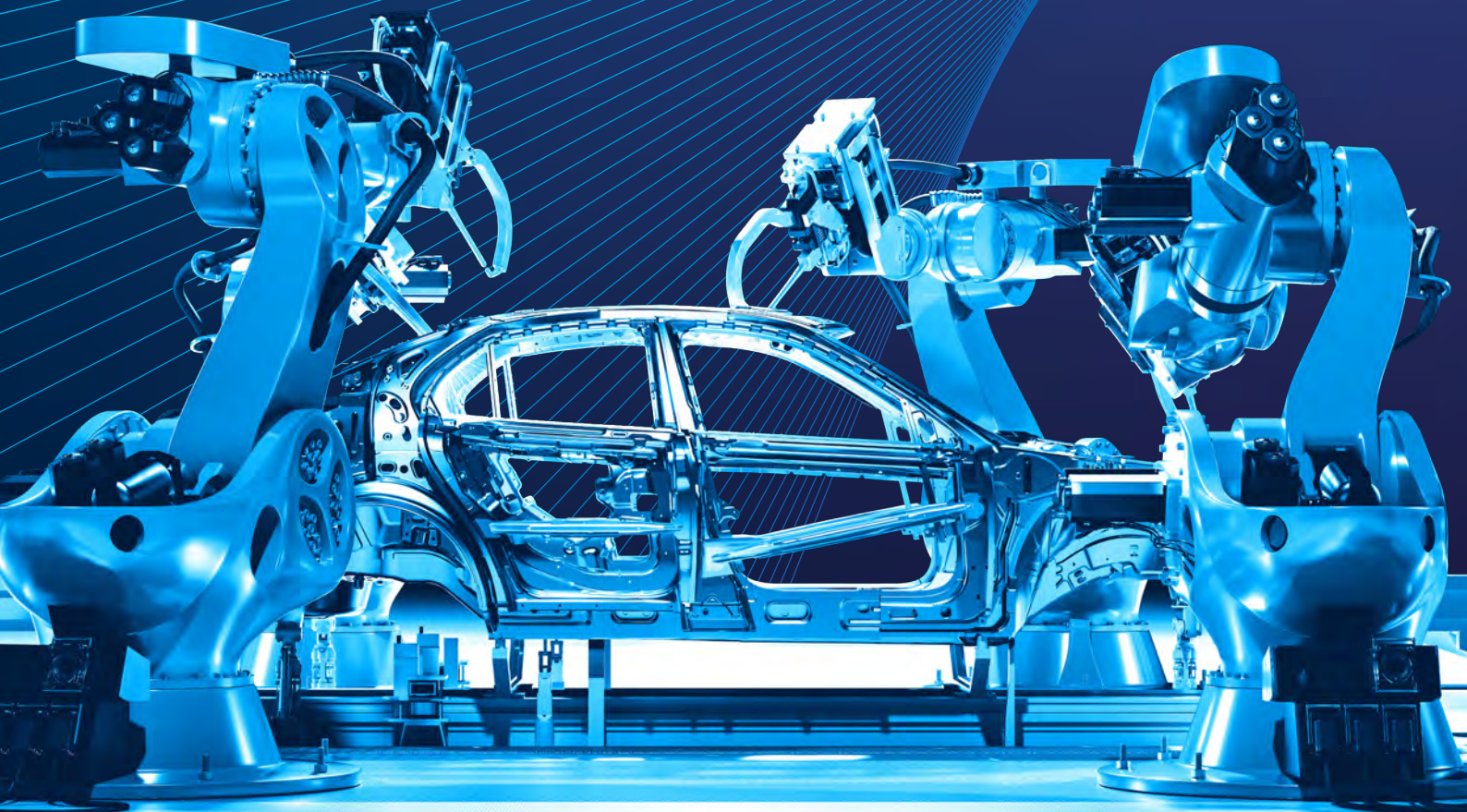


McKinsey
& Company

融合生态 拥抱智能： 2030中国智能制造 及自动化行业展望



2025年6月

伴随工业4.0的蓬勃发展和生成式AI领域的技术颠覆，全球智能制造和工业自动化行业变革提速。麦肯锡从自动化延展性、自我组织、数据分析、数字化技术栈、数字化工人、生态融合和商业模式七个维度分析智能制造行业发展情况。我们认为，到2030年，中国、日韩和西欧等先进制造市场有望率先实现自动化革命。这些市场中的领先企业，将通过多种颠覆性技术、新业务模式、云的广泛使用以及具备集中性和高适应性平台的半开放生态系统，打造由高阶数据分析和软件驱动、AI高度赋能的生产环境。

届时，高价值且可延展的自动化技术将全面应用于端到端业务流程，智能工厂具备完全集成的IT/OT技术栈，无处不在的高阶数据分析成为新常态，基于标准化解决方案的半开放式平台生态应用普遍，数字化集成和AI赋能的人机结合运营模式全面实现，大幅提升制造行业生产效率。

中国高度重视智能制造和工业自动化发展。国务院、工信部、发改委、科技部等有关部门陆续出台了一系列政策鼓励和支持行业发展。《“十四五”智能制造发展规划》提出推进智能制造的总体路径是：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、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。到2025年，规模以上制造业企业大部分实现数字化网络化，重点行业骨干企业初步应用智能化。到2035年，规模以上制造业企业全面普及数字化网络化，重点行业骨干企业基本实现智能化。近两年，国产

生成式AI大模型的全面突破，更是为行业加速发展提供了新契机。

同时，全球制造业及其供应链也面临前所未有的风险。一方面，贸易摩擦和关税政策急剧变化，给全球化企业依赖已久的跨国贸易和供应链体系带来巨大不确定性。很多高端制造企业更是处于风口浪尖，急需重新审视自身生产制造体系和供应链策略，加强应对外部风险的韧性。另一方面，宏观经济增速放缓、通货膨胀高企，多个主流经济体面临潜在经济衰退周期，许多制造行业面临产能过剩的行业周期，为智能制造和自动化技术的全面推广蒙上阴影。中国作为制造大国，更是面临国内经济结构转型和全球产业结构重塑下加快全球布局的双重挑战。如何利用工业自动化手段提升生产效率和智能化程度，更好的应对这些风险和挑战，也成为很多企业领导人的当务之急。

在此背景下，本白皮书旨在分析关键趋势和领先实践，为制造业企业成功实现自动化转型提供建议和方向。首先我们相信，受全球劳动力结构变化、颠覆性技术突破、市场需求变化、中国国产化替代加速等多重因素影响，**全球及中国智能制造和自动化行业有望在2030年进入高增长时代**。其次，“**平台化、敏捷化、智能化**”三大技术趋势将**驱动行业发展**，工业互联网平台、虚拟化PLC、人工智能、工业大模型等多项创新技术令更多自动化、智能化场景成为可能。**制造业企业应全面拥抱“开放、智能、融合”的智能制造软硬件平台**，选择开放融合的合作伙伴，抓住工业自动化行业技术变革带来的效率提升机会。

制造企业智能化转型也需要因时而变，从四个方面内外兼修，实现成功变革。首先**战略先行、整体规划**，重视新技术带来的新的自动化、智能化机会，制定企业数字化转型整体战略。其次**分段投资、聚焦价值**，遵循“痛点优先、价值导向”原则，优先解决高成本、高风险场景，小步快跑、快速迭代。同时要**全面**

拥抱AI、融入开放生态，选择数据标准统一、开放融合、扩展性强、与AI深度融合的智能制造软硬件平台，借助合作伙伴能力，通过AI应用提升运营效率。最后**磨练团队、拥抱变革**，打造兼具工业经验与数字技能的复合型团队，营造从“要我变”到“我要变”的文化氛围。

一、中国自动化行业有望在2030年前实现跨越式增长

据麦肯锡估算，2025年工业自动化产品的全球市场规模将达到约1083亿美元，过去三年年化增长率约3.7%。而中国工业自动化市场规模超过人民币2500亿元，在全球市场占比超过三分之一（图1）；预计未来5年，中国自动化行业将实现跨越式增长。

首先，工业自动化市场细分领域蕴藏巨大增长潜力。具体而言，工业自动化的细分市场包括三大领域：

（一）**适合连续流制造业的自动化设备**¹。流程工业在工业自动化产品上的支出最高。这些行业使用混合、煮沸、搅拌等工艺，根据公式和配方将原料混合。该流程分批次进行，最终的产品成份一旦结合就无法再度分离。迄今为止，流程工业在传统设备自动化上的投入最多，因为其控制系统通常较为庞大，并且购买周期较长。根据预测，2025年全球市场相关支出将达到约760亿美元，高于2019年的640亿美元，复合

年增长率约为2.8%。连续流制造业的核心产品包括硬件和软件。硬件产品包括控制类的DCS、传感类的过程仪表、执行类的控制阀门。软件产品包括MES等工业软件产品。在流程工业中，化工、电力、石油和天然气行业是自动化技术的最大买家。

（二）**适合离散制造业的自动化设备。**

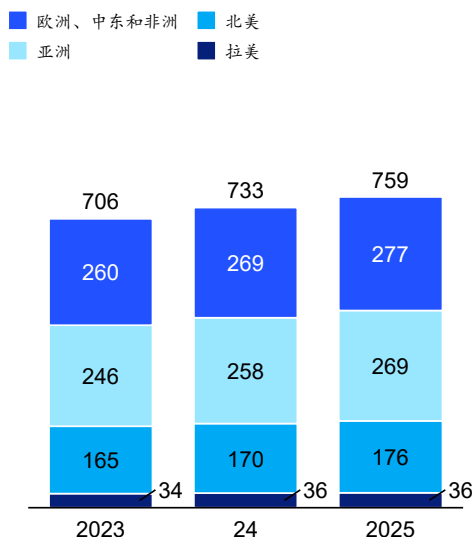
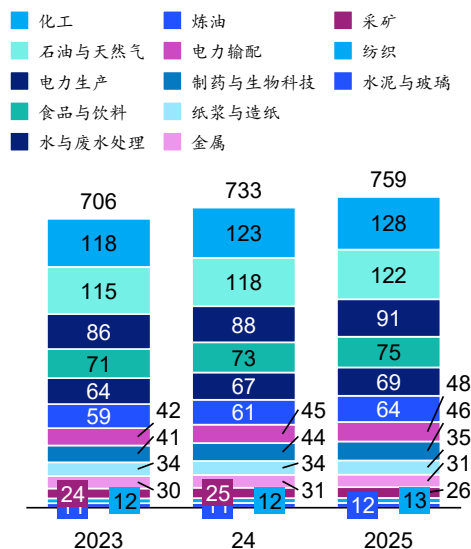
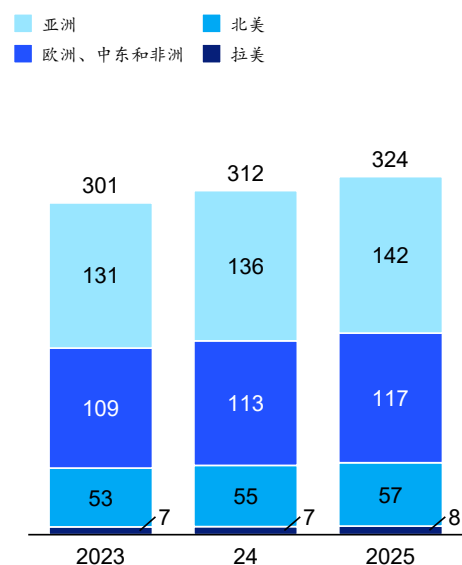
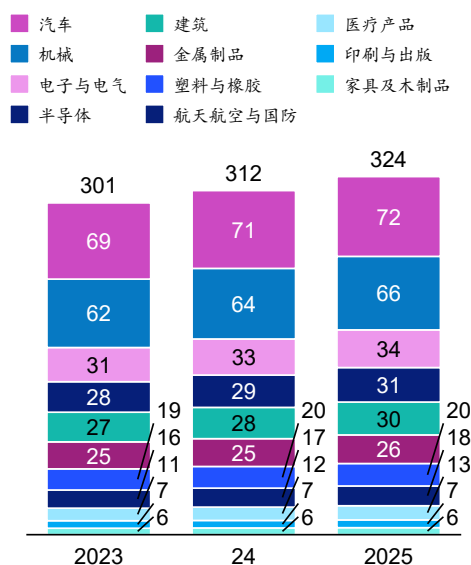
离散制造行业根据预订工单生产，用各类零件制造产品。生产工作通常分散在不同区域，可独立进行，也可连续进行。这一类制造业的自动化支出水平相对较低，但增长速度更快，各细分行业差异很大。具体而言，离散制造业的自动化产品包括控制类（如PLC、IPC）、驱动类（如变频器、伺服电机）、传感类（传感器）、执行类（工业元器件等）和系统软件等产品。全球范围内，半导体和电子电气行业的自动化支出增长最快。

¹ 根据ISA-95标准进行分类的经典自动化设备通常指参与控制和监控工业流程的硬件和软件组件

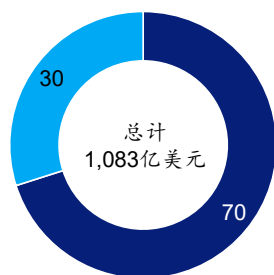
图 1

全球和中国工业自动化市场规模对比 (2023-25)

亿美元

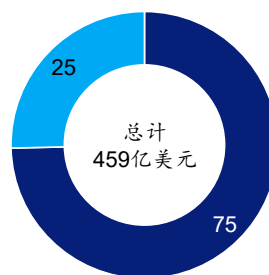
连续制造工业自动化市场规模
(按区域)连续制造工业自动化市场规模
(按行业)离散制造工业自动化市场规模
(按区域)离散制造工业自动化市场规模
(按行业)

全球工业自动化市场规模



■ 离散制造业自动化 ■ 连续制造业自动化

中国工业自动化市场规模



McKinsey & Company

(三) 针对连续流制造和离散制造的工业物联网软件和云服务。这一细分包括连接工厂内各类工业设备,以及支持使用数据分析驱动制造的各种解决方案。这一自动化产品细分市场规模最小,但增速最快,增长率达到18%。从供应商角度来看,工业物联网和云服务也是集中度最高的产品领域。

第二,未来五年全球和中国工业自动化市场均有可能加速增长。首先,**劳动力结构变化对于工业自动化提出新的要求。**全球劳动年龄人口增速正在放缓。

联合国《2024年世界人口展望》报告指出,世界总体生育率正在下降,妇女平均生育子女数比1990年前后减少了一个。在超半数国家和地区,女性平均生育子女数低于2.1个这一维持人口稳定的水平。

截至2024年,包括中国、德国、日本和俄罗斯在内的63个国家和地区的人口数量已达到顶峰,预计未来30年内,这些国家和地区的总人口将减少14%。人口老龄化不仅仅发生在日本、欧洲等发达国家,在发展中国家也日益显现。发展中国家老年人口将增加最多,也最为迅速,亚洲将成为老年人口最多的区域,而当前正经历人口红利的北非、西亚和撒哈拉以南非洲地区,可能未来30年老年人口数量增长最快。从2017年到2020年,全球青壮年劳动力增速已下滑到1%以下,2020年全球青壮年劳动力增速仅0.7%。到2070年代末,全球65岁及以上人口数量预计将超过18岁以下的人口数量。

世界经济论坛《2025年未来就业报告》指出,到2030年,农场工人、送货司机和建筑工人等一线职位的绝对需求增长最快,专业护理人员等护理职位和中学教师等教育类职位预计也会迎来大幅增长,而人口结构趋势将推动基础性行业的职位需求增加但劳动力供给减少,导致劳动力市场竞争加剧。人口老龄化使得高收入国家约40%的雇主将转型,很多公司对劳动力短缺感到忧虑。企业为了吸引和保留员工,需要支付更高的工资和福利,用工成本上涨。在这样的大背景之下,生产制造自动化替代将进一步加速。

其次,整个行业正面临自动化技术的颠覆性突破。**人工智能的加速发展使得“人机结合”的制造环境变为现实。**根据麦肯锡全球研究院的预测,伴随着自动化技术和人工智能技术的发展,到2030年,预计全球将有8亿个工作岗位被机器取代。若发展相对缓和,也将有4亿个工作岗位被取代。工业人工智能、虚拟PLC、数字孪生和无代码/低代码开发等技术是推动变革的关键技术。其中,尤其是人工智能技术,显著提升了工业自动化和工业机器人的性能,具体体现在四个方面:

(一) 增强感知能力:人工智能中的计算机视觉、语音识别等技术,极大提升了工业机器人的感知能力。计算机视觉系统借助深度学习算法,能够快速准确地识别物体的形状、颜色、位置和姿态,使机器人在复杂环境中完成物料分拣、零件装配等任务。语音识别技术则让机器人能够理解

人类的语音指令,实现人机之间更自然、便捷交互,提高生产效率。

(二) **优化决策能力:**通过机器学习和强化学习算法,工业自动化系统能够基于大量生产数据进行学习和分析,从而优化自身决策过程。例如在生产过程中,机器人可以根据实时生产数据和质量反馈,自动调整工作参数和操作流程,以适应不同的生产任务和环境变化,提高生产质量和效率,降低次品率。

(三) **提升运动控制精度:**人工智能技术可优化工业自动化系统及工业机器人的运动控制。例如,利用神经网络算法对机器人的运动模型进行建模和预测,能够实现更精确的运动轨迹控制,提高机器人在高速运动和复杂动作下的控制精度,使其能够完成更加精细和复杂的任务,如高精度的焊接、打磨等。

(四) **增强人机交互的易用性:**自然语言和语音界面的发展,使没有受过专业技术培训的人员也能轻松与AI互动。例如工业AI助手,新员工无需大量系统培训,直接询问就能获取答案,推动数据驱动决策的民主化。AI将作为工业软件系统的“前端”,通过人性化交互方式,取代繁琐的操作流程。如生成式人工智能可帮助草拟邮件、制作演示文稿,在工业领域能提高生产力、简化工作流程和缩短价值实现时间。

同时,制造业企业加速拥抱数字化解决方案,并深度参与行业生态合作。麦肯锡对全球188家工业自动化用户和供应商展开了问卷调查,同时也访谈了该领域的20多位专家,以获取业内人士对于工业自动化行业趋势的最新看法。受调查的企业覆盖了北美、欧洲、亚洲三个区域,其中三分之二的调查对象来自于离散制造行业或连续流制造行业的终端用户,三分之一的调查对象为工业自动化技术供应商。大多数受访者(超过85%)是运营(供应链、制造或采购)部门负责人,较小比例为战略负责人。通过调查,我们得到了以下三大核心观点:

— **数字化解决方案在企业工厂自动化中越发重要。**69%的受访者表示数字化解决方案当前已经成为其自动化工作的重要一环。此外,有更多人(94%)表示,这类解决方案对其未来的自动化举措尤为重要。技术进步的步伐正在带动工业自动化实现成熟、实用的解决方案,数量不断增加的合作和共同开发项目印证了这一点。

— **更多企业选择合作方式搭建工业物联网平台,而非自主开发。**工业物联网平台是制造环境的基础设施,建立在通用架构和标准化通信协议之上,可帮助工业用户监控、管理和控制互联设备。工业物联网平台让制造商能够分析和优化工厂产生的大量数据,从而获取价值。54%的受访者表示,他们目前搭建工业物联网平台的机制是与OEM合作,有30%的受访者选择使用大型供应商的现

有产品,10%的受访者表示正在与合作伙伴共同部署单个灯塔项目作为概念验证,而7%的受访者表示他们正在使用自主开发平台。这一结果与2019年的自动化问卷调查结果差异显著,当时超过一半的受访者表示正在使用自主开发的工业物联网平台。

- **开放性和系统兼容性是用户选择工业物联网平台的核心购买要素。**与现有传统软件解决方案平台(如企业资源规划系统ERP、制造执行系统MES、产品生命周期管理和客户关系管理系统CRM)的易集成性是用户选择工业物联网平台时的首要因素,其次是工业物联网供应商的服务水平。“应用程序的现成可用”也常被提及,尽管受访者中终端用户对其的重视程度不如供应商。但是,终端用户比供应商更加看重“工业物联网平台是否采用开放标准”。

从中国市场的实际情况来看,内外部环境变化有望促使**国产化工业自动化解决方案从“能用”到“好用”转型**。伴随着锂电、新能源、半导体等新兴制造业企业的快速发展,基于中国“新型基础设施”(比如云端数据中心、计算中心等)能力的不断提升,工业自动化设备的国产化率有望持续提高。举例而言:

- **在DCS领域:**电力、石化、油气等重点行业过去10年已初步完成国产化,DCS的国产化率已达到60%以上。国内龙头供应商凭借服务响应快、价格优惠等本土化优势获得市场认可。

- **在PLC领域:**国产PLC市场份额持续扩大,小型PLC国产化率超20%,中大型PLC市场CR6(前六大厂商)仍由海外企业主导,但国产厂商凭借优良性能和较高性价比,通过行业专用类产品及方案,在新能源、纺织、包装、3C等行业提升了市场占有率。在伺服系统领域:部分国内企业在包装、3C电子等中低端伺服市场取得突破,凭借性价比高和对国产设备兼容性强的优势获得市场认可。但在半导体制造、精密机床等高端应用场景,国产伺服系统在响应速度、动态精度和抗干扰能力等方面还有差距。

- **在工业软件领域:**中国工业软件国产化率从2023年的15%提升至2025年的25%,其中经营管理类软件国产化率达70%,研发设计类软件从5%提升至10%。国产工业软件供应商主要在中小制造企业中通过价格优势和本地化服务取得认可。

二、“平台化、敏捷化、智能化”三大技术趋势有望重构产业逻辑

当前，传统工业自动化系统在技术上仍存在诸多痛点。工业软件系统普遍按照ISA95的分类方法进行分层的架构设计，导致业务碎片化且条块分割，形成系统孤岛，跨层的业务流程难以实现。各应用子系统分开独立建设和部署，各个系统技术路线差异较大，软件复用性差。不同厂家、不同系统之间通过私有接口互联，缺少公共的服务接口标准。数据私有化且难以共享，标准和接口不统一，系统之间需要经过层层转换实现数据互联互通，各系统之间无法进行一体化调度，导致建设成本高。应用系统大多采用半定制开发模式，一次建好之

后，后期功能升级或第三方扩展非常困难，运维成本和难度高，且仅能由原始建设厂家进行升级，一旦原始厂家出现变故，系统只能推倒重建，无法适应制造工艺和生产组织方式的快速变化。

在这样的背景下，工业自动化系统出现了**平台化、敏捷化、智能化**三大技术趋势，具体可以总结为十大技术方向（图2）。这些技术可能会对工业自动化的未来产生巨大影响。这些技术均已投入使用，从现在到2030年很可能以两位数年化增长率快速增长。其中某些技术将成为行业拐点出现的基础，激发更加迅猛的技术应用。

图 2
2030年前自动化行业十大技术发展方向



McKinsey & Company

首先，平台化趋势大幅提升工业自动化软硬件兼容性和灵活性。“平台+应用”架构模式作为工业软件体系演进的重要方向，逐步成为主流工业软件框架。工业软件从单体应用转向平台化，通过统一数据底座和服务接口，解决传统分层架构中多源异构数据难以共享、跨系统协同效率低的问题，减少分层架构中多协议转换和私有接口互联，降低系统集成成本与复杂度。

— 软件定义的智能制造基础软件平台体系架构。针对现有的工业应用普遍存在定制化开发程度高、工程实施工作量大、烟囱式部署、异构系统难以互联互通互操作、上层应用与底层资源耦合度高、制造资源难以复用和灵活调配等问题，构建软件定义的智能制造基础软件平台体系架构是大势所趋。结合工业4.0、信息-物理系统（CPS）、软件定义和数

字孪生的思想,利用工业信息模型、知识图谱、图数据库等技术,将人、机、料、法、环等工业生产要素从物理空间映射到信息空间,构建统一的数字化、虚拟化孪生信息模型,并利用信息空间对数据综合分析处理的能力,对来自物理实体的实时数据进行分析,理解对应工业生产过程的变化,进行有效决策,并做出响应到物理实体。通过这种软件定义机制,各工业生产要素对象变得高度模块化,可实现积木式搭建和动态组合;上层应用和底层生产要素解耦分离,可实现制造资源的灵活复用和按需调配;物理实体与孪生信息模型之间交互联动、虚实映射,通过数据融合分析、制造过程全流程仿真、决策迭代优化等手段共同作用,实现工业生产制造过程的持续优化。通过对工业生产制造过程中的经验、领域知识和模型进行显性化、模型化、数字化、系统化、智能化的软件定义,构建标准的工业知识库,并以组件的方式开放给各工业应用,实现工业知识的沉淀、转化与复用。

- **模型化数据底座:**通过采用模型驱动的设计思路,平台以模型为中心,通过“模型+数据+服务+工具”的方式,统一数据体系,实现工业应用的模型化、组态化开发和部署。通过对对象模型对各工业要素进行刻画和描述,并高效组织和管理数据,创建的模型实例通过接口形式对外提供服务,各应用通过与模型实例的交互获取数据,提高对象之间、数据之间的交互效率。平台提供多维度统一建模集成环境和数据模型建模工具,以

图形化方式构建和管理数据模型,并通过统一模型调度框架和标准化数据服务接口,提供统一的模型和数据服务,实现异构数据的集成和模型化管理。通过模型化的数据组织和服务,为工业AI应用和全局智能优化提供标准数据支撑。通过提供多模态异构数据接入能力,统一的模型标识、统一的模型定义、统一的数据存储、统一的模型服务接口、统一的模型数据可视化支撑,为智能化的AI+应用提供垂直行业数据的底座能力。用户可结合应用场景,基于统一的数据底座能力,构建属于用户自己的模型结构,保证数据的开放性、资产化属性。

- **分布式智能调度:**通过分布式服务中间件,并采用服务契约机制,规范模型服务、逻辑服务、应用功能与数据接口之间的交互,使应用能够灵活接入、快速集成、按需替换或升级,无需对架构进行大幅调整。作为业务功能与基础服务的桥梁,分布式服务中间件实现了服务与服务之间的解耦,使应用能够独立开发、灵活部署。通过统一的服务访问入口,屏蔽应用与认证鉴权服务的直接交互,支持GraphQL和RESTfulAPI服务,并兼容发布订阅和点对点通信模式。此外,还内置可复用的消息推送、缓存管理等组件,并支持审计日志采集,确保系统高效、稳定运行。分布式服务中间件支持快速构建分布式系统,内置服务发现、负载均衡、容错机制,屏蔽底层实现细节,使应用开发者专注于业务逻辑。通过认证鉴权组件,实现服务间和服务-客户端之间的统一

认证，避免重复鉴权开销，所有用户请求通过中间件进行统一鉴权管理，确保安全性和一致性。

- **内生型安全管控：**新一代平台在设计、编码、测试、构建、发布、部署等每个开发环节，都更加重视系统和数据安全的端到端保证。完善的安全等级设计，防御性强的编码规则，基于数字证书等高级验证手段的更加安全的身份管理、通信管理和数据管理，都将为新一代自动化平台提供更加稳定可靠的运营环境。

第二，敏捷化趋势将突破硬件壁垒，实现软性控制、扩展性强的自动化部署。

通过软硬件解耦、虚拟化PLC（软PLC）等技术，支持控制功能灵活部署（如分布式控制、边缘计算），适应柔性生产对系统弹性和可扩展性的需求。传统单体软件升级困难，新的工业软件平台通过动态服务编排和低代码/无代码开发工具，支持快速功能迭代和定制化扩展。

- **全生命周期应用工具链：**通过打造一套面向应用开发、工程配置、集成调试、运行维护的完整工具链，全面提升工程应用效率。平台工具链覆盖从软件开发到工程配置、从规划到运维的全部工程实施流程，并统一提供部署和管理能力。平台为行业应用开发人员提供应用开发基础环境及开发工具，采用低代码开发设计思想，通过业务应用开发和服务编排实现行业应用功能快速开发。工程组态环境主要是面向工程实施人员和系统配置管理人员，提供多种开箱即用、具备组态能力的工程配置工具，包括算法逻辑组态工具、数据

模型组态工具、HMI图形组态工具、工业智能算法编程工具等，加速生产系统行业应用软件从现场数据初始化到上线的过程，实现项目快速交付和系统便捷配置。在线运行环境主要提供实时（RTE）/非实时运行服务，通过分布式服务中间件，实现各服务之间的高效协作和交互，同时支撑实时控制与非实时应用服务的整体部署和调度。运维环境提供硬件资源-平台服务-应用任务多层级监控能力，可监控所有服务器节点的系统状态及运行日志，并提供可视化界面方便查看及分析。

- **虚拟化PLC：**可编程逻辑控制器（PLC）是一类坚固耐用的工业计算机，因其可靠性和时间确定性而被广泛用于控制制造过程，例如控制机器人系统和其他自动化机器的动作。虚拟化PLC让任何计算机都可以作为PLC运行，同时保持开放架构。这种架构使得控制指令以更灵活的方式运行，并且使设备可以执行超出机器控制的计算功能。虚拟化PLC正在推动IT和OT的融合，这意味着程序员不必站在设备旁边，他们可以远程工作，让控制程序变更、修复和生产过程优化进一步提速。同时，人工智能可能也会显著提升虚拟化PLC的效率，生成式AI有可能自动创建虚拟化PLC的应用程序。

- **低代码/无代码开发：**伴随对于生产力和响应能力的更高要求，以及软件开发劳动力的短缺，企业对于低代码/无代码软件开发的兴趣与日俱增。低代码/无代码软件让企业无需

投入大量精力或无需具备IT知识便可编程。生成式AI将进一步降低代码编写要求,可能让完全没有编程经验的人也能开发好用的软件。这意味着IT工作负载降低,需求响应速度加快。

第三,智能化趋势促使企业从传统经验决策转向全面数据驱动,实现以人为主向“智能为主,人机结合”的终极变革。通过统一数据建模、多模态数据融合,为AI算法和工业智能应用提供标准化数据基础,顺应“数据即资产”的趋势。AI(尤其是大模型、机器学习)与工业控制、管理深度结合,支持智能优化、预测性维护、质量检测等场景,推动工业系统从“自动化”向“智能化”升级。

一 多源异构数据融合。随着现代制造业沿着自动化、信息化、智能化方向快速发展,生产过程中会产生大量多源异构数据,其数据量庞大,来源丰富、类型多样、结构复杂,而且由于制造业不同的部门和系统的数据来源、存储形式等各不相同,数据源也存在异构性、分布性和自治性。数据类型既包括数字、关系型数据等结构化数据,也包括文本、图像、音频等非结构化数据。对多源异构数据的有效融合至关重要,可实现产品质量、产量、能耗、排放等目标与生产全流程各工序相关机理知识、经验知识和数据知识的协同关联、深度融合,可为用户提供更有效的产品设计、生产管理、计划调度及设备管理等服务,从而提高生产质量和效率。

为此,平台建立了多源异构数据采集、集成、分析的完整体系,有效融合多源异构数据。数据采集是多源异构数据融合的基础,只有准确、实时采集生产过程中产生的大量原始多源异构数据,后续的集成与分析才有的放矢。平台通过设备接入及协议转换等技术,完成从传感、设备、系统等多种数据源的异构数据采集。数据集成整合来自多个数据源的数据,屏蔽数据间类型和结构上的差异,解决多源异构数据来源复杂、结构异构问题,从而实现对数据的统一存储、管理和分析,实现用户无差别访问,充分发挥数据价值。平台通过数据存储管理、数据清洗与转换、数据降维等关键技术完成多源异构数据集成。数据分析是多源异构数据处理的关键,在数据采集与数据集成的基础上提取工业生产数据的信息和知识,通过分析和处理集成的多源异构数据,提取有价值的信息和知识,可用于提升产品质量、提高生产效率、降低生产成本。平台通过数据挖掘、机器学习、统计分析等技术完成多源异构数据分析工作。

平台通过整合以上技术手段解决了多源异构数据的有效融合问题,建立了多源异构数据采集、集成、分析的完整体系,实现了异构通讯协议数据源的集成与访问、实时数据接口的统一、多源异构数据集成、数据质量评价与清洗、实时计算和分析处理等诸多关键技术。

— **工业AI智能体 (Agent)**：利用开源大模型、LangChain、LangGraph等大模型框架，以及MCP、RAG、FunctionCall、Text2SQL、Text2KG等大模型技术，构建工业Agent基础框架和能力，为工业场景提供创新解决方案。工业智能体是一种特殊的人工智能体，它专门针对工业生产制造场景设计和优化，满足工业智能应用在确定性、可信性、适用性、可控性、工程化等方面的严格要求。工业智能体具备对企业生产过程、人员、设备、环境等多方面的感知和控制能力。通过传感器网络，它能够实时获取生产线上设备的运行状态、环境参数等信息，并根据这些信息进行智能决策和控制。在人员交互方面，它能够实现与生产人员的智能高效交互，提供直观的操作指导和建议，满足人机协同的高精度操作需求。工业智能体采用确定的行业知识及生产企业专有知识，而非简单的生成内容，确保决策和操作的准确性与可靠性。它能够集成现有成熟的工业技术及工业软件能力，有机结合传统自动化控制技术、工业仿真软件等，形成强大的工业智能解决方案。工业智能体还具备协同对接生产企业上下游产业链的能力，通过数据共享和协同决策，优化整个产业链的生产效率和资源配置。

— **生产全过程仿真与智能优化**：随着智能制造的飞速发展，生产相关的各类需求愈加复杂多变。例如离散智能工厂面向3C产品小批量、多品种、

快速迭代需求；面向航空、航天、船舶零部件超大型、结构复杂、轻量化、高质量的生产需求；面向对大型燃气轮机、电推进发动机等高性能发动机的制造需求；面向汽车产品多系统、多部件及个性化定制需求。及时高效应对这些复杂多变的生产需求对制造业智能化提出了更高要求，是企业智能化程度的重要体现。

为解决以上问题，根据平台发展目标针对某些特定行业构建了从设计、工艺与生产，到仓储、物流全流程的仿真验证与智能优化的闭环系统，快速响应生产需求及其变化，仿真与优化相结合综合运用，从众多可行方案中提供最优解决方案。通过设计与仿真软件对制造过程进行全流程仿真、工艺参数决策，实现制造模式选择及多类别、多模式混合加工制造，综合提升产品性能和制造效率。仿真系统将来自多传感器、多尺度的信息和数据，在一定准则下加以分析和综合，并融合异构数据与结构性数据，将机理模型和数据模型相结合，实现全流程多层次多尺度多场耦合的一体化建模，将不同领域的仿真模型软件通过统一接口，软件总线、数据共享或网络等技术，集成为具备多种功能的综合仿真软件系统。在进行大规模复杂系统仿真时，平台通过采用协调一致的结构、标准和协议，利用网络设备将分散在各地的仿真设备进行互联，形成综合性仿真环境。

智能优化决策技术与系统可以从全部可行性方案中快速选出能实现最优目标方案的技术和系统。智能优化决策技术包括最优性条件、凸优化、线性优化、无约束优化的求解方法、约束优化的求解方法、动态规划、求解优化问题的智能算法、决策论、对策论、图与网络分析、排队论、存储论等。智能化决策系统采用工况协议智能解析技术、多源异构数据融合技术、信息深度感知为特征

的高维非线性强耦合过程统计学习理论、多质量指标逆映射建模方法、以及基于数据的知识学习与规则提取方法，实现自愈控制和自优化。通过全流程仿真与智能优化融合，平台在应对复杂多变的需求时构建了多方案全流程仿真以及最优方案智能决策闭环系统，为产品设计、工艺与生产、仓储、物流等提供有力的辅助决策功能，极大提高生产智能化程度。

三、对于制造业企业的启示

工业自动化的演进，本质是生产关系与生产力的持续重构——从“设备管人”到“数据赋能人”，从“经验驱动”到“智能决策”。当技术突破与产业变革联合共振，中国制造业正站在“自动化补课”与“智能化超车”的十字路口：既要补全传统自动化短板（如PLC国产化率急需提升），又要抢占智能时代的先机（如工业大模型领先应用）。在这样的背景和趋势下，中国制造业企业应该全面拥抱“开放、智能、融合”的智能制造软硬件平台，选择开放融合的合作伙伴，抓住工业自动化行业技术变革带来的效率提升机会。具体而言，有四点核心建议：

（一）战略先行、整体规划：基于上文提到的“平台化”趋势，制造业企业应该重视新技术带来的新的自动化、智能化机会，制定企业数字化转型整体战略。企业应积极拥抱一体化与平台化，从数据、平台、应用三个层面，构建公司工业自动化体系。首先，在平台层，构建“工具+服务+生态”的中台架构，集成数据中台（实时/历史数据服务）、业务中台（排程、

质量、设备等通用模块）、技术中台（AI算法、数字孪生引擎），避免重复开发。其次，在数据层，建立统一数据模型和标准，涵盖设备（物模型）、工艺（流程模型）、组织（业务模型），实现“数据即资产”的标准化数据管理。采用统一工业数据对象建模，实现“一处定义、全局复用”，减少数据转换成本。参考国家标准，建立数据资产目录，打通多源异构系统接口，通过标准化协议实现设备、系统、业务的数据互通。最后，在应用层，基于平台快速构建场景化应用，支持微服务架构与容器化部署，实现“敏捷开发、弹性扩展”，以低代码开发方式，基于痛点需求，在平台架构上灵活快速部署应用场景。

（二）分段投资、聚焦价值：企业在进行自动化、智能化投资布局时，应遵循“痛点优先、价值导向”原则，优先解决高成本、高风险场景（如设备停机、质量缺陷、交付延迟）。中小制造企业可从预测

性维护模块入手，快速降低运维成本。流程型企业可优先部署APC/RTO实现能耗优化，把ROI周期控制在12-18个月。利用平台弹性扩展能力，支持“小步快跑”式迭代，避免一次性巨额投资。

- (三) 全面拥抱AI、融入开放生态：制造业企业要重视AI场景落地，从“工具级AI”向“系统级AI”升级。充分利用外部工业互联网平台的AI能力，基于平台内置的智能套件快速开发具体应用场景。构建“数据-算法-应用”闭环，持续迭代优化AI模型，形成“检测-分析-调整”的自优化机制。选择本地化生态平台，加速适配自主可控软硬件，降低对单一供应商依赖。参与开发者社区，利用低代码工具与SDK快速构建定制化应用。
- (四) 磨练团队、拥抱变革：打造兼具工业经验与数字技能的复合型团队，重点培养工艺工程师的数据建模能力、运维人员的平台操作能力。与平台厂商合作开展定制化培训，帮助员工掌握基础应用组态，赋能员工寻找可能的效率提升和自动化应用场景。设置数据资产管理员、工业AI算法工程师、数字孪生工程师等新岗位，分别负责数据治理、AI算法落地、数字孪生建模等工作。引导公司内部文化转型，从“要我变”到“我要变”。

进行敏捷组织架构变革，建立跨部门敏捷小组。例如，组建由工艺、设备、IT人员构成的“快速响应团队”，针对生产瓶颈开展短期攻关。建立扁平化决策机制，搭建“数据中台+业务前台”架构，赋予一线团队数据决策权，如车间主任可自主调用设备数据优化排程，决策链条从三级缩短至一级。培育内部创新文化，激励员工创新。鼓励一线员工基于平台开发微应用，通过积分奖励、创新大赛等机制激发全员参与。例如，某企业通过“创客激励计划”，让一线员工自主开发小应用（如物料呼叫系统、设备点检App），累计产生500多个创新方案，这种“全员数字化”文化，比技术本身更能驱动转型。同时，建立“试错容错”机制，允许在非核心场景进行技术试验，通过沙箱环境测试新算法，降低生产环境风险。

2030年智能制造行业有望翻开波澜壮阔的新篇章，企业应该全面融合构建“人机协同、数据驱动、持续进化”的智能生态，积极拥抱“工业智能+人工智能”的无限潜力，让每一台设备都成为数据节点，每一个流程都实现智能决策，每一次创新都源于生态协同。唯有如此，中国制造业企业才能在需求波动、技术变革、全球竞争的不确定性中激流勇进，持续打造生产力标杆。

关于麦肯锡公司

麦肯锡是一家全球管理咨询公司，致力于帮助各类组织实现可持续且包容性增长。我们与私营、公共和社会部门的各类客户广泛合作，解决复杂问题，并为客户的所有利益相关方带来积极变化。我们将果敢的战略与变革性技术相结合，帮助组织实现更具可持续性的创新、持久的业绩改善，并打造立足当下、制胜未来的卓越员工团队。在中国，我们在北京、上海、深圳、香港、台北和成都开设了六家分公司，拥有超过一千名全球合伙人、咨询师和业务支持专家。了解更多信息，请访问www.mckinsey.com.cn

作者及联系人



管鸣宇

麦肯锡全球资深董事合伙人
常驻深圳分公司



方溪源

麦肯锡全球董事合伙人
常驻香港分公司



方寅亮

麦肯锡全球董事合伙人
常驻上海分公司



谭永超

麦肯锡全球董事合伙人
常驻上海分公司



汪成建

麦肯锡全球副董事合伙人
常驻北京分公司

特别鸣谢赵赫、石俊娜等对本文的贡献。

麦肯锡公司2025年版权所有。

融合生态 拥抱智能：2030中国智能制造及自动化行业展望

2025年6月

麦肯锡公司版权所有©

麦肯锡中国区新媒体设计出品

McKinsey.com.cn