, 2007, (1): 22-26.
  - [10] 陈豫英, 陈晓光, 马金仁, 等. 基于 MM5 模式的精细化 MOS 温度预报 [J]. 干旱气象, 2005, (4): 52-56.