

区块链白皮书



中国信息通信研究院
2021年12月

版权声明

本白皮书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白皮书文字或者观点的，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

2021 年是“十四五”开局之年，《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》（以下简称“十四五”规划）将区块链纳入数字产业之一，对其发展作出了重要部署。6 月，工业和信息化部 and 中央网信办印发的《关于加快推动区块链技术应用和产业发展的指导意见》指出，要聚力解决制约技术应用和产业发展的关键问题，进一步夯实我国区块链发展基础，加快技术应用规模化，建设具有世界先进水平的区块链产业生态体系，实现跨越发展。一年来，随着政策红利的持续释放，我国区块链技术应用和产业生态加速演进，开始步入以“信任链”“协作链”为导向的新发展阶段。

区块链技术进入工程化发展期，向多层次融合创新、业务驱动优化演变。区块链基础功能架构已趋于稳定，面向业务场景需求的工程技术优化成为业界共识。以实现“高效、安全、便捷”的发展目标，核心技术优化、扩展技术融合和跨链技术突破正成为技术演化重点方向。

区块链与实体经济加速融合，有力支撑国家重大战略，应用边界不断扩展。区块链应用深度和广度持续提升，脱虚向实趋势明显，在智慧农业、司法存证、疫情防控、数字政府等关键领域以及实现“碳达峰、碳中和”等国家重大战略方向的价值不断体现，为各行业数字化转型提供了新的驱动力。

区块链产业联盟化、生态化格局逐渐形成，我国开源体系加速构

建。近年来，我国区块链产业基础、产业链条、产业环境和产业生态日益完善，区域级、行业级区块链基础设施不断涌现，产业商业模式在业务运营联盟化、技术应用开放化中寻找新机遇。与此同时，我国区块链开源社区蓬勃发展，生态体系加速形成。

中国信息通信研究院从 2018 年起连续四年组织编写《区块链白皮书》。今年的白皮书在之前版本基础上，梳理国内外区块链发展最新动态，分析技术、应用、产业的发展态势，展望“十四五”区块链技术应用和产业发展机遇。

目 录

一、区块链发展综述.....	1
（一）区块链技术持续融合优化，精准匹配复杂业务场景	1
（二）区块链应用脱虚向实趋势显现，新应用领域不断拓展	2
（三）区块链产业生态纵深发展，开源生态建设提速	3
二、区块链技术演进趋势.....	4
（一）核心技术：多点突破带动整体提升，产品形态逐步分化	5
（二）扩展技术：深度融合拓展，突破单链诸多瓶颈	8
（三）跨链技术：助力多链融合互通，实现多领域数据可信流转	11
三、区块链应用发展态势.....	13
（一）区块链应用发展以水平化渗透为主	13
（二）区块链应用场景需深入分析理性选择	14
（三）区块链应用模式及刚需行业场景逐步明显	16
（四）区块链应用发展仍面临诸多挑战	17
四、区块链助力经济社会高质量发展.....	18
（一）区块链助推智慧农业，打造数字兴农新模式	18
（二）司法证据上链进度加快，可信存证助力法治中国建设	19
（三）区块链助力联防联控，开创科技防疫应用新局面	20
（四）链上政务简化办事流程，助力政务服务数字化	22
（五）区块链赋能“双碳”战略，推动绿色可持续发展.....	25
五、区块链产业生态构建.....	26
（一）产业环境：央地多措并举齐发力，为产业发展添能蓄势	27
（二）产业主体：纵向一体化发展态势明显，跨界布局加速	29
（三）产业模式：区域级、行业级联盟生态逐步兴起	31
（四）开源生态：开源社区蓬勃发展，生态体系建设提速	33
六、总结与展望.....	35
参考文献.....	37

图 目 录

图 1 区块链技术演进趋势.....	5
图 2 近 3 年可信区块链性能评测结果统计.....	6
图 3 2021 年可信区块链受测产品共识支持情况统计.....	7
图 4 区块链与其他信息技术融合示意图.....	10
图 5 广义区块链互操作.....	12
图 6 区块链应用新型水平化布局示意.....	14
图 7 区块链应用场景选取决策树.....	15
图 8 区块链三农领域场景覆盖情况.....	19
图 9 已落地政务区块链应用分布.....	23
图 10 已落地政务区块链应用效果.....	24
图 11 我国区块链政策数量统计.....	27
图 12 区块链备案企业地域分布统计.....	28
图 13 2020 至今各省政府部门推进区块链项目领域分布.....	29

表 目 录

表 1 区块链应用场景分类.....	17
表 2 区块链应用服务疫情防控案例汇总.....	21
表 3 联盟链建设模式示例.....	32
表 4 国内区块链底层开源项目基本情况.....	34

随着数字经济深入发展，区块链等新一代信息技术日益融入经济社会发展各领域全过程，正在成为重组全球要素资源、重塑全球经济结构、改变全球竞争格局的重要力量。区块链技术基于多方共识、不可篡改、透明可追溯等特征，能够助力构建数字经济信任基础设施，形成产业链多方之间的分布式可信协作网络，推动实现更加强劲、绿色、健康的全球发展。

一、区块链发展综述

围绕数据要素可信流通，区块链开始步入以“信任链”“协作链”为导向的新发展阶段。数据要素价值正在持续释放，全社会对数据更大范围更深层次的共享需求不断提升，如何确保数据共享全过程真实可信成为影响数字化发展的关键因素。区块链技术在低成本构建数据全流程信任通道的基础上，促进产业主体数据共享、紧密协作，助力产业数字化转型；与此同时，区块链自身也正从技术、应用和产业维度全面升级，深度服务于跨主体、跨领域、跨地域的可信协作网络建设。

（一）区块链技术持续融合优化，精准匹配复杂业务场景

区块链技术创新持续活跃，底层功能架构趋于稳定，结合业务场景需求开展技术优化迭代成为下一步重点。区块链技术经过多年发展已逐步形成一套稳定的基础功能架构，面向业务场景需求的工程技术优化成为业界共识，其技术路线将沿着更快速、更庞大、更互通、更

安全、更可控的方向演进。具体而言，“更快速”要求为业务提供更高吞吐、更快响应，“更庞大”是扩大区块链节点规模，“更互通”需要铺开更为广泛互联的区块链生态体系，“更安全”是进一步提升应对物理、数据、应用系统、加密、风险控制等方面的安全能力，“更可控”则是让技术创新发展更加稳健。通过多个方向共同发力，支撑更广泛的区块链应用落地。

为应对区块链技术大规模、深层次应用时代的到来，融合其他新型信息技术的“区块链+”日渐成为业界共识。区块链技术在各行各业的落地应用过程，也是区块链技术本身打破行业壁垒，与 5G、物联网、人工智能、大数据、云计算等新技术融合创新的过程。当前，区块链作为跨业态跨技术融合枢纽的地位逐步加强，各企业和机构正在积极探索“区块链+”应用场景，如“区块链+物联网”能够实现链上链下信息锚定，“区块链+云计算”可以降低区块链应用开发部署成本，“区块链+隐私计算”为数据可信流转提供了有效解决方案。“区块链+”的提出与实践充分扩展了区块链应用场景和现有局限，必将带来更多的价值提升。

（二）区块链应用脱虚向实趋势显现，新应用领域不断拓展

区块链应用围绕数据信任，脱虚向实深度服务产业发展，加速行业水平化渗透速度。区块链与其他新兴数字技术之间的关系，是“补充”而非“颠覆”，通过技术融合共同助力行业数字化转型进程。实

际应用中，无论是“+区块链”还是“区块链+”商业模式，更多展现的是在促进数据可信共享、构建可信协作体系等方面的核心价值，发挥其“价值互联网信任基座”的变革潜力，不断向与其技术特征相契合的应用领域实现水平化拓展。总体而言，区块链应用布局探索呈现根状蔓延态势，应用深度层面与实体经济进一步融合，市场潜能被持续激发，产业生态不断稳固繁荣。

产业界对“双碳”、“开放金融”、数字权属等新理念关注度持续提升，牵引区块链技术由传统业务改造向创新业务赋能转变，为其大规模推广开辟新路径。当前，区块链技术应用进入深水区，其大规模推广需要与行业深度结合，推动产业实现转型升级、提质增效，助力实体经济创造新的价值增量。区块链实际落地方面，需要综合考虑时间、人力、资源等各类因素，相较于改造现有成熟业务，引入区块链技术赋能创新业务的路径更清晰、成本更优化、风险更可控。比如在“双碳”领域，区块链能够实现碳排放管理的高效协同和可信透明。在分布式结算领域，基于区块链多方共识、智能合约等特征，可以实现高效的交易结算及穿透式监管。在数字人民币领域，区块链智能合约赋予数字人民币可编程性，助力打造高效便捷和公开透明的金融体系。

（三）区块链产业生态纵深发展，开源生态建设提速

区块链产业发展快速推进，技术赋能实体经济的路径和模式更为明晰，区块链基础设施化趋势渐显。区块链技术通过共享数据、流程

和规则，以可信信息流为基础，服务于生产协同、流通管理、产融管理、数字金融四个经济环节，能够打通物质流、资金流，实现数据要素的可信互联，促进参与主体之间的可信协作，服务于实体经济，推进产业互联网纵深发展。区块链基础设施作为价值互联网的关键支撑底座，具备基础性、公共性、强外部性等基本属性，能够为社会提供信任传递能力和公共服务能力，降低信任构建成本，进一步提升经济运行效率，扩大区块链技术服务范围。

我国企业主导的联盟链开源项目陆续启动，开源生态建设驶入快车道。区块链开源项目在技术突破、应用推广、人才培养、产业支撑等方面具有重要作用，以 Hyperledger 为代表的开源项目对我国联盟链技术应用发展影响深远。随着区块链技术应用价值获得认可，为了产业长远发展，我国开源生态建设逐步引起业界重视，国内区块链企业主导的底层链、中间件、智能合约框架、跨链组件等开源项目陆续启动，相应的开源社区持续保持活跃，促进我国区块链开源生态走向繁荣。

二、区块链技术演进趋势

目前，区块链技术架构已趋于稳定，围绕产业区块链场景实际需求，相关技术朝着“高效、安全、便捷”持续演化。联盟链主要服务于企业级应用，其关注重点在节点管控、监管合规、性能、安全等方面。其中，密码算法、对等网络、共识机制、智能合约、数据存储等核心技术进展相对缓慢，运维管理、安全防护、跨链互通等扩展技术

发展较快，且与其他信息技术融合趋势明显，行业焦点逐步由核心技术攻关转向为面向场景优化为主。



来源：中国信息通信研究院

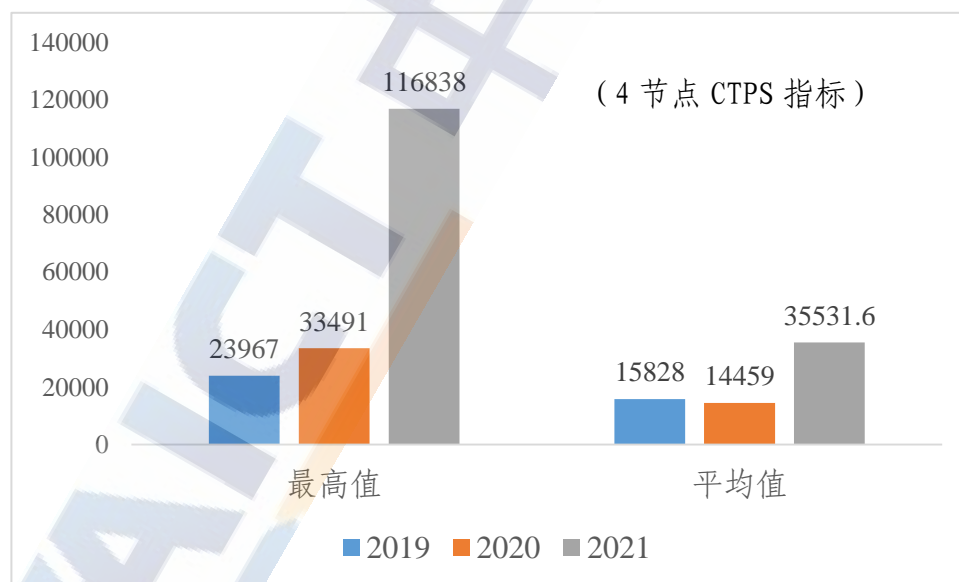
图 1 区块链技术演进趋势

（一）核心技术：多点突破带动整体提升，产品形态逐步分化

区块链整体技术稳中有进，针对不同解决方案精细化发展。2020年中国信通院发布的《区块链白皮书（2020年）》将区块链技术分为扩展技术、核心技术和配套技术三大类。相较而言，2021年区块链整体技术未有明显突破，但核心技术的渐进式创新仍在持续，其中对等网络、共识机制、智能合约的优化改进最为突出。联盟链场景下，联盟成员通常经过线下建立信任基础，节点准入和管理能力较强，对恶意节点容错需求不高；同时联盟链的应用场景相对复杂，对共识速度和数据量有较高要求。因此，联盟链技术优化目标以高效、易用为

先。

核心技术优化具体表现在：**一是对等网络深度优化**，蚂蚁链推出 BTN(Blockchain Transmission Network)，提升区块链节点的通信能力，加速区块链网络数据传输；长安链发布自研 P2P 网络 Liquid 代替开源组件 libp2p，提升区块链系统兼容性和通信效率。**二是异步共识算法取得进展**，中科院软件所张振峰团队与美国新泽西理工学院共同提出的国际上首个完全实用的异步共识算法小飞象拜占庭容错算法（DumboBFT），有望应用于实际生产环境。**三是智能合约开发框架持续探索**，FISCO-BCOS 发布基于 Rust 的新型 Wasm 合约语言框架 Liquid，探索智能合约新模式。国内区块链技术呈点状突破态势，对于细分技术领域边界的探索力度不断加大，整体技术水平持续提升。

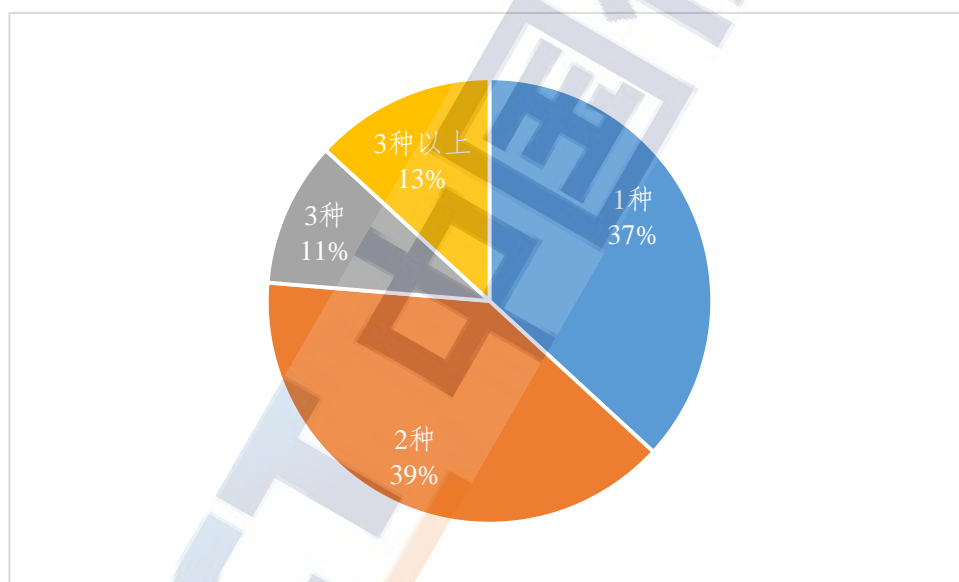


来源：中国信息通信研究院

图 2 近 3 年可信区块链性能评测结果统计

性能的提升是区块链技术优化的重要表现。区块链诞生以来，

性能问题始终是争论的焦点，公链交易性能相对较低，网络通信、密码运算和共识机制是制约性能的主要因素。联盟链将用户限定在特定范围，去中心化需求较弱，性能方面有了显著提高。据中国信通院可信区块链性能评测显示，2021 年参测区块链产品平均 CTPS（Confirmed Transactions Per Second，每秒钟确认上链交易数）已达到 35531，远超比特币、以太坊等公链系统的性能水平。但是，在高压场景下，链上交易成功率普遍下降，系统稳定性和容错性进一步降低，对区块链系统的可用性影响不容小觑。



来源：中国信息通信研究院

图 3 2021 年可信区块链受测产品共识支持情况统计

为配合解决性能和安全的差异化需求，国内区块链产品的共识协议选择出现分化。其中，BFT 类共识协议是目前国内区块链底层产品的主流选择，2021 年可信区块链受测产品中除类 Fabric 底层以外，其他产品均支持 BFT 类共识。而为实现更高性能，部分联盟链采用

Raft 等 CFT（Crash Fault Tolerance，故障容错）类共识保障账本数据的全局一致性，该类系统最高交易性能已突破十万。但 CFT 类共识进一步减弱了联盟链系统的去中心化程度和共识容错能力，导致部分链系统逐渐趋向分布式数据库。因此，**为了更好地适应不同业务场景的需求，多数区块链平台可以支持多种共识算法的切换**，超六成受测产品支持两种及以上共识算法。如针对性能需求较高，但节点数较多且节点间可信度较高场景，CFT 类共识可以较好满足，而对性能要求较低，节点数较少且存在不诚实节点可能性的场景 BFT 共识则是较好选择。此外，多智能合约引擎、多语言 SDK、多网络模式、多状态数据库的灵活搭配，都为不同业务场景提供了动态调整方案以实现精准适配。

（二）扩展技术：深度融合拓展，突破单链诸多瓶颈

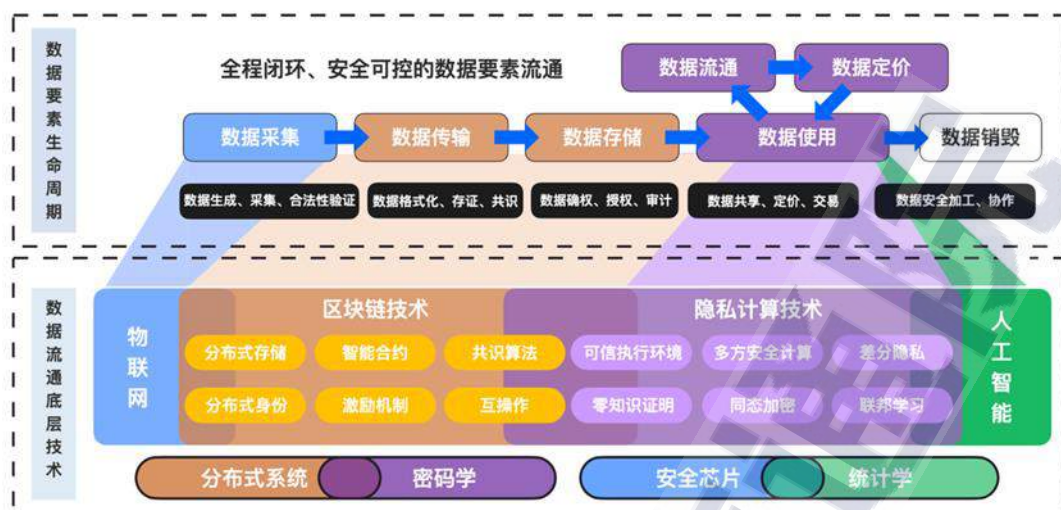
1. 区块链+物联网实现物理 - 数字世界可信链接

区块链与物联网的结合可以弥补两者自身缺陷，实现物理 - 数字世界可信链接，保障链上链下数据一致性。**一是物联网设备可有效提升上链数据真实性**。利用物联网终端设备安全可信执行环境，可以将物联网设备可信上链，从而解决物联网终端身份确认与数据确权的问题，保证链上数据与应用场景深度绑定。**二是区块链为数据要素流转和价值挖掘提供可信保障**。区块链记录的准确性和不可篡改性也让隐私数据变得有据可循，而且在安全方面更易于防御和处理。通过将区块链作为数据市场确权和交易基础技术，可推动数据市场交易规范化，

助力物联网由数据采集走向场景应用深度融合。三是区块链促进物联网应用拓展。万物互联的时代使得数据价值越发凸显，区块链提供的安全性和透明度为解决当前物联网面临的问题提供了新的思路。区块链将加速物联网应用拓展，丰富“区块链+物联网”智能应用场景，并为服务商和消费者开辟新的机遇，加速行业融合创新。

2. 区块链+隐私计算赋能数据可信安全共享

区块链与隐私计算融合，保障数据流通全过程隐私安全，为实现数据价值共享提供了新的技术路径和解决思路。隐私计算和区块链相结合，既融合了二者优势，也解决了各自面临的难点问题。区块链为多方协作流程增信，隐私计算实现数据可用不可见，两者相互结合相辅相成，既能保障数据共享全流程可验证、可追溯、可审计，还能有效保护数据免受泄露。两种技术可以应用到数据活动的各环节当中，包括数据生成及采集合法性验证、数据处理存证和共识、数据使用授权、数据流转、数据协作、以及数据监管审计等。随着行业对数据可信可控共享的需求持续释放，区块链结合隐私计算技术将逐渐成为各行业数据流通的标配，解决多方协作过程中的信任和隐私问题。基于区块链进行授权存证的隐私计算平台，与增加了隐私计算功能的区块链系统，正在成为区块链与隐私计算结合的两种重要方向。随着两种技术的进一步融合发展、运用，将改变传统的集中式大一统的数据聚合和管理中心模式，并促进数据流通逐渐向分布式、多层次、市场化的方向发展。



来源：中国信息通信研究院

图 4 区块链与其他信息技术融合示意图

3. 区块链+云计算降低应用门槛

区块链与云计算结合已成必然，多组件集成助力打造数据信任基础设施。区块链本身具有一定复杂性，部署难、使用难、运维难已成为阻碍区块链发展的现实问题。同时，以身份管理、权限管理、资源管理、安全审计等为代表的配套功能不适合完全嵌入底层区块链实现，但又是区块链应用所需要的关键功能。BaaS（Blockchain as a Service，区块链即服务）以云计算为基础，通过融合区块链底层、集成开发工具、智能合约管理、自动化运维、数字身份、跨链服务等功能，实现区块链底层和应用一站式开发与部署。例如：蚂蚁、腾讯、华为、趣链等主流 BaaS 平台现已具有多引擎支持、多模式部署、多节点统一管理的能力。BaaS 平台一方面可显著降低企业开发与使用区块链技术的成本，加快区块链应用的建设速度，另一方面，与区块链联盟化运营模式高度契合，有利于形成产业数字化可信协作平台。区块链与

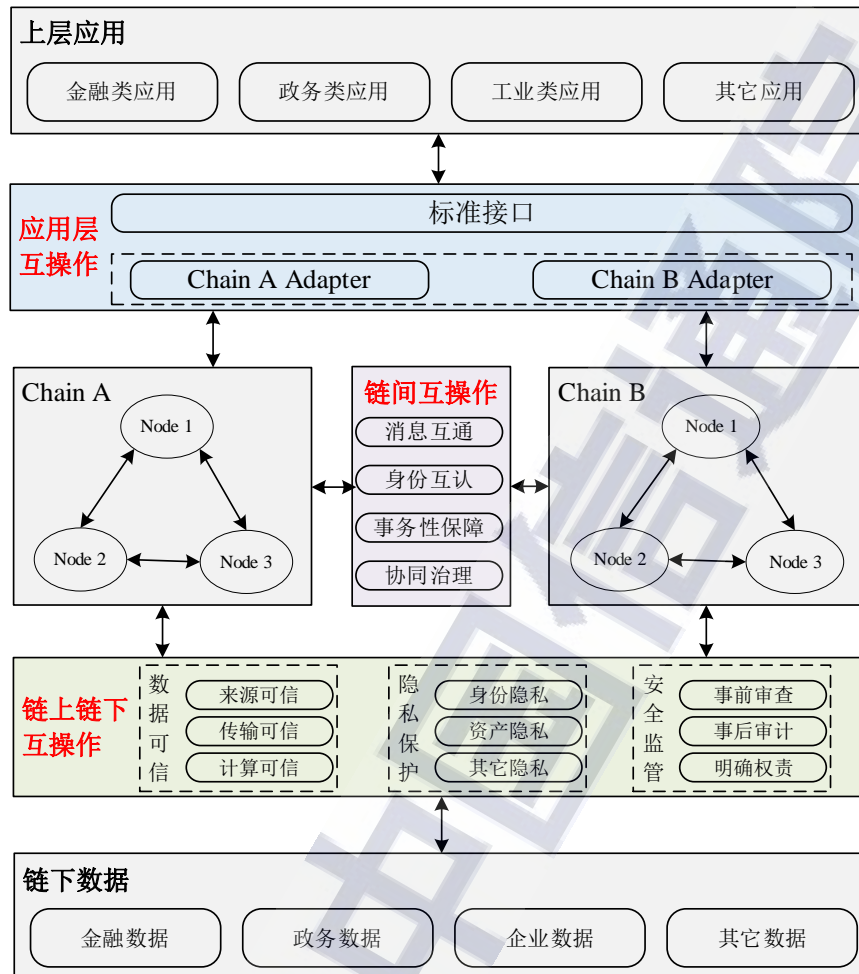
云计算的结合，也将带动其他技术的融合发展，进一步推动 BaaS 演进成为数据信任基础设施。

（三）跨链技术：助力多链融合互通，实现多领域数据可信流转

随着区块链应用广度与深度的不断拓展，不同区块链平台之间跨链难、上层应用系统与底层链切换难、链上链下可信交互难的三难问题逐渐凸显，阻碍了区块链的进一步发展，使得链上生态的规模效应和汇聚效应得不到体现。而未来专链专用、多链共存的趋势，决定了互操作将成为区块链进一步发展绕不开的关键问题。广义的互操作按照应用场景可分为用于解决跨链难的链间互操作，解决切换难的应用层互操作，解决交互难的链上链下互操作，从多个层次实现区块链互联互通。

其中，链间互操作尤其重要，最为紧迫，也是行业公认的焦点难点。针对跨链难题，行业头部企业纷纷投入研究实践，并形成了一系列方案项目，如 WeCross、BitXHub、ODATS、Cactus、Cosmos、Polkadot 等跨链项目。跨链互通主要技术手段包括公证人机制、侧链/中继链、哈希时间锁定、分布式私钥控制四类，其中中继链方案采用“以链治链”思路，可实现对跨链互操作全流程的管控，让链和链协同增效。同时中继链上不同参与方地位平等，便于快速达成共识、形成协作联盟优势，已成为多数跨链项目的共性选择。以上跨链项目从技术层面验证了链间互操作的可行性，但受制于技术、应用、流程机制等因素，

整体上仍处于早期阶段。



来源：中国信息通信研究院

图 5 广义区块链互操作

聚焦消息互通，化繁为简将是互操作破局之路。互操作方案解决事务性问题，必然要从不同底层链实时获取先验数据，比如区块头、背书信息等，这就从网络和存储两方面给中继链增加了压力，限制了现有方案的互通范围与效率，增加了互操作适配与推广难度。联盟链场景中超过七成的互操作需求，聚焦在消息互通层面，对事务性要求不高，因此聚焦消息互通，化繁为简，强化易用性，将是加速互操作发展的关键路径。

多方协同、凝聚共识，共同推进互操作发展进程。互操作难不仅仅是技术问题，更需要行业供需双方、标准化组织、监管部门、开源社区凝聚共识，通力协作。未来，行业层面的互操作需要以行业共识的互操作标准体系为指导，跨地域、跨行业、跨组织的互操作基础设施为支撑，包容审慎的监管政策为保障，强烈广泛的互操作需求为牵引，积极活跃的社区生态为动力，多方协同，共同促进互操作行业发展。

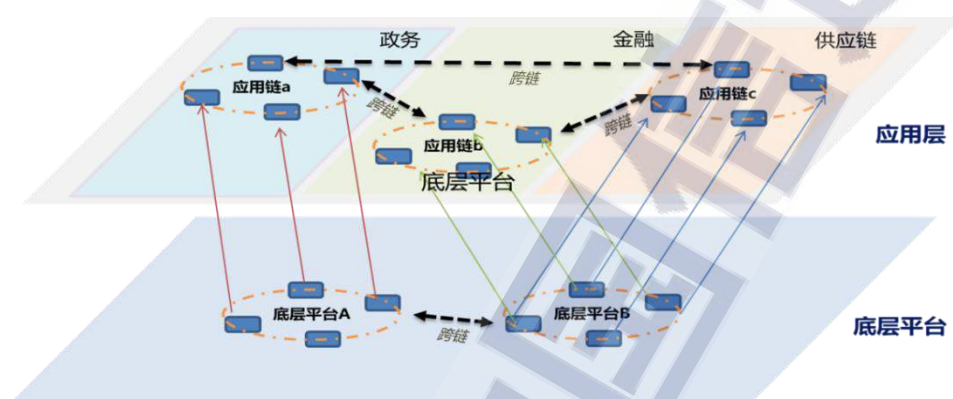
三、区块链应用发展态势

随着行业数字化转型进程加速，日益增长的多维业务需求为区块链技术应用创造了广阔市场空间，同时区块链技术的发展也为传统行业数字化转型提供了新的驱动力。一方面，区块链应用场景正在实体经济、公共服务等行业的传统细分领域不断拓展，呈现新型水平化布局。另一方面，随着应用场景的深入化和多元化不断加深，区块链将进一步赋能数字人民币（DCEP）、碳交易等相关增量业务发展，市场潜能被持续激发。

（一）区块链应用发展以水平化渗透为主

针对已有业务，区块链技术作为“补充”而非“颠覆”，与其他数字技术共同助力行业数字化转型进程。“+区块链”商业模式将传统场景与区块链技术相结合，发挥区块链在促进数据共享、建设可信体系、降低运营成本等方面的作用，在政务数据共享、供应链协同等领域探索逐步深入。针对增量业务，区块链更多地发挥其作为“价值

互联网信任基座”的变革潜力。“区块链+”模式促使数字人民币（DCEP）、碳追溯、碳交易等新兴应用走入大众视野。不同于移动互联网的传统意义水平化产业视图，区块链首先向与其技术特征相契合的应用领域拓展；而后通过跨链互操作，实现底层平台层之间、应用层之间的互联互通。总体上，区块链应用布局探索呈现出水平化渗透态势。



来源：中国信息通信研究院

图 6 区块链应用新型水平化布局示意

（二）区块链应用场景需深入分析理性选择

作为一项新兴技术，区块链具有在诸多领域开展应用的潜力。然而，区块链不是万能的，其技术上去中心化、难以篡改的鲜明特点，可在限定场景中发挥较大的应用价值。结合最新技术应用发展态势，2018 年白皮书提出的“区块链场景决策树模型”需要进一步迭代。



来源：中国信息通信研究院

图 7 区块链应用场景选取决策树

首先，区块链应用源自于应用场景对数据存储且难以篡改的需要。区块链本质上是一种带时间戳的新型数据库，从对数据真实、有效、不可伪造、难以篡改的组织需求角度出发，相对于传统的数据库来说，可谓是一个新的起点。其次，需要一个跨主体、多方写入的应用场景。多个主体各自维护账本，往往因为数据信息不共享、业务逻辑不统一，且拥有写入访问权限的主体难以确定数据权属等原因，导致“账对不齐”的现象时有发生。与之相反，区块链中每个主体都可以拥有一个完整的账本副本，通过即时清结算的模式，保证多个主体之间数据的共同可见性、历史记录以及共享数据的可用性。再次，选择业务场景的前提是，业务本身有足够的意愿尝试区块链技术。通过判断待试点场景是属于“传统业务”还是“增量业务”，来确定区块链技术应用的目标定位与收益回报，避免对技术成效产生过高预期。最后，区块

链联盟网络各参与方定期开展复盘工作，持续改善治理模式，才能保障已实施的区块链应用能够健康稳定运行。区块链联盟网络需要在运营过程中，持续检验区块链落地应用效果，不断调整技术开发、业务流程、管理体系等各个层面。

（三）区块链应用模式及刚需行业场景逐步明显

伴随着“产业互联网”向数字化、网络化、智能化的“价值互联网”演进，对应于不同数字化阶段需求，领先的区块链技术服务商推出较为成熟的区块链开发平台、产品及解决方案、平台服务等多种商业模式，开展市场化运营。当前区块链已形成三种典型应用模式，在不同行业领域匹配刚需场景，实现了成功应用。链上存证类是区块链成为链上存证的信任账本，主要应用于全网数据一致性要求较高的业务，提升公共服务数字化能力，改善数字经济市场效能，如溯源、审计、票据等；链上协作类是区块链提供多方协作的信任机器，在去中心化的大规模多方协作业务中，发挥出数据共享、数据互联互通的重要作用，从打通多部门政务服务一体化向实体产业多协作场景渗透，如政务数据共享、医疗数据共享等；链上价值转移类是区块链构建价值传递的智能互联信任基础设施，以资产的映射、记账、流通为主要业务特点，主要应用于承载价值传递，为数字化资产建立信任背书，引发的技术业务协同创新重构金融业务，如 DCEP、跨境贸易等。

表 1 区块链应用场景分类

类型	实体经济				公共服务		
	金融	农业	工业	医疗	政府	司法	公共资源交易
链上价值转移	数字票据、跨境支付	农业信贷、农业保险	能源交易、碳交易	医疗保险	/	/	/
链上协作	证券开户信息管理	农业供应链管理	能源分布式生产、智能制造	医疗数据共享	政务数据共享	电子证据流转	工程建设管理
链上存证	供应链金融	农产品溯源、土地登记	工业品防伪溯源、碳核查、绿电溯源	电子病历、药品追溯	电子发票、电子证照、精准扶贫	公证、电子存证、版权确权	招投标

来源：中国信息通信研究院

（四）区块链应用发展仍面临诸多挑战

区块链技术在多个行业领域应用已经取得了一些进展，但是仍然存在诸多困难和挑战，限制了应用的深入发展。一是场景选择仍不明确。区块链应用主要面向多个参与方组成的联盟业务，如何结合联盟业务开展情况，从众多的场景中选择出适合使用区块链技术的应用场景，尚有一定门槛。二是分散建设缺乏整体规划。由于缺乏顶层规划，各行业主体、各地方正在分别建设区块链应用，导致平台重复建设、过度投资，引发业务碎片化等潜在风险，易形成新的“数据孤岛”和“价值孤岛”。三是数据开放体系有待完善。数据分级分类体系尚未成熟，多方协作场景下，如何确定共享数据的范围、保障共享数据的

权责、保证共享数据的安全，仍是难点。**四是跨链互通亟需解决。**不同区块链系统采用的数据结构、加密算法、共识机制等技术不尽相同，导致各地的区块链系统之间的数据难互通、信息难交互、身份难识别。**五是技术瓶颈有待突破。**随着区块链系统中业务量的快速增长，对于并发量要求高、存证信息多的应用场景，系统延迟交易、吞吐量低等性能问题凸显。**六是运维管理体系缺失。**区块链系统目前开发、使用门槛仍然较高，相关的开发、集成、运维体系仍未建立，影响到区块链应用规模化落地以及系统后续的运营管理。

四、区块链助力经济社会高质量发展

我国企业、政府等实体依托联盟链，深挖实际需求，持续拓展区块链创新应用边界，不仅在多个行业领域成功实现应用落地，也在国家重点关注的新兴发展方向，提供有力战略支撑。

（一）区块链助推智慧农业，打造数字兴农新模式

区块链正高效助力智慧农业领域，为我国“三农”的数字化、品牌化、现代化发展提供技术支持。2020年2月5日，中央一号文件《中共中央国务院关于抓好“三农”领域重点工作确保如期实现全面小康的意见》发布，区块链作为数字时代的前沿技术首次被写入中央一号文件。借助区块链等数字技术，转变农业生产方式，改造传统农业生产、农村治理模式，实现精准扶贫，有效保障农民工工资发放，对建设现代农业体系具有重要意义。



来源：中国信息通信研究院

图 8 区块链三农领域场景覆盖情况

目前区块链已逐步渗透到农业、农村、农民相关领域，并在农产品溯源、农业金融、农民精准扶贫等细分环节应用落地。**政府侧**，多地政府积极部署全面推进农业农村现代化，抢占区块链产业发展先机。如，2021 年 7 月 19 日，农业农村部信息中心牵头在山东省潍坊市开展“区块链+韭菜”试点。**企业侧**，腾讯、淘宝、京东等电商平台推出区块链数字助农战略。如，8 月 5 日，腾讯安全发布战略新品“腾讯安心平台”，通过一物一码、区块链等技术，实现商品生产过程、流通过程、营销过程的全链路数字化管理，计划在未来三年时间内挖掘甄选 100 个优秀原产地农产品品牌。

（二）司法证据上链进度加快，可信存证助力法治中国建设

司法上链发展路径逐渐明晰，最高法强化顶层设计。最高人民法院（简称“最高法”）于 2018 年 9 月 3 日印发《关于互联网法院审理案件若干问题的规定》首次认定链上数据可以作为司法采信的依据。2021 年 5 月 18 日，最高法发布的《人民法院在线诉讼规则》中进一步明确了基于区块链平台存储的电子证据的有效性判定规则。此外，

最高法牵头搭建了“人民法院司法区块链统一平台”，以期实现电子数据全节点共识可见证、全链路安全可信、全流程留痕记录、数据难以篡改，解决诉讼实践中存证难、取证难、认证难、鉴证难等痛点问题。目前已应用至江苏、浙江、天津、河南等地方高级人民法院，以及中级人民法院、互联网法院等 30 余家司法单位，在线采集数据超 1.8 亿条，处理存证业务 4300 万次。

司法存证应用逐步成熟，多地探索司法应用实践。杭州互联网法院于 2018 年 6 月 28 日支持了原告采用区块链作为存证方式并认定了对应的侵权事实，成为全国首例区块链存证在司法领域的落地实践。随后，杭州互联网法院于 2018 年 9 月 18 日上线了区块链司法系统，成为国内首家将区块链技术用于司法案件定分止争的互联网法院。截至目前，已采集 20.19 亿条数据，为网上购物、网络服务、金融借款等引发的诉讼案件提供重要支撑。随后，北京互联网法院和广州互联网法院的区块链系统先后上线。区块链与司法的结合，强化了司法体系对电子证据存证、固证的能力，简化了取证、认证与质证过程，优化了线上诉讼处理流程，助力司法公开与智慧法院建设。

（三）区块链助力联防联控，开创科技防疫应用新局面

区块链打通疫情信息流，搭建起数据共享和信任传递链路。虽然当前疫情防控已取得阶段性胜利，但仍暴露出我国在应对公共性突发事件过程中的问题，其中，信息流通不畅、信息不对称和信任缺失问题尤为突出。区块链结合自身特性，能够满足信任构建、信息共享、

多主体协作以及信息溯源等需求，可有效降低防疫成本、提升社会运转效率，助力打开科技防疫新局面。

表 2 区块链应用服务疫情防控案例汇总

应用领域	发起机构	应用名称	覆盖区域
公共预警	山大地纬	济南疫情防控平台	山东省济南市
	链飞科技	区块链疫情监测平台	全国
物品溯源	蚂蚁集团 CityDo	防疫物资信息服务平台	浙江省
	北京微芯研究院	北京冷链溯源平台	北京市、浙江省、广东省等
身份互认	微众银行	粤康码	广东省
	纸贵科技	个人健康信息登记平台	陕西省西安市

来源：中国信息通信研究院

目前区块链已逐步应用于疫情防控领域，主要在公共预警、溯源、身份互认等细分应用领域取得进展。**公共预警领域**，基于数据实时上链，可及时快速掌控疫情动态，打通医疗机构间数据孤岛，实现医疗信息数据共享，提升疫情信息传达效率。如，山大地纬推出的“济南疫情防控平台”已在济南实现应用落地，链飞科技推出的“区块链疫情监测平台”在全国开始推广应用。**溯源领域**，依托区块链从源头开始对全链条跟进追踪，严把物资质量，实现一旦上链不可篡改，保

证溯源数据可信。如蚂蚁集团、CityDo 联合推出的“防疫物资信息服务平台”已在浙江全省落地应用，北京微芯研究院推出的“北京冷链溯源平台”，以冷链食品为切入点实现了对疫情的高效精准防控。

身份互认领域，基于区块链的可信身份信息管理，结合分布式身份标识和零知识证明等技术，可在确保身份信息可信的同时，避免数据泄漏。如微众银行推出的“粤康码”已在广东全省 21 个地市推广，纸贵科技开发的“个人健康信息登记平台”已在西安实现落地，助力当地疫情防控。2021 年，面对疫情防控及数字化建设进程加快的挑战，区块链赋能应用创新，取得了一系列成果，未来区块链将与多种前沿技术深度融合，不断提升场景适应性，继续推动疫情常态化背景下的创新应用，开启后疫情时代的区块链应用新篇章。

（四）链上政务简化办事流程，助力政务服务数字化

政府率先提供政务区块链应用场景，开辟区块链创新试验田，驱动政务服务应用落地。当前，越来越多的政府部门看到了区块链技术在政务方面的价值，率先提供政务服务的应用场景，作为区块链应用的需求方，对接企业进行各类型政务系统的建设，驱动区块链在政务及公共服务的落地，成为了创新的试验田。各级政府既包容试错又指导建设，在有序竞争中为区块链技术产业打开广阔的应用空间。政府通过释放更多公共职能，赋能政务服务便捷化，推进数字政府建设。

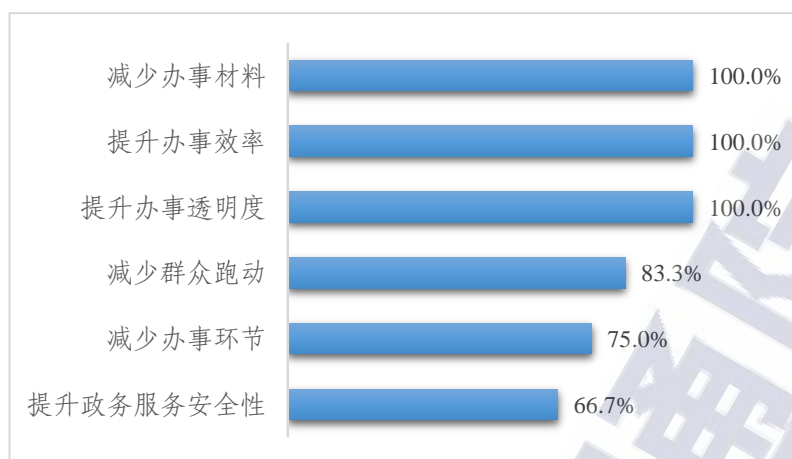
基于对政务区块链建设头部企业调研，我们可以看到：一方面，政务服务事项管理、电子证照、数据共享开放平台的应用场景最多，

也相对成熟。调研的企业中 100%都开展了政务服务事项管理的应用场景，有 83.3%的企业开展了电子证照、数据共享开放平台的应用场景，有 75%的企业开展了身份和授权管理的应用场景，有 66.7%的企业开展了电子档案和电子签章的应用场景。另一方面，政务区块链应用在减少办事材料、提升办事效率、提升办事透明度方面均取得了明显的效果。调研的企业中，认为政务区块链应用在减少办事材料、提升办事效率、提升办事透明度有成效的占比高达 100%，说明区块链政务服务应用确实简化了办事材料，缩短了办事等待时间，提高了业务办理的准确性，提升了人民群众的办事体验，公共服务应用初见成效。



来源：中国信息通信研究院

图 9 已落地政务区块链应用分布



来源：中国信息通信研究院

图 10 已落地政务区块链应用效果

政务数据上链加速，打通政务数据跨部门共享堵点，在减材料减环节提效率方面取得显著成效。在事项管理应用场景中，济南政务区块链平台“泉城链”借助区块链技术实现政务数据的链上可信流转，实现了“一窗受理、一网通办、一次办成”政务服务，“一次办成政务服务”累计开办企业 17076 家，实现企业开办最短用时 35 分钟记录，平均开办时长 114 分钟，比承诺时间压缩 75% 以上，群众提交材料数量平均减少 61%，大幅压缩了业务办理时间，减少了材料提交，真正做到让数据多跑路，让群众少跑腿。在电子证照应用场景中，“赣服通”是全国首个全省统一的“区块链+政务服务”基础平台，实现了全国首批电子证照上链运行，实现授权记录随时可查、用证记录全程可追溯，在户政、交管、卫健、医疗、社保等 56 项全省性服务可实现“区块链+电子证照+无证办理”，用户只需刷脸认证，无需再提交任何材料，在建筑工程、交通运输、户政交管、农林牧渔、卫生医疗等领域 116 个省级事项实现不见面审批，提升了部门之间的协同效

率，赋能政务服务便捷。

（五）区块链赋能“双碳”战略，推动绿色可持续发展

建立完整的碳足迹追溯体系和透明的碳交易市场机制是实现碳达峰碳中和目标的有力抓手。基于区块链不可篡改、全程可溯的技术特性，能够有效支撑碳足迹全生命周期的可信记录、碳排放全要素的可信流转，可以为碳交易提供更安全、更高效、更经济的市场环境，以及可视、可信、可靠的监管环境。依托可信碳排放数据和碳交易，也将培育碳金融模式创新，形成覆盖生产端、流通端的碳普惠机制，为我国“双碳”目标顺利实现提供有力支撑。

碳数据上链管理，实现碳足迹可信追溯、可靠监管。区块链能够实现碳足迹全生命周期的可信记录、碳排放全要素的可信流转，可为碳交易场景提供更安全、更高效、更经济的市场环境，以及可视、可信、可靠的监管环境。北京电力交易中心和国网电商公司等建设的区块链绿电交易平台，将参与交易电厂发电数据、绿电交易数据、所有场馆用电数据接入区块链，实现全流程溯源，为冬奥 100%使用绿电提供可视、可信、可靠证明。唯链推出的区块链碳足迹追溯平台能快速实现碳足迹精准追溯，为企业积淀碳相关数据，优化自身碳足迹从追溯到终端呈现的全过程。蚂蚁集团提出的蚂蚁链企业碳中和管理 SaaS 产品——碳矩阵，基于区块链技术实现碳排放、碳减排、清结算、监管、审计等过程公开透明，相关记录可随时追溯查证，同时实现企业碳中和数据统一平台管理以及数据可视化。此外，碳数据上链

可以在政府监管部门、控排企业、第三方核查机构、碳排放权交易机构、其他社会机构之间形成真实可信数据的共享交换，为碳排放监管提供可视、可信、可靠的环境。

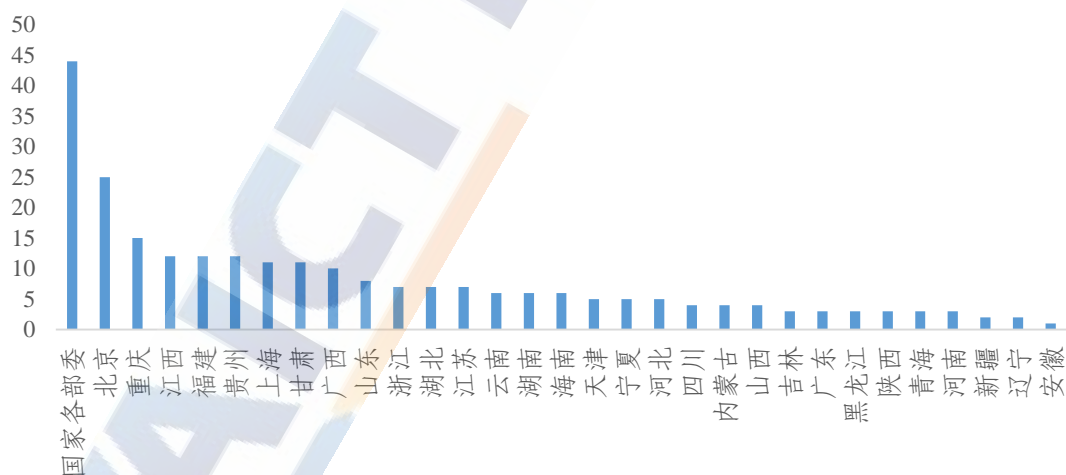
碳排放权链上交易，构建高效的碳交易市场。区块链技术可以助力构建可信、高效的碳交易市场和平台，通过对碳资产和碳排放权进行实时、透明、不可篡改的区块链碳资产管理，增强碳交易市场活力，打造碳交易主体、交易机构、政府等多方共建、灵活互动的碳资产交易模式，实现碳交易从排放权获取、交易、流通，到交易核销、统计的全流程数据上链存储与可信共享应用，让碳排放配额在“有目共睹”的情况下进行交易。国家电网积极探索“区块链+碳交易”模式，以期建成可信区块链碳排放权管控及交易支撑平台，旨在实现碳交易全生命周期溯源管理，解决碳交易多主体身份认证效率低、数据确权难等问题，并保障碳交易数据可信共享，提升业务效率。

五、区块链产业生态构建

过去一段时间，我国联盟链产业形态和典型商业模式仍然以销售软件产品及服务，或者参与信息化项目集成等方式为主。随着我国区块链产业基础、产业链条、产业环境和产业生态日益完善，区域级、行业级联盟影响力不断提升，区块链开源社区加速发展，区块链产业正在以源于传统却又超越传统软件产业的发展之势，朝着联盟化、生态化的方向不断迈进。

（一）产业环境：央地多措并举齐发力，为产业发展添能蓄势

2021 年是“十四五”开局之年，国家对区块链产业发展完善顶层设计，政策红利加速释放。在 2021 年 3 月公布的《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》（简称“十四五”规划）中，区块链被列为七大新兴数字产业之一，明确提出了区块链技术创新、应用发展、监管机制完善的三大重点任务，特别强调了以联盟链为重点发展金融科技应用。2021 年 6 月，工信部、网信办联合发布《关于加快推动区块链技术应用和产业发展的指导意见》，聚力解决制约区块链技术应用和产业发展的关键问题，进一步夯实我国区块链发展基础，加快技术应用规模化，意见明确指出要建设具有世界先进水平的区块链产业生态体系，实现跨越发展。



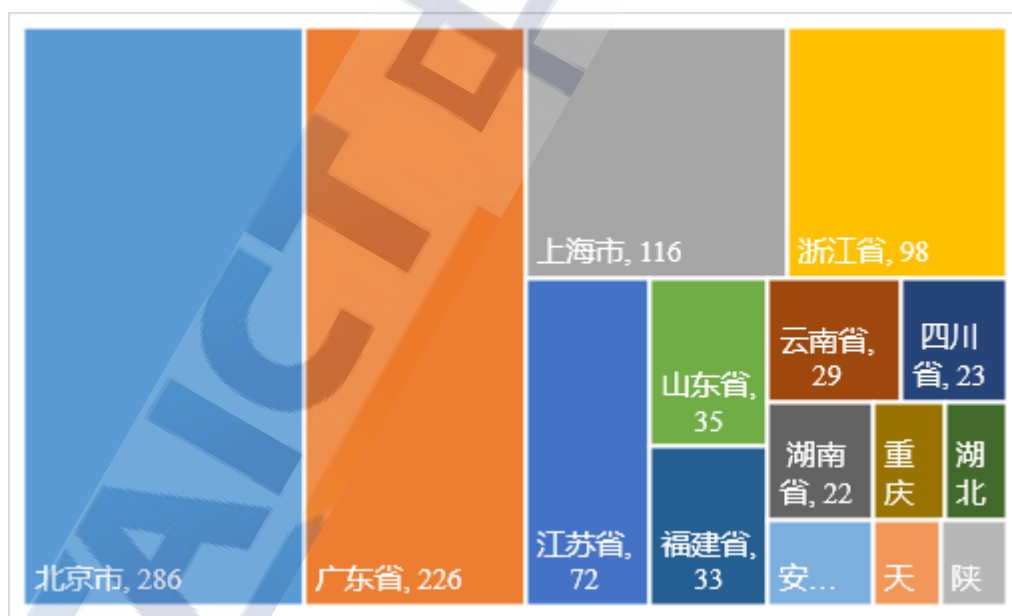
来源：中国信息通信研究院

图 11 我国区块链政策数量统计

各地方政府对区块链技术的重视程度也进一步提升，统计结果显

示，2016 年至 2021 年 9 月，全国 26 个省份共发布区块链专项以及包含区块链发展内容的政策文件达 117 份。其中广东省、山东省、河北省、北京市等地出台了区块链专项政策，浙江省、陕西省、上海市等地将区块链技术写入地方“十四五”规划，着力推进当地区块链产业体系健康发展。

国家和地方支持政策的持续推出为产业发展提供了良好的发展环境，也吸引区块链企业向优势地域集中。据统计，截至 2021 年 12 月，完成区块链信息服务备案的企业主要集中在北京、广东、上海、浙江、山东、江苏、福建等省市，其中北京、广东、上海区块链备案企业超过百家，企业地域集中趋势明显，进一步带动当地投融资、人才培养、标准制定等配套服务发展，产业聚集效应初步显现。

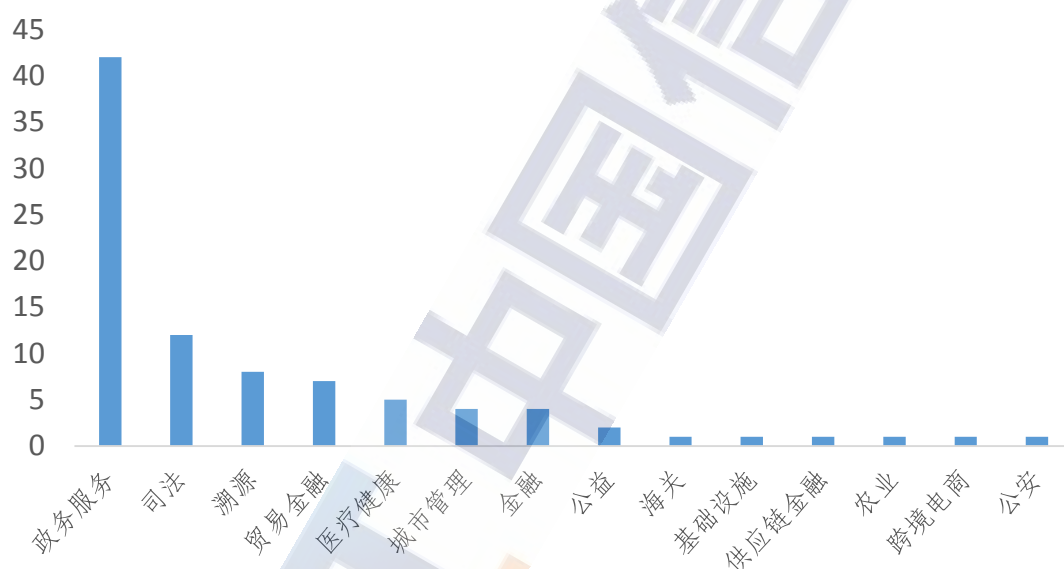


来源：中央网信办、中国信息通信研究院，2021.12

图 12 区块链备案企业地域分布统计

区块链作为底层信息技术应用范围广阔，在实际落地中各地充分

结合自身资源禀赋，因地制宜，开启区块链产业发展新阶段。2020年至今，我国各地省级政府部门积极推进区块链技术应用落地，启动区块链项目超过 90 个，项目主要集中在政务服务、司法、溯源和贸易金融等领域，应用规模持续扩大。其中，北京市全面推进政务服务“区块链+电子证照”应用，苏州先行建立首个结合区块链开源技术的城市级数字碳账本，贵州推出脱贫攻坚投资基金区块链管理平台，这些项目都充分融合了区域特点，是区块链技术应用的生动实践。



来源：中国信息通信研究院

图 13 2020 至今各省政府部门推进区块链项目领域分布

（二）产业主体：纵向一体化发展态势明显，跨界布局加速

在经历行业探索期后，2021 年我国区块链产业进入新发展阶段，产业纵向一体化、生态化发展趋势明显。具体表现在：一是以联盟链为主的产业结构趋于稳定，联盟链已成为我国区块链发展主要技术路

线,围绕其打造的产业链上下游关系逐步成型,底层技术、平台服务、产业应用和周边服务四大板块定位更加明确。**二是产业参与主体逐步向平台服务和产业应用集中**,产业主体技术层面的竞争相对减弱,其产品由原来单纯的技术指标比拼转变为场景适应性能力对比,为进一步拓展区块链行业应用的深度和广度,平台服务和产业应用的发展将成为产业未来一段时间最重要的发力点。**三是产业巨头加快纵向布局速度**,区块链产业核心驱动力在于应用,单一化的产品难以适应复杂多变的应用场景,唯有平台化体系化的区块链产品才能更好渗透进入各行各业,打通底层技术、平台服务、产业应用的纵向一体化发展思路成为产业巨头的共识。因此,区块链产业的生态化纵深化发展将成为行业主流,技术实力和场景理解力有机结合方能赢得未来的竞争。

多类产业主体跨界布局区块链产业,形成多种产业形态。随着区块链技术被提升为国家战略和纳入新基建,产业界开始重新认识区块链的发展潜力,参与的产业主体不仅包括互联网企业及科技公司,传统产业主体也依托原有的产业场景优势“后来居上”,积极布局区块链技术,传统产业企业与科技型企业同时进入产业区块链赛道。目前区块链技术的发展已经由原有技术方主动寻求场景转变为由产业侧需求主导,主动寻找业务场景匹配区块链技术,以业务端的应用为基点结合技术的研发和应用,探索业务发展和技术应用的适配模式。科技企业、科研机构、行业用户多方协作成为区块链落地新趋势。除互联网公司和科技创业公司之外,地方大数据局、财税管理部门、人民

法院等有关部门,不动产登记中心、档案馆、园区管委会等行政机构,电力、贸易、运输、数据服务等领域的央企国企正在加快使用区块链改造提升原有业务,形成了多种基于区块链打造的联盟化产业新业态、新模式。

(三) 产业模式: 区域级、行业级联盟生态逐步兴起

构建基于区块链的可信协作网络成为行业共识,能够为产业生态繁荣提供良好的土壤。作为数字经济的底层支撑技术之一,区块链应用落地日渐增多,产业环境渐趋成形,正在迎来新一轮的大发展。除布局技术研发和为区块链产业深度发展提供必要的技术支撑之外,业界对于区块链平台建设和服务能力的呼声日益高涨,目标在于打造安全性高、灵活高效、适用于多场景的区块链基础设施。区块链基础设施结合共识机制和智能合约等技术形成的大规模可信协作网络,将重构数字经济时代秩序、规则和信任机制,直接影响原有社会的组织方式、商业秩序,颠覆数字经济时代的生产关系,创新商业运行模式,实现市场智能化运作。

联盟链建设呈现高速发展态势,行业级、区域级服务平台不断涌现。区域级联盟链一般由地方政府机构牵头,以地理区域为划分,为区域内提供政府数据管理、区域数字身份、票务管理、公共资源交易服务等特定服务,旨在推动区域协同发展。目前国内外已经形成多个具有广泛影响力的区域级区块链基础设施平台,包括“欧洲区块链服务基础设施(EBSI)”、“蜀信链”等。行业级联盟链则由行业代

表、企业代表、联盟代表合力建设，聚焦实体行业业务需求，通过构建一套行业治理范式，解决该领域长期存在的问题。目前在金融、司法、能源等领域，已经形成多条行业链齐头并进的局面，包括金融行业的“银行业协会函证平台”、司法行业的“司法链”、“天平链”以及能源行业的“国网链”等。

表 3 联盟链建设模式示例

类型	名称	建设单位	上线时间	平台特点
区域链	EBSI	欧洲区块链合作伙伴关系 (EBP)	2020.2	使用区块链技术提供欧盟范围内的跨境公共服务，构建欧洲分布式节点网络，助力特定领域的应用开发，为欧盟机构和欧洲公共行政部门提供可复用的软、服务以及技术规范。
	蜀信链	四川省区块链行业协会联合多地政府部门及重点企业	2020.8	支持城市公共节点和重点企业节点分布式、按需、可扩展的接入，广泛链接相关政府部门、社会机构和各行业重点企业，集聚各方优势资源，推动区块链技术在多个行业领域的产业化应用。
行业链	TradeLens	IBM、马士基	2018.8	平台借助物联网、区块链等技术，开展数字化运营，实现供应链服务标准化、可视化、智能化，通过区块链与物流和贸易伙伴共享文件，并获取货物运输的综合情况，助力打造内外联通、可信高效的物流网络。

	天平链	北京互联网法院、北京市高院等 20 余家单位	2018.9	创新互联网审判模式，实现电子证据的可信存证、高效验证，提升在线诉讼效率；创新执行模式，实现在执行案件中运用区块链智能合约技术；创新数据共享模式，打通法院与外部单位的数据壁垒，助力社会诚信体系建设。
	国网链	国家电网	2020.6	平台可通过数据要素共享互联，提供电力数字化服务，带动能源行业上下游协同，支撑区块链在能源、政务、金融等领域的创新应用，实现能源电力行业数据、信息、价值的流通共享，优化资源配置。

来源：中国信息通信研究院

（四）开源生态：开源社区蓬勃发展，生态体系建设提速

我国政策鼓励产业加大区块链开源投入，推动龙头企业和科研机构成立开源技术研发团队，支持开源社区创新发展。2020 年，开放原子开源基金会正式成立，这是我国首个也是目前唯一民政部注册的开源软件基金会，为受捐开源项目提供中立的知识产权托管服务，及配套的战略咨询、法务咨询、项目运营和品牌营销服务。2020 年 9 月，百度将其研发的超级链内核项目（XuperCore）捐赠给开放原子开源基金会，成为首个入驻基金会孵化的区块链内核开源项目。在此之前，区块链开源技术主要由企业或行业联盟推动，例如开源 FISCO

BCOS 的社会团体法人组织金链盟、可信区块链推进计划等。目前，在开源基金会、行业联盟、企业、高校、科研机构等多方面的支持下，我国区块链底层平台的发展进入了快速发展期，未来也必将出现更多优秀开源项目，推动区块链产业发展。

表 4 国内区块链底层开源项目基本情况

项目名称	BCOS	CITA	XuperChain	JDChain	ChainMaker
启动时间	2016	2016	2017	2018	2020
开源时间	2017	2017	2019	2019	2021
主要开发语言	C++	Rust	Go	Java, Go	Go
开源协议	GPL-3.0	Apache-2.0	Apache-2.0	Apache-2.0	Apache-2.0
代码托管平台	GitHub	GitHub	GitHub	GitHub	GitLab

来源：中国信息通信研究院

开源组织助力产业生态开放进程，国内企业逐渐打破区块链技术垄断。在开源技术背景下，中小企业通过嫁接在开源基础设施的高速公路上，连接产业生态，分享数字经济发展红利，产业应用呈现百家齐放的局面。我国的区块链开源项目以联盟链项目为主，起步时间略晚于国外。自 2017 年起，国内知名科技企业百度、腾讯、京东、微众银行、趣链科技、溪塔科技等参与开源项目意向强烈，不断推进区

区块链开源生态的发展，陆续开源了区块链底层项目 XuperChain、FISCO BCOS、ChainMaker、JD Chain、CITA 等。还有一些高校和科研机构也在积极开源区块链底层项目，比如由众安科技、众安-复旦区块链与信息安全联合实验室研发的 Annchain，同济大学联合海航科技、欧冶金融、上海银行、中国银联等企业共同发起的梧桐链，中国科学院软件研究所发布的 RepChain 等。国内区块链发展应明确方向，加大力度，着力攻克关键技术，尤其推动区块链产业组织、标准组织和开源组织的发展，实现产业生态结构化改革和区块链产业大发展的目标。

六、总结与展望

随着数字经济的蓬勃发展，区块链技术在构建大范围、深层次可信价值网络中的支撑作用不断凸显，各界对于区块链技术的认知和理解也在不断深化，产业开始从狭义的区块链技术应用向广义的可信协作网络构建发展。技术方面，底层平台、BaaS 等相关技术逐渐步入成熟期，探索纵向技术融合与横向开放发展正在成为支撑数据价值可信流转的新方向。应用方面，国内区块链应用范围和应用规模尽管在持续扩大，“现象级”区块链应用却迟迟未来，因此，相较于区块链技术的单点化应用，围绕业务端到端的可信协作价值网络构建才是推动产业生态繁荣的最优解。

数据是数字经济的核心生产资料，围绕区块链构筑数据可信传递体系是充分激发数据要素价值、推动数字经济健康发展的重要支撑。

下一步，区块链技术将紧密围绕数字经济发展主题，充分发挥可信价值，以重塑数据要素全域信任推动构建新发展格局。

“山高百仞，始于攀登”。区块链技术经过多年发展，已经成为支撑“数字中国”战略的重要基础设施。未来，区块链产业发展仍需深刻把握“可信”这一核心价值，凝聚生态各方力量持续推动区块链技术创新和实效落地，打造更加精细化、多元化、高质量的区块链应用实践，促进数据资源要素可信安全流动，助力数字经济健康可持续发展。

参考文献

- [1] 中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要[Z]. 国务院, 2021.
- [2] 关于加快推动区块链技术应用和产业发展的指导意见[Z]. 工业和信息化部, 中央网信办, 2021.
- [3] 中华人民共和国数据安全法[Z]. 全国人民代表大会, 2021.
- [4] 中华人民共和国个人信息保护法[Z]. 全国人民代表大会, 2021.
- [5] 2021 年上半年全球区块链支出指南[R]. 国际数据公司 (IDC), 2021.
- [6] 杨宇光, 张树新. 区块链共识机制综述[J]. 2021(2018-4):369-379.
- [7] 区块链互操作白皮书[R]. 可信区块链推进计划, 2020.
- [8] 人民法院在线诉讼规则[Z]. 最高人民法院, 2020.

中国信息通信研究院

地址：北京市海淀区花园北路 52 号

邮编：100191

电话：18513956632

传真：010-62304980

网址：www.caict.ac.cn

