

关于制造业新思维和工业互联网机理的一点思考

■文 / 王峰（中国信息通信研究院）



《深化“互联网+先进制造业”发展工业互联网的指导意见》已经国务院常务会议审议通过。工业互联网即将迎来崭新的发展局面。新一代信息技术与传统产业的融合，不仅带来了新的业务模式，也带来了新的思维模式。对此笔者有一些不成熟的思考，诚恳地欢迎探讨与指正。

一、新一代信息技术带来的制造业新思维

就像精益制造不仅仅是一种制造模式，更是一套管理哲学一样，基于新一代信息技术的先进制造也不仅仅是技术上的进步，更代表着思维上的转变。ICT技术的应用是融合之“术”，ICT思维的移植则是融合之“道”。ICT思维与标准化、规模化、规范化等传统制造业思维结合，催生了制造业新思维。“新”体现为三个特征：智能、弹性和服务。对于制造业乃至实体经济的资源组织、要素分配、业务创新来说，智能、弹性和服务既是

途径也是目标。

（一）智能是信息时代先进制造的运转形态

智能是信息社会的主题词，它的背后是互联网、大数据、人工智能技术的爆发式创新与排浪式应用。从上世纪八九十年代起，智能化就成为制造业持续追求的目标，出现了多智能体、虚拟制造、集成制造、分布式数控、人机协同等新型技术、模式和构想，实现自诊断、自决策、自组织、自学习等一直是智能制造的努力方向。但这种智能制造没有超越工厂级自动化的范畴，更多局限于设备层和系统层，也可以说始终停留在自动化制造的延伸线上。

今天和未来的智能化，是广泛联网下基于大数据全样本的深度智能，是从底层的设备运行到顶层的全产业要素配置的全面智能，这种智能已经不仅仅是自动化的范畴，而是通信、软件、自动化甚至商业运营本身的结合；这种智能也已经不仅仅是几家大型解决方案提供商可以垄断的寡头智能，而是全民参与的社会化智能。正因如此，我们看到大大小小的软件商、通信商、服务商以前所未有的热情参与到工业活动中，不断冲击着工业几百年构筑起的只留了几个城门的古老城墙。

从事工业相关活动的各级决策者，如果想要不被淘汰，都终将或主动或被动地接受一个观念然后去指导实践，那就是如何使自己所在的环节，以及本环节与外部环节的交互中，通过智能化的方式，实现更高效率的管控、更低成本的组织和更逼近真实结果的预测。

（二）按需是信息时代先进制造的交互导向

供需不匹配是长期困扰经济活动决策者、参与者的一大顽疾，特别在工业活动中，供需不匹配的例子比比皆是，一个典型的例子就是由于无法实现销售的动态精准调整而带来的库存积压。供需不匹配的因素可以归结两大类，信息不对称和能力不满足。

信息不对称自古以来就是经济、社会中存在的客观现象，甚至可以说，信息不对称一定程度上推动了人类社会的进程，信息不对称带来的战争成败就是典型例子。因此，信息不对称不可能被消除，因为存在主观因素导致的不对称，但互联网技术可以很大程度弱化客观因素（如地理限制）导致的不对称，使生产者和消费者的交互渠道更加直接、扁平、低成本。但这只是利用信息技术实现供需平衡的初级方式——解决信息畅通的问题。

能力不满足，即面对供需之间的

变化,受资产拖累、既成布局、行为习惯等影响无法对预先安排进行动态调整。工业生产中,对资源配置的数量、比例、方式往往需要预先确定,但面对外在变化缺乏弹性,进而陷入两难境地。如对软件的购置、对产线的布局,往往投入成本、改造成本都很高,但在实际使用中却可能出现长期闲置导致的浪费。信息技术一大理念就是解耦,越是松耦合,灵活性越强(插一句,我认为毕昇活字印刷可以说是信息领域最早的解耦)。通过应用的载体与应用本身相剥离,资产专用性减弱而适配性增强,从而实现轻量化,进而有可能根据需要灵活配置和调整。如云计算实现了软硬件资源像用电用水一样的弹性供给,开发者和运营者不需要预先花费昂贵的购置费用,在实现企业轻资产转变的同时可以专注于核心业务本身。再如SDN/NFV实现了数据与控制分离、应用与系统分离、软件与硬件分离,使网络资源能够按需、灵活调配。解决资源的弹性供给问题,我称为信息技术实现供需平衡的高级方式。

曾经,ICT领域大量借鉴工业工程思维,催生了软件工程这门学科;今天,ICT领域的开发运营新理念新模式正在随着技术本身不断运用,改造着工业的思维方式。从SaaS、PaaS、IaaS到制造即服务、设备即服务,从软件定义网络到软件定义机器、软件定义世界,以租代买、按需获取、软硬分离、动态调整将逐渐成为企业管理者的思维逻辑,反过来不断尝试利用信息技术在这些方面的优势来组织资源、安排生产、开展业务。

(三) 服务是信息时代先进制造的价值主张

关于服务的定义有很多。这里我

认为,服务是提供方为了满足接受方需要而进行的无形交互过程。服务的特点,一是按需,如果不是用户自身所需或者创造出用户所需,那便不是服务而是骚扰。二是交互,服务应当是双向的而非单向,这是供求双方形成闭环的前提。三是无形,这是与大多数产品的一个区别,即产品具有有形实体(软件产品是个例外)。四是过程,这是与产品的另一个区别,过程具有持续性,而产品本身则是离散性的,以离散性的产品为节点,形成持续性的连线,就实现了基于产品的服务。

传统制造业主要以产品为价值承载,在信息技术广泛深度应用的条件下,“产品+服务”成为制造企业价值追求的“双核”,服务化的思维注入生产经营的全过程,从而极大延长了价值链条,拓展了价值空间。产品诞生之前,利用互联网将用户参与到设计研发环节,实现所谓个性化定制,实际上是一种服务思维导向的体现。产品诞生之后,信息技术使得产品成为服务延伸的桥头堡,即上文提到的连点成线,使企业有能力与用户开展一系列深度交互,比如预测性维护、设备租赁。

有之以利,无之以用。正是无形的、持续的、深度的服务,为制造业的保值增值盘活了存量、扩大了增量,而越是高价值产品,其相关服务所能拉动的价值增量越大。同时,“产品+服务”的价值主张也使供需双方的关系变得更加紧密,最终模糊了制造业与服务业之间的边界,甚至给未来的产业划分、统计体系带来了新的影响。需要说明的是,这里的用户不仅仅是消费者,也包括企业用户;而产品不仅仅是消费品,也可能是工

业品、也可能是整体解决方案。

先进制造业的发展,将更加追求质量和效益,而不仅仅是规模和数量,将更加追求对人的解放,体现人文关怀,而不仅仅是对人的替代。随着深度感知、泛在互联、智能交互的技术应用不断升级,随着智能化、服务化、弹性化的思维理念不断普及,制造业乃至整个传统产业终将实现在市场机制下更有计划的生产和管理。最终人类生产将从农业时代的供给不足、工业时代的产能过剩,演化到信息时代供需之间实现快速响应下的动态平衡。

二、工业互联网的三大属性

工业互联网是互联网向传统工业生产领域延伸、集成、融合的产物。它与移动互联网、物联网相似,是一种基于业务和应用的概念,而非一种原生学科和技术门类。如果说移动互联网是移动化的互联网,物联网是泛在化的互联网,那么工业互联网就可以理解为专业化的互联网,这种专业化体现在对生产的聚焦,而这种聚焦又衍生出工业互联网的生产属性、跨域属性和服务属性,体现了智能化、弹性化和服务化的工业新思维。

(一) 生产属性是工业互联网的第一属性

或者说,生产属性是工业互联网的本质属性。工业互联网是一种生产性互联网,它发起于工业企业,应用于工业活动,聚焦于实体产业。工业互联网首先要解决生产问题而不是消费问题,首先要满足工业企业需要而不是普通大众需要。它的直接目标是为了实现对生产效率更有力的提升,对生产资源更优化的配置,对生产者、管理者体力和脑力更大的解放,因此



工业互联网讲求安全优先、效益优先、实用优先。

安全优先容易理解，这是工业互联网深度应用中许多企业都会考虑的问题。效益优先，是指比起消费互联网更关注用户体验，工业互联网领域更关注投入能否真正带来看得见的回报。实用优先，即工业互联网领域本质上不追求高新技术的华丽堆砌，如果一款老技术能够比较稳定的解决问题，即使有一定可容忍的瑕疵，工业企业基于成本、风险等因素考虑也不会（或是立即）作大的改变，因此改造往往比新建难度更大。

工业互联网的生产属性还决定了它不可能像消费互联网一样出现适用于所有应用场景的完全通用的、普适的技术标准。生产属性决定了它与生产场景强相关，不同行业、不同场景差异极大，组网方式、技术要求、安全等级等也差别明显，相比之下因特网是场景弱相关的，人们对因特网的使用需要是趋同的。而场景强相关又决定了专业化、细分化程度高，每一个细分领域都有全球各大工业巨头、广大隐形冠军、海量工业企业的长期业务布局、产品选择。因此出现全领域通行的大一统技术标准几乎不可能。举例来说，尽管随着 OPC-UA 等语义级标准的推广，使得系统间的互联互通互操作成为现实，但系统内的私有协议仍将大量存在。这就好像任意两个不同语言的国家之间都可以交流，但并不意味着全世界每一个人都使用同样的语言。因此，工业互联网在发展之初就应当强调专业化、分类化、分级化，形成场景化分类建模，然后在实施中一个场景一个场景的去适配，不能寄希望于一套方案全局适用。

工业企业是工业互联网的需求方，是落地的关键。只有从工业互联网的本质属性出发，因势利导，才能唤起广大工业企业的积极性，自觉自愿地投身到工业互联网的发展中来。

（二）跨域属性是工业互联网的核心属性

跨域属性包涵三层含义，符合这样特征的网络或应用就可称得上是工业互联网。当然即使是符合也有程度深浅之分，构建完全具备跨域属性的工业互联网还需要很长的路要走。

一是跨系统域。工业互联网包涵工业信息系统（IT）与工业控制系统（OT），并将二者打通。这是工业互联网超越现场总线、工业以太网等工业控制网络局限性的关键所在，也是工业互联网有别于互联网的标志之一，它是实现智能制造、大规模个性化定制、远程设备健康管理等工业互联网新模式新应用的前提。也正因为如此，使得原本“绝缘”的工业控制系统、工业生产设备、工业生产环境纳入到相对开放的网络空间中，安全、功能、性能等方面有了更加严格的要求。

二是跨空间域。工业互联网在数字虚拟空间与物理现实空间之间搭建了桥梁。工业互联网的核心支撑技术是信息物理系统（CPS），通过深度集成先进传感、物联网、大数据、人工智能、虚拟现实等信息技术，实现实体物理世界和虚拟网络空间的映射、协同与融合，CPS 也许可以称得上与人工智能、量子计算能够并驾齐驱的未来开创性、颠覆性信息技术。也正因如此，美德等国都高度重视 CPS 的基础研究，将其视为未来制造业形态的核心支撑技术。

三是跨地理域。无论基础设施还是业务应用，工业互联网都可以是局

域的，广域的，或是全球的。与因特网可视为一张统一、任意两台终端都可以互相访问的全球性广域网不同，工业互联网仅仅是称谓上的统一，实际上既非一张网，也不一定是全球网，更不能也不允许任意两点都可以互联互通。因此，工厂内部利用工业以太网传输数据属于工业互联网，企业之间利用工业互联网平台进行协同生产属于工业互联网，移动中的装置设备如飞机发动机或卡车轮胎利用传感器采集数据并通过 4G 或者卫星网络传输，同样属于工业互联网。

（三）服务属性是工业互联网的业务属性

或者说，服务属性是工业互联网的功能属性。前文提到服务是未来制造业的产业特征和思维模式，而践行服务思维的重要手段和途径就是工业互联网。工业互联网体现了互联网与工业自动控制的结合，服务属性既是对互联网的继承，也是对自动化的升级。尽管控制是工业互联网的重要功能，但它并不等于单纯的控制网络。传统的串口通信、现场总线、工业以太网，都不面向服务。而工业互联网恰恰非常强调服务化，工业互联网平台、工业互联网网络、工业互联网应用，从架构到实现再到部署，处处突出业务的服务化、产品的服务化、资源配置的服务化。

在生产属性中提到，工业企业用户比起大众消费用户而言，更注重效益而非体验，但并不否定一个事实，就是工业互联网的深度应用，使得用户体验越来越受到重视，企业用户可以越来越不需要关注已经封装起来的技术实现细节，享受“傻瓜式”操作、一站式服务、智能推送等等，当然，这种体验也是出于效益的需要。

可以说, 工业互联网的发展, 将推动生产型服务延伸到生产即服务 (Production as a Service), 推动企业的核心竞争力由产品质量功能转向客户价值创造。

三、工业互联网体系下几个值得思考的问题

关于工业互联网的总体架构、网络体系、平台体系、安全体系、政策推动等都已开展了持续大量的研究。作为一名相关研究人员, 我认为还有几个问题值得思考。

(一) 工业互联网的自身产业边界界定

由于工业互联网本身的跨界融合特性, 加上相关各方不同的思维立场, 精准界定工业互联网的边界几乎是不可能的, 但仍然应当探索一个大致的描述, 什么属于工业互联网, 什么不属于工业互联网应当尽可能明确。这不仅是量化统计的前提, 更是细化发展路径、避免重复建设、规范行业发展的要求。当然, 这将是极富挑战性的工作, 不仅仅是实施上, 而且是对现有行业体系划分的挑战。

(二) 不同行业不同场景下的安全分级

安全作为工业互联网的保障, 是实施主体重点考虑, 甚至某些情况下首要考虑的内容。前文说过, 工业互联网是场景强相关的, 应当强调专业化、分类化、分级化。而对于分类分级, 我认为安全分类分级应当优先, 因为对安全的考量决定着工业互联网网络的连接方式、连接程度和应用范围。不同场景、不同行业, 安全风险并不相同, 安全能力要求并不一致, 甚至对安全本身内容的理解、考量因素的优先级也都存在差异。比如服装生产

线的自动吊挂系统可以完全基于民用互联网实现, 但化工生产线使用民用互联网显然会带来巨大风险。目前对安全的种类划分已经比较明确, 根据工业互联网产业联

盟发布的《中国工业互联网安全态势报告(2016)》, 总体上包括应用安全、数据安全、控制安全、网络安全、设备安全。在此基础上, 对重点行业、重点领域进行深入分析, 给出N层的安全等级划分, 也许可以更有力的指导产业实践。

(三) 推动我国工业转型升级的切入点

工业互联网为我国工业破解长期发展难题、实现换道超车提供了难得机遇, 应当从哪些方面切入, 将机遇转化为现实, 我认为有四方面值得考虑。

一是精益管理。我国工业企业长期存在一个弊病, 就是重有形的软硬件购置, 轻无形的管理改造。精益管理作为工业强国普遍接纳并采用的先进模式, 其思想并未在信息时代过时, 相反, 互联网为精益制造的实现提供了更好的实现途径。精益是大规模个性化定制、实现智能制造、网络协同制造等生产模式真正能够高效运转的前提, 离开精益管理, 这些模式仍然有可能沦为软硬件的堆砌。应当借助工业互联网发展机遇, 在改造传统生产经营模式的过程中, 自上而下同步贯彻先进的精益思想, 提升管理效率。

二是共享经济。我国在消费互联网领域的共享经济探索走在了全球前列, 工业互联网领域共享经济同样潜



力巨大。共享经济是实现制造业要素合理分配、产能灵活匹配、轻资产式工业发展的重要途径。特别对于我国制造企业整体不平衡、不同阶段并存的情况, 共享经济有利于实现先进带落后。共享经济还为工人灵活就业、高技术专业化人才拓展发展空间提供了可能, 一定程度上可以弥补我国工业领域专业人才稀缺、劳动力成本上升带来的企业招工难等问题。因此, 工业互联网与共享经济模式相结合的价值尤其值得挖掘。

三是产业集群。十九大提出培育若干世界级先进制造业产业集群。工业互联网跨地域、大连接的特征, 恰好与产业集群式发展形成互补, 有利于推动更多地区集中力量专注于自身优势, 通过工业互联网借助外部力量弥补比较劣势, 最终形成错位发展。

四是集中突破。工业互联网既是信息通信技术与工业技术融合的产物, 也是二者融合的起点。我国制造业和信息通信产业总体核心技术差距较大, 但仍然有部分领域已经取得了一定突破甚至局部领先。应当大胆发挥想象力, 探索合适的机制和模式, 借助网络改造升级、平台建设、创新中心建设等契机, 将我国已具备一定发展水平的技术领域与关键短板领域结合发展, 集中力量突破关键技术瓶颈。[图4](#)