



数字孪生打破虚实界限， 创造产品开发无限可能



当产品在虚拟世界拥有数字孪生，下一步便是在现实世界创造效益。

作者:彭波, Elia Berteletti, 施俊昌, Bernhard Mühlreiter 和 Jan Paul Stein

数字化工具正在帮助全球的工业企业“化虚为实”。自上世纪 60~70 年代至今，数字化工具已从计算机辅助设计，演进为强大、灵活和成熟的多种系统工具。例如，借助产品生命周期管理（PLM）系统，工业企业可在组织上下实现产品知识的捕获、整理、处理和传播，PLM 也已成为工程师的日常沟通平台。

正所谓“能力越强，责任越大”，工程设计工具也不例外。软硬件的不断结合升级使得产品功能愈发强大，传感和传输能力也提升了产品特性，让产品得以根据运作情况和用户需求实现快速调整。此外，功能先进、设计精巧的用户界面也极大简化了操作流程。

随着商业模式的演变，设计与使用的界限也变得愈益模糊。客户希望产品能通过在线软件更新和按需功能开发等形式，在生命周期内实现性能的持续提升。此外，许多产品已融入相关生态系统，产品和服务的联系愈发紧密。越来越多的客户选择按次付费或是功能订阅，而非一次性购买产品。

数字孪生的诞生

面对不断变化的需求，数字化产品的呈现方式出现了重大转变，数字

孪生这一新的数字化工具应运而生。数字孪生整合了现有数字化设计工具，并嵌入了额外的数据源、高级模拟和分析能力，可实时收集、分析制造和使用过程中的产品数据。传统的 PLM 系统只能实现“一对一”，单一模型仅代表产品的单一变量，而数字孪生实现了“一对多”，可通过单一模型涵盖产品的所有变量，并基于收集的产品数据不断升级更新。

数字孪生技术适用于产品设计、制造流程，乃至整个价值链。本文将重点讨论其在产品端，尤其是产品设计端的应用。

对以产品为中心的企业和用户而言，数字孪生技术有着丰富的潜在收益，譬如优化设计、降低成本、缩短上市时间、加快客户需求回应等。数字孪生也能带来新的收入源，通过远程维护支持以及“产品即服务”等商业模式增加盈利。

根据我们的分析，部分企业应用数字孪生技术后，成功将营收提高 10%，上市时间缩短 50%，产品质量提升 25%。毫无疑问，数字孪生技术的产业前景广阔。当前预估数据表明，到 2025 年，仅欧洲的数字孪生市值将达到 70 亿欧元左右，年增长率为 30%~45%。

数字孪生的三大维度

数字孪生的表现形式各异。组织需以自身的技术和业务目标为依据，选择最合适的技术表现形式。数字孪生技术的差异主要体现在三大维度上（见图 1）。

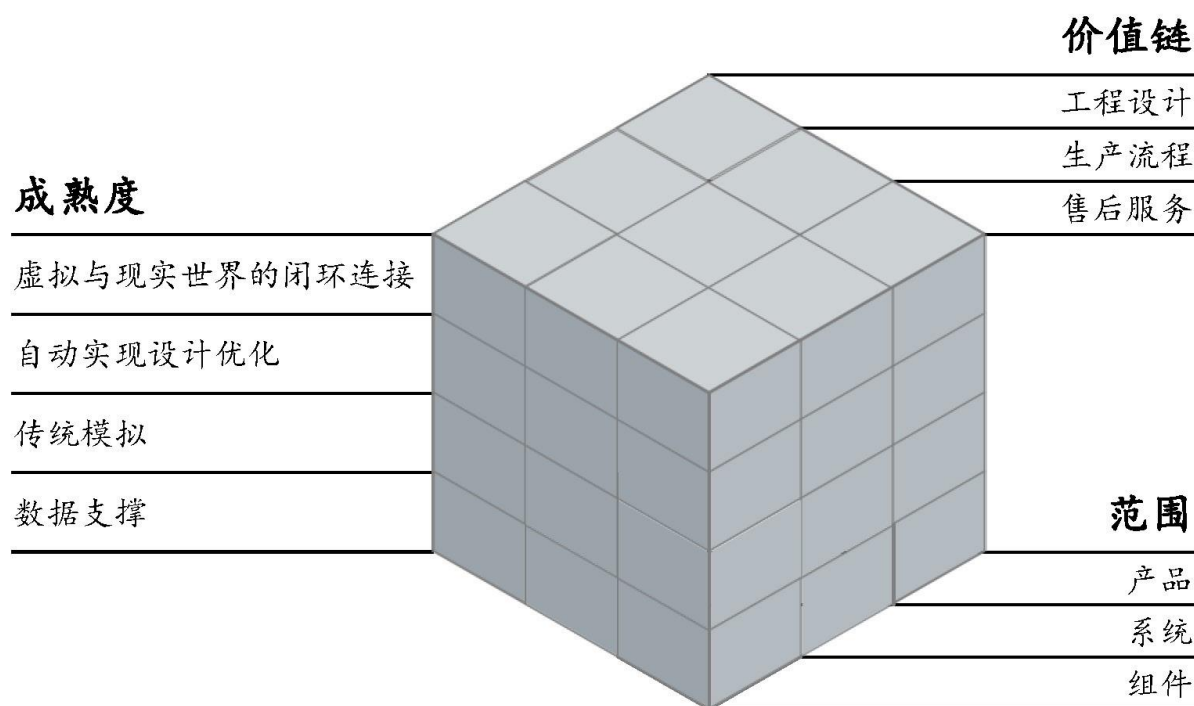
一是价值链。与传统 PLM 系统类似，工程设计数字孪生涵盖从产品定义到详细设计的各个环节；生产过程中，数字孪生模型会记录下组件、材料、流程工艺参数，以及测试和质检数据，实现对产品的虚拟呈现；售后服务的数字孪生则会记录工作状态、性能、诊断信息和维护历史等产品使用数据。成熟度最高的数字孪生模型可跨越价值链上下游多个环节，通过收集产品使用数据，优化制造过程及未来的设计迭代。

二是模型范围。一款产品可能由几个主系统、多个子系统，以及成百上千的硬件和软件组成。某些数字孪生模型只包含一个或几个组件，如模拟管道液体流动的数字孪生，其他则可能会涵盖一个完整的产品，如模拟车辆碰撞特性的数字孪生。考虑到其计算能力有限，通常情况下，数字孪生的范围越窄，其虚拟映射就越精确。相比之下，要想管理一个涵盖完整产品的数字孪生模型，往往需要对某些概念做抽象化处理，或简化某些产品行为。

三是成熟度。一级数字孪生模型最简单，由各种产品数据组成，分布在产品上的数据源之间关联度较低。二级模型依托传统模拟工具分析产品设计性能，并通过 PLM 系统或类似的平台整合各类数据来源。三级模型依托预测或规范性分析，以及机器学习技术自动化运行，不断产生新洞见。基于模型带来的直观结果和性能评估，设计和制造团队可以提升决策质量。四级模型通过预测组件故障率及性能变化，及时应对外界环境调整，并将结果反馈到实体模型中。这种方法可用于状态监测系统，例如，模拟系统

接收到传感器数据后，对产品的状态和行为进行推断和预测，通过实时参数调整，在部件出现磨损或外部操作条件改变时调整设备状态。

图1 数字孪生的设计差异主要体现在三大维度上



McKinsey
& Company

数字孪生成功案例

由于数字孪生在三大维度上表现形式各异，且各组织起点不同，企业需要制定战略，明确重点，厘清数字孪生的开发路径与相关落地举措，捕获最大价值。当前，各行各业都在加速部署数字孪生技术，并将该技术积极应用于产品开发、制造和售后服务等不同环节，实现价值的真正增长（见

图 2)。这些应用也为我们提供了诸多成功案例。

图2 数字孪生技术正在改变产品的设计、制造和优化方式

数字孪生用例精选

工程设计



- 早期阶段开发的数字化概念配置器
- 硬件原型设计和虚拟试车
- 工程师元宇宙

生产流程



- 通过提高采购透明度提升供应链韧性
- 质量管理和废料减少

售后服务



- 闭环优化
- 产品升级换代

McKinsey
& Company

预览已结束，完整报告链接和二维码如下：

https://www.yunbaogao.cn/report/index/report?reportId=1_42332

