

区块链基础设施 研究报告

(2023 年)

中国信息通信研究院工业互联网与物联网研究所

2023年12月

版权声明

本报告版权属于中国信息通信研究院，并受法律保护。转载、摘编或利用其它方式使用本报告文字或者观点的，应注明“来源：中国信息通信研究院”。违反上述声明者，本院将追究其相关法律责任。

前 言

党的二十大报告提出，建设数字中国，加快发展数字经济，促进数字经济和实体经济深度融合。区块链作为数字经济发展的可信基础设施，改变了传统生产方式和商业模式，催生了新产业、新业态、新模式，引发了多领域、多层次的变革，加快数字经济赋能实体经济，将在数字产业化和产业数字化过程中发挥关键作用。

中国信息通信研究院工业互联网与物联网研究所连续两年发布《区块链基础设施研究报告（2021年）》、《区块链基础设施研究报告（2022年）》，今年的蓝皮书在上两版的基础上，研判了区块链总体演进趋势，分析了技术、应用、产业、监管的发展态势，重新定义区块链基础设施概念内涵和组成要素，研判四条路径发展趋势以及部署模式，赋能大规模应用场景，为我国区块链基础设施发展提供建议。

经过两年的跟踪研究，我们发现全球范围内对于区块链基础设施的探索正逐步由部署建设阶段步入到规模化应用阶段，但是仍然无法回答区块链基础设施具体形态是什么、采用哪种建设路径、商业化缺少杀手铜应用等问题。为此本报告重点研判了区块链基础设施形态、四条建设路径发展趋势，并给出区块链基础设施大规模应用构建机制，希望能够为技术和产业变革提供创新动力及指导建议，更好地发挥区块链作为基础设施的作用和功能。

目 录

| | |
|---------------------------------|----|
| 一、 区块链形成多元化认知视角 | 1 |
| (一) 经济发展格局：形成新型经济体系 | 2 |
| (二) 产业发展格局：可信协作的产业链 | 3 |
| (三) 技术发展格局：驱动网络体系重构 | 4 |
| 二、 区块链总体发展态势分析 | 5 |
| (一) 技术性能取得突破，提升基础设施灵活可扩展性 | 5 |
| (二) 应用虚实融合发展，推动基础设施应用创新发展 | 7 |
| (三) 产业发展回归理性，壮大基础设施配套产品体系 | 8 |
| (四) 监管举措逐步细化，引领基础设施安全合规发展 | 10 |
| 三、 区块链基础设施步入规模建设阶段 | 13 |
| (一) 区块链基础设施概念再认识 | 13 |
| (二) 四条发展路径互为补充演进 | 16 |
| (三) 新技术融合化部署趋势明显 | 18 |
| 四、 区块链基础设施赋能大规模应用构建 | 20 |
| (一) 数字原生化路径 | 22 |
| (二) 接口式链改路径 | 23 |
| (三) 融合式链改路径 | 25 |
| 五、 总结与展望 | 26 |

图目录

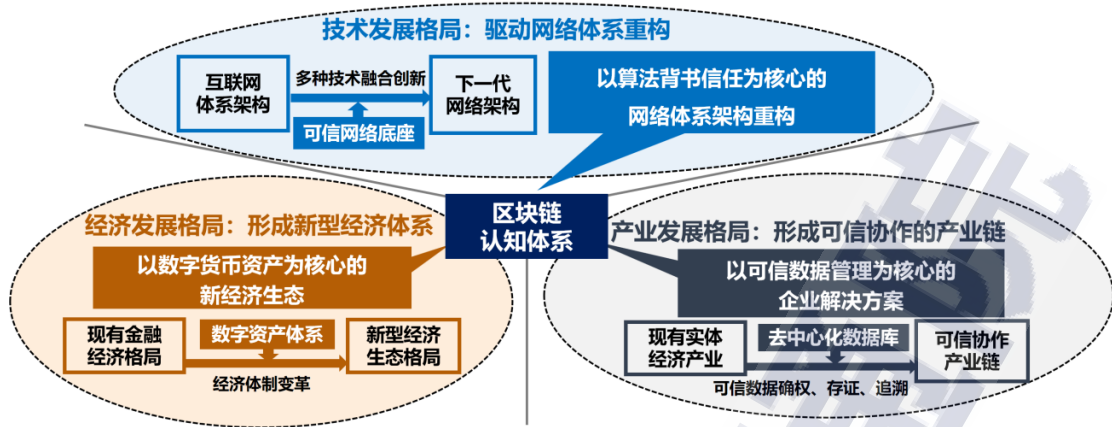
| | | |
|------|---------------------------|----|
| 图 1 | 区块链在多种认知视角下带来的多元化影响 | 2 |
| 图 2 | 区块链形成新型经济体系 | 3 |
| 图 3 | 区块链促进产业链可信协作 | 4 |
| 图 4 | 区块链驱动网络体系重构 | 5 |
| 图 5 | 全球区块链投融资轮次分布 | 9 |
| 图 6 | 全球区块链历年投资金额和数量 | 10 |
| 图 7 | 全球区块链投融资赛道 | 10 |
| 图 8 | 全球区块链企业地域分布 | 10 |
| 图 9 | 区块链基础设施演进趋势 | 14 |
| 图 10 | 区块链基础设施三大应用路径 | 22 |
| 图 11 | 数字资产服务网络 | 23 |
| 图 12 | 可信存证服务网络 | 25 |
| 图 13 | 智能金融服务网络 | 26 |

近年来，随着 6G 网络、人工智能、云计算等新一代信息技术发展，以及 Web3、元宇宙、数据空间等新概念的崛起，掀起了一股下一代互联网变革热潮。区块链与各类新一代信息技术的集成应用在下一代互联网变革中起着重要作用，具备引发社会经济与产业运行模式变革的巨大潜力。各个国家和地区都意识到了这一趋势的重要性，视图抢占构建以区块链为底座的下一代互联网基础设施先机，主导未来数字经济和社会的发展。

区块链基础设施是区块链理念工程实践的具体形态，与 6G 网络、人工智能、云计算等新一代信息技术融合化部署，驱动分布、互联、智能、安全的下一代互联网基础设施构建，将催生新产业、新业态、新模式，加快数字经济赋能实体经济。随着“星火·链网”、欧盟区块链服务基础设施 EBSI 等国家级重大工程先后投入使用，全球范围内对于区块链基础设施的探索正逐步由部署建设阶段步入到规模化应用阶段。与此同时，区块链模块化、跨链桥、链下计算、中间件等扩展及接入技术的完善，也代表着区块链基础设施技术形态由初期的块链式单体网络架构演变为当前的分布自治、跨链成网的融合化体系，具备支持跨行业、跨领域开展大规模可信协作网络建设的服务能力。

一、区块链形成多元化认知视角

当前，区块链已形成了面向经济、产业及技术视角下的多元化认知体系，催生了以数字货币资产为核心的新经济生态，构建了以可信数据管理为核心的可信协作产业链，驱动了以算法背书信任为核心的网络体系架构重构。



资料来源：中国信通院

图 1 区块链在多种认知视角下带来的多元化影响

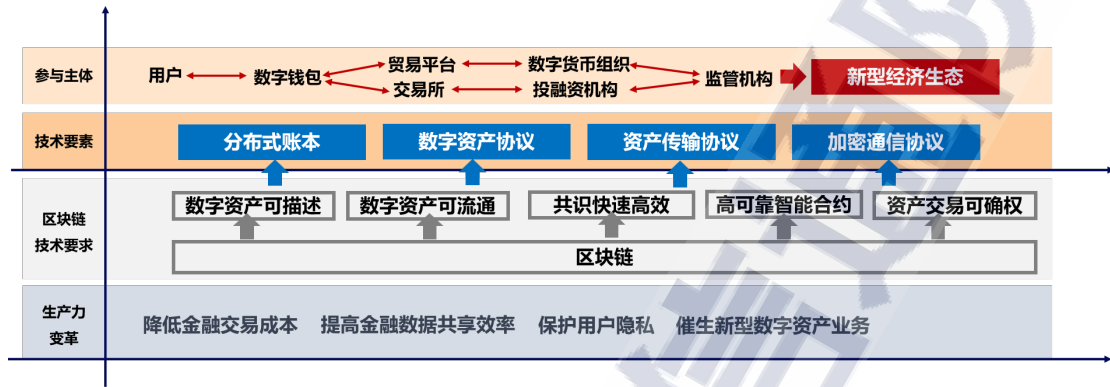
（一）经济发展格局：形成新型经济体系

从金融视角来看，区块链促进了以数字资产为核心的新型经济生态的形成。区块链通过通证流通与激励机制，重新定义了新的经济载体形式，能够提供更高效、更安全和更创新的金融服务，将彻底改变传统金融体系的经济格局。

资产描述类功能协议流通程度不断提升，重新定义新型经济载体。与金融属性密切相关的同质化通证、非同质化通证、资产流通协议等技术要素及功能协议，能够在映射物理资产的同时催生大量原生数字资产，在数字生态中进一步扩展资产的表现形式，扩大了数字经济的资产规模和想象空间，为金融体系提供了可描述、可确权、可流通的新型经济载体，促进形成数据权益化、权益资产化、资产流通化的价值闭环。

应用模式向数字化金融服务不断延伸，新型经济体系逐步形成。以分布式金融服务为代表的新型金融服务模式以区块链为底层平台，构建点对点、可信安全的创新型数字化金融体系。基于分布式网络环境的借贷、质押、交易等金融服务纷纷出现，与之相类似的游戏金融、

社交金融更是将数字资产的流通与交易带入到特定的真实消费场景，增加了数字资产的消费空间，也进一步加速了数字环境下的资产流通和信息消费，助力新型经济体系的形成。



资料来源：中国信通院

图 2 区块链形成新型经济体系

（二）产业发展格局：可信协作的产业链

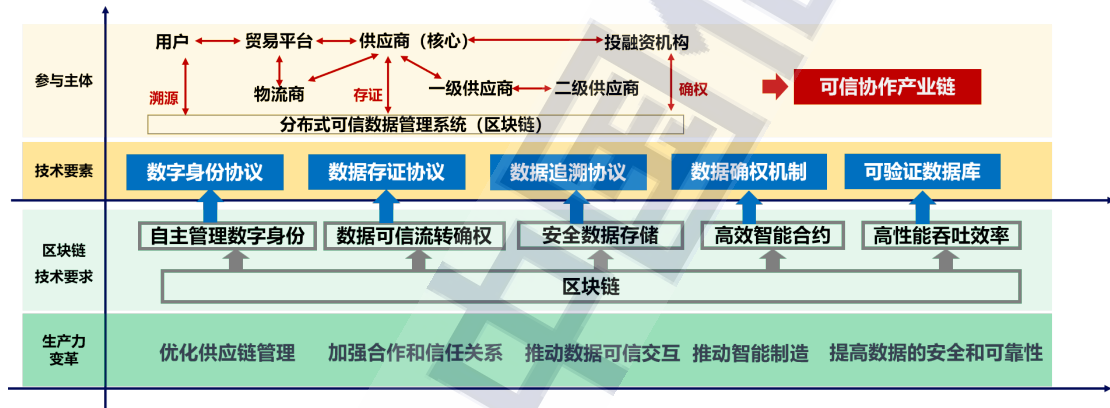
从产业视角来看，区块链技术作为可信数据管理的核心，为整个产业链可信协作提供了可行性。传统行业将区块链作为去中心化的可验证数据库系统，形成多种面向产业数据的存证、追溯、核验的解决方案，促进产业链上下游企业之间可信协作的同时，赋能实体经济的转型升级与产业数字化发展。

区块链与实体经济融合度不断深化，满足垂直行业应用构建需求。

区块链为赋能实体经济的可信数据要素流通提供了解决方案，通过将区块链作为底层支撑，与产业具体应用场景相融合，结合大数据、人工智能等新一代信息技术，能够提升数据作为生产要素的价值，满足政务、民生、制造等垂直行业可信应用构建的技术需求。截止 2023 年 12 月，国家网信办区块链备案数达 3453 项，覆盖了制造、能源、政务、金融等 15 个领域。

数据流通赋能类技术要素不断完善，助力产业链上下游资源协作。

区块链与产业链资源协作与整合密切相关的隐私计算、数字身份、分布式存储等关键技术要素，为赋能实体经济的产业链上下游的可信协作及数据要素流通提供了解决方案。依托区块链技术，产业链上下游能够以用户订单数据为核心，通过数据存证、追溯、确权协议，保证关键节点添加合同、物流单、仓单和回单等文件数据的真实性与可靠性，实现上下游数据链条的可信闭环，提供高效供应链服务，提高效率和增强消费体验，释放更多增长潜力。



资料来源：中国信通院

图 3 区块链促进产业链可信协作

（三）技术发展格局：驱动网络体系重构

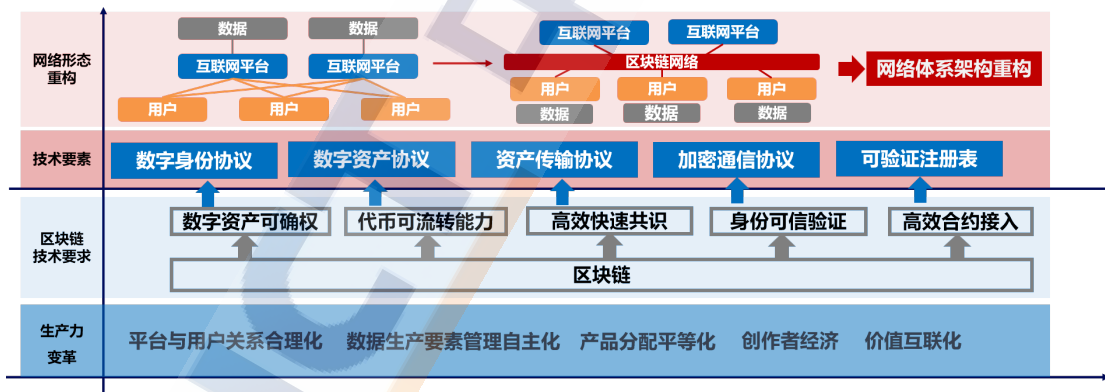
从技术视角来看，区块链驱动了以分布式信任为核心的网络体系重构。依托分布式网络标识及寻址技术，能够有效加强数字空间中数字身份的认证管理与数据确权。同时，随着扩展技术的不断创新发展，区块链技术已经逐步满足互联网规模化应用性能需求，将加速推动下一代互联网的演进。

标识寻址类技术成为业内探索重点，建立网络空间的分布式信任。

以太坊域名（Ethereum Name System, ENS）作为首个面向区块链网络

空间的寻址技术，提供了一种安全且去中心化的方式实现链上资源的解析，与网络属性相关的分布式标识（Decentralized Identifier, DID）、自主管理身份等，也为以分布式信任为核心的下一代网络体系架构重塑提供了技术支撑。通过以区块链技术为底层支撑、以数字份为信任基础，结合数字生产、数字消费、数字交易为主的新型经济形态，形成自主掌控个人数据及数字资产的新型网络体系体系，实现互联网由非受信空间向可信数字空间的演进。

扩展技术稳步发展带动运行效率提升，满足规模化应用性能需求。受限于区块链技术自身的性能瓶颈，下一代互联网 Web3 依托区块链作为信任基础的蓝图难以实现规模化部署。随着 2023 年模块化、链下计算等扩容扩展技术不断投入使用，区块链在运行效率、能耗及时延方面得到了全方位的提升，有望驱动新型网络体系的重构与升级。



资料来源：中国信通院

图 4 区块链驱动网络体系重构

二、区块链总体发展态势分析

（一）技术性能取得突破，提升基础设施灵活可扩展性

共识算法取得重大突破，不断壮大基础设施节点网络规模。相对于同步共识算法，半同步、异步共识算法符合大规模节点网络延迟要

求，无论是网络好坏、网络负载高低，都能够提供高性能的服务，100 节点性能达十万级以上，基本满足高并发场景区块链基础设施性能需求。中国人民银行数字货币研究所和清华大学提出的异步共识算法“大圣协议”在复杂网络环境的 91 节点测试中性能达 25.6 万 TPS。蚂蚁链和上海交通大学合作研发的异步共识算法 MyTumbler 在广域网部署 100 节点的实验中共识吞吐量在交易大小为 1KB 和 200B 时分别达到 13 万和 65 万 TPS。

模块化技术开始崭露头角，实现可扩展性与灵活性的双重突破。区块链面临着不可能三角难题，即任何一条区块链无法同时满足去中心化、安全性和可扩展性三个特性。现有的单体区块链倾向于优化三角形中前两个特性，例如比特币和以太坊更强调尽可能的去中心化和提高安全性，但交易处理的性能不足。扩展技术是解决区块链三难困境的关键，旨在提升区块链性能和容量，扩大服务种类和规模。模块化技术作为关键扩展技术，通过将单片区块链中的核心组件进行功能解耦分离形成“功能层级堆栈”，并根据应用场景需求进行定制化重组，有效实现区块链系统的高扩展性与灵活部署，性能逐步满足当前互联网规模化应用需求。以 Celestia 为代表的模块化技术能够降低区块数据计算成本达到 95%，提升区块链事务处理吞吐量近千倍。

区块链与隐私计算技术融合趋势明显，共同护航数据安全流通。在互联网经济时代，数据已成为新的生产要素，但数据流通中面临着严重的数据安全风险。区块链与隐私计算结合形成可信数据服务网络，解决数据共享难题，实现数据高价值流通。一方面区块链凭借公开透

明和难篡改的特性，可以建立隐私计算所需的信任桥梁，在计算、流通、使用、销毁等多个环节中，都可以做上链验证。另一方面，借助安全多方计算、联邦学习、零知识证明等隐私计算技术，在不泄露原始数据的前提下，完成对数据的计算和分析。在国内数据要素市场化和数据跨境流通双轮驱动下，国内发布多项政策推动以区块链节点为枢纽的数据服务网络建设，促进跨域数据流通和共享。2023 年上海市经济信息化委员会发布《上海市推进城市区块链数字基础设施体系工程实施方案》，提出打造国际区块链交换枢纽链接，实现数据要素交易全流程上链，构建场内场外互联互通、数据产品和数据资产互认互信的开放数据要素市场。

（二）应用虚实融合发展，推动基础设施应用创新发展

智能合约和用户量进入高速增长阶段，区块链应用采用率提高。智能合约数量 and 用户量是衡量区块链应用市场占有率和产品成熟度的重要指标，2023 年智能合约和用户量进入爆发增长阶段，极大提升区块链应用普及率。自 2019 年至 2023 年间，智能合约数量持续增长，尤其是 2023 年智能合约数量较去年同期增长超过 9 倍。此外，截止 2023 年 10 月，全球有超过 4.25 亿区块链应用用户数量，同比 2016 年增长率达 8,000% 以上。但是值得注意的是，与 50 亿用户规模的互联网应用相比，区块链在应用层面仍需加大深耕力度，需要进一步降低部署成本，提高易用性。

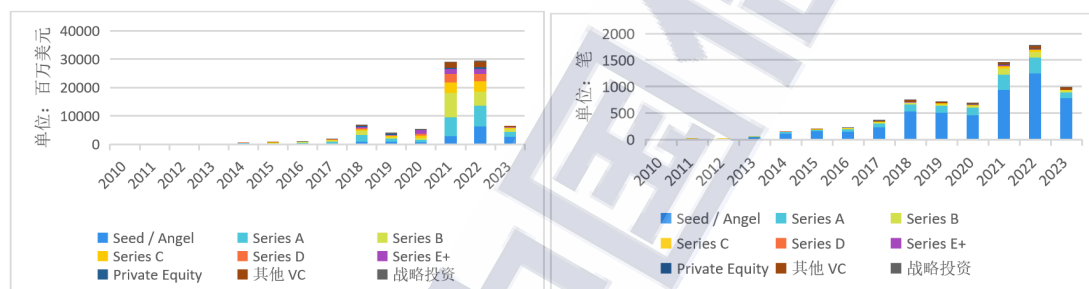
通证机制成为应用发展核心驱动力，引领区块链应用创新发展。

以区块链为基础的价值网络中，通证是价值的核心载体，围绕通证和激励机制建设的价值体系，显著提高网络各参与方的创造协作热情，为区块链创新应用发展提供动力，催生链上原生应用和链下实体应用两种模式。在链上原生应用方面，游戏、去中心化金融、数字藏品和社交网络四类应用用户规模最大，日均活跃用户数量总和占据总用户规模的 65%。在链下实体应用方面，各垂直行业或领域的区块链应用呈现出成熟度不一、冷热不均的状态，在产品溯源、民生政务等数字化水平较高领域区块链应用逐渐常态化，在工业、农业、车联网等传统信息化程度较低及复杂场景下融合应用仍处于成长初期。

RWA 构建虚实融合桥梁，成为数字资产市场的新增长引擎。当前区块链应用以数字原生应用为主，在为数字空间创造新资产类型、新应用场景的同时，也带来了与实体经济脱节的问题。今年全球掀起现实世界资产通证化（Real World Assets Tokenization, RWA）热潮，通过将链下资产的收益权转移到链上，提升资产所有权信息的透明度、降低资产交易流动成本盘活传统资产，助力传统资产在区块链网络中高效、智能地组合、转化、流转和分配。例如将房产的所有权分成若干份，并以数字通证的形式进行表示和交易，投资者通过购买通证间接持有这些房产的部分所有权，实现对房产的投资和收益。虽然 RWA 整体市值仍相比较小，但随着传统金融机构、知名企业入局，其增长速度惊人。根据 DeFiLama 统计数据，2021 年 10 月 RWA 领域总锁仓量仅为 0.14 亿美元，到 2023 年 9 月，RWA 总锁仓量达 23.87 亿美元。

（三）产业发展回归理性，壮大基础设施配套产品体系

全球区块链产业依然处于早期发展阶段，产品不断创新和成熟。根据 2010 年到 2023 年全球区块链投融资轮次分布数据来看，早期轮次（包括种子轮、天使轮和 A 轮）和 B 轮融资金额占总融资金额比重较大，早期轮次融资笔数占比最高。一方面说明区块链产业依然属于早期成长阶段，市场活力充足，另一方面反映出区块链产品创新不断，并逐渐成熟。在企业发展方向布局方面，根据 2023 年区块链初创企业行业分布数据，随着模块化技术的发展热潮，开发工具、服务提供商成为企业发展新热点，区块链配套产品逐渐丰富和完善。

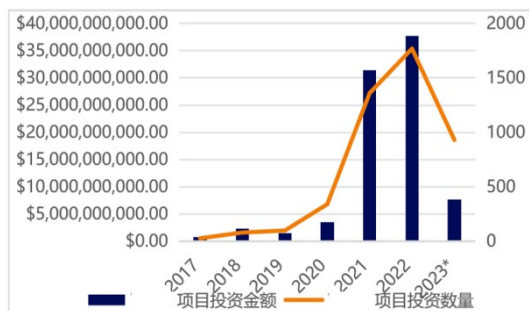


资料来源：中国信通院

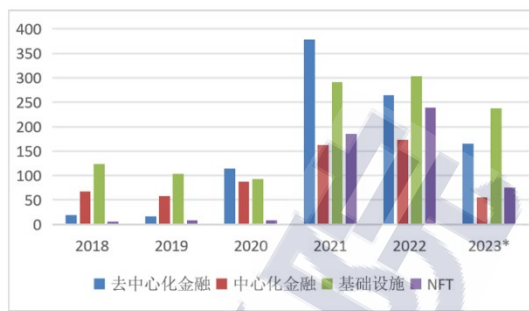
图 5 全球区块链投融资轮次分布

全球区块链投融资热度回归冷静期，基础设施与金融持续领跑。

截至 2023 年 6 月，全球区块链产业累计融资金额高达 840 亿美元。然而受到近期加密资产监管政策收紧以及区块链领域内安全风险事件频发等因素影响，2023 年上半年区块链的投融资市场出现明显放缓，投融资的去泡沫化有利于市场健康发展。据统计，2023 年上半年共发生 979 起投融资事件，总金额 60.54 亿美元，同比去年同期分别下降 32%和 77%。从融资赛道分布来看，基础设施和去中心化金融始终是资本投资数量和金额最多的行业，吸引着大多数投资者的关注。

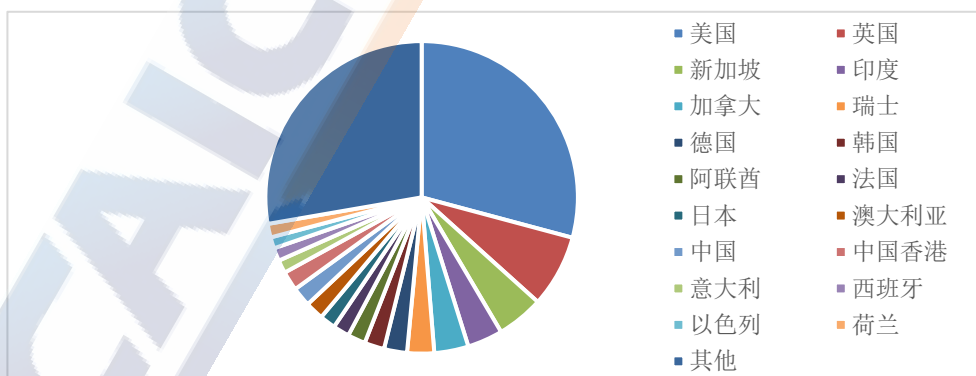


资料来源：中国信通院根据公开资料整理
图 6 全球区块链历年投资金额和数量



资料来源：中国信通院根据公开资料整理
图 7 全球区块链投融资赛道

全球区块链企业增速整体放缓，海外市场依然备受资本青睐。在融资地域分布方面，受益于国外相对宽松的监管环境和多元的金融服务市场，资本更加偏向国外区块链企业，根据 2023 年第三季度区块链行业投资地域分布数据，投向美国企业融资交易数占比为 50%，英国和新加坡紧随其后，各占 10.3%和 4.8%，我国融资交易数量占比 4%。在企业数量方面，全球共有区块链企业 10291 家，其中美国企业数量全球领先，占企业总数的 27%。全球区块链独角兽企业 131，其中美国独角兽企业大幅领先其他国家达 71 家。我国区块链企业数量仅次于美国，但区块链企业整体规模偏小，亟需加强对区块链企业的支持和培养力度。



资料来源：中国信通院根据公开资料整理
图 8 全球区块链企业地域分布

（四）监管举措逐步细化，引领基础设施安全合规发展

全球主要国家发布监管策略，金融风险将可管可控。加密资产成为全球新资产类别，全球各国对加密资产监管逐渐形成共识，目前超过 60 个国家和地区出台了监管政策，包含美国、日本、新加坡等在内的 10 个 G20 国家将加密货币合法化。**欧盟**于 2023 年 5 月发布《加密资产市场法规》，成为世界上首个引入全面加密法规的主要司法管辖区，其规定加密资产服务供应商有义务保护客户资产安全。**英国**于 2023 年 6 月批准《金融服务和市场法案》，完成了对加密资产的首次立法，将加密资产视为一种受监管的金融工具。**美国纽约**于 2023 年 9 月发布《加密货币上架指南的拟议更新》，要求在该州注册的加密资产公司提交新的加密资产上架和退市政策。我国现有监管态度较为谨慎，以防范风险为主，同时以香港为突破口探索通证经济合规发展路径。一是在 2017 年至 2022 年期间发布多条严厉打击加密货币相关公告，有效规避金融安全风险。2019 年国家互联网信息办公室发布《区块链信息服务管理规定》，对区块链服务实施备案管理。二是以香港为突破口，探索加密数字资产合规发展路径。香港特区政府于 2022 年 10 月发布《有关香港虚拟资产发展的政策宣言》，明确了香港特区政府将探索适当的加密资产监管框架。

国际金融组织推动国家间合作，探索虚拟资产统一监管框架。在虚拟资产发展推动下，基于“相同的活动、相同的风险、相同的监管”和“技术中立”原则，巴塞尔银行监管委员会、国际证监会、金融稳定理事会等国际组织从不同角度研究提出了对虚拟资产的监管建议，探索构建全球虚拟资产统一监管框架。**巴塞尔委员会**作为全球银行监管

机构的领袖之一于 2019 年 12 月发布《虚拟资产审慎监管要求征求意见稿》，2023 年发布《虚拟资产咨询报告》，提出银行必须全额承担比特币等虚拟资产带来的风险。国际证监会于 2023 年 5 月正式发布《加密货币和数字资产市场的政策建议咨询报告》，提出了涵盖利益冲突、市场操纵、跨境风险、资产保护等内容的政策建议，强化对加密资产行业监管的一致性与适用性，保护投资者合法权益。金融稳定委员会于 2023 年 7 月发布《全球虚拟资产活动监管框架》，并向 20 国集团提出政策建议，旨在促进全球范围内虚拟资产活动与市场的一致监督监管，以应对有关金融稳定风险并支持负责任的创新。支付与市场基础设施委员会于 2023 年 7 月，联合国际清算银行、新加坡金融管理局，提出虚拟资产网络框架，并强调其应该遵守金融市场基础设施原则。反洗钱金融行动工作组于 2019 年实施专门针对虚拟资产服务提供商的实施细则和关于虚拟资产的指引，2023 年发布的虚拟资产及其服务提供商标准执行情况显示，151 个司法管辖区中，逾三分之二国家已对虚拟资产及其服务提供商行业开展风险评估。

表 1 国际金融组织虚拟资产监管举措

| 国际组织 | 事件 |
|--------------|---|
| 巴塞尔委员会 | 2019 年 12 月发布《虚拟资产审慎监管要求征求意见稿》 2023 年发布《虚拟资产咨询报告》 |
| 国际证监会 | 2023 年 5 月正式发布《加密货币和数字资产市场的政策建议咨询报告》 |
| 金融稳定委员会 | 2023 年 7 月发布《全球虚拟资产活动监管框架》 |
| 支付与市场基础设施委员会 | 2023 年 7 月，联合国际清算银行、新加坡金融管理局，提出《虚拟资产网络框架》 |
| 反洗钱金融行动工作组 | 2019 年实施《专门针对虚拟资产服务提供商的实施细则和关于虚拟资产的指引》 2023 年发布《虚拟资产及其服务提供商标准执行情况报告》 |

资料来源：中国信通院根据公开资料整理

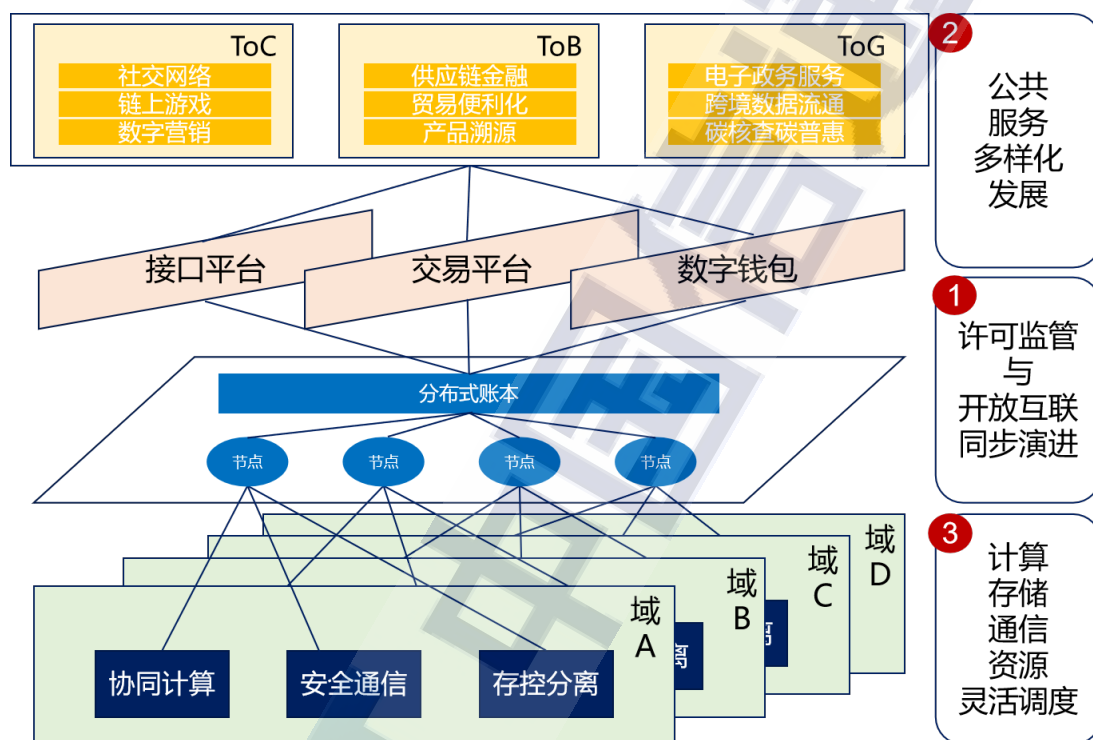
监管手段不断创新丰富，监管沙盒在多国实践。欧盟、美国政府正在使用监管沙盒探索区块链监管。沙盒通过为创新企业提供“安全可控的运行空间”，允许企业在监管范围内开展系统、产品、服务等试运行，在鼓励企业创新、经济社会风险可控和消费者保护等多重目标下，为政府机构提供新系统和新业务的创新治理手段，在金融领域获得广泛实践。截至 2023 年 5 月，美国已有 8 个州开展了区块链沙盒计划，包括亚利桑那州、佛罗里达州、夏威夷州、内华达州、北卡罗来纳州、犹他州、西弗吉尼亚州和怀俄明州。2023 年 2 月，欧盟委员会重点面向欧洲区块链服务基础设施（EBSI）上的区块链创新应用，正式发布区块链监管沙盒计划，为期三年，并于 7 月发布了首批 20 个区块链监管沙盒用例。欧盟区块链监管沙盒通过规定准入标准、搭建安全平台、组织用例研讨、提供专业指导等方式，促进区块链企业、专家、监管机构等多方交流，提高区块链监管的合法性和科学性，实现监管与发展的有效平衡。

三、区块链基础设施步入规模建设阶段

（一）区块链基础设施概念再认识

基础设施组成要素达成共识，分布自治、跨链成网形态长期存在。由具有广泛接入能力、公共服务能力、可灵活部署的公共链网（包括公有链或面向非特定应用场景的联盟链），及连接这些区块链的跨链系统组成的分布式互连网络成为共识。**一是**公有链侧重开放性和广泛性，通过构建一致的标准和通用的基础架构，提高基础设施通用性，从而推动广泛应用程序开发和全球用户参与。**二是**联盟链更侧重特定

业务和隐私安全，提高了服务质量和效率，为基础设施应用提供更深层次的支持。**三是**跨链设施的引入提高基础设施互操作性，促进不同区块链系统之间的通信和价值小环，消除公有链和联盟链之间的隔阂，促进信息和价值的流动。三者相互配合，共同推动了分布式可编程网络发展，为技术创新和应用拓展打下坚实基础。



资料来源：中国信通院

图 9 区块链基础设施演进趋势

许可监管与开放互联同步演进，大规模可信节点网络逐步建成。基础设施既要保障用户合法权益，又要具备开放互联的属性，实现监管与开放互联之间动态平衡。**一方面**公有链向许可监管合规发展方向演进，通过事前备案，事中审查，及事后追责机制，可以有效降低金融风险。数字货币牌照已经成为引导交易所合规经营重要手段，日本、美国、瑞士、泰国、爱沙尼亚、澳洲、加拿大、菲律宾等国都颁布数字货币金融牌照，其中美国 MSB 牌照，加拿大 MSB 牌照，澳大利亚

AUSTRAC 牌照是市面上申请最多和含金量最高的三款牌照。日本是首个将数字货币交易纳入法律体系的国家，所有在日本境内运营的交易所必须获得财政部与日本金融厅的牌照授权。另一方面联盟链向开放互联方向演进，通过开放网络接入机制、增加链上透明度、提高节点公信力等方式，增强联盟链公共服务属性。以科技企业主导的蚂蚁开放联盟链、文昌链、百度超级链等都构建了开放普惠的区块链服务网络，提供应用快速部署、信息公开查验的低门槛链上服务。

公共服务多样化发展，数字钱包和交易平台成为用户上链入口。数字钱包、交易平台、节点托管平台被纳入基础设施公共服务范畴，旨在提高区块链基础设施通用服务能力。一是数字钱包、浏览器、交易所是用户访问区块链应用的关键入口，其中数字钱包成为政府和科技企业布局重点方向。2022 年 Linux 启动 OpenWallet 基金会支持开源数字钱包，2023 年 3 月欧盟议会通过关于数字身份钱包的立法。二是节点托管平台为区块链开发者或智能合约开发者提供远程访问服务，免除企业自建节点的负担，成为云服务商和创新企业布局重点。传统云服务商包括美国的 Amazon、Google、Digital Ocean，德国的 Hetzner、法国 OVH 等，以及新兴的区块链科技产品 Infura、Achemy、QuickNode 等。其中比特币 60% 的流量通过托管服务提供商 Hetzner、OVH、OVH 提供服务。

计算、存储、通信资源灵活调度，驱动去中心物理基础设施部署。传统网络基础资源以中心化部署为主，行业进入门槛高，限制了充分竞争，导致定价被巨头垄断。Apple、Microsoft、Google、Amazon、

NVIDIA、Meta 六家单位占据网络基础资源半壁江山。此外，中心化基础设施资源利用率低，有三分之一的资源被闲置，从而造成了巨大的财务损失。根据 Flexera 显示，公司云预算的 32% 被浪费。相比于中心化传统基础设施，去中心物理基础设施通过激励机制激励用户共享资源，吸引小规模计算、存储、通信资源参与全球网络建设和提供资源，使得资源能够高效地流向需求方手中。根据 CoinGecko 显示，去中心物理基础网络领域的市值已经达到 52 亿美元，大部分都属于存储、计算和通信领域，包括 Arweave、Filecoin 存储项目，Render、Holo 计算项目以及 Helium、Theta 通信项目。

（二）四条发展路径互为补充演进

路径一开源社区驱动的生态化路径：以太坊领导者地位难撼动，二层网络进入白热化竞争阶段。开源社区驱动的区块链基础设施逐渐形成一超多强，多链共存的形态，即以以太坊为主，链下计算为辅，多链共存的发展格局。以太坊已经成为全球最具影响力的节点网络，占据全球 70% 的总锁仓价值、26% 跨链桥，节点覆盖 50% 以上国家。由以太坊创始人领导的以太坊核心开发团队推动共识算法由 POW 向 POS 转变，并同步开展分片算法研发，升级后以太坊共识性能达 10 万笔/秒（TPS）。此外，公链开源开放的特性，有助于规模化推动节点建设，但也带来了性能瓶颈，围绕以太坊，主打具备可扩展、安全、兼容、隐私、去中心化优势的二层新公链不断推出，将交易数据从以太坊迁移至第二层协议中进行处理，从而实现更高的交易速度和吞吐量。新公链赛道获得加密社区和顶级投行关注和支持，2023 年全球知

名公链数量约 176 条，较 2021 年初仅有 11 条公链增长超过 10 倍。以太坊二层网络总锁仓量维持在 100 亿美元以上，项目达 77 个，包括 zkRollup、Optimistic Rollup、应用链等。

路径二分域节点建设的网络化路径：分域节点服务开放化、平台化，配套功能组件逐渐完备。以分域节点建设的区块链基础设施经过两年发展初具规模，节点网络规模不断扩大，逐渐得到产业界认可，并开始启动公共服务平台建设，对外提供应用服务。欧盟委员会和 29 个国家共同推动建设的欧盟区块链基础设施 EBSI，自 2018 年启动以来，在 29 个国家均已成立节点建设申请工作组，并建设了 40 个节点、13 个公共服务调用接口、开展数字身份钱包测试以及监管沙盒试验验证。在中国工业和信息化部指导与支持下建设的“星火·链网”，自 2020 年启动以来，节点不仅覆盖京津冀、长三角等经济发展较快、信息化水平较高的区域，同时向境外蔓延，在东南亚多国推动节点落地。此外，重点打造了数字原生资产服务网络、智能安全金融服务网络、可信存证网络和数字化追溯网络等公共服务网络，面向应用提供平台化服务。

路径三行业应用引领的业务化路径：行业应用与底层链逐层解耦，形成可插拔的业务迁移能力。受制于业务局限性，行业链发展到一定阶段遇到发展瓶颈，底层链与业务深度捆绑导致业务迁移困难、成本高。尤其是未找到盈利模式的行业应用链逐渐关停，严重违背了区块链难篡改、永久存储的核心价值理念，尤其是去年火爆一时的数字藏品平台，出现了价值下跌和关停现象，例如腾讯幻盒在 2022 年宣布

关停。当前，底层链与业务逐渐解绑，并形成两种转变路径。一是行业应用向路径一和路径二上迁移，对外以平台的形式提供业务 4 应用服务，提供用户友好的一站式解决方案。二是将应用链发展为通用服务平台，承载不同的应用服务，但是受到原有业务范畴限制，难以打破固有形象，业务拓展难。

路径四公共服务引导的平台化路径：金融和数字藏品互操作需求明显，提高跨链技术使用率。跨链技术部署实施需求导向明显，随着去中心化金融和数字藏品流通性和互操作需求增长，带动跨链桥数量增长，截止 2023 年跨链桥达 200 多个。以太坊、BNB Chain、Polygon 上的跨链桥数量分别达到 100 个、68 个、48 个，其中以太坊由于发展早、规模大的优势，具有巨大的市场份额和用户基础，因此太坊在跨链桥数量上的占比较大。此外，主打互操作的区块链服务商波卡和 COSMOS 生态规模和接入链个数逐渐扩大，波卡平行链总数达到 50 条，共有 1.35 亿 DOT 被绑定，COSMOS HUB 接入链达 73 条，总市值 332 亿美元。

（三）新技术融合化部署趋势明显

区块链基础设施是构建下一代互联网的重要支柱，确保了网络资源低成本可得、安全获取以及大规模可应用性。当前，随着人工智能、云计算、6G 网络等新技术的涌现和广泛部署，区块链基础设施正逐步摆脱“带外”业务发展模式，而是与新技术紧耦合部署，驱动全球智能、灵活、可信的下一代互联网建设，进一步提升基础设施可复用性、避免重复投资，进而提高资源利用效率。一是基于区块链基础设施分

布式特点，为人工智能、云计算、6G 等资源提供注册、解析和发现服务，提高基础资源协同效率，实现资源灵活调度；二是基于区块链基础设施难篡改特性，通过提高人工智能、云计算、6G 等资源透明度和溯源能力，增加资源安全可信性，进而构造内生网络安全体系。三是激励机制刺激用户共享闲置资源，促进网络基础资源共建共享。

区块链基础设施与人工智能基础设施融合部署重构社会生产力和生产关系。人工智能作为全球产业发展的新动能，正迅速推动人类社会智力创新、经济高质量发展以及生产生活方式效率的提升。人工智能需要利用大量数据和计算资源来训练和优化算法，如何实现全球分布式数据、计算、模型的灵活调度是当前制约人工智能发展的新挑战。区块链基础设施提供了一个安全可信执行环境，通过智能化分配计算资源、管理训练任务和确保任务的公平性，可以实现资源可信交换，促进不同实体之间协作，提高调度的效率和准确性。此外，将模型参数和训练数据上链，确保数据完整性和可追溯性，防止数据篡改或损坏，有助于推动更高效、安全和可信的大模型训练和数据处理。

区块链基础设施与云计算基础设施融合部署提高数据处理、存储和使用灵活度。云计算的灵活性和可扩展性为用户提供了按需获取资源的便利，然而，云计算的发展仍然面临着“可信、可靠、可控制”的挑战。区块链基础设施的去中心化、匿名性以及数据难篡改等特征，为云计算提供了更安全、透明的数据存储和管理机制，确保了数据的完整性和可追溯性，防止数据被篡改和伪造，从而提升数据安全性。区块链基础设施和云计算基础设施融合部署，不仅解决传统基建项目

数据质量低、业务管理流程透明化不足等难点，还将有助于解决不同基础设施建设碎片化，复用价值不高等问题。

区块链基础设施与 6G 网络基础设施融合部署促进多方共建共享内生信任网络体系构建。6G 网络是一个地面无线与低轨卫星通信集成的天地融合化网络，通过将卫星通信整合到 6G 移动网络，实现全球无缝覆盖、世界互联、万物智联。6G 网络新型的业务场景和开放的网络生态，对信任体系提出了新的需求。6G 将存在多种异构网络的融合、多方共建共享问题，尤其是空天地立体组网需要分布式的多方协同机制。依托全新的 6G 组网架构，区块链基础设施不仅为其提供多方互信、公平对等的共识信任模式，还将成为 6G 网络的关键网元之一，使区块链不再是独立于通信网的“带外”形式，在 6G 中充分发挥对网络资源调度、网络参数配置、网络共享协调作用。

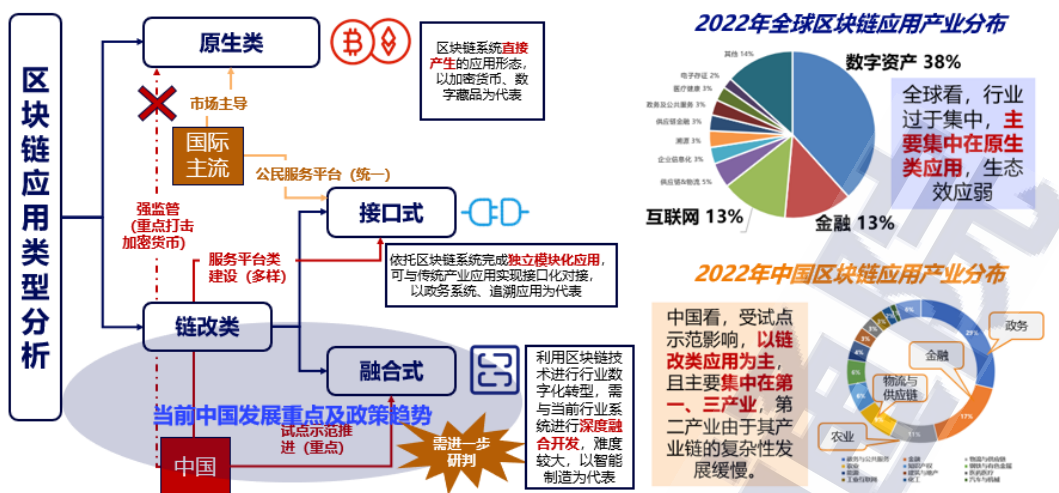
四、区块链基础设施赋能大规模应用构建

区块链基础设施有助于大规模服务网络构建，优化长链条业务流程、降低部署成本、支持多样化的可编程应用。区块链基础设施大规模应用逐渐形成“1+1+X”建设模式，即一个业务模式、一个部署平台和多个应用场景。一是区块链基础设施适用于长链条、无中间权威机构来保证信任的业务模式。相比于一条链一个场景的模式，区块链基础设施具备节点分布广、参与主体多样、用户规模大的特点，有助于快速整合业务参与相关方，促进大规模业务场景的构建。二是区块链基础设施降低应用部署复杂性和成本，为用户和业务参与者提供便捷的接入方式。此外基于区块链基础设施透明度高的特点，可以提供高

效的服务发现机制，提高了应用服务的可获得性。三是区块链基础设施类似于计算机操作系统，支持各类智能合约的灵活调用，有利于快速搭建和扩展大规模应用，包括金融、供应链管理、数字身份验证等。

区块链基础设施应用推广引流方法不容忽视，适当激励机制有助于刺激区块链基础设施大规模应用创新发展和广泛采用。区块链基础设施应用经过多年发展取得长足进展，从虚拟经济已经延伸到实体经济领域，但尚未出现像互联网应用那样具有引爆用户体量的杀手级应用。激励机制对于推广应用构建至关重要，类似于互联网早期采用的红包激励机制。合理设置奖励机制，可以激发用户的积极参与和持续使用，提高用户的粘性和参与度，从而促进区块链基础设施应用的创新发展和广泛应用。在区块链中，通常将虚拟资产作为鼓励参与者持续使用应用、贡献内容或完成特定任务的奖励方式。

区块链基础设施大规模应用部署模式逐渐形成原生类、接口式链改类和融合式链改类三大发展路径。原生类应用直接由区块链基础设施产生，代表以虚拟资产和数字藏品为主要形态，但生态效应相对较弱。接口式链改类应用是基于区块链基础设施构建独立模块化应用，可与传统产业应用对接，典型代表为政务系统和追溯应用。融合式链改类应用则利用区块链基础设施进行行业数字化转型，需要与当前行业系统深度融合开发，以智能制造、供应链金融为主要代表，但其开发难度较大。



资料来源：中国信通院数据根据公开资料整理

图 10 区块链基础设施三大应用路径

（一）数字原生路径

原生类是应用的主流模式，尤其在激励机制方面具备天然优势。

一是开发成本相对较低，依托现有的区块链基础设施完成运营，无需建立全新的基础设施，使得初创企业和开发者能够更容易进入市场，加速创新和产品推出的速度；二是原生类应用还能够迅速形成规模化效应，提供直接的经济价值，吸引更多的用户和投资，从而实现经济效益明显的优势；三是原生类应用构建生态系统的便捷性，它们可以依赖于现有的区块链基础设施生态系统，不仅有完善的配套产业基础，还能够衍生出新的业务模式和经济形态，这种灵活性为创新提供了更大的空间，有助于生态系统的蓬勃发展；四是原生类应用通常能够实现较高的用户参与度，因为区块链技术的透明性和去中心化特性吸引了更多用户积极参与应用的生态建设和治理过程。

模式：数字资产服务网络

数字原生资产服务网络（Digital Native Assets, DNA）是面向资产数字化和数字化资产应用场景，充分运用大数据、区块链、

NFT 技术，构建的具备数字资产注册、确权认证、交易流通、资产管理、技术服务和监测监管等功能的数字资产公共服务网络。

问题：在互联网的传播过程中，数据是以复制的方式进行传递，每个用户可以获得一份相同的数据，这使得数据资产确权难。此外，当前国内外存在许多数字藏品交易平台，数字藏品存在跨平台交易，以及多平台注册存在难以确保唯一性。

方案：基于“星火·链网”基础设施构建统一的数字原生资产标准协议，为数字资产带来安全可信、可管可溯、互通互认等核心技术特性，实现资产统一监管和互联互通，促进数据资产的跨链信息交互和资产流转。以数字藏品为切入点，提供数字藏品注册、认证、查询三项服务，实现数据确权，激活数字交易潜能。

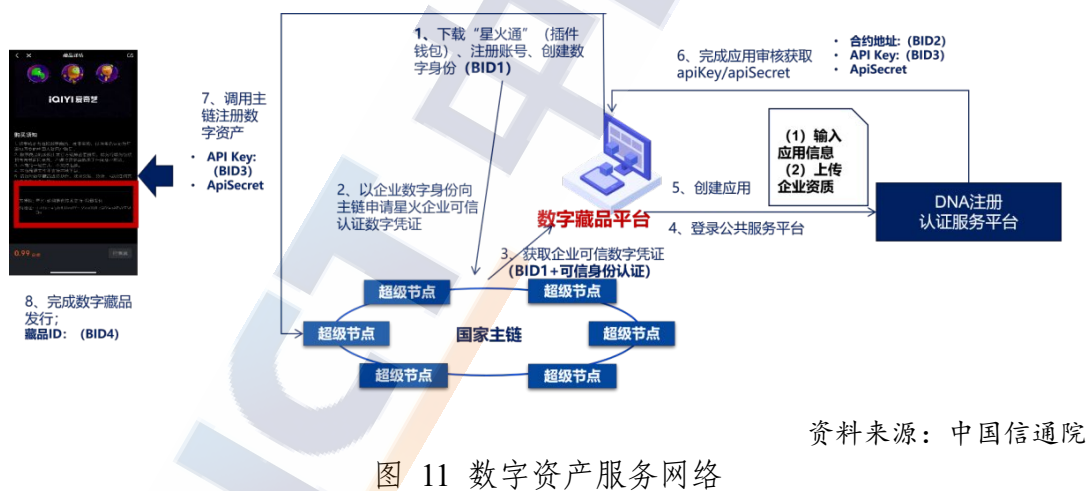


图 11 数字资产服务网络

（二）接口式链改路径

接口式链改类是区块链基础设施赋能实体产业最为直接的方式。一是接口式链改类应用开发相对简单，通过 API 接口与传统行业的系统进行集成对接，从而降低了开发难度和成本，通常只需要完成基于区块链技术的特定功能即可适配，具备较高的灵活性；二是接口式链

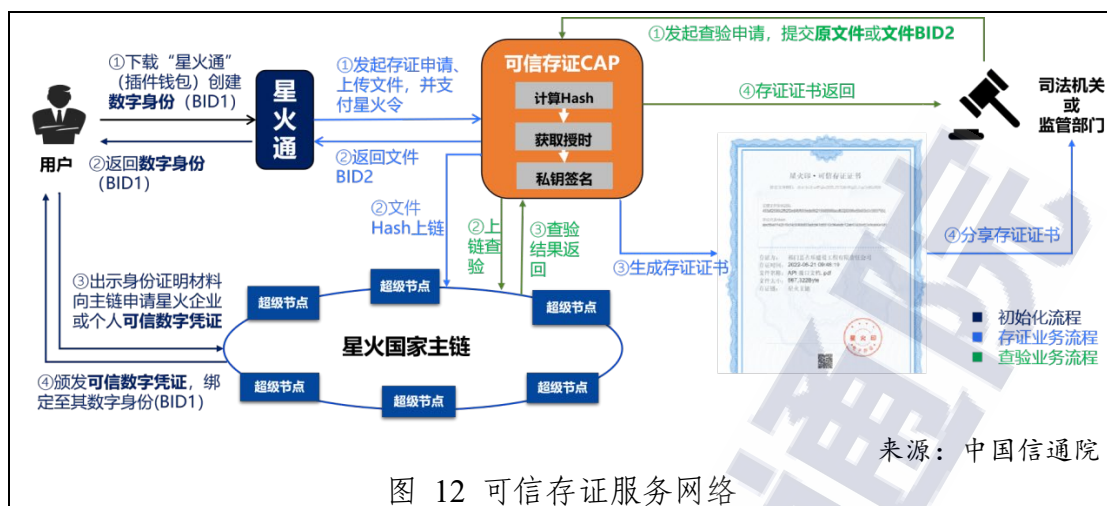
改类应用能够借助已有的区块链基础设施和协议，减少了技术风险，提高稳定性和可靠性；三是接口式链改类应用在行业中通常具有较高的认可度，因为它们可以通过区块链基础设施改进传统行业流程和业务，提高效率、透明度和安全性，得到了行业的广泛认可和支持。

模式：可信存证服务网络

可信存证服务网络（Consensus as Proof, CAP）是“星火·链网”主链上基于分布式标识体系，面向骨干节点用户及可信企业用户提供便捷的电子数据存证和核验服务。通过对企业身份、活动数据等进行可信上链及存储，保护企业数据资产，打造面向企业的信任连接器，支撑企业数字化转型。

问题：当前电子证据存在难以确保证据的真实性和完整性，维权难，存证结果易被篡改，难以形成可信的证据以及存证成本高，证据分散，取证难等问题。

方案：基于数字身份为证书生成方和转化方提供身份认证服务，提供生成型证书和转化型证书可信上链机制，通过数字签名，保障数据源头可信、可溯源。此外，基于上链后难篡改性提供存证和核验功能，将原文或者文件摘要存证，通过时间戳、哈希签名，保障上链后的数据真实可靠，存证结果可核验，确保任意时间验证该证据的真实性和即时性。



（三）融合式链改路径

融合式链改类是我国区块链基础设施应用发展的核心目标。一是融合式链改类应用价值化程度较高，通过与实体经济的紧密结合，融合式链改类应用不仅能够优化业务流程、提高效率，还能够增强安全性和透明度，从而构建更可信的商业生态系统。二是融合式链改类不仅促进了行业变革，还赋能了行业数字化转型的能力，促进信息和价值的更高效流通，加速了构建信任体系的构建进程，为企业和用户带来更多的益处。

模式：智能金融服务网络

智能安全金融服务网络 ISF（Intelligent Secure Finance）通过“星火·链网”主链公共服务产融域标准化功能耦合子链客制化功能为客户提供更智能、更安全的供应链金融解决方案。在运营过程中，资产方基于 ISF 实现业务运转、数据汇集，资金方基于融资主体业务数据展开业务判断、信贷发放，同时引入中登、交易所等机构作为服务节点为 ISF 业务增信提效。

问题：当前银行与企业、企业与企业、银行与银行间两两对

接，效率低、成本高、业务复杂，导致产业链信任价值传导难，中小企业融资难、融资贵、融资慢，由于跨行业征信信息认定难，带来银行风险管理成本高等问题。

方案：通过构建一套统一的产融服务标准，对接银行、中登、票交所、税务、征信等服务机构，在产业端部署产业网关，实现信任流转，在金融端部署金融网关，提供信息交叉验证服务，最终提高融资效率，提高企业贷款成功率，纾解银行风控难、部门监管难等问题。



图 13 智能金融服务网络

五、总结与展望

一是构建具有中国特色的区块链技术路线，打造具有自主知识产权的区块链底层模式。在技术路线选择上，发展兼顾许可开放的区块链技术路线。一方面，通过培育区块链创新产业集群，推进智能合约、共识算法等核心技术演进，加快突破高性能密码等技术，形成高效、灵活、可监管的技术体系；另一方面，关注公有链在模块化、隐私保护、嵌入式监管等领域的底层技术，推动开放许可链与国际主流公有链技术路线趋同。在区块链模式选择上，加强公有链许可链对比分析评估。

我国应用场景对于底层技术应用需求不高，且在底链安全层面缺乏横向对比，在技术架构和活跃度两方面量化区块链安全风险，有助于提升我国区块链安全防护能力。

二是合理引入“数字通证”推动激励机制建设，打造兼顾发展和安全的生态环境。在激励机制建设方面，首先，凝聚“数字通证”共识，组织研讨形成“通证化”经济模式概念及边界共识，推动“数字通证”提供更多激励方式，其次，研判“数字通证”引入方式，研究各类“通证”技术及概念，集合国内区块链应用模式及发展重点，选择适合中国区块链应用发展的“数字通证”，最后，推出“数字通证”应用实验范式，如推进通证化绿色债券、“数码港元”先导计划等，探索融合数字人民币的应用方案。在生态环境建设方面，建设生态活跃、应用引领、安全兼顾的区块链产业体系，首先，开展经济探索，组织多部委、龙头企业以及研究机构共同打造原生数字资产联合体，有序推动数字原生经济体系建设，其次，搭建应用示范区，围绕典型应用场景布局建设应用示范区，加强共性技术平台和公共服务平台建设，最后，建设产业监测平台，密切监测由区块链带来的网络、金融和数据风险。

三是构建具有中国特色的区块链监管体系，创新行政许可、监管沙盒等监管手段。在体系建设方面，构建以网络、内容、市场监管为重点的监管框架，行政许可、合规持牌已成为主要国家政府机构监管的首选手段，有效性得到实践验证，因此在区块链登记备案机制基础上，构建行政许可机制，有助于建设完善的监管体系。在监管对象方面，重点监管服务提供商及应用，以监管服务提供商及应用为抓手，

对应用场景和业务本质进行穿透性分析，对应用做实质内容审查，进行“无差异监管”，依法采取措施。在监管手段方面，开展区块链监管沙盒实践，一方面，发起区块链监管沙盒计划，选择供应链金融、跨境贸易等重点应用领域及区块链创新活跃区域开展监管沙盒试点，另一方面，打造监管沙盒技术平台，构建沙盒底层运行环境和公共服务能力，为监管提供实验环境。

中国信息通信研究院 工业互联网与物联网研究所

地址：北京市海淀区花园北路 52 号

邮编：100191

电话：010-62300566

传真：010-62304980

网址：www.caict.ac.cn

