

# 数字孪生助力企业实现数字化转型

程鸿帅<sup>1</sup> 许江涛<sup>2</sup> 刘嘉琪<sup>3</sup>

1. 中国南水北调集团中线有限公司 北京 100080

2. 中国南水北调集团水网智慧科技有限公司 北京 100073

3. 中国南水北调集团中线有限公司 北京 100080

**摘要:** 数字孪生作为一种前沿技术,通过构建物理实体的数字化映射,实现了物理世界与虚拟世界的无缝对接。本文探讨了数字孪生在企业数字化转型中的应用,从产品设计、生产制造、供应链管理到市场营销与客户服务等多个阶段,展示了数字孪生如何助力企业提升效率、降低成本、增强创新能力,以及如何推动企业实现业务模式创新和精细化管理,从而在激烈的市场竞争中脱颖而出。

**关键词:** 数字孪生; 企业; 数字化转型

## 引言

在数字化浪潮席卷全球的背景下,企业面临前所未有的机遇与挑战。数字孪生作为一项前沿技术,为企业提供了全新的解决方案。它通过构建物理实体的数字化映射,实现虚拟与现实的深度融合,为企业提供全面、精准的数据支持与决策依据。本文将深入探讨数字孪生的概念、特点及其在企业数字化转型中的应用,剖析其对企业产生的积极影响,为企业把握数字化转型机遇提供参考。

### 1 数字孪生的特点

(1) 虚实映射是数字孪生的基础特性。借助各类传感器,数字孪生系统持续采集物理实体在运行过程中的多维度数据,如设备运行参数、环境指标等,并将这些数据精准映射至数字化模型。通过这种映射,数字化模型能实时且精确地呈现物理实体当下的状态,涵盖其结构、性能及运行态势等。不仅如此,数字化模型基于自身强大的模拟与分析能力,可针对物理实体可能面临的不同工况、任务需求等进行模拟运算,得出优化建议、故障预警等分析结果。(2) 实时性保障了数字孪生的动态响应能力。数字孪生系统具备高效的数据处理与传输机制,能够即时获取物理实体产生的数据,并迅速完成数字化模型的更新,确保二者在时间维度上高度同步。这一特性使企业能实时洞悉物理实体的运行状况,及时捕捉异常变化或潜在风险,从而快速做出决策并采取行动,避免问题扩大化,保障生产运营的连续性与稳定性。(3) 全生命周期管理体现了数字孪生的长远价值。从物理实体的设计阶段起,数字孪生即可介入,通过模拟不同设计方案的效果,优化产品结构性能;在制造、安装调试阶段,对工艺流程进行模拟,提前发现并

解决潜在问题;运行维护阶段,实时监测设备状态,预测故障发生;直至退役阶段,评估设备剩余价值,为企业决策提供依据,降低全生命周期成本。(4) 多学科融合则为数字孪生提供了坚实的理论支撑,其构建涉及机械工程、电子工程、计算机科学、数学等多学科知识与技术,综合运用这些学科成果,能更全面、准确地描述物理实体的特性与行为,为企业决策提供科学、合理的依据。

## 2 数字孪生在企业数字化转型中的应用

### 2.1 产品设计阶段

一是虚拟设计与仿真环节,企业借助数字孪生构建高度还原产品各项特征的三维数字化模型,将其置于虚拟环境开展多维度实验。性能模拟聚焦产品运行状态,通过设定不同负载、工况等参数,精准测算能耗、动力输出等指标,提前洞察动力匹配失衡、能源利用低效等潜在性能缺陷;结构模拟针对产品架构,运用有限元分析等手段,模拟受力场景,检测应力分布、结构形变情况,对因设计不合理导致的结构强度不足、稳定性欠佳等进行预警;功能模拟则严格对照设计要求,逐项验证产品功能实现程度,排查功能缺失、逻辑冲突等问题,基于上述的模拟结果,设计师能精准定位设计缺陷,及时调整优化方案<sup>[1]</sup>。与传统先制造物理样机再测试改进的模式相比,数字孪生技术大幅削减物理样机制作频次,显著缩短产品研发周期,使产品更早抢占市场先机,同时降低材料采购、样机制造与测试等环节的研发成本。二是协同设计层面,数字孪生打破部门与专业壁垒,机械设计、电子工程、工业设计等多专业人员可在同一数字化模型上同步作业、实时修改。设计数据与信息即时共享,各方能清晰掌握彼此工作动态与修改内容,规避

因信息滞后引发的重复劳动与操作失误,而且协同设计搭建跨专业交流平台,不同专业视角在方案研讨中相互碰撞,激发创新火花,催生新颖设计思路与亮点,提升产品整体竞争力。

## 2.2 生产制造阶段

生产过程模拟与优化方面,企业构建生产系统的数字孪生模型,该模型涵盖生产流程各环节,从原材料投入至成品产出,全面反映生产系统运行逻辑与状态。基于模型,企业可模拟不同生产方案,包括调整生产批量、生产节拍等;测试多种工艺参数,如温度、压力、速度等对产品质量与生产效率的影响;规划不同设备布局方案,评估其对物料流转、人员操作的影响。通过多维度模拟分析,企业能找到最优生产策略,如确定最佳生产批量以平衡库存与生产效率,选定合适工艺参数确保产品质量稳定且生产效率高,规划合理设备布局减少物料搬运时间与成本。设备预测性维护方面,企业在生产设备关键部位安装传感器,实时采集设备振动、温度、压力等运行数据,并传输至数字孪生模型。模型运用数据分析算法,对设备历史数据与实时数据进行深度挖掘,建立设备健康状态评估模型,预测设备故障发生概率与时间。企业依据预测结果,提前安排维护计划,在设备故障发生前进行维护,减少因突发故障导致的停机时间,提高设备利用率,降低维修成本,延长设备使用寿命。

## 2.3 供应链管理阶段

供应链可视化层面,企业借助数字孪生技术构建涵盖原材料供应、生产制造、物流配送、库存管理等多环节的数字化供应链模型,该模型整合各环节数据采集系统,实时获取原材料采购的交货期、价格波动信息,生产环节的工序进度、质量检测数据,物流运输的车辆位置、运输时效,库存水平的出入库记录、库存周转率等详细信息。通过可视化界面,企业管理人员能直观查看供应链各节点状态,及时发现潜在问题与风险。如原材料采购环节出现供应商交货延迟,数字孪生模型可依据预设算法,结合生产计划、库存余量、订单交付时间等数据,快速评估该延迟对后续生产的影响程度,包括可能导致的生产停滞时长、对订单交付的影响范围等。基于此评估结果,企业能及时调整生产计划,如重新排产、调整生产优先级,同时优化物流安排,如选择备用运输方式、调整配送时间,确保供应链稳定运行,降低因供应中断造成的损失<sup>[1]</sup>。供应链协同优化方面,数字孪生打破供应链上下游企业间的信息壁垒,实现数据共享与业务协同,上下游企业通过接入同一供应链数字化模

型,实时交互生产计划、库存数据、运输需求等信息,供应商依据企业生产计划与库存动态,精准调整供应策略,如提前备货、调整发货批次,保障原材料及时供应;物流企业依据货物运输需求与实时交通状况,运用模型算法优化运输路线与配送方案,避开拥堵路段、合理规划配送顺序,提高物流效率,降低运输成本,实现供应链整体效益最大化。

## 2.4 市场营销与客户服务阶段

客户需求分析与预测方面,企业运用数字孪生技术收集客户行为数据与偏好数据,涵盖浏览记录、购买历史、搜索关键词、产品评价等多维度信息,构建客户数字孪生模型。该模型整合客户各类数据,形成全面、立体的客户画像。企业通过对客户数字孪生模型深入分析,剖析客户消费习惯、兴趣倾向、痛点需求,如发现客户对产品某项功能关注度高但现有产品存在不足。基于分析结果,企业借助算法预测客户购买行为与潜在需求,预判客户购买时间、产品类型、价格敏感度等,企业可以依据预测为产品研发提供功能改进方向,为市场营销制定精准推广策略,为服务优化提供个性化服务内容。虚拟体验与营销领域,企业利用数字孪生技术创建产品虚拟体验环境。汽车企业构建汽车数字孪生模型,客户借助虚拟现实技术模拟真实试驾场景,感受车辆操控性、舒适性、动力性能等;房地产企业创建楼盘数字孪生模型,客户在线上参观楼盘布局、户型结构、周边环境。

# 3 数字孪生对企业数字化转型的积极影响

## 3.1 推动业务模式创新

第一,在从产品销售向服务型制造转型上,数字孪生赋予企业实时监测产品运行状态的能力,企业通过在产品关键部位安装传感器,将产品运行数据实时传输至数字孪生模型。基于该模型,企业可对产品运行状态、故障隐患等进行全面分析,为客户提供远程诊断服务,精准定位产品故障点并给出解决方案;根据产品运行数据预测维护需求,提前安排维护人员与备件,实现远程维护;还能依据产品使用情况与客户反馈,远程对产品软件系统、功能模块进行升级优化,企业借此打破传统仅销售产品的局限,围绕产品全生命周期为客户提供一系列增值服务,与客户建立长期稳定的合作关系。第二,个性化定制生产方面,数字孪生技术助力企业快速响应客户个性化需求。企业收集客户多样化需求信息,运用数字孪生技术对客户需求进行精准分析,将其转化为产品数字孪生模型的具体参数与结构调整要求,在保证产品质量和生产效率的前提下,企业通过调整数字孪

生模型快速生成个性化产品方案,并指导生产系统进行定制化生产,满足客户多样化需求,提高市场竞争力。

### 3.2 提升企业管理水平

在精细化管理方面,数字孪生为企业构建起全方位数据支撑体系,企业借助数字孪生技术,对生产设备、运营流程等构建数字化模型,实时采集设备运行参数、生产进度、物料消耗、订单处理状态等数据。基于这些全面、准确、实时的数据,企业可深入剖析生产、运营各环节细节。如在生产环节,通过分析数字孪生模型,企业能精准掌握每台设备的工作负荷、能耗情况,以及各工序的生产效率、质量波动;在运营环节,可清晰了解订单交付周期、库存周转率等关键指标。依据分析结果,企业可优化资源配置,如合理调配人力资源,避免人员闲置或短缺;精准安排物料供应,减少库存积压或缺货现象;优化设备使用计划,提高设备的利用率。决策科学化方面,数字孪生系统为企业决策提供有力依据。企业管理者依据数字孪生系统收集的海量数据,运用数据分析算法挖掘数据价值,并结合模拟功能预测不同决策方案实施效果。企业面临扩大生产规模决策时,通过数字孪生模型模拟不同投资规模、生产布局方案下的产能提升、成本变化、市场响应等情况,同时评估潜在风险,如资金链压力、市场需求波动风险等,基于模拟与评估结果,管理者能选择最优决策方案,减少决策失误,增强企业应对市场变化的能力,提升竞争力<sup>[3]</sup>。

### 3.3 增强企业创新能力

数字孪生融合传感器技术、物联网、大数据分析、人工智能、三维建模等多学科知识与技术,构成复杂且前沿的技术体系。企业应用数字孪生技术时,需突破不同技术领域间的壁垒,实现技术整合与创新,为提升数字孪生模型对复杂生产环境的模拟精度,企业需研发更高效的算法;为保障数据实时传输与处理,需探索新型通信技术与边缘计算方案。这一过程促使企业加大在技术研发方面的资金、人力投入,组建跨学科研发团队,开展产学研合作。数字孪生为企业构建全新创新平台。企业基于产品的数字孪生模型,可模拟不同设计方案下产品性能,通过反复优化模型参数,开发出性能更优异、质量更可靠、功能更丰富的新产品。同时企业依托数字孪生技术开展服务创新,如为客户提供远程产品监控、故障预警、个性化维护方案等服务,提升客户体

验,满足客户的多样化需求,开拓新的市场空间。

### 3.4 提高企业竞争力

在快速响应市场变化方面,数字孪生为企业搭建起实时感知市场与客户需求的信息通道。企业借助数字孪生系统,整合市场销售数据、客户反馈信息、行业动态资讯等多源数据,构建市场动态与客户需求模型。通过该模型,企业可以实时追踪市场趋势变化,如消费者偏好转移、新兴市场需求涌现、竞争对手产品策略调整等,同时精准捕捉客户需求细微变动,如对产品功能的新诉求、对服务体验的期望提升等。基于实时感知结果,企业运用数字孪生系统的模拟功能,对不同产品和服务调整策略进行模拟评估,预测各策略的市场效果与潜在风险,快速筛选出最优方案并付诸实施,提前做好应对准备,在市场竞争中抢占先机,占据主动地位<sup>[4]</sup>。在提升产品质量与可靠性层面,数字孪生贯穿产品设计、生产制造、运行维护全流程,在设计阶段可以通过模拟不同设计方案下产品性能,提前发现设计缺陷;生产制造中,实时监控生产状态,及时纠正偏差;运行维护时,预测设备故障并提前维护。

### 结语

综上所述,通过构建物理实体数字化副本,数字孪生技术实现了对实体运行状态的实时监控、预测和优化,为企业提供了全面、精准的数据支持和决策依据。数字孪生的特点包括虚实映射、实时性、全生命周期管理和多学科融合,使其在推动业务模式创新、提升企业管理水平和增强企业创新能力方面发挥着重要作用。通过数字孪生技术,企业能够实现快速响应市场变化、提升产品质量与可靠性,从而提高市场竞争力,实现可持续发展。

### 参考文献

- [1]刘钰胜.数字孪生助力企业实现数字化转型[J].新型工业化,2024,14(1):67-73.
- [2]秦爱辉.区域人才服务企业数字化转型研究[J].中国科技投资,2023(28):1-3,21.
- [3]魏顶,蒋昆,李华田.数字孪生技术在产教融合中的应用研究[J].专用汽车,2024(8):101-104.
- [4]陆小平.智能制造技术助力针织制衣企业生产效率提升[J].张江科技评论,2024(11):122-124.