

露天煤矿安全管理对策探究

陈智华

国家能源准能集团黑岱沟露天煤矿，内蒙古鄂尔多斯市，010300；

摘要：经过多年以来的发展，现代化科学水平的提升，为我国露天煤矿企业更好生产增添了很多推动力，特别是在煤矿生产过程中，更是出现了多样化的设备，在煤矿企业高效生产基础上，致力于企业整体效益提高的目标。露天煤矿安全管理在制度执行、技术升级、人员素质及风险预控等方面仍面临多重挑战，需通过制度优化、技术创新和人才培育等多维度提升综合管理水平。

关键词：露天煤矿；安全管理对策；安全生产

DOI：10.69979/3041-0673.25.11.091

安全管理是煤矿安全生产的基础与保障。为了保证露天煤矿从业人员的人身安全与健康，保证生产经营活动得以顺利进行，安全管理也可以针对露天煤矿生产特点进行创新探讨。

1 露天煤矿安全管理现状分析

1.1 制度体系与行业治理矛盾

在用地管理层面，露天煤矿征地与复垦滞后问题尤为突出。当前用地审批需历经多部门层层审核，周期普遍长达 2-3 年，繁琐程序导致部分矿区面临“无地可排”的尴尬局面，采剥失衡问题加剧资源开发无序性。复垦工作则呈现“重形式、轻实效”特点，多数项目仅满足于应付监管验收，缺乏长期生态监测机制，导致植被存活率不足 40%，水土流失风险居高不下。在外包安全治理领域，“以包代管”现象滋生重大隐患。部分企业将剥离、运输等高危作业违规分包给资质不全队伍，外包人员超强度作业日均时长超 12 小时，安全培训覆盖率不足 60%，且企业未将外包单位纳入统一安全管理体系，双重预防机制形同虚设。据统计，近三年行业外包事故占比达 58%，安全投入不足、责任边界模糊等问题形成风险叠加效应，严重制约行业本质安全水平提升。

1.2 技术装备与智能化瓶颈

设备老化与智能化效能不足：部分煤矿依赖老旧设备，智能化设备可靠性低，存在“高投入、低产出”问题，智能化建设存在“摊派式”推进倾向，技术应用与实际需求脱节。关键风险监测技术覆盖不足：边坡稳定性、地质动态等监测手段仍以人工巡检和传统传感器为主，智能化预警系统普及率低，隐患响应滞后。

1.3 人员素质与安全管理脱节

专业人才短缺：露天煤矿普遍缺乏兼具技术能力和管理经验的专业人员，基层安全管理人员多由非专业人

士担任，制度执行流于形式。从业人员安全意识薄弱：一线工人老龄化严重，安全培训形式化，风险辨识与应急处置能力不足，“三违”（违章指挥、违章操作、违反劳动纪律）现象频发。

2 露天煤矿主要安全问题

2.1 爆破作业安全问题

涉及炸药使用、飞石冲击、爆炸冲击波及有毒气体泄漏等风险，操作不规范易导致人员伤亡和设备损毁。

2.2 机械运行安全问题

大型设备（挖掘机、推土机等）因操作失误、维护不当或视野盲区，易引发机械碰撞、碾压等事故。

2.3 交通运输安全问题

矿区运输车辆密度高，道路坡陡弯急，易发生翻车、碰撞、超载等事故，驾驶员疲劳驾驶风险突出。

2.4 边坡稳定与滑坡风险

开采形成的边坡易因地质结构、雨水侵蚀或震动导致滑坡或坍塌，复杂区域监测与超前治理不足。

2.5 用电与电气安全隐患

电力设备老化、线路接地不良、漏电及雷电防护不足等问题普遍存在，恶劣环境下触电或火灾风险较高。

2.6 水害与火灾风险

雨季积水或地下水渗透可能引发边坡失稳或淹井；燃油设备、电气系统和物料自燃易导致火灾。

2.7 排土场滑坡与泥石流

排土场作为松散堆积体，稳定性差，极端天气下易发生滑坡或泥石流，威胁下游区域安全。

2.8 粉尘与职业健康危害

长期暴露于高粉尘环境易引发尘肺病，爆破和机械

作业产生的有害气体加剧职业健康风险。

2.9 恶劣气候影响

暴雨、冻融等极端天气加剧边坡失稳、设备故障及运输事故风险，应急响应能力面临考验。露天煤矿核心安全问题集中在爆破、机械、运输、边坡和用电五大领域，需通过规范作业流程、强化监测预警及完善应急预案系统防控。

3 露天煤矿安全管理对策探究

3.1 制度体系与责任落实优化

完善隐患排查闭环机制，强化基层岗位责任清单化管理，推行“巡查-整改-验收”全流程数字化跟踪，确保隐患整改率达 98% 以上，杜绝“重检查、轻治理”现象。建立外包单位安全准入标准，将外包作业纳入统一监管平台，强制要求外包队伍配备专职安全员并参与企业安全考核。标准化作业流程升级，针对爆破、运输等高危环节，制定“五定”（定时、定位、定人、定责、定量）操作规范，例如爆破作业严格执行下午 3:30 集中时段实施，减少交叉作业风险。推广“计划性检修+预测性维护”设备管理模式，通过物联网传感器监测设备运行状态，降低设备突发故障率 30% 以上。

3.2 技术装备智能化转型

大力推进灾害监测预警系统建设。运用露天煤矿灾害防治实验室研发的边坡位移三维激光扫描技术，对边坡稳定性实施实时监测，让预警响应时间缩短至 15 分钟以内。于采空区部署微震监测网络，结合地质雷达探测技术，提前找出塌陷风险区域并进行注浆加固。积极推广清洁能源与智能装备，扩大试点矿区氢能矿车、电驱钻机应用规模，配套建设矿区光伏发电系统，力求柴油单耗年均下降 8%-10%。推进无人驾驶卡车编组运营，借助 5G 网络调度系统优化运输路径，使运输事故率降低 40% 以上。

3.3 人员素质与能力提升

针对管理人员，开设边坡稳定性分析专业课程，引入地质力学模型与监测数据解读实操，开展应急救援指挥沙盘推演，强化决策协调能力；对一线员工，深化 VR 模拟爆破操作培训，增设多场景设备故障应急处置沉浸式演练，提升实操反应水平。严格推行“岗位安全能力认证”制度，明确未通过年度考核者严禁参与高危作业。激励机制优化上，设立“零事故班组”专项奖金，实施安全绩效与薪酬晋升双挂钩机制，将安全指标纳入晋升考核核心项，激发全员主动参与安全管理的内生动力，筑牢企业安全防线。

3.4 关键环节风险精准管控

在爆破作业全过程监管层面，全面应用电子雷管与数码起爆系统，构建智能监控体系。通过远程监控平台实时抓取装药量、警戒区范围、人员疏散情况等核心参数，运用区块链技术确保数据不可篡改，一旦检测到违规操作（如药量超限、警戒区未达安全距离），系统立即触发设备自动锁止功能，强制终止作业流程。爆破作业完成后，严格执行 24 小时边坡稳定性专项巡检机制，采用无人机航测与地表位移监测仪相结合的方式，对边坡裂隙发育、岩土体松动等风险指标进行动态分析，提前预警滑坡、崩塌等次生灾害。运输环节实施动态风险防控升级，在急弯、陡坡等事故易发路段部署毫米波雷达矩阵与 AI 智能摄像头，构建多维感知网络。通过微波遥感技术实时捕捉车辆速度、车距、转向角度等物理参数，利用图像识别算法精准识别驾驶员疲劳驾驶、接打电话等危险行为，一旦发现异常，0.5 秒内同步向驾驶员终端与安全管理中心推送声光预警信息，结合电子围栏技术对超速车辆实施限速干预，实现运输风险从被动响应向主动防控的转变。

3.5 生态修复与生产协同发展

在边采边复垦技术深化应用中，推行精细化“表层腐殖土剥离-暂存-分层回填”工艺：开采前对表层 30-50 厘米腐殖土进行网格化剥离，采用土工布覆盖暂存区防止水土流失；开采过程中同步开展地形重塑，运用土壤墒情监测技术优化回填配比，确保复垦区土壤有机质含量达标率超 95%、重构合格率突破 90%。配套实施植被梯度恢复方案，依据区域微地貌特征选择乡土树种草种组合，通过滴灌系统与生物菌剂改良技术，实现植被覆盖率 3 年内恢复至开采前 85% 以上水平。建立涵盖土壤质量、植被多样性、水土保持能力的生态修复指数评价体系，将修复进度与质量纳入企业年度绩效考核，设置生态修复专项奖惩资金，倒逼绿色开采责任落地。

4 露天煤矿安全管理实施细节

4.1 制度执行优化

危险作业分类管控，动火、受限空间、吊装等五类高危作业实施“一作业一方案”管理，作业前需通过风险评估并完成电子审批流程，现场核查防护措施后方可开工。爆破作业严格执行“双人双锁”炸药管理制度，装药量与警戒区范围通过三维建模计算后由系统自动校验。闭环隐患排查机制，采用“班组级日查+矿级周查”模式，隐患录入智能管理系统后生成二维码标签，整改后扫码上传照片并触发验收流程，超期未处理自动触发预警。

4.2 技术装备升级

智能化监测与运维,边坡稳定性分析采用三维激光扫描与微震监测联动,数据每 30 分钟更新一次,位移速率超过 5mm/小时自动触发声光报警并启动疏散程序。设备维护推行“预测性检修”,通过振动传感器和油液分析仪提前识别故障征兆,设备突发故障率下降 25%。清洁生产装备应用,氢燃料电池矿用卡车试运行期间实现单日减排二氧化碳 1.2 吨,矿区配套光伏电站年发电量达 800 万千瓦时,占用电量 15%。

4.3 应急响应优化

智能预警联动系统,建立暴雨、冻融等极端天气预警模型,提前 48 小时启动预案,重点区域设备 6 小时内完成防风加固与排水系统测试。实施要点:通过数字化系统贯通制度执行堵点(如隐患闭环管理),以智能化装备替代高风险人工作业(如无人驾驶运输),同步构建“技术防御+文化自觉”的双重防控体系。

5 露天煤矿安全管理新技术应用

5.1 智能化监测预警技术

无人机巡检系统,采用全自动化无人机巡查技术,通过预设航线实现矿区全覆盖巡检,精准识别边坡裂缝、设备异常等问题,巡检效率较人工提升 5 倍以上,并支持实时喊话警示与应急响应。无人机结合 AI 图像识别算法,可自动标注隐患位置并生成 3D 矿区模型,辅助制定治理方案,隐患排查准确率提升至 95%。边坡稳定性实时监测,应用边坡雷达、三维激光扫描与微震监测联动技术,实现位移速率、岩层应力等参数分钟级更新,预警响应时间缩短至 15 分钟以内,滑坡风险预测准确率达 90%。卫星遥感技术辅助监控大范围边坡变化,结合地质雷达探测采空区塌陷隐患,为超前注浆加固提供数据支持。

5.2 高精度定位与智能导航技术

融合定位系统,采用 RTK(实时动态定位)、GNSS(全球导航卫星系统)与 UWB(超宽带)技术融合,实现人员、车辆厘米级定位精度,有效减少盲区碰撞事故。无人驾驶矿车通过 4G/5G 网络与高精地图联动,动态优化运输路径,避让高风险区域,运输效率提升 20%。

5.3 智能化作业与控制系统

无人驾驶与智能运输,氢能矿车与无人驾驶卡车编组运营,通过云端调度平台实时协调作业,运输事故率降低 40%以上,单台设备油耗减少 15%。毫米波雷达与 AI 摄像头部署于急弯、陡坡路段,实时监测车辆超速、疲劳驾驶行为,自动推送预警信息至调度中心。智能爆

破技术,数码雷管与远程起爆系统结合,装药量、警戒范围通过三维建模自动校验,违规操作触发设备锁止功能,爆破事故率下降 50%。无人机搭载热成像仪监测爆破后高温区域,预防残留炸药自燃风险。

5.4 大数据与物联网集成应用

一体化数据平台,构建“数字矿山”系统,整合 60 余个子系统数据,每日处理超 1 亿条设备运行、环境监测信息,实现生产调度、故障预警、能耗管理的全链条优化。预测性维护系统通过振动传感器与油液分析仪预判设备故障,突发故障率降低 25%,维修成本减少 18%。智能应急响应,建立极端天气预警模型(暴雨、冻融等),提前 48 小时启动预案,重点区域设备 6 小时内完成防风加固与排水测试。露天煤矿安全管理新技术以“空地一体化监测+智能装备替代+数据驱动决策”为核心,通过无人机巡检、无人驾驶运输、智能爆破等技术协同,显著提升风险防控能力与作业效率,推动矿山向“少人化、数字化、可持续”方向转型。

综上所述,露天煤矿安全管理需构建“制度-技术-人因”协同治理模式,通过智能化监测装备升级、高危作业标准化管控及生态修复技术集成应用,实现安全风险全链条防控与可持续发展目标。露天煤矿的相关部门要加强安全管理力度,减少安全事故发生的频率,为社会发展提供充足的煤矿资源,促进我国经济快速发展。

参考文献

- [1] 王浩. 露天煤矿安全管理对策探讨[J]. 明日风尚, 2022(7): 108.
- [2] 赵均. 论露天煤矿安全教育培训现状与管理对策[J]. 中国化工贸易, 2022, 9(7): 26, 28.
- [3] 杨将. 露天矿山爆破安全问题及防治方案研究[J]. 中华建设, 2022(3): 80-81.
- [4] 刘李兰. 探索煤矿安全的治本之策[J]. 煤炭技术, 2019(6): 23.
- [5] 李平. 层次分析在化工园区安全评价中的应用[J]. 中国安全科学学报, 2022, 4(4): 20-25.
- [6] 吴波. 露天煤矿安全管理措施研究[J]. 现代商贸工业, 2020, 22(20): 60-61.
- [7] 张亚. 露天煤矿安全管理措施研究[J]. 科技与企业, 2024, (19): 518-520.
- [8] 张梅. 露天煤矿中安全管理措施的研究与应用[J]. 科协论坛(下半月), 2021(12): 149-150.
- [9] 赵好. 探讨露天煤矿安全教育培训现状与管理对策[J]. 中国化工贸易, 2022, 9(7): 26, 28.