

王婧,徐枝芳,范广洲,等. 2015. GRAPES-RAFS 系统 2 m 温度偏差订正方法研究. 气象, 41(6): 719-726.

GRAPES_RAFS 系统 2 m 温度偏差 订正方法研究^{*}

王 婧^{1,2} 徐枝芳² 范广洲¹ 刘佩廷^{1,2} 李泽椿²

1 成都信息工程学院大气科学学院, 成都 610225
2 国家气象中心, 北京 100081

提 要: 本文通过对 2013 年 6 月 20 日至 7 月 20 日 GRAPES(Global and Regional Assimilation and Prediction System)_RAFS(Rapid Analysis and Forecast System)系统每天 8 个时次每 3 h 的 2 m 温度预报进行分析,发现各时次的预报均能较好地地表征 2 m 温度日变化特征,但预报与实况存在一定的偏差,其中西藏东部川西高原、云贵高原、江南武夷山脉偏低于实况可达 3℃,而华北地区偏高于实况 3℃ 以上。为了减小 GRAPES_RAFS 系统偏差对 2 m 温度预报的影响,本文采用平均法、双权重平均法、滑动平均法和滑动双权重平均法分别对 GRAPES_RAFS 系统 2 m 温度预报产品进行偏差订正,并对订正前后的结果进行检验分析和对比。结果表明:2 m 温度订正后的平均误差大部地区减小到(−1~1℃),而均方根误差大部地区降低到 2.5℃ 内。对于偏差较大地区,订正效果更为明显,如西藏东部川西高原,经过订正,平均误差绝对值由订正前 3℃ 以上降低到 1℃ 内,而 RMSE 由订正前 4℃ 以上控制到 3℃ 内。对比四种订正方法,双权重订正方法与平均法订正整体效果接近,但对个别站点,双权重订正法要优于平均法,经过滑动的订正方法比无滑动的订正方法订正效果更好,订正效果最好的是滑动双权重平均法,全国平均误差大部分在(−0.5~0.5℃)内,不超过(−1~1℃)的范围。

关键词: GRAPES_RAFS, 偏差订正, 双权重, 滑动平均, 2 m 温度

中图分类号: P456 **文献标志码:** A **doi:** 10. 7519/j. issn. 1000-0526. 2015. 06. 006

Study on Bias Correction for the 2 m Temperature Forecast of GRAPES_RAFS

WANG Jing^{1,2} XU Zhifang² FAN Guangzhou¹ LIU Peiting^{1,2} LI Zechun²

1 College of Atmospheric Sciences, Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610225
2 National Meteorological Centre, Beijing 100081

Abstract: The 8-times daily 3 h forecast of the 2 m temperature forecast of GRAPES_RAFS (Global and Regional Assimilation and Prediction System_Rapid Analysis and Forecast System) during the period from 20 June to 20 July in 2013 is analyzed in this paper. It is found that the forecast can show the diurnal variation of the 2 m temperature fairly well, but, some deviations exist between the forecast and the observation. For instance, the forecasted values are 3℃ lower on average than the observation in Western Sichuan Plateau in eastern Tibetan, Yungui Plateau and Wuyi Mountains, but 3℃ higher than the observations in North China. In order to diminish the influence from those deviations, bias correction is conducted by mean method, biweight method, moving mean method and moving-biweight method respectively. The values before and after the bias correction are analyzed and compared. The results show that the average error is reduced to (−1~1℃) in most regions while the RMSE (root mean square error) is less than 2.5℃.

^{*} 公益性行业(气象)科研专项(GYHY201106044)和国家自然科学基金项目(41275105)共同资助
2014 年 9 月 18 日收稿; 2015 年 3 月 10 日收修定稿
第一作者:王婧,主要从事数值模式应用研究. Email:xxwnwj@126.com
通信作者:徐枝芳,主要从事资料同化及数值模式研究. Email:zhifang@cma.gov.cn

The bias correction is more effective in areas with larger deviations like Western Sichuan Plateau in eastern Tibetan where the absolute of the average error is reduced from above 3°C to within 1°C and the RMSE is reduced from above 4°C to within 3°C . Comparing the four methods of bias correction, we see that the bi-weight method is generally as effective as the mean method, but it works better than the mean method at some particular sites. The moving methods are more effective than the non-moving methods. The moving-biweight method is the most effective method, which can reduce the average error down to be within $(-0.5-0.5^{\circ}\text{C})$ in most area of China and no larger than $(-1-1^{\circ}\text{C})$.

Key words: GRAPES_RAFS, bias correction, biweight, moving mean, 2 m temperature

引 言

随着数值预报、计算机能力及大气探测技术的迅速发展,国内外发展了多套快速更新循环同化预报系统。1994 年美国环境预报中心 NCEP 开发的快速更新循环(Rapid Update Cycle,简称 RUC)预报系统率先进入业务运行(Benjamin et al,2004),其提供的预报产品在航空气象预报和临近预报中起到重要的指导作用(Benjamin et al,2009)。近 10 年,我国气象工作者将多种探测资料充分利用,发展适应于我国的快速更新同化预报系统,试验结果表明:快速更新循环同化技术的应用对我国中尺度数值模式短时临近预报能力有所提高(陈葆德等,2013;陈敏等,2010;陈子通等,2010;郝民等,2011;姜晓曼等,2014;雷蕾等,2012;王叶红等,2011;徐枝芳等,2013)。

由于初值场的不确定性、模式的不完美及大气的混沌性造成了数值模式预报的不确定性,一般模式系统都可能存在一定的系统性偏差。一方面观测资料、背景信息的不确定性和同化过程会造成初始误差,而另一方面由于大气运动又是个连续复杂的非线性过程,模式对动力机制的描述有限,不能完全准确,模式也有可能因此造成系统性模式误差。闵晶晶(2014)、魏东等(2010)对 BJ-RUC 系统地面要素预报进行评估,结果表明预报产品存在误差。随着社会的发展,各行各业对气象服务的需求越来越多,要求也越来越高,期望气象部门能提供在时间和空间更为精细、预报更为准确的天气预报产品,数值预报产品在天气预报中发挥着越来越重要的支撑作用。2 m 温度预报的准确性对于人民的生活、农业生产有着重要的影响,因此提高 2 m 温度的预报非常重要。马清等(2008)等使用卡尔曼滤波的自适应误差订正方法对不同预报中心的区域集合预报模式

的 2 m 温度预报进行订正,订正后各项检验指标改善。随后,李莉等(2011)、邱学兴等(2012)、佟华等(2014)使用卡尔曼滤波误差订正方法分别对 T213 全球集合预报系统和 T639 模式预报系统的 2 m 温度预报进行订正,订正后效果显著。Hagedorn 等(2008)采用非齐次高斯回归(NGR)方法对北美 2 m 温度概率预报进行订正研究。Alexander 等(2009)研究指出 NGR 在较短训练期情况下可以有效校准 2 m 温度。王敏等(2012)对国家气象中心区域集合预报系统的 2 m 温度采用 NGR 技术进行订正后,表现出更好的预报技能。李佰平等(2012)分别用多元线性回归和多时效消除偏差平均等订正方法对欧洲中期天气预报中心确定性预报模式的温度预报进行订正。徐枝芳等(2013)使用双权重平均法订正 2 m 温度背景场,取得了很好的订正结果。林春泽等(2009)指出超级集合预报的权重系数随着预报时间后移逐渐失效,采用滑动训练期,权重系数随时间变化,则有可能进一步改善集合效果。David 等(2005)用滑动平均(Running Average)方法进行误差订正,该方法对系统偏差有明显的减小。

本文通过对 2013 年 6 月 20 日至 7 月 20 日 GRAPES_RAFS 系统每天 8 个时次每 3 h 预报的 2 m 温度预报进行特征分析,然后采用平均法、双权重法、滑动平均法和滑动双权重平均法分别对 GRAPES_RAFS 系统 2 m 温度预报产品进行偏差订正,并对订正前后的结果进行检验分析和对比,从而确定最佳订正方案,改善 GRAPES_RAFS 系统 2 m 温度预报。

1 资料和方法

1.1 资料

本文采用的资料是国家气象中心 GRAPES_

RAFS 系统 2013 年 6 月 20 日 03 时至 7 月 21 日 00 时(世界时,下同)一天 8 次每 3 h 的 2 m 温度预报场及全国 2406 个基本站相应时间的 2 m 温度观测。GRAPES-RAFS 系统是一个向前间歇性的同化分析系统,是基于中尺度模式 GRAPES-MESO 系统(薛纪善等,2008;马旭林等,2009;毛冬艳等,2014;张涵斌等,2014)发展的一个针对短临预报的系统,该系统通过不断同化分析观测资料,将多种高时空分辨率观测资料充分利用,同时该系统通过不断地进行短时预报不断更新数值预报产品。该系统同化的资料包括:探空(气压、湿度)、飞机报(温度、 u/v 风场)、地面资料(气压、湿度)、船舶资料(气压、 u/v 风场、湿度)、雷达 VAD 风、GPS/PW、FY_2E 导风。该系统每天 00 时一次冷启动,由大尺度模式 GFS 提供模式冷启动背景场做 3 h 预报,每 3 h GRAPES 模式提供 3 h 预报场作为观测资料同化分析的背景场,一天提供 8 次 24 h 数值预报的预报产品。该系统模式水平分辨率 $0.15^{\circ} \times 0.15^{\circ}$,预报范围($15^{\circ} \sim 65^{\circ} \text{N}$ 、 $70^{\circ} \sim 145^{\circ} \text{E}$),覆盖了整个中国区域,水平格点数为 502×330 。垂直方向为基于高度的地形追随坐标,取不等距 31 层。主要物理过程包括:SAS(Simplified Arakawa Schubert)积云参数化、NCEP 简化冰微物理过程、Monin-Obukhov 近地面层方案、RRTM(Rapid Radiative Transfer Model)长波辐射、Dudhia 短波辐射、Slab 的陆面过程、MRF 边界层过程等。

试验分析观测资料采用全国 2412 个基本站 2 m 温度观测资料,在对观测资料进行筛选(剔除缺测率 $>5\%$ 的站点)后,保留了 2406 个站。通过双线性插值法将模式输出的 2 m 温度预报产品插值到观测站点。

1.2 方法

本文使用的订正方法包括:平均法、双权重法、滑动平均法和滑动双权重平均法,方法介绍如下。

(1) 平均法(Mean),根据每个测站的观测增量 $Mean_k^{o-b} = \sum_n T_{k,n}^o - T_{k,n}^b$ 分别对各站预报进行订正。 $T_{k,n}^o$ 为观测 2 m 温度, $T_{k,n}^b$ 为插值到站点的预报温度,其中 k 为站点序号, n 为观测时次。

式中, $T_{k,n}^{b,m}$ 为订正后的预报场, $T_{k,n}^b$ 为订正前预报场。

(2) 双权重平均法(Biweight Mean, BMean),

即依据观测增量 $T_{k,n}^o - T_{k,n}^b$ 的双权重平均分别对每个站的预报进行订正。双权重平均通常与平均值类似,但可以减少离群资料对平均值的影响。

$$T_{k,n}^{b,m} = T_{k,n}^b + BMean_k^{o-b}$$

$BMean_k^{o-b}$ 为第 k 个站的观测增量双权重平均,计算方法如下:

$$\omega_k^{o-b} = \frac{(T_{k,n}^o - T_{k,n}^b) - M_k^{o-b}}{7.5 \times MAD_k^{o-b}}$$

式中, M_k^{o-b} 为第 k 个测站 $T_{k,n}^o - T_{k,n}^b$ 的中位数, MAD_k^{o-b} 为相应的绝对离差中位数[即 $|(T_{k,n}^o - T_{k,n}^b) - M_k^{o-b}|$ 的中位数]。 ω_k^{o-b} 是权重,当 $\omega_k^{o-b} > 1$ 时,取 $\omega_k^{o-b} = 1$ 。每个测站 $T_{k,n}^o - T_{k,n}^b$ 的双权重平均 $BMean_k^{o-b}$ 为:

$$BMean_k^{o-b} = M_k^{o-b} + \frac{\sum_n [(T_{k,n}^o - T_{k,n}^b) - M_k^{o-b}][1 - (\omega_k^{o-b})^2]^2}{\sum_n [1 - (\omega_k^{o-b})^2]^2}$$

平均法和双权重平均法 n 值为 2013 年 6 月 20 日 03 时至 7 月 5 日 00 时的 15 d,分别计算一天 64 预报时次订正值,然后分别订正 2013 年 7 月 5 日 03 时至 21 日 00 时一日 8 次每 3 h 2 m 温度预报。

(3) 滑动平均法及滑动双权重法。徐枝芳等(2013)指出 2 m 温度具有半日周期、日周期和 15 d 周期的变化特征,因此,本文中采用 15 d 作为 2 m 温度滑动订正周期。滑动平均法和滑动双权重法则利用递推式方法计算订正值 $BMean_k^{o-b}$,计算公式中 n 固定为 15。采用前 15 d 的已知预报和观测值,计算出订正值,对当前一天预报场进行订正,以此类推,计算出 2013 年 7 月 5 日 03 时至 21 日 00 时订正后的预报场。

本文选用平均误差(DIF)和均方根误差(RMSE)进行评估和检验:

$$\text{平均误差: } DIF_n = T_n^b - T_n^o$$

$$\text{均方根误差: } RMSE = \left[\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (T_n^b - T_n^o)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

式中, T_n^o 为第 m 个时刻的站点观测值, T_n^b 为第 m 个时刻的预报值。

2 2 m 温度特征分析

首先对 2013 年 6 月 20 日至 7 月 21 日 GRAPES-RAFS 系统 2 m 温度预报产品和站点实况进行对比检验,分析 RAFS 系统 2 m 温度预报性

能,确定 2 m 温度预报是否存在系统的偏差。

分别计算 GRAPES_RAFS 系统不同起报时间不同预报时效 2 m 温度预报与实况的平均误差和均方根误差,发现不同起报时间的平均误差和均方根误差分布的主要特征基本相似,与所有时次总体的平均误差(图 1a)和均方根误差(图 1b)分布基本一致。如图 1 所示,全国均存在较大的平均误差和均方根误差。其中,西藏东部川西高原、云贵高原、江南武夷山脉 2 m 温度预报整体偏低,偏低幅度可达 -3°C 。华北地区、南疆大部分地方预报温度比实况偏高,偏高幅度在也在 3°C 以上。华南地区、四川盆地预报与实况温度之间的偏差最小,在 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 内。对比分析平均误差和均方根误差分布发现,两者分布类似,大值地区主要分布在:西藏东部川西高原、云贵高原、江南武夷山脉、华北地区。其中,西藏东部川西高原、云贵高原、江南武夷山脉的平均误差与均方根误差数值相同,而华北、南疆地区两者大小相同符号相反,其余地区均方根误差比平均误差的

数值有不同程度的增加。表明西藏东部川西高原、云贵高原、江南武夷山脉 GRAPES_RAFS 系统 2 m 温度系统偏低,而华北、南疆地区 2 m 温度系统偏高,由此可见这些地区的预报偏差是系统性的,可以通过订正的方法进行调整改善。

对每 3 h 起报一次,每次 3、6、9、12、15、18、21 和 24 h 8 个预报时效预报结果分别做平均,并与实况对比。图 2 为全国 8 个不同预报时效 2 m 预报温度(虚线)与实况(实线)日变化曲线。由图 2 可以看出,每日最高温度出现在 06 时,最低温度出现在 21 时。GRAPES_RAFS 系统可以较好地预报出 2 m 温度日变化趋势,不同预报时效的日变化曲线存在一定差异,09—12 时所有预报结果相对集中,3 和 6 h 时效对每日 18—21 时预报偏低值较大,达到 -1°C 以上,而 21 和 24 h 时效对 03—06 时预报偏高,达到 1°C ,因此需要对不同时效的不同预报时效分别进行偏差订正。

根据图 1 选取 RMSE 较大,预报比实况偏低的

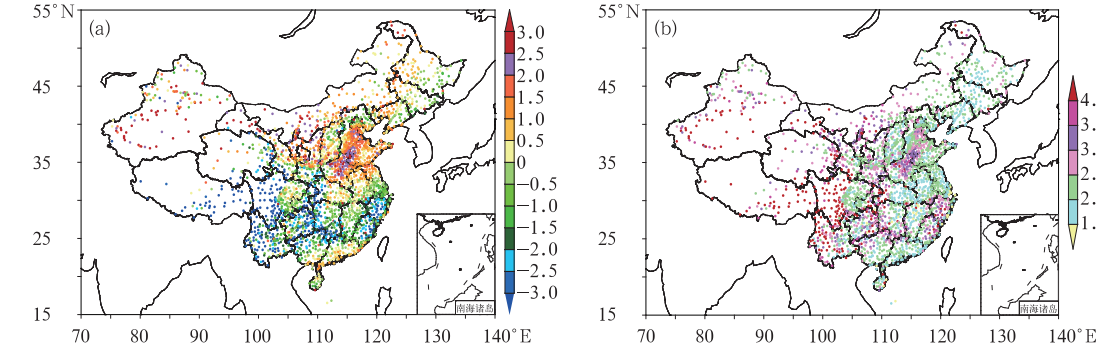


图 1 2 m 温度预报 DIF(a)和 RMSE(b)全国分布

Fig. 1 Distribution of DIF (a) and RMSE (b) for 2 m temperature forecast in China

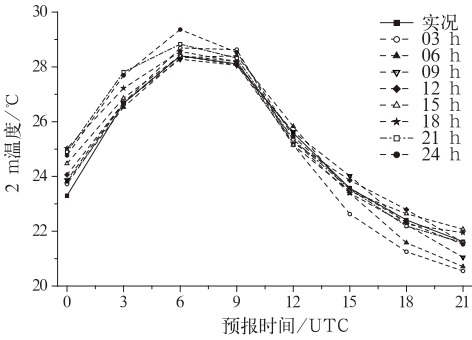


图 2 全国不同预报时效 2 m 预报

温度与实况日变化曲线

Fig. 2 Daily change of 2 m temperature forecast and observation in different forecast time lengths in China

西藏东部川西高原($21^{\circ}\sim 34^{\circ}\text{N}$, $85^{\circ}\sim 104^{\circ}\text{E}$)和预报比实况偏高的华北地区($21^{\circ}\sim 24^{\circ}\text{N}$, $111^{\circ}\sim 117^{\circ}\text{E}$)做各时效预报和实况随时间的变化曲线,时间段节选 7 月 10—15 日。如图 3 所示,对比各时效预报(虚线)与实况(实线),这两个区域的预报均能表现出与实况温度一致的变化趋势,西藏东部川西高原整体比实况温度偏低 -3°C 以上,而华北地区预报整体偏高,不同时间预报与实况偏差不一致,从 9 日起每日最低温度预报较好,而最高温度预报较差,偏高达 2°C 以上。

3 订正结果分析

图 4 为经过订正后的 GRAPES_RAFS 系统

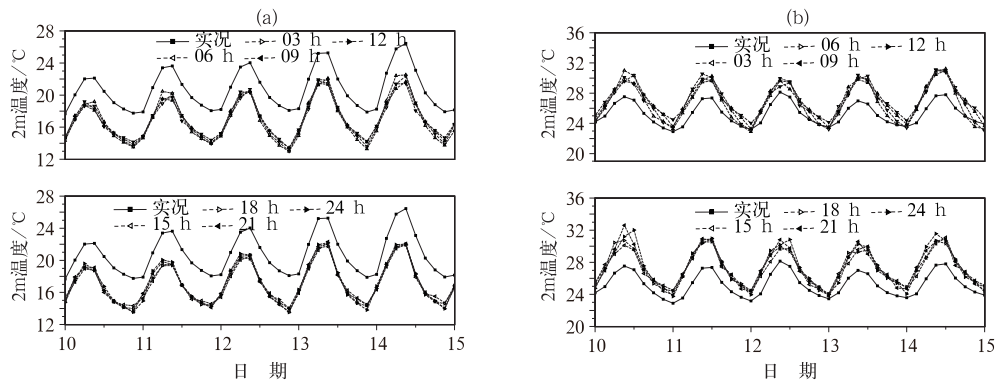


图 3 2013 年 7 月 10—15 日时效预报温度和实况随时间的变化曲线
(a)西藏东部川西高原, (b)华北地区

Fig. 3 Variation curves of 2 m temperature forecast and observation during 10 to 15 July 2013
(a) Western Sichuan Plateau in eastern Tibetan, (b) North China

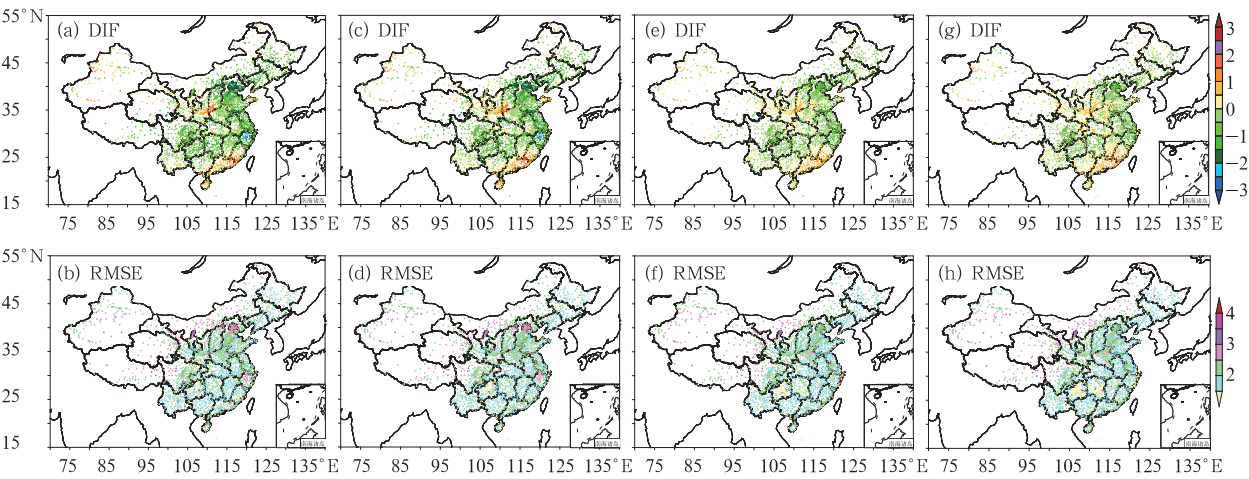


图 4 订正后的 2 m 温度预报 DIF (a, c, e, g)和 $RMSE$ (b, d, f, h)全国分布
(a, b)平均法, (c, d)双权重平均法, (e, f)滑动平均法, (g, h)滑动双权重平均法

Fig. 4 Distribution of DIF (a, c, e, g) and $RMSE$ (b, d, f, h) for 2 m temperature after bias correction in China
(a, b) mean method, (c, d) biweight method, (e, f) moving mean method, (g, h) moving-biweight method

2 m 温度预报与实况平均误差和均方根误差。对比图 4 与图 1,可以看出订正后平均误差和均方根误差均明显减小, DIF 值基本在 $(-1.5\sim1.5^{\circ}\text{C})$ 内, $RMSE$ 值降低到 2.5°C 内,全国区域的预报均有不同程度的改善。其中,双权重平均法和平均法订正效果接近,但少数站点双权重平均法订正比平均法订正后 DIF 小,且 $RMSE$ 值更小,这可能是双权重平均法中较大离群资料对平均值影响较小原因造成的结果。经过平均法和双权重平均法订正后,部分地区(如华北地区、江南地区、华南地区等)平均误差依然在 $(-1.5\sim1.5^{\circ}\text{C})$ 区间外,而经过滑动平均法和滑动双权重平均法订正后,全国平均误差均在 $(-1.0\sim1.0^{\circ}\text{C})$ 内,大范围地区的平均误差在 $(-0.5\sim0.5^{\circ}\text{C})$ 内。由 $RMSE$ 分布图可以看出,经过滑动订正, $RMSE$ 小于 2°C 的站点明显多于无滑

动的订正方法,由此可见,考虑了模式系统对不同天气系统的预报能力对 2 m 温度预报影响的滑动订正法能更有效地对 2 m 温度进行订正。

图 5 为经过订正后全国不同预报时效 2 m 温度预报与实况温度日变化曲线图。对比图 5 和图 2 可以看出,经过订正后,不同预报时效的曲线变得更为集中,非常接近实况曲线。双权重平均法比平均法订正后的预报曲线更接近实况曲线,且滑动双权重平均法订正后各个预报时效均与实况曲线基本重合。

图 6 为全国不同起报时间预报时效的 DIF 和 $RMSE$ 柱状图。如图所示,订正前不同起报时间预报时效的平均误差值大,有的时次小于 -1.0°C ,有的时次超过 1.0°C ,分布较离散,同时,均方根误差较大,大多时次在 2.5°C 以上。订正后,所有预报平均误差明显降低,均在 $\pm 1.0^{\circ}\text{C}$ 内,均方根误差也明

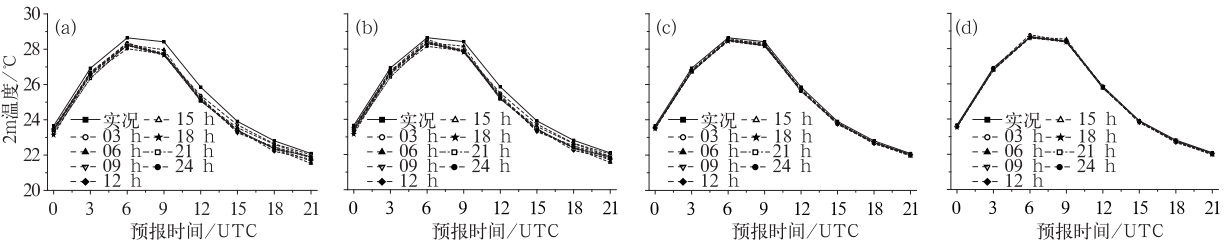


图 5 全国订正前后不同预报时效 2 m 预报温度与实况日变化曲线
(a)平均法订正, (b)双权重平均法订正, (c)滑动平均法订正, (d)滑动双权重平均法订正
Fig. 5 Daily variation curves of 2 m temperature forecast and observation after bias correction
in different forecast lengths in China
(a) mean method, (b) biweight method, (c) moving mean method, (d) moving-biweight method

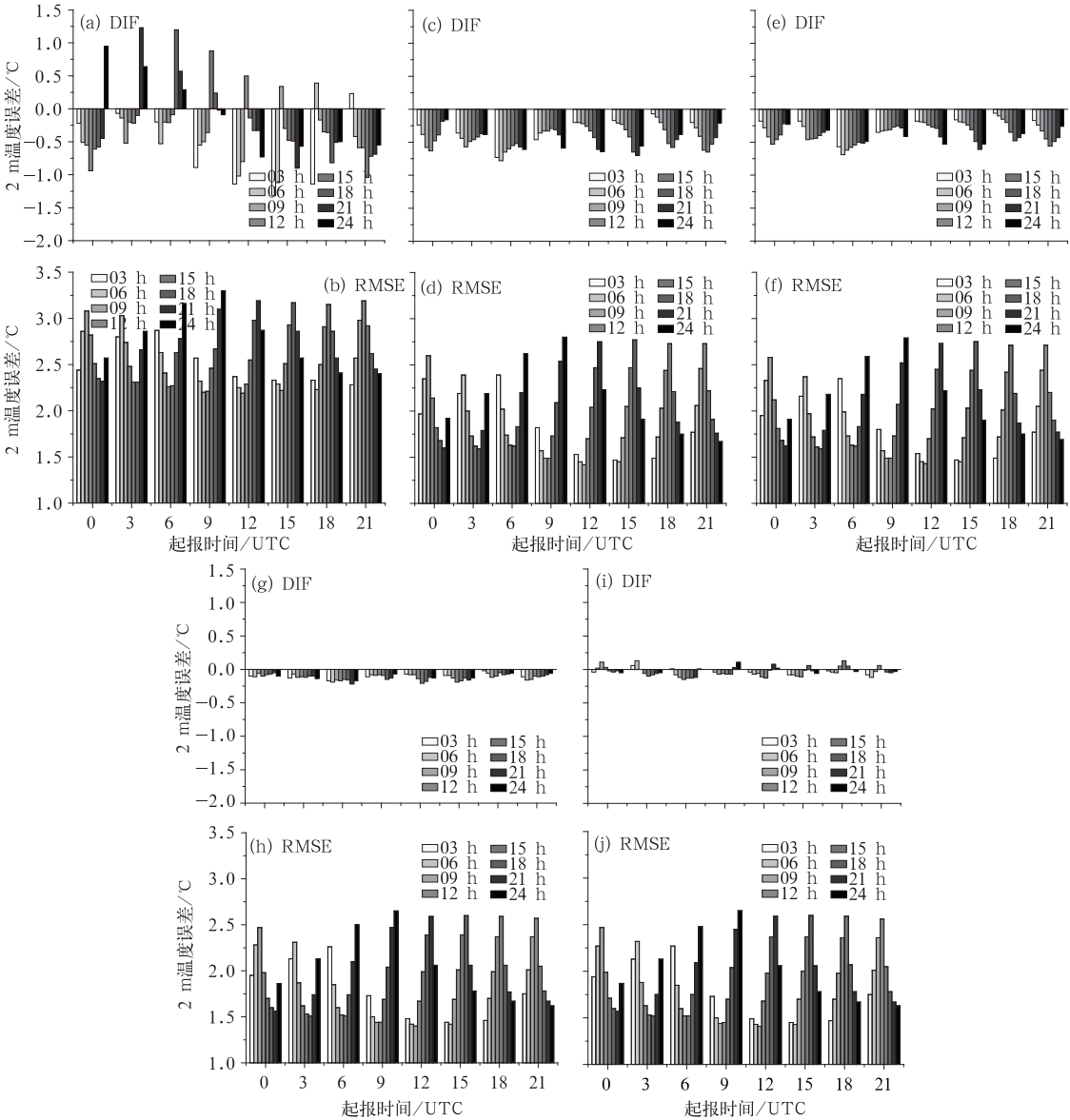


图 6 全国订正前后不同起报时间、不同预报时效 2 m 预报温度 DIF(a, c, e, g, i)和 RMSE(b, d, f, h, j)柱状图
(a, b)订正前, (c, d)平均法订正后, (e, f)双权重平均法订正后, (g, h)滑动平均法订正后, (i, j)滑动双权重平均法订正后
Fig. 6 DIF(a, c, e, g, i) and RMSE(b, d, f, h, j) histograms of 2 m temperature forecast and
observation before and after bias correction in different times in China
(a, b) before bias correction, (c, d) after bias correction by mean method, (e, f) after bias correction by biweight
method, (g, h) after bias correction by moving method, (i, j) after bias correction by moving-biweight method

显降低了 1.0℃左右。四个订正方法中,滑动双权重平均订正法平均误差和 *RMSE* 值减小得最多,*DIF* 值在 0℃附近,不超过±0.2℃,*RMSE* 均在 2.5℃以内,说明该方法最有效。

分别选取 GRAPES_RAFS 系统 2 m 温度预报比实况偏低的西藏东部川西高原(21°~34°N、85°~104°E)和预报温度比实况偏高的华北地区(21°~24°N、111°~117°E)进行订正前后的对比分析。

选取 3 h 预报时效订正前后结果与实况对比。图 7 为西藏东部川西高原实况(实线)和 3 h 预报时效订正前(点虚线)及利用四种方法订正后的平均温度(虚线)随时间的变化图。由图中可以看出,四种订正方法均对 GRAPES_RAFS 系统预报 2 m 温度有较好的改善。前 5 天滑动与非滑动订正效果几乎无差别,随着时间的推移,订正结果不同,其中利用滑动双权重平均法订正结果与实况最接近,其效果最好。选取西藏东部的林芝站 2 m 温度进行单站实况与订正前后结果对比分析(图8),发现林芝站

在订正前预报(点虚线)比实况(实线)偏低 10℃左右,订正后温度较为接近实况,其中滑动双权重平均法订正结果最好,与西藏东部川西高原地区整体结论相一致。

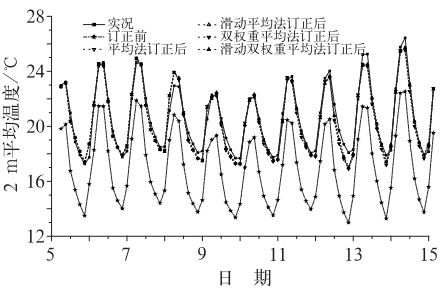


图 7 2013 年 7 月 5—15 日西藏东部川西高原实况和 3 h 预报时效订正前后平均温度随时间的变化曲线

Fig. 7 Variation curves of observation and the mean temperature of 3 h forecast with time before and after bias correction in Western Sichuan Plateau of eastern Tibetan during 5 to 15 July 2013

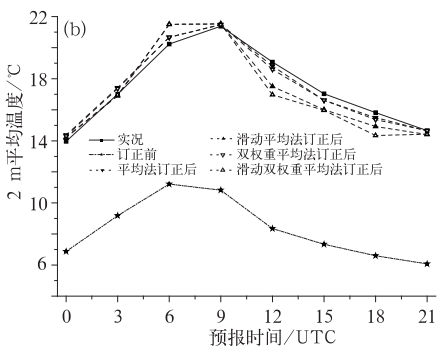
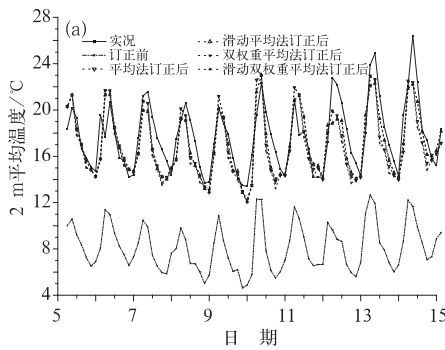


图 8 林芝站实况和 3 h 预报时效订正前后平均温度随时间的变化曲线(a)和日变化曲线(b)
Fig. 8 Variation curves (a) and daily changes (b) of observations and the mean temperature of 3 h forecast with time before and after bias correction at Linzhi Station

华北地区订正前 2 m 温度预报整体比实况温度偏高(图 3b),每日最低温度预报与实况接近,日最高温度预报与实况偏差较大,其中 7 月 9—16 日这一时间段最高温度与实况之间相差在 2℃以上,最大可达 5℃。订正后,最高温度的预报改善明显。图 9 为华北地区 3 h 预报时效订正前后 2 m 温度与实况(实线)日变化曲线对比图,由图可以看出,订正前 GRAPES_RAFS 系统预报(点虚线)最高温度比实况偏高平均 2℃,最低温度比实况偏低平均 0.5℃。订正后预报(虚线)的结果贴近实况,其中 06 和 09 时未经过滑动的订正结果比实况偏低,而滑动订正方法订正结果与实况更为一致。

4 结论和讨论

本文通过对 2013 年 6 月 20 日至 7 月 20 日 GRAPES_RAFS 系统每天 8 个时次每 3 h 的 2 m 温度预报进行特征分析,然后采用平均法、双权重法、滑动平均法和滑动双权重平均法分别对 GRAPES_RAFS 系统 2 m 温度预报产品进行偏差订正,并对订正前后的结果进行检验分析,结果分析发现:

(1) GRAPES_RAFS 系统对我国不同地区 2 m 的温度预报表现不一致,西藏东部川西高原、云贵高原、江南武夷山脉 2 m 温度系统偏低达 -3℃,华北

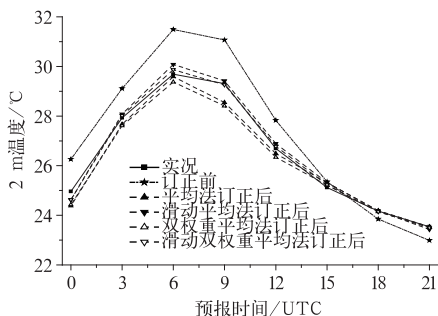


图 9 华北地区订正前后 3 h 预报时效 2 m 预报温度与实况日变化曲线

Fig. 9 Daily variation curves of 3 h 2 m temperature forecast and observation before and after bias correction in North China

地区、南疆大部分地方预报温度系统偏高达 3°C 以上, 华南地区、四川盆地预报温度与实况之间的偏差最小, 均在 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 内。

(2) GRAPES_RAFS 系统 2 m 温度预报存在系统性偏差。利用平均法, 双权重平均法, 滑动平均法和滑动双权重平均法订正后全国区域误差均明显减小, 大部地区减小到 $(-1\sim 1^{\circ}\text{C})$, 而均方根误差大部地区降低到 2.5°C 内。对于偏差较大地区, 订正效果更为明显, 如西藏东部川西高原, 经过订正, 平均误差绝对值由订正前 3°C 以上降低到 1°C 内, 而 RMSE 由订正前 4°C 以上控制到 3°C 内。由于双权重平均法有效地减小了离群资料的影响, 经过双权重平均法订正的效果比平均法订正要好, 而滑动双权重平均法订正后的 2 m 温度平均误差最小, 全国大部分区域在 $(-0.5\sim 0.5^{\circ}\text{C})$ 内, 对于 RMSE 减小得也最多, 是四个订正方法中订正效果最好。

(3) GRAPES_RAFS 系统可以较好地预报出 2 m 温度日变化趋势, 不同预报时效的日变化曲线存在一定差异, 09—12 时所有预报结果相对集中, 3 和 6 h 时效对每日 18—21 时预报偏低较大, 达到 -1°C 以上, 而 21 和 24 h 时效对 03—06 时预报偏高 1°C 。经过订正后, 不同预报时效的曲线非常贴近实况曲线。双权重平均法比平均法订正后的预报曲线更接近实况曲线, 且滑动双权重平均法订正后各个预报时效均与实况曲线基本重合。

(4) GRAPES_RAFS 系统不同时效的预报性能不一致, 虽然通过偏差订正方法, 各时次预报有所改善, 但还未充分发挥 GRAPES_RAFS 系统的预报性能, 如结合偏差订正结果建立时滞后法集合预报产品, 更好地给预报员提供产品支撑服务。

参考文献

陈葆德, 王晓峰, 李泓, 等. 2013. 快速更新同化预报的关键技术综述.

气象科技进展, 3(2): 29-35.

陈敏, 范水勇, 郑祚芳, 等. 2010. 基于 BJ-RUC 系统的临近探空及其对强对流发生潜势预报的指示能初探. 气象学报, 69(1): 181-194.

陈子通, 黄燕燕, 万齐林, 等. 2010. 快速更新循环同化预报系统的汛期试验与分析. 热带气象学报, 26(1): 49-54.

郝民, 徐枝芳, 陶士伟, 等. 2011. GRAPES-RUC 系统模拟研究及应用试验. 高原气象, 30(6): 1573-1583.

姜晓曼, 袁慧玲, 薛明, 等. 2014. 北京“7. 21”特大暴雨高分辨率模式分析场及预报分析. 气象学报, 72(20): 207-219.

雷蕾, 孙继松, 王国荣, 等. 2012. 基于中尺度数值模式快速循环系统的强对流天气分类概率预报试验. 气象学报, 70(4): 752-765.

李佰平, 智协飞. 2012. ECMWF 模式地面温度预报的四种误差订正方法的比较研究. 气象, 38(8): 897-902.

李莉, 李应林, 田华, 等. 2011. T213 全球集合预报系统性误差订正研究. 气象, 37(1): 31-38.

林春泽, 智协飞, 韩艳, 等. 2009. 基于 TIGGE 资料的地面气温多模式超级集合预报研究. 应用气象学报, 20(6): 706-712.

马清, 龚建东, 李莉, 等. 2008. 超级集合预报的误差订正与集成研究. 气象, 34(3): 42-48.

马旭林, 庄照容, 薛纪善, 等. 2009. GRAPES 非静力数值预报模式的三维变分资料同化系统的发展. 气象学报, 67(1): 50-60.

毛冬艳, 朱文剑, 樊利强, 等. 2014. GRAPES_MESO V3. 3 模式强天气预报性能的初步检验. 气象, 40(12): 1429-1438.

闵晶晶. 2014. 系统模式地面气象要素预报效果评估. 应用气象学报, 25(3): 265-273.

邱学兴, 王东勇, 陈宝峰. 2012. T639 模式预报系统误差统计和订正方法研究. 气象, 38(5): 526-532.

佟华, 郭品文, 朱跃建, 等. 2014. 基于大尺度模式产品的误差订正与统计降尺度气象要素预报技术. 气象, 40(1): 66-75.

王敏, 李晓莉, 范广洲, 等. 2012. 区域集合预报系统 2 m 温度预报的校准技术. 应用气象学报, 23(4): 395-401.

王叶红, 彭菊香, 公颖, 等. 2011. AREM-RUC3h 快速更新同化预报系统的建立与实时预报对比检验. 暴雨灾害, 30(4): 296-304.

魏东, 尤凤春, 范水勇, 等. 2010. 北京快速更新循环预报系统 (BJ-RUC) 模式探空质量评估分析. 气象, 36(8): 72-80.

徐枝芳, 郝民, 朱立娟, 等. 2013. GRAPES_RAFS 系统研发. 气象, 39(4): 466-477.

薛纪善, 陈德辉, 等. 2008. 数值预报系统 GRAPES 的科学设计与应用. 北京: 科学出版社, 67-76.

张涵斌, 陈静, 智协飞, 等. 2014. GRAPES 区域集合预报系统应用研究. 气象, 40(9): 1076-1087.

Alexander K, Wittmann C, Wang Y. 2009. Calibrating 2 m temperature of limited-area ensemble forecasts using high resolution analysis. Mon Wea Rew, 137: 3373-3387.

Benjamin S G, Devenyi D, Weygandt S, et al. 2004. An hourly assimilation-forecast cycle; The RUC. Mon Wea Rev, 132: 495-518.

Benjamin S G, Moninger W R, Weygandt S S, et al. 2009. Technical review of rapid refresh/RUC Project, NOAA/ESRL/GSD internal review.

David J S, Nusrat Y. 2005. Bias-corrected short-range ensemble forecasts of near surface variables. Meteor Appl, 12: 217-230.

Hagedorn R, Hamil T M, Whitaker J S. 2008. Probabilistic forecast calibration using ECMWF and GFS ensemble reforecasts. Part I: Temperature. Mon Wea Rew, 136: 2608-2619.

Xu Zhifang, Wang Y, Fan G Z. 2013. A two-stage quality control method for 2-m temperature observations using biweight means and a progressive EOF analysis. Mon Wea Rev, 141(2): 798-808.