



专家洞察

智慧制造

AI 技术，智能洞察

IBM 商业价值研究院



主题专家



Skip Snyder

skips@us.ibm.com
linkedin.com/in/skip-snyder/

Skip 是 IBM 全球企业咨询服务部副总裁、合伙人兼发展主管。他目前担任全球 Watson IoT 和工业 4.0 实践主管，是一位结果导向型高技能专业管理人士。Skip 拥有超过 20 年的全球技术市场经验，与众多《财富》500 强企业的高管层有过合作经历。他在帮助客户取得卓越成就方面有着良好的业绩记录。



David Meek

david.meek@us.ibm.com
linkedin.com/in/davidcmeek/

David 是 IBM 全球企业咨询服务部的合伙人，担任数字化运营能力中心（物联网）全球负责人。他拥有 27 年的 ERP、供应链、分析、IoT 和 AI 解决方案部署经验，为电子、化工、农业综合经营、消费品以及石油和天然气行业的制造商提供过服务。最近三年，David 一直致力于在制造环境中推广使用 AI 技术，帮助开发 IBM 的工业 4.0、IoT 和认知产品和解决方案。David 是 IBM Cognitive Plant Advisor 的全球负责人，该解决方案旨在使用 AI 和机器学习改善制造流程的业务成果。



Tomipekka Lehtonen

Tomipekka.lehtonen@ibm.com
linkedin.com/in/tomipekkalehtonen

Tomipekka 是 IBM 全球企业咨询服务部执行合伙人，并担任互连制造全球负责人。他在制造和供应链领域运营拥有 20 年的丰富经验，并在工业制造企业咨询领域拥有 10 年的丰富经验。过去四年中，他一直致力应用 IoT 和 AI 等新技术以及大规模推广工业 4.0 实施，帮助客户加速转型。



Plamen Kiradjiev

Plamen_Kiradjiev@de.ibm.com
linkedin.com/in/plamenkiradjiev

Plamen 是工业 4.0 全球 CTO，也是 IBM 全球市场部的 IBM 杰出工程师。他拥有超过 25 年各种复杂技术架构工程和推广经验。最近，他主要专注开展创新型项目。此类项目通常涉及复杂的多厂商环境，广泛覆盖面向服务的架构、业务流程管理、大数据、分析和认知技术。此外，他还十分擅长公开演讲和撰写文章，并且积极参与公私合作计划。

扫码关注 IBM 商业价值研究院



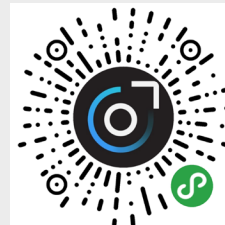
官网



微博



微信



微信小程序

车间通信不畅，人工流程过时，这些往往都是快速制造产品的主要障碍。

要点

在强大技术组合的推动下，可通过车间数据发掘深入洞察。

将自动化、AI、IoT、边缘计算、云、5G、增材制造和数字孪生等多种强大技术融入工业 4.0 运营，打造智慧工厂。这些技术可帮助制造商从结构化数据和非结构化数据中挖掘深入洞察，并在整个生态系统中共享。

人机合作将工厂的生产力提升至全新高度。

AI 有助于推动基于价值的自动化工作流程，这样就可以将人力解放出来，去从事更高级的任务，例如磨练数字专业技能。智能自动化不仅有助于重塑技能，还能确定重新部署人力资源的方式。事实上，员工还可以借此良机探索全新的职业发展道路。

智能制造商成为广泛生态系统的核心。

智慧工厂可以综合运用车间内外富有启发性的数据。通过整合外部物流背景信息与车间数据，实时调整业务方向。由此获得的成效十分显著：改进质量、提升运营效率、加强预防性维护、促进前瞻性决策以及提高员工队伍生产力。

制造业的力量：互连、预测和自我优化

车间停工一小时损失有多大？最近参与调研的企业中，有 90% 表示，损失可能高达 300,000 美元。1/4 的受访制造商表示，停工一小时造成的损失最高可达 100 万到 500 万美元。¹ 如果因流程效率问题导致生产中断或受阻，工程师和操作者往往会率先发现问题。问题的关键在于，等到发现通常为时已晚，因为既不了解引起问题的原因，也不知道未来该如何预防。

车间通信不畅，人工流程过时，这些往往都是快速制造产品的主要障碍。从系统性的角度而言，众多机器相互孤立，彼此脱节。39% 的制造商表示，在实现智能自动化的过程中，支持自动化决策的流程和工作流错位是企业面临的最严峻挑战之一。²

因此，连接物联网 (IoT) 设备并运用认知能力，使工作流程和流程协同一致，是智能制造工厂必须具备的关键能力。然而仅凭一两项技术，工厂绝对无法创造奇迹。为建立智能化工厂，必须有效地综合利用自动化、人工智能 (AI)、IoT、边缘计算、云、5G、增材制造和数字孪生等技术，推动运营转型。部署如此庞大的技术组合异常复杂，IT 技能和 OT 技能缺一不可，只有这样才能妥善设计并执行架构。

当然，成效也十分显著，绝对物有所值。智能制造可将生产缺陷检测率提升 50%，产量提高 20%。³ 此外，受访制造商还表示，智能制造可使收益增加近 8%。⁴

优化智能车间：终极目标是什么？

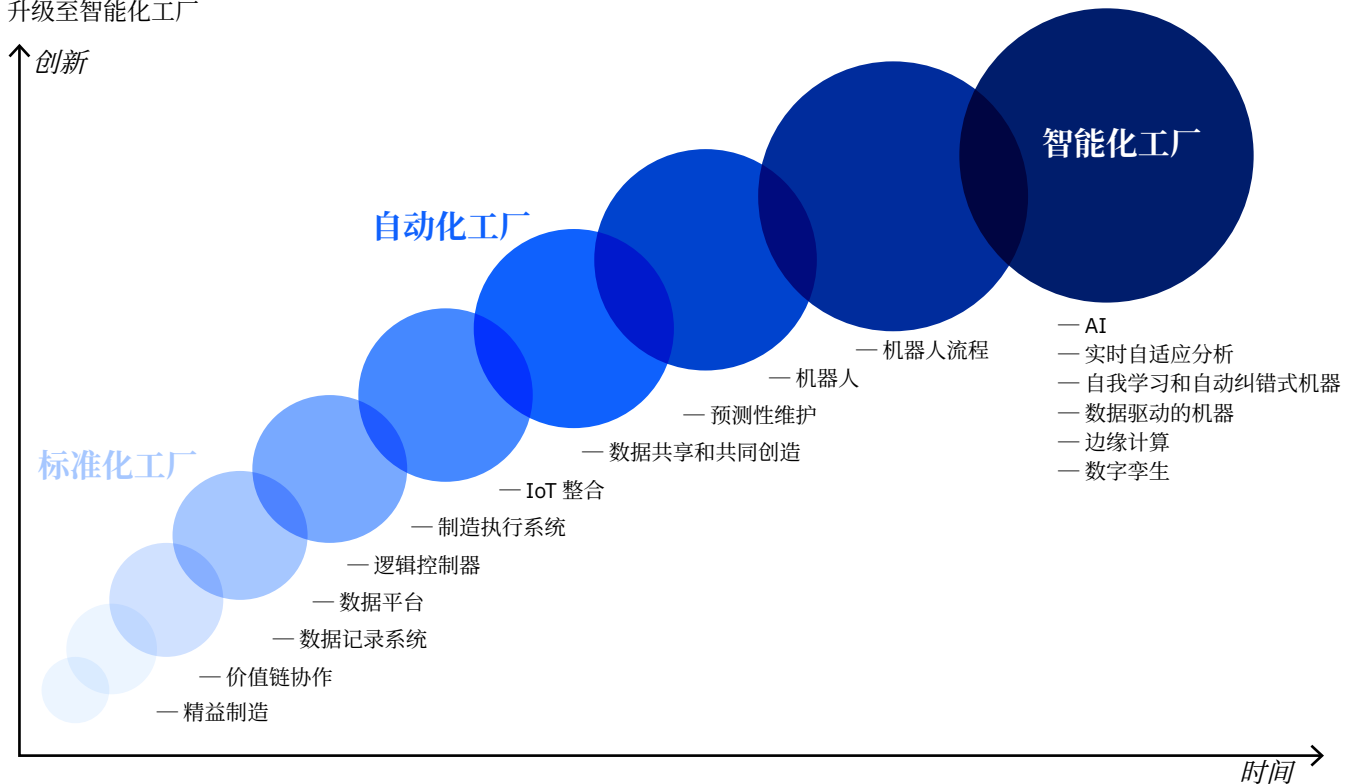
要实现智能制造的效益，企业必须制定清晰的战略。除非为智能化工厂设定明确的业务目标，否则一些雄心勃勃的项目（如基于 IoT 的数据收集和高级分析）往往会无疾而终。但仅仅确立目标远远不够，还要执行高级分析；如若未能妥善实施，非但无法实现预期的投资回报，甚至可能导致成本和风险进一步攀升。因此，务必清楚企业的未来发展方向以及预期的收益，这一点至关重要。为此，管理层首先必须弄清楚：我们制造工厂的当前状态如何？我们将制造成熟度分为三个阶段——标准化、自动化和智能化（见图 1）。

标准化工厂：保持平稳

标准化工厂基于历史数据（而非实时数据）监控绩效。标准化工厂已经采用“制造执行系统” (MES) 等技术和概念升级车间运营，并通过 MES 跟踪和监控当前的生产生命周期和运营数据。目标在于确保实现高效流程。⁵

精益制造是优化车间的第一个基本步骤。然而，标准化工厂通常尚未将先进技术（如机器学习和互连 IoT）融入精益制造实践。例如，为实现供应链协作，需通过区块链技术，对生产车间的供应商网络实施可信、实时的端到端监控。质量控制措施可能包括光引导订单履行、本地材料和产品跟踪以及预测性警告。

图 1
升级至智能化工厂



来源：IBM 商业价值研究院

我们将制造成熟度分为三个阶段 — 标准化、自动化和智能化。

另外还可以与客户、供应商和物流提供商开展相应的价值链协作，帮助制造商更妥善地应对供需链挑战，主动更新制造计划。然而，尽管信息交流初衷良好，但却往往依靠历史数据或汇总的数据源。事实上，在最近开展的一项调研中，仅有 39% 的受访制造商表示可以实时利用供应链数据。⁶ 如果制造商能够通过实时分析促进供应链数据流，就能够迅速地解决质量、成本或供应问题。

尽管效率较高，但大多数标准化工厂通常难以摆脱固有限制，既无法缩短准备周期，也难以进行小规模自适应生产，在强大的智能化工厂竞争优势面前相形见绌。

自动化工厂：机器人威力无穷

自动化工厂前进了一大步。它可以对硬件和软件机器人设定指令，统一执行任务，避免人为错误。因此，实时分析的准确度更高，而且可以打造更高级的预测模型。

实际上，生产自动化和机器人融入制造流程已有几十年的历史了。然而，由于智能化程度不足，成就终归有限。通常，制造自动化主要依赖于控制系统和编程语言，无法充分适应内外环境不断变化的复杂情况。孤岛式的机器人或设备或许可以高效执行自己的任务。但此类机器人或设备无法优化客户订单，甚至会显著影响整个生产设施的总体设备效率 (OEE)。

为在自动化方面实现更大的飞跃，必须确保机器人和设备以最优化的方式相互连接，协同工作。例如，随着自动化行业加大开放协议的采用力度，协作式机器人 (Cobot) 及其他一些变革性支持产品大放异彩。自动化有力促进了创新活动，比如最小生产批量、自我修复式工厂，以及在需要人员互动的领域部署机器人。最新的自动化技术可在制造工厂实现数据共享和共同创造，向其他单位学习经验，促进工厂整体优化。

智能化工厂：车间动态跟踪

边缘计算和云计算基础架构是智能化工厂赖以发展的基础，此类基础架构通过 AI 算法为优化和互连的本地化资产提供技术支持，稍后我们将进行详细探讨。这种紧密连接的机制产生了大量的数据源，提供多种多样的信息，例如天气预报、影响原材料采购的市场需求预测、库存更新和能耗信息等。

在车间中，资产、装置、设备和 AI 驱动机器人都配备传感器，共同促进由数据驱动的机器学习。边缘分析有助于人类和设备做出实时决策。

数字孪生模拟工厂装配线，将预测性维护提升到全新水平，进一步完善质量保证工作。

SmartFactory^{KL}: 通过机器学习改进质量管理⁷

SmartFactory^{KL} 是研究与工业领域之间工业 4.0 合作的典范。这项技术倡议于 2005 年提出，最初是一项非营利性计划，旨在联合工业与研究合作伙伴，共同实施工业 4.0 项目。在全球规模最大的工业博览会——汉诺威工业博览会上，展出了首条多厂商工业 4.0 示范生产线，有超过 50 家合作伙伴针对这条实际的生产线讨论、开发和实施先进用例及相关 OT 和 IT 概念。在过去六年里，这条示范线稳步扩展，整合了 AI 自我学习和自动纠错能力。

依据工业 4.0 项目的最佳实践，SmartFactory^{KL} 将智能化工厂的特征描绘如下：自我优化，但不会放弃人类的决策能力。SmartFactory^{KL} 最基本的先决条件是机器、应用和人员的整合，当然还必须应用 AI 技术，以帮助实施自我学习流程，发掘切实可行的洞察。例如，当前 SmartFactory^{KL} 能听能看能感觉，主要用于质量检验。它还能使用不同语言提供有关设备和生产流程状态的信息。

SmartFactory^{KL} 还有另外一项优势：合作伙伴可以借此机会验证概念，比如时效要求较高的网络和 5G 连接、边缘计算、多云服务、容器化，等等。

一家顶级汽车企业利用机器学习算法，检测汽车底盘的焊接异常。同时，他们还使用深度学习和视频，利用可见光谱摄像头和红外光谱摄像头评估焊接质量。他们使用麦克风侦听焊接过程，当焊缝有杂质、不完整或存在其他质量缺陷时发出警报。所有这些流程都将数据输入预测性模型。然后，该模型评估数据并根据需要调整焊接工艺，确保满足质量标准，降低废品率。⁸

从汽车行业的案例可以看出，智能化工厂从基于规则的实践转变为基于学习的模型。因此，需要更迅速、更准确、更持续地处理大量数据。为支持智能化工厂所需的学习速度和学习节奏，必须建立边缘计算和混合云计算基础架构。此类基础架构不仅提供计算资源，还支持快速的数据移动、分析和推理。

简言之，理想的智能化工厂具备自我学习、自我纠错和自我指导能力。从这种意义上而言，它专注内部。然而，身为成熟的互连世界的一员，智能化工厂还必须主动、密切地开展对外互动，在整个生态系统中共享数据。该生态系统可包含全球各地的外部供应商及公私合作关系（请参阅成功案例“SmartFactory^{KL}: 通过机器学习改进质量管理”）。

事实上，IBM 商业价值研究院 (IBV) 最近的一项调研发现，56% 的制造商表示目前正在实施 AI 驱动的机器人——这种机器可以处理从 IoT 和其他设备收集的内部和外部数据，开展学习并做出自主决策。83% 的制造商认为，智能自动化有助于企业应对战略挑战，改善业务成果。⁹

如果制造商可以连接车间生成的海量数据，就有可能将生产力提升到全新高度。

无缝整合：工厂的智能上云之路

车间是企业经营的脉搏。然而，脉搏跳动会受到生态系统的影响，远远超出物理场地的范围。为确保洞察真正实现智能化，工厂就必须整合各种内部信息（包括 workflow、能源和专业知识数据）以及外部物流背景信息（包括地理定位、合作伙伴、供应链和环境信息）。

如果制造商能够在高级分析技术的支持下，连接车间生成的海量结构化和非结构化数据，就有可能将生产力提升到令人兴奋的全新高度。由此实现的优势包括：提高质量、改善运营、提升 KPI 绩效、深化数据驱动的洞察、促进前瞻性决策……鉴于连接是双向的，因此还有助于进一步优化整个供应链或价值网络。

交织三重奏：边缘计算、5G 与混合多云

边缘计算是一种分布式计算框架，计算基本上或完全在分布式智能设备和节点上执行。处理功能和存储非常靠近设施——甚至机器本身，因此有助于节省带宽、缩短响应时间以及缓解连接问题。边缘计算还有助于自动收集和管理合规与监管信息。¹⁰ 在一项 IBV 调研中，近 40% 的领先企业表示他们是边缘计算的高级用户，并且将缩短响应时间视为这项技术的最主要优势。¹¹

5G 凭借高速低延迟连接的特性，发挥无线连接的敏捷性，促进工厂机械设备互连互通，帮助从 IoT 数据中挖掘深入洞察。制造商可以使用 5G 和边缘计算，快速启用自动化机器人和工业机器人，实时分析车间的 IoT 数据（见图 2）。目前，许多敏捷的制造商每天或每周都会重新配置生产线和资产，以满足不断变化的合同与客户定制需求。5G 不仅有助于降低这些制造商的成本，还能保证数据管道持续正常运行。此外，5G 还支持建立庞大的无线传感器网络，甚至实施增强现实 / 虚拟现实 (AR/VR) 应用以进行预测性监控。而混合多云仍一如既往地作为系统主干，汇总高优先级数据和后端功能（请参阅第 6 页的“洞察：混合多云方法的优势”）。

图 2
智慧的制造商运用综合技术，在 AI 的帮助下挖掘深入洞察



洞察：混合多云方法的优势¹²

什么是混合多云？设想一下基于开放标准的综合环境，几乎可以在任何公共云基础架构中部署。这个环境涉及到多个外部供应商和本地用户。多个环境联接在一起，形成单一混合环境。不过，管理可以在本地或外部进行，也可以涉及多个提供商。混合多云架构高度灵活，制造商不仅可以根据需要在供应商之间及环境之间迁移工作负载，还能在必要时更换云服务和供应商。

人机交流：AI + 数据 + 自动化

在先进的互连工厂中，数据量呈指数级增长，而且通常包含时序数据，因此传统分析方法失去了用武之地。为此，需要在整个 IT 基础架构中部署 AI，用于收集、分析和监控数据，从数据中学习知识，以及管理数据流。此外，AI、机器学习和自动化可以将数据与即时的情境式洞察结合起来。事实上，4/5 的领先企业表示，实施智能自动化是企业未来几年最重要的业务目标之一。¹³ 55% 的制造商表示，正在试行或采用机器学习，另有 21% 的制造商计划到 2021 年投资采用这项技术。¹⁴

在离散制造和流程制造中，同时采用无监督和 supervised 机器学习有助于改进生产流程。AI 运用资产数据和预测性模型，提高机器利用率，优化维护计划和员工队伍管理。另外，AI 还可以支持视觉或声学模型，找出生产故障，监控成品的质量。¹⁵ 通过边缘计算运行这些模型，有助于主动采取行动和进行调整，从而优化运营。通过提高效率所节省的开支，可用于投资未来进一步的扩展和升级。

由于通常以亚秒级的时间间隔收集数据样本，因此时序数据量十分庞大。在边缘做出 AI 决策或推理有助于加快响应速度。此外，边缘还有助于降低延迟，控制本地和云中管理的数据量。边缘可缓解网络压力，避免大量的数据云支出。

此外，通过使用 AI，可从令人生畏的海量数据中轻松挑选出少量有用的数据。AI 还可以标记数据，确保模型或分类器的准确性。例如：一家先进制造工厂的一条生产线可能包含 2,000 台不同的设备。每个组件可能配备 100 到 200 个传感器，用于连续收集数据，每月累计收集的数据量可达 2,200 TB（见图 3）。¹⁶ 为此，需要运用 AI 技术，在数据源之间建立关联和关系，识别新的 KPI 及其依赖关系，突出显示导致预测失败的缺失数据。

数字孪生旨在从现实世界的对应资产所配备的传感器中接收输入。

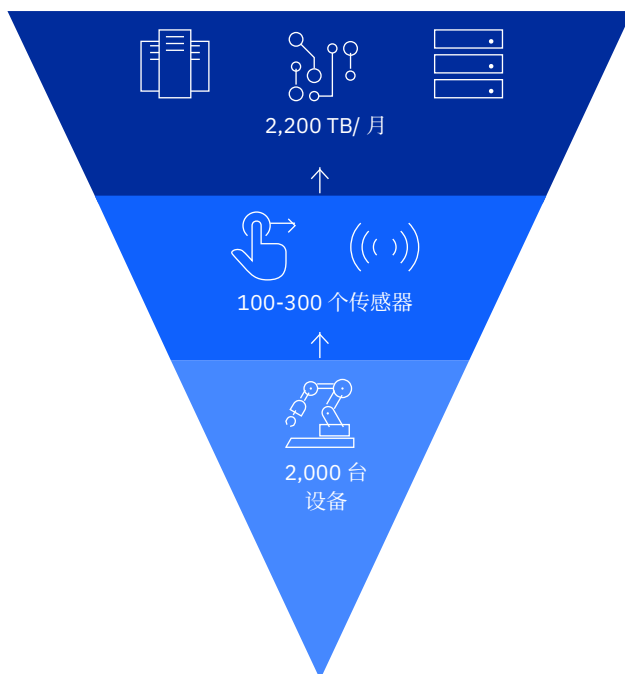
自动化与 AI 齐头并进。大型制造商面临巨大压力，必须加快推出更多新品的步伐，因此他们将实现生产流程自动化视为最主要的改进领域。¹⁷ 事实上，在最近的一项 IBV 调研中，70% 的运营高管表示，数字化和智能机器可以将人员解放出来，去从事更高价值的工作。61% 的受访者表示，智能机器将在未来三年对不断变化的工作描述和活动产生意义深远的影响。¹⁸

数字孪生：致胜关键

互连机器基础架构。AI 驱动的信息和流程。解放人员，让他们去从事更高级的任务和技能培养活动。这些技术带来了数不清的可能性，其中以数字孪生最为引人注目。事实上，在实施互连设备的企业中，有 75% 已在使用数字孪生或者计划在一年内使用。¹⁹

图 3

为从呈指数级增长的海量数据中发掘洞察，AI 不可或缺。



数字孪生是物理设备的虚拟副本，数据科学家和设计专家通过数字孪生复制实际设备场景 — 有时作为原型，甚至在实际构建设备之前就使用。数字孪生也是不断发展的技术，例如机器人、高级分析和 AI 学习系统。²⁰

数字孪生旨在从现实世界的对应资产所配备的传感器中接收输入。数字孪生的行为类似于所对应的实际资产，使用外力展示对事件驱动型场景（如组件故障）的可能反应。另外，也可以根据对应的物理资产的原型设计孪生 — 甚至可将孪生作为原型。在产品不断改进的过程中，数字孪生可以提供宝贵反馈。²¹ 当在维护过程中使用时，数字孪生往往不提供组件，只存在于维护系统本身之中。

思考一下，数字孪生如何发挥从 IoT 收集的相关数据的潜力？数据经由 AI 和机器学习流程汇总和提炼，然后通过数字孪生（实际上就是与传感器连接的虚拟模拟器）归纳。对于制造商而言，潜在优势十分可观，排在第一位的优势就是生产出更优质的商品。另外，制造商还可以将经过数字孪生验证的预测性维护整合到车间设备中。结果如何呢？机器、产品、生产流程乃至整个设施均得到优化。²²

智能化制造工厂：克服重重挑战，收获累累硕果

与大多数值得一试的宏伟事业一样，打造真正的智能化制造工厂不可避免地要克服重重挑战。在应对考验的过程中，企业预测越准确、计划越周密，成功所获得的回报也就越丰厚。制造工厂在智能化互连运营之路上，主要将面临三大问题：

1. 试点可扩展性陷阱

我们首先谈谈制造商理解这场终极变革的重要意义。如果智能化制造工厂缺乏清晰的愿景、路线图和运营模式战略，就会与许多机会失之交臂。结果如何呢？智能制造实施项目难以实现突破性进展。

毕竟，此类解决方案颇具挑战性。例如，一家制造商计划在试点工厂中部署机器学习和深度学习模型，每 1,000 名装配工部署 5 个模型。此外，这家企业在全世界经营着 350 家工厂。大规模管理所部署的 AI 模型的数字工具进一步加剧了复杂性。

然而，一旦愿景成真，就可以依托智能制造计划开发出支持性企业架构和统一的混合云方法。这些步骤有利于实现成功所需的开放灵活性和数据整合。此外，还必须制定全面的数据战略，实施周密的安全措施，部署无懈可击的治理机制。

数据整合应广泛涵盖原有 ERP 数据和规划应用数据，将客户、供应商和分销合作伙伴都纳入制造生态系统之中。然后，通过仿真、建模和预测性分析技术，解读相关数据，评估库存、网络、需求波动和供应能力。

所有各项措施都有助于发挥智能制造计划的全部潜力 — 避免深陷灰色地带，进退两难。此外，要实现创新型敏捷交付，确保快速实现收益，这些措施也是不可或缺的。务必始终采用敏捷交付作为智能制造执行模型。

2. 安全性与互连车间

当车间从自给自足的封闭式单位，发展成为繁忙的生态系统信息中心后，其潜力不可估量。然而，供应商、制造商、物流提供商和客户共享海量数据和知识产权，不免会带来漏洞和网络安全风险。过去，由于大多数制造网络并未连接到更广泛的 IT 网络和互联网，因此它们的安全性相当高。IT 与 OT 整合潮流的兴起，带来了更多的风险。

无论信息技术还是运营技术均需保持高度警惕。网络安全战略和执行计划成为减少事故和漏洞的关键。

行之有效的网络安全战略应具备以下特点：

- 监测和控制各个网络和设备的数据流
- 制定安全计划，覆盖整个价值链，妥善保护知识产权
- 建立、管理和检验事故响应计划和能力
- 整合各种工具（如供应链和基于 AI 的认知安全解决方案），帮助检测安全隐患，加快响应速度
- 应用高级网络安全监控与分析技术，进行事故检测与补救
- 确定 IoT 相关事故的比率、检测出事故所需的天数，以及做出事故响应和恢复正常运营所需的天数
- 成立安全运营中心，统一实践，集中控制。

在智能制造领域，先行者可以收获大多数优势。

3. 人员因素：重塑技能，重新培训，重新部署

顾名思义，智能化制造工厂就是通过 AI 和自动化优化运营，通常有助于减轻人为错误产生的不良影响。制造商普遍认为，工作流程自动化、活动监控和资产利用率是智能自动化的三个常见用例。²³

尽管如此，仍有 26% 的受访制造商表示尚未使用智能自动化执行任何任务。不过，到 2021 年，所有这些企业都计划至少在部分领域采用智能自动化。事实上，56% 的受访制造商表示，将采用 AI 技术执行部门级、企业级甚至是需要解决问题的专家级任务。²⁴ 为此，管理层需倡导积极的思维模式：员工不应将 AI 技术视为威胁，而是当做有益的资产，能够促进做出明智决策、推动深度学习、协助解决问题及支持新招募的高技能人才迅速上岗。

新技术与新技能和新职业相伴而生。一项调研表明，43% 的制造商将“数据科学家/数据质量分析师”加入员工名单，另有 35% 的制造商预计将于 2024 年招募相关人员。1/3 的受访制造商表示将增设“机器学习工程师或专家”岗位，70% 的制造商计划将于 2024 年这样做。“协作式机器人专家”、“数据质量分析师”和“AI 解决方案程序员/软件设计师”的招聘比例也在不断上升。²⁵

此外，人们普遍担心自动化技术会蚕食工作岗位，但往往缺乏实际证据。某些职业似乎会受到自动化的影响，但并不一定会被取而代之——这是截然不同的两个概念，只不过有时会发生混淆甚至扭曲。²⁶ 例如，专业贸易工作涉及大量复杂任务，实现自动化绝非易事。迄今为止，对于许多制造商和员工而言，有碍健康、危险或单调的工作才是实现自动化的首选。为顺利推进员工队伍转型，应丰富现有能力，并将其与新型数据和 AI 驱动的技能结合起来。

智能制造商：开创先河的优势

转变为智能化工厂后，制造商可以享受基于价值的、逐步融合各种新技术的工作流程所带来的种种优势。最近的一项 IBV 对标调研表明，执行 IoT 和自动化试点和实施项目的制造商与迟迟不接受此类项目的同行企业相比，存在显著优势。

平均而言，43% 的领先制造商表示自己采用智能 IoT 执行库存管理、预测性资产维护、计划外生产问题检测及设施和能源管理；相比之下，仅有 29% 的同行企业表达同样的观点。²⁷

投资已然获得回报。这些富有开创精神的制造商表示，收入增长速度比同行企业快 32%。此外，资产回报率也同样相当可观，达到近 17%，而同行企业仅为 8.4%。领先制造商的成品存货周转率高于缺乏开创精神的同行企业，二者的比例分别为 21% 和 14%。足有 95% 的领先制造商表示，提高设施自动化水平不但有益而且非常实用。²⁸

这些具有开拓精神的制造商在准备周期、质量和成本方面的绩效也远远优于竞争对手。这些制造商已做好充分准备，推动行业转型，引领未来供应链发展潮流。现代市场竞争激烈，绝不能畏缩不前，跟随者没有前途。在智能制造领域，先行者可以收获大多数优势。

行动指南

智慧制造：AI 技术，智能洞察

1. 将数据转变为智慧行动。

为实现供应链可视性和智慧运营，数据是关键所在。建立全面一致的企业架构，采用混合云方法，增强开放灵活性，促进高度安全的数据整合。整合 IT 与 OT 领域，这是交流基于 AI 的信息和建议的必备条件。

采用人工智能技术和认知解决方案揭示通过其他方法无法发现的模式。人工智能系统能够以类似人类思维的方式理解非结构化信息。但它们不只是能够以更快的速度利用大量数据，还可以从互动中学习。探索将智能应用于工厂和生产职能和活动的方法，帮助获得决定性、可操作的实时洞察。

2. 打造具有“思考”能力的制造流程。

标准化的供应链流程和系统是实现这个目标的基础。在此基础上，部署数字技术，帮助优化 workflow，并与生态系统合作伙伴及平台整合。

在工作绩效指标与可接受的中断程度之间达到平衡。由于采用 IoT 设备实时监控资产性能，因此预测性分析可以确定组件可用性、预测潜在故障及提出应对中断的建议。更令人赞叹的是，一旦出现偏差，AI 模型还可以提供关键控制设置，使制造流程重回正轨，恢复最优运营参数。这样不仅可以避免质量问题和吞吐量中断，甚至还能提高能源效率。

3. 培养数字技能。

许多企业内部缺乏通过预测性分析、云、AI 和互连设备执行、跟踪和改进智能工厂运营所需的专业知识。为解决能力欠缺的问题，可以采用以下战术：重塑现有员工的技能；利用学徒和实习计划培训人才；充分利用新兴的教育项目和平台增强员工技能。亟需培养的人才技能包括数据管理、可视化和分析技能 — 或者，通过生态系统合作伙伴获得相应的能力。与具备广泛人才和经验并且思想前卫的企业开展合作。向同行企业学习，助力团队成员快速掌握关键技能。AI 和分析技术注定将在预测技能供需方面发挥重要作用，同时这些技术还有助于促进开展个性化学习。

备注和参考资料

- 1 “Hourly Downtime Costs Rise: 86% of Firms Say One Hour of Downtime Costs \$300,000+; 34% of Companies Say One Hour of Downtime Tops \$1 Million.” Information Technology Intelligence Consulting (ITIC). May 16, 2019. <https://itic-corp.com/blog/2019/05/hourly-downtime-costs-rise-86-of-firms-say-one-hour-of-downtime-costs-300000-34-of-companies-say-one-hour-of-downtime-tops-1million/>
- 2 2020 IBM Institute for Business Value intelligent automation survey. Unpublished data.
- 3 IW Staff. “Benefits of AI on Manufacturing: A Visual Guide.Industry Week.” February 8, 2019. <https://www.industryweek.com/technology-and-iiot/article/22027119/benefits-of-ai-on-manufacturing-a-visual-guide>
- 4 2020 IBM Institute for Business Value intelligent automation survey. Unpublished data.
- 5 “What is a manufacturing execution system?” Workwise Software. Accessed February 11, 2020. <https://www.workwisellc.com/erp-software/what-is-mes/>
- 6 2020 IBM Institute for Business Value intelligent automation survey. Unpublished data.
- 7 Hwang, Dr. Jongwoon. “Transforming manufacturing with artificial intelligence.” IBM cloud computing news. August 22, 2018. <https://www.ibm.com/blogs/cloud-computing/2018/08/22/manufacturing-artificial-intelligence/>; “About us.” SmartFactory^{KL}. Accessed April 3, 2020. <https://smartfactory.de/en/about-us/>; Internal IBM Institute for Business Value analysis.
- 8 IBM Institute for Business Value analysis based on IBM client engagement.
- 9 2020 IBM Institute for Business Value intelligent automation survey. Unpublished data.
- 10 Bilhardt, Kirsten.“Transforming Manufacturing with Edge and IoT Solutions.”CIO.com. February 5, 2020. https://www.cio.com/article/3519615/transforming-manufacturing-with-edge-and-iiot-solutions.html#_edn1
- 11 Butner, Karen, Manish Goya, Julie Scanio, and Skip Snyder. “Six crucial strategies that define digital winners: The power of AI-driven operating models.” IBM Institute for Business Value. September 2019. <https://ibm.co/digital-winners>
- 12 IBM Cloud Education. “Hybrid Cloud.” October 16, 2019. [ibm.com. https://www.ibm.com/cloud/learn/hybrid-cloud#toc-monocloud--_WTG0LNx](https://www.ibm.com/cloud/learn/hybrid-cloud#toc-monocloud--_WTG0LNx)
- 13 Butner, Karen, Manish Goya, Julie Scanio, and Skip Snyder. “Six crucial strategies that define digital winners: The power of AI-driven operating models.” IBM Institute for Business Value. September 2019. <https://ibm.co/digital-winners>
- 14 2020 IBM Institute for Business Value intelligent automation survey. Unpublished data.
- 15 Kitain, Lior. “Digital Twin — The New age of Manufacturing.” Medium.com. November 5, 2018. <https://medium.com/datadriveninvestor/digital-twin-the-new-age-of-manufacturing-d964eeba3313>
- 16 “3 Must-Haves For Intelligent Manufacturing.” Forbes.com. January 6, 2020. <https://www.forbes.com/sites/samsungsds/2020/01/06/3-must-haves-for-intelligent-manufacturing/#6c4b9385670e>

- 17 “Winshuttle Releases State of Manufacturers’ Report Illustrating Continued Trend Toward Automation to Keep Up with Consumer Demand.” Press release. Winshuttle.com. January 20, 2020. <https://www.winshuttle.com/press-releases/winshuttle-releases-manufacturers-report-trend-automation-keep-up-with-consumer-demand/>
- 18 Butner, Karen, Dave Lubowe, and Grace Ho. “The human-machine interchange: How intelligent automation is reconstructing business operations.” IBM Institute for Business Value. October 2017. <https://www.ibm.com/thought-leadership/institute-business-value/report/humanmachine#>
- 19 “Gartner Survey Reveals Digital Twins Are Entering Mainstream Use.” Press release. Gartner. February 20, 2019. <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2019-02-20-gartner-survey-reveals-digital-twins-are-entering-mainstream-use>
- 20 Shaw, Keith and Josh Fruhlinger. “What is a digital twin and why it’s important to IoT.” Network World. January 31, 2019. <https://www.networkworld.com/article/3280225/what-is-digital-twin-technology-and-why-it-matters.html>
- 21 Ibid.
- 22 Buntz, Brian. “The Power and Pitfalls of Digital Twins in Manufacturing.” IoT World Today. February 20, 2019. <https://www.iotworldtoday.com/2019/02/20/the-power-and-pitfalls-of-digital-twins-in-manufacturing/>
- 23 2020 IBM Institute for Business Value intelligent automation survey. Unpublished data.
- 24 Ibid.
- 25 Atkinson, Robert D. and Stephen Ezell. “The Manufacturing Evolution: How AI Will Transform Manufacturing and the Workforce of the Future.” Information Technology & Innovation Foundation (ITIF). August 6, 2019. https://itif.org/publications/2019/08/06/manufacturing-evolution-how-ai-will-transform-manufacturing-and-workforce?_lrsc=7bf0d6ee-b719-4d5e-a55f-3c37371b9998&trk=li-leap&utm_source=social&utm_medium=elevate
- 26 “Will a robot really take your job?” The Economist. June 27, 2019. <https://www.economist.com/business/2019/06/27/will-a-robot-really-take-your-job>
- 27 2020 IBM Institute for Business Value manufacturing performance data study. Unpublished data.
- 28 Ibid.

关于专家洞察

专家洞察代表了思想领袖对具有新闻价值的业务和相关技术主题的观点和看法。这些洞察是根据与全球主要的主题专家的对话总结得出。要了解更多信息，请联系 IBM 商业价值研究院：iibv@us.ibm.com

© Copyright IBM Corporation 2020

IBM Corporation
New Orchard Road
Armonk, NY 10504

美国出品
2020 年 5 月

IBM、IBM 徽标及 ibm.com 是 International Business Machines Corp. 在世界各地司法辖区的注册商标。其他产品和服务名称可能是 IBM 或其他公司的注册商标。Web 站点 www.ibm.com/legal/copytrade.shtml 上的“Copyright and trademark information”部分中包含了 IBM 商标的最新列表。

本档为自最初公布日期起的最新版本，IBM 可能随时对其进行更改。IBM 并不一定在开展业务的所有国家或地区提供所有产品或服务。

本档内的信息“按现状”提供，不附有任何种类（无论是明示还是默示）的保证，包括不附有关于适销性、适用于某种特定用途的任何保证以及非侵权的任何保证或条件。IBM 产品根据其提供时所依据的协议条款和条件获得保证。

本报告的目的仅为提供通用指南。它并不旨在代替详尽的研究或专业判断依据。由于使用本出版物对任何企业或个人所造成的损失，IBM 概不负责。

本报告中使用的数据可能源自第三方，IBM 并不独立核实、验证或审计此类数据。此类数据使用的结果均为“按现状”提供，IBM 不作出任何明示或默示的声明或保证。

国际商业机器中国有限公司
北京市朝阳区北四环中路 27 号
盘古大观写字楼 25 层
邮编：100101

