

钼矿露天开采铲装效率影响因素及提升路径研究

高占国

栾川龙宇钼业有限公司

摘要：铲装作业是钼矿露天开采的核心工序，其效率直接决定矿山生产进度、资源回收利用率及综合生产成本，提升铲装效率是实现钼矿露天开采高效、绿色、安全生产的关键举措。本文结合钼矿露天开采工程实际，系统分析影响铲装效率的主要因素，包括地质赋存条件、爆破作业质量、设备配置与管理、作业组织与调度及人员操作水平，结合现有工程实践经验，提出针对性的提升路径，为钼矿露天开采铲装作业优化、效率提升提供理论参考和工程实践指导。

关键词：钼矿；露天开采；铲装效率；影响因素；提升路径

1 引言

钼作为一种重要的战略性稀有金属，广泛应用于钢铁、冶金、化工、电子等多个行业，市场需求持续稳定。露天开采因其开采规模大、作业效率高、安全可控性强等优势，成为我国钼矿资源开采的主要方式之一。铲装作业作为露天开采流程中的核心环节，连接着爆破与运输工序，承担着矿石与废石的装载转运任务，其效率直接影响整个矿山的生产连续性和综合效益。当前，我国部分钼矿露天开采过程中，存在铲装效率偏低、设备能耗偏高、资源浪费等问题，制约了矿山的高质量发展。因此，系统研究钼矿露天开采铲装效率的影响因素，探索科学可行的提升路径，对于优化开采工艺、降低生产成本、提高资源回收利用率具有重要的现实意义和工程价值。

2 钼矿露天开采铲装效率影响因素分析

钼矿露天开采铲装效率受多种因素协同影响，结合工程实践，可将其归纳为地质赋存条件、爆破作业质量、设备配置与管理、作业组织与调度及人员操作水平五大类，各类因素相互关联、相互影响，共同决定铲装作业的整体效率。

地质赋存条件是影响铲装效率的基础因素。钼矿露天采场地质条件复杂，岩体性质、矿石品位分布、边坡形态及地下水发育情况均会对铲装作业产生显著影响。岩体硬度过高或完整性过强，会增加铲装阻力，降低铲斗装满率，延长单次铲装时间；矿石与废石混杂分布，会增加铲装过程中的分拣难度，降低作业效率；边坡裂隙发育、岩体破碎，易引发边坡滑坡、落石等安全隐患，需暂停铲装作业进行处理，影响作业连续性；地下水发育会导致作业面泥泞，增加设备行驶阻力，同时加速设备磨损，间接降低铲装效率。

爆破作业质量是影响铲装效率的关键前提。爆破作业的效果直接决定铲装物料的块度分布、松散程度，进而影响铲装作业效率。传统爆破采用全耦合装药方式，能量释放集中且短暂，易导致岩石破碎不均、大块率偏高，大块矿石需进行二次爆破处理，严重影响铲装作业进度；爆破参数不合理，会导致爆堆形态不规则、松散度不足，铲斗切入难度增加，降低装满率和作业速度；爆破后若出现根底、伞檐等现象，会增加铲装阻力，甚至损坏铲装设备，进一步降低铲装效率。

设备配置与管理是影响铲装效率的核心保障。铲装设备的型号选择、性能状态及管理水平直接决定铲装作业的效率 and 稳定性。设备配置与采场规模、物料特性不匹配，会导致设备产能浪费或负荷过大，例如小型铲装设备用于大规模采场，会降低整体作业效率，大型设备用于小范围作业，会增加能耗和运营成本；设备日常维护保养不到位，易出现机械故障，导致作业中断，影响生产连续性；设备老化、性能衰减，会降低铲装速度和装满率，同时增加能耗和故障发生率。

作业组织与调度是影响铲装效率的重要环节。合理的作业组织与调度能够实现铲装、运输工序的协同高效，反之则会导致工序衔接不畅，降低整体作业

效率。采场作业面布置不合理，会导致铲装设备行走距离过长，增加非作业时间；车铲配比失衡，会出现铲装设备等待运输车辆或运输车辆等待铲装的现象，造成设备闲置；调度模式简单、缺乏智能化管控，无法根据现场作业情况动态调整作业计划，易出现车辆排队等待时间长、路径规划不合理等问题，影响铲装效率。

3 钼矿露天开采铲装效率提升路径

针对上述影响因素，结合钼矿露天开采工程实践，从地质勘察优化、爆破工艺改进、设备配置与管理强化、作业组织调度优化及人员队伍建设五个方面，提出钼矿露天开采铲装效率提升路径，实现铲装作业的高效、安全、经济运行。

优化地质勘察与采场设计。加强采场地质勘察工作，采用无人机动态建模、地质雷达探测等技术，精准掌握岩体性质、矿石品位分布、边坡裂隙及地下水发育情况，为铲装作业优化提供数据支撑。根据地质条件合理设计采场作业面，优化边坡角度和作业台阶高度，减少边坡滑坡、落石等安全隐患；划分矿石与废石分区开采区域，减少铲装过程中的分拣工作量，提高作业效率；针对地下水发育区域，采取排水疏干措施，改善作业面条件，降低设备行驶阻力。

改进爆破工艺与参数优化。优化爆破装药结构，推广不耦合装药技术，研发应用乳化炸药自传爆间隔器等设备，提高炸药能量利用率，降低爆后大块率，减少二次爆破工作量。根据岩体性质和采场条件，合理调整爆破参数，优化炮孔布置、装药密度和起爆顺序，使爆堆块度均匀、松散度适宜，提升铲斗装满率和铲装速度；加强爆破后现场清理，及时处理根底、伞檐等问题，减少铲装阻力，保障铲装作业顺利进行。

强化设备配置与精细化管理。根据采场规模、物料特性及生产进度需求，合理配置铲装设备型号和数量，实现车铲配比优化，避免设备闲置或负荷过大。推广应用智能化、绿色化铲装设备，如纯电动装载机，其起步响应速度较传统装备提升 30%，能耗成本显著降低，同时提升作业效率；建立设备全生命周期管理体系，加强日常维护保养，定期开展设备检修，及时排查和处理设备

故障，延长设备使用寿命，保障设备性能稳定；引入设备状态监测系统，实时监控设备运行参数，实现故障提前预警，减少作业中断时间。

优化作业组织与智能化调度。合理布置采场作业面，缩短铲装设备行走距离，减少非作业时间；建立智能化调度系统，采用 RTK 参考站实现设备厘米级定位，结合多智能体协同作业技术，实现自动派单、最优路径规划，解决车辆排队等待问题，提高设备综合利用率。构建多金属多目标智能配矿模型，根据爆堆品位数据和铲装设备作业能力，自动生成最优配矿计划，细化铲装位置和出矿量，实现铲装与配矿协同优化；建立作业动态监测机制，实时掌握铲装、运输工序衔接情况，及时调整作业计划，保障生产连续性。

4 结论

钼矿露天开采铲装效率受地质赋存条件、爆破作业质量、设备配置与管理、作业组织与调度及人员操作水平等多因素协同影响，各因素相互关联，共同决定铲装作业的整体效益。通过优化地质勘察与采场设计、改进爆破工艺与参数、强化设备配置与精细化管理、优化作业组织与智能化调度及加强队伍建设等提升路径，能够有效解决当前钼矿露天开采铲装效率偏低的问题，提升铲装作业效率和设备利用率，降低生产成本，保障矿山生产的连续性和稳定性。未来，随着智能化、绿色化技术在矿山领域的广泛应用，可进一步探索智能铲装装备与无人化作业模式的融合应用，推动钼矿露天开采铲装作业向更高效率、更安全、更绿色的方向发展。

参考文献

[1]王冠华,孙焱焱,王明明,陈春景,王昊. 矿山露天开采中采场边坡稳定性研究——以栾川县南泥湖露天钼矿为例[J]. 能源与环保, 2023, 45 (2) :72-78