

工业区块链应用白皮书

(1.0版)



2020年8月

声明

本报告所载的材料和信息，包括但不限于文本、图片、数据、观点、建议，不构成法律建议，也不应替代律师意见。本报告所有材料或内容的知识产权归工业互联网产业联盟（All）和可信区块链推进计划（TBI）所有（注明是引自其他方的内容除外），并受法律保护。如需转载，需联系本联盟并获得授权许可。未经授权许可，任何人不得将报告的全部或部分内容以发布、转载、汇编、转让、出售等方式使用，不得将报告的全部或部分内容通过网络方式传播，不得在任何公开场合使用报告内相关描述及相关数据图表。违反上述声明者，本联盟将追究其相关法律责任。

牵头编写单位：

中国信息通信研究院、树根互联技术有限公司

参与编写单位：（排名不分先后）

国网区块链科技(北京)有限公司、联想集团、中电工业互联网有限公司、航天云网科技发展有限责任公司、中兴通讯股份有限公司、远光软件股份有限公司、杭州趣链科技有限公司、万向集团、北京金山云网络技术有限公司、上海聚均科技有限公司、深圳前海益链网络科技有限公司、杭州时戳信息科技有限公司、上海工业互联网协会、贵州航天云网科技有限公司

编写组主要成员：

中国信息通信研究院：魏凯、张奕卉、张启、和涛

树根互联技术有限公司：黄胜、徐晓旻、焦丽梅、陈垚亮

国网区块链科技(北京)有限公司：玄佳兴、丁茂生

联想集团：过晓冰、陈飞飞

中电工业互联网有限公司：胡单

航天云网科技发展有限责任公司：黄羿清

贵州航天云网科技有限公司：杨灵运、张昌福

中兴通讯股份有限公司：黄峥、高峰

远光软件股份有限公司：鲁静、程晗蕾

杭州趣链科技有限公司：陈晓丰

万向集团：马吉军

北京金山云网络技术有限公司：韩鹏

上海聚均科技有限公司：杨路

深圳前海益链网络科技有限公司：郑颺

杭州时戳信息科技有限公司：马千里

上海工业互联网协会：王旭琴

编写说明

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关于区块链技术发展现状和趋势的第十八次集体学习时强调，要把区块链技术作为我国核心技术自主创新的重要突破口，要发挥区块链在促进数据共享、优化业务流程、降低运营成本、提升协同效率、建设可信体系等方面的作用。

我国是网络大国，也是制造大国，发展工业互联网具备良好的产业基础和巨大市场空间。当前，工业数字化、网络化、智能化发展如火如荼，工业互联网政策体系不断完善、功能体系加快构建、融合应用创新活跃、产业生态逐步形成。下一步，随着工业互联网发展的不断深化，数字技术的应用逐渐单一企业内部向全产业链扩散，打破企业之间的壁垒，在产业层面实现更大范围的互联互通，将成为工业互联网发展的重要内容。然而，在产业层面，要实现跨企业的数据要素流通和业务协同，还面临的协同共享技术手段滞后、隐私保护形势严峻、设备安全问题突出、产业链条信任缺失等挑战。

区块链（Blockchain）是由多种技术集成创新而成的分布式网络数据管理技术，是新一代信息通信技术的重要发展。区块链利用密码学技术和分布式共识协议保证网络传输与访问安全，实现数据多方维护、交叉验证、全网一致、不易篡改。区块链技术为工业互联网中数据要素的配置管理提供了新的解决方案。充分发挥区块链在促进数据共享、优化业务流程、降低运营成本、提升协同效率、建设可信体系等方面的作用，打通数据孤岛，能够加速工业企业内部的生产流程管理、设备安全互联，助推在工业企业之间实现产业链协同，也有助于在工业企业和金融机构之间构筑可信互联的新型产融协同生态，从而有望全面推动工业互联网实现跨越式发展。

本白皮书针对当前我国工业互联网发展的现状及面临的主要挑战，结合区块链技术特征，剖析了区块链对于工业互联网的价值优势，阐述了区块链与工业互联网深度融合的应用前景，提出了工业区块链落地的难点及政策建议。白皮书共分为八章，第一章介绍了工业互联网发展取得的积极成效，以及区块链为工业互联网发展带来的新机遇。第二章剖析了区块链赋能工业互联网的原理。第三章到第五章分别介绍了区块链在企业内部、产业链协同、产融协同中的应用，并针对其中重点场景所带来的价值提升进行了深度分析。最后在第六章提出工业区块链应用落地面临的挑战和相关发展建议。

目录

一、区块链为工业高质量发展带来新机遇	4
(一) 工业互联网发展取得积极成效	4
(二) 区块链为工业互联网发展注入新动能	5
二、区块链赋能工业互联网的原理	8
(一) 区块链本质与特征	8
(二) 区块链与工业互联网结合的原理	9
三、区块链在企业内部的应用	12
(一) 设备身份管理	13
(二) 设备访问控制	14
(三) 设备生产流程管理	15
四、区块链在产业链协同中的应用	17
(一) 供应链可视化	18
(二) 工业物流管理	19
(三) 分布式生产	20
(四) 工业品回收利用	23
五、区块链在产融协同中的应用	24
(一) 工业企业供应链金融	25
(二) 工业设备融资租赁	27
(三) 工业设备二手交易	28
(四) 新能源消纳	29
六、工业区块链应用面临问题与发展建议	32
(一) 面临问题	32
(二) 发展建议	33
参考文献	34

一、区块链为工业高质量发展带来新机遇

（一）工业互联网发展取得积极成效

随着制造业从数字化阶段向网络化阶段加速迈进，工业互联网在世界范围内迅速兴起，并保持活跃创新发展态势。当前，全球工业互联网产业体系基本构建，行业应用水平持续提升，工业数字经济培育初见成效，推动制造业向更高发展水平迈进。国际方面，欧美、亚太作为工业互联网发展的焦点地区，纷纷加快推进工业互联网建设；国内方面，随着我国工业互联网创新发展战略深入推进，从中央到地方持续掀起工业互联网建设及推广热潮，工业互联网“网络-平台-安全”三大体系基本建成，新业态不断涌现¹。

一方面，各类主体积极开展平台建设，典型平台实力逐步提升。ICT企业、制造企业、工业技术解决方案商、专业服务企业等多类主体纷纷入局平台，涌现出海尔、阿里、航天云网、华为、树根、徐工、用友等十大跨行业跨领域工业互联网平台，十大双跨平台平均工业设备连接数量达到80万台、工业APP数量达到3500个、服务工业企业超过10万家。另一方面，安全实践不断深入，安全产业蓬勃发展。国家、省、企业三级联动的工业互联网安全监测与态势感知平台加快构建，国家平台已与21个省市完成对接，对上百个重点平台、800余万在线设备进行实时监测。此外，基于工业互联网的网络化协调、个性化定制、产融结合等新模式不断涌现，进一步提升了制造业的整体资源配置效率和创新活力。目前，石化、钢铁、汽车等10余个重点行业已经形成系统性推进工业互联网的模式和路径。

据中国信息通信研究院测算，2019年我国工业互联网核心的产业经济

¹ 来源：《中国经济周刊》
余晓晖：工业互联网展现了巨大的应用前景和赋能潜力，2020年第9期

规模达到5000多亿元，工业互联网和其他行业融合的经济规模达到1.6万亿元，工业互联网产业经济占GDP比重达1.6%，经济贡献达9.9%。在当前的疫情形势下，对稳增长、稳投资、稳就业等各个方面都能起到非常大的作用。2019年，工业互联网拉动新增就业达到206万，预测2020年能达到255万。由此可见，工业互联网作为新基建的一部分，既是第四次工业革命的重要基石，也为我们国家的转型升级、高质量发展做出非常大的贡献。

（二）区块链为工业互联网发展注入新动能

1. 工业互联网发展面临挑战

制造业数字化转型的不断深化，对工业互联网中平台数据互通共享、安全保障体系等均提出了更高要求²，随着当前工业互联网进入深耕阶段，其进一步发展所面临的问题和挑战逐渐凸显。

一是难以实现数据要素互联共享。传统ERP、MES、CRM等业务系统都有各自的数据管理体系，随着业务系统的不断增加与企业业务流程的日趋复杂，各类业务系统间的数据集成难度不断加大，导致信息孤岛问题日益凸显。面向当前海量多源异构的工业数据缺乏必要的管理与处理能力。由于不同信息系统之间的共性模块难以实现共享复用，有可能导致应用创新过程中存在“重复造轮子”的现象，也会进一步降低应用创新效率，增加创新成本。

二是隐私和数据保护形势依旧严峻。工业互联网平台采集、存储和利用的数据资源存在数据体量大、种类多、关联性强、价值分布不均等特点，因此平台数据安全存在责任主体边界模糊、分级分类保护难度较大、事件追踪溯源困难等问题。同时，工业大数据技术在工业互联网平台中的广泛应用，使得平台用户信息、企业生产信息等敏感信息存在泄露隐患，数据交易权属不明确、监管责任不清等问题，工业大数据应用存在安全风险。

2 | 来源：工业互联网产业联盟《工业互联网体系架构》（版本2.0），2020年4月

三是设备安全可靠性问题凸显。海量的设备接入使得身份鉴定、设备管理等成为工业安全的隐患。高度协同的生产单元涉及到各种生产设备，这些设备的身份辨识可信、身份管理可信、设备访问控制可信是多方协作的基础，也是实现人与设备、设备与设备之间的高效、可信、安全地交换信息的前提。同时，对设备的全生命周期管理过程，需要对设备的从属关系等进行可信的难以篡改的溯源查询，在设备使用可能导致的责任认定中提供具有公信力的仲裁依据。

四是产业链条融资难现象突出。同一供应链上企业之间的ERP系统并不互通，导致企业间信息并不相通，全链条信息难以融汇贯通。供应链上游的中小微企业往往存在较大资金缺口，然而没有核心企业的背书，难以获得银行的优质贷款，融资难融资贵现象突出。对银行等金融机构来说，企业的信息不透明意味着风控难度增大，对企业融资与金融机构渗透都是巨大的障碍³。

2. 区块链在工业互联网中发挥作用

作为工业全要素、全产业链、全价值链连接的枢纽，工业互联网目的在于实现设备、企业、人、机构之间的可信互联。上述挑战存在的根本原因，主要源自于对工业互联网中数据要素缺乏有效管理，这直接制约工业互联网中不同参与方之间的可信协作。

2020年5月13日，工信部发布《工业和信息化部关于工业大数据发展的指导意见》（工信部信发〔2020〕67号）旨在推进工业数据的融通共享和融合创新，为工业互联网加速发展提供强有力的推动力。数据要素作为工业互联网的核心要素，是连接工业互联网中设备、企业、消费者、金融机构、监管机构等不同参与方进行可信协作的关键价值载体。

区块链（Blockchain）是由多种技术集成创新而成的分布式网络数据管理技术，是新一代信息通信技术的重要发展。区块链利用密码学技术

3 | 来源：可信区块链推进计划《区块链与供应链金融研究报告》，2018年9月

和分布式共识协议保证网络传输与访问安全，实现数据多方维护、交叉验证、全网一致、不易篡改⁴。区块链技术为工业互联网中数据要素的配置管理提供了新的解决方案。充分发挥区块链在促进数据共享、优化业务流程、降低运营成本、提升协同效率、建设可信体系等方面的作用，打通数据孤岛，能够加速工业企业内部的生产流程管理、设备安全互联，助推在工业企业之间实现产业链协同，也有助于在工业企业和金融机构之间构筑可信互联的新型产融协同生态，从而有望全面推动工业互联网实现跨越式发展。

3. 发达国家积极推动区块链在工业领域应用

政府层面。2019年2月，美国国家标准与技术研究院（NIST）报告称区块链是使用数字线路保护智能制造系统的方法，为智能制造提供了安全性和可追溯性⁵。2019年9月，德国发布《国家区块链战略》，提出德国政府将研究区块链技术在供应链管理、提高供应链透明度方面的实际能力，并为相应的研究项目提供资金支持⁶。2020年2月，澳大利亚政府发布《国家区块链路线图（National Blockchain Roadmap）》，提出要重点支持全球供应链管理系统建设，以帮助澳大利亚生产商在全球范围内追踪商品和服务信息⁷。

行业组织层面。日本工业价值链促进会（IVI）早在2018年发布的IVRA-Next中将区块链技术引入分布式的数据共享模型，来解决数据传输过程中的主权、追溯等问题。全球移动通信系统协会（GSMA）于2018年曾发布研究报告《物联网中的分布式账本技术的机遇和

⁴ 来源：中国信息通信研究院、可信区块链推进计划《区块链白皮书（2019年）》，2019年11月

⁵ <https://www.nist.gov/news-events/news/2019/02/nist-blockchain-provides-security-traceability-smart-manufacturing>

⁶ https://www.bmw.de/Redaktion/EN/Publikationen/Digitale-Welt/blockchain-strategy.pdf?__blob=publicationFile&v=2

⁷ <https://www.industry.gov.au/sites/default/files/2020-02/national-blockchain-roadmap.pdf>

用例（Opportunities and Use Cases for Distributed Ledger Technologies in IoT）》，详细分析了通过区块链进行设备身份管理，进而进行设备状态管理、访问控制的实现方式。电气和电子工程师协会（IEEE）在2019年国际工程与新兴技术会议（ICEET）上发布了《区块链对工业4.0的影响（Implications of Blockchain in Industry 4.0）》，阐述了区块链在工业互联网中设备身份认证、设备权限管理、设备数据采集等方面的价值和意义。2020年1月，美国工业互联网联盟之IIC（Industrial Internet Consortium）宣布与可信物联网联盟（Trusted IoT Alliance, TloTA）合并，共同推动区块链在工业物联网中的应用。2020年4月27日，世界经济论坛（WEF）发布系列白皮书，探讨区块链技术在供应链领域具有价值的应用场景。

二、区块链赋能工业互联网的原理

（一）区块链本质与特征

区块链是一种由多方共同维护，使用密码学保证传输和访问安全，能够实现数据一致存储、难以篡改、防止抵赖的记账技术，也称为分布式账本技术⁸。典型的区块链以块-链结构存储数据。作为一种在不可信的竞争环境中低成本建立信任的新型计算范式和协作模式，区块链凭借其独有的信任建立机制，正在改变诸多行业的应用场景和运行规则，是未来发展数字经济、构建新型信任体系不可或缺的技术之一。

从技术角度看，联盟链主要具有共享账本、智能合约、共识算法以及权限隐私四个技术特征。

⁸ 来源：中国信息通信研究院、可信区块链推进计划《区块链白皮书（2018年）》，2018年9月

· **共享账本**：通常以区块链式结构存储了交易历史以及交易以后的资产状态。每一个区块的哈希将作为下一个区块的数据头，串联在一起。由于各个有存储账本权限的节点和相关方有相同的账本数据，可以通过哈希校验很便捷地识别账本数据是否被篡改。账本中存储了交易的历史，且这些交易都是具有交易发起方签名，由一定的背书策略验证，并经过共识以后写入到账本中的。

· **智能合约**：描述了多方协作中的交易规则和交易流程。这些规则和流程将会以代码的形式部署在相关参与方的区块链节点中。根据代码的逻辑，智能合约将由一个内外部事件来驱动和激发，按照事先约定好的规则和流程进行强制执行。

· **共识算法**：在分布式网络中，各个区块链节点按照透明的代码逻辑、业务顺序和智能合约来执行所接收到的交易，最终在各个账本中，达成一种依赖机器和算法的分布式共识，确保交易记录和交易结果全网一致。机器共识能够适应大规模机器型通讯的去中心化架构，有效促进形成一种去中介化的应用新模式和商业新生态。

· **权限隐私**：所有加入联盟链的人、机、物、机构都需要经过认证和授权，通过设置不同的权限，采用隐私保护算法等有效措施，确保共享账本对利益相关方的选择可见，拥有一定权限的人才可以读写账本，执行交易和查看交易历史，同时保证交易的真实可信、可验证、可溯源、不可抵赖和不可伪造。

（二）区块链与工业互联网结合的原理

以工业互联网实施架构2.0⁹为基础，我们提出工业区块链应用视图如图4，根据链上参与主体与实施环节的不同，可以分为产业层区块链和企业层区块链两类。

⁹ | 来源：工业互联网产业联盟《工业互联网体系架构》（版本2.0），2020年4月

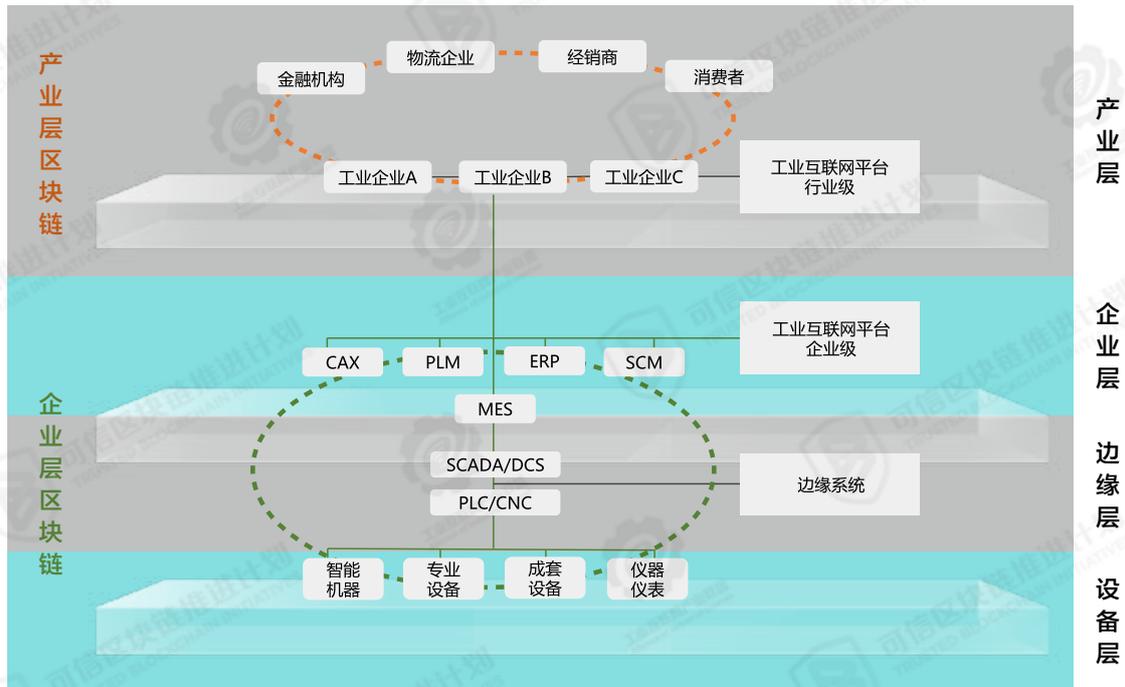


图 1 工业区块链应用视图

1.企业层区块链

企业内数据共享方面，借助区块链的共识算法、分布式账本、智能合约、权限隐私等技术特点，工业企业在内部各环节所产生的各类数据可以被企业自身充分分析，将有助于提高企业各生产环节的效率，实现核心企业内从设计、生产、销售、服务到回收的全生命周期数据互联，提高设备使用可靠性、降低能耗、物耗与维护费用等。同时，可以减少生产过程中的人力劳动需求，提高生产过程的柔性智能化水平。

企业内设备安全方面，在整个链条中给工业设备分配一个区块链的身份，可以打通工业企业内设备数字身份的可信互联，利用区块链技术将访问者对设备的访问权限的策略写入，并通过智能合约对这些策略进行管理。访问权限由设备所有者通过调用设备管理智能合约定义并发布在区块链上。所有设备通过加密网络或加密中继节点与访问控制区块链建立连接，由设备所有者为其注册并对其进行访问控制。合规用户可以在任何时

间查询当前持有者对某个设备执行何种操作的权限。

2. 产业层区块链

产业链协同层面，涉及企业与消费者、零售商、物流提供方等主体之间链上产品交易、溯源、供应链及其他流通服务。区块链“物理分布式，逻辑多中心”的多层次架构设计，链上交易可溯源、难以篡改、不可抵赖、不可伪造等特性，能使人、企业、物彼此之间因“连接”而信任，将带来摩擦减少、成本降低的组织形态和商业模式。区块链可以促进工业企业之间生产、调配、运维等环节的数据互联与可信协作，从而提高工业企业在网络化生产时代的设计、生产和服务水平。

产融协同层面，关注企业与金融机构之间的链上金融服务。产业生态的复杂化及多样化，使得以往单一链条中某一家或两家巨头可以轻易解决的问题变得棘手。往往需要借助金融机构来共同提供服务，也同时从这个过程中构筑服务型联盟。工业企业以盟主的身份通过区块链来搭建这样的服务型联盟，提供供应链金融服务、融资租赁服务、二手交易服务等，帮助制造业的服务型升级，除了带来传统生产制造以外的服务收入外，也增强了产品服务能力、用户粘性以及生态粘性。



图2 工业区块链应用图谱

三、区块链在企业内部的应用

利用区块链技术，对从工业现场采集的数据进行妥善保存，既实现了数据的去中心化，又能确保数据的真实、可靠、有效，实现设备的安全互联。而基于可信数据的分析和挖掘，企业可以更高效地达到流程优化、工艺改进、预判性分析等一系列目标，帮助企业快速有效地建立更为可靠的运作机制、更高效的生产流程和更优秀的服务质量。

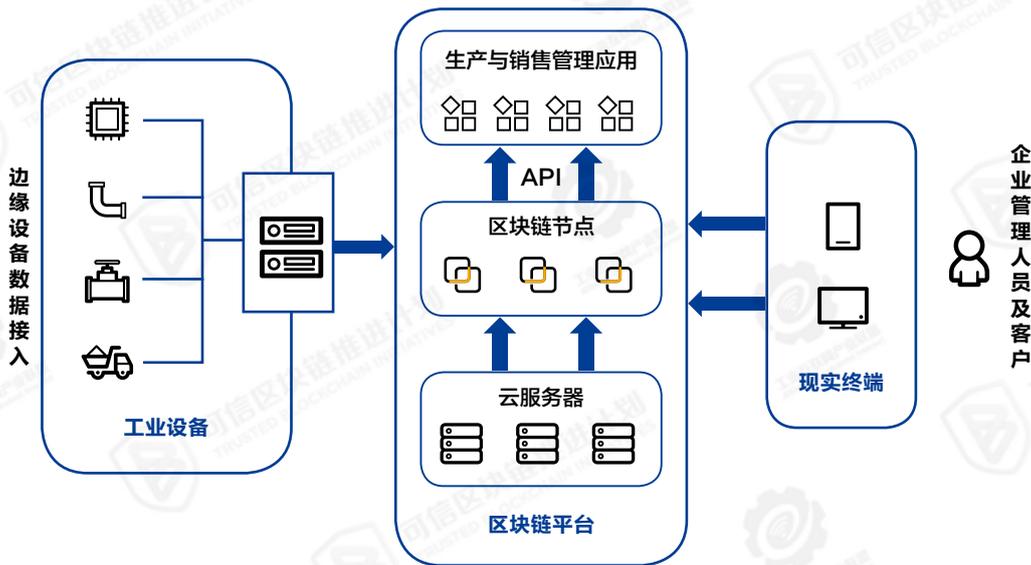


图 3 区块链企业内部生产管理示意图

运用区块链技术，解决工业互联网领域与设备相关的信息安全问题，由于涉及到与工业体系、现有系统和设备做深度融合改造，改造工作量大、成本高、周期长，其难度相比较于单纯软件层面的研发和对接更大，故目前阶段较难找到特点鲜明，具有代表性的典型应用案例。但其意义及可行性已在国际上各大权威行业协会组织及知名企业间得到

认可并达成了共识。例如，电气和电子工程师协会（IEEE）于2019年国际工程与新兴技术会议（ICEET）上发布了《区块链对工业4.0的影响》（《Implications of Blockchain in Industry 4.0》）会议论文，文中阐述了区块链在工业互联网中设备身份认证、设备权限管理、设备数据采集等方面的价值和意义。GE公司已申请在3D打印方面应用区块链技术的专利，在3D打印产品的每一个步骤，对相关设备数据、原材料信息、操作动作进行上链记录，从而保证生产过程的透明度和可见度。

（一）设备身份管理

1. 问题描述

设备身份认证模型是设备端向远程的服务端证明自己的身份，以确认在端侧的动作都是该设备或者该设备的操作者发出的。目前，主流的可信身份协议包括应用于网银U盾的PKI/CA协议，以及近几年比较火热的FIDO（Fast Identity Online）¹⁰、IFAA（Internet Finance Authentication Alliance）¹¹两大统一身份认证标准。

当前设备端数字身份存在三个问题：一是，工业互联网设备端对于安全可信的数字身份的需求与日俱增，急需分布式具有可伸缩性的身份管理解决方案；二是，设备端数字身份与其拥有者或者使用者身份之间，其映射关系的管理需要设备端能够验证请求方的身份，以实现人与设备、设备与设备之间的高效、可信安全地交换设备状态信息；三是，对设备的全生命周期管理过程，需要对设备的从属关系等进行可信的难以篡改的溯源查询，从而在因设备使用所导致责任认定时能获取具有公信力的仲裁依据。

¹⁰ FIDO：线上快速身份验证，参考<https://fidoalliance.org/>。

¹¹ IFAA：互联网金融身份认证联盟，参考<http://ifaa.org.cn/>。

2. 区块链解决方案及价值

构建基于区块链作为后台账本系统的设备身份管理体系，以区块链智能合约共识执行的方式获取和验证设备身份，并且建立从个人实体身份到所拥有的端设备身份之间的映射关系，从而以授权模式使得设备端也能够验证请求方的身份是否具有访问权限，从而实现设备端与使用者之间双向可信安全的可追溯验证。

对于设备电子身份的验证者而言，通过建立统一的基于区块链的复合型电子身份管理平台，能够大大降低其应用端验证设备身份的成本。当设备接入应用网络之后，设备端与应用服务之间的每一次数据交互，都可以采用身份管理平台的智能合约调用来一致性的进行验证和行为记录，从而形成不可伪造不可抵赖的设备操作行为历史，为各类争议事件的处理和仲裁提供具有公信力的依据。

对设备电子身份的拥有者而言，复合型电子身份管理平台的建立，能够为其提供灵活一致的端设备到拥有者之间的各种关系的一致可信安全的维护。设备的整个生命周期内任意时刻的拥有者关系以及访问权限信息能够得到统一的管理，而无需使用者花费过多成本对其名下或者多重身份下的多个设备的使用和管理权关系进行维护，并且也便于设备从属信息变更记录的妥善保存和不可篡改。

(二) 设备访问控制

1. 问题描述

在当前工业互联网设备采纳速度加速增长，且现有的传统孤岛式安全设备无法胜任工业互联网网络监视职能的现状下，需要各类安全措施来防止工业互联网安全危及公司网络。工业企业需要整合自动化安全框架，该框架要能执行一系列关键功能，比如流量及行为监视、安全网络访问、协同威胁响应等等。黏合了访问控制和安全策略的集成安全方法，不仅可为企业带来建设强安全所需的可见性，还能带给企业检测、预防及响应威胁的自动化过程。该方法确保了设备情报共享、访问控制，以及行为异常的设备快速清除，对关键业务交易和工作流的影响可

降至最低¹²。为此，需要建立稳定可靠的工业互联网内外访问控制机制，实现网络内设备间可信可控的互连机制，设备对外受信任的访问控制以及外部网络对设备端的可信可控命令与数据访问。同时也需要来自外部对内网设备的访问进行可信可靠的日志记录，为发生设备被攻击事故之后对攻击来源的追踪提供可靠情报¹³。

2. 区块链解决方案及价值

区块链凭借其自身特性，非常适合解决工业互联网的访问安全问题。基本思路是利用区块链技术将访问者对设备的访问权限的策略写入，并通过智能合约对这些策略进行管理。访问权限由设备所有者通过调用设备管理智能合约定义并发布在区块链上。因此，合规用户可以在任何时间查询当前持有者对某个设备执行何种操作的权限。方案中主要活动者包括：资源所有者（可以管理多个设备）、设备访问者（用户或设备）。设备所有者对他的所有设备的访问进行控制，负责创建、更新、撤销访问者的访问权限。设备访问者对设备执行的一切操作需要符合设备所有者所定义的所有访问控制策略规则。访问控制策略存储在区块链上，利用区块链智能合约来保存访问控制策略并控制其执行。所有设备通过加密网络或加密中继节点与访问控制区块链建立连接，由设备所有者为其注册并对其进行访问控制。

（三）设备生产流程管理

1. 问题描述

在传统的生产模式中，设备的原料、操作、生产和维护记录是存储

¹² 来源：Ouaddah A, Abou Elkalam A, Ait Ouahman A. FairAccess: a new Blockchain-based access control framework for the Internet of Things. Security and Communication Networks, 2017.

¹³ 来源：Huberman B A . Ensuring Trust and Security in the Industrial IoTThe Internet of Things (Ubiquity symposium)[J]. Gastroenterology, 2002, 122(5):1235-1241.

在单一、孤立的信息系统中，一旦出现安全和生产事故，企业、设备厂商和安全生产监管部门在事故调查和责任判定时难以确保生产记录的真实性和一致性。理论上，任何拥有数据库操作权限的人员都可以篡改记录，而任何一条数据记录都无法独立地自证清白。如此不利于后续事故的防范和生产管理的改进。此外，集中式的数据存储，无法完全规避数据“单点故障”的风险。当企业数据中心因意外或者软件漏洞导致数据不一致甚至丢失时，传统集中式的数据管理很难确保及时侦测到数据异常。而装备专业级的数据保护方案，又需要企业投入高昂的软硬件运维成本，且数据真实性的痛点依旧无法得到解决。

2. 区块链解决方案及价值

基于区块链的设备状态及生产流程监管通过将企业参与生产的设备所产生的数据以参与方身份写入区块链运营数据平台，从而使得这个产业链上下游企业所有设备端运营数据能以可信的一致的方式写入到共享分布式区块链账本中。通过区块链不可篡改账本记录，记录设备相关的运行状态数据。其中入链的工业互联网运营数据带有其拥有方的身份签名，从而明确界定数据提供方的责任，不可抵赖不可污蔑。

技术层面，首先是实现设备数字化、智能化改造，可以将各类生产工艺参数质量检测数据采集汇总至边缘网关，实现边缘数据的上云与存储。并由区块链服务实现对数据的记录，构建产品供应链历史记录，实现数据真实性校验。

应用层面，平台将从单个产品出发，一路追踪到该产品的所有加工工艺参数和各环节质检的数据，最后追踪到产品原材料的批次和供应商信息。在确定了原材料批次之后，又可以再反向追踪到所有使用该批次原料生产的成品，以及交付的客户信息。

此外，对于监管机构，通过将监管方的身份加入硬件安全模块的例外名单，使得监管机构能够通过调用区块链智能合约的方式低成本高可信度的获取整个产业链中所有运营状态信息，从而实现低介入的柔性监管，并以低成本实现监管统计的可信审计监察职能。

专栏
1

基于区块链的生产过程的可信追溯测试床

万向集团推出的基于区块链的测试床项目旨在推动区块链技术在工业制造领域的应用，实现基于区块链技术的产品制造和产品质量的可靠存储与可信追溯。并以此测试床为平台，为区块链技术在产品价值链各环节的推广应用积累宝贵的经验。

从系统功能上拆分，本测试床分别需要达成以下几个目标：首先是边缘设备与区块链节点的数据互通；其次是实现所采集数据的分布式存储；最终实现产品生产数据和质量历史数据的可信追溯，借助区块链记录公开透明、不可篡改的技术特性，实现产品生产环节历史数据的可靠查询。

四、区块链在产业链协同中的应用

产业链协同网络是由核心工业企业、供应商、经销商、客户等参与主体构成，从工业生产产品起始端延伸至消费端。产业链主体地理位置分散、难以交互的管理系统，提高了协同门槛和复杂度，需要通过区块链技术实现信息资源共享，从而实现多参与方网络的高透明度、高协同度。

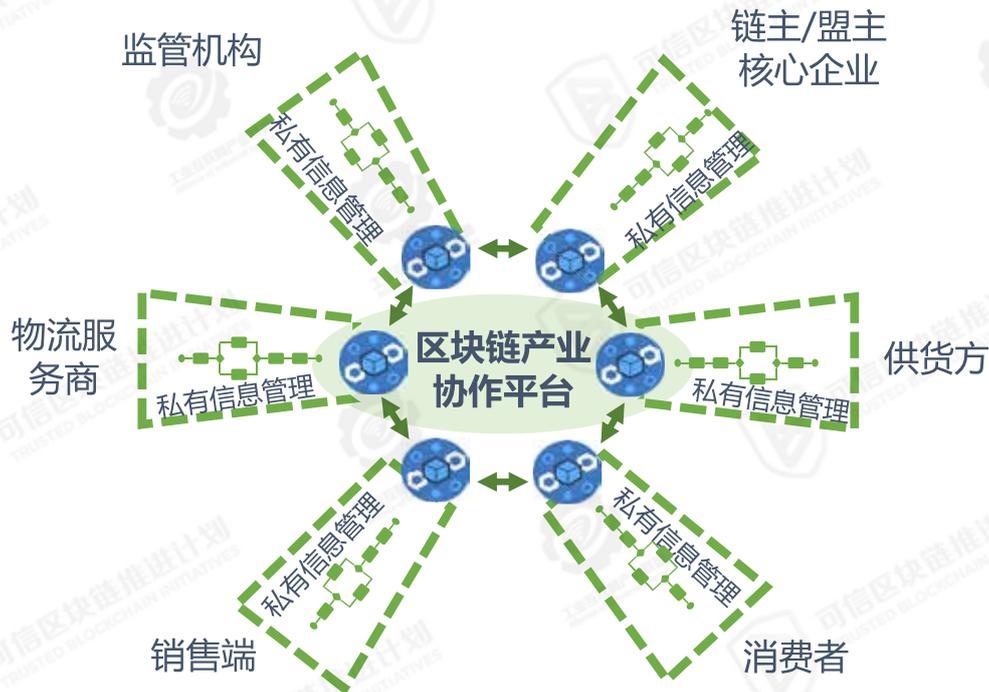


图 4 区块链产业链协同示意图¹⁴

（一）供应链可视化

1. 问题描述

供应链可视化是利用信息技术，采集、传递、存储、分析、处理供应链中的订单、物流以及库存等相关指标信息，按照供应链的需求，以图形化的方式展现出来，从而有效提高整条供应链的透明度和可控性，从而大大降低供应链风险。传统供应链可视化管理解决方案有如下痛点：一是单个参与方系统只能掌控自己的事务记录，无法有效追踪事务的全生命周期状态信息。二是当发生异常冲突信息的时候，需要多方共同协调调查各自系统排查原因。三是供应链中没有一个参与者对采购订单生命周期有充分

¹⁴ | 来源：可信区块链推进计划《区块链供应链协同白皮书》，2019年11月

的可视性。四是虽然电子数据交换能提供一对参与方之间的数据交换，却无法提供对所有相关利益者的采购订单状态的整体视图。

2. 区块链解决方案及价值

基于区块链技术的供应链可视化解决方案中，在信息存储方面，通过各参与方维护同一套多节点、分布式且具有访问控制能力的区块链网络来记录买方、卖方、物流方物流状态信息，以实现可信、安全和可追溯的数据录入和基于身份认证机制的访问控制下的数据共享。各参与方将订单等信息的全生命周期查询功能按需实现为智能合约，在数据拥有方开放访问权限的情况下，通过调用智能合约接口以身份可验证、访问可控的方式来实现可信可控的参与方之间的数据交换。

(二) 工业物流管理

1. 问题描述

工业物流的理念是以集中采购为主，零部件加工为核心，为工业企业产品出口搭建平台，引导仓储、运输、配送企业发挥协同作用，提高社会资源的综合利用效果，降低企业间的互动成本，面向全球工业企业提供延伸和成套服务的系统工程。当前阶段痛点主要包括：由于缺乏有效的上下游运输企业的信息共享，导致运输路线、批次不合理，物流成本偏高；不能适应外界环境变化的需要，货主或客户的要求难以实现；过程中介太多，过于复杂，不利于企业准确把握商品在库或在途情况；缺少流程的外包与合作，资源配置不合理。

2. 区块链解决方案及价值

针对物流运输具有多流程的特点，以及物流运输过程中各个参与方需要及时可信地共享物流订单的处理状态和溯源统计需求，如果在前期使用区块链技术快速构建和建立物流流程的系统，将各个环节中所产生的状态信息数据，计入区块链分布式共享账本，并提供相应的智能合约作为查询接口为前端应用展示可信的、安全的、“所见即所得”的物流订单全生命周期数据。通过构建基于区块链的物流运输管理协作平台，不仅能大大提升自身物流信息共享的效率，加速不同参与方之间的信息流通速度，还能

专栏
2

基于区块链的数字零售行业云平台

创建出新的业务模式，拓展物流企业的业务范围，从原来的单纯的物流服务、物流管理，纵深向供应链管理和供应链优化发展，提高工业物流中常常会遇见的多式联运的协同效率。

基于中电工业互联网的数字零售云平台的基础上，进行针对湖南兴元科技股份有限公司的四大综合采购平台的建设与实施，来满足兴元客户的业务运营需求，具体包括工业制品综合采购平台，快消品综合采购平台、劳保用品综合采购平台、OTC药品采购平台等。

目前基于区块链的数字零售行业服务平台已接入12000多台字数售货机，通过区块链技术和大数据分析技术分析所产生的涵盖从生产、运营、采购、销售、财务等方面的有效数据，有助于降低企业库存，简化企业物料采购，降低企业融资成本，提升设备生产效率，助力中小企业良性发展。

(三) 分布式生产

1. 问题描述

分布式生产¹⁶管理系统涉及跨越供应商、制造商和客户各业务活动的管理协作，包括客户订单管理、物料需求计划制订、物料采购、运输管理、库存管理、产品制造、销售管理、费用核算、客户管理等，它的运行直接影响到各协作企业的生产效能的发挥。分布式生产管理强调产能综合集成与协调，从而对涉及多个参与方的生产过程进行全局有效控制，提高分布式生产系统的集

¹⁶ 来源：Teslya N , Ryabchikov I . Blockchain-based platform architecture for industrial IoT[C]// Conference of Open Innovations Association. IEEE, 2018.

成性、协调性及过程企业对存在的经营活动异常、市场动态变化的快速响应能力，充分发挥生产管理的运作效能实现分布式生产过程中所有企业整体优化。

2. 区块链解决方案及价值

基于区块链的分布式生产管理解决方案，通过将供应链中上下游企业生产运行过程中各参与方各部门各环节产生的状态数据，以一致的可信的方式写入区块链，生产过程监控通过区块链共享账本技术的赋能渗透到分布式生产的各个环节，从区块链分布式账本中通过智能合约接口实现对供应链全过程状态数据的可信查询和追踪。生产过程中的上下游企业以及企业各部门之间的生产数据来自于区块链一致性共享账本，能够减少各商业实体在分布式生产协作网络中可信一致地分享数据的成本，同时降低各商业实体之间统计信息冗余和不一致所造成的延后风险，提高分布式生产网络中各个企业的生产状态视图的完整性和准确性，为企业合理配置资金和资源，降低因为供需关系预测不一致不准确所造成的资源浪费。

专栏 3

基于区块链的分布式生产控制系统

目前制造业普遍存在信息不对称、资源不共享、互动不畅通、响应不迅速、交易费用高昂、企业自主核心技术较弱等行业痛点，严重制约了制造业的发展。针对此痛点，航天云网基于区块链、工业互联网等技术，打造生产控制系统，将工业企业中的传感器、控制模块及系统连接起来，并通过统一的账本基础设施，让企业、设备厂商和安全生产监管部门能够长期、持续地监督生产制造的各个环节，提高生产制造的安全性和可靠性。同时，区块链账本记录的可追溯性和不可篡改性也有利于企业审计工作的开展，便于发现问题、追踪问题、解决问题、优化系统，提高生产制造过程的智能化管理水平。

在区块链框架下，生产过程监控为上下游企业以及企业内部各部门之间的统计信息一致性共享和访问控制可控提供有力保障。基于区块链的分布式生产模式，能够更大程度上降低供需关系的响应延迟，使得生产厂商更靠近需求端，需求端的订单发布能够通过一致的智能合约方式来触发，从而减少了订单在需求方与各相关参与方之间来回确认的额外代价，也使得各个生产环节中的参与方能够获取一致的订单内容中，根据自身产能情况优化资源配置更高效的完成生产任务。通过分布式生产，订单的生产过程得以实现最大程度的并行化和自动化，从而加快了整体生产效率。并且通过订单的全生命周期监控，需求方能够实时获取可信的来自各生产方的生产状态信息例如当前生产进度，物流配送情况等，使得需求方获得更好的订单追踪溯源的体验。

专栏 4

基于区块链的分布式能源生产管控系统

当前的分布式能源生产普遍存在各电力产消者之间信任脆弱、缺乏可信的数据分发控制环境、数据安全性存疑、数据手动抄录效率较低等行业痛点。针对此痛点，远光软件基于区块链、物联网技术等，构建了基于区块链的分布式能源生产管控系统¹⁷，将风机、热泵、分布式光伏、发电机等各分布式能源供应节点利用链式的加密区块链来对能源生产、计量、调度、控制、交易等各阶段产生的资源进行不可篡改性验证存储与可信共享。

2019年5月，远光软件与国家电网上海电力公司共同建设的“区块链分布式光伏结算系统”正式上线使用。该系统利用区块链减少了电网企业各业务部门重复核对的工作量，使原本至少需要1个月的业务流程下降至5日内完成。

¹⁷ 来源：Dorri A , Kanhere S S , Jurdak R , et al. Blockchain for IoT security and privacy: The case study of a smart home[C]// 2017 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops (PerCom Workshops). IEEE, 2017.

（四）工业品回收利用

1. 问题描述

当前，回收市场现在发展迅速。以电子废品市场来看，随着企业自身发展的需求以及“互联网+”的快速融合，各式各样的废弃电器电子产品创新回收模式如雨后春笋般涌现出来¹⁸，如，绿色消费+绿色回收、互联网+分类回收、两网融合回收、EPR回收等回收模式，废弃电器电子产品回收行业进入了全新的发展阶段。工业品的回收一方面绿色环保，另外一方面帮忙相应工业企业平衡原材料来源，通过和产业链上下游的联盟合作还可以带来额外的工业废品回收贸易或者融资的服务型收益。

2. 区块链解决方案

通过区块链技术建立生产企业、回收网点企业、梯级利用企业的回收网络联盟，对所有的回收商流、物流通过区块链来进行不可篡改的刻画。各个参与方通过建立紧密的战略合作关系，才能获得稳定的回收物来源。同时由于各级回收物的交易换手，比如又存在资金错配，合理的使用供应链交易结构，依然可以使得联盟获得额外的融资收益。可以预见，未来梯级利用企业、再生利用企业将共建回收服务网点，从中来共同获得服务型的收益，其中的贸易、收益分成等等由区块链的智能合约来共识和自动切分。

专栏 5

基于区块链的工业废弃物处理流程管理平台

近年来，乌镇已经全面铺开工业固体垃圾分类处置工作，取得了大的成绩。但是在固体废弃物垃圾分类回收后，如何将垃圾进行有效处置是一个“老大难”问题。经过调研安排，杭州时戳

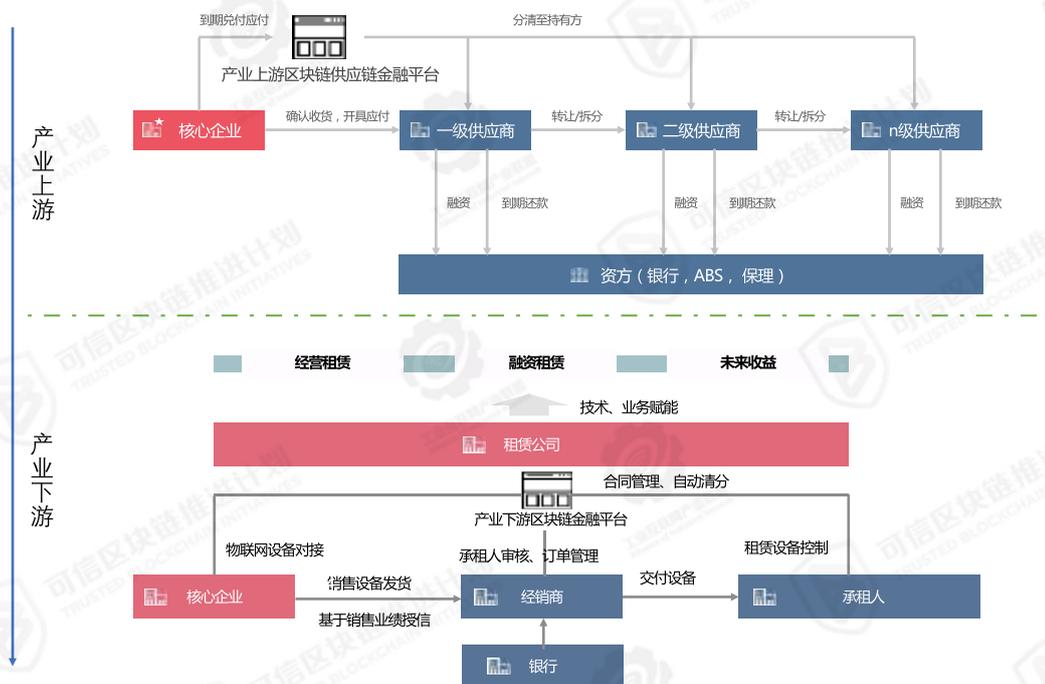
18 | 来源：中国环境统计年报(2015)

信息科技有限公司（巴比特）与乌镇镇管委会、卫生办等多个部门展开了基于区块链的工业废弃物处理流程管理平台试点。通过区块链加五联单制度分清人的责任，以及通过区块链加物联网染色器管控垃圾本体，加强对固体垃圾处理处置的管理水平。

从地域上，该项目2019年底从已经在试点地域（乌镇）有了较好的应用，2020年将迈向浙江乃至全国。同时，在区块链服务的品类上，目前局限在工业固体废弃物的处理，未来将延伸到危险化工品等更多垃圾种类中。

五、区块链在产融协同中的应用

通过区块链技术，使得工业企业内部生产、管理，产业链协同沉淀出可信的业务信息。基于产业体系内部的可信业务信息，金融业务可以嵌入式开展业务，形成产融协同新模式。金融机构通过参与以区块链为多方共治技术基础的工业区块链平台，通过共享账本，在获得授权的情况下，直接获取产业运作的真实过程数据，在对业务运作充分了解的基础上，更加主动地向目标客户提供多样化甚至定制化的金融服务。

图 5 区块链产融协同示意图¹⁹

（一）工业企业供应链金融

1. 问题描述

供应链金融是指将供应链上的核心企业以及与其相关的上下游企业看作一个整体，以核心企业为依托，以真实贸易为前提，运用自偿性贸易融资的方式，对供应链上下游企业提供的综合性金融产品和服务。然而在传统供应链金融业务开展过程中仍存在诸多问题与挑战，包括供应链上存在

¹⁹ 来源：树根互联《区块链赋能实体经济》，2020年5月

来源：《中国融资租赁行业》，广发证券（香港）经纪有限公司，2016年5月3日

来源：《关于积极推进供应链创新与应用的指导意见》http://www.gov.cn/zhengce/content/2017-10/13/content_5231524.htm

信息孤岛，核心企业信用不能传递，银行缺乏可信业务场景，清结算不能自动化完成，融资难融资贵现象突出。

2. 区块链解决方案及价值

在供应链金融产品自偿性设计的基础上，区块链的介入主要是需要通过给参与交易的人、机构、货物一定的身份，各个成员通过身份认证加入到产业联盟中。各参与方通过区块链智能合约来进行商流，物流的交易结构执行，刻画主体、节点、流程以及关系，使得交易结构不可篡改，不可抵赖，达到交易可信的目的。制造业核心企业可以通过扮演贸易结构管理者、风险管理者，甚至风险承受者，联合上下游，联合仓储物流企业，以及流动性提供者（比如银行）组成供应链金融联盟链，进行应收账款融资，订单融资，仓单融资以及购货融资。

通过区块链的不可篡改、不可抵赖、可溯源等特性对交易真实性，交易自偿性增强，为制造业核心企业的整个生态链引入更低成本的流动性。同时，工业制造企业由于在上下游生态中的盟主地位，可以通过搭建这样的产业金融联盟，扮演交易结构管理者，风险管理者，风险承受者和流动性提供者来获得服务型的收益，从而达到服务型制造升级的目的。

专栏

6

基于区块链的跨境区块链平台

中国工商银行基于区块链技术构建“中欧e单通”跨境区块链平台，联合航运公司、银行、监管机构、海关等多部门打造跨境贸易金融服务生态圈，实现单据流、信息流、资金流的流转和可追溯。

平台利用区块链分布式共享账本及智能合约技术，实现四川成都青白江自贸区“一单制”单据信息核碰功能，通过核碰发货人、收货人、班列号/船号、集装箱号和起运时间等核心要素来核验物流真实性，运用于进出口信用证和跨境汇款场景。

（二）工业设备融资租赁

1. 问题描述

据罗兰贝格发布的研究报告《融资租赁：行业转型进行时》预计，中国融资租赁行业未来五年的复合增速预计将降至16%，交易规模至2020年约达9.8万亿元。对比成熟市场，虽然中国租赁市场增长较快，新增余额也位居全球市场前列，但我国租赁市场渗透率只有4%左右，远远低于欧美国家20%-30%的平均水平，融资租赁的发展潜力依然很大²⁰。中国融资租赁行业在快速发展的同时也面临着很多问题，包括资金短缺，融资渠道单一；经营范围较小，业务形式单一；管理体制不顺，经营不规范，没有建立规范的内部管理和风险控制体系；缺乏有效的监管，租赁行业人才匮乏等等问题²¹。

2. 区块链解决方案及价值

使用区块链技术搭建的融资租赁系统，利用区块链共享账本、记录不可篡改等特性，结合工业互联网中设备传感器的数据和分析，对租赁资产提供全生命周期的价值管理，实现再销售、租赁使用、融资服务过程中的可信记录，增强交易的透明性，减少欺诈，简化流程，提升设备和资本的流转效率，有助于形成新的业务生态模式。风险控制能力是融资租赁公司最核心的核心竞争力之一。因为区块链不可篡改性、可追溯性能够同步制造商、经销商、银行和租赁公司之间的数据来往，并极大地减少错误，保证流程的安全，为所有参与方提供完全的审计跟踪。同时也可以通过区块链技术分析和监测承租人交易行为的异常状态，及时发现并消除欺诈行为。这样既减少了人工成本的投入，也提高了交易的安全度和可控性。

²⁰ 来源：《中国融资租赁行业》，广发证券（香港）经纪有限公司，2016年5月3日
来源：《关于积极推进供应链创新与应用的指导意见》 http://www.gov.cn/zhengce/content/2017-10/13/content_5231524.htm

²¹ 来源：《关于积极推进供应链创新与应用的指导意见》 http://www.gov.cn/zhengce/content/2017-10/13/content_5231524.htm

专栏
7

基于区块链的仓库控货系统

聚均科技基于“物联网+区块链”的理念，推出了易融云仓物联网仓库控货系统这款物联网+区块链的仓库控货产品，通过区块链智能合约的合理设定、真实数据的智能分析，以及基于交易信用的智能风控体系，为仓库动产赋予不动产属性，缓解了传统动产融资业务中各方的信任危机，为重塑行业信用体系奠定了坚实的基础，增强其金融场景下的信用度，解决了中小企业在此场景下“融资难，融资贵”的行业痛点。

系统在推出市场后，已在多地仓库中得到了运用，对其原有仓库操作流程进行了优化，提升了仓库的操作效率，同时将其货物可公开信息透明的呈现给生态参与方，尤其是资金方，增强了其金融和信用属性，未来可在多种金融方案下的仓库控货场景中的应用。

（三）工业设备二手交易

1. 问题描述

与国外相比，我国二手工业设备销售及流通仍不发达。在美国、日本等发达国家，二手工业设备交易业务相对成熟，用于租赁的设备达到设备总保有量的70%~80%，但目前在中国这个比例只有10%-20%。美国、日本市场代理商零件服务、租赁、二手车销售额合计占比达64%，而我国占比不足10%。国外二手机械主要的销售方式是租赁和拍卖，而国内80%以上是私下交易。制约二手工业设备交易的主要原因是，二手设备的使用寿命信息对于买卖多方不够透明，导致很难形成一个全面的二手交易

市场²²。

2. 区块链解决方案及价值

核心工程机械制造企业基于区块链技术联合生态中的保险公司、维修公司、配件公司、二手贸易平台，组成联盟链。在这个联盟链中，区块链技术将用来刻画到机械设备的销售记录，保险记录，出险记录，维修记录，运维记录，甚至设备的使用监控数据，使得这些数据，对于所有的相关参与者透明。对每一个设备赋予一个区块链上面的身份，带来一个设备的不可篡改的多方共同认证的设备画像。基于这个真实的设备画像，建立二手交易平台，通过提供这些信息服务和交易撮合为联盟中的相关制造业生态企业带来服务型收益，比如二手交易定价手续费，比如设备画像用于优化设备运维的分享手续费。

（四）新能源消纳

1. 问题描述

当前能源转型势在必行，新能源发展如日中天。然而，随着太阳能、风能等新能源在能源消费结构比例的提升，能源供给侧日益多元化，传统的新能源管理模式已难以支撑新能源规模化和系统化建设。受其发电波动性强的影响，新能源消纳成为全球亟需突破的难题。根据国家能源局新闻发布会公布数据显示，2017年，我国弃风电量419亿千瓦时，弃光电量73亿千瓦时，弃风率和弃光率依然达到12%和6%。2018年全国可再生能源发电量为1.87万亿千瓦时，占全部发电量比重为26.7%，弃风率和弃光率虽同比增速有所下降，但依然达到7%和3%。分布式新能源前期规划、设计、建设、运行、并网、交易、补贴等各环

²² 本白皮书中主要以工程机械行业作为分析，其他耐久使用高价值的工业产品设备具有相似的特点。参考《中国工程机械市场供需调查及未来五年发展商机研究报告》，2015年。

节数据信息分散在各部门信息系统中，源头数据真实性缺乏保障、数据信息共享程度不高，各环节协同效率低。新能源供给侧与消费侧的信息不对等，将影响新能源消纳水平的提升，构建多元利益主体信息共享机制成为解决问题的关键。

2. 区块链解决方案及价值

区块链技术本身就在革新传统的多方交易模式，以保障信任为核心，促进交易、认证等多方面高效运行。基于区块链分布式记账、多节点共享、防篡改、可追溯等技术优势，打通共享储能用户、新能源发电商、服务供应商等多主体间交易体系，针对新能源运营交易中的可信认证、交易执行、对账出清、结算支付、分布式数据存储与数据分析、账本记录与追溯、用户隐私保护、用户分级等问题，将新能源各环节业务数据进行上链溯源管理，打通数据壁垒，保障数据真实有效，对内实现业务的质效提升，对外实现各环节的融通发展。

专栏 8

基于区块链的共享储能平台

国网青海电力公司和深圳前海益链网络科技有限公司通过研究并实现基于区块链的共享储能运营管理平台，应用区块链的三大功能包括数据存证、智能合约和数字通证，保障参与电力市场交易的用户的交易合法、安全、有效性，助力青海电力市场化交易实现“公开、公平、公正”的三公目标。

基于区块链技术的储能调峰市场化交易平台从2019年6月18日正式启动试运行。截止2019年12月底，累计组织储能参与调峰市场化交易充电电量1648万千瓦时，放电电量1286万千瓦时，区块链交易存证数据上千万条，为促进新能源消纳发挥了重要作用。

利用区块链分布式记账、节点共享等技术，一方面，将政府部门、新能源厂商、发电企业、电力用户等各主体的关键数据上链存储，实现多主体间身份互信，达到能源系统各环节的互联互通，构建全生态、全场景的新能源服务体系。另一方面，将政府、电网企业、监管部门、金融机构、电力用户等多元主体作为关键节点接入新能源交易链，结合共识机制、非对称加密算法等关键技术可实现点对点实时交易，保证交易的安全性、公开透明性。相比之前业务，各业务纵向贯通、横向联动，更快地提高了业务效率，更好地解决了企业核心数据、关键信息泄露问题，降低企业运营成本和数字化经营带来的诉讼风险与举证成本，推动能源产业高质量发展。

专栏 9

基于区块链的新能源云平台

国网区块链科技有限公司打造了国家电网系统内区块链公共服务平台，实现了区块链技术在新能源云等场景应用。基于区块链的新能源云平台横向聚合政府部门、行业协会、电网公司、设备厂商、电网业主、金融机构等行业资源，纵向服务电站规划设计、政策分析、消纳计算、设备采购、电站建设、并网报装、电费结算、监测运维、金融交易等全运行环节。

目前，已累计接入新能源电站130万座、装机容量3.5亿千瓦，入驻供应商1022家，交易规模突破350亿，带动产业链上下游3000余家企业协同发展，直接或间接带动就业超过100万人。在国网宁夏电力等单位的试点建设过程中实现了并网业务办理时限平均缩短16天，电费结算周期平均缩短4天，极大提升了新能源业务办理效率。

六、工业区块链应用面临问题 与发展建议

区块链技术为工业互联网中数据要素流通和业务协同提供了新的解决方案，但二者的深度融合还需要较长时间的积累和沉淀。现阶段，工业区块链在技术适配和应用落地等层面均面临诸多挑战，需要各方积极探索解决之道，助力产业健康有序发展。

（一）面临问题

当前，工业互联网已迈入深耕阶段，相比而言，工业区块链仍处于社会试验阶段，其在应用示范效应、业务协同模式以及技术发展程度等方面存在一定的问题。

应用示范效应尚未凸显。由于加入区块链技术需要对原有业务系统进行改造，初期投入成本较大，且客户对于新技术应用需要一段适应期，现阶段区块链对于工业互联网的赋能作用尚未凸显，区块链技术在工业互联网领域的应用仍处于起步阶段，公众对于工业区块链的重要性认知不足，行业内标杆性示范项目缺乏，配套的应用指南尚未出台，短期内工业区块链市场规模有限，潜力还需进一步挖掘。

业务协同模式有待创新。工业区块链中数据共享、机理共享、资源共享的关键，除了技术以外，关键需要有一个合理的组织形态，使得包括政府、工业链条各参与方、技术提供方等在内的利益相关方协同参与推动平台建设、区块链标准设立、相关法律和政策制订及信息共享等系列行动，使区块链在工业的应用既风险可控，又达到支持实体经济和服务企业的目的，起到良好的社会效益和经济效益。

技术自身发展尚存瓶颈。区块链系统，都会遇到“性能、安全性、分布式”三个因素的平衡难题，这三者不可能完美兼顾。在工业制造和服务领域的区块链应用也无可避免地面临这三者的权衡问题，如何提升数据大

量写入、低延迟、高并发场景续航能力，同时保证安全防护，这需要根据具体项目的特点做出个性化的取舍。此外，区块链系统由交易驱动，其智能合约尚难以满足工业制造领域中定时器和委托等需要区块链进行事件触发的机制。

（二）发展建议

针对上述工业区块链所存在的问题，需要发动政府、行业组织、企业等社会各方面的力量，为新兴产业的发展提供空间，推进区块链与工业互联网加速融合创新。

政府层面，应发挥统筹协调作用，组织专家研判区块链的发展趋势，把握区块链技术本质、潜在用途和成本收益及其技术本质，研制促进区块链技术在工业互联网领域的发展政策，通过设立专项基金和出台政策等方式，促进工业区块链区域协同发展；加快制定区块链的相关法律法规，将区块链技术纳入合适的监管框架之内，防范系统性风险；尽可能在维护系统参与者利益与维护更广泛的社会利益间达成平衡，避免固化的架构阻碍技术创新。

行业组织层面，创建政产学研合作交流平台，实现行业供需对接，打造产业协同生态；加快区块链在工业互联网领域的示范推广，打造一批工业区块链试点示范项目，评估试点示范成效，编制优秀案例集；发挥行业组织在国际标准、国家标准、行业标准的“抢跑”优势，构建工业区块链标准体系，积极参与国际标准化工作；基于区块链技术建立跨行业、跨领域的工业互联网公共服务平台，促进各类数据共建共享与互联互通。

企业层面，区块链企业结合对工业逻辑的研究，开展工业互联网应用特点相关的区块链核心技术攻关、产品开发和集成测试，突破性能、安全、兼容性等制约应用发展的技术瓶颈，提高关键共性技术供给能力；工业企业应当有意识地拥抱信息化大潮，积极拥抱新技术，改造痛点明显的业务场景，探索和试点新的业务模式，兼顾业务质量的同时体验信息化带来的高效便利。

参考文献

- [1] 《工业互联网体系架构》（版本2.0），工业互联网产业联盟，2020年4月。
- [2] 区块链白皮书（2018年），中国信息通信研究院&可信区块链推进计划，2018年9月。
- [3] 陈美娟, 朱晓荣. 基于区块链的物联网设备标识研究[J]. 物联网学报, 2018, v.2; No.5(02):22-30.
- [4] 刘阳, 李馨迟, 田野, 毛伟. 物联网名字服务关键技术研究[J]; 电子学报, 2014年10期.
- [5] Malviya H . How Blockchain Will Defend IOT[J]. Social Science Electronic Publishing, 2016.
- [6] Ramachandran G S , Krishnamachari B . Blockchain for the IoT: Opportunities and Challenges[J]. 2018.
- [7] 任彦冰, 李兴华, 刘海, et al. 基于区块链的分布式物联网信任管理方法研究[J]. 计算机研究与发展, 2018, 55(7):1462-1478.
- [8] FIDO, <https://fidoalliance.org/>.
- [9] IFAA, <http://ifaa.org.cn/>.
- [10] Ouaddah A, Abou Elkalam A, Ait Ouahman A. FairAccess: a new Blockchain - based access control framework for the Internet of Things. Security and Communication Networks, 2017.
- [11] Huberman B A . Ensuring Trust and Security in the Industrial IoTThe Internet of Things (Ubiquity symposium)[J]. Gastroenterology, 2002, 122(5):1235-1241.
- [12] Khan M A , Salah K . IoT security: Review, blockchain solutions, and open challenges[J]. Future Generation Computer Systems, 2017:S0167739X17315765.

- [13] Christidis K , Devetsikiotis M . Blockchains and Smart Contracts for the Internet of Things[J]. IEEE Access, 2016, 4:2292-2303.
- [14] Shi-Cho Cha, Jyun-Fu Chen, Chunhua Su. A Blockchain Connected Gateway for BLE-based Devices in the Internet of Things. IEEE Access (Volume: 6), Page(s): 24639 – 24649.
- [15] Lin J , Shen Z , Miao C . Using Blockchain Technology to Build Trust in Sharing LoRaWAN IoT[C]// the 2nd International Conference. 2017.
- [16] Teslya N , Ryabchikov I . Blockchain-based platform architecture for industrial IoT[C]// Conference of Open Innovations Association. IEEE, 2018.
- [17] Dorri A , Kanhere S S , Jurdak R , et al. Blockchain for IoT security and privacy: The case study of a smart home[C]// 2017 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops (PerCom Workshops). IEEE, 2017.
- [18] 《关于积极推进供应链创新与应用的指导意见》 http://www.gov.cn/zhengce/content/2017-10/13/content_5231524.htm
- [19] 《中国融资租赁行业》，广发证卷（香港）经纪有限公司，2016年5月3日。
- [20] 罗兰贝格《融资租赁:行业转型进行时》，2017年4月。
- [21] 《中国工程机械市场供需调查及未来五年发展商机研究报告》，2015年。
- [22] 中国环境统计年报(2015)。
- [23] 2018–2024年中国电子废弃物处理市场深度调查及未来前景预测报告》，智研咨询。



工业互联网产业联盟



可信区块链推进计划

地址：北京市海淀区花园北路52号

邮政编码：100191

联系电话：010-62300249

传真：010-62304980

网址：www.trustedblockchain.cn