

# 智慧矿山三维可视化管理系统研发

张绍周<sup>1</sup>, 苏之品<sup>1</sup>, 陈玉明<sup>2</sup>

(1. 昆明工业职业技术学院, 云南 安宁 650300;

2. 昆明理工大学, 昆明 650093)

**摘要:**针对我国智慧矿山建设过程中存在的多系统、数据难以有效整合的问题,基于三维还原技术,通过智能运维对矿山大数据进行采集、分析、计算、输入、呈现,研发了智慧矿山三维可视化管理系统。介绍系统的架构设计、三维场景的构建、异构数据的整合、智能设备的连接,完成数字矿井子系统、厂站管理子系统的构建。实现了矿山数据实时图形可视化、场景化以及实时交互,提升了矿业企业的管理水平和工作效率,为智慧矿山建设提供了参考。

**关键词:**智慧矿山;系统研发;数据整合;三维还原技术;可视化;智能设备

**中图分类号:**TD67;TD21 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-4172(2022)02-0001-06

## Research and development of 3D visualization management system for smart mines

ZHANG Shaozhou<sup>1</sup>, SU Zhipin<sup>1</sup>, CHEN Yuming<sup>2</sup>

(1. Kunming Vocational College of Industry and Technology, Anning Yunnan 650300, China;

2. Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093, China)

**Abstract:** Aiming at the problems of multiple systems and difficult data integration in the construction of smart mines in China, this paper developed three-dimensional visual management system for smart mines by collecting, analyzing, calculating, inputting, and presenting big data of mines through intelligent operation and maintenance based on three-dimensional restoration technology. The system architecture design, the construction of three-dimensional scenes, the integration of heterogeneous data, and the connection of smart devices were introduced to complete the construction of the digital mine subsystem and the plant and station management subsystem. Real-time graphical visualization, scene-based and real-time interaction of mine data were realized, the management level and work efficiency of mining enterprises were improved, the work can provide a reference for the construction of smart mines.

**Key words:** smart mine; system development; data integration; three-dimensional reduction technology; visualization; intelligent equipment

近年来,国家发展和改革委员会先后发布了《有色金属行业智能工厂(矿山)建设指南(试行)》和《煤矿智能化建设指南(2021年版)》等重要文件,明确了有色金属矿山和煤矿智能化分类分级建设目标与技术路径,可见建设智慧矿山已经成为我国矿山企

业实现高质量发展的必由之路<sup>[1-4]</sup>。

现如今建设智慧矿山得到空前的重视,矿山智能化装备加快迭代升级为智慧矿山建设提供了有力的技术支撑,同时安全生产倒逼矿业企业开展智慧矿山建设,国家监管监察体制不断完善也为智慧矿山建设提供重要的制度保障。目前我国矿业企业在建设智慧矿山过程中投入了大量管理系统、物联网控制系统、物联网终端设备、传感设备、智能交互设备,已具备了初级的多系统数字矿山综合自动化系统,但由于整合子系统架构设计

收稿日期:2021-12-23

基金项目:云南省教育厅科学研究基金项目(2022J1419);云南省高校科技创新团队支持计划资助项目(IRTSTYN)

作者简介:张绍周(1989—),男,讲师,硕士,矿业工程专业,主要从事智慧矿山系统研发工作。

不合理,各子系统数据尚未打通,缺乏统一的数据标准和数据模型对各子系统数据进行相关联,故存在以下诸多问题<sup>[5-9]</sup>:

- 1) 子系统众多,没有统一的入口,使用不便,缺乏整合成统一的口径;
- 2) 数据资源无法实现共享,大多数数据以信息孤岛的形式存在;
- 3) 缺少数据集成及深度分析挖掘;
- 4) 融合联动智能分析不足;
- 5) 建的多,见的少,无法对外展示。

基于上述存在的问题,本课题组针对矿山不同系统和设备产生的大量异构数据,通过智能运维设备各类数据,将数据与虚拟场景融合,将检测设备数据、传感器数据、智能设备数据,以及数据模型产生的数据统一三维呈现,研发了矿山三维可视化管理系统,以达到辅助矿山管理者制定运维决策、提高运维效率、感知计量运维态势的目的<sup>[10-11]</sup>。

### 1 系统架构设计

以三维可视化矿山管理系统为门户入口,依托矿山现有的智能感知与监控系统、生产运行综合管控系统、应急指挥系统等数据,打造智慧矿山指挥管理平台,实现对矿区、矿井、厂站的一张图管理,整个可视化平台主要分为智慧矿山子系统、数字矿井子系统和厂站管理系统(图 1~3)。

主视觉场景为三维还原的矿区,场景支持旋转缩放漫游。基于地理位置信息,在三维空间中实时还原各类场景站点,并集成加载对应各区的安全风险指数情况及相关数据,如矿区当日产量、月累计产

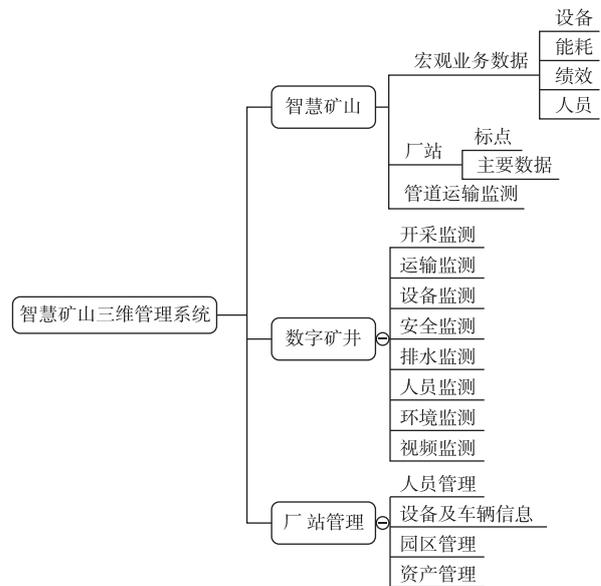


图 1 系统体系架构

Fig. 1 System architecture

量、产量任务年完成率、当前矿山存储量、矿山销售量、矿山销售金额、销售任务年完成率、当日应下井人员数量、实际下井人员数量、各区设备运行情况、各区能耗指标等。当有物联网设备故障告警出现时,场景中自动对报警位置、报警级别、故障等进行标注,点击设备报警点可弹出运行状态、告警类型、维修方案等信息。根据现有产业链上各环节的相关效能数据进行交互呈现,包括产量、产值、人员、资产、利润等,便于全产业观察效能数据和配套保障数据,直观理解产业运行效能和安全性。例如矿厂配套变电站,可标注电压、功率、设备运行等数据,关注电力设施运行状态,确保矿山安全生产、设备使用稳定。

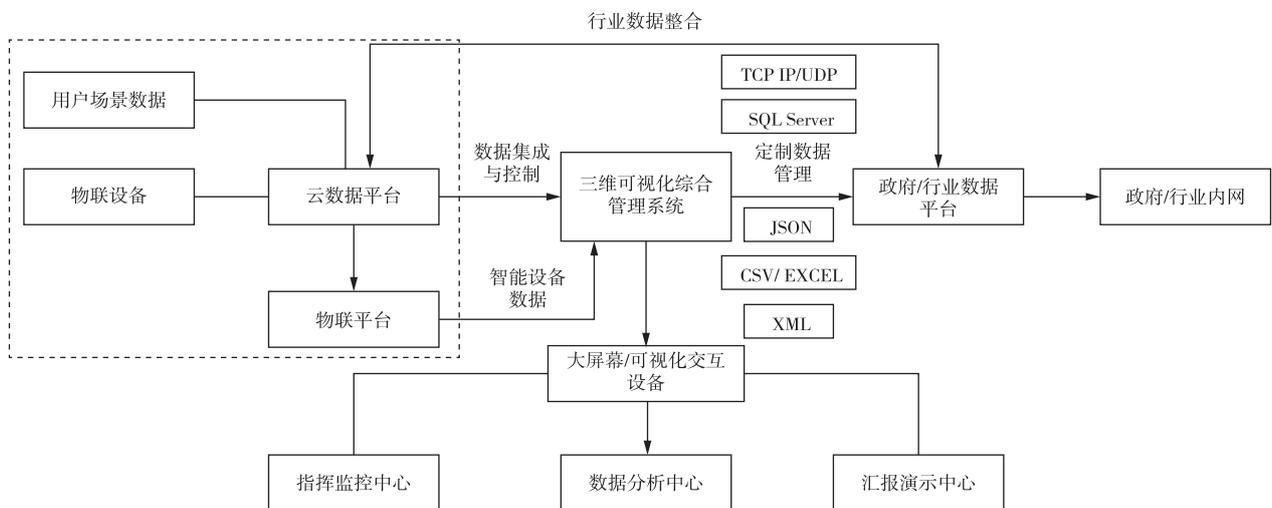


图 2 系统业务架构

Fig. 2 System business architecture

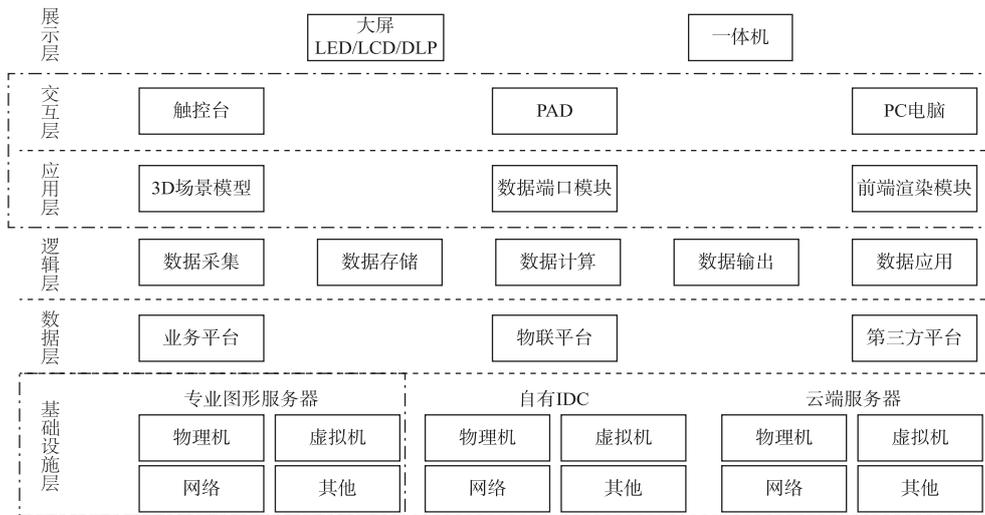


图 3 系统技术架构

Fig. 3 System technical architecture

## 2 系统研发与实现

研发智慧矿山三维可视化管理系统,是利用图形模型实现对数据进行采集、分析、计算、融合等功能,最终能够控制各个环节从而优化决策,实现对矿区的地质视图、业务概览、设备资产、安全生产、采网分布等信息的全过程监控与管理。从功能开发层面来看,整个系统共分为三维场景的构建、交互数据的呈现、资产设施的标注、智能

设备的连接等方面,完成地下世界到数字世界的镜像。

### 2.1 数字矿井子系统

矿井层级,通过地理位置信息,对整个矿区进行三维还原,构建了地上的厂房、办公、站台、浓缩池、变电站等站点设施,以及对地下的地质、采区、矿道等场景还原。并对接已有业务系统,通过三维空间结合二维数据的方式,详细呈现人员、开采、设备、物资、安全生产等各类业务的数据(图 4)。



图 4 数字矿井子系统

Fig. 4 Digital mine subsystem

#### 2.1.1 地质地矿

整理矿区地理信息大数据,从大量的地质勘探数据或测井数据中构造出等值面、等值线,显示出矿区范围及矿体走向,并用不同颜色显示出多种参数及其相互关系。从而使地质勘探作业人员可对原始数据做出准确判断与决策,得出矿体是否存在、位置及储量大小等重要信息。通过钻孔、探槽数据建立完善的矿山地质数据库,实现如矿床、岩层、断层、破碎带、采空区等对象的三维场景还原,在生产过程中

动态更新地质数据库,并对地质储量、损失贫化、三级矿量等进行管理。在系统中还原地质层结构,包括地表层、矿层等,以三维的形式全局展示矿区矿产的分布情况。

#### 2.1.2 安全生产

通过对接矿山现有的数字化系统,包括人员进出、井下定位、安全逃生、环境监测、视频监控等系统,完成系统的点击交互和实时数据更新,主要解决三大问题:

1)人、物、环境的不安全:对接环境、视频、设备、车辆、门禁等物联感知设施,监测例如行车不行人、操作工离岗、挂载矿车超载、压道岔、挡车设施复位、水仓积水等问题。

2)生产运行的安全:对接自动化管控平台,监测例如排水、通风、运输、故障、巡检、定位等问题。

3)应急管理:对接应急管理系统,直观显示例如区域排班、值班、交接班、应急队伍、物资、预案等信息。

### 2.1.3 实时综合监测

**运输设备监测:**将运输胶带设备、提升设备与矿井场景相结合,实时了解当前运输设备及提升设备运行情况、机电电流/电压监测、故障报警点分布。在系统中通过点击故障点可弹出相应故障点的故障情况及分析、智能推荐运维方案、推荐运维人员、预计恢复时间、知识库引用情况等,统一呈现故障告警预警与维护方案,降低判断时间成本、提高运维效率。

**人员监测:**通过已建各类系统中获取人员进出井记录、人员井下定位、井下活动轨迹、地压监测、井下环境监测等不同的数据,呈现下井人员的位置分布,将人员位置信息与矿井场景结合,实时查看当前各区域人员数量及分布、井下人员位置、特定人员的活动轨迹、禁区及下井超长报警点等。在系统中通过点击禁区及下井超长报警点可弹出禁区具体位置、禁区闯入人员设备编号、下井时间超长人员设备编号、下井时间、当前位置,统一呈现人员定位信息及报警信息,确保人员安全、提高反应效率。

**排水监测:**呈现主排水泵、水位线传感器分布,将各设备的位置分布与井下场景结合,实时呈现矿井当前水位线监测数据、主排水泵排水数据、排水设备工作状态、机电设备监测情况、设备超限报警及故障点分布。在系统中点击超限报警及故障点时,可弹出相应超限报警及故障点的报警故障信息、严重级别、解决方案等,统一呈现当前排水设备运行信息、报警信息,降低判断时间成本、提高运维效率。

### 2.2 厂站管理子系统

通过三维还原技术,展现地面设施全貌,实时呈现矿区厂站的人员、车辆下井信息、各类设施效能、重要建筑属性等。对接厂站地面的安防系统,如门禁、视频监控等设施,对地面全场景视频监控,形成人脸识别、行为识别、现象识别、车牌识别等多种 AI 应用的可视化管理,拓展厂站安全一张图管理模式。

利用矿区实际数据,还原包括地面建筑、避灾路线、重要设备、危险禁区等在内的三维场景。通过全局标识,一方面可以对外展示厂站的精细化管理及安全防范建设成果,另一方面可用于应急或逃生预案的讲演培训,强化矿区作业人员安全意识。可接入厂站监控视频,在三维空间中更准确地查看各监控画面。

在矿区基础信息数据之上,对接厂站地面的物联设施系统,完成厂站的产能数据、人车信息、设备工况、环境参数在统一的平台呈现,实现矿山企业“人、机、环、管”信息的集成管理和综合监控,便于决策与统一指挥调度(图5)。



图5 厂站管理子系统

Fig. 5 Plant and station management subsystem

### 3 关键技术

1)对现有大数据进行标准统一化以利于数据信息融合

利用系统对矿山安全、生产、管理数据进行接口的标准化整合,通过标准数据接口,从而达到真正的数据集成并在同一界面上进行统一呈现。同时对矿山原有零散的数据来源进行了采集、属性分类、接入集成的工作,根据接入数据及其属性的建立,进行实时且直观的可视化交互呈现(图 6)。并将传统过程中单向被动获取信息的方式,转变为双向互动的方式。如图纸类:矿区整体范围标注图、矿区各区域分布图、矿井内部结构图、矿区岩层分布图、各类监测设备分布图、采矿设备和运输设备 CAD 图纸等;接口类:各类监测设备接口说明文档、需接入系统的接口说明文档等。



图 6 数据处理路径

Fig. 6 Data processing path

2)数据的整理与提炼,进行设计测试

对数据的使用目的进行整理和提炼,并根据数据具体特性,利用系统对数据的用途和场景进行深度的结合,通过高效集成实时渲染功能,融入大数据管理设计方案形成标准可复制化结果,使目标数据更加便捷地部署到系统的其它分支机构。同时通过系统的独有特性,在不同的网络环境和不同的设备平台上可以任意部署和安装。

3)整合云数据构建统一的管控平台

通过系统对数据的高度整合管理,矿山管理者可在统一工作平台、统一网络环境中协同工作、资源共享、确保数据安全,为矿山安全生产管理提供辅助决策支持。矿山技术人员能够同时在线处理各类图片及数据信息,提升各专业岗位工作的配合度,极大地提高工作效率。

### 4 系统应用实例及成果

某矿山为我国特大型地下金属矿山,矿产量超过 1 000 万 t/a,开采深度超过 1 000 m,多年来随着矿山装备自动化、智能化,矿山管理信息化、数字化的不断发展,为智慧矿山建设打下了良好的基础。但存在着系统众多、数据信息孤岛等问题,根据矿山

安全生产的需要,课题组开发了智慧矿山三维可视化管理系统,并成功应用到该矿山。实现了在同一系统中对矿区、矿井、厂站的三维可视化管理,使地质、采矿、选矿、管道运输等生产链上各环节的相关数据进行交互呈现,有利于矿山在生产过程中对业务数据的分析与监控、对设备的运行状态和人员的智能化管控、对现场作业高精度预警,最终能够及时做出决策解决现场问题。在本系统应用到该矿山后,提高了矿山的生产效率,节省了成本(设备检测维护、安全监管、用工等费用),直接产生经济效益约 2 000 万元/a。该矿山成为地方国有企业智慧矿山建设的示范矿山,提高了该省智慧矿山建设的整体水平,产生了较好的社会效益。

### 5 结论

基于三维还原技术,利用各种技术手段对矿山大数据(传感器数据、移动设备数据、业务数据、模型数据)进行采集、分析、计算、输入、呈现,最终研发成智慧矿山三维可视化矿山管理系统。通过这套系统,实现矿山数据实时图形可视化、场景化以及实时交互,让矿山管理者更加方便地进行矿区及矿井管理、设备状态监测、报警快速响应,从而更加直观地指挥矿山安全生产管理,提升管理水平和工作效率。

#### 参 考 文 献

- [1] 吕鹏飞,何敏,陈晓晶,等.智慧矿山发展与展望[J].工矿自动化,2018,44(9):84-88.  
LYU Pengfei, HE Min, CHEN Xiaojing, et al. Development and prospects of smart mines [J]. Industry and Mine Automation, 2018, 44(9): 84-88.
- [2] 安鱼飞.煤矿智慧矿山三维智能管控系统设计及实现[J].中国煤炭,2021,47(7):51-61.  
AN Yufei. Design and implementation of three-dimensional intelligent management and control system for coal mine smart mine[J]. China Coal, 2021, 47(7): 51-61.
- [3] 谭章禄,马营营,郝旭光,等.智慧矿山标准发展现状及路径分析[J].煤炭科学技术,2019,47(3):27-34.  
TAN Zhanglu, MA Yingying, HAO Xuguang, et al. Development status and path analysis of smart mine standards[J]. Coal Science and Technology, 2019, 47(3): 27-34.
- [4] 王启健,于涛.黄金智慧矿山大数据分析平台研究与开发[J].有色金属(矿山部分),2021,73(6):25-31.  
WANG Qijian, YU Tao. Research and development of big data analysis platform for intelligent gold mine [J]. Nonferrous Metals(Mining Section), 2021, 73(6): 25-31.

(下转第 16 页)