

# 基于数字孪生的建筑工程运维阶段资产管理与效率提升

孙文强

南城县工程建设监理有限责任公司 江西抚州 344700

**摘要：**在智慧建筑快速发展的背景下，数字孪生技术为建筑工程运维阶段的资产管理提供了创新解决方案。本文围绕数字孪生在建筑运维资产管理中的应用展开研究，首先分析传统建筑资产管理模式的局限性，阐述数字孪生的核心价值及推动资产管理模式从静态台账向动态全生命周期管理的转变；进而探讨基于数字孪生的资产信息可视化集成、设备运行实时监测预警、维护保养智能决策优化等功能实现路径；最后从故障诊断应急响应、预防性维护资源调配、空间利用能耗管理三个维度，分析数字孪生提升运维效率的具体路径，为建筑工程运维阶段实现高效资产管理与效率提升提供理论支撑和实践参考。

**关键词：**数字孪生；建筑运维；资产管理；效率提升

## 引言

随着城市化与建筑行业升级，建筑工程规模和复杂度提升。运维阶段是建筑全生命周期中持续久、投入多的环节，其管理效率影响建筑价值和效益。资产管理是运维核心，涵盖多方面，高效管理可降成本、延寿命、提体验。但传统管理模式难适应智慧建筑需求，面临挑战。数字孪生技术融合多种前沿技术，构建物理与虚拟实时映射，实现建筑数字化管理，为解决传统管理痛点提供新思路。其在建筑运维中的应用能打破信息孤岛，推动管理智能化、精细化。基于此，本文聚焦建筑运维阶段，研究数字孪生驱动的资产管理模式变革，探索功能实现路径，分析提升运维效率方法，旨在构建完善体系，为提升管理水平和效率提供依据与指导，助力智慧建筑高质量发展。

## 一、数字孪生驱动的资产管理模式变革

### （一）传统建筑资产管理模式的局限性

传统建筑资产管理模式以人工管理和静态台账记录为主要方式，在实际运营过程中暴露出诸多局限性。在信息管理方面，传统模式依赖纸质档案或分散的电子表格记录资产信息，资产的基本参数、安装位置、维护记录等信息分散存储，缺乏统一的管理平台，导致信息共享困难，形成信息孤岛。查询资产信息时，管理人员需在大量档案中逐一检索，效率低且易遗漏或出错。资产监控方面，传统模式缺乏实时监测手段，难以及时掌握设备运行状态。设备信息靠人工定期巡检获取，周期长、

受人为因素影响大，难发现潜在故障风险，故障发生时难以及时发现，会扩大故障影响、增加成本和损失。全生命周期管理方面，传统模式只关注使用阶段，缺乏对采购、安装、维护、报废等环节的系统管理。采购决策缺数据分析，易致资产配置不合理；安装信息记录不全，影响后续维护；报废缺乏规范评估，造成资源浪费或环境问题。此外，传统模式下资产管理缺乏协同机制，部门间沟通不足，流程繁琐、响应慢，难以适应运维需求变化<sup>[1]</sup>。

### （二）数字孪生在资产管理中的核心价值

数字孪生技术通过构建与物理建筑完全一致的虚拟孪生模型，将建筑的物理实体与数字世界紧密连接，为建筑资产管理带来了多方面的核心价值。在信息整合方面，数字孪生技术能够将分散在各个系统中的资产信息进行全面整合，包括资产的基本属性、设计参数、安装图纸、维护记录、运行数据等，构建统一的资产信息数据库。通过虚拟孪生模型，管理人员可直观获取各类资产完整信息，实现信息集中管理与高效共享，打破信息孤岛，提高管理效率。实时监控上，数字孪生技术结合物联网传感器，实时采集设备设施运行数据（如温度、压力等）并同步至虚拟孪生模型。管理人员通过虚拟模型实时监测资产运行状态，掌握设备工作情况。设备运行参数异常时，系统及时预警，实现资产故障早发现、早处理，降低损失。决策支持方面，数字孪生技术对大量资产数据深度分析挖掘，识别资产运行规律、故障模式和维修需求，为决策提供科学依据。比如，分析设备

运行数据预测剩余寿命，支持预防性维护计划制定；分析能耗数据优化能源配置，降低成本。此外，该技术支持模拟仿真，管理人员可在虚拟模型中对资产维护方案、改造计划等模拟验证，评估可行性和效果，为决策提供更全面参考<sup>[2]</sup>。

### （三）从静态台账到动态全生命周期管理的转变

数字孪生技术推动建筑资产管理模式从传统的静态台账管理向动态全生命周期管理实现根本性转变。在传统静态台账管理模式中，资产信息的更新主要依靠人工录入，信息更新不及时、不全面，难以反映资产的实时状态和变化情况。数字孪生驱动的动态全生命周期管理可实现资产信息实时更新与动态追踪。从采购阶段起，将采购合同、供应商信息、验收记录等录入系统形成初始档案。安装阶段，用数字孪生模型实时记录安装位置、工艺、调试结果等数据，确保安装信息完整准确。使用阶段，通过物联网传感器采集运行数据和维护记录，同步更新至虚拟模型，管理人员可掌握资产状态、维护情况和损耗程度。需维修或更换时，系统根据数据和记录自动生成工单或建议，并跟踪维修。报废阶段，模型记录报废原因、评估结果、处置方式等信息，为循环利用或环保处置提供数据支持。该管理模式实现资产全过程追踪管控，确保信息准确完整，提升管理精细化水平，保障资产优化配置与高效利用。

## 二、基于数字孪生的资产管理功能实现

### （一）资产信息的可视化与集成管理

资产信息的可视化与集成管理是基于数字孪生的资产管理的基础功能，通过数字孪生技术实现资产信息的全面整合和直观呈现。数字孪生模型以三维可视化的方式还原建筑的物理结构和资产布局，将各类资产如机械设备、电气设备、给排水设备等在虚拟模型中进行精确定位和标识。管理人员可通过虚拟模型直观查看资产分布、安装位置和外观，快速定位目标资产。在信息集成上，数字孪生平台整合设计阶段BIM模型数据、施工阶段施工记录数据、运维阶段运行监测数据等多源信息，构建完整的资产信息模型，该模型涵盖资产基本属性、技术参数、维护记录、运行数据等多方面信息，实现资产信息一站式查询和管理。此外，平台支持多终端访问，管理人员能通过电脑、手机等随时随地登录平台查询信息、查看模型，实现移动化管理。同时，平台具备信息检索和统计分析功能，可根据查询条件快速检索资产信息并生成统计报表，为资产管理决策提供数据支持。通

过资产信息可视化与集成管理，显著提升了资产信息查询效率和管理便捷性<sup>[3]</sup>。

### （二）设备运行状态的实时监测与预警

设备运行状态的实时监测与预警是基于数字孪生的资产管理的核心功能之一，通过物联网技术与数字孪生模型的结合，实现对设备运行状态的实时监控和异常预警。在物理建筑中，各类设备上的物联网传感器（如温度、压力、振动、电流传感器等）实时采集设备运行参数和环境数据，通过无线通信技术传输至数字孪生平台。数字孪生平台将实时数据与虚拟模型中的设备关联，在虚拟模型中实时更新设备运行状态，管理人员可通过虚拟模型直观查看设备实时运行参数（如电机转速、水泵出口压力、空调制冷量等），掌握运行情况。同时，平台内置设备运行参数正常阈值范围，采集数据超出阈值时，系统自动触发预警机制。预警信息通过平台弹窗、短信、邮件等方式及时通知管理人员，包含设备名称、预警类型（如温度过高、压力异常等）、预警时间、当前运行参数、异常程度等内容，助其快速判断故障。此外，系统支持预警信息分级管理，按故障严重程度分为一般、重要和紧急预警，管理人员可依级别优先处理紧急故障，提高响应效率，避免故障扩大。

### （三）维护保养计划的智能决策与优化

维护保养计划的智能决策与优化是基于数字孪生的资产管理的重要功能，通过数据分析和人工智能技术实现维护保养工作的科学规划和优化。数字孪生平台可收集存储设备的历史运行、维护、故障等大量数据，利用大数据分析挖掘数据，识别设备运行规律、故障模式和维修需求。通过分析设备运行时间、负荷、环境等因素，预测潜在故障风险和剩余寿命，为预防性维护计划提供依据。其内置智能决策算法，能根据设备运行状态、维护历史、故障概率等生成个性化维护保养计划，明确时间、内容、方式和责任人。计划生成后，系统通过平台通知、短信等提醒相关人员执行，并跟踪进度。维护时，工作人员可记录具体内容、检测数据等信息，形成维护档案。同时，系统根据维护后设备运行数据评估效果，自动调整后续维护周期和内容，持续优化维护计划，提高针对性和有效性，降低成本<sup>[4]</sup>。

## 三、数字孪生提升运维效率的路径分析

### （一）故障诊断与应急响应效率的提升

数字孪生技术通过构建虚拟孪生模型与物理设备的实时映射，显著提升了故障诊断与应急响应的效率。设

备发生故障时，数字孪生平台能快速整合实时运行数据、历史故障记录等多源信息，通过人工智能算法分析诊断故障数据，精准定位故障原因和部位。应急响应方面，数字孪生模型可模拟故障影响范围和扩散趋势，支持制定应急处置方案。维修人员能在虚拟模型中模拟不同维修方案，评估可行性与效果，选出最优方案。同时，该平台支持多部门协同，维修、技术、管理人员可实时共享故障信息、维修进度和现场情况。例如，某写字楼电梯故障停运，平台快速定位故障，通知维修人员并推送信息引导人员通行，有效缩短处理时间，减少对用户的影响。

### （二）预防性维护与资源调配效率的提升

数字孪生技术推动运维工作从被动维修向预防性维护转变，同时优化了资源调配效率。基于数字孪生平台采集的设备运行数据和数据分析结果，能够精准预测设备可能发生的故障，提前制定预防性维护计划，在设备发生故障前进行维护保养，避免设备停机造成的损失。

在资源调配方面，数字孪生平台能够实时监控维护人员、维修工具、备件等资源的分布情况和使用状态，根据维护保养计划和故障应急需求，自动优化资源调配方案。例如，当多个设备同时需要维护时，平台能够根据设备的重要程度、故障紧急程度、维护人员的技能水平和地理位置等因素，合理分配维护人员和维修资源，避免资源浪费和人员闲置。同时，平台能够对备件库存进行实时监控，当备件库存低于设定阈值时，自动发出补货提醒，确保维修工作的顺利进行。

### （三）空间利用与能耗管理效率的提升

数字孪生技术在空间利用与能耗管理方面发挥了重要作用，有效提升了运维效率和资源利用效率。在空间利用方面，数字孪生模型能够精准呈现建筑的空间布局和使用情况，通过对人流、物流数据的分析，优化建筑空间的利用方式。例如，某大型商场通过数字孪生平台分析不同区域的人流量数据，发现部分区域人流量较大、空间拥挤，而部分区域人流量较小、空间闲置。基于这一分析结果，商场对空间布局进行了调整，优化了商铺分布和通道设计，提高了空间利用率，同时提升了顾客的购物体验。

在能耗管理方面，数字孪生平台能够实时监测建筑的能耗数据如电力消耗、水资源消耗、燃气消耗等，通过对能耗数据的分析，识别能耗浪费的环节和原因，制

定针对性的节能优化方案。例如，某写字楼通过数字孪生平台监测发现，部分楼层的空调系统在非工作时间仍然处于运行状态，造成了能源浪费。平台自动调整空调系统的运行时间，在非工作时间关闭部分区域的空调，同时优化空调系统的运行参数，根据室内温度和人流量自动调节制冷量和送风量<sup>[5]</sup>。

### 结语

数字孪生技术为建筑工程运维阶段的资产管理与效率提升提供创新有效方案，是推动智慧建筑发展的重要引擎。本文研究数字孪生驱动的资产管理模式变革，明确传统模式局限，阐述数字孪生在信息整合等方面核心价值，揭示资产管理向动态全生命周期管理转变趋势。基于数字孪生的资产管理功能实现路径，包括资产信息可视化与集成管理等，为资产管理精细化、智能化提供支撑。数字孪生提升运维效率的路径，从故障诊断应急响应等三个维度，展现其在提升效率、降低成本、优化资源利用等方面成效。建筑工程运维阶段的资产管理与效率提升是系统工程，数字孪生技术应用需多学科、多领域协同配合。实践证明，该技术能打破信息壁垒，提升管理精细化水平和运维效率，为建筑行业注入新动力。未来，随着技术成熟发展，其在建筑运维领域应用将更广泛深入，为智慧建筑可持续发展提供有力保障。

### 参考文献

- [1] 田润, 郭凯, 董鑫鑫. 浅析施工企业工程数字资产的收集共享[C]//第八届全国BIM学术会议论文集.2022.
- [2] 梁静波, 杨振奇, 杜儒林, 孙长江, 张洪强. 基于数字孪生的水利工程运维研究进展与探索[C]//2022年(第十届)中国水利信息化技术论坛.福建省水利学会;河海大学, 2022.
- [3] 梁才. Bentley数字孪生技术在公路品质工程建设中的应用[J]. 中国交通信息化, 2020. DOI: 10.13439/j.cnki.itsc.2020.06.013.
- [4] 杨昊, 余芳强, 高尚, 等. 基于数字孪生的建筑运维系统数据融合研究和应用[J]. 工业建筑, 2022, 52(10): 204-210. DOI: 10.13204/j.gyjzG22073107.
- [5] 刘智宏, 夏宁, 田晶, 等. 基于数字孪生技术的智慧运维管理平台的探讨[J]. 智能建筑, 2022(10): 63-66.