沙漠与绿洲气象
Desert and Oasis Meteorology
第16卷 第5期
2022年10月

曲学斌,林聪,辛孝飞,等.ERA5-Land、MERRA2再分析资料在呼伦贝尔地区的适用性研究[J].沙漠与绿洲气象,2022,16(5):24-30.
doi:10.12057/j.issn.1002-0799.2022.05.004
开放科学(资源服务)标识码(OSID):

ERA5-Land、MERRA2再分析资料在呼伦贝尔地区的适用性研究

曲学斌[1],林 聪[1],辛孝飞[2],敖孟奇[2],乌尼尔[1],王彦平[1]
(1.呼伦贝尔市气象局,内蒙古 呼伦贝尔 021008;2.呼伦贝尔市农牧局,内蒙古 呼伦贝尔 021008)

摘 要:利用1981—2019年呼伦贝尔地区16个气象站观测数据,结合相关系数、均方根误差、散点斜率等方法,对ERA5-Land和MERRA2再分析月气温、降水数据的区域适用性进行评估。研究表明:ERA5-Land、MERRA2两套再分析气温、降水数据与观测数据对比,整体相关性较高、误差较低、本地适用性较高,但均存在低观测值时再分析数据的高估和高观测值时再分析数据的低估现象。ERA5-Land的月气温数据略优于MERRA2,月降水数据差于MERRA2。ERA5-Land的年降水量在2005年之后出现明显的低估,降水量被低估的月份主要为6—8月,在再分析数据使用前应对其进行系统偏差订正,以提高数据的适用性。

关键词:ERA5;MERRA2;气温;降水;呼伦贝尔
中图分类号:P468 **文献标识码**:A **文章编号**:1002-0799(2022)05-0024-07

天气和气候分析离不开大量的气象数据支持,因此有效获取高质量、长序列、高分辨率的气候资料数据一直是大气科学研究和发展的重要基础和根本保障[1],然而传统气象监测站网布设受人口、地形、交通等因素影响,分布极不均匀[2]。尤其在新疆、西藏、内蒙古、青海等人口稀少地区,气象监测站网稀疏,单一气象站的监测数据难以代表整个区域的气候特征[3]。20世纪80年代后期,随着气象资料同化技术在数值预报应用中的不断成熟,科学家们提出了利用数值天气预报中的资料同化技术来恢复长期历史气候记录,即所谓的大气资料"再分析"[4]。90年代中期至今,美国、欧盟和日本等国家先后组织研发大气再分析数据产品[5],例如美国国家环境预报中心(NCEP)和美国国家大气研究中心(NCAR)的联合项目NCEP/NCAR和第2版本NCEP/DOE再分析数据[6];美国国家航空航天局(NASA)全球模拟与数据同化办公室发布的MERRA及其第2版本MERRA2再分析数据[7];日本气象厅(JMA)与日本电子能源工业中央研究所(CRIEPI)联合开发的JRA-25及其后发布的JRA-55[8];欧洲中期天气预报中心(ECMWF)依次研发的FGGE、ERA-15、ERA-40、ERA-Intrim、ERA5的5代再分析数据[9]。

随着高性能计算能力的飞速发展,再分析数据的时空分辨率不断提升,为解决观测资料缺乏、时空分布不均等问题提供了新的途径和方法,必将在未来区域气候变化分析和研究中得到广泛应用[10],但受同化方案等因素的影响,不同再分析数据的可信度需要进一步验证[11]。近年来,我国学者针对再分析数据的本地适用性研究逐渐增多。除多等[12]、秦艳慧等[13]分别对MERRA和ERA-Interim再分析地面温度在青藏高原地区的适用性进行分析,证明两者有很高的数据代用价值。白磊等[14]对比两类再分析气温、气压在天山山区的适用性,发现ERA-Interim数

收稿日期:2021-01-05;**修回日期**:2021-09-04
基金项目:内蒙古自治区气象局创新项目(nmqxkjcx202102);中国气象局气候变化专项(CCSF202025)
作者简介:曲学斌(1988—),男,工程师,主要从事农牧业气象服务及研究。E-mail:qxbtd@qq.com
通信作者:王彦平(1974—),女,正高级工程师,主要从事农业气象与气候分析研究。E-mail:fei-ping@sohu.com

据的整体可信度高于 NCEP/NCAR。朱景等[15]对比分析 ERA-Interim 和 ERA5 再分析陆面温度在浙江省的适用性，得出两套数据在浙江省均具有较好适用性且相比之下 ERA5 更加优秀。宋海清等[16]对比多种土壤湿度资料在内蒙古的适用性，发现 ERA5 的模拟能力最优，且再分析土壤湿度普遍好于基于卫星融合的 SMOPS 土壤湿度。

呼伦贝尔地处我国东北部边疆，拥有大兴安岭森林、呼伦贝尔草原、松嫩平原边缘农业种植区等多种生态系统，是我国北方重要的生态屏障之一[17]。呼伦贝尔地区属半湿润与半干旱、中温带与寒温带气候的过渡区，地形地貌多样，气候环境复杂[18]。该地区仅有 16 个国家级气象站，可用于气候变化分析和研究的地面实测数据较为缺乏，对长时序、高时空分辨率的再分析数据需求旺盛。开展再分析数据在呼伦贝尔地区的适用性分析，可为其在呼伦贝尔的应用提供科学参考，有效弥补气象台站稀疏、气候数据缺乏等问题。

1　资料与方法

1.1　研究区概况

呼伦贝尔地区位于内蒙古东北部（115°31′~126°04′ E，47°05′~53°20′ N），总面积 2.53×10^5 km^2（图 1）。大兴安岭以东北—西南走向横贯呼伦贝尔市，来自海洋的湿润气流受其阻挡，岭东为半湿润气候，岭西为半干旱气候。大兴安岭北部属年平均气温< 0 ℃的寒温带，其余地区属中温带。总体气候呈现冬季寒冷漫长、夏季温凉短促、春季干燥风大、秋季气温骤降的特点[19]。

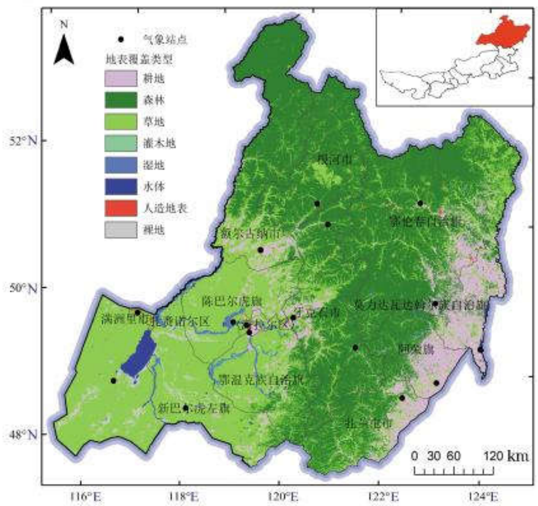

图 1　呼伦贝尔市植被覆盖及气象站分布

1.2　数据资料

ERA5 再分析数据是欧洲中期天气预报中心（ECMWF）研发的第 5 代再分析数据，与前一代 ERA-Interim 相比，ERA5 采用 4DVar 数据同化方法，集成预报系统模式由 Cy31r2 升级到 Cy41r2，快速辐射传输模式升级到 RTTOV-v11，数据质量提升明显[20]。ERA5-Land 是通过 ERA5 再分析模型生产的再分析数据集，该模型通过物理法则将来自世界各地的观测数据结合到一个全球完整且一致的数据集中[21]。目前 ERA5-Land 已发布 1981 年至今的逐小时及逐月全球数据，其空间分辨率高达 0.1°×0.1°（约 9 km），可从 C3S 气候资料库（https://cds.climate.copernicus.eu/）免费获取[22]。

MERRA2 是美国国家航空航天局（NASA）的再分析数据。刘鹏飞等[23]对 CFSR、MERRA、NCEP 三种再分析降水资料在我国东北的适用性分析表明，MERRA 与观测降水的相关系数最高，平均绝对偏差最小，数据质量明显优于 CFSR 和 NCEP。MERRA2 作为 MERRA 再分析数据的第二代产品，增加了对高光谱辐射、微波数据和 GPS 掩星等数据的同化处理，是目前应用广泛的再分析数据之一[24]。

真实气象数据使用呼伦贝尔市气象局提供的 16 个国家气象站月气温、降水观测数据。

1.3　分析方法

利用 ArcGIS 软件绘制地面观测与再分析数据的空间分布图，并使用 SPSS 和 Excel 软件进行数据分析，其中地面观测的气温、降水分布采用 16 个气象站观测数据与经度、纬度、海拔高度建立的小网格插值方法进行绘制，插值方程为：

$$T=-0.321\times L_{on}-0.783\times L_{at}-0.008\times H+82.175,\quad r=0.996. \tag{1}$$

$$T=43.206\times L_{on}-3.524\times L_{at}+0.154\times H-5\,085.641,\quad r=0.996. \tag{2}$$

式中，T 和 P 分别为基于小网格插值计算出的气温和降水，L_{on} 为经度、L_{at} 为纬度、H 为海拔高度，r 为小网格插值方程的相关系数，其值越接近 1，方程的质量越高。

利用线性相关系数 r、平均偏差 M_E、均方根误差 R_{MSE}，结合散点斜率法，分析再分析数据与观测数据的一致性和偏离程度[25]。某一气象要素观测值与再分析数据的相关系数计算公式为：

$$r=\frac{\sum_{i=1}^{n}[(x_i-\bar{x})(y_i-\bar{y})]}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^2\sum_{i=1}^{n}(y_i-\bar{y})^2}}\ . \tag{3}$$

平均偏差：

$$M_{\mathrm{BE}}=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i-y_i)\ . \tag{4}$$

均方根误差：

$$R_{\mathrm{MSE}}=\sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i-y_i)^2}\ . \tag{5}$$

式中，n 为样本数；x 和 y 分别为再分析数据和气象站观测数据，$\bar{x}$、$\bar{y}$ 分别是变量 x 和 y 的均值。r 是变量 x 和 y 的相关系数，取值范围在-1~1，其绝对值越接近 1，表示变量 x 和 y 变化的线性相关性越好；M_{BE} 是平均偏差、R_{MSE} 是均方根误差，两者可用来衡量观测值与真值之间误差的偏移方向、偏移程度和离散情况。

2 结果与分析

2.1 空间分布

1981—2019 年呼伦贝尔市地面气象站、气象站所在位置的 ERA5-Land、MERRA2 年平均气温分别为-0.1、0.4、0.2 ℃，年平均降水分别为 411.8、397.8、435.9 mm，其空间分布见图 2。地面气象站观测的小网格插值结果、ERA5-Land、MERRA2 的气温大体均呈现由大兴安岭北部向南部及两麓递增分布，降水大体均呈现自东向西依次递减分布。三者气温、降水数据的空间分布基本一致，其中气象站小网格插值实况的空间分辨率最高，此方法反演的气象要素质量与其是否由地形及经纬度决定有关，并不适用于所有区域，ERA5-Land 与 MERRA2 两种再分析数据相比，ERA5-Land 的空间分辨率更高，有利于反映更多气象要素分布细节，而 MERRA2 的空间分辨率较低，不适合小区域分析和制图。

2.2 气温误差分析

1981—2019 年共 468 个月的呼伦贝尔地区 ERA5-Land、MERRA2 与地面观测月平均气温相关性及偏差分析如表 1。ERA5-Land、MERRA2 与地面观测月平均气温的相关系数均在 0.995 以上，其中 87.5%的台站 ERA5-Land 与地面观测数据的相关系数高于 MERRA2，再分析数据与实况数据的相关性较高。两种再分析数据与地面观测月平均气温的均方根误差最大值仅 2.6 ℃，平均偏差在±2 ℃以内，其中 ERA5-Land 与地面观测月平均气温的均方根误差、平均偏差小于 MERRA2 的台站数分别占 75%和 43.8%，从台站统计来看，ERA5-Land 平均误差为负的区域主要集中在大兴安岭以东的阿荣旗、博客图、鄂伦春旗、莫旗和扎兰屯市，而 MERRA2 误差为负的区域相对离散。ERA5-Land、MERRA2 再分析数据与地面观测月平均气温数据非常接近，在呼

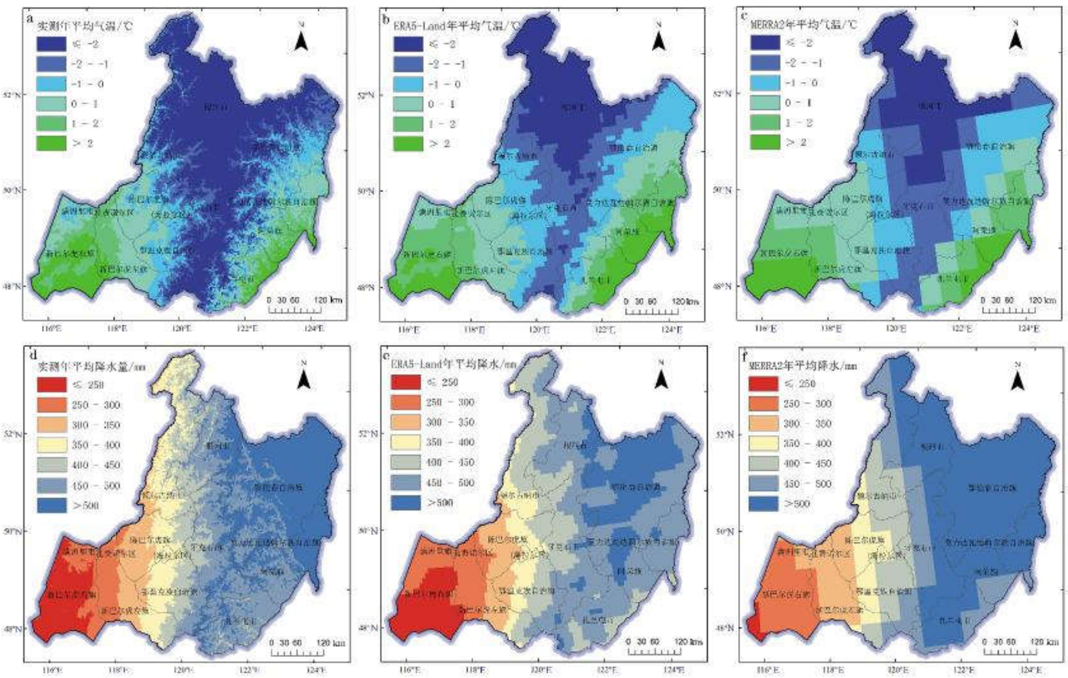

图 2 1981—2019 年呼伦贝尔市地面观测、气象站所在位置 ERA5-Land、MERRA2 的年平均气温(a、b、c)与降水量(d、e、f)分布

表 1　1981—2019 年呼伦贝尔市地面观测月平均气温与 ERA5-Land、MERRA2 的相关性及误差分析

台站	相关系数		均方根误差/℃		平均偏差/℃	
	ERA5-Land	MERRA2	ERA5-Land	MERRA2	ERA5-Land	MERRA2
阿荣旗	0.998 4	0.998 8	0.88	0.73	-0.19	-0.08
博克图	0.998 9	0.998 5	1.25	1.96	-1.02	-1.46
陈旗	0.998 5	0.997 8	1.81	1.97	1.13	0.89
额尔古纳市	0.997 9	0.997 1	2.54	2.60	1.30	1.13
鄂伦春旗	0.998 4	0.997 2	1.14	1.45	-0.32	-0.61
鄂温克旗	0.998 8	0.998 2	1.37	1.61	0.71	0.44
根河市	0.998 4	0.997 1	1.69	2.10	0.92	1.43
海拉尔区	0.998 6	0.998 0	1.12	1.40	0.38	0.12
满洲里市	0.998 4	0.998 5	1.44	1.54	0.90	1.04
莫旗	0.998 5	0.998 4	0.85	1.06	-0.22	0.49
图里河	0.997 9	0.996 7	2.29	2.14	1.68	1.41
小二沟	0.998 1	0.997 2	1.98	1.51	1.20	0.19
新右旗	0.998 8	0.998 0	1.05	1.30	0.42	-0.30
新左旗	0.998 8	0.998 4	1.05	1.74	0.38	0.93
牙克石市	0.998 4	0.997 7	1.76	1.68	1.11	0.63
扎兰屯市	0.998 8	0.998 5	1.17	2.00	-0.96	-1.82

伦贝尔地区均具有很高的适用性,且 ERA5-Land 的总体适用性略优于 MERRA2。

1981—2019 年呼伦贝尔市地面观测、ERA5-Land 和 MERRA2 在气象观测站所在地平均的年、月气温变化见图 3a、3b。两种再分析数据的年平均气温普遍高于地面观测数据,其中 ERA5-Land 的各年平均气温均高于地面观测数据, 且仅有 5 a 的 ERA5-Land 年平均气温低于 MERRA2,MERRA2 的年平均气温常介于地面观测和 ERA5-Land 数据之间。从台站统计年气温变化可知,表 1 中再分析数据与观测数据间整体平均误差为正的台站, 出现正误差的年份也多于负误差年份,反之亦然。因此从单站来看, 再分析数据与实测数据间可能存在一定的系统性偏差,在使用时可分台站进行误差订正。月平均气温中, 两种再分析数据与地面观测月平均气温均在暖季呈负偏差,冷季呈正偏差。其中,ERA5-Land 在每年 11 月—次年 3 月与地面观测的偏差>1 ℃, 最大偏差出现在 2 月(偏高 1.77 ℃);MERRA2 在每年 12 月—次年 2 月与地面观测的偏差>1 ℃, 最大偏差出现在 12 月(偏高 1.72 ℃)。11 月—次年 3 月, 两种再分析数据月偏暖> 3 ℃的台站均为额尔古纳市和图里河, 月偏暖平均> 2 ℃的台站也大多位于大兴安岭北部山区及岭西牧区等冬季易出现极寒天

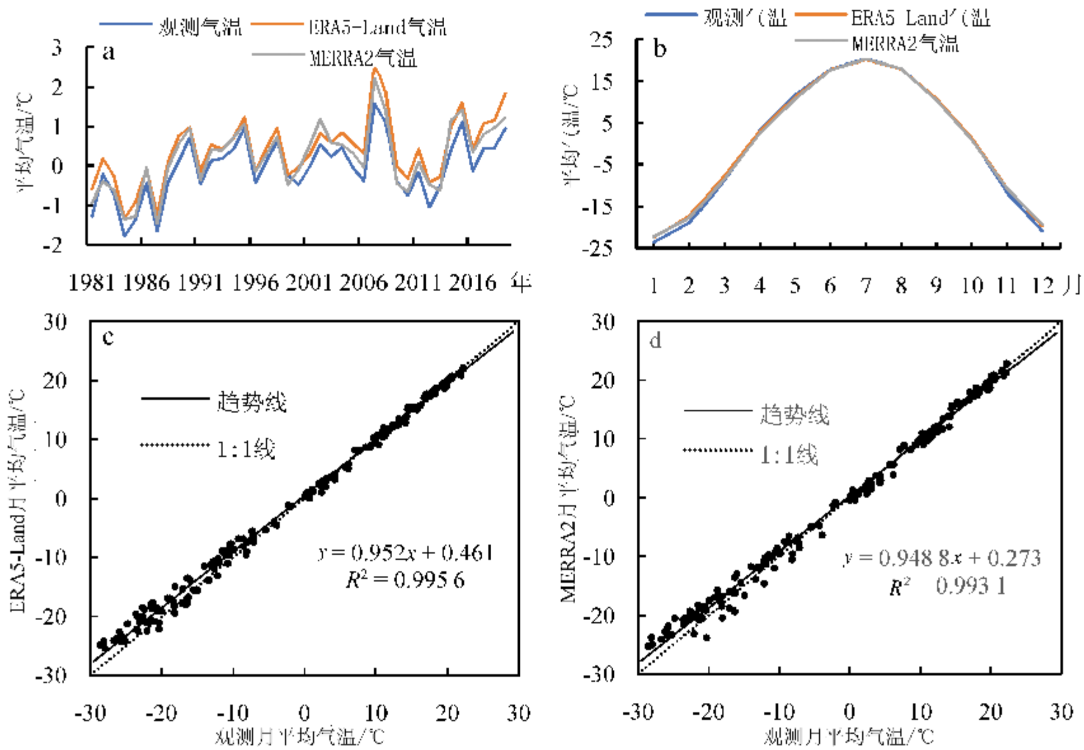

图 3　1981—2019 年呼伦贝尔市地面观测、ERA5-Land、MERRA2 的年平均气温(a)、月平均气温(b)和 ERA5-Land(c)、MERRA2(d)与地面观测的月平均气温散点

气的寒冷地区，而再分析数据反映的极寒程度不及观测数据。ERA5-Land 和 MERRA2 与观测月平均气温的散点图如图 3c、d。ERA5-Land 和 MERRA2 的趋势线相关系数分别为 0.995 6、0.993 1，趋势线与 1:1 线的交点分别在 9.63、5.33 ℃,两种再分析月平均气温大体呈现出在低于交点气温时高于观测数据,在高于交点气温时低于观测数据的分布方式。

2.3 降水误差分析

1981—2019 年各台站 ERA5-Land、MERRA2 再分析数据与地面观测月降水量的相关性及偏差分析如表 2。两种再分析数据与地面观测月降水量的相关系数最低值均出现在新左旗，分别为 0.897 8、0.899 6,其余台站的相关系数均> 0.9,明显低于气温的相关系数,且 ERA5-Land 与地面观测数据的相关系数高于 MERRA2 的台站仅占 25%。ERA5-Land、MERRA2 再分析数据与地面观测月降水量的最大均方根误差分别为 27.1、25.9 mm，所有台站 ERA5-Land 的均方根误差均高于 MERRA2;ERA5-Land、MERRA2 的最大平均偏差分别为-4.6、6.0 mm,其中 ERA5-Land 有 75%台站的平均偏差为负,而 MERRA2 平均偏差为负的台站仅占 18.8%且均位于大兴安岭东南麓的农业种植区。ERA5-Land 月降水量的适用性整体差于 MERRA2,且存在 ERA5-Land 月降水量数值偏低的问题。

表 2 1981—2019 年呼伦贝尔市地面观测月降水量与 ERA5-Land、MERRA2 的相关性及误差分析

台站	相关系数		均方根误差/mm		平均偏差/mm	
	ERA5-Land	MERRA2	ERA5-Land	MERRA2	ERA5-Land	MERRA2
阿荣旗	0.928 0	0.925 4	26.11	24.83	-4.22	-2.24
博克图	0.933 6	0.973 6	22.45	13.88	-0.24	3.11
陈旗	0.914 8	0.916 9	17.11	16.07	-0.64	2.83
额尔古纳市	0.916 5	0.922 2	17.12	16.44	1.58	3.40
鄂伦春旗	0.934 8	0.924 7	25.37	24.96	-3.12	0.23
鄂温克旗	0.920 3	0.944 7	14.55	13.84	1.62	5.52
根河市	0.917 5	0.941 3	20.23	16.56	-0.58	3.10
海拉尔区	0.924 0	0.958 7	15.77	11.96	0.01	3.92
满洲里市	0.902 1	0.913 2	17.01	15.34	-0.10	2.34
莫旗	0.909 2	0.907 4	27.06	25.90	-4.61	-3.43
图里河	0.916 6	0.963 3	19.48	14.37	0.76	6.02
小二沟	0.935 9	0.962 9	22.58	16.03	-3.72	0.58
新右旗	0.913 1	0.933 2	14.86	12.28	-0.77	3.35
新左旗	0.897 8	0.899 6	14.46	14.32	-0.11	1.53
牙克石市	0.911 8	0.924 1	17.09	16.33	-0.42	2.88
扎兰屯市	0.933 1	0.926 6	27.00	25.72	-3.94	-0.81

1981—2019 年呼伦贝尔市地面观测、气象观测站所在地 ERA5-Land 和MERRA2 的年平均、月平均降水量变化如图 4。ERA5-Land 和 MERRA2 年降水量的平均偏差分别为 32.9、33.5 mm。MERRA2 与地面观测年降水量在 74.4%的年份中为正偏差，ERA5-Land 仅在 35.9%的年份中为正偏差，且从 2005 年开始，气象观测站所在地的 ERA5-Land 年平均降水量始终小于地面观测值,从台站统计可知,除鄂温克旗与博克图外,ERA5-Land 年降水量小于观测值的年份占比也均>50%，存在一定的系统偏差。分析气象观测站所在地平均的月降水量,ERA5-Land 和 MERRA2 月降水量高于地面观测值的时间分别为 9 月—次年 5 月和 9 月—次年 6 月，再分析数据偏低的月份集中在夏季主汛期,且 ERA5-Land 较 MERRA2 偏低更加明显。分台站统计中可见，ERA5-Land 主汛期降水偏低而其他时期降水偏高的现象在所有台站均存在,而 MERRA2 降水的各月偏差在鄂温克旗、海拉尔区和图里河均为正值,其他台站主汛期为负。从 ERA5-Land、MERRA2 与观测月降水量的散点图（图 5）可知,ERA5-Land 和 MERRA2 趋势线的线性相关系数均>0.98,趋势线与 1:1 线的交点分别在 28.7、60.5 mm，但 ERA5-Land 的趋势线斜率仅为 0.794 4,说明两种再分析月平均降水量也存在低于交点降水量时高于观测数据、在

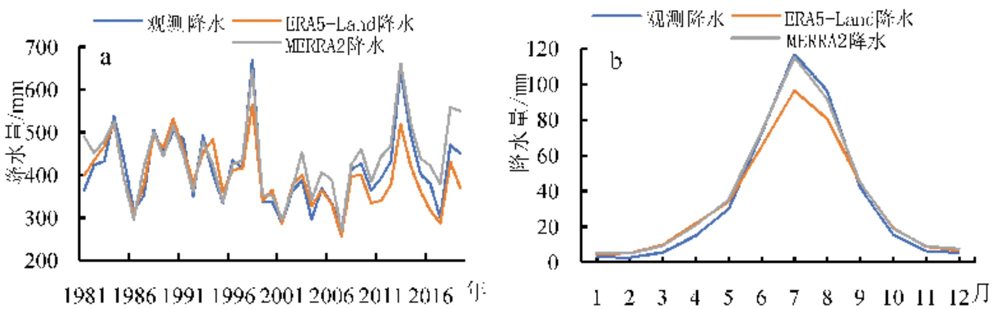

图 4 1981—2019 年呼伦贝尔市地面观测、ERA5-Land、MERRA2 的年平均降水量(a)、月平均降水量(b)

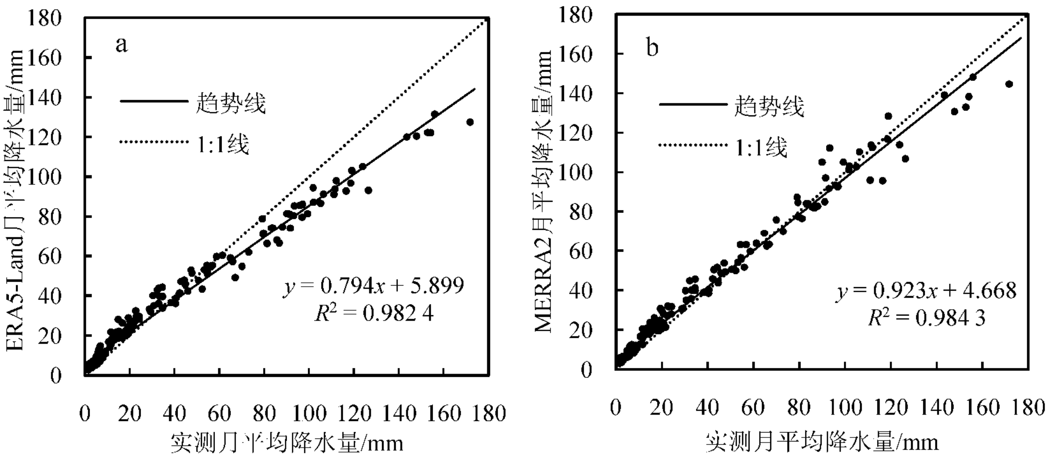

图 5　ERA5-Land（a）、MERRA2（b）与地面观测的月平均降水量散点图

高于交点降水量时低于观测数据的现象，且 ERA5-Land 在大量级降水月份的数据低估更加明显。

3　讨论

由于 ERA5-Land、MERRA2 等再分析数据的具体算法并不公开，因此难以为误差的产生原因给出确定性结论，但从本次适用性分析能够得到一些误差产生的线索，后期可根据这些线索对再分析数据进行订正。

（1）对于单个台站来说，大部分年份的再分析数据与实测数据的偏差方向与多年平均偏差方向一致，存在一定的系统性偏差，每个台站可根据本站偏差情况进行系统误差订正，但对于不同台站来说，系统偏差的大小和方向并不相同。

（2）在对两种再分析月气温数据分析时发现，最大偏差出现在冷季的大兴安岭北部山区。由于再分析数据计算时使用的高程数据分辨率有限，且山地高程的空间差异大，台站的实际高程与再分析中使用的高程可能存在偏差。山地台站使用再分析气温时，可根据再分析计算所使用的高程与台站实际高程的差值，结合温度直减率进行地形订正。

（3）两种再分析月数据普遍存在低观测值时的高估和高观测值时的低估现象，这可能与再分析数据对极端降水或气温存在一定程度上的低估有关，下一步需利用再分析小时数据等时间分辨率更高的数据进行分析和验证。

4　结论

（1）ERA5-Land、MERRA2 再分析月气温、降水数据与观测数据对比，整体相关性较高、均方根误差和平均偏差较低，在呼伦贝尔地区的适用性较高。其中 ERA5-Land 的空间分辨率更高，能反映出更多气象要素分布细节，可更好地填补呼伦贝尔等台站稀少地区的历史气象实况数据空白，在区域气候变化分析等方面的研究和业务应用潜力更大。

（2）呼伦贝尔各台站 ERA5-Land 的月气温数据与观测数据的平均相关系数为 0.998 5，平均均方根误差为 1.5 ℃，均优于 MERRA2。ERA5-Land 月降水数据的平均相关系数为 0.919 3，平均均方根误差为 19.9 mm，均差于 MERRA2。两种再分析数据均存在低观测值时的高估和高观测值时的低估现象，再分析数据对极端天气气候的反映程度不及台站实测数据。

（3）ERA5-Land 的月降水量与观测值相比以低估为主，且 ERA5-Land 偏低主要出现在 6—8 月，其中 7 月平均偏差最大，为-20.7 mm。MERR2 的月降水量以高估为主，最大平均偏差出现在 4 月，仅为 5.9 mm。同时从降水量的年变化上看，ERA5-Land 的降水量在 2005 年之后存在明显的低估。

参考文献：

[1] 秦大河.气候变化科学与人类可持续发展[J].地理科学进展，2014，33（7）：874-883.

[2] 严中伟，丁一汇，翟盘茂，等.近百年中国气候变暖趋势之再评估[J].气象学报，2020，78（3）：370-378.

[3] 张强，韩永祥，宋连春.全球气候变化及其影响因素研究进展综述[J].地球科学进展，2005，20（9）：990-998.

[4] 赵天保，符淙斌，柯宗建，等.全球大气再分析资料的研究现状与进展[J].地球科学进展，2010，25（3）：242-254.

[5] 刘昊，宋海清，李云鹏.积雪深度再分析资料在内蒙古的适用性评价[J].干旱气象，2010，38（4）：639-646.

[6] 田雨润，李国平，刘云丰.三种再分析资料计算青藏高原大气热源的比较[J].沙漠与绿洲气象，2017，11（4）：1-8.

[7] 陈佳，李国平.应用 NASA MERRA 再分析资料对一次高

原切变线的诊断分析 [J]. 气象科学,2018,38 (3):320–330.
[8] 高庆九,周小艳.中国冬季最低气温观测与再分析资料的比较[J].气象科学,2017,37(3):368–375.
[9] 王传辉,姚叶青,时刚.江淮地区 ERA–Interim 再分析与观测温度资料对比分析 [J]. 气象,2018,44 (9):1220–1228.
[10] 谢潇,何金海,祁莉.4 种再分析资料在中国区域的适用性研究进展[J].气象与环境学报,2011,27(5):58–65.
[11] 陈艳春,王娜,顾伟宗,等.环渤海区域再分析资料地面风速场的适用性对比分析 [J]. 海洋气象学报,2017,37(1):67–72.
[12] 除多,杨勇,罗布坚参,等.MERRA 再分析地面气温产品在青藏高原的适用性分析[J].高原气象,2016,35(2):337–350.
[13] 秦艳慧,吴通华,李韧,等.ERA–Interim 地表温度资料在青藏高原多年冻土区的适用性[J].高原气象,2015,34(3):666–675.
[14] 白磊,王维霞,姚亚楠,等.ERA–Interim 和 NCEP/NCAR 再分析数据气温和气压值在天山山区适用性分析[J].沙漠与绿洲气象,2013,7(3):51–56.
[15] 朱景,袁慧珍.ERA 再分析陆面温度资料在浙江省的适用性[J].气象科技,2019,47(2):289–298.
[16] 宋海清,孙小龙,李云鹏.欧洲中期天气预报中心第五代全球再分析土壤湿度资料在内蒙古的适用性评估[J].科学技术与工程,2020,20(6):2161–2168.
[17] 曲学斌,高绍鑫,窦华山,等.基于 MOD16 的呼伦贝尔蒸散量变化分析[J].沙漠与绿洲气象,2020,14(1):101–107.
[18] 王希平,赵慧颖.内蒙古呼伦贝尔市林牧农业气候资源与区划[M].北京:气象出版社,2006:3–12.
[19] 曲学斌,窦华山,高绍鑫,等.呼伦贝尔市 NPP 时空变化及其对气候的响应 [J]. 沙漠与绿洲气象,2019,13(5):100–105.
[20] 孟宪贵,郭俊建,韩永清.ERA5 再分析数据适用性初步评估[J].海洋气象学报,2018,38(1):91–99.
[21] 黄建平,张国龙,于海鹏,等.黄河流域近 40 年气候变化的时空特征[J].水利学报,2020,51(9):1048–1058.
[22] 丁敏,杜军,肖天贵.4 种再分析气象资料在羌塘国家级自然保护区的适用性研究 [J]. 冰川冻土,2020,42(3):1046–1056.
[23] 刘鹏飞,刘丹丹,梁丰,等.三套再分析降水资料在东北地区的适应性评价[J].水土保持研究,2018,25(4):215–221.
[24] 周寅,龚绍琦,史建桥,等.基于 MERRA 资料的西北地区夏季降水估算[J].南水北调与水利科技,2014,12(6):149–153.
[25] 李火青,买买提艾力·买买提依明,刘永强,等.陆面模型 Noah–MP 的不同参数化方案在沙漠区域的适用性研究[J].沙漠与绿洲气象,2018,12(6):58–67.

Applicability of ERA5–Land and MERRA2 Temperature and Precipitation Data in Hulun Buir Region

QU Xuebin[1],LIN Cong[1],XIN Xiaofei[2],AO Mengqi[2],WU Nier[1],WANG Yanping[1]
(1.Hulun Buir Meteorological Bureau,Hulun Buir 021008,China;
2.Hulun Buir Agriculture and Animal Husbandry Bureau,Hulun Buir 021008,China)

Abstract Based on the observed data of 16 meteorological stations in Hulun Buir from 1981 to 2019,combining statistical approach,the regional applicability of ERA5 –Land and MERRA2 reanalysis data including monthly temperature and precipitation were assessed.The results showed that reanalysis temperature and precipitation data of ERA5–Land and MERRA2 had a high relativity,low error and high applicability,comparing with observed data.However,underestimation and overestimation were also found for reanalysis data.The monthly temperature data of ERA5–Land was better than MERRA2,while the monthly precipitation data was reversed.In addition,the annual precipitation of ERA5–Land was obviously underestimated after 2005,which mainly appeared from June to August.Therefore,the corrections of systematic deviation were needed before using the reanalysis data to improve its applicability.

Key words ERA5;MERRA2; temperature; precipitation; Hulun Buir