

文章编号:1673-8411 (2019) 04-0012-06

# EC 细网格 2m 温度对沧州市的预报能力检验及订正

秦俊灵<sup>1</sup>, 沈瑞珊<sup>1</sup>, 秦玉萍<sup>2</sup>

(1.河北省沧州市气象局, 河北 沧州 061001; 2.河北省怀来县气象局, 河北 怀来 075400)

**摘要:** 利用 EC 模式对 2017 年沧州市 14 个国家基本站 2m 最高、最低温度的 24、48、72h 预报结果, 采用预报准确率、平均误差、平均绝对误差和皮尔森相关系数等统计方法进行检验及订正。结果表明: EC 模式对不同预报时效预报准确率, 最高温度模式 20 时起报高于 08 时, 最低温度 08 时起报高于 20 时; 随着预报时效的延长, 模式预报准确率逐渐下降。预报准确率最高温度区域差异不明显, 月际变化大; 最低温度区域差异显著, 月际变化不均。EC 模式对沧州温度的预报误差主要由系统误差造成, 温度预报绝大多数的大值误差出现在转折性天气阶段, 当出现明显升温 and 高温时, 最高温度预报偏低更明显, 出现明显降温时, 最低温度预报偏高。对 2018 年 1-4 月 EC 模式预报最高、最低温度进行系统和大误差订正检验, 发现订正后预报效果更好。

**关键词:** EC 模式; 2m 温度; 检验订正

**中图分类号:** P46

**文献标识码:** A

## Prediction ability test and correction of Cangzhou City by 2m temperature data of EC fine-grid model

Qin Junling<sup>1</sup>, Shen Ruishan<sup>1</sup>, Qin Yuping<sup>2</sup>

(1.Cangzhou Meteorological Service, Cangzhou Hebei 061001; 2.Huailai Meteorological Service, Huailai Hebei 075400)

**Abstract:** Based on the 24, 48 and 72h forecast results of the highest and lowest 2 m temperature at 14 national basic stations in Cangzhou City in 2017, statistical methods, such as forecast accuracy, average error, average absolute error and Pearson correlation coefficient, were used to evaluate and revise the EC model results. The results showed that the highest temperature accuracy of EC model 8 pm was better than 8 am, while the lowest temperature 8am was better than 8 pm. As the forecasting time was extended, the accuracy of the model forecast was gradually decreasing. The regional difference of the highest temperature prediction accuracy was not obvious, while the monthly variation was large; the difference in the lowest temperature region was significant, and the monthly variation is uneven. The prediction error of EC model for Cangzhou temperature was mainly caused by systematic error. Most of the large-value error of temperature prediction occurred in the transitional weather stage. When there was obvious temperature rise or high temperature, the highest temperature forecast was easier to be lower. When there was a significant cooling, the lowest temperature forecast was higher. To sum up, the systematic and large error correction tests were carried out for the highest and lowest temperatures of the EC model forecast for the January-April 2018 period, and it was found that the forecast effect was better after correction.

**Key words:** EC model; 2m temperature; test correction

收稿日期: 2019-03-21

作者简介: 秦俊灵(1989-), 河北省沧州市人, 工程师, 主要从事短期天气预报工作。E-mail: 1005647511@qq.com

1 引言

近年来,越来越多的气象工作者利用数值预报模式产品进行检验释用,从而提高预报准确率和精细化水平,并取得了较好的效果<sup>[1-9]</sup>。沧州使用 EC 细网格模式预报产品已近 6a,发现其在很多方面都优于 EC 粗网格、日本、T639 模式。国内一些气象工作者利用该模式产品针对大雾、降水、温度预报等方面做了检验和释用<sup>[10-12]</sup>。河北对于 EC 模式预报产品检验的分析研究较少。本文利用 2017 年 1 月-12 月 EC 细网格模式 2m 温度产品资料,对 24、48、72h 预报时效沧州市 14 个国家基本站最高、低温度预报进行检验评估,发现预报性能和存在的问题,为预报员进行订正预报提供参考,为制作准确、精细的温度预报提供技术支撑。

2 资料与方法

2.1 资料

实况温度资料选用 2017 年 1-12 月共 1a 沧州市 14 个国家基本站逐小时温度资料;EC 细网格模式资料采用 2017 年 1-12 月 08h、20h 起报的 2m 温度预报资料,空间分辨率为 0.25°×0.25°,时间分辨率为 3h,数据缺失日不检验,共有 356d 的有效检验样本;并选用了 2018 年 1-4 月 EC 细网格资料和实况温度进行订正情况检验,共有 120d 的有效检验样本。

2.2 检验方法

主要采用预报准确率(T)、平均误差(ME)、平均绝对误差(MAE)和皮尔森相关系数(PR\_CORR)4 种指标来检验 EC 模式对 2m 温度的预报性能,计算公式分别是:

预报准确率:  $T = \frac{N_r}{N_f} \times 100\%$  (1)

平均误差:  $ME = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (F_i - O_i)$  (2)

平均绝对误差:  $MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |F_i - O_i|$  (3)

皮尔森相关系数:

$PR\_CORR = \frac{\sum_{i=1}^N (A_i - \bar{A})(B_i - \bar{B})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (A_i - \bar{A})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^N (B_i - \bar{B})^2}}$  (4)

其中, $N_r$  为预报正确的站(次)数; $N_f$  为预报的总站(次)数;参照中国气象局《天气分析预报质量检验方法》中的规定,温度预报误差 $\geq -2^{\circ}\text{C}$ 且 $\leq 2^{\circ}\text{C}$ ,便认为预报是正确的,温度预报准确率指温度预报误差 $\geq -2^{\circ}\text{C}$ 且 $\leq 2^{\circ}\text{C}$ 的次数占总预报次数的百分率; $F_i$  为第  $i$  站(次)预报温度; $O_i$  为第  $i$  站(次)观测温度; $A_i$  和  $B_i$  为第  $i$  站(次)物理量; $\bar{A}$  和  $\bar{B}$  为站点物理量平均值<sup>[13]</sup>。

3 检验结果与分析

3.1 预报准确率

表 1 给出了 2017 年沧州市 EC 模式不同预报时效 2m 最高、最低温度平均预报准确率。可以看出,不同起报时刻各预报时效最高、最低温度平均预报准确率为 70.8%,其中最高温度为 72.2%,最低温度为 69.5%,最高温度预报准确率略高于最低温度。EC 模式对最高温度的预报准确率,20 时起报高于 08 时,最低温度相反,08 时起报高于 20 时,说明预报效越近准确率越高。72h 内随着预报时效的增加,模式预报准确率逐渐下降,这一特征在 20 时起报场中更为明显,24h 预报准确率最高温度 80.0%,最低温度 71.4%,72h 最高温度 68.6%,最低温度 59.0%,下降都比较明显;08 时起报变化趋势较小,特别是 08 时起报的最低温度,24h 预报准确率为 74.3%,72H 为 71.0%。说明 EC 模式 08 时起报的稳定性高于 20 时。

表 1 2017 年沧州市 EC 模式不同预报时效 2m 最高、最低温度平均预报准确率

预报时效/h	20 时起报		08 时起报		均值
	最高气温	最低气温	最高气温	最低气温	
24	80.0	71.4	74.2	74.3	75.0
48	74.9	69.6	69.5	71.5	71.4
72	68.6	59.0	65.8	71.0	66.1
均值	74.5	66.7	69.9	72.3	70.8

### 3.2 预报准确率区域变化

为了解 EC 模式对沧州市不同地形的温度预报性能差异,对温度预报准确率进行了区域性分析,结果表明,最高温度各站年平均预报准确率 72.2%,区域差异不明显,最大差值仅 8.3%,主要表现为南部略高于北部(图略)。对于最低温度沧州市各站预报

准确率差异明显(图 1a),最大站点差值达 31.0%,预报准确率分布特征主要表现为东南部和任丘明显高于中西部(除任丘外)。考虑到 EC 模式最低温度预报准确率站点差异大,因此根据单站最低温度预报准确率的月变化情况将沧州地区分为三个区域(图 1b)。

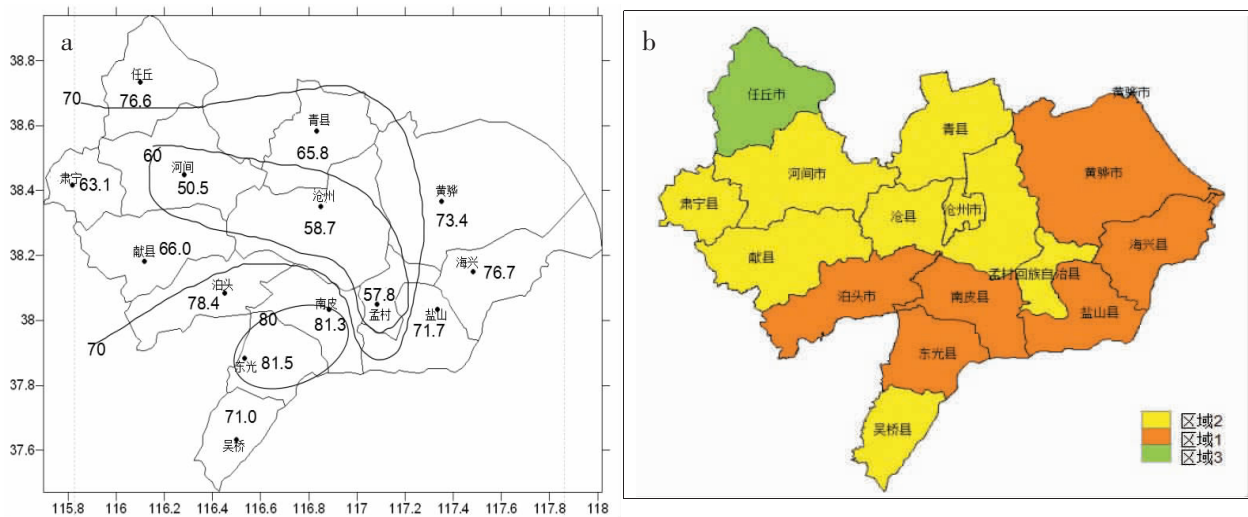


图 1 2017 年沧州市 Ec 模式最低温度预报准确率分布(a)和区域分布(b)

### 3.3 预报准确率月变化

图 2 给出的是 2017 年沧州市 EC 模式温度的月预报准确率变化情况。分析发现,最高温度预报准确率(图 2a)月际波动比较大,最大差值达 38.7%,准确率比较高的月份是 9 月、10 月、11 月,其中最高的是 9 月,达 88.3%。准确率最低的月份是 6 月,仅 49.5%,其次是 12 月、2 月和 3 月,在 60%–75%之间,因此 2 月、3 月、6 月、12 月 EC 模式预报最高温度参考性小,为重点订正月份。从季节上看,最高温度预报准确率秋季最高,其次是春季,冬季、夏季最低。

区域 1(图 2b)月际变化比较小,平均准确率为 82.1%,EC 模式预报最低温度比较准,参考价值比

较大。预报准确率最高的月份是 8 月,达 91.3%,其次是 12 月、10 月在 85%–90%之间,最低的月份是 2 月、3 月、9 月、11 月为 76%–78%。从季节上看,夏季准确率最高,冬季、春季、秋季差异不大。

区域 2(图 2c)最低温度预报准确率月际波动大,最大差值达 45.9%。预报准确率最高的月份是 8 月,达 93.2%,其次是 7 月、6 月、3 月在 77%–84%之间,其他月份准确率均在 70%以下,最低的月份是 11 月,仅 47.3%,这些月份 EC 模式预报最低气温的参考性比较小,使用时需要注意订正。季节上,各季节变化差异也比较大,夏季预报效果明显好于春季,春季明显好于秋、冬季。

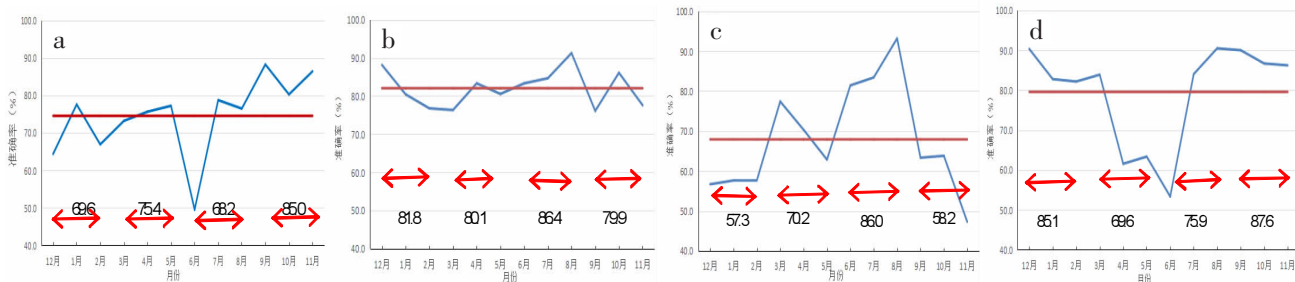


图 2 2017 年沧州市 Ec 模式最高(a)、最低(区域 1:b, 区域 2:c, 区域 3:d)温度的月预报准确率变化情况(蓝线:月平均准确率,红线:年平均准确率)

区域 3(图 2d)最低温度预报准确率呈中间低两边高型式,月际波动也比较大,最大差值达 37.1%。预报准确率最低的月份是 6 月,仅 53.3%,其次是 4 月、5 月在 60%–65%之间,这 3 个月份 EC 模式预报最低温度参考性较小,需要注意订正使用。其他月份准确率比较高,在 80%以上,预报最好的月份是 8 月、9 月、12 月,准确率达 90%–91%,参考性非常高。从季节上看,秋、冬季预报效果要好于夏、春季。

整体来看,EC 模式预报各区域最低温度的准确率月际变化趋势差异很大,最低温度预报效果较差的时段主要集中在区域 2 的 1–2 月、4–5 月、9–12 月和区域 3 的 4–6 月,对最高温度预报效果较差的时段主要是 2–3 月、6 月和 12 月,使用时要特别注意订正。

### 3.4 预报系统误差分析和订正

数值模式预报与实况的平均误差为 ME,正误差表示预报值高于实况值,负误差表示预报值低于实况值。模式预报相对实况的绝对偏差程度为 MAE,可以反映模式的预报效果。如果将 ME 与 MAE 结合使用(即 ME 与 MAE 的皮尔森相关系数),可以判断偏差订正的可信度,当 ME 与 MAE 的相关性较好,说明误差主要由系统误差导致,可以将平均误差当作系统误差进行模式订正<sup>[13]</sup>。

#### 3.4.1 预报系统误差分析

分析发现,24h(图 3)、48h(图略)、72h(图略)预报时效内,对于最高温度的预报(图 3a),ME 随时间变化趋势不明显,并且在 2–4 月、6 月、8–9 月、11 月预报绝大多数样本的 ME 小于 0℃,说明 EC 模式预报最高温度偏低,其他月份 ME 无明显变化规律,在大于 0 和小于 0 之间来回震荡。

对于最低温度的预报,区域 1(图略)的 ME 随时间变化趋势不明显,并且在大于 0 和小于 0 之间来回震荡。区域 2(图 3b)ME 绝大多数样本大于 0,说明 EC 模式预报偏高,且 ME 随时间变化趋势为 9–2 月(即为 1–2 月和 9–12 月,下同)明显高于 3–8 月,说明 9–2 月模式预报偏高程度明显大于 3–8 月。区域 3(图 3c)ME 随时间变化趋势不明显,且在 3–6 月和 8 月绝大多数样本小于 0,说明 EC 模式预报偏低。

#### 3.4.2 预报系统误差订正

对最高温度在 1 月、5 月、7 月、10 月、12 月和最低温度在区域 1 全年、区域 3 的 1–2 月、7 月、9–12 月 EC 模式预报偏高、偏低的情况,分析了 24h、48h、

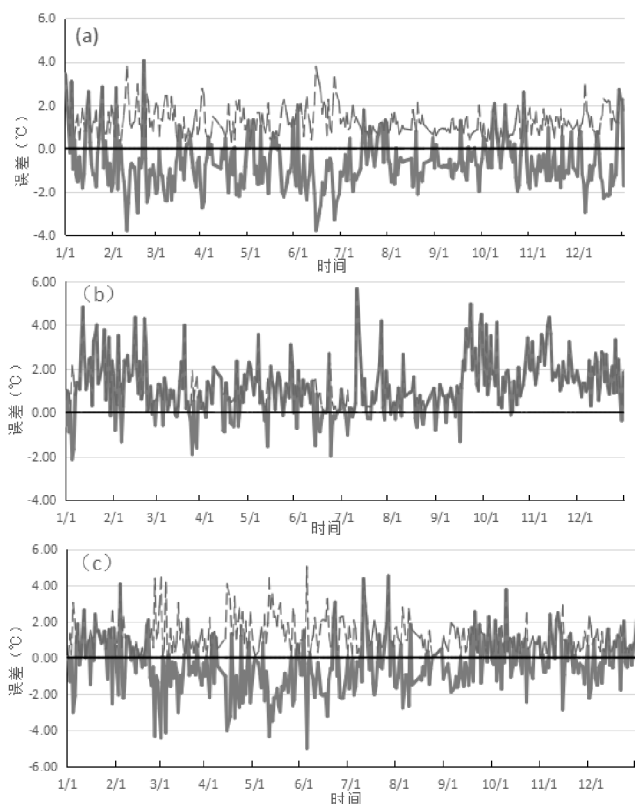


图 3 2017 年沧州市 Ec 模式 24h 预报时效最高(a)、最低(区域 2:b,区域 3:c)温度 MA(实线)与 MAE(虚线)随时间变化情况

72h 预报 ME 和 MAE 的皮尔森相关系数,发现最高温度分别为 -0.291、-0.371、-0.247,区域 1 最低温度分别为 0.243、0.236、0.218,区域 3 分别是 0.098、0.091、0.091,相关性不明显,说明这些月份预报误差主要来源于随机误差,这种情况与沧州市的气候特点有关,不进行系统订正。

对于 EC 模式最高温度在 2–4 月、6 月、8–9 月、11 月预报偏低,最低温度在区域 2 预报偏高、在区域 3 3–6 月、8 月预报偏低情况,分析了 24h、48h、72h 预报 ME 和 MAE 的皮尔森相关系数,发现最高温度分别为 -0.647、-0.651、-0.652,区域 3 最低温度分别为 -0.757、-0.744、-0.755,呈现明显负相关,区域 2 最低温度 9–2 月份相关系数分别为 0.909、0.906、0.916,3–8 月分别为 0.753、0.749、0.751,呈明显正相关,平均误差可以作为系统误差订正。进一步分析沧州市 14 站单站 ME 与 MAE 皮尔森相关系数情况,相关性较好(相关系数大于 0.7 或小于 -0.7)的月份可以将平均误差当作系统误差进行模式订正,进而得出 EC 模式沧州市单站最高、最低温度的平均系统订正情况(表 2)



表 2 2017 年 EC 模式沧州市单站最高、最低温度的平均系统订正情况

系统误差/℃	区域 1				区域 3				区域 2						平均
	泊头	东光	海兴	黄骅	南皮	盐山	任丘	沧州	河间	孟村	肃宁	吴桥	献县	青县	
最高温度	-1.1	-1.2	-1.3	-0.9	-1.3	-1.0	-1.1	-1.4	-0.9	-1.2	-0.9	-0.9	-0.9	-1.2	-1.1
最低温度	--	--	--	--	--	--	-1.1	1.6	2.4	1.9	1.6	1.3	1.7	1.3	9-2 月系统误差
	--	--	--	--	--	--	--	--	1.2	1.1	0.6	0.7	0.5	--	3-8 月系统误差

注：表中最高温度订正月份是 2-4 月、6 月、8-9 月、11 月；表中区域 3 最低气温订正月份是 3-6 月、8 月；负号代表模式往高订正，正号代表模式往低订正

3.5 预报大值误差订正

模式预报系统误差订正主要是针对的小误差(≥-4℃且≤4℃),而使公众产生预报不可信、差异大等感觉的多是预报出现大误差情况,因此以 24h 预报为例,对 2017 年沧州最高温度和最低温度预报误差大于或小于 4℃的情况进行分析(图略),发现绝大多数大值误差出现在转折性天气阶段,即温度

的剧烈上升和下降时。最高温度大值误差主要出现在春、冬季温度明显升温时和夏季高温时;最低温度大值误差主要出现在秋、冬季明显降温时。分别选取 2017 年明显升温(≥5℃)26 例和出现高温(≥35℃)20 例、明显降温(≤5℃)33 例,对 EC 模式预报最高、最低温度情况进行分析及订正(表 3)。

表 3 2017 年 EC 模式明显升温、高温时最高温度和明显降温时最低温度单站订正情况

大值误差订正/℃		区域 1							区域 2					区域 3		平均
		泊头	东光	海兴	黄骅	南皮	盐山	沧州	河间	孟村	青县	肃宁	吴桥	献县	任丘	
最高温度	升温	-1.9	-2.1	-1.8	-1.5	-2.1	-1.7	-2.2	-1.9	-1.8	-2.0	-1.8	-1.7	-1.9	-1.8	-1.9
	高温	-1.8	-1.9	-1.8	-1.7	-2.4	-2.0	-2.2	-0.9	-2.4	-2.3	-1.4	-1.3	-2.0	-1.1	-1.8
最低温度	降温	1.3	1.1	1.7	2.0	1.6	1.4	3.6	2.9	3.0	2.7	2.0	2.1	2.6	0.7	2.1

注：负号代表模式往高订正，正号代表模式往低订正

3.6 订正检验

选取 2018 年 1-4 月 EC 模式 20 时起报的最高温度和 08 时起报的最低温度,以及 14 站实况数据对系统订正和大误差订正情况进行检验(表 4)。分析发现,订正前 EC 模式预报最高温度 24h、48h、72h 预报准确率分别为 79.8%、72.6%、71.1%,订正后分

别提高到 86.7%、79.5%、77.1%,平均提升 6.6%;最低温度提高更为明显,平均提升 11.3%,订正后预报准确率分别为 75.3%、69.2%、71.1%。说明 EC 模式 2m 温度预报经系统误差和大误差订正后预报效果更好。

表 4 2018 年 1-4 月沧州市 EC 模式预报 2m 最高、最低温度订正前、后情况

准确率/%	最高气温			最低气温		
	订正前	订正后	差值	订正前	订正后	差值
24h	79.8	86.7	6.9	63.6	75.3	11.7
48h	72.6	79.5	6.9	58.5	69.2	10.7
72h	71.1	77.1	6.0	59.5	71.1	11.6
平均	74.5	81.1	6.6	60.5	72.5	11.3

## 4 结论

通过对 2017 年 EC 模式沧州市 2m 最高、最低温度预报情况进行检验分析, 对 2018 年 1–4 月 EC 模式 20 时起报的最高温度和 08 时起报的最低温度进行订正检验, 得到以下结论:

(1) 不同起报时刻各预报时效最高、最低温度全年平均预报准确率为 70.8%。随着预报时效的延长, 模式预报准确率逐渐下降, 且 08 时起报的稳定性高于 20 时, 最低温度尤为明显。

(2) EC 模式对沧州市最高温度年预报准确率区域性差异不明显, 对最低温度预报准确率区域性差异显著。各区域预报准确率月际变化均有不同差异, 使用时要特别注意订正。

(3) EC 模式对沧州温度的预报误差主要由系统误差造成, 绝大多数大值误差出现在转折性天气阶段, 即温度的剧烈上升和下降时。当出现明显升温 and 高温时, EC 模式预报最高气温明显偏低。当出现明显降温时, 最低气温样本预报结果偏高, 需要进行误差订正。

(4) 选取 2018 年 1–4 月数据进行订正检验, EC 模式最高温度预报准确率平均提高 6.6%, 最低温度平均提高 11.3%, 说明 EC 模式 2m 温度预报系统和大误差订正后预报效果更好。

### 参考文献:

- [1] 王雨, 公颖, 陈法敬, 等. 区域业务模式 6 h 降水预报检验方案比较[J]. 应用气象学报, 2013, 24(2): 171–178.
- [2] 肖明静, 隋明, 范苏丹, 等. 3 种数值模式温度预报产品在

山东应用和误差分析与订正[J]. 干旱气象, 2012, 30(3): 472–477.

- [3] 潘留杰, 张宏芳, 朱伟军, 等. ECMWF 模式对东北半球气象要素场预报能力的检验[J]. 气候与环境研究, 2013, 18(1): 111–123.
- [4] 欧徽宁, 邹哲馨, 孙小龙. 中央台精细化温度指导预报产品在贺州市的检验[J]. 气象研究与应用, 2012, 33(2suppl1): 150–152.
- [5] 刘建国, 谢正辉, 赵琳娜, 等. 基于 TIGGE 多模式集合的 24 小时气温 BMA 概率预报[J]. 大气科学, 2013, 37(1): 43–53.
- [6] 佟华, 姚明明, 王雨, 等. T213L31 全球中期数值天气预报系统 2m 温度误差源分析[J]. 气象, 2006, 32(2): 52–57.
- [7] 张冰, 魏建苏, 裴海瑛. 2006 年 T213 模式在江苏的降水和温度检验评估[J]. 气象科学, 2008, 28(4): 468–472.
- [8] 李国翠, 连志鸾, 赵彦厂, 等. 石家庄温度预报检验及影响因子分析[J]. 气象与环境学报, 2009, 25(1): 15–18.
- [9] 吴爱敏, 路亚奇, 李祥科. 利用 ECMWF 产品对庆阳极端气温释用效果分析[J]. 干旱气象, 2009, 27(3): 288–292.
- [10] 张宏芳, 潘留杰, 杨新. ECMWF、日本高分辨率模式降水预报能力的对比分析[J]. 气象, 2014, 40(4): 424–432.
- [11] 陈晓红, 朱佳宁, 周扬帆. EC 细网格数值预报产品在一次大雾预报中的释用[J]. 大气科学研究与应用, 2012, 43(2): 94–100.
- [12] 陈海凤, 黄世芹, 金建德, 等. EC 细网格数值预报在贵阳地区的释用效果分析[J]. 贵州气象, 2014, 38(4): 22–25.
- [13] 万明, 徐星生, 陈云辉, 等. ECMWF 细网格 2m 温度在江西省的预报能力检验[J]. 气象与减灾研究, 2015, 38(4): 67–72.