

SIEMENS DIGITAL INDUSTRIES SOFTWARE

半导体智能制造

从精益制造向智能制造演进

[siemens.com/semiconductors](https://www.siemens.com/semiconductors)

精益制造正在向更智能的 半导体制造流程演进

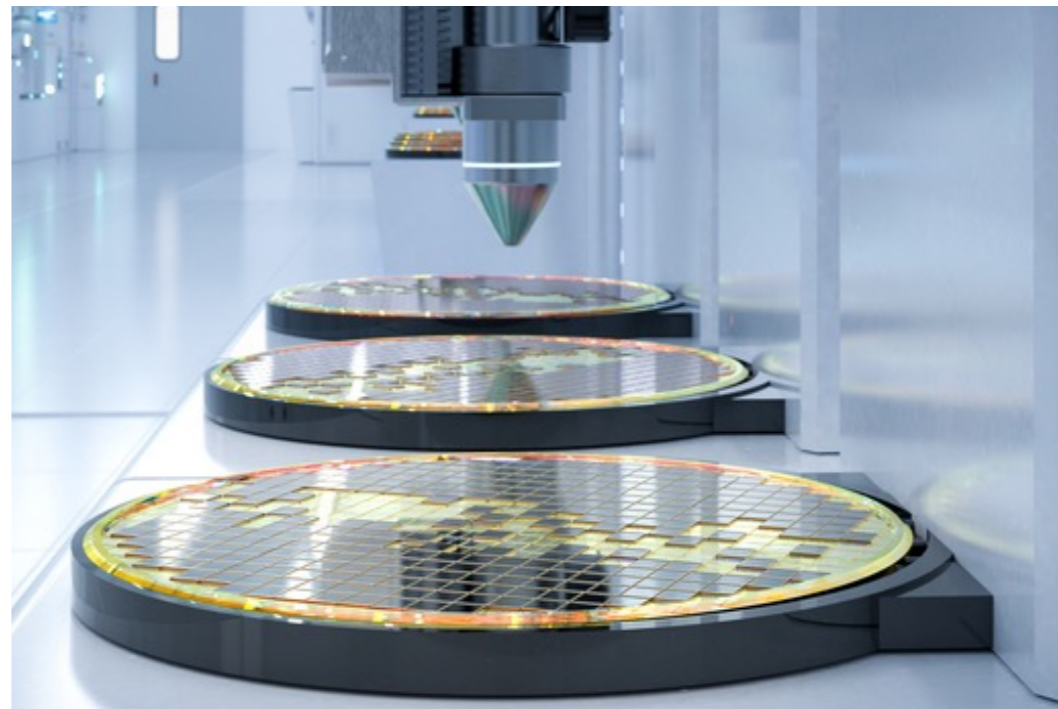
与许多半导体公司一样,几十年来,贵公司一直依赖精益制造技术。精益制造关乎企业生存。利用精益生产方式,贵公司已经能够裁汰各项非增值流程,以减少浪费并充分提高生产效率。

芯片制造商们深知精益制造的优势至关重要,但其中大多数公司也明白,在当今要求苛刻的市场中,光靠精益制造是不够的。如今,如果仅保持精益而不向智能制造演进,会限制敏捷性、制造优化、风险管理和竞争力,而这些方面对每家半导体制造商的发展壮大都至关重要。

通过智能制造将精益制造优势提升到一个新的高度

单独的精益制造可能已接近其能力极限,但如果通过智能制造对其加以强化,精益制造的优势似乎几近于无穷无尽。

原因何在?智能制造最初作为工业 4.0¹ 的一个组成部分出现,它增加了将仿真、执行控制和分析相结合所需的数字化,从而在不影响精益制造收益的情况下,持续优化无返工的高良率制造流程。智能制造为企业提供需要的端到端连接,以便企业做出数据驱动型决策,从而加快新产品推出 (NPI) 和上市,并在零缺陷制造环境中实现更高产出。



根据西门子和德勤的预测，智能制造提高绩效的潜力令人印象深刻：

- 产量提高 20%
- 成本降低 15%
- 营收增加 10%
- 降低网络攻击以及不遵守监管要求和可持续发展目标的风险

为了对精益制造和智能制造进行公平的比较，让我们先从精益制造的优势谈起：

- 减少浪费
- 显著提高生产效率
- 节约资源
- 及时交货
- 实现质量改进
- 应用吸取的经验教训
- 提高客户满意度
- 增强可持续发展能力

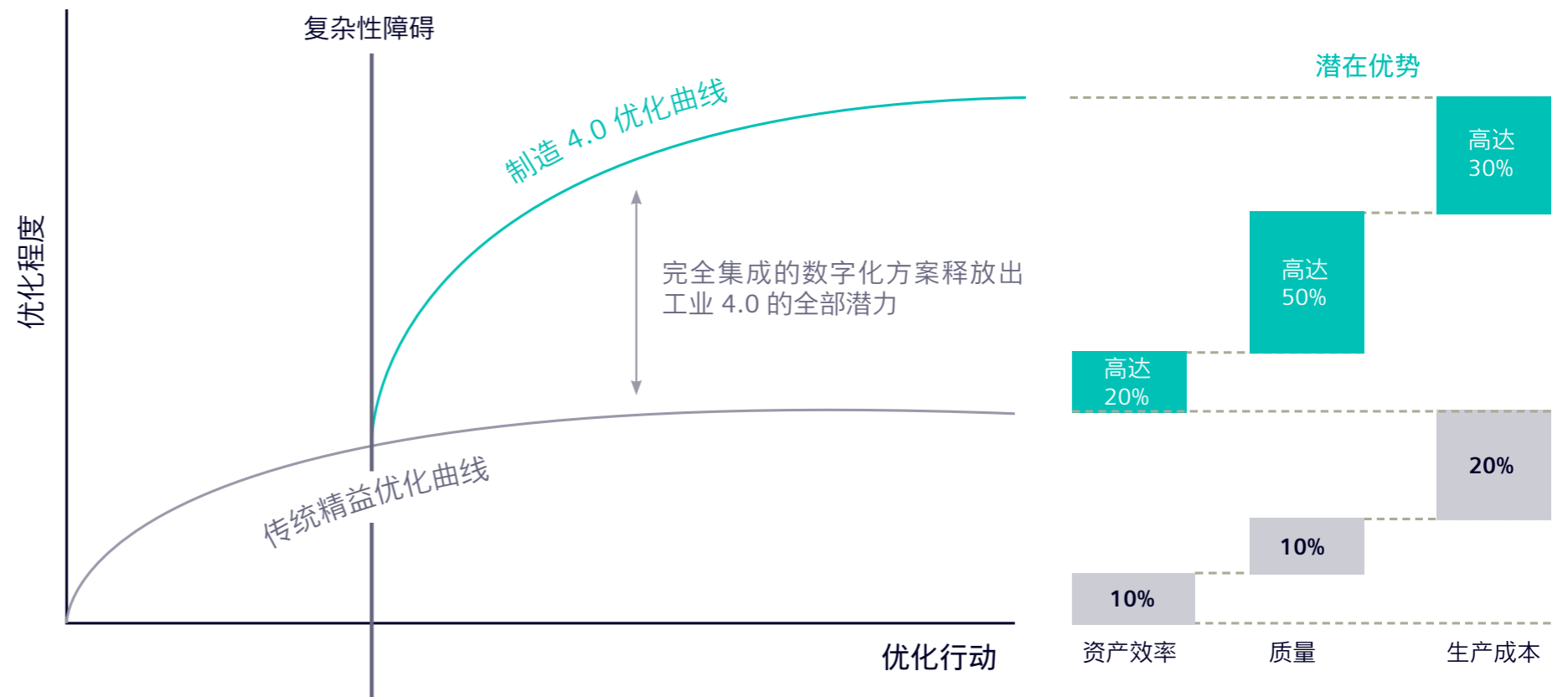
尽管这些优势令人印象深刻，但我们还必须考虑只坚持精益技术而不补充智能制造的局限性，具体如下：

- 最多只能达到上次制造的水平而无法超越
- 无法对紧迫的业务和质量问题做出主动或预测性响应
- 由于依赖于过往的数据，无法实时提供高水平的初始质量
- 在当今业务速度下竞争所需的制造敏捷性不足



以精益技术为基础，半导体制造商向智能解决方案拓展的时机已经到来。连接制造的各个方面并收集实时数据将使制造商能够就市场周期、规划、生产、资本投资等做出明智的决策。这将在全球几乎所有产业都将采用芯片的新半导体世界中取得成功的必要条件。”

Fram Akiki, Joun Technologies 总裁



资料来源：德勤数字化工厂²

是什么让智能制造脱颖而出？

实时数据采集、规划、仿真和生产优化让半导体制造更智能

精益制造注重历史数据。精益制造使用过去的生产数据来确定和消除非增值活动。

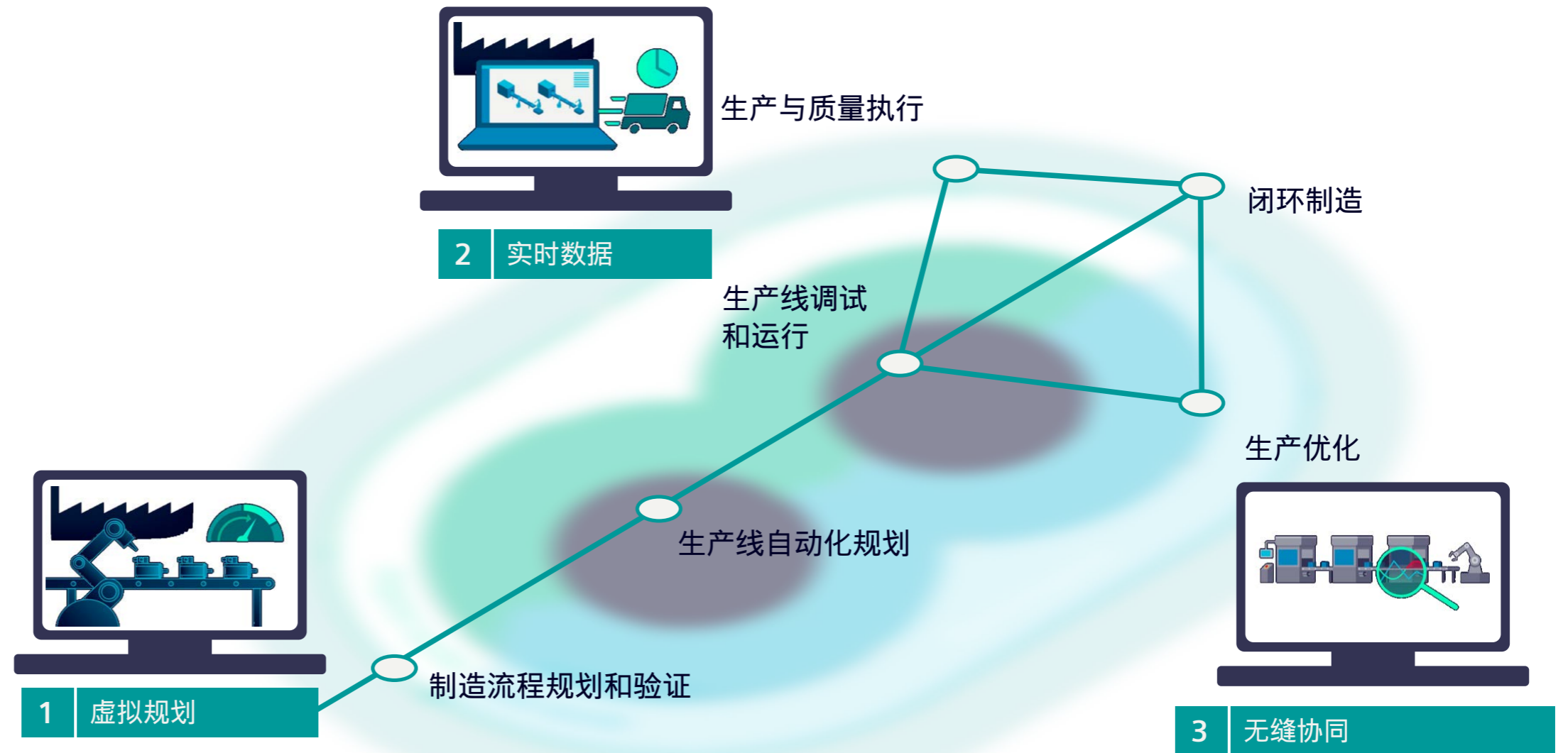
智能制造注重实时数据。智能制造使用实时生产数据来不断优化当前生产，以实现高水平的初始质量。

精益制造是一种反应性制造。精益制造使用过去的生产数据来评估过去的绩效，同时识别浪费和低效流程，从而吸取经验教训，改善运营。精益制造过程中有许多手动步骤。进展往往很缓慢。

智能制造是一种主动性制造。精益制造注重过去的的数据，而智能制造则不同，它使用先进的软件解决方案和分析方法将实时生产数据转化为可操作的洞察，以提高当前和未来的绩效。

智能制造极大地增强了数据的力量

通过系统之间的端到端连接，可以直接从半导体制造执行系统 (MES) 收集实时数据，为半导体专用仪表盘（包括独特的半导体特定制造流程清单 / 信息清单模块）提供信息。用于半导体制造的 MES 可以利用生产的数字孪生来实时捕获性能数据，包括统计过程控制 (SPC) 以及与制造执行、维护、测试和调度的偏差。数字孪生利用 MES 数据不断进行更新，可以随时提供高度准确的仿真，帮助企业确定生产改进机会。



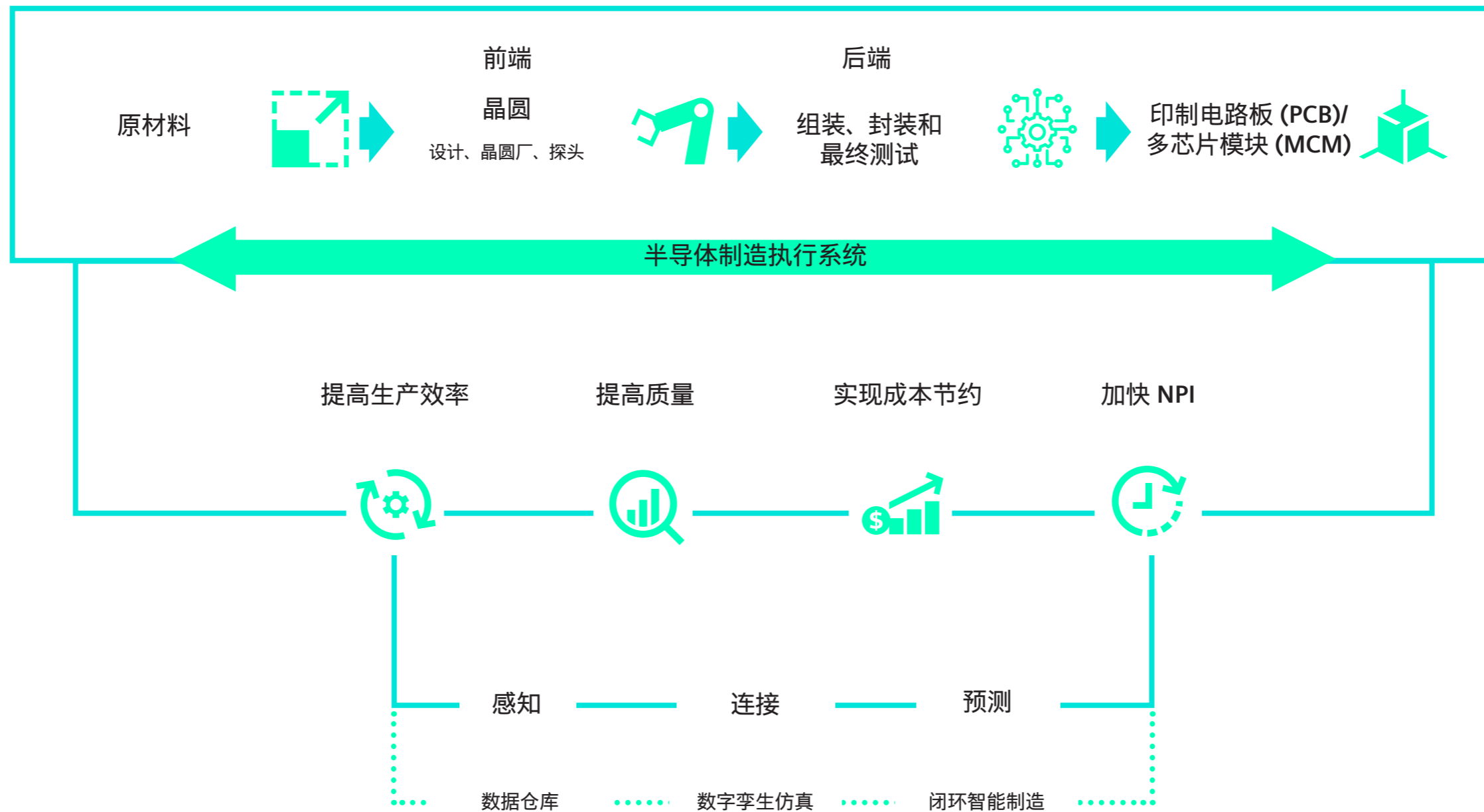
优化型半导体制造执行系统 (MES)

借助智能制造，管理人员可以更深入地了解生产步骤，而这将使企业能够在问题发生之前就发现它们，并在设计和工程流程的早期（从前端制造和晶圆制造到后端制造、组装、封装和测试）采取“左移”策略，解决潜在错误。



智能制造实现了更加全面的数字化，支持更庞大和更可靠的信息流。”³

Julie Fraser, Iyno Advisors Inc. 负责人



在不影响任何精益制造流程的情况下，智能制造还能使企业实现以下几点：

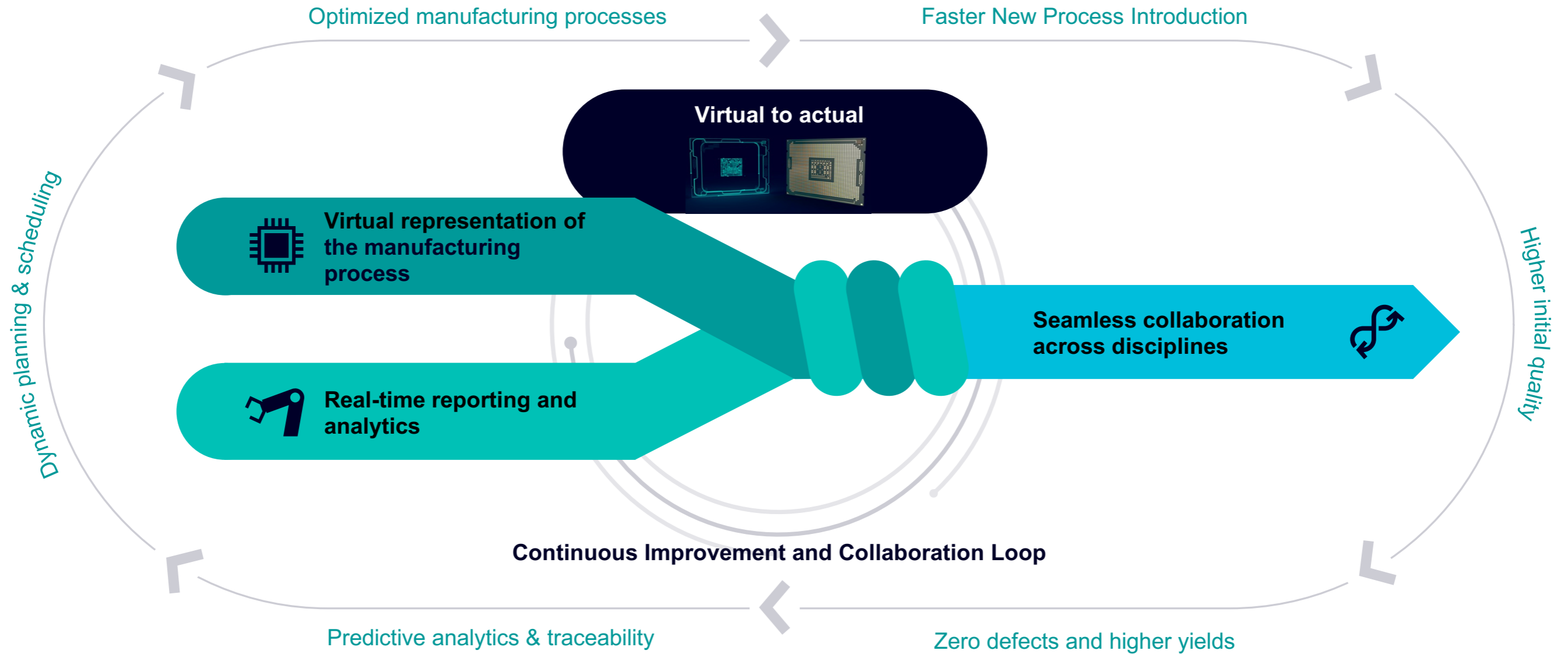
- 实现整个工艺节点和制造线的虚拟呈现，以便深入洞察生产情况
- 通过实时报告和分析收集当前的制造数据，以便作出数据驱动型决策
- 实现更快的 NPI 并缩短上市时间
- 消除返工，提高良率，实现零缺陷
- 通过数字方式连接生产流程和系统，以便清楚地了解流程，防止出错
- 将虚拟世界与现实世界无缝连接
- 防止不良制造事件
- 利用无返工设计始终如一地达到高水平的初始质量
- 在不影响精益制造流程的情况下实施改进
- 运行闭环数据，实现持续学习和改进



向智能制造演进有望带来哪些业务成果？

- **提高产量**：半导体制造商可以通过实现任务自动化、缩短设置时间和优化生产流程来提高产量。
- **提高质量**：通过预测性维护和闭环反馈，半导体制造商可以提高产品质量并降低废品率。
- **提高良率**：预测良率管理和实时良率跟踪等技术可帮助半导体制造商提高良率并减少浪费。
- **降低成本**：半导体制造商可以通过实现任务自动化、减少浪费和提高能源效率来降低成本。
- **增加收入**：以更低的成本更高效地生产产品，更快地开发和推出新产品，并更有效地满足客户需求。
- **新产品和服务**：开发和推出以前无法实现的新产品和服务，并为特定应用开发定制半导体。

乘数效应



从精益制造发展到智能制造需要哪些步骤?

I. 虚拟呈现制造流程。

首先，需要模拟实际制造流程，包括工艺节点和制造线，对其进行虚拟再现，以获得对规划和生产必要的洞察，从而消除缺陷和产品返工，提高 NPI 良率。

II. 实时报告和分析。

其次，需要利用来自 MES 的实时生产数据实现闭环，以便更新仿真模型，将数据智能提升到一个新的高度，从而提高生产绩效，实现无返工、可追溯、安全和高良率的半导体制造运营。

III. 跨学科无缝协同。

第三，需要“乘数效应”，即将智能制造与每个设计和生产学科联系起来的丰富数据连接，它将在正确的环境下，于正确的地点和正确的时间提供正确的信息，从而推动所有领域的无缝协同，实现完全集成的制造系统。通过推动持续学习和改进的闭环反馈，可以对 MES 做出调整、采用 AI，并采取全面预防措施，以降低风险，提高 NPI 良率，并以当今的业务速度参与竞争。

第一步：虚拟再现制造流程

首先，需要模拟当前的半导体制造流程，包括工艺节点、制造线和实时生产数据，对其进行虚拟再现，以获得所需的洞察，从而改进工艺、消除缺陷和返工，实现更高的 NPI 良率。

企业需要由数字孪生提供支持的工厂仿真和流程仿真来创建实际制造流程的虚拟模型，并使用实时数据和新工艺节点的虚拟认证来不断更新模型。通过仿真，企业可以根据当前的模型更新，持续执行“假设”分析。



仿真助力生产优化

利用数字孪生，企业可以及早预测生产问题，从而通过关于如何以及在何处对 MES 进行运营调整、采用人工智能、采取全面预防措施降低风险以及无返工产品的绩效洞察，找到解决方法。

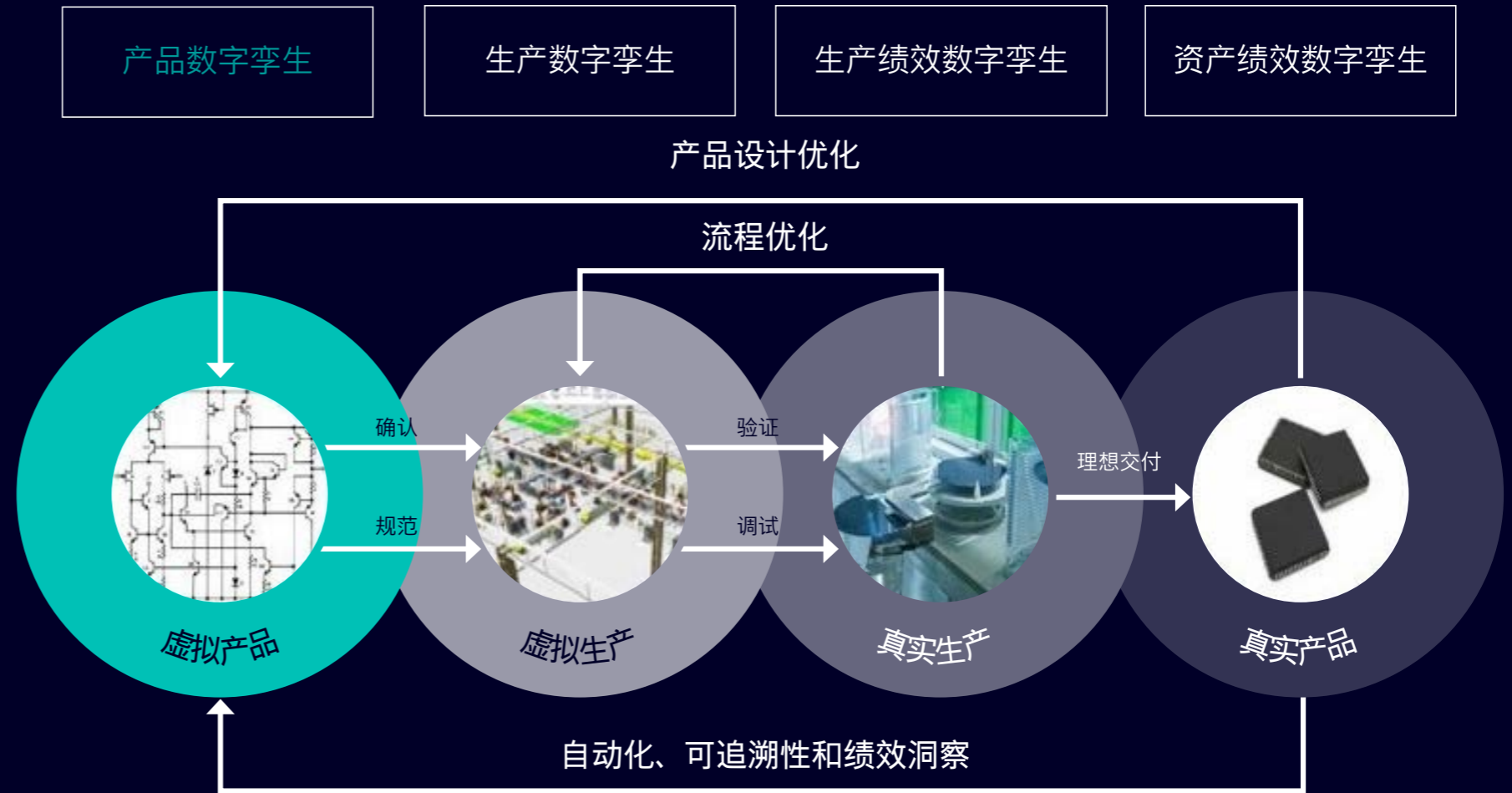
数字孪生是产品（产品数字孪生）或其制造流程（生产数字孪生）的高精度虚拟模型。在构建半导体产品或设计实际制造操作之前，这些模型在虚拟模型中模拟真实世界的条件。仿真可用于模拟多个能够通过更低成本进行虚拟评估的假设场景，以优化产品和流程。

数字孪生会通过企业的半导体 MES 不断更新，以确保出色的精度。通过不断从现实制造流程中收集数据，制造仿真可以持续改进，从而使制造流程更加高效。虚拟模型将动态地提供生产环境相关信息并优化生产环境，以实现侦测（监控）和预测（人工智能）功能。

人为因素

为了获得真正的整体解决方案，企业的数字孪生方法还应模拟人与流程和技术的交互，从而优化人才使用、员工分配、人体工程学环境、生产效率和可持续发展能力，从而确保业务持续增长。

制造智能



虚拟呈现制造流程

借助数字孪生，可以开始捕获实时制造数据，并将该数据重新引入虚拟模型中进行仿真，以便：

- 评估预测方案，以确保满足近期和长期订单的产能
- 准确模拟人与流程和技术的交互
- 评估制造流程中的必要变更
- 记录并复现企业的良好实践，以便设定比以往更高的质量水平
- 优化人才使用、员工分配、人体工程学环境、生产效率和可持续发展能力
- 利用历史数据和预测数据做出更明智的资本支出决策

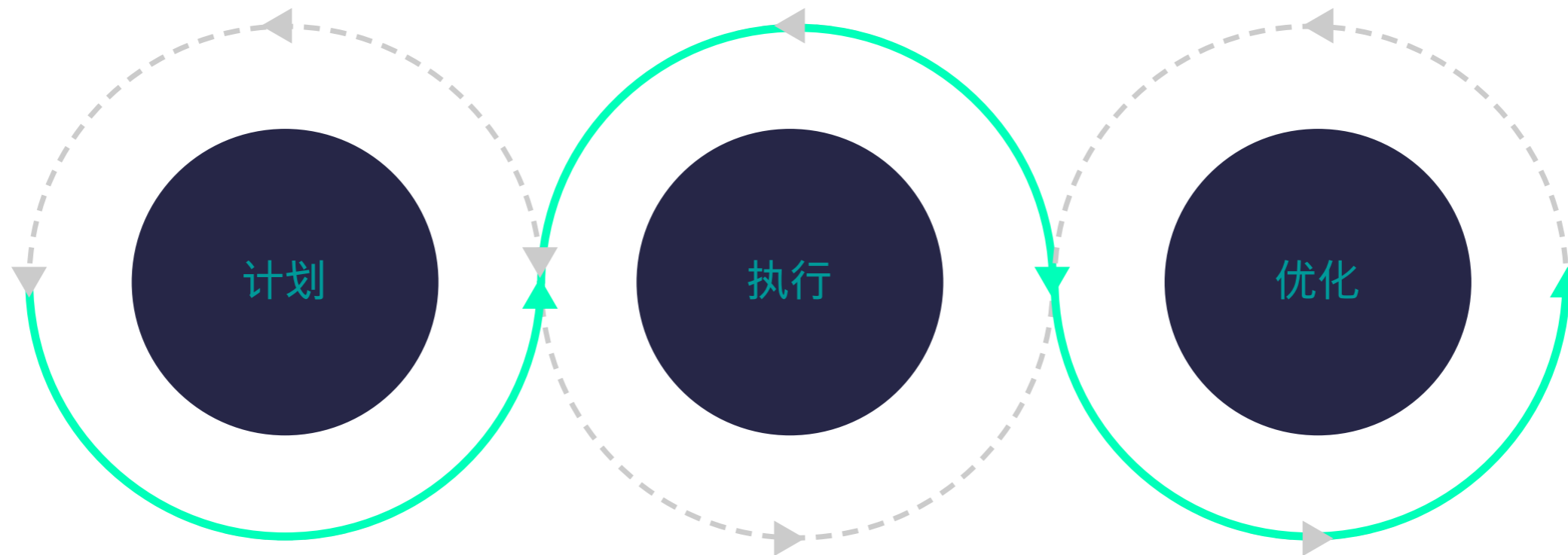
西门子通过数字化服务专家，为智能敏捷生产和自动化解决方案的规划、设计和实施提供支持，以此来帮助企业实施数字化转型，同时依托于安全稳健的云资源，提升企业的竞争力，并加快产品上市速度。

在制造流程实际建立之前对其进行设计和仿真，尽量降低风险，并确保流程高效且有效，同时尽量减少返工。

找出浪费和效率低下之处，例如瓶颈、不必要的步骤和过多的库存。一旦发现浪费，制造商就可以采取措施消除它。

创建并优化生产计划和时间表。这有助于缩短设置时间，充分减少在制品库存，并充分提高机器利用率。

模拟不同工艺参数对产品质量的影响。这有助于制造商确定每个过程的适当设置，从而提高产品质量并降低报废率。



模拟、实施和监控智能、高度自动化的制造设施，提高制造效率

第二步：通过实时报告和分析实现闭环

其次，使用实时制造报告和分析，企业可以获得持续学习和质量改进优势，从而以下一代效率执行先进的半导体制造运行。

借助提供更高级别的数据智能和自动化的智能制造环境，企业可以改善从设计到生产的协同，从而实现无返工、可追溯、安全且高良率的半导体制造操作。

通过智能制造，企业可以使用当前的 MES 运行数据实时更新仿真模型。企业可以利用半导体专用制造流程清单和信息清单解决方案来简化制造配方和作业指导说明，并实现它们的自动化。此外，企业还可以获得晶圆量测机器学习分析和洞察所提供的数据驱动型晶圆洞察优势。



利用闭环方法，企业还可以获得更大的流程灵活性和效率优势，将监管和质量要求与同步生产流程完全整合在一起，实现优良的供应链管理。此外，企业还可以利用云和边缘分析来为预测性维护提供支持。



智能制造利用仿真、执行控制和分析的组合来推动持续改进，从而实现无返工的高良率制造流程。”⁴

Julie Fraser, Iyno Advisors Inc. 负责人

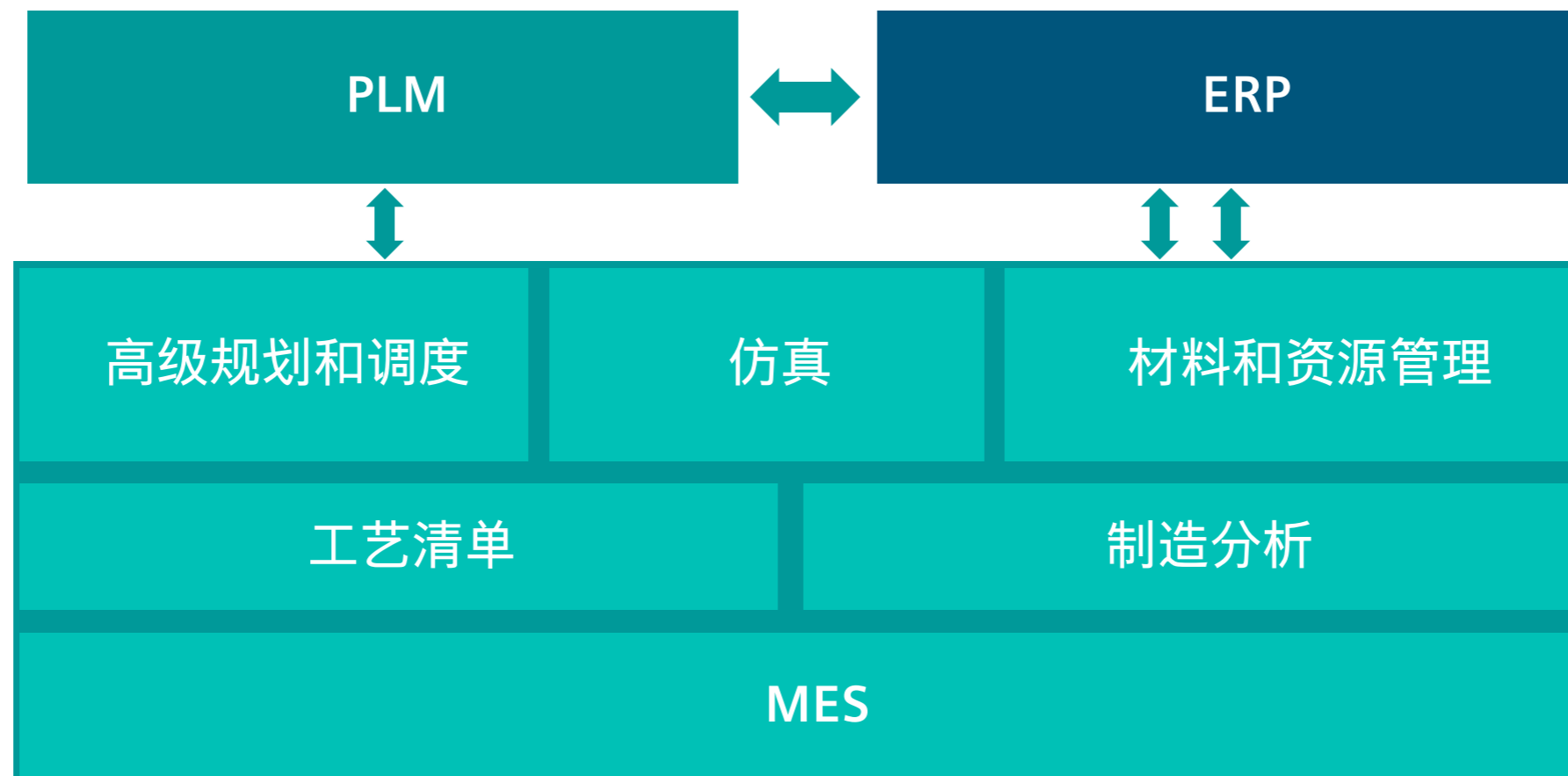
高效运行敏捷生产线并收集实时数据

使用数据来维护和利用 PLAN 中的工程仿真模型，以便评估技术或产品更新带来的变化。

引导流程数据，在工业物联网平台 (IoT) 上运行自成一体的数字孪生模型，从而对持续改进实施建模。

消除产品运行变化造成的混乱——无论交付的批次包含一件产品还是 1000 件产品，都应该确保相同的效率和质量。

快速识别和预测生产和质量问题，防患于未然。使用高级分析将大量数据转化为可操作的洞察。



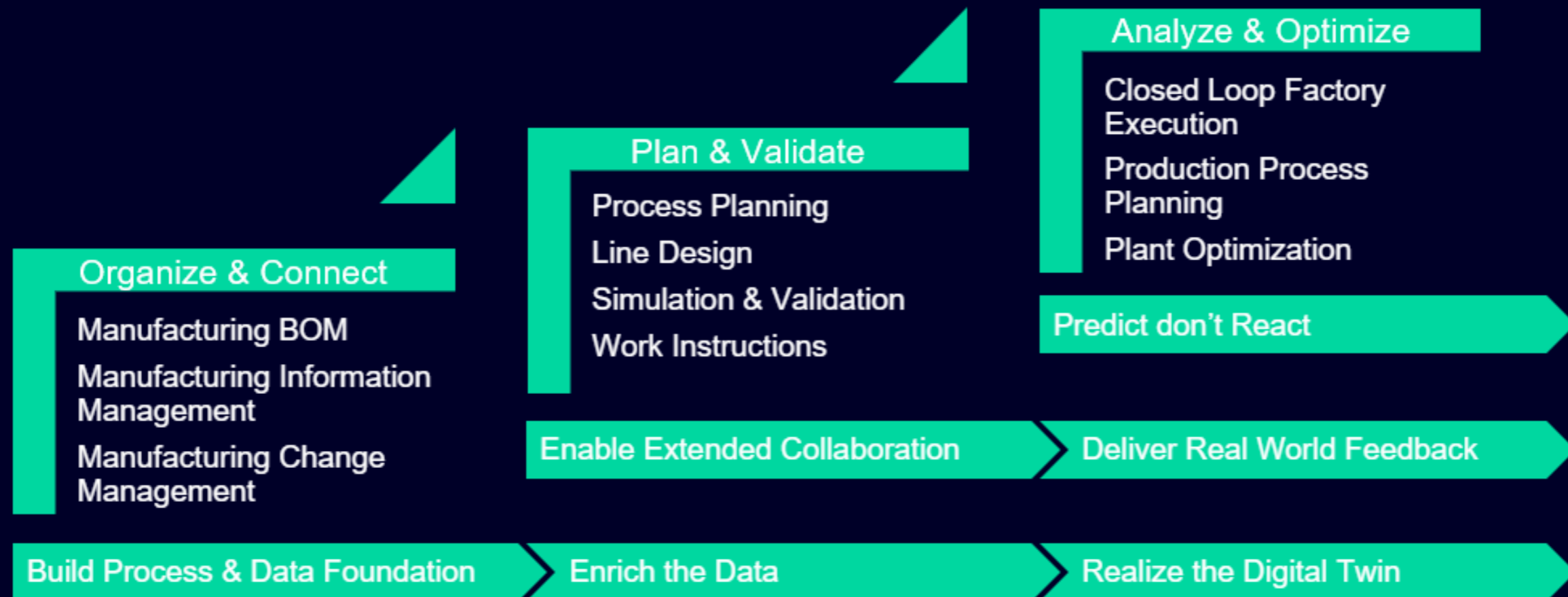
第三步：跨所有学科建立联系

需要完成的第三件事就是在虚拟世界和真实制造世界之间建立无缝连接。

随着制造条件和工艺的变化，企业可以在闭环中不断将来自现实世界的更新数据重新引入虚拟世界，从而持续评估改进情况。

借助跨所有企业、学科和领域的连续互联数据流，企业可以获得实时做出业务、工程和制造决策所需的当前洞察。

准备就绪后，企业可以通过 MES 实施数据驱动型决策，从而在不中断精益制造流程的情况下，利用无返工设计实现高水平的初始质量。



这场智能制造革命对企业意味着什么?总而言之,利用数据驱动型运营绩效洞察,一家全面互联的智能工厂可以获得持续改进的重要机会。

企业可以通过一个安全、开放的平台,将内部和整个供应链中的所有制造解决方案连接起来,实现无缝协同,从而提供高水平的初始质量,交付无返工设计。借助无缝管理所有领域数据的稳健、开箱即用的解决方案,企业的团队可以提高 NPI、降低成本并推动创新,从而获得竞争优势。例如,借助可将产品清单 (BOP) 直接发送到 SAP 的产品生命周期管理 (PLM) 解决方案,企业便可以为可能使用不同 MES 的多个站点提供支持,从而提高单点访问的效率。

从精益制造向智能制造演进的企业将不再仅仅作出反应,而是主动加快晶圆代工厂的演进,以便优化制造,并使公司在制造未来半导体的激烈竞争中立于不败之地。

从低效的反应性向高效的主动性演进

许多传统的集成电路代工厂都秉持反应性思维,依赖于事故后分析和纠正措施,而这往往会导致生产延误。然而,采用智能制造,通过数字孪生收集全面的实时数据模拟下一代流程,并为更智能、更及时的决策提供信息却是实现数字化转型的关键所在。这种演进正在发生,它从反应性解决问题开始,快速转变为持续的学习、主动式质量管理和能够预防缺陷的预测性方法,让企业交付更高质量的半导体,实现更高的产量。

从精益制造向智能制造的演进是企业取得成功和长盛不衰的关键。

通过企业系统枢纽实现跨所有学科的无缝协同

通过开放、全面的物联网解决方案有机地连接企业的机器、生产线、工厂和供应链。

消除数据孤岛,实现整个生产流程的端到端可见性,并提高流程效率。

使用虚拟传感器对高价值资产的运营效率进行建模和分析。使用来自人工智能和分析工具的预测性洞察优化制造流程。

利用新的过程自动化技术提高整体设备效率 (OEE),并降低总拥有成本。



建立联系。
然后提高竞争力。





智能工厂具备的能力通常被描述为收集数据、分析和理解数据、将数据汇总为有意义的信息并预测未来事件，甚至从中推导出决定，从而影响和稳定未来先进的工艺。”⁵

Siemens AG 制造主管冈特·贝廷格 (Gunter Beitinger) 博士

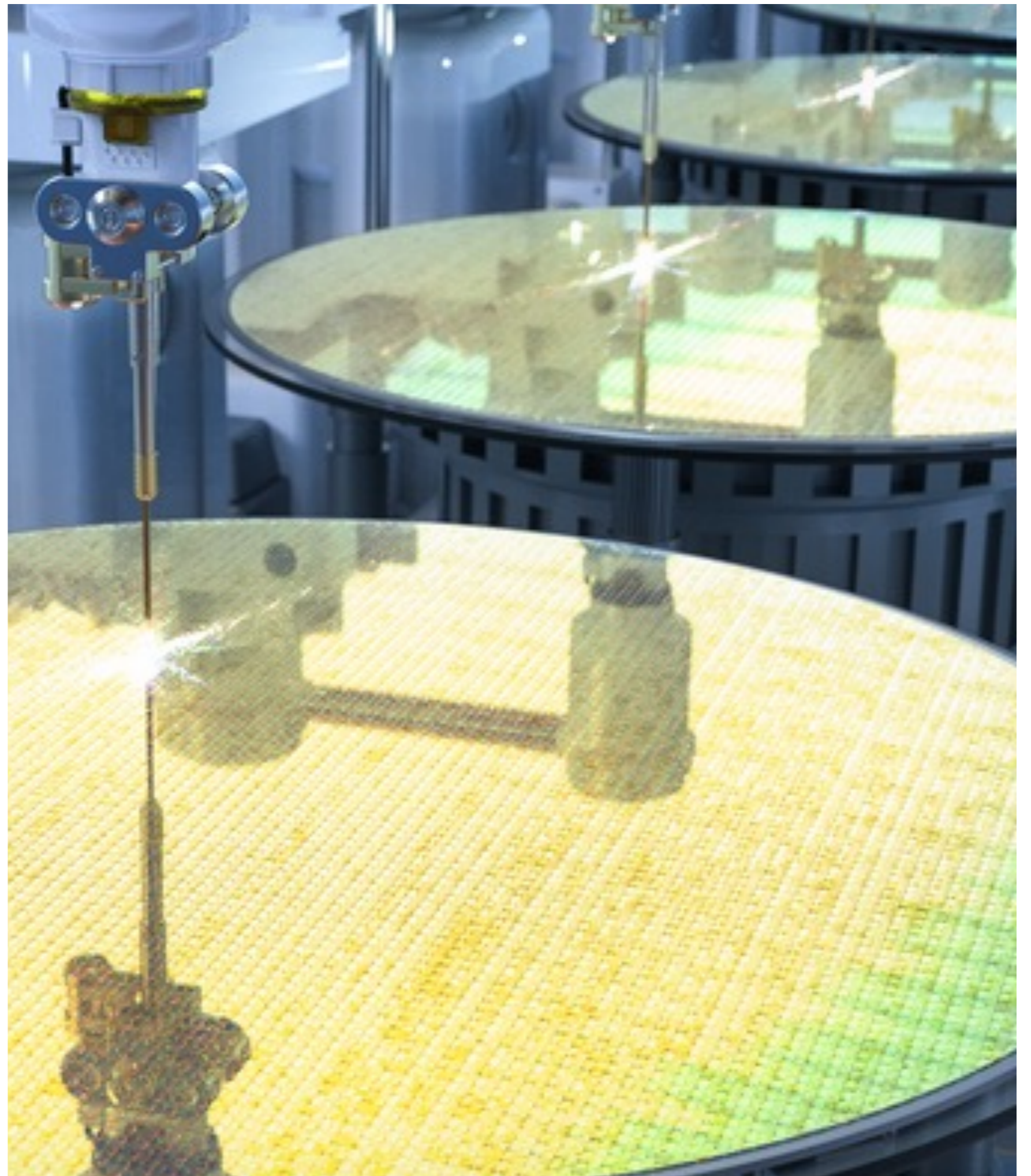
迈出下一步。 加速迈向未来。

当企业的智能制造已为全面生产做好准备时，企业便可以及早预测生产问题，通过绩效洞察了解如何以及在何处对MES做出运营调整、采用人工智能以及采取全面预防措施降低风险，实现无返工产品，提高NPI良率和发展业务，找到解决方法。

但首先，需要从精益制造向智能制造逐步演进。

当您准备好深入探索时，我们随时可以向您展示下一步。

[了解更多信息](#)





参考资料：

1. 国际自动化学会 (ISA) 博客：[序言：工业 4.0 和智能制造的诞生](#), Jeff Winter 2022 年 8 月撰文
2. 德勤博客：[“从精益工厂到未来智能工厂”](#), 2018 年第 05 期
3. Siemens Digital Industries Software “半导体智能制造” 白皮书, 第 3 页, Iyno Advisors Inc. 负责人 Julie Fraser 2020 年撰文
4. Siemens Digital Industries Software “半导体智能制造” 白皮书, 第 4 页, Iyno Advisors Inc. 负责人 Julie Fraser 2020 年撰文
5. 西门子博客：[Siemens AG 制造主管 Gunter Beitingger 博士 2019 年 7 月 25 日撰文](#)

关于 Siemens Digital Industries Software

西门子数字化工业软件通过 Siemens Xcelerator 数字商业平台的软件、硬件和服务, 帮助各规模企业实现数字化转型。西门子全栈式工业软件和全面的数字孪生可助力企业优化设计、工程与制造流程, 将创新想法变为可持续的产品, 从芯片到系统, 从产品到制造, 跨越所有行业, 创造数字价值。

Siemens Digital Industries Software。科技改变日常生活。

有关 Siemens Digital Industries Software 的更多信息, 敬请访问 [siemens.com](https://www.siemens.com) 或关注我们的[领英](#)和[X](#)账号。

美洲：+1 314 264 8499

欧洲、中东及非洲地区：+44 (0) 1276 413200

亚太地区：+852 2230 3333

© Siemens 2024. 可在此处查看相关西门子商标列表。其他商标属于其各自持有方。