

智慧农业在粮食产业中的应用及创新机制

王术坤

(中国社会科学院农村发展研究所)

摘要：智慧农业通过将物联网、大数据、人工智能等先进技术与“三农”深度融合，对粮食产业新质生产力的提升及农业现代化发展意义重大。本文从水土资源利用效率、农业新质生产力、农业现代化发展三个方面分析了智慧农业对粮食产业发展的意义，并系统分析了智慧农业在粮食生产、流通和消费环节中的应用，论述了智慧农业在重塑生产要素、资源条件、管理模式、农产品消费四个方面的创新机制。

关键词：智慧农业；粮食产业；要素配置；资源条件；农产品消费

智慧农业作为农业发展的新动能，对于农业提质增效、促进农业转型升级及提高农业现代化水平具有重要的现实意义。我国高度重视现代农业技术的发展和运用，相继出台了一系列支持智慧农业发展的宏观政策，以加快推动传统农业向现代农业转型。2015年中央一号文件《关于加大改革创新力度加快农业现代化建设的若干意见》中首次提出智慧农业，“互联网+农业”逐渐成为关注热点。2016年智慧农业被列为“十三五”农业现代化重大工程之一，此后历年的中央一号文件中都不同形式地提出智慧农业发展的重要性。党

的二十届三中全会提出，“健全促进实体经济和数字经济深度融合制度，加快构建促进数字经济发展体制机制，完善促进数字产业化和产业数字化政策体系”。具体到粮食产业，就是将物联网、大数据、人工智能等新一代信息技术与粮食产业深度融合，重新优化配置传统生产要素，涵盖生产、销售、管理、市场等农业全过程、全生命周期，以实现产量更高、质量更好、成本更低、环境污染更低的一种高质量发展新业态。本文重点分析智慧农业在粮食产业发展中的意义、应用以及重塑粮食产业创新的理论逻辑。

一、智慧农业在粮食产业发展中的意义

（一）农业现代化发展的必然方向

农业现代化，关键是农业科技现代化。粮食产业是农业的基础产业，粮食产业现代化是农业现代化的必经之路，而智慧农业则是粮食产业现代化的重要抓手。中国粮食产业由传统农业生产向现代农业转型的过程，本质上是“智慧化”赋能粮食产业全产业链生产的过程。通过大数据、物联网、云计算、区块链、人工智能等新型信息技术与粮食生产深度融合，实现粮食生产精准监控、自然灾害提前预警、粮食销售全程跟踪、粮食加工智能化，这一过程中，由传统的人力操作、普通机械化为主的低效率模式转变为以智慧化技术为主的高效率模式是农业现代化发展的必然方向。

（二）农业新质生产力提升的必然要求

农业新质生产力不仅关注传统意义上的产量提升，还涉及农业生产方式转变、资源高效利用、生态环境保护、农产品质量和安全等粮食产业的整个链条。智慧农业则是通过新一代科学技术对上述粮食产业全过程的干预和升级。如大数据和人工智能技术为生产决策提供了强大的数据分析和决策支持能力；物联网技术的应用为农业生产提供了实时监测和远程控制的能力；农业生产设备、传感器、无人机等设备的互联互通，可以提高资源使用效率，实现农业的可持续发展。

（三）水土资源约束下的必然选择

我国农业资源有限，传统农业经营模式

难以实现资源的可持续发展。以耕地资源为例，我国耕地质量总体不高。农业资源是保障粮食安全的基础，我国人均农业资源在约束条件下亟须通过现代化的农业技术手段提高资源使用效率，因此发展智慧农业是现阶段切实可行的路径。

二、智慧农业在粮食产业发展中的应用

粮食产业活动主要分为作物育种、大田生产、粮食流通和农产品消费四个环节，智慧农业在每一个环节都具有重要的应用潜力。

（一）智慧农业在作物育种中的应用

智慧农业在作物育种中的应用涵盖了数据分析预测、遗传改良、作物品种筛选、品种质量监督等多个方面，为作物育种提供更加精准、高效的技术手段。其作用主要表现在三个方面：一是数据分析和预测。智慧农业可以利用大数据分析技术，结合作物基因组数据、环境因素、病虫害等多种信息，进行作物育种相关数据的分析和预测，识别潜在的遗传特征和基因型，为育种材料的筛选和作物改良提供科学依据。二是遗传改良和基因编辑。智慧农业可以应用遗传工程技术，通过基因编辑等手段对作物的遗传特征进行改良。利用 CRISPR-Cas9 等技术，实现对作物特定基因的精准编辑，从而培育出更具抗病性、抗逆性、高产和优质的新品种。三是作物品种筛选和评价。智慧农业可以利用先进的高通量筛选技术，对大量的种质资源进行筛选和评价，通过基于图像识别



智能化农机可以实现自动化操作，如自动驾驶拖拉机、播种机、收割机等，农户可以通过手机或者电脑进行远程操作。图 / 中新社

和机器学习的方法，实现对作物性状的高效评价和筛选，加速育种过程。

（二）智慧农业在粮食生产中的应用

智慧农业在粮食生产中的应用主要有四个方面：一是智能化选择作物品种。不同的作物品种需要与当地的自然环境相适应才能发挥最大的生产潜力。利用遥感技术和地理信息系统，可以对不同地区的土壤、气候等环境因素进行精准监测和分析，匹配大量作物品种的特性，选择最优的作物品种，实现精准种植。二是智能化管理农业生产。智慧农业技术可以实现对粮食作物生长环境的精准监测和管理。通过传感器、遥感技术和无人机等手段，可以实时监测粮食作物的生长环境，如土壤水分、养分含量、病虫害发生情况等，从而实现精准施肥、灌溉和病虫害防控，提高粮食作物的产量和质量。三是智能化预测粮食产量。智慧农业可以通过多种方式预测作物产量和质量。最常用的方式是利用作物生长模型，对作物生长过程进行模拟和预测。通过对作物生长的关键环节进行建模，如生长速率、光合作用、蒸腾作用

等，预测作物产量。四是自动化控制农业机械。智能化农机可以实现自动化操作，如自动驾驶拖拉机、播种机、收割机等，农户可以通过手机或者电脑进行远程操作。通过收集到的数据，智能调控施肥和灌溉系统，操控农业机械精准施肥和灌溉。此外，智慧农业也可以根据作业参数进行优化调整，达到农作物适合的播种深度、收割速度等。

（三）智慧农业在粮食流通中的应用

智慧农业在粮食流通中的应用主要有三个方面：一是农产品冷链物流和仓储管理。利用物联网技术实现对粮食冷链物流的实时监控，包括温度、湿度、运输路线等参数。通过远程监控和预警系统，及时发现和解决运输中的问题，确保粮食在整个流通过程中的质量和安全；实现对粮食仓储的智能化管理，包括库存监控、温湿度控制、防虫防霉等功能，确保粮食在仓储过程中的质量和安全。二是电子商务平台。智慧农业技术可以促进农产品电子商务平台的发展，提高粮食流通的效率和便利性。消费者通过电子商务平台直接购买农产品，农民也可以通过

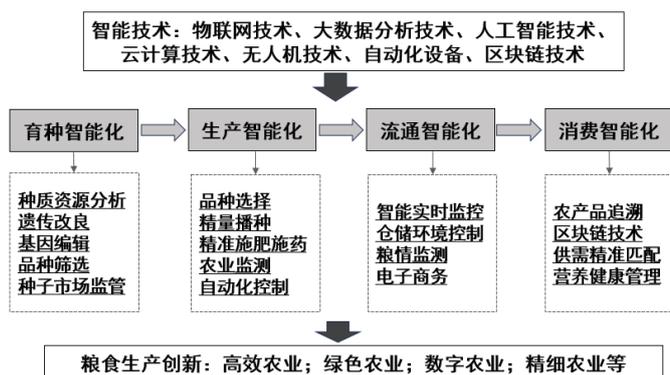


图1 智慧农业在粮食生产中的应用

电子商务平台销售农产品，实现农产品的线上线下销售渠道互通。三是了解市场信息。通过对粮食流通数据的分析，帮助政府和企业更好地了解市场需求、流通瓶颈、价格波动等信息，有针对性地制定粮食流通政策和市场营销策略。

（四）智慧农业在粮食消费中的应用

智慧农业技术在粮食消费领域中的应用主要有三个方面。一是农产品溯源。利用物联网、区块链等技术，实现粮食生产全流程的信息化管理和溯源。通过数字化方式记录种植、施肥、灌溉、采摘、加工等环节的数据，使消费者扫描商品包装上的二维码或者使用手机APP便可以查询到产品的生产地点、生产过程、质量检测等信息，增强消费者对农产品的信任度。二是提高供需匹配。智慧农业将流通过程中农产品的产供销环节通过线上网络对接，将消费者需求信息与生产者供给信息相匹配，有效提高消费者的满意度。三是加强营养健康管理。消费者通过使用智能化的健康监测设备和粮食营养价值评估系统，能够更好地了解粮食的营

养成分和健康价值（见图1）。

三、智慧农业重塑粮食产业的创新机制

智慧农业和粮食产业创新都是农业现代化转型升级的必要条件，彼此之间存在着一定的内在联系。智慧农业为粮食产业创新提供技术支持和服务，促进粮食产业高质量发展，粮食产业创新则为智慧农业的发展提供市场需求和技术应用场景，促进智慧农业的应用和推广。

（一）重塑农业生产要素配置，推动农业生产方式转型

智慧农业重塑生产要素配置，体现在数据要素的增加及传统生产要素的改变。以数据为载体的新要素与土地、劳动力、资本等传统生产要素的有机结合改变了传统农业生产函数，促进农业生产边际收益递增。此处的数据要素不仅是农业基础数据的简单收集，更是通过大量的基础数据，利用强大的算法和算力给出可靠的生产决策方案，提高整体的农业生产效率。在粮食生产过程中，智慧农业通过引入数据信息这一新型生产要素，加快生产要素信息间的转化与应用，从依靠传统生产要素转向以人工智能为指导的数字生产要素。要素配置方式的改变必然引起生产方式的改变，即从以单环节的机械作业、人为决策为主的传统生产模式转变为依靠新型设备、模型预测以及现代化管理模式等为主的智慧化生产模式。

（二）重塑资源利用方式，加快农业绿色发展

我国粮食生产的资源约束主要是水土资源的缺失。智慧农业可以利用先进技术提高资源的使用效率，打破传统农业资源的约束条件，提高粮食产量。具体来讲，智慧农业可以利用卫星搭载高精度感知设备，通过精细化生产、测土配方施肥、农业节水灌溉、农业废弃物利用等方式，构建农业生态环境监测网络，获取土壤、水文、气候等农业资源信息。在水资源利用方面，智慧农业可利用遥感等技术对现有水土资源利用状态进行动态监测，及时发现水土资源利用分配中存在的问题与隐患，并利用监测数据建立水土资源大数据信息库实时共享数据，实现水土资源的科学规划与分配，保证水土资源利用效率的最大化。同时，智慧农业可以减少资源的浪费。基于采集的数据和分析结果，进行定量施肥、施药、灌溉等，使农户使用量和农作物需求量相吻合，防止出现过量化学药品使用而造成的土壤、空气及水流污染，推动农业的可持续发展。

（三）重塑粮食生产的管理模式，实现农业现代化管理

智慧农业改变了传统小农户的农业管理模式，现代化的企业管理模式得到应用。由于农业生产的各个环节紧密相连且生产周期较长，而耕地、打药、施肥等农业生产环节难以与最终的收获环节建立联系，造成农业雇工难以监督，传统农业生产难以实现像工业生产那样通过分工、分阶段的监督提高劳

动生产率。智慧农业更加接近于企业生产模式，可以将现代化工业管理模式应用于粮食生产。一般来讲，可以从三个方面改变传统农业的管理模式：一是智慧农业使农业分工成为可能。通过大田可视化监督和可量化绩效，能够全方位、全过程对农业雇工进行监督管理，提高劳动生产效率。二是智慧农业使农业生产的空间格局发生变化，生产者逐步由室外劳作转为室内管理。智慧农业的“精准化”属性使生产者足不出户即可远程控制智能设备进行精准作业，打破了传统农业生产的空间限制，从而实现农业生产在时间与空间上的并存。三是智慧农业的管理设备更加现代化。通过智慧化设备，将遥感系统、地理信息系统、物联网等高新技术与农学、生态学、植物生理学、土壤学等知识有机地结合起来，通过参数、模型和算法来组合和优化多维和海量数据，为生产操作和经营决策提供依据，并实现部分自动化控制和操作。

（四）重塑农产品消费模式，提高整体社会福利水平

智慧农业主要从三个方面提高社会福利：一是缓解信息不对称导致的农产品供需失衡问题。生产者通过大数据平台，建立农产品价格走势预测模型，指导农业生产主体动态调整产能，高效匹配供给端和需求端，以减少农户盲目生产、降低农产品损耗、实现农民增收。二是解决信息不对称引起的农产品质量问题。消费者可以借助互联网等信息技术，在农产品生产全程信息共享平台对农产品流通实行全程关注，实现农产品从田间到餐桌的全程可追

溯，保障消费者对农产品的安全需求和个性化需求。三是智慧农业改变了农产品的交易方式。通过互联网、大数据信息，生产者可以及时了解农产品的市场情况，将流通过程中农产品的产销通过线上网络对接，足不出户便可实现农产品的交易并提供定制化的农产品服务，重塑农产品消费模式，带动交易量的提升。

参考文献

[1] 陈雨露. 数字经济与实体经济融合发展的理论探索[J]. 经济研究, 2023, 58(09): 22-30.

[2] 王术坤, 柯珂, 刘长全等. 我国运用智慧农业的现状及其对策研究[J]. 中国物价, 2024, (07): 52-57.

[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(06): 1-7.

[4] 赵敏娟. 智慧农业的经济学解释与突破路径[J]. 人民论坛·学术前沿, 2020, (24): 70-78.

(作者系中国社会科学院农村发展研究所副研究员)

The Application and Innovative Mechanisms of Smart Agriculture in the Grain Industry

Wang Shukun

Abstract: Smart agriculture, by deeply integrating advanced technologies such as the Internet of Things, big data, and artificial intelligence with the "three rural issues", is of great significance for enhancing the new quality productive forces in the grain industry and the modernization of agriculture. This paper analyzes the significance of smart agriculture for the development of the grain industry from three perspectives: the efficiency of water and soil resource utilization, new productivity in agriculture, and the modernization of agriculture. It also systematically examines the applications of smart agriculture in the production, circulation, and consumption stages of grain. The paper discusses the theoretical logic of how smart agriculture reshapes the configuration of production factors, resource conditions, production management models, and agricultural product consumption.

Keywords : Smart Agriculture; Grain Industry; Factor Configuration; Resource Conditions; Agricultural Product Consumption