

# 首都机场地面观测对实况分析场的独立性检验

陈一枝<sup>1</sup>, 郭建侠<sup>2\*</sup>, 高 岑<sup>2</sup>

<sup>1</sup>华北空管局气象中心, 北京

<sup>2</sup>中国气象局气象探测中心, 北京

收稿日期: 2022年3月25日; 录用日期: 2022年4月18日; 发布日期: 2022年4月25日

## 摘 要

本文利用北京首都机场6个站点2021年1~11月地面观测的风、温、湿、压资料, 对气象部门实时观测分析系统(RTOAS)的实况分析场进行了独立性检验, 通过均方根误差、相关分析和偏差分析, 得到RTOAS 2米气温分析具有较好的准确性, 其次是气压、相对湿度, 最后是风速。2米气温90%样本平均偏差小于0.5℃, 相关系数达到0.99, 24小时滚动均方根误差主体在1℃以内。气压的平均偏差小于3 hPa, 24小时滚动均方根误差在1.5~3 hPa。2米相对湿度平均偏差基本小于3%, 相关系数1.03, 均方根误差主要在2.5%~5%。风速的准确性相对低一些, 偏差小于3 m/s, 相关系数0.59。由于机场不同观测点之间存在差异, 采用不同点的平均值进行检验的效果优于不同点的检验。

## 关键词

首都机场, 地面观测, RTOAS实况分析场, 独立性检验

# Independence Evaluation of Real-Time Analysis with Surface Observation of Capital Airport

Yizhi Chen<sup>1</sup>, Jianxia Guo<sup>2\*</sup>, Cen Gao<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Meteorological Center, CAAC North China Regional Administration, Beijing

<sup>2</sup>Meteorological Observation Center, China Meteorological Administration, Beijing

Received: Mar. 25<sup>th</sup>, 2022; accepted: Apr. 18<sup>th</sup>, 2022; published: Apr. 25<sup>th</sup>, 2022

## Abstract

The observation analysis field of the Real-time Observation Analysis System (RTOAS) was independently evaluated. The observation data of wind, temperature, humidity, and pressure at 6 stations of Beijing Capital International Airport in 2021 (January to November) were used to evaluate the independence of the observation analysis field of the Real-time Observation Analysis System (RTOAS). The root mean square error, correlation analysis, and bias analysis were used to evaluate the independence of the observation analysis field. The results show that the 2m air temperature analysis of RTOAS has the highest accuracy, followed by pressure and relative humidity, and then wind speed. The 2m air temperature 90% sample average bias is less than 0.5°C, the correlation coefficient is 0.99, and the 24-hour rolling root mean square error is mainly within 1°C. The average bias of pressure is less than 3 hPa, and the 24-hour rolling root mean square error is 1.5~3 hPa. The average bias of 2m relative humidity is basically less than 3%, the correlation coefficient is 1.03, and the root mean square error is mainly in 2.5%~5%. The accuracy of wind speed is relatively low, with a bias less than 3 m/s and a correlation coefficient of 0.59. Due to the existence of differences between different observation points at the airport, the effect of using the average value of different points for evaluation is better than that of using different points for evaluation.

\*通讯作者。

文章引用: 陈一枝, 郭建侠, 高岑. 首都机场地面观测对实况分析场的独立性检验[J]. 地球科学前沿, 2022, 12(4): 536-544. DOI: 10.12677/ag.2022.124054

pendent verified by the surface observation data of wind speed, temperature, humidity and pressure from January to November 2021 at six points in the Capital Airport. Through the study of root mean square error, correlation and deviation, the results show that the accuracy of RTOAS 2 m air temperature has the highest level, followed by air pressure, relative humidity, and finally wind speed. The correlation coefficient of 2 m air temperature between the observation data and the analysis data is 0.99, 90% samples of the 2 m air temperature deviation are less than 0.5°C, and the 24-hour rolling root-mean-square error (RMSE) is mostly less than 1°C. The 24-hour rolling RMSE of the pressure is within 1.5~3 hPa, the average deviation of the pressure is less than 3 hPa. The correlation coefficient of the 2 m air relative humidity is 1.03, 95% samples of the average deviation of 2 m air relative humidity are less than 3%, and the 24-hour rolling RMSE is mostly within 2.5%~5%. The accuracy of wind speed is relatively low, the correlation coefficient of wind speed is 0.59, and the average deviation of wind speed samples is mostly less than 3 m/s. Due to the differences in the observed values of the six points at the airport, the verification results by the average value of six points are better than that by individual points.

## Keywords

Beijing International Airport, Surface Observation, RTOAS Real-Time Analysis, Independent Verification

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

在大数据技术快速发展的背景下，离散点的观测通过模式融合，能够快速生成网格化的观测大数据资料，在天气系统监测、跟踪、结构分析中发挥重要作用[1]-[7]。气象部门将这样的网格化大数据资料称为实况分析场资料，可以作为观测资料应用，对预报进行检验[8]-[16]。由于实况分析场是网格化的，覆盖了全国，因此，在资料比较稀少的地区，实况分析场是非常重要的观测替代资料。

机场的观测通常没有被融合进实况分析场中，因此，利用机场的观测可以对实况分析场资料进行独立性检验，独立性检验相对非独立检验具有更高的可信度[17] [18]。本文利用北京首都国际机场的地面观测资料，对实况分析场资料进行检验，对资料的使用具有一定的参考意义。

## 2. 资料来源

本文的实况分析场数据来自中国气象局气象探测中心实时观测分析系统(RTOAS)的2021年1~11月的格点资料，RTOAS融合了全国6万余地面自动站的观测数据，以及120个探空站、200余部天气雷达、100余部风廓线以及卫星观测资料，实况分析场的空间分辨率3 km，时间分辨率15分钟，覆盖全国。

检验对比数据来自北京首都国际机场观测场6个观测点的观测资料。

## 3. 分析方法

将RTOAS实况分析场插值到首都国际机场6个观测点点位上，形成实况分析场时间序列 $G$ ，与6个观测点的观测序列 $O$ 进行比较。本文主要采用标准差、相关性、以及序列偏差来进行检验分析。

标准差通常反映二者之间的离散程度，利用以下公式计算RTOAS实况分析场序列与首都机场观测序列的标准差，其中 $G_i$ ， $O_i$ 分别表示序列中第 $i$ 个实况分析场和观测样本。

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (G_i - O_i)^2} \quad (1)$$

本文主要分析气压、温度、湿度、风速观测要素。

## 4. 结果分析

### 4.1. 实况分析场与机场地面观测的均方根误差

图 1 显示了 2021 年 1~11 月首都机场 6 个站点气压观测与实况分析气压的 24 小时滚动均方根误差, 由图可见, 6 个点与实况分析场的均方根误差相差较大, 其中 01 点的均方根误差最小, 小于 1.75 hPa, 最大的均方根误差为 2.75~3 hPa 之间, 由于实况分析场在较小的范围内差异不大, 因此, 这种差异主要是由于 6 个点之间因高度不同而观测结果相差较大导致的。



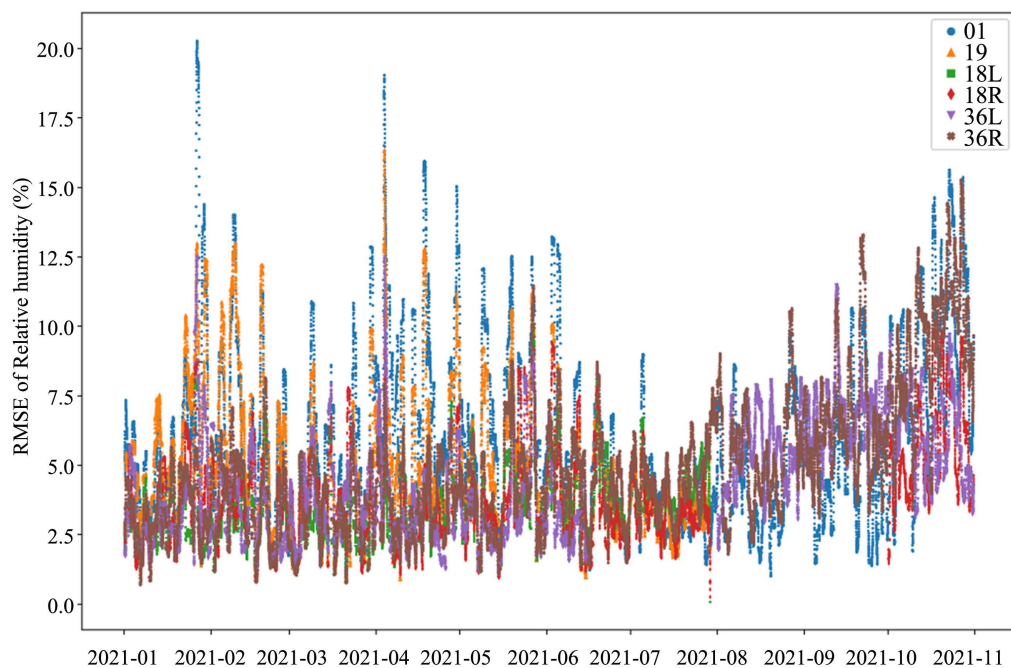
Figure 1. Time series of root mean square error of air pressure at 6 points in Capital Airport

图 1. 首都机场 6 个观测点实况分析场气压均方根误差时序图

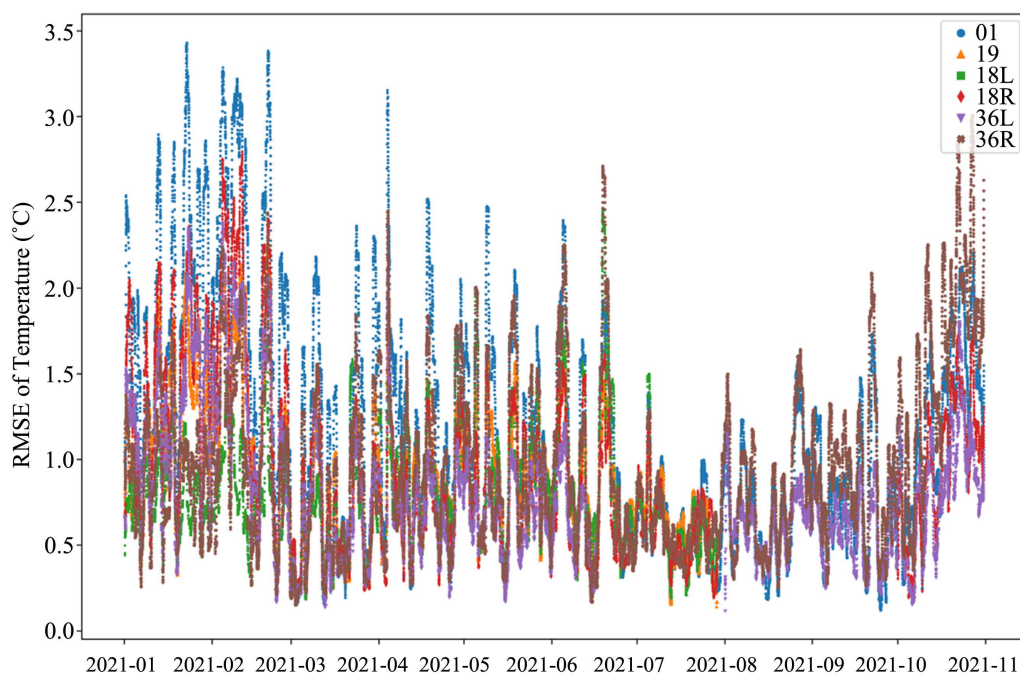
1~11 月各站的气压均方根误差比较稳定, 变化不大, 可以看出, RTOAS 实况分析场的质量较好, 比较稳定。

图 2 显示了 2021 年 1~11 月首都机场 6 个站点相对湿度观测与实况分析序列的 24 小时滚动均方根误差, 由图可见, 6 个点与实况分析场的均方根误差比较一致, 1~8 月相对湿度误差水平主体基本在 2.5%~5% 之间, 9 月后误差水平有所增大, 基本在 5%~7.5% 之间。

图 3 显示了 2021 年 1~11 月首都机场 6 个站点气温观测与实况分析序列的 24 小时滚动均方根误差, 由图可见, 1~2 月 6 个点之间的均方根误差相差较大, 最小的点是 18 L, 约为 0.75℃~1.0℃, 01 点的均方根误差最大, 约为 2.5℃~3.0℃。3 月之后, 各点的均方根误差比较一致, 其中 3 月最小, 约为 0.25℃, 10~11 月均方根误差逐渐增大到 1.5℃。



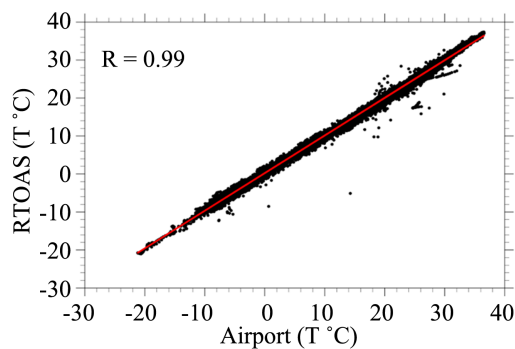
**Figure 2.** Time series of root mean square error of relative humidity at 6 points in Capital Airport  
**图 2.** 首都机场 6 个观测点实况分析场相对湿度均方根误差时序图



**Figure 3.** Time series of root mean square error of air temperature at 6 points in Capital Airport  
**图 3.** 首都机场 6 个观测点实况分析场气温均方根误差时序图

#### 4.2. 实况分析场与机场地面观测的相关分析

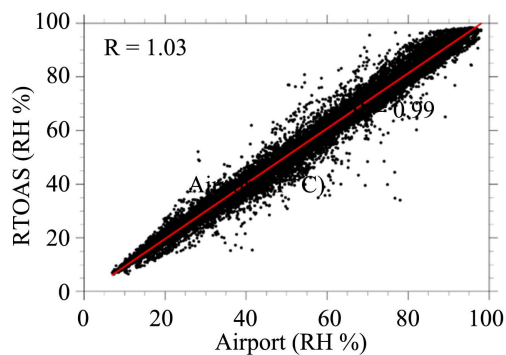
图 4 是 2021 年 1~11 月机场 2 m 气温观测与实况分析场气温序列的相关图, 相关系数 0.99, 可见实况分析场的 2 m 气温分析与独立的机场观测有较高的一致性, 说明气温的分析场质量非常高。



**Figure 4.** The correlation diagram of 2 m air temperature between RTOAS analysis and 6 points observation at Capital Airport

**图 4.** 首都机场 6 个观测点 2 m 气温观测与实况分析场气温相关图

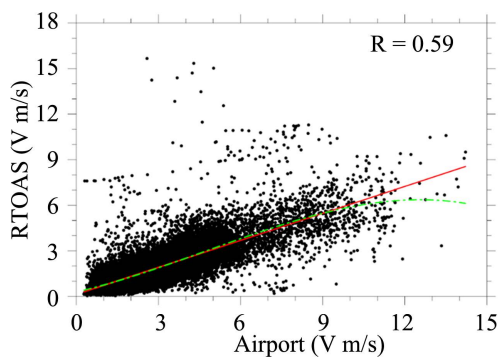
图 5 是 2021 年 1~11 月机场 2 m 相对湿度观测与实况分析场相对湿度序列的相关图, 相关系数 1.03, 可见实况分析场的 2 m 相对湿度与独立的机场观测也有较高的一致性, 但其离散程度要比气温高。



**Figure 5.** The correlation diagram of relative humidity between RTOAS analysis and 6 points observation at Capital Airport

**图 5.** 首都机场 6 个观测点相对湿度观测与实况分析场相对湿度相关图

图 6 是 2021 年 1~11 月机场 6 个点观测的 10 米风速与实况分析场 U、V 分量合成的 10 米风速序列的相关图, 相关系数 0.59, 可见实况分析场的 10 米风速与观测的一致性相对较差, 这也与风速易受局地影响有关。从图中可见实况分析场的 10 米风速分析相较于观测偏低。



**Figure 6.** The correlation diagram of 10 m wind speed between RTOAS analysis and 6 points observation in Capital Airport

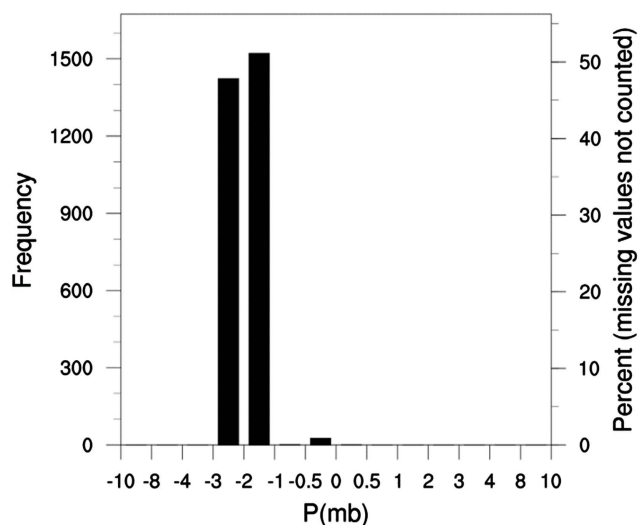
**图 6.** 首都机场 6 个观测点 10 m 风速与实况分析场 10 m 风速序列相关图



### 4.3. 实况分析场与机场地面观测的偏差分析

#### 4.3.1. 偏差的概率分布

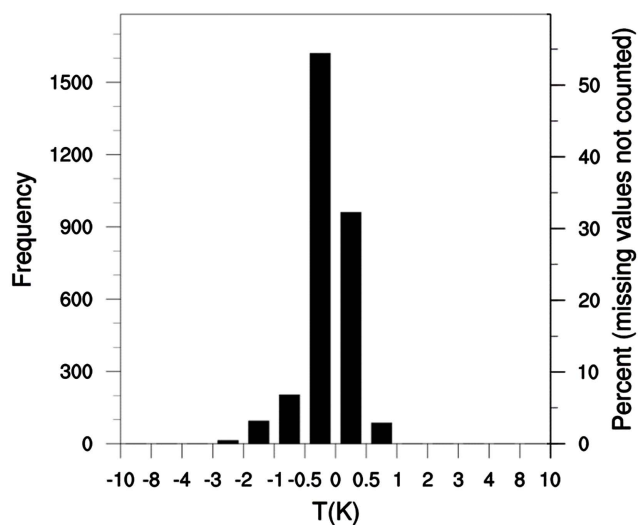
图 7 是首都机场 6 个观测点的平均气压与 RTOAS 实况分析场 6 个点平均气压的偏差分布图(观测 - 分析), 由图可见, 6 个观测点的平均气压比实况分析场的平均气压普遍偏低, 50% 以上的样本偏低在 2 hPa 以内, 48% 以上样本偏低 2~3 hPa。



**Figure 7.** Probability distribution of the deviation between the mean atmospheric pressure of 6 points by RTOAS analysis and observation at Capital Airport

**图 7.** 首都机场 6 个观测点平均气压与实况分析场平均气压偏差概率分布图

图 8 是首都机场 6 个观测点的平均气温与 RTOAS 实况分析场的平均气温偏差分布图(观测 - 分析), 由图可见, 6 个观测点平均的气温与实况分析场平均气温偏差在 0.5℃ 内的占比 90% 以上, 观测偏低的概率略高于偏高的概率, 说明实况分析场分析的气温略偏高。



**Figure 8.** Probability distribution of the deviation between the mean atmospheric temperature of 6 points by RTOAS analysis and observation at Capital Airport

**图 8.** 首都机场 6 个观测点平均气温与实况分析场平均气温的偏差概率分布图

图 9 是首都机场 6 个观测点平均的相对湿度观测与 RTOAS 实况分析场的平均相对湿度偏差分布图(观测 - 分析), 由图可见, 6 个观测点平均的相对湿度与实况分析场平均相对湿度偏差在 2% 以内的占到 90% 以上, 偏差最大在 8% 以内, 负偏差多于正偏差, 说明实况分析的相对湿度略偏高。

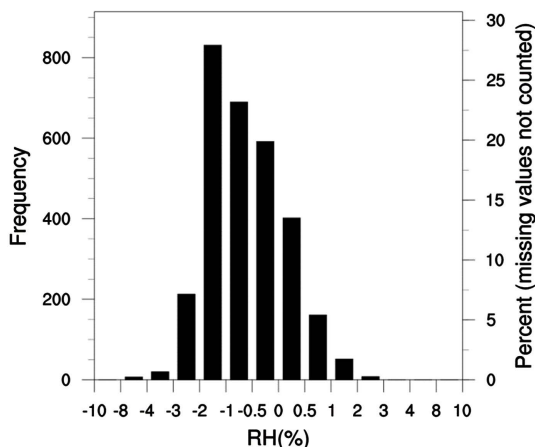


Figure 9. Probability distribution of the deviation between the mean atmospheric relative humidity of 6 points by RTOAS analysis and observation at Capital Airport  
 图 9. 首都机场 6 个观测点平均相对湿度与实况分析场相对湿度偏差概率分布图

图 10 是将首都机场 6 个观测点平均的 10 m 风速分解到东西向风(U)和南北向风(V), 并与 RTOAS 实况分析场的平均 U、V 风偏差概率分布图(观测 - 分析), 由图可见, U、V 风的偏差最大概率分布均在 0.5 m/s 以内, 占比接近 50%, 偏差在 1 m/s 以内的占比 80%。U、V 的偏差分布基本呈现正态分布。

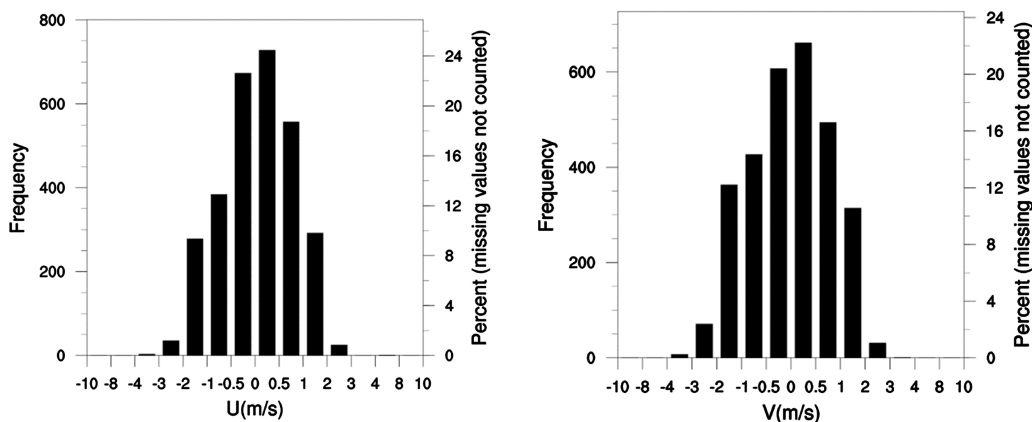
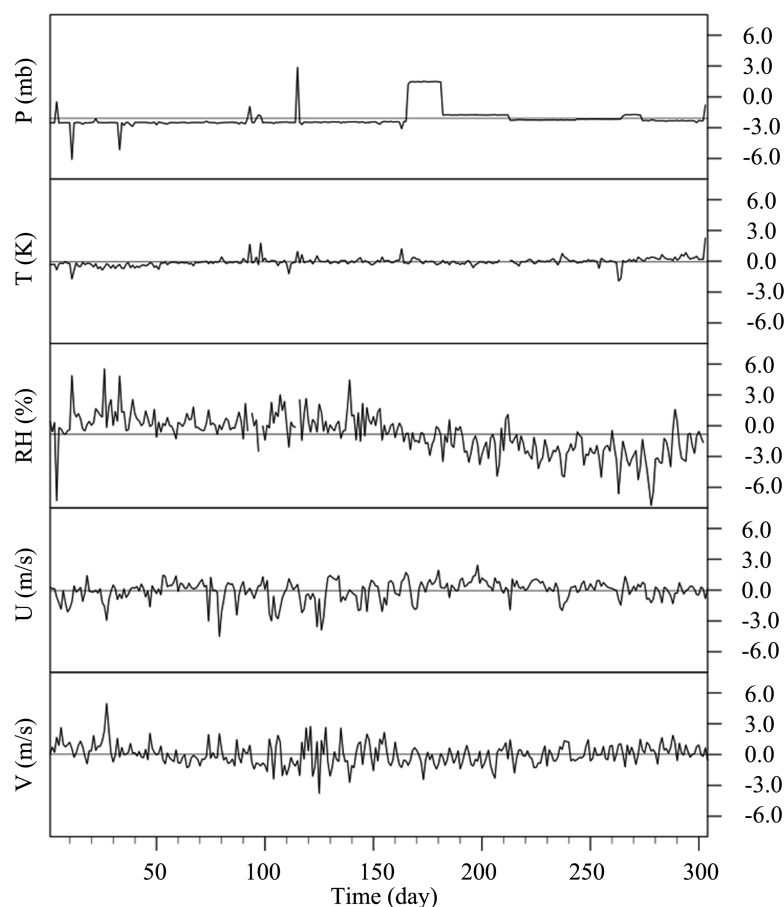


Figure 10. Probability distribution of the deviation between the mean wind speed of 6 points by RTOAS analysis and observation at Capital Airport  
 图 10. 首都机场 6 个观测点平均风速与实况分析场平均风速偏差概率分布图

### 4.3.2. 偏差的时间序列

图 11 是首都机场 6 个观测点平均的序列与 RTOAS 相应序列的日平均偏差时序图(观测 - 分析)。由图可见, RTOAS 地面气压对比机场观测存在略微的系统性偏高, 平均约 2 mb 左右。如上文所述, 地面气温两者偏差很小, 大部分日平均偏差在 0.5℃ 以内。地面相对湿度日平均偏差有一点季节性特征, RTOAS 相比机场观测在冬春(0~100 天)湿度结果偏低, 而夏秋(200~300 天)偏高。地面风场日平均偏差分布在 0 值上下震荡, 总体偏差在 0.5 m/s 以内, U、V 分量较大偏差主要出现在 4~5 月之间(100~150 天)。



**Figure 11.** Time series of daily average deviation between the mean series of 6 points by RTOAS analysis and observation at Capital Airport

**图 11.** 首都机场 6 个观测点平均序列与实况分析场相应序列日平均偏差时序图

#### 4.4. 结论与讨论

本文采用首都机场 6 个观测点 2021 年 1~11 月的观测资料，对 RTOAS 实况分析场进行了独立性检验，结论如下：

1) RTOAS 气温序列的准确性较高，对首都机场具有较好的代表性，相关系数 0.99，90% 样本偏差小于  $0.5^{\circ}\text{C}$ ，24 小时滚动均方根误差大部分小于  $1^{\circ}\text{C}$ 。

2) RTOAS 气压序列的准确性次于气温，24 小时滚动均方根误差在不同点之间差异较大，最小在  $1.5\sim 1.75\text{ hPa}$  之间，最大在  $2.75\sim 3\text{ hPa}$  之间，主要是由不同点之间观测的差异造成的。1~11 月各站的气压均方根误差比较稳定，变化不大，说明实况分析场的质量比较稳定

3) RTOAS 相对湿度的准确性较好，相关系数 1.03，24 小时滚动均方根误差主要处于  $2.5\%\sim 5\%$  之间，6 个点平均偏差 2% 以内的样本占到 90% 以上，偏差最大在 8% 以内，负偏差多于正偏差，说明实况分析的相对湿度略偏高。

4) RTOAS 风速的准确性相对小一些，相关系数 0.59，实况分析场的风速偏小。6 个点平均的 U、V 风的偏差分布基本呈现正态分布，最大概率分布均在  $0.5\text{ m/s}$  以内，占比接近 50%，偏差在  $1\text{ m/s}$  以内的占比 80%。

5) 由于机场的观测点受局地环境的影响出现一定的差异，而实况分析场格点具有网格代表性，因此



用 6 个点的平均值进行独立检验的效果优于单个点的检验。

本文的独立性检验分析结果显示, RTOAS 实况分析场具有较好的稳定性和准确性, 在资料缺乏地区能够作为实况观测的替代资料使用, 使用中, 需注意风的观测受局地影响较大, 资料的代表性有限。

## 基金项目

本文由国家重点研发计划课题“超大城市综合观测试验数据融合、评估与应用示范”(2017YFC1501704)资助。

## 参考文献

- [1] Xie, Y., Koch, S., Mcginley, J., Albers, S., Bieringer, P.E., Wolfson, M., *et al.* (2011) A Space-Time Multiscale Analysis System: A Sequential Variational Analysis Approach. *Monthly Weather Review*, **139**, 1224-1240. <https://doi.org/10.1175/2010MWR3338.1>
- [2] Albers, S., Mcginley, J., Birkenheuer, D. and Smart, J. (1996) The Local Analysis and Prediction System (LAPS): Analyses of Clouds, Precipitation, and Temperature. *Weather and Forecasting*, **11**, 273-287. [https://doi.org/10.1175/1520-0434\(1996\)011%3C0273:TLAAPS%3E2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0434(1996)011%3C0273:TLAAPS%3E2.0.CO;2)
- [3] Xie, Y., Koch, S.E., Mcginley, J.A., Albers, S. and Wang, N. (2005) A Sequential Variational Analysis Approach for Mesoscale Data Assimilation. *21st Conference on Weather Analysis and Forecasting/17th Conference on Numerical Weather Prediction*, Washington DC, 28 July-1 August 2005.
- [4] 龙柯吉, 师春香, 韩帅, 黄晓龙, 徐晓莉, 孙帅, 等. 中国区域高分辨率温度实况融合格点分析产品质量评估[J]. 高原山地气象研究, 2019, 39(3): 67-74.
- [5] 李红莉, 崔春光, 王志斌. LAPS 的设计原理、模块功能与产品应用[J]. 暴雨灾害, 2009, 28(1): 64-70.
- [6] 张涛. 基于 LAPS-STMAS 的多源资料融合及应用研究[D]: [硕士学位论文]. 南京: 南京信息工程大学, 2013.
- [7] 师春香, 潘昞, 谷军霞, 徐宾, 韩帅, 朱智, 等. 多源气象数据融合格点实况产品研制进展[J]. 气象学报, 2019, 77(4): 774-783.
- [8] 李红莉, 张文刚, 付志康, 周志敏, 万霞. 一次暴雨过程的 LAPS 分析场与多源观测对比分析[J]. 暴雨灾害, 2017, 36(3): 207-216.
- [9] 刘春文, 林永辉, 曹艳察. 局地分析预报系统在 GRAPES 模式中的应用[J]. 应用气象学报, 2013, 24(2): 162-170.
- [10] 崔春光, 李红莉, 彭菊香, 张兵, 王晓芳, 张端禹. LAPS 资料在一次鄂东初夏暴雨分析中的应用[J]. 暴雨灾害, 2009: 27(4): 307-312.
- [11] 王叶红, 赖安伟, 赵玉春. 降水资料同化在梅雨锋特大暴雨个例模拟中的应用研究[J]. 气象学报, 2012, 70(3): 402-417.
- [12] 刘春文, 林永辉. 局地分析预报系统 LAPS 对多种探测资料融合研究及评估[J]. 云南大学学报(自然科学版), 2013, 35(S1): 226-235.
- [13] 张涛, 苗春生, 王新. LAPS 与 STMAS 地面气温融合效果对比试验[J]. 高原气象, 2014, 33(3): 743-752.
- [14] 李超, 唐千红, 陈宇, 刘鑫, 黄琰, 李志敏. 多源数据融合系统 LAPS 的研究进展及其在实况数据服务中的应用[J]. 气象科技进展, 2017, 7(2): 32-38. <https://doi.org/10.3969/j.issn.2095-1973.2017.02.005>
- [15] 刘寿东, 唐玉琪, 邵玲玲, 刘红亚. LAPS 分析场在一次强对流天气过程尺度分析中的应用[J]. 大气科学学报, 2012, 35(4): 391-403.
- [16] 刘志雄, 戴泽军, 彭菊香, 许霖. 基于 LAPS 的一次局地强冰雹过程分析[J]. 暴雨灾害, 2009, 28(4): 313-320.
- [17] Han, S., Liu, B., Shi, C., Liu, Y., Qiu, M. and Sun, S. (2020) Evaluation of CLDAS and GLDAS Datasets for Near-Surface Air Temperature over Major Land Areas of China. *Sustainability*, **12**, Article No. 4311. <https://doi.org/10.3390/su12104311>
- [18] Jiang, Y., Han, S., Shi, C., Gao, T., Zhen, H. and Liu, X. (2021) Evaluation of HRCLDAS and ERA5 Datasets for Near-Surface Wind over Hainan Island and South China Sea. *Atmosphere*, **12**, Article No. 766. <https://doi.org/10.3390/atmos12060766>