

# 新一代人工智能引领下的制造业新模式与新业态研究

## “新一代人工智能引领下的制造业新模式新业态研究”课题组

**摘要：**在新一代人工智能技术引领下，制造业的生产技术、组织方式、竞争策略等，都将面临重大调整，为制造业新模式与新业态的形成提供了可能。受新一代人工智能技术驱动，制造业实践中不断涌现由服务而产生的新模式新业态是本课题的研究核心。课题重点围绕由开展智能服务而产生的新模式和新业态进行研究，分析了在人工智能技术引领下，制造业的模式与业态的演进趋势，新模式与新业态的典型类型，支撑性、关键性技术；提出了新模式与新业态的发展方针、目标与途径。根据我国工业领域的发展基础与现状，选择远程运维服务和规模定制服务作为突破，提出两大业务模式在相关领域的发展方向以及发展目标，并提出相关政策建议。

**关键词：**人工智能；制造业；新模式；新业态

**中图分类号：**T-01 **文献标识码：**A

## Research on New Mode and Business Model of Manufacturing Led by New-Generation Artificial Intelligence Technology

*Research Group for Research on New Mode and Business Model of Manufacturing  
Led by New-Generation Artificial Intelligence Technology*

**Abstract:** Led by the development of artificial intelligence technology, the production technology, organization mode, and competitive strategy of the manufacturing industry are facing major changes, which also provides opportunities for formation of new modes and business models of manufacturing. Driven by the new generation of artificial intelligence technology, new modes and business models generated by convergence of the service industry and the manufacturing industry have emerged in the practice and thus serve as the focus of this study. The study has analyzed the development trends, typical types, and key platform technologies of the new modes and business models of manufacturing, and proposed the development guidelines, goals, and approaches for the new modes and business models. According to the basis and present situation of manufacturing in China, the study has selected the remote operation & maintenance service and mass customization as examples, and put forward the development directions, goals, and policy suggestions for the two business models in the related fields.

**Keywords:** artificial intelligence; manufacturing; new mode; new business model

### 一、前言

在新一代人工智能技术引领下，制造业的生产

技术、生产组织方式、企业管理方式及竞争策略，都将面临重大调整，为制造业新模式与新业态的形成与发展提供了可能。受新一代人工智能技术驱

收稿日期：2018-06-20；修回日期：2018-07-17

联系人：惠明，E-mail: cmifhming@mei.net.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

动,制造业在实践中不断涌现由开展智能服务而产生的新模式和新业态。

新一代人工智能技术引领下制造业新模式和新业态的培育与发展,将新时代下需求与供给之间不平衡不充分的矛盾转化为推动制造业高质量发展的机遇,重新定义中国制造业的竞争优势,将对新时代下中国制造业的发展产生深远影响。

## 二、人工智能技术引领制造业演进出新的模式与业态

当前主流的制造业生产方式,成型于 20 世纪初,以流水线生产为标志,通过流水线与专业化分工有效提高劳动生产率、降低生产成本,形成“大规模生产—大规模消费”的结构。

在此模式下,企业竞争策略主要为产品多样化策略和成本控制策略。无论哪种竞争策略,生产和供给缺乏足够的灵活度。受限于标准化生产过程,消费者日益增长的个性化需求难以被精准满足。随着消费升级,制造业提高供给质量的必要性、迫切性不断增加。

### (一) 新一代人工智能技术引领下制造业的转变

人工智能(AI)技术在 21 世纪历史性地进入技术突破和大规模应用阶段 [1]。

驱动人工智能发展的动力主要来自四个方面:一是数据,即以大数据、物联网、云计算等技术提供的数据库;二是取得重大突破的机器学习算法;三是以图形处理器(GPU)为代表的强大的计算能力;四是得益于全社会对人工智能技术的接受和认同。在这些因素的驱动下,近几年人工智能技术的应用才得以快速发展。

新一代人工智能技术与制造业的融合,将为制造业的效率提升和价值创造带来新的机遇 [2]。第一,引领产品的智能化和网络化。“硬件+软件+网络互联”正逐渐成为产品的主要构成。第二,推动生产和管理流程智能化。企业内部制造流程数字化、网络化和智能化,机器设备和数据信息互联互通,为优化决策提供支持。第三,推动研发设计的网络化协同发展。研发效率提高,研发设计周期缩短,客户还可以通过网络参与在线设计融入个性化需求。第四,推动企业组织变革。

不同层面的数据和信息可通过高速网络便捷传递,企业组织扁平化。第五,推动制造业企业向服务型转型。企业通过互联网及时获取消费者需求从而实现服务型制造,“按需定制”“网络定制”等服务模式将更加普遍。

### (二) 制造业模式和业态创新的演进趋势

在 AI 技术引领下,制造模式大致呈现出一定的演进趋势 [3]:第一,刚性生产系统转向可重构的柔性生产系统,客户需求管理能力的重要性不断提升,制造业从以产品为中心转向以用户为核心。第二,大规模生产转向规模化定制生产(服务),生产者主导的经济模式转向消费者主导的经济模式,企业依靠规模经济降低成本的竞争策略的重要性有所下降,满足消费者个性化需求成为企业的重要竞争策略。第三,企业内部组织结构扁平化,数据要素的附加值提高。越来越多的企业从提供单一产品到提供一体化的解决方案,为快速、准确响应客户需求,企业通过减少组织结构层级来减少决策时间,对数据要素的搜集整理、研究分析以及相应评估预测越来越重视。第四,工厂制造转向社会化制造,部分行业产能呈现出分散化的趋势。“社会化制造”显现,能够通过在线交流进行产品的研发、设计、筛选和完善,部分地区已出现专门为网络设计者、用户提供制造和产销服务的“在线工厂”。产能的分散化有利于缓解产能的集中和过剩。

## 三、新业态与新模式的类型和关键支撑技术

在新一代人工智能技术引领下,制造业由注重规模生产逐渐向以客户需求为中心、保持规模化生产成本优势的前提下实现满足个性化需求的生产模式演进,在制造模式的不断演进下,部分新的模式逐渐成形,主要包括数字化制造、网络协同制造、新一代人工智能制造、规模定制生产服务、“云平台+”制造、远程运维服务、电子商务、软件定义的制造等;新业态的突出表现是服务型制造。

### (一) 新模式的典型类型

(1) 数字化制造:通过信息物理系统(CPS)实现工厂/车间的设备传感和控制层的数据与企业信息系统融合,使得生产大数据传到云计算数据中

心进行存储、分析，形成决策并指导生产。

(2) 网络协同制造：基于先进的网络技术、制造技术及其他相关技术，构建面向特定需求的基于网络的制造系统，突破空间对企业生产经营范围和方式的约束，实现企业内各环节“纵向集成”和供应链上下游“横向集成”的协同制造。

(3) 新一代人工智能制造：综合应用新一代人工智能、网络通信、精密传感器和全球定位系统（GPS）定位等新兴技术，使汽车、工程机械、农业机械等各类产品智能化。

(4) 规模定制生产服务 [4]：设计和生产“柔性化”，形成柔性的、满足个性化需求的高效能、大批量生产模式，供应链各环节的联系和协作加强，设计、生产、仓储、配送和销售效率提高。

(5) “云平台+”制造：通过建立云平台，在全球范围内，通过互联网协同进行产品设计、生产制造等，依靠行业、区域核心企业或企业群体的综合优势，灵活、快速响应市场需求，提高全球制造资源的利用率。

(6) 远程运维服务：运用传感、通信、大数据分析等技术手段，通过设备远程运维平台，对生产过程、生产设备的关键参数进行实时监测，对故障及时报警。

(7) 电子商务：基于互联网，应用浏览器/服务器方式，买卖双方不谋面地进行各种商贸活动和相关的综合服务活动，大体上分为：集制造商、商家、消费者为一体（ABC）、商家对商家（B2B）、商家对消费者（B2C）、消费者对消费者（C2C）、商家对制造商（B2M）、制造商对消费者（M2C）、商家对行政机构（B2A）、消费者对行政机构（C2A）、线上线下一体化（O2O）等模式 [5]。

(8) 软件定义的制造：随着云计算、物联网、大数据、人工智能的发展，越来越多的互联网企业开始成为制造业 IT 生态圈的一员，以云计算、大数据以及 O2O 平台作为切入点服务于传统制造企业，为制造企业提供协同化、定制化、平台化的制造服务。

## （二）新业态——服务型制造

制造业企业为了获取竞争优势，将价值链由以制造为中心向以服务为中心转变。越来越多的制造业企业从注重生产和产品向注重“产品+服务”的

趋势发展和演进，将焦点瞄准产品的整个生命周期，“服务”在制造价值链中的比重越来越大 [6]。

## （三）新模式与新业态发展的关键性、支撑性技术

新一代人工智能技术的突破性发展，成为支撑新模式与新业态发展的关键技术，而新一代人工智能技术的发展是在数字化、网络化的基础上，通过大数据的挖掘、算法、算力等领域技术的革命性突破，并在制造业的广泛应用而不断演化并发展出来的。在此驱动下，新模式与新业态逐步演化和发展。很多关键技术的不断发展是新模式新业态不断演化发展的技术基础和重要支撑。

### 1. 关键性技术

(1) 建设多源跨媒体异构数据库。异构集成产品、使用环境、解决方案和生产工艺数据库，开发用于采集客户数据网络化智能测量系统和客户需求在线交互平台，将客户数据、设计数据、虚拟制造数据、生产数据构建在云端，成为神经网络、深度学习等算法运行的基础。

(2) 构建基于大数据的设计需求特征挖掘系统。采集汇聚客户来源信息、基本信息、个性化需求信息以及定制产品的服务信息，与异构数据库进行匹配，利用机器学习算法、深度学习模型、三维模型识别、产品使用环境模型匹配等智能分析技术实现深度数据挖掘，实现智能解决方案推荐、智能优化产品设计以及智能原材料采购预测等。

(3) 虚拟体验系统及虚拟制造。采用多种虚拟现实技术（VR）、云渲染平台、VR 互动体验技术等快速实现设计方案的虚拟仿真，实现设计阶段的客户产品体验。采用多种调度模型和求解算法，将不同材质、不同类型的定制产品订单快速拆分，再合理组织成批次，在虚拟制造系统中实现订单管理和智能排产。

(4) 构建全流程信息自动采集、生产管控与协同优化系统。通过微纳传感、条码标签等手段，在规模定制产品柔性制造混流生产中，实现生产工艺、生产计划、生产设备和品质分析等信息的实时管控，优化仓储、设备、质量、物流管理和销售，完成对研发设计环节的数据反馈，达到全流程的协同优化。

### 2. 支撑性技术

(1) 数据挖掘技术：采用数据挖掘技术对收集

到的信息进行筛选、分类、分析和验证,确保在设备故障发生时快速发现设备异常,并准确判断故障位置和故障机理。

(2) 传感器技术:远程监控与运维技术的实现基础。监控精确度和数据传输效率直接影响着远程运维工作的准确性和响应速度。

(3) 嵌入式监控系统:嵌入式监控系统采用客户端/服务器模式,将嵌入式 Web 服务器安装到设备中,使设备能够通过互联网实现互联,并可以在监控中心实现网络管理功能,使用户能够直接通过浏览器对设备进行远程监控、管理和控制。

(4) 故障预测算法:设备预测性维护的核心技术,通过对设备状况的预测,提供设备状态的发展趋势分析和早期故障预警,使运维人员能够有针对性地进行设备运维,避免设备出现突发性故障和随之导致的设备停机事故。

(5) 机器视觉技术:机器视觉技术是人工智能技术的一个重要环节。通过计算机来模拟人的视觉,在获取了客观事物的影像后,再经由智能系统对图像中的信息进行分析、处理与理解,根据处理结果对设备进行监控与控制,从而实现智能运维。

(6) 机器学习与人工智能技术:机器学习技术能让机器管理数量众多、种类不同、环境各异的各种设备,使机器像人一样增长知识、增加经验,从而使设备运维能够不仅仅局限于某一种类的设备,而是可以扩展到各行各业、各种不同的设备与环境中;人工智能技术则使设备监控运维系统能够根据监测到的设备信息对设备运行情况做出合理的判断,并能够提供故障预测方案和故障维修方案。

#### 四、新模式与新业态的先行者

研究发现,我国制造业企业,特别是装备制造企业,对单位价值量较高的设备开展远程运维,在保障设备安全和稳定性并为客户提供服务等方面开展了有效尝试,取得了一些经验和良好效果。表1列出了部分企业远程运维的典型做法,供研究者参考。所有开展远程运维的企业基本上已经具备数字化制造基础,积累了海量数据,正在尝试使用人工智能技术解决数据处理和知识的产生及应用的算法生成问题,这种做法的迅速普及形成了新的生产模式和新的业态。同样,在大规模定制生产领域,一些流程和半流程型工业企业,如消费品企业、服装和家具企业在数字化生产的基础上,通过规模化定制生产既满足了市场对个性化的需求,又有效降低了成本,使产品能够以大规模生产的低成本来满足个性化需求的质量和速度。应用案例详见表2[7]。

#### 五、新模式与新业态的发展目标及路径

我国发展新一代人工智能引领下的新模式与新业态应以开放、融合、共享、创新为战略方针,实现制造业转型升级,迈向制造强国行列。

##### (一) 发展目标

发展新业态与新模式将成为我国产业的发展战略,建议分为近期突破目标(2020年)、中期发展目标(2025年)和中远期战略突破目标(2030年)三步走,实现以重点突破为点,带动人工智能技术大范围高水准应用的点面结合战略。

表1 远程运维典型做法

典型企业	主要做法
中国中车股份有限公司	轨道交通装备故障预测与健康管理的
烽火通信科技股份有限公司	车辆设备运行健康评估、故障智能化诊断、风险预警
深圳汇川技术股份有限公司	远程调试参数曲线与现场维护保养相结合,智能识别设备问题,提高维护保养的响应速度,增强备件、预测性诊断能力
金风科技股份有限公司	风电机组智能运维与寿命预测,风机故障的风险提前预警
沈阳鼓风机集团股份有限公司	对机组进行远程实时监测和控制,根据用户需求提供即时性、个性化“保姆式”服务
中国东方航空股份有限公司与美国通用电气公司	飞机引擎的远程诊断与维护;及时提醒航空公司对可能出现的故障进行诊断和维修,针对不同的发动机向航空公司提出定制化检修建议

表 2 大规模定制生产企业的典型做法

典型企业	主要做法
维尚家具制造有限公司	通过网络化协同设计云平台、虚拟现实网络云计算设计服务系统等，生产效率提高至传统模式的 8~10 倍；材料利用率比行业平均水平提高 8%；出错率从行业平均水平的 5%~8% 下降到 1% 以下
青岛海尔股份有限公司	支持消费者通过互联网对所需产品进行外观、大小、功能等进行定制；根据合作电商平台的大数据统计的消费者的产品风格偏好、功能、价格区间等需求特征生产家电，供消费者选购
青岛酷特智能股份有限公司	运用电脑试衣系统、远程试衣系统、全身扫描技术、服装计算机辅助设计 / 计算机辅助制造 (CAD/CAM) 系统等，突破组织、国界、语言的限制，支持全球客户的自主设计，实现全球定制；通过新一代人工智能技术的深度学习平台，自动匹配版型、款式、工艺、物料清单 (BOM)，实现了研发、设计、生产排程、执行智能化

2020 年前，在轨道交通、风电装备、航空发动机及新一代直升机、工程机械、通用机械、电梯等已开展远程运维服务行业，探索应用人工智能技术及数据挖掘和自学习知识库建设，实现高效、准确、实时的远程自诊断。推进我国远程运维数据标准化，根据行业的不同特点构建若干分行业远程运维服务数据中心，构建基于工业互联网的运维服务体系，保障重大装备制造和运行的优质、高效和安全。

在家电、家具、服装等行业加强人工智能技术应用，初步建成家具行业、家电行业和服装行业规模定制服务平台，完成智能研发设计平台和基于虚拟制造系统的智能排产的试点示范。

2025 年前，在远程运维服务和大规模定制生产服务两个重点领域全面推广人工智能技术应用成果，技术水平达到世界领先，并在其他领域进行示范。在家电行业、家具行业和服装行业全面推广人工智能技术，关键技术水平达到世界领先，并争取在汽车等行业进行试点。

2030 年前，全面应用人工智能技术，实现制造智能化，技术达到国际先进水平，一些领域达到国际领先水平。

## （二）发展路径

**联动。**加强企业内部研发、设计、制造、营销、服务等多个部门的“纵向集成”，推动企业之间的“横向集成”，实现资源的快速配置和高效整合，实现产品开发、生产制造、经营管理等在不同企业间的信息共享和业务协同。

**复合。**加强已有制造技术和信息技术、生产组织方式和商业模式等多种创新元素的有机融合，最终形成复合式的、多元化的创新模式。

**并行。**注重多阶段并行推进，以适应我国制造

业发展水平参差不齐的现状，谋求高端制造业中全产业链的业态、模式创新，以及中低端制造业的部分环节业态、模式的微创新和渐进式创新。

**演进。**由于信息技术的导入是一个循序渐进的过程，注重业态创新和模式创新的渐进型发展特征，率先启动贴近消费端的环节，进行由局部到整体、由量变到质变的动态演进，最终构建新的制造模式与业态。

**集成。**开展产业生态层面的系统创新，基于价值链进行资源重构型创新，依托价值网络进行系统集成式创新，通过整合、集成各项资源，使企业由单一的参与者提升为行业的定义者、平台的构建者以及系统的整合者。

## 六、新模式与新业态的重点应用领域

根据我国工业领域的发展基础与现状，在诸多具备数字化制造、网络化制造能力的新业态与新模式中，远程运维服务和规模定制服务有望通过新一代人工智能技术的应用形成突破。

### （一）远程运维服务

按照对人工智能技术需求迫切，技术应用基础好，发展效益较高的原则进行遴选，在以下领域可能实现突破：轨道交通、航空发动机、风电装备、工程机械、通用旋转机械、火电核电装备和电梯。

**轨道交通（高铁）：**进行故障预测与健康管理系统（PHM）系统的研发与应用，开展新一代人工智能技术支持下的远程运维服务支持，改变劳动密集型运维保养服务模式，减少运维服务中的人工需求，保证列车运营安全，保障列车装备出口。

**航空发动机：**以推动民航领域远程运维为切入点，推动国内航空公司与发动机供应商合作开发

远程诊断平台,在现有监测诊断与数据积累的基础上,将新一代人工智能技术引入航空发动机远程运维系统中,再扩展到军用航空发动机领域,未来满足智能运维与管理、智能作战指挥、智能后勤保障等重大需求。

**风电装备:**在目前已有的风电监测诊断基础、振动监测系统、工艺环境等数据采集与监视控制系统(SCADA)数据等系统与大数据积累的基础上,利用新一代人工智能技术挖掘大数据信息,将振动监测系统与SCADA系统有效融合,实现风电机组的智能运维与寿命预测。

**工程机械:**改变目前我国工程机械主要通过事后维修、定期保养的维护方式,在工程机械远程运维服务中引入新一代人工智能技术,大幅度提高运维精度、时效性和监测范围,减少工程机械的人工维护保养成本,探索运用工程机械运行数据对海内外经济运行状况进行监测。

**通用旋转机械:**对石化和煤化企业中鼓风机、压缩机、泵、阀等设备通用性强和数据基础好的装置开展远程监控,实现智能远程运维,减少运营风险,降低设备的维护保养成本。对于运营较好的,持续进行示范推广。

**火电核电装备:**在相关装备中引入新一代人工智能技术,实现设备的全生命周期和实时动态监控预警,增强对污染物排放、安全运行状态的管控能力,增强公众安全信心。

**电梯:**开展新一代人工智能技术在电梯行业的深度应用,缓解电梯维护保养人员不足的问题,提高电梯维护保养的响应速度,增强备件、预测性诊断的能力。

2020年前,在上述七个行业进行探索,建成七大远程运维中心。2025年前,进行全面推广,技术达到世界领先水平。

## (二) 规模定制服务

新一代人工智能技术为规模化定制生产服务提供了技术基础。通过信息感知与数据积累,到大数据驱动下的系统互联互通,通过自感知、自学习和自决策三步走实现人工智能技术在定制生产中的应用。新一代人工智能技术有望在以下三个领域实现突破:家电行业、家具行业和服装行业。

**家电行业:**建立规模定制服务平台,推进用户

深度参与,将用户融入互联工厂,实现产销合一,通过平台固化生产经验,运用人工智能技术推进生产系统的数字化和柔性化,实现定制产品的高精度、高效率生产,提升不入库率,缩短生产周期。

**家具行业:**针对个性化产品生产多品种、小批量的特点,借助人工智能技术助力定制业务发展,缩短设计周期,能够快速研发出满足市场变化和需求的产品。降低成本,提高生产效率,材料利用率提高10%,出错率降到1%以内。

**服装行业:**以消费者需求数据带动技术流、资金流、人才流、物流纵向整合。通过流程再造、全程数据驱动,实现基于一组消费者数据完成所有定制、服务的全过程,7个工作日满足全球订单的个性化需求。由点到面推广业务模式,实现传统产业升级改造。

2020年前,在上述三个行业进行探索,初步建成家具行业、家电行业和服装行业规模定制服务平台。2025年前,在三个行业全面推广,技术水平达到世界领先,并争取在汽车等行业进行探索和试点。

## 七、政策建议

(1) 新一代人工智能技术在远程运维服务和大规模定制生产中的应用,作为当前服务型制造最具推广应用价值的两个重点方向,应加大推广应用的力度。

(2) 加快人工智能技术教育列入我国高等教育体系进程。据了解,英国已在高中教育阶段引入人工智能技术的知识学习,在高等教育体系中人工智能已作为学科建设了相当长的时间。

(3) 进一步加强网络安全保障。随着开放程度的逐渐加深,我国的社会安全、金融安全、能源安全、信息安全以及重大工程安全需要进一步得到保障。建议国家和各级政府尽快理清管理主体责任,制定外资进入中国人工智能市场的准入标准,制定人工智能数据传输、数据产权、数据隐私等方面的标准及法律法规,保护我国人工智能技术健康发展。

(4) 加强应用新一代人工智能技术产品和服务的标准化。建议智能制造相关标准试验验证项目向中介机构、企业联合申报的团体标准倾斜,增强智能制造标准体系的实用性。

参考文献

- [1] 卢克·多梅尔. 人工智能——改变世界, 重建未来 [M]. 赛迪研究院专家组, 译. 北京: 中信出版社, 2016.  
Dormehl L. Thinking machines: The inside story of artificial intelligence and our race to build the future [M]. Translated by Expert Group of Sadi Institute. Beijing: CITIC Press Group, 2016.
- [2] 黄阳华, 林智, 李萌. “互联网+”对我国制造业转型升级的影响 [J]. 中国党政干部论坛, 2015 (7): 73–75.  
Huang Y H, Lin Z, Li M. “Internet Plus” and its impact on China’s manufacturing transformation and upgrading [J]. Chinese Cadres Tribune, 2015 (7): 73–75.
- [3] 黄阳华. 工业革命中生产组织方式变革的历史考察与展望——基于康德拉季耶夫长波的分析 [J]. 中国人民大学学报, 2016, 30(3): 66–77.  
Huang Y H. A retrospect of the evolution of production organization in industrial revolutions and beyond—An analysis based on Kondratiev long wave [J]. Journal of Renmin University of China, 2016, 30(3): 66–77.
- [4] 邵晓峰, 黄培清, 季建华. 大规模定制生产模式的研究 [J]. 工业工程与管理, 2001, 6(2): 13–17.  
Shao X F, Huang P Q, Ji J H. An analysis of mass customization [J]. Industrial Engineering and Management, 2001, 6(2): 13–17.
- [5] 刘楠, 杨策. 借力“一带一路”跨境电子商务发展策略研究 [J]. 对外经贸, 2017 (8): 66–70.  
Liu N, Yang C. Cross-border E-commerce development strategy research based on “the Belt and Road” [J]. Foreign Trade, 2017 (8): 66–70.
- [6] 麦肯锡全球研究院. 中国创新的全球效应 [R]. 芝加哥: 麦肯锡全球研究院, 2015.  
McKinsey Global Institute. The China effect on global innovation [R]. Chicago: McKinsey Global Institute, 2015.
- [7] 国家制造强国假设战略咨询委员会, 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.