

# 并行推进、融合发展——新一代智能制造技术路线

古依莎娜<sup>1</sup>, 董景辰<sup>1</sup>, 臧冀原<sup>1,2</sup>, 杨晓迎<sup>1</sup>

(1. 中国工程院战略咨询中心, 北京 100088; 2. 清华大学, 北京 100084)

**摘要:** 本文通过研究西方发达国家发展智能制造的历程以及我国智能制造发展现状, 提出中国发展智能制造不能走西方“串联式”发展道路, 必须采取“并行推进、融合发展”的技术路线, 推进“数字化制造、数字化网络化制造、数字化网络化智能化制造”三个范式同步发展, 在大力推广、应用和普及数字化网络化制造的同时, 加快新一代智能制造的探索、研究, 引领和推进中国制造业的转型升级、跨越发展。

**关键词:** 并行推进; 融合发展; 新一代智能制造

**中图分类号:** F424 **文献标识码:** A

## Parallel Promotion and Integrated Development: A Technology Roadmap for Promoting New-Generation Intelligent Manufacturing

Gu Yishana<sup>1</sup>, Dong Jingchen<sup>1</sup>, Zang Jiyuan<sup>1,2</sup>, Yang Xiaoying<sup>1</sup>

(1. The CAE Center for Strategic Studies, Beijing 100088, China; 2. Tsinghua University, Beijing 100084, China)

**Abstract:** First, development of intelligent manufacturing in western developed countries and the status quo of development of intelligent manufacturing in China were discussed. It is proposed that development of intelligent manufacturing in China should not follow a sequential development process. China should adopt a technical route of parallel promotion and integrated development, and promote simultaneous development of three paradigms of intelligent manufacturing, i.e., digital manufacturing, digital and networked manufacturing, and new-generation intelligent manufacturing. While vigorously promoting, applying and popularizing digital and networked manufacturing, China should accelerate the exploration and research of new-generation intelligent manufacturing, thus to lead and promote upgrading and leapfrog development of China's manufacturing industry.

**Keywords:** parallel promotion; integrated development; new-generation intelligent manufacturing

智能制造是一个不断演进的大系统, 在长期实践演化中形成了许多不同的范式。通过归纳总结, 形成三种基本范式, 即数字化制造——第一代智

能制造, 数字化网络化制造——“互联网+”制造或第二代智能制造, 数字化网络化智能化制造——新一代智能制造 [1]。

收稿日期: 2018-08-06; 修回日期: 2018-08-10

通讯作者: 古依莎娜, 中国工程院战略咨询中心, 高级工程师, 主要研究方向为制造业发展战略研究; E-mail: gysn@cae.cn

资助项目: 中国工程院咨询项目“新一代人工智能引领下的智能制造研究”(2017-ZD-08-03)

本刊网址: www.enginsci.cn

## 一、发达国家智能制造的发展历程

西方发达国家智能制造的发展也是经历了三个范式，但却是“串联式”的发展过程，数字化、网络化、智能化是西方顺序发展智能制造的三个阶段。因为技术发展的限制，在数字化阶段，网络技术尚未达到普遍应用的阶段；在网络化阶段则人工智能技术尚未突破。因而西方智能制造发展至今，大约经历了 50 年左右的时间，过程比较长。

### （一）数字化阶段

从 20 世纪 50 年代到 20 世纪 90 年代中期，信息化表现为以计算、通信和控制应用为主要特征的数字化阶段，一些发达国家开始研究计算机技术在企业经营、管理、设计、制造等部门的应用，形成了一批分立的、单项应用系统。20 世纪 50 年代，美国诞生了第一套计算机绘图系统，成为最早的计算机辅助绘图系统，催生了 20 世纪 60 年代初的计算机辅助工程；20 世纪 60 年代末，挪威开始研发计算机辅助工程设计；1971 年，法国雷诺汽车公司率先成功实现计算机辅助制造（汽车车身的设计和加工）；1974 年，第五代使用微处理芯片和半导体存储器的计算机数控装置研发成功，数控机床随之在制造业大量应用，对工业化升级产生了革命性的影响。美国在 1993 年已有 2.4 万家企业使用数据交换（EDI，电子商务的前身），其中最大的 100 家企业使用 EDI 已达 97%；美国所有的大公司都实现了办公自动化，一些跨国公司还实现了虚拟办公室。数字化对传统工业的改造，从接到订单开始，产品设计、工业设计、主生产计划制订、备料和加工产品装配，直到交付，所有环节全部实现计算机化。

### （二）网络化阶段

从 20 世纪 90 年代中期开始，互联网大规模普及应用，信息化进入了以万物互联为主要特征的网络化阶段。随着互联网应用在全球的普及，制造企业不断努力实现企业信息系统的网络化，也就是“互联网+”。“互联网+”在 20 世纪 90 年代末给企业带来了非常显著的效益。美国福特汽车公司的内部网连接了全球范围内的 12 万台计算机工作站；日立公司的外部网在 1997 年已经覆盖了全球 2100 家和它有联系的公司。另外，在利用互联网

做电子销售方面，戴尔股份有限公司和思科系统公司是当时最为成功的企业，它们通过外部网大幅度地增加了销售额。“德国工业 4.0”和美国工业互联网完整地阐述了“互联网+”并提出了技术路线。“德国工业 4.0”以信息物理系统（CPS）为核心，将产品、制造、服务数据化、集成化，实现企业内和企业间的集成和互联互通；美国工业互联网提出全球工业系统与高级计算、分析、传感技术及互联网的高度融合，重构全球工业。

### （三）智能化阶段

进入 21 世纪以来，新一轮科技革命和产业变革正在孕育兴起，在大数据、云计算、移动互联网、工业互联网集群突破、融合应用的基础上，人工智能实现战略性突破，进入新阶段，呈现出深度学习、跨界融合、人机协同、群智开放、自主操控等新特征。当前，新一代人工智能相关学科发展、理论建模、技术创新、软硬件升级等整体推进，正在引发链式突破，推动经济社会各领域从数字化、网络化向智能化加速跃升。先进制造技术与新一代人工智能技术深度融合，形成了新一代智能制造，将给制造业带来根本性变革，成为制造业未来发展的主要驱动力 [2]。

## 二、我国智能制造发展现状

### （一）智能制造具备良好的发展条件

我国拥有门类齐全、独立完整的制造业体系。在世界 500 多种主要工业产品中，我国有 220 多种产品的产量位居世界第一，是名副其实的全球制造大国。同时，我国信息产业近年来发展迅速，按市值排名的全球十大互联网公司中，有 4 家是中国企业；国务院于 2017 年 7 月 20 日印发《新一代人工智能发展规划》，提前布局人工智能，抢抓重大战略机遇。在我国，智能制造作为制造业和信息技术深度融合的产物，具备良好的发展条件。

### （二）智能制造发展水平有较大差异

#### 1. 行业发展不平衡

当前，我国智能制造进入快速发展期，从中央政府到地方各级政府都陆续出台了一系列的政策措施，但部分地区没有结合自身产业特色和发展阶段，盲目追求高大上的产业布局。如工业机器人、增材

制造、“互联网+”相关产业等纷纷成为各地区重点发展的领域，产业雷同现象较为严重。已建成和在建的机器人产业园区超过了40个，短短几年时间，机器人制造企业数量超过了800个，面临高端产业低端化和低端产品产能过剩的风险[3]。

### 2. 区域发展不平衡

2015—2017年，工业和信息化部共评选出208个国家智能制造试点示范项目，428个国家智能制造专项项目。从智能制造试点示范项目来看，东部地区的国家智能制造示范项目接近60%，远高于中西部地区，这与东部地区拥有较好的智能制造基础是密切相合的。从智能制造专项项目来看，东部地区的智能制造专项项目最多，接近60%，其中北京市、上海市、山东省、广东省、浙江省、江苏省表现最为突出，约占全国智能制造专项项目的45%以上[3]。

### 3. 企业发展不平衡

近几年，中国制造业界大力推进“互联网+”制造，一批数字化制造基础较好的企业成功转型，实现了数字化网络化制造。如三一重工股份有限公司推进网络化进程，自主部署基于设备全球互联的物联网、大数据平台，为用户提供包括预测性维护、物联网金融等新业务。青岛海尔股份有限公司建立起以全程订单执行管理系统为核心的互联工厂，可实时、同步响应全球用户需求，并快速交付智慧化、个性化的方案；佛山维尚家居制造有限公司构建“新居网”互动开放式设计平台，充分挖掘消费者的个性化需求，实现消费驱动生产，并建立“大规模家具设计定制生产系统”，有效解决个性化定制与标准化批量化生产的矛盾。但中国智能制造的基础非常薄弱，大多数企业，特别是广大中小企业，还没有完成数字化制造转型，智能制造发展不均衡问题亟需引起重视。

因此，中国发展智能制造不能照搬西方发达国家的技术路线，为了满足智能制造不同的发展需求，必须实施“并行推进”的技术路线；同时由于我国制造技术和信息技术都相对成熟，我们不必走“串联式”的技术路线，可以采用“融合发展”的方式。

## 三、“并行推进、融合发展”是我国制造业实现跨越式发展的必然技术路径

我国制造业要实现转型升级、跨越式发展，不

能走西方顺序发展的老路，用几十年时间充分发展数字化制造之后，再发展数字化网络化制造，进而发展新一代智能制造。中国制造业要实现转型升级，必须抓住新一代人工智能技术与制造业融合发展带来的新机遇，用创新不断实现新的超越，推动我国制造业从跟随、并行向引领迈进，实现“换道超车”、跨越发展。

中国推进智能制造，必须发挥后发优势，采取“并行推进、融合发展”的技术路线，并行推进“数字化制造、数字化网络化制造、数字化网络化智能化制造”三个范式同步发展，及时充分应用快速发展的信息技术和制造技术的融合式创新，引领和推进中国制造业的智能转型[1]。

### （一）创新引领、同步发展

我国必须坚持“创新引领”，直接利用互联网、大数据、人工智能等最先进的技术，瞄准高端方向，加快研究、开发、推广、应用新一代智能制造技术，推进先进信息技术和制造技术的深度融合，走出一条推进智能制造的新路，实现我国制造业的“换道超车”。中国石油化工股份有限公司镇海炼化分公司是我国最大的炼化一体化生产企业，运用互联网、大数据、人工智能、自动化等现代信息技术，建设以供应链-产业链-价值链协同优化驱动的炼化一体化生产智能优化制造示范工程，率先打造国际先进、国内领先的石化行业智能工厂。

### （二）以高打低、融合发展

必须充分利用大力推进“互联网+”制造的成功实践给我们提供的重要启示和宝贵经验，大部分原来尚未实现数字化制造的企业，要采用先进技术路线，“以高打低、融合发展”，在完成数字化制造“补课”的同时，成功实现更高智能制造水平的跨越。如浙江春风动力股份有限公司原来是一家摩托车配件厂，数字化水平不高；通过“互联网+创新+制造”，很好地完成了数字化“补课”，全面打造了“制造云、电商云、物流云、设计云、流程云”，产品质量达到国际一流水平。目前，已经发展成为特种摩托车行业的世界级“隐形冠军”企业。

### （三）统一标准、“兼容升级”

我国在推动数字化制造、数字化网络化制造、

数字化网络化智能化制造三个基本范式“融合发展”时，必须制定统一的标准，这对我国智能制造发展至关重要。未来20年，我国企业在“并行推进”三个基本范式过程中，将普遍面临多次技术升级和范式转化，我国必须高度重视制定和实行智能制造的相关标准，这些标准实现向上“兼容升级”，这样就使得企业在范式转化过程中不需要推倒重来，避免低水平重复建设，有利于广大企业开展技术改造、智能升级。

#### 四、并行推进、融合发展的可行性与典型案例

当前我国在流程制造、大规模个性化定制、远程运维服务等领域的制造技术、信息技术、人工智能技术等各种技术的融合及应用日趋成熟，具备发展新一代智能制造的条件。

##### （一）流程制造领域

流程型制造业行业整体上自动化程度较高，实施新一代智能制造的基础较好，涉及石化、化工、冶金、建材、食品、制药等诸多行业。例如我国传统白酒、食醋、酱油等食品酿造行业，以酿造全产业链为对象，基于酿造系统理论，采用智能化的数据处理、挖掘方法，完成对传统酿造模型的解析后，通过智能自动化、物联网和大数据等技术实现对酿造机械化、自动化、信息化和智能化的推进，最后实现酿造系统的优化运行、优化控制和优化管理。如泸州老窖集团有限责任公司、衡水老白干集团有限公司等白酒企业，先后开展以智能化升级、改造为目标的技术改造活动，使酿酒工艺技术、创新能力和白酒的品质得到大幅提高。

##### （二）大规模个性化定制

大规模个性化定制已在服装、家电、家具等诸多消费制造领域实践，代表企业有青岛红领服饰股份有限公司（以下简称青岛红领）、青岛海尔股份有限公司、佛山维尚家具制造有限公司等。例如青岛红领的酷特智能定制平台，结合新一代人工智能技术设计开发了全球客户自主设计专家系统，实现了研发设计智能化，在服装制造板块

个性化定制领域，取得了绝对的优势。然而青岛红领的服装生产线并没有完全实现自动化，裁剪、缝制等环节依然是靠人工来完成。传统制造技术与人工智能技术等多种技术的融合及应用，使得青岛红领实现了传统产业升级改造，由传统服装企业进化成为平台生态型的企业[4]。

##### （三）远程运维服务

远程运维服务主要是通过智能装备/产品的运行状态数据采集，利用数据分析挖掘、专家系统等手段，对用户提供的远程在线检测、故障预警、故障诊断与修复、预测性维护、运行优化、远程升级等服务。例如新疆金风科技股份有限公司建立了风机故障预警平台，每台风机核心部件安装检测传感器，运行状态数据实施回传；并汇聚专家团队对于风机的各个核心部件进行分析，建立了平稳运行数据模型，然后将参量植入到监控系统内，在风机出现故障的风险较高时进行提前预警[4]。

#### 五、结语

当前，新一代智能制造初见端倪、蓄势待发，将以前所未有的速度转化为现实生产力。我国要在大力推广、应用和普及数字化网络化制造的同时，加快新一代智能制造的探索、研究，成功建设一批试点示范，并实现大规模推广和应用。

##### 参考文献

- [1] Zhou J, Li P G, Zhou Y H, et al. Toward new-generation intelligent manufacturing [J]. *Engineering*, 2018, 4(1): 11-20.
- [2] 国家制造强国建设战略咨询委员会, 中国工程院战略咨询中心. 智能制造 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2016. National Manufacturing Strategy Advisory Committee, The CAE Center for Strategic Studies. *Intelligent manufacturing* [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2016.
- [3] 中国智能制造绿皮书编委会. 中国智能制造绿皮书(2017) [M]. 北京: 电子工业出版社, 2017. Editorial Committee of Chinese Intelligent Manufacturing Green Book. *Green book of Chinese intelligent manufacturing (2017)* [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2017.
- [4] 国家制造强国建设战略咨询委员会, 中国工程院战略咨询中心. 服务型制造 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2016. National Manufacturing Strategy Advisory Committee, The CAE Center for Strategic Studies. *Service manufacturing* [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2016.