



工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

工业互联网技术产业

创新报告

(2024 年)

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

工业互联网产业联盟 (AII)

2024 年 3 月

声 明

本报告所载的材料和信息，包括但不限于文本、图片、数据、观点、建议，不构成法律建议，也不应替代律师意见。本报告所有材料或内容的知识产权归工业互联网产业联盟所有（注明是引自其他方的内容除外），并受法律保护。如需转载，需联系本联盟并获得授权许可。未经授权许可，任何人不得将报告的全部或部分内容以发布、转载、汇编、转让、出售等方式使用，不得将报告的全部或部分内容通过网络方式传播，不得在任何公开场合使用报告内相关描述及相关数据图表。违反上述声明者，本联盟将追究其相关法律责任。

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

工业互联网产业联盟

联系电话：010-62305887

邮箱：aia@caict.ac.cn

编写说明

当前，全球工业互联网正处于以人工智能为代表的新一轮数字技术变革周期当中，新兴数字技术与传统工业体系的融合创新较以往更为活跃，越来越多的制造企业开始全力拥抱数字化浪潮、持续加大数字化转型的投入力度。在技术与市场红利的双轮驱动之下，新的产业空间正在被不断地创生出来，推动工业互联网技术产业的边界持续扩展延伸，智能装备、开放自动化、云原生工业软件及工业智能等新兴产业正在加速崛起，成为工业互联网发展的新的动力引擎。与此同时，工业互联网的产业格局也有望迎来调整重塑，多元企业主体将在更为复杂的市场环境与机遇窗口期之下展开角逐，既有老牌工业技术服务商全面转型传统产品与业务，利用已经建立的市场基础加快新产品的商业化，也有跨界数字技术服务商与初创企业充分利用技术优势，找准利基市场实现业务的扩张与渗透。

在这样一个发展阶段，工业互联网产业联盟组织编写和发布《工业互联网技术产业创新报告》，希望从工业互联网的产业发展态势、市场战略、技术趋势等方面研究和分析工业互联网发展的最新进展，并在一定程度上对未来发展方向提供洞见，为业界厂商、政府机构和投资者等利益相关方提供有益参考，共同促进工业互联网技术产业的创新发展。

白皮书主要分为五个部分。第一部分阐述了工业互联网技术产业的新认识、新阶段与新特征，明确了工业互联网技术产

业体系的演进变化。第二部分介绍了工业互联网技术产业的发展态势，给出了各个细分产业的发展规模与潜在市场空间。第三部分剖析了工业互联网市场主体的发展战略，指明了四大类工业互联网企业的业务布局方向。第四部分着眼于工业互联网技术创新的最新进展，呈现了工业互联网技术的创新变革趋势。第五部分对工业互联网技术产业下一阶段的发展方向进行展望。

白皮书的编写得到了众多工业互联网企业的大力支持。相关企业不仅结合自身产业实践提供了大量案例素材，更是进行了多次现场调研与深入交流探讨，为白皮书观点的形成与落地提供了有力支撑，在此一并致谢。

牵头编写单位：中国信息通信研究院

参与编写单位（以下排名不分先后）：美云智数科技有限公司、华为技术有限公司、谷斗科技（上海）有限公司、卡奥斯数字科技（青岛）有限公司、珠海星云智联科技有限公司、欧冶云商股份有限公司、中石油（北京）数智研究院有限公司、浪潮工业互联网股份有限公司、树根互联股份有限公司、京东科技控股股份有限公司、朗坤智慧科技股份有限公司、蒲惠智造科技股份有限公司、浙江陀曼智能科技股份有限公司、华融化学股份有限公司、河钢数字技术股份有限公司、新华三技术有限公司、联通雄安产业互联网有限公司、奇瑞汽车股份有限公司、中国东方电气集团有限公司、四川长虹电器股份有限公司、中建材蚌埠玻璃工业设计研究院有限公司、广州博依特智能信息科技有限公司、中车南京浦镇车辆有限公司、北京百度网讯科技有限公司、深圳市腾讯计算机系统有限公司、蓝卓数字科技有限公司、阿里云计算有限公司、浙江中控技术股份有限公司、湖南大学、美国参数技术公司(PTC)、达索系统

目 录

一、工业互联网技术产业新认识、新阶段、新特征	1
(一) 工业互联网边界延伸, 从三大体系裂变为六大产业 ...	1
(二) 工业互联网正处于融合应用与技术变革的交织阶段 ...	2
(三) 工业互联网发展呈现技术高频创新、产业快速迭代、商业强势变革三大关键特征	3
二、 工业互联网产业发展态势	6
(一) 我国工业互联网产业稳步增长, 规模增速继续放缓 ...	6
(二) 软件及解决方案产业规模翻倍, 应用市场愈发蓬勃 ..	7
(三) 工业互联网平台规模增速恢复, 市场趋于成熟发展 ..	8
(四) 互联自动化产业规模小幅增长, 新兴领域快速崛起 ..	9
(五) 工业智能产业进入高速扩张期, 动力引擎作用凸显 ..	9
三、工业互联网市场格局及战略	10
(一) 全球市场格局呈以四类主体为核心的橄榄型结构	10
(二) 综合扩张者数量极少, 正在加快走向平台化发展	11
(三) 技术利基型企业正成为“新旧势力”博弈主战场, 长期看新兴力量将加速崛起并冲击原有产业格局	12
(四) 资源整合型企业正在兴起, 力图打通供应网络+生产网络+服务网络	13
(五) 数字底座型企业主体有限, 产品+商业是未来布局关键	16
四、工业互联网技术趋势	17
(一) 硬件形态正发生根本性改变, 功能集成和软硬解耦是主要趋势	17

(二) 应用开发技术呈现多元化创新，走向深层次平民化和低门槛	19
(三) 模型贯通和数据集成演进升级，进一步支撑专用智能深度应用和通用智能技术变革	20
(四) 工业应用呈现“落地-升级-跃升”梯次推进，垂直应用加快普及、智能应用逐渐涌现、一体化应用原型凸显	23
五、工业互联网未来展望	25
(一) 工业互联网产业走向平稳发展，新领域是增长引擎 ..	25
(二) 工业互联网产业将加速整合，走向数字孪生闭环	25
(三) AI 将深度渗透融入工业互联网，重塑技术产品形态 ..	26
(四) 平台经济变革价值将凸显，数据要素乘数效应释放 ..	27

一、工业互联网技术产业新认识、新阶段、新特征

（一）工业互联网边界延伸，从三大体系裂变为七大产业

传统工业互联网以网络、平台、安全为三大核心产业，重点服务于制造业数据互联互通的需求。在工业互联网发展起步阶段，制造业存在大量异构封闭系统，对其数字化发展形成了核心制约。在制造企业打破信息孤岛的需求牵引下，网络、平台与安全三大产业快速兴起，推动工业数据的外围连接与整合，并保障数据应用安全。随着数字技术与工业体系深度融合，智能装备、开放自动化、新型工业软件三大新兴产业兴起，并融入工业互联网体系。随着云计算、人工智能、物联网等数字技术融入传统工业体系，工业互联网产业边界开始向传统工业技术服务业渗透，传统装备、自动化、工业软件产业加速升级，智能装备、开放自动化与新型工业软件三大新兴产业涌现并发展壮大，成为工业互联网数据闭环优化体系中不可分割的组成部分，推动实现更大范围、更高效率的工业大数据采集、连接与汇聚。在此基础上，工业大数据的集成整合进一步催生了海量智能决策分析的需求，工业智能产业随之崛起，工业互联网产业体系进一步延伸。工业互联网技术产业体系助力工业大数据的整合汇聚，这不仅催生了工业制造业领域

的大量数据价值挖掘需求，也为人工智能技术在工业场景的规模化应用奠定了良好基础，聚焦工业数据智能分析的产业主体不断涌现，工业智能产业随之加速崛起。

（二）工业互联网正处于融合应用与技术变革的交织阶段

工业互联网发展遵循着“叠加-融合-变革”三步走的基本规律。**叠加阶段**，工业互联网仅在外围作用于传统工业系统，实现数据采集与汇聚，并不改变传统工业软硬件产品形态，大数据平台与智能分析软件、工业物联网平台等产品是这一阶段的主要产物。**融合阶段**，工业互联网与传统工业体系走向耦合，通过传统工业软件与自动化软件的云化解耦，实现数据采集分析效率的大幅提升，云化工业软件、边缘一体机等产品是这一阶段的主要产物，在**变革阶段**，工业互联网重塑传统工业体系，全面推动其产品形态、服务模式、商业生态的颠覆式变革，云原生应用、工业大模型、开放自动化将是这一阶段的主要产物。当前，全球工业互联网发展正处于融合技术规模推广与变革技术创新验证的交织阶段。一方面，融合型技术产品已经稳定成熟，正在加快规模化推广应用。如西门子、达索、PTC等软件巨头已经依托平台完成全链条工业软件的云化重构，正在加快用户上云迁移与市场拓展，艾默生、

罗克韦尔、研华科技、和利时等传统自动化企业纷纷推出智能边缘控制器，集控制、计算、分析于一体，正在逐步取代传统工控机（IPC）与可编程控制器（PLC）。另一方面，变革型技术产品不断涌现，正在加快面向高价值场景的适配验证。如Salesforce、西门子、ABB、倍福等自建或与其他厂商合作构建工业大模型，率先在业务流程自动化、PLC代码生成、智能机器人交互等领域落地应用，施耐德电气、菲尼克斯等构建开放自动化平台重构工控系统功能模块及应用模式，实现工控编程模块化、工控调试虚拟化、工控应用智能化等。

（三）工业互联网发展呈现技术高频创新、产业快速迭代、商业强势变革三大关键特征

一是工业互联网融合技术创新周期由年缩短到月。以云计算为代表的信息技术从通用领域向工业领域的创新扩散周期超过10年。1997年，美国教授Ramnath K. Chellappa首次对“云计算”进行学术定义。1999年，霍罗威茨与安德森共同创立LoudCloud，被公认为是世界上首个商业化的云计算服务平台。2012年，GE推出全球首个工业互联网云平台Predix，拉开了数字技术与工业体系融合创新的序幕。以5G为代表的网络通信技术从通用领域向工业领域的创新扩散周期超过3年。2012年前后，5G实验室

创新成果开始涌现，随后三星、谷歌、英国电信等纷纷加快推进 5G 网络的研发工作。2016 年，华为进行世界上首次大规模的 5G 现场试验，2019 年，我国正式进入 5G 商用元年，2021 年前后，全国各地多个 5G 全连接工厂正式投产运营。以生成式人工智能为代表的前沿技术从通用领域向工业领域的扩散创新周期仅为数月。2015 年，Transformer 模型提出成为自然语言处理领域的重大突破，生成式人工智能技术探索加速。2022 年底 OpenAI 正式发布 GPT3.5，面向公众推出 ChatGPT，随后不到 1 年，西门子与微软达成战略合作，将生成式 AI 技术应用于工业生产制造各个领域，全面赋能工厂自动化水平与运营能力的提升。

二是工业互联网技术产业“以新替旧”按下快车键。在技术变革红利加持之下，工业互联网新兴产业快速崛起，其发展速度远超传统产业。据估计，以工业 SaaS 为代表的新型工业软件产业年复合增长率达到 17%，而传统工业软件产业增速仅为不到 5%，工业 SaaS 产业是传统工业软件产业规模增速的 3 倍有余。工业智能年复合增长率达到 52%，成为工业互联网发展的核心动力引擎。开放自动化产业年复合增长率达到 17%，而传统自动化产业增速仅为不到 3%，开放自动化产业增速是传统自动化产业的 6 倍有余。新兴技术产品功能性能优势明显，市场需求持续扩张，将进一

步加快“以新替旧”进程。工业 SaaS 带来云端实时协同，大幅提升协作效率，如 PTC 的云原生 CAD Onshape 通过云端协同数据模型，平均降低用户 30%设计时间。工业大模型带来内容生成与智能交互，显著降低应用门槛，如 DeepMind 的研发大模型通过学习 470 万个 CAD 文件，可以基于图片生成设计方案。开放自动化带来软硬解耦与软件互操作，大幅降低工控调试部署成本，如施耐德推出 EAE 平台、菲尼克斯推出 PLCnext 等，显著降低工程量 50%。

三是工业互联网数据驱动的商业变革持续涌现。随着工业大模型加速推动工业数据知识的模型化、产品化，数据模型服务快速兴起。如 Salesforce 推出 Einstein Copilot Studio，支持企业在通用大模型基础上根据自身业务需求定制专用 Copilot 对话助手。ABB 通过 Azure OpenAI 服务将生成式 AI 集成到 Genix 平台和应用中，实现代码、图像和文本生成等功能以增强用户体验。随着平台逐步成为新型软件的统一底座，以应用商城为代表的生态服务越发活跃。如西门子发布边缘商城，同步上线 20 余款应用，提供更敏捷且易于扩展的边缘应用服务。菲尼克斯推出 PLCnext Store 应用商城，构建连接软件开发人员与用户的数字市场和中央平台，开创全新自动化业务模式。随着“平台+新型软件”不断汇聚全产业链数据，

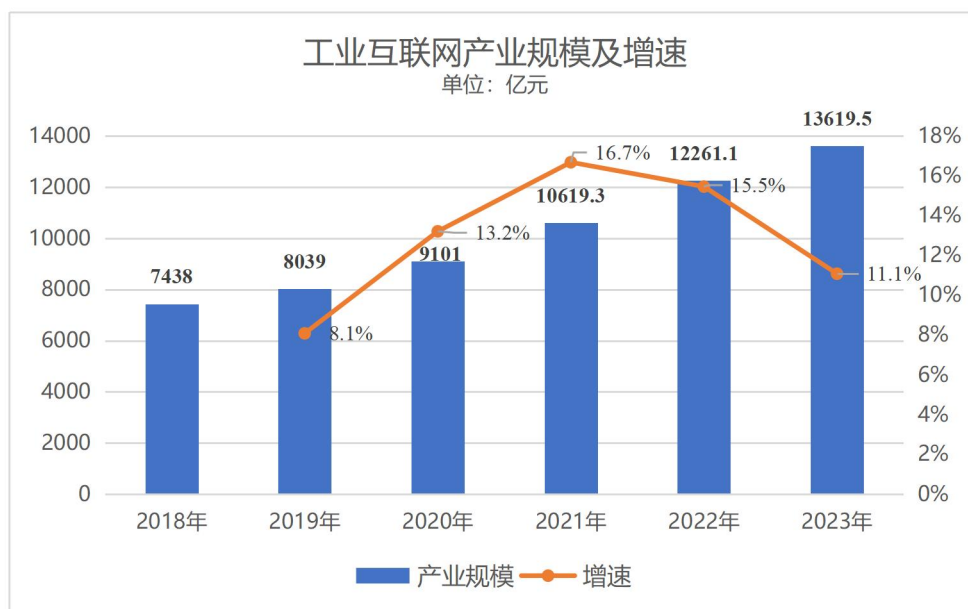
以订单匹配、产能共享、工程师协同为代表的社会化生产服务持续深化。如达索连接制造商、设计师与工程师，分别在两两之间提供 3D 组件、设计与制造资源的精准匹配服务。SAP 构建面向不同行业的商业网络，打通订单、库存、产能和物流等业务数据，为采购商与供应商提供全流程供应链服务。随着“平台+新型软件”全面打通全产业链全价值链数据，从研发设计到售后运维的全生命周期服务闭环成为现实。如 PTC 推出 ServiceMax Core，并与整个 PTC 产品组合中的功能集成，为产品/资产离开工厂并进入客户使用阶段的监控和服务提供记录系统，与此同时，ServiceMax 的 FSM 功能还与 Salesforce 的客户关系管理（CRM）系统紧密结合，将产品洞察延伸至客户洞察。

二、工业互联网产业发展态势

（一）我国工业互联网产业稳步增长，规模增速继续放缓

从总量上看，产业规模连续扩张。2023 年，我国工业互联网产业规模达 13619.5 亿元，较 2022 年增加 1358 亿元。从增速上看，产业活力持续释放。2023 年，我国工业互联网产业规模增速达 11.1%，2021 年至 2023 年年均增长率为 13.2%，实现“十四五”前三年持续保持两位数增长速度。从结构上看，增长引擎作用显现。软件及解决方案、工业

互联网平台以及互联自动化产业对整体规模增长带动作用最显著，增长贡献率分别为 33.7%、29.9%和 29.6%，较 2022 年分别增长 19.0%、32%和 6.7%。



(二) 软件及解决方案产业规模翻倍，应用市场愈发蓬勃

随着新兴技术的快速发展和市场需求的快速增长，以工业 SaaS 为代表的新型软件及解决方案产业持续高速发展。2023 年，我国工业互联网软件及解决方案产业规模达 2864 亿元，较上年增长 19.0%，自 2018 年测算以来增长近 1.3 倍，对产业整体规模增长的贡献率常年稳定在 20%左右。新型软件及解决方案凭借性能强大、部署简易、功能全面的优势，在工业领域迅速渗透并快速迭代，应用市场愈发蓬勃。如用友畅捷通聚焦小微企业提供云服务解决方案，围绕经营管理领域持续进行产品应用创新，2023 年前三季度

度新增的付费企业用户数达到 8.6 万，同比增长 51%，带动 SaaS 订阅收入较 2022 年同期增长 45%。玄武云围绕 SaaS 产品体系，不断融合低代码、云原生、人工智能等先进技术进行渐进式改良创新，2023 年上半年实现总营收 5.30 亿元，同比增长 18.0%，核心客户留存率达 91.7%。

（三）工业互联网平台规模增速恢复，市场趋于成熟发展

工业互联网平台产业经过强引导、高投入、保规模的扩产初期，规模增速迅速回升呈“V型”反转态势。2023 年，我国工业互联网平台产业规模达 1678 亿元，经对 2020-2023 年历史数据分析，工业互联网平台产业规模增速经历先涨后降再涨的波动，于 2023 年恢复明显增长态势，较上一年提升 32%。平台市场由“量的增长”转向“质的提升”，企业实现自我造血能力提升。如卡奥斯 COSMOPlat 注重全流程服务能力的打造，为汽车、纺织、食品、家电电子等超过 15 个行业，提供覆盖研发、生产、仓储、物流、服务等业务环节的一体化解决方案，2023 年卡奥斯 COSMOPlat 品牌价值达 868.26 亿元，较 2020 年增幅超过 55%。云道制造专注工业特定场景解决方案研发，为航天、船舶、电子装备等垂直领域提供自主可控的云仿真平台，近三年营收增幅平均值超 70%。

（四）互联自动化产业规模小幅增长，新兴领域快速崛起

工业互联网互联自动化产业融合新兴数字技术，正处于融合、变革、重塑的深刻调整时期，未来增长动能强劲。2023年，我国工业互联网互联自动化产业规模为3101亿元，较上年呈现0.8%的小幅增加，增速有所回落。其中，边缘计算主导的新兴技术领域规模增速达23.2%，工业控制等传统自动化领域增速受开放自动化等技术影响，目前正处于裂变调整阶段，产业规模小幅下滑。边缘计算产业规模为126亿元，较2022年增加24亿元，作为IT和OT的重要融合点，边缘计算在工业自动化领域加速落地，2020-2023年年均增长率高达24.5%。工业控制产业规模为2605亿元，在工业互联网互联自动化产业中的占比高达84%。随着开放自动化融合数字技术向工业控制领域加速渗透，原有体系正向软硬件结耦、开发软件化、控制智能化等方向加速重构，虽然产业规模及增速较上一年有所回落，长期看增长动力强劲。

（五）工业智能产业进入高速扩张期，动力引擎作用凸显

AI大模型围绕工业各环节进行赋能，引发对传统工业体系的系统性重构，成为塑造产业整体竞争格局的新起点。

根据 MarketResearch 数据显示，2023 年全球“制造+大模型”的市场规模为 3.2 亿美元，预计 2032 年突破 64 亿美元，2022-2032 年年均增长率达 41.1%。2023 年全球“工业设计+大模型”的市场规模为 2.0 亿美元，到 2032 年将达到 13.46 亿美元，2022-2032 年年均增长率为 24.5%。语言类大模型实现工业问答交互、内容生成是现阶段主要布局方向，与工业核心领域的结合仍在探索。如卡奥斯工业大模型 COSMO-GPT，基于 4300 多个机理模型与 200 多个专家算法库，打造员工智能助手，通过问答交互提升员工设计、查询、分析等重复性工作效率，截止 2023 年底累计活跃用户超过 6300 人，平均日活用户达 500 人。

三、工业互联网市场格局及战略

（一）全球市场呈现以四类主体为核心的差异化发展态势

全球工业互联网市场格局正在走向清晰，从企业禀赋角度来看，基本形成了数字底座型企业、技术利基型企业、资源整合型企业、综合工具型企业四大阵营。其中，综合工具型企业数量占比最小，以工业自动化及软件巨头企业为主，这类企业具备面向工业制造企业的全链条综合服务能力，已经形成了强者恒强的发展态势。技术利基型企业数量占比较大，以初创企业、专精技术服务商为主导，重

点发力工业 SaaS、工业智能、工业大模型等蓝海市场，目前市场分散、部分细分领域竞争激烈。资源整合型企业数量占比同样较大，主要包括工业电商、消费互联网等企业，掌控线上流量和订单资源，长期来看，各细分行业有望各涌现 2-3 个主导企业。数字底座型企业占比相对较少，主要以 ICT 及云服务商为主，重点发挥基础软硬件产品优势，打造通用的数字技术底座，目前竞争格局相对清晰。

（二）综合扩张者数量极少，正在加快走向平台化发展

综合扩张者数量极少、竞争壁垒高、市场地位稳固。以西门子、达索、施耐德、海克斯康、艾默生等头部工业服务商为代表的综合扩张者，通过长周期、大体量的收并购建立全链条综合服务，已形成一体化综合竞争优势。这类企业市场地位相对稳固，体量普遍超过百亿美元、资金实力雄厚、产品整合能力高，据统计，综合扩张者平均收并购周期长达 10 年，收并购企业数量超过百家，总金额超过百亿美元，收并购后产品整合周期约为 4-5 年。

综合扩张者正在积极推动应用生态建设和商业资源集聚，加快走向平台化发展。一方面，综合扩张者正在积极打造从边到云的应用商城，快速提升应用服务能力，联合多元合作伙伴扩展全链条服务能力，构建强者恒强的应用

生态。如西门子发布工业边缘商城，吸引数十家生态合作伙伴入驻，汇聚 30 余款工业边缘应用，构建覆盖“边缘+软件”的应用生态。海克斯康打造应用商城，集聚产业链上下游优势资源，构建智能制造生态。另一方面，头部企业汇聚海量数据与商业资源，创新交易增值服务，实现旧业务导流和新业务创收。如西门子四方维汇聚全球电子元器件综合信息资源，为超过 1 千万工程师及采购者提供商情、询报价、营销等服务。达索 3DE 市场提供 3D 模型、制造资源及设计资源交易服务，已汇聚超 200 个制造服务商、近 2000 个零件制造商、超 5600 万个 3D 模型。

（三）技术利基型企业正成为“新旧势力”博弈主战场，长期看新兴力量将加速崛起并冲击原有产业格局

新旧势力博弈加剧，产业格局将在震荡中调整。近年来工业 SaaS、大模型、开放自动化等创新技术涌现、相互融合，新兴产业也在快速起量。在此变革浪潮中，初创型企业大量涌现，同时传统专业技术服务商积极转型，将进一步加剧市场竞争，整体来看市场格局仍然未定、空间广阔。在此格局下，拥抱技术变革和强化战略聚焦成为新旧势力博弈的重要手段。

传统工业技术服务商加速转型，短期内仍将占据产业主导地位。传统工业技术服务商具备丰富的工业场景解决

方案经验、强大的技术能力以及稳定的市场渠道优势，使其能够稳步进行技术产品转型升级与整合，持续提供高价值解决方案，从而确保其产业竞争力。如工业软件领域 Autodesk 已全面实现 CAD 软件的 SaaS 化，并在 SaaS 服务的基础上推出的设计规划、草图绘制、创成式设计等智能插件，其自转型以来股价累计上涨超过 4 倍，年订阅收入增速达 18%。

技术先导型企业、初创企业等新势力积极拥抱变革技术、洞察细分市场打造差异化产品矩阵，长期来看将对原有产业格局形成强势冲击。如 Salesforce 深耕 SaaS 服务赛道，长期专注于云端客户关系管理（CRM）软件服务领域，凭借轻量级交付和订阅式商业模式迅速占领 CRM 市场，目前已占据全球 50% 的市场份额，连续 10 年被国际数据公司（IDC）评为全球第一大 CRM 提供商。倍福成立之初便锁定开放自动化技术路径，近几年复合增长率高达 15%，远超传统自动化厂商增速。

（四）资源整合型企业正在兴起，力图打通供应网络+生产网络+服务网络

工业电商、消费互联网等主体正在兴起，长期来看各细分行业均将涌现 2-3 个主导企业。近年来资本市场为工业电商、消费互联网产业发展注入活力，资源整合型企业

主体不断壮大，市场呈现三大亮点。一是投融资市场表现活跃，据统计，2022年我国产业互联网领域投融资总金额约133亿元，其中，头部企业致景科技成功完成数亿美元E1轮融资。二是营收增长提速，如Macrofab平台已接入北美约100家工厂，2022年平台出货量同比增长了275%。三是市值表现引人瞩目，如希音在海外迅速崛起，在《2023全球独角兽榜》以4500亿元估值位列全球第四大独角兽企业，仅次于字节、SpaceX和蚂蚁集团。未来，预计每个细分行业均将诞生2-3个头部企业，他们通过全面融合“供应网络+生产网络+服务网络”，以提供更大范围、更高质量的资源服务。

以集中采购叠加增值服务畅通“供应+服务”网络是当前主要方向，行业应用全面开花。该模式基于原辅料线上交易服务延伸到物流、金融等增值服务环节，以高效匹配供需、降低交易成本，同时解决中小企业运输、资金等难题。如成都积微物联整合采购需求打造一站式整体解决方案，为用户提供钢铁、钒钛、化工等大宗商品资源及配套增值服务，覆盖交易、仓储、加工、物流、供应链等业务环节。此模式已广泛应用于原材料、装备制造、消费品等各行业，如在面向上游原材料的化工行业，买化塑充分发

挥线上集采叠加增值服务的规模优势，成功吸引 100 万+活跃买方工厂，每月买方求购信息超过 1000 次。

以订单和产能精准匹配的“供应+生产”网络打通正加速推进，化工机械等中游行业崛起在即。该模式在打通以采购订单为核心的“供应”网络基础上，深入生产端获取企业实时生产数据，精准匹配订单和产能，实现多边化排产。以捷配科技为例，面向 PCB/PCBA 加工行业打造协同云工厂模式，基于协同智造平台提供元器件、底片等原料集采、订单线上分发与工厂协同制造服务，实现多环节产能集中调度与智能匹配，接入协同工厂数量已达 2000 余家，交付速度提升 3 倍。

未来将走向“供应+生产+服务”网络全面打通的产业链协同，纺服等消费品行业潜力巨大。该模式通过建立链接供应商、生产者、消费者和服务机构的生态网络，实现“产品设计+原料采购+生产制造+仓储物流+销售服务”全流程的高效协同，推动信息流、资金流、物流的高效流转，大幅提升用户消费体验。如希音在打通“供应+生产”网络基础上，接入设计师资源和消费者需求，向前打通“服务”网络，实现总体爆款率超过 50%，上新速度高达 4-5 万 SKU/周，远超快时尚巨头 ZARA。

（五）数字底座型企业主体有限，产品+商业是未来布局关键

数字底座型企业主体数量有限，竞争格局相对清晰。当前全球工业互联网 ICT 领域，微软、亚马逊、华为等领军企业崭露头角，但尚未形成绝对竞争优势。根据国际调研机构 Statista 统计数据，微软、亚马逊、思科、华为在 IIOT 平台市场份额分别为 11%、8%、6%、4%，市场竞争相对均衡。长期来看，“云+AI”产品创新与商业生态合作将成为抢占未来竞争制高点的关键。

ICT 企业积极打造融合生成式 AI 的全栈云服务，有望成为业务“第二增长极”。依托基础设施算力和全流程开发工具，ICT 云厂商加速布局模型即服务（MaaS），满足客户模型预训练、精调、部署、应用开发等需求，显著降低大模型应用门槛。微软云、阿里云、华为云、腾讯云、百度云等厂商均推出 MaaS 服务，如微软云发布 Azure OpenAI，支持调用 OpenAI GPT-4、GPT-3、Codex 等模型的 API，为 AI 原生应用开发提供强支持。长期来看，MaaS 服务有望成为 ICT 企业的新商业范式，MaaS 服务已推出按调用量付费、订阅付费等多种商业模式，同时海量的模型和数据将进一步带动计算资源需求和用云量提升，为 ICT 企业的持续发展打造强劲引擎。

ICT 企业以联合销售+流量牵引商业模式，实现生态共赢。一方面，ICT 企业以应用分成+联合销售的商业模式，加速伙伴用云。以微软为例，采用免费应用部署和应用分成模式，成功吸引 1300 余家软件厂商、2000 余家设备集成商广泛入驻。亚马逊推出 ISV 加速赢计划，为合作伙伴提供商机推荐和整合营销等全方位扶持。**另一方面，ICT 企业构建爆款 APP，以用户流量牵引伙伴产品集成。**例如，阿里钉钉打造服务聚合平台，推出 IXM “被集成模式”，支持欧软、黑湖等第三方搭建 SaaS 应用。微软 Teams 集聚超过 2000 款第三方应用，月活跃数用户数超 3.2 亿。

四、工业互联网技术趋势

（一）硬件形态正发生根本性改变，功能集成和软硬解耦是主要趋势

新型硬件产品正加快整合计算、存储、网络等硬件能力，满足复杂计算和空间集约需求。传统硬件体系较为碎片，层级架构明显，管理、布线复杂，近几年，边缘计算、云边协同、智能控制等新服务需求加剧了现场复杂度，多层级的碎片化架构管理问题更加突出，同时随着集成计算、网络、存储等资源技术的 IT 超融合架构趋于成熟，工厂车间层硬件也开始走向整合集成。国外倍福、西门子、霍尼韦尔等以及国内东土科技、研华、寄云等均推出智能边缘

一体机，可充当网关、边缘计算器、控制器、手提电脑等，有效减少设备数量提升空间利用效率，进一步降低布线和管理复杂性。

硬件软硬解耦进程加速，封闭嵌入式硬件体系向“通用硬件+开放软件”体系演进，提升应用移植复用水平。传统工业硬件技术体系软硬高度耦合，硬件设备的功能和性能受到软件的限制，软件也必须针对特定硬件设备开发，软硬件开发、维护和升级难以协调。数控系统过去控制算法和硬件绑定，汇川开放式数控系统已初步开放解耦，用户可以将自身积累经验开发成算法并封装入数控系统，但解耦程度仍较低，开发出的算法仍无法迁移到其他品牌设备中。西门子虚拟 PLC 已实现控制软件和控制器解耦，软件不再局限于西门子的特定设备，而是可在多类品牌厂商、多种类型设备（包括云平台）上实现控制软件灵活部署迁移，但应用软件和工控操作系统仍有耦合，无法跨操作系统迁移。菲尼克斯新一代 HMI 面板已原生融合 Html 5 技术，应用不再局限于任何设备或操作系统，应用可以任意迁移复用，彻底实现软硬解耦。

（二）应用开发技术呈现多元化创新，走向深层次平民化和低门槛

低代码开发需求愈发强烈，IT、OT 低代码开发两条路径并举。近几年企业数字化转型进入深水区，低门槛、高敏捷开发需求愈发强烈。在 IT 领域，低代码开发技术愈发成熟并向普及推广迈进，如 SAP Build 低代码开发解决方案，集成了上千个业务场景的预构建 workflows，通过简单的拖拽方式快速实现开发。微软低代码开发平台 Power Platform 加入 AI 助手 Copilot，通过自然语言辅助代码开发，大幅降低开发门槛。在 OT 领域，低代码技术标准化进程加快，模块类型包（MTP）标准通过快速拖拉拽代码包构建控制应用成为重要方向，罗克韦尔、西门子、倍福、ABB、施耐德等 OT 厂商纷纷推出自动化软件，可创建符合 MTP 标准灵活复用的标准代码包。

OT 开发加快 IT 化，通用统一的开发环境大幅提升工控开发效率。传统 OT 开发技术与 IT 开发技术在架构设计、编程方式等方面存在较大差异，OT 开发效率较低。随着边缘计算、智能控制等需求爆发，OT 领域的 IT 开发需求日益强烈。如罗克韦尔面向控制器设计推出新一代开发平台 FactoryTalk Design Studio，可基于云端实现现代化软件开发和基于 Github 的版本管理和控制；西门子在传统 OT 开发

基础上，推出以 IT 开发为核心的新型开发工具 Simatic AX，支持面向对象的编程、git 版本管理等，与传统 OT 开发工具博图原生打通，OT 开发的 IT 化趋势越加显著。

大模型技术推动自然语言开发创新加速，变革开发交互模式。大模型具备的复杂自然语言理解能力、高质量代码生成能力已经在软件开发多个环节（如功能设计、代码开发、测试）中释放出巨大潜力，新一轮软件工程变革正在加速。通用 IT 开发方面，SAP、Salesforce、百度等推出集成专用大语言模型的开发助手，可使用 AI 聊天助手生成特定代码；微软软件测试专业平台 Hydra Lab 也接入大模型，实现高度自动化的测试结果分析、探索性测试和测试用例生成。OT 开发方面，头部自动化厂商如倍福、罗克韦尔、西门子等开发软件均集成了大语言模型，通过自然语言完成 OT 代码开发已经成为现实。

（三）模型贯通和数据集成演进升级，进一步支撑专用智能深度应用和通用智能技术变革

工业互联网集成技术向更深层次的模型集成和更广范围的数据主线演进，为数据和模型融合决策提供底座支撑。在模型贯通方面，MBSE 应用越发广泛，更深层次的互联互通互操作成为可能。达索、西门子等头部企业广泛应用 MBSE 理论，通过模型间互联互通提升贯通和协同效率，进

进一步提升模型移植复用水平。在数据集成方面，数据集成范围从工厂内走向工厂外、从单点走向全环节，实现产品全周期数据集成。PTC 深化基于数据主线战略，以 14.6 亿美元收购以现场服务管理云软件（FSM）领导者 ServiceMax，通过集成产品监控和服务数据，将产品数字主线贯通到下游现场售后层级。

传统工业智能正在经历由简单感知识别向深度认知演进，应用范围从外围环节向核心环节延伸。传统工业智能应用模式包括识别类、数据建模优化类、知识推理决策类以及组合类四种，应用认知水平依次递升，并加速由质检、巡检等外围环节向工艺优化、设备运维等核心制造环节演进。识别类应用成熟度最高，占比 47.5%，但其可解问题有限，主要利用机器视觉技术赋能质量检测、安全巡检、物体分拣等外围生产环节，与工业机理相关性较弱。数据建模优化类探索最集中，占比 42.9%，通过机器学习算法对研发仿真、设备运行、工艺参数等结构化数据进行建模优化，形成工艺参数优化、能耗优化、排程优化等典型应用。知识推理决策类仅实现点状探索应用，占比 4.7%，主要围绕设备故障诊断、工艺知识问答等强工业机理环节实现创新应用，提升决策的可解释性与认知水平。组合类应用价值潜力最大，通过数据与机理双驱动的模式在设备管理、经

营管理等环节实现局部应用，占比 4.9%，当前仍处以科研院所为主的理论验证阶段。

工业大模型发展遵循“嫁接基础大模型-自研领域大模型-多模态多任务大模型”路径，变革价值潜力巨大。相比传统工业智能，工业大模型在推理决策能力、泛化能力上具有无可比拟的优势，将会显著降低企业应用 AI 门槛，提升企业分析决策、可持续创新等能力。大模型技术与工业融合目前呈现两种形态，一是各工业场景直接嫁接消费领域基础大模型，增加自然语言交互、代码自动生成等辅助性能。这类应用本质均是调用基础大模型已有功能，充分发挥基础大模型在自然语言交互、代码生成等领域的优势，快速提升企业办公效率和工厂操作效率。二是基于细分工业场景数据，自建领域大模型，实现研发、生产等环节的创新应用。以结构设计、药物研发等为代表的研发设计环节应用潜力较大，有望推动人脑设计走向生成设计。三是面向多类场景和多类任务，构建具备通用能力的多模态融合大模型。这类模型在可靠性、可解释性要求高的核心生产环节价值潜力巨大，但距离产业化应用仍有一定距离。谷歌 PALM-E 机器人大模型是典型代表，具备自主通用智能，可执行多种任务，已经在工业生产领域探索应用，但距离真实生产场景仍有较大差距。

（四）工业应用呈现“落地-升级-跃升”梯次推进，垂直应用加快普及、智能应用逐渐涌现、一体化应用原型凸显

工业应用在漫长发展过程中迎来新一轮变革周期，遵循着“落地-升级-跃升”的发展路径。在落地阶段，打造垂直应用成为厂商加快产品落地推广关键。在升级阶段，智能化成为多数厂商提升应用能力关键。在跃升阶段，一体化、全贯通工业应用凭借快速部署、流程天然打通等优势成为头部厂商竞争焦点。当前，少数厂商已完成落地推广并布局智能应用，极少数头部厂商已推出一体化工业应用原型。

多数厂商已开始打造细分解决方案，推动具有强行业特征的垂直类应用走向普及推广。随着云化解耦技术愈加成熟，应用的快速灵活重构成为可能，专精类服务商进而能够以较少投入快速整合推出面向行业细分领域赛道的产品，抢占细分赛道。霍尼韦尔面向医药行业，推出 MXP 制药 MES 平台，覆盖从临床试验到商业化产品开发全环节应用。西门子面向集成电路行业，在过去三年先后收购电子先进企业 Supplyframe、电路仿真企业 Avery Design Systems，提升集成电路行业的工业应用能力。

少数已经完成细分行业产品化的企业，开始推动应用智能化升级，超越传统能力边界的新型智能应用加速涌现。经营管理智能应用方面，Salesforce 推出用于 CRM 的生成式 AI Einstein GPT，能够针对客户查询生成自然语言响应、创建个性化内容，甚至代表销售人员起草整封电子邮件，极大提升客户管理效率。研发设计智能应用方面，仿真软件巨头 Ansys 推出基于 AI 的仿真软件 Ansys SimAI，将 Ansys 仿真的预测准确度与生成式 AI 的高速度相结合，实现设计流程加速 10-100 倍。生产管控智能应用方面，横河电机推出基于强化学习的新型控制优化应用 FKDPP，针对过去只能手动控制场景，实现自主化控制，极大降低人工经验依赖。

极少数具有多类工业应用以及生态整合能力的服务商，集成打通多类应用，具有“1+1>2”跃升价值的“一体化应用”原型凸显。达索 3D Experience 平台包含设计、仿真模拟、产品数据管理、生产管控、企业运营、大数据分析、协同环境、社区协作等多种应用为一体的综合平台，用户使用 3DE 便可以完成研发、设计、仿真甚至下游生产制造。西门子推出 Xcelerator 解决方案，其本质是依托边缘平台 MindSphere 将 PLM、EDA、ALM、MOM 等多环节工业应用组合，打造一体化集成的超级应用。

五、工业互联网未来展望

（一）工业互联网产业走向平稳发展，新领域是增长引擎

随着工业互联网技术产品进一步成熟，产业也将逐步从高速增长周期过渡到平稳发展阶段。工业互联网技术产业规模增速将基本保持稳定或略微放缓，产业成熟度将进一步提升。以我国为例，2023年我国工业互联网产业总规模超过1.36万亿元，同比增速较以往下降3-4个百分点，预计未来产业规模增速将保持平稳。工业互联网技术产业的不同细分领域增长速度将呈现出显著差异，融合创新领域有望撬动产业新“增长极”。工业互联网网络、平台、安全等成熟产业已形成规模，产业高增长动能减弱，而工业智能、工业数字孪生、开放自动化等新兴产业将迎来爆发式增长。据估计，工业智能未来五年复合增长率将达到52.5%，工业数字孪生未来五年复合年增长率将达到61.3%，开放自动化市场规模增速将达到传统自动化市场的6倍，增速超过20%。

（二）工业互联网产业加速整合，走向数字孪生闭环

在融合技术创新变革与数据闭环分析需求的双轮驱动下，工业互联网将加速细分领域的技术产业整合。一是新型工业网络将全面融入开放自动化，推动构建扁平化控制

体系。开放自动化通过把各个生产单元解耦为标准模块，实现自动快速连接，新型工业网络将在此基础上把大量运算和存储功能移动至边缘端，全方位保障生产线不同模块间的数据协同。二是开放自动化与工业互联网平台将实现全面协同，彻底打破 IT 与 OT 的鸿沟。开放自动化能够基于统一标准实现工业控制应用的可移植与互操作，工业互联网平台将进一步在云原生环境下支持工业控制应用的开发及运行，充分实现 IT 与 OT 的原生融合。三是平台将成为云原生软件整合贯通的底座，全生命周期数字孪生将走入现实。工业互联网平台将持续沉淀并抽象公共模型、工具和能力，为云原生软件提供开发、部署及运行环境，围绕研发、生产及运营等全链条软件工具链将走向集成自动化，推动全生命周期数字孪生走深向实。

（三）AI 将深度渗透融入工业互联网，重塑技术产品形态

随着人工智能的快速发展和工业互联网的融合创新，人工智能技术将深度渗透并重塑工业互联网技术产品的供给模式。一是 AI 将与工业软件深度融合，彻底变革工业软件开发及交互方式。在开发方面，AI 可以通过自动生成代码、优化算法，甚至进行自我学习和自我优化，从根本上改变传统软件的开发模式，当前部分软件平台已经具备

“免提式”控制界面与无代码开发能力。在交互方面，AI将通过智能推荐和预测分析，为用户提供更加个性化智能化的交互反馈，并与数字孪生可视化技术结合，实现用户与软件的低门槛无缝交互。二是AI将与装备及机器人深度融合，大幅提升具身智能的认知行为能力。具身智能是机器学习、感知技术与机器运动控制深度融合的产物，能够赋予机器更高级别的判别及行为能力。当前具身智能在工业场景进展较慢，主要面临感知控制的准确性和稳定性、与人协作的安全性和可控性等方面挑战，未来有望在技术迭代下加速应用落地。

（四）平台经济变革价值将凸显，数据要素乘数效应释放

随着工业互联网平台逐步从工具属性向经济属性延伸，通过全面整合产业数据及生产资源，释放平台网络效应与规模效应。平台经济作用范围将加速由消费端走入向生产端，带来全新的价值供给与产业组织方式。平台经济为生产端带来的变革将是全方位的，制造企业将依托平台实现内部生产方式重塑，构建数据驱动的智能化柔性生产模式，创造新的产品及商业价值，也将通过平台链接外部产业链上下游及生态圈，在多元利益相关方密切交互的过程中，实现企业形态与产业组织的动态调整。在平台经济的背景

下，数据要素将成为企业的核心资产，数据要素的乘数效应有望加速释放。数据是平台经济的核心要素，随着平台经济加速壮大，企业数据要素对于各个应用场景的赋能价值将越发显性化，数据乘数效应将越发凸显，实现数据驱动的全价值链全要素协同、多场景多主体复用、跨行业跨领域流转的高水平应用。



工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet