

CLDAS温度产品在湖北区域的适用性评估及订正研究

童红梅¹, 庄妍², 费慧芬¹, 刘熠炎¹, 张新宜¹, 童琴³

¹黄石市气象局, 湖北 黄石

²湖北省气象服务中心, 湖北 武汉

³江夏区气象局, 湖北 武汉

收稿日期: 2025年9月11日; 录用日期: 2025年11月11日; 发布日期: 2025年10月19日

摘要

CLDAS提供了高时空分辨率的陆面融合数据集, 为湖北精细化气象服务提供了重要的数据支撑, 而数据的适用性评估及其订正是开展数据应用的重要基础。本文以湖北省82个国家级自动气象站逐日温度为基准, 采用偏差、平均误差、平均绝对误差、均方根误差和相关系数等指标, 分析2018~2022年CLDAS气温产品在湖北区域的适用性, 并用一元线性回归模型对CLDAS温度产品开展订正研究, 且用2023年资料对模型进行回代检验。结果表明: (1) CLDAS温度产品在1月、3月、5月、10月、11月和12月的空间分布与实况差距较大, 在2月的空间分布与实况匹配度较高; 汛期(5月、6月、7月、8月、9月)为暖偏差, 1月、2月、3月、11月、12月为冷偏差。(2) CLDAS温度产品插值和站点观测值相关性不强, 但4月和10月的质量优于其他时间。相关系数以正相关为主, 中度相关的站点数比例为21%~40%, 高度相关的站点数比例7%~17%。(3) CLDAS温度插值在4月、10月分别降低0.5℃、3℃后, 与站点实况基本相同, 可作为站点稀疏地区的参考。

关键词

CLDAS, 温度, 插值, 订正

Applicability Assessment and Correction Research of CLDAS Temperature Products in the Hubei Region

Hongmei Tong¹, Yan Zhuang², Huifen Fei¹, Yiyao Liu¹, Xinyi Zhang¹, Qin Tong³

¹Huangshi Meteorological Observatory, Huangshi Hubei

²Hubei Meteorological Service Center, Wuhan Hubei

³Jiangxia District Meteorological Bureau, Wuhan Hubei

Received: September 11, 2025; accepted: November 11, 2025; published: November 19, 2025

文章引用: 童红梅, 庄妍, 费慧芬, 刘熠炎, 张新宜, 童琴. CLDAS 温度产品在湖北区域的适用性评估及订正研究[J]. 自然科学, 2025, 13(6): 1307-1313. DOI: 10.12677/ojns.2025.136136

Abstract

CLDAS provides a high spatiotemporal resolution land surface merged dataset, offering crucial data support for refined meteorological services in Hubei. The applicability assessment and correction of this data serve as an important foundation for its application. Using the daily temperature data from 82 national-level automatic weather stations in Hubei Province as a benchmark, this study employed indicators such as BIAS, ME, MAE, RMSE, and R to analyze the applicability of the CLDAS temperature product in the Hubei region from 2018 to 2022. A univariate linear regression model was used to conduct correction research on the CLDAS temperature product, and data from 2023 were used for back-substitution testing of the model. The results indicate that: (1) The spatial distribution of the CLDAS temperature product showed significant discrepancies with observations in January, March, May, October, November, and December, while the spatial distribution in February matched observations relatively well. A warm bias was observed during the flood season (May, June, July, August, September), and a cold bias was observed in January, February, March, November, and December. (2) The correlation between the interpolated CLDAS temperature product and station observations was not strong, but the quality in April and October was better than in other periods. The correlation coefficients were predominantly positive, with the proportion of stations showing moderate correlation ranging from 21% to 40%, and the proportion showing high correlation ranging from 7% to 17%. (3) After reducing the interpolated CLDAS temperature by 0.5°C in April and 3°C in October, it became essentially the same as the station observations and can be used as a reference for areas with sparse stations.

Keywords

CLDAS, Temperature, Interpolation, Correction

Copyright © 2025 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. 研究目的及意义

随着现代气象事业的发展及观测手段的更新,精准的气象服务给我国气象事业的发展提出了更高的要求[1]。复杂的地形造成湖北观测站点空间分布的非均匀性显著,难以准确表征气象要素空间变化,因此多使用再分析数据或陆面同化资料作为真值进行相关应用研究[2]。中国气象局陆面数据同化系统(CMA Land Data Assimilation System, CLDAS)产品是中国局下发的基于观测、雷达、卫星的融合产品[3]-[8]。国家信息中心 2018 年完成了 13 气象要素 28 个气象变量的融合实况分析产品实现业务准入,CLDAS1.0 是陆面数据同化系统第一版产品;2020 年 4 月底,CLDAS2.1 为省级信息中心气象资料业务系统 MDOS 提供实况产品的数据支撑。

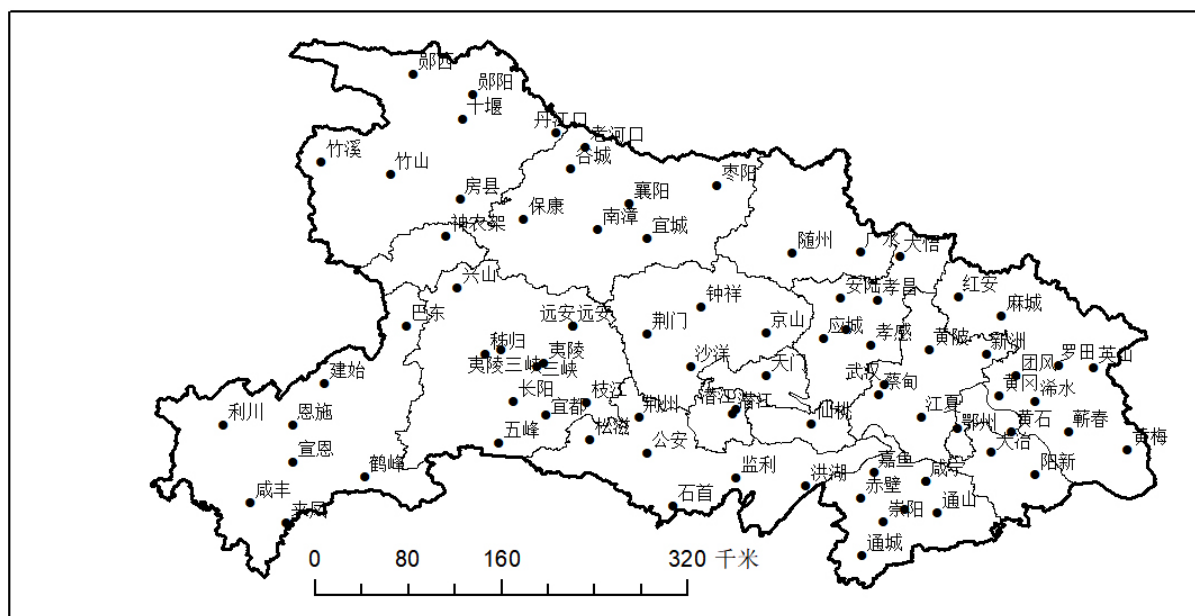
近年来,学者们在气象网格实况产品的适用性研究方面开展了大量工作,但因缺乏均匀分布且周密的站点观测资料,高分辨率格点产品的检验及评估存在一定的困难,基于观测站点的温度检验一般采用双线性插值将格点产品插值到站点[1]。潘留杰等[9]提出利用站点误差传递到格点的思路对陕西省的模式温度产品实现了精细化格点预报订正。俞剑蔚等[10]采用误差分析和准确率方法,评估了网格实况产品在江苏地区的适用性。齐铎等[11]对中国东北部的预报能力进行初步检验与偏差订正,结果表明气温预报准确率有较明显的季节性误差,与海拔高度呈负相关。龙柯吉等[12]、吴薇等[13]、郭旭等[14]分别研究了

CLDAS 和 CMPAS 产品在四川地区的适用性,发现逐小时产品与站点实况基本一致,具有较高的参考性。

为弥补湖北复杂地形下站点观测稀疏的问题,利用 CLDAS 产品代替观测站点进行精细化应用是一个重要途径。本文应用 2018~2022 年 CLDAS 产品中的逐日 2 m 气温,评估其在湖北各区域的适用性,最后用线性回归方法对温度产品进行订正检验。

2. 资料与方法

观测数据来自湖北省气象信息与技术保障中心,选取 82 个国家站逐日观测数据作为研究真值(图 1),时间为 2018 年 1 月 1 日至 2023 年 12 月 31 日。CLDAS 温度数据下载自国家气象科学数据中心(<http://data.cma.cn/>)。



(来源: Arcgis 制图)。

Figure 1. Spatial distribution of national-level surface meteorological observation stations in Hubei province

图 1. 湖北省国家级地面气象观测站空间分布

本文以经过质控的观测站点资料作为真值,将 CLDAS 温度产品插值到观测站点,统计比较一段时间内两者的误差。插值法是采用双线性插值,就是通过实况站点周围的 4 个格点值及相对位置进行插值[15]。采用偏差(BIAS)、平均误差(ME)、平均绝对误差(MAE)、均方根误差(RMSE)、相关系数(R)等指标进行适用性分析[16][17]。以 2018~2022 年月插值为滑动训练期,使用训练期站点的观测数据 y 和 CLDAS 插值 x 的资料序列做一元线性回归分析,在每个站点上建立回归方程。

3. 月平均气温对比分析

提取湖北省 82 个国家站经纬度信息,根据位置信息将 CLDAS 格点温度插值到对应的站点上,得到插值后的温度序列后,与站点实况进行对比分析。

从月平均气温的时间变化趋势来看(图 2),CLDAS 月平均气温随时间呈单峰型分布,最大值出现在 8 月,最小值出现在 1 月;而实况显示,月平均气温随时间波动不大,稳定在 16.0℃至 19.0℃,峰值不明显。与实况对比,CLDAS 月平均气温的时间变化趋势与实况相差较大。分月来看,5 月、6 月、7 月、8 月、9 月为暖偏差,1 月、2 月、3 月、11 月、12 月为冷偏差。4 月和 10 月偏差最小,1 月和 8 月偏差最大。

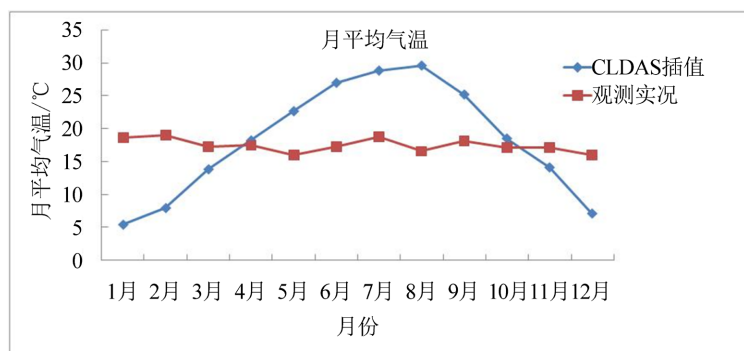


Figure 2. Monthly average temperature comparison in Hubei province

图 2. 湖北逐月平均气温对比

经对比分析, CLDAS 月平均气温的空间分布基本无变化, 均表现出自东南向西北逐渐递减的分布特征, 其中最低温度区域始终出现在鄂西南山区。与观测实况对比, CLDAS 在大部分月份的空间分布与实况差距较大, 如 1 月、3 月、5 月、10 月、11 月和 12 月。特别在季节转换和秋季表现较差, 如实况显示 1 月、10 月、11 月全省气温西部高于东部, 3 月和 9 月北部高于南部, CLDAS 在这 5 个月的空间分布特征与实况相反。但在 2 月的空间分布与实况匹配度较高。

4. 误差的时空分布特征

计算插值数据与实况数据的偏差(BIAS)、平均误差(ME)、平均绝对误差(MAE)、均方根误差(RMSE)、相关系数(R), 公式参考《气象统计分析与预报方法》[18] [19]。

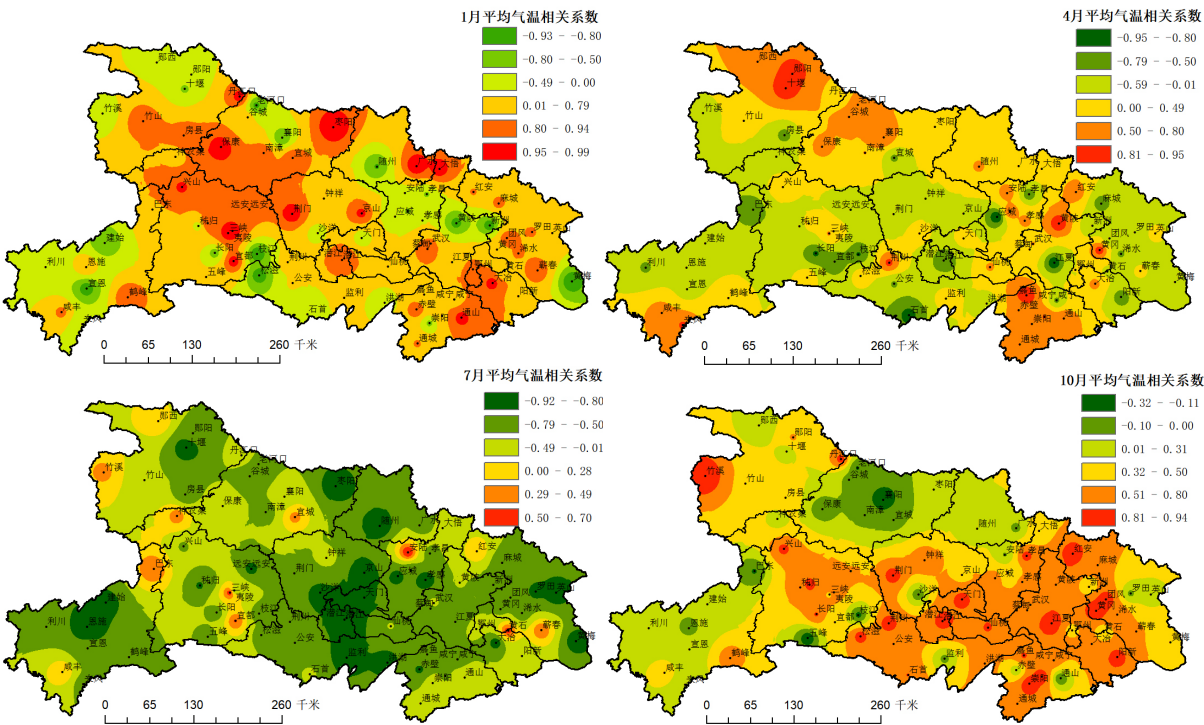
从表 1 统计来看, 1 月的偏差最小, 为 0.28°C, 8 月最大, 为 1.79°C。从平均误差的统计来看, 正误差出现在 4 月、5 月、6 月、7 月、8 月、9 月、10 月, 说明在 4~10 月, CLDAS 温度插值高于站点观测值; 负误差出现在 1 月、2 月、3 月、11 月、12 月, 说明在这些月份 CLDAS 温度低于站点观测。平均误差最小出现在 4 月, 为 0.77°C; 误差最大出现在 1 月, 为 -13.22°C。4 月和 10 月的平均绝对误差和均方根误差最小; 1 月和 8 月的平均绝对误差和均方根误差最大。从相关系数来看, 正相关的月份出现在 3 月、4 月、6 月、9 月、12 月, 负相关出现在 1 月、2 月、5 月、7 月、8 月、10 月、11 月。最大相关系数出现在 6 月, 为 0.1697。综合所有的误差统计, CLDAS 温度产品插值和站点观测值相关性不强, 但 4 月和 10 月较其他月份偏差最小。

综合考虑 4 月和 10 月插值与实况拟合度优于其他时段, 结合四季变化, 选取 1 月、4 月、7 月、10 月分别代表冬、春、夏和秋季, 并对这四个月份误差的空间分布进行详细分析。以相关系数为例, 从其空间分布来看(图 3), 1 月 CLDAS 温度差值与实况观测在湖北大部区域为正相关。负相关的站点数为 26 个, 占总站点数的 31.7%。相关系数最大为 0.99, 出现在广水。相关系数小于 0.8 且大于 0.5 的站点数为 23 个, 占总站点数的 28%; 相关系数小于 0.95 且大于 0.8 的站点数为 11 个, 占总站点数的 13.4%; 大于 0.95 的站点数为 2 个。4 月插值与实况观测在湖北中北部和东南部为正相关, 其他区域以负相关为主。负相关的站点数为 38 个, 占总站点数的 46.3%。相关系数最大为 0.96(负值), 出现在应城。相关系数小于 0.8 且大于 0.5 的站点数为 17 个, 占总站点数的 20.7%; 相关系数小于 0.95 且大于 0.8 的站点数为 6 个, 占总站点数的 7.3%; 大于 0.95 的站点数为 1 个。7 月插值与实况观测在湖北分布较匀称, 以负相关为主。负相关的站点数为 70 个, 占总站点数的 85.4%。相关系数最大为 0.92(负值), 出现在恩施。相关系数小于 0.8 且大于 0.5 的站点数为 33 个, 占总站点数的 40.2%; 相关系数小于 0.95 且大于 0.8 的站点数为 8 个, 占总站点数的 9.8%。10 月插值与实况观测在湖北大部区域为正相关, 湖北西部部分地区有负相关。负相关的站点数为 8 个, 占总站点数的 9.8%。相关系数最大为 0.94, 出现在竹溪。相关系数小于

0.8 且大于 0.5 的站点数为 30 个, 占总站点数的 40.2%; 相关系数小于 0.95 且大于 0.8 的站点数为 14 个, 占总站点数的 17.1%。综合分析, CLDAS 温度插值与实况观测的相关系数除 7 月以负相关为主, 其他时间月份正相关站点数比例均超过 50%, 以正相关为主。CLDAS 温度插值与实况观测数据中度相关的站点数比例为 21%~40%, 高度相关的站点数比例 7%~17%。7 月、10 月的相关性整体高于另外两个月。

Table 1. Error statistics for interpolated versus observed temperatures
表 1. 温度插值与观测值误差统计

时段	BIAS	ME	MAE	RMSE	R
1 月	0.2899	-13.2185	13.2185	13.4323	-0.0142
2 月	0.4169	-11.0787	11.0787	11.3008	-0.0204
3 月	0.8009	-3.4356	3.5124	4.0326	0.0392
4 月	1.0442	0.7702	2.1526	2.6410	0.0188
5 月	1.4176	6.6720	6.7033	7.0675	-0.0388
6 月	1.5609	9.6915	9.6915	9.9650	0.1697
7 月	1.5365	10.0682	10.0682	10.4346	-0.1179
8 月	1.7872	13.0328	13.0328	13.2907	-0.1314
9 月	1.3921	7.0948	7.1077	7.6645	0.0843
10 月	1.0828	1.4141	2.1048	2.6931	-0.1353
11 月	0.8261	-2.9685	3.0936	3.6924	-0.0198
12 月	0.4443	-8.8748	8.8748	9.0659	0.0865



(来源: Arcgis 制图)。

Figure 3. Spatial distribution of correlation coefficients for CLDAS temperature interpolation in January, April, July, and October

图 3. CLDAS 温度插值在 1 月、4 月、7 月、10 月的相关系数空间分布

5. 订正及检验

选取了 1 月、4 月、7 月和 10 月相关系数最大的站点分别建立 CLDAS 温度插值与观测实况的一元线性回归方程, 并用 2023 年温度实况资料进行检验。

1 月相关系数最大的站点出现在广水, 处在湖北东北部, 其相关系数为 0.99。回归方程为 $y = 2.715x + 8.962$, $R^2 = 0.973$ 。将 2023 年 CLDAS 温度插值代入 x , 求出 y 为 24.96°C , 比 2023 年 1 月广水站实况 13.92°C 显著偏高。因此, 温度插值在该站点不可用。

4 月相关系数最大的站点出现在应城, 处在江汉平原北部, 其相关系数为 -0.96。回归方程为 $y = -3.420x + 82.88$, $R^2 = 0.920$ 。计算结果比实况偏高 0.5°C , 差距非常小。说明 4 月温度插值经过订正后与实况匹配度高。

7 月相关系数最大的站点出现在恩施, 处在鄂西南, 其相关系数为 -0.92。方程为 $y = -5.199x + 165.1$, $R^2 = 0.849$ 。计算结果比实况显著偏差。因此 CLDAS 温度插值在该站点参考性不大。

10 月相关系数最大的站点出现在竹溪, 处在鄂西北, 其相关系数为 0.94。方程为 $y = 28.05x - 432.8$, $R^2 = 0.881$ 。计算结果比实况偏高 3.02°C , 说明 CLDAS 的 10 月温度插值经过订正后与实况匹配度还可以。

综上分析, CLDAS 温度插值在 4 月、10 月分别降低 0.5°C 、 3°C 后, 与站点实况基本相同, 可作为站点稀疏地区的参考。

6. 结论

基于湖北 82 个国家气象站观测资料, 对 CLDAS 产品数据集的 2 m 平均气温在湖北地区的适用性进行检验评估, 同时选取相关性最强的站点进行订正分析, 得到如下结论:

(1) CLDAS 温度产品在湖北区域的空间分布过于一致, 月季年三个时间尺度均表现出一致的从东南向西北逐渐递减的分布特征, 导致 CLDAS 在 1 月、3 月、5 月、10 月、11 月和 12 月的空间分布与实况差距较大, 但在 2 月的空间分布与实况匹配度较高。时间变化趋势与实况相差也较大, 汛期(5 月、6 月、7 月、8 月、9 月)为暖偏差, 1 月、2 月、3 月、11 月、12 月为冷偏差。

(2) CLDAS 温度产品插值和站点观测值相关性不强, 但 4 月和 10 月的质量优于其他时间。CLDAS 温度插值与实况观测的相关系数以正相关为主, 中度相关的站点数比例为 21%~40%, 高度相关的站点数比例 7%~17%。

(3) CLDAS 温度插值在 4 月、10 月分别降低 0.5°C 、 3°C 后, 与站点实况基本相同, 可作为站点稀疏地区的参考; 但 1 月和 7 月的 CLDAS 温度插值较实况差距明显, 参考性不强。

参考文献

- [1] 杨富燕, 彭芳, 于飞, 等. CLDAS 温湿产品在贵州的适用性评估及订正[J]. 高原气象, 2023, 42(2): 472-482.
- [2] 李浙华, 范从文, 邓超, 等. CLDAS 陆面同化资料和 ERA5-Land 再分析资料气温产品在江西省的适用性评估[J]. 气象与减灾研究, 2023, 46(1): 44-51.
- [3] 李显凤, 师春香, 胡佳军, 等. CLDAS 数据质量在线评估系统的设计与实现[J]. 气象科技, 2017, 45(6): 1116-1124.
- [4] 韩帅, 师春香, 姜立鹏, 等. CLDAS 土壤湿度模拟结果及评估[J]. 应用气象学报, 2017, 28(3): 369-378.
- [5] Liu, J.G., Shi, C.X., Sun, S., et al. (2019) Improving Land Surface Hydrological Simulations in China Using CLDAS Meteorological Forcing Data. *Journal of Meteorological Research*, 33, 1194-1206. <https://doi.org/10.1007/s13351-019-9067-0>
- [6] 孙帅, 师春香, 梁晓, 等. 不同陆面模式对我国地表温度模拟的适用性评估[J]. 应用气象学报, 2017, 28(6): 737-749.

-
- [7] 陈燕丽, 黄思琦, 莫建飞, 等. 基于 CLDAS 数据的甘蔗干旱监测评估标准对比——以 2011 年广西干旱为例[J]. 干旱气象, 2020, 38(2): 188-194.
- [8] 崔园园, 敬文琪, 覃军. 基于 TIPEXIII 资料对 CLDAS-V2.0 和 GLDAS-NOAH 陆面模式产品在青藏高原地区的适用性评估[J]. 高原气象, 2018, 37(5): 1143-1160.
- [9] 宇婧婧, 沈艳, 潘旻, 等. 概率密度匹配法对中国区域卫星降水资料的改进[J]. 应用气象学报, 2013, 24(5): 544-553.
- [10] 潘旻, 沈艳, 宇婧婧, 等. 基于贝叶斯融合方法的高分辨率地面-卫星-雷达三源降水融合试验[J]. 气象学报, 2015, 73(1): 177-186.
- [11] 龚伟伟, 师春香, 张涛, 等. 中国区域多种数值模式资料的地面气象要素评估[J]. 气候与环境研究, 2015, 20(1): 53-62.
- [12] 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[J]. 应用气象学报, 2009, 20(6): 706-712.
- [13] 金荣花, 代刊, 赵瑞霞, 等. 我国无缝隙精细化网格天气预报技术进展与挑战[J]. 气象, 2019, 45(4): 445-457.
- [14] 李奇临, 刘昉, 廖伟, 等. CLDAS 与 CMPAS 产品在重庆分区适用性差异检验[J]. 高原山地气象研究, 2023, 43(1): 119-127.
- [15] 俞剑蔚, 李聪, 蔡凝昊, 等. 国家级格点实况分析产品在江苏地区的适用性评估分析[J]. 气象, 2019, 45(9): 1288-1298.
- [16] 齐铎, 刘松涛, 张天华, 等. 基于格点的中国东北中部 2m 温度数值预报检验与偏差订正[J]. 干旱气象, 2020, 38(1): 81-88.
- [17] 张玮, 李显凤, 何瑶, 等. 基于江西省站点资料对智能网格实况分析产品的检验评估[J]. 江西师范大学学报(自然科学版), 2020, 44(4): 403-410.
- [18] 吴薇, 黄晓龙, 徐晓莉, 等. 融合降水实况分析产品在四川地区的适用性评估[J]. 沙漠与绿洲气象, 2021, 15(4): 1-8.
- [19] 郭旭, 龙柯吉, 范江琳, 等. 四种降水融合产品在四川持续性强降水过程中的对比评估[J]. 高原山地气象研究, 2021, 41(2): 42-52.