

数字孪生技术在智慧园区智能制造全生命周期管理中的实践

高咏开

中通服智慧城市工程建设有限责任公司，深圳 宝安 518000

摘要：伴随着信息技术的迅猛发展，数字孪生技术给智慧园区智能制造全生命周期管理赋予了新的机遇。本文细致地探究了数字孪生技术在智慧园区智能制造全生命周期管理中的实际应用情况：先阐述了数字孪生技术的概念和特性；再剖析了它在智慧园区智能制造规划、创建、运作等不同环节的实际应用状况，包含产品设计改良、生产流程监督、设备维持经营等层面；而且就应用进程中碰上的数据安全、技术融合等难题给出了应对策略。通过实际例子剖析，证实了数字孪生技术在改进生产率、削减成本、改善产品质量等方面有着明显的成效。研究显示，数字孪生技术给智慧园区智能制造全生命周期管理给予了有效的解决办法，有益于促使制造业朝着智能化、数字化方向转型。

关键词：数字孪生技术；智慧园区；智能制造；全生命周期管理；实践应用

DOI: 10.63887/fns.2025.1.4.5

当下数字化时代，智慧园区创建成为带动区域经济增长和产业升级的关键举措。智能制造是智慧园区的核心产业，它全生命周期管理对于改进生产效率、削减成本、改善产品质量有着重大意义。数字孪生技术属于新兴的信息技术，通过塑造物理实体的虚拟模型，达成对物理实体的即时监测、仿真剖析和改良决策，给智能制造全生命周期管理赋予了崭新的想法和办法。本文想要探究数字孪生技术在智慧园区智能制造全生命周期管理中的实际应用状况，剖析其碰到的难题并给出相应的解决策略，从而给智慧园区智能制造发展给予有益的参照。

1 数字孪生技术与智慧园区智能制造全生命周期管理概述

1.1 数字孪生技术的概念及其特征

数字孪生技术是借助于传感器、物联网等技术手段，实时采集物理实体的数据，创建物理实体在虚拟空间的数字化模型，并利用该模型对物理实体进行仿真分析、预测及优化决策的技术。数字孪生技术具有实时性、准确性、交互性和可扩展性等特性。实时性表现为能实时获取物理实体的数据并及时更新虚拟模

型；准确性保证虚拟模型与物理实体高度一致；交互性使用户可以借助虚拟模型与物理实体进行交互操作；可扩展性指可根据实际需求对虚拟模型进行功能扩展和升级。

1.2 智慧园区智能制造全生命周期管理的内涵解析

智慧园区智能制造全生命周期管理包含了产品从设计、生产、销售到售后服务的全部过程。在产品设计的时侯，要考虑产品的功能、性能、成本等要素；生产的时侯，要保证生产过程的高效性、稳定性以及质量把控；销售的时侯，要重视市场需求和客户反馈；售后服务阶段，要尽快解决客户的疑问和投诉，给予优质的服务。全生命周期管理的目的在于做到产品价值最大化，提升企业的竞争力^[1]。

1.3 数字孪生技术与智慧园区智能制造全生命周期管理的结合点

数字孪生技术与智慧园区智能制造全生命周期管理有着很强的契合度。在产品设计的环节，数字孪生技术借助虚拟仿真来对产品展开性能检测并实施优化设计，以此削减设计时出现的瑕疵和试错代价；在生产

阶段，依靠数字孪生模型能够随时监测生产流程，进而尽早察觉并解决生产过程中产生的问题，从而提升生产效率和产品质量；在售后服务阶段，数字孪生技术可远距离诊断设备故障，并给出准确的维修计划，缩减维修时间并减小维修费用。

2 数字孪生技术在智慧园区智能制造全生命周期管理各阶段的应用

2.1 规划阶段：优化园区智能制造布局

智慧园区智能制造规划阶段，数字孪生技术能够发挥作用。园区数字孪生模型建立起来之后，园区空间布局、基础设施、产业分布等情况就能被模拟并加以改进。利用数字孪生技术可以模拟不同布局方案下人流、物流以及信息流状况，从而选出最佳布局方案，进而提升园区运作效能。数字孪生模型还可针对园区能源消耗、环境影响等方面展开预测与评判，给园区可持续发展赋予决策参照。就产业布局而言，数字孪生技术按照不同产业特点和需求来规划产业区域，促使产业协同发展。数字孪生技术还能对园区未来的发展情况进行模拟和预估，为园区的战略规划给予支撑。

2.2 建设阶段：确保智能制造项目顺利实施

在智慧园区智能制造建设时期，数字孪生技术可以用于项目的进度、质量及安全的管理当中。通过建立项目的数字孪生模型，实现对项目的实时监控，随时知晓项目的进展，一旦发生问题，可以第一时间处理解决。例如，利用数字孪生技术来模拟施工的过程，提前预判到施工过程中的问题，及时调整解决施工中的风险问题。在项目的质量管理上，数字孪生模型能够实时采集和分析项目施工过程中各个方面的质量数据，一旦发现问题，能够及时发现并且进行修正。对于项目的安全而言，数字孪生技术模拟出事故发生的情形，制定出安全预案。

2.3 运营阶段：智能制造生产效率与质量的提升策略

智慧园区智能制造运作期间，数字孪生技术的应用主要表现在生产流程监管、机器守护经营、产品品质操控等方面。创建生产装备的数字孪生模型以后，就能随时观察到设备的运行情况，包含温度、压力、

震动等数值，一旦设备出现状况便能提前察觉，并发出警报。凭借数字孪生模型还能对机器故障展开诊治和剖析，给出恰当的修理计划，提升机器的可靠性和使用效率。对于生产过程监督，数字孪生技术能够对生产进度、产品质量等内容展开实时采集，然后利用虚拟模型对比分析生产过程存在的问题，进而针对问题进行调整，提升生产效益和产品质量。在产品质量把控方面，数字孪生模型对产品的生产过程实施追溯，找出影响产品质量的主要因素，并采用相应改善措施，以此来提升产品质量的稳定性^[2]。

2.4 维护阶段：实现设备的预测性维护与优化策略

在智慧园区智能制造的维护阶段，数字孪生技术能够做到设备的预知性保护和改良。通过对设备运作数据加以分析和挖掘，数字孪生模型可以预估设备出现故障的时间和种类，从而预先安排保护计划，防止设备突然出现故障给生产带来影响。而且数字孪生技术还可以对设备的保护策略予以改良，按照设备实际运作情况以及保护费用，选取最合适的保护方案，缩减保护费用。针对某些重要设备，可以采用根据状况保护策略，按照设备的运作状况随时调整保护计划；针对某些不太重要的设备，可以采用定时保护策略，减少保护费用。数字孪生技术还可以对设备的更新换代实施模拟和评价，为企业的设备投资决定给予支撑。

3 数字孪生技术在智慧园区智能制造全生命周期管理中应用面临的挑战与对策

3.1 数据安全与隐私保护的挑战及应对策略

数字孪生技术在智慧园区智能制造全生命周期管理中全面运用的时候，数据成为关键支撑要素，涉及物理实体运作数据、用户信息等内容，这给数据安全与隐私保护带来诸多难题。在数据传输方面，网络环境复杂多变，黑客攻击、恶意软件等威胁无处不在，数据很容易在传输过程中被窃取。企业多年的商业机密、产品设计图纸、生产工艺参数等一旦泄露，就会使企业在市场竞争中陷入被动，甚至被竞争对手超越。数据存储期间，服务器可能遭遇物理损坏、自然灾害等状况，造成数据丢失或者损坏。而且，内部人员违

规操作也有可能致使数据被篡改,从而影响数据的真实性与完整性。从用户信息来讲,如果企业无法很好地予以守护,用户的个人身份信息、消费习惯等个人隐私数据也许会被一些不法之徒获得,利用来进行违法的活动,这就严重侵害了用户的个人隐私权,造成用户的信任危机,影响企业的形象。想要有效地应对这种问题,加大对数据加密技术的应用力度很重要。采用先进的加密算法,把数据加密处理,使得数据在数据传输以及数据存储时都会以密文的形式存在着,即便数据被盗取,那些人就拿不到这些信息的真实内容。创建起完善的数据访问掌控制度也很关键,按照不同用户的不同角色和职责来精确地划分数据访问权限,保障只有得到许可的人才可以接触相关的数据,防止数据被没有资格的人擅自使用^[3]。

3.2 技术融合与标准统一的挑战及应对策略

数字孪生技术把物联网、大数据、人工智能等诸多领域的先进技术融为一体,每一种技术都有自己的特点和长处。不过,在实际应用时,这些技术彼此融合、相互配合却碰到许多麻烦。物联网技术主要用来搜集物理实体的数据,大数据技术可以存储并剖析大量的数据,人工智能技术能够对数据做深入挖掘和智能判断。但是,由于不同技术之间的接口不兼容、数据格式不一致等情况,使得数据很难在各种技术之间顺利流通,进而影响到数字孪生系统的整体性能和工作效率。而且,当前数字孪生技术没有统一的标准和规范,各个企业或者系统在开发的时候采取各自的架构和技术手段,这就造成不同系统之间的数据无法做到互联互通和共享,变成了信息孤岛,制约了数字孪生技术的大范围应用和推广。要解决这些问题,加强技术融合的研究和创新就很有必要。科研机构和企业要加大投入力度,探寻不同技术之间的融合方式和机制,研制通用的技术接口和数据转换工具,促使技术之间实现无缝对接。尽快制订数字孪生技术的标准和规范是当务之急,有关部门应该召集行业专家和企业代表,一同制订统一的数据接口、通信协议、模型标准等,给数字孪生技术的开发和应用给予统一的指引。

3.3 人才短缺、培养挑战与应对策略

数字孪生技术属于一门新兴的前沿技术,对于人才的需求非常高,既要掌握数字孪生技术的核心原理与方法,又要熟悉智能制造的流程与需求,这就造成市场上既懂数字孪生技术又精通智能制造的复合型人才非常稀缺。在高校和职业院校方面,现有的专业设置和课程体系常常落后于技术的发展,缺少针对数字孪生技术和智能制造的专业以及课程,致使培养出来的人才在知识和技能方面不能符合企业的实际需求。从企业角度来看,由于缺少相关人才,企业在应用和推广数字孪生技术的时候碰到不少难题,比如系统开发难、项目推进慢等。针对人才缺口问题,高校和职业院校要积极调整专业设置及课程设置,增加数字孪生技术、智能制造等相关专业以及课程,并且强化实践教学环节,培养学生们的实际操作能力以及创新意识;对于企业来说要加大内部培训力度,为企业员工提供数字孪生以及智能制造等方面的培训课程与学习机会,鼓励大家自主学习并且提升自己的技术水平与综合素质水平;另外也可以通过引进高端人才的形式让公司的技术水平和技术创新能力得到迅速提高^[4]。

3.4 成本投入与效益回报的挑战及应对策略

数字孪生技术应用于智慧园区智能制造全生命周期管理过程中需要大量的资金投入,包括设备采购、软件开发、系统集成等方面。设备采购方面,需要采购高性能的传感器、服务器、网络设备等,这些设备价格昂贵,会增加企业的成本压力。软件开发方面,开发数字孪生系统需要专业化的软件开发团队和大量的人力资源以及时间成本,开发软件的成本相对较高。系统集成方面,需要将不同的技术、系统进行集成,解决技术兼容性问题 and 数据交互等问题,也需要投入一定的成本。在企业运用数字孪生技术时,存在着成本投入和效益回报不成正比的情况。由于数字孪生技术的使用效果需要一段时间才能显现出来,所以在短期内企业无法从中获得明显的经济效益,导致企业不愿意对数字孪生技术进行投资。企业要减少成本投入,提升效益回报,就须要展开充分的成本效益剖析。在运用数字孪生技术之时,要针对这个项目开展全面的成本与效益分析,合理规划该项技术的运用范畴及规模,不可以盲目投入。采用性价比高一些的技术与商

品也是一种削减费用的办法,在采购设备及软件之际,要展开细致的市场调查比较,选出性能较为稳定、价钱比较合适的物品。企业可以同供应商合作,共同使用资源以达到削减成本的效果,可与供应商形成长久的合作关系,取得较为优厚的采购价格;而且,可同其他企业达成数据共享,从而优化资源的利用程度^[5]。

4 结语

数字孪生技术在智慧园区智能制造全生命周期管理中有着广泛的应用前景。利用数字孪生技术在规划、创建、运作、维修等环节的应用,可以改善园区的运

作效率,削减生产花费,优化产品品质,给智慧园区智能制造的发展给予强有力的支撑。但是数字孪生技术在应用进程中遭遇着数据安全、技术融合、人才缺乏、成本投入等诸多问题。要想充分发挥数字孪生技术的优势,就要采用相应的对策,加强数据安全保护,推进技术融合和标准统一,加大人才培养力度,削减企业的成本投入。将来,伴随着数字孪生技术的不断改进和完善,它在智慧园区智能制造全生命周期管理中的应用将会愈加普遍和深入,为推动制造业朝着智能化、数字化方向转型升级作出更大的贡献。

参考文献

- [1]姜震宇,田菁,郭殷奇,等. 数字孪生技术在水利设备全生命周期管理中的应用[J]. 设备管理与维修,2023(17):154-155.
- [2]李博,王宁,叶庆恩. 基于数字孪生技术的设备全生命周期管理[J]. 化工管理,2022(18):110-113.
- [3]崔宁,黄志鹏. 基于BIM技术的工程项目管理优化研究[C]//中国管理现代化研究会. 第十九届(2024)中国管理学年会——工程管理专题论坛论文集. 辽宁工程技术大学公共管理与法学院;辽宁工程技术大学工商管理学院; ,2024:41-49.
- [4]覃家皓,吴佩纯,朱晓斌,等. 数字孪生在水资源配置工程中的应用场景与实践——以珠江三角洲水资源配置工程为例[J]. 北京水务,2024,(05):66-70+82.
- [5]曹纤纤. 基于区块链技术的数字孪生生命周期管理方法研究[D]. 湖南:湘潭大学,2023. 100-101.