

三维可视化数字孪生在选煤厂的应用研究

文 韬

中煤科工集团北京华宇工程有限公司 北京 100032

摘 要：随着数字化、智能化选煤厂技术的飞速发展，三维可视化系统已经成为智能选煤厂的关键技术之一，逐渐有取代现有集控大屏的趋势，在此背景下，文章介绍的选煤厂三维可视化数字孪生系统，该系统基于‘云-管-端’工业互联网架构，将BIM协同技术、多源数据融合技术、平台数据管理系统、GIS引擎技术融合建立了新一代三维可视化信息管理系统，结合现场使用表明：该系统实现了选煤厂全生命周期的数据采集、加工、存储、应用，打消了选煤厂数据孤岛问题，实现了生产运维动态展示及管理的三维可视化系统。

关键词：智能选煤厂；三维可视化系统；管理信息系统；BIM系统同；GIS技术

引言

智能化、数字化建设已经成为现阶段各个行业发展趋势，智能化及数字化技术在选煤厂领域的应用已经有许多成果，目前国资委、国家能源局等部委设立了一批智能化矿井及选煤厂关键技术研究，其中就提到‘智能选煤技术研究’，智能选煤厂的研究对于选煤厂提高洗选效率，营造安全生产环境至关重要，智能化选煤厂已经成为煤炭洗选行业实现可持续发展的必经之路，文章所研究的三维可视化系统就是提高选煤厂智能化管理的重要平台之一。

近些年以来，许多学者及从业人士对选煤厂三维可视化系统及数字孪生进行了深入研究，郭庆华^[1]提出的基于选煤信息模型的智能化选煤厂三维可视化技术，首次将三维可视化中涉及的数据进行研究管理，将平台管理与三维可视化展示进行了分离，建立了从选煤厂设计、施工到生产运维的全生命周期管理，是三维可视化数字孪生系统的最新成果；申迎松^[2]提出的数字孪生与三维可视化在天地王坡选煤厂的应用从实际工程角度出发，对选煤厂中设备数据、报警数据、视频数据进行了集成，提出了基于BIM的虚拟现实可视化系统，把虚拟空间和实际空间进行融合，极大的提高了生产管理效率；成荣杰^[3]则从数据角度进行分析，深入阐述了选煤厂数字孪生技术对于神华乌海能源公司选煤厂的实际工作效率提升。

还有许多学者和从业人员对选煤厂智能化有着更加深入的探索，本文基于以上各类三维可视化系统和数字孪生技术，分析研究开发了三维可视化数字孪生管理系统，通过在选煤厂运行表明：该系统有效集成了选煤厂各类数据的采集、管理、加工和应用，并配套研发多源数据管理系统（Multi-source data management system,

MDMS）完善了三维平台实际落地平台可视化配置，有效提高了选煤厂生产管理效率。

1 选煤厂可视化系统设计

三维可视化系统分为两个系统进行研究设计，分别为三维可视化系统以及MDMS。三维可视化系统基于cesium基础引擎二次开发而成，融合轻量化BIM模型数据处理技术。模型先由无人机以及手持激光扫描仪器扫描成像，再基于扫描三维点云模型人工进行细致化厂区建模，实现厂区、建筑、结构、设备进行细致化建模^[6-11]，并结合二维设计图纸进行校验，模型与实际建筑1:1建模，可以达到虚实统一的显示效果，其精细度达到建筑行业毫米级标准。

三维可视化系统基于三维引擎开发完成，具备分级定位功能、漫游交互功能、工艺系统、仓储配煤管理、模拟控制系统等，这些系统的建立有效的提高选煤厂信息和数据的集成度，提高了选煤厂生产、管理效率，并配备相应的MDMS，该系统补充了三维可视化系统作为展示集成系统的编辑功能的缺失，将多维数据的管理、平台界面的编辑、相关功能的配置集成一体，形成了多源数据管理平台，部署完成后，增加现场管理人员对于平台的可操作性，提升日常对于三维可视化系统的运维效率。

1.1 基于GIS与BIM技术的三维可视化设计

三维可视化系统是一个融合多种复杂前端技术的集成显示平台，该系统将BIM和Cesium引擎进行融合，整体平台设计了统一的登录管理权限，开发完成了选煤厂模型相关功能与生产运营相关功能，实现了与视频流、设备字段流等多类型数据的联动、交互管理，可通过驾驶舱进行系统功能展示，如图1所示。



图1 三维可视化系统驾驶舱

(1) 选煤厂模型相关功能

选煤厂模型相关功能主要集合BIM模型管理、模型展示与控制、模型交互。将由倾斜摄影与激光扫描模型为基础建模的BIM模型充分发挥其作用，在模型展示上可对三维模型进行360°全方位角查看，并且可在系统中设置相应模型的显隐控制，方便操作人员进行全厂模型的查看，并达到穿透展示的效果。

建立设备、摄像头与BIM模型的联动功能，可在三维系统中对设备的静态（设备的名称、属性、维修日历等）信息进行交互显示，动态（视频、设备的实时传感器数据）进行动态更新显示，并可由设备或视频列表与相应的设备模型定位交互，虚拟模型与实际全生命周期数据的交互结合体现了三维可视化平台的优势，数据的集成可让管理人员由对应模型查看到全方位数据，直观、高效。

建立虚拟巡检功能。基于精细化建模的基础上，开发完成了虚拟巡检功能，可将实际选煤厂各类巡检路线、巡检项目、巡检方式由三维可视化的虚拟巡检功能所替代，该功能可按需求进行巡检路线的绘制、并可通过MDMS实时更新；在巡检功能中设计了充分的自由度，可结合使用习惯设置在路线中自动交互的设备信息弹窗和、视频信息弹窗的显示距离，并可在巡检过程中随时暂停，随时控制与设备进行联动交互操作。

建立分析测量功能。基于精细化建模的基础上，可在模型上进行位置测量、距离测量、三角测量、面积测量，其测量结果与实际测量结果一致。

(2) 生产经营相关功能

工艺系统，该系统可使用模型科技风，保留工艺（重介系统、煤泥系统、跳汰系统）相关模型的高亮显示，隐藏或透明显示其余厂区、各车间的建筑、结构、设备等模型，保留空间感的同时，完成了相应工艺的全景视

角显示，并开发接入了控制系统，可通过控制系统接口动态显示设备的启停状态，还可以在系统进行系统或单体设备的控制。

系统安全功能，接入由MDMS提供的各智能系统报警数据，分级显示全部报警信息，提供与相关设备一键定位、关联视频调用功能，并集合统计功能，对接入数据分级统计，图标显示，高等级报警信息弹窗提示。

仓储配煤功能，基于平台科技风功能，可由仓储接口接收数据，并将二维数据与三维仓模型结合，可动态显示仓位、仓储信息、仓上与仓下煤流模拟动画，可通过MDMS配置透明度显示模型，将非仓储相关模型进行透明或隐藏设备，透视化显示仓储详情。

1.2 多源数据管理系统设计

MDMS是基于三维可视化系统进行设计、研发，其目的在于对多源数据进行接入管理、对三维可视化系统功能提供编辑功能，以系统可视化方式进行数据的增删改查，并将多数据库表进行联合，极大方便了三维可视化系统的部署落地效率。

MDMS首要目的在于解决多类型数据格式问题，构建统一标准化数据，综合现场各智能分子系统统计，接入数据类型如图1.2.1所示，可接入多类型数据，涉及图标、字符、模型、视频等，将各类数据由系统配置通讯协议进行接收，经标准化处理、加工、融合最终形成干净的数据，存入实时数据库当中。以知识图谱思路，建立各类数据间的关联关系，并将数据与模型进行有效关联，最大价值发挥虚拟显示系统的优势，是MSMS系统最大的亮点。

对于PLC和各类传感器返回的字符串数据，MDMS通过可视化界面及各类通讯协议的接通各类PLC及传感器数据，基于MQTT/Modbus TCP/OPC-UA的PCL协议配合实时数据库完成实时数据的采集；构建基于RTSP的多源异

步实时视频流采集技术将视频端数据分发至三维可视化系统；在模型端采用CesiumLab引擎将不同三维模型统一格式为3dtile格式，完成不同模型数据的转换，经过测试该技术可有效保留原始模型的位置信息、属性信息以及色彩空间信息，而且该格式的模型文件可实现平台的分级加载，提高客户端的使用流畅度，降低CPU的开销，为三维可视化选煤厂现场部署提供保障。

MDMS可实现三维可视化系统界面配置功能。

(1) 设备、视频管理。实现设备空间位置、所属系统、关联实时数据管理，设备标签的增删改查，建立基础数据维护表，为其他功能提供基础。实现摄像头的关联和定位。

(2) 模拟巡检管理。对三维可视化系统中巡检路线功能及名称进行维护，可增删改查路线，巡检过程速度管理。

(3) 工艺系统管理。实现对各类工艺系统所属设备进行管理，以及设备的启停顺序进行配置。

(4) 仓储管理。实现不同种类仓的透明化显示配置，仓储动画配置

(5) 建构物管理。实现选煤厂各建筑物信息及位置管理。

(6) 厂区定位配置。分级加载选煤厂和直接定位选煤厂配置。

(7) 视角管理。配置期望直接定位的视角，可实现一键定位相应视角。

2 平台优势

(1) 选煤厂可视化系统体现了全厂全生命周期管理，将生产、经营、设计等各类型数据进行采集集成，统一处理、加工。

(2) MDSD系统完善了三维可视化系统所缺失的配置、编辑功能，可实现平台自主配置，为系统维护提供有效途径。

(3) 基于BIM技术及GIS引擎为模型赋能，将各类数据与模型结合，虚拟现实结合，为选煤厂生产、经营管理提质增效。

3 结论

(1) 以选煤厂为研究对象，基于BIM+GIS引擎技术，设计开发了选煤厂三维可视化系统，分析了多类型模型加载、地理信息系统融合、选煤厂工艺动态展示、视频设备联动、巡检漫游等技术，实现了选煤厂数字

化、智能化，建立了三维空间和二维数字化的结合，将二维数据以三维形式为模型赋能，高效、直观的解决选煤厂实际生产、运维的效率。

(2) 围绕三维可视化平台，分析了各功能的特性和关联关系，分析开发了多源数据管理平台，建立了多源数据融合平台，研究开发了针对三维可视化系统的功能配置可视化界面，为系统信息录入、功能配置提供解决方案。

(3) 通过在国家能源集团选煤厂现场运行表明：系统平台配置便捷，运维高效，可完成选煤厂生产、工艺等系统可视化维护、控制，减少了人工维护巡检，为选煤厂数字化转型和高质量发展提供了解决方案。

参考文献

- [1]郭庆华,卫中宽,张树森,等.基于选煤信息模型的智能化选煤厂三维可视化管理平台设计[J].工矿自动化,2022,48(11):54-62. doi: 10.13272/j.issn.1671-251x.17936;
- [2]申迎松,荣东.数字孪生与三维可视化在天地王坡选煤厂的应用实践[J].煤炭加工与综合利用,2022(8):26-29;
- [3]成荣杰,王洋,王坤.选煤厂数字孪生关键技术研究[J].煤炭加工与综合利用,2022(4):30-3236;
- [4]张帆,葛世荣,李闯.智慧矿山数字孪生技术研究综述[J].煤炭科学技术,2020,48(07):168-176.DOI:10.13199/j.cnki.cst.2020.07.017.
- [5]任文华,鲍震,苟晓东,等.骆驼山选煤厂智能化综合管控平台的设计与实现[J].工业控制计算机,2021,34(11):138-140.
- [6]邱加林.三维协同设计技术BIM在选煤厂设计中的应用[J].科技创新与应用,2013(32):46.
- [7]李太友.三维协同设计技术BIM在选煤厂设计中的应用[J].煤炭工程,2013,45(3):133-135.
- [8]林厦.BIM技术在选煤厂设计中的应用探讨[J].煤炭加工与综合利用,2019(3):29-32.
- [9]孙再征.BIM技术在选煤厂设计中的应用[J].选煤技术,2020,48(3):70-73,77.
- [10]王佩,吴磊.基于BIM技术的建筑装修施工三维可视化管理系统[J].微型电脑应用,2022,38(3):126-129.
- [11]陈小霞,郭莹,刘兆雪,王新欣.三维可视化信息管理系统在选煤生产中的应用[J].选煤技术,2022,50(2):95-100.