

区块链加快农业现代化的理论前景、 现实挑战与推进策略

芦千文¹

【摘要】：中国农业现代化的主要难题是小农户与现代农业发展的有机衔接，表现为小农户生产方式导致的农业分工水平和专业化水平不高。从技术原理上看，区块链为此提供了技术解决方案，有可能成为重塑中国农业现代化道路、促进小农户衔接现代农业的重要技术路径。但总体上讲，区块链仍是中国农业发展的超前技术，受其本身不完善和农业数字化水平低，农业大数据、物联网等技术短板的制约，在农业领域的应用范围还很小，主要集中在需要自证和防伪的高端农业领域。由于目前区块链应用的识别度低，要谨防虚假项目的大量出现。区块链创造的新规则，为小农户交易提供了安全保障和激励机制，需要以确保上链数据标准的合理性，整合涉农部门的数据、监管和服务，建设不同层级的区块链服务和监控平台等为应用基础。可见，区块链应用价值最主要的不是去中心化，而是数据的不可篡改、技术的组织功能、交易的硬性约束，把小农户与大市场联系起来。农业数字化水平的提升和基础数据资源体系的建立，使区块链的应用范围迅速拓展、应用价值迅速提高。为此，应明确战略、及早布局、稳步推进，充分发挥区块链推动中国农业现代化的作用。

【关键词】：区块链 农业现代化 小农户 农业生产性服务业

【中图分类号】F329 **【文献标识码】**A **【文章编号】**1003-7470(2021)-01-0126(11)

新技术转化应用是农业生产性服务新产业、新业态、新模式集中涌现的领域，也是农业生产性服务业促进农业现代化的重要路径。新时代以农业生产性服务业加快农业现代化，必须准确把握技术创新的更替趋势，为加快农业现代化注入强劲的驱动力。新技术的不断出现，改变了农业发展基础和农业现代化轨迹，推动了农业高质量发展。区块链作为基础性、关键性技术创新，在数字货币领域的成功应用，引发了对其在金融产业、数字产业、智能产业领域应用的畅想和尝试，以及深刻改变传统产业发展基础和升级路径的讨论。那区块链技术在农业领域的应用，能否破解中国农业发展的瓶颈，加快推动中国农业现代化的进程呢？目前，区块链技术在农业领域应用的讨论主要是应用场景描述和应用案例解读，认为其能解决涉农交易中的信息失真和信息不对称问题，提高涉农交易效率，从而破解农业产业链治理难题，推动农业产业升级。^[1]对理论基础、技术机理和应用前提等方面的讨论不足，难以理性把握区块链技术推动农业现代化的问题和挑战。因此，从理论层面讨论区块链技术在现代农业领域的作用机理、应用前景，分析区块链技术在小农户衔接现代农业转化应用的困难和挑战，对于顺利推动区块链技术普及应用，加快中国农业现代化进程具有重要意义。

一、“斯密猜想”与中国农业现代化的瓶颈

分工和专业化是经济增长的源泉，也是农业现代化的根本动力。亚当·斯密曾提出著名的“斯密猜想”，即“农业劳动生产力的增进，总也赶不上制造业的劳动生产力的增进的主要原因，也许就是农业不能采用完全的分工制度”。^[2]这揭示了农业生产效率落后于制造业的根源在于农业分工的有限性。斯密认为，农业独特的产业特征使得农业分工面临着天然障碍。罗必良认为，农业的生命特性、季节特性、生产组织特性、产品市场特性，导致了分工的有限性，使得农业生产的迂回程度低于工业生

¹作者简介：芦千文 助理研究员 中国社会科学院农村发展研究所 北京市 100732

基金项目：国家社会科学基金项目“区块链交易中的信任问题研究”（编号：18CJL020）的阶段性研究成果

产。^[3]同时，农业劳动的计量和监督难题、农户分散生产条件下的机会主义和道德风险行为，使得农业合约存在明显的不完全性和很强的履约障碍，^[4]导致分工和专业化基础上的农业纵向一体化整合面临很高的交易成本，制约了农业产业链的延展、农业供应链的治理和农业价值链的升级，进而束缚了农业分工深化和专业化水平提升。

世界各国农业现代化的路径各有特色，但基本轨迹都是沿着解决农业分工有限性，促进分工深化和提高专业化水平的方向推进。农业技术创新、管理创新、组织创新、模式创新的主要内容，也与促进分工和专业化密切相关。一是通过品种选育、农艺改良，改变农产品的生物特征，提高内涵品质、改善加工性能，适应标准化、多元化、个性化生产需求。二是通过机械、化学、设施、灌溉、信息技术的更新，推进农业的机械化、化学化、电气化、水利化，提高农业生产效率。三是通过增加中间物质投入和服务、知识等非物质投入，推动农业的“迂回”生产，提高专业化水平。四是通过组织创新、管理创新、交易创新、文化创新，密切联结机制，推动农业生产的规模化、社会化，延长产业链、升级供应链，促进农业与非农产业的融合。这样，由创新驱动的农业现代化，就形成了分工深化、专业化提升、一体化推进相互交织、相互促进的轨迹。中国的农业现代化轨迹也是沿着分工深化和专业化水平提升的方向，推进农业生产经营的规模化、社会化、集约化，以及通过农业产业化实现农村一二三产业融合发展。

技术创新提升了农业分工和专业化水平，但随着技术创新深入到一定程度，对农业分工深化和专业化水平提升制约因素的消除效果迅速减弱。尤其是农业生产和交易中的计量监督问题凸显出来。在农业产业链、供应链治理领域，农业生产和交易中的计量监督难题，诱发的信息不对称、契约不完全以及由此导致的市场主体机会主义、道德风险等问题，已经成为农业分工深化和专业化提升的主要制约因素。这在中国以小农户为主的农业现代化进程中表现得更为明显。中国农业现代化水平与发达国家尚有很大差距。宏观层面上表现为农业生产效率低下、农产品供求结构失衡、农业产业链不完整、农业整体竞争力不强；微观层面上表现为小农户为主的农业经营主体下，农业生产方式落后、农业生产成本高、农产品质量参差不齐、农产品附加值实现较少等。而且，在小农户分散的生产方式下，农业生产的计量监督难题被放大，外部市场主体想要介入小农户生产经营过程，并掌握生产信息、推行标准生产、规范物质投入，需要极高的交易成本。若保留小农户分散生产方式，则标准生产、信息追溯、品牌建设、精深加工等很难实现，现代农业产业链、供应链的治理方式也很难普及。同时，受制于小农户生产经营方式的局限性，土地流转难、技术推广难、产品销售难、融资难等问题始终难以解决。因此，中国农业现代化的关键在于破解小农户农业生产方式下的计量监督难题。对此，需要一项基础性、关键性的技术创新，进一步改善农业生产的可计量和可监督性，提高小农户农业生产的分工和专业化水平，为现代产业链、供应链建设奠定基础。

二、区块链技术与农业生产经营方式变革

区块链技术一经产生，就深刻改变了应用领域的发展基础，引领世界发生巨大变革乃至新一轮产业技术革命。2018年5月28日，习近平总书记在中国科学院第十九次院士大会、中国工程院第十四次院士大会上发表的重要讲话中，将区块链与人工智能、量子信息、移动通信、物联网等列为新一代信息技术代表。中共中央政治局10月24日下午就区块链技术发展现状和趋势进行了第十八次集体学习。习近平总书记在主持学习时强调，区块链技术的集成应用在新的技术革新和产业变革中起着重要作用，要把区块链作为核心技术自主创新的重要突破口，着力攻克一批关键核心技术，加快推动区块链技术和产业创新发展。(1)目前，区块链在大数据、物联网、智能生产、供应链管理等领域的应用延伸，正是农业产业转型升级所亟需的技术创新。区块链技术与农业产业发展的融合，必将推动农业生产方式的变革，加快推动农业现代化进程。

1. 区块链技术的特点与应用现状

最初，区块链技术是为比特币的加密而开发出来的，并因作为比特币的底层技术而广为人知。2008年11月1日，中本聪（Satoshi Nakamoto）发表了《比特币：一种点对点的电子现金系统》一文，提出构建一个不需要金融机构的交易系统的技术框架，为区块链技术的产生提供了理论基础；2009年1月4日，第一个区块“创世区块”（序号为0）产生，一周后序号为1的区块产生，并与创世区块相连接形成了链，标志着区块链的诞生。^[5]简单来讲，区块链技术是以数据存储、传输和交易为核心，

将数学、密码学、互联网和计算机编程等跨学科、跨领域技术融合到一起的集成式创新的新技术，包括区块和链两部分。经过不断演化，区块链已经形成了由分布式账本、非对称加密、共识机制、时间戳和智能合约为主要创新内容的应用技术范式，以点对点的数据传输实现了去中心化的分布式储存交易。在技术层面，已经有大量学者对区块链技术原理和应用场景进行了详细介绍，如袁勇、王飞跃、^[6]何蒲等。^[7]在应用层面，区块链技术作为一种分布式的数据记录方式和共享式的数据库，具有去中心化、不可篡改、全程留痕、可以追溯、集体维护、公开透明等特点。^[8]这使得以区块链为底层技术的应用场景可以形成新的规则，“一套经过数字定义与背书的，并由各个节点参与者共同维护、执行的数字规则”。^[9]

表 1 区块链的技术特征及其原理

特征	技术原理
去中心化	采用分布式记录和储存，不依赖特定中心节点处理和储存数据，任一节点间都可以进行点对点的数据交换与共享。区块链中数据由各节点共同维护，任一节点损坏都不会对整个系统的稳定构成威胁，避免了集中式服务器被攻击导致单点崩溃的风险。
去信任化	所有数据组成了分布式储存账本，每个节点都能获取一致的信息，任一节点出现欺骗行为时都会受到其他节点的排斥。每个节点都不依赖于任何权威机构的信用背书，将对人的信任转为对机器的信任。这能够降低信用成本和道德风险的发生。
共识机制	所有节点对新加入的区块执行共识算法，即全网节点均表示接受该区块后才被正式储存。所有节点均以被全网认可且长度最大的区块链为正确链，并持续以此为基础验证和延长。只有控制了 51% 的节点，才有可能出现造假可能。这使得造假成本非常高。
不可篡改	通过运用哈希函数和非对称加密技术实现了信息可添加但无法随意修改或删除，经过验证的信息会被永久储存。单个或少数节点对数据进行修改，将不被其他节点认可，除非同时控制超过 51% 的节点数，从而保障了数据安全。节点数越多安全性就越高。
隐私保护	交易中，用户自行创建和保存使用地址，每次交易会生成不同的地址。地址与用户信息无任何关联。交易通过地址在匿名情况下完成，既实现数据共享，也保护了隐私。
可追溯性	数据按时间先后顺序记录在区块中，打上时间戳和签名。每个节点各自维护账本，通过节点间定期互换实现同步更新。每个节点都能对全链的数据录入、更改和交易进行记录。
智能合约	作为一种计算机程序，具有代码强制执行的逻辑，可自动执行事先约定好的条款。

约	
激励机制	信息收集可采取积分奖励机制，节点用户上传的真实信息越多，获得积分奖励就越多，积分可用于兑换权限或其他奖励。数据提供者、呈现者、审查者对信息进行共识并数字签名，可通过智能合约从交易中获得利润。

区块链之所以是各个产业创新发展所亟需的基础性、关键性技术，是因为以区块链作为底层技术以机器信任代替人的信任，克服了信息不对称、信息不可追溯等产生的一系列问题，能够让互不相识、没有信任基础的主体建立信任。这就使得区块链延伸出的应用场景，能够创造一种信息对称和诚实透明的环境，实现不同主体的相互信任、高效合作以及一致行动。因此，区块链产生后，应用领域迅速从数字货币拓展至数字金融、物联网、智能制造、供应链管理、数字资产交易等，在促进数字资源共享、优化业务流程、降低运营成本、提高协同效率、建设信用体系等方面发挥着无可比拟的作用，并成为推动传统产业链升级和催动新兴产业链涌现的关键所在。区块链技术的应用引起了世界主要国家的高度关注，纷纷加快布局区块链技术创新和应用。

2. 区块链技术与农业分工深化

区块链技术应用场景所实现的效果表明，其与农业生产经营活动的结合，将为进一步解决农业生产的计量监督难题提供技术解决方案，为推动农业分工深化，转变农业生产方式提供了技术支撑。就技术层面来讲，区块链技术提供了不可篡改、可以追溯、公开透明的信息记录和存储方式，便于各方主体达到信息对称和诚信互信的状态，有助于推动受计量监督难题制约而难以分工的农业生产经营环节实现分工和专业化。就制度层面来讲，区块链技术蕴含的数字规则，提供了以数字信任替代机构信任的数字解决方案，为熟悉或不熟悉的涉农主体与农业经营主体之间进行交易，提供了安全透明信任机制、共识共享机制、智能合约机制、协作和声誉机制等方面的制度供给，^[10]为形成更高效的农业产业链、供应链创造了条件。技术和制度的结合，将使区块链在农业领域的应用，创造新的交易规则和合约结构，重构农业产业链、供应链以及农业经营组织、合作的治理模式（表2）。尤其是基于区块链技术实现的智能合约，无需中介、不可篡改，可灵活嵌入各种数据，可分析环境并独立做决定，安全高效地实现信息交换、价值转移和资产管理，^[11]推动“信息互联网”向“价值互联网”“信任互联网”变迁，维护合作秩序，促进高效治理，使得离散程度高、管理链条长、涉及环节多的多方主体仍能有效合作。^①这可以为农民合作组织、农业经营主体联合组织、农业产业链组织以及物联网等的高效运营提供技术解决方案。区块链还具有开源特性，会随着技术的进步和需求的增长，将更多技术融入进来，为更多农业生产经营方式的创新提出技术支撑。这些理论上的应用场景，恰好为小农户衔接现代农业提供了技术支撑或新的路径，从而诱发涉及小农户农业生产环节的进一步分工深化。可以预见，区块链技术向农业生产经营领域的渗透，将引发中国农业生产经营方式的技术革新和深刻变革，会成为中国加快农业现代化进程的重要创新驱动力量。

表2 区块链与现代农业结合的理论图景

应用场景	解决问题和理论效果
数据信息不可篡改、可以追溯。	解决涉农企业、消费者与农业经营主体交易时因信息不对称而产生的逆向选择和道德风险问题，有助于加快完善农业经营主体的信用体系。

数据信息分布式存储、集体维护。	打通农业生产数据信息在不同部门、不同主体间的“壁垒”实现农业产业链、供应链和农业服务平台、体系、网络的数据信息共享。
构建点对点直接连接的网络组织结构，使每个主体在节点上体现为相同的地位和权利。	实现农业经营主体，特别是小农户与涉农企业、消费者的直接交易，减少冗余的中间环节，提高交易效率。
把合同条款及其他约定，转变成自我验证、自动执行的计算机交易协议，即智能合约。	为农业订单、服务、信贷、保险、担保等的自动履约提供了技术支撑，解决了涉农经营主体与农业经营主体之间委托代理的履约障碍。
区块链技术应用产生的共识机制、协作机制、激励机制（声誉机制），能够实现多个主体之间的协作信任，让参与主体可以充分的互动与博弈，也让利益相关者和监管者嵌入其中，参与合作秩序的维护、治理、监督。	拓展农业生产经营领域，尤其是小农户生产环节和农业产业链、供应链的合作范围，为农业领域的组织创新、协同协作提供丰富的制度选择，提高农业产业体系不同产业、不同环节、不同主体的协同效率，使得离散程度高、管理链条长、涉及环节多的多方主体仍能有效合作

三、区块链技术在中国农业现代化中的应用前景

当前，中国推进农业现代化最为关键的是通过培育新型农业经营体系，构建新型现代农业服务体系，健全完善农业产业链、供应链、价值链，把小农户农业生产引入现代农业发展轨道，把优质生产要素导入现代农业产业体系。理论上讲，区块链的技术特征和应用场景，以解决农业生产的监督和计量难题，以及涉农经营主体的信用识别难题为突破口，形成公开透明的信息流、物质流和资金流，创造了保证有效合作的制度机制和技术环境，为突破当前中国农业现代化的瓶颈提供了综合技术解决方案。具体来看，区块链技术加快中国农业现代化进程的领域主要有如下几个方面。

1. 农业生产经营信息追溯体系建设

农业生产经营信息溯源是发展现代农业的一项基础性工作，是农产品质量安全体系的核心，决定了农业标准化、产业链、供应链、品牌建设等一系列工作的顺利进行。目前，农业生产经营信息追溯体系建设的主要问题是信息记录和传递过程的“失真”，以及中间环节过多导致的信息不可追溯和质量安全隐患。区块链技术的应用，可以把分散的农业生产信息沿着产业链整合起来，保证所有信息数字化并实时共享，实现从田间到餐桌全过程的信息追溯。农产品生产、加工、流通、销售等信息录入区块链后，农业产业链治理主体依托区块链，使生产者、加工者、运输者、消费者、监管者以及其他利益相关者能迅速获得农业生产过程的有效信息，降低了溯源追责的难度。这样，整个农业产业链的信息用数据展示出来，应用到衔接小农户、塑造农业品牌、加强质量控制等，从而有利于消费者选出优质产品，生产者严格物质投入，推动农业价值链升级。同时，区块链技术下的农业生产经营信息追溯，节省了信息的采集、传输、使用成本，提高了信息追溯的经济性，将加快培育涉农追溯服务业，

使涉农追溯服务业迅速成长为新型服务业。目前，中国食品链联盟和京东品质溯源防伪联盟利用区块链技术初步建成了有效的农产品信息追溯体系。⁽¹⁾

2. 小农户与现代农业技术衔接体系建设

小农户与现代农业发展有机衔接，不管选择何种路径，都要实现农业生产过程的技术现代化和管理现代化。这就需要以某种形式介入小农户生产过程。现有签订订单、统一服务、组织联结、信息追溯等介入小农户农业生产过程的手段，虽然把小农户引入了农业产业化经营轨道，但依然难以做到小农户农业生产过程的标准化、规范化。尤其是与小农户建立的契约关系，始终面临着履约率低、执行不到位等难题。其背后的原因，主要是现有组织联结小农户，监督小农户的成本过高；解决的主要思路是建立公开透明、双向约束的小农户农业生产监督机制，以更低成本实现小农户的标准化、规范化生产作业。小农户的农业生产经营信息录入区块链后，一是便利涉农企业获得小农户生产经营的信息，选择信任和适宜的小农户进行合作，以技术和服务带动小农户标准化、规范化、精准化生产作业；二是促进小农户充分表达产品质量方面的消息，激励小农户改进生产方式，提供优质农产品，约束机会主义行为；三是推动小农户组织形式、联结机制、服务方式和发展模式的创新，减少中介和中间组织环节，实现与小农户的直接对接，降低组织小农户标准化、规范化生产的交易成本；四是促使非标准化的小农户向标准化转变，实现整个农业领域的标准化。

3. 面向小农户的农业金融服务体系建设

涉农项目和农业经营主体融资难、融资贵，一般认为原因在于农业自然风险大，土地、设施、设备的可抵押性不足。除此之外，小农户还因面临信用难以识别、金融服务成本高等问题，被涉农信贷、担保、保险、抵押等农业金融服务排斥。以区块链记录小农户的各方面信息，可以使小农户的信用状况和有效需求显示出来，剔除非理性和无效的金融服务需求，提高面向小农户的金融服务的针对性；还可以不通过中介组织或第三方担保，直接对接小农户，降低向小农户提供金融服务的成本以及小农户获取金融服务的难度。如以区块链为底层技术，提供了信息共享、直接对接、自动履约的新型农业保险形式。保险机构省去了为小农户提供保险服务的众多繁冗环节，精准实现对小农户资产状况和风险系数的评估；小农户可以轻而易举地获得相匹配的保险产品，不需要纸质合同以及数据维护、更新，也节省了小农户与保险公司复杂的协商谈判过程。风险发生时自动识别、触发理赔条款，做到了规范、安全，便于监管者直接监督。区块链的智能合约机制为构建多方担保的小农户信贷模式提供技术解决方案，以信息抵押代替传统的物资抵押，不再依赖银行、征信机构或中介机构提供的信用证明，调取相应信用信息并签署智能合约即可。区块链与农业金融服务的结合，将重塑面向小农户的金融服务供给，超越了空间上的局限，发挥出传统信贷不可比拟的低成本、高效率的交易便利。

4. 农产品质量安全保障技术体系建设

构建从田间到餐桌的农产品质量安全保障体系，是顺应农产品消费升级趋势，推动农业转型升级的重要支撑。目前，危害分析和关键控制点（HAC-CP）¹体系，被广泛应用到农产品生产中。但我国农产品质量安全保障仍面临很多挑战，如多主体分散生产，多部门片段监管，产加销衔接不畅，风险节点过多等。健全农产品质量安全保障体系的主要难题是既要同时适应不同的农业经营方式，尤其是包容小农户分散生产方式，也要实现与跨区域、跨产业、跨部门的农业产业链、供应链融合。区块链可以把多种农业经营主体和农业产业链、供应链的参与主体联结起来，组成互信、协作和高效的网络，从源头上控制和解决农产品质量安全问题。区块链嵌入 HACCP 体系中的控制点后，数据信息的可溯源性和安全性得到保证，形成精准控制的全产业链、全供应链质量安全监控体系，打通了跨区域、跨产业、跨部门的质量安全保障障碍，推动以政府和消费者等外部监督为主转变为生产者内部自控为主。同时，区块链的嵌入，也降低了中小企业以及小微企业、农业经营主体参与农产品质量安全控制网络的成本，使得他们可以根据自身实际接入区块链，提高质量安全控制水平。

5. 农业品牌塑造及其运营维护体系建设

品牌农业是现代农业的重要标志之一。塑造农业品牌的主要作用是解决优质不优价问题，实现优质特色农产品附加值。这正是深化农业供给侧结构性改革的有效路径。但受农业生产基础薄弱的限制，农业品牌建设始终面临着质量信息难以表达和传输给消费者，特色产品防伪难度大，品牌运营和维护难以持续，标准化生产理念难以贯彻等难题。区块链在信息追溯体系、衔接小农户技术体系和质量安全保障体系的作用，已经为农业品牌建设创造了基础环境。在此基础上，以区块链为底层技术构建品牌塑造和维护的平台，可以串联产业链各个环节主体，打通信息流、物流和资金流，建立标准生产体系、全程监控体系，形成区域、企业、产品的多维品牌溯源体系，推动品牌化路径深入到产业链、供应链的各个层面，引导农业加快向标准化、产业化、品牌化发展转型。农产品信息经区块链呈现，便于消费者查询识别，提高了造假成本，提升了消费者对产品品质的认可度和认同感；借助区块链技术对品牌运行和维护的关键节点进行控制，既节省组织运营成本、提高品牌塑造效率，也确保技术标准和生产规范的执行。由于有了区块链的信用背书，优质农产品可以卖到更高的价格，农业经营主体生产高附加值、高品质农产品的积极性将增强。

6. 多层次多维度农业服务平台建设

发展涉农平台经济是促进小农户衔接现代农业的有效方式。^[12]区块链为平台经济发展提供了保障直接交易安全的底层技术平台。^①区块链嵌入涉农服务平台后，小农户、中间商、消费者、服务商、监管者间实现数据共享、直接交易和智能合约，形成了 M2M(Machine To Machine) 平台，对信息进行多方认证，并从中形成透明的价格机制、获得合理的收益回报、承担相应的责任约束。随着信息化技术的加速渗透，越来越多的涉农资产、产权被数字化，以区块链为底层技术的服务平台，支持交易的涉农资产和要素范围大大拓展，如土地流转交易、集体产权交易以及数据资产、实物资产、知识产权等。同时，可以接入资产评估、信息发布、法律咨询、抵押融资、担保服务、监督监管等功能，解决农村产权交易项目分布广、数量大、额度少、监管难、机制滞后等问题。这使得区块链在面向小农户的农产品交易平台、产权交易平台、农村综合性服务平台、农业生产性服务平台、农业产业链或供应链集成服务平台等领域具有广泛的应用前景。这些交易平台的普遍建立和有效运行，将加速农村要素流动和城市优质要素下乡。如区域性综合农业服务平台，以区块链整合农业产前、产中、产后的综合服务，将农资供应商、农机服务主体、金融服务机构、农技服务部门、农产品运销和加工主体网络成紧密的协作共同体，直接为包括小农户在内的农业经营主体提供全程农业生产性服务。区块链介入农业产业链和供应链后，形成一个集成服务平台，重构了农业产业链和供应链中价值增值的关键节点。同时，以区块链为技术支撑，金融服务、品牌服务等更多农业生产性服务更好地嵌入农业产业链和供应链，形成了以服务平台为中心、以区块链为支撑的价值链新生态。

7. 农业支持政策精准管理技术支撑体系建设

国家出台了大量的财政补贴、税费减免、项目扶持、奖励奖励等农业支持政策。这些政策执行过程中，面临着扶持对象难以精准识别、向小农户发放补贴成本高、中间环节执行存在偏差、项目运营和管理不到位、监督和评估跟不上等问题。区块链在公共服务、电子政务中的有效应用，说明其在农业支持政策的精准执行、监督和评估中也有着应用前景。农业部门作为重要节点接入区块链后，可以全面了解处于区块链中的农业经营主体以及农业产业链、供应链不同环节的数据信息，以此为依据识别需要扶持的主体，了解政策需求，以及制定针对性政策。监督和评价主体同样可以作为重要节点，接入区块链，对受扶持对象开展监督和评估。如农机购置补贴政策实施过程中，区块链的介入，可以客观记录农机企业基本信息，自动识别和匹配需要补贴的产品和对象，筛除虚假信息和不良企业；可以实现农机产品从制造商到最终买家的全程追溯，确保补贴真正受惠于农民；可以实时查看补贴资金的使用情况，利用大数据技术进行分析预测，及时发现和预防可能存在的风险，查处违规行为。此外，以区块链为底层技术建立农业支持政策管理平台，用于直接向小农户发放补贴，嵌入涉农服务平台，向农业服务主体发放补助资金等，节省了中间冗余环节，降低了组织实施成本。

四、区块链技术在现代农业领域应用的问题与挑战

对区块链在现代农业领域应用场景的阐述，都是基于技术原理、理想场景与小农户前提下农业现代化的瓶颈结合起来的分

析。区块链在实际运用中，还需要一定的技术基础和外部环境，而区块链本身并不完善，且处于初级应用阶段，除数字货币外的成功案例并不多见。其在现代农业领域的应用还存在着一些亟待解决的问题，也需要面对一些挑战。

1. 农业生产数据不能完全自动采集，限制了区块链技术特点的发挥

数据化是区块链应用的前提。区块链创新了信息数据记录和使用方式，但并不解决信息数据来源本身的问题。区块链只是解决了数据生成后的不可篡改、点对点传输、信息追溯问题，并没有解决数据生成环节的真实性问题。在讨论的区块链应用场景中，都假定数据录入完整且真实，这才使得区块链具有数据不可篡改和点对点传输的技术优势。但现实中并不具备农业数据完全自动采集的条件，有相当一部分数据需要人工录入。这就不可避免地出现数据“失真”的问题。在农业生产领域，很多环节的数据采集在现有技术水平下难以实现自动化、智能化采集，必须依靠人工录入，如农业物质投入、农业生产作业等。在工业领域，依赖物联网技术可以实现数据采取的自动化，而农业领域本来标准化实现程度低，加之小农户农业生产分散化、零碎化作业，物联网技术难以介入。即使在部分环节能实现数据的自动化采取，也需要大量的低功耗、快速、准确、小型化的农业传感器。这将显著抬升农业生产成本。不能保证数据的真实性，区块链与现代农业结合的应用场景就很难实现。

2. 去中心化同时造就新的中心，需要配套多层次治理机制创新

区块链介入后，虽然农业经营主体可以与农业产业链和供应链其他环节主体实现直接对接，甚至直接与消费者建立联系。但在现有条件下，仍然需要专门的主体进行数据维护、合约谈判、规则制定、平台运营和技术支持。这就使得承担这些职能的主体成为新的“中心”。这些“中心”与原有扮演中心角色的主体一样，并不是中性的，同样具有机会主义倾向，从而影响区块链技术的发挥。如随着区块链的大规模应用，提供数据存储和维护、移动支付、智能合约等技术外包服务的第三方主体会大量出现。他们在提供服务时，既有受软件或能力制约导致的服务瑕疵，也有员工的道德风险所导致的不确定因素。小农户通过区块链直接接入农业产业链或与消费者对接，对合作组织或中介组织承担的功能提出了新要求，原有生产经营或服务以及组织统一作业、签订订单、监督执行的功能弱化，但数据采集和维护、合约谈判、标准执行等新的功能增加。这种功能的转换，有助于农民组织创新功能实现形式，提高农村合作经济发展质量，但也伴随着利益分配格局的转换，尤其是合作组织盈利性经营活动的减弱，将对合作组织的发展提出挑战，也为区块链技术的普及带来阻力。这些都对现有的农业制度和监管规则提供了挑战，需要制度层面、机构层面、工具层面的创新。

3. 亟需的关键性技术创新滞后，配套的软硬设施支撑较为薄弱

现代农业发展需要的技术创新中，区块链是重要的底层技术之一，却不是最底层的技术，仍需要其他更底层或以区块链为基础的更多技术创新。如适应农业农村发展需求的信息存储、高速传输、新一代互联网物联网、传感器等技术的创新。目前，区块链在现代农业领域的应用，主要受农业物联网和大数据技术短板的制约。同时，区块链的普及还需要重建农业软硬件设施。区块链的应用依赖于完善的信息化基础设施，正是农业现代化设施建设的短板所在。区块链在农业领域的推广应用，需要大量的软硬件设施建设投入。一是配置区块链所需的专业设备和软件。如数据采集需要的传感器、数据传输和维护需要的设备、产品检验检测设备以及应用终端设备，以及适用于区块链运行和小农户使用的操作系统与浏览系统。二是亟需普及互联网基础设施。为便于全流程数据采取和信息追溯，需要加强农村和农业领域互联网基础设施建设，尤其是要装配到可移动的农业生产设施和农产品流通设施的互联网终端设备。三是亟需专业人才队伍作为支撑。区块链技术的研发对技术开发人员要求比较高，在农业领域应用还需要具备相应领域的专业知识储备。目前，大部分农业科技推广人员不具备区块链相关知识，既懂农业又熟悉区块链的复合型人才更为缺乏。如果只是应用而不涉及到应用群体知识结构和人力资本的匹配性升级，无疑是“新瓶装旧酒”。

4. 区块链应用与否“识别度”低，需要谨防大量虚假项目的出现

目前，我国很多地区农业的技术水平和分工水平尚比较落后，现有技术水平下的农技推广普及就能显著促进农业分工深化，

尚未到达必须依靠区块链破解农业发展痛点的阶段。这使得区块链与推动农业现代化的结合的切入点比较少。也即是说，区块链整体上仍属于超越当前农业发展阶段的技术。而区块链的应用，需要使用群体掌握专业知识。绝大多数小农户很难了解区块链技术原理，普通农产品消费者也因“懒得”联入区块链识别产品信息，而对区块链技术不“感冒”，进而他们都对区块链的接受度不高。这就导致目前很多区块链在农业领域的应用案例，一方面，其必要性无法体现，依靠现有技术也能实现；另一方面，不能直接判断是否真的应用了区块链。因此，在当前时期，区块链热点的出现，在引发关于区块链在现代农业应用前景讨论的同时，也会有大量的以区块链为亮点进行投融资或争取政策的项目，很大可能会有一些是以区块链为幌子或噱头，骗取政策支持或公众投资的虚假项目。对此，要特别注意。

5. 区块链技术本身并不完善，广泛的商业应用存在很多局限性

区块链技术发展处于早期，技术很不成熟，应用的经济性短期内难以体现，也面临很大的监管风险。一是信息安全隐患。农业领域应用区块链的节点数相对较少，信息安全隐患相对较大。农户信息安全意识较为薄弱，其访问区块链的密钥容易泄漏或被窃取。这导致应用区块链时，网络安全和隐私保护相当脆弱。二是交易效率受限。区块链实现的公平交易是以牺牲效率为代价的，其分布式和共识机制决定了交易效率瓶颈，不能较好地支持高频交易。^[13]而且，所有规则都是事先预置的，虽然无法篡改，却无法确保规则最优。三是应用成本高企。农业经营主体普遍散弱小，尤其是小农户，在基础设施不完备的情况下，接入区块链需要大量的设施设备和人力资本投入，无疑抬高了区块链普及应用的门槛。四是业务融合较难。区块链结合具体应用场景才能实现价值。对于农民来说，技术越简单、便捷、易操作，越容易被使用。区块链本身没有业务或商业模式，既不易被农民理解，也难以实现与业务的融合，从而难以以某种场景直接呈现出来，供农民便捷化地操作使用。五是监管体系空缺。区块链内数据保护、产品定价以及责任划分，都是法律约束和监管规范的新课题。针对区块链应用的通用标准、技术规范、法律制度处于初步探索阶段，(1)尚未形成对区块链在农业领域应用的约束力、规范力。这使得当前区块链在农业领域的应用处于“野蛮生长”阶段。这也使得，区块链在农业领域的大量应用普及还很远。

五、结论与启示

1. 理性认识区块链在现代农业领域应用的前景

从技术原理和理论效果来看，区块链对于推动中国农业现代化具有广泛的应用前景，很可能成为重塑中国农业现代化道路、促进小农户衔接现代农业的重要技术路径，也是未来农业生产性服务业创新发展的重要领域。区块链的公开透明、不可篡改、去中心化、全程追溯、共识机制、智能合约等技术特点，使其成为破解农业生产经营的监督计量难题的重要技术手段，以及建立农业信息追溯体系、小农户衔接现代农业技术体系、农业金融服务体系、农产品质量安全保障体系、农业品牌塑造及其运营体系、农业服务平台、农业支持政策精准管理体系的重要底层技术，将成为农业分工深化和专业化水平提升，进而促进农业组织创新、模式创新以及智慧农业、数字农业发展的重要技术推动力量。但区块链技术并不完善，以牺牲交易效率为代价保证交易的公平和安全，以及与小农户生产方式结合存在的信息安全隐患、应用成本高企、监管体系空缺，导致其商业应用面临很多的局限性。而且，就目前中国农业发展总体水平来说，区块链属于超前技术。一方面，小农户农业生产方式的分工水平和专业化水平，依靠现有技术手段进一步提升的空间还很大，对区块链应用的有效需求显现不足；另一方面，作为区块链应用前提的农业数字化水平和农业大数据建设较为滞后，以及区块链应用的技术支撑和配套设施与服务不匹配，也限制了区块链在农业领域的应用范围。因此，要用理性的态度看到区块链渗入农业现代化的过程。总体而言，区块链在农业领域的应用，正处于探索的起步阶段，应用案例主要集中在具有高附加值，且需要自证和防伪的特色高端农业的品牌化，以及互联网农业、智慧农业等新产业、新业态、新模式领域的产业链、供应链治理机制创新。其在农业领域的大量应用和普及还有很长的路要走。区块链在农业领域应用的识别度低，一定时期内，要谨防以区块链为幌子的虚假项目的出现，保护好农业经营主体尤其是农民的权益。

2. 准确把握区块链在现代农业领域应用的前提

虽然区块链在农业领域的应用普及还不具备条件，但是，互联网农业、智慧农业的迅速兴起，将导致对区块链应用的需求迅速增长。同时，区块链技术本身的完善，以及相关支撑技术和配套设施的完善，将会逐步扩大区块链在农业领域的应用范围。尤其是区块链去中心化、信息透明、共识机制、智能合约、公平交易等技术特点，为小农户衔接现代农业提供了技术支撑，会围绕小农户催生新的治理机制、组织形式和商业模式，应及早关注其促进小农户衔接现代农业的作用。小农户衔接现代农业的主要障碍可以归结为生产分散、交易风险两大问题。区块链应用创造的新规则，为小农户交易提供安全保障和激励机制，同时把规范化标准作为前提，形成了标准的硬性约束，减少了人为干预，解决了交易风险监管问题，使小农户直接与企业或消费者建立联系。结合前述分析，区块链嵌入小农户生产方式还需要具备一些基础。

（1）确保小农户上输数据标准的合理性。小农户的竞争力要通过标准执行来体现。标准的合理性需要专门主体来确保。承担这项功能的适宜主体是农民合作组织。由农民合作组织与销售对象协商确定标准，监督小农户的标准执行，以及组织数据上输、确保数据的可靠性。

（2）整合涉农部门的数据、监管和服务。以区块链为底层技术的小农户衔接现代农业功能的实现，需要水土、气象、植保、金融等大范围的数据整合，这涉及到很多部门及其职能。数据整合以及相关部门职能的协调是一项很复杂的基础工程。

（3）建设不同层级的区块链服务和监控平台。这些平台既要承担产业规划、信息收集、数据整合、技术支撑等服务功能，也要承担各类标准制定、数据使用、合约执行等的监控职能。这些基础具备后，区块链与小农户的结合，将激发农业高质量发展的内生动力。小农户通过区块链实现了交易的安全性和标准的硬性约束，保证了市场的稳定性，弥补了与涉农企业合作或参与涉农交易的履约率不足、收益分享不充分等问题。如果小农户执行标准或提高标准，能得到相应的奖励，参与现代农业发展的积极性就被激发。可见，对于推动中国农业现代化的实际需要来说，区块链应用的价值最主要的不是去中心化，而是数据的不可篡改、技术的组织功能、交易的硬性约束，把小农户与大市场联系起来，调动小农户提高生产率、提高农产品质量的积极性，促进小农户农业生产方式的现代化。

3. 科学谋划区块链在现代农业领域应用的策略

要顺利推动区块链在农业领域的应用，应该以理性、审慎的态度，明确出台政策措施，加快布局区块链与农业发展的融合的技术创新。

（1）开展前瞻性研究。及早制定区块链在现代农业领域应用的战略，开展前瞻性研究，预判区块链在现代农业领域的影响，形成一定的技术储备和专家团队，为各级政府决策提供咨询。

（2）布局基础设施。在现代农业发展基础较好的地区先行布局区块链应用的基础设施，在农业部门、农业和涉农服务机构、乡镇政府等建立区块，探索多部门协同的监督监管机制。由政府引导，企业主导搭建便捷使用区块链的平台，聚合物联网、大数据、云计算、人工智能等新技术，整合政府、电商企业、互联网技术企业、农业企业以及农业经营主体，拓展区块链在农业领域的应用场景。

（3）多种举措提高区块链的认知能力和接受程度。要加大区块链基础知识普及力度，通过多种渠道向农民展示、展现、宣传区块链；依托高校和科研机构，培育专门人才，充实农技推广队伍，促进区块链技术的推广，加速成熟技术的转化应用；把区块链纳入新型职业农民、农村致富带头人等的培训内容，提高新型职业农民应用区块链的能力。

（4）探索先行先试经验。在农业科技示范园、农业综合开发示范区等，鼓励区块链在农业领域的探索性应用，加快形成规范性的应用标准，发挥先行先试的示范引领带动作用。筛选一批高新技术企业、涉农经营主体和新型农业经营主体，由政府主导或联合开展试验试点，摸索先行经验，由点逐面，分步骤推开。

(5) 创建符合区块链技术发展的法律基础框架。把区块链技术下实现的订单、抵押、担保、信贷等交易纳入保障范围，尤其是重视知识产权、技术专利的保护和利用，明确参与主体的法律责任，做出保护信息安全的具体规定，如禁止信息数据二次传播，防止企业商业信息泄露，保证企业数据不被滥用。

(6) 加强监管和服务，为区块链合理使用营造环境。要充分利用区块链在信息获取和追溯方面的便利，合理设置监管节点，完善监管制度和方式，实现穿透式监管、事中监管，为区块链服务现代农业发展提供保障；要适应区块链对农业产业链和供应链治理机制的影响，为以区块链为底层技术的涉农服务平台运行，为参与区块链交易、合作的农业经营主体和涉农经营主体提供服务支撑。

参考文献：

- [1][9][10]付豪，赵翠萍，程传兴．区块链嵌入、约束打破与农业产业链治理[J]．农业经济问题，2019, (12)．
- [2]（英）亚当·斯密著，郭大力，王亚南译．国民财富的性质和原因的研究（上卷）[M]．北京：商务印书馆，1976．
- [3]罗必良．论农业分工的有限性及其政策含义[J]．贵州社会科学，2008, (01)．
- [4]刘凤芹．不完全合约与履约障碍——以订单农业为例[J]．经济研究，2003, (04)．
- [5][6]袁勇，王飞跃．区块链技术发展现状与展望[J]．自动化学报，2016, (04)．
- [7]何蒲，于戈，张岩峰，鲍玉斌．区块链技术与应用前瞻综述[J]．计算机科学，2017, (04)．
- [8]李拯．区块链，换道超车的突破口[N]．人民日报，2019-11-04．
- [11]欧阳丽炜，王帅等．区块链智能合约的发展现状：架构、应用与发展趋势[J]．自动化学报，2019, (09)．
- [12]芦千文．涉农平台经济：典型案例、作用机理与发展策略[J]．西北农林科技大学学报（社会科学版），2018, (05)．
- [13]赵刚．区块链技术的本质与未来应用趋势[J]．人民论坛·学术前沿，2018, (12)．

注释：

1 习近平在中央政治局第十八次集体学习时强调把区块链作为核心技术自主创新重要突破口，加快推动区块链技术和产业创新发展，新华网，2019 年 10 月 25 日。

2 叶蓁蓁：我国必须走在区块链发展前列，人民网，2019 年 10 月 26 日。

3 前者是由食品生产、食品加工、物流配送、公益事业和区块链研发等企事业单位及有关机构自愿组成的以“区块链为核心技术、食品服务为发展导向”的联盟组织；后者是京东公司与工信部、农业部、国家质检总局等部门，运用区块链技术搭建“京东区块链防伪追溯平台”。参见，2018 年 5 月工业和信息化部信息中心发布的《2018 年中国区块链产业白皮书》。

4 英文全称为 Hazard Analysis Critical Control Point，是国际上共同认可和接受食品安全保证体系，主要是对食品

中微生物、化学和物理危害进行安全控制，20 世纪 60 年代由美国的公司研发出来。2011 年，我国制定了 GB/T27341-2011《GBT27341-2009 危害分析与关键控制点体系食品生产企业通用要求》，自 2012 年 5 月起实施。

5 区块链本身可以形成不同层次、维度的网络，如公有链、联盟链、私有链，分别对应区域层面的综合性网络平台、行业层面的专业性网络平台、主体层面的个性化管理平台。

6 2019 年 1 月 10 日，国家互联网信息办公室发布了《区块链信息服务管理规定》，2019 年的 3 月 30 日发布了第一批共 197 个区块链信息服务名称及备案编号。