

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.

文章编号:1006-4354(2022)01-0017-05

CLDAS 10 m 风产品在陕西的质量检验分析

王丹^{1,2},杨艳超²,党超琪²,高红燕²,马磊²

(1. 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 710016;

2. 陕西省气象服务中心,西安 710014)

摘要:以陕西省 99 个地面自动气象站和 1 台测风塔作为检验站点,评估了 2018 年 1 月 1 日至 2020 年 12 月 31 日中国气象局陆面数据同化业务系统(CLDAS)的 10 m 风产品在陕西省的质量。结果表明:CLDAS 10 m 风速产品能够较好地反映陕西省风速的时间和空间分布特征,陕西大部分地区风速的准确率为 55%~75%、平均绝对误差小于 0.8 m/s,风向的准确率为 30%~75%;实况风速越大,CLDAS 风速的质量越差。偏弱率是影响 CLDAS 风速质量的主要因子,当实况风速在 8 级以上时,CLDAS 风速的偏弱率达到 100%,平均绝对误差达到 14.1 m/s。以测风塔资料作为检验数据,利用递减平均方法对 CLDAS 风速进行订正,订正后 CLDAS 风速的逐月和日变化曲线较订正前更接近实况,平均绝对误差从订正前的 1.9~2.8 m/s 降低到 1.1~1.3 m/s。

关键词:CLDAS;10 m 风;质量检验;陕西省

中图分类号:P457.5

文献标识码:A

随着社会发展和科技进步,政府、公众、企业等都对精细化气象服务提出了迫切需求。目前,我国气象部门已经实现了由高分辨率智能网格预报代替传统站点预报^[1]。作为全国智能网格气象要素预报业务试点省份,陕西省气象局于 2017 年 7 月正式启动智能网格预报业务单轨运行^[2-4]。传统的城镇预报重点关注预报站点附近的天气,而智能网格预报则覆盖预报区域内的每个点,如果仍然以气象站的观测数据作为实况参照,则不能满足大部分区域的检验需求。中国气象局陆面数据同化业务系统 CLDAS(CMA land data assimilation system)的网格实况分析产品(以下简称 CLDAS 产品)为全国智能网格预报的订正和检验提供了数据支撑^[5]。已有研究表明,CLDAS 的数据质量优于数值模式资料,能够较好地反映观测要素所具有的时间和空间分布特征,在东部地区的适用性高于西部地区^[6],CLDAS 的土壤温度、湿度和气温产品优于全球陆面同化系

统^[7-8],但是也不可避免地存在一定的误差,其中海拔高度较高的地区误差较大,在地形复杂、气象站稀疏区域应用该产品时应谨慎^[9]。陕西境内地形复杂,既有山地,又有平原,还有黄土高原,在使用 CLDAS 产品时应该先进行质量评估。

在全球气候变暖和能源日趋紧张的背景下,风能作为一种极具竞争力的可再生能源,发展十分迅速,风资源评估是风力发电的重要环节,高分辨率的网格实况分析产品为风资源评估提供了很好的数据基础。目前 CLDAS 产品的历史资料时间不长,但是可以配合气象站长期的历史观测资料一起使用。俞剑蔚等^[10]研究发现 CLDAS 的 10 m 风在江苏地区误差较大,与业务服务需求有一定差距。本研究将以观测数据作为“真值”,检验 CLDAS 的 10 m 风产品在陕西省的质量,并初步探索提高 CLDAS 风速产品质量的可能方法,为 CLDAS 产品在陕西智能网格风速预报检验和风资源评估中的应用提供参考。

收稿日期:2021-03-26

作者简介:王丹(1986—),女,陕西渭南人,硕士,高工,主要从事数值预报应用研究和气象服务。

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(2020Y-2)

1 资料和方法

1.1 资料

研究资料包括:(1)2018年1月1日—2020年12月31日CLDAS的逐1 h 10 m高度 U (纬向风速,单位为m/s)、 V (经向风速,单位为m/s)产品,水平分辨率为 $0.05^\circ \times 0.05^\circ$,通过公式 $W_s = (U^2 + V^2)^{1/2}$ 、 $W_d = \arctan(U/V) \times 180/3.14$ 计算得到全风速(W_s ,单位为m/s)和风向(W_d ,单位为 $^\circ$)产品;(2)2018年1月1日—2020年12月31日陕西99个地面自动气象站逐1 h 10 m高度风速、风向观测资料;(3)陕西某一风电场区域内1台测风塔的10 m高度风速观测资料,观测时间包括2018年1月1日—11月30日、2019年1月1日—12月31日和2020年1月1日—9月15日,2018年数据采集频率为逐5 min、2019和2020年数据采集频率为逐15 min,CLDAS逐1 h风速产品对应的观测值取整点时刻的风速观测值。

为了保证研究结论的可靠性,对测风塔资料进行质量控制^[11],具体包括:风速和风向的观测值分别在 $0 \sim 40$ m/s和 $0^\circ \sim 360^\circ$ 之间;风速大于5 m/s且风速和风向连续6 h无变化时视为缺测,风速小于0.4 m/s且连续3 h以上无变化时视为缺测;当风速大于5 m/s时,风速的标准偏差小于10 m/s;小时平均风速变化小于10 m/s。

1.2 方法

先通过双线性插值方法将格点上CLDAS的10 m风插值到站点上,然后以站点观测值作为“真值”对其进行检验。检验指标包括:(1)对风速检验准确率、偏强率、偏弱率、相关系数和平均绝对误差,根据蒲氏风力等级,当CLDAS风速与实况风速在同一等级,表示CLDAS风速正确,当CLDAS风速等级小于(大于)实况风速等级,表示CLDAS风速偏弱(偏强);(2)对风向检验准确率,按照8分位划分风向,当CLDAS风向中心角度与实况风向角度差在 $\pm 22.5^\circ$ 以内时,记为正确,否则记为错误。

对CLDAS风速产品的订正采用递减平均方法。在任一站点上,对于某一时次的CLDAS风速(S ,单位为m/s),订正后的风速 $S' = S - B(t)$,式中 $B(t) = (1 - \omega) \times B(t-1) + \omega(F - a)$, $B(t)$

表示CLDAS风速的滞后平均误差(单位为m/s), $B(t-1)$ 表示前一日的滞后平均误差,当 $t=1$ 时实行冷启动,即 $B(t-1)=0$, ω 表示权重系数, a 、 F 分别表示当日该站点的观测值和CLDAS分析值(单位为m/s)。权重系数 ω 决定了近期多长时间段的样本将对当天的订正产生影响,直接影响最后的订正结果。计算训练期内不同 ω 取值下的均方根误差,将其最小值对应的 ω 值作为最优权重系数,对CLDAS风速产品进行订正。

2 结果分析

2.1 气象站资料对CLDAS 10 m风产品的检验

以陕西省99个地面自动气象站作为检验站点,对CLDAS的10 m风进行检验。从CLDAS风速与实况风速的逐月对比(图1a、图1b)来看,CLDAS风速小于实况,特别是2020年3月之后,CLDAS的风速较实况明显偏低,但是二者的逐月变化趋势较为一致,均表现出3—5月风速较大、10月至次年1月风速较小的特征,相关系数在 $0.66 \sim 0.89$ 之间,通过了0.01的显著性检验,相关系数较小(大)的月份平均绝对误差较大(小)。2020年3月前后(图1c、图1b、图1d),CLDAS风速的准确率从 $64\% \sim 76\%$ 下降到 $50\% \sim 68\%$,平均绝对误差从 0.36 m/s ~ 0.62 m/s上升到 0.56 m/s ~ 0.93 m/s,这主要与CLDAS风速的偏弱率增大有关,2020年3月之前偏弱率为 $13\% \sim 23\%$,之后剧增到 $24\% \sim 44\%$,而偏强率变化不大,一直在 $6\% \sim 14\%$ 之间波动。CLDAS风向的准确率在 $45\% \sim 65\%$ 之间,季节变化明显,3—5月较低,10月到次年1月较高。3—5月(春季)的风向准确率偏低可能与春季气温开始升高,天气变化剧烈,易出现大风天气,并且风向多变化不定有关。

从对CLDAS 10 m风的逐时检验来看(图2),CLDAS风速与实况风速的日变化趋势一致,二者在各时刻的相关系数均大于0.7,通过了0.01的显著性检验。一日中11—17时,CLDAS风速和风向的准确率较低,风速的平均绝对误差较大。可能的原因是11时(17时)之后气温升高(降低),大气层结的不稳定性增大(减小),因而11—17时的风速较大,风向多变,增大了CLDAS

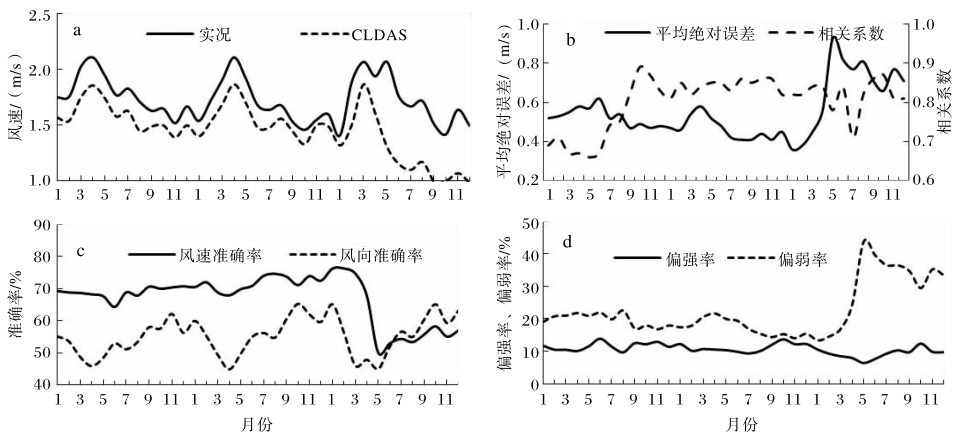


图1 2018—2020年陕西省99个地面自动气象站风速资料对CLDAS 10 m风产品的逐月检验

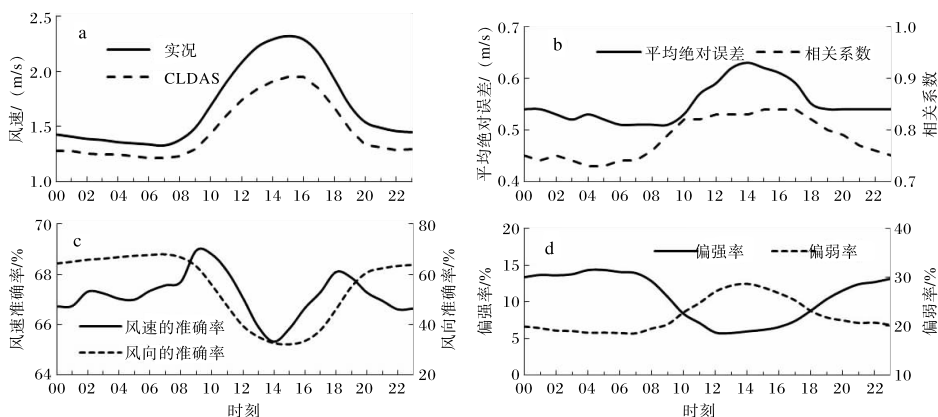


图2 陕西省99个地面自动气象站风速资料对CLDAS 10 m风产品的逐时检验

系统中多源数据融合的难度。另外,虽然11—17时CLDAS风速与实况风速的相关系数最大,但是该时段CLDAS风速比实况风速偏低的现象较其他时段更明显,这主要与该时段CLDAS风速的偏弱(强)率高(低)于其他时段有关。

对全省99站逐站检验结果见图3。从图3a~图3c来看,CLDAS风速的空间分布与实况相吻合,能够反映出陕北北部和关中北部地区风速较大的特征,CLDAS风速与实况风速在各站点的相关系数大于0.52,通过了0.01的显著性检验。从图3d~图3g来看,在陕西大部分地区,CLDAS风速的准确率为55%~75%,平均绝对误差小于0.8 m/s,偏弱率为9%~35%,偏强率为1%~20%,偏弱率明显高于偏强率;CLDAS风速在陕北的延安西部、关中的宝鸡西北部、陕南的汉中和安康等地区质量较好,部分站点的准确率高于75%、平均绝对误差小于0.4 m/s;在以华山站为代表的高海拔地区,CLDAS风速的准确

率较低,仅为33%,平均绝对误差达到2.07 m/s,这与Han等^[9]研究发现CLDAS产品在高海拔地区误差较大的结论一致。从图3h来看,CLDAS风向的准确率在陕西大部分地区为30%~75%,在陕南地区较高(部分站点高于75%),在华山站最低(仅为25%)。

根据蒲氏风力等级,将2018年1月—2020年12月99个地面自动气象站的观测资料按照风力大小分为0~1级(0~1.5 m/s)、2~3级(1.6~5.4 m/s)、4~5级(5.5~10.7 m/s)、6~7级(10.8~17.1 m/s)和8级以上(≥ 17.2 m/s)等5组样本,计算得到的CLDAS风速的平均绝对误差依次为0.4、0.7、1.9、7.5、14.1 m/s,即实况风速越大,平均绝对误差越大。当实况风速在6级以上时,CLDAS风速的准确率仅为2%,偏弱率达到98%;当实况风速在8级以上时,CLDAS风速的偏弱率达到100%。可见CLDAS风速小于实况的特征在大风天气更明显。华山是陕西出

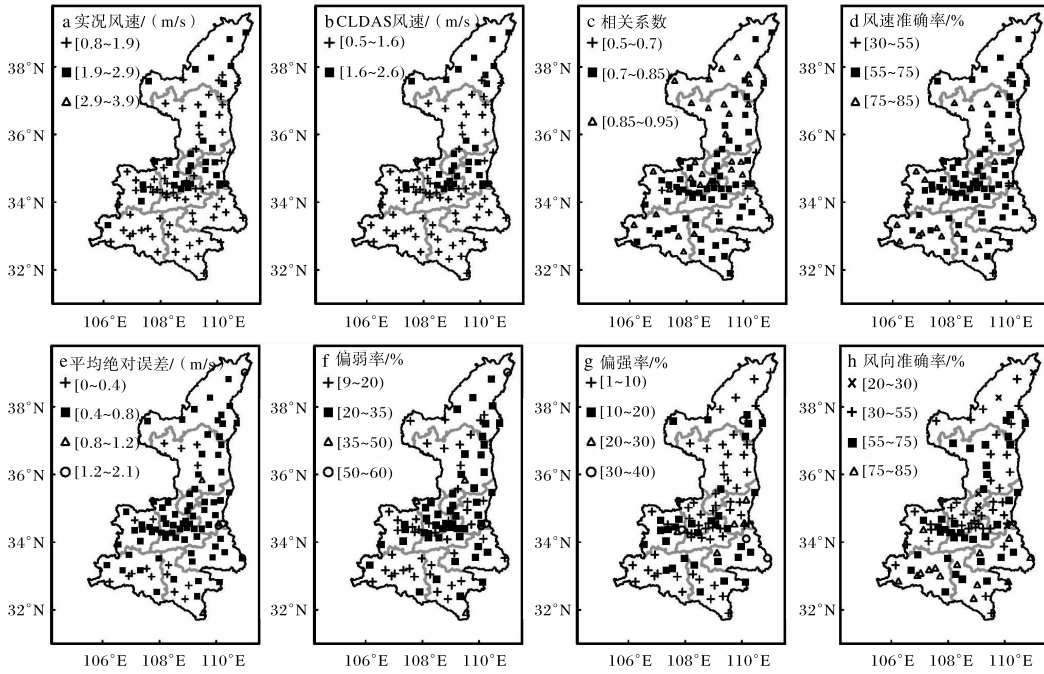


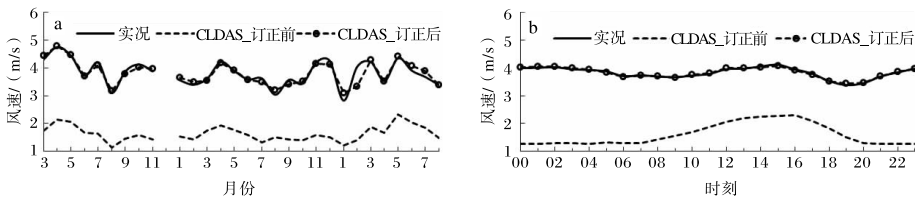
图3 陕西省99个地面自动气象站风速资料对CLDAS 10 m风产品的逐站检验(审图号为GS(2019)1719号)

现大风最多的地区^[12],2018年1月—2020年12月陕西省96%的8级以上大风出现在华山站,这也是CLDAS风速准确率在华山站明显偏低的主要原因。

2.2 测风塔资料对CLDAS 10 m风速的检验

以陕西省某一风电场区域内1台测风塔作为检验站点,对CLDAS 10 m风速进行检验。从图4来看,该风电场区CLDAS风速的月变化趋势与实况一致,但是日变化趋势与实况略有差异。一日中,实况风速表现为日出和日落前后较小、午

后和凌晨较大的双峰型变化,而CLDAS风速仅表现出午后风速较大的变化特征。从图5来看,CLDAS风速在该风电场的准确率较低(为10%~28%),平均绝对误差较大(为1.9~2.8 m/s),偏弱率较高(为65%~88%)。其原因是该风电场的场址海拔高度较高(约1400 m),平均风速较大(为3.8 m/s),而CLDAS风速在海拔高度较高、风速较大的地区误差较大。一日中,CLDAS风速的准确率(平均绝对误差)在夜间较低(大),这与夜间偏弱率较高有关。



图a中2018年12月风电场的风速实况资料缺测,对应月的CLDAS风速均作缺测处理。

图4 测风塔资料与CLDAS的10 m风速产品对比和对CLDAS 10 m风速订正结果的检验

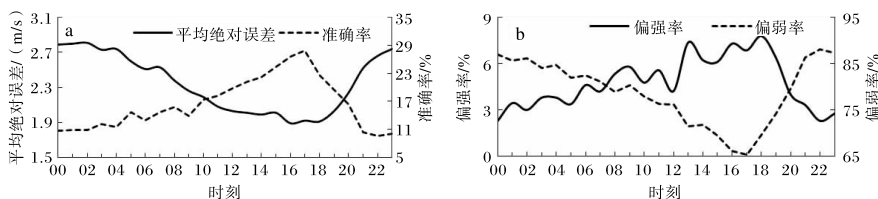


图5 测风塔资料对CLDAS 10 m风速产品的逐时刻检验

2.3 对 CLDAS 10 m 风速产品的订正方法

以上分析表明,CLDAS 风速与实况风速存在一定的误差,特别是在海拔高度较高、风速较大的地区,CLDAS 风速比实况风速偏小较多,误差较大,但是 CLDAS 风速与实况风速的相关系数较高,可见 CLDAS 风速产品有明显的系统误差。以风电场的测风塔作为检验站点,采用递减平均方法^[13],以订正日的前 60 d 作为训练期,探索提高 CLDAS 风速产品质量的客观方法,结果表明(图 4),订正后 CLDAS 风速的逐月变化和日变化曲线与实况风速较为一致,平均绝对误差从订正前的 1.9~2.8 m/s 降至 1.1~1.3 m/s。下一步,可采用递减平均或者其他方法先对 CLDAS 风速产品进行订正,减小误差,再应用到业务服务中。

3 结论

利用陕西省 99 个地面自动气象站和 1 台测风塔观测资料,对 2018 年 1 月 1 日—2020 年 12 月 31 日 CLDAS 10 m 风产品进行检验,并初步探索了提高该风速产品质量的客观方法,主要结论如下。

(1)CLDAS 的 10 m 风能够较好地反映陕西省风的时间和空间分布特征,陕西大部分地区,风速的准确率为 55%~75%,平均绝对误差小于 0.8 m/s,风向的准确率为 30%~75%。实况风速越大,CLDAS 风速的质量越差,当实况风速在 8 级以上时,CLDAS 风速的偏弱率达到 100%,平均绝对误差达到 14.1 m/s。

(2)CLDAS 风速的偏弱率是影响风速质量的主要因子,2020 年 4—12 月 CLDAS 风速的准确率明显低于其他时期,与该时期 CLDAS 风速的偏弱率较高有关。

(3)以测风塔资料作为检验数据,利用递减平均方法对 CLDAS 风速进行订正,订正后 CLDAS 风速的月变化和日变化曲线较订正前更接近实况,平均绝对误差从订正前的 1.9~2.8 m/s 降低到 1.1~1.3 m/s。

参考文献:

[1] 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.
- [2] 胡皓,薛春芳,潘留杰,等. 陕西现代气象一体化格点预报平台简介[J]. 陕西气象,2017(2):22-24.
- [3] 何林,薛春芳,邓凤东,等. 陕西省精细化气象格点预报数据环境的设计与实现[J]. 陕西气象,2017(4):17-21.
- [4] 王建鹏,薛春芳,潘留杰,等. 陕西省精细化网格预报业务系统技术方法[J]. 气象科技,2018,46(5): 910-918.
- [5] 师春香,谷军霞,韩帅,等. 全国智能网格实况融合分析产品进展[C]//中国气象学会. 第 35 届中国气象学会年会 S20 深度信息化:应用支持与智能发展. 北京:中国气象学会,2018:66-70.
- [6] 龚伟伟. CMA 陆面数据同化系统(CLDAS)产品评估[D]. 南京:南京信息工程大学,2014.
- [7] 崔园园,敬文琪,覃军. 基于 TIPEX III 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.
- [8] CHEN Y, YUAN H L. Evaluation of nine sub-daily soil moisture model products over China using high-resolution in situ observations[J]. Journal of Hydrology,2020,588. doi:10.1016/j.jhydrol. 2020. 125054.
- [9] HAN S, LIU B C, SHI C X, et al. Evaluation of CLDAS and GLDAS datasets for near surface air temperature over major land areas of China[J]. Sustainability, 2020, 12(10). doi: 10.3390/su12104311.
- [10] 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.
- [11] 王丹,高红燕,杨艳超,等. 风电场风速规律分析及风电功率预报方法研究[J]. 干旱区地理,2020, 43(5):1261-1269.
- [12] 王秀莲,张家林. 陕西大风规律分析及防御对策[J]. 陕西气象,1998(4):16-18.
- [13] 王丹,黄少妮,高红燕,等. 递减平均法对陕西 SC-MOC 精细化温度预报的订正效果[J]. 干旱气象,2016,34(3):575-583.