



**Rockwell  
Automation**

# 汽车行业的 智能制造： 部署与影响

汽车行业研究中心 | 2026 年 5 月



CENTER FOR  
AUTOMOTIVE  
RESEARCH



## 执行摘要

汽车行业正在进入人工智能/机器学习 (ML) 和自动化的新阶段。根据汽车行业研究中心 (CAR) 的分析, 对服务于汽车、轮胎和电池市场的制造商来说, 问题已不再是是否采用智能制造, 而应考虑部署速度和采用智能制造的环节。

汽车制造商和供应商已经在使用业界领先的自动化技术, 尤其是在车身、喷漆和焊接领域。正在改变的是其应用范围。全球制造商正逐步进入过去较难实现自动化的领域, 包括电子装配、验证、生产协调与物流。与此同时, AI/ML 也在全面提升现有运营中的预见性维护能力、检测精度以及系统性能。

驱动因素十分明确: 更复杂的生产环境、持续存在的保修问题、不断上升的大宗商品成本, 以及全球性的激烈竞争, 都在压缩后期修复和事后被动管理的空间。此外, 在劳动力市场紧张的状况下, 自动化能够支持具备成本竞争力的生产, 从而推动制造业的本地化与回流。

结果是可衡量的。制造商报告称, 在部分应用中, 计划外停机时间减少了高达 50%, 设备综合效率 (OEE) 提高了约 5%, 并且通过实时生产分析, 产量提升了 5-7%。从 CAR 的角度来看, Autoliv 的生产力增长从 2023 年的约 4% 加速至 2025 年的 9% 以上, 是持续投资成效一个较为具体的体现。从横向对比来看, 2025 年耐用消费品制造业的平均生产力增长幅度仅为 2.7%, 而截至 2024 年的数据表明, 汽车零部件行业 (NAICS 3363) 的年增长率大致在 2.6% 至 5.9% 之间。

这种影响在工厂车间已经显现。采用先进人工智能/机器学习技术的团队能够更早地发现问题, 减少停机时间, 并提高各工厂的流程一致性。不过, 这些收益并不均衡。根据 CAR 的研究, 企业在引入智能制造方面的做法存在差异, 尤其在质量、运行时间和工艺控制方面, 这些差异正开始拉开高绩效与低绩效制造商及供应商之间的距离。

领先的公司正将这些能力扩展至各个工厂和生产环节, 同时也对供应商提出了越来越高的相关能力要求。行业与供应体系之间的差距也在形成, 这将对采购策略、项目执行以及长期竞争力产生战略性影响。

## 汽车：行业领先的智能制造

2026年 Rockwell Automation《智能制造现状》调查显示，汽车行业在整体部署进度和未来投资意愿上，与高效能、高科技及生命科学行业并驾齐驱。下方矩阵图显示各行业在当前部署水平和规划投资上的定位；汽车行业在这两个维度上均位于领先象限。

### 制造业智能制造矩阵

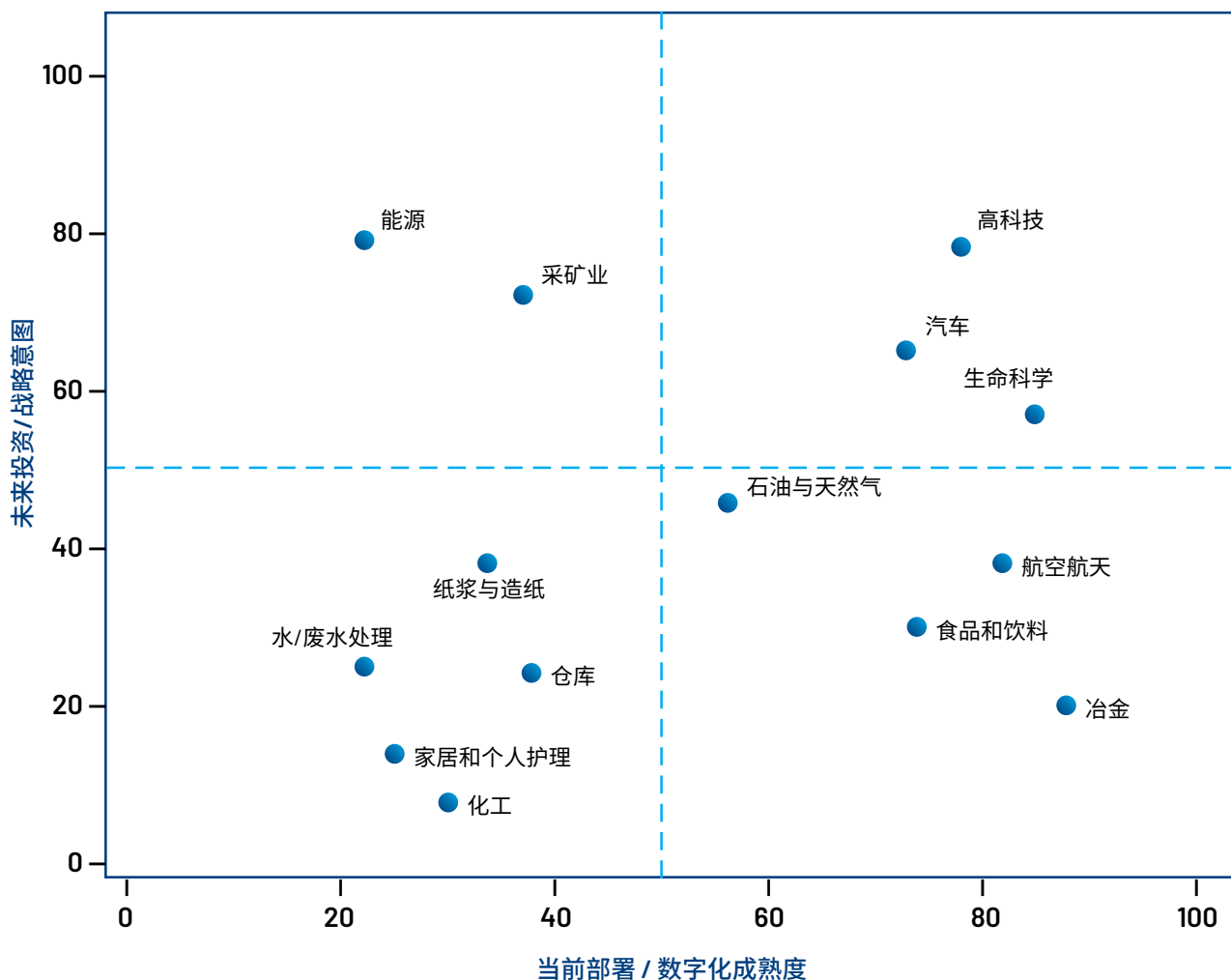


图1 制造业智能制造矩阵

资料来源：第11届《年度智能制造现状》报告，Rockwell Automation。

方法：本矩阵依据从所有智能制造技术类别汇总出的两项综合指标，进行行业对比分析。数字成熟度指数（X轴）：按照选择“已投资”相关技术的受访者百分比，来衡量当前技术的采用情况。未来投资意愿指数（Y轴）：通过汇总未来12个月及未来5年计划投资的受访者比例来衡量预期采用情况。

汽车行业在金属冲压、车身、涂装、焊接和总装等环节已广泛实现自动化，其设计旨在追求高重复性、高产量和高精度。然而，这些系统最初的设计目的并不是为了管理实时变化、预测设备故障或协调复杂的生产序列。

CAR 的研究指出，汽车行业内部自动化系统的下一阶段应聚焦“延伸”，而非“替代”。AI 和扩展自动化正逐渐渗透到汽车制造商及其供应商的诸多领域，而这些领域过去一直依赖操作人员的经验与判断。下图说明了当前仍存在的差距以及现有技术所能实现的能力。

历史性挑战	智能制造未来发展之路
<p><b>质量与检验</b> 人工检查和工序后的验证在大规模量产中容易导致质量不一致</p> <p><b>过程控制</b> 焊接、扭矩和校准参数依赖于操作员的判断</p>	<p>生产线内传感器和视觉系统则能够持续自动检测缺陷</p> <p>自动化过程控制用明确、可衡量的标准取代了操作员的判断</p>
<p><b>电子集成</b> 传统自动化系统最初并未针对新型故障模式进行设计</p>	<p>AI 辅助验证能够适应不断演进的车辆架构和故障特征</p>
<p><b>生产协调</b> 中断响应依赖人工干预</p> <p><b>维护</b> 即便有实时设备数据，维护仍主要停留在事后响应和计划安排阶段</p>	<p>互联平台支持动态重新排序，可尽量减少人工介入</p> <p>预测模型将运营从基于时间的计划转变为基于实际状况的行动</p>

灵活的动力系统策略使得内燃机(ICE)、油电混合与纯电动(BEV)等不同车款必须在同一条流水线上生产，这让上述挑战变得更加复杂。电子器件的激增也是如此，它带来了更复杂的软件、更严苛的校准以及额外的验证步骤。最终结果是，生产环境比十年前要复杂得多，也越来越需要系统级的管理和智能制造解决方案，而非任务级的自动化。

## 汽车行业 - 智能制造：为何是现在

推动自动化扩展和人工智能 / 机器学习部署的动力源于运营和竞争压力的交织，这些压力在过去几年中进一步加剧：

### 生产复杂性

多元动力系统混线生产增加了日常汽车装配作业中需要管理的变量。单一动力系统生产线可能只需管理数十个工艺参数，而同时生产内燃机 (ICE)、混合动力和纯电动 (BEV) 车型的混线生产，则需要管理数倍于此的参数。此外，车用电子器件占比的提升也进一步提高了复杂性，包括更多的校准步骤、更严格的验证要求，以及更多潜在的故障点。

柔性制造系统同样会带来额外的变异。每增加一种配置，都意味着需要监控更多参数、设定更多阈值，以及做出更多决策。AI/ML 在这一领域尤为有用：从高维工艺数据中发现模式和规律，而这些数据往往无法依靠操作员和工程师进行持续监控。

### 运营成本压力

原材料价格上涨、消费者对车辆价格承受能力的限制，以及持续存在的利润（成本）压力，促使企业更加关注良率、废品率、产量和计划外停机时间。在这种环境下，后期质量补救、紧急设备维护以及原本可以提前预防的生产中断，都可能造成重大财务损失。例如，在高产量组装工厂中，一次生产线停工所造成的损失，每小时就可能高达数万至数十万美元。预见性维护系统即使只将计划外停机时间减少几个百分点，也能实现显著的成本改善。

### 全球竞争

来自中国的竞争，提升了市场对开发速度、成本控制以及制造集成水平的期望。此外，据报道，中国的 OEM 能够实现更短的开发周期和更精简的成本结构，部分原因在于其高度集成且自动化的生产环境。市场预期本土制造商在生产更复杂车型、提升质量的同时，也能达到同等竞争力的成本水平。这使得 OEM 和供应商面临日益增大的压力，必须进一步提升制造绩效。

### 制造业回流与劳动力

汽车制造商推动本土化生产(制造回流)的承诺，正直接遇到供应链部分环节持续存在的劳动力短缺问题。在劳动力供应受限的情况下，自动化正在实现具有成本竞争力的生产。因制造业回流而重新带回国内的岗位，其自动化程度将远高于当初外迁的岗位，因此需要全新的技能组合和不同的制造模式。系统引导的流程减少了对经验丰富的操作员的依赖，即使在经验丰富的人员缺席时也能保持生产的一致性。

### 现有系统的局限性

现有的自动化技术在保证重复性操作方面表现出色，但在应对变化、生产中断以及复杂性管理方面效果有限。汽车行业可能正在逼近任务级自动化所能带来的极限。下一阶段质量、运行时间、生产力和响应速度等绩效的提升，将依赖能够实时学习、适应并支持决策的系统，而不再仅限于执行固定指令的系统。

## 汽车行业中的智能制造

下图 2 利用 2026 年 Rockwell Automation 的调查数据，将汽车行业的技术部署和未来投资与行业平均水平进行对比。迄今为止，汽车行业的投资意向主要集中在质量、分析和自动化系统，这与本文所述的运营优先事项一致。

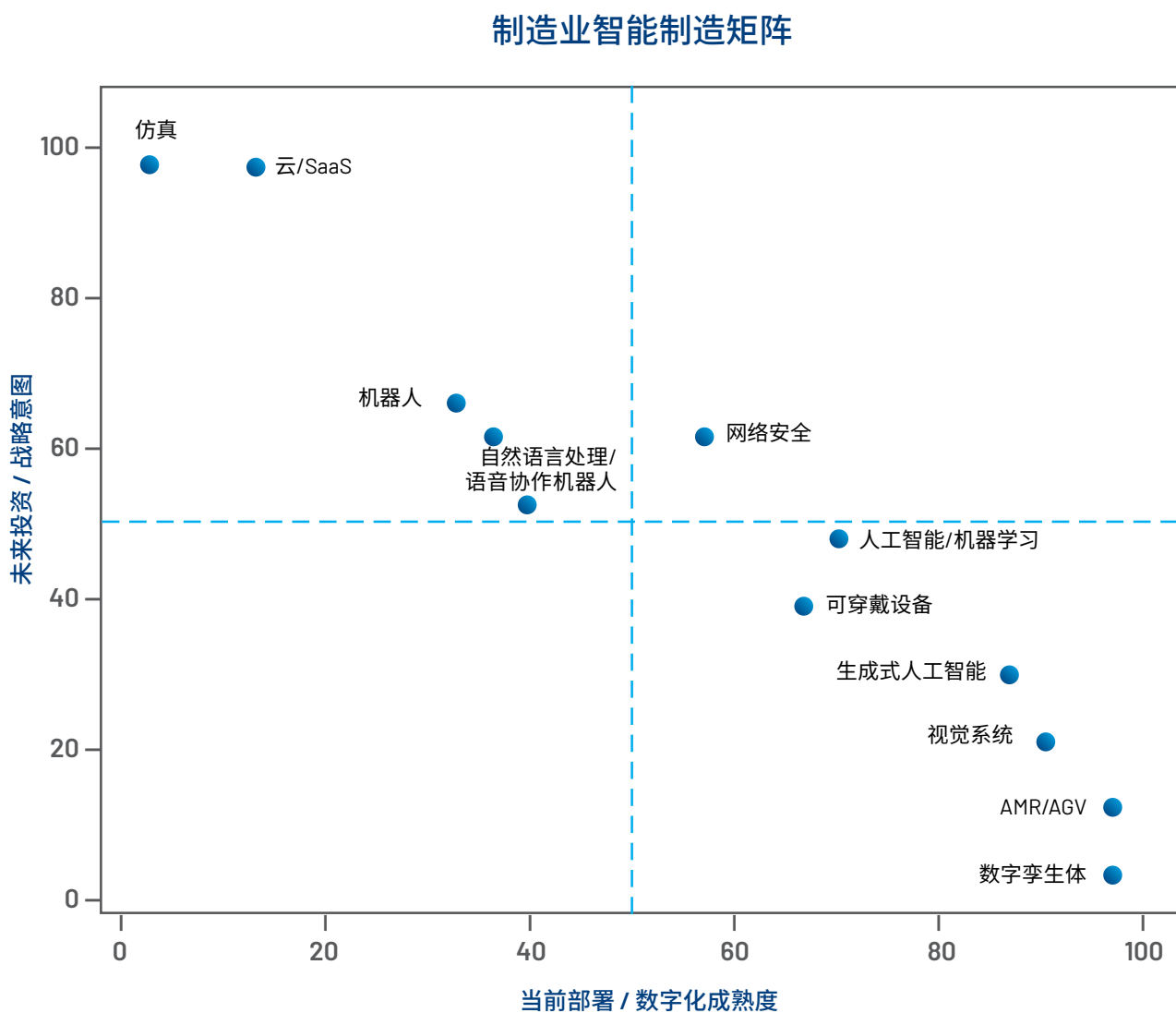


图 2 汽车行业技术部署和未来投资矩阵

资料来源：第 11 届《年度智能制造现状》报告，Rockwell Automation。

方法：本矩阵根据两项综合指标，对比了汽车行业内的智能制造技术类别。数字成熟度指数 (X 轴)：根据在各技术类别中报告“已投资”的汽车行业受访者百分比，来衡量当前技术的采用情况。未来投资意愿指数 (Y 轴)：通过汇总未来 12 个月及未来 5 年计划投资各技术类别的受访者比例来衡量预期采用情况。

## 质量流程

以往的检验流程主要包括人工检查和工序后的验证。自动化正扩展到生产过程中的在线检测和异常识别领域。AI/ML 技术主要用于支持缺陷检测与分类，但核心转变在于将质量控制流程推向生产源头，也就是在问题扩散到后续组装步骤之前就发现。

实际应用示例包括：用于涂装和表面检查的 AI 视觉系统、自动化电子器件验证、车身钣金的生产线内反常检测，以及能够将工艺参数与特定车辆或零部件装配记录关联的生产追溯系统。根据 CAR 的研究，当出现现场质量问题时，具备完整追溯能力的制造商可以在数小时内查明根本原因并锁定受影响的车辆群，而无需耗费数周时间。

## 工艺监控与调整

核心工艺虽已实现自动化，但过去的监控与参数调整往往依赖操作员和工程师事后审查数据。如今，越来越多企业部署系统以实现监控标准化和参数调整自动化，从而降低对班组人员主观判断的依赖，并提升跨设备工艺的一致性。

应用示例包括：在检测到工艺偏移时自动调整焊接参数、装配过程中力矩设置的验证与校正、电子器件密集车型的校准程序自动化，以及根据实时环境条件动态调整喷漆参数。在先进的生产模式中，这些调整是持续且系统性进行的，而不是依赖操作员的观察偶尔执行。

## 设备诊断与维护

传统维护决策通常依赖计划安排或事后反应。如今，自动化正在扩展至持续诊断和基于状态的维护工作流程。AI/ML 可更早识别设备异常，在潜在问题导致故障前就发现，从而减少计划外停机。

应用包括焊接机器人、冲压机、涂装线输送带和组装机器人，这些设备一旦出现意外故障，将造成高昂生产成本。采用实时监控和预测性分析的制造商报告称，在特定应用中，计划外停机时间可减少高达 50%，整体设备效率(OEE)提升约 5%，且能够更快速、可量化地识别瓶颈。

## 生产协调与应变

过去的调度、顺序安排及生产中中断应对，高度依赖经验丰富的现场生产管理者。人工智能和机器学习解决方案如今正承担更多此类协调工作，可实时自动执行路线规划、物流响应和生产恢复。

以某一级供应商为例，该公司通过将实时生产数据与自动重新排序逻辑相关联，成功减少了产线停产次数，并消除了以往需要管理者介入的响应延迟。

## 工程与企业职能

AI/ML 的应用也正在从工厂车间向外扩展。工程团队正利用仿真与数字孪生体工具加速车辆开发进程，减少实体原型迭代周期，并在开模前评估制造工艺的权衡取舍。质量团队通过打通现场与工厂之间的数据连接，更早在生产过程中识别保修问题的根本原因。规划职能部门则借助数字孪生体支持的情景分析能力，在需求波动的条件下优化生产顺序与协调物流。

## 在实践中有哪些变化

自动化和人工智能 / 机器学习的扩大应用所带来的操作性影响正变得日益明显, 并且也越来越可被量化。早期应用的模式是一致的: 越来越多的生产步骤由明确且可重复的系统管理; 问题能在更接近发生点的位置被发现; 维护从被动响应转向状态导向; 不同班次和工厂的决策也变得更加一致。

### 及早检测问题

在传统运营模式下, 质量问题通常要到产线末端检验、客户端或通过保修数据才会显现。上述每个检测点都代价高昂。将检测提前到生产过程本身, 可以降低围堵成本并减少受影响的车辆或零部件数量。

AI 视觉系统可以在喷漆或车身作业期间识别以往需要人工检查的表面异常。电子验证系统能够在组装过程中发现校准和软件问题, 而无需等到下线阶段。实际效果包括缩小问题车辆围堵范围、更快识别根本原因, 并在问题被隔离前尽量减少受影响车辆数量。

### 预见性维护取代被动反应

传统的定期维护并未考虑设备的实际运行状况。在持续监控和 AI/ML 模式识别的支持下, 基于状态的维护以实时设备智能取代固定计划。

早期部署结果显示, 计划外停机时间可缩短 40% 至 60%。对于冲压机和焊接机器人等高利用率设备, 这种缩减将直接转化为生产成本降低和产量提升。

### 减少跨班次与跨工厂的偏差

制造业长期面临的挑战之一是, 如何在不同班次和工厂之间保持一致的表现。资深操作员和工程师的判断力是随时间积累而来的, 但这种经验无法自动传递给新员工或转移到其他工厂。系统引导流程通过将最佳范例编码到定义明确且可重复的工作流程中, 降低了对个人经验的依赖。

部署标准化监控和自动化工艺调整的制造商表示, 各班次之间的质量指标表现更加稳定一致。在某车身厂的应用案例中, 实时分析识别出一个之前未被单独发现的总成焊接线瓶颈, 使循环周期缩短 5% 至 7%, 每小时产量增加四辆车。量产启动团队若对工艺绩效有更高可视性, 可以在爬坡期更快识别和解决偏差, 而这正是偏差代价最高昂的阶段。

### 运营生产力: Autoliv 案例

CAR 认为, 作为全球汽车安全系统领先生产者的 Autoliv, 在供应商层面提供了一个更加具体的示例, 充分展示了持续投资自动化所能带来的效益。该公司报告称, 直接劳动生产率的提升速度加快, 从 2023 年的约 4% 增至 2024 年的 8% 以上, 并在 2025 年超过 9%。管理层随后将年度生产力指引上调至 8%, 原因是物流与现场运营环节仍存在进一步推进自动化的空间。

作为自动化的早期采用者, Autoliv 早已是一家生产力表现强劲的公司。美国劳工统计局 (BLS) 数据显示, 这一表现具有明显对比意义: 2020 至 2024 年间, 整体耐用消费品制造业的直接劳动生产率增长较为疲弱, 甚至出现负增长, 其中 2021 年为 0.8%, 2023 年为 -1.1%, 直到 2025 年才回升至 2.7%。汽车零部件制造商 (NAICS 3363) 的波动性更为明显, 增长率从 2020 年的 -2.6% 波动至 2022 年 5.9% 的高点, 随后在 2024 年回落至 2.4% (2025 年数据尚未公布)。对比这些行业基准, Autoliv 在 2024 年达到 8.1%, 2025 年达到 9.2%, 充分体现了其早期且持续投入自动化, 并逐步延伸至 AI/ML 与数字化所带来的回报。该公司的生产率增速约为整体耐用消费品行业的三到四倍, 这一优势在成本结构和制造竞争力上形成持续累积效应。

## 汽车供应商生产力比较

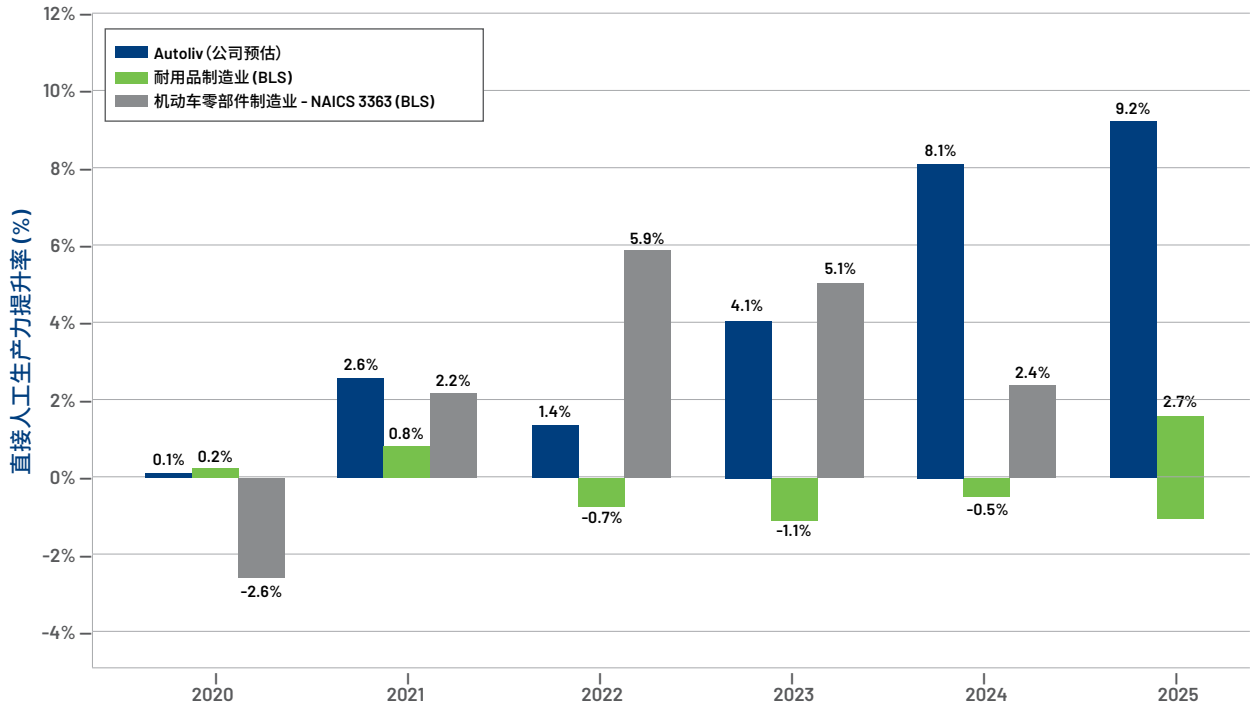


图 3. 汽车供应商生产力比较, 2020 年至 2025 年  
资料来源: BLS/BEA; Autoliv 公司预估; CAR 分析 | \* 尚无 NAICS 3363 2025 年的数据

## 对汽车行业的战略启示

### 绩效分化正在显现

早期采用者在质量、正常运行时间、生产效率以及项目导入执行方面均已实现可观提升。尚未进行同等投入的公司, 仍主要依赖既有系统和人工流程与之竞争。这一差距正在逐年扩大, CAR 的访谈显示, 这已开始影响供应选择与合同授予决策。

### 供应商采用情况参差不齐

具备全球化运营能力及专职制造工程资源的大型一级供应商, 在智能制造部署方面通常领先一步。而中小型供应商则因资源有限、组织能力受限, 转型路径更为艰难。领先 OEM 与多数供应商当前交付能力之间的差距不仅明显, 而且仍在扩大。OEM 在未来项目评估中, 越来越将自动化能力与成本、质量历史和产能同等纳入考量。

### 汽车制造商预期持续提高

随着汽车制造商将智能制造延伸至生产、工程和质量环节, 他们对供应链的要求也同步提升。更快的响应能力、更稳定的质量以及更高的生产透明度, 正逐渐成为基础要求, 而不再是差异化优势。

部分汽车制造商已在特定零部件类别中明确提出自动化能力要求, 并直接影响供应选择结果。

## 制造业回流的自动化程度将远超以往

在关税与贸易政策、供应链弹性以及客户需求推动下，制造回流正在加速推进，但同时仍面临供应链部分环节持续缺乏劳动力的限制。回流后的生产模式将不同于过去外迁的生产：其自动化程度更高、数据更加密集，并对人员技能组合提出了不同要求。

未来运营将更依赖系统化监控与工艺工程能力，而非传统组装岗位的直接人工操作。因此，推进相关布局的制造商必须相应考虑人员培养、工厂设计以及资本投资。

## 接下来是什么

对于已经深入部署自动化的制造商而言，下一阶段的重点是利用人工智能 / 机器学习与自动化相结合，而不是简单地部署新系统。重点正转向将这些工具整合应用，以在产量、生产力和工艺一致性方面实现可观提升。人工智能 / 机器学习正日益成为制造商释放其自动化投资全部价值的方式。

### 产量与生产力

许多制造商虽然已部署监控、分析和自动化系统，但这些系统尚未完全集成，也未得到充分利用。消除集成方面的差距是下一阶段提升绩效的关键。通过更好地整合质量、维护和生产协调工具，可以在不增加资本投资的情况下提高产量。在许多生产环节中，瓶颈往往不在于硬件产能，而在于“信息延迟”，也就是从问题出现到合适人员能够采取行动之间的时间差。

### 更快的检测与响应

缩短响应周期是贯穿质量、维护和生产协调的核心运营目标。一个能在设备故障发生前十小时就识别出潜在问题的系统，比一个在故障发生前十分钟才识别出来的系统更有价值。一个能够在影响 10 辆车之前就发现工艺偏差的质量系统，其价值远高于在下线阶段才发现问题的系统。人工智能 / 机器学习在制造业的竞争优势根本上是关于速度：缩短从问题出现到解决问题之间的时间。

### 设计、制造与运营之间更紧密的结合

长期发展方向是建立高度集成的系统，以目前架构无法支持的方式，将工程、制造和现场运营紧密连接。现场质量数据能够近乎实时地反馈给工程设计端。制造过程的参数可以与车辆实际性能进行关联分析。生产规划系统能够考虑实际的制造能力限制，而不仅仅依赖理论产能做出安排。

要实现这种集成并非易事，它需要数据基础设施、组织协同和流程规范，而这些正是大多数制造商仍在建设的。但率先实现这一目标的公司将在产品开发速度、质量表现和成本方面拥有难以被迅速复制的结构性优势。

### 供应商转型

对于尚未在自动化和 AI/ML 领域进行重大投资的供应商而言，能在不承担后果的情况下迎头赶上的时间窗口不断缩小。OEM 的期望不断提高，采购评选标准也在演进，领先与落后供应商之间的运营差距日益扩大。根据 CAR 访谈，对于大多数中型供应商而言，正确的起点不是全面推进数字化转型计划，而是识别两到三种高影响力的应用，通过投资快速取得可观成果，并以此为基础逐步扩展。

## 要点总结

- 汽车行业本就拥有业界领先的自动化水平。当前的转变重点并不在于从零开始构建基础设施，而在于自动化与 AI/ML 的应用“落点”与“实现方式”的变化。
- 自动化正在向过去长期依赖人工、过程波动较大或高度依赖操作员经验的领域扩展，例如电子装配与验证、生产线实时质量控制流程、设备诊断，以及生产协调等环节。
- 在这一过程中，AI/ML 起到了关键的推动与支撑作用。其核心价值在于：优化自动化与人工系统识别问题的方式，辅助做出维护决策，改进质量管理流程，并更好地应对由多元动力系统混线生产以及车用电子器件增加带来的复杂性。
- 早期结果是可衡量的。制造商报告称，在部分应用中，计划外停机时间减少了高达 50%，整体设备效率 (OEE) 提高了约 5%，并且通过实时生产分析，产量增加了 5% 至 7%。从 CAR 的角度来看，Autoliv 的生产力增长从 2023 年的约 4% 加速至 2025 年的 9% 以上，是持续投资成效一个较为具体的体现。从对比来看，2025 年耐用消费品制造业的平均生产力增长幅度仅为 2.7%，而截至 2024 年的数据表明，汽车零部件行业 (NAICS 3363) 的年增长率大致在 -2.6% 至 5.9% 之间。
- 绩效鸿沟正逐步显现。自动化部署以及人工智能 / 机器学习使用上的差异，正在导致领先和落后的制造商及供应商之间，在质量、正常运行时间和成本绩效方面，产生可衡量的差距。
- 整个供应体系中存在的差距会产生战略性影响。针对特定零部件的采购决策，除了传统的成本与质量标准外，正越来越多地将自动化能力与制造稳定性评估纳入考量。
- 生产回流需要更高水平的自动化。在劳动力市场持续紧张背景下，生产回流至本土工厂必须具备足够的成本竞争力，这也进一步推动了 AI/ML 技术的应用。
- 领先公司的下一阶段核心在于提升绩效，而非仅仅是扩大系统部署。重发展重点正从单纯部署自动化与 AI/ML 工具，转向如何利用现有基础设施，实现可观的产量、生产率与响应能力效益。

本白皮书由汽车行业研究中心(CAR)编写,UHY Consulting 的 Ted Mabley 亦有参与。智能制造调查数据来源于罗克韦尔自动化发布的《第十一年度智能制造现状报告》。公司绩效数据来源于公开文件和 CAR 访谈。生产率对比数据来源于美国劳工统计局和美国经济分析局。



CENTER FOR  
AUTOMOTIVE  
RESEARCH

## 如需更多信息，请联系：

**罗克韦尔自动化**

**Wendy Frostino**

全球战略营销经理

汽车与轮胎、电动汽车、电池

[wfrosti@rockwellautomation.com](mailto:wfrosti@rockwellautomation.com)



联系我们。    

[rockwellautomation.com](http://rockwellautomation.com)

expanding human possibility®

美洲地区:罗克韦尔自动化, 南二大街1201号, 密尔沃基市, WI 53204-2496 美国, 电话: (1) 414.382.2000

欧洲/中东/非洲:罗克韦尔自动化, NV, Pegasus Park, De Kleetlaan 12a, 1831布鲁塞尔, 比利时, 电话: (32) 2 663 0600

亚太地区:罗克韦尔自动化SEA Pte Ltd., 2 Corporation Road, #04-05, Main Lobby, Corporation Place, 新加坡 618494, 电话: (65) 6510-6608

中国总部:上海市徐汇区虹梅路1801号宏业大厦, 邮编:200233, 电话: (86 21) 6128 8888

客户服务电话:400 620 6620 (中国地区) +852 2887 4666 (香港地区)

Allen-Bradley 和 expanding human possibility 是 Rockwell Automation, Inc. 的商标。

其他所有商标是其各自所属公司的财产。

出版物 AUTO-WP010A-ZH-P - 2026 年 6 月

© 2026 罗克韦尔自动化有限公司版权所有。保留所有权利。美国印刷。