

GRAPES-GFS 模式 2 m 温度预报的最优时窗滑动订正方法

何珊珊 蓝盈 戚云枫

(广西壮族自治区气象台, 南宁 530022)

摘要 利用 2017—2018 年 GRAPES-GFS 模式预报资料和广西区域自动站逐时气温观测资料, 分析模式预报偏差特征, 发现 GRAPES-GFS 模式对广西区域 2 m 温度的预报系统性偏低, 随着预报时效增加, 预报偏差增大, 系统性偏差主要出现在桂北山区、左右江河谷及沿海; 春夏秋三季的午后气温预报偏差有明显的系统性, 冬季午后气温和四季凌晨气温预报偏差的随机性较大。为了确定滑动订正的最优时窗, 通过活动时窗长度的方法, 设计不同的滑动订正方案, 制定最优时窗滑动订正方案, 并进一步利用 2020 年最优时窗滑动订正业务试验产品, 对比验证了该方案的订正效果。结果表明: 分别采用固定时窗、季节最优时窗、月份最优时窗等滑动平均订正方案进行订正, 春夏秋 3 季的订正效果明显好于冬季、午后订正技巧高于夜间, 其中固定时窗滑动平均方案中的长时窗(15~60 d)订正、季节最优时窗滑动订正以及月份最优时窗滑动订正这几种方式订正效果最优; 所制定的最优时窗滑动平均订正方案, 可以在不同滑动方案的基础上稳定地提高预报准确率, 达到最优时窗滑动的目的。

关键词 GRAPES-GFS; 气温预报; 时窗; 滑动平均订正法

中图分类号: P456 **DOI:** 10.19517/j.1671-6345.20210092 **文献标识码:** A

引言

近年来, 数值天气预报发展迅速, 并凭借其客观化、量化的优势在天气分析、精细化要素预报等方面发挥了不可替代的作用。全球区域一体化同化预报系统 GRAPES(Global/Regional Assimilation and Prediction System)自投入业务运行后, 已经成为全国天气预报业务的主要参考之一。目前广西区内对于数值预报的检验评估、订正方法研究和成果应用等大多是基于 ECWMF 模式, 针对 GRAPES-GFS 模式产品的分析应用仍停留在主观分析方面, 对其系统性的检验评估和客观订正方法研究仍为空白。不论从支撑广西智能网格气象预报业务的需求出发, 还是从为改进 GRAPES-GFS 模式提供客观依据的角度来看, 加强 GRAPES-GFS 模式产品本地应用, 开展系统性量化检验评估、研发和优化产品释用方案的工作都是非常必要的。

为了减少数值模式误差、改进数值预报, 气象工作者们提出了许多动力-统计相结合的释用方法, 例

如统计-动力预报、模式输出统计(Model Output Statistics, MOS)、线性回归方法、非线性回归方法和卡尔曼滤波等方法^[1-6]。目前, 在广西气温预报本地释用技术的现有研究中, 多采用如 MOS、神经网络、逐步回归、卡尔曼滤波、模式距平积分订正等方法^[7-9]。滑动平均订正法以简单平均数法为基础, 通过对前期某一段时间(训练期)的预报误差取算术平均, 将其作为订正量订正当前预报, 达到消除模式系统误差的目的。与其他订正方法相比, 滑动平均法计算量小, 对历史资料需求量小, 具有更好的可操作性。但问题在于, 滑动平均方法的订正效果对时窗长度的选取有依赖性, 必须选取合适时窗长度才能获得合理的订正方案。时窗长度过短, 不能有效地消除随机误差; 时窗长度过长, 则可能会因为模式动力框架、参数化方案等原因导致的系统误差存在季节变化, 使得订正量的可用性降低。另一方面, 数值天气预报在短时效和长时效的系统误差不同, 相同的时窗长度不能适用于所有预报时效。当前, 广西预报业务中应用滑动订正法时, 通常采取固

<http://www.qxkj.net.cn> 气象科技

广西壮族自治区气象局气象科研计划项目(桂气科 2019M06 和桂气科 2021Z03)资助

作者简介: 何珊珊, 女, 1989 年生, 工程师, 主要从事天气预报服务技术及相关研究, Email: heshans12@126.com

收稿日期: 2021 年 2 月 24 日; 定稿日期: 2021 年 6 月 9 日

定时窗的方式,即对所有预报时效都采用相同的时窗长度,并且时窗长度的选取大多没有经过严格检验,带有一定的主观性。国内众多学者分析了滑动订正法的效果,但采用的时窗长度不一。如王强等^[10]利用 1~5 d 滑动平均法订正了 ECMWF 对湖南怀化的最高气温预报,发现不同时窗滑动平均订正的差异小,且方法操作简便、简单实用。王婧等^[11]利用多种方法对 GRAPES-RAFS 模式 2 m 温度偏差进行订正,指出采用 15 d 滑动时窗的滑动平均法可以有效减小模式预报误差。盛春岩等^[12]对几种气温客观预报方法进行研究,指出通过 10~30 d 的偏差滑动订正可以提高 ECMWF 模式的预报准确率。

为了解决上述问题,本文拟对 GRAPES-GFS 模式广西区域地面 2 m 温度预报进行偏差分析,确定模式预报是否存在系统偏差,并进一步通过活动时窗长度的方法,设计不同的滑动平均订正方案,制定最优时窗滑动订正方案,以期获得本地适用的 GRAPES-GFS 模式地面 2 m 温度预报产品客观订正方法。

1 资料和方法

1.1 资料

本文使用的资料为 2017—2018 年 GRAPES 全球模式(GRAPES-GFS)的地面 2 m 温度 3~240 h 时效预报(简称 GRAPES-GFS 温度预报)和广西区域自动站逐时气温观测资料,其中,3~120 h 时效内为逐 3 h 间隔、120~168 h 时效为逐 6 h 间隔、168~240 h 时效为逐 12 h 间隔;广西区域自动站逐时气温观测资料来源于全国综合气象信息共享平台(CIMISS),所采用的广西区域气温观测站数据已经过质量控制(质控码为 0、3、4),站点总数为 1700 多个;分析区域选取为 104.5°~112.0°E,21.125°~26.375°N,网格水平空间分辨率为 0.25°×0.25°,站点分布见图 1。利用临近法,站点实况插值到 0.25°×0.25°网格点形成网格实况场,网格点取值为与其距离最近的站点有效数据。在季节的划分上,本文分析的春季为 3—5 月、夏季为 6—8 月、秋季为 9—11 月、冬季为 12 月至次年 2 月。在样本独立原则下,本文以 2017 年模式预报为基础,对比分析订正后 2018 年四季的订正效果。本文制定的最优时窗滑动订正方案于 2021 年 1 月开始投入广西智能网格

气象预报业务应用,前期积累了 1 年多的试验运行数据。为验证该方案的应用效果,在本文最优时窗订正方案订正效果分析部分,对比了该方案在 2018 年和 2020 年的订正效果。

以往研究发现日最高温度和最低温度的预报误差有显著的差别,而 08:00 起报(北京时,下同)和 20:00 起报的最高温和最低温出现的预报时效通常是不同的。为了避免温度日变化可能对检验结果造成的影响,将 GRAPES-GFS 温度预报分为 08:00 起报和 20:00 起报 2 组分别检验。由于 GRAPES-GFS 温度预报 20:00 起报场的偏差特征和订正方法研究与 08:00 起报场基本一致,本文以模式 20:00 起报场的偏差分析和订正为例进行细致讨论。

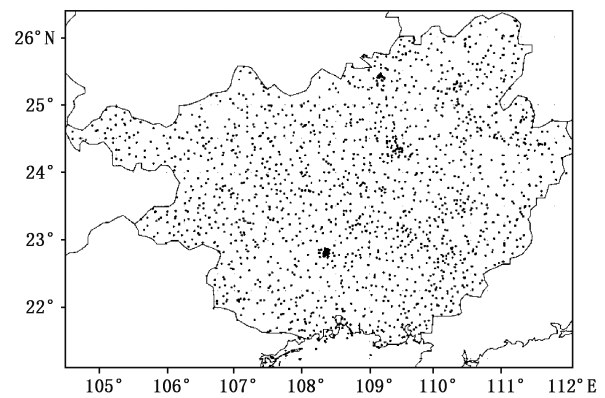


图 1 广西区域气温自动观测站分布

1.2 检验指标及最优判别依据

1.2.1 检验指标

本文所用的误差检验指标有平均误差 ME(M_E),平均绝对误差 MAE(M_{AE})、均方根误差 RMSE(R_{MSE})以及预报偏差 2 °C 以内的准确率 ACC(A_{CC}):

$$M_E = \frac{1}{mn} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (F_{ij} - O_{ij})$$

$$M_{AE} = \frac{1}{mn} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n |F_{ij} - O_{ij}|$$

$$R_{MSE} = \sqrt{\frac{1}{mn} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (F_{ij} - O_{ij})^2}$$

$$A_{CC} = \frac{N_r}{N_t} \times 100\%$$

其中, F 表示预报值, O 表示观测值, i,j 表示该值为第 i 个网格点在第 j 个时间的值, m 为网格点总数, n 为预报次数, N_r 为报对次数、 N_t 为预报总次数。

ME 反映了统计时段和检验区域内预报偏差大小的整体情况,ME 正偏差表示预报比实况偏大、负偏差表示预报比实况偏小。MAE 反映了统计时段和检验区域内预报值与实况的平均偏离程度,MAE 越小表示预报越准确。RMSE 反映了误差的离散程度,RMSE 越小表示误差的在时间和空间上的变化越小、预报越稳定。ACC 反映了预报误差偏差 2°C 以内的比例,ACC 越大、预报正确率越高。就单个网格点而言,在统计时间段内,MAE、RMSE 有较好的一致性,MAE 越大、RMSE 越大,表示偏差幅度越大、预报稳定性越差。

为评估订正效果,本文定义一个订正技巧指标,即对于某个检验指标,其订正技巧指标等于订正前的检验指标减去订正后的指标。例如,MAE 的订正技巧 $I_{\text{MAE}} = \text{订正前的 MAE} - \text{订正后的 MAE}$ 。若技巧 I_{MAE} 为正,订正后的 MAE 小于订正前,即订正后 MAE 减小,有订正效果;若技巧 I_{MAE} 为负,订正后的 MAE 大于订正前,订正后 MAE 增大,无订正效果。同理, I_{RMSE} 为正时,订正后 RMSE 减小,有订正效果; I_{ACC} 为负时,订正后 ACC 增大,有订正效果, I_{ACC} 越小(绝对值越大),订正效果越好。

1.2.2 最优时窗判别依据

对于最优时窗,本文制定最优判别依据如下:在评估期(训练期)内, I_{MAE} 非负的所有时窗中,以 I_{MAE} 最大者为最优滑动时窗;若时窗不唯一,则再考察 I_{MAE} 最大时窗的 I_{RMSE} ,以 I_{RMSE} 最大的时窗为最优;若时窗仍不唯一,进一步考察 I_{MAE} 最大且 I_{RMSE} 最大时窗的 I_{ACC} ,以 I_{ACC} 最小的时窗为最优。

2 模式 2 m 温度预报偏差特征

为考察 GRAPES-GFS 模式 2 m 温度预报性能,分季节计算 20:00 起报的各时效预报检验参数。由区域平均 MAE 和 ME 随时效的变化(图 2)可见,对于 GRAPES-GFS 模式 20:00 温度预报(简称 GFS20),广西区域的 MAE 在 2°C 左右,随时效增加而波动式增大。整体而言,MAE 及其随时效而增大的幅度冬季最大、夏季最小,春秋季节介于两者之间。在短中期时效(3~168 h,下同)内,MAE 具有明显的日变化特征:日间 MAE 明显大于夜间,最大出现在 18 h、42 h、66 h、90 h、114 h、138 h、162 h 时效,即 14:00,峰值在 $2.5\sim 3.5^{\circ}\text{C}$ 左右。夜间,MAE 的谷值出现在 3~9 h、27~33 h、51~57 h、

75~81 h、99~105 h、126 h、150 h 时效,对应于 23:00 至次日 05:00。从峰谷值的季节差异上看,MAE 的峰值春季最大、夏季最小,两者相差 0.5°C 左右;MAE 的谷值冬季最大、夏季最小,两者相差 1°C 左右。

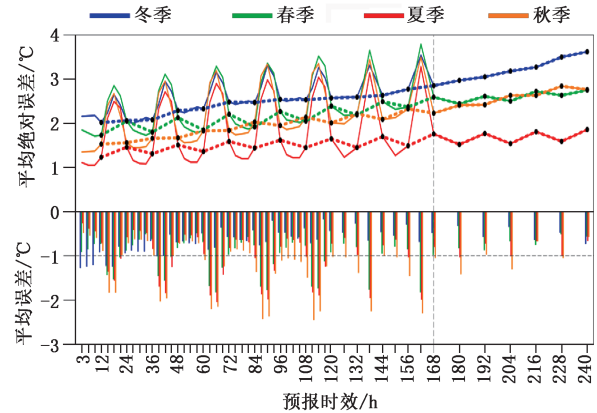


图 2 2017—2018 年 GFS20 的不同季节广西区域平均的平均绝对误差(折线,点虚线为逐 12 h 预报)及平均误差(柱状)

(GFS20 为 GRAPES-GFS 模式 20:00 温度预报,下同)

相比而言,在全时效内,广西全区平均 ME 均为负偏差,在 $-1\sim 0^{\circ}\text{C}$ 附近摆动,即温度预报整体偏低,随时效增加变化不大。在短中期时效内,ME 也有具有明显的日变化特征,ME 的最小值和最大值分别出现在午后和午夜到凌晨,分别在 -2.5°C 和 -0.5°C 左右,即预报偏低的幅度午后大于夜间。

另外,根据 MAE 和 ME 的相对大小,可以定性分析四季预报偏差中随机误差和系统误差的相对大小。结合 MAE 的日变化特征可以发现,对午后气温,模式预报四季 MAE 在 0.5°C 以内、季节差异不大,但冬季 ME 的偏差幅度明显小于其他季节,可见午后气温预报偏差在冬季随机性较大,在春夏秋季节则具有明显的系统性。对凌晨气温,除了 3~24 h 时效内 MAE 和 ME 对应关系较好,预报偏差还具有一定的系统性以外,多数时效 ME 并没有明显的季节差异,但四季 MAE 之间差异十分明显,预报偏差存在较大的随机性。

分析全区平均的 MAE、RMSE 和 ACC(图略)发现,MAE 和 RMSE 随时效的增加而逐渐增大,ACC 随时效增加而减小,且季节差异及日变化特征具有很好的一致性:RMSE 冬季最大、夏季最小,ACC 冬季最小、夏季最大,MAE 达到峰值(谷值)

时, RMSE 也达到峰值(谷值), ACC 为谷值(峰值), 表明当预报偏差大(小)时, 预报偏差在时间和空间上的差异较大(小)。

为进一步了解预报偏差的空间分布特征, 下面以最接近起报时的 05:00(MAE 谷值、ME 最大值)和 14:00(MAE 峰值、ME 最小值)气温预报为例进行细致分析。图 3a~d 为 GFS20 预报凌晨气温(05:00)的 ME 和 MAE 空间分布, 黑点区为超过全区平均的 MAE 相对大值区。可见, 除了沿海地区四季都出现了超过 3 °C 的 ME 正偏差区、模式预报

气温偏高外, 广西大部地区 ME 以负偏差为主, 在 $-3 \sim -1$ °C 以内。MAE 和 ME 的大值区多出现在桂北山区、左右江河谷及沿海, 上述地区预报偏差以系统偏差为主。对于午后气温(14:00, 图 3e~h), 广西大部 ME 四季均为负偏差、预报以偏低为主, ME 的正偏差区只出现在来宾金秀(大瑶山)、玉林容县(大容山)及防城港上思(十万大山)等地。MAE 和 ME 的大值区(系统性偏差区)集中出现在桂北山区以及左右江河谷, 其中在桂林、贺州、柳州北部、河池及百色等地 ME 可低至 -3 °C 以下。

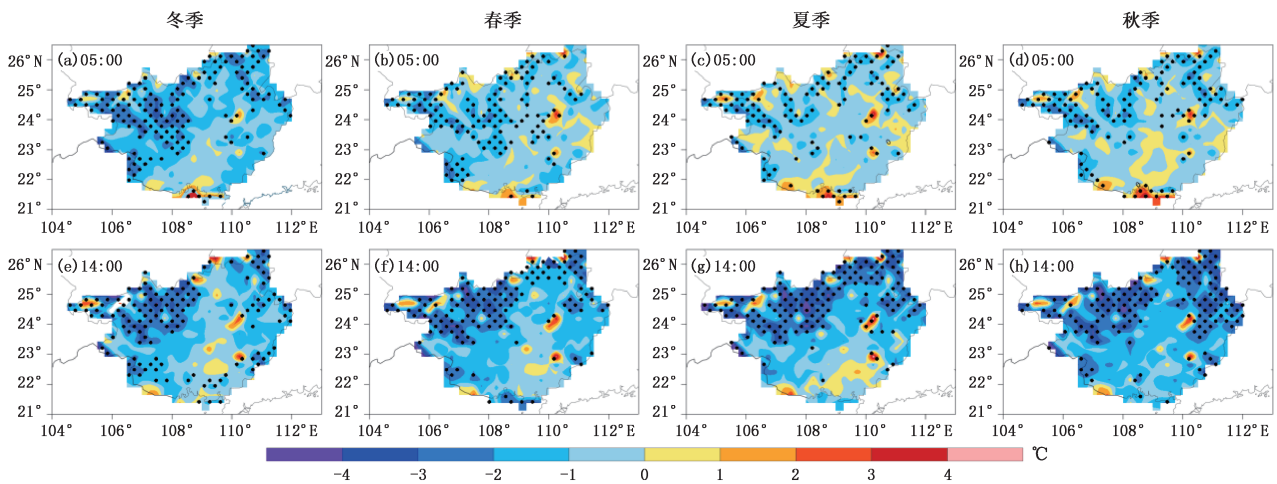


图 3 GFS20 9 h 预报(次日 05:00)(a~d)和 18 h 预报(次日 14:00)(e~h)的四季平均误差分布
(黑点代表超过全区平均值的平均绝对误差, 单位: °C)

GFS20 其他时效预报的午后和凌晨气温偏差的大值区分布与 9 h 和 18 h 基本一致, 时效越长、偏差幅度越大。GFS08 对起报日的次日 05:00 和当日 14:00 温度预报的偏差分布(图略)与 GFS20 相似, ME 偏低的幅度及 MAE 超过全区平均值的范围较小, 四季之间差异的情况与 GFS20 一致。

3 滑动订正方案订正效果分析

本文以 1 d、2 d、3 d、4 d、5 d、10 d、15 d、30 d、60 d 为基础, 根据训练期或时窗选择方式的不同, 制定 2 种滑动订正方案:

(1) 方案 A: 固定时窗订正。即分别以各基础时窗对所有时效进行滑动平均订正, 没有训练期, 各订正方式分别简称为 1 d、2 d、3 d、4 d、5 d、10 d、15 d、30 d、60 d 订正。以此方案订正 3~240 h 时效(3 h 至 10 d)预报产品, 需要存储的历史资料长度最少

10 d、最多 70 d。

(2) 方案 B: 季节最优时窗订正、月份最优时窗订正(分别简称为 SN 订正、MO 订正)。训练期为 2017-01-01 至 2017-12-31(1 年)。即订正前需判定训练期内各季节(月份)的最优时窗, 订正时则根据起报时所处的季节(月份), 选择对应的最优时窗进行订正。本方案设计主要基于模式预报系统性误差的季节特征或月际特征, 与方案 A 相比, 需要累积存储订正开始前至少 1 年的历史预报和实况资料。

图 4 为订正前后 2018 年四季的预报准确率 ACC、图 5 为订正后 2018 年四季的各时窗平均绝对误差订正技巧 I_{MAE} 。由图可见, 滑动时窗越长、订正效果越好, 订正效果在 15 d 以后趋于稳定, 且春夏秋 3 季午后的订正效果都好于夜间。冬季, GFS20 预报 ACC 在 50% 左右, 在 3~24 h 时效所有滑动订正方式均有订正效果, 其余时效只有 30 d 订正、60 d

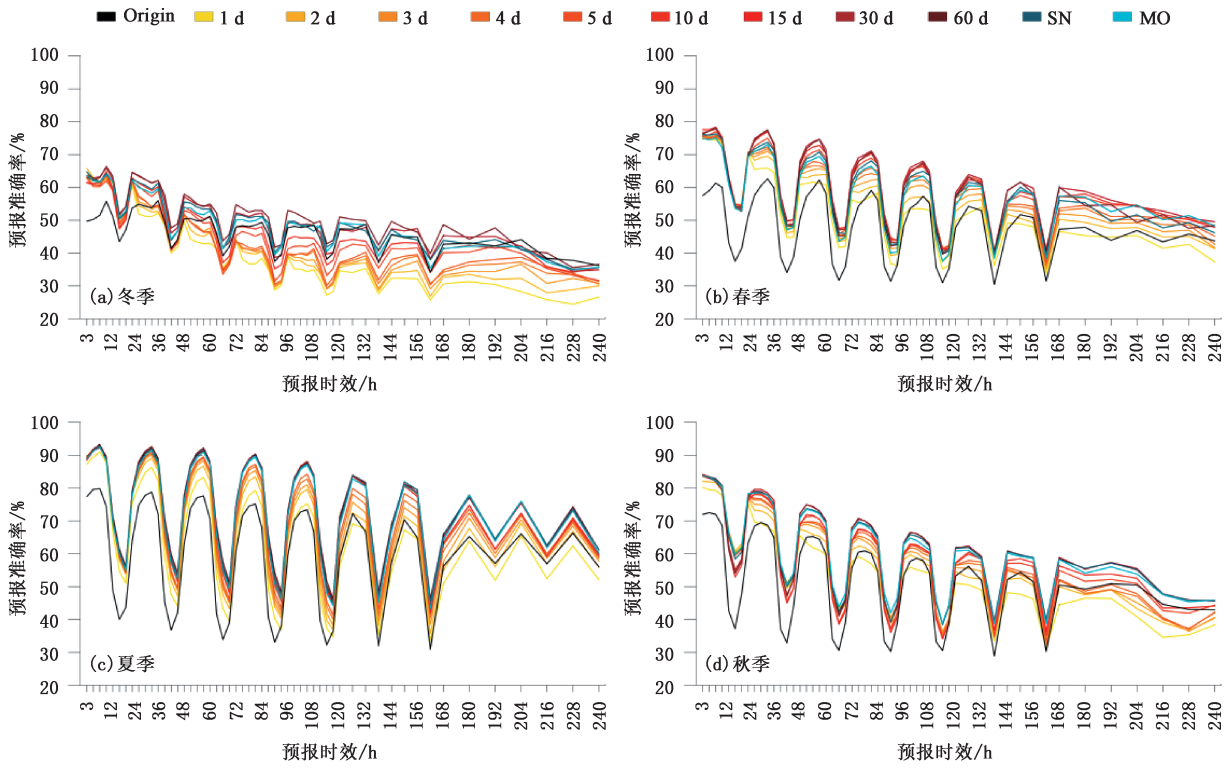


图 4 订正前(Origin)与订正后的 2018 年冬季(a)、春季(b)、夏季(c)、秋季(d)的预报准确率 ACC
 (1 d、2 d、...、60 d 为固定时窗订正;SN 为季节最优时窗订正;MO 为月份最优时窗订正,下同)

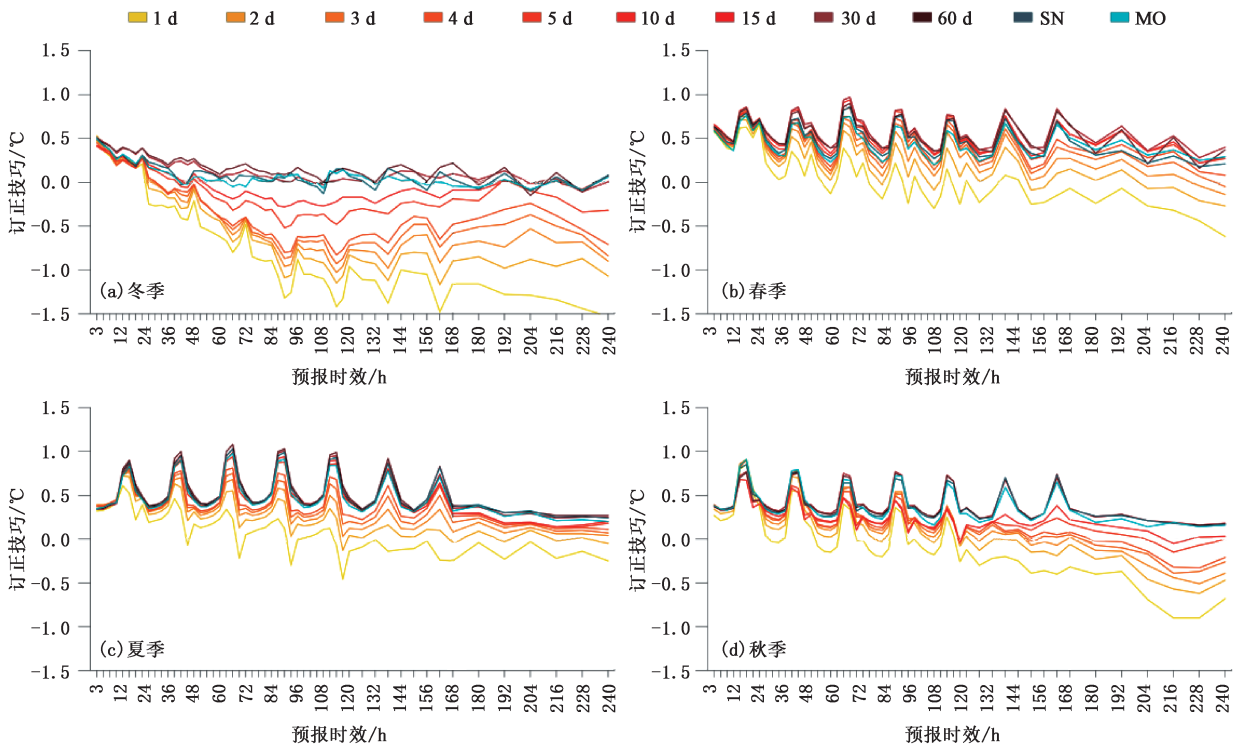


图 5 订正后的 2018 年冬季(a)、春季(b)、夏季(c)、秋季(d)的平均绝对误差订正技巧 I_{MAE}

订正、SN 订正和 MO 订正这 4 种方法具有订正效果,但订正效果十分有限, I_{MAE} 在 $0\sim 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 附近摆动,ACC 提高 $5\%\sim 10\%$ 。夏季,各滑动订正方式中,除短时窗 1 d 订正外均有订正效果。其中,方案 A 长时窗($\geq 15\text{ d}$)订正(15 d、30 d 和 60 d 订正)和方案 B 的订正效果最佳, I_{MAE} 在 $0.5\sim 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右,随时效增加没有明显变化, I_{ACC} 约为 $-20\%\sim -10\%$,滑动订正能使夏季午后 ACC 提高到 60% 左右,夜间 ACC 提高到 90% 以上,这几种订正方式的效果比较接近。

春秋季节,滑动订正效果介于夏季与冬季之间。除了秋季 12~24 h 时效的方案 A 短时窗订正方案(1~5 d 订正)和 MO 订正的效果较好外,春秋季节多数时效的 15~60 d 订正、SN 订正和 MO 订正的效果最优。其中,15~60 d 订正的订正效果在春季稍好于 SN 订正和 MO 订正,但在秋季这几种订正方式的订正效果相当。

由上述分析可见,利用滑动订正方案 A 和方案 B,均可以不同程度地降低预报偏差。结合前述的预报偏差分析结果可知,在预报误差以系统性为主的春夏秋三季,订正效果最佳,滑动订正效果在短中期时效有明显的日变化特征、午后订正技巧高于夜间。在多数时效中,滑动时窗越长、订正效果越好,15~60 d 订正、SN 订正和 MO 订正的订正效果好于其它方案,SN 订正与 MO 订正的订正效果差异不大。

4 最优滑动方案订正效果分析

从上述分析可见,长时窗(15~60 d)订正、SN 订正和 MO 订正对 GFS20 多数时效预报有较好的订正效果,但滑动时窗的最优除了与滑动时窗的选择有关,还和训练期、评估期的长短有密切关系,利用方案 A 和 B 中的任一订正方式并不能稳定地在所有时效、所有时段中获得最优的订正效果。因此,为使滑动订正效果稳定,本文制定的最优时窗滑动订正方案,是在滑动时窗订正方案 A 和 B 的基础上,通过一段时间的训练(评估),在训练期内选定最优时窗再用于实际订正。在实际订正中,训练期为每个起报时的前 N 天,订正时所用的滑动时窗,为训练期 N 天内评估挑选的最优时窗。例如,若设置训练期为 5 d,订正前需对起报时前 5 d 内的所有滑动订正结果进行评估,选择订正效果最优的时窗作

为当前起报时的最优订正时窗。由于训练期的时间长度固定、时间不固定,此方案的最优时窗是动态的。训练期长度 N 的确定,成为最优时窗滑动订正方案的关键环节。与订正方案 A 和 B 相比,本方案需要存储训练期内所有滑动方案的订正场,耗费一定存储空间。

为了排除训练期长短对订正效果的影响,寻找适用于 GRAPES-GFS 模式广西本地 2 m 温度预报的训练期,本文分别将 N 设置为 1、5、10、15、30、60、90 进行考察(各训练期订正分别简称为 Dyn1、Dyn5、...、Dyn60、Dyn90 订正),通过评估各训练期的订正效果确定合适的训练期 N 。

从订正后的 I_{MAE} (图 6)来看,最优滑动方案订正效果明显,随训练期延长, I_{MAE} 增大,订正效果在 30 d 训练期后基本稳定。除了短训练期($\leq 15\text{ d}$)在冬季 I_{MAE} 为负、没有订正效果以外,Dyn30、Dyn60、Dyn90 订正在四季均有订正效果。从 60 d 订正、SN 订正、MO 订正和 Dyn30 订正在 2018 年全年的订正效果(图 7a)来看,这 4 种订正方式的订正效果十分接近, I_{MAE} 相差不到 $0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$,ACC 相差不到 2% (表略),60 d 订正在各时效中的表现最佳。但在业务运行的试验阶段(2020 年,图 7b),60 d 订正的效果最差,多数时效的 I_{MAE} 为负、没有订正效果,SN 订正与 MO 订正的效果几乎一致,Dyn30 订正的效果最好。由此可见,实际订正中采用 30 d 训练期的最优滑动订正方案(Dyn30 订正),可以在不同滑动方案的基础上稳定地提高预报准确率,达到最优时窗滑动的目的。

5 结论

本文通过 GRAPES-GFS 模式对广西 2 m 温度的预报偏差特征分析,确定了模式预报存在系统偏差的事实,并进一步通过活动时窗长度的方法,设计不同的方案,制定最优时窗滑动订正方案,得到如下结论:

(1) GRAPES-GFS 模式对广西区域 2 m 温度的预报系统性偏低,随着时效增加,预报偏差增大。日间气温的预报偏差明显大于夜间,午后气温的预报偏差在春夏秋 3 季以系统偏差为主、在冬季以随机偏差为主,四季凌晨气温的预报偏差在多数时效有较大随机性;在空间分布上,系统性偏差主要出现在桂北山区、左右江河谷及沿海。

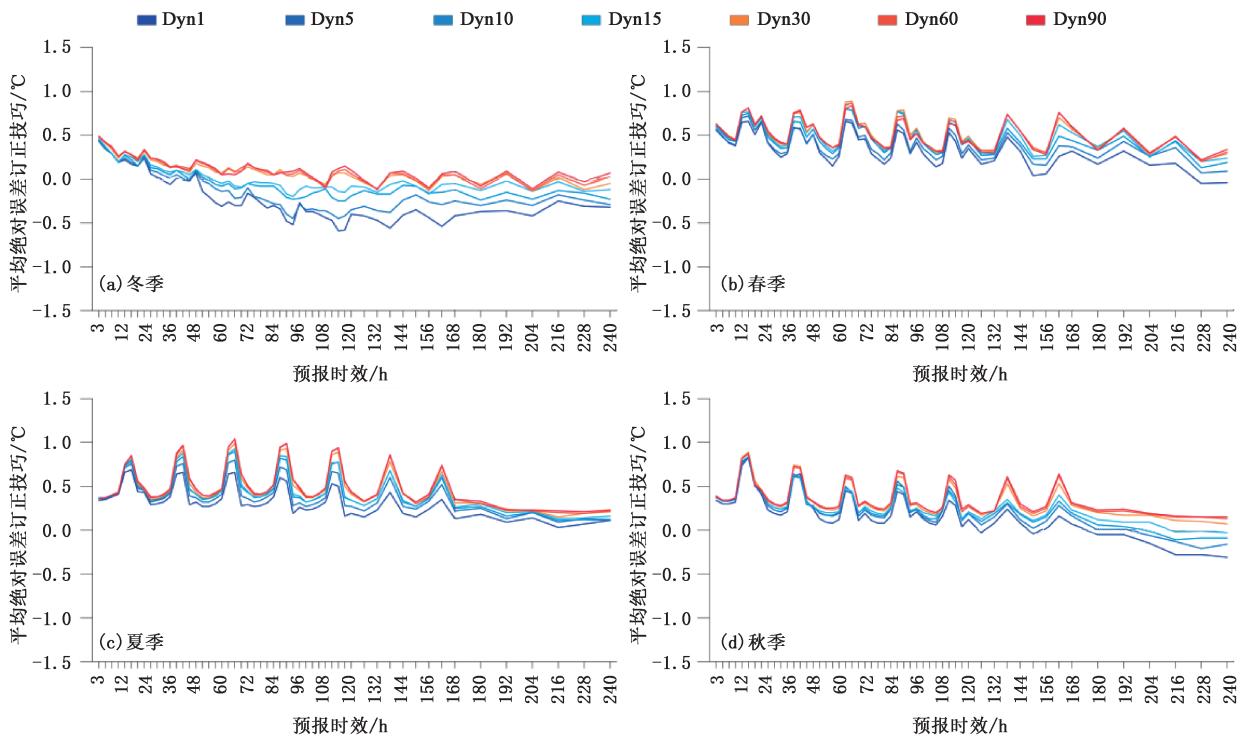


图 6 经过最优时窗滑动订正方案不同训练期订正的 2018 年冬季(a)、春季(b)、夏季(c)、秋季(d)平均绝对误差订正技巧 I_{MAE} (Dyn1、Dyn5、…、Dyn90 分别表示滑动时窗的训练期分别为 1 d、5 d、…、90 d,下同)

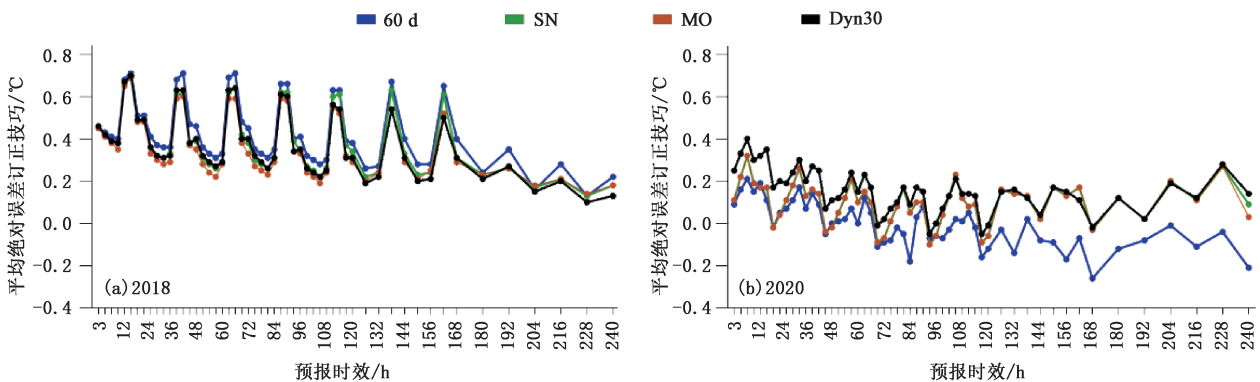


图 7 经过固定 60 d 订正、SN 订正、MO 订正和 Dyn30 订正的 2018 年(a)、2020 年(b)平均绝对误差订正技巧 I_{MAE}

(2)采用滑动平均的固定时窗订正、季节最优订正和月份最优订正方案,可以不同程度地减少 GRAPES-GFS 模式的预报误差、提高预报准确率。在预报误差以系统性为主的春夏秋 3 季,滑动订正效果明显好于冬季,午后订正技巧高于夜间。与其他滑动方式相比,15~60 d 订正、季节最优时窗订正和月份最优时窗订正的效果最优。

(3)所制定的最优时窗滑动平均订正方案建立在对训练期内不同滑动订正方式订正效果评估的基

础上,它可以在不同滑动方案的基础上稳定地提高预报准确率,达到最优时窗滑动的目的。

参考文献

- [1] 丑纪范. 为什么要动力-统计相结合?——兼论如何结合[J]. 高原气象,1986,5(4):367-372.
- [2] 任宏利,丑纪范. 统计-动力相结合的相似误差订正法[J]. 气象学报,2005,63(6):988-993.
- [3] 罗菊英,周建山,同永财. 基于数值预报及上级指导产品的本地气温 MOS 预报方法[J]. 气象科技,2014,42(3):443-450.

- [4] 陆如华,何于班.卡尔曼滤波方法在天气预报中的应用[J].气象,1994,20(9):41-43.
- [5] 梁立为,尹洁,马振富,等.三种非线性回归逐时气温预报比较订正[J].气象科技,2015,43(6):1116-1120.
- [6] 陈优平,陆琛莉,李云泉.基于 GFS 产品和卡尔曼滤波的嘉兴市温度客观预报[J].气象科技,2009,37(2):141-144.
- [7] 李生艳,高安宁.广西中短期极端温度客观预报方法研究[J].气象研究与应用,2008,29(2):30-31+45.
- [8] 韩慎友.基于卡尔曼滤波方法的精细化气温格点预报[C]//中国气象学会.第 33 届中国气象学会年会 S8 数值模式产品应用与评估.中国气象学会,2016:11.
- [9] 何珊珊,李妍君,李向红.模式距平积分订正法对广西区域 EC-MWF 地面 2m 温度预报的订正效果评估[J].气象研究与应用,2018,39(3):11-16+34.
- [10] 王强,张骁,王起唤.基于 EC 细网格产品对怀化地区日最高气温的预报及订正分析[J].贵州气象,2016,40(5):32-37.
- [11] 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.
- [12] 盛春岩,范苏丹,荣艳敏,等.几种气温客观预报方法对比及最优集成预报研究[J].气象,2020,46(10):1351-1361.

Moving Average of Optimal Time-Window Method For 2 m Temperature Forecast Correction of GRAPES-GFS

HE Shanshan LAN Ying QI Yunfeng

(Guangxi Meteorological Observatory, Nanning 530022)

Abstract: Using GRAPES-GFS forecast data and temperature observation data of Guangxi regional automatic weather stations during 2017—2018, errors of the 2 m temperature forecast of the GRAPES-GFS model over Guangxi are analyzed. It is found that the 2 m temperature forecast of the GRAPES-GFS model is lower than the observation in Guangxi. Forecast errors increase with the forecast time and regularly appear in the mountain areas in the northern Guangxi, Zuojiang, Youjiang river valley, and coastal areas. The temperature forecast error at noon is systematic in spring, summer and autumn but the errors at noon in winter and that at night in all seasons are random. To develop the optimal time-window of the moving average method, we compare different moving average solutions with the unfixed time-windows and verify its improvement with the trial correction products of the optimal time-window moving average method during 2020. Results show that the moving average solutions of fixed time-window, optimal seasonal time-window, and monthly optimal time window are all effective in spring, summer, and autumn. The correction skill is higher at noon than that at night. Among all the solutions, fixed long time-window (15 to 60 d) solution, seasonal optimal time-window solution and monthly optimal time-window solution are more effective. Running optimal time-window method based on different moving average solutions can steadily improve the 2 m temperature forecast.

Keywords: GRAPES-GFS; temperature forecast; time-window; moving average method