

可视化数字孪生运维平台解决方案

文/王思敏 程波 赵杰
中国联合工程有限公司

摘要：提出了一种基于可视化数字孪生技术的运维平台解决方案，通过数字孪生技术建立虚拟工厂的数字孪生模型，实时采集工厂的生产运行数据并将其与数字孪生模型进行同步和映射，通过可视化方式展示工厂各生产环节运行状态和预警信息，提高工厂的生产运行效率和安全性。

关键词：工业三维设计；数据整理；规则库；可视化引擎；数字孪生应用；运维管控平台

随着信息技术的快速发展，物理世界和数字世界之间的交互和融合越来越紧密。数字孪生（Digital Twin）技术是一种将物理对象或系统在数字空间中创建其动态模型的技术，实现物理与数字之间的实时同步和映射。数字孪生技术可以有效地支持产品设计、运行监测、故障诊断、性能优化等多个环节，提高产品质量和运维效率，降低运维成本和风险。数字孪生技术已经在航空航天、汽车制造、智能制造及智慧城市等领域广泛应用。然而，目前的数字孪生技术还存在一些难点，如数据采集与整合的复杂性、模型构建与仿真的准确性、数据分析与优化的智能性等。此外，由于数字孪生模型通常具有高维度、高复杂度和高动态性的特点，传统的二维可视化方式难以有效地表达其内在结构和外在变化，导致用户难以理解和利用数字孪生模型。因此，如何利用三维可视化技术，将数字孪生模型在虚拟空间中直观地呈现出来，并提供友好的交互方式，使用户能够方便地观察、控制和管理数字孪生模型，是当前亟需解决的问题。

需求分析

本案例以某集团旗下的垃圾焚烧发电厂为参照，通过现场调研发现了如下生产运行问题：

1) SIS中的一些报表存在算法偏差，长时间的

生产周期导致生成的报表数据与实际业务数据不匹配。因此，在现阶段，大量的数据需要通过人工统计和计算得到。

2) 各种审批流程、工作日志、交接日志以及两票制度等都需要大量的人工手写记录。此外，大量的业务数据需要通过表格管理，工作量繁琐且难以保存和汇总。

3) 生产部门和技术部门通过DCS和SIS监控实时数据，但历史数据分析仍停留在基础层面。大量生产数据的业务价值未被充分发掘，无法形成可持续和可研究的宝贵材料。因此，工作经验无法快速沉淀。

4) 数据无法直观反馈到现场。此外，现场突发情况通常无法以数据形式展示。再加上设备结构和管道繁多复杂，隐蔽工程多，检修难度大。因此，通过观察实时数据及记录，并通过经验来判断业务、安全等问题，需要生产者和管理者付出极大的精力。

5) 现阶段DCS能反映单体的问题，但很难从全场景和多维度寻找问题根源。

6) 耗材的管理基于需求，但缺乏使用情况、是否需要更换、耗材生命周期等信息的支持，无法对耗材进行更好的管理和数据分析。因此，采购流程滞后且人力消耗大。

7) 工作流程以文档记录和工作票、操作票等人工填写为主, 缺乏明确的计划安排。此外, 种类繁多且重复低效。例如, 巡检没有明确的路线和反馈机制, 只能通过加大人工巡检次数来满足设备巡查的需求。不仅耗时耗力, 而且会对人员安全造成较大影响。此外, 缺乏清晰的任务管理和业务管理功能。

为了解决这些问题, 本文提出了一种运维智慧管理驾驶舱 (Intelligent Management Cockpit, IMC) 运维平台, 并应用在该项目中, 旨在利用三维可视化技术, 实现设备、系统或场景的虚拟仿真和智能管理。此平台主要完成了以下工作:

1) 设计了可视化数字孪生运维平台的总体架构, 并分析了其功能需求和技术难点。

2) 开发了数据采集与整合模块, 通过数据采集接口获取物联网传感器、厂区MIS/SIS、视频监控等场景数据, 并进行数据的结构化处理。

3) 实现了三维可视化与交互模块, 通过图形渲染、虚拟现实等技术将场景在虚拟空间中还原, 并提供多种交互方式。

4) 开发了智能分析与优化模块, 通过数据挖掘和人工智能等方法对场景进行故障诊断、性能评估及优化建议等。

IMC运维平台的总体设计架构

本案例基于数字孪生和大数据分析技术提出了如图1所示的系统架构。

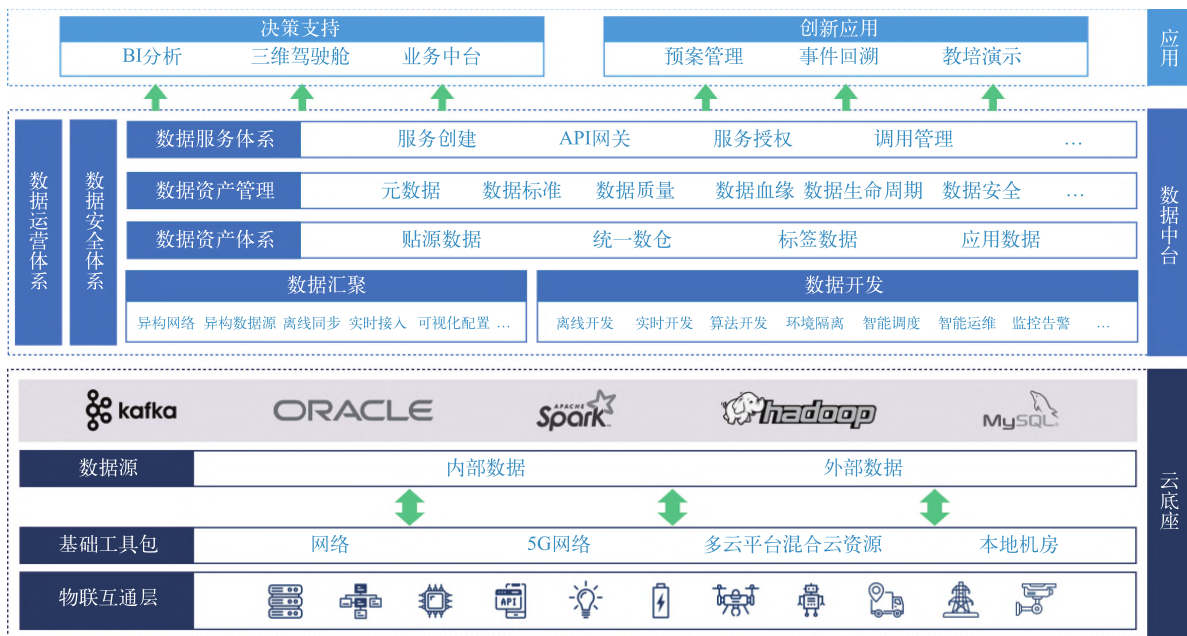


图1 基于数字孪生和大数据分析技术的总体设计架构

总体架构中, 云底座完成数据采集和数据

数据应用层则以决策支持、应用创新为导向。

处理)。数据中台层通过云计算平台对采集到的数据进行清洗、融合和存储, 形成统一的数据源。如: 数据服务体系包含服务创建、API网关、服务授权及调用管理; 数据资产管理包含元数据、数据标准、数据质量、数据血缘、数据生命周期及数据安全; 数据资产体系包含贴源数据、统一数仓、标签数据及应用数据等, 以数据运营体系、数据安全体系为两翼, 为整个汇聚的数据平稳运行保驾护航。

IMC运维平台的应用层解决方案

在总体设计架构的基础上, 结合现场存在的问题, 进一步细化架构并丰富应用层内容, 主要由数据采集层、数据清洗及整合层、三维可视化与交互层、智能分析与优化应用层四个层次组成, 各层次之间通过数据接口进行连接和交互, 如图2所示。



图2 IMC系统层级图

数据采集层：从物理场景中获取实时的数据信息，并进行预处理和融合，形成统一的数据格式和结构，为上层提供数据支持。

数据清洗及整合层：根据数据信息建立场景的动态数学模型，并进行仿真计算，形成场景的数字孪生模型，为上层提供模型支持。

三维可视化与交互层：根据数字孪生模型，将场景在虚拟空间中还原，并提供多种交互方式，使用户能够方便地观察、控制和管理场景，为上层提供可视化支持。

智能分析与优化应用层：根据数字孪生模型和用户需求，对场景进行故障诊断、性能评估、优化建议等智能分析和优化，为用户提供决策支持。

(1) 数据采集层

通过物联网技术，利用各种传感器、摄像头等设备，对温度、湿度、功率、转速等电厂的各项数据进行实时采集。

(2) 数据清洗及整合层

采集数据后优化整合，通过主界面集中发布，便于管理者分析现状。

(3) 三维可视化与交互层

基于三维可视化技术，将数字孪生模型以高精度、高逼真度的方式呈现在运维人员的视觉界面上。通过鼠标、键盘等输入设备或语音识别等方式，实现运维人员与数字孪生模型之间的自由交互。交互管理驾驶舱如图3所示。



图3 交互管理驾驶舱

(4) 智能分析与优化应用层

1) 耗材分析。耗材分析为全独立的功能板块，便于专工了解耗材的使用、储备量、是否需要更替等信息。

2) 巡检系统及缺陷分析。巡检系统除了显示基本的巡检任务外，发现缺陷信息及其处理的闭环情况尤为重要。所以在巡检模式内设计了缺陷管理模块，不仅可以管理所有缺陷信息和流程闭环，还可针对不同的缺陷类型做统计分析，为电厂运营提效、确保安全等提供线索。

3) 设备诊断分析。IMC系统基于正向设计图纸1:1建模，同时BIM中带有所有设备的参数信息，利用这一优势将所有设备信息的管理及分析加入到系统功能中。

在系统中单击某一设备，不仅可以得到设备的基础信息，还对设备的运维情况进行分析诊断，如图4所示。



图4 设备诊断分析

IMC运维平台性能分析与特点

1) 性能评估。通过前期测试实验,评估了平台的运行速度、资源消耗及网络延迟等指标,以及平台在不同硬件配置和网络环境下的稳定性和兼容性。

2) 易用性评估。通过用户调查,收集了运维人员对平台的使用感受、满意度及建议等反馈,以及平台在提高运维效率和质量方面的作用。

3) 可靠性评估。通过故障模拟,检测了平台在遇到异常情况时的恢复能力和安全保障机制,以及平台在保护数据完整性和隐私安全方面的措施。

与传统的SIS、DCS及数字大屏相比,基于数字孪生和大数据分析技术的IMC运维平台具有如下优势:全域仪表实时可监测可管理,能够进行相关性大数据分析,对于历史数据可整理并深度学习,在此基础上根据历史波动预测部分数据的未来趋势,达到提前预警的效用,并且根据预警的不同场景,提前下发应急预案,降低运行事故率,优化设备使用周期;在交互方面,IMC管理驾驶舱可实现LOD500级别的精准定位,无须担心现场复杂的管线设备所带来的检修寻查困扰,高自由度的游览可在控制室实现仪表、设备等的远程虚拟监盘,提高巡检效率。IMC管理驾驶舱特点如图5所示。

产品	实时数据监测	大数据分析	历史数据检索	未来波动预测	预警推送	产品交互体系	事件日志
数字孪生模型	✓ 全域仪表数据 全域管理数据	✓	✓	✓	✓	高自由度3D 可交互UI	可视化的 全场漫游
交互大屏	✓ 全域仪表数据 部分管理数据	✗	✓	✗	✗	无3D 非交互仪表	文字日志
数字大屏	✓ 少量仪表数据 少量管理数据	✓	✗ 少数几个	✗	✗	✓	✗
移动端APP	✓	✗	✓	✗	✓ 有预警 无推送	无3D	✗

图5 IMC管理驾驶舱特点

结束语

IMC运维平台是针对垃圾焚烧电厂的数字化管理而研发的领先市场的基于数字孪生技术和大数据分析技术的数字化管理平台。该平台为管理者提供顶层的管理视角,统筹全局,同步协同各层级各工种的日常生产及管理工作,各个系统各司其职,各个功能相互配合,提高了生产运行效率,实现了智能厂区价值最大化。当有紧急情况发生时,通过调用相应问题预案,一键下发至各个相关部门乃至班组和具体技工,大大缩短了处理问题的反应时间。通过大数据分析建立的数据模型配合人工智能算法可进行有效预警。

同时平台不执着于解决电厂的单一问题,而以提供数据分析的算法和工具的方式,方便管理者自由组合不同数据,解决不同问题,为后续功能的挖掘提供了无限可能。亦能结合产业上下游形成产业大脑,以点带面将数字孪生的价值淋漓尽致地应用在整个产业的优化和数据流通之上。EA

参考文献

- [1] 李帅,王天宇,李军.基于数字孪生的智能化制造过程监控系统设计[J].计算机工程与应用,2021,57(1):221-229.
- [2] 王玉杰,王蓓,尹胜利.基于数字孪生的智能运维系统设计与实现[J].计算机应用,2020,40(7):1944-1949.
- [3] 刘强,叶剑英,苗建奎.基于数字孪生的制造过程可视化监控系统研究[J].计算机工程,2020,46(12):285-290.
- [4] 吴海亮,张杰,于建华.基于数字孪生技术的供应链可视化平台设计[J].计算机工程与应用,2019,55(5):27-33.
- [5] 周晓峰,王敏强,张国光.基于数字孪生的工业生产过程可视化监控系统设计[J].计算机工程,2019,45(3):283-287.
- [6] 王珂,王利民,陈光伟.基于数字孪生的风电场运维管理系统设计[J].电力系统保护与控制,2019,47(12):120-126.