

工业知识与ICT技术深度融合

驱动产业生态重构



2020



内容目录

一、工业互联网发展背景	01
1.1. 工业化重回全球竞争制高点	
1.2. 工业企业数字化转型是大势所趋	
二、工业互联网发展现状	06
2.1. 工业互联网定义——新一代工业基础设施	
2.2. 工业互联网主要应用场景	
2.3. 中国工业企业部署工业互联网情况——潜力巨大	
2.4. 行业应用试点案例	
三、工业互联网新型体系架构	14
3.1. 工业互联网新型体系架构需具备的特征	
3.2. 工业互联网新型体系架构的关键要素	
3.3. 工业互联网新型基础设施：工业知识+数据驱动的新生态	
四、工业互联网产业生态	26
4.1. 工业互联网新型产业体系	
4.2. 工业互联网新型产业发展模式	
五、工业互联网未来展望	28
5.1. 跨越“试点困境”	
5.2. 改变四大模式，助推工业高质量发展	
5.3. 对工业企业的建议	
5.4. 对生态玩家的建议	

工业互联网发展的背景

1.1 工业化重回全球竞争制高点

1.1.1 “再工业化”成全球新趋势

2008年金融危机爆发后，全球经济遭受重创。以美国为代表的发达国家开始重视实体经济的重振，纷纷出台再工业化战略，旨在通过再工业化重返全球工业第一梯队。再工业化不是原有工业化的重复，而是将高新技术与制造业结合，以优化产业结构，实现工业的数字化升级，从而提升制造业质量。

聚焦中国，2020年3月，中共中央政治局常务委员会会议明确提出加快新型基础设施（简称“新基建”）建设，新基建包括5G基站建设、大数据中心、人工智能、工业互联网、特高压、城际高速铁路和城市轨道交通、新能源汽车充电桩等七大领域。同月，工信部印发的《关于推动工业互联网加快发展的通知》，明确提出要加快网络、平台、标识、大数据中心四大基础设施建设，拓展融合创新应用，培植壮大创新发展新动能，支撑制造业实现高质量发展。

图1 全球出台“再工业化”战略

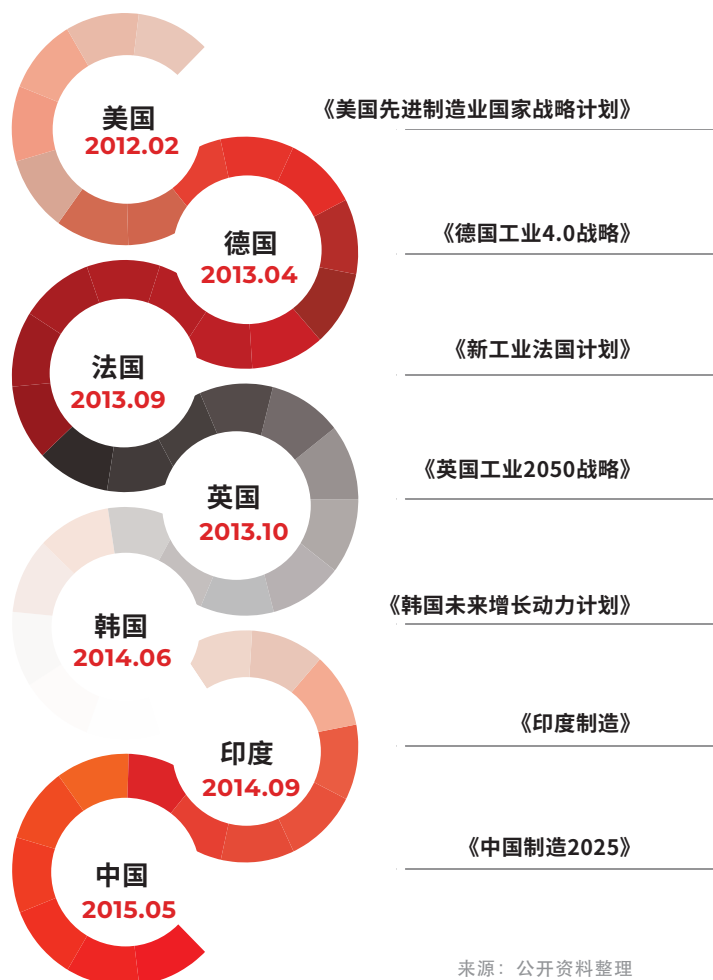
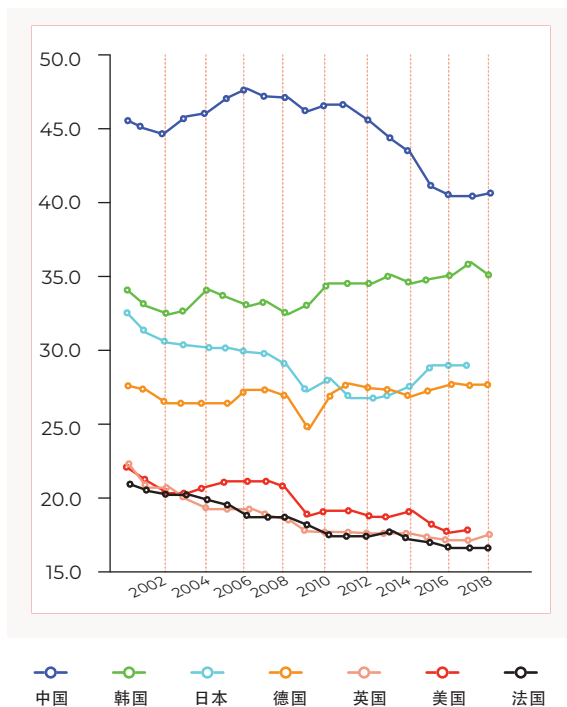


图2 各国工业增加值占GDP比重



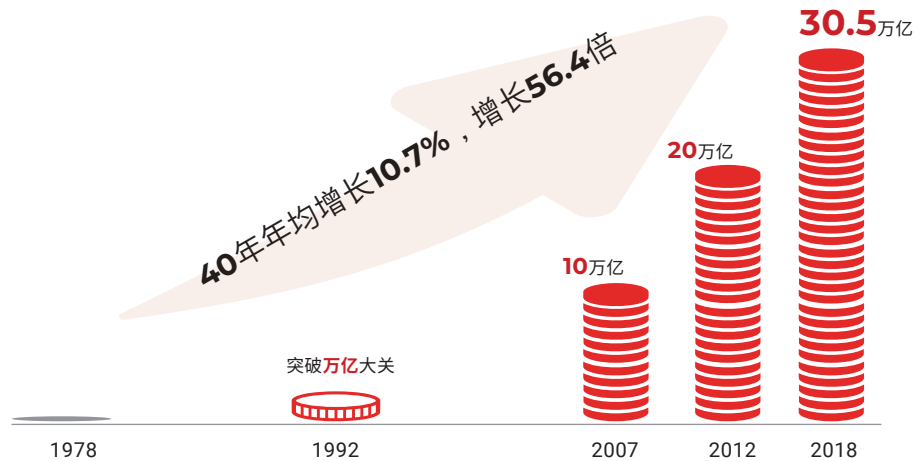
考察中国、德国、法国、英国、美国、日本、韩国七个经济体，从近几十年的工业增加值的数值看，尽管工业占GDP的比重出现周期性的波动，但大致在08年金融危机后，尤其是2009年这个时间点后，呈现出上升的趋势。这表明了各国在提振工业、促进经济发展方面，从国家层面的政策到落地的实践。

来源：世界银行

1.1.2 工业是中国经济发展的“压舱石”

中国是传统的“工业大国”，特别是改革开放以来，中国工业经济规模迅速壮大。世界银行数据显示，2018年中国工业占GDP的比重达40.7%，表明工业对中国经济增长的重要支撑作用。

图3 1978年以来中国工业增加值迅速增长



来源：IDC依据公开数据整理绘制

中国的工业体系门类齐全，是全世界唯一拥有联合国产业分类中全部工业门类的国家¹。完善的工业体系，也提供了大量的用工岗位，解决了劳动就业问题。世界银行数据显示，从2008年开始，近十年来中国工业就业人员占总数的比重均高于26%，2018年工业就业人员占总就业总数的28.62%。

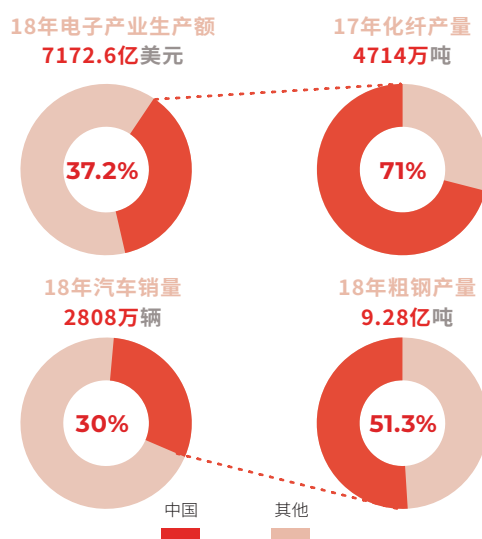
1.2 工业企业数字化转型是大势所趋

1.2.1 中国工业企业面临的三大挑战

根据世界银行的数据，按现价美元测算，2010年中国制造业增加值首次超过美国，成为全球制造业第一大国，自此多年稳居全球第一。2018年中国制造业增加值占世界的份额达28%以上，接近美、日、德三国的总和，成为驱动全球工业增长的重要引擎。其中，汽车、电子、钢铁、化纤等制造业的多项指标均位居全球首位。

尽管中国制造业多个领域产值位居全球第一，但是整体而言，制造业大而不强，企业在推动自身业务系统和流程的全面升级时面临一系列挑战：

图4 中国部分制造领域表现



数据来源：IDC依据中国汽车工业协会（CAAM），韩国电子信息通信振兴院，国际钢铁协会（WSA），日本化纤协会等数据整理

成本不断提高：IDC2019年工业企业调研数据显示，成本上升是受访工业企业面临的第一大挑战。这主要由中国的人口红利期逐渐消失、老龄化时代来临以及环保力度加大，环保成本上升等因素导致。

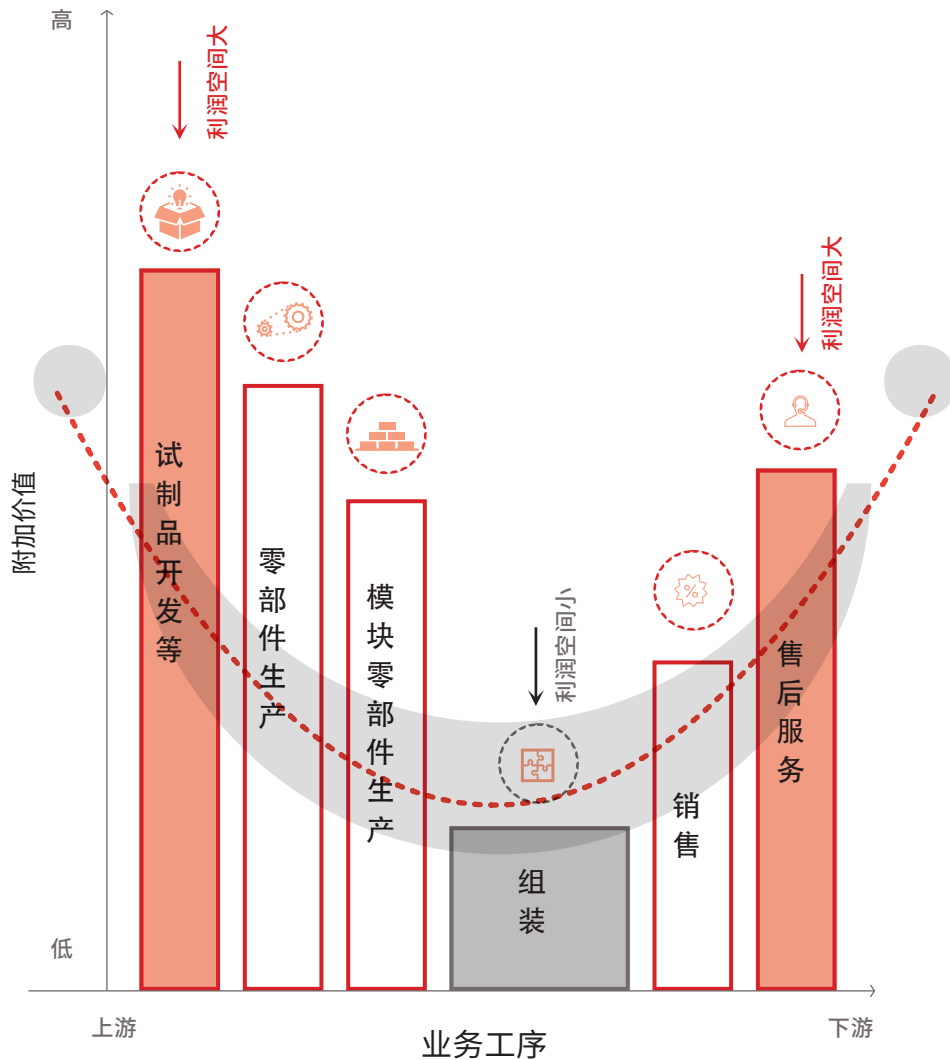
工业自主创新能力不强：主要表现在自主品牌缺乏，一些关键装备、核心技术依赖进口。以机器人为例，IFR（国际机器人联合会）数据显示，2018年国产工业机器人在市场总销量中的比重为27.88%，市场绝大部分被主要的外资企业占据。在关键的零部件上，国产伺服电机和减速器市占率仅为10%-15%左右，而这些核心零部件占整个工业机器人成本78%以上，也即利润率高的部分主要由国外品牌把控。这表明中国工业自主创新能力不足，这也是中国工业在由大向强转变过程中面临的障碍。

产品附加值不高：中国制造业大多处在微笑曲线²的中间，即处在世界制造业价值链的中低端，在国际经济贸易利益分配中处于劣势。工信部数据显示，2018年中国制造业增加值占全球制造业比重30%左右，位列全球第一，美国以17%比重位列全球第二。但是，中国制造业利润率仅2.59%，远低于美国的12.2%。

¹ 资料来源：2019年9月20日，工业和信息化部副部长苗圩在国务院新闻办公室举行的新闻发布会上的发言。http://www.cs.com.cn/sylm/jsbd/201909/t20190920_5986157.html

² 微笑曲线将产业链分为若干区间，即产品研发、零部件生产、模块化零部件生产、组装、销售、售后服务等。研发设计和售后服务等上下游环节的附加值高，盈利率高，而加工、组装、制造等中间环节则相反，附加值低、利润率薄。

图5 中国制造业处于微笑曲线的中间



来源：宏基集团施振荣

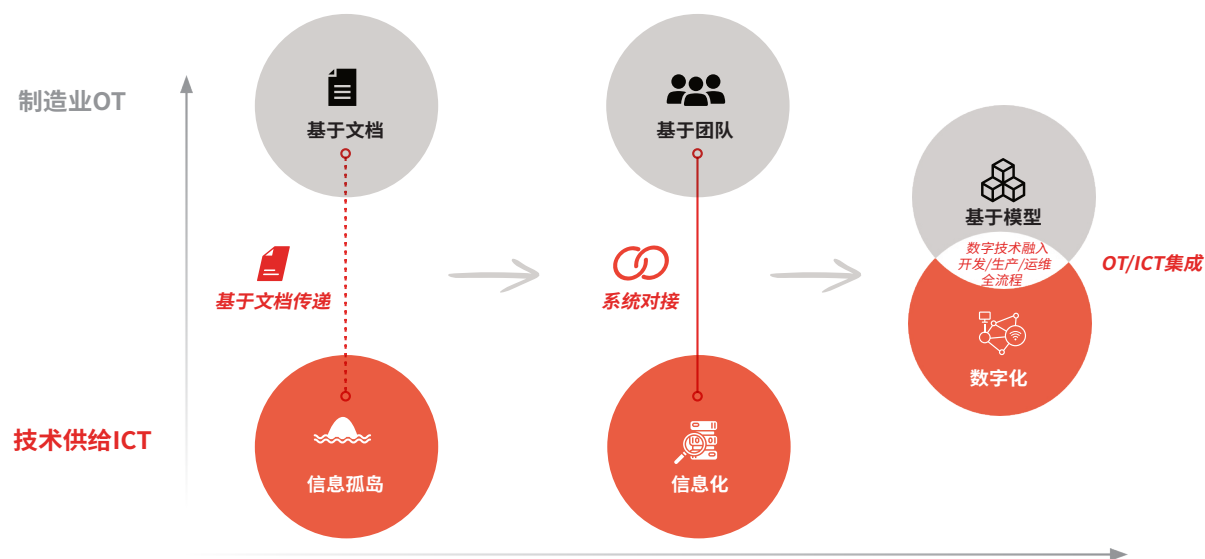
1.2.2 工业企业数字化转型的本质是ICT技术和OT技术的深度融合

数字化本质是融合科学范式³，核心是通过OT与ICT的深度融合，通过行业数据的采集、开放、分析、共享从而形成行业知识，并将行业知识注入现有产品对象、流程、工艺等生产要素、生产装备、作业流程等全要素并进行重构。

工业企业通过数字化转型，将ICT技术全面融入核心作业系统，如管理运营支撑系统、研发系统和核心生产系统，实现产品对象数字化、产品作业过程数字化以及产品运行数字化。企业内部上下游、企业与客户之间通过对有价值的的数据加以挖掘、对有价值的成果进行共享，优化企业在ICT和OT技术的投入组合更好的进行成本投入的规划。

³ 2014年美国国家研究理事会提出融合科学理念，以解决重大问题为导向，整合多个学科领域的知识、技能和工具，形成一个全面、综合的问题解决框架，并形成多方权益主体参与的价值链

图6 IT和OT 融合示意图



来源：IDC 2020

1.2.3 新冠疫情催生新技术、新模式在工业的应用，传统工业加速智能化改造

2020年新冠疫情爆发，使得工业生产因为原材料供应、劳动力不足等造成停滞。在疫情倒逼下，催生了远程办公、无接触经济等新业态新模式，也加速了传统工业数字化、智能化改造。

首先，工厂的智能化改造需求进一步加速。能实现远程控制、自动化生产的产线是后疫情时代工业发展的目标之一。工业机器人的部署、利用人工智能技术改造的生产线将有效代替人工、自主操作，保证工业生产的效率和质量；其次，弹性供应链的打造将是工业制造在新常态下又一发展重点。弹性供应链的打造核心在于供应链的可视化和智能化，通过物联网、人工智能、大数据等技术，实现供应链的实时信息的跟踪以及物流路径的优化，从而实现提高供应链抗风险能力。最后，网络化协同能力也是工业发展的一大重点。通过工业互联网平台等新技术，实现企业内部之间、产业链上下游、跨产业链的企业之间的产业链协同，实现供需的有效对接、资源的智能化调配，从而降低企业的生产和运营成本。

疫情是行业的危机，而数字化转型则是工业企业的机遇。ICT技术和OT技术的深度融合，并在工业不同场景的应用落地，将加快工业企业的数字化、智能化进程。

工业互联网发展概况

2.1 工业互联网定义——新一代工业基础设施

按照工业互联网产业联盟（AII）的定义，工业互联网是新一代信息通信技术与工业系统全方位深度融合所形成的产业和应用生态，是工业智能化发展的关键综合信息基础设施。其本质是以机器、原材料、控制系统、信息系统、产品以及人之间的网络互联为基础，通过对工业数据的全面深度感知、实时传输交换、快速计算处理和高级建模分析，实现智能控制、运营优化和生产组织方式变革。工业互联网通过人、机、物的全面互联，实现全要素、全产业链、全价值链的连接，正在全球范围内加速颠覆传统制造模式、生产组织方式和产业形态，推动传统产业加快转型升级、新兴产业加速发展壮大。

2.2 工业互联网主要应用场景

2.2.1 工业企业三大核心业务流

工业互联网对工业企业的价值创造主要体现在生产制造流、产品生命周期流和价值创造流三大业务流的有机共生、相互促进。其中，生产制造流是汇聚枢纽，价值创造流打通上下游数据，产品生命周期流构建设计与制造协同平台。工业互联网通过三个“流”的集成和优化，打造人、机、物全面互联的网络基础设施，聚合工业机理模型和工艺经验的沉淀，保护对传统设备和系统的投资，实现从数据到知识再到工业智能的蜕变和价值挖掘，从而打造工业企业智能化发展的新兴业态和应用模式，促进工业的高质量发展。

图7 工业互联网三大业务流



来源：IDC 2020

从“价值创造流”维度来看，现代工业企业尤其制造业通常是以实现客户需求为价值创造导向，客户需求是价值源头，实现过程涉及复杂的、跨域的、动态的、和全球化的供应链结构，涵盖从原材料到零部件、从模组到个性化选项、从在制品到制成品、从硬件到软件、从用户使用到回收的所有环节。通过新一代工业互联网技术，工业企业可以实现全供应链信息整合与分享、并对物流状态进行实时收集、对流通环节（如运输、仓储等）进行在线监控和预警、进而实现全供应链甚至供应网的可视化管理，提高工业企业内部与可信合作伙伴间高效生产调度与资源配置，大力提升定制化产品和服务的机动性和灵活度。





从“产品生命周期流”维度来看，工业企业的首要目标是为用户持续提供具有价值的创新产品和服务。这一价值创造和实现过程可以分成3个主要阶段：研发设计、生产制造和交付服务。工业互联网的架构和部署必须要支持、促进和优化企业产品生命周期流的畅通运行、各阶段的无缝对接和综合价值的高效实现。在研发设计阶段，研发和设计人员可以通过工业互联网平台综合利用多源信息（如用户体验实时反馈、用户期望和用户痛点问题洞察、供应商新材料新组件新功能、车间新装备新工艺等）、及时更新的机理模型、基于云化的协同开发软件等，进而加速差异化产品创新过程、缩短产品研发迭代周期、缩短产品上市时间，夺得市场先机；在交付服务阶段，工业互联网和相关工业APP的部署将能进一步赋能现场维护和一线客服人员，及时准确地反馈现场产品状态、维护需求、客户体验、使用中出现的问题、以及改良建议等。这些来自现场的一手资料对于企业实施大数据分析、洞悉产品实时性能并比对设计预期性能、改进未来产品设计和创新大有裨益。生产运营部门可以利用这些来自客户现场的实时信息来规划和安排备件生产，既可以充分利用产能又可以缩短客户服务时间，极大满足客户需求和客户对产品的体验预期。

从“生产制造流”维度来看，工业企业三大业务流最终汇聚到生产制造环节，在生产制造阶段，通过OT和ICT的深度融合和工业互联网平台整合及综合利用工业软件（如ERP、PLM、SCM、CAX、3D仿真、MES等）和多源信息（如生产节拍、产品良率、车间设备健康状态、供货状态、实时SPC数据、用户定制需求变动等）对生产计划、产线排序、资源调度、JIT原料和零部件送达计划、仓储物流等，做出及时调整和优化，对设备进行预测性维护，实现计划外零宕机，从而提高生产运营整体效率和产能、降本提质。

2.2.2 工业互联网垂直行业落地典型场景

工业互联网有着广泛的应用，几乎可以涵盖所有的工业领域。根据IDC的研究，工业互联网围绕工业企业的生产制造流、产品生命周期流和价值创造流三大业务流，主要应用场景主要包括资产智能化、生产智能化、产品全生命周期管理及网络化协同四大类。这四大类应用场景涵盖了工业领域的原材料、产品、设备、运营、售后等制造相关的全要素、全价值链和全系统。

图8 工业互联网应用场景分类

应用场景	子场景	典型的垂直场景
 资产智能化	设备健康管理 预测性维护 能耗管理 远程运维	工程机械 航空航天、船舶、轨道交通、工程机械、能源
 生产智能化	生产管控 工艺优化 质量管理 自主操作	石化 钢铁、轨道交通 煤炭
 产品全生命周期管理	产品溯源 产品设计反馈 用户体验反馈 供应链管理	航空航天、船舶、汽车 家电
 网络化协同	产业链协同 企业资源动态配置和优化	航空航天、船舶、汽车、家电

来源：IDC 2020

资产智能化是工业互联网典型应用场景之一。工业互联网通过对资产智能化管理，帮助企业提高设备服务的可视化和可靠性，减少维修成本和非计划性宕机。资产智能化管理主要包括四类：**一是设备健康管理**。通过设备健康度模型对设备健康度进行判断和预测，从而合理备件，计划生产，减少计划外设备停机时间，也即“可靠性分析”；**二是预测性维护**。通过在关键领域嵌入传感器和网络设备来获取关于资产的位置、质量和状态的关键实时数据，结合设备历史数据，构建数字孪生系统，及时监控设备运行状态，提前预知设备的异常状态，从而最小化设备停机的可能；**三是能耗管理**。主要通过提供综合能源（电、水、油、气）的用能监控，基于现场能耗数据和分析，对设备、产线能效进行优化配置，提高能源使用效率，实现节能减排；**四是远程运维**。在设备地理位置分散的企业，人工巡检、运维的成本高，一旦出现设备故障很难第一时间发现。远程运维通过物联网技术对偏远地区的设备进行实施数据监测，发现问题并及时处理，尤其在航空航天、船舶、轨道交通、工程机械、能源等行业，能大幅降低设备宕机带来的损失。

生产智能化是工业互联网最为常见的应用场景之一，也是目前落地较多的场景。其实施的难度和价值偏中等水平。主要包括生产管控、工艺优化、质量管理和自主操作。**生产管控**是通过在工业生产现场部署传感器、控制器等智能设备，全面掌握机器、设备的运行情况，并利用大数据模型分析生产现场，提供工厂的完整运用情况，实现对生产现场得实时管控；**工艺优化**是利用传感器、仿真建模等，实现工业真实生产状态的可视化，有效帮助操作人员更合理的操作，降低运营成本。其在钢铁和轨道交通行业有较多应用案例；**质量管理**是利用传感器来监控最终产品的质量，同时自动化反馈最终产品的合规相关活动。通过实时数据采集和仿真，根据历史数据的比对分析，对潜在的质量问题进行分析；**自主操作**是通过物联网技术、网络化设备直接处理收集来的数据，并自主采取诊断措施，无需人工手动操作。如智能设备可以识别其电池过热的情况，自动改为低强度运行，以便在等待更换部件的同时控制温度上升。

产品全生命周期管理是指从产品的需求开始，到产品淘汰报废的全生命历程管理，包括产品设计、制造、操作和服务等环节。具体到应用场景包括以下四种：**产品溯源**是以条码技术为手段，对产品的物料、半成品、成品实行自动识别、生产过程监控，实施全透明的管理，事后可对产品进行溯源，实现供应链相关环节的实时可见性和可追溯性；**产品设计反馈**是利用工业互联网平台，产品传回数据帮助企业了解消费者需求，快速响应市场，并将相关信息反馈到设计部门进行设计改进，提升设计研发速度以实现柔性生产和个性化定制；**用户体验反馈**是借助工业互联网平台，将用户使用的体验反馈到平台，从而改进产品方案，加速创新迭代；**供应链管理**场景中，工业互联网平台可以实时跟踪现场物料消耗，结合库存情况安排供应商进行精准配货，优化库存管理，有效降低库存成本和物流成本，提高物流系统整体效率。

网络化协同是指制造商、零部件供应商、销售商乃至消费者可相互交换商品和业务信息，共同执行业务流程。协同既包括组织内部的协作，也设计产业链上下游组织间的协作。具体包括产业链协同和企业资源动态配置和优化。**产业链协同**场景中，工业互联网平台通过有效集成企业内部、企业与供应链上下游、跨供应链的设计、生产、物流和服务等不同环节，由串行制造转变为并行制造，降低了产品研发设计和生产周期，大大降低成本。具体包括协同设计、协同生产、协同物流及共享服务等，目前协同设计在轨道交通、航空航天、船舶、汽车等垂直行业已经有较多成熟案例；**企业资源动态配置和优化**场景中，工业企业通过工业互联网平台对外开放空闲制造能力，动态配置原材料、资本、设备等生产资源，实现制造能力的在线租用和利益分配。

2.3 中国工业企业部署工业互联网情况——潜力巨大

当前，工业互联网热度不断提高，已成为工业企业、系统集成商、物联网企业、工业软件企业、ICT厂商等多方关注的焦点。IDC2019年工业企业调研数据显示，25%的受访中国工业企业已经部署工业互联网，53.3%工业企业计划在未来1-3年内考虑部署工业互联网。

2.3.1 布局工业互联网的驱动力

工业企业在部署工业互联网时，其主要动力来自两个方面：

- **一是提质增效：**传统的制造业生产销售流程为发现需求-产品设计-产品试样-制造-销售-消费者，在制造商生产过程中，存在着调研成本高、生产周期长、产品积压、创新慢等一系列问题。而工业互联网通过跨IT和OT的资源共享，能让企业直面消费者需求，能更快地应对市场需求，并快速应对。对企业而言，降低了产品的成本和生产周期，实现市场、研发和生产制造的融合，加速新产品的创新和上市。
- **二是运营优化：**以相同或更低的成本提高吞吐量或者服务的可靠性。传统制造业缺乏管理、效率低下。工业互联网以大数据为基础，可迅速分析实现智能控制从而达到优化运营，减少生产成本浪费。

图9 企业布局工业互联网的驱动力

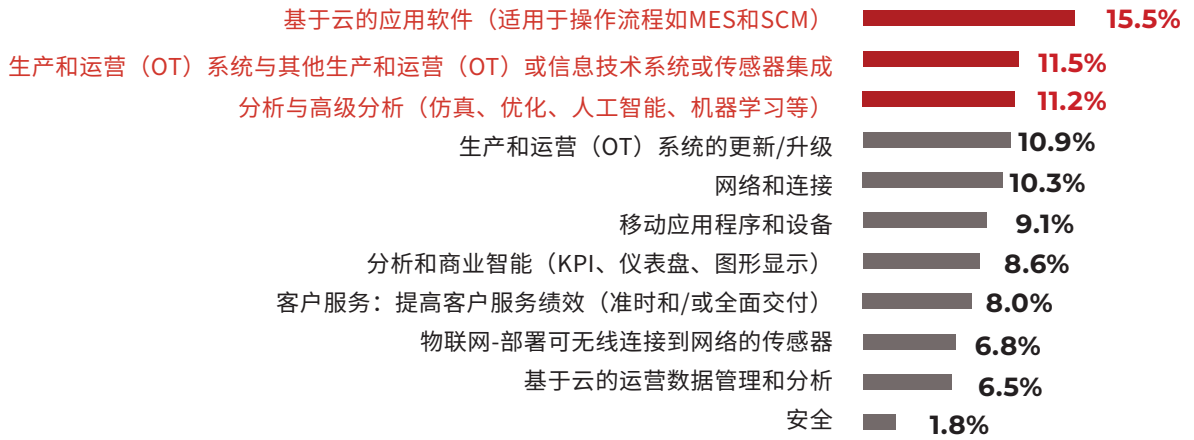


来源：IDC 2019年工业企业调研,n=152

2.3.2 投资工业互联网的重点

随着数字化转型在行业间的持续推进，工业企业开始重视OT领域的投资，尤其是OT与ICT的融合。而在OT技术相关的投资计划中，前三大的投资重点是基于云的应用软件、OT技术和ICT技术或传感器的集成以及分析和高级分析。

图10 工业企业在运营技术（OT）相关的计划中前三大投资重点



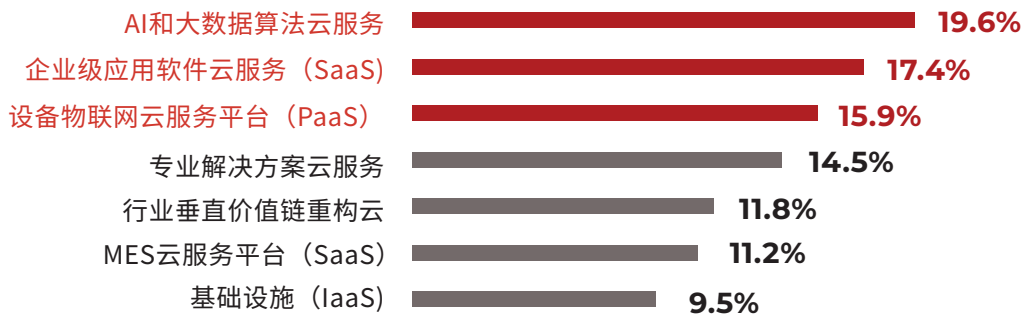
来源：IDC 2019年工业企业调研,n=152

2.3.3 部署工业互联网的关键技术

从工业互联网相关技术的部署计划来看，未来AI和大数据、企业级应用软件SaaS以及设备物联网云服务平台是工业企业部署的前三大技术。

- AI和大数据算法云服务是目前及未来三年中国工业企业部署工业互联网的第一大技术领域，19.6%的受访企业表示已经及计划部署。
- 企业级应用软件SaaS是第二大重点领域，17.4%的受访企业表示已经及计划部署。
- 设备物联网云服务平台是第三大重点领域，大概15.9%的受访企业表示已经及计划部署。

图11 中国工业企业目前以及未来3年计划部署工业互联网前三大技术的意向



来源：IDC 2019年工业企业调研,n=152

IDC工业企业调研现状显示，大部分的中国工业企业已经意识到工业互联网的巨大价值，部署的动力明显，并且已经在关键的技术领域和投资领域有所行动。

2.4 行业应用试点案例

2.4.1. 案例1—三联虹普

三联虹普是专业工程技术服务商，在中国有30多年的历史，是中国涤纶锦纶的引进者，占有中国锦纶市场90%的份额，占有世界50%的化纤机械市场份额。当前化纤生产预测性优化能力弱，成为产业发展痛点之一。

其一是人工抽检负担重。由于化纤产业的产能规模大，用工多，人工抽检负担重，并且检测效率低，无法在线检测。

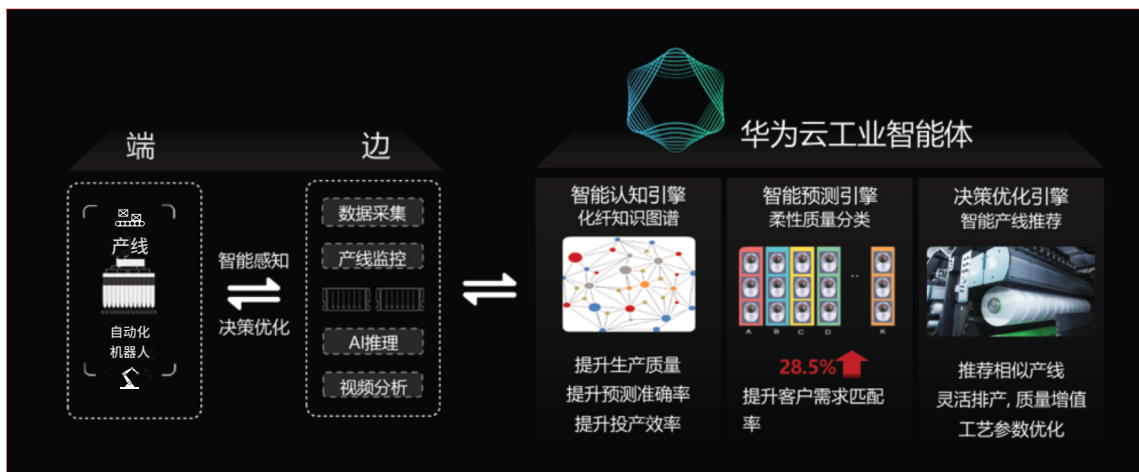
其二是客户定制化需求多。由于化纤的质量标准单一，因此无法满足差异化需求。

其三是产品质量标准复杂、品质一致性要求高。合成纤维下游纺织制造行业较为分散，产品质量标准复杂，包含纤度、强度、长度、染色等等。另外，化纤产品批次间质量波动不可控，品质难以达到要求。

预测优化能力依赖数字化基础，需要工业与ICT技术深度融合。通过将华为全球领先的全栈全场景AI技术能力与三联虹普和TMT在核心工艺与核心装备方面的行业知识与工程转化能力相结合，将新一代信息技术与人工智能技术通过工业互联网“端-边-云”协同计算模式有机融入行业核心装备及产线，进一步推动化纤行业的智能化升级。双方携手发布了化纤智能产线整体解决方案“化纤工业智能体解决方案V1.0”。化纤工业智能体在产线数字孪生的基础上由“智能认知，智能预测，决策优化”三大引擎构成。智能认知引擎形成化纤知识图谱，从而提高生产质量，提升预测准确率及投产效率；智能预测引擎，可实现柔性质量分类，提升客户需求匹配率；决策优化引擎，形成智能产线推荐，推荐相似产线，灵活排产，质量增值，实现工艺参数的优化。

华为云IoT工厂数字化底座能实现生产现场全要素统一接入、万级测点的实时数据采集、一站式IoT数据分析等，以其20倍的时序数据压缩能力和亿级时间线的时序数据洞察能力，为三联虹普构建了锦纶等生产线的实时在线映射，打造数字化产线。基于华为工业智能体，能实现灵活构建化纤行业特征库，从10微质量特征延展到100+；能从单一批次300万维特征训练出低维分类器，模型准确度超90%；能快速进行模型训练，从月缩短到小时，模型部署端云协同能力，高倍特征压缩，边缘在线质量分类。

图12 华为赋能化纤行业



来源：华为，2020

2.4.2. 案例2 - 宁波沃土工厂

作为长三角地区的先进制造业基地和开放大市，宁波制造业共有三大产业集群类型。其中传统优势产业集群是宁波经济的重点支柱，包括：服装产业集群、塑机及塑料加工产业集群、家电产业集群、汽车配件产业集群、文具产业集群。华为在宁波市政府及宁波国家高新区管委会的支持下设立了全球首个“华为云沃土工场”，致力于产业合作，助力宁波大中小企业融通发展工作。

宁波沃土工场目前已对接企业超过1000家，同140多家企业签订服务或者合作协议，发展沃土工场生态合作伙伴15家，涉及数字车间、产品全生命周期管理、智能产品、工业设计及仿真等领域。主要以下三个方面价值：

- **提升企业研发和管理能力。**沃土工场通过为企业提供软件开发云、工业设计云、工业仿真云、工业互联网操作系统等平台，为企业软件开发、工业产品开发、工业APP开发提供先进的生产工具。通过举办开发者大赛、黑客马拉松以及各类面向开发者的专业技术培训和面向企业中高层管理人员的培训提升宁波中小企业的研发能力和管理水平。引入工业设计云、工业仿真云、工业互联网操作系统等软件平台，为宁波家电、汽车整机及零部件、模具制造、金属加工等行业的企业提供世界一流的产品开发、工业APP开发工具。这些工业SaaS的普及，大大提升宁波工业产品开发质量，降低产品成本，为宁波企业带来上亿元的经济价值。
- **助力宁波企业产品智能化升级。**沃土工场聚焦家电生产、数控机床生产及注塑机生产等行业，通过结合华为ICT能力，如华为HiLink芯片、华为NB-IoT芯片、AI芯片、LiteOS嵌入式操作系统等以及华为云计算、大数据、物联网等基础能力，联合合作伙伴共同为企业提供产品智能化解决方案。截止至目前，沃土工厂团队已经为宁波企业提供47个项目的产品智能化解决方案。
- **加速宁波企业生产过程智能化转型。**沃土工场结合宁波家电、汽车零部件、纺织服装、石油化工、塑料制品、金属加工等行业的特点，与工业互联网、智能制造等信息化服务合作伙伴一起为企业提供产品全生命周期管理、生产制造执行系统、仓储物流管理系统等一系列产品与产线改造，共同打造完整的工业互联网、数字工厂等行业解决方案。

工业互联网新型体系架构

传统的ISA95工业体系架构采用垂直整合的模式，层层汇聚和抽象，缺少全面的数据，造成特定问题（如产能、质量、效率、能耗等）的分析不够全面和实时，难以实现精确和实时的决策能力，最终影响企业的产品质量、交付时间，决策的准确性。另外，绝大部分企业对数据的利用仅停留在初级层次，对高级的数据利用（如设备可靠性的预测、产能的预测，或者供应链库存的预测等）还非常有限。传统ISA95架构采用的垂直、烟囱式系统，很难实现数据的共享，实现功能和性能的扩展，无法快速满足工业企业差异化的定制需求和面向未来发展的卓越运营需求，因此工业企业亟需灵活扁平的新型体系架构以支撑其发展。

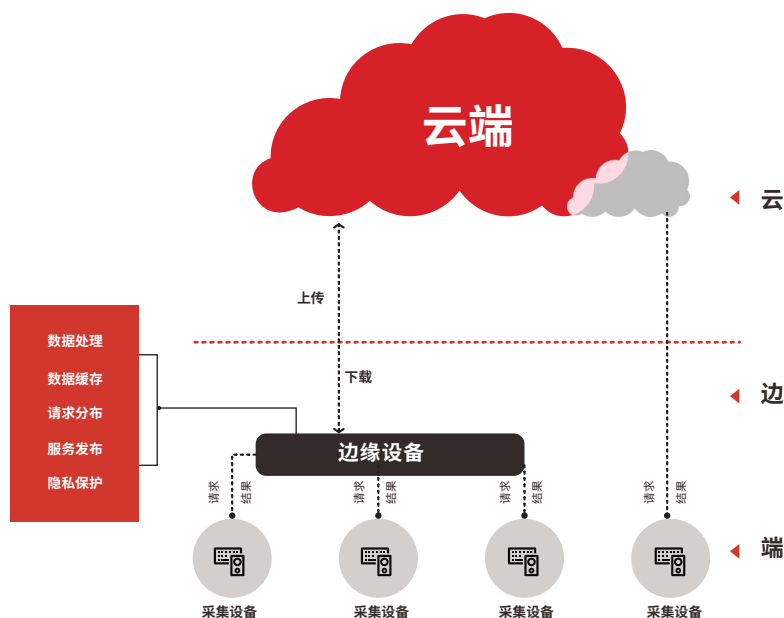
3.1 工业互联网新型体系架构需具备的特征

3.1.1. 端-边-云协同发展

随着工业控制器、传感器等越来越多设备连入云端，传统以云为中心的模式将不足以满足对海量设备数据进行实时处理的需求。在工业现场等要求时延<5ms的场景，以及无网状态中，云边协同将更好满足企业实际需求。

云计算聚焦非实时、长周期数据的行业机理分析，支撑周期性维护以及业务决策。边缘计算聚焦实时、短周期现场数据分析，减少了到中央存储库的回程通信量。支撑本地业务的实时智能化处理与快速执行响应，并在边缘智能节点形成本地闭环，并形成自治域。如图所示。

图13 云-边-端协同示意图



来源：IDC & 华为

华为云提供的“云、边、端、联接”整体解决方案，具备从芯片、算法、AI通用服务、云上EI应用开发平台的全栈能力。另外，华为在2018年推出了IEF平台，通过使能端、边缘侧的计算资源，将华为云IoT和AI能力延伸到边缘侧。通过边缘和云端联动，为企业提供完整的边云协同的一体化服务的边缘计算解决方案。与此同时，华为云还推出智能边缘市场，为边缘应用开发商、硬件供应商以及解决方案集成商提供共享的产业环境，汇聚边缘AI生态。此外，华为云IoT提供IoT Stage应用交付平台，面向工业领域预集成了丰富的行业应用，提供一站式的应用托管、部署、监控、运维等平台能力，解决工业场景中各种系统如MES、ERP、WMS等快速交付的诉求，同时，边云协同的多形态部署模式，灵活满足了工业企业数据处理低时延、本地闭环的要求，实现云边一致的智能体验。

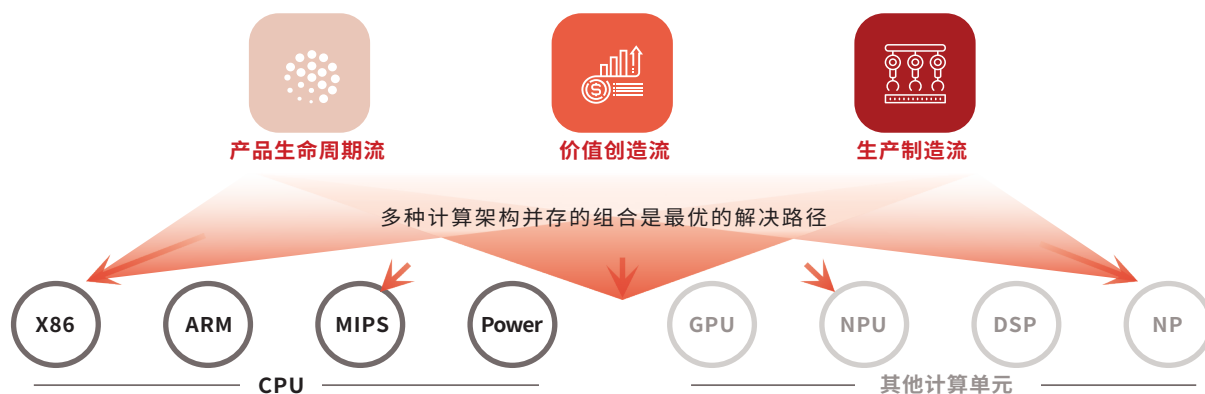
3.1.2 具备多计算平台的创新架构

工业领域涉及原材料、产品、设备、运营、售后等制造相关复杂的场景，必然带来了数据的多样性（如文本、图片、视频、波形等）。同时，计算的需求，已经远远超出传统办公协同和管理信息系统的场景，尤其是在生产环节的多场景，需求更加突出。

计算密集型应用需要计算平台执行逻辑复杂的调度任务，而数据密集型应用则需要高效率地完成海量数据并发处理，单一计算架构难以满足所有业务诉求。为了能够让丰富的工业场景更经济、高效、简易地使用ICT技术，并对于各类典型的使用场景都能形成经济性适配的技术栈组合，使得ICT技术能够在工业知识的生产过程中的导入成本进一步下降，形成在设计仿真、生产制造、供应链协同、运维服务等环节适配的知识生产工具。计算多样性（如图像处理计算（GPU）、基于ARM的边缘计算，人工智能芯片的智能计算）成为必然。

以ARM为代表的RISC通用架构处理器、以及具备特定定制化加速功能的ASIC和FPGA芯片等在场景多样化计算时代具备明显的优势。而随着TPU、NPU等人工智能处理芯片在智能摄像头等领域的广泛部署，通用处理器加上深度学习加速芯片成为典型的工业场景计算架构。

图14 多种计算架构并存的组合解决方案



来源：IDC & 华为

3.1.3. 行业知识和应用的智能集成

工业企业在长期的数字化转型建设过程中，形成了大量的烟囱式系统，数据孤岛林立，数据和应用没有打通形成合力。上下游企业之间存在多种IT系统以及业务系统，这些系统都独立建设，且普遍存在跨地域的情况，这就意味着大量的行业知识分散在各个部门和地域，跨部门和跨地域的协作存在大量需要人工介入的业务流断点，这些零散的业务断点导致了工作效率的低下和知识在传递过程中的失真，因此应用和数据的高效集成是知识共享最基础的需求。同时，大量的异构数据和蜘蛛网式的集成需求，企业现有的IT能力难以有效应对。

由于知识的使用方不承担对知识的维护责任，因此作为知识主体方就很难放心的将知识开放给其他人使用，通过技术手段来保证知识共享的安全性就是各机构急需解决的问题。当前部分中国企业已具备一定的数字化能力，但是只完成了数据的采集工作，并未对数据做深入的挖掘和分析，无法有效形成核心的价值知识资产以支撑决策以达到组织与产品优化、业务创新等数字化转型的目的。

因此以多样数据为基础的行业知识与应用智能集成平台将助力企业工业互联网建设，加速企业数字化转型速度，未来将成为工业互联网建设不可或缺的支撑技术。

3.1.4. 工业机理与AI深度结合

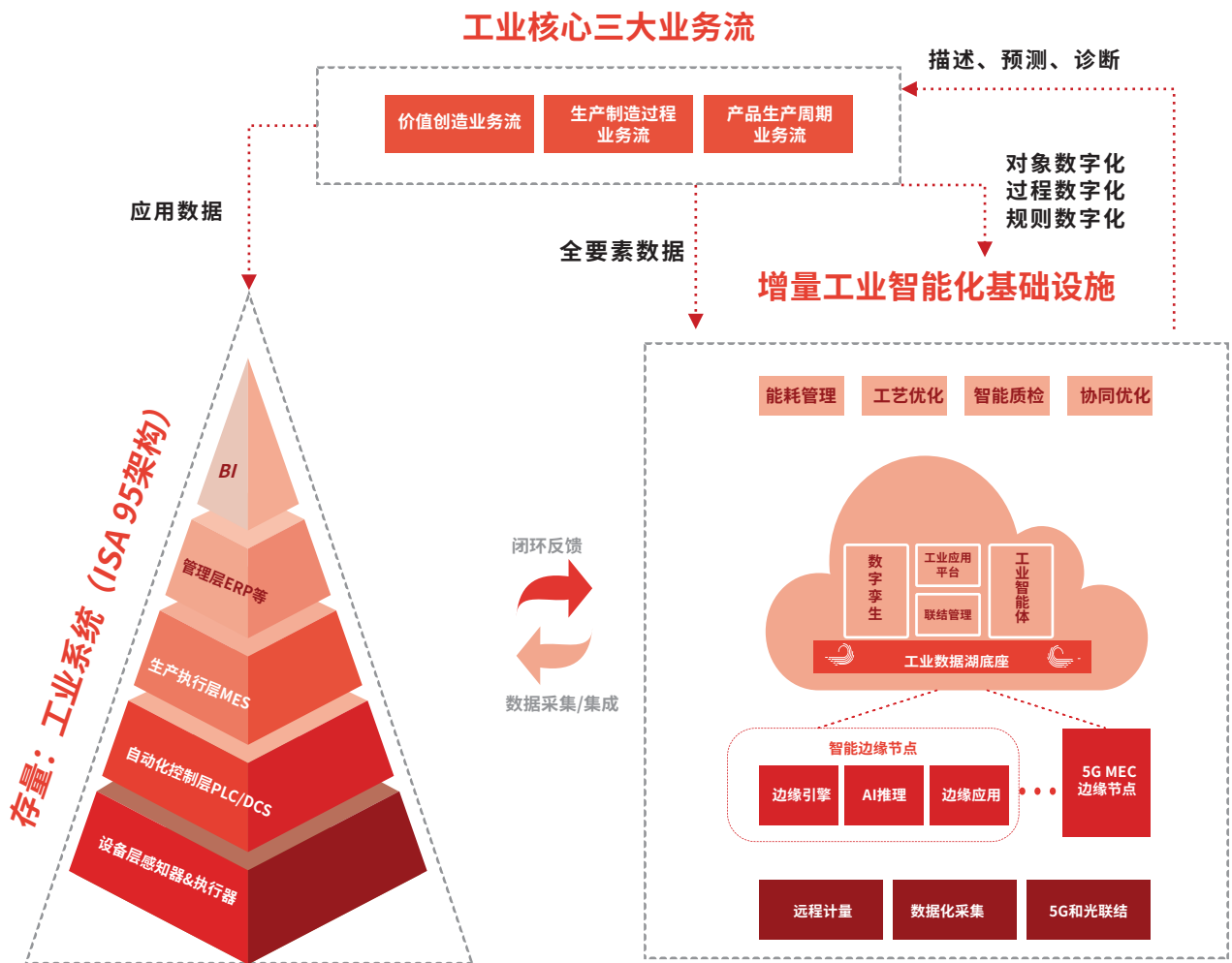
制造行业流程复杂，以流程制造为例，其作业过程黑箱化，机理不清，面临着环境开放、信息不完全、规则不确定等难题。生产过程当中难以建立决策仿真模型，同时最终决策需要权衡质量、效率、消耗等多重目标。传统基于理论机理建立起来的模型难以适应工况变化，规则式模型也存在时效约束，存在巨大的挑战。

工业应用涉及数据预处理、数据建模、模型部署和管理、模型评估等多方面技术，工业问题的抽象化和复杂化使各类需求不断纳入AI可解范畴。一是传感、网络、计算技术及数字化的发展使更多的对象与问题能以数据的方式呈现出来，构成了算法应用的基础。二是工业问题的抽象化，搭建了算法应用的桥梁。AI是制造业实现质量提升和业务优化转型的关键技术手段，工业机理和AI深度结合，强化了制造企业的数据采集和处理能力、信息融合和分析能力、知识提取和洞察能力、决策自主和执行能力、价值创新和实现能力，是企业转型升级的有效手段。通过工业机理和AI的深度融合，使能应用的智能化，使AI产生价值的乘数效应。

3.2. 工业互联网新型体系架构的关键要素

工业互联网新型体系架构的核心价值为工业企业构建新的数据+行业知识（工业Know-How）驱动的应用架构提供了智能化业务底座。为了帮助工业企业充分利用既有投资和实现主营业务的平滑演进，工业互联网新型架构部署时需要考虑通过数据总线实现与企业存量系统（基于ISA95架构）的无缝集成，两个系统将同时“双活运行”，并将存量系统的数据实时集成到工业互联网新型架构的数据湖中。基于统一的数据湖，企业可以基于工业互联网新型架构构建起新的数字化应用，并根据需要把存量系统的应用逐步搬迁到新架构上。考虑到企业数据治理和建设数据湖的周期比较长，工业互联网新型架构也应该支持“轻量”部署方式，支持与企业现有的软硬件平台集成。

图15 工业互联网融合演进架构



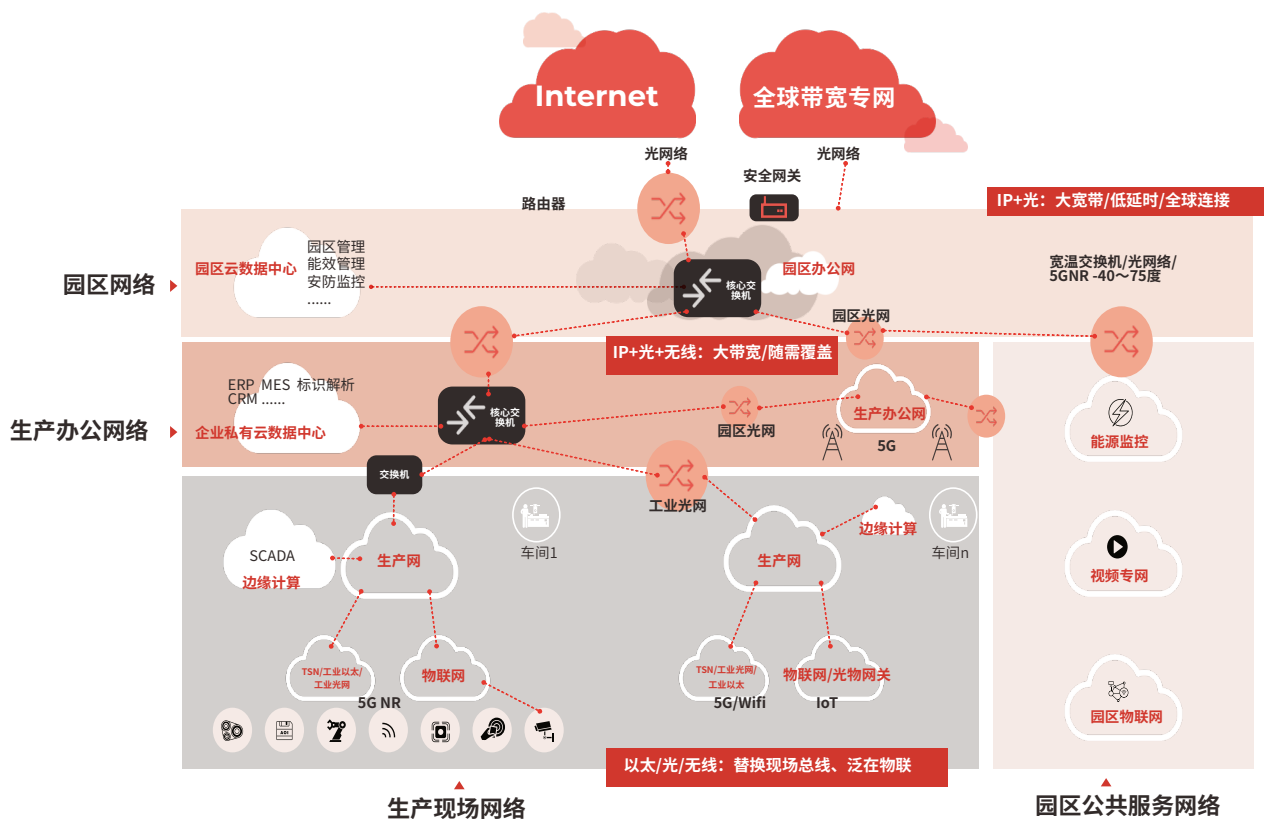
来源：IDC 2020

工业互联网新型体系架构关键要素包括网络、平台、安全、数字孪生、工业智能、应用等，通过与传统工业体系架构之间相互作用、深度融合，构成了新型工业体系架构。其中，网络是基础，工业互联网的网络体系将连接对象延伸到机器设备、工业产品和工业服务。平台是工业互联网的核心，汇聚大量现场数据并沉淀为行业知识，催生以边缘为核心的自适应智能生产系统。工业智能是驱动，基于对海量数据清洗、处理、挖掘、和萃取出来的行业知识积累，嵌入到生产系统并经优化，人工智能在工业领域的应用体现。

3.2.1. 网络是基础，5G+F5G是下一代工业网络的方向

网络是工业互联网的基础，为人、机、物全面互联提供基础设施，促进各种工业数据的充分流动和无缝集成。根据应用场景划分，工厂网络主要分为生产现场网络、生产办公网络、园区网络以及园区公共服务网络。生产现场网络主要网络包括工业的有线网和工业的无线网。园区公共服务网络主要包括视频专网、园区物联网、能源监控网络等。

图16 网络基础设施示意图



来源：IDC 2020

伴随着工业互联网的推进，工业互联网对网络基础设施提出了更高的要求，工厂内网络将呈现出融合、开放、灵活三大趋势，这对工业场景的网络设施提出了较高的要求，5G和F5G因其各自的高带宽、低延时以及实现“同一”网络的数据传输特性，将成为下一代工业网络的演进方向。

工业互联网具有连接的工业设备种类繁多、数据类型多样化、数据实时性要求高的特点，而5G具备大带宽、低延时、多连接的特性，成为工业连接的全新网络替代方案。依靠全新的网络架构，提供高于4G的峰值速率、毫秒级的传输时延、超过500km/h的移动性能和千亿级的连接能力，实现人、机、物的全面互联。

在工厂内部，5G使制造流程更加便捷，包括：提高生产线的效率（比如在流程管理中应用机器视觉、高清视频）、连接工厂中的自动搬运车辆（比如自动驾驶），以及利用高可靠低时延通讯低于5毫秒的时延实现机器控制。在工厂外部，5G能够帮助制造业改进产品生命周期管理，比如：预测性维护、产品响应式设计。企业间的沟通也将更便利，可以实现低成本、端到端的货物跟踪，或者在模拟场景或协同设计中实现数据交换。

图17 5G对工业连接的基本划分



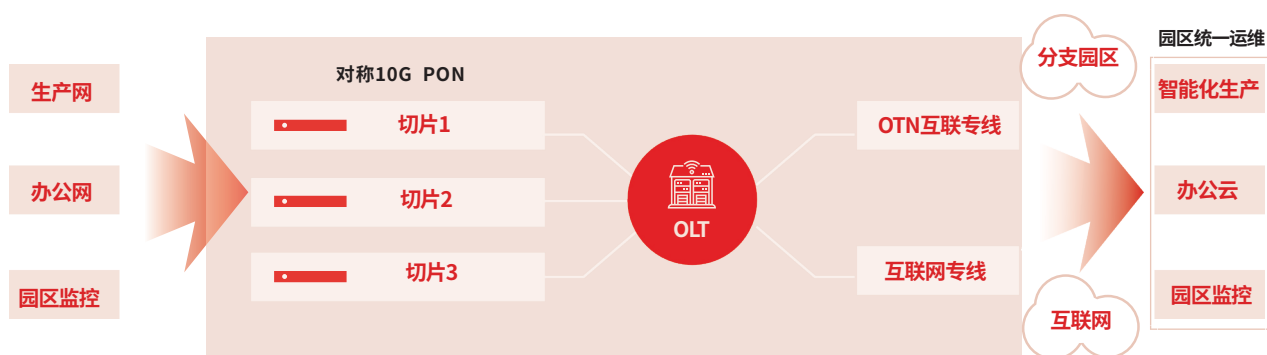
来源：IDC 2020

5G技术使服务和最终用户更加多元化，为运营商和制造企业相关方开启了新的商业模式。如今运营商面临着更为多样化的需求：加强网络安全和隔离（比如工厂中的数据隐私），在关键区域提供本地深度覆盖。运营商和行业相关方的合作将进一步深化，按需建设网络。基于公网的模式行之有效。网络可为运营商所有，也可由提供网络切片服务和/或接入服务的企业所有。垂直行业企业可以借助切片技术利用公网，而无需承担建设私网的成本。运营商应建设能够满足最终用户需求的网络，做好数据的隔离和管理。

同时随着固定光纤接入网络的发展，F5G⁴工业光网将成为5G在工业互联网应用中的重要补充：

1. 按节拍承载或连续承载来保证海量数据实时传递，匹配离散工业的生产节拍或流程工业的连续生产要求。由于工业光网协议本身的特质就是按节拍承载或连续承载，因此，更能满足工业上节拍或连续柔性大生产需求。
2. 提供极简网络架构。原有网络设备数量庞大，TCO高，生产、办公、监控三张烟囱式网络。工业光网降低了机房、功耗、布线难度。更重要的是，工业光网实现了生产、办公、监控三网合一，独享管道按需切片，硬管道隔离，提供确定性低时延高带宽保障，解决了工业以太协议的发展的后顾之忧。
3. 简洁灵活地匹配智能制造多样化设备。工业光网提供了多种形态终端产品组合覆盖主流的工业应用场景，按工业要求重新定义极简ODN，免勘免熔接，免工具施工，做到ONU即插即用，免现场配置，易于学习和推广。

图18 F5G工业光网解决方案



来源：IDC & 华为，2020

F5G联合5G，固定与无线网络融合，提供双千兆联接，为工业互联网提供完整的大带宽、低时延、高可靠的高速联接，构成工业互联网的信息高速公路。

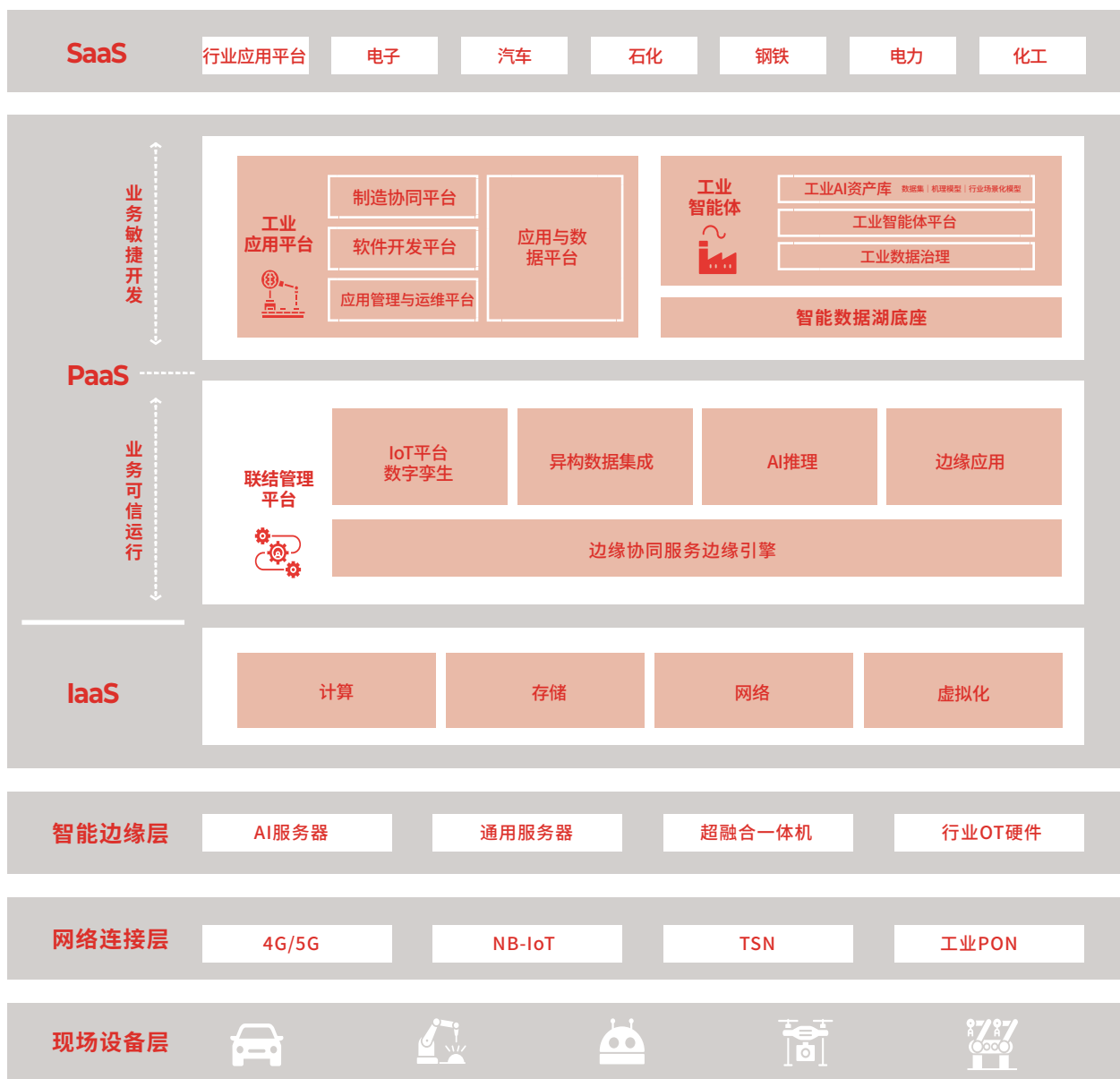
3.2.2. 平台是核心，构建行业知识平台是关键

平台是工业互联网发展的核心，是构建基于工业海量数据采集、汇聚、分析并通过工业互联网平台沉淀为行业知识，支撑制造资源泛在连接、弹性供给、高效配置的载体，工业互联网平台是工业云平台的延伸发展，其本质是在传统云平台的基础上叠加物联网、大数据、人工智能等新兴技术，构建更精准、实时、高效的数据采集体系，建设包括存储、集成、访问、分析、管理功能的使能平台。

⁴ The 5th Generation Fixed Network

工业互联网平台通常由现场设备层、网络连接层、边缘层、工业IaaS层、工业PaaS层以及工业SaaS层组成。

图19 工业互联网平台架构图



来源：IDC 2020

以平台为基础，“数字化”解决了“有数据”的基本需求，“网络化”解决了数据“能流动”的问题，“智能化”则实现数据价值的有效转换，即能把正确的数据在合适的时间以正确的方式传递给正确的人和机器，实现海量工业数据的价值转换，最终在工业互联网平台汇聚并沉淀为行业知识，以应对和解决制造过程的复杂性和不确定性等问题。

目前全球还没有一家公司能够独立提供工业互联网平台“边缘智能分析+云基础设施+工业PaaS+行业Know-How+应用服务”等端到端的解决方案，只有开放合作才能够实现共建共享共赢。受制于传统的合作模式和利益格局、跨界人才稀缺、传统组织设计局限，急需产业界共同构建开放价值生态的路径和机制。

3.2.3 工业数字孪生是载体，打造实时可感知的动态工业现场

数字孪生是充分利用设备模型、历史数据、实时运行数据等，在数字空间中构建物与物、物与空间、物与人等复杂关系，从而实现在数字世界中构建与物理世界的实时同步。

华为云IoT面向工业领域提供边云协同的数据采集架构、统一的数据入口、场景化的高性能资产建模能力，为庞大的工业原始数据提供面向业务场景的语义封装和上下文环境，将生产过程数据和产品质量数据进行匹配，实现了成品质量的自动预测和生产效率的精准分析，打造实时可感知的动态工业现场，激活工业数据的最大价值。

3.2.4 工业AI是驱动，使能行业知识软件化

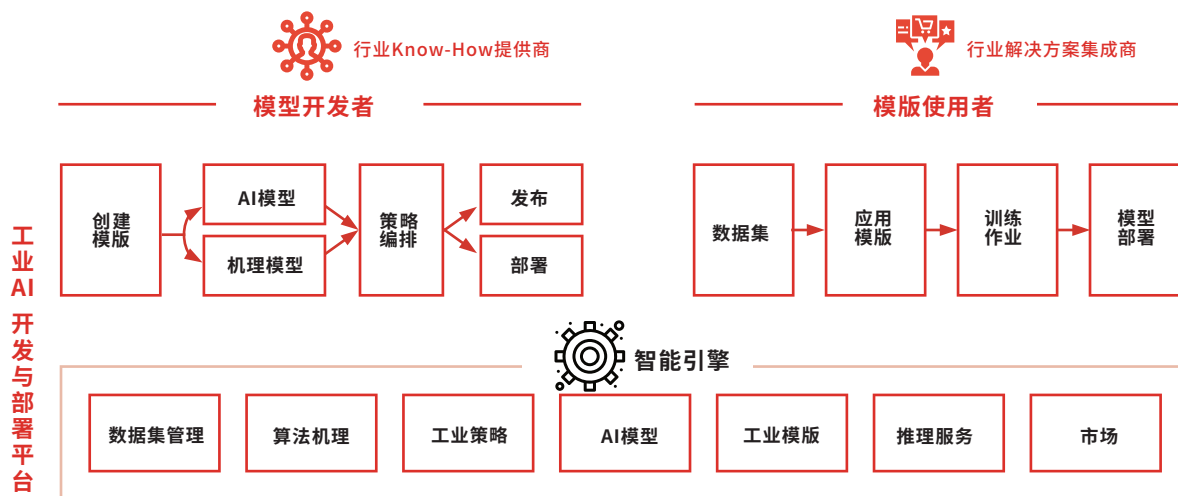
人工智能基于海量数据进行模型训练，而工业场景每天产生海量、高频的数据为算法发展和演进的提供天然的基础。

人工智能在工业领域的应用将不断的丰富和迭代其分析和决策能力，以适应复杂不定的工业环境，并完成多样化的工业任务。人工智能在工业领域的应用过程中，模型的沉淀、集成与管理成为平台核心能力，机理模型、数据模型、业务模型快速在平台中沉淀，使平台化的提供工业个性服务成为可能。

工业智能不断丰富和迭代自己的分析和决策能力，以适应不断变化的工业环境，提高生产效率或设备产品性能的目的，具有自感知、自学习、自执行、自决策、自适应等特征。其本质是实现复杂工业技术、经验、知识的模型化和在线化，从而实现各类创新的工业智能应用。

华为云提出了EI工业智能体，把华为在“供应、制造、仓储、物流、报关、电商营销推荐、实时风控”等大多数制造业场景实践，用云计算产品的形式开发给全体企业伙伴。工业的一站式人工智能开发平台可以提供工业智能业务的开发/运行工具链，包括项目及应用管理、数据集管理、开发环境管理、算子开发与管理、模型开发与管理、模板开发与管理、推理服务等一系列能力。

图20 工业智能架构图



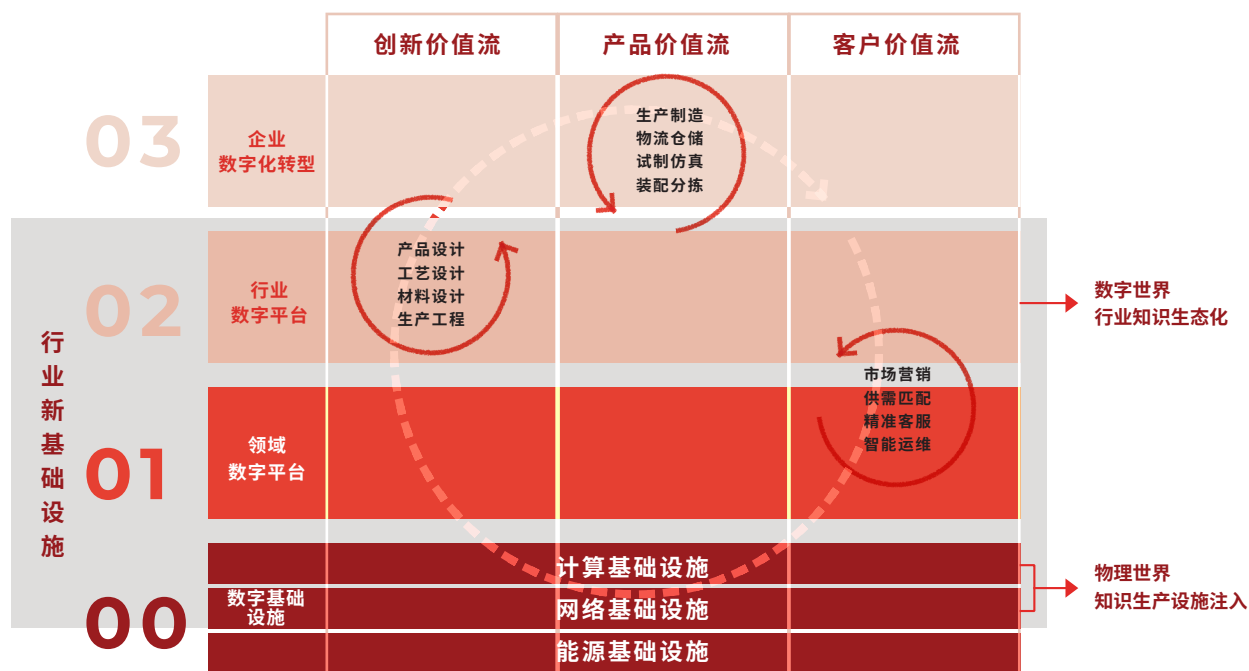
来源：IDC 2020

3.3 工业互联网新型基础设施：工业知识+数据驱动的新生态

现代工业的转型的重心，将从企业管理、消费端/需求侧/交易环节的数字化转型，开始转向价值创造源头的生产端/供给侧/创新制造环节的数字化转型。重塑跨行业的协同关系，以客户体验为中心，以环保效能为约束，达成更高的产品质量、品类柔性、资源和商品利用效率，从而实现各行业更高的经济效能。

行业数字化达成行业经济效能的核心要素是数据、信息、知识和数字服务等新生产力要素，在各行业的生产环节和交易环节的有效引入，其核心在于行业知识的数字化再生产。各行业数字化转型作为需求侧，驱动数字通用基础设施、行业基础实施等作为供给侧开展供给升级和商业模式转型。由于制造业各行业生产端的原料、装备、制成品天然地理分散部署的，生产控制也有就近闭环的要求，因此工业互联网新型基础设施对各行业的有效供给提出了更高的要求。

图21 新型基础设施架构



来源：IDC 2020

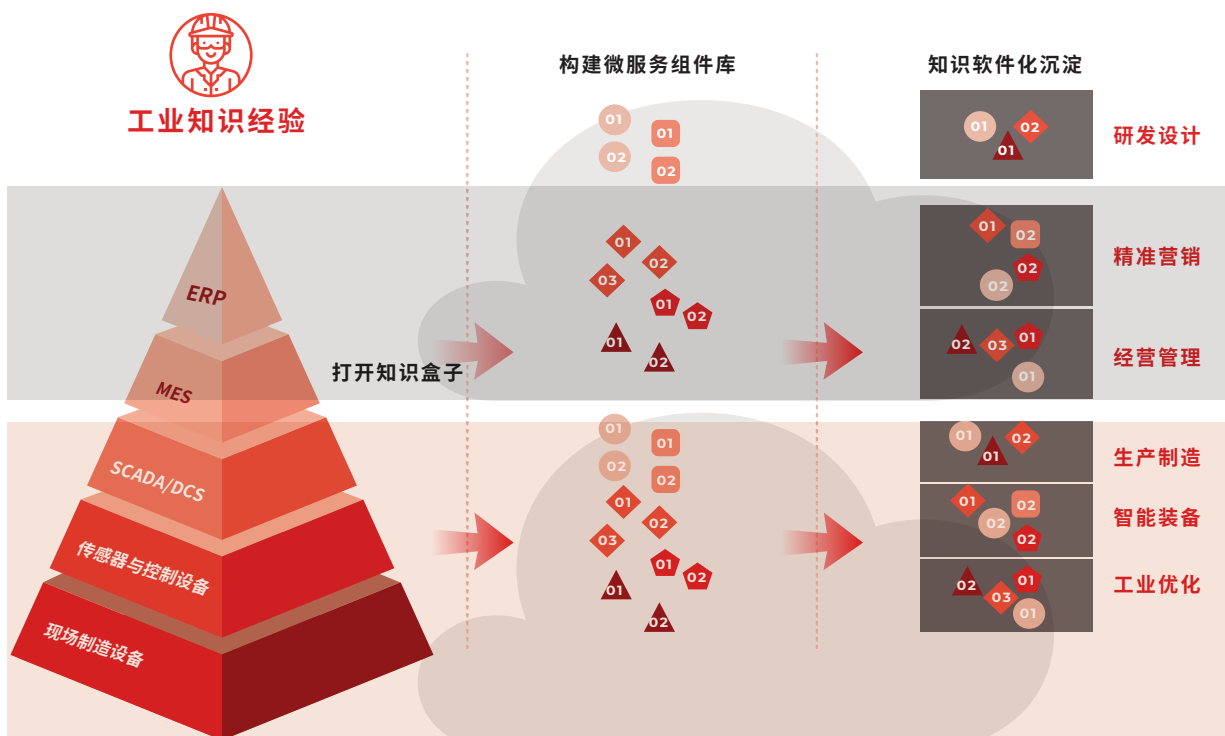
工业互联网新型基础设施本质上是促进行业知识生产与使用的工具革命，在这个过程中，以行业知识+5G+AI+边缘+云等场景化整装的知识生产装备与知识生产的生产服务、算法组合、机理模型组合等，促进智能装备和行业知识结合ICT技术向平台生态更高的经济范式演进，促进各行业生产力提升和经济运行效能提升。

3.3.1. OT和ICT产业协同构建细分行业Know-How平台，工业知识沉淀新模式

行业Know-How是工业互联网赋能行业的关键要素，基于微服务新模式聚集和积累行业Know-How是OT和ICT产业链协同的有效模式。基于微服务架构，可以对工业Know-How封装、复用和服务化，打造开放创新价值生态。构建微服务资源池，从而实现加速软件开发部署模式，使算法、模型、知识等模块化组件能够以“搭积木”的方式被调用和编排，灵活匹配个性化需求。通过产业链高效协同，构建起开放的价值生态，利用产业的多边创新积累和聚集工业Know-How，可以很好地共享和传承现场操作人员、工艺人员等优秀经验。结合感知测量技术、5G、物联网等技术的进步及其生命周期成本降低，工业在数字化转型过程中将出现大量的数据测量和汇聚，并经由数据的数字化/软件化加工生产，形成大量场景化行业知识，而后汇聚成大量行业知识的资产体系，并演化为开放的生态化价值体系。

ICT厂商提供基础的水平平台，使能数据全生命周期服务等基础服务，而OT厂商利用这些基础服务构建特定行业的生态，并整合行业Know-How资源。细分行业进行数字化再造，有效利用ICT水平平台使能各行业的数据、信息、知识和数字化服务等构成的新生产力要素，对各自的生产环节和交易环节，进行平台化、共享化、生态化升级，通过这样的产业协作，最终实现行业的赋能，促进最终客户转型升级。

图22 工业知识微服务化



来源：IDC 2020

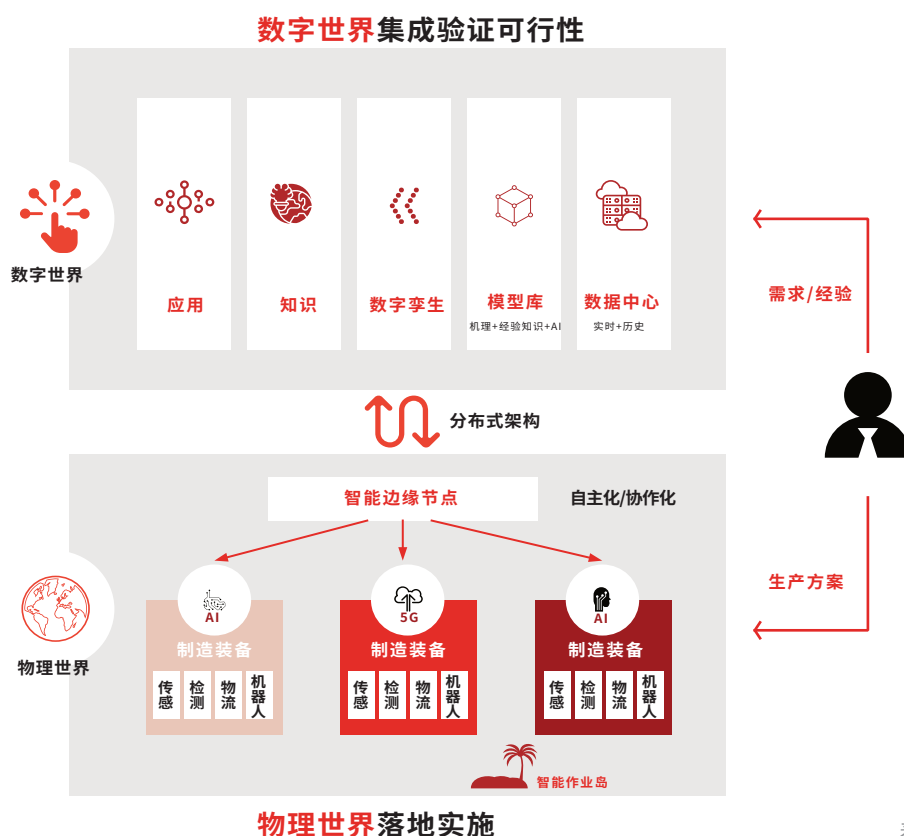
3.3.2. 传统装备与ICT技术深度融合，构建新一代工业融合基础设施

制造业数字化转型是从企业办公环节信息化开始，逐步延展到企业管理（人力资源、财经）到交易环节，下一步是深入到生产环节，到生产环节以后，对ICT产业的技术供给要素与生产装备进行产业级的协同，最后整装为数字平台。

总体来看，ICT产业升级服务于工业领域的核心装备体系，与装备体系的核心价值创造业务流中相关的生产服务供给体系协同升级。以数据和装备体系的行业知识为两个核心要素，构建线上数字空间与线下制造装备物理空间形成制造业新一代融合基础设施，有效提高能效、装备资产利用率以及制成品品质和商业敏捷度。装备体系行业知识的数字化升级也在支撑业务流程的数字化重构，会有效注入到生产管理过程、交易管理过程；同时也对装备产品智能化升级后形成生命周期管理的服务价值创造活动，形成新的商业模式和价值创造，逐步孵化制造业融合基础设施产业生态。

作为新一代工业融合基础设施，工业互联网通过将传统装备和ICT技术深度融合，实现了制造业的数字化、智能化发展。首先赋能制造装备行业企业数字化，逐步实现制造装备产业数字化，通过以制造装备为核心、协同传感、检测、物流、机器人等设备，通过AI、边缘智能、无线化等新一代工业物联网技术赋能，从自动化向智能化延伸，实现装备集成智能化和自动化产线集成智能化，使全产业链以行业平台构建的数字世界为数字基础设施运行。其次赋能制造业服务化，面向制造装备的用户领域，打通制造装备数字化和数字孪生技术，走制造业技术服务的商业模式，激发市场化力量沉淀行业知识，逐步形成行业的知识中心，孵化新生态。

图23 新一代工业融合基础设施架构



来源：IDC 2020

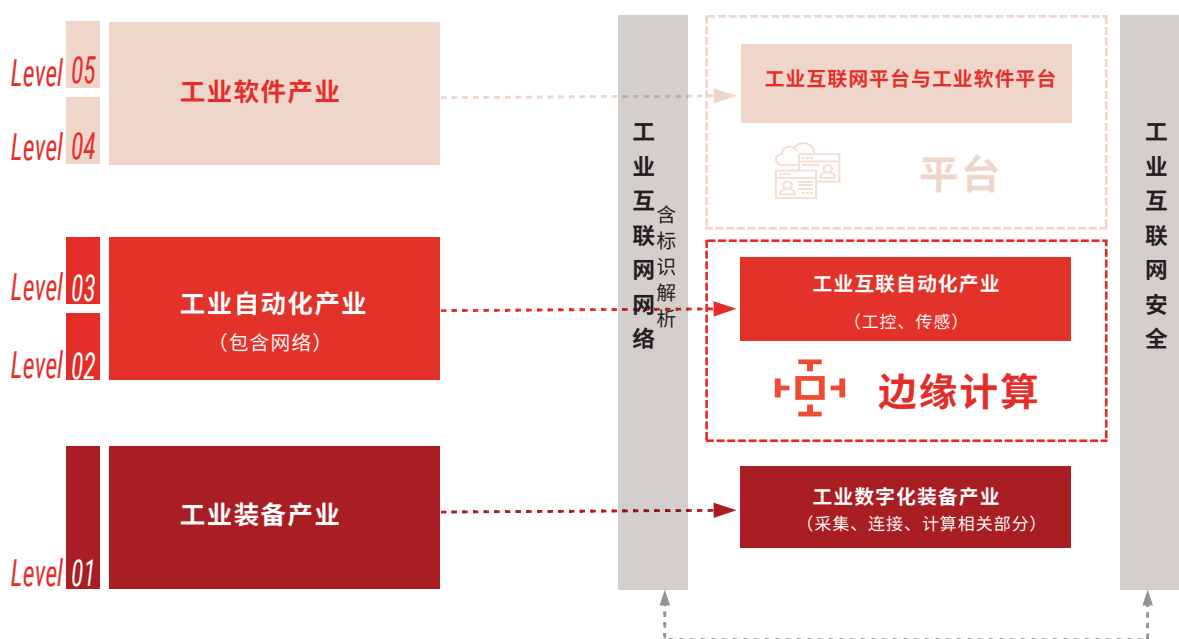
工业互联网产业生态

4.1 工业互联网新型产业体系

从工业互联网的狭义范围来看，工业互联网核心产业包含工业互联网平台、新型网络、边缘计算等融合创新带来的全新产业领域。从广义范围来看，工业互联网核心产业包含工业数字化的相关产业，基于传统制造支撑体系，融合了数据感知、互联互通、先进计算、智能分析等能力，驱动传统制造业的升级和新产业的诞生。

工业互联网核心产业体系既包括融合形成的两类全新产业子领域，即工业自动化、工业网络向边缘计算延拓形成的边缘计算子领域，汇聚工业数据、机理模型和创新应用形成的工业互联网平台及软件子领域。也包括工业软件、工业自动化、工业网络、工业装备、工业安全等传统产业的智能化升级部分，如数字化性能不断提升的工业互联自动化子领域，支撑泛在互联并融入新型网络技术的工业互联网网络子领域，强化综合防护与深度应用的工业互联网安全子领域，强化数据分析与应用创新的工业软件子领域，以及工业装备叠加数据采集和智能分析功能形成以设备感知连接、数字化控制、数据智能分析部分为主的工业数字化装备子领域等。

图24 工业互联网新型产业体系



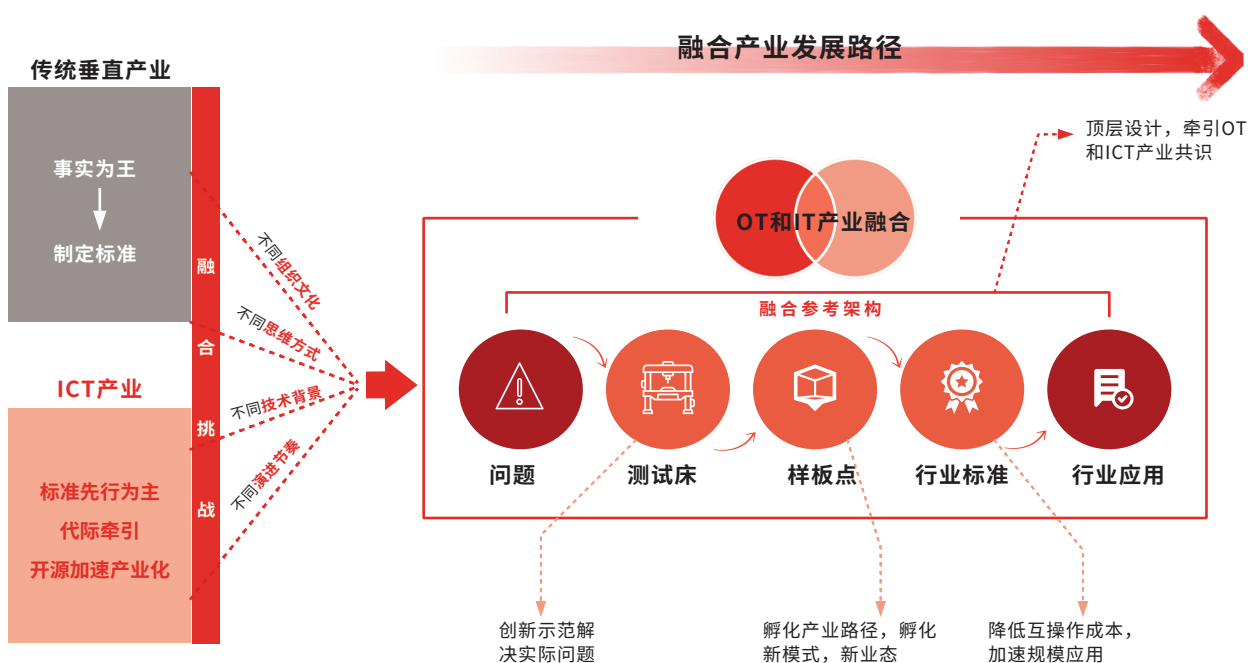
来源：IDC 2020

4.2 工业互联网新型产业发展模式

工业互联网产业发展涉及多个层次、不同领域的多类主体。在政策制定与监督上，全球各主要国家积极推进工业互联网产业发展的主要政策制定机构，担负着政策制定、标准统一等职责。目前，全球工业互联网处于产业发展初期，产业链长，各垂直行业与ICT产业差异大，不同的组织文化、思维方式、技术背景和演进节奏，导致OT和ICT如何有效协作、边缘到云的数据链条如何打通、行业Know-How和工业应用生态如何培育等存在一系列问题。

针对上述问题，业界达成共识的做法是通过产业联盟和标准化组织，凝聚“政产学研用”的力量，发布参考架构，并基于参考架构牵引和定义用例集、指南和测试床，联合OT、IT、CT以及多边行业协会、研究机构等构建联合创新中心，推动跨行业联合创新，加速产业的应用。同时，梳理标准体系框架，并以标准框架为指导，制定标准研制计划，推动标准立项，并与相关开源组织合作推动开源建设等，解决互联互通和互操作等问题，加速平台的构建和生态的培育。依托联盟和企业合作推进标准验证和标准推广，以及国际产业合作。

图25 工业互联网新型产业发展模式



来源：IDC 2020

产业联盟：在产业生态构建中，产业联盟也是非常重要的一环。产业联盟将生态内的企业汇聚起来，搭建起政府和企业的双向沟通平台、工业和信息化领域的跨界融合平台、国内发展和国际合作的有效对接平台。如工业互联网产业联盟、智能制造系统集成商联盟等。

标准化组织：工业互联网要实现技术创新、互联互通、系统安全和产业提升均离不开标准化的引领。当前标准化工作已经获得了国内外的普遍重视，如通信标准化协会CCSA成立工业互联网特设组ST8积极推进工业互联网标准化工作。

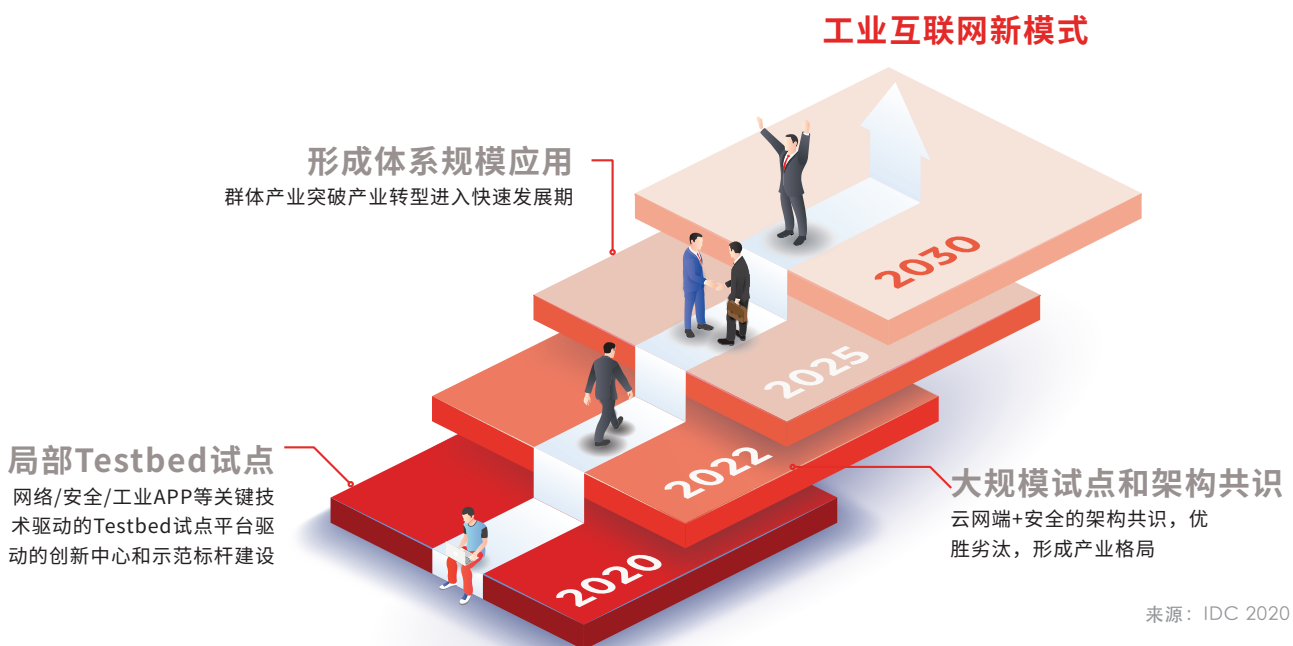
工业互联网未来展望

5.1 跨越“试点困境”

IDC认为工业互联网整个发展过程是一个不断逐步演进的过程，主要分为四个阶段：1.局部联合创新测试床试点阶段，重点是建设创新中心和示范标杆；2.大规模试点和架构共识阶段，优胜劣汰，基本产业格局形成；3.体系规模应用阶段，群体产业突破，产业转型进入快速发展期；4.工业互联网新模式形成阶段，创造新的开放型产业生态。

总体上，当前工业互联网还处于推行试点的初期，并逐步走向大规模试点和架构共识，对于开始实施工业互联网的企业和组织而言，如何突破“试点困境”，并取得规模效益，将是最终取得成功的关键。在整个试点创新过程中，逐步增加数字化工具，同时在业务流程、管理系统、融合性人才，和新型数字基础实施系统四个方面发力，对企业生产运营系统融合数字技术，进行更深入的创新，将企业管理数据和生产作业数据转换为知识，并在数字平台进行有效沉淀和复用是关键。试点项目规模化扩展的关键在于，创新的生产运营系统为日后建立企业层面的现代化运营提供了成功范例和经验，突破现有的“数据孤岛”、“部门孤岛”，突破形成行业知识的“无形墙”，结合生产、运营系统与规模化扩展的推动因素，并将其置于数字化转型的核心地位，企业便能成功摆脱“试点困境”，并通过数据分析、建模进行各个层面的优化，形成知识沉淀和复用，最终实现生产工艺、生产过程的创新，实现服务化模式的转型。

图26 工业互联网产业发展步骤



来源：IDC 2020

5.2 改变四大模式，助推工业高质量发展

工业互联网将工业系统连接起来，让数据流通，并通过数据分析、建模进行各个层面的优化。譬如将原来分散部署在各服务器的业务系统，如MES、PLM、ERP、SCM、CRM等，集中部署到工厂内数据中心/云平台。各联网设备、业务流程产生的数据，都实时汇聚到数据中心/云平台上，并进行联合分析，快速决策，从而实现数据融合、知识挖掘、闭环反馈、智能控制、自主决策等，最终形成行业知识的获取、生产、共享以及再注入核心作业流。工业互联网的影响渗透到工业的各维度，概括起来包括管理模式的改变、生产模式的改变、商业模式的改变以及创新模式的改变。

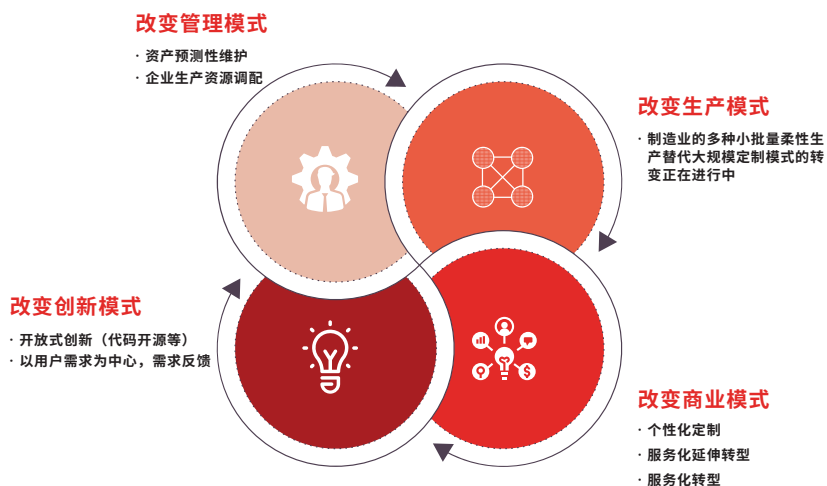
一是改变管理模式。通过工业互联网的人、机、物、系统的广泛互联，将不同信息在工业互联网平台上转换为行业知识并进行沉淀和共享，发挥了工业互联网的乘数效益。改变当前碎片化的管理模式管理，打通信息和管理孤岛。

二是改变生产模式。随着消费者需求的变化，其个性化需求也与日俱增。这使得传统的大规模生产的模式发生改变，而多品种、小批量、柔性化生产正在成为新的趋势。在此转变过程中，出现了一系列基于柔性生产模式的先进制造技术和管理方式，而工业互联网则能将这些管理技术和方法融合起来，如计算机集成制造系统CIMS、精益生产LP、灵敏制造AM和制造资源计划MPRII等，并形成新的行业机理模型，通过工业互联网平台实现知识的共享，可以形成消费者需求、设计、生产、物流的全闭环。消费者可以将关于产品个性化的需求提交给设计方，设计方设计好后可反馈给消费者。并且消费者对每个环节的信息是完全透明，从而提升了用户体验。

三是改变商业模式。工业互联网也将使得整个工业的商业模式发生改变，由传统的制造向服务型制造转型。如装备制造行业由以往的卖产品设备，转型卖服务，专业知识的输出形式发生了变化，通过平台模式更加高效。譬如罗尔斯罗伊斯公司推出针对其航空发动机产品的TotalCare包修服务，按飞行时长收费，确保航空公司的飞行可靠性和在翼飞行时间。这种按服务绩效收费的模式就是制造业服务化转型的有效诠释。

四是改变创新模式。工业互联网的发展使用户需求、研发、生产、物流、服务整个环节打通，制造业的发展模式升级为以用户为中心，以用户体验为起点和终点的全新生态协同创新模式。同时，在工业互联网体系建设中，开放生态和行业知识共享是其第一要义，以接口标准化、硬件开放化、代码开源化等技术为代表的新兴技术使得软件代码、平台建设得以共享，并不断迭代升级，工业体系的创新模式得以改变。

图27 工业互联网改变工业的4大模式



来源：IDC 2020

工业互联网满足工业发展亟须提升效率、降低成本和优化运营的迫切需求，促使全系统、全产业链、全价值链的资源整合和优化，形成新型业务模式，改变工业的生产模式，为产品设计、制造、管理、服务等方面提供关键的数据支撑服务。工业互联网在管理模式、生产模式、商业模式和创新模式带来的改变，促进工业经济的高质量发展。面向消费者市场需求差异小，技术壁垒不高，互联网可以通过资本+流量颠覆和改变市场格局；工业企业市场的行业 and 客户需求个性化强，技术壁垒高，互联网商业模式很难直接复制到面向工业的行业市场。工业领域积累了大量的行业专有技术、人才、价值链，每个细分行业的发展有自己的客观规律和周期，工业互联网提供方需要找准自己的定位，遵循行业发展的客观规律。

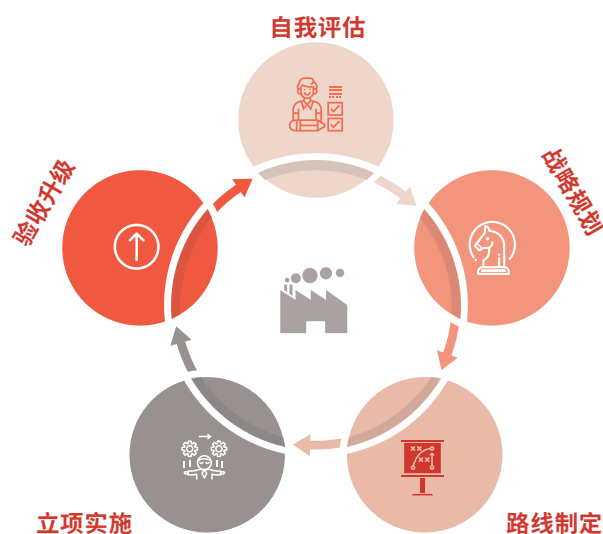
5.3 对工业企业的建议

中小企业工业互联网成熟度不高，多处在观望及单点实验阶段。针对此类企业，部署工业互联网的路径包括三点：一是加强对工业互联网概念的认知，进行企业内组织架构调整，明确工业互联网实施是“一把手”工程，确立工业互联网部署实施的责任部门；二是评估企业当前所处的数字化转型阶段，针对性地部署，如加强IT和OT系统的融合或使用行业公共知识平台，快速构建自身能力等；三是加强同产业链上下游协同，通过区域性工业互联网平台打通和上下游数据，提升产业链协同效率。中小企业充分利用工业互联网平台共享的行业知识，快速构建自身的能力，聚焦自身独特的专业领域，利用工业互联网发展契机，提升自身领域产品质量和研发效率，冲击行业隐形冠军。

对大型工业企业，大型工业企业历来是驱动工业体系转型升级的源头，其对数字化转型有深刻认知，行业龙头企业通过自身成功的实践一方面满足自身数字化和智能化的诉求，同时通过能力外溢带动整个产业链的升级改造，对整个产业链具备示范意义。针对此类企业布局工业互联网主要从两个方面着手：一是确定工业互联网发展的战略路线图，确定中长期发展规划，并以KPI牵引稳步推进，通过自身的数字化转型，带动整个产业链的数字化转型，促进整个行业的高质量发展；二是拥抱新兴技术，与ICT技术提供商合作，进行业务相关场景的部署，并复制推广到其他相关上下游企业，辐射整个产业链。

图 28 部署工业互联网的5大关键步骤

在具体工业互联网项目实施上，IDC 建议重点考虑自我评估、战略规划、路线制定、立项实施、验收升级五个关键阶段。首先，企业内部需进行自我评估，对生产中痛点问题深入洞察等，首先对自身在生产、管理等环节存在的问题形成一个内部的深刻认知；第二步是战略规划确定企业的战略路线图，明确企业现在和未来三年需要达到的战略目标；第三步是围绕整体战略规划，确定当前时间节点的阶段目标，确定具体的技术路线；第四步是与相关的咨询服务提供商或者技术服务商交流，确定技术合作伙伴，立项实施；第五步是项目的验收和维护升级。企业部署工业互联网的路径不是一蹴而就的，也不是一劳永逸的，项目验收合格以后，围绕新的业务痛点和需求，仍需进一步技术迭代和服务升级。



来源：IDC 2020

5.4 对生态玩家的建议

工业互联网的生态体系包括ICT厂商、通信运营商、云服务厂商、系统集成商、平台厂商等等。而工业互联网“终端连接+边缘智能节点+云基础设施+数据分析+应用服务”的端到端解决方案难以由一家独立提供，因此构建开放协作的合作伙伴关系和生态系统是工业互联网发展的主要途径。

打造开放共享的行业知识生态体系。工业互联网发展还处于市场刚起步、应用初步显现的阶段。工业互联网的共性技术还未提炼，技术体系也有待完善，行业知识碎片化严重，联盟、工业企业、供应商、第三方等产业链上下游资源还未有效对接，未形成体系化的生态体系，全产业链、全价值链协同发展的态势还未形成。在此背景下，需要各生态厂商通力合作，结合自身业务特点，优势互补才能为客户提供更优质的服务，也为自身业务带来新的增长点。

积极参与到产业组织体系建设当中。工业互联网的关键是提炼共性的原理，然后结合行业的应用，提供服务。单一工业互联网平台中行业通用的标准化功能只占60%-70%左右，因此需要与不同行业企业合作共同进行工业互联网体系建设，形成跨区域、跨行业的顶层参考架构共识，并通过标准化减少碎片，形成规模经济。体系架构是工业互联网工作的顶层设计，通过全面规划工业互联网体系架构，推动产业链上下游合作共享，供给侧和需求侧精准对接，在行业知识的沉淀与创新发间嫁接桥梁，是工业互联网建立沟通的基础。同时工业企业对安全、数据确权等方面还存有顾虑，多平台间互联互通、跨平台调用的统一接口规范有待建立，平台发展关键标准亟需统一。制造业企业、ICT厂商、工业应用厂商需积极参与工业互联网产业体系建设。

关于IDC

国际数据公司（IDC）是全球著名的信息技术、电信行业和消费科技咨询、顾问和活动服务专业提供商。成立于1964年，IDC在全球拥有超过1100名分析师，为110多个国家的技术和行业发展机遇提供全球化、区域化和本地化的专业视角及服务。IDC的分析和洞察助力IT专业人士、业务主管和投资机构制定基于事实的技术决策，以实现关键业务目标。IDC于1982年正式在中国设立分支机构，是最早进入中国市场的全球著名的科技市场研究机构。在中国，IDC分析师专注于本地ICT市场研究，与本地市场结合度非常高，研究领域覆盖硬件、软件、服务、互联网、各类新兴技术以及企业数字化转型等方面。欲了解更多信息，请登录www.idc.com。

IDC China

IDC中国（北京）：中国北京市东城区北三环东路36号环球贸易中心E座901室

邮编：100013

+86.10.5889.1666

Twitter: @IDC idc-community.com

www.idc.com

版权声明

凡是在广告、新闻发布稿或促销材料中使用 IDC 信息或提及 IDC 都需要预先获得 IDC 的书面许可。如需获取许可，请致信 gms@idc.com。翻译或本地化本文档需要 IDC 额外的许可。获取更多信息请访问 www.idc.com，获取更多有关 IDC GMS 信息，请访问 <https://www.idc.com/prodserv/custom-solutions>。