

# 数字乡村视域下农业高质量发展的路径探析 ——以山东省寿光市为例

都冰冰, 刘新宇, 李海亮, 唐旭迪, 鲍祉澄

大连海洋大学经济管理学院, 辽宁 大连

收稿日期: 2025年12月25日; 录用日期: 2026年1月22日; 发布日期: 2026年1月29日

## 摘 要

数字化农业水平的提升是实现农业现代化、保障农产品质量安全和提高农业生产效率的重要途径, 也是助力乡村振兴战略, 发挥乡村振兴新动能的必由之路。近年来, 寿光市有关数字农业的科技创新以及物联网技术等已经取得一定进展, 但仍有不足之处, 通过寿光市农业发展现状及其困境, 提出在数字乡村背景下农业高质量发展的实施路径, 从而有效推动寿光市的农业可持续发展。

## 关键词

数字农业, 高质量发展, 乡村振兴

# Analysis of the Path of High-Quality Agricultural Development in the Field of Digital Countryside

## —Taking Shouguang City, Shandong Province as an Example

Bingbing Du, Xinyu Liu, Hailiang Li, Xudi Tang, Zhicheng Bao

School of Economics and Management, Dalian Ocean University, Dalian Liaoning

Received: December 25, 2025; accepted: January 22, 2026; published: January 29, 2026

## Abstract

The improvement of the level of digital agriculture is an important way to realize agricultural modernization, ensure the quality and safety of agricultural products and improve agricultural production efficiency. It is also the only way to help the rural revitalization strategy and give full play to

文章引用: 都冰冰, 刘新宇, 李海亮, 唐旭迪, 鲍祉澄. 数字乡村视域下农业高质量发展的路径探析[J]. 农业科学, 2026, 16(2): 147-153. DOI: 10.12677/hjas.2026.162021

the new momentum of rural revitalization. In recent years, Shouguang City has made some progress in scientific and technological innovation and Internet of Things technology related to digital agriculture, but there are still shortcomings. Through the current situation of agricultural development in Shouguang City and its difficulties, the implementation path of high-quality agricultural development in the context of digital countryside is proposed, so as to effectively promote the sustainable agricultural development of Shouguang City.

## Keywords

Digital Agriculture, High-Quality Development, Rural Revitalization

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 文献综述

至今为止,农业生产在很大程度上受到客观条件的限制,例如农业基础设施老化、劳动力短缺问题凸显、市场信息不对称、面源污染仍较严重以及科技投入区域不平衡,从长远角度出发,为实现农业质量提升和效率增加而提供的关键支撑的资源正日益收受到紧张的约束。近年来,国内外学者围绕数字乡村、数字农业、智慧农业及其对农业高质量发展的影响开展了大量研究。总体上,这些研究可分为四类:一是政策与战略层面的梳理(国家级文件与政策评估);二是技术层面的综述(IoT、传感器、数字孪生、人工智能在温室与精细农业中的应用);三是采纳与扩散机制研究(驱动因素、制度约束及主体行为);四是标准化、数据治理与隐私安全研究。

在政策与战略层面,中央出台的《数字乡村发展战略纲要》与《2023年数字乡村发展工作要点》为我国数字乡村建设提供了顶层设计与阶段性任务,明确了乡村数字化到2025年的重要目标与任务(中共中央办公厅、国务院办公厅;中央网信办等,2019;2023)[1][2]。

在技术综述方面, Sinitsa (2021)、Fuentes-Peñailillo *et al.* (2024)以及 Choruma *et al.* (2024)对数字农业与智慧农业技术(包括IoT、遥感、AI、数字孪生)进行了系统回顾,指出这些技术在温室自动化、灌溉控制、病虫害预测及产量优化等方面具有显著潜力,并讨论了开放数据与平台互联互通的挑战[3]-[5]。

关于温室与设施农业的实证与方法研究, Autonomous Greenhouse Challenge、Hemming *et al.* (2020)和 Ariesen-Verschuur (2022)等研究对智能温室中AI控制、数字孪生和传感器应用进行了具体阐述,展示了以西红柿和樱桃番茄为代表的设施蔬菜高产稳产示范案例,对寿光设施农业具有重要参考价值[5]-[7]。

在采纳与扩散机制方面, Birner *et al.* (2021)、Manzoor *et al.* (2025)与一系列关于低中等收入国家技术采纳的综述强调了私营部门、地方组织与政策激励在推动数字农业扩散中的关键作用,并指出农户对成本、易用性和收益不确定性的敏感性是制约采纳的重要因素[8]-[10]。

在标准化、数据治理与隐私方面,孙悦与项松林(2024)及庞美蓉(2021)等研究强调了构建农业数据标准、推动数据共享和分级管理、以及保护农户隐私的必要性;此外,关于农业数据安全的技术研究(如加密通信、访问控制与分级存储)为地方实施提供了技术路径选择[11]-[13]。

此外,存在若干以中国地方为案例的研究(例如对寿光智慧农业的分析、云南和湖南数字农业路径研究),这些研究为本文在寿光市情境下提出可操作性对策提供了直接的地方经验借鉴[2][14]。基于上述文献,我们将本文的研究定位为:在政策框架与技术前沿成果的双重参照下,以寿光市为案例,补充地方

数据与试点建议，重点关注标准化体系构建、地方企业(如寿光蔬菜产业集团)牵头的示范带动机制、以及可落地的人才与安全保障路径。

2. 寿光市概况

寿光市地处弥河、小清河下游的鲁北冲积平原，地势南高北低，相对平坦，属暖温带季风区大陆性气候。根据寿光市农业农村局记载，近年有 5 万个大棚应用了物联网装备，其中 1.6 万个大棚应用了现代数字化技术和智能化装备。通过国土测绘高清 3D 地图，将 15.7 万个蔬菜大棚和 1487 个批发市场以及 1600 多家农资门店全部纳入监管，实现了对农资交易信息的自动采集，构建起覆盖产前、产中、产后的全产业链监管服务体系。例如寿光崔岭西村建设的 39 个高标准智能化蔬菜大棚，全部配备智能化装备，节约劳动力 40%、亩产效益提高 30%，如表 1 引用。

Table 1. Status of the construction of agricultural digital infrastructure in Shouguang City  
表 1. 寿光市农业数字化基础设施建设情况

指标	数量	数据来源
完成物联网改造大棚数量(个)	50,000	寿光农业农村局(2024)
实现智能化示范棚数量(个)	16,000	寿光农业农村局(2024)
纳入监管大棚总数(个)	157,000	寿光 3D 地图平台
农资门店监管数量(家)	1600	寿光农业农村局
农产品批发市场数量(个)	1487	寿光农业农村局

3. 数字乡村推动农业高质量发展的内在逻辑

强化数字素养培育，坚守数字技术创新推动，因此，在技术赋能方面，大数据、物联网和人工智能等精准监测生产环境以及指导生产从而实现智能化管理。产业融合上，打破边界，以电商平台促进一二三产业融合，拓展增收渠道[2]。在要素配置中，优化劳动力、资金等要素，提升农民素质与提供精准金融服务。创新驱动下，营造创新氛围，激发创新活力，如开展农产品溯源系统创新可使数字技术全方位推动农业高质量发展。通过以下四点指出数字乡村驱动农业高质量发展有着清晰的内在逻辑。

3.1. “数字乡村”完善技术赋能

推进农业发展、实现乡村振兴依旧存在着技术成本高、农民适应难、数据安全风险等等缺点。通过数字农业实现乡村全面振兴需要加大农业科技，推进农业生产数字化改造。因此要充分发挥物联网技术，从而精准地进行灌溉、施肥、调整光照等作用，就像为农作物打造一个适宜生长的“定制环境”，提高农作物的产量和品质，为后续推进农业高质量发展打下坚实基础。

3.2. “数字乡村”促进产业融合

通过数字技术提高农业发展不能只局限于单一产业，要与不同产业或同一产业不同行业相互渗透、相互交叉，最终融为一体，逐步形成新型农业产业。就目前来说，农业生产、加工、销售等环节各自独立发展的情况仍较普遍，环节衔接不顺畅、分配不合理等问题日益显著，因此需打破单一壁垒，拓展产业链化解信息孤立问题，贯彻落实“产业与农业合作共赢”的理念，提高农业生产效率[3]。

### 3.3. “数字乡村” 优化要素配置

数字化技术首先在很大程度上打破了传统金融服务的地域限制，为农业经营主体提供更加便捷和高效的信贷支持。其次数字乡村的建设能够吸引一批懂技术、有创新思维的年轻人返乡创业，为农村发展注入新的活力。此外，利用卫星遥感、地理信息系统等技术，可以对土地进行动态监测，合理规划土地，提高土地利用率。

### 3.4. “数字乡村” 激发创新驱动

数字乡村是建设数字中国的重要内容，尤其是农业现代化的重要引擎和支撑。在数字经济和智慧农业牵引下，激发了农民创新意识和创业热情，积极探索新的农业经营模式，如发展特色农业、有机农业等，打造农产品品牌，提高农产品附加值。依此，坚守数字技术创新推动从而攻克阻碍，农业农村迈向数字经济、数字文明新时代，并且直接对农业产业、农业经营、乡村建设、乡村治理以及农业高质量发展奠定了深远影响[5]。

## 4. 寿光市农业高质量发展基本现状及困境

根据调查研究表明，在寿光市数字化农业建设当中面临的主要挑战有数字化技术、数字化安全及隐私、数字技术专业人才短缺以及数字化标准体系不健全四个方面。其中，数字化技术是提升效率、创新和精准决策的基础，数字化安全及隐私是维护我国农业发展信息、促进农业发展的重要保障，数字技术专业人才是推动创新、保障发展质量的核心，数字化标准体系是规范生产、提高运行效率的支柱。正因如此需全力完善以下四个方面[1] [4]。

### 4.1. 数字化技术应用成本较高

经寿光农企调研(2024)，智能化大棚前期投入约为传统大棚的 2.3 倍，其中设备成本占比 64%，维护成本占比 12%，如表 2 所示。

**Table 2.** Comparison of input costs between digital greenhouses and traditional greenhouses (Unit:10,000 Yuan per Mu)

**表 2.** 数字化大棚与传统大棚投入成本比较(单位：万元/亩)

项目	传统大棚	数字化大棚	增幅比例
建设成本	4.2	9.8	+133%
设备投入	0.8	6.3	+688%
年维护成本	0.6	1.2	+100%
合计	5.6	17.3	+209%

数据来源：寿光农企访谈与寿光农业农村局预算公开(2024)。

#### 4.1.1. 硬件设备投入大

一方面，依赖于进口高端设备，导致关税以及运输成本使得总额变得高昂；另一方面，寿光市的农业生产环境情况比较特殊，如蔬菜大棚结构独特，所用设备需定制改造，这不仅加大了支出还加重了农户和企业的负担。

#### 4.1.2. 软件系统开发投入大

寿光市在软件系统开发过程中因农业生产和管理复杂多样化，常用的基本软件无法满足需求，需要

定制开发,并且随着数字化技术的提升和市场变动,软件需要不断更新维护,因此在数字化技术应用当中软件系统开发费用较高。

## 4.2. 数字化安全及隐私保护存在挑战

### 4.2.1. 数字化农业数据泄露风险

一方面,物联网设备存在技术漏洞将导致软件或通讯设备容易被黑客利用;另一方面,网络安全防护不足、内部人员管理不善等问题都可直接导致数字化农业技术在传输、储存或使用环节被窃取。

### 4.2.2. 相关人员隐私保护问题

目前寿光市参与数字化农业的农户、科研人员、企业员工、电商从业者等人才比比皆是,他们的个人信息在数字化农业当中也会被收集和使用,如农户的种植信息、消费者的购买记录等。如何保护个人隐私不被滥用,也是目前数字化农业发展面临的一个重要环节。

## 4.3. 数字技术专业人才短缺

数字化农业与传统农业不同,对专业才有迫切需要。传统农业所依赖的是农户通过自身的种植经验进行劳作,依靠自身劳动力精耕细作,而数字化农业与科技紧密联系,无论是对农业生产的智能设备维护、质量监管的数据处理还是电商运营都迫切需要懂技术的高端人才。这种短缺一方面是由于地方教育体系的落后对数字农业复合型人才培育不足,另一方面是寿光本身对人才的吸引力是有限的,不管是薪资还是发展空间与大城市相比是缺乏竞争力的,因此在数字化农业高度发展新时期人才的供应难以跟上。

## 4.4. 数字化标准体系不健全

生产标准与数据标准缺乏一致性。在农业生产过程中,农户与企业所指定的标准各异,间接导致了农产品质量参差不齐,数据的兼容性和互操作性差。例如在生产标准上,不同农户种植的西红柿有的凭经验确定种植间距和施肥量而有的参考某一数字化方案,因二者未统一,导致西红柿大小、甜度不一,影响市场销售和品牌打造。在数据标准上,各蔬菜大棚采集温度数据,有的传感器精确到 $0.1^{\circ}\text{C}$ ,有的是 $1^{\circ}\text{C}$ ;在存储数据过程中,有的用本地硬盘,格式随意,有的用云存储但数据结构不同;在数据传输过程中,通信设备有差异,这使得在分析温度对蔬菜生长影响时,数据无法有效整合利用,从而难以准确指导生产,阻碍了质量监管部门获取全面准确数据,无法精准监管蔬菜质量。因此,生产标准与数据标准如不能整合统一,不仅影响品牌建设和市场销售,还阻碍了数字化农业的协同发展[5]。

## 5. 寿光市数字乡村推动农业高质量发展的实施路径

### 5.1. 加强数字化基础,完善数字化技术

寿光市数字化技术的发展离不开政府、企业以及民间组织的带动,对于提升农业现代化水平、实现高质量发展有着重大意义。具体涵盖三部分执行路径:一是强化设施建设。在完善数字化技术的过程中可以借助政府资金支持,如政府出台的农业设施建设专项补贴或对农业设施生产企业的增值税给予一定的减免。引进新型材料并进行研发从而提高农业设施的性能和使用寿命,如农业生产过程中的高强度骨架材料等来增强设施的抗风抗压能力;二是提高技术助力。通过政府、企业以及科研机构的资金投入,积极鼓励高校和科研院所对大数据、人工智能深化和区块链融合等数字化技术进行探讨研究;三是合理分配软硬件设备的成本。在寿光建立本地的维修团队以及服务中心,减少因等待远程供应商维修而产生的额外成本,也可由农业行业协会或政府部门牵头,在本地建立多个互助基金会,购买软硬件设备



时可从基金会中获得一定的财政支持从而缓解财务压力。

5.2. 加强数字化隐私保护，提升安全质量

在当今社会，互联网成为信息传播的高速通道，为农业数字化转型提供关键力量，也正因如此需加强隐私保护、提升安全质量迫在眉睫。具体涵盖三部分执行路径：一是加强内部人员管理。通过组织培训提高农业从业者对隐私保护的灵敏度。聘请专业人才负责农业数字化系统的安全维护和数据保护工作，及时发现并处理漏洞，有效保证相关数据资料的安全；二是完善相关法律法规。当地政府可出台针对农业数字化安全与隐私的相关政策，明确制定惩罚措施，为农业数字化营造良好的法律环境；三是强化访问控制。因寿光市本身是“蔬菜之乡”，所涉及的农业从业人员复杂且多，因此建立严格的访问控制系统，赋予相应的访问权限，确保只有授权人能够进行访问指定的数据，从而减少人员信息的外泄。

5.3. 加强专业人才培养，促进本土人员返乡

在数字技术和农业高质量发展深度融合下，寿光作为农业大市也因此面临许多新的机遇和挑战。加强专业人才培养，促进本土人员返乡是实现乡村振兴的重要举措。具体涵盖三部分执行路径：一是加强教育体系建设。寿光当地政府、农业企业可以与本地高校进行联合培养，开设相关农业课程，为学生提供实习基地，从而围绕实际场景展开学习；二是建设数字农业产业园区。寿光政府可通过优惠政策吸引外地企业入驻本市，为高校学生及本土人员创造大量的就业机会；三是优化居住环境。通过政府专项资金的投入以及社会资本参与等大力改善乡镇的基础设施建设，营造良好的数字化氛围，从而吸引本土人员回流推动农业可持续发展。

5.4. 健全数字化标准体系

Table 3. Key parameters of digital cultivation of tomatoes in Shouguang (Demonstrative)

表 3. 寿光西红柿数字化种植关键参数(示范性)

生长阶段	参数指标	数值范围	控制方式
育苗期	温度(℃)	22~26	智能控温系统
生长期	土壤湿度(%)	60~70	自动滴灌系统
开花期	光照(Lux)	18,000~22,000	补光设备自动调节
采收期	糖度(°Brix)	≥5.0	采收前 7 天控水

数据来源：寿光蔬菜集团技术规范草案(2024)。

数字化标准体系的发展关乎未来农业生产效率的提升以及整个寿光农业产业链的稳定与可持续发展，构建符合寿光数字化标准体系需涵盖三部分：一是明确目标需求，借鉴团队经验。基于农村一、二产业确定寿光独有的体系建设为后续制定框架打下基础。参考数字化农业发展成熟的地区并进行一定的效仿和改善，例如荷兰的温室大棚，从控制温度、湿度到农产品的生长阶段所用到的环境参数是可以成为寿光的参考标准；二是建立标准框架，积极开展试验点。基于数字技术在生产环节、质量检测以及加工环节三部分构建框架及开展局部试点。在生产环节中，监管环境质量以及灌溉施肥等标准来提高农作物的成熟生长效率，例如寿光西红柿的开花期土壤湿度保持在 60%~70%，通过智能灌溉系统自动调节，精准控制肥料的配比和用量，从而提高农业生产效率。在质量检测中，提前确定农业产品的质量统一性，通过智能化设备严格检查有害物质，保障消费者的食品安全。在加工环节，建立农作物的分类和清晰的数

字化标准,将数据录入智能图像识别系统,提高该环节的准确性;三是建立动态更新机制,加强品牌宣传能力。在动态更新机制方面,寿光数字农业体系中需多方位安插监测点,例如大棚内部温度等,还需掌握一定量的农产品质量检测、市场价格变动以及数字技术实施中的反馈情况等,例如建立寿光蔬菜买卖市场数据收集点,实时观察价格变化情况。在品牌宣传方面,挖掘寿光“数字乡村”的独特性,设计统一的宣传标语及口号,合理确定品牌定位,如“智慧蔬菜之都”,营造出数字技术能够带给寿光农业的产品质量高,安全可靠性强,如表3所示。

## 参考文献

- [1] 中共中央办公厅,国务院办公厅. 数字乡村发展战略纲要[Z]. 2019.
- [2] 中央网信办等五部门. 2023 年数字乡村发展工作要点[Z]. 2023.
- [3] Sinitsa, Y., Borodina, O., Gvozdeva, O. and Kolbneva, E. (2021) Trends in the Development of Digital Agriculture: A Review of International Practices. *BIO Web of Conferences*, **37**, Article 172. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20213700172>
- [4] Choruma, D.J., Dirwai, T.L., Mutenje, M.J., Mustafa, M., Chimonyo, V.G.P., Jacobs-Mata, I., *et al.* (2024) Digitalisation in Agriculture: A Scoping Review of Technologies in Practice, Challenges, and Opportunities for Smallholder Farmers in Sub-Saharan Africa. *Journal of Agriculture and Food Research*, **18**, Article 101286. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101286>
- [5] Hemming, S., Zwart, F.D., Elings, A., Petropoulou, A. and Righini, I. (2020) Cherry Tomato Production in Intelligent Greenhouses—Sensors and AI for Control of Climate, Irrigation, Crop Yield, and Quality. *Sensors*, **20**, Article 6430. <https://doi.org/10.3390/s20226430>
- [6] Rayhana, R., Xiao, G. and Liu, Z. (2020) Internet of Things Empowered Smart Greenhouse Farming. *IEEE Journal of Radio Frequency Identification*, **4**, 195-211. <https://doi.org/10.1109/jrfd.2020.2984391>
- [7] Ariesen-Verschuur, N., Verdouw, C. and Tekinerdogan, B. (2022) Digital Twins in Greenhouse Horticulture: A Review. *Computers and Electronics in Agriculture*, **199**, Article 107183. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.107183>
- [8] Birmer, R., Daum, T. and Pray, C. (2021) Who Drives the Digital Revolution in Agriculture? A Review of Supply-Side Trends, Players and Challenges. *Applied Economic Perspectives and Policy*, **43**, 1260-1285. <https://doi.org/10.1002/aep.13145>
- [9] Manzoor, F., Wei, L., Siraj, M., *et al.* (2025) Digital Agriculture Technology Adoption in Low and Middle-Income Countries—A Review of Contemporary Literature. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, **9**, Article 1621851. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2025.1621851>
- [10] Tawfeek, M.A., Yanes, N., Jamel, L., Aldehim, G. and Mahmood, M.A. (2023) Adaptive Deep Learning Model to Enhance Smart Greenhouse Agriculture. *Computers, Materials & Continua*, **77**, 2545-2564. <https://doi.org/10.32604/cmc.2023.042179>
- [11] 孙悦, 项松林. 数字乡村建设: 分析框架, 现实梗阻与提升路径[J]. 云南农业大学学报(社会科学), 2024, 18(3): 149-157.
- [12] 庞美蓉, 张铭磊. 数字农业背景下的数字化养殖标准体系构建探索[J]. 中国标准化, 2021(15): 136-140.
- [13] 朱倩玉, 郭新源. 寿光市智慧农业发展现状及对策研究[J]. 广东蚕业, 2023, 57(1): 76-78.
- [14] 雷颖, 叶战备. 数字乡村建设对农业高质量发展的影响[J]. 技术与市场, 2025, 32(11): 172-178+185.