

# 大数据与决策研究

(政策与技术跟踪专题)

2021年第40期(总第83期)

广西壮族自治区信息中心

广西壮族自治区大数据研究院

2021年8月13日

---

**编者按：**工业互联网是新一代信息通信技术与工业经济深度融合的关键基础设施。我国“十四五”规划纲要中多处提及“工业互联网”，提出“积极稳妥发展工业互联网”“在重点行业和区域建设若干国际水准的工业互联网平台”“推进‘工业互联网+智能制造’产业生态建设”等。本期主要介绍工业互联网相关技术情况。

## 本期要目

- ◆ 工业互联网的概念和技术体系
- ◆ 工业互联网催生制造业新模式新业态
- ◆ 如何把握工业互联网发展趋势

# 工业互联网的概念和技术体系

## 一、工业互联网的概念

根据中科院对工业互联网最新的定义，工业互联网是通过新型网络、人工智能、大数据等新一代信息技术在工业中的深度融合和创新应用，建立广泛连接人、机、物等各类生产要素的全球性网络，形成贯彻全产业链的实体联网、数据联网、服务联网的开发平台，是重塑工业生产制造与服务体系，实现产业数字化、网络化、智能化发展的重要基础设施。

## 二、我国工业互联网体系架构

我国工业互联网产业联盟于 2016 年成立，同年发布了工业互联网体系架构 1.0 版本。1.0 版本提出三大体系：网络体系、数据体系、安全体系。重点构建基于三大体系的优化闭环，即机器设备运行优化闭环、生产运营决策优化闭环及企业协同、用户交互与产品服务优化的全产业链、全价值链优化闭环；并进一步形成四大应用模式，即智能化生产、网络化协同、规模化定制、服务化延伸。

我国工业互联网产业联盟于 2020 年发布了 2.0 版本的工业互联网体系架构。2.0 版本定义了工业互联网的基本要素，描述了工业互联网落地实施的业务视图、功能架构、实施框架、技术体系，如图 1 所示。业务视图明确了需要实现的商业价值、产业目标、业务场景及数字化能力，提出的需求导

向功能架构，指引功能架构建设。功能架构包括网络、平台、安全三大体系，服务于数据的采集、传输、集成、管理与分析，明确工业互联网的基本要素、功能模块、交互流转和各层级作用范围。实施框架描述工业互联网建设过程中各项功能的层级结构和部署方式，以网络、标识、平台、安全四大技术体系为主要实施部分，明确了工业互联网在设备层、边缘层、企业层、产业层各层级中的协同关系。

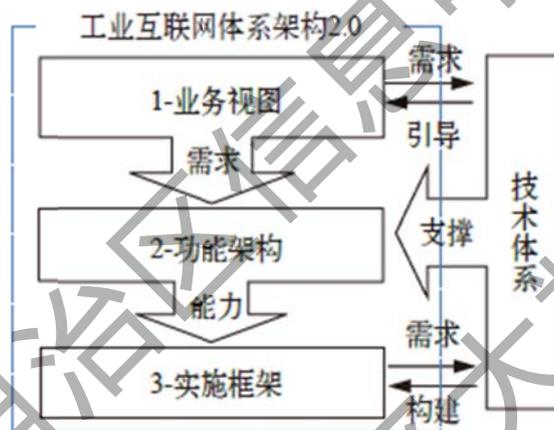


图 1 工业互联网体系架构 2.0

### 三、工业互联网技术体系

工业互联网功能体系的实现，依靠“网络、标识、平台、安全”四大关键技术体系的建设。其中网络体系是基础，通过新型网络通讯技术来满足智能物体的网络接入需求；标识解析体系是重点，给工业要素分配唯一可读的标识，实现各流程系统数据互通和信息交互；平台体系是工业互联网应用的载体，该平台由全面的数据采集体系、具有强大工业大数据存储、集成、分析、建模能力的工业云平台和资源丰富、多方参与的工业应用服务体系等组成；安全体系是保障，通

过多层级覆盖、体系结构完善、防护能力强的工业互联网安全体系，从设备、控制、数据、平台、服务等方面保障工业互联网稳定安全运行。

### (一) 网络体系

按照作用范围，工业互联网的网络体系可以分为企业内网络和企业外网络两部分，如图 2 所示。企业内网络主要由制造业企业自主建设。企业外网络属于国家骨干网络，其建设以运营商为主。

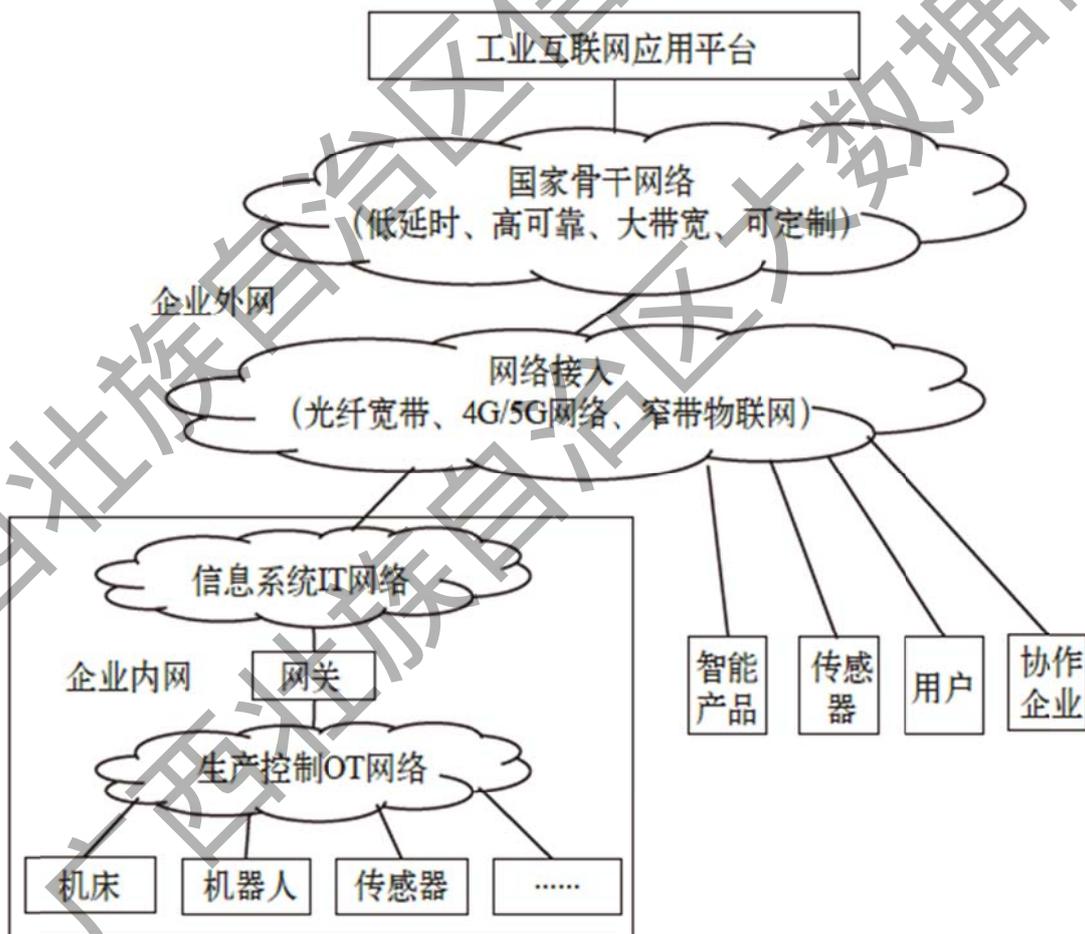


图 2 工业互联网网络体系结构

企业内网络包含工厂生产控制网络（简称 OT 网络）和工厂信息系统网络（简称 IT 网络）。OT 网络是用于工业控制的通讯网络，连接企业内的工业控制器（如可编程逻辑控制器 PLC、分布式控制系统 DCS、数据采集系统 SCADA 等）、工业服务器、网络传感器等设备。IT 网络主要由企业内联网构成，用于连通企业内部各类信息系统，并通过网关设备实现 IT 网络与 OT 网络的连通。

企业外网络是在公共互联网的基础上，构建基于互联网的工业云平台、企业虚拟专网和泛在互联的产品服务网络等承载工业互联网应用的网络体系。

工业互联网网络体系建设主要需要以下关键技术支持：

（1）IPv6：工业互联网网络连接设备数量呈指数级增长，IP 地址短缺日益严重。IPv6 协议地址使用十六进制表示，长度在 IPv4 地址的基础上扩展为 128 位。IPv6 环境下，同一子网约含有 185 亿个地址空间，可以满足工业互联网海量设备节点的网络地址需求。

（2）工业以太网：工业以太网是一种面向工业生产控制体系的网络技术，使用与以太网兼容的 TCP/IP 通讯协议，具有全双工和网络速率自适应的特性。目前 10M/s、100M/s 的快速工业以太网已经广泛部署，1Gb/s 高传输速率的快速工业以太网也逐步成熟，逐渐满足工业生产网络不断增长的带宽需求，推动以太网向工业 OT 网络延伸，实现企业内 IT 网络与 OT 网络的融合，形成企业管理与工业控制网络架构的一体化。

(3) 时间敏感网络 (Time-Sensitive Network, TSN): 现有工业以太网难以满足云端与边缘控制体系的跨区域工业控制的需要, 而 TSN 正是边端协同环境下实现工业网络传输实时性和确定性的关键网络技术。TSN 通过设定合适的时间分片和调度周期, 组合高频和低频的周期控制信号, 维持要求高速性的控制信号的传送精度, 定义完善的数据传输时间敏感机制, 实现网络性能的提升。

(4) 无线网络接入: 针对不便布线、无人值守、高密度设备聚集的工业现场, 无线网络能有效延伸控制范围, 成为网络部署的首要选择。传统工业局域网 (WLAN) 只能接入数量有限的工业设备, 对于海量设备的接入能力有限。低功耗广域网络技术 LoRa 和 NB-IoT 具备覆盖广、可移动、大连接等优点, 能够为工业互联网带来更加丰富的应用场景。

## (二) 标识解析体系

工业互联网中每个物品、元件, 甚至部分生产关键信息都有唯一的“身份证”, 该“身份证”就是标识。中国信息通信研究院在 2018 年提出了我国工业互联网标识解析体系。标识解析体系采用分层级的整体架构进行建设, 国家层面建设国家顶级节点, 目前由中国信息通讯研究院负责建设与管理; 产业或行业层面建设行业二级节点, 由行业领先企业或组织承担建设; 企业层面由企业自主建设标识解析企业节点。公共递归节点联合国家顶级节点、行业二级节点、企业节点, 提供面向各级用户的公共标识解析服务, 如图 3 所示。

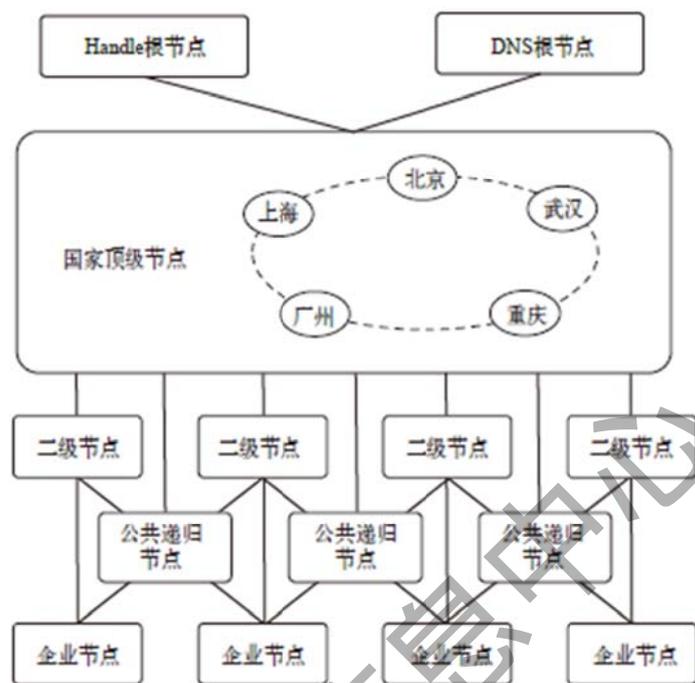


图3 工业互联网标识解析层级架构

国际根节点是国际性顶级的标识服务节点，提供面向全球的公共标识解析服务。国家顶级节点是国家级别最高的标识解析服务节点，向上与标识解析体系国际根节点兼容对接，向下与行业二级节点连接，同时提供面向全国的标识解析及标识数据托管等服务。行业二级节点是面向行业提供标识解析服务的关键公共节点，可以针对行业的具体需求，在向上兼容的前提下进行标识编码方式的灵活自定义。企业节点是企业级别的标识解析服务中心，其标识解析体系既可独立部署标识解析服务器，也可与企业信息系统融合集成，功能上负责企业内标识编码的分配、注册、回收，以及标识读写设备、标识载体等设备的管理。公共递归节点通过迭代查询方式对标识解析请求进行响应，面向所有层级用户提供公共标识解析服务，是标识解析体系的公共基础设施。

### （三）平台体系

工业互联网平台在工业云平台的基础上发展而来，形成汇集工业数据采集、工业大数据分析、工业机理软件化于一体的平台体系。工业互联网平台分为边缘层、平台层、应用层三大层级。

**边缘层**需要构建全覆盖、实时、高效的数据体系，主要包括工业数据的接入和采集、多源异构数据的协议解析和工业边缘数据处理三个部分。**平台层**是在通用 PaaS（平台即服务）平台上建设包括大数据存储、集成、处理、分析、微服务等功能的使能平台。通过构建开放式云化工业操作系统，向下对接工业设备；平台自身承载工业机理与模型，对外开放应用开发工具与调用接口；向上支撑工业 APP 运行，实现工业机理与知识的模型化、软件化复用。**应用层**的目标是构建工业 APP 生态体系，以此实现平台对不同类型工业用户的赋能，是工业互联网平台落地关键，主要包括工业云化应用、业务互联互通、创新应用生态三个方面。

### （四）安全体系

安全体系是工业互联网稳定有效运行的保障体系，需要在设备互联安全、数据安全、用户服务安全三个维度保证工业互联网的安全性。**设备互联安全**是指在协同安全框架下弱终端和强终端协同工作，对泛在分布的大规模异质终端进行安全识别，确保工业互联网中异构设备互联的安全。**数据安全**主要包含数据加密、备份、掩码、擦写。**用户服务安全**是

对每一个参与生产服务的功能系统进行可信的系统接入认证，基于多层次隐式指纹实体识别，在应用层、设备层、协议层和硬件层提取指纹，采用强标识精确匹配和弱标识关联匹配算法对实体进行联合识别，确保服务功能接入的安全性。

（《工业互联网的体系框架与关键技术》《工业互联网应用综述》等）

广西壮族自治区信息中心  
广西壮族自治区大数据研究院

# 工业互联网催生制造业新模式新业态

目前，工业互联网形成了智能化生产、网络化协同、规模化定制、服务化延伸四大应用模式，推动制造业实现产品创新、运营优化和质量提升。

## 一、智能化生产

智能化生产是企业基于工业互联网优化整个生产流程并做出智能化决策的过程。智能化生产对于企业生产成本的降低、产品质量的提高和生产运营效率的提升都有显著的优势。智能化生产主要应用方向包括可制造性预测、工艺流程优化、设备运行优化、生产管理优化以及质量管理优化。

### （一）可制造性预测

可制造性预测是指在部件被实际生产出来以前，先建立虚拟的模型，并在数字空间中进行模拟操作，以判断其是否存在设计缺陷，并对制造过程进行仿真模拟和预测成品质量。与传统产品研发模式相比，可制造性预测能在设计阶段就了解产品性能并进行改进，仿真产品制造过程，大幅降低研发成本和质量风险。例如，波音公司构建了全球协同网络环境平台（简称 GCE 平台），在 787 型飞机项目的研发过程中，首先利用 GCE 平台中的数据模型进行装配模拟，并根据每个部件的生产数据优化产品部件的组装和校验工作，在真正开始生产之前就已经对制造流程进行了完整测试，最终 787

机型比 777 机型的研发时间缩短一年。

## （二）工艺流程优化

工艺流程优化是将采集到的制造数据与工艺效果进行综合分析，排查出工艺流程汇总的问题，有针对性地对企业生产中的设备和工艺流程进行调整、改造和升级，从而提高产品生产的效率和品质。例如，博世公司将 MES（制造执行系统）中与生产效率、产品质量等相关的数据与工艺流程进行关联分析，建立产品生产流程的数字模型，实现对于生产工艺流程设计和生产线布局的持续不断的优化。

## （三）设备运行优化

设备运行优化则是在实时收集汇总生产设备运行数据并建立设备数字化模型的基础上，依据模型分析预测设备状态，从而达到预先精准维护、规避意外停机和提高生产效率的目的。例如，日产公司在汽车生产中采集机械臂控制器的运行参数，建立相关模型，将单个机械臂与集群的数据进行差异性比较，以此预测其是否可能发生异常，能够提前数周预测机械臂产生故障的情况，大幅提升机械臂维护的效率，从而确保生产线的正常运行。

## （四）生产管理优化

生产管理优化是先深度分析材料、生产、管理等数据，然后依据分析结果进行更加准确合理的计划排产、物料调配、进度管控和人员调用。例如，欧姆龙公司借助数字仿真工具建立起数字化虚拟工厂，将车间实际工作负荷、物流管理等

数据与虚拟工厂进行映射和同步分析，将库存降低 20% ~ 30%，生产效率提高 40%。

### （五）质量管理优化

质量管理优化是将产品的质量检测与生产工艺流程中的数据相关联，通过对数据的分析处理实时监测产品的生产过程，及时诊断出异常并警告，从而更好地提升产品的质量。例如，富士康公司在企业内部建立大数据平台，通过持续采集产品的良品率相关的 100 多个指标，能够缩短良品率诊断时间。

## 二、网络化协作

网络化协作是一种基于工业互联网技术的资源整合的新模式。将不同企业、不同行业、不同产业的资源集合在一起，在生产过程中完成协同设计、协同制造、众创众包和供需对接等新生产模式。

### （一）协同设计

协同设计是利用工业互联网平台连接企业内外研发资料与数据，对跨区域的研究资源进行汇聚整合，并通过工业互联网平台提供计算分析服务来优化不同领域的研发资源组织和配置。例如，哈尔滨电气集团有限公司依托工业互联网构建企业设计资源协同平台，实现异地研发机构间联合设计，将风电产品的设计周期缩短了 25%。

### （二）协同制造

协同制造强调了集中多种资源变成不同种类的服务，实

现弹性的生产能力和灵活的供需动态调节，提高生产所需资源的利用效率。例如，沈阳机床股份有限公司通过打造 iSESOL 工业互联网平台、打造基于工业互联网的“加工能力共享”新模式，实现机床加工按需付费、即时结算。不仅拓展了自身机床装备的服务价值，而且大大降低了机床闲置率，助力制造业企业实现生产过程的高度柔性化。

### （三）众包众创

众包众创是通过云平台进行协同化作业，将企业的部分设计任务外包给想要参与合作的上下游企业或者个体单位进行分工。基于这个平台，设计人员、工厂、用户等分散个体之间的交流可以更加的广泛、实时和频繁。例如，海尔公司推出的天樽空调从设计、生产到最终销售，全流程都在平台上让用户深度参与产品设计、研发与生产，并根据用户意见进行快速迭代。

### （四）供需对接

供需对接平台通过汇聚供应方与需求方信息，进行信息的汇聚、匹配和推送，构建端到端的沟通模式以实现精准对接。例如，“找钢网”作为一家互联网商业平台，服务于钢铁全产业链的业务，汇聚了 90 余家钢铁生产企业、65 家仓储及加工企业以及 6 万余家买方企业，平台日均行业供需信息发布量超过万条，推进了钢铁行业的革新。

## 三、规模化定制

规模化定制基于精准汇聚和获取用户需求，通过制造资

源灵活配置和柔性生产，实现产品的大规模定制。现今越来越多的企业将规模化定制作为改革创新的基础和跳板。企业在致力于提升产品与消费者差异化需求匹配的同时，也在积极运用智能化生产等方式提高生产效率，以抵消多品种定制带来的成本上升。目前规模化定制主要包括模块化设计、混线柔性生产和定制个性化服务。

### （一）模块化设计

模块化设计将产品设计成多个模块的组成，每个模块功能独立并且互换便捷，这样客户可以按照需求进行自由组合从而获得满意的最终产品。例如，联想公司推出的 Moto Z3 手机通过在后盖设置磁力触针，能够连接 Moto Mod 配件模块，包括扬声器、摄像头和投影仪等，以增强手机特定功能，满足用户个性化需要。

### （二）混线柔性生产

混线柔性生产基于工业互联网实现对物料的动态智能识别，进而自动配置生产参数，以形成单台设备对不同零件的柔性加工或者是整个工艺流程中各种类型产品的混线生产。例如，印刷行业中常见的合版印刷将不同订单的印刷品组合成一个大版进行印刷，采用这种方式企业可以利用产品生产时的规模优势，降低生产成本。

### （三）定制化服务

定制化服务是在客户深度参与产品制造的情境下，全面精准收集客户需求，为其打造极具个人属性产品的一种特殊

服务模式。例如，青岛酷特智能股份有限公司根据西服生产的历史数据，打造了一个关于西服版式形状、尺寸与顾客量体数据关联的数据库。通过构建相关模型，能够远程根据顾客的 3D 量体数据进行智能打版，并自动完成裁剪、缝制等工序，只需一周的工作时间即可完成成品西服的交付。

#### 四、服务化延伸

服务化延伸指企业在依托智能产品网络接入的基础上，通过对智能产品的运行数据和用户体验反馈数据进行汇聚和分析，除了传统的产品服务外，也提供远程维护、性能优化升级等很多增值服务，这样就可以实现优化产品设计和服务的新模式。企业将不再是单一的产品提供者，而是基于产品的服务提供商，从而促使企业实现新的服务增值盈利模式。企业提供的增值服务不仅能够满足用户在产品使用过程中的多样化需求，还有助于延长产品的生命周期，拓展企业的收益来源。例如，通用电气航空部门推出“On Wing Support”服务，能够在飞机飞行过程中，通过传感器监测发动机的实时运行状态并采集数据，然后用卫星将数据传输至地面分析判断发动机的状态健康与否，最后进行故障预测和维护建议。这项服务一方面提升了航空公司对于航班的动态规划能力，另一方面也为航空公司带来了可观的收益。通用电气航空部门也逐步由航空发动机制造商转变为航运信息管理服务商。（《工业互联网应用综述》《走近工业互联网》等）

## 如何把握工业互联网发展趋势

从“十四五”工业互联网发展前景来看，依然是快变量和慢变量相互交织。就快变量而言，中央和地方政府相关规划、基础设施的建设、示范试点都在有条不紊地推进；各种工业互联网平台也加速涌现。与之对应的慢变量是技术、市场、管理维度等。在一定程度上，工业互联网持续发展的整体进程往往是由慢变量决定的。“十四五”工业互联网发展必须把握好快变量和慢变量的关系，做好“快”与“慢”的有效协同，在发展中见到实效，以实效促进发展。

### 一、工业园区将是地方政府促进工业互联网深入发展的重要抓手

目前，新建的工业互联网、智能制造等工业园区需要在更高层面进行各类生产要素的高水平组合，实现产业链、供应链的高水平协同，真正展现出高端化、智能化和绿色化的发展特点，发挥“示范园区”“示范工厂”的引领示范作用。

在对传统工业园区的升级改造上，借助于工业互联网平台在市场资源、技术资源方面的优势，进行专业化升级，让引领示范作用得到释放。这一点是中国工业互联网有别于发达国家工业互联网发展的最大特点——更多呈现出对生产要素重新配置和组织的特点，而老牌工业强国更多呈现出对工业机理、工业知识的数字化。

## 二、各类工业互联网平台呈现多样化和集中化的发展趋势

工业各行各业专业化知识的差别，决定了其多样化的特征。工业互联网越是向纵深发展，这种特点表现就愈加明显。虽然有些平台提出工业互联网是跨行业的，可以为多个行业服务，但仔细分析它提供的服务类型，工业互联网主要还是提供一些共性服务。在集中化发展的趋势下，某类行业中不可能存在太多平台，最终胜出的，仍然会是专业化程度更高、更有效率的平台。

## 三、工业芯片、工业软件和工业控制系统的攻关任务艰巨

工业互联网的发展过程中，“软件”和“硬件”一个都不能少。将数字世界和物理世界融合起来的“数字孪生”场景，离不开工业芯片、工业软件和工业控制系统。目前我国智能制造工厂的工业总线、工业控制系统、工业软件大部分来自其他国家。攻关这些技术，是一项艰巨而长期的任务，需要统筹科学、教育和产业力量。

## 四、“实效型”和“适用型”新业态、新模式将加速普及

过去3年中，有关工业互联网的新业态、新模式加速涌现，但涌现之后的挑战就是普及。事实上，只有那些经得起市场检验，有“实效”和“适用”的新业态和新模式才能够得到加速普及。对于工业互联网的新业态、新模式而言，除去成本因素外，质量、交期这些都极为重要。有些平台称自己带来了革命性的变化，但更多还是流量变现，或者是模块化生产技术、柔性制造技术应用的升级，并没有在生产过程

和生产组织上带来本质变化，更没有带来供应链和产业链上的变化。从目前我国工业发展的现状看，“实用性”“适用型”的新业态、新模式将会加速普及。

## 五、数字化管理重在从商业模式和组织变革层面展开

数字化管理变革离不开业务和组织层面的变革，没有业务、产品层面创新的管理变革是很难持续推进的。同时，没有组织层面做支撑，数字化管理的价值也无法体现。伴随着工业互联网技术的深入应用，许多企业在商业模式和组织层面的变革也需要加速推进。（《如何把握工业互联网发展趋势？》）

---

编辑部地址：南宁市体强路 18 号广西信息中心 1412 号房

联系电话：0771-6113592

电子邮箱：dsjyjs@gxi.gov.cn

网 址：<http://gxxxzx.gxzf.gov.cn/>



扫描二维码获取  
更多决策参考信息