

# 无人机影像融合深度学习开展 土地利用分类茨榆坨村实验数据集

许耀天<sup>1,2</sup>, 李京忠<sup>3</sup>, 任婉侠<sup>1</sup>, 徐月萍<sup>1,2</sup>, 李宏庆<sup>1,4</sup>, 薛冰<sup>1\*</sup>

1. 中国科学院沈阳应用生态研究所, 沈阳 110016;

2. 中国科学院大学, 北京 100049;

3. 许昌学院城市与环境学院, 许昌 461000;

4. 柏林工业大学循环经济与回收技术系, 柏林 10623, 德国

**摘要:** 构建自然村落家庭院落结构数据对于精细化识别乡村空间结构和促进乡村全面振兴具有关键性作用。作者以辽宁省沈阳市茨榆坨村为实验区, 运用2022年9月无人机实地航拍数据, 基于QGIS与Geoscene Pro平台, 运用深度学习与人工目视解译方法, 得到无人机影像融合深度学习开展土地利用分类茨榆坨村实验数据集。该数据集内容包括: (1) 无人机影像深度学习产生的院落分布数据, 包括居住院落、产业和集体用地院落、废弃院落; (2) 建筑物分布数据, 包括农户用建筑物、产业和集体用建筑物、废弃建筑物; (3) 居民生活区道路、农田矢量数据; (4) 典型院落结构分类图。数据集存储为.shp与.tif格式, 由65个数据文件组成, 数据量为8.97 MB (压缩为1个文件, 6.84 MB)。

**关键词:** 自然村落; 院落结构; 无人机影像; 茨榆坨村; 深度学习

**DOI:** <https://doi.org/10.3974/geodp.2024.02.06>

**CSTR:** <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.14.2024.02.06>

**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.2024.06.10.V1> 或 <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.11.2024.06.10.V1>.

## 1 前言

自然村落作为实现乡村振兴最基本的核心载体以及实现区域空间协调治理、连接人与自然复合生态系统的最基本单元<sup>[1,2]</sup>, 汇集了人与自然和谐发展等诸多前沿问题, 探究自然村落家庭院落基本结构下的微观尺度问题对稳定乡村地域生态系统以及推动乡村全面振兴具有极其重要的作用。十九大以来, 党中央多次明确乡村振兴重大战略, 强调在农村

收稿日期: 2024-02-26; 修订日期: 2024-06-12; 出版日期: 2024-06-25

基金项目: 中国科学院(XDA28060302, XDA28090300); 国家自然科学基金(41971166)

\*通讯作者: 薛冰, 中国科学院沈阳应用生态研究所, xuebing@iae.ac.cn

数据引用方式: [1] 许耀天, 李京忠, 任婉侠等. 无人机影像融合深度学习开展土地利用分类茨榆坨村实验数据集[J]. 全球变化数据学报, 2024, 8(2): 163–170. <https://doi.org/10.3974/geodp.2024.02.06>.  
[2] 许耀天, 李京忠, 任婉侠等. 无人机影像融合深度学习开展茨榆坨村乡村院落土地利用分类实验数据集[J/DB/OL]. 全球变化数据仓储电子杂志, 2024. <https://doi.org/10.3974/geodb.2024.06.10.V1>.  
<https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.11.2024.06.10.V1>.

生态宜居人居环境可持续建设下合理保护、利用、优化、更新乡村资源要素的关键性作用与意义<sup>[3-5]</sup>。近年来，从事自然村落研究的诸多学者从多学科不同视角开展研究并取得了较为丰厚的成果。城乡规划领域主要聚焦乡村生活空间建筑风貌营造<sup>[6]</sup>、空间形态优化<sup>[7]</sup>和功能区规划<sup>[8]</sup>等方面研究；建筑学领域重点关注乡村民居建筑风貌及生活空间性能提升技术<sup>[9]</sup>等问题；乡村地理学领域专注于乡村转型时空格局演变<sup>[10]</sup>、粮食安全<sup>[11]</sup>及乡村可持续发展评价<sup>[12]</sup>等研究；生态学领域则侧重人居环境质量评价<sup>[13]</sup>、乡村生态系统服务<sup>[14]</sup>与乡村资源代谢活动<sup>[4]</sup>等研究。当前既有的建筑空间数据集主要集中在城市区域，侧重于功能区划分<sup>[15]</sup>与实体建筑面提取<sup>[16]</sup>，且尺度普遍宏观，缺少微观尺度上的精细化表达。因此，构建乡村院落尺度上的数据集对于推动乡村资源全域化整合与多元化增值具有重要的理论意义与实践价值。

2 数据集元数据简介

《无人机影像融合深度学习开展茨榆坨村乡村院落土地利用分类实验数据集》<sup>[17]</sup>的名称、作者、地理区域、数据年代、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。

表 1 《无人机影像融合深度学习开展茨榆坨村乡村院落土地利用分类实验数据集》元数据简表

条 目	描 述
数据集名称	无人机影像融合深度学习开展茨榆坨村乡村院落土地利用分类实验数据集
数据集短名	VillageCiyutuo_2022
作者信息	许耀天，中国科学院沈阳应用生态研究所，xuyaotian22@163.com 李京忠，许昌学院，zhong_lj@163.com 任婉侠，中国科学院沈阳应用生态研究所，renwanxia@iae.ac.cn 徐月萍，中国科学院沈阳应用生态研究所，17839964283@163.com 李宏庆，柏林工业大学，lihongq@163.com 薛冰，中国科学院沈阳应用生态研究所，xuebing@iae.ac.cn
地理区域	沈阳市沈北新区茨榆坨村
数据年代	2022 年
空间分辨率	5 cm
数据格式	.shp、.tif
数据量	8.97 MB（压缩为 1 个文件，6.84 MB）
数据集组成	courtyard.rar、building.rar、road&farmland.rar、Typical courtyard structure classification atlas.tif
基金项目	中国科学院（XDA28060302，XDA28090300）；国家自然科学基金（41971166）
出版与共享服务平台	全球变化科学研究数据出版系统 <a href="http://www.geodoi.ac.cn">http://www.geodoi.ac.cn</a>
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 <sup>[18]</sup>
数据和论文检索系统	DOI, CSTR, Crossref, DCI, CSCD, CNKI, SciEngine, WDS, GEOSS, PubScholar, CKRSC

3 数据研发方法

3.1 研究区概况

本文的研究区位于沈阳市沈北新区茨榆坨村（图 1），全域位于辽河平原中部，地势开阔平坦，属温带大陆性季风气候，冬季寒冷干燥，夏季暖热多雨，春冬多大风。近年来，该地区政府积极开展基础设施建设，大力倡导绿色生产生活方式，村容村貌焕然一新，同时在种养殖、庭院经济、旅游服务业等方面积极培育农村新型经营主体，具有巨大的发展潜力，但整体仍存在青壮年劳动力流失、院落撂荒、“厕所革命”管护不足等发展阻力，面临存量盘活<sup>[19]</sup>、供需对接、规划引导、资金筹用、后续运维与成效评估等的现实问题与需求。

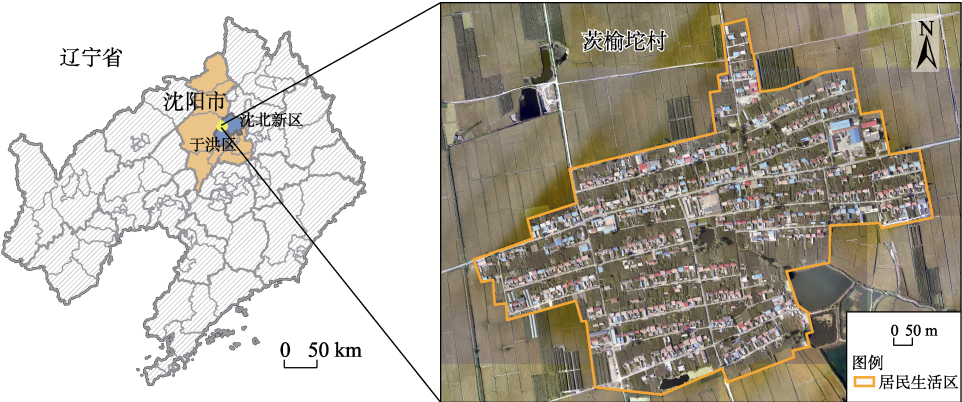


图 1 研究区地理位置图

3.2 数据来源与处理

本数据集的原始无人机航拍遥感影像数据于 2022 年 9 月由团队拍摄于茨榆坨村自然村落落地，空间分辨率为 5 cm。具体数据处理方法流程如下。

（1）建立自然村院落资源代谢活动解译基本框架

本研究初步构建了基于东北自然村落的家庭院落尺度资源代谢活动解译基本框架（图 2），主要包含三个层面：方法层、要素层和表达层。方法层中，以无人机解译与实地调研

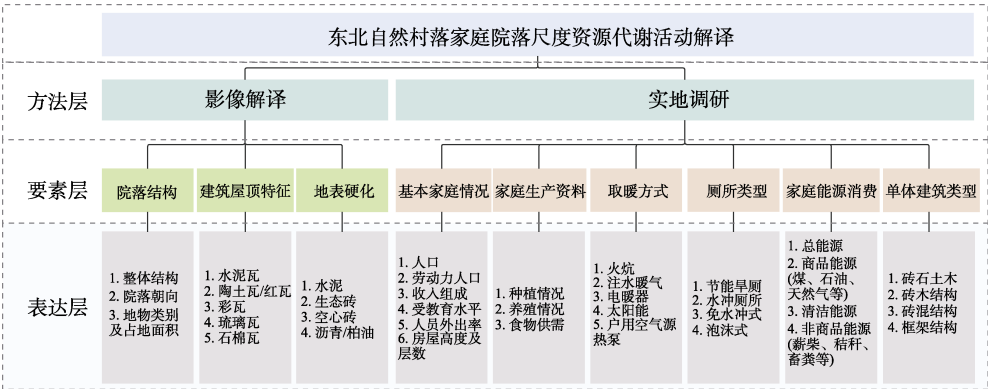


图 2 基于东北自然村落的家庭院落尺度资源代谢活动解译基本框架图

相结合的方式开展拓展设计。要素层中,通过对 5-cm 分辨率影像的超精细化解译,得到三个要素:院落结构、单体建筑屋顶特征以及地表硬化情况。由于无人机俯拍对地物特征造成的遮挡问题,通过开展实地调研,检验解译情况并抽样调研村民基本家庭情况等信息。表达层则包含各种更加详细的指标要素,是进行超精细化村落资源要素优化配置的根本依据。

### (2) 特征矢量化与识别

基于 QGIS 平台内置的 Mapflow 插件,进行房屋的深度学习特征边界识别,提取得到茨榆坨村房屋边界面图层,对其进行人工核验并修正后,达到 99%精确度。基于 Geoscene Pro 平台,进行基于无人机遥感影像的人工目视识别解译与矢量化操作,得到茨榆坨村落边界面图层、村落群道路图层与农田图层。其中,房屋图层共分为三大类型:家庭使用中房屋、家庭废弃房屋、产业和集体用地房屋(泛指乡村一二三产业融合发展用地,用于农产品加工流通、农村休闲观光旅游、电子商务等的私有或集体经营性产业建设用地),均包含周长、面积、建筑结构和楼层数四类属性字段;院落图层共分为三大类型:家庭使用中院落、家庭废弃院落、产业和集体用地院落,均包含周长、面积、院落朝向和道路类型四类属性字段;道路图层为村落群的所有主要道路;农田图层包括村落群所属的大面积土地分田与院落内耕地。

### (3) 实地调研与检验

实地调研主要围绕三大部分展开:家庭生计情况、家庭资源代谢模式及房屋院落特征。家庭生计情况主要包括家庭人口、收入来源、生产资料(耕地面积、养殖数目、农作物收成与市场价、农机使用情况等)、留村劳动力及总人口平均年龄、人员外出率、惠农政策等。资源代谢模式主要从厕所类型、太阳能设备安装情况、取暖方式以及能源消费情况展开调查。房屋院落特征包括考察核实院落内地表硬化类型、单体建筑类型、屋顶特征三方面情况。

## 4 数据结果

### 4.1 数据集组成

数据集由四个文件组成:

- (1) 无人机影像深度学习产生的院落分布数据;
- (2) 建筑物分布数据;
- (3) 居民生活区道路、农田矢量数据;
- (4) 典型院落结构分类图。

### 4.2 数据结果

#### 4.2.1 村落庭院宏观总体布局

茨榆坨村(图 3)居民生活区占地总面积约为  $5.6 \times 10^5 \text{ m}^2$ ,其中耕地占地总面积约为  $4.1 \times 10^5 \text{ m}^2$ ,以个人或集体种植的一年一熟水稻为主,部分庭院内单一化种植玉米地或普通菜园,少数庭院经营鸽子、绵羊、牛、马等畜禽养殖。村集体大多发展大型温室种养、农副产品加工等业态,配置垃圾统一回收处理厂等集中式资源处理设施,部分村民结合国家乡村振兴与能源发展等战略支撑,开展与村居庭院或闲置开放场地结合的特色种养及分



布式光伏设施布建。结合影像解译与实地调研分析总体情况，全域共有 406 户院落。其中，有长期或季节性居住的家庭使用中院落共 393 户，约占院落使用动态分类总体的 96.8%；废弃院落共 10 户，约占总体的 2.5%；产业或集体用地院落共 3 户，约占总体的 0.7%。乡村院落总体以种植水稻为主，耕地面积占比较大，个别院落分布有鸽棚、羊圈等个体户养殖。

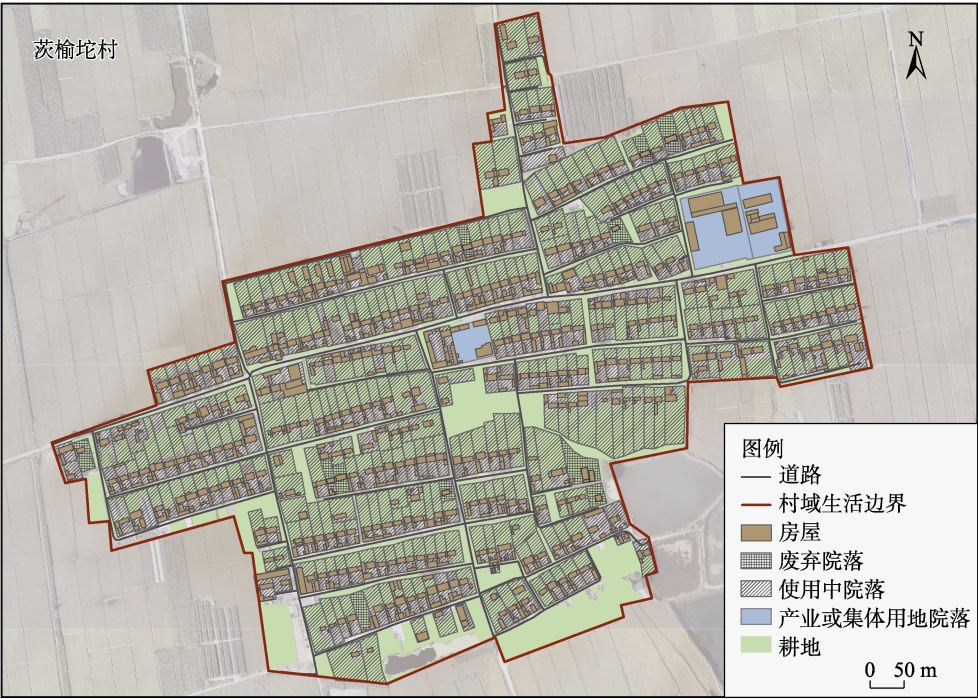


图 3 茨榆坨村乡村院落土地利用分布图

4.2.2 典型院落结构多特征识别与分类

乡村三生院落空间主要包括区域内生活空间（居民生活区）、生产空间（种植养殖）、生态空间（资源处理设施）等各类物质要素在空间上的位置关系<sup>[20]</sup>。茨榆坨村的整体分布格局为长时间历史自然形成，后期以谋宏观规划布局进行优化调整，每户院落由其祖辈代代相传修建扩张并得以延续下来，傍水聚团状修建，因此被耕地、水域等自然用地围绕。

结合茨榆坨村村域内资源要素空间格局（主要包括生态种植、禽畜养殖、荒废闲置）与居民院落生活区域的空间结构关系图式，总体呈现生态农业-养殖业混合型、生态农业型、生态养殖型与废弃型四种宏观的典型院落资源要素分布格局（详细图集见数据文件）。按院落四周地物基本情况进行细分，对不同院落类型对应的影像进行特征简化，绘制院落结构图，同时对院落房屋进行 1 m×1 m 格网化与矢栅融合精细化表达，强化其属性分类识别与资源代谢计算能力。

4.2.3 院落屋顶特征与类型汇总

减少建筑能耗的途径除采用高效节能、便于调控的采暖设备和降温设备外，关键在于

加强对建筑结构的保温和隔热性能的设计与围护，减小屋顶结构的传热系数。屋顶作为建筑物外围护结构之一，常年受太阳光直射，并进行室内外温差传热，所造成的耗热量大于任何一面外墙或者地表的耗热量<sup>[21]</sup>。同时，由于农村地区经济水平和建造技术的长期局限，院落建筑的设计常利用原生态材料，并未考虑节能需求，屋面极少进行保温隔热处理，使其传热系数远大于城市。加之茨榆坨村住宅多为单体砖混结构建筑，层数普遍为一层，很大程度提高了通过屋面的能耗损失占总建筑能耗的比例。因此，本研究根据茨榆坨村各类房屋屋顶的影像特征，结合不同屋顶形态的材质与结构特征，确定屋顶相关能耗指标，包括屋顶的使用年限、保温性能、隔热性能与防水性能。指标具体能耗数值有待进一步调研。

资料显示，屋顶的设计要求往往包含五个方面<sup>[22]</sup>：（1）防水可靠、排水迅速；（2）保温隔热性能良好；（3）结构安全可靠；（4）造型美观；（5）太阳能设备放置等的其他功能要求。本研究结合实地情况，屋顶按材料划分主要包括：钢筋混凝土屋顶、瓦屋顶和金属屋顶（包括彩钢棚）。通过遥感影像俯视观察与实地考察，按屋顶外形归纳为两种类型：平屋顶与坡屋顶（双坡顶与四坡顶）；按房屋位置属性及使用情况又拆分为五大类：平顶主屋顶、双坡与四坡主屋顶、平顶侧屋顶、双坡侧屋顶与破损屋顶（图4）。其中，平屋顶为目前应用最广泛的屋顶形式，因其易于协调建筑与结构的关系，节约材料且施工进度快，屋顶表面平整，具有能作为农作物晒台及晾衣平台等生活空间的多种利用方式。坡屋顶在国内历史悠久，曾广泛修建于农村地区，屋面较陡，易排雨雪，一般由承重结构和屋面两部分组成，按不同需求还具有保温层、隔热层及顶棚等结构。



图4 茨榆坨村院落屋顶特征与类型汇总图

5 讨论与总结

在跨学科融合视角下，人地系统一体化整合已经逐渐成为缓解乡村生态环境压力、实现乡村资源多元化增值、提升乡村人居环境活力的重要方法<sup>[23]</sup>。沈北地区作为辽宁经济发

展的核心区域和都市现代农业、区域特色农业和乡村旅游业发展的重点区域<sup>[24]</sup>, 将该方法与乡村人居环境建设融合发展, 是能够有效推动该地区乡村三生空间科学营建与优化, 从而带动生态经济发展的重要举措。本数据集作为沈阳市第一个针对村落群院落土地利用空间配置等要素的微小空间数据集, 揭示了近年来在城镇化背景下沈阳市乡村人居环境的空间分布特征, 为掌握沈阳市乡村人居环境活力现状与计算资源盘活利用潜力提供了数据支撑。

村落作为行政区划的最小单元, 是被自然环境所分割开的一个个小型社会生态系统, 也是庞大社会的微小缩影, 而院落作为其中的更小单元, 通过连通农业生产与人居生活空间, 与区域性生物质资源转化、循环与利用充分结合。然而, 在当前国家社会治理精细化背景下, 院落尺度下的精细化数据集的缺失依然是制约当前村落资源要素优化配置最基础而关键的障碍, 主要体现在数据获取的三个方式: (1) 传统航空航天遥感影像分辨率较低, 无法支撑村落小尺度的空间分析问题研究; (2) 统计年鉴等官方公开的数据信息中缺乏村落尺度数据统计; (3) 人工实地调研抽样不全面, 且面临费用高昂、耗时耗力的问题。

本研究提出基于 5 cm 超高分辨率无人机影像的家庭院落结构解译方法, 基于 QGIS 平台内置 Mapflow 插件, 利用深度学习处理影像并提取茨榆坨村房屋矢量边界, 对其进行人工分类、核验与修正后能够达到 99% 的精确度; 基于 Geoscene Pro 平台, 对无人机影像进行人工目视解译与矢量化操作, 得到茨榆坨村各类型院落边界面、道路、农田矢量图层。该数据集提供的四组矢量数据与典型院落结构分类图集将有利于未来进一步探明东北自然村落超精细化的院落资源空间配置特征, 并由此研发家庭院落资源代谢活动解译超精细化模型与空间数据集建构方法学, 按产业-经济-环境-地理空间格网进行多图层建模, 推导各要素间的逻辑关系, 实现要素流间的有效表达, 最终实现可持续发展模式与村落环境经济地理单元的精准匹配, 增加院落级别生态产品和服务供给, 实现微小层面生态-社会-经济系统的同步升级、同步增值与同步受益, 为乡村资源全域化整合与多元化增值提供更为高效的科学支撑。

**作者分工:** 许耀天、李京忠和薛冰对数据集的开发做了总体设计; 李京忠、任婉侠采集和处理了无人机航拍影像数据; 许耀天、李京忠做了数据矢量化和特征提炼; 许耀天、任婉侠和徐月萍进行了实地调研和数据验证; 许耀天、李宏庆撰写了数据论文。

**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] 刘彦随. 中国新时代城乡融合与乡村振兴[J]. 地理学报, 2018, 73(4): 637–650.
- [2] 周扬, 黄晗, 刘彦随. 中国村庄空间分布规律及其影响因素[J]. 地理学报, 2020, 75(10): 2206–2223.
- [3] 薛冰, 董书恒, 逯承鹏等. 乡村振兴政策与规划实践的可视化研究[J]. 辽宁大学学报(自然科学版), 2019, 46(1): 1–9.
- [4] 周忠凯, 张晨, 李柏震等. 基于资源代谢理念的乡村人居空间优化研究——以山东生态乡村为例[J]. 城市发展研究, 2022, 29(6): 8–14.
- [5] 李伯华, 张洁, 窦银娣. 权力、资本和地方: 传统村落人居环境有机更新的机制与路径研究[J]. 贵州师范大学学报(自然科学版), 2024, 42(2): 1–11.
- [6] 黄嘉颖, 程功. 陕南会峪村共生空间的营建探索[J]. 规划师, 2017, 33(3): 96–101.

- [7] 张晓荣, 杨辉. 现代农业生产方式下的乡村基本聚居单元构建研究[J]. 规划师, 2021, 37(24): 5–12.
- [8] 熊鹰, 黄利华, 邹芳等. 基于县域尺度乡村地域多功能空间分异特征及类型划分——以湖南省为例[J]. 经济地理, 2021, 41(6): 162–170.
- [9] 雷振东, 杨洋, 田虎. 关中地区既有民居建筑老人生活空间性能提升适宜技术研究[J]. 世界建筑, 2020(11): 98–103.
- [10] 石育中, 赵琳林, 赵雪雁等. 基于体制转换的乡村转型时空格局及演变机理——以甘肃省榆中县为例[J]. 地理科学进展, 2022, 41(12): 2311–2326.
- [11] 梁鑫源, 金晓斌, 孙瑞等. 粮食安全视角下的土地资源优化配置及其关键问题[J]. 自然资源学报, 2021, 36(12): 3031–3053.
- [12] 陈妍, 贺艳华, 吴秀. 新时期乡村可持续性评价及影响因素分析——以湖南洞庭湖区为例[J]. 湖南师范大学自然科学学报, 2022, 45(2): 12–21.
- [13] 王艳飞, 李婷婷, 孟祥涛. 2010—2020年中国乡村人居环境质量评价及其演变特征[J]. 地理研究, 2022, 41(12): 3245–3258.
- [14] 杨世成, 吴永常, 陈学渊. 农民对生态系统服务的偏好、支付意愿及影响因素研究——基于陕西省大荔县调研数据[J]. 环境保护科学, 2023, 49(2): 50–57.
- [15] 薛冰, 赵冰玉, 肖骁等. 基于 POI 大数据的资源型城市功能区识别方法与实证——以辽宁省本溪市为例[J]. 人文地理, 2020, 35(4): 81–90.
- [16] 张立强, 耿昊, 刘彦随等. 中国乡村聚落建筑面积时空变化分析[J]. 同济大学学报(自然科学版), 2022, 50(7): 967–974.
- [17] 许耀天, 李京忠, 任婉侠等. 无人机影像融合深度学习开展茨榆坨村乡村院落土地利用分类实验数据集[J/DB/OL]. 全球变化数据仓储电子杂志, 2024. <https://doi.org/10.3974/geodb.2024.06.10.V1>. <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.11.2024.06.10.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] 李红波, 胡正玉, 周家乐. 城乡融合背景下乡村地区存量用地潜力与利用路径分析——以江苏省丰县为例[J]. 贵州师范大学学报(自然科学版), 2024, 42(2): 21–28.
- [20] 岳晓鹏, 郭会仙, 李丹. 天津生态村发展及空间布局研究[J]. 建筑节能, 2016, 44(3): 53–56.
- [21] 魏保平, 李晓惠. 浅谈节能型屋面[J]. 科技信息(学术研究), 2008(6): 273.
- [22] 苗慧民. 村镇住宅节能屋面保温隔热系统研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2009.
- [23] Baccini, P., Brunner, P. H. Metabolism of the Anthroposphere: Analysis, Evaluation, Design [M]. The MIT Press, 2012.
- [24] 崔跃峰, 王麦宁. 沈阳经济区农业产业协同发展现状及存在问题与建议[J]. 农业经济, 2023, 433(5): 23–24.