

浅谈工业数字化驱动下的新工业革命

■文 / 王峰（中国信息通信研究院）

一、新工业革命已经来临

首先让我们回顾一下人类历史上公认的两次工业革命。第一次工业革命大约发生于1760年到1840年之间，起源于英国，渗透到法、美等国家。“珍妮纺纱机”的诞生和“蒸汽时代”的来临，使得设备上机器开始替代手工劳动，组织上工厂开始替代手工作坊，人类生产力取得了前所未有的飞跃。第二次工业革命大约开始于十九世纪60年代后期，一直持续到二十世纪，在美、德、英、法、日等国几乎同步发生。技术上，电和内燃机的广泛应用推动了制造、交通、能源、通讯全面进步，电灯、汽车、电话、电报、石油化工等新技术层出不穷；组织上，社会化大生产能力大大提升，垄断组织形成，大规模流水线式的工厂取代了传统工厂，生产力再一次跃升。

可见，工业革命的共同之处，在于新工具新产品的诞生和普遍应用，在于生产组织形式的全面变化，在于生产力、产业形态、经济社会乃至国际格局的全面变革。同时也可以看到，两次工业革命都是长期性的，这是由于工业革命是对传统产业的颠覆再造，新技术、新方式特别是新观念被接受和广泛普及需要长期过程，旧模

式的转变与淘汰也往往伴随着错综复杂的利益纠葛与矛盾冲突。

近年来，物联网、云计算、大数据、虚拟现实等新一代信息技术蓬勃兴起，互联网、人工智能、超级计算等技术也进入全新发展阶段，信息技术与工业深度融合，不仅催生了智能工业机器人、智能机床、无人驾驶汽车等一大批新的设备产品，而且使第二次工业革命以来上百年的生产形态和组织方式发生趋势性变化——由大规模同质化生产向个性化定制转变、由集中式生产制造向网络化协同制造转变、由产品本体制造为中心向“产品+服务”转变、由机器自动化向以万物互联为媒介和以数据为驱动的智能制造转变。网络信息技术的广泛普及和深度应用，不仅再一次解放着人类的“体力劳动”，而且开始大范围解放人类在工业生产中的“脑力劳动”。以数字化、网络化、智能化为突出标志和主攻方向的新工业革命正在蓄势爆发。

二、当代工业数字化浪潮

当代工业数字化浪潮的来临，源自数字经济边界向工业领域的加速扩张，源自几十年来工业与信息技术融

合的惯性延续，源自各国谋求综合竞争力不断提升的国家意志。

1. 工业数字化是数字经济扩张的必然结果

近年来，数字经济随着网络信息技术的快速发展和广泛普及而不断壮大，成为金融危机后世界各国谋求中长期发展的重要抓手。数字经济的兴起可以追溯到上世纪90年代，互联网商用后，电子邮件、新闻资讯、网络搜索、电子商务、即时通讯、网络游戏、网络视频等相继在全球普及，逐步成为日常生活和商业活动的重要组成部分，“数字应用”开始向“数字经济”升华。2007年前后，随着智能手机的规模化应用，移动互联网产业迅速崛起，并快速向电子商务、生活服务、交通出行、金融、旅游、医疗、教育等传统服务业各个领域渗透。今天，创新空前活跃的智能产品，和蓬勃发展的平台经济、共享经济，已经将数字经济打造成为经济增长的重要驱动力。2016年，我国数字经济规模达22.6万亿元，同比增长18.9%，占GDP比重为30.3%，对GDP增长贡献是69.9%，成为经济增长的重要驱动力。与此同时，服务业蓬勃发展的数字经济启发了人们的认知，互联网不

仅仅可以用于交流和娱乐，更可以成为创造财富的工具。互联网以及新一代信息技术开始由生活向生产、由产业链下游向上游、由产业外部环节向内部环节不断渗透。一边是互联网企业和生产性服务企业借智能产品、智能服务们向工业领域延伸，另一边是工业企业运用云平台、大数据们改造升级提速。数字经济的扩张加速了工业数字化的进程，而反过来，工业数字化又成为数字经济又一片蓝海。

2. 工业数字化是现代工业发展的历史延续

从更长的历史视角来看，工业数字化的进程早在上世纪 50 年代就已开启（见图 1）。首先是数控机床发明。1952 年麻省理工学院利用电子计算控制技术，研制出第一台数控机床，此后在编程技术、数字计算、半导体逻辑控制等信息技术推动下，工业机器人、过程控制计算机、PLC 等现代工业关键设备也相继出现，工业生产开始进入数控化时代。紧跟着，柔性制造系统出现。1965 年英国的莫林斯公司研制出第一套柔性制造系统，美、日、德等国随后纷纷开始加强柔性制造系统的研究和产业化，实现了数控机床、机器人之间的数据通信，推动了自动化、无人化车间的发展。接着，CAD 系统开始商用。60 年代，麻省理工学院诞生了第一款 CAD 软件。70 年代，随着 CAD 技术自身的进步，以及软件工程、图形图像、数据库等软件技术的兴起成熟，CAD 商用化时代来临，制造业逐步进入计算机集成制造阶段。再后来，大型数字化管理系统投入应用。90 年代，互联网进入商用，桌面操作系统快速发展，信息处理速度飞速提升，信息时代来临。ERP、MES、PLM 等各类大型软件系统纷纷投

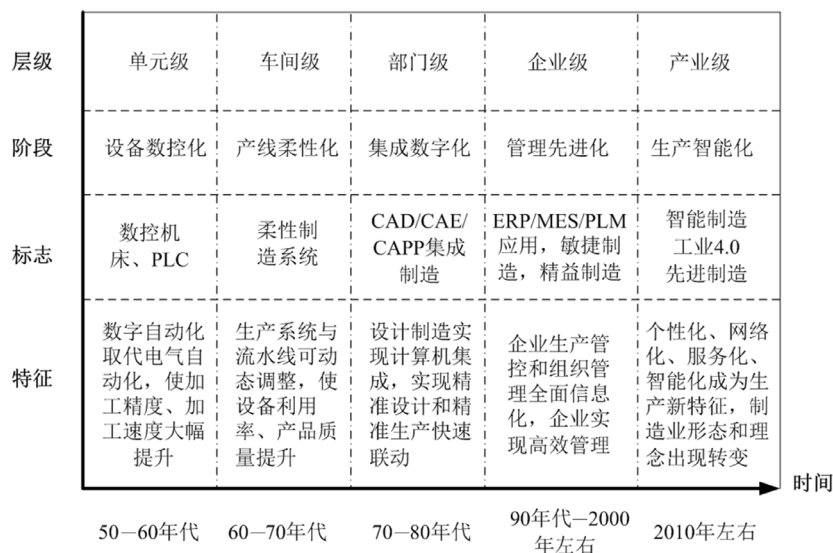


图 1 现代工业数字化历程

入应用，制造企业的生产管控和组织管理能力得到全面提升。

可以说，现代工业发展史，就是不断运用信息技术的革新史。今天，信息技术日新月异，已成为全球研发投入最集中、创新最活跃、应用最广泛、辐射带动作用最大的技术创新领域。在资源能源环境压力增大、全球供需结构性失衡、个性化需求日益旺盛等各方面因素的驱使下，一批先导企业主动将业已成熟的新一代信息技术引入到工业活动中，从差异化、服务化、高效化等方面做文章，掀起了一轮更广范围、更深层次的融合浪潮。

3. 工业数字化是各国谋求长期发展的关键途径

与第一和第二次工业革命更多体现个体力量与企业力量不同，新一轮工业革命背后充分体现了国家意志的作用。全球金融危机后，各国重新认识到制造业等实体经济的重大意义。为了实现经济的长期增长，塑造未来国家综合竞争优势，主要发达国家纷纷制定并持续推进“再工业化”战略，并将工业数字化、网络化、智能

化发展作为各自战略的核心。如美国的“国家先进制造战略计划”、德国的“工业 4.0”战略、法国的“新工业法国”计划、英国的“高价值制造”战略，等等。而主要新兴国家为了抓住机遇实现换道超车，尽快破解传统发展模式的瓶颈，也相继提出自己的工业追赶战略，如我国的“中国制造 2025”、俄罗斯的“工业化生产新技术规划”、印度的“印度制造”等。由于几十年来全球化的不断深入以及互联网服务突破时间地域限制的独特属性，当代工业数字化浪潮也不再像前两次工业革命一样仅仅是发生在个别国家的“专利”，而呈现出多点开花、全球覆盖的局面。

三、工业数字化的意义和价值

1. 提升工业供给质量效率

生产率、产量、能耗、产品质量等，是衡量工业发展水平的关键指标。从这些指标的变化中，可以最直观地感受到工业数字化所带来的巨大变革和价值。当代工业数字化，是在云计算、物联网、大数据、人工智能、增

强现实等一切信息技术新成果广泛应用下的更深层的数字化。通过建立起生产全流程、全价值链、产品全生命周期、物理世界与虚拟空间之间的信息流动和实时控制闭环,使得设计研发、产品制造、运行模拟在更高效的虚拟仿真环境下得以实现,使得设备空转、无效作业等“无用功”大大减少,使得产品、设备故障在发生之前就得以感知和预防,使得环节之间、企业内外、供需两侧信息互联互通从而有效改善库存积压这个长期困扰工业发展的顽疾……工业数字化的深度发展不仅仅带来增量上的突破,还带来了存量上的优化。西门子的安贝格工厂就是增量突破典型的例子,作为全球最先进的数字化工厂之一,产能较20多年前提升了8倍。而GE公司一直强调1%的威力,则充分体现存量优化带来的价值,比如通过部署工业互联网节省1%的燃料从而带来300亿美元的节省。总之,工业数字化将使得工业供给质量和效率大幅提升,根据德国国家科学和工程院研究,工业4.0将使生产效率和能源利用率分

别提升40%和50%。

2. 释放新需求激发新市场

以全面互联、数据智能为特征的工业数字化,能够低成本高效率地深度挖掘潜在市场需求,并催生大量新产品、新应用、新服务,推动形成新兴增长点。在工业市场上,工业数字化所驱动的升级换代将直接拉动大量新型、智能、高端工业产品的需求。比如智能机床、工业机器人、3D打印机等智能装备以及网络化协同制造、主动运维服务等新型模式的普及,为工业智能传感器、工业云平台、工业大数据计算与处理平台、新型仿真软件、工业APP等产品和服务提供了广阔的市场。在消费市场上,工业数字化的直接结果是产品的网络化、智能化,通过扩大长尾市场和消费空间激发了潜在的消费需求。大到智能城市管网建设、智能水处理、车联网、分布式能源等公共产品和服务,小到新型智能家电、个性化的定制家居和定制服装,无不是工业数字化的驱动。如同火车、电灯、电话、汽车、电影等以往工业革命催生的新产品一样,

消费市场的升级正是普通大众对工业数字化最切身、最直观的体验和感受。

3. 催生新的工业思维

同样如同历史上的工业革命一样,工业数字化的发展不仅

带来物质上的变化,更带来了新的工业思维。在创新思维上,开放式创新将逐步取代封闭式创新,比如依托网络平台进行众设、众创、众包,依托云服务的方式获取外部资源和能力。在管理思维上,以泛在互联为依托的扁平化、创客化将极大地改变企业过去金字塔形的科层制管理方式,而突破地理和时间局限的虚拟企业集群也将得到更广泛的普及。在市场思维上,单纯追求产量的时代已经过去,市场拉动的C2B模式将成为主流,依托产品而衍生的多样化服务将替代单纯销售产品成为企业主要赢利点。在生产思维上,精益生产、敏捷制造、绿色制造等已经发展了几十年的先进生产理念还将在工业数字化推动下进一步普及,大规模个性化定制将与传统的流水线批量生产形成相互补充,而以“云平台+大数据分析+边缘设备APP”的生产方式,也将被更多的企业所接受。此外,工业数字化的发展,还将加速工业与服务业边界的模糊,未来产业划分、统计方式甚至都将发生根本性变化。

总之,在工业数字化的驱动下,“变”正在工业理念、过程、设备、产品、组织每个角落发生着,这些“变”不是简单的而是复杂的,不是局部的而是全面的,不是短期的而是长期的。也正是因如此,工业数字化所驱动这场全球性变革才能够称得上是一场新的工业革命。**科技**



【关于作者】

王峰,中国科学院大学工学博士,中国信息通信研究院政策与经济研究所政策研究部副主任,主要研究工业互联网、智能制造、实体经济数字化发展等领域。《国务院关于深化“互联网+先进制造业”发展工业互联网的指导意见》《国务院关于积极推进“互联网+”行动的指导意见》等国家重大政策核心起草组成员。