

数字孪生标准体系在石油化工行业的构建

张 霞

(森诺科技有限公司, 山东 东营 257000)

摘 要 本文探讨了数字孪生技术的内涵及关键技术, 阐述了近年来数字孪生技术在石化石油化工行业中的应用进展, 指明了数字孪生技术在石化工业行业中面临的机遇, 探讨了数字孪生技术的发展趋势。数字化孪生技术在石油化工行业生产过程建模与参数优化、过程参数设计与仿真、系统健康监测与远程维护等方面的应用, 大大地提高了石油行业领域的数字化和智能化水平。今后, 在标准体系建设、数据采集与传输和 5G 技术、智能信息处理算法等方面有待进一步研究。

关键词 数字孪生 石油化工行业 关键技术 应用前景

中图分类号: TN01; TE65

文献标识码: A

文章编号: 1007-0745(2021)04-0034-02

数字孪生技术在石油化工行业的应用, 为解决产品质量差、生产效率低、产品销售困难等问题上提供了可操作的解决方案, 很多的石油化工企业选择利用数字孪生技术建立生产模型, 能够帮助企业迅速发展。然而, 目前在石油化工行业领域, 数字孪生技术的应用还处于初级阶段, 大多数研究还处于理论阶段, 缺乏实际实践。因此, 为了实现数字孪生在石油行业的真正登陆, 还需要科研人员与企业进一步密切合作, 进行更深入地开发和研究。

1 数字孪生技术概述

1.1 数字孪生内涵

1969 年, 美国宇航局的阿波罗计划, 为了确保“轨道上零故障”, 利用在轨装配技术, 建造了一对双胞胎, 通过大量的模拟测试, 来反映运行中的航天器的状态, 以降低成本, 这就是数字双胞胎 (数字孪生) 的起源。Grieves 教授于 2003 年提出了“产品生命周期管理”和“实物产品的虚拟数字等价物”的概念, 并给出了详细的定义, 即数字双胞胎的正式出现, Grieves 教授被称为“数字双胞胎之父”。2003 ~ 2005 年, 数字孪生技术被称为“镜像空间模型”, 后来又被称为“信息镜像模型”。直到 2011 年, “数字双胞胎”这个名称才被正式采用, 定义为“一个实现虚拟产品及其关联的三维模型”, 具有将实物产品映射到虚拟信息空间的功能, 以及对产品生命周期的实时监控, 从而优化了产品维护过程。随着飞机技术要求的提高, 研究人员开始将数字孪生与飞机设计结合起来, 将数字孪生描述为仿真模型, 通过物理模型和各种数据反映相应物理实体的性质。同时, 美国空军将数字孪生的功能定义为“反映物理实体在虚拟信息空间中的功能、实时状态和演化趋势”。2015 年, 民用通用产品数字孪生问世, 并在民用基础产业中得到应用。2017 年, 数字化双面车间 (数字车间) 的出现, 不仅使制造车间进入了数字化转型阶段, 而且为制造车间的建设提供了相关的理论依据^[1]。

1.2 数字孪生的关键技术

数字孪生技术的关键技术主要包括: 多域多尺度融合建模、数据采集与传输技术、虚拟现实技术、高性能计算、

数据驱动与物理模型融合状态评估、生命周期数据管理等。

1.2.1 多领域多尺度融合建模

多域建模是将不同领域的模型组合成一个具有不同属性的综合模型, 在特定域建模多尺度模型的基础上进行数据集成, 是对单尺度模型的多维扩展, 通过调整物理参数来连接同一模型在不同时间内的变化, 通过分析不同时间模型的工作状态来获得更高的模型精度。

多领域多尺度融合模型是在自然科学、工程技术和工业生产等不同学科中, 以多个理论为指导建立起来的一套较为完整而科学的综合方案。它可以将一个复杂问题分解成若干个小部分, 通过对各个具体对象进行分析比较得出规律性强, 且具有普遍适用价值并能被实际应用所利用, 从而达到解决各种现实或经济社会领域面临重大课题难题时, 能够发挥其应有作用和效果。

1.2.2 数据采集和传输

高效的数据采集和传输是数字孪生技术的基础。同时, 先进可靠的传输网络使采集到的数据能够快速准确地传输到数据中心, 保证了数字孪生技术的实时应用, 保证了数字孪生系统的及时性^[2]。

1.2.3 VR 呈现

虚拟现实技术不仅可以再现目标系统的状态, 还可以通过虚拟地图将收集到的数据映射到创建的数字双系统中, 从而保证人机交互的实时连续性。虚拟现实技术使用户能够通过数字双机系统快速学习和理解目标系统的各种信息, 帮助用户激发系统的改进, 有助于人们监测和指导复杂设备的制造、操作和维护。

1.2.4 高性能计算

由于需要实时绘图, 数字双系统应该具有很强的计算能力。考虑到硬件技术的现状, 目前的方法是基于分布式计算平台, 辅之以高性能嵌入式计算系统和异构加速计算系统的融合, 并通过优化数据分发级别、检索方法和存储形式, 以提高操作性能。

1.2.5 全寿命周期数据管理

复杂系统的生命周期数据存储和管理是数字双系统的另一项关键技术, 即通过云服务器进行分布式管理、高速

读取和备份冗余数据,为数据分析算法的开发提供了大量可靠的数据,对维护整个数字双系统的正常运行起到关键作用。采用全寿命周期数据管理,能对一个完整的工程项目进行全过程、全方位和多角度地动态规划与控制,使项目的开发成本最小化,即从设计阶段到运行维护阶段都能在极小程度上降低风险。

1.2.6 其他关键技术

人工智能的发展为数字孪生技术的发展提供了动力。在不同的数字孪生应用场景中,数据生成、建模和数据分析可以通过定量分析进行优化,不需要或只需要小样本强化学习。此外,半实物仿真、验证和评估方法在数字双平台建设过程中也非常重要。将这些技术与数字孪生技术相结合,可以大大提高数字孪生系统的性能,促进数字孪生技术的不断进步。

2 数字孪生标准体系在石油化工行业的构建

当前,数字孪生在石油工业领域还处于开发阶段,与大规模应用还有较大差距,但研究重点已基本指明方向,主要集中在以下四个方面:建设目标、系统总体结构、系统主要功能、应用情景开发。

2.1 建设目标

要完成石化工业的任务,就必须开发相应的数字双系统框架。通过改进信息系统与物理系统的融合方法,优化了多时相多尺度模型的参数求解性能,提高了石化工业关键过程指标的预测能力。同时,进一步改进了石化工业系统故障诊断和关键应用场景中工艺参数优化的数字双解决设计,使其更大、更实用。

2.2 系统整体结构

目前在数字孪生的基础上建立了石化工业物理实体状态的虚拟模型,然后利用各种传感器和其他基础设施收集石化工业生产过程中的所有数据,最后将石化工业的物理实体映射到虚拟实体,并利用各种优化算法对模型参数进行改进和优化。

2.3 系统主要功能

在石化工业中引入数字双机技术的主要目的是对设备和系统运行过程进行模拟、分析、优化、监控和预测。通过对设备运行过程的仿真,获得了设备的性能参数,并将这些参数加入到模型中进行分析,以预测关键生产设备的质量和关键控制指标,最终优化设备和系统工艺。

3 数字孪生技术在石油化工行业行业的前景分析

为了在扩大石化工业的生产规模,保障石化工业产品的质量和效率,更多的石油化工企业为了提高产品质量和降低生产成本,建立了数字化的石化产品孪生体。目前,数字孪生技术在石化工业中的应用已经取得一定成果,其发展方向包括以下几个方面。

3.1 融合 5G 技术的数据采集与传输

高效的数据采集和传输是数字孪生技术的基础。石化工业场地复杂,需要采集的信息节点多,自动化程度要求高,

这就要求在实施数字双机技术时,必须保证高效、准确的数据采集和传输。一方面,“5G+工业互联网”可以整合石化工业场地的信息流、指令流和操作流,完成各个环节的在线远程控制,实现石油工业系统和设备的数字化双机。进一步发展,“5G+产业互联网”可以收集和获取全社会生产资源、生产工艺和生产能力的信息,实现大规模协同的长尾效应,促进石油化工行业生产习惯和实践的逐步优化、高速迭代,实现效率最大化;另一方面,随着数字双胞胎的发展,网络安全问题显得尤为重要。由于引进了数字双生技术和加速的一体化,石化工业系统从原来的封闭系统向开放系统转变。为了保持高效率,实现资源控制,应尽可能简化网络连接过程,使其高效、顺畅,但系统的网络安全风险将被完全暴露出来。如果“5G+石油工业互联网”受到攻击,将直接破坏石化工业企业的生产能力,造成巨大损失。因此,融合 5G 通信技术,构建数字双网安全保障体系,解决数字双海量数据的采集和传输,将是石化工业领域数字双网技术的主要研究和应用方向。

3.2 数字孪生智能信息处理方法

石化工业是一个复杂的系统,具有数据源多、时变性强、系统模型多种多样、难以匹配、系统计算复杂、模型求解困难。传统的信息处理方法越来越不完善,给数字孪生在石化工业领域的应用带来了巨大的挑战。云计算和云存储、大数据、区块链、人工智能等为数字双胞胎处理和系统建模提供了很好的手段。如何利用这些智能方法完成数字孪生的信息处理,是石化工业领域数字孪生的下一步研究和努力的方向。

4 结语

该技术已经成为数字化领域最有前途的技术之一,数字孪生技术发展迅速,在许多领域的应用不断扩大。石油化工行业作为国家的重要战略性新兴产业,可以利用数字化技术对其进行技术升级,大大提高其经济效益和社会效益。目前,通过对数字孪生在生产过程建模与参数优化、工艺参数设计与仿真、系统健康监测与远程维护等方面的应用研究,极大提高了石化工业领域的数字化与智能化水平,不断取得不错的成果。然而,数字双晶技术在石化工业中的应用还存在不少难题。在今后研究中,石油化工行业中的数字双星将在标准系统建设、5G 技术数据采集与传输、智能信息处理算法等方面做出辉煌的研究成果。

参考文献:

- [1] 周达坚,屈挺,张凯,等.数字孪生驱动的工业园区“产-运-存”联动决策架构、模型与方法[J].计算机集成制造系统,2019,25(06):1576-1590.
- [2] 陶飞,刘蔚然,刘检华,等.数字孪生及其应用探索[J].计算机集成制造系统,2018,24(01):1-18.