

中国智能制造发展战略研究

“新一代人工智能引领下的智能制造研究”课题组

摘要：智能制造是建设制造强国的主攻方向。智能制造是一个不断演进发展的大概念，本文提出智能制造的内涵，归纳出三个基本范式：数字化制造、数字化网络化制造、数字化网络化智能化制造——新一代智能制造，明确了我国推进制造业智能转型应采取“并行推进、融合发展”的技术路线，提出了我国智能制造未来发展的战略目标、战略方针和发展路径，进而对我国体制机制保障和政策提出加强和落实智能制造推进机制、加大财税和金融支持、深化国际交流合作等初步的建议。

关键词：新一代智能制造；基本范式；并行推进、融合发展

中图分类号：F424 **文献标识码：**A

Research on Intelligent Manufacturing Development Strategy in China

The Research Group for *Research on Intelligent Manufacturing Development Strategy*

Abstract: Intelligent manufacturing is the focus for building China into a manufacturing power. Intelligent manufacturing is a general concept under continuous development. In this paper, the intension of intelligent manufacturing is put forward. Intelligent manufacturing is categorized into three basic paradigms: digital manufacturing, smart manufacturing, and new-generation intelligent manufacturing. It is proposed that China should push forward the intelligent transformation of its manufacturing industry by adopting a technology roadmap of “parallel promotion and integrated development”. The strategic objectives, strategic guidelines, and development paths for the future development of intelligent manufacturing in China are put forward. Then some preliminary suggestions, in terms of mechanism guarantee and policies in China, including strengthening and implementing the intelligent manufacturing promotion mechanism, increasing fiscal and financial support, and deepening international exchanges and cooperation are proposed.

Keywords: new-generation intelligent manufacturing; basic paradigms; parallel promotion and integrated development

在党的“十九大”报告中，习近平总书记号召，加快建设制造强国，加快发展先进制造业。习近平总书记指出，要继续做好信息化和工业化深度融合这篇大文章，推进智能制造，推动制造业加速向数字化、网络化、智能化发展。《中国制造 2025》从国家层面确定了我国建设制造强国的总体战略，明确提出，要以加快新一代信息技术与制造业深度融

合为主线，以推进智能制造为主攻方向，实现制造业由大变强的历史跨越。

一、智能制造是建设制造强国的主攻方向

智能制造是中国制造业转型升级的强烈需求。我国经济已由高速增长阶段转向高质量发展阶段。

收稿日期：2018-08-20；修回日期：2018-08-27

联系人：臧冀原，E-mail: zangjiyuan@126.com

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.engingsci.cn

制造业是实体经济的主体，是供给侧结构性改革的主要领域，必须要加快推动制造业实现质量效益提高、产业结构优化、发展方式转变。《中国制造 2025》实施以来，智能制造表现出良好、强劲的发展势头。根据对全国十个城市 1815 家企业的抽样调查，73% 的企业有强烈的实施智能制造意愿；又据对智能制造相关项目的调查，2015—2017 年的 308 个项目进行智能化改造后，生产效率平均提高 34%，能源利用率平均提高 17.2%，运营成本平均降低 22%，产品研制周期平均缩短 32.4%，产品不良品率平均降低 29.4%；另据统计，广东、江苏、浙江等地的智能改造技术升级资金已占当地工业投资的 70% 以上。实践表明，企业对智能制造具有强烈的需求，具备向更高水平迈进的基础。

智能制造为中国制造业跨越发展提供历史性机遇。习近平总书记指出，新一轮科技革命和产业变革与我国加快转变经济发展方式形成历史性交汇，为我们实施创新驱动发展战略提供了难得的重大机遇。习近平总书记还指出，要推进互联网、大数据、人工智能同实体经济深度融合，做大做强数字经济。要以智能制造为主攻方向推动产业技术变革和产业升级，推动制造业产业模式和企业形态根本性转变，以“鼎新”带动“革故”，以增量带动存量，促进我国产业迈向全球价值链中高端。

智能制造是我国制造业创新发展的主要抓手，是我国制造业转型升级的主要路径，要坚持把智能制造作为建设制造强国的主攻方向，推进智能制造，加快建设制造强国。

加快制定并实施中国智能制造发展战略。当前，“制造强国”进入全面部署、加快实施、深入推进的新阶段，企业对于实现智能转型愿望迫切 [1]。我国虽然确立了以智能制造为主攻方向，但尚未形成清晰的智能制造发展战略，特别是发展的技术路线，我们对于“为什么发展智能制造？什么是智能制造？怎么发展智能制造？”还需要进行深入的研究和谋划。广大企业在智能制造的理性认识、发展方向、工作重点、路径选择、实施策略等方面还存在许多困惑和误区。要推动我国智能制造持续、健康、快速发展，必须把握世界技术发展趋势，提出适合中国国情的智能制造发展战略，特别是发展的技术路线，明确智能制造发

展的战略目标、方针和优先行动，加快推进中国智能制造转型，进而实现我国由制造大国向制造强国的转变。

二、智能制造基本范式、技术路径与系统

广义而论，智能制造是一个大概念，一个不断演进的大系统。智能制造是新一代信息技术与先进制造技术的深度融合，贯穿于产品、制造、服务全生命周期的各个环节及相应系统的优化集成，实现制造的数字化、网络化、智能化，不断提升企业的产品质量、效益、服务水平，推动制造业创新、绿色、协调、开放、共享发展 [2,3]。

智能制造在其演进发展中可以总结、归纳和提升出智能制造的三种基本范式，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（见图 1）。

（一）数字化制造

数字化制造是智能制造的第一个基本范式，也可称为第一代智能制造。

20 世纪 50 年代，以数字化为主要特征的信息技术开始应用于制造业，逐步推动制造业由自动化向数字化转变。数字化制造是在数字化技术和制造技术融合的背景下，通过对产品信息、工艺信息和资源信息进行数字化描述、分析、决策和控制，快速生产出满足用户要求的产品。

数字化制造的主要特征表现为：第一，在产品方面，数字技术在产品中得到广泛应用，形成以数控机床等为代表的“数字一代”产品；第二，在制

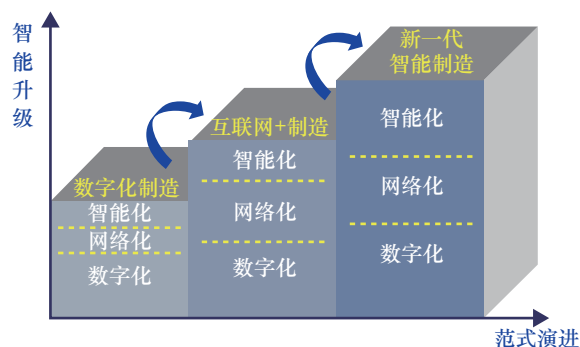


图 1 智能制造基本范式的演进

造方面,大量应用数字化装备、数字化设计、数字化建模与仿真,采用信息化管理;第三,集成和优化运行成为生产过程的突出特点。

20世纪80年代以来,我国企业逐步推广应用数字化制造,推进设计、制造、管理过程的数字化,推广数字化控制系统和制造装备,推动企业信息化,取得了巨大的技术进步[4],特别是近年来,各地大力推进“机器换人”“数字化改造”,一大批数字化生产线、数字化车间、数字化工厂建立起来,众多的企业完成了数字化制造升级,我国数字化制造迈入了新的发展阶段。同时,必须清醒地认识到,我国大多数企业,特别是广大中小企业,还没有完成数字化制造转型。面对这样的现实,我国在推进智能制造过程中必须实事求是,踏踏实实地完成数字化“补课”,进一步夯实智能制造发展的基础[5]。

(二)“互联网+制造”——数字化网络化制造

数字化网络化制造是智能制造的第二种基本范式,也可称为“互联网+制造”,或第二代智能制造,可对应于国际上推行的 smart manufacturing。

20世纪90年代末以来,互联网技术逐步成熟,我国“互联网+”推动互联网和制造业深度融合,人、流程、数据和事物等过去相互孤立的节点被网络连接起来,通过企业内、企业间的协同,各种社会资源的集成与优化,“互联网+制造”重塑制造业的价值链,推动制造业从数字化制造推进到数字化网络化制造阶段。

“互联网+制造”主要特征表现为:第一,在产品方面,在数字技术应用的基础上,网络技术得到普遍应用,成为网络连接的产品,设计、研发等环节实现协同与共享。第二,在制造方面,在实现厂内集成基础上,进一步实现制造的供应链、价值链集成和端到端集成,制造系统的数据流、信息流实现连通。第三,在服务方面,设计、制造、物流、销售与维护等产品全生命周期以及用户、企业等主体通过网络平台实现联接和交互,制造模式从以产品为中心走向以用户为中心。

我国工业界紧紧抓住互联网发展的战略机遇,大力推进“互联网+制造”,制造业、互联网龙头企业纷纷布局,将工业互联网、云计算等新技术应用于制造领域。一方面,一批数字化制造基础较好

的企业成功实现数字化网络化升级,成为了数字化网络化制造示范;另一方面,大量原来还未完成数字化制造的企业,则采用并行推进数字化制造和“互联网+制造”的技术路线,通过“以高打低、融合发展”,完成了数字化制造的“补课”,同时跨越到“互联网+制造”阶段,实现了企业的优化升级。

德国“工业4.0”和美国工业互联网完整地阐述了数字化网络化制造范式,精辟地提出了实现数字化网络化制造的技术路线。但由于这两个理论提出较早,当时新一代人工智能还没有实现战略突破,因此他们的理论总体上还只适用于数字化网络化制造范式,并没有进入新一代智能制造范式,还不是真正意义上的第四次工业革命,这正是我国制造业“换道超车”的重大历史机遇。

(三)新一代智能制造——数字化网络化智能化制造

数字化网络化智能化制造是智能制造的第三种基本范式,也可称为新一代智能制造,可对应于国际上推行的 intelligent manufacturing。

近年来,在互联网、云计算、大数据和物联网等新一代信息技术飞速发展形成群体性突破的推动下,以大数据智能、跨媒体智能、人机混合增强智能、群体智能等为代表的新一代人工智能技术加速发展,实现了战略性突破[6]。新一代人工智能技术与先进制造技术深度融合,形成新一代智能制造——数字化网络化智能化制造。新一代人工智能本质的特征是具备了学习的能力,具备了生成知识和更好地运用知识的能力,实现了质的飞跃。新一代智能制造将为制造业的设计、制造、服务等各环节及其集成带来根本性的变革,新技术、新产品、新业态、新模式将层出不穷,深刻影响和改变社会的产品形态、生产方式、服务模式乃至人类的生活方式和思维模式,极大地推动社会生产力的发展。新一代智能制造将给制造业带来革命性的变化,将成为制造业未来发展的核心驱动力[1]。

(四)我国智能制造“并行推进、融合发展”的技术路线

智能制造的三个基本范式体现了智能制造发展的阶段性和融合性特点,三个基本范式沿时间脉络

逐一展开，既是相关技术发展到一定阶段和产业结合，各有其所在阶段的特点，也都面临着当时阶段所需要重点解决的问题，体现着先进信息技术与制造技术融合发展的阶段性特征。在发展过程中，三个基本范式在技术上并不是割裂的，而是相互交织、迭代升级，通过技术融合相互促进发展，体现着智能制造发展的融合性特征 [1]。

我国应发挥后发优势，采取三个基本范式“并行推进、融合发展”的技术路线，走一条数字化、网络化、智能化并行推进的智能制造创新之路，实现中国制造业的智能升级、高质量发展。一方面，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，推进先进信息技术和制造技术的深度融合；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；另一方面，我们必须实事求是，因企制宜、循序渐进地推进企业的技术改造、智能升级。充分利用我国推进“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，企业根据自身发展的实际需要，“以高打低”——采取先进的技术解决传统制造难于解决的问题，扎扎实实地完成数字化“补课”，同时，向更高的智能制造水平迈进。

今后一个阶段，我国推进智能制造的重点是推广和大规模应用“互联网+制造”——数字化网络化制造。到2025年以后，随着“互联网+制造”的普及和新一代智能制造技术成熟，我国推进智能制造的重点将转入到大规模推广和应用新一代智能制造。

（五）新一代智能制造系统

新一代智能制造系统是一个大系统，主要由智能产品、智能生产及智能服务三大功能系统以及工业互联网和智能制造云两大支撑系统集成而成（见图2）。

智能产品和装备是新一代智能制造系统的主体。智能产品是智能制造和服务的价值载体，智能制造装备是智能制造的技术前提和物质基础。新一代智能制造将给产品与制造装备带来无限的创新空间，使产品与制造装备产生革命性变化。

智能手机和智能汽车是两个典型的例证：最新上市的 iPhone X 和华为 mate10 已经搭载了人工智能芯片，开始具有了学习功能。不久的将来，新一代人工智能全面应用到手机上，将为智能手机带来新的革命性变化。汽车正在经历燃油汽车→电动汽车（数字化）→网联汽车（网络化）的发展历程，将朝着无人驾驶汽车（智能化）的方向极速前进。

新一代智能制造技术将为产品和装备的创新插上腾飞的翅膀、开辟更为广阔的天地。到2035年，我国各种产品与制造装备都将从“数字一代”整体跃升成“智能一代”，升级为智能产品和装备。一方面，将涌现出一大批先进的智能产品，如智能终端、智能家电、智能服务机器人、智能玩具等，为人民更美好的生活服务；另一方面，着重推进重点领域重大装备的智能升级，如信息制造装备、航天航空装备、船舶和海洋装备、汽车和轨道交通装备、农业装备、医疗装备、能源装备等，特别是要大力

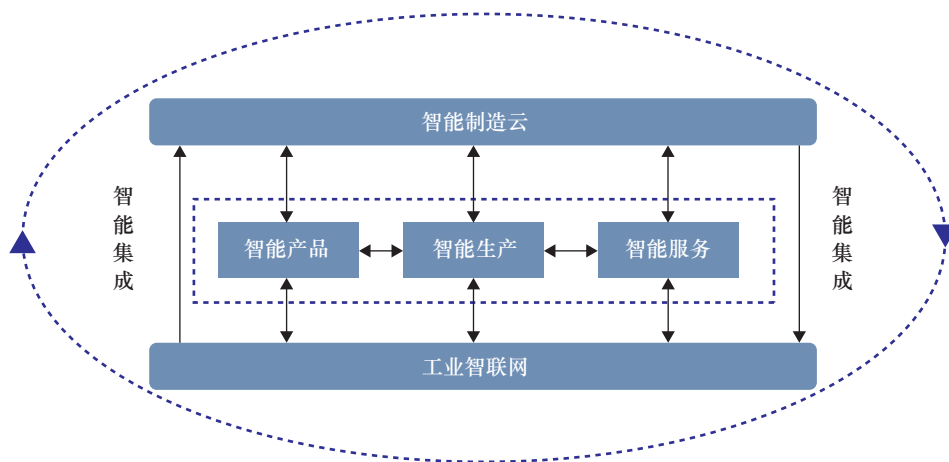


图2 新一代智能制造系统

发展智能制造装备，如智能机器人、智能机床等，我们的“大国重器”将装备“工业大脑”，更加先进、更加强大。

近期突破重点是研制十大重点智能产品：智能工业机器人、智能加工中心、无人机、智能舰船、智能汽车、智能列车、智能挖掘机、智能医疗器械、智能手机、智能家电。

智能生产是新一代智能制造系统的主线。智能工厂是智能生产的主要载体。智能工厂根据行业的不同可分为离散型智能工厂和流程型智能工厂，追求的目标都是生产过程的优化，大幅度提升生产系统的性能、功能、质量和效益，重点发展方向都是智能生产线、智能车间、智能工厂。

新一代人工智能技术与先进制造技术的融合将使生产线、车间、工厂发生革命性的大变革，企业将会向自学习、自适应、自控制的新一代智能工厂进军。“机器换人”，企业生产能力的技术改造、智能升级，不仅能解决一线劳动力短缺和人力成本高升的问题，更是从根本上提高制造业的质量、效率和企业竞争力。在今后相当长一段时间内，企业的生产能力升级——生产线、车间、工厂的智能升级将成为推进智能制造的一个主要战场。

流程工业在国民经济中占有基础性的战略地位，产能高度集中，且数字化网络化基础较好，最有可能率先突破新一代智能制造。如石化行业智能工厂建立数字化、网络化、智能化的生产运营管理新模式，可极大提高生产优化、安全环保水平。

离散型智能工厂将应用新一代人工智能技术实现加工质量的升级、加工工艺的优化、加工装备的健康保障、生产的智能调度和管理，建成真正意义上的智能工厂。

近期突破重点是建设十家智能工厂原型：钢铁、电解铝、石油化工、煤化工、酒醋酱油酿造、3C 加工、薄膜晶体管（TFT）制造、汽车覆盖件冲压、基于 3D 打印的铸造、家电制造互联工厂。

以智能服务为核心的产业模式和业态变革是新一代智能制造系统的主题。新一代人工智能技术的应用，将催生制造业实现从以产品为中心向以用户为中心的根本性转变，产业模式从大规模流水线生产转向规模定制化生产，产业形态从生产型制造向生产服务型制造转变，完成深刻的供给侧结构性改革。

近期突破重点是在十个行业推行两种智能制造新模式：规模化定制在家电、家具、服装行业推广应用；远程运维服务在航空发动机、高铁装备、通用旋转机械、发电装备、工程机械、电梯、水/电/气表监控管理行业推广应用。

智能制造云和工业物联网是新一代智能制造系统的重要支撑。“网”和“云”带动制造业从数字化向网络化、智能化发展，重点是“物联网”“云平台”和“网络安全”三个方面。

系统集成将智能制造各功能系统和支撑系统集成成为新一代智能制造系统。系统集成是新一代智能制造最基本的特征和优势，新一代智能制造内部和外部均呈现系统“大集成”，具有集中与分布、统筹与精准、包容与共享的特性。

三、中国智能制造的发展战略

未来 20 年，是中国制造业实现由大到强的关键时期，也是制造业发展质量变革、效率变革、动力变革的关键时期。我们必须紧紧抓住新一轮科技革命与产业变革带来的千载难逢的战略机遇，以实现制造强国为目标，以深化供给侧结构性改革为主线，以智能制造为主攻方向，科学研究制定中国智能制造发展战略，坚持“并行推进、融合发展”的技术路线，围绕产业链部署创新链，围绕创新链完善资金链，形成经济、科技和金融的深度融合、良性循环，实现中国制造业智能升级、跨越发展。

（一）战略目标

未来 20 年，我国的智能制造发展总体将分成两个阶段来实现。

第一阶段，到 2025 年：“互联网+制造”——数字化网络化制造在全国得到大规模推广应用，在发达地区和重点领域实现普及；同时，新一代智能制造在重点领域试点示范取得显著成果，并开始有部分企业推广应用。

第二阶段，到 2035 年：新一代智能制造在全国制造业实现大规模推广应用，我国智能制造技术和应用水平走在世界前列，实现中国制造业的转型升级；制造业总体水平达到世界先进水平，部分领域处于世界领先水平，为 2045 年我国建成世界领先的制造强国奠定坚实基础。

（二）战略方针

未来 20 年，我国智能制造发展必须要坚持“需求牵引、创新驱动、因企制宜、产业升级”的战略方针，持续有力地推动我国制造业实现智能转型。

需求牵引。需求是发展最为强大的牵引力，我国制造业高质量发展和供给侧结构性改革对制造业智能升级提出了强大需求，我国智能制造发展必须服务于制造强国建设的战略需求，服务于制造业转型升级的强烈需要。企业是经济发展的主体，也是智能制造的主体，发展智能制造必然要满足企业在数字化、网络化、智能化不同层面的产品、生产和服务需求，满足提质增效、可持续发展的需要。

创新驱动。中国制造要实现智能转型，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，把发展智能制造作为中国制造业转型升级的主要路径，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。

因企制宜。推动智能制造，必须坚持以企业为主体，以实现企业转型升级为中心任务。中国的企业参差不齐，实现智能转型不能搞“一刀切”，不能“贪大求洋”，各个企业特别是广大中小微企业，要结合企业发展实情，实事求是地探索适合自己转型升级的技术路径。要充分激发企业的内生动力，帮助和支持企业特别是广大中小企业的智能升级。

产业升级。推动智能制造的目的在于产业升级，要着眼于广大企业、各个行业和整个制造产业。各级政府、科技界、学界、金融界要共同营造良好的生态环境，推动中国制造业整体发展质量变革、效率变革、动力变革，实现中国制造业全方位的现代化转型升级。

（三）发展路径

战略层面：总体规划 - 重点突破 - 分步实施 - 全面推进。

国家层面要抓好智能制造发展的顶层设计、总体规划，明确各阶段的战略目标和重点任务。有条件的经济发达地区、重点产业、重点企业，要加快重点突破，先行先试，发挥好引领、表率作用。分步实施，重点突破的范围逐步扩大，从企业（点），到城市（线），再到区域（面），梯次展开。在此基

础上，在全国范围内根据不同情况，全面推进，达到普及。

战术层面：探索 - 试点 - 推广 - 普及。

总结近几年推行数字化制造的经验，采用“探索 - 试点 - 推广 - 普及”的有序推进模式是合理和有效的选择。探索是为了验证技术的可行性，通过探索，可以确认技术在企业是可实施的。在此基础上，可以在少数企业进行试点。通过试点，一方面摸索出应用中出现的问题，进一步改善；另一方面让其他企业实实在在地看到智能转型的好处，诱发转型升级的内生动力。通过推广，扩大应用范围，并进一步发现问题，予以改进，使技术、装备、系统解决方案越来越成熟。通过普及，在地区、在行业、在全国全面推广应用。这样分步、循序渐进的推进模式，可操作性强，风险小，成功率高，是一条可持续的、有效的实施路径。

组织层面：营造“用产学研金政”协同创新的生态系统，实施有组织的创新。

智能制造的发展一定是起源于企业的需求。因此制造企业在发展中处于主体地位。它们的愿望，必须有一批系统集成商、设备和软件供应商以及开发技术和产品的研究机构共同形成产业群，从技术上保证成功才能得以实现。金融机构将在发展过程中创新商业模式，通过融资租赁、融资担保等方式，为企业在资金上保驾护航。政府将提出相应的政策，为企业营造有利的发展环境，包括为产业集群的形成招商引资，减小金融机构的投资风险，为人才引进创造优惠的条件。这样，汇集各方力量，实施有组织的创新。

四、体制机制保障与政策建议

（一）加强和落实智能制造推进机制

进一步强化并充分发挥“国家制造强国建设领导小组”的领导和统筹协调作用，进一步突出智能制造作为主攻方向的地位，协同各部门智能制造相关工作，使中央政府、地方政府、行业、企业围绕国家战略，形成系统推进、层层落实的智能制造组织实施领导体系。将智能制造作为经济、科技和金融融合发展的主要结合点，有效促进三者的深度融合、良性循环，形成“用产学研金政”协同的智能制造发展生态环境。

（二）加大对发展智能制造的财税支持

一是继续加大政府财政资金投入。围绕发展智能制造的重点环节多措并举，推动各类国家科技重大专项、科技计划加大对智能制造的支持力度。加大对重大项目支持力度，对当年度获国家智能制造专项、工业强基专项等重大项目的企业，按照属地原则给予专项奖励。

二是用好技术改造专项资金推进智能制造实施，将智能制造作为技术改造的主要方向，通过股权投资、贴息、事后奖补等方式支持企业开展数字化、网络化、智能化改造，推动企业的技术改造投入成为工业投资的主体。

三是采取税收激励支持政策。符合规定条件的企业可享受企业所得税优惠和进口税收优惠政策。落实固定资产加速折旧政策，给予税收减免。对于企业开展智能化技术改造的项目投资列入研发加计扣除，建立留抵退税制度。对智能升级改造项目，在项目竣工投产后，从增收的税收中拿出部分给予返还奖励。

（三）加大对发展智能制造的金融支持

要实现实体经济、科技创新、现代金融、人力资源协同发展，增强现代金融的服务能力，尤其要为实体经济转变增长方式、加快结构转型、提升行业内竞争力与国际竞争力提供助力。解决我国制造业融资难、融资贵问题，促进金融资本“脱虚向实”。

发挥国家财政投入的引导作用，吸引企业、社会资本，建立智能制造多元化投融资体系。加大信贷支持力度，引导银行业金融机构对技术先进、优势明显、带动和支撑作用强的智能制造项目优先给予信贷支持。支持金融、投资、信用和融资担保、融资租赁、小额贷款等机构与装备制造企业、系统解决方案提供商、用户相结合，创新融资模式和产品，采取分期付款、融资租赁等方法，支持智能制造装备企业和新业态、新模式、新应用的发展。鼓励建立按市场化方式运作的各类智能制造发展基金，积极引导金融机构依法创新符合智能制造的产品和业务，鼓励社会风险投资、股权投资投向智能制造领域。提高制造业企业直接融资比重。积极引导和支持制造业重点领域符合条件的企业发行公司债、企业债、短期融资券、中期票据等。支持制造

业企业通过首次公开募股（IPO）上市、新三板挂牌融资，拓宽企业股权融资渠道。

金融机构在风险可控的前提下，开展与智能制造相关的知识产权质押贷款或以知识产权质押作为主要担保方式的组合贷款、信用贷款以及其他非质押类贷款模式创新、贷款产品创新，扩大对智能装备制造企业和应用企业贷款抵质押品范围。

（四）深化国际交流合作

加快与各国政府建立高级别智能制造合作对话机制。在智能制造标准制定、知识产权等方面广泛开展国际交流与合作。支持国内外企业及行业组织间开展智能制造技术交流与合作，做到引资、引技、引智相结合。鼓励跨国公司、国外机构等在华设立智能制造研发机构、人才培养中心，建设智能制造示范工厂、产业园区。鼓励国内企业参与国际并购、参股国外先进的研发制造等方式，掌握智能制造关键技术，逐步实现自主发展。积极推动国际智能制造联盟建设，依托世界智能制造大会、智能制造国际会议等开展学术交流，坚持企业主体与市场导向，实现智能制造更高水平的开放。

（五）尽快出台智能制造发展指导意见

尽快制定出台《关于推进智能制造 加快建设制造强国的指导意见》，明确智能制造的重要意义和基本形势，阐明我国智能制造的总体要求、发展战略、主要任务和支撑保障，落实智能制造优先行动，动员全社会力量共同推进智能制造，为建设制造强国而奋斗。

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] 周济. 智能制造——“中国制造2025”的主攻方向 [J]. *中国机械工程*, 2015, 26(17): 2273–2284.
Zhou J. Intelligent manufacturing——Main direction of “Made in China 2025” [J]. *China Mechanical Engineering*, 2015, 26(17): 2273–2284.
- [3] 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, 2014.
National Manufacturing Strategy Advisory Committee, The CAE Center for Strategic Studies. *Intelligent manufacturing* [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2014.
- [4] 吴澄, 李伯虎. 从计算机集成制造到现代集成制造——兼谈中国CIMS系统论的特点 [J]. *计算机集成制造系统*, 1998 (5): 1–6.

Wu C, Li B H. From computer integrated manufacturing to contemporary integrated manufacturing—Also about the systematic character of CIMS in China [J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 1998 (5): 1–6.

- [5] Zhou J. Digitalization and intelligentization of manufacturing industry [J]. Advances in Manufacturing, 2013 (1): 1–7.
- [6] Pan Y H. Heading toward artificial intelligence 2.0 [J]. Engineering, 2016, 2(4): 409–413.