

## 农业现代化研究

### RESEARCH OF AGRICULTURAL MODERNIZATION

#### 引用格式：

刘衡, 朱铁辉, 辛岭. 农业现代化与城乡融合的耦合协调和驱动因素 [J]. 农业现代化研究, 2021, 42(6): 000-000.

LIU Heng, ZHU Tie-hui, XIN Ling. Coupling coordination and the driving factors of agricultural modernization and urban-rural integration[J]. Research of Agricultural Modernization, 2021, 42(6): 000-000.

DOI: 10.13872/j.1000-0275.2021.0089



## 农业现代化与城乡融合的耦合协调和驱动因素

刘衡, 朱铁辉, 辛岭 \*

(中国农业科学院农业经济与发展研究所, 北京 100081)

**摘要：**农业现代化与城乡融合的耦合协调有助于推动城乡要素的双向流动, 构建新型城乡关系。基于农业现代化与城乡融合指标体系, 运用组合赋权法测度我国 2004—2018 年省域农业现代化和城乡融合指数, 利用耦合协调度模型定量分析二者的耦合协调关系, 借助地理探测器探究驱动二者耦合协调的主导因子和交互因子。结果表明, 我国省域农业现代化空间布局呈现“梯次递减、东西分化、中心极化”的特点, 省域城乡融合空间布局呈现“三极驱动、断层分化、整体偏低”的特征, 二者耦合协调度从轻度失调迈进勉强协调, 空间上呈现出“东部高西南低”的层级递减特征。二元对比系数、城镇化率、城乡义务教育投入比、城乡失业保险率、城乡居民收入比、非农与农业从业比、农业电气化是驱动农业现代化与城乡融合耦合协调的主导因子, 优化产业结构、构建现代农业经济体系与其他系统的交互作用会增强两者的耦合协调, 但促进东部、中部、西部和东北地区农业现代化与城乡融合耦合协调的主导因素存在异质性和阶段性。因此应从优化产业结构、构建现代农业经济体系和推进城乡公共服务均等化等方面着手, 差异化推进区域农业现代化与城乡融合耦合协调。

**关键词：**农业现代化; 城乡融合; 耦合协调; 指标体系; 地理探测器

中图分类号: F329.9

文献标识码: A

文章编号: 1000-0275 (2021) 06-0000-00

### Coupling coordination and the driving factors of agricultural modernization and urban-rural integration

LIU Heng, ZHU Tie-hui, XIN Ling

(Institute of Agricultural Economics and Development, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081)

**Abstract :** The coupling and coordination of agricultural modernization and urban-rural integration can promote the two-way flows of urban and rural elements and build a new urban-rural relationship. Based on the indicator system of agricultural modernization and urban-rural integration and the combined weighting method, this paper calculated agricultural modernization and urban-rural integration indexes of 31 provinces (municipalities and autonomous regions) from 2004 to 2018 in China, and quantitatively analyzed the coupling relationship of the two systems by the coupling coordination degree model. In addition, this paper further explored the dominant and interaction factors driving the coupling and coordination of two systems by Geodetector. Results show that the spatial layout of provincial agricultural modernization presents the characteristics of “declining echelon, east-west differentiation, and central polarization”, and the spatial layout of provincial urban-rural integration presents the characteristics of “three-pole driving, discontinuously differentiation, and overall low”. The degree of the coupling and coordination between the two systems has been improved from a mild imbalance to a barely coordination, showing a declining characteristic of “high in the east and low in the southwest” in space. Leading factors like the dual contrast coefficient, urbanization rate, urban-rural compulsory education investment ratio, urban-rural unemployment insurance rate, urban-rural income ratio, non-agricultural and agricultural employment ratio, and agricultural electrification are driving the coupling and coordination of agricultural modernization and urban-rural integration. The interaction between industrial structure optimization and other sub-systems will enhance the coupling and coordination as well as the construction of modern agricultural economic system, but the leading factors that promote the coupling and coordination of agricultural modernization and urban-rural integration in the eastern, central, western and northeastern regions show heterogeneous and periodic changes. Therefore, to enhance the coupling and coordination of regional agricultural modernization and urban-rural integration,

**基金项目：**中国农业科学院科技创新工程 (ASTIP-IAED-2021-06、G20210152)。

**作者简介：**刘衡 (1996—), 男, 山东济南人, 硕士研究生, 主要从事农业农村现代化评价, E-mail: 1260740556@qq.com; 通信作者: 辛岭 (1971—), 女, 博士, 研究员, 博士生导师, 研究方向为农业农村现代化评价, E-mail: xinling@caas.cn。

**收稿日期：**2021-04-08, **接受日期：**2021-07-13

**Foundation item:** Science and Technology Innovation Project of Chinese Academy of Agricultural Sciences (ASTIP-IAED-2021-06, G20210152).

**Corresponding author:** XIN Ling, E-mail: xinling@caas.cn.

**Received** 8 April, 2021; **Accepted** 13 July, 2021

this paper provides the following suggestions: optimizing the industrial structure, building a modern agricultural economic system, and promoting the equalization of urban and rural public services.

**Key words** : agricultural modernization; urban-rural integration; coupling coordination; index system; Geodetector

新中国成立 70 年来,我国农业质量效益与竞争力显著增强,农民生活水平大幅提升,城乡差距明显缩小,农业现代化已经进入中期发展阶段<sup>[1]</sup>。但是,城乡发展不平衡不充分依旧是制约经济社会发展的突出矛盾,要化解这一矛盾重点难点在“三农”。为此十九大报告指出,新时期要坚持农业农村优先发展,建立健全城乡融合发展体制机制和政策体系,加快推进农业农村现代化。协调推进农业现代化与城乡融合有助于形成农业发展为城乡差距缩小持续发力、城乡要素双向流动为农业发展提供支撑的良性格局。因此,探究农业现代化与城乡融合耦合协调的时空特征和驱动因素,对促进城乡要素双向流动,构建新型城乡关系具有重大的意义。

农业现代化是一个过程性、动态性和系统性的概念,是指利用现代要素改造传统农业,使其向现代农业变迁的过程<sup>[2]</sup>,体现为农业生产、质量效益、经营管理、社会生活和生态环境等多方面的现代化<sup>[3-4]</sup>。相关研究从不同尺度测算农业现代化水平的基础上<sup>[5-6]</sup>,讨论新型城镇化、信息化、工业化和农业现代化关系<sup>[7-9]</sup>,并细化为农业现代化与文化资源、人力资本、区位交通的协调发展问题<sup>[10-11]</sup>,农业现代化的内涵和外延得到进一步拓展。而农业现代化问题实际上是城乡二元结构问题<sup>[12]</sup>,应从城乡关系中深化对农业现代化认识。我国城乡关系从分立走向一体和融合,城乡融合发展是实施乡村振兴战略的重要原则,旨在通过建立城乡共建共享和要素自由流动的机制体制,缩小城乡差距和实现城乡共同繁荣<sup>[13]</sup>,强调城乡经济、社会和环境等方面的全面融合<sup>[14]</sup>,相关研究主要集中在讨论城乡融合发展的理论内涵<sup>[15]</sup>、测度城乡融合发展水平<sup>[16]</sup>,探索缩小城乡差距的驱动力<sup>[17]</sup>,展望城乡融合背景下的乡村转型和重构问题<sup>[18]</sup>。总之,农业现代化和城乡融合发展是落实乡村振兴战略的一体两面。

关于农业现代化与城乡关系的研究,理论层面认为农业现代化始终是城乡协调的前提和基础<sup>[19]</sup>,但是城乡互动与融合对农业发展、乡村本土性有着不同方向的影响<sup>[20-21]</sup>;实证层面,程莉和刘志文<sup>[22]</sup>通过时间序列数据验证了以农业劳动生产率提高、农业结构调整、农业机械化特征为特征的农业现代化对缩小城乡收入差距具有显著性,郇亮亮和杜志雄<sup>[23]</sup>运用协整检验方法证明了农业现代化与城乡一体化是彼此依赖、相互影响的长期稳定关系。

总体来看,国内外对农业现代化和城乡融合的理论内涵及水平测度已有不同程度的研究,认为农业现代化与城乡融合存在一定程度上的依赖关系。但仍然有改进之处:一是在检验农业现代化与城乡融合的关系时,用于测算农业现代化和城乡融合水平的指标选取略显单薄,尚不能综合反映其发展水平;二是我国区域资源禀赋和社会经济异质性较强,研究尺度需进一步细化,研究方法应充分考虑区域地理因素;三是如何区域差异化推进区域农业现代化与城乡融合协调发展的研究目前较为匮乏,研究内容尚需深化。为此,本文构建农业现代化和城乡融合评价指标体系,在组合赋权法测度我国省域农业现代化和城乡融合指数的基础上,利用耦合协调度模型分析二者的耦合协调关系,通过空间可视化的方式展现其空间演变特征,借助地理探测器探究驱动二者耦合协调的主导因子和交互因子。以期为差异化推动区域农业现代化与城乡融合耦合协调,构建新型城乡关系提供实践参考。

## 1 作用机理

农业现代化由农业产业体系、生产体系、经营体系和支持保护体系构成,旨在实现农业综合生产能力、农业经营管理、农业质量效益与竞争力、可持续发展等多目标提升;城乡融合发展则以城乡要素自由流动的体制机制为支撑,重点涉及城乡人口、空间、经济、社会和生态多个方面的融合发展。从资源要素角度来看,农业现代化的实质是农村资源要素的组合与优化<sup>[24]</sup>;城乡融合的本质是城乡之间产业、土地和人口为核心要素的合理配置过程<sup>[25]</sup>,两者存在一定程度上的要素关联性。

“人口—土地—产业”视角下的农业现代化与城乡融合是互为支撑的关系。产业是农业现代化与城乡融合协调发展的核心,城乡产业资源的不对称性导致乡村劳动人口外出务工,乡村产业发展缺乏“人气”与“活力”,而城乡产业结构具有一定的互补性,通过城乡产业融合有助于农业产业链的延长与拓宽,调整城乡地区产业结构的不平衡,实现农产品附加值的提升和农业多功能的发挥,从而提升乡村多元价值、激发内部发展活力。人口是农业现代化与城乡融合协调发展的中心,城乡人口流动及变化影响着城乡地域之间的要素资源配置,同时农业现代化与城乡融合发展是以“人”为核心的,最

终目标是实现城乡居民的共同富裕，围绕着“人”所联结的诸多发展目标与问题，亟需人力资源在工农、城乡结构中合理配置。土地是农业现代化与城乡融合协调发展的基础，土地一方面承载着农业生产供给和生态安全等多功能的实现，另一方面支撑着城乡空间的合理规划和城乡多方面的融合发展，在土地视角下农业现代化与城乡融合不是竞争关系，而是高质量发展的和谐状态。

农业现代化为城乡融合提供发展支撑。一方面，农业综合生产能力和经营管理能力的提升，将释放更多农业劳动力和土地资源，为农村人口进城务工、市民化和城乡空间规划提供有利契机，更有助于缩小城乡居民生活差距和基本公共服务均等化；另一方面，农业质量效益与竞争力的提高有助于增加农民收入和强化产业核心优势，进而为城乡经济、社会融合创造有利条件，且在高质量发展和生态保护理念下，农业可持续发展的正外部性为城乡生态融合提供有益支撑。

城乡融合为农业现代化整合资源要素。一是通过城乡人口和空间融合为提升农业综合生产能力和经营管理能力调配人才、技术和土地等优质资源，并培育可供持续发展的职业化人才和先进适用技术；二是通过城乡经济和社会融合改善农业生产条件和生活条件，解决农村居民从事农业的后顾之忧，

保障农产品供给安全，提高农业质量效益与竞争力；三是城乡生态融合将从两个地域空间为农业现代化发展营造生态屏障，促进农业可持续发展。

## 2 指标体系构建与研究方法

### 2.1 指标体系构建

学者们分别从不同角度对农业现代化展开量化研究，蒋和平和黄德林<sup>[26]</sup>、辛岭和王济民<sup>[5]</sup>先后从农业投入水平、产出水平、农村社会经济和农业可持续发展构建农业现代化综合评价模型；谭爱花等<sup>[27]</sup>从农业经济现代化、农业社会现代化和农业生态现代化三个方面进行评价；张淑英和夏心旻<sup>[28]</sup>围绕农业发展目标 and 手段从产出效益、设施装备、科技进步、产业经营、生态环境和支持保障等方面测算农业现代化水平；新时期对农业现代化的评价增加了新型农业经营、产业融合等方面的考量<sup>[3]</sup>。

基于此认识，本文依据国家对农业现代化目标的新阐述和新要求，分别从农业综合生产能力、农业经营管理、农业质量效益与竞争力、农业可持续发展等4个子系统（表1），测度农业现代化发展水平。其中，农业综合生产能力主要指物质载体的便利与非物质要素的支撑，表现在农业生产的水利化、机械化和新型化，农业经营管理主要指适度规模经营模式的多元化以及经营主体的组织化和高素

表1 农业现代化测算指标体系

Table 1 Agricultural modernization calculation index system

| 系统层                | 指标层                              | 符号  | 指标解释                              | 属性 | 权重      |
|--------------------|----------------------------------|-----|-----------------------------------|----|---------|
| 农业综合<br>生产能力       | 有效灌溉面积占比（%）                      | A1  | 有效灌溉面积 / （耕地面积 × 复种指数）            | 正  | 0.021 7 |
|                    | 农作物耕种收综合机械化率（%）                  | A2  | 机耕率 × 0.4 + 机播率 × 0.3 + 机收率 × 0.3 | 正  | 0.018 6 |
|                    | 耕地面积用电量（万 kW·h/hm <sup>2</sup> ） | A3  | 农村用电量 / 耕地面积                      | 正  | 0.161 6 |
|                    | 设施农业面积占比（%）                      | A4  | 温室设施面积 / 耕地面积                     | 正  | 0.115 2 |
|                    | 农林水事务支出占比（%）                     | A5  | 地方农林水事务支出 / 财政一般预算支出              | 正  | 0.014 2 |
|                    | 人均农林牧渔全社会固定资产投资（元 / 人）           | A6  | 全社会农林牧渔业固定资产投资 / 区域总人口            | 正  | 0.065 0 |
| 农业经营<br>管理         | 耕地适度经营规模比（%）                     | A7  | 经营耕地 30 亩以上的农户数 / 区域农户数           | 正  | 0.113 4 |
|                    | 农业社会化服务规模化（个 / 百户）               | A8  | 农机作业服务专业户个数 / 区域农户数               | 正  | 0.049 7 |
|                    | 农民专业合作社覆盖率（个 / 百户）               | A9  | 农民专业合作社个数 / 区域农户数                 | 正  | 0.067 3 |
|                    | 农林牧渔服务业增加值占比（%）                  | A10 | 农林牧渔服务业增加值 / 农林牧渔业增加值             | 正  | 0.027 2 |
|                    | 农村劳动力文盲率（%）                      | A11 | 不识字或识字很少农村劳动力数 / 农村劳动力总数          | 负  | 0.003 1 |
|                    | 农业防灾率（%）                         | A12 | 1 - （农作物成灾面积 / 农作物受灾面积）           | 正  | 0.018 5 |
| 农业质量<br>效益与竞<br>争力 | 人均粮菜肉蛋奶产量（kg / 人）                | A13 | 粮菜肉蛋奶总产量 / 区域总人口                  | 正  | 0.017 2 |
|                    | 农业土地产出率（万元 / hm <sup>2</sup> ）   | A14 | 农业增加值 / 耕地面积                      | 正  | 0.037 5 |
|                    | 农业劳动生产率（万元 / 人）                  | A15 | 农林牧渔增加值 / 第一产业从业人员                | 正  | 0.026 9 |
|                    | 绿色农产品数量（个 / 万 hm <sup>2</sup> ）  | A16 | 当年有效使用的绿色食品标志产品数量 / 耕地面积          | 正  | 0.104 0 |
|                    | 农产品出口总额占比（%）                     | A17 | 农产品出口总额 / 货物出口总额                  | 正  | 0.073 9 |
| 农业可持<br>续发展        | 化肥减量化（kg/hm <sup>2</sup> ）       | A18 | 农用化肥折纯量 / 耕地面积                    | 负  | 0.011 0 |
|                    | 农药减量化（kg/hm <sup>2</sup> ）       | A19 | 农药施用量 / 耕地面积                      | 负  | 0.005 3 |
|                    | 耗水创造的农业增加值（元 / m <sup>3</sup> ）  | A20 | 农业增加值 / 农业用水总量                    | 正  | 0.039 9 |
|                    | 农业碳排放总量（万 t）                     | A21 | 参考李波等 <sup>[29]</sup> 研究计算所得      | 负  | 0.009 0 |

质化, 农业质量效益与竞争力主要指农业供给的多样化、高效化和绿色化, 以及农业国际竞争力的增强, 农业可持续发展主要指农业绿色发展和资源有效利用。

相关学者对城乡关系的量化研究集中在城乡一体化、城乡协调、城乡融合和多维差距的测度, 完世伟<sup>[30]</sup>、周江燕和白永秀<sup>[31]</sup>从空间、人口、社会、经济和生态环境等 5 个方面反映城乡一体化状况; 随着近年来城乡关系的演变, 周佳宁等<sup>[16]</sup>将相关研究拓展到城乡多维融合水平测度; 赵德起和陈娜<sup>[32]</sup>在分析内在机理基础上从城乡融合前提、动力和结果等方面构建指标体系; 杨志恒<sup>[15]</sup>把城乡融合归纳为人流、物流、交通流和信息流在城乡地

域间不断流动; 叶璐和王济民<sup>[33]</sup>基于城乡融合发展根本目的, 从城乡居民生活、基础设施、基本公共服务、要素配置和产业发展 5 个维度测度城乡差距来反映城乡融合水平。综合上述认识, 本文从城乡多维差距和流空间角度构建城乡融合测算指标体系, 主要包括城乡人口、空间、经济、社会 and 生态融合 (表 2)。城乡人口融合主要指以人为核心的新型城镇化和城乡人口合理配置, 城乡空间融合主要指现实和虚拟空间中的城乡多维距离缩进, 城乡经济融合主要指城乡经济结构和生活水平差距的缩小, 城乡社会融合主要指城乡基本公共服务的均等化, 体现在教育、医疗和社会保障等方面的一体化, 城乡生态融合主要指生态环境及空气质量的改善。

表 2 城乡融合发展测算指标体系  
Table 2 Urban-rural integration measurement index system

| 系统层    | 指标层                                 | 符号  | 指标解释                                        | 属性 | 权重      |
|--------|-------------------------------------|-----|---------------------------------------------|----|---------|
| 城乡人口融合 | 人口城镇化 (%)                           | B1  | 城镇人口 / 区域总人口                                | 正  | 0.058 5 |
|        | 非农与农业从业比                            | B2  | 二三产业从业人口 / 第一产业从业人口                         | 负  | 0.011 2 |
|        | 城乡人口文盲率 (%)                         | B3  | 15 岁及以上文盲、半文盲人口 / 15 岁及以上人口                 | 负  | 0.014 3 |
| 城乡空间融合 | 城乡道路面积比                             | B4  | 城市道路面积 / 乡村道路面积                             | 负  | 0.007 3 |
|        | 城乡公用设施投资比                           | B5  | 城市市政公用设施建设投资额 / 农村市政公用设施建设投资额               | 负  | 0.008 2 |
|        | 人均邮电业务量 (元 / 人)                     | B6  | 邮电业务总量 / 区域总人口                              | 正  | 0.227 6 |
| 城乡经济融合 | 二元对比系数 (%)                          | B7  | (第一产业产值 / 第一产业从业人员) / (第二三产业产值 / 第二三产业从业人员) | 正  | 0.246 2 |
|        | 城乡居民收入差距                            | B8  | 通过城乡居民收入的泰尔指数度量 <sup>a</sup>                | 负  | 0.018 6 |
|        | 城乡居民消费比                             | B9  | 城镇居民人均消费支出 / 农村居民人均消费支出                     | 负  | 0.008 0 |
| 城乡社会融合 | 城乡义务教育经费投入比                         | B10 | 城镇义务教育经费投入 / 农村义务教育经费投入                     | 负  | 0.006 3 |
|        | 城乡医师比                               | B11 | 城镇人均执业 (助理) 医师数 / 农村人均执业 (助理) 医师数           | 负  | 0.021 5 |
|        | 城乡文教娱乐支出比                           | B12 | 城镇居民家庭文教娱乐支出 / 农村居民家庭文教娱乐支出                 | 负  | 0.003 9 |
|        | 城乡失业保险覆盖率 (%)                       | B13 | 参保城乡失业保险人数 / 区域总人口                          | 正  | 0.164 1 |
| 城乡生态融合 | 城乡绿化覆盖率比                            | B14 | 城市绿化覆盖率 / 乡村绿化覆盖率                           | 负  | 0.016 2 |
|        | 城乡空气质量 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | B15 | PM <sub>2.5</sub> 浓度                        | 负  | 0.052 2 |
|        | 城乡节能减排 (吨标准煤 / 元)                   | B16 | 能源消费总量 / GDP                                | 负  | 0.010 8 |
|        | 城乡污染治理 (%)                          | B17 | 环境污染治理投资 / GDP                              | 正  | 0.124 9 |

注: a) 借鉴宋晓玲<sup>[34]</sup>等相关研究。

## 2.2 数据来源

本文以我国 31 个省市区为基本研究单元 (所涉及的数据均未包括香港、澳门和台湾 3 个行政区), 选择 2004—2018 年为研究时段, 对农业现代化与城乡融合发展的耦合协调性进行研究。其中, 有效灌溉面积等农业生产、经营数据来自《中国农村统计年鉴》; 温室设施面积、农机作业服务专业户数来自《中国农业机械工业年鉴》; 地方农林水事务支出等城乡社会经济类数据来自《中国统计年鉴》; 农民专业合作社数来自中国农村经营管理统计年报; 当年有效使用的绿色食品标志产品数量来自中国绿色食品网; 城乡道路面积等城乡对比类数

据来自《中国城乡建设统计年鉴》; 城乡义务教育经费投入来自《中国教育年鉴》; 环境污染治理投资来自《中国环境统计年鉴》; 农产品出口总额来自中国农产品月度统计报告; PM<sub>2.5</sub> 浓度数据来源于达尔豪斯大学大气成分分析组公布的栅格数据。

## 2.3 综合指数测算方法

为消除不同指标量纲影响, 采用极差标准化方法对指标进行归一化处理。考虑到指标权重测算的科学性, 运用熵值系数与复相关系数进行组合赋权, 综合利用原始数据的差异信息和重复信息<sup>[35]</sup>, 根据测算模型分别计算农业现代化指数和城乡融合指数。并运用 Arcgis10.2 软件的反距离权重空间插值

技术展现其演变趋势，旨在考察我国农业现代化与城乡融合的空间分布异质性与依赖性。

农业现代化指数和城乡融合指数测算方法为：

$$F_i = W_j \times Y_{ij} \quad (1)$$

式中： $F_i$  分别代表第  $i$  个省市区的农业现代化指数或城乡融合指数； $W_j$  为通过乘法合成方式求得第  $j$  项指标的组合权重； $Y_{ij}$  为第  $i$  个省市第  $j$  项指标标准化的值。

## 2.4 耦合协调度模型

为定量测度农业现代化与城乡融合发展的耦合协调度，本文借鉴 Li 等<sup>[36]</sup> 和陈国生等<sup>[11]</sup> 的做法构建耦合协调度模型，并参考王成和唐宁<sup>[37]</sup> 将耦合协调度划分为 10 个等级。在此基础上，为更直观地分析农业现代化与城乡融合发展的协调性，借鉴崔学刚等<sup>[38]</sup> 做法划分和叠加农业现代化与城乡融合的组合水平，共计分为高农业现代化—高城乡融合（高一高）、高农业现代化—低城乡融合（高一低）、中农业现代化—中城乡融合（中一中）、低农业现代化—高城乡融合（低一高）和低农业现代化—低城乡融合（低一低）5 种组合水平。

耦合度（ $C$ ）、发展度（ $T$ ）和耦合协调度（ $D$ ）测定方法为：

$$C = \frac{\sqrt{\text{MOD}_i \cdot \text{CON}_i}}{(\text{MOD}_i + \text{CON}_i)/2} \quad (2)$$

$$T = b_1 \text{MOD}_i + b_2 \text{CON}_i \quad (3)$$

$$D = \sqrt{C \cdot T} \quad (4)$$

式中： $\text{MOD}_i$ 、 $\text{CON}_i$  分别为农业现代指数和城乡融合发展指数， $b_1$ 、 $b_2$  为待定参数，均取值为 0.5。

## 2.5 地理探测器模型

地理探测器既可以探测单个影响因子的影响大小，也可以比较两个影响因子交互作用时的影响力<sup>[39]</sup>。由于地理探测器对于多个自变量的共线性免疫，适合从庞大的指标体系中寻找最为关键的驱动因子。因此本文将农业现代化与城乡融合各个子系统的因素作为自变量（A1~B18），利用地理探测器探究驱动农业现代化与城乡融合耦合协调的主导因子和交互因子，并对我国东部、中部、西部和东北地区驱动因素进行甄别。为保障地理探测器模型的正常运转，利用 SPSS 的  $k$  均值聚类方法将数值型变量转变为离散型变量。具体模型为：

$$q = 1 - \frac{1}{N\sigma^2} \sum_{h=1}^L N_h \sigma_h^2 \quad (5)$$

式中： $h=1, 2, \dots, L$ ，为因子  $X$  的分层， $N$  与  $N_h$  为

研究区和探测区的样本数， $\sigma_2$  和  $\sigma_h^2$  分别为研究区和探测区的  $Y$  值方差。 $q$  为探测因子  $X$  的探测力值，取值为  $[0, 1]$ ， $q$  越大表示因子  $X$  对  $Y$  的解释力越强，反之则越弱，当  $q$  值为 1 时表明因子  $X$  完全控制了  $Y$  的空间分布， $q$  值为 0 时表明因子  $X$  与  $Y$  没有任何关系。

## 3 我国农业现代化与城乡融合发展的空间演变

### 3.1 农业现代化的空间演变

2004—2018 年我国农业现代化呈现东北—西南层级递减、东西分化和中心极化的特征（图 1）。具体表现为：2004—2018 年间农业现代化高水平区锁定在“东北三省—东部沿海”地区，低水平区常年集聚在西南边境地区，主要原因是东北和东部地区凭借物质装备精良化和经营规模化，使得农业综合生产能力和经营管理水平遥遥领先于西部地区，且由于河南、山西、广西和西藏等地的农业经营管理、质量效益与竞争力水平在时间上的长期滞后，开始转变为农业现代化“洼地”，农业现代化低水平逐渐收缩并锁定。高水平区逐渐聚集并呈现极化特征，主要是因为邻近地区资源禀赋结构的同质性易形成发展合力，共同导致农业现代化发展模式成熟并趋于固化，例如东北三省主要是农业经营现代化模式，其中 2018 年黑龙江、吉林农业经营管理水平对总体农业现代化水平贡献度达 51.48% 和 50.43%，高于全国平均贡献度（30.77%）；江浙沪主要是设施农业现代化模式，其中江苏、浙江和上海设施农业占比分别达 7.75%、2.82% 和 2.58%，远远超过其他地区。此外，在国家重大区域战略框架下，陕西和贵州等西部省份着力发展现代特色高效农业，巩固提升农业综合生产能力，以陕西和贵州为中心的中西部交接带从农业现代化“洼地”转变为发展“高地”，2018 年农业现代化水平较 2004 年提升 1.34 倍以上，实现农业现代化格局向多极支撑转变。

### 3.2 城乡融合的空间演变

2004—2018 年总体上我国城乡融合与农业现代化空间分布保持着相似格局，但也存在着“三极驱动、断层分化、整体偏低”空间特征（图 2）。“三极驱动”是指 2004—2018 年我国城乡融合高水平区锁定在京津冀、江浙沪和珠三角地区，这主要得益于北京、天津、上海和广东等省份的城乡人口、社会融合优势比较突出，人口城镇化水平及综合素质均高于其他省份，具备良好的经济发展基础、完善的城乡基础设施和公共服务体系。“断层分化”体现为，在陕西关中地区和黔川渝地区城乡融合水

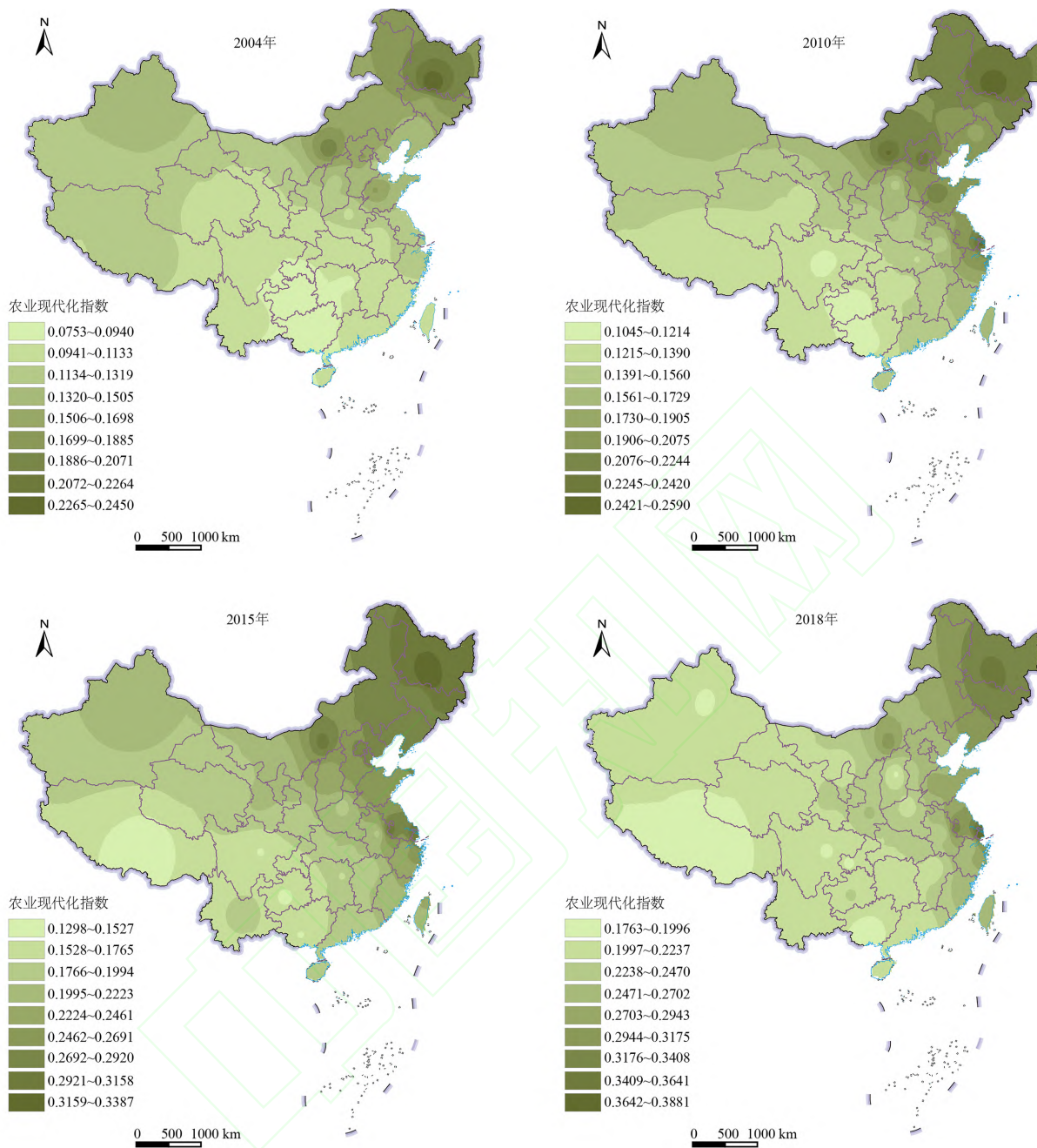


图 1 我国农业现代化指数的空间演变

Fig. 1 Spatial evolution of the agricultural modernization index in China

注：底图来自国家测绘地理信息局标准地图服务网站，原审图号 GS（2020）4619 号，审图号 GS（2021）5855 号。

平的不断提高下，全国城乡发展格局由东西连片割裂为断层独立，这主要是因为重大区域战略推动下，城乡专项规划和措施进一步明确，陕西、贵州、四川和重庆等地的城乡空间、经济融合水平大大提升，为城乡融合发展提供物质载体与政策便利。总体而言，2004 年城乡融合水平在 0.30 以上的仅有北京和上海两地，各地通过规划城乡空间布局以及缩小城乡居民收入、消费和就业差距，推动城乡空间和经济融合水平快速提升，进而带动城乡融合水平整体提高，但至 2018 年只有北京、上海、江苏

和浙江的城乡融合水平在 0.60 以上，87.10% 的省市区都处在 0.31~0.56 水平上，由于全国各地城乡人口、社会和生态等方面不同程度的突出短板，使得城乡融合水平整体偏低。

#### 4 农业现代化与城乡融合耦合协调性分析

2004—2018 年间，我国农业现代化与城乡融合的耦合协调度呈上升趋势，整体从轻度失调迈进勉强协调，两者发展不平衡状况不断缩减，呈现出“东部高、西南低”的层级递减特征（表 3）。2004

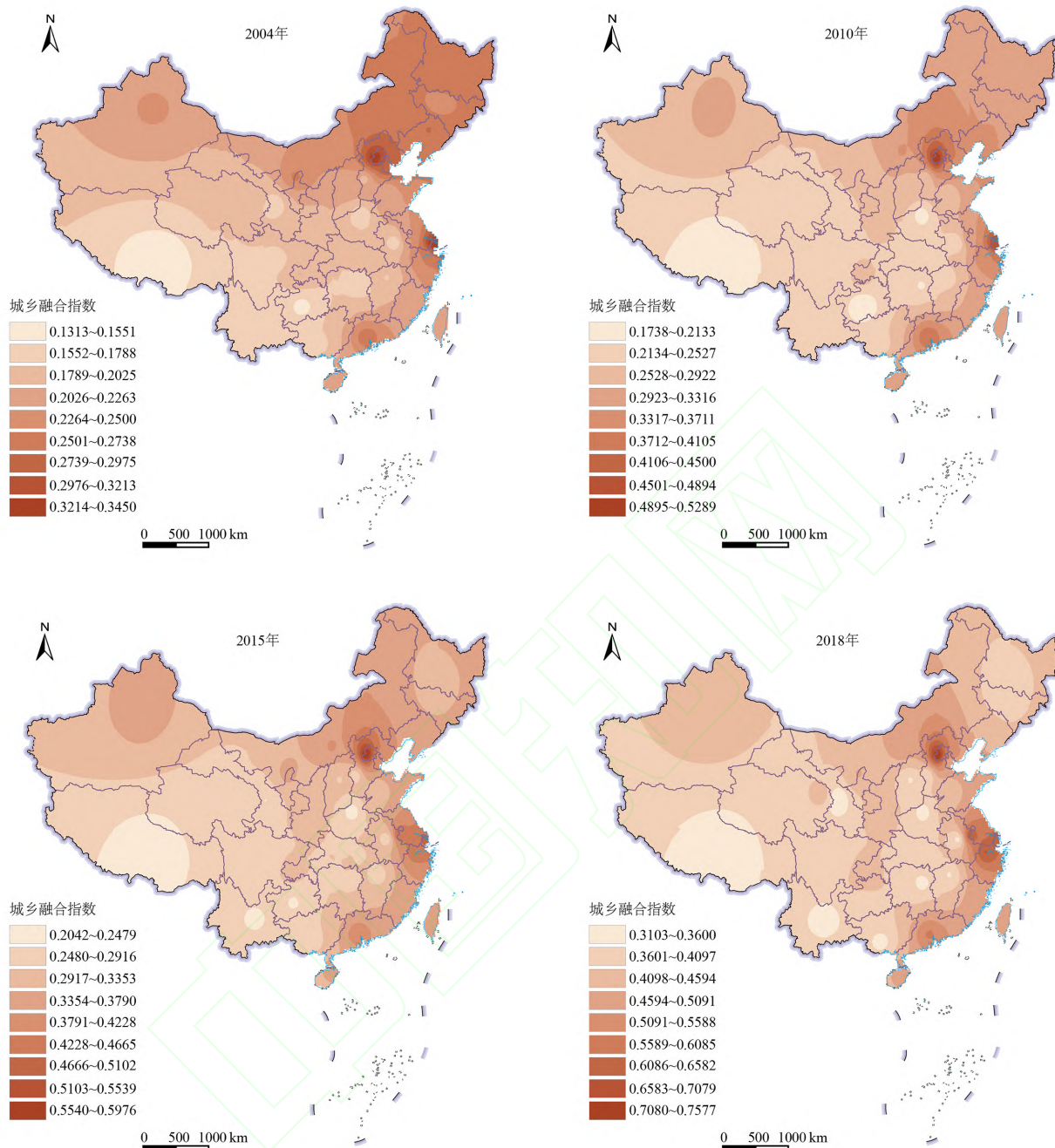


图2 我国城乡融合指数的空间演变

Fig. 2 Spatial evolution of the urban-rural integration index in China

注：底图来自国家测绘地理信息局标准地图服务网站，原审图号 GS（2020）4619 号，审图号 GS（2021）5855 号。

年以后农业现代化与城乡融合的组合水平演变过程可划分为3个阶段：第一阶段是2004—2009年的协调起步阶段，这一阶段绝大部分中西部省份农业现代化与城乡融合的组合水平以低—低组合为主，中—中组合和高—高组合主要分布在东部和东南沿海地区。第二阶段是2010—2013年的协调发展阶段，这一阶段甘肃、青海由低—低上调为中—中组合，中—中组合在山东、福建、广东、海南等地不断扩大。第三阶段是2014—2018年的快速推进阶段，部分地区开始迈进协调阶段，中西部低—低组合持

续减少，东部沿海和东北部地区的中高水平组合覆盖范围逐渐增加。

2004年各地农业现代化与城乡融合低—低、低—高和中—中组合占比达到80.70%，二者耦合协调度均处在轻度失调及以下。经过国家区域战略调控以及工农城乡关系调整，2010年迈进勉强协调阶段，2015年摆脱轻度失调，到2018年部分省市已经处于初级协调及以上状态，这主要得益于农业现代化与城乡融合中高水平逐渐从东部沿海延伸到西北地区，低—低组合逐渐缩减到只有西藏。但是，

表 3 我国农业现代化与城乡融合的耦合协调度

Table 3 Coupling and coordination degree of agricultural modernization and urban-rural integration in China

| 地区  | 2004 |       | 2010 |       | 2015 |       | 2018 |       |
|-----|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|
|     | 组合水平 | 耦合协调度 | 组合水平 | 耦合协调度 | 组合水平 | 耦合协调度 | 组合水平 | 耦合协调度 |
| 北京  | 高一高  | 濒临失调  | 高一高  | 勉强协调  | 高一高  | 初级协调  | 高一高  | 初级协调  |
| 天津  | 中一中  | 濒临失调  | 高一高  | 勉强协调  | 高一高  | 勉强协调  | 高一高  | 勉强协调  |
| 河北  | 中一中  | 濒临失调  | 中一中  | 濒临失调  | 中一中  | 勉强协调  | 高一低  | 勉强协调  |
| 山西  | 中一中  | 濒临失调  | 中一中  | 濒临失调  | 中一中  | 勉强协调  | 低一低  | 勉强协调  |
| 内蒙古 | 高一高  | 濒临失调  | 高一高  | 勉强协调  | 高一高  | 勉强协调  | 高一高  | 初级协调  |
| 辽宁  | 高一高  | 濒临失调  | 高一高  | 濒临失调  | 高一高  | 勉强协调  | 中一中  | 初级协调  |
| 吉林  | 高一高  | 濒临失调  | 高一高  | 濒临失调  | 中一中  | 勉强协调  | 高一低  | 勉强协调  |
| 黑龙江 | 高一高  | 濒临失调  | 高一高  | 勉强协调  | 中一中  | 勉强协调  | 高一低  | 初级协调  |
| 上海  | 中一中  | 濒临失调  | 高一高  | 勉强协调  | 高一高  | 初级协调  | 高一高  | 中级协调  |
| 江苏  | 中一中  | 濒临失调  | 高一高  | 勉强协调  | 高一高  | 初级协调  | 高一高  | 初级协调  |
| 浙江  | 中一中  | 濒临失调  | 高一高  | 勉强协调  | 中一中  | 勉强协调  | 高一高  | 初级协调  |
| 安徽  | 低一高  | 轻度失调  | 低一低  | 濒临失调  | 低一低  | 濒临失调  | 中一中  | 勉强协调  |
| 福建  | 中一中  | 轻度失调  | 中一中  | 濒临失调  | 中一中  | 勉强协调  | 高一高  | 初级协调  |
| 江西  | 低一低  | 轻度失调  | 中一中  | 濒临失调  | 低一低  | 濒临失调  | 低一低  | 勉强协调  |
| 山东  | 中一中  | 濒临失调  | 中一中  | 濒临失调  | 中一中  | 勉强协调  | 中一中  | 勉强协调  |
| 河南  | 低一低  | 轻度失调  | 中一中  | 濒临失调  | 低一低  | 濒临失调  | 低一低  | 勉强协调  |
| 湖北  | 低一低  | 轻度失调  | 低一低  | 濒临失调  | 低一低  | 濒临失调  | 中一中  | 勉强协调  |
| 湖南  | 低一低  | 轻度失调  | 低一低  | 濒临失调  | 低一低  | 濒临失调  | 低一低  | 勉强协调  |
| 广东  | 低一高  | 濒临失调  | 中一中  | 濒临失调  | 低一高  | 勉强协调  | 低一高  | 勉强协调  |
| 广西  | 低一低  | 轻度失调  | 低一低  | 濒临失调  | 低一低  | 濒临失调  | 低一低  | 勉强协调  |
| 海南  | 中一中  | 轻度失调  | 中一中  | 濒临失调  | 低一高  | 勉强协调  | 低一高  | 勉强协调  |
| 重庆  | 中一中  | 轻度失调  | 中一中  | 濒临失调  | 中一中  | 濒临失调  | 中一中  | 勉强协调  |
| 四川  | 低一低  | 轻度失调  | 低一低  | 濒临失调  | 低一低  | 濒临失调  | 低一低  | 勉强协调  |
| 贵州  | 低一低  | 轻度失调  | 低一低  | 轻度失调  | 低一低  | 濒临失调  | 中一中  | 勉强协调  |
| 云南  | 低一低  | 轻度失调  | 低一低  | 濒临失调  | 低一低  | 濒临失调  | 低一低  | 勉强协调  |
| 西藏  | 中一中  | 轻度失调  | 低一低  | 轻度失调  | 低一低  | 濒临失调  | 低一低  | 濒临失调  |
| 陕西  | 中一中  | 轻度失调  | 中一中  | 濒临失调  | 中一中  | 勉强协调  | 中一中  | 勉强协调  |
| 甘肃  | 低一低  | 轻度失调  | 中一中  | 濒临失调  | 中一中  | 濒临失调  | 中一中  | 勉强协调  |
| 青海  | 低一低  | 轻度失调  | 中一中  | 濒临失调  | 低一低  | 濒临失调  | 中一中  | 勉强协调  |
| 宁夏  | 中一中  | 濒临失调  | 中一中  | 濒临失调  | 低一高  | 勉强协调  | 中一中  | 勉强协调  |
| 新疆  | 高一高  | 濒临失调  | 高一高  | 濒临失调  | 中一中  | 勉强协调  | 中一中  | 勉强协调  |

部分地区由于农业现代化与城乡融合处于不平衡或低值化结构,致使 2018 年 3.20% 的地区处在濒临失调状态、70.90% 的地区仍然处于勉强协调阶段,如西藏的农业现代化与城乡融合的双滞后,导致耦合协调处在濒临失调阶段,河北、吉林等地的城乡融合滞后于农业现代化,导致耦合协调处在勉强协调阶段,广东和海南的农业现代化滞后于城乡融合,导致耦合协调处在勉强协调阶段。

## 5 农业现代化与城乡融合耦合协调的驱动因素

### 5.1 全国尺度

对 2004—2018 年驱动全国各省市农业现代化与城乡融合耦合协调的主导因子进行探测,对比历年前 10 项因素可知,二元对比系数 (B7)、城镇化率 (B1)、城乡义务教育投入比 (B10)、城乡失

业保险率 (B13)、城乡居民收入比 (B8)、非农与农业从业比 (B2) 和农业电气化 (A3) 等 7 项因素出现频率达 50% 以上 (表 4),可以确定这 7 项因素为驱动全国农业现代化与城乡融合耦合协调的关键主导因子,表明我国农业现代化与城乡融合耦合协调空间分异主要受产业结构、城镇化、基本公共服务均等化、城乡收入差距和农村基础设施建设等因素影响。

根据表 4 探测结果,对驱动农业现代化与城乡融合耦合协调的因素可归纳为三方面:一是产业结构对驱动农业现代化与城乡融合耦合协调力量最大,表现在 2004—2018 年间对二者耦合协调空间布局影响力最大的因子中二元对比系数 (B7) 排在首位,且 2015 年之后非农与农业从业比 (B2) 的影响力是稳步上升的,产业和人口作为影响农业现

代化与城乡融合耦合协调的重要方面，其配置效率与比例将从发展基础上对农业生产经营、城乡人口和经济融合产生影响。二是城乡基本公共服务均等化是驱动农业现代化与城乡融合耦合协调的持久力量，表现为城乡义务教育投入比（B10）、城乡失业保险率（B13）的解释力稳定在0.50以上，城乡收入比（B8）一直是2010—2018年二者耦合协调的主导因子，所以城乡差距缩小不仅是国家发展的长期目标，而且是城乡融合下农业现代化发展的持久

力量。三是基础设施建设是农业现代化与城乡融合耦合协调的保障，表现在2015年之后农业电气化（A3）、农作物综合机械化率（A2）、农林水事务支出比（A5）和农业防灾率（A12）的影响力逐年增强，以基础设施建设强化农业物质装备能力有利于农业提质增效，为城乡融合发展提供支撑保障。综合表明产业结构优化、城乡差距缩小和基础设施强化是驱动农业现代化与城乡融合耦合协调的关键力量，未来推动二者协调发展需要兼顾多元路径。

表4 我国农业现代化与城乡融合耦合协调的主导因子探测结果

Table 4 Detecting results of the leading factors in the coupling and coordination of agricultural modernization and urban-rural integration in China

| 2004 |         | 2010 |         | 2015 |         | 2018 |         |
|------|---------|------|---------|------|---------|------|---------|
| 主导因子 | q 值     | 主导因子 | q 值     | 主导因子 | q 值     | 主导因子 | q 值     |
| B7   | 0.692 3 | A15  | 0.787 7 | B7   | 0.779 3 | B7   | 0.769 8 |
| B6   | 0.631 9 | B7   | 0.758 7 | B1   | 0.680 5 | B1   | 0.614 9 |
| B13  | 0.629 9 | B13  | 0.743 3 | A15  | 0.645 8 | B10  | 0.606 8 |
| B1   | 0.610 3 | B8   | 0.716 5 | B8   | 0.645 2 | A3   | 0.598 0 |
| A1   | 0.543 0 | B1   | 0.702 0 | B10  | 0.526 0 | B2   | 0.580 6 |
| B8   | 0.537 2 | B6   | 0.585 5 | A3   | 0.496 2 | B13  | 0.558 8 |
| A2   | 0.505 9 | B10  | 0.574 0 | A16  | 0.491 2 | A2   | 0.520 7 |
| B10  | 0.496 7 | B3   | 0.540 0 | B9   | 0.487 1 | B8   | 0.502 1 |
| A13  | 0.434 0 | B2   | 0.521 1 | B13  | 0.484 4 | A5   | 0.483 4 |
| A16  | 0.430 1 | A13  | 0.508 9 | B2   | 0.477 3 | A12  | 0.479 2 |

## 5.2 区域尺度

由于区域资源禀赋和社会经济的差异，驱动各地区农业现代化与城乡融合耦合协调的因素往往存在异质性。如表5所示，东部地区经济发展起步较早，拥有先进的农业生产条件和管理理念，2004—2010年，农业现代化与城乡融合耦合协调主要是农田水利化（A1）、劳均生产效率（A15）、农产品质量安全（A16）和经营组织化（A9）的空间解释力比较强，农业生产、经营与质量效益等方面的影响比较大，伴随城乡一体化建设的快速推进，城乡道路基础设施统筹（B4）、义务教育投入比（B10）和污染防治（B17）对耦合协调空间布局有着重大影响。在进入经济快速发展阶段后，为加快实现农业现代化目标及缩小城乡差距，2015年农业生产支撑（A4和A5）和提质增效能力（A13和A16）的驱动力进一步增强，城镇化率（B1）、城乡收入比（B8）、二元对比系数（B7）和义务教育投入比（B10）等乡村追赶类驱动因素占据主导地位。而生产型、数量型乡村野蛮生长导致的生态涵养约束问题日益凸显<sup>[40]</sup>，叠加中心城市快速城镇化而滋生的城乡要素不平等，2018年统筹城乡基础设施（B5和A3）、基本公共服务均等化（B13）、人口产业配置（B2

和B1）和农业绿色发展（A16和A19）等因素主导作用逐渐强化。综合表明，东部地区农业现代化与城乡融合耦合协调，长期由城乡基础设施和公共服务均等化驱动，后期由农业增产增效驱动转为农业绿色发展驱动。

继2004年中部崛起战略实施以来，提出“三基地、一枢纽”的发展方向，明确了中部地区粮食生产供给和交通枢纽等重要功能，2004—2010年城乡道路（B4）、物流通信（B6）等基础设施建设类因子对农业现代化与城乡融合耦合协调有着重要作用，中部地区优质的农业资源条件决定了农业增产增效（A14和A13）和产业竞争力（A17）等质量效益与竞争力类因子影响较大，除此之外，由于发展初期省际就业、教育与收入差异比较大，非农与农业从业比（B2）、城乡义务教育投入比（B10）和收入差距（B8）的解释力占据首位。2015年科技装备水平快速提升，人口与产业集聚趋势明显，城镇化（B1）、农业物质装备精良化（A6、A1和A4）、土地规模化（A7）和服务化（A10）驱动作用增强。而后在国家战略定位调整及自身发展转型下，新型城镇化重点区、现代农业核心区以及生态文明示范区发展方向进一步明晰，2018年城乡差距类因子延

续此前趋势,如城乡收入差距(B8)、义务教育投入比(B10)和文教娱乐支出比(B12)解释力均在0.86以上,而空气质量优化(B15)和植被绿化覆盖(B14)等城乡环境融合类因子空间解释力显著增强,农业现代化系统中的驱动因素也明显发生变化,表现为农业产业体系(A10)、生产体系(A4和A15)和经营体系(A7和A12)影响力逐渐强化。综合表明,中部地区农业现代化与城乡融合耦合协调由单一农业生产驱动逐步拓展为现代农业三大体系驱动,后期城乡经济、社会融合逐步转型为城乡生态融合驱动。

受地形和交通条件的约束,西部地区的农业和城乡发展基础较为薄弱,2004—2010年驱动农业现代化与城乡融合耦合协调的关键因素是城乡基础设施巩固(B4和B6)和农业综合生产能力提升(A6、A1和A2),且由于西部地区人口外迁流失和耕地资源分散,亟需土地规模化(A7)、高效化(A15和A13)和组织化(A9)支撑农业现代化发展。西

部地区的教育、公共服务长期得不到保障,外出务工人员增加所引发产业、就业结构失衡现象凸显,2015年城乡义务教育投入比(B10)、文教娱乐支出比(B12)、二元对比系数(B7)、非农与农业从业比(B2)等因素的驱动力逐渐增强,即使在国家政策和项目资源的倾斜下,西部地区发展不平衡和不充分等问题依旧突出。2018年新型农业经营体系培育影响力进一步提高,表现为土地规模化(A7)、组织化(A9)、人口高素质化(B3)和服务化(A10)的解释力达0.70以上,人口与产业结构因素延续此前强化趋势,但统筹城乡公共基础设施(B5)驱动力量明显增强。显而易见,西部地区农业现代化与城乡融合耦合协调,长期是由新型经营体系和人口产业结构所驱动,在后期城乡公共基础设施统筹驱动力量逐步显现。

东北地区省际间经济发展结构同质性较强,所以在农业现代化与城乡融合耦合协调驱动力量存在集中化和均质化。凭借雄厚的工业基础和资源优势,

表 5 我国东部、中部、西部和东北地区农业现代化与城乡融合耦合协调的主导因子探测

Table 5 Probe into the leading factors of the coupling and coordination of agricultural modernization and urban-rural integration in eastern, central, western and northeastern China

| 东部地区 |      |      |      |      |      |      |      | 中部地区 |      |      |      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 2004 |      | 2010 |      | 2015 |      | 2018 |      | 2004 |      | 2010 |      | 2015 |      | 2018 |      |
| 主导因子 | q 值  | 主导因子 | q 值  | 主导因子 | q 值  | 主导因子 | q 值  | 主导因子 | q 值  | 主导因子 | q 值  | 主导因子 | q 值  | 主导因子 | q 值  |
| A1   | 0.94 | B8   | 0.98 | B7   | 0.97 | A11  | 0.92 | B2   | 0.95 | B8   | 0.92 | B1   | 0.88 | B10  | 0.92 |
| B10  | 0.79 | A13  | 0.98 | B2   | 0.92 | B5   | 0.91 | B10  | 0.95 | B9   | 0.91 | B16  | 0.88 | B15  | 0.91 |
| B17  | 0.75 | B1   | 0.97 | A13  | 0.89 | B2   | 0.89 | B6   | 0.95 | B17  | 0.83 | A18  | 0.88 | B12  | 0.91 |
| B4   | 0.73 | B10  | 0.97 | A11  | 0.88 | B1   | 0.80 | B4   | 0.95 | B12  | 0.83 | A6   | 0.79 | A12  | 0.89 |
| A15  | 0.71 | B2   | 0.97 | B8   | 0.86 | A3   | 0.80 | A17  | 0.94 | B16  | 0.83 | A1   | 0.76 | A4   | 0.87 |
| A9   | 0.71 | B7   | 0.92 | A4   | 0.79 | B13  | 0.74 | A7   | 0.94 | A17  | 0.83 | A4   | 0.74 | B7   | 0.87 |
| B16  | 0.69 | B13  | 0.92 | A16  | 0.78 | A16  | 0.74 | A14  | 0.94 | A21  | 0.80 | A15  | 0.73 | B8   | 0.86 |
| B7   | 0.68 | B6   | 0.88 | B1   | 0.77 | B8   | 0.69 | A10  | 0.94 | A13  | 0.80 | A7   | 0.63 | B14  | 0.86 |
| B1   | 0.67 | B4   | 0.86 | B11  | 0.74 | A19  | 0.65 | A9   | 0.93 | B15  | 0.80 | A10  | 0.63 | A10  | 0.75 |
| A16  | 0.65 | A16  | 0.79 | A5   | 0.71 | A10  | 0.65 | A19  | 0.92 | A18  | 0.79 | B13  | 0.62 | B4   | 0.75 |

| 东部地区 |      |      |      |      |      |      |      | 中部地区 |      |      |      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 2004 |      | 2010 |      | 2015 |      | 2018 |      | 2004 |      | 2010 |      | 2015 |      | 2018 |      |
| 主导因子 | q 值  | 主导因子 | q 值  | 主导因子 | q 值  | 主导因子 | q 值  | 主导因子 | q 值  | 主导因子 | q 值  | 主导因子 | q 值  | 主导因子 | q 值  |
| A7   | 0.91 | B7   | 0.82 | B10  | 0.82 | A7   | 0.81 | A2   | 0.98 | A2   | 0.98 | A9   | 0.98 | A9   | 0.98 |
| A9   | 0.91 | B10  | 0.82 | B12  | 0.80 | A9   | 0.78 | A5   | 0.98 | A7   | 0.98 | A15  | 0.98 | A12  | 0.98 |
| A15  | 0.86 | A13  | 0.82 | A13  | 0.78 | B3   | 0.77 | A7   | 0.98 | A8   | 0.98 | A12  | 0.98 | B5   | 0.98 |
| A6   | 0.83 | A7   | 0.82 | A7   | 0.75 | B7   | 0.76 | A8   | 0.98 | A18  | 0.98 | B5   | 0.98 | B16  | 0.98 |
| A13  | 0.82 | A15  | 0.81 | B17  | 0.74 | B12  | 0.75 | A9   | 0.98 | A20  | 0.98 | B16  | 0.98 | B17  | 0.98 |
| B6   | 0.74 | B2   | 0.80 | A15  | 0.68 | A10  | 0.70 | A15  | 0.98 | A21  | 0.98 | B17  | 0.98 | A1   | 0.98 |
| A2   | 0.69 | B6   | 0.77 | A2   | 0.66 | B1   | 0.66 | A18  | 0.98 | B4   | 0.98 | A1   | 0.98 | B7   | 0.98 |
| A1   | 0.69 | A9   | 0.75 | A9   | 0.65 | B5   | 0.63 | A21  | 0.98 | B15  | 0.98 | A17  | 0.98 | A8   | 0.31 |
| B4   | 0.65 | A8   | 0.75 | A8   | 0.60 | A13  | 0.61 | B4   | 0.98 | A6   | 0.98 | A18  | 0.31 | A21  | 0.31 |
| B10  | 0.65 | B8   | 0.72 | B7   | 0.60 | B2   | 0.61 | B15  | 0.98 | B7   | 0.98 | A7   | 0.31 | B8   | 0.31 |

注:限于篇幅大小,此处数据仅保留两位有效小数。

东北地区机械化大规模农业发展势头良好，成为全国农业发展的“排头兵”，2004—2010年一方面得益于农业现代化发展较快，如机械装备水平（A2和A5）、经营规模化和组织化（A7、A8和A9）、绿色发展（A18和A21）等因子的驱动力量强大，另一方面得益于城乡一体化建设推进，如城乡道路建设（B4）和空气质量优化（B15）等因子解释力较强。但是由于城乡人居环境质量提升缓慢，2015年城乡公共基础设施（B4和B5）和生态环境（B15和B16）对耦合协调空间布局解释力增强。2018年着力补齐农业生产环境和人居环境等短板的同时，又亟需新型要素对农业经营模式的更新改造，因此城乡经济融合（B7和B8）驱动力在这一时期有所弱化，而农业碳排放（A21）、城乡节能减排（B16）和污染治理（B17）等生态环境类因子驱动力强化，经营组织化（A9）、防灾减灾能力（A12）和服务规模化（A8）等新型农业经营体系驱动力量进一步上调。综合表明，东北地区农业现代化与城乡融合耦合协调长期由城乡基础设施建设和生态环境改善

驱动，后期由农业多系统驱动集中为新型农业经营体系和可持续发展驱动。

### 5.3 交互因子

在主导因子分析的基础上，进一步探测因子间交互作用对耦合协调度的影响。表6结果显示，双因子交互作用的解释力明显比单因子作用强，并且交互作用类型以双因子增强为主。其中，二元对比系数（B7）与其他因子的交互作用最强，表明通过优化产业结构推动二元经济结构转型，对农业现代化与城乡融合协调具有显著的推动作用，这是因为合理调整产业结构将有助于要素充分流动与配置，创建产业延伸与融合点，从发展基础上促进两者的耦合协调；其次是农业现代化子系统间交互作用（ $A1 \cap A9$ 、 $A10 \cap A13$ 、 $A2 \cap A15$ 、 $A2 \cap A18$ ），表明农业现代化是子系统交互协调的体系建设，构建现代农业经济体系有利于人口、产业和土地等要素的关联，从而为城乡要素双向流动创造空间，促进城乡融合发展，从核心要素上促进两者的耦合协调。

表6 我国农业现代化与城乡融合耦合协调的主导交互因子

Table 6 Dominant interaction factors of the coupling and coordination of agricultural modernization and urban-rural integration in China

| 交互因子               | q 值     | 交互因子               | q 值     | 交互因子               | q 值     | 交互因子               | q 值     |
|--------------------|---------|--------------------|---------|--------------------|---------|--------------------|---------|
| $A12 \cap B7^{**}$ | 0.936 0 | $A9 \cap B7^{*}$   | 0.893 0 | $A20 \cap B7^{*}$  | 0.876 6 | $A2 \cap A15^{*}$  | 0.868 1 |
| $A10 \cap B7^{**}$ | 0.929 4 | $B13 \cap B7^{**}$ | 0.887 9 | $B2 \cap B7^{**}$  | 0.875 8 | $A13 \cap B7^{**}$ | 0.866 8 |
| $A19 \cap B7^{*}$  | 0.919 4 | $B6 \cap B7^{**}$  | 0.887 1 | $B9 \cap B7^{**}$  | 0.873 0 | $A2 \cap B7^{**}$  | 0.862 7 |
| $B15 \cap B7^{**}$ | 0.906 2 | $A19 \cap B1^{*}$  | 0.886 1 | $A17 \cap B7^{**}$ | 0.872 8 | $B3 \cap B7^{**}$  | 0.861 6 |
| $A6 \cap B7^{**}$  | 0.901 8 | $B10 \cap B7^{**}$ | 0.885 7 | $A5 \cap B9^{*}$   | 0.872 8 | $B12 \cap B7^{**}$ | 0.860 2 |
| $A14 \cap B7^{**}$ | 0.901 1 | $B11 \cap B7^{**}$ | 0.880 9 | $A10 \cap A13^{*}$ | 0.872 5 | $A2 \cap A18^{*}$  | 0.857 9 |
| $A16 \cap B7^{**}$ | 0.894 1 | $A1 \cap A9^{*}$   | 0.880 5 | $A8 \cap B7^{*}$   | 0.871 4 | $A2 \cap B5^{**}$  | 0.853 7 |

注：因文章篇幅有限此处仅展示 q 值大于 0.85 的交互因子，其中 \*\* 表示交互作用类型为双因子增强，\* 表示交互作用类型为非线性增强。

## 6 结论与启示

### 6.1 结论

2004—2018年我国省域农业现代化与城乡融合空间布局存在一定的相似性和时间惯性。其中省域农业现代化空间布局由东北向西南层级递减，高水平区连绵分布在东北、东部沿海地区，并在东北和江浙沪地区出现极化特征，低水平区在西南地区逐步缩减，而省域城乡融合高水平区常年聚集在京津冀、江浙沪和珠三角地区，低水平区点状分布在西南和中部地区。值得关注的是，陕西、贵州、四川和重庆以区域战略和国家项目为契机补齐发展短板，逐步改变着全国农业现代化与城乡融合的空间格局。

2004—2018年我国农业现代化与城乡融合的耦

合协调度呈上升趋势，整体从轻度失调迈进勉强协调阶段，两者耦合协调发展的不平衡状况有所降低，呈现出“东部高西南低”的分布特征。虽然农业现代化与城乡融合存在相互依赖与协调关系，但是仍然存在不平衡结构，如西藏农业现代化与城乡融合呈现双滞后，河北、吉林等地城乡融合滞后于农业现代化，广东和海南农业现代化滞后于城乡融合。

驱动农业现代化与城乡融合耦合协调的因素存在多元性和交互性。一方面二元对比系数、城镇化率、城乡义务教育投入比、城乡失业保险率、城乡居民收入比、非农与农业从业比、农业电气化是长期驱动全国省域农业现代化与城乡融合的关键主导因子，表明产业结构优化、城乡基本公共服务均等化和基础设施强化是两者耦合协调的主要力量；另一方面优化产业结构和构建现代农业经济体系是驱

动农业现代化与城乡融合耦合协调的主要交互因子,重点以产业结构调整,农业生产、经营与绿色发展之间的交互作用增强二者耦合协调。

驱动农业现代化与城乡融合耦合协调的因素存在区域异质性和阶段差异性。其中东部地区长期由城乡基础设施和公共服务均等化驱动,后期由农业增产增效驱动转为农业绿色发展驱动;中部地区由单一农业生产驱动逐步拓展为现代农业三大体系驱动,后期由城乡经济、社会融合驱动转为城乡生态融合驱动;西部地区长期由新型经营体系和人口产业结构驱动,后期城乡公共基础设施统筹驱动力量逐步增强;东北地区长期由城乡基础设施建设和生态环境改善驱动,后期由农业多系统驱动集中为新型农业经营体系和可持续发展驱动。

## 6.2 启示

推进农业现代化与城乡融合耦合协调迫切需要明确区域重心和系统协作。

一是,在区域协调发展战略背景下,农业现代化与城乡融合水平“东北高西南低”现象仍然存在,但 2015 年以来关中平原、黔川渝结合部等地明显有着追赶迹象,逐步改变我国农业现代化与城乡融合水平的空间布局结构,国家重点区域战略的实施取得显著效果,应借助国家区域战略和政策项目红利,补齐农业现代化与城乡融合短板,加快重点区域农业现代化与城乡融合发展。

二是,2018 年全国省域农业现代化与城乡融合均处在勉强协调阶段及以上(除西藏以外),但不平衡结构仍然存在,应该重点针对河北、吉林等地城乡融合相对滞后、华南地区农业现代化相对滞后等情况制定差异化协调推进战略,以地区战略定位和资源优势助推耦合协调发展。

三是,推进农业现代化与城乡融合发展亟需多系统协作,而优化产业结构与构建现代农业经济体系具有显著的外部性和交互性,可以有效联结各个路径产生合力。未来应着力优化产业结构,推进农村一二三产业融合,激活乡村发展活力;构建现代农业产业体系、生产体系和经营体系,强化农业发展基础;加强城乡基础设施统筹和基本公共服务均等化,实现城乡协调发展。重点发挥区域内部核心要素的主导和交互作用,制定和落实差异化区域协调发展战略。

农业现代化研究应深化对其本质的认识,拓展农业现代化内涵和外延,从城乡结合的角度理解与认识农业现代化和新型城乡关系。而文化作为农业现代化与城乡融合发展的重要底蕴,本文尚缺乏此

层面的考量,此为研究之不足。对农业现代化与城乡融合耦合协调的分析,为认识新型工农城乡关系奠定了基础,未来可进一步讨论新型工农城乡关系的耦合协调和形成机制,探讨城乡关系失调导致的不平衡不充分问题。

## 参考文献:

- [1] 魏后凯,崔凯. 面向 2035 年的中国农业现代化战略[J]. *China Economist*, 2021, 16(1): 18-41.  
Wei H K, Cui K. China's agricultural modernization strategy towards 2035[J]. *China Economist*, 2021, 16(1): 18-41.
- [2] 西奥多·W·舒尔茨,著. 改造传统农业[M]. 梁小民,译. 北京: 商务印书馆, 1987.  
Schultz T W. *Transforming Traditional Agriculture*[M]. New Haven: Yale University Press, 1964.
- [3] 安晓宁, 辛岭. 中国农业现代化发展的时空特征与区域非均衡性[J]. *资源科学*, 2020, 42(9): 1801-1815.  
An X N, Xin L. The spatiotemporal characteristics and regional nonequilibrium of agricultural modernization development in China[J]. *Resources Science*, 2020, 42(9): 1801-1815.
- [4] 刘世薇, 张平宇, 宋凤斌, 等. 黑龙江垦区农业现代化水平评价[J]. *地理科学*, 2018, 38(7): 1051-1060.  
Liu S W, Zhang P Y, Song F B, et al. Measuring the agricultural modernization level of Heilongjiang reclamation areas in China[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2018, 38(7): 1051-1060.
- [5] 辛岭, 蒋和平. 我国农业现代化发展水平评价指标体系的构建和测算[J]. *农业现代化研究*, 2010, 31(6): 646-650.  
Xin L, Jiang H P. Setting up evaluation index system and calculation development level of China agricultural modernization[J]. *Research of Agricultural Modernization*, 2010, 31(6): 646-650.
- [6] 辛岭, 王济民. 我国县域农业现代化发展水平评价——基于全国 1980 个县的实证分析[J]. *农业现代化研究*, 2014, 35(6): 673-678.  
Xin L, Wang J M. Evaluation on agricultural modernization level of China's counties—Based on empirical analysis of nationwide 1980 counties[J]. *Research of Agricultural Modernization*, 2014, 35(6): 673-678.
- [7] Yusuf K, Nilüfer K C. Monitoring the impacts of urbanization and industrialization on the agricultural land and environment of the Torbali, Izmir region, Turkey[J]. *Environmental Monitoring and Assessment*, 2008, 136(1-3): 289-297.
- [8] 蒋正云, 胡艳. 中部地区新型城镇化与农业现代化耦合协调机制及优化路径[J]. *自然资源学报*, 2021, 36(3): 702-721.  
Jiang Z Y, Hu Y. Coupling and coordination between new urbanization and agricultural modernization in Central China[J]. *Journal of Natural Resources*, 2021, 36(3): 702-721.
- [9] 辛岭, 胡志全. 我国农业现代化与城镇化协调发展研究——基于 1996—2013 年数据的实证分析[J]. *北京联合大学学报(人文社会科学版)*, 2016, 14(4): 95-102.  
Xin L, Hu Z Q. The coordinated development of urbanization and agricultural modernization in China—An empirical analysis according to the data of 1996-2013[J]. *Journal of Beijing Union University (Humanities and Social Sciences)*, 2016, 14(4): 95-102.

- [10] Karimov A A. Factors affecting efficiency of cotton producers in rural Khorezm, Uzbekistan: Re-examining the role of knowledge indicators in technical efficiency improvement[J]. *Agricultural & Food Economics*, 2014, 2(1): 1-16.
- [11] 陈国生, 萧烽, 黄鑫. 湖南农村人力资本与农业现代化耦合协调发展[J]. *经济地理*, 2020, 40(10): 176-182.
- Chen G S, Xiao F, Huang X. Coupling and coordinative development between rural human capital and agricultural modernization in Hunan Province[J]. *Economic Geography*, 2020, 40(10): 176-182.
- [12] 贺雪峰, 印子. “小农经济”与农业现代化的路径选择——兼评农业现代化激进主义[J]. *政治经济学评论*, 2015, 6(2): 45-65.
- He X F, Yin Z. The small-scale peasant economy and path selection of agricultural modernization: A review of the agricultural modernization radicalism[J]. *China Review of Political Economy*, 2015, 6(2): 45-65.
- [13] 李兰冰, 高雪莲, 黄玖立. “十四五”时期中国新型城镇化发展重大问题展望[J]. *管理世界*, 2020, 36(11): 7-22.
- Li L B, Gao X L, Huang J L. Prospects for major issues of China's new urbanization development during the “14th Five-Year Plan” period[J]. *Management World*, 2020, 36(11): 7-22.
- [14] 何仁伟. 城乡融合与乡村振兴: 理论探讨、机理阐释与实现路径[J]. *地理研究*, 2018, 37(11): 2127-2140.
- He R W. Urban-rural integration and rural revitalization: Theory, mechanism and implementation[J]. *Geographical Research*, 2018, 37(11): 2127-2140.
- [15] 杨志恒. 城乡融合发展的理论溯源、内涵与机制分析[J]. *地理与地理信息科学*, 2019, 35(4): 111-116.
- Yang Z H. Theory, connotation and mechanism of urban-rural integration development[J]. *Geography and Geo-Information Science*, 2019, 35(4): 111-116.
- [16] 周佳宁, 秦富仓, 刘佳, 等. 多维视域下中国城乡融合水平测度、时空演变与影响机制[J]. *中国人口·资源与环境*, 2019, 29(9): 166-176.
- Zhou J N, Qin F C, Liu J, et al. Measurement, spatial-temporal evolution and influencing mechanism of urban-rural integration level in China from a multidimensional perspective[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2019, 29(9): 166-176.
- [17] 刘红梅, 张忠杰, 王克强. 中国城乡一体化影响因素分析——基于省级面板数据的引力模型[J]. *中国农村经济*, 2012(8): 4-15.
- Liu H M, Zhang Z J, Wang K Q. Analysis of influencing factors of China's urban-rural integration—Gravity model based on provincial panel data[J]. *Chinese Rural Economy*, 2012(8): 4-15.
- [18] 杨忍, 刘彦随, 龙花楼, 等. 中国乡村转型重构研究进展与展望——逻辑主线与内容框架[J]. *地理科学进展*, 2015, 34(8): 1019-1030.
- Yang R, Liu Y S, Long H L, et al. Research progress and prospect of rural transformation and reconstruction in China: Paradigms and main content[J]. *Progress in Geography*, 2015, 34(8): 1019-1030.
- [19] 马恩成. 珠江三角洲的乡村工业化、城市化与农业现代化、城乡一体化[J]. *中国农村经济*, 1995(8): 47-49.
- Ma E C. Rural industrialization, urbanization, agricultural modernization, and urban-rural integration in the Pearl River Delta[J]. *Chinese Rural Economy*, 1995(8): 47-49.
- [20] Cui X M, Ryan C. Perceptions of place, modernity and the impacts of tourism—Differences among rural and urban residents of Ankang, China: A likelihood ratio analysis[J]. *Tourism Management*, 2011, 32(3): 604-615.
- [21] Mitchell C J. Entrepreneurialism, commodification and creative destruction: A model of post-modern community development[J]. *Journal of Rural Studies*, 1998, 14(3): 273-286.
- [22] 程莉, 刘志文. 农业现代化与城乡收入差距: 内在逻辑与实证分析[J]. *财经科学*, 2013(7): 99-109.
- Cheng L, Liu Z W. Agricultural modernization and urban-rural income disparity: Internal logic and empirical analysis[J]. *Finance & Economics*, 2013(7): 99-109.
- [23] 邵亮亮, 杜志雄. 中国农业现代化与城乡一体化关系的实证研究——基于计量经济的协整模型分析[J]. *区域经济评论*, 2015(6): 149-154.
- Gao L L, Du Z X. Empirical research on the cointegration relationship between agricultural modernization and urban and rural integration[J]. *Regional Economic Review*, 2015(6): 149-154.
- [24] 陈锡文. 实施乡村振兴战略, 推进农业农村现代化[J]. *中国农业大学学报(社会科学版)*, 2018, 35(1): 5-12.
- Chen X W. Implement rural revitalization strategy and promote agricultural and rural modernization[J]. *Journal of China Agricultural University (Social Sciences)*, 2018, 35(1): 5-12.
- [25] 程明洋, 刘彦随, 蒋宁. 黄淮海地区乡村人—地—业协调格局与机制[J]. *地理学报*, 2019, 74(8): 1576-1589.
- Cheng M Y, Liu Y S, Jiang N. Study on the spatial pattern and mechanism of rural population-land-industry coordinating development in Huang-Huai-Hai area[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2019, 74(8): 1576-1589.
- [26] 蒋和平, 黄德林. 中国农业现代化发展水平的定量综合评价[J]. *农业现代化研究*, 2006(2): 87-91.
- Jiang H P, Huang D L. Econometrics evaluation of China agricultural modernization[J]. *Research of Agricultural Modernization*, 2006(2): 87-91.
- [27] 谭爱花, 李万明, 谢芳. 我国农业现代化评价指标体系的设计[J]. *干旱区资源与环境*, 2011, 25(10): 7-14.
- Tan A H, Li W M, Xie F. A design of China's agriculture modernization evaluation index system[J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2011, 25(10): 7-14.
- [28] 张淑英, 夏心旻. 农业现代化评价指标体系构建研究[J]. *调研世界*, 2012(7): 41-47.
- Zhang S Y, Xia X M. Research on the construction of evaluation index system of agricultural modernization[J]. *The World of Survey and Research*, 2012(7): 41-47.
- [29] 李波, 张俊彪, 李海鹏. 中国农业碳排放时空特征及影响因素分解[J]. *中国人口·资源与环境*, 2011, 21(8): 80-86.
- Li B, Zhang J B, Li H P. Research on spatial-temporal characteristics and affecting factors decomposition of agricultural carbon emission in China[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2011, 21(8): 80-86.
- [30] 完世伟. 城乡一体化评价指标体系的构建及应用——以河南省为例[J]. *经济经纬*, 2008(4): 60-63.

- Wan S W. The construction and application of evaluation index system for urban-rural integration—Taking Henan Province as an example[J]. *Economic Survey*, 2008(4): 60-63.
- [31] 周江燕, 白永秀. 中国城乡发展一体化水平的时序变化与地区差异分析[J]. *中国工业经济*, 2014(2): 5-17.
- Zhou J Y, Bai Y X. The time series' fluctuation and regional differences of the urban-rural development integration level in China[J]. *China Industrial Economics*, 2014(2): 5-17.
- [32] 赵德起, 陈娜. 中国城乡融合发展水平测度研究[J]. *经济问题探索*, 2019(12): 1-28.
- Zhao D Q, Chen N. Research on measurement of urban-rural integration development level[J]. *Inquiry into Economic Issues*, 2019(12): 1-28.
- [33] 叶璐, 王济民. 我国城乡差距的多维测定[J]. *农业经济问题*, 2021(2): 123-134.
- Ye L, Wang J M. The calculation of China's multidimensional urban-rural disparities from 2007 to 2017[J]. *Issues in Agricultural Economy*, 2021(2): 123-134.
- [34] 宋晓玲. 数字普惠金融缩小城乡收入差距的实证检验[J]. *财经科学*, 2017(6): 14-25.
- Song X L. Empirical analysis of digital inclusive finance bridging the urban-rural residents' income gap[J]. *Finance & Economics*, 2017(6): 14-25.
- [35] 罗成, 蔡银莺. 湖北省农产品主产区耕地资源功能的时空演变[J]. *经济地理*, 2016, 36(3): 153-161.
- Luo C, Cai Y Y. The stage characteristics and spatial heterogeneity of cultivated land resource function evolution in agricultural producing areas of Hubei Province[J]. *Economic Geography*, 2016, 36(3): 153-161.
- [36] Li Y F, Li Y, Zhou Y, et al. Investigation of a coupling model of coordination between urbanization and the environment[J]. *Journal of Environmental Management*, 2012, 98: 127-133.
- [37] 王成, 唐宁. 重庆市乡村三生空间功能耦合协调的时空特征与格局演化[J]. *地理研究*, 2018, 37(6): 1100-1114.
- Wang C, Tang N. Spatio-temporal characteristics and evolution of rural production-living-ecological space function coupling coordination in Chongqing Municipality[J]. *Geographical Research*, 2018, 37(6): 1100-1114.
- [38] 崔学刚, 方创琳, 张蕾. 山东半岛城市群高速交通优势度与土地利用效率的空间关系[J]. *地理学报*, 2018, 73(6): 1149-1161.
- Cui X G, Fang C L, Zhang Q. Spatial relationship between high-speed transport superiority degree and land-use efficiency in Shandong Peninsula urban agglomeration[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2018, 73(6): 1149-1161.
- [39] 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.
- Wang J F, Xu C D. Geodetector: Principle and prospective[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2017, 72(1): 116-134.
- [40] 张英男, 龙花楼, 马厉, 等. 城乡关系研究进展及其对乡村振兴的启示[J]. *地理研究*, 2019, 38(3): 578-594.
- Zhang Y N, Long H L, Ma L, et al. Research progress of urban-rural relations and its implications for rural revitalization[J]. *Geographical Research*, 2019, 38(3): 578-594.

(责任编辑: 童成立)