

露天矿山高效铲装作业关键技术与优化

李栋，王孝林

栾川龙宇铝业有限公

摘要：铲装作业是露天矿山开采的核心环节，直接决定矿山生产效率、生产成本及作业安全性。针对当前露天矿山铲装作业中存在的设备匹配不合理、作业流程不规范、智能化水平偏低等问题，本文结合露天矿山开采工艺特点，系统研究露天矿山高效铲装作业关键技术，分析影响铲装效率的核心因素，提出针对性的优化策略，通过设备配置优化、作业流程规范、智能化技术应用等手段，提升铲装作业效率、降低作业成本、保障作业安全。研究表明，优化后的铲装作业技术可有效提升设备利用率、缩短作业循环时间，为露天矿山规模化、高效化开采提供技术支撑。

关键词：露天矿山；铲装作业；高效开采；关键技术；优化策略

1 引言

露天矿山开采具有规模化、高效化、机械化程度高的特点，铲装作业作为露天矿山开采的核心工序，衔接穿孔爆破与运输环节，其作业效率直接影响矿山整体生产进度与经济效益。随着露天矿山开采规模不断扩大，传统铲装作业模式已难以满足高效、安全、低碳的生产需求，设备闲置、作业流程混乱、人员操作不规范等问题日益突出，导致铲装效率偏低、设备损耗加快、安全隐患增多。因此，开展露天矿山高效铲装作业关键技术研究，梳理核心技术要点，解决实际作业中的痛点难点，对于提升露天矿山开采综合效益、推动矿山行业高质量发展具有重要的现实意义和应用价值。

2 露天矿山铲装作业现状及存在问题

当前我国露天矿山铲装作业已基本实现机械化，主要采用电铲、液压挖掘

机等设备配合自卸车完成铲装运输作业，但在实际生产过程中，受设备配置、作业流程、地质条件、人员操作等多方面因素影响，仍存在诸多问题，制约铲装作业效率的提升。

设备配置不合理是影响铲装效率的首要因素。部分矿山未根据开采规模、矿岩性质、运输设备参数等因素科学选型，导致铲装设备与运输设备匹配度不足，出现“大铲配小车”或“小铲配大车”的情况，造成设备利用率偏低、作业等待时间过长。同时，设备维护保养体系不完善，缺乏基于状态监测的预测性维护，导致铲装设备故障频发，停机时间增加，进一步降低作业效率。

作业流程不规范制约铲装作业连续性。部分矿山未制定标准化的铲装作业流程，作业人员操作随意性较大，铲装角度、铲斗充填率控制不合理，存在“多铲少装”“重复铲装”等现象，延长了单循环作业时间。此外，采场作业面规划不合理，铲装设备与运输车辆通行路线交叉干扰，导致作业秩序混乱，进一步影响铲装效率。

智能化水平偏低难以适应高效生产需求。目前多数露天矿山铲装作业仍依赖人工操作，操作人员技能水平参差不齐，难以精准控制铲装动作，不仅影响铲装效率，还增加了安全隐患。同时，缺乏完善的智能监测与调度系统，无法实时掌握设备运行状态、作业进度等信息，难以实现设备与人员的协同高效作业。

3 露天矿山高效铲装作业关键技术

露天矿山高效铲装作业关键技术以提升作业效率、保障作业安全为核心，涵盖设备选型与匹配技术、作业流程优化技术、智能化监测与控制技术、安全防护技术等多个方面，各技术相互协同，构成完整的高效铲装技术体系。

设备选型与匹配技术是高效铲装作业的基础。设备选型需结合矿山开采规模、矿岩硬度、爆破块度等实际条件，优先选用高效、节能、可靠的铲装设备，确保设备性能与作业需求相匹配。同时，需合理匹配铲装设备与运输设备数量比例，根据铲装设备生产能力、运输设备载重及运距，确定最优车铲比，减少设备等待时间，提升设备整体利用率。此外，采用基于状态监测的设备维护技术，通过安装振动传感器、温度传感器等设备，实时采集设备运行参数，

建立设备健康评估模型，实现故障提前预警与预测性维护，降低设备故障率。

作业流程优化技术是提升铲装效率的核心。通过梳理铲装作业全流程，制定标准化作业规范，明确铲装角度、铲斗充填率、作业顺序等关键参数，规范作业人员操作行为，减少无效作业。优化采场作业面规划，合理划分铲装区域与运输路线，避免设备交叉干扰，保障作业连续性。同时，优化爆破参数，控制矿岩爆破块度，提升铲斗充填率，缩短单循环铲装时间。

智能化监测与控制技术是推动铲装作业高效化的重要支撑。构建智能化生产调度系统，运用 5G 通信、北斗定位等技术，实现铲装设备与运输车辆的实时定位、状态监测与动态调度，优化车铲匹配方案，提升作业协同效率。采用远程操控技术，通过高清摄像头、毫米波雷达等设备，实现铲装设备远程精准操作，替代高危环境下的人工作业，同时提升操作精度与作业效率。开发设备故障智能诊断系统，通过数据分析实现设备故障精准识别与定位，缩短故障处理时间。

安全防护技术是高效铲装作业的保障。在铲装设备上安装车载监控、倒车雷达、近距离探测装置等，实现作业区域障碍物识别与安全预警，避免设备碰撞事故。构建多维度边坡监测系统，通过边坡位移监测雷达、裂纹测宽计等设备，实时监测采场边坡稳定性，及时预警边坡失稳风险，保障铲装作业安全。建立安全风险分级管控机制，对铲装作业关键环节进行风险评估，制定差异化管控措施，杜绝安全事故发生。

4 露天矿山高效铲装作业优化策略

结合露天矿山铲装作业现状及关键技术要点，针对存在的设备、流程、智能化等方面的问题，提出以下优化策略，实现铲装作业高效、安全、节能运行。

优化设备配置与维护体系。根据矿山实际生产条件，科学选型铲装设备与运输设备，确定最优车铲比，确保设备性能匹配。建立完善的设备维护保养网络，实行日常保养、周期性检修、大修分级管理，推行设备维护档案数字化，记录设备运行、维修等信息，实现设备全生命周期管理。引入设备状态监测系统，实现故障提前预警，减少设备停机时间，提升设备利用率。

规范作业流程与操作标准。制定标准化铲装作业规程，明确铲装作业各环节的操作要求、关键参数，加强作业人员培训考核，提升操作人员技能水平与规范操作意识。优化采场作业面布置与运输路线规划，划分专属铲装区域与运输通道，避免设备交叉干扰。优化爆破参数设计，采用差期爆破技术，控制爆破块度，提升铲斗充填率，缩短单循环作业时间。

提升作业智能化水平。引入智能调度系统，实现铲装设备与运输车辆的动态调度、车铲自动匹配，提升作业协同效率。推广远程操控、无人铲装等智能化技术，替代人工操作，降低人为失误，提升作业精度与效率。构建一体化监测平台，整合设备运行、作业进度、安全监测等数据，实现铲装作业全流程可视化、智能化管理，为生产决策提供数据支撑。

5 结论与展望

本文通过对露天矿山高效铲装作业关键技术的研究与优化，梳理了当前铲装作业存在的设备配置不合理、作业流程不规范、智能化水平偏低等问题，明确了设备选型与匹配、作业流程优化、智能化监测与控制、安全防护等关键技术要点，提出了针对性的优化策略。研究表明，通过设备配置优化、作业流程规范、智能化技术应用及安全管理强化，能够有效提升铲装作业效率、降低作业成本、保障作业安全，为露天矿山高效开采提供技术支撑。

参考文献

- [1]李炎山,张蕾.基于气动工具优化的露天采矿爆破作业效率提升策略研究[J].凿岩机械气动工具,2025,51(9):19-21