

# 政企业务前沿技术和业态

第十四期



# 前言

智能制造，作为新一代信息技术与先进制造技术深度融合的产物，正以前所未有的速度重塑全球制造业的格局。从 20 世纪 80 年代“智能制造”概念的初步提出，到如今以人工智能、物联网、大数据、数字孪生等前沿技术为支撑的智能工厂广泛落地，智能制造已从理论构想走向产业实践，成为推动制造业高质量发展、提升国家竞争力的核心引擎。

在全球新一轮科技革命与产业变革的交汇点上，智能制造不再仅仅是企业降本增效的工具，更是实现绿色低碳、柔性生产、个性化定制和供应链韧性等多重目标的关键路径。以德国“工业 4.0”、美国“先进制造伙伴计划”、日本“社会 5.0”以及中国“中国制造 2025”为代表，世界各国纷纷将智能制造上升为国家战略，加速布局未来制造体系。

本报告旨在系统梳理智能制造的发展脉络，解析智能制造系统的核心架构与关键技术，并探讨人工智能等新兴技术如何赋能制造全链条的智能化升级。同时，报告还将对全球主要经济体在智能制造领域的政策导向、产业实践与发展趋势进行横向比较。

站在 2025 年这一承前启后的关键节点，智能制造已步入从“试点示范”迈向“规模化推广”的新阶段。唯有深刻理解其演进逻辑与技术内核，方能在变局中把握先机，共绘智能制造的未来图景。

江苏有线数据公司

产品技术部

2025 年 11 月

# 目录

## 智能制造总述

智能制造的发展历史 .....	5
智能制造系统概述 .....	9
AI赋能制造业转型升级 .....	18
一、人工智能在具体实践中的问题 .....	18
二、人工智能的优势 .....	19
三、 人工智能推动制造业转型升级 .....	20
四、 人工智能赋能制造业仍需多方面合作 .....	21
AI+智能制造 .....	23
一、AI+智能制造总体架构 .....	23
二、AI+智能制造关键技术 .....	23
全球智能制造发展现状 .....	29
一、德国智能制造发展现状 .....	29
二、美国智能制造发展现状 .....	30
三、日本智能制造发展现状 .....	31
四、欧盟智能制造发展现状 .....	33
全球智能制造业格局 .....	34
一、智能制造、工业机器人发展空间广阔 .....	35
二、行业存在多重壁垒，正向工艺过程智能化转型 .....	37
三、国家产业政策支持 .....	38

# 智能制造总述

一、智能制造的发展历史

二、智能制造系统概述

## 智能制造的发展历史

智能制造已成为公认的提升制造业整体竞争力的国家战略。以德国工业 4.0 为代表的智能制造集中于离散装备制造业,过程工业智能制造的模式为智能优化制造,生产过程智能化是智能优化制造的关键。近年来,人工智能和工业互联网的发展为智能制造提供了新的技术基础,为实现生产过程智能化开辟了新的途径。

2016 年 10 月,美国国家技术委员会提出《国家人工智能研究与发展战略计划》,明确了 AI 在制造过程中的作用,包括改进制造过程调度、增强制造过程的柔性、改进产品质量并降低成本。2018 年 5 月,美国白宫举办“美国工业人工智能峰会”,发表声明,重点发展具有高影响、面向特定领域的 AI,用于增强美国劳动力素质,提高他们的工作效率并更好地服务客户。美国科学基金会也发表声明,指出人工智能可能改变美国工业的各个环节,为先进制造创造新的希望。2019 年,美国工业互联网联盟为了促进人工智能技术与工业领域的融合,将其工业分析任务组更名为工业人工智能任务组。美国政府在 2020 年和 2021 年的财务预算中,计划优先支持智能和数字化制造领域,尤其是基于工业物联网、机器学习和 AI 的制造系统。在提出“工业 4.0”平台之后,德国在 2017 年 9 月启动了名为“学习系统”的计划,旨在使未来工作和生产更加灵活和节省资源。德国 2018 年的人工智能战略指出了促进面向经济的 AI 发展和应用。中国工程院制造强国战略研究(三期)的“新一代人工智能引领下的智能制造研究报告”认为,新一代智能制造是我国智能制造的第二阶段(2025-2035)的战略目标,意在使我国智能制造技术和应用水平领先于世界。

党的二十大报告提出了推动制造业高端化、智能化、绿色化协同发展的重要任务,旨在构建智能制造(Intelligent Manufacturing, IM)产业发展新

格局，高效实施供给侧结构性改革，并促进数字经济与实体经济的深度融合。在数字经济的背景下，随着大数据、人工智能、云计算等科技创新的不断发展，智能制造业蓬勃发展。《智能制造发展规划(2016—2020 年)》进一步明确了智能制造的内涵：它基于新一代信息通信技术与先进制造技术的深度融合，贯穿了制造活动的各个环节，具备自感知、自学习、自决策、自执行、自适应等功能的新型生产方式。智能制造推动着企业创新发展，改变了传统的生产方式，促成了新的产业形态和商业模式的形成。信息化与工业化的深度融合不仅提升了智能制造企业自身的创新发展能力，还破除了区域间、行业间制造业发展不平衡的现状。越来越多的专家学者开始关注智能制造企业的发展，并取得了丰硕的研究成果。

智能制造通过新一代信息技术、自动化技术、工业软件及现代管理思想在制造企业全领域、全流程的系统应用而产生。其应用使制造业企业实现了生产、管理、服务和产品智能化，促进了企业的创新发展。

智能制造具有自主化决策、灵活生产多样化产品、快速应对市场变化的特点。人工智能与制造系统结合，利用机器学习、模式识别等模型提升了工厂管理系统能力。物联网的应用将设备连接起来，实现了机器之间的通信和互相沟通，实现了人与机器的融合。整个流程都有数字孪生模型，系统包括现实世界的一切，如应用和操作指南手册等。

如今，智能制造已不仅限于生产过程或单体智能，而扩展到了产业价值链的各个环节，跨领域技术的深度融合和创新也变得更加重要。

在人工智能发展上，未来数字化的高峰一定是大模型推动下的智能化，人工智能的指数级跃变将会给城市发展带来巨大机遇。

第一，ChatGPT 的出现，代表着超级人工智能时代的来临。原来的人工智能都是弱人工智能或垂直人工智能，带来的影响有限，而大模型属于

通用人工智能，在很多维度上已经超越了人类。ChatGPT 最大的意义是人类第一次把世界知识进行了重新编码、存储和推理，使得计算机能够对这个世界建立新的认知，现在 GPT-4 的出现是一个巨大的拐点。

第二，大模型是工业革命级的生产力工具，将会带来一场新工业革命。ChatGPT 不仅仅是一个聊天机器人，还是一个提高生产力的工具。它不只是公司间竞争的武器，更重要的是，它像发电厂一样把以前我们都有但很难直接使用的大数据“从石油变成了电”。电是通用的，可以赋能千行百业，因此通用人工智能将在实体经济数字化、智能化转型过程中发挥重要作用。例如，微软已经做出示范，所有的软件、APP 和网站都可以用大模型重塑。这场工业革命关系到国家生产力的发展，是百年未有之大变局下大国博弈的重要机会，中国一定要迎头赶上。

第三，中国做自己的大模型要坚持长期主义。中国发展大模型并没有不可逾越的技术障碍，OpenAI 公司的成功给我们指明了技术方向，点明了技术路线，中国科技公司在产品化、场景化、商业化方面有很大的优势，但我们也要清醒地意识到中国的大模型产品和 GPT-4 还存在较大的差距。因此，我们既不应该悲观放弃，也不应该盲目乐观、追求速胜，而是应该脚踏实地地补足短板。相信在未来的两三年时间里，中国的大模型发展将大有所为。

第四，未来中国不只会会有一个大模型。事实上，每个大城市，每个大一点的公司，包括每个政府部门都会有自己的专有大模型。但目前我们在使用大模型时，面临两个挑战。一是如果要真正发挥大模型的能力，就需要把自己的很多数据让渡给大模型，这时有可能造成数据泄漏问题。二是 GPT 的强大是因为它使用了很多通用知识、通用数据来进行训练，但实际上缺乏行业知识。很多企业、政府部门、城市有自己多年积累的、专业的、保密的、专有的知识和数据，很难将这些知识和数据上传到公网上去

训练一个公有的 GPT 模型。所以，在通用大模型基础之上，结合城市、政府、行业的专有知识去训练专有大模型，既符合国情，也符合城市发展的需要。



## 智能制造系统概述

智能制造系统是一个覆盖设计、物流、仓储、生产、检测等生产全过程的极其复杂的巨系统，企业要搭建一个完整的智能制造系统，最困难也是最核心的部分就是生产过程数字化。尤其是对于生产工艺复杂、原材料及原器件种类繁多的离散制造领域，产品往往由多个零部件经过一系列不连续的工序装配而成，其过程包含很多变化和不确定因素，在一定程度上增加了离散型制造生产组织的难度和配套复杂性，要做到生产全程数字化、可视化、透明化殊为不易。

与离散领域显著不同的是，流程领域的生产流程本质上是连续的，被加工处理的工质不论是产生物理变化还是化学变化，其过程不会中断，而且往往是处于密闭的管道或容器中，生产工艺相对简单，生产流程清晰连贯，生产全过程数字化难度相对较低。流程领域企业接下来要做的是在全面贯通整合各阶段数据的基础上，运用人工智能的深度学习、强化学习（主要是动态规划方法）进行实时数据分析和实时决策，并进一步将智能系统延伸至供应链、生产后服务等各个环节，最终实现全面智能化。

智能制造系统=自动化设备+智能“神经系统”。我们可以把智能制造理解为企业在引入数控机床、机器人等生产设备并实现生产自动化的基础上，再搭建一套精密的“神经系统”。智能“神经系统”以 ERP（企业资源计划系统）、MES（生产过程执行系统）等管理软件组成中枢神经，以传感器、嵌入式芯片、RFID 标签、条码等组件为神经元，以 PLC（可编程逻辑控制器）为链接控制神经元的突触，以现场总线、工业以太网、5GTSN、物联网（如 NB-IoT 等）等通信技术为神经纤维。企业能够借助完善的“神经系统”感知环境、获取信息、传递指令，以此实现科学决策、智能设计、合理排产，提升设备使用

率，监控设备状态，指导设备运行，让自动化生产设备如臂使指。

### (一) 数字设计

数字化设计是智能制造系统的源头，是企业实现数字化、智能化道路上必须要突破的关键点。制造业中的设计包括产品设计、工艺设计、工艺优化、样品制造、检测检验等一系列过程。传统的研发设计流程是以模块分立形式，按照顺序完成开发，产品开发周期长且质量得不到保证。而数字化设计借助计算机辅助设计软件（CAX）、三维设计与建模工具等技术能够赋予企业将研发过程全面数字化、模型化，实现研发设计流程的高度集成、协同与融合，大幅缩短产品开发周期，降低开发风险和开发费用。

目前 CAX 类软件在国内制造业企业中已有一定程度应用基础，但从发展趋势及与智能制造系统的契合程度来看，第三代产品设计语言 MBD（基于模型的设计）技术将成为数字化设计的主武器，MBD 的应用将打通数字化设计与数字化制造，使三维模型成为制造的唯一数据源，让产品模型在整个生命周期得到充分利用。

### (二) 智能制造单元

智能制造单元是针对离散加工现场，将一组能力相近的加工设备和辅助设备进行模块化、集成化、一体化的聚合，使其具备多品种少批量产品的生产输出能力。对于离散制造领域的中小型企业来说，打造智能制造单元是开启智能化道路行之有效的切入点，其最大的作用在于提升设备开动率，加快生产节奏，“简单粗暴”的通过增加产出来提升企业收益。

“智造单元”是一种模块化的小型数字化工厂实践，整个单元由自动化模块、信息化模块和智能化模块三部分组成，以“最小的数字化工厂”实现企业在多品种小批量乃至单件自动化的生产智能化。

### (三) 生产全过程数字化

打通数据→整合优化→互联互通→ 降本增效。生产全过程数字化是将“人、机、料、法、环”五个层面的数据连接、融合并形成完整的闭环系统，通过对生产全过程数据的采集、传输、分析、决策，优化资源动态配置，提升产品质量管控。生产全过程数字化需要企业在人员配备、自动化设备、设备连接、环境感知等各方面具备良好的基础，即前文中提到的智能“神经系统”包含的要素必须齐全。在此基础上，生产全过程数字化的重点工作是打通各种数据流，包括从生产计划到生产执行（ERP 与 MES）的数据流、MES 与控制设备和监视设备之间的数据流、现场设备与控制设备之间的数据流。有条件的企业可以自主研发或委托开发生产数字化集成平台，将不同生产环节的设备、软件和人员无缝地集成为一个协同工作的系统，实现互联、互通、互操作。

#### (四) 智能物流仓储系统

让一切物理实体流动起来，节省空间、时间与人力资源。

物流仓储是制造业中极为重要的一环，如果说通信网络是智能制造系统的神经纤维，那么物流仓储则视为智能制造系统的血管。智能物流仓储系统的应用能够使原材料、辅助物料、在制品、制成品等物理对象在各个生产工序间顺畅流转，并通过提升仓库货位利用效率、提高仓储作业的灵活性与准确性、合理控制库存总量、降低物流仓储人员需求数量等方式大幅压缩物流仓储成本。

智能物流仓储系统尽管不直接参与产品的生产，但作为整个智能制造系统中的重要子系统，其组成架构也与之类似，分为设备层、操作层、企业层，设备层包括仓储设备、物流设备、识别设备；操作层由 WMS 、WCS 、TMS 等软件构成；企业层则对接 ERP、CRM、SCM 等管理软件的采购、计划、库存、发货等模块，融入总系统的闭环中。

#### (五) 大规模定制平台

打造向大规模定制转型的入口，提升品牌价值与用户粘性。销售是所有企业的核心业务之一，智能制造系统中的销售智能化除了应用CRM等软件管理销售业务外，更为重要的是在订单获取层面发挥作用。在当前个性化需求日益旺盛的环境下，企业通过建立定制平台，能够将用户提前引入到产品的设计、生产过程中，通过差异化的定制参数、柔性化的生产，使个性化需求得到快速实现，以此提升品牌价值，增加用户粘性。与之相匹配的，企业应将定制平台与智能制造系统中的研发设计、计划排产、制造执行等模块实现协同与集成，实现从线上用户定制方案，到线下柔性化生产的全定制过程；在企业后台建立个性化产品数据库，应用大数据技术对用户的个性化需求特征进行挖掘和分析，并反馈到研发设计部门，优化产品及工艺，基于用户需求新趋势开展研发活动。(六) 产品远程运维服务

#### （六）远程运维服务

以智能化服务拓展商业模式，推动价值链向后延伸。智能制造视角下的产品服务是借助云服务、数据挖掘和智能分析等技术，捕捉、分析产品信息，更加主动、精准、高效的给用户提供服务，推动企业价值链向后延伸。远程运维服务即是典型的制造企业智能化服务模式，企业利用物联网、云计算、大数据等技术对生产并已投入使用的智能产品的设备状态、作业操作、环境情况等维度的数据进行采集、筛选、分析、储存和管理，基于上述数据的分析结果为用户提供产品的日常运行维护、预测性维护、故障预警、诊断与修复、运行优化、远程升级等服务。

远程运维服务可以有效降低设备故障率，提升设备使用率与使用寿命，既能减轻制造商的负担，又能显著提升产品价值。远程运维对于企业产品的智能化程度要求较高，产品必须配备开放的数据接口，具备数据采集、通信模块；企业还需建立远程运维服务前端平台与后端

数据中心，采集产品数据并基于大数据分析 with 计算，向用户提供增值服务。

### (七) 数字孪生与智能制造的结合

数字孪生，即物理空间在信息空间的完全映射，信息在两个空间中交互和融合，由统一“软件”平台协调和安排资源、能源、时间的最优分配，并在反馈中不断升级。由于人工智能技术的应用，机器算法将替代人的决策过程，形成对资源、能源、时间等生产要素的动态配置，并在数据反馈中不断优化算法精度，提升决策水平，即智能制造系统相对传统制造具备自感知、自学习、自决策、自执行和自适应能力。

回溯工业革命发展历程，在机械化生产时期，信息技术尚未出现，所有生产要素都集中在物理空间中发生；到了电气化生产时期，机器大规模生产拓展了实体要素发生的物理空间，从小作坊变成了大工厂。伴随信息技术发展以及在制造领域的深入应用，相对于物理空间中的实体要素外，信息和数据作为新生产要素，在企业活动中扮演越来越重要的角色。

在当前高度信息化和集成化的工业生产模式，生产线发生意外故障时，很容易致使全产线停机停产，例如高度精细化的汽车生产线，会造成每天数百万级的损失。对于一些特殊工艺生产线，比如高温高压下的化工生产线，甚至面临严重的安全风险和衍生灾害。因此工业生产过程中需要基于大量数据，在虚拟数字空间中进行例如设备诊断、化学类生产过程的模拟，以及对当前设备状态和生产工艺下结果的仿真预测等，从而防止现场故障、生产异常产生出严重后果。

工业设备数字孪生系统是以具体应用需求为目标，基于实体数字建模、物联网、大数据、人工智能等多融合技术，通过构建物理空间与数字空间之间的闭环数据交换通道，实现数字空间和工业设备的虚实

客观映射，在数字空间对物理设备的实时状态进行呈现，并对历史状态进行记录。基于其状态的映射和记录，面向具体应用需求，对物理空间的活动进行分析决策支持或闭环控制，并支持设备实体与数字孪生系统的双向迭代优化。其包括实现以上目标的物理设备、传感系统、计算系统、实体数字模型、数据模型、算法模型以及相应的应用软件。

#### (八) 工业互联网赋能智能制造

工业互联网（Industrial Internet）作为新一代信息技术与制造业深度融合的产物，已成为推动智能制造发展的重要引擎。它将物联网、大数据、人工智能等技术与传统制造业深度融合，赋能制造业实现生产过程的智能化、网络化、数字化和高度柔性化。

首先，工业互联网为智能制造提供了强大的数据支撑。通过传感器、设备和系统的连接，工业互联网实现了对生产过程的实时监测、数据采集和信息传递。这些数据不仅包括设备的运行状态、工艺参数，还包括产品的生产轨迹、质量指标等信息。借助大数据分析和挖掘技术，制造企业可以从海量数据中发现潜在的生产优化点，提高生产效率和产品质量。

其次，工业互联网实现了制造资源的高度集成和共享。在传统制造模式下，企业往往存在资源孤岛现象，生产设备、信息系统之间缺乏有效的协同和集成。而通过工业互联网技术，不同设备、工序、企业之间可以实现信息共享和资源整合，实现生产资源的最大化利用。这种资源共享模式既可以降低企业的生产成本，又可以提高资源利用效率，实现生产要素的优化配置。

第三，工业互联网赋能智能制造实现了生产过程的智能化和自动化。通过工业互联网平台的建设和数据分析，制造企业可以实现生产过程的智能调度、自动控制和远程监控。生产设备可以根据实时生产数据进行自适应调节，实现生产过程的优化和精益化管理。同时，基

于人工智能和机器学习技术，工业互联网还可以实现生产过程的预测性维护和故障预警，提高设备的稳定性和可靠性。

最后，工业互联网为智能制造提供了开放和灵活的生态环境。通过工业互联网平台的建设，制造企业可以与供应商、合作伙伴、客户等各方建立起紧密的连接和协同关系。这种开放式的生态环境不仅可以促进创新和知识共享，还可以为企业提供更多的商业机会和增长空间。同时，工业互联网平台的灵活性和可扩展性也为企业未来的发展提供了更大的可能性和空间。

### (九) AI 大模型引领智能制造

近年来，智能制造逐渐成为全球工业发展的重要趋势之一，而人工智能（AI）大模型的出现和应用正是智能制造向前迈进的重要驱动力之一。

首先，工业大模型的部署将成为智能制造的核心支撑。通过在工业生产和制造过程中应用 AI 大模型，可以实现更加智能化和灵活化的生产模式。这些大模型可以通过学习和分析大量数据，提高生产效率、优化生产流程，并且在预测性维护、质量控制等方面发挥重要作用。因此，加速工业大模型的部署将成为智能制造发展的重要推动力。

其次，建立完善的标准体系是智能制造发展的基础。随着智能制造技术的不断发展和应用，相关标准体系的建设变得尤为重要。这不仅包括技术标准，还包括安全标准、数据标准等方面。通过建立统一的标准体系，可以提高智能制造产品的质量和安全性，促进产业发展和国际交流合作。

此外，对龙头企业的支持和引导也是智能制造发展的关键。龙头企业在智能制造领域具有丰富的经验和技術积累，可以在关键技术装备的研发和应用方面发挥重要作用。国家层面应设立智能制造发展基金，为企业的智能制造项目提供资金支持，推动智能制造技术的创新和应

用。

综上所述，AI 大模型的应用将成为智能制造的重要驱动力，加速工业大模型的部署、完善标准体系建设以及支持龙头企业的发展，将为智能制造的发展奠定坚实的基础，助力中国智能制造走向更加智能化、高效化的未来。

.



# AI 与智能制造

一、AI 赋能制造业转型升级

二、AI+智能制造

## AI 赋能制造业转型升级

### 一、人工智能在具体实践中的问题

随着人工智能在我国工业领域的逐步深入，在应用过程中还面临着诸多需要改善的问题。首先，我国制造业领域人工智能技术的基础架构仍不够完善。以物流零售新概念为例，人工智能为主要核心的新物流和新零售等实际应用，然而我国目前传统旧物流和旧零售的问题仍未能得到很好的解决。所提出人工智能的新概念没有实施的实践基础。虽然国家重视制造业公司的改革与发展。但是诸多制造企业仍处于 1.0 与 2.0 的工业前期阶段，无法快速进行工业 4.0 的改革。同时，我国的人工智能科研基地有待进一步完善。

作为大型科研国家与欧美等高端科研国家之间仍然存在很大差距。例如，学术论文的质量仍然存在重大问题。除此之外，中国需要在加强制造业方面进一步加强人工智能的创新意识。在我国的传统企业中，制造业在业务发展中的成功很大程度上取决于业务领导者自身的经验。至于现代人工智能技术的技术变革，并不是其核心竞争力。

在制造企业的管理层，公司的科研团队和公司的服务团队必须紧密合作，使智能系统在公司中发挥最大的作用。但是，传统的制造业公司需要实现自上而下对改革的理解与支持，以加强制造业的人工智能水平。人工智能在我国前景依旧光明。许多行业和领域都充分应用了人工智能技术。但是，人工智能技术在中国制造业中的应用仍然相对较少，需要进一步加强。我国制造行业对人工智能的应用占比非常小，还需要进一步加强。这也是我国在实行人工智能赋能在制造业转型升级过程中所遇到主要问题和阻力之一，只有我国的制造企业充分意识到人工智能技术的重要性，加强对于人工智能技术的重视，才能够有

效地促进我国制造业实现人工智能的转型和升级。

## 二、人工智能的优势

“人工智能 +制造业”不同于自动化或“互联网+制造”，自动化强调的是企业通过应用工业软件,实现离线环境下的自动生产，“互联网 +”则是利用互联网工具对接供需关系。而人工智能与制造业融合需要在数字化及网络化的基础上，由机器基于生产数据及供需环境的实时反馈，实现自主调整，完全智能。一般来说，人工智能将为制造业带来以下升级方向：

1）提升生产效率。随着我国制造业接近世界先进水平，依靠技术引进和管理变革等方式提高生产效率的空间已经很小。近年来，人工智能在制造业应用深化，生产函数中加入新要素，为制造业的效率提升创造新空间。与自动化设备相比，智能装备可以实现统一平台、统一指挥，通过自主优化减少停机时间，并随着数据积累，还可以自我学习辅助生产管理，从多个层面促进企业效率的提升。

2）降低人力成本。我国正处于工业化中后期，也是进入发达国家行列的关键时期。但随着老龄化日益严重，人口红利逐渐消失，劳动力的优势被东南亚国家超越。寻找新的优势生产要素，是维持我国工业高质量发展的关键。人工智能作为新兴的投入要素，既可以在很多领域替代传统劳动力，还能在高精度条件下维持动作一致性，避免产品质量受工人情绪和精力影响。研究表明，智能机器人密度与产品的质量成正比。

3）高效质量控制。将人工智能与物联网等技术相结合，可以实现制造业生产线全面、实时监控，不仅提高质检效率，还能通过智能学习改善工艺流程。对于精密仪器等规模生产，但结构复杂、工艺要求高的行业，人工智能可以显著提高其良品率。例如，江苏汇博机器人公司针对卫浴行业推出机器视觉检测系统，分辨水平远超人类肉眼，

不仅能检测微小缺陷，还能分析故障原因，快速筛选出不合格品，并操控生产线进行分拣，提升产品的出厂合格率。

4) 优化供需管理。人工智能通过实时跟踪海量数据，并进行自我学习，从纷杂多变的市场信息中挖掘有价值的内容，建立精准匹配的供需关系，并给出最优建议，通过工业物联网将指令发送到价值链各个环节，尤其适合快速消费品、零配件等市场需求波动大、供应链复杂的行业。例如，江苏汇博机器人为某大客户提供机器人和 MES 生产管理系统，对生产环节实施了全方位智能化升级。MES 生产管理系统可以实时响应客户订单，并基于客户需求自动配置生产设备和功能参数，并在人工智能的协同下完成组装和测试。最终，企业通过需求与生产的无缝衔接，不仅提升了产品质量，也缩短了产品交付周期。

### 三、 人工智能推动制造业转型升级

我国作为传统制造大国，经过快速发展阶段，在工艺技术等方面已取得长足的进步，目前正向制造强国转变。但制造业在转型升级过程中遇到瓶颈，主要表现为效率提升放缓、人工成本攀升、质量控制不严等问题，阻碍我国制造业进入集约型的高质量发展阶段。

在我国制造业面临内外压力的背景下，智能制造成为新一轮产业变革的核心主题，而人工智能则是智能制造的核心技术。人工智能与制造业深度融合后，将改变制造业的业态，重构国际分工，工业强国向上下游争夺更多的价值空间，全球经济格局即将重写。

未来由科技创新驱动发展，人工智能已成为大国竞争的重要筹码。各国纷纷提出“人工智能 + 制造业”的战略，如美国的工业互联网与制造业回流，德国的工业 4.0。党的十九大报告指出“加快建设制造强国，加快发展先进制造业，推动互联网、大数据、人工智能和实体经济深度融合”，明确将人工智能与制造业融合作为国家战略重点，中国正积极抢占人工智能领域制高点。

人工智能广义上是指对所有智能的模拟和应用，融合了计算机视觉、机器学习、大数据等多门学科。目前，人工智能已逐渐从技术研发阶段向产业化过渡，图像和语音识别等商业化较为成熟，应用领域也逐渐从服务业向制造业延伸，显示出人工智能技术的通用性。

长久以来，中国在技术层面一直在追赶世界先进水平，但在人工智能领域却异军突起，在部分领域达到全球领先。从技术研发看，在深度学习领域，我国在全球知名期刊上发表论文的数量已经超过美国，专利申请数量仅次于美国。从投资角度看，我国在人工智能领域的投资爆发式增长，2017 年人工智能初创企业的融资额已超过美国。

目前，在人工智能的核心技术领域，发达国家仍具有我国短期难以超越的优势，但作为全球人口最多、制造业规模最大的国家，我国拥有最大的人工智能应用市场和最丰富的数据基础。人工智能将通过深度融合赋能制造业，助力实体经济创新转型。而我国在人工智能领域的领先布局及广阔的应用场景，为融合打下坚实的基础。

#### **四、 人工智能赋能制造业仍需多方面合作**

当前，我国将信息技术与制造技术进行有效整合，进而在整个制造业中实现了更深刻变革的智能制造模式。在硬件或软件方面，这种新型的中国智能制造模式具有良好的基础，可以促进多个行业的发展，并且有效地提升各个行业的发展动能。

在应用制造业转型升级的过程中，首先要加强对制造业人工智能基础设施的建设。只有加强企业人工智能基础设施的建设，才能克服我国制造业企业在信息技术中面临的技术瓶颈，促进制造业企业未来的可持续发展。

其次，需要加强对制造企业相关算法方向的基础研究。当前，随着人工智能的快速发展，各个领域对新算法的改进已经成为企业应用中人工智能的日常实践。例如，在企业设计集成电路板的过程中，可以

通过强化算法学习，有效地加快集成电路板的设计和制造速度。在我国以人工智能为基础的制造业转型与转型中，人工智能的发展与应用不要实现弯道超车。制造企业需要提高整体工业质量。所有的科学系统，无论是硬件还是软件，都需要在许多方面进行协调，形成有效的系统，从而建立有效的模式，创建适用于工业和工厂的定制集成解决方案。最后，在开发人工智能的过程中，需要在各个领域进行联合开发。在制造企业的供应链中，首先需要驱动生产，然后供应链系统促进了复杂而智能的后端生产的实现。这些都需要整个供应链的协调发展和深度整合。



# AI+智能制造

## 一、AI+智能制造总体架构

AI+智能制造方案构建了面向制造、能源电力、采掘等各垂直行业，以基础硬件设备、软件系统平台、解决方案三大层级为核心，生态协同为保障的技术架构。与主要依赖本地算力的传统工业架构相比，AI+智能制造方案通过软硬结合的方式，将成为未来智能化工厂的标准解决方案，提升产品质量检查和缺陷识别、生产作业过程识别以及安全行为等视觉识别的精准性、高效性。



图 1-1 AI+智能制造总体架构图

## 二、AI+智能制造关键技术

“AI+”通过整合 5G、数字孪生、边缘计算、区块链等先进数字技术，凭借“全面连接、信息共享、上下联动、资源整合”等优势，深度激活行业“脉络”，全面融入 45 个国民经济大类，对重塑工业体系、大力推进新型工业化的关键支撑效应正逐渐显现。

### （一）5G 工业网络技术

（1）5G 通信增强技术。5G TSN（时间敏感网络）技术通过高精

度时间同步，实现工厂内无线 TSN，保障工业互联网业务端到端的低时延。5G 高频和多天线技术支持工厂内的精准定位和高宽带通信，大幅提高远程操控领域的操作精度。5G 边缘计算加速工业 IT 及 OT 网络融合，通过边缘数据处理、跟踪及聚合能力的增强，提升工业互联网业务的高可靠、低时延等性能指标，优化资源共享和用户体验。

(2) 网络切片。5G 网络切片技术支持多业务场景、多服务和质量、多用户及多行业的隔离和保护。网络切片是提供特定网络能力的、端到端的逻辑专用网络。一个网络切片实例是由网络功能和所需的物理/虚拟资源的集合，具体可包括接入网、核心网、传输承载网及应用。

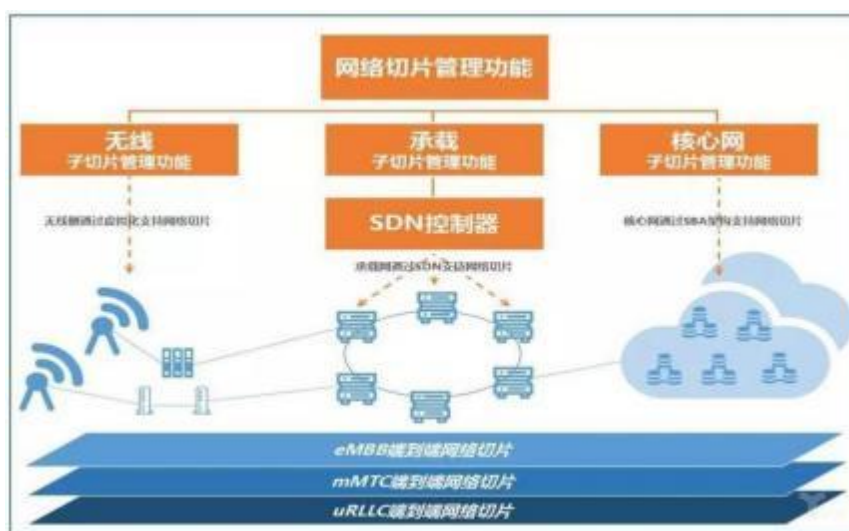


图 1-2 网络切片管理架构图

每个虚拟网络之间是逻辑独立的，任何一个虚拟网络发生故障都不会影响其他虚拟网络。依据应用场景可将 5G 网络分为 3 大类：移动宽带、海量物联网和任务关键性物联网。由于 5G 网络的 3 类应用场景的服务需求不同，且不同领域的不同设备大量接入网络，这时网络切片就可以将一个物理网络分成多个虚拟的逻辑网络，每一个虚拟网络对应不同的应用场景，从而满足不同的需求。5G 网络切片技术可以为不同的应用场景提供相互隔离、逻辑独立的完整网络，从而实现 5G 网络共享，节约宝贵的频谱资源，建设行业虚拟专用网络。

(3) 边缘计算。边缘计算在靠近数据消费者的地方提供计算、存



储能力，以及边缘应用所需的云服务和基础设施环境。相比于集中的云计算服务，边缘计算解决了时延过长、汇聚流量过大等问题，为实时性和带宽密集型业务提供更好的支持。边缘计算与接入方式无关，5G 标准设计原生支持边缘计算，提供架构、移动性、会话管理等方面的灵活部署能力。应用功能随网络功能下沉，部署到靠近接入基站的位置。

5G 网络支持在转发路径上灵活的插入分流点，引导对应的数据流进入边缘节点。随着用户移动，可支持不同等级和方式的业务连续性保障。要求分流能力可向应用开放，提供转发路径优化和加速服务。

## (二) 数字孪生

数字孪生技术的发展源于新一代信息技术与不同领域技术的融合，是在 CPS、建模仿真、大数据与人工智能技术的基础上发展起来的一门新兴技术。

(1) 物联网技术。数字孪生是物理世界在数字世界的孪生，如何实现数字孪生与物理世界的虚实映射是数字孪生实施的基础。物联网是以感知技术和网络通信技术为主要手段，实现人、机、物的泛在连接，提供信息感知、信息传输、信息处理等服务的基础设施。随着物联网的不断健全和完善，数字孪生所需的各种数据的实时采集、处理得以保障。在空间尺度上，由于物联网万物互联的属性，面向的对象由整个产业垂直细分至较小粒度的物理实体。同时，在时间尺度上，由于物联网实时性的提升，使得不同时间粒度的数据交互成为可能。以上使得数字孪生正在变得更加多样化和复杂化，使得数字世界和物理世界能够在物联网的支持下进行时间和空间上细粒度的虚实交互，以支撑不同尺度的应用。

(2) 大数据技术。数据是数字孪生系统动态运行的最重要的驱动

力量。随着数据时代的到来，大数据分析应运而生。通过体现大数据海量、异构、高速、可变性、真实性、复杂性和价值性等特征，大数据分析面向解决具体问题提出相应的算法和框架模型。对数字孪生系统而言，大数据分析为深度探索物理空间事物提供可能，而通过数据可视化，为数字孪生系统揭示物理实体的隐性信息提供了有效工具。

（3）多领域、多层次参数化机理模型建模技术。物理实体的机理模型是数字孪生系统的骨架。近年来，不同领域混合的多层次精准建模方法为数字孪生技术对物理世界真实描述提供了使能技术。首先，其综合复杂物理实体涉及的针对诸如机械、电气、液压、控制及具体行业特征进行综合建模的能力，为数字孪生系统对物理实体的有机综合分析提供了高可用技术；其次，物理实体机理模型的多层次表述能力，可使得模型在不同空间粒度上对实体进行客观真实表述；再次，参数化建模方法为数字孪生实体机理模型对物理实体在时间维度上变化的映射，即模型的动态更新能力，提供了有效手段。

（4）人工智能技术。数字孪生系统对工程应用的重要意义在于其智能分析和自主决策能力。人工智能技术的发展，可通过和传统的建模仿真分析技术结合，有效赋能数字孪生系统，使得数字孪生系统可针对过去、现在的状况进行综合智能分析，并进行自主决策，对物理世界的变化进行准确判断和决策，对物理世界的活动进行智能化支撑。

（5）云 / 边缘协同计算技术。数字孪生系统是庞大复杂的系统，然而其对物理世界的感知和决策支持往往具有时效性和个性化的特点。云 / 边缘协同计算技术，可有效地发挥云端强大的存储 / 计算能力和边缘端个性化实时感知和控制能力，为数字孪生系统的高效运行提供支撑。

综上，物联网、大数据、多领域 / 多层次 / 参数化实体建模技术、人工智能技术、云 / 边缘协同计算技术相互交互，相互融合，加速推

动着数字孪生的落地应用。

### (三) 区块链技术

工业互联网平台在部署过程中工业数据需要上云，企业对自身隐私数据泄露存在担忧而不愿参与其中，阻碍了工业互联网平台的推广。因此需要一项技术解决工业互联网中博弈多放的互信协作问题，以及各企业对自身数据的控制权问题。区块链是由多种技术集成创新形成的分布式网络数据管理技术，通过区块链的加密算法、访问控制、隐私保护、入侵检测等技术，可以实现工业企业内部各个环节的数据共享、网络加密及访问权限控制等功能，并且可以利用区块链分布式的特点促进产业链的协同和产融协同。

工业互联网平台下两种技术在兼容与调和过程中并不是简单的技术嵌入，而是需要在更多模式上进行升级。对于区块链如何同工业互联网平台进行业务上的集成与融合、各项标准制定也是未来需要研究的重点。随着“区块链+工业互联网”融合研究以及各项标准制度的发展与完善，再加上对区块链核心技术的不断研究和更多模式上的升级和探索，区块链技术将在工业互联网中网络安全保障、资源高效分配、制造数据追溯、智能协同制造等方面发挥更大的推动作用。

# 放眼全球的智能制造

一、全球智能制造发展现状

二、全球智能制造业格局

## 全球智能制造发展现状

智能制造作为先进制造技术与信息技术深度融合的成果，已经成为制造业的发展趋势，《中国制造 2025》的颁布标志着智能制造成为我国制造业转型升级的主攻方向。大力发展智能制造不仅符合我国制造业转型升级的要求，而且是推动供给侧结构性改革、适应并引领“新常态”的重要抓手。20 世纪 80 年代末，Wright 和 Bourne 合著的《智能制造》一书的出版标志着智能制造概念的提出。经过了数十年的发展，智能制造的内涵逐渐丰富化，目前一般认为智能制造的含义是，在新一代信息技术的基础上，将产品制造流程和生命周期作为对象，实现系统层级上的实时优化管理，是成熟阶段的制造业智能化。相比于数字化和网络化阶段，智能制造全面使用计算机自动控制，并实现工业互联网、工业机器人、大数据的全面综合应用。智能制造可以大大缩短产品研发时间、提质增效、降低成本，体现了实体物理与虚拟网络的深度融合特征。

### 一、德国智能制造发展现状

德国作为全球制造业中最具竞争力的国家之一，德国的西门子、奔驰、博世、宝马等品牌以其高品质享誉世界。为了保持德国制造在世界的影响力，推动德国制造业的智能化改造，在德国工程院及产业界共同推动下，德国在 2013 年正式推出了德国工业 4.0 战略。工业 4.0 的内涵是凭借智能技术，融合虚拟网络与实体的信息物理系统，降低综合制造成本，联系资源、人员和信息，提供一种由制造端到用户端的生产组织模式，从而推动制造业智能化的进程。德国智能制造以信息物理系统为中心，促进高

端制造等战略性新兴产业的发展，大幅减少产品生产成本，构建德国特色的智能制造网络体系。德国工业 4.0 战略的智能化战略主要包括智能工厂、智能物流和智能生产三种类别。总而言之，德国制造业的智能化过程以工业 4.0 战略为依托，顺应第四次工业革命的历史机遇，通过标准化规范战略部署，重视创新驱动，实现制造业智能化转型升级的战略目标，使德国在全球化生产中保持科研先发优势。

工业 4.0 发布后，德国各大企业积极响应，产业链不断完善，已经形成工业 4.0 生态系统。德国的工业 4.0 平台还发布了工业 4.0 参考架构。

2014 年 8 月，出台《数字议程（2014-2017）》，这是德国《高技术战略 2020》的十大项目之一，旨在将德国打造成数字强国。议程包括网络普及、网络安全及“数字经济发展”等方面内容。

2016 年，发布《数字化战略 2025》，目的是将德国建成最现代化的工业化国家。该战略指出，德国数字未来计划由 12 项内容构成：工业 4.0 平台、未来产业联盟、数字化议程、重新利用网络、数字化技术、可信赖的云、德国数据服务平台、中小企业数字化、进入数字化等。

2019 年 11 月，发布《德国工业战略 2030》，主要内容包括改善工业基地的框架条件、加强新技术研发和调动私人资本、在全球范围内维护德国工业的技术主权。德国认为当前最重要的突破性创新是数字化，尤其是人工智能的应用。要强化对中小企业的支持，尤其是数字化进程。

## 二、美国智能制造发展现状

美国是智能制造的重要发源地之一。早在 2005 年，美国国家标准与技术研究所提出“聪明加工系统研究计划”，这一系统实质就是智能化，

研究的内容包括系统动态优化、设备特征化、下一代数控系统、状态监控和可靠性、在加工过程中直接测量刀具磨损和工件精度的方法。2006 年，美国国家科学基金委员会提出了智能制造概念，核心技术是计算、通信、控制。成立智能制造领导联盟 SMLC，打造智能制造共享平台，推动美国先进制造业的发展。

2017 年，美国清洁能源智能制造创新研究院（CESMII）发布的《智能制造 2017—2018 路线图》指出，智能制造是一种制造方式，在 2030 年前后就可以实现，是一系列涉及业务、技术、基础设施及劳动力的实践活动，通过整合运营技术和信息技术的工程系统，实现制造的持续优化。该定义认为智能制造有四个维度，“业务”位于第一位，智能制造最终目标是持续优化。该路线图的目标之一就是在工业中推动智能制造技术的应用。

2018 年，发布《先进制造业美国领导力战略》，提出三大目标，开发和转化新的制造技术、培育制造业劳动力、提升制造业供应链水平。具体的目标之一就是大力发展未来智能制造系统，如智能与数字制造、先进工业机器人、人工智能基础设施、制造业的网络安全。

2019 年，发布《人工智能战略：2019 年更新版》，为人工智能的发展制定了一系列的目标，确定了八大战略重点。

### 三、日本智能制造发展现状

日本在智能制造领域积极部署。积极构建智能制造的顶层设计体系，实施机器人新战略、互联工业战略等措施，巩固日本智能制造在国际上的领先地位。



日本提出以工业互联网和物联网为核心的协同制造发展策略。事实上，日本的智能生产起步很早，在上世纪 70、80 年代，日本就提出柔性制造 FMS()。1989 年，日本率先提出了智能制造系统 IMS()的概念，主要关注工厂内部系统智能化，并没有加入互联网因素。2015 年起，日本开始发力智能制造。2015 年 1 月发布“新机器人战略”，其三大核心目标分别是世界机器人创新基地、世界第一的机器人应用国家及迈向世界领先的机器人新时代。2015 年 10 月，日本设立 IoT 推进组织，推动全国的物联网、大数据、人工智能等技术开发和商业创新。之后，由 METI（日本经济贸易产业省）和 JSME-MSD（日本机械工程师协会）发起产业价值链计划，基于宽松的标准，支持不同企业间制造协作。2016 年，日本提出 IVR，开始推动信息技术在工业领域的应用，并发布相应的体系架构。2017 年 3 月，日本明确提出“互联工业”的概念，安倍发表《互联工业：日本产业新未来的愿景》的演讲，其中三个主要核心是：人与设备和系统的相互交互的新型数字社会，通过合作与协调解决工业新挑战，积极推动培养适应数字技术的高级人才。互联工业已经成为日本国家层面的愿景。在《制造业白皮书（2018）》中，日本经产省调整了工业价值链计划是日本战略的提法，明确了“互联工业”是日本制造的未来。为推动“互联工业”，日本提出支持实时数据的共享与使用政策；加强基础设施建设，提高数据有效利用率，如培养人才、网络安全等；加强国际、国内的各种协作。2019 年，日本决定开放限定地域内的无线通信服务，通过推进地域版 5G，鼓励智能工厂的建设。



## 四、欧盟智能制造发展现状

欧盟委员会于 2020 年 3 月发布了面向 2030 年的《欧盟新工业战略》，与《欧盟数据战略》《人工智能白皮书》共同构成欧盟“数字化转型计划”的重要组成部分。《欧盟新工业战略》旨在推动欧盟工业在气候中立和数字化的双重转型中保持领先，意图抢占数字化工业主导地位、提升全球数字竞争力、释放数字经济潜力，以应对全球经济前景的不确定性。战略提出，绿色、循环、数字化是工业转型的关键驱动因素，并提出了一系列具体行动计划，特别是在新冠肺炎疫情爆发的背景下，强调借助数字基础设施、数字技术等手段提高欧盟工业竞争力和战略自主性至关重要，值得深入思考。

通过观察，各国在推动本国制定的战略的同时，也在积极开展合作。比如美国和德国在积极对接后，提出工业 4.0 平台和 IVC 进行合作，因为他们认为彼此的架构是相互呼应的，可以融合发展，在一系列产品解决方案、参考架构对接和标准化工作方面进行全方位的合作。此外，德国在对各国智能制造战略进行系统性研究后，明确了自己的国际化战略。即不管是对美国还是对中国，一方面强调通过贸易和设备供应的方式，与不同国家进行合作；另一方面又非常强调在技术和标准上以“我”为主，强化合作。

## 全球智能制造业格局

当今世界的很多工业强国都在将人工智能看成是下一个发展风口。日本、德国、美国自不必说，巴西、印度等新兴经济体同样把人工智能看做是一个新兴领域不断加持。它作为全球下一轮科技革命与产业革命的关键领域，对整个世界的未来发展具有重大意义。

根据《全球智能制造发展指数报告》评价结果显示，美国、日本和德国名列第一梯队，是智能制造发展的“引领型”国家；英国、韩国、中国、瑞士、瑞典、法国、芬兰、加拿大和以色列名列第二梯队，是智能制造发展的“先进型”国家。目前全球智能制造发展梯队相对固定，形成了智能制造“引领型”与“先进型”国家稳定发展，“潜力型”与“基础型”国家努力追赶的局面。

新一代信息技术与制造业深度融合，正在引发影响深远的产业变革，形成新的生产方式、产业形态、商业模式和经济增长点。各国都在加大科技创新力度，推动三维（3D）打印、移动互联网、云计算、大数据、生物工程、新能源、新材料等领域取得新突破。基于信息物理系统的智能装备、智能工厂等智能制造正在引领制造方式变革；网络众包、协同设计、大规模个性化定制、精准供应链管理、全生命周期管理、电子商务等正在重塑产业价值链体系；可穿戴智能产品、智能家电、智能汽车等智能终端产品不断拓展制造业新领域。我国制造业转型升级、创新发展迎来重大机遇。

当前，智能制造已经成为全球价值链重构和国际分工格局调整背景下各国的重要选择。各发达国家纷纷加大制造业回流力度，提升制造业在国

民经济中的战略地位。德国的“工业 4.0”，美国“工业互联网”战略、日本《机器人新战略》、法国“新工业法国”方案，均在积极部署自动化、智能化。

除了国家以外，企业也在进行积极的探索。例如相当一部分的传统制造业基于传统制造能力的优势，着重提升数字化的能力，推动智能制造。西门子着手智能制造的推进，依托自己在装备和自动化技术上的优势，通过合作、并购不断补齐数据、软件等信息技术的短板，打造了一个全面化智能制造解决方案体系。这是非常传统经典的提升路径。还有一些老牌装备企业，利用互联网技术重构生产体系，推动智能制造。以 GE 为例，通过构建工业互联网平台 Predix，将传统层级制造体系转化为以平台为核心的网络制造体系，通过开放平台，引入产业合作力量，塑造产业竞争新优势。这是非典型的工业企业的转型发展路径。还有一些互联网企业通过引发产品变革乃至颠覆原有产业形态，来推动智能制造。以谷歌为例，其不断将其互联网技术和思维传递至工业领域，促进工业企业推出智能化产品，并使得原来以产品销售为核心的产业形态转化为以智能服务为核心的新形态。

## 一、智能制造、工业机器人发展空间广阔

### （一）智能制造成为企业迈向高质量发展的必选项。

智能制造（Intelligent Manufacturing，IM）是基于新一代信息通信技术与先进制造技术深度融合，贯穿于设计、生产、管理、服务等制造活动的各个环节，具有自感知、自学习、自决策、自执行、自适应等功能的新型生产方式，具有以智能工厂为载体、以关键制造环节智能化为核心、以端

到端数据流为基础、以网络互联为支撑等特征，可有效缩短产品研制周期、降低运营成本、提高生产效率、提升产品质量、降低资源能源消耗。伴随我国工业制造水平的不断提升，智能制造成为国内制造业发展的大方向，智能化与数字化转型成为企业迈向高质量发展的必选项。

## （二）智能制造市场发展潜力亮眼。

近十年来，我国智能制造发展取得长足进步，供给能力不断提升、支撑体系逐步完善，构建了国际先行的标准体系，培育了众多具有行业和区域影响力的工业互联网平台，取得了明显的推广应用成效。根据国际市场研究机构 Markets and Markets 最新发布的研究报告显示，2021 年全球智能制造市场规模为 887 亿美元，预计到 2027 年将达到 2,282 亿美元，预计 2022 年至 2027 年将以 18.5% 的复合年增长率增长。根据《“十四五”智能制造发展规划》，到 2025 年，我国 70% 的规模以上制造业企业基本实现数字化网络化，建成 500 个以上引领行业发展的智能制造示范工厂。

## （三）工业机器人行业未来可期。

工业机器人产业作为智能制造行业的重要组成部分，在智能制造行业高速增长趋势的推动下，工业机器人产业也呈现良好的发展态势。根据 IFR 预测，2021 年，全球工业机器人市场强劲反弹，市场规模为 175 亿美元，2022 年全球机器人市场规模预计达到 513 亿美元，2017 至 2022 年的年均增长率达到 14%；其中，工业机器人市场规模将达到 195 亿美元，随着机器人市场逐渐回暖，预计到 2023 年，全球机器人市场规模将突破 477 亿美元。根据国家统计局公开数据，2022 年全年实现工业机器

人产量 443055 台，同比增长

21.04%。此外，中国工业机器人使用密度（每万名工人使用工业机器人数量）为 392 台/万人，不及韩国、日本和德国等制造业强国，未来仍有成长空间。

## 二、行业存在多重壁垒，正向工艺过程智能化转型

### （一）智能制造行业存在技术、人才、资本等多重壁垒。

公司所在的智能制造行业进入门槛较高，存在多重壁垒。

**技术壁垒**，智能制造行业存在较高技术壁垒，需要结合机械开发设计、智能自动化控制、网络技术和高端设备加工、装备和调试等一系列技术，技术涉及范围较广且落地难度大，导致行业技术壁垒较高。

**b.人才壁垒**，智能制造行业需要综合掌握多种学科技术的高端人才，要求具有较强的机械设计能力、自动控制技术能力和信息网络技术能力等，同时需要熟悉所从事行业的制造工艺和流程，若未经系统性的培训和长时间的从业经验，则较难成为行业的复合型人才。

**c.资本壁垒**，行业中产品多数为定制化非标产品，种类繁多，生产过程复杂，每一个订单都需要企业进行较长时间设计开发，投入的研发费用较高，其次，生产销售完成后，客户回款存在一定周期，企业需要充裕的运营资金以保证采购和生产的正常进行。

### （二）市场竞争格局初步形成。

随着市场的不断优化和发展，产业将出现结构性整合；优化产业结构，进行资源重新配置，催生专精特新企业和产品的发展。2022 年度，中国市场企业整体销售工业应用移动机器人（AGV/AMR）93,000 台，较

2021 年增长 29.17%，市场销售额达到 185 亿元，同比增长 46.82%。当前 AGV/AMR 机器人市场不断扩大，行业持续涌入创新型企业完善产业生态，行业赛道将进一步优化细分。围绕业务规模、创新力度、品牌价值、投融资情况等维度，目前国内 AGV/AMR 企业已经形成了初步的市场竞争格局：传统企业深耕市场同时品牌植入以稳固市场份额；新兴仓储机器人企业在新兴市场的开拓迅猛，表现出强劲发展势头；部分专业化产品企业也能找到各自细分领域的市场；不少其他行业的跨行竞争者也有一定的竞争力。

智能制造向工艺智能化转型，以数据为基础满足产品的个性化、定制化的需求成为行业技术发展趋势。

目前，中国智能制造正在准备或已经开始由装备智能化向制造工艺智能化转型，工艺过程的智能化实现各台智能制造核心装备的互联，通过仿真模拟与方案比较实现工艺优化，进一步缩短生产周期并提升生产效率。以数据为基础，智能制造核心装备实现产品设计等全过程的自动化、集成化、信息化，满足产品的个性化、定制化的需求，是行业技术的发展趋势。同时，智能制造装备产业能够提升生产效率、技术水平和产品质量，实现制造过程的智能化、绿色化发展，使得行业的应用需求上升

### 三、国家产业政策支持

国家产业政策推动智能制造行业长期发展。受益于政策红利，中国智能制造大力发展。近几年，在振兴装备制造业、发展高端制造业和发展战略性新兴产业等方面，国家立足制造本质，紧扣智能特征，以工艺、装备为核心，以数据为基础，依托制造单元、车间、工厂和供应链等载体，构

建虚实融合、知识驱动、动态优化、安全高效、绿色低碳的智能制造系统，推动制造业实现数字化转型、网络化协同、智能化变革。受益于国家政策的大力推动，更多的企业进行研发、生产和投资智能制造行业，形成了智能制造产业体系。