

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2025.04.004

刘家欣, 杨庆媛, 苏康传, 等. 耕地利用隐性形态耦合协调及驱动力研究——以重庆市为例 [J]. 西南大学学报(自然科学版): 2025, 47(4): 41-57.

# 耕地利用隐性形态耦合协调及驱动力研究

——以重庆市为例

刘家欣<sup>1,2</sup>, 杨庆媛<sup>1,2,3</sup>, 苏康传<sup>1,2</sup>, 黄雅<sup>1,2</sup>, 李瑶<sup>1,2</sup>

- 西南大学 地理科学学院/重庆金佛山喀斯特生态系统国家野外科学观测研究站, 重庆 400715;
- 西南大学 西部乡村可持续发展新文科实验室, 重庆 400715;
- 自然资源部国土空间规划监测评估预警重点实验室, 重庆 401147

**摘要:** 为厘清丘陵山区耕地利用隐性形态变化的规律, 以重庆市为研究区, 采用综合指数模型、耦合协调度模型和地理探测器等方法, 探讨重庆市耕地利用隐性形态时空演化特征、内部系统的耦合协调性特征及驱动力。结果表明: ① 2010—2022 年, 重庆市耕地利用投入—组织适应性—产出三维隐性形态不断优化, 其中投入形态和产出形态缓慢分化, 组织适应性形态无明显分化。② 2010—2022 年, 重庆市耕地利用隐性形态中投入—组织适应性—产出耦合协调水平呈现逐步提升趋势, 中级协调区域始终为主体, 高级协调区域数量在研究期后期显著增加; 耦合协调水平区域分布呈现组团式极化特征, 主城区市区和渝东北地区协调水平较高。③ 重庆市耕地利用隐性形态的耦合协调受经济、社会和自然因素的综合影响。主要驱动因素包括能源投入、从业者生计价值、耕地地势平坦度和耕地肥力。机械动力投入、耕地整合度和耕地区位邻近性则表现出阶段性影响。随着技术发展和城镇化的推进, 劳动力、化肥等因素的作用逐渐减弱。耕地利用应充分遵循投入、组织适应性和产出三维隐性形态协调发展规律, 因地制宜优化耕地资源配置并进行适当的政策干预, 促进耕地资源可持续利用。

**关键词:** 耕地利用; 隐性形态; 耦合协调; 驱动力; 重庆市

中图分类号: F301.2; S159

文献标志码: A

文章编号: 1673-9868(2025)04-0041-17

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



## Coupling Coordination and Driving Forces of the Recessive Morphology of Cultivated Land Use

——A Case Study of Chongqing

LIU Jiaxin<sup>1,2</sup>, YANG Qingyuan<sup>1,2,3</sup>, SU Kangchuan<sup>1,2</sup>,  
HUANG Ya<sup>1,2</sup>, LI Yao<sup>1,2</sup>

收稿日期: 2024-12-28

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(42071234); 教育部人文社会科学研究项目(23YJC790114); 中央高校基本科研业务费-科研启动项目(SWU-KR23003); 西南大学创新研究 2035 先导计划(SWUPilotPlan031)。

作者简介: 刘家欣, 硕士研究生, 主要从事土地利用与国土空间规划研究。

通信作者: 杨庆媛, 教授, 博士研究生导师。

1. Chongqing Jinpo Mountain Karst Ecosystem National Observation and Research Station/School of Geographical Sciences, Southwest University, Chongqing 400715, China;
2. New Liberal Arts Laboratory of Sustainable Development in Rural Western China, Southwest University, Chongqing 400715, China;
3. Key Laboratory of Monitoring, Evaluation and Early Warning of Territorial Spatial Planning Implementation, Ministry of Natural Resources, Chongqing 401147, China

**Abstract:** To clarify the law of recessive morphological changes in cultivated land use in hilly and mountainous areas, this paper takes Chongqing as the research area and uses comprehensive index model, coupling coordination model and geographic detector to explore the spatiotemporal evolution characteristics, the coupling and coordination characteristics and the internal system's driving forces of recessive morphological changes in cultivated land use of Chongqing. The results show that: ① From 2010 to 2022, the “three-dimensional” recessive morphology of input-output-organizational adaptability of cultivated land use in Chongqing was continuously optimized, in which the input morphology and output morphology were slowly differentiated, and the organizational adaptability morphology had no obvious differentiation. ② From 2010 to 2022, the coupling coordination level of input-output-organizational adaptability in the recessive morphology of cultivated land use in Chongqing showed a gradual upward trend, with intermediate coordination areas as the main body, and the number of advanced coordination areas increased significantly in the later period. The regional distribution of coupling coordination level presented a cluster-type polarization feature, and the coordination level in the main urban area and northeastern Chongqing was relatively high. ③ The coupling coordination of the recessive morphology of cultivated land use in Chongqing was affected by a combination of economic, social and natural factors. The main drivers included energy input, livelihood value of practitioners, farmland flatness and soil fertility. Agricultural machinery power input, farmland integration and location proximity of farmland showed phased impacts. With the advancement of technology and urbanization, the role of factors such as labor and fertilizers has gradually weakened. The utilization of cultivated land should fully follow the “three-dimensional” recessive morphology coordinated development law of input, organizational adaptability and output, and optimize the allocation of cultivated land resources according to local conditions and carry out appropriate policy intervention to promote the sustainable utilization of cultivated land resources.

**Key words:** cultivated land use; recessive morphology; coupling coordination; driving force; Chongqing

土地利用转型研究源于 20 世纪英国学者对森林转型的研究<sup>[1-2]</sup>, 该主题在 1993 年“土地利用/土地覆被变化(LUCC)科学研究计划”制定后, 一直是国内外学术界关注的研究热点。21 世纪初, 龙花楼、李秀彬等学者将土地利用转型理论引入我国<sup>[3-5]</sup>, 成为土地利用研究和土地系统科学的重点研究领域<sup>[6]</sup>。自此, 学界围绕土地利用转型理论<sup>[7]</sup>与假说<sup>[8]</sup>、耦合机理<sup>[9]</sup>、转换逻辑<sup>[10]</sup>、功能形态<sup>[11]</sup>、人地耦合<sup>[12-13]</sup>等方向开展了大量研究, 推动了这一领域的深入发展。

土地利用形态是土地利用转型研究的核心内容之一<sup>[14]</sup>, 反映了人类活动与自然环境之间的互动关系。土地利用形态可以从“数”与“质”两个层面来考察, 包括显性形态和隐性形态。显性形态通过土地数量、利用结构和空间格局来表征; 隐性形态则体现了质量、产权、经营方式、投入、产出和功能等方面的变化<sup>[15]</sup>。与显性形态相比, 隐性形态与社会经济活动联系更为密切, 表现出更显著的区域性、综合性和趋势性特征。隐性形态及其变化更能揭示社会经济变迁引起的耕地需求转变及其衍生的现实问题, 是土地利用转型研究的重点与难点<sup>[16]</sup>。

耕地作为乡村最主要的土地利用类型之一,是农业生产、农村发展以及农民生计的重要基础<sup>[17-18]</sup>。耕地利用隐性形态的变化不仅反映了乡村人地关系的动态演化,还对耕地科学管理和乡村可持续发展具有重要意义<sup>[19]</sup>。耕地利用变化的驱动因素及其驱动机制是耕地利用形态研究的关键之一<sup>[20]</sup>,既包含表层的耕地利用类型变化,也涵盖了政策、文化、经济等深层的隐性驱动因素<sup>[21]</sup>,为深入理解耕地利用变化提供了全新的视角<sup>[22]</sup>。近年来,学界从省际<sup>[23]</sup>、县域<sup>[24-26]</sup>、城市<sup>[27]</sup>、乡村<sup>[28]</sup>等多尺度开展研究,考虑了经济<sup>[29-30]</sup>、地形与气候环境<sup>[31]</sup>、耕地质量<sup>[32]</sup>、粮食产量与人口<sup>[33]</sup>、通达性<sup>[34]</sup>等因素对耕地利用形态变化的影响。也有学者关注典型地区,如对丘陵山地区和平原地区耕地利用转型与乡村发展进程<sup>[35]</sup>、耕地利用变化的社会经济—生态环境影响<sup>[36]</sup>、耕地利用变化的近远程驱动机制<sup>[37]</sup>开展了对比研究,涉及乡村地区人口、产业和社会等的演化<sup>[38]</sup>。然而,随着生活水平的提高和耕地保护意识的增强,对耕地的需求正从单一的生产功能向生产、生态、生活等多功能复合需求转变,呈现出由“保数量”向“提质量、优功能”演变的特征,涉及耕地利用投入、产出、规模潜力和组织适应性等多个维度<sup>[39]</sup>,这些耕地利用内部不同维度之间的复杂耦合关系尚需深入探讨。

耕地利用隐性形态通过质量、功能、经营方式等维度折射人地关系本质,其耦合协调状态直接影响耕地可持续利用。当前研究多聚焦于耕地利用隐性形态与经济社会发展、生态福利的外部关联,对耕地利用系统内部各子系统的互馈机制关注不足,难以全面反映耕地利用隐性形态的复杂内涵和多维特征。此外,现有研究多采用简单的指标表征,或聚焦于投入—产出关系<sup>[28,40]</sup>,对二者之间的协同/拮抗关系研究不足,忽视不同维度间的非线性特征,在有效支撑耕地资源持续利用和优化保护政策方面有所欠缺。丘陵山地区存在的地形破碎化程度高、耕地利用高投入与低效率并存等问题,亟需通过提升耕地系统韧性加以解决。为此,本文从系统论的“要素—组织—功能”出发,构建投入—组织适应性—产出三维耦合协同框架,揭示耕地利用隐性形态子系统间的动态耦合关系,全方位识别和量化耕地利用隐性形态,为丘陵山地区耕地资源优化配置提供动态分析工具,为耕地保护与可持续利用提供理论支撑和实践路径。

综上,本文以土地利用转型理论为指导,聚焦丘陵山地区耕地资源可持续利用政策优化,旨在解决重庆市耕地利用过程中存在的耕地破碎化程度高、高投入低产出的结构性矛盾以及快速城镇化对耕地功能挤压的现实问题。具体而言,本文主要开展以下研究:计算2010—2022年重庆市耕地利用隐性形态指数,分析耕地利用三维隐性形态的变化情况及耦合协调水平;运用核密度估计法和ArcGIS软件,揭示耕地利用三维隐性形态耦合协调的时空演化特征;采用地理探测器,探析重庆市耕地利用三维隐性形态耦合协调的关键驱动因素。通过上述研究,为丘陵山地区耕地“一地一策”差异化管理提供依据,通过不同维度间协同优化,破解“地难尽其用”困境,为耕地资源的优化配置和可持续发展提供理论依据与实践启示。

## 1 理论分析

### 1.1 耕地利用隐性形态投入—组织适应性—产出的耦合内涵与特征

耕地是一个开放的“社会—经济—生态”系统,随着社会经济发展阶段的演变,呈现出功能多样化、利用集约化和管理模式复杂化的动态特征。这一演变不仅受自然资源、政策导向和市场需求的共同驱动,还反映了耕地资源配置效率与社会经济适应能力的提升。耕地利用隐性形态是耕地利用显性形态背后的深层次耕地属性,涵盖土地质量、投入强度、产出能力、功能属性、产权模式和经营方式等核心内容<sup>[41]</sup>,是对耕地社会—经济—生态适应能力的综合反映。上述属性及内涵揭示了耕地利用隐性形态的特征,但主要停留在定性阐述层面,缺乏与定量测度间的有效衔接。

本文针对丘陵山地区耕地利用特性,从“要素—组织—功能”的思路出发,基于核心内容动态关联性,将耕地利用隐性形态内涵归纳为投入形态、组织适应性形态和产出形态三个维度(图1),以便更好地揭示耕地利用隐性形态的结构特征及内在规律,并进行定量测度。其中,投入形态指耕地利用系统中与自然资源发生相互作用的农业生产“要素”的数量、质量和结构,是耕地利用活动的基础条件,决定了系统运行的

潜力；组织适应性形态指在不同自然和社会经济条件下耕地对多样化生产模式和经营方式的适应能力，是资源整合和管理优化的核心，体现系统论中的“组织”，强调其对资源整合的动态调节作用；产出形态体现投入要素与耕地资源结合后的价值实现，包括耕地利用的经济、社会、生计和生态价值等的数量、质量和结构，是对产出能力和土地功能的融合重构，体现系统论中的“功能”，反映耕地利用对多目标需求的响应。这一划分避免了隐性形态内容的碎片化，增强了维度之间的系统性和逻辑关联性，揭示了耕地利用隐性形态的系统特征，为量化分析隐性形态及其演变规律提供了清晰框架。

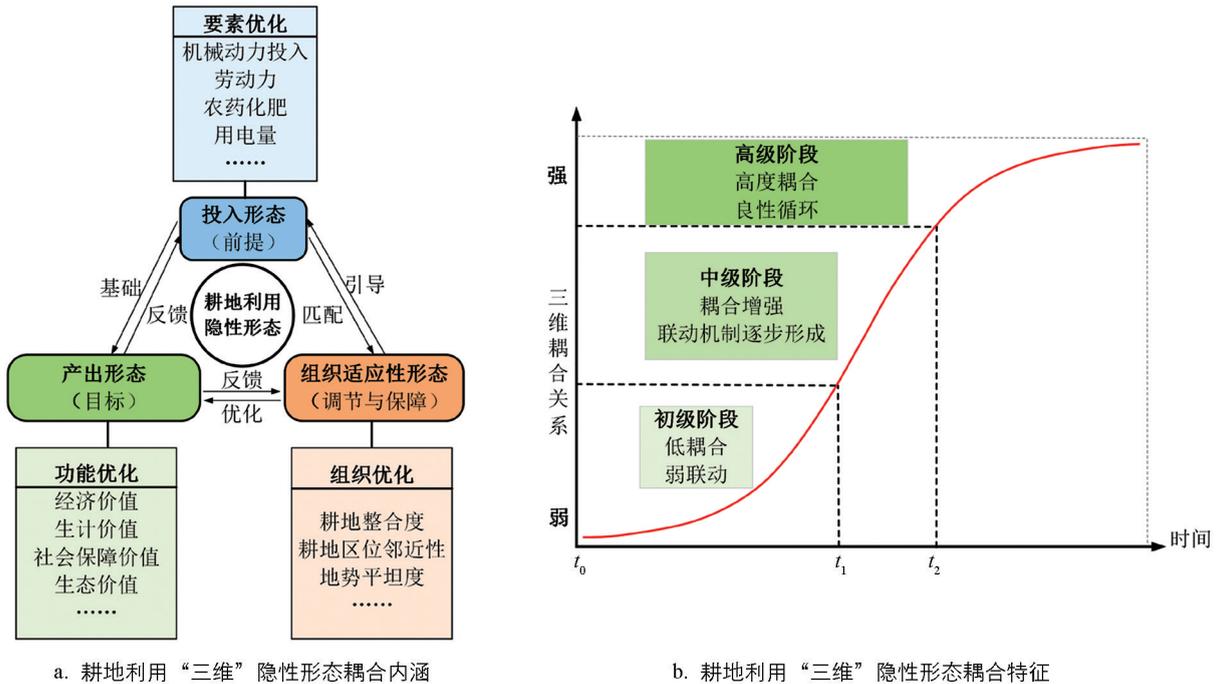


图 1 耕地利用投入—组织适应性—产出三维隐性形态的耦合内涵与特征

耕地利用隐性形态投入、组织适应性和产出 3 个维度并非独立存在，而是通过耦合作用形成动态调节的系统，其耦合关系主要体现为：

1) 投入与产出之间的联动机制是优化资源配置的基础。耕地投入的数量与质量决定产出效益，而产出的数量、质量与结构变化通过反馈作用优化投入结构与模式。合理的投入配置能够提升资源利用效率，促进经济、社会与生态效益的协同发展。

2) 投入与组织适应性之间的匹配机制是产出优化的关键支撑。充足的资源供给和合理的投入模式为组织适应性优化提供了资源条件和调整空间；组织适应性通过资源整合和管理优化，动态调整投入模式，使资源配置更具针对性和灵活性，提升投入要素的利用效率，增强耕地利用的区域适应性。

3) 产出与组织适应性之间的互促机制是提高耕地利用效能的关键驱动力。组织适应性通过优化耕地利用模式，促使产出结构更加合理，提高耕地利用整体效益；产出数量、质量与结构可反作用于组织适应性，推动管理模式优化，增强耕地系统对市场需求和环境变化的适应能力。

综上，投入、组织适应性和产出形态之间的耦合关系构成了耕地利用隐性形态的核心动力系统，其动态联动机制为耕地利用隐性形态的优化和可持续发展提供了重要理论支撑。通过加强三者的动态联动和区域适配性调控，能有效促进耕地利用的现代化与可持续发展。

## 1.2 耕地利用隐性形态投入—组织适应性—产出的耦合演进规律

耕地利用隐性形态的耦合协调关系在不同发展阶段呈现不同特征(图 1)。耦合是指投入、组织适应性和产出三维形态之间的相互作用和联动性，是耕地利用隐性形态水平提升的核心动力；协调则是耦合关系逐步发展的结果，体现为三维之间的匹配和平衡。

### 1) 初级阶段:低耦合、弱联动。

耕地利用以粗放型模式为主,投入结构单一且效率较低,投入对产出的支撑能力弱,产出效益有限,组织适应性缺乏有效调控能力,资源配置缺乏优化机制,整体耕地利用效率低。此阶段三维形态联动性较弱,耦合协调状态表现为严重失调或濒临失调。

### 2) 中级阶段:耦合增强、联动机制逐步形成。

随着社会经济发展、技术进步和政策引导,投入结构逐渐优化,产出效益显著提升,组织适应性初步发挥调节作用,资源配置效率开始改善。此阶段,三维形态之间的耦合关系明显增强,联动机制逐渐形成,耕地利用开始向集约化、高效化方向发展,耦合协调状态表现为初级协调或中级协调。

### 3) 高级阶段:高度耦合、良性循环。

投入要素的精准配置、产出的多样化结构与组织适应性的动态调节能力共同作用,三维形态相互作用机制不断完善,耦合关系达到高度联动状态,形成良性循环,耕地利用效率全面提升。此阶段耕地利用隐性形态展现出高度灵活性和适应性,三维耦合协调状态表现为高级协调。

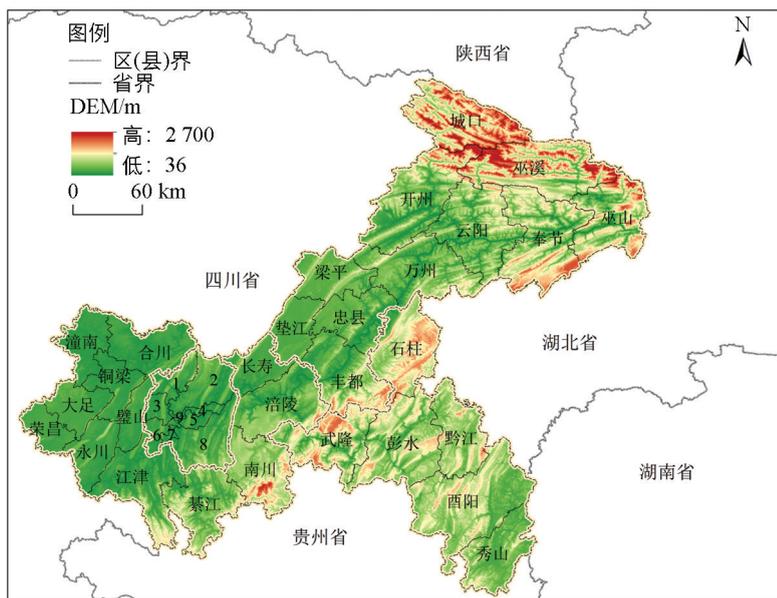
不同区域的耦合演进存在显著差异。平原地区依托优越的自然条件和完善的基础设施,耦合演进速度更快。而丘陵山地区由于地形复杂、耕地破碎等因素,资源配置效率较低,三维形态的耦合协同优化受到限制。需基于本框架的系统性、动态性和空间适配性等特征,通过优化资源配置模式和提升投入效率,克服自然条件的不利影响,推动耦合关系的提升。未来,随着农业智能化、绿色化和精准化技术的推广,耕地利用隐性形态三维耦合关系将进一步优化,推动耕地资源的高效利用和可持续发展。

## 2 研究区概况、数据来源与研究方法

### 2.1 研究区概况

重庆市位于中国西南部,东与湖北省接壤,南邻湖南省和贵州省,西邻四川省,北邻陕西省,处于东部经济发达区与西部资源丰富区的交会地带(图2),辖区面积 $8.24 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,下辖38个区县,实施“一区两群”发展战略,即主城区都市区(包括21个区县)、渝东北三峡库区城镇群(包括11个区县)和渝东南武陵山区城镇群(包括6个区县)。重庆市地形以山地和丘陵为主,山地面积占76%,丘陵占22%,河谷平坝区仅占2%。受复杂地形影响,耕地资源呈现“总量有限、分布零散、质量梯度差异显著”的特征。重庆市第三次国土空间调查显示,全市耕地总面积为

$1.87 \times 10^6 \text{ hm}^2$ ,其中,15°以上的坡耕地占耕地总量的35%,25°以上的坡耕地以及石漠化地区、林区、河道周边等不稳定耕地占耕地总量的17%。总体来看,重庆市耕地零散破碎,多为“巴掌田”和“鸡窝地”,耕地利用率低,产业规模化发展受限。2022年,全市粮食总产量为 $10.73 \times 10^6 \text{ t}$ ,同比下降1.8%。城镇化进程对耕地利用格局产生深远影响。截至2022年,重庆市常住人口约3213.34万人,常住人口城镇化率为70.96%,高



1 为北碚,2 为渝北,3 为沙坪坝,4 为江北,5 为南岸,6 为九龙坡,7 为大渡口,8 为巴南,9 为渝中(无数据);本文所有地图均基于重庆市标准地图服务网站的标准地图制作,底图边界无修改,审图号:渝S(2024)058号(下同)。

图2 研究区地理区位和行政区划

于全国平均水平,但全市不同区域的城镇化水平差距大。以重庆市为研究区,深入研究丘陵山地区耕地利用隐性形态的内部耦合变化规律及其驱动力,在对山区耕地可持续发展的研究中具有典型代表意义。

## 2.2 数据来源

研究区涵盖重庆市除渝中区外的 37 个区县(渝中区无耕地,不纳入研究范围),研究单元为区(县)级尺度,以 2010、2015、2020、2022 年为研究时间节点,涉及数据主要来自《重庆市统计年鉴 2011》<sup>[42]</sup>、《重庆市统计年鉴 2016》<sup>[43]</sup>、《重庆市统计年鉴 2021》<sup>[44]</sup>、《重庆市统计年鉴 2023》<sup>[45]</sup>以及相关区域的国民经济与社会发展统计公报和土地利用遥感数据(表 1)。

表 1 重庆市耕地利用隐性形态时空演变数据来源

数据类型	数据来源
社会经济数据	重庆市统计局( <a href="https://tjj.cq.gov.cn/zwgk_233/tjnj/">https://tjj.cq.gov.cn/zwgk_233/tjnj/</a> )
行政边界、行政中心点位数据	国家基础地理信息中心( <a href="https://www.ngcc.cn/ngcc/">https://www.ngcc.cn/ngcc/</a> )
土地利用数据(30 m)	国家冰川冻土沙漠科学数据中心( <a href="http://www.ncdc.ac.cn">http://www.ncdc.ac.cn</a> )
DEM 数据(12.5 m)	地理空间数据云( <a href="http://www.gscloud.cn/">http://www.gscloud.cn/</a> )
NDVI 数据(30 m)	国家生态数据科学中心( <a href="https://www.nesdc.org.cn/">https://www.nesdc.org.cn/</a> )
土壤表土层有机碳含量数据(1 km)	国家青藏高原科学数据中心( <a href="https://www.tpdc.ac.cn/">https://www.tpdc.ac.cn/</a> )
土壤碳排放数据(1 km)	人为二氧化碳开源数据清单( <a href="https://db.cger.nies.go.jp/dataset/ODIAC/">https://db.cger.nies.go.jp/dataset/ODIAC/</a> )

注:数据类型后括号内数值表示数据的空间分辨率,例如 30 m 表示数据的栅格大小为 30 m×30 m。

## 2.3 研究方法

### 2.3.1 耕地利用隐性形态测度

基于耕地利用隐性形态概念内涵及相关研究<sup>[39]</sup>,结合区域特性与数据可得性,从投入、产出与组织适应性 3 个维度选取指标,保证指标的综合性与包容性,合理规避共线性,构建耕地利用隐性形态复合评价指标体系(表 2),综合表征耕地利用隐性形态。

表 2 耕地利用隐性形态复合评价指标体系

维度	指标层	指标解释	权重	性质
投入	机械动力投入( $X_1$ )	区域农业机械总动力与区域耕地总面积的比值/( $\text{kW} \cdot \text{hm}^{-2}$ )	0.187	+
	劳动力投入( $X_2$ )	区域乡村从业人数与区域耕地总面积的比值/( $\text{人} \cdot \text{hm}^{-2}$ )	0.418	+
	养分投入( $X_3$ )	区域农用化肥施用量与区域耕地总面积的比值/( $\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$ )	0.117	+
	农药投入( $X_4$ )	农药使用量与区域耕地总面积的比值/( $\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$ )	0.203	-
	能源投入( $X_5$ )	农村用电量与区域耕地总面积的比值/( $\text{kWh} \cdot \text{hm}^{-2}$ )	0.075	+
产出	社会保障价值( $X_6$ )	区域粮食产量与区域耕地总面积的比值/( $\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$ )	0.157	+
	经济价值( $X_7$ )	区域农业 GDP 与区域耕地总面积的比值/( $\text{万元} \cdot \text{hm}^{-2}$ )	0.402	+
	生态价值( $X_8$ )	区域耕地范围内最大 NDVI 的平均值	0.107	+
	从业者生计价值( $X_9$ )	区域农业 GDP 与区域乡村从业人数的比值/( $\text{万元} \cdot \text{人}^{-1}$ )	0.334	+
组织适应性	耕地相对丰富性( $X_{10}$ )	区域耕地总面积与区域乡村从业人数的比值/( $\text{hm}^2 \cdot \text{万人}^{-1}$ )	0.129	+
	耕地区位邻近性( $X_{11}$ )	区域耕地地块到行政中心的平均距离/m	0.351	-
	农户耕地去依赖性( $X_{12}$ )	区域常住人口城镇化率/%	0.042	+
	耕地地势平坦度( $X_{13}$ )	区域耕地范围内的平均坡度/( $^\circ$ )	0.11	-
	耕地整合度( $X_{14}$ )	区域范围内耕地平均地块面积/ $\text{hm}^2$	0.041	+
	耕地肥力( $X_{15}$ )	区域耕地范围内表土层有机碳含量平均值/%	0.106	+
	耕地碳排放强度( $X_{16}$ )	区域耕地范围内农业活动平均碳排放量/t	0.221	-

对表1中的部分指标说明如下:耕地的社会保障价值主要体现在其农产品供给能力上,尤其是粮食生产能力,它直接关系到区域粮食安全与社会稳定,故单位面积耕地的粮食产量可作为衡量其社会保障价值的重要产出指标;耕地的生态价值产出具有多维特征,其中植被覆盖及其生长状况是生态功能的重要组成部分<sup>[39]</sup>,NDVI(归一化植被指数)可有效表征植被的生长状态和覆盖度,进而反映耕地生态系统的健康状况,衡量耕地利用的可持续性;选取从业者生计价值表征农户实际收入,衡量耕地对当地农户的生计保障程度;耕地整合度采用平均地块面积衡量,反映耕地的分散或集中程度,表征耕地的规模化经营潜力;耕地肥力是耕地基础地力形成的基础<sup>[46]</sup>,耕地表层有机碳含量是耕地肥力的核心指标<sup>[47]</sup>,可综合反映土壤保水保肥能力,适用于区域尺度研究;碳排放强度指标用来衡量耕地利用的环境影响及其可持续生产水平,反映农业生产过程中碳排放的强度及对生态系统的潜在影响。

运用熵值法确定指标权重并采用极值处理法消除指标量纲的影响。正向指标标准化公式为:

$$x'_j = \frac{x_j - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \quad (1)$$

负向指标标准化公式为:

$$x'_j = \frac{x_{\max} - x_j}{x_{\max} - x_{\min}} \quad (2)$$

其中: $x'_j$ 为第 $j$ 项指标的标准化值; $x_j$ 为第 $j$ 项指标的原始值; $x_{\max}$ 为第 $j$ 项指标的最大值; $x_{\min}$ 为第 $j$ 项指标的最小值。

引入“耕地利用隐性形态指数”,以实现耕地利用隐性形态的量化比较与分析。指数取值区间为 $[0, 1]$ ,数值越大表示该指标的作用越突出。区域耕地利用综合隐性形态指数值为3个维度耕地利用隐性形态指数值均值,各维度耕地利用隐性形态指数值的计算公式如下:

$$N_{i,d} = \sum_{j=1}^n L_{ij} \times W_j \quad (3)$$

式中: $N_{i,d}$ 为第 $i$ 个研究单元耕地利用隐性形态维度 $d$ 的指数值; $n$ 为特定隐性形态准则层下的指标个数; $L_{ij}$ 为第 $i$ 个研究单元的第 $j$ 个指标标准化后的值; $W_j$ 为第 $j$ 个指标的权重。

### 2.3.2 耦合协调度模型

耦合是两个及两个以上的系统之间相互作用、相互依赖的动态过程<sup>[23]</sup>。本文借助耦合协调度模型,探究耕地利用隐性形态投入—组织适应性—产出3个维度的耦合作用关系。具体公式如下:

$$C = n \times \left\{ \frac{P_i \times R_i \times E_i}{(P_i \times R_i \times E_i)^n} \right\}^{\frac{1}{n}} \quad (4)$$

$$T = \alpha P_i + \beta R_i + \gamma E_i \quad (5)$$

$$D = \sqrt{C \times T} \quad (6)$$

其中: $C$ 为耦合度,取值范围为 $[0, 1]$ ,其值越大说明各维度之间相互影响作用越强烈, $P_i$ 、 $R_i$ 、 $E_i$ 分别为投入、组织适应性和产出隐性形态的指数值, $i \in \{1, 2, \dots, 37\}$ , $n$ 表示维度个数; $T$ 为耕地利用隐性形态的综合协调指数, $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 分别为各维度的权重系数,本文取 $\alpha = \beta = \gamma = \frac{1}{3}$ ;  $D$ 为耦合协调度,取值范围为 $[0, 1]$ ,表征各功能之间的互动关系,数值越大表明耦合协调水平越好。为了更好地体现耦合协调水平,参照已有研究<sup>[48]</sup>,采用均值分段法,将耕地利用隐性形态投入—组织适应性—产出的耦合协调度 $D$ 值划分为5种类型(表3)。

表3 耦合协调度类型划分表

耦合协调度	协调类型	等级 $h$	耦合协调度	协调类型	等级 $h$
$[0, 0.2]$	严重失调	1	$(0.6, 0.8]$	中级协调	4
$(0.2, 0.4]$	濒临失调	2	$(0.8, 1]$	高级协调	5
$(0.4, 0.6]$	初级协调	3			

### 2.3.3 核密度估计

核密度估计方法的优点在于不依赖数据分布的假设,也无须建立参数模型,能够通过连续的密度曲线直观展示变量的阶段性和动态变化特征。本文采用核密度估计方法对耕地利用隐性形态投入—组织适应性—产出耦合协调度进行分析,以刻画其时序特征与演进规律。具体公式如下:

$$F(x) = \frac{1}{nH} \sum_{i=1}^n K\left(\frac{x_i - x}{h}\right) \quad (7)$$

式中: $n$ 为样本个数; $H$ 为带宽; $x_i$ 为样本观测值; $x$ 为样本均值; $K(\cdot)$ 为核函数,具体采用高斯函数进行估计。核密度曲线的波峰数量反映了极化特征,波峰的高度体现了差异特征,曲线的拖尾厚度表示高(低)值区域的数量,而拖尾长度则揭示了高低值区域的演化特征。

### 2.3.4 地理探测器

在解析具有显著空间差异的地理归因和空间分异特征方面,地理探测器的稳健性和精确性已被学术界广泛验证<sup>[48]</sup>并运用于自然和经济社会等领域中各种现象的驱动力和影响因素研究<sup>[49]</sup>,由因子探测、交互探测、风险探测和生态探测 4 个基础模块组成。本文利用因子探测模块研究耕地利用隐性形态投入—组织适应性—产出耦合协调度演化过程中,多维因子  $\mathbf{X}$  对耦合协调度  $\mathbf{Y}$  的解释程度,为制定科学合理的政策提供依据,具体公式如下:

$$q = \frac{1}{1 - N\sigma^2} \sum_{h=1}^L N_h \sigma_h^2 \quad (8)$$

式中: $q \in [0, 1]$ ,为该因子对耦合协调度的解释力,值越大表明该因子对耕地利用隐性形态投入—组织适应性—产出耦合协调度的影响程度越强,反之越弱; $L$ 为  $\mathbf{X}$  或  $\mathbf{Y}$  的分层; $h$ 为耕地利用隐性形态投入—组织适应性—产出耦合协调度的等级; $N$ 和  $N_h$ 分别为整个区域和第  $h$  级的样本个数; $\sigma^2$ 和  $\sigma_h^2$ 分别为整个区域和第  $h$  级的耦合协调度。

## 3 结果与分析

### 3.1 耕地利用三维隐性形态水平分析

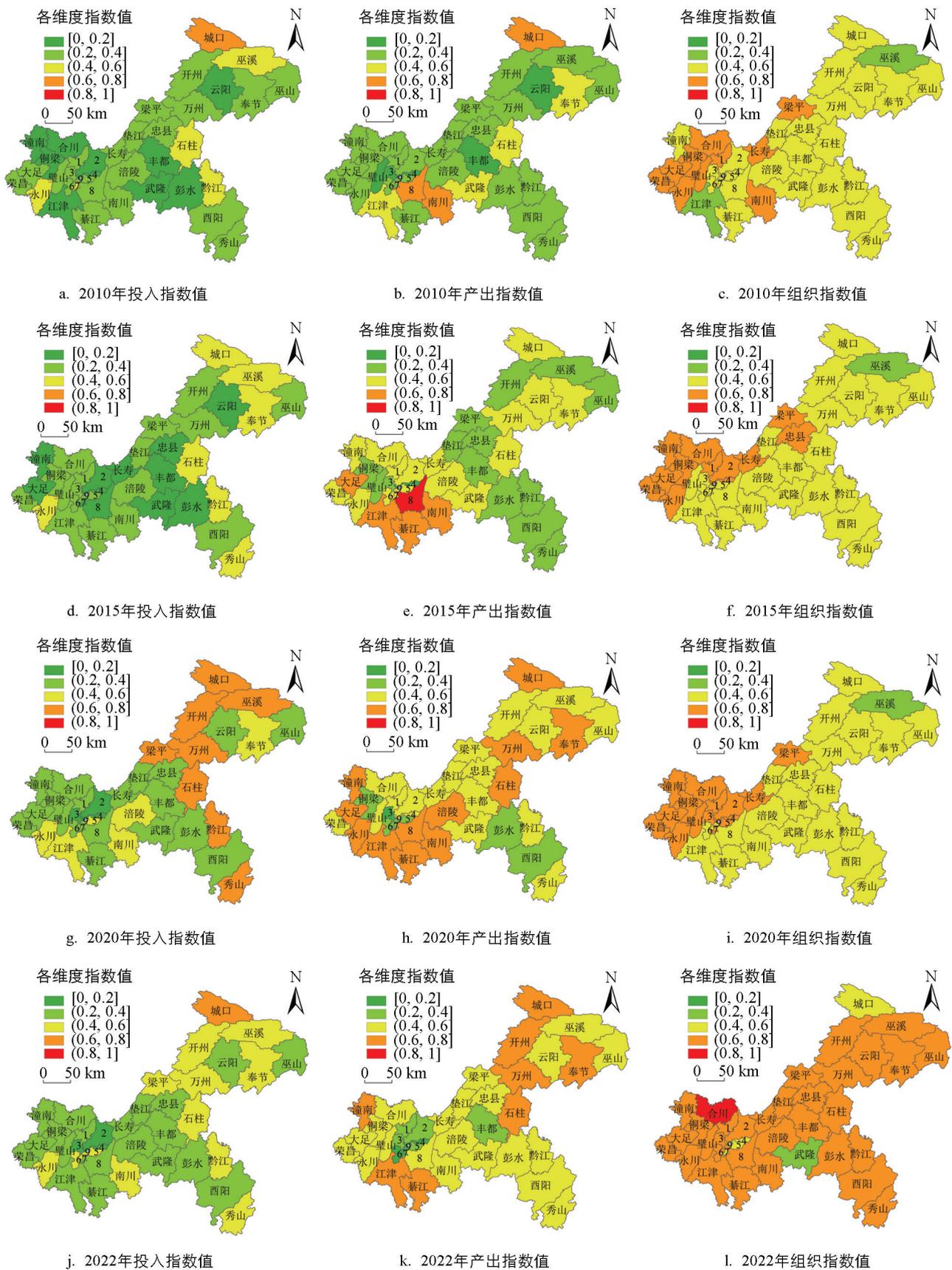
基于前期数据计算结果,利用 ArcGIS 软件分析重庆市 2010、2015、2020 和 2022 年耕地利用投入、组织适应性和产出形态的时空分异结果(图 3)。

2010—2022 年间,重庆市耕地利用投入、组织适应性和产出形态发生了显著变化,呈现出不同的空间分化态势。2010 年,重庆市大部分研究单元的耕地利用投入和产出形态值集中在 0.2~0.4,无明显分化。组织适应性形态值集中在 0.4~0.6,呈西高东低格局,具体为主城新区水平高于其他区域。2015 年,产出形态分化显著,呈西高东低空间分化,中心城区与主城新区的产出优化是产生分异的主要原因。2020 年,重庆市各区域的投入形态持续增加,出现东高西低的显著空间分化,产出形态值则持续上升,仍为西高东低格局。至 2022 年,全市已建成高标准农田约  $8.78 \times 10^5 \text{ hm}^2$ ,显著提高了耕地的粮食产能,单位面积粮食产量增加了 10%至 20%,并且具有节水、节电、节肥、节药的效果,对传统投入(化肥、农药等)依赖下降,促进了投入结构的优化与调整,大幅提升了组织适应性形态水平,呈现出较强的空间优化态势。

分析 3 个维度的构成指标可知,重庆市耕地利用隐性形态整体水平显著提升,但各维度分异与结构性矛盾并存,具体表现为:

1) 投入形态:传统要素流失快,现代化要素补充不足。

2010—2022 年,投入形态呈现“先优化后衰退”的阶段变化,其核心矛盾为传统投入要素(劳动力、化肥)的快速流失与现代化要素(机械动力、能源)的补充滞后。机械动力投入在 2010—2022 年间增长率为 2.8%,提升缓慢。受社会经济发展水平和地形限制,渝东北、渝东南地区机械化推进速度和水平显著低于主城都市区;农村用电量年均增长率缓慢上升,但空间上仍呈主城新区提升速度快于渝东北、渝东南地区,农业现代化仍存在区域差异。劳动力、养分与农药投入呈下降趋势。主城都市区劳动力投入年均下降约 3.5%,渝东南地区劳动力投入下降较慢,对劳动力和农药化肥等依赖性仍较强。劳动力的大量非农就业转移及对施用农药化肥等的控制是投入形态后期表现欠佳的主要原因。



1 为北碚, 2 为渝北, 3 为沙坪坝, 4 为江北, 5 为南岸, 6 为九龙坡, 7 为大渡口, 8 为巴南, 9 为渝中(无数据)。

图 3 重庆市耕地利用三维隐性形态时空演化

## 2) 组织适应性形态: 土地整治驱动下的区域差异收敛。

组织适应性形态的提升主要得益于重庆市土地整治、高标准农田建设下耕地整合度及耕地质量的显著提高。随着城镇化进程的加速, 乡村劳动力转移缓解了耕地资源压力, 加上城镇化带动的交通改善、资金和信息流入、农产品需求扩张和农业生产的集约化经营, 促进了现代化与规模化生产。土地资源整合和集约利用带来的管理效率提升, 进一步优化了耕地利用的组织适应性。2022年, 重庆市高标准农田建设面积达  $8.78 \times 10^5 \text{ hm}^2$ , 推动耕地整合度提升(如巴南区的耕地平均地块面积从  $7.60 \text{ hm}^2/\text{块}$  增至  $8.72 \text{ hm}^2/\text{块}$ ), 土地整治政策虽缓解了主城市区的“细碎化—低效化”矛盾, 但对渝东北、渝东南地区的辐射效应有限。

## 3) 产出形态: 经济—生态功能协同性增强。

产出形态的优化滞后于投入结构调整, 2010—2022年经济价值产出年均增长约 5.2%, 生态价值(NDVI)提升约 12.6%。但后期受市场波动和资源约束影响, 2020年后部分区域(如巫溪县)出现“高投入—低产出”的情况, 反映山区耕地系统韧性不足。

总体来看, 2010—2022年, 重庆市耕地利用三维隐性形态变化呈现出显著的时空不均衡性。与投入形态和组织适应性形态相比, 产出形态的提升相对滞后。在空间格局上, 投入和产出形态的区域分化加剧, 中心城区和主城新区的优势明显, 而渝东北、渝东南地区受人口流失、耕地本底条件和基础设施等因素影响, 发展相对滞后, 且内部各维度发展水平参差不齐。

投入形态是三维隐性形态优化的基础, 其变化趋势直接影响产出形态和组织适应性形态的变化。重庆市耕地利用投入形态呈“传统要素流失加速、现代化要素增长缓慢”的特征。主城都市区依托政策干预和技术进步, 投入结构不断优化, 现代化要素占比提升。而渝东北、渝东南地区受社会经济和自然条件制约, 传统投入要素流失加剧, 现代化要素补充不足, 导致投入形态结构性失衡, 制约了三维隐性形态的整体优化。因此, 需采取差异化的优化策略, 以改善耕地投入形态, 提高耕地利用的整体效能。

## 3.2 耕地利用三维隐性形态耦合协调度时空演变

### 3.2.1 耦合协调度水平的时序特征

根据重庆市耕地利用隐性形态投入—组织适应性—产出耦合协调度测算结果, 借助核密度估计方法, 绘制 2010—2022年重庆市耕地利用隐性形态耦合协调度演变核密度曲线图, 刻画 2010—2022年耦合协调度的时序演变特征(图 4)。

2010—2022年, 重庆市耕地利用隐性形态投入—组织适应性—产出三维耦合协调度呈现持续提升的趋势, 核密度曲线在横轴的投影不断向右延展, 反映整体耦合协调水平逐年提高。

从曲线重心位置来看, 曲线重心持续向右迁移, 大致由 0.65 迁至 0.80 附近, 耕地利用隐性形态三维耦合协调度逐年提高。从波峰变化来看, 2015年和 2020年的主峰显著高于 2010年, 耦合协调度的分布逐渐趋于集中; 然而, 2022年的主峰高度有所下降, 表明区域差异有所增大。从波峰数量来看, 2010年曲线呈单峰分布, 表明区域间协调度水平较为均衡, 主峰位于 0.6~0.7 区间, 集中于中等协调水平; 2015年后, 逐渐形成“一主一副”双峰分布, 高协调度区域增加的同时, 部分区域仍处于较低水平, 两极分化趋势显现。从曲线拖尾特征看, 2010—2020年曲线左侧拖尾明显, 中等协调度区域占比较大; 2022年右侧拖尾延长, 高耦合协调度区域占比进一步提升。

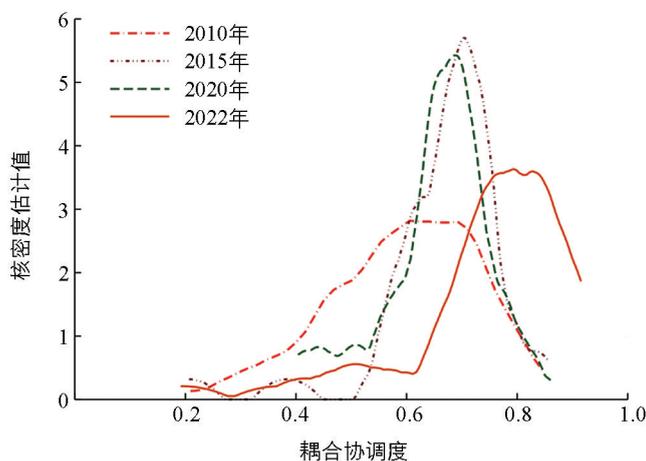
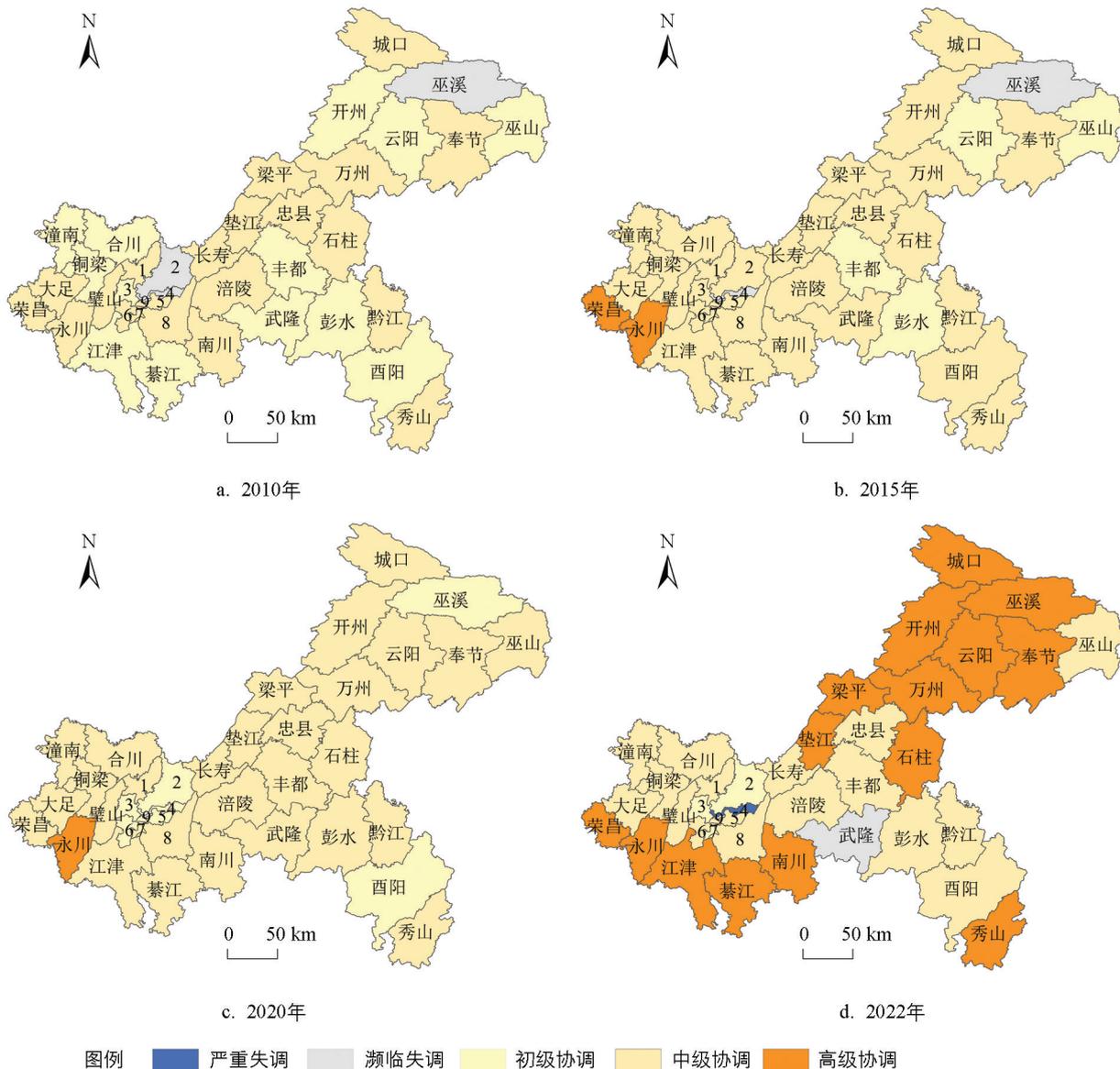


图 4 耕地利用隐性形态投入—组织适应性—产出耦合协调度的时序特征

整体来看,重庆市耕地利用隐性形态的三维耦合协调度在不断提高。但因区域社会经济发展与耕地利用水平的非均衡性,区域间耦合协调水平的非均衡性加剧。部分区域(如主城新区),耕地利用效率和可持续发展能力增强,协调度持续提升,而渝东北、渝东南部分区县三维协调度提升缓慢,仍存在低协调度区域。

### 3.2.2 耦合协调度水平的空间特征

基于2010、2015、2020和2022年耕地利用隐性形态投入、组织适应性和产出形态的耦合协调度计算结果,利用ArcGIS软件分析重庆市耕地利用隐性形态三维耦合协调度的空间演化特征(图5)。



1 为北碚, 2 为渝北, 3 为沙坪坝, 4 为江北, 5 为南岸, 6 为九龙坡, 7 为大渡口, 8 为巴南, 9 为渝中(无数据)。

图5 耕地利用隐性形态投入—组织适应性—产出耦合协调度空间特征

2010—2022年,重庆市耕地利用隐性形态的耦合协调度整体呈逐步提升态势,但区域间协调水平呈现组团式极化分布特征,主城都市区和渝东北地区协调水平较高,部分区域仍存在濒临失调或严重失调现象。具体空间演变特征如下:

1) 2010年,中级协调区域占主体,局部区域呈低水平协调。

2010年,重庆市大多数区域耕地利用隐性形态的耦合协调度处于初级协调或中级协调水平,中级协调区域占比达56.75%,为研究区的主体。部分区域协调水平较低,如江北区和渝北区,因投入和产出水平偏

低( $<0.3$ ), 尽管组织适应性较高( $>0.5$ ), 但系统内部失衡导致整体协调水平处于濒临失调状态。巫溪县则表现为“高投入—低产出”的结构性失衡, 区域投入要素结构不合理, 利用效率较低, 难以实现高效产出。

2) 2015 年, 中级协调区域扩大, 高级协调区域初步形成。

2015 年, 重庆市耦合协调水平显著提升, 中级协调区域占比增至 78.38%, 主城都市区协调水平提升明显。其中, 荣昌区和永川区凭借三维均衡发展, 升级为高级协调区域。渝北区因组织适应性形态优化投入要素结构, 带动产出效率提升, 耦合协调水平从濒临失调改善至初级协调。然而, 江北区和巫溪县依然处于濒临失调状态, 但表现形式和成因各异: 江北区受城市化挤压影响, 耕地利用投入和产出水平持续下降, 组织适应性的提升难以弥补资源投入不足的影响; 巫溪县则因自然条件和市场限制, 高投入难以转化为高效产出, 组织适应性作用有限, 其失调体现了山区农业区“高投入—低产出”的结构性矛盾。

3) 2020 年, 中心城区协调度下降, 区域差异显著。

2020 年, 重庆市的中级协调区域比例维持在 78.38%, 但内部空间结构变化显著, 呈现“中心塌陷, 边缘优化”格局。中心城区部分区域协调度由中级降至初级, 农业生产功能进一步边缘化, 仅江北区从濒临失调状态升级为初级协调的优化状态。巫溪县通过土地整治优化耕地本底条件, 组织适应性显著提升, 协调水平从濒临失调升级至初级协调。整体上, 区域间协调度差异加剧, 快速城市化对中心城区的耕地利用带来了显著冲击: 耕地资源减少、投入维度衰退, 同时农业产出功能弱化, 导致中心城区农业生产功能逐步边缘化, 仅部分区域因政策干预实现小幅提升。

4) 2022 年, 高级协调区域增加, 局部协调性下降明显。

2022 年, 高级协调区域占比上升至 45.86%, 集中于主城都市区和渝东北地区, 得益于长期高水平的组织适应性对投入与产出的协同优化作用。中级协调区域占比 45.95%, 仍为主体。然而, 部分区域协调度退化明显。江北区受限于有限的耕地资源和发展空间, 投入与产出进一步减少, 耦合协调度退化至严重失调状态, 耕地利用系统内部失衡加剧。

总体来看, 2010—2022 年, 重庆市耕地利用隐性形态的耦合协调度优化过程呈现两大特征: 一是中级协调区域长期占主导, 高级协调区域在后期显著增加, 特别是在主城都市区和渝东北地区, 长期高水平的组织适应性优化了投入与产出的协同关系; 二是协调度的区域差异日益显著, 主城都市区和渝东北地区协调水平较高, 而部分区域受自然、经济和政策等多重因素影响, 协调度退化或失衡。

### 3.3 耕地利用隐性形态三维耦合协调时空分异的驱动因素分析

重庆市耕地利用隐性形态投入—组织适应性—产出耦合协调度水平受多因素综合影响。根据地理探测器分析结果, 各影响因子对耦合协调度的解释力( $q$  值)存在显著差异(图 6)。

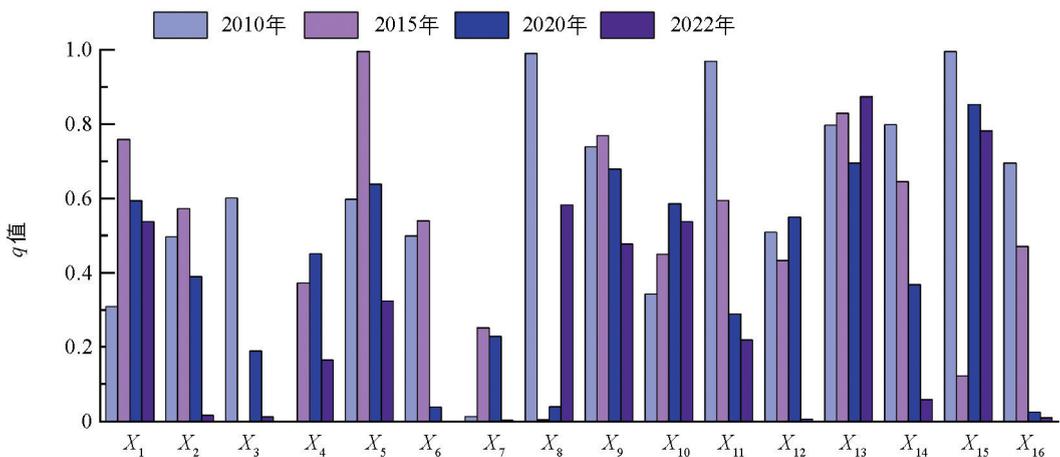


图 6 耕地利用隐性形态投入—组织适应性—产出驱动因素解释力

依据  $q$  值在不同研究时间点的表现, 可将影响因素分为 4 类(表 4): 主要因素(在 3 个及以上研究节

点  $q \geq 0.5$ , 长期占据主导地位)、次要因素(在两个研究节点  $q \geq 0.5$ , 且无强烈波动, 具有阶段性影响)、一般因素(仅在一个研究节点  $q \geq 0.5$ , 影响力有限)和其他因素(在所有研究节点  $q < 0.5$ , 影响力较弱)。结合丘陵山区耕地利用特性, 丘陵山区受地形限制, 机械化推进速度较缓慢, 因此, 机械动力投入( $X_1$ )不作为主要因素, 而归为次要因素。生态价值( $X_8$ )2010、2015、2020 和 2022 年的  $q$  值分别为 0.990 1、0.003 8、0.039 6、0.582 4, 存在异常波动, 因此不作为次要因素, 归为其他因素。

表4 影响因素分类表

影响因素分类	影响因素	影响因素分类	影响因素
主要因素	能源投入( $X_5$ )	一般因素	劳动力投入( $X_2$ )
	从业者生计价值( $X_9$ )		养分投入( $X_3$ )
	耕地地势平坦度( $X_{13}$ )		农户耕地去依赖性( $X_{12}$ )
	耕地肥力( $X_{15}$ )		耕地碳排放强度( $X_{16}$ )
次要因素	机械动力投入( $X_1$ )	其他因素	农药投入( $X_4$ )
	耕地相对丰富性( $X_{10}$ )		社会保障价值( $X_6$ )
	耕地区位邻近性( $X_{11}$ )		经济价值( $X_7$ )
	耕地整合度( $X_{14}$ )		生态价值( $X_8$ )

### 3.3.1 主要因素

主要因素长期稳定影响耦合协调水平, 包括能源投入( $X_5$ )、从业者生计价值( $X_9$ )、耕地地势平坦度( $X_{13}$ )和耕地肥力( $X_{15}$ )4项。

1) 能源投入( $X_5$ )。反映农业现代化的投入水平及技术支持作用。2010—2020年  $q$  值均大于 0.5。然而, 2022年  $q$  值下降至 0.32, 表明其影响力逐步被其他现代化因素取代, 体现了农业投入结构的优化升级。

2) 从业者生计价值( $X_9$ )。该因素是农民耕地经济效益的核心指标, 是驱动农户优化耕地利用的重要动力。其  $q$  值在 2010—2020年保持在 0.6 以上, 2022年降至 0.48, 仍具较大影响。高生计价值产出的农户可通过组织适应性更强的方式(如合作化经营、机械化生产)优化资源配置, 提高土地利用效率。

3) 耕地地势平坦度( $X_{13}$ )。2010—2022年, 耕地地势平坦型  $q$  值均  $> 0.68$ , 明显高于平原地区<sup>[27]</sup>, 表明地形是丘陵山地区耕地系统演化中的重要约束因素。重庆地处丘陵山地区, 地形复杂且起伏大, 限制了机械化的推广空间。因此, 耕地坡度对耕地投入、组织适应性和产出的协调发展具有重要影响。

4) 耕地肥力( $X_{15}$ )。耕地肥力是决定耕地的生产能力的核心自然属性。良好的耕地肥力能够提供更高的有机碳含量, 有利于提高耕地产出效益并稳定农作物生产能力, 其对耦合协调度的影响稳定而深远。

### 3.3.2 次要因素

次要因素在特定阶段对耕地利用影响较大, 包括机械动力投入( $X_1$ )、耕地相对丰富性( $X_{10}$ )、耕地区位邻近性( $X_{11}$ )和耕地整合度( $X_{14}$ )4项。

1) 机械动力投入( $X_1$ )。农业机械动力替代传统劳动力, 显著提高农业生产效率, 促进了耕地要素的集约化配置。2015年后, 随着农业技术进步和集约化生产的推进, 机械动力对劳动力流失的替代效应显现, 大幅提升了农业产出效率, 优化了耕地要素的配置结构。主城新区的永川区等以农业机械化推进为基础, 建设机械化生产基地、改善宜机化生产条件, 大幅提升了耕地利用系统的组织适应性和资源利用效率。

2) 耕地相对丰富性( $X_{10}$ )。人均耕地面积是衡量劳动力与耕地资源匹配度的重要指标, 较高的耕地相对丰富性能为农业从业者提供更好的资源支撑, 推动现代农业组织模式的推广与优化。

3) 耕地区位邻近性( $X_{11}$ )。耕地与市场的距离直接影响其经济价值和产出方式。主城新区的耕地由于接近市场, 利用效率较高, 远离城市的渝东北、渝东南地区受交通不便影响较大。随着交通条件的改善, 这

一影响逐渐减弱。

4) 耕地整合度( $X_{14}$ )。耕地整合度反映了耕地空间布局的细碎化程度和资源整合效率,影响规模化经营潜力。整合度高的耕地更适合规模化经营和机械化作业,有助于提高耕地资源利用效率。主城区新区的耕地整合度高,而渝东北和渝东南地区耕地较为细碎,限制了规模化、机械化的推广。与耕地地势平坦度和耕地肥力相比,耕地整合度对隐性形态的影响更多体现为对耕地资源整合或组织效率的间接影响。

### 3.3.3 一般因素

一般因素包括劳动力投入( $X_2$ )、养分投入( $X_3$ )、农户去依赖性( $X_{12}$ )和耕地碳排放强度( $X_{16}$ )4项,这些因素对耦合协调度的影响主要集中在2010年,随后逐渐减弱。

1) 劳动力投入( $X_2$ )。该因素直接影响农业生产模式的选择,但随着机械化的推广,其影响逐渐减弱。2010年耕地利用对劳动力的依赖较大,而后期其影响逐渐被技术进步所取代。

2) 化肥投入( $X_3$ )。化肥施用可以短期提升产量,但长期依赖会导致土壤质量下降。随着有机肥和生态农业的推广,其影响逐渐减弱。

3) 农户耕地去依赖性( $X_{12}$ )。城镇化率影响农村劳动力结构与耕地利用方式。虽然其对耕地利用的长期影响是显著的,但在短期内,其作用弱于能源投入、耕地地势平坦度等因素。

4) 耕地碳排放强度( $X_{16}$ )。该因素体现了耕地利用的生态效益。随着农业现代化和绿色发展模式的推广,其影响作用逐渐减弱。

### 3.3.4 其他因素

其他因素包括农药投入( $X_4$ )、社会保障价值( $X_6$ )、经济价值( $X_7$ )和生态价值( $X_8$ )4项,对耦合协调水平的影响较弱,多为间接影响或阶段性作用。

综上,能源投入、从业者生计价值、耕地地势平坦度和耕地肥力是影响重庆市耕地利用隐性形态耦合协调度的主要因素,其作用长期稳定。机械动力投入和耕地整合度等次要因素在特定时间节点产生较强作用,但其影响具有阶段性。劳动力投入、养分投入、农户耕地去依赖性和耕地碳排放强度等一般因素随着农业生产方式变革逐渐减弱。其他因素则主要表现为间接影响,反映耕地利用系统的复杂性。整体来看,重庆市耕地利用隐性形态耦合协调水平是经济、社会和自然因素相互交织的结果,这些因素共同推动了农业现代化发展与耕地可持续利用。

## 4 结论与讨论

### 4.1 结论

本文聚焦于快速工业化与城镇化进程中区域耕地利用隐性形态的时空演化特征,基于耕地利用隐性形态的投入形态—组织适应性形态—产出形态,重构理论内涵、创新解析框架。通过综合指数模型,量化耕地利用三维隐性形态,并探析三维隐性形态时空演化规律,识别影响隐性形态耦合协调演化的驱动因素,结论如下:

1) 2010—2022年,重庆市耕地利用投入—组织适应性—产出三维隐性形态整体水平明显提高,但各维度空间依赖性明显,呈现相似组团分布特征,空间分异显著。整体来看,研究区投入形态先优化后衰退,后期的衰退主要受丘陵山地区农业机械化推进缓慢影响,未能有效弥补农业劳动力非农转移导致的要素流失。同时,化肥施用控制导致传统投入要素数量减少,而新型要素补充不同步,加剧了要素替代失衡,形成投入结构性空缺。从具体时间节点看,2010年,三维形态整体水平较低,空间分化不明显,组织适应性呈现“西高东低”格局;2015年,产出形态显著优化,中心城区与主城区新区的产出水平显著高于渝东北和渝东南地区;2020年,投入形态的空间分化加剧,呈“东高西低”空间分布格局;2022年,耕地利用系统进一步优化,投入形态结构显著调整,产出形态虽有局部波动但整体提升,组织适应性大幅改善,表现出较强的区域适应能力。整体来看,中心城区和主城区新区耕地资源禀赋较优,三维隐性形态表现较为突出,而渝东

北和渝东南地区由于资源禀赋质量劣势性、经济发展水平弱势以及基础设施等限制,发展进程相对滞后。

2) 2010—2022年,重庆市耕地利用隐性形态的三维耦合协调度持续提升,整体水平从初级协调向高级协调迈进,但区域差异和动态变化仍较为显著。主城区市区资源流失和农业功能的弱化,使整体协调度呈现“中心塌陷,边缘改良”格局。耦合协调度的时空演化特征与三维隐性形态演化存在一定相似性:2015年,中心城区与主城新区率先达到较高协调水平;2020年,受快速城镇化影响,中心城区协调度出现下降,但渝东北地区因土地整治工程协调度有所改善;2022年,高级协调区域显著增加,主城区市区和渝东北地区表现突出。然而,部分区域(如江北区和巫溪县)仍存在耦合协调度下降或失调的现象,耕地利用系统内部结构和功能的动态平衡较为复杂,协调提升过程伴随波动和区域分化。

3) 重庆市耕地利用隐性形态的三维耦合协调由经济、社会和自然因素共同驱动。经济因素中,机械动力的提升增强了产出效率和组织适应性;农村用电量代表的能源投入反映了农业现代化水平,对三维形态的优化具有重要作用。社会因素中,耕地相对丰富性和城镇化率对耕地资源配置、劳动力转移和产出效率的协同作用显著,但其影响因各区域社会经济发展水平不同而存在显著差异。自然因素中,耕地地势平坦度和耕地肥力决定了耕地利用的基础条件。此外,农业技术进步、土地整治、高标准农田建设等措施在一定程度上促进了三维耦合协调度的提升,但区域发展仍存在不均衡性,需通过资源优化配置和政策干预进一步改善。

## 4.2 讨论

本文基于投入—组织适应性—产出三维耦合框架,揭示了快速工业化与城镇化进程中丘陵山地区耕地利用的三维隐性形态演化特征,为阶段化政策干预提供依据,并为差异化耕地管理政策设计提供量化依据。

1) 本文构建投入—组织适应性—产出三维框架,将投入和产出视作不同子系统,并叠加组织适应性,全面揭示了丘陵山地区耕地系统的复杂互动关系。相比传统投入—产出二维分析,该框架扩展了研究范畴,使其更好与区域城乡综合发展情况衔接,深化了土地利用转型理论,为耕地利用优化提供了新视角。丘陵山地区耕地管理政策应聚焦于优化投入—组织适应性—产出三维隐性形态的耦合协调,以促进农业可持续发展。其中,农业现代化与自然条件的协同是提升耦合协调度的核心驱动力。当前丘陵山地区耕地利用隐性形态面临的关键问题是要素替代失衡,即劳动力转移加剧但技术替代进程缓慢。因此,重庆市应采取差异化“分阶段干预”政策,构建“集约投入—高组织适应性—多样化产出”的优化路径。对于形态发展不均衡的区域,应重点提升劣势维度的核心指标,以引导区域三维形态的协调演化。

2) 重庆市的耕地利用隐性形态时空演化格局趋势与平原地区整体相似<sup>[39]</sup>,均呈现出隐性形态水平与耦合协调水平逐渐优化的态势。然而,相较于平原地区,丘陵山地区的时空演变相对缓慢<sup>[50]</sup>,且空间极化现象更为突出。受地形复杂、生态脆弱和交通不便等因素影响,技术替代进程受到制约<sup>[28]</sup>,导致隐性形态的提升进程相对缓慢,区域差异显著。在劳动力流失或资金投入不足时,部分区域可能出现停滞或下降。丘陵山地区的地块破碎化和资源分散使得平原地区的主要规模化经营模式难以直接适用。丘陵山地区应依托土地整治、耕地宜机化改造和适地化技术应用,提高生产效率,弥补传统规模化不足。随着农业机械化水平提升,农业现代化的替代效应凸显。因此,重庆市应遵循“技术补偿地形”的山区农业路径,采取“适地化技术+精准化政策”双轮驱动发展策略。社会经济发达、基础设施完善的主城新区,具备产业带动能力强、资金投入充足、科技创新能力高等优势,可探索“耕地多功能复合利用”模式,在保障粮食安全的同时提升耕地的生态与经济价值,以缓解城市化对耕地功能的挤压;同时,通过政策引导企业参与耕地流转,推动适度规模化经营。渝东北和渝东南地区应优先推进土地整治与农田水利建设,提升耕地整合度,同时推广适地化农业机械,发展高效绿色农业,以缓解地形限制带来的高投入—低产出的结构性矛盾。

3) 本文探讨了重庆市耕地利用三维隐性形态的耦合协调水平演化及其驱动因素,揭示了耕地利用与

地理环境、社会经济及城镇化进程之间的复杂适应关系,丰富了丘陵山地区耕地利用隐性形态内部系统的互动机制研究,但研究仍存在局限性:一方面,研究结论主要适用于丘陵山地区,对其他复杂地形区的适用性需进一步验证;另一方面,受数据可得性限制,未能进行更小尺度、更长时间序列的隐性形态测度。未来可结合新型数据源与方法,增强隐性形态表征的全面性与精准性,扩展研究的时空范围,覆盖不同地貌类型的典型区域,深化多尺度研究,以期更全面、深入地揭示耕地利用隐性形态的演化规律。

### 参考文献:

- [1] GRAINGER A. The Future Role of the Tropical Rain Forests in the World Forest Economy [D]. Oxford: University of Oxford, 1986.
- [2] MATHER A S. The Forest Transition [J]. *Area*, 1992, 24(4): 367-379.
- [3] 龙花楼. 论土地利用转型与土地资源管理 [J]. *地理研究*, 2015, 34(9): 1607-1618.
- [4] 李秀彬. 土地利用变化的解释 [J]. *地理科学进展*, 2002, 21(3): 195-203.
- [5] 龙花楼, 李秀彬. 区域土地利用转型分析——以长江沿线样带为例 [J]. *自然资源学报*, 2002(2): 144-149.
- [6] 刘彦随. 现代人地关系与人地系统科学 [J]. *地理科学*, 2020, 40(8): 1221-1234.
- [7] QU Y B, ZHAN L Y, WEI C, et al. Interactive Transition of Cultivated Land and Construction Land During China's Urbanization: A Coordinated Analytical Framework of Explicit and Implicit Forms [J]. *Land Use Policy*, 2024, 138: 107049.
- [8] 李秀彬. 农地利用变化假说与相关的环境效应命题 [J]. *地球科学进展*, 2008, 23(11): 1124-1129.
- [9] 苏康传, 杨庆媛, 张佰林, 等. 山区农村土地利用转型与小农经济变迁耦合机理 [J]. *地理研究*, 2019, 38(2): 399-413.
- [10] 李灿. 区域土地利用转型诊断与调控的分析路径 [J]. *地理研究*, 2021, 40(5): 1464-1477.
- [11] 宋小青, 李心怡. 区域耕地利用功能转型的理论解释与实证 [J]. *地理学报*, 2019, 74(5): 992-1010.
- [12] 曲艺, 龙花楼, 曹林森. 城镇化背景下土地利用转型的环境与经济效应耦合研究框架构建 [J]. *地理科学进展*, 2024, 43(4): 799-809.
- [13] RINDFUSS R R, WALSH S J, TURNER B L, et al. Developing a Science of Land Change: Challenges and Methodological Issues [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2004, 101(39): 13976-13981.
- [14] 谭智元, 黄玉莉, 曹银贵, 等. 中国耕地利用转型研究: 热点与前沿 [J]. *农业资源与环境学报*, 2023, 40(6): 1400-1414.
- [15] LONG H L, QU Y. Land Use Transitions and Land Management: A Mutual Feedback Perspective [J]. *Land Use Policy*, 2018, 74: 111-120.
- [16] 龙花楼, 曲艺, 屠爽爽, 等. 城镇化背景下中国农区土地利用转型及其环境效应研究: 进展与展望 [J]. *地球科学进展*, 2018, 33(5): 455-463.
- [17] 龙花楼. 论土地利用转型与乡村转型发展 [J]. *地理科学进展*, 2012, 31(2): 131-138.
- [18] 杨庆媛, 王浩骅, 杨凯悦, 等. 中国耕地保护补偿体系研究 [J]. *西南大学学报(自然科学版)*, 2024, 46(10): 15-29.
- [19] TIAN Y Y, JIANG G H, XING Y Q, et al. From Process to Effects: An Approach for Integrating Dominant and Recessive Transitions of Rural Residential Land (RRL) [J]. *Land Use Policy*, 2025, 148: 107387.
- [20] 张惠远, 赵昕奕, 蔡运龙, 等. 喀斯特山区土地利用变化的人类驱动机制研究——以贵州省为例 [J]. *地理研究*, 1999, 2: 25-31.
- [21] 胡守庚, 童陆亿, 龙花楼. 论土地利用转型潜力及其评价的理论框架 [J]. *地理研究*, 2019, 38(6): 1367-1377.
- [22] 林坚, 刘芳圣, 安芄霏, 等. 2022 年土地科学研究重点进展评述及 2023 年展望——土地资源利用与空间规划分报告 [J]. *中国土地科学*, 2023, 37(4): 131-140.
- [23] 程建, 程久苗. 中国省际土地利用隐性形态时空格局、驱动力与转型模式 [J]. *中国土地科学*, 2017, 31(12): 60-68, 97.
- [24] 代亚强, 张玥, 柯新利, 等. 耕地利用转型与县域城镇化的耦合作用及其影响因素分析——以河南省为例 [J]. *自然资源学报*, 2024, 39(1): 206-227.
- [25] 向敬伟, 李江风, 曾杰. 鄂西贫困县耕地利用转型空间分异及其影响因素 [J]. *农业工程学报*, 2016, 32(1): 272-279.

- [26] 张婕,刘玉洁,张二梅,等. 中国县域耕地动态演变及其驱动机制 [J]. 地理学报, 2023, 78(9): 2105-2127.
- [27] 曲艺,龙花楼. 城市土地利用隐性形态空间分异及其影响因素——以中国 289 个地级以上城市为例 [J]. 经济地理, 2016, 36(10): 1-8.
- [28] 廖柳文,高晓路,龙花楼,等. 基于农户利用效率的平原和山区耕地利用形态比较 [J]. 地理学报, 2021, 76(2): 471-486.
- [29] 周传龙,李莹莹,李丁一,等. 陕西省耕地利用强度分化特征及其影响因素研究 [J]. 干旱地区农业研究, 2024, 42(5): 226-234, 254.
- [30] 刘新智,周韩梅,董飞. 耕地利用转型与农村经济增长:直接效应与空间溢出效应 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2021, 43(11): 102-111.
- [31] 吴莉,侯西勇,徐新良. 环渤海沿海区域耕地格局及影响因子分析 [J]. 农业工程学报, 2014, 30(9): 1-10.
- [32] 李鸿,张连凯,杨克好,等. 泸江流域不同土地利用类型下土壤有机碳含量及其影响因素 [J/OL]. (2024-11-26) [2024-12-06]. 长江流域资源与环境, <http://kns.cnki.net/kcms/detail/42.1320.X.20241126.1109.002.html>.
- [33] 赵文武. 世界主要国家耕地动态变化及其影响因素 [J]. 生态学报, 2012, 32(20): 6452-6462.
- [34] GASPARRI N I, GRAU H R, SACCHI L V. Determinants of the Spatial Distribution of Cultivated Land in the North Argentine Dry Chaco in a Multi-decadal Study [J]. Journal of Arid Environments, 2015, 123: 31-39.
- [35] GE D Z, LONG H L, ZHANG Y N, et al. Farmland Transition and Its Influences on Grain Production in China [J]. Land Use Policy, 2018, 70: 94-105.
- [36] 夏春华,李阳兵,曾晨岑,等. 三峡库区坡耕地利用转型及其社会经济-生态环境影响——以奉节县为例 [J]. 生态学报, 2023, 43(7): 2688-2702.
- [37] 吴常艳,陈博文,黄贤金,等. 耕地利用变化的近远程驱动机制研究——以长江经济带为例 [J]. 地理研究, 2023, 42(11): 3003-3019.
- [38] 龙花楼,戈大专,王介勇. 土地利用转型与乡村转型发展耦合研究进展及展望 [J]. 地理学报, 2019, 74(12): 2547-2559.
- [39] 周贵鹏,龙花楼,戈大专,等. 耕地利用隐性形态三维测度及其地域类型研究——以黄淮海地区为例 [J]. 地理研究, 2024, 43(1): 180-199.
- [40] 沈建国,王忠,李丹,等. 不同有机物投入对新垦耕地红壤肥力及蔬菜生长的影响 [J]. 水土保持通报, 2019, 39(1): 85-90.
- [41] LONG H L. Theorizing Land Use Transitions: A Human Geography Perspective [J]. Habitat International, 2022, 128: 102669.
- [42] 重庆市统计局. 重庆统计年鉴 2011 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2011.
- [43] 重庆市统计局. 重庆统计年鉴 2016 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2016.
- [44] 重庆市统计局. 重庆统计年鉴 2021 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2021.
- [45] 重庆市统计局. 重庆统计年鉴 2023 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2023.
- [46] 沈仁芳,陈美军,孔祥斌,等. 耕地质量的概念和评价与管理对策 [J]. 土壤学报, 2012, 49(6): 1210-1217.
- [47] 孔祥斌,刘灵伟,秦静. 基于农户土地利用行为的北京大兴区耕地质量评价 [J]. 地理学报, 2008(8): 856-868.
- [48] 卢新海,崔海莹,柯善淦,等. 湖北省耕地利用绿色转型与粮食全要素生产率的耦合协调及其驱动机制研究 [J]. 中国土地科学, 2022, 36(8): 75-84.
- [49] 王劲峰,徐成东. 地理探测器:原理与展望 [J]. 地理学报, 2017, 72(1): 116-134.
- [50] 杨钟贤,苏春江. 平原与山区土地利用/覆被变化对比——以双流县和米易县为例 [J]. 山地学报, 2009, 27(5): 585-592.