

智慧矿山建设中多源测绘数据的集成管理与可视化应用

汪鋈

新疆火烧云铅锌矿有限责任公司

DOI:10.32629/gmsm.v9i2.2425

[摘要] 为解决智慧矿山建设中多源测绘数据整合难度大、管理混乱、可视化应用不足等问题,助力矿山智能化决策能力提升,需要结合多源测绘数据的异构性特征与矿山各环节应用需求,构建多源测绘数据集成管理体系,设计适配矿山多场景的可视化应用体系。集成管理体系通过标准化预处理、动态化存储更新、全流程质量安全管控实现数据规范化整合与高效安全管理。可视化应用体系依托多维度表达模型、全场景应用架构及交互决策功能,实现测绘数据全方位展示与深度价值挖掘。相关体系构建与设计可为智慧矿山测绘数据的高效应用提供支撑,充分发挥测绘数据在矿山生产、安全等环节的核心支撑作用。

[关键词] 智慧矿山; 多源测绘数据; 集成管理; 数据可视化; 空间数据

中图分类号: TD8 **文献标识码:** A

Integrated Management and Visual Application of Multi-source Surveying and Mapping Data in the Construction of Smart Mines

Yun Wang

Xinjiang Huoshaoyun Lead-Zinc Mine Co., Ltd.

[Abstract] To address the problems of difficult integration, chaotic management, and insufficient visual application of multi-source surveying and mapping data in the construction of smart mines, and to help improve the intelligent decision-making capacity of mines, an integrated management system for multi-source surveying and mapping data is constructed, and a visual application system adapted to multiple mine scenarios is designed by combining the heterogeneous characteristics of multi-source surveying and mapping data with the application demands of various mine links. The integrated management system realizes standardized data integration and efficient and secure management through standardized preprocessing, dynamic storage and updating, and full-process quality and safety control. The visual application system relies on multi-dimensional expression models, full-scenario application architecture, and interactive decision-making functions to achieve comprehensive display and in-depth value mining of surveying and mapping data. The construction and design of the relevant systems can provide support for the efficient application of surveying and mapping data in smart mines, and give full play to the core supporting role of surveying and mapping data in mine production, safety and other links.

[Key words] Smart mine; multi-source surveying and mapping data; integrated management; data visualization; spatial data

引言

智慧矿山是矿山行业数字化、智能化升级的核心方向,测绘数据作为刻画矿山空间地理特征、反映矿山生产动态的基础资源,是智慧矿山建设的核心数据支撑。当前矿山测绘技术的多元化发展,使得测绘数据来源愈发丰富,但不同技术采集的测绘数据存在空间基准不统一、数据格式异构、时间分辨率差异显著等问题,造成数据整合难度大、管理体系混乱的现状,同时矿山现有测绘数据可视化应用多局限于单一场景,缺乏整体性与交

互性,导致数据价值挖掘不充分,制约了智慧矿山智能化决策能力的提升。

1 智慧矿山建设中多源测绘数据的特征与应用需求

智慧矿山建设涉及生产、安全、生态、规划等多个环节,各环节对测绘数据的需求各有侧重,而多源测绘数据自身的特征直接决定了数据整合与应用的难度,厘清数据特征与应用需求是开展集成管理与可视化应用研究的基础。

1.1 多源测绘数据的类型与异构性特征

智慧矿山建设中的多源测绘数据源于卫星遥感、无人机航测、三维激光扫描、北斗卫星定位、地面实测等多种技术手段,不同技术手段采集的数据在数据形态、空间属性、精度等级、时间分辨率上呈现出显著的异构性特征。卫星遥感与无人机航测数据以栅格影像为主,能够反映矿山大范围的地表地形与植被覆盖特征,二者的时间分辨率与空间分辨率存在互补性;三维激光扫描数据以点云形态存在,可精准刻画矿山上地下构筑物的三维空间特征,数据精度高但数据量庞大;北斗卫星定位数据为离散的时空点位数据,能够实时捕捉矿山地表形变、设备位置等动态信息,时间分辨率高;地面实测数据为矢量与属性结合的结构化数据,是矿山测绘数据精度校准的基础,数据覆盖范围相对有限。

1.2 智慧矿山建设对测绘数据的核心应用需求

智慧矿山的智能化运行依赖于测绘数据的高精度、动态化与融合化应用,其对测绘数据的核心应用需求体现在四个方面。第一是高精度的空间数据支撑需求。第二是动态化的数据更新需求。第三是多源数据的融合分析需求。第四是全流程的数据共享需求。

2 智慧矿山多源测绘数据的集成管理体系构建

针对多源测绘数据的异构性特征与智慧矿山的应用需求,本文构建包含标准化预处理、动态化存储更新、全流程质量安全管控的集成管理体系,实现多源测绘数据的规范化整合、高效化管理与安全化应用,该体系是测绘数据可视化应用的基础。

2.1 数据标准化预处理体系

数据标准化预处理是实现多源测绘数据集成的前提,其核心目标是消除数据之间的异构性,实现数据的统一化与规范化。该体系以国家大地 2000 坐标系为统一空间基准,建立多坐标系统的转换模型,对不同基准的测绘数据进行坐标转换,确保所有数据的空间位置一致性。针对数据格式的异构性,制定智慧矿山测绘数据的格式标准,将栅格、点云、矢量、离散点位等不同形态的数据转换为标准化的存储格式,同时建立统一的元数据描述规范,对每类数据的采集时间、采集设备、精度等级、覆盖范围等信息进行标准化记录,实现数据的全生命周期追溯。

在数据归一化处理环节,采用针对性的算法对不同精度、不同分辨率的数据进行融合校正,通过点云滤波、影像增强、点位插值等技术消除数据中的噪声与冗余信息,对缺失的数据区域进行补测与数据填充,提升数据的完整性。对于多源数据的融合处理,根据数据的特征与应用场景建立权重分配模型,对不同精度与可靠性的数据源赋予相应的权重,通过空间插值与叠加分析实现多源数据的深度融合,形成兼具广度与精度的综合测绘数据集。

2.2 动态化数据存储与更新管理机制

结合多源测绘数据的更新特征与智慧矿山的动态应用需求,建立分布式与时空数据库相结合的动态化存储机制,实现测绘数据的高效存储与快速检索。分布式数据库能够应对多源测绘数据数据量庞大的问题,将不同类型、不同场景的测绘数据分散

存储在不同的节点,通过数据索引实现数据的快速调取;时空数据库则能够对测绘数据的空间与时间属性进行一体化管理,将数据的空间位置与采集时间进行关联存储,便于实现矿山地形、形变等信息的时序化分析。

在数据更新管理方面,建立增量更新与断点续传相结合的动态更新机制,针对北斗定位等实时监测数据,采用增量更新模式,仅将变化的数据集上传至数据库,避免全量更新造成的资源浪费;针对无人机航测、卫星遥感等批量数据,采用断点续传模式,确保数据在传输过程中出现中断后能够继续传输,提升数据更新的效率。同时构建测绘数据的版本管理体系,对不同更新阶段的数据集进行版本标记,实现历史数据的追溯与对比分析,为矿山的动态变化研究提供数据支撑。

2.3 数据质量管控与安全管理体系

数据质量是测绘数据应用的核心,安全管理则是测绘数据可持续应用的保障,二者共同构成多源测绘数据集成管理的重要支撑。数据质量管控体系覆盖数据采集、预处理、融合、存储、应用全流程,在数据采集阶段,制定标准化的采集规范,对采集设备的精度与采集流程进行严格把控,从源头保证数据质量;在数据预处理与融合阶段,建立多维度的质量检测指标,包括空间精度、数据完整性、数据一致性等,采用算法自动检测与人工校核相结合的方式,对数据质量进行全面检测,对不合格的数据进行重新处理;在数据存储与应用阶段,定期对数据库中的数据进行质量复检,及时发现数据失真、缺失等问题并进行修正。

数据安全管理体系采用分级授权的访问机制,根据矿山各部门的工作需求,设置不同的data访问权限,仅授权人员能够调取与处理相应的测绘数据,防止数据泄露与滥用。在数据传输与存储环节,采用数据加密技术,对测绘数据进行加密处理,确保数据在传输过程中与存储状态下的安全性。

3 智慧矿山多源测绘数据的可视化应用体系设计

多源测绘数据的集成管理为可视化应用提供了标准化、一体化的数据集,基于此设计适配智慧矿山多场景的可视化应用体系,该体系以多维度可视化表达为核心,以全场景应用为目标,以交互与决策支持为延伸,实现测绘数据从数据展示到价值挖掘的升级。

3.1 多维度可视化表达模型

结合智慧矿山的应用需求,构建二维平面、三维实景、时空动态三个维度的可视化表达模型,实现矿山测绘数据的全方位、多层次展示。二维平面可视化以标准化的矢量与栅格数据为基础,构建矿山的专题地图体系,包括地形地貌图、资源分布图、生态恢复图、安全监测图等,通过不同的色彩、符号与图层对矿山的各类空间信息进行专题化表达,能够清晰反映矿山各要素的空间分布特征,满足矿山日常管理的基础可视化需求。

三维实景可视化以三维激光扫描、无人机倾斜摄影等数据为基础,构建矿山上地下一体化的三维实景模型,精准刻画矿山地表地形、开采工作面、地下巷道、构筑物等全要素的三维空间特征,实现矿山空间信息的沉浸式展示。该模型能够支持三

维空间的量测、剖切与分析,可直观反映矿山各要素之间的空间位置关系,为矿山生产规划、巷道设计等工作提供可视化支撑。时空动态可视化则结合时空数据库的时序化数据,在二维与三维可视化模型的基础上,叠加数据的时间属性,实现矿山地形变化、地表形变、植被恢复等信息的动态展示,通过时间轴的调控,能够清晰追溯矿山的动态演变过程,为矿山的趋势分析与预测预警提供可视化依据。

3.2 全场景可视化应用架构

基于多维度可视化表达模型,设计覆盖矿山生产规划、安全监测、生态恢复、设备运维的全场景可视化应用架构,实现测绘数据与矿山各业务场景的深度融合。在生产规划场景,可视化应用架构将测绘数据与矿山资源数据、生产计划数据相结合,通过三维实景模型模拟矿山的开采过程,对开采方案进行可视化优化,精准计算开采方量与资源储量,提升生产规划的科学与合理性;在安全监测场景,将北斗定位的形变监测数据与三维实景模型融合,实现矿山边坡、采空区等区域形变的实时可视化监测,当形变数据超过预警阈值时,系统自动发出可视化预警信号,为矿山地质灾害的防控提供及时的决策支撑。

在生态恢复场景,将卫星遥感、无人机航测的植被、土壤、水质等测绘数据与二维专题地图、三维实景模型结合,实现矿山生态恢复效果的可视化评估,直观反映植被覆盖度、土壤质量等生态指标的变化情况,为生态恢复方案的调整与优化提供数据支撑;在设备运维场景,将北斗定位的设备位置数据与矿山三维实景模型融合,实现矿山开采设备、运输设备的实时可视化监控,精准掌握设备的运行轨迹与工作状态,为设备的调度与运维提供可视化支撑。各场景的可视化应用模块相互关联,实现数据的互通共享,形成智慧矿山一体化的可视化应用体系。

3.3 可视化交互与决策支持功能设计

为提升测绘数据可视化应用的实用性,在多维度表达与全场景应用的基础上,设计丰富的可视化交互与决策支持功能,实现从数据可视化到决策可视化的升级。可视化交互功能支持多终端的操作与展示,包括电脑端、移动端、矿山管控大屏,不同终端之间实现数据同步更新,工作人员可在任意终端对可视化

模型进行缩放、平移、旋转等操作,同时支持数据的查询与筛选,通过点击可视化模型中的要素,可快速调取该要素的详细属性与测绘数据,满足不同场景的交互需求。

4 结语

测绘数据作为智慧矿山建设的核心数据支撑,其多源异构的特征为数据管理与应用带来诸多挑战,也对数据的整合挖掘提出更高要求。通过构建包含标准化预处理、动态化存储更新与全流程质量安全管控的集成管理体系,有效消除了多源测绘数据的空间基准、格式等异构性问题,实现了数据的规范化、高效化与安全化管理,为数据可视化应用奠定了坚实基础。基于集成的标准化数据集设计的多维度、全场景可视化应用体系,实现了测绘数据从基础展示到交互分析、决策支撑的升级,充分挖掘了数据价值。多源测绘数据的集成管理与可视化应用,推动了测绘数据与矿山各业务场景的深度融合,为智慧矿山生产规划、安全监测、生态恢复等环节的智能化决策提供了关键支撑,也为矿山行业数字化、智能化升级提供了有益参考。未来还可结合人工智能、大数据等技术,进一步优化数据融合与分析模型,提升测绘数据在智慧矿山建设中的应用深度与广度。

[参考文献]

- [1]肖子雨.GIS技术在矿山地形测绘与数据处理中的应用[J].信息记录材料,2026,27(1):181-183.
- [2]袁月宇.多源测绘数据融合的矿山地上地下三维模型构建[J].世界有色金属,2025(6):154-156.
- [3]张懂庆.智慧矿山北斗形变监测网络构建与多源数据融合分析方法[J].北斗与空间信息应用技术,2025(5):128-130.
- [4]段昭义.基于多源遥感数据融合的矿山生态恢复效果测绘研究[J].中国资源综合利用,2025,43(2):220-223.
- [5]刘阳.智慧矿山测绘地理信息数据更新工艺流程及改进研究[J].世界有色金属,2022,47(5):16-18.

作者简介:

汪鋈(1993—),男,汉族,湖北黄冈人,助理测量工程师,现任职于新疆火烧云铅锌矿有限责任公司,研究方向:智慧矿山。