数字化矿山建设中测量数据一体化集成应用研究

孟春钢　谢金超　李金宇
新巴尔虎右旗荣达矿业有限责任公司　内蒙古　呼伦贝尔　021300

摘　要：数字化矿山智能建设水平稳步提升，多类型测量数据的高效整合，成为矿山数字化升级的重要依托。本文通过梳理矿山全场景测量数据的组成结构与集成逻辑，依托数据融合、格式转换、统一映射等核心技术，构建适配矿山生产运维的一体化集成架构。内容细化架构搭建方式与运行逻辑，优化多源数据集成的适配能力与协同效果，拓展数据集成的应用模式，搭建可持续迭代的数据完善机制，能够为矿山测量数据资源化利用、数字化管控落地提供可行的理论与实践参考。

关键词：数字化矿山；测量数据；多源数据；一体化集成；架构优化

引言：矿山数字化改造范围不断拓宽，现场测量采集的数据体量与信息维度持续丰富。传统碎片化的数据处理方式容易造成数据孤立、资源闲置等问题，无法适配现代矿山精细化、智能化的运行管控模式。数据一体化集成模式可以打通不同作业场景的数据隔阂，规整异构、杂乱的原始数据资源，形成体系化的数据应用链路。深度推进测量数据集成改造与模式拓展，能够有效提升矿山空间规划、工程管理、生产作业的数字化层级，推动矿山数字化建设高质量落地。

1 数字化矿山测量数据体系构成与集成逻辑

1.1 数字化矿山全场景测量数据类型组成

数字化矿山的建设运行覆盖地面、井下、工程建设等多个作业空间，不同作业场景会生成形式各异的测量数据。地面区域产生地形地貌、矿区边界、地表构筑物等测绘信息，界定矿区整体空间范围与地表形态。井下作业区域生成巷道轮廓、开采工作面、掘进点位等测量内容，真实还原地下作业空间的形态变化[1]。工程施工阶段会产出基建布设、管线铺设、支护结构等工程测量数据，记录矿山配套设施的建设状态。各类数据覆盖矿山全作业流程，构成数字化建设所需的完整数据素材，为数据集成工作提供充足的信息来源。

1.2 矿山测量数据多维属性与特征分析

矿山各类测量数据具备差异化的信息属性，能够对应不同的数字化应用场景。地表地形数据具备静态固化属性，空间参数长期保持稳定，可作为矿区整体规划的基础参照。井下巷道与工作面数据具备动态可变属性，开采作业推进过程会持续改变空间形态，数据内容会随生产活动持续变动。工程测量数据具备专项专属属性，内容对应特定施工项目，信息精度与记录标准具备较强针对性。所有测量数据具备统一的空间关联属性，能够依托矿区空间坐标体系建立联系，为数据整合提供基础条件。

1.3 测量数据一体化集成的内在逻辑关系

测量数据一体化集成以矿区空间构架为核心脉络，完成各类信息的统筹整合。静态地表数据搭建矿区整体空间基底，划定所有作业数据的空间参照范围。动态井下测量数据填充基底框架的内部内容，细化地下作业空间的细节信息。工程测量数据补充局部区域的精细化参数，完善整体数据结构的细节维度。各类数据按照基底搭建、内容填充、细节完善的递进方式形成关联，打破单一数据独立存在的状态，构建层次清晰、互相关联的数据整体结构。

1.4 数字化场景下测量数据集成的适配要求

数字化矿山智能化运转，对测量数据集成划定硬性执行标准。集成工作首要完成空间基准统一，统一坐标参照体系，杜绝坐标参数错位引发的空间模型失真。集成体系需要贴合矿山动态生产节奏，跟随采掘、巷道施工的工况变动同步刷新测绘资料。针对全站仪、三维激光扫描仪等设备输出文件格式互不兼容的问题，统一文件存储与编码格式，降低数据对接处理难度[4]。完成格式规整后开展数据清洗作业，剔除粗差、重复记录等无效信息，压缩冗余数据体量。多维度约束条件共同落地，经过标准化处理的测量资料能够灵活对接矿山仿真建模、采掘调度、巷道运维等全部数字化业务场景。

2 矿山测量数据一体化集成关键技术体系

2.1 多源矿山测量数据融合处理技术

矿山现场测量工作依托多样设备与采集方式开展，产出的数据来源不同、结构不同、信息维度不同。融合处理技术针对繁杂的原始测量数据开展针对性加工，解决数据零散、维度割裂的问题。该技术可以对空间地

形、井下巷道、工程点位等不同类型的测量信息进行筛选梳理，剔除采集过程中产生的无效信息与异常数据。技术运行过程中，会深挖不同数据内部的有效信息维度，打通不同采集场景的数据壁垒。规范化的融合处理方式，能够让分散的单点数据形成完整的信息集合，为后续集成工作提供纯净、有效的数据原料，支撑矿山测量数据一体化集成的有序推进。

2.2 测量数据标准化转换与统一映射技术

不同采集设备生成的测量数据会存在格式、坐标参数、记录规范的差异，这类差异会阻碍数据集成推进。标准化转换技术可以对各类异构测量数据进行格式规整，统一矿区测量数据的录入与存储规范。统一映射技术以矿区固定空间坐标框架为基础，将各类零散测量点位、空间信息、工程数据对应映射至统一空间基准。技术应用过程中，可修正采集环节产生的参数偏差，统一各类数据的计量与表达规则。规整后的测量数据能够适配数字化矿山的整体运行框架，消除异构数据对接过程中产生的衔接障碍。

2.3 矿山测量数据联动关联与整合技术

矿山各类测量数据存在紧密的空间与业务联系，独立存储的数据无法发挥整体应用价值。联动关联技术以矿区空间位置与作业流程为线索，搭建不同类型测量数据的内在联系。技术可以串联静态空间数据与动态作业数据，打通工程测量与环境点位测量的信息链路。整合技术会对建立关联后的各类数据进行重组排布，按照矿区作业场景、空间层级完成数据归类收纳。这套技术能够重构零散数据的组织结构，让各类测量信息形成相互贯通的整体结构，适配数字化矿山一体化的数据应用模式。

2.4 测量数据动态同步与实时归集技术

矿山开采与井下作业状态始终处于动态变化之中，测量数据会随现场工况持续更新。实时归集技术针对现场新增、变更的测量信息进行快速采集与收纳，缩短数据留存的滞后周期。动态处理机制可以对存量数据进行动态更新替换，及时替换失效、过时的测量信息，留存贴合现场实际工况的有效数据。技术运行全程保持自动化、常态化的运行状态，维持矿区测量数据的时效性与准确性。稳定的数据更新归集模式，能够保障数字化矿山数据资源始终匹配现场作业的真实状态，为一体化集成应用提供长效数据支撑。

3 数字化矿山测量数据一体化集成应用架构

3.1 测量数据集成总体架构设计

数字化矿山的数据集成工作，需要完善的架构体系作为核心支撑，承载各类测量信息的流转、加工与实际应用。整体架构设计立足矿山数字化建设的整体方向，围绕现场生产管控、空间规划、工程运维等核心需求统筹布局。设计思路打破传统分散式数据处理模式，以一体化数据统筹为核心目标，贯通数据接入、格式规整、融合处理、场景输出等全流程环节[3]。架构内部划分清晰的功能区域，明确各环节的处理规范、流转路径与交互形式，搭建完整的数据运行链路。科学合理的总体架构，能够为分层搭建、模块配置、逻辑运行提供稳定框架，让数据集成全流程保持规范、有序的实施状态。

3.2 测量数据分层集成架构搭建

矿山测量数据来源渠道繁杂，信息维度、精度标准与适用场景均存在明显差异。单一的数据处理模式无法适配复杂的数据结构，分层架构可依据数据本身的属性区别，完成有序归类与分步处理。架构底层负责接纳、筛选与规整原始测量数据，剔除采集阶段产生的错误信息与冗余内容，统一各类异构数据的基础格式与计量基准。架构中层开展深度数据加工，梳理空间位置、工程点位、作业区域之间的内在关联，实现数据资源的重构与梳理。架构顶层对接各类实际应用场景，对整合完成的数据进行分类输出，满足矿区空间规划、井下作业管控、工程建设管理等数字化工作需求。层级递进的搭建方式可以规整数据处理流程，有效提升数据集成的有序性与实用价值。

3.3 多模块测量数据联动集成架构配置

数字化矿山由多项业务板块共同构成，不同业务板块对应的测量数据，拥有专属的内容特点与应用标准。多模块集成架构针对各类业务场景设置独立运行单元，精准适配差异化的数据处理要求。空间测绘模块主要整合矿区整体地形与边界测绘信息，井下开采模块重点梳理巷道形态、工作面布设等动态数据，工程建设模块专门规整施工点位、支护结构、管线布设等工程相关测量内容。各模块依据对应业务规范完成初步数据加工，再汇入整体集成框架，实现跨领域数据资源互通。模块化配置方式既能保留各类业务数据的专业精度，又能实现多维度数据的有机融合，适配矿山数字化建设的多元化运行需求。

3.4 测量数据一体化集成的运行架构逻辑

这套集成架构具备完整、独立的内部运行逻辑，规范测量数据从接入、处理到落地应用的全流程。整体运行遵循逐层加工、分域汇聚、全域复用的核心思路，依托架构固有规则完成整套数据处理工作。外部采集的测量数据进入架构体系后，首先通过标准化处理完成格式规整与内容提纯。分层架构根据数据属性完成逐级整

合，弥补单一数据维度覆盖不全的短板。各模块处理完毕的数据汇聚至统一资源池后，结合数字化矿山的各类应用场景完成分类输出。整套运行逻辑形成完整闭环，让测量数据集成流程具备规范的操作依据，为数字化矿山常态化运行提供可靠的数据保障。

4 数字化矿山测量数据一体化集成优化与拓展路径

4.1 多源测量数据集成的适配性优化路径

矿山各类测量数据来源渠道复杂，采集设备、作业场景、录入标准存在客观差异，极易造成集成对接过程中的适配偏差。适配性优化围绕数据对接壁垒、格式差异、场景不匹配等问题展开，针对性完善数据集成的对接机制。优化工作从数据源头开展规范梳理，细化不同采集场景的数据录入标准与整理规范，减少原始信息存在的差异化缺陷[4]。结合矿山生产场景的动态变化特点，调整数据集成的处理规则，兼容不同精度、不同维度的测量信息。优化流程可以弱化异构数据的对接阻碍，提升各类测量数据融入集成框架的兼容能力，让数据处理流程适配矿山多样化的生产作业场景。

4.2 测量数据集成体系的协同性优化方式

测量数据集成涉及多层架构、多个业务模块，各环节处理流程独立运行时，容易出现信息衔接断层、资源互通不足的问题。协同性优化聚焦各处理单元的交互链路，完善数据流转的内部衔接机制。梳理分层架构的数据传递流程，打通层级之间的信息交互通道，消除层级壁垒带来的信息阻滞。优化各业务模块的数据交互规则，建立统一的资源互通标准，强化不同板块数据资源的流转效率。调整数据处理的流转优先级，匹配矿山生产与管理的实际需求，让数据资源可以高效流转于整套集成框架，提升整体运行的流畅程度。

4.3 数字化矿山场景下数据集成模式拓展方向

矿山数字化建设持续推进，生产作业范围不断延伸，管控场景逐步丰富，传统集成模式难以覆盖全新的数字化应用需求。数据集成模式的拓展，立足矿山数字化发展的整体趋势，挖掘数据集成的多元应用潜力。依托现有集成架构，延伸数据处理的覆盖范围，纳入新型作业场景与新增工程点位的测量信息。丰富数据集成的处理维度，从基础的空间信息整合，逐步延伸至作业流程、工程运维、空间管控等多维度信息融合。拓展数据输出的应用形式，适配矿山智能管控、空间分析、工程研判等数字化功能，让集成模式适配矿山数字化建设的升级节奏。

4.4 测量数据一体化集成的长效完善路径

矿山生产状态始终处于动态更新过程，数据结构、作业场景、管控需求都会随生产推进持续迭代。长效完善路径立足长期数字化建设需求，搭建可持续迭代的数据集成发展模式。根据矿山现场作业的迭代变化，更新数据集成的规整标准与处理规范，适配全新的数据结构与场景特征。定期梳理集成流程存在的短板问题，优化数据处理、流转、输出的各个环节，持续提升集成质量[5]。结合行业数字化发展趋势，吸纳先进的数据处理思路，迭代现有集成架构与运行模式，维持测量数据集成体系的先进性与实用性，为矿山长期数字化建设提供稳定支撑。

结束语

数字化矿山测量数据一体化集成属于系统性的数据改造工作，开展数据构成梳理、集成逻辑分析、关键技术应用与架构搭建，能够完善矿山数据处理的整体流程。通过优化数据集成适配能力与内部协同效果，丰富数据集成的场景应用形式，建立常态化的数据更新与优化机制。成套集成思路可以规范矿山多源测量数据的处理流程，提升各类数据资源的利用效能，有效支撑矿山数字化运维、生产管控、空间治理等各项常态化工作有序开展。

参考文献

[1]沈璇,肖品,沈艳.矿山地质测绘中数字化测量手段的运用探究[J].中国金属通报,2026(12):141-143.

[2]吴成开.数字化测绘技术在矿山地质测量中的应用分析[J].价值工程,2026,45(12):109-111.

[3]王鑫.数字化测绘技术在矿山地质工程测量中的应用[J].西部探矿工程,2026,38(6):162-164,168.

[4]韩向阳.数字化测量技术在矿山测量中的应用[J].内蒙古煤炭经济,2024(16):154-156.

[5]吕超迪,李宾.数字化测量技术在矿山地质勘查中的创新与应用[J].张江科技评论,2025(6):75-77.