

数字农业发展的国际经验及其启示

钟文晶 罗必良 谢琳¹

【摘要】：气候变化和资源利用不可持续带来了较大的粮食安全压力，通过数字化技术推进农业的转型与高质量发展变得愈加迫切。数字农业具有技术依赖性、数据中心性和能力匹配性等特性，容易引发投资不足、失业、数字鸿沟和侵犯数据隐私等问题。现阶段，我国数字农业发展水平还不够高，有必要借鉴国际经验，以实现包容性数字农业转型，具体应采取如下措施：加大数字转型基础设施建设；诱导有利于降本增效的农业数字技术创新；设计有助于发挥数字红利的多元主体受益机制；提升利益相关者的参与能力；构建激励相容的数据产权规制体系。

【关键词】：数字农业 农业数字技术 包容性发展

【中图分类号】：F323 **【文献标识码】：**A **【文章编号】：**1003-7543（2021）05-0064-12

气候变化和资源利用不可持续威胁着全球粮食安全，可持续地生产足够的健康食物是 21 世纪全世界面临的最为关键的长期性挑战之一。应对此挑战，要求农业粮食与食物体系尽快转型。数字技术创新可能是转型方案的重要组成部分，即通过引入一套自动化的、数据密集型的“精准”技术，用更少的土地、更节约的用水和其他投入生产出更多的健康食物^[1]。这就意味着数字化将是农业转型发展的重要路径。

数字农业也被称为智慧农业、精准农业、农业产业的第四次技术革命等^[2]。数字农业利用丰富而详细的数字信息指导农业价值链上各个主体的决策，其应用并不局限于农业生产，而是涉及整个或部分价值链，包括生产过程、收获后处理、市场准入、融资以及供应链管理等多个方面^[3]。

已有研究表明，数字农业的功能性作用在于：第一，通过减少化学投入品和劳动力需求，提高农业生产力和效率，创造新的市场机会来提升经济效益；第二，通过增进沟通和包容性，带来社会与文化效益；第三，通过优化资源利用，适应气候变化，带来环境效益^[4]。

在世界范围内，以农业物联网、农业大数据、精准农业、智慧农业、人工智能等五大核心模块为代表的数字农业技术已经被广泛应用于农业领域且发展迅速^[5]。与此同时，发达国家还在数字农业上进行了大量投资，如英国政府“产业战略挑战基金”将人工智能和数据作为四个挑战领域之一，计划聚焦于精准农业^[6]；鉴于数字农业的广阔前景，麦肯锡的最新报告指出，如果在农业中成功实现互联互通，到 2030 年将为全球 GDP 增加 5000 亿美元的额外价值^[7]。

值得重视的是，尽管数字农业在经济效率方面的潜在好处被予以充分肯定，但现有研究大都忽视了从社会、习俗、政治和生态维度进行深入讨论。从全球来看，虽然部分地区存在食物的过量生产，但与此同时，仍然有数十亿计的人们在忍受饥饿和营养不良。

¹**作者简介：**钟文晶，华南农业大学国家农业制度与发展研究院副教授；

罗必良，华南农业大学国家农业制度与发展研究院院长、博士生导师，教育部长江学者特聘教授；

谢琳（通信作者），华南农业大学国家农业制度与发展研究院副教授。

基金项目：国家自然科学基金青年项目“确权、信任与农地流转契约选择——基于随机性控制试验的农户行为研究”（71703041）；广州市哲学社会科学“十三五”规划 2020 年度课题“地权改革对农村要素流动的影响评估——基于广州市农户两期跟踪调查数据”（2020GZYB33）；广东省社会科学基金项目“规模经营背景下中国化肥农药过量施用的作用机制及减量化战略研究”（GD19CYJ15）

因此，技术进步本身并不能完全解决未来全球性的粮食安全问题。而且，数字技术可能对小农经营带来“双刃剑”效应：在带来农业生产率提升的同时，农业数字化可能导致小型农场与大型农场之间出现“数字鸿沟”，因为与大型农场相比，大多数小农难以获得数字农业技术，难以承受数字技术的大额投资以及由这些投资带来的风险；数字农业还会引发企业权力和农民自治之间的冲突、数据隐私和可持续发展等一系列的问题；新技术甚至可能导致市场集中度的提高，进而引发投入品价格上涨，使小农陷入更加困难的境地。

可以预期的是，数字农业或将意味着农业生产系统、农村经济、社区和自然资源管理的重大转型。理解农业数字化转型的条件与挑战，并制定因应策略，已成为重要的研究议题。本文试图对数字农业的技术特征、发展困境及国际经验进行研究和分析，以期为中国数字农业转型和发展提供借鉴和启示。

一、数字农业的技术特性与发展困境

数字农业对现代农业体系转型的作用机制，来源于其技术特性，主要包括技术依赖性、数据中心性和能力匹配性三方面。与此同时，数字农业的技术特性决定了其发展可能面临的一系列困境。

（一）数字农业的技术特性

1. 技术依赖性

对于推进数字农业来说，数据、平台与连通性缺一不可。数字农业的实现依赖电力供应、移动网络覆盖和互联网连接等基础设施建设。在此基础上，数字农业的应用依赖数字技术发展，比如地理信息系统（GIS）、全球导航卫星系统（GNSS）、遥感（RS）、卫星图像、地面传感器、移动计算处理技术和通信技术等^[8]。

数字技术结合程序映射到耕作、播种、施肥、除草剂和农药的使用、灌溉、收割等农业实践中。图 1 以信息技术（ICT）为例展示了农业数字技术在农业循环中的应用^[9]。数字技术将大大拓展农业发展的空间，例如，移动技术和网络设备将农民接入供应链，使其有机会获得更优质的种子和肥料，从而提高产量和质量^[10]。

区块链技术有助于提高食品的可追溯性和供应链效率，从而减少浪费并增进价值链的透明度和信任度；深度学习、机器学习和人工智能有助于进行先进的作物管理、病害检测、物种识别以及水、土壤和林业管理，保障粮食安全；数字解决方案有助于提高监测、报告和验证农业和土地利用方面的准确性^[11]。

2. 数据中心性

数字农业中的关键要素是数据，由地理空间技术、现场生产信息、天气和气候以及市场动态汇集而成。其中，地理空间数据通常是特定站点与精准农业相关的信息，如特定地点的土壤特性和产量信息等；有关管理实践和技术的元数据，包括播种深度，种子位置，品种，机械诊断、时间和运动，耕作、播种、搜寻、喷洒的日期及投入品使用等；决策者无法控制的环境数据，包括降雨量、蒸发量和热量单位累积值等。

图 2 展现了数字农业的农场数据流，根据生成地点以及参与者的潜在使用情况来表达数字农业相关数据生成的过程^[12]。由此可见，大数据在农业中的价值取决于是否有足够数量的农民提供其农场的相关信息，进而聚合形成农业大数据。这类数据是一种信息资产，必须通过具有成本效益和创新性的信息处理，增强对农业的洞察力并发挥强大的预测能力，最终实现服务于农场管理决策的功能^[13]。

3. 能力匹配性

数字农业虽强调数据价值和智能决策的强大功能，但根据数据产权和服务“委托—代理”原则，最终进行决策的主体还是农业经营者。经营者在学习和经济能力上与技术的匹配，能够更好地支持数字农业转型。



图 1 农业循环中数字技术的应用

注：图 1 中的数字对应技术为：1=信息系统（DSS, MISS, GIS 等）；2=支持 ICT 的学习和知识交流；3=建模解决方案；4=传感器和邻近设备；5=ICT 联网方案；6=在线商业工具



图2 数字农业的农场数据流

一是主体学习能力的匹配。农民的学习和适应能力对其从数据驱动的农业机遇中获益至关重要。随着高速互联网和智能手机的兴起，手机应用程序、社交媒体、基于 IP 的语音传输（VoIP）以及数字参与平台在改进农村地区人口获取信息和服务方面具有巨大潜力，这不仅要求他们具备基本的读写和数学能力，而且要求其掌握数字处理和通信技能^[14]。对于农民而言，数据需要经过一系列的过程才能转化为信息，且这些信息与经验结合才能作为知识使用。而每个阶段的学习过程并不是线性的，农民使用、分享和交换来自不同来源且各具特性的数据、信息和知识，并根据自己的知识基础进行应用或调整。例如，当向农民提供原始天气数据时，他们可能不知道这些数据对农业操作意味着什么，因为数据的使用必须从农学的角度来解释，如降雨模式对于在特定时间开始播种某种特定作物是否足够；对于不同作物，降雨数据的应用也可能会存在差别。因此，对农民来说，数据、信息和知识的使用是相互关联的，无法单独加以处理^[12]。

二是主体投资能力的匹配。从技术上讲，大数据可为田间和农场管理实践提供量身定制服务，使得数字农业技术具备较大的灵活性，并被应用于各种农场规模，如：机器人和传感技术的进步对小农户比较友好，有助于改变农业的生产模式，使小农户能够重新发挥其优势。而且，数字化有助于农业价值链中的不同主体在可持续的农业生态系统中进行合作。正因如此，数字农业可能会被视为规模中性的技术。然而，无论是网络接入设备还是操控平台，都需要成本投入，尤其在数字农业发展的初期，与小农场相比，大型农场具有规模经济性，连通性使得对大片土地的监控更加便捷，更容易抵消数字农业投资的固定成本。

（二）数字农业的发展困境

数字农业的发展前景令人期待，但隐含的风险与挑战不容忽视。“颠覆定律”（TheLawsofDisruption）指出，经济社会的变化速度难以跟上呈指数级发展的技术^[15]。由于基础设施薄弱、获取机会不公、成本高昂、技能不足和资本有限，农业向数字化转型仍然面临一系列问题。在经济因素之外，社会、政治、生态层面的问题越发值得重视。

1. 数字农业投资不足

虽然数字农业相关设备和硬件的成本正在迅速下降，投资回报周期在不断缩短，但仍然不足以释放农业数字化转型的所有潜在价值。风险资本正在投资于数字农业革命，但相对于其他行业，农业数字化吸引的资金依然是最少的。2010—2015 年，全

球对金融技术的投资年增长率为 65%，达到 220 亿美元，而对数字农业的投资明显滞后，仅为 46 亿美元。在数字化发展进程中，农业仍是最落后的行业^[16]。

2. 挑战农业与农村文化

数字农业可以减少体力劳动，改善农民生活。但是，这一“改善”有时候并非人们所希望的。研究表明，体力劳动、传统的农场生活方式和丰富的农业生产经验对于农民了解其土地和生活环境具有重要意义^[17]。农业的生命特性及其现场感，能够让农民在与自然交往的过程中获得智慧与感悟。而数字技术的使用可能导致农业生产经验的边缘化，以及农民与农业的脱节，降低农民对农业生产的满意度，加重农村社区普遍存在的心理健康问题。工作方式的改变将挑战农业文化的一些核心原则，而这些原则对农民的幸福感受至关重要。农业的数字化及其智能化处理，不仅可能撕裂人与自然的互动，而且可能导致许多农民（尤其是小农场主）厌恶并离开农业^[18]。

3. 引发失业问题

在数字农业的大量应用场景中，基于大数据，机器可以在无需人工干预的情况下作出自主决策。因此，农业数字化无疑会创造新的就业机会，但这并不适合许多已经被边缘化的农场工人，尤其在高失业率的地区，是否有必要采用节省劳动力的技术一直存在着争议。除非农民调整技能并专攻新工种，否则，机器人技术和人工智能的出现将造成劳动力被替代。现实是，农业生产系统仍是全球 28% 的劳动力的就业来源，数字农业可能会引发技术性失业，并对农村社区造成重大的连锁影响^[4, 19]。

4. 造成产权争议和隐私风险

农民需要与第三方共享大量数据，才可能将信息转化为有价值的工具，但这一过程增加了数据权属纠纷和隐私泄露的风险。与此同时，数字农业所需的联机设备也可能暴露在网络威胁之下，如网络安全防火墙设置存在漏洞，第三方有可能访问敏感数据、窃取资料，甚至摧毁设备。此外，数据共享也并不是平等的，对于小农等维护自身利益能力较弱的群体来说，数据往往在更有谈判能力的大公司手中整合并用于信息决策^[11]。

研究表明，农民在共享农业数据时存在数据许可使用条款缺乏透明度、数据所有权不清、隐私问题、议价能力不平等、与农民之间缺乏利益共享等一系列问题。由此产生的可能后果是：一方面，数据权属、隐私和责任方面出现诚信缺失等问题，导致农业经营主体对数字技术的应用缺乏信任^[20]，如担心无人机会捕获其工作和私人生活的图像等；另一方面，在数字农业市场起步阶段，农民可能有机会选择任何一个服务提供商，并具有一定的议价能力，但随着市场的发展，少数大公司占据大部分市场，农民可能会失去议价能力与选择空间。

5. 形成“数字鸿沟”

一是国家（地区）之间的“数字鸿沟”。从基础设施和资源可得性来看，亚洲、拉丁美洲和非洲国家（地区）的互联网使用仍然落后于北美和欧洲等地区。在许多非洲国家，只有不到 40% 的农户能上网，而且成本高昂。高速网络服务在北美和欧洲占主导地位；而在整个非洲大陆，农田的 3G 网络覆盖率仅占 33%，4G 网络覆盖率仅占 9%；在亚洲，农田的 3G 网络覆盖率为 46%，4G 网络覆盖率为 29%。家庭的手机拥有率方面也存在差异，亚洲和拉丁美洲许多地方的农户手机拥有率接近 100%，但非洲国家（地区）的手机拥有率大大落后于世界其他地区^[21]。

二是经营规模上的“数字鸿沟”。信贷约束会限制新技术的可负担性，自给型的小农难以从数字化转型中受益。即便是在农业比较发达的澳大利亚，小型农场经营者相对于大型农场经营者的数字化水平也普遍更低。

三是经营主体能力上的“数字鸿沟”。农民的数字技术素养存在差异，尤其是发展中国家的小农更难获得农业信息和数据，以及处理这些信息和数据的技能，从而阻碍了数字农业生态系统的形成与发展。不仅如此，新的数字服务往往会缺少本地化内容，技术的深度创新与差异性扩展均需要科研投入和重复性的实地试验，在缺乏公共和市场投入的背景下，主体的能力约束将导致农户获得本地化信息和服务的机会非常有限。

四是不同性别之间的“数字鸿沟”。研究发现，妇女等弱势群体的上网机会更少，全球女性手机拥有率比男性低 14%，而在南亚，这一差距甚至上升至 38%；女性使用数字设备和技术的能力也可能更低。这导致了女性的农业生产绩效和收入与男性相比存在差距^[21]。

二、中国数字农业的发展状况

中国高度重视数字农业转型发展问题，试图从政策指向、公共投资、市场引导、主体激励等多维度出发，着力打造中国现代农业的未来图景。

（一）中国关于数字农业发展的相关政策

中国自 2015 年就开始规划数字农业的实施方案，制定了一系列旨在推动数字农业转型发展的政策文件，以促进数字乡村和数字农业协同发展。其核心路径在于，从基础设施的大力推进，到数字技术的推广应用，再到大数据体系和平台的建立，以实现数字技术和农业生产的深度融合。

各地方政府积极响应中央政策，出台本地数字农业农村发展的行动计划，因地制宜创新数字农业的实现机制与实现路径。如：浙江省印发《浙江省数字乡村建设实施方案》，强调推进生产管理数字化应用，建设一批省级数字农业园区和数字农业强镇。推广智能设施装备，推进数字化农业气象服务系统在现代农业中的应用，推进数字化监管，发展智慧农机装备和设施农业，开展数字农业工厂建设。

推进农产品加工、农资生产企业数字化改造，建成一批数字化生产线。到 2022 年，建成 250 个数字农业工厂。广东省实施《广东数字农业农村发展行动计划（2020—2025 年）》，夯实广东数字农业新基建基础，争创优势形成数字农业示范标杆效应，积极创建国家数字经济创新发展试验区，打造“数字农业硅谷”；湖南省发布的《湖南省数字乡村发展行动方案（2020—2022 年）》提出，到 2022 年，数字乡村建设取得明显成效，推动农业物联网应用，打造数字农业产业新优势。

不仅如此，国家还通过项目建设和补贴结合的激励机制大力推进数字农业的应用。农业农村部从 2017 年起组织开展数字农业建设试点项目，以县为单位组织实施，实施主体为区域内具有数字农业建设需求的农民合作社、家庭农场、农业产业化龙头企业等新型经营主体。同时，支持国家农业遥感应用等公益性科研单位开展农业遥感数字农业建设试点。中央财政对符合条件的数字农业建设试点县市予以投资补助。

（二）中国数字农业发展状况及其存在的问题

第一，农村互联网的快速普及与城乡和区域差距并存。中国互联网信息中心发布的第 47 次《中国互联网络发展状况统计报告》显示，截至 2020 年 12 月，中国网民规模达 9.89 亿，互联网普及率达 70.4%，其中，手机网民规模达 9.86 亿，使用手机上网的比例达 99.7%。城镇地区互联网普及率达 79.8%，农村地区互联网普及率为 55.9%。农村网民规模 3.09 亿，占比仅为 31.3%；城镇网民规模达 6.8 亿，占比 68.7%。由此可见，在互联网普及率上存在较大的城乡差距。

与此同时，农业农村数字经济发展存在区域差距。2020 年，北京大学新农村发展研究院数字乡村项目组发布的《县域数字

乡村指数（2018）》指出，中国县域乡村经济数字化整体水平较低，且呈现明显的东西部差异。从县域乡村经济数字化指数分布来看，以“胡焕庸线”为界，乡村经济数字化指数值较高的县域主要集中在东部沿海地区，以及少量的中西部地区中心城市。

第二，农业产业数字化发展与产业内差异。中国信息通信研究院发布的《中国数字经济发展白皮书（2020年）》显示，2019年，中国农业数字经济增加值占行业增加值的比重为8.2%，同比提升0.9个百分点；工业为19.5%，同比增长1.2个百分点；服务业为37.8%，同比增长1.9个百分点。与工业和服务业相比，农业数字经济增加值仍然较低，增长速度也相对较慢，还存在较大的提升空间。《2020年县域数字农业农村发展水平评价报告》显示，2019年经营主体农业生产数字化水平为23.8%，还存在巨大的发展潜力。

有研究表明，家禽养殖业是中国畜牧业的支柱产业，也是规模化集约化程度最高、与国际先进水平最接近的产业，其主要环节数字化应用水平在20%以上；新型农业经营主体大田耕种管收主要环节的数字化应用水平约为25%，近90%的主体开展了测土配方施肥，40%的主体应用了水肥一体化技术，精准施药、病虫害监测预警系统、无人机植保等技术装备也得到了不同程度的应用^[22]。可见，不同的数字技术在农业内部不同行业之间的应用存在较大差异。

第三，数字农业应用创新发展迅猛与数字技术研发瓶颈并存。农业农村部从2018年开始，通过推进苹果大数据发展应用，打造示范样板，为整个农业农村大数据建设提供可学习、可借鉴、可复制的机制、模式和经验。2020年，世界数字农业大会发布了十大创新案例，全面展示了数字农业创新模式，推动农业全面转型升级的应用场景，包括极飞智慧农业系统技术及实施模式、华为数字农业农村智能体、联通现代数字农业产业园、大疆智慧农业系统、京东农场“谷语”数字农业管理平台等。

与此同时，市场投资热情高涨，如2020年中化农业MAP与阿里数字农业签署合作协议，计划未来3年内，围绕大米、苹果、柑橘、葡萄、草莓、猕猴桃、沃柑等品类，在全国建立10~15个数字农业基地，展开基于数字农业的战略合作。但需要重视的是，中国农业软件、农业传感器、智能农机装备的设计、加工、制造、研发与发达国家差距较大，动物生长模型、高端智能农机核心芯片绝大部分依赖进口，尚未形成自主可控的技术产品与装备^[22]。

因此，总体而言，中国数字农业还比较薄弱，数字资源分散，天空地一体化数据获取能力较弱、覆盖率低，生产信息化、精准化水平与发达国家相比还有一定的差距^[23]。

三、数字农业发展的国际经验

面对数字农业转型过程中存在的问题与挑战，已有研究将重点放在改善可达性上。国际组织和各国政府试图制定数字包容议程，以期让更多的农民利用数字农业技术。尤其是制定相关法规和政策，对于未来农业的长期发展非常关键，且能够帮助重要参与者在数字农业的发展中处于中心位置。具体而言，数字农业发展的国际经验主要体现在四个方面。

（一）加强基础设施建设

基础设施和业务模式的创新有利于降低“最后一公里”的成本，因为移动互联网接入的普及可能让农民使用应用程序（APP）的边际成本接近为零。因此，有两方面的努力是值得尝试的：

第一，为了缩小网络覆盖范围的差距，持续地建设和更新基础设施。欧盟国家的经验表明，提高电信领域的自由度有助于实现广泛的互联互通。高效的频谱管理可以降低建设费用，为终端用户带来更好的信息通信技术服务。政府使用的许可证管理框架的类型和频谱分配的效率对于鼓励私营部门在偏远地区投资移动网络十分重要^[4]。

第二，增强数字农业技术的可达性，降低使用成本。在国家、金融机构、移动网络运营商、设备制造商和服务提供商之间

创造融合价值的业务，创新商业模式，降低农业经营主体的使用成本。尤其是政府农业研究与推广组织可以发挥重要作用，协助设计针对本地化的解决方案^[24]。

（二）激励低成本包容性的技术创新

数字农业带动下的可持续粮食生产有益于整个社会，对于能力不足的弱势群体尤为重要。一方面，最贫困的农民无力支付互联网接入、设备或者数据的费用，于是公益基金便致力于将移动宽带作为一种公共物品提供给非洲最贫困的家庭^[21, 25]，还可以通过开放数据，让所有主体都能享益并且降低垄断的风险；另一方面，受能力和渠道的约束，许多农民获得本地化信息和服务的机会有限，但应用程序的技术创新有望改变这一局面。

如 2016 年由德国的 AI 初创企业 PEATGmbH 开发的名为 Plantix 的应用程序，旨在专门帮助农业生产者或者专业农技人员判断病虫害与营养缺乏等问题，到 2020 年，该程序已经有超过 18 种语言的 1000 万下载量。每天世界各地的用户平均上传 5 万幅图片，Plantix 通过人工智能技术对农作物生长情况进行诊断，以此提升农民的生产效率。

不同于其他类似平台，这个平台是经营规模中性的，可以适应于不同经营规模的生产者^[26]。数字农业发展可为技术创新提供补贴与融资机会。如，欧洲联盟委员会建立了欧洲农业创新伙伴关系项目（EIP-AGRI），为数字农业创新提供资金，并开发与公共和私人利益相关者共享知识的网络，还通过担保计划对农民和研究人员进行补贴以支持数字农业；日本政府实施“战略创新促进计划（SIP）”，旨在促进数字农业创新技术的应用和交叉学科的资助政策。

（三）农业数据和平台企业的规制与监管

数字农业技术可以帮助农民，但这种帮助是有成本的，数字平台增加了农民对大型公司的依赖性。无论是陶氏与杜邦的合并、中国化工对先正达的收购，还是拜耳对孟山都的收购，都受到了政府和利益相关者的严格审查，目的在于确保合并不会损害市场竞争^[27]。这一系列事件意味着，数字农业可能影响竞争，导致市场力量失衡，因而对数字农业进行更仔细的评估是合理的。

欧盟为了解决市场力量可能导致的市场失灵，引入了包括《欧盟并购条例》等一系列关于竞争的法律规则，并在 2013 年设立了特别的高层论坛，为食品供应链设定了一套“良好实践原则”，以实现可自我监管的机制运行^[28]。与此类似，2014 年，美国的主要农业数据技术提供商、政府以及其他行业利益相关者就核心原则达成共识，通过“数据隐私和安全原则”纲要对数据的所有权、收集、透明性、便携性、披露、使用、销售和储存进行了规范，其中一项旨在解决反竞争行为的原则明确指出，农业技术提供者“不应将这些数据用于非法或反竞争活动，如农业技术提供者被禁止使用农场数据在商品市场进行投机”^[29]。

不仅如此，美国还制定了《2018 年美国农业数据法案》等专门的农业数据共享法案，旨在促进美国农业部收集农业种植数据，并在兼顾农民隐私的基础上，将数据收集和分析的结果提供给学术机构和研究人员。2020 年，日本农林水产省（MAFF）在研究农田信息的集中化管理方法及其有效利用方法的报告中强调，在建立个人信息时，需要格外注意个人信息处理系统的操作。广泛地研究和考虑如何匹配耕地信息和个人信息，以及如何匿名和隐藏信息等方面的问题，防止利用个人信息数据进行身份识别^[30]。

（四）构建包容性数字农业生态

构建支持农民的数字生态需要以下条件：第一，通过农业组织数字化转型实现农民的数字赋权和赋能。在收集农民数据的过程中，要赋予农民权利并给予他们表达的机会。合作社、生产者组织、农民组织等在管理、分享和使用数据信息以及促进和提升农民主动性方面具有重要作用。因此，探索可持续的经营模式，并让农民和农民组织从数据中受益是最紧迫的问题。可能

的实现途径是，农民组织向数字智能组织或“数据合作社”过渡，以构建成员之间及与各种外部组织之间基于数据驱动的交互关系。

第二，建立信托中心或信托机制与平台，促进和规范公开数据在不同层面（产品细分、价值链环节细分、国家、地区等）的共享。信托中心由公共部门推动和支持并依托价值链的某个环节建立起来，是代表农民的组织，或由农民和行业代表组成的联盟。这类中心可能成为公共和私营部门、农民和大企业一起讨论和制定实现互利性激励措施的理想场所。

第三，制定数据访问管理和数据所有权及其流动的国际协议。农业和营养有关的数据往往被视为与全球粮食安全、可持续发展和减贫等目标有关的公共产品，因此需要在国家或国际机构之间达成具有强制性的协议。这些协议不仅约定分享数据的好处和机会，而且要促进数据公平、合理且合乎道德地流动和使用^[12]。

四、对中国数字农业转型发展的启示

数字农业发展的国际经验，可为中国数字农业转型发展提供如下政策启示：

第一，大力推进农村基础设施建设。完善政府引导、市场主导、社会参与的协同推进机制，通过“新基建”推进农村互联网、5G 网络等公共基础设施建设，通过公私合营的方式推进农业数字平台建设，引导农业经营主体接入平台和采纳数字化应用场景。此外，在农业数据的采集、利用与开发上充分考虑产业特性导致的数据的复杂性，提升数据存储方式和使用效率，构建完善的基础数字资源体系。

第二，通过农业组织化促进包容性数字农业转型。与欧美发达国家相比，中国在经济发展阶段、农业用地和劳动力要素禀赋上存在显著差异，农业仍然是劳动力就业岗位的重要来源，虽然通过农地流转、服务托管等方式扩大了农地经营规模，但仍无法与欧美的大农场相比。在积极拓宽农外就业渠道的同时，要强调包容性发展目标的重要性，农业领域可以进一步通过农业组织创新，将小农户通过组织化卷入农业数字转型过程。组织化的小农户将具有双重优势，一方面增强与数字技术服务组织或农业数据平台的谈判能力，另一方面通过组织的分享机制获得数字转型带来的收益。

第三，激励“卡脖子”技术的创新研发，推进全产业链数字生态的构建。聚焦数字农业“卡脖子”技术，大力推进自主创新、协同攻关，进一步降低数字农业设备和硬件成本，将有利于数字技术供应商为农业生产经营主体提供更加有效的转型方案。中国农业销售端已经广泛使用数字化技术（如直播、电商等）拓宽农产品销售渠道。但需要重视的是，生产端仍然是农业价值链的核心，精准、智能、可溯源等数字技术应用有助于农产品质量的提升。因此，可以通过农业技术推广体系进行技术信息传播，通过政府补贴诱导产业链中各环节数字技术的应用，通过构建农业生产组织与数据平台之间合作享益联盟关系，最终打造健康的农业数字生态。

第四，建立数字农业经营主体的培养体系。在国家鼓励农民工、大中专毕业生、退伍军人、科技人员等返乡下乡创业的政策引导下，以新型农业经营主体为核心，同时加强对小农户具有包容性的数字农业人才培养体系建设。通过农技推广体系、商业企业培训服务和院校研究人员授课等线上或者线下的灵活形式，结合对数字农业技术采纳的定向资金支持等方式，开展数字农业人才培养工作。对于新型农业经营主体，提供数字农业转型方案，激励其从环节改造开始，进行全产业链化的数字农业转型；对于分散细碎化经营的小农户，激励其使用具有规模中性的数字技术（如通过手机使用 ICT 信息技术），帮助其改善在关键生产环节进行科学决策的可能性。此外，还要培训一批具有数字农业相关设备管护、数据调用与存储和平台维护等能力的人才队伍，以保障数字农业运行的安全性与可靠性。

第五，加快农业数据立法，防止平台垄断，维护数据主体的合法权益。实际上，中国第一部专门针对数据安全法律的立法过程已经正式启动，2020 年 7 月 2 日，《中华人民共和国数据安全法（草案）》经十三届全国人大常委会第二十次会议初次审议

公布，面向社会公众征求意见。农业数据立法的意义在于明晰农业数字产权边界，保障主体隐私权，降低数据被非法使用的风险。通过国家立法对市场行为进行规制，有利于在尊重数据主体权益、符合有关法律法规的前提下，推进数据连通融合，鼓励合法的互联网数据挖掘与利用，防止由数据非竞争性使用产生的平台垄断等问题。与此同时，除国家规定的涉密数据外，应加快政府数字政务平台建设，推进农业农村数据资源在相关利益主体之间的协同管理和价值融合。

参考文献:

- [1]FRANKS J R.Sustainable intensification:a UK perspective[J].Food Policy,2014,47:71-80.
- [2]ACHIM W,ROBERT F,ROBERT H.Opinion:smart farming is key to developing sustainable agriculture[J].Proceedings of the National A-cademy of Sciences,2017,114(24):6148-6150.
- [3]SCHWAB K.Die vierte industrielle revolution[M].Munich:Pantheon Verlag,2016.
- [4]TRENDOV N M,VARAS S,ZENG M.Digital technologies in agriculture and rural areas:status report[R/OL]. (2019-06-25) [2021-03-25].<http://www.fao.org/e-agriculture/news/readdigital-technologies-agriculture-and-rurala-reas-report>.
- [5]ROSE D C,WHEELER R,WINTER M,et al.Agriculture 4.0:making it work for people,production,and the planet[J].Land Use Policy,2020,100:104 933.
- [6]ROTZ S,DUNCAN E,SMALL M,et al.The politics of digital agricultural technologies:a preliminary review[J].Sociologia Ruralis,2019,59(2):203-229.
- [7]GOEDDE L,KATZ J,MÉNARD A,et al.A-griculture's connected future:how technology can yield new-growth[Z/OL]. (2020-10-09) [2021-03-25].<https://www.mckinsey.com/industries/agriculture/our-insights/agriculturesconnected-future-how-technology-can-yieldnew-growth>.
- [8]PAXTON K W,MISHRA A K,CHINTAWARS,et al.Intensity of precision agriculture technology adoption by cotton producers[J].Agricultural and Resource Economics Review,2011,40:133-144.
- [9]YONAZI E,KELLY T,HALEWOOD N,et al.The transformational use of information and communication technologies in Africa[Z/OL]. (2012-09-01) [2021-03-25].<https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/26791>.
- [10]TOWNSEND R,LAMPIETTI J A,TREGUARD O,et al.Future of food:harnessing digitaltechnologies to improve food system outcomes[Z/OL]. (2019-04-01) [2021-03-25].<https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/31565>.
- [11]FAO.Realizing the potential of digitalization to improve the agri-food system:proposing a new Inter national Digital Council for Food and Agriculture.A concept note.Rome[Z/OL]. [2021-03-25].<http://www.fao.org/3/ca7485en/ca7485en.pdf>.
- [12]MARU A,DAN B,BEER J D,et al.Digital and data-driven agriculture:harnessing the power of data for small-holders[Z/OL]. (2018-03-01) [2021-03-25].<https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/92477/GFAR-GODAN>

-CTA-white-paper-final.pdf.

[13]COBLE K, GRIFFIN T, AHEARN M, et al. Advancing U. S. agricultural competitiveness with big data and agricultural economic market information, analysis, and research[Z/OL]. (2016-10-07) [2021-03-25]. https://fabe.osu.edu/sites/fabe/files/imce/images/10-7-2016Big_Data_v1.pdf.

[14]UNDP. Work for human development:human development report 2015[R/OL]. (2015-12-11) [2021-03-25]. <https://www.undp.org/content/undp/en/home/librarypage/hdr/2015-human-development-report.html>.

[15]DOWNES L. The laws of disruption:harnessing the new forces that govern life and business in the digital age[M]. New York:Basic Books, 2009.

[16]GANDHI P, KHANNA S, RAMASWAMY S. Which industries are the most digital[Z/OL]. (2016-04-01) [2021-03-25]. <https://www.mckinsey.com/mgi/overview/in-the-news/whichindustries-are-the-most-digital>.

[17]CAROLAN M S. More-than-representational knowledges of the countryside:how we think as bodies[J]. *Sociologia Ruralis*, 2008, 48(4):408-422.

[18]BURTON R, KUCZERA C, SCHWARZ G. Exploring farmers' cultural resistance to voluntary agri-environmental schemes[J]. *Sociologia Ruralis*, 2008, 48(1):16-37.

[19]BRONSON K. Smart farming:including rights holders for responsible agricultural innovation[J]. *Technology Innovation Management Review*, 2018, 8(2):7-14.

[20]JAKKU E, TAYLOR B, FLEMING A, et al. "If they don't tell us what they do with it, why would we trust them?" Trust, transparency and benefit-sharing in smart farming[J]. *NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences*, 2019, 90:100-285.

[21]MEHRABI Z, MCDOWELL M J, RICCIARDI V, et al. The global divide in data-driven farming[J]. *Nature Sustainability*, 2020, 4(2):154-160.

[22]李瑾. 新型农业经营主体生产数字化转型现状、问题与对策[J]. *中国农民合作社*, 2020(7):19-20.

[23]汪懋华, 李道亮. 力推数字技术与农业农村的深度融合[J]. *农业工程技术*, 2020(15):23-24.

[24]IFAD. Investing in rural livelihoods to eradicate poverty and create shared prosperity[R/OL]. (2017-07-01) [2021-03-25]. <https://www.ifad.org/documents/38714170/39148759/Policy+brief++Investing+in+rural+livelihoods+to+eradicate+poverty+and+create+shared+prosperity.pdf>.

[25]LAMBORELLE A, ÁLVAREZ L F. Farming4.0:the future of agriculture?[Z/OL]. [2021-03-25]. <https://www.euractiv.com/section/agriculture-food/infographic/farming-4-0-the-future-of-agriculture/>. 2016.

[26]CAROLAN M. Digitization as politics:smart farming through the lens of weak and strong data[J/OL]. *Journal*

of Rural Studies. (2020-10-31) [2021-03-25]. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2020.10.040>.

[27] VERDONK T. Planting the seeds of market power: digital agriculture, farmers' autonomy, and the role of competition policy [M] // Regulating New Technologies in Uncertain Times. The Hague: TMC Asser Press, 2019: 105-132.

[28] EUROPEAN COMMISSION. Council Regulation (EC) 139/2004 on the control of concentrations between undertakings [EB/OL]. (2004-01-20) [2020-03-25]. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=celex%3A32004R0139>.

[29] Ag Data's Core Principles. The privacy and security principles for farm data [EB/OL]. (2014-11-01) [2020-03-25]. <https://www.agdatatransparent.com/principles/>.

[30] MAFF of JAPAN. Report of committee on the management of cropland information utilizing "digital map" [R/OL]. (2020-03-17) [2021-03-25]. https://www.maff.go.jp/e/policies/law_plan/attach/pdf/index-10.pdf.