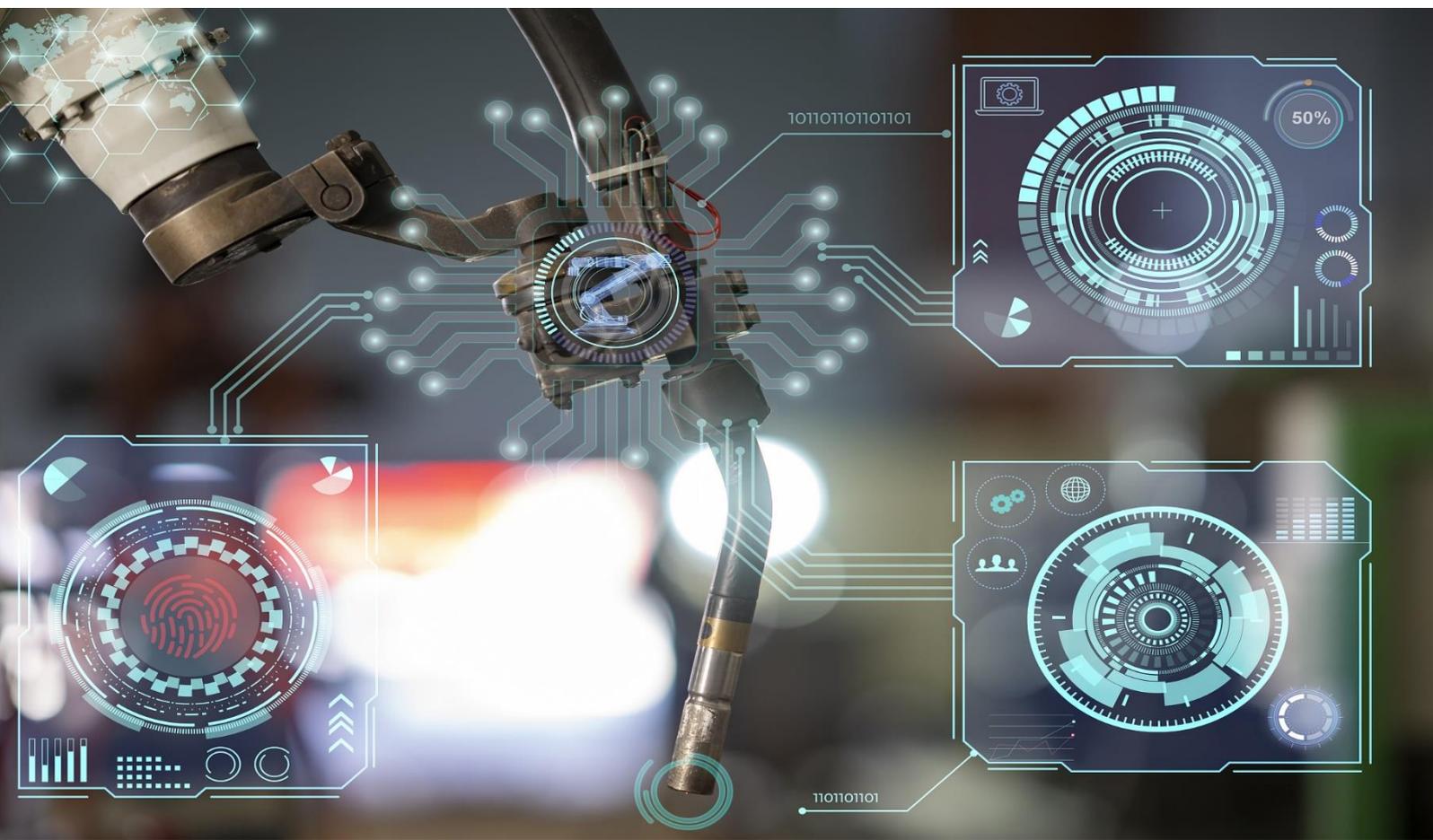


中国经济高质量发展系列研究

**数字经济：数字赋能工业，
打造万亿级智慧工厂市场**



机械组首席分析师：鲁佩

分析师助理：贾新龙、王霞举

数字经济：数字赋能工业，打造万亿级智慧工厂市场

核心观点：

- **工业数字化是数字经济中产业数字化的重要组成部分,属新型工业化范畴。**工业数字化旨在通过信息技术的应用来提高工业生产效率、质量和灵活性,同时降低成本和资源消耗,目的是**打造智慧工厂**。工业数字化属新型工业化范畴,是实现新型工业化的关键路径和核心内容,同时也是新质生产力形成和发展的重要推动力,工业数字化的实现将推动工业领域新业态和新模式的出现,如智能制造、个性化定制、服务型制造等。
- **全球主要国家均针对工业数字化出台了国家顶层战略以期在国际竞争中保持工业制造领先地位。**美国先进制造战略、德国工业 4.0 战略、日本再兴战略,中国制造 2025 战略,以及印度和巴西等其他发展中国家颁布的印度国家制造业政策,“强大巴西”计划,均引领着各国的制造业升级,以期在全球价值链重构和国际分工格局调整背景下,保持工业制造领先地位。**中国强调新一代信息技术与制造业的深度融合,落脚在制造大国向制造强国的转变。**
- **打造智慧工厂可以分为“机器自动化升级,离散信息化平台构建”、“人机物协同互联,跨流程生态平台构建”、“数字孪生智能决策,跨企业生态平台构建”三个步骤。**我国各行业、各区域自动化发展现状不一,呈现传统工业、2.0、3.0 并存的格局。离散型行业需加强技术装备制造水平升级(精益制造)、软件一体化,流程型行业注重设备互联、智能优化与决策。发展过程中,智能化装备、工业控制产品、工业软件、工业互联网四大板块受益。
- **保守估计我国智慧工厂整体市场规模不低于 8 万亿,智能化工业装备、工业网络、工业软件、工业数据是发展智慧工厂必不可少的共性需求。**工业互联网是智慧工厂的神经网络,产业规模快速增长;工业软件是智慧工厂的大脑,未来五年市场规模有望翻倍;工控产品和数字化智能装备是智慧工厂的四肢,市场规模将稳步增长,发展中应关注高端化、国产化需求。
- **人工智能的发展给工业数字化带来了新的发展契机。**AI 将加速工业端技术创新的步伐,比如在研发端提供辅助设计加速新产品的开发,在执行端使得机器人更加智能渗透率继续提升。此外,AI 在供应链管理、需求预测、设备维护等方面也发挥着重要作用。
- **投资建议:**考虑打造智慧工厂是实现新型工业化下的必由之路,未来我国各行各业智慧工厂建设有望不断兴起,AI 加速各类数字化、智能终端产品渗透率提升,打造智慧工厂的四大板块均受益景气向上,投资建议方面我们认为一是要寻求共性需求产品中的头部供应商,如智能装备端工业机器人领域的埃斯顿、工控领域的汇川技术、3D 打印领域铂力特、华曙高科、机床领域华中数控、海天精工等,二是具备行业 know-how 的智慧工厂解决方案提供商的公司如博实股份。

分析师

首席机械分析师:鲁佩 S0130521060001

研究助理:贾新龙、王霞举

风险提示

- 1、制造业投资不及预期使得智慧工厂投资进展缓慢的风险;
- 2、数据孤岛问题未能打通使得智慧工厂效果低于预期的风险。

目 录

一、工业数字化：智慧工厂必由之路，新型工业化转型之核心.....	4
（一）什么是智慧工厂？更加高效、柔性、虚实结合.....	4
（二）工业数字化已成全球博弈高地，中国各领域转型方差大.....	5
（三）打造智慧工厂分为三个阶段.....	9
二、工业数字化市场空间巨大，四大板块交叉并进.....	15
（一）保守估计智慧工厂整体市场规模不低于 8 万亿.....	15
（二）智慧工厂发展加速，四大板块空间广阔.....	18
三、智慧工厂当前进程与未来演进节奏猜想.....	39
（一）中国各行业发展不均衡.....	39
（二）中国智慧工厂未来演进节奏猜想.....	43
四、AI 赋能将会为工业界带来哪些颠覆性变革.....	46
（一）研发侧：AI 赋能有望推进创新及个性化定制.....	46
（二）生产管理侧：AI 助力实现柔性生产.....	46
（三）执行侧：AI 加速机器人渗透.....	47
五、投资建议.....	48
六、风险提示.....	49

一、工业数字化：智慧工厂必由之路，新型工业化转型之核心

作为中国银河证券研究院中国经济高质量发展系列研究之数字经济系列报告的后续篇，本文主要解读工业数字化。工业数字化是数字经济中产业数字化的重要组成部分。工业数字化是一个广泛的概念，它涵盖了多个方面和领域，旨在通过信息技术的应用来提高工业生产效率、质量和灵活性，同时降低成本和资源消耗，目的是打造智慧工厂。

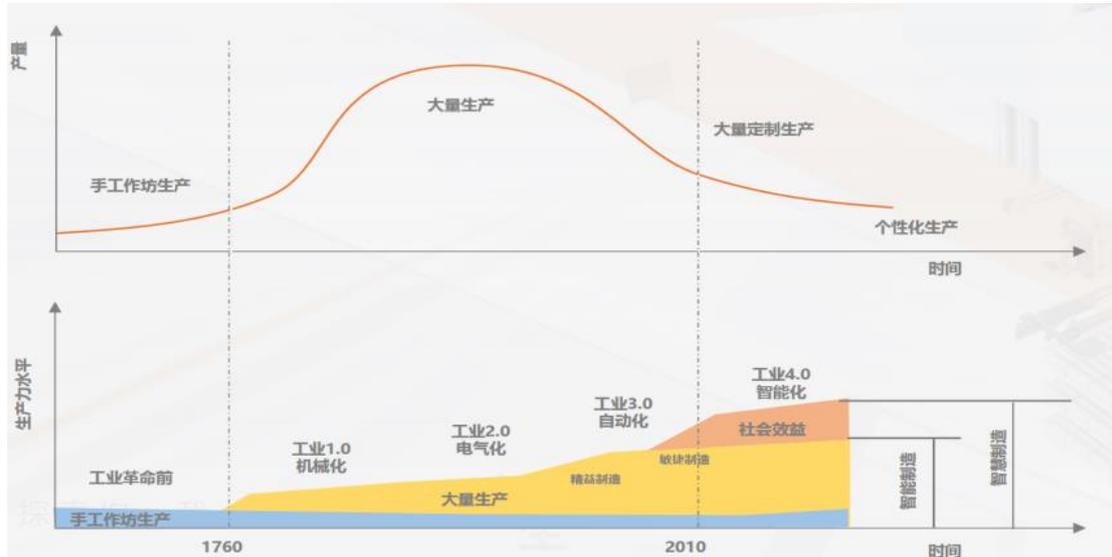
工业数字化也属于新型工业化的范畴，是实现新型工业化的关键路径和核心内容。同时工业数字化也是新质生产力形成和发展的重要推动力，是推动制造业转型升级的必由之路，工业数字化的实现将推动工业领域新业态和新模式的出现，如智能制造、个性化定制、服务型制造等。

人工智能的发展给工业数字化带来了新的发展契机，AI 将加速工业端技术创新的步伐，比如在研发端提供辅助设计加速新产品的开发，在执行端使得机器人更加智能渗透率继续提升。

（一）什么是智慧工厂？更加高效、柔性、虚实结合

智慧工厂较数字化工厂更加高效环保和人性化。工业 3.0 向工业 4.0 发展的特征，是从自动化过渡到智能化，从大量生产过渡到大量定制生产及个性化生产，在此过程中，数字化工厂也将过渡至智慧工厂。根据国家 2022 年实施的《智能工厂通用技术要求》描述，智能工厂将利用**物联网技术**和**监控技术**，提高生产过程可控性、减少生产线人工干预，合理计划排程，并集合多种新兴智能技术和系统，以达到“高效、节能、绿色、环保、舒适”的效果。

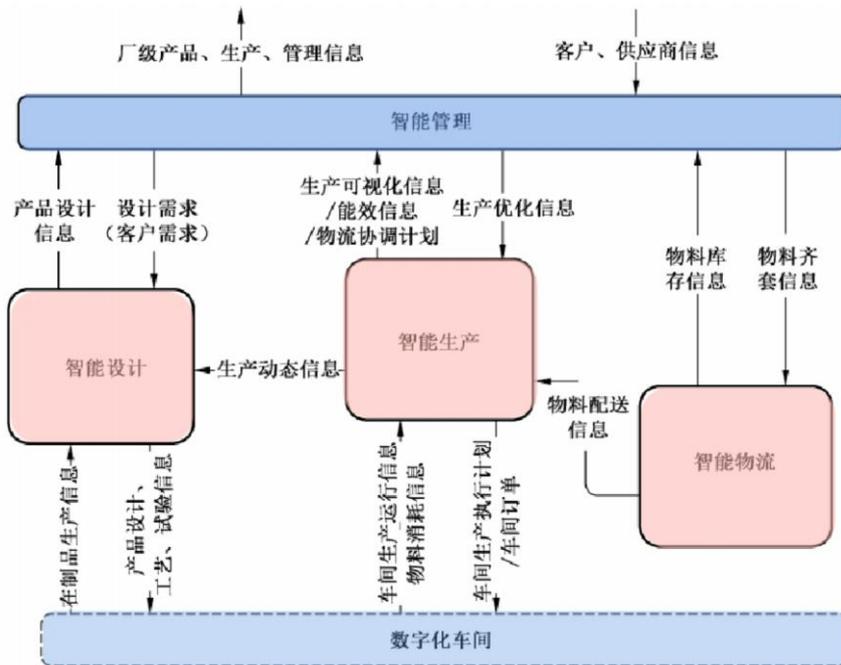
图1：先进制造领域发展时间线



资料来源：中国自动化学会，中国银河证券研究院

智慧工厂的基本要素是数字化、网络化、智能化。对工厂资产进行数字化描述并建立数字化模型，是打造智慧工厂的底层基础。在此之上，企业各层面过程间的纵向集成，以及各环节间的横向集成，各设备网络之间的互联互通，将打通产品全生命周期中数据资产的流动，使得物理世界和网络世界顺畅连接，以期“万物互联”。随后，在数据和信息基础上，分析计算，比较判断，进而代替业务专家帮助企业决策执行，实现降本增效，提质升级。

图2：智能工厂关键技术和数据流示意图



资料来源：《智能工厂通用技术要求》（国家市场监督管理总局&国家标准化管理委员会 2022 年发布），中国银河证券研究院

未来，智慧工厂将实现数据驱动、虚实融合、柔性敏捷、自然友好、生态共荣。

数据驱动：对数据和大模型的运用，将从经营管理侧，进入生产控制侧，再覆盖研发设计侧，将在“采集、建模、分析、决策”闭环的过程中，进行数据资产的价值重构。2023年8月出台的《企业数据资源相关会计处理暂行规定》要求数据资产入表，2023年9月印发的《数据资产评估指导意见》要求建立数据资产价值评估体系，2024年1月的《关于加强数据资产管理的指导意见》明确了数据资产管理内容。未来，数据产品化和流通交易不仅能为企业增值，更能促进产业数据的融合与创新。

虚实融合：当前的数字孪生还存在数据孤岛问题，未来叠加环境学习技术，智慧工厂将完成物理世界和数字世界的映射，创造出全面互联和深度协同的虚拟世界，通过数字样机加速设计迭代，通过数字孪生监控生产和优化工艺，通过产品数字孪生支持智能运维。

柔性敏捷：主要体现在个性化生产和灵活自适应上。目前消费正不断从标准化向差异化转变，智慧工厂将满足，以客户需求驱动产品快速研发，通过柔性资源配置和动态调度，采用柔性产线、工具和系统，以跨企业间的数据共享增强供应链弹性，实现“多品种、变批量、短交期”的个性化交付。此外，企业还可以依托数据挖掘客户潜在需求，提供个性化服务。

自然友好：人工智能、大数据、5G、工业互联网等技术，使得企业更好地观测和控制产品全生命周期碳排放，不断优化生产流程和工艺，以实现绿色制造、绿色工厂和绿色供应链。

生态共荣：纵向层面，未来的智能制造将打通产业链上中下游，实现数据信息在上游采购端、中游制造端、下游运输和服务端的共享，以实现协同效能最大化。横向层面，跨地域、跨行业、跨领域的合作将愈发普遍，以更好地分配社会资源，实现互惠共赢。

（二）工业数字化已成全球博弈高地，中国各领域转型方差大

1.全球主要国家均在布局工业数字化

全球主要国家均针对工业数字化出台了国家顶层战略。美国先进制造战略、德国工业 4.0 战略、日本再兴战略，中国制造 2025 战略，以及印度和巴西等其他发展中国家颁布的印度国家制造业政策，“强大巴西”计划，均引领着各国的制造业升级，以期在全球价值链重构和国际分工格局调整背景下，保持工业制造领先地位。

图3：中美德日四国工业 4.0/智能制造相关政策

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023		
中国								<ul style="list-style-type: none"> 智能制造工程实施指南(2016-2020); 国民经济和社会发展规划第十三个五年规划纲要,提及实施智能制造工程; 智能制造试点示范专项行动实施方案; 装备制造业标准化和质量提升规划; “十三五”国家战略性新兴产业发展规划,提及大力发展智能制造系统; 智能制造发展规划(2016-2020年); 						<ul style="list-style-type: none"> 工业互联网创新发展行动计划(2021-2023年); “十四五”现代综合交通运输体系发展规划,提及推动物流业供应链物流高质量发展; “十四五”数字经济发展规划,提及扩大内需战略,支持智能制造、流程再造等领域新型专业化服务机构发展; 关于加快培育发展制造业优质企业的指导意见 			
日本	<ul style="list-style-type: none"> 日本制造业竞争策略 		<ul style="list-style-type: none"> 第四期科技基本计划(2011-2015) 			<ul style="list-style-type: none"> 日本再兴战略,“新机器人战略”,三大核心技术创新带动目标分别是世界制造业、医疗、护理、农业等领域的结构变革; 制造业白皮书(2014),将机器人、下一代清洁能源汽车、再生医疗以及3D打印技术作为今后制造业发展的重点领域 	<ul style="list-style-type: none"> 提出IVR 	<ul style="list-style-type: none"> 提出“互联工业”,安倍互联工业,日本产业新未来的愿景演讲; 制造业白皮书(2013),调整了工业价值链计划,明确了“互联工业”是日本制造的未来 		<ul style="list-style-type: none"> 2018-2021年,开放限定地域内无线通信服务 	<ul style="list-style-type: none"> 产业技术愿景2020,提出了至2050年日本产业发展的三大方向,促进人才投资,加速技术商业化,集中资源进行重点技术研发; 物联网安全架构; 数字治理守则,对相关企业数字化转型程度进行认证; 		<ul style="list-style-type: none"> 人工智能战略2022,未来深入推进的领域:教育改革、研发体制改革、整合数据基础,数字化管理,支持中小、制造业白皮书,企业和初创企业大力推动制造业伦理;基础技术的产业振兴和前沿技术强化半导体的稳定供应,推动人工智能、大数据、物联网、材料、光学量子技术、环境、能源等尖端技术的研发 				
德国	<ul style="list-style-type: none"> CPS综合研究议程计划 		<ul style="list-style-type: none"> 2020高科技战略,打造基于信息物理系统的制造智能化新模式 			<ul style="list-style-type: none"> “工业4.0”战略 	<ul style="list-style-type: none"> 数字议程(2014-2017),包括网络安全及“数字经济”等方面内容; 				<ul style="list-style-type: none"> 德国工业战略2030,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 	<ul style="list-style-type: none"> 更新人工智能战略; 数字化实施战略第五版; 联邦数据战略; 反对限制竞争法,禁止和制裁数字战略,欧盟新工业战略,确保数字市场公平竞争;数字化是工业转型的关键驱动因素 	<ul style="list-style-type: none"> 数字化战略; 人工智能行动计划,确定了11个最迫切需要开展活动的具体行动领域 				
美国	<ul style="list-style-type: none"> 重振美国制造业框架 2010制造业促进法案 	<ul style="list-style-type: none"> “先进制造联盟计划”,实现21世纪智能制造; 美国制造业复兴计划 	<ul style="list-style-type: none"> 美国通用电气(GE)提出工业互联网概念; 先进制造业国家战略计划 			<ul style="list-style-type: none"> 国家制造业创新网络初步设计,投资10亿美元建造美国制造业创新网络 		<ul style="list-style-type: none"> 智能制造2017-2018路线图 	<ul style="list-style-type: none"> 先进制造业美、人工智能战略;2019年更新版 	<ul style="list-style-type: none"> 关于加强美国未来产业领导力的建议,提出加强人工智能、量子科学技术等领域的跨部门合作,构建先进制造生产式设计未来产业联合体 	<ul style="list-style-type: none"> 美国的全球数字经济战略,提出了指导美国信息技术和数字经济发展的11条关键原则 	<ul style="list-style-type: none"> 数字经济与生产战略2020-2021;国家先进制造业2021;提出加快国家网络安全战略,提出发展技术密集型、发展技术密集型先进制造业 					

资料来源:中国政府官网,智能制造IMS,自动化博览,中国科学院科技战略研究院,观研天下,wind,中国银河证券研究院

中美德日四国工业 4.0 战略及智能制造着力点存在差异。

美国以计算机、软件和互联网、大数据和 AI、机器学习等 IT 技术见长，侧重软件连通硬件。其最先提出工业互联网概念，并重点关注设备互联互通以及数据的统计分析。美国制造优势体现在前沿科技、产用研发设计、核心零部件、精密仪器、先进装备等，在汽车、电子、化工、新材料、制药等领域发展前列。其数字技术、数字基础设施、数字市场、数字治理指标均处于全球领先水平，是数字经济的领头羊。

德国以工控技术见长,力求通过硬件连通软件。其工业 4.0 较强调机械加工工艺能力、内嵌式控制系统的专业设备和控制能力。德国制造优势体现在高效的创新体系、优越的创新环境、高质量产业技术团队等，主要在传统机械、汽车、机器人、化工、制药、新能源领域发展领先。

日本注重打造数字基础,并强调“互联工业”。日本制造重视“工匠精神”的培养,对知识产权的保护水平高,其优势领域集中在汽车、半导体、机器人、精密仪器、光学仪器、数控机床等。

中国强调新一代信息技术与制造业的深度融合，落脚在制造大国向制造强国的转变。由于中国工业基础较德美等国薄弱，中国制造 2025 等战略，不仅局限于制造业的重组，而且关注核心基础零部件、先进基础工艺、关键基础材料和产业技术基础的强化，追求从基础科学到生产方式的全面突破。中国制造业体系完备，劳动力价格相对低廉，在轻工纺服等轻工业领域，以及工程机械、高铁、航空航天、特高压输电等大型工程项目领域具备优势。中国已经具备一定的数字基础设施建设积累，并具备广阔的数字市场。但是，在数字技术和数字治理层面，中国和其他三国依旧有一定差距。

表1：全球主要工业大国在“工业 4.0”相关领域的比较优势

国家	制造业优势	优势领域	数字经济优势	数字经济优势产业
美国	前沿科技、产用研发设计、核心零部件、精密仪器、先进装备、品牌、制造业“空心化”	汽车、电子、化工、新材料、制药、精密仪器、航空航天	前沿数字技术、商业模式、大型平台企业、独角兽企业、创业活跃	云计算、人工智能算法、芯片、5G、智能传感器、商业模式、智能终端
德国	高效创新体系、优越创新环境、高质量产业技术团队、大量隐形冠军	传统机械、汽车、机器人、化工、制药、新能源、环保	借助传统制造业未来转型的切实需求，数字赋能拥有广阔前景	工业软件、制造机器人、系统集成
日本	产品高附加值、差异化创新、“工匠精神”、产业政策差异化扶持、国际化水平高、知识产权保护水平高	半导体、精密仪器、光学仪器、汽车、制药、新材料、数控机床、电气设备	亮点较少	电子零件与设备、通信材料、芯片制造、软件
中国	制造业门类齐全、体系完备、规模巨大、终端消费市场购买力大、应川场景丰富、劳动力价格相对低廉	纺织、玩具、服装、电子制造、工程机械、高铁、特高压输电、航天	丰富应用场景、互联网普及率、互联网支付、基础设施健全、独角兽、电商	电子商务、共享经济、人工智能、5G、智能手机

资料来源：中国科学技术发展战略研究院，中国银河证券研究院

图4：全球主要国家 TIMG 指数

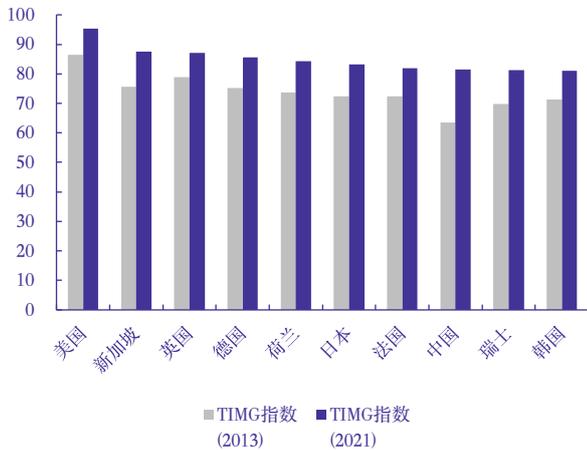
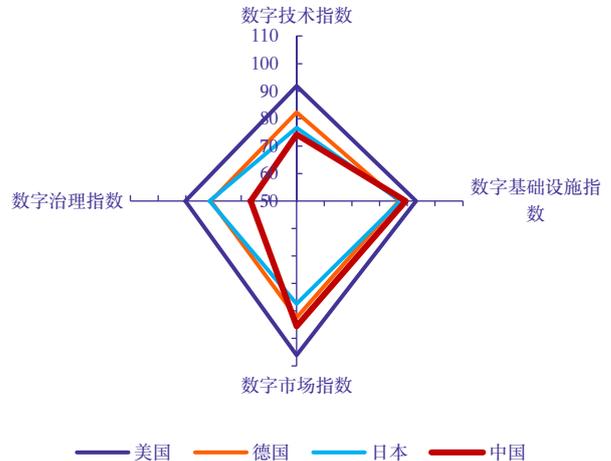


图5：中美德日四国 TIMG 指数细分项对比 (2021)



注：TIMG 指数从数字技术 (Technology)、数字基础设施 (Infrastructure)、数字市场 (Market) 和数字治理 (Governance) 四个维度衡量全球数字经济发展

资料来源：国家金融与发展实验室，中国银河证券研究院

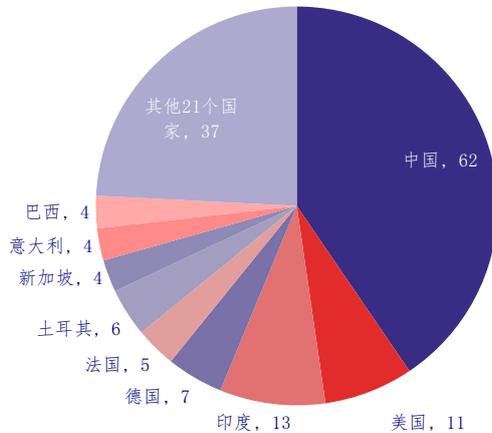
资料来源：国家金融与发展实验室，中国银河证券研究院

2. 中国智能制造发展现状：灯塔工厂数量全球第一，但发展不平衡

中国灯塔工厂数量全球第一。灯塔工厂运用了云计算、大数据、3D 打印、AI 和 5G 等技术，代表了当今全球制造业领域智能化和数字化的最高水平。

据世界经济论坛和麦肯锡于 2023 年 12 月 14 日发布的报告，至 2023 年 12 月，全球有 153 家灯塔工厂，其中位于中国的有 62 家，占比 40.5%，位列世界第一，印度和美国分别占比 8.5%和 7.2%，位列二、三。

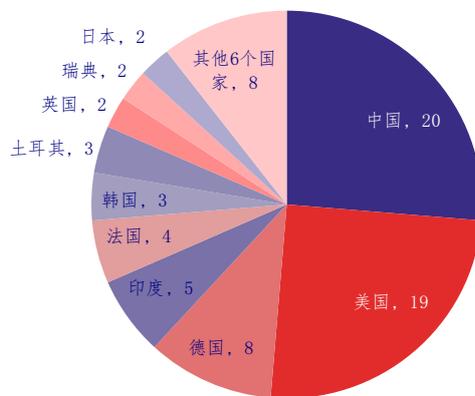
图6：灯塔工厂全球分布（至 2023.12）



资料来源：世界经济论坛，麦肯锡，中国银河证券研究院

据世界经济论坛和麦肯锡于 2023 年 1 月 13 日发布的报告，至 23 年 1 月，按照灯塔工厂所属公司所在国家分布，中国占比 26.3%，高于第二名美国（25%）和第三名德国（10.5%）。

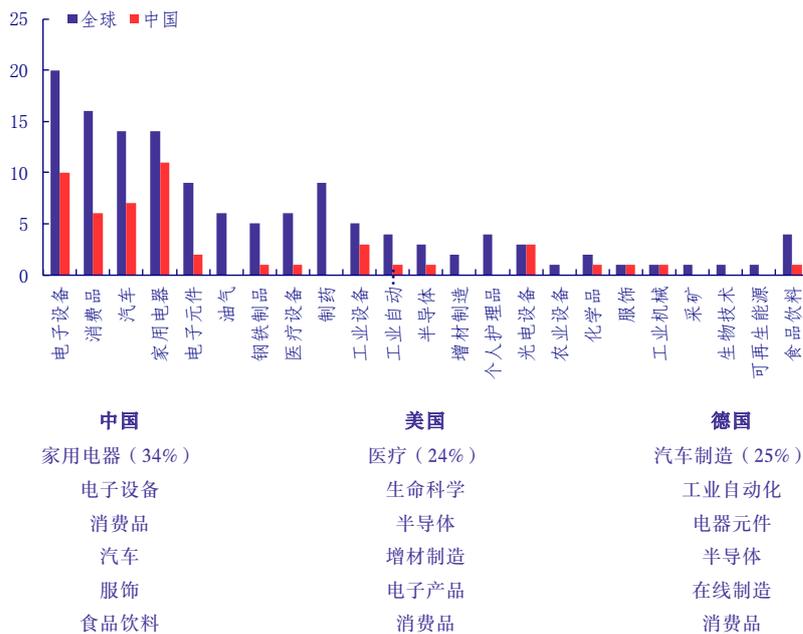
图7：全球灯塔工厂所属公司分布（至 2023.1）



资料来源：世界经济论坛，麦肯锡，中国银河证券研究院

从行业分布上，位于中国的 50 家灯塔工厂，主要来自家电和 3C 电子产品等离散型行业，而美国和德国则主要集中在医疗、半导体、工业自动化、生物技术、高端材料等尖端制造行业。家电巨头海尔（拥有 6 家）、美的（拥有 5 家）共计拥有的灯塔工厂数量占中国总数的 22%。在重工和锂电行业，三一重工（拥有北京桩机工厂、长沙 18 号工厂，共 2 家）、宁德时代（拥有宁德基地、四川时代，共 2 家）分别拥有全球重工行业、锂电行业仅有的灯塔工厂。

图8：全球及中国灯塔工厂行业分布（截至 2023.1）



资料来源：世界经济论坛，麦肯锡，中国银河证券研究院

总的来说，中国制造目前尚处于机械化、电气化、自动化、数字化并存的状态，不同地区、行业、企业的发展不平衡。在发展智能制造的过程中存在以下问题：关键技术和核心装备受制于人，标准/软件/网络/信息安全基础薄弱,系统整体解决方案供给能力不足,缺少国际性的行业巨头企业，以及跨界融合的智能制造人才。

（三）打造智慧工厂分为三个阶段

1.企业纵向发展：自动化-人机物互联-智能决策&构建生态平台

参考三一重工和特斯拉“超级工厂”发展历史，纵向看，打造智慧工厂可以分为“机器自动化升级，离散信息化平台构建”、“人机物协同互联，跨流程生态平台构建”、“数字孪生智能决策，跨企业生态平台构建”三个步骤。

第一个阶段以流程和组织自动化、互联化，以及推动设备自动化为目标。主要是应用 ECC、ERP（企业资源计划）、MES（制造执行系统）、PDM（产品数据管理）、PLM（产品生命周期管理）等技术快速补全自动化能力,在企业各层面过程间进行纵向集成，在各管理系统间进行横向集成，构建信息化流程，并尝试将自动化扩展到生产制造端，推动设备自动化改造。受益的方向是工业软件、工业控制，以及部分自动化设备和零部件提供商，如机床、机器人（包括工业机器人和移动机器人）、专用装备等。

但这个阶段，企业自动化部署主要还是集中在企业内部、单一职能或生产线。采用的自动化设备更多的还是机械臂等，每个流程只重复一个固定工艺，目标是快速、精准地完成单一步骤。

第二个阶段以构建人、机、物的开放互联，主要通过大数据、工业互联网和物联网等技术，贯穿研发设计、生产、管理、服务各个环节。初期企业生产现场设备繁多，数据相对独立，形成“信息孤岛”与“自动化孤岛”。此时，一方面，可以利用嵌入式的处理器、存储器、传感器和通信模块，把设备、产品、原材料、软件联系在一起，实现不同产品和不同设备之间的命令交换，另一方面，利用工业互联网平台和系列化工业软件，连通设计、生产、交付全流程，实现产品全生命周期管理。

这个阶段，依赖日渐发达的大数据、云计算/边缘计算、超链接（公用和专用 5G、增强型移动宽带、低功耗广域网络等）、数据安全技术、人机接口技术等，以实现进一步

的万物互联。受益的方向是工业通信、云服务提供商、更高阶的智能设备制造商等，如传感器、智能化机床、3D 打印、人形机器人等。

但是，在制造现场和制造设施的智能化上，受制于智能化程度有限、缺乏自主迭代、适应变化的设备与厂房建设，部分环节依旧较依赖人工，效率提升存在阈值。此外，企业汇总了大量的数据，主要用于生产经营分析，而埋没了其在优化决策与产业共享上的价值变现。

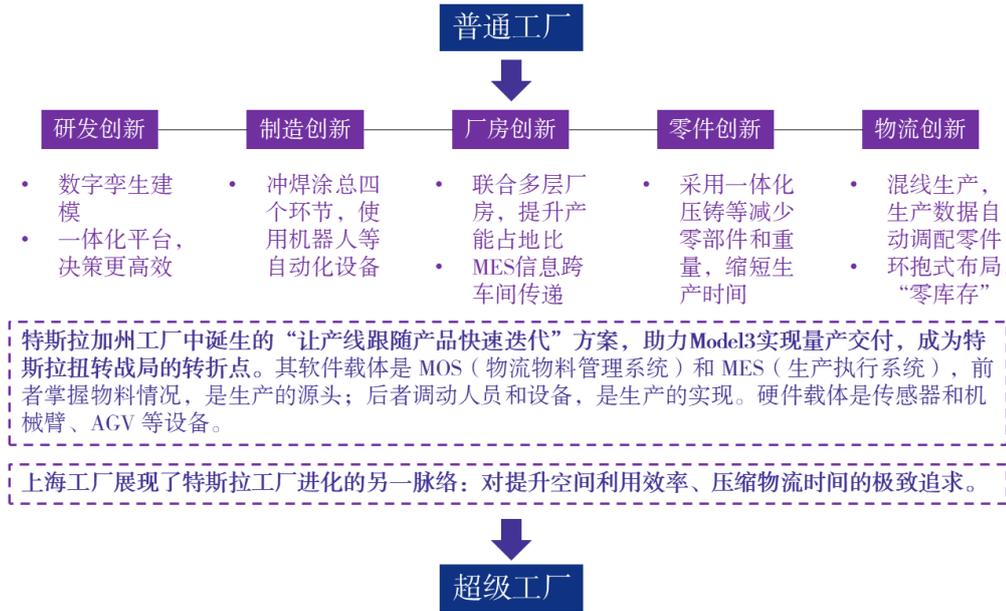
第三个阶段以数字孪生辅助智能决策，跨企业构建生态平台为目标。一方面，利用云计算、AI、数字孪生等技术，企业可以与实际业务场景深度融合，加强制造生产过程中自主感知、学习、适应、决策和执行的能力，并实行定制化和柔性生产。另一方面，通过与数据分析领域的伙伴合作过程，企业可以挖掘数据价值，搭建产业级数据中心，成为行业标准的制定者和行业智能化转型的赋能者。受益的方向为 AI 设备及服务提供商、大数据分析公司等。

图9：三一重工智能制造发展历史



资料来源：成琼文等《后发企业智能制造技术标准竞争的动态过程机制——基于三一重工的纵向案例研究》，中国银河证券研究院

图10：特斯拉“超级工厂”进化法



资料来源：晚点 AUTO，42号车库，特斯拉官网，中国银河证券研究院

2.企业横向比较：先进企业挖掘数据价值，传统企业识别共性需求，积极借力

从全球范围角度，分智能制造各个环节来看，制造现场的互联性、制造设备的互联和智能性，是全球需要加强的共性问题，也是先进企业和传统企业差距较大的环节。

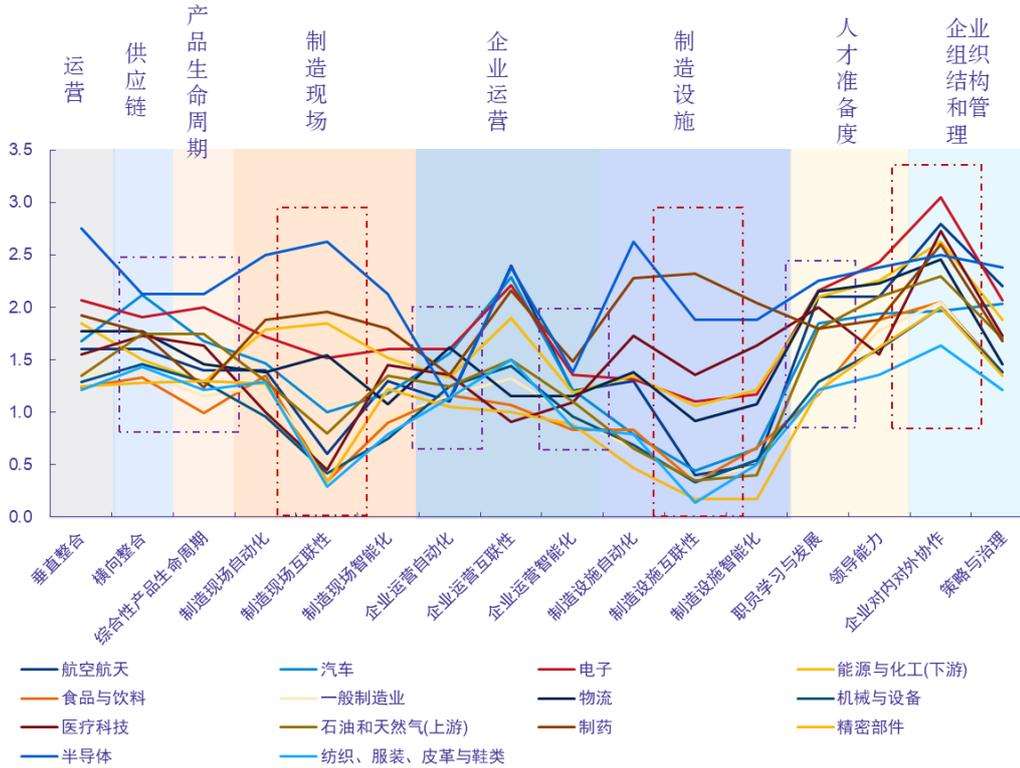
对于传统行业内传统企业：识别行业共性需求，先进行流程和组织上的智能化建设。迈入第一个阶段（阶段划分参见上节）。

对于传统行业内的先进企业，如石油和天然气(上游)：企业在流程和组织建设上已经具备一定智能化水平，但是在制造现场互联性和制造设备自动化、互联性、智能化上还较为不足。应着力攻入第二阶段。

对于先进行业内的传统企业：行业内已有榜样案例，可自主学习，或者积极和系统集成商合作，为其机械装备和系统设计模块化、一站式的物联网解决方案。

对于先进行业内的先进企业：探索第三个阶段。一方面，利用 AI 等技术实现自主决策，进一步提升已是高度发达的工厂的运营，另一方面，寻求数据价值变现的机会。

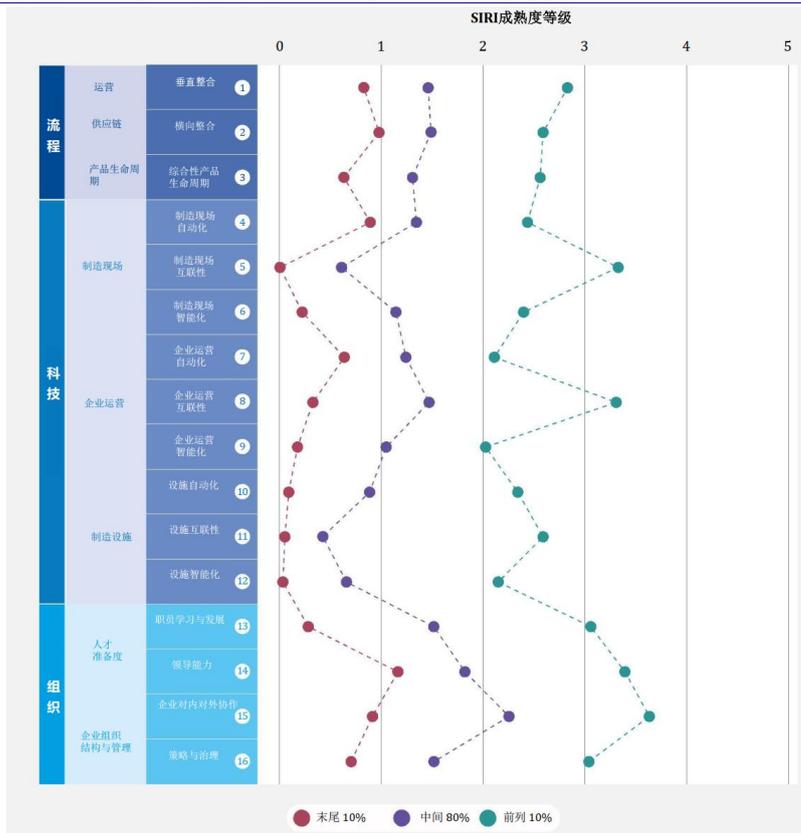
图11: 各行业企业智能工业成熟度



注: Y轴代表智能工业成熟度打分, 覆盖流程、科技和组织三个大方向及16个细项, 数值大代表成熟度高

资料来源: 2022年《制造业转型洞察报告》(世界论坛和新加坡经济发展局编制), 中国银河证券研究院

图12：先进企业和传统企业智能工业成熟度对比（2022年）



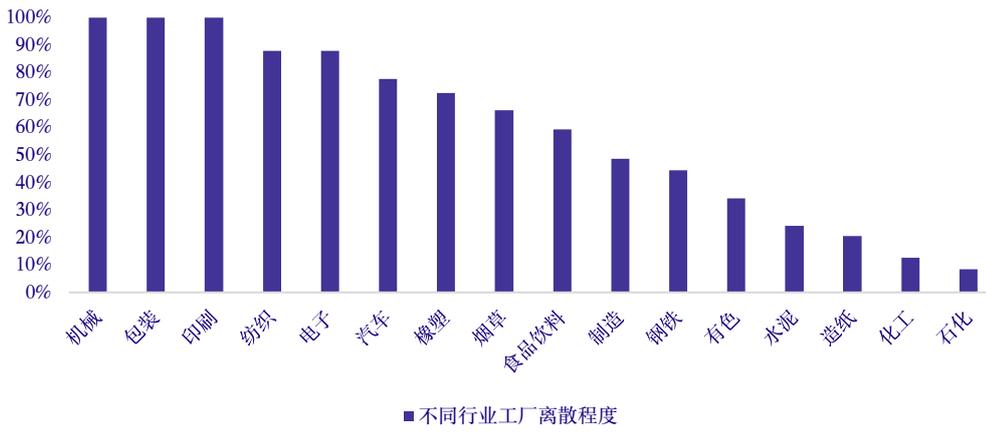
注：先进企业代表智能工业成熟度高的企业，反之，为传统企业

资料来源：2022年《制造业转型洞察报告》（世界经济论坛与新加坡经济发展局联合编制），中国银河证券研究院

3.技术升级路线：离散型行业精益制造&软件一体化，流程型行业设备互联&智能决策

技术上，离散型行业需加强技术装备制造水平升级（精益制造）、软件一体化，流程型行业注重设备互联、智能优化与决策。中国智慧工厂建设处于弥补工业 2.0&3.0，以及探索工业 4.0 并行的状态，离散型工厂目前的自动化水平相对流程性工厂更低，对人工的依赖性更强，部分离散型企业数据采集方式依旧偏人工操作，因此关键制造装备和工业软件需要同步升级，“硬件”层面，要在智能数控加工技术和设备、增材制造技术与装备上发力，“软件”层面，要在智能建模和仿真技术上着墨。目前流程型工厂已经较为广泛地采用 DCS、PLC 等进行设备控制，智能仪表和数字传感器等进行检测驱动，软件系统的应用已经较为成熟，未来重点优化的方向，是设备互联，系统智能决策，全生命周期产品质量监控、追溯、诊断、预测与优化。

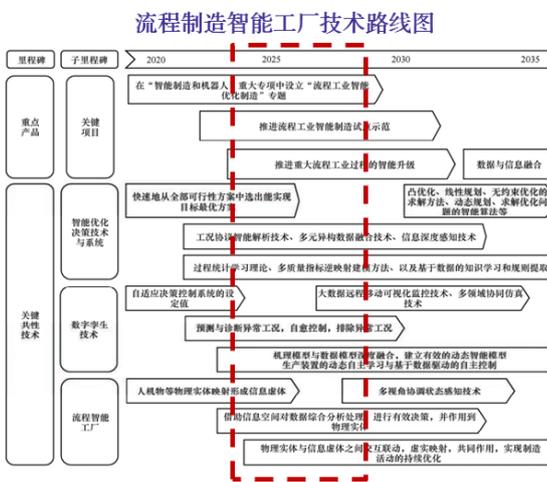
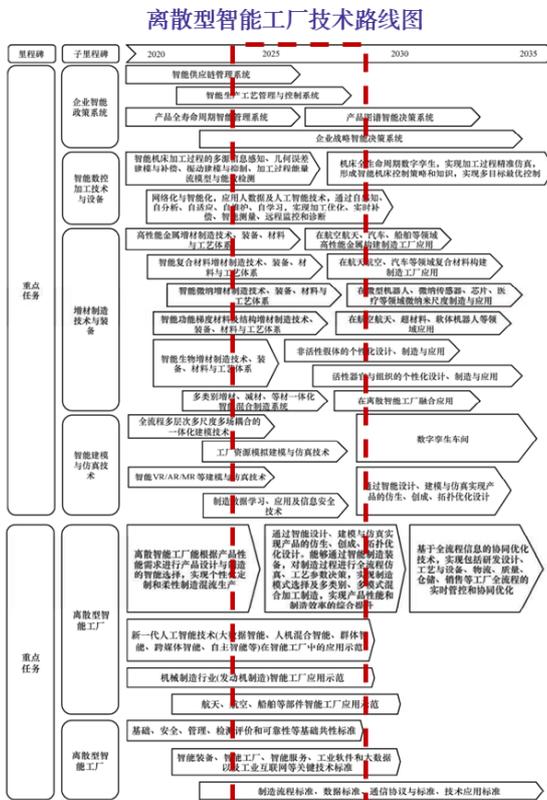
图13：离散行业和流程行业划分



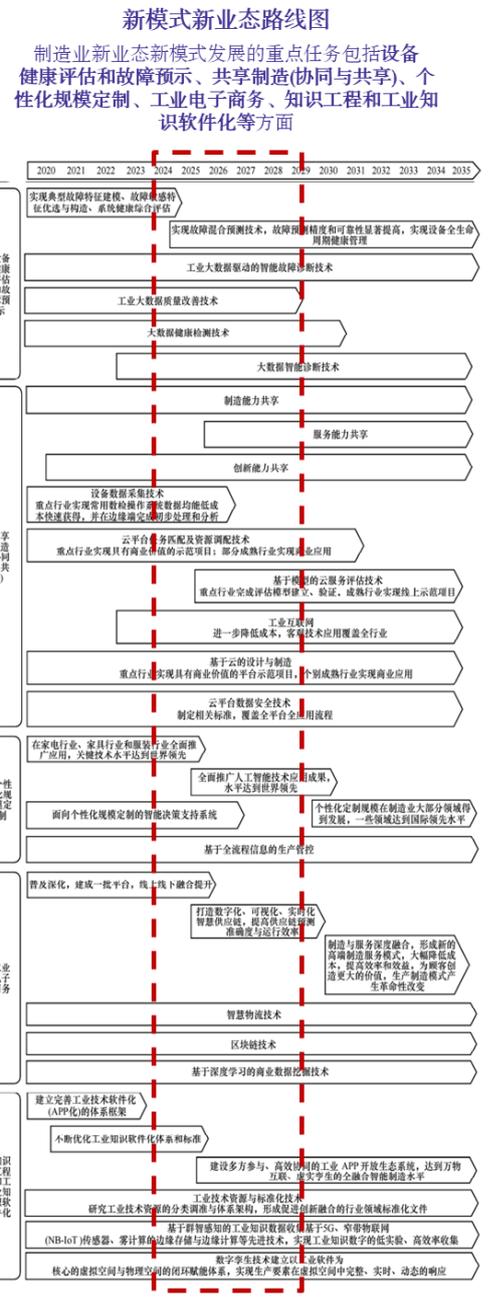
资料来源：轻造科技，中国银河证券研究院

图14：智能工厂及制造业新模式新业态技术路线图

- 重点关注重大关键制造装备，工业软件，标准规范的“中国制造”，其中智能制造装备是智能工厂的基础支撑
- 从技术研发和体系构建，过渡到工厂实际运用，其中航空航天船舶、汽车、机器人和新材料是重点应用领域
- 融合AI技术，从经营管理系统过渡到决策系统



- 关键共性技术包括智能优化决策技术与系统、数字孪生技术、流程智能工厂等
- 重点支持：(1) 流程制造中的重大装备的智能感知与远程运维技术 (2) 基于知识自动化的流程工业智能优化决策与协同控制一体化技术 (3) 全生命周期产品质量监控、追溯、诊断、预测与优化技术 (4) 基于CPS的智能能源综合管理系统



- 制造业新业态新模式发展的重点任务包括设备健康评估和故障预测、共享制造(协同与共享)、个性化规模定制、工业电子商务、知识工程和工业知识软件化等方面

资料来源：臧冀原等《面向 2035 的智能制造技术预见和路线图研究》，中国银河证券研究院

二、工业数字化市场空间巨大，四大板块交叉并进

(一) 保守估计智慧工厂整体市场规模不低于 8 万亿

工业 4.0 时代，制造业水平是衡量一个国家经济发达程度的重要指标之一。近年来，中国在人工智能、大数据、5G 等先进技术领域取得持续突破，制造业公司走在数字化、智能化以及绿色化转型的前列，推动中国从世界第一的制造大国逐步向制造强国迈进。

根据中国工业互联网研究院发布的《工业互联网创新发展报告（2023年）》，目前全国已累计建成数字化车间和智能工厂近8000个，工业互联网核心产业规模超过1.2万亿元。其中，2500余个达到智能制造能力成熟度2级以上水平，基本完成数字化转型，209个成为具有国际先进水平的智能制造示范工厂，经过转型，这些示范工厂产品研发周期平均缩短20.7%，生产效率平均提升34.8%。截至2023年12月，全球共有153座“灯塔工厂”，其中62座位于中国，占比达到40.52%，总数持续领先全球。

智能化工厂方案定价一般可按照智能化改造后被替换掉的工人的约3年平均社会成本来计算。根据第四次经济普查（2018）结果，我国制造业从业人员共10388万人。根据Wind提供的上市公司员工构成比例，假设生产岗位员工数占比60%，则我国制造业从事生产的工人总数约为6233万人。假设工厂智能化改造后，有一半从事生产的工人会被替换，以此估计，将有3116.5万工人被替代。

表2：中国制造业从业人数

行业	从业人员（万人）
制造业合计	10388.45
其中：	
农副食品加工业	426.78
食品制造业	251.83
酒、饮料和精制茶制造业	175.61
烟草制品业	16.49
纺织业	471.73
纺织服装、服饰业	582.15
皮革、毛皮、羽毛及其制品和制鞋业	318.33
木材加工和木、竹、藤、棕、草制品业	212.74
家具制造业	198.42
造纸和纸制品业	171.74
印刷和记录媒介复制业	159.51
文教、工美、体育和娱乐用品制造业	315.01
石油、煤炭及其他燃料加工业	92.49
化学原料和化学制品制造业	469.65
医药制造业	232.01
化学纤维制造业	49.33
橡胶和塑料制品业	471.64
非金属矿物制品业	726.74
黑色金属冶炼和压延加工业	247.85
有色金属冶炼和压延加工业	201.53
金属制品业	644.61
通用设备制造业	707.57
专用设备制造业	532.36
汽车制造业	552.76
铁路、船舶、航空航天和其他运输设备制造业	152.58
电气机械和器材制造业	733.51
计算机、通信和其他电子设备制造业	1007.27
仪器仪表制造业	126.96
其他制造业	64.35
废弃资源综合利用业	26.47
金属制品、机械和设备修理业	48.43

资料来源：国家统计局，中国银河证券研究院

我国制造业平均工资水平稳步提升，2022年达到8.69万元/年，同比增长5.16%，按5%的增速计算，预计2023和2024年平均工资分别为9.13万元/年和9.58万元/年，则

2022-2024 年制造业平均工资为 9.14 万元/年，即平均一个工人的三年社会成本约为 27 万元。

图15：中国制造业就业人员平均工资



资料来源：国家统计局，中国银河证券研究院

基于以上假设，中国“工业 4.0”市场总规模（一半工人被替代）=被替代工人数*工人的 3 年社会平均成本=3116.5 万*27 万元=8.41 万亿。

工业装备、工业网络、工业软件、工业数据是发展智慧工厂必不可少的共性需求。工业领域宽广，子行业众多，不同行业之间的数字化进程存在显著差异，但不难发现存在一些跨行业的共性需求场景，这些场景具有跨行业通用性和高价值特点，蕴藏着广泛的投资机会。华为和中国信通院共同发布的《工业数字化/智能化 2030》白皮书从生命周期、系统层级和智能特征三个维度识别了二十个高价值的共性场景。这些场景将成为未来 5-10 年内工业企业的数字化部署重点，也将驱动相关关键使能技术的迭代更新。要成功部署这二十个共性价值场景，工业装备、工业网络、工业软件、工业数据是必不可少关键支撑要素。工业装备作为高效、稳定、自动化作业的终端，是工业数字化的基础；工业网络是现场的人机料法环全要素的连接介质，实现协同；工业软件则帮助企业开展研产供销服全流程的精细化分析、决策与管理；工业数据是无处不在的资产，是沉淀的智慧结晶，是潜在价值无限的宝藏。

图16：二十个共性价值场景



资料来源：华为，中国信通院，中国银河证券研究院

（二）智慧工厂发展加速，四大板块空间广阔

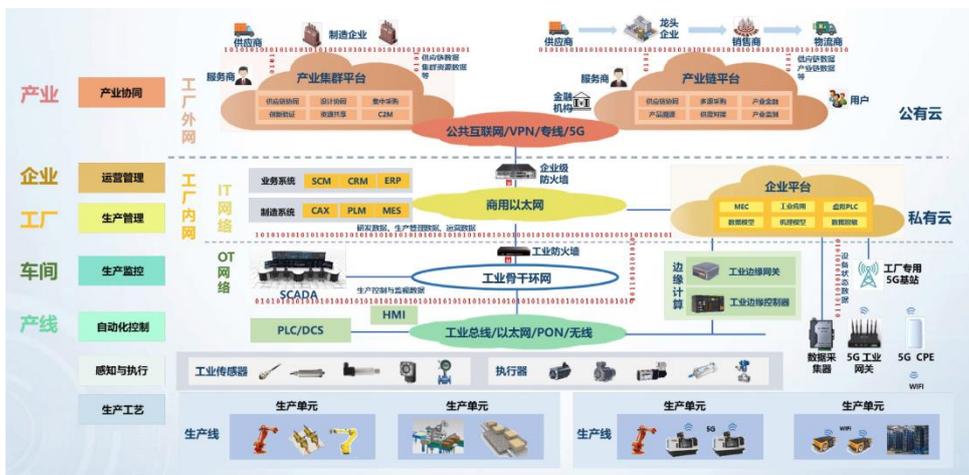
有学者认为，从技术维度来看，智能制造技术体系分为基础共性技术和标准（数据标准、集成电路、移动通信等），智能装备技术、工业软件技术和工业互联网技术（物联网、大数据、云计算、区块链、人工智能等）。

从空间载体来看，智能制造系统可以分为设备层、车间层、工厂层、企业层、网络协同层。具体来看：

- 设备层是智能制造的基础，涵盖了制造过程中使用的各种设备和机器，包括传感器、执行器、机械设备、工业机器人等，通过物联网技术连接，实现实时数据采集、监测控制和参与协同制造。
- 车间层是应用先进的制造技术和智能化设备并相互连接以形成小范围的生产单元，承担生产计划、生产调度、质量控制等功能形成“智能感知-动态调整-质量检测-持续改进-反馈学习”的闭环来增强智能车间的敏捷响应能力。

- 工厂层是整个智能制造体系中的关键层次,运用工业物联网、增材制造等技术促进工厂层面全要素数据可视化和实时化,实现生产设备、能源、物流、人力等生产要素的数字化集聚(大数据中心)网络化共享(工业互联网)和平台化协同(调度协同指挥中心)。
- 企业层关注战略层面的决策制定、技术应用、任务调度、资源编排和供应链管理,具有高度智能化、决策科学化、要素集成化的特征,一方面通过“数字化补课”实现跨越式创新和数字化转型,另一方面厘清智能制造标准规范,确保企业各个层次和系统之间的协同性和兼容性。
- 网络协同层通过工业互联网平台搭建起多元主体链接的桥梁,以价值链为导向实现端到端的协同制造,以系统思维提升全产业链集成下的动态响应能力。

图17: 制造业数字化转型数字技术集成实施方案



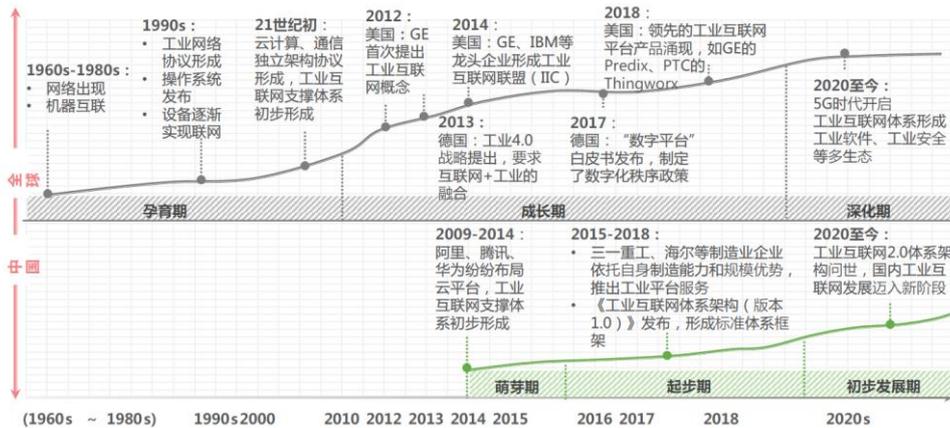
资料来源: 中国工业互联网研究院, 中国银河证券研究院

1、工业互联网：智慧工厂的神经网络，产业规模快速增长

工业互联网在工业网络、云计算、现代通信等基础上发展而来，于 21 世纪 10 年代初步形成。世界公认“工业互联网”概念的首次提出是 2012 年 11 月美国 GE 通用电气《工业互联网:打破智慧与机器的边界》白皮书。美国连续推进先进制造伙伴计划(AMP, Advanced Manufacturing Partnership), 加速制造业数字化的技术创新和应用。欧盟实施“工业 5.0”战略, 推动数字化绿色化双转型, 构建以人为本、弹性、可持续的产业链供应链。德国发力“工业 4.0”, 以智能工厂、智能产线为基础, 着力巩固制造业竞争优势。英法日韩等传统工业强国和新兴经济体也在强化数字技术优势, 以提高制造业竞争力, 包括英国的“英国工业 2050 战略”、法国的“新工业法国计划”、日本的“超智能社会 5.0 战略”、韩国的“制造业创新 3.0 计划”等。“工业互联网不是工具的革命而是革命的工具”, 逐渐成为全球共识。

放眼全球, 不同国家由于工业基因、工业技术的积淀不同, 工业互联网的发展路径也不尽相同。美国坚持市场化原则, 工业互联网主要由巨头企业和资本主导; 德国更加注重产品质量和技术, 围绕整体的工业形态打造展开; 中国则是在云平台的基础上, 由政策领航助推, 目前仍处于初步发展期。

图18：全球工业互联网发展历程



资料来源：艾瑞咨询，中国银河证券研究院

工业互联网主要由网络、平台、安全三大服务体系所构成，其中平台体系是核心，平台体系的核心是平台层。平台层主要包含数据集成平台、工业大数据平台、工业 AI 平台、技术赋能平台四大类平台，其主要服务有两类：一是围绕数据资产价值挖掘所提供的一系列数据集成、处理、分析等服务；二是围绕第三方服务及客户自身开发所提供的开发工具等能力。

图19：工业互联网功能体系架构

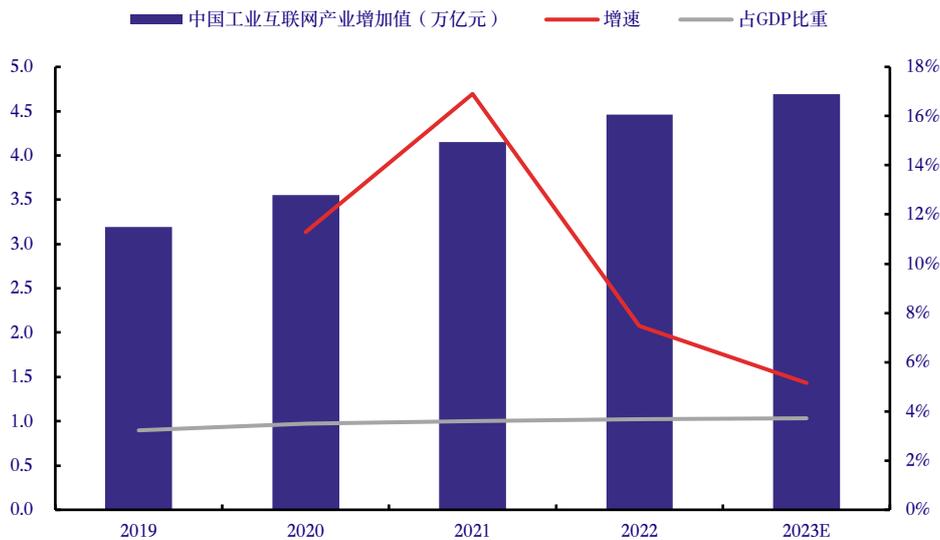


资料来源：艾瑞咨询，中国银河证券研究院

工业互联网通过人、机、物的全面互联，构建起覆盖全要素、全产业链、全价值链的全新制造与服务体系，形成数字化、网络化、智能化的新兴生态和应用模式，是发展先进制造业的关键支撑，为工业数字化、网络化、智能化转型升级提供了实现路径。

工业互联网发展战略提出以来，我国工业互联网产业增加值总体规模保持较快增长。2022 年，我国工业互联网核心产业增加值达到 1.26 万亿元，同时带动渗透产业增加值 3.20 万亿元，工业互联网产业增加值总体规模达 4.46 万亿元，占 GDP 的比重为 3.69%。2017-2022 年工业互联网产业增加值 CAGR 达 13.66%，高于 GDP 增速。预计 2023 年，工业互联网核心产业增加值将达到 1.35 万亿元，带动渗透产业增加值 3.34 万亿元，工业互联网产业增加值总体规模达 4.69 万亿元，占 GDP 的比重上升至 3.72%。

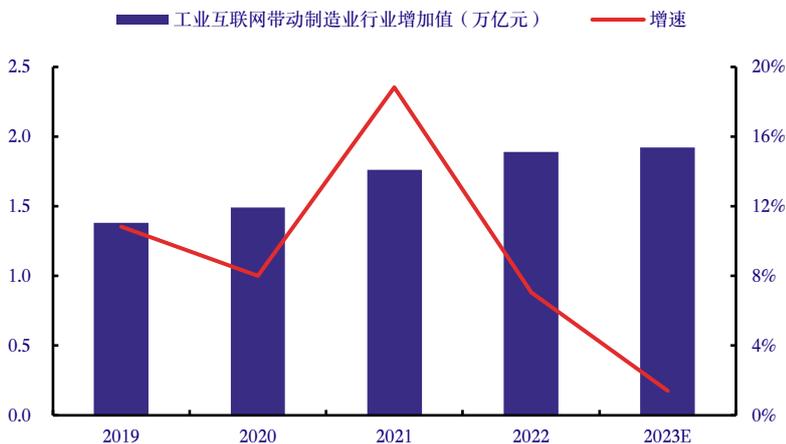
图20: 中国工业互联网产业增加值及占 GDP 比重



资料来源: 中国工业互联网研究院《中国工业互联网产业经济发展白皮书(2023年)》, 中国银河证券研究院

在制造业,工业互联网是推动制造业数字化转型、推进新型工业化的重要技术支撑,是推动实体经济与数字经济有机融合的重要抓手。制造业是工业互联网赋能的主阵地,工业互联网通过提高生产效率、降低运营成本、提高产品质量、优化资源配置、增强供应链弹性、提升绿色安全和低碳发展水平、促进创新等方式,持续推动制造业实现高质量发展。据中国工业互联网研究院测算,2022年工业互联网带动制造业的增加值规模达到1.89万亿元,名义增速7.05%。预计2023年,工业互联网带动制造业的增加值规模将达到1.92万亿元。

图21: 工业互联网带动制造业行业增加值



资料来源: 中国工业互联网研究院《中国工业互联网产业经济发展白皮书(2023年)》, 中国银河证券研究院

工业互联网核心产业由网络、标识、平台、数据、安全及工业控制与装备、系统集成七大部分组成。网络是基础,为信息传输提供载体,主要包括工厂硬件、软件及相关技术,如系统设备、网络终端、网络服务等,应用场景可分为企业内网与企业外网。标识是身份,是实现工业互联网互联互通的关键核心设施,作为“数字世界的身份证”,能够实现人、机、物等互联,主要包括标识解析体系建设、服务、应用等。平台是中枢,主要为“综合型+特色型+专业型”多层次系统化平台体系,其中综合型平台是跨行业跨领域平台,特色型平台面向重点行业和重点区域,专业型平台面向特定领域。数据是要

请务必阅读正文最后的中国银河证券股份有限公司免责声明。

素，作为信息的重要表现形式，贯穿于工业企业端、边、云各层级和人、机、物、系统各环节，通过清洗、挖掘、确权、交易实现价值赋能。安全是保障，渗透于设备终端、工控、网络、云、数据、业务与应用等所有环节，有效识别、抵御和化解各类安全风险，是实现工业智能化、工业互联网规模化推广的必要条件。工业控制与装备在生产制造中发挥着重要作用，主要包括嵌入式软件、智能终端、智能生产设备和计算模式，具体涵盖制造执行系统（MES）、边缘计算、嵌入式软件、微机电系统（MEMS）、可编程逻辑控制器（PLC）、数据采集与监视控制系统（SCADA）、智能机床、工业机器人等。系统集成主要是指将各种信息技术、通信协议和设备传感器等整合到一个系统中，以实现信息共享、数据交互和设备协同工作。2022年我国工业互联网核心产业规模达到1.22万亿元，同比增长14.02%，2018-2022年CAGR为13.31%。

图22：工业互联网核心产业、渗透产业体系

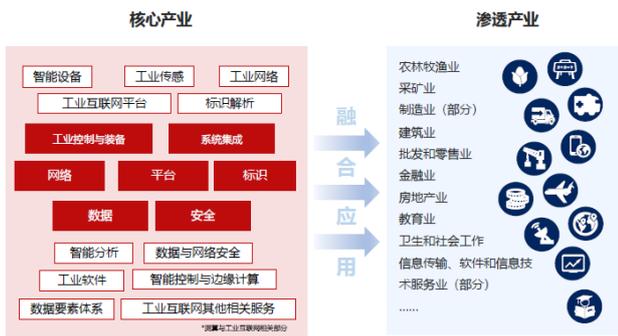
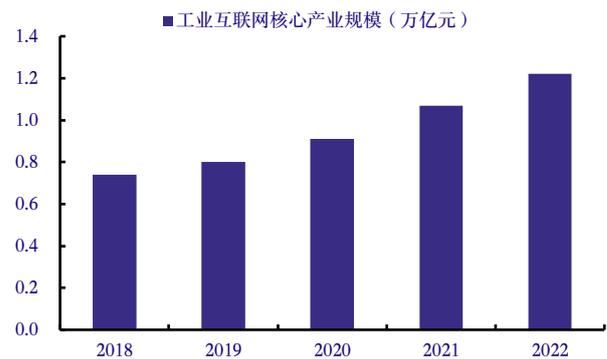


图23：中国工业互联网核心产业规模



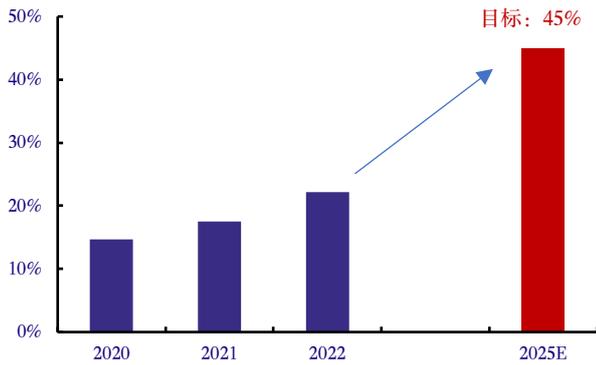
资料来源：中国工业互联网研究院《中国工业互联网产业经济发展白皮书(2023年)》，中国银河证券研究院

资料来源：中国信通院，中国银河证券研究院

工业互联网开启制造业智能化转型新篇章。工业互联网通过构建起覆盖工业全要素、全产业链、全价值链连接的全新制造和服务体系，对海量异构数据进行采集、汇聚和建模分析，促进数据要素价值充分释放，推动要素资源在更大范围内实现更高效率、更加精准的优化配置，为制造业数字化智能化转型升级提供了必备基础条件。作为数字化革命的引擎，工业互联网加快了企业数字化智能化转型的步伐，推动企业通过数字化智能化转型更好地支持决策、改善运营、优化供应链、改进产品和服务，并催生出平台化设计、智能化制造、网络化协同、个性化定制、服务化延伸、数字化管理等六大新模式新业态，实现企业生产经营降本、提质、增效、绿色、安全。

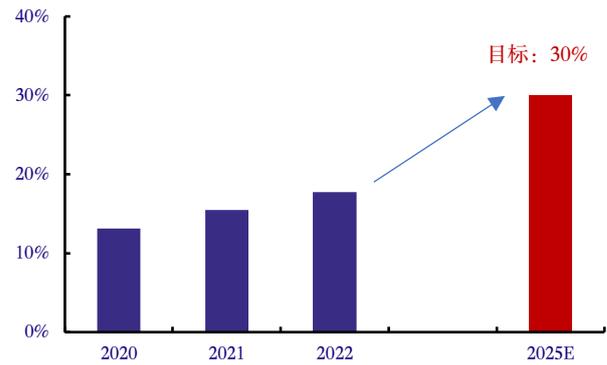
我国工业互联网应用渗透率加速提升。目前，我国工业互联网已覆盖45个国民经济大类、166个中类，覆盖工业大类的85%以上，在采矿、冶金、石化、电力等多个行业广泛应用。2022年全国工业互联网平台应用普及率由2021年的17.5%增长至22.2%，且呈现出加速提升态势。2022年全国企业工业设备上云率提升至17.7%，较2021年（15.5%）提升了2.2个百分点，多型设备协议解析能力加速提升。2022年全国企业业务上云普及率为41.4%，较2021年（38.4%）增长了3个百分点。

图24：工业互联网平台应用普及率



资料来源：国家工业信息安全发展研究中心《全国工业互联网平台应用数据地图（2022）》，中国银河证券研究院

图25：企业工业设备上云率



资料来源：国家工业信息安全发展研究中心《全国工业互联网平台应用数据地图（2022）》，中国银河证券研究院

通用人工智能的快速迭代有望加速工业互联网发展。工业互联网围绕全产业链、全价值链、全要素的全面链接，构建新一代信息技术赋能制造业新生态，强调海量生产要素的互联互通、运行数据的价值挖掘和工业知识的沉淀复用，这为大模型的应用提供了天然土壤。当前工业互联网与通用人工智能发展应用主要有两大特征：一是通用人工智能推动工业互联网进入发展新阶段。通用人工智能具有强大的泛化能力和更好的跨模态、跨领域应用能力，在研发设计、生产制造、运维管理、培训服务等工业环节具备广泛的潜在应用价值，通过 MaaS（Model as a Service，模型即服务）形式融入到工业互联网平台中，有望实现从单点应用、局部优化、业务贯通到协同发展的智能化升级，打造高效率、低成本、绿色化的工业智能解决方案。二是我国通用人工智能与工业互联网的融合应用已具备实践基础。国内人工智能头部企业已加快部署“通用人工智能+工业互联网”应用，协同工业互联网相关企业，打造基于大模型的工业数智化转型个性化解决方案。

2、工业软件：智慧工厂的大脑，未来五年市场规模有望翻倍

工业软件是工业技术软件化的产物，既是研制复杂产品的关键工具和生产要素，也是工业机械装备中的“软零件”“软装备”，是工业品的基本构成要素。当前，工业软件已经成为企业的研发利器和机器与产品的大脑，软件能力正在成为企业的核心竞争力之一。工业软件作为工业和软件产业的重要组成部分，是推动我国智能制造高质量发展的核心要素和重要支撑。工业软件的创新、研发、应用和普及已成为衡量一个国家制造业综合实力的重要标志之一。发展工业软件是工业智能化的前提，是工业实现要素驱动向创新驱动转变的动力，是推动我国由工业大国向工业强国转变的助推器，是提升工业国际竞争力的重要抓手，是确保工业产业链安全与韧性的根本所在。

图26：工业软件在智能制造中具有广泛应用



资料来源：中国银河证券研究院

根据中国工业技术产业软件化联盟的分类，工业软件主要可以分为以下四大类别：研发设计类软件（CAD/CAM/CAE/EDA/PLM）、生产制造类软件（PLC/DCS/SCADA/MES）、经营管理类软件（ERP/SCM）和运维服务类软件（MRO）。

图27：工业软件分类



资料来源：中国工业技术软件化产业联盟，中国银河证券研究院

互联网、数字经济快速发展给工业软件行业带来巨大机遇，《“十四五”数字经济发展规划》要求推动互联网、大数据、人工智能等数字经济与实体经济深度融合，培育新兴产业，发展数字产业。“数字化+双碳”理念的推广，促使企业从研发、制作、应用等各个环节充分利用信息化技术和绿色能源，打造更环保、更先进的工业软件体系，构建更为完善的自主研发人才队伍和体系。工业软件龙头企业均逐渐加大研发投入，通过研发与应用紧密连接，提升自身的核心竞争力，扩大产品的国内外影响力，进而带动行业的高速发展。

2013 年以来，制造业进入了新旧动能加速转换的关键阶段，全球工业软件产业稳步增长，中国工业软件市场更是呈现出快速发展的态势。2022 年，中国数字化工业软件市场规模达到 2407 亿元，2018-2022 年 CAGR 为 16.1%。我国制造业增加值占全球比重约 30%，连续 14 年位居全球首位。但国内工业软件产业规模仅占全球工业软件市场规模的 5%。

未来随着信息化发展进入快车道，拉动工业数字化软件需求不断增长；同时工业数字化转型需求步伐加快，重点领域关键工序数控化率提高，数字化研发设计工具普及，

预计 2027 年中国数字化工业软件市场规模将达到 4362.6 亿元，2022-2027 年复合增长率为 12.6%

图28：全球工业软件市场规模



图29：中国工业软件市场规模

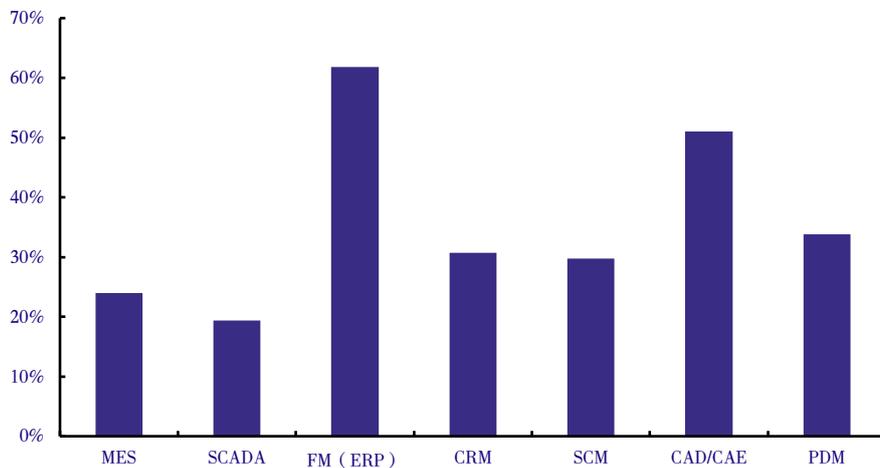


资料来源：中国工业技术软件化产业联盟《中国工业软件产业白皮书（2020）》，中商产业研究院，中国银河证券研究院

资料来源：中国工业技术软件化产业联盟《中国工业软件产业白皮书（2020）》，中商产业研究院，沙利文，中国银河证券研究院

近年来，我国工业软件市场规模逐渐扩大，预计未来将持续加快增长，工业软件逐渐成为生产过程中的必备工具。数字化生产具备高效率、高精度、高自动化程度等特点，能极大地减少损耗、节约成本，提升了生产力和生产效率，工业软件在各行业的普及率也逐渐提高。企业资源计划软件（ERP）、供应链管理软件（SCM）和客户关系管理软件（CRM）在国内整个工业软件行业中普及率分别为 61.8%、29.8%和 30.7%；研发设计类软件如产品数据管理（PDM）、设计软件（CAD/CAE）软件的市场普及率也相对较高，分别达到 33.8%和 51.0%。

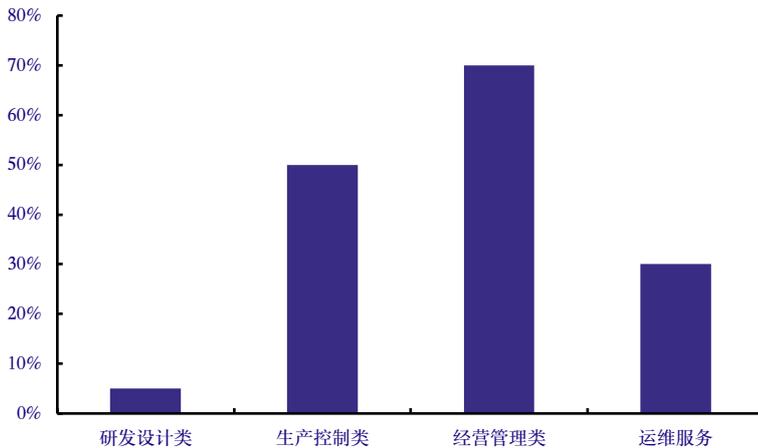
图30：国内主要工业软件普及率



资料来源：中商产业研究院，中国银河证券研究院

从市场格局来看，目前我国 95%的研发设计类工业软件依赖进口，国产可用的研发设计类产品主要应用于工业机理简单、系统功能单一、行业复杂度低的领域。生产制造类工业软件占据 50%的国内市场，在部分领域已经具备一定实力，涌现了上海宝信、和利时、浙大中控等行业领军企业，但在高端市场中还不占优势。经营管理软件占有国内 70%的市场份额，但高端市场领域仍以 SAP、Oracle 为主。70%的运维服务类工业软件依赖进口，国内运维服务类工业软件较多关注数据采集与数据监控以及简单的评估预测能力，缺少成熟工程应用，缺乏数据和经验积累。

图31：国产工业软件细分市场国产化率



资料来源：中国工业技术软件化产业联盟，中国银河证券研究院

表3：工业软件四大细分类别市场情况

	与国外差距	国产化进度	政策投入方向	国内代表企业
研发设计软件	3D CAD、CAE、EDA 核心技术差距较大	5%~10%	新型举国体制技术攻关 专项工程 产教融合	中望软件，柏楚电子，盈建科，概伦电子，华大九天
生产控制软件	中低端可替代，中高端市场由海外厂商占据	中低端产品约 50%，高端产品约 30%	龙头企业带动 垂直行业落地 试点示范引领	中控技术，宝信软件，赛意信息，广联达，国电南瑞，石化盈科
经营管理软件	高端客户服务能力与国外厂商存在差距	中低端产品约 70%，高端产品约 40%	推动应用生态培育 鼓励高端产品突破	用友网络，金山办公，鼎捷软件，能科股份，汉得信息，致远互联
运维服务软件	底层核心技术依赖国外	通用产品超过 60%，高端专用产品国产化率较低	推动融合技术创新 打造系统解决方案	用友网络，工业富联，东方国信，国联股份，浪潮云，阿里云，树根互联

资料来源：中国工业技术软件化产业联盟，智研咨询，赛迪顾问，中国银河证券研究院

对工业软件需求的深度与工业化进程的深化密不可分。目前工业正在经历第四次工业革命，第一次是蒸汽技术时代，第二次是电力技术时代，第三次是计算机及信息技术时代，第四次则是数字化与智能化时代。第四次工业革命将加速释放工业领域数字化和智能化的产品需求。数字化将会逐步覆盖渗透到所有工业行业和领域，并将推动工业软件的技术变革，这对我国工业软件发展是难得的历史机遇。物联网、大数据、云计算、人工智能等技术的不断发展，全球工业大国相继部署新型制造业发展战略。“智能制造”时代，复杂精密工业产品的自主研发和生产，需要研发环节整个生态和生产环节众多供应商的协同运作。这些都对工业软件提出了新的深度需求。

同时，人工智能、大数据、云计算等新一代信息技术的发展为工业大数据、工业 APP、云化工业软件等技术的实现提供了有力支撑，使得工业互联网平台成为工业软件领域快速发展的新赛道，催生了工业领域新需求。国内工业软件企业可以利用本土优势把握新机遇，依托国家“新基建”政策，加快传统工业软件与新一代信息技术融合，推动工业 APP 等新型工业软件发展。

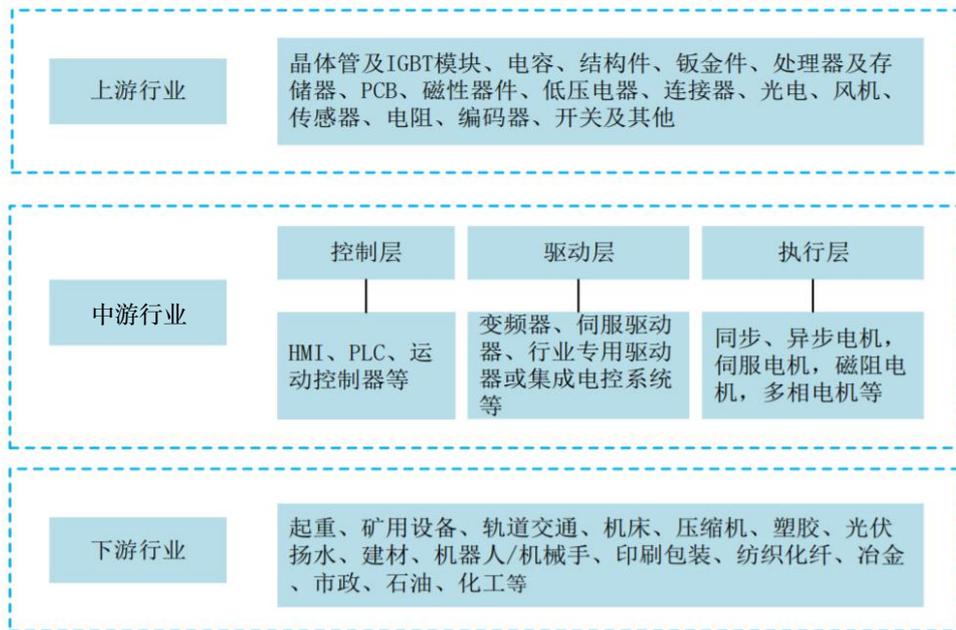
3、工控产品：智慧工厂的四肢，市场规模将稳步增长

自动化设备是工业 4.0 的执行端，它们是工业生产的基础，也是实现智能化的基础。工业自动化指机器设备或生产过程在不需人工直接干预或较少干预的情况下，按预期的目标实现生产和制造的自动化、效率化、精确化，是发展先进制造技术和实现现代工业自动化、数字化、网络化和智能化的关键。工业自动化的应用核心是各类工业自动化

控制设备和系统，主要产品包括人机界面、控制器、变频器、伺服系统、步进系统、传感器及相关仪器仪表等。产品从功能上可以划分为控制层、驱动层和执行传感层。

其中，控制类产品主要用于控制生产制造过程的温度、压力、流量、物位等变量或物体位置、倾斜、旋转等参数，如 PLC、HMI 等；驱动类和执行类产品则根据控制端发出的具体指令驱动终端设备执行相关动作，如伺服系统、变频器、伺服电机等；传感类产品主要负责感应、测量、反馈内外部信息并传输相关信号，如视觉相机、传感器、编码器；系统类产品为集成部分或全部前述产品后形成的自动化整体解决方案，如工业机器人、电机模组、机床、数字化工厂等。

图32：工业自动化行业上下游产业链



资料来源：伟创电气招股书，中国银河证券研究院

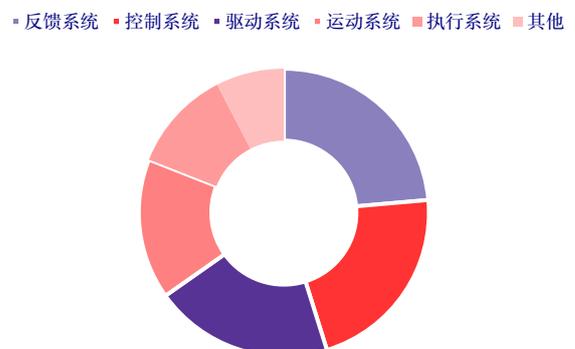
随着科技水平的不断提升，我国新兴产业蓬勃发展为我国工业自动化市场提供了广阔的空间，我国工业自动化控制技术、产业和应用有了很大发展。近年来我国工业自动化市场规模持续上升，2022年市场规模达到2611亿元，同比增长3.2%。从细分产品市场来看，反馈系统、控制系统、驱动系统、运动系统、执行系统占比分别为23.6%、21.6%、20%、15.8%、11.4%。预计到2026年，工业自动化市场规模将达到3148亿元。

图33：中国工业自动化市场规模及预测



资料来源：中商产业研究院，MIR，中国银河证券研究院

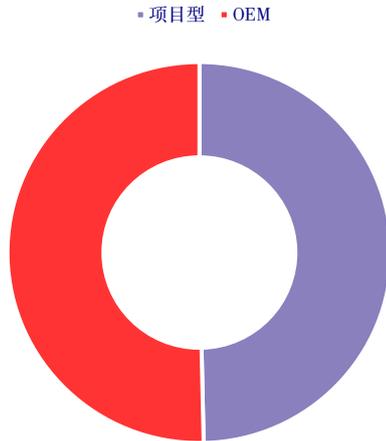
图34：2021年中国工业自动化细分产品市场份额占比



资料来源：智研咨询，中国银河证券研究院

我国自动化及工业控制下游市场主要分为 OEM 领域和项目领域。OEM 市场下游主要包括纺织机械、机床工具、塑料机械、橡胶机械、食品机械、包装机械、印刷机械、起重机械、暖通空调、矿用机械、电梯、造纸机械、电子制造设备、建筑机械、交通运输工具、电源设备、医疗设备、风电等；项目型市场下游主要包括石化、化工、冶金、市政、公共设施、油气、建材、矿业、造纸、电力、汽车等。2009 年起我国 OEM 市场份额不断上升，2018 年超过项目型；2022 年 OEM 市场占比 50.35%，项目型市场占比 49.65%。

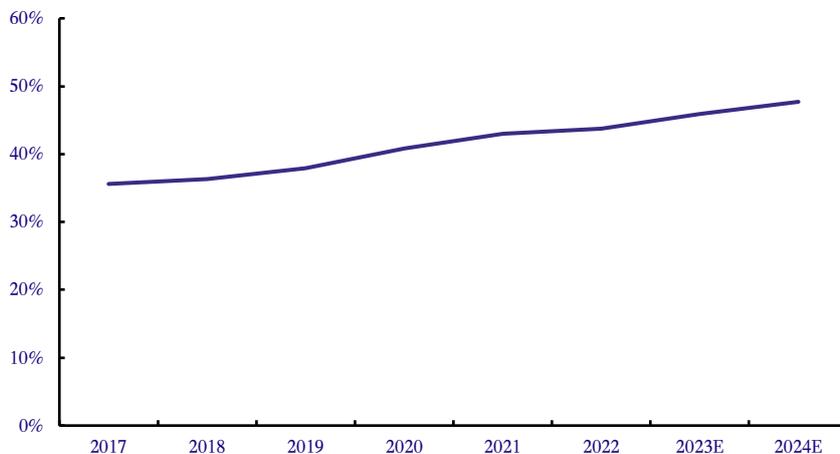
图35：中国工业自动化下游市场比例



资料来源：智研咨询，中国银河证券研究院

自动化设备国产化率稳步提升。全球工业自动化自 20 世纪 40 年代工业大生产开始逐渐发展至今，市场规模不断增长，竞争也越发激烈，经过优胜劣汰，形成了以 ABB、西门子、安川、三菱为代表的跨国巨头主导全球工业自动化市场的格局。我国工业自动化起步较晚且缺乏核心技术积累，长期以来，以 ABB、西门子为代表的欧美品牌占据第一梯队，以安川、三菱为代表的日系品牌占据第二梯队，本土品牌处于第三梯队。其中外资品牌已形成了较完整的产品线，目前仍处于主要地位，占据国内市场份额的 60% 以上。但近年来，随着本土品牌不断地深耕细分行业，丰富产品线，行业正在加速国产化，本土品牌市场份额逐年提高。2022 年我国工业自动化本土品牌市场份额为 43.7%，预计到 2024 年将提升至 47.7%。

图36：中国工业自动化本土品牌市占率



资料来源：中商产业研究院，中国银河证券研究院

在我国科技水平突飞猛进的背景下，5G 通信、物联网、云计算、大数据、人工智能等新技术不断成熟，部分领域已实现从科学概念、基础科学等领域逐渐到商业化实施的快速转变，并已与相关产业逐步走向深度融合。随着新技术在工业自动化领域应用的不断深入，使得生产制造在柔性化、智能化、高度集成化、缩短产品研制周期、降低资源能源消耗、降低运营成本、提高生产效率等方面的优势不断放大。新技术在智能制造业的不断运用，将拉动对自动化产品的需求增长。

4、数字化工业装备：高端化、国产化需求空间可期

(1) 机床：高端数控机床需求提升

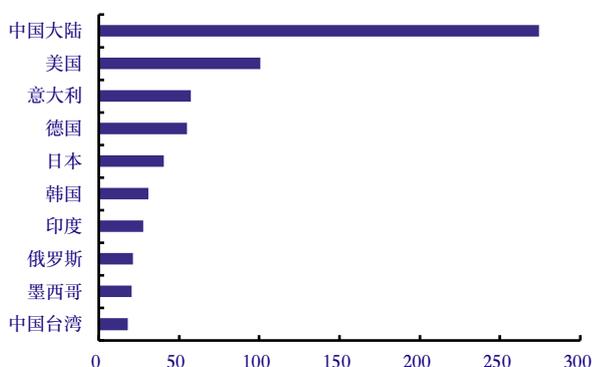
机床是装备制造业的母机，是先进制造技术的载体，广泛应用在机械制造、汽车、电力设备、铁路机车、船舶、国防工业、航空航天、石油化工、工程机械、电子信息技术工业等行业。机床是将金属毛坯件加工成机器零件的机器，它是制造机器的机器，又称为“工业母机”。

《国务院关于加快培育和发展战略性新兴产业的决定》中列举了“航空、卫星、轨道交通设备、海工装备和智能制造装备”5 种高端装备，而智能制造装备包括精密和智能仪器仪表、智能控制系统、高档数控机床、智能专用装备、自动化成套生产线 6 大类产品。振兴装备制造业，首先要振兴机床工业。机床是一个国家装备制造的根本，被誉为制造之母，其技术水平代表着一个国家的综合竞争力。高端机床更是一个国家的战略资源，也可以笼统的说机床的水平就代表着国家制造的水平。

数控机床是数字控制机床（Computer numerical control machine tools）的简称，是一种装有程序控制系统的自动化机床。它是在电子计算机发明之后，运用数字控制原理，将加工程序、要求和更换刀具的操作数码和文字码作为信息进行存贮，并按其发出的指令控制机床，按既定的要求进行加工的新式机床，是综合了微电子、计算机、信息处理、自动检测、自动控制、电子与拖动、精密测量、气液压及现代机械制造技术等多种先进技术的机电一体化产品。数控和群控机床和自动线的出现，机床的发展开始进入了自动化时期。数控机床能较好地解决了复杂、精密、小批量、多品种的零件加工问题，是一种柔性的、高效能的自动化机床，是现代机床控制技术的发展方向，是工厂自动化的基础，也是工业 4.0 的设备基础之一。

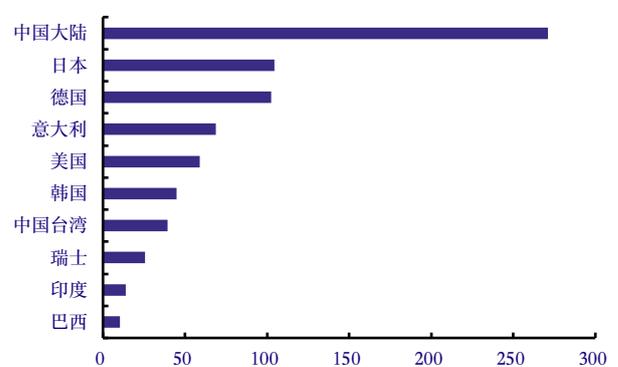
中国是世界第一大机床生产国和消费国。根据 Gardner Intelligence 数据，2022 年随着新冠肺炎疫情的持续以及供应链问题，世界前 50 的工业化国家机床产量下降约 10%，从 2021 年的 921 亿美元下降到 2022 年的 826 亿美元；机床消费量下降约 9%，从 2021 年的 873 亿美元下降到 2022 年的 795 亿美元。其中，中国分别以 271 亿美元和 274 亿美元位居全球机床生产总额和消费总额的榜首。

图37：2022 年全球机床消费额（亿美元）前十大国家和地区



资料来源：Gardner Intelligence，中国银河证券研究院

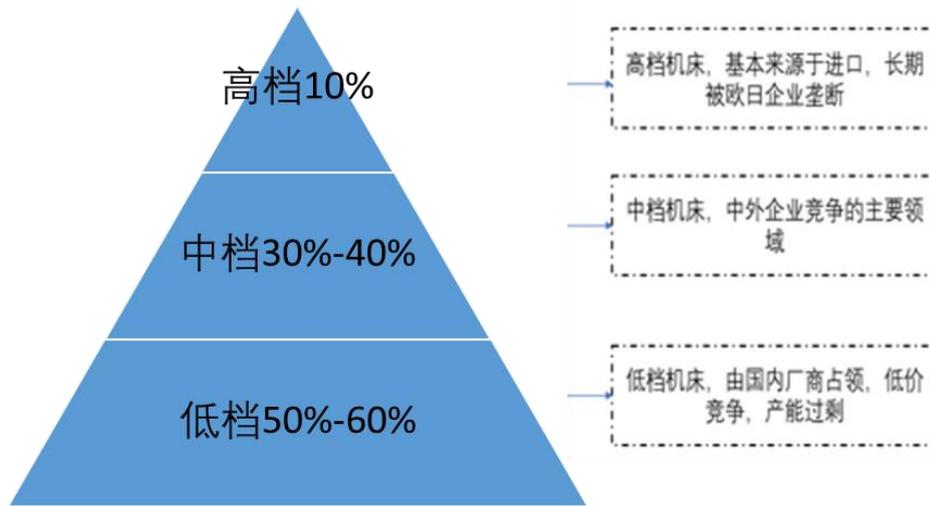
图38：2022 年全球机床生产额（亿美元）前十大国家和地区



资料来源：Gardner Intelligence，中国银河证券研究院

目前我国的机床消费市场按照档次分大致呈金字塔结构，底部是低档机床，占比 50-60%，由国内厂商占领，主要通过打价格战来竞争，产能过剩；中部是中档机床，占比 30-40%，是目前中外企业竞争的主要领域；而顶部是高端机床，占比 10%，基本来源于进口，长期被欧日企业垄断。

图39：我国机床消费档次划分



资料来源：中国银河证券研究院

中国机床消费市场的国产化率在经过 2003-2008 年快速提升后，一直在 70%左右的水平波动，国产化率有待提高，高端设备进口替代空间弹性更大。根据 Gardner Intelligence 的数据，2022 年中国机床进口金额为 71.6 亿美元，占消费总量的 26%，整体的国产化率 74%。而高性能、高精密度的高档数控机床的国产化率更低。由于低档机床主要由国产厂商提供，我们假设进口机床集中在中高档，则中高档机床国产化率仅为 20%-30%。

图40：中国机床国产化率



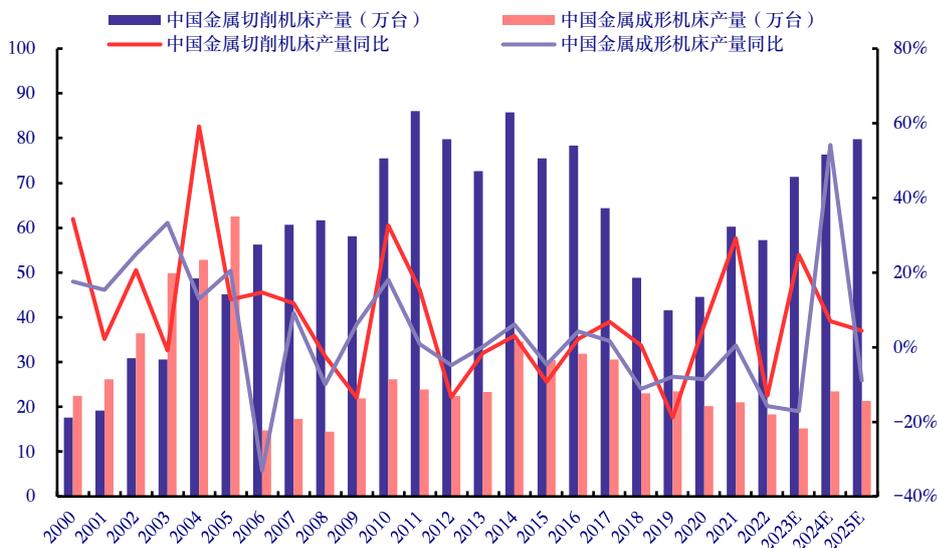
资料来源：Wind，中国银河证券研究院

近年来，国内中高档数控机床市场亦出现了一批具备核心技术的新兴民营机床企业，其产品得到市场的广泛认可，综合竞争力大幅提高，民族品牌开始崛起，逐渐形成进口替代趋势。另外，在中美贸易战的大背景下，由于美国以各种理由，特别是在高科技领

域限制中国的全球化进程，这使得国内行业供应链被迫进行调整，加速了进口替代的进程。

展望未来 3-5 年，我们看好机床需求在制造升级趋势下的提升，另外更新需求在下游需求回升的情况下有望得到较多释放，为机床需求提供弹性。金属切削机床的需求主要分为两种，第一是更新需求，金属切削机床的设备更换周期一般是 10 年，我们通过将之前 10 年-15 年每年机床产量进行加权计算，得出 2023-2025 年金属切削机床更新需求分别为 57.46 万台、64.66 万台、67.48 万台；第二是新增需求，每年中国制造业的扩张都需要新机床设备的购入，我们预计 2023-2025 年中国制造业投资平均增速为 5%，则带动的新增需求分别为 13.90 万台、11.67 万台、12.26 万台。以上加总，得到 2023-2025 年金属切削机床需求分别为 71.36 万台、76.33 万台、79.73 万台。金属成形机床我们则认为会稳步恢复，以更换需求为基本逻辑，预计 2023-2025 年金属成形机床需求分别为 15.17 万台、23.39 万台、21.28 万台。

图41：2000-2025年中国整体机床市场需求及预测



资料来源：WIND，中国银河证券研究院

纵观世界各国，日本机床数控化率维持在 80% 以上，美国和德国机床数控化率均超过 70%。我国机床数控化率仍有较大提升空间。随着政策对高端制造业的倾斜，数控机床占比有望稳步提升，2022 年中国机床数控化率为 45%，预计在政策加持和制造业需求下，假设每年提升 3 个百分点，中国数控机床 2023-2025 年的需求为 36.39 万台、41.22 万台、45.45 万台。

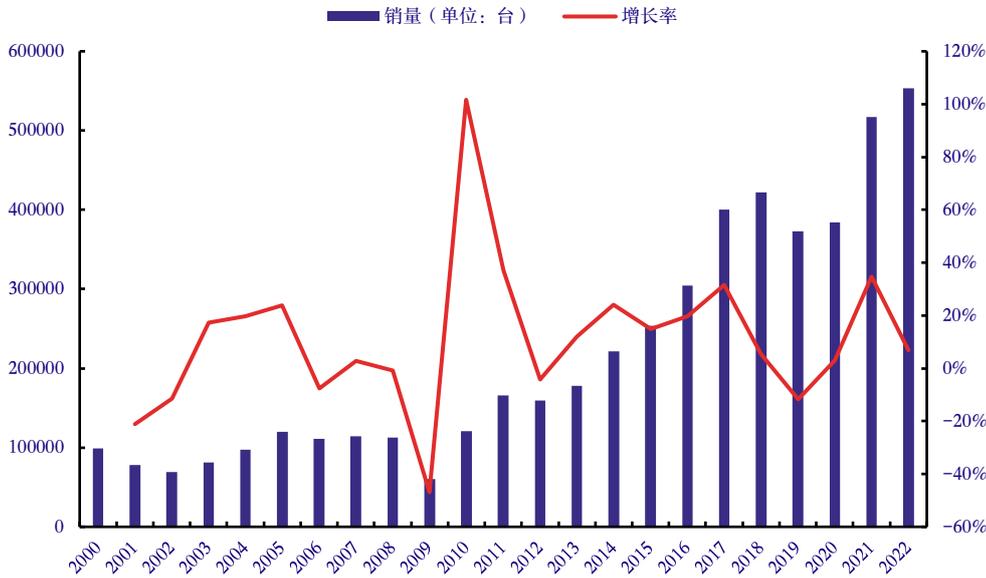
（2）机器人：预计年均市场空间达 750 亿-1000 亿

机器人是未来工厂的“工人”。机器人是利用机械、控制、电子信息等技术融合发展而成的一种能模仿人某种技能的人工智能设备，它的任务是协助或者替代人类进行工作。它跟数控机床的组合可以实现车间的完全自动化。随着机器人技术的发展，越来越多的机床商把机器人引入到机床产业中，结合机床形成新一代先进的高效制造设备。目前机器人与机床的结构关系分为机器人安装于机床外部和与机床构成一体两种形式，与机床共同完成加工工艺过程，组成柔性生产线。

通过复盘 IFR 公布的 2000 年至 2022 年的工业机器人销量历史数据，全球工业机器人和中国工业机器人的销量增速有着较为相似的变化趋势，表现出 3-4 年左右的周期性。一共分为三个阶段。第一个阶段是 2000 年-2008 年的萌发期，在这一阶段，全球工业机器人数量整体保持在 100000 台左右。第二个阶段是 2009 年-2018 年的发展期，全球工业机器人年度销售量在这一阶段保持迅速增长趋势，从 2009 年的 60000 台到 2018 年的

422000 台。第三个阶段是 2019 年至今的成熟期。从 2021 年开始，全球工业机器人总销售量超过 500000 台，并保持稳定的增长趋势。

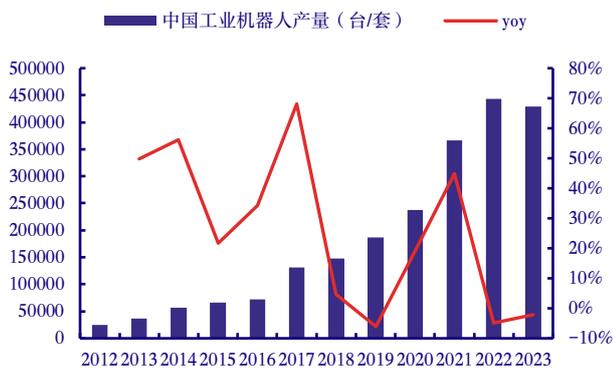
图42：2000-2022 年全球工业机器人年度销量



资料来源：Wind, IFR, 中国银河证券研究院

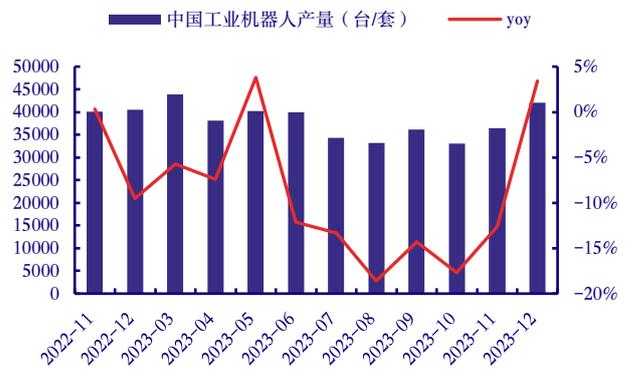
左图是近十年中国工业机器人产量和同比增长率，右图是近 12 个月以来中国工业机器人单月产量和同比增长率。近十年来我国工业机器人产量整体呈现上涨趋势，同比增长率呈现出周期性变化，3-5 年为一个周期。近 12 个月我国工业机器人产量整体维持在 3-4 万台，同比增长率 3-5 个月为一个变化周期，最低值为 -18.60%，最高值为 3.80 %。

图43：中国工业机器人产量及增速



资料来源：Wind, 中国银河证券研究院

图44：近 12 个月中国工业机器人产量及增速



资料来源：Wind, 中国银河证券研究院

从政策层面来看，近几年我国陆续发布了多个政策以推动工业机器人行业发展，包括今年年初发布的“机器人+行动方案”，目标在 2025 年实现制造业机器人密度的翻倍，以及下游行业应用深度和广度的拓展。除政策方面外，我国工业机器人产业发展中长期驱动因素主要还有劳动力人口、老龄化程度和劳动力成本。

表4：工业机器人产业发展政策

序号	发布时间	名称	主要内容
----	------	----	------

1	2023.01	《关于推动能源电子产业发展的指导意见》	加强面向 新能源领域 的关键信息技术产品开发和应用，主要包括 适应新能源需求 的电力电子、柔性电子、传感物联、智慧能源信息系统及有关的先进计算、工业软件、传输通信、工业机器人等适配性技术及产品。
2	2023.01	《“机器人+”应用行动实施方案》	到 2025年 ，制造业机器人密度较2020年实现 翻倍 ， 服务机器人、特种机器人 行业应用深度和广度显著提升，机器人促进经济社会高质量发展的能力明显增强。聚焦 10大应用重点领域 ，突破 100种以上 机器人创新应用技术及解决方案，推广 200个以上 具有较高技术水平、创新应用模式和显著应用成效的机器人典型应用场景，打造一批 “机器人+”应用标杆企业 ，建设一批应用体验中心和试验验证中心。
3	2022.04	《关于开展2022年度智能制造标准应用试点工作的通知》	优先试点已发布、研制中的 国家标准 ，配套应用相关行业 标准、地方标准、团体标准和企业标准 ，形成一批推动智能制造有效实施应用的 “标准群” 。
4	2021.12	《“十四五”机器人产业发展规划》	“十四五”期间， 整机综合指标 达到国际先进水平， 关键零部件性能和可靠性 达到国际同类产品水平；机器人产业 营业收入年均增速 超过20%；形成一批具有国际竞争力的专精特新 “小巨人”企业 ，建成3-5个有国际影响力的 产业集群 ；制造业机器人 密度 实现翻番。
5	2021.12	《“十四五”智能制造发展规划》	大力推广面向工序的 专用制造装备和专用机器人 ；研发 智能焊接机器人、智能移动机器人、半导体（洁净）机器人 等工业机器人。
6	2021.03	《“十四五”规划纲要》	重点研制分散式控制系统、可编程逻辑控制器、数据采集和视频监控系统等 工业控制装备 ，突破先进控制器、高精度伺服驱动系统、高性能减速器等 智能机器人关键技术 。

资料来源：工信部，中国银河证券研究院

工业机器人核心零部件主要有减速器、伺服电机和控制器。其中，减速器成本占比为35%，伺服电机成本占比为20%，控制器成本占比为15%。2019年到2021年工业机器人核心零部件国产化率呈现出明显的提升，减速器国产化率由30.0%提升至40.6%，伺服系统国产化率由22.0%提升至27.2%，控制器国产化率由25.0%提升到33.6%。

图45：核心零部件成本占比

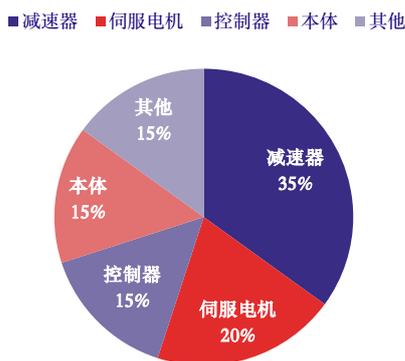
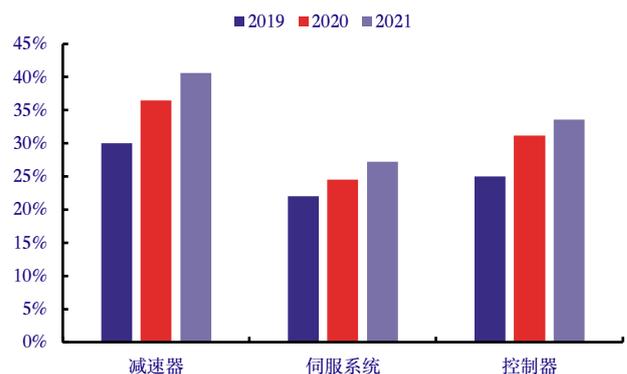


图46：2019-2021年工业机器人核心零部件国产化率

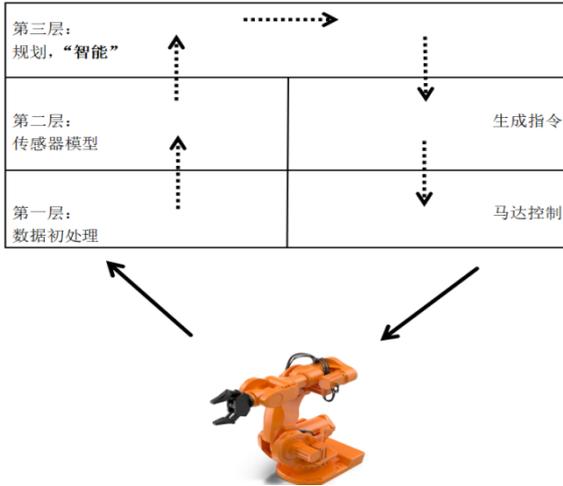


资料来源：OFweek，中国银河证券研究院整理

资料来源：OFweek，中国银河证券研究院整理

目前国内工业机器人市场主要被外企占据，其长期积累的技术沉淀和先发性优势造成了工业机器人行业的行业壁垒。第一个是技术壁垒，主要体现在减速器、伺服电机等核心零部件市场长期被国外厂商占据；第二个是算法壁垒，主要是AI算法会直接影响大模型的生产，控制算法影响语言输出的稳定性和精确性；第三个是数据壁垒，数据在互联网时代就是生产力的体现。

图47：工业机器人智能工作模式



资料来源：Wind，中国银河证券研究院

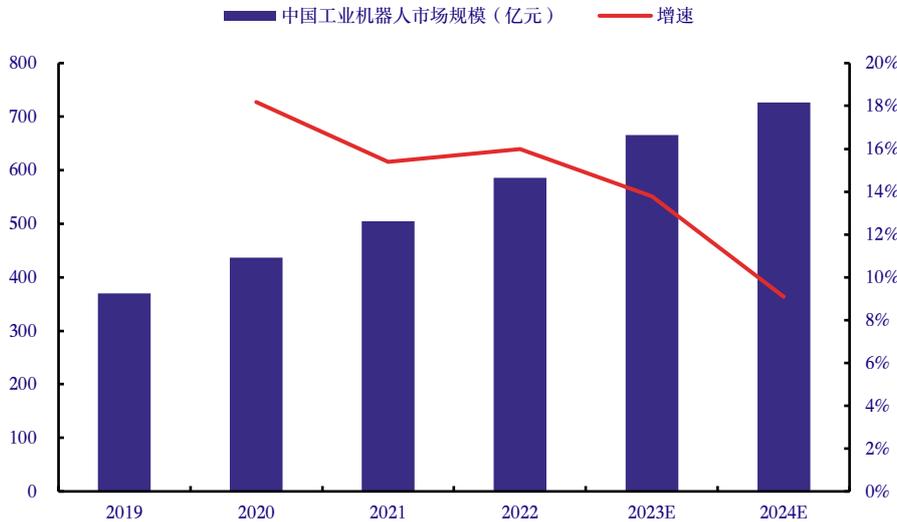
图48：AI+机器人



资料来源：发那科官网，中国银河证券研究院

在国内密集出台的政策和不断成熟的市场等多重因素的驱动下，我国工业机器人市场规模增长迅猛。2023年初时，工信部等十七部门印发《“机器人+”应用行动实施方案》，其中提出，到2025年，制造业机器人密度较2020年实现翻番，服务机器人、特种机器人行业应用深度和广度显著提升，机器人促进经济社会高质量发展的能力明显增强。从产量来看，工业机器人产量从2019年的18.69万台快速增长至2022年的43.83万台，国内产能提升迅速。根据中商产业研究报告，2019-2022年我国工业机器人市场规模由369.94亿元增至585.17亿元，复合年均增长率达16.5%，预计2023年工业机器人市场规模将达到665.88亿元，2024年或将超700亿元。

图49：中国工业机器人市场规模



资料来源：中商产业研究院，中国银河证券研究院

我们推测，2022年我国工业机器人的保有量在145万台左右，2021年我国工业机器人的密度约在322台每万名工人的水平，按照2022年工业机器人销量持续增加的态势，推测2022年工业机器人密度约在350-380台每万名工人左右。按照《“机器人+”行动方案》的指引，到2025年，我国工业机器人密度将实现翻倍，因此保守估计我国工业机器人密度在2025年可达600台每万名工人的水平，乐观估计则可达到650台每万名工人的水平。如果按照制造业工人人数不变的情况计算，为了实现密度翻倍增长，保有量也将从145万台增长至290万台左右，同时假定每年有少量报废淘汰产品，2023-2025年

年均工业机器人新增将达到 50 万台水平，按照工业机器人单价为 15-20 万计算，工业机器人年均市场空间将达到 750 亿-1000 亿水平。

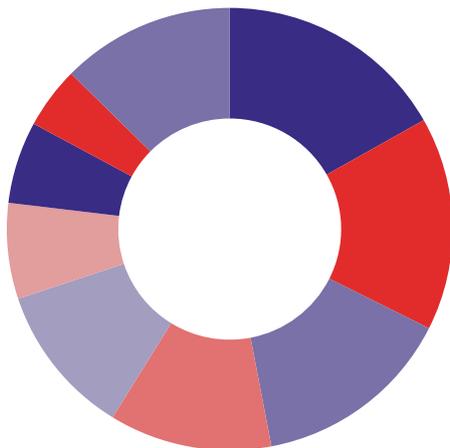
AI 等软件加持工业机器人产业发展。 工业机器人的发展主要分为三个阶段。第一阶段是程序控制机器人，完全按照事先预装的程序进行工作，只能从事如抓取、搬运和机械加工等重复固定的工作。第二阶段是配备了传感器的自适应机器人，这类机器人可以通过视觉、听觉和触觉等传感器获取周围环境和操作对象的信息，并根据环境变化改变自身行为。第三阶段是 AI 机器人，这一阶段的机器人具有类人特征，可以自主处理复杂问题。机器人可以通过与人类直接对话进行交互，这极大地丰富了工业机器人的应用场景，未来发展空间广阔。可以说，工业机器人在逐渐改变制造业，AI 会成为工业机器人领域发展的重要增长点。

(3) 3D 打印：未来三年市场规模有望超千亿

增材制造是基于分层制造原理发展而来的先进制造技术，是信息技术、新材料技术与制造技术多学科融合发展的产物，被视为支撑制造业转型升级与创新发展的关键技术。当前，中国增材制造技术已被成功应用于航空航天、汽车、医药等国民经济 39 个行业大类、89 个行业中类，覆盖产品结构设计与原型制造、批量生产、工装制作、保障修复等全寿命周期。根据 Wohlers Report 2022 报告显示，2021 年增材制造主要应用于航空航天、汽车、消费及电子产品、医疗/牙科、学术科研等领域。

图50：增材制造下游应用领域分布

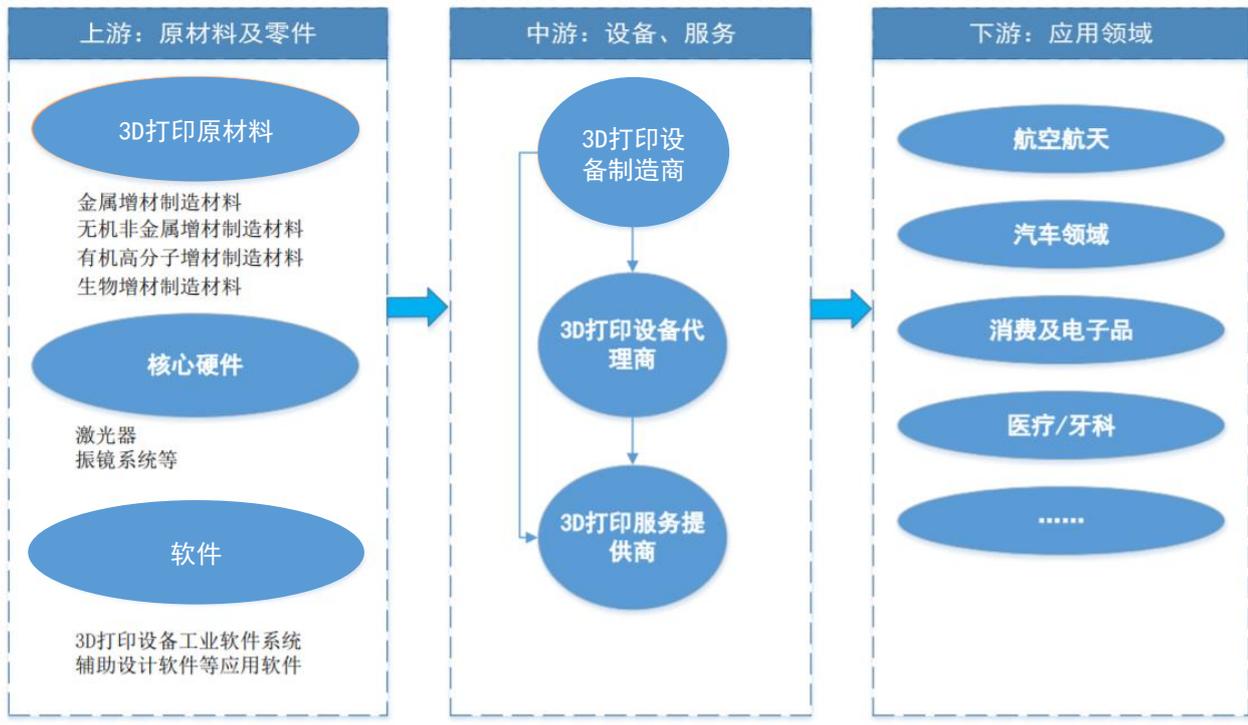
■ 航空航天 ■ 医疗/牙科 ■ 汽车 ■ 消费电子 ■ 学术科研 ■ 能源 ■ 政府/军方 ■ 建筑 ■ 其他



资料来源：Wohlers Associates 《Wohlers Report 2022》，中国银河证券研究院

3D 打印行业上游为原材料及零件，包括 3D 打印原材料、核心硬件和软件等，中游为设备制造和打印服务，下游则包括航空航天、汽车、医疗、消费及电子产品等应用领域。

图51: 3D 打印产业链



资料来源: 华曙高科, 中国银河证券研究院

3D 打印技术在智能制造中具备以下优势:

- 1) 个性化生产: 3D 打印技术允许制造商生产定制化的产品, 满足消费者的个性化需求。这种灵活性使得制造商能够快速响应市场变化, 提供定制化的解决方案。
- 2) 创新设计: 3D 打印使得设计人员能够将复杂的设计变为现实, 无需担心传统制造工艺的限制。这激发了设计师的创新潜力, 推动了产品设计的进步。
- 3) 降低成本: 与传统的减材制造工艺相比, 3D 打印减少了材料浪费, 降低了生产成本。此外, 通过减少生产过程中的中间环节, 3D 打印还可以降低物流和库存成本。
- 4) 可持续发展: 3D 打印技术有助于实现资源的有效利用和减少环境影响。通过按需生产, 制造商可以减少过度生产和库存积压的问题, 从而降低对环境的影响。
- 5) 提高生产效率: 3D 打印技术简化了生产流程, 减少了装配步骤, 提高了生产效率。此外, 通过减少生产过程中的物理限制, 制造商可以更快地开发和迭代产品。
- 6) 拓展应用领域: 随着技术的不断进步, 3D 打印的应用领域将进一步拓展, 包括航空、医疗、建筑等高技术产业。通过不断创新和改进, 3D 打印有望在这些领域实现更大的突破和应用。

3D 打印技术近年来的迅速发展, 离不开国家政策的支持。凭借我国相关政策驱动, 以及政策指引下企业端、研发端、资本端等齐力发展, 推动 3D 打印行业迎热潮大发展。2015 年, 我国 3D 打印产业在“中国智造”引导下迎来高速发展契机, “中国制造 2025”等一系列政策描绘了增材制造行业的发展路径。

表5: 3D 打印行业政策梳理

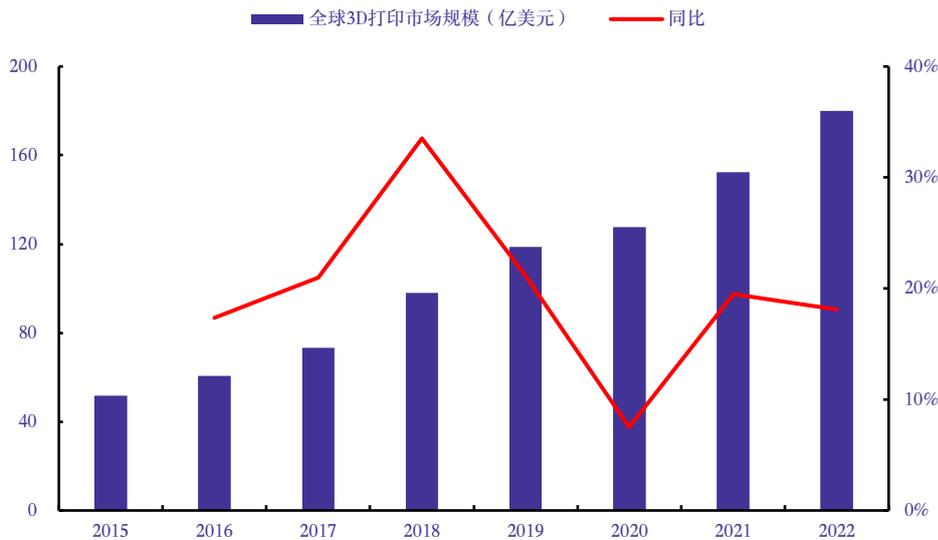
时间	政策或会议	重点内容
2022.4	《“十四五”国家重点研发计划重点专项 2022 年度项目申报指南》	“增材制造与激光制造”重点专项 2022 年度项目申报指南, 涉及 21 项增材制造指南任务; “先进结构与复合材料”重点专项 2022 年度项目申报指南建议, 其中有 3 个项目涉及到了增材制造相关技术; “高端功能与智能材料”重点专项 2022 年度项目申报指南建议, 其中

		有 1 个项目涉及到了增材制造相关技术。
2021.12	《“十四五”智能制造发展规划》	开发增材制造等先进工艺技术；智能制造技术攻关行动：关键核心技术中包括增材制造；智能制造装备创新发展行动：发展通用智能装备中的激光/电子束高效选区熔化装备、选区激光烧结成形装备等增材制造装备。
2021.3	《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》	明确了发展增材制造在制造业核心竞争力提升与智能制造技术发展方面的重要性，将增材制造作为未来规划发展的重点领域。
2021.2	《“十四五”国家重点研发计划重点专项 2021 年度项目申报指南（征求意见稿）》	“先进结构与复合材料”重点专项 2021 年度项目申报指南建议（征求意见稿），其中有 7 个项目涉及到了增材制造相关技术；“高端功能与智能材料”重点专项 2021 年度项目申报指南建议（征求意见稿），其中有 2 个项目涉及到了增材制造（3D 打印）相关技术。
2020.2	《增材制造标准领航行动计划（2020-2022 年）》	立足国情、对接国际的增材制造新型标准体系建立。
2019.11	国家支持发展的重大技术装备和产品目录（2019 年修订）》	工业级增材制造装备（粉末床激光增材制造装备、送粉式激光增材制造装备、送丝式电子束增材制造装备、高功率光纤激光器）属于国家支持发展的重大技术装备和产品。
2017.12	《增材制造产业发展行动计划(2017-2020 年)》	提出“五大发展目标”、“五大重点任务”，突破 100 种以上重点行业应用急需的工艺装备、核心器件及专用材料；大幅提升增材制造产品质量及供给能力；开展 100 个以上应用范围较广、实施效果显著的试点示范项目。
2017.1	《产业关键共性技术发展指南（2017 年）》	3D 显示、3D 打印金属粉末制备及应用技术、金属熔融激光加工增材制造液压阀等位列其中。
2017.1	《战略性新兴产业重点产品和服务指导目录》	将增材制造列为战略性新兴产业重点产品和服务。
2016.11	《“十三五”国家战略性新兴产业发展规划》	打造增材制造产业链。突破钛合金、高强合金钢、高温合金、耐高温高强度工程塑料等增材制造专用材料。搭建增材制造工艺技术研发平台，提升工艺技术水平。研制推广使用激光、电子束、离子束及其他能源驱动的主流增材制造工艺装备。加快研制高功率光纤激光器、扫描振镜、动态聚焦镜及高性能电子枪等配套核心器件和嵌入式软件系统，提升软硬件协同创新能力，建立增材制造标准体系。在航空航天、医疗器械、交通设备、文化创意、个性化制造等领域大力推动增材制造技术应用，加快发展增材制造服务业。

资料来源：中国政府网，华曙高科招股说明书，中国银河证券研究院

全球 3D 打印市场规模持续快速增长，2030 年有望超 850 亿美元。根据 Wohlers Report，2015 年全球 3D 打印市场规模为 51.65 亿美元，2022 年增长到 180 亿美元，实现 19.5% 的 CAGR；预计 2025 年全球 3D 打印市场规模为 298 亿美元，2022-2025 的 CAGR 为 18.3%，2030 年有望超 850 亿美元，2025-2030 的 CAGR 为 23.4%。

图52：2015-2022 全球 3D 打印市场规模及同比

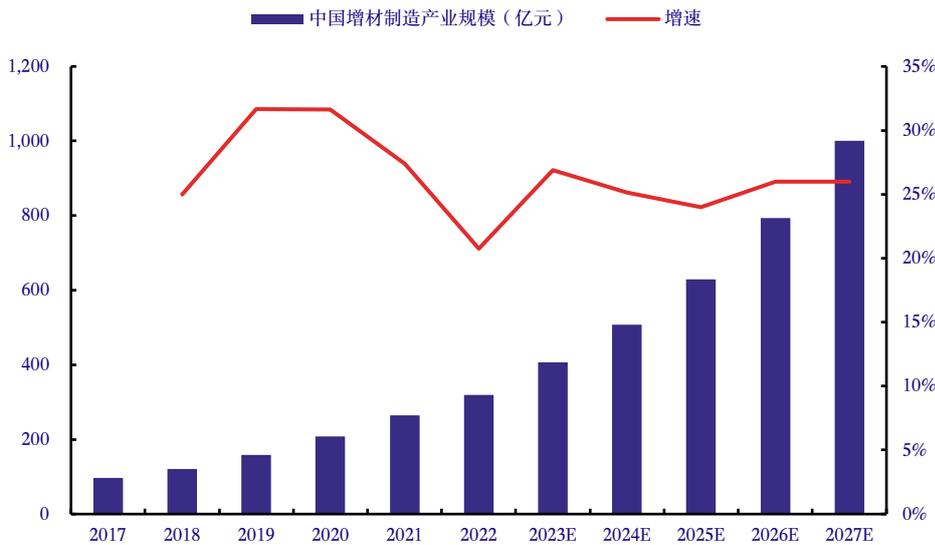


资料来源: Wohlers Associates 《Wohlers Report 2022》, 中国银河证券研究院

近年来, 各类软件的开发应用实现了增材制造在单独制造过程中各个阶段的自动化, 但要想实现增材制造的规模化应用, 需要解决制造过程中的可重复性与一致性问题, 这就增加了对增材制造自动化与数字化的需求, 当前, 多家企业成功建设具有百台以上增材制造装备的加工服务与研发中心; 国内首条"5G+工业互联网"增材制造生产线成功研发, 实现从订单接收, 计划排产到生产转运的端到端自动化生产, 其智慧管理平台可实现全流程的数据采集, 通过 5G 连线, 可实现增材制造跨地域数字工厂之间的连接; 采用中央控制系统的无人操作管理技术的隐形牙套增材制造产业化基地, 可实现无人值守的数字化口腔正畸牙模批量化增材制造, 年产隐形牙套 500 万个。下一步, 制造商将利用数字工作流程和自动化系统进一步简化增材制造生产线, 不断打通工艺文件远程传输、自动化粉末清理、智能化产品转运、设备状态在线监测与预测性维护等环节, 逐步实现泛在感知、数据贯通、集成互联、人机协作和分析优化, 建设数字化、网络化、智能化工厂。此外, 增材制造将广泛应用于制造业各领域的智能车间、智能工厂、智慧供应链中, 成为分布式制造、离散智能工厂、个性化规模定制、共享制造、工业电子商务的核心基础。

我国 3D 打印行业正处于快速成长阶段, 市场规模快速增长。2022 年中国增材制造产业规模为 320 亿元, 同比增长 20.75%。2017-2022 年增材制造行业 CAGR 达到 27.23%。预计未来在政策和工业智能化需求下, 我国增材制造行业规模仍将保持高速增长, 2023 年市场规模突破 400 亿元, 至 2027 年市场规模超 1000 亿元。

图53：中国增材制造产业规模情况及预测



资料来源：前瞻产业研究院，左世全《增材制造十年发展及展望》，中国银河证券研究院

三、智慧工厂当前进程与未来演进节奏猜想

(一) 中国各行业发展不均衡

1、各行业数字化指数半导体、汽车、航空航天较高，采矿、建筑材料、轻工、纺织与服装相对落后

半导体、汽车、航空航天、石油化工行业整体数字化水平最高;采矿、建筑材料、轻工、纺织与服装相对落后。从细项指标分数看，数字化设计、设备数字化、生产数据自动采集的整体水平较高，是企业数字化转型的基础场景和能力。根据华为《工业数字化/智能化 2030》白皮书，以可观测、易评价、可量化为原则，我们从工业产品的全生命周期出发，制定研发设计、生产管理、仓储物流、商业运营四大维度、包含 21 细项指标的评估模型。

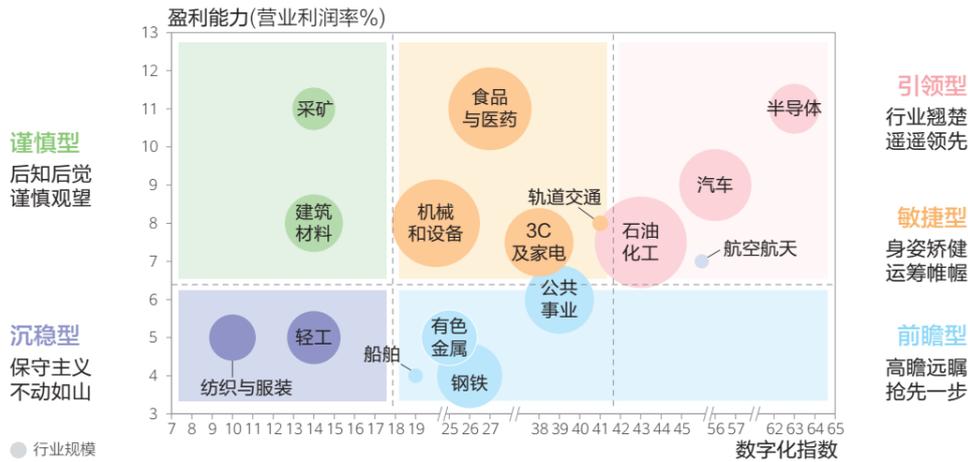
图54：工业数字化指数评估模型

A 研发设计	① 数字化设计	② 数字化仿真	
	设备相关	质量相关	计划相关
B 生产管理	③ 设备数字化率	⑦ 生产数据自动采集	⑩ 生产过程可视化
	④ 设备联网率	⑧ 关键工序在线检测	⑪ 应用高级排产系统
	⑤ 自动物流设备应用率	⑨ 全流程质量追溯	⑫ 作业文件自动下发
	⑥ 设备预测性维护	⑬ 能源管理平台应用率	⑭ 碳排放统计
C 仓储物流	⑮ 基于标识的物料管理	⑰ 基于生产需求的精准配送	
	⑯ 仓库管理系统应用		
D 商业运营	⑱ 产品个性化定制平台	⑳ 大数据平台	
	⑲ 供应商信息协同	㉑ 电子商务平台应用率	

资料来源：华为《工业数字化/智能化 2030 白皮书》，中国银河证券研究院

工业整体数字化水平差异化的主要原因为很多工业企业大多流程复杂、资产重，变革包袱大，其转型进程虽不及与数字化亲和力更高的信息密集型行业，但其希望通过数字化提升竞争的诉求强、应用场景丰富，想象空间巨大。

图55：中国工业数字化的行业画像



注：参考国家统计局《中国工业统计年鉴》、A股上市公司的营业利润数据

资料来源：华为《工业数字化/智能化2030》，中国银河证券研究院

从数字化指数及行业盈利能力这两个维度出发，将16个子行业划分为引领型行业、敏捷型行业、前瞻型行业、谨慎型行业、沉稳型行业五种行业画像。从这两个维度进行分析是因为数字化指数和盈利能力之间有一定相互促进的正相关关系，较高的数字化水平能够促进企业盈利水平提升，同时雄厚的资金实力才能够支撑数字化投入。

引领型行业:包括半导体、汽车、航空航天、石油化工行业。这些行业具有技术密集、固定资产投资高、大规模和高精度生产、流程标准化的天然属性，人工相比设备不具优势，因此数字化起步最早、转型最为成熟。同时，有极强的盈利能力作为有力支撑，保障对数字化的持续投入，由此形成“滚雪球效应”。当前生产过程数字化已经基本完成，未来将重点关注结合A1、数字孪生、传感系统等前沿技术，发掘更为丰富的智能化应用。

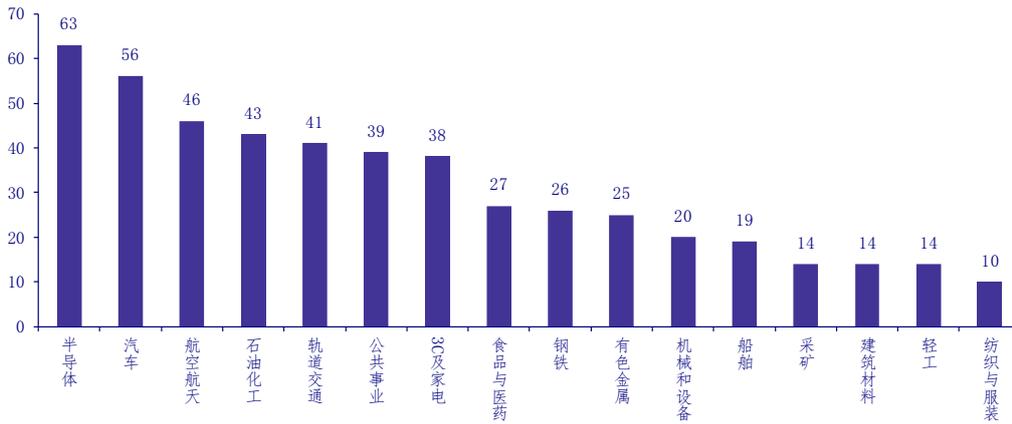
敏捷型行业:包括轨道交通、3C与家电、医药与食品、机械与设备行业。对这些行业来说，数字技术有利于精准洞悉市场需求并开展创新研发，同时对于生产活动的降本增效、精度与质量、可靠性提升效果显著。这些领域虽与引领型行业存在差距，但已具备一定的数字化基础，未来在补齐短板的同时，将关注应用的协同及集成，以及大数据应用。

前瞻型行业:包括公共事业、钢铁、有色金属、船舶行业。这些行业受生产活动的属性影响，数字化是必备的生产要素，也是降本增效的必要条件。如对于钢铁、有色金属行业来说，流程制造的主生产环节的物理化学反应完全依赖于设备，人工仅作为辅助。因此在盈利能力不高的情况下，这些领域的企业仍然敢为人先，有动力去推动数字化转型。未来将进一步根据投入产出比进行数字化投资。

谨慎型行业:包括采矿、建筑材料行业。该领域生产模式较传统和粗放，工艺流程复杂度不高，长期以来都以人力劳作、经验传承为主，同时对于数字化的价值认知较晚，因此行动相对谨慎和保守。接下来在针对关键工序进行数字化改造的同时，将逐步扩大数字化范围，从点到面，拓宽应用场景，全面满足安全、环保的生产需求。

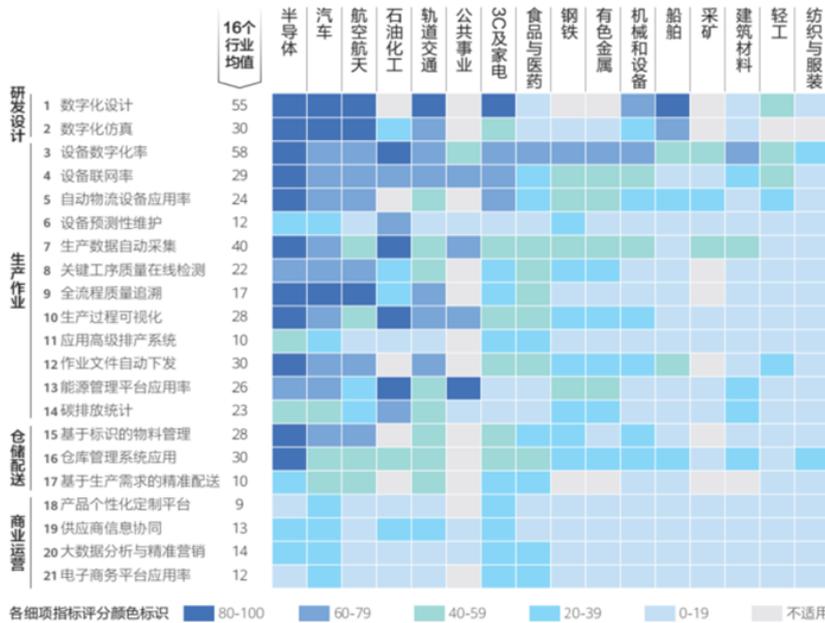
沉稳型行业:包括轻工、纺织与服装行业。这些领域中小企业众多，除少数已深耕数字化的头部企业，大部分企业受制于自身盈利和资金能力，数字化转型相对迟缓。对这些中小企业来说，轻量、投入少、见效快的云化工业应用软件将是重点。

图56: 各行业数字化指数



资料来源: 华为《工业数字化/智能化 2030》白皮书, 中国银河证券研究院

图57: 16个行业工业数字化指数评估细项指标结果



资料来源: 华为《工业数字化/智能化 2030》白皮书, 中国银河证券研究院整理

2、从生产角度看, 中国自动化发展程度不均衡, 工业 2.0\3.0\4.0 或将并行发展

虽然我们将工业 4.0 分成四个阶段但这并不意味着整个进程将会严格按照这个顺序进行。

中国制造业目前的状况发展不平衡, 分区域、分行业, 呈现出工业 2.0 (大规模制造机械化) 和工业 3.0 (工业自动化) 并存的态势。因此, 中国工业制造的发展, 不像西方发达国家走的是工业 2.0、工业 3.0 进而工业 4.0 的串行发展, 而是工业 2.0、工业 3.0 和工业 4.0 齐头并进的 道路。

具体到行业中, 工业 4.0 实施的情况更是千差万别。目前各行业的生产活动从数量上区分大致可划分为单件生产、系列生产和大批量生产; 以生产方式上来区分, 从最初级的半机械化工作台式生产到全自动智能化的流水线生产, 生产活动的方式多种多样, 生产活动可以是一种典型的生产方式, 也可以是几种生产方式的集成, 一个精确的生产方式划分因此也是不现实的。下图对工业制造模式从生产类型与生产方式两个维度进行了

一个粗略的划分，在每一个细分领域中，其对工业 4.0 化的需求以及工业 4.0 的进程都是不一样的。

汽车、3C 产业链交易实现工业 4.0 的推进，同时食品、医药、服装等产业的改造意愿较强烈。在推进工业 4.0 的过程中，在各个细分领域遇到的阻力也各不相同。总的来说，工业 4.0 实现技术的难度、推进的成本和实现后带来的经济效益是每一个生产企业的首要考虑，结合企业本身的实际情况以及其在实施工业 4.0 化时面临的风险，它们对自身工业 4.0 的改造也有着不同的接纳度。对工业 4.0 化需求迫切并且实施过程难度相对较小的企业在工业 4.0 化的道路上走在了最前端，它们通常也是工业 4.0 的倡导者。

图58：工业 4.0 化在各类生产方式中的需求



资料来源：中国银河证券研究院整理

目前，我国自动化生产、智能化生产需求主要分布在汽车、工程机械行业、物流仓储、家电电子、食品饮料、医药等行业。在数字化、智能化生产上走在最前端的是汽车行业，它的装配精度低，位置控制也相对简单。企业拥有充裕的资本、多年积累的自动化生产经验和大量的技术储备，它的智能化生产需求十分高。通过模块化设计，它的生产流程、生产设备以及生产材料都已标准化。信息化的零部件、供应链管理 SCM 软件、客户关系管理 CRM 软件、订货和生产计划 ERP 贯通了整个价值链流程，也实现了上游供应商、中游组装厂和下游客户之间的信息共享。可以说它们已经达到了智能制造的初级阶段，在这个基础之上，更好的实现虚拟现实交换、物联网集成、工厂与工厂连接、远程操控、无人操控、系统自主学习等是下一个发展阶段的目标。只有一步一步的实现每一个目标，才能达到最后一个万物互联的愿景。

图59：工业 4.0 的改造意愿和它实现的阻力



资料来源：中国银河证券研究院整理

（二）中国智慧工厂未来演进节奏猜想

1、“人工智能+”赋能，政策催化下行业数字化指数有望加速提升

2024 年两会期间，“人工智能+”首次被写入政府工作报告。报告中指出，深化大数据、人工智能等研发应用，开展“人工智能+”行动，打造具有国际竞争力的数字产业集群。政府工作报告中对“人工智能+”的高度重视，体现了国家对科技驱动经济发展模式的坚定信念。通过顶层设计，中国希望在全球人工智能发展竞赛中占据有利地位，推动中国经济高质量发展，实现产业结构的优化升级。政府期望通过实施“人工智能+”行动计划，不仅加速科技成果的转化和应用，还希望通过科技创新引领社会各领域的全面进步，为公众带来更多福祉，为社会发展注入新的活力。我国人工智能的蓬勃发展正在为各行各业带来全新赋能，为企业与个人的发展带来新机遇。工业和信息化部赛迪研究院数据显示，2023 年，我国生成式人工智能的企业采用率已达 15%，市场规模约为 14.4 万亿元。专家预测，2035 年生成式人工智能有望为全球贡献近 90 万亿元的经济价值，其中我国将突破 30 万亿元。

制造业是人工智能+的重要应用领域。智能制造系统可以实现生产过程的自动化和优化，提高生产效率和产品质量。AI 在供应链管理、需求预测、设备维护等方面也发挥着重要作用。通过机器学习和数据分析，企业可以更好地理解市场需求，优化生产计划。在制造业领域，人工智能正在推动智能制造的发展。通过引入机器人、自动化生产线和智能检测系统，AI 不仅提高了生产效率，还改善了产品质量。此外，人工智能在预测性维护方面也展现出巨大价值，通过实时监测设备状态和性能，AI 可以预测设备故障，减少意外停机时间，降低维护成本。

按照难易程度，我们预计 AI+将逐步从商业运营及仓储物流、生产管理、研发设计顺序逐步落地，核心驱动力为生产效率提升及降本。以工程机械领域三一重工为例，从离散化转向数字化及智能化。数字化大幅提升公司核心竞争力。公司 2018 年提出数字化转型，2019 年启动灯塔工厂建设，大力推进研发信息化、制造智能化和营销数字化，制造升级重点是实施三现数据、设备互联、PLM（研发信息化）、CRM（营销信息化）、SCM（产销存一体化）等数字化项目，广泛应用 5G、云计算、大数据、人工智能、物联网等新技术，推动各项业务在线化和智能化。2022 年 10 月，三一重工长沙 18 号工厂入选达沃斯世界经济论坛发布的新一期全球制造业领域灯塔工厂名单。该工厂充分利用柔

性自动化生产、人工智能和规模化 IOT，建立重型设备数字化柔性制造系统，实现产能扩大 123%、生产率提高 98%、单位制造成本降低 29%。北京桩机工厂和长沙 18 号工厂成为全球重型装备行业仅有的两家被达沃斯世界经济论坛认可的“灯塔工厂”，标志着公司智能制造处于全球重型装备领先地位。

表6: 工业 4.0 阶段

工业 4.0 阶段	主要工作内容
第一阶段: 设备层软硬件的横向集成	机器替代工人, 实现单机自动化, 并连入工业通信网络, 完成软硬件集成。
第二阶段: 感知和采集数据	接入传感器和射频技术, 感知产品的状态和质量, 为后续质量监控和产品追踪提供数据。
第三阶段: 三个维度的集成	1.ERP-MES-PCS 的软硬件的垂直集成; 2.产品设计 PDM、制造工艺设计 CAPP、产品全生命周期管理 PLM 在整个流程中的贯通; 3.供应链 SCM、客户关系管理 CRM、订货和生产计划 ERP 在整个流程的贯通。 4.解决端对端的数据交换接口、语义可互操作性, 以及端对端之间数据交换的时间节拍问题。
第四阶段: 工业 4.0	各工厂之间的互联。

资料来源: 中国银河证券研究院

图60: 三一重工智能工厂总体架构图



资料来源: 三一重工, 中国银河证券研究院整理

2、人工智能在设备研发设计环节渗透率有望提升

人工智能在设备研发设计环节可应用于产品结构优化、材料选择优化、工艺参数优化等。通过对零部件的结构进行分析, 应用人工智能技术对其形状、尺寸和材料等方面进行优化设计, 以达到提高零部件的强度、刚度和稳定性等目的。通过对产品整体结构进行分析, 应用人工智能技术对其各个组成部分的布局、连接方式和材料等方面进行优化设计, 以达到提高产品的整体性能、降低成本等目的(1) 材料性能的优化。应用人工智能技术对各种材料的性能进行分析和比较, 以得到更好的材料性能和更优的材料选择方案。(2) 材料加工性能的优化。通过对材料的加工性能进行分析, 应用人工智能技术对材料的加工工艺和加工参数进行优化设计, 以达到提高材料加工质量和降低成本等目的。(3) 材料成本的优化。通过对材料的价格和市场供应情况进行分析, 应用人工智能技术对材料的选择进行优化, 以达到降低成本和提高经济效益等目的。

基于人工智能的工艺参数优化包括以下方面: (1) 工艺参数的智能设置。通过对加工过程的工艺参数进行分析和比较, 应用人工智能技术对各个工艺参数的设定值进行智能计算和优化设置, 以达到提高产品质量和降低成本等目的。(2) 加工过程的仿真与优化。应用人工智能技术对加工过程的仿真进行分析和比较, 以得到更好的加工效果和更优的

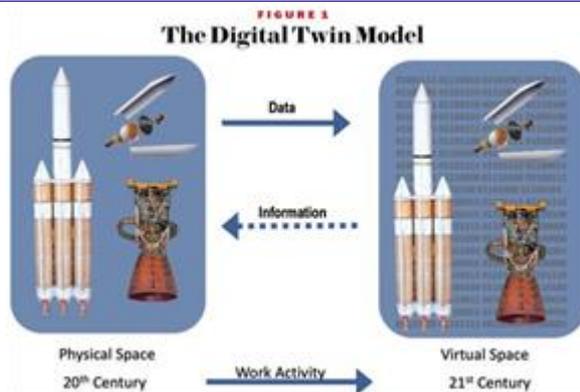
工艺参数设计方案。通过对加工过程的仿真结果进行智能分析和优化处理，实现对工艺参数的进一步优化和改进。(3) 生产进度的智能调度。通过对生产过程的进度进行分析，应用人工智能技术对各个生产环节的调度进行优化设计，以达到提高生产效率、降低成本和缩短生产周期等目的。

以风电设备为例，在风机设计方面人工智能技术起到了革命性的作用，它通过深度学习、大数据分析、优化算法和仿真模拟等多种手段，实现了从初始概念设计到最终产品定型的全程智能化升级。利用机器学习算法，可以对风电机组的运行参数进行实时优化，调整桨距角、转速等参数，实现最大风能捕获效率。此外，智能控制技术还能够根据实时风况进行变桨距控制和偏航控制，减少疲劳载荷，延长设备使用寿命。

3、数字经济赋能智慧工厂，催生数字孪生新业态

数字孪生技术即利用计算机对物理对象进行实时仿真模拟，辅助后续分析、决策。2010年美国军方与NASA首次在航空航天器领域提出数字孪生应用场景，利用实时传感器、历史数据及算法模型来反映真实飞行器的实际状况，便于实时监测及判断真实飞行器工况、是否需要检修、能否承担下次任务负荷等。得益于近年物联网、大数据、云计算等技术的发展，数字孪生技术对复杂系统的仿真、分析、预测能力已远超传统解决方案，被广泛应用于电力、城市管理、智能制造等领域。

图61：数字孪生概念图



资料来源：Manufacturing Leadership Council，中国银河证券研究院整理

智慧工厂数字孪生的技术包括：

1. 传感器技术：传感器技术是数字孪生的关键技术之一，通过在工厂中布置各种传感器，实现对设备运行状态、环境温湿度等信息的实时采集和传输。传感器技术的发展对于提高数据精度和降低成本具有重要意义。

2. 数据处理技术：数据处理技术是实现数字孪生的基础，通过对采集到的数据进行处理和分析，可以实现对工厂设备的监控、预测和优化。数据处理技术包括数据清洗、数据挖掘、机器学习等技术。

3. 虚拟仿真技术：虚拟仿真技术是数字孪生的核心，通过虚拟仿真技术可以在计算机中模拟工厂设备的运行状态和过程，从而实现对设备的远程监控和诊断。虚拟仿真技术还包括计算机视觉、增强现实等技术。

4. 通信技术：通信技术是实现数字孪生的保障，通过建立稳定、高效的通信系统，可以保证数据传输的实时性和准确性。通信技术包括物联网、5G 等技术。

政策明确技术地位。随着国家大力推动数字化转型，数字孪生得到国家各个层面政策支持。2020年4月，国家发改委印发的《关于推进“上云用数赋智”行动，培育新经济发展实施方案》明确数字孪生成为七大新一代数字技术。科技部、工信部、住建部等部委密集出台政策文件举旗定向。

数字孪生在智慧工厂领域应用空间广阔：

1. 生产流程优化：通过数字孪生技术，可以对生产流程进行全面的数字化建模和仿真，从而发现生产过程中的瓶颈和问题，优化生产流程，提高生产效率。
2. 设备故障预测与诊断：基于数字孪生技术的设备故障预测与诊断系统，可以通过对设备运行数据的实时监测和分析，提前预测设备故障，提高设备运行的可靠性和稳定性。同时，该系统还可以对设备故障进行智能诊断，快速定位故障原因，提高维修效率。
3. 产品质量追溯：通过数字孪生技术，可以对产品的全生命周期进行数字化记录和管理，实现产品质量追溯。在出现质量问题时，可以快速定位问题原因，及时采取措施进行改进和优化。
4. 生产安全监控：基于数字孪生技术的生产安全监控系统，可以对工厂环境、设备等进行实时监测和预警，提高生产安全水平。同时，该系统还可以对历史数据进行挖掘和分析，发现潜在的安全隐患，预防安全事故的发生。

四、AI 赋能将会为工业界带来哪些颠覆性变革

人工智能（AI）的发展将对工业企业产生深远的影响，我们认为这些影响体现在以下几个方面：

（一）研发侧：AI 赋能有望推进创新及个性化定制

人工智能技术的应用有望使得工业企业的研发流程更加高效。通过机器学习和数据分析，AI 可以快速识别设计中的潜在问题，减少产品从概念到市场的时间。此外，AI 还能自动化执行重复性高的研发任务，让研发人员专注于更具创造性和战略性的工作。

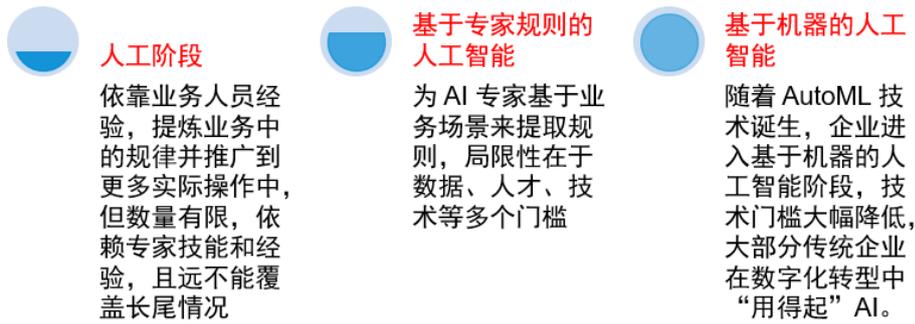
AI 技术还将促进创新设计。AI 技术，尤其是机器学习和深度学习，可以分析大量数据，发现人类难以察觉的模式和关联。这有助于工业企业在产品设计中实现创新，开发出更符合市场需求和性能要求的产品。

AI 技术的应用推动了智能制造的发展，使得工业企业能够更加灵活地应对市场变化，实现个性化和定制化生产。这要求研发团队不断探索新的生产技术和方法，以满足消费者多样化的需求。

（二）生产管理侧：AI 助力实现柔性生产

在生产管理侧，AI 助力有望让企业实现真正的柔性生产。传统企业在数字化转型过程中将经历人工阶段、基于专家规则的人工智能阶段和基于机器的人工智能阶段。未来，借助 AI 技术，将使得企业决策模型准确度提升。在实际生产过程中，宁德时代的产线已经借助 AI 实现优化产线质检、排产等环节，海尔则借助 AI 实现智能生产计划系统，达成自动化柔性排产目标。

图62：企业生产管理三阶段

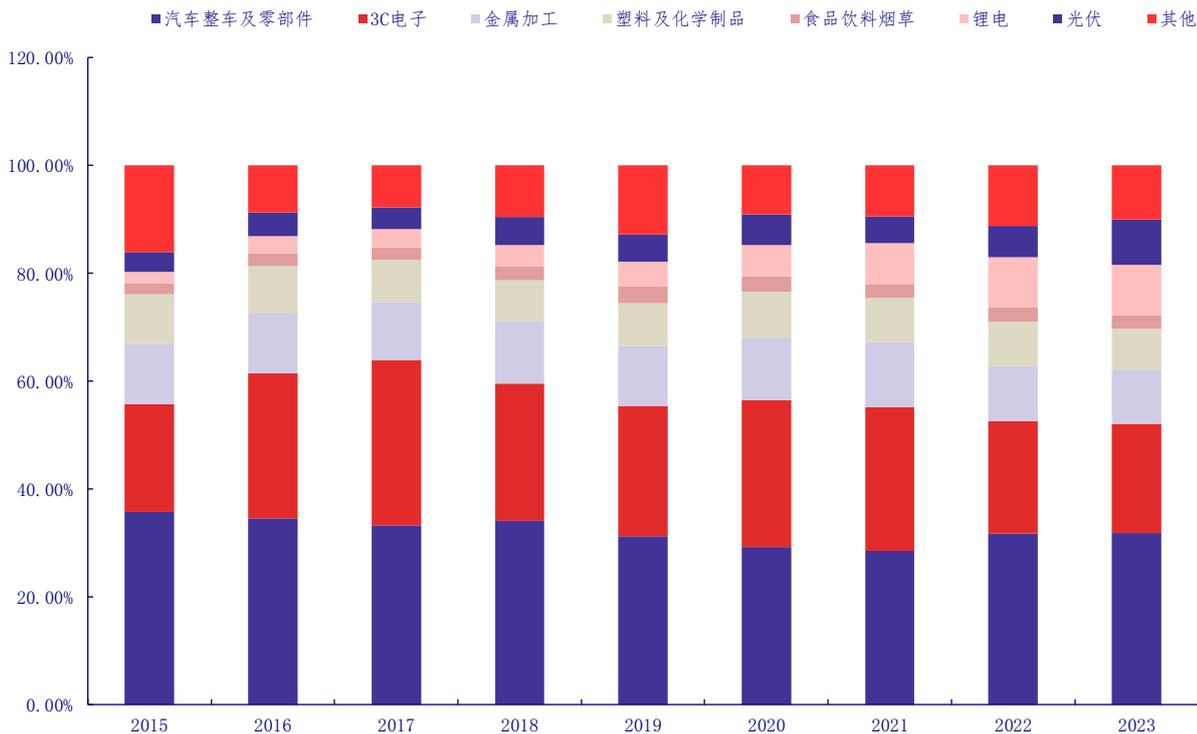


资料来源：中国银河证券研究院整理

（三）执行侧：AI 加速机器人渗透

随着 AI 技术的进步，机器人在工业领域的应用场景将不断拓展。除了传统的汽车制造和电子产品组装，机器人现在也被应用于物流、医疗、食品加工等多个领域，将来可以应用于场景更加复杂的一般制造业。AI 技术使机器人能够处理更加复杂和精细的任务，如精密装配、质量检测和定制化生产。

图63：2015-2023 年工业机器人行业应用分布情况



资料来源：高工机器人，中国银河证券研究院整理

机器人的形态也将更加多元化，除了传统的工业机器人，协作机器人乃至人形机器人的形态将越来越多的应用于工业领域。

图64：技术进步助力机器人持续进化与放量



资料来源：高工机器人，中国银河证券研究院整理

五、投资建议

考虑打造智慧工厂是实现新型工业化下的必由之路，未来我国各行各业智慧工厂建设有望不断兴起，AI加速各类数字化、智能终端产品渗透率提升，打造智慧工厂的四大板块均受益景气向上，投资建议方面我们认为一是要寻求共性需求产品中的头部供应商，如智能装备端工业机器人领域的埃斯顿、工控领域的汇川技术、3D打印领域铂力特、华曙高科、机床领域华中数控、海天精工等，二是具备行业 know-how 的智慧工厂解决方案提供商的公司如博实股份。

表7：重点推荐产业链公司盈利预测、估值（数据截止 3.28）

投资方向	股票代码	股票名称	EPS (元/股)			PE (X)			收盘价 (元)	投资评级
			2022A	2023E	2024E	2022A	2023E	2024E		
工业机器人	002747.SZ	埃斯顿	0.19	0.29	0.48	102.11	67.10	40.57	19.40	推荐
	688255.SH	凯尔达	0.47	0.35	0.45	48.87	66.48	51.56	22.97	推荐
	688017.SH	绿的谐波	0.92	0.68	0.96	132.13	179.48	126.27	121.72	推荐
人形机器人	002050.SZ	三花智控	0.72	0.84	1.04	33.60	28.86	23.20	24.19	推荐
	601689.SH	拓普集团	1.54	1.89	2.59	41.29	33.57	24.54	63.58	推荐
	603728.SH	鸣志电器	0.59	0.41	0.69	96.24	139.58	82.18	57.09	推荐
3D打印	002698.SZ	博实股份	0.44	0.58	0.75	38.47	28.76	22.31	16.74	推荐
	688333.SH	铂力特	0.70	1.10	1.90	115.71	73.59	42.54	81.00	推荐
	688433.SH	华曙高科	0.27	0.36	0.51	98.74	74.45	52.58	26.66	推荐
机床	300161.SZ	华中数控	0.08	0.46	0.61	361.70	66.97	49.97	30.60	推荐
	601882.SH	海天精工	1.00	1.20	1.40	27.69	23.04	19.81	27.69	推荐
	688697.SH	纽威数控	0.80	1.00	1.17	24.86	19.85	17.01	19.89	推荐
	688305.SH	科德数控	0.66	1.13	1.77	120.83	70.48	45.13	79.75	推荐
	000837.SZ	秦川机床	0.31	0.22	0.29	31.29	43.50	33.16	9.57	推荐
工控	300083.SZ	创世纪	0.24	0.16	0.27	29.13	42.47	25.69	6.99	推荐
	300124.SZ	汇川技术	1.64	1.82	2.32	37.48	33.73	26.55	61.47	推荐
	688320.SH	禾川科技	0.65	0.66	0.90	46.37	45.43	33.62	30.14	推荐

资料来源：Wind，中国银河证券研究院

六、风险提示

1. 制造业投资不及预期使得智慧工厂投资进展缓慢的风险。

智慧工厂业务本质上依然是企业的投资,甚至是企业基于对未来产业新业态做出的超前投资,依赖于企业的投资意愿和投资实力。假设宏观经济持续低迷,制造业投资不及预期,智慧工厂业务也将受其影响进展缓慢。

2. 数据孤岛问题未能打通使得智慧工厂效果低于预期的风险。

当前时点很多行业已经完成企业层级的数字化和工厂层级的数字化,但仍存在信息孤岛和自动化孤岛,工业互联网和工业软件未能发挥作用,使得智慧工厂效果低于预期。

图表目录

图 1: 先进制造领域发展时间线.....	4
图 2: 智能工厂关键技术和数据流示意图.....	5
图 3: 中美德日四国工业 4.0/智能制造相关政策.....	6
图 4: 全球主要国家 TIMG 指数.....	7
图 5: 中美德日四国 TIMG 指数细分项对比 (2021)	7
图 6: 灯塔工厂全球分布 (至 2023.12)	8
图 7: 全球灯塔工厂所属公司分布 (至 2023.1)	8
图 8: 全球及中国灯塔工厂行业分布 (截至 2023.1)	9
图 9: 三一重工智能制造发展历史.....	10
图 10: 特斯拉“超级工厂”进化法	11
图 11: 各行业企业智能工业成熟度.....	12
图 12: 先进企业和传统企业智能工业成熟度对比 (2022 年)	13
图 13: 离散行业和流程行业划分.....	14
图 14: 智能工厂及制造业新模式新业态技术路线图.....	15
图 15: 中国制造业就业人员平均工资.....	17
图 16: 二十个共性价值场景.....	18
图 17: 制造业数字化转型数字技术集成实施方案.....	19
图 18: 全球工业互联网发展历程.....	20
图 19: 工业互联网功能体系架构.....	20
图 20: 中国工业互联网产业增加值及占 GDP 比重.....	21
图 21: 工业互联网带动制造业行业增加值.....	21
图 22: 工业互联网核心产业、渗透产业体系.....	22
图 23: 中国工业互联网核心产业规模.....	22
图 24: 工业互联网平台应用普及率.....	23
图 25: 企业工业设备上云率.....	23
图 26: 工业软件在智能制造中具有广泛应用.....	24
图 27: 工业软件分类.....	24
图 28: 全球工业软件市场规模.....	25
图 29: 中国工业软件市场规模.....	25
图 30: 国内主要工业软件普及率.....	25
图 31: 国产工业软件细分市场国产化率.....	26
图 32: 工业自动化行业上下游产业链.....	27
图 33: 中国工业自动化市场规模及预测.....	27
图 34: 2021 年中国工业自动化细分产品市场份额占比	27
图 35: 中国工业自动化下游市场比例.....	28
图 36: 中国工业自动化本土品牌市占率.....	28
图 37: 2022 年全球机床消费额 (亿美元) 前十大国家和地区	29
图 38: 2022 年全球机床生产额 (亿美元) 前十大国家和地区	29
图 39: 我国机床消费档次划分.....	30
图 40: 中国机床国产化率.....	30
图 41: 2000-2025 年中国整体机床市场需求及预测.....	31
图 42: 2000-2022 年全球工业机器人年度销量.....	32
图 43: 中国工业机器人产量及增速.....	32

图 44: 近 12 个月中国工业机器人产量及增速.....	32
图 45: 核心零部件成本占比.....	33
图 46: 2019-2021 年工业机器人核心零部件国产化率.....	33
图 47: 工业机器人智能工作模式.....	34
图 48: AI+机器人.....	34
图 49: 中国工业机器人市场规模.....	34
图 50: 增材制造下游应用领域分布.....	35
图 51: 3D 打印产业链.....	36
图 52: 2015-2022 全球 3D 打印市场规模及同比.....	38
图 53: 中国增材制造产业规模情况及预测.....	39
图 54: 工业数字化指数评估模型.....	39
图 55: 中国工业数字化的行业画像.....	40
图 56: 各行业数字化指数.....	41
图 57: 16 个行业工业数字化指数评估细项指标结果.....	41
图 58: 工业 4.0 化在各类生产方式中的需求.....	42
图 59: 工业 4.0 的改造意愿和它实现的阻力.....	43
图 60: 三一重工智能工厂总体架构图.....	44
图 61: 数字孪生概念图.....	45
图 62: 企业生产管理三阶段.....	47
图 63: 2015-2023 年工业机器人行业应用分布情况.....	47
图 64: 技术进步助力机器人持续进化与放量.....	48

表格目录

表 1: 全球主要工业大国在"工业 4.0"相关领域的比较优势.....	7
表 2: 中国制造业从业人数.....	16
表 3: 工业软件四大细分类别市场情况.....	26
表 4: 工业机器人产业发展政策.....	32
表 5: 3D 打印行业政策梳理.....	36
表 6: 工业 4.0 阶段.....	44
表 7: 重点推荐产业链公司盈利预测、估值（数据截止 3.28）.....	48

分析师承诺及简介

本人承诺以勤勉的执业态度，独立、客观地出具本报告，本报告清晰准确地反映本人的研究观点。本人薪酬的任何部分过去不曾与、现在不与、未来也将不会与本报告的具体推荐或观点直接或间接相关。

鲁佩，伦敦政治经济学院经济学硕士，证券从业 10 年，2021 年加入中国银河证券研究院。曾获新财富最佳分析师、IAMAC 最受欢迎卖方分析师、万得金牌分析师、中证报最佳分析师、Choice 最佳分析师、金翼奖等。

免责声明

本报告由中国银河证券股份有限公司（以下简称银河证券）向其客户提供。银河证券无需因接收人收到本报告而视其为客户。若您并非银河证券客户中的专业投资者，为保证服务质量、控制投资风险、应首先联系银河证券机构销售部门或客户经理，完成投资者适当性匹配，并充分了解该项服务的性质、特点、使用的注意事项以及若不当使用可能带来的风险或损失。

本报告所载的全部内容只提供给客户做参考之用，并不构成对客户投资咨询建议，并非作为买卖、认购证券或其它金融工具的邀请或保证。客户不应单纯依靠本报告而取代自我独立判断。银河证券认为本报告资料来源是可靠的，所载内容及观点客观公正，但不担保其准确性或完整性。本报告所载内容反映的是银河证券在最初发表本报告日期当日的判断，银河证券可发出其它与本报告所载内容不一致或有不同结论的报告，但银河证券没有义务和责任去及时更新本报告涉及的内容并通知客户。银河证券不对因客户使用本报告而导致的损失负任何责任。

本报告可能附带其它网站的地址或超级链接，对于可能涉及的银河证券网站以外的地址或超级链接，银河证券不对其内容负责。链接网站的内容不构成本报告的任何部分，客户需自行承担浏览这些网站的费用或风险。

银河证券在法律允许的情况下可参与、投资或持有本报告涉及的证券或进行证券交易，或向本报告涉及的公司提供或争取提供包括投资银行业务在内的服务或业务支持。银河证券可能与本报告涉及的公司之间存在业务关系，并无需事先或在获得业务关系后通知客户。

银河证券已具备中国证监会批复的证券投资咨询业务资格。除非另有说明，所有本报告的版权属于银河证券。未经银河证券书面授权许可，任何机构或个人不得以任何形式转发、转载、翻版或传播本报告。特提醒公众投资者慎重使用未经授权刊载或者转发的本公司证券研究报告。

本报告版权归银河证券所有并保留最终解释权。

评级标准

评级标准	评级	说明
评级标准为报告发布日后的 6 到 12 个月行业指数（或公司股价）相对市场表现，其中：A 股市场以沪深 300 指数为基准，新三板市场以三板成指（针对协议转让标的）或三板做市指数（针对做市转让标的）为基准，北交所市场以北证 50 指数为基准，香港市场以摩根士丹利中国指数为基准。	行业评级	推荐：相对基准指数涨幅 10%以上 中性：相对基准指数涨幅在 -5% ~ 10% 之间 回避：相对基准指数跌幅 5% 以上
	公司评级	推荐：相对基准指数涨幅 20% 以上 谨慎推荐：相对基准指数涨幅在 5% ~ 20% 之间 中性：相对基准指数涨幅在 -5% ~ 5% 之间 回避：相对基准指数跌幅 5% 以上

联系

中国银河证券股份有限公司 研究院

深圳市福田区金田路 3088 号中洲大厦 20 层

上海浦东新区富城路 99 号震旦大厦 31 层

北京市丰台区西营街 8 号院 1 号楼青海金融大厦

公司网址：www.chinastock.com.cn

机构请致电：

深广地区：程曦 0755-83471683 chengxi_yj@chinastock.com.cn
 苏一耘 0755-83479312 suyiyun_yj@chinastock.com.cn
 上海地区：陆韵如 021-60387901 luyunru_yj@chinastock.com.cn
 李洋洋 021-20252671 liyangyang_yj@chinastock.com.cn
 北京地区：田薇 010-80927721 tianwei@chinastock.com.cn
 唐嫚玲 010-80927722 tangmanling_bj@chinastock.com.cn