

梁弄镇土地利用变化的时空格局及其地形分异特征研究

徐小斐

浙江师范大学地理与环境科学学院, 浙江 金华

收稿日期: 2026年4月8日; 录用日期: 2026年5月6日; 发布日期: 2026年6月3日

摘要

地形条件对山区土地利用格局具有显著约束作用, 不同地类在海拔、坡度及地形位上的分布差异, 直接影响区域土地资源开发利用方式及其演变方向。本文以浙东四明山区典型乡镇——梁弄镇为研究区, 基于2005年、2015年和2025年三期CLCD土地利用数据及DEM地形数据, 运用土地利用动态度、转移矩阵、地形位指数和分布指数等方法, 系统分析近20年来梁弄镇土地利用变化的时空格局及其地形分异特征并提出针对性空间优化建议。研究旨在为未来浙东山区其他乡镇的国土空间优化、耕地保护与生态安全协同治理提供参考。

关键词

土地利用, 转移矩阵, 地形梯度, 梁弄镇

Spatial-Temporal Patterns of Land Use Change and Topographic Differentiation in Liangnong Town

Xiaofei Xu

College of Geography and Environmental Sciences, Zhejiang Normal University, Jinhua Zhejiang

Received: April 8, 2026; accepted: May 6, 2026; published: June 3, 2026

Abstract

Topographic conditions impose strong constraints on land-use patterns in mountainous areas. The distribution of different land-use types across elevation, slope, and topographic position directly shapes the pathways of regional land development and transformation. Taking Liangnong Town, a typical mountainous town in the Siming Mountain area of eastern Zhejiang Province, as the study

area, this paper analyzes the spatiotemporal patterns of land-use change and their topographic differentiation based on CLCD land-use data from 2005, 2015, and 2025, together with DEM data. The single land-use dynamic degree, land-use transfer matrix, topographic position index, and distribution index were employed, and targeted spatial optimization suggestions were proposed. This study aims to provide a useful reference for territorial spatial optimization, farmland protection, and coordinated ecological governance in other mountainous towns of eastern Zhejiang in the future.

Keywords

Land Use, Transfer Matrix, Topographic Gradient, Liangnong Town

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

土地利用/土地覆被变化(LUCC)是国际地圈生物圈计划(IGBP)与全球变化人文计划(IHDP)联合发起的纲领性交叉科学研究课题[1],即人类活动与自然系统相互作用下,土地利用方式和地表覆被类型发生的时空演变过程,是连接自然环境与人类社会经济系统的核心纽带[2]。作为地表自然系统与人类干扰相互作用的直观体现,LUCC不仅深刻影响全球碳循环、生物多样性维持等关键生态过程[3],而且可以通过重塑地表下垫面性质来影响区域水热循环、物质迁移、水土流失等自然过程[4],长期受学界的重点关注[5]。相较于平原区域,山区地形地貌复杂、生态系统稳定性较弱,海拔、坡度等地形因子直接影响土地资源开发强度和土地利用类型分布,使山区LUCC呈现显著的地形分异特征[1][6]。已有研究多集中于流域、省域等宏观尺度,乡镇尺度的研究仍相对较少,因此从多角度分析山区乡镇土地利用变化,对国土空间精细化管理和生态保护具有重要意义[4][7]。

四明山余脉作为浙东丘陵的核心组成部分,是浙东地区重要的生态功能区以及水源涵养地[8],近年来在城镇化推进和生态政策实施的双重影响下,土地利用格局发生了显著变化[9]。而梁弄镇是该区域内典型的丘陵乡镇,地形起伏大,土地利用类型多样,也是国家级首批全域土地综合整治试点[10]。近年来,该镇以“中国红村、浙东民居典范、诗意田园”等为形象定位,在持续深化小城镇环境综合整治方面不断取得进展,创新探索“土地整治+产业导入+生态旅游+老区振兴”的发展路径,其土地利用变化与山区土地利用转型及乡村振兴的研究导向高度契合[4][10]。随着《余姚市梁弄镇国土空间总体规划(2021-2035年)》和《宁波市四明山区域共同富裕和生态保护发展规划(2021-2025年)》的深入实施[11][12],梁弄镇经历了退耕还林、全域土地综合整治等一系列生态修复实践,同时也面临着国土空间优化与老区振兴的多重任务,土地利用结构调整与地形条件的适配性成为亟待解决的关键问题[13]。

基于此,本文以梁弄镇为研究区,分析2005~2025年土地利用结构变化、类型转移以及地形位分异特征,并提出针对性空间优化建议,为山区乡镇土地管理提供参考[14]。

2. 材料与方法

2.1. 研究区概况

2.1.1. 社会经济概况

梁弄镇位于浙江省余姚市南部、浙东四明山麓,地理坐标介于东经121°01'31"~121°07'19",北纬

29°50'38"~29°58'30"之间。梁弄镇的总面积约为 94.48 km²，镇域常住人口约 3 万人，下辖 17 个行政村与 1 个社区。

作为全国知名革命老区，梁弄镇依托横坎头村等红色资源与四明山生态禀赋，逐步构建起生态旅游、特色农业、红色文化三大主导产业体系[12]，是浙东地区连接平原与山区的重要交通节点。作为国家级首批全域土地综合整治试点，该镇近年来逐步优化土地利用结构，呈现出“林地为主、耕地为辅、建设用地适度发展”的格局[8]。

2.1.2. 自然地理概况

作为四明山余脉向北延伸部分，梁弄镇在地貌上属于典型的浙东低山丘陵区。梁弄镇整体呈现南高北低的地势格局，海拔多介于 50~600 m 之间(图 1)。区域内水文资源丰富，主要河流包括梁弄溪、大溪等。其中四明湖水库，是宁波市重要的水源涵养地之一，对区域水热循环、生态平衡具有重要支撑作用[15]。该镇的气候类型为亚热带季风气候，雨季主要集中在夏季，多年平均降水量约 1500 mm，年均温约为 16.2℃。植被覆盖率超 70%，地带性植被主要为常绿阔叶林、针叶林以及灌丛。土壤以红壤、黄壤为主，呈现出明显的垂直分异特征[3] [15]。

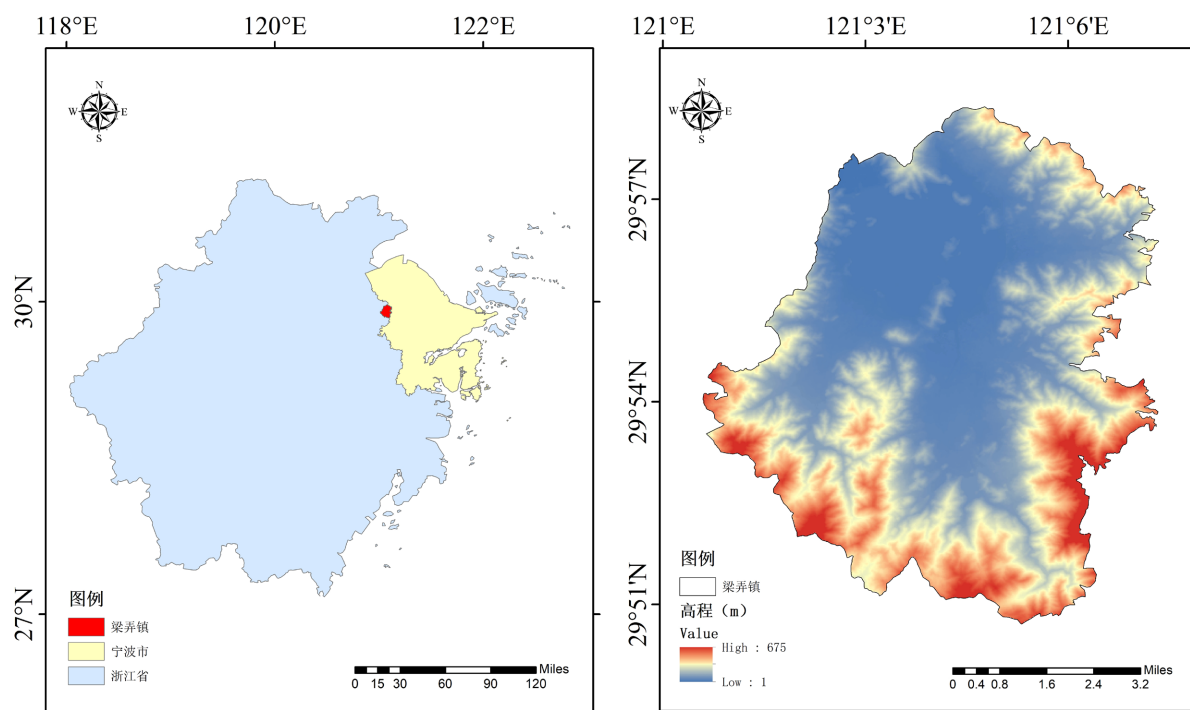


Figure 1. Overview of the study area

图 1. 研究区概况图

2.2. 数据来源

本文采用的土地利用数据为武汉大学由杨杰、黄昕教授团队发布的中国年度土地覆盖数据集(China Land Cover Dataset, CLCD)，空间分辨率为 30 m，时间覆盖范围为 1985~2025 年[16]。结合本文实际分析内容，选取的研究时点统一为 2005 年、2015 年和 2025 年三期。梁弄镇的地形数据来源于地理空间数据云(<https://www.gscloud.cn/>)，用于提取研究区海拔、坡度等地形因子。梁弄镇的行政边界矢量数据来源于国家地球系统科学数据中心(<https://www.geodata.cn/>)。

在数据预处理过程中, 本文依据梁弄镇矢量边界对栅格数据进行裁剪, 并将原始土地覆盖类型重分类为耕地、林地、草地、水域和建设用地 5 类, 以保证不同年份间地类统计口径一致。

2.3. 研究方法

2.3.1. 土地利用动态度

土地利用动态度是定量表征研究时段内某类土地利用面积变化速率的核心指标[17]。本研究采用单一土地利用动态度, 其计算公式为:

$$K = \frac{U_a - U_b}{U_a} \times \frac{1}{T} \times 100\%$$

式中, K 为某类土地利用类型的动态度(%/a); U_a 、 U_b 分别为研究期初、期末该类土地利用类型的面积(km²); T 为研究时段长度。 K 值为正, 表明该类土地利用面积呈增加趋势; 为负则呈减少趋势。此外, K 值的绝对值越大, 表明该类土地利用类型变化速率越快[18]。

2.3.2. 土地利用转移矩阵

土地利用转移矩阵是定量刻画研究时段内各类土地利用类型之间转入、转出及相互转换关系的核心方法, 其数学表达为:

$$S_{ij} = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & \cdots & S_{1n} \\ S_{22} & S_{22} & \cdots & S_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ S_{n1} & S_{n2} & \cdots & S_{nn} \end{bmatrix}$$

式中, S_{ij} 表示期初第 i 类土地利用类型转换为期末第 j 类土地利用类型的面积(km²); n 为土地利用类型数量(本研究 $n = 5$)。通过转移矩阵可分析各土地利用类型的转入来源与转出去向, 从而揭示土地利用变化的主要路径与过程[19]。

2.3.3. 地形梯度分析方法

1) 地形位指数

海拔和坡度是制约山区土地利用空间格局的关键地形因子, 单独使用某一指标难以全面反映地形条件的综合影响。因此, 本文引入地形位指数作为综合海拔与坡度信息的复合指标, 以刻画研究区地形条件的空间差异对土地利用分布的影响[20]。其计算公式为:

$$T = \log \left[\left(\frac{E}{E_0} + 1 \right) \times \left(\frac{S}{S_0} + 1 \right) \right]$$

式中, T 为地形位指数; E 为某栅格的海拔值(m); E_0 为研究区的平均海拔(m); S 为该栅格的坡度值(°); S_0 为研究区的平均坡度(°) [21]。为便于比较, 本文采用等间隔法对计算结果进行重分类, 共分 5 个地形位等级, 以表征地形梯度由低到高的连续变化过程。

2) 地形分布指数。

地形分布指数可用于判别某类土地利用类型在不同地形位等级上的分布频率, 可有效消除各等级地形面积差异对统计结果的影响[22]。其计算公式为:

$$P = \frac{S_{ik}/S_i}{S_k/S}$$

式中, P 为分布指数; S_{ik} 为第 i 类土地利用类型在第 k 级地形位上的面积; S_i 为第 i 类土地利用类型的总

面积； S_k 为第 k 级地形位的总面积； S 为研究区的总面积[23]。该指数的判别标准为：当 $P > 1$ 时，表明该类土地利用类型在第 k 级地形位上呈优势分布；当 $P = 1$ 时，与区域平均水平相当；当 $P < 1$ 时，表明其在该地形位上呈劣势分布[6]。

3. 梁弄镇土地利用时空格局演变

3.1. 土地利用类型变化趋势

基于 CLCD 数据集提取的 2005 年、2015 年和 2025 年三期土地利用数据，利用 ArcGIS 对梁弄镇各地类面积及占比进行统计(表 1)。

Table 1. Area and proportion of different land use types in Liangnong Town from 2005 to 2025

表 1. 2005~2025 年梁弄镇不同土地利用类型面积及比例

地类	面积(km ²)					
	2005 年	比例%	2015 年	比例%	2025 年	比例%
耕地	16.55	17.24	18.39	19.16	18.69	19.47
林地	66.70	69.48	63.61	66.26	62.93	65.56
草地	0.005	0.01	0.001	0.00	0	0.00
水域	9.22	9.61	9.46	9.86	9.07	9.45
建设用地	3.52	3.66	4.53	4.72	5.30	5.52

从土地利用结构看，梁弄镇始终以林地和耕地为主，二者合计占比均超过 85%，构成镇域土地利用格局的主体。其中，林地始终占据绝对优势地位，是维系区域生态安全与水源涵养功能的核心地类；耕地则主要承担农业生产和乡村景观塑造功能。2005~2025 年间，林地占比由 69.48%下降至 65.56%，耕地占比由 17.24%上升至 19.47%，水域占比基本稳定在 9.45%~9.86%之间，建设用地占比由 3.66%提升至 5.52%，而草地面积始终极小，对整体格局影响有限。

从变化幅度看，2005~2025 年梁弄镇土地利用结构总体表现为耕地和建设用地增加、林地减少、水域小幅波动、草地趋于消失。具体而言，耕地净增约 2.14 km²，增幅为 12.93%；建设用地净增约 1.79 km²，增幅高达 50.76%；林地净减约 3.77 km²，减幅为 5.65%；水域净减约 0.15 km²。

从变化速率看，建设用地动态度最高，2005~2025 年达到 2.54%，明显高于其他地类；耕地次之，为 0.65%；林地和水域分别为-0.28%和-0.08%，总体变化相对缓慢。该结果说明近 20 年来梁弄镇土地利用变化并非各类型同步变动，而是建设扩张、耕地整治与局部生态调整并行(表 2)。

Table 2. Dynamic degree of different land use types of Liangnong town (%)

表 2. 梁弄镇各土地利用类型动态度(%)

土地利用类型	2005~2015 年	2015~2025 年	2005~2025 年
耕地	1.11	0.16	0.65
林地	-0.46	-0.11	-0.28
草地	-6.67	-100	-
水域	0.26	-0.41	-0.08
建设用地	2.88	1.71	2.54

结合图 2 可以进一步识别不同阶段土地利用变化在梁弄镇内的空间分布与形态差异。

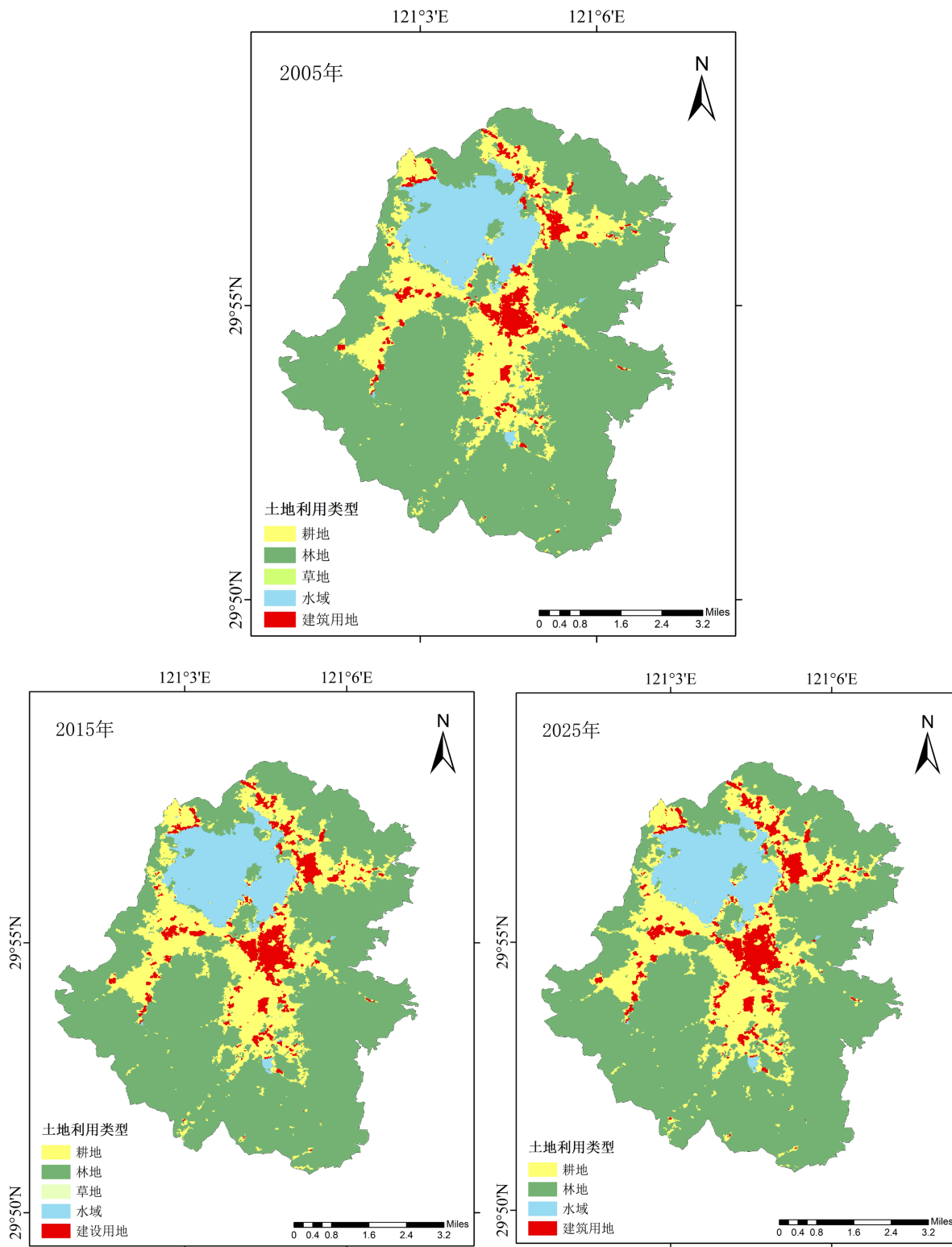


Figure 2. Land-use map of Liangnong Town in 2005, 2015 and 2025

图 2. 2005、2015、2025 年梁弄镇土地利用分类图

2005~2015 年是梁弄镇土地利用变化较为显著的阶段。其中建设用地扩张速度最快, 年均动态度达 2.88%。2005 年梁弄镇土地利用格局以大面积连片林地为主, 耕地和建设用地主要集中于地势较低的中北部谷地及居民点周边, 整体上呈现“山地林地-谷地耕地-点状居民地”的基本空间结构(图 2)。到 2015 年镇域中北部耕地和建设用地范围较 2005 年明显扩大, 部分原有林地被转化为耕地或建设用地, 表明这一阶段受土地整治和城市化进程影响较强。新增建设用地主要依托原有镇区、交通廊道和居民点集中区, 在镇域中北部形成连续外扩格局, 表现出较明显的沿既有建设斑块边缘蔓延特征。耕地年均增速为 1.11%, 其新增区域主要集中在北部四明湖周边地区以及中部的的主要河流附近, 反映出耕地整治和农田补充具有较强的空间指向性。与此同时, 林地在中北部及镇区周边退缩明显, 与耕地和建设用地扩张区域高度重合, 说明该阶段土地利用变化以生态空间让位于生产、生活空间为主要特征。

2015~2025 年梁弄镇各类型土地利用变化幅度相较于前十年相对放缓, 土地利用结构趋于相对稳定, 但耕地和建设用地仍保持增长态势。耕地和建设用地动态度分别降至 0.16% 和 1.71%, 表明镇域土地开发由前期较强的外延扩张逐渐转向相对稳健的存量优化。对比可见, 2025 年梁弄镇土地利用格局总体延续 2015 年的基本框架, 新增建设用地更多表现为沿原有斑块边缘填充扩展, 仍主要分布于原有建成区外围及局部缓坡地带, 未明显侵入西南部和南部大片林地区域; 林地仍稳定保留于西南部和南部较高海拔区域, 其减少则更多表现为北部、东部及镇区边缘的零散退缩, 而非大面积连续收缩; 水域在该阶段出现小幅回落, 主要变化集中于四明湖库湾和岸线过渡带。整体而言, 后 10 年的土地利用变化调整相对较少, 区域格局进入相对稳定阶段, 生态空间所受到的重视提升。

3.2. 土地利用转移特征

2005~2015 年梁弄镇土地利用转移以林地转耕地和耕地转建设用地为主, 同时伴有少量耕地转林地现象, 整体表现出建设用地持续扩张的特征。林地是转出面积最大的地类, 共 3.51 km², 其中 3.46 km² 转为耕地, 占 2005 年林地转出总量的 98.6% (表 3), 即耕地扩张主要来源于林地转化。该时段土地利用转移主要集中于镇域中北部梁弄镇中心所在位置和中部耕地与林地的交界地带, 变化类型以林地向耕地、耕地向建设用地转换为主, 空间上具有较强的集聚性和连续性(图 3)。

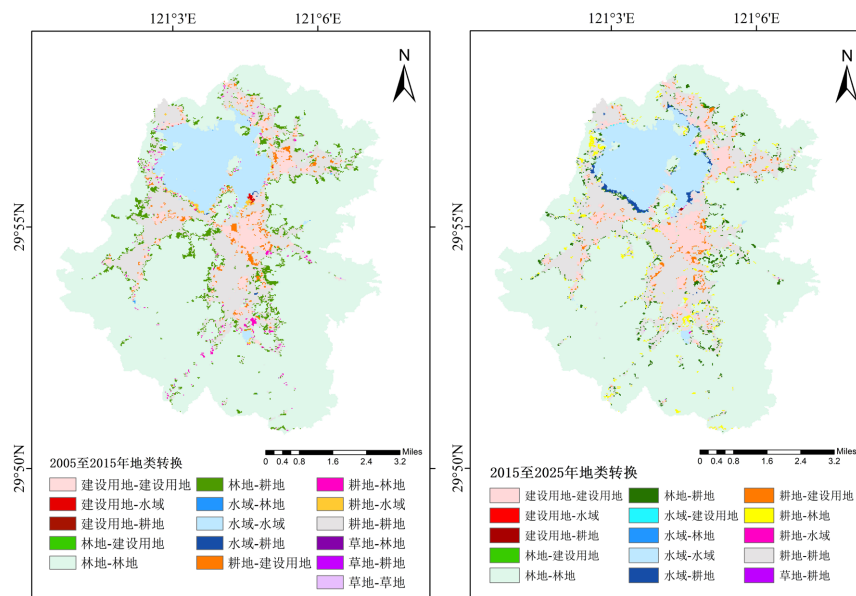


Figure 3. Land-use transition map of Liangnong Town from 2005 to 2015

图 3. 梁弄镇 2005~2015 年土地利用类型变化图

Table 3. Land use type transfer matrix in Liangnong Town from 2005 to 2015 (km²)**表 3.** 2005~2015 年梁弄镇土地利用类型转移矩阵(km²)

2005 年	2015 年					总计
	耕地	林地	草地	水域	建设用地	
耕地	14.91	0.40	0	0.23	1.02	16.56
林地	3.46	63.18	0	0	0.05	66.69
草地	0.0018	0.0018	0.0018	0	0	0.0054
水域	0.03	0.01	0	9.18	0	9.22
建设用地	0.01	0	0	0.05	3.46	3.52
总计	18.41	63.59	0.0018	9.46	4.53	95.99

2015~2025 年的转换强度较前一时期明显减弱,但“林转耕”与“耕转建”的趋势仍在延续,同时出现了水域向耕地转化的新特征。林地共转出 1.78 km²,转换面积较前一时期有所减小,但其中 98.2%转为耕地,仍是耕地面积转入的主要来源。耕地共转出 1.86 km²,其中 1.10 km²转为林地、0.75 km²转为建设用地,表明该时期研究区在城市化的同时,也在一定程度上重视生态环境的保护(表 4)。水域共转出 0.40 km²,其中 0.39 km²转为耕地,是该时期较为突出的新增转移路径,可能与水库与河岸带的整治、局部水体边界变化或遥感分类差异有关。建设用地转出极少,转入主要来源于耕地和林地,净增 0.77 km²,扩张速度较前十年放缓。

Table 4. Land use type transfer matrix in Liangnong Town from 2015 to 2025 (km²)**表 4.** 2015~2025 年梁弄镇土地利用类型转移矩阵(km²)

2015 年	2025 年				总计
	耕地	林地	水域	建设用地	
耕地	16.55	1.10	0.01	0.75	18.41
林地	1.75	61.82	0	0.03	63.59
草地	0.0018	0	0	0	0.0018
水域	0.39	0.0018	9.07	0.01	9.46
建设用地	0.01	0	0.0009	4.52	4.53
总计	18.70	62.92	9.08	5.30	95.99

总体而言,后十年的土地利用转移多集中于原有用地边缘地带,在空间上更为零散,表明土地利用调整由前期的大尺度重组转向局部优化。同时,变化区块的数量和规模均较前一阶段减小,更多表现为原有土地利用斑块边缘的局部调整,表明土地利用转移强度有所减弱。

4. 梁弄镇土地利用变化的地形分异特征

4.1. 地形位分级特征

地形是制约山区土地利用空间格局的关键自然因子。地形位指数与分布指数是分析山区土地利用地形梯度效应的重要方法[19]。本文基于 DEM 提取海拔和坡度信息构建地形位指数,并采用等间隔法划分

为5个等级(表5)。低、中低和中地形位的面积合计占全镇面积的72.23%，中高和高地形位则共占27.77%。如图4所示，地形位由中北部低值区向南部和西南部高值区升高，与研究区“南高北低”的地势一致。

Table 5. Classification results of terrain level of Liangnong Town

表 5. 梁弄镇地形位等级分类结果

等级	地形位指数	面积(km ²)	占比(%)	平均坡度(°)	平均海拔(m)
1(低)	0.02~0.57	28.87	30.54	1.64	27.46
2(中低)	0.58~1.14	12.61	13.33	10.82	68.31
3(中)	1.15~1.70	20.20	21.38	19.90	147.93
4(中高)	1.71~2.26	26.80	28.36	25.37	293.46
5(高)	2.27~2.81	6.04	6.39	30.40	445.57

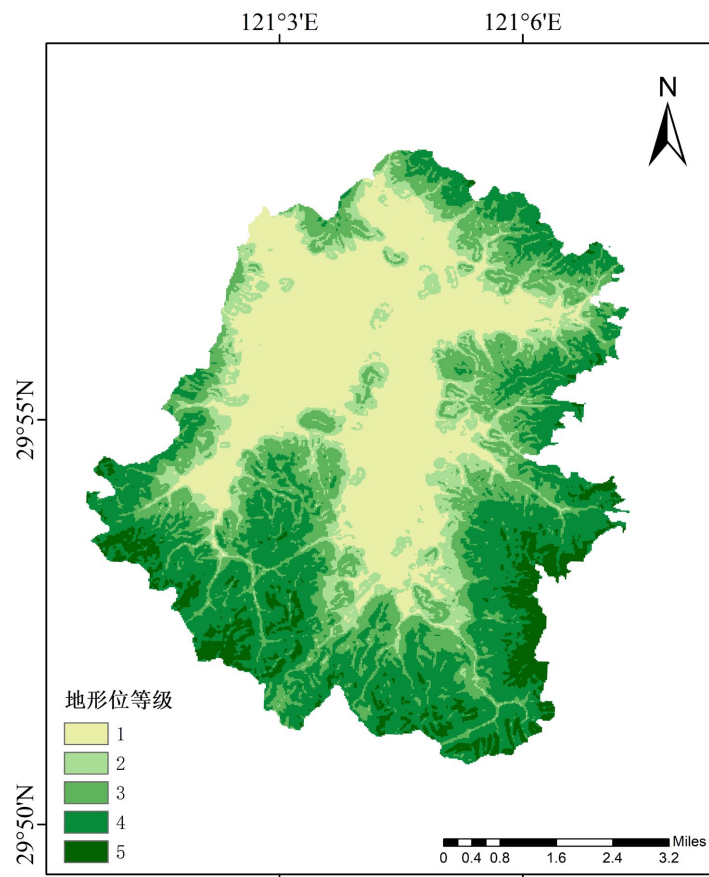


Figure 4. Topographic position classes of Liangnong Town

图 4. 梁弄镇地形位分级图

4.2. 不同土地利用类型的地形位分异特征

为消除不同地形位面积差异影响，本文采用分布指数(P值)分析土地利用类型在地形位上的分布偏好。需要说明的是，由于草地面积过小，本节的相关分析仅围绕梁弄镇的耕地、林地、水域和建设用地4类展开(表6)。

Table 6. Distribution index of land use types of Liangnong town
表 6. 梁弄镇各土地利用类型分布指数

年份	土地利用类型	地形位 1	地形位 2	地形位 3	地形位 4	地形位 5
2005	耕地	2.77	1.04	0.07	0.01	0.00
	林地	0.12	1.16	1.43	1.45	1.45
	水域	3.25	0.01	0.00	0.00	0.00
	建筑用地	3.08	0.00	0.00	0.00	0.00
2015	耕地	2.46	1.63	0.12	0.02	0.00
	林地	0.07	1.00	1.49	1.52	1.52
	水域	3.25	0.06	0.00	0.00	0.00
	建筑用地	3.07	0.42	0.03	0.00	0.00
2025	耕地	2.42	1.69	0.15	0.02	0.00
	林地	0.06	0.97	1.49	1.54	1.54
	水域	3.25	0.06	0.00	0.00	0.00
	建筑用地	3.03	0.50	0.00	0.00	0.00

耕地的优势分布特征明显，主要分布于梁弄镇的低地形位和中低地形位。2005 年耕地在低地形位上的 P 值为 2.77，表明其强烈偏好于分布在低地形位；2015 年和 2025 年分别降至 2.46 和 2.42；中低地形位 P 值则由 1.04 升至 1.63 和 1.69，表明在低地形位耕地逐渐趋于饱和的背景下，新增耕地开始向中低地形位、中地形位扩展。这表明梁弄镇耕地配置虽然总体偏好于海拔低的平坦地区，但近年来其空间边界逐渐向坡度较缓的低山丘陵过渡带延伸。

林地的地形分异特征与耕地基本相反。低地形位为劣势分布，中高和高地形位为优势分布。2005~2025 年林地减少主要发生在低地形位和中低地形位，即中高地形位和高地形位始终是林地稳定分布的核心空间。从变化面积看，林地退缩主要发生在相对适宜开发的过渡地带，与镇区距离较远的林地面积保持了较高稳定性。由此可见，20 年间梁弄镇的林地并未发生较大规模的退缩，仅在与耕地、建设用地周边相对适宜开发的区域有少量面积被耕地和建设用地替代。

水域高度集中于低地形位，三个时期低地形位 P 值均为 3.25，与四明湖及主要河流分布于低海拔谷地和盆地边缘的格局一致。水域净变化主要表现为低地形位小幅减少，其余等级基本稳定。

建设用地在所有类型中地形集聚性最强。2005 年建设用地几乎全部分布于低地形位；到 2015 年，中低地形位开始出现一定比例的建设用地，2025 年中低地形位 P 值进一步提高至 0.50，但低地形位 P 值仍高达 3.03，明显高于其他等级。根据表 7 可知，2005~2025 年建设用地净增量中有 1.61 km² 发生在低地形位，占总增加量的绝大多数，表明梁弄镇城镇的扩张首先发生在谷地和坡度平缓地带，随着城市化进程的开展逐步向缓坡区延伸。总体而言，地形对建设用地布局具有显著约束作用，中地形位、中高地形位、高地形位均未出现规模化的建筑。

Table 7. Terrain level distribution of area changes for each land use type in Liangnong Town from 2005 to 2025 (km²)
表 7. 2005~2025 年梁弄镇各地类变化面积的地形位分布(km²)

	地形位 1	地形位 2	地形位 3	地形位 4	地形位 5
耕地	-0.18	1.94	0.34	0.04	0.00
林地	-1.28	-2.10	-0.35	-0.04	0.00
水域	-0.15	0.01	0.00	0.00	0.00
建筑用地	1.61	0.16	0.01	0.00	0.00

5. 讨论

5.1. 土地利用变化的影响

土地利用变化不仅重组空间格局,也影响区域生态安全和社会经济发展[24]。梁弄镇作为四明山这一浙东地区最大“绿肺”的核心乡镇,其土地利用变化具有生态与发展双重影响。

生态方面,梁弄镇是四明湖水库的重要汇水区,四明湖总库容 1.23 亿 m^3 ,是宁波市重要水源地。林地作为维持水源涵养的关键地类[25],其主要集中于中低地形位,若持续转为耕地或建设用地,可能增大坡面径流、降低入渗能力,并增加泥沙、养分及污染物向四明湖输移的风险。与此同时,新增耕地向缓坡区扩展,若缺乏排灌系统等水土保持措施,可能伴随农业面源污染风险上升,特别是新增耕地中部分来源于水域周边,可能对四明湖水质构成潜在威胁。另一方面,梁弄镇持续推进全域土地综合整治,建成高标准农田、实施环湖生态隔离带和污水截污纳管等工程,对改善生态环境具有积极作用。

在社会经济方面,“林转耕”与“耕转建”的变化趋势可能会影响主导产业的可持续性。依托森林资源发展的生态旅游是梁弄镇近年来产业转型的核心方向,红杉林景观、梁弄大溪等生态资源[12],与马拉松、山地越野等活动结合的农文旅融合项目都依托研究区良好的生态基础。而林地减少、耕地与建设用地向景观过渡带扩展的变化趋势可能对生态旅游承载能力形成潜在压力。

5.2. 空间优化建议

基于梁弄镇土地利用变化特征分析结果,可从以下三方面提出空间优化策略:

加强低地形位建设管控,提升存量空间利用效率。低海拔、缓坡区域是梁弄镇建设用地、耕地和水域最集中的区域,也是居民点和生活服务设施的集中区,表现出沿水系、道路和既有建成区集聚的特征。随着镇域生活空间不断丰富,旅游购物、餐饮、民宿等半公共、半开放型服务空间逐渐增加,建设用地面积可能持续扩张。未来应严格控制低地形位建设用地无序蔓延,优先盘活存量建设用地、低效用地和闲置空间,减少对优质耕地和滨水生态空间的占用。同时,可结合现有居民点和交通条件,完善公共服务设施,提升居民生活便利性,并在建设过程中延续梁弄镇红色文化和浙东山地乡村风貌。

强化中低地形位耕地质量评价,防范缓坡开发风险。梁弄镇的耕地正由低地形位向中低地形位、中地形位扩展。未来应对该区域开展耕地质量评估和水土流失风险评价,划定适宜开垦、限制开垦和禁止开垦范围。对于适宜耕作区域,可结合高标准农田建设和坡面整治提升耕地质量;对于坡度较大或邻近水体的区域,应限制进一步开垦,避免加剧水土流失和面源污染风险。

保护中高地形位林地,推动旅游与生态协调发展。中高地形位和高地形位是梁弄镇林地集中分布区,也是水源涵养和生态屏障功能的重要载体。未来应严格控制南部、西南部连续林地区域及四明湖周边山地开发强度,维护林地完整性和生态稳定性。在发展红色旅游、生态旅游和特色农业时,应优先依托现有村庄、道路和景观节点进行小尺度布局,避免大规模占用林地和破坏水体岸线,实现旅游发展与生态保护相协调。

6. 结论与不足

6.1. 主要结论

本文从土地利用结构演变、转移路径和地形分异三个方面对梁弄镇近 20 年来的土地利用变化进行了系统分析,主要结论如下:

1) 从土地利用结构演变看,2005~2025 年梁弄镇始终以林地和耕地为主体,二者合计占比超过 85%。研究期内耕地和建设用地持续增加,林地持续减少,水域先增后减,草地趋于消失;其中建设用地扩张

最显著。此外，2015~2025年整体变化强度较2005~2015年明显减弱。

2) 从土地利用转移路径看，“林转耕”和“耕转建”是梁弄镇近20年来最主要的土地利用转换方式。2005~2015年林地大量转为耕地、耕地进一步转为建设用地，2015~2025年该转移特征仍存在但是强度减弱，并出现少量“耕转林”和“水转耕”现象，表明土地利用调整由大尺度重组逐渐转向结构优化与局部调整。

3) 从地形分异特征看，地形条件不仅影响梁弄镇土地利用类型的空间分布，也影响不同地类之间的转换方向与边界。耕地和建设用地集中分布于低和中低地形位，林地稳定分布于中高和高地形位；耕地由低地形位向中低地形位扩展，建设用地新增面积高度集中于低地形位。

6.2. 不足与展望

本文仍存在一定不足。首先，采用的CLCD数据空间分辨率为30m，对零散分布的草地、坑塘水面或者线状的道路、沟渠等地类的识别能力有限。梁弄镇草地面积在2005年仅0.005km²，低于30m分辨率下单个像元的最小识别阈值，因此其趋于消失的结论可能受分类误差影响较大。其次，将土地利用类型分为5类虽利于总体比较，但会掩盖每个类型的具体变化，如建设用地内部居民点、道路、公共服务设施和旅游设施，耕地内部水田、旱地等细分类型变化。未来可结合Sentinel-2、WorldView等高分辨率影像进一步刻画零星地类和内部结构变化。

此外，本文仅选取2005、2015和2025三个时间截面，虽能反映研究区20年来的总体演变趋势，但对年际波动和关键政策节点响应刻画不足，对人口、产业、交通和政策强度等驱动因素也缺乏定量分析。后续可结合社会经济统计资料和规划政策信息，进一步加强驱动机制分析、生态效应评估以及多情景下的国土空间优化研究，从而提升研究的完整性与解释力。

参考文献

- [1] 刘纪远, 张增祥, 徐新良, 等. 21世纪初中国土地利用变化的空间格局与驱动力分析[J]. 地理学报, 2009, 64(12): 1411-1420.
- [2] 傅伯杰, 吕一河, 陈利顶, 等. 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.
- [3] 谷建立, 张海涛, 陈家赢, 等. 基于DEM的县域土地利用空间自相关格局分析[J]. 农业工程学报, 2012, 28(23): 216-224.
- [4] 廖美玉, 方秀琴, 蒋心远, 等. 黄河流域近40年土地利用/覆被时空变化特征[J]. 水土保持学报, 2024, 38(2): 165-177, 189.
- [5] 刘永强, 龙花楼. 长江中游经济带土地利用转型时空格局及其生态服务功能影响[J]. 经济地理, 2017, 37(11): 161-170.
- [6] 臧玉珠, 刘彦随, 杨圆圆. 山区县域土地利用格局变化及其地形梯度效应——以井冈山市为例[J]. 自然资源学报, 2019, 34(7): 1391-1404.
- [7] 周贵鹏, 龙花楼. 土地利用转型机理与国土空间格局优化——基于土地利用效益空间函数视角的分析[J]. 自然资源学报, 2023, 38(10): 2447-2463.
- [8] 李金朝. 宁波四明山区域生态脆弱性成因分析[J]. 江苏林业科技, 2021, 48(3): 52-55.
- [9] 鲍迪尔, 莫金文, 侯勃, 等. 宁波四明山土地利用变化特征[J]. 浙江农业科学, 2017, 58(9): 1626-1628, 1632.
- [10] 吴欣, 姚沛伶, 唐宏. 以红色旅游为依托的绿色经济发展形式研究——以浙江省四明山梁弄革命老区为例[J]. 农村经济与科技, 2021, 32(9): 102-103.
- [11] 余姚市人民政府. 余姚市梁弄镇国土空间总体规划(2021-2035年) [EB/OL]. http://www.yy.gov.cn/art/2025/6/19/art_1229136657_4640638.html, 2025-06-19.
- [12] 宁波市发展和改革委员会. 《宁波市四明山区域共同富裕和生态保护发展规划(2021-2025年)》规划解读[EB/OL].

- https://fgw.ningbo.gov.cn/art/2024/6/28/art_1229746906_58969790.html, 2024-06-28.
- [13] 徐燮彪. 推进全域土地综合整治创建老区小康新样板——余姚市梁弄镇开展全域土地综合整治纪事[J]. 浙江国土资源, 2018(8): 52-54.
- [14] 王秀兰, 包玉海. 土地利用动态变化研究方法探讨[J]. 地理科学进展, 1999, 18(1): 81-87.
- [15] 宋立旺, 邓健, 王伟民, 戚德辉. 基于 MODIS 数据的浙江省植被覆盖度时空变化分析[J]. 长江科学院院报, 2021, 38(5): 40-46.
- [16] Yang, J. and Huang, X. (2026) The 30 m Annual Landcover Datasets and Its Dynamics in China from 1985 to 2025. *Earth System Science Data*, **13**, 3907-3925. <https://doi.org/10.5194/essd-13-3907-2021>
- [17] 鲍文东. 基于 GIS 的土地利用动态变化研究[D]: [博士学位论文]. 青岛: 山东科技大学, 2007.
- [18] 王宏志, 李仁东, 毋河海. 土地利用动态度双向模型及其在武汉郊县的应用[J]. 国土资源遥感, 2002, 14(2): 20-22.
- [19] 刘瑞, 朱道林. 基于转移矩阵的土地利用变化信息挖掘方法探讨[J]. 资源科学, 2010, 32(8): 1544-1550.
- [20] Pignatti, S. (1993) Impact of Tourism on the Mountain Landscape of Central Italy. *Landscape and Urban Planning*, **24**, 49-53. [https://doi.org/10.1016/0169-2046\(93\)90082-O](https://doi.org/10.1016/0169-2046(93)90082-O)
- [21] 马士彬, 张勇荣, 安裕伦. 山区城市土地利用动态空间分布特征——以贵州省六盘水市为例[J]. 自然资源学报, 2012, 27(3): 489-496.
- [22] 郭洪峰, 许月卿, 吴艳芳. 基于地形梯度的土地利用格局与时空变化分析——以北京市平谷区为例[J]. 经济地理, 2013, 33(1): 160-166, 186.
- [23] 哈凯, 丁庆龙, 门明新, 等. 山地丘陵区土地利用分布及其与地形因子关系——以河北省怀来县为例[J]. 地理研究, 2015, 34(5): 909-921.
- [24] 刘纪远, 匡文慧, 张增祥, 等. 20 世纪 80 年代末以来中国土地利用变化的基本特征与空间格局[J]. 地理学报, 2014, 69(1): 3-14.
- [25] 方精云, 刘国华, 徐嵩龄. 我国森林植被的生物量和净生产量[J]. 生态学报, 1996, 16(5): 497-508.