

露天水泥数字矿山数据资产管理及其应用

栾建 牛会朋 司文倩

日喀则市雅曲新型建材有限公司

DOI:10.12238/gmsm.v8i3.2207

[摘要] 随着物联网、人工智能等新一代信息技术的飞速发展,露天水泥数字矿山正在经历从生产环节的信息化、自动化向全流程、全业务域深化信息资源共享、数据资源规范管理、业务智能联动的深度智能化、精细化变革。数字矿山深度智能化管理需要统一数据中台支撑,通过集成资源管理、生产调度、设备监控、安全预警等系统,构建覆盖“穿孔-爆破-采装-运输-配矿”全流程的智能管控体系。然而,当前露天水泥矿山数字化建设过程中,通常产生海量异构数据,若未能有效治理,其潜在价值将难以释放。因此数据治理及数据资产管理成为露天水泥数字矿山智能化转型中的核心环节。

[关键词] 数据资产治理; 露天水泥矿山; 数字孪生; 智能化应用; 数据驱动决策

中图分类号: TD21 文献标识码: A

Open pit cement digital mine data asset management and its application

Jian Luan Huipeng Niu Wenqian Si

Rikaze Yaqu New Building Materials Co., LTD.

[Abstract] With the rapid advancement of next-generation technologies like the Internet of Things (IoT) and artificial intelligence (AI), open-pit cement digital mines are undergoing profound intelligent transformations. These shifts extend from production informatization and automation to comprehensive information resource sharing, standardized data management, and intelligent business coordination across all operational domains. The implementation of intelligent management in digital mines requires a unified data platform that integrates resource management, production scheduling, equipment monitoring, and safety alert systems. This establishes an intelligent control system covering the entire mining process: drilling, blasting, extraction, transportation, and ore dressing. However, current digitalization efforts in open-pit cement mines often generate massive volumes of heterogeneous data. Without effective governance, the potential value of this data remains untapped. Consequently, data governance and asset management have become pivotal elements in the intelligent transformation of open-pit cement digital mines.

[Key words] Data asset governance; open-pit cement mining; digital twin; intelligent applications; data-driven decision-making

引言

在露天水泥矿山数字化转型背景下,矿山积累了海量多源数据。本文旨在探讨如何系统化管理这些数据资产,并通过大数据、人工智能等技术对其进行深度赋能,实现生产流程的优化、决策的科学化与成本的集约化,最终推动矿山向智能化、绿色化发展,提升企业核心竞争力。

1 国内外露天水泥矿山数据资产管理

1.1 露天水泥矿山数据资产赋能成果

当前国内露天矿山智能化建设已形成多层次推进格局,其核心特征体现在技术应用场景化、系统整合平台化与数据驱动决策三大方向,典型模式如天津水泥院“1+3+1”架构、中建材

信息“164体系”等。通过三维地质孪生模型实现矿区动态可视化,依托5G+工业互联网实现设备互联与实时数据回传,如矿车厘米级定位、边坡毫米级形变监测等,显著提升了生产协同效率与风险防控能力。

目前国际领先矿业集团的数字化实践更侧重于系统自治性、数据流动性与跨平台协同,在底层架构设计上具有前瞻性,如加拿大First Quantum Minerals在巴拿马Cobre Panama铜矿应用了全域感知网络,通过部署分布式传感器集群与边缘计算节点,实现了开采设备的预测性维护与能源动态优化,其采用的无人运输调度系统和实时地质分析平台被视为行业标杆。欧洲研究团队提出“可扩展组合数字孪生框架”(Scalable

Compositional Digital Twin), 在试验性露天矿中实现了生产管理的革命性突破。澳大利亚力拓集团的智能矿山项目引入自主决策算法, 在Pilbara铁矿区实现了从钻孔爆破到矿石装载的全流程闭环优化。系统通过机器学习动态调整爆破参数, 使大块率大幅降低, 破碎机能耗有效控制。

2 数据资源管理的核心挑战与突破

2.1 数据孤岛与异构性问题

大量露天水泥数字矿山在生产、安全、环保等领域的系统独立建设, 数据标准不统一, 利用率不足。矿山生产链条涵盖地质勘探、穿爆设计、采装运输、边坡监测、资源回收等多个环节, 各系统往往采用独立数据标准和通信协议, 导致信息形成数据孤岛, 难以形成决策合力。

2.2 数据质量与时效性不足

在数据采集环节, 部分设备、场景存在传感器部署盲区, 且部分场景下PLC支持OPC UA的普及率较低, 工业协议适配性差, 导致关键参数缺失。在传输和存储环节, 部分偏远项目网络基础设施建设薄弱, 无人驾驶矿车在矿区运转时容易信号中断, 存在一定的数据丢包率, 人工台账更新率低且数据质量较差等问题。同时, 露天矿作业环境具有强动态性、高不确定性特征, 对数据时效性提出严苛要求。

2.3 组织架构缺失与人才短缺

露天矿山在数据资源管理上即将面临由数字化、信息化建设向数据价值挖掘的进化阶段。当前核心矛盾体现为数据规模指数级增长与管理能力线性提升之间的落差, 现有数字矿山亟需通过技术架构革新与管理模式升级破局。目前大多数露天矿山企业未设立专职数据治理部门, 矿山业务部门与系统IT部门权责模糊, 缺乏多级治理体系。与此同时, 既懂采矿工艺又通数据分析的复合型人才严重不足。上述诸多因素阻碍着数据驱动决策的战略升级。

2.4 基础设施与成本约束

部分矿山基础设施较差, 网络部署覆盖率低, 智能设备引进后作业效果差, 智能化成本投入大、智能化设备产能未发挥理想效果, 导致智能化改造成本回收周期较长。

3 露天水泥数字矿山数据资源管理

3.1 矿山数据资源管理架构建设核心

3.1.1 项目级数据资产管理需重视业务本身

数字矿山项目数据资产管理的核心是安全、生产、效率、成本, 只有围绕上述要素开展业务才能助力赋能数字矿山业务实现“看得见、管得住、用得好”。相较于企业级的数据治理工作, 矿山一线生产企业更需要关注业务本身, 赋能业务产生价值将是数据资产管理与应用的立足之本。

结合当前矿山一线生产企业的核心需求, 数据资产管理与应用需要聚焦业务核心痛点, 即明确数据治理会帮助企业解决什么问题。应制定短期目标, 避免过分追求“大而全”的标杆项目, 而应该着手推进“短平快”的数据资产管理与应用实践工作。与此同时, 企业应着手设置“虚拟团队”对数据资产进行管理,

结合实际生产情况, 矿企很难设置专职数据管控团队, 因此设置“虚拟团队”, 实现维持企业正常运转的同时, 对数据管理工作确权与分工, 保证数据治理工作质量, 为后续数据资产赋能企业生产创新筑牢可靠保障。

3.1.2 高质量一线生产数据是智能矿山“生命源”

要保证矿山一线生产企业创造的数据资产质量, 首先需要制定一套统一的数据标准, 该标准需要在兼容集团统一的数据标准、模型、编码规则的同时, 对矿山层面特有数据, 如采矿设备参数、原矿品位代码等制定本单位实施标准细则。同时数据标准的制定应以“实用性强、可操作性优”为原则。如一线员工仅需使用手簿进行简单操作即可录入关键数据, 减轻数据管理人员的工作负担和时间成本。同时数据资产管理工作应该加强主数据管理, 抓牢“核心资产”和“关键流程”, 对于矿山企业生产过程中优先级高的设备、人员、生产相关数据需要优先治理。

3.1.3 健全数字底座是数据资产赋能的基础

矿业一线生产企业建立完善的数据底座是将数据治理工作与矿山业务深度融合并实现数据驱动、智能生产的关键工作。作为数据源的驱动器和数据输送的核心通道, 数据底座实现了对数据资源的“采、存、管、算”, 向企业的数据使用者提供质量保证、来源稳定的数据资源, 为企业后续搭建数据中台, 结合应用场景利用数据资产赋能业务打下坚实基础。构建数据底座的核心目标是: 提供干净、标准、易用、安全的数据和服务, 以支撑上层各类智能应用快速开发与迭代。

3.2 露天水泥矿山数据资源管理架构分层

3.2.1 数据源层

露天矿山一线生产企业在进行数据资产管理时应遵循优先抓牢“主数据”的原则, 针对涉及矿企核心业务价值的核心数据, 如地质资源数据、生产数据、安环数据、设备资产数据、人员资产数据等核心业务链条关键数据。“主数据”来源主要涉及到矿山生产经营管理及辅助设计的各个系统、核心指标重点监管的传感器单元、人员统计数据等。对于生产活动中产生的非核心业务数据, 应结合企业管理人员对生产经营管理的实际需求, 结合数据管理员对数据获取、维护成本的评估进行判断是否需要实施数据入表入库, 分配责任人进行专项治理工作。

3.2.2 数据集成与存储层

露天水泥数字矿山的数据资源采集手段有多种渠道, 针对不同数据来源、用途、形式, 数据采集人应该结合实际情况采取适当的采集方法。对于矿山生产管理有直接决策导向的地质资源数据, 如地质模型、矿石品位、储量数据等, 多采用钻孔勘探、激光扫描等手段获取。对于露天数字矿山生产中较为核心的生产运营数据, 特别是穿爆、采运、质量管理等核心生产环节中涉及的重要数据, 如穿孔定位、装药结构、爆破振动、无人驾驶定位、矿卡实时能耗、配矿计算数据等, 多由相关系统操作日志、设计结果文件、输入文件、配置参数等途径获取。

矿山数据资源在获取之后,需要针对异构数据特性进行分层存储,例如现场爆破振动、矿车运行状态等需要持续采集的数据,采用轻量级TSDB技术进行存储,使得此类时间序列数据的存储、处理和查询更加高效。

3.2.3 数据治理与管控层

露天水泥矿山数据资产管控模型的逻辑架构基本实体包括六个层次:业务单位、地质单元、爆区、破碎、运输、厂区。这六个基本实体之间存在着向下包含的父子约束关系,即业务单位、地质单元、爆区、破碎、运输、厂区逐级关联。通过这六个级别的基本实体可以将勘探开发的所有业务数据串联起来,从而形成一个严谨的体系。数据架构设计是从技术的角度对矿企的数据资产进行统筹规划,完善的数据架构能确保数据资产被高效、可靠、安全的使用。设计矿企数据架构时需要充分考虑企业业务需求和技术点,业务体现需求,技术体现能力,充分的规划数据架构能有效的将现有的数据资产与技术优势相匹配,充分兑现业务需求。

数据管控层的建立,矿企需抓住以下三个方面作为建设要点:

(1)组织与职责:矿企应设“虚拟团队”,充分且合理拆分数据治理专项工作任务,在项目公司层级设立数据资源管理专员,实现与数字化部门等数据资源赋能转换部门的数据资源对接工作,确保数据资源质量可靠、来源稳定,IT部门可以充分利用数据资源实现对业务赋能。

(2)制度与流程:矿企内部应制定数据治理专项工作管理文件来实现对数据资源管控人员职责认定、制作矿山数据资产管理标准、设计并固化数据资源全业务链流程。

(3)数据资源管理体系建设:健全元数据管理、数据目录建设、数据质量管理、主数据管理、数据血缘与影响分析、数据安全与隐私管理、数据资源价值评估。

(4)数据服务化:数据服务化是数据治理的前期目标,重点在于使数据更容易获取并使用,使用者更容易理解其含义。数据服务化的核心工作在于数据的产品化和API化,使得数据成为一个好用的产品。

为了推进数据服务化工作,矿企数据分析部门,应当储备矿山业务知识,能够对业务需求充分理解,利用数据资产为物料,创造具备业务价值的产品。与此同时,重要环节数据本身具备一定的市场价值,在不影响公司生产运营安全的前提下,可以建立数据服务网站,上架经过清洗过滤打包好的数据资产包,直接开展数据销售业务。对于受众青睐的高价值数据资产,应加强安全监管,防止数据被盗取,盗采。对内支撑矿山生产运营相关业务活动的数据资产,应当确保数据资产的高质量、可信赖。通过数据共享服务将数据资产以标准接口的方式提供给其他系统使用,实现数据价值落地。

4 露天水泥矿山数据资产赋能应用

在完成数据资产管理的基础下,矿企可结合手上的数据资产结合业务场景进行业务赋能工作,以此来体现数据治理工作的实际价值。数据应用部门可结合企业自身业务需求与自身数字化能力,结合实际矿企痛点场景进行业务赋能。数据资产赋能业务主要集中在提升生产效率、提升用户体验、数据资产产品化三个方向。对于水泥露天矿山生产场景,应重点考虑从提升生产效率的角度为企业赋能。

在矿石质量管理与交易环节中,矿企管理人员可以结合矿石产能数据、矿石加工能力指标、矿石市场需求数据等,通过大数据模型技术生成矿石供需关系匹配大模型,部署至矿石物流交易在线系统实现矿企生产、调度、销售全流程管理。

在矿山设备运转维检环节中,硬件工程师可以结合物联网传感器采集的设备零件震动、运转速度、温度等时序数据,结合设备损耗特征曲线进行实时拟合,实现对设备易损工况的监控管理,从而实现对设备损耗的管控。

在矿山安全监管环节中,矿山安环管理员可以根据矿山安环重点监管区域部署的传感器,实时接收监管矿山污水排放、粉尘污染、爆破振动、边坡位移等安环监测参数,系统接入国家及地方相关治理标准,对污染或安全告警区域实时甄别判断,从而实现全矿区的安全与环保重灾区治理。

5 结束语

在露天水泥数字矿山由数字化向智能化、无人化转型的过程中,数据资产管理与应用已经成为关键要素,矿企管理者需要充分重视数据潜在价值、磨炼数据管理意识、培养数据赋能手段,充分理解其价值并着手实现企业数据资产管理与资产赋能生产的实践,水泥数字矿山大数据经过统一的数据治理之后,能够实现数据的融合应用,打破数据孤岛,提升数据质量,形成石灰石矿山独有的数据资产,为水泥生产运营提供重要价值。

【参考文献】

- [1]谭睿,魏志恒,温士苇,等.智慧矿山的数据治理体系和应用场景研究[J].煤炭科技,2025,46(01):28-33.
- [2]韩培强,冯智愚,王海,等.煤矿数据治理特点及发展路径分析展望[J].智能矿山,2024,5(04):9-15.
- [3]尚伟栋,王海力,张晓霞,等.基于对象模型的煤矿数据采集融合共享系统[J].工矿自动化,2024,50(01):17-24.
- [4]李成艳,张进铎,马迅飞,等.基于SeisBase模型的地震勘探成果数据管理系统设计[J].计算机时代,2017,(02):38-40.
- [5]熊方平,马进山,陈新燕,等.中国石油一体化勘探开发数据模型研究与实践[J].信息技术与信息化,2011,(03):49-55.

作者简介:

栾建(1969—),男,汉族,山东菏泽人,本科,从事的研究方向或工作领域:露天水泥数字矿山多源异构数据融合架构与高效治理策略探究。