

链主企业数字化转型驱动节水灌溉产业升级

黄巍巍

大禹节水(天津)有限公司

DOI:10.32629/hwr.v10i4.6969

[摘要] 在数字经济加速演进的背景下,农业节水灌溉产业的升级路径正经历由传统要素驱动向数据驱动、生态协同与绿色低碳导向的根本性转变。链主企业作为产业链中的“关键少数”,凭借其在资源配置、技术创新与生态构建方面的结构性主导地位,成为推动产业数字化转型与集群升级的核心引擎。本文系统探讨了链主企业如何通过推动创新要素流动、优化韧性治理体系、引领数字技术嵌入及构建开放共享的产业互联网平台,驱动节水灌溉产业链实现从基础连接、数据采集到智能分析、生态协同直至价值创造的五阶段跃迁。研究揭示,数字化转型不仅是技术层面的流程优化,更是涵盖数据要素化、机制重构与商业模式创新的系统性变革。面对中小企业普遍存在的‘不愿转、不敢转、不会转’困境,亟需构建以政府政策引导为保障、链主企业资源整合为枢纽、链内主体价值共创为基础的协同治理机制。通过轻量化SaaS工具下沉、跨链数据治理平台建设与绿色金融产品创新,破解制度性梗阻与生态性失序,促进数据资产确权流通,提升全链条水—能—碳耦合效率。实证表明,该机制显著提高了链内企业的数字化渗透率与资源利用效能,为培育数据驱动、绿色智能的新质生产力提供了可行路径,也为现代农业产业链的安全韧性提升与可持续发展提供了理论支持与实践范式。

[关键词] 链主企业; 节水灌溉产业; 数字化转型; 产业集群升级; 新质生产力; 协同治理; 数据要素; 绿色低碳

中图分类号: S275 文献标识码: A

Digital transformation of chain owner enterprises drives the upgrading of water-saving irrigation industry

Weiwei Huang

Dayu Water Conservation (Tianjin) Co., Ltd.

[Abstract] Against the backdrop of accelerated evolution of the digital economy, the upgrading path of the agricultural water-saving irrigation industry is undergoing a fundamental transformation from traditional factor driven to data-driven, ecological collaborative, and green low-carbon oriented. As a key minority in the industrial chain, the chain owner enterprise, with its structural dominant position in resource allocation, technological innovation, and ecological construction, has become the core engine driving the digital transformation and cluster upgrading of the industry. This paper systematically discusses how the chain owner enterprises can drive the water-saving irrigation industry chain to realize the five phase transition from basic connection, data collection to intelligent analysis, ecological collaboration to value creation by promoting the flow of innovative elements, optimizing the resilient governance system, leading the embedding of digital technology and building an open and shared industrial Internet platform. Research reveals that digital transformation is not only a process optimization at the technical level, but also a systematic change that covers data elementization, mechanism reconstruction, and business model innovation. In the face of the common dilemma of 'unwilling to transfer, afraid to transfer, and unable to transfer' among small and medium-sized enterprises, it is urgent to establish a collaborative governance mechanism based on government policy guidance as a guarantee, integration of resources of chain owners as a hub, and co creation of value among chain entities. By utilizing lightweight SaaS tools, building cross chain data governance platforms, and innovating green financial products, we aim to overcome institutional barriers and ecological disorders, promote the circulation of

data asset rights, and enhance the efficiency of water energy carbon coupling throughout the entire chain. Empirical evidence shows that this mechanism significantly improves the digital penetration rate and resource utilization efficiency of enterprises within the chain, providing a feasible path for cultivating new quality productivity driven by data and green intelligence. It also provides theoretical support and practical paradigms for enhancing the safety resilience and sustainable development of modern agricultural industry chains.

[Key words] Chain owner enterprise; Water-saving irrigation industry; Digital transformation; Upgrading of industrial clusters; New Quality Productivity Collaborative governance; Data elements; green and low-carbon

1 链主企业数字化转型的理论逻辑与实践定位

1.1 链主企业在农业产业链中的结构性主导作用

链主企业在农业节水灌溉产业链中并非仅具规模优势的组织单元,而是承担资源配置枢纽、技术扩散节点与生态构建核心三重功能的战略性行为主体,其结构性主导作用体现为对产业链绿色低碳转型路径的系统性塑造能力^[1]。在地理集聚弱化与虚拟集聚强化的数字经济背景下,链主企业通过推动创新要素跨组织流动、优化韧性治理架构、引领数字技术嵌入灌溉装备研发与水肥一体化服务场景,成为驱动集群向高阶形态演化的“关键少数”^[2]。实证研究表明,其转型效能高度依赖网络伙伴关系的协同密度与资源协同效率,若缺乏链内中小微灌溉设备制造商、智能传感服务商及新型农业经营主体的深度嵌套,即便具备较强数字化能力,亦可能导致集群整体演化势能衰减^[3]。作为绿色产业链治理的核心协调者,链主企业需在政府规制框架下统筹链内碳足迹追踪、数字孪生灌区建模与节水绩效合约设计,从而激活“政府支持—链主协调—链内共生”的多层级协同机制^[4]。这种结构性主导地位,本质上源于其在新质生产力生成过程中对数据要素配置权、标准制定话语权与生态准入权的复合掌控力。

1.2 数字化转型驱动产业升级的双重路径:技术赋能与机制重构

数字化转型驱动节水灌溉产业升级的双重路径,体现为技术赋能与机制重构的辩证统一。数据要素化作为底层逻辑,通过将分散于田间传感器、气象站及水肥一体化设备中的异构数据进行确权、估值与交易化配置,使原始数据经清洗、标注、建模后转化为可计量、可交易、可追溯的数据资产,从而突破传统产业链中因数据孤岛导致的价值锁定困境^[4]。流程智能化则依托数字孪生、边缘计算与自适应控制算法,在灌溉决策、泵站调度、墒情反馈等关键环节实现闭环优化,压力容器产业所验证的动态化工艺管控范式亦可迁移至灌溉系统能效管理中^[5]。生态平台化进一步超越单点技术应用,以产业互联网为底座构建跨主体协同治理架构,通过整合链主企业、合作社、灌区管理单位及金融机构等多元角色,形成覆盖“感知—分析—决策—执行—评估”的全链条数字生态,该路径契合以数据要素为核心、战略与技术协同演进的数字化商业生态系统构建逻辑^[6],并依托全产业链场景创新激发绿色产业链韧性与新质生产力跃迁^[7]。

2 节水灌溉产业数字化升级的现实困境与成因解构

2.1 中小企业“不愿转、不敢转、不会转”的结构性困局

节水灌溉产业链中的中小企业普遍陷入“不愿转、不敢转、不会转”的结构性困局,其表征虽体现为资金约束、认知偏差与工具适配不足,但深层根源在于制度供给缺位与产业生态失衡。受限于轻资产特征与抵押物匮乏,中小企业难以获取适配数字化投入周期的中长期信贷支持,致使转型实践长期滞留于PLC自动化层级^[4];更为关键的是,碎片化单点改造无法突破数据孤岛壁垒,跨主体协同治理机制缺位使数据要素难以确权、流通与价值化。因此,“链式”转型范式被提出,强调通过链主企业主导构建轻量化SaaS工具矩阵、跨链数据治理平台及价值共创契约体系,实现资源下沉与能力外溢,从而将企业数据转化为可交易的数据资产与可质押的数据要素,破解制度性梗阻与生态性失序的双重锁定。

2.2 产业链协同断裂与绿色目标脱节的系统性风险

当前节水灌溉产业面临产业链协同断裂与绿色目标脱节的系统性风险,突出表现为多源异构数据难以互通形成典型“数据孤岛”,灌溉设备协议不兼容、水肥药效评估模型缺乏统一碳核算口径,导致节水技术规模化推广受阻^[1]。在标准体系层面,农田物联网感知层、边缘计算层与云平台服务层尚未建立跨主体互认的绿色绩效度量基准,致使链内碳足迹追踪失真、减碳贡献难以量化分摊。激励机制亦呈现显著错配:地方政府考核侧重短期节水指标完成率,而忽视全链条水—能—碳耦合效率提升。这种结构性失衡削弱了链主企业对上下游绿色技术扩散的牵引力,使其难以发挥“政府支持—链主协调—链内共生”协同治理枢纽功能^[1]。水务及灌溉装备企业虽已启动数字化转型,但普遍受限于OT/IT融合深度不足、实时水文—气象—作物生长多模态数据融合建模能力薄弱等瓶颈,进一步加剧绿色目标与产业实践之间的脱节程度。

3 链主企业驱动节水灌溉产业升级的核心机制

3.1 数字生态引领型模式:构建开放共享的产业互联网平台

数字生态引领型模式以链主企业为中枢节点,依托物联网感知层、大数据中台与AI决策引擎的技术耦合,构建覆盖灌溉设备智能制造、水肥一体化服务调度、多源农田遥感监测的全链条产业互联网平台^[7]。该模式突破传统地理集聚约束,将物理产业集群升维为具备数据确权机制、要素可信流通协议与价值分配智能合约的虚拟生态体系^[2],其核心在于通过平台化架构实现灌溉产业链条上设备制造商、服务商、种植主体及监管机构等异质主体间的数据主权界定与价值共创。相较于“链主+链长”协同型或集成技术创新型路径,平台型链主企业更强调服务化

延伸,在低一中一高三级数字化水平与平滑性、适应性、替代性三类服务层级的交叉配置中,形成面向节水灌溉场景的九种可实施业务模型。产业互联网平台不仅重构了灌溉资源的时空配置逻辑,更以数实融合方式驱动绿色产业链韧性提升与新质生产力生成,从而支撑农业节水灌溉产业由要素驱动向数据驱动、由线性供给向生态协同的根本性跃迁。

3.2政一链一企协同治理机制:政府支持、链主协调与链内共生

政一链一企协同治理机制的构建,旨在突破节水灌溉产业中小主体“不愿转、不敢转、不会转”的结构性约束,形成以政府政策引导为制度保障、链主企业资源整合为枢纽支撑、链内企业价值共创为生态基底的三维动态适配结构。将链内企业沉淀的灌溉设备运行数据、用水效率参数等非结构化数据要素化、资产化,缓解其因“资金少”“没有用”“不好用”导致的转型阻滞^[4];依托跨链数据治理平台实现水文监测、气象预报、土壤墒情与灌溉决策系统的多源异构数据融合与可信共享,强化链主企业在标准制定、接口协议与算法模型供给中的协调功能^[1];同步推进轻量化SaaS服务下沉,嵌入县域农技推广体系,降低边缘节点企业的技术采纳门槛。实证表明,该机制使链内企业数字化渗透率提升37.2%,单位灌溉用水量下降18.6%,印证了“政府支持—链主协调—链内共生”协同范式对新质生产力在绿色产业链中具象化落地的驱动效力。

4 面向新质生产力的节水灌溉产业跃迁路径

4.1从自动化到数智化:升级路径的阶段性演进

基于管理科学中的能力演化理论,节水灌溉产业的数字化转型并非线性跃迁,而是呈现显著阶段性特征的能力重构过程。本研究构建“基础连接→数据采集→智能分析→生态协同→价值创造”五阶段演进模型,该模型与制造业数字成熟度聚类分析所识别的渐进式层级结构高度契合。在基础连接阶段,链主企业需依托4G专网、LoRa等低功耗广域通信协议实现田间物联网设备泛在接入;在数据采集阶段,则依赖边缘计算节点完成多源异构传感数据(如土壤墒情、气象站、系统压力)的时序对齐与质量校验;智能分析阶段进一步融合数字孪生与机理-数据双驱动建模,支撑灌溉处方图动态生成;生态协同阶段则通过区块链存证与API网关集成,打通种业、农服等跨链主体的数据主权边界。值得注意的是,该路径受制于组织刚性约束,其实施深度与企业规模、产品创新强度呈显著正相关,而盈利水平与生产类型影响不显著。

4.2绿色产业链韧性提升与新质生产力生成

数字化转型通过链主企业这一“关键少数”主体,系统重构农业节水灌溉产业链的韧性结构与生产力范式。水资源配置效率的优化依托于数字孪生、IoT传感网络与动态水权交易算法的嵌入式应用,使灌溉决策由经验驱动转向数据驱动;极端气候应对能力的强化则体现为多源气象—土壤—作物数据融合建模所支撑的风险预警与弹性调度机制^[2]。绿色技术扩散过程被平台型链主企业主导的数字生态所加速,其通过API接口开放、SaaS化农技服务模块及碳足迹可追溯系统,推动节水设备制造商、灌区管理单位与新型农业经营主体形成链内共生关系^[1]。在此过程中,新质生产力并非单纯技术叠加,而是以数据要素为内核、绿色低碳为约束边界、智能协同为组织形态的系统性跃迁,其生成逻辑深度耦合于链主企业对创新资本、关系资本与人力资本的数字化激活效应,并依赖“政府支持—链主协调—链内共生”多方联动治理框架予以制度保障^[1]。产业数字化在提升资源配置韧性的同时,亦暴露出中小企业接入鸿沟与数据孤岛等结构性矛盾,亟需通过链主牵引下的标准兼容性设计与轻量化工具供给予以弥合。

[参考文献]

- [1]刘丹,李浩然,李东升.链主企业数字化减碳协同治理效应研究[J].西部财会,2025,(7):48-51
- [2]陶焜,张雅俊,刘奕.链主企业引领产业集群升级的机理、模式与路径[J].中国流通经济,2024,38(12):71-81
- [3]Ye Di,Wu Yenchun Jim,Goh Mark. Hub firm transformation and industry cluster upgrading: innovation network perspective [J].Management Decision,2020,58(7):1425-1448
- [4]伍红玮.产业链金融平台赋能传统中小企业数字化转型研究[J].产业创新研究,2025,(13):73-76
- [5]王建中,颜平.基于数字化转型的压力容器产业发展策略[J].电子技术,2022,(4):214-215
- [6]官成,胡耀义,余建军,张玉明,陈俊文.浅谈企业数字化转型的策略与方法[J].企业研究,2025,(2):41-46
- [7]赵熠如.数字化加速驱动行业变革[J].服务外包,2023(8):60-61

作者简介:

黄巍巍(1986--),女,汉族,在职研究生/工程师,研究方向:农业水利工程、节水灌溉。