

ECMWF 细网格模式 2m 温度在中国大同地区的预报检验与评估

Prediction Test and Evaluation of ECMWF Fine Grid Model 2m Temperature in Datong, China

何正梅 李效珍

Zhengmei He Xiaozheng Li

大同市气象局 中国·山西 大同 037010

Datong Meteorological Bureau, Datong, Shanxi, 037010, China

摘要: 采用 2018—2020 年 ECMWF 细网格模式 2m 温度预报资料, 研究模式对大同 8 个国家站逐日最高最低气温的预报性能。分析得出: 模式最高气温预报年均误差各站均为负, 大同误差最小, 灵丘最大; 而最低气温各站年均误差基本为正。模式对大同地区温度预报有季节变化, 最高气温 10 月、8 月、春季 3—5 月较其他月偏低; 最低气温 7、8 月预报性能较好, 冬季和 11 月预报性能差。依据模式误差, 给出各站气温逐月订正值, 订正后预报准确率提高 8%~67%。

Abstract: Using the ECMWF fine grid model 2m temperature prediction data from 2018 to 2020, the performance of the model in predicting daily maximum and minimum temperatures at 8 national stations in Datong was studied. The analysis shows that the annual average error of the model's highest temperature forecast is negative at all stations, with the smallest error in Datong and the largest error in Lingqiu; The average annual error of the lowest temperature at each station is basically positive. The model has seasonal variations in temperature prediction in the Datong region, with the highest temperatures in October, August, and March May in spring being lower than in other months; The minimum temperature forecast performance is good in July and August, but poor in winter and November. Based on the model error, monthly correction values of temperature at each station are provided, and the accuracy of the forecast is improved by 8% to 67% after correction.

关键词: ECMWF 细网格模式; 误差; 预报准确率

Keywords: ECMWF fine grid model; error; accuracy of forecast

基金项目: 山西省气象局科研基金 (SXKMSTQ20205227)、中国气象局五台山云物理野外科学试验基地共同资助。

DOI: 10.12346/eped.v1i3.7766

1 引言

EC 细网格数值模式是一种高分辨率模式, 从其下发开始就被各级气象台站广泛应用, 对其产品的解释应用还是定性判断较多, 对格点要素预报精度在各地的效果检验尤为迫切, 已有气象工作者开展了检验工作^[1-4]。这些研究成果为模式温度释用提供了技术支撑, 加强了气象台站温度预报服务能力, 具有重要的科学意义和实用价值。本文主要目的就是研究 EC 模式 2m 温度在大同的检验效果并给出主观气温订正参考值, 深入了解模式的特点和预报效果, 为今后大同的气温预报提供参考。

大同位于山西省最北部, 海拔 1000~1500m, 地势高兀起伏, 地形复杂多样; 受局地小气候和地理位置影响, 气温在时间和空间上变化较大, 温度预报难度大, 由各种极端气候事件引发的霜冻、寒潮等自然灾害频繁发生, 特别是给农业生产带来的影响巨大, 因此对大同地区气温的模式检验分析和订正非常必要。

2 资料及采用的技术方法

选取大同 8 个国家站为检验对象, 用邻近模式的格点预报值和实况对比进行检验。时效为参加考核的 24~72h。所

【作者简介】何正梅 (1973-), 女, 中国山西朔州人, 副研高工, 从事气象预报服务研究。

用资料：2018—2020年（资料年份日期下同）大同8个国家站逐日最高、最低气温观测数据；每日08:00发布的EC细网格模式2m温度预报产品，选取逐日最高气温和最低气温值。

对模式预报的2m温度进行平均误差检验，平均绝对误差、均方根误差及 $\leq 2^{\circ}\text{C}$ 的预报准确率检验。主要检验公式如下^[5]：

平均绝对误差 T_{MAE} ：

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

均方根误差 T_{RMSE} ：

$$T_{\text{RMSE}} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (F_i - O_i)^2} \quad (2)$$

预报准确率 T_k ：

$$T_k = \frac{N_k}{N} \times 100\% \quad (3)$$

其中， F_i 为第*i*天预报温度， O_i 为某格点第*i*天实况温度， N 为预报总天数， K 为1、2，分别代表 $|F_i - O_i| \leq 1^{\circ}\text{C}$ 、 $|F_i - O_i| \leq 2^{\circ}\text{C}$ 、 N_k 为 $|F_i - O_i| \leq 1^{\circ}\text{C}$ 或 $|F_i - O_i| \leq 2^{\circ}\text{C}$ 时，预报正确天数。

3 研究结果

3.1 年误差及预报准确率

3.1.1 最高气温

24h~72h EC细网格模式最高气温预报平均误差各站均为负值，以2018年为例说明（下同），其中大同误差最小，仅比实况偏低 0.32°C 、 0.3°C 和 0.25°C ，云州区和阳高次之，在 1°C ~ 2°C ，天镇、左云、浑源、广灵都比实况偏低 2°C 多，灵丘误差最大，比实况偏低 3°C 以上。24h平均绝对误差也是大同最低 1.07°C ，灵丘最大 3.86°C ，其余各站都在 1°C ~ 3°C 。均方根误差也是大同最小，灵丘最大，但都在 1°C ~ 2°C ，48h~72h的平均绝对误差和均方根误差变化幅度不大与24h类似，可见最高气温EC细网格模式对大同本站的预报误差最小，参考价值也高，在业务应用中具有较好的参考性。

EC细网格模式24~72h最高气温 $\leq 2^{\circ}\text{C}$ 的年预报准确率检验来看，大同最高，年平均分别为84.99%、78.42%、74.33%，参考价值较高；云州区次之，随时效延长略有下降，但基本稳定在67%~64%，其他站大都小于50%，灵丘最低只有13%~23%。

3.1.2 最低气温

24~72h EC细网格模式最低气温预报各站平均误差的年均值基本都为正值，与最高气温预报误差相反，即模式预报比实况偏高，只有灵丘、广灵的几个月份为负值，灵丘误差最小小于 1°C ；阳高、左云、天镇 1°C ~ 2°C ，其余站都大于 2°C ，大同平均误差大于 4°C ，误差最大。平均绝对误差年均值左云、灵丘小于 2°C ，其余各站都大于 2°C ，大同本站平均绝对误差最大接近或大于 4°C 。均方根误差的年均值大同也大于 2°C ，其余站在 1°C ~ 2°C ，说明EC细网格模式对最低气温的预报误差较大，实际预报中必须对其进行订正。

EC细网格模式24~72h最低气温 $\leq 2^{\circ}\text{C}$ 的年预报准确率检验：左云、阳高可达60%多；灵丘、天镇为50%~60%，其他各站都小于50%，大同站最低只有20%多。且随着时效延长，EC细网格模式最低气温 $\leq 2^{\circ}\text{C}$ 的预报准确率略呈下降趋势。

3.2 分月准确率检验

3.2.1 最高气温

EC细网格模式24h最高气温预报大同2月、4月、8月和9月都达到90%以上，最低11月75.86%，年平均84.99%，预报准确率很高，不需订正；云州区6月、1月和9月在80%以上，参考价值也较高。其余各站每月都在70%以下，灵丘最低只有13.45%，都需要进行订正。随着时效延长48~72h的月最高气温准确率大同下降明显，但大部分月份都在70%以上，可以参考；其他站月准确率有所波动，但与24h类似即随时效变化并不大。

总体来看，各站都是10月、8月和春季3—5月EC细网格模式2m温度最高气温预报准确率较其他月份偏低，因为3—5月为冬春季交换时节，10月为秋冬季转换时节，可见季节转换时期，冷暖空气都比较活跃，天气多变，最高气温起伏较大，数值预报表现不稳定；8月是大同雨季，降雨影响最高气温的升降，也造成准确率下降。

3.2.2 最低气温

EC细网格模式2m温度最低气温预报月准确率明显小于最高气温，较高的是左云、阳高、天镇、灵丘，与最高气温相反，最低气温预报月准确率大同最低。随着时效延长各站的月准确率有所起伏，但整体都呈下降趋势。总体来看，7、8两月预报性能较好，除大同小于50%外，不同时效其他各站基本在50%~90%，这两月是大同夏季风最强时段，是全年最低气温最高时段，夜间受地理环境影响的降温减弱，因此与模式预报的系统环流形式变化较一致，误差较小，在日常预报中可以参考。冬季12月、1月、2月和接近冬季的11月，这四个月是大同最低气温最低的季节，海拔高，夜间辐射降温强烈，模式预报明显偏高，尤其是大同、浑源、广灵温度低也可能是因为迁站后，四周空旷、夜间降温迅速，同等天气系统影响下，这4个月预报准确率基本都在50%以下，有的站甚至小于10%，模式预报性能非常差，

实际预报中，必须对其进行订正。

3.3 温度订正

通过以上 2018 和 2019 年 EC 细网格模式 2m 温度最低气温和最高气温误差及预报准确率的检验和分析，得出一些误差特点和规律，利用模式逐日最高最低气温误差散点图作多项式拟合特征曲线，两年的趋势相同，根据特征曲线，对参考格点选取逐月最高气温订正值（表 1）和最低气温订正值（表略），由于 48~72h 的月准确率波动不大与 24h 类似，订正值也参考 24h。

最高气温订正后，可以明显看出，各站大部分散点都集中在 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 之间，虽然订正后 EC 模式整体仍有偏差，负误差比率高（即比实况偏低概率较高），但大部分散点都落在 $0^{\circ}\text{C} \sim 2^{\circ}\text{C}$ 。而订正前云州区、阳高、天镇、左云、浑源、广灵都在 $-2^{\circ}\text{C} \sim -4^{\circ}\text{C}$ ，灵丘误差更大，大部分在 $-4^{\circ}\text{C} \sim -6^{\circ}\text{C}$ 。可见订正后误差减小，因此选取的订正值合理，可以较好地纠正模式误差，为预报员提供更具参考性的预报结果。

表 1 大同 8 站最高气温逐月订正参考值（单位： $^{\circ}\text{C}$ ）

月份	大同	云州区	阳高	天镇	左云	浑源	广灵	灵丘
01			+1	+1		+0.5		+2
02			+1	+1.5	+1	+1.5	+1.5	+2.5
03	+1		+1.5	+2	+1.5	+2	+2	+3.5
04	+0.5		+1.5	+1.5	+1.5	+1.5	+2	+3.5
05			+1	+1.5	+1.5	+2	+2.5	+4
06			+0.5	+1	+1	+1	+2	+4
07			+0.5	+1	+1.5	+1.5	+1.5	+3
08			+1	+1.5	+1.5	+2	+2	+4
09			+1	+1	+1	+1.5	+2	+3
10			+2	+2	+2	+2.5	+2.5	+4
11			+1.5	+1.5	+1.5	+1.5	+1.5	+3
12			+1	+1.5	+0.5	+1.5	+0.5	+1.5

订正前最低气温预报明显比实况偏高，特别是 1—3 月和 10—12 月，大同、云州区、浑源、广灵误差平均都在 4°C 或以上，阳高、天镇、左云也在 2°C 以上，（只有灵丘最低气温预报误差较小，因此需要订正的月份少），最低气温预报 7—8 月误差最小，除大同本站偏高 1°C 左右外，其余站都在 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 之内，不需订正。订正后各站大部分散点都落在 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 之内，订正值合理，可以应用。

3.4 订正值的合理性检验

用订正值对 2020 年 EC 细网格模式 2m 温度 24h 预报资料 and 实况对比检验。最高气温 $\leq 2^{\circ}\text{C}$ 预报准确率订正前大同 86.2%，各月分别为 75%~95%，云州区年均值 64.9%，这两站不需订正。其他 6 站年均值都小于 50%，灵丘最低只有 16.7%。可见，模式对灵丘最高气温的预报误差依旧最大，无法参考，需进行订正。订正后各站 $\leq 2^{\circ}\text{C}$ 月预报准确率都达 60% 以上，提高幅度 9%~67%，灵丘提高幅度最大 $> 60%$ ，订正效果明显（图 1）。

2020 年 24h 最低气温预报误差散点图和特征曲线与 2018 和 2019 年的分布相似，订正前只有左云、阳高、灵丘、天镇 $\leq 2^{\circ}\text{C}$ 预报准确率年均值大于 50%，订正后 $\leq 2^{\circ}\text{C}$ 预报准确率提高到 78.4%、73.9%、67.2% 和 63.5%，各站都有不同程度的提高，提高率约 8%~12%。订正前大同、云州区、浑源、广灵四站 $\leq 2^{\circ}\text{C}$ 预报准确率年均值都小于 50%，其中大同站最低只有 25.2%，订正后四站的提高幅度也远大于前面四站分别提高 15%~40%，订正效果明显，大同提高最多达 40% 左右。

订正后大同 8 个站 $\leq 2^{\circ}\text{C}$ 预报准确率年均值达 60% 以上（图 2）。最低气温订正的提高率主要体现在 10 月、11 月、1 月、2 月，而订正前大同、云州区、浑源、广灵这四个月的准确率都小于 20%。

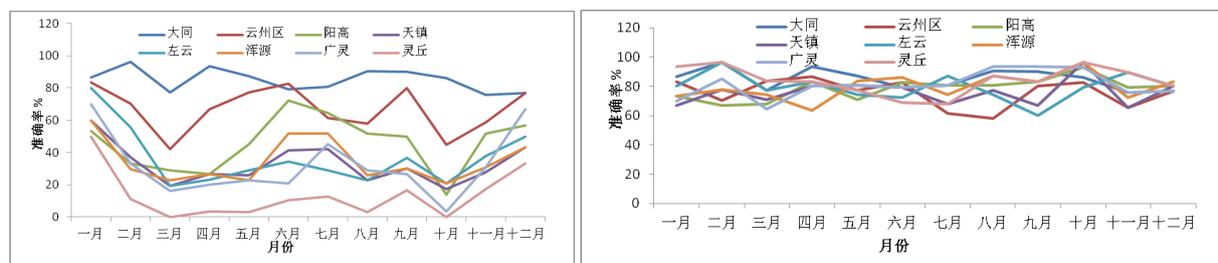


图 1 2020 年 EC 细网格模式 2m 温度 24h 最高气温预报 $\leq 2^{\circ}\text{C}$ 月准确率（左：订正前，右：订正后）

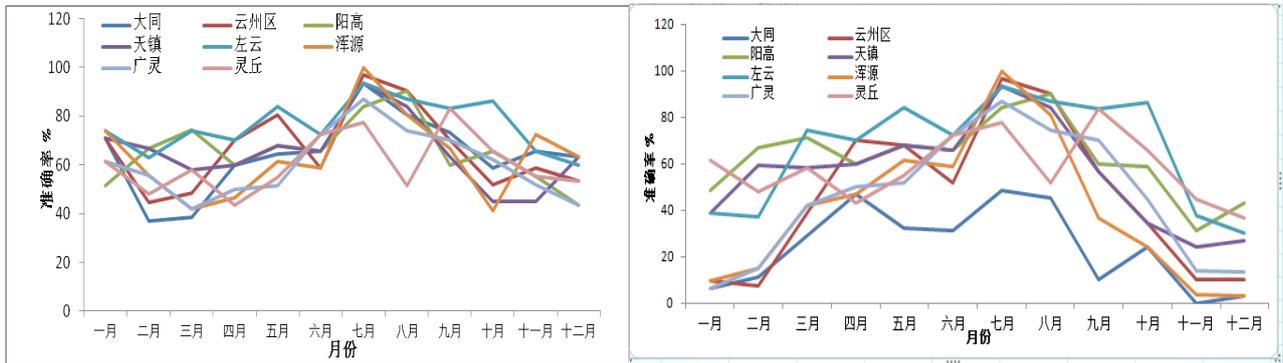


图 2 2020 年 EC 细网格模式 2m 温度 24h 最低气温预报 $\leq 2^{\circ}\text{C}$ 月准确率 (左: 订正前, 右: 订正后)

4 总结

① 24~72h EC 细网格模式 2m 温度最高气温预报年平均误差各站均为负值, 其中大同误差最小, 灵丘最大; $\leq 2^{\circ}\text{C}$ 的年预报准确率大同最高, 灵丘最低, 大同和云州区年预报准确率 70% 以上, 参考价值高, 不需订正。而最低气温预报各站平均误差的年均值基本都为正值, 大同误差最大, $\leq 2^{\circ}\text{C}$ 的年预报准确率左云、阳高可到 60% 多, 其余站都小于 60%, 都需要订正。

② EC 细网格模式对大同地区温度预报有一定季节变化, 最高气温各站都是 10 月、8 月和春季 3—5 月较其他月份偏低; 最低气温 7、8 两月预报性能较好, 冬季 12 月、1 月、2 月和接近冬季的 11 月, 模式预报性能很差, 订正幅度大。

③ 根据模式误差, 给出大同 8 站最高和最低气温逐月订

正参考值, 订正后最高气温 $\leq 2^{\circ}\text{C}$ 预报准确率提高 9%~67%, 最低气温 $\leq 2^{\circ}\text{C}$ 预报准确率提高 8%~40%。

参考文献

- [1] 祁丽燕, 黄明策, 苏洵. 华南西部欧洲细网格 2m 温度预报误差分析[J]. 广东气象, 2015, 37(2): 7-12.
- [2] 刘春风, 徐欢, 宋雪明, 等. ECMWF 细网格模式 2m 温度在新疆及周边地区的预报效果检验[J]. 沙漠与绿洲气象, 2014, 8(6): 10-15.
- [3] 陈晓红, 朱佳宁, 周扬帆. ECMWF 细网格数值预报产品在大雾预报中的释用[J]. 大气科学研究与应用, 2012(2): 94-100.
- [4] 张俊兰, 李圆圆, 张超. ECMWF 细网格模式降水产品在北疆暴雪中的应用检验[J]. 沙漠与绿洲气象, 2013, 7(4): 7-13.
- [5] 万夫敬, 赵传湖, 马艳, 等. ECMWF 模式气温预报在青岛地区的检验与评估[J]. 气象科技, 2018, 46(1): 112-120.