

以数字化助推农业现代化

王小林*

党的二十大报告提出，全面建设社会主义现代化国家，最艰巨最繁重的任务仍然在农村。中国是世界人口大国，2035年前总人口将在14亿人左右，仍有4~5亿人口居住在乡村。因此，确保中国人的饭碗牢牢端在自己手中，始终是中国农业现代化的底线。中国农业现代化，不仅承载着14亿人口的粮食安全，还承载着4~5亿人口在乡村的就业与生活，以及保护和传承乡村生态、文化遗产等的责任。在耕地资源、人口规模约束的先决条件下，中国农业现代化将不得不寻找新的理论逻辑与实践路径。数字中国战略为此提供了新的路径。

一 数字农业的经济学理论逻辑

数字农业是农业现代化的高级阶段，是中国由农业大国迈向农业强国的必经之路。理论上而言，数字农业可以起到降低生产成本和交易成本的作用，提高全要素生产率，并促进农产品质量安全。

（一）数字农业的降低成本逻辑

自加入世界贸易组织（WTO）以来，中国小农户始终面临着来自国际农产品市场的激烈竞争。在推进高水平对外开放、深度参与全球产业分工合作的战略部署下，要解决小农户的普遍增收和充分就业问题，必须千方百计降低农产品生产成本和交易成本。在中国，通过规模化生产降低成本的空间非常有限。但当把数据要素引入农业生产函数之中，降低成本的潜力则巨大。首先，数据要素对土地、劳动力和资本等生产要素具有替代效应。在数据的强流动性、低边际成本、可重复使用的经济学特征下，用数据要素替代其他生产要素，可以降低生产成本。例如，与人工喷洒相比，通过人工智能病虫害识别和无人机喷洒农药可极大地节省人力成本和农药成本。其次，数据要素在农业生产和经营活动中的充分利用，可以降低农产品的信息搜索成本、复制成

* 王小林，复旦大学六次产业研究院，电子邮箱：wangxiaolin@fudan.edu.cn。作者感谢国家自然科学基金应急管理项目“乡村建设行动和公共服务的政策研究”（批准号：72141007）的资助。

本、运输成本、追溯成本、验证成本等交易成本。

（二）数字农业的提高效率逻辑

农业现代化的重要标志之一是农业全要素生产率的显著提高。全要素生产率的提高一般有三个来源：一是效率改善，二是技术进步，三是规模效应。当数据要素嵌入到农业生产经营活动中，通过要素替代和与其他要素的融合，可以提高生产效率。以 5G、人工智能、机器人等为标志的数字技术在农业生产经营活动中的广泛应用，为乡村经济注入数字技术动能，将带来农业全要素生产率的显著提升。在研发环节，人工智能与生物技术和材料技术等交叉创新，可以改变育种的技术路径并提高研发效率。在生产环节，数字化技术可以精准节水、节肥、减药、调温，提高生产效率。在营销环节，数字化可以给农产品附加新的内容，提升用户体验，延长农业产业链，从而促进价值增值。此外，在平台的支持下，一些偏远地区的农特产品也可在“长尾市场”聚集而创造规模效应。

（三）数字农业的促进安全逻辑

农产品质量安全的追溯难题，既是消费者、管理者的痛点，也是生产者面临的巨大风险。党的二十大报告明确要求，全方位夯实粮食安全根基。我们不仅要保障中国人吃得饱，还要满足其对膳食结构和营养健康的需求，更要保障质量安全。从风险管理的视角来看，农产品质量是风险事件打击和应对风险能力共同作用的概率事件。其中，最为重要的是农产品质量安全信息的有效采集、存储、提取、分析、分享和应用。传感器、大数据、区块链、人工智能等数字技术为建立数字农产品质量追溯体系提供了技术手段。它也可作为供应链融资提供风险防控手段，可以提升乡村产业信贷安全水平。

二 农业现代化的数字化路径

党的十八大以来，数字经济上升为国家战略。2021 年，中国数字经济占 GDP 比重达 39.8%，规模达到 45.5 万亿元^①，成为推动经济增长的主要引擎之一。数字化将是农业现代化的新路径之一。

（一）以信息技术、人工智能与生物技术交叉融合创新，解决种业“卡脖子”问题

科技是第一生产力。种子是农业现代化的“芯片”，种业是国家基础性、战略性产

^① 来自国务院新闻办公室《携手构建网络空间命运共同体（白皮书）》。

业。中国是农业大国，但还不是农业强国，特别是种业面临“卡脖子”问题。《全球工程前沿 2021》指出，在“作物育种群体的基因型与表型关联分析技术”工程开发前沿核心专利主要产出国家中，美国占 64.93%，中国占 14.93%；“基因编辑和植物抗病”工程开发前沿核心专利的平均被引指数，日本为 7.0，美国为 6.50，中国仅为 0.77。习近平总书记强调，必须把种子牢牢攥在自己手里，用中国种子保障中国粮食安全。与种业相关的工程开发前沿技术，如育种群体的基因型和表型关联分析技术、基因编辑和植物抗病、畜禽分子设计育种等，都离不开生物技术、信息技术和人工智能的交叉融合创新。因此，需要构建种业领域国家重大创新平台，促进跨界融合创新。这是中国农业现代化的源头活水。

（二）以大数据、人工智能等与乡村产业深度融合应用，降低农业生产和交易成本

农业现代化除了生物技术在育种、发酵等领域深度应用外，已经步入与信息技术深度融合的快车道。未来农业现代化的竞争，在很大程度上取决于一个国家在生物技术和信息技术领域的科技水平。与农业生产、农产品加工相关的智能设备与技术的广泛应用是解决农业低效的重要途径，如基于大数据、人工智能和物联网的大田作物水肥管理系统及装置、设施农业智慧生产技术，基于智能感知与饲料精准供给的养殖技术。首先，依托农村土地承包经营权信息应用平台，加强数据共享和分析应用是建立现代农业的基础。其次，加强乡村数字基础设施建设，以数字基础设施支撑数字田园、智慧农场、农产品现代物流业等发展。第三，拓展 5G、大数据、区块链、物联网、元宇宙等数字技术在乡村产业中的应用场景，推动数字经济与乡村经济深度融合。

（三）以农业数字化人才为第一资源，为提升乡村产业效率创造新的价值提升空间

党的二十大报告指出，人才是第一资源。农业现代化要靠科技，而科技归根到底要靠人才。农业数字化人才建设不仅涉及种业领域的科技人才，还涉及农业生产经营活动全过程的数字化人才队伍建设。在数字经济时代，无人机、智能农械、数字生产线、智慧物流等数字化装备将渗透到农业全产业链，这就要求农业劳动力的技能和结构作出相应的变革。数字化装备对农业劳动力存在三种影响效应：替代效应、生产率效应和创造效应。这对农业劳动力提出了新的要求：一是在可编码的农业劳动被机器人替代后，需要为农村劳动力创造新的就业岗位，或者提升劳动技能；二是随着生产率的提升，人机协同工作变得比较普遍，需要农业劳动者的技能作出相应提升；三是创造效应既可能在同行业内，也可能在关联行业创造新的就业岗位，这种变化要求对劳动力的供给结构和技能做出适应性调整。因此，建设农业强国，实现农业现代化，需要把农业数字化人才作为第一资源进行培养。

三 以数字化培育农业现代化新生态

农业现代化新生态包括培育乡村产业的自然生态、经济生态和社会生态三个方面。数字化有助于培育农业现代化新生态。

（一）尊重农业的自然生态规律，推进乡村产业全过程绿色转型

党的二十大报告指出，尊重自然、顺应自然、保护自然，是全面建设社会主义现代化国家的内在要求。因此，乡村产业振兴必须牢固树立和践行绿水青山就是金山银山的理念，站在人与自然和谐共生的高度谋划。以绿色发展理念为指导，以“双碳”目标为约束，加快乡村产业发展方式绿色转型是中国农业现代化的必然路径。一是加强农业资源环境保护。强化盐碱化、土壤侵蚀、重金属污染等退化耕地治理。改进农业节水灌溉技术，提高节水效率，降低农业资源利用强度。二是保护修复农业生态系统，保护农业生物多样性。三是构建绿色低碳乡村产业体系，建立生态产品价值实现机制，完善生态保护补偿制度。事实上，乡村产业的绿色化转型，需要以数字化转型为支撑。碳核算、碳交易、生态价值的实现等都需要科学精准、易获取、低成本的数据作为基础。

（二）适应数字经济发展规律，构建乡村产业振兴的经济生态

在工业化时代，农业产业化遵从分工与竞争的经济学逻辑。在此过程中，农业处于产业链的上游，附加价值低，劳动力投入高。按照发展经济学的“中心-外围”理论，农业凋敝，农村衰落，形成发展的城乡“二元格局”。在数字经济时代，要破解这种“二元格局”，需要构建乡村产业的经济生态。经济生态具有以下几个特征：一是从“以农产品为中心”向“以用户终身价值为中心”转变。用户价值是数字经济的典型特征，每个平台都在进行用户“数字画像”，期望提高用户体验，增加用户粘性。二是合作与融合替代了分工与竞争。相对于工业经济时代，农产品供应链的上下游“供应商合约”，在数字经济时代正迈向“生态合约”或“链群合约”。“生态合约”或“链群合约”方，不是分工与竞争模式，而是合作与融合模式。生态伙伴、链群伙伴以用户终身价值为中心，共同创造和分享新的价值。因此，乡村产业振兴需要把农户和新型农业经营主体作为生态方，共同构建农业经济生态，以生态方分享农业现代化的价值增值。

（三）拓展数字技术的应用空间，构建农业现代化的社会生态

随着增强现实和虚拟现实等数字技术的发展，网络空间正在重构社会生态。乡村

作为一个物理空间，因网络社交、购物平台、虚拟社区和场景，以及正在到来的元宇宙而发生深刻变化。乡村将是嵌入未来生活的重要场景，这种场景将是虚拟世界与现实世界的混合世界，它是一种新的社会生态。乡村社会生态将不仅涉及人与自然的关系，也为乡村教育、医疗、养老、生物多样性保护以及应对粮食安全和气候变化等提供非常广阔的空间。其发展的程度，一方面受数字技术进步的影响，另一方面受公共政策引导的影响。虽然目前农业现代化的社会生态还处于初级阶段，但可以预期将来会对乡村产生深刻影响。在农业强国战略下，为了实现农民农村共同富裕，我们需要提早部署农业现代化的社会生态。

四 结语

党的二十大报告明确提出，加快建设农业强国，全面推进乡村振兴。农业现代化是中国式现代化的短板弱项。在数字经济时代，农业现代化建设需要充分利用数字基础设施、数字技术、数据要素和数字平台。从理论上来看，乡村经济数字化具有降低成本、提高效率、促进安全等经济学逻辑基础。从实现路径来看，全面推进乡村产业数字化转型、培育现代化新生态是农业现代化的必由之路。全面推动数字经济与乡村产业的深度融合，将为乡村产业振兴开辟新的道路。

(责任编辑：合羽)