

文章编号:2096 - 5389(2022)01 - 0079 - 07

EC 细网格对黔南州温度预报的订正研究

赵 杰, 陈 波, 莫乙冬, 潘启学, 顾 欣

(贵州省黔南布依族苗族自治州气象局, 贵州 都匀 558000)

摘 要:该文采用 EC 细网格 2 m 温度预报场及国家站实况资料, 通过滑动平均法、双权重滑动平均法、多项式拟合法以及最佳系数法对 EC 细网格 2 m 温度在黔南州的预报进行订正分析, 结果显示: 4 种方法订正后最高气温 7 d 平均准确率分别提升了 12.70% ~ 17.84%, 最低气温 7 d 平均准确率分别提升了 1.14% ~ 2.86%。对于高温预报, 最佳系数法订正效果最优, 其次是多项式拟合法, 对于最低气温, 前 3 d 采用滑动平均法订正效果最明显, 第 4 d 开始则采用最佳系数法订正, 订正效果更明显。4 种订正方法均在 7—9 月效果最明显。黔南州西部及中部地区多项式拟合法订正效果更好, 州东南部地区最佳系数法与滑动平均法订正效果更好, 但在 120 h 时效后滑动平均法的订正效果明显下降, 州北部地区最佳系数法订正效果更为明显。

关键词:黔南; 滑动平均; 双权重滑动平均; 多项式拟合; 最佳系数

中图分类号:P457.3 **文献标识码:**B

Correction of Temperature Prediction by EC Fine Grid in Qiannan Prefecture

ZHAO Jie, CHEN Bo, MO Yidong, PAN Qixue, GU Xin

(Qiannan Meteorological Bureau of Guizhou Province, Duyun 558000, China)

Abstract: In this paper, the EC fine grid 2 - meter temperature forecast field and the national meteorological stations real - time observation data are used to revise and analyze the EC fine grid 2 - meter temperature forecast in Qiannan Prefecture the moving average method, bi - weight moving mean method, polynomial fitting method and optimal coefficient method. The results show that after the four methods were revised, the 7 - days average accuracy rate of the maximum temperature increased by 12.70% to 17.84% and the 7 - days average accuracy rate of the minimum temperature increased by 1.14% to 2.86%. For high temperature forecast, the optimal coefficient method has the best correction effect, followed by the polynomial fitting method. For the lowest temperature, the moving average method has the most obvious correction effect in the first 3 days, and the optimal coefficient method has has the most obvious correction effect from the fourth day. The effect of the four correction methods was most obvious from July to September. The correction effect of the polynomial fitting method is better in the western and central areas of Qiannan Prefecture. The correction effect of the optimal coefficient method and the moving average method is better in the southeastern areas of Qiannan Prefecture. However, the correction effect of the moving average method is significantly reduced after 120 - hours. The correction effect of the optimal coefficient method is more obvious in the northern areas of the Qiannan.

Key words: Qiannan Prefecture; moving average; bi - weight moving mean; polynomial fitting; optimal coefficient

收稿日期: 2021 - 03 - 03

第一作者简介: 赵 杰(1991—), 男, 工程师, 主要从事短期预报预测工作, E - mail: 924427015@qq.com。

资助项目: 贵州省气象局科研业务项目(黔气科登[2020]07 - 10 号): EC 细网格 2 m 温度的误差分析及订正研究。

0 引言

随着数值预报的发展,其所提供的定量要素预报准确率也有所提升,但是由于大气混沌性及初始场的不确定性,再好的数值预报模式也会产生一定的偏差,尤其在贵州地区,受地形影响大,偏差更为明显,因此数值预报的应用需要进行误差订正。目前国内使用 EC 模式较多,且已有一些学者对于当地的 EC 模式误差进行了分析和订正^[1-7],贵州部分地区也对当地的温度订正方法进行了研究^[8-11],但是针对黔南地区的温度订正的研究还未系统性展开,因此急需开展本地的温度订正研究。

针对模式误差的订正研究采用较多的方法为滑动平均法^[1,13],双权重滑动平均法^[1,12],多项式拟合法^[8-9]等,这些方法均相对于 EC 模式预报有提升,但不同月份、不同地区订正效果有所差异,且时效越长订正效果越差。本文还采用最佳系数法对 EC 模式温度预报进行订正,通过对 4 种方法的整体订正情况以及各月各站点的订正情况进行对比分析,拟对本地的温度预报给出指导性意见。

1 资料和方法

本文选取 EC 细网格 2 m 温度预报场资料,资料起止时间为 2019 年 6 月 27 日—2020 年 7 月 3 日逐日 08 时和 20 时起报场数据;实况资料为相应时间段黔南州 12 个国家站的观测数据。

利用 Python 处理数据,将 EC 格点资料采用双线性插值法^[14]得到黔南每个国家站点的预报数据,然后再对 1~7d 的数据处理得到未来 7 d 的预报逐日最高气温(下称高温)与逐日最低气温(下称低温)。本文采用的订正方法除了滑动平均法、双权重滑动平均法、多项式拟合法外,为了找到更符合黔南州的订正方法,结合黔南州预报员的预报经验,还采用了最佳系数法:对某个站给一个系数 k , k 从 m 开始每次加 $0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 直到 n ,该站前 p 天的 EC 细网格最高(低)温度预报值均加上 k 值,统计出该 k 值条件下该站前 p 天的准确率和平均绝对误差。取准确率最高的 k 值为该台站的最佳系数,若准确率相同,则取平均绝对误差更小的 k 值为该台站的最佳系数。公式表达如下^[12]:

$$\text{准确率: } R_k = \frac{N_{r,k}}{p} \times 100\% \quad (1)$$

$$\text{平均绝对误差: } T_k = \frac{\sum |T_f + k - T_o|}{p} \quad (2)$$

公式(1)中 $N_{r,k}$ 表示某一台站系数为 k 时前 p

天 $|T_f + k - T_o| \leq 2$ 的次数, T_f 为 EC 细网格预报温度, T_o 为实况温度。 K 的取值范围为 (m, n) ,通过前期对 EC 细网格温度预报误差的研究,黔南州的温度预报误差基本在 $-5 \sim 7\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间,因此本文取 $k = (-5, 7)$ 。

2 滑动周期敏感性

为了确定不同的滑动周期对订正效果的影响,在用不同的滑动周期订正后,将前 3 d 的高温 and 低温预报准确率进行比较,得到图 1(分为 08 时起报和 20 时起报)。对于低温预报(图 1a、图 1b),前 72 h 时效两种起报场的预报准确率基本随滑动周期的增大而提升,但是 10 d 以后提升不是很明显,其中 72 h 时效 20 时起报场(图 1a)的预报准确率在滑动周期为 10 d 时达最大,随着滑动周期的增大预报准确率反而略有下降。对于高温预报(图 1c、图 1d),24 h 时效两种起报场均在滑动周期为 10 d 时预报准确率达到最大,后续随着滑动周期的增大,预报准确率反而有所下降;48 h 时效 20 时起报场的预报准确率基本随滑动周期增大而增大,但是 10 d 以后升幅缓慢,08 时起报场的预报准确率随着滑动周期的增大略有下降;72 h 时效两种起报场预报准确率随滑动周期增大而升高。总的来看,滑动周期在 10 d 以内时,预报准确率随着周期的增大而升高,随着滑动周期的增大,预报准确率升幅缓慢或者有所下降。这与吴钰^[13]等人的研究一致,因而在后续分析中采用 10 d 的滑动周期。

3 订正结果分析

3.1 全年分析

表 1 为 4 种方法订正前后各时效温度预报准确率的差值。总的来说订正后高温预报的准确率仍然明显低于低温预报的准确率,但高温预报准确率 7 d 内均有明显提高,4 种方法的 7 d 平均预报准确率分别提升了 12.70%~17.84%,其中最佳系数法提升最明显,其次是多项式拟合法。低温预报准确率有一定的提高,4 种方法的 7 d 平均预报准确率分别提升了 1.14%~2.86%,其中最佳系数法提升最明显,其次是滑动平均法。

对于高温预报,预报时效越短订正后预报准确率提升越明显,4 种方法第 1 d 预报准确率均提升了 22% 左右,第 7 d 预报准确率只提升了 5.20%~11.49%,预报时效越长几种方法之间的差距越明显,第 1 d 最佳系数法比双权重滑动平均法预报准确率多提高 1.25%,到第 7 d 则多提高了 6.29%。

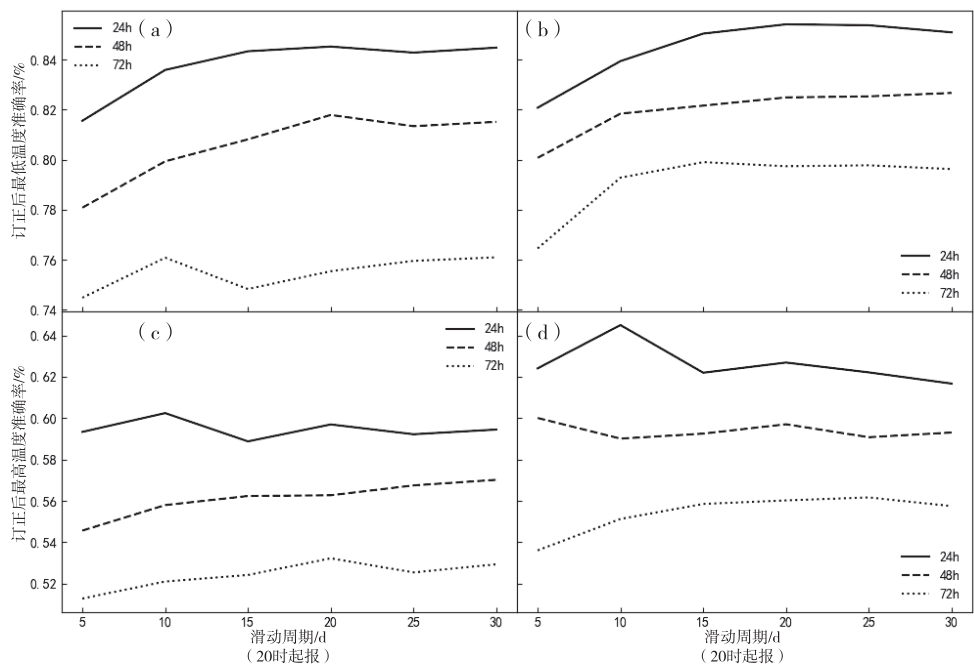


图 1 前 72 h 时效最高温和最低温的预报准确率随滑动周期的变化

Fig. 1 The prediction accuracy of the highest temperature and lowest temperature in the first 72 h changes with the sliding period

纵观 4 种方法发现最佳系数法预报准确率提升最明显,其次是多项式拟合法。

对于低温预报,采用滑动平均法、双权重滑动平均法、多项式拟合法订正时,前 3 d 预报准确率在订正后有所提升,时效越短提升越明显,第 1 d 分别提升 4.75%~7.82%,其中滑动平均法提升最明显,第 4 d 开始预报准确率在订正后反而有所下降,第 7 d 下降幅度为 0.75%~4.03%,多项式拟合法

下降幅度明显小于滑动平均法和双权重滑动平均法。在采用最佳系数法订正时,低温预报准确率基本都有所提升,预报时效越短提升越明显,到第 7 d 时预报准确率略有下降,降幅为 0.13%。纵观 4 种方法,低温预报在前 3 d 采用滑动平均法订正后预报准确率提升最明显,第 4 d 开始采用最佳系数法订正后预报准确率提升明显。

表 1 订正后各时效温度预报准确率与订正前的差值

Tab. 1 The differences between the accuracy of each aging temperature forecast after correction and before correction

		1d	2d	3d	4d	5d	6d	7d	平均
滑动平均	低温	7.82	5.84	4.47	-0.04	-1.24	-2.80	-4.03	1.43
	高温	21.76	18.31	16.05	11.64	8.96	7.96	5.29	12.85
双权重滑动平均	低温	7.54	5.76	4.30	-0.13	-1.21	-3.02	-3.91	1.33
	高温	21.62	18.22	15.77	11.40	8.61	8.09	5.20	12.70
多项式拟合	低温	4.75	3.78	1.62	-0.37	-0.38	-0.70	-0.75	1.14
	高温	21.40	20.32	18.86	15.41	13.35	12.55	9.04	15.85
最佳系数	低温	6.81	5.84	3.91	1.80	1.63	0.19	-0.13	2.86
	高温	22.87	20.79	21.27	18.27	15.61	14.58	11.49	17.84

3.2 逐月分析

为了体现出 4 种订正方法在各月的表现情况,由于第 4 d 开始各种方法的表现情况不一样,故以下列举出了 24 h 时效和 120 h 时效 4 种方法订正后的逐月预报准确率和平均绝对误差。图 2 为滑动平均法(图 2a)和双权重滑动平均法(图 2b)订正后的

预报准确率和平均绝对误差,可以看出两种订正方法效果比较近似,订正后高温预报的平均绝对误差仍然明显低于低温预报,但是二者均有明显的降低。

从平均绝对误差来看,对于高温预报,24 h 时效的平均绝对误差在 5 月,7—9 月订正效果比较明显,误差降幅均超过 1℃,其中 8—9 月降幅超过

2℃,最大降幅为 8 月的 2.6℃,120 h 时效的平均绝对误差在 7—8 月订正效果明显,误差降幅超过 2℃,最大为 8 月的 2.5℃。对于低温预报,24 h 时效的平均绝对误差在 5—8 月订正效果较为明显,平均绝对误差降幅超过 0.4℃,最大降幅为 6 月的 0.6℃,120 h 时效的平均绝对误差仅在 7 月降幅较为明显,降幅为 0.4℃。

从订正后准确率来看,对于低温预报,24 h 时

效预报准确率在 5—8 月较高,两种方法均超过了 90%,最高为 7 月,超过了 97%,120 h 时效预报准确率仅在 7 月超过了 90%,其余月份均低于 80%。对于高温预报,24 h 时效预报准确率在 6—9 月较高,两种方法均超过了 70%,其中 8—9 月超过了 80%,120 h 时效预报准确率在 7—8 月较高,两种方法均在 70% 左右。

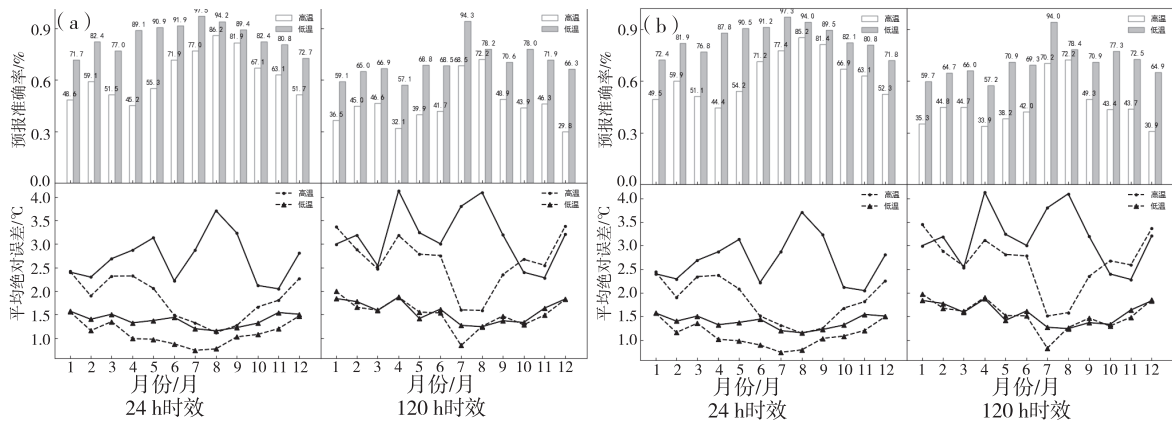


图 2 24 h 和 120 h 预报时效订正后逐月准确率及平均绝对误差(a:滑动平均,b:双权重滑动平均法)

Fig. 2 The monthly accuracy and average absolute error of 24 h and 120 h forecasts after correction

(a:Moving average;b:bi-weight moving mean)

图 3 为多项式拟合法(图 3a)和最佳系数法(图 3b)订正后的预报准确率和平均绝对误差,两种方法订正后高温预报的平均绝对误差仍然大于低温预报,与两种滑动平均法的误差相比,最大的不同在于 120 h 时效的低温预报,多项式拟合法订正后的平均绝对误差与订正前接近,基本没有出现订正后平均绝对误差反比订正前更大的情况,这也侧面说明在 120 h 时效后,多项式拟合法订正比两种滑动平均法更稳定,对于最佳系数法,2 月、4 月和 12 月的平均绝对误差订正后比订正前更大,且误差大于两种滑动平均法,但是其他月份误差值小于两种滑动平均法。下面从准确率方面分别讨论多项式拟合法和最佳系数法与两种滑动平均法的差异。

对于多项式拟合法,从高温预报准确率来看,24 h 时效在 1—5 月相对两种滑动平均法有所提升,升幅在 3% 以上,尤其 4 月提升达到 10.4%,但是 6—11 月较两种滑动平均法有所降低,降幅在 2% 以上,最低 6 月达 13.3%;120 h 时效在 1 月、3—6 月、9—12 月相对两种滑动平均法有所提升,升幅在 3% 以上,尤其 12 月提升 10.6%,其次 6 月提升 10.5%,但是 7—8 月较两种滑动平均法有明显降低,降幅分别为 13.4% 和 12.3%。从低温预报准确

率来看,24 h 时效除了 1 月和 10 月以外,其余时间较两种滑动平均法均有所降低,降幅 2.3% ~ 6.5%;120 h 时效在 1 月、3—5 月、9 月较两种滑动平均法有所提升,升幅在 1% 以上,其中 1 月和 4 月升幅在 5% 以上,其余时段均有所降低。

对于最佳系数法,从高温预报准确率来看,24 h 时效在 1 月、4—5 月、7 月、10 月、12 月相对两种滑动平均法有所提升,升幅在 2% 以上,最大 12 月达 14.7%,其余月份较两种滑动平均法有所降低,最大降幅 6 月达 9.9%;120 h 时效除 2 月、7—8 月相对两种滑动平均法有所降低外,其余时段均有所提升,升幅在 0.8% ~ 23.1%,最大也是出现在 12 月。从低温预报准确率来看,24 h 时效 4—5 月、9—10 月和 12 月相对两种滑动平均法有所提升,升幅在 0.1% ~ 2.8%,其余时段较两种滑动平均法有所降低,降幅在 0.2% ~ 5.2%;120 h 时效除了 2 月、7 月、10 月和 12 月较两种滑动平均法有所降低外,其余均有明显的提升,尤其 5—6 月,升幅达 10% 以上。

纵观 4 种方法均在 7—9 月订正效果较好,这与前期 EC 预报温度预报的误差分析结论一致。最后将 120 h 时效前后每个月高温预报和低温预报的最优方法整理出表 2。从表中可以看出 120 h 时效前

滑动平均法订正效果较好,120 h 时效后最佳系数法订正效果更明显,这与前面的结论相一致。在 1 月、3—4 月、10 月多项式拟合法表现突出,2 月、7—

8 月则是滑动平均法更为突出,5—6 月、9 月、11—12 月则最佳系数法更突出。

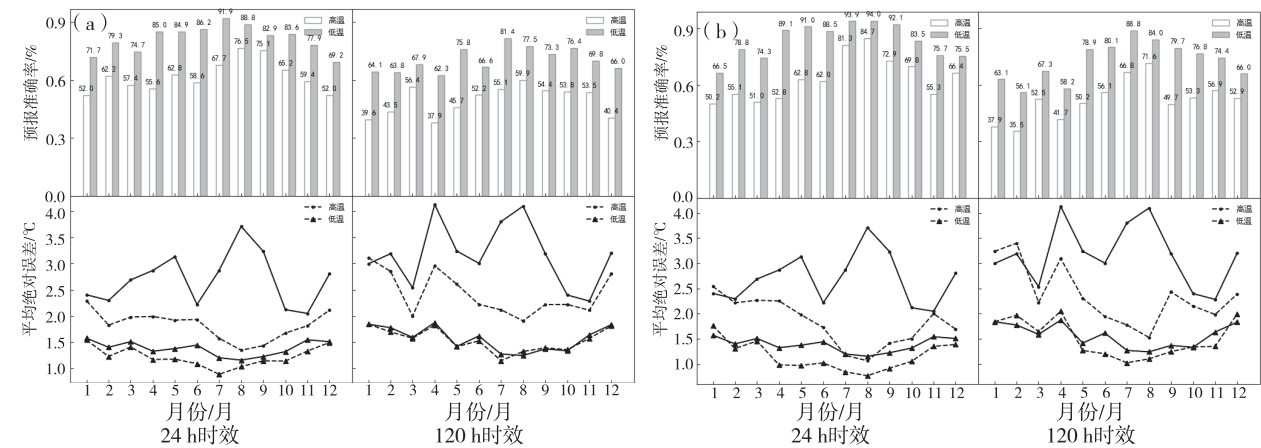


图 3 24 h 和 120 h 预报时效订正后逐月准确率及平均绝对误差(a:多项式拟合,b:最佳系数)
Fig. 3 The monthly accuracy and average absolute error of 24 h and 120 h forecasts after correction(a:Polynomial fitting;b:Best coefficient)

表 2 120 h 时效前后逐月最佳订正方法
(A:滑动平均法;P:多项式拟合法;B:最佳系数法)

Tab. 2 The best monthly correction method before and after 120 h(A:Moving average;P:Polynomial fitting;B:Best coefficient)

月份/月	120 h 前		120 h 后	
	低温	高温	低温	高温
1	A	P	P	P
2	A	P	A	A
3	A	P	P	P
4	A	P	P	B
5	B	P	B	B
6	A	A	B	B
7	A	B	A	A
8	A	A	B	A
9	B	A	B	P
10	P	B	A	P
11	A	A	B	B
12	B	B	A	B

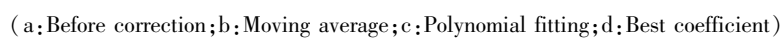
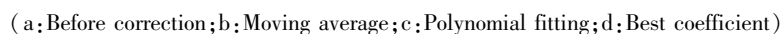
3.3 站点分析

从前面的研究可以看到,EC 低温预报的准确率较高,而高温预报的订正效果明显,为了检验各站点的订正效果,做了几种方法订正后高温预报的平均绝对误差分布图,由于滑动平均法与双权重滑动平均法订正效果相似,故略去双权重滑动平均法分布图。从 24 h 时效的绝对误差分布(图 4)来看,总的来说 3 种方法均有明显的提升,订正前(图 4a)全州平均绝对误差在 1.8 ℃(瓮安)~3.8 ℃(荔波)之间,几种方法订正后绝对误差均在 1.6 ℃以下,其

中南部地区的罗甸、荔波、三都订正效果最为明显。滑动平均法(图 4b)和最佳系数法(图 4d)在黔南州西部、北部及东南部地区订正效果明显,多项式拟合法(图 4c)在中西部地区订正效果明显。对于黔南州西部地区,多项式拟合法订正后平均绝对误差在 1.2 ℃以下,明显优于另外两种方法。

图 5 为 120 h 时效几种方法订正前后的高温预报平均绝对误差分布图。可以看到几种方法订正后全州平均绝对误差均有明显的降低,但是滑动平均法与其他两种方法相比,订正后的平均绝对误差偏高,订正效果较偏差。订正前(图 5a)全州平均绝对误差在 2.5 ℃(瓮安)~4.1 ℃(荔波)之间,滑动平均法(图 5b)订正后全州误差在 1.9 ℃(长顺)~2.4 ℃(都匀)之间,在州西部、南部地区订正效果较好,多项式拟合法(图 5c)订正后全州误差在 1.6 ℃(长顺)~2.2 ℃(荔波)之间,在州西部地区订正效果较好,最佳系数法(图 5d)订正后全州误差范围在 1.8 ℃(长顺)~2.1 ℃(贵定)之间,在州西部、东南部地区订正效果较好。

总的来看,3 种方法在黔南州西部地区均有不错的订正能力,但多项式拟合法订正效果更好,另外多项式拟合法在黔南州中部地区也优于另外两种方法。黔南州东南部地区滑动平均法与最佳系数法均有不错的订正表现,但是在 120 h 时效后滑动平均法订正效果明显下降。州北部地区最佳系数法订正效果更为明显。



4 结论与讨论

本文通过滑动平均法、双权重滑动平均法、多项式拟合法、最佳系数法 4 种方法对 EC 细网格 2 m 温度预报进行订正,得出以下结论:

① 4 种方法订正后预报准确率均为最低气温明显高于最高气温,但是最高气温订正效果明显优于最低气温,最高气温 7 d 平均准确率分别提升了 12.70%~17.84%,最低气温 7 d 平均准确率分别提升了 1.14%~2.86%。对于高温预报,最佳系数法准确率提升最明显,其次是多项式拟合法,预报时效越长几种方法之间的差距越明显。对于最低气温,前 3 d 采用滑动平均法订正准确率提升最明显,第 4 d 开始则采用最佳系数法订正准确率提升明显,其余方法反而出现下降。

② 从逐月分析来看,4 种方法均在 7—9 月订正效果最明显,120 h 时效前滑动平均法订正效果较好,120 h 时效后最佳系数法订正效果更明显,其次是多项式拟合法。在 1 月、3—4 月、10 月多项式拟合法表现突出,2 月、7—8 月则是滑动平均法,5—6 月、9 月、11—12 月则最佳系数法更突出。

③ 从地理分布来看,4 种方法均在州西部地区订正效果更为明显,其中多项式拟合法最明显。州中部地区多项式拟合法订正效果明显,州东南部地区最佳系数法与滑动平均法订正效果更为明显,但在 120 h 时效后滑动平均法的订正效果明显下降。州北部地区最佳系数法订正效果更为明显。

本文 4 种方法订正后的预报准确率仅与订正前的 EC 预报准确率做对比,还没有与中央台预报、省台指导预报、黔南州预报员的预报质量作对比,该

项工作将在后续的研究中继续开展,不在此文做讨论。

参考文献

- [1] 王婧,徐枝芳,范广洲,等. GRAPES_RAFS 系统 2m 温度偏差订正方法研究[J]. 气象,2015,41(6):719-726.
- [2] 薛湛彬,陈炯,张瑛,等. ECMWF 高分辨率模式 2m 温度预报误差订正方法研究[J]. 气象,2019,45(6):831-842.
- [3] 牛金龙,张东方,姚鹏,等. 多模式资料在成都地区的温度预报研究应用[J]. 高原山地气象研究,2016,36(3):66-70,75.
- [4] 蔡凝昊,俞剑蔚. 基于数值模式误差分析的气温预报方法[J]. 大气科学学报,2019,42(6):864-873.
- [5] 王婧. EC 细网格模式对天津市气温预报的释用分析[J]. 天津科技,2018,45(12):39-42,46.
- [6] 袁国波,邬双钰. EC_Thin 模式 2 m 温度预报的检验与订正[J]. 内蒙古科技与经济,2019(7):69-70,73.
- [7] 王平,陈怡蓓,何艳红,等. ECMWF 高分辨率数值模式对广安地区气温预报性能检验分析[J]. 高原山地气象研究,2018,38(4):41-44,59.
- [8] 胡萍,冉仙果,杨群,等. 三种数值模式温度预报能力对比与误差分析[J]. 贵州气象,2017,41(3):30-34.
- [9] 周永水,齐大鹏,吴古会. 贵阳 14 时气温数值预报检验及拟合订正分析[J]. 贵州气象,2016,40(2):45-48.
- [10] 陈茜茜,张云秋,唐海,等. 欧洲中心细网格 2 m 温度产品在遵义市的检验及应用[J]. 贵州气象,2017,41(4):35-38.
- [11] 吕静,姚浪,聂祥,等. 冬季 EC 2 m 温度预报在贵州毕节地区的检验分析[J]. 中低纬山地气象,2020,44(2):81-85.
- [12] 冯良敏,周秋雪,康岚. 四川地区 EC 细网格模式 2m 温度偏差订正研究[J]. 高原山地气象研究,2019,39(1):34-40.
- [13] 吴钰,方德贤,赵磊,等. 重庆地区模式地面温度预报误差分析订正研究[C]//中国气象学会. 中国气象学会年会论文集,2016.
- [14] 斯琴,马学峰. 内蒙古精细化格点气象要素预报的应用分析[J]. 内蒙古气象,2020(1):8-13,22.