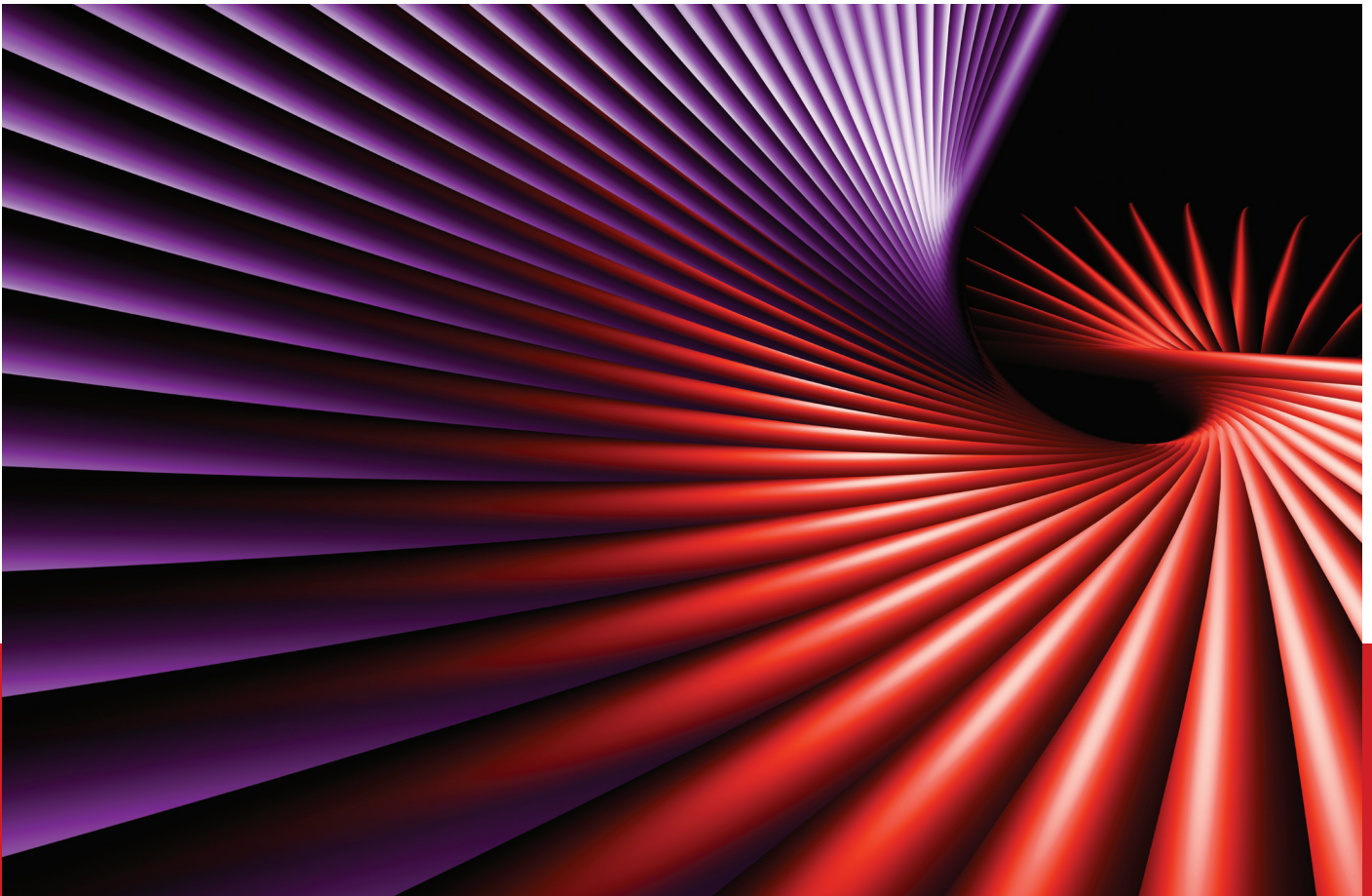


工业自动化：从控制到智能

人工智能正在重塑自动化价值金字塔，使其呈沙漏状。

由迈克尔·舍尔特勒、尼尔·马利克、阿德里安·布朗、斯科特·邓肯和迈克·科克斯顿



一瞥即见

- ▶ 工业自动化已开始一场结构性转变：价值正在从控制转向智能。
- ▶ 盈利池正在向栈顶（软件、数据、AI）和栈底（智能设备）转移——将核心控制技术置于中间面临压力。
- ▶ 传承优势正比大多数既得利益者预期更快地消退。
- ▶ 到2030年，预计近一半的产业收入将依赖于人工智能驱动的产品和服务。

工业自动化不再仅仅是控制机器——它关乎智能的编排。

几十年来，行业领导者遵循着一条清晰的逻辑：通过日益复杂的控制系统提高生产、制造效率、质量和安全性。经济效应显而易见。价值存在于专有的高性能控制器、紧密集成的系统和围绕大量已安装基础的服务和升级之中。

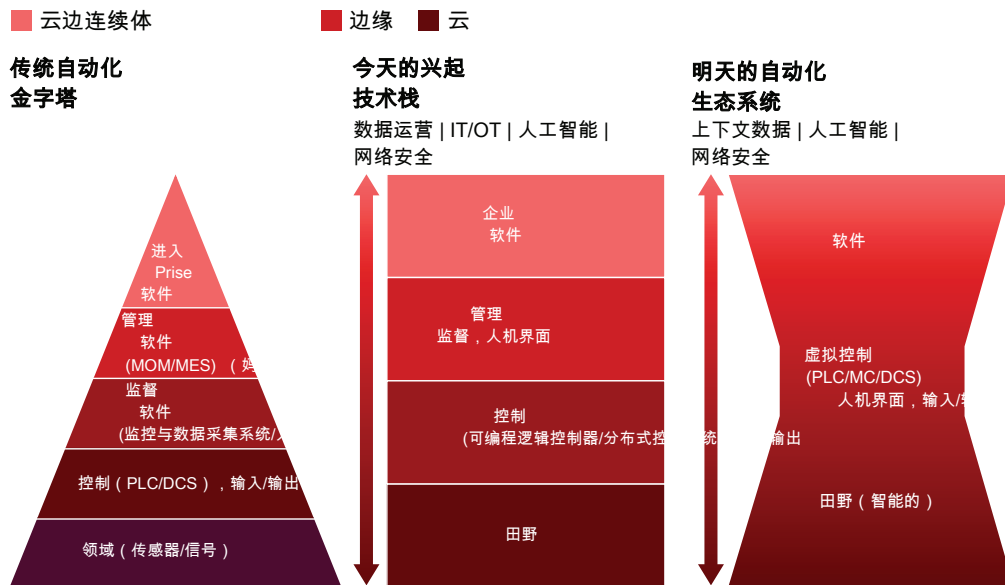
所改变的不仅仅是自动化技术，还有市场创造经济价值的地方

这种逻辑现在正达到其极限。正在发生变化的不只是自动化技术，还有市场创造经济价值的地方。曾经看似金字塔——价值集中在控制硬件和系统中——现在看起来更像沙漏，中间部分缩小，两端扩大。（见图1）到本十年底，预计超过80%的产业利润池将位于沙漏的两端，软件和数据驱动的层将占产业总利润池的超过一半，而智能现场设备将再占25%至30%。（见图2）。

在堆栈顶部，价值正在集中在软件、数据平台和AI赋能的工作流程中。这些层级快速扩展，利润率更高，随着数据和用例的积累而增值。它们越来越多地充当工业运营的“大脑”，将原始信号转化为决策和结果。在底部，价值在智能现场设备中重新出现。传感器，如机器视觉技术，和执行器，如变频驱动器，不再是被动的端点。凭借嵌入式智能、连接性和边缘计算，它们生成数据、执行决策，并持续改进性能。

工业自动化：从控制到智能

图1：随着软件作用的增长，技术栈的形态正在从金字塔形转变为沙漏形。



备注：I/O是输入/输出模块；PLC是可编程逻辑控制器；DCS是分布式控制系统；SCADA是监控控制与数据采集；HMI是人机界面；MC是运动控制；MOM是制造运营管理；MES是制造执行系统；IT是信息技术；OT是运营技术 来源：贝恩分析

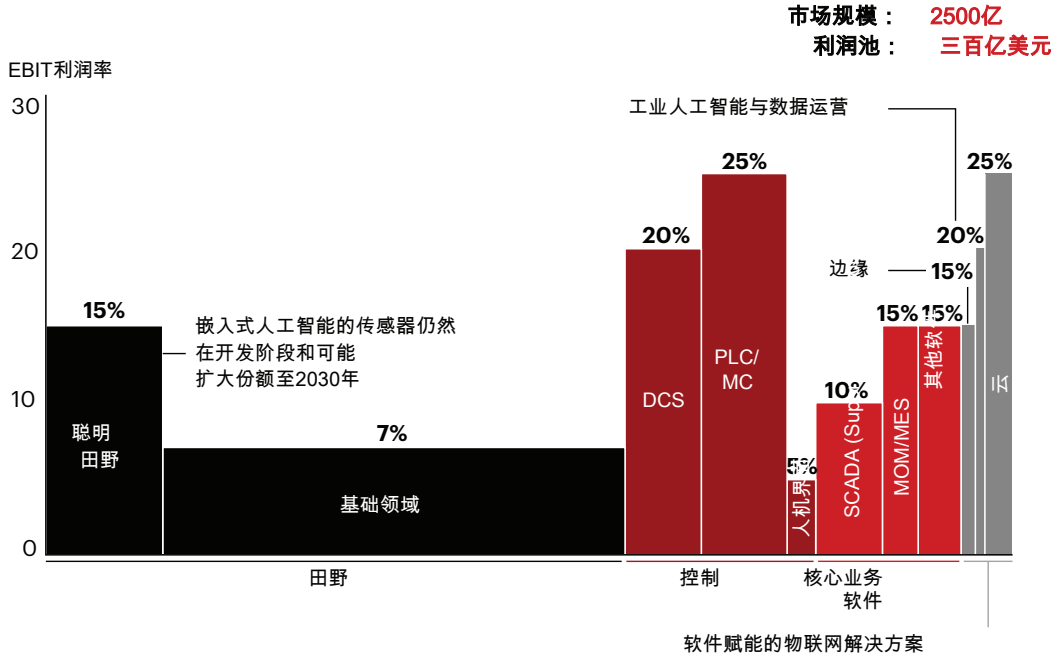
相比之下，中间的传统控制层——可编程逻辑控制器（PLC）、分布式控制系统（DCS）、输入/输出模块（I/O）、监控控制和数据采集（SCADA）及其相关专有软件——仍然是必不可少的，但它越来越难以扩展和区分。新进入者通过将核心控制的价值转移来压缩利润空间。根据贝恩的分析，到本世纪末，大多数行业利润池将流向这个沙漏的两端，而不是中心。其含义是明显的：控制仍然很重要，但它不再是工业自动化行业的有利可图的核心。这种转变在今天混合垂直领域（如制药和食品饮料）中已经明显可见，并将很快在离散垂直领域（如汽车）或流程垂直领域（如化工）中出现。

截至2030年，近一半的工业收入将依赖基于人工智能的解决方案，凸显了价值正转向智能。

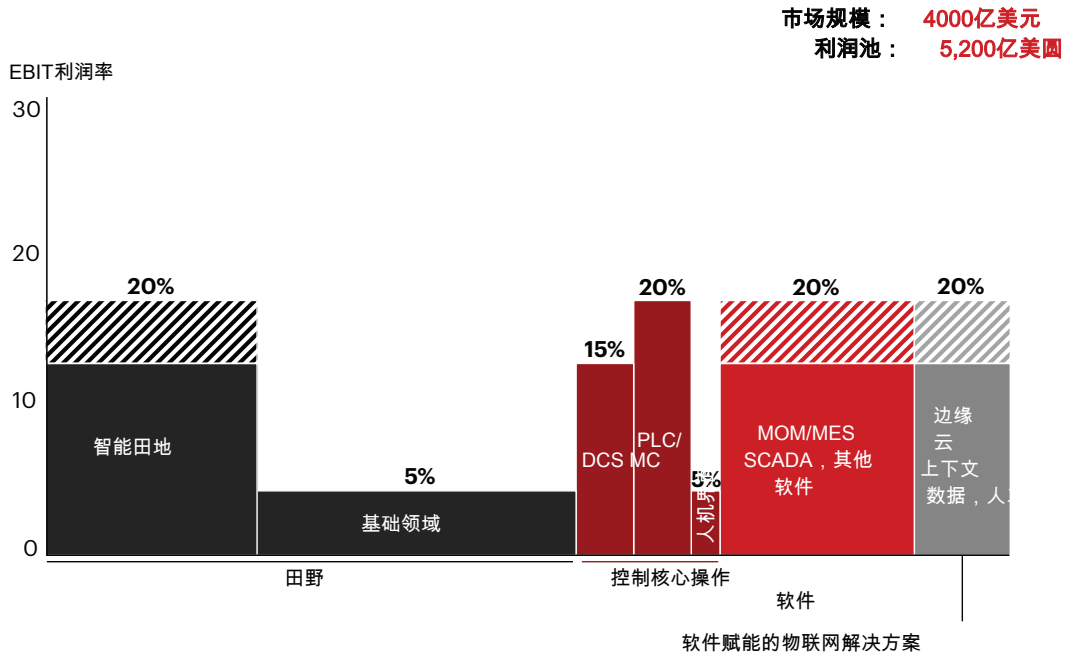
工业自动化：从控制到智能

图2：新技术将显著改变行业利润池，使其朝向软件和数字解决方案倾斜。

2025年：今天新兴的技术栈



2030：明天的自动化生态系统



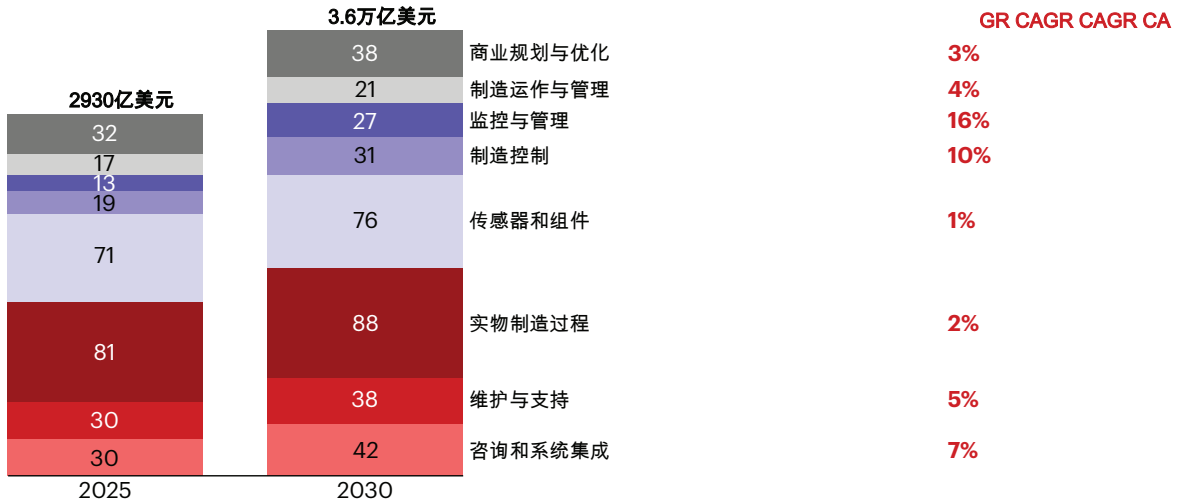
注意事项：市场和盈利池规模为估计值；领域类别包括传感器、执行器、驱动器、工业机器人、输送机和机器视觉；智能领域包括具备物联网（IoT）智能、计算和原生连接的设备；其他软件包括历史软件、高级过程控制（APC）、仿真软件和数字孪生；I/O是输入输出；PLC是可编程逻辑控制器；DCS是分布式控制系统；SCADA是监控控制和数据采集；HMI是人与机界面；MC是运动控制；MOM是制造运营管理；MES是制造执行系统。

资料来源：贝恩分析；ARC咨询集团自动化报告

工业自动化：从控制到智能

图3：人工智能将在未来五年内创造近700亿美元的工业市场价值。

市场扩张 (以亿美元计)，2025-2030年



来源：2026年拜恩工业自动化高管调查 (n=26)

Bain的研究表明，到2030年，近一半的产业收入将依赖于基于人工智能的解决方案，凸显了价值正转向智能化的趋势。根据Bain的2026年工业自动化高管调查，仅人工智能驱动的解决方案到2030年就能释放高达700亿美元的新市场价值。(见图3)

逐渐丧失优势

大多数在职者都明白行业正在数字化转型。但很少有人意识到这种转变如此迅速地削弱了他们数十年来依赖的差异化来源。有三个力量正在加速这种侵蚀。首先，运营环境发生了根本变化。劳动力短缺是结构性的：发达市场的制造劳动力正在迅速老龄化，超过40%的美国制造就业岗位在那些至少有四分之一员工年龄超过55岁的公司，这限制了行业依赖人力专业知识的可能性。供应链正在重新配置以提高韧性，而不仅仅是效率。可持续性、网络安全和可追溯性的期望同时上升。为稳定和成本优化而设计的传统自动化架构从未为这种程度的波动而设计。

其次，差异化的来源正在超越硬件。控制性能越来越成为基本要求。制造商期望系统能够适应、优化和学习。特别是，他们希望生产自动化技术能够与上游的设计、工程和仿真以及下游的供应链和分销系统互联互通。因此，购买决策正逐渐转向软件、数据以及制造业之外的用例赋能——这些领域仅凭控制系统的基础设施提供有限保护。

工业自动化：从控制到智能

第三，竞争从栈的两端都在加剧。超大规模企业和AI原生玩家正在拓展至工业软件和数据平台。与此同时，积极的硬件竞争对手——尤其是来自中国的——正在压缩控制器和基本自动化组件的利润率，包括许多类别的传感器和工业摄像头。对于自动化行业的老牌企业来说，面临上方和下方的压力。随着软件与硬件解耦以及互操作性提升，切换成本正在下降。当客户需求持续改进而非定期升级时，附加在传统系统上的服务更难进行防御。

现任者的风险不是一夜之间的颠覆——而是逐渐的边缘化。这是从大多数战略制造商伙伴到零部件供应商的缓慢转变，即使在收入看似稳定的情况下也是如此。这就是为什么这种转变让人感到不舒服。

明天的竞争优势

在工业自动化新时代，领导者将调配智能而非仅仅部署更多技术。这关乎软件、数据和智能设备如何结合——垂直而非水平——以解决运营问题。在行业向软件、智能设备和垂直深度转变的过程中，三种模式脱颖而出。

最重要的转变是从控制逻辑到决策逻辑。传统的自动化在稳定环境中执行预定义指令方面表现出色。下一波价值创造来自于持续做出决策的系统——优先考虑权衡、适应变化并优化跨时间和资产的结果。AI原生工作流程正在从分析层转向运营核心，实时塑造关于吞吐量、质量、能源使用和维护的决策。随着利润空间缩小，价值将积累到拥有决策层的人手中——而不仅仅是执行指令的系统。这标志着与过去的明显区别。未来的竞争力将更多地取决于运营在条件变化时如何智能地响应，而不仅仅是过程自动化的效率。

人工智能的第一波影响也将比许多领导者预期的更为集中和时间限定。贝恩公司分析显示，少数应用案例占据了人工智能正向影响的很大比例，其中以自适应机器人、预测性维护和基于知识的系统为主导。

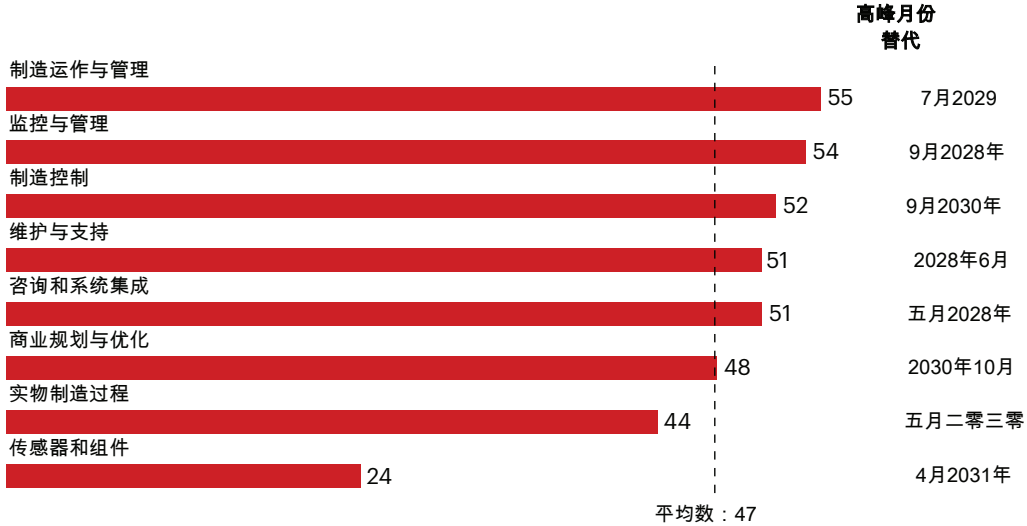
到2030年，近一半的工业收入预计将依赖于人工智能驱动的产品，在一些核心应用场景中，替代压力将超过50%。（见图4）在这些领域，人工智能不再是区分因素——它是进入市场的先决条件。而对于最高影响的使用案例，其中大部分价值将在未来一到五年内实现，留给渐进式或实验性方法的空间很小。

软件和数据正成为价值的双引擎。运营平台、工作流程应用以及由AI驱动的优化工具正从工业系统的边缘移向核心。它们为数据赋予意义、协调决策、将复杂转化为行动。关键的是，它们在功能和场所上逐渐扩展，创造出硬件本身无法匹敌的经济效益。

工业自动化：从控制到智能

图4：基于AI的解决方案预计到2030年将产生一半的工业自动化收入

市场份额替代率



来源：2026年拜恩工业自动化高管调查 (n=26)

关键在于，优势并非来自于IT与OT融合作为一个技术里程碑。大多数公司都可以连接系统，即使这样做的大规模成本常常是难以承受的，尤其是在与每个个别用例相比时。远少有公司将整合数据转化为更快、更好的运营决策。使领导者脱颖而出的，是运营融合——设计用于跨越生产、质量、维护、规划和能源的数据、治理和工作流程，并且越来越多地与设计（即产品生命周期管理系统）和分销（即供应链管理系统）相联系。当洞察直接转化为执行时，组织就从报告绩效转变为塑造绩效。对于领导团队来说，这不仅是一个架构辩论，也是一个运营模式挑战。

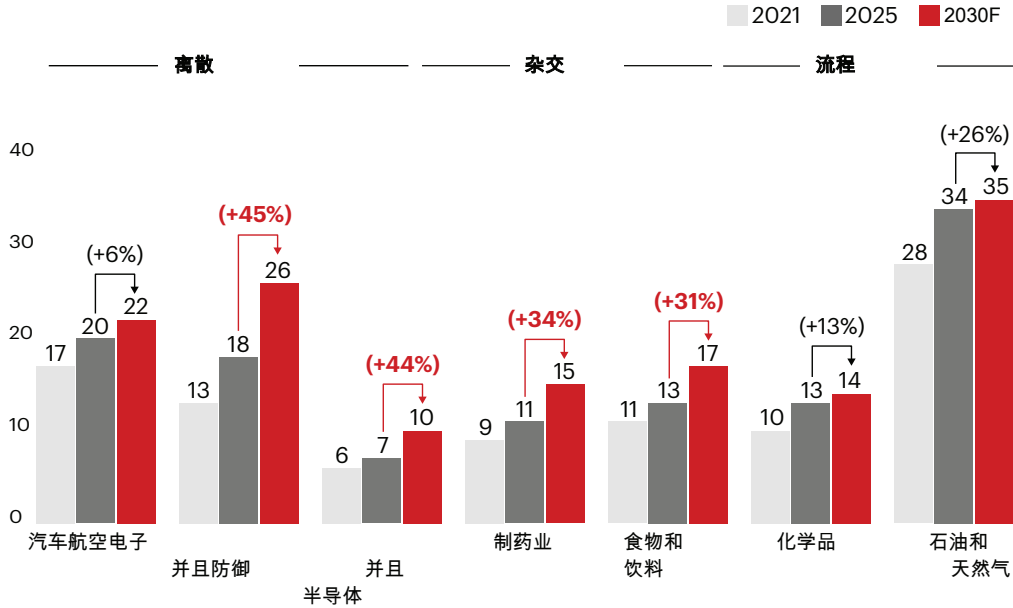
智能设备是决策流程的一部分。 智能正逐渐接近物理过程。机器人和传感器越来越多地预处理数据，做出局部决策，并与高级系统协作。这降低了延迟，提高了弹性，并解锁了新的应用场景——从预测质量到自主维护。

垂直深度是新的差异化来源。 行业特定解决方案，融入流程知识、数据语义和监管要求，将推动未来的增长。预计到2030年，近60%的行业增长增量将来自垂直特定产品，而非横向平台。（见图5）食品和饮料行业关注追溯性和卫生。电池和汽车制造商关注产量、吞吐量和快速重构。生命科学领域将验证和合规性作为核心特性，而非附加功能。

工业自动化：从控制到智能

图 5：混合制造行业预计将分配更多的支出用于自动化。

工业自动化支出（美元），每行业部门每增加1,000美元增加值



注意：离散行业生产单个、可数的单位（例如瓶子、家具、汽车），通常通过基于组装的制造工艺；流程行业通过连续的生产流程运行（例如纸张、石油、化学品），其产出不易分离成明显的单位；混合行业结合了这两种模式——从散装或连续加工开始，然后是离散的组装或完成步骤。

资料来源：市场参与者访谈；《2030年工业自动化市场预测》（市场研究未来）；《2025-2029年全球工业自动化市场》（Technavio）；《2024年工业自动化前15个增长机会》（Frost & Sullivan）；标普全球

因此，增长和价值的创造正集中在垂直化的堆栈中，这些堆栈将软件、数据和设备整合成综合解决方案。竞争优势越来越依赖于理解一个行业实际上是如何运行的，而不仅仅是控制它的机器。

这也是商业模式正在转变的地方。持续收入、基于结果的合同和生命周期价值正变得比一次性销售更重要。能够衡量绩效、分担风险并深入参与运营的服务提供商能够获取不成比例的价值。

随着智能的持续发展，价值创造可能从点解决方案转向生命周期编排。客户越来越奖励那些在项目启动后仍保持参与的合作伙伴——提升项目上线、运营和优化的表现。这有利于平台和持续参与模式，但更重要的是，它有利于那些能够衡量影响并对其结果负责的企业。那些在其生命周期中“拥有系统”的企业——塑造其学习和发展的方式——年复一年地创造价值。对于领导团队来说，增长目标从赢得更多项目转向在客户运营中确保更深层次、长期的角色。

工业自动化：从控制到智能

所有三种趋势的共同点是协调。未来的领导者将是那些能够连接层次、协调激励并持续改进成果的公司。没有哪家公司能够独自获胜。随着自动化向自主化发展，价值创造越来越跨越超大型计算服务商、自动化供应商、软件专家和集成商的生态系统。战略问题不在于是否合作，而在于如何协调。

在工业自动化下一个阶段，胜者将像协调机器一样，在合作伙伴之间有效地协调智能。早期的领导者已经看到了成效。根据我们的经验，在规模上协调数据、软件和智能设备的公司实现了30%到50%的生产力提升，维护成本降低了多达35%，资产寿命也延长了。

领导日程

这种转变不能仅通过渐进式升级或孤立的数字举措来解决，它需要明确战略选择。

选择胜利之地。 崛起的自动化领导者正在优先考虑行业领域，选择他们意图取得胜利的沙漏层。他们也在确定哪些业务领域需要捍卫，何处寻求合作伙伴，何处退让。试图保护整个堆栈会分散投资。

深入选择的垂直领域。 工艺专长、行业特定的数据模型和定制化案例应用正在变得越来越关键。仅仅横向扩展是远远不够的。

将软件和数据视为核心资产，而非附属品。 这意味着使用现代架构、制定AI赋能的数据战略，以及在工作流程中嵌入AI——而不是在遗产系统之上叠加试点项目。

重新设计商业模式，以关注终身价值。 成功的企业将会重新设计指标、激励机制和产品上市方法，着眼于结果而非交易。这通常会带来短期的摩擦——但从长远来看，这将提高回报。

重新构建生态系统。 没有一家公司可以独自获胜。未来的领导者将与超级巨头、整合者和专家合作，确保角色明确且捕获的价值是有意的。那些先行一步的公司将塑造下一时代的规则。

工业自动化正进入新阶段。工厂正转变为适应性系统，在价值链中感知、学习和行动。实现30%至50%的生产率提升、降低维护成本和延长资产寿命成为可能——但这只属于那些协调机器智能的企业。

大胆的想法。勇敢的团队。非凡的成果。

贝恩公司是一家全球咨询公司，帮助世界上最具雄心的变革者定义未来。

全球范围内，我们与客户携手并肩，作为一支拥有共同目标的团队，致力于实现非凡成果、超越竞争、重塑产业。我们通过定制的、综合的专业知识，结合充满活力的数字创新者生态系统，提供更好、更快、更持久的成果。我们承诺投资超过10亿美元开展免费服务，将我们的才华、专业知识和洞察力带给应对当今教育、种族平等、社会公正、经济发展和环境等紧迫挑战的组织。

