

夏凡,李昌义,刘诗军. 基于垂直温度梯度对 WRF - RUC 模式山东 2 m 温度订正研究[J]. 干旱气象, 2018, 36(1): 64 - 69, [XIA Fan, LI Changyi, LIU Shijun. Research on Revision of 2 m Temperature Forecasted by WRF - RUC Model in Shandong Based on Vertical Temperature Gradient [J]. Journal of Arid Meteorology, 2018, 36(1): 64 - 69], DOI:10.11755/j.issn.1006-7639(2018)-01-0064

## 基于垂直温度梯度对 WRF - RUC 模式 山东 2 m 温度订正研究

夏凡,李昌义,刘诗军

(山东省气象科学研究所,山东 济南 250031)

**摘要:**为了减小观测站实际地形高度与对应模式地形高度的差异给 2 m 预报温度带来的误差,基于垂直温度梯度设计两种订正方案:第 1 种方案假定整层大气温度垂直梯度为  $-0.0065\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{m}^{-1}$ ;第 2 种方案计算了距离观测站实际地形高度最近的两层模式温度间的垂直梯度。利用两种方案对天气与预报快速更新循环(简称 WRF - RUC)模式 2016 年 10—12 月山东逐日 2 m 预报温度进行订正并对比订正前后的预报效果,对高度差异最大的泰山站 2 m 预报温度的订正效果进行研究。结果表明:(1)山东大部分观测站的实际地形高度与对应模式地形高度差异较小,导致两种方案订正效果不明显;(2)对泰山站 2 m 预报温度的订正,第 1 种方案在预报前期有正效果,在预报后期出现负效果;第 2 种订正方案在整个预报时段呈现正效果;(3)WRF - RUC 模式 2 m 预报温度存在负的系统偏差,导致第 1 种方案在预报后期对泰山站 2 m 预报温度的订正存在负效果,第 2 种方案有效克服了逆温影响,对泰山站 2 m 预报温度的订正效果更优。

**关键词:**WRF - RUC; 2 m 温度; 地形高度; 垂直温度梯度; 泰山

**文章编号:**1006 - 7639(2018)01 - 0064 - 06 DOI:10.11755/j.issn.1006 - 7639(2018) - 01 - 0064

**中图分类号:**P457.3

**文献标志码:**A

### 引言

天气预报在农业生产、交通运输、体育赛事等行业的服务保障中发挥着越来越重要的作用,社会公众希望气象部门能提供更及时、更精确的预报产品,数值天气预报模式的不断升级满足了这一日益增长的需求。然而数值模式对气象要素的预报依然存在误差<sup>[1-2]</sup>,通过改进动力框架<sup>[3]</sup>、完善物理参数化方案<sup>[4]</sup>可以一定程度上消除预报误差,但这也加大了模式的计算成本。因此,根据误差特征研发一些经验性的后处理方法来消除模式产品的预报误差很有必要。

模式系统误差是预报误差的主要来源<sup>[5]</sup>,国内外学者通常使用回归方法对模式预报产品进行订正,常用的回归法包括非齐次高斯回归<sup>[6-7]</sup>、logistic 回归<sup>[8-9]</sup>、多元线性回归<sup>[10-11]</sup>。回归方法的训练期

需要较长时间稳定的模式结果做统计分析,而模式的频繁升级很难满足这种要求,因此各业务中心目前更多采用自适应的卡尔曼滤波法<sup>[12]</sup>,此方法通过加权上一时次的预报误差与当前时次的预报误差滚动计算当前时次的预报误差,仅需较短时间序列的模式结果计算出较为稳定的系统偏差。在国内,马清等<sup>[13]</sup>率先利用卡尔曼滤波法订正了 5 个气象中心的区域集合预报模式 2 m 温度;李莉等<sup>[14]</sup>、邱学兴等<sup>[15]</sup>先后用此方法对国家气象中心 T213 集合预报系统与 T639 预报系统的 500 hPa 高度、850 hPa 温度与 2 m 温度进行订正,结果显示该方法表现为正的订正效果;随后王丹等<sup>[16]</sup>将这一方法用于陕西省精细化温度预报产品,取得了较好的订正效果。

模式的预报误差还受地形影响,地形差异造成下垫面受热不同,影响大气和地面之间热量与水汽的交换<sup>[17]</sup>,进而影响模式预报结果。佟华等<sup>[18]</sup>研

收稿日期:2017 - 04 - 27; 改回日期:2017 - 10 - 18

基金项目:山东省气象局青年基金项目(2017SDQN08)、山东省气象科学研究所数值天气预报应用技术开放研究基金(SDQXKF2015M04)和山东省气象局面上项目(2016sdqxm08)共同资助

作者简介:夏凡(1986—),男,工程师,从事数值天气预报与模式数据质控工作. E-mail:xf0718@126.com。

究指出地形差异是造成模式 2 m 预报温度误差的重要原因。PERSSON<sup>[19]</sup> 利用卡尔曼滤波法改善了实际地形高度与模式地形高度差异较大的观测站近地面要素的预报效果。然而卡尔曼滤波法没有明确的物理意义。基于此,为了消除地形高度差异给模式预报结果带来的误差,本文利用温度的垂直梯度设计 2 种订正方案,对 2016 年 10—12 月 WRF-RUC 模式每天 08:00(北京时,下同)起报的逐小时预报结果进行精细化订正,以期提高 WRF-RUC 模式 2 m 温度的预报效果。

## 1 模式与资料

### 1.1 模式简介

2008 年山东省气象科学研究所从中国气象局北京城市气象研究所引进 BJ-RUC<sup>[20]</sup> 模式,后经改造升级。目前该模式每天在 08:00 与 20:00 进行两次冷启动,由全球模式 T639 提供背景场,每天发布 24 次滚动预报,每次同化最新时次的观测资料,包括常规观测站、自动观测站、常规探空、飞机报与 GPS/MET 等数据,前一起报时次的 1 h 预报场做为下一起报时次资料同化分析的背景场,每次提供预报时效为 24 h 的模式产品。模式模拟区域的中心经纬度为 107.5°E、36.5°N,双层嵌套网格,外、内网格格距分别为 27 km 和 9 km,对应网格数分别为 211×175 和 283×229。垂直方向基于地形追随坐标,取不等距 51 层。模式具体的物理参数方案设计如表 1 所示。

表 1 WRF-RUC 模式物理方案设计

Tab.1 Physical scheme specification of WRF-RUC model

物理方案	具体设计
微物理过程方案	WSM 6-class 方案
长波辐射方案	rrtmg 方案
短波辐射方案	rrtmg 方案
地表过程方案	Monin-Obukhov 方案
陆面过程方案	Noah 方案
边界层方案	YSU 方案
积云对流参数化方案	Betts-Miller-Janjic 方案

### 1.2 资料

观测资料采用中国气象局国家气象信息中心下发的地面气象要素报文资料,从中提取山东 123 个常规气象观测站 2 m 温度整点观测数据。预报资料采用 WRF-RUC 模式每日 08:00 起报的预报时效

为 24 h 逐小时预报场,从第 2 层网格数据中提取 2 m 温度并插值到山东 123 个常规气象观测站。

## 2 订正方案与检验方法

### 2.1 订正方案简介

为了消除观测站实际地形高度与对应模式地形高度的差异给 2 m 预报温度带来的误差,基于温度梯度提出两种订正方案。

第 1 种方案:假定整层大气温度垂直梯度为  $-0.0065 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{m}^{-1}$ <sup>[21]</sup>,计算观测站实际地形高度与对应的模式地形高度差值,根据温度梯度与高度差,对 WRF-RUC 模式 2 m 预报温度进行订正,公式如下:

$$T_{\text{rvs}} = T_{\text{mod}} + T_{\text{GRD}} \times (H_{\text{obs}} - H_{\text{mod}}) \quad (1)$$

式中: $H_{\text{obs}}$ 、 $H_{\text{mod}}$  分别表示观测站的实际地形高度与对应的模式地形高度; $T_{\text{GRD}}$  表示垂直温度梯度,取  $-0.0065 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{m}^{-1}$ ;  $T_{\text{mod}}$ 、 $T_{\text{rvs}}$  分别表示订正前后模式 2 m 预报温度。

第 2 种方案:对于实际地形高度高于模式地形高度的观测站,计算与其实际地形高度距离最近的两模式层间的温度梯度,利用实际地形高度与其之上的模式层高度计算高度差;对于实际地形高度低于等于模式地形高度的观测站,计算最低的两模式层间的温度梯度,利用实际地形高度与对应的模式地形高度计算高度差。根据温度梯度和高度差对 WRF-RUC 模式 2 m 预报温度进行订正。具体公式如下:

$$T_{\text{rvs1}} = T_{\text{up}} - \left[ \frac{T_{\text{up}} - T_{\text{down}}}{L_{\text{up}} - L_{\text{down}}} \right] \times (L_{\text{up}} - H_{\text{obs}}) \quad H_{\text{obs}} > H_{\text{mod}} \quad (2)$$

$$T_{\text{rvs2}} = T_{\text{mod}} - \left[ \frac{T_{\text{bot2}} - T_{\text{bot1}}}{L_{\text{bot2}} - L_{\text{bot1}}} \right] \times (H_{\text{mod}} - H_{\text{obs}}) \quad H_{\text{obs}} \leq H_{\text{mod}} \quad (3)$$

式中:当实际地形高度高于模式地形高度时, $T_{\text{rvs1}}$  表示订正后的 2 m 预报温度; $T_{\text{up}}$ 、 $T_{\text{down}}$  分别表示距离实际地形高度最近的上、下两层模式温度; $L_{\text{up}}$ 、 $L_{\text{down}}$  分别表示距离实际地形高度最近的上、下两层模式高度。当实际地形高度低于等于模式地形高度时, $T_{\text{rvs2}}$  表示订正后的 2 m 预报温度; $T_{\text{bot2}}$ 、 $T_{\text{bot1}}$  分别表示次低层、最低层模式温度; $L_{\text{bot2}}$ 、 $L_{\text{bot1}}$  分别表示次低层、最低层的模式高度。

### 2.2 检验方法

选用均方根误差(root mean square error,简称 RMSE)和相对误差(relative error,简称 RE)对订正前后的 WRF-RUC 模式山东 2 m 预报温度进行检

验,公式如下:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (T_i^f - T_i^o)^2}{n}} \quad (4)$$

$$RE_i = T_i^f - T_i^o \quad (5)$$

式中: $T_i^f$ 、 $T_i^o$  分别表示  $i$  个常规观测站 ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) 对应的模式预报与观测的 2 m 温度; $n$  表示常规观测站的总站数, $n = 123$ 。

### 3 全省 2 m 预报温度的订正效果

图 1 为订正前后 WRF - RUC 模式山东逐小时 2 m 预报温度的平均 RMSE。可以看出,第 1 种方案订正的 2 m 预报温度平均 RMSE 略小于未订正的 2 m 预报温度,有正订正效果;第 2 种方案订正的 2 m 预报温度平均 RMSE 大部分预报时效略大于未订正 2 m 预报温度的 RMSE,有负的订正效果。两种方案的订正效果均不明显。

图 2 为山东 123 个常规观测站的实际地形高度与对应模式地形高度的差值。可以看出,大部分观测站的高度差值分布在  $[-50 \text{ m}, 50 \text{ m}]$  区间,有 9 个站点分布在  $[-100 \text{ m}, -50 \text{ m}]$  区间,2 个站点分布在  $[-150 \text{ m}, -100 \text{ m}]$  区间,1 个站点分布在  $[50 \text{ m}, 100 \text{ m}]$  区间,泰山站的差值最大,实际地形高度高于模式地形高度达 1 000 m。大部分观测站实际地形高度与模式地形高度差异不大,因此两种方案对 WRF - RUC 模式山东 2 m 预报温度的订正效果不明显。

图 3 为实际地形高度低于等于及高于对应模式

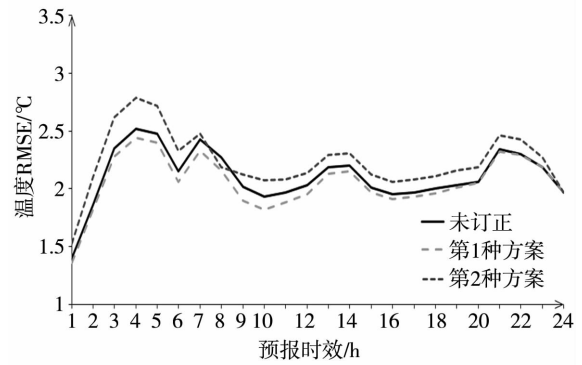


图 1 2016 年 10—12 月 WRF - RUC 模式山东逐小时 2 m 预报温度订正前后的平均 RMSE

Fig. 1 The revised and unrevised mean RMSE of 2 m forecast temperature from WRF - RUC model in Shandong Province from October to December in 2016

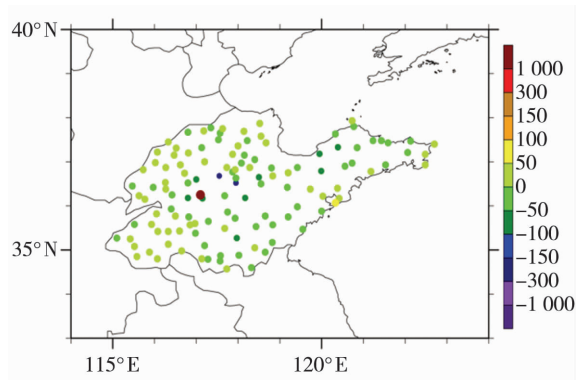


图 2 山东 123 个常规气象观测站实际地形高度与 WRF - RUC 模式地形高度的差值 (单位:m)

Fig. 2 The difference between observed terrain height and WRF - RUC model terrain height of 123 observation stations in Shandong Province (Unit:m)

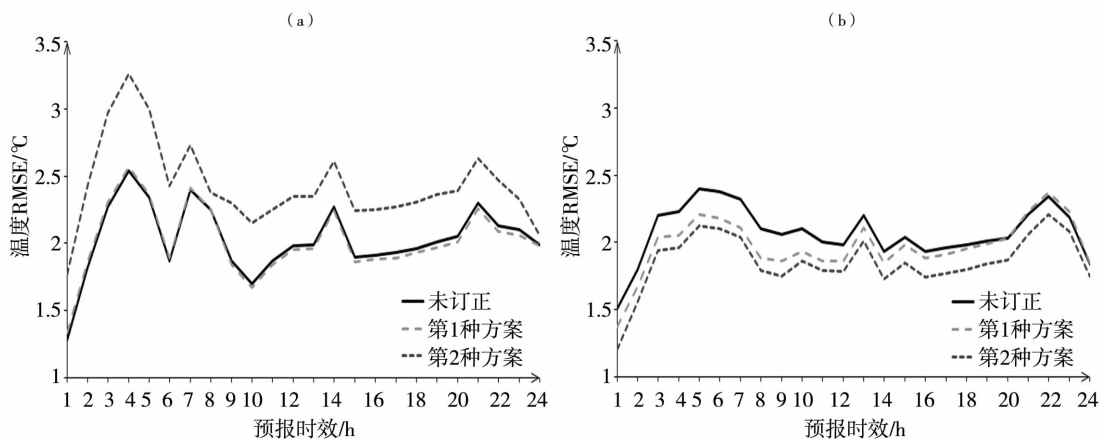


图 3 2016 年 10—12 月山东观测站实际地形高度低于等于(a)、高于(b)模式地形高度时 WRF - RUC 模式 2 m 预报温度订正前后的平均 RMSE

Fig. 3 The revised and unrevised mean RMSE of 2 m forecast temperature from WRF - RUC model when observed terrain height is lower than or equal to (a) and higher than (b) model terrain height in Shandong Province from October to December 2016

地形高度的山东观测站 WRF-RUC 模式 2 m 预报温度逐小时平均 RMSE。实际地形高度低于等于、高于对应模式地形高度的观测站数分别为 64 和 59 个。对于实际地形高度低于等于模式地形高度的站点,未订正与第 1 种方案订正的 WRF-RUC 模式山东 2 m 温度预报效果大致相同,第 2 种方案订正的 2 m 预报温度平均 RMSE 明显高于未订正与第 1 种订正方案,大部分预报时效高 0.3 °C;对于实际地形高度高于模式地形高度的站点,第 2 种方案对 WRF-RUC 模式山东 2 m 预报温度订正效果最好,在各个预报时效的平均 RMSE 均小于未订正与第 1 种订正方案。

第 2 种方案对 WRF-RUC 山东 2 m 预报温度的订正存在负效果,主要原因是其对实际地形高度低于等于模式地形高度的观测站 2 m 预报温度订正效果不好。这些观测站在实际地形分布中多处于谷地,彭贤安等<sup>[22]</sup>观测研究发现,受辐射影响,山谷中容易出现逆温多中心现象。因此,利用最低两层的模式温度计算的梯度不适用于这些站点 2 m 温度的订正。同时利用第 1 种方案的温度梯度对这类站点的订正效果也不明显。

#### 4 泰山站 2 m 预报温度订正效果

两种方案对预报温度的订正效果不明显的主要原因是大部分观测站的实际地形高度与模式地形高度差异不大。选取高度差异最大的泰山站,分析两种方案对其 2 m 预报温度的订正效果。

图 4 为订正前后 WRF-RUC 模式泰山站 2 m 预报温度逐小时的平均 RE。订正前泰山站 2 m 预报温度的平均 RE 在预报前期为 5~7 °C,主要是由于泰山站实际地形高度远高于模式地形高度,达 1 000 m 以上,导致模式预报的 2 m 温度明显高于观测值。随着预报时效的延长,平均 RE 有变小的趋势。经过第 1 种方案订正的泰山站 2 m 预报温度的平均 RE 在预报前期明显减小,维持在 -2~0 °C,随着预报时效的延长,平均 RE 的绝对值不断增大,在最后几个预报时效平均 RE 绝对值大于订正前的平均 RE。第 2 种方案订正的泰山站 2 m 预报温度的平均 RE 主要分布在 -2~2 °C 之间,在各个时效平均 RE 的绝对值均小于未订正的 2 m 预报温度 RE。与第 1 种方案相比,第 2 种方案对泰山站 2 m 预报温度的订正效果较为稳定。

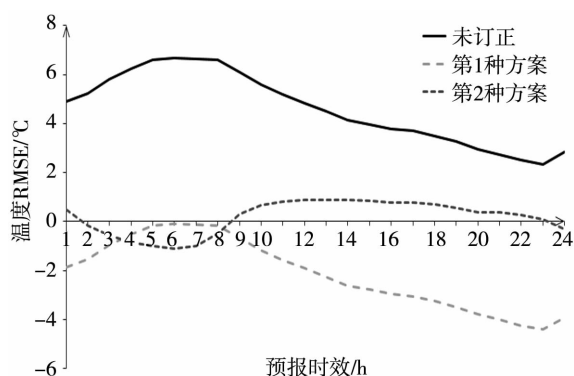


图 4 2016 年 10—12 月 WRF-RUC 模式泰山站 2 m 预报温度订正前后的平均 RE  
Fig. 4 The revised and unrevised mean RE of 2 m forecast temperature from WRF-RUC model Mount Tai station in Shandong Province from October to December in 2016

由上述分析可知,未经订正的泰山 2 m 预报温度,平均 RE 的绝对值随着预报时效延长有减小趋势。邱学兴等<sup>[15]</sup>指出,T639 模式 2 m 温度在北半球大部分地区存在负的系统误差,且随着预报时效的延长而增大,WRF-RUC 利用 T639 模式数据作为背景场,所以模拟出的 2 m 温度也会存在负的系统误差。未订正的泰山站 2 m 预报温度的平均 RE 由高度差引起的正误差与模式系统负误差叠加而成,随着预报时效延长负误差不断增大,二者相互抵消,使得未订正的泰山站 2 m 预报温度的平均 RE 不断变小,在预报后期的绝对值小于预报前期;同时第 1 种方案订正的泰山站 2 m 温度在预报后期的平均 RE 绝对值大于未订正的泰山站 2 m 预报温度平均 RE 绝对值。第 2 种方案利用距离泰山站距离最近且在其之上的模式层温度对 2 m 预报温度进行订正,因此受 2 m 温度模式系统误差影响较小。

第 2 种方案对泰山站的订正效果优于第 1 种方案,还有一点原因是其克服了逆温天气带来的影响。当逆温天气出现时,基于第 1 种方案时 2 m 预报温度减去的温度差值要大于实际的差值。选取离泰山站较近的章丘探空站,分析 2016 年 12 月 30 日 20:00 与 31 日 08:00 章丘站的  $T-\ln P$  图(图 5),可以看出 850 hPa 以下大气存在逆温。从 WRF-RUC 模式 12 月 30 日泰山站低层温度梯度(图 6)可以看出,傍晚后泰山温度梯度为正,出现逆温。两种方案订正的泰山站 2 m 预报温度的 RE 显示,逆温出现后的预报时段,第 2 种方案订正的 2 m 温度的 RE 绝对值明显小于第 1 种方案。

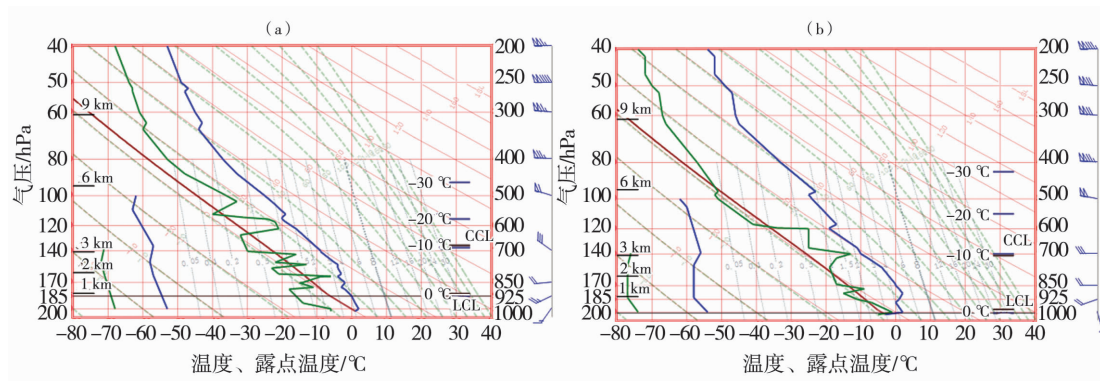


图5 2016年12月30日20:00(a)、31日08:00(b)章丘站 $T-\ln P$ 图

(蓝色实线表示温度-气压曲线,绿色实线表示露点温度-气压曲线,棕色实线表示干绝热等位温线)

Fig. 5  $T-\ln P$  diagram of Zhangqiu station at 20:00 BST on 30 (a) and 08:00 BST on 31 (b) December in 2016

(The blue solid line for temperature - pressure curve, green solid line for dew point temperature - pressure curve, and brown solid line for dry adiabatic equipotential temperature curve)

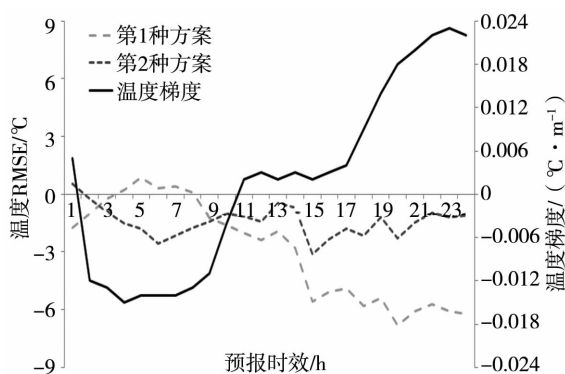


图6 2016年12月30日WRF-RUC模式泰山站低层温度垂直梯度与两种方案订正后的2 m 预报温度的RE

Fig. 6 The vertical temperature gradient of low layers and the revised RE of 2 m temperature from WRF-RUC model by using the two schemes at Mount Tai station on 30 December in 2016

## 5 结论

(1) 山东大部分观测站实际地形高度与对应的模式地形高度差异不大,分布在区间 $[-50\text{ m}, 50\text{ m}]$ ,这是两种方案对2 m 预报温度订正效果不显著的主要原因;对于实际地形高度低于等于模式地形高度的观测站,利用最低两层的模式温度计算的梯度不适用于这些站点2 m 温度的订正,这使得第2种方案对2 m 预报温度的订正出现负效果。

(2) 对于泰山站2 m 预报温度的订正,第1种方案在预报前期有正效果,预报后期的平均RE的绝对值大于未订正的泰山站2 m 预报温度RE,出现负效果;第2种方案订正后的泰山站2 m 预报温度在整个预报时段的平均RE绝对值都小于未订正的

2 m 预报温度RE,订正效果较第1种方案更为稳定。

(3) WRF-RUC模式泰山站2 m 预报温度存在负的系统误差,导致第1种方案在预报后期对泰山站2 m 预报温度的订正出现负效果,第2种方案受2 m 预报温度负的系统误差影响较小;同时第2种方案消除了逆温给温度订正带来的影响,对泰山站2 m 预报温度的订正效果优于第1种方案。

## 参考文献:

- [1] 穆穆,陈博宇,周非凡,等. 气象预报的方案与不确定性[J]. 气象,2011,37(1):1-13.
- [2] 阎晶晶. 系统模式地面气象要素预报效果评估[J]. 应用气象学报,2014,25(3):265-273.
- [3] 杨学胜,胡江林,陈德辉,等. 全球有限区数值预报模式动力框架的试验验证[J]. 科学通报,2008,53(20):2418-2423.
- [4] 梅海霞,沈新勇,王卫国,等. 双参数微物理方案在WRF单柱模式中的模拟检验和对比研究[J]. 高原气象,2015,34(4):890-909.
- [5] ZOLTAN T, ZHU Y, MARCHOK T. The use of ensembles to identify forecasts with small and large uncertainty[J]. Weather & Forecasting, 2001, 16(4):463-477.
- [6] HAGEDORN R, HAMILL T M, WHITAKER J S. Probabilistic forecast calibration using ECMWF and GFS ensemble reforecasts. part I: two-meter temperature [J]. Monthly Weather Review, 2008, 136:2608-2619.
- [7] 王敏,李晓莉,范广洲,等. 区域集合预报系统2 m 温度预报的校准技术[J]. 应用气象学报,2012,23(4):395-401.
- [8] HAMILL T M, WHITAKER J S, WEI X. Ensemble reforecasting: improving medium-range forecast skill using retrospective forecasts [J]. Monthly Weather Review, 2004, 132(6):1434-1447.
- [9] HAMILL T M, WHITAKER J S. Probabilistic quantitative precipitation forecasts based on reforecast analogs: Theory and application [J]. Monthly Weather Review, 2006, 134(11):3209-3229.
- [10] 林春泽,智协飞,韩艳,等. 基于TIGGE资料的地面气温多模式

- 超级集合预报研究[J]. 应用气象学报, 2009, 20(6): 706 - 712.
- [11] 李佰平, 智协飞. ECMWF 模式地面温度预报的四种误差订正方案的比较研究[J]. 气象, 2012, 38(8): 897 - 902.
- [12] KALMAN R E. A new approach to linear filtering and prediction problems[J]. Transactions of the ASME - Journal of Basic Engineering, 1960, 82: 35 - 45.
- [13] 马清, 龚建东, 李莉, 等. 超级集合预报的误差订正与集成研究[J]. 气象, 2008, 34(3): 42 - 48.
- [14] 李莉, 李应林, 田华, 等. T213 全球集合预报系统性误差订正研究[J]. 气象, 2011, 37(1): 31 - 38.
- [15] 邱学兴, 王东勇, 陈宝峰. T639 模式预报系统误差统计和订正方案研究[J]. 气象, 2012, 38(5): 526 - 532.
- [16] 王丹, 黄少妮, 高红燕, 等. 递减平均法对陕西 SCMOC 精细化温度预报的订正效果[J]. 干旱气象, 2016, 34(3): 575 - 583.
- [17] STULL R B. 边界层气象学导论[M]//徐静琦, 杨殿荣, 译. 青岛: 青岛海洋大学, 1991: 1 - 21.
- [18] 佟华, 姚明明, 王雨, 等. T213L31 全球中期数值天气预报系统 2 m 温度预报误差源分析[J]. 气象, 2006, 32(2): 52 - 57.
- [19] PERSSON A. Kalman filtering: a new approach to adaptive statistical interpretation of numerical meteorological forecast [C]//Lectures and papers presented at the WMO training workshop on the interpretation of NWP products in terms of local weather phenomena and their verification. Wageningen: WMO, 1991: 27 - 32.
- [20] 郑祚芳. RUC 产品在一次强降水预报中的应用分析[J]. 气象, 2008, 34(增刊1): 85 - 88.
- [21] 盛裴轩, 毛节泰, 李建国, 等. 大气物理学[M]. 北京: 北京大学出版社, 2003: 122 - 165.
- [22] 彭贤安, 蒋燕霞, 温玉朴. 山谷辐射逆温多中心现象的分析[J]. 环境保护科学, 1984, 10(2): 9 - 15.

## Research on Revision of 2 m Temperature Forecasted by WRF - RUC Model in Shandong Based on Vertical Temperature Gradient

XIA Fan, LI Changyi, LIU Shijun

(Shandong Meteorological Scientific Institution, Ji'nan 250031, China)

**Abstract:** Based on vertical temperature gradient, two schemes were designed to reduce the forecast error originated from the difference between observed terrain height and model terrain height. The first scheme was on basis of a hypothesis that the vertical temperature gradient of the whole atmospheric layer is  $-0.0065\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{m}^{-1}$ , while the vertical temperature gradient was calculated between the two model layers which were closer to the observed terrain height, and it was utilized by the second method. These two schemes were used to make revision on day - to - day 2 m forecast temperature of WRF (weather research and forecast) - RUC (rapid update cycle) model during the period from October to December in 2016 in Shandong. The revised and unrevised 2 m forecast temperature of WRF - RUC model were compared and some research work was focused on 2 m forecast temperature at Mount Tai station. The results were as follows: (1) The difference between observed terrain height and model terrain height in most of observing stations in Shandong was so small that revision effect of two schemes was unnoticeable. For stations with observed terrain height being lower than or equal to model terrain height, the RMSE calculated by the second scheme was significantly greater than that calculated by the unrevised and the first scheme, so the revision effect of the second method was negative. (2) The revision effect on Mount Tai 2 m forecast temperature of the first schemes was positive in former forecast period, while it was negative in later forecast period, and that of the second method was positive in the whole forecast period. The relative error of 2 m forecast temperature at Mount Tai station revised by the second method maintained between  $-2$  and  $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ . (3) The negative systematic deviation of WRF - RUC on 2 m temperature caused negative revision effect in later forecast period by using the first scheme, the second scheme was more skillful on Mount Tai 2 m forecast temperature revision because it diminished the influence of temperature inversion.

**Key words:** WRF - RUC; 2 m temperature; terrain height; vertical temperature gradient; Mount Tai