



工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

基于工业互联网的供应链创新与应用 白皮书

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

工业互联网产业联盟（AII）

2021 年 8 月

编写说明

2020 年全球肆虐的新冠肺炎疫情裹挟着不确定国际环境，持续冲击我国制造业产业链供应链体系。这加速了产业链供应链本地化和分散化进程，也为其多元化、智能化发展带来了巨大机遇。2020 年 7 月，习近平总书记在企业家座谈会上强调，我们必须集中力量办好自己的事，充分发挥国内超大规模市场优势，逐步形成以国内大循环为主体、国内国际双循环相互促进的新发展格局，提升产业链供应链现代化水平，大力推动科技创新，加快关键核心技术攻关，打造未来发展新优势。2020 年 12 月，工信部印发的《工业互联网创新发展行动计划（2021-2023 年）》提及供应链达 9 次之多，强调促进产业链供应链现代化水平提升，进一步健全产业发展生态。

当前，新一轮科技革命和产业变革蓬勃兴起，工业互联网作为第四次工业革命的重要基石，融合人工智能、区块链和大数据、云边协同、数字孪生、边缘计算、5G 等新一代信息技术，通过网络、平台、安全三大功能体系构建，实现全要素、全产业链、全价值链的全面连接。工业互联网将有力支撑企业在开发设计、采购供应、生产制造、物流配送、客户服务等供应链各环节的数字化转型升级，有效服务于我国“双循环”新发展格局。

然而，当前工业互联网对产业链供应链的促进作用仍处于发展探索时期，各方对于基于工业互联网的供应链的概念、驱动技术、应用场景及发展趋势等尚未形成共识，工业互联网赋能供应链的具体实现过程还有很多问题亟待突破和解决。在这一新发展形势下，工业互联网产业联盟联合产业界和学术界共同组织编写

了《基于工业互联网的供应链创新与应用白皮书》，旨在加快工业互联网在供应链领域的应用，为企业快速精准对接购销需求、提高产业链供应链资源配置能力、实现关键物资生产调度全局优化提供建议指导，有效推动我国制造业转型升级和数字化供应链体系发展。

本白皮书主要分为七个部分。第一部分阐述了传统供应链的内涵，提出了传统供应链存在的问题，并对工业互联网如何帮助传统供应链解决问题展开分析。第二部分创新提出了基于工业互联网的供应链的内涵与立体式结构，介绍了基于工业互联网的供应链与传统供应链的区别。第三部分探讨了工业互联网为供应链数字化智能化转型带来的新机遇，从工业互联网促进供应链智能化制造、网络化协同、个性化定制、服务化延伸和数字化管理五方面展开论述。第四部分剖析了“工业互联网+供应链”模式的供应链创新技术体系，重点分析了人工智能、数字孪生、标识解析、区块链、5G、云计算六类技术驱动供应链的具体实现。第五部分从实时生产设备数据监控、高效协同产业链上下游、精准对接客户个性需求、精益化管理全生命周期、技术融合打造创新应用五方面具体呈现“工业互联网+供应链”模式的创新与应用场景。第六部分明确了“工业互联网+供应链”模式面临的一系列挑战。第七部分对“工业互联网+供应链”模式的未来发展趋势进行展望，并针对第六部分明确的挑战提出一系列对策建议。

白皮书在编写过程中也获得了众多专家的指导与帮助，特别感谢清华大学邓天虎副教授作为本白皮书首席技术顾问提供的大量修改和完善工作。

组织单位：工业互联网产业联盟

编写组主编：申作军（香港大学）

编写组副主编：马潇宇（北京外国语大学）、张玉利（北京理工大学）、邓天虎（清华大学）、王明征（浙江大学、浙江数据化发展与治理研究中心）、贺舟（中国科学院大学）

编写组编委：

中国信息通信研究院：蒋昕昊、杜顺帆、沈彬

北京外国语大学：张继红、李雪、郑璐媛、黄明珠

北京理工大学：张宁威、梁熙栋、程子涵

中国科学院大学：刘倚溪、井一涵

中国科学院信息工程研究所：李红、闫兆腾

长江商学院：朱阳

中国联通北京市分公司：曾晶、曾顺敏、张旭、陈刚

京东物流集团：者文明、乔晓强、钱恩平

海尔数字科技有限公司：陈伟、姜伯琳

传化智联股份有限公司：周升学、倪利强、陈科、王晶

华为技术有限公司：范美华、但正刚、毛琛、白永彪

中兴通讯股份有限公司：辛毅、郑华伟、黄勇

新华三技术有限公司：郭晓军、李志国、刘淑英

京东博延信息技术有限公司：熊腾飞

浙江中控技术股份有限公司：古勇、周德营、刘永召、王少培

宁波好康智慧科技有限公司：魏真、张伟、许晶晶

睿峰群(北京)科技有限公司：刘树全、张迎冰、张磊

介器（杭州）互联科技有限公司：钱涌

鞍钢股份有限公司：赵伟、王兴

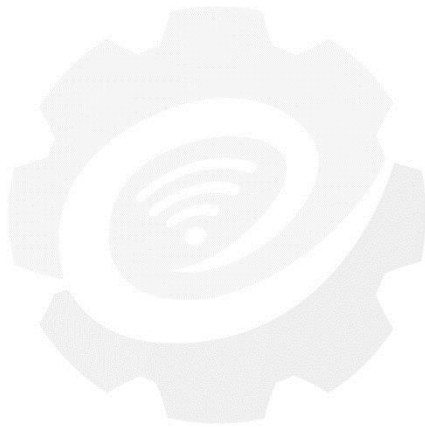
中商碳素研究院：常彬彬、邱伟、彭达、李雅娟

天津飞腾信息技术有限公司：申友志、李元芳

易见纹语科技有限公司：林咏华、王芝虎

昆岳互联环境技术有限公司：刘怀平、陈海峰、韩奇勋、袁海燕

南京黑湖网络科技有限公司：柯朗明、陈琪



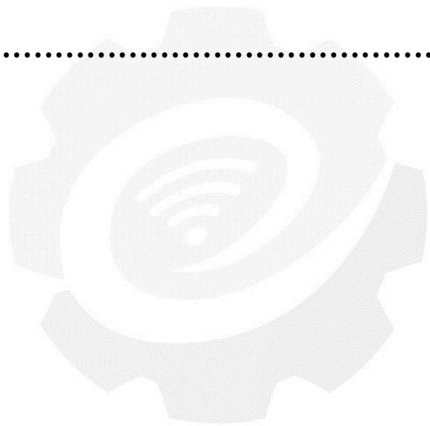
工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

目 录

一、传统供应链的内涵与挑战.....	1
（一）传统供应链的内涵.....	1
（二）传统供应链问题日益突出.....	2
（三）工业互联网助力解决传统供应链问题.....	5
二、基于工业互联网的供应链内涵与结构.....	7
（一）基于工业互联网的供应链内涵.....	7
（二）基于工业互联网的供应链立体式结构.....	9
（三）基于工业互联网的供应链与传统供应链的区别.....	10
三、工业互联网为供应链数智化转型带来新机遇.....	13
（一）工业互联网促进供应链智能化制造.....	13
（二）工业互联网推动供应链网络化协同.....	14
（三）工业互联网升级供应链个性化定制.....	16
（四）工业互联网打造供应链服务化延伸.....	17
（五）工业互联网赋能供应链数字化管理.....	19
四、“工业互联网+供应链”模式的创新技术.....	21
（一）供应链+人工智能技术.....	21
（二）供应链+数字孪生技术.....	25
（三）供应链+标识解析技术.....	29
（四）供应链+区块链技术.....	35
（五）供应链+5G 技术.....	39
（六）供应链+云计算技术.....	43

五、“工业互联网+供应链”模式的创新应用场景.....	50
（一）实时生产设备数据监控，全生产过程资源配置优化.....	50
（二）高效协同产业链上下游，驱动全供应链数字化转型.....	53
（三）精准对接客户个性需求，柔性生产组织大规模定制.....	62
（四）精益化管理全生命周期，推动产品面向服务化延伸.....	68
（五）技术融合打造创新应用，全面赋能物流数智化升级.....	72
六、“工业互联网+供应链”模式面临的挑战.....	78
（一）中小企业上云面临难题.....	78
（二）关键技术发展遭遇瓶颈.....	80
（三）全链数据安全难以保障.....	82
（四）互联互通标准尚未统一.....	84
（五）运作协同调度存在阻碍.....	85
（六）全球合作对接面临风险.....	88
七、“工业互联网+供应链”模式的发展趋势和建议.....	90
（一）降低企业上云上链成本，加速数字化升级改造进程.....	90
（二）加强核心领域技术研发，突破重点方向与创新能力.....	91
（三）构建平台安全防护体系，保障上下游全链数据安全.....	

.....	93
(四) 加强供应链标准化建设, 推动资源共享和协同合作	
.....	95
(五) 打造供应链数字化闭环, 应对全球供应链协同风险	
.....	97
(六) 加大应用示范推进力度, 促进复制推广与模式创新	
.....	99
(七) 打造工业企业培训课程, 实现工业互联网人才积累	
.....	101



工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

一、传统供应链的内涵与挑战

（一）传统供应链的内涵

根据《国务院办公厅关于积极推进供应链创新与应用的指导意见》（国办发{2017}84号），所谓**供应链**是指以客户需求为导向，以提高质量和效率为目标，以整合资源为手段，实现产品设计、采购、生产、销售、服务等全过程高效协同的组织形态。

一般来说，构成供应链的**基本组成部分**包括：

①**供应商**：供向各种需要资源的企业，供应包括原材料、在制品、设备、能源、服务等。

②**制造商**：负责产品制造，包括产品开发、生产和售后服务等。

③**分销商**：将产品送到经营地理范围每一角落，在某一区域和领域，拥有商品的所有权，承担的是渠道销售的业务。

④**零售商**：将产品销售给消费者的企业。

一般来说，一条完整的供应链必须包括**物流、信息流、资金流**。三者有各自不同的功能以及不同的流通方向。

① 物流

这个流程主要是物资（商品）的流通过程，这是一个发送货物的程序。该流程的方向是由供货商经由制造商、分销商、零售商与物流等过程后达到消费者手里。由于长期以来企业理论都是围绕产品实物展开的，因此目前物资流程被人们广泛重视。许多物流理论都涉及如何在物资流通过程中在短时间内以低成本将货物送出去。

② 信息流

这个流程是商品及交易信息的传递流程，该流程的方向是在供货商与消费者之间双向流动的。它是一种虚拟形态，及时在供应链中为不同对象实时传递需求和供给信息，以形成统一的计划与执行，从而为最终顾客更好地服务。

我们一般还认为信息流包括了接受订货、签订合同等的商业流程，也就是商流。目前商流的形式趋于多元化，既有传统的店铺销售、上门销售、邮购的方式，又有通过互联网等新兴媒体进行购物的电子商务形式。通俗来讲，就是一种买卖或者说是一种交易活动过程，通过买卖发生商品所有权的转移。

③ 资金流

这个流程就是货币的流通，为了保障企业的正常运作，必须确保资金的及时回收，否则企业就无法建立完善的经营体系。该流程的方向是由消费者经由零售商、批发与物流、厂家等指向供货商。

（二）传统供应链问题日益突出

当前，新一轮科技革命和产业变革加速发展，世界贸易和产业分工格局发生重大调整，大国博弈日益复杂尖锐。同时，新冠肺炎疫情影响广泛深远，全球产业链供应链面临重大冲击，风险不断加大。在复杂性、不稳定性、不确定性显著增强的发展环境中，传统供应链存在的各种问题日益凸显，已成为限制我国企业数字化智能化转型的瓶颈问题。

1. 传统供应链缺少设备实时监控

工业生产设备是供应链最重要的环节之一，设备的实时数据

采集直接关系到产品质量和设备维护。传统供应链的设备数据可视化程度较低，对设备管理应用系统的使用更多集中在查询和检索，缺少对数据的实时处理和分析。由于生产设备无法被实时监控，工厂无法精确地统计机器设备、产品质量、库存量等信息，只能依赖人工统计各种生产数据、设备运行数据，对数据的分析主要基于个人猜测或经验，极大地增加了信息的滞后性和出错的可能性。在实际设备管理过程中无法实时掌控生产情况，导致设备存在过修和失修的问题，产品的质量也难以得到控制。

2.传统供应链上下游协同困难

供应链是一个协调统一的整体，它由不同地域的供应商、种类各异的物料、多种多样的供应物流链等多个部分组成。传统供应链上下游企业的协同程度较低，上游供应商、下游经销商、终端客户分散化地从事业务活动，并且通常只考虑自身利益最大化，这常常导致节点企业陷入缺货和库存的两难境地。此外，由于信息技术应用的落后，传统供应链依靠纸质、电话、邮件为媒介与上下游企业进行沟通的方式已经不能适应新形势的变化，上下游企业之间的业务活动难以协调甚至造成脱节。节点企业各自为政导致供应链成员之间出现信任危机，供应链的成本居高不下，制约了供应链的长期发展。

3.传统供应链缺乏快速响应能力

传统的供应链以低成本为导向，以制造为中心，聚焦于企业内部资源的利用，忽视客户需求，尤其是潜在客户的不确定和个性化需求。在这条供应链上，决定产品生产的是制造商的实力背

景、资源和营销能力，而非基于客户的需求和偏好。传统供应链浪费了大部分资源开展非增值的研发活动，对客户的需求响应较慢，整个供应链上的库存量较高。此时，尽管供应链各渠道成员之间能够有效协同，传统的供应链仍然是“推式”的，客户处于被动接受的地位。如今，消费者需求日新月异，供应链应该更强调以客户需求为导向、柔性和快速响应客户需求，以便适应充满竞争的不断变化的市场。

4.传统供应链存在信息偏差与滞后

供应链是一个复杂的系统，它涉及到多个节点企业和众多产品，随着细分市场的需要和终端需求的快速变化，其复杂程度不断上升。当客户的需求信息由终端逐级向各节点企业传递时，经过层层过滤必将导致需求信息失真、滞后和扭曲，甚至导致信息的缺失。同时，需求预测、订货策略、价格波动、短期博弈以及市场的不确定性等因素也致使信息不对称和变形。因此，市场需求的一点点微小变化会沿着供应链逆流而上，尤其是在多层次的供应链网络、未集成的复杂供应链系统中，需求信息被逐级放大到制造商、供应商，最终到达源头企业时，其获得的需求信息和实际市场需求信息将会产生很大的偏差。

5.传统供应链信息共享不充分

在传统供应链中，人与机器、机器与机器、机器与工厂之间存在信息共享不充分的问题。传统供应链上的企业信息化较低，一方面是因为尚未形成连接行业内所有企业的综合性平台，平台的搭建需要数字化和智能化装备，但这些高端装备只有通过进口

才能获得，这需要承担高昂的设备购置成本、服务维护费用、数据采集与获得费用。另一方面，尚未建立硬件接口和数据协议统一的标准化体系，不同厂商设备与软件无法实现共通，造成信息共享不充分、数据链断裂等问题，最终将导致供应链缺乏透明度、企业资源配置效率低下的严重后果。

6.传统供应链缺乏应对风险冲击的弹性

传统供应链的“链状”结构无法灵活应对日益增加的突发事件，任何节点受到风险冲击都将传导到供应链中其他节点，风险在上下游供应链的传递与扩大威胁了供应链的安全。由于传统供应链对危机事件管理和应急计划不够重视，在替代品和替代供应商的投资有限，一旦出现突发事件，原材料很可能会短缺，生产被中断，进而延迟产品交付，导致整个市场缺货。此外，我国尚未建成完善而相对独立的供应链安全体系，疫情下传统供应链结构缺乏弹性，暴露了明显的脆弱性。在逆全球化、恐怖袭击、自然灾害等的冲击下，供应链随时面临断链的风险。

（三）工业互联网助力传统供应链解决问题

为应对传统供应链的一系列挑战，工业互联网整合各种技术力量构建数字化供应链。工业互联网通过跨设备、跨系统、跨厂区、跨地区的全面互联互通，实现全要素、全产业链、全价值链的全面连接，构建数据驱动的工业生产制造体系和服务体系，重塑供应链运作管理新范式。新范式下形成了以工业互联网平台为基础，以降本增效为目标，以大数据、人工智能等新一代信息技术为手段，具有全面连接、高效协同、智能决策等特征的基于工

业互联网的供应链。因此，工业互联网促进供应链数字化转型，更加精益化、柔性化、按需化、智能化，变革成高度智能的数字化供应链。

工业互联网能让生产端到终端的整个链条中每个环节的资源和服务高度聚合，以市场为导向，提高整体效率，从而避免了各自为战、重复浪费的情况发生。工业互联网的作用主要体现在以下三方面：

1.提供新型基础设施，加速供应链数字化转型

工业互联网提供了新型供应链基础设施支撑，为供应链数字化转型提供了必不可少的网络连接和计算处理平台，加速供应链数字化进程。工业互联网赋能供应链多方面的数字化转型：包括供应链决策控制，供应链运营，物件数码化和标准化管理，全生命周期管理，采购，以及信用和金融等方面。

2.促进资源优化配置，推动产业价值链延长

工业互联网能促进各类资源要素优化配置和产业链紧密协同，帮助供应链上下游企业创新产品和服务研发模式、优化生产制造流程，不断催生新模式新业态，延长产业价值链。

3.加强供应链可视化，形成全流程智能化供应链

工业互联网将促进传统工业制造体系和服务体系再造，推动物流运输、仓储全流程可视化，供应链全流程线上协作，高度智能化等为显著特征的数字化供应链的形成。该数字化供应链是一个数字化网链结构，与传统供应链相比，在交互智能化、产品个性化、制造服务化、组织分散化、网络生态等方面具有优势。

二、基于工业互联网的供应链内涵与结构

（一）基于工业互联网的供应链内涵

基于工业互联网的供应链是在传统供应链的基础上，结合新兴的网络和信息技术发展而来的供应链新形态。在供应链数字化转型的背景下，新兴的网络和信息技术为传统供应链赋能，并形成了基于工业互联网的供应链这一新形态。本白皮书对基于工业互联网的供应链的定义如下：

基于工业互联网的供应链是以工业互联网为基础，以降本增效为目标，以客户为中心，以人工智能、数字孪生等新一代信息技术为手段，实现供应商、制造商、分销商、零售商全面连接、高效协同、智能决策的数字化网链结构。

结合定义和应用场景，基于工业互联网的供应链有以下内涵：

（1）**工业互联网为基础**：基于工业互联网的供应链通过将工业系统与高级计算、分析、感应技术以及互联网连接，推动制造企业数字化转型。在此基础上，把设备、生产线、工厂、供应商、产品和客户紧密地连接、融合，高效共享工业经济中的各种要素资源。

（2）**降本增效为目标**：供应链活动是以产品为载体的价值创造的过程，各参与方均有资产增值的诉求，降本增效是供应链形成的基础和目标。

（3）**客户为中心**：在供应链所有业务中处处以客户为中心，可以超越现在的各种职能孤岛，创造卓越的客户体验，建立客户忠诚度，从而成为业务增长的动力。

（4）人工智能、数字孪生等新一代信息技术为手段：基于工业互联网的供应链充分利用运用物联网、区块链、云计算、人工智能、数字孪生等数据管理工具和信息科学技术。工业互联网的供应链借助物联网有效收集制造企业关于设备、产线和生产现场等的不同类型数据，使用区块链技术保障信息的安全和可靠性，利用云计算为制造企业带来的灵活、经济、可靠的数据存储和软件运行环境，最后，运用人工智能强化制造企业的数据洞察能力，实现智能化的管理和控制。

（5）全面连接、高效协同、智能决策为主要特征：出于安全和维持竞争优势的需要，供应链成员间信息共享存在障碍，供应链成员协同决策困难。基于工业互联网的供应链以互联网开放、协作理念，通过使用新型信息技术可有效解决这些难题。基于工业互联网的供应链使用工业互联网平台搜集各成员、各环节和设备的数据，在全链范围内数据和信息共享的基础上，实现供应商、制造商、分销商、零售商的全面连接。在全面连接的基础上，基于工业互联网的供应链结合机器学习等新型信息科学技术，以供应链整体的降本增效为目标，进行智能化的管理和控制决策，实现供应链成员的高效协同。

（6）连接供应商、制造商、分销商、零售商的数字化网链结构：基于工业互联网的供应链是以工业互联网平台为基础形成的数字化网链结构。各成员通过数据和信息的共享嵌入供应链网链，并最终通过协同决策来形成相互关联、相互制约的网链结构。

（二）基于工业互联网的供应链立体式结构

从基于工业互联网的供应链定义与内涵中，我们发现工业互联网正在赋能传统物理世界的供应链面向数字世界的延展，形成双向映射、动态迭代的立体式结构（如图 1 所示）。传统物理世界的供应链以供应商、制造商、分销商、零售商自身的企业目标为核心，虽有平面级的简单连通，但缺乏深度协同。工业互联网通过叠加 5G、区块链、标识解析、数字孪生、云计算、人工智能等新一代信息技术，将物理世界中的物流、信息流、资金流映射到以工业互联网为基础的数字世界中，通过上下游企业以及终端客户的全面连接，实现以客户为中心的高效协同，应对市场变化的快速响应。

同时，数字世界的供应链将全链路全流程打通的数据流以及基于数据分析作出科学判断的决策流反馈给物理世界，指导物理世界供应链中各参与企业发现问题、解决问题。工业互联网通过实现物理世界供应链与数字世界供应链的双向映射、实时动态迭代，可赋能各行业供应链持续优化提升，不断升级数字化、网络化、智能化水平。

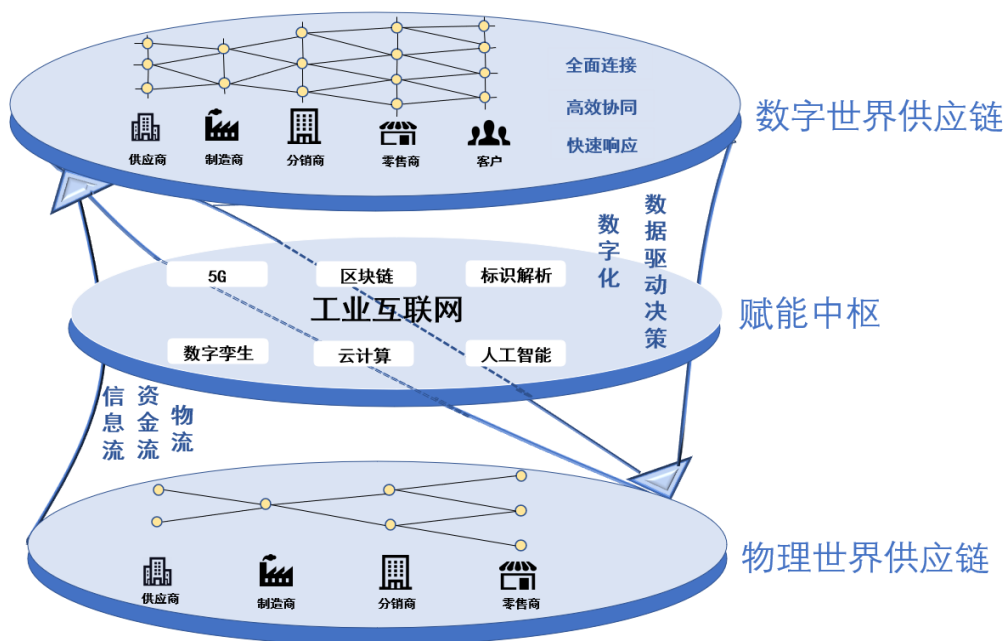


图 1 基于工业互联网的供应链立体式结构

（三）基于工业互联网的供应链与传统供应链的区别

相比传统供应链，基于工业互联网的供应链具有连接、智能、灵活、迅捷、协同等属性。在设计、计划、采购、制造、运输、协同等供应链主要环节，基于工业互联网的供应链和传统供应链具有显著差异。工业互联网平台面向制造业数字化、网络化、智能化需求，构建基于云平台的海量数据采集、汇聚、分析服务体系，支撑制造资源泛在连接、弹性供给、高效配置。

基于工业互联网的供应链网络与联接标准、标识解析标准、平台与数据标准等正日益更新完善，创新了传统供应链各环节的应用场景。工业互联网汇聚的各类数据资源主要应用于沟通查询类和计划执行类两大类应用场景。

（1）沟通查询类。一是采购配送数据的共享帮助企业实时掌握采购进度，从采购需求提报、需求派单和分配、采购方案执

行、配送等环节的衔接一目了然，实现交付全程数字化、透明化。

二是生产要素和生产数据的可视化帮助生产制造企业实时监测生产现场的车间、工序和生产线，实时掌握生产情况与设备情况，并通过对成品、在产品、原材料进行扫码追溯信息，有效控制生产质量。三是企业可以充分利用上云上平台的合同服务数据与客户和第三方供应商进行实时协作，实现对产品的远程诊断，并基于客户的需求对产品和服务做出快速反馈，提供完整的产品生命周期管理。

（2）计划执行类。一是产能排班数据的集成帮助企业建立排产模型，合理安排订单生产，实时根据订单、产能和资源来优化生产线，灵活满足复杂多样的排产需求，保障客户订单的有序生产和如期交付。二是设计和生产要素数据的收集帮助企业与客户深度交互，广泛征集、智能感知和实时洞察客户需求，为客户提供个性化的产品。三是计划和设备数据的实时监测帮助企业全面监督控制从生产计划到物料需求计划，再到采购计划的执行情况，保证物料及时供应，实现资源的全局优化。

表 1 从驱动流程、需求预测、数据共享、柔性弹性、运输过程、供应链风险成因、供应链组织结构七方面对比了传统供应链和基于工业互联网的供应链。

表 1 传统供应链和基于工业互联网的供应链对比

	传统供应链	基于工业互联网的供应链
驱动流程	离散、按顺序执行的事件驱动型流程，基于历史数据的经验驱动	端到端的统筹式洞察驱动型流程，基于大数据的实时驱动
需求预测	非实时、非智能认知分析和预测，基于经验预测需求	实时、智能认知分析和预测，基于人工智能预测需求
数据共享	信息孤岛，非实时信息交换	全链信息共享和沟通
柔性弹性	市场不断变化、供应链中断等问题难以解决	快速应对市场变化，快速恢复中断供应链，兼具柔性和弹性
运输过程	劳动密集型的运输	智慧化物流运输
供应链风险成因	市场需求波动、上下游之间信息传递失真等	因数据共享而存在数据管理漏洞和网络安全风险
供应链组织结构	以企业为中心的线性结构	以客户为中心的网链结构



工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

三、工业互联网为供应链数智化转型带来新机遇

（一）工业互联网促进供应链智能化制造

1.工业互联网促进供应链智能化制造的定义

基于工业互联网的供应链智能化制造是深度融合信息技术与制造业的新型生产制造过程。它通过部署工业互联网综合解决方案，采用物联网、大数据、云计算等信息技术采集、分析多维度信息、数据，构建全流程整体模型，实现对关键设备、生产过程、厂房基地等全方位智能管控与决策优化，从而更加准确有效地控制生产环节、优化生产制造、提高生产效率。

2.工业互联网促进供应链智能化制造的重要性

（1）实现设备互联，提高企业生产能力

过去 20 年，制造业先后经历了信息化和网络化。信息化解决的是人与机器之间的数字联通的问题，如 ERP、MES、数据库等系统。网络化解解决的是人与人之间的数字联通的问题，以近零成本、近零时延实现了供需两端的个性化与差异化。

基于工业互联网的供应链智能化制造解决的是机器与机器之间的数字联通问题。通过数字自组织形成了设备自治，对异构异地数据进行跨系统跨行业跨平台的互联互通互操作，实现设备与设备之间的数据互联。在这一进程中，工业互联网将人、机、料、法、环等生产要素全面互联，促进数据端到端的流通和集成，打破组织界限和信息孤岛，提升生产效率和产品质量，降低成本和能源消耗，实现工厂内的智能化制造。

（2）促进行业发展，推动制造业转型升级

随着技术的进步，我国制造业也亟需转型升级以应对全球化面临的压力和机遇。生产技术层面，传统的科研水平、创新能力不足导致生产效率低下，制约了我国制造业的发展。市场层面，劳动力成本迅速攀升、产能过剩、竞争激烈、客户个性化需求日益增长等因素，迫使制造企业从低成本竞争策略转向建立差异化竞争优势。工厂层面，制造企业劳动力短缺，专业技师匮乏，必须实现减员增效，迫切需要推进智能化制造。

基于工业互联网的供应链智能化制造是实现制造业数字化、智能化的基础环节。只有夯实工业互联网的基础，方能进一步布局数字制造、智能制造以及依靠生产工具转型带动的商业模式变革，推动传统产业向中高端迈进，逐步化解过剩产能，促进大企业与中小企业协调发展，进一步优化制造业布局，抢占国际竞争制高点。

（二）工业互联网推动供应链网络化协同

1.工业互联网推动供应链网络化协同的定义

基于工业互联网的供应链网络化协同是一种全新的供应链发展模式。它依托互联网、大数据和工业云平台，有效整合全球各地的设计、生产、供应和销售等资源，衔接研发流程、企业管理流程与生产产业链流程，有机融合制造管理、产品设计、产品服务生命周期和供应链管理、客户关系管理，一方面实现企业的价值链从单一的制造环节向上游设计与研发环节延伸，另一方面实现企业的管理链从上游向下游生产制造控制环节拓展，最终改变业务经营模式、达到资源全局最优配置。

2.工业互联网推动供应链网络化协同的重要性

(1) 应对复杂多变的竞争环境，强化协同关系

当前，市场竞争环境呈现复杂性和多变性。无论跨国企业还是中小企业都无法靠单打独斗去面对所有环节的竞争，企业之间协同的必要性和重要性日益凸现，但是追求自身利益最大化的动机往往会破坏乃至摧毁这种协同关系。企业必须与供应链的上下游企业结成联盟，整合整体的竞争能力和资源，实现共赢。

基于工业互联网的供应链网络化协同通过信息技术与物流配送网络的支撑，实现全渠道的需求订单、便捷支付、物流配送之间的有效融合交互衔接，使整个供应链的采购、计划、生产、流通、服务等业务过程更加协同高效，降低面临的不确定性。各产业板块不仅与核心企业连通，又与成百上千家的供应商建立合作，真正实现信息互通与资源的共享，从而稳固和强化企业之间的协同关系。

(2) 创新企业供应链管理模式，创造协同价值

供应链企业间信息沟通不畅是供应链管理面临的突出问题。作为企业供应链的重要部分，企业的供应商往往分布在不同地区，导致信息的传递与交流存在障碍，影响供应链的有效管理。链条较长、物料品种繁多的供应链，其管理效率往往更加低效。这不仅对企业的生产链管理造成了很大的阻碍，也影响了企业各元素之间的协同与分工合作，提高了各环节间连接的难度。

基于工业互联网的供应链网络化协同采用移动设备构建信息与资源共享平台，可以把分散在不同地区的生产设备资源、智

力资源和各种核心能力通过平台的方式集聚，通过数据协同业务实现全方位的信息覆盖、生产要素的高效匹配，可以及时、准确的提供相关产品和服务，增加协同企业的融合性和参与性，最大化供应链协同价值。

（三）工业互联网升级供应链个性化定制

1.工业互联网升级供应链个性化定制的定义

基于工业互联网的个性化定制是一种精准的生产模式。它利用互联网平台和智能工厂，将用户需求直接转化为生产排单，建立以客户为中心的数字营销服务体系，在精准对接的基础上及时高效满足客户的个性化定制需求，同时解决制造业长期存在的库存和产能问题，实现产销动态平衡。

2.工业互联网升级供应链个性化定制的重要性

（1）需求个性化趋势明显，可有效提高客户满意度

随着社会生产力和科技水平的不断提高，客户需求日益个性化和多元化，比如越来越关注产品设计、独特体验、工艺特点等元素。然而传统的渠道单一、封闭运行，企业用户关系单向流动，旧有的需求定位粗略、市场反馈滞后等问题成为了个性化定制发展的绊脚石。

基于工业互联网的个性化定制可削弱信息流阻断的壁垒，借助工业互联网平台的集聚和交互功能实现海量用户与企业间的交互对接、需求征集，从事前调研、产品推广、订单设计、个性生产到交付使用和售后服务，让用户切实参与其中，带给客户个性的感受和美好的体验，增强顾客粘性。

（2）柔性化生产难度较高，可借助数字化降本增效

在传统大规模生产模式下，企业内生产组织缺乏柔性，企业依靠规模经济进行生产是主流模式。个性化定制给传统的标准化、大批量生产方式带来了前所未有的挑战，柔性大规模个性化生产线应运而生，但存在复用性低、生产成本低、服务成本低、生产周期长等问题。

基于工业互联网的个性化定制运用大数据分析建立排产模型，依托柔性生产线保持规模经济，借助数字化缩短流通渠道，减少因定制化产生额外成本，实现以用户为中心的个性定制与按需生产双融合。例如，树根互联基于根云工业互联网平台，赋能定制家居产业链，从门店接单、定制设计到订单生产、物流配送，再到上门安装的全业务链整体业务环节的数字化能力升级与协同价值，提供打通生产后端与设计前端，构建起“个性定制、柔性生产、资源协同、交付透明、直通服务”一站式协同制造模式。

（四）工业互联网打造供应链服务化延伸

1.工业互联网打造供应链服务化延伸的定义

基于工业互联网的供应链服务化是一种融合产品和服务的商业模式。它将管理活动从产品生产环节延伸到产品流通环节，利用工业互联网打通产品出厂后的物流服务、仓储服务、配装服务、售后服务等产品流通环节，由提供有形产品转变为提供“产品+服务”，从而提高服务效率和客户体验。

2.工业互联网打造供应链服务化延伸的重要性

（1）打造数据闭环，感知客户需求的变化

客户需求的碎片化、个性化、场景化趋势，是供应链服务化的主要驱动力。在仅通过交付产品获利的商业模式下，制造企业很难掌握客户对产品的使用习惯和真实体验，远离客户需求。为了给客户提供高质量的服务，大多数制造企业努力向全方位服务提供商转型，通过产品智能化获取产品的运营状况形成数据闭环，为产品研发、响应客户需求提供基础。

基于工业互联网的供应链服务化整合了移动互联网、大数据、云计算、物联网、人工智能等信息技术，可探索直销电商、社交电商、粉丝经济等网络营销方式，实现产品监测追溯、远程诊断维护、产品全生命周期管理等高附加值服务。服务化使企业和客户利益休戚相关，双方共担风险，有助于满足客户分散经营风险、减少不可预测性支出的服务需求。

（2）获取竞争优势，提升行业整体价值

通过差异化和难以被模仿的服务形成相对于竞争对手的进入壁垒，成为制造企业获取潜在竞争优势的有效战略工具和持续来源。但是，服务化初期投入巨大，且因为服务的无形性、异质性、产销同时性、不可储存性等特征，导致企业服务成本居高不下。由于服务业劳动生产率一般低于制造部门，企业的服务化阻力巨大，容易陷入“服务化困境”。

基于工业互联网的供应链服务化既包含了低时延、高可靠、广覆盖、更安全的工业互联网基础设施体系作为硬件基础，也包含了集成消费、设计、生产、销售和服务全过程工业大数据应用服务的信息化软件系统作为软件基础，有望跨界联合互联网企

业、信息技术服务企业共享制造资源、物流配送和数据分析能力，从而有效降低服务化成本，深度融合制造业与服务业成为新型产业形态，增加附加价值、提高综合竞争力、更好地满足用户需求。

（五）工业互联网赋能供应链数字化管理

1.工业互联网赋能供应链数字化管理的定义

基于工业互联网的数字化管理是一种数据驱动、敏捷高效的管理方法和手段。它基于工业互联网平台打通核心数据链，实现覆盖生产制造、产品全生命周期以及供应链的数据贯通，推动资产管理、运营管理、组织管理等方面的数字化管理创新，切实提升了企业管理能力和效率。

2.工业互联网赋能供应链数字化管理的重要性

（1）打通内部管理环节，实现数据互联互通

数据作为企业重要的生产要素具有重大价值，数据支撑的管理决策往往具有更强的复用性，满足数字经济时代打造敏捷高效的企业经营管理的需要。企业数据资源的碎片化将导致各业务环节的数据散落在各业务部门，各业务环节之间的数据难以集成共享，节点间信息分享不畅，形成数据孤岛现象。

通过工业互联网统一的工业大数据平台，企业可以打通计划、采购、生产、交付等环节，持续采集研发、工艺、生产、物流、销售、服务等生产经营数据，使数据调取更为便捷。通过对产品全生命周期数据、全量生产设备数据的感知和管理，结合工业机理模型，基于实时数据开展大型设备或电子产品的故障检测和预警，产线预测性维护，精细化用户和分销商服务等，实现对

运行数据的全面分析、精准诊断，辅助智能决策，降低管理难度。

（2）优化管理运营模式，提高资源配置能力

企业竞争的本质是资源配置效率的竞争，集中式的科层组织结构在数字化时代受到较大的冲击，对外界变化反应不灵敏、机构设置逐渐冗杂、协调成本和信息传递成本高等弊端日渐显现，推动着组织结构逐渐向分布化、弹性化的网络组织转变。

基于工业互联网平台的数字化管理赋予了组织内外万物互联的连接能力，降低信息在部门间传递的门槛，极大地降低管理层级，加速管理扁平化，使得组织结构的灵活性大幅提高。此外，基于平台的数字化管理还促使企业用工方式发生变革，从传统的正规就业转向灵活用工。平台汇聚广大中小企业与第三方开发者，快速对接人才、技术、知识等资源，提升资源配置能力。

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

四、“工业互联网+供应链”模式的创新技术

（一）供应链+人工智能技术

1.人工智能技术概述：“人工智能”是通过模仿人类与人类思维相关的“认知”功能的机器来解决人力劳动过程中面临的复杂问题。目前人工智能技术在图像识别、自然语言处理、自动驾驶等领域有了很多的应用。在 Crisp Research AG 公司 2016 年对 IT 决策者进行的一项调查研究中发现，物流行业是所有行业中最积极使用人工智能技术的行业。目前已经有 36%的企业已经开始使用人工智能技术对其生产运营进行赋能，而其他很多企业计划在 2020 年将人工智能应用到研发、产品创新、供应链运营和客户服务等多环节。

2.供应链+人工智能的应用价值：随着大数据、机器学习、人工智能、物联网等新技术不断发展，传统供应链在新技术的赋能下向数字化、智能化的供应链转型。对于生产制造企业来说，客户的需求、企业对自身运营效率和经济效益的追求、产业链资源的全面整合都促使企业对供应链管理的重视程度有了更高的要求。同时，这些企业外生和内生性的诉求为企业供应链未来的发展指明了方向。面对传统供应链运营过程中存在供需匹配不足、采购价格过高、生产流程不合理、库存利用率差、企业存货高企、人力成本快速增长等诸多痛点，通过在供应链各环节利用人工智能技术来优化供应链链条、调整供应链结构、提升供应链物流能力及效率等，最终以实现全链条价值增长为目标，保持并提升企业的核心竞争力。

3.供应链+人工智能技术的应用领域：人工智能技术在供应链领域的应用主要体现在产品需求预测、库存管理及补货计划、供应链网络规划、仓库内作业管理、物流配送、风险控制等领域。

（1）需求预测智能化。供应链的各个环节相互配合连接，在此过程中信息的透明和准确对供应链的成本和效率至关重要，人工智能技术可以基于大数据和机器学习算法提供精准的需求预测结果以避免牛鞭效应，最终为供应链各环节降低成本。人工智能根据供应链的历史数据和统计学习模型，对产品未来的销量进行综合预测、对各个仓库的出单量进行预测，对节假日或购物节促销期间的促销活动预测，最终给出更为准确的预测数据以指导生产和库存管理。

（2）库存管理智能化。传统的库存管理及补货计划通常由人工完成，人工管理库存和制定计划的工作模式在多级供应链网络中会存在决策过程冗长、数据滞后以及人力成本耗费量大的问题。在库存管理模块中，人工智能对于效期、临保期、安全库存等领域能够做到及时、迅速、准确的预警和建议，并且为调拨、补货决策提供具体的建议和方案，并且可以监控决策的实施过程，为采购及库存管理提供更加准确的决策建议。

（3）网络规划智能化。供应链网络规划是企业发展到一定规模阶段必然面对的问题，仓库的选址、数量、拓扑结构、层级与物流成本、服务时效、库存管控和客户体验紧密相关，并且受政策、订单分布、商品特性等因素制约，每个因素的变化都会牵一发而动全身。单纯依靠人工做出准确的判断是难以实现且不可

快速复制的，人工智能算法在供应链网络规划中可以进行动态规划，通过成本及服务水平的变化模拟网络规划，协助管理者做出相应的决策。

（4）仓内作业管理智能化。人工智能可以协助仓库管理者进行仓库拣选路径规划、订单波次策略选择等。在仓配交接环节，AI 还可以协助识别直发线路和配送资源计划管理。在订单波次规划时，AI 可以根据仓库资源及现场业务特点进行智能波次规划，以提升拣选效率。同时，AI 还可以通过仓内自动化设备（如 AGV 等）的调度助力仓内作业提升效率。

（5）物流配送智能化。人工智能技术在配送路径规划及装箱规划等环节有着广泛的应用。相比于人工进行订单排线及路径规划，应用人工智能技术进行排线及路径规划具备效率更高，更加准确且配送成本更优的特点。同时，在干线运输及海运集装箱运输中，可应用运筹优化及启发式算法对装箱过程进行优化，以提高运输装载率，以降低运输成本。

（6）风险控制智能化。供应链运营过程中，会遇到如自然灾害、社会事件、供应商事件等突发事件，如何提前识别突发事件及对事件引起的风险进行评估分析以及最终快速响应输出预案是供应链风险控制的痛点。人工智能算法如知识图谱、自然语言处理（NLP）等技术可用来持续抓取和识别供应链运营过程中的风险事件并进行解析，从而端到端的分析风险事件的影响及输出风险应对预案，从而更智能化的对风险进行控制。

4.供应链+人工智能的现存难题：当前人工智能在供应链领

域的应用和发展虽然已经取得了很大的进展,但在面临复杂问题处理和高度抽象的逻辑处理时仍然存在很多问题,例如: (1) **多环节协同不足**: 当前智慧供应链系统受到现实条件的约束,使供应链上的各个环节只能进行相对独立的优化,无法形成完整的闭环优化系统; (2) **复杂的不确定性处理**: 在供应链系统端到端的运行过程中面临着众多的不确定性,很多情况的出现无法预先判断,这就影响了人工智能在供应链中的应用效率,供应链系统的优化存在瓶颈,模型复杂度的提高和基础数据的质量是未来供应链智能化的关键; (3) **时效性与预测性**: 现实世界在不断变化,相关的模型需要适应现实世界的发展,模型的时效性与预测性需要进一步加强。由于部分信息的采集与处理未能形成高效的解决方案,使得部分人工智能模型的快速训练与验证存在效率问题,总是比实际情况“慢半拍”; (4) **数据源难打通**: 不同用户对数据的敏感性不同,导致全链条数据难以打通,使得人工智能模型的应用受到局限。人工智能巨大潜力的发挥,需要扩大基础信息的采集面。

5.供应链+人工智能前沿进展: 学术界与产业界正在积极探索应用人工智能技术对供应链从端到端进行整体优化,打通各个环节间的信息壁垒,实现基于全流程信息的协同智能决策。例如,香港大学的申作军教授团队与京东合作提出了“端到端供应链优化框架”,该框架使用深度学习技术,直接从输入数据到输出库存补充决策,而无需预先假设未来需求和供应商提前期。与传统的两步“预测-优化(PTO)”解决方案相比,应用整体的端到端

优化算法使京东的平均持有成本下降 26.1%，平均缺货成本下降 51.7%，总成本下降 40.4%，平均周转率下降 8.8%，缺货率下降 34.6%。基于人工智能技术的端到端供应链优化框架缩短了传统决策流程，并提供了一个自动化库存管理解决方案，具有推广应用的价值，为供应链与人工智能结合的前沿发展指明了方向。

（二）供应链+数字孪生技术

1. 数字孪生技术概述

全球化的供应链运作链条长、协同组织多、参与要素杂、不确定因素多，形成了复杂巨系统。数字孪生技术是一种采用模型和数据等对现实世界实体或系统的数字表示和仿真方法。供应链数字孪生在对物理供应链数字表示的基础上，通过对物理模型、海量数据以及业务信息的感知和动态组合进行采集，获取供应链全链条上的企业、产品、仓储、物流以及其他第三方信息，建立供应链各种对象之间的动态关联，与物理供应链构成供应链数字孪生系统，实现数据在物理场景和虚拟空间模型互传，最终实现对物理供应链的监控、优化、预测和控制。

2. 供应链+数字孪生技术的应用价值

供应链数字孪生技术通过融合工业产品制造领域采购、生产、销售、物流、资金流等环节中的信息感知、汇集，以及从供应链相关环境中获得海量气象、路况等公共信息数据，实现当前供应链网络的可视化，监控和分析当前供应链网络的运营状况，提升需求和供给匹配预测、生产过程能力模拟、库存管控和优化等能力，识别潜在的供应网络风险、发现问题和优化建议，并且

基于新的业务流程和历史数据推荐和验证可能的供应网络设计方案。

随着人工智能、云计算、大数据、传感器、5G 和区块链等技术飞速发展，供应链数字孪生能获取越来越多物理世界的状态，进一步提升了对物理供应链的感知能力，为大规模、高精度、快速敏捷地开展供应链数字孪生工作提供了基础。供应链数字孪生进行高度复杂地分析和预测，并将决策低时延地反馈给物理供应链进行调优，减少物理供应链的管理难度，提高管理效率。同时，物理供应链又将经验固化，形成知识图谱或机理，反馈给供应链数字孪生体进行调优。数字孪生技术以其对高度复杂的系统处理的巨大优势，逐步实现物理供应链显性化和透明化，成为引领推动供应链数字创新升级的关键举措。

3. 供应链+数字孪生技术的应用领域

供应链数字孪生的应用领域覆盖工业产品生产、供需协同和供应链过程管理等各个方面，涉及运输资源、仓储资源、计划及订单等诸多体系。

(1) 生产过程的数字孪生技术

数字孪生在工厂生产线、装配线等场景中，帮助公司收集数据，结合各种参数对获取的数据进行分析，提供 3 维可视化界面，让用户深入直观了解相互依赖的设备，了解部件、流程和系统的运作情况，并积极采取预防性措施和预测性措施，以免对产品、流程和系统造成任何损害，进而有助于缩短停运时间，因而提高整体效率。适用于资产/产品制造流程的整个价值链中。

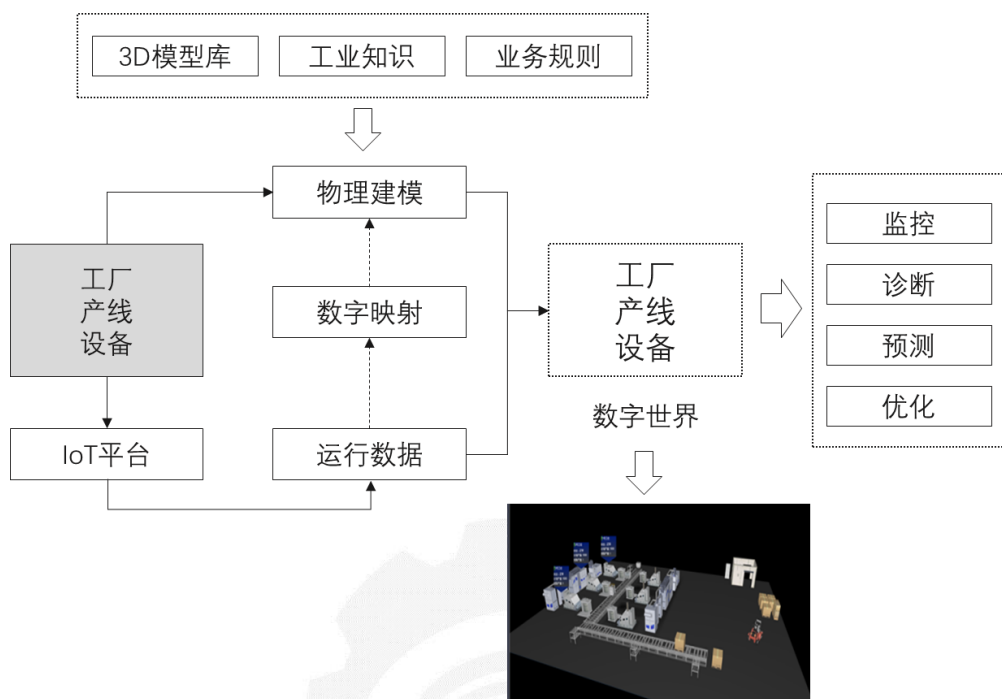


图 1 生产过程数字孪生

例如，数字孪生技术在仓库空间数据和设施数据基础上，构建仓库立体虚拟模型，根据仓库存储实体大小、数量以及存储特性等数据，为构建最优仓储规划布局提供数据支撑。在仓库运行期间，通过各种物联网技术获取监控仓库货品流转运营数据，实时上传数据到虚拟模型，实现模型仿真迭代，模拟仓库运行状态，通过分析向管理人员提供持续优化仓库存货量、补货策略、出入库流程等方面的数据。

（2）供需对象的数字孪生技术

供需对象包括工业企业及工业企业需求及其对外提供的产品、技术和服务。需求方基于数字模型提出需求，供方可以按照数字模型化的需求，选择和制定更好的解决方案，并提供基于数

字模型的解决方案。需求方接收到方案之后，可以将模型与自身应用环境的数字模型进行融合，从而开展相应体系建设。

供需对象的数字模型的精度和深度将根据供需双方共同确定。高精度和高深度模型有利于供需双方更好了解产品、技术和服务的协同效率。对于产业链而言，产业链上下游建议采用同一标准。

（3）供应链过程的数字孪生技术

供应链过程的数字孪生应用包括对供应链中的物流、资金流和信息流进行建模，并形成与企业 and 人员之间的相互关系。通过数字孪生技术来模拟产品全生命周期轨迹运行虚拟模型，提高整个供应链可视化管理，从产品设计、采购、生产、运输、储存以及分销等环节实现更加全面、更低成本、更安全的产品全生命周期的供应和管理。我国早在 2010 年就发布了《GBT 25103 供应链管理业务参考模型》，提出了供应链领域的基本过程单元，覆盖了计划与执行两个重要过程，可以作为供应链数字孪生的参考模型。

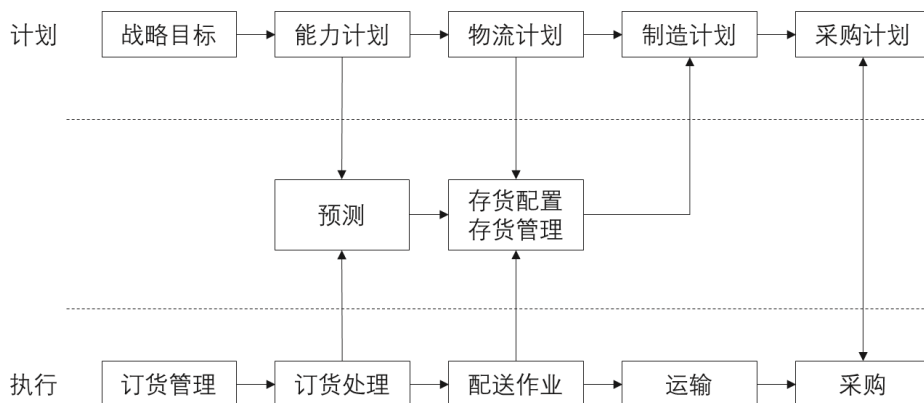


图 2 供应链管理业务参考模型

当前供应链领域的标准体系尚不完善，细分领域尚无统一标准。在此背景下，部分国家标准、地方标准可以作为参考标准，如内蒙古自治区市场监督管理局发布的《DB15/T 1607.1-2019 基于物联网的煤炭物流信息应用技术规范》，山西省市场监督管理局发布的《DB14/T 2129-2020 物流园区公共仓储运营规范》和天津市市场和质量管理委员会发布的《DB12/T 716-2016 物流企业诚信评价规范》等。

4. 供应链+数字孪生技术的现存难题

目前，数字孪生技术应用还面临着一系列的挑战。其一供应链数字孪生技术尚不成熟，只有部分过程数字孪生技术发挥了实用价值，尚不成体系的数字孪生技术导致无法在更大范围、更深层级对供应链进行更高效地精准管控；其二是数字孪生技术应用成本高，需要弥补历史供应链数字信息缺乏的不足，在体系梳理、供应链建模、分析和优化方面投入大量研究与实施成本。

（三）供应链+标识解析技术

1. 标识解析体系技术概述

工业互联网标识解析总体框架包括：根节点、国家顶级节点、二级标识解析节点、企业标识解析系统、公共递归解析节点和标识解析客户端。工业互联网标识解析体系是工业互联网网络体系的重要组成部分，是支撑工业互联网互联互通的神经枢纽，主要包括以下三个部分：

（1）标识编码，能够唯一识别机器、产品等物理资源和算法、工序、标识数据等虚拟资源的身份符号；

（2）标识解析系统，能够根据标识编码查询目标对象网络位置或者相关信息的系统，对机器和物品进行唯一性的定位和信息查询，是实现全球供应链系统和企业生产系统的精准对接、产品全生命周期管理和智能化服务的前提和基础；

（3）标识数据服务，能够借助标识编码资源和标识解析系统开展工业标识数据管理和跨企业、跨行业、跨地区、跨国家的数据共享共用。

通过使用标识编码，可以唯一地识别机器、产品等物理资源和数据、算法等虚拟资源的具体身份；通过标识解析系统，能够根据标识编码查询目标对象的网络位置或者产品相关信息，实现对机器和物品进行唯一性的定位和信息查询，统一的标识体系是解决数据共享共用问题的关键路径。

2.供应链+标识解析技术的应用价值

传统供应链管理的优点是可以获得信息化的订货、验货、库存、销售和服务信息，通过信息的局部流通消除不必要的仓储、物流等操作，使供应链资源能更好得被有效利用，最终及时反应和交付客户的需求。但传统供应链本身也存在着不少问题：（1）传统供应链环节多、传递链条较长，低效运作模式会导致终端需求产生大幅波动；（2）当前很多企业内部信息化的程度较低，不同行业中企业之间的供应链协同水平较低；（3）同一个行业的供应链上下游企业数据不能进行互通，缺乏协同可行性。由于受限于资金、人才和技术等方面的问题，各个企业通过自身的能力和不同的诉求无法很好的解决上述问题。

近两年在工业互联网产业联盟相关政策和标准的指导下，标识解析相关的技术、产品和平台得到快速发展和推广，逐渐构建出行业性和全国性具备统一标准的标识解析平台，从而为建设行业级或国家级的供应链协同平台提供了良好的基础手段。工业互联网标识解析体系是工业互联网网络架构的重要组成部分，是促进实体经济与数字经济融合发展的黏合剂，是支撑工业互联网互联互通的核心，是工业互联网整个体系中最重要基础底座。在对产业链上各个环节和部件进行数字化改造的基础之上，通过对产业链上下游企业中所有生产要素进行统一全局的标识和各种相关数据进行管理，可以完成工业互联网的统一管理和智能管控，从而达到逐步实现提升产业效率、降低产业成本、增加产业竞争力的目的。

3.供应链+标识解析技术的应用领域

标识解析技术作为工业互联网的基础设施，在供应链中有着极强的活力，是打破企业内外部信息孤岛问题的有力工具，其在供应链领域的主要应用为：

（1）**智能化制造**。标识解析技术结合工业大数据建模与分析、人工智能、区块链等新技术，形成基于产品追溯数据分析挖掘所产生的系统性智能，实现产品使用信息与产品制造信息共享，促进智能化制造，使工厂内的设计、制造、库存、采购等数据一体化；

（2）**网络化协同**。通过工厂内网络与工厂外网络的充分结合，企业内私有标识系统与公共标识解析系统的互联互通，促进

工业产品数据的充分流动与信息共享，实现企业间网络化协同，有效提升供应链竞争能力；

（3）服务化延伸。标识解析体系使物联网感知系统、定位系统、工业信息系统全面结合，实现工业产品数据的全方位感知、采集、关联和处理，形成防伪溯源、产品追踪、产品售后服务等丰富的应用形式，实现产品的全生命周期管理；

（4）规模化定制。标识解析体系的规模化定制应用场景非常广泛，建筑家装、服装纺织、医疗卫生、电子信息等各行业领域都有或多或少的使用案例，体系发展成熟后可拓展形成各个领域满足个性化需求、又低成本生产的大规模定制方案，为各行各业提供更多更高价值的服务。

在协同制造的供应链系统中应用标识解析体系，可以实现“一物一码”、“一机一码”和“一服务一码”等多种建立在标识解析系统基础之上的统一标准化信息结构，为企业内部、产业链内部不同企业、产业链与产业链的企业之间建立可以高效协同的数字化供应链提供了基础。对于内部，这样可以实现产品从原料到生产包装的整体质量追溯；而对于外部，可以实现整个分销渠道的高质量管理，能够进行防串货、防伪查询等一系列管理动作。利用标识解析技术，结合工业互联网平台、智能制造和产业金融等方式，能够对供应链管理进行重组优化，确保及时响应客户需求，提高内部运营的效率。结合安全技术，基于标识解析的供应链协同平台在提升信息共享程度的同时又可以有效地保护企业内部的敏感信息，使得企业不必担心敏感信息泄露，从

而提高供应链上下游之间的信任。具体的应用有：

1) **智能售后维护**。通过工业互联网标识，一物一码，实现以产品为中心的数字化售后服务管理，帮助企业提升售后效率，降低服务成本，创造更大的价值。

2) **产品生命周期管理**。以二维码为载体标识产品，与标识解析、产品管理应用结合，跨企业汇集产品使用过程中全生命周期的工业数据，实现产品全生命周期规范管理。

3) **产品过程质量管理**。二维码标识工业零部件，实现快速、准确追溯工业品及各组成部件的采购、加工、组装等信息，全流程管控产品质量。

4.供应链+标识解析技术的现存难题

目前标识解析体系的发展还面临诸多问题和挑战，只有有序解决这些问题，标识解析才能逐步获得快速和规模化应用，具体问题如下：

(1) 标识解析标准化缺乏，系统互联对接代价大

从标准完善的角度，标识体系标准还有很多地方需要完善，同时建设项目少，商用规模不足；另外标识体系编码标准众多，例如 handle/Ecode/OID/GS1，不同企业采用的体系可能不同，标识解析体系需要横向兼容不同体系并形成有效纳管。

(2) 数据共享和互通困难重重，标识解析的商业价值无法有效发挥

企业间数据链的打通和共享是发挥工业互联网价值的重要基础，如果数据无法共享和打通，标识解析带来的商业价值会仅

限于企业内部，无法完成企业间网络化协同、服务化延伸和个性化定制的收益。具体数据共享和互通存在的挑战如下：A、数据确权和保护难度高，立法体系不完善；B、缺乏数据统一规范，数据孤岛情况普遍存在；C、企业间信任关系薄弱，数据共享开放动力不足。

（3）产业链服务模式单一，缺乏与工业互联网配合的服务模式

随着工业互联网和标识解析等新业务的普及和实施，产业链上端到端的企业会增加大量关于标签信息加工、采集、标识信息应用于商品和基于标识的增值服务等新行业服务需求。目前传统制造业各产业链原有的服务模式比较单一，不存在与工业互联网和标识解析相匹配的相关服务模式，不利于标识解析业务的普及和开展。

（4）当前成功的标识解析应用缺乏，整个行业使用动力欠缺

一方面从产业链成熟和标识解析实施成本的角度，标识解析体系的设备生产商/使用商/第三方服务商数量都比较少，产业链不够完善和成熟，服务质量较低，所以目前实施标识解析体系的成本较高；另一方面从标识体系商业价值角度，实施企业需要了解工业互联网商业模式和商业价值的过程，需要花时间去认识标识解析体系的潜在价值，又由于短期内在标识体系落地过程中需要新增投入并且短期效益很难体现，结果导致企业落地标识解析的动力不足。

（四）供应链+区块链技术

1. 区块链技术概述

在工业互联网中，区块链是重要的基础设施。其分布式数据存储、点对点传输、共识机制、加密算法等技术特点，成为多学科交叉、多技术融合、多场景应用的新科学、新技术和新模式的基础。

2. 供应链+区块链技术的应用价值

区块链作为新一代的分布式去中心化网络架构，其核心是基于多方共识机制的分布式账本，通过密码学提供的端对端安全和交易的确定性，以及基于可编程智能合约的交易逻辑和价值转移的一体化。

■ **去中心化：**与 5G、IoT、边缘计算等技术一起，不但能够连接供应链上的业务实体，也能够连接供应链上流转的物和业务交易。

■ **去中介化：**能够不依赖于信任、以及信任和交易中介的情形下，直接产生确定性的对等交易行为，最大化消除了贸易摩擦，提高供应链效率和降低成本。

■ **社区化：**基于共识机制的多方计算区块链，能适应于各类不同形态的供应链生态和平台模式。

■ **可信和防篡改：**为供应链各方参与者，甚至设备和物类资产，进行自动化的交互和交易提供信任和安全基础。

■ **透明化和隐私：**多方共享的账本提供逻辑单一的数据源，有利于集成、协作，并且能够照顾到隐私。

■ **可追溯和可审计：**区块链内置的可追溯和可审计，满足监管和合规性的要求。

■ **所有权证明和价值转移：**区块链的本质是对数字资产的所有权证明。数字资产的所有权转移和价值转移能够整合在一起。

■ **可编程性：**智能合约具有可编程性，以实现灵活的治理机制、业务规则和灵活的业务交互，并保持系统的扩展和可升级性。

3. 供应链+区块链技术的应用领域

(1) 采购

供应链中的采购环节，目前大致形成以下集中模式：大型企业集团、第三方平台、行业平台、核心龙头企业平台、政府采购平台等模式，要么是分离独立的社区，要么可能形成垄断或者竞争性排他的效应，难以实现协同效应。

新形态的数字供应链网络，所有的供求关系形成分布链接的网络结构。每个节点都可能既是供应商又是采购商。区块链的对等链接完全契合这种形态，并且将采购和销售完全集成在一起，并且可以适配各种供应链生态，比如行业、大型企业、龙头企业、园区甚至完全竞争性电子商务。

典型的场景可能有：

1) 基于智能合约的招投标或拍卖；

2) 供应商管理；

3) 信用管理：区块链能够为整个供应链网络提供一个多方信任的信用基础，可通过智能合约或者数字令牌的方式基于上一项的数据基础和交易历史来实现。在此基础上，各供应链生态也

可以有自身的评价模型。

4) 评标与专家管理：项目中的各要素、各环节由智能合约自动控制减少人为干预，从而实现最大化的公平评审。

(2) 库存、仓库管理和物流运输

区块链在库存和仓库管理环节的应用，可以促进库存的一体化和透明度，以及库存和物流环节的交易协同一体化，大大增进供应链的运行效率。

1) 云仓

基于区块链的数字云仓，可以实现不同的实体仓库之间的互操作性，并在此基础上构建各种虚拟库和云仓。这些仓库所有权和运营权可以属于不同的实体，但都属于可互操作的区块链节点。智能合约驱动的仓库管理订单，能够在不同的实体之间直接产生可信交易，从而实现跨实体、跨供应链的协同，实现资产的最大化利用和业务的最大化效率。

2) 联储与共享

在云仓基础上，基于需求共享和资源共享原则，供需双方可以实现不同层面的联储和库存共享。比如，基于 AI 的预测性维护，可以将实际共享库存、产能预定、物流能力和服务履约能力纳入模型，从而实现灵活的数字供应能力。

3) 物流与运输管理

基于智能合约供应链订单驱动的物流和运输环节，在区块链上实现直接的互操作性。这种互操作性可以接入第三方或者服务方自身的信息系统从而实现业务操作，并且实现全程的业务可视

性。

（3）溯源与标识

产品的跟踪溯源是区块链赋能供应链最基础和明显的特征和应用场景。在区块链系统中，物（产品、服务、设备）等都能赋予基于密码学的身份标识，从而实现自主和自解析的，或者基于代理的数字身份，在整个系统和整个生命周期内都能够实现唯一的标识和实现不可篡改和不可抵赖的交易行为和数据轨迹。分布式身份 ID 可以可集中化的工业互联网标识体系相绑定，实现在复杂和混合模式的标识解析，识别和跟踪。比如纸贵科技的区块链工业互联网标识解析系统的应用。

（4）供应链金融

区块链的可信交易机制，结合工业物联网底层的标识和安全机制，能够为供应链金融提供技术性的增信行为或者安全机制，甚至实现创新性的供应链金融模式。比如，上述联储模式中，可以引入保险、租赁和仓单预授信等模式。安全监管和所有权证明及存在性证明，以及协同云仓的模式、能够为基于仓单的保理等供应链模式、提供更好的运营基础。

（5）平台与协同

因为是多方计算，区块链天生是一个社区型或者生态型的网络架构。在其上实现不同模式的平台，取决于选择的部署模式、共识机制、分权模式（分权是去中心化的逻辑含义）和治理规则。区块链支持的数字供应网络，可以在其上构建基于大型企业集团、行业、基于区域或者园区协同的供应链平台。如睿蜂群科技

的“星云架构”工业互联网框架，就能够适配不同的部署和应用模式，其“睿链库”物资共享平台已经在电力行业以及某些集团内部得到应用和推广。

（五）供应链+5G 技术

1. 供应链+5G 技术概述

随着传统供应链向数字化、智能化转型，数据感知单元将会大量分布在采购、生产、物流、服务等供应链的各个重要环节，设备数量将会呈指数级增加，同时每个数据感知单元采集的数据量越来越大，数据采集的时间间隔越来越短，这就需要新型数据感知和数据传输系统来满足这些需求。5G 技术作为新一代无线网络技术，具备大带宽、低时延和海量联接的特点，结合人工智能、大数据等技术，可以为供应链带来突飞猛进的发展，当前已经在智能物流园区、自动驾驶、车路协同、物流追踪可视化、智能工厂、智能仓储等应用场景产生了众多创新，推动传统供应链转型升级。其中较为典型的应用主要体现在智能物流和协同制造领域。

2. 供应链+5G 技术的应用价值

（1）5G+智能物流的应用价值

5G+智能物流行业未来将是 5G+人工智能+智能终端的新业态，它能够对物联网收集的数据进行有效处理，用数据去优化整个物流系统的运行。这不仅有利于物流企业提高自身运转效率，还有效地节约了物流公司的人力成本。5G+云化 AGV 是其中典型的技术应用形态。

5G 云化 AGV 解决方案具有以下价值：

1) 5G+云化部署：借助 5G 广覆盖、高带宽、低时延的优势，可支撑大规模组网调度；边缘云 MEC 统一部署视觉导航，大幅降低单台 AGV 的配置成本和功耗；MEC 提供大数据、AI 平台和大算力的支持，为 AGV 提供了类似人类全脑的能力。5G 云化 AGV 不但增强了 AGV 智能化水平，同时降低了整体投入成本，提升了企业经济效益。

2) 多车有序协同：AGV 具备视觉 SLAM 即时定位与建图；局部和全局路径自主规划；运动目标视觉检测、识别和跟踪，具有主动避障、对向避让、同向超车功能。5G 云化 AGV 确保了多车有序协同运行，提升了整体生产效率。

3) 助力柔性生产：5G 云化 AGV 采用视觉导航技术，运行路线可随工艺和流程灵活调整，有效提高了生产的柔性。

4) 保障安全生产：5G 云化 AGV 具备自我保护机制，包括防撞保护、设置禁行区、设置声光告警提示；确保生产区人员与设备安全。

(2) 5G+协同制造的应用价值

5G 赋能行业实现协同制造、敏捷制造及智能运维解决方案，具有如下重要价值：

1) 5G+MEC 替代传统工业 WiFi 和工业以太网；充分运用 5G 的增强移动宽带、海量机器类通信和超可靠低时延通信三大特性，结合 MEC 平台的分流功能，实现企业生产和管理数据的本地分流，保障了企业数据的低时延和安全私密性和可靠性。

2) 采用连接+数采的设备连接方案, 实现工厂设备的全连接和数据的采集。利用 5G 网关对终端协议进行适配, 实现设备连接; 利用 5G 网关对下端设备数据进行采集, 并封装由上级 PLC 进行主动或被动读取, 从而实现上端 PLC 与下端设备之间的数据交互。

3) 以平台为核心, 构建移动边缘计算平台, 集成基于 5G 的创新工业应用, 移动边缘计算平台主要以工业制造现场网络为目标, 基于 5G、物联网、云计算、大数据、人工智能等技术, 以协同制造全流程数字化为需求场景, 满足工业企业智能化升级的需求。

4) 基于 5G 的应用主要包括 5G+AR 的远程运维、云化 PLC 等应用, 基于 5G 创新应用满足协同制造、敏捷制造、智能远程运维建设。充分发挥 5G 网络高带宽、低时延、海量连接的作用, 与 MEC 相结合, 拉近端到系统、端到端的距离, 实现工厂内网改造, 助力智能制造高质量发展。

3.供应链+5G 技术的应用领域

(1) 5G+云化 AGV 的应用

以 5G+云化 AGV 为例, AGV (Automated Guided Vehicle, 自动导引运输车) 技术正被广泛应用于物流生产中。随着视觉定位技术的发展, 采用未标记场景的图像信息融合惯性测量单元传感器数据进行全局定位和地图构建的技术 (SLAM 或 VIO) 已经较为成熟, 这种方法能够使用较低成本的传感器实现 AGV 的定位与控制, 但其所需要的计算资源超出了一般低成本嵌入式计算

机所能提供的范围，需要相对高性能的计算机进行处理，因而无法真正有效地降低单台 AGV 的成本。随着 5G 和边缘计算技术的发展，机器人端到基站的延迟可以达到毫秒级，使得 5G 的网络边缘可以很好地支持 AGV 的实时应用。

5G 云化 AGV 系统由 AGV 本体、5G 网络、边缘云 AI、大数据平台及中心调度平台组成。AGV 本体作为底层无线执行器单元，只带有低成本图像传感器、惯性测量单元、执行机构和 5G 模组，主要负责上传图像和传感器信息以及控制速度、转向和安全避障等功能。顶层控制器单元部署在云端，实现对所有 AGV 的定位、导航、图像识别、环境感知、统一协同调度等功能。

5G 工业边缘云端的 AGV 中心调度平台可提供 API 接口和第三方生产系统对接，实现按生产任务实时进行 AGV 机器人的调度和路线规划，生产系统实时管理 AGV 机器人任务接收和分配，实时监控其状态。

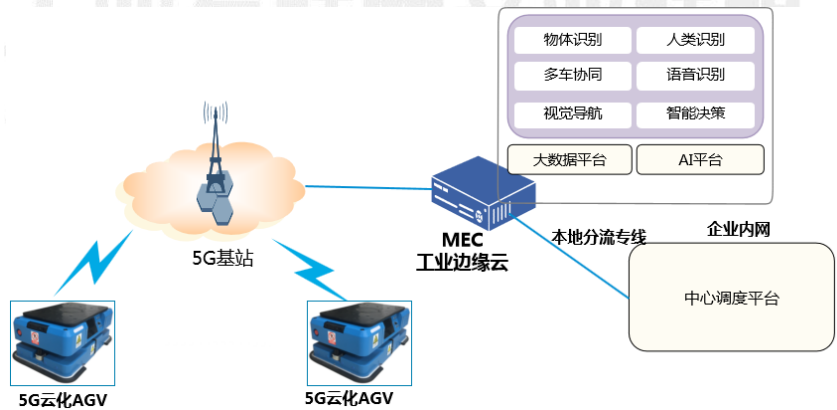


图 3 5G+云化 AGV 的应用

(2) 5G+协同制造的应用

5G+协同制造在多个行业具有重要的应用场景，典型应用以

汽车、纺织业和模具行业为例。

5G 赋能汽车行业实现智能化技术重塑汽车生产环节的材料检验、物料管理、零件加工、产品组装、产品校验、产品测试、自动物流、生产管理等环节。主要包括网络层的 5G+MEC 专网建设，连接层的连接+数据采集方案，平台层的移动边缘计算平台构建以及应用层的基于 5G 的创新应用，实现 5G 赋能汽车行业的协同制造、敏捷制造和智能运维，实现车间内 5G 改造，助力智能制造高质量发展。

纺织业 5G 协同制造实现在企业进行数字化改造，将工厂内的人、机、料、法、环所产生的数据采集起来，建立个数据中台，然后利用大数据、人工智能等技术自己开发出创新的应用，从而降本增效提质，实现生产工艺和业务流程优化，甚至重构工艺、生产、质量、物流、业务模式，然后就是企业无线化和移动性的需求；实现了全要素、全产业链、全价值链的良性互动，将极大地提高纺织产品的研发设计、生产制造、销售服务等各环节的工作效率，实现产业资源配置的最优化。

模具行业生产设备昂贵，生产过程成本是材料成本 2~3 倍，大量流动资金被生产过程占用，以缩短制造周期，提高设备稼动率为核心。目前设备点检、巡检、刀具管理还比较原始。通过 5G+AR 技术，对设备的运行、点检巡检进行作业指导，提供流程化服务。

（六）供应链+云计算技术

1. 云计算技术概述

云计算是一种基于网络的计算服务供给方式，它以跨越异构、动态流转的资源池为基础提供给客户可自治的服务，实现资源的按需分配、按量计费。云计算导致资源规模化、集中化，促进 IT 产业的进一步分工，让 IT 系统的建设和运维统一集中到云计算运营商处，普通用户都更加关注于自己的业务，从而提高了信息化建设的效率和弹性，促进社会和国家生产生活的集约化水平。云计算的相关技术特征如下：

（1）基于网络

云计算是从互联网演变而来，云计算本质通过网络将计算力进行集中，并且通过网络进行服务，如果没有网络，计算力集中规模、服务的种类和可获得性就会受到极大的限制，如集群计算虽然也是基于网络的计算模式，但是不能提供基于网络的服务，还不能称之为云计算。

（2）支持异构基础资源

云计算可以构建在不同的基础平台之上，即可以有效兼容各种不同种类的硬件和软件基础资源。硬件基础资源，主要包括网络环境下的三大类设备，即：计算（服务器）、存储（存储设备）和网络（交换机、路由器等设备）；软件基础资源，则包括单机操作系统、中间件、数据库等。从横向维度考虑，支持异构资源，意味着在同一时期内，可以采购不同厂商的软硬件。对云计算平台的构建者而言，这种形式更为灵活；而从纵向维度考虑，意味着云计算平台既可以兼容当下采购的新设备，也可以兼容以前的老设备，既可以兼容当前的新软件系统，也可以兼容以前遗留的

老软件系统。支持异构的基础资源这一特性，在有效利用老资源的同时，也保证了新老资源的平滑过渡。

（3）支持资源动态扩展

支持资源动态伸缩，实现基础资源的网络冗余，意味着添加、删除、修改云计算环境的任一资源节点，亦或任一资源节点异常宕机，都不会导致云环境中的各类业务的中断，也不会导致用户数据的丢失。这里的资源节点可以是计算节点、存储节点和网络节点。而资源动态流转，则意味着在云计算平台下实现资源调度机制，资源可以流转到需要的地方。如在系统业务整体升高情况下，可以启动闲置资源，纳入系统中，提高整个云平台的承载能力。而在整个系统业务负载低的情况下，则可以将业务集中起来，而将其他闲置的资源转入节能模式，从而在提高部分资源利用率的情况下，达到其他资源绿色、低碳的应用效果。

（4）支持异构多业务体系

在云计算中可以同时运行多个不同类型的业务。异构，表示该业务不是同一的，不是已有的或事先定义好的，而应该是用户可以自己创建并定义的服务。这也是云计算与网格计算的一个重要差异。

（5）支持海量信息处理

云计算在底层需要面对各类众多的基础软硬件资源；在上层，需要能够同时支持各类众多的异构的业务；而具体到某一业务，往往也需要面对大量的用户。由此，云计算必然需要面对海量信息交互，需要高效、稳定的海量数据通信/存储系统作支撑。

2.供应链+云计算技术的应用价值

随着云计算的发展应用，逐渐从一个提供计算、存储、网络、安全等基础资源平台演变为大数据、数据库、人工智能、区块链等新兴技术的能力汇聚平台，为供应链的数据流转、安全共享、价值挖掘、智能决策、及应用模式的创新提供了强大的能力供给和平台支撑。

物联网和边缘计算等技术的成熟，使得供应链采集到的数据类型越来越全，数据量也越来越多，这些信息会在靠近设备端的边缘侧进行清洗、转换和特征抽取等数据处理，但如果要达到辅助决策的目的，就需要对整个供应链运营所涉及的大量设备数据发送到云端，进行整合、共享、关联、挖掘等，并进行迭代式的数据模型训练，云计算高质量、低成本、弹性供给等优势，非常适合这些场景的应用，为供应链在海量数据分析、辅助决策、模式创新等方面提供了强大的平台和资源支撑。如在供应链金融方面，采用云计算可以加速从历史交易金额、货款应收应付的逾期情况等金融数据中提炼特征并构建金融模型，从而为供应链金融的风险控制和供应链优化等分析需求构建价值模型。在供应链协同方面，通过云计算和大数据分析设备端大量运行操作数据能够帮助供应链上下游企业以全局的视角构建供应链优化模型，优化企业在供应链中的原料配置、产能安排以及交付日程等重要生产活动。

利用云计算来对供应链进行数字化变革，已是大势所趋。今天的企业在建设供应链时，应该转变思路，积极通过云计算的创

新技术，整合、挖掘和分析全局的供应链数据，实现多方信息及资源共享，及时做出正确决策并执行，解决供应链管理遇到的难题，提高供应链管理效率，实现供应链价值重塑。同时，由于云计算汇集的数据中包含了供应链所涉及的各参与主体的信息，需要综合采用区块链、云安全、可信计算等技术以保障供应链数据在云计算环境下安全可信的共享、流转、和使用，才能更充分的发挥云计算在供应链变革中的价值。

3.供应链+云计算技术的应用领域

云计算的迅速发展和规模应用，使得越来越多的企业选择应用云计算技术来进行自己供应链的变革。云计算是对基于网络的、可配置的共享资源进行按需使用的一种模式，这些资源包括服务器、存储、应用、及服务，并以最小化的粒度进行弹性管理，以服务化的方式进行资源供给，为供应链的数字化提供了坚实的基础。综合来看，云计算技术为供应链带来以下价值。

（1）云计算改变了传统供应链的商业模式

近年来，云计算技术的迅速发展，促进了软件的云化部署及 SaaS 服务，相较于本地化部署，SaaS 为企业提供了灵活的使用方式及收费模式，作为一种云化服务的方案，企业不用在 IT 部门增加投入，无需再配备网络基础设置及软、硬件运作平台，前期投资少，部署速度快，实施周期短。基于云计算的供应链系统可随时按照企业的需求提供服务，即租即用，其在成本、系统实施、客户服务、沟通协作等方面有着天然的优势，促使供应链软件供应商向云计算服务转型，纷纷推出了供应链云解决方案，以

应对供应链管理生命周期的每个环节，从采购、物流到财务管理等，提高管理效率，降低管理成本。

（2）云计算促进了供应链的互联互通和协同共享

大部分供应链覆盖范围广，涉及主体多，信息不能实现共享，是企业供应链管理中常遇到的问题。而实现信息共享及部门协同是云计算的一大特点。基于云的供应链管理系统，让企业各部门、多个企业之间共享一个系统资源，进行同平台协同工作，打通供应链的各个环节，增加流程的透明度，能根据系统中的信息，更快地作出决策和执行，及时把握住供应链中出现的商业机会，为整个企业的转型升级提供一个有力的支撑。

1）纵向协同

纵向协同是指企业通过工业互联网平台 ERP 连接平台与供应商、经销商/客户的 ERP 系统打通，在平台上企业与供应商、经销商/客户形成去中心化、网络化的协作关系，在云平台进行互

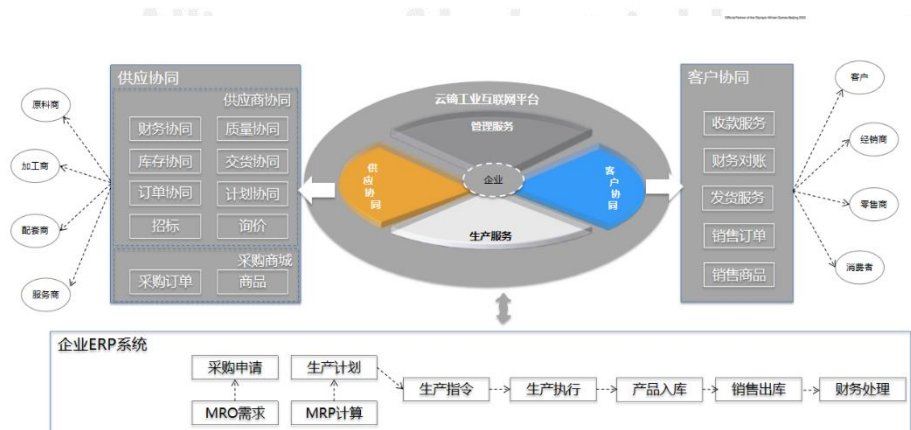


图 4 纵向协同

2）横向协同

横向协同，是企业与供应商、加工商在工业互联网平台互联互通。企业连接自身的 ERP 后，将采购需求产生的询价、订单、仓存、对账等信息与供应商共享，供应商及时进行业务响应协作。同时供应商与 ERP 连接后，在平台上将订单的处理进度共享给需求方，实现：

- 在线询价报价
- 采购订单共享及签收
- 供应商订单处理状态及跟踪
- 库存信息共享
- 对账信息共享
- 供应商准入与管理

工业互联网平台的跨企业的共享，能够实现供应与生产的高度配合，提高企业与供应商的作业效率。通过供应商与企业建立伙伴关系，针对生产和市场的变化，敏捷应对、随需而动，构建企业具有竞争力的供应链体系，实现产业链的共赢、共生。

Alliance of Industrial Internet

五、“工业互联网+供应链”模式的创新应用场景

（一）实时生产设备数据监控，全生产过程资源配置优化

生产设备是企业的重要资产，高效利用生产设备是企业提升竞争力的重要举措之一，对生产设备进行实时数据监控、实现全生产过程资源配置优化是提高生产设备利用率、促进供应链高效协同执行的关键手段。

生产设备数据监控包括：对车间设备的全方位管理、对设备信息的查看和大屏展示；对设备的设备状态，生产运行数据进行收集，并进行统计分析输出数据看板，帮助提高设备效益和辅助决策；对设备运行状态，工艺参数进行实时监控，对异常情况进行报警通知，降低设备的损耗；对故障设备进行报警管理，维修管理和配件管理，甚至进行预测性维护。

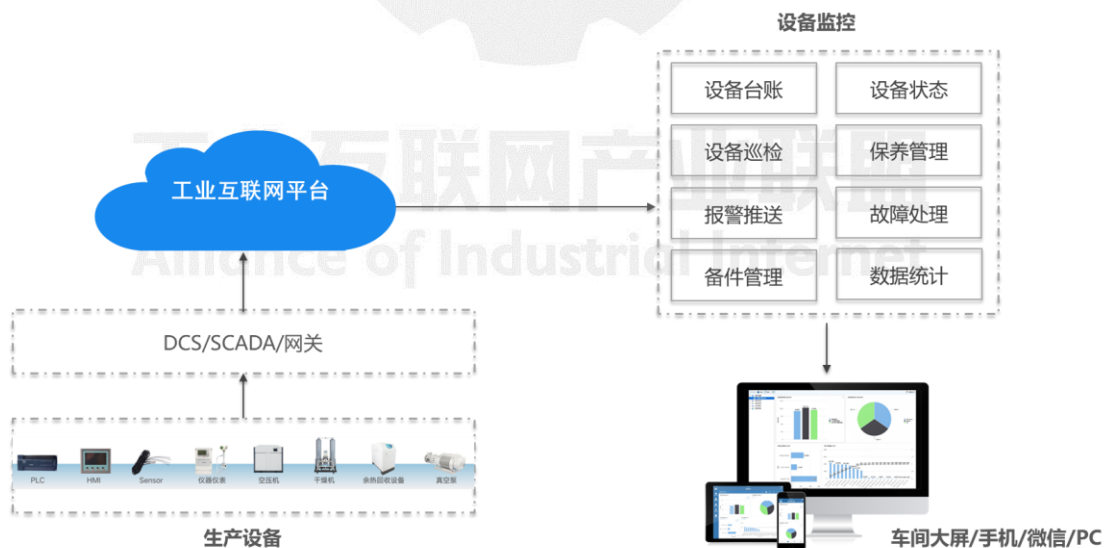


图 5 生产设备实时监控

当前生产设备实时监控面临的主要痛点有：一是设备种类繁多，每个设备都具有各自不同的工业协议，极大增加了设备的联

网难度；二是采用人工采集数据的方式，采集效率低下，人力成本高昂，手工录入的数据错误率高，很难保持数据的一致性；三是预警机制落后，基本靠人工巡查或设备故障后被动报修，对设备出现的故障难以监控，无法及时推送给相关人员，造成设备大量损耗；四是缺乏对产线的监控，设备的实际运行情况、工艺指标处于黑盒状态，不利于管理设备的运行和对工艺的管理和优化；五是缺乏数据支持，无法统计设备绩效，设备稼动率、故障率、产量、运行时长、良品率等关键指标缺乏统计。

基于工业互联网的基础，采用人工智能技术，AI 监控技术，以及云端计算技术对各种工业生产设备进行实时高效采集和云端汇聚，可以实时生产设备数据监控。同时，可以对供应链上游的整个生产过程及其相关设备的各项数据进行监控，并对数据进行精密的计算以及管理。通过各类通信手段接入不同设备、系统和产品，采集大范围、深层次的工业生产设备数据，以及异构数据的协议转换与边缘处理，构建工业互联网平台的数据基础。

根据工业互联网平台的基础数据，包括投入数量、结构、方式，产出数量、质量、形式、效率等，采用数字孪生的技术，对供应链上游的整个生产过程进行反复的模拟和计算得出最合理的资源配置，实现全生产过程资源配置的优化，实现降本增效，促进企业、甚至供应链的进一步发展。

场景一：智能供应链可视化场景

中商碳素研究院打造的产业链多方可托管可视化智能仓储供应链平台，通过监控收集生产设备实时数据，通过数据模型汇

集分析，能够最为直观的了解生产情况。①生产计划的制定与执行，生产设备数据与运行监控，帮助更合理的制定生产计划，同时直观的看到工作计划的执行情况；②生产计划与销售计划结合，设备数据的实时监控，有助于生产计划及时针对销售进行调整，避免生产执行最后只产生库存不符合市场需求；③生产计划与销售计划共同影响采购计划，主要是原材料、备品备件的采购，通过“智能仓储平台”满足生产与销售的及时需求，减少时间和空间对于生产、销售的负面影响；④生产设备数据的实时监控是基础，“智能仓储平台”是优化资源配置的保障。

场景二：关键生产测试设备智联场景

生产设备种类多，通讯协议多，比如需要支持 OPC 相关协议的设备与 OPC 相连，支持 COM 开放协议的与串口或网口交换机相连等，一般面向工业设备的数据采集有以下三种方案，第一种在设备联网时直接采集，第二种通过工业网关进行采集，第三种通过 I/O 信号进行采集。

中兴通讯一直致力于将生产设备互联互通，并与系统集成，实时监控生产设备状态，并进行积极调整，提高设备利用率。在电路板生产过程中，SMT 线体是贵重的生产设备，经过多年的持续技术攻关，已经实现了生产设备的互联互通，生产现场除了必要的技术人员，已经实现了人机分离，不但提高了设备利用率，还降低了现场人员配置。在仪器仪表是贵重的产品测试过程中的生产设备，经过多年的持续技术攻关，已经实现了生产仪器仪表的云化，生产现场实现了云测试，设备利用率大幅提高，设备投

资大幅降低。

场景三：订单智能协同自动化场景

华为灵蜂自动化物流中心是全球供应网络的订单履行节点之一，通过自适应计划、主动订单管理和高效自动化物流等专业能力建设，构建自动化、自愈、自优和自适应的极简供应模式，面向客户敏捷供应。灵蜂物流中心内部在 CPS 空间打造映射物理空间的虚拟仓库、数字工厂，推动物理实体与数字虚拟之间数据双向动态交互，根据 CPS 空间的变化及时调整物流工艺 BOP、优化生产参数，提高现场效能。

（1）厂内协同作业、动态调整：通过设备接入、算法模型及波次协同，构建装备在线管理保障稳定运作，订单履行全流程作业实时监控能力，实现收、存、拣、理、发自动协同作业、人、机、仓、货、车资源最优配置及动态调整。

（2）厂外自动补货、车货协同：通过拉式计划排产驱动资源自动补货，在线协同；在线送货/提货预约，根据需求/产出有序送货/提货，实现下线即发，高效衔接。

以上基于工业互联网的供应链创新模式与应用场景案例，给制造业设备监控提供了有益的探索，创新已经从车间拓展到工厂、企业、供应链，除了可以实时生产设备数据监控，供应链上下游合作伙伴还能通过工业互联创新模式协同管理实现全生产过程资源配置优化。

（二）高效协同产业链上下游，驱动全供应链数字化转型

长久以来，产业链上下游在采购、生产、仓储、溯源、电商

等方面存在较多痛点，如：在采购环节，信息化水平不高、寻源下单效率低且议价能力低；在生产环节，上下游企业间业务信息和数据缺乏共享，信息系统孤立隔绝，协同水平低下；在仓储运输环节，装卸、运输效率低，信息传递速度慢，运输需求与运力资源不匹配，运营成本高；在可信溯源环节，存在的采集数据可信度不高等问题；在产业电商环节，整体信息化水平不高，不能精准识别目标用户。因此，全行业对于构建完整的供应链及其连接关系、协同产业链上下游的需求十分强烈。而现代流通经济建设是一个全局性、系统性的工程，需考量产业链上下游关系要求的紧密性和综合性成本，包含需求采购、生产协同、仓储物流、可信溯源、产业电商等多个环节。以现代供应链为切入，通过信息系统可实现全程智能化管理，整合优化外包模式和资源布局，综合供应成本、供应柔性、全流程周期和 EMS 能力等因素，贯穿产业链上下游，深入到生产链的各个环节，提供全链路、一体化的供应链服务，达成生产路径最优，持续帮助企业降本增效。基于大数据、物联网、5G、人工智能、区块链等新一代信息技术手段，通过业务数据化、操作规范化，实现高质量的信息共享和各类物流资源的高效配置，并实现产业上下游之间的高效协同；通过补全供应链环节、聚集群式发展的方式，持续升级数字化技术与产品，驱动全供应链数字化转型升级，推动经济社会高质量发展。

场景一：需求及采购管理场景

在需求及采购管理场景中，工业互联网平台利用边缘计算和

5G 网络相结合的方式，弥合供应链中的生产者和消费者之间的分离，对客户的需求进行识别并确保主生产计划反映客户需求，帮助生产者改进产品和更好的进行需求管理，从而打通企业下游管理；利用数据分析能力、AI 以及协作网络、物联网技术等，实现供应链采购管理的高效协作与自动化，可预测战略寻源，前瞻性供应商管理，以及自动化采购执行，进一步打通企业上游管理。

北京联通基于其供应链协同解决四类问题，实现企业需求及采购管理数字化：一是实时高效协同周期长订单、计划、送货、账务等，让供应商可以及时响应，缩短交付时间；二是解决了信息传递不及时、错误率高等问题，减少原材料、半成品等常备的安全库存，降低企业维护成本；三是提高协同效率，打破信息孤岛，改变传统的沟通交流方式，直接在系统内进行订单管理；四是提高沟通效率，遇到企业间计划变更、综合成本高订单等问题时，加快相关业务部门响应，缩短交付时间和物料高库存时间，控制产品质量，降低维护成本。

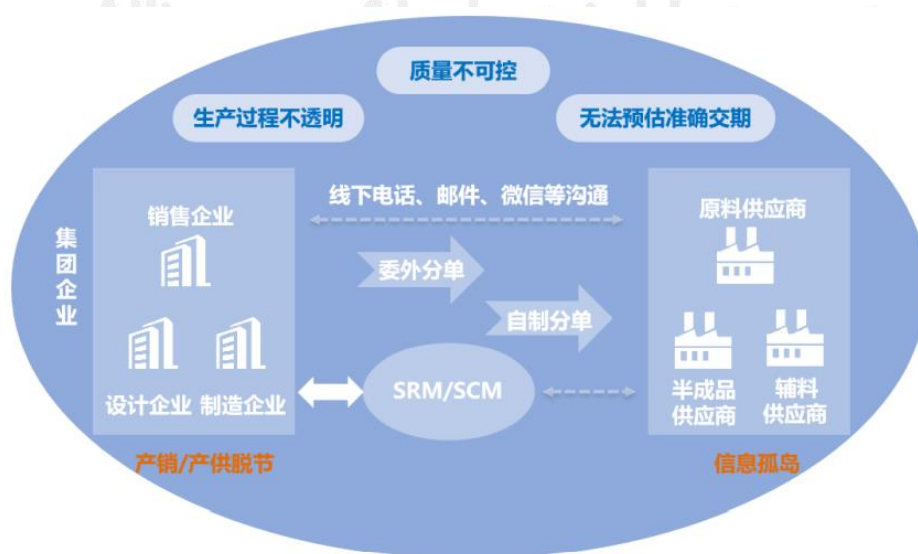


图 6 企业需求及采购管理存在的四类问题

场景二：生产协同管理场景

在生产协同管理场景中，供应链的稳定运行需要专门的网络化协同制造合约加以保证，并依托供应链网络协同制造平台实现。企业为解决传统供应链管理存在的问题，以工业互联网为依托，实现供应链上下游企业间高度协同性，提高协同的多维网络化、管理智能化。

浙江中控基于其产业链网络协同制造中的供应链网络协同制造平台，为某集团制定特种材料数字化协同制造规划，特种材料网络协同制造覆盖从产品开发到制造的全过程管理，遵循统一标准、供应链互操作模型，并基于工业互联网、智能传感器、大数据等技术，实现园区供应链高效协同运行。此外，基于虚拟制造、网络制造的面向订单生产和设计的生产模式，使供应链上下游共享客户、设计、研发、生产、管理等信息，实现供应链内企业在产品设计、制造、管理和业务的合作。



场景三：仓储物流管理场景

在仓储物流管理场景中，工业互联网平台利用物联网、区块链、数字孪生等技术助力提升仓储管理能力，在仓库空间数据和设施数据基础上，构建仓库立体虚拟模型，为构建最优仓储规划布局提供数据支撑，在仓库运行期间，通过各种物联网技术获取监控仓库货品流转运营实时数据。

传化智联基于其智能供应链服务平台对杭州某功能化学品企业进行园区、运输、仓配之间的信息协同升级。该企业通过平台，完成了仓储基地的上游资源和下游承运商资源有效整合，上游企业自动下单，下游企业按需生产，从下单、调度、分包、配载、运输、配送、签收等物流运输全流程进行跟踪管控，实现供应链上下游之间的互联互通和信息共享，帮助企业提升物流供应链的管理能力和运行效率，在物流派单、运力调度、发货过程中实现了一单到底、全程可视化管控以及采购/销售订单分布与状态管理，形成物流供应链业务在线作业闭环，极大地减少了不必要的库存，物流订单状态跟踪更加精细化，提升调度人员订单处理效率 30%。

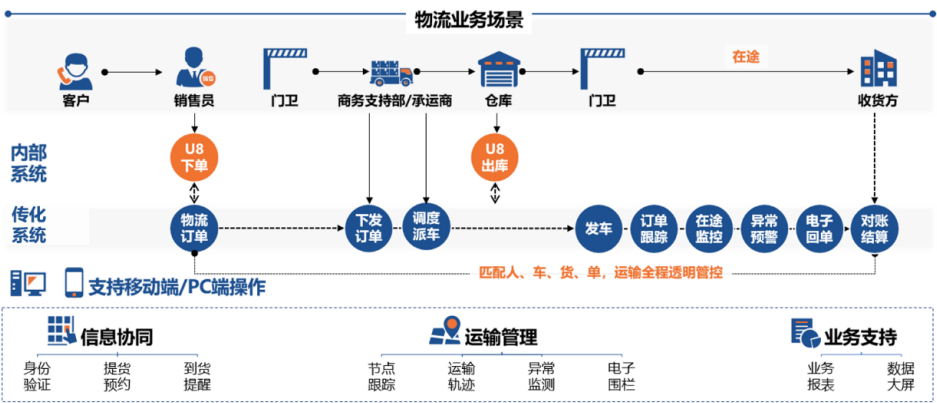


图 8 传化智联供应链服务平台业务流程图

中商碳素研究院基于其智能仓储供应链平台可实现产业链多方托管与视化，主要分为两层：一层为专门建立的实体智能化仓储，通过产业链上下游核心企业与独立第三方共同参与打造，基于供应链金融机构对于货物质押、监管的要求进行智能化改造；二层为供需两端各自仓库的智能化改造并映射到数字网络。通过对传统仓储的智能化改造，能够实现远程的可视化监管，通过接入到“智能仓储平台”，实现可信的第三方监管与控制。

场景四：可信溯源场景

在可信溯源场景中，工业互联网利用区块链技术解决了传统溯源系统存在的采集数据可信度不高等问题，在参与方之间构建一个全产业链可信溯源数据网络。通过区块链与人工智能、物联网等新兴技术的融合，从多个维度打通产品“真实世界”与“数字世界”之间的可信映射，实现更紧密的耦合。

易见纹语科技研发了基于区块链+人工智能的农产品“物纹链”三级溯源防伪及全链路多节点存证平台，其全球领先的纹理识别技术可追溯到农产品本体，独有的“纹理码”溯源技术可以追溯农产品的整个生命周期，并实现对原料、加工、仓储过程进行透明化可视溯源。“物纹链”的推广，不仅可以提高农产品质量及相关企业生产合规性，帮助消费者买到可信农产品，更有利于溯源和保护上游农产品原材料（如普洱茶古茶树等珍惜资源）。



图 9 农产品“物纹链”三级溯源防伪及全链路多节点存证系统

基于可信溯源，易见纹语科技进一步推动了产业全供应链的数字化转型。以普洱茶为例，包括了茶园基地、茶叶加工企业、茶叶仓库、茶叶分销/经销商等多个环节的数字化转型。

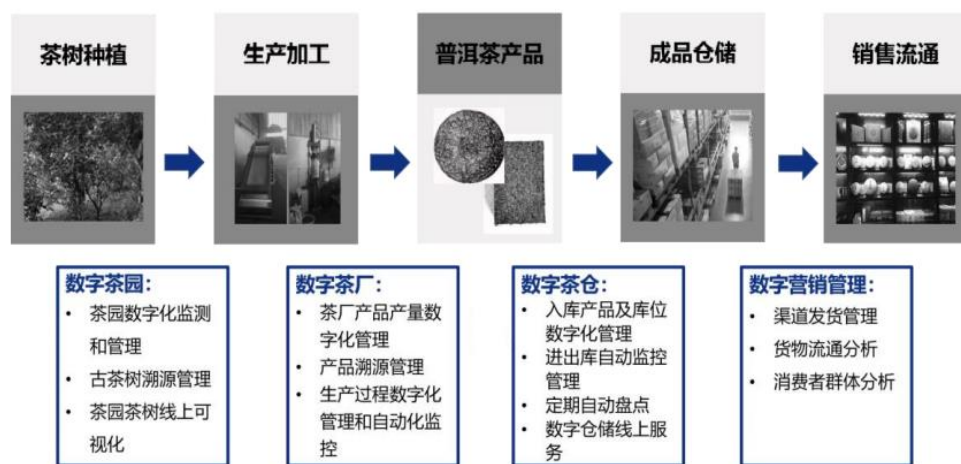


图 10 普洱茶全产业链数字化升级

场景五：产业电商应用场景

在产业电商应用场景中，平台利用流量优势以及交易大数据，商户可精准识别目标客户、提高客户成交率，进而上游供给

端能够及时调整生产计划与产品定价，以进一步提高成交率，在产品和服务交易数字化这一重要环节体现了价值。在 B2B 工业领域，企业采购通过电商平台为上游品牌商拓展客户源、打造品牌影响力、优化生产计划与产品定价，尤其在疫情的冲击下，通过电商平台进行采销是重要的渠道。

昆岳互联的行业级环保产业互联网平台——INECO 平台，针对排污企业、政府园区以及环保产业链的痛点提供一系列综合解决方案。其中环品汇是专注于环保领域 B2B 的专业采购平台，为客户提供专业化管家服务，解决采购商专业技术不足、采购渠道有限、售后缺位等问题，同时可解决供应商销售渠道有限、销售成本高、回款风险等问题，打造环保行业技术、交易、服务的线上线下协同平台，降低卖方销售成本以及买方采购成本。



图 11 INECO 平台

场景六：智能运营应用场景

华为灵鲲智能运营中心是供应链的智能大脑，通过数字化到数智化的持续建设，构建全程全网分场景可视、模拟仿真供需精准匹配、动态调整供应资源能力，使业务从全量管理走向变量管理、异常找人，实现需求实时感知、资源实时可视、过程实时可控。

（1） 业务运营：围绕供应信息流、实物流和资金流关键业务节点，通过对象数字化、规则数字化及过程数字化，将确定性业务自动化、不确定性业务人机协同，自主、自助布局业务异常探针，使业务从过去的全量管理，转变为重点关注业务异常的变量管理，实现从人找异常到异常找人的运营模式转型。

（2） 流程运营：应用流程挖掘技术，构建流程执行的 Digital Twin，真实、无感地观察业务运行实际状况，实现面向价值流的动态数字化运营。运营模式由“静态”转变为“动态”，业务过程透明可视，支持业务的可信决策和敏捷改进。基于流程资产管理数字化构建 3A 集成能力，实现面向新业务场景的流程编排。

（3） 网络运营：应用知识图谱等技术，构建从供应商到工厂、国家和客户，整个供应网络生产布局、运输路径及备份资源的数字镜像，实时管理网络运作状态并自主调优。通过视频识别、电子围栏等技术实时感知突发风险事件，应用运筹优化、机器学习等 AI 算法，模拟推演生产资源、物流资源的最优分配模式、智能推荐处理预案，实现指令即时直达（邮件、通话、实时会商

等）作业现场，支撑跨领域、多角色协同指挥，全网协同。



图 12 灵鲲数智云脑架构

（三）精准对接客户个性需求，柔性生产组织大规模定制

精准对接客户个性需求，柔性生产组织大规模定制，将成为未来智能制造的核心。对于供应方来说：第一、把个性需求进行汇总分析，找出共性的需求然后规模化生产；第二、小批量满足个性需求，同时为了平衡成本极大的提高供应产品价格；第三、批量化生产个性需求，基本不会有企业愿意背负这样的资金压力，除非需求方愿意承担批量生产的成本压力。传统供应链模式很难实现在精准对接客户个性需求，实现针对个性需求组织大规模定制的基础上，能够很好地平衡成本与质量、供货周期、货物安全、资金安全等多因素之间的矛盾。

针对这一痛点，下一代的供应链方案将通过对更多环节的数据采集，实现全供应链的数据管理；进一步通过对全链条的大数据分析实现成本与质量、供货周期、货物安全、资金安全等的统筹与规划，达到以上因素的最优组合。同时与大数据相比，协同

制造中的小数据是以个体用户为中心而感知的数据集合体，对于特定小数据的分析和处理，增强企业对客户需求的精准把握，更能体现数据在客户个性、因果、精准定位方面的价值。

（1）速度更快，对内部数据（例如：需求、仓库状态）和外部数据（季节用药趋势、运输路线情况等）作预测性分析，以及根据销售情况分析备货需求等，从而对客户需求有更为准确的预测。

（2）准确度更高，下一代的供应链方案能提供实时的端对端管理，贯穿整个供应链。提供的信息流从高层次的综合 KPI（例如整体服务水准）到非常细小的流程数据（例如网络中卡车的具体位置）等。各方的小数据可以通过方案为供应链中的各级管理人员和各个职能提供信息依据。在“供应链云端”对供应商和服务提供商等各方的数据进行整合，能确保各利益相关者根据同样的事实数据来进行安排和决策。

（3）效率更高，利用小数据分析推导动态计划方式来推动需求调节，计划和实施工作的自动化提高了供应链的效率。方案通过对数据不断地自动优化及自我学习，以确保以最佳方式满足业务要求。

它分为两类场景如下：

场景一：如图 13 所示当企业要打通系统、但外协商不需要打通系统的场景

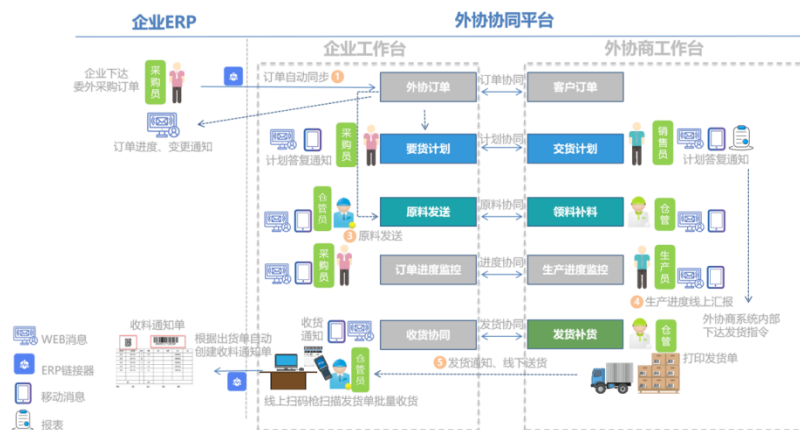


图 13 协同制造典型场景（一）

- 1) 企业 PMC 在 ERP 提交委外采购需求给采购员，采购员给外协商下委外采购单，通过 ERP 链接器自动同步到平台；
- 2) 订单同步后，企业采购员可根据本企业生产计划在协同平台制定要货计划，外协商销售员根据己方产能、库存、生产计划对要货计划进行答复与确认；
- 3) 当企业需要管控原材料的，可以安排仓管员进行原料发送；外协商仓管进行接收，如果生管或 PMC 需要补料的，也可平台申请补料；
- 4) 外协商可通过 PC 与移动端对生产过程情况手工同步到平台，方便双方生产计划调整与资源调配；
- 5) 外协商按照双方协议的交货计划打印发货单然后发货；
- 6) 企业仓管在收到外协方的发货通知后，根据发货单创建收料通知单；
- 7) 收料通知单根据物料情况是否质检，质检不合格的会发起退料流程，外协方可线下接收退料；

8) 免检与合格物料入库后，会同步消息给到外协方；

典型的案例：农产品定制化平台

目前农产品的交易模式，还处于传统的：1) B2B 上游到下游的交易模式：原料供应企业到加工生产企业，再到销售企业；2) B2C 消费者市场交易模式：销售企业将农产品销售给消费者。农产品的设计生产制造是由供给端农企制定，缺乏可信溯源，不能满足我国市场新涌现出来的对农产品的个性化定制需求。此外，流通中间环节利润层层分摊，导致上游生产农企/农户获利微薄、增收停滞，不利国家助农扶贫。

易见纹语科技的云易定平台基于区块链+人工智能/大数据等融合技术，如图 14，利用工业互联网理念创新地实现农业农产品领域的第一个“B2M”（需求企业到制造工厂）线上个性化/定制化可信交易平台。通过直连上游原料和生产企业，缩短供应链，优化产业链价值。用户线上下单定制农产品，选择原料种植基地、产品加工企业、内外包装样式、文字等；平台自动进行订单拆分/资金分账给相关各生产企业；生产厂商进行大规模协同定制后，平台汇总完成交付。进而提供了全流程的线上下单、加工管理及资金流转，形成了一个网络化的农产品个性化定制可信交易的生态体系。

资源的调配和生产。

典型案例：定制“仓运配”一体化系统

传化智联为某大型轮胎制造企业定制的“仓运配”一体化服务。如图 16，通过大数据等新兴技术，对企业前期的发货数据历史、配送点情况、装载数据、成本数据等进行数据分析，为企业提供了符合企业自身情况的个性化仓运配一体化服务。传化智联从三方面为企业提供个性化解方案，一是采用轮胎经销商“成都区域仓运营+配送”模式；二是将业务延伸至轮胎生产制造环节，和轮胎制造企业合作，提供原材料和成品干线运输服务；三是为客户提供“广州中转仓运营+配送”服务，实现服务链条延伸和业务跨区运作，从而改变企业原先的分销模式，针对性解决企业的核心问题，提升管理效率、降低物流成本。截至目前，该企业运营仓储面积 4000+平米，企业人力成本降低约 50%，每单平均分拣时间从 30 分钟下降到 15 分钟，到货及时率从 85%提升到 98.5%以上，业务场景线上化全程管控可视化，降低物流成本约 17%，车辆使用效率大幅提升，客户服务满意度从 94%提升至 99%。



图 16 “仓运配”一体化服务流程图

（四）精益化管理全生命周期，推动产品面向服务化延伸

在工业互联网相关技术引领下，制造业的生产技术、生产组织方式、企业管理方式及竞争策略，都将面临重大调整，为制造业新模式与新业态的形成发展提供了可能。

在工业互联网相关技术出现之前，企业在面向最终用户推出服务的时候面临两个方面的痛点。一是产品本身的售后维护服务。随着产品销售地域范围的不断扩大，以及线下维护人员的技术水平参差不齐和人力成本不断增加，企业很难将高质量的售后维护服务控制在一个合理的成本水平之内。二是产品供应链上下游企业自身因资金不够充裕，无法保证企业的正常健康运营，从而导致产品供应链整体不均衡，引发产品质量甚至供货短缺等问题。

包括物联网、云计算、大数据、人工智能、5G、边缘计算等工业互联网相关技术的出现与应用，使得企业能够围绕产品的全生命周期实现精益化管理。基于新技术的全生命周期精益化管理的创新性主要体现在两个方面：全面感知和实时分析。一方面，企业能够实时感知供应链上各环节物料、零件、产品等实物所处的物理位置和状态。另一方面，企业能够对产品全生命周期各个环节所产生的数据进行全面而及时的采集、汇总、处理与分析。

基于这两方面的创新性，为企业在供应链产品服务方面所创造的价值是显而易见的，主要体现在两个方面：一是产品运维水平和能力提升的同时降低成本。二是，对于供应链运转情况的精准把控，实现企业信用的重塑。

首先是产品的售后运维。产品售后服务水平和成本主要取决于售后工程师的能力和水平。企业运用传感器、无线通信、大数据分析等技术手段，建立完善的设备台账信息管理，通过设备联网，可实时采集设备的运行状态和关键指标数据并进行实时的分析，判断设备运行状态，并作出相应的维护动作，这使得企业能够做到从预防性维护变为预测性维护，降低设备停机率，减少到场人员频次，将大大降低企业的维护成本。企业通过实现设备预警即时推送，故障报警自动生成并第一时间通知指定负责人，故障问题实现闭环处理流程，将大大加快企业故障响应速度，提高服务品质。另一方面，实现远程管控和在线升级程序，强大的数据统计功能和丰富的数据可视化能力，也使得企业能够使用普通工程师完成高级工程师的工作，进一步降低了人员成本。

在产品售后运维方式的改变、能力的提升，将推动企业价值链由以制造为中心向以服务为中心转变。实际上，现在越来越多的制造业企业从注重生产和产品向注重“产品+服务”的趋势发展和演进，将视野扩展到产品的整个生命周期，“服务”在制造业价值链中的比重越来越大。

二是供应链精准把控、实现信用重建。在一个特定商品的供应链中，竞争力较强、规模较大的核心企业因其强势地位，往往在交货、价格、账期等贸易条件方面对上下游配套企业要求苛刻，从而给这些企业造成了巨大的压力。而上下游配套企业恰恰大多是中小企业，难以从银行融资，整个供应链容易出现失衡。而如何维持这一链条的生态平衡，最好的办法就是“供应链金融”。

以前，将资金有效注入处于相对弱势的上下游配套中小企业时，企业的商业信用评估是“供应链金融”在实践中遇到的最大瓶颈。在工业互联网技术支撑下的供应链全生命周期管理，可是实现对供应链条每个环节物流和信息流的精准监控，即各配套企业的生产运营效率和商品实物的物理位置。以此为基础，银行等金融机构可以围绕核心供应链生态为企业构建一个特定的商业信用模型，并对其进行融资能力评估。另一方面，获得融资的配套企业其商业信用也随之增强，由于“供应链金融”是围绕核心企业建立的，这也加强了配套企业与核心企业建立长期战略协同关系，提升供应链的竞争能力。

场景一：设备的售后运维

新模式下的售后运维解决三类问题。第一、实时监测。通过买方企业网关将交付运行中的设备接入设备运营管理平台，平台整合设备基础信息和运行参数，实现对设备运行状态、地理位置、关键参数指标的检测。第二、售后维护。设备运营管理平台通过工业互联网外网连接制造商和企业，对接企业内部管理系统，数据互通，打通运维活动全流程，实现标准化的服务体系，降低服务成本，提高服务水平。第三、后市场服务。提供涵盖产品全生命周期的丰富服务品类，包括备品备件销售，远程技术支持，产品二次销售租赁和产品信贷服务等。例如，树根互联向工程机械领域的主机厂、经销商，设备主提供基于 IoT 的智能设备/产线监控服务，实时监控设备/产线运行和故障情况，远程定位诊断设备问题，以提升设备/产线运营效率以及保障资产安全。



图 17 售后运维

场景二：供应链金融服务

基于工业互联网的供应链全生命周期服务平台，可以有效的支撑金融机构对企业信用进行评估，具体场景有两类。首先，未来提货权融资。未来货权融资（又称为保兑仓融资）是下游购货商向平台申请贷款，用于支付上游核心供应商在未来一段时期内交付货物的款项，同时供应商承诺对未被提取的货物进行回购，并将提货权交由金融机构控制的一种融资模式。在这一场景中，金融机构就需要借助工业互联网技术实现对上游供应商所供应物品的物权确认。融资企业通过保兑仓业务获得的是分批支付货款并分批提取货物的权利，因而不必一次性支付全额货款，有效缓解了企业短期的资金压力，实现了融资企业的杠杆采购和供应商的批量销售。第二，存货融资。企业以存货作为质押向金融机构办理融资业务，这一服务不仅可以为企业提供高水平的物流服务，又可以为中小型企业解决融资问题，解决企业运营中现金流的资金缺口，以提高供应链的整体绩效。在这一场景中，金融机

构则借助工业互联网实现对融资企业所质押的存货进行物权确认和实时状态的监控，降低风险。例如，树根互联面向融资机构、设备出租方、承租方和制造厂商的基于设备 IoT 数据的融资租赁管理平台，基于动态数据，提升风控能力，降低金融交易成本，为供应链中的小微企业提供融资服务。具体包括资金资产方的业务撮合、IOT 授信管理、资产管理、客户画像、风险管控、支付结算等场景，实现产业和金融的双向赋能。

（五）技术融合打造创新应用，全面赋能物流数智化升级

物流是复合型服务产业，融合了生产制造、运输仓储、商贸流通和信息技术等多个业务领域。以人工智能为代表的核心技术可以有效提高物流系统的感知、认知、分析、决策和智能执行能力，使物流体系更加自动化、数字化和智能化。在经济全球化和电子商务的双重推动下，传统供应链正在向现代供应链迅速转型，智能物流体现了供应链运作的特点，强调信息流与物质流快速、高效、通畅地运转，大大降低社会成本，提高生产效率，成为推动供应链转型升级的关键因素。智能物流应用场景可以包括 5G 智能物流园区、车联网、物流地图和电子运单管理等。

场景一：5G 智能物流园区



图 18 5G 智能园区

物流园区是重要物流基础设施，承载着货物存储、订单生产、包裹分拣等核心功能。园区内存在人、车、货、场异常与安全隐 患，如暴力操作、月台车辆异常、传送带掉件、消防通道安全隐 患、人员未安全着装等，以往只能利用监控视频事后追责，问题 造成的影响已发生。月台是货物装卸的主要通道，其使用效率直 接决定货物中转效率，在管理上存在诸多问题和痛点，如司机等 待时间长，入园手续多，缺少车辆排队情况，缺少路径导引，装 卸货准备不足，高峰期车辆拥堵，司机不按规定行驶，乱停乱行， 作业完成后滞留园区占用园区资源等。

基于工业互联网融合 5G、IoT 和 AI 等技术打造创新应用， 全面提升人、车、生产、安防、运维五大领域管理能力，由“传统 被动管理”转向“智能主动管理”，形成具有高智能、快决策、一体 化特点的智能物流园区，对促进园区提质增效，健康发展具有重要 意义。典型应用场景包括：

1) 智能化管控

智能车辆管理依托 5G 和定位技术实现车辆入园路径规划和导引、车位匹配、排队叫号、园外跟踪、任务预约、智能调度等，预留全园自动驾驶接入，实现无人货车、巡检机器人调度。智能人员管理通过人脸识别进行管理，通过电子围栏实现园区、仓、分拣多级管控，提供人效分析、排班调配等功能。智能包裹管理对包裹出入库视频监控和物流全程追踪；智能能源管理基于 IoT 平台能耗计量，提供能耗可视化展示和智能化建议。实现人效提升 15%，人员安全隐患降低 50%，整体运营成本降低 10%。

2) 数字化生产

智能作业协同通过对货物智能量方、匹配车辆提升满载率；AR/VR 辅助生产通过 AR 应用提供路径导航、商品识别，辅助作业生产，提供员工培训；生产可视化提供作业轨迹、热力图、巷道拥挤和异常掉件等识别，实现全域生产可视化。实现管理效率提升 20%，运营效率提高 10~15%。

3) 无人化安防

基于 5G 高清视频和超低时延实现全域视频监控和无人机、无人车巡检，结合视频分析自动识别园区内人、障碍物异常并主动推送。实现事故发生率降低 50%，安防成本下降 15%，让物流园区可视、可知、可控。

场景二：智能车联网应用

车是物流管理的基本要素，快递快运对时效要求高、成本控制严，防疲劳驾驶，油耗管控要求高；冷链运输要求全程控温，对定位和温控要求高；危化行业对运输安全要求极为严格，在定

位和安全管理上要求极高。



图 19 智能车联网应用

京东物流基于用户体验、成本管控、效率提升和安全保障等场景，结合 AI 及大数据技术，建设标准开放的数字车队平台，赋能物流车队、承运商，提供软硬件一体化车联网解决方案。具体包括：智能追踪器可通过北斗、GPS、NB-IoT 等定位和移动通信技术实现实时位置监控、盲区补传、蜂鸣报警等；智能安全箱可提供智能电子锁，包裹放入后自动落锁生成唯一密钥，全程需用密钥开启，安全箱在途电量、速度、位置及撞击系数等信息将实时上传区块链，出现恶意开箱触发蜂鸣警报并记录公链，随时防止货物被掉包，温湿度监控用于生鲜、药品等冷链场景，异常时触发报警；新能源 T-Box 提供远程通讯接口、行车数据采集、轨迹记录、故障监控、驾驶行为分析等服务；智能规划管控系统基于运筹学和大数据，实现最优调拨和配运保证履约时效。

场景三：智能物流地图服务

物流配送和揽收管理精细化不够，如站点揽收范围随意变化

未有效管控；作业人员数量和承运品类变化未及时调整；时效和班次配送能力变化，区域类型和载具不同未及时调整或适配等，极易造成运营成本巨大浪费。



图 20 智能物流地图服务

智能物流地图为物流全流程提供智能分单、地址服务和可视化支撑，典型应用场景包括：智能分单通过围栏工具绘制配送范围、智能匹配站点，实现准确高效自动分单；地址服务通过深度学习智能识别行政区划、详细地址、用户信息等实体，提高地址识别率；可视化系统通过地图管理配送范围、运输调度和包裹追踪，为经营管理提供辅助决策。

场景四：电子运单管理

运单是货物运输及运输代理的合同凭证，也是接受货物、在途保管和交付的凭据。当前运单还处在纸质单据与手写签名阶段，效率十分低下，除了成本和管理上的浪费，甚至会出现冒签、代签等伪造情况，导致货物丢失无法追责等问题。在结算环节，纸质运单需返还给不同相关方，运营人员需对每张运单进行审核，线下传递、人工管理的现状会严重影响物流服务的质量和效率。

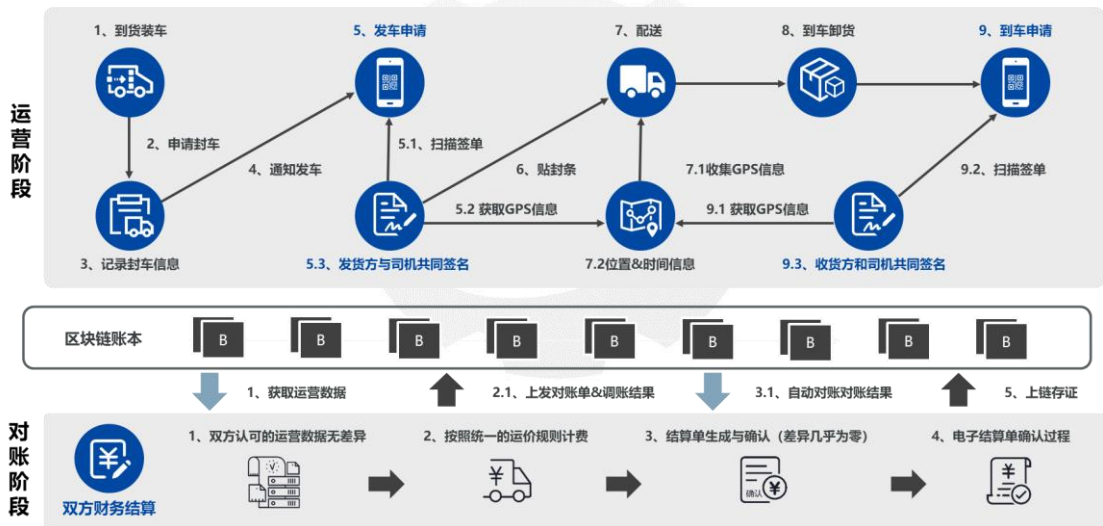


图 21 基于区块链的电子运单管理

链上签利用区块链公开透明且不可篡改的特性，实现结算双方共享数据的控制权，从订单生成环节开始上链，在询价、报价、配送、妥投等环节，通过信用主体无纸化签收，生成基于区块链的电子运输结算凭证，承运过程中通过 RFID 等物联网技术，确保过程数据收集真实性，通过车联网收集位置数据，实现信息流和实物流的一致。

六、“工业互联网+供应链”模式面临的挑战

（一）中小企业上云面临难题

《区域全面经济伙伴关系协定》的签订，全球制造业 50%的产能都在区域内聚集。中小企业前所未有的被卷入到与传统制造强国的角逐中来，时代的发展将“云战场”拉到了眼前。企业上云是利用云服务实现降本增效，这是一个从基础设施、到核心业务、到设备和产品上云，进而搭建平台的动态优化、迭代演进的长期过程。当前经济形势下，中小企业上云仍需要加强上云意识，增加上云能力，同时需要迅速适应发展中复杂的市场环境。解决转变管理理念、增强自身实力等困难。

1.中小企业上云意识不强

（1）缺乏外部强烈刺激

互联网+制造业时代信息的透明化，企业间的竞争变得更加公开，蓝海越来越难找。中小企业无疑将面临极大的挑战。劳动力、土地等要素成本不断上升，制造过程的价值附加值降低，利润越来越少。部分大型企业通过智能化转型实现了附加值的增加。这种大的经济发展短期内不会给中小企业带来毁灭性的打击。对求生存的企业来说，也就少了一个上云的理由。

（2）缺乏内部转化动力

目前市场对云褒贬不一。使得企业对上云作用持怀疑态度，被动选择观望。另外，因管理和运作模式较为传统，一旦上云意味着要推翻现有运作模式，需要对企业管理模式、运作流程、生产结构进行多层次的调整。这项工作复杂困难，不符合中小企业

急需短期的收益维持发展的刚性需求，因此可能对上云持否定态度。

2. 中小企业上云能力不足

（1）成本无法承担

上云成本高是目前中小企业上云的主要瓶颈。

新旧系统之间操作性和各个阶段都需要磨合，提升了上云的时间成本。目前仍有大量企业使用传统 IDC 作为基础设施，直接将传统的本地应用程序迁移到云上，导致系统架构无法有效利用云的特性，造成成本浪费。此外部分企业现有的 IT 基础架构薄弱，上云需要具备前瞻性很强的中/后台的研发建设，设备、人力投入也将会大大提高。

（2）专业人才欠缺

中小企业缺少云迁移、上云后维护等阶段中相对应的 IT 系统、云系统、网络安全等方面的专业人才，而结合人、机、物三者的人才更少。

（3）信息技术实力欠缺

数字化程度低。许多中小企业还未实现设备联网。设备、系统之间互通难，封闭性强。生产、运营、财务等流程与相关数据未实现数字化。

IT 系统改造难度大。大部分中小企业 IT 基础设施、应用系统存在数据割裂、格式不统一、无法按需扩展等问题。向云端迁移势必导致对自身业务系统进行重新梳理，企业的单体架构向微服务架构的重构过程技术难度系数也较大，企业原有 IT 开发和

管理人员可能难以胜任。

3. 中小企业上云“环境”复杂

(1) 云服务商市场水平不一

政策的出台，行业的蓬勃发展使得各类云服务商层出不穷，相对新兴但原不成熟的乙方市场让中小企业无法轻易做出判断和选择。

(2) 数据安全隐患

一是数据安全，中小企业对于将企业运营、客户、成本等核心敏感数据上云的数据安全持怀疑态度。二是关于业务连续性的问题，出于技术、管理、安全漏洞等原因，会使“云”相关运行过程出现故障，进而影响到业务的连续性。三是关于监管合规的问题，云服务的监管政策并不明朗。最后是中小企业自身网络安全防范及技术能力较差。

(二) 关键技术发展遭遇瓶颈

在供应链工业互联网进行创新和应用的过程中，物联网，大数据，云计算，人工智能等是工业互联网平台的关键技术，是实现制造业数字化、网络化、智能化转型的关键技术路径，关键技术瓶颈主要存在以下方面：

1. 物联网技术发展制约

“万户互联”的概念、5G 的技术发展，将用户端延伸和扩展到任何物品与物品之间。数据采集、分析依赖于物联网终端硬件的发展以及其架构的完整性。物联网架构分成感知层、传输层、平台层和应用层，感知层是底层，是物联网应用和发展的基础。

利用 RFID 技术、传感等技术，实现对物理世界的智能感知、识别及控制等。平台层用于数据的分析与处理。这些技术也还在比较缓慢的进展中，暂时没有颠覆性的变化。人、机、物的互联基础、网络覆盖体系尚未完善。

2. 大数据管理亟待升级

工业互联网数据准确性、时效性都与物联网设备精准度强相关，数据集成根据工业特征定制化程度高（离散制造业、流程制造业）；“万物互联”后数据量将百倍、千倍增长，云计算、边缘计算之间的交互和协同日趋复杂，混合云、多云、云边协同等，涉及资源配置，虚拟化打通等，挑战非常大但也蕴含巨大价值，最大化释放数据价值，将数据从“成本”转化为“利润”

3. 云服务技术复杂

IaaS、PaaS、SaaS 等的搭建急需更加全面合理。特别是应用层面上，不同行业可复制性差，对底层架构提出更高要求。传统架构通常包含较多模块，模块之间耦合度较高、依赖关系错综复杂，变更功能或修改缺陷时往往需要重新部署整个应用。可扩展性较差，只能采取垂直扩展模式（增加服务器的配置）提升系统的处理能力，难以针对特定业务模块特点进行伸缩。上云的部署方式则是通过将企业本来的数据用提供的开发语言、开发工具或购买的应用程序部署到供应商的云计算基础设施上去，但是云技术大多以虚拟化、开源技术、分布式技术为主，中小企业原有 IT 架构向云端迁移十分困难，甚至需要面临完全重构。

4. 人工智能技术对基础能力要求高、场景化程度高

人工智能不但涉及计算机科学，还包括信息论、控制论、仿生学、医学等多门学科，通过机器学习、自然语言、机器视觉等技术手段，模拟人类的思维及行为方式以延伸人类脑力，对算法、算力和大数据等基础能力要求高。人工智能还处于发展阶段，应用设计都应围绕“提高质量、降低成本、提高交付能力”等商业目标进行，需与行业、场景深度结合才能解决实际问题。

（三）全链数据安全难以保障

供应链工业互联网中涉及到供应商、海关、LSP、渠道商、客户等多种角色，硬件设备、操作系统、APP、云服务、数据库等各类资产、系统或网络要素，以及多环节、多系统、多场景的敏感数据。结合工业互联网中人、机、物的互联互通，全链数据在采集、存储、流转、处理等过程中容易遭受篡改、植入、病毒、网络攻击等各种攻击，数据安全面临巨大挑战。尤其任何一个环节出现数据安全风险，都可能导致全链数据安全难以保障。

1.基础要素成为供应链工业互联网中首要攻击对象

应用软件作为供应链中用户经常使用的最下游实体，几乎成为所有攻击者发动供应链攻击的第一目标。通用组件潜在的漏洞，将会给供应链带来更大的危害。例如 Heartbleed 等影响了数百万个网站以及包括 Oracle, VMware 和思科等大量知名供应商的产品。CPU、BIOS、UEFI、芯片及固件等作为供应链工业互联网中的基础硬件支撑，恶意入侵硬件堆栈等威胁在供应链中将被放大。此外，敏感数据处理、软件开发、云服务、基础设施等第三方服务也是供应链工业互联网中的攻击者重点关注薄弱点之

一，基础服务提供商的 API 接口及共享机制给供应链及其邻近资源引入了新的攻击面。

2.供应链攻击呈现激增趋势

埃森哲的《2019 年网络威胁报告》将供应链网络安全视为最大的挑战。根据行业估计，供应链攻击现在占有所有网络攻击的 50%，去年同比激增了 78%。多达三分之二的公司经历了至少一次供应链攻击事件。CrowdStrike 最近对 1300 家公司进行的全球调查发现，有 90% 的公司“没有做好准备”应对供应链网络攻击。因此，全球化、数字化下的供应链作为工业互联网复杂而脆弱的网络，对应的供应链攻击成为目前全球最大的网络威胁。

3.供应链安全威胁具有“突破一点，伤及一片”的特点

研究人员 Cybereason 表示，供应链攻击具有低成本、高回报，以及“突破一点，伤及一片”的特点。供应链工业互联网作为数百甚至数千个链上合作伙伴的渠道，攻击者通过查找和利用其中任意一个薄弱环节，可以在供应链实体之间展开网络攻击并窃取数据。供应链攻击的此类由点到面的巨大破坏性，也使得供应链工业互联网成为越来越多网络攻击者的“重点关注”对象。

4.敏感数据和个人身份信息的泄露是供应链工业互联网的主要风险

工业互联网数字化转型的加快，供应链各环节中更多外部合作伙伴或供应商可以接触到企业的敏感数据和用户个人隐私，系统遭入侵或数据库泄露给供应链安全造成极大威胁。因此，国内

外政府及监管机构也越来越重视个人隐私数据的保护。我国的《网络安全法》、《个人信息保护法》以及《个人信息安全规范》，从法律法规和标准层面为数据安全提供了规范性指导，也为供应链工业互联网中的数据隐私防护提供了重要参考，但专门针对供应链工业互联网的具体安全防护技术类标准还尚属缺失，导致缺乏有效防护的数据仍是供应链工业互联网的主要风险点。

（四）互联互通标准尚未统一

为加强企业间的合作关系，可通过工业互联网连结多个企业形成协同的供应链，从而跨越企业边界，互联互通供应链节点上的各个信息系统。但是，在实施供应链协同过程中存在以下障碍：

1.语义语法不统一导致的沟通障碍

由于各企业的业务领域不同，对于同一个服务对象、功能目标、交互模型和实现方式，不可避免的存在定义、认知、理解方面的差异，主要体现在语义和语法的不同，导致了供应链协同时的沟通障碍。沟通障碍主要表现在各企业习惯采用自有业务语义语法，缺乏企业间可共用且能够相互理解的供应链协同信息模型，如业务协同对象、协同操作定义信息、协同运作调度信息、运作绩效信息、运作能力信息、协同流程信息等。因此，有必要统一语义和语法规范，构建协同信息模型，共享上下游企业间的知识、技术、信息。

2.系统异构导致的集成障碍

为实现供应链协同，需要各企业将相关业务组件接入协同系统。但受各企业的软件和系统技术路线的影响，接入的业务组件

其功能组合、深度和开放性各不相同，使得协同系统的集成更为复杂，导致了协同业务集成和应用的技术障碍。技术障碍主要表现在各企业的协同功能系统缺乏进行信息交换的互操作模型，实现系统互联互通难度较大；各系统对外接口通常遵循不同的规范，系统集成复杂度较高。因此，有必要制定统一的接口标准，适当改造业务组件，以便集成供应链协同系统。

3.业务模式不同导致的组织障碍

由于在产供销业务中企业的经营管理模式及水平存在较大差异，各企业的业务功能在深度上参差不齐，且各企业的供应工作流程自成一体，无法支持供应链协同业务开展，导致了供应链协同的组织障碍。组织障碍主要表现在供应链中缺乏产供销一体化设计，无法统筹规划各企业的采购、销售、库存、生产等计划，造成供应链协同和调度优化的困难。因此，有必要统一供应链企业的协同制度，制定协同目标、规则、业务流程、管理标准、工作标准、技术标准和组织形式等，以提高供应链协同水平、彰显协同效应。

综上所述，为应对以上挑战，供应链应统一语义和语法规范，制定统一的接口标准和协同制度，进一步促进资源共享和战略合作，驱动整个产业链的创新发展，降低供应链协同风险，使供应链高效运行。

（五）运作协同调度存在阻碍

不同于传统的单企业生产调度（见表2），供应链环境下的生产调度范围已扩展至整个供应链。其调度优化过程是一个复杂

的随机、动态、多目标调度问题，给供应链一体化运作管理带来了新的挑战，主要包括以下三个方面：

表 2 单企业生产调度和全供应链生产调度的对比

	单企业生产调度	全供应链生产调度
利益主体	单个企业	供应链上多个企业
覆盖范围	企业内部要素整合	企业间的资源调度
信息来源	企业内部和客户信息	链上节点的多源信息
信息反馈	直线、递阶反馈	网络、并行传递
调度机制	自主调度	协调机制
运营环境	相对稳定	复杂多变
决策模式	集中式、单一决策	分布式、群体决策

1. 计划协同困难

在当今企业生产越来越多地受顾客驱动的时代，供应链上的核心企业如何根据订单响应客户需求，考虑供应链整体服务能力，进行供应链粗能力估算，制定合理有效的供应链主生产计划成为了一大难题。供应链生产计划的时间跨度和复杂多变的运行环境，需要相关企业在制定计划时考虑更多的不确定性与动态性因素，对生产计划的柔性和敏捷性提出了更高的要求，如提前期的柔性、生产批量的柔性等。

同时各个企业需要依据供应链主生产计划，进行细能力规划，制定更为具体的物料需求计划、采购计划、生产作业计划等，以匹配整个供应链的运行。然而每个节点企业的生产计划决策会受到其他企业的影响，整体利益和个体利益一定程度上也会存在冲突，如何进行生产计划的协调，保证供应链生产计划的同步响应是我们急需解决的问题。

2. 执行调度受阻

供应链上游企业的交货质量直接影响到下游企业的生产计划调度，因此企业在供应链环境下进行生产调度时不再局限于单一企业内部资源的优化配置，更要兼顾链上各节点企业间的生产衔接、利益分配等。此时的协同调度是一个典型的多主体协同调度问题，核心企业在各成员企业间进行跨企业资源调度时往往难以协调多个相对独立的主体单元。

特别地，近年来大规模定制生产方式受到了广泛关注。该生产方式下部分生产任务由客户订单驱动，供应链上核心企业只有在接到订单后才能明确需求，对定制件供应商进行选择和调度。客户的随机性需求和各成员企业不同时间段的随机性空余生产能力直接导致了供应链生产调度的随机性、动态性与复杂性。此外调度过程中过多的人工干预，在速度、效率和精度上难以满足企业生产过程中的要求。

3. 系统可靠性不强

供应链运营过程的动态性增加了系统风险的不确定性，如自然界不可抗拒性因素所带来的自然风险；市场需求变化而引起的订单取消、订单优先级变动等订单变更风险；机器故障所带来的局部安全风险等。这些内外部风险使得供应链系统的可靠性受到威胁，供需平衡遭到破坏，容易造成整个供应链的低效运行甚至完全瘫痪。

当这些风险扰动出现后，现有供应链系统往往缺乏相应的决策应对能力，难以做出及时的响应与调整。在原有供应链运作系

统被打乱的基础上如何做好干扰和应急管理，快速进行重新规划与安排使供应链恢复再平衡状态，提升供应链的稳健性面临巨大挑战。

（六）全球合作对接面临风险

供应链的全球化为企业带来很大的便利性，然而全球化的供应链也十分脆弱，政治文化差异、企业间利益冲突、风险事件频发、技术标准未统一等问题的出现都可能扰乱全球供应链的稳定性。

1. 跨国文化与政治环境差异影响全球供应链合作

国家文化背景不同的企业可能会由于语言语义、行为习惯及处事方式等方面的差异导致企业间无法高效对接供应链各项活动。企业间文化差异还容易导致文化冲突的产生，影响供应链的信息共享和同步决策，降低供应链协同效率，进而影响供应链的整体运行绩效。供应链上各节点企业也会由于处在不同的政治环境，受到非市场因素的干预而影响全球供应链有效协同。尽管全球供应链是在遵循市场经济规律的基础上形成国际分工与合作，但诸如美国、日本这样的经济体大国的政策干预外部性较强，大大增加了全球供应链的风险性。

2. 利益冲突与逆全球化思潮阻碍全球供应链协同

全球供应链上各节点企业存在各自的利益诉求，由此引起的利益冲突会增加跨国协同的难度。当各参与方的利益无法协调和平衡时，拥有信息多的一方企业可能会为了保持自身的竞争优势而有意隐藏信息资源。企业间信息不畅通、缺乏紧密协作会阻碍全球供应链的有效协同。贸易保护主义、单边主义等逆全球化思

潮冲击了供应链的全球化，阻断了全球供应链协同路径。贸易保护主义和单边主义破坏了全球供应链的完整性，降低了全球资本与资源合理配置效率，加大了全球供应链的断链风险，对全球供应链的协同合作造成威胁。

3.风险事件频发破坏全球供应链稳定性

自然灾害等风险事件的突发会通过供应链的链状关系形成连锁反应，威胁全球供应链的稳定性和安全性。风险事件的发生可能会对特定行业的供应链或供应链上的某些环节产生冲击，使全球供应链趋向于分散化。例如今年新冠肺炎疫情爆发期间，一些国家的“封锁政策”使得很多行业的全球供应链一度中断。例如，消费品领域出现成品库存缓冲区减少、下单到交货之间的期间推迟、订单交货延迟、供应商按配给供货、生产线停摆、为客户配给产量、收入损失等种种现象。高科技与消费电子产品、汽车、工业、重型机械、半导体和医疗设备等领域，上述现象也已大面积出现。

4.全球技术标准未统一制约全球供应链互通

在全球供应链数字化建设过程中，众多数据孤岛之间缺少共同标准，不同技术之间缺少兼容性，制约着基于工业互联网的全球供应链发展。目前，全球尚未对供应链数字化技术的标准化达成共识，基于工业互联网的供应链协同平台缺少跨国企业之间进行数据交换的共同标准。当前全球产品追溯标准体系尚未完善，追溯编码不统一，制约着追溯信息的采集、记录、共享和全链条的追溯。

七、“工业互联网+供应链”模式的发展趋势和建议

（一）降低企业上云上链成本，加速数字化升级改造进程

1.建立政府-平台-企业联动机制，推行普惠性“上云上链”服务

为降低中小企业资金压力，解决“没钱转”难题，支持平台企业帮助中小微企业渡过难关，提供多层次、多样化服务。一方面，推动平台帮助中小企业实现“上云上链”减成本、降门槛、缩周期。对于获得国家专项资金补助的工业互联网平台、服务机构等，面向中小微企业减免相关费用；对于获得地方财政支持的项目，应参照该标准提出相应的服务费用减免措施。另一方面，组织平台企业和中小微企业联合，在“上云上链”工作基础上，提高转型成功率，提升企业发展活力。以专项资金、金融扶持等形式鼓励平台为中小微企业提供云计算、大数据、人工智能等技术，以及研发设计、生产加工、经营管理、销售服务等业务数字化转型服务。

2.制定差异化减税政策，减轻企业上云上链资金压力

我国企业面临的高成本主要来源于综合税费成本，政府应完善税收金融等政策支持体系，制定差异化减税政策，贯彻落实“三去一降一补”中降成本的供给侧结构性改革政策。**一是**针对每个行业的特点，以产业为导向对各类税种进行不同程度的简并与综合，最大程度放宽税费减免范围，降低制造业高企的税费成本。**二是**针对税费高企现状，政府应推进对大中小企业的分级税收标准。尽可能减轻小微企业税收负担，适当减少中型企业附加税项，有弹性地对大型企业征税。**三是**采取财政资金补助方式，

针对中小企业上云上链需求，向企业发放优惠券用于抵扣企业上云上链费用，对企业购买云服务商的服务给予一定补贴。

3.打造“龙头带动，中小跟进”的模式，帮助中小企业解决上云上链难题

一方面，行业龙头企业依托于自身构建的工业互联网平台和丰富的供应链数字化转型经验积累，共同探索一批可复制和推广的技术方案和建设模式，构建基于工业互联网的供应链行业技术标准，满足行业共性化需求，吸引上下游行业企业上云上平台。例如，海尔卡奥斯联合青岛啤酒打造啤酒饮料产业的工业互联网平台，进而带动青岛啤酒上下游企业的上云上链和标准化对接。另一方面，中小企业也能借助上云上平台的供应链数字化成果的积累，更好地与龙头企业合作发展，促进全行业、全领域企业基于工业互联网的供应链管理、生产流程管理、产品生命周期管理等核心能力升级，实现全产业链供应链的互联互通，营造共生共荣的产业生态体系。

（二）加强核心领域技术研发，突破重点方向与创新能力

1.推进软硬件新生态研发，实现数据互联

在边缘智能和计算方面，国外设备提供商、工业互联网厂商的网络和设备数据不开放，接口不统一，设备数据兼容性差，采集门槛高，采集难度大，因此实现对设备接口标准化、网络协议自主开放、基础设施建设统一化的新生态是实现核心技术突破和创新的重点。

2.突破关键技术，摆脱依赖，降低成本

在关键技术方面每年要向国外支付高昂的专利费和设备费。例如，在工业大数据分析方面我国在大数据框架方面基础薄弱，因此不断培育标准化、低成本的解决方案，使得数据中心、数据分析业务解决方案成本降低，开发周期可控可用，以提高工业互联网推广和项目落地效率，重点扶持一到两家国产化大数据分析硬件和软件厂商作为头部企业，摆脱国外技术依赖，降低综合成本，为行业提供示范效应。

3.技术创新，实现基础软硬件模块化设计

在工业互联网前端硬件方面，我们行业暂时缺乏通用方法、基础计算工具、开放接口等标准，因此实现该领域的重点技术突破，将工业控制机制转换为可供开发人员使用的计算机嵌入式服务模块将会极大的提高工业互联网前端覆盖率，形成完整的国产化前端解决方案。

随着以飞腾、龙芯、鲲鹏为代表的国产 CPU 算力不断提高、产品不断丰富、生态日渐繁荣，国产软硬件产品逐渐也必将成为工业信息化应用创新和新型基础设施建设的新选择。创新实现基于国产化处理器的工业互联网联合解决方案，可为科技工业、金融、能源、互联网等各行各业提供整体解决方案，为数据和网络提供安全、备份一体计算和保护，并维护国家工业网络空间安全。

4.核心关键软硬件产业开放联合，生态开放共赢

在工业互联网软件开发方面，不断吸纳生态厂家，并融合产业链应用标准，不断整合行业服务组件，并形成模块化软件模型，优化开发过程，形成兼容性强、迭代快的企业云级应用方案。现

阶段在工业控制核心云计算平台方面，为满足高性能、高密集要求，采用高性能国产处理器服务器，配合国产操作系统来满足平台业务和数据管理，负责平台管理、网络管理、资源调度编排、权限管理以及高可用策略等。采用国产高效能工业控制前端计算节点，提供采集资源服务，为安全采集和计算应用提供安全运行环境，可保证平台系统所提供的服务具有高可靠性，保证整个信息系统各种数据的一致性、完整性和安全性，实现核心关键软硬件技术在自主和开放的基础上实现技术创新。

（三）构建平台安全防护体系，保障上下游全链数据安全

1.建立基于工业互联网的供应链安全标准体系

根据我国十四五期间的战略规划和供应链应用现实需求，结合供应链工业互联网技术发展趋势和建设思路，构建工业互联网供应链安全标准体系，制定供应链安全体系参考模型、智能化供应链上下游追溯、供应链安全知识共享、供应链数据分类、安全隐私数据保护、供应链安全检测评估等一批高质量、可量化、能应用的国家、行业标准，为工业互联网供应链上下游全链数据安全提供整体标准化支撑作用。

2.构建工业互联网供应链安全知识库

依托知识系统和人工智能的发展成果，对重要行业供应链工业互联网设计、采购、生产、销售、服务等全过程中的基础要素进行知识化，设计智能化安全知识模型，构建供应链上下游企业的协同和关联关系，形成供应链工业互联网管理和安全防护的“基础知识库”。建设供应链上下游全链知识图谱，实现对供应

链智能化“事先安全分析”的能力，结合工业互联网技术中的重要产品安全追溯机制，提高供应链整体安全追溯水平。

3.建立供应链安全共享环境

针对供应链安全“突破一点，伤及一片”的特点，供应链相关企业应规范 API 服务接口的安全性，健全自身安全主动检测和隔绝共享技术带来威胁的能力。供应链中的各设备与设备之间，设备与数据中心和各平台之间，设备和专家团队之间的数据交互，通过建立一个端到端加密的网络，有助于提高数据通信的安全交互，同时在单个节点发生安全事故的时候立即将踢出网络，保护其他节点不受影响。同时，鼓励供应链核心企业建立安全态势感知、知识库、供应关系与威胁情报等信息共享，依托国家应急管理部门、安全通报平台和科研机构，构建互联互通和高度协同的供应链智能共享网络，确保在全球化供应链中的关键设施节点或产品出现“断供”、遭受网络攻击、爆发重大社会安全事件或基础资源短缺等问题时，通过共和协同和联动调度，避免或降低突发供应链安全问题造成的损失。

4.提升供应链数据安全防护水平

供应链中的供应商、经销商、物流服务商、客户等应结合自身业务需求，以及上下游合作伙伴、第三方平台、多业务融合和全平台互联互通的对接服务，根据数据的敏感性和重要程度等，参照数据分类和安全防护标准，将其采集、存储、处理、交换和挖掘的数据进行分类，利用区块链、数据加密、脱敏处理、个人隐私保护及备份恢复等安全技术，防范硬件、软件和人员等偶然

或恶意对供应链全链数据可能造成的破坏、篡改和泄露。

5.提升基于工业互联网技术的供应链风险管理水平

供应链各环节中的供应商、集成商、基础服务提供商、LSP、渠道商、物流等企业，根据国家和监管部门的法律法规和标准规范，建立重要资源和产品供应链人员安全管理机制；制定和实施供应链安全管理制度，规范和约束人员安全行为和业务流程；推动企业提高供应链管理流程标准化水平，推进供应链服务标准化，提高供应链系统集成和资源整合能力；建立供应链风险管控措施，全面提升供应链风险管理水平。

（四）加强供应链标准化建设，推动资源共享和协同合作

1. 构建基于合约的政策、程序和标准

发挥龙头企业支撑带动作用，引领供应链上企业制定并采用统一的技术、管理、工作标准，形成供应链标准参考模型，构建以实现共同利益最大化为目标的一体化运行机制，充分发挥标准体系在供应链领域的指导作用。建立供应链服务质量评价标准，设计多维绩效评价指标，动态评估供应链整体运行情况及上下游节点企业的运营关系。打造具有强连接属性的供应链契约，健全供应链信任机制，为供应链协同管理提供统一的遵循。关注产业链集群化管理，建立健全产业园区统一运营管理制度，形成企业准入、经营管理、服务管理规范，以规划先行为原则，做好供应链顶层设计，引导供应链企业规范发展。

2. 实施供应链数据共享

传统的数据管理和基于数据的管理创新应用均是“谁用谁

管，各自负责”，“信息孤岛”和“业务壁垒”的问题突出，各部门对数据和业务普遍存在自定义问题，这严重地影响了企业各部门信息系统的集成与各业务环节的融合协同。应用区块链、大数据、物联网等先进技术，加强开放交互式信息平台建设，促进节点企业能力信息共享、状态信息共享、制造信息共享等，避免技术、工艺变更欺诈等信任机制破坏行为，推动供应链各环节设施设备和信息数据的高效对接，实现信息全链条覆盖。同时对全链条数据进行短期实时动态监控和中长期运行条件监控，以数据为载体推动供应链的可视化，构建信息追溯查询平台，实施数据的全生命周期管理。例如清华大学邓天虎教授团队创新将凝练形成的技术方案应用于快消品制造企业，指导企业在卷包、封箱、入库、出库和扫描等环节设计了扫码枪自动扫描和人工手动扫码两种方式，实现全流程数据贯通（见图 22）。

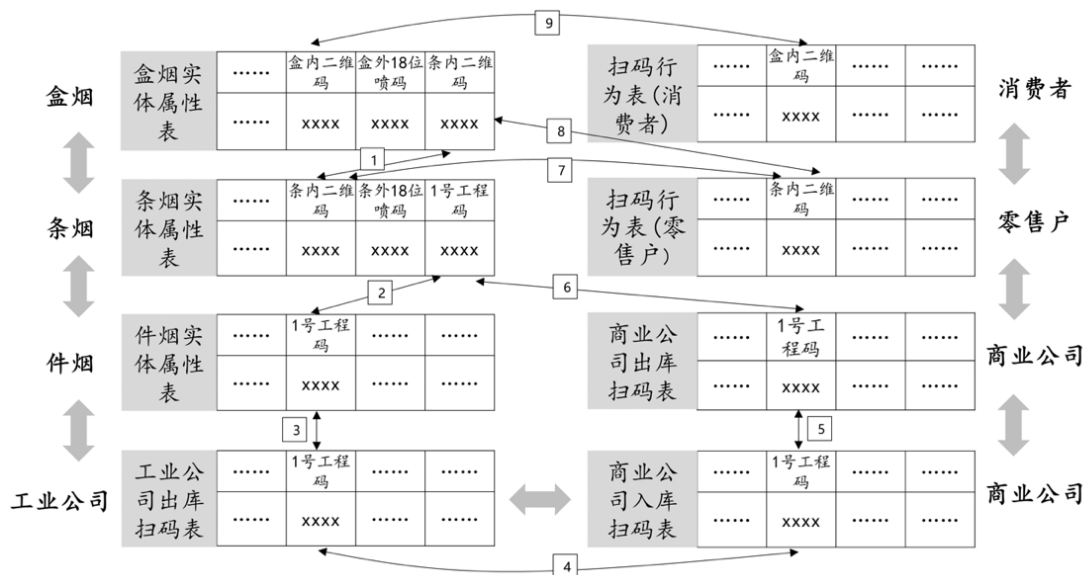


图 22 跨产品形态、跨层级的数据贯通体系

3. 加强供应链协同管理

强化供应链协同管理思想，既要实施供应链运行协同管理，又要进行节点企业运作协同管理，促进企业竞争战略与供应链运作战略的适配协调，实现供应链的内外协同。保持统一的清洁生产、质量管理、设备维护、物流管理、安全管理等，整合各类生产要素，形成端到端的业务流程协作，推进供应链节点企业的协同决策，促进供应链上下游、产供销、大中小企业的紧密有效衔接。树立共赢的供应链文化价值观，构建共商、共建、共赢的战略伙伴关系，增强价值认同和全局系统观念，为实现共同的愿景目标而努力。建立公平公正的收益共享和风险共担机制，在信任承诺和契约协议的基础上深化协同合作，实现整个供应链资源的优势互补、优化利用。

（五）打造供应链数字化闭环，应对全球供应链协同风险

1. 加快文化融合进程，布局全球供应链

一方面，我国位于全球供应链上的各节点企业应该对合作的海外企业所在国家文化进行深入分析，加快本企业和海外企业的文化融合进程。企业应站在文化的角度分析海外企业的供应链管理理念，并基于双方文化的共性，形成彼此都能接受的供应链协同模式。例如，海尔提出的“沙拉式文化体系”就是尊重合作国家文化的同时输入新鲜理念，通过“人单合一”让不同文化背景下的“上级第一”“股东第一”“技术第一”，在兼容并蓄中转向更为根本的“员工第一”“用户第一”。另一方面，我国政府应加快布局海外产业链供应链，填补美国、日本等国制造企业回撤

的空缺。抓住区域全面经济伙伴关系协定（RCEP）签署的契机，引导国内企业与亚太地区企业进行合作，增强地区生产网络的发展韧性。加强国内企业与“一带一路”沿线国家的企业开展合作，拓展我国“国内国际双循环”的全球供应链发展路径。

2.合理布局供应链结构，提高全链稳健性

企业可以通过构建柔性数字化生产新模式来提高供应链稳健性，进而提高供应链遭遇外部冲击的快速恢复能力。数字化柔性生产模式可以加强供应链网络抵抗风险的能力，降低外部冲击带来的供应链中断风险的危害，还能够快速响应市场的需求变化，减少遭受外界干扰带来的损失，进而提高企业供应链在不同环境下的稳健性。除此之外，企业还可以通过增加供应商来提高供应节点的可替代性，从而降低供应链中断风险。当企业上游供应商遭遇风险性事件无法正常为企业供货时，企业可以从其他供应商处进行采购，合理布局供应链的结构可以增强企业应对供应链风险的能力。

3.加速建立工业互联网平台，快速应对风险事件

企业应加快构建应对供应链风险的工业互联网平台，形成快速应对风险事件的创新能力。企业应及时对自然灾害、贸易保护主义、单边主义等可能会冲击供应链的事件进行评估，构建应对供应链风险的工业互联网平台，快速对风险事件进行响应并形成解决方案。例如，2020年初新冠疫情爆发时，海尔卡奥斯快速打造医疗物资信息共享资源汇聚平台解决了防疫物资供需信息不对称的问题，平台上的创客自主捕捉用户需求，自组织上线“新

新冠肺炎疫情医疗物资信息共享资源汇聚平台”，针对抗击疫情物资匹配提供必要保障，后期经过持续迭代又推出“应急物资平台”，连接行业和产业链重点企业资源，助力政府和园区精准施策。

4.推动“中国制造”走向“中国创造”，打造闭环供应链

我国应重视企业自主品牌建设，通过运用工业互联网新一代信息技术来推动产业链供应链新旧动能转换，进而使“中国制造”走向“中国创造”。一方面要以国内大循环为主体，贯通采购、生产、流通、消费等多流程、多环节，以工业互联网核心技术引领，打造供应链闭环结构，促进国内产业链的升级迭代。另一方面，要构建国内国际双循环相互促进的新发展格局，推动我国应用于供应链领域的工业互联网相关核心技术与国际标准接轨，提升产业链供应链的现代化水平，大力推动科技创新，加快关键核心技术攻关，解决“卡脖子”关键产品的自主创造与批量生产，具备在高精尖产业打造国内闭环供应链的能力。

（六）加大应用示范推进力度，促进复制推广与模式创新

1.树立面向供应链优化的应用示范场景

推动新一代信息技术在供应链各环节的应用与创新，以医药、食品等供应链协同需求高的行业为试点，通过多个行业的标杆项目打造，基本形成覆盖重点产业的智能化供应链体系，进一步促进供应链发展新技术和新模式的推广应用。一方面，面向重点行业建设一批企业间供应链协同平台，基于平台形成一系列基于工业互联网的供应链优化解决方案，例如基于工业互联网的产

业上下游企业全流程物流管控解决方案、基于工业互联网的产业上下游供应链协同解决方案等，树立具有行业代表性的数字化转型标杆，促进设计资源、制造设备资源等共享。另一方面，鼓励有实力的企业建设集成供应商管理、生产物资管理、供应链管理、物资库和线边仓及配送管理、成品库和配送链管理等功能的网络化协同系统，支持精密供应链、智能物流配送、零库存等新模式发展，并推动面向中小企业的示范推广。

2.发布基于工业互联网的供应链优化典型案例

基于上下游企业间数据互联互通、创新资源共享、生产资源优化配置、智能调度和高效协同等实践，征集面向采购、库存、销售等管理体系的和应用成果案例，发布基于工业互联网的供应链管理优秀案例集。通过供应链管理、关键产品追溯、全生命周期管理、供应链协同等模式场景的案例展示与经验推广，为带动各类企业开展基于工业互联网的供应链数字化改造升级、实现企业间高效协同和供应链精准对接提供“看得见、用得着”的经验路径。

3.开展工业企业“上云上链”宣贯培训

面向各省、市重点工业企业管理者和从事信息化的专业技术主管、技术人员。从事供应链优化技术研究、推广的相关人员，以及对基于工业互联网的供应链管理感兴趣的各界人士，围绕工业互联网供应链优化的高效协同、资源配置优化、数据安全与权益保障等主题进行宣贯培训。结合前沿研究、优秀应用案例和行业领域实际需求，提升企业对上云上链重要性的认知水平，推广

供应链协同和智能仓储物流管理等先进经验，推动形成各类企业积极布局数字化升级改造、产业链上下游协同联动的生态发展模式。

（七）打造工业企业培训课程，实现工业互联网人才积累

1. 校企联合，共探复合型工业互联网人才培养模式

工业互联网的人才积累对企业工业互联网的实施具有重要作用。一方面，应结合工业互联网的特点，工业企业应用场景与工业互联网最新研究成果，围绕职业能力培养，建立校企合作，共同开发工业互联网人才培养课程体系；另一方面，应加快建立与完善工业互联网校企合作与产教结合机制，打造多层次复合型工业互联网人才培养模式。

通过完善工业互联网培养课程体系，大批复合型工业互联网人才将进入工业企业，这有利于将工业互联网的特点渗透到工业企业实施执行的各个层面，全面保障基于工业互联网的供应链的贯彻落实。

2. 产学研互动，共建工业互联网人才实训标杆案例

将产业链布局优质的企业作为工业互联网人才线下实训基地，联合高校、科研机构、产业研究机构，结合产业供应链与工业互联网特点建立工业互联网人才实训基地，并将实训基地作为产业标杆案例进行展示推广，带动产业链上下游企业专业人才的培训与积累。在人才实训基地中，非工业企业人才可以通过项目实训来积累专业知识、技术技能和工程实践经验，工业企业生产人员可以在接受专业化技能培训的同时，在企业内部同步开展实

操培训。除此之外，工业企业内部还应将工业互联网课程培训及评级纳入企业培训重点，并联合高校、产业研究机构、专业培训机构，深入企业开展调研工作，制定符合企业特色的培训课程计划及评级标准。

3. 成果共享，建立工业互联网人才线上管理平台

建立工业互联网人才线上管理平台对加快工业互联网的人才积累具有重要意义。一方面，通过实现典型案例的线上展示与分享，打破时间与空间的限制，快速推广先进经验以供所有企业参照学习；另一方面，工业互联网线上培训课程应与企业人才资源库的建设紧密结合。经平台认证后的行业专家和高级工业互联网人才可以在线发布课程与培训方案，分享在工业互联网领域的研究与经验。同时工业企业可以利用人才资源库，直接对接行业专家与解决方案，实现典型案例、研究成果与工业互联网人才的共建共享。

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet