第42卷 第3期　　华 中 农 业 大 学 学 报　　Vol.42 No.3
2023年 5月　　Journal of Huazhong Agricultural University　　May 2023,1～9

张益,宋洪远.智慧农业赋能乡村振兴:传导机制、关键问题与路径优化[J].华中农业大学学报,2023,42(3):1-9.
DOI:10.13300/j.cnki.hnlkxb.2023.03.001

# 智慧农业赋能乡村振兴:传导机制、关键问题与路径优化

张益[1],宋洪远[2]

1.北京大学经济学院,北京102213;2.华中农业大学乡村振兴研究院,武汉430070

**摘要**　智慧农业不仅是实现农业农村现代化的重要途径,更是全面推进乡村振兴的关键抓手。为更好地发挥智慧农业对实现乡村振兴的推进作用,本文梳理了乡村振兴背景下我国智慧农业发展的政策演进,阐释了智慧农业发展赋能乡村振兴的传导机制,分析了当前智慧农业发展存在的关键问题,并在此基础上提出了路径优化建议。研究发现,智慧农业主要从激发产业动能、助力人才培育、增强文化自信、改善生态环境、优化基层治理五个方面赋能乡村振兴。当前,我国智慧农业发展仍面临着中长期政策尚不完善、关键核心技术仍有短板、投入保障机制尚未健全、数据采集管理应用水平较低、经营管理者参与意愿不强等关键问题,未来应从5个方面着手改进:制定中长期精细化政策规划;打赢关键核心技术攻坚战;健全投入保障机制;提升数据采集管理应用水平;打造高素质人才队伍。

**关键词**　智慧农业;乡村振兴;传导机制;关键问题;路径优化

**中图分类号**　F323;S126　　**文献标识码**　A　　**文章编号**　1000-2421(2023)03-0001-09

党的二十大报告强调要全面推进乡村振兴,加快建设农业强国,扎实推动乡村产业、人才、文化、生态、组织振兴。实施乡村振兴战略的总目标是实现农业农村现代化,而作为农业农村现代化的重要内容,智慧农业对促进农业转型升级、推动城乡融合发展、提高农业质量效益和竞争力具有重大现实意义,是全面推进乡村振兴的关键抓手[1]。

在学术界,有关智慧农业的研究也受到了广泛关注。当前相关研究主要集中在以下4个方面:一是智慧农业的概念界定。李道亮[2]对比物联网技术,赵春江[3]基于系统工程学的视角,曹冰雪等[4]结合现代农业发展趋势,何可等[5]按照应用领域的不同,定义了智慧农业的概念,即将现代信息技术成果应用到农业生产、经营、管理、服务全产业链,以进行智能化控制,可细分为智慧农业生产(例如,智能农业大棚)、智慧农业管理(例如,农村电商)、智慧农业服务(如农技专家线上指导)、智慧农业安全追溯(如农产品溯源二维码)等[6]。二是智慧农业技术的应用前景。Jayaraman等[7]、Goel等[8]、Ratnaparkhi等[9]、He等[10]、蒙继华[11]、罗锡文等[12]评估了物联网技术、大数据技术、传感器技术、ICT技术、遥感技术和智能农机技术等基于新一代信息技术的智慧农业技术在农业生产中的实践和应用;三是智慧农业发展的国际经验。蒋璐闻等[13]、刘建波等[14]、陈雪等[15]和郑建华等[16]梳理了美国、日本、法国、澳大利亚等国家智慧农业的发展经验。四是智慧农业的发展路径。现有研究主要从加强规划引领、实施技术攻关、培养人才队伍和搭建信息服务平台等方面提出促进智慧农业高质量发展的对策建议[17-19]。然而,尽管学者们针对智慧农业的许多方面进行了深入探讨,但不难发现已有研究内容多聚焦于智慧农业在乡村振兴某一方面的实践[20]、智慧农业的单项技术应用[21]或智慧农业发展经验总结[22]。对于紧密结合乡村振兴背景,从宏观视角出发探讨智慧农业赋能乡村振兴的研究并不多见。鉴于此,本文对智慧农业发展赋能乡村振兴进行较为全面、系统的探讨,梳理乡村振兴背景下我国智慧农业发展的政策演进,明确智慧农业发展赋能乡村振兴的传导机制,找准智慧农业发

收稿日期:2023-02-19
基金项目:海南省社科基金项目(HNSK(ZC)19-20);国家自然科学基金青年项目(71803094)
张益,E-mail:zhangyihainan@163.com
通信作者:宋洪远,E-mail:jing1202@sohu.com

展赋能乡村振兴存在的关键问题，并在此基础上提出路径优化建议，以期推动农业产业向数字化、网络化、智能化方向不断迈进，实现乡村振兴的全面突破。

## 1 乡村振兴背景下我国智慧农业的政策演进

在全面推进乡村振兴背景下，国家和地方高度重视智慧农业发展，积极推动现代信息技术与农业农村各领域各环节深度融合。为更好发挥智慧农业对乡村振兴的赋能作用，国家强化顶层设计，地方积极实践探索，形成了一系列上下联动、多方参与、协同合作的政策体系，为智慧农业的稳步发展提供了有力保障。

### 1.1 中央持续强化智慧农业发展顶层设计

党中央、国务院高度重视智慧农业发展，先后作出了实施智慧农业工程、突破智慧农业核心技术等重大部署，系统规划了未来我国智慧农业发展方向、路径和重点任务，着力推动现代信息技术在农业农村发展中的实践应用。自2010年联合国粮食及农业组织(FAO)首次正式提出“气候智慧型农业”以来，我国也启动了物联网技术在农业领域的应用示范建设。2016年中央一号文件首次提及智慧农业，标志着我国智慧农业发展上升至国家战略高度。此后，历年中央一号文件从科技研发突破、工程建设实施、技术应用推广、数据体系构建等方面对智慧农业发展作出具体部署。其中，科技研发创新是智慧农业发展的基础，工程建设实施是智慧农业发展的载体，技术应用推广是智慧农业发展的途径，数据体系构建是智慧农业发展的支撑。这些部署体现了中央对智慧农业发展的战略思考和规划布局，为推动我国农业现代化和乡村振兴提供了重要指引和保障。具体来看，2016年提出应用现代信息技术，推进农业全产业链改造升级；2017年提出强化智慧农业科技攻关，开展智慧农业工程，推动农业物联网试验示范和农业装备智能化；2018年提出开展智慧农业林业水利工程，推动物联网试验示范和遥感技术应用；2019年要求加快突破农业关键核心技术，以创新驱动智慧农业发展；2020年提出加快物联网、大数据、人工智能、5G、智慧气象等现代信息技术在农业领域的融合应用；2021年强调发展智慧农业，建立农业农村大数据体系，继续推动新一代信息技术与农业生产经营深度融合；2022年再次强调推进智慧农业发展，重点推动信息技术在农机农艺方面的应用；2023年提出加快农业农村大数据应用，推进智慧农业发展。综上所述，近年来中央一号文件持续重点关注智慧农业，以实施智慧农业工程为依托，以突破智慧农业关键核心技术为抓手，以促进现代信息技术与农业深度融合为导向，不断增强对智慧农业发展的战略指导和制度设计。

自2016年以来，历年中央一号文件对智慧农业发展的指导和要求，得到了党中央、国务院、农业农村部、中央网信办等相关部门的积极响应和落实。许多部门陆续出台了《数字乡村发展战略纲要》《数字农业农村发展规划(2019—2025年)》《“十四五”全国农业农村信息化发展规划》等一系列政策文件，从不同层面和角度对智慧农业发展进行了具体部署。这些政策文件的主要内容可以归纳为以下几个方面：一是加快乡村基础设施智能化转型，提升农业生产效率和质量，实现农业生产经营精准化、管理服务智能化；二是加快建设智慧农(牧)场和智慧绿色乡村，促进农业生态环境保护和资源节约利用；三是推进农业生产经营和管理服务数字化改造，建立健全5G引领的智慧农业技术体系，强化战略性前沿性技术超前布局；四是推进乡村治理数字化，建立农业农村大数据体系，提高乡村治理水平和效率。总体而言，这些政策文件体现了相关部门对智慧农业发展的重视和支持，为推动我国智慧农业发展提供了政策引导和制度保障。同时，这些政策文件也反映了我国智慧农业发展的理论思路和实践路径，即以现代信息技术为核心驱动力，以提高农业生产效率和质量为主要目标，以促进乡村振兴为战略愿景，以精准化、智能化、数字化为主要手段。

### 1.2 地方积极探索智慧农业发展实践

在国家不断加强顶层设计的背景下，各地方深入贯彻落实中央精神，积极实践探索，并结合自身情况，相继出台政策规划支持引导当地智慧农业发展，主要包括以下3种形式。

一是打造省级智慧农业云平台和服务体系，实现农业生产管理和服务的信息化、网络化、智能化。2019年2月，山东省人民政府印发《数字山东发展规划(2018—2022年)》，提出加快建设“1+10+N”全省智慧农业云平台和智慧农业服务体系，助力打造乡村振兴齐鲁样板；2020年12月、2021年10月，辽宁省人民政府办公厅分别印发《数字辽宁发展规划(1.0版)》和《数字辽宁发展规划(2.0版)》，其中着重提出

建设省智慧农业中心和智慧农业大数据平台，构建智慧农业产业链数字化服务体系。

二是建立智慧农业示范、应用基地，探索智慧农业的集成应用和模式创新，提升智慧农业的示范引领作用。2019年6月，黑龙江省人民政府印发《“数字龙江”发展规划（2019—2025年）》，提出将哈尔滨、大庆、齐齐哈尔等地作为现代农业转型重点区域，开展智慧农场、智慧林场、智慧草场、智慧牧区等集成应用示范；2021年10月，湖北省农业农村厅发布《湖北省数字农业发展“十四五”规划》，提出推进农业生产智能化，打造一批行业标准化示范基地和示范企业；2019年11月，重庆市人民政府办公厅印发《重庆市智慧农业发展实施方案（试行）》，2021年12月，重庆市农业农村委员会印发《重庆市数字农业农村发展“十四五”规划》，分别提出打造农业特色“互联网”示范小镇和建设一批智慧农业生产示范基地。

三是通过智慧农业技术应用促进传统农业转型，加快现代信息技术与农业生产经营的融合，提高农业生产效率和质量。2020年4月，河南省人民政府办公厅出台《关于加快推进农业信息化和数字乡村建设的实施意见》，提出加快现代信息技术与农业生产管理融合，发展智慧农业，建设智慧农（牧）场；2020年4月，中共云南省委办公厅、云南省人民政府办公厅印发《关于加快推进数字乡村建设的实施意见》，要求加快推动农业生产加工等基础设施智能化转型，推进智慧农业建设；2020年11月，中共江苏省委办公厅印发《关于高质量推进数字乡村建设的实施意见》，提出实施智慧农业升级赋能行动，加快农业生产过程数字化转型；2021年6月，天津市人民政府办公厅印发《天津市推进农业农村现代化“十四五”规划》，提出全面提升以智慧农业为引领的新一代信息技术在农业各领域的应用，助力农业智能化生产；2022年5月，江西省人民政府办公厅印发《江西省数字政府建设三年行动计划（2022—2024年）》，强调加快乡村基础设施数字化转型，推进全省智慧农业建设。

智慧农业是我国由农业大国迈向农业强国的必由之路。从以上政策梳理不难发现，自实施乡村振兴战略以来，党中央、国务院日益重视智慧农业发展，近年中央一号文件连续聚焦、相关政策措施陆续出台，明确将发展智慧农业作为构筑农业现代化发展的方向，积极促进现代信息技术与农业发展融合，推进农业产业的智慧化转型。《数字乡村发展战略纲要》《数字农业农村发展规划（2019—2025年）》《“十四五”全国农业农村信息化发展规划》及各省（区、市）相关政策规划的出台，标志着我国智慧农业发展日益从顶层规划走向实践落地，开启了智慧农业发展的新阶段。

## 2　智慧农业发展赋能乡村振兴的传导机制

智慧农业不是信息技术在农业中的单一应用，而是将物联网、大数据、“5S”①等多种现代信息技术与农业深度交融后形成的技术体系，具有管理决策科学化、装备控制智能化和要素投入精准化等突出特征[1]。智慧农业具有丰富的内涵和外延，在经济、政治、社会和文化等方面均有重要的现实基础，可以从产业、人才、文化、生态、组织5个方面赋能乡村振兴。

### 2.1　激发产业动能

产业兴旺是乡村振兴的重要基础，是解决农村发展问题的前提。智慧农业可以在产业发展的多个环节中激发产业动能。首先，智慧农业可以通过精准监测管理农作物墒情、苗情、病虫情、灾情等，为生产者作出科学决策并提供依据，从而降低生产成本，提升农业生产效率和资源利用效率。例如，2022年9月，北京市密云区智慧大棚种植蔬菜，通过传感器设备精准控制蔬菜生长环境的温度、湿度、通风、光照等条件，利用水肥一体化生长监测系统监测营养液的流量，从而使得蔬菜生长期大幅延长，叶菜产量可达传统农业的5倍，西红柿糖度可提高30%，并节省50%以上的水肥投入（https://page.om.qq.com/page/OcgIFDoU6kM-anjG4PyVH30g0?source=cp_1009）。其次，智慧农业可以通过数字化供应链建设解决信息不对称问题，畅通农产品“产购储加销”各个环节的信息渠道，根据匹配供给侧和需求侧精准制定相应的生产和销售计划，加快农业全产业链发展。例如，贵州省铜仁市在“大数据+农业销售”的助力下，聚集生态茶、生猪、家禽等优势特色产业，积极提升农业全产业链数字化水平，累计建成农村电子商务服务站点530个，2022年全市农产品网络零售达8亿元，增长29.27%[23]。最后，智慧农业可以通过与现代信息技术的融合发展驱动农村传统产业的形态发

① “5S”指遥感技术（RS）、地理信息系统（GIS）、全球定位系统（GPS）、数字摄影测量系统（DPS）、专家系统（ES）。

生“裂变”，促进产业转型升级和创新发展，发展出无人机植保、农机自动驾驶、智慧乡村旅游等农村新产业新业态新模式，能够更加合理地配置有限资源，拓展产业多元价值。例如，截至2022年4月，新疆博州农业农村机械化发展中心使用智慧农机管理平台，已将5G、北斗导航等智慧化技术接入635台（套）农机上，完成了春季作业监控面积14 120 $hm^2$[24]。

### 2.2 助力人才培育

人才振兴是乡村振兴的重要支撑，人才兴则乡村兴，人气旺则乡村旺。首先，智慧农业可以通过“互联网＋专家”模式，实现远程信息分析，进行异地农技指导，既能提高服务的精度和效率，又能缓解农村技术人才不足的问题。据《2022互联网农技专家发展报告》（https://www.comnews.cn/content/2022-08/18/content_15162.html）显示，走上“云端”的农技专家每年以62%的增速增长，46%的专家线上回复农民咨询数超过500条，其中7%的专家回复超过5 000条，有效解决了农民在生产过程中遇到的难点、堵点问题。其次，智慧农业可以通过“互联网＋教育”模式，充分利用教育资源信息化“共享”“全面”“便利”“成本低”等特点，通过产学研深度融合培养一批有文化、懂技术、善经营、会管理的“新农人”。例如，湖南省惠农网自2013年成立以来，打造农技知识服务信息化平台，通过精品视频课程、在线直播课程等方式提供在线学习服务（https://www.cnhnkj.com/post/793.html），目前已积累15 000期视频课程，强化知识帮扶和信息普及。最后，智慧农业可以通过“互联网＋就业”模式，建立智慧农业人才信息库，精准对接农业人才就业期望和乡村用人需求，确保乡村人才引得进、留得住、用得准。例如，截至2022年12月，山东省惠民县麻店镇就对接各类高层次人才28人，柔性引进高端专家5人，新引进本科以上青年人才281人，各类专家建档入库256人，大“专家库”在“小乡镇”发挥着巨大作用[25]。

### 2.3 增强文化自信

文化振兴是乡村振兴的灵魂，可以提振、激发农民的信心和力量。首先，智慧农业可以通过现代信息技术手段，加强农村网络文化阵地建设，提升社会主义新农民的文化自信。例如，江苏省盐城市安丰镇通过数字演播、数字艺术展示等创新形式展示“盐官巡街”等民俗文化，促进乡村文化智慧化发展传播，提升乡村文化自信[26]。其次，智慧农业可以通过建设智慧农业科技园、产业园等，助力乡村文旅产业发展，既能展示高新技术在农业领域的应用，又能展现乡村特色文化。例如，江苏省南京市现代农业示范园区，园区运营模式从单一的观光农业模式发展到集休闲、观光、度假、科普、电子商务于一体的智慧农业新模式，目前已建成高效设施蔬果生产示范区占地200 $hm^2$，高效水产养殖区占地90 $hm^2$，高科技智能玻璃温室40 000 $m^2$，带动农户100余户，成为都市智慧农业新样板[27]。最后，智慧农业可以通过“互联网＋文化”模式，通过数字化信息技术采集和存储，创意性提炼出独具本土特色的乡村文化，推动乡村文化数字化发展，并加强对农村优秀传统文化的保护与传承。例如，2021年4月，广东省佛山市三水区建设南山镇万亩智慧农业园，打造集“传统、现代、未来”三大农业主题于一体的、不同时期农耕文明激荡、融合的“农耕博物馆”，传承传统农耕文明，展示现代农业生产，绘就未来农业蓝图（https://www.thepaper.cn/newsDetail_forward_12128161）。

### 2.4 改善生态环境

良好的生态环境是农村的重要优势和宝贵财富，是实现乡村振兴的支撑点。首先，智慧农业可以通过“5S”技术对农业生态环境进行监测和评价，建立农业生态环境模拟模型，监测区域内农业生态环境的变化趋势，为生态环境的科学管理提供依据。例如，山东省将“5S”技术引入生态环境监管工作，从传统监测向智慧监测转变，全省设置自动监控点位1.2万余个，截至2022年12月，共汇集数据402亿条（https://www.thepaper.cn/newsDetail_forward_21369492），其中环境质量、污染源等实时监测数据实现“即产生、即共享”，有力支撑了各地区环境形势综合研判、环境污染追因溯源、环境风险预测预警、环境治理成效评估等工作的开展。其次，智慧农业可以通过智慧土肥、智慧灌溉、无人机植保、智慧农残检测和其他智慧农业废弃物资源化利用等方式，在减少农业生产和农村生活对生态环境的污染和破坏的同时，又能保证农产品绿色低碳安全。例如，上海市青浦区练塘镇绿椰基地打造“物联网＋数字化”种养的智慧化鱼菜共生示范系统，常年生产练塘茭白、杭白菜、美洲鲥、加州鲈等，年总产量约5 000 t。此系统实现了“低投入、高产出、零污染”的要求，且间接治理了周边的水体环境[27]。最后，智慧农业可以通过协助当地制定科学的生态环境保护和修复规划，推动农业绿色可持续发展。例如，河北省栖泉公

司大力发展5G+智慧农业，利用气象监测系统、可视化监控系统、大数据展示采集系统等分析白鹿泉乡的资源环境情况，对接中国农业大学、河北省农科院等专家，2021年已完成野生皂角嫁接和侧柏种植的山体植被生态修复项目[28]。

### 2.5　优化基层治理

基层治理是国家治理的根基，推动乡村治理能力现代化是优化基层治理的重要手段。首先，智慧农业可以通过大数据、云计算、物联网等信息技术手段进行数据采集、挖掘、分析，预测乡村公共事务发展趋势，为乡村基层治理提供决策辅助，协助提升基层治理主体的精准治理能力[29]。例如，2017年7月，甘肃省陇南市开发陇南乡村大数据平台，覆盖了乡村3 200多个，认证村民达到70多万（http://f.china.com.cn/2020-11/17/content_76918606.htm），通过对宣传、基层党建、综治维稳、民族宗教、群团、扶贫、民生等信息的收集、处理和分析，为政府决策提供相应的数据服务。同时，通过对社情民意的实时监控，定时发布舆情信息，实现对乡村公共危机的及时发现、及时处理。这一案例体现了利用现代信息技术提高乡村治理效率和水平的特点。其次，智慧农业可以通过打造线上政务办理平台，发布政务信息，将申报低保、民政救助、残疾人补贴等行政事务转为线上办理，既能在一定程度上方便农民，又能为部分基层工作人员减负，提升了双方的沟通效率。例如，湖南省常德市石门县开发“屋场钉”数字治理平台，只需“钉一下”工作人员，村民就能足不出户有效解决问题，实现日常事务一站式办结。这一案例体现了利用网络技术优化乡村服务和管理模式的特点。最后，智慧农业可以通过建设农村集体资产管理信息化系统，便于集体成员监督管理集体资产，有效防止集体资产被内部个别人控制或被外部资本侵占，确保集体资产精准治理，守好农村集体“家底”。例如，自2022年贵州省开阳县花梨镇清江村启用黔农智慧乡村数字服务平台以来，先后完成村务运转、村集体劳务等线上支付结算65笔共计324.61万元（https://www.gznxbank.com/html/xn9999999/detail/58_19162.html）。通过推动村集体资金非现金结算，确保每笔资金去向都有迹可查，有效促进农村集体资产管理规范化、透明化、廉洁化。这一案例则体现了智慧农业利用信息化技术保障乡村集体利益和发展的特点。

## 3　智慧农业发展赋能乡村振兴存在的关键问题

尽管当前我国智慧农业建设发展势头良好，取得阶段性成效。但也应注意到我国智慧农业的发展仍处于探索阶段，在赋能乡村振兴的过程中仍存在一些关键问题亟待解决。

### 3.1　中长期精细化政策还需完善

推动乡村振兴健康有序进行，要规划先行、精准施策，而推动智慧农业赋能乡村振兴，同样要建立健全完善的政策体系。虽然“十三五”时期，乡村振兴开局良好，智慧农业建设取得初步成效，但也必须注意到，一方面，目前我国智慧农业发展仍由政府主导，且多数地区还处于初期探索阶段，关于智慧农业详细的中长期发展规划和精细化政策法规尚未建立健全，不利于智慧农业中长期的稳定发展。另一方面，当前智慧农业发展规划和政策大多融于数字农业、数字乡村中，尤其是智慧农业与乡村振兴相结合方面，缺乏单独的、有针对性的中长期规划和政策，长此以往，难以支持智慧农业的长远健康发展。

### 3.2　关键核心技术仍然存在短板

关键核心技术是国之重器。只有将智慧农业关键核心技术真正掌握在自己手中，才能为赋能乡村振兴提供有力支撑。虽然目前我国部分智慧农业单项技术，例如无人机农业信息获取及应用技术在世界上居于领先地位，但从整体上看，我国智慧农业关键核心技术无论是硬件还是软件方面与发达国家仍存在差距，短板较为明显。就硬件而言，我国自主研发的农业传感器灵敏度较差、稳定性较低，且70%的农业传感器核心元器件依赖进口。农业机器人研发基础薄弱，高速、高精、重载等高性能整机产品供给缺乏，80%的农业机器人机械高端整机产品来自国外。就软件而言，我国智慧农业仍未掌握核心算法，对外依存度超过90%（https://wxb.xzdw.gov.cn/xxh/xxhgzdt/202211/t20221126_298430.html），软件开发中存在照抄照搬问题，难以与我国智慧农业的发展实际需求完全兼容。

### 3.3　投入保障机制尚未健全

智慧农业涉及互联网、物联网、大数据、人工智能、“5S”等新型基础设施建设和配套软件技术与农业融合的应用。一方面，相较于工业、服务业等行业，其在研发、生产和经营的周期更长，综合性更强，风险更大，因此财政投入是智慧农业早期发展的重

要资金保障。另一方面,智慧农业运营维护和升级改造的投入远大于初期建设成本,这一特点也导致了资本投入意愿相对较弱。因此,仅依靠财政投入难以满足智慧农业赋能乡村振兴的需求,亟待金融、社会积极参与投入,形成健全的智慧农业发展投入保障机制。

### 3.4 数据采集管理应用水平有待提高

数据不仅是由传统农业向智慧农业转型的基础和保障,还是现代农业发展和乡村振兴的重要资源要素。智慧农业在生产、加工、运输、销售等阶段均需要数据支撑,其数据的采集越全、质量越高,分析结果也就更加准确,智慧农业模型的预测误差就越小,即越贴近实际。过去农业农村数据的采集方式多依靠调研、普查、访谈等形式,难以解决核心数据缺失、底数不清等问题,获得的数据不够全面和准确。同时,由于农业农村数据采集后会分布在多个部门,而相关部门彼此间大多独立维护,且数据的标准化程度不高,使得数据难以有效整合,最终导致数据共享程度较低。在数据应用阶段,由于智慧农业应用场景复杂多变,数据分析能力和应用水平不高,要将数据纳入不同的模型和算法,并定向到个体农户的生产中还存在较大难度。

### 3.5 农业经营管理者参与意愿和能力仍需加强

农民是乡村振兴的主体,智慧农业的发展和实践离不开农业经营管理者的参与。一方面,智慧农业初期和维护费用投入大、周期长,同时也对土地经营规模和生产设备均有较高的要求,因此,农业经营管理者由于资金不足、规避风险等因素导致其参与智慧农业的意愿不强。另一方面,相较于传统农业,智慧农业需要经营管理者具有较强的信息应用能力,通过使用互联网高度关注、研判产销、天气、病虫害等信息,熟悉掌握现代化农业技术。然而,当前我国农村人口老龄化问题严峻,教育水平整体偏低,尤其是务农劳动力队伍素质不高,这也直接导致了农业经营管理者对发展智慧农业的认知程度不高、对信息技术的应用能力不足。高素质农业人才的缺乏极大地限制了智慧农业的发展。

## 4 智慧农业发展赋能乡村振兴的路径优化

“十四五”时期是智慧农业从“盆景”走向“风景”的关键时期,要顺应国内外新形势新变化,对标乡村振兴总要求,总结经验,补齐短板,更好地发挥智慧农业对实现乡村振兴的推动作用。

### 4.1 制定中长期发展规划和精细化政策法规

在顶层设计方面,对标实施乡村振兴战略的总要求,按照实施乡村振兴战略2035年和2050年的目标任务,结合国家需要、农民要求、市场需求,围绕重点领域、重点产业,从智慧农业激发产业动能、助力人才培育、增强文化自信、改善生态环境、优化基层治理五个方面制定智慧农业赋能乡村振兴的中长期发展规划和精细化政策法规,明确智慧农业赋能乡村振兴的愿景、目标、路径和措施。在地方实践中,各地区有关部门在研究出台相关政策时,应在充分考虑当地实际情况的基础上,积极实现智慧农业政策的精细化拓展,围绕农业生产数字化转型、农产品透明供应链、农业大数据智能服务等具体方面,为智慧农业赋能乡村振兴制定明确细致的中长期工作目标、工作思路和工作重点,并根据实际情况进行动态调整和完善。

### 4.2 打赢关键核心技术攻坚战

基础研究是科技创新的源头,也是智慧农业发展的根基。为了加强智慧农业科技基础理论研究,提高智慧农业的自主创新能力和应用水平,需要在智慧服务、智能决策、智能控制、信息感知等关键领域重点发力,组织开展一批面向国家战略需求和乡村振兴发展目标的重大科技项目,突破一批具有原创性和引领性的核心技术和关键技术;同时,充分利用产学研用各方资源,建立健全智慧农业科技创新体系和协同机制,形成从科学研究到实验开发再到推广应用的“三级跳”闭环,提高科技成果转化率和应用效益。在硬件技术研发方面,尽快实现农业传感器核心元器件国产化,增加国产农业机器人的高性能整机产品研发供给,破解智慧农业硬件设备进口依赖难题,降低智慧农业建设成本和运行风险。在软件技术创新方面,重点围绕智慧农业模型与算法、农业大数据智能计算等短板技术及薄弱环节开展攻关,掌握核心算法,降低对开源算法和国外算法的依存度,提高智慧农业软件系统的安全性和稳定性。积极探索智慧农业赋能乡村振兴的应用场景,打造包括产业转型、环境治理、文化保护等模式多样的信息服务产品,满足不同地区、不同类型、不同层次的农民需求,促进乡村经济社会全面发展。

### 4.3 健全多元化投入保障机制

根据智慧农业发展需求,健全完善以政府为主体、社会力量广泛参与的多元化投入保障机制,实现

智慧农业投入的多元化、稳定化和长期化。中央和地方财政加强智慧农业建设资金投入保障，中央政府确保预算内投资对智慧农业的支持力度只增不减，地方政府可通过扩大专项债券、一般债券等形式加大对智慧农业工程建设的投入，同时加强对智慧农业建设资金的监督管理和绩效评价，提高资金使用效益。加大金融机构服务智慧农业的力度，创新金融产品与服务，鼓励推行以智慧农业硬件设施、土地经营权抵押等方式进行融资，降低智慧农业建设的融资成本和门槛，同时加强对智慧农业融资项目的风险评估和监测，防止出现坏账和逾期还款等问题。开发智慧农业保险试点，推动建立多层次、高保障、符合智慧农业赋能乡村振兴需要的保险产品体系，为智慧农业建设提供风险分散和补偿机制，同时加强对智慧农业保险项目的监管和评估，防止出现道德风险和逆向选择等问题。积极鼓励引导社会资本投资智慧农业，落实好智慧农业赋能乡村振兴的相关政策，增加智慧农业的社会资本投资，同时加强对社会资本投资项目的引导和监督，防止出现恶性竞争和垄断等问题。

### 4.4　提升数据采集管理应用水平

整合利用自然资源、农业农村、统计等部门的现有资源，结合乡村振兴五大目标，建设智慧农业赋能乡村振兴基础数据库，涵盖农业生产、经营、管理、服务等各个环节的基础数据。利用天空地一体化智慧农业观测网络和各类农业园区、基地的物联网数据采集设施，加速形成政务数据、产业数据、社会数据和企业数据汇聚、共享、利用的机制，实现对农业生态环境、农产品质量安全、农业市场供需等动态信息的实时监测和分析。以粮食和重要农产品为重点，通过物联网、大数据、云计算等新一代信息技术和种植业、种业、畜牧业、渔业、农产品加工业等全面深度融合，推进智慧农业全产业链大数据建设，构建从田间地头到餐桌端的全程可追溯体系，提高农产品质量和效益。强化数据采集、传输、存储、共享、安全等标准体系建设，提升数据采集管理应用水平，制定统一的数据格式、接口、协议等规范，保障数据的完整性、准确性和可靠性，防止数据泄露、篡改和滥用。

### 4.5　打造高素质人才队伍

紧密结合乡村振兴的总要求，创新开展智慧农业经营管理人员培训，利用线上线下相结合的方式，在培训中重点普及信息技术在农业中的应用技术、模式、成效等，让大家“看得见”也“摸得着”智慧农业的好处，提高参与智慧农业建设的意愿，同时加强对培训效果的跟踪评估和反馈，提高培训质量和效率。建设一批智慧农业科教合作实践教学基地，把对基层干部、农村科技特派员、农技员等的培养作为基地建设和评价的重要内容，重点围绕农业生产基地智慧化改造、智慧农业信息技术操作规程与工艺、农机智能装备操控与管护、应用系统与平台使用及后期维护等方向，培养应用能力突出的智慧农业推广人才，打造一支乡村振兴背景下适应智慧农业发展需求的高素质人才队伍。加强对高校和科研院所的引导和支持，鼓励开设智慧农业相关专业和课程，培养一批具有创新精神和实践能力的智慧农业人才。

## 参考文献 References


[1]　宋洪远.智慧农业发展的状况、面临的问题及对策建议[J].人民论坛·学术前沿，2020(24)：62-69.SONG H Y.The status and problems of smart agriculture development and responses [J]. Frontiers，2020(24)：62-69 (in Chinese with English abstract).

[2]　李道亮.物联网与智慧农业[J].农业工程，2012，2(1)：1-7.LI D L.Internet of things and smart agriculture[J].Agricultural engineering，2012，2(1)：1-7 (in Chinese with English abstract).

[3]　赵春江.智慧农业的发展现状与未来展望[J].华南农业大学学报，2021，42(6)：1-7.ZHAO C J.The development status and future prospect of intelligent agriculture [J].Journal of South China Agricultural University，2021，42(6)：1-7(in Chinese with English abstract).

[4]　曹冰雪，李瑾，冯献，等.我国智慧农业的发展现状、路径与对策建议[J].农业现代化研究，2021，42(5)：785-794.CAO B X，LI J，FENG X，et al.Development status，path，and countermeasures of smart agriculture in China [J]. Research of agricultural modernization，2021，42(5)：785-794(in Chinese with English abstract).

[5]　何可，朱润，罗斯炫.规模养猪户智慧农业技术采纳意愿的决定因素——基于互联网普及的视角[J].华中农业大学学报，2022，41(3)：69-78.HE K，ZHU R，LUO S X.Determinants of the willingness of large-scale pig farmers to adopt intelligent agricultural technology：based on the perspective of internet popularization[J].Journal of Huazhong Agricultural University，2022，41(3)：69-78(in Chinese with English abstract).

[6]　张小燕，邓选国，欧阳欢，等.建设智慧农业科普基地探索——以海口热带农业科技博览园为例[J].中国热带农业，2022(5)：65-69.ZHANG X Y，DENG X G，OUYANG H，et al.Exploration on the construction of popular science base for smart agriculture：taking Haikou tropical agricultural science and technology expo park as an example[J].China tropical agriculture，2022(5)：65-69(in Chinese with English abstract).

[7]　JAYARAMAN P P，YAVARI A，GEORGAKOPOULOS D，

et al. Internet of things platform for smart farming: experiences and lessons learnt[J/OL]. Sensors, 2016, 16(11): 1884[2023-02-19].https://doi.org/10.3390/s16111884.

[8] GOEL R K, YADAV C S, VISHNOI S, et al. Smart agriculture: urgent need of the day in developing countries[J/OL]. Sustainable computing: informatics and systems, 2021, 30: 100512 [2023-02-19].https://doi.org/10.1016/j.suscom.2021.100512.

[9] RATNAPARKHI S, KHAN S, ARYA C, et al. Smart agriculture sensors in IOT: a review[J/OL]. Materials today: proceedings, 2020: 138 [2023-02-19]. https://doi. org/10.1016/j. matpr.2020.11.138.

[10] HE K, LI F, WANG H, et al. A low-carbon future for China's tech industry[J].Science, 2022, 377(6614): 1498-1499.

[11] 蒙继华. 卫星遥感技术助力智慧农业[J]. 高科技与产业化, 2018(5): 54-59.MENG J H.Satellite remote sensing technology helps intelligent agriculture[J]. High-technology & commercialization, 2018(5): 54-59(in Chinese).

[12] 罗锡文, 廖娟, 胡炼, 等. 我国智能农机的研究进展与无人农场的实践[J]. 华南农业大学学报, 2021, 42(6): 8-17, 5.LUO X W, LIAO J, HU L, et al.Research progress of intelligent agricultural machinery and practice of unmanned farms in China[J]. Journal of South China Agricultural University, 2021, 42(6): 8-17, 5(in Chinese with English abstract).

[13] 蒋璐闻, 梅燕. 典型发达国家智慧农业发展模式对我国的启示[J]. 经济体制改革, 2018(5): 158-164. JIANG L W, MEI Y. The inspiration of typical developed countries' smart agriculture development model to China[J]. Reform of economic system, 2018(5): 158-164(in Chinese with English abstract).

[14] 刘建波, 李红艳, 孙世勋, 等. 国外智慧农业的发展经验及其对中国的启示[J]. 世界农业, 2018(11): 13-16.LIU J B, LI H Y, SUN S X, et al. The development experience of foreign smart agriculture and its inspiration to China[J]. World agriculture, 2018 (11): 13-16(in Chinese with English abstract).

[15] 陈雪, 毛世平, 马红坤. 耦合视角下生产性服务业与智慧农业发展的研究——基于美国的经验与启示门[J]. 农业现代化研究, 2021, 42(4): 610-618.CHEN X, MAO S P, MA H K.The developmentof producion services and smart agriculture from the perspective of coupling experiences and implications from the case of the United States[J]. Research of agricultural modernization, 2021, 42(4): 610-618(in Chinese with English abstract).

[16] 郑建华, 赵瑞雪, 赵华, 等. 智慧农业信息服务发展的国际经验与启示[J]. 中国农业科技导报, 2022, 24(6): 9-18.ZHENG J H, ZHAO R X, ZHAO H, et al. International experience and inspiration in the development of intelligent agricultural information services[J]. Journal of agricultural science and technology, 2022, 24(6): 9-18(in Chinese with English abstract).

[17] 龙江, 靳永辉. 我国智慧农业发展态势、问题与战略对策[J]. 经济体制改革, 2018(3): 74-78.LONG J, JIN Y H.Development situation problems and strategic countermeasures of China's wisdom agriculture[J].Reform of economic system, 2018(3): 74-78 (in Chinese with English abstract).

[18] 钱晔, 孙吉红, 黎斌林, 等. 大数据环境下我国智慧农业发展策略与路径[J]. 云南农业大学学报(社会科学), 2019, 13(1): 6-10.QIAN Y, SUN J H, LI B L, et al.Strategies and paths for the development of intelligent agriculture in China under the environment of big data[J]. Journal of Yunnan Agricultural University (social sciences), 2019, 13(1): 6-10(in Chinese with English abstract).

[19] 赵春江. 智慧农业发展现状及战略目标研究[J]. 智慧农业, 2019, 1(1): 1-7. ZHAO C J. Study on the current situation and strategic objectives of the development of smart agriculture[J]. Smart agriculture, 2019, 1(1): 1-7(in Chinese with English abstract).

[20] 宋刚印. 乡村振兴战略背景下乡村环境治理工作中智慧农业全面发展研究[J]. 智慧农业导刊, 2022, 2(16): 4-6.SONG G Y. All-round development of smart agriculture in rural environmental governance under rural revitalization strategy[J]. Journal of smart agriculture, 2022, 2(16): 4-6(in Chinese with English abstract).

[21] 聂影, 吕勃. 乡村振兴背景下清远鸡物联网+区块链智慧农业路径探究[J]. 南方农机, 2021, 52(20): 100-102, 106.NIE Y, LÜ B.Exploring the path of Qingyuan chicken IOT+blockchain smart agriculture in the context of rural revitalization[J]. China southern agricultural machinery, 2021, 52(20): 100-102, 106(in Chinese).

[22] 周楠楠. 乡村振兴背景下河南省智慧农业发展优化路径研究[J]. 农业经济, 2022(10): 15-16.ZHOU N N.Study on the optimization path of intelligent agriculture development in Henan Province in the context of rural revitalization[J]. Agricultural economy, 2022(10): 15-16(in Chinese).

[23] 刘煜好. 插上数字翅膀 农业产销更高效[N]. 贵州日报, 2023-01-31(14).LIU Y H.Plugging in digital wings, agricultural production and marketing become more efficient[N].Guizhou daily, 2023-01-31(14)(in Chinese).

[24] 农业农村部信息中心. 2022全国智慧农业典型案例汇编[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2022: 172-174. Information Center of Ministry of Agriculture and Rural Affairs.2022 national compilation of typical cases of intelligent agriculture[M].Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 2022: 172-174 (in Chinese).

[25] 邵琨. 这个小乡镇建起了大"专家库"[N]. 科技日报, 2023-01-30(05). SHAO K. This small township has built up a large "expert pool"[N].Science and technology daily, 2023-01-30(05)(in Chinese).

[26] 李杰义, 胡静澜, 马子涵. 数字乡村建设赋能乡村振兴: 理论机制、实践路径与政策启示[J]. 西南金融, 2022(11): 84-95.LI J Y, HU J L, MA Z H. Digital rural construction empowers rural revitalization: theoretical mechanisms. practical paths and policy implications[J].Southwest finance, 2022(11): 84-95(in Chinese with English abstract).

[27] 农业农村部信息中心. 2022全国智慧农业典型案例汇编[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2022: 151-153. Information

Center of Ministry of Agriculture and Rural Affairs.2022 national compilation of typical cases of intelligent agriculture [M].1st edition.Beijing:China Agricultural Science and Technology Press, 2022:151-153 (in Chinese).

[28] 河北栖泉旅游开发有限公司.5G+智慧农业助力乡村振兴[J].乡音,2022,340(2):57.Hebei Qiuquan Tourism Development Co. Ltd.5G+ smart agriculture helps revitalize the countryside [J].Country voice,2022,340(2):57(in Chinese).

[29] 赵敬丹,李志明.从基于经验到基于数据——大数据时代乡村治理的现代化转型[J].中共中央党校(国家行政学院)学报,2020,24(1):130-135.ZHAO J D,LI Z M.From experience-based to data-based:modernization transformation of rural governance in the era of big data[J].Journal of the Party School of the Central Committee of the C.P.C.(Chinese Academy of Governance),2020,24(1):130-135(in Chinese with English abstract).

# Smart agriculture empowers rural revitalization:transmission mechanisms,key issues and path optimization

ZHANG Yi[1],SONG Hongyuan[2]

1.*School of Economics*,*Peking University*,*Beijing* 100871,*China*;
2.*Rural Revitalization Research Institute*,*Huazhong Agricultural University*,*Wuhan* 430070,*China*

**Abstract**　Smart agriculture is not only an important way to achieve agricultural and rural modernization,but a key lever to comprehensively promote rural revitalization as well.This article reviews the policy evolution of smart agriculture development in China in the context of rural revitalization.The transmission mechanisms of smart agriculture development empowering rural revitalization are explained.The key issues in the current development of smart agriculture are analyzed. Suggestions for path optimization are proposed based on the analyses mentioned above.Results showed that smart agriculture mainly empowered rural revitalization from five aspects including stimulating industrial dynamics,helping talent cultivation,enhancing cultural confidence,improving ecological environment,and optimizing the governance of grassroots.At present,the development of smart agriculture in China still faces key issues including imperfect policies with mid-term of long-term goal,shortcomings in key core technologies,unsound guarantee mechanisms of investment,low levels of data collection and management and utilization,and weak willingness of business managers to participate. In order to better play the role of smart agriculture in promoting rural revitalization,this article proposes corresponding countermeasures and suggestions including formulating mid-term and long-term refined policy planning,winning the battle for key core technologies,improving guarantee mechanisms of investment,uplifting the level of data collection and management and utilization,and building a team of talent with high-quality.

**Keywords**　smart agriculture; rural revitalization; transmission mechanism; key issues; path optimization

(责任编辑:赵琳琳)