

# 2003—2023 年蒙古高原地表温度时空变化研究

阿力亚<sup>1</sup>, 包刚<sup>1,2</sup>

(1. 内蒙古师范大学 地理科学学院, 内蒙古 呼和浩特 010022;  
2. 内蒙古自治区遥感与地理信息系统重点实验室, 内蒙古 呼和浩特 010022)

**摘要:** 地表温度是地球表面能量平衡的关键参数, 在地表水热循环中发挥重要作用。蒙古高原作为欧亚大陆腹地的巨型热力枢纽, 其地表温度动态对区域气候干旱化具有决定性作用。基于 2003—2023 年 MODIS MYD11C3 地表温度数据, 分析蒙古高原昼夜地表温度(LST)的时空变化特征及驱动因素。结果表明: (1) 蒙古高原呈显著的夜间不对称增温, 白天地表温度以  $0.037^{\circ}\text{C}/\text{yr}$  的速率不显著上升, 而夜间则以  $0.058^{\circ}\text{C}/\text{yr}$  的速率显著上升; (2) 地表温度空间异质性显著, 整体呈西南高、东北低的格局, 与植被覆盖(EVI)呈极强的负相关( $R < -0.95$ ); (3) 偏相关分析表明, 气温是主导地表温度空间格局的核心正相关因子, 植被(EVI、树木覆盖)、蒸散发及反照率的影响则表现出复杂的昼夜与空间分异。研究表明, 气候变化与下垫面反馈对该区域热环境具有协同作用, 研究结果可为蒙古高原畜牧业适应性管理及生态屏障建设提供科学依据。

**关键词:** 地表温度; 昼夜不对称; MODIS; 蒙古高原; 气候变化

**中图分类号:** P423 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-8735(2026)02-0145-09

**DOI:** 10.3969/j.issn.1001-8735.2026.02.005

地表温度是地球表面能量平衡的关键参数, 是能量在大气、地表以及地下等不同圈层间不断传输、交换和吸收的重要表征物理量。它与全球气候变暖有着紧密的联系<sup>[1]</sup>。全球变暖使得地表温度不断上升, 而地表温度的这种变化很可能会增加极端天气事件的发生频率与强度, 例如热浪<sup>[2]</sup>、干旱<sup>[3]</sup>以及洪水<sup>[4]</sup>等。因此, 对地表温度时空分布及其机制的研究已成为国内外学者关注的焦点<sup>[5]</sup>。

近年来, 地表温度在全球与区域尺度气候变化研究中的重要性日益凸显, 相关研究不断深化<sup>[6-9]</sup>。IPCC 第五次评估报告指出, 在全球变暖背景下, 多数地区冷昼和冷夜发生频率显著降低, 而暖昼和暖夜事件明显增多, 表明地表温度在昼夜尺度上呈现出显著的非对称变化特征<sup>[10]</sup>。已有研究表明, 不同气候区和下垫面条件下, 地表温度的空间分布与变化趋势存在明显差异, 干旱区和高原区普遍表现出较大的昼夜温差, 且夜间升温趋势通常强于白天<sup>[11-14]</sup>。同时, 大尺度环流与地表能量交换过程对区域地表温度格局具有重要调控作用, 高原热力效应可显著影响中高纬度地区的地表温度分布特征<sup>[15]</sup>。此外, 植被变化通过改变地表反照率、蒸散发及能量分配过程, 对昼夜地表温度产生重要影响, 不同区域对气候变化的响应呈现出复杂性和差异性<sup>[16-22]</sup>。因此, 在气候变化背景下, 持续监测和系统分析地表温度的时空分布特征及其昼夜与纬度差异, 对于揭示区域气候响应机制和识别气候异常变化具有重要意义<sup>[23]</sup>。

蒙古高原地处西风带与东亚季风过渡带, 地貌复杂, 对气候变化响应尤为敏感<sup>[24-25]</sup>。作为以畜牧业为主导经济的区域, 草场状况深受地表温度影响, 因此, 明确其温度变化特征对经济社会可持续发展具有重要意义<sup>[26-27]</sup>。目前该地区相关研究仍较缺乏, 亟须开展系统性分析。本研究聚焦以下三个问题: (1) 解析 2003—2023 年蒙古高原地表温度的空间分布特征; (2) 识别其随时间的变化趋势; (3) 探讨地表温度随纬度的变化规律。

收稿日期: 2025-08-27

基金项目: 国家自然科学基金青年资助项目“蒙古高原积雪动态及其对草地植被春季物候的影响研究”(42401431)。

作者简介: 阿力亚(2001—), 女, 在读硕士研究生。

通信作者: 包刚(1978—), 男, 副研究员, 主要从事遥感与地理信息系统应用研究, E-mail: baogang@imnu.edu.cn。

# 1 研究区概况与研究方法

## 1.1 研究区概况

蒙古高原位于欧亚大陆的内陆,涵盖蒙古国(以下简称蒙古)和中国内蒙古自治区(以下简称内蒙古),总面积约 270 万 km<sup>2</sup>。该区域为典型的内陆高地,地貌以广阔平原与高山山脉为主体(图 1)。其边界由东部的大兴安岭、北部的萨彦岭和肯特山脉、西部阿勒泰山和南部阴山山脉构成。平均海拔为 1 288 m。蒙古高原属于温带大陆性气候,降水稀少且干旱频繁,冬春季多大风。1 月平均气温为 -26 ℃,7 月平均气温为 17 ℃。大多数地区年平均降水量不到 200 mm,而东部、东北部及北部山区的降水量可能达到 400 mm 以上。

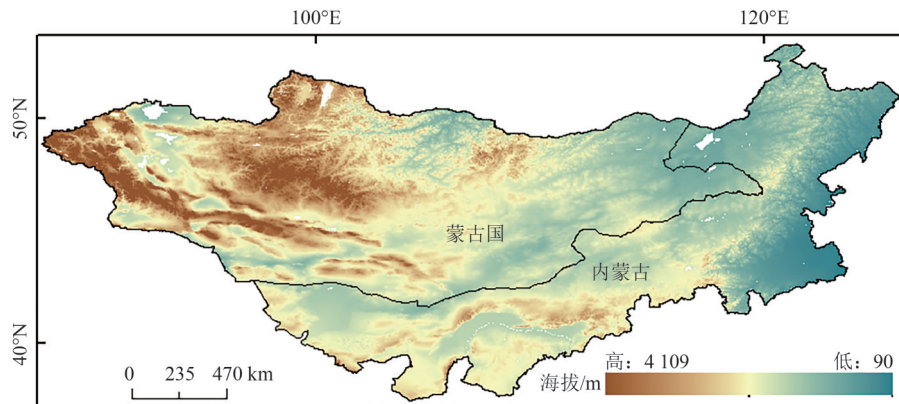


图 1 蒙古高原高程图

Fig. 1 Elevation map of the Mongolian Plateau

## 1.2 数据来源及预处理

地表温度数据(land surface temperature, LST)采用 MODIS/Aqua 产品 MYD11C3 反映蒙古高原地表温度的变化及趋势。地表温度数据来自美国国家航空航天局(NASA)网站(<https://ladsweb.modaps.eosdis.nasa.gov/>)。该数据集提供了空间分辨率为 5.6 km、时间分辨率为 8 d 的白天和夜间地表温度数据。MODIS 地表温度数据采用广义分裂窗法和日夜地表温度反演算法生成,并不断优化以提高质量<sup>[28-29]</sup>。

高程数据(digital elevation model, DEM)来源于多个国际和国家数据存储库以及区域测绘计划的 GEBCO 数据。GEBCO (general bathymetric chart of the oceans) 是一个全球性的海洋地形数据集([https://www.gebco.net/data\\_and\\_products/gridded\\_bathymetry\\_data](https://www.gebco.net/data_and_products/gridded_bathymetry_data))。其空间分辨率为 15 弧秒。植被数据使用了两种:增强型植被指数(enhanced vegetation index, EVI)数据来源于美国国家航空航天局(NASA)Terra 卫星 MOD13C2 植被指数产品数据集(<https://ladsweb.modaps.eosdis.nasa.gov/>),时间和空间分辨率分别为 16 d 和 5.6 km;冠层数据<sup>[30]</sup>(canopy data)来源于 MOD44B 植被指数数据集(<https://urs.earthdata.nasa.gov/>),时间分辨率为 1 y,空间分辨率为 250 m。

气温(Tmp)、潜在蒸散发(Etp)和反照率(Albedo)等气象数据,从全球陆地数据同化系统(GLDAS)V2.1 Noah 每月 0.25°数据集中提取。植被覆盖数据来自欧盟联合研究中心(JRC)开发的全球 1 km 空间分辨率土地覆盖数据产品 GLC2000,下载网站为 <https://geomodeling.njnu.edu.cn/dataItem>。对数据进行裁剪、重采样后重分类数据分为森林、灌木、草地、水体、未利用地和其他类型。

## 1.3 研究方法

1.3.1 趋势分析法 利用一元线性回归方法对年尺度和季节尺度的白天和夜间平均地表温度进行时空趋势分析,用斜率来表示变化趋势的大小,斜率大于 0 表示研究区变暖趋势,斜率小于 0 表示研究区

变冷趋势。其计算公式为

$$S = \frac{n \times \sum_{i=1}^n (i \times y) - \sum_{i=1}^n i \times \sum_{i=1}^n y}{n \times \sum_{i=1}^n i^2 - (\sum_{i=1}^n i)^2}, \quad (1)$$

其中,  $S$  为斜率(LST 的变化率);  $n$  为时间序列总长度,  $n$  取 21;  $y$  为  $LST_i$ , 表示第  $i$  年的年平均 LST。采用一元线性回归方法对地表温度趋势的空间分布进行逐像元分析, 形成地表温度趋势空间分布图。最后进行  $F$  检验法, 评估观测趋势的显著性。本文定义 0.05 水平上显著的趋势值为显著趋势<sup>[31]</sup>。

1.3.2 地理空间分析 为深入研究蒙古高原地表温度随纬度的变化, 本研究将 MYD11C3 地表温度数据(包括白天、夜间和温差)与 EVI、冠层数据、高程数据以及土地覆盖数据相结合<sup>[32]</sup>。研究区域的纬度空间范围为 37.4~53°N。首先根据研究区域的矢量数据, 构建一个长 0.05°、宽 35°的渔网。然后将每个数据产品(如地表温度数据、EVI 数据、冠层数据和高程数据)应用于该渔网, 以创建每个渔网像素的向北移动变化分析。通过沿纬线分布的地图, 本文总结了整个研究区域在每个渔网像素上的地表温度及其他参数的变化, 并计算了它们之间的相关性。对于每个向北移动的渔网像素, 本文还计算并统计了土地覆盖数据中水体、森林、灌木、草本植物、未利用地和其他土地覆盖类型的景观比例。

1.3.3 偏相关分析 偏相关分析常用于分析植被和气候因子之间的关联关系, 探索驱动因子对地表温度变化的影响。

偏相关系数计算公式为

$$r_{xy-z_i} = \frac{r_{xy} - r_{xz_i} \times r_{yz_i}}{\sqrt{(1 - r_{xz_i}^2)(1 - r_{yz_i}^2)}}, \quad (2)$$

其中,  $x$  为地表温度,  $y$  为气温, 干扰因子  $z_i$  ( $i=1, 2, 3, 4$ ) 依次为 EVI、冠层数据、蒸散发、反照率。采用  $F$  检验法检验偏相关系数。

## 2 结果分析

### 2.1 蒙古高原白天和夜间多年平均地表温度空间分布特征

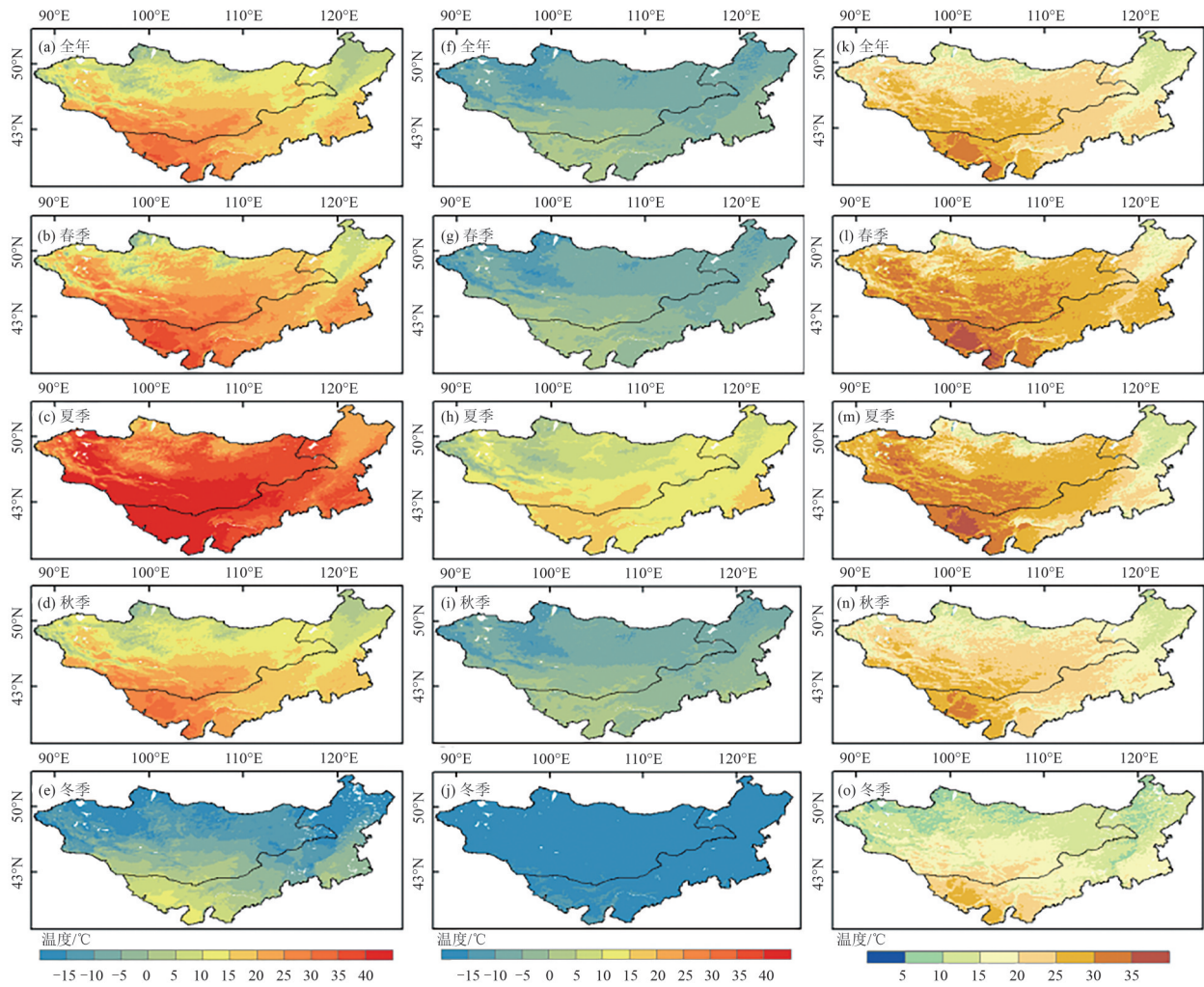
2003—2023 年蒙古高原全年和不同季节白天、夜间地表温度及其差值的空间分布如图 2 所示。整体上, 地表温度表现出明显的空间异质性, 日夜温差最高可达 40 °C 左右, 表现为随纬度上升而递减的格局。大部分地区年平均白天地表温度介于 0~30 °C 之间, 其中高于 30 °C 和低于 0 °C 的区域分别占总面积的 4.6% 和 0.85%(图 2a)。高温区主要分布于西南部的荒漠草原和戈壁, 白天年均地表温度可达 40 °C; 低温区则位于蒙古北部高海拔带及内蒙古大兴安岭北段森林区, 年均地表温度低于 0 °C。春季与秋季白天地温分布与年尺度格局基本一致(图 2b, 2d)。夏季白天地表温度普遍超过 25 °C; 冬季平均约为 -7.96 °C, 仅西部荒漠区可达 10 °C 左右。

夜间年均地表温度以 -10~0 °C 为主, 高于 0 °C 和低于 -10 °C 的区域分别占 9.1% 和 9.15% (图 2f)。高、低温区分布与白天相似, 南部荒漠戈壁带夜间温度可超过 5 °C, 而北部萨彦岭和大兴安岭等地则低于 -15 °C。春、秋夜间地表温度分布亦与夜间年尺度一致(图 2g, 2i); 夏季夜间温度高, 仅西北高山区低于 0 °C(图 2h); 全区冬季夜间温度均低于 -15 °C。

白天与夜间地表温度之差年均值主要在 15~30 °C 之间(图 2k), 差异最大处出现在南部荒漠(超 30 °C), 戈壁次之; 差异最小处位于西北高山区与东北林区(10~15 °C)。春、夏两季日夜温差大于 30 °C 的范围较广, 表明这些区域早晚温差大(图 2l, 2m); 冬季温差较小, 平均约 15 °C(图 2o)。

### 2.2 蒙古高原日夜地表温度时间变化趋势

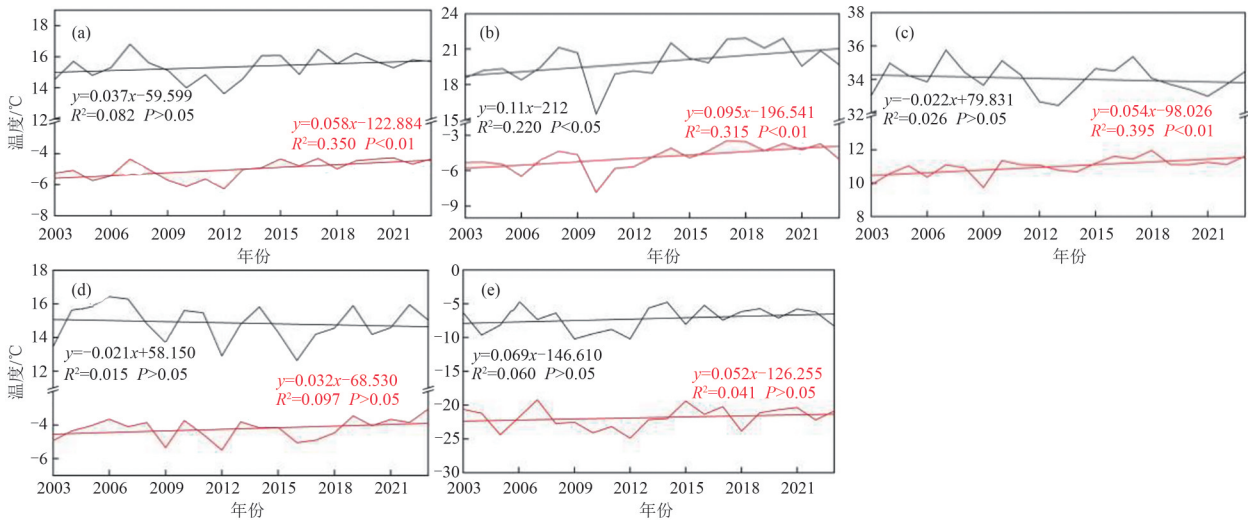
由 2003—2023 年蒙古高原全年和季节性白天和夜间地表温度的时间演变图(图 3)可知, 整体上, 地表温度呈上升趋势, 且存在昼夜不对称增温: 夜间升温显著(0.058 °C/yr,  $P < 0.05$ ), 白天升温不显著(0.037 °C/yr,  $P > 0.05$ )。季节尺度上, 白天温度在春、冬季略升, 夏、秋季略降, 夜间则各季节均略上升, 其中春、夏季增温显著(分别为 0.095 °C/yr 和 0.054 °C/yr,  $P < 0.05$ )。



注:(a-e)为白天;(f-j)为夜间;(k-o)为季节。

图 2 2003—2023 年蒙古高原白天、夜间及昼夜温差的年和季节平均地表温度空间分布

Fig. 2 The spatial distributions of annual and seasonal average land surface temperature for daytime, nighttime and day-night temperature differences over the Mongolian Plateau from 2003 to 2023

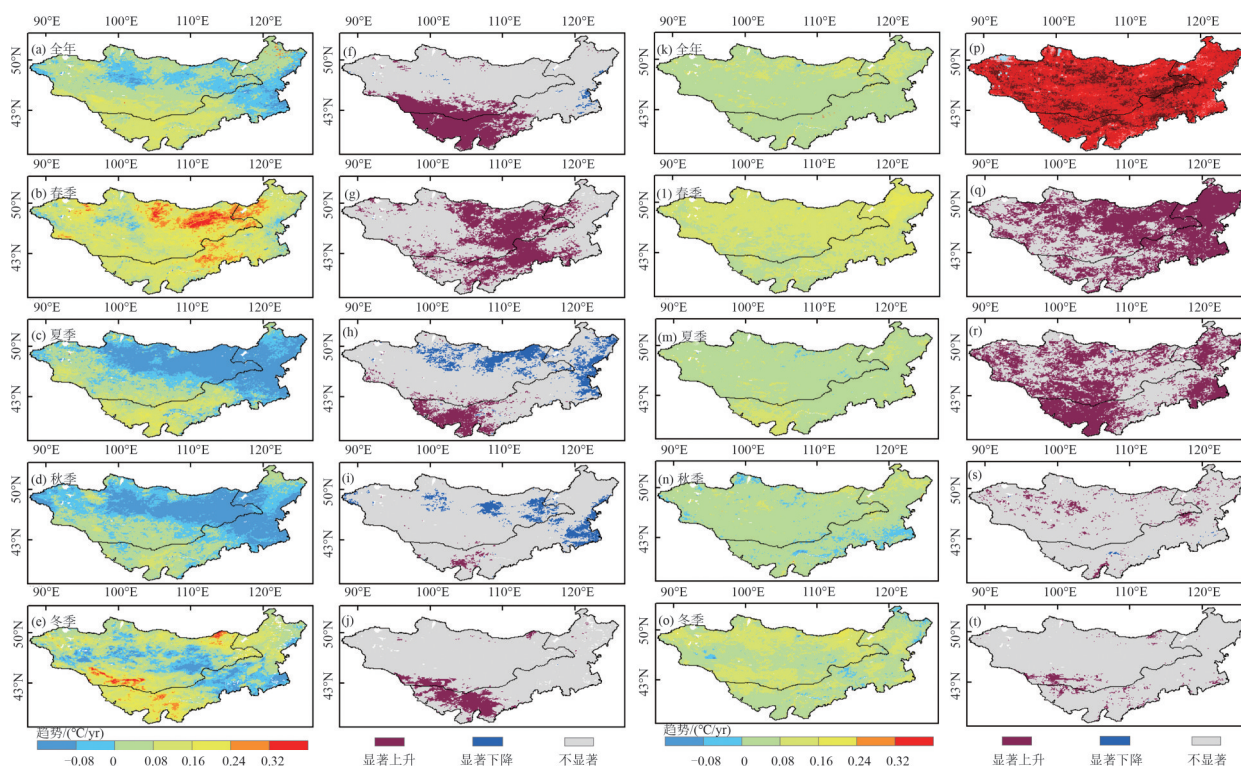


注:a 为年尺度;(b-e)为各季节尺度。

图 3 2003—2023 年蒙古高原平均地表温度时间演变

Fig. 3 The temporal evolution of average land surface temperature over Mongolian Plateau from 2003 to 2023

从空间分布图来看(图 4),白天年尺度上 73.37% 的像元表现为升温,其中 23.30% 显著升温( $P < 0.05$ );26.69% 的像元变冷,但仅 0.79% 为显著降温。显著升温区集中于南部荒漠与戈壁地带,显著降温区分布在大兴安岭南麓小部分地区。白天季节性变化空间异质性明显(图 4b—e):春季内蒙古中部升温显著( $> 0.32\text{ }^{\circ}\text{C}$ );夏季内蒙古西部增温( $0.08\sim 0.16\text{ }^{\circ}\text{C}$ ),而蒙古国北部杭盖山、肯特山及内蒙古东部地区则显著降温;秋季仅内蒙古西部局部显著增温;冬季内蒙古西部多数地区呈降温趋势。



注:(a—e)和(f—j)为白天;(k—o)(p—t)为夜间;(a, f, k, p)全年;(b, g, l, q)春季;(c, h, m, r)夏季;(d, i, n, s)秋季;(e, j, o, t)冬季。

图 4 蒙古高原白天和夜间地表温度趋势和显著性的空间分布

Fig. 4 Spatial distribution of surface temperature trends and significance in the daytime and nighttime over the Mongolian Plateau

在夜间地表温度方面,蒙古高原大部分地区年尺度与春、夏两季均呈显著升温趋势(73.93% 像元显著变暖),变化速率多处于  $0\sim 0.08\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{yr}$  之间;秋、冬季则以不显著增温为主。全年白天的降温趋势主要由夏、秋季主导,而夜间增温则主要源于春、夏季的显著升温。

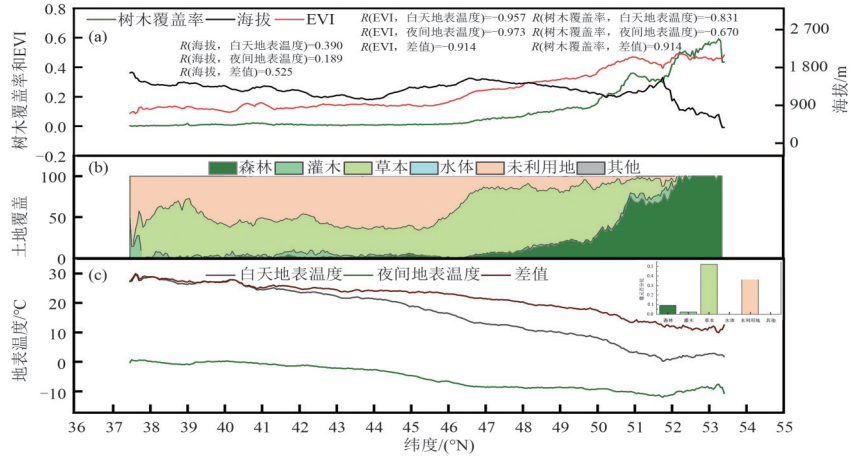
### 2.3 地表温度与气候因子变量的相关性分析

研究区地表温度与树木覆盖率、EVI、海拔及土地覆盖类型的关系如图 5 所示。随纬度升高,EVI 均值与树木覆盖率逐渐增加,海拔在  $52^{\circ}\text{N}$  附近出现转折;土地覆盖以草地和未利用地为主。地表温度空间分布显著受植被影响,EVI 与昼夜温度均呈强负相关(白天  $R = -0.957$ ,夜间  $R = -0.973$ ),表明植被茂盛温度较低,植被退化温度较高。

海拔同样为重要影响因子。 $52^{\circ}\text{N}$  以北区域,随海拔降低,地表温度不降反升,可能与气候变暖、植被反馈及冻土退化共同作用有关。北部植被通过蒸腾抑制白天升温,夜间则具保温作用;同时该区域冻土退化过程中潜热释放也可能短期内增温。未来需结合高分辨率遥感与气候模型,量化多因子贡献并关注冻土-植被长期交互效应。

为辨析多因子联合影响,本文进一步开展偏相关分析(图 6)。整体上,地表温度与气温、EVI 呈正偏相关,与树木覆盖率和蒸散发为负相关。气温与地表温度相关性极高,昼夜显著相关像元比例分别为 85.49% 和 90.56% ( $P < 0.05$ )。EVI 对白天温度在西部荒漠与西北山区呈强正相关( $0.6\sim 0.8$ ),夜间在正北部则为负相

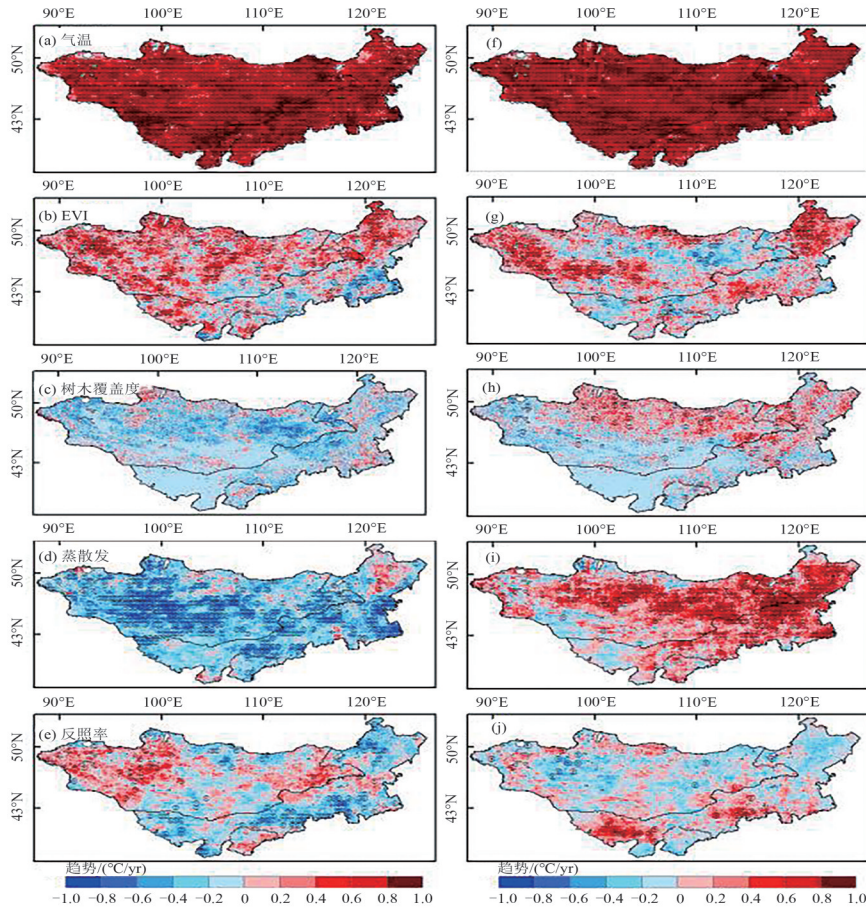
关。树木覆盖率较高的北部与东北地区,白天与地表温度负相关,夜间为正相关,反映了林地保温作用。白天温度整体与蒸散发、反照率负相关,但西北与东北高山地区除外,这些区域反照率与温度正相关。夜间温度与蒸散发、反照率的关系总体与白天相反,显著相关区分布于蒙古西北高山、内蒙古中部及东部等区域。



注:(a)树木覆盖度、7-8月平均 EVI 及海拔随纬度的变化;(b)研究区土地覆盖类型比例;(c)白天、夜间地表温度及其差值随纬度的变化。

图 5 蒙古高原不同纬度带环境因子与地表温度特征

Fig. 5 The environmental factors and land surface temperature characteristics across different latitudinal bands of the Mongolian Plateau



注:(a-e)为日间地表温度与气温、EVI、树木覆盖度、蒸散发及反照率的偏相关系数;(f-j)为夜间地表温度与对应环境因子的偏相关系数。

图 6 蒙古高原地表温度与对应环境因子的偏相关系数

Fig. 6 The partial correlation coefficients between LST and the corresponding environmental factors in Mongolian Plateau

### 3 讨论与结论

本文基于 MODIS MYD11C3 数据集,系统分析了蒙古高原 2003—2023 年昼夜地表温度的时空变化及其影响因子。首先,本研究观测到的显著昼夜不对称增温(夜间增温速率高于白天)是蒙古高原气候变化的核心特征。这一现象与全球许多地区(如青藏高原<sup>[13-14]</sup>、南亚<sup>[16-17]</sup>)的报道相一致,但其驱动机制在蒙古高原有其特殊性。其原因主要在于地表能量平衡的改变:夜间温度的显著上升可能与大气中云量、水汽含量或气溶胶的增加有关,这些因素在夜间增强了向下的大气逆辐射,从而抑制了地表的冷却过程<sup>[10]</sup>。此外,北部森林的保温效应及多年冻土退化释放的潜热,也可能是导致夜间增温更显著的重要原因。

其次,地表温度变化呈现出强烈的空间异质性与纬度地带性,这是下垫面类型、海拔高度和植被覆盖共同作用的结果。植被覆盖(EVI 表征)是主导因子,与地表温度呈高度负相关( $R < -0.95$ ),证实了植被通过蒸腾冷却效应对地表热环境的关键调节作用<sup>[18-19]</sup>。西南部荒漠戈壁区因其低反照率、低蒸散和高的热容量,成为昼夜温度的高值中心及温差的最大区域;而北部高海拔森林区则因植被的冷却效应(白天)和保温作用(夜间),成为温度的低值中心及温差的缓冲带。特别值得注意的是,在 52°N 以北出现的“海拔降低,温度反升”的异常现象,很可能与当地冻土退化及随之而来的地表水热过程改变密切相关,这凸显了多年冻土作为不稳定因素在区域热环境演变中的重要作用。再者,偏相关分析定量揭示了多因子对地表温度的协同影响,其中气温的主导地位与植被的双重角色尤为突出。气温与地表温度极高的正相关性验证了近地表气温作为最主要驱动力的地位。

本研究表明,蒙古高原的热环境演变是气候变暖与局部下垫面反馈共同作用的结果。未来的生态安全与畜牧业可持续发展亟须构建基于热环境监测的适应性管理策略,包括动态载畜量调控和热应激风险预警。

通过上述研究,得到以下主要结论:(1)蒙古高原在观测期内呈现显著的增温趋势,且表现出明显的昼夜不对称性;夜间增温速率( $0.058\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{yr}$ )显著高于白天( $0.037\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{yr}$ ),春季为增温最显著的季节;(2)地表温度的空间分布具有强烈的异质性,受纬度、海拔和下垫面性质的共同控制;高温区集中分布于西南部荒漠戈壁,低温区则位于北部高海拔山区与森林带;地表温度与植被覆盖(EVI)呈现高度负相关( $R < -0.95$ ),证实了植被对地表热环境的关键调节作用;(3)多因子偏相关分析揭示了复杂的影响机制,气温是主导地表温度空间格局的核心正相关因子,而植被(EVI、树木覆盖率)、蒸散发及反照率的影响则表现出显著的昼夜差异与空间分异,反映了地表能量收支过程的非线性特征。

### 参考文献:

- [1] IPCC. Contribution of working groups I, II and III to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change [R]. Cambridge: Cambridge University Press, 2014.
- [2] HU Y H, JIA G S, GAO H, et al. Spatial characterization of global heat waves using satellite-based land surface temperature [J]. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 2023, 125:103604.
- [3] SONI D A, SINGH P. A review paper on drought under global warming [J]. International Journal of Innovative Research in Engineering & Management, 2022, 9(1):253-256.
- [4] ANDERSEN T K, SHEPHERD J M. Floods in a changing climate [J]. Geography Compass, 2013, 7(2):95-115.
- [5] SAMSET B H, ZHOU C, FUGLESTVEDT J S, et al. Steady global surface warming from 1973 to 2022 but increased warming rate after 1990 [J]. Communications Earth & Environment, 2023, 4(1):400.
- [6] SOBRINO J, GARCÍA-MONTEIRO S, JULIEN Y. Surface temperature of the planet earth from satellite data over the period 2003—2019[J]. Remote Sensing, 2020, 12(12): 2036.
- [7] 王菱,甄霖,刘雪林,等. 蒙古高原中部气候变化及影响因素比较研究[J]. 地理研究, 2008, 27(1):171-180.

- [8] LIU L Y, LIU P T, YU J W, et al. Wind farms increase land surface temperature and reduce vegetation productivity in the Inner Mongolia[J]. *Geography and Sustainability*, 2024, 5(3): 319–328.
- [9] TWARDOSZ R, WALANUS A, GUZIK I. Warming in Europe: recent trends in annual and seasonal temperatures[J]. *Pure and Applied Geophysics*, 2021, 178(10): 4021–4032.
- [10] STOCKER T F, QIN D, PLATTNER G K, et al. *Climate change 2013: The physical science basis, contribution of working group I to the fifth assessment report of IPCC* [R]. Cambridge: Cambridge University Press, 2014.
- [11] 王远弘, 吴新萍, 买买提艾力·买买提依明, 等. 塔克拉玛干沙漠地表温度时空变化特征研究[J]. *湖北农业科学*, 2022, 61(5): 152–159.
- [12] ABBAS A, JIN L L, HE Q, et al. Temporal and spatial variations of the air temperature in the Taklamakan Desert and surrounding areas[J]. *Theoretical and Applied Climatology*, 2021, 144(3–4): 873–884.
- [13] 李栋梁, 钟海玲, 吴青柏, 等. 青藏高原地表温度的变化分析[J]. *高原气象*, 2005, 24(3): 291–298.
- [14] 赵雪雁, 雒丽, 王亚茹, 等. 1963—2012 年青藏高原东缘极端气温变化特征及趋势[J]. *资源科学*, 2014, 36(10): 2113–2122.
- [15] NAN S L, ZHAO P, CHEN J M, et al. Links between the thermal condition of the Tibetan Plateau in summer and atmospheric circulation and climate anomalies over the Eurasian continent [J]. *Atmospheric Research*, 2021, 247: 105212.
- [16] SHAWKY M, AHMED M R, GHADERPOUR E, et al. Remote sensing-derived land surface temperature trends over South Asia [J]. *Ecological Informatics*, 2023, 74: 101969.
- [17] RASHID I U, ABID M A, OSMAN M, et al. Predictability of the early summer surface air temperature over Western South Asia [J]. *Climate Dynamics*, 2024, 62(9): 9361–9375.
- [18] ALI S, TARIQ A, KAYUMBA P M, et al. Local surface warming assessment in response to vegetation shifts over arid lands of Central Asia (2001–2020) [J]. *Science of the Total Environment*, 2024, 929: 172628.
- [19] FENG R, YU R D, ZHENG H W, et al. Spatial and temporal variations in extreme temperature in Central Asia [J]. *International Journal of Climatology*, 2018, 38(S1): e388–e400.
- [20] LI Y T, LI Z L, WU H, et al. Biophysical impact of multiple surface forcings on land surface temperature over Eastern China [J]. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 2023, 128(20): e2023JD039315.
- [21] YU L X, LIU Y, YANG J C, et al. Asymmetric daytime and nighttime surface temperature feedback induced by crop greening across Northeast China [J]. *Agricultural and Forest Meteorology*, 2022, 325: 109136.
- [22] WANG L M, LEE X, SCHULTZ N, et al. Response of surface temperature to afforestation in the kubuqi desert, Inner Mongolia [J]. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 2018, 123(2): 948–964.
- [23] LI J H, LI Z L, LIU X Y, et al. A global historical twice-daily (daytime and nighttime) land surface temperature dataset produced by advanced very high resolution radiometer observations from 1981 to 2021 [J]. *Earth System Science Data*, 2023, 15(5): 2189–2212.
- [24] TIAN F, HERZSCHUH U, TELFORD R J, et al. A modern pollen-climate calibration set from central-western Mongolia and its application to a late glacial-Holocene record [J]. *Journal of Biogeography*, 2014, 41(10): 1909–1922.
- [25] SATO T, KIMURA F, KITO A. Projection of global warming onto regional precipitation over Mongolia using a regional climate model [J]. *Journal of Hydrology*, 2007, 333(1): 144–154.
- [26] BOLORTSETSEG B, TUVAANSUREN G. The potential impacts of climate change on pasture and cattle production in Mongolia [J]. *Water, Air, and Soil Pollution*, 1996, 92(1–2): 95–105.
- [27] NI J. Plant functional types and climate along a precipitation gradient in temperate grasslands, north-east China and south-east Mongolia [J]. *Journal of Arid Environments*, 2003, 53(4): 501–516.
- [28] WAN Z M. New refinements and validation of the collection-6 MODIS land-surface temperature/emissivity product [J]. *Remote Sensing of Environment*, 2014, 140: 36–45.
- [29] WAN Z M, DOZIER J. A generalized split-window algorithm for retrieving land-surface temperature from space [J]. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 1996, 34(4): 892–905.
- [30] DIMICELI C, SOHLBERG R, TOWNSHEND J. MODIS/Terra vegetation continuous F fields yearly L3 global 250 m SIN grid (MOD44B), Version 6.1[DS/OL]. NASA EOSDIS Land Processes DAAC, 2022. <https://doi.org/10.5067/MODIS/MOD44B.061>.

- [31] HAMED K H, RAO A R. A modified Mann-Kendall trend test for autocorrelated data [J]. *Journal of Hydrology*, 1998, 204(1-4):182-196.
- [32] LORANTY M M, BERNER L T, GOETZ S J, et al. Vegetation controls on northern high latitude snow-albedo feedback: Observations and CMIP5 model simulations [J]. *Global Change Biology*, 2014, 20(2):594-606.

## Temporal and Spatial Changes of Surface Temperature in the Mongolian Plateau from 2003 to 2023

Aliya<sup>1</sup>, BAO Gang<sup>1,2</sup>

(1. *College of Geographical Science, Inner Mongolia Normal University, Hohhot 010022, China;*

2. *Key Laboratory of Remote Sensing and Geographic Information System of Inner Mongolia Autonomous Region, Hohhot 010022, China*)

**Abstract:** Surface temperature is a key parameter in the Earth's energy balance and plays an important role in surface water-heat cycle. As a giant thermal hub in the heart of the Eurasian continent, the dynamic surface temperature of the Mongolian Plateau has a decisive impact on regional climate aridification. Based on MODIS MYD11C3 surface temperature data from 2003 to 2023, this study analyzed the temporal and spatial changes of daytime and nighttime land surface temperature (LST) in the Mongolian Plateau and their driving factors. The results are as follows. (1) The Mongolian Plateau exhibits a significant asymmetric diurnal warming trend, with daytime surface temperature increasing at a rate of 0.037 °C/yr, while nighttime surface temperature shows a significant increase at a rate of 0.058 °C/yr. (2) The spatial heterogeneity of surface temperature is significant, with an overall pattern of higher temperatures in the southwest and lower temperatures in the northeast, showing a strong negative correlation with vegetation cover (EVI) ( $R < -0.95$ ). (3) Partial correlation analysis indicates that air temperature is the core positive factor dominating the spatial pattern of surface temperature. The influences of vegetation (EVI, tree cover), evapotranspiration, and albedo exhibit complex diurnal-nocturnal and spatial differentiation. The study highlights the synergistic effects of climate change and land surface feedback on the thermal environment of the region. The results provide a scientific basis for adaptive management of pastoral activities and the construction of ecological barriers in the Mongolian Plateau.

**Key words:** surface temperature; diurnal-nocturnal asymmetry; MODIS; Mongolian Plateau; climate change

【责任编辑 闫立华】