



序一

习近平总书记在中共中央政治局集体学习时强调，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。我们要把区块链作为核心技术自主创新的重要突破口，明确主攻方向，加大投入力度，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。总书记对区块链的发展寄予厚望，学界和业界更当理性认识和引导区块链技术创新路线，以求促进国内区块链技术蓬勃发展。

从学术意义上看，区块链技术逻辑的本质，是通过共识机制和通证机制，辅以密码学等多学科交合应用，以低效率、高损耗产生稳固性、一致性，确保数据连接和物理连接的可靠。因此，区块链科学体系和区块链技术集群存在映射关系，即科学基础的拓展可以支撑区块链技术集群的扩展，区块链技术集群的扩展也会反作用于科学基础的深化。而区块链去中心化及分布性一致的技术体系结构，也的确为物质世界的数字表达提供了更多观察视角，因而蕴含演化不同类型技术生态的可能。

从经济意义上看，现阶段区块链技术对于多元异构数据、高频低值数据等尚不具备经济处置能力，其现实意义和作用更多体现在对社会契约履行、资源配置效率、产业互联生态、市场竞争秩序等进行补充性校验和修正，但对于需要在时间流中沉淀的事件档案，区块链无疑提供了非常合适的工具，尤其在征信体系缺失的中国更易引起需求共鸣，从而引发庞大的供给动机。

研究区块链技术在社会治理和产业演进的价值传递和迁移规律，可以为区块链技术应用提供更为多元纵深的应用场景和路径选择。

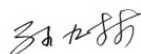
本书构建了与国情相适应的技术路线和研究起点，展示了区块链和产业链特别是农业产业链相融合的实验性价值溢出效用。探求区块链技术应用

于农业领域的诸多场景建设，借助通证共识和智能合约，可以一定程度纾解社会治理和市场运行中的趋势预判、科学决策、商业应用等信息不对称和信息碎片化问题，有效避免传统供应链运营的制度性时延、经营性成本和人为性失误，也可为金融机构特别是银行业和保险业实现高效率、低成本的征信基础和价值释放，还包括在知识产权保护及交易等领域的可持续业务衍生和拓展。

作为数字革命中相对独立的一项技术应用，区块链并不能独立解决所有基于通证机制产生的信任共识问题，对于超越现有科学认知的研判和期待，也许并不利于区块链技术的学术研究和实践应用，唯有清源正本，因势利导，才能使区块链技术更好地服务于系统创新，服务于社会进步，服务于人类福祉。

探索与共享，一直是科学精神所在。新著付梓，既是学者初心，也是社会所愿，谨致鸿雁博士和李军先生，秉持理性之炬，点亮理想之光，同以飨之，异以鉴之。

中国工程院院士



2021年5月15日



序二

当前，区块链已经成为一种构建信任的新兴信息技术，通过深度融合密码学、对等网络、共识算法、智能合约等技术进行集成创新，能够实现更广泛的社会协作，降低社会的信用成本。近年来，区块链领域的技术创新成果不断涌现，自主研发能力不断加强，核心技术发展迅速，世界主要发达国家都将区块链列为优先发展战略。

2019年10月中共中央政治局集体学习区块链技术之后，区块链上升为国家战略。习近平总书记指出，要把区块链作为核心技术自主创新的重要突破口，明确主攻方向，加大投入力度，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。2020年5月教育部发布《高等学校区块链技术创新行动计划》的通知，要求推动若干高校成为我国区块链技术创新的重要阵地，一大批高校区块链技术成果为产业发展提供动能，有力支撑我国区块链技术的发展、应用和管理。2021年我国已有20多个省（自治区、直辖市）将区块链写入年度政府工作报告，区块链技术研发与应用需求旺盛。区块链技术已经在工业、农业、政务、商务、民生、金融等领域的应用全面展开。

区块链是随着比特币等加密数字货币的发展而出现的一种全新的去中心化基础架构与分布式计算范式。区块链技术经历了以可编程数字货币体系、可编程金融系统和可编程社会为主要特征的不同阶段。区块链技术已经在数字货币、供应链管理、司法存证、物联网、智能制造、数字资产交易等多个领域取得重要进展。

在农业方面，2020年农业农村部办公厅印发《2020年乡村产业工作要点》，提出要“以信息技术带动业态融合，促进互联网、物联网、区块链、

人工智能、5G、生物技术等新一代信息技术与农业融合”，加快区块链在农村农业发展中的应用。

《区块链+农业：原理、模型与应用》系统介绍了区块链农业方面的最新实践和取得的成果。从智慧农业发展现状、农产品安全与溯源的需求、农业供应链金融、农业保险互助和农村信息化等方面介绍了区块链的具体应用模式和实际案例，是区块链在农村农业发展中应用的重要参考书和技术资料。

国家“十四五”规划和2035年远景目标纲要已经将区块链列为数字经济重点产业，为我们描绘了未来五年区块链技术在多个领域的应用前景和巨大发展蓝图，区块链产业迎来了重大的历史发展机遇。本书的出版将为区块链农业的发展注入活力。

中央财经大学教授 朱建明

2021年4月7日



前言

2019 年 10 月 24 日，中共中央总书记习近平在主持中共中央政治局学习区块链技术发展现状和趋势时强调，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。随后的 2020 年与 2021 年，全国多地发布了区块链行动计划或规划，鼓励区块链和实体经济深度融合，发挥促进数据共享、优化业务流程、降低运营成本、提升协同效率的重要作用。

区块链技术的创新在于其技术的集成创新，更在于其去中心化的账本理念的创新。区块链能够保证数据可信共享，从而提高协同效率、降低沟通成本，使得离散的、多环节的多方能够达成共识，有效合作。人们不断探索适合区块链技术的各类应用场景，同时在这个进程中，为了满足不断涌现的新需求，区块链技术本身也有了更多长足进步。

《国民经济和社会发展第十四个五年规划与 2035 年远景目标纲要》指出：“完善农业科技创新体系，创新农技推广服务方式，建设智慧农业。”这是我们选择农业作为区块链应用场景研究的出发点和落脚点。本书总结了区块链技术的原理，阐述了区块链与农业相结合的模式，并着重介绍了基于区块链的食品质量监督与农产品供应链、基于区块链的农业农村信用与金融创新、基于区块链的减灾与农业保险创新，以及区块链与智慧农业技术相融合的技术支撑体系，结合区块链理念与农业农村发展实践，对区块链 + 农业的原理、模型和应用实践作了简明介绍，为区块链在智慧农业建设中发挥应有作用，提供了可资借鉴的创新路径。

本书初稿完成于 2019 年，成书于 2020 年疫情期间，作为区块链技术

在农业领域探索的总结，本书难免有不足与遗憾，随着实践工作的深入推进，

我们会努力对书中的内容加以完善和丰富。

作者

2021 年 3 月

马克思指出：“过程越是按社会的规模进行，越是失去纯粹个人的性质，作为对过程的控制和观念总结的簿记就越是必要；因此，簿记对资本主义生产，比对手工业和农民的分散生产更为必要，对公有生产，比对资本主义生产更为必要。”（引自《资本论》第二卷）。

第 1 章

顺势而为：区块链的兴起 与未来之路



1.1 区块链的概念和特征

区块链（Blockchain）是基于密码学的分布式账本系统，具有去中心化、开放性、匿名性、信息不可篡改等特点。区块链的主要技术优势包括：一是解决传统中心化的信任机制问题，区块链中没有中心节点，所有节点都是平等的，通过点对点传输协议达成整体共识；二是数据安全且无法篡改，每个区块的数据都会通过密码算法加密，并分布式同步到所有节点，确保任一节点停止工作都不会影响系统的整体运作；三是以智能合约方式驱动业务应用，系统由代码组成的智能合约自动运行，无须人工干预。

智能合约是一种特殊的计算机合同协议，使用信息化的方式传播、执行和验证，整个过程都通过计算机来实现。智能合约的概念于 1994 年由计算机科学家和密码学专家尼克·萨博首次提出，但是受限于当时的计算机技术，智能合约的概念并没有得到太多的关注和回应，在多年之后也没有得到太多的发展。直到应用区块链技术的比特币诞生，人们才逐渐尝试将智能合约与区块链结合起来，基于分布式、去中心化的区块链技术，实现一个不受第三方控制且能自动执行的智能合约环境。区块链技术利用智能合约等手段保证交易多方能够完成约定义务，确保交易安全，降低信用风险，为区块链提供了可编程能力。

学界一般认为区块链技术（见图 1-1）起源于比特币，比特币是一种点对点的电子现金系统，由中本聪（Satoshi Nakamoto）于 2008 年设计开发。这是一个分布式系统，其价值流通媒介是虚拟的加密数字货币：比特币。比特币的发行和流通不受任一中心机构控制，只要有算力并接入互联网，就可以参与其中。其代码开源，由全世界极客组成的 Bitcoin Core 核心开发者在 GitHub（源码托管仓库）上共同维护更新，在 GitHub 上有 4 万多人收藏，代码被分叉（fork）24 000 多次。比特币是密码学和经济学的集大成者，让人类第一次自己掌握了自己的数据主权。



区块链的诞生，标志着人类开始构建真正的信任互联网。区块链提供了一种新型的社会信任机制，为数字经济的发展奠定了新基石，“区块链+”应用创新，昭示着产业创新和公共服务的新方向。

区块链本质上不是一种全新的技术，而是多种信息技术的综合，是全新思维模式下的技术融合创新，是一套集合了应用数学、密码学、网络技术、数据技术和安全技术等多学科、多门类技术的完整体系，在数据保护（数据的完整性保护、数据池的完整性保护、源数据的确认）、数据确权、个人隐私保护、个人和企业信用评价等多个领域和方面具有强大的功能，体现出了其他技术所达不到的效果。区块链是一个新型的分布式架构和新型的计算范式，在它之上可以结合各种技术构建新型的业务系统。区块链基础设施在各种应用系统之下，具有基础性和支撑性。各种人、机、物和各主体间的对应关系映射到区块链上，建立可信的区块链基础设施。

目前，区块链已经引起世界主要国家政府和机构的重视，逐步从金融行业延伸到供应链、征信、产品溯源、电子证据等领域，推动着“信息互联网”向“价值互联网”变迁，在全球范围引起一场新的技术革新和产业变革。

1.2 深远政治背景和重大战略背景

世界正在进入以信息产业为主导的数字经济发展时期，各国都在积极向数字化、网络化、智能化转型。数据已成为关键生产要素，数据运用能力日益成为衡量国家竞争力的关键因素。作为数字经济时代的前沿技术，区块链能充分发挥数据作为数字经济关键要素的重要价值，已经成为大国博弈的重点领域。在全球区块链技术标准尚未统一，产业化进程处于早期阶段的当下，全球主要国家都在积极加快布局区块链，抢占新一轮产业创新的制高点以强化国际竞争力。

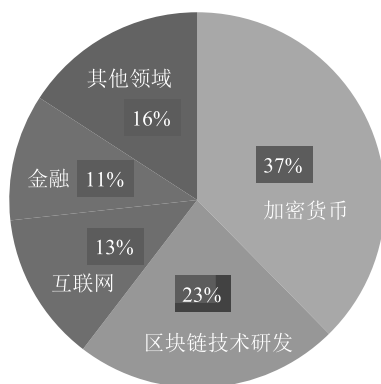
2016 年，第四十六届世界经济论坛达沃斯年会将区块链与人工智能、自动驾驶等一并列入了“第四次工业革命”。随着区块链技术的快速发展和价值显现，区块链应用从加密数字货币领域，逐步向金融、供应链、工业制造、公益等领域扩展。世界各国政府及监管部门对区块链技术的态度从观望转向鼓励，并重视区块链技术的创新开发，鼓励区块链赋能产业应用，加快区块链落地步伐。ResearchMarkets 预测，到 2022 年，全球区块链市场规模将达到 139.6 亿美元，2017—2022 年，市场年复合增长率将达到 42.8%。

美国、英国、澳大利亚、韩国及欧盟等均在积极发展区块链产业，推进区块链技术研究与应用探索，并陆续制定了区块链监管方面的法规。2018 年 6 月，日本政府推出了沙盒制度，加快推出新的商业模式和创新技术，如区块链、人工智能和物联网；2018 年 12 月，欧洲议会呼吁采取措施促进贸易和商业区块链的采用；2019 年 1 月，韩国政府将区块链技术纳入其“研究与开发税收减免中增加了 16 个领域”之一，以促进区块链技术创新；2019 年，德国政府出台了区块链战略，在金融领域创新应用、技术创新与应用试验、清晰可靠的投资框架、行政服务领域的技术应用、区块链信息与知识教育培训等五个方面给出具体的行动指南，促进区块链的快速发展，抢占区块链发展的先机；2019 年 3 月，澳大利亚政府公布了一项国家区块

链路线图战略，重点关注政策领域，包括监管、技能和能力建设，以及创新、投资、国际竞争力和合作等。

2019年7月，美国参议院商业、科学和运输委员会批准了《区块链促进法案》，该法案要求在联邦政府层面成立区块链工作组，推动区块链技术定义及标准的统一，以及区块链在非金融领域更大范围的应用，从而促进区块链技术创新和保持美国高新技术在全球的领先地位。2020年以来，新加坡政府出台新法案允许全球加密公司在新加坡当地扩展业务；日本金融监管机构宣布启动其全球区块链治理倡议网络，旨在促进“区块链社区的可持续发展”。

据统计，截至2019年8月，全球各国政府推动的区块链项目高达154项，荷兰、韩国、美国、英国、澳大利亚项目数量位居前五名，涉及金融业、政府管理、大数据、投票、政府采购、不动产登记、医疗健康等众多领域。截至2019年8月，全球区块链企业数量达到2450家，加密货币领域企业数量占比为37%，23%的企业专注于区块链技术研发，互联网和金融业是区块链技术应用最多的两个领域，如图1-2所示。



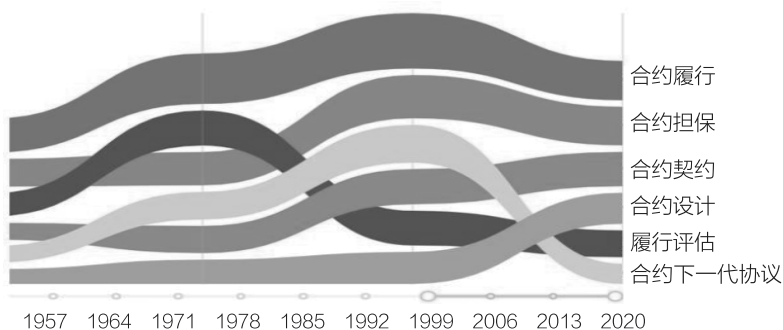
资料来源：中国信通院

图 1-2 截至 2019 年 8 月全球区块链应用领域分布占比

目前，区块链已经成为全球各国竞相布局的前沿科技产业，美国、德国、英国、日本等发达国家正加速打造以区块链为核心的新兴经济形态。据统计，我国从事区块链技术创新和服务的企业接近 1500 家，围绕政务、民生、能源、

- 一致性。智能合约应与现行合约文本一致，必须经过具备专业知识的人士制定审核，不与现行法律冲突，具有法律效应。
- 可终止性。智能合约能在有限的时间内运行结束，区块链上的智能合约保证可终止性的途径有非图灵完备（如比特币）、计价器（如以太坊）、计时器（如Hyperledger Fabric）等。
- 可观察和可验证性。智能合约通过区块链技术的数字签名和时间戳，保证合约的不可篡改性和可溯源性。合约方都能通过一定的交互方式来观察合约本身及其所有状态、执行记录等，并且执行过程是可验证的。
- 去中心化。智能合约的所有条款和执行过程都是预先制定好的，一旦部署运行，合约中的任何一方都不能单方面修改合约内容以及干预合约的执行。同时，合约的监督和仲裁都由计算机根据预先制定的规则来完成，大大降低了人为干预风险。
- 高效性和实时性。智能合约无须第三方中心机构参与，能自动实时响应客户需求，大大提升服务效率。
- 低成本。智能合约具有自我执行和自我验证的特征，能够大大降低合约执行、裁决和强制执行所产生的人力、物力成本。

智能合约研究热点发展趋势如图 2-8 所示。



资料来源：清华大学人工智能研究院《区块链发展研究报告 2020》

图 2-8 智能合约研究热点发展趋势

2.3 区块链技术运行原理

区块链技术不是一种单一的技术，而是多种技术整合的结果，包括密码学、数学、计算机网络等技术在内，有机整合完善了区块链的去中心化

的数据记录方式。区块链技术主要解决了在没有第三方信任机构参与的情况下如何达成可靠的信任记录的问题。

比特币是区块链技术最早的应用（见图 2-9），但是区块链技术的应用并不局限于电子货币，它可以被应用到电子资产在线交换的各个领域。



图 2-9 区块链技术早期应用——比特币

这里以比特币为例对区块链技术运行原理进行阐述。比特币基于密码技术，在有交易倾向的双方之间充当第三方中介的角色。在具体交易过程中，每笔交易都通过电子签名进行保护确认。在比特币网络中，交易的发起者通过自有私钥对交易进行签名，并发送到接收者的账户地址（即公钥）。在花费比特币时，比特币的持有者需要证明自己拥有对交易签名的私钥。比特币交易审核时，通过发送者的公钥对其交易签名进行验证，进而确定交易方是否可以使用对应的比特币。每一笔交易都将被广播发送到比特币网络的每个节点上，在节点通过审核后被记录到生成的区块链区块中。所有比特币网络中的在网节点共同维护生成的区块链交易记录。通过所有节点保存账本记录的方式，防止交易记录造假、被篡改、被删除等欺诈行为。

交易的审核节点需要在记录之前确保以下两点：首先是比特币的花费者确实拥有对应的电子货币，在交易中对电子签名进行验证；其次是比特币花费者的账户中拥有足够的电子货币，可以通过检查花费一方的账户（公钥地址）在区块链账本上的交易记录来实现。

在比特币 P2P 网络中，需要保持广播的交易并不是按照它们产生的顺序进行广播的，每笔交易在比特币网络中通过节点一个接一个地形成广播。因此在比特币网络中需要一定的机制处理这些并不是严格按照顺序广播的

交易，进而防止双重花费（简称“双花”）情况的发生。

区块链技术的应用，正是比特币解决“双花”问题的关键。在比特币系统中，对一段时间内的交易进行收集、审核，并最终记录在区块上。通过把每一个区块连接成区块链，实现对每一笔交易的追踪。在同一个区块上记录的交易记录可以看作同一段时间内发生的交易。

中本聪在其比特币白皮书中比较详尽地叙述了这个信用系统建立的过程：

第一步，每一笔交易为了让全网承认有效，必须广播给每个节点（node，也就是矿工）。

第二步，每个矿工节点要正确无误地给这十分钟的每一笔交易盖上时间戳并记入那个区块（block）。

第三步，每个矿工节点要通过解 SHA-256 难题去竞争这个十分钟区块的合法记账权，并争取得到 25 个比特币的奖励（头四年是每十分钟 50 个比特币，每四年递减一半）。

第四步，如果一个矿工节点解开了这十分钟的 SHA-256 难题，节点将向全网公布其这十分钟区块记录的所有盖上时间戳的交易，并由全网其他矿工节点核对。

第五步，全网其他矿工节点核对该区块记账的正确性（因为他们同时也在盖时间戳记账，只是没有竞争到合法区块记账权，因此无奖励），没有错误后他们将在该合法区块之后竞争下一个区块，这样就形成了一个合法记账的区块单链，也就是比特币支付系统的总账——区块链。

2.4 区块链技术应用

2.4.1 区块链技术应用现状

根据智研咨询整理，2016 年底，中国共有 256 家专注区块链的初创企业，并集中在北、上、广地区，同年的区块链领域投融资规模也较前一年增长

了近 300%。2017 年和 2018 年，中国区块链企业的数量均实现了翻番增长，企业营收规模也保持了 160% 以上的增长。

根据赛迪区块链研究院分析，2019 年上半年，区块链企业的初创期投资轮次（B 轮以前）占比已接近 60%，较前一年的 80% 已有大幅减少，区块链企业投融资轮次明显后移，说明我国区块链产业已在逐步成长；与此同时，我国区块链产业总规模已达到 4.95 亿元，同比增长 10%，超过了 2017 年全年的规模，2019 全年区块链产业规模将超过 2018 年的 10 亿元。IDC 研究预测，2022 年中国企业市场的区块链支出规模将会达到 14.2 亿美元。在国际方面，美国市场研究机构 Tractica 预测，2025 年全球的企业区块链应用市场将达到 203 亿美元。

经过数年的发展，许多区块链企业将区块链底层技术和各领域产业经验相结合的方式，已逐渐在各个细分行业中摸索出区块链技术在行业中的应用价值，并逐渐跑通了一些业务模式。在国家和地方政府的推动下，区块链 + 产业的市场规模也有了快速增长。2019 年区块链整体落地环境向好，区块链技术开始趋向成熟。从技术本身来说，2019 年也是中国区块链开源大年，集中式技术逐步被分布式技术取代，区块链等新一代前沿技术变得愈加成熟，已经可以支撑商业应用，进而有机会推进商业模式上的转变。

同时，政府部门加速引进区块链，国有企业也在加速自身的数字化转型。2019 年上半年，中国区块链应用落地项目中，政务类有 83 个项目，占比为 20.3%。其中中国多地法院和科技公司合作，提供区块链司法取证、存证服务；部分地区市政府等部门采用区块链进行网络身份验证，打通便民服务；食品药品监督管理局利用区块链技术进行溯源检测。在政府支持区块链落地的背景下，央企和国企也在加快区块链技术的应用，区块链加速渗透应用于数字经济范畴场景之中，如政务服务、跨境支付、数字内容版权、司法存证等领域。

区块链技术的应用中，标准规范是基石，它直接决定区块链技术应用的广度和深度。标准规范的建设能促进区块链技术在各行业中的应用融合，提升区块链技术的价值。区块链快速发展的 10 年时间里，积累了不少经验和规律，比如数据格式、跨链协议等。只有形成相对一致的标准才可以进一步促进行业规范发展，有利于机构低成本进入并形成良性循环。从整体上看，

第 3 章

智慧农业：中国农业迎来 区块链时代



智慧农业是将大数据、云计算、物联网、人工智能等新兴技术应用到农业生产的全过程，实现生产数据的全收集、生产场景的全观察，生产管理的智能化、实时诊断的在线化，并提高病虫害和自然灾害的预警能力，构建农业信息感知、定量决策、智能控制、精准投入、个性化服务的全新农业生产方式，是农业信息化发展从数字化到信息化再到智能化的高级阶段。智慧农业改变农业生产经营者的传统观念，由过分依赖经验和自然条件转为更多依靠新技术的使用和推广，提高了农业生产经营的科技含量。

智慧农业（见图 3-1）是数字农业、精准农业、农业物联网、智能农业等技术的统称，智慧农业发展的基础和支撑是数字农业，数字农业是实现农业物联网发展的前提。数字农业指的是利用传感器、摄像头、智能穿戴设备等，将农业对象、环境以及全过程进行可视化表达、数字化展现和信息化管理的一种现代农业技术；精准农业又称精细农业、精确农业，关键在于定位、定量、定时，即精准灌溉、施肥和杀虫等；农业物联网指的是将各种设备

年份	中央一号文件	智慧农业相关内容
2012年	加快推进农业科技创新	突出农业科技创新重点，加快推进前沿技术研究，在信息技术、先进制造技术、精准农业技术等方面取得重大突破
2013年	加快发展现代农业	确保国家粮食安全，加强科技创新，继续实施种业发展，以及农机装备、高效安全肥料农药兽药的研发
2014年	全面深化农村改革	推进农业科技创新，建设以农业物联网和精准装备为重点的农业全程信息化和机械化技术体系，组织重大农业科技攻关
2015年	加大改革创新力度	加快农业科技创新，在生物育种、智能农业、农机装备、生态环保等领域取得重大突破，支持农机、农药、化肥等企业技术创新
2016年	加快农业现代化、实现全面小康目标	大力推进“互联网+”现代农业，应用物联网、云计算、大数据、移动互联网等现代信息技术，大力发展智慧气象和农业遥感技术应用
2017年	深入推进农业供给侧结构性改革	推进农业物联网试验示范和农业装备智能化，发展智慧气象，提高气象灾害监测预报预警水平
2018年	实施乡村振兴战略	发展高端农机装备制造，大力发展数字农业，实施智慧农业林业水利工程，推进物联网实验示范和遥感技术应用
2019年	坚持农业农村优先发展做好“三农”工作	强化创新驱动发展，实施农业关键核心技术攻关行动，培育一批农业战略科技创新力量，推动生物种业、重型农机、智慧农业、绿色投入品等领域自主创新
2020年	抓好“三农”领域重点工作	依托现有资源建设农业农村大数据中心，加快物联网、大数据、区块链、人工智能、第五代移动通信网络、智慧气象等现代信息技术在农业领域的应用。开展国家数字乡村试点
2021年	全面推进乡村振兴加快农业农村现代化	发展智慧农业，建立农业农村大数据体系，推动新一代信息技术与农业生产经营深度融合。完善农业气象综合监测网络，提升农业气象灾害防范能力。加强乡村公共服务、社会治理等数字化智能化建设

图 3-1 2012—2021 年中央一号文件中的智慧农业相关内容

收集到的数据，进行系统化集成管理，进而实现对农业生产基地的自动化、智能化和远程控制等；智能农业多指的是农业机械智能化，通过农机联网以及智能机器人实现智能农业。

2020年10月29日，中国共产党第十九届中央委员会第五次全体会议通过的《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标的建议》指出，坚持最严格的耕地保护制度，深入实施藏粮于地、藏粮于技的战略，加大农业水利设施建设力度，实施高标准农田建设工程，强化农业科技和装备支撑，提高农业良种化水平，健全动物防疫和农作物病虫害防治体系，建设智慧农业。

智慧农业在一定程度上解决了我国农业先天性分散落后的局面，通过新技术的使用，提升农业生产的规模化程度，促进我国农业生产基地的集约化和工厂化，最终实现降低生产成本，提高市场竞争力的目标。目前，我国智慧农业处于规模应用期，该时期内精准农业、新技术的快速发展为农业机器人发展提供了新的可能，采摘机器人以及利用计算机视觉等技术实现水果的自动分拣系统得到了广泛应用，农业无人机植保也不断在发展。

智慧农业生产环节的四大应用包括数据平台服务、无人机植保、农机自动驾驶、精细化养殖等（见图3-2）。数据平台服务以卫星遥感技术、无人机以及物联网传感器等收集气候气象、农作物、土地土壤以及病虫害等数据，对数据进行深入分析，为农场、合作社以及大型农业企业提供可视化管理服务；无人机植保搭载先进的传感器设备，根据地形、调搭配专用药剂对农作物实施精准、高效的喷药作业，通过无人机三位一体达到节水节约的作用；农机自动驾驶以计算机和传感器技术为基础，根据GPS及其视觉技术实现农业的精准定位，通过智能终端实现监测农机信息、作业状态及作业速度等；精细化养殖通过耳标、摄像头等监控畜牧动物生长情况，实时跟踪，且对收集到的图形、文本等非结构化数据进行处理、分析，实现养殖的精细化管理。

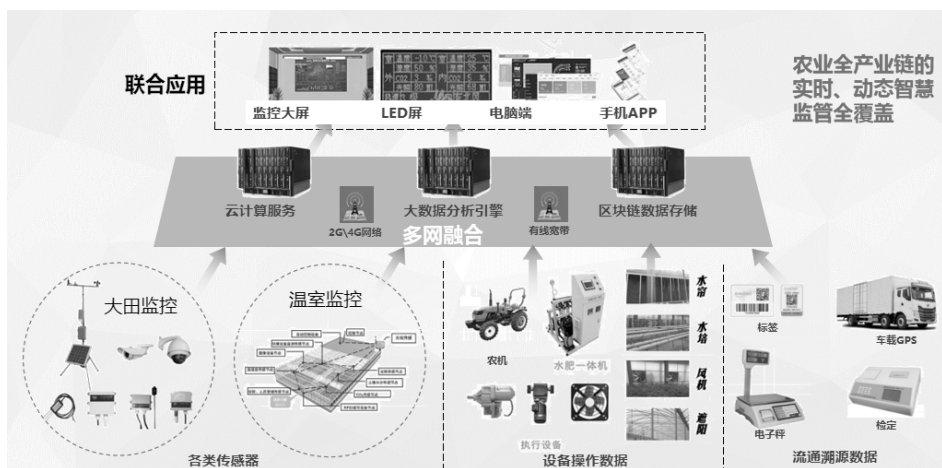


图 3-2 智慧农业软硬件体系

3.1 现阶段我国农业产业化七大痛点

农业是国民经济的基础，也是其他物质和非物质生产部门的基础。中华人民共和国成立以来，特别是改革开放以来，我国农业发展取得了辉煌的成就。

为了更好地适应市场经济的发展需要，20 世纪 90 年代，我国开始了农业产业化之路，不断提升农业发展水平。我国的农业产业化以产业导向市场化为核心，以合作制理论、社会协助与分工理论、平均利润理论、比较效益理论、交易费用理论以及规模经济理论等为支撑，涵盖诸多实践应用形式。

农业产业化是新型的农业发展战略，以国内外农产品市场的需求当作农业发展的主要导向，以实现农业经济效益最大化为目标，以主导产业当作农业发展重点，以农民专业合作社、家庭农场、农业产业化龙头企业等多种中介组织为主要利益联结点，完善农业产业链中的各节点的利益联结机制，形成优化的产业组织系统，构建农工商、产供销、种养加一体化经营的现代化经济运营机制，延长供应链、优化产业链、重构价值链。智慧农业的应用价值如图 3-3 所示。



资料来源：亿欧智库

图 3-3 智慧农业的应用价值

但与发达国家相比，我国农业产业化进程较慢、水平较低、产业链服务不完善等问题突出，现代化、市场化、智慧化、信息化、机械化、规模化水平还不足，农业数据缺失，农村信用体系不够健全，金融支撑农业产业发展的力度不足。我国农业产业的结构不够合理，包括农业布局结构和农产品结构。同时，我国农业产业化规模初步成型，但农产品加工企业实力不足，农业产业化经营组织发展水平依然较低，第一二三产业融合发展水平不足。

具体而言，我国农业产业化存在着以下七个方面的痛点。

3.1.1 痛点一：政策不配套，资源错配严重

根据农民日报社《新型农业经营主体发展研究》课题组分析，我国农业企业从数量增长进展到量质并重发展的新阶段。截至 2018 年底，全国县级以上农业产业化主管部门认定的龙头企业近 9 万家，其中省级以上重点龙头企业 1.8 万家、国家重点龙头企业 1243 家。2018 年，规模以上农产品加工企业达到 7.9 万家，全年农产品加工业主营业务收入达到 14.9 万亿元，同比增长 4.0%；实现利润总额 1 万亿元，同比增长 5.3%；农产品加工业主营业务收入利润率为 6.8%，同比提高 0.1 个百分点，农产品加工业和农业总产值比达到 2.3 : 1，已接近国务院办公厅《关于进一步促进农产品加工业发展的意见》中提出的“到 2020 年，农产品加工业与农业总产值比达到 2.4 : 1”的规划目标。