

解析“工业互联网”与“工业 4.0”及其对中国制造业发展的启示

延建林, 孔德婧

(中国工程院咨询服务中心, 北京 100088)

摘要: 21 世纪以来, 欧美等发达国家和地区加快发展先进制造业, 以美国“工业互联网”与德国“工业 4.0”最为典型。“工业互联网”与“工业 4.0”引起了全球制造业的产品开发、生产模式和制造价值实现方式的转变。为了巩固与提升中国制造业的全球地位, 加快从制造大国迈向制造强国, 必须要推进“两化”深度融合、坚持创新驱动、强化智能制造基础、重视高技能人才培养、加强制造业国际合作。

关键词: 工业互联网; 工业 4.0; 模式转变; 《中国制造 2025》

中图分类号: T-01 **文献标识码:** A

Study on “Industrial Internet” and “Industrie 4.0”

Yan Jianlin, Kong Dejing

(Chinese Academy of Engineering Consulting Service Center, Beijing 100088, China)

Abstract: Since twenty-first century, most of the developed countries have realized the importance of advanced manufacturing. “Industrial Internet” from the U.S. and “Industrie 4.0” from Germany should be the best two strategies to develop advanced manufacturing. They have caused the transformation of product development, production mode, and the achievement of the production value, globally. In this critical moment, it is important to promote the integration of informatization and industrialization, to insist on innovation driven, to strengthen the intelligent manufacturing base, to consolidate the training of high skilled talents, and to strengthen international cooperation for consolidating and enhancing the global status of China manufacturing.

Key words: industrial internet; Industrie 4.0; mode transformation; “Made in China 2025”

国际金融危机之后, 欧美等发达国家和地区重新重视实体经济尤其是制造业的发展, 纷纷推行“再工业化”战略, 巩固其在技术、产业方面的领先优势, 积极抢占未来先进制造业的制高点。美国、德国作为全球制造业的龙头, 依靠自身既有优势, 陆续推出发展先进制造业的行动计划。

一、美国“工业互联网”与德国“工业 4.0”概述

近年来, 美国加快推进“再工业化”, 奥巴马政府先后发布一系列国家层面的先进制造发展战略^[1-3], 明确提出“提振经济, 重振制造业”。美国

收稿日期: 2015-07-21; 修回日期: 2015-07-27

作者简介: 延建林, 中国工程院咨询服务中心, 处长, 教育学博士, 研究方向为工程科技战略咨询研究与管理、科技创新政策;

E-mail: kdj@cae.cn

基金项目: 中国工程院重大咨询研究项目“制造强国战略研究”(2013-ZD-4)

本刊网址: www.enginsci.cn

公司也在积极推动相关战略行动。2012 年 11 月,通用电气公司发布《工业互联网:突破智慧和机器的界限》白皮书^[4],旨在通过智能机器间的连接最终将人机连接,结合软件和大数据分析,突破物理和材料科学的限制,升级关键的工业领域、重构全球工业、激发生产率、提高能效和效率。在通用电气公司倡议下,美国电话电报公司、思科公司、通用电气公司、英特尔公司和美国国际商用机器公司于 2014 年初成立“工业互联网联盟”,以期打破技术壁垒,促进物理世界和数字世界的融合。联盟成立两个月,成员已超过 50 名,囊括了来自亚洲、欧洲、拉丁美洲和北美洲的企业、高校以及研究机构。

工业互联网整合了工业革命与网络革命两大优势,即将工业革命成果及其带来的机器、机组和物理网络与近年发展迅速的互联网革命及其成果——智能设备、智能网络和智能决策融合到一起。工业互联网主要包含三种关键元素:智能机器、高级分析、工作人员。智能机器是现实世界中的机器、设备、团队和网络通过先进的传感器、控制器和软件应用程序以崭新的方式连接起来形成的集成系统。高级分析是使用基于物理的分析法、预测算法、关键学科的深厚专业知识来理解机器和大型系统运作方式的一种方法。建立各种工作场所的人员之间的实时连接,能够为更加智能的设计、操作、维护以及高质量的服务提供支持与安全保障。工业互联网将提升工业系统各层面的运转表现、提高资产可靠性、改善机组以及工业网络的运行效率,从而为商业和全球经济带来巨大的效益。

德国是全球制造业最具竞争力的国家之一,为巩固其全球领先地位,在新一轮工业革命中占领先机,德国在 2013 年 4 月汉诺威工业博览会上正式提出“工业 4.0”战略。它是德国政府《高技术战略 2020》中确定的十大未来项目之一,由德国联邦教育研究部和联邦经济技术部联手资助,联邦政府投入 2 亿欧元支持工业领域新一代革命性技术的研发与创新^[5]。“工业 4.0”实施的主要目的是确保德国成为智能制造技术的主要供应商和产品的主导市场,维持其在全球市场的领导地位,塑造其制造业在全球范围内的新的竞争优势。

“工业 4.0”战略是基于工业互联网的智能制造战略,其核心是建立虚拟网络-实体物理融合系统

(CPS)。《工业 4.0:未来的智能制造》报告提出,虚拟网络-实体物理融合系统是一种使能技术,将虚拟世界和现实世界联系在一起创建一个真实的网络世界。它通过确定和识别工厂中每个工作单元的活动,配置合理的选项和生产条件,为工厂提供最优化的生产过程。在生产系统中部署网络-实体物理融合系统,将实现单机智能设备的互联,不同类型的智能单机设备的互联组成智能生产线,不同的智能生产线间的互联组成智能车间,智能车间的互联组成智能工厂,不同地域、行业、企业的智能工厂的互联组成一个制造能力无所不在的智能制造系统;这些单机智能设备、智能生产线、智能车间和智能工厂可以自由动态地组合,这一灵活的生产系统能够从根本上允许生产流程的实时自优化,以满足不断变化的制造需求。

“工业 4.0”的实现需要三项集成:纵向集成、端对端集成、横向集成。《德国工业 4.0 战略计划实施建议》^[6]认为:纵向集成是将不同层面(如传感器、控制、生产管理、制造和执行及企业计划等)的信息技术(IT)系统集成到一起,完成企业内部不同信息技术系统、生产设施(以数字化、智能化生产设备为主)的全面集成,建立一个高度集成化的系统,为智能工厂中网络化制造、个性化定制、数字化生产提供支撑;端对端集成是为了实现研发、生产、服务等产品全生命周期的所有工程活动,将全价值链上的、为客户需求而协作的不同公司进行集成;横向集成是将各种处于不同制造阶段和进行不同商业计划的信息技术系统集成在一起,以供应链为主线,将企业间的物流、能源流、信息流结合在一起,以实现社会化协同生产。通过这三项集成,德国将全面完成企业内(信息化系统及生产设备)、企业间、生态圈的集成、协同,实现灵活的、个性化的、高效的、社会化的、智能的生产,从而巩固其在全球制造业中的领先地位。

二、“工业互联网”与“工业 4.0”将给制造业带来深刻变革

历史经验表明,每次产业革命都会催生一批新业态和新模式,带来产品、服务和制造的重大变化。“工业互联网”和“工业 4.0”代表了初现端倪的新

一轮产业变革，体现了新型信息技术与制造业的深度融合，将彻底改变制造业的产业链、价值链和产业模式，进而深刻影响全球制造业变化。

首先，制造生产设计将从实体物理空间转移到虚拟数字空间。利用大数据、云计算和设计软件技术，采用面向产品全生命周期、具有丰富设计知识库和模拟仿真技术支持的数字化、智能化设计系统，在虚拟现实、计算机网络、数据库等技术支持下，可在虚拟的数字环境里并行地、协同地实现产品的全数字化设计，结构、性能、功能的模拟和仿真优化极大地提高产品设计质量和一次研发成功率，缩短产品上市周期，降低产品开发成本，提高产品市场竞争力。虚拟产品开发模式将为制造业创新周期缩短、客户需求多样化等提供最有力的支撑。

其次，制造生产模式将由大批量、标准化的推动式生产向市场需求拉动的批量化定制生产转变。以智能工厂为代表的未来制造业建立在网络-实体物理融合系统基础上，实现制造装备的数字化、网络化、智能化，生产过程的计算机辅助规划与优化，可大幅度提升生产系统的功能、性能与自动化程度，使制造系统向柔性制造系统、数字化智能化车间、数字化智能化工厂、以及智能制造系统方向发展，使以最低的资源能源消耗为每位顾客提供最优化的产品制造成为可能；同时，使用工业控制系统连接和监控的机器人取代大部分人力劳动，能够节省人力成本、提高生产效率和质量。智能生产模式将为客户高效率地提供符合个性化需求的高质量定制产品，使大规模个性化、定制化的生产成为可能。

最后，制造价值的实现形式将由有形产品向提供整体解决方案转变。新一代信息技术与制造业的深度融合，将使企业实现产品全生命周期各环节、各业务、各要素的协同规划与决策优化管理，有效提高企业的市场反应速度，并为客户提供最优化的整体解决方案。互联网、大数据等新型信息技术的发展使客户与企业之间的交流沟通变得更加有效，企业能够更加全面及时地了解客户对于产品的功能、样式、包装等方面的需求，在智能生产的基础上完成满足需求的产品制造；同时还会实现自检测、自维修等功能，降低产品运行成本和维修成本，为客户提供最优化的解决方案。由此制造业将实现从以产品为中心向以客户为中心的根本性转变，制造业企业将从生产型企业向服务型企业转变。

三、“工业互联网”与“工业4.0”给中国制造业的启示

当前，全球制造业格局正处在深刻变化之中。新一轮科技与产业变革与我国加快转变经济发展方式形成历史性交汇，我们要充分把握“工业互联网”与“工业4.0”给全球制造业带来的挑战与机遇，加快制订实施《中国制造2025》，推动中国制造实现由大到强的历史性跨越。

第一，加快推进信息化与工业化的深度融合。美国推进“工业互联网”基于其强大的信息技术产业，德国“工业4.0”的实施则基于其全球领先的制造技术水平，中国要将智能制造作为未来的制高点、主攻方向、突破口，加快部署和利用新一轮科技与产业革命的核心技术，即制造数字化、网络化、智能化，带动工业2.0、工业3.0、工业4.0并行推进，力争实现战略性重点突破、重点跨越。

第二，坚持创新驱动发展。创新是制造业发展的引擎，是结构调整优化和转变经济发展方式的不竭动力。美国与德国在发展制造业的战略行动计划都将创新放在极其重要的位置。我国要进一步优化整合科技规划和资源，建立和完善全国制造业创新网络，完善政府对基础性、战略性、前沿性科学研究和共性技术研究的支持机制，弥补基础研究和产业化中间环节缺失造成的创新效益外溢，形成政、产、学、研、用、金的有机创新组合体，提高制造业自主创新能力。

第三，强化智能制造基础。智能装备是制造业发展不可或缺的载体，工业软件直接决定信息化与工业化融合的进程和先进制造业的水平。我国要加快发展数字化、网络化、智能化高端装备和工业软件的核心关键技术，强化智能制造网络信息平台、标准体系和信息安全保障系统的建设，积极推进工业互联网基础设施建设，夯实智能制造发展基础。

第四，重视高技能人才培养。人才建设是建设制造强国的根本。无论是“工业互联网”的相关报告还是“工业4.0”的实施建议都强调人才的重要性。我国工程科技人才培养普遍缺乏实践性和创新性，难以适应制造强国建设要求。要改变目前工科教育理科化的倾向，加强高等工科大学学生实践环节和创新能力的培养，重视各层次（从领军人才到高级技工）工程技术人员的培养，特

别是第一线技能人员的培养。

第五，加强制造业国际合作。在全球化背景下，信息技术与制造技术的深度融合将推动制造业资源、技术、人才的全球性配置。中国制造业正在转型升级，从国际产业链的低端向中高端转移，从提供廉价产品向生产高附加值产品、引领行业发展转变。中国制造由大到强必须要加强国际合作，积极引进先进技术与理念，推动中国制造产能走出去，在国际合作中实现共赢发展。

参考文献

[1] Office of the Press Secretary. Advanced Manufacturing Partnership

[EB/OL]. [2015-7-15].<https://www.whitehouse.gov/the-press-office/2011/06/24/president-obama-launches-advanced-manufacturing-partnership>.

- [2] Executive Office of the President. National strategic plan for advanced manufacturing[R]. U.S.: National Science and Technology Council, 2012.
- [3] Executive Office of the President. Accelerating U.S. advanced manufacturing[R]. U.S.: President's Council of Advisors on Science and Technology, 2014.
- [4] Evans P C, Annunziata M . Industrial internet: Pushing the boundaries of minds and machines[R]. U.S.: General Electric Co., 2012.
- [5] MacDougall W. INDUSTRIE4.0: Smart manufacturing for the future[R]. Germany: Germany Trade & Invest, 2014.
- [6] 工业 4.0 工作组. 德国工业 4.0 战略计划实施建议 [R]. 中国工程院咨询服务中心译. 德国: 德国联邦教育研究部, 2013.