

文章编号:2096 - 5389(2022)05 - 0064 - 07

华南区域模式在湖南省的 2 m 温度预报检验与订正研究

陈 龙^{1,2}, 陈静静^{1,2}, 兰明才^{1,2}, 周长青^{1,2}, 付 炜³

(1. 湖南省气象台, 湖南 长沙 410118; 2. 气象防灾减灾湖南省重点实验室,
湖南 长沙 410118; 3. 湖南省永州市气象局, 湖南 永州 425000)

摘 要: 基于 2019 年 8 月—2020 年 7 月华南区域模式(CMA - GD)预报和湖南 97 个国家站 2 m 温度实况, 开展模式温度预报检验和逐步回归订正技术研究。结果表明: 华南区域模式 2 m 温度预报与实况变化趋势基本一致, 预报偏差具有明显日变化, 白天准确率下降、夜间升高, 随着预报时效的延长, 偏差增大; 夏半年预报偏差大于冬半年; 湘西预报效果优于湘东; 00 时起报的 2 m 温度预报优于 12 时起报。基于华南区域模式预报产品, 区分起报时次和季节的 2 m 温度预报逐步回归订正预报效果较好, 订正后预报相对于模式预报误差下降、准确率提高, 有明显正技巧, 对 12 时起报的模式预报效果改善更大, 不同站点订正效果略有差异, 对预报误差较大站点, 订正效果明显。

关键词: 华南区域模式; 2 m 温度; 逐步回归; 温度订正

中图分类号: P456.7 **文献标识码:** B

Bias Analysis and Correction Method for the 2 m Temperature Forecast in Hunan of Region Model in South China

CHEN Long^{1,2}, CHEN Jingjing^{1,2}, LAN Mingcai^{1,2}, ZHOU Changqing^{1,2}, FU Wei³

(1. Hunan Meteorological Observatory, Changsha 410118, China; 2. Meteorological Disaster
Prevention and Reduction Key Laboratory of Hunan Province, Changsha 410118, China;
3. Yongzhou Meteorological Observatory of Hunan Province, Yongzhou 425000, China)

Abstract: Using the forecast data of regional model in South China (CMA - GD) and the 2 m temperature observation data of 97 national stations in Hunan from August 2019 to July 2020, the hourly 2 m temperature forecast of CMA - GD was evaluated and corrected in Hunan by using the stepwise regression method. The results show that the forecast bias of the 2 m temperature of CMA - GD has obvious diurnal variation, because the forecast accuracy decreases in the day and increases in the night. The deviation increases with the extension of the forecast time. The forecast deviation is larger in summer. The forecast in the western Hunan is better than that in the eastern Hunan. It's better the 2 m temperature forecast from 00:00 than that of from 12:00(UTC). On the basis of the 2 m temperature forecast of CMA - GD, a stepwise regression correction model is established by time, regardless of time period, and season. The correction forecast has obvious positive skills compared with the model forecast, because of being reduced of the error and significantly improved of the accuracy.

Key words: CMA - GD; 2 m temperature; stepwise regression; temperature correction

收稿日期: 2022 - 02 - 11

第一作者简介: 陈龙(1988—), 男, 工程师, 主要从事天气预报技术研究工作, E - mail: chlnuist@163.com。

通讯作者简介: 兰明才(1984—), 男, 高工, 主要从事区域模式释用技术研究工作, E - mail: 372917798@qq.com。

资助项目: 泛珠三角区域模式预报发展专项(201906); 华南区域模式在湖南的检验订正及强对流产品开发; 湖南省重点领域研发计划项目(2019SK2161); 强天气精细化监测预警关键技术研究。

0 引言

随着社会经济的快速发展,政府和公众对气象预报的关心程度日益增强,对气象预报服务的精细化、精准化程度要求不断提高。温度作为气象预报的基本要素,其精细化预报已成为天气预报技术发展研究热点。湖南地形呈向北开口的平原与三面环山的马蹄状特点,天气系统影响复杂,精细化温度预报成为湖南地区天气预报的难点之一。

高分辨率数值预报模式的发展为精细化天气预报提供了丰富的客观产品,但由于大气混沌效应、数值模式初始场误差以及物理过程难以完美体现等问题,数值模式预报存在不可避免的系统性偏差。因此,发展合适的偏差订正技术有助于提高温度预报的精细化、精准化程度。为了减小模式误差,一方面可以通过资料同化改善初始场或改进模式框架^[1-6]等途径,提高数值模式预报准确性;另一方面,可以利用客观订正技术^[7-11]改进预报偏差,提升模式适用性。

预报检验是数值模式应用与订正的基础。我国学者陆续开展了全球数值模式和区域数值模式温度预报的本地化检验评估工作,各模式呈现出季节、日变化、地域、复杂地形等系统性偏差。全球模式中,ECMWF、GRAPES_GFS 和 T639 温度预报均能较好地反映出温度日变化特征,ECMWF 整体表现较好,在中国区域整体预报偏低,整点温度、高低温预报存在明显的季节和地域差异,东部预报效果优于西部,低温预报效果明显优于高温预报^[12-14]。近几年,随着预报业务对精细化程度要求的提高,国内自主研发的中尺度区域模式快速发展,由于模式框架、同化系统和空间分辨率等不尽相同,对温度预报表现各异^[15-19]。各区域模式也能较好地表现温度日变化与季节特征,GRAPES_Meso 低温预报优于高温预报,偏差表现呈东低西高^[15];针对短临预报的 GRAPES_RAFS 温度预报高原和复杂地形区域呈系统性偏低,华北、南疆地区预报偏高^[16];华中、华南区域模式温度预报效果优于 GRAPES,华中区域

模式预报暖季优于冷季,华南区域模式则表现出高温预报阶段偏差明显,夏季预报偏低,冬季偏高^[17-20]。

发展模式预报客观订正技术是解决模式系统性偏差的有效途径之一。现有研究多基于单模式或多模式,利用等权或非等权的误差订正方法改进温度预报。一元线性回归、多元线性回归、消除偏差集合平均、MOS、卡尔曼滤波和超级集合预报等方法均能有效减小温度多时效预报偏差^[21-26]。

湖南现有温度客观预报仅基于温度预报因子订正,未考虑多因子对温度的影响,因此,利用华南区域模式的更新快、精度高等特点,本文在华南区域模式 2 m 温度预报偏差分析的基础上,建立基于多因子影响的逐步回归订正模型,旨在提高 2 m 温度预报准确性,为预报员提供更为精准的温度预报参考依据。

1 资料与方法

1.1 资料说明

本文所用资料包括湖南 97 个国家站逐小时 2 m 温度实况数据,华南区域模式(CMA-GD)各层预报产品和根据模式计算得到的温度平流、涡度、散度预报产品,总计 165 个预报因子,空间分辨率 3 km×3 km,反距离权重插值到湖南 97 个站点。模式预报与实况数据选取时段为 2019 年 8 月—2020 年 7 月,模式起报时间为 00、12 时(世界时,下同),预报时效为 0~84 h,其中 2、8 月为检验数据集,训练数据集根据订正思路分别选取①全年、②冬半年(11 月—次年 4 月)、③夏半年(5—10 月)。根据业务实际需求,建模预报时间为起报时间往后的 13~84 h 预报(为方便对结果进行分析,下文以 1~72 h 代称)。

1.2 逐步回归法

综合考虑多因子对 2 m 温度的影响,通过对 165 个因子与实况 2 m 温度的相关分析进行初筛,各站因子初筛标准为通过 0.05 显著性水平检验,再选取与 20% 以上站点相关性均较好的 25 个因子作为变量引入逐步回归方程,初选因子见表 1。

表 1 华南区域模式预报初选因子
Tab. 1 The primary forecast variables in CMA-GD

因变量(实况)	自变量(模式预报)
2 m 温度	总降水、10 m 径向风、10 m 纬向风、2 m 相对湿度、2 m 温度、径向风(700、500 hPa)、
	纬向风(925、850、500 hPa)、温度(925、850、700、500 hPa)
	相对湿度(1000、925、850、600、500 hPa)、温度平流(1000、850、700 hPa)、
	散度(1000、925 hPa)、涡度(700 hPa)

逐站建立模型,引入多个变量构建回归模型并进行检验,删除不显著变量,最终得到包含显著变

量的逐步回归方程。逐步回归方程如下:

$$\begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{pmatrix} = \beta_0 + (\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p) \cdot \begin{pmatrix} x_{11}, x_{12}, \dots, x_{1p} \\ x_{21}, x_{22}, \dots, x_{2p} \\ \vdots \\ x_{n1}, x_{n2}, \dots, x_{np} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} e_1 \\ e_2 \\ \vdots \\ e_n \end{pmatrix} \quad (1)$$

式中, $y_1, y_2, \dots, y_n$ 为 2 m 温度因变量, $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_p$ 为 $p + 1$ 个待估计系数, $x_{11}, x_{12}, \dots, x_{np}$ 是 n 次回归引入的 p 个预报因子, 设 $e_1, e_2, \dots, e_n$ 是 n 个相互独立的且遵从同一正态分布 $N(0, \sigma)$ 的随机变量。

1.3 检验方法

以平均误差、平均绝对误差、均方根误差和预报准确率为指标, 对比模式订正预报、模式预报与实况结果, 讨论华南 2 m 温度预报与订正效果。

预报准确率即中国气象局对各省市气象部门的考核标准, 反映预报相对于实况的预报效果, 详见公式(2)。

$$CR = \frac{NA}{N} \quad (2)$$

式中, N 为预报个数, 当预报与实况之差的绝对值 $\leq 2^\circ\text{C}$ 时, 表示预报正确, NA 为预报正确个数。当 CR 为 1 时, 即准确率达到 100%。

2 结果分析

2.1 2 m 温度预报检验

分析实况与华南区域模式 2 m 温度预报, 大部

分站点的相关系数大于 0.9, 以龙山站为例(图略), 每日 00 时起报的逐小时温度预报与实况的相关系数达 0.942, 平均绝对误差为 2.153°C , 均方根误差为 2.809°C , 华南区域模式与实况变化趋势基本一致, 能较好地反映 2 m 温度的日变化特征。

分析华南区域模式 00、12 时起报的 1 ~ 72 h 逐 24 h 2 m 温度预报, 97 站的平均准确率分别为 0.58、0.42, 均方根误差分别为 2.84°C 、 4.1°C , 00 时起报的 2 m 温度预报明显优于 12 时起报的。00、12 时起报的 1 ~ 72 h 预报中, 24 h 预报准确率最高, 分别为 0.63、0.44, 均方根误差最小, 为 2.5°C 、 3.99°C , 预报效果明显优于 48 h、72 h 预报。

2.1.1 逐时预报检验 通过分析华南区域模式 00 时起报的 1 ~ 72 h 逐时 2 m 温度预报, 探讨华南区域模式逐时 2 m 温度预报偏差。从图 1a、b 来看, 准确率与均方根误差均呈明显日变化, 白天 12 ~ 21 h、36 ~ 45 h、60 ~ 69 h(即北京时的 08—17 时)时段, 准确率明显下降, 均方根误差明显上升, 正午时段预报准确率达到最低、均方根误差达到最大; 夜间, 即每日 09 时—次日 00 时, 准确率均在上升后维持在 1 d 中的最高水平, 均方根误差保持最小。从平均误差与平均绝对误差来看(图 1c、d), 华南区域模式白天时段误差更大, 以负偏差为主, 夜间时段存在正偏差, 在日出和日落时分, 误差达到最大。随着预报时效的延长, 模式预报呈准确率下降、误差增大趋势。

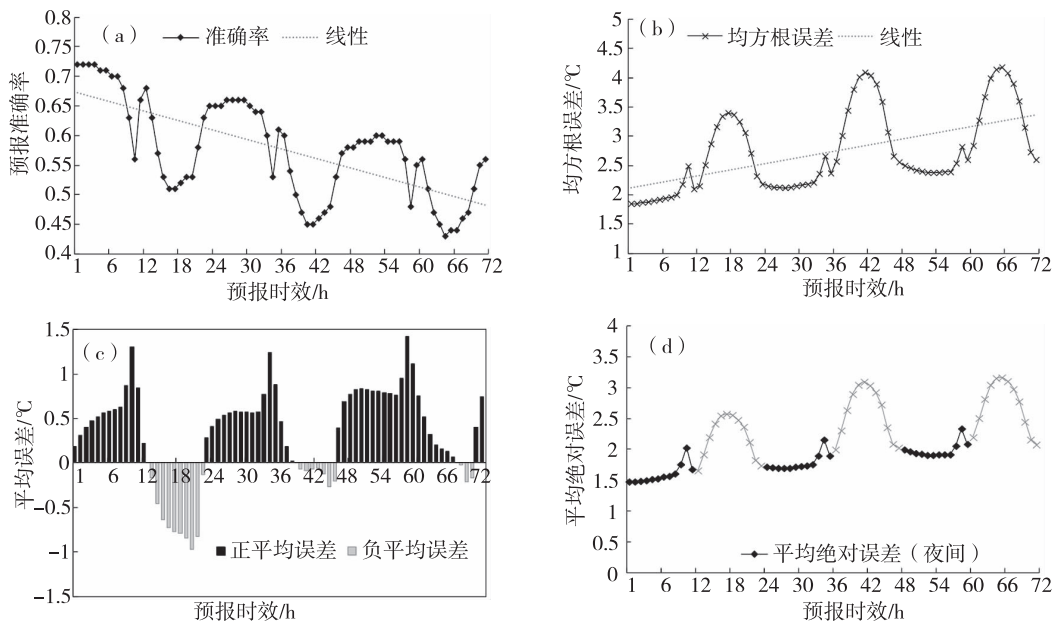


图 1 湖南地区 00 时起报 1 ~ 72 h 逐时 2 m 温度预报准确率(a)、均方根误差(b)、平均误差(c)、平均绝对误差(d)
Fig. 1 The accuracy (a)、RMSE (b)、ME (c) and MAE (d) of every one hour 2 m temperature forecast of 1 ~ 72 hours from 00:00 UTC in Hunan

2.1.2 1~24 h 逐月检验 分析华南区域模式 00、12 时起报的 1~24 h 逐月 2 m 温度预报(图 2),探讨华南区域模式 2 m 温度预报月、季偏差。00 时起报的 2 m 温度预报中,8 月平均准确率最低、均方根误差最大,分别为 0.5、2.76℃;1 月准确率最高、均方根误差最小,分别为 0.71、2.14℃;夏半年(5—10

月)整体准确率明显低于冬半年(11 月—次年 4 月),均方根误差也偏大。12 时起报的 2 m 温度预报在 8 月准确率最低、1 月准确率最高,除 1 月外,冬半年均方根误差较高。00 时起报的 2 m 温度预报效果明显优于 12 时起报。

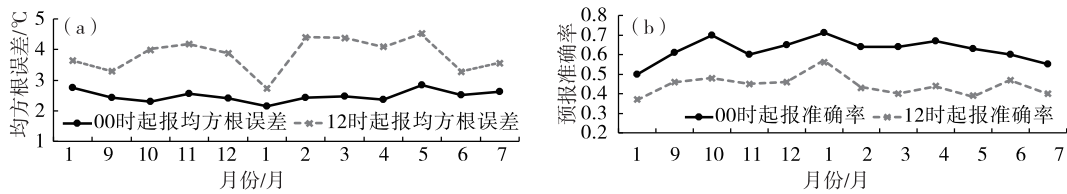


图2 湖南地区 00 时、12 时起报 1~24 h 2 m 温度预报逐月均方根误差(a)及准确率(b)

Fig. 2 The every month RMSE (a) and accuracy (b) of 2 m temperature forecast of 1~24 hours from 00:00 and 12:00 in Hunan

2.1.3 2 m 温度预报偏差的空间分布 通过分析华南区域模式 00、12 时起报的 1~72 h 2 m 温度预报平均准确率、均方根误差的空间分布,探讨华南区域模式在湖南不同地区的预报效果。从均方根误差来看(图 3a、b),00 时起报的 2 m 温度预报整体偏差较小,均方根误差大部分站点在 2~3℃,南岳站及个别海拔较高站点、湖区站点偏差偏大;12 时起报的 2 m 温度预报整体偏差较大,均方根误差集中在 4~5℃,湘东、湘西南部分站点在 3~4℃。

从准确率来看(图 3c、d),00 时起报的 2 m 温度预报准确率大部站点在 0.5 以上,海拔稍高地区预报优于平原与谷地;12 时起报的 2 m 温度预报大部站点准确率在 0.5 以下,湘东部分站点仅有 0.3~0.4。受地形与模式系统性偏差影响,华南区域模式对湖南不同区域 2 m 温度预报效果不同,湘西整体优于湘东。对大部分站点,00 时起报的 2 m 温度预报效果明显优于 12 时起报。

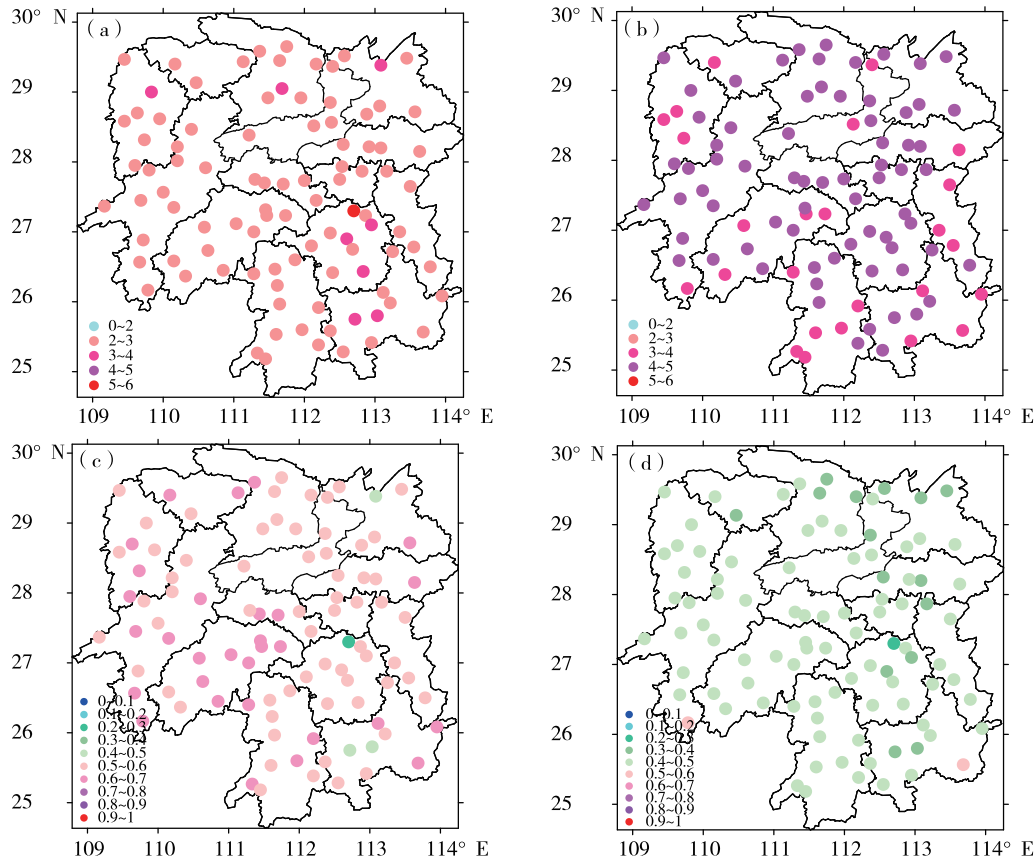


图3 湖南地区 00、12 时起报 1~72 h 2 m 温度预报平均均方根误差(a、b,单位:℃)及准确率(c、d)空间分布

Fig. 3 The spatial distribution of the 2 m temperature forecast RMSE (a,b,unit:℃) and accuracy (c,d) of 1~72 hours from 00:00 and 12:00 in Hunan

2.2 逐步回归订正检验

2.2.1 不同起报时次的温度订正 分别对 1~72 h 逐时包含 00、12 时起报的模式预报数据集与 00 时、12 时起报的模式预报数据建立逐步回归模型,结果显示(图 4),分起报时次的订正结果相较于不分起

报时次建模的订正结果平均绝对误差、均方根误差更小,准确率也略优,两者较直接模式预报而言,均有正技巧。分与不分起报时次建模订正的 2 m 温度,00 时起报的订正结果均优于 12 时起报,两者均优于模式预报。

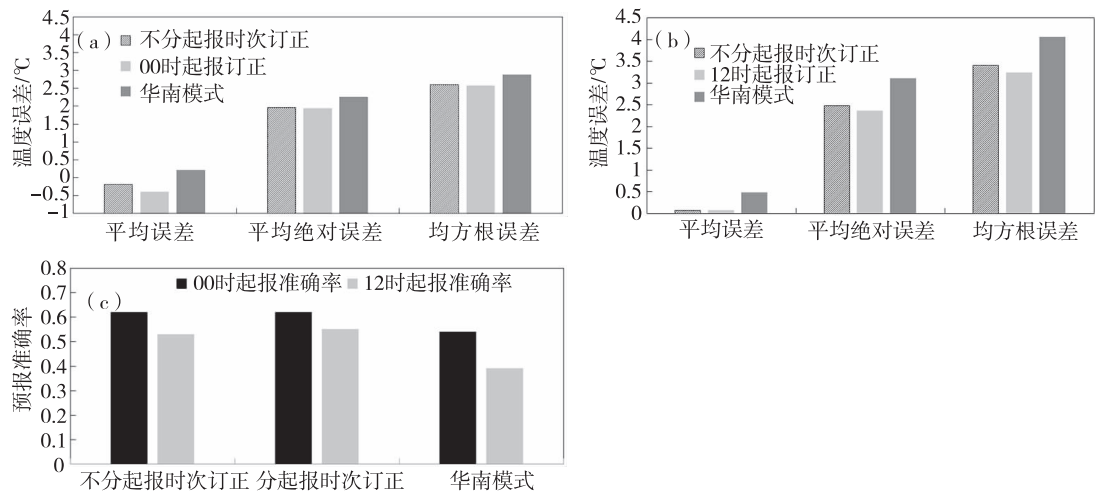


图 4 湖南地区分与不分起报时次 2 m 温度订正预报平均误差、平均绝对误差、均方根误差(a)(b) (单位:℃)及准确率(c)
Fig.4 The ME、MAE、RMSE (a) (b) (unit:℃) and accuracy (c) of every one hour 2 m temperature correction forecast from not distinguishing forecast time and from 00:00 and 12:00 UTC in Hunan

2.2.2 不同时段温度订正 以不同起报时次建模为基础,将 1~72 h 作为整体数据集与分别包含 1~24 h、25~48 h 与 49~72 h 的数据集建立逐步回归模型。结果显示(表 2、图 5),以 1~72 h 为整体的建模订正结果,1~24 h 的订正准确率优于 25~48 h、49~72 h,随着预报时效延长,订正效果下降,各时段 00 时起报订正结果准确率均优于 12 时起报,基于逐步回归的订正产品优于模式预报。00、12 时起报的分时段建模订正结果准确率相对于不分时段的订正结果无明显变化,误差略有增加。

表 2 00 时、12 时分起报时次不分时段
的 2 m 温度订正预报准确率

Tab.2 The accuracy of 2 m temperature correction forecast from not distinguishing time period and from 00:00 and 12:00

	00 时		12 时	
	逐步回归	华南模式	逐步回归	华南模式
1~24	0.65	0.57	0.57	0.4
25~48	0.61		0.54	0.56
49~72	0.6	0.5	0.53	0.38

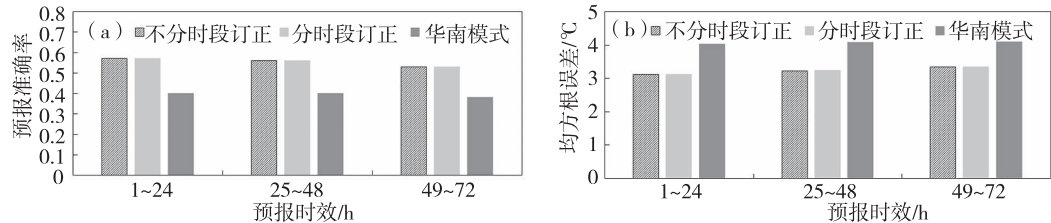


图 5 12 时起报分时段 2 m 温度订正预报准确率(a)与均方根误差(b)

Fig.5 The accuracy (a) and RMSE (b) of 2 m temperature correction forecast from distinguishing time period and from 12:00

2.2.3 不同季节的温度订正 以分起报时次、1~72 h 作为整体建模为基础,将 1—11 月作为整体数据集与分别以冬半年 11 月—次年 4 月、夏半年 5—10 月的数据集建立逐步回归模型。结果显示(表 3),分季节的 5—10 月建模、11 月—次年 4 月建模的订正结果准确率均高于不分季节建模的订正结果,均方根误差也有明显下降,8 月订正效果更为明

显。基于逐步回归的订正产品相对于模式预报均呈正技巧。
2.2.4 分起报时次和季节订正结果的空间分布 根据前文分类建模结果分析,以分起报时次、不分时段、分季节建立数据集,对湖南 97 个国家站分别建立逐步回归模型,以 2、8 月作为检验时段,通过分析订正结果对模式的准确率差值(技巧),探讨基于

逐步回归的华南区域模式 2 m 温度订正产品的空间订正效果。结果显示(图 6),00 时,2 月,山区有明显的正技巧,平原地区大部站点订正效果略差;8 月,平原与山区具有正技巧,平原地区订正效果更明显。12 时,2、8 月均有正技巧,8 月订正效果显著,平原订正效果优于山区。

3 结论

①华南区域模式与实况变化趋势基本一致,能

较好地反映 2 m 温度的日变化特征。逐时 2 m 温度预报误差呈明显日变化,白天误差增大、准确率下降,夜间预报效果相对较好;温度预报在日出和日落时段负偏差最大;模式预报夏半年准确率明显低于冬半年;随着预报时效的延长,模式对 2 m 温度预报能力下降。受模式系统性偏差影响,华南区域模式对湖南不同区域 2 m 温度预报效果不同,湘西整体优于湘东,海拔稍高地区预报优于平原与谷地。00 时起报的 2 m 温度预报效果优于 12 时起报的。

表 3 分与不分季节的 2 m 温度订正预报准确率与均方根误差(单位:℃)

Tab.3 The accuracy and RMSE (unit:℃) of 2 m temperature correction forecast from distinguishing or not distinguishing season period

	00 时起报准确率		00 时起报均方根误差		12 时起报准确率		12 时起报均方根误差	
	2 月	8 月	2 月	8 月	2 月	8 月	2 月	8 月
不分季节	0.57	0.67	2.79	2.33	0.47	0.63	3.81	2.59
分季节	0.58	0.71	2.77	2.15	0.48	0.64	3.79	2.48
华南模式	0.59	0.49	2.82	2.92	0.41	0.37	4.46	3.63

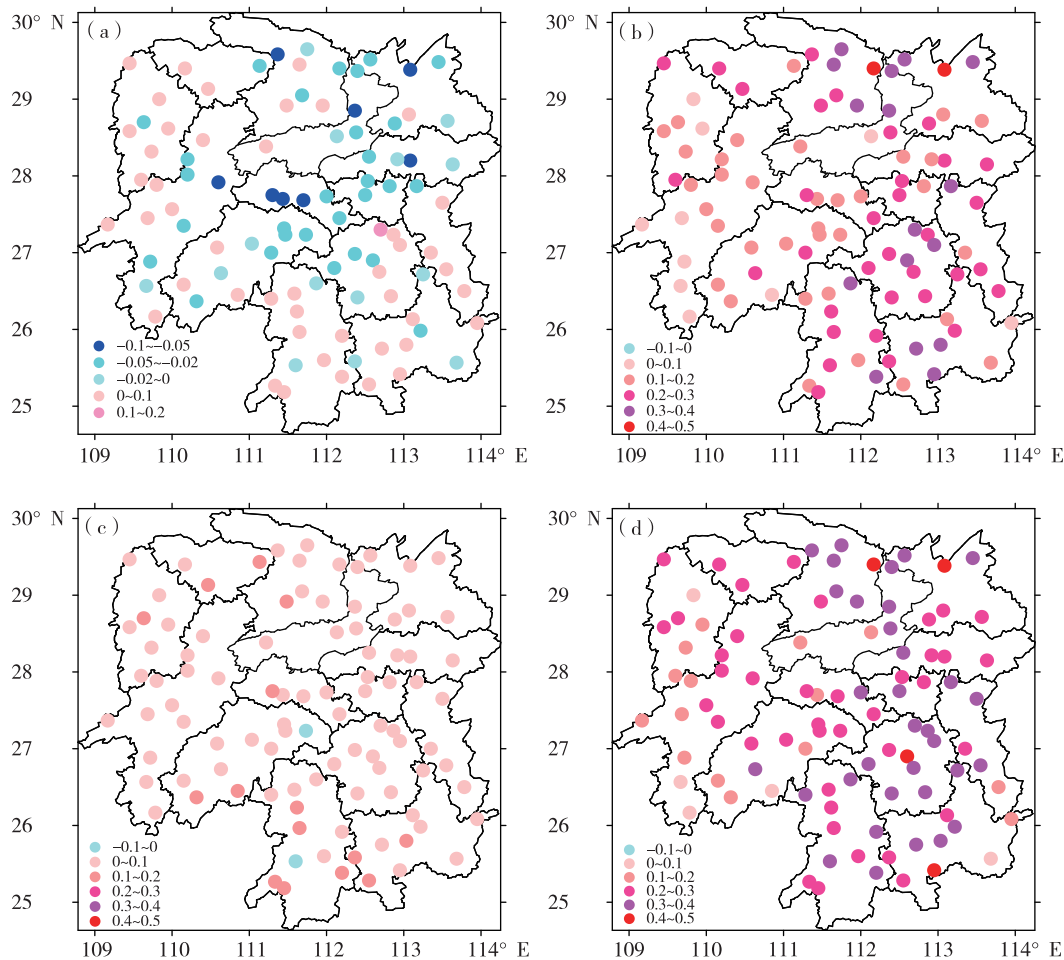


图 6 分季节 2 m 温度订正预报与模式预报准确率差值空间分布(00 时起报 2 月(a)、8 月(b),12 时起报 2 月(c)、8 月(d))

Fig.6 The accuracy difference spatial distribution of the 2 m temperature correction forecast and CMA – GD forecast from distinguishing season period in Hunan (Feb(a)、Aug(b) from 00:00 UTC, Feb(c)、Aug(d) 12:00)

②基于逐步回归对华南区域模式 2 m 温度预报在不同起报时次、不同时段、不同季节建立的模型,其结果相对于直接模式预报均有正技巧,其中,分起报时次订正结果更优;分时段订正结果无明显优势;分季节订正结果明显好于全年订正结果。分起报时次、不分时段、分季节建立的逐步回归订正模型相对模式预报有较大的提升,不同季节订正效果不同。

③采用逐步回归模型订正的 2 m 温度客观预报在空间上技巧表现存在差异。00 时,2 月山区有明显的正技巧,平原地区订正效果略差;12 时,2、8 月均有正技巧,平原订正效果优于山区。

参考文献

- [1] 陈静,薛纪善,颜宏. 物理过程参数化方案对中尺度暴雨数值模拟影响的研究[J]. 气象学报,2003,61(2):203-218.
- [2] 黄安宁,张耀存,朱坚. 物理过程参数化方案对中国夏季降水日变化模拟的影响[J]. 物理科学进展,2008,23(11):1174-1184.
- [3] 徐道生,陈子通,钟水新,等. 对流参数化与微物理过程的耦合及其对台风预报的影响研究[J]. 气象学报,2014,72(2):337-349.
- [4] 张旭,黄伟,陈葆德. 一种新型高度地形追随坐标在 GRAPES 区域模式中的实现:理想实验与比较研究[J]. 气象学报,2015,73(2):331-340.
- [5] 李晓莉,陈静,刘永柱,等. GRAPES 全球集合预报初始条件及模式物理过程不确定性方法研究[J]. 大气科学学报,2019,42(3):348-359.
- [6] ZHANG R H, SHEN X S. On the development of the GRAPES - A new generation of the national operational NWP system in China[J]. Chinese Science Bulletin,2008(22):3429-3432.
- [7] DANFORTH C M, KALNAY E, MIYOSHI T. Estimating and Correcting Global Weather Model Error[J]. Mon. Wea. Rev.,2007,135(2):281-299.
- [8] ZHI X F, QI H X, BAI Y Q, et al. A comparison of three kinds of multimodel ensemble forecast techniques based on the TIGGE data[J]. Acta. Meteor. Sinica.,2012,26(1):41-51.
- [9] 赵声蓉. 多模式温度集成预报[J]. 应用气象学报,2006,17(1):52-58.
- [10] 智协飞,李刚,彭婷. 基于贝叶斯理论的单站地面气温的概率预报研究[J]. 大气科学学报,2014,37(6):740-748.
- [11] 马旭林,时洋,和杰,等. 基于卡尔曼滤波递减平均算法的集合预报综合偏差订正[J]. 气象学报,2015,73(5):952-964.
- [12] 沈学顺,苏勇,胡江林,等. GRAPES_GFS 全球中期预报系统的研发和业务化[J]. 应用气象学报,2017,28(1):1-10.
- [13] 牛嫣静,徐向军,郭欢,等. 三种全球预报产品中国区近地面气温短期预报效果检验[J]. 气象与环境学报,2020,36(4):20-29.
- [14] 朱智,师春香,唐果星. 一种基于变分分析的气温数据估算方法[J]. 科学技术与工程,2016,16(21):157-165.
- [15] 黄丽萍,陈德辉,邓莲堂,等. GRAPES_Meso V4.0 主要技术改进和预报效果检验[J]. 应用气象学报,2017,28(1):25-37.
- [16] 王婧,徐枝芳,范广洲,等. GRAPES_RAFS 系统 2 m 温度偏差订正方法研究[J]. 气象,2015,41(6):716-726.
- [17] 陈超君,李俊,王明欢. 2013 年华中区域中尺度业务数值预报的客观检验[J]. 暴雨灾害,2014,33(2):187-192.
- [18] 李刚,彭芳,孔德璇,等. 华南 3 km 高分辨率区域模式气温预报在贵州的质量检验[J]. 中低纬山地气象,2019,43(6):1-8.
- [19] 朱文达,张媛,杨静,等. 2015 年华南区域模式贵州区域 2 m 气温预报偏差分析[J]. 中低纬山地气象,2018,42(2):28-35.
- [20] 袁晨,谢清霞,刘彦华,等. GRAPES_MESO 区域中尺度模式对贵州温度与降水预报的检验评估[J]. 中低纬山地气象,2020,44(6):56-59.
- [21] 李佰平,智协飞. ECMWF 模式地面气温预报的四种误差订正方法的比较研究[J]. 气象,2012,38(8):897-902.
- [22] KRISHNAMURTI T N, KISHTAWAL C M, LAROW T E, et al. Improved weather and seasonal climate forecasts from multimodel super ensemble[J]. Science,1999,285(5433):1548-1550.
- [23] 熊世为,郁凌华,胡珊珊,等. 基于 ECMWF 细网格产品的一种优化 BP - MOS 气温预报方法[J]. 干旱气象,2017,35(4):575-583.
- [24] 王丹,黄少妮,高红燕,等. 递减平均法对陕西 SCMO 精细化温度预报的订正效果[J]. 干旱气象,2016,34(3):575-583.
- [25] 戴翼,何娜,付宗钰,等. 北京智能网格温度客观预报方法(BJTM)及预报效果检验[J]. 干旱气象,2019,37(2):339-344.
- [26] 范倩,李刚,王芬,等. 基于 EC - 2T 的黔西南州春季静止锋气温预报研究[J]. 中低纬山地气象,2021,45(6):59-65.