

彭月,周盛,樊志超,等.精细化预报产品在长沙的应用和温度检验[J].干旱气象,2015,33(5):867-873, [PENG Yue, ZHOU Sheng, FAN Zhichao, et al. Application of Fine Forecast Product in Changsha and Quality Test of Temperature Forecast[J]. Journal of Arid Meteorology, 2015, 33(5):867-873], doi:10.11755/j.issn.1006-7639(2015)-05-0867

精细化预报产品在长沙的应用和温度检验

彭月¹,周盛²,樊志超²,李玮¹,陈蜜¹

(1. 湖南省长沙市气象局,湖南 长沙 410205;2. 湖南省人工影响天气领导小组办公室,湖南 长沙 410118)

摘要:将精细化气象要素预报支撑环境(FUSE)产品经过本地化应用开发,形成对预报员有用的显示和扩展平台,方便预报员随时查看温度、降水预报,了解 FUSE 产品预报性能,缩短使用 FUSE 产品的时间,提高预报效率。在此基础上,对长沙、浏阳、宁乡 3 站 2013 年 5 个时效的 FUSE 温度预报产品进行评分,并对长沙、浏阳 2 站高温预报误差的主成分进行分析。结果表明:(1)08 时起报的长沙、浏阳、宁乡 3 站 72 h 高温预报和 72 h 时段以内低温预报准确率已经接近预报员平均水平,08 时起报的高低温预报效果均要优于 20 时,随着预报时效延长,08 时和 20 时起报的预报准确率均表现出降低趋势;(2)长沙、浏阳、宁乡 3 站高低温预报准确率都是 1 月最低,7 月最高,20 时起报的低温预报准确率下半年总体比上半年高,08 时和 20 时起报的高低温预报逐月检验结果均呈现出 2 个波峰、3 个波谷的特征,波峰出现在 3 月和 7 月,波谷出现在 1 月、4 月和 9 月;(3)长沙、浏阳 2 站高温预报 6 月之前预报值偏离实况大,6 月之后预报值偏离实况小,其中长沙站 6 月之前预报值较实况偏低,6 月之后预报值较实况偏高、偏低的频次差别不大;浏阳站预报值偏离实况比长沙站大。说明 FUSE 系统对长沙站的预报比浏阳站更准确。

关键词:FUSE 预报产品;温度预报;预报准确率;误差;长沙;主成分分析

文章编号:1006-7639(2015)-05-0867-07 doi:10.11755/j.issn.1006-7639(2015)-05-0867

中图分类号:P459.9

文献标识码:A

引言

随着数值预报的发展,数值预报准确率不断提高,到目前为止,数值天气预报已经能相当准确地预报出 3~5 d 的高空形势。然而,对局地天气要素的预报,受模式分辨率、近地面层物理过程、下垫面等影响则准确率不高^[1]。与此同时,现代统计学发展较快,统计天气预报日益发挥作用^[2],1959 年美国国家气象局首先使用动力—统计预报方法制作局地天气要素预报,取得了不错的效果^[3]。后来大多数业务单位开始使用动力—统计结合的预报方法来制作局地天气要素预报^[4-8],如青海省气象台最高最低气温在国家规定的绝对误差 < 2 °C 表示正确的标准下,准确率已达到 90% 以上^[9]。这些做法在一定程度上延长了预报时效,提高了预报准确率,但是一方面由于数值模式精度影响等对地面要素的预报水

平较差,另一方面统计方法也有其固有的缺点,做出的预报都存在这样的缺点:当天气形势变化较平稳时,制作的预报结果稳定,当有特殊天气或转折天气时,预报结果不稳定^[10]。而提高模式精度和模式预报准确率、增加数值预报资料累积存储量是现阶段行之有效的主要手段。

经过多年的发展,我国自主研发的 T639L60 数值预报系统已经发展出细网格预报产品,预报精度有了很大提升,预报时效延长至 10 d,预报间隔明显缩短,5 d 以内为 3 h,5 d 以外为 6 h。精细化气象要素预报支撑环境(FUSE)平台基于 T639 细网格数值预报,是中国气象局“十二五”期间建立的“精细化气象要素预报支撑系统”,该平台的精细化预报产品时间分辨率为 3 h,对业务预报具有一定的指导意义^[11],其中的模式输出统计(MOS)预报方法克服了 T639 细网格预报数值预报的不稳定,MOS 预报

收稿日期:2014-08-20;改回日期:2014-11-02

基金项目:公益性行业(气象)科研专项“亚洲区域气候模式发展及在气候变化和短期气候预测中的应用”(GYHY201306019)及湖南省短平快课题“长沙多模式预报产品数据库系统建设与实践”共同资助

作者简介:彭月(1983-),女,湖南人,工程师,主要从事应用气象方向研究. E-mail:fun_zhousheng@126.com

结果经预报员订正后可明显提高预报员评分成绩。

1 资料与方法

1.1 FUSE 系统和预报产品及实况观测数据

精细化气象要素预报支撑环境 (Fine Forecast User Support Environment, 简称 FUSE) 系统主要由 3 个部分组成, 精细化气象要素客观预报平台 (MEOFIS) 主要用于 T639 模式资料的解释应用、MOS 方法改进以及温度、降水等要素格点化预报; 精细化数据交换支撑环境 (LWFD) 主要作为本地化数据交换、共享和应用支持的平台以及保证产品对外服务的一致; 订正平台 (Micaps Fine - Correcting) 主要实现单点、区域订正及 Web 订正^[12]。FUSE 预报产品是利用 T639 细网格预报数据结合本地实况观测数据进行解释应用, 采用 FUSE 系统中的 MEOFIS 平台的模式输出统计 (MOS) 方法, 得到具有精细化指导作用的要素预报产品^[11]。FUSE 预报产品每日生成 2 次, 分别为 08 时和 20 时, 包括降水、温度、风、能见度、云量等气象要素, 长沙目前仅使用日常业务中受关注的最高气温、最低气温、降水 3 种气象要素。FUSE 预报产品格式及命名方式与

$$TT = T_{MAE24} \times \frac{10}{27} + T_{MAE48} \times \frac{8}{27} + T_{MAE72} \times \frac{6}{27} + T_{MAE96} \times \frac{2}{27} + T_{MAE120} \times \frac{1}{27} \quad (2)$$

式中, T_{MAE24} 、 T_{MAE48} 、 T_{MAE72} 、 T_{MAE96} 、 T_{MAE120} 分别为 08 时 (20 时) 起报 0~24、24~48、48~72、72~96 和 96~120 h 最高 (最低) 温度预报准确率综合评分。

温度检验主要计算综合气温预报准确率和多个预报时效的总评分。

误差分析使用主成分分析法, 它能够把随时间变化的气象要素场分解为空间函数部分和时间函数 (主分量) 部分。时间函数部分由空间点变量的线性组合构成, 称为主分量, 前几个主分量占有原空间点 (变量) 总方差的大部分, 研究主分量随时间变化的规律可替代对场随时间变化的研究^[13]。

2 FUSE 预报产品在长沙地区的应用

为能实时查看 FUSE 预报结果以及随时检验 FUSE 产品预报效果, 利用 VB.NET 面向对象程序语言开发出长沙多要素预报系统。系统采用 C/S 架构 (即 Client 客户端/Server 服务器端架构, 客户端的任务是将用户的要求提交给服务器端, 再将服务器端返回的结果以特定的形式显示给用户; 服务器端的任务是接收客户端提出的服务请求, 进行相应的处理, 再将结果返回给客户端), 程序分前台 (客户端) 和后台 (服务器端)。后台程序将 FUSE

目前精细化预报业务要求一致, 因此能在气息信息综合分析处理系统 (Micaps) 中打开和显示, 并且 Micaps 还给产品提供了订正功能, 实现了简单的人机交互。

实况数据使用 2013 年 1 月 1 日至 2014 年 1 月 6 日长沙、浏阳、宁乡站每日 08~08 时和 20~20 时最高、最低气温及降水等地面气象观测资料。

1.2 温度检验及误差分析方法

以温度预报绝对误差 ≤ 2 °C 作为预报正确的标准。若某站最低、最高气温都预报正确, 则该站气温预报评定为“正确”, 否则评定为“错误”。按照气温预报准确率公式计算出综合气温预报准确率:

$$TT_k = \frac{Nr_k}{Nf_k} \times 100\% \quad (1)$$

式中, k 为 1、2, 分别代表 $|F_i - O_i| \leq 1$ °C、 $|F_i - O_i| \leq 2$ °C, F_i 为第 i 站 (次) 预报温度, O_i 为第 i 站 (次) 实况温度, Nr_k 为预报正确的站 (次) 数, 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绝对误差 ≤ 1 °C 或 ≤ 2 °C 的百分率。

多个时效的预报准确率按照加权平均的方式计算最高、最低温度预报准确率的总评分。计算公式为:

预报产品进行简单加工, 提取长沙、浏阳、宁乡 3 站 (长沙地区人工观测站有 3 个, 即长沙、浏阳、宁乡站) 08 时、20 时起报的未来 7 d 的 24 h 高低温和 12 h 降水数据到 SQL 数据库中, 每天定时运行, 保证数据库中预报数据的实时更新; 前台程序将数据库中的数据提取出来, 进行多种显示, 并能对 FUSE 温度预报结果随时检验评分。

FUSE 预报产品在 Micaps 中的显示方便查看一个时间点全省或者全国各个站点要素预报, 但是仅仅制作长沙 3 站的要素预报, 而预报员更希望能查看某个要素未来 7 d 的趋势, 并且希望 3 站放在一起, 这样一目了然, 而这个功能 Micaps 无法实现。图 1 给出了 2014 年 2 月 25 日 08 时起报的最高气温的线状图、柱状图显示和降水的柱状图显示。显示时将温度和降水的坐标取值区间做处理, 温度纵坐标最大值和最小值分别取未来 5 d 预报温度最大值、最小值取整后加 2 和减 2, 降水纵坐标范围从 0 到未来 5 d 预报降水量最大值取整加 5。处理后的高低温和降水的预报区间范围一目了然。由于降水的预报评分从 2013 年开始改为 12 h 时段评分, 因此将降水横坐标 (时间) 显示进行修改, 分白天和晚上。

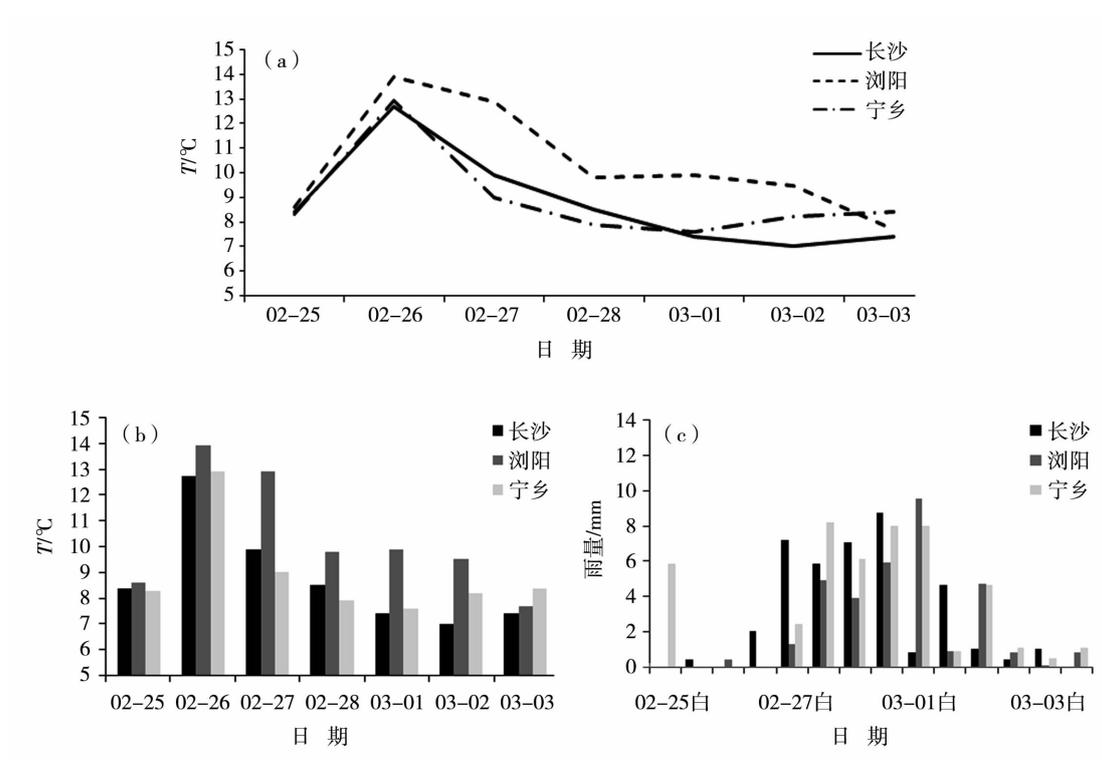


图 1 FUSE 产品的最高温度和降水预报值

(a)最高气温线状图显示,(b)最高气温柱状图显示,(c)降水柱状图显示
 Fig.1 Maximum temperature and precipitation of FUSE forecast products display
 (a) line graph of maximum temperature, (b) histogram of maximum temperature ,
 (c) histogram of precipitation

除了高低温和降水的预报结果显示,预报员也希望直观了解某个气象要素在某个预报时效的预报效果,尤其是高低温。对此,前台显示分 2 种,一种为直接显示即将预报值和对应时间的实况值一同显示(图

2a,线条附近的数据对应预报与实况温度差异最大的 2 个点);另一种为差值显示,即预报值减去实况值显示其差值结果(图 2b)。相对于直接显示,差值显示能定量给出预报误差(差值在 ± 2 之内表示预报正确)。

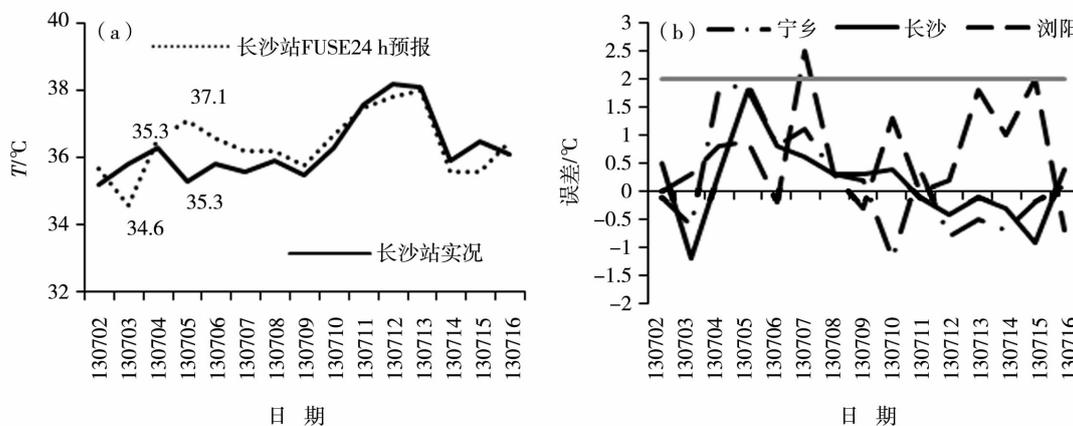


图 2 FUSE 产品温度预报和实况对比显示(正值表示预报值比实况值大,负值表示预报值比实况值小)
 (a) FUSE 产品长沙站 24 h 高温预报和高温实况,(b) FUSE 产品长沙、浏阳、宁乡 24 h 高温预报和实况之差
 Fig.2 Comparative display of FUSE maximum temperature forecast products and observations
 (Negative values indicate that the forecast values are smaller than the observations, and vice versa)
 (a) FUSE 24 h maximum temperature forecast value and observation display together, (b) Difference between
 24 h maximum temperature forecast values and observations of Changsha, Liuyang and Ningxiang stations

3 FUSE 预报产品的温度检验

温度预报检验对象为中央气象台下发的 2013 年 1 月 1 日到 12 月 31 日 08 时、20 时起报的长沙、浏阳、宁乡 3 站 0~120 h 的 FUSE 温度预报产品,产品保存完整,无缺失,检验样本总数为 5 475 (365 天 × 3 站点数 × 5 时效),检验使用实况资料为 2013 年 1 月 1 日至 2014 年 1 月 6 日每日 08~08 时和 20~20 时 3 站最高、最低气温,检验方法为各个时效 ≤ 2 °C 的预报准确率和每个站点多个预报时效的总评分。

3.1 FUSE 温度预报分时效检验

由于 08 时和 20 时起报时间不同,预报结果有所差别,考虑预报的时效性要求,二者预报结果在预报员制作预报参考时有一定的互补性,故将二者检验结果分开列出。T639 模式的 500 hPa 高度、850 hPa 温度等预报场平均误差随预报时效延长而增

加^[14],利用这些作为预报因子建立的 MOS 方程预报结果是否具有相似特点,这些还需要分时效检验 FUSE 预报产品。

将 08 时、20 时起报的 24、48、72、96、120 h 的 5 个预报时效 FUSE 高温、低温进行检验,不论高温还是低温,08 时起报的预报效果要优于 20 时。08 时起报的高温预报准确率在 55% 左右,低温在 70% 以上(图 3a);20 时起报的高温预报准确率不到 45%,低温预报准确率在 65% 左右(图 3b);从各个时效来看,随着预报时效延长,08 时和 20 时起报的预报准确率越来越低(20 时起报的高温趋势略有不同)。通过与湖南全省预报员平均分时效预报准确率(数据为湖南省预报处提供)比较,08 时起报的高低温预报趋势与预报员平均预报趋势一致,72 h 高温预报和 72 h 时段以内低温预报准确率已经接近预报员平均水平(图 3a)。

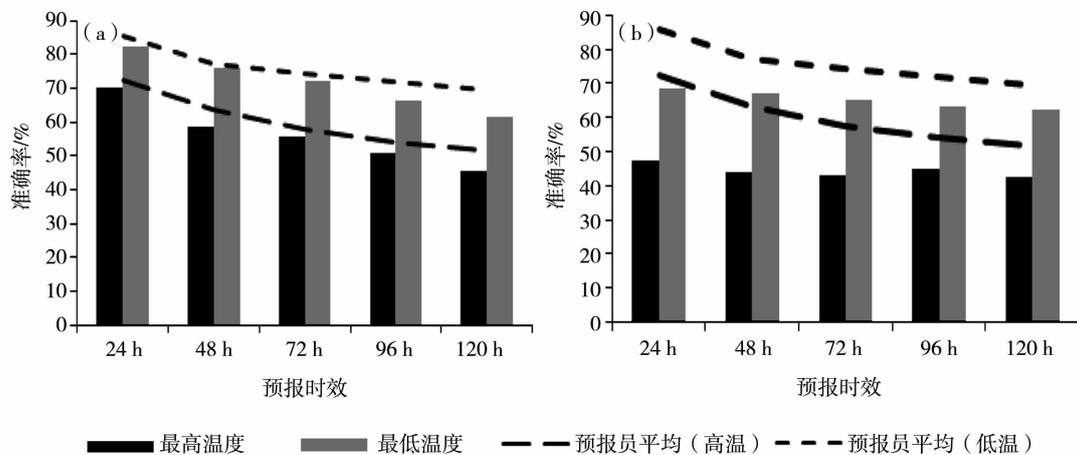


图 3 2013 年 FUSE 温度预报各时效准确率

(a)08 时起报,(b)20 时起报

Fig. 3 Accuracy of FUSE temperature forecast products at each time in 2013

(a) FUSE forecasts initiated at 08:00, (b) FUSE forecasts initiated at 20:00

3.2 FUSE 温度预报分月检验

由于 MOS 方法能够避免数值预报场误差对要素预报的影响^[15],FUSE 温度预报采用 MOS 方法,考虑温度的气候背景差异,分月建立预报方程,每个站点每月一个预报方程。为检验预报方程效果如何,有必要对 FUSE 温度预报进行分月检验,如果检验结果和实况差距非常大,预报方程将做调整。

从各月检验结果来看,08 时起报的高温预报准确率 7 月最高,在 90% 以上;6 月次高,在 65% 左右。1、2、4 和 9 月预报准确率均不到 50%,其中 1 月最低,在 30% 左右,参考意义不大;其余月份预报准确率大体在 50%~60% 之间。08 时起报低温预

报准确率比高温高许多,除了 1、4 月预报准确率较低(不到 60%),其他均在 70% 以上(图 4a)。20 时起报高温预报准确率同样是 7 月最高,在 90% 以上;1 月最低,在 30% 左右。5、6 月准确率在 60% 以上,具有一定的参考价值,其他月份不足 50%,参考价值不大。20 时起报的低温预报在 5 月之前预报准确率都在 60% 左右及以下,之后预报准确率在 70% 以上,下半年的预报准确率明显较上半年高(图 4b)。总体来看,08 和 20 时起报的高低温预报逐月检验结果均呈现出 2 个波峰、3 个波谷的特征,波峰出现在 3 月和 7 月,波谷出现在 1 月、4 月和 9 月。

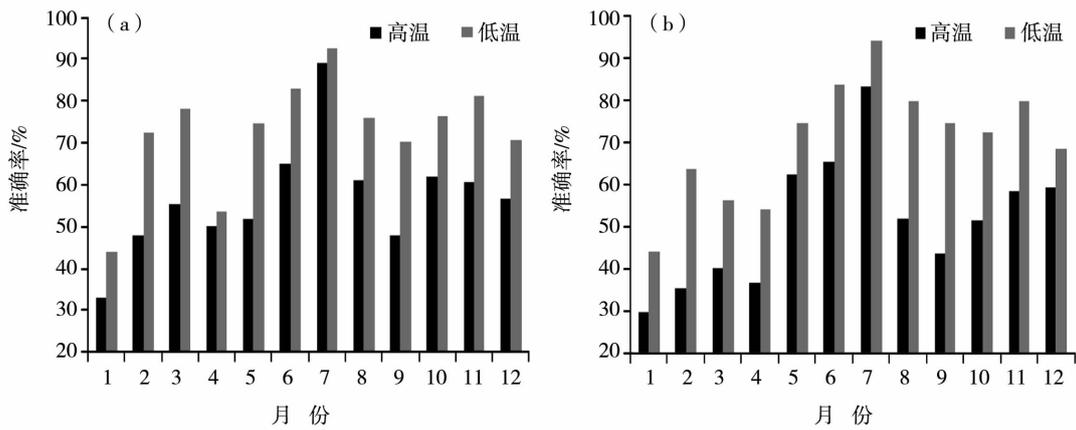


图4 2013年FUSE温度预报各月准确率
(a) 08时起报, (b) 20时起报

Fig. 4 Temperature forecast accuracy of FUSE products in each month in 2013
(a) FUSE forecasts initiated at 08:00, (b) FUSE forecasts initiated at 20:00

3.3 误差分析

长沙站和宁乡站 FUSE 预报的温度变化情况基本一致,差别不大(通常在 2 °C 以内),而长沙站和浏阳站预报的温度变化差别大,因此,这里只分析长沙和浏阳站的温度预报误差特征。由于 20 时起报的预报值和实况相差较大,误差特征暂不做分析。将长沙站、浏阳站 08 时起报的各时效最高气温与实况之差(误差)随时间的变化看作矩阵,矩阵大小为 365 × 5(365 代表时间为 365 d, 5 代表预报时效,即 24、48、72、96、120 h 5 个预报时效),以各个时效作为空间点,误差随时间演变作为时间序列,对其做主成分分析,主成分的第一分量分别占原场总方差的 41%(长沙站)和 46%(浏阳站)。由图 5 可以看出,长沙、浏阳站均表现为高温预报误差在 6 月

之前起伏震荡大,6 月之后变化幅度减弱,说明长沙、浏阳站误差的主要特征为 6 月之前预报值偏离实况大,6 月之后预报值偏离实况小。长沙站 6 月之前,误差在正值区间(预报值较实况偏高)内的频次少,约占 6 月之前总预报日数的 40%;在负值区间(预报值较实况偏低)内的频次多,约占 6 月之前总预报日数的 60%,即 6 月之前主要表现为预报值较实况偏低。6 月之后误差在正负区间内的频次分别为 105 和 108,差别不大。浏阳站无论是 6 月之前还是 6 月及之后在正负区间内的频次相近,相比长沙站,浏阳站在正负区间的震荡幅度明显偏大,说明浏阳站较长沙站预报值偏离实况大,FUSE 系统对长沙站的预报比浏阳站更准确。

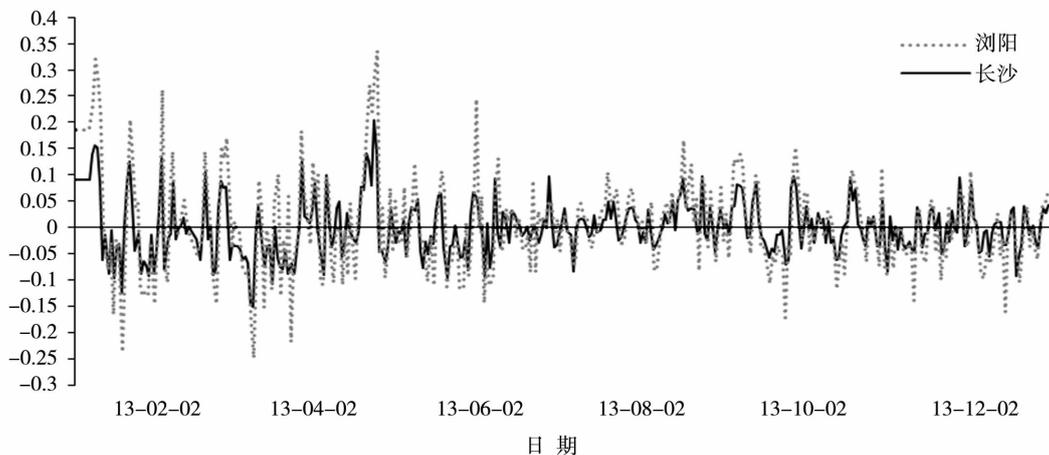


图5 2013年长沙、浏阳站 FUSE 各时效高温预报第一主分量
Fig. 5 First principal component analysis of FUSE maximum temperature prediction in Changsha and Liuyang stations

4 结论和讨论

将中央气象台下发的精细化气象要素预报支撑环境(FUSE)预报产品经过本地化的开发利用,形成对预报员有用的显示和扩展平台。对2013年FUSE温度预报产品利用预报准确率公式和总评分公式计算长沙、浏阳、宁乡3站5个时效的预报准确率并对其进行检验,此外还对长沙、浏阳2站点的温度预报误差进行主成分分析,结论如下:

(1)利用FUSE预报产品数据开发出长沙多要素预报系统,将长沙、浏阳、宁乡3站温度、降水数据定时入库,方便预报员随时查看温度、降水预报,还可实时直观了解温度的预报效果。

(2)从各时效检验结果来看,08时起报的温度预报效果比20时好,08时起报的高温预报准确率在55%左右,低温准确率在70%以上;20时起报的高温预报准确率不到45%,低温预报准确率在65%左右;随着预报时效延长,08时和20时起报的预报准确率均越来越低。

(3)各月检验结果来看,高温预报准确率1月最低,7月最高。20时起报的低温预报准确率下半年总体比上半年高。08时和20时起报的高低温预报逐月检验结果均呈现出2个波峰、3个波谷的特征,波峰出现在3月和7月,波谷出现在1、4和9月。

(4)从08时起报长沙、浏阳站高温预报误差的主成分分析结果来看,长沙、浏阳站均表现出6月之前起伏震荡大,6月以后变化幅度减弱,说明长沙、浏阳站误差主要特征为6月之前预报值偏离实况大,6月之后预报值偏离实况小。长沙站6月之前,误差在正值区间内的频次少,在负值区间内的频次多,即6月之前主要表现为预报值较实况偏低,6月以后误差在正负区间内差别不大。浏阳站无论是6

月之前还是6月及以后在正负区间内的频次相近。相比长沙站,浏阳站在正负区间的震荡幅度明显偏大,浏阳站预报值偏离实况比长沙站大,说明FUSE系统对长沙站的预报比浏阳站更准确。

参考文献:

- [1] 曾晓青. 模式输出统计技术在局地中短期天气预报中的研究与应用[D]. 兰州大学, 2010.
- [2] 李麦村. 现代统计天气预报的进展[J]. 科学通报, 1974, (3): 104 - 109.
- [3] 朱乾根, 林锦瑞, 寿绍文, 等. 天气学原理和方法[M]. 北京: 气象出版社, 2000.
- [4] 吴爱敏, 王建. 甘肃庆阳极端气温气候特征及预报[J]. 干旱气象, 2011, 29(1): 116 - 120.
- [5] 樊晓春, 董彦雄, 董安祥. T213资料在冰雹短期预报中的释用[J]. 干旱气象, 2004, 22(1): 86 - 89.
- [6] 刘世祥, 陶健红, 张铁军. 西北区秋季短期气象要素客观预报检验评估[J]. 干旱气象, 2010, 28(3): 346 - 351.
- [7] 胡江林, 张德山, 王志斌. 北京地区未来1~3天昼夜气温预报模型[J]. 气象, 2005, 31(1): 67 - 68.
- [8] 陈豫英, 陈晓光, 马金仁. 基于MM5模式的精细化MOS温度预报[J]. 干旱气象, 2005, 23(4): 52 - 56.
- [9] 李有宏, 韦淑侠, 王青川. 青海省最高最低气温预报方法研究[J]. 气象, 2003, 29(7): 34 - 37.
- [10] 韦淑侠. 青海省气温精细化预报方法研究[J]. 青海科技, 2009, (3): 46 - 48.
- [11] 赵云武, 祁杰, 杨福兴. MEOFIS平台的苏州本地化释用和气温检验[J]. 气象科学, 2011, 31(增刊): 139 - 144.
- [12] 赵建峰. 精细化气象要素预报用户支持系统(FUSE)研究[J]. 科技情报开发与经济, 2012, 22(4): 92 - 94.
- [13] 黄嘉佑. 气象统计分析与预报方法[M]. 北京: 气象出版社, 2004.
- [14] 邱学兴, 王东勇, 陈宝峰. T639模式预报系统误差统计和订正方法研究[J]. 气象, 2012, 38(5): 526 - 532.
- [15] Facsimile Products, Max/Min temperature forecasts[Z]. National Weather Service Forecasting Handbook No. 1. US. Department of commerce NOAA National Weather Service, 1979.

Application of Fine Forecast Product in Changsha and Quality Test of Temperature Forecast

PENG Yue¹, ZHOU Sheng², FAN Zhichao², LI Wei¹, CHEN Mi¹

- (1. Changsha Meteorological Bureau of Hu'nan Province, Changsha 410205, China;
2. Hu'nan Provincial Leading Group Office of Weather Modification, Changsha 410118, China)

Abstract: The fine forecast user support environment (FUSE) forecast products issued by the Central Meteorological Observatory were applied in Changsha, it forms an useful display and extended platform for forecasters, and forecasters were convenient at any time to check the temperature and precipitation forecasts, understand intuitively forecast performance of FUSE products on the platform. Forecast time can be shortened by using FUSE forecast products, and prediction efficiency can be improved. Firstly, the five FUSE temperature forecast products at Changsha, Liuyang and Ningxiang stations in 2013 were scored, then the errors of maximum temperature forecast were analyzed in this paper. If it was a single forecast period, we calculated forecast accuracy, and for multiple forecast period, we calculated the total score with a total score formula. Results are as follows: (1) FUSE temperature forecast products scores of each time in 2013 indicated that 72 h maximum temperature forecast and 24, 48, 72 h minimum temperature forecast initiated at 08:00 BST were close to the average level of forecasters, and forecast effect of daily maximum and minimum temperature which initiated at 08:00 BST was better than that initiated at 20:00 BST. The forecast accuracy generally decreased with forecast period. (2) The monthly test results show that maximum and minimum temperature forecast accuracy was lowest in January and highest in July, forecast accuracy of the second half year was higher than that in the first half year which initiated at 08:00 BST. The monthly test results show that minimum and maximum temperature forecast that initiated at 08:00 BST and 20:00 BST presented two wave peaks in March and July, three wave valleys in January, April and September. (3) Through principal component analysis of maximum temperature forecast at Changsha and Liuyang stations, it was found that forecast results had a great (small) deviation with observations before (after) June, and forecast results were lower than observations before June at Changsha station, while the deviation at Liuyang station was larger than that in Changsha, which indicated that forecast results were more accurate in Changsha than that of Liuyang station.

Key words: FUSE forecast products; temperature forecast; forecast accuracy; error analysis; Changsha; principal component analysis

(上接第 860 页)

Analysis of Boundary Layer Meteorology Characteristic Parameters During a Continuous Heavy Pollution Event

LI Erjie^{1,2}, LIU Xiaohui², LI Yang², ZHAO Yuguang²

- (1. Hebei Provincial Meteorological Service Center, Shijiazhuang 050021, China;
2. Hebei Provincial Environmental Meteorology Center, Shijiazhuang 050021, China)

Abstract: A large scale heavy pollution process occurred from December 14 to 25 in 2013 in the middle and eastern China. In this paper the pollution forming source was analyzed by using the Hysplit model, that is, air trajectory reverse inference. According to radiosonde data and ground observation data in the central pollution region Xingtai, meteorology characteristic parameters were calculated including atmospheric stability, mixing layer height, inversion and so on, and relationship has been analyzed between mixing layer height, relative humidity, visibility and PM_{2.5} concentration. The results show that local pollutant emission was main pollution forming source during the process, and atmospheric stratification was relatively stable over middle and southern regions of Hebei Province, the deeper thickness (average value was 230 m) and stronger intensity (average value was 2.34 °C/100 m) of inversion layer, as well as lower mixing layer height (average value was 618 m) were key factors influencing pollution level. There was negative correlation between concentration of PM_{2.5} and mixing layer height, and a highly negative correlation ($R = -0.77$) existed between that and logarithm visibility, and for relative humidity, it showed a weakly positive correlation ($R = 0.62$).

Key words: heavy pollution; air trajectory; mixing layer height; inversion; relative humidity; visibility