

# 数字农业基础设施有效供给的理论逻辑与实践路径

郭珍 曾悦

(东北农业大学 公共管理与法学院/经济管理学院, 哈尔滨 150030)

**摘要:**数字农业基础设施有效供给面临布局能力欠佳、供应链不成熟、应用场景缺乏等多重困境。建构国有企业主导的数字农业基础设施供给网络,突破数字农业基础设施有效供给的限制条件,形成有效强化链,是破解数字农业基础设施有效供给多重困境的重要途径。大型国有农业企业具有盈利性和非盈利性的双重功能,集领先用户、系统集成者、应用场景构建者多重角色于一体,由其主导供给可以破解数字农业基础设施布局中的“政府失灵”与“市场失灵”,进而通过“探索式-利用式”二元学习,突破研发、集成、应用等供给环节中的资源约束、能力陷阱、接受度低等诸多限制,生成较强的系统集成能力、应用场景构建能力,使数字农业基础设施供给效力得以显现。当数字农业基础设施在推动农业高质量发展上起到非线性效应、乘数效应、循环效应后,“动力—能力—效力”三者将达成有效强化链,数字农业基础设施功能不断涌现,从而推动数字农业基础设施供给不断向更高层次迈进。

**关键词:**数字农业基础设施;有效供给;国有企业;二元学习;循环累积效应

**中图分类号:**F303 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-7465(2024)06-0176-11

## 一、引言

在数字乡村发展战略下,充分发挥网络、数据、技术和知识等新要素在助推农业高质量发展上的作用,加强数字农业基础设施供给是基础和前提。数字农业基础设施是集计算机、遥感、网络与通信等多类高科技技术为一体的新型农业基础设施,包括数据资源体系、云平台等软件基础设施以及无人化、智能化的硬件基础设施等,可以塑造数字农业劳动者、数字农业劳动资料以及数字农业劳动对象<sup>[1]</sup>。从供给数量、质量与适应性等层面提升数字农业基础设施供给绩效,可以加快推进农业数字化、智能化、绿色化转型升级,形成数字化农业生产力,实现农业生产力的变革。近年来,我国高度重视数字农业基础设施建设,《数字乡村发展战略纲要》对数字农业基础设施作出系统安排,《数字乡村建设指南1.0》提出数字农业基础设施架构和若干应用场景,《数字乡村建设指南2.0》从“建什么、怎么建、谁来建”三个方面指导县域数字农业基础设施建设、运营和管理。在政策引导和支持下,各省(区、市)数字农业基础设施供给数量得到有效增长,数字农业基础设施在农业生产中得到应用。但是,相较于传统农业基础设施已经形成的成熟且流畅的设计、建造、应用等供应流程,数字农业基础设施在研发与生产、布局与应用、更新与维护等环节的成熟度较低,制约了数字农业基础设施供给数量、质量和适应性的提升。因此,如何实现数字农业基础设施有效供给成为农业高质量发展亟待解决的问题。

收稿日期:2024-06-01

作者简介:郭珍,女,东北农业大学公共管理与法学院教授;曾悦,女,东北农业大学经济管理学院硕士生。

数字农业基础设施突出的特点是技术创新性强<sup>[2]</sup>,技术含量高且面临诸多不确定性<sup>[3]</sup>,需要人工智能、区块链、5G、大数据、云计算等技术作为支撑,技术迭代升级速度快<sup>[4]</sup>。数字农业基础设施供给过程实质上就是持续创新的过程,决定了数字农业基础设施供给与传统农业基础设施供给存在较大差异。现有的关于传统农业基础设施有效供给的理论研究与实践经验分析不能对数字农业基础设施有效供给进行充分的解释,亟须加强数字农业基础设施有效供给理论逻辑与实践路径的研究。鉴于此,本文将解决以下问题:数字农业基础设施有效供给面临哪些困境?如何破解数字农业基础设施有效供给困境?在实践中,数字农业基础设施供给动力如何得到激发?在不同供给阶段和情境下,如何突破数字农业基础设施有效供给过程中的各种限制?为了解决这些关键问题,本文将在分析数字农业基础设施有效供给的现实困境与理论逻辑基础上,揭示数字农业基础设施有效供给的实践路径,以期加速推进数字农业基础设施建设提供参考借鉴。

## 二、数字农业基础设施有效供给的三重困境

数字农业基础设施有效供给是包括供应、应用、管护等诸多环节的全生命周期过程。只有在前期进行精准布局,在供应过程中提高硬件与软件基础设施的研发、集成、更新能力,不断扩大应用场景,降低供应的边际成本,才能实现有效供给。但目前,数字农业基础设施建设存在布局能力欠佳、供应链不成熟、应用场景缺乏等供给困境。

### (一) 数字农业基础设施布局能力欠佳

相较于传统农业基础设施,数字农业基础设施的迭代与折旧速度较快,存续周期一般在 10 年左右,这就要求准确把握数字农业基础设施建设速度和节奏,既要避免出现数字农业基础设施供给数量不足,又要避免数字农业基础设施脱离需求过度超前布局而带来的技术迭代淘汰风险与建成后的闲置浪费风险<sup>[5]</sup>,这对布局能力提出了更高要求。在实践中,一些地方政府积极响应中央“适度超前部署新型基础设施建设”的要求,加大对数字农业基础设施布局的宏观指导、政策支持与投入力度。但由于数字农业基础设施的属性特征,地方政府主导数字农业基础设施布局在供给端与需求端均会出现“政府失灵”。在供给端,地方政府主导布局,不仅财政压力巨大、能力不足,还可能导致低质重复供给现象出现。由于新型基础设施技术具有更高和迭代速度更快的特性,传统的政府建设不仅面临着“政府失灵”的旧疾,更缺乏全面驾驭“新基建”项目供给的能力<sup>[6]</sup>。在政府大力支持下,一些企业为获取补助进入数字农业基础设施供给领域,而实际上可能投入很少,或是生产出的产品和技术质量较低。在需求端上,政府不是市场主体,难以准备把握市场需求,对在哪些区域重点布局、重点支持何种技术和产品缺乏足够的决策信息。实践中,一些地方政府在高标准农田建设项目中加入一些数字农业基础设施设备,但与需求可能并不匹配,地方政府并没有进行充分论证,只是将一些装备和产品作为亮点和点缀,这些设备并不能被有效利用,造成资金的浪费。而完全以市场和商业为导向布局数字农业基础设施,会存在“市场失灵”。数字农业基础设施投入高、收益不确定性大、回报周期长,民营企业进入数字农业基础设施供给领域的动力与能力较低,从而出现数字农业基础设施供给不足的局面。不管是政府主导还是市场主导,数字农业基础设施布局都会存在问题,“政府失灵”与“市场失灵”同在。数字农业基础设施布局能力欠佳,对数字农业基础设施有效供给的负面影响显著。因而,既考虑市场导向,又适度超前建设,找到两者之间的平衡点,成为数字农业基础设施有效供给需要解决的首要问题。

## (二) 数字农业基础设施供应链不成熟

数字农业基础设施是集感知层、连接层、平台层、融合层、应用层等硬件设施与软件设施为一体的新型农业基础设施<sup>[4]</sup>, 不仅与工业、交通等行业的数字基础设施建设有共同的技术、产品等需求, 也有行业领域内独特的硬件、装备、技术等需求。在通用型技术、产品和解决方案提供上, 由于数字技术的前沿性和更快的迭代速度, 带来较大的技术、市场及投资回报率不确定性<sup>[3]</sup>, 需要供给者拥有雄厚的资金实力、强大的创新能力、技术发展路径规划能力和技术波动适应能力等<sup>[6]</sup>。虽然我国已经有一批数字基础设施通用性技术、产品和解决方案提供商, 但在一些关键核心技术和硬件装备上, 国产化替代率不高。数字农业基础设施还需要较多的具有农业属性的产品和解决方案提供商, 由于数字农业、智慧农业还处于起步阶段, 我国本土企业在数字农业基础设施中间产品、零部件、控制装备等的技术积累和技术能力相对薄弱, 其产品性能、稳定性、可靠性等方面相对较低<sup>[7]</sup>, 后期管理、运营与更新服务也较为缺乏, 造成数字农业基础设施有效供给所需求的底层硬件、基础软件、平台软件、应用软件供应质量较低。如国产农业传感器存在采集指标少、精度不高、耐用性差、价格高等瓶颈问题。数字农业基础设施发挥作用的关键在于, 在收集高质量农业数据后, 利用农业算力基础设施、算法模型进行计算, 为农业发展提供集成应用解决方案, 进而实现降低农业生产经营成本、提高经济收益与生态效益等多重目标。但目前, 农业领域的信息技术、智能技术以及信息交换、设备、软件接口方面缺乏统一的标准和规范, 各类数字农业基础设施的兼容性问题比较严重, 造成数据归集标准不统一, 数据全面集成工作量较大, 导致系统间很难互通, 形成了数据孤岛, 数据要素价值难以挖掘利用<sup>[8]</sup>。总体而言, 不管是通用技术及其产品, 还是专用技术及其产品与装备的供应链都不完善, 另外, 标准和规范的缺乏进一步降低了供应链的效力, 制约了数字农业基础设施供给数量、质量、适应性的提升。

## (三) 数字农业基础设施应用场景缺乏

用户需求是推动数字农业基础设施供给的重要动力<sup>[7]</sup>。数字农业基础设施有效供给依赖于一定规模的用户和网络关联度的增强, 随着用户规模的扩大、网络关联度的增强, 数字农业基础设施建设的网络效应呈现非线性的放大特征, 由此, 数字农业基础设施供给步入良性循环。与此相反, 当市场本身由于规模不足而难以产生网络外部性时, 数字基础设施建设的投资意愿也会下降<sup>[9]</sup>, 数字农业基础设施供给必然受到影响。数字农业基础设施对应用场景的要求较高, 但当前耕地细碎化程度较高, 且农户对于数字化的接受程度较低, 数字农业基础设施与小农户经营模式脱节的问题难以解决, 造成数字农业基础设施推广存在困难。具体而言, 数字技术具有一定的应用门槛, 农户对于数字化的适应能力和接纳能力并不强, 尤其是老年农民受到数字技术排斥的现象较为普遍, 农户将数字农业基础设施应用到农业生产上的动力与能力均存在不足。同时, 数字农业基础设施应用场景的拓展需要农业适度规模经营作为支撑, 集中连片经营的耕地能使数字农业基础设施在农业生产中更好地布局而发挥效益, 但目前农业规模经营水平和程度仍不高。相对有限的技术应用场景, 使得数字基础设施难以发挥助力农业农村高质量发展的优势<sup>[10]</sup>, 造成数字农业基础设施供给与农业高质量发展的步调不一致。综上, 数字农业基础设施应用场景的缺乏会制约供给能力的提升, 影响数字农业基础设施整体供给水平。

# 三、数字农业基础设施有效供给的理论逻辑

建构数字农业基础设施供给网络, 破解数字农业基础设施有效供给的限制条件, 形成有



效强化链,可以破解数字农业基础设施有效供给的多重困境,使得数字农业基础设施供给数量、质量、适应性得到提升。

### (一) 集聚:建构由国有企业主导的数字农业基础设施供给网络

破解数字农业基础设施有效供给“三重困境”,起牵引作用的核心主体是谁,如何形成集聚体以发挥不同参与主体的优势,这是实现数字农业基础设施有效供给需要回答的首要理论问题。数字农业基础设施供给是一种准市场化行为,针对数字农业基础设施建设周期长、投资大、初始建设成本高、投资回收期长、边际成本低的特殊属性<sup>[3]</sup>,由国有企业主导数字农业基础设施供给更具优势。农业领域内大型国有企业拥有雄厚的资金来源与技术研发集成能力,肩负加速数字农业、智慧农业发展的经济责任和社会责任,同时,与地方政府有着良好的合作基础,在数字农业基础设施供给网络建构中起主导作用,贯通起基础研究、技术创新和产业创新的链条,有助于破解数字农业基础设施布局、研发、应用、更新过程中的困境,形成数字农业基础设施有效供给的局面。

#### 1. 弥补“政府失灵”与“市场失灵”

国有企业具有盈利性和非盈利性的双重功能,且农业领域内的大型国有企业可以集“领先用户”“系统集成者”“应用场景构建者”多重角色于一体,双重功能与多重角色叠加决定了由国有企业主导供给可以破解数字农业基础设施有效供给中的“政府失灵”与“市场失灵”。农业领域内的大型国有企业作为数字农业基础设施的领先用户,根据市场运营需求及设施应用过程中出现的诸多问题对数字农业基础设施基本性能、主要特征参数等方面提出清晰的需求和技术条件,然后由数字农业基础设施供应链上提供硬件、软件的企业依据这些需求和技术条件进行研发,可以使数字农业基础设施的研发与生产更能适应农业生产各环节的需求。农业领域内的大型国有企业一般与高等学校、科研院所、高科技企业等创新主体之间形成了较为稳定的合作关系,以国有企业为中心节点,形成稳定的关系型供应链,系统集成数字农业基础设施供给系统,可以很好地解决数字农业基础设施供给各环节的衔接不畅问题,提高数字农业基础设施供给的质量和效率。

国有企业作为科技和经济紧密结合的重要力量、创新链和产业链的结合点,对于市场环境具有较强的适应能力,由国有企业牵头供给数字农业基础设施,充分发挥国有企业的黏合作用甚至牵引作用,不仅能加速创新,还有助于发挥各供给主体的协同力量,在实现数字农业基础设施有效供给上具有优势。另外,数字农业基础设施应用具有排他性,由国有企业等市场主体供给也具有可行性。随着数字农业基础设施供给行为人数增加,供给网络中主体的多样性和聚集性持续提升,逐渐聚集成数字农业基础设施供给聚集体,从而在能力、速度和时间三个维度上相互作用,为数字农业基础设施有效供给奠定组织基础。

#### 2. 激发国有企业数字农业基础设施供给动力

国有企业作为数字农业基础设施供给聚集体的中心节点,主导数字农业基础设施供给网络向更高层次演化,激发国有企业持续供给数字农业基础设施的动力是集聚体形成与发挥作用的关键。“利义并重”是激发国有企业数字农业基础设施供给动力的关键所在。数字要素是贯穿于国有企业价值创造全过程的重要资源<sup>[11]</sup>,当国有企业受到数字农业基础设施市场机遇、政策支持等外部信息的刺激时,将会产生较大的数字农业基础设施供给动力。虽然经济利益的满足是国有企业供给数字农业基础设施的根本动力,但在市场不确定性的环境下,市场机遇伴随着经营风险,国有企业仍需在利益与风险之间进行权衡和抉择。而履行社会责任是控制经营风险、实现国有企业转型升级和高质量发展的重要方式<sup>[12]</sup>。国有企业社会责任与其经济目标之间有着紧密的联系,通过对社会责任履行策略的不断调整,能够将社会道

德与经济利益之间的“零和博弈”转化为“正和博弈”,为其带来良好的社会声誉,获取诸多利益相关者的信任,从而通过利益相关者的支持获取市场竞争优势,实现经济目标与非经济目标的趋同<sup>[13]</sup>。

由于国有企业的特殊性质,中央政府、省级政府可以采取多种政策工具激发国有企业更好地承担数字农业基础设施供给主导者角色。一是通过规划、政策激发国有企业供给数字农业基础设施的信心和技术投入的热情。除了追求资产的保值和增值,国有企业还肩负着落实国家政策、调节宏观经济、促进社会均衡发展的责任<sup>[6]</sup>,这决定了其需要迎合国家和政府需求。二是通过研发补助、政策倾斜等资源补偿方式给予国有企业支持,保障国有企业供给数字农业基础设施能够获得足够高的收益以弥补供给的风险成本<sup>[14]</sup>。三是加大对农业领域内国有企业在供给数字农业基础设施上的业绩考核。国有企业管理层多由政府任命,与政府的关联度较高,当政府加大对国有企业数字农业基础设施供给绩效的考核力度时,国有企业管理者出于自身业绩考核、职位晋升考量,更有动力供给数字农业基础设施<sup>[14]</sup>。

## (二)学习:“探索”与“利用”结合突破有效供给困境

破解数字农业基础设施有效供给“三重困境”的核心机制是什么,国有企业主导的数字农业基础设施供给集聚体如何突破研发与生产、布局与应用、更新与维护中的限制条件,这是扩大数字农业基础设施有效供给需要解决的第二个理论问题。二元学习是提高国有企业数字农业基础设施布局、供应、应用场景构建的能力,从而突破有效供给过程中各种限制条件的核心机制。二元学习是指企业同时追求探索式学习与利用式学习,分别对应探索新可能性和利用旧确定性,有助于企业同时实现突破式创新和增量式创新。

### 1.探索式学习:生成系统集成能力

虽然国有企业具有较强的研发能力与集成能力,但数字农业基础设施是典型的复杂产品,只有不断搜集、学习、研究不同于现有知识积累的新知识,通过“干中学”“用中学”和“试验中学”等探索式学习,突破现有思维,避免组织惰性与能力陷阱,才能持续提升技术研发能力、消化吸收能力和系统集成能力,实现数字农业基础设施供给能力的全面增强。一方面,国有企业需充分整合内部知识、资源,增强研发能力。作为领先用户,国有企业广泛收集、整合既有信息、知识、资源,有针对性地研发适应性强的技术、产品、装备,提高其在数字农业基础设施供给中的话语权,引导其他创新主体按照需求研发配套产品、装备,为农业生产经营提供高质量的数字农业基础设施。另一方面,国有企业需从外部获取知识、资源,突破能力陷阱。当国有企业进行数字农业基础设施集成时,需要大量的技术知识、资源作为支撑,而国有企业内部的技术知识与资源难以满足。此时,借助于产学研合作的方式获取技术知识、资源,国有企业可以突破现有的资源和知识瓶颈,增加知识的广度与深度,能够更好地理解新的信息、识别潜在的变化,正确把握数字农业基础设施的市场需求和走向,并通过消化吸收提供数字农业系统集成解决方案,从而实现精准供给。通过探索式学习,充分整合与利用内外部知识、资源存量,进行市场需求导向的数字农业基础布局、研发与集成,可以有效缓解布局能力欠佳、供应链不成熟等供给困境。

### 2.利用式学习:生成应用场景构建能力

国有企业依照现有的知识基础,进行利用式学习,将既有经验、技术、信息、资源进行适应性的改造和应用,可以生成更多的数字农业基础设施应用场景。首先,农业领域内的国有企业可以对企业内部的生产经营管理各环节进行数字化改造。如农业领域内的一些国有企业拥有耕地资源、林地资源等,可以在国有农场、林场直接应用其研发或集成的数字农业基础设施,获取规模效应,降低数字农业基础设施研发的边际成本。“研发者”与“应用者”的双重角

色,一方面可以提高数字农业基础设施供给的精准性,另一方面可以为数字农业基础设施提供更多的应用场景,这既可以为后续数字农业基础设施研发与集成提供知识基础,也可以降低数字农业基础设施研发与集成的边际成本。其次,农业领域内的国有企业需充分利用已有的各种“关系资源”推广数字农业基础设施,让新型农业经营主体与小农户乐意购买与应用数字农业基础设施,将应用场景扩展到企业外部。农业领域内的国有企业通常已在农业生产、销售、社会化服务等农业发展各环节占据了一定的市场份额与市场优势,有较为成熟的产品、技术等推广网络,并且与地方政府有良好的合作基础,因而,可以基于已有“关系资源”加速数字农业基础设施的推广应用。最后,农业领域内的国有企业需将数据资源充分应用起来,使数据价值得到实现,不断提高数字农业基础设施更新维护能力。通过加强数据获取、治理、分析、应用和安全能力建设,探索数据资源资产化,促进数据要素产业发展,使数字农业基础设施不仅在推动农业高质量发展上效果显著,也能通过数据要素产业发展进一步提升价值。探索式学习与利用式学习同步开展,充分利用内外部知识、内外部资源,国有企业主导的数字农业基础设施集聚体在经历多次的环境检验完成演化试错,突破临界阈值而得以快速提升研发集成能力和价值水平<sup>[15]</sup>,实现数字农业基础设施供给能力的提升。

### (三) 强化:形成供给“动力—能力—效力”循环累积效应

有效强化是指数字农业基础设施供给动力、能力、效力之间存在正向影响,即动力有增加趋势时,能力、效力则会向同一个方向运动或随之变化。当数字农业基础设施供给核心主体(国有企业)的供给动力增强后,其通过双元学习提升供给能力,进而促进数字农业基础设施效力的发挥与价值增殖,在此种情况下,集聚体中的其他主体的供给动力和能力也会随之增强,进而数字农业基础设施供给效力进一步提升,达成供给“动力—能力—效力”的循环累积效应,从而数字农业基础设施供给层次实现持续跃升。在持续的交互下,数字农业基础设施供给网络中各供给主体受相同资源、知识以及认知模式等的影响会不断趋同。供给主体之间的认知“趋同”机制使得主体之间相互影响,进行相同或相近的“学习”活动和内部模型的适应性调整活动,会产生供给主体适应性学习和行为,推动数字农业基础设施供给行为涌现。以此类推,受“趋同效应”的影响,会不断发生更高质量、更高层次的涌现现象,形成“聚变效应”和“共振效应”,数字农业基础设施供给网络最终演化为多主体技术共享、决策统一、价值融合、风险与收益共担的战略性集聚体,从而使数字农业基础设施供给层次不断得到跃升。

随着数字农业基础设施供给层次跃升,供给主体之间通过聚集和协同互动实现共赢,进而带来非线性创新效应、乘数效应和循环效应。在传统的创新模式下,创新效应往往是线性的,即投入和产出成正比。但是在数字农业基础设施协同供给系统中,不同供给主体之间的合作与交互会产生非线性的效应,即产出并不是简单地与投入成正比的关系。这种非线性效应可能会带来意想不到的创新成果,从而推动数字农业基础设施供给系统的发展。当不同供给主体之间共同开展数字农业基础设施供给时,彼此的资源、技术和经验可以相互借鉴和促进,从而加速创新成果的产出甚至带动产业链的发展,这种乘数效应会大大提高整个数字农业基础设施供给系统的创新效率,产出更多的创新成果。数字农业基础设施协同供给系统还会带来循环效应。这是因为一旦数字农业基础设施得到应用和推广,就会进一步促进新的创新活动的展开,形成一种良性循环,不断扩大效益,促进数字农业基础设施的进一步发展。这种循环效应会使得数字农业基础设施供给系统不断地向前发展,形成持续的供给动力,从而推动供给能力的进一步提升和供给效力的持续放大。因此,数字农业基础设施供给动力、能力、效力之间存在相互推动的循环累积效应,关键在于形成初始的供给动力与能力,让数字农业基础设施效力得以显现,在数字农业基础设施供给集聚体的推动下,数字农业基础设施实



现有效供给。

#### 四、数字农业基础设施有效供给的实践路径

本研究以北大荒集团作为研究案例,深入揭示国有企业主导的数字农业基础设施有效供给实践路径。北大荒集团作为大型国有农业企业,在集聚机制、学习机制、强化机制的作用下,形成了集硬件设施与软件设施为一体的较为全面与完善的数字农业基础设施系统,推动了资源管理、生产种植、生产管理、加工、收储、贸易、营销、农业社会化服务等农业全产业链数字化转型。本研究将北大荒数字农业基础设施供给分为“盆景”“风景”“全景”三个阶段,深入揭示北大荒集团主导数字农业基础设施有效供给的过程。

##### (一)“盆景”阶段:数字农业基础设施从无到有

《“十三五”全国农业农村信息化发展规划》《农业部关于推进农业农村大数据发展的实施意见》《数字乡村发展战略纲要》等政策文件相继出台,对数字农业基础设施供给与应用等进行了部署。《黑龙江省“十四五”数字经济发展规划》明确提出,打造北大荒国家农业产业数字化先导区。在政府的引导与支持下,北大荒集团从2017年开始布局数字农业,对数字农业基础设施供给展开探索。在初期阶段,北大荒数字技术等资源较为匮乏,并不具备良好的数字农业基础设施供给能力。针对这种状况,在分析自身资源优势 and 劣势后,北大荒集团决定以“研发者”“集成者”的双重身份提升数字技术研发集成能力。具体而言,北大荒通过政产学研合作、依托应用场景优势等方式实现了对各类软硬件数字农业基础设施的集成。一方面,围绕“以研促用,以用促研,产研结合”,推动企业前端创新供给和终端市场需求互动,形成了由北大荒集团牵头、高校院所支撑、其他创新主体相互协同的价值共创生态,提高了政产学研用协同合作效率。北大荒集团与华为、百度、华大集团、深圳联合飞机、中国电信、商汤科技、中科院地理所、中国农业科学院、南京农业大学、浙江大学等一大批数字农业龙头企业、科研机构 and 高等院校开展了深度合作,为数字农业科研成果积累、科研人才队伍建设和科研资源整合提供了有力支撑,实现了多种数字化技术的集成。2022年底,北大荒集团与哈尔滨工业大学、东北农业大学统筹联合建设了智慧农场技术与系统全国重点实验室,通过充分利用财政资金、企业自筹资金、高等院校人才资源等推动基础类、智能感知类、智能决策类、智能执行类等关键核心技术攻关,形成了以北大荒信息公司为技术研发、成果转化和产业化应用主体的数字农业科技创新体系。通过与高等院校、龙头企业等主体的交互,形成利益共享、联系紧密的数字农业基础设施供给集聚体,北大荒集团数字农业基础设施的集成能力和研发能力得到有效提升。另一方面,北大荒集团利用自身的应用场景优势,聚焦精准农业气象、精准土壤感知、智慧农业水利、智能装备、智慧栽培、智慧育种和智慧生产等七个主攻方向,建立智慧农业创新应用场景。以应用场景建设为载体,试验示范新技术、新成果,积累成熟经验,形成了一套可复制、可推广的数字农业集成应用解决方案。

通过探索式学习与利用式学习,充分利用企业内外部资源,北大荒集团数字农业基础设施实现了从无到有的跨越式发展,建成北大荒农服APP、北大荒云计算大数据中心、离线数据库、农业综合管理平台等软件基础设施,部署了包括作业质量监测、气象监测、水位监测等各类农业传感器超万套,初步形成涵盖多领域作物生长监测的物联网体系,建设了资源资产图、作物分布图、土壤肥力图等分析决策系统,初步建成了以数据采集为基础、以技术融合为手段、以智能决策为目标的农业数字驾驶舱。这些软硬件数字农业基础设施在北大荒集团所属农场上得到了集成应用,北大荒集团已建设完成28个数字农场,数字农场核心区示范面积

40 万亩,辐射带动面积 800 万亩,全面实现主要农作物耕种管收全覆盖。数字农业基础设施的应用提升了农业生产前的决策效率以及生产过程中的作业精度和工作效率,实现了农业综合投入品利用效益的最大化以及农业生产的节本增效。数字农业基础设施作用的发挥,提升了北大荒集团农业数字经济渗透率、数字经济增加值以及集团收入和利润。数字经济成为北大荒集团转型升级的“主路径”。

### (二)“风景”阶段:数字农业基础设施由少到多

虽然北大荒集团在数字农业基础设施供给上已取得较大进展,但数字农业基础设施的属性特征,决定了要降低其供给成本,还需持续扩大数字农业基础设施应用规模。北大荒集团将数字农业基础设施推广至广大农村地区,引领小农户走向现代农业发展道路,不仅可以分摊数字农业基础设施供给成本,也可以更好地履行社会责任,实现经济效益与社会效益的协同。然而,农村地区规模经营程度不高,小农户对数字技术的认知和接受程度较低,数字农业基础设施在农村地区的推广应用面临阻碍。为进一步拓宽数字农业基础设施应用场景,北大荒集团开展利用式学习,一方面与地方政府开展垦地合作,另一方面提高数字农业服务水平,不断提升数字农业基础设施供给与推广能力。北大荒集团与北安市、黑河市等地区开展垦地合作,通过地方政府政治激励、社会动员等方式,推进耕地连片规模化经营,继而推动农业生产经营主体与北大荒集团下属分公司达成农业社会化服务协议。北大荒集团量身定制了面向垦区外部的农业社会化服务平台,向黑龙江省内县(市)乃至全国粮食主产区输出规模化、标准化、机械化、数字化生产管理模式,并将垦地各类农业数据统一归集到北大荒农业大数据中心,高效推动垦地农业资源精准匹配与综合利用,让垦地合作发展在数字化网络平台上实现了高度融合、高度统筹。

另外,北大荒集团充分利用各分公司和子公司庞大的应用场景,持续优化迭代北大荒农服 APP 和数字北大荒 APP 各项功能,为农业生产经营主体提供土地托管、农机中介、农业保险、粮食交易、植保服务、绿色食品销售、农产品质量追溯、气象环境监测、行情动态、农技咨询等农事服务,提升平台的友好交互性、智慧便捷性,增强用户黏性。截至 2023 年底,北大荒集团已完成垦区外地块绘制 53000 余块,土地托管合同面积 4700 余万亩次。通过开展数字农服、建立垦地合作信息指挥中心、数字示范园项目等,北大荒集团数字农业集成应用解决方案突破了企业边界,逐步在黑龙江省内示范推广。数字农业基础设施具有智能化、数字化、精准化等特点,将其应用于地方农业生产经营过程,有效提升了农业的应变能力和生产要素的匹配能力,降低了生产成本,提高了生产效率,实现了土地增产、农民增收、企业增效、国家增粮等多重目标,数字农业基础设施效力不断显现。

### (三)“全景阶段”:数字农业基础设施由弱变强

目前,国家对数字基础设施以及数字农业的重视程度不断提升,旨在通过农业数字化转型推动农业高质量发展。同时,农业生产经营主体对数字农业基础设施的需求也不断增多。为响应国家政策、满足用户需求,北大荒集团在打造国家农业产业数字化先导区的同时,不断向外推广数字农业基础设施。随着数字农业基础设施应用规模的扩大,数据全面集成工作量越来越大,而现阶段各类数字农业基础设施标准尚不统一,造成“数据孤岛”现象,限制了北大荒集团复制和推广数字农业基础设施的速度。同时,更大范围的数字农业基础设施供给对研发、建设、推广等资金的需求增多,北大荒集团扩大数字农业基础设施有效供给面临资金约束。为突破上述困境,北大荒集团积极争取各级政府的政策支持与资金支持。在技术与数据不兼容问题的解决上,各级政府有着较大的优势,不仅可以利用数据的收集、运算和存储等建立统一的物联网体系,还可以整合各类数据并实现数据的集中处理。北大荒集团正在将自建



的覆盖垦区4560万亩耕地的农业大数据中心与黑龙江全省农业数据进行对接,加快数字农业基础设施建设标准的统一,更好地实现数据在助推农业高质量发展中的价值。另外,北大荒集团积极争取黑龙江省对数字农场建设、农业社会化服务平台推广、数字农业科研专项等方面的财政支持,以不断扩大数字农业基础设施建设的面积、“数字农服”服务人数以及服务耕地规模,提高关键核心技术研发能力。

虽然北大荒集团在全国范围供给数字农业基础设施仍处于规划和起步阶段,但依托既有的数字农业基础设施供给经验、领先优势以及政府部门的技术和财政支持,具备逐步将农业大数据拓展到黑龙江全省和全国粮食主产区,并建成全国农业大数据中心的潜力。同时,北大荒集团正进一步发挥其在农业社会化服务上的竞争优势,致力于把北大荒农业数字化服务平台打造成我国农业领域数字平台旗舰产品,推动导航辅助系统等硬件农业基础设施推广至黑龙江全省乃至全国,进而不断推动全国农业规模化、机械化、数字化和垦地融合发展,加速国家数字农业转型进程,为提升全国粮食综合产能提供数字化支撑。随着北大荒集团数字农业的持续发展,数字农业基础设施有效供给将逐步扩大。具体而言,第一,数字农业基础设施供给数量持续增多,在黑龙江省乃至全国范围内的数字农业基础设施布局能力显著增强。第二,数字农业基础供给效率、质量和适应性提升。在各级政府的支持下,各类技术、数据标准得到有效统一,数字农业基础设施间的系统互通性增强,数据要素和基础设施应用程度提升。第三,数字农业基础设施供给普惠性增强。借助农业社会化服务这一平台,除北大荒内部和周边村屯外,黑龙江省以及全国其他地区农户也逐渐享受到数字化技术带来的便利。

综上所述,在“盆景”阶段,北大荒集团处于数字农业基础设施供给的初期,存在数字技术资源匮乏的问题,需要与高新技术企业、科研院所、高等学校等主体展开产学研合作,才能克服技术束缚,实现数字农业基础设施供给从无到有的突破。在“风景”阶段,数字农业基础设施面临推广困境,若想将数字农业基础设施供给的成功实践经验从北大荒集团内部农场“复制”到周围村屯,需要加强与地方政府的合作,利用其关系资源促进数字农业基础设施进一步推广,实现数字农业基础设施供给从少到多的跃升。在“全景”阶段,随着农业基础设施推广范围的逐步扩大,“数据孤岛”和数据兼容性问题显现,农业数据的融合、高效合理利用问题成为阻碍数字农业基础设施有效供给的关键,北大荒集团需要借助各级政府的力量,使农业数据资源达成更大范围的统一和共享,并进一步提升研发集成能力,才能实现数字农业基础设施由弱变强。

## 五、结论与启示

### (一) 结论

通过对数字农业基础设施有效供给过程进行研究,充分证明了以国有企业为主导建构数字农业基础设施供给集聚体,发挥中国特色的制度优势,可以破解数字农业基础设施有效供给的多重困境,提升国有农场和小农户发展现代农业的能力,走出一条以小农户为主的农业强国建设之道。

由于大型国有农业企业既追求经济效益,也承担社会责任,集“领先用户”“系统集成者”“应用场景构建者”多重角色于一体,由其主导供给可以破解数字农业基础设施布局中的“政府失灵”与“市场失灵”,形成优势互补、结构合理的数字农业基础设施供给集聚体。数字农业基础设施供给集聚体通过“探索式-利用式”学习,突破研发、集成、应用等供给环节中的资源约束、能力陷阱、接受度不高等诸多限制,生成较强的系统集成能力、应用场景构建能力。

如此,硬件与软件数字农业基础设施类型和种类不断丰富,数字农业基础设施供给速度、层次、质量、覆盖人群逐渐提升与拓展,形成了数字农业基础设施有效供给的局面。当数字农业基础设施在推动农业高质量发展上具有非线性效应、乘数效应、循环效应后,“动力—能力—效力”三者将形成循环累积效应,数字农业基础设施功能不断涌现,从而推动数字农业基础设施供给不断向更高层次迈进。

在实践中,数字农业基础设施有效供给并不是一蹴而就的,要经历螺旋式发展过程,北大荒集团在数字农业基础设施供给中经历“盆景”“风景”“全景”三个阶段,而实现层次跃升的关键在于不断增强“探索式—利用式”二元学习能力,充分利用企业内外部资源,一一突破有效供给中的各种限制条件。当然,政府对国有企业的引导与支持在北大荒集团数字农业基础设施供给中起较大的作用,在追求经济利益与承担社会责任的双重刺激下,北大荒集团致力于提高数字农业基础设施供给水平和质量,不仅实现了自身农业的高质量发展,也助力了小农户走上现代农业发展道路。

## (二) 启示

第一,针对不同创新主体的异质性需求,采取与之适应的支持政策,推动异质性创新主体参与数字农业基础设施供给。通过规划文件、政策支持、考核评价、项目扶持、实验室建设等多种方式增强大型国有企业数字农业基础设施供给动力与能力;通过成果转化、税收优惠和政府购买等政策支持,降低民营企业的研发成本和新产品的销售风险,提高新技术的转化率;通过直接的资金支持推动高校、科研院所学科建设、研究生培养、国际交流合作、技术研发等方面的发展,吸引其参与数字农业基础设施供给系统。在有为政府的作用下,推动数字农业基础设施供给加速形成集聚体。

第二,激发市场主体的数字农业基础设施供给动力。数字农业基础设施具有较为明显的俱乐部物品属性,遵循数字农业基础设施的发展规律进行供给,才能够达到要素的最优配置。应不断破除制度障碍,放开数字农业基础设施供给的市场准入条件,形成市场化的运作模式,通过设立产业引导基金、完善担保基金等财政政策提升市场主体供给动力。不断优化 PPP 模式,吸引更多社会资本参与数字农业基础设施供给。不断丰富数字农业发展政策,加大对数字乡村、智慧农业等方面应用场景的培育,激发市场主体数字农业基础设施供给动力与能力。

第三,加快推进数字农业基础设施标准体系建设。加快制定数字农业基础设施供给标准,有针对性地对数字农业基础设施的技术研发及应用标准进行专门的分类分级,确保各个市场主体能够按照技术标准进行相应的数字农业基础设施软硬件的研发及应用,将更多的数据、算力、技术汇集在一起,最大限度发挥数字农业基础设施在助推农业高质量发展上的潜力。

## 参考文献:

- [1] 杨军鸽,王琴梅.数字技术与农业高质量发展——基于数字生产力的视角[J].山西财经大学学报,2023,45(4):47-63.
- [2] 韦柳融.关于加快构建我国数字基础设施建设体系的思考[J].信息通信技术与政策,2020(9):63-66.
- [3] 李明,龙小燕.“十四五”时期我国数字基础设施投融资:模式、困境及对策[J].当代经济管理,2021,43(6):90-97.
- [4] 盛磊,杨白冰.新型基础设施建设的投融资模式与路径探索[J].改革,2020(5):49-57.
- [5] 王晓冬,关忠诚,董超.新型基础设施建设的内在规律、面临风险与规避策略研究[J].电子政务,2021(4):51-57.
- [6] 王雨辰.“新基建”视域下的基础设施供给方式研究[J].经济体制改革,2021(5):194-200.

- [7] 贺俊,李伟,于江,等.央企作为领先用户牵引关键核心技术突破的机制与政策建议[J].中国发展观察, 2024(2-3):131-136.
- [8] 郭珍,曾悦.农业基础设施适应性供给的现实约束与赋能探索[J].郑州大学学报(哲学社会科学版), 2023,56(4):54-59.
- [9] 李琬,张国胜.跨越“数字鸿沟”的数字基础设施建设供给政策研究[J].当代经济管理,2022,44(11):24-30.
- [10] 董晓波.新型数字基础设施驱动农业农村高质量发展的创新路径[J].学习与实践,2023(1):33-42.
- [11] 任广乾,李俊超,赵梦洁.中国式现代化背景下国有企业的使命担当与发展对策[J].郑州大学学报(哲学社会科学版),2023,56(2):50-57.
- [12] 舒欢,叶南客,邹维.企业社会责任承担与经营风险——来自上市工程企业的证据[J].社会科学,2022(12):119-130.
- [13] 刘乾,陈林.富而好德,何必曰利——论企业社会责任与经济绩效的权衡关系[J].中山大学学报(社会科学版),2023,63(1):194-206.
- [14] 张国胜,陈予涵.为什么国有企业承担了更多的高质量创新——触发条件与中国事实[J].经济学家,2023(11):69-78.
- [15] 毛征兵,陈略,范如国.中国开放经济系统及其发展模式的机理研究——基于复杂适应系统范式的解析[J].经济与管理研究,2021,42(1):16-39.

(责任编辑:宋雪飞)

## Theoretical Logic and Practical Path of Effective Supply of Digital Agriculture Infrastructure

GUO Zhen ZENG Yue

**Abstract:** The effective supply of digital agricultural infrastructure is confronted with various challenges, including inadequate planning capabilities, underdeveloped supply chains, and a scarcity of application scenarios. Establishing a digital agricultural infrastructure supply network, with state-owned enterprises at the helm, is a crucial strategy to overcome these challenges. This approach can transcend the limitations of the current supply and create a robust reinforcement chain for the effective provision of digital agricultural infrastructure. Major state-owned agricultural enterprises, which balance profit-making with non-profit objectives, assume diverse roles such as “pioneer users,” “system integrators,” and “builders of application scenarios.” By leading the supply of digital agricultural infrastructure, these enterprises can navigate past “government failure” and “market failure” in the infrastructure’s layout. Through a combination of exploratory and exploitative learning, they can overcome resource constraints, capability pitfalls, and low adoption rates in the R&D, integration, and application stages. This fosters strong system integration and application scenario development capabilities, thereby demonstrating the effectiveness of the digital agricultural infrastructure supply. As the infrastructure assumes a non-linear, multiplicative, and circular role in driving high-quality agricultural development, an effective “strength-capability-effectiveness” enhancement chain is established. The functions of digital agricultural infrastructure continue to evolve, propelling its supply to ever-higher levels.

**Keywords:** Digital Agriculture Infrastructure; Effective Supply; State-owned Enterprises; Ambidextrous Learning; Cyclic Cumulative Effect