

矿产资源储量动态 DMS 管理研究

——以铜矿、金矿和镍矿为例

刘峰

矩阵资源（浙江）有限公司

DOI:10.12238/gmsm.v8i2.2172

[摘要] 本文以铜矿、金矿和镍矿为例,系统研究矿产资源储量动态DMS管理。文章首先阐述了动态管理的理论基础,然后分析了三类矿产的管理现状,并结合大红山铜矿等实践案例,验证了三维建模、物联网及大数据技术在提升管理精度与资源回收率方面的有效性。最后指出了当前存在的三大问题,针对性提出构建智能传感网络、融合机器学习算法优化动态估算模型、开发模块化管理系统等对策。研究表明,深化信息技术应用是实现矿产资源储量智能化动态管理的关键路径。

[关键词] 矿产资源储量; 动态管理; 铜矿; 金矿; 镍矿

中图分类号: P96 **文献标识码:** A

Research on DMS Management of Mineral Resource Reserve Dynamics: A Case Study of Copper, Gold and Nickel Ores

Feng Liu

Matrix Resources (Zhejiang) Co., Ltd

[Abstract] This paper briefly introduces the importance of dynamic management of mineral resource reserves, and expounds the purpose, method and main conclusions of this paper. It is emphasized that through dynamic management, we can better grasp the changes in copper, gold and nickel ore resource reserves, and provide a scientific basis for the rational development and utilization of resources.

[Key words] mineral resource reserves; dynamic management; Copper ore; Gold mine; Nickel ore

引言

随着全球经济的发展,矿产资源的需求不断增加,合理管理和利用矿产资源成为重要课题。矿产资源储量动态管理是矿产资源管理的核心内容,对于实现资源的可持续利用具有重要意义。本文探讨矿产资源储量动态管理的理论和方法,以铜矿、金矿和镍矿为例,分析其动态管理的现状和存在的问题,并提出相应的对策和建议。

1 矿产资源储量动态管理的理论基础

1.1 动态管理的定义

矿产资源储量动态管理是一种以时空连续性为核心特征的管理范式,它突破了传统储量估算中“单点切片”式的静态统计模式,转而构建覆盖资源全生命周期的四维数据模型(三维空间+时间轴)。其本质是通过整合地质勘探、开采工程、市场价格、技术经济参数等多元变量,形成对储量数量、品质及经济性的实时感知-反馈-优化闭环^[1]。这一过程不仅涉及地质储量的物理属性(如品位、厚度、形态)的动态修正,更需纳入经济可采性(如

成本曲线、技术替代性)与社会环境约束(如碳足迹、生态修复成本)的动态权衡。

1.2 动态管理的重要性

在全球化竞争与资源约束加剧的双重压力下,动态管理的战略价值体现在三个层面:

风险规避的“预警器”:传统储量报告往往滞后于生产实际,导致企业因资源枯竭而陷入被动。动态管理通过实时数据流(如采矿工程日志、品位控制数据)与机器学习算法的结合,可提前6-12个月预测储量消耗速率,为产能调整、技术升级或并购决策提供科学依据。

价值创造的“放大器”:在资源价格波动周期中,动态管理可捕捉“隐形储量”。例如,当金价突破2000美元/盎司时,传统边界品位(如0.5克/吨)以下的低品位矿石可能因技术经济参数变化而具备开采价值。

政策协同的“接口层”:在“双碳”目标下,动态管理需整合碳足迹、生态修复成本等非传统变量。例如通过构建包含环

境成本的动态净现值 (NPV) 模型, 可引导企业优先开发低环境代价的矿段, 或通过碳交易收益弥补低成本矿段的开发亏损, 实现资源开发与生态保护的动态平衡。

1. 3 动态管理的关键技术

动态估算技术是动态管理核心, 矿体关键参数随开采变化。

以克里金法 (公式: $Z^*(x_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(x_i)$, $Z^*(x_0)$ 为待估点估值, λ_i

为权重, $Z(x_i)$ 为已知点值) 为例, 结合传感器采集的地质、开采数据建模。如下表, 对比传统与动态估算某矿体储量, 动态估算误差率从 15% 降至 5%, 精度大幅提升, 为开采计划提供可靠依据。

估算方式	储量估算值 (万吨)	误差率
传统估算	120	15%
动态估算	130	5%

历史记录管理技术是动态管理的“记忆库”, 用大数据与智能检索算法管理海量历史数据。如分析某矿区设备故障记录, 发现某型号钻机故障率在开采 3 个月上升 20%, 据此提前维护, 减少停机时间。矿体自动连接技术在复杂地质下, 利用三维建模等技术连接分散矿体信息。某不规则矿体经该技术处理, 构建的模型与实际开采误差小于 3%, 为开采方案提供直观准确依据。动态输出技术以多样化形式输出动态管理成果, 帮助决策者快速把握全局, 做出科学决策。

2 铜矿、金矿和镍矿资源储量动态管理现状

2. 1 铜矿资源储量动态管理现状

以大红山铜矿为例, 其在铜矿资源储量动态管理方面积极引入前沿技术, 构建了颇具成效的动态管理系统。该矿借助先进的三维矿业软件, 搭建起集数据采集、处理、分析与可视化于一体的综合管理平台。通过这一平台实现了矿山资源储量动态管理与软件应用成果的无缝对接, 管理人员可实时获取资源储量的空间分布、品位变化等关键信息, 为开采计划的制定与调整提供了精准依据, 极大提高了管理效率与决策的科学性^[2]。但当前铜矿资源储量动态管理仍面临诸多棘手问题。

2. 2 金矿资源储量动态管理现状

在金矿资源储量的动态管理进程中, 对伴生矿物综合利用情况的考量至关重要。金矿并非单一存在, 常与黄铁矿、毒砂等矿物相伴而生。黄铁矿中除含硫外, 部分还伴生有金、银等贵金属及钴、镍等有色金属; 毒砂除含砷外, 也可能含有一定量的金。在动态管理时, 若能高效实现这些伴生矿物的综合回收利用, 不仅能显著提升资源利用率、增加经济效益, 还会直接作用于资源储量的动态变化。比如, 当伴生矿物回收技术提升、回收率提高, 原本被视为废石的物料中能提取出更多有价值成分, 相当于变相增加了可利用资源储量; 反之, 若回收不佳, 大量伴生矿物随尾矿

丢弃, 会使资源储量看似“减少”。低品位矿石的资源化利用问题是金矿资源储量动态管理的一大难点。低品位矿石中金含量低, 传统开采与选冶方法成本高、收益低, 企业缺乏开发动力。

2. 3 镍矿资源储量动态管理现状

镍矿资源储量动态管理是一项复杂且需高度结合实际生产环节的工作, 必须紧密围绕其开采和选矿工艺特点来开展。镍矿主要分为硫化镍矿和红土镍矿, 二者在开采与选矿工艺上大相径庭, 这也直接导致其资源储量动态变化呈现显著差异。硫化镍矿通常埋藏较深, 多采用地下开采方式, 开采时需构建复杂的井巷工程, 选矿则常借助浮选法, 通过添加多种药剂使镍矿物与其他脉石矿物分离, 此过程中工艺参数的细微波动都可能影响镍的回收率, 进而使资源储量估算产生偏差^[3]。红土镍矿多露天开采, 但矿石品位低、成分复杂, 选矿常采用高压酸浸或火法冶炼工艺, 不同工艺路线下资源利用率不同, 资源储量也会随之动态变化。在镍矿资源储量动态管理中, 矿山开采过程中的资源损失和贫化问题尤为突出。在开采环节, 由于地质条件复杂多变、开采技术手段有限, 部分镍矿体可能无法被完全开采出来, 造成资源损失; 开采过程中混入大量废石, 使矿石品位降低, 即出现贫化现象, 这不仅影响资源储量的准确估算, 还会降低后续选矿效率, 增加生产成本, 制约镍矿资源的可持续开发利用。

3 矿产资源储量动态管理的实践案例

3. 1 大红山铜矿动态管理实践

大红山铜矿构建的动态管理系统功能完备, 在数据采集、处理与分析等环节成效显著。数据采集上, 系统整合多源设备, 通过安装在矿区的三维激光扫描仪精准获取矿体表面形态数据, 借助钻孔测斜仪、采样钻机等设备, 实时采集钻孔轨迹、岩心样本品位等关键地质信息, 实现全方位数据覆盖。数据处理时, 运用先进算法对海量原始数据清洗、分类与整合, 剔除无效数据。分析环节, 借助三维地质建模与机器学习算法, 动态模拟矿体形态变化、预测品位分布趋势。该系统优势明显, 极大提高了管理效率与精度。以往人工统计数据耗时费力, 如今系统自动处理, 管理决策响应速度提升数倍; 精准的数据分析与模拟, 使资源储量估算误差大幅降低, 为科学开采提供坚实支撑。

3. 2 其他矿山的动态管理实践

在铜矿领域, 德兴铜矿运用物联网技术, 在矿区关键区域部署大量传感器, 实时采集矿石品位、设备运行状态等数据, 结合数字孪生技术构建虚拟矿山模型, 直观呈现生产动态, 便于快速决策, 使资源回收率提升约 3%。金矿方面, 紫金山金铜矿搭建大数据分析平台, 整合地质、采矿、选矿等多环节数据, 利用数据挖掘算法优化采选参数, 降低低品位矿石处理成本 15%, 同时提高伴生元素综合利用率。镍矿中, 金川镍矿引入智能采矿装备, 实现远程操控与自动化作业, 减少人工误差, 并基于 GIS 系统动态更新资源储量信息, 开采计划制定时间缩短一半。对比来看, 各矿山均重视数据驱动决策, 但技术融合深度有别。成功经验在于善用新兴技术, 不足在于部分矿山系统兼容性欠佳, 数据共享不足, 影响整体管理效能。

4 矿产资源储量动态管理存在的问题及对策

4.1 存在的问题

4.1.1 数据采集与更新之困

在矿产资源储量动态管理中,数据采集和更新不及时是首要难题。矿山地质条件复杂多变,开采作业持续推进,但部分企业仍依赖传统人工测量与手动记录方式,效率低下且易出错。一些偏远矿区因通信网络覆盖不足,采集的数据难以及时传输。数据更新机制不健全,未形成定期核查与实时修正的闭环流程,导致资源储量信息滞后于实际生产,管理者无法及时掌握资源动态,错过最佳决策时机,甚至可能引发过度开采或资源闲置等问题。

4.1.2 估算方法精度之殇

估算方法不够准确是制约资源储量动态管理的一大瓶颈。目前,不同矿种、不同地质条件下,估算方法适用性差异大,部分企业仍采用简单经验公式或传统地质统计学方法,难以精准刻画复杂矿体形态与品位分布^[4]。面对低品位矿石、伴生元素等复杂情况,估算误差更大。这不仅影响资源储量的动态变化分析,使企业难以制定科学合理的开采计划,还可能导致资源评估失真,在资源交易、融资等活动中处于被动。

4.1.3 管理系统功能之缺

管理系统功能不完善,难以满足矿山企业实际需求。现有系统多侧重于基础数据存储与简单报表生成,缺乏深度数据分析、智能预警与决策支持功能。例如,无法根据实时数据动态模拟资源开采过程、预测资源枯竭时间;对突发地质灾害、设备故障等风险缺乏有效预警机制。系统界面复杂、操作繁琐,员工培训成本高且与其他业务系统集成度低,数据流通不畅,形成信息孤岛,阻碍企业整体管理效率提升。

4.2 对策建议

4.2.1 强化数据采集更新管理

矿山企业应构建全方位数据采集网络,在矿区关键区域、开采设备上加装高精度传感器,实现矿石品位、矿体形态、设备运行等数据实时抓取。搭建基于5G或卫星通信的数据传输专线,确保数据稳定回传。建立实时监测系统,设定数据更新频率与阈值,一旦数据变动超出范围,自动触发核查流程,由专业人员实地校验并修正,保障资源储量信息与实际开采进度高度同步,为决策提供鲜活数据支撑。

4.2.2 精研资源估算优化方法

邀请地质、采矿等多领域专家,结合矿区实际地质条件,引入机器学习算法与三维地质建模技术,对传统估算方法改良升级。针对复杂矿体,构建多元变量估算模型,纳入更多地质参数与开采变量,降低估算误差^[5]。定期开展方法验证与校准,通过与实际开采数据比对,持续优化模型参数,提升资源储量估算精度,助力企业精准规划开采节奏。

4.2.3 完善动态管理系统功能

基于企业实际需求对动态管理系统进行“模块化”升级。增设智能分析模块,可自动生成资源开采趋势图、风险预警报告;添加决策支持模块,模拟不同开采方案下资源利用效率与经济效益。强化系统稳定性,采用分布式存储与容灾备份技术,保障数据安全不丢失。简化操作界面,开发移动端应用,方便员工随时录入数据、查询信息,提升系统的实用性与可靠性,使其真正成为企业资源管理的“智慧大脑”。

5 总结

通过分析铜矿、金矿和镍矿资源储量动态管理的现状和实践案例,提出了相应的对策和建议。随着信息技术的不断发展,矿产资源储量动态管理将更加智能化和精准化。未来需要进一步研究如何将大数据、人工智能等技术应用于矿产资源储量动态管理。

[参考文献]

- [1]史冲,郑丽珍,刘娟.矿产资源储量动态管理的实践与思考[J].矿产保护与利用,2011(4):4.
- [2]王莉,刘修国.矿产资源储量动态管理系统的研究[J].煤炭技术,2012,31(6):2.
- [3]赵汀.矿产资源储量动态管理支持系统建设与应用[M].地质出版社,2012.
- [4]陈国旭,吴冲龙,张夏林.计算机辅助矿产资源储量动态估算与管理模型[J].吉林大学学报:地球科学版,2010,40(6):7.
- [5]张福家.浅谈矿产资源储量动态监测管理制度[J].国土资源,2003,(001):32-33.

作者简介:

刘峰(1977—),男,汉族,上海人,硕士,研究方向:矿产资源项目开发。