

高亮书,余鹏.CLDAS地面要素产品在陕西的适用性评估[J].陕西气象,2023(1):67-72.

文章编号:1006-4354(2023)01-0067-06

CLDAS地面要素产品在陕西的适用性评估

高亮书^{1,2},余鹏^{1,2}

(1. 陕西省气象信息中心,西安 710014;

2. 陕西省气象局秦岭和黄土高原生态环境气象重点实验室,西安 710014)

摘要:基于陕西省1540个地面自动气象站的观测资料,采用平均误差、平均绝对误差、均方根误差、相关系数等评估指标对5 km分辨率的CLDAS小时产品——2 m气温、2 m相对湿度、能见度、10 m风速在陕西的适用性进行了评估检验。结果表明:CLDAS 2 m气温、2 m相对湿度产品在陕西质量较好,能见度次之,10 m风速质量相较差。对CLDAS 2 m气温评估结果的进一步分析表明,各评估指标具有一定的月变化、日变化特征,但整体质量趋于稳定;高海拔地区,评估指标变化明显,代表性相对差。CLDAS 2 m气温对日最高、最低气温也有很好的指示性。分辨率为1 km与5 km的CLDAS 2 m气温产品对比评估表明,1 km气温产品的误差较小,相关系数更大,尤其对于高海拔地区,质量有明显改善,代表性增强。

关键词:CLDAS;气温;质量评估

中图分类号:P423.7

文献标识码:A

陆面作为大气运动的下垫面,通过物质和能量交换与大气发生复杂的相互作用,影响局地、区域乃至全球天气、气候的基本特征,陆面各状态变量的准确刻画对数值天气预报和短期气候预测等至关重要^[1-3]。2013年国家气象信息中心研发的中国气象局第一代陆面数据同化系统(CLDAS-V1.0)^[4-5]实现业务化运行,2015年在第一代单模式的基础上进行多模式集成发展了第二代陆面数据同化系统(CLDAS-V2.0)^[6]。中国气象局陆面数据同化系统(CMA land data assimilation system, CLDAS)融合数值预报、地面观测、卫星遥感等多源数据信息,采用多重网格变分同化技术,可以输出气温、相对湿度、风速、能见度等多种气象要素产品,为智能网格预报技术的发展提供了重要基础,在农业干旱监测、水利防洪抗旱、山洪地质灾害气象服务、气候系统模式评估等方面也提供有力的科技支撑^[7-9]。在CLDAS陆面驱

动场产品的质量评估方面,许多学者做了大量分析研究^[3,8,10],而针对该产品在陕西省的适用性评估工作目前开展较少。本文旨在采用地面自动气象站观测数据对CLDAS 2 m气温、2 m相对湿度、能见度、10 m风速等要素在陕西的质量情况进行评估分析。气温作为气候两大要素之一,受季节性变化和区域差异影响显著^[11-12],陕西地形复杂,南北间气候差异明显,区域气温相差大^[13-14]。分析气温产品各评估指标在陕西地区的时空分布特征以及受海拔高度的影响,为产品在陕西的应用和改进提供参考依据。

1 资料与方法

1.1 资料来源

评估对象为5 km空间分辨率的CLDAS陆面驱动场小时产品,评估时长为2020年10月—2021年9月,评估要素包括2 m气温、2 m相对湿度、能见度和10 m风速,评估区域为陕西。

收稿日期:2022-01-17

作者简介:高亮书(1997—),女,汉族,四川达州人,硕士,助理工程师,主要从事气象资料分析与评估。

基金项目:陕西省气象局秦岭和黄土高原生态环境气象重点实验室开放基金课题(2019Z-6)

2021年9月中国气象局正式下发了1 km空间分辨率的CLDAS小时产品,相较于5 km产品增加了自主研发的中国区域实况分析预报场作为背景场,优化了融合分析参数。选取2021年9月1 km空间分辨率的2 m气温产品作为个例对比评估。分析中除了特别指明产品分辨率外,均为5 km分辨率的CLADS产品评估结果。检验源数据为陕西1 540个自动气象站(考核站,以下简称站点)经过质量控制后的逐小时气温、相对湿度、能见度和风速,其中包括99个国家站。为提高评估结果的准确性,评估之前剔除了CLDAS要素值与站点值中缺省时刻的数据。

1.2 评估方法

由于CLDAS产品融合了陕西省1 540个自动气象站的资料,因此采用非独立样本检验法。使用双线性插值法将CLDAS产品插值至观测站点,将站点各要素值作为真值,进行检验评估,指标主要包括平均误差(E_M)、平均绝对误差(E_{MA})、均方根误差(E_{RMS})和CLADS产品与站点值的相关系数(R)。

2 CLDAS产品评估结果

首先分析2020年10月—2021年9月的CLDAS 2 m气温、2 m相对湿度、能见度、10 m风速与站点数据之间的整体误差和相关性。2 m气温的平均误差、平均绝对误差、均方根误差分别为 -0.0069 、 0.7547 、 1.0195 °C,相对湿度各项误差分别为 0.12% 、 4.74% 、 6.95% ,能见度分别为 -1.17 、 3.15 、 5.65 km,风速分别为 -0.36 、 0.72 、 0.93 m/s。气温、相对湿度、能见度、风速CLDAS值与站点值的相关系数分别为 0.99 、 0.95 、 0.83 、 0.66 。10 m风速按站点风速大小进行分级评估,结果如表1所示。0到2级风速平均绝对误差为 0.61 m/s,7级以上风速平均绝对误差达 9.92 m/s,可见随着风级增大,CLDAS 10 m风速产品的误差明显增大。综上所述,CLDAS 2 m气温、2 m相对湿度与站点值的相关程度高,误差较小,产品质量较好;能见度产品质量次之;10 m风速产品质量相比较差。CLDAS 10 m风速产品可较精确地描述风速较小的情况,对于大风描述能力偏弱,这与王丹等^[15]对陕西地

区CLDAS风速的质量检验结果一致。因此在使用10 m风速产品时,应充分考虑误差值。

表1 2020年10月—2021年9月CLDAS 10 m风速
分级评估结果 单位:m/s

风力等级	站点风速	平均绝对误差	均方根误差
0~2	0~3.3	0.61	0.79
3~4	3.4~7.9	1.86	2.16
5~6	8.0~13.8	4.21	4.75
≥7	≥13.9	9.92	10.60

3 CLADS 2 m气温评估分析

第2节的评估结果表明,CLADS 2 m气温产品在陕西误差较小,与站点气温具有很高的一致性,相较其他要素质量更好。已有研究指出同一要素的产品质量会受到地形和季节差异的影响^[3,9],鉴于陕西复杂的地形和气候特征,将进一步对CLADS 2 m气温产品各评估指标的时空变化特征进行分析。

3.1 误差的空间分布

CLDAS 2 m气温各项评估指标的空间分布如图1所示。1 540个站的平均误差均值小于 0 °C,说明CLDAS气温比站点气温整体偏低,其中99.4%的站点平均误差在 $-1\sim 1$ °C之间,仅有13个站的平均误差超过 2 °C。平均绝对误差小于 1 °C的站点有1 265个,占总站数的82.1%,小于 2 °C的站点有1 520个,占到总站数的98.7%。96.8%的站点均方根误差在 2 °C之内。CLDAS产品对与站点值的相关系数,93.3%的站达到 0.99 之上,仅有一个站(华阴市蒲峪站)相关系数低于 0.9 。综合四种评估指标的空间分布可知,在海拔较高、地形复杂、站点稀疏的秦岭沿线地区CLDAS 2 m气温的误差略大,误差最大的国家气象站为华山站,四种评估指标分别为 2.9224 °C, 3.0325 °C, 3.3789 °C, 0.98 。

由以上分析可知,站点海拔高度、分布疏密程度对评估结果有一定影响,为了具体分析海拔高度与质量评估结果的关系,将参与评估的1 540个站点按测站海拔高度分级进行评估。陕西境内地形地貌复杂,海拔高度分布在 $200\sim 3\ 000$ m之

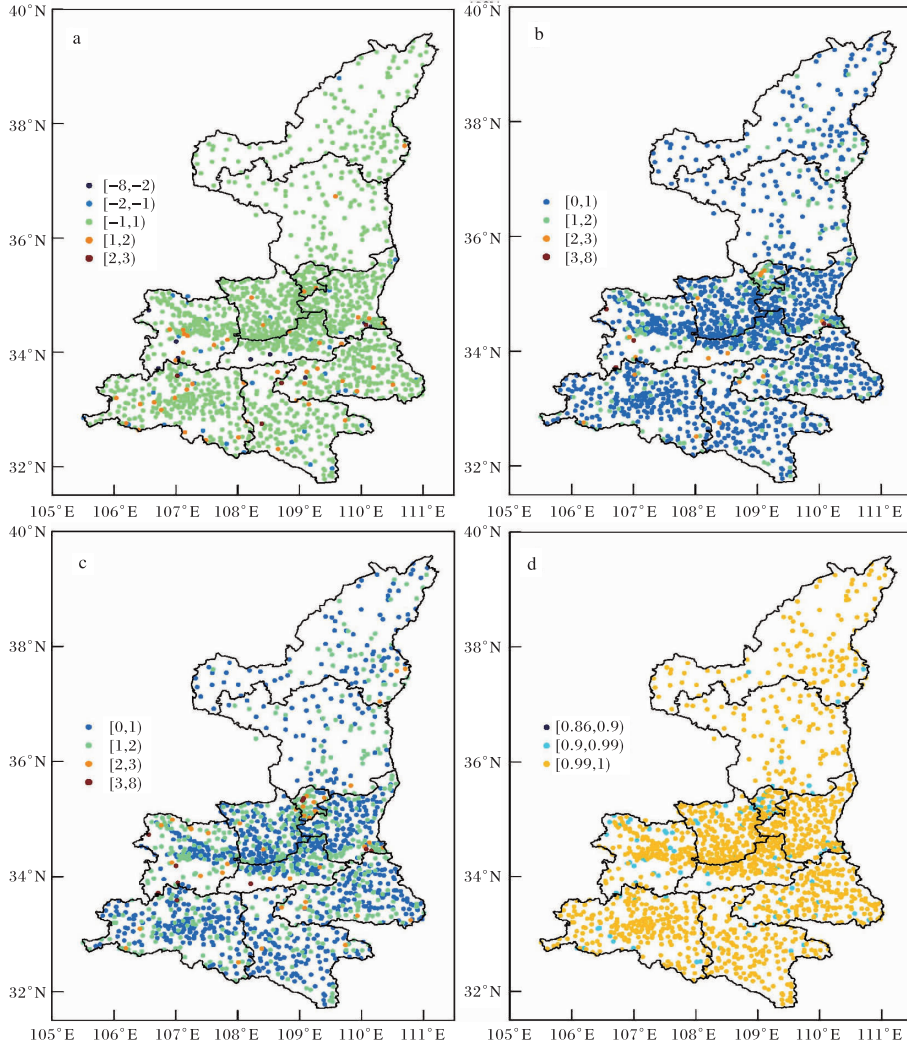


图1 陕西2020年10月—2021年9月CLDAS 2 m气温的平均误差(a,单位:°C)、平均绝对误差(b,单位:°C)、均方根误差(c,单位:°C)及与站点值相关系数(d)的空间分布

间,因此将站点按海拔高度分级为:(200, 1 000] m(1 126个)、(1 000, 1 500] m(382个)、(1 500, 2 000] m(29个)、(2 000, 3 000] m(3个)。分级评估结果如图2所示,随着海拔高度增高,参与评估的站点数减少,误差增大,相关系数降低,尤其对于海拔高度高于2 000 m的站点,相较于低海拔地区各评估指标变化明显,说明高海拔地区的CLDAS 2 m气温产品误差较大,代表性相对更差,在应用过程中应加以订正。

3.2 误差的时间变化

3.2.1 误差的月变化 图3a和图3b为CLDAS 2 m气温各项评估指标的月变化。由图可见,各月的平均误差较稳定,在 $-0.03\sim 0.00\text{ }^{\circ}\text{C}$ 范围内波动,4月出现极小值。各月平均绝对误差处于

$0.63\sim 1.00\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间,最大绝对误差出现在1、2月,其余月份波动较小。均方根误差除1、2、5月略大于 $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 外,其余月份均小于 $1\text{ }^{\circ}\text{C}$,变化趋势与平均绝对误差一致。各月相关系数均在 $0.97\sim 0.99$ 范围内,变化幅度较小。总体上,CLDAS 2 m气温产品质量较稳定,与站点气温有着较高的一致性。

3.2.2 误差的日变化 进一步分析各项评估指标的日变化(图3c、图3d)。CLDAS 2 m气温平均误差的日变化呈单峰单谷型分布,波峰出现在08时,波谷出现在15时;且在10时前平均误差大于0,为暖偏差,10时后平均误差小于0,为冷偏差。平均绝对误差与均方根误差的日变化趋势一致,白天误差小于夜间,各时次的平均绝对误差

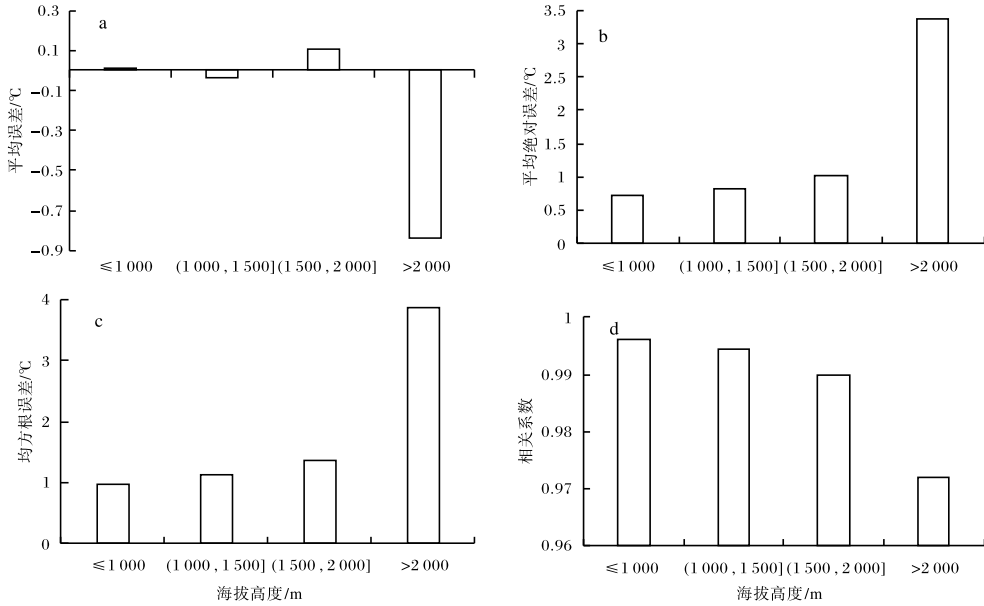


图2 陕西2020年10月—2021年9月不同海拔高度CLDAS 2 m气温的平均误差(a)、平均绝对误差(b)、均方根误差(c)及与站点值的相关系数(d)

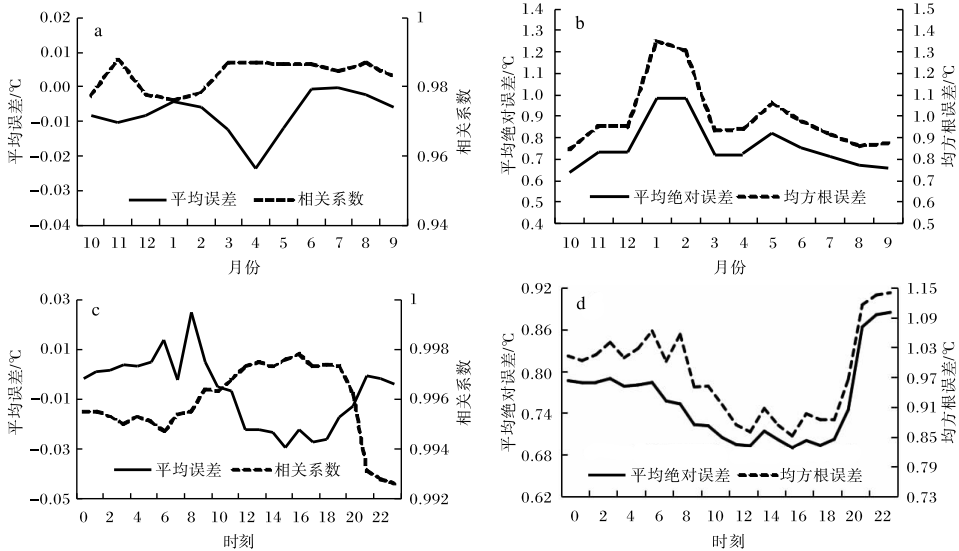


图3 陕西2020年10月—2021年9月CLDAS 2 m气温评估指标的月变化(a,b)和日变化(c,d;北京时间)

在 0.69~0.90 °C 范围内,均方根误差在 0.85~1.20 °C 范围内。各时次的相关系数均高于 0.99,白天的相关系数值高于夜间。综上所述,CLDAS 2 m 气温各评估指标呈现一定的日变化,但变化幅度不大,整体误差较小,与站点值较为一致;相对而言,白天误差值较夜间略小,代表性相对更好。

3.3 日最高、最低气温的评估

从 CLDAS 和站点 20—20 时的逐小时数据中获取日最高、日最低气温进行评估分析,结果如

图 4 所示。可见日最高、最低气温的各项评估指标较为接近,日最高气温的平均误差为-0.179 1 °C,日最低气温的平均误差为 0.094 3 °C,说明 CLDAS 的日最高气温较站点值偏低,而日最低气温较站点值偏高。日最高、最低气温的其他各项评估指标较为接近,日最高、最低气温平均绝对误差分别为 0.740 0 °C、0.776 7 °C,均方根误差均小于 1 °C,相关系数均在 0.99 之上。因此,CLDAS 气温极值数据有很好的参考性。

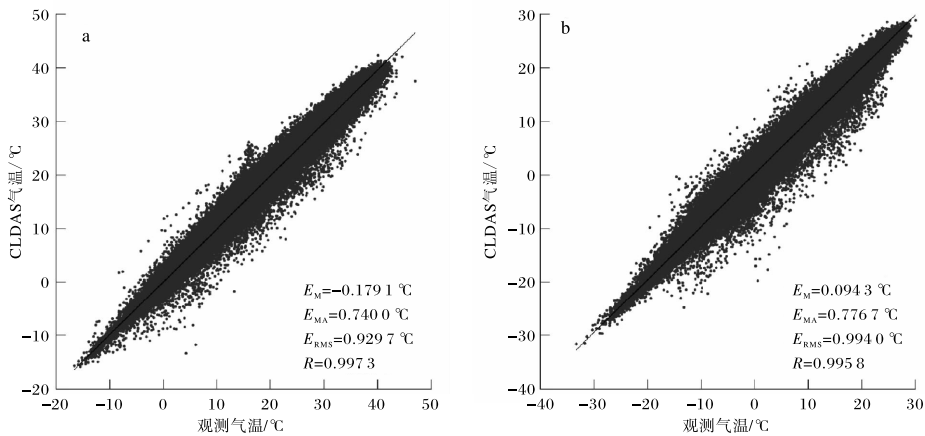


图4 陕西2020年10月—2021年9月CLDAS 2 m日最高温(a)与日最低气温(b)与观测气温的散点图

3.4 个例对比评估

选取2021年9月5 km和1 km分辨率的CLDAS 2 m气温逐时数据进行对比评估。评估结果表明1 km的CLDAS 2 m气温的各项评估指标相较于5 km有明显改进。5 km的CLDAS 2 m气温平均误差为 $-0.0057\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、平均绝对误差为 $0.6547\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，1 km的误差明显减小，分别为

$0.0007\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $0.2939\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。均方根误差低于 $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的站点数，5 km占74.4%，而1 km占到94.8%。就相关系数而言，高于0.99的站点数，5 km占41.5%，而1 km占82.7%(图5)。因此，1 km的CLDAS 2 m气温误差较小，相关程度更高，相较于5 km代表性增强。

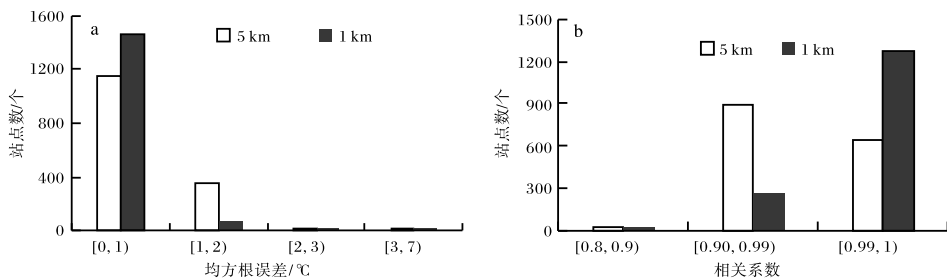


图5 2021年9月5 km和1 km分辨率CLDAS 2 m气温在不同范围均方根误差(a,单位: $^{\circ}\text{C}$)、相关系数(b)的站点统计

前文指出CLDAS 2 m气温在高海拔站点的代表性较差,挑选华山国家自动气象站(海拔高度2 064.9 m)为代表站点,就9月气温进行比较分析,逐时平均气温对比结果如图6所示。结果显示,5 km与1 km分辨率的CLDAS气温与站点气温日变化位相一致,CLDAS气温值均高于站点值。而1 km的CLDAS气温与站点的误差明显更小,更接近站点值。因此对于高海拔地区,1 km分辨率的CLDAS 2 m气温产品的质量相较于5 km改进明显,更具代表性。

4 结论与讨论

(1)CLDAS 2 m气温、2 m相对湿度在陕西

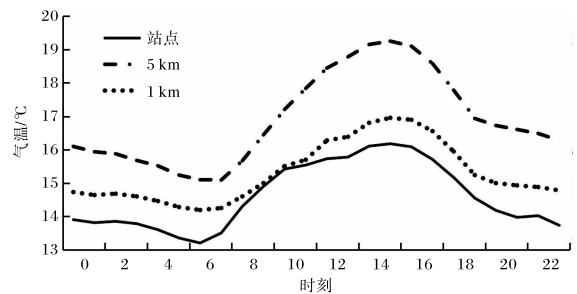


图6 华山气象站2021年9月CLDAS 2 m气温与站点逐时平均气温的比较

地区误差小,与站点值相关程度高,具有很好的参考性。由CLDAS逐时气温获得的日最高、最低气温准确性也较高。能见度的误差相对较大,质

量略差。10 m 风速在风速较小的情况下代表性较好,风速较大时质量相对较差。

(2)CLDAS 2 m 气温的各评估指标受到海拔高度和站点疏密程度的影响,在秦岭沿线等高海拔地区,个别站点 CLDAS 气温的代表性相对较差,因此在使用过程中需注意。

(3)CLDAS 2 m 气温各月各评估指标有一定波动但整体趋于稳定;各评估指标具有一定日变化,白天 CLDAS 气温的评估结果优于夜间,但相差不大。

(4)1 km 和 5 km 空间分辨率的 CLDAS 气温产品对比评估结果表明,1 km 的 CLDAS 气温产品质量整体优于 5 km,尤其对于高海拔站点,质量有明显提升。CLDAS 气温产品在高海拔地区的适用性和订正工作有待进一步开展。另外,本文选择的 1 km 分辨率产品时长较短,后续有必要选择更长时间序列的数据进一步开展质量评估。

参考文献:

- [1] 高路,郝璐. ERA-Interim 气温数据在中国区域的适用性评估[J]. 亚热带资源与环境学报, 2014, 9(2):75-81.
- [2] 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.
- [3] 刘莹,师春香,王海军,等. CLDAS 气温数据在中国区域的适用性评估[J]. 大气科学学报, 2021, 44(4):540-548.
- [4] 朱智,师春香. 中国气象局陆面同化系统和全球陆面同化系统对中国区域土壤湿度的模拟与评估[J]. 科学技术与工程, 2014, 14(32):138-144.
- [5] 孙小龙,宋海清,李平,等. 基于 CLDAS 资料的内蒙古干旱监测分析[J]. 气象, 2015, 41(10):1245-1252.
- [6] 李显风,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.
- [7] 韩帅,师春香,林泓锦,等. CLDAS 土壤湿度业务产品的干旱监测应用[J]. 冰川冻土, 2015, 37(2):446-453.
- [8] 韩帅,林泓锦,师春香,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.
- [9] 龙柯吉,师春香,韩帅,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.
- [10] 崔园园,覃军,敬文琪,等. GLDAS 和 CLDAS 融合土壤水分产品在青藏高原地区的适用性评估[J]. 高原气象, 2018, 37(1):123-136.
- [11] 白爱娟,方建刚. 陕西近 50 年气温变化特征及对天气预报的影响[J]. 陕西气象, 2005(5):1-4.
- [12] 杨萍,肖子牛,刘伟东. 北京气温日变化特征的城郊差异及其季节变化分析[J]. 大气科学, 2013, 37(1):101-12.
- [13] 黄少妮,陈晓婷,井宇. 2010—2012 年陕西日最高气温出现在夜间的统计特征[J]. 陕西气象, 2015(4):10-13.
- [14] 万相均,任志远,张翀. 陕西省气温与降水变化时空分布研究[J]. 干旱区资源与环境, 2013, 27(6):140-147.
- [15] 王丹,杨艳超,党超琪,等. CLDAS 10 m 风产品在陕西的质量检验分析[J]. 陕西气象, 2022(1):17-21.