

## 数字孪生技术在工业生产中的应用与发展

王浩

重庆大学 重庆

**【摘要】**数字孪生技术是一种基于数字模型的虚拟仿真技术，已经在工业生产中得到广泛应用并不断发展。数字孪生技术通过建立物理系统的数字化双胞胎，实现了对实际生产过程的精准模拟和预测，为工业生产提供了新的可能性。在制造业中，数字孪生技术可以用于产品设计、工艺优化、设备维护等方面，有效提高生产效率和质量。在能源领域，数字孪生技术可以帮助优化能源系统的运行，并提供节能减排的方案。在航空航天、汽车制造等行业，数字孪生技术也被广泛应用，为产品研发和生产过程提供了重要支持。未来，数字孪生技术将继续向着数字化、智能化、网络化方向发展，成为工业生产的重要技术手段。

**【关键词】**数字孪生技术；工业生产；虚拟仿真；智能制造

**【收稿日期】**2023 年 11 月 10 日

**【出刊日期】**2023 年 12 月 9 日

### Application and development of digital twin technology in industrial production

Hao Wang

Chongqing University, Chongqing

**【Abstract】** Digital twin technology is a virtual simulation technology based on digital models, which has been widely used in industrial production and continues to develop. Digital twin technology achieves accurate simulation and prediction of the actual production process by establishing a digital twin of the physical system, providing new possibilities for industrial production. In the manufacturing industry, digital twin technology can be used in product design, process optimization, equipment maintenance, etc. to effectively improve production efficiency and quality. In the energy field, digital twin technology can help optimize the operation of energy systems and provide energy saving and emission reduction solutions. In aerospace, automobile manufacturing and other industries, digital twin technology is also widely used, providing important support for product development and production processes. In the future, digital twin technology will continue to develop in the direction of digitization, intelligence, and networking, and become an important technical means for industrial production.

**【Keywords】** Digital twin technology; Industrial production; Virtual simulation; Intelligent manufacturing

#### 前言

数字孪生技术作为一种新兴的工业生产技术，在近年来得到了广泛关注和应用。它通过数字化建模、仿真和实时数据分析，实现了物理系统与数字模型的高度融合。数字孪生技术不仅可以在产品设计阶段进行虚拟验证和优化，还可以在生产过程中实现实时监测和智能调控，提高了生产效率、降低了成本，并且为工业制造赋予了更高的灵活性和智能化。

随着人工智能、大数据和物联网等技术的不断

发展，数字孪生技术也在不断演进和完善。它在汽车制造、航空航天、能源领域等多个行业都取得了显著成果，成为推动工业转型升级的重要引擎。然而，数字孪生技术在工业生产中的应用与发展依然面临着诸多挑战和机遇。如何更好地整合各类数据资源、提升数字模型的精度和真实性，以及构建安全可靠的数字孪生平台，都是当前亟待解决的问题。

#### 1 数字孪生技术的概述

数字孪生技术，是指通过大数据、物联网、人工智能等先进技术手段，对现实世界中的物体、设施、

系统等进行全方位、多维度、实时动态的数字化仿真和建模，从而实现对实体的实时监控、仿真优化和智能决策的一种创新技术<sup>[1]</sup>。简而言之，数字孪生技术就是将现实世界的物体与其虚拟孪生体相互关联，实现虚实结合、双向互动的一种技术手段。

1.1 数字孪生技术的基本原理包括以下几个方面

### 1.1.1 数据采集与传输

为了实现现实世界与虚拟世界的无缝对接，首先需要对实体对象进行大量数据采集，包括结构、行为、环境等多方面信息。数据采集手段包括传感器、遥感、物联网等技术。采集到的数据通过有线或无线网络进行实时传输，为数字孪生体提供实时数据支持。

### 1.1.2 数据处理与分析

在数字孪生技术中，对采集到的数据进行处理和分析是关键环节。通过数据挖掘、机器学习、人工智能等技术手段，挖掘数据中的有价值信息，形成对实体对象的全面认知。同时，利用大数据技术对海量数据进行高效处理，为后续仿真和建模提供基础。

### 1.1.3 模型构建与仿真

基于处理分析后的数据，利用计算机仿真、数值模拟等技术手段，构建实体对象的数字孪生体。数字孪生体能够反映实体对象在现实世界中的行为和特性，实现虚实之间的相互对应。通过对数字孪生体的仿真，可以实时监控实体对象的状态，预测其未来发展趋势，并进行优化调整。

### 1.1.4 智能决策与优化

数字孪生技术将现实世界与虚拟世界相结合，使得实体对象的管理和控制变得更加智能化。利用数字孪生体，可以实现对实体对象的精细化管理、智能化调度和优化决策。同时，通过不断迭代和优化数字孪生体，提高实体对象的运行效率和性能。

总之，数字孪生技术作为一种跨学科、跨领域的综合性技术，具有广泛的应用前景<sup>[2]</sup>。在我国“新基建”政策的推动下，数字孪生技术将在智能制造、智慧城市、能源交通等领域发挥重要作用，助力我国经济社会的高质量发展。

## 2 数字孪生技术在工业生产中的应用

### 2.1 工业生产中的数字孪生模型建立

数字孪生技术作为一种新兴的工业生产优化手段，正逐渐改变着传统工业生产的模式。在工业生产过程中，数字孪生模型的建立是关键一步。该模型通过收集和整合设备数据，构建出一个与实际生产设备相互映射的虚拟模型<sup>[3]</sup>。这一过程涉及到多种技术，如物联网、大数据、云计算、人工智能等。通过数字孪生模型的建立，企业可以更加深入地了解生产过程中的各种问题，为后续的优化应用提供基础。

### 2.2 数字孪生技术在工业生产中的具体应用场景

数字孪生技术在工业生产中的应用场景广泛，以下将重点介绍实时监控与预测、资源优化与效率提升以及故障诊断与维护管理三个方面。

#### 2.2.1 实时监控与预测

数字孪生技术可以实时监控工业生产过程中的各种参数，如设备运行状态、生产进度等。通过对这些数据进行分析和挖掘，可以预测设备未来的运行状况，从而为企业提供决策依据。例如，在生产过程中，数字孪生技术可以实时监控设备磨损情况，预测设备故障时间，并提前进行维护，降低生产中断风险。此外，数字孪生技术还可以为企业生产过程的优化建议，如生产调度、设备参数调整等，以提高生产效率。

#### 2.2.2 资源优化与效率提升

数字孪生技术可以帮助企业实现资源优化和生产效率的提升。通过对生产过程中的数据进行分析，企业可以更加精确地掌握生产进度、设备利用率等关键指标，进而调整生产计划，优化资源配置。例如，在生产过程中，数字孪生技术可以实时监控各设备的运行状态，根据实际需求调整生产任务，避免设备闲置，提高生产效率。此外，数字孪生技术还可以为企业生产提供精准的生产成本分析，帮助企业降低生产成本，提高盈利能力。

#### 2.2.3 故障诊断与维护管理

数字孪生技术在故障诊断和设备维护管理方面具有显著优势。通过对设备运行数据的实时监控和分析，数字孪生技术可以提前发现设备潜在的故障风险，从而实现预防性维护。例如，在设备运行过程中，数字孪生技术可以发现设备运行参数异常，及时发出预警信号，提醒企业进行维护。此外，数字孪

生技术还可以为企业提供维护方案优化建议，如维修零部件的选择、维修时间的安排等，以降低维修成本，提高设备可用率。

通过数字孪生模型的建立，企业可以实现生产过程的实时监控、预测和优化。在实时监控与预测、资源优化与效率提升、故障诊断与维护管理等方面，数字孪生技术都发挥着重要作用。

### 3 数字孪生技术对工业生产的影响

数字孪生技术在工业生产中的应用正逐步改变着传统制造业的面貌。它通过将物理世界与数字世界相结合，实现对生产过程的实时监控和优化，从而提高生产效率、提升产品质量并降低生产成本<sup>[4]</sup>。

#### 3.1 提高生产效率

(1) 资源优化配置：数字孪生技术能够实时采集和分析生产现场的数据，为管理层提供决策依据，实现生产资源的优化配置。这有助于提高生产效率，减少生产过程中的浪费。

(2) 生产过程优化：通过对生产过程的模拟和优化，数字孪生技术可以帮助企业发现生产过程中的瓶颈和问题，并采取相应措施进行改进。从而提高整体生产效率，缩短生产周期。

(3) 自动化生产：数字孪生技术可以与自动化设备相结合，实现生产线的自动化运行。这有助于提高生产效率，降低人力成本，提高生产稳定性。

#### 3.2 提升产品质量

(1) 精准控制：数字孪生技术可以实现对生产过程中各个环节的精确控制，保证产品尺寸、形状、性能等指标达到设计要求。

(2) 预测性维护：通过对设备状态的实时监控和分析，数字孪生技术可以预测潜在的质量问题，并提前采取措施进行防范。这有助于提高产品质量，降低不良品率。

(3) 持续改进：数字孪生技术可以帮助企业不断优化生产过程，寻找提高产品质量的途径。通过对生产数据的分析，企业可以发现产品质量的不足之处，并进行持续改进。

#### 3.3 降低生产成本

能源管理：数字孪生技术可以实时监控生产过程中的能源消耗，为企业提供节能减排的依据。通过优化能源管理，降低生产成本。

设备维护：数字孪生技术可以实现对设备的远

程监控和故障预警，提高设备运行效率，降低故障率。这有助于减少设备维修成本，降低生产成本。

供应链优化：数字孪生技术可以帮助企业实现供应链的透明化管理，提高供应链的协同效率。通过优化供应链，降低库存成本和物流成本，从而降低整体生产成本。

总之，数字孪生技术在工业生产中的应用具有广泛的前景。通过对生产过程的实时监控和优化，数字孪生技术有助于提高生产效率、提升产品质量并降低生产成本，为制造业的转型升级提供有力支持。

### 4 数字孪生技术在工业生产中的发展趋势

#### 4.1 数字孪生技术与工业互联网的结合

工业互联网作为新一代信息技术与工业领域的深度融合，为数字孪生技术的发展提供了广阔的应用场景。通过将数字孪生技术与工业互联网相结合，可以实现对生产过程的实时监控、数据采集和分析，从而提高生产效率、降低成本、优化资源配置。结合数字孪生技术的工业互联网平台，将为企业提供更加智能、精准的生产决策支持，助力我国工业产业迈向中高端水平<sup>[5]</sup>。

#### 4.2 数字孪生技术的智能化发展

数字孪生技术在工业生产中的应用正逐步从单一的仿真模拟向智能化方向发展。通过运用大数据、人工智能、物联网等先进技术，数字孪生技术可以实现对生产过程中各种复杂场景的智能识别、预测和优化。在此基础上，数字孪生技术还将与其他智能化技术相结合，如智能制造、智能供应链等，形成一个高度集成、自适应的生产体系，为我国工业生产带来前所未有的变革。

#### 4.3 数字孪生技术的标准化建设

随着数字孪生技术在工业生产领域的广泛应用，其标准化建设显得尤为重要。标准化建设旨在推动数字孪生技术在各行业的普及和落地，提高产业整体竞争力。在这一过程中，需要制定一系列技术规范、数据标准和应用指南，以解决数字孪生技术在实际应用中可能面临的数据兼容、平台对接等问题。通过加强数字孪生技术的标准化建设，将有助于推动我国工业生产领域的技术创新和产业升级<sup>[6]</sup>。

总之，数字孪生技术在工业生产领域的发展趋势表明，它将成为未来工业生产模式的重要支柱。

在数字孪生技术的助力下,工业生产将迈向更高效、智能和可持续的发展道路。

### 5 数字孪生技术的挑战与对策

数字孪生技术的兴起为各行各业带来了巨大的变革和机遇,然而,随之而来的是一系列挑战。在数字孪生技术的发展过程中,数据安全和隐私保护一直是一个备受关注的焦点<sup>[7]</sup>。由于数字孪生技术需要大量的数据支持,因此数据安全问题成为了亟待解决的挑战之一。

数据安全和隐私保护的挑战主要体现在数据的采集、存储、传输和使用过程中。在数据采集环节,如何保证数据的完整性和真实性是一个重要的问题。同时,在数据存储和传输过程中,如何防范数据泄露和攻击同样是一个亟需解决的难题。此外,数字孪生技术往往需要跨部门、跨领域的数据共享,这就需要建立起一套完善的数据权限管理机制,以确保数据的安全和隐私得到有效保护。

其次,技术成熟度不足也是数字孪生技术面临的挑战之一。目前,数字孪生技术的发展还处于起步阶段,相关标准和规范尚未健全,技术标准化和产业链条化程度不高,这导致了数字孪生技术在实际应用中存在诸多不确定性和风险。因此,急需加强技术创新和研发投入,提升数字孪生技术的成熟度和可靠性,从而更好地满足市场和用户的需求<sup>[8]</sup>。

针对上述挑战首先,在数据安全和隐私保护方面,可以加强数据加密和隐私保护技术的研发和应用,建立起完善的数据安全管理体系,包括数据采集、存储、传输和使用环节,确保数据的安全和隐私得到充分保障<sup>[9]</sup>。其次,在技术成熟度不足的挑战上,可以加大对数字孪生技术的研发投入,促进技术创新和标准化工作,推动数字孪生技术的产业链条化和规模化发展,从而提升数字孪生技术的整体水平和竞争力。

综上所述,数字孪生技术的发展虽然面临诸多挑战,但只要我们能够充分认识到这些挑战的存在,

并采取相应的对策和建议,相信数字孪生技术一定能够迎来更加广阔的发展空间,为各行各业的转型升级和创新发展提供更加有力的支撑。

### 参考文献

- [1] 陶飞,刘蔚然,张萌,等.数字孪生五维模型及十大领域应用[J].计算机集成制造系统,2019,25(1):1-18.
- [2] 黄海松,陈启鹏,李宜汀,等.数字孪生技术在智能制造中的发展与应用研究综述[J].贵州大学学报(自然科学版),2020,37(5):1-8.
- [3] 郭亮,张煜.数字孪生在制造中的应用进展综述[J].机械科学与技术,2020,39(4):590-598.
- [4] 李欣,刘秀,万欣欣.数字孪生应用及安全发展综述[J].系统仿真学报,2019,31(3):385.
- [5] 刘青,刘滨,王冠,等.数字孪生的模型,问题与进展研究[J].河北科技大学学报,2019,40(1):68-78.
- [6] 陶飞,张贺,戚庆林,等.数字孪生十问:分析与思考[J].计算机集成制造系统,2020,26(第1):1.
- [7] 李浩,王昊琪,刘根,等.工业数字孪生系统的概念,系统结构与运行模式[J].计算机集成制造系统,2021,27(12):3373.
- [8] 樊留群,丁凯,刘广杰.智能制造中的数字孪生技术[J].制造技术与机床,2019(7):61-66.
- [9] 刘阳,赵旭.工业数字孪生技术体系及关键技术研究[J].信息通信技术与政策,2021,47(1):8.

**版权声明:** ©2023 作者与开放科学出版研究中心(OSPRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



**OPEN ACCESS**