



# 数字孪生再升级， 引领“智”造新范式

文 张思民

**提要：当制造业迈向工业4.0时代，“数字化”和“智能化”是企业技术思维及管理范式转变的关键。而采用第三代数字孪生技术，将为制造企业开启“智”造新范式，创造商业新价值。**

近年，制造企业须应对更加复杂、碎片化的市场需求；新冠疫情与全球经济的不确定性，进一步迫使它们重新审视自身管理模式、运营效率、敏捷响应等一系列核心能力。根据国际数据公司（IDC）的分析，到2022年，70%的制造企业已经开始把包括业务端的数字化转型项目列为企业的核心战略地位；同时有77%的CEO将快速响应视为企业获得竞争优势的核心动力。<sup>1</sup>

制造企业向工业4.0迈进，正是为了解决快速响应订单交付变量的燃眉之急。在此过程中，“数字化”与“智能化”是企业技术思维及管理范式转变的关键。经过5~6年的发展，制造企业对“智能化”的理解——通过机器学习与人工智能算法做多维度、近实时分析与决策——已经渐趋成熟。

但是，“数字化”到底是什么，迄今仍众说纷纭——有人说上了ERP（Enterprise Resource Planning，企业资源计划系统）、MES（Manufacturing Execution System，制造执行系统），就实现了“数字化”；也有人说采集了产线设备的数据，就实现了“数字化”；还有人说，建了数据湖，就实现了“数字化”。

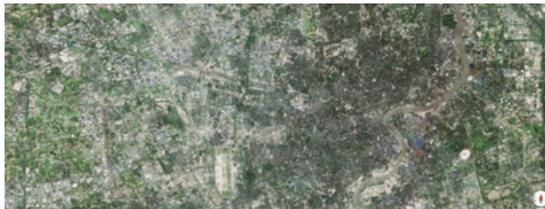
制造企业“数字化”到底指的是什么？这个技术从何而来，又将走向何处？

## 第三代数字孪生：一张“电子导航地图”

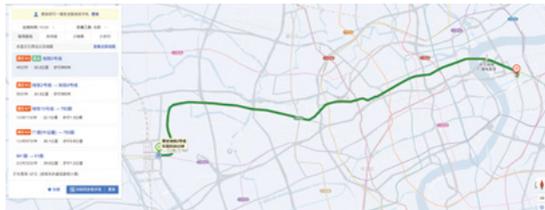
在智能制造的语境中，数字化的作用在于用数字语言镜像描述一个实时变化的物理世界，如：生产车间中正在执行生产计划的人、机、料；供应链中正在执行物流配送计划的人、车、货、场等。而实现“数字化”功能与作用的使能技术就是“数字孪生”。

这并不是一个全新的概念，到今天，数字孪生已经发展到第三代。我们每天都在使用的汽车导航电子地图就是典型的第三代数字孪生应用，它必须——实时反映物理路况；让驾驶员看懂；最后，也是最重要的一项，能被人工智能所理解，从而为驾驶员动态提供最佳（最短时间、最短距离、最低过路费）路径建议。

### 物理空间：公路网，红绿灯，车辆



### 人工智能：虹桥到陆家嘴的最佳路径



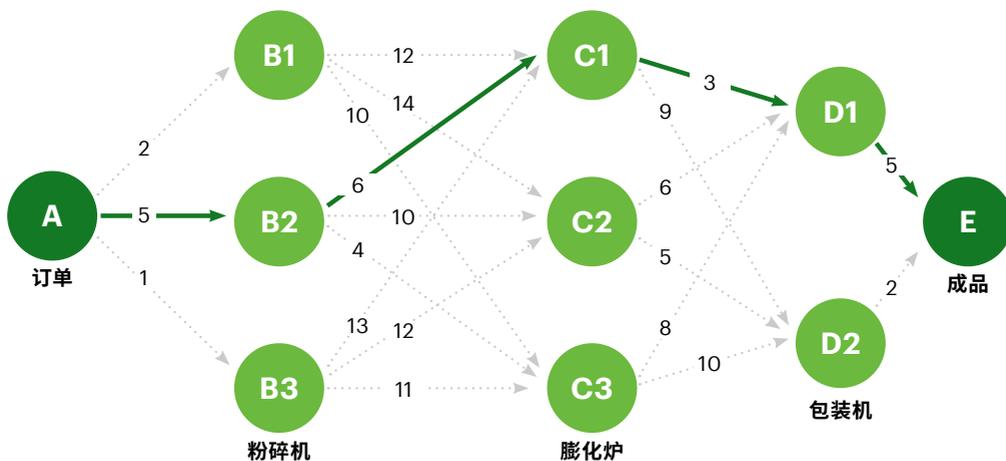
图片来源：百度地图。

同理，在制造企业中，第三代数字孪生也必须提供与导航电子地图类似的功能，即

- (1) 必须实时反映围绕订单交付的供应链及生产执行状况；
- (2) 必须让生产运营总监，供应链总监，工厂厂长，车间主任，产线、质量、物料、检修运维人员看得懂；
- (3) 最后，也是最重要的一项，必须被人工智能所理解，并为以上人员动态提供最佳（最短订单交期、最大产能利用率、最低生产成本、设备检修运维、过程质量控制等等）决策建议（见图一）。

1. 资料来源：IDC FutureScape: Worldwide Operations Technology 2017 Predictions, November 2016.

图一 求解最佳决策建议路径图



### 数字孪生技术的演变

	第一代	第二代	第三代
典型代表	数据采集与监视控制系统 (SCADA)、分散控制系统 (DCS)	信息物理系统 (CPS)	通用语义模型
功能目标	与设备紧耦合, 实现人对设备的远程监控	数字化描述物理实体, 实现智能设备的自我实时监控与管理	从业务需求出发, 构建知识图谱, 动态规划订单最佳交付路径
企业诉求	产线操作人员实时监控设备运行状态并通过反向控制对生产设备运行参数进行纠偏	实时监控设备运行状态, 并基于机器学习算法通过反向控制对生产设备运行参数进行纠偏	在市场需求、供应链波动, 或关键设备发生故障的情况下, 可动态调整供应链和生产计划, 以最佳路径交付订单

在智能制造的语境下, 第三代数字孪生可以在三个不同层级发挥作用:

- (1) 在车间层, 它可以通过“物数融合”实现“自适应生产执行”(即黑灯工厂);
- (2) 在企业层, 能够对产品质量、成本、交期和安全环境保障等维度进行过程控制与动态优化;
- (3) 在产业链层, 则有助于实现上下游的动态协同。

### 案例研究

面对全球布局的供应链和生产工厂, 降本增效和可持续性是在众多国际生产企业面前的一道难题。以一家食品企业为例, 生产设备只要出现微小的参数偏移, 就会导致零售包装内的产品过多或过少, 过多则出现非质量成本, 过少则变成质量事件。从成本的角度来看, 这种现象会造成大量的人工消耗与材料损失。

为了解决这一问题，埃森哲、埃维诺和微软三方合作，为企业搭建了智能制造数字孪生平台。该平台将机器学习技术融入数字孪生中，利用大量真实生产数据来建立产线模型，再通过物联网、边缘计算和云计算的结合找到生产线的优化点，从而大幅提高生产效率、减少人工与材料浪费。该企业目前正在全球范围内推广此数字化工厂解决方案。

## 数字化转型再加速：全局规划、小步快跑、规模推广

根据埃森哲《技术展望2021》高管调研，44%的中国企业表示，它们正在进行数字孪生实验；同时，39%的中国企业计划在2021年扩展数字孪生的规模；88%的中国高管期望未来三年内加大对智能数字孪生的投资。

埃森哲、埃维诺和微软，正在帮助不少领军企业构建跨越组织全要素的第三代数字孪生，并致力于通过组合应用该技术创造与现实世界的工厂、供应链、产品全生命周期一致的智能孪生网络。我们建议采用“**全局规划、小步快跑、快速推广**”的变革管理办法，将虚拟世界的无限可能化作生产制造中的实际价值。

### 一、全局规划

工业3.0的核心管理思想是标准化，使能技术是流程信息化与生产自动化；工业4.0的核心管理理念则是敏捷应变，使能技术是数字孪生与人工智能。这就对制造企业在过去二三十年形成的管理思想、管理架构、组织文化与人才储备提出了全新要求。因此在开展具体项目之前，公司需做好顶层规划，从高层到执行一线人员都需要对智能制造的理念、方法与技术有统一认识。

### 二、小步快跑

在很大程度上，智能制造就是通过数字化与智能化手段实现精益的过程，即消除在生产制造过程中不产生客户价值的“浪费行为”，同时基于最小可

执行产品 (MVP) 进行试点验证并持续改善，在短短10~15周的时间里，以最短时间、最小成本，验证概念可行性，并对其进行必要的迭代更新。

### 三、快速推广

在验证了概念的可行性之后，企业需要做的就是快速进行规模化应用，让创新的价值辐射更广范围。这里既可以是不同生产线之间的复制推广，又可以是不同业务单元、不同工厂公司、上下游不同伙伴，乃至国内与海外市场的升级换代。

#### 案例研究

某全球大型国际快消巨头希望在制造和供应链两个环节加速端到端的数字化转型，从而实现以数据驱动运营决策。因此，他们开展了多年的数字化工厂建设，但依然面对系统化、平台化和场景化三个方面的挑战。

埃森哲、埃维诺、微软和客户各部门通力协作，采取了“全局规划、小步快跑、规模推广”的落地方式，先从一类日化产品入手，基于微软Azure构建了其生产过程的数字孪生模型，并利用机器算法优化生产工艺与流程，实现对关键资产设备的双向控制。由于试点成效显著，我们在短短一年半内就帮助客户把数字孪生从几家工厂推广到全球数十家工厂，从全局来看，建立了智能制造平台战略的基础，以及以数据驱动决策的组织文化。

第三代数字孪生是制造企业数字化的核心使能技术，为供应链与生产制造运营智能决策提供知识图谱、状态感知与敏捷执行服务；是制造企业从“事后分析”向“事中干预”再到“事先预防”敏捷制造能力提升的关键必要条件；也是制造企业在工业4.0时代博得头筹，成为领军企业的“智”胜新范式。▀

张思民

埃森哲大中华区工业X业务董事总经理

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