

案例 11 小纪汗煤矿智能地质保障系统

主要完成单位：陕西华电榆横煤电有限责任公司

一、主要建设内容

小纪汗煤矿地质保障系统依托物联网、大数据、人工智能等技术将矿井地质及各系统数据深度融合，建设了具有地质数据数字化管理，三维地质模型自动构建、展示、推演分析的透明矿山业务管理系统。

（一）空间地测数据库

建立地质数据库、水文数据库、钻探数据库、物探数据库、测量数据库、储量数据库、文件存储服务模块、地质数据传输模块。

1.统一地质保障数据标准

按照煤矿相关规程、规范，将煤矿地质、水文地质、测量、储量、物探等方面以图纸、台账、文本、报告等形式表达的成果数据（包括地质、水文钻孔数据、地层、煤层、地质构造数据、煤质数据、储量数据、工程地质数据、水害隐蔽致灾因素调查成果、水文监测数据、抽水试验成果、物探成果资料、水质化验资料、涌水量观测资料等）标准化处理，基于统一架构、统一标准、统一认证和统一运维管理理念，建设智能化煤矿地质保障数据和应用标准，实现数据采集、数据编码、数据存储、数据交换和传输的规范统一，见图 1。

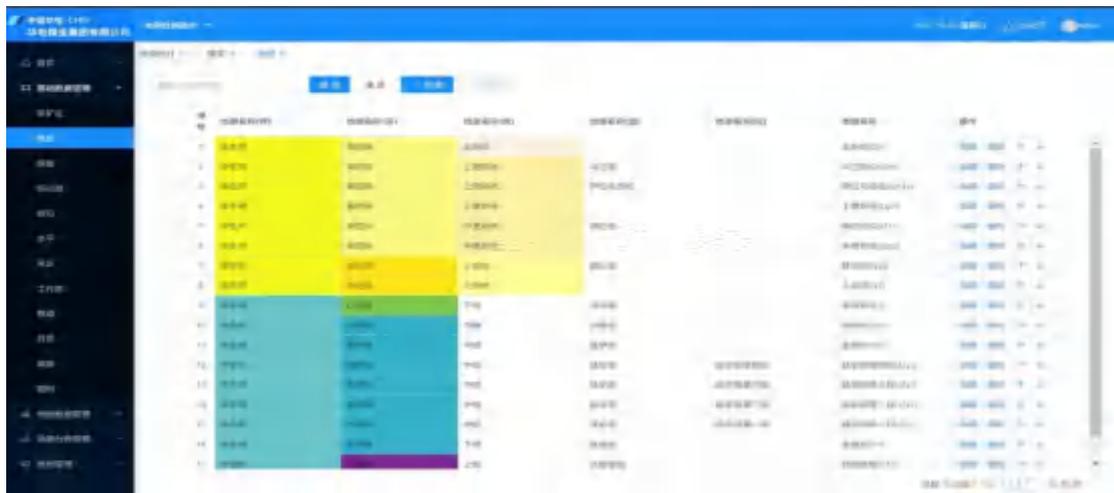
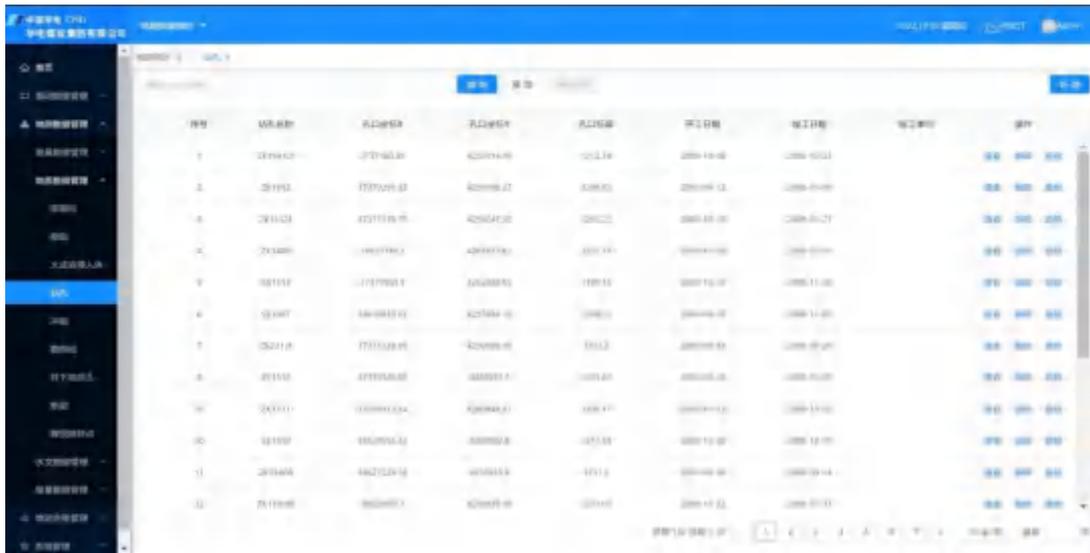


图 1 空间地测数据库

2.数据库管理模块

运用大数据技术，数据库管理模块，实现地质数据可视化和检索、查询、编辑维护、统计、输出等功能。B/S 端、C/S 端、可视化数据管理界面，包含表、文件、图件等数据的实时查看、数据的实时管理等；设计权限系统，规范数据的访问规则；设计地质报表及分析系统，实时展示重要地质数据，见图 2。



The screenshot displays a web-based database management interface. On the left, there is a dark sidebar with navigation options. The main area shows a table with multiple columns, including 'ID', '名称', '类型', '状态', '创建时间', '更新时间', and '操作'. The table contains several rows of data, with some cells containing numerical values and others containing text. At the bottom of the table, there are pagination controls and a search bar.

图 2 数据库管理

（二）多源地质数据融合

1.空间地测数据库融合包括地面、井下、采煤工作面的全空间、多方位、立体式综合勘探理论及技术手段及高精度智能化钻、物探监测设备成果；不同探测、监测设备需具备数据转换服务，提供 IoT、OPC、WEB API 等接口，实现数据采集标准化及各系统的无损对接、有效共享，建立工作面围岩及致灾因素的透明感知技术体系。

2.空间地测数据库提供矿方原有地测及各系统数字化数据（各类图形文件、数据库）转化对接功能，降低现有地测管理系统向云平台转化时所需的人力、物力成本。

3.空间地测数据库提供地质编录数据管理系统及地质编录服务，采用智能化地质数据采集工具，实现地测数据的自动回传、入库。

4.空间地测数据库提供专业化 OCR 数据采集功能，采用自动化图纸、台账识别工具便捷地将煤矿各类纸质图纸、台账资料提取并数字化，转化为标准的数

据结构后编录入库。

（三）空间信息可视化展示

1.数据驱动成图

以空间地测数据库中数据为依托，自动提取所需地质、水文地质、测量等要素，可根据具体分析需要自动生成各类平面图、剖面图以及各类专题图件，自动生成标准的矿井地质和水文综合图，如钻孔柱状图、采掘工程平面图、地质剖面图、井田构造纲要图及其他图件，当云平台中对地质要素数据进行更新后，综合图可做到相应地同步更新,实现矿图的全数据驱动，见图 3。

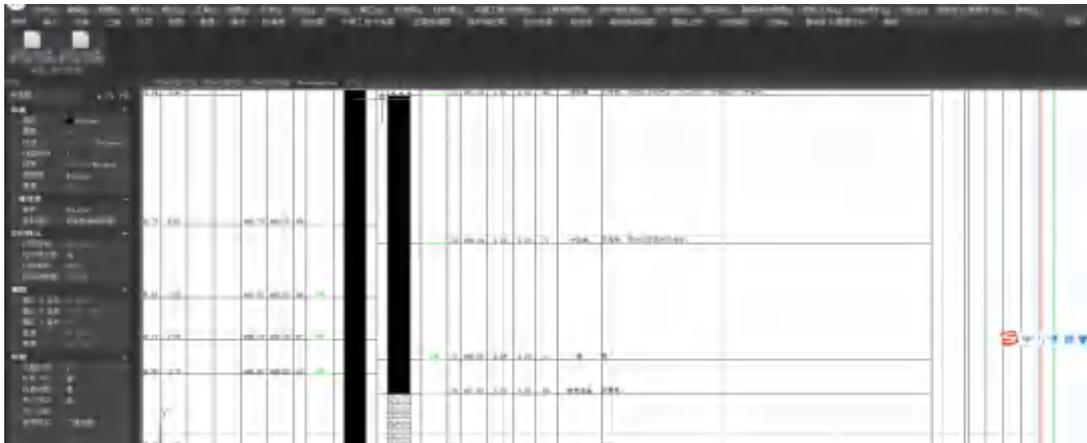


图 3 综合柱状图

2.空间数据可视化管理

空间地测系统支持 C/S、B/S 架构可视化数据展示界面，依据设置的数据获取权限，可实时访问、查看文本、表格、图件等各种形式的地质保障数据及其关联分析和预测分析结果。同时，具有图形管理操作功能。

（四）地质模型动态更新

充分利用煤矿生产各个阶段的多源异构地质数据，通过这些数据提取出可利用于煤炭智能开采的地质信息，进而实现工作面地质透明化。基于多源数据融合技术和三维可视化建模技术，将井下各类物探、钻探数据进行集成、融合和分析，实现模型的动态更新和实时可视化表达。在此基础上，构建数字孪生模型，将真实开采工况映射至虚拟空间，对物理实体的几何、构造特征进行仿真描述，基于一个多维多属性矢量空间框架与平台，真实展现出物理模型的几何形态和属性状态，指导智能开采，实现三维动态地质模型与煤矿生产决策系统实时互馈和动态

优化，见图 4。

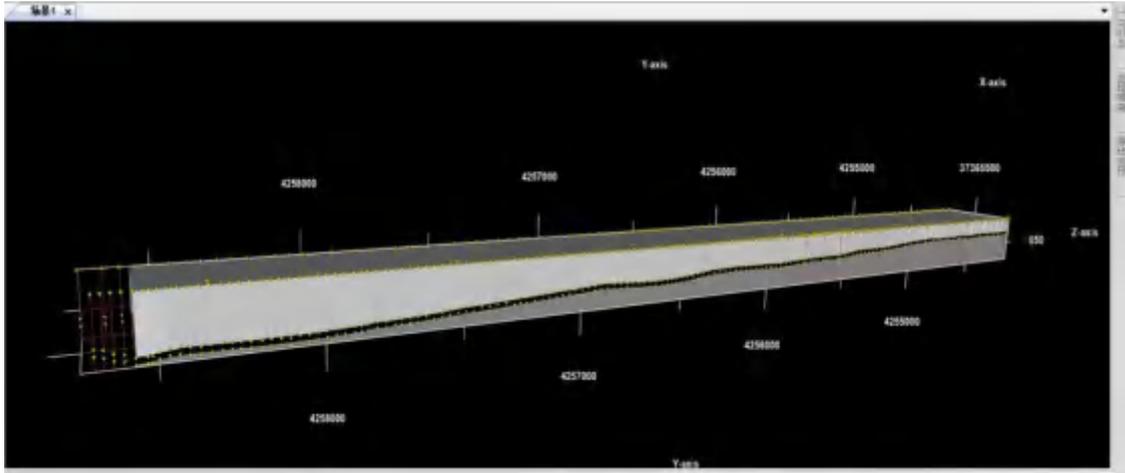


图 4 地质模型动态更新

（五）水文监测系统

针对采掘存在的水害相关因素，在矿井现有水文观测系统建立多参数实时水文动态监测系统，通过地面及井下水文因素传感器实时在线监测地面及井下水体重要水文参数，并以图表、曲线等模式将水文监测数据以数字化、图像化形式动态显示与输出分析，对超限指标及时预警异常水情状况，实现与排水系统应急联动控制。

（六）水害智能仿真

系统实现水灾避灾路线规划，根据人员定位展示，与矿井监测系统同步。通过实时获取矿井人员定位信息，定位井下真实人员数量点击可查看人员信息，附近环境相关信息，实现系统联动，保障人员安全；系统接入井下水文监测系统，实时监测水文条件，监测水文观测孔的水压，变化情况，支持设定阈值出发报警；井下发生紧急涌水或透水事故时，依据水害智能决策系统和大数据分析技术，平台及时启动应急响应机制，自动分析排水设备设施运行状况、事故区域划分、大功率应急排水设施设备启停，为智能排水系统提供预警信息，实现实时联动，实时三维映射全矿井供排水管网的实际运行工况并具备历史回溯功能。

二、技术特点及先进性

地质保障系统结合煤矿日常地测业务，采用数据“分子化”结构搭建了煤矿全要素地测数据管理及分析平台，实现了矿井地测数据标准化存储、跨系统融合

以及二、三维展示；以数据驱动自动化生成常用矿图，取代了传统繁复的手工制图；基于 GIS 平台针对矿井地质条件构建分析模型，推演地质规律，开展预测预报；构建了高精度、实时更新的三维地质模型，提供三维场景模式下的地质要素展示、查询、分析及预警功能，做到了对矿井生产安全的保驾护航。构建了地测数据融合平台、数据驱动成图系统、地测业务协同系统、GIS 分析平台、透明开采三维地质辅助决策系统 5 个子系统。

地测数据融合平台将矿井所有地测相关数据全覆盖建模，将分子化的数据带属性的规范存储于地测空间数据库中，并将这些数据共享给采掘机运通等各生产、安全系统提取使用，有效解决了地测数据实时共享问题，确保了全矿采用的地测数据质量可靠、同一来源，同步更新。

数据驱动成图系统以地测数据融合平台为依托，提取地质、水文地质、测量等要素数据，驱动绘图引擎自动生成各类矿图，包括采掘工程平面图等常用矿图和按需定制矿图。解决了人工绘制矿图耗时、易错、数据不统一、图例不规范的问题。

采用地质条件约束下的隐式空间插值算法，考虑了插值特征值空间分布上的局部各向异性。基于面体混合建模技术，构建了“透明地质”结构和属性模型；并应用预测地质体与真实地质体交互反馈的数字孪生技术，实现了生产过程中地质基础数据与“透明地质”模型的动态互馈，提高了三维地质建模精度。

三、智能化建设成效

智能地质保障系统实现了地质数据数字化管理和深度融合，实现空间信息可视化展示和动态更新，实现地测业务协同及仿真预警，为矿井地测业务管理带来极大便利，提高了工作效率，规范了业务及数据处理流程，避免了人工主观性技术差错。

GIS 分析平台实现了矿井地质要素的关联分析、地质规律的推演预报，并通过以等值线、玫瑰图等方式来展示煤层赋存、构造展布、水文特征等分析成果。借助数据融合平台及大数据分析方法提高了地质分析预警的能力。

透明开采三维地质辅助决策模块构建了矿井、工作面动态更新的高精度三维

地质模型，直观展示地层、煤层、地质构造的空间形态以及它们之间的相互关系，解决了当前工作面采掘前方地质数据精度不满足智能化采煤要求这一问题。利用三维地质自动建模、GIS、UE5 等先进技术，建立小纪汗煤矿基于数据驱动的智能综采、掘进工作面数字孪生管控系统，实现了小纪汗煤矿采、掘工作面透明化、智能化及各子系统之间的智能融合联动。企业的控制层和经营决策层通过调度中心可随时掌握综采工作面的生产经营状况，基于数据驱动的智能综采、掘进工作面数字孪生管控系统的建立，为小纪汗煤矿管理者提供了更精准的决策分析，有效提高小纪汗煤矿经营管理水平和效益。