中国 1-km 格网地表人类活动强度数据集（1980–2023）研发

柴 祎[1]，张 瑞[1,2]，师晟翔[3,4]，周 强[1]，赵 磊[1,2*]，苗培培[1,2*]

1. 云南师范大学地理学部，昆明 650500；
2. 西部资源环境地理信息技术教育部工程研究中心，昆明 650500；
3. 北京师范大学遥感与数字地球全国重点实验室，北京 100875；
4. 北京师范大学地理科学学部/北京市陆表遥感数据产品工程技术研究中心，北京 100875

摘 要：人与自然的和谐共生是实现文明可持续发展的核心命题。然而，关于地表人类活动强度在国家尺度、长时间跨度下的连续观测仍相对不足。面向人地系统耦合与全球变化研究的重大数据需求，本研究以资源环境科学数据平台发布的中国多时期土地利用遥感监测数据（覆盖 1980–2023 年，共计 12 期）为基准数据，依托 Google Earth Engine（GEE）云平台，集成长时序多源遥感与气象地形特征等多源特征变量，采用随机森林算法与时空一致性约束机制，构建了中国 1980–2023 年土地利用类型的长时序数据产品。在此基础上，依照建设用地当量系数法，将不同土地利用类型折算为统一口径的人类活动贡献，生成 1-km 空间分辨率的地表人类活动强度指数（Human Activity Intensity, HAI）数据集。该数据集内容包括：（1）1980，1985–2023 年共计 40 期地表人类活动强度数据；（2）1980–2023 年 5 年间隔的土地利用转移矩阵数据及代码说明文件；（3）历年中国建设用地当量面积以及人类活动强度统计数据；（4）计算的过程数据。数据集存储为.tif、.xlsx、.clr 和.txt 格式，由 93 个数据文件组成，数据量为 1.93 GB（压缩为 1 个文件，307 MB）。该数据集支持了第一作者地图学与地理信息系统理学硕士学位论文的完成。

关键词：人类活动强度；建设用地当量系数；可持续发展；中国；理学硕士学位论文

DOI: https://doi.org/10.3974/geodp.2026.05.02

CSTR: https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.14.2026.05.02

数据可用性声明：

本文关联实体数据集已在《全球变化数据仓储电子杂志（中英文）》出版，可获取：https://doi.org/10.3974/geodb.2026.06.01.V1 或 https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.11.2026.06.01.V1.

1 前言

人类活动对地球系统的深刻影响标志着“人类世”的到来[1,2]。人地系统的相互作用显

收稿日期：2026-04-16；**修订日期：**2026-09-20；**出版日期：**2026-10-25

基金项目：云南省科技厅（202405AC350070，202601CI070025）；云南省社会科学界联合会（YB202444）

***通讯作者：**赵磊，云南师范大学地理学部，zhaolei@ynnu.edu.cn；苗培培，云南师范大学地理学部，200107@ynnu.edu.cn

数据引用方式：[1] 柴祎, 张瑞, 师晟翔等. 中国 1-km 格网地表人类活动强度数据集（1980–2023）研发[J]. 全球变化数据学报, 2026, 10(5): 515–525. https://doi.org/10.3974/geodp.2026.05.02. https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.14.2026.05.02.

[2] 柴祎, 张瑞, 师晟翔等. 中国 1-km 格网地表人类活动强度数据集（1980–2023）[J/DB/OL]. 全球变化数据仓储电子杂志, 2026. https://doi.org/10.3974/geodb.2026.06.01.V1. https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.11.2026.06.01.V1.

著加剧，如何准确认识与度量人类活动对地表环境的时空影响，已成为全球变化科学与可持续发展研究的共同关切[3–5]。尽管工业排污、地下水超采、深层矿产开发等点源式或隐性扰动对生态环境具有重要影响，但土地利用/覆被变化（Land Use/Cover Change, LUCC）始终是表征地表人类活动空间占用最直观、覆盖面最广的核心指标[6,7]。建设用地扩张[7]、农业集约化[8]和森林退化与恢复[9]等过程，直观反映了人类活动对地表物质循环与能量流动的影响强度。作为衡量人类对自然系统扰动程度的重要表征，地表人类活动强度指数（Human Activity Intensity, HAI）能够在统一量纲下综合反映建设用地扩张、土地利用结构转换与空间格局演变对生态过程与环境效应的压力梯度[10,11]，因而在国土空间规划、生态文明评估、生态红线成效检验以及“双碳”目标监测中具有基础性支撑意义。

现有关于人类活动强度或类似指标的研究与产品，主要依赖三类技术路径：一是基于夜间灯光、人口密度与不透水面等地表遥感变量的综合构建[12,13]，具有更新快、覆盖广的优势，但与土地利用的关系存在间接性；二是基于人口密度、GDP、道路密度等社会经济因子的叠加加权[13]，解释力较强，但易受跨期统计口径差异的干扰；三是基于土地利用/覆被数据的等效转换方法[10]，能够较好承接国土管理的分类体系与政策含义，但受限于基础数据的时空分辨率、分类一致性与长时序覆盖度。就中国尺度而言，既往产品常见的问题包括：时相离散、跨期分类口径变动引致的“伪变化”、缺乏年际连续性、以及难以在全国尺度实现高空间分辨率的一致化表征。这些不足制约了对 1980 年以来快速城镇化、产业转移及生态工程（如退耕还林）效应的精准刻画，尤其忽略了胡焕庸线东西两侧的地理梯度差异。近年来，遥感数据的长期积累、云计算平台的普及与机器学习方法的成熟，为构建跨期可比的长时序地表要素产品提供了机遇[14,15]。

针对上述科学问题与应用需求，本文面向 1980–2023 年中国尺度的人类活动强度表征，开展如下工作：（1）以中国土地利用遥感监测数据为基准[16]，结合 Google Earth Engine（GEE）遥感云计算平台与随机森林算法，构建时序一致的全国土地利用长时序产品，并实施跨期一致性约束以降低分类噪声与“伪变化”影响；（2）依据建设用地当量系数法，在 1-km 格网上生成覆盖 1980 年及 1985–2023 年年际连续的 HAI 数据集，形成与国土空间管理分类体系相衔接的统一量纲产品。与以往依赖单源代理或统计叠加的方法相比，本研究构建的统一量纲产品在指标解释性、政策可读性与跨期一致性方面实现了较好的平衡。

2 数据集元数据简介

《中国 1-km 格网地表人类活动强度数据集（1980–2023）》[17]的名称、作者、地理区域、数据年代、时间分辨率、空间分辨率、数据集组成、数据出版与共享服务平台、数据共享政策等信息见表 1。

3 数据研发方法

3.1 技术路线

本研究数据集的构建流程如图 1 所示。首先，以中国科学院资源环境科学数据平台发

表 1　《中国 1-km 格网地表人类活动强度数据集（1980–2023）》元数据简表

条　目	描　述
数据集名称	中国 1-km 格网地表人类活动强度数据集（1980–2023）
数据集短名	CNHAI1980-2023
作者信息	柴　祎，云南师范大学地理学部，chaiyi@ynnu.edu.cn 张　瑞，云南师范大学地理学部，2243206000084@ynnu.edu.cn 师晟翔，北京师范大学，202621051162@mail.bnu.edu.cn 周　强，云南师范大学地理学部，2143206000378@ynnu.edu.cn 赵　磊，云南师范大学地理学部，西部资源环境地理信息技术教育部工程研究中心，zhaolei@ynnu.edu.cn 苗培培，云南师范大学地理学部, 200107@ynnu.edu.cn
地理区域	中国
数据年代	1980，1985–2023
时间分辨率	年
空间分辨率	1 km
数据格式	.tif、.xlsx、.clr 和 .txt
数据量	307 MB（压缩后）
数据集组成	（1）1980 年及 1985–2023 年连续的 40 期地表人类活动强度数据；（2）1980–2023 年 5 年间隔的土地利用转移矩阵数据及代码说明文件；（3）历年中国建设用地当量面积、人类活动强度统计数据及计算过程数据
基金项目	云南省科技厅（202405AC350070，202601CI070025）；云南省社会科学界联合会（YB202444）
数据计算环境	GEE、GDAL、Python 3.10
出版与共享服务平台	全球变化科学研究数据出版系统 http://www.geodoi.ac.cn
地址	北京市朝阳区大屯路甲 11 号 100101，中国科学院地理科学与资源研究所
数据共享政策	（1）“数据”以最便利的方式通过互联网系统免费向全社会开放，用户免费浏览、免费下载；（2）最终用户使用“数据”需要按照引用格式在参考文献或适当的位置标注数据来源；（3）增值服务用户或以任何形式散发和传播（包括通过计算机服务器）“数据”的用户需要与《全球变化数据学报（中英文）》编辑部签署书面协议，获得许可；（4）摘取“数据”中的部分记录创作新数据的作者需要遵循 10%引用原则，即从本数据集中摘取的数据记录少于新数据集总记录量的 10%，同时需要对摘取的数据记录标注数据来源[18]
数据和论文检索系统	DOI，CSTR，Crossref，DCI，CSCD，CNKI，SciEngine，WDS，GEOSS，PubScholar，CKRSC, OARL

布的 12 期中国土地利用遥感监测数据（1980、1990、1995、2000、2005、2008、2010、2013、2015、2018、2020、2023 年）为基准底图[19]。在样本选取上，因缺乏逐年的历史实测采样点，本研究通过对相邻期次（时间跨度超过 5 年，如 1990–1995 年）的基准土地利用类型图进行像元叠加，提取地类保持一致的像元，将其作为该时间跨度内的高置信度稳定样本。进一步通过分层随机抽样，共获得约 195 万个样本点，覆盖 26 种土地利用类型。其次，依托 Google Earth Engine（GEE）云平台，系统获取了 1980–2023 年期间 Landsat 系列卫星搭载的专题制图仪（Thematic Mapper, TM）、增强型专题制图仪（Enhanced Thematic Mapper Plus, ETM+）以及陆地成像仪（Operational Land Imager, OLI/OLI-2）的地表反射率影像（空

间分辨率为 30 m）。利用影像自带的质量评估（Quality Assessment, QA）波段进行掩膜去云，并采用植被生长季（5–10 月）中值合成算法生成逐年高质量无云遥感影像数据集。

在特征空间构建方面，除 Landsat 的 6 个原生多光谱波段外，作者进一步计算了表征植被生长、地表水分及建筑特征的 4 项核心光谱指数，即归一化植被指数（Normalized Difference Vegetation Index, NDVI）、归一化水体指数（Normalized Difference Water Index, NDWI）、归一化建筑指数（Normalized Difference Built-up Index, NDBI）和增强型植被指数（Enhanced Vegetation Index, EVI）。在地形因子方面，引入了由美国国家航空航天局（NASA）发布的航天飞机雷达地形测绘任务（Shuttle Radar Topography Mission, SRTM）30-m 数字高程模型（Digital Elevation Model, DEM）数据，并据此计算出高程、坡度、坡向 3 个地形变量；同时结合了空间分辨率约为 1-km 的 WorldClim 全球生物气候数据集中的核心协变量，包括年均温（BIO1）、年降水量（BIO12）、温度季节性（BIO4）、降水季节性（BIO15），上述多源变量共同构成了 2000 年以前的 17 维基础特征空间。针对 2000 年及之后的年份，额外融入 MODIS 年度植被指数产品（MODIS NDVI 与 MODIS EVI），特征维度扩展至 19 维。

随后，采用随机森林（Random Forest, RF）集成学习算法，将样本按 7:3 比例划分为训练集与验证集，通过交叉验证优化模型参数。为确保时序连续性与分类一致性，引入 Savitzky-Golay 时序平滑滤波、跨期分类标准化及趋势插值等时空约束机制，最终生成 1980 年及 1985–2023 年共计 40 期的土地利用类型数据产品。最后，参考徐勇等[10]提出的建设用地当量系数法，依据人类对地表自然环境的扰动程度对 26 类土地利用类型进行折算赋值，采用 1-km 网格面积加权平均方法计算地表人类活动强度指数（HAI），最终形成覆盖中国全域、时空连续的 HAI 数据集（图 1）。

3.2 算法原理

3.2.1 多源特征空间的构建

为兼顾长时序计算的鲁棒性与地物特征信息的富集程度，本研究构建了动态维度的多源特征空间（表 2）。随机森林模型的基础特征空间包含 17 维变量：6 个 Landsat 原生多光谱波段（包括蓝波段、绿波段、红波段、近红外波段、短波红外 1 波段及短波红外 2 波段）、4 个衍生光谱指数、3 个源自 SRTM 的地形要素及 4 个源自 WorldClim 的气象要素。针对 2000 年及以后的时期，引入 NASA MODIS 传感器的年度合成植被指数产品（MOD13A2 V6.1），将特征空间扩展至 19 维。MODIS 较高的时间分辨率可以有效弥补 Landsat 30 m 空间细节受多云地区观测频次制约的不足，形成多尺度特征的优势互补。

为获取无缝的逐年高质量遥感底图，研究摒弃了传统的单一合成方式，采用多级影像优选与协同填补策略。该方法将优先调用年度高质量影像数据，采用中值合成像元。针对局部因高云量掩膜导致的观测缺失区，动态调取 Landsat L2 级地表反射率产品，利用 QA 波段严格去云后，提取植物生长季（5–10 月）的有效无云像元进行中值合成填补。对于极少数极端观测缺失的区域，则采用零值常量掩膜处理，从底层算法上保障了全域影像在空间上的无缝覆盖与时间序列上的一致性。

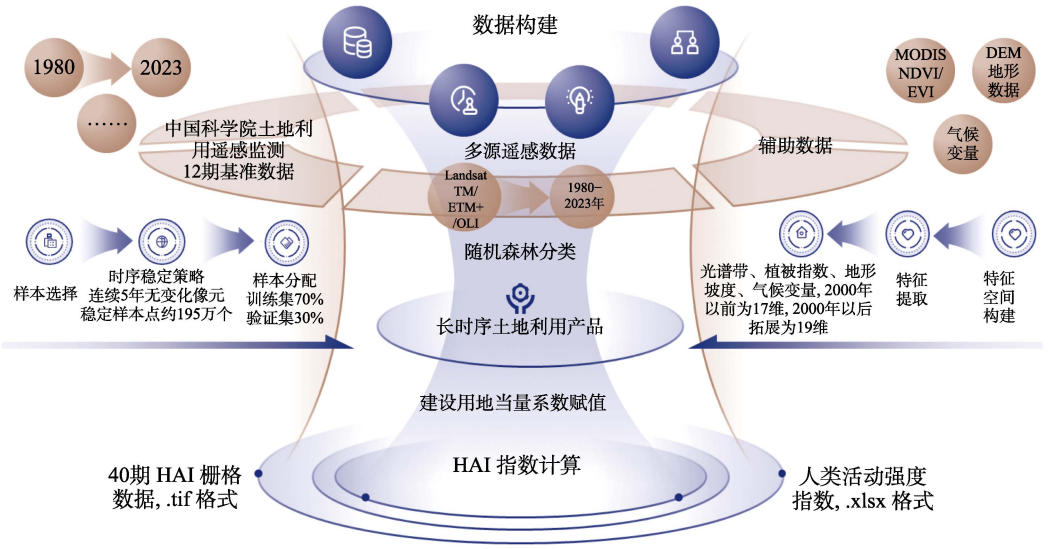


图 1　数据集研发技术路线图

表 2　随机森林分类特征空间构成表

特征类别	特征变量	维度	数据来源与产品型号
光谱特征	蓝、绿、红、近红外、短波红外 1、短波红外 2 波段	6	USGS Landsat L2 级产品（TM/ETM+/OLI/OLI-2）
光谱指数	归一化植被指数、归一化水体指数、归一化建筑指数、增强型植被指数	4	基于 Landsat 表面反射率波段计算
地形特征	高程、坡度、坡向	3	NASA/USGS SRTM V3 数字高程模型（30 m）
气候特征	年均温、年降水量、温度季节性、降水季节性	4	WorldClim Version 1 全球生物气候数据集
MODIS 指数	MODIS 归一化植被指数、MODIS 增强型植被指数	2	NASA Terra MODIS 植被指数产品（MOD13A2 V6.1，2000 年以后加入）
合计		17/19（注：2000 年前特征维度为 17 维，2000 年及以后加入 MODIS 扩展为 19 维）	

3.2.2　随机森林模型（RF）参数化设计

土地利用/覆被分类本质上是处理复杂、非线性的多维特征映射问题[20]，本研究的分类核心采用随机森林（RF）集成学习算法。作为基于决策树的集成模型，RF 算法通过引入样本自助重采样（Bootstrap aggregating）与节点分裂特征的随机选取机制，能够有效避免过拟合现象。在处理 LUCC 分类时，RF 算法不仅对包含光谱、地形、气象等多源共线性极强的高维空间数据具有卓越的容错率与鲁棒性，还能有效挖掘不同地类（如水田与旱地、不同覆盖度草地）在复杂光谱和物候维度上的非线性边界[21]。

为兼顾分类精度与国家尺度海量遥感数据的运算效率，本研究对 RF 模型的全局超参数进行了系统优化与严格设定：决策树数量设定为 500 棵，以保证模型充分收敛与泛化能力；节点分裂的最大特征数设为特征总数的平方根。叶节点最小样本数设为 1；重采样比

例设为 0.7；最大节点复杂度约束为 128，以提高长时序分类预测结果的可复现性。

3.2.3 建设用地当量系数测度（HAI 计算）

参考徐勇等[10]提出的“陆地表层人类活动强度”理论框架体系，将地表自然形态完全改变且受人类主导的建设用地设为基准面（当量系数=1），其他类型按人类扰动程度赋值（表 3）。每个 1-km 网格的 HAI 为类型面积加权平均：

$$HAI=\sum_{i=1}^{n}\left(A_i\times C_i\right)/A_{total} \tag{1}$$

式中，A_i 为类型 i 的面积，C_i 为当量系数，A_{total} 为网格总面积。指数范围 0–1，值越大表示人类活动强度越高。

表 3 建设用地当量系数表

一级地类	二级地类	地类名称	建设用地当量系数
耕地	11/12	水田/旱地	0.200
林地	21/22/23	有林地/灌木林地/疏林地	0.000
	24	其他林地	0.133
草地	31	高覆盖度草地	0.133
	32	中覆盖度草地	0.067
	33	低覆盖度草地	0.000
水域	41–46	河渠/湖泊/水库/滩地等	0.000
城乡建设用地	51/52/53	城镇/农村居民点/其他建设用地	1.000
未利用地	61–67	沙地/戈壁/裸土地等	0.000

4 数据结果与验证

4.1 数据集组成

《中国 1-km 格网地表人类活动强度数据集（1980–2023）》包含以下数据：（1）1980 年及 1985–2023 年连续的 40 期地表人类活动强度数据；（2）1980–2023 年 5 年间隔的土地利用转移矩阵数据及代码说明文件；（3）历年中国建设用地当量面积以及人类活动强度统计数据；（4）计算的过程数据。数据集存储为.tif、.xlsx、.clr 和.txt 格式，由 93 个数据文件组成，数据量为 1.93 GB（压缩为 1 个文件，307 MB）。

4.2 结果验证与不确定性归因

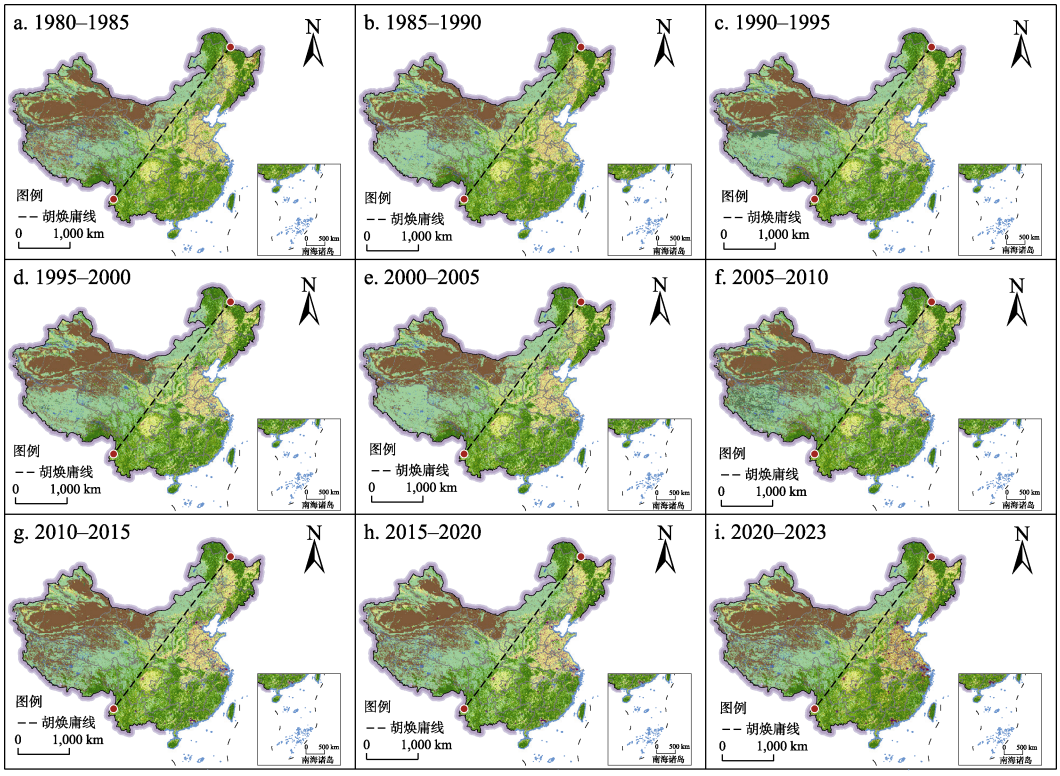
在精度评估环节，本研究基于预留的 30%独立验证样本构建了混淆矩阵，并引入总体分类精度与 Kappa 一致性系数开展了量化检验。结果显示，数据集的总体分类精度（OA）达到 86.92%，Kappa 系数为 0.86。精度分布存在地学特征规律：对湖泊（95.03%）和有林地（91.98%）的识别非常稳健。精度折损主要源于建设用地中的农村居民点（F1-score 约为 32.27%）。这一制约因素根植于特定地貌环境下的“混合像元”效应，广袤西南山区及

黄淮海平原的农村居民点呈高度破碎化散布，在 30-m 光谱维度极易与周边耕地或林冠发生强烈混叠。此外，西部荒漠边缘区裸土与低覆盖度草地（OA<80%）的坡度阴影干扰亦放大了边界模糊效应。尽管局部精细地类存在混淆，但在宏观 1-km 格网降尺度聚合后，对 HAI 总体结果的影响已显著减弱，结果整体上具有较好的合理性。

4.3　数据结果分析

4.3.1　中国土地利用类型时空转移特征

图 2 展示了中国 40 年来的土地利用类型的时空转移格局，覆盖 1980–2023 年多个子时期，总转移面积约 2,312,772 km^2，约占陆域总面积 24.4%。从转移类型看，四大主导流向



注：本图基于自然资源部标准地图服务网站下载的审图号为GS(2024)0650号绘制，底图无修改。

耕地 (未变化)
耕地→林地
耕地→草地
耕地→水域
耕地→城乡工矿居民用地
耕地→未利用土地
耕地→海洋
林地→耕地
林地 (未变化)
林地→草地
林地→水域
林地→城乡工矿居民用地
林地→未利用土地
林地→海洋
草地→耕地
草地→林地
草地 (未变化)
草地→水域
草地→城乡工矿居民用地
草地→未利用土地
草地→海洋
水域→耕地
水域→林地
水域→草地
水域 (未变化)
水域→城乡工矿居民用地
水域→未利用土地
水域→海洋
城乡工矿居民用地→耕地
城乡工矿居民用地→林地
城乡工矿居民用地→草地
城乡工矿居民用地→水域
城乡工矿居民用地 (未变化)
城乡工矿居民用地→未利用土地
城乡工矿居民用地→海洋
未利用土地→耕地
未利用土地→林地
未利用土地→草地
未利用土地→水域
未利用土地→城乡工矿居民用地
未利用土地 (未变化)
未利用土地→海洋
海洋→耕地
海洋→林地
海洋→草地
海洋→水域
海洋→城乡工矿居民用地
海洋→未利用土地
海洋 (未变化)

图 2　中国多时期土地利用类型空间转移分布图

构成了土地利用变化的核心特征：耕地向建设用地转移，约 289,649 km^2，占比 12.5%；草地向林地转移约 214,495 km^2，占比 9.3%；耕地向林地转移约 222,552 km^2，占比 9.6%；林地向耕地转移，约 242,127 km^2，占比 10.5%。建设用地净增 2.7%，从 1980 年的 1.5%升至 2023 年的 4.2%，耕地净减 1.8%，草地和未利用土地微减 0.7%和 0.6%。分时期看，1980–2000 年转移率较低，约 15%，2000–2015 年达到高峰（占比 20%）；2020–2023 年基本稳定但建设扩张仍显著（占比 19%）。整体趋势显示土地利用从农业自然主导向城市生态平衡转型，呈现出鲜明的时空不均衡性。东部建设用地扩张为主导。在所有转移类型中占比约 45%，特别是在长江三角洲和珠江三角洲等城市群。西部草地和未利用土地互转突出，占比 12%。西部干旱气候和地形脆弱性驱动草地向未利用土地退化；同时，改革开放与城镇化路径依赖推动耕地向建设用地转换。社会和政策机理体现双向耦合：退耕还林工程负反馈促进林地恢复（2000–2010 年占比 15%），但城市化正反馈挑战耕地红线。整体具有明显的尺度依赖特征，全国范围内处于一种相对稳定的状态，各类型转移占比微变，但在区域层面表现剧烈，如西部以生态退化特征为主，东部则是建设用地突增，凸显“人类世”中人类主导地表过程的原理。

4.3.2 中国人类活动强度的时空演变格局

图 3 揭示了 1980–2023 年中国人类活动强度的时空演变，全国平均 HAI 从 1980 年的

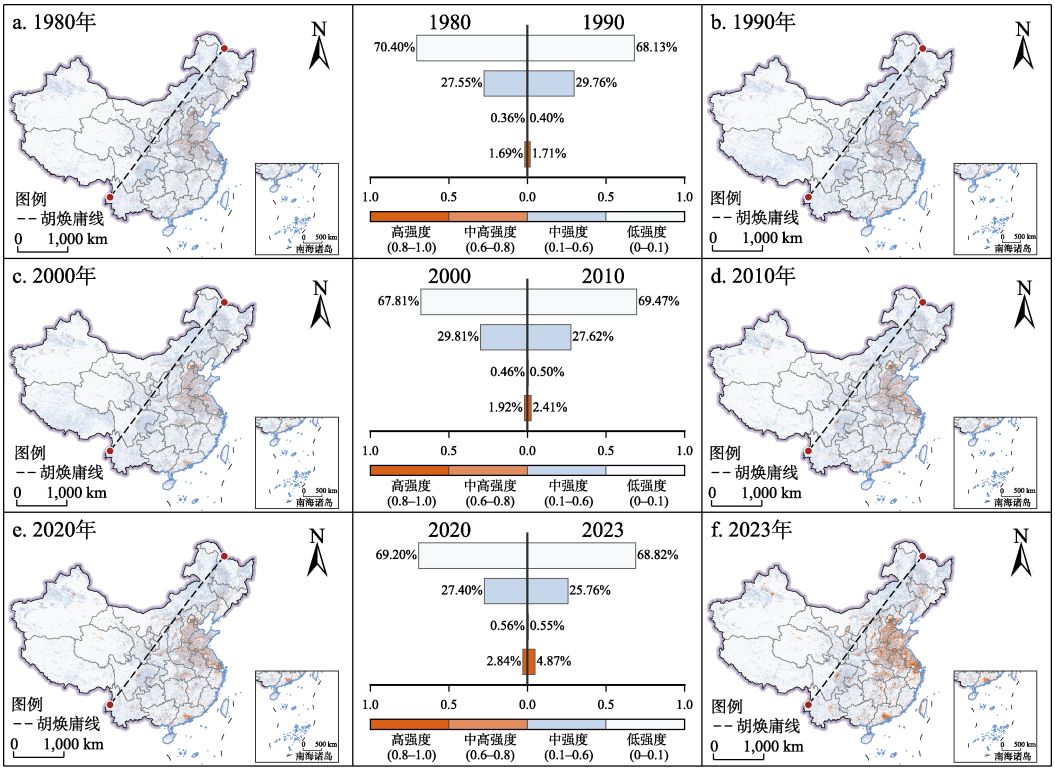


图 3 中国人类活动强度的时空演变分布图

（本图基于自然资源部标准地图服务网站下载的审图号为 GS（2024）0650 号绘制，底图无修改）

0.18 上升至 2023 年的 0.37，增长率达 105.6%。从空间分布上看，HAI 高值区主要集中在东部沿海（如长江三角洲、珠江三角洲）和北方核心城市群（如京津冀），反映城镇化扩张；西部高原和北部草原区 HAI 较低，但局部矿区和基础设施开发导致热点增加。时序上看，1990–2010 年为快速增长期，年均增长 2.5%，表明改革开放后的工业化和城市化高峰；2010 年后增速放缓，年均 1.2%，得益于生态保护政策。

中国人类活动强度演变呈现“点状集聚-轴带扩散-极化加剧”的时空特征。1980–2000 年粗放扩张，低强度净减 60,097 km^2，局限于东部季风区平原；2000–2020 年快速城镇化，高强度年均增长 4,500 km^2，扩展至中部丘陵和河谷；2020–2023 年剧烈重组，高强度激增 192,897 km^2，年增速 6.43%，形成“珍珠链”式城市群网络。这一模式受地理基础制约，胡焕庸线以东占国土面积的 45%，却承载了 94%的人口，强度最高，西部高山荒漠区强度最低，整体从沿海向内陆梯度衰减。此演变根植于地理决定论与空间极化理论的交互：自然地理特征（如东部平原土壤肥沃、河流密集，便于农业和城市开发）驱动低强度向中等强度演变，占比 32%，而中等强度向高强度跃升，占比 40%，源于人文地理集聚，如人口向京津冀等城市群流动，生态机理凸显地理权衡。

5　讨论和总结

本数据集填补了中国长时序 HAI 产品的空白，实现了年际的连续性并与土地政策相衔接，但其不确定性仍主要来源于遥感空间分辨率限制和建设用地当量系数的主观性。未来可进一步结合更高分辨率遥感数据、机器学习方法与多源社会经济数据，提升分类精度和应用范围。该数据集可为可持续发展目标（SDGs）评估、生态红线成效分析及人地系统模拟提供基础数据支撑。

5.1　分类框架与尺度效应的不确定性讨论

大尺度地球观测不可避免地内化了方法学不确定性，受限于 2000 年之前（尤其 1980 年代）Landsat TM 影像在西部边疆区域的有效覆盖率缺陷，本研究依赖机器学习融合气候和地形变量辅助时序逻辑滤波进行预测填补，这在一定程度上可能削弱对局部突发性土地覆被干扰的敏感度。此外，1-km 空间分辨率虽然适配于国家宏观生态评估，但在表征西南喀斯特山地极度细碎化的人地空间景观时，不可避免地存在尺度上推带来的均质化误差效应。

5.2　人类活动强度物理表征的局限性

需要明确的是，基于 LUCC 等效转换的 HAI 指数，本质上衡量的是人类活动主导下地表物质循环与能量流动的改变强度。这一理论框架尚无法量化工业化学排污、大气气溶胶强迫、深层地下水超采以及生态系统破碎化网络连通性阻断等多维“隐性”人类足迹。面向未来的地球系统科学前沿，可将 LUCC 衍生的二维指标与夜间灯光辐射、碳排放清单、人口手机信令等社会经济大数据进行空间耦合，构建更完整的人类活动足迹表征体系。

该数据集支持了第一作者地图学与地理信息系统理学硕士学位论文的完成。

作者分工：柴祎对数据集的开发做了总体设计；柴祎和张瑞共同撰写了数据论文；师晟翔、周强采集和处理了遥感数据；赵磊、苗培培对数据集和论文进行了审订与修改。

利益冲突声明：本研究不存在研究者以及与公开研究成果有关的利益冲突。

参考文献

[1] Crutzen, P. J. Geology of mankind: the anthropocene [J]. *Écologie & Politique*, 2007, 34(1): 141–148.

[2] Zalasiewicz, J., Waters, C. N., Williams, M., *et al*. When did the Anthropocene begin? a mid-twentieth century boundary level is stratigraphically optimal [J]. *Quaternary International*, 2015, 383: 196–203.

[3] Mottl, O. E., Flantua, S. G. A., Bhatta, K. P., *et al*. Global acceleration in rates of vegetation change over the past 18,000 years [J]. *Science*, 2021, 372(6544): 860–864.

[4] Zuo, L. J., Zhang, Z. X., Carlson, K. M., *et al*. Progress towards sustainable intensification in China challenged by land-use change [J]. *Nature Sustainability*, 2018, 1(6): 304–313.

[5] 杨玉盛. 全球环境变化对典型生态系统的影响研究: 现状、挑战与发展趋势[J]. 生态学报, 2017, 37(1): 1–11.

[6] 傅伯杰, 张立伟. 土地利用变化与生态系统服务: 概念、方法与进展[J]. 地理科学进展, 2014, 33(4): 441–446.

[7] Kuang, W. H., Liu, J. Y., Dong, J. W., *et al*. The rapid and massive urban and industrial land expansions in China between 1990 and 2010: a CLUD-based analysis of their trajectories, patterns, and drivers [J]. *Landscape and Urban Planning*, 2016, 145: 21–33.

[8] 原晋涛, 陈万旭, 曾杰. 中国耕地利用变化时空分异特征及对耕地 NPP 的影响[J]. 自然资源学报, 2023, 38(12): 3135–3149.

[9] Williams, B. A., Beyer, H. L., Fagan, M. E., *et al*. Global potential for natural regeneration in deforested tropical regions [J]. *Nature*, 2024.

[10] 徐勇, 孙晓一, 汤青. 陆地表层人类活动强度: 概念、方法及应用[J]. 地理学报, 2015, 70(7): 1068–1079.

[11] 段群滔, 罗立辉. 人类活动强度空间化方法综述与展望——以青藏高原为例[J]. 冰川冻土, 2021, 43(5): 1582–1593.

[12] Wu, B., Song, Z. C., Wu, Q. S., *et al*. A vegetation nighttime condition index derived from the triangular feature space between nighttime light intensity and vegetation index [J]. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 2023, 61: 1–15.

[13] Xing, X. Y., Huang, Z., Cheng, X. M., *et al*. Mapping human activity volumes through remote sensing imagery [J]. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 2020, 13: 5652–5668.

[14] 付东杰, 肖寒, 苏奋振等. 遥感云计算平台发展及地球科学应用[J]. 遥感学报, 2021, 25(1): 220–230.

[15] 梁锦涛, 陈超, 孙伟伟等. 长时序Landsat和GEE云平台的杭州湾土地利用/覆被变化时空格局演变[J]. 遥感学报, 2023, 27(6): 1480–1495.

[16] 刘纪远, 宁佳, 匡文慧等. 2010–2015 年中国土地利用变化的时空格局与新特征[J]. 地理学报, 2018, 73(5): 789–802.

[17] 柴祎, 张瑞, 师晟翔等. 中国 1-km 格网地表人类活动强度数据集(1980–2023)[J/DB/OL]. 全球变化数据仓储电子杂志, 2026. https://doi.org/10.3974/geodb.2026.06.01.V1. https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.11.2026.06.01.V1.

[18] 全球变化科学研究数据出版系统. 全球变化科学研究数据共享政策[OL]. https://doi.org/10.3974/dp.policy.2014.05 (2017 年更新).

[19] 徐新良, 刘纪远, 张树文等. 中国多时期土地利用遥感监测数据集(CNLUCC)[DS]. 资源环境科学数据平台, 2018. DOI: 10.12078/2018070201. http://www.resdc.cn/.

[20] 冯权泷, 牛博文, 朱德海等. 土地利用/覆被深度学习遥感分类研究综述[J]. 农业机械学报, 2022, 53(3): 1–17.

[21] 马慧娟, 高小红, 谷晓天. 随机森林方法支持的复杂地形区土地利用/土地覆被分类研究[J]. 地球信息科学学报, 2019, 21(3): 359–371.