

全球农业转型的异质性及其适应性治理

——基于179个国家和地区面板数据的实证分析

罗浩轩^{a,b}

(成都理工大学 a.马克思主义学院; b.管理科学学院, 四川 成都 610059)

摘要: 农业转型的本质是农业生产中主导性生产要素的更替与增长动力源的转换。本文基于农业工业化模型所揭示的阶段演进规律提出了发展阶段对应假说、要素驱动更替假说和技术进步转换假说,并利用1961—2022年179个国家和地区的面板数据进行检验,在要素产出弹性及相对密集度证据的基础上系统刻画了全球农业转型的异质性图景与发展阶段序列。研究发现:不同发展阶段的经济体呈现出与其收入水平相对应的农业转型阶段特征;落后经济体的农业增长仍主要依赖劳动与土地要素,而发达经济体已转向资本与技术进步双轮驱动;在人口稠密、资本稀缺的经济体中,农业资本往往优先投向生物与化学技术;多数发达经济体已跨越要素依赖阶段,全要素生产率成为农业增长的主导动力。据此,特定经济体农业治理的政策设计、执行与评估须适配其相对要素密集度演化阶段,实现“阶段适配、精准施策”。

关键词: 全球农业转型; 农业生产要素; 要素产出弹性; 要素密集度; 发展阶段; 适应性治理

中图分类号: F310; F312.2

文献标志码: A

文章编号: 1009-2013(2026)04-0001-12

Heterogeneity of global agricultural transformation and its adaptive governance

—An empirical analysis based on panel data of 179 countries and regions

LUO Haoxuan^{a,b}

(a. School of Marxism; b. College of Management Science, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

Abstract: Agricultural transformation is essentially characterized by the replacement of leading production factors and the transition of growth drivers. Based on the stage dynamics of the agricultural industrialization model, we put forward three hypotheses—the development stage correspondence hypothesis, the factor-driver substitution hypothesis, and the technological progress transition hypothesis—and empirically test them using panel data of 179 countries and regions from 1961 to 2022. To test these hypotheses, we systematically depict the heterogeneous landscape and developmental sequencing of global agricultural transformation, drawing on factor output elasticity and relative factor intensities. The results show that economies at different development stages exhibit distinct agricultural transformation characteristics that match their respective income levels: agricultural growth in underdeveloped economies still relies predominantly on labor and land, whereas advanced economies are driven jointly by capital and technological progress. We also find that in densely populated and capital-scarce economies, agricultural capital tends to be channeled into biological and chemical technologies, and most advanced economies have moved past the factor-dependent phase, with total factor productivity emerging as the leading engine of agricultural growth. On these grounds, the design, implementation, and evaluation of agricultural governance policies must be aligned with the evolving stage of relative factor intensity, thereby achieving “stage-adapted and precision-targeted governance.”

Keywords: global agricultural transformation; agricultural production factors; factor output elasticity; factor intensity; development stages; adaptive governance

收稿日期: 2026-03-06

基金项目: 中国博士后科学基金特别资助项目(2024T17062); 四川省哲学社会科学基金研究阐释党的二十届三中全会和省委十二届六次全会精神专项重点项目(SCJJ25QH15)

作者简介: 罗浩轩(1986—), 男, 四川资阳人, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为农业转型与粮食安全。

一、问题的提出

党的二十届四中全会提出“推动构建人类命运共同体”, 倡导平等有序的世界多极化和普惠包容的经济全球化。这一战略视野为审视全球农业转型

提供了根本遵循：农业转型不仅是技术或经济层面的局部变迁，更是关乎全球粮食安全、可持续发展与国际秩序重构的系统性进程。

农业转型作为一个经久不衰的话题，哈佛大学知名学者P. Timmer^[1]很早就论证了其进程及对经济发展的作用。他认为，从农业部门外部来看，农业转型是一个非常统一的过程，主要表现为农业在国民经济中的产值占比和就业占比双双下降的趋势，以及农业增长总是伴随或先于总体经济增长。后来许多学者沿着他的研究方向对农业转型的概念、阶段和特点开展了一系列探索。一般认为，农业转型是指农业食品系统从以生计为导向和以农场为中心的生产方式向更为商业化、更加高效的以农场外为中心的经营方式转型的过程^[2]，是农业部门从低生产率、自给自足型部门发展为现代化、商业化部门的过程^[3]。当然，也有学者将农业转型缩小为农业现代化的一个阶段，该阶段与“农村转型”“绿色转型”和“结构转型”并列，即对灌溉、乡村道路等基础设施的投资和向高价值作物多样化以及农业食品价值链发展的阶段^[4]。Laborde等^[2]认为，农业转型使劳动力和其他资源从传统经济活动转向更现代的经济活动，整体生产力提高，收入增加。农业转型通常涉及采用先进技术和更加高效、可持续的生产实践，并带来更高的农业劳动生产率，以及高附加值的农作物多样化和农村收入的提升。更为重要的是，农业转型也被视为一种通过自身工业化实现城乡融合进而促进更广泛的经济发展和结构转变的催化剂^[3]。进一步，Schwoob等^[5]提出了农业转型路径倡议，尝试制定一种回溯方法确定农业转型的主要障碍、变革路径以及到2030年实现转型所需的行动和投资顺序。

当前关于农业转型的研究已经转向了对国别和区域农业转型的研究。其中，亚洲、非洲的国家和地区是研究的重点。Pingali^[6]很早关注了亚洲农业从生存农业向商业化农业转型的趋势；Uma Lele等^[7]分析了巴西、中国、印度尼西亚、印度的经济结构转型和农业劳动生产率增长；Laborde等^[2]对比研究了非洲和亚洲转型中的农业；Vos^[8]研究了亚洲的农业农村转型；Gollin^[9]重点研究了撒哈拉以南的非洲农业生产力和结构转型。当然，也有像Schwoob等^[10]这样对比低收入国家（乌干达）、中等收入国

家（中国）和高收入国家（英国）农业转型的研究。

时至今日，全球农业转型在不同国家和地区因要素禀赋、发展阶段与制度环境的差异，形成了看似截然不同的转型轨迹与动力机制。为应对这一复杂图景，亟需建立一种能够识别差异、适应阶段演变、推动协同共进的全球适应性治理新框架。上述研究从不同视角深化了对农业转型的认识，但仍存在以下局限：一是多数研究聚焦于单一国家或区域，缺乏全球尺度的系统性比较；二是对转型路径异质性的内在机制揭示不足，未能建立统一的解释框架；三是缺乏对转型阶段转换“阈值”的实证识别，难以指导分阶段的适应性治理。为此，本文拟基于农业工业化模型实证分析全球179个国家和地区（经济体）转型路径的异质性特征，并构建分阶段、差异化的适应性治理体系，旨在为各经济体规避转型陷阱、提升转型质量提供参照，为推动形成普惠包容、协同共进的全球农业治理新格局贡献学理支撑。

二、解释框架与研究假说

（一）理论基础及解释框架

农业转型的本质是农业生产中主导性生产要素的更替与增长动力源的转换。要理解全球农业转型的异质性，一个重要抓手是考察不同发展阶段下农业相对要素密集度。农业生产要素产出弹性直接衡量了该要素投入的边际贡献份额，而农业相对要素密集度是农业生产中两种要素的产出弹性之比，不仅反映了农业生产要素在当前技术条件下的边际生产力，更直观标识了农业增长所依赖的核心投入，从而刻画出农业转型所处的具体阶段。

蔡昉^[11]提出，在经济发展早期，一个国家主要依靠自然资源实现增长，但这种增长方式终究会遇到一个转折点，即“从依靠资源转向依靠可再生的物质资本的积累”。而由于资本报酬递减规律的作用，该国经济发展还会遇到第二个转折点，即转向主要依靠技术进步或生产率提高。如果实现了这个转变，经济就会持续增长；如果没有实现这种转变，经济增长就会进入乏力期。速水佑次郎等^[12]也提出，伴随着工业化进程从早期向后期迈进，以依赖资本积累为主要特征的经济增长将随着资本边际报酬递减、劳动收入份额下降以及创新能力不足而

陷入“马克思增长类型”的陷阱。强调要跳出“马克思增长类型”的陷阱,必须向依赖技术进步提供增长动力的“库兹涅茨增长类型”转型。农业工业化模型^[13]基于“中国自主知识体系”的新结构经济学范式^[14],综合了罗斯托工业化阶段模型、刘易斯城乡二元结构模型以及速水佑次郎农业发展阶段论,为农业转型提供了更精细的分析框架。该模型揭示,农业转型会依序经历劳动密集型、土地密集型、资本密集型和技术密集型四个阶段,而推动阶段跃迁的根本动力,在于农业内部要素禀赋结构升级所引发的要素相对价格变化,进而导致要素间边际产量与产出弹性的次序改变。特别是,在经济体进入后工业化时期,资本投入面临报酬递减,此时持续性增长的关键在于技术进步与效率改善,也即农业全要素生产率(TFP)的提升。蔡昉所指的“第二个转折点”和速水佑次郎所言的跳出“马克思增长类型陷阱”,在农业语境下正是从资本密集型阶段成功过渡到技术密集型阶段^[15]。因此,对不同国家和地区的农业生产函数进行分组回归,估计并比较其劳动、土地、资本相对要素密集度,以及农业增长对农业TFP的依赖程度,能够从经验上直接识别该国农业当前所处的要素密集阶段和增长动力源。

(二) 研究假说

马克思说:“工业较发达的国家向工业较不发达的国家所显示的,只是后者未来的景象。”农业工业化模型描绘了农业部门随发展阶段演进的规律性图景,一些学者也以中国^[16,17]或全球部分国家^[18]为研究对象对该模型进行了论证和应用,但是,其在全球样本中是否普遍成立、不同阶段的主要动力如何更替、技术进步的角色如何随阶段转换,仍需系统检验。为此,本研究拟在扩展的Cobb-Douglas生产函数框架下提出三个可验证的假说,以揭示全球农业转型的异质性及其内在机制。

一是发展阶段对应假说H₁:处于不同发展阶段的国家和地区,其农业生产函数的要素密集度会对农业转型阶段特征呈现出系统性差异。具体表现为,随着发展水平提升,其主导增长的核心要素将依次从劳动转向土地,再转向资本,最终发展至以TFP进步为主导的技术。本研究分别以人均收入水平、劳动生产率和劳均资本装备率为代理变量衡量经济体发展水平。该假说可通过比较不同发展水平

组别中劳动、土地、资本三类要素的产出弹性变化及其显著性进行检验。

二是要素驱动更替假说H₂:在从传统农业向现代农业转型的过程中,资本对土地要素的相对密集度随劳均资本装备率增加呈现先降后升的U型关系,存在一个明确的“转折阈值”。在该阈值前,土地规模扩张是增长的主要源泉;越过该阈值后,资本深化成为增长的主导动力。该假说可通过考察资本相对土地要素密集度随劳均资本装备率变化的非线性转折点进行实证识别。

三是技术进步转换假说H₃:技术进步在转型全过程中始终存在,但其角色和对增长边际贡献的显著性会发生根本性转换,这一转换与资本深化的阶段密切相关。在资本密集型阶段前、中期,技术进步多体现为附着于特定要素(如良种、化肥)的“嵌入型”进步,其贡献被包含在要素产出弹性之中,且TFP的增长率波动较大,无明显趋势。当农业进入资本密集型阶段后期,资本边际报酬递减显现,持续的技术进步将成为抵消报酬递减、维持增长的关键。

本文拟利用全球不同经济体的面板数据进行分组回归,实证检验上述假说,从而在要素产出弹性及相对密集度的证据基础上,系统描绘全球农业转型的异质性图景与发展阶段序列。

三、数据来源与模型设定

(一) 数据来源

本研究数据主要来源于美国农业部经济研究局(USDA, ERS)提供的1961—2022年全球179个国家和地区的农业投入和产出数据。农业产出是按照2015年美元不变价格计算的作物、牲畜和水产品的农业总产值,其中作物包含162种作物商品的总价值,牲畜包括30种动物和昆虫产品的总价值,水产品包括8种水产养殖产品的总价值。农业投入主要是劳动、资本和土地三种生产要素的投入。其中,劳动要素的数量主要是从事农业经济活动的成年人(男性和女性)人数,1991年以前数据来源于全球数据收集公司(GDCC)估计数和FAO数据,1991年及以后数据来源于国际劳工组织。资本要素的数量是按照2015年美元不变价格计算的净股本价值,1995年及以后是FAO使用永续盘存法估算的净资

本存量, 1995年以前的估计数源于牲畜和机械资本清单。土地要素的数量是按照权重换算的“雨养农田当量”, 灌溉农田和牧场换算权重分别来源于Siebert和Doll^[19]、Fuglie^[20]的研究。此外, 化肥、饲料的数据也来源于美国农业部经济研究局。各个经济体的人均GDP(以2015年美元不变价格计算)、第一产业增加值比重、城市化率、农村电力供应覆盖率、土地灌溉率等数据则来源于世界银行WDI数据库。

(二) 模型设定

本研究构建全球农业生产的双向固定效应模型进行分组回归, 重点观察不同农业发展水平区域农业要素产出弹性变化, 具体表达形式如下:

$$\ln Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln L_{it} + \beta_2 \ln K_{it} + \beta_3 \ln T_{it} + \gamma Z'_{it} + \phi_i + \varphi_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

上式中, Y_{it} 为被解释变量, 表示 t 年国家或地区 i 的农业产出; L_{it} 、 K_{it} 、 T_{it} 分别表示 t 年国家或地区 i 的农业劳动(L)、农业资本(K)和农业土地(T)生产要素数量, β_1 、 β_2 、 β_3 分别表示控制宏观环境条件后的三种要素产出弹性; Z_{it} 为控制变量的对数形式; β_0 为截距项, ϕ_i 为个体效应, φ_t 为时间效应, ε_{it} 为随机扰动项。其中, 控制变量有经济体的人均GDP(以2015年美元不变价格计算)、第一产业增加值比重和城市化率等对农业总产出有影响的变量, 分别代表经济发展水平、工业化发展水平和城市化发展水平。人均GDP能够反映整体经济发展水平对农业投入与生产条件的支撑作用, 第一产业增加值比重可体现产业结构变迁与工业化进程对农业发展方式的影响, 城市化率能够反映城乡发展格局对农业生产要素配置与生产效率的影响。将上述变量纳入模型, 能够有效控制国别异质性与宏观环境波动带来的估计偏差, 从而更准确地识别农业生产要素的真实产出弹性。

四、基准回归结果分析与稳健性检验

(一) 基准回归结果分析

表1汇报了实证模型的基准回归结果。模型从简单的OLS估计逐步过渡到同时控制个体效应、时间效应及宏观经济变量的面板固定效应模型。根据FE(2)的估计, 农业土地、劳动和资本三大要素的产出弹性均在1%的水平上显著, 其估计值分别为0.510、

0.207和0.120。这表明, 从全球平均情况来看, 土地投入带来的产出增长最大, 劳动次之, 资本相对最小。要素产出弹性直接反映了该要素投入的边际贡献份额, 而相对要素密集度则由不同要素的产出弹性之比来衡量, 它决定了生产方式的要素偏向。基准回归中土地弹性最高, 意味着在全球层面, 土地投入的边际回报相对最为显著, 但因为密集型判断依赖于要素对之间的相对比例关系, 这需要进行比较不同组别内部要素弹性的相对大小。

表1 基准回归结果

变量	农业总产值		
	OLS	FE(1)	FE(2)
农业劳动要素	0.128*** (0.005)	0.150*** (0.007)	0.207*** (0.009)
农业资本要素	0.428*** (0.004)	0.214*** (0.006)	0.120*** (0.008)
农业土地要素	0.422*** (0.006)	0.563** (0.011)	0.510*** (0.013)
人均GDP			0.289*** (0.010)
第一产业占GDP比重			0.160* (0.081)
城市化率			-0.064** (0.014)
时间效应	未控制	已控制	已控制
个体效应	未控制	已控制	已控制
常数项	7.311** (0.019)	7.406* (0.068)	5.528 (0.119)
R ²	0.936	0.928	0.928
样本个数	10 545	10 545	7 396

注: **、*、*分别代表在1%、5%、10%的水平上显著; 括号中是稳健标准误(聚类到经济体层面)。如无特殊说明, 以下同。

(二) 稳健性检验

为检验基准回归结论的可靠性, 本研究依次通过替换被解释变量、替换核心解释变量、替换基准模型和工具变量法四种途径进行稳健性检验, 结果如表2、表3所示。

1. 替换被解释变量、核心解释变量、基准模型

一是替换被解释变量。将被解释变量替换为农作物总产量进行回归, FE(3)结果显示, 农业劳动要素、农业资本要素、农业土地要素的产出弹性分别为0.213、0.070、0.722, 各要素产出弹性的符号和显著性均未发生改变, 核心结论保持稳定。值得注意的是, 土地要素弹性(0.722)进一步升高而资本要素弹性(0.070)有所下降, 符合理论预期, 因为农作物生产相比包含畜牧业的广义农业, 对土地的依赖程度天然更高。

二是替换核心解释变量。将广义的农业资本要

素拆解为化肥与饲料两类更具代表性的中间物资投入进行回归，FE(4)结果表明，化肥与饲料的产出弹性分别为0.153、0.075，均显著为正，二者之和（0.228）与基准模型FE(1)中的资本弹性（0.214）十分接近，同时土地要素产出弹性为0.350。这不仅验证了资本投入作用的稳健性，更揭示了其内在构成，即化肥、饲料等现代投入品对土地要素形成了有效替代（表现为土地弹性相较基准模型下降），是资本深化推动农业增长的具体体现。

表2 稳健性检验：替换被解释变量、解释变量和基准模型

变量	农作物总产量	农业总产值	
	FE(3)	FE(4)	LP
农业劳动要素	0.213*** (0.010)	0.134*** (0.008)	0.134** (0.036)
农业资本要素	0.070*** (0.008)		0.437* (0.051)
农业土地要素	0.722** (0.014)	0.350** (0.012)	0.437*** (0.010)
化肥		0.153*** (0.005)	
饲料		0.075*** (0.036)	
控制变量	已控制	已控制	未控制
时间效应	已控制	已控制	未控制
个体效应	已控制	已控制	未控制
常数项	3.750*** (0.133)	5.959*** (0.110)	—
R ²	0.923	0.935	—
样本个数	7 369	7 369	10 545

三是替换基准模型。为缓解要素投入变量出现

的内生性偏误，本研究采用Levinsohn-Petrin（LP）半参数方法进行再估计。通过引入中间投入品（化肥、饲料）作为工具变量，分离要素投入与产出的双向因果关系来规避偏差，且保持核心变量与基准模型一致，以保证检验结果的可比性。LP法的估计结果显示，农业劳动、资本、土地要素产出弹性分别为0.134、0.437、0.437，三大要素弹性的方向与基准模型一致，数值范围合理，证实了基准回归结论并未受模型设定偏误影响。

2. 工具变量法

为解决遗漏变量问题，本研究采用了工具变量法，选取农村电力供应覆盖率作为农业资本要素的工具变量，使用两阶段最小二乘法进行回归分析，其合理性在于：相关性上，联合收割机、电动灌溉泵、温室自动化设备等现代农业机械的运行高度依赖电力供应^[21]，电力基础设施的完善直接决定了资本投入的规模和效率，稳定的电力供应也使农户更倾向于投资电动农机；排他性上，农村电力供应主要通过驱动农机、灌溉设备等方式赋能资本投入，而非作为独立的生产要素直接参与作物光合作用等生物过程；同时电力价格具有外生性——大量案例显示农业用电需求呈现刚性，价格上涨对农业用电量的影响不大，降低了电力价格波动通过影响要素投入组合来干扰识别的风险。本研究构建三组递进式IV-2SLS模型进行回归，结果如表3所示。

表3 稳健性检验：工具变量法

变量	IV-2SLS(1)		IV-2SLS(2)		IV-2SLS(3)	
	资本	农业总产值	资本	农业总产值	资本	农业总产值
农业劳动要素	-0.055** (0.016)	0.137*** (0.008)	-0.053** (0.016)	0.134*** (0.008)	0.433** (0.016)	0.305** (0.019)
农业资本要素		0.487** (0.011)		0.477** (0.011)		0.253** (0.039)
农业土地要素	0.845** (0.014)	0.382** (0.014)	0.842** (0.014)	0.392** (0.014)	0.498** (0.015)	0.456** (0.021)
农村电力供应覆盖率	0.962** (0.025)		0.957** (0.026)		0.321** (0.023)	
控制变量	未控制	未控制	未控制	未控制	已控制	已控制
时间效应	未控制	未控制	已控制	已控制	已控制	已控制
个体效应	未控制	未控制	未控制	未控制	未控制	未控制
常数项	-1.889 (0.123)	7.194** (0.036)	-1.483 (0.199)	7.166* (0.078)	-6.622 (0.325)	5.259 (0.360)
R ²		0.942		0.942		0.946
第一阶段F统计量	1 440.09***		1 388.66***	386.58***	201.28***	
Kleibergen-Paap LM统计量		709.74***		713.90***		174.904***
Cragg-Donald Wald F		1 607.64		1 544.74		172.89
样本个数	4 997	4 997	4 997	4 997	4 663	4 663

IV-2SLS(1)显示，变量系数均显著，其结果与混

合回归（OLS）较为一致。IV-2SLS(2)在IV-2SLS(1)

基础上新增时间效应控制,但未加入控制变量,回归后的农业资本产出弹性从0.487降至0.477,略有下降但仍显著;工具变量系数为0.957,与IV-2SLS(1)接近,进一步验证结果稳健性。IV-2SLS(3)在IV-2SLS(2)基础上,进一步加入控制变量,第一阶段 F 统计量仍高达201.28,结合Kleibergen-Paap LM统计量(174.904)和Cragg-Donald Wald F 统计量(172.89),验证了工具变量高度有效,不存在弱工具变量和识别不足问题;农业资本要素系数降至0.253,仍显著为正,说明控制宏观干扰因素后,资本要素对农业产出的正向影响依然存在,部分解释力被控制变量分担(人均GDP系数0.888,表明经济发展水平会提升农业产出,与资本要素存在协同解释作用);农业土地要素系数为0.498,仍为三大要素中最高,与IV-2SLS(1)、IV-2SLS(2)及基准回归FE(2)结果一致;劳动要素系数从负向显著转为正向显著(0.433),说明未控制宏观变量时其真实影响被掩盖,体现加入控制变量的必要性。

综合来看,工具变量法的结果支持了基准回归结论,IV-2SLS(3)结果中土地要素的产出弹性最高,

这也与基准回归FE(2)一致。不过,各类回归的农业要素弹性存在变化(资本要素弹性从0.487降至0.253,劳动要素符号反转),表明其净效应在全球层面较为复杂,不同发展阶段下,宏观经济、城乡结构等因素对农业生产要素配置的影响存在差异,需进一步分组识别。

五、异质性分析

为进一步探究农业转型在不同经济社会条件下的结构性差异,本研究采用分组回归方法从全球179个经济体的收入水平、农业劳动生产率、劳均资本装备率三个维度进行异质性分析。

(一) 收入水平异质性分析

世界银行定期根据人均国民总收入(GNI)将全世界经济体划分为低收入、中等偏下收入、中等偏上收入和高收入四个组别。为深入考察由收入水平差异引致的农业生产函数结构性异质性,本研究依据2022年世界银行的分类标准,对179个经济体进行分组回归,结果如表4所示。

表4 不同收入水平的经济体的异质性检验结果

变量	低收入	中等偏下收入	中等偏上收入	高收入
农业劳动要素	-0.173** (0.038)	0.382** (0.023)	0.116** (0.017)	0.235** (0.018)
农业资本要素	0.143** (0.021)	0.042*** (0.013)	0.016** (0.020)	0.161** (0.014)
农业土地要素	0.669** (0.033)	0.498*** (0.020)	0.507*** (0.027)	0.440** (0.029)
控制变量	已控制	已控制	已控制	已控制
时间效应	已控制	已控制	已控制	已控制
个体效应	已控制	已控制	已控制	已控制
常数项	6.583 (0.393)	5.118 (0.230)	6.069 (0.253)	5.205 (0.360)
R^2	0.919	0.900	0.958	0.918
样本个数	1 003	2 433	1 990	1 943

表4显示,除了中等偏上收入水平的农业资本要素产出弹性不显著,其他均在1%的水平上显著,表明模型设定具有良好的解释力。具体来看,农业劳动要素弹性呈现波动特征,从中等偏下收入组的峰值(0.382)向两侧收窄,反映出劳动要素在农业转型过程中先增强后减弱的非线性作用,这可能与工业化进程中劳动力转移的“倒U型”规律相关。农业资本要素弹性呈现先减弱后增强的演变轨迹,从低收入组的0.143下降至中等偏上收入组的0.016,继而在高收入组反弹至最高值0.161,印证了资本驱

动作用随发展阶段演进的复杂性——在转型中期可能出现动力真空,而完成资本深化后重新成为增长核心。农业土地要素弹性呈现单调递减趋势,从低收入组的0.669持续下降至高收入组的0.440,说明随着经济发展,土地扩张对农业产出的边际贡献逐步减弱。这一发现与 H_2 形成有力呼应,即落后经济体(低收入组)确实更依赖土地要素,而发达经济体(高收入组)则显著转向资本驱动。

为了更好地反映不同收入水平的经济体农业转型特征,本研究计算了关键的农业相对要素密集

度（图1）^①。结果显示，土地相对劳动密集度呈现“倒U型”变化趋势。处于中等偏上收入的经济体的土地相对劳动密集度达到峰值，反映该阶段及以前土地规模化是主要增长动力。当一个经济体迈入高收入水平，土地相对劳动密集度开始大幅下降，而资本相对劳动密集度大幅提升，意味着农业已经开始从土地要素密集阶段向资本要素密集阶段转型。这一连续变化轨迹与农业工业化模型的理论预测高度吻合，有力验证了H₁“发展阶段对应假说”，即不同发展阶段的经济体确实表现出与其发展水平相对应的农业转型阶段特征。

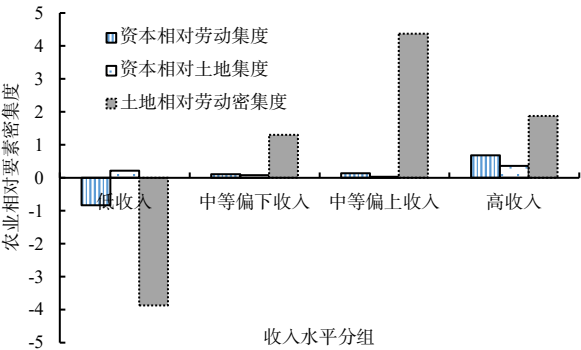


图1 不同收入水平经济体的农业相对要素密集度

值得关注的是，中等偏上收入组出现的资本弹性过小的现象（0.016），可能揭示了转型过程中的“动力转换瓶颈”，即当土地扩张收益见顶而资本积累尚未完成时，容易陷入增长动力“青黄不接”的困境。这从侧面印证了速水佑次郎警示的“马克思

增长类型陷阱”，凸显了中等收入阶段农业转型的特殊挑战。

（二）农业劳动生产率异质性分析

农业劳动生产率是衡量农业现代化水平的核心指标。为揭示劳动生产率差异如何影响生产要素的配置效率，本研究依据2022年数据将样本按农业劳动生产率由低到高划分为五个分位组（0%~20%、20%~40%、40%~60%、60%~80%、80%~100%），采用分位回归方法进行异质性检验^②。从表5来看，分位回归系数均显著，说明模型有很强的解释力。随着农业劳动生产率提升，要素弹性呈现明显非线性变化。农业劳动要素弹性依然呈现先增长后下降的“倒U型”波动，在60%~80%分位组达到峰值（0.390）后，在最高生产率组回落至0.142。农业资本要素弹性呈现“双峰”特征，在20%~40%和60%~80%分位组分别达到0.169和0.201，显示资本驱动在不同生产率阶段具有间歇性强化现象。农业土地要素弹性持续显著下降，从低分位组的0.598降至最高分位组的-0.088，表明土地扩张的贡献随生产率提高而递减，甚至在最高阶段出现负向边际产出。值得注意的是，农业规模报酬（三要素弹性之和）呈现递减趋势，从前四个分位组的0.84~0.99下降至最高分位组的0.22。这一结构性变化表明，在农业劳动生产率达到高水平后，传统要素投入已难以支撑增长，必须依靠TFP提升来增添新动力。

表5 不同农业劳动生产率的经济体的异质性检验结果

变量	0% ~ 20%	20% ~ 40%	40% ~ 60%	60% ~ 80%	80% ~ 100%
农业劳动要素	0.291** (0.034)	0.083** (0.027)	0.300** (0.021)	0.390** (0.022)	0.142** (0.021)
农业资本要素	0.101** (0.017)	0.169** (0.019)	0.081** (0.013)	0.201** (0.019)	0.162** (0.025)
农业土地要素	0.598** (0.022)	0.639** (0.026)	0.461** (0.029)	0.338** (0.033)	-0.088** (0.044)
控制变量	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制
时间效应	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制
个体效应	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制
常数项	4.612 (0.293)	4.569 (0.311)	4.602 (0.262)	4.804 (0.341)	7.375 (0.757)
R ²	0.776	0.915	0.880	0.834	0.991
样本个数	1 458	1 577	1 666	1 363	1 305

图2显示了不同农业劳动生产率的经济体农业相对要素密集度。在劳动生产率较低阶段（0%~40%），土地相对劳动密集度持续领先，农业增长以土地规模扩张为主导。在中等劳动生产率阶段（40%~60%），土地相对劳动密集度、资本相对劳

动密集度均出现了大幅下滑，可能对应转型过程中的调整期。在中高劳动生产率阶段（60%~80%），资本相对劳动密集度、资本相对土地密集度出现提升，标志着农业从土地密集型向以替代劳动的资本密集型转型。进入最高劳动生产率阶段（80%~

100%)，资本相对劳动密集度进一步提高，而资本相对土地、土地相对劳动密集度转为负值，反映技术密集型农业已逐步形成。

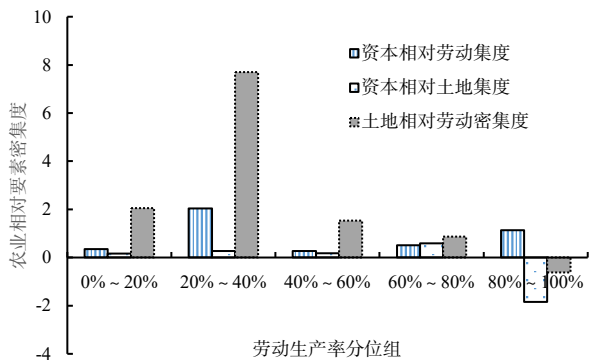


图2 不同农业劳动生产率的经济体的农业相对要素密集度

图2证明农业劳动生产率可以作为标识转型阶段的维度，其所展示的要 素密集度演变轨迹与农业工业化模型的阶段论高度吻合，有力验证了H₁。同时，农业增长主导驱动要素的有序更替，也验证了H₂：在0%~60%分位组，农业处于土地要素密集型阶段，土地要素投入是农业增长最重要的动力；此

后资本要素作用凸显，并在最高阶段与TFP共同成为主导增长源；最高分位组规模报酬的大幅递减，意味着传统要素驱动模式的局限，为理解工业化后期及后工业化时期农业增长动力转换奠定了基础。

（三）劳均资本装备率异质性分析

以劳均资本装备率衡量的农业资本要素投入是观测农业现代化进程的关键指标。半个世纪以来，全球农业资本要素投入持续上升。1961年，全球农业劳均资本装备率为2 925美元/人，到了2000年左右为3 435美元/人，40年仅增长了17.43%。但进入21世纪之后，全球农业劳均资本装备率在短短的22年时间里，增长了215.72%，2022年达到7 410美元/人。正如林毅夫所说，在经济发展过程中用资本大规模替代劳动是必然趋势^[22]。为解析资本深化如何重塑农业生产函数，本研究以2022年农业劳均资本装备率为分层依据，依然采用分位回归模型对0%~20%、20%~40%、40%~60%、60%~80%和80%~100%的五个分位组进行异质性检验。

表6 不同农业资本要素禀赋的经济体的异质性检验结果

变量	0%~20%	20%~40%	40%~60%	60%~80%	80%~100%
农业劳动要素	0.161** (0.034)	0.293** (0.026)	0.285** (0.024)	0.179** (0.020)	0.105** (0.025)
农业资本要素	0.151** (0.017)	0.050** (0.022)	0.076** (0.013)	0.104** (0.015)	0.277** (0.027)
农业土地要素	0.558** (0.024)	0.870** (0.027)	0.254** (0.030)	0.326** (0.027)	0.783* (0.057)
控制变量	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制
时间效应	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制
个体效应	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制
常数项	4.911 (0.320)	2.661 (0.291)	7.060 (0.277)	6.211 (0.334)	3.153 (0.798)
R ²	0.867	0.916	0.982	0.929	0.954
样本个数	1 499	1 544	1 639	1 417	1 270

从表6可以看到，随着劳均资本装备率上升，农业资本要素产出弹性呈现先下降再上升的非线性演变规律，从0%~20%分位组的0.151先降至20%~40%分位组的0.050，随后持续上升至最高分位组的0.277，反映资本驱动作用随投入积累呈现“阈值突破”式强化。农业劳动要素弹性依然呈“倒U型”变化，在20%~40%分位组达到峰值0.293后持续回落，至最高分位组降至0.105，表明资本对劳动的替代效应随资本深化不断增强。土地要素弹性展现波动性主导特征，在中期分位组（40%~60%）降至低谷0.254后，于最高分位组跃升至0.783，揭示出高资本投入条件下土地规模效率将重新释放的事实。弹性

结构演变证实，资本深化过程中，劳动贡献度持续衰减，资本作用呈阶梯式强化，而土地要素在不同阶段呈现差异化配置效率。

图3显示了不同劳均资本装备率的经济体的农业相对要素密集度变化。40%~60%分位组是一个分水岭：在资本禀赋中等以下阶段（0%~40%），资本相对土地密集度和土地相对劳动密集度均呈现下降态势，反映资本稀缺经济体的资本优先投向生物化学技术（如良种、化肥）以提高土地生产率，以及在转型初期劳动要素产出弹性高的特征；在中高等禀赋阶段（40%~80%），资本相对劳动密集度、土地相对劳动密集度开始进入上升通道，标志

规模化的机械技术开始成为技术进步主方向；在高等禀赋阶段（80%~100%），资本相对劳动密集度、土地相对劳动密集度均有大幅提高，而资本相对土地密集度则在资本禀赋中等及以上阶段稳定在 0.3~0.35 的区间，表明高资本投入已支撑起大规模土地经营，实现机械技术与土地规模的协同扩张。

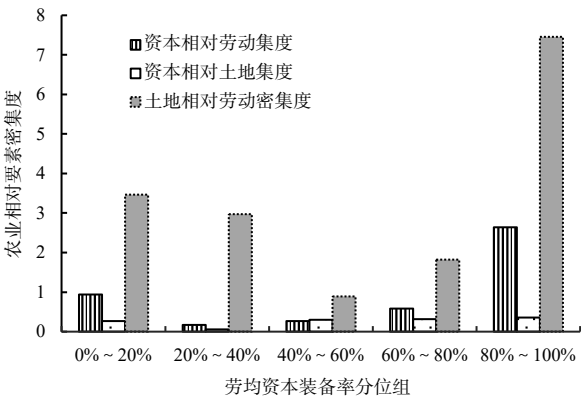


图3 不同劳均资本装备率的国家和地区农业相对要素密集度

图3的趋势既验证了农业工业化模型的基本规律，又揭示了其动态复杂性。资本要素弹性的持续增长有力支持H₂，证实发达经济体的农业确实更依赖资本驱动；土地弹性在最高分位组的跃升表明，资本深化可通过赋能土地规模经济重构生产要素组合效率，修正了资本单纯替代土地的线性认知；40%~60%分位组作为技术路径转换的分水岭，凸显农业转型需经历资本积累与技术适配的调整期，为理解中等收入阶段的转型困境提供了新视角。

六、农业增长的最终动力

前述分析已为农业从土地密集型向资本密集型转型提供了系统性证据。然而，农业工业化进程的最后发展是否是必然趋势，即农业能否以及如何从资本密集型迈向技术密集型，仍是有待验证的命题。作为工业化的先驱，发达经济体为验证这一观点提供了样本。

（一）农业TFP贡献率

为最大限度地保留样本信息并确保测算一致性，本研究用索洛余值法测算了1961—2022年间179个经济体的农业TFP贡献率，即基于FE(2)基准回归模型估计得到的农业劳动、资本、土地三大生产要素产出弹性，将农业产出增长率扣除各生产要素投入增长率与其对应产出弹性乘积之和。农业TFP贡献率

是识别增长动力转换的根本性指标。表7汇报了按收入水平分组的农业TFP贡献率。

表7 不同收入水平经济体的农业TFP贡献率				
指标	低收入	中等偏下收入	中等偏上收入	高收入
农业TFP贡献率	0.58%	0.87%	0.73%	0.91%
个体数量占比	14.52%	29.05%	26.82%	29.61%

总体而言，农业TFP贡献率与经济发展水平呈现出明显的正向关联。高收入国家的农业TFP贡献率最高（0.91%），显著高于低收入国家（0.58%），这初步支持了H₃“技术进步转换假说”。一个值得注意的现象是，中等偏下收入国家的农业TFP贡献率（0.87%）反而高于中等偏上收入国家（0.73%）。这一异常恰恰可能与特定历史阶段相联系。许多中等偏下收入国家在观测期内恰好经历了De Janvry和E. Sadoulet所说的以绿色革命为代表的生物化学技术扩散阶段^[4]，这种外生性技术冲击在短期内显著提升了农业TFP贡献率，而中等偏上收入国家可能处于技术消化期或机械技术替代的调整阶段，导致了农业TFP贡献率的相对回落。

为进一步揭示农业TFP贡献率与农业现代化水平的内在联系，本文绘制了1961—2022年间全球179个经济体农业TFP贡献率与2022年农业劳动生产率（取对数）的散点图（图4）。图4清晰地显示，经济体的农业劳动生产率越高，其农业TFP贡献率越高。这一趋势强有力地印证了H₃，即发达经济体的农业增长动力主要源于技术进步。同时，它也支持了蔡昉^[11]的观点，即作为技术要素效度的农业TFP是唯一不会出现递减效应的生产要素。

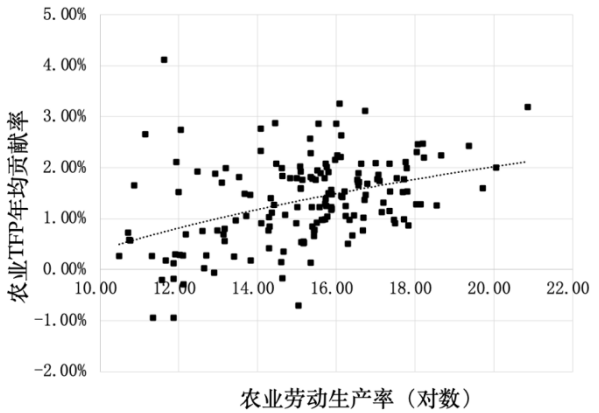


图4 全球179个国家或地区农业TFP贡献率与农业劳动生产率散点图

（二）典型经济体农业TFP贡献率的历时性比较
本研究依据2022年农业劳动生产率水平，选取

了高、中、低三个组别的典型经济体进行历时性分析(表8)。农业劳动生产率高的经济体与高收入经济体存在较大程度的交叠。高组别由加拿大、丹麦等农业劳动生产率最高的五个发达国家组成,中组别和低组别则分别选取了排名居中与最低的五国,以此构建一个反映全球农业技术光谱的观察样本。

表8 典型经济体农业TFP贡献率的历时性比较

组别	经济体	农业劳动生产率 (美元/人)	TFP贡献率分段数据						年均 贡献率
			1962—1972	1972—1982	1982—1992	1992—2002	2002—2012	2012—2022	
高组别	加拿大	201 364.70	40.65%	24.20%	5.96%	14.45%	27.17%	27.60%	2.40%
	丹麦	158 982.22	13.64%	27.22%	22.34%	17.76%	5.32%	7.91%	1.50%
	美国	155 777.82	29.21%	22.70%	17.83%	20.26%	12.09%	6.59%	1.63%
	以色列	147 526.82	7.31%	1.40%	1.40%	2.97%	2.03%	-0.31%	2.28%
	挪威	145 318.24	10.22%	21.55%	22.61%	53.53%	78.51%	29.48%	3.23%
中组别	哥伦比亚	7 819.76	20.56%	24.62%	22.14%	19.63%	18.13%	12.52%	1.77%
	乌兹别克斯坦	7 672.23	30.17%	11.83%	-17.00%	20.65%	56.65%	25.23%	1.86%
	中国	6 806.08	25.03%	29.03%	44.66%	53.67%	37.95%	25.13%	3.27%
	巴布亚新几内亚	6 752.14	12.51%	6.46%	8.74%	1.80%	12.27%	-3.89%	0.52%
	小安的列斯群岛	6 485.93	-6.21%	0.97%	22.28%	-0.96%	-5.51%	-3.89%	-0.06%
低组别	莫桑比克	518.38	17.24%	-19.43%	-27.06%	11.80%	14.59%	23.12%	0.78%
	布隆迪	474.69	-1.38%	-1.63%	-5.07%	9.07%	8.87%	-19.97%	0.15%
	马达加斯加	441.44	12.14%	-3.06%	-11.80%	-2.56%	26.36%	-9.62%	0.14%
	冈比亚	334.84	2.77%	-1.71%	-22.76%	-20.30%	-20.02%	-20.64%	-0.94%
	赤道几内亚	292.44	-34.20%	-34.20%	2.32%	-10.81%	3.66%	-8.47%	-0.95%

注:由于全球排名第二的比利时因早年数据缺失,故用排名第六的挪威替代;全球排名倒数第三的厄立特里亚也因同样原因由排名倒数第六的莫桑比克替代。

高组别呈现出技术密集型农业的成熟形态。高组别国家的农业TFP年均贡献率普遍居于1.50%~3.23%的较高区间,且十年期贡献率多数保持正值,显示出技术进步的持续性与稳定性。挪威在1992~2002年间农业TFP贡献率高达53.53%,加拿大在多个时期贡献率超过20%。这表明,在完成资本深化后,这些国家的农业增长引擎已成功切换至技术创新驱动,农业TFP贡献不仅显著,而且成为应对要素边际报酬递减的核心力量,其农业形态已呈现出典型的技术密集型特征。

中组别在农业转型进程中呈现出两极分化的趋势。哥伦比亚、乌兹别克斯坦和中国的农业TFP贡献率表现亮眼,年均值分别达1.77%、1.86%和3.27%,尤其是中国,在多个十年期的贡献率超过25%,显示出强劲的技术进步势头。然而,巴布亚新几内亚和小安的列斯群岛的贡献率则极低甚至为负。这种分化揭示了中等发展阶段农业转型的复杂性与不确定性。中国的案例尤为值得关注,其农业TFP贡献率位居全球前列,但农业劳动生产率仍处于世界中游水平。这一看似矛盾的现象,恰恰反映了中国在庞大人口压力下,技术进步成果被快速

增长的农业产出所“稀释”,同时也暗示其技术进步路径可能更偏向于提升土地生产率(生物化学技术)以保障粮食安全,而非单纯追求劳均产出的最大化。

低组别在农业技术进步中被边缘化。低组别国家农业TFP对农业增长几乎没有太大贡献,冈比亚、赤道几内亚两国半个多世纪以来的年均贡献率甚至为负。这些国家农业劳动生产率在每人500美元及以下,其农业基础设施落后,资本十分稀缺,尚未达到依靠农业TFP来拉动农业增长的境地。赤道几内亚、冈比亚农村电力覆盖率在2022年分别为67.0%和65.4%,表现稍好的莫桑比克2022年农村电力覆盖率也只有33.2%。这清晰地表明,在最不发达国家,农业尚未跨越依赖初级要素投入的阶段,落后的基础设施、极低的资本禀赋和薄弱的技术吸收能力构成了技术进步的根本性瓶颈,农业TFP对增长的驱动作用无从谈起。

上述典型经济体的历时性比较强有力地支持了H₃。发达国家已稳定进入技术驱动型增长阶段,中等收入国家的转型成效则高度依赖其技术战略与要素禀赋的适配性,中国的高农业TFP贡献率与

中位劳动生产率并存,为理解大国转型路径的独特性提供了重要案例,而最不发达国家仍被排除在技术进步驱动增长的模式之外。纵观六十年的数据,农业TFP要成为农业增长的主动力,必须以相当的要素深化(特别是资本深化)和良好的基础设施为前提。

七、全球农业转型的适应性治理框架及政策建议

上述实证结果表明:不同发展阶段的经济体明确表现出与其收入水平相对应的农业转型阶段特征;落后经济体的农业增长仍主要依赖劳动与土地要素,而发达经济体已转向资本与技术进步双轮驱动;在人口稠密、资本稀缺的经济体,农业资本往往优先投向生物与化学技术;多数发达经济体已跨越要素依赖阶段,全要素生产率成为农业增长的主导动力。以上结论不仅验证了农业工业化模型,更为超越“一刀切”政策、构建差异化与动态化的治理体系提供了直接依据。

(一) 全球农业转型的适应性治理框架

传统的农业政策往往以问题导向或目标导向,通常聚焦于粮食安全、农民增收或环境保护等单一维度,忽视了农业系统作为一个整体的内在演化逻辑,难以适配农业转型的动态过程。农业工业化模型阐释了农业转型的要素密集度演化路径,未来农业治理的政策设计、执行与评估需紧密匹配特定国家或地区在农业要素密集度演化中所处的具体阶段,实现“阶段适配、精准施策”。基于此,本研究提出包含四个分析步骤的全球农业转型适应性治理框架。

1. 精准识别:基于核心指标识别转型阶段

研究证实,农业劳动生产率、相对要素密集度及农业TFP贡献率是标识转型阶段的有效指标。各个国家或地区的政府与国际组织需摒弃“一刀切”的思维,建立基于客观指标的农业转型阶段动态监测体系。通过系统测算农业劳动生产率、农业相对要素密集度以及农业TFP贡献率等关键指标,识别当前经济体转型阶段,确保政策干预能够“对症下药”。

2. 存量优化:提升当前阶段主导要素的配置效率

每一阶段均有其主导生产要素,在明确所处阶段后,政策重心应集中于提升该阶段主导生产要素

的配置效率与边际产出,解决推动农业转型面临的主要瓶颈。具体而言,在劳动密集型阶段,应释放人力资本红利;在土地密集型阶段,关键是最大化土地要素的规模经济效应;在资本密集型阶段,需加大信贷力度,缓解资本约束。

3. 增量引导:前瞻性培育下一阶段的核心动力

农业转型中要素驱动的更替存在“阈值”约束,且农业TFP的作用会随资本深化不断增强。因此,需前瞻性布局,通过政策杠杆引导资本、技术等未来核心增长要素的有序流入与积累,为向下一阶段转型创造有利条件,提前储备转型进阶的核心动能。

4. 平滑过渡:设计机制缓解转型中的结构性阵痛

农业要素密集度的转型过程往往伴随结构性失业、小农户边缘化、环境压力剧增等转型阵痛。因此,在要素转换的关键时期,需通盘考虑转型带来的各类风险,设计系统性的缓冲与保障机制,消解转型阵痛,保障转型过程平稳推进,兼顾效率与公平。

(二) 全球农业转型的政策建议

本研究将全球国家和地区大致划分为三种类型并提出差异化的政策组合。

一是处于劳动密集型与土地密集型初期阶段的经济体要释放要素潜能。这类经济体主要为低收入和中低收入经济体,其农业增长高度依赖劳动和土地的投入,往往面临劳动力边际报酬递减的“内卷化”困境。其政策核心应是释放劳动力、激活土地、引入初级资本。

二是处于资本密集型加速阶段的经济体要深化资本应用。这类经济体主要为中高收入经济体,其资本正加速替代劳动和土地成为增长主引擎。其政策核心是深化资本应用、优化资本效率、孕育技术动能。

三是处于技术密集型主导阶段的经济体要驱动前沿创新。这类经济体主要是发达经济体,其资本要素边际报酬已呈现下降趋势,农业增长的唯一出路在于提升农业TFP。正如本研究的发现,这些国家是全球农业技术的引领者。因此,其政策核心是驱动前沿创新、引领绿色转型、承担全球责任。

展望未来,气候变化、地缘政治冲突和全球供应链重构等外部冲击,将为农业转型增添更多不确定性。因此,一个有韧性的全球农业治理体系,不

仅要遵循内在的经济规律,更要具备应对外部风险的适应能力。各国唯有立足自身国情,遵循要素演化规律,同时加强国际合作,共同促进农业技术的创新与扩散,方能最终实现全球粮食安全、农民福祉与地球生态可持续的多重目标。

注释:

- ① 农业要素产出弹性用于衡量劳动、资本和土地等生产要素的投入变化对产出的影响程度。在完全竞争条件下的Cobb-Douglas生产函数中,要素产出弹性等于要素产出份额。而农业相对要素密集度是农业生产中两种要素的产出弹性之比。在本文中,资本相对劳动密集度比为 β_2/β_1 ,资本相对土地密集度比为 β_2/β_3 ,土地相对劳动密集度比为 β_3/β_1 。
- ② 各组均包含下限值,不包含上限值(最后一组包含100%),以保证各组样本量的均衡性与互斥性,后面分组同此。

参考文献:

- [1] Timmer C P. The Agricultural transformation[M]// Handbook of development economics. Amsterdam: Elsevier, 1988: 275-331.
- [2] Laborde D, Lallemand T, McDougal K, et al. Transforming agriculture in Africa and Asia: What are the policy priorities?[R]. Washington DC: International Food Policy Research Institute, 2018.
- [3] Diao X, Jones E, Pauw K, et al. The agricultural transformation index[R]. Washington DC: International Food Policy Research Institute, 2024.
- [4] De Janvry A, Sadoulet E. Transforming developing country agriculture: removing adoption constraints and promoting inclusive value chain development[R]. FERDI working papers, 2019. <https://hal.science/hal-02287668v1>.
- [5] Schwoob M H, Baethgen W. Agricultural transformation pathways initiative-2016 report[R]. Harpenden: Rothamsted Research, 2016.
- [6] Pingali P L. From subsistence to commercial production systems: the transformation of Asian agriculture[J]. American Journal of Agricultural Economics, 1997, 79(2): 628-634.
- [7] Lele U, Agarwal M, Goswami S. Patterns of structural transformation and agricultural productivity growth[R]. Pune: Gokhale Institute of Politics and Economics, 2018.
- [8] Vos R. Agricultural and rural transformations in Asian development: past trends and future challenges[M]. Helsinki: UNU-WIDER, 2018. <https://doi.org/10.35188/UNU-WIDER/2018/529-9>.
- [9] Gollin D. Agricultural productivity and structural transformation: evidence and questions for African development[J]. Oxford Development Studies, 2023, 51(4): 375-396.
- [10] Schwoob M H, Timmer P, Andersson M, et al. Agricultural transformation pathways toward the SDGs[M]// agriculture & food systems to 2050. Singapore: World Scientific Publishing, 2018: 417-436.
- [11] 蔡昉. 经济增长方式转变与可持续性源泉[J]. 宏观经济研究, 2005(12): 34-37, 41.
- [12] 速水佑次郎, 神门善久. 发展经济学——从贫困到富裕[M]. 李周, 译. 北京: 社会科学文献出版社, 2009.
- [13] 罗浩轩. 农业工业化模型: 一个全球农业转型的解释框架[J]. 世界农业, 2026(6): 17-35.
- [14] 林毅夫. 中国的发展奇迹与中国经济学自主理论创新[J]. 经济学(季刊), 2024, 24(6): 1719-1728.
- [15] 罗浩轩. 中国农业增长类型转变了吗: 基于1999—2016年31个省份的经验数据[J]. 广东财经大学学报, 2021, 36(2): 102-112.
- [16] 高晶晶, 史清华. 中国农业生产方式的变迁探究——基于微观农户要素投入视角[J]. 管理世界, 2021, 37(12): 124-133.
- [17] 何硕研, 方相, 杨钢桥. 土地综合整治能促进乡村产业转型吗?——来自湖北省部分乡村的证据[J]. 中国土地科学, 2022, 36(4): 107-117.
- [18] 文春晖, 郭骞谦. 农业全球价值链嵌入、产业融合与产业结构转型升级——基于全球60个国家2007—2019年的经验证据[J]. 南方经济, 2024(4): 132-150.
- [19] Siebert S, Döll P. Quantifying blue and green virtual water contents in global crop production as well as potential production losses without irrigation[J]. Journal of Hydrology, 2010, 384(3/4): 198-217.
- [20] Fuglie K. Accounting for growth in global agriculture[J]. Bio-based and Applied Economics, 2015, 4(3): 221-234.
- [21] FAO. Agricultural transformation in Asia – policy and institutional experiences[R]. Bangkok: FAO, 2021.
- [22] Lin J Y, Liu Z W, Zhang B. Endowment, technology choice, and industrial upgrading[J]. Structural Change and Economic Dynamics, 2023, 65: 364-381.

责任编辑: 李东辉