

耐心资本赋能农业科技企业高质量发展的内在逻辑、现实障碍与国际经验	王运陈 张根杰 刘好 张立光 (3)
农业工业化模型：一个全球农业转型的解释框架	罗浩轩 (17)
欧盟数字乡村建设实践及其对中国的启示	吴彬 张兵兵 (36)
制度“三元悖论”与粮食安全：日本米政策的理论解构与演化机理	向晋 肖盼晴 (49)
片区化推进乡村振兴：实践逻辑、现实挑战与优化路径 ——基于系统论的分析视角	李博 张尧 任雨乐 (62)
四维共生与价值跃迁：茶文旅融合发展的系统构建与机制解析 ——基于“扎根理论+fsQCA”的多案例研究	陈虎 崔晓莹 王文英 (76)
从“短期危害”到“长期适应”：极端气候对农村家庭发展韧性的影响	欧阳金琼 赵悦含 王雨濛 (91)
基本公共服务质量与农民获得感 ——基于陕西关中地区调查数据的实证分析	龙晓 王兵 (107)
南水北调中线工程通水与受水区农民收入增长 ——基于双重差分模型的准自然实验证据	周五七 李昊龙 (118)
“森林粮库”非优势地区包容性发展的创新政策组合与治理策略 ——基于探索性单案例研究法的思考	彭万勇 王东强 谷继建 王刚毅 罗佳 (133)

- How Patient Capital Empowers High-Quality Development of Agricultural Technology Enterprises:
Internal Logic, Practical Obstacles, and International Experience
..... WANG Yunchen, ZHANG Genjie, LIU Hao, Zhang Liguang (3)
- Agricultural Industrialization Model: An Explanatory Framework for Global Agricultural Transformation
..... LUO Haoxuan (17)
- The Practice of Digital Village Construction in EU and Its Enlightenment to China
..... WU Bin, ZHANG Bingbing (36)
- The Institutional “Trilemma” and Food Security: A Theoretical Deconstruction and Evolutionary
Mechanism of Japan’s Rice Policy
..... XIANG Jin, XIAO Panqing (49)
- Regionalization Promotes of Rural Revitalization: Practical Logic, Realistic Challenges and
Optimization Paths
—From the Analytical Perspective Based on Systems Theory
..... LI Bo, ZHANG Yao, REN Yule (62)
- Four-Dimensional Symbiosis and Value Transition: Systematic Construction and Mechanism
Analysis of Tea Culture and Tourism Integration
—A Multi-Case Study Based on “Grounded Theory and fsQCA”
..... CHEN Hu, CUI Xiaoying, WANG Wenyong (76)
- From “Short-Term Hazards” to “Long-Term Adaptation”: The Impact of Extreme Climate on
the Resilience of Rural Household Development
..... OUYANG Jinqiong, ZHAO Yuehan, WANG Yumeng (91)
- Quality of Basic Public Services and Farmers’ Sense of Gain
—Empirical Analysis Based on Survey Data from Guanzhong Region in Shaanxi Province
..... LONG Xiao, WANG Bing (107)
- The Effects of the Middle Route of the South-to-North Water Diversion Project on Farmers’ Income
Growth in Recipient Areas
—Evidence from a Quasi-Natural Experiment Based on a Difference-in-Differences Approach
..... ZHOU Wuqi, LI Haolong (118)
- Innovative Policy Mix and Governance Strategies for Inclusive Development in Non-Advantaged
Areas of the “Forest Grain Depot”
—Insights from an Exploratory Single-Case Study
..... PENG Wanyong, WANG Dongqiang, GU Jijian, WANG Gangyi, LUO Jia (133)

耐心资本赋能农业科技企业高质量发展的内在逻辑、现实障碍与国际经验

◆ 王运陈^{1,2} 张根杰¹ 刘好¹ 张立光¹

(1. 四川农业大学管理学院 成都 611130;

2. 西华大学管理学院 成都 610039)

摘要: 耐心资本是维系金融市场韧性、推动资本市场高质量发展的核心力量,也是助力新质生产力发展、培育壮大农业科技企业的关键抓手。本文聚焦缓解农业科技企业资本约束的视角,阐述了耐心资本的“期限长期性、风险容忍性、创新导向性、价值共生性”内涵特征,构建了“特征适配-机制赋能-价值实现”的理论分析框架,探讨了耐心资本赋能农业科技企业高质量发展的内在逻辑。研究发现,中国耐心资本赋能农业科技企业高质量发展面临耐心资本供给结构性失衡、企业创新要素禀赋不强、制度环境与金融发展不足等现实障碍。基于此,本文梳理总结了美国市场驱动模式、德国银行主导模式关于耐心资本赋能农业科技企业发展的典型做法,从制度层面、资本层面、企业层面提出实践方略,以期为推动中国农业科技企业高质量发展提供科学参考。

关键词: 耐心资本; 农业科技企业; 高质量发展; 农业新质生产力

DOI: 10.13856/j.cn11-1097/s.2026.06.001

1 引言

2022年12月,习近平总书记在中央农村工作会议上提出“建设农业强国,利器在科技”,揭示了科技进步在农业强国建设进程中的关键作用。2025年10月,党的二十届四中全会强调“提升国家创新体系整体效能,全面增强自主创新能力,抢占科技发展制高点,不断催生新质生产力”,进一步深化科技创新的战略定位,为农业高质量发展指明了方向。农业企业已逐步成长为中国农业科技创新投入的核心力量,农业企业等社会资本的农业科技投入比重达到77%左右^[1],提升农业科技创新体系整体效能的核心在于强化企业科技创新主体地位^[2]。2025年中央一号文件首次明确提出,要“瞄准加快突破关键核心技术,强化农业科研资源力

收稿日期: 2025-11-18。

基金项目: 四川省哲学社会科学基金重点项目“‘五区共兴’发展战略情景下四川新型农村集体经济发展路径及保障机制研究”(SCJJ23ND41), 国家自然科学基金青年项目“股份减持业绩限制下中国上市公司控股股东应对行为及经济后果研究”(72402155), 四川省哲学社会科学基金专项课题“新质生产力视角下农业企业科技创新与产业创新融合发展的动力机制与实践路径研究”(SCJJ25QH52), 广东省哲学社会科学规划项目“‘双碳’目标下减税降费政策与制造业企业绿色转型研究”(GD24XGL060), 成都市哲学社会科学规划年度项目“成都农业企业科技创新引领新质生产力发展的机制研究”(2025CS060), 四川省农村发展研究中心青年课题“分层分类培育壮大四川农业科技领军企业的机制与政策研究”(CR2527)。

作者简介: 王运陈(1984—),男,四川成都人,教授,研究方向为农业科技企业创新、国有企业治理;刘好(2000—),男,四川成都人,硕士,研究方向为农业企业科技创新;张立光(1989—),男,安徽阜阳人,副教授,研究方向为涉农企业科技创新与产业创新。

通信作者: 张根杰(1999—),男,四川泸州人,博士研究生,研究方向为涉农企业科技创新; E-mail: zgenjie1999@qq.com。

量统筹，培育农业科技领军企业”。农业科技企业作为技术创新、资源集聚与成果转化的核心载体，不仅是培育壮大农业新质生产力的主导力量，也是加快农业现代化建设的关键战略支点。但在实践过程中，农业科技企业普遍面临资本约束难题。《2024年中国农业科技创投报告》显示，2024年全国农业科技领域共发生融资事件234起，较2023年下降5.65%，在已披露的86个融资项目中，总融资规模为74.24亿元，平均单笔融资额为0.86亿元，其中仅有20个项目融资额突破1亿元，合计达59.1亿元，反映出农业科技融资整体趋紧的态势，更暴露了资本配置的深层失衡，即大量资金集中于少数成熟企业，而大量初创期与成长期企业仍深陷“融资难、融资贵”困境^[3]。追本溯源，源于传统资本追求短期回报的特性，这使其难以适配农业科技投资的行业属性^[4]，进而形成资本“脱实向虚”的错配格局，进一步制约了农业科技突破与产业竞争力跃升。在此背景下，耐心资本凭借其长周期、高风险容忍与深度共生的特质，逐渐成为破解农业科技企业融资瓶颈、推动其发展壮大的关键力量^[5]。2024年中央经济工作会议提出，“健全多层次金融服务体系，壮大耐心资本，更大力度吸引社会资本参与创业投资，梯度培育创新型企业”，为耐心资本赋能农业科技企业发展明确了方向。然而，农业科技创新活动普遍具有长周期、高风险与强外部性特征^[6]，且企业往往资产结构偏轻，难以通过传统市场机制实现资源有效配置^[7]。尽管已有研究关注到农业新质生产力发展中的科技创新问题^[7]，但系统性的理论建构与实践路径仍较为欠缺。基于此，本文立足缓解农业科技企业要素配置约束的现实诉求，结合农业新质生产力发展的战略导向，聚焦三大核心议题：耐心资本如何赋能农业科技企业高质量发展，其作用机理是什么？当前存在哪些现实障碍？如何构建有效的实践路径？

现有研究认为，农业科技企业是以现代农业产业需求为导向，以农业科技创新为核心驱动力，具备持续投入要素开展技术研发、应用及后续创新的能力，拥有核心自主知识产权，能通过技术创新与产业化运营提升特色产业能级和规模，在带动农民增收、推动农业产业升级中发挥示范引领作用，同时兼顾经济、社会与生态效益协同提升，契合高质量发展要求的创新型农业经营主体^[8-9]。作为农业现代化的关键支撑，农业科技企业对提升农业科技创新体系整体效能、推动农业产业高质量发展具有重要作用^[10]。然而，学界对农业科技企业高质量发展的系统性研究仍较为薄弱，且耐心资本研究尚处于起步探索阶段。基于此，本文从三方面梳理现有研究，为后续分析奠定理论基础。

一是耐心资本的内涵特征研究。学界认为耐心资本是区别于短期套利资本的特殊资本形态^[11]。早期研究多聚焦资本属性与功能定位的基础界定，将其定义为愿意承受长期回报周期、容忍阶段性亏损的长期资本^[12-13]，侧重从投资期限维度区分耐心资本与传统资本的差异；后续研究提出耐心资本的核心特征不仅体现为期限长期性^[14]，更包含风险容忍性、创新导向性、价值共生性与战略前瞻性，其核心功能在于弥补传统金融资本对高风险、长周期创新项目的供给缺口^[5]。二是传统资本对农业科技企业发展的影响研究，主要聚焦信贷、工商、传统股权等传统资本形态。研究证实传统信贷资本能够显著提升农业企业生产效率^[15]，但由于农业企业弱质性而面临显著的信贷歧视与期限错配，难以覆盖企业长期研发与技术改造的资金需求^[4]，即便能够通过供应链金融缓解部分约束^[16]，仍难以满足长周期资金需求。究其原因，银行竞争背景下定向降准政策的“普惠”效应有限^[17]，商业银行等传统资本倾向于为经营稳定、收益明确的大型农业企业提供信贷，银行出于风险防控会收紧农业企业的信贷投放^[17-18]。政府产业基金虽能分散农业企业创新风险^[19]，但对农业科技企业的持续性资金支撑仍显不足。此外，工商资本虽能为农业企业提供资金、技术与管理要素，但部分存在“圈地占地”等短期逐利行为^[20]，与农业科技企业长周期创新需求存在内在冲突^[21]。传统股权资本对农业企业的投资也呈现“碎片化”特征，投资规模小、期限短且要求高回报，难以满足农业科技企业规模化创新的资金需求^[22]。三是耐心资本与农业新质生产力的相关研究。耐心资本通过推动企业技术创新与产业升级，在科技型企业初创期与成长期发挥关键性支撑作用^[23]。农业科技企业是培育壮大农业新质生产力的核心载体，耐心资本的弱金融性、强战略性特征与农业新质生产力基础性、长期性的发展特征形成内在契合^[24]，具体通过科技创新与产业创新等路径推动农业科技企业生产资料升级，为培育农业新质生产力提供稳定的资金支撑^[7]，进而为农业技术转化与产业优化提供稳定支撑。

综上，既有研究从多维度考察了资本要素对农业科技企业发展的影响，但仍存在研究视角与深度的局限。一是现有研究未立足耐心资本的独特性质，揭示耐心资本如何破解传统资本对农业科技企业的核心困境，导致对农业科技企业高质量发展的资本支撑缺乏针对性理论解释。二是现有研究未结合耐心资本的独特性，深入剖析其赋能农业科技企业高质量发展的内在逻辑，凸显耐心资本的独特价值。鉴于此，本文聚焦缓解农业科技企业资本约束的核心视角，立足耐心资本与农业科技企业高质量发展的内涵特征，系统剖析耐心资本赋能农业科技企业高质量发展的内在逻辑与现实障碍，总结梳理国际典型经验，构建兼具理论意义与实践价值的路径方略。本文的边际贡献主要体现在：第一，立足耐心资本的独特作用，系统对比其与传统资本对农业科技企业的的作用差异，明确耐心资本破解传统资本约束的核心逻辑，拓展农业金融与企业创新领域的研究视角；第二，构建“特征适配-机制赋能-价值实现”的理论分析框架，将耐心资本的期限、风险、创新、价值特征与农业科技企业的发展需求深度绑定，提升相关研究的理论系统性；第三，深入揭示耐心资本赋能农业科技企业高质量发展的内在逻辑，明确其在资金供给、风险共担、创新激励、价值共创等维度破解传统资本约束的具体作用机制，弥补现有研究对耐心资本赋能机理揭示不深的理论短板，丰富农业科技企业高质量发展的资本支撑理论与耐心资本的应用研究，为后续研究提供科学参考。

2 耐心资本赋能农业科技企业高质量发展的逻辑特征

2.1 农业科技企业高质量发展的逻辑特征

农业科技企业是推动农业现代化、实现农业科技自立自强的核心主体，其内在属性与功能定位决定了其在创新周期、风险结构与价值维度上与普通农业企业的差异性^[2]。现有研究主要聚焦农业高质量发展，对农业科技企业高质量发展的内涵解构仍处于留白状态。整体来看，农业高质量发展本质上是农业产业体系、生产体系与经营体系的多维转型升级^[25]，核心诉求是破解科技支撑能力不足、数字技术应用率低等现实困境^[26]，凸显深入探究农业科技企业高质量发展规律、激活其创新动能的必要性与紧迫性。综合来看，农业科技企业高质量发展是基于普通企业高质量发展的逻辑延伸，超越了传统农业企业的发展边界，其逻辑特征包含以下三重维度。

一是技术创新的深度与自主性。农业科技企业的竞争力依赖生物育种、数字农业、智能装备等关键领域核心技术的突破能力与迭代升级^[27]，与一般产业技术创新不同，农业领域的技术创新从基础研究到商业化落地，往往横跨数十年周期，其间需要经历多重“技术-市场”验证环节，且普遍面临成果转化的“死亡之谷”风险。因此，农业科技企业高质量发展绝非单纯追求研发投入强度的量化提升，更强调在核心种源、高端智能装备、绿色投入品等“卡脖子”领域实现从0到1的原始创新突破，以及关键技术体系的自主可控，通过构建技术壁垒筑牢长期竞争优势。二是产业融合的效能与带动性。农业科技企业创新研发与经营活动深度嵌入自然生态系统，受到气候波动、土壤异质性、生物灾害等非可控自然因素的影响，决定了其无法脱离农业产业链条孤立发展，必须深度融入产业链价值链，实现科技创新与产业创新的融合发展，进而缓解自然与市场的双重不确定性。具体而言，农业科技企业高质量发展的关键在于构建“研发—中试—生产—销售”的全链条运营模式，推动与科研机构、农户、农产品加工企业等多元经营主体的协同共生，持续提升产学研协同创新能力、产业链资源整合能力与市场需求适配能力，最终带动农业科技企业产业链上下游全要素生产率提升与农民增收致富。三是可持续发展的韧性与正外部性。农业科技企业不仅承担市场功能，更在生态维护、粮食安全保障、乡村治理等社会层面具有强正外部性，其高质量发展必然蕴含环境可持续性与经营韧性双重特征。一方面，环境可持续性高度契合农业绿色发展战略导向，既体现为技术产品的绿色属性、生产过程的资源高效利用，也延伸至实现生物多样性保护、农业面源污染治理等生态服务功能；另一方面，经营韧性则体现为企业应对市场价格波动、极端气候变化、动植物疫病等多重风险的抵御能力与自适应调整能力，是农业科技企业实现长期稳定发展的核心保障。

2.2 耐心资本的内涵特征与赋能农业科技企业发展的内在逻辑

2007年,托马斯·弗里德曼首次将耐心资本描述为“具有风险投资的基础特征,要求长期回报,但期望回报在5%~10%,而非风险投资家寻求的35%左右”^[12]。随后,维多利亚·伊凡希娜和乔希·勒纳进一步深化了耐心资本的理论边界,提出“耐心资本可以被归类为在长期投资中起到引领作用的组织者。这类组织的核心职责是长期甚至永久性地管理资金,其特点是掌握大规模资金,并尝试超越传统的股票和债券投资领域,拓展至私募股权等领域。在资源稀缺或收益不足的情况下,通过资金的稳定性和长期性获取更为持久的回报”^[11]。因此,与传统逐利性资本和简单长期资本不同的是,耐心资本因其独特的价值逻辑与行为特征,是由长期价值创造导向决定的复合型资本形态,兼具长期投资与回报、风险纾困、创新赋能、价值共生多重属性^[28]。从农业科技企业发展需求来看,耐心资本是愿意承受3~10年及以上回报周期,能够容忍农业科技企业初创期、成长期的阶段性亏损,主动参与企业治理并助力其技术创新与产业升级的资本类型,涵盖政策性引导基金、市场化风险投资、产业资本等多元形态。

耐心资本的核心理论内涵可分为四个维度。一是期限长期性。耐心资本与传统金融资本追求3~5年的短期回报周期不同,其价值评估重心从短期财务指标转向技术突破、成果转化与产业价值积累的长期过程^[29]。该特性不仅能够匹配农业科技企业在研发、中试到产业化全周期的资金需求,有效化解因“短贷长用”引致的流动性风险,更能让企业在战略决策中摆脱短期盈利压力的束缚,专注于核心技术突破。二是风险容忍性。传统资本因其短期逐利导向,对农业科技领域特有的技术不确定性、自然风险及市场波动具有规避倾向,难以承受阶段性亏损。与之不同的是,耐心资本则注重对技术路线、产业生态与制度环境等因素的综合考察^[12],更关注技术跃迁与长期市场价值创造^[7],能够主动承载农业科技企业创新过程中的高风险,缓解因传统资本撤出而造成的研发中断风险,为企业开展高风险、长周期的前沿技术攻关提供资本保障。三是创新导向性。传统资本往往仅作为财务投资者,较少介入企业创新决策,甚至可能因短期回报压力倒逼企业削减研发投入,从而打断技术积累进程。相较之下,耐心资本引导资金精准流向农业科技企业的核心技术研发与成果转化等关键环节,深度参与企业治理,在企业技术迭代遭遇波折时能够提供稳定的资本支持,避免因资金撤离而引致的系统性创新停滞。四是价值共生性。传统资本与农业科技企业之间多为短期博弈关系,资本仅承担资金供给角色,难以形成协同发展效应;而耐心资本不仅限于资本注入,更专注于构建涵盖管理赋能、资源链接与战略协同的系统性赋能体系,有助于缓解信息不对称问题,提升企业在复杂环境下的适应能力与抗风险韧性^[28]。

2.3 耐心资本赋能农业科技企业高质量发展的逻辑解构

熊彼特在技术创新与经济周期理论中指出,创新的本质是技术发明在经济领域的成功商业化应用,体现为生产者对生产要素的创新性组合与配置,而银行信贷的核心功能在于赋予企业开展创业活动与技术创新的资本权利^[30]。柯布-道格拉斯生产函数亦从量化角度印证了资本投入与积累对产出水平的提升作用。结合农业科技企业发展实践来看,传统资本与农业科技企业发展需求存在本质错配,融资约束已成为制约农业科技企业发展释放创新潜力、保障发展可持续性的关键瓶颈^[6]。与传统资本在农业领域的短期逐利倾向不同,耐心资本的内涵特征与农业科技企业高质量发展的逻辑特征在理论层面形成深刻的内在契合,耐心资本通过缓解融资约束、对冲经营风险、提升创新能力,成为驱动农业科技企业高质量发展的关键力量(图1)。值得注意的是,耐心资本赋能农业科技企业高质量发展并非简单的资金注入行为,而是通过特征适配、机制赋能、价值实现的赋能路径,系统性推动农业科技企业技术创新能力、产业融合能力与可持续发展能力的多维提升。

从特征适配层面来看,耐心资本的理论内涵精准契合农业科技企业高质量发展的逻辑特征,这不仅是赋能逻辑成立的基础前提,也是摆脱传统资本错配困境的核心关键。一方面,耐心资本的期限长期性、风险容

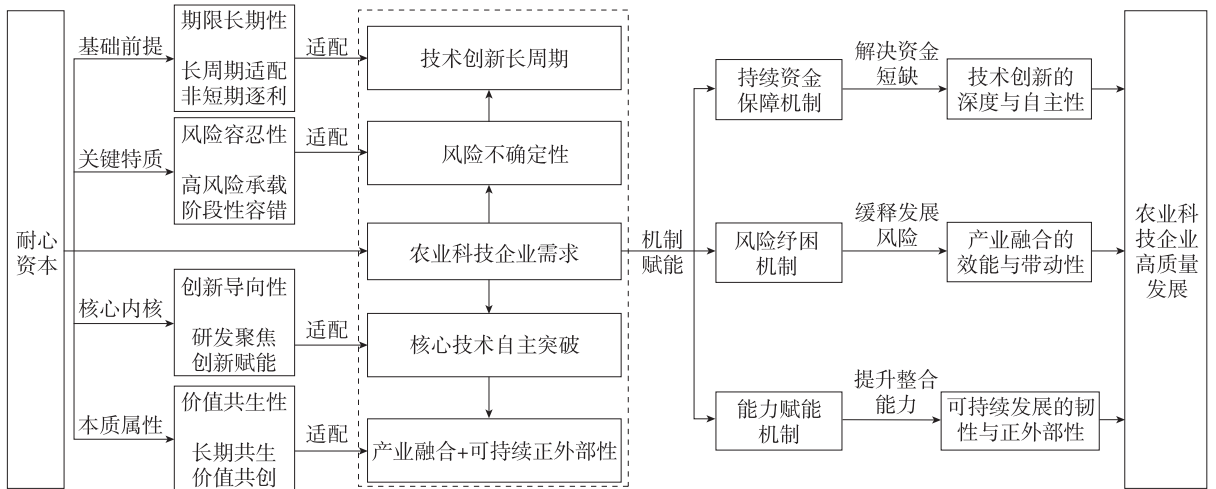


图1 耐心资本赋能农业科技企业高质量发展的逻辑机理

忍性与创新导向性特征，与农业科技企业技术创新长周期、高风险性的核心特质形成天然适配。传统资本无法支撑农业科技企业长周期研发与阶段性亏损，而耐心资本通过构建多层次融资渠道、创新多元化金融工具^[5]，有效规避了传统资本“短贷长用”引发的资金链断裂风险，为农业科技企业的基础研究、中试试验等关键环节提供持续稳定的资金支持，保障企业能够专注于核心技术突破，无需为短期财务绩效妥协创新战略。另一方面，耐心资本的价值共生性特征，与农业科技企业高质量发展所强调的产业融合效能、可持续发展目标高度契合。不同于传统资本的“被动供给”，耐心资本依托自身资源网络优势，能够直接推动农业科技企业更快融入产业链与创新链，引导企业布局绿色农业科技、智能农业等符合时代导向的领域；同时，通过资源整合提升企业应对多重风险的能力，强化其经营韧性，实现企业发展与资本增值的双向赋能。

从机制赋能层面来看，耐心资本主要通过三种作用机制支撑农业科技企业高质量发展，助力企业实现从要素供给到能力提升的转型升级。一是持续资金保障机制。传统资本囿于短期回报约束及风险规避倾向，往往在农业科技企业最具创新性但也最脆弱的“达尔文海”阶段选择资本退出^[31]，致使关键研发进程被迫中断。与之相反，耐心资本以长期价值为核心导向，通过持续稳定的资金注入，有效缓解农业科技企业在研发投入、成果转化关键节点的资本短缺，为技术能力的持续累积提供基础保障。二是风险纾困机制。农业科技企业面临自然条件、市场波动与技术路径不确定性叠加形成的复合型风险，难以通过传统金融工具实现有效量化与定价，导致传统资本因无法承受收益波动而选择规避^[32]。耐心资本则通过股权融资、可转债等方式，减轻企业对刚性债务的依赖，从源头上降低其财务脆弱性；同时，借助政府风险补偿、担保补贴等制度工具，构建多主体参与的风险分担架构，进一步拓宽企业的风险容忍边界，增强其开展高风险核心技术研发的内在动力。三是能力赋能机制。耐心资本的长期价值不仅体现为资本要素的持续供给，更表现在为农业科技企业提供包括技术对接、市场拓展、管理优化等在内的增值服务体系，推动其提升产学研协同效率与产业链整合能力，实现从单一资金注入向多维能力建设的转型。

从价值实现层面来看，耐心资本与农业科技企业通过深度绑定形成长期价值共生体，打破了传统资本与企业之间的短期博弈格局。对农业科技企业而言，借助耐心资本的资金支持、风险纾困与能力赋能，实现核心技术突破、产业融合升级，进而提升市场核心竞争力与长期价值，破解传统资本约束带来的发展困境。对耐心资本而言，通过陪伴农业科技企业成长，不仅能够获取稳定的长期投资回报，更能同步实现保障国家粮食安全、推动农业绿色转型、助力乡村振兴等战略价值。这种双向赋能、价值共创的共生关系，最终构建起资本增值、企业发展、产业升级的可持续循环格局，为农业科技企业高质量发展注入持久动力，也进一步印证了耐心资本对农业科技企业高质量发展的不可替代性。

3 耐心资本赋能农业科技企业高质量发展的现实障碍

3.1 耐心资本赋能农业科技企业发展的特征事实

耐心资本本质上是以长期价值增值为导向的市场化资本，其资金供给涵盖主权财富基金、政府引导基金、捐赠基金、养老基金、保险资金等长期属性的机构资本，也包含以长期持有为策略的天使投资、风险投资和私募基金^[33]。当前，学界将耐心资本类型分为战略型股权资本与关系型债权资本^[7]，或者政府引导基金和市场主导资金^[28]。从历史演进来看，中国农业科技企业的资本投资经历了三个发展阶段，不同阶段资本供给的主体、类型及导向呈现显著差异，且耐心资本供给始终处于弱势地位。一是探索发展阶段（2012年之前），资本供给以政府财政投入、农村信用社短期信贷为主，投融资趋势平稳，事件数较少，几乎无市场化耐心资本介入，此时资本主要聚焦农业生产性技术改良，未形成对农业科技企业创新的针对性支撑。二是快速发展阶段（2012—2023年），随着农业产业化与智慧化的发展，中国农业科技企业资本投资呈现先增后减的发展趋势，2016年达到峰值^[34]。数据显示，2016—2023年中国农业食品行业共计发生投资案例6 682件，累计投资金额约2.17万亿元，其中共完成3 582件产业投资事件，在全部投资事件中占比53.61%，产业投资金额累计18 384.64亿元，在整体投资金额中占比84.71%^[35]。在此阶段，工商资本、短期私募股权资本逐步介入农业科技领域，但多以短期套利为导向，回避农业科技企业初创期与研发期的高风险。三是全面发展阶段（2024年至今）。2023年10月，中央金融工作会议强调，“促进长期资本形成”“吸引更多外资金融机构和长期资本来华展业兴业”。中国耐心资本规模近年来稳步扩张，发展成效逐步显现。中国基金业协会数据显示，截至2024年5月末，存续私募股权投资基金的数量达30 901只，存续规模为10.99万亿元；母基金研究中心统计亦表明，截至2023年底，国内已设立近30支天使母基金，总规模超800亿元^[28]。其中，天使母基金、长期产业资本、政策性创业投资基金等逐步投向农业科技领域。但《2023年中国农业食品投资年报》数据显示，2023年中国农业食品各类投资事件数量共约1 011起，同比增长15.41%，募集资金共约1 281.95亿元，同比下降11.38%，凸显中国农业科技领域耐心资本投资总量仍偏低^[35]。

3.2 耐心资本供给的结构性失衡

从资本流向与配置结构来看，中国农业科技领域仍面临耐心资本供给缺口显著、评价体系认知偏差等结构性难题，制约资本赋能效能的充分释放。

第一，农业科技领域耐心资本供给呈现多重失衡特征。既有研究将耐心资本划分为债权型与股权型两类，通过特征事实分析证实，中国农业领域两类耐心资本均存在供给严重不足的问题^[7]。就债权型耐心资本而言，农业企业非流动负债占总负债的比重显著低于全国平均水平，反映出长期债权资金对农业科技企业的支撑能力不足；而在股权型耐心资本层面，具备长期投资属性的机构投资者对农业企业的持股普遍呈现覆盖面窄、持有量少且周期短暂的特点，难以形成稳定的长期资本供给^[7]。此外，资本供给在区域维度上的失衡进一步加剧了配置扭曲。《2024年中国农业科技创投报告》数据显示，2024年全国有27个省（自治区、直辖市）的农业科技项目获得融资，但在融资金额排名前十的省份中，东部地区占比高达80%，中部地区仅安徽、湖北两个省份入围^①。中西部农业科技企业普遍陷入“资本洼地”困境，资金需求与资本供给的区域错配，进一步拉大了区域农业科技企业发展差距。简而言之，在总量不足与结构失衡的影响下，农业科技企业的差异化资金需求难以得到精准匹配，成为制约其高质量发展的首要资本瓶颈。

第二，耐心资本投资农业科技领域的评价机制不健全。农业科技企业早期发展高度依赖具备专业认知与风险承担意愿的种子资本、风险投资，但中国农业领域投资机构普遍存在认知局限与评估能力不足的问题。

① 参考国家统计局2011年划分方法，将全国分为东部、中部、西部三个区域。

以银行信贷机构为例，针对 62 家农村中小银行机构的调研显示，具有农业科技背景的员工占比不足 2%，且多集中在中后台部门，前端业务人员对农业科技知识缺乏系统认知^[36]，凸显多数金融机构对农业科技特有的技术范式缺乏深度理解，难以有效评估生物规律与技术创新共同构成的核心技术。更为关键的是，在中国耐心资本体系中占据主导的政府引导基金等国有资本，面临着制度目标与现实考核之间的矛盾冲突，尽管政府引导基金设立的初衷是弥补市场失灵、培育原始创新，但在实际运作中却因财政资金管理的约束与任期考核压力，呈现出显著的制度异化倾向，即偏离长期战略导向，向短期盈利目标妥协。2025 年 1 月，财政部开展国有商业保险公司的考核周期改革，明确中长期（3~6 年）指标权重不低于 60%，年度净资产收益率考核权重上限设为 30%，旨在引导资本向长期主义转向；但与农业创新动辄超过 10 年的周期相比，现行政策的考核周期仍难以覆盖农业科技企业的技术研发^[7]。考核机制与产业特征之间的错配，不仅削弱了政府引导基金的战略引领功能，更加剧了农业科技企业在早期研发阶段的资本缺口。

3.3 企业创新要素禀赋的短板制约

农业科技企业能否吸引耐心资本投资，不仅取决于其核心技术的创新潜力与市场前景，更与自身创新要素积累水平密切相关。然而，当前中国多数农业科技企业在要素投入与能力构建方面仍存在显著短板，导致其难以有效承接与适配耐心资本，进而制约了资本赋能的传导效率。

第一，研发投入陷入低水平均衡，创新路径呈现路径依赖特征。《2023 年中国农业科技金融发展报告》显示，中国农业科技研发投入强度仅为 0.76%，远低于全社会 2.4% 的平均水平；同时，农业科技投入占全行业科技投入的比重持续下滑，从 2020 年的 6.42% 降至 2022 年的 6.05%，且 2022 年 0.95% 的农业科技投入强度，与联合国公认的能够催生原始创新的 2% 阈值相比仍有显著差距，揭示了中国农业科技投入“边缘化”的发展态势^[1]。农业科技企业研发投入不足，本质上是创新战略短期化倾向与资金约束叠加的结果，部分企业陷入“低研发—低技术—低利润—更低研发”的恶性循环。例如，中国重点作物育种周期比发达国家长 3~5 年，智能农机装备市场外资品牌占有率仍超 60%^[37]，多数企业难以突破以模仿改良为主导的创新路径依赖^[38]，导致无法向资本评估机构展示清晰的技术突破路径与价值成长轨迹，最终削弱了耐心资本的配置意愿与投入力度。

第二，科研人才结构性缺失，创新动能持续不足。既有研究表明，近年来农业科技企业平均研发人员数量占员工数量的比重为 7%~8%，而同期的制造业企业这一比重达 16.68%^[7]；2023 年农业科研机构从业人员 8.77 万人，仅占全国的 0.52%^[5]，高端人才的结构性短缺已成为制约农业科技企业创新动能提升的核心瓶颈。究其根源，一方面，现代农业科技创新对人才素质要求不断提高，亟须既精通前沿技术又深刻理解农业复杂性的跨学科专家；另一方面，囿于农业科技行业的综合回报率相对有限、社会认知层面存在的行业偏见，农业科技企业在顶尖人才争夺中处于系统性弱势地位，难以与高新技术产业、制造业企业竞争优质人才资源。最终，人才短缺不仅直接制约企业技术研发能力提升，更导致农业科技企业难以与耐心资本在技术创新路径、风险管控机制等关键议题上，建立必要的认知共识与能力互补^[39-40]，从而削弱了资本赋能的潜在效能。

3.4 制度环境缺位与金融发展滞后

耐心资本赋能农业科技企业高质量发展，需要精准适配、协同高效的金融体系与市场环境作为底部支撑。当前，中国相关制度环境与金融体系建设仍存在诸多短板，难以契合农业科技企业高风险、长周期、轻资产的特质，成为资本赋能的重要制度障碍。

第一，政策工具普适性与产业特殊性的错配。现有金融政策多延续标准化、“一刀切”思路，农业金融产品创新性不足、形式单一，未能充分考虑农业科技企业特质，导致涉农金融产品与现实需求脱节^[5]。以银行信贷为例，中国人民银行 2023 年小微企业融资调查显示，农业科技企业平均无形资产占比达 58%，但银

行接收的抵押物中专利等知识产权占比不足 5%^[37]，无形资产的价值难以转化为融资信用。针对 210 家有银行融资经历的农业科技企业的调查进一步验证了这一困境：从期限来看，88%的企业反映贷款期限只有 1~3 年，与农业科技创新的长研发周期严重不匹配；从额度来看，22%的企业获得信用贷款，但 80%的信用贷款额度在 500 万元以下，难以支撑农业科技企业核心技术研发、中试试验等环节的持续资金投入；从抵押方式来看，37%的企业通过不动产抵押获得贷款，厂房、设备等动产质押融资的占 4.8%，知识产权质押融资的仅占 0.5%，应收账款、票据、订单等权利融资的占 11%^[36]。综合来看，过度依赖固定资产抵押与历史盈利记录的信贷模式，缺乏对农业科技企业技术潜在价值与知识产权质押的有效评估体系，加之资本市场准入标准未能充分契合农业科技企业的成长规律，导致金融资源难以“精准滴灌”至农业科技企业最需要支持的早期研发与成果转化环节，进一步加剧企业研发投入不足的困境。

第二，多层次资本市场功能缺位，耐心资本退出渠道阻滞。退出通道的可选择性与顺畅程度，直接关系耐心资本投资目标的实现与再生产机制的运行，其核心是通过资本市场的产权交易完成资本回收^[41]。从退出机制来看，创业投资、风险投资及私募基金等耐心资本，通常经由首次公开募股（IPO）、并购或私募股权二级市场基金（S 基金）实现资本循环；但在中国，并购与 S 基金市场发育尚不成熟，导致退出通道高度集中于 IPO^[8]。值得注意的是，中国证监会自 2023 年 8 月实施 IPO 节奏调控后，人民币普通股（A 股）新股发行数量持续锐减，2024 年新增数量仅 100 家，较 2021 年的 481 家大幅下降，年平均降幅达 95.25%。资本市场退出通道的收窄，不仅延长了耐心资本的回收周期，更增加了其退出过程的不确定性与风险溢价，导致耐心资本对初创期、成长期农业科技企业的投资意愿显著抑制，进一步加剧了早期资本缺口。

4 耐心资本赋能农业科技发展的国际经验

4.1 美国：基于风险定价的市场驱动模式

美国赋能农业科技发展的耐心资本体系，其核心在于依托成熟的市场机制，形成以私募股权基金为主导、多元资本协同参与的生态体系，将具备耐心特质的资金引入资本市场，为农业科技企业创新提供稳定资金来源^[41]。当前，美国农业科技领域的资本配置表现出两个典型特征。第一，资本形态明确。从资金来源看，耐心资本主要由市场型农业投资基金与长期机构投资组成。例如，专注于农业科技的风险投资机构 Innova Memphis、依托“农村商业投资计划（RBIP）”设立的专项基金，以及大量配置私募股权的养老基金^[42]。截至 2023 年底，美国养老基金管理总资产规模超 38 万亿美元，其中大部分资产配置在长期投资领域^[43]，形成了与农业科技长周期创新相适配的资本供给基础。而非耐心资本则以短期套利型股权资本和传统银行信贷为主，多流向成熟期企业的短期盈利项目。第二，投资分布稳定。根据 AgFunder《全球农业食品科技投资报告 2025》，2024 年美国农业科技企业融资总额达 66 亿美元，占全球农业食品科技投资的 41.25%，同比增长 14%；从结构上看，51%的资金流向产业链上游的农业核心技术领域，而在全部 2 031 笔交易中，早期阶段投资数量占比高达 77%^[44]。以 Innova Memphis 基金为例，其设立的农业创新基金专注于种子期及初创期企业，2023 年首轮募资 4 000 万美元，聚焦无人机植保、土壤监测等细分赛道，精准对接农业科技长周期研发需求^[42]。基于上述特征，美国市场型农业投资基金的核心经验如下。

一是构建风险共担与资本分层的市场架构。美国依托其发达的多层次资本市场，形成覆盖农业科技全生命周期的投资链条^[45]。早期由天使投资、RBIP 专项基金注入“种子资本”，中期由 Innova Memphis 等风险投资基金跟进^[42]，后期则由私募股权基金与产业资本承接，通过投资机构的行业经验与资源网络，降低技术验证阶段的信息不对称风险。以美国黑石集团为例，其私募股权业务遍布全球范围的多个行业，通过设立细分业务部门深耕特定领域，结合区域市场特征制定差异化投资策略，以独立运作模式提升专业运营管理水平^[41]；截至 2023 年末，黑石集团私募管理规模达 3 040 亿美元，同比增长 5.23%^[46]，其运作模式印证了细分领域深耕与风险分层管控对耐心资本可持续运营的重要意义。此外，为缓解“委托代理”冲突，Innova

Memphis 基金采用“联合投资+专业赋能”模式，与 AgVentures Alliance 等行业机构建立战略合作，建立涵盖农业、科技、金融等领域的跨学科团队进行项目评估，不仅有效弥补了投资者的行业信息缺口，又通过多元化投资组合降低单一领域风险^[42]。

二是推动数据驱动与金融科技的深度融合。美国农业金融体系依托物联网、区块链与人工智能技术，将传统意义上难以量化的自然风险、技术风险转化为可分析的数据资产^[47]。当农业科技企业研发数据、市场反馈数据通过算法模型转化为可量化的信用凭证时，资本对创新项目的风险评估突破了有形资产抵押的局限，转向对技术创新效能、长期价值潜力的精准预判。例如，Innova Memphis 基金投资的 Soiltech Wireless，通过无线监测与信息技术分析平台生成的农作物产量数据，可作为资本评估项目价值的核心依据，使轻资产创新企业获得融资支持^[43]。此举不仅可以降低耐心资本对短期财务指标的依赖，更通过精准风险定价，让具备长期技术价值的农业科技项目获得资本青睐，破解早期创新“融资难”的核心困境。

三是政府以制度干预为核心，构建创新友好型政策环境。美国通过强有力的产业政策引导，强化公共资金对农业科技重大研发与产业项目的资助力度，同时在反垄断、税收管制等领域实施适度宽松政策^[48]，为耐心资本赋能提供制度保障。在科技成果转化方面，构建了多主体协同的技术转化机制，打通高校、科研机构与产业系统、企业之间的制度壁垒和资源通道，为基础研究到成果应用转化提供了有效助力，切实缩短前沿技术从实验室到市场化的周期^[41]。在知识产权保护方面，美国通过《拜杜法案》打通了公共科研与市场转化之间的制度梗阻。该法案明确将公共资金资助的研发成果纳入专利保护范畴，授权向私营企业实施技术转移，合作形态涵盖独家许可与合资企业等，叠加对侵权行为的强力规制^[49]，既保障了创新主体的合法权益，又激发了私人资本参与农业科技研发转化的积极性。

4.2 德国：基于关系融资的银行主导模式

与美国私募股权为核心的市场主导型模式不同，德国耐心资本赋能农业科技企业发展的核心逻辑，是依托“全能银行制”（又称“管家银行制”）^[50]，构建起以关系型融资为基础、产业链金融为纽带、政策信用为支撑的债权主导型模式。其核心特征在于将银行债权资本通过长期化契约设计与风险分担机制转化为耐心资本，深度嵌入以中小企业为骨干的农业科技产业生态，通过全生命周期的金融服务与长期信任关系，实现资本稳定性、产业专有知识与创新需求的精准适配^[41]。

德国农业科技企业资本配置情况体现出两个典型特征。第一，资本形态具有明确的债权主导特征。德国约 95% 的中小企业是家族企业，长期深耕特定细分领域，其中超过半数的企业无需外部融资^[51]；而对于需要外部资金支持的企业而言，银行贷款是其主要渠道，银行与企业之间具有明显的关系型融资特征^[50]。因此，德国农业科技领域的耐心资本形成了以政策性金融为引导的长期债权资本为主体、股权类耐心资本为补充的复合型结构。具体而言，债权类耐心资本主要依托全能银行的中长期贷款、德国复兴信贷银行（KfW）的政策性专项贷款以及产业集群债权型基金^[50,52]。从数据来看，2024 年德国中小企业融资结构中，银行贷款占 60%，政策性金融占 30%，直接融资仅占约 10%^[50]；此类资本普遍具备期限长、风险容忍高、利率低的耐心特质，精准对接农业科技企业在技术研发、设备升级与产业链延伸等方面的长期资金需求。在股权层面，耐心资本主要由政府引导的创投基金构成，如高科技初创基金（HTGF）及 KfW Capital 旗下基金^[50,52]，聚焦种子期与成长早期农业科技企业，投资期限普遍设定为 5~10 年，能够容忍短期亏损，不追求短期财务回报。第二，资本供给具有生态协同特征。德国地方储蓄银行与信用合作社作为“管家银行”的核心载体，承担了 41.3% 的农业科技中小企业贷款供给，其区域经营、长期陪伴的模式使得银企合作期限超过 10 年的占比达 68%，能够深度积累农业科技企业的技术路线、团队能力与行业趋势等专有知识^[50]。同时，资本供给与产学研生态深度绑定，通过弗朗霍夫协会等科研机构搭建的技术转化平台，政府引导基金与银行信贷资金优先流向高校孵化的农业科技项目^[50,52]。整体来看，德国通过制度设计、风险管控与生态构建，实现了耐心资本与农业科技产业的深度融合，其主要做法如下。

一是专有知识与风险分层的债权耐心资本转化机制。德国银行依托“管家银行”模式，通过长期稳定的银企合作，积累农业科技领域的“专有知识”^[53]，突破传统财务指标与有形资产抵押的局限，精准识别具备长期技术价值的农业科技企业。在风险管控层面，形成风险分担体系，农业科技企业向全能银行申请贷款后，由担保银行提供最高 80% 的贷款担保，担保银行自身承担的风险敞口再由联邦与州政府提供 65%~80% 的再担保补偿，最终商业银行仅承担 20% 的风险^[50,52]。同时，针对农业科技企业的无形资产特性，德国构建了专利价值全链条评估体系，系统评估农业技术稳定性与商业化前景，最高可提升专利质押融资额度至 70%，推动银行债权资本向农业科技无形资产投资领域延伸，有效破解了轻资产企业的长期融资困境^[50]。

二是投资机构与产业政策的协同作用。数据表明，2024 年德国共有 1 326 家信贷机构，总资产达 9.24 万亿欧元^[54]。德国银行凭借其债权资本的主导地位，为农业科技企业构建覆盖种子期至成熟期的全周期融资体系，从而支撑产业链可持续发展^[55]。从农业科技企业发展阶段来看，种子期可申请 EXIST 大学创业资助项目、黑森州大学生创业资助等无偿补贴，无需偿还且不占股权^[50]；成长早期可申请 HTGF 提供每年最高 100 万欧元的阶段性资金支持^[50]；成长阶段由 KfW 通过 ERP 数字化和创新贷款提供最高 2 500 万欧元的长期低息贷款，利率较市场利率低 2 个百分点左右，并通过转贷机制委托商业银行发放，既扩大覆盖范围又保持政策中立性^[50]。股权类资金则由 KfW Capital 通过投资创投基金的方式注入，截至 2022 年底已累计支持超过 1 600 家中小企业，其中农业科技领域重点聚焦绿色种植技术、农业数字化等赛道^[50]。整体来看，通过政策资金“打头阵”、银行信贷“跟进度”、股权资本“强赋能”的协同赋能，实现了耐心资本对农业科技长周期创新的全程适配。

三是产业链金融中的风险共担与效率提升机制。德国银行普遍通过与核心农业科技企业合作，为其上游中小供应商提供信用支持，银行则围绕核心企业为其上下游的中小企业提供融资服务，将孤立的企业个体风险转化为产业链整体可控风险^[50]。在服务效率层面，德国储蓄银行联盟构建了企业成长评估模型，根据企业经营、研发投入以及专利储备等 12 类指标数据，为农业科技企业精准画像。基于此，系统智能匹配适配的融资工具与扶持政策，融资审批周期较传统流程压缩约 60%^[56]。同时，德国政府通过《德国研究津贴法》为农业科技企业研发项目提供最高 50 万欧元的税收抵免，若抵免额超过应纳税额则以现金形式返还，进一步降低了耐心资本的投资风险，提升了资本参与农业科技创新的积极性^[52]。

5 研究结论与政策启示

2025 年中央农村工作会议锚定“加强农业关键核心技术攻关和科技成果高效转化应用，因地制宜发展农业新质生产力”的核心任务，明确农业科技企业作为农业创新链与产业链的关键载体。本文研究发现，农业科技企业长周期技术迭代、高不确定性创新风险与强社会价值外溢的发展特征，与传统短期逐利型资本的供给逻辑存在本质性错配，而耐心资本的内涵特征恰是破解这一错配的关键资本形态，形成如下核心结论。

第一，耐心资本赋能农业科技企业高质量发展，是面向农业新质生产力培育情景下的理论适配。农业科技企业高质量发展具有核心技术自主突破的长周期属性、创新过程的高风险属性、产业融合的强正外部性属性，与传统金融资本的短期回报导向、风险规避偏好、纯经济收益诉求形成结构性矛盾，而耐心资本的期限长期性、风险容忍性、创新导向性与价值共生性，恰好填补了这一“融资鸿沟”。具体而言，耐心资本期限特征适配技术研发的长周期需求，风险特征承接创新过程的不确定性，创新导向锚定核心技术突破的内核目标，价值共生性则匹配农业科技企业的社会价值属性，二者的深度契合是支撑农业科技核心技术从“实验室”走向“产业化”的坚实基础。

第二，中国耐心资本赋能农业科技企业的现实困境，是资本供给、企业禀赋、制度环境维度的协同不足。从资本端看，耐心资本供给呈现政策性资本规模有限、市场化资本参与度低的结构性失衡，难以覆盖农业科技企业全生命周期的资金需求；从企业端看，农业科技企业创新要素禀赋存在核心技术储备薄弱、成果

转化能力不足的短板，削弱了对耐心资本的吸引力；从制度端看，适配耐心资本的风险补偿、专利估值、长期退出等制度体系尚未完善，构成了农业科技企业融资约束的现实梗阻。

第三，耐心资本赋能农业科技企业的国际模式具有制度禀赋依赖性。美国依托成熟资本市场构建的风险定价市场模式，通过风险分层、金融科技赋能与制度保障形成市场驱动型耐心资本生态，契合其高度市场化的金融体系特征。德国以全能银行为核心的产业链金融模式，凭借关系型融资与产业链协同实现银行资本与农业科技产业的深度融合，适配其银行主导的金融结构。基于上述结论，本文立足2025年中央农村工作会议精神，聚焦党和国家对农业科技金融长期化支持的部署，构建制度、资本、企业层面的保障体系。在制度层面完善耐心资本的引导激励与风险分担机制，在资本层面构建政策性与市场化协同的耐心资本供给链，在企业层面强化农业科技企业的创新要素禀赋，以期为破解农业科技企业融资约束、支撑农业新质生产力发展提供学理参考与实践指引。

5.1 制度层面：构建风险结构化与激励相容的政策框架

第一，设立分层引导基金与动态容错考核机制。政府引导基金的功能定位应从政策性保护转化为市场友好型治理，缓解农业科技企业对公共资本的“策略性依赖”。试点建立国家级、省级农业科技原始创新母基金，通过结构化分层承担最具不确定性的早期风险。具体而言，该基金可设计为基础层、催化层、加速层的三级架构：基础层全额出资支持概念验证与原型开发，提供创新失败容错氛围；催化层以劣后级资金与社会资本共同投资中试项目，形成风险共担；加速层则通过参股市场化子基金支持规模化推广。建立长周期考核改革制度，在前期免除或降低利润考核，重点评估其对关键核心技术的突破性贡献；在后期考虑创新产出与产业影响力的非财务复合指标，实现资本周期与创新周期的有效融合。第二，设计政策工具组合包，实现风险外部性内部化。分散的优惠政策易导致激励碎片化，需构建协同放大的政策工具包。在税收层面，推行基于研发投入强度的“阶梯式加计扣除”制度，对研发强度连续超过行业平均水准的农业科技企业给予税收扣除优惠；同时，试行耐心投资税收抵免，对持股超过一定年限的农业科技投资按比例抵扣应纳税所得额。在融资层面，建立知识产权价值的发现、评估、交易、质押全链条机制，由国家级科研机构牵头构建农业技术图谱与价值评估模型，设立区域性知识产权交易中心并引入技术违约保险，其核心在于将技术创新的正外部性，通过精准的制度设计转化为可预期的财务收益。第三，建立农业科技企业白名单与动态预警系统。简单的农业科技企业白名单容易陷入“静态筛选”陷阱，优化完善前沿农业科学技术与产业链优势的双维识别体系。一方面，根据农业科技企业的前沿技术颠覆性进行划分，包括渐进式创新、架构式创新、突破式创新等；另一方面，以农业科技企业产业链重要性进行定位，可分为关键环节、一般环节，重点支持突破式创新与关键环节类型的农业科技企业。同时，农业科技企业白名单筛选制度体系应配备动态预警功能，对名单内企业实行三年评估、优胜劣汰原则，防止农业科技企业为维持名单资格而陷入路径锁定。鉴于此，通过构建系统化政策体系，精准锚定国家战略需求与市场失灵的交叉领域，实现“有为政府”与“有效市场”的深度结合。

5.2 资本层面：构建基于风险分层的全周期资本供给链

第一，早期培育：发展认知驱动型天使与使命导向型创业投资基金。应重点培育两类新型资本主体，一是产业专家型“天使联盟”，汇聚具有农业科技背景的科学家、成功创业者与产业资本，以其领域专长破解“技术黑箱”，通过联合决策降低单个投资者的认知门槛；二是影响力债券驱动的公益创投，针对种质资源保护、耕地修复等强正外部性领域，由政府或基金会发行成果导向债券，投资者仅在项目达成预设的社会目标时获得本金与回报，将社会价值转化为可交易的金融产品。第二，成长期支撑：构建风险缓冲子基金与技术期权融资工具。成长期农业科技企业面临技术迭代与市场开拓的双重风险，应创新性设计政府风险缓冲子基金。具体而言，政府出资作为优先亏损承担方并吸引社会资本进行管理，约定对超额收益进行“阶梯式分

成”，激励社会资本追求长期价值。同时，并行推广“技术里程碑可转债”，投资者以债权资金支持企业达到特定技术节点，届时自动转换为股权，既缓解农业科技企业早期股权过度稀释，又为资本提供了基于技术进展的风险定价工具。第三，成熟期深化：激活长钱入农与构建产业链并购基金。为缓解成熟期农业科技企业资本瓶颈，需定向引导保险、社保等长期资本入市。建议放宽保险资金投资农业科技股权比例限制，并设计农业科技资产风险权重优惠，激励其配置相关资产。更重要的是，推动设立产业链主导型并购基金，由隆平高科、先正达等链主型农业科技企业联合金融机构发起，专注于并购整合细分领域技术尖兵，通过技术嫁接、渠道共享与管理赋能，实现创新价值的规模化释放，不仅为前期资本提供退出通道，更为提升产业链韧性与竞争力筑牢坚实基础。

5.3 企业层面：促进技术能力到资本叙事能力的系统跃升

第一，治理结构现代化，推行动态股权池与独立技术理事。治理透明度是耐心资本的信任基石，应在农业科技企业创业初期即设立动态股权激励池，在覆盖核心团队的同时预留部分股权用于吸引未来关键研发人才，设置基于核心突破技术与产业化进度的动态归属机制。同时，引入独立技术理事制度，由行业权威科学家担任董事，负责对重大研发决策、技术路线选择提供独立评估，并向投资方提交技术进展报告，既提升了技术决策的专业性，又为资本方提供了穿透管理层的可信技术洞察。第二，创新体系网络化，构建开放式创新联合体与技术预警机制。单一企业的创新能力有限，需主动构建“产学研金”四维融合的创新网络，推动农业科技企业牵头组建创新联合体，通过专利池交叉许可降低研发成本、中试基地共享加速成果转化。关键是要建立技术路线预警系统，持续追踪全球技术进展与替代路线，定期评估自身技术路线的先进性与风险并向投资者透明披露，向资本市场清晰传递农业科技企业的技术战略深度与动态适应能力。第三，价值主张可视化，探索实施环境、社会和公司治理（ESG）价值核算与多维叙事沟通。农业科技企业探索建立农业科技 ESG 价值核算框架，量化其在粮食安全、碳汇增长、农村就业等方面的贡献，并将其货币化纳入附加财务报表。在此基础上，构建包含技术、商业、社会的三维价值叙事体系，在定期发布《长期价值创造报告》的同时展示财务数据，更深入阐释农业科技企业技术突破的战略意义、商业模式的可持续性以及社会价值的实现路径，进一步增强与耐心资本价值取向的深层共鸣。

参考文献

- [1] 毛世平, 刘婉钰, 林青宁. 中国农业科技投入强度、结构及政策取向: 兼论农业科技创新“最后一公里”的经费投入 [J]. 农业经济问题, 2025 (3): 18-31.
- [2] 韩俊. 锚定建设农业强国目标 加快实现高水平农业科技自立自强 [J]. 求是, 2025 (4): 40-44.
- [3] 林青宁, 毛世平. 科技金融与企业创新: 财政资金有引导作用吗 [J]. 科学学研究, 2024, 42 (11): 2445-2453.
- [4] 米运生, 姜百臣, 牟小容. 经营模式、组织形式、资本结构的交互影响与农业企业成长: 基于温氏集团的实证研究 [J]. 中国工业经济, 2008 (8): 132-142.
- [5] 金绍荣, 冯乐. 耐心资本助力农业新质生产力发展的逻辑解构、现实阻碍与路径设计 [J]. 学习与探索, 2025 (6): 111-119.
- [6] 金绍荣, 唐诗语, 任赞杰, 等. 政府补助对农业企业 ESG 表现的影响分析 [J]. 中国农村经济, 2024 (11): 167-184.
- [7] 曾庆芬. 耐心资本培育农业新质生产力: 机理、挑战及策略 [J]. 中州学刊, 2025 (6): 52-61.
- [8] 程春, 杨立社. 农业科技企业知识产权质押融资问题思考 [J]. 科技管理研究, 2015, 35 (3): 126-129, 141.
- [9] 宋默西, 洪如玲, 王雯溪. 大数据能力对农业科技型企业创新的影响: 一个有调节的中介效应模型 [J]. 技术经济, 2023, 42 (8): 76-88.
- [10] 金绍荣, 唐诗语, 任赞杰. 数字化转型能提升农业企业全要素生产率吗? [J]. 改革, 2024 (2): 131-148.
- [11] 维多利亚·伊凡希娜, 乔希·勒纳. 耐心的资本 [M]. 北京: 中信出版集团, 2021.
- [12] FRIEDMAN T L. “Patient” capital for an Africa that can’t wait [N]. The New York Times, 2007-04-20.
- [13] 林毅夫, 王燕. 新结构经济学: 将“耐心资本”作为一种比较优势 [J]. 开发性金融研究, 2017, 11 (1): 3-15.

- [14] 李三希, 刘希, 孙海琳. 以耐心资本推动新质生产力发展: 特征意义、现状问题与培育路径 [J]. 财经问题研究, 2024 (10): 14-28.
- [15] 温涛, 张梓瑜. 中国金融产业对农业与非农产业发展作用的比较研究 [J]. 农业技术经济, 2015 (7): 46-59.
- [16] 付玮琼, 白世贞. 供应链金融对中小农业企业的融资约束缓解效应 [J]. 西北农林科技大学学报 (社会科学版), 2021, 21 (2): 140-151.
- [17] 郭晔, 徐菲, 舒中桥. 银行竞争背景下定向降准政策的“普惠”效应: 基于 A 股和新三板三农、小微企业数据的分析 [J]. 金融研究, 2019 (1): 1-18.
- [18] 宋志秀, 周尊荣, 葛翔宇. 乡村振兴进程中的金融体系创新 [J]. 宏观经济管理, 2022 (11): 66-74, 82.
- [19] 吴超鹏, 严泽浩. 政府基金引导与企业核心技术突破: 机制与效应 [J]. 经济研究, 2023, 58 (6): 137-154.
- [20] 贺雪峰. 工商资本下乡的隐患分析 [J]. 中国乡村发现, 2014 (3): 125-131.
- [21] 周振. 工商资本参与乡村振兴“跑路烂尾”之谜: 基于要素配置的研究视角 [J]. 中国农村观察, 2020 (2): 34-46.
- [22] 周月书, 孙冰辰, 彭媛媛. 规模农户加入合作社对正规信贷约束的影响: 基于社会资本的视角 [J]. 南京农业大学学报 (社会科学版), 2019, 19 (4): 126-137, 160.
- [23] 姜中裕, 吴福象. 耐心资本、数字经济与创新效率: 基于制造业 A 股上市公司的经验证据 [J]. 河海大学学报 (哲学社会科学版), 2024, 26 (2): 121-133.
- [24] 何华征. 耐心资本赋能农业新质生产力: 逻辑、困境与策略 [J]. 现代经济探讨, 2025 (4): 100-110.
- [25] 杜志雄, 胡凌啸. 党的十八大以来中国农业高质量发展的成就与解释 [J]. 中国农村经济, 2023 (1): 2-17.
- [26] 洪银兴, 杨玉珍. 现代化新征程中农业发展范式的创新: 兼论中国发展经济学的创新研究 [J]. 管理世界, 2023, 39 (5): 1-8, 53, 9.
- [27] 张燕, 潘亚楠. 数实融合下农业产业化价值创造机理: 基于资源编排的案例研究 [J]. 世界农业, 2025 (1): 92-102.
- [28] 房汉廷. 耐心资本的形成与创造 [J]. 科技与金融, 2024 (8): 49-52.
- [29] 李心武, 卢闯, 牛煜皓, 等. 企业数字化转型中耐心资本的价值发现功能研究 [J]. 数量经济技术经济研究, 2025, 42 (11): 178-198.
- [30] 约瑟夫·熊彼特. 经济发展理论 [M]. 何畏, 等译. 北京: 商务印书馆, 1990.
- [31] 李飞星, 刘贻新, 张光宇. 科技经济困局成因及破解的数字化治理机制研究 [J]. 科技管理研究, 2019, 39 (24): 21-29.
- [32] 陈希, 张锦华, 钟钰. 农村产权流转交易市场嵌入如何促进农地流转“增效提质” [J]. 中国农村观察, 2025 (1): 63-84.
- [33] 周五七. 耐心资本赋能企业创新韧性提升机理与实现路径 [J]. 兰州学刊, 2025 (5): 68-83.
- [34] 高康平. 近 10 年农业及食品行业投融资: 887 起事件, 千亿资金进入, 向上游迁徙 [EB/OL]. (2019-09-25) [2026-02-01]. <https://36kr.com/p/1724416851969>.
- [35] 艾格农业. 2023 年中国农业食品投资年报. [EB/OL]. (2024-02-07) [2026-02-01]. https://www.china-aicc.org.cn/other_1/14.html.
- [36] 余浩川. 服务农业新质生产力 农村中小银行应做好“专”字文章 [N]. 金融时报, 2025-06-26.
- [37] 张智喻. 金融“活水”精准灌溉农业科技“硬核”路径 [EB/OL]. (2025-07-15) [2026-01-04]. <http://www.nkb.com.cn/2025/0715/505193.html>.
- [38] 许倩, 曹兴. 基于创新网络的新兴技术企业知识协同及其演化的博弈研究 [J]. 湖南师范大学社会科学学报, 2019, 48 (4): 109-117.
- [39] 金绍荣, 漆祥洪, 熊若宇. ESG 表现与农业企业韧性: 影响效应及作用机制 [J]. 改革, 2025 (3): 124-141.
- [40] 任忠香, 徐宣国. 农业企业数字化转型升级的影响因素与路径机制 [J]. 科技管理研究, 2023, 43 (13): 153-163.
- [41] 陆岷峰, 欧阳文杰. 耐心资本: 发展框架、国际经验与中国路径 [J]. 经济学家, 2025 (2): 14-25.
- [42] 彭砚格, 钱树涛, 黄惠春. 农业投资基金运作模式选择的国际经验及启示 [J]. 世界农业, 2026 (1): 43-57.
- [43] 2024 美国投资公司白皮书重点摘要 [EB/OL]. (2024-07-15) [2026-01-04]. <https://www.ici.org/system/files/2024-07/2024-factbook-quick-facts-guide-chinese.pdf>.
- [44] AGFUNDER. Global agri food tech Investment Report 2025. [EB/OL]. (2025-03-06) [2026-02-01]. <https://agfundernews.com/global-agrifoodtech-breaks-funding-freefall-with-16bn-in-2024>.
- [45] COCHRANE J H. The risk and return of venture capital [J]. Journal of Financial Economics, 2005, 75 (1): 3-52.
- [46] 黑石集团 2023 公司年报 [EB/OL]. (2024-01-25) [2026-01-04]. <https://www.blackstone.com/wp-content/uploads/sites/2/2024/01/Blackstone4Q23EarningsPressRelease.pdf>.

- [47] CARLETTO C. Better data, higher impact: improving agricultural data systems for societal change [J]. *European Review of Agricultural Economics*, 2021, 48 (4): 719-740.
- [48] GLICK M. Antitrust and economic history: the historic failure of the Chicago school of antitrust [J]. *SSRN Electronic Journal*, 2019, 64 (3): 295-340.
- [49] ORSI F, CORIAT B. The new role and status of intellectual property rights in contemporary capitalism [J]. *Competition & Change*, 2006, 10 (2): 162-179.
- [50] 张俊芳. 德国金融支持中小企业发展的实践经验与启示 [J]. *科技与金融*, 2025 (11): 3-9.
- [51] EUROPEAN CENTRAL BANK, EUROPEAN COMMISSION. Survey on the access to finance of enterprises [R]. Frankfurt: ECB, 2014: 68-75, 112-119.
- [52] 尹大维. 德国科技企业创新成长的金融支持机制浅析 [J]. *中国科技人才*, 2025 (3): 13-19.
- [53] BOOT A W A, THAKOR A V. Can relationship banking survive competition? [J]. *The Journal of Finance*, 2000, 55 (2): 679-713.
- [54] 德国联邦金融监管机构 (BaFin). 2024 年德国银行业发展统计报告 [R]. 法兰克福: 德国联邦金融监管机构, 2024: 45-51.
- [55] 张晓朴, 朱鸿鸣. 金融的谜题: 德国金融体系比较研究 [M]. 北京: 中信出版集团, 2021.
- [56] 德国合作银行协会 (BVR). 2023 年德国中小企业数字化金融服务实践报告 [R]. 柏林: 德国合作银行协会, 2023: 112-118.

How Patient Capital Empowers High-Quality Development of Agricultural Technology Enterprises: Internal Logic, Practical Obstacles, and International Experience

WANG Yunchen ZHANG Genjie LIU Hao Zhang Liguang

Abstract: Patient capital is a core force in maintaining the resilience of financial markets and driving the high-quality development of capital markets; it is also a key lever for fostering the development of new-quality productive forces and nurturing the growth of agricultural technology enterprises. This paper focuses on alleviating the capital constraints faced by agricultural technology enterprises. It elaborates on the defining characteristics of patient capital—namely, “long-term duration, risk tolerance, innovation orientation, and value symbiosis”—and constructs a theoretical analytical framework of “characteristic alignment-mechanism empowerment-value realization” to explore the intrinsic logic by which patient capital empowers the high-quality development of agricultural technology enterprises. The study finds that the empowerment of high-quality development in China’s agricultural technology enterprises by patient capital faces practical obstacles, including structural imbalances in the supply of patient capital, weak endowments of innovation factors among enterprises, and deficiencies in the institutional environment and financial development. Based on this, the paper reviews and summarizes typical practices regarding the empowerment of agritech enterprise development through patient capital in the U. S. market-driven model and the German bank-led model. It proposes practical strategies at the institutional, capital, and enterprise levels, aiming to provide scientific references for promoting the high-quality development of China’s agricultural technology enterprises.

Keywords: Patient Capital; Agricultural Technology Enterprises; High-Quality Development; New Quality Productive Forces in Agriculture

(责任编辑 李 辉 卫晋津)

农业工业化模型：一个全球农业转型的解释框架

◆ 罗浩轩

(成都理工大学马克思主义学院 成都 610059)

摘要：农业转型是发展中国家实现持续增长和减贫的有效战略，但是否可用统一的理论框架解释全球农业转型阶段性规律与动力差异。农业工业化模型给出了一个旨在解释工业化进程中农业要素禀赋结构系统性升级，进而通过要素相对价格信号诱导技术选择，推动农业生产方式与增长动力依序演进的动态理论框架。在这一框架下，要素相对密集度是解释农业转型的关键因素。为了验证模型适用性，本文基于1961—2022年全球179个国家和地区的面板数据，总结了全球农业转型十大特征事实。研究得出当前全球农业已整体迈入资本密集型阶段，劳动、土地和资本等传统要素产出弹性随着农业劳动生产率提高依次呈现出下降趋势，许多发达国家和地区已向技术密集型阶段转型等结论。农业工业化模型关于农业从劳动密集型向土地密集型、资本密集型、技术密集型依次转型的描述得以验证。研究启示，发展中国家和地区应根据自身农业转型阶段采取相应转型策略，同时应尽量避免实施超越自身阶段的农业赶超政策。

关键词：全球农业转型；农业工业化模型；中国自主知识体系；农业要素相对密集度；农业全要素生产率

DOI: 10.13856/j.cn11-1097/s.2026.06.002

1 引言

世界银行数据显示，2022年全球仍有10.6%的人口（约8.39亿人）生活在每天生活费3.00美元（按2011年购买力平价计算）的极端贫困水平以下。2022年，全球估计有22.3%的5岁以下儿童（约1.48亿人）发育不良^[1]。要实现联合国制定的17个可持续发展目标（SDGs）中的目标一“无贫困”和“零饥饿”依然任重道远。幸而农业增长对于减贫和减少饥饿有非常显著的功效^[2]。相对于非农部门，农业增长在减贫方面的效率要高出一到两倍^[3]。农业增长能够更好地惠及最贫穷者，特别是经济落后的发展中国家^[4]。联合国粮农组织（FAO）提出，农业将为可持续发展目标中的至少8个目标作出贡献^[5]。农业增长可以从两个层面来看，从农业内部来看是农业转型，从农业外部来看则是结构转变^[6]。

收稿日期：2025-12-03。

基金项目：中国博士后科学基金特别资助项目“‘核心-边缘’结构影响下中国农业要素禀赋结构空间演化机制及优化策略”（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“四川健全国家战略腹地粮食供给保障机制研究”（SCJJ25QH15），2025年成都理工大学马克思主义理论学科建设工程重点项目“中国特色社会主义农业农村现代化理论与实践问题研究”（25MKSO2）。

作者简介：罗浩轩（1986—），男，四川资阳人，博士，教授，研究方向为农业转型、粮食安全，E-mail: people13@sina.com。

时至今日，农业转型对于实现可持续发展目标的贡献已经逐渐被大家认可。粮食和农业系统转型引起的变化影响几乎所有的可持续发展目标^[7]。发展中国家实现持续增长和减贫的最有效战略是投资农业转型和现代化^[8]。事实上，全球范围的农业转型不仅是生产效率的提升，更是农业生产函数、要素结构及增长动力的系统性转变。然而，一个不容忽视的问题在于，不同国家和地区的农业发展程度迥异，既有依赖劳动集约的传统小农生产，也有以资本与技术驱动的现代化农业体系，因此其转型路径与成效似乎呈现巨大差异。那么，是否存在一个统一的理论框架，能够系统地解释全球农业转型的阶段性规律与动力差异？

为了回答这一问题，本文结合已有文献，对解释农业转型的经典模型进行梳理，并对具有中国自主知识体系特征的农业工业化模型进行理论定位；接着，基于美国农业部（USDA）1961—2022 年全球 179 个国家和地区的面板数据，审视全球农业转型进程中表现出的种种特征，以此对农业工业化模型进行实证检验。本文的边际贡献在于：从全球转型视角，为农业工业化模型所刻画的转型阶段与动力转换规律提供经验证据；同时，提炼特征事实与异质性认知，为理解全球农业转型的共性规律与地区差异提供经验基准；最后，尝试推动理论对话与自主知识体系构建，基于对全球样本的研究来丰富和发展立足中国视角的农业转型理论，并为构建农经学科自主知识体系提供实证基础与比较参照。

2 农业工业化模型：一个农业转型的解释框架

2.1 现有农业转型模型综述

作为农业增长的表征，农业转型的历时性特点突出。其“非常统一的过程”为从历时性上整体把握其阶段性特征提供了可能。作为最早观察农业转型的学者之一，Timmer 对农业转型阶段划分很具有代表性^[9]。他将农业转型分为推动农业发展、农业对增长作出贡献、农业被纳入宏观经济及农业融入工业化经济体四个阶段（简称 Timmer 模型）。推动农业发展阶段是改进农业技术、开启提高农业劳动生产率的转型进程、向非农部门释放劳动力的阶段；农业对增长作出贡献阶段是由第一阶段产生的农业剩余被用于非农部门、促进农业劳动力进一步转移的阶段；农业被纳入宏观经济阶段是通过对农村基础设施投资，以及城乡在要素、产品上的整合，缩小城乡差距并使农业纳入宏观经济体系的阶段；农业融入工业化经济体阶段则是在农业已经“小部门化”前提下，提高农村就业机会和农民收入，促进环境保护和提供健康饮食的阶段。Laborde 等建议，在 Timmer 提到的四个阶段之前，还应有“自给农业”和“劳动力转移”两个阶段^[10]。但是，由于“自给农业”往往发生在经济转型前的社会，一般的实证研究没有对此进行过多论述，而“劳动力转移”本身就包含在 Timmer 模型的第一阶段中。

De Janvry 和 Sadoulet 受到 Timmer 模型启发，提出资产建设、绿色革命、农业转型、农村转型、结构转型五阶段模型（简称 DJS 模型）^[8]。其中，资产建设阶段的重点是无地雇农和小农户如何获得更多土地和人力资本问题；绿色革命阶段则强调新的农业技术（如种子和化肥）用于农业生产，特别是对粮食产量的提升作用；农业转型阶段突出对农业基础设施的投入，并强调主要农作物类型向高附加值作物转型和食品产业链发展；农村转型阶段则提出要推动农业的机械化和生产的集约化，农村土地和劳动力等生产要素市场化以及乡村其他产业的发展；结构转型阶段则强调城乡融合，带动城市工业和服务业加速发展。

Diao 等在 DJS 模型基础上，进一步概括出了农业转型四阶段模型（ATI 模型）并提出了“农业转型指数”^[6]。ATI 模型的第一阶段是主粮生产率提升阶段，即通过主粮作物增产，农民可以出售剩余粮食获得更多的盈余，进而带动工业化和城市化；第二阶段是农作物多样化阶段，即农业收入越来越多地来自高附加值的作物；第三阶段是农业劳动生产率显著提高阶段，这一阶段将缩小城乡差距，支持非农经济转型；第四阶段是食品系统扩展阶段，即通过食品加工业、农产品物流以及农业服务业的发展，整个农业食品体系的总附加值中越来越多的份额来自农场之外。

速水佑次郎虽然没有直接提出“农业转型”，但其经典的农业发展阶段论，本身也可以理解为农业转型叙事。速水佑次郎和神门善久认为，一个国家或地区伴随着工业化进程，其农业发展在过程中要依次解决粮食问题、农民贫困问题和农业结构调整问题^[11]。无论是 Timmer 模型、DJS 模型，还是 ATI 模型，都可以被归纳进农业发展阶段论中。例如，解决粮食问题阶段与 Timmer 模型中的推动农业发展阶段有重叠，也囊括了 DJS 模型的资产建设和绿色革命两个阶段，与 ATI 模型中的主粮生产率提升阶段基本一致；解决农民贫困问题则是 Timmer 模型中的农业对增长作出贡献和农业被纳入宏观经济两个阶段、DJS 模型的农业转型和农村转型两个阶段、ATI 模型的农作物多样化和农业劳动生产率显著提高两个阶段；解决农业结构调整问题分别是 Timmer 模型的农业融入工业化经济体阶段、DJS 模型的结构转型阶段和 ATI 模型的食品系统扩展阶段。可以看出，这些模型异曲同工，凸显了 Timmer 强调的农业转型是一个“非常统一的过程”。

不过，上述模型侧重于从经济结构变迁、经济发展与农业生产部门结构转变的宏观层面上对农业转型进行探讨，未明确提出能够解释农业转型进程的关键因素。这使得各类模型在对国别和区域农业转型分析时不得不加入工业化、城市化、农村现代化等其他因素来刻画农业转型进程，或者在解释呈现出不同特点的农业转型时诉诸文化传统、公共政策和政治意愿的差别^[12]。因此，寻找更为合理的农业转型解释框架，特别是基于中国“三农”实践进行理论探索进而提出解释框架，不仅对于实现联合国可持续发展目标有重要的理论和现实意义，还能为构建农业经济学科自主知识体系提供助力^[13]。

2.2 作为农业转型解释框架的农业工业化模型

马克思曾说：“理论只要说服人，就能掌握群众；而理论只要彻底，就能说服人。所谓彻底，就是抓住事物的根本。”^[14]农业转型的“根本”不仅是探讨农业生产部门如何因经济结构变迁而转型的问题，而是首先要回答农业究竟是什么在“转型”。舒尔茨强调“在改造传统农业中至关重要的投资类型并不取决于大农场的建立……关键问题不是规模问题，而是要素的均衡问题。”^[15]Bosc 和 Belieres 也观察到，现代化构成的农业进步主导范式，推动了农业生产要素集中，构成了农业转型的微观基础^[16]。罗浩轩在新结构经济学范式基础上，综合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，提出了农业工业化模型，为农业转型提供了另外一套叙事思路^[17]。

农业工业化模型可界定为一个旨在解释工业化进程中农业部门内部要素禀赋结构发生系统性升级，进而通过要素相对价格信号诱导技术选择，并推动农业生产方式与增长动力依序演进的动态理论框架。农业工业化模型可表征为要素相对密集度变化，即在工业化驱动下，农业将呈现出从劳动密集型向土地密集型、资本密集型、技术密集型依次转型的进程。模型的核心在于揭示农业转型并非随机的或纯粹外生政策驱动的过程，而是一个内生于宏观经济发展、遵循特定阶段规律、从要素积累驱动向技术创新驱动转变的系统性过程（表 1）。

表 1 农业工业化模型

农业转型阶段	要素禀赋变化	农业技术选择	农业制度需求
劳动密集型	劳动力丰裕	传统耕作技术	户籍改革释放劳动力
土地密集型	土地流转加速	规模经营技术	土地产权明晰与交易市场建设
资本密集型	资本深化	农机装备应用	农村金融体系完善
技术密集型	智能化/绿色化	数字农业技术	多功能农业制度创新

农业工业化模型的理论内核体现在三个方面。一是要素禀赋结构升级是根本驱动力。该模型认为，农业转型的底层逻辑是农业部门自身的要素禀赋结构（土地、劳动、资本的相对丰裕程度）随整体经济发展而发生的动态升级。这一过程通常表现为：在工业化初期，农业部门劳动力相对丰裕而资本稀缺；随着工业化程

度加深，劳动力持续向非农部门转移并导致其相对价格上升，而农业资本则持续积累；最终，知识与技术成为农业持续增长的关键要素。这种要素禀赋结构的变迁，是农业生产经营方式变革的根本动力。二是诱致性技术选择是核心机制。在要素禀赋结构变化的背景下，要素相对价格的变动会向生产者发出信号，诱导其选择能更经济地利用日益稀缺（因而相对昂贵）要素、更充分利用日益丰裕（因而相对廉价）要素的技术与生产方式。例如，在劳动力变得相对昂贵时，生产者倾向于选择能节约劳动的机械技术。因此，技术变迁路径并非任意选择，而是对要素价格变动的内生反应。三是转型过程呈现鲜明的阶段性特征。在上述驱动力与机制作用下，农业转型呈现出可辨识的、具有一般性的序列阶段。典型的演进路径是从依赖大量人力投入的劳动密集型阶段，过渡到追求土地规模效益的土地密集型阶段，再到以大量资本（如大型机械、设施农业）投入为标志的资本密集型阶段，最终迈向以科技创新和全要素生产率提升为主导的技术密集型阶段。每个阶段在主导要素、技术形态、组织方式和生产率来源上都具有不同的特征。

农业工业化模型的特征可概括为内生驱动性、阶段递进性、路径依赖性和系统协同性。内生驱动性强调转型动力源于农业部门内部要素禀赋结构与相对价格的变化，是经济系统内生的过程，而不仅仅是外部政策或技术冲击的结果；阶段递进性认为农业转型遵循一个大致可预测的、从低阶到高阶的要素密集度转换序列，各阶段在理论上存在先后逻辑；路径依赖性承认不同国家或地区因初始资源禀赋、制度条件、市场规模等差异，其转型的具体速度、各阶段持续时间及表现形式会有所不同，但基本驱动逻辑与方向具有共性；系统协同性指出生产要素的升级、技术的选择以及与之配套的制度安排（如产权制度、市场制度、支持政策）需要协同演化，任何一环的滞后都可能制约整体转型进程。

农业工业化模型与 Timmer 模型、DJS 模型、ATI 模型的基本思想一致。例如，DJS 模型提出的农民获得更多土地和人力资本的资产建设阶段，以及采用农药和化肥实现绿色革命阶段，与农业工业化模型描述的从劳动密集型阶段向土地密集型转型阶段的特征一致。这一过程中大量农业劳动力转移，劳均土地数量不断增长，同时绿色革命将推动农业发展；而 DJS 模型提出的对农业基础设施持续投入的农业转型阶段，则部分吻合农业工业化模型种描述的从土地密集型阶段向资本密集型转型阶段的内容（表 2）。

表 2 农业转型理论模型比较

模型	农业转型进程						文献来源	
Timmer 模型	自给农业	劳动力转移	推动农业发展	农业对增长作出贡献	农业被纳入宏观经济	农业融入工业化经济体	Timmer ^[9] 、Laborde 等 ^[10]	
DJS 模型	—	资产建设	绿色革命	农业转型	农村转型	结构转型	De Janvry 和 Sadoulet ^[8]	
ATI 模型	—	主粮生产率提升		农作物多样化	农业劳动生产率显著提高		食品系统扩展	Diao 等 ^[6]
农业发展阶段论	—	解决粮食问题		解决农民贫困问题		解决农业结构调整问题	速水佑次郎和神门善久 ^[11]	
农业工业化模型	劳动密集型	土地密集型		资本密集型		技术密集型	罗浩轩 ^[17] 、罗浩轩 ^[18]	

总的来说，农业工业化模型阐述的农业转型是以农业要素相对密集度变化为表征的，而农业要素相对密集度变化不仅可以用于对农业生产方式变化的微观分析，还能为农业转型进程中的财产权利、市场机制、本国或地区与全球农业关系提供理论解释框架。这一框架也能进一步延伸至国家与社会、人类与自然的关系研究中，对于农业转型理论研究深化有着重要推进作用^[19]。农业工业化模型提出后，一些学者对其进行了论证和应用。高晶晶和史清华基于微观农户要素投入分析了中国农业生产方式的变迁，并认为实证结果与农业工业化模型推导的一致^[20]；农业工业化模型对农业生产方式^[21-23]、农业制度变迁^[24-25]的解释也被许多研究广泛接受，并作为理论分析框架^[26]。

3 农业工业化模型框架下农业要素相对密集度变化

农业转型在生产力层面上表现为农业工业化，而农业工业化是以农业要素禀赋结构的升级为基础的。进一步地，农业要素禀赋结构又直接表现为农业要素相对密集度。因此，审视各个国家和地区农业工业化进程所处的具体阶段、比较其转型路径的异同，一个重要方法是直接考察其农业要素相对密集度变化。

3.1 农业要素禀赋、农业要素产出弹性

农业要素禀赋是农业生产中不同要素的比例关系，传统农业要素禀赋有资本与劳动、资本与土地以及土地与劳动数量之比，可以分别表述为农业劳均资本装备率、地均资本装备率和劳均土地装备率。农业要素禀赋结构的概念是农业要素禀赋概念的延伸，它强调了不同国家和地区农业要素禀赋的对比。农业要素禀赋结构决定了农业比较优势和竞争力，进而影响了农业生产方式、产业结构和发展路径。

农业转型的阶段特征是以农业要素相对密集度变化为表征的。而农业要素相对密集度是农业生产中两种要素的产出弹性之比。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。具体来说，它表示在其他要素投入不变的情况下，某一要素投入增长1%时产出变化的百分比。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。根据农业工业化模型的理论逻辑，判断农业要素禀赋结构是否升级，关键是观察农业要素相对密集度的变化是否沿着劳动密集型向土地密集型和资本密集型，再向技术密集型转型。

设A代表技术进步，Y为农业产出，L、K、T分别代表劳动、资本和土地要素，那么农业要素禀赋为：

$$\text{劳均资本装备率} = \frac{K}{L}, \text{地均资本装备率} = \frac{K}{T}, \text{劳均土地装备率} = \frac{T}{L}; \alpha, \beta, \gamma \text{ 分别代表劳动、资本和}$$

土地的产出份额（或产出弹性）。假设生产函数为：

$$Y = AF(L, K, T) \quad (1)$$

农业要素产出弹性为：

$$\alpha = \frac{\partial Y}{\partial L} \times \frac{L}{Y}, \beta = \frac{\partial Y}{\partial K} \times \frac{K}{Y}, \gamma = \frac{\partial Y}{\partial T} \times \frac{T}{Y}; \quad (2)$$

其中， $\frac{\partial Y}{\partial L}$ 、 $\frac{\partial Y}{\partial K}$ 、 $\frac{\partial Y}{\partial T}$ 是农业劳动、资本和土地的边际产量，记为MPL，MPK和MPT。 $\frac{L}{Y}$ 、 $\frac{K}{Y}$ 和

$\frac{T}{Y}$ 是农业要素投入系数，它们是农业劳动生产率、农业资本产出率和农业土地产出率的倒数，可被理解为单位产出所需的要素投入量或投入密度。由于受要素边际产量递减规律的影响，在技术水平和其他生产要素投入保持不变的情况下，某种要素持续增加会使要素边际产量呈现总体趋势下降的复杂非线性关系。

3.2 农业要素边际技术替代率、农业要素相对密集度

在保持产量不变的情况下，增加一种生产要素的投入量时，所减少的另一种要素的投入数量，被称为边际技术替代率（MRTS）。边际技术替代率可表示为两种要素边际产量的比值，用MRTS_{LK}、MRTS_{TK}、MRTS_{TL}分别表示劳动对资本、土地对资本、土地对劳动的边际技术替代率，其公式为：

$$MRTS_{LK} = \frac{MPL}{MPK} = \frac{(\partial Y / \partial L)}{(\partial Y / \partial K)} = \frac{\alpha K}{\beta L}, MRTS_{TK} = \frac{MPT}{MPK} = \frac{(\partial Y / \partial T)}{(\partial Y / \partial K)} = \frac{\gamma K}{\beta T}, MRTS_{TL} = \frac{MPT}{MPL} = \frac{(\partial Y / \partial T)}{(\partial Y / \partial L)} = \frac{\gamma L}{\alpha T} \quad (3)$$

用 ω_{KL} 、 ω_{KT} 和 ω_{TL} 分别表示资本相对劳动要素密集度、资本相对土地要素密集度、土地相对劳动要素密集度，那么：

$$\omega_{KL} = \frac{\beta}{\alpha} = \frac{MPK \times K}{MPL \times L}, \omega_{KT} = \frac{\beta}{\gamma} = \frac{MPK \times K}{MPT \times T}, \omega_{TL} = \frac{\gamma}{\alpha} = \frac{MPT \times T}{MPL \times L} \quad (4)$$

农业要素相对密集度变化可以反映农业技术偏向性，一般可分为劳动节约型技术、土地节约型技术和资本节约型技术。当 ω_{KL} 上升时，是劳动节约型技术，即技术进步更倾向提高资本的产出弹性，使劳动的产出弹性相对降低；当 ω_{KT} 上升时，则是资本替代土地的技术，可以称之为土地节约型技术；当 ω_{TL} 上升时，则倾向提高土地产出弹性，降低劳动的产出弹性，但这种情况一般是前工业化社会应对人口暴涨才用的“内卷化”的生产方式。

需要指出的是，在完全市场竞争条件下，要素边际产量等于要素实际价格，因此要素相对密集度也可以理解为要素投入的实际价值量之比。例如， MPK 等于资本实际价格，即利息率 r ， MPL 等于劳动实际价格，即工资率 w ，那么 $\omega_{KL} = \frac{r \times K}{w \times L}$ ，实质上就是资本投入的价值量与劳动投入的价值量之比。因此，当 ω_{KL} 上升时，也可以理解为更多地使用资本。

3.3 从农业要素相对密集度变化判断农业转型阶段

从上述的数量关系中，可以看出农业要素禀赋结构如何影响农业要素相对密集度，进而影响农业技术选择，并推动农业呈现出不同的样态。

图 1 在农业工业化模型框架下，描绘了农业要素相对重要性与增长动力随发展阶段演进的动态关系。其纵轴为要素产出弹性（或要素相对密集度）的无量纲化指数，横轴代表农业转型阶段。图中曲线并非实际数据，而是基于理论推演与典型事实的核心经济学逻辑的可视化，旨在阐明转型各阶段的内在驱动力与关键转折。其经济学逻辑在于，农业转型是由要素禀赋结构升级引致的，连续的要素替代与增长动力转换过程。这个过程始于要素相对价格的变化，并由此诱导出节约昂贵要素、充分利用丰裕要素的技术与投资偏向，最终体现为宏观上主导性生产要素的更迭。

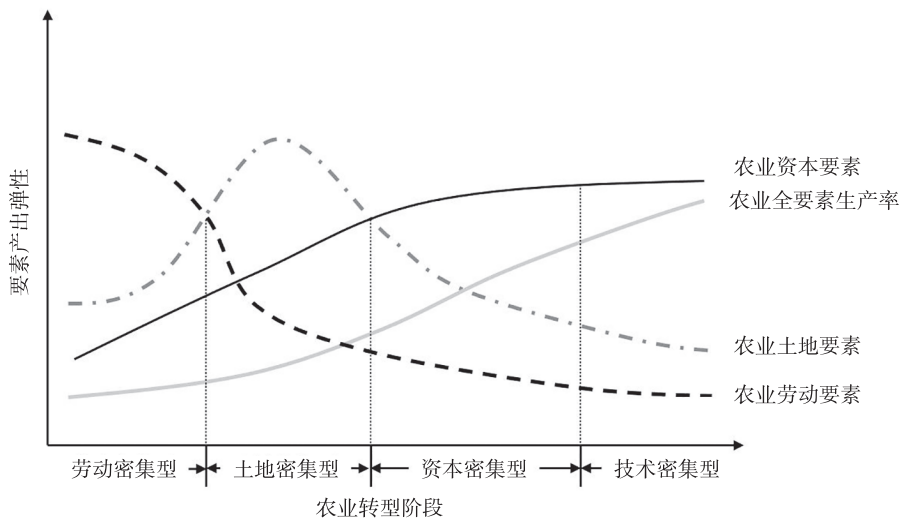


图 1 农业工业化模型框架下农业转型阶段转换

第一阶段即劳动密集型阶段，是农业转型的初始条件。在前工业化或工业化初期，经济中资本极度稀缺，而劳动力相对无限供给（处于“刘易斯第一拐点”之前），其价格极为低廉。因此，劳动的边际产出 MPL 虽低，但其边际成本近乎为零，其产出弹性（ $\alpha = MPL \times L / Y$ ）大于其他要素产出弹性，这导致任何资本或技术对劳动的替代都“不经济”。农业生产被迫以“内卷化”的方式，持续投入过剩劳动以获取有限的总产出增长，农业全要素生产率增长近乎停滞。此时，劳动的产出弹性占据绝对主导。

从第一阶段向第二阶段即土地密集型的跃迁，其关键标志是“刘易斯第一拐点”的到来。随着工业化与

城市化加速，农业劳动力持续外流、数量持续下降，劳动力价格开始系统性上升。为了在劳动成本上升的约束下维持或增加产出，生产者的理性选择是转向利用当时仍相对充裕的要素——土地。这引致土地替代劳动的技术投资与应用，具体表现为良种、化肥、灌溉等生物化学技术的推广。这些技术旨在提升单位土地产出效率，以应对劳动力转移带来的生产压力，故土地的产出弹性与相对重要性迅速攀升。不过，土地要素密集度受到自然条件的严格限制，其边际产出（ MPT ）会大幅提高，但产出弹性（ $\gamma = MPT \times T/Y$ ）不一定能达到生产技术的极限。

第三阶段即资本密集型阶段，源于资本对劳动的持续替代与资本自身的深化。当劳动力价格进一步上涨，跨越“刘易斯第二拐点”后，非农部门与农业部门开始竞争劳动力，农业用工成本急剧增加。此时，用资本替代劳动变得极为经济。大规模、可重复操作的农业机械（如拖拉机、收割机）投入成为最优选择，这推动了资本深化的加速。此阶段的资本积累不仅体现为数量的扩张，更物化（embodied）了大量的技术进步（如更高效的发动机、更精密的作业装置）。因此，资本的产出弹性在此阶段达到顶峰，成为增长的首要贡献者，农业全要素增长率的增长也因物化技术进步而显著加速。

第四阶段即技术密集型阶段，其到来的标志是增长引擎从“要素积累驱动”向“纯技术创新驱动”的根本性转换，是马克思增长类型向库兹涅茨增长类型的转变^[27]。当资本积累达到很高水平后，其边际报酬递减规律开始凸显，单纯增加传统资本对产出的拉动作用减弱。持续增长必须依赖能突破报酬递减的非物化（disembodied）技术进步，即全要素生产率的跃升。如图1所示，此时农业资本要素曲线趋于高位稳定，而农业全要素生产率曲线加速增长并成为主导。这对应着以信息技术、生物技术、智能装备和大数据为代表的新质生产力的应用。这些技术以知识、数据和算法为核心，能极大优化存量资本的配置效率、创造全新的生产要素组合，从而实现增长动力的彻底转型。技术密集型农业的本质，是技术创新本身成为比任何传统有形要素都更关键的增长源泉。

综上所述，图1揭示的农业工业化路径是一个连贯的经济学故事：从依赖过剩廉价劳动的“内卷化”起步，在劳动力价格上升的诱导下，先后经历提升土地效率的“生物化学革命”和替代劳动的“机械化革命”，最终在资本深化的基础上，迈向以知识创新和效率提升为核心的“智能化革命”。这一过程内生于经济发展带来的要素禀赋结构升级，并由持续变化的要素相对价格信号所引导，完美诠释了诱致性技术变迁理论，为理解全球农业转型的多样性与统一性提供了有力的分析框架。基于此，本文第四部分将利用全球面板数据，对上述理论描绘的阶段性特征进行系统的实证检验与深入审视。

4 基于农业工业化模型的全球农业转型审视

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。”^[28]不同经济发展水平的国家和地区呈现出的差异化特征，在一定程度上可以理解为某个经济体在其不同发展阶段上表现出的特征。尽管高晶晶和史清华基于中国微观农户数据^[20]为农业工业化模型提供了国别经验证据，但该模型作为一种理论框架，其普遍解释力仍需置于全球农业转型的多元视野下进行审视。为此，本文基于美国农业部（USDA）经济研究局发布的1961—2022年全球179个国家和地区的农业投入和产出数据^①，审视了全球农业转型的历时态和现实态特征。

^① 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。农业要素投入主要是劳动、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人数，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年及以后是联合国粮农组织（FAO）使用永续盘存法估算的净资本存量，1995年以前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”。具体详见美国农业部经济研究局网站：<https://www.ers.usda.gov/>。

4.1 全球农业要素禀赋

要判断全球农业所处的转型阶段，首先要观察全球农业要素禀赋变化。农业要素禀赋主要是劳均、地均资本装备率体现的资本要素禀赋和劳均土地装备率体现的土地要素禀赋。1961—2022 年全球农业要素禀赋变化情况见图 2。

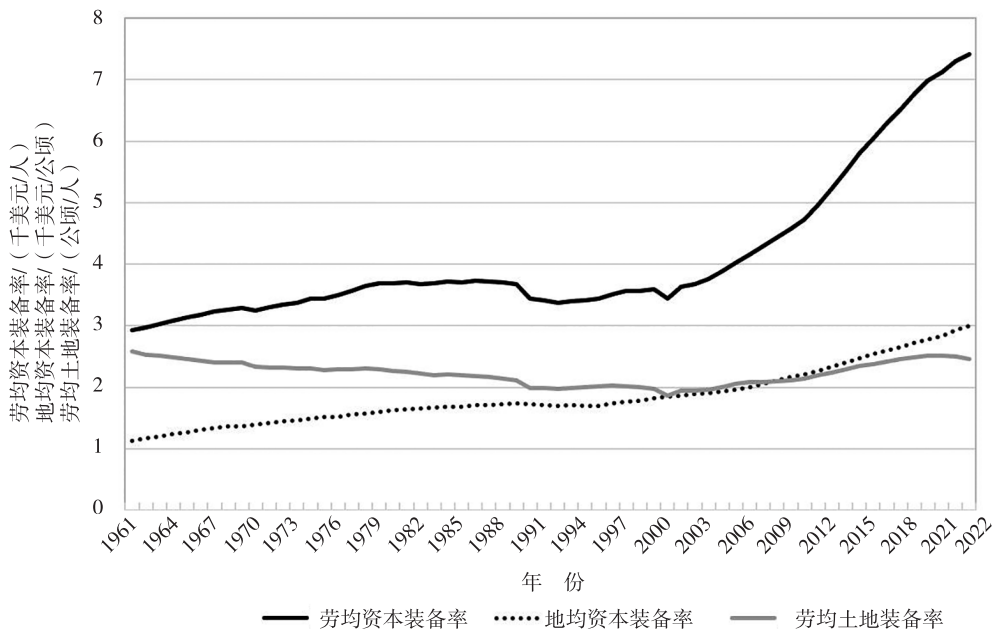


图 2 1961—2022 年全球农业要素禀赋变化

特征事实 1：全球农业资本要素禀赋不断提升。

从 1961 年开始，全球农业劳均资本装备率持续上升，在 21 世纪以前增幅比较缓慢。进入 21 世纪，该指数出现飙升。1961 年，全球农业劳均资本装备率为 2 925 美元/人，到 2000 年为 3 435 美元/人，40 年仅增长了 17.43%，但 2001—2022 年 22 年间增长了 215.72%，2022 年达到 7 410 美元/人。农业地均资本装备率随着全球农业资本的持续增长而缓慢上升。1961 年全球农业地均资本装备率为 1 133 美元/公顷，到 2007 年、2022 年分别突破 2 000 美元/公顷、3 000 美元/公顷的关口。不过，由于土地供给的刚性，以及亚洲和非洲人口的持续增长，全球农业劳均土地装备率呈现稳中有降的趋势。1961 年，全球农业劳均土地装备率为 2.58 公顷/人，随后缓慢下降至 2000 年的最低点 1.86 公顷/人，接着有所回升，到了 2022 年回到了 2.47 公顷/人的水平。

从生产力层面看，农业转型的起点标志是农业劳动生产率的显著提高。这一提升不仅是转型的结果，更是推动农业劳动力向非农部门持续转移，从而开启结构转型进程的关键动力。那么，资本要素禀赋是不是伴随着农业劳动生产率提升而提高呢？

特征事实 2：农业劳动生产率越高，其农业资本要素禀赋越高。

观察全球各个国家和地区的农业劳动生产率与其农业劳均、地均资本装备率和劳均土均装备率的表现，农业劳动生产率越高的国家和地区，其劳均资本装备率越高；地均资本装备率虽然不如劳均资本装备率的趋势那么明显，但高农业劳动生产率也基本对应高地均资本装备率。其中，瑞士、荷兰、奥地利等欧洲国家尽管农业劳动生产率不是最高的，但农业地均资本装备率在全球排名中名列前茅。可以认为，农业劳动生产率越高，其农业资本要素禀赋更高。加之图 1 显示的全球农业资本要素禀赋在持续提升，意味着农业与其他行业一致，也“会经历由劳动密集型向资本密集型的技术升级”^[29]。农业劳均土地装备率因受土地供给刚性和

人口增长的影响，变化不是很大。不过，发达国家和地区不论观察期初始的土地要素禀赋如何，其农业劳均土地装备率基本在增长。

4.2 全球农业要素相对密集度

一个国家或地区的农业资本要素禀赋提升，是不是意味着该国家或地区就迈入资本密集型阶段了？这就需要测算其农业要素密集度。而要测算农业要素密集度，首先要测算农业要素产出弹性。

农业要素产出弹性体现了农业生产要素投入变化对产出的影响程度，也可以理解为农业要素投入份额。本文基于 Cobb-Douglas 生产函数对 1961—2022 年历年的全球农业生产函数进行了逐年回归。由于数据均为截面数据，故采用最小二乘法。回归结果显示，所有自变量的回归系数均在 1% 以下显著，其 R^2 都在 90% 以上，由于篇幅有限，仅用图 3 加以展示。

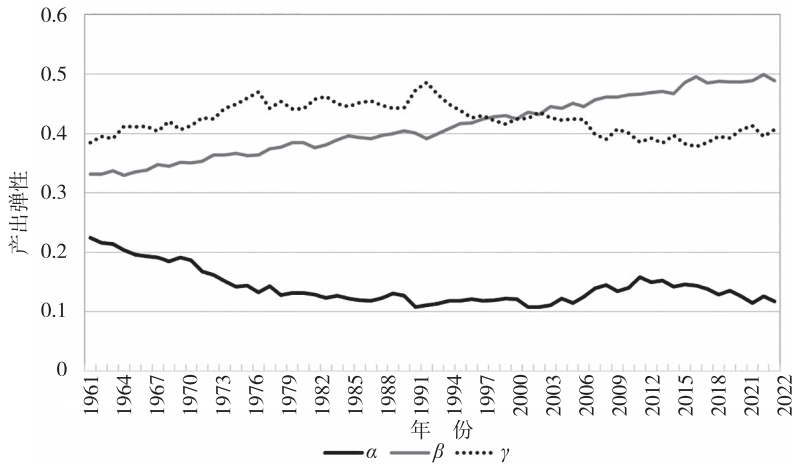


图 3 1961—2022 年全球农业要素产出弹性变化

特征事实 3：全球农业资本要素产出弹性已经超过土地要素。

图 3 显示，从 1961 年开始，全球农业劳动要素产出弹性 (α) 自 0.224 持续下降，到 1991 年达到 0.108 的低点，并在这一区间徘徊。2005—2015 年略有回升，最高到 0.146，但后来又逐步下降，2022 年为 0.117。与之相对应的，全球农业资本要素产出弹性 (β) 持续上升，从 1961 年的 0.331 震荡上升到 2021 年的 0.499 的高位，2022 年略微下调至 0.489。全球农业土地要素产出弹性 (γ) 则呈现倒 U 形曲线变化：1961 年为 0.384，随后于 1991 年上升至顶峰的 0.486，接着出现缓慢下滑趋势；到 1997 年，被资本要素产出弹性超过，2022 年水平为 0.406。可以说，在观察期内，全球农业产出中劳动要素产出份额持续下降，农业生产越来越依赖土地要素和资本要素。1961—1996 年，农业土地要素产出份额最大，而 1997 年以后，农业资本要素产出份额开始超过土地要素，并且持续增长。这说明，农业资本要素在农业产出中的作用越来越显著。

特征事实 4：全球农业转型整体步入资本密集型阶段。

仅仅是农业要素产出弹性还无法充分展示农业工业化转型进程。因此，本文进一步计算了农业要素相对密集度。

图 4 显示，1961—2022 年，资本相对劳动要素密集度 (ω_{KL}) 和土地相对劳动要素密集度 (ω_{TL}) 总体呈现倒 U 形变化趋势，资本相对土地要素密集度 (ω_{KT}) 则一直较为平稳。1961—1997 年， ω_{TL} 一直高于其他要素相对密集度。可以说，这一时期全球农业整体处于土地密集型阶段。1997 年以后， ω_{KL} 超过了 ω_{TL} 且 ω_{KT} 超过了 1，意味着全球农业向资本密集型阶段转型。尽管 2001 年左右 ω_{KL} 、 ω_{TL} 出现下降态势，但在 2010 年探底后又震荡上行。在此期间， ω_{KT} 一直在 1 以上水平。图 4 中 ω_{KL} 、 ω_{TL} 、 ω_{KT} 的走势与图 1 显示的

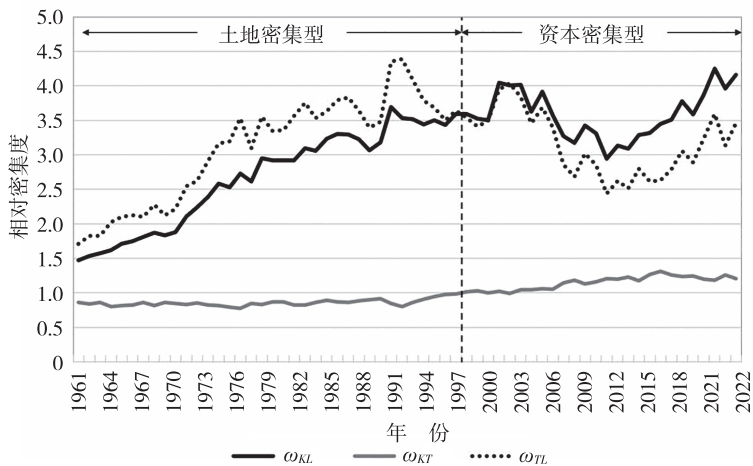


图4 1961—2022年全球农业要素相对密集度

农业工业化模型从土地密集型阶段到资本密集型阶段走势基本吻合。

一般认为，技术往往由原材料（M1）、工具及设备（M2）、管理（M3）、市场（M4）、技术人员（M5）、资金（M6）和信息（I）7个要素构成，称为6M1I模式。其中，原材料、工具及设备、资金等都以资本形式表现，或者说技术往往以显性编码的形式附着于这些资本上。因此，尽管图4不能直接反映全球农业是否有向技术密集型转型趋势，但从后文的分析可以看到，资本要素密集度持续上升通常意味着具有更多技术含量的要素投入农业中。

4.3 全球各区域农业要素产出弹性及规模报酬

伴随农业劳动生产率的提高，全球农业资本要素禀赋持续上升；与此同时，农业资本要素相对密集度也超过了土地要素相对密集度。这两大特征体现了农业工业化模型所描绘的农业转型趋势。然而，农业要素产出弹性是否会如图1所展示的那样发生变化，还需要进一步验证。为此，本文观察了全球各区域农业要素产出弹性。

美国农业部经济研究局在FAO的分类基础上，将全球179个国家和地区划分为了34个区域，本文将其进一步整合为25个区域^①，并构建了全球农业生产函数进行面板数据回归，以观察不同农业发展水平区域的农业要素产出弹性变化。

$$\ln Y_{it} = \alpha_0 + \delta_1 \ln L_{it} + \delta_2 \ln K_{it} + \delta_3 \ln T_{it} + \sum_j \beta_j \ln Z_{it} + \phi_i + \varphi_t + \varepsilon_{it} \quad (5)$$

式(5)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， δ_1 、 δ_2 、 δ_3 分别表示三种要素产出弹性； Z_{it} 为控制变量， β_j 为 j 种控制变量的系数； α_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，控制变量有国家和地区的人均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间接影响的变量，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^②。

① 非洲包含9个区域：尼日利亚地区、西非地区、中非地区、东非地区、非洲之角地区、萨赫勒地区、南非地区、南非关税同盟地区、北非地区。亚洲包含6个区域：亚洲发达经济体、东北亚地区、东南亚地区、南亚地区、中亚地区、西亚地区。南美洲包含3个区域：中美洲及加勒比海地区、安第斯山脉地区、南锥地区。欧洲包含4个区域：东欧地区、中南欧地区、北欧地区、西欧地区。大洋洲包含2个区域：太平洋地区、大洋洲地区。北美洲包含1个区域：北美地区。其中，南非地区是指南部非洲，不包含南非共和国。南非共和国属于南非关税同盟地区。中国台湾地区属于亚洲发达经济体。

② 各个国家和地区的人均GDP（以2015年美元不变价格计算）、第一产业增加值比重、城市化率相关数据来源于世界银行WDI数据库。

由于不同区域在样本数量、对时间效应的敏感程度以及经济社会发展水平有较大差异，本文对25个区域逐一进行了混合回归、控制个体效应、时间效应的随机效应和固定效应回归，并通过多种检验确定回归模型，接着加入控制变量进行调试，直到得到满意的、符合常理的回归结果。回归标准是在满足稳健性检验前提下，核心变量系数显著且为正。回归结果显示，除了大洋洲地区和北美地区因样本数量过少和发展水平高导致劳动要素产出弹性系数为负外，其他回归结果均达到要求^①。

特征事实5：全球各区域农业要素产出弹性随着农业劳动生产率提高呈下降趋势。

回归结果显示，非洲各区域农业劳动要素产出弹性普遍较高，尼日利亚地区在0.8以上，中非地区、南非地区、东非地区、非洲之角地区都在0.5左右。与之相对应的，北美地区、大洋洲地区、东欧地区、亚洲发达经济体等发达区域的农业劳动要素产出弹性都非常低。这表明，随着农业劳动生产率的提升，农业劳动要素重要性显著下降。这意味着，将劳动者从繁重的农业生产中解放出来，采用劳动节约型技术是农业转型的基本趋势。

除去北美地区、大洋洲地区两个特殊散点后，各区域农业资本要素产出弹性发生变化。随着农业劳动生产率提高，农业资本要素产出弹性呈先上升后下降的趋势。起始端由非洲之角地区、中非地区、东非地区和西非地区等农业资本要素禀赋较差的非洲各区域组成，其农业资本要素产出弹性均低于0.15。随着农业劳动生产率提升，农业资本要素产出弹性逐渐升高，但在农业劳动生产率对数为8.5左右时开始下降，最终呈现抛物线的走势。末端的大多为发达区域，其中北欧地区、中南欧地区的农业资本要素产出弹性分别为0.18和0.16，而亚洲发达经济体和和西欧地区均低于0.1。

回归结果展现出明显的组间差异，但总体呈现出随着农业劳动生产率提高，农业土地要素产出份额下降的趋势。其中，中亚地区、北非地区、大洋洲地区和北美地区等农业土地要素弹性在0.95以上的区域组成了高弹性组，这些区域的农业土地产出率至少在900美元/公顷以上。其他国家和地区组成了低弹性组，低弹性组在末尾下降趋势逐渐平缓。

农业规模报酬是农业劳动、资本和土地三种要素产出弹性之和。其大于1表示规模报酬递增，等于1表示规模报酬不变，小于1表示规模报酬递减。根据农业工业化模型的理论逻辑，若劳动、资本和土地这类传统农业要素能维持农业规模报酬，则农业技术要素作为主要增长源泉还有待时日。因此，全球农业规模报酬整体表现如何值得探究。相关回归结果显示，全球农业规模报酬随着农业劳动生产率走高而下降。非洲各区域农业规模报酬普遍较高，除了南非关税同盟地区为0.93外，其他区域均在1以上，最高的北非地区为2.64，是全球最高水平。农业增长在减少贫困和营养不良方面效果显著，对于非洲各区域农业发展有着至关重要的作用——农业规模报酬处于高位，意味着投资当地农业有利可图。在发达国家和地区中，除了北欧地区和大洋洲地区外，其他区域的农业规模报酬都在1以下，这反映了随着经济发展农业小部门化的趋势。

特征事实6：全球各区域农业规模报酬随着农业劳动生产率提高呈下降的趋势。

图5是对全球各区域农业要素产出弹性和规模报酬趋势线的集合。农业劳动要素产出弹性(α)下降最快，并在农业劳动生产率对数为8左右时被呈现上升态势的农业资本产出弹性(β)超过。农业土地要素产出弹性(γ)是三种生产要素中最高的，体现了土地在农业生产中的重要性，且低弹性组下降到一定阶段趋于平稳，低弹性组下降斜率低于高弹性组。农业资本要素产出弹性起点最低，但却有一段上升期，在农业劳动生产率增长过程中弹性下降最晚。农业三大生产要素产出弹性变化趋势与图1、图3展示的趋势基本一致。农业规模报酬($\alpha+\beta+\gamma$)趋势线也呈现下降走势。在农业劳动生产率对数为10左右时，农业规模报酬小于1，说明仅仅依靠传统要素投入产出不足以支撑更高的农业劳动生产率。换言之，随着农业劳动生产率的增长，农业劳动要素、土地要素、资本要素产出弹性纷纷下降，农业要维持增长必须寻找其他的源泉。

^① 受期刊版面限制，此处省略25个区域回归结果数值。如有需要，可向作者索取。

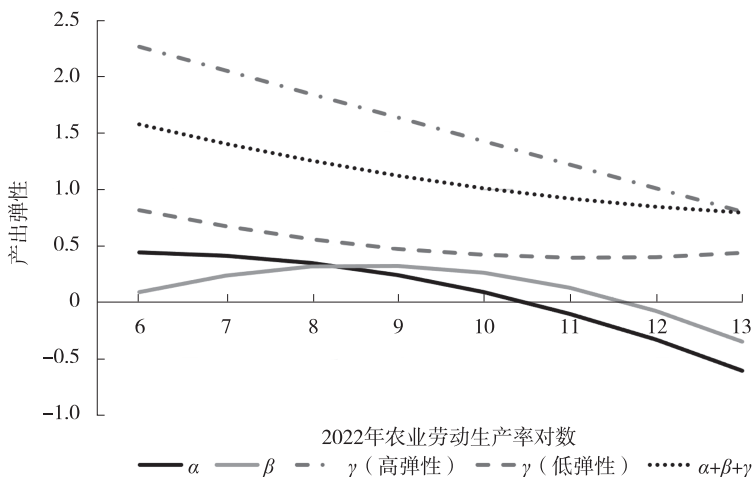


图 5 农业要素产出弹性和规模报酬趋势线

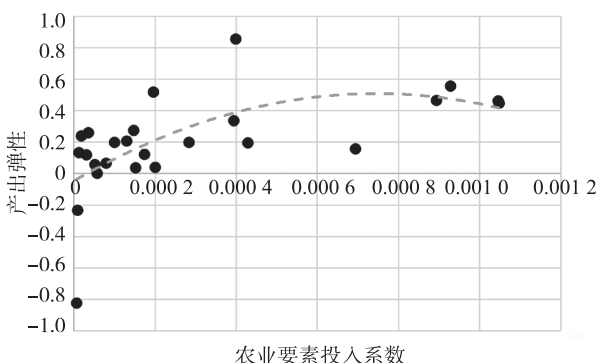
4.4 全球各区域农业要素边际产量

农业要素边际产量可以更直观地反映农业增长源泉的变化。 L/Y 、 K/Y 和 T/Y 作为农业要素投入系数，可以理解为一个单位的农业产出中劳动、资本和土地等要素的投入密度。

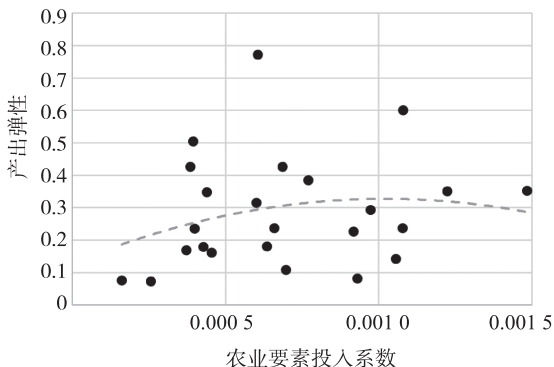
特征事实 7：全球各区域农业要素边际产量变化符合要素边际产量递减规律。

图 6 是农业要素边际产量变化趋势线。其横坐标表示农业要素投入系数，是农业要素产出率的倒数，横坐标值越大说明该农业要素产出率越低；纵坐标是农业要素产出弹性，从前面公式推导可知，要素产出弹性为该要素投入所占份额；趋势线斜率的绝对值是农业要素边际产量，其斜率绝对值越大，该要素边际产量越大。图 6 展示的农业要素边际产量变化趋势线主要为倒 U 形抛物线，抛物线越靠近顶端斜率绝对值越小，体现了农业要素边际产量随着该要素投入比重增大（要素产出弹性上升）而递减的规律。

结合图 4、图 5 和图 6，农业呈现出渐次依靠劳动要素、土地要素和资本要素维持农业劳动生产率增长的趋势。图 4 展示了当前全球农业转型进程中，农业劳动要素产出弹性先行下降，而农业土地要素产出弹性逐渐上升到高峰随后下降被农业资本要素产出弹性超过的趋势，体现了这一趋势的历时性。图 5 则从发展程度不同的区域的农业要素产出弹性差异展示了这一趋势的共时性。图 6 体现了随着农业要素投入所占比重增大（农业要素产出弹性提升），农业要素边际产量下降（趋势线斜率绝对值下降）。综上所述，这些趋势与图 1 农业工业化模型描述的农业由劳动密集型向土地密集型，再向资本密集型转型的阶段性特征相吻合。



(a) 劳动要素



(b) 资本要素

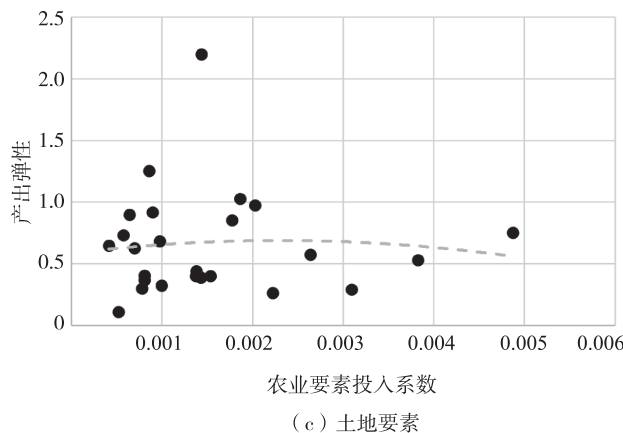


图 6 农业要素边际产量变化趋势线

4.5 全球各区域农业边际技术替代率

一般在非农行业的研究中只包含劳动和资本两类要素；在农业工业化模型中，土地要素和资本要素也可以归为广义的资本要素禀赋。而在经济发展过程中，用资本大规模替代劳动是必然趋势^[29]。那么，可以进一步追问的是，不同发展程度的区域是采用了依赖资本要素边际产量提高技术，还是依赖土地边际产量提高技术呢。为此，本文将土地对资本的边际技术替代率进行了转换：

$$MRTS_{TK} = \frac{MPT}{MPK} = \frac{(\partial Y / \partial T)}{(\partial Y / \partial K)} = \frac{\gamma K}{\beta T} \quad (6)$$

可以得到：

$$MPT = \frac{\gamma K}{\beta T} \cdot MPK \quad (7)$$

基于这一公式，本文绘制了土地对资本边际技术替代率的趋势线和前沿曲线（图 7）。

特征事实 8：“内卷化”的农业生产方式往往与高农业资本边际产量并存。

从图 7 可以看出，除了北美地区、太平洋地区等土地自然资源禀赋优渥、农业发达的发达区域外，其他发达区域几乎都在靠近纵轴的位置， MPK 小于 105。这充分说明，这些区域农业资本要素丰裕，而 MPK 递减作用明显。同时，除西欧地区和中南欧等区域外，绝大部分发达区域均位于 $MRTS_{TK}$ 趋势线之上，这说明发达区域大多采用资本替代土地的技术。与之相对的，是绝大多数发展中地区的 MPT 都在 1 000 以下，但 MPK 都比较高。其中，萨赫勒地区、南非地区是典型代表。地处非洲北部撒哈拉沙漠和中部苏丹草原地区之间的萨赫勒地区，是世界上最不发达的地区之一，无论是农业劳均资本装备率还是地均资本装备率都是全球最低的。资本的稀缺使这里显现出极高的资本边际产量。也正是因为资本稀缺，这一地区不得不将大量劳动力以“内卷化”的方式投向土地。无独有偶，由安哥拉、马达加斯加、马拉维等 8 个国家组成的南非地区也是如此。这里要指出的是，尽管大多数欠发达地区 $MRTS_{TK}$ 很低，但其农业采用的技术称不上是“土地节约型技术”，更谈不上“资本节约型技术”。速水佑次郎和弗农·拉坦曾将农业技术分为通过动力和机械的投入提高劳动生产率的劳动节约型技术及通过生物和化学技术大幅提高土地产出率的土地节约型技术^[30]。这二者本质上都是资本替代劳动的节约型技术。这是因为，先进技术往往以显性编码的形式附着在资本上，要节约资本的技术通常表现在前工业化社会的落后生产方式上（存在于 Timmer 模型的自给农业阶段、农业工业化模型的劳动密集阶段）。如果土地广袤而劳动要素稀缺，那么这类技术就是要解决如何更好地“广种薄收”和“刀耕火种”的问题；如果土地稀缺而劳动要素丰裕，那么应用这类技术就表现为劳动要素使用由简单工具和畜力构成的资本在土地上进行内卷式的“精耕细作”。半个多世纪以来，随着全球人口的暴涨，后者的情况在欠发达国家和地区比较普遍。

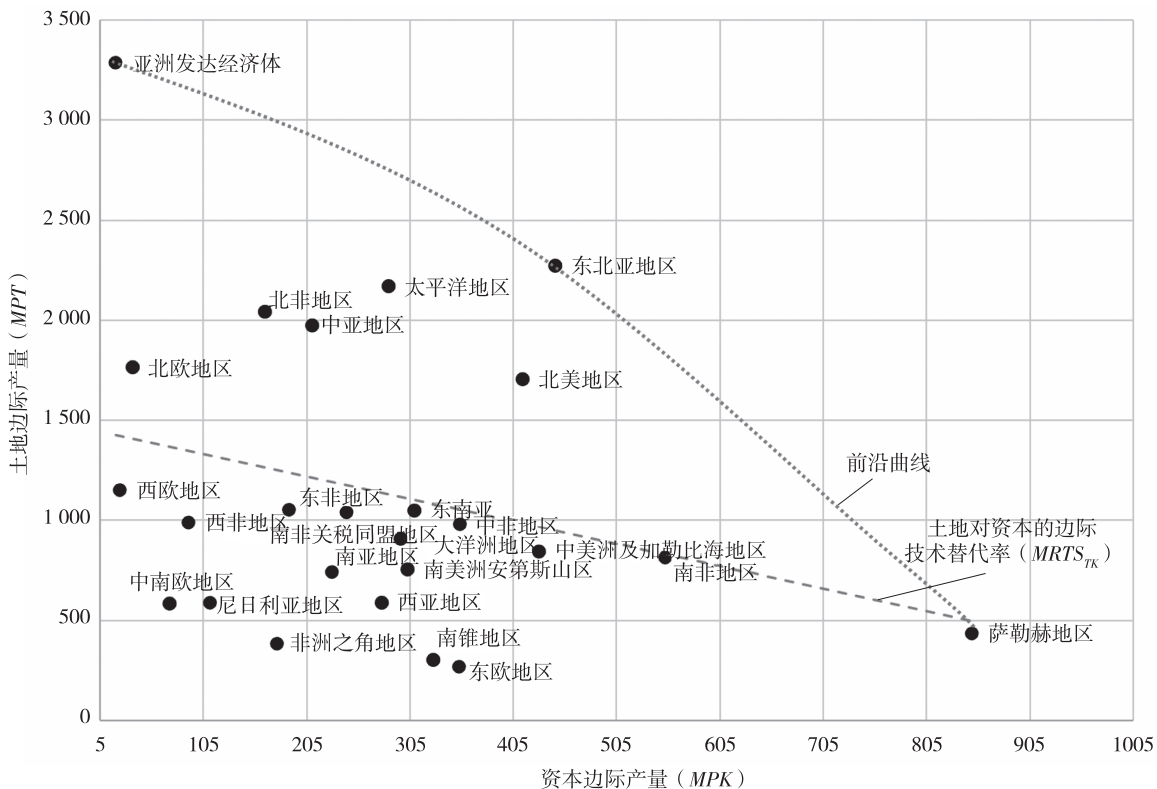


图 7 全球各区域土地对资本边际技术替代率的趋势线和前沿曲线

图 7 的点线段是全球土地对资本边际技术替代率前沿曲线，其起点是农业土地边际产量最高的亚洲发达经济体，经过具有最优替代率的东北亚地区，终点是农业资本边际产量最高的萨赫勒地区。以中国为主体的东北亚地区人口稠密、农业土地要素禀赋相对较差，过去主要也是以“内卷化”的方式进行生产。不过，在经济快速发展过程中，通过大规模农业资本投入和一系列农业技术应用，农业资本边际产量下降而土地边际产量显著提升， $MRTS_{TK}$ 显著提高。

5 全球各个国家和地区农业全要素生产率变化特征

前述分析表明，当前全球农业已经迈入资本密集型阶段，那么农业转型是否会如农业工业化模型所预期的那样，从资本密集型向技术密集型转型呢？尽管前面实证结果展示了随着农业劳动生产率的提升，劳动、土地和资本等传统要素已无法维持农业规模报酬，农业技术进步发挥农业增长的支柱作用呼之欲出，但还缺乏直接证据。作为工业化的先驱，发达国家和地区为广大发展中国家和地区提供了分析样本。为此，本文采用随机前沿分析方法（SFA），在通过似然比检验对比了 Cobb-Douglas 函数和超越对数函数回归结果后，选取超越对数函数测算农业全要素生产率^①。基于测算结果，本文绘制了 1962 年、1982 年、2002 年和 2022 年四个时间节点全球各个国家和地区农业全要素生产率核密度（图 8）。

特征事实 9：全球农业全要素生产率持续提高且集中度增加。

图 8 显示，1962 年核密度曲线所处的位置较低（在横轴上更靠右）但峰值最高，表明当时全球各个国家和地区农业全要素生产率水平普遍较低但分布相对集中。到了 1982 年，核密度曲线发生了右移，显示出全球农业全要素生产率有了一定程度的提高。但峰值下降，说明各个国家和地区差距有所拉大且出现了分组现

① 受版面限制，此处检验和测算过程未能展示。如有需要，可向作者索取。

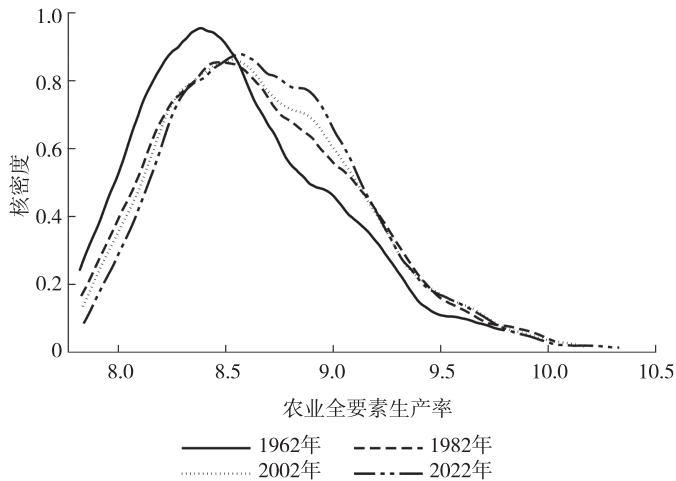


图 8 1962 年、1982 年、2002 年、2022 年全球农业全要素生产率核密度

象。2002 年与 1982 年相比，核密度曲线继续向高处移动，其峰值有所上升，这说明一方面全球农业全要素生产率增长态势未曾停歇，另一方面各个国家和地区差异化更加明显。2022 年核密度曲线右偏态更为突出，双峰趋势明显，说明进入 21 世纪以来全球农业全要素生产率持续增长，且全球化、信息化、农业机械化和智能化等因素推动着农业技术在全球加速扩散，一部分国家和地区农业技术进步取得长足进步。

为进一步观察农业全要素生产率贡献率与经济发展水平之间的关系，本文基于超越对数函数的增长核算方法，测算了农业全要素生产率贡献率；在此基础上，结合世界银行 2022 年对全球经济体的分组标准（低收入、中低收入、中高收入及高收入），绘制了农业全要素生产率贡献率与人均 GDP 对数的散点图（图 9）。该图直观揭示了二者之间的系统性关联。

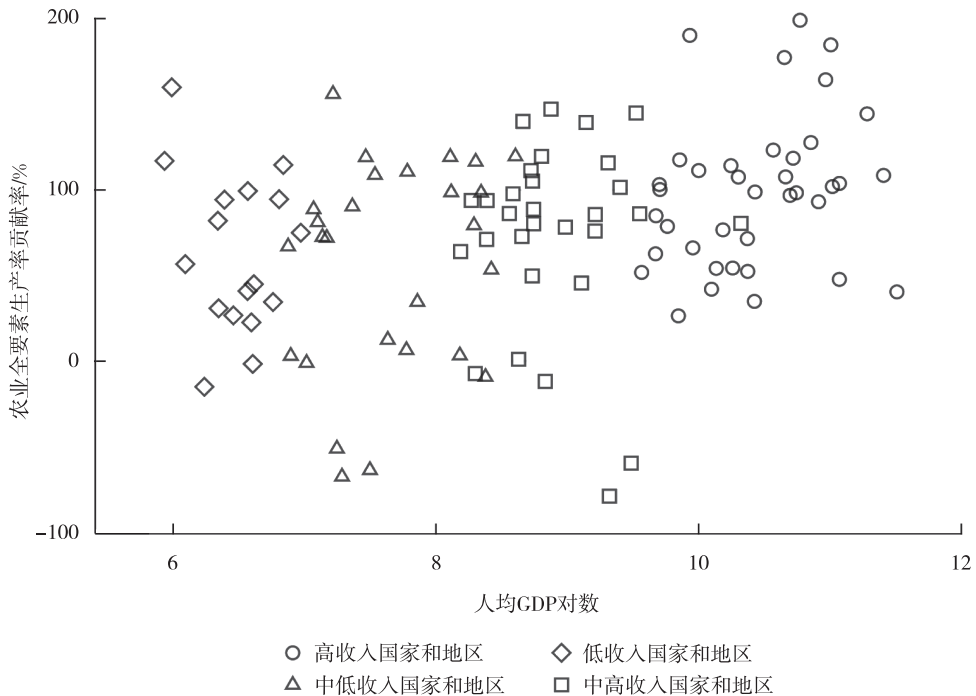


图 9 全球各个国家和地区农业全要素生产率贡献率与人均 GDP（对数）散点

特征事实 10：发达国家和地区农业已经显现出向技术密集型转型特征。

图9显示,不同收入组别经济体在图谱中呈现规律性分布。高收入国家和地区的数据点集中分布于图形的右上方区域,其对应的人均GDP对数主要介于10~12,而农业全要素生产率贡献率普遍高于20%,其中相当一部分甚至超过100%。这清晰地表明,对于已进入高收入阶段的经济体,其农业增长的动力源泉已显著转向全要素生产率的提升。相比之下,中高收入、中低收入国家和地区的数据点分布较为分散,过渡特征明显;而低收入国家和地区则多聚集于图形的左侧,其人均GDP水平较低,且农业全要素生产率贡献率波动较大,部分仍为负值。这一梯度分布格局强有力地证明,经济发展水平与农业增长模式的转型深度关联:发展水平越高,农业增长对技术、效率等“软要素”的依赖程度就越深,从而在经验上支持了发达国家和地区农业已显现出向技术密集型转型特征的核心论断。这意味着,随着经济社会发展,在传统要素作为增长源泉枯竭后,农业将转向依靠技术进步维持增长。至此,由图1展示的农业工业化模型框架下农业要素相对密集度变化特征已经得到一一验证。

6 结论与启示

6.1 结论

农业转型在实现发展中国家和地区持续增长和减贫方面被寄予厚望,也因此成为学界经久不衰的研究主题。本文在综合评价学者们提出的农业转型模型基础上,将农业工业化模型作为解释框架,审视了半个多世纪以来全球农业转型进程并总结了十大特征事实,验证了农业工业化模型,得出了许多有益的结论。

第一,农业工业化模型提出了一套从农业要素相对密集度变化审视农业转型的理论叙事。当前解释农业转型的Timmer模型、DJS模型、ATI模型侧重从经济结构变迁、经济发展与农业生产部门结构转变的宏观层面上对农业转型进行描述,使其在进一步探讨时不得不加入工业化、城市化、农村现代化等其他因素。而农业工业化模型遵循农业要素禀赋结构升级的逻辑,聚焦农业要素相对密集度这个关键因素,能比较好地将经济结构变迁和由其引发的中微观层面农业生产方式转型结合起来。

第二,农业转型呈现出从劳动密集型向土地密集型、资本密集型、技术密集型依次转型的特征。前工业化社会往往使用由简单工具和畜力构成的资本在有限土地上投入大量劳动要素进行“内卷化”农业生产。由于受要素边际产量递减规律影响,这种生产方式将遭遇农业劳动边际产量急速下降。进入工业化社会以后,大量劳动要素向非农部门和城市转移,土地要素变得丰裕并成为这一时期的农业转型特征。随后,资本要素相对密集度会伴随着农业转型过程不断提升,并成为新的农业转型特征。随着三大要素均遭遇边际产量递减,农业规模报酬会下降到1以下,这时农业就不得不转向依靠技术要素的方向转型。

第三,当前全球农业转型已经整体从土地密集型阶段迈入资本密集型阶段。从农业要素禀赋来看,1961—2022年全球农业劳均资本装备率和地均资本装备率均呈现不断上升态势。从农业要素相对密集度来看,农业资本要素产出弹性在1997年超过土地要素,以至 ω_{KT} 达到1以上水平并保持,说明全球农业已经迈入资本密集型阶段。由于技术往往以显性编码的形式附着于资本上,所以经历资本密集型阶段是通向技术密集型阶段的必经之路。

第四,近年来全球农业全要素生产率持续提高且分布的集中度增加,同时发达国家和地区农业增长源泉已经向依靠技术要素转变。半个多世纪以来,全球农业全要素生产率持续提高但集中度下降;进入21世纪,全球化、信息化、农业机械化和智能化等因素推动了全球农业全要素生产率进一步提高且更加集中。不过,无论是密度曲线还是农业全要素生产率贡献率的散点图都显示,许多发达国家和地区不仅是农业现代化的领头羊,还是农业向技术要素密集型转变的先驱。

6.2 启示

农业转型并非只是学者们的纸上谈兵,而是全球正在经历的现代化伟大变革。农业转型具有演进性、阶

阶段性特征，发展中国家和地区应根据其自身转型采取相应转型策略，渐进推动农业转型，同时要尽量避免实施超越自身阶段的农业赶超政策。

第一，转移过剩劳动力、增加自然资源可获得性是由劳动密集型向土地密集型转型的政策要点。土地密集型是包括土地在内的自然资源密集型，转移过剩劳动力和扩大非农就业是这一阶段的政策要点之一。同时，土地作为自然资源，其供给呈现刚性。不同国家和地区因自然禀赋不同，其土地密集程度能达到的上限有很大差别。因而，土地密集型阶段不意味着农业一定达到某种规模，其关键在于获得比之前更多的包括土地在内的自然资源。因此，在过剩劳动力转移的同时，增加贫困人口获取自然资源和其他资产的机会就是这一阶段的政策要点之二。此外，如果土地密集程度的上限仍无法形成规模效应，那么还应采取小规模农业与农业食品系统价值链相衔接的政策举措。

第二，从大力改善农村基础设施到吸引更多外部资本进入农业是由土地密集型向资本密集型转型的政策要点。在转型初始阶段并不一定是经营性资本直接投向农业，而是要改善农村基础设施，特别是在能源、交通、水和卫生设施方面。这里的投资往往首先来源于政府和非营利性组织。然而，仅靠部门资本难以维系农业可持续发展。因此，当资本密集型发展到一定阶段，就应当注意提高农业投资回报率，以吸引更多经营性资本进入农业。

第三，选择具有适应性的农业技术路线、因地制宜利用新型农业技术是由资本密集型向技术密集型转型的政策要点。不可否认，土地密集程度的上限对农业技术路径选择有着重要作用。发展中国家和地区应根据自身资源禀赋选择具有适应性的农业技术路径。同时，不同国家和地区的农户在采用以数字化、智能化、自动化为特征的新型农业技术时面临不同的障碍，包括需要投资的新设备、学习的成本、通信设施的接入以及对共享和存储数据的制度机制信任等^[31]。因此，不同发展程度的国家和地区需要对新型农业技术加以甄别，因地制宜地加以采用。

第四，要减少实施超越自身农业转型阶段的农业赶超政策以降低经济和社会风险。在农业转型进程中，一些国际机构和当地政府往往因各种原因不顾现有农业要素禀赋采用“赶超政策”，进而为经济社会带来不可控的风险。例如，20世纪80年代，世界银行曾与巴西政府在巴西东北部推行引入大型收割机实现蔗糖种植园机械化生产的政策。然而，这一政策直接导致依赖季节性农业工人的巴西东北部80%的劳工失业，当地贫困率在随后的10年内从34%升至48%^[32]。21世纪初，欧洲资本投资肯尼亚建设大型温室种植玫瑰以供出口，大量投资涌入导致本地土地租金上涨，挤压了本地蔬菜种植，使周边社区陷入“鲜花繁荣—饥荒”循环^[33]；2015年后，因欧洲环保标准提高，该项目失去市场，而失业的工人却无法再转行务农。因此，政府应跳出将农业简化为“技术输入—产量输出”的思维陷阱，避免采取超越农业转型阶段的政策举措。

参考文献

- [1] FAO. The state of food and agriculture 2024: value-driven transformation of agrifood systems [R]. Rome: FAO, 2024.
- [2] KIRK A, KILIC T, CARLETTO C. Composition of household income and child nutrition outcomes evidence from Uganda [J]. World Development, 2018, 109: 452-469.
- [3] CHRISTIAENSEN L, MARTIN W. Agriculture, structural transformation and poverty reduction: eight new insights [J]. World Development, 2018, 109: 413-416.
- [4] LIGON E, SADOULET E. Estimating the relative benefits of agricultural growth on the distribution of expenditures [J]. World Development, 2018, 109: 417-428.
- [5] FAO. FAO and the 17 Sustainable Development Goals [R]. Rome: FAO, 2015.
- [6] DIAO X S, ELEANOR J, KARL P, et al. The agricultural transformation index [R]. Washington, DC: International Food Policy Research Institute, 2024.
- [7] International Council for Science. A guide to sdg interactions: from science to implementation [R]. Paris: ICSU, 2017.
- [8] DE JANVRYA, SAADOULET E. Transforming developing country agriculture: removing adoption constraints and

- promoting inclusive value chain development [R]. Clermont-Ferrand Cedex: FERDI, 2019.
- [9] TIMMER C P. The agricultural transformation [C] // CHENERY H B, SRINIVASAN T N. Handbook of development economics Volume 1. Amsterdam: Elsevier Science Direct Books, 1988: 275-331.
- [10] LABORDE D, LALLEMANT T, KIERAN M, et al. Transforming agriculture in Africa and Asia: what are the policy priorities? [R]. Washington, DC: IFPRI, 2018.
- [11] 速水佑次郎, 神门善久. 农业经济论 (新版) [M]. 沈金虎, 周应恒, 张玉林, 等, 译. 北京: 中国农业出版社, 2003.
- [12] TIMMER C P. A world without agriculture: the structural transformation in historical perspective [R]. Washington, DC: American Enterprise Institute, 2009.
- [13] 朱信凯. 以三农学推进农经学科自主知识体系建设 [J]. 中国农村经济, 2025 (5): 3-15.
- [14] 马克思, 恩格斯. 马克思恩格斯文集 (第 1 卷) [M]. 中共中央马克思恩格斯列宁斯大林著作编译局, 译. 北京: 人民出版社, 2009.
- [15] 舒尔茨. 改造传统农业 [M]. 梁小民, 译. 北京: 商务印书馆, 2010.
- [16] BOSCH P M, BÉLIÈRES J F. Transformations agricoles : un point de vue renouvelé par une mise en perspective d'approches macro et microéconomiques [J]. Cah Agric, 2015, 24: 206-214.
- [17] 罗浩轩. 农业要素禀赋结构、农业制度安排与农业工业化进程的理论逻辑探析 [J]. 农业经济问题, 2021 (3): 13.
- [18] 罗浩轩. 当代中国农业转型的理论与实践 [M]. 北京: 社会科学文献出版社, 2023.
- [19] 苑鹏. 探寻当代中国农业转型的理论逻辑、基本特征及发展趋势: 《当代中国农业转型的理论与实践》书评 [J]. 农村经济, 2024 (6): 143-144.
- [20] 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): 124-134.
- [21] 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.
- [22] 金绍荣, 任赞杰. 乡村数字化对农业绿色全要素生产率的影响 [J]. 改革, 2022 (12): 102-118.
- [23] 罗浩轩. 现代化进程中的农业转型: 东亚主要经济体的共同特征及政策启示 [J]. 世界农业, 2023 (4): 24-35.
- [24] 胡雅琪, 林毅夫. 共同富裕目标下的乡村振兴与金融支持: 一个新结构经济学视角的解读 [J]. 农村金融研究, 2023 (1): 3-14.
- [25] 王建华, 周瑾, 任敏慧. 农业生产者绿色生产要素投入行为的收入效应 [J]. 西北农林科技大学学报 (社会科学版), 2024, 24 (1): 110-123.
- [26] 文春晖, 郭鸾谦. 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.
- [27] 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.
- [28] 马克思, 恩格斯. 马克思恩格斯文集 (第 5 卷) [M]. 中共中央马克思恩格斯列宁斯大林著作编译局, 译. 北京: 人民出版社, 2009.
- [29] LIN J Y, LIU Z, ZHANG B. Endowment, technology choice, and industrial upgrading [J]. Structural Change and Economic Dynamics, 2023, 65: 364-381.
- [30] 速水佑次郎, 弗农·拉坦. 农业发展: 国际前景 [M]. 吴伟东, 翟正惠, 卓建伟, 等, 译. 北京: 商务印书馆, 2023.
- [31] LELE U, VINK N. Agriculture under the 4th Industrial Revolution [J]. Agricultural Economics, 2022, 53: 851-854.
- [32] LEIPOLD B, MORGANTEF. The impact of the flower industry on Kenya's sustainable development [J]. International Public Policy Review, 2013, 7 (2): 1-31.
- [33] KUTCHER G P, SCANDIZZO P L. The agricultural economy of Northeast Brazil [R]. Scandizzo: The World Bank, 1981.

Agricultural Industrialization Model: An Explanatory Framework for Global Agricultural Transformation

LUO Haoxuan

Abstract: Agricultural transformation is the most effective strategy for developing countries to achieve sustained growth and poverty reduction, but can a unified theoretical framework be used to systematically explain the phased laws and dynamic differences of global agricultural transformation. The Agricultural In-

dustrialization Model (AIM) provides a dynamic theoretical framework to explain the systematic upgrading of agricultural factor endowment structure under the background of industrialization, and then induce the change of technology selection through the signal of factor relative price, and promote the orderly evolution of agricultural production mode and growth dynamics. Under this framework, the relative intensity of factors is the key characterization of the agricultural transformation stage. In order to verify the applicability of the model, based on panel data from 179 countries and regions around the world, this study summarizes the ten characteristics of global agricultural transformation. Research has found that the current global agriculture has entered a capital intensive stage, the output elasticity of traditional factors such as labor, land and capital has shown a downward trend with the increase of agricultural labor productivity, and many developed countries and regions have transitioned to the stage of technology intensive. These conclusions have validated the AIM which describes the characteristics of agricultural transformation from labor-intensive to land intensive, capital intensive and technology intensive. Research suggests that developing countries and regions should guide agricultural transformation according to their own stages of agricultural transformation.

Keywords: Global Agricultural Transformation; Agricultural Industrialization Model; China's Independent Knowledge System; Relative Intensity of Agricultural Factors; Agricultural TFP

(责任编辑 卫晋津 张雪娇)

欧盟数字乡村建设实践 及其对中国的启示

◆ 吴彬 张兵兵

(杭州电子科技大学法学院 杭州 310018)

摘要: 数字乡村是乡村振兴的战略方向,也是建设农业强国的必由之路。中国高度重视数字乡村建设,近年来取得显著阶段性成效,随着数字技术与农业农村各领域融合更加全面,数字乡村建设逐渐从起步期走向爬坡期和突破期,同时也面临更高的要求 and 更艰巨的挑战。欧盟在该领域起步早、实践深,构建了以共同农业政策为核心的长效治理框架,采取“基础设施普惠化+数字服务生态化”的双轮驱动模式,并依托“区域集群创新+全链条人才培养”机制,形成可持续发展生态。鉴于此,本文基于制度适配性视角,深入剖析欧盟数字乡村建设的系统性逻辑,并结合中国国情与区域发展差异,提出“治理体系优化、基建与数据服务双升级、技术集成普惠、区域集群协同、人才全链条培育”的本土化路径框架,为破解中国数字乡村建设困境、推动农业农村数字化转型提供实践参考。

关键词: 数字乡村; 智慧农业; 农业农村现代化; 欧盟

DOI: 10.13856/j.cn11-1097/s.2026.06.003

1 引言

在全球数字化浪潮与乡村振兴战略深度融合的时代背景下,数字乡村建设作为缩小城乡发展差距的关键驱动,在弥补区域平衡性不足、加速农业农村高质量转型中发挥着不可替代的核心作用。发达国家争相开启了数字乡村转型之路:在农业层面,数字技术贯穿产前、产中、产后全链条,推动智能育种、精准作业,实现农业数字化;在农村层面,数字技术赋能基层治理、强化基础设施、优化公共服务网络,促进农村数字化;在农民层面,数字技术提升教育可及性、增强技能培训实效,助力农民数字化。数字乡村建设既是这三重维度的有机整合,也是数字中国建设在基层延伸的关键板块。从2018年中央一号文件首次提出“实施数字乡村战略”,到2019年《数字乡村发展战略纲要》明确目标任务,再到2021年《数字乡村建设指南1.0》迭代升级到2024年《数字乡村建设指南2.0》,中国已逐步搭建起数字乡村建设的“四梁八柱”。步入“十五五”开局新阶段,数字乡村建设被赋予更为重要的使命,2026年中央一号文件明确提出“实施数字乡村高质

收稿日期:2025-12-26。

基金项目:国家社会科学基金重大项目“加快数字乡村建设的理论创新与实践探索研究”(21ZDA031)。

作者简介:吴彬(1986—),男,浙江丽水人,博士,副教授,研究方向为数字乡村,E-mail:wubin86@hdu.edu.cn;张兵兵(2002—),女,河北秦皇岛人,硕士研究生,研究方向为数字乡村。

量发展行动”。置身于第二个百年奋斗目标的交汇期，中国已开启全面建设社会主义现代化国家的新征程，“三农”事业的现代化发展也正处于转型升级的关键阶段，既承载着保障粮食安全、促进农民增收的基础使命，也面临着技术应用不充分、区域发展不均衡、人才供给不足等现实挑战，亟须通过数字化转型激活乡村发展内生动力。因此，加快数字化向乡村空间的全方位渗透，不仅是提升乡域现代化发展的必然选择，更是支撑农业强国愿景实现的关键点。

当前，中国数字乡村建设正面临深刻的现实矛盾，一方面是政策体系的持续完善与资金投入的逐年增加，另一方面是涉农技术创新转化不足、区域数字化发展失衡、小农户数字融入困难、跨部门协同壁垒突出等问题的长期存在。这种矛盾的本质在于，现有发展模式未能有效破解技术供给与农业需求脱节、统一政策与区域差异矛盾、数字基建与能力提升失衡、数据共享与系统整合不足四大核心问题，亟须立足中国国情农情，借鉴国际先进实践经验，融合本土政策实践，探索兼具适配性与可操作性的本土化协同发展路径。

从学术研究脉络来看，国内外学界基于不同制度背景与发展阶段形成了差异化研究脉络，共同构成了理论与实践的多元参考体系，但仍存在可深化的空间。现有研究可按国际经验借鉴与国内实践探索两大核心脉络归类梳理。在国际经验研究方面，学界多聚焦数字化先发国家的实践探索，核心围绕技术应用模式与建设范式提炼两大关键词展开，形成三大研究分支。其一为美国技术驱动型智慧农业研究，核心观点聚焦物联网、大数据等数字技术赋能智慧农业升级的实践路径^[1]，并剖析其多元协同的矩阵式数字乡村发展模式^[2]如何为美国数字经济的持续增长注入动力，但此类研究多局限于农业生产端数字化，对乡村治理、公共服务等领域的数字化覆盖探讨不足；其二为日本集约型数字乡村研究，立足于小农户经济禀赋^[3]，围绕资本与技术双轮驱动模式展开^[4]，阐释数字技术适配小农户生产场景的实践路径，并提炼出对中国具有借鉴价值的具体策略，但未深入考量制度环境差异对经验跨国移植的约束作用；其三为全球多个国家的智慧农业发展实践对比研究^[5]，侧重梳理不同国家的实践经验与共性问题，但多为表层描述，缺乏针对性的本土化嫁接机制分析。整体而言，国际经验类研究多以“为中国数字乡村建设提供域外镜鉴”为研究导向，但普遍停留在经验总结层面，缺乏制度差异视角下的批判性分析，难以直接指导中国实践。而国内数字乡村研究则紧密衔接乡村振兴与数字中国战略，研究热点从早期的乡村数字治理、信息化建设逐步转向数字赋能、智慧农业等议题，形成三大主流研究方向。一是理论内涵与治理价值研究，通过界定数字乡村的核心内涵与战略定位，剖析其赋能乡村治理现代化的内在机理^[6]，夯实了研究的理论基础，但多为宏观定性分析。二是聚焦数字乡村建设的经济效应实证研究，重点探究了其对农业绿色全要素生产率的影响及内在作用机制，为农业高质量发展提供了全新的实证依据，且着重强调数字乡村发展需注重协调性，以缓解区域发展不均衡带来的空间负外部性问题^[7]；虽有高度，但对基层实践中技术落地、数字产业可持续运营难等微观机制剖析不足。三是现实困境与路径研究，借助具体案例剖析数字农业的实践属性，精准审视当前国内农业发展面临的现实困境，并在此基础上进一步探讨了中国数字农业的发展路径与实施策略^[8]；虽贴合基层实际，但多聚焦单一问题分析，系统性、普适性的理论提炼有待加强。综上，现有研究在“国际经验的深度中国化转译”与“中国复杂现实问题的精准学术回应”之间尚未形成有效衔接。

立足于上述，如何深度探索中国数字乡村的本土化演进范式，并精准锚定其战略突破路径，已成为亟待破解的重大战略议题。欧盟作为数字乡村建设的先行者，面对农业资源禀赋约束、劳动力老龄化、生态环境压力等与中国相似的多重挑战，通过构建多层次政策体系、推进数字基础设施均衡布局、强化智慧农业技术创新、完善区域协同机制等举措，形成了独具特色的数字乡村建设模式。其在破解小农户数字化转型跨区域发展失衡、技术落地“最后一公里”等难题上的实践经验，与国内相关政策建议形成互补，具有极强的借鉴价值。鉴于此，本文立足制度适配性视角，系统梳理欧盟数字乡村建设的政策框架、发展背景与核心实践，提炼其制度逻辑与运作机制，并结合中国农业农村发展实际、国内政策建议及“十五五”规划要求，提出针对性的本土化突破路径。本文的创新之处与边际贡献在于：一是突破国际经验研究的描述性局限，基于制度适配性视角揭示欧盟经验的系统性逻辑，提炼其可转化、可移植的机制内核；二是将欧盟实践与中国现实困

境进行结构性对话，并与国家最新政策导向、本土实践需求精准结合，避免简单照搬；三是紧扣政策导向，构建“治理体系优化、基建与数据服务双升级、技术集成普惠、区域集群协同、人才全链条培育”的本土化路径框架，为破解中国数字乡村建设的现实悖论、完善中国数字乡村建设体系、提升数字中国治理效能、推动农业农村现代化提供有益借鉴。

2 欧盟数字乡村发展背景

2.1 欧盟乡村建设的政策框架

欧盟的乡村建设并非一个孤立的政策领域，而是深度嵌套于其多层次、一体化的治理框架之中，形成了一套以共同农业政策（Common Agricultural Policy, CAP）为核心、以欧盟凝聚政策（Cohesion Policy）为支撑、以专项战略和基金为协同的复合政策体系。CAP 作为欧盟农业与乡村发展的核心政策工具，其历史性改革从早期以价格支持保障粮食安全，到纳入农村发展作为第二支柱，再到强调“绿色”与“智能”双重转型，为乡村地区的综合发展，包括数字转型，提供了根本性的制度保障和财政渠道。其第二支柱下的欧洲农业农村发展基金（EAFRD）是支持乡村经济多元化、环境管理与创新的关键资金来源^①。欧盟凝聚政策 [尤其是欧洲区域发展基金（ERDF）和欧洲社会基金（ESF）] 作为另一大预算支柱，其核心目标是缩小欧盟内部区域差距。该政策通过对欠发达地区（多为乡村地区）的基础设施（包括数字基础设施）、商业环境、人力资源和创新能力的投资，与 CAP 形成强力互补，共同夯实了乡村发展的物质与人力资本基础^②。

在此宏观框架下，欧盟发布了一系列专项战略与倡议，为乡村发展提供了具体的方向指引和行动载体。例如，欧洲绿色协议、数字化欧洲等横向战略，为乡村地区的可持续发展与数字化转型设定了跨领域的政策目标与资源指引；2017 年“欧盟智慧乡村行动”和后续的“智慧乡村 21/27”等项目，标志着数字乡村建设作为实现战略愿景的关键工具和具体路径，被系统地整合进 CAP 第二支柱和凝聚政策的项目实施中，成为提升乡村活力与可持续性的关键抓手^③。而地方发展共同体主导方法（LEADER）作为 CAP 和凝聚政策中广泛采用的基层实施模式，强调自下而上的地方参与和跨部门合作，为数字乡村等创新理念的本地化落地提供了至关重要的治理机制。同时，2021 年《欧盟农村地区的远期愿景》为乡村地区到 2040 年的发展描绘了“更强韧、更联通、更繁荣、更创新”的蓝图，并启动了“乡村公约”以动员各方行动，进一步巩固了数字乡村在整个乡村建设政策体系中的战略地位^④。

2.2 欧盟数字乡村的演变历程

2014 年，欧盟启动 2014—2020 年农村发展计划，通过 EAFRD 进行资助并采用地方发展共同体主导方法（LEADER）开始关注农村基础设施改善，同期《欧洲伙伴关系行为守则》规范了跨主体协作的权力分配。2016 年《科克 2.0 宣言》首次明确消除城乡数字鸿沟的核心目标^[10]，欧洲空间规划观察网络（ESPON）相关合作计划与宽带能力办公室（BCO）网络建设同步推进。2017 年，欧盟委员会发布“欧盟智慧乡村行动”正式确立“智慧乡村”概念，欧洲议会启动试点项目，欧洲农村发展网络（ENRD）专题小组与数字创新中心（DIH）等平台助力理念普及与技术落地^⑤；同年 10 月，《文霍斯特宣言》在倡导公民与决策者协同

① 资料来源：European Commission, *The Common Agricultural Policy at a Glance*, https://agriculture.ec.europa.eu/common-agricultural-policy/cap-overview/cap-glance_en。

② 资料来源：European Network for Rural Development (ENRD), *EU Rural Review No 26: Smart Villages – Revitalising Rural Services*, https://eu-cap-network.ec.europa.eu/publications/eu-rural-review-26-smart-villages-revitalising-rural-services_en。

③ 资料来源：European Commission, *The long-term vision for the EU's rural areas: key achievements and ways forward*, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52024DC0450>。

④ 资料来源：European Parliament, *Smart villages: concept, issues and prospects for EU rural areas*, [https://europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2021/689349/EPRS_BRI\(2021\)689349_EN.pdf](https://europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2021/689349/EPRS_BRI(2021)689349_EN.pdf)。

构建可持续乡村的同时，实现了对“欧盟智慧乡村行动”战略思想的解构与延伸，也进一步凸显了中小企业在数字转型生态中的异质性价值及其不可替代的支撑作用。2018年4月13日的《布莱德宣言》聚焦农村数字化平等受益目标，同年6月CAP立法提案将“智慧乡村”纳入框架^①；且欧洲经济社会委员会（EESC）在其发布的专项意见中，强调村镇作为乡村振兴的战略基点，其数字化转型取决于硬件设施的普及与软件治理能力的协同提升，这也为“智慧乡村”的全面落地确立了二元驱动路径^[10]。2019年欧洲议会启动了数字乡村建设的新阶段，“智慧生态社会村”试点项目发布最佳实践，“智慧乡村21”项目启动规模化试点；在对21个样本村落进行实证考察的基础上，构建了“路线图工具箱”，系统梳理了数字乡村战略从方案设计到落地实施的全周期关键节点，并集成了多项功能性组件以支撑其实际应用^[11]。2020年，试点成果进一步推广，欧盟发布《农村地区长期愿景路线图》明确农村高速宽带全覆盖目标^①。2021年，欧盟委员会发布的《欧盟农村地区的远期愿景》深度剖析了乡村发展的结构性困境，在辩证审视挑战的同时，挖掘了其在未来转型中的潜在趋势。该愿景旨在构建一个指向2040年的跨区域协同发展图景，为欧洲乡村振兴提供了长效行动纲领。启动“智慧乡村27”项目，通过建立“智慧乡村观察站”、更新成员国政策简报等方式，推动数字乡村建设标准化与常态化^[11]。欧盟持续通过数字技术助力农业可持续发展，同时向国际社会分享经验并缩小内部区域差距。

2.3 欧盟数字乡村的发展缘起

欧盟数字乡村建设的发展背景深刻植根于经济、社会、环境及技术等多维度的综合驱动之中，且与全球数字化浪潮与农业农村转型紧密相关。

2.3.1 增强农业整体竞争优势

从经济层面看，传统农业在全球市场竞争中逐渐失利。纵然欧盟CAP在动态演进与制度优化中，赋予了部分农产品较强的市场竞争韧性，但其发展进程仍受制于先天资源禀赋的刚性约束，叠加CAP转型带来的相关影响，欧盟农产品在整体层面仍面临着严峻的竞争压力。美洲国家（尤其是美国）凭借规模化生产与低成本优势占据国际市场，而欧盟农业因小型农场占比高达80%，农业资源禀赋不足，农业生产规模有限，叠加环境保护与动物福利的高标准要求，进一步推高了生产成本^[12]。因此，欧盟亟须通过数字化转型提升生产效率、降低投入成本并开发高附加值产品，以应对全球农产品价格波动与贸易保护主义挑战。

2.3.2 应对劳动力资源供给的紧张态势

社会结构方面，欧盟农业劳动力流失严重且老龄化加剧。随着信息技术革命的深入推进，传统农业面临劳动力流失的严峻挑战，据欧盟委员会数据，2005—2018年欧盟农业部门劳动力数量骤减逾950万人，缩减降幅呈现出倍增态势。这种人力资本流失困境，受多重因素驱动。一是技术革新与农业机械的广泛应用显著提升了生产效率，使得农业部门对人力的需求大幅减少，难以吸纳现有劳动力规模；二是城市化进程的推进与二三产业的快速发展产生了强大的就业虹吸效应，吸引大量农业劳动力转移。与此同时，欧盟农业面临严峻的代际更替压力，管理者群体中超过55岁的男性占比高达57.8%，而青年群体（不足11%）的补给效能堪忧，且40岁以下从业者仅剩10.7%，其中35岁以下农民占比已由2005年的6.9%下滑至2016年的5.1%^②。这种年龄结构的断层更是在疫情防控期间引发了季节性缺工危机，迫使产业界寻求自动化技术以实现对人工劳动的替代，从而缓解用工缺口带来的压力。劳动力短缺与老龄化导致技术接受度低、创新动力不足，迫使农业领域加速自动化与智能化技术应用以弥补人力缺口。

① 资料来源：European Commission, *EU action for smart villages*, https://agriculture.ec.europa.eu/system/files/2019-11/rur-dev-small-villages_en_0.pdf.

② 资料来源：Eurostat, *Agriculture, forestry and fishery statistics: 2018 edition*, <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/3217494/9455154/KS-FK-18-001-EN-N.pdf/>.

2.3.3 实现农业可持续化发展

环境维度上,传统农业依赖农药、化肥的粗放模式引发土壤污染、饮用水安全威胁及生物多样性下降等生态问题。例如,德国通过量化农药使用的负外部性效应发现,化学药剂的过度使用已导致其年度生态成本突破 1.17 亿欧元^[13];此外,欧盟畜牧业作为温室效应的重要诱因,使得其温室气体减排、可再生能源推广等关键领域的发展缓慢,加之系统性转型面临的多重障碍,正影响着欧盟 2050 年气候与能源政策目标的达成^①。因此,智慧农业通过实时监控作物与牲畜状态、优化资源配比(如精准灌溉、智能饲喂),成为减少环境影响、推动绿色发展的关键路径。

在此背景下,欧盟将数字技术视为突破困境的关键路径,通过数字化转型提升农业生产效率、优化资源配置、增强乡村活力,应对劳动力短缺、环境压力与市场挑战。5G、物联网、大数据、人工智能等技术的成熟与成本下降,为农业数字化提供了技术支撑。

3 欧盟数字乡村建设的核心实践与量化成效

欧盟的数字乡村实践呈现出系统推进、注重实效的特征。其实践可归纳为四个紧密关联的层面,并取得了可量化的进展。

一是在数字基础设施建设方面,欧盟通过推动跨区域基础设施共建共享,整合数据共享与社区参与机制,系统提升乡村网络覆盖水平。自 2013 年宽带规制调整以来,政企资本持续投入农村高质量网络建设;2016 年“欧洲千兆社战略”更明确了 2025 年实现超高速联通的目标。在此推动下,农村数字设施显著改善:截至 2019 年,欧盟农村固定宽带覆盖率已超 90%,快速宽带覆盖率较 2013 年提高近 39%;至 2021 年,乡村 4G 网络覆盖率达到 99.6%,光纤接入覆盖率提升至 34%^[14]。在此基础上,欧盟依托完善的基础设施,积极推广农业数智化工具的应用。物联网技术在土壤感知、遥感监测等环节的深入渗透,推动了精准农业的发展,优化了生产管理并降低了经营成本^[15]。同时,欧盟注重构建普惠型智慧农业生态,如基于哥白尼与伽利略卫星系统开发的 FaST 开源数据平台^[16],为农户提供实时环境数据与决策支持,帮助其降低生产成本,并促进相关环保法规的落地实施。

二是在智慧农业技术研发与应用方面,欧盟将智慧农业作为数字乡村建设的核心驱动力,通过物联网、人工智能、5G 等技术重构农业生产体系。例如,“WaterBee”智能灌溉系统通过低成本传感器网络实现高效调度,应用后灌溉效率提升 44%、人力成本降低 23%,真正实现高回报成效^[17]。同时,欧盟的智慧农业技术研发与其 CAP 目标深度结合^[18],注重技术的前沿性与实用性平衡。在“地平线 2020 计划”等的支持下,欧盟重点布局农业机器人、人工智能等前沿领域,同时充分考虑小型家庭农场需求,开发适配性技术。德国是典型代表,其将“3S”^②技术、物联网与智能农机深度融合,通过光学传感器诊断等技术实现精准作业,优化生产投入。这种技术供给向场景适配的转变,不仅提升了农业生产效率,也推动了乡村发展范式的创新^[19]。

三是在区域集群与多元协同方面,为适配成员国差异化的产业底色,欧盟在确保生态福祉与公共安全标准的同时,大力推进集群化创新路径。通过启动 SmartAgriHubs 项目^③,欧盟成功串联起 28 项旗舰级创新实证研究,将数字创新中心(Digital Innovation Hub)、能力中心(Competence Centres)、高等学府及生产主体织入统一的协同网络;SmartAgriHubs 项目聚焦种植业、畜牧业与水产业,开发了基于遥感监测的病虫

① 资料来源:European Environment Agency (EEA), *Agriculture and the environment in the EU: State and outlook 2020*, <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/soer-2020>。

② “3S”是遥感(RS)、地理信息系统(GIS)、全球定位系统(GPS)的统称。

③ 资料来源:Smart Agri Hubs, *Communication and Dissemination Strategy*, https://smartagrihubs.eu/Deliverables/pdfs/D1.2%20Communication%20and%20Dissemination%20Strategy_final.pdf。

害预警系统，并推动适应不同农业条件的数字化解决方案落地。例如，德国的“葡萄园割草机器人”、西班牙的“SAIA”植物病虫害预警、瑞典的农业电子咨询、荷兰的“DIG-ITfarm”猪群病害监测、罗马尼亚的“露天蔬菜数字化”等项目^[16]（表 1）。数字技术的落地效度和深度受制于地域特征的兼容性，欧盟各成员国基于自身禀赋所形成的非对称实践路径，深刻揭示了差异化部署数字农业的内在逻辑与战略价值。

表 1 欧盟数字乡村建设核心实践与量化成效

实践领域	代表性举措/项目	量化成效
数字基础设施建设	宽带规制调整与“欧洲千兆社”战略	截至 2019 年：农村固定宽带覆盖率超过 90%，快速宽带覆盖率较 2013 年提升近 39% 截至 2021 年：乡村 4G 网络覆盖率达 99.6%，光纤接入覆盖率提升至 34%
智慧农业技术研发等应用	“WaterBee”智能灌溉系统	应用后灌溉效率提升 44%，人力成本降低 23%
区域集群与多元协同	SmartAgriHubs 项目	中欧（德国）：侧重构建区域联动机制、促进区域内外资源协同，“葡萄园割草机器人”项目借助自主导航系统实现葡萄藤间隙的精准除草作业 伊比利亚半岛区域（西班牙）：聚焦农业食品领域的数字化转型，“SAIA”项目利用数字技术制作风险图，可对植物病虫害进行早期预警与识别 东北欧（瑞典）：承担农户与技术供应方的对接纽带作用，依托无人机等设备开发电子服务，助力农户获取农业电子咨询 西北欧（荷兰）：负责统筹区域资源，为相关项目提供资金与物资保障，代表项目“DIG-ITfarm”利用数字化传感器与预测模型，实现猪群早期病害监测，既减少了抗生素使用，也提升了养殖信息的透明度 东南欧（罗马尼亚）：重点提升农户智慧农业技术能力并推广定制化技术方案，“露天蔬菜数字化”项目通过无人机、卫星与物联网设备，确定蔬菜最佳收获时间、识别杂草，以此提高有机露天蔬菜的产量
人才培育体系建设	职业教育与培训（VET）战略升级与“人才助推机制”（TBM）	职业教育：职前职业教育（IVET）毕业生工作学习参与率达 64.5%；高中 VET 毕业生就业率达 81%（较普通高中高 13.4 个百分点）；VET 毕业生升学比例达 73% 人才支持：TBM 覆盖 11 个“人才发展陷阱”区域，联动 150 余个区域机构与 200 余名利益相关方提供专项援助

四是在人才培育体系建设方面，欧盟构建了覆盖知识传播、技能认证与实践转化的多层次系统化体系。其实践核心是将人才培养深度融入农业知识与信息系统（AKIS），形成政、产、学、研、用协同的知识共享生态。例如，欧盟以“技能联盟”（Union of Skills）计划为统领，试点基础技能支持计划以强化年阅读、数学及数字技能，推进 STEM 教育战略计划吸引女性参与数字与绿色转型领域^①，并引入欧盟职业教育与培训（VET）战略，升级形成“VET-S”体系，2023 年 64.5% 的职前职业教育（IVET）毕业生参与基于工作的学习，超 2025 年目标 4.5 个百分点，高中阶段 VET 毕业生就业率达 81%，较普通高中毕业生高 13.4 个百分点，且 73% 可直接升入高等教育^②；同时，依托“人才助推机制”（TBM）为 11 个“人才发展陷阱”区域提供技术援助，联动 150 余个区域机构与 200 余名利益相关方^③，针对性解决技能错配与人才流失问题。这些举措共同构建了从知识传递到技能落地、从普遍培训到重点赋能的人才培育网络，为欧盟农业数字化转型提供了结构合理、可持续的人力资本支撑。

① 资料来源：European Commission, *Union of skills: investing in people for a competitive European Union*, https://commission.europa.eu/topics/competitiveness/union-skills_en?ettrans=es.

② 资料来源：Cedefop, *Shaping learning and skills for Europe: a time for commitment*, https://www.cedefop.europa.eu/files/4223_en.pdf.

③ 资料来源：European Commission, *Pillar 1 of the talent booster mechanism: a practical playbook for harnessing talent - Lessons learned from a pilot project (January 2024 - March 2025) supporting 11 EU regions to harness talent*, https://ec.europa.eu/regional_policy/sources/communication/harnessing-talents/Pillar1TBM_SummaryReport_Final.pdf.

4 欧盟数字乡村建设的核心经验

4.1 强化顶层战略协同，构建长效政策框架

数字乡村的实践与发展离不开政府的政策支持与长效保障。欧盟 CAP 体系正是其农业发展的核心支撑，为农业农村信息化、现代化及智慧农业推进奠定了坚实基础。自 1962 年正式确立以来，CAP 历经多轮改革迭代，始终围绕农业农村发展需求动态调整，其政策导向与实践举措持续为智慧农业发展注入动力。

为强化农业科技创新的资金保障，欧盟以 CAP 为基础，为联盟各国农业农村发展提供建设指导和资源支持，构建起一套以“欧洲地平线”计划及“农村发展”计划为双支柱的农业科技创新激励体系，实现对科研投入与产业转化的制度化保障。其中，“欧洲地平线”计划方案总预算规模达 1 000 亿欧元，仅食物相关领域预算就达 100 亿欧元^[20]，“农村发展”计划则聚焦低碳农业、农林生态系统保护等绿色创新领域，两大项目通过农业欧洲创新伙伴关系（EIP-AGRI）形成资金合力，为农业数字化技术研发提供稳定支持。在具体政策部署上，欧盟委员会于 2017 年审议通过了《粮食和农业的未来：趋势与挑战》，其中明确提出，CAP 需加速农业部门与数字经济、数字技术的深度融合。而作为同年的战略布局，“欧盟智慧乡村行动”则将数字基建与智能机具普及视为核心支点，其逻辑在于通过驱动生产环节向数字化转型，促进产业智慧化与地域智慧化的深度融合，进而激发基层农户与多元社会主体的参与内生动力。进入 2023—2027 年新一轮 CAP 改革阶段，数字化发展被提升至跨领域战略高度。在改革的导向下，形成知识积累、技术革新与数智化的“三位一体”格局，这一导向贯穿于农业发展的各个环节，成为撬动产业数字化转型与传统农业现代化升级的关键引擎，并依托农业知识与信息体系（AKIS）的优化整合^[21]，促进跨学科、跨国界创新合作，完善智慧农业创新生态。

4.2 夯实数字基础设施，发展普惠服务平台

完善的基础设施建设是弥合城乡“数字鸿沟”、驱动农业智能化的前提。智慧农业各环节的顺畅运行离不开高速宽带网络的保障，尤其是在精准种植领域。而农村尤其是偏远地区的基础设施短板，极易加剧“数字排斥”现象，因此欧盟将乡村数字基建作为智慧农业发展的优先任务，构建了“欧盟补贴+成员国配套+私营资本”的多元融资机制^[22]。芬兰作为其中的典型代表，自 2007 年起通过“智慧村庄”项目精准施策^[23]，针对东部及北部偏远地区实施光纤网络与无线电波数字网络工程，显著提升了数据传输速率。这种基建支撑不仅驱动了拉普兰地区驯鹿养殖的智能化转型，更催生了数字医疗、远程办公等多元服务，并通过在村庄设立数字中心提升老年人数字素养，有效破解了老龄化背景下的技术普及难题。同时，欧盟也通过专项赠款投入数百亿欧元，重点保障市场不愿介入的偏远乡村宽带部署，并依托“欧洲地平线”计划提供农业数字化研发资金，通过 EIP-AGRI 整合资源，有效降低私营部门投资风险，充分激发运营商参与基建的积极性。

在数字平台建设方面，欧盟着力打造功能集成、包容性强的智慧农业服务载体，推动农业数据价值释放。以 2017 年推出的 Agriculus 平台为典型^[24]，该系统集成了田间制图、虫害预警及决策支持（DSS）等核心模块，旨在为农户与农业食品机构提供生产优化与效率提升方案。其通过调取欧洲航天局（ESA）哥白尼中心的 Sentinel-2 卫星数据及信息访问服务平台（DIAS）的影像资源，实现了数据驱动的精准确管理。一方面，其根据用户差异化需求提供定制服务；另一方面，其 APIs 接口能将卫星监测与植被指数有机结合，在实时评估农作物健康的基础上，参考生长阶段与干旱程度指导科学灌溉。该平台的广泛应用，显著加速了欧洲精准农业与可持续发展的进程。

欧盟实践表明，硬件覆盖仅是第一步，让技术“用得上、用得起、用得好”才是实现包容性发展的关键。这种“技术供给”向“场景适配”的转向，确保了数字化红利能够惠及最广泛的农业经营者，而非仅服

务于大规模农场。这对中国的直接启示在于，在推进 5G 等新型基建“硬覆盖”的同时，必须将普惠性数字公共服务置于同等甚至更优先的战略地位，鼓励开发或采购适用于小农户的轻量化应用。同时，技术推广政策应摒弃“一刀切”的考核，建立“国家定标准、地方创场景”的柔性机制，鼓励基于本土产业特色的数字化微创新。

4.3 完善农业创新生态，推动技术研发转化

健全农业创新体系是欧盟推动智慧农业高质量发展的显著特征，其核心逻辑在于构建一个多主体协同、需求导向鲜明且机制保障完善的创新生态系统，从而为前端技术研发、中端成果转化及末端落地应用提供了全链条保障。欧盟委员会早在 2012 年便前瞻性地搭建了涵盖政、产、学、研及农户在内的多元协同创新体系。这一体系打破了传统科研中各主体间的信息孤岛与资源屏障，使得前沿理论能够快速对接农田实地需求，实现了知识、技术与实践经验的高效循环共享。2014—2020 年，在“地平线 2020”（Horizon2020）计划的强大驱动下^[25]，欧盟投入逾 2 亿欧元专项资金，重点投向农业数字化的研究领域。这一战略部署催生了食品与农业物联网 2020（IoF2020）、得墨忒耳（H2020 DEMETER）、阿特拉斯（ATLAS）三大农业数字化服务项目，这些项目不仅为传感器技术、物联网架构及大数据分析方案的集成应用搭建了物理支撑，更通过 SmartAgriHubs 项目构建了一个覆盖全欧洲的数字创新中心网络，极大地降低了农业初创企业的技术准入门槛。2019 年启动的 AgRoBofood 项目深耕农业机器人领域^[26]，其通过建立专项协作机制，不仅在自动化采摘、精准除草等领域取得突破，还针对性破解劳动力短缺难题，构建起相对完善的智慧农业创新系统。欧洲经济和社会委员会也强调，智慧农业不应是实验室的堆砌，政府与服务商需针对农村特殊的生活环境与农业复杂的地理条件，开发低成本、易操作且适配性强的精准农业技术，并配套专业咨询服务以提升农民的数字素养，有效弥补了农户在新技术应用中的能力短板。另外，“欧洲地平线”（Horizon Europe）计划接续发力，在 2021—2027 年持续强化创新合作支持，通过重点支持欧洲开放科学云（EOSC）、欧洲高性能计算倡议（EuroHPC）等关键项目，成功打造了“LUMI”“Leonardo”等一批世界领先的超级计算机^[21]，其强大的算力供给不仅为农业科学研究提供了核心技术保障，也广泛赋能生物医药、先进制造等多个领域的创新突破。

4.4 促进区域差异协同，实现数据资源共享

在 CAP 体系下，欧盟立足内部成员国农情差异与农民需求分化，通过多元路径来推动区域内智慧农业协同发展，同时形成适配不同区域的差异化解决方案。为了实现技术在跨区域间的高效流通，EIP-AGRI 发挥了关键的桥接作用，该计划不仅通过资金撬动互动式创新项目，还建立了成员国间的常态化交流机制，驱动农业技术在不同区域实现精准适配与高效流转^[26]。而且，优化后的农业知识和创新体系（AKIS 2.0）进一步增强了协同力，通过统一创新标准、整合研发资源，有效遏制了成员国间的同质化研究，在大幅压缩研发成本的同时，显著缩短了智慧农业技术的迭代周期与应用转化进程^[27]。同时，欧盟致力于驱动农业知识创新服务体系向市场化转型，通过服务供给多元化、运作管理商业化等举措，既减轻了政府公共支出与财政压力，又激活了企业、社会组织等社会主体的参与活力，为不同成员国智慧农业发展的协调性注入了内生动力。但各成员国的推进路径呈现出明显差异，德国、荷兰、丹麦、芬兰等国以农业机械制造商为核心推动力，依托工业优势研发推广智能装备；意大利、法国则以政府与企业联合出资的方式，组建商业化运营公司，聚焦数据加工、终端服务等细分领域^[28]。在数据共享与基础保障方面，为破除数据孤岛，欧盟加速推进农业资源共享平台建设。以“智慧农业食品计划 2（SmartAgriFood2）”为例^[16]，该项目通过多渠道征集产业反馈，将碎片化的成员国数据转化为系统化的数字资源，并深度对接欧盟未来互联网开源平台（FIWARE）的开源标准，成功集成了多元物联网协议，实现无人机、传感器等不同设备的高效匹配，既能为特定区域定制化开发智慧农业应用，又能帮助农户挖掘数据价值、透明化数据使用流程，大幅提升了数据获取的均等性，为中小农户和偏远地区主体提供了技术支撑。其核心经验在于承认并利用差异，通过构建协

作网络来转化差异为互补优势，而非试图消除差异。

4.5 健全人才培育体系，强化数字人力支撑

欧盟委员会于 2012 年发起的 EIP-AGRI，涵盖了从研究机构到基层农户的全链条创新力量，构建起跨界协作、多方互动的知识互联网络。这一模式在欧盟范围内广泛铺开，通过 27 个成员国的 97 个区域发展计划，成功构建了超 3 000 个基层运营单位^[29]。此外，34 个聚焦智慧农业的数字化共享网络的建立，为人才交流、技术协作提供了坚实载体。

为强化智慧农业人才培育的系统性与针对性，欧盟不仅成立了专门的智慧农业中心，统筹人才培育、科研创新与产业对接工作，还通过该中心与欧盟内外高校、企业等机构深度合作，提供定制化培训、科研协作、技术咨询等一站式服务。例如，SMARTPROTECT 项目面向大学生、研究人员、企业家等不同群体开展分类培训，重点培育智慧农业领域的专家与创新者；AgROBOfood 项目以在线课程、研讨会、实地实训等多元形式，聚焦机器人技术、传感器应用、数据分析等核心技能培训；SmartAgriHubs 项目则致力于构建欧盟范围内的智慧农业创新生态，通过精准培育和支持农业专业人才与企业家，为智慧农业发展注入持续动力；INNOSETA 项目也通过技术研发与实践推广的协同，进一步完善了人才成长的实践场景^[30]。这些举措相互衔接，共同构成了欧盟多维度、全覆盖的智慧农业人才培育体系。这种“全链条融入、分层分类”的培育模式，确保了从创新源头到应用末梢的人力资本支撑是连续且有针对性的，而非仅靠单一的学校教育或短期培训。

5 对中国数字乡村建设发展的启示

5.1 优化治理体系，构建战略框架与适应性执行的协同机制

数字乡村建设具有投入规模大、建设周期长、投资回报不确定的显著特征，亟须政府发挥主导作用，牵头推进农业农村数字技术的研发与推广工作，并从财政扶持、法律保障、政策引导等多维度提供支撑。中国数字乡村建设虽拥有丰富的顶层设计，但政策的系统性、协同性与落地效能仍有提升空间，部门壁垒、项目碎片化、建设与运营脱节等问题依然突出。欧盟经验表明，一个成功的数字乡村战略不仅需要清晰的愿景，更需要一个能够有效整合资源、协调行动并允许地方灵活创新的制度性框架。对中国而言，第一，强化国家层面跨部门协同的制度刚性，中央及各级地方政府应立足自身主导性定位，加大在财政、法律与政策方面的支持力度，并在现有协调机制基础上，探索设立统筹性的“国家数字乡村发展与振兴基金”。该基金并非简单新增资金池，而是旨在对分散于农业农村、网信、工信、发改、科技等多个部门的涉农数字化专项资金进行一定程度的战略整合与程序化统筹。通过“大专项+任务清单”的模式，引导各部门和地方政府形成合力，避免重复建设和资源消耗。第二，鼓励农业生产、大数据分析及农机装备等领域的龙头企业投身数字乡村工程，将社会力量的资本积累与科研底蕴转化为乡村振兴的内生动力，通过高效整合零散资源，搭建起覆盖面广、专业度高的综合助农体系。

政策体系的完备与资金渠道的稳定性，是数字乡村行稳致远的关键基石。在此基础上，应充分激发县域作为关键执行单位和“适应性创新”主体的活力。县域是政策落地的枢纽，也是需求最直接的感知者。应全面推广并深化县域治理模式，赋予县级政府更大的统筹协调权。同时，鼓励各县级单位在遵循国家统一数据标准与安全底线的前提下，依托“数字乡村一张图”等基础平台，结合本地资源禀赋、产业特色与文化传统，自主开发和迭代特色应用场景，使国家顶层设计能够精准适配千差万别的乡村实际，形成“国家定规则、地方创特色”的良性互动格局，有效应对“条块分割”与“特色应用推广难”的问题。

5.2 夯实数字基建，推动设施覆盖与数据服务的双轮升级

农村地区最需要数字连接，但是农村的基础设施和数字包容性也相对较差。依据中国互联网网络信息中

心（CNNIC）发布的《第56次中国互联网络发展状况统计报告》，截至2025年6月，全国网民规模已突破11.23亿人，相应的互联网普及率攀升至79.7%；5G网络基础设施建设成效斐然，累计建成5G基站达455万个，实现“村村通宽带、乡乡通5G”，其中行政村通5G比例超过90%^①。虽然中国农村普及率较自身往年有显著提升，但5G网络在乡镇及农村的覆盖质量、密度等方面与发达国家仍有一定差距。欧盟经验提示，硬件覆盖只是第一步，构建普惠性的数字服务生态更为根本。一方面，在持续提升农村5G、光纤等新型基础设施覆盖广度与质量的同时，需着力构建可持续的运营与升级机制。政府在发挥自身主导性作用的前提下，通过实施相应的法规或强约束性政策加速农村基础设施普及，重点推进农村光纤网络升级、5G基站布局等硬件建设，稳步推进宽带服务升级，系统性优化网络传输效能与物理覆盖版图，特别是针对中西部地形崎岖地带，需强化基站布设与信号补强，大幅改善山区及丘陵地区的网络通达率。进一步明确基础电信企业在农村，特别是偏远地区的网络建设、维护与服务责任，并将服务质量纳入行业监管与补贴考核体系。在此过程中，政府可与网络运营商深化合作、协同共进，通过资源整合与模式创新，既能提升农村网络运营效率，又能有效降低建设与运营成本，形成共建共享的良好格局。

另一方面，在信息基础设施普及的同时，还应考虑如何更好地将农村融入数字化环境中。根据互联网统计报告，截至2025年6月，农村网民规模达3.22亿人，仅占网民整体的28.7%，农村地区互联网普及率为69.2%，相比城镇地区互联网普及率84.9%仍有较大差距^①。参考发达国家的发展经验，推动农村数字融合可采取多元举措，例如，可借鉴欧盟“FaST”平台的开源公共品模式，由国家主导或大力支持建设一个或多个国家级、开放式的农业农村综合数据服务平台。该平台的核心任务是归集并标准化处理卫星遥感、气象监测、土壤普查、市场行情等公共数据资源，并以低门槛或免费的方式向农业经营主体、科研机构、中小企业和社会开发者提供安全可控的数据接口和基础分析工具。政府还可在农村图书馆、村会堂、社区中心等公共空间部署宽带网络与电脑设备，同时针对60岁以上老年群体定期开展数字技能基础培训，帮助其掌握基本上网操作，进一步推动数据服务平台的应用。通过打造一个数字时代的农业创新“基础底座”，显著降低全社会进行数字农业创新的初始成本，激发多元主体基于数据开发个性化应用的活力，从根本上解决小农户和欠发达地区面临的“数字工具用不起、用不好”的困境，实现乡村数据的开源赋能。

5.3 集成技术应用，促进数字普惠与产业链的深度融合

根据发达国家的经验，单项技术难以实现农业农村智能化操作，只有将原先的数字技术集成化，不断将技术相结合组成相应的技术系统，才能进一步推进农业农村数字化。针对中国农业农村数字技术应用仍处于发展阶段的现状，应重点推进数字技术集成化水平的提高。第一，在技术研发层面，需要进一步加大对农业数字技术研发的投入力度，深度挖掘信息技术的赋能潜力并延伸其覆盖边界，重点强化硬件设施与软件系统的交互能力。以北斗导航系统的跨界融合为契机，通过强化其在精准耕作与乡村数字化治理中的渗透力，构建起联结各类农业经营实体的数字纽带；鼓励科研机构、企业和新型经营主体组成创新联合体，确保研发方向与产业需求有效对接。第二，在数据资源整合方面，亟须提升数据收集效率与质量。中国现阶段数据收集效率和质量都较低，政府应该进一步推广前沿技术的集成化发展，将多项技术集成运用于农业农村生产生活具体场景中，提高数据收集效率；加强对相关数据库的建设，各级政务部门要加强对垂直类智慧农业数据中枢的扶持力度，尤其应下沉至县域层面构建数据基座，以保障农业数据资源的多为属性及深度开发的边际价值。第三，数字技术的普惠化应用是关键所在。应加速推广适配性强的移动端务农应用，以技术手段重塑信息运营流程，降低制度性交易门槛，赋能基层生产者，使其在数字化生态中获得对等的信息权益，从而破解传统农业模式下的信息孤岛难题；鼓励市场信息主体和社区信息主体开展对农户的信息服务，形成多元主体

^① 资料来源：中国互联网络信息中心，第56次中国互联网络发展状况统计报告，<https://www.cnnic.net.cn/n4/2025/0721/c88-11328.html>。

共同推进的信息服务体系。第四，加强法律法规保障体系建设。完善数字技术扶持政策及相关法律法规，明确数据安全、隐私保护和知识产权等规范，为数字技术在农业农村领域的健康发展提供法治保障。通过技术集成、数据共享、普惠应用和法治保障的多维推进，才能真正实现数字技术对农业产业链的全面赋能。

5.4 统筹区域布局，打造差异协同的创新集群发展格局

中国幅员辽阔，区域差异显著，推动数字乡村建设必须摒弃“一刀切”思维，走向差异化协同。欧盟借助 SmartAgriHubs 项目，联动数字创新中心、能力中心、农业研究机构等多元主体，构建起区域集群化发展模式，为数字农业协同推进提供了有效范式。中国发展数字乡村也需立足自身国情与发展实际，开辟具有本土辨识度的演进路径。一方面，应科学布局和培育多层次、功能互补的区域数字乡村创新增长极。可在国家层面统筹，在各地区选择基础好、代表性强的区域，根据地方特色产业与既有设施基础，建设若干“国家级数字乡村综合改革与创新引领区”，打造多元化的数字乡村研发与实践枢纽，并承担起区域创新枢纽的功能，进行技术集成验证、商业模式孵化、本土化解决方案输出和专业化人才培养，形成对周边地区的辐射带动效应。另一方面，应制定并实施清晰的、差异化的区域发展战略指引。积极引导各区域数字乡村建设主体建立常态化合作机制，形成自主可控、协同高效的数字乡村创新生态。例如，可借鉴欧盟区域协同经验，结合中国东部、中部、西部在资源禀赋、产业基础上的差异，为不同区域制定差异化的数字乡村发展路径，实现因地制宜、分类推进。对于东部沿海领先地位，其核心任务是突破关键共性技术、探索数字化治理新模式、形成可复制可推广的系统性解决方案，并肩负起向全国输出经验、技术与模式的“策源地”责任；同时，依托基建、电商、人才优势，优先落地数字农业技术。深化银企合作，为农村创业中小企业提供普惠金融；扶持特色产业，建设产业创意园等，形成集群效应，助力农民增收等。对于中部粮食主产区，重点在于推动粮食和重要农产品全产业链的数字化转型，打造从田间到餐桌的智慧供应链，筑牢国家粮食安全的数字屏障；此外，依托黄河文化等深厚底蕴打造“科技+品牌”乡村产业，运用大数据等技术改造传统农业，推进农产品仓储、加工、电商数字化以延伸产业链，提升农户数字素养，借助现代媒介与价格优势促进农产品销售，结合文创、研学旅游等第三产业助力农民增收，全面支撑数字乡村发展等。对于西部地区，则应聚焦特色农业、生态旅游、民族文化等优势资源，利用数字化手段进行价值挖掘、品牌塑造与市场对接，探索一条绿色、特色的跨越式发展路径；同时，对接长三角、京津冀等发达地区，引入新型业态，发展低耗能、高产值绿色工业，培育农村电商、智慧物流等数字经济新业态，通过数字技术普及农村金融服务。国家层面的资源配置、项目安排与考核评价应充分体现这种差异化导向。

5.5 健全培育机制，完善全链条融入与精准化的人才支撑

人才是数字乡村建设最活跃、最持久的要素。当前，中国乡村面临人才“引不来、留不住、用不好”的普遍困境，单纯依靠外部输送或短期培训难以根治。借鉴欧盟数字乡村人才培养的实践经验，人才培育并非仅依赖高校院所的单一推动，而是在于将人力资本开发内嵌于数字乡村建设的每一个环节：政府、农业企业、农协等多主体协同发力、形成合力。其中，政府承担自上而下的统筹规划职责，通过出台专项支持政策、构建金融保障体系奠定人才培养基础；农业企业发挥技术优势，提供实操性技术服务与实践场景；农协等社会机构搭建信息化服务平台，为人才成长提供全方位支撑。在具体培育路径上，一方面应在数字乡村项目管理中明确规定，重大数字乡村建设项目（特别是政府投资项目）必须包含明确的本地化人才培养预算与实施方案。项目承担方有责任组织对项目相关的本地干部、技术人员、新型经营主体及普通农民进行针对性培训，确保项目的实施过程同时成为本地人才能力的提升过程，从根本上缓解“项目结束、系统停滞”的可持续性危机。另一方面，要构建覆盖广泛、分类施策的精准化数字素养与技能培育体系。可系统构建“普惠教育+专项技能+领军人才”的三层培育框架：一是面向广大村民特别是老年人，依托村级公共服务设施，广泛开展智能手机应用、互联网安全、线上政务办理等基础数字素养“扫盲”普及；二是面向家庭农

场主、合作社骨干、返乡创业青年等“关键群体”，实施“数字新农人”培育计划，提供智慧农业技术应用、农产品电商运营、数字营销、农村金融等“专项技能”实训；三是面向基层党政干部、项目运营管理人员，开展数字化领导力、数据驱动决策、项目管理等“领军人才”培训。同时，完善人才激励与保障政策，在创业支持、住房保障、子女教育、职称晋升等方面出台优惠措施，营造吸引并留住各类人才在乡村创新创业的良好环境，为数字乡村的长期发展注入源源不断的人力资本活力。

参考文献

- [1] 刘丽伟, 高中理. 美国发展“智慧农业”促进农业产业链变革的做法及启示 [J]. 经济纵横, 2016 (12): 120-124.
- [2] 梅燕, 鹿雨慧, 毛丹灵. 典型发达国家数字乡村发展模式总结与比较分析 [J]. 经济社会体制比较, 2021 (3): 58-68.
- [3] 马红坤, 毛世平, 陈雪. 小农生产条件下智慧农业发展的路径选择: 基于中日两国的比较分析 [J]. 农业经济问题, 2020 (12): 87-98.
- [4] 高峰, 王剑. 数字乡村建设的国际经验及启示 [J]. 江苏农业科学, 2021 (23): 1-8.
- [5] 钟文晶, 罗必良, 谢琳. 数字农业发展的国际经验及其启示 [J]. 改革, 2021 (5): 64-75.
- [6] 沈费伟, 陈晓玲. 保持乡村性: 实现数字乡村治理特色的理论阐述 [J]. 电子政务, 2021 (3): 39-48.
- [7] 孙淑惠, 刘传明, 陈晓楠. 数字乡村、网络溢出和农业绿色全要素生产率 [J]. 中国农业资源与区划, 2023, 44 (9): 45-59.
- [8] 金建东, 徐旭初. 数字农业的实践逻辑、现实挑战与推进策略 [J]. 农业现代化研究, 2022, 43 (1): 1-10.
- [9] BACHTLER J, BERKOWITZ P, HARDY S, et al. EU cohesion policy: reassessing performance and direction [M]. London: Routledge, 2016.
- [10] TANAKA A. Smart village project in the European Union [J]. Primaff Review, 2024, 118 (3): 4-5.
- [11] OCSKO E. Guidebook on how to become a smart village (Smart Rural 21: First preparatory action on smart rural areas in the 21st century) [R]. Brussels: European Commission (DG AGRD), 2019.
- [12] BEATRICE G, ANTONIA B, FELIX E. Digitalization and AI in European agriculture: a strategy for achieving climate and biodiversity targets [J]. Sustainability, 2021, 13 (9): 4652.
- [13] RAM L, SILKE D, PER K, et al. Toward a reduced reliance on conventional pesticides in European agriculture [J]. Plant Disease, 2016, 100 (1): 10-24.
- [14] 刘景景, 熊学振, 吴天龙, 等. 农业农村数字技术应用的国际镜鉴及践行指向 [J]. 世界农业, 2024 (5): 5-12.
- [15] 夏显力, 陈哲, 张慧利, 等. 农业高质量发展: 数字赋能与实现路径 [J]. 中国农村经济, 2019 (12): 2-15.
- [16] 袁祥州, 黄恩临. 欧盟智慧农业发展经验及其借鉴 [J]. 世界农业, 2022 (5): 27-36.
- [17] MOYSIADIS V, SARIGIANNIDIS P, VITSAS V, et al. Smart farming in Europe [J]. Computer Science Review, 2021, 39: 100345.
- [18] 牛坤玉, 蔡美兰, 程培峰, 等. 欧盟支持家庭农场的国际经验和政策启示 [J]. 世界农业, 2025 (11): 5-17.
- [19] 刘武兵. 欧盟共同农业政策 2023—2027: 改革与启示 [J]. 世界农业, 2022 (9): 5-16.
- [20] 马红坤, 毛世平. 欧盟共同农业政策的绿色生态转型: 政策演变、改革趋向及启 [J]. 农业经济问题, 2019 (9): 134-144.
- [21] 曾寅初, 计薇. 欧盟共同农业政策 2023—2027 年改革的动向及其启示 [J]. 农业经济问题, 2023 (6): 43-57.
- [22] 牛文倩, 陈东, 戴吉. 数据基础设施建设研究: 从国内外发展历程看我国的问题与出路 [J]. 世界科技研究与发展, 2025, 47 (6): 854-864.
- [23] 刘海丽, 李昕, 朱坤豪. 芬兰农村地区数字技术应用政策进展及启示 [J]. 山东图书馆学刊, 2021 (5): 81-85.
- [24] 马子惠, 李芳慧, 司建楠, 等. 欧盟数字平台建设的典型案例和经验 [J]. 工业信息安全, 2022 (6): 90-95.
- [25] 张绮雯, 林青宁, 毛世平. 国际视角下中国智慧农业发展的路径探寻 [J]. 世界农业, 2022 (8): 17-26.
- [26] 朱康睿, 宋成校. 智慧农业发展的国际经验及启示 [J]. 世界农业, 2024 (3): 43-53.
- [27] 赵黎. 成功还是失败? 欧盟国家农业知识创新服务体系的演变及其启示 [J]. 中国农村经济, 2020 (7): 122-144.
- [28] 刘海启, 游炯, 王飞, 等. 欧盟国家农业遥感应用及其启示 [J]. 中国农业资源与区划, 2018, 39 (8): 280-287.
- [29] DÉTANG-DESSENDRE C, GEERLING-EIFF F, GUYOMARD H, et al. EU agriculture and innovation: what role for the CAP? [R]. France: INRA & WUR, 2018.

[30] 曾华盛, 徐金海. 国外智慧农业人才培养经验及对中国的启示 [J]. 智慧农业导刊, 2023, 3 (21): 5-8.

The Practice of Digital Village Construction in EU and Its Enlightenment to China

WU Bin ZHANG Bingbing

Abstract: Digital villages represent a strategic direction for rural revitalization and are also an essential path toward building a strong agricultural nation. China places high importance on digital village development, achieving significant phased results in recent years. As digital technologies become more comprehensively integrated across all sectors of agriculture and rural areas, digital village development is gradually transitioning from its initial phase to a period of accelerated growth and breakthroughs. At the same time, it faces higher demands and more formidable challenges. The European Union (EU) has taken an early lead in this field with deep practical experience. It has established a long-term governance framework centered on the Common Agricultural Policy (CAP), adopting a dual-drive model of “universal infrastructure access + digital service ecosystem development”. Leveraging a mechanism of “regional cluster innovation + full-chain talent cultivation”, the EU has fostered a sustainable development ecosystem. In light of this, this paper analyzes the systemic logic of the EU’s digital village development from an institutional adaptability perspective. Considering China’s national conditions and regional development disparities, it proposes a localized approach encompassing “optimized governance systems, dual upgrades of infrastructure and data services, inclusive technology integration, regional cluster collaboration, and full-chain talent cultivation”. This framework offers practical insights for overcoming challenges in China’s digital village development and advancing the digital transformation of agriculture and rural areas.

Keywords: Digital Village; Smart Agriculture; Modernization of Agriculture and Rural Areas; European Union (EU)

(责任编辑 张雪娇 李 辉)