

数字孪生：成就下一代制造系统架构

文 帕斯卡尔·布罗塞特、蒂亚戈·马丁斯、迈克·沃森、谢里·威廉姆斯



提要：通过充分释放数据的价值，加快提升制造企业自适应运营的能力，数字孪生将补足现有制造系统功能，助力企业实现敏捷制造。

经 过近十年实践，如今大多数制造企业对“工业4.0”已不再陌生。制造企业纷纷推出试点项目或灯塔工程，利用大数据、机器学习等人工智能技术，并通过预测性维护等数字化解决方案优化生产运营。¹

然而，制造企业若想进一步提升敏捷响应能力，就不能浅尝辄止，而需进行规模化推广。这一过程往往会触及传统制造业系统架构的极限：一方面，它们通常围绕单一资产、单条生产线或者为维护单一职能而建，故容易成为职能孤岛，难以支持高价值的全面应用。另一方面，规模化推广高价值应用对企业筛选、处理和分析海量数据的能力也提出了更高的要求。

不少企业开始投资建设数据湖，将研发、生产、供应、销售、服务等环节的数据纳入其中。但这些努力远远不够，它们依然无法提供必要的结构化信息以提升端到端的响应能力。

因此，领先的制造企业越来越关注新一代数字孪生的应用与推广，并期望以最少的技术投资达到最佳的转型效果。了解关于数字孪生的三个主要问题将有助于企业加速向敏捷制造转型。

一、数字孪生何以颠覆系统架构

答案是通过场景化，让数据成为知识。

想象一下，当生产车间的一个传感器显示设备温度为24°C——这只是一个冰冷的数字，但当我们知道该传感器是否用于挤塑生产线、它所在设备用于生产何种配方产品，或了解其运行效率、质量追踪与温度的历史相关性如何时，数据的生命力就会被唤醒。

通常来说，这些必要的信息在任何部署良好的控制系统，如数据采集与监视控制系统（SCADA）或制造执行系统（MES）解决方案中都能被找到，并通过对相关数据进行配置，在传感器数据偏离定义阈值时发出警报。事实上，基于系统中储存的数据，SCADA或MES解决方案均可作为一种独立的数字孪生提供服务。但若想改进系统对流水线生产事件的响应能力，工程师（或未来算法）还需要进一步了解生产线的应用场景和背景信息，如生产线的维护历史和正在生产的产品版本等。此外，一些至关重要的维护信息也可能包含在非结构化的报告或图片当中。也正是这种高度异构的信息环境，对传统的孤岛式制造系统架构及其点对点的整合构成了挑战。

1. 埃森哲：《智能运营数字化转型竞赛》，https://www.accenture.com/_acnmedia/PDF-139/Accenture-The-Race-for-Digital-Operations-Transformation.pdf。



然而，基于灵活且可扩展架构的数字孪生则能完成信息捕获和关系映射。数字孪生技术能将多个不同来源的数据汇集起来，进行统一和场景化的处理。它可以实现渐进式学习并捕捉隐性知识，从而提供关键的差异化优势：以工程师和操作人员能够理解的方式存储和组织信息。也就是说，他们不必在解读信息时每次都依赖数据分析师，也无须开发新的应用程序来解决日常问题。借助数字孪生和低代码/无代码（LCNC）工具的强大组合能力，领先制造企业可为工艺流程和数据工程师创建一个安全空间，在其中合作开发优化运营的全新方法。

更重要的是，数字孪生并不局限于捕捉资产、生产线或工厂的配置和行为，它还能各级架构嵌入优化逻辑，提供可规模化的模拟、预测性及适应性智能用例服务。

例如，玛氏（Mars）与微软和埃森哲合作，运

用数字孪生大幅提高生产运营的效率、减少材料浪费，并从订单到交付的各个环节支持员工进行实时决策。玛氏正将这一技术推广到产品研发，通过数字技术模拟气候、突发干扰和其他变量因素，强化从原产地到消费者的全链条追溯体系。

二、现有解决方案能否与数字孪生集成

答案是肯定的。

由于不受传统制造系统现有领域边界的限制，最新一代数字孪生能利用云平台和各种技术的力量和灵活性，助力制造企业从企业资源计划（ERP）、可编程逻辑控制器（PLC）、供应链以及分销等现有系统中捕获数据，并迅速有效地实现数据场景化。通过与现有系统并行部署最新一代数字孪生系统，并将这些系统中合适的数据输入至孪生系统，不但可以产生更高价值，而且无需将系统“推倒重建”。

图一就展示了将数字孪生设计为开放集成式平台的精简架构，其中包含核心平台内的三个“层级”：

(1) 从不同的源系统获取数据，在边缘进行预处理，然后发送至云端进行集成和存储。

(2) 数据场景化，就是将工程、信息技术（IT）和运营技术（OT）数据间的关系描述为灵活的、可规模化的图表，充分展示制造运营的复杂性。

(3) 数字孪生平台通常可以提供基础模拟和分析功能，并为各种应用提供场景化数据，对象从简单的监控面板，到复杂的机器学习逻辑。

更重要的是，制造企业可基于用例部署数字孪生，从而在三到六个月内取得快速收效（具体视用例复杂程度而定）。与传统的试点方法相比，其本质区别在于，所有用例均使用相同的数据模型和基础设施，而无须创建新的数据库。并且，每个用例都不会产生额外的集成难题，反而可提升数字孪生的潜力，并实现指数级扩展。

图一 将数字孪生设计为开放的集成式平台



三、重新审视现有制造系统架构是否必要

答案是肯定的。

虽然制造企业的确可在不更换所有底层系统的情况下充分利用数字孪生，但受投资无序和专用组件的影响，繁冗复杂的制造架构往往会让企业发展举步维艰。因此在部署和推出数字孪生的同时，制造企业还需重新审视其现有制造架构。他们需要做好四个方面的工作：

(1) 创建数据驱动的模块化方法和抽象层，从而实现架构精简化和标准化，而无须更换昂贵的现场设备；

(2) 将具有较高价值的特定开发工作（如上游条件可能导致下游故障的情况）转移至孪生环境中，让数据和人工智能充分发挥作用；

(3) 加强ERP和车间系统之间的“垂直”整合，建立强大高效的执行引擎；

(4) 在共享数据或信息模型的基础上，逐步整合并优化孪生领域，遵守执行与优化并行的范式。

当下，消费市场需求变得更加碎片化，外部环境压力下供应链频繁波动，大规模、标准化生产带来的是过量库存，而不是利润。敏捷响应从需求到交付的变化，是工业4.0的核心诉求，也是当代制造企业应变于新的关键能力。如果企业能充分利用数字孪生技术，便可成功开启下一代制造系统架构的转型，提高生产效率、降低运营成本，提升从订单到交付的敏捷响应能力，从容应对需求碎片化与供应链波动的挑战。✍

帕斯卡尔·布罗塞特

埃森哲工业X业务董事总经理、制造执行系统服务北美区主管

蒂亚戈·马丁斯

埃森哲工业X业务资深总监

迈克·沃森

埃森哲工业X业务董事总经理

谢里·威廉姆斯

埃森哲工业X业务董事总经理

业务垂询: accenture.direct.apc@accenture.com