

中国耕地利用显性转型与隐性转型耦合协调时空演变及影响因素分析

牛文浩^{1,2,3}, 随一凡³, 王浩阳³, 张蚌蚌^{3*}, 于强^{1,2,4*}

(1. 西北农林科技大学资源环境学院, 杨凌 712100; 2. 西北农林科技大学水土保持与荒漠化整治全国重点实验室, 杨凌 712100; 3. 西北农林科技大学经济管理学院, 杨凌 712100; 4. 西北农林科技大学水土保持科学与工程学院, 杨凌 712100)

摘 要: 探讨耕地利用显性转型与隐性转型的耦合作用关系, 可为协调二者间冲突, 实现耕地保护与可持续利用提供有益参考。该研究基于人地关系地域系统理论, 构建耕地利用显性与隐性转型相互作用理论框架, 采用熵值法、耦合协调模型、协调影响力模型等方法, 揭示 2000—2020 年中国 31 个省份 (不含港澳台) 耕地利用显性转型与隐性转型水平及其耦合协调度的时空演变特征, 并分析显性转型与隐性转型耦合协调度的影响因素。结果表明: 1) 2000—2020 年间, 中国耕地利用显性转型水平总体呈现下降趋势, 东北部与东部传统农业省份的显性转型水平普遍较高, 而东南沿海经济发达省份以及南部、西部省份的显性转型水平普遍较低。耕地利用隐性转型水平总体呈现上升趋势, 东部沿海与西部内陆省份拥有较高的隐性转型水平, 并对周边省份产生辐射带动。2) 研究期内, 中国耕地利用显性转型与隐性转型耦合协调度持续上升, 呈现出失调阶段省份减少、协调阶段省份增加的变化趋势, 并形成“东部领先、西部追赶、中部落后”的空间格局。宁夏等 9 个省级行政区的耦合协调类型由隐性转型滞后型转变为显性转型滞后型, 而新疆由显性转型滞后型转变为隐性转型滞后型。北部省份以隐性转型滞后型为主, 而南部省份则以显性转型滞后型为主。3) 人均耕地面积、平均斑块面积、地均机械总动力、耕地灌溉比例、地均第一产业产值等指标对耕地利用显性转型与隐性转型耦合协调性产生阻碍作用, 而土地垦殖率、斑块密度、边缘密度、耕地斑块占景观面积比例、地均化肥用量、地均农药用量、地均塑料薄膜用量、地均粮食产量等指标则产生推动作用。因此, 应根据区域实际情况, 制定差异化耕地保护与利用对策, 以实现区域耕地利用显性转型与隐性转型协同发展。

关键词: 耕地利用转型; 耦合协调; 时空演变; 影响因素

doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.202504020

中图分类号: F301.2

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2025)-15-0278-12

牛文浩, 随一凡, 王浩阳, 等. 中国耕地利用显性转型与隐性转型耦合协调时空演变及影响因素分析[J]. 农业工程学报, 2025, 41(15): 278-289. doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.202504020 <http://www.tcsae.org>
NIU Wenhao, SUI Yifan, WANG Haoyang, et al. Spatiotemporal evolution and influence factors of coupling coordination between cultivated land use dominant transition and recessive transition in China[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2025, 41(15): 278-289. (in Chinese with English abstract) doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.202504020 <http://www.tcsae.org>

0 引 言

耕地作为农业系统中的关键生产要素, 在保障国家粮食安全任务中发挥着重要作用^[1]。现阶段, 在中国社会经济转型过程中, 伴随着城乡、人口和产业结构的变化, 耕地利用形态正经历深刻的转型态势^[2-3]。其中, 以耕地数量结构与空间形态转变为代表的显性形态转型主要反映了耕地地理环境属性的变化^[4], 以耕地经营方式与投入产出转变为代表的隐性形态转型主要反映了耕地

人类活动属性的变化^[5]。耕地利用显性转型与隐性转型之间相互作用助推了耕地利用转型的实现, 体现了耕地利用系统的演变, 以及人地关系变迁^[6-7]。然而, 中国社会经济发展过程中耕地利用显性与隐性转型并非完全协调, 甚至在一定程度上存在冲突。例如, 耕地产出效益低下引发耕地撂荒问题^[8-9]; 城镇建设用地无序扩张致使耕地面积减少、细碎化程度加剧, 并导致耕地投入产出结构恶化、降低耕地利用效率^[10-11]。耕地利用显性形态与隐性形态转型之间的冲突, 极易诱发耕地利用系统的紊乱与退化, 从而为国家粮食安全目标实现带来严重威胁。因此, 系统解析中国耕地利用显性转型与隐性转型协调互动特征, 分析其影响因素, 对实现耕地可持续利用转型, 落实“藏粮于地”战略具有重要意义。

土地利用转型的概念起源于 GRAINGER^[12]对欧洲森林变化的研究, 是指在经济社会变革的驱动下, 一定时期内与经济社会发展阶段转型相对应的区域土地利用形态的转变^[6,13]。随后, 龙花楼^[6]将土地利用转型的概念引入中国, 成为土地系统科学研究的重要理论支撑。国内学者结合中国经济社会特点对土地利用转型展开深入

收稿日期: 2025-03-31 修订日期: 2025-07-06

基金项目: 国家自然科学基金项目 (42171267); 陕西省创新能力支撑计划青年科技新星项目 (人才) (2024ZC-KJXX-052); 陕西省 2024 年农业关键核心技术攻关项目 (2024NYGG010)

作者简介: 牛文浩, 博士生, 研究方向为气候变化、耕地可持续利用与粮食安全等。Email: niu-wenhao@nwfufu.edu.cn

※通信作者: 张蚌蚌, 博士, 教授, 博士生导师, 研究方向为耕地保护与粮食安全等。Email: bangbang.zhang@nwfufu.edu.cn;

于强, 博士, 教授, 博士生导师, 研究方向为气候变化与粮食安全等。Email: yuq@nwfufu.edu.cn

研究^[14]，并逐渐聚焦到对特定土地利用类型转型的研究^[15]。其中，耕地作为乡村地区最主要的、可变性最强的土地利用类型之一，包含复杂的自然、社会、经济与资产属性，与农业生产、农户生计等息息相关。因此，耕地利用转型成为土地利用转型研究的热点话题^[16-17]。目前，学者围绕耕地利用转型的时空演变^[2,18-19]、驱动机制^[20-22]、影响效应^[23]等方面进行了卓有成效的研究。同时，已有研究也关注到了耕地利用显性转型与隐性转型之间的作用关系。例如，耕地要素投入与产出收益的变动会显著影响耕地向其他农用地类型转移的数量，并改变耕地的空间集聚水平^[8-9,21]。而耕地数量结构和空间形态的转变会引发耕地要素投入结构的变动，并影响耕地的多功能表现^[24-25]。然而，现有研究针对耕地利用显性转型与隐性转型之间的耦合互动关系缺乏深入考察，从而限制了对耕地利用转型的系统认知。虽然有极少数学者探讨了两者之间的耦合协调关系，但也仅局限于西北农作制区、云南贫困山区等特定区域^[26-27]。中国耕地利用显性转型与隐性转型耦合协调关系的时空演变特征及影响因素等科学问题仍未得到有效回应。

鉴于上述分析，本研究首先从人地关系地域系统理论的视角，构建耕地利用显性转型与隐性转型耦合关系理论分析框架。其次，基于 2000—2020 年中国 31 个省级行政区面板数据，构建评价指标体系，评价中国耕地利用显性转型与隐性转型水平。再次，借助耦合协调度模型量化两者之间的耦合协调关系，并揭示其时空演变特征。最后，利用协调影响力模型衡量各评价指标对整体耦合协调度的贡献程度，分析推进或阻碍两者耦合协调发展的影响因素。以期为耕地利用转型研究提供一个新的视角，深化耕地利用转型理论，并为制定区域耕地保护与可持续利用政策提供有益思路。

1 基于人地关系地域系统理论的耕地利用显性转型与隐性转型耦合作用机理

人地关系地域系统理论由吴传钧^[28]于 1991 年提出，成为地理学研究的核心理论，被广泛用于解析地域功能形成的动力过程、影响因素与驱动机制^[28-29]。人地关系地域系统是内部具有一定结构和功能机制，由地理环境和人类活动两个子系统通过物质循环和能量转化等方式相互联系和交织构成的巨大、开放的复杂系统，该系统强调人与地在特定地域中的相互联系与作用，其中“人”具有主观能动性，可以主动认识、利用与改造自然环境。而“地”是人类生存的空间载体与物质基础，制约人类活动的速度、深度和广度^[29-31]。

耕地利用转型是指在经济社会变化革新的驱动下，一定时期内与经济和社会发展阶段转型相对应的区域耕地利用形态的转变，包括耕地利用显性转型和隐性转型两个方面。其中，耕地利用显性转型强调数量结构、空间形态等显性形态的变化，主要反映耕地的地理环境属性转变；而隐性转型则关注耕地投入、产出、经营方式与功能等隐性形态的变化，主要反映耕地的人类活动属性转变^[2,17-18]。人地关系地域系统理论可以有力支持耕地利用转型研究的理论化。根据人地关系地域系统理论，耕地利用活动是耕地地理环境子系统与人类活动子系统的

交互作用的集中表现。而耕地利用转型则反映了耕地利用显性转型与隐性转型相互联系、耦合作用的过程，体现了耕地利用系统中人地关系的变迁^[28]。

耕地利用显性转型与隐性转型之间的耦合作用关系如图 1 所示。具体而言，耕地利用显性转型为隐性转型提供物质基础与空间支持，在极大程度上决定隐性转型的方向与程度。在耕地利用显性转型过程中，耕地数量结构与空间形态的转变会导致耕地要素投入、经营方式及物质产出改变。例如，当耕地细碎化程度加剧时，大型农业机械等先进农业生产技术的使用将受到限制，造成耕地资源的低效利用与闲置浪费，抑制农业生产效率的提升^[32-34]。相反，耕地细碎化程度的改善，会促使农业投入产出结构的优化、农业经营方式的转型升级以及耕地多功能的提高^[35-36]。耕地利用隐性转型的程度会对显性转型产生反馈与影响。例如，耕地农业生产效率与经济产出能力下降会引发耕地撂荒，并促使耕地向其他土地利用转变，改变耕地的数量结构^[8-9,21]，同时还会驱使政府与农业经营主体开展耕地整治，改善耕地空间形态^[37-38]。此外，农业社会化服务的广泛采纳助推了耕地经营方式的转型，并促使农业经营主体转入耕地，提高耕地空间聚集水平以实现规模化经营^[39]。

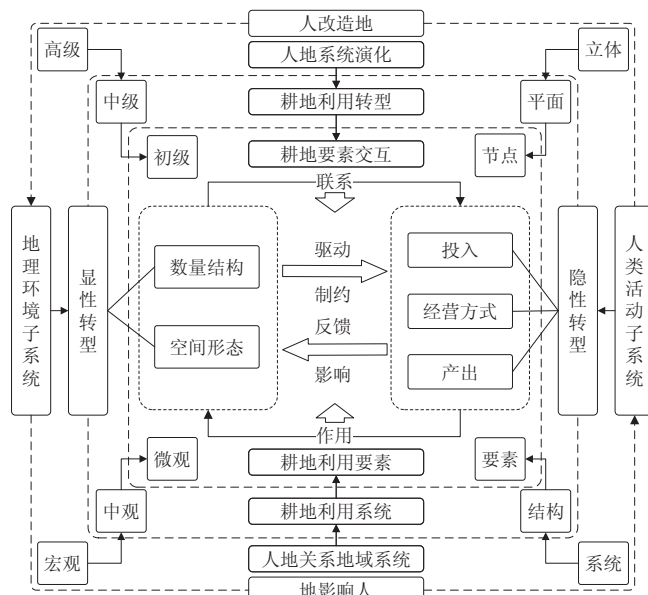


图 1 耕地利用显性转型与隐性转型耦合作用机理

Fig.1 Coupling mechanism between cultivated land use dominant transition and recessive transition

2 研究方法与数据来源

2.1 耕地利用显性转型与隐性转型指标体系构建

基于耕地利用显性转型与隐性转型的内涵以及两者耦合作用机理，参考已有相关研究成果，本研究构建了耕地利用显性转型与隐性转型指标体系（表 1）。耕地利用显性转型主要反映耕地可外化表现的利用类型结构的转变，本研究从数量结构、空间形态两个方面进行刻画。其中，数量结构代表了耕地数量的充足程度，直接影响到农业投入与产出，具体采用人均耕地面积与土地垦殖率 2 个指标表征^[19,23]。人均耕地面积与土地垦殖率越大，表明耕地数量越充足，耕地承载人口压力越小，

耕地的经营规模化与专业化趋势更加明显^[20]，与耕地利用显性转型呈正相关。空间形态主要体现耕地斑块的形状、大小、空间布局等景观格局的变化，反映耕地的空间集聚程度，影响耕地的投入产出结构以及经营方式，具体采用斑块密度、边缘密度、平均斑块面积以及耕地

斑块占景观面积比例等 4 个指标表征^[18,40]。斑块密度与边缘密度越大，耕地的景观细碎化程度越高，与耕地利用显性转型呈负相关；平均斑块面积与耕地斑块占景观面积比例越大，耕地的空间集聚水平越高，与耕地利用显性转型呈正相关。

表 1 耕地利用显性转型与隐性转型指标体系

Table 1 Indicator system of cultivated land use dominant transition and recessive transition

目标层 Target layer	准则层 Criteria layer	指标层 Indicator layer	代码 Code	单位 Unit	计算式 Computational formula	属性 Property	权重 Weight
耕地利用显性转型 Cultivated land use dominant transition	数量结构	人均耕地面积	PLA	hm ² ·10 ⁻⁴ 人	总耕地面积/总人口	+	0.201
		土地垦殖率	LRR	%	(总耕地面积/总土地面积)×100%	+	0.128
	空间形态	斑块密度	PD	个·100 hm ⁻²	耕地斑块数/斑块总面积	-	0.038
		边缘密度	ED	km·km ⁻²	耕地边缘总长度/总景观面积	-	0.083
		平均斑块面积	MPA	hm ²	总耕地斑块面积/耕地斑块数	+	0.440
		耕地斑块占景观面积比例	PL	%	(总耕地斑块面积/总景观面积)×100%	+	0.110
耕地利用隐性转型 Cultivated land use recessive transition	投入	地均化肥用量	FI	t·hm ⁻²	总化肥用量/总耕地面积	-	0.065
		地均农药用量	PEI	t·hm ⁻²	总农药用量/总耕地面积	-	0.047
		地均塑料薄膜用量	PLI	t·hm ⁻²	总塑料薄膜用量/总耕地面积	-	0.026
	经营方式	地均机械总动力	MP	kW·hm ⁻²	农业机械总动力/总耕地面积	+	0.195
		耕地灌溉比例	PI	%	(耕地灌溉总面积/总耕地面积)×100%	+	0.222
	产出	地均第一产业产值	FIV	万元·hm ⁻²	第一产业生产总值/耕地面积	+	0.369
	地均粮食产量	GA	t·hm ⁻²	粮食总产量/粮食播种面积	+	0.076	

耕地利用隐性转型主要反映依附于显性形态且无法外化表现的隐性形态转变，本研究从投入、经营方式、产出 3 个方面进行刻画。其中，投入既代表了人类对耕地的干预强度，又从侧面反映了耕地的生态健康水平，其随着耕地数量结构与空间形态的变化而发生调整，具体采用地均化肥用量、地均农药用量、地均塑料薄膜用量等 3 个指标表征^[18,22]。化肥、农药、塑料薄膜用量越高，耕地利用强度越大，耕地面临的生态风险越高，从而阻碍耕地利用隐性转型水平的提高。经营方式代表人类对耕地的生产利用方式，与区域耕地的空间形态密切相关，具体采用地均机械总动力、耕地灌溉比例 2 个指标表征^[19,23]。较高的机械总动力与灌溉比例反映了较高水平的耕地生产利用方式，对耕地利用隐性转型水平产生正向影响。产出体现了耕地生产利用过程中所生产的产品数量，受到耕地数量结构与空间形态的影响，具体采用地均第一产业产值、地均粮食产量 2 个指标表征^[19,22]。第一产业产值与粮食产量越高，耕地的生产功能越强，耕地利用隐性转型水平也就越高。

2.2 耕地利用显性转型与隐性转型指数计算

首先，本研究通过极差标准化的方式对各指标数据进行处理，实现指标间的量纲统一，具体计算式如下：

$$y_{ij} = (x_{ij} - x_{jmin}) / (x_{jmax} - x_{jmin}) \tag{1}$$

$$y_{ij} = (x_{jmax} - x_{ij}) / (x_{jmax} - x_{jmin}) \tag{2}$$

式中 y_{ij} 表示样本 i 的指标 j 的标准化值，式 (1) 和式 (2) 分别表示正向指标和负向指标的极差标准化过程。 x_{ij} 表示样本 i 的指标 j 的具体数值， x_{jmin} 表示各样本中指标 j 的最小值， x_{jmax} 表示各样本中指标 j 的最大值。

在对各个指标进行标准化处理之后，需要进一步计算各个指标的权重。指标赋权的方法分为主观与客观赋权两种方法，以层次分析法为代表的主观赋权法在确定指标权重时往往依赖于打分人的经验与直觉，存在较强的主观性偏差，从而影响评价结果的客观性和准确性。

因此，参考相关研究^[18,23]，本研究采用了客观赋权法中常用的熵值法，通过量化指标的不确定性与各指标间的相关性，计算各指标的熵值，进而确定各指标的权重。熵值法可以有效避免主观性因素的干扰与多指标的信息重叠，具有较高的适用性，同时保证了评价的精确性与可靠性。熵值法的具体计算式如下：

$$P_{ij} = y_{ij} / \sum_{i=1}^n y_{ij} \tag{3}$$

$$E_j = -(\ln n)^{-1} \sum_{i=1}^n P_{ij} \ln P_{ij} \tag{4}$$

$$H_j = 1 - E_j \tag{5}$$

$$W_j = H_j / \sum_{i=1}^n H_j \tag{6}$$

式中 P_{ij} 表示 y_{ij} 的占比。 E_j 表示指标 j 的信息熵，如果 $P_{ij} = 0$ ，则定义 $\ln P_{ij} = 0$ 。 H_j 为指标 j 的差异系数。 W_j 为指标 j 的权重。在对各个指标权重计算完成后 (表 1)，最后通过式 (7) 计算耕地利用显性转型与隐性转型指数。

$$R_i = \sum_{j=1}^n y_{ij} W_j \tag{7}$$

式中 R_i 代表样本 i 的耕地利用显性转型或隐性转型指数，其取值范围为 [0,1]。 R_i 越接近 1 说明耕地利用显性转型或隐性转型程度越高。在此，分别将耕地利用显性转型或隐性转型指数表示为 R_{Di} 与 R_{Ri} 。

2.3 耦合协调度模型

耦合指的是两个及以上系统间的相互作用的现象。通过耦合度模型计算得到的耦合度能实现不同系统间相互作用关系的量化。然而，耦合度仅能反映系统间的相互作用，而无法表达系统间的协同作用。在耦合度模型基础上发展出来的耦合协调度模型，可以有效克服耦合

度模型的上述缺点。因此，本研究引入耦合协调度模型通过计算耕地利用显性转型与隐性转型指数的耦合协调度实现对耕地利用显性转型与隐性转型交互关系的量化。耦合协调度模型具体如下：

$$C_i = 2 \sqrt{\frac{R_{Di} \cdot R_{Ri}}{(R_{Di} + R_{Ri})^2}} \quad (8)$$

$$T_i = \alpha R_{Di} + \beta R_{Ri} \quad (9)$$

$$CCD_i = \sqrt{C_i \cdot T_i} \quad (10)$$

式中 C_i 代表样本 i 耕地利用显性转型与隐性转型之间的耦合度， T_i 代表样本 i 耕地利用转型的综合发展指数， α 和 β 分别表示耕地利用显性转型与隐性转型对耕地利用转型的贡献程度，且 $\alpha + \beta = 1$ ，本研究将耕地利用显性转型与隐性转型对耕地利用转型的贡献程度视为相同，即 $\alpha = \beta = 0.5$ 。 CCD_i 表示样本 i 耕地利用显性转型与隐性转型之间的耦合协调度，其取值范围为 $[0,1]$ 。 CCD_i 越接近 1 说明耕地利用显性转型与隐性转型之间耦合协调水平越高。参考相关文献^[41]，本研究将耕地利用显性转型与隐性转型之间的耦合协同程度划分为 10 个阶段，即极度失调 $(0,0.10]$ 、严重失调 $(0.10,0.20]$ 、中度失调 $(0.20,0.30]$ 、轻微失调 $(0.30,0.40]$ 、濒临失调 $(0.40,0.50]$ 、勉强协调 $(0.50,0.60]$ 、初级协调 $(0.60,0.70]$ 、中级协调 $(0.70,0.80]$ 、良好协调 $(0.80,0.90]$ 、优质协调 $(0.90,1.00]$ 。

2.4 协调影响力模型

参考相关研究^[42-43]，本研究拟借助协调影响力模型识别耕地利用显性转型与隐性转型各指标对总体耦合协调发展的作用方向与程度及其时空演变特征，从而识别出不同时空维度下耕地利用显性转型与隐性转型耦合协调关系的关键影响因素。协调影响力计算式如下：

$$CI_j = W_j(CCD_k - CCD_i) \quad (11)$$

式中 CI_j 代表指标 j 对耕地利用显性转型与隐性转型耦合协调的影响，数值越大代表影响程度越高，数值为正代表存在推动作用，反之则代表存在阻滞作用。 CCD_k 表示耕地利用显性转型指数与隐性转型各指标标准化值之间的耦合协调度或隐性转型指数与显性转型各指标标准化值之间的耦合协调度。

2.5 数据来源

本研究所使用的数据包括土地利用数据、社会经济数据两个部分。其中，2000—2020 年（间隔为 5 a）土地利用数据来源于中国科学院资源环境科学与数据中心（<https://www.resdc.cn/>）的中国多时期土地利用遥感监测数据集（CNLUCC），空间分辨率为 30 m，使用 ArcMap10.8 与 Fragstats3.3 软件计算得到斑块密度、边缘密度、平均斑块面积和耕地斑块占景观面积比例等 4 个耕地空间形态指标。社会经济数据来源于《中国统计年鉴》《中国农村统计年鉴》、31 个省级行政区统计年鉴与社会经济发展统计公报资料，包含土地总面积、耕地面积、总人口、化肥用量、农药用量、塑料薄膜用量、农业机械总动力、耕地灌溉面积、第一产业产值和粮食产量等统计指标，通过 Excel2024 对各原始统计指标进行预处理。

3 结果与分析

3.1 2000—2020 年中国耕地利用显性转型与隐性转型时空演变格局

2000—2020 年间，中国耕地利用显性转型指数总体呈现下降趋势（图 2），从 2000 年的 0.299 下降至 2020 年的 0.276，下降了 7.67%。该时期内，中国城镇化水平快速发展，建设用地呈现出持续扩张态势，导致部分耕地被占用，耕地景观破碎度加剧。值得注意的是，2005—2010 年间，中国耕地利用显性转型指数出现短暂上升。这体现出该时期的耕地保护政策取得了一定的成效。2005 年，原国土资源部下发《关于开展补充耕地数量质量实行按等级折算基础工作的通知》，对耕地占补平衡政策进行了完善；2006 年，“十一五”规划中明确提出“十八亿亩耕地红线”的约束性指标，国家土地督察制度被建立；2009 年，国家逐步完善建立起土地执法监管长效机制，并建立了全国土地利用监管“一张图”。上述一系列严格的耕地保护政策措施实施，使耕地显性形态恶化的问题得到有效遏制。

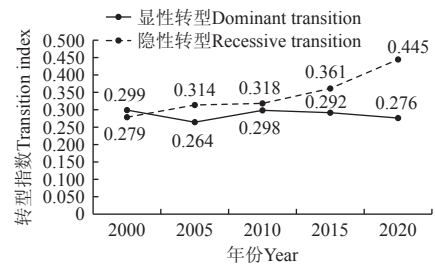


图 2 2000—2020 年中国耕地利用显性转型与隐性转型指数

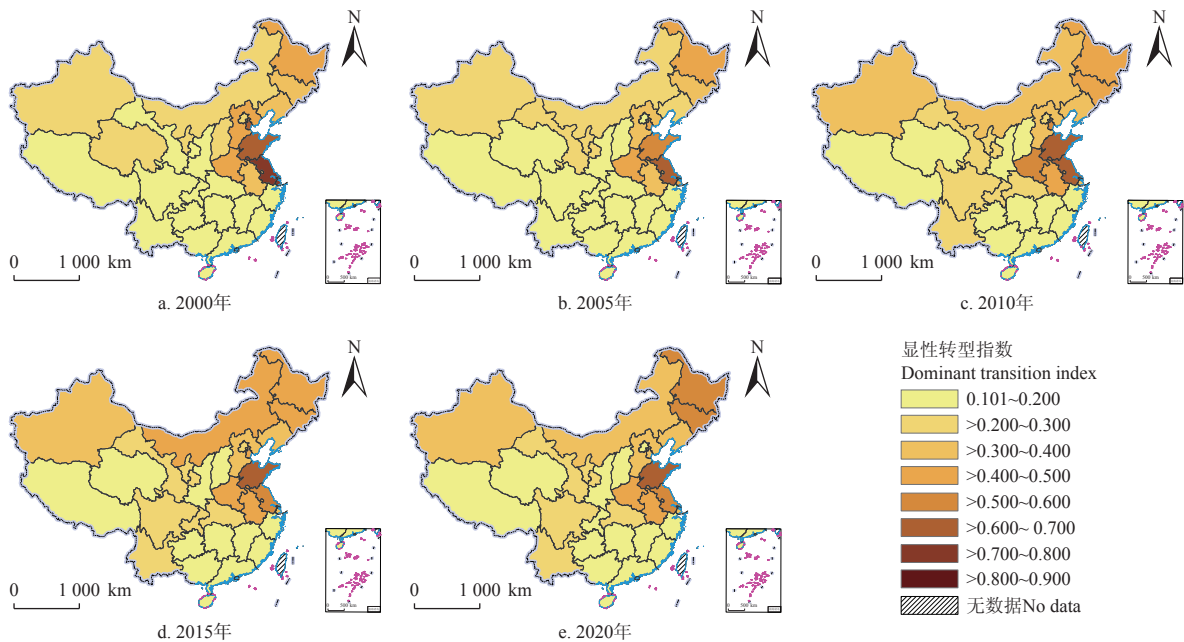
Fig.2 Cultivated land use dominant transition and recessive transition indexes in China from 2000 to 2020

2000—2020 年间，中国耕地利用隐性转型指数总体呈现出上升趋势，从 2000 年的 0.279 上升为 2020 年的 0.445，上升了 59.50%，表明研究期内中国总体耕地利用隐性形态有较大改善，其变化可以大致划分为两个阶段。一是 2000—2010 年间的缓慢上升阶段。该阶段内，中国相继实施了一系列支农惠农政策，农业灌溉等基础设施日益改善，农业机械化水平明显提高，农业产值与粮食产量快速增长。但与此同时，农药、化肥的施用强度也明显增加。因此，在有利与不利因素综合作用下，中国耕地利用隐性形态总体虽有所改善，但进展相对缓慢。二是 2010—2020 年间的快速上升阶段。该阶段内，农药化肥的过量使用开始引起广泛关注，维护良好的农业生态环境成为国家农业发展领域的关键任务。2013 年，原农业部颁布《小麦、玉米、水稻三大粮食作物区域大配方与施肥建议》，自 2015 年开始，中国启动化肥农药“双减”行动，力争到 2020 年实现化肥、农药零增长。因此，在一系列相关政策作用下，化肥、农药施用量得到有效控制，耕地利用隐性形态中不利因素影响得到减弱，该时期内的耕地利用隐性转型指数快速上升。

2000—2020 年间，中国大部分省份耕地利用显性转型指数在研究期内呈现下降趋势（图 3）。具体而言，2000—2005 年间，绝大部分省份耕地利用显性转型指数

出现降低, 其中, 上海、天津、北京 3 个直辖市下降幅度最大, 分别为 41.46%、32.96%、23.31%。相较于 2005 年, 大部分省份的显性转型指数在 2010 年有所回升。但在 2010 年以后, 除内蒙古、新疆、辽宁、吉林、黑龙江外, 其余 26 个省份的显性转型指数持续下滑, 这表明绝大多数省份在城镇化建设过程中, 可能无法有效控制建设用地扩张规模与开发强度, 导致耕地显性形态持续恶化。从空间格局上来看, 中国耕地利用显性转型指数呈现出明显的非均衡性空间分布特征, 高值区主要

分布在东北部与东部地区, 包括黑龙江、吉林、山东、河南、江苏等省份。这些省份大多属于传统农业省份, 拥有较多的耕地面积。低值区主要分布在东南沿海、南部与西部地区。具体而言, 浙江、福建、广东等东南沿海省份属于经济社会条件驱动下的低水平转型, 由于快速城镇化伴随着建设用地的大规模扩张, 致使大部分耕地被侵占, 耕地景观破碎度加剧。而湖南、贵州、青海、西藏等南部与西部省份受地形条件影响, 耕地自然破碎度较高, 属于自然条件驱动下的低水平转型。



注: 该图基于自然资源部标准地图服务网站下载的审图号为 GS(2023)2767 号的标准地图制作, 底图无修改。香港、澳门、台湾数据暂缺。下图同。
Note: The standard map with the review number GS(2023)2767 was downloaded on the website of Ministry of Natural Resources Standard Map Service, and the base map was not modified. Data in Hong Kong, Macao and Taiwan are temporarily unavailable. The same below.

图 3 2000—2020 年中国耕地利用显性转型时空格局
Fig.3 Spatiotemporal pattern of cultivated land use dominant transition in China from 2000 to 2020

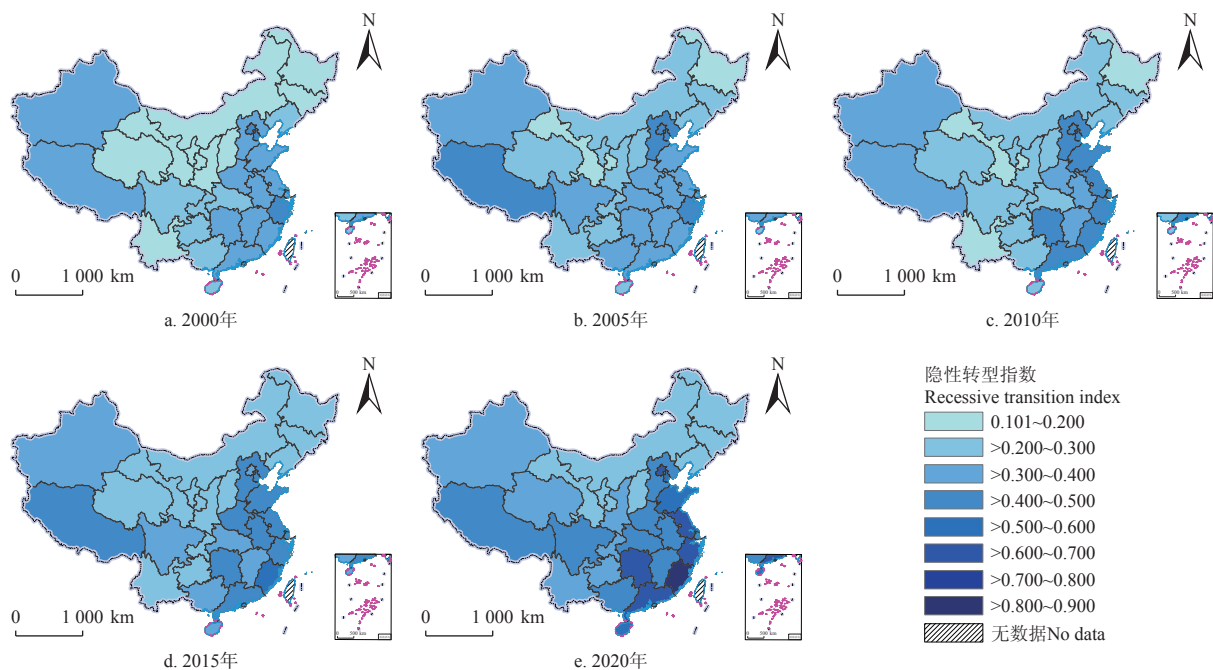


图 4 2000—2020 年中国耕地利用隐性转型时空格局
Fig.4 Spatiotemporal pattern of cultivated land use recessive transition in China from 2000 to 2020

2000—2020 年间，中国 31 个省级行政区耕地利用隐性转型指数在总体呈现上升趋势，这表明研究期内中国耕地生产要素投入与功能特征在逐渐优化（图 4）。其中，海南、福建、广东 3 个省份的隐性转型指数增长幅度最高，分别为 142.98%、142.90%、109.56%，且在 2015—2020 年间表现出最快的增长速度，这可能得益于该时期内 3 个省份的农业转型升级，通过特色农业发展，带动农业产业值提效增值，实现耕地产出功能的优化。从空间分布上看，中国耕地利用隐性转型呈现“东西强，中间弱”的显著特征。东部沿海省份拥有较为先进的农业生产技术与良好的农业生产条件，而西部内陆地区由于其较强的生态保护力度导致其农药、化肥、塑料薄膜使用水平较低。因此，两个地区处于耕地利用隐性转型的高水平梯队，并逐渐辐射带动中部省份隐性转型水平的提高。而中部地区与东北部地区由于农业种植结构相对单一，粮食作物种植比例较高，地均农业产值较低，从而导致两个地区大部分省份隐性转型程度较为落后。

3.2 2000—2020 年中国耕地利用显性转型与隐性转型耦合协调时空演变格局

图 5 显示，时间维度上，中国耕地利用显性转型与隐性转型耦合协调状态始终处于勉强协调阶段，但耦合协调度由 0.518 增加到 0.572，正逐步向初级协调阶段推

进，表明研究期内中国耕地可持续利用转型取得明显进展。绝大多数省份耦合协调度在 21 年间得到提升，整体呈现出失调阶段省份减少、协调阶段省份增加即“优盛劣衰”的变化趋势。其中，海南、贵州、福建 3 个省份的耦合协调度增加幅度最大，分别为 24.94%、22.19%、21.61%。而上海、天津、北京的耦合协调度出现下滑趋势，下降幅度分别为 13.12%、9.06%、1.38%。其中，上海和天津由中级协调衰退为初级协调，北京始终处于勉强协调阶段，这表明 3 个地区的耕地利用显性转型与隐性转型之间的表现出较强的权衡状态，这可能与其耕地利用显性转型水平的持续恶化有关。空间维度上，中国耕地利用显性转型与隐性转型耦合协调度呈现“东部领先、西部追赶、中部落后”的空间演变格局，空间分布差异逐渐趋于均衡。耦合协调度高值省份主要分布在东部地区，包括山东、江苏、河北等，这些省份得益于自身较好的显性形态本底条件以及隐性转型水平的稳步提升。耦合协调低值省份主要分布在中部与南部地区，得益于耕地利用隐性转型水平的稳步提高，中部与南部大部分省份在研究期内逐步摆脱失调阶段，进入协调阶段。但甘肃、陕西、山西、贵州 4 个省份由于耕地利用显性转型与隐性转型均处于较低水平，导致其耦合协调度至 2020 年仍处于濒临失调阶段。

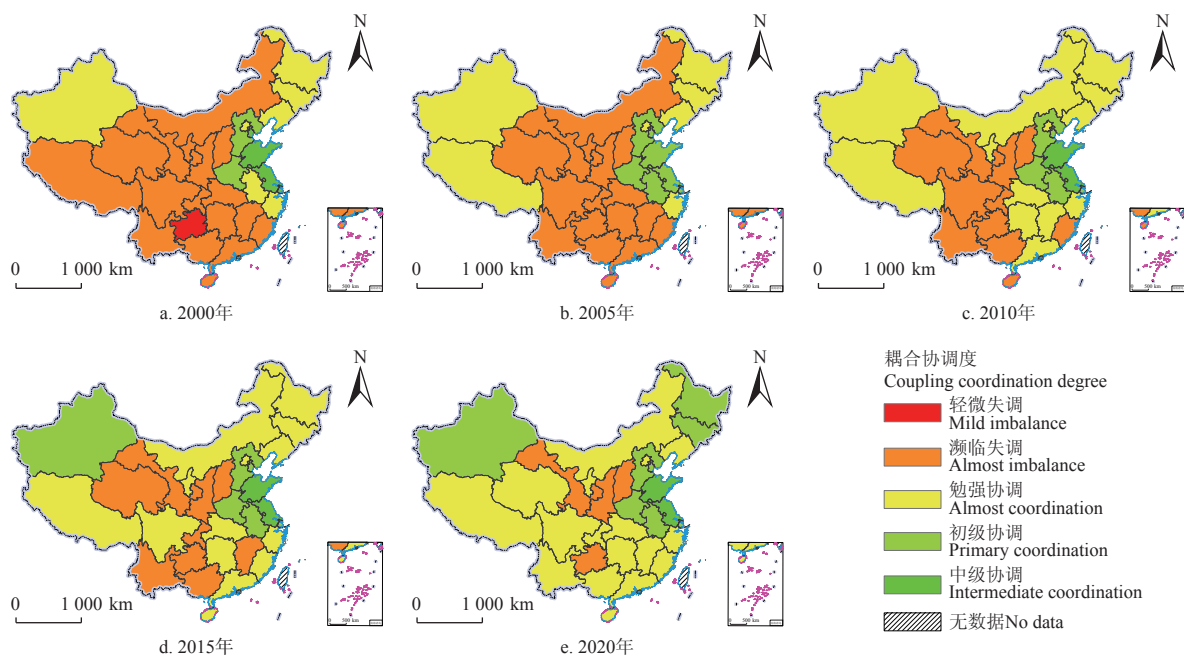
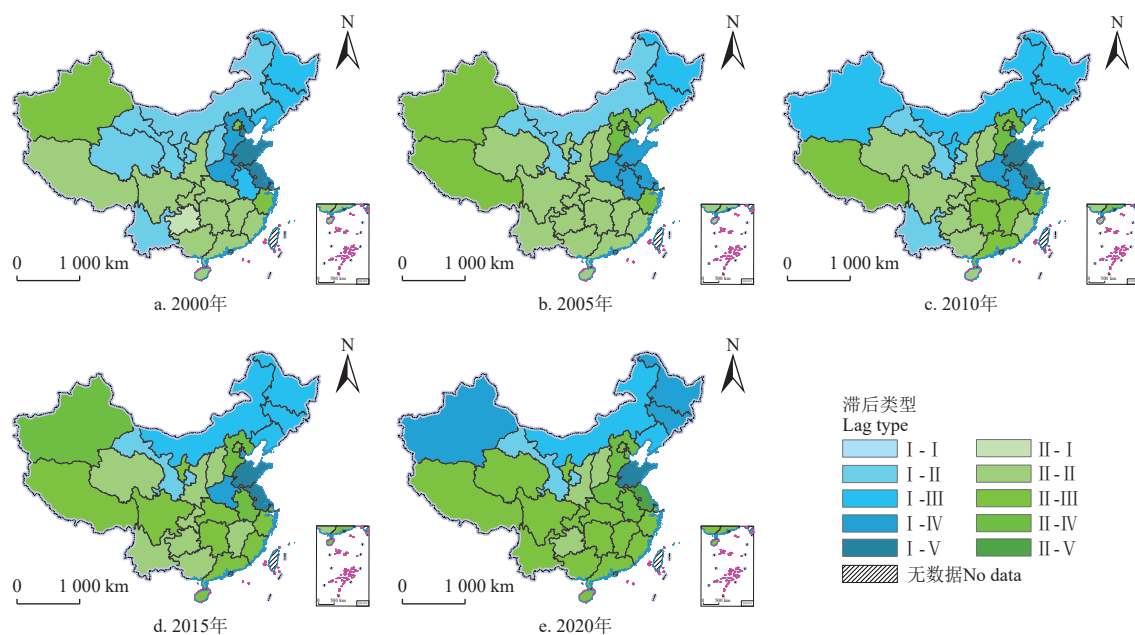


图 5 2000—2020 年中国耕地利用显性转型与隐性转型耦合协调时空格局

Fig.5 Spatiotemporal pattern of coupling coordination between cultivated land use dominant transition and recessive transition in China from 2000 to 2020

根据耕地利用显性转型与隐性转型指数的相对大小，本研究进一步将 31 个省级行政区划分为 10 种耦合协调类型（图 6）：轻微失调-隐性转型滞后型（I-I）、濒临失调-隐性转型滞后型（I-II）、勉强协调-隐性转型滞后型（I-III）、初级协调-隐性转型滞后型（I-IV）、中级协调-隐性转型滞后型（I-V）、轻微失调-显性转型滞后型（II-I）、濒临失调-显性转型滞后型（II-II）、勉强协调-显性转型滞后型（II-III）、初级协调-显性转型滞后型（II-IV）、中级协调-显性转型滞后型（II-V）。2000—

2020 年间，中国耕地利用显性转型与隐性转型耦合协调类型变化显著，宁夏、山西、河北等 9 个省份的耦合协调类型由隐性转型滞后型向显性转型滞后型转变。而新疆由于自身耕地规模迅速扩张、空间集聚度加大，耕地利用显性转型水平持续提高，成为研究期内唯一一个由显性转型滞后型转变为隐性转型滞后型的省份。从空间分布上来看，中国耕地利用显性转型与隐性转型耦合协调类型呈现出明显的南北分布差异。北部省份以隐性转型滞后型为主，而南部省份则以显性转型滞后型为主。



注: 10 种滞后类型包括轻微失调-隐性转型滞后型 (I-I)、濒临失调-隐性转型滞后型 (I-II)、勉强协调-隐性转型滞后型 (I-III)、初级协调-隐性转型滞后型 (I-IV)、中级协调-隐性转型滞后型 (I-V)、轻微失调-显性转型滞后型 (II-I)、濒临失调-显性转型滞后型 (II-II)、勉强协调-显性转型滞后型 (II-III)、初级协调-显性转型滞后型 (II-IV)、中级协调-显性转型滞后型 (II-V)。

Note: The ten lag types include mild imbalance-recessive transition lag (I-I), almost imbalance-recessive transition lag (I-II), almost coordination-recessive transition lag (I-III), mild imbalance-dominant transition lag (II-I), almost coordination-dominant transition lag (II-III), primary coordination-dominant transition lag (II-IV), intermediate coordination-dominant transition lag (II-V).

图 6 2000—2020 年中国耕地利用显性转型与隐性转型耦合协调类型时空格局

Fig.6 Spatiotemporal pattern of coupling coordination type between cultivated land use dominant transition and recessive transition in China from 2000 to 2020

3.3 2000—2020 年中国耕地利用显性转型与隐性转型耦合协调影响因素分析

借助协调影响力模型, 本研究计算了耕地利用显性转型与隐性转型各测度指标对整体耦合协调度的作用方向与大小影响程度 (图 7、图 8), 以分析耦合协调度的影响因素。

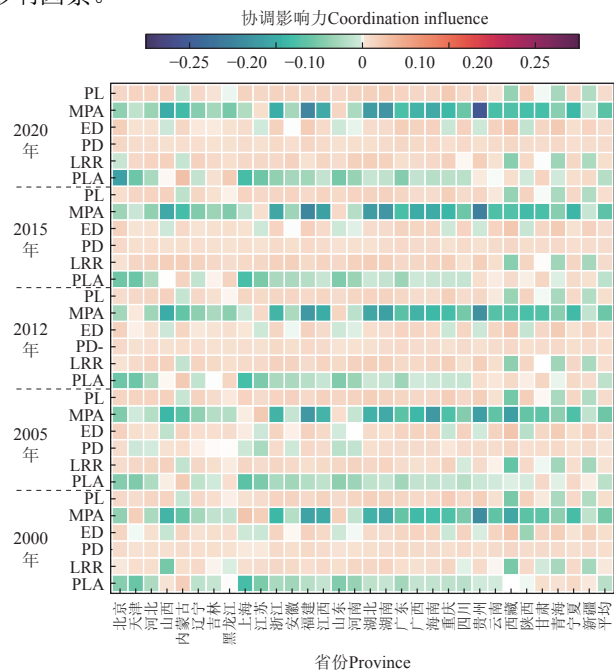


图 7 2000—2020 年中国耕地利用显性转型指标协调影响力
Fig.7 Coordination influence of cultivated land use dominant transition indicator in China from 2000 to 2020

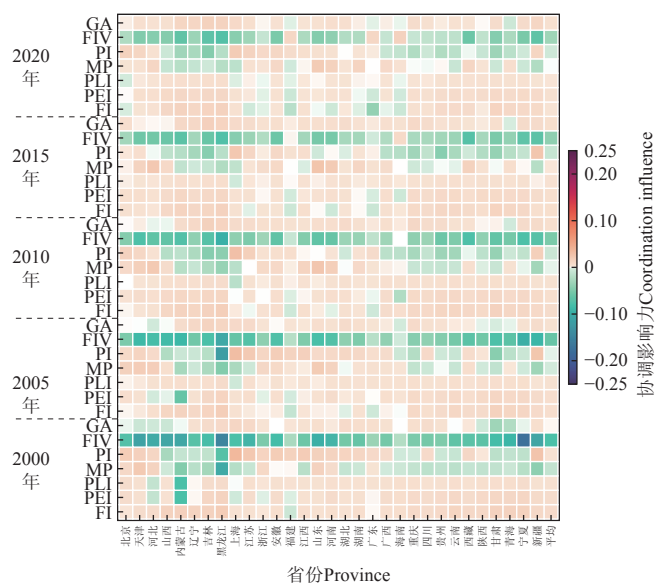


图 8 2000—2020 年中国耕地利用隐性转型指标协调影响力
Fig.8 Coordination influence of cultivated land use recessive transition indicator in China from 2000 to 2020

从耕地利用显性转型各指标协调影响力来看 (图 7), 2000—2020 年间, 人均耕地面积与平均斑块面积 2 个指标的协调影响力在大部分省份均表现为负值且绝对值总体呈现增加趋势, 表明两者对大部分省份耕地利用显性转型与隐性转型耦合协调性起负向阻滞作用, 且作用强度随着时间推移逐渐增强。相较于人均耕地面积, 平均斑块面积发挥负向阻滞作用的省份数量更多且强度更大,

表明平均斑块面积是阻碍研究期内绝大多数省份耕地利用显性转型与隐性转型耦合协调程度提高的主要因素。此外，土地垦殖率、斑块密度、边缘密度、耕地斑块占景观面积比例 4 个指标的协调影响力在大部分省份表现为正值，对耕地利用显性转型与隐性转型耦合协调性产生正向推动作用。相较而言，斑块密度在大部分省份表现出的正向推动作用相对较弱。研究还发现，耕地利用显性转型各指标的协调影响力在不同省份之间存在较大差异。福建、湖北、湖南、贵州、西藏等省份受多处于山地丘陵地区，地形起伏较大、耕地自然破碎度较高，导致其耕地利用显性转型与隐性转型耦合协调性受平均斑块面积的负向阻碍作用较大。而北京、天津、上海、江苏、山东等省份经济发展水平较高且人口众多，在城镇化快速发展进程中多数耕地被占用，致使人均耕地面积成为上述省份耕地利用显性转型与隐性转型综合耦合协调性的主要限制因素。

此外，相较于其他省份，西藏、青海、新疆等省份协调影响力为负的显性转型指标数量较多，其耕地利用显性转型与隐性转型综合耦合协调性呈现出显性形态多因素限制的特点。

从耕地利用隐性转型各指标协调影响力来看（图 8），研究期内，地均机械总动力、耕地灌溉比例、地均第一产业产值 3 个指标是中国大部分省份耕地利用显性转型与隐性转型综合耦合协调性的主要限制因素。其中，地均第一产业产值对综合耦合协调性的阻滞作用最为显著，但其在时间上呈现逐渐弱化的趋势。2000—2020 年间，随着农业机械化水平的提高，地均机械总动力对综合耦合协调性的负向阻滞作用在多数省份转为正向推动作用，但在黑龙江、吉林、辽宁等省份仍呈现出较强的负向阻滞作用。而耕地灌溉比例的负向阻滞作用在南部、东北部以及西北部地区逐渐凸显。相较而言，地均化肥用量、地均农药用量、地均塑料薄膜用量、地均粮食产量等 4 个指标在大部分省份中多表现出对综合耦合协调性的正向推动作用。此外，隐性转型各指标的协调影响力同样也表现出明显的省域差异。内蒙古、吉林、黑龙江、宁夏、甘肃等省份的耕地利用显性转型与隐性转型综合耦合协调性呈现出隐性形态多因素限制的特点，但受地均第一产业产值的负向阻碍作用更为明显。而北京、天津、河北、山东、河南、江苏等东部区域综合耦合协调性受到的限制因素相对单一，主要为地均第一产业产值。

4 讨 论

由于国际贸易波动、极端气候频发等不确定性事件加剧，中国粮食安全问题引发高度关注，耕地保护与可持续利用被提到前所未有的高度。然而，中国经济社会发展过程中耕地利用显性转型与隐性转型之间的冲突能够诱发耕地利用系统的紊乱与退化，为耕地保护与可持续利用带来了严峻挑战。因此，实现耕地利用显性转型与隐性转型之间的耦合协调发展，是新时代推动中国耕地保护与可持续利用转型，落实“藏粮于地”与农业现代化发展战略的题中之义。现阶段，虽然有少数学者针对耕地利用显性转型与隐性转型之间的耦合协调关系展开了初步探索^[26-27]，但对中国省域间显性转型与隐性转

型耦合协调关系缺乏关注，其影响因素尚不明确。鉴于此，本研究在“格局—过程—机理”的地理学研究范式下，基于人地关系地域系统理论，构建了耕地利用显性转型与隐性转型耦合作用机理，揭示了中国 31 个省级行政区耕地利用显性转型与隐性转型间耦合协调关系的时空演变规律，剖析了耦合协调关系的影响因素，拓展了耕地利用转型研究的研究视角，为中国耕地保护与可持续利用的空间优化调控提供了理论支撑与科学依据。

研究发现，2000—2020 年间，中国耕地利用显性转型指数总体呈现下滑态势。陈万旭等^[44]和 ZHAO 等^[45]基于高精度土地利用数据集解析中国县域耕地景观细碎化水平时，发现中国县域耕地景观细碎化程度在近几十年间不断加剧，这为本研究结果提供了有力互证。本研究还发现中国耕地利用隐性转型指数在研究期内总体展现出显著上升趋势，这与以往基于区域^[46]与全国^[47]尺度的相关研究结果高度契合。为促进中国耕地利用显性转型与隐性转型的高质量发展，需要坚持完善耕地保护与利用政策体系，强化耕地利用转型优化的制度保障。具体而言，应严格落实耕地保护制度，重点完善耕地占补平衡政策，坚持“以补定占”的原则，强化以数量为基础、产能为核心、质量标准的占补机制，尤其关注耕地占补平衡过程中的耕地细碎化风险，将耕地的连片度作为占补平衡的重要标准，在遏制耕地“占多补少”“占优补劣”问题的同时，更要谨防“占整补散”的问题。同时，强化耕地经营利用相关政策引导与监管，加强耕地可持续利用技术体系的宣传与培训，出台相关奖励与补贴政策，降低农业经营主体采纳耕地可持续生产技术成本。同时加强对耕地利用过程的监管约束，对破坏耕地的农业生产行为给予适当惩戒，防止因不合理耕地利用行为导致的耕地质量恶化问题。逐步探索形成“多规合一”下的耕地保护与利用政策体系，以全方位、立体化的制度保障推动耕地利用可持续转型。

本研究借助耦合协调模型对中国耕地利用显性转型与隐性转型耦合协调程度进行了评价。结果显示，研究期内两类转型的协同状态在不断加强，但总体水平不高且区域差异化特征显著。因此，需要进一步推进耕地利用显性转型与隐性转型的协调发展，逐步化解地区间发展不平衡问题。重视耕地显性形态与隐性形态间的要素互动关系，谨防“头痛医头、脚痛医脚”的片面做法，将改善耕地空间形态作为优化耕地要素投入的必要条件，在化解耕地细碎化问题、实现适度规模经营的前提下，稳步提升耕地机械化水平，推动化肥、农药等农用化学品的减量增效行动，提高农业资源的有效集约利用。基于区域耕地显性形态特点，因地制宜创新农业生产模式、技术和体制机制，稳步实现耕地产能提升。通过加强地区间耕地保护与利用相关制度、技术等方面的合作与交流，充分发挥先进地区的示范带动作用，持续缩小区域差距。

耦合协调力模型结果表明，中国耕地利用显性转型与隐性转型耦合协调的关键影响因素表现出明显的时空异质性特征。因此，应根据区域实际情况，制定区域差异化耕地保护与利用对策。对于黑龙江、吉林、辽宁等东北部地区省份，加强黑土地保护，持续推进盐碱地治

理,提升有效耕作面积。重视耕地流转市场建设,鼓励家庭农场、农业企业、合作社等新型农业经营主体流转耕地推进农业适度规模经营。完善农业社会化服务体系,以贷款补贴政策扶持农机专业合作社,探索建立区域性农机共享服务平台,通过农业社会化服务推广应用提升农业机械化、现代化水平。推广耐密植玉米等高产优质作物品种,提升耕地产出。推进田间基础设施的配套升级,完善田间道路建设以确保农业机械通达性,加强节水灌溉设施建设以提升耕地有效灌溉面积。对于北京、天津、山东、上海、江苏等沿海经济发达地区,应严格划定“三区三线”,加强建设用地规划管控,坚决防止建设用地“摊大饼”式的无序扩张而占用耕地,注重城镇化发展中“质”的提升而非“量”的拓展,探索高质量城镇化的发展道路。探索三产融合有效途径,发展“农业+文旅”复合业态,通过打造田园综合体、乡村旅游景区、研学基地等方式带动农业产业链增值。对于甘肃、宁夏、陕西、新疆等西部地区,在高标准农田建设过程中,重视产权调整、耕地流转与农田整治工程的有机结合,合理推进“小田并大田”,化解耕地细碎化问题,提升耕地集中连片度。加强农产品地理标志品牌建设,打造区域农产品公用品牌,持续推进“一村一品”特色农业矩阵建设,通过网络电商等方式拓宽销售渠道,以品牌化、标准化、特色化、市场化建设提升农产品附加值。对于福建、湖北、湖南、贵州等南部山地丘陵省份,应因地制宜推进高标准宽幅梯田建设,改善耕地自然破碎度。依托梯田发展“稻-虾”、“稻-蟹”、“稻-鱼-鸭”等种养循环模式,提高单位耕地产值。加强山地智能农机等创新农业技术装备的研发与应用,提升山地丘陵地区的农业机械化、现代化、智能化水平。

然而,本研究尚存在不足之处,在后续研究中仍需进一步深化。一是本研究仅从省域尺度对耕地利用显性转型与隐性转型耦合协调关系展开探讨,未来可将研究尺度进一步细化至市、县尺度,通过探讨比较不同空间尺度下耕地利用显性转型与隐性转型耦合协调关系,能够更深层次地揭示二者耦合协调的时空演变趋势、区域差异以及驱动机制,为不同行政单元下实施耕地保护、粮食安全与农业现代化战略提供政策借鉴。二是本研究仅从耕地利用显性转型与隐性转型内部指标要素视角探讨二者耦合协调关系的影响因素,未来将进一步拓宽耦合协调影响因素的研究视角,运用空间计量等方法揭示各外部要素对二者耦合协调关系的直接、间接以及空间溢出影响效应,实现对二者耦合协调关系驱动机制的全方位解析。

5 结 论

基于人地关系地域系统理论,本研究构建了耕地利用显性与隐性转型相互作用理论框架,基于耕地利用转型评价指标体系,分析了2000—2020年中国31个省级行政区(不含港澳台)耕地利用显性转型、隐性转型及两者耦合协调度的时空演变特征,并进一步量化了各评价指标对显性转型与隐性转型耦合协调的作用方向与程度。主要结论如下:

1) 中国耕地利用显性转型水平在2000—2005年间

大幅度降低,在2005—2010年间有所回升,但研究期内总体呈现下降趋势。东北部与东部传统农业省份的显性转型水平普遍较高,而东南沿海经济发达省份以及南部、西部山地丘陵地区省份的显性转型水平普遍较低。耕地利用隐性转型水平在2000—2010年间呈现缓慢上升趋势,在2010—2020年间呈现快速上升趋势。东部沿海与西部内陆省份拥有较高的隐性转型水平,并逐渐辐射带动周边省份隐性转型水平的提高。

2) 2000—2020年中国耕地利用显性转型与隐性转型耦合协调度持续上升,整体呈现出失调阶段省份减少、协调阶段省份增加的变化趋势,并形成“东部领先、西部追赶、中部落后”的空间格局。中国耕地利用显性转型与隐性转型耦合协调类型变化显著,宁夏等9个省级行政区的耦合协调类型由隐性转型滞后型向显性转型滞后型转变,新疆由显性转型滞后型转变为隐性转型滞后型。此外,耦合协调类型在空间分布呈现出明显的南北差异,北部省份以隐性转型滞后型为主,而南部省份则以显性转型滞后型为主。

3) 2000—2020年间,耕地利用显性转型指标中,人均耕地面积、平均斑块面积对显性转型与隐性转型耦合协调性产生负向阻滞作用,但平均斑块面积的负向阻滞作用更强。土地垦殖率、斑块密度、边缘密度、耕地斑块占景观面积比例对耦合协调性产生正向推动作用,但斑块密度的正向推动作用相对较弱。耕地利用隐性转型指标中,地均机械总动力、耕地灌溉比例、地均第一产业产值对显性转型与隐性转型耦合协调性产生负向阻滞作用,其中地均第一产业产值的负向阻滞作用最为显著。地均化肥用量、地均农药用量、地均塑料薄膜用量、地均粮食产量对耦合协调性产生正向推动作用。

[参 考 文 献]

- [1] 常璇. 习近平关于国家粮食安全重要论述的创新性贡献[J]. 经济学家, 2024(3): 5-14.
CHANG Xuan. The innovative contribution of Xi Jinping's important discourse on national food security[J]. Economist, 2024(3): 5-14. (in Chinese with English abstract)
- [2] 戈大专, 龙花楼, 杨忍. 中国耕地利用转型格局及驱动因素研究——基于人均耕地面积视角[J]. 资源科学, 2018, 40(2): 273-283.
GE Dazhuan, LONG Hualou, YANG Ren. The pattern and mechanism of farmland transition in China from the perspective of per capita farmland area[J]. Resources Science, 2018, 40(2): 273-283. (in Chinese with English abstract)
- [3] 匡兵, 范翔宇, 卢新海. 中国耕地利用绿色转型效率的时空分异特征及其影响因素[J]. 农业工程学报, 2021, 37(21): 269-277.
KUANG Bing, FAN Xiangyu, LU Xinhai. Spatial-temporal differentiation characteristics of the efficiency of green transformation of cultivated land use and its affecting factors in China[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2021, 37(21): 269-277. (in Chinese with English abstract)
- [4] 李全峰, 胡守庚, 瞿诗进. 1990-2015年长江中游地区耕地利用转型时空特征[J]. 地理研究, 2017, 36(8): 1489-1502.
LI Quanfeng, HU Shougeng, QU Shijin. Spatiotemporal characteristics of cultivated land use transition in the Middle Yangtze River from 1990 to 2015[J]. Geographical Research,

- 2017, 36(8): 1489-1502. (in Chinese with English abstract)
- [5] 曲艺, 龙花楼. 中国耕地利用隐性形态转型的多学科综合研究框架[J]. *地理学报*, 2018, 73(7): 1226-1241.
QU Yi, LONG Hualou. A framework of multi-disciplinary comprehensive research on recessive farmland transition in China[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2018, 73(7): 1226-1241. (in Chinese with English abstract)
- [6] 龙花楼. 区域土地利用转型与土地整理[J]. *地理科学进展*, 2003, 22(2): 133-140.
LONG Hualou. Land rehabilitation and regional land use transition[J]. *Progress in Geography*, 2003, 22(2): 133-140. (in Chinese with English abstract)
- [7] LONG H, QU Y. Land use transitions and land management: A mutual feedback perspective[J]. *Land Use Policy*, 2018, 74: 111-120.
- [8] 吴钧骏, 李升发, 李秀彬, 等. 粤北山区梯田撂荒空间分异特征与影响机制分析[J]. *农业工程学报*, 2025, 41(1): 278-287.
WU Zhaojun, LI Shengfa, LI Xiubin, et al. Spatial differentiation characterization and impact mechanisms of terrace abandonment in mountainous areas of Northern Guangdong of China[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE)*, 2025, 41(1): 278-287. (in Chinese with English abstract)
- [9] 王亚辉, 杨遨邨, 辛良杰, 等. 中国不同类型耕地撂荒时空分异及其影响因素研究——基于全国 346 个山区县的调查数据[J]. *地理研究*, 2024, 43(8): 1977-1993.
WANG Yahui, YANG Aoxi, XIN Liangjie, et al. Spatial and temporal differentiation and influencing factors of fallowing in different types of farmland in China: Based on survey data from 346 mountainous counties[J]. *Geographical Research*, 2024, 43(8): 1977-1993. (in Chinese with English abstract)
- [10] ZHOU Y, CHEN T, FENG Z, et al. Identifying the contradiction between the cultivated land fragmentation and the construction land expansion from the perspective of urban-rural differences[J]. *Ecological Informatics*, 2022, 71: 101826.
- [11] LIU C, SONG C, YE S, et al. Estimate provincial-level effectiveness of the arable land requisition-compensation balance policy in China's mainland in the last 20 years[J]. *Land Use Policy*, 2023, 131: 106733.
- [12] GRAINGER A. *The Future Role of the Tropical Rain Forests in the World Forest Economy*[D]. Oxford: University of Oxford, 1986.
- [13] GRAINGER A. National land use morphology: Patterns and possibilities[J]. *Geography*, 1995, 80(3): 235-245.
- [14] 刘永强, 龙花楼, 李加林. 长江中游经济带土地利用转型及其生态服务功能交叉敏感性研究[J]. *地理研究*, 2018, 37(5): 1009-1022.
LIU Yongqiang, LONG Hualou, LI Jialin. Study on the land use transition and its cross-sensitivity of ecological service function in the Middle of Yangtze River Economic Belt[J]. *Geographical Research*, 2018, 37(5): 1009-1022. (in Chinese with English abstract)
- [15] 史洋洋, 郭贯成, 吴群, 等. 乡村振兴背景下宅基地利用转型逻辑机理与实证[J]. *经济地理*, 2023, 43(1): 148-158.
SHI Yangyang, GUO Guancheng, WU Qun, et al. Mechanism and evidence of rural residential land use transition under the background of rural revitalization[J]. *Economic Geography*, 2023, 43(1): 148-158. (in Chinese with English abstract)
- [16] 宋敏, 张安录. 大食物观视阈下的耕地利用转型: 现实挑战、理论逻辑与实现路径[J]. *中国土地科学*, 2023, 37(8): 31-41.
SONG Min, ZHANG Anlu. Cultivated land use transition from the "Greater Food" perspective: Realistic challenges, theoretical logic and implementation paths[J]. *China Land Science*, 2023, 37(8): 31-41. (in Chinese with English abstract)
- [17] LONG H, QU Y, TU S, et al. Development of land use transitions research in China[J]. *Journal of Geographical Sciences*, 2020, 30: 1195-1214.
- [18] 付慧, 刘艳军, 孙宏日, 等. 京津冀地区耕地利用转型时空分异及驱动机制[J]. *地理科学进展*, 2020, 39(12): 1985-1998.
FU Hui, LIU Yanjun, SUN Hongri, et al. Spatiotemporal characteristics and dynamic mechanism of cultivated land use transition in the Beijing-Tianjin-Hebei region[J]. *Progress in Geography*, 2020, 39(12): 1985-1998. (in Chinese with English abstract)
- [19] 秦彦杰, 刘欣, 赵艳霞, 等. 1949 年以来河北省耕地利用转型特征及过程[J]. *农业工程学报*, 2022, 38(12): 260-269.
QIN Yanjie, LIU Xin, ZHAO Yanxia, et al. Characteristics and process of the cultivated land use transformation in Hebei Province since 1949[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE)*, 2022, 38(12): 260-269. (in Chinese with English abstract)
- [20] 唐一峰, 卢新海, 张旭鹏. 公路基础设施建设对耕地利用转型的影响及门槛效应研究[J]. *中国土地科学*, 2021, 35(1): 59-68.
TANG Yifeng, LU Xinhai, ZHANG Xupeng. Study on the impacts and threshold effects of road infrastructure construction on cultivated land use transition[J]. *China Land Science*, 2021, 35(1): 59-68. (in Chinese with English abstract)
- [21] 刘雅雯, 肖长江, 马晓冬, 等. 乡村人口减少对耕地利用转型的作用路径研究[J]. *地理科学进展*, 2024, 43(6): 1088-1101.
LIU Yawen, XIAO Changjiang, MA Xiaodong, et al. Impact pathways of rural population reduction on arable land transition[J]. *Progress in Geography*, 2024, 43(6): 1088-1101. (in Chinese with English abstract)
- [22] 潘子纯, 田蓬鹏, 马林燕, 等. 城乡融合对耕地利用转型的影响研究[J]. *地理科学进展*, 2024, 43(2): 231-245.
PAN Zichun, TIAN Pengpeng, MA Linyan, et al. The impact of urban-rural integration on cultivated land use transformation[J]. *Progress in Geography*, 2024, 43(2): 231-245. (in Chinese with English abstract)
- [23] 王梦成, 董又铭, 林娜娜, 等. 双碳背景下耕地利用转型对耕地利用碳排放的影响及其空间溢出效应——以黄淮海平原为例[J]. *自然资源学报*, 2024, 39(2): 352-371.
WANG Mengcheng, DONG Youming, LIN Nana, et al. Impact of farmland use transition on farmland use carbon emissions and its spatial spillover effects under the double carbon background: A case study of Huang-Huai-Hai Plain[J]. *Journal of Natural Resources*, 2024, 39(2): 352-371. (in Chinese with English abstract)
- [24] 吴诗嫻, 丁如, 匡兵, 等. 土地综合整治对耕地利用生态效率的影响研究——基于农户微观数据的实证分析[J]. *中国土地科学*, 2023, 37(11): 95-105.
WU Shiman, DING Ru, KUANG Bing, et al. Impact of comprehensive land consolidation on ecological efficiency of cultivated land use: Empirical analysis based on the micro survey data of farmers[J]. *China Land Science*, 2023, 37(11): 95-105. (in Chinese with English abstract)
- [25] 吕晓, 孙晓雯, 彭文龙. 耕地转入对耕地利用可持续集约化的影响——基于经营规模、细碎化水平的作用路径分析[J]. *自然资源学报*, 2024, 39(3): 620-639.
LYU Xiao, SUN Xiaowen, PENG Wenlong. The effect of

- cultivated land renting-in on sustainable intensification of cultivated land use: Analysis of the mediating effect of management scale and fragmentation level[J]. *Journal of Natural Resources*, 2024, 39(3): 620-639. (in Chinese with English abstract)
- [26] 李海央, 杨敏. 中国西北农作制区耕地利用“显-隐性”形态耦合协调度研究[J]. *干旱区地理*, 2024, 47(11): 1924-1934. LI Haiyang, YANG Min. “Explicit-implicit” patterns coupling coordination degree of cropland utilization in the farming system of northwest China[J]. *Arid Land Geography*, 2024, 47(11): 1924-1934. (in Chinese with English abstract)
- [27] 王丽娟, 于海艳. 贫困山区耕地利用显性与隐性转型耦合演变——以云南省玉龙县纳西族自治县为例[J]. *科学技术与工程*, 2023, 23(21): 9015-9023. WANG Lijuan, YU Haiyan. Dominant and recessive transformation pattern and its coupling relationship of cultivated land use in poor mountainous areas: A case study of Naxi Autonomous County, Yulong County, Yunnan Province[J]. *Science Technology and Engineering*, 2023, 23(21): 9015-9023. (in Chinese with English abstract)
- [28] 吴传钧. 论地理学的研究核心——人地关系地域系统[J]. *经济地理*, 1991(3): 1-6.
- [29] 龙花楼. 土地利用转型的解释[J]. *中国土地科学*, 2022, 36(4): 1-7. LONG Hualou. Explanation of land use transitions[J]. *China Land Science*, 2022, 36(4): 1-7. (in Chinese with English abstract)
- [30] 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. LIU Yansui. Modern human-earth relationship and human-earth system science[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2020, 40(8): 1221-1234. (in Chinese with English abstract)
- [31] 刘彦随, 周扬, 李玉恒. 中国乡村地域系统与乡村振兴战略[J]. *地理学报*, 2019, 74(12): 2511-2528. LIU Yansui, ZHOU Yang, LI Yuheng. Rural regional system and rural revitalization strategy in China[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2019, 74(12): 2511-2528. (in Chinese with English abstract)
- [32] 王媛媛, 刘颖, 蒯昊, 等. 土地细碎化、耕地地力对粮食生产效率的影响——基于江汉平原 354 个水稻种植户的研究[J]. *资源科学*, 2017, 39(8): 1488-1496. WANG Manman, LIU Ying, QUAI Hao, et al. The effects of land fragmentation and land quality on the technical efficiency of grain production based on 354 rice planters on the Jiangnan Plain[J]. *Resources Science*, 2017, 39(8): 1488-1496. (in Chinese with English abstract)
- [33] 王亚辉, 李秀彬, 辛良杰. 耕地地块细碎程度及其对山区农业生产成本的影响[J]. *自然资源学报*, 2019, 34(12): 2658-2672. WANG Yahui, LI Xiubin, XIN Liangjie. Characteristics of cropland fragmentation and its impact on agricultural production costs in mountainous areas[J]. *Journal of Natural Resources*, 2019, 34(12): 2658-2672. (in Chinese with English abstract)
- [34] 王水连, 辛贤. 土地细碎化是否阻碍甘蔗种植机械化发展?[J]. *中国农村经济*, 2017(2): 16-29. WANG Shuilian, XIN Xian. Does land fragmentation hinder the implementation of sugarcane planting mechanization?[J]. *Chinese Rural Economy*, 2017(2): 16-29. (in Chinese with English abstract)
- [35] 张蚌蚌, 郭芬, 黄丹, 等. 陕北“一户一田”和“一组一田”耕地细碎化整治模式与绩效评价[J]. *农业工程学报*, 2020, 36(15): 28-36. ZHANG Bangbang, GUO Fen, HUANG Dan, et al. Pattern and evaluation of land consolidation model for “One Household One Plot” and “One Village One Plot” to solve land fragmentation in Northern Shaanxi Province, China[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE)*, 2020, 36(15): 28-36. (in Chinese with English abstract)
- [36] NIU W, LUO L, SHI Y, et al. Impacts of “One Household One Plot” and “One Village Group One Plot” fragmentation consolidation models on cultivated land use transition from perspective of human-land system[J]. *Habitat International*, 2025, 156: 103252.
- [37] 张蚌蚌, 牛文浩, 左旭阳, 等. 广西农民自主型细碎化耕地归并整治模式及效果评价[J]. *农业工程学报*, 2019, 35(9): 265-274. ZHANG Bangbang, NIU Wenhao, ZUO Xuyang, et al. Farmer-dominated pattern land consolidation to solve arable land fragmentation and its effectiveness evaluation in Guangxi[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE)*, 2019, 35(9): 265-274. (in Chinese with English abstract)
- [38] ZHANG B, NIU W, MA L, et al. A company-dominated pattern of land consolidation to solve land fragmentation problem and its effectiveness evaluation: A case study in a hilly region of Guangxi Autonomous Region, Southwest China[J]. *Land Use Policy*, 2019, 88: 104115.
- [39] 卢华, 周应恒, 张培文, 等. 农业社会化服务对耕地撂荒的影响研究——基于中国家庭数据库的经验证据[J]. *中国土地科学*, 2022, 36(9): 69-78. LU Hua, ZHOU Yingheng, ZHANG Peiwen, et al. Impact of socialized agricultural services on farmland abandonment: Empirical evidence based on Chinese family database[J]. *China Land Science*, 2022, 36(9): 69-78. (in Chinese with English abstract)
- [40] 朱庆莹, 王玉琳, 陈坤, 等. 主体功能区视角下湖北省耕地利用转型时空分异特征[J]. *农业工程学报*, 2024, 40(15): 222-232. ZHU Qingying, WANG Yulin, CHEN Kun, et al. Spatial-temporal divergence of cultivated land use transformation in Hubei Province from the perspective of main functional zones[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE)*, 2024, 40(15): 222-232. (in Chinese with English abstract)
- [41] 马海涛, 张雪莹, 梁源钊, 等. 东北地区黑土保护与区域发展综合评价及耦合协调研究[J]. *地理科学*, 2023, 43(12): 2183-2195. MA Haitao, ZHANG Xueying, LIANG Yuanzhao, et al. Comprehensive evaluation and coupling coordination of black soil protection and regional development in Northeast China[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2023, 43(12): 2183-2195. (in Chinese with English abstract)
- [42] 刘海龙, 王改艳, 张鹏航, 等. 汾河流域新型城镇化与生态韧性耦合协调时空演变及协调影响力研究[J]. *自然资源学报*, 2024, 39(3): 640-667. LIU Hailong, WANG Gaiyan, ZHANG Penghang, et al. Spatio-temporal evolution and coordination influence of coupling coordination between new urbanization and ecological resilience in Fenhe River Basin[J]. *Journal of Natural Resources*, 2024, 39(3): 640-667. (in Chinese with English abstract)
- [43] 王少剑, 崔子恬, 林靖杰, 等. 珠三角地区城镇化与生态韧性的耦合协调研究[J]. *地理学报*, 2021, 76(4): 973-991.

- WANG Shaojian, CUI Zitian, LIN Jingjie, et al. Coupling relationship between urbanization and ecological resilience in the Pearl River Delta[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2021, 76(4): 973-991. (in Chinese with English abstract)
- [44] 陈万旭, 段斌俏, 曾杰. 1980—2020 年中国耕地景观细碎化空间分异性与影响因素分析[J]. *农业工程学报*, 2024, 40(21): 221-231.
- CHEN Wanxu, DUAN Binqiao, ZENG Jie. Spatial differentiation and influencing factors of cultivated landscape fragmentation in China from 1980 to 2020[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE)*, 2024, 40(21): 221-231. (in Chinese with English abstract)
- [45] ZHAO N, CHEN K, WU X, et al. Cropland fragmentation change across China over the last two decades[J]. *Agricultural Systems*, 2024, 218: 104010.
- [46] 杨斌, 田佳琦, 武越天, 等. 耕地利用隐性转型与农业碳排放时空耦合及其影响因素——以长江经济带为例[J/OL]. *生态学报*, 2025: 1-15[2025-07-04]. <https://doi.org/10.20103/j.stxb.202409282368>.
- YANG Bin, TIAN Jiaqi, WU Yuetian, et al. Spatiotemporal characteristics and influence factors of coupling coordination between recessive farmland use transition and agricultural carbon emissions: A case study of the Yangtze River Economic Belt in China[J/OL]. *Acta Ecologica Sinica*, 2025: 1-15[2025-07-04]. <https://doi.org/10.20103/j.stxb.202409282368>. (in Chinese with English abstract)
- [47] MA L, LONG H, TU S, et al. Farmland transition in China and its policy implications[J]. *Land Use Policy*, 2020, 92: 104470.

Spatiotemporal evolution and influence factors of coupling coordination between cultivated land use dominant transition and recessive transition in China

NIU Wenhao^{1,2,3}, SUI Yifan³, WANG Haoyang³, ZHANG Bangbang^{3*}, YU Qiang^{1,2,4*}

(1. College of Natural Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling 712100, China; 2. State Key Laboratory of Soil and Water Conservation and Desertification Control, Northwest A & F University, Yangling 712100, China; 3. College of Economics and Management, Northwest A & F University, Yangling 712100, China; 4. College of Soil and Water Conservation Science and Engineering, Northwest A & F University, Yangling 712100, China)

Abstract: Cultivated land is one of the most important resource bases for national food security. The pattern of the cultivated land use can shift from one to another, including the dominant and recessive transitions. It is often required to coordinate the conflict between cultivated land use and dominant and recessive transitions. However, previous studies have been focused mainly on their separation. It is still lacking in the systematic understanding of the cultivated land use transition. In this study, a theoretical framework was proposed for the interaction between cultivated land use dominant and recessive transitions, according to the human-earth system theory. The evaluation index was further established for the transition of the cultivated land use. The entropy weight method was utilized to determine the spatiotemporal evolution of the cultivated land use dominant and recessive transition in 31 provinces in China from 2000 to 2020. The coupling coordination model was also adopted to measure the coupling coordination degree between two transitions. Additionally, the coordination influence model was applied to explore the influence factors. The results show that: 1) A downward trend was found in the development level of the cultivated land dominant transition in China from 2000 to 2020. The higher levels were observed in the agricultural provinces in the northeastern and eastern regions. While the lower levels were the provinces in the southwestern, southern, and western regions. By contrast, an upward trend was found in the development level of the cultivated land use recessive transition in China. The higher levels were in the provinces in the eastern coastal and western inland regions, thus driving the development level of the surrounding provinces. 2) There was a gradual increase in the coupling coordination degree between cultivated land dominant and recessive transitions in the study period. The decreasing provinces were in the imbalance stage, whereas the increasing provinces were in the coordination stage. There was the spatial pattern of “leading in the east, catching up in the west, and lagging behind in the middle”. Furthermore, the coupling coordination of nine provinces (including Ningxia) was shifted from the recessive to the dominant transition lagging types. While Xinjiang was shifted from the dominant to the recessive transition lagging type. Additionally, the northern provinces were characterized by the dominant transition lagging types, while the southern provinces were the recessive ones. 3) There was the negative effect of the per capita cultivated land area, average patch area, average total mechanical power, irrigation ratio of cultivated land, and average output value of the primary industry on the coupling coordination between cultivated land dominant and recessive transitions. While the positive effect was found in the land reclamation rate, patch density, edge density, proportion of cultivated land patches to landscape area, average fertilizer input, average pesticide input, average plastic film input, and average grain yield. This finding can offer practical insight into the decision-making on the cultivated land protection and sustainable utilization for food security.

Keywords: cultivated land use transition; coupling coordination; spatiotemporal evolution; influence factors