

基于BIM的数据中心全生命周期数字孪生方法

王思远, 赵强, 刘海潮, 张彦遒, 王铁成

(中国移动通信集团设计院有限公司)

【摘要】近年来, 数字孪生在全球广泛发展。文章围绕数字孪生技术, 首先提出了数字孪生出现的背景, 提出了现阶段BIM技术是工程规划、设计、建造阶段的数字孪生。然后介绍了BIM技术在基础设施领域的应用现状, 及其在运维阶段BIM技术与数字孪生结合的应用方法。最后总结了数据中心全生命周期数字孪生方法并展望了数字孪生技术的发展方向。

【关键词】数据中心; 基础设施; BIM; 数字孪生

中图分类号: TU17

DOI: 10.13655/j.cnki.ibci.2022.02.038

BIM-based Digital Twin Method for the Full Life Cycle of Data Center

WANG Si-yuan, ZHAO Qiang, LIU Hai-chao, ZHANG Yan-qiu, WANG Tie-cheng

(China Mobile Group Design Institute Co.,Ltd.)

【Abstract】Digital twins have been widely developed around the world in recent years. This article focuses on the digital twin technology, first puts forward the background of the emergence of the digital twin, and proposes that the current BIM technology is the digital twin of the engineering planning, design, and construction phases. Then it introduces the application status of BIM technology in the field of infrastructure. It also introduces the application method of combining BIM technology and digital twin in the operation and maintenance stage. Finally, it summarizes the digital twin method of data center's full life cycle and looks forward to the development direction of digital twin technology.

【Keywords】data center; infrastructure; BIM; digital twin

1 引言

随着互联网、大数据、人工智能等新一代信息技术的迅速发展, 信息技术对于数据的强大计算和分析能力为各行业发展开辟了崭新的发展空间。数据中心设备复杂, 系统繁多, 使项目的规划施工与运维管理存在困难。

数字孪生的出现为解决上述问题提供了新方向。数字孪生是数字模型对物理系统的等价映射。数字孪生的概念是2011年在密歇根大学由Grives提出的, 自2017年开始, 涌现了一大批相关研究与应用。BIM技术在计算机中搭建了现实物理实体的数字模型, 利用互联网技术与各类计算机辅助软件, 在规划、设计、施工阶段实现了三维设计与协同设计, 大大提升了效率。在运维阶段可以利用工程建设阶段形成的BIM模型作为底层数字模型支撑, 叠加大数据应用, 实现数据中心规划、设计、建造、运维全生命周期的数字孪生。

2 BIM技术在工程建设中的应用

2.1 项目建设场景的分析

项目建设场景分析是在项目选址与规划阶段,

利用BIM与GIS技术, 两者协同进行前期规划, 提前将数据中心建设外观与空间方位在周边环境中进行布置呈现, 有利于为项目建设提供最佳的选址与规划。

2.2 “数字孪生”顶层规划辅助

在进行数据中心设计时, 可以首先利用BIM技术建立数据中心数字模型, 对其建筑空间进行直观的规划与分析, 并与标准、法规进行对照解读, 提高规划效率。

2.3 可视化及多专业协同设计支持

BIM技术的产生创造了3D协同设计理念, 该种设计方式所产生的设计成果简单直观, 使建设方与设计方之间的交流变得简单, 消除了各方对平面图理解偏差而导致的交流障碍。3D协同设计满足了不同专业在同一空间中同时协作的需求, 从而节省了不同专业之间相互沟通交流的时间, 提升了设计效率。

2.4 工程量化统计和项目性能化计算

BIM技术可以依据设计文件而生成项目建设所需的物料信息、工程造价信息等, 辅助完成各类统计

与分析功能。结合既定的设计逻辑与设计场景,例如设备操作逻辑、空调系统的气流组织、建筑整体的能耗状态等,准确评估数据中心现有设计是否可以满足规划要求与后续的使用需求。

2.5 数字化管理的施工全生命周期

工程建设从规划到竣工的过程是动态的,尤其对数据中心来说,园区级别的工程量及复杂程度剧增,对项目管理者而言,需要一种行之有效的管理手段。基于BIM的数字孪生可实现项目的数字化管理,具有管理效率高、精细化程度高的优势,可供项目管理者清晰了解项目实施计划等情况^[2]。

2.6 终端系统结合BIM的多元化应用

BIM+PM,让项目管理效率更加高效;BIM+GIS,提高建筑与周边环境的融合性;BIM+物联网,可高效管理不同预制件的进场摆放、安装以及与现场浇筑件的配合等;BIM+三维激光测量,可实现施工效果的检测;BIM+VR,让设计者更真切地体会到设计环境中的细节。

3 数字孪生技术在数据中心基础设施领域的应用

数据中心设备及机房基础设施的智能化运维是当前的研究热点,实现数据中心的数字孪生,需完成数据机房、制冷系统、供配电系统的数字孪生体搭建。

3.1 数据机房数字孪生^[1]

建立数据机房数字孪生体如图1,数字孪生机房包括机房3D模型、设备空间分配模型、机房温度场模型、其他控制决策模型等。

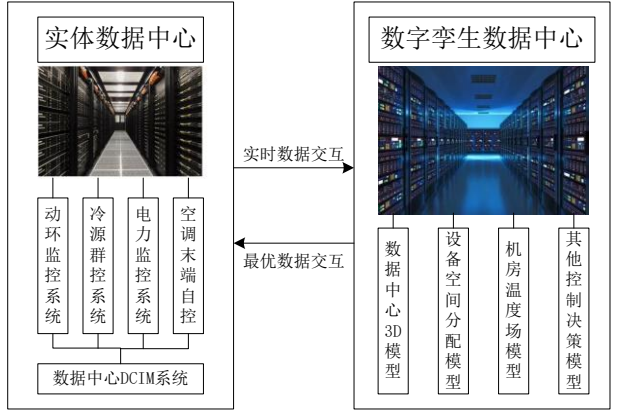


图1 机房数字孪生

数字孪生机房的3D模型、设备空间分配模型与实体数据中心机房完全对应,是进行数据展示的载体。数据中心自身的监控程度较高,智能化系统已将机房温湿度、空调末端、电力电池室设备、中压配电系统、变压器、低压柜、冷源系统等数据进行了监控。

数字孪生机房与现有数据中心智能化系统经通信协议进行对接,获取运行数据。数字孪生机房可直观展示机柜装机情况,列头柜、配电柜的电力容量情况,空调系统的温度场情况等。机房数字孪生体可为设备布局、温湿度控制、容量规划、运维操作等提供指导。

3.2 制冷系统孪生

对复杂的数据中心水冷系统而言,依靠人工操作已无法满足节能降耗的要求,因此,可利用人工智能算法,实现制冷系统的最优运行,而这一切的基础则是制冷系统数字孪生体的建立。

制冷系统数字孪生包括制冷系统3D模型和制冷系统分析模型。

制冷系统分析模型是核心,该模型建立了制冷系统的人工神经网络,用历史数据对人工神经网络进行训练^[4],之后将实时数据输入制冷系统分析模型,可以得到制冷系统最优运行策略,实现制冷系统的节能运行。

制冷系统3D模型可前端呈现,其内部承载制冷系统分析模型,两者结合,实现制冷系统数字孪生。制冷系统3D模型可以对实际制冷系统的运行状态实时呈现(见图2)。

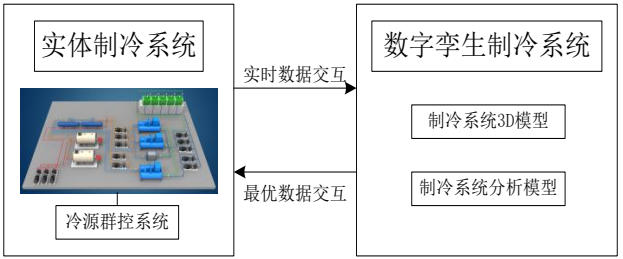


图2 制冷系统数字孪生

3.3 供配电系统孪生

供配电系统数字孪生由四层架构组成,分别是实体层、数据层、模型层、应用层^[7],如图3所示。

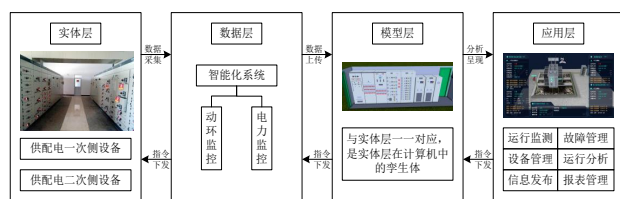


图3 供配电系统数字孪生

实体层涉及电力系统的一次设备、二次设备,以及其他控制系统等;数据层通过传感器、通信协议、信号传输等手段将实体层的必要信号进行采集、汇总和处理,并将其传递给模型层使用;模型层是基于机理模型驱动与大数据分析驱动相结合的数字模型,是实际供配电系统的数字映射;应用层为实际供配电系统的运行提供指导与监控的功能。

4 基于BIM的数据中心数字孪生方法

BIM模型通过数字信息仿真模拟建筑物所有构件的真实信息,贯穿建筑物全生命周期四大阶段,即策划与规划、勘察与设计、施工与监理、运行与维护^[3]。

基于BIM进行数据中心数字孪生,需首先获取数据中心BIM模型及设备模型,包括变压器、配电柜、列头柜、空调配电箱、UPS、机柜、IT设备、冷水机组、冷却塔、冷冻泵、冷却泵、精密空调、列间空调、恒湿机等。然后导出BIM模型的三维文件,通过Autodesk View and Data技术在Web端显示集成BIM模型^[5]。

数字孪生模型的数据从既有智能化系统对接,将实时数据更新至BIM模型中,并可以在Web端浏览器上查看,可以显示相关设备的三维立体模型、基本信息和实时运行数据。

数字孪生模型可设定运行数据参数范围,若运行数据超过设定值,则进行告警并在三维模型中精确定位告警位置进行呈现。当出现多个告警时,可标记所有告警位置以供运维人员选择查看。

运维人员可以在Web端进行故障诊断处理。故障诊断处理包括人工故障诊断、智能故障诊断,最终输出故障诊断结果。故障诊断完成后,可以生成工单,并将该工单发送至Web端html网页,以供查看^[6]。在系统接收到工单时,根据故障内容,利用预存的神经网络模型推荐故障解决方案。

可采用AR技术与数据中心数字孪生3D模型进行结合,可实现如下功能:

①通过在html页面设置AR扫码的选项,可对

设备进行AR扫码,并跳转至AR增强现实页面,显示该设备的基本信息、运行数据以及维修记录;

②利用VR技术进行自动漫游巡检、模拟培训、应急演练以及变更模拟等操作。

5 结语

BIM技术可以在建造阶段实现数据中心的数字孪生,实现造价分析精细准确、协同设计、辅助项目管理等,使数据中心在建造阶段节约时间、节约投资、减少设计变更。在运行与维护阶段利用建造阶段的BIM模型,结合智能化系统,构成智慧数据中心数字孪生体的基础。根据具体需求及大数据应用,开发智能服务和决策模型,实现数据中心基础设施智能化管理。

数字孪生技术是一个崭新的领域,上述应用场景的分析还十分粗浅。客观地讲,数据中心基础设施及机房专业领域的人员在这方面的知识和技能储备还十分欠缺。现阶段,可跟踪数字孪生技术理论的发展进行学习和储备。

参考文献

- [1] 罗珊珊, 冷佳. 基于数字孪生机房的三维可视化监控系统得设计与实现[J]. 计算机技术与自动化, 2021, 40 (1): 135-139.
- [2] 王建翔, 胡蔚. BIM技术在智慧城市“数字孪生”建设工程的应用初步分析[J]. 智能建筑与智慧城市, 2021 (1): 94-95.
- [3] 陈庆. 数字孪生在数据中心基础设施领域的应用探索[J]. 中国金融电脑, 2019 (8): 67-71.
- [4] 杨苗. “超级网+智能云”——构筑数字孪生世界的基石[J]. 中国电信业, 2020 (7): 18-21.
- [5] 常春, 吉炫颖. 电力运行类数字孪生系统稳态逆向建模研究[J]. 山东电力高等专科学校学报, 2021, 24 (2): 1-4.
- [6] 唐文虎, 陈星宇. 面向智慧能源系统的数字孪生技术及其应用[J]. 中国工程科学, 2020, 22 (4): 74-85.
- [7] 郑红旗, 李庆华. 数字孪生技术在塔山智慧电厂的应用[J]. 电力系统装备, 2021 (2): 71-72.