

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

BJ-RUC 系统模式地面气象要素预报效果评估

闵晶晶¹⁾²⁾*

¹⁾(北京市气象服务中心, 北京 100089) ²⁾(中国气象局北京城市气象研究所, 北京 100089)

摘 要

利用自动气象站逐小时地面观测资料, 采用客观检验方法对北京市气象局快速更新循环预报(BJ-RUC)系统在 2008—2010 年 5—9 月的预报结果进行检验, 初步评估了 BJ-RUC 系统对地面气象要素的业务预报性能。结果表明: BJ-RUC 系统对地面气象要素预报与实况的变化趋势有很好的一致性。其中, 2 m 温度预报整体偏高, 误差范围为 $-1.5 \sim 1.5 \text{ }^\circ\text{C}$, 早上和傍晚偏大, 正午偏小; 2 m 相对湿度的预报整体偏低, 误差为 $-25\% \sim 0$, 白天偏大, 夜间偏小; 10 m 风速预报明显偏大, 午后尤为显著, 误差为 $0.6 \sim 1.2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$; 6 h 累积降水的晴雨预报效果较好, TS 评分可达到 0.4。系统在初始起报时次的稳定性较差, 从第 3 个起报时次开始逐渐稳定, 但预报误差随着预报时效的增长逐渐增大, 12 h 内的预报误差较小, 预报结果较可靠, 在短时临近预报中具有参考价值。

关键词: BJ-RUC 系统; 客观检验; 地面气象要素

引 言

随着数值预报技术和探测技术的不断发展, 观测资料的时空分辨率有了很大提高。目前, 国际上广泛使用的数值预报模式的快速更新循环(RUC)同化和预报系统^[1], 可有效利用各种常规和非常规气象资料进行同化, 为数值模式提供高质量的初始场, 同时在高分辨率数值模式的基础上进行精细化数值预报。由于快速更新同化了大量的实时观测资料, 进而能够得到更为准确的预报结果^[2-3], 可为预报员做短时、临近、精细化预报提供更加丰富的数值预报产品。

20 世纪 90 年代初国外就开始相关研究^[4]。虽然我国在这方面起步较晚, 但发展迅速^[5-8]。为服务 2008 年北京奥运会, 中国气象局北京城市气象研究所建立了一个基于 WRF 三维变分同化和 WRF 模式、具有同化多种中小尺度观测资料的 RUC 同化预报系统, 2007 年汛期在北京市气象局开始业务试运行, 2008 年正式投入业务应用, 每日循环 8 次提供 24 h(个别时效为 36 h)预报, 一直为北京区域内

各区县气象部门提供稳定的数值预报产品, 并成为预报员在业务预报中的重要参考资料之一^[9-11]。

目前, 针对该系统数值预报业务产品的性能评估已获得了一些研究成果, 范水勇等^[12]利用 2007 年 7 月 11 日—8 月 31 日的 BJ-RUC 系统运行输出场简单评估了模式 3 km 与 9 km 水平分辨率的预报效果, 结果表明: 该系统具有较好的预报参考价值。但此次检验采用的是试运行资料, 进行检验的样本相对较少, 评估结果的代表性还不够充分。在系统正式投入业务运行后, BJ-RUC 系统探空的详细评估分析结果表明^[13], 探空基本要素和计算的探空物理参量在 12 h 内的预报误差较小, 与实况的一致性较好。与特种探空相比, BJ-RUC 系统探空的多数物理参量在强天气发生前后的变化趋势一致^[14]。由目前的研究可知, BJ-RUC 系统的预报性能稳定, 相关研究的检验结果表明, 对高空要素预报较好, 魏东等^[15]对地面气象要素的预报效果进行了初步研究, 但采用的资料样本和检验站点不是很丰富。因此, 为了使预报员更准确地把握模式预报性能, 促进模式系统的研发人员的改进, 本文利用系统正式运行后的 3 年模式资料, 采用准确性和可靠性

2013-06-19 收到, 2013-12-25 收到再改稿。

资助项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项基金项目(IUMKY201320-0506), 北京市气象局气象科技研发专项(2013BMBKYZX13)

* email: minjj06@163.com

较高的自动气象站逐小时数据^[16-17]作为真值,通过客观检验对 BJ-RUC 系统 3 km 水平分辨率的地面要素预报性能进行详细的评估分析。

1 BJ-RUC 系统简介

中国气象局北京城市气象研究所引进的快速更新循环数值预报(BJ-RUC)系统^[1]是基于 WRF 中小尺度数值预报模式 2.2.1 版和 WRF 三维变分同化系统 2.2.1 版,通过 WRF 三维变分同化系统每间隔 3 h 同化 1 次 GTS 全球交换获得的常规资料以及自动气象站观测、地基 GPS 可降水量观测等高时空分辨率的多种非常规观测资料,得到大气状态最新估计作为模式初始场,再利用高分辨率的 WRF 模式进行短期预报。

模式主要是采用三重嵌套网格,水平分辨率为 27,9 km 和 3 km,垂直方向采用 σ 坐标,共 37 层,预报区域格点数分别为 151×151 , 142×151 , 172×151 。循环时间间隔为 3 h,每天共计 8 次循环,12:00(世界时,下同)起始的循环为冷启动,其他时段均为热启动。

2 检验资料与方法

选取的样本时间为 2008—2010 年 5—9 月,每日 8 次更新循环预报(下文称为起报时次:12:00, 15:00, 18:00, 21:00, 00:00, 03:00, 06:00, 09:00),预报时效为 24 h,每个预报时效的总样本为 459 个。制作检验预备资料时,剔除各种原因而导致预报或自动气象站观测资料有误的样本。本文主要评估 BJ-RUC 系统模式 3 km 水平分辨率地面气象要素预报水平,模式 3 km 分辨率区域覆盖了北京、河北和天津等地区,覆盖区域的中心位于 40°N , 116°E ,检验范围限定在北京地区,实况采用地面自动气象站逐小时观测资料,选取 101 个观测站,并采用双线性插值方法将系统模式网格点要素预报结果插值到站点。

为客观评估本系统的预报性能,需对数值预报模式进行检验,一般采用的方法是检验模式预报误差即预报产品和相应的观测数据集二者关系的评估和量化,本文主要是对以下 3 个方面进行检验:①计算 BJ-RUC 系统模式 3 km 水平分辨率地面预报量(2 m 温度、2 m 相对湿度、10 m 风速)的预报误差

作为检验方法,预报误差检验包括平均误差和平均绝对误差,并按照模式预报时效和相应的实况观测时间这两个序列进行检验分析。其中,按预报时效进行检验主要是为了考察模式随预报时效增长的预报能力,即将 8 个循环起报时次在不同时效的预报结果与该时次对应的实况进行检验;按实况观测时间检验主要是为了考察模式对逐日不同时间的预报能力,即将实况与不同起报时次对应本时次的预报结果进行检验分析。②检验系统模式 10 m 风向预报结果的准确率。③检验每日 8 个起报时次的逐小时有无降水(≥ 0.1 mm)、逐 6 h 累积降水预报的 TS 评分。其中,逐 6 h 累积降水预报时效分别为 0~6 h, 6~12 h, 12~18 h, 18~24 h,由于 6 h 累积降水量达到大雨、暴雨阈值的样本非常少,所以降水检验的阈值仅选用 0.1 mm(晴雨)、5 mm 和 10 mm 这 3 个级别,累积降水实况由自动气象站逐小时观测降水量累加获取。

3 地面气象要素检验结果

检验地面基本要素(2 m 温度、2 m 相对湿度、10 m 风速)时,采用的检验方法主要是分析各要素的平均误差和平均绝对误差。其中,平均误差能够量化预报和实况之间的平均偏差,也是模式预报的系统误差,平均绝对误差能够量化预报和实况的总体偏离程度。综合这两种误差分析结果,评估该模式对各要素预报的平均偏差和偏离程度,为订正模式输出结果提供依据。

对 10 m 风向预报效果的检验主要是分析其预报准确率:

$$P = M/N. \quad (1)$$

其中, P 表示风向的预报准确率, M 表示预报准确的样本量, N 表示总样本量。在判断预报结果是否准确时采用如下规则:若风向的预报结果与观测实况的差值为 $-22.5^\circ \sim 22.5^\circ$,则认为预报结果准确。

为了评估 BJ-RUC 系统的整体预报效果,主要检验模式对北京地区地面基本要素预报的区域误差。首先逐个计算各测站不同要素的平均误差和平均绝对误差,将所有站点的误差累加并除以总站点数,得到整个北京地区各要素的区域平均误差和区域平均绝对误差。

由于 BJ-RUC 系统每日 8 次循环更新预报,每个起报时次对应着未来 24 h 逐小时预报结果,根据

8 个起报时次在未来 24 h 的预报结果与其所对应时次的实况就可得到各测站的平均误差和平均绝对误差。由于篇幅有限,仅列出 12:00,18:00,00:00,06:00 共 4 个起报时次的平均误差变化曲线,平均绝对误差变化曲线图略。

3.1 2 m 温度

3.1.1 平均误差

2 m 温度在各起报时次的平均误差随预报时效变化有一定的差异,但多数误差为 $-1.5 \sim 1.5^{\circ}\text{C}$ (图 1)。其中,在初始起报时次,平均误差在开始时效内为负值即预报结果偏小,随着预报时效的增长逐渐转为正值,即预报结果开始偏大;而起报时次为 21:00,00:00,03:00,06:00 和 09:00 预报结果整体偏大。在暖季,BJ-RUC 系统对 2 m 温度预报的平均误差与起报时次有关,在系统初始启动时次的预报结果随着时效的增长由偏小逐渐转变成偏大,随着模式适应性增强,后面其他几个起报时次的预报结果随着时效的增长偏大幅度逐渐增大。总之,该

系统对 2 m 温度的预报整体偏高,同时,需要注意的是,不同起报时次的平均误差随着预报时效的增长有超前现象,且时间间隔为 3 h。

由上述分析可以看出,模式对 2 m 温度的预报在初始起报时次的平均预报误差与其他起报时次有明显差异,在初始起报时次(12:00,15:00,18:00),预报和实况的平均偏差随着时效的增长由负转正,系统误差规律不明显;而在后几个起报时次,预报和实况的平均偏差均为正,且随着时效的增长呈增大趋势。出现上述情况主要是因为 BJ-RUC 系统于每日 12:00 冷启动时开始模式初始化,然后每间隔 3 h 进行 1 次三维变分同化的快速更新并进行热启动,直到次日 12:00 再次冷启动为止,这就造成在初始化的前几个起报时次模式稳定性较差,预报性能不稳定,从而导致预报结果出现先偏小后偏大的现象,而随着新资料的不断进入,模式的适应性增强,后几个起报时次预报结果的系统误差变化规律较为明显,平均误差的变化趋势也基本一致。

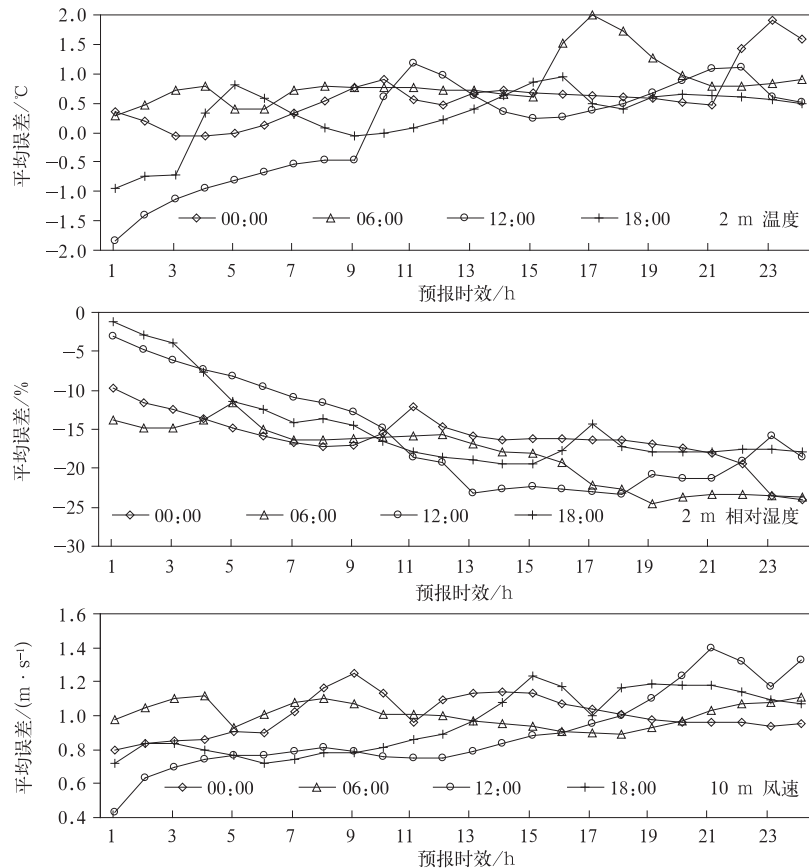


图 1 BJ-RUC 系统不同起报时次的平均误差随预报时效的变化

Fig. 1 The mean error variation of BJ-RUC system with period of validity

BJ-RUC系统在不同起报时次对2 m温度预报的平均误差随着时效的增长有所差异,但随着时间变化趋势基本一致,呈两峰三谷状(图2),一般早上和傍晚偏高,正午偏低,平均误差较大的时段一般出现于

23:00或09:00,最小平均误差多出现于02:00。在21:00起报时系统对2 m温度的预报最为稳定,平均预报误差随时间的变化趋势与其他时次一致,但数值变化幅度小,为 $-0.5\sim 0.5^{\circ}\text{C}$ 。

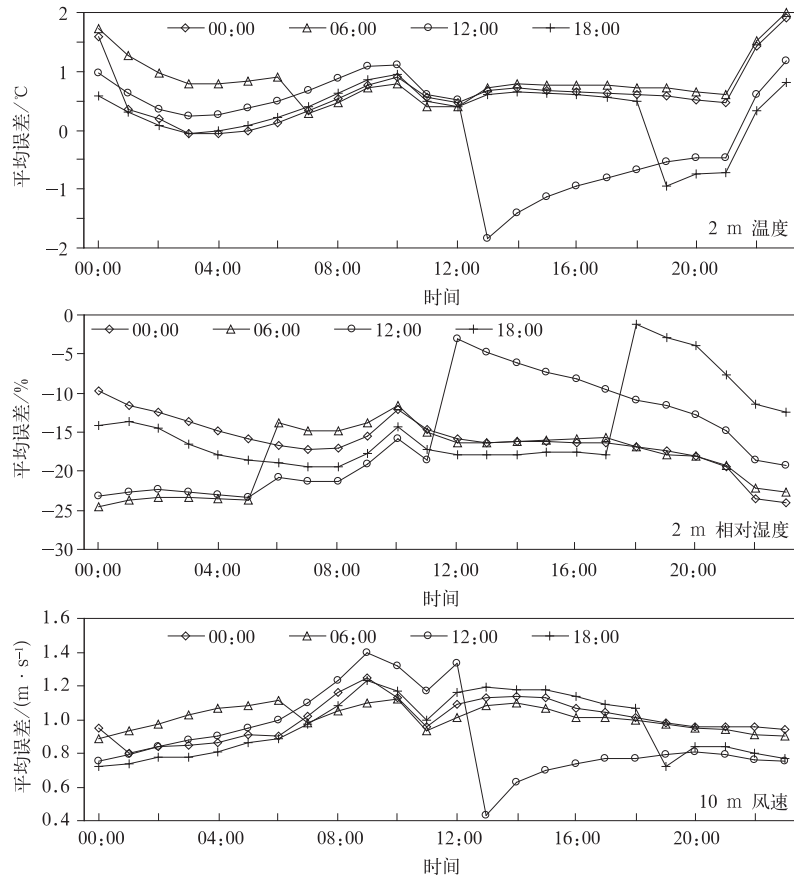


图2 BJ-RUC系统不同起报时次的平均误差随预报时次的变化
Fig. 2 The mean error variatin of BJ-RUC system with the forecat time

3.1.2 平均绝对误差

2 m温度的平均绝对误差范围均在 2.5°C 以内,且各时次随预报时效呈增大趋势,除了12:00的预报外,其他起报时次均在初始预报时效最小,基本在 1.5°C 以内,同时在预报时效0~12 h内预报结果的平均绝对误差有稳定增大的趋势,而在12~24 h内预报结果的平均绝对误差波动较大,表明该系统对2 m温度的预报在12 h内的偏离规律较为明显,整体预报性能较好。

不同起报时次的平均绝对误差随预报时次有一些差异,但日变化规律基本一致,呈两峰三谷状,一般早上和傍晚偏高,正午偏低。

3.2 2 m相对湿度

3.2.1 平均误差

2 m相对湿度在不同起报时次的平均误差具有一致的变化趋势,平均误差范围为 $-25\%\sim 0$,在初始时效内误差最小,随着预报时效的增长平均误差逐渐增大(图1)。前几个起报时次在预报时效0~12 h内,平均预报误差多数小于后几个起报时次,但是随着预报时效的增长,情况正好相反。结果表明:BJ-RUC系统对2 m相对湿度的预报明显偏低,且系统误差变化规律较为明显,平均误差随着时效的增长与起报时次有关。

各起报时次的平均误差随着时间有一些差异,

但其变化趋势较为一致,在夜间偏小,白天明显偏大,最大平均误差多数出现于 23:00,最小平均绝对误差出现间隔 3 h 超前和滞后现象(图 2)。

3.2.2 平均绝对误差

由于 BJ-RUC 系统对 2 m 相对湿度预报的系统误差规律非常明显,所以平均绝对误差和平均误差随预报时效和时间的变化趋势基本一致。2 m 相对湿度预报的平均绝对误差随预报时效呈有规律的增大趋势,且各时次的变化趋势基本一致,平均绝对误差为 0~25%。

不同起报时次的平均绝对误差随着时间的变化趋势有一些差异,白天偏大,夜间偏小,平均绝对误差的最大值一般出现于 23:00,而最小绝对误差出现了间隔 3 h 的超前和滞后现象。

3.3 10 m 风速

3.3.1 平均误差

10 m 风速的平均预报误差均为正值,变化范围为 0.6~1.2 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ (图 1),表明 BJ-RUC 系统对 10 m 风速的预报整体偏大,但随着预报时效的增长变化规律不明显。不同起报时次的平均误差随着观

测时次有明显的变化规律(图 2),午后出现陡增,而傍晚快速减小,这是由于午后风速变化幅度较大的缘故。除了个别情况,凌晨到上午平均误差变化幅度非常小,基本稳定在 0.8~1.0 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 之间,表明该系统在该时段对 10 m 风速的预报性能较为稳定。

3.3.2 平均绝对误差

10 m 风速预报结果的平均绝对误差范围为 1.2~1.8 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$,平均绝对误差明显大于平均误差,但两者随预报时效和变化趋势基本一致。

3.4 10 m 风向

上文中提到,对风向的检验方法采用预报准确率,由分析结果可看出,整体上,BJ-RUC 系统对风向的预报效果并不理想,最大准确率低于 30%。各时次 10 m 风向的预报准确率随预报时效没有明显的变化规律(图略),但随时间变化各时次的变化趋势完全一致(图 3),有很明显的日变化,早上到傍晚准确率较高,且随时间呈增高趋势,而在夜间到凌晨准确率平稳偏低。其中,最大准确率出现于 08:00,最小准确率出现于 23:00。

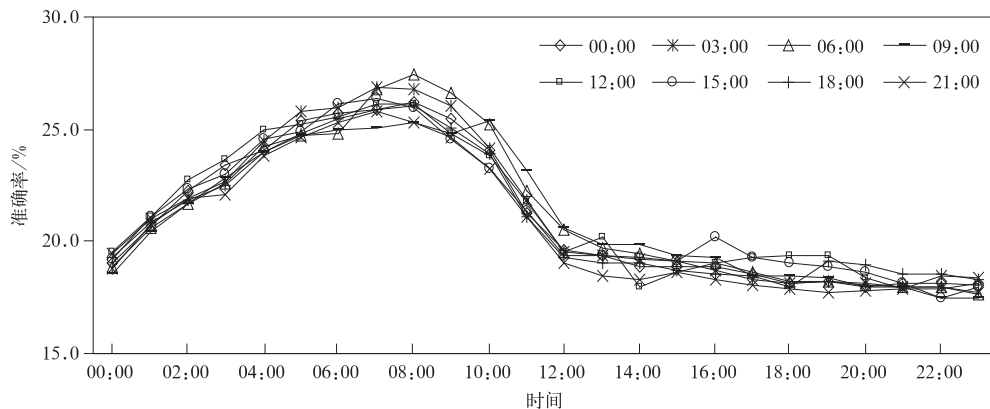


图 3 BJ-RUC 系统不同起报时次的 10 m 风向预报准确率随时间变化

Fig. 3 The accuracy rate variation of 10 m wind speed forecasted by BJ-RUC system with forecast time

3.5 要素日变化

BJ-RUC 系统在不同起报时次对多数要素的预报误差随时效的增长会出现不稳定的起伏,且间隔时间为 3 h,表明该系统对这些要素的预报误差与日变化有关。虽然模式对要素预报性能随时间有变化,但系统是否能预报出它们的日变化规律,可以通过对比各要素在不同起报时次的预报结果与其对应时次的实况平均值变化进行检验。

图 4 为不同地面气象要素的预报结果和实况随时间变化曲线,由于篇幅有限,本文仅列出 00:00 和 12:00 的预报结果。结果表明:BJ-RUC 系统能够很好的预报出地面要素的日变化,预报和实况的平均结果随时间的变化趋势基本一致。在数值上,2 m 温度的预报与实况较为接近,2 m 相对湿度预报日变化的幅度略低于实况,风速预报却略高于实况,这与前面分析的平均误差得到的结论相一致。

BJ-RUC系统预报2 m温度和2 m相对湿度时,误差较大的时段一般出现于23:00和09:00,正处于要素在日变化中出现陡增或陡减的时间点,而2 m温度最大值时误差却很小,这表明该系统不能

很好地预报出2 m温度和2 m相对湿度的转折,但对2 m最高温度的预报却很好。而对10 m风速,预报误差和平均实况随时间的变化趋势基本一致,但该系统不能较好地预报出最大风速。

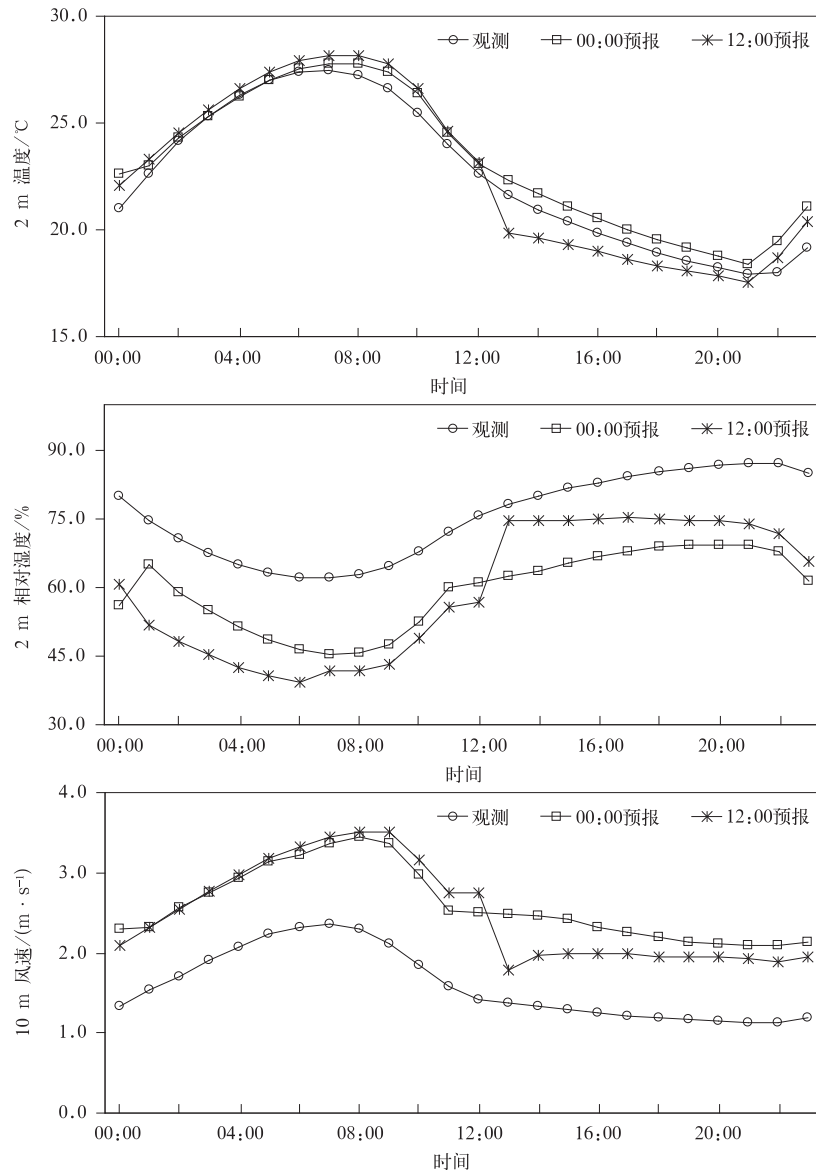


图4 不同地面气象要素的预报结果和实况对比

Fig. 4 The comparison of forecast results to observations of different surface elements

4 降水量检验结果

为了更深入检验模式对降水的预报性能,下面将对1 h降水量、6 h累积降水的预报结果分别进行检验。其中,6 h累积降水分别为0~6 h,6~12 h,12~18 h,18~24 h预报时效,由于所有样本中6 h

累积降水量达到大雨、暴雨的样本非常少,所以1 h降水量主要检验有无降水(不小于0.1 mm),6 h累积降水主要检验降水量不小于0.1,5.0,10.0 mm这3个等级。模式和测站在各预报时效的降水量都是根据逐小时的降水累加得到。

采用TS评分方法^[18-20]对降水预报效果进行检验,具体计算公式如下:

$$S_T = \frac{X}{X+Y+Z} \quad (2)$$

式(1)中, X 代表降水事件发生,模式预报正确的次数; Y 代表降水事件没有发生,模式预报降水的次数; Z 代表降水事件发生,模式预报错误的次数。

图5为不同起报时次逐小时有无降水的TS评分结果,除了00:00和03:00个别预报时效外,其他起报时次逐小时有无降水预报的TS评分均大于0.2,且各预报时效的变化幅度较小。

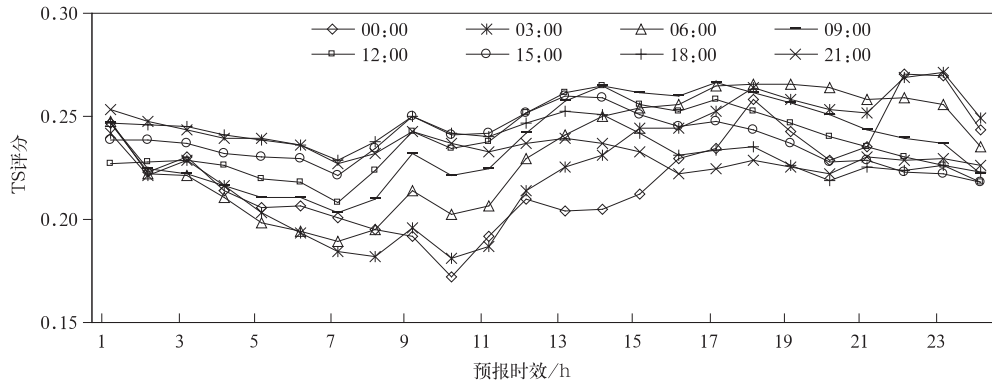


图5 BJ-RUC 系统 1 h 降水预报的 TS 评分

Fig. 5 Threat score for 1-hour rainfall forecasted by BJ-RUC system

由 BJ-RUC 系统各起报时次 6 h 累积降水预报的 TS 评分检验结果(图略)可以看出,整体上,0.1 mm 以上阈值降水,不同起报时次的 TS 评分在各预报时效内较为接近,评分为 0.3~0.4,表明模式对未来 6 h 的晴雨预报效果较好,稳定性和可靠性较高。

对 5.0,10.0 mm 以上阈值的降水 TS 评分,随着预报时效的增长与起报时次有关,在预报时效为 0~6,6~12 h 时,初始启动的前几个起报时次的 TS 评分较高,随着预报时效的增长 TS 评分出现较大起伏,分析发现,出现 TS 评分最低的时段与起报时次和预报时效均有关联,模式对傍晚到午夜(预报时效为 17~23 h)的降水预报能力较差。

5 小 结

检验结果表明,BJ-RUC 系统预报的 2 m 温度、2 m 相对湿度、10 m 风速与实况具有一致的变化趋势,且能很好地预报出这些要素的日变化,但该系统对各要素的预报性能仍有区别:

1) 系统对 2 m 温度预报结果整体偏高,误差为 $-1.5 \sim 1.5^\circ\text{C}$;对 2 m 相对湿度的预报明显偏低,误差范围为 $-25\% \sim 0$ 。这两个要素的预报误差随着预报时效的增长逐渐增大,预报效果与起报时次有关。

2) 系统对 10 m 风速的预报明显偏大,误差为 $0.6 \sim 1.2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。误差随着时间呈明显变化规律,在午后出现陡增,而在傍晚快速减小。

3) 系统能够很好地预报出各要素的日变化。对 6 h 累积降水量的晴雨预报效果较好,TS 评分多为 0.4,但对 5.0,10.0 mm 以上阈值的降水,预报效果与起报时次有关。

综上所述,BJ-RUC 系统对地面气象要素的预报效果较好,误差在可接受范围内,由于该系统在时间、空间分辨率较高,可用于短时临近预报中,但个别要素的预报性能与日变化关系密切,在具体应用中需要进行适当订正,消除日变化影响。

参 考 文 献

- [1] Benjamin S G, Devenyi D, Weyandt S S, et al. An hourly assimilation-forecast cycle: The RUC. *Mon Wea Rev*, 2004, 132: 495-518.
- [2] Thompson R L, Roger Edwards, Hart J A. Close proximity soundings within supercell environments obtained from the rapid update cycle. *Wea Forecasting*, 2003, 18(6): 1243-1261.
- [3] Davis C A, Ahijevych D A, Trier S B. Detection and prediction of warm season midtropospheric vortices by the rapid update cycle. *Mon Wea Rev*, 2002, 130: 24-42.
- [4] Benjamin K J, Brundage P A, Sminth T L, et al. The Rapid Update Cycle at NMC. Preprints, 10th Conf on Numerical Weather Prediction, Amer Meteor Soc, 1994: 566-568.
- [5] 徐星生,肖安,万明,等.快速更新循环同化在江西暴雨数值模拟中的应用. *气象与减灾研究*, 2011, 34(3): 24-29.

- [6] 郝民,徐枝芳,陶士伟,等. GRAPES RUC 系统模拟研究及应用试验. 高原气象, 2011, 30(6): 1573-1583.
- [7] 王叶红,彭菊香,公颖,等. AREM-RUC 3 h 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, 2011, 30(4): 296-304.
- [8] 仲跻芹,陈敏,范水勇,等. AMDAR 资料在北京数值预报系统中的同化应用. 应用气象学报, 2010, 21(1): 19-28.
- [9] 郑祚芳. RUC 产品在一次强降水预报中的应用分析. 气象, 2008, 34(增刊): 85-88.
- [10] 李青青,程丛兰,高华,等. 北京一次冬季回流暴雪天气过程的数值分析. 气象, 2011, 37(11): 1380-1388.
- [11] 陈敏,范水勇,郑祚芳,等. 基于 BH-RUC 系统的临近探空及其对强对流发生潜势预报的指示性能初探. 气象学报, 2011, 69(1): 181-194.
- [12] 范水勇,陈敏,仲跻芹,等. 北京地区高分辨率快速循环同化预报系统性能检验和评估. 暴雨灾害, 2009, 28(2): 119-125.
- [13] 魏东,尤凤春,范水勇,等. 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, 2010, 36(8): 72-80.
- [14] 魏东,孙继松,雷蕾,等. 三种探空资料在各类强对流天气中的应用对比分析. 气象, 2011, 37(4): 412-422.
- [15] 魏东,尤凤春,杨波,等. 北京快速更新循环预报系统(BJ-RUC)要素预报质量评估. 气象, 2011, 37(12): 1489-1497.
- [16] 杨萍,刘伟东,仲跻芹,等. 北京地区自动气象站气温观测资料的质量评估. 应用气象学报, 2011, 22(6): 706-715.
- [17] 胡玉峰. 自动与人工观测数据的差异. 应用气象学报, 2004, 15(6): 719-726.
- [18] 罗阳,赵伟,翟景秋. 两类天气预报评分问题研究及一种新评分方法. 应用气象学报, 2009, 20(2): 129-136.
- [19] 王雨,公颖,陈法敬. 区域业务模式 6 h 降水预报检验方案比较. 应用气象学报, 2013, 24(2): 171-178.
- [20] 曾智华,马雷鸣,梁旭东,等. MM5 数值预报引入 GRAPES 三维变分同化技术在上海地区的预报和检验. 应用气象学报, 2004, 15(5): 534-542.

Evaluation on Surface Meteorological Element Forecast by Beijing Rapid Update Cycle System

Min Jingjing¹⁾²⁾

¹⁾ (Beijing Meteorological Service Center, Beijing 100089)

²⁾ (Institute of Urban Meteorology, CMA, Beijing 100089)

Abstract

The rapid update cycle (RUC) based on the rapid update cycle data assimilation system and high resolution meso-scale numerical prediction system is widely applied at home and abroad. Using high frequency update cycle assimilation analysis based on dense meso-scale observations, RUC can provide high quality initial field for high resolution numerical model to produce refined numerical forecasts.

Beijing rapid update cycle of assimilation forecast system (BJ-RUC) is established in 2007 and applied to operation in 2008 in China. The refined weather forecast products of BJ-RUC are important reference in daily weather forecast operation for forecasters. BJ-RUC is designed based on WRF model and WRF three-dimensional variational data assimilation system. Recent observations, including conventional observation from GTS global exchange, automatic weather station (AWS) observation and the high spatial and temporal resolution unconventional observations, are assimilated at intervals of three hours using WRF three-dimensional variational data assimilation system to produce a new estimation of the atmospheric state, which will be used as WRF model initial field. And then, the high-resolution WRF model outputs are used for short-range weather forecast.

Using hourly surface observations of Beijing AWS from May to September during 2008—2010 the operational forecasts of BJ-RUC for the air temperature, relative humidity, 1 h rainfall, 6 h rainfall, the wind speed and direction are analyzed in details through objective verification methods. The operation performance is evaluated preliminarily based on the analysis.

Results show that the surface meteorological elements of BJ-RUC system are well consistent with

AWS measurements. The forecast results of 2 m temperature are too high, its error range is $-1.5-1.5^{\circ}\text{C}$, and namely higher in the morning and night while lower at noon; results of 2 m relative humidity are too small, its error range is $-25\%-0$, and bigger during the day while smaller during the night; forecast results of wind speed are too big, especially obvious in the afternoon, and the error range is $0.6-1.2\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$; the forecasting performance of the 6 h accumulated rainfall judgment is good, and the TS is 0.4; the stability of BJ-RUC is not good at the beginning of forecast time, and the forecasting performance is unstable with the increasing of the forecast range. In general, the forecasting surface information of BJ-RUC has a superior performance within 12 hours, which is very useful for short range weather forecast.

Key words: BJ-RUC system; objective verification; surface meteorological element

欢迎订阅《应用气象学报》

《应用气象学报》是由中国气象科学研究院、国家气象中心、国家卫星气象中心、国家气候中心、国家气象信息中心和中国气象局气象探测中心联合主办的大气科学理论与应用研究的综合性学术期刊。《应用气象学报》将向您提供有关我国大气科学领域内研究和应用成果的最新论文、资料、方法等大量信息,内容包括气象预报、卫星气象、农业气象、海洋气象、航空气象、环境气象、人工影响天气、应用气象、大气探测、遥感技术以及计算机应用技术等学科;还将向您介绍国内外现代科技的新理论与新技术在大气科学中应用的研究论文及信息。主要栏目有论著、短论、综合评述、业务系统、学术论坛、研究简报、书刊评介等。本刊被《中文核心要目总览》确认为大气科学(气象学)类核心期刊,并已首批入选“中国科学引文数据库”(CSCD),中国科学技术期刊文摘(CSTA)国家数据库(英文版)收录的刊源名单,并被美国气象学会“气象与地球天体物理学文摘”(MGA)和美国国际科学应用协会(SAIC)以及中国科学文摘(英文版)等多种文摘摘录。本刊还首批入选“中国学术期刊(光盘版)”、“万方数据——数字化期刊群”和“中文科技期刊数据库”。《应用气象学报》面向广大的气象科研、业务技术人员、在校有关专业的研究生、大专院校师生等专业人员。

《应用气象学报》为双月刊,逢单月出版。2014年6期(每期定价30.00元),总订价180.00元(含邮资)。可以随时汇款订阅或购买(户名:中国气象科学研究院,账号:11001028600056086013,开户行:建行北京白石桥支行)。

订阅地址:北京市中关村南大街46号中国气象科学研究院《应用气象学报》编辑部;邮政编码:100081。

联系电话:(010)68407086,68408638;网址:qk.cams.cma.gov.cn;邮箱:yyqxxb@cams.cma.gov.cn,yyqxxb@163.com。