

露天金属矿山开采工艺优化与生产效率提升

王凡英

云南华联锌铜股份有限公司 云南 文山 663701

【摘要】：露天金属矿山生产过程中存在采装运输衔接不畅、作业参数配置不合理及设备利用率偏低等问题，制约整体生产效率提升。基于开采系统运行特点，对爆破参数、采装组织及运输调度等关键环节进行系统优化，通过流程协同与资源配置调整，实现作业环节的高效衔接。实践表明，工艺优化能够有效减少无效作业时间，提高设备利用率，促进生产节奏稳定运行，从而显著提升露天金属矿山的生产效率与经济效益。

【关键词】：露天金属矿山；开采工艺优化；生产效率；采装运输；生产组织

DOI:10.12417/2811-0528.26.10.092

引言

露天金属矿山开采规模不断扩大，生产系统逐步呈现出多环节协同运行特征。采装、运输与爆破等环节之间的衔接程度，直接影响生产节奏与资源利用水平。在实际生产过程中，作业组织不合理、设备配置不匹配以及工艺参数偏差等问题时有发生，导致效率提升空间未能充分释放。如何通过工艺优化实现各作业环节之间的协调运行，成为提升生产能力的重要途径。基于生产系统整体运行特征，对关键工艺环节进行系统分析与优化，有助于构建高效、稳定的开采模式，并为生产效率的持续提升提供技术支撑。

1 露天金属矿山开采工艺存在的主要问题

露天金属矿山开采过程中，工艺体系通常由穿孔、爆破、采装及运输等多个环节构成，各环节之间的协同程度直接影响生产运行效率。在实际生产中，穿孔与爆破参数匹配不合理现象较为常见，孔网参数设计与岩体结构特征未能充分耦合，导致爆堆块度分布不均，进而增加二次破碎作业比例，影响后续采装效率。同时，爆破振动控制不足还可能对边坡稳定性产生不利影响，增加安全管理难度。采装环节中，设备选型与生产规模之间存在不匹配问题，大型电铲与运输车辆的配套关系不合理，易出现装载等待或空驶现象。装载效率受爆堆松散程度、作业面布置及设备调度方式影响明显，若缺乏精细化组织，容易造成设备利用率下降。作业面空间布局不合理也会限制设备运行轨迹，降低采装作业连续性。

运输系统方面，运输路线设计不科学及道路维护不到位，会增加车辆行驶阻力与循环时间^[1]。矿用卡车在运输过程中存在排队等待、空载运行比例偏高等情况，反映出调度系统缺乏动态优化能力。运输组织未能结合实时生产数据进行调整，导致整体物流效率难以提升。同时，道路坡度与转弯半径控制不当，还会加剧设备磨损与能耗水平。生产组织层面，工艺衔接缺乏系统性协调，各作业环节往往独立运行，未形成统一的生

产节奏控制机制。信息化水平相对不足，生产数据采集与反馈滞后，难以及时指导调度决策。多因素叠加作用下，开采系统运行效率受到明显制约，工艺潜力未能充分释放。

2 开采工艺优化路径与关键技术措施

露天金属矿山开采工艺优化需以岩体结构特征与生产系统匹配为基础，对穿孔与爆破参数进行精细化设计。依据岩石单轴抗压强度、节理裂隙发育程度及台阶高度等因素，优化孔径、孔距与排距组合，合理控制装药结构与起爆顺序，提升爆破能量利用率，使爆堆粒径分布更加均匀，减少大块率与过粉碎现象。通过应用微差爆破技术与电子雷管系统，可实现起爆时间精确控制，改善爆破效果并降低对边坡的扰动影响，从而为后续采装作业创造良好条件。

采装环节的优化重点在于设备配置与作业组织方式的协同调整。依据矿山生产能力与剥采比变化，合理匹配电铲、液压挖掘机与矿用卡车的数量及规格，形成高效的装运体系^[2]。通过对铲装循环时间、装车次数及作业面布置进行动态分析，优化装载位置与行走路径，减少设备交叉干扰与等待时间。引入高精度定位系统与智能调度平台，可实时掌握设备运行状态，实现采装作业的连续化与均衡化，提高设备利用系数。

运输系统优化需围绕降低循环时间与能耗水平展开。结合矿区地形条件，对运输道路进行分级设计，合理控制纵坡与横坡参数，优化转弯半径与道路宽度，提高车辆运行安全性与通行效率。加强道路养护管理，保持路面平整度与抗滑性能，减少车辆振动与轮胎磨损。依托调度算法对运输车辆进行路径优化与任务分配，减少空载率与排队现象，实现运输资源的动态配置。同时，通过应用无人驾驶矿卡与车队协同控制技术，可进一步提升运输系统运行效率与稳定性。

生产组织层面需构建以数据驱动为核心的协同运行机制。通过建立生产信息采集系统，对穿孔、爆破、采装及运输等环

节的关键参数进行实时监测与分析,实现生产状态的可视化管
理。基于数据反馈,对作业节奏进行动态调整,使各环节保持
匹配关系,避免局部过载或空闲现象。推进数字化矿山建设,
融合调度系统、设备管理系统与安全监测系统,形成统一的控
制平台,提高决策响应速度与执行效率。在此基础上,对关键
工艺参数进行持续优化,使开采系统运行更加高效稳定。

3 工艺优化对生产效率提升的实现机制

露天金属矿山开采工艺优化通过对各作业环节进行系统
重构,实现生产流程由离散运行向协同运行转变,从而形成稳
定高效的生产节奏。爆破质量的提升使矿岩块度分布更加合
理,铲装设备在作业过程中切入阻力减小,装载循环时间得到
压缩,单位时间内的装载量明显提高。爆堆松散系数的优化还
可降低设备能耗,减少机械负荷波动,使采装作业保持连续稳
定状态,为后续运输环节提供均衡供料条件。

采装与运输系统之间的匹配关系是影响生产效率的重要
因素。通过优化设备组合与调度策略,装载能力与运输能力之
间形成动态平衡,避免因车辆不足导致装载等待或因车辆过剩
造成排队积压。运输循环时间的缩短使车辆周转频率提高,单
位时间内的有效运输量随之增加^[1]。运输系统运行效率的提升
还体现在空驶率降低与装卸衔接顺畅程度增强,使物流过程更
加紧凑有序,减少无效时间消耗。工艺优化还通过强化作业面
组织与空间布局,提高生产系统的整体运行效率。台阶参数与
作业平台宽度的合理设计,有助于设备运行路径的优化,降低
交叉干扰概率。多工作面协调作业机制的建立,使生产任务能

够在不同区域间灵活分配,减少单一作业面负荷过高带来的效
率波动。作业空间的合理利用提升了设备运行自由度,使采装
与运输环节能够实现连续衔接。

信息化与智能化技术的引入在效率提升机制中起到关键
支撑作用。通过对设备运行参数、生产进度及作业状态进行实
时采集与分析,调度系统能够根据现场变化快速调整作业方
案,实现生产过程的动态优化。高精度定位与通信技术使设备
运行轨迹与作业位置得到精确控制,提高调度指令执行的准确
性。基于数据模型的预测分析功能可对潜在瓶颈进行提前识
别,从而优化资源配置,避免生产节奏中断。设备运行可靠性
的提升也是工艺优化的重要体现。通过优化作业参数与运行环
境,降低设备故障率,延长关键部件使用寿命,使设备出勤率
保持在较高水平。维护管理方式由事后检修向预防性维护转
变,减少突发停机对生产连续性的影响。设备性能的稳定输出
与生产系统的高效组织相结合,使露天金属矿山整体生产效率
得到持续提升。

4 结语

露天金属矿山开采系统运行效率受多环节协同水平影响
明显,工艺参数配置、设备匹配关系及生产组织方式共同决定
生产能力的发挥程度。针对穿孔爆破、采装运输及调度管理等
关键环节进行优化,可有效改善作业衔接状态,减少无效时间
消耗,提升设备利用率与系统稳定性。工艺体系的持续优化推
动生产流程由分散运行向协调运行转变,使资源配置更加合
理,生产节奏更加均衡,进而实现效率与效益的同步提升。

参考文献:

- [1] 肖利民,熊鹏,董翔.某露天转地下开采金属矿山隔离矿柱回采方案及稳定性研究[J].矿业研究与开发,2025,45(8):22-29.
- [2] 胡振鹏,吴茜,李海洋,李小龙,王克军,王金硕.高陡边坡露天矿山开采工艺优化与安全控制研究[J].中国金属通报,2025(15):105-107.
- [3] 史俊明,边志华,豁辉.探讨地理信息系统在露天开采金属矿山测量中的应用[J].世界有色金属,2025(3):211-213.