

数字化与生态化协同背景下科技特派员的科普角色定位、现实挑战与路径优化

胡韵菲¹ 李培森² 李福夺³

(广东省农业科学院农业经济与信息研究所, 广州 510640)¹

(中国农业科学院农产品加工研究所, 北京 100081)²

(中国农业科学院农业资源与农业区划研究所, 北京 100081)³

[摘 要]发展新质生产力是推动农业高质量发展的内在要求和重要着力点,而数字化转型与生态化协同则是其关键路径。本研究聚焦科技特派员这一关键角色,系统性探讨在“数字化—生态化”协同背景下农业科普工作所经历的深刻变革。本研究指出,科技特派员正从单一的技术输送者,拓展为数字生态系统的构建引导者、新业态新模式的孵化者以及可持续发展理念的传播者,然而,实践中其仍面临数字鸿沟、技术适配性不足、数据壁垒与价值转化困难等核心技术推广难题。基于此,本研究构建“数字化—生态化—科普”三元互动分析框架,提出数字化(D)与生态化(E)需要通过科技特派员主导的科普(P)过程实现有效协同,并基于福建古田“智慧菌菇”与浙江安吉“数字文旅茶园”的双案例比较,揭示了“D→P→E”赋能传导与“E→P→D”价值引导两条协同路径,据此提出构建分层分类的科普支持体系、实施科技特派员能力跃升计划、设立定向激励机制3点对策建议,以期为培育农业新质生产力提供理论参考。

[关键词] 数字化 生态化 科普 科技特派员 乡村振兴 新质生产力

[中图分类号] N4; G315 **[文献标识码]** A **[DOI]** 10.19293/j.cnki.1673-8357.2026.02.006

当前,发展新质生产力是全面推进中国式现代化的重要任务,是推动农业高质量发展的重要着力点。中央经济工作会议、中央农村工作会议及“十四五”规划均明确提出,要大力推进农业农村现代化、加快建设农业强国,其关键在于以科技创新驱动产业

升级与可持续发展^[1-4]。在此进程中,数字化(digitalization, D)与生态化(ecologization, E)的协同,不仅是技术叠加,更是实现农业系统性变革、培育新质生产力的关键路径。然而,我国农业科技成果转化率仅为30%~40%,远低于发达国家水平^[5],这已成

收稿日期: 2025-11-24

基金项目: 广东省基础与应用基础研究基金自然科学基金面上项目“城乡居民农业景观偏好与市郊农业种植结构耦合度研究——以广州市为例”(2023A1515011018)。

作者简介: 胡韵菲,广东省农业科学院农业经济与信息研究所助理研究员,研究方向: 农业区域发展, E-mail: huyunfei2015@qq.com。李福夺为通讯作者, E-mail: lifuduo@caas.cn。

为制约我国农业现代化发展的突出瓶颈问题。究其原因，一是数字技术与农业生态实践之间存在明显的“两张皮”现象，即部分地区或企业过度追求智能设备堆砌，忽视生态效益；二是片面强调生态农业，缺乏数字化支撑，导致生产效率低下、成本高昂、难以规模化；三是现有研究与实践多孤立探讨数字化或生态化，对二者如何协同赋能、形成系统合力的内在机制缺乏深入解析，致使协同效应难以释放。

在中国式现代化与农业高质量发展的时代背景下，推动数字化与生态化深度融合，已成为破解科技转化难题、保障国家粮食安全、落实“双碳”目标、促进乡村振兴与农业绿色转型的紧迫任务^[6]。数字化转型借助物联网、大数据、人工智能等新一代信息技术，为农业注入精准化、高效化新动能^[7-8]；生态化发展则强调尊重自然规律，构建可持续的农业生态系统，是“绿水青山就是金山银山”理念在农业领域的具体实践。二者协同，旨在以数字技术精准赋能生态农业，以生态目标引导数字技术应用，实现经济、社会与生态效益的统一，这正是提升农业科技转化效率、推动农业高质量发展的关键突破口^[9-10]。在这一深刻变革过程中，科技特派员制度作为中国本土成功实践，发挥着关键作用^[11-12]。该制度自1999年发源于福建南平以来，已从初期的技术推广与扶贫模式，逐步拓展为集技术服务、产业孵化、人才培养与政策传导于一体的综合性农村发展机制^[13]。科技特派员已成为衔接科研与生产的“桥梁”，是农业科技成果转化的重要推动力量。

农业科普为科技特派员的核心职能之一，其内涵持续拓展。传统的农业科普侧重新品种、新技术的单向传授，而在“数字化—生态化”协同背景下，农业科普工作被赋予更

加复合的使命，既要传授智能设备的使用方法，也要阐释数据背后的科学逻辑^[14]；既要推广节水减肥等生态技术，也要传递可持续发展的系统理念^[15-16]。

因此，本研究聚焦以下主要问题：（1）在数字化与生态化协同发展的进程中，科技特派员如何通过农业科普发挥关键作用？（2）科技特派员面临哪些核心技术推广挑战？（3）如何重构工作路径以应对挑战？解决这些问题，不仅有助于提升科技特派员制度的实践效能，也为深化理解农业新质生产力形成机制、推动高质量发展与乡村全面振兴提供理论支撑与政策启示。

1 理论基础与分析框架构建

为系统阐释科技特派员在“数字化—生态化”协同背景下的复杂角色及其现实挑战，本研究在梳理技术采纳、生态现代化和协同治理等相关理论的基础上，提出以科技特派员制度为核心，整合多元理论，构建一个整合的分析框架。

1.1 理论基础

既有研究为理解农业领域的数字化转型、生态化发展与科普（science popularization, P）提供了多元视角，但尚未充分整合解释三者协同的内在机制。例如，在数字化转型方面，技术采纳模型（如 Unified Theory of Acceptance and Use of Technology, UTAUT）与创新扩散理论（Diffusion of Innovations, DOI）揭示了技术特性与传播渠道的重要性^[17-20]，但其主要聚焦个体采纳行为的影响，较少关注技术如何嵌入并重塑“社会—生态”系统；生态现代化理论主张通过技术革新实现经济增长与环境改善的协同^[21]，为“以数字化促生态化”提供了宏观支撑，但对实施过程中行动者的具体角色与微观转化机制关注不足；多层次视

角（Multi-Layer Perceptron, MLP）将技术变迁视为利基创新、社会技术体制与宏观景观互动的结果^[22-23]，有助于识别“数字化—生态化”复合创新面临的制度障碍，然而对科技特派员等特定制度如何作为“中介”推动利基扩散的解释仍可深化；协同治理理论则强调多元主体通过资源整合与集体行动以实现共同目标^[24-25]，为理解科技特派员联结政府、市场与农户的“资源整合者”角色提供了依据，但其对知识转化、信任构建等微观社会过程的解释力有限^[26]。

1.2 “数字化—生态化—科普”（D—E—P）三元互动分析框架

为系统解释“数字化—生态化”协同背景下科技特派员的中介作用，需构建一个整合性的分析框架。既有理论（如技术采纳模型、生态现代化理论、多层级视角、协同治理理论等）虽提供了多元视角，但均未能充分解释中国情境下数字化与生态化如何通过具体社会过程实现双向耦合。为此，本研究提出以科技特派员制度作为整合分析的理论内核。科技特派员制度根植于中国农业农村长期实践，其核心在于以制度化的“人”（科技特派员）作为知识、技术与政策的“转换枢纽”，弥补既有理论对系统嵌入、微观转化机制、知识转化与信任构建等关键过程的忽视^[27]。在此基础上，本研究整合生态现代化理论的技术环境协同观、多层级视角的制度互动观以及协同治理的多元主体观，引入科普作为科技特派员制度发挥作用的中介，构建“D—E—P”三元互动分析框架。

首先，应将科普视为连接数字技术与生态目标的社会技术过程，而科技特派员则是该过程的关键承载者。其次，尽管学术界

普遍承认数字化与生态化之间存在互动需求，但对其机制的理解仍多停留于技术赋能或价值引导的单向逻辑，缺乏对二者如何通过具体社会化过程实现双向耦合的深入探讨。基于此，本研究借鉴行动者网络理论（Actor-Network Theory, ANT）与社会技术系统（Socio-Technical Systems, STS）理论，明确提出“数字化与生态化需要通过科普实现协同”的核心命题，并据此构建“D—E—P”三元互动分析框架（见图1）。

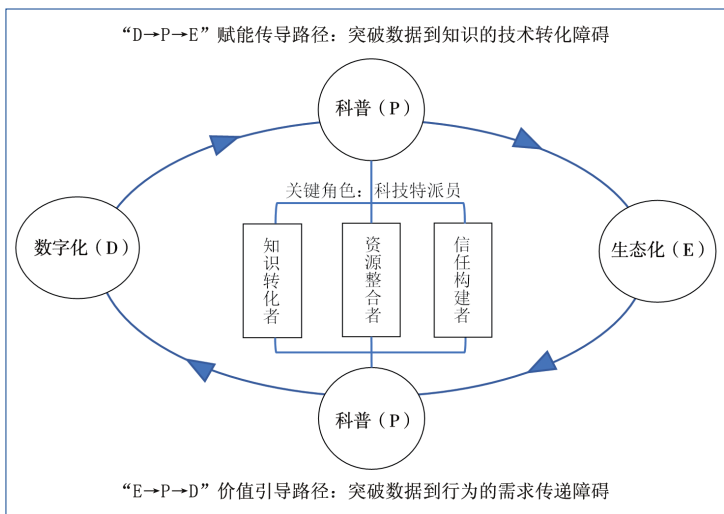


图1 以科技特派员制度为核心枢纽的“D—E—P”三元互动分析框架

1.2.1 核心要素界定

数字化的核心载体为数字技术。在本框架中的数字化指以物联网、大数据、人工智能、区块链等为代表的信息技术及其物化形态，如智能装备和数字平台，其核心功能在于对农业对象、过程与环境进行精准感知、智能决策与自动控制，为效率提升与模式创新赋能^[28]。

生态化的其核心导向为生态目标。本框架中的生态化指以资源节约、环境友好、生物多样性保护与气候适应为导向的农业发展范式，强调遵循生态规律，追求经济、社会与生态效益的统一，是农业可持续发展的价值归宿^[29]。

科普的核心执行者为科技特派员。本框

架中的科普特指以科技特派员为主导，围绕“数字化—生态化”协同开展的知识传播、技能培训、理念引导与协同创新等社会化过程。其本质是将专业化的数字技术与价值负载的生态理念，转化为在地化、可操作的实践知识，并建构多方主体的共同认知与协作网络^[30]。在此过程中，科技特派员角色、能力与制度安排深刻影响着数字化与生态化的互动质量。

1.2.2 内在逻辑与互动机制

“D—E—P”三元互动分析框架的核心逻辑在于科技特派员作为制度化中介，通过其主导的科普实践，使数字技术与生态目标从“潜在的协同可能”转化为“现实的协同结果”。科技特派员作为科普的核心执行者，推动三者形成相互依存、动态反馈的耦合系统，其具体机制如下。

“D→P→E”赋能传导路径：数字技术为实现生态目标提供新工具，如传感器支持水肥精准施用。然而，从技术到生态效益的转化，则依赖科技特派员将复杂技术“翻译”成农民可理解、可操作的技能。科技特派员通过培训与示范，赋能农户采纳生态友好型实践。此路径中，科技特派员的核心功能是“技术中介”与“知识转化”，旨在解决数字鸿沟、技术适配性不足等问题。

“E→P→D”价值引导路径：生态目标为数字技术研发提供价值导向和问题场景，如面向“双碳”目标开发碳排放监测技术。科技特派员在此扮演“需求传递者”和“效果评估者”的角色。科技特派员识别基层生态需求并反馈至研发端，引导数字技术向生态适配方向迭代；同时通过理念传播，提升各方对生态导向技术的接受度。此路径中，科技特派员的核心功能是“价值嵌入”与“需求反馈”，旨在解决生态理念与基层行为脱节的问题^[31]。

科技特派员在数字化与生态化的协同中，发挥的是“双向中介”与“系统耦合”作用，其核心角色为：（1）知识转化者，即将专业知识与技术语言转化为农民易懂、易用的内容；（2）资源整合者，即链接技术供给、政策支持与市场需求，构建技术落地支持网络；（3）信任构建者，即依托当地关系网络，降低新技术与新理念的采纳门槛与风险。科技特派员的实践效能直接决定数字化与生态化能否实现有效互动与深度融合。同时，该框架识别出两类关键阻碍，一是“数据—知识—决策”转化障碍，如数据孤岛、模型泛化能力弱、分析结果难理解等，主要存在于“D→P”环节；二是“理念—行为—制度”传递障碍，如生态认同不足、行为惯性、协同机制缺失等，主要集中在“P→E”以及生态化对“D—E—P”系统的反馈环节。综上，该框架将科技特派员置于农业系统转型的核心位置，为其在“数字化—生态化”协同中的角色定位、现实挑战与路径优化提供了理论依据与分析工具。

2 研究方法

为检验“D—E—P”三元互动分析框架，本研究采用嵌入式双案例研究设计^[32]。案例研究法有助于深入剖析“D—E—P”协同这一复杂社会技术过程的动态机制，并揭示科技特派员的科普职责如何从传统的“技术输送者”拓展为具备复合功能的“关键行动者”。

2.1 案例选择逻辑

遵循理论抽样原则，本研究选取福建古田“智慧菌菇”产业与浙江安吉“数字文旅茶园”作为分析案例（见表1）。该双案例研究设计采用差别复制逻辑，旨在检验“D—E—P”三元互动分析框架在不同情境下的解释力与边界条件。

表 1 “D—E—P”三元互动分析框架检验双案例设计概要

维度	案例一：福建古田“智慧菌菇”产业	案例二：浙江安吉“数字文旅茶园”	复制逻辑
产业类型	食用菌种植	茶产业（种植+文旅）	差别
协同焦点	生产过程的精准化与绿色化	生态品牌构建与产业链价值增值	差别
数字技术	物联网环控、自动化生产、数据平台	地理信息系统（GIS）管理、区块链溯源、VR/AR 体验	差别
生态目标	降低能耗、减少病害、提升品质与资源效率	减少农化投入、保护产地环境、传递生态信任	差别
科技特派员	技术实操培训、现场问题解决、示范户带动	品牌故事宣讲、消费端体验设计、多方资源协调	差别
检验框架	“D→P→E”赋能传导路径及其障碍	“E→P→D”价值引导路径及科技特派员的扩展枢纽作用	差别
制度环境	同处东部沿海农业发达地区，共享乡村振兴与高质量发展政策框架		相似
行动者角色	科技特派员均为连接政府、科研机构、市场与农户的核心中介		相似
转型目标	均致力于经济效益提升与资源节约、环境友好、可持续发展		相似
挑战类型	均面临数字鸿沟、技术适配不足、数据价值转化等系统性障碍		相似

案例一聚焦生产过程精准化与绿色化的协同。科技特派员的核心任务是推动复杂数字技术系统在农户层面落地，以直接实现节能、减药、提质等生态目标。该案例适用于检验“D→P→E”赋能传导路径的有效性及其面临的传导障碍。案例二聚焦生态品牌构建与产业链价值增值的协同。科技特派员更侧重于以生态品牌建设为导向，选择性集成数字技术，并通过科普将生态价值传递至消费端。该案例适于检验“E→P→D”价值引导路径，以及科技特派员在连接生产与消费、实现经济效益与生态效益统一中的扩展枢纽作用。

这两个案例是我国农业“数字化—生态化”协同实践中具有代表性的典型案例。二者分别为国家级现代农业产业园区和农业科技园区，享有明确的政策支持与资源投入；产业基础扎实，具备数字化与生态化转型的基本条件；且科技特派员制度在当地已有长期、系统的实践，构成观察科技特派员中介作用的理想场域。

根据差别复制逻辑，两个案例在理论关注的维度（如产业类型、协同焦点）上存在差异，而在可能干扰结果的外部变量（如制度环境、行动者角色）上保持相似，以增强内部效度。尽管两地在产业类型与协同焦点上存在差异，但在制度环境、行动者角色、转型目标与挑战类型 4 个关键维度上高度可比，可有效支撑差别复制逻辑。这不仅为检

验“D—E—P”三元互动分析框架提供了稳健的比较基础，还有效控制了政策红利或资源禀赋等竞争性解释，从而提升了研究的内部效度，使该框架的核心命题得以在多元情境中接受更全面、更具深度的检验。

2.2 数据收集与分析

为确保研究的效度与信度，本研究收集了多源数据形成三角验证。（1）文档资料。系统收集两地政府发布的产业规划、科技特派员项目报告、技术推广手册、媒体报道和公开统计数据，以把握政策背景与发展脉络。（2）半结构化访谈。对两个案例地的科技特派员（4 人）、核心示范户及合作社负责人（6 人）、地方农业技术推广部门官员（2 人）开展深度访谈，聚焦其对数字化技术应用、生态效益认知、科普实践过程和多方互动关系的理解。（3）参与式观察。研究人员通过实地走访古田“智慧菌菇”产业园区与安吉“数字文旅茶园”，现场观察科技特派员的技术指导、演示过程和农户操作行为。采用模式匹配法进行数据分析，将经验证据与“D—E—P”三元互动分析框架推导的理论命题进行系统比对。在每个案例中，首先识别并归类与数字化、生态化、科普相关的实践、事件与论述；继而重点分析三者之间可观察的互动关系，检验其是否支持“科普作为核心中介”以及“数字化与生态化通过科普实现双向互动”的核心机制。

3 基于“D—E—P”三元互动分析框架的双案例检验

3.1 案例一：检验“D→P→E”赋能传导路径

福建古田被誉为“中国食用菌之都”。在科技特派员介入前，当地菌菇种植高度依赖人工经验调控温湿度，环境波动大，导致病害频发、农药使用量居高不下；且当地菌菇生产数据缺乏系统采集与分析，导致产能与品质不稳定。虽然部分农户有尝试使用智能设备的意愿，但因操作复杂、成本高、维护难等障碍望而却步。这一“技术难落地、生态难实现”的困境，凸显了数字技术与生态目标之间的结构性断层。

在科技特派员团队长期推动智慧菌菇转型的实践中^[33]，数字化体现为引入物联网环控系统、生产数据平台与自动化生产线，实现了对菌菇生长环境的精准调控。实地调研数据显示，古田县已建成了8个品控溯源示范基地和15个农业物联网监控点，形成了覆盖全县4万余个菇棚的监测网络（2025年底数据）^[34]。生态化表现为降低单位产出能耗，通过环境优化减少病害从而削减化学药剂使用，并稳定提升银耳、香菇等产品品质。科普则作为关键中介，集中作用于以下3个方面。（1）知识的转化与简化。针对物联网系统操作复杂问题，科技特派员主导开发极简界面的手机APP，将环境数据阈值转化为直观报警规则，并通过“一对一、手把手”现场教学，确保农户能独立操作。一位受访农户表示：“以前看到数字就头大，现在特派员帮我安装了一个APP，温度高了就亮红灯，我一看就知道该开风机了。”（2）资源整合与信任构建。协助合作社申请政府专项农机购置补贴、对接福建农行“科特e贷”等优惠信贷以缓解农户初始投入压力；凭借长期驻村和实际增产增收成效，与农户建立深厚信任。一

位合作社负责人回忆道：“刚开始大伙儿都不信。科技特派员在村里长期驻点，从装设备到调参数，手把手教。后来看到示范户确实增产了，大家才跟上。”（3）协同创新与反馈。组织农户记录本地化故障与应对经验，反馈至技术供应商，推动设备在高温、高湿环境下的耐用性优化，体现参与式设计原则。

案例一有力验证了“D→P→E”赋能传导路径的核心命题。经由科技特派员有效的科普介入，数字技术成功落地。据基地跟踪统计，示范户菌菇产量平均提升15%~20%，能耗降低约10%，病害发生率显著下降。该案例清晰表明，科普环节的知识转化（开发APP、现场培训）、资源整合（争取补贴、对接信贷），有利于先进的数字技术转化为农户实践，实现生态目标。同时，该案例也印证了“传导障碍”的存在：老年农户对新界面接受较慢，反映出数字鸿沟；设备初期故障率高，暴露了技术适配性不足。而科技特派员的上述实践，正是系统性克服这些障碍、促成数字化向生态化有效传导的关键过程。

3.2 案例二：检验“E→P→D”价值引导路径

安吉白茶虽依托其优良的生态环境享有较高的市场声誉，但在科技特派员介入前，仍面临生态价值难以有效转化为经济价值的困境。当地茶园管理多依赖传统经验，化肥、农药使用量仍有待优化；消费者对“生态茶”的认知多停留于品牌，缺乏可验证、可感知的数据支撑；并且三产融合程度有限，文旅体验内容单一，难以传递生态理念。该案例表明，虽然生态目标已明确，但缺乏适配的数字化工具与有效的传播渠道，仍难以形成有效的市场竞争力。

在科技特派员推动“数字文旅茶园”建设的实践中^[35]，生态化体现为明确的生态价值主张——以“安吉白茶源自优良生态环境”

为核心品牌故事，通过生态信任实现产品溢价与产业融合；数字化则在生态化的引导下有选择地集成，科技特派员协同企业，有选择地引入 GIS 茶园管理系统和土壤与病虫害智能监测体系，精准指导施肥与绿色防控，显著减少农药化肥使用量，结合区块链溯源技术，实现种植过程透明化。数据显示，当地某生态茶园项目投入 1 800 万元研发经费，建成数字化茶园管理系统，实现智能化管控。同时，深耕文旅融合，以“宋韵茶香”为主题打造沉浸式体验园区，2024 年吸引游客约 30 万人次^[36]。而科普的关键过程在于科技特派员的作用超越了生产端技术指导，主要体现在以下 3 个方面。（1）生态叙事构建与传播。科技特派员协助企业将传感器数据、溯源信息转化为可视化的“茶园生态日记”，通过小程序、体验馆屏幕等方式向消费者展示，将抽象的生态理念具象化。一位企业负责人表示：“以前我们只说‘生态好’，消费者听听就过去了。现在科技特派员帮我们把土壤有机质含量、农药零检出的数据做成了报告，消费者扫码就能看到，信任感一下就上来了。”（2）消费端体验设计。安吉科技特派员团队推动利用 VR 技术开发“云端观茶”体验，并指导茶农开展直播采茶、制茶活动，将生产过程转化为文旅体验，还开发出茶月饼、茶发糕、茶压片糖果等 20 余个创新产品，以科技为媒，连接生产与消费市场。（3）跨界资源协同。科技特派员扮演“经纪人”角色，整合地方政府（生态补偿政策）、科研单位（茶树品种优化）、旅游公司（线路设计）和电商平台（销售渠道）等多方资源。据调研，在科技特派员团队的助力下，一公司成长为全国速溶茶行业的领军企业，带动全县茶产业全产业链总产值从 2.32 亿元增至近 5 亿元（2025 年数据）^[37]。

案例二验证了“E→P→D”价值引导路径以及以科普作为扩展枢纽的核心命题。首先，生态目标明确引导了数字技术的选择方向——所有技术均服务“证明生态”与“体验生态”。其次，科技特派员将生态数据转化为消费者易懂的叙事、对接数字技术与文旅市场需求，构建多元协作网络，实质性推动了生态价值的市场化实现。追踪数据显示，具备完整数字溯源的产品市场价格提升了 30%~50%，茶园观光收入显著增长^[38]。这表明，在价值增值导向的协同中，科技特派员不仅是技术落地的推动者，更是生态价值的“诠释者”和协同网络的“编织者”。

3.3 案例比较

将两个案例置于“D—E—P”三元互动分析框架下进行系统比较，可得出更具普适性的理论启示（见表 2）。两个案例不仅检验了“D—E—P”三元互动分析框架，还丰富了其应用情景。（1）两个案例均证实了科普在数字化与生态化协同中发挥着不可或缺的中介作用，否定了“技术自动产生效益”或“理念自行落地”的简单假设。无论是在古田还是安吉，科普都是实现数字化与生态化有效协同的关键。（2）案例对比揭示了该框架应用的情境依赖性。在古田案例中，科技特派员的角色更贴近传统的技术推广者，但其内涵已进一步深化；而在安吉案例中，科技特派员则演变为生态价值的“诠释者”和协同网络的“编织者”。这表明，“D—E—P”三元互动分析框架揭示的核心要素与基本关系具有一定的灵活性，具体形态需结合产业类型、市场结构和政策目标进行调整。（3）科技特派员在两个案例的实践中，采取开发简化工具、构建叙事、整合资源等行为，为克服系统障碍提供了具体的解决方案，并指明了路径重塑的方向。

表 2 “D—E—P” 三元互动分析框架检验的双案例比较与理论启示

比较维度	案例一	案例二	对 “D—E—P” 三元互动分析框架的启示
主导路径	“D → P → E” 赋能传导路径	“E → P → D” 价值引导路径	框架的两种核心路径在实践中均存在，且可能在同一项目的不同阶段交替主导。路径选择取决于协同的初始动因
科技特派员的核心功能	侧重技术解码、技术赋能与生产信任构建	侧重价值编码、体验设计与网络关系构建	科技特派员的角色具高度情境弹性。框架中的“知识转化者、资源整合者、信任构建者”等角色内涵，需根据协同模式的具体需求进行动态扩展
协同成效	主要体现为生产端的效率提升与资源环境效益	主要体现为产业链的价值增值与三产融合效益	生态化的内涵不仅是环境指标，在市场化情境下，更延伸为可交易、可感知的生态价值或生态品牌
面临的突出障碍	数字鸿沟、技术适配性等传导障碍显著	数据价值转化与跨界协同障碍凸显	框架识别的障碍类型具有普遍性，但其具体表现和重要性随情境而变化。在价值链后端，将数据转化为可信叙事的能力成为新的关键挑战

4 讨论与结论

4.1 讨论

本研究遵循“理论构建—案例检验”的演绎路径，通过双案例的差别复制，不仅验证了“D—E—P”三元互动分析框架的核心命题，也揭示了其作用机制的情境依赖性。

首先，两个案例均证明“科普是数字化与生态化协同不可或缺的中介”这一核心论点。在古田，科技特派员介入前，新技术落地困难、生态目标难以实现；介入后，通过知识转化、资源整合与信任构建，节能减排效果显著。这说明，科技特派员的系统性中介有利于数字技术转化为生态效益，进一步验证了“D → P → E”赋能传导路径。在安吉，科技特派员介入前，生态价值缺乏数据支撑，经济效益转化率低下；介入后，通过构建生态叙事、设计消费体验、整合跨界资源，将生态价值有效转化为经济价值，并引导数字技术的针对性应用，进一步验证了“E → P → D”价值引导路径。两个案例均证实了协同不能依赖技术或理念的“单兵突进”，而需要依托一个以人为核心的、社会化的转化过程^[39-41]。

其次，两个案例为“D—E—P”三元互动分析框架的情境化修正与丰富提供了依据。研究发现，“D—E—P”三元互动分析框架中

识别的核心挑战——数字鸿沟、技术适配性不足、数据壁垒与价值转化困难^[42-43]并非均匀或静态存在，而是在不同路径中呈现差异化权重与形态。在“D → P → E”赋能传导路径中，数字鸿沟与技术适配性问题尤为突出，表现为老年农户操作障碍以及智能设备在高温、高湿环境下故障频发，凸显了技术与在地条件的脱节。这要求理论模型更强调科技特派员在降低技术使用门槛与推动技术本地化改良中的关键作用^[44]。

最后，双案例为将“D—E—P”三元互动分析框架从分析工具转化为行动指南指明了方向。（1）要弥合数字鸿沟，需构建社会技术支持网络，而非仅依靠技术培训。数字鸿沟的本质是年龄、经营规模、社会资本与认知心理等因素交织的结构性困境。应对策略应超越培训班模式，依托当地社会网络开展同伴教育与信任传递。例如，科技特派员开发“极简 APP”等适老化、适小农化的工具，并探索将家庭“数字反哺”制度转化为社区公共支持。（2）要破解技术适配性难题，须贯彻负责任创新与参与式设计原则。技术“水土不服”源于研发与需求脱节。两个案例均显示，当科技特派员对技术方案进行本地化改造后，其适配性均显著提升。因此，建议科研项目与科技特派员站点或典型农户结对，将真实田野作为数字技术的最终检验场，由科技特派

员与农户共同完成应用测试^[45-46]。(3)打通数据壁垒与价值转化阻塞,关键在于建立激励相容的治理机制。安吉区块链溯源之所以能成功,部分原因在于其让消费者为可验证生态数据付费,并将溢价可追溯地返还生产者。因此,科技特派员在推广技术的同时,应协助设计基于数据的价值分配方案,并推动建立政府监管下公平透明的农业数据服务平台,使农户在贡献数据时能明确感知经济回报,从而形成“数据产生价值—价值激励实践”的良性循环。

4.2 主要结论

本研究立足农业新质生产力发展与科技转化瓶颈亟待破解的时代背景,聚焦数字化与生态化协同这一农业系统性变革的核心驱动力,构建“D—E—P”三元互动分析框架,并采用嵌入式双案例研究进行检验,得出以下结论。

(1)科技特派员角色在“数字化—生态化”协同中发生系统性重塑,其职能已从单一技术输送者演进为承担多元复合功能的关键行动者。在福建古田,科技特派员作为技术赋能的枢纽,通过知识转化、资源整合与信任构建,将复杂数字技术转化为农户可操作的生态实践;在浙江安吉,科技特派员则作为生态价值引擎,扮演生态叙事构建者、消费体验设计者和跨界网络协同者。这种角色拓展是科技特派员制度回应农业高质量发展内在需求的必然演化。

(2)数字化与生态化的协同需要经由主动、社会化的科普过程实现,科技特派员是该过程的核心载体。“D—E—P”三元互动分析框架获案例有力支持,揭示了两条核心路径,一是“D→P→E”赋能传导路径,即数字技术经科普转化为生态效益;二是“E→P→D”价值引导路径,即生态目标通

过科普反馈引导数字技术研发与应用方向。

(3)协同推进中的挑战兼具系统性与情境性。本研究不仅识别出数字鸿沟、技术适配性不足、数据壁垒与价值转化困难等共性障碍,更通过案例对比揭示了其差异化表现。在生产优化型协同中,技术传导障碍突出;在价值创造型协同中,数据价值转化与跨界协同障碍更为明显。这要求对策须精准匹配不同协同模式的痛点。

(4)“D—E—P”三元互动分析框架兼具理论整合力与实践指导价值。该框架有效融合了技术采纳、生态现代化与协同治理等理论视角,将其嵌入中国特色科技特派员实践,为理解农业社会技术系统转型提供了中层理论视角。两个案例研究不仅验证了该框架的核心命题,还通过差别复制揭示了该框架的情境依赖性与弹性,为后续在多元农业业态中拓展应用奠定了基础。

5 对策建议

基于上述结论和案例中发现的具体障碍,为了更好地发挥科技特派员在“数字化—生态化”协同中的枢纽作用,推动农业新质生产力发展,提出以下对策建议。

5.1 构建分层分类的“数字化—生态化”科普支持体系,精准赋能科技特派员

(1)建议由农业农村部、科技部牵头,联合科研机构与领军企业,打造国家级农业“数字化—生态化”协同创新与科普服务平台。该平台应具备三大功能:①“技术方案库”,提供集成适配性技术包;②“知识翻译器”,提供将技术参数转化为农事操作指南的工具;③“数据中继站”,推动关键农业数据在保障安全的前提下公益共享。(2)建议在重点农业产区建立区域性产业数字化和生态化服务中心,深度融入本地产业生态,针对

主导产业的具体协同难题，提供本地化数据模型校准、技术模块二次开发、生态品牌叙事设计等服务，解决技术“最后一公里”适配问题。

5.2 实施科技特派员能力跃升计划，培养复合型“新农师”

(1) 拓展培训体系。建议将传统农技培训拓展为“数字技术应用+生态系统管理+产业经济分析+科学传播方法”四位一体的复合课程。(2) 开发新型培训模式。大力推广“案例工作坊”和“跨域实训”模式，组织生产型科技特派员学习品牌建设案例，引导价值链科技特派员深入理解智能装备原理。(3) 组建跨领域团队。鼓励组建“技术专家+农艺师+电商运营+文旅策划”等跨领域科技特派员服务团队，支持科技特派员依据自身优势向“数字农艺师”“生态经理人”“乡村品牌官”等专业化方向发展，形成协同作战能力。

5.3 设立定向激励机制，破解技术适配与数据价值转化难题

(1) 制定专项研发计划。在国家及省级重点研发计划中设立专门针对小规模、多样化生产场景的技术适配性创新专项，以“低成本、易操作、高鲁棒”为核心评审指标，并要求科研团队必须与科技特派员及农户共同申报并参与研发过程，确保成果接地气。(2) 设计市场机制。可借鉴区块链溯源经验，由政策引导、企业参与，设计基于数据的农产品优质优价市场机制。对于农户通

过数字化管理产生的经第三方核证的碳减排、水质改善等生态效益数据，开发区域性生态积分体系，使其可获得直接经济回报，从而激励数据共享与持续实践，让科技特派员的科普工作成果产生可测量的市场价值。

6 结语

本研究构建并验证了“D—E—P”三元互动分析框架，揭示了科技特派员在数字化与生态化协同中的关键中介作用，为理解农业新质生产力的形成机制提供了新的理论视角与实践路径。

然而，本研究仍存在一定局限性。一是双案例虽具代表性，但样本数量有限，框架在更多农业业态（如大田作物、畜牧养殖）中的适用性尚需进一步验证；二是研究主要依赖质性数据，未能对“D→P→E”与“E→P→D”两条路径的传导效率进行量化比较；三是对科技特派员个体差异（如专业背景、驻点年限等）对协同效果的影响尚未深入探讨。

未来研究可从以下方向展开。一是拓展至更多区域与产业类型，检验该框架的外部效度；二是结合问卷调查与结构方程模型等方法，量化检验科普在数字化与生态化协同中的中介效应；三是深入探讨科技特派员的能力结构与制度支持体系如何影响协同路径的选择与成效，为政策优化提供更精细化的依据。

参考文献

- [1] 中央经济工作会议在北京举行 习近平发表重要讲话 [EB/OL]. (2025-12-11) [2026-04-14]. https://www.gov.cn/yaowen/liebiao/202512/content_7050963.htm.
- [2] 中央农村工作会议在京召开 习近平对做好“三农”工作作出重要指示 [EB/OL]. (2025-12-30) [2026-04-14]. https://www.gov.cn/yaowen/liebiao/202512/content_7053093.htm.

- [3] 中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要[EB/OL]. (2021-03-12) [2026-04-14]. https://www.gov.cn/xinwen/2021-03/13/content_5592681.htm.
- [4] 加快建设农业强国规划(2024—2035年)[EB/OL]. (2025-04-07) [2026-04-14]. https://www.gov.cn/zhengce/202504/content_7017469.htm.
- [5] 赵皖平. 加快科技成果转化 培育农业新质生产力[EB/OL]. (2024-06-01) [2025-11-18]. <https://finance.sina.cn/2024-06-01/detail-inaxeihq0152914.d.html>.
- [6] 韩冬梅, 胡钰. “十五五”时期中国农业绿色发展愿景及行动方向[J]. 农林经济管理学报, 2025, 24(6): 849-858.
- [7] 罗玮晨, 史桂芬, 陈志臻. “数字+生态”驱动能源节约型技术进步的效应与机制——基于双试点政策的准自然实验[J]. 城市问题, 2025(2): 93-103.
- [8] 杨璐璐. 数字化赋能农村产业转型的方向与路径[J]. 农业经济, 2025(6): 51-53.
- [9] 王瑜. 数字化赋能农业高质量发展: 基本场景、实践状态与未来展望[J]. 贵州社会科学, 2023(10): 135-143.
- [10] 顾雪微, 赵向豪. 智慧农业赋能农业绿色转型的逻辑、障碍与建议——基于技术革新视角[J/OL]. 智慧农业(中英文), 1-10. <https://link.cnki.net/urlid/10.1681.s.20250901.0944.002>.
- [11] 王艳荣, 杨艳, 谢晓茜. 数字经济与农业绿色发展的协同效应对农业产业链韧性的影响——基于中国省际面板数据的实证分析[J]. 福建农林大学学报(哲学社会科学版), 2025, 28(2): 23-39.
- [12] 荆钰婷. 面向全面乡村振兴的科技特派员制度提升策略[J]. 浙江农业科学, 2025, 66(3): 789-793.
- [13] 李文昊. 数智平台赋能的科技特派员创新策略演化研究[D]. 天津: 天津理工大学, 2024.
- [14] 浙江省科学技术厅. 人才下沉科技下乡争做带头人为乡村振兴共同富裕贡献“科技特派员”力量——浙江科技特派员制度推行20周年纪实[J]. 中国农村科技, 2024(10): 16-19.
- [15] 王艳丽, 党国刚, 金蓉. 建设高质量科普体系: 新一代信息技术赋能农村科普模式的探索与实践[J]. 云南农业大学学报(社会科学), 2024, 18(3): 127-134.
- [16] 杨恒, 金兼斌. 科学资本: 概念、测量与公众参与科学研究[J]. 科学学研究, 2022, 40(10): 1737-1744.
- [17] 朱姿伊, 金兼斌. 创新农业科技推广模式: 科学资本视角下科技特派员制度解析——以南平市菌草业的科技特派员实践为例[J]. 科普研究, 2023, 18(6): 60-69.
- [18] 杨丽娟, 曾军. 创新扩散理论视角下农业技术创新与推广探析——以黔金荞麦1号为例[J]. 贵州畜牧兽医, 2025, 49(2): 1-6.
- [19] Venkatesh V, Morris M G, Davis G B, et al. User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View[J]. MIS Quarterly, 2003, 27: 425-478.
- [20] El Malouf N, Bahemia H. Diffusion of Innovations: A Review[M]//Papagiannidis S. TheoryHub Book. Newcastle: Open University Press, 2025.
- [21] Berkhout F. Technological Regimes, Path Dependency and the Environment[J]. Global Environmental Change, 2002, 12(1): 1-4.
- [22] Geels F W. Technological Transitions as Evolutionary Reconfiguration Processes: A Multi-Level Perspective and a Case-Study[J]. Research Policy, 2002, 31: 1257-1274.
- [23] 王孝璠, 崔宝玉. 农民专业合作社电商采纳行为分析——基于整合的技术采纳模型[J]. 农业现代化研究, 2023, 44(2): 316-327.
- [24] Ansell C, Gash A. Collaborative Governance in Theory and Practice[J]. Journal of Public Administration Research and Theory, 2008(18): 543-571.
- [25] 赵敏娟, 周超辉. 高质量推进农业绿色发展: 多目标协同和多中心治理[J]. 中国农业大学学报(社会科学版), 2024, 41(5): 34-49.
- [26] Staab P, Sorg C. The Rise of Digital Eco-Technocracy: Ecological Crisis, Digital Innovation and Legitimacy in the Adaptive Society[J]. European Journal of Social Theory, 2025, 28(4): 605-624.
- [27] 张文英. 数字经济赋能农业生态环境改善: 影响及机制[J]. 山西农业大学学报(社会科学版), 2025, 24(5): 51-63.
- [28] Rogers E M. Diffusion of Innovations[M]. 5th ed. New York: Free Press, 2003.
- [29] Tilman D, Cassman K G, Matson P A, et al. Agricultural Sustainability and Intensive Production Practices[J]. Nature, 2002, 418: 671.
- [30] Brossard D, Lewenstein B V. A Critical Appraisal of Models of Public Understanding of Science: Using Practice to Inform Theory[M]//Communicating Science: New Agendas in Communication. London: Routledge, 2009: 11-39.
- [31] 周腰华, 武明宇, 钟智利. 基于典型案例分析的新时代科技特派员能力与素质提升研究[J]. 农业经济, 2023(10): 105-106.
- [32] Yin R K. Case Study Research Design and Methods[M]. 6th ed. Thousand Oaks, CA: Sage Publishing, 2018.
- [33] 王崑欣. 朵朵银耳出深山[N]. 人民日报, 2023-11-21(02).

- (编辑 颜 燕 马 赫)

- (编辑 颜 燕 马 赫)

to academic guidance, talent cultivation and policy support for science popularization. For future development, it should further advance basic research, expand interdisciplinary frontiers, enhance practical relevance and strengthen talent development, so as to build itself into a top academic journal.

Keywords: *Studies on Science Popularization*; science popularization research; academic journal

CLC Numbers: N4 **Document Code:** A **DOI:** 10.19293/j.cnki.1673-8357.2026.02.005

The Role, Challenges, and Path Optimization of Science and Technology Commissioners in Science Popularization Under the Synergy of Digitalization and Ecologization

Hu Yunfei¹ Li Peisen² Li Fuduo³

(Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Guangzhou 510640)¹

(Institute of Food Science and Technology, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081)²

(Institute of Agricultural Resources and Regional Planning, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081)³

Abstract: To develop new-quality productive forces serves as both an inherent requirement and a critical lever for promoting high-quality agricultural development, among which the coordination between digital transformation and ecologization constitutes a key pathway. Focusing on rural science and technology commissioners as the key role, this research systematically explored the profound changes taking place in agricultural science popularization under the background of the digital-ecological collaboration. The research found that the role of science and technology commissioners was expanding from a single technology disseminator to a constructor and guide of digital-ecological systems, an incubator of new business forms and models, as well as a disseminator of sustainable development concepts. However, in practice, they still faced core challenges in technology promotion, including the digital divide, insufficient technological adaptability, data barriers and difficulties in value conversion. Based on this, a ternary interactive analytical framework of “digitalization-ecologization-science popularization (D-E-P)”, proposing that the effective coordination between digitalization (D) and ecologization (E) must be achieved through the process of science popularization (P) led by science and technology commissioners, and based on a comparative analysis of two cases, the “Smart Edible Fungi” project in Gutian, Fujian, and the “Digital Cultural Tourism Tea Gardens” project in Anji, Zhejiang, namely that science and technology commissioners have been systematically reshaped into constructors and guides of digital-ecological systems, incubators of new business forms, and disseminators of sustainable development concepts. The case evidence revealed two collaborative paths: the “D → P → E” empowerment transmission path and the “E → P → D” value-guiding path, and indicated that the aforementioned challenges present differentiated characteristics under different paths. Accordingly, three policy suggestions are proposed, including constructing a hierarchical and classified science popularization support system, implementing a capacity enhancement plan for science and technology commissioners, and establishing targeted incentives mechanisms, so as to break through the core bottlenecks and provide theoretical and policy references for cultivating new-quality agricultural productive forces.

Keywords: digitalization; ecologization; science popularization; science and technology commissioners; rural revitalization; new quality productive forces

CLC Numbers: N4; G315 **Document Code:** A **DOI:** 10.19293/j.cnki.1673-8357.2026.02.006

Research on Integrating the Scientist Spirit into University Science Popularization Activities: Mechanism Construction and Case Analysis from the Perspective of Practice-Embedded Science Popularization

Li Yin¹ Pei Yucheng² Yang Kai²

(School of Education, Central China Normal University, Wuhan 430079) ¹

(School of Law and Economics, Wuhan University of Science and Technology, Wuhan 430065) ²

Abstract: University science popularization constitutes a vital force within the national science popularization system and plays a significant role in advancing high-level scientific and technological self-reliance. Addressing the persistent disjunction between knowledge dissemination and spiritual guidance—a “two separate layers” phenomenon in university science popularization—this study adopts the perspective of practice-embedded science popularization and takes the “How Steel Is Made” thematic science popularization project at the National Key Laboratory of Advanced Refractories as a case. Employing a mixed-methods approach that combines design-based research with an embedded case study, this paper constructs a three-layer mapping framework of “material process—cognitive process—spiritual imagery”. Through three rounds of iterative refinement, the project crystallized into three signature practice segments: “The Quenching of Failure,” “The Exploration of the Micro World,” and “The Team Crucible.” The findings reveal that the practice-embedded science popularization mechanism, pivoting on the role configuration of participants as “junior researchers,” embeds participants into authentic scientific research processes, thereby achieving the demystification of the scientist image at the material process layer, the contextualized transformation of spiritual qualities at the cognitive process layer, and the meaning construction of value schemas at the spiritual imagery layer. Through the vertical integration of these three mechanisms, the model effectively realizes the deep coupling of knowledge popularization and spiritual internalization, offering a replicable implementation model for universities to conduct high-level science popularization and spiritual cultivation grounded in their disciplinary characteristics.

Keywords: scientist spirit; practiceembedded science popularization; university science popularization

CLC Numbers: G315; N4 **Document Code:** A **DOI:** 10.19293/j.cnki.1673-8357.2026.02.007

A Study on Job Burnout Differences and Influencing Factors among Science-Communication Educators in Natural History Museums

Xiao Yang¹ Peng Qingyun² Zhao Hongtao¹ Wang Lingling¹ Feng Jing¹

(Human Resources Department, Natural History Museum of China, Beijing 100050) ¹

(Law School, Jiangnan University, Wuxi 214122) ²