

采矿工程安全风险防控与环境治理

刘 君

中煤大同能源有限责任公司 山西 大同 037000

摘要: 采矿工程在保障能源供应的同时,面临地下冒顶、露天边坡滑坡等安全风险,以及土地损毁、水资源污染、生态破坏等环境问题,其成因涉及地质、人为、技术管理等多方面。本文结合相关政策与技术,系统识别采矿工程安全风险类型及环境破坏表现,构建源头防控、过程监测、应急处置的安全管理体系,提出土地复垦、废水处理等环境治理技术,为实现采矿工程安全生产与生态保护协同发展提供科学参考与实践指引。

关键词: 采矿工程;安全风险防控;环境治理

引言:矿产资源是国家经济发展的重要物质基础,采矿工程作为资源开发的核心环节,其安全稳定运行与生态环境保护至关重要。当前,我国采矿行业仍存在安全风险防控不到位、环境治理滞后等问题,不仅威胁作业人员生命财产安全,还破坏区域生态平衡,违背“绿色矿山”建设理念。基于此,本文聚焦采矿工程安全风险防控与环境治理,梳理核心问题、分析成因、提出解决方案,助力采矿行业高质量、可持续发展。

1 采矿工程安全风险识别与成因分析

1.1 采矿工程安全风险核心类型

(1) 地下采矿安全风险:包括冒顶、片帮、突水、突泥、矿震、岩爆及井下煤自燃等,直接威胁井下作业人员生命安全与生产设施完好。冒顶、片帮源于岩体稳定性不足,突水突泥与隐蔽水文地质条件相关,矿震、岩爆多见于深部开采,井下煤自燃会破坏矿井环境并诱发二次灾害。(2) 露天采矿安全风险:涵盖边坡滑坡、崩塌、泥石流、爆破事故等,边坡高度超100米的采场及排土场稳定性风险显著。边坡滑坡由雨水冲刷、开挖不合理导致,爆破事故因操作不规范或炸药管理不当引发,暴雨易诱发泥石流连锁灾害。(3) 通用安全风险:涉及设备设施故障、作业人员操作不规范、外包工程管理不当、停工停产期间安全管控不到位等共性风险。设备故障源于维护缺失,操作不规范因安全意识薄弱,外包管理不当易出现责任真空,停工管控疏漏易埋下安全隐患。

1.2 安全风险形成的核心成因

(1) 地质条件因素:复杂地质构造、水文地质类型复杂、隐蔽致灾因素未查明,如喀斯特地貌区易出现顶板垮塌、巷道变形等问题。部分矿山前期勘察不充分,未全面掌握地质隐患,导致开采过程中突发灾害,难以提前防控。(2) 人为因素:作业人员安全意识薄弱、专业技能不足,违规操作频发;企业安全管理制度不健全,未

落实安全风险分级管控与隐患排查治理双重预防机制。部分员工未接受系统安全培训,企业未明确安全责任,导致安全管理流于形式。(3) 技术与管理因素:采矿工艺落后、安全监测预警技术不完善,未实现智能化管控;设备设施维护不到位,矿用安全设备全生命周期管理缺失。落后工艺增加作业风险,监测技术不足无法及时预警,设备维护缺失易引发故障,加剧安全隐患^[1]。

1.3 安全风险分级与评估标准

(1) 风险分级依据:结合风险发生概率、危害程度、影响范围,参考国家矿山安全相关标准,将风险划分为重大、较大、一般、低四个等级。重大风险可能造成重大人员伤亡和财产损失,低风险仅可能产生轻微影响,各等级划分明确且贴合矿山实际。(2) 风险评估指标体系:构建涵盖地质条件、作业环境、设备状况、人员素质、管理水平等维度的评估指标,明确各指标权重与评估方法。地质条件和管理水平权重较高,通过量化打分、专家评审等方式,确保评估结果科学合理。(3) 风险评估流程:包括风险识别、指标量化、等级判定、结果反馈四个环节,为后续精准防控提供依据。先全面识别各类风险,再量化指标分值,对照标准判定等级,最后反馈结果并优化防控措施,形成闭环管理。

2 采矿工程安全风险防控技术与管理体系

2.1 源头防控技术与措施

(1) 安全准入管控:严格矿山安全生产准入,停止新建产能不达标、灾害严重的煤矿,规范采矿权设置与安全设施设计审查,从源头规避高风险项目。严格执行矿山建设项目安全设施“三同时”制度,对不符合安全标准的项目坚决不予审批,强化准入环节的风险筛查,杜绝违规建设、违规开采行为,从根源上降低安全风险。(2) 地质勘察与隐患排查:全面查明隐蔽致灾因素,实施重大灾害分区管理、超前治理,定期开展全员全覆盖隐患排查,

建立风险隐患台账清单,实行闭环管理。加大地质勘察投入,采用先进勘察技术查明地质构造、水文条件等关键信息,对高风险区域划定管控边界,隐患排查实行“谁排查、谁签字、谁负责”,确保隐患整改到位、动态清零^[2]。(3)采矿工艺优化:推广充填采矿法等安全高效工艺,推动中小型矿山机械化升级、大型矿山自动化智能化改造,减少人为操作风险。结合矿山地质条件选用适配工艺,淘汰落后高风险采矿方式,通过机械化、智能化设备替代人工高危作业,降低人员暴露在危险环境中的概率,提升采矿作业的安全性与高效性。

2.2 过程监测与预警系统构建

(1)监测技术应用:地下矿山建立人员定位、安全监测监控、通信联络等系统,尾矿库建立在线安全监测系统,实时监测岩体变形、地下水位、尾矿库稳定性等关键指标。配备高精度监测设备,实现对采矿全流程关键参数的实时采集、传输与分析,重点监测高风险区域,确保异常情况早发现、早处置。(2)预警机制完善:构建多灾种和灾害链综合预警体系,明确预警指标阈值、预警等级与响应流程,建立应急广播等通信系统,确保应急指令及时传达。根据风险等级划分预警级别,制定差异化响应措施,完善预警信息发布渠道,确保作业人员第一时间接收预警信息,快速启动应急处置流程。(3)智能化预警平台建设:依托大数据、物联网技术,研发安全风险智能管控平台,实现数据实时处理、风险精准识别与在线预警,提升预警处置效率。整合各监测系统数据,通过算法模型实现风险自动研判、智能预警,减少人工干预,推动监测预警从“被动响应”向“主动防控”转变。

2.3 应急处置与事后管控

(1)应急预案制定与演练:编制针对性的安全事故应急预案,明确应急组织架构、处置流程与责任分工,每年汛期前组织尾矿库“头顶库”企业与下游居民开展联合演练。结合矿山常见灾害类型,细化应急预案内容,确保预案具有可操作性,通过联合演练检验预案实用性,提升相关人员应急处置协同能力。(2)应急物资与队伍建设:配备充足的应急救援设备与物资,建立区域性矿山救援队伍,提升应急处置能力,确保事故发生后快速响应、科学处置。定期检查更新应急物资,保障物资完好可用,加强救援队伍专业化培训,开展实战化演练,提升应对突发事件的救援能力。(3)事后复盘与改进:事故处置完成后,全面复盘事故原因与防控漏洞,完善风险防控措施,加强对相关责任人的追责问责,避免同类事故重复发生。建立事故复盘机制,深入分析事故诱因、处置过程中的不足,优化防控方案与应急预案,强化责任落

实,形成“处置—复盘—改进”的闭环管理^[3]。

2.4 安全管理体系优化

(1)企业主体责任落实:明确矿山主要负责人为安全生产第一责任人,健全安全管理机构,配备安全总监与专业技术人员,加大安全投入与培训力度。完善安全管理制度,将安全责任层层分解、落实到人,定期开展安全培训与考核,提升作业人员安全意识与专业技能,保障安全投入足额到位。(2)外包工程管理规范:非煤矿山企业统一负责外包工程施工单位的安全管理,严禁地下矿山爆破作业专项外包,控制承包单位数量,杜绝转包分包行为。严格审核外包单位资质与安全管理能力,签订安全管理协议,加强对外包作业现场的监督管控,确保外包作业符合安全标准。(3)监管机制强化:完善矿山安全监管体系,建立重大隐患治理督办制度,加强对停工停产矿山的驻矿盯守与复工复产验收,强化监管问责。加大监管执法力度,对违法违规开采、隐患整改不到位的企业依法严肃查处,健全监管长效机制,推动矿山安全监管常态化、规范化。

3 采矿工程环境破坏现状与治理技术

3.1 采矿工程环境破坏核心表现

(1)土地资源破坏:露天矿坑、废石堆场、尾矿库占用大量土地,导致地表植被清除、土壤结构破坏、土地退化,甚至引发地面塌陷、地裂缝等问题。露天开采需剥离地表土层与植被,形成巨大矿坑,废石和尾矿的堆放不仅占用耕地、林地,还会压实土壤,导致土壤肥力下降、保水能力减弱,地下采矿引发的地面塌陷还会破坏周边农田、建筑,影响土地正常利用。(2)水资源破坏与污染:采矿过程中地下水过度开采导致地下水位下降,产生的废水含有重金属、悬浮物等有害物质,污染地表水与地下水,破坏含水层。采矿排水会导致地下水位大幅下降,形成地下水漏斗,引发周边水井干涸、地表植被枯萎;采矿废水未经处理直接排放,会污染河流、湖泊,重金属等有害物质渗透到地下,破坏含水层结构,影响水资源质量与可利用性^[4]。(3)大气与生态破坏:采矿作业产生大量粉尘与有害气体,污染空气;植被破坏导致生物多样性降低,生态系统脆弱化,影响区域生态平衡。露天爆破、矿石运输会产生大量粉尘,井下开采会释放甲烷、一氧化碳等有害气体,危害人体健康与大气环境;地表植被的大量清除,导致野生动物栖息地破坏,生物多样性减少,水土流失加剧,使矿区生态系统失去自我修复能力。

3.2 主要环境治理技术应用

(1)土地复垦与修复技术:采用回填法、植被恢复法等,对塌陷区、废石堆场进行治理,改良土壤质量,

恢复土地生产力,实现土地资源循环利用。对地下采矿塌陷区采用矸石回填、注浆加固等方式平整土地,对废石堆场进行分层覆土、土壤改良,种植耐贫瘠、易存活的植被,逐步恢复土地的农业或生态功能,推动矿区土地可持续利用。(2)水资源治理技术:建设废水处理系统,对采矿废水进行净化处理后循环利用或达标排放;采取地下水回灌等措施,恢复地下水位,治理地下水污染。搭建多级废水处理设施,通过沉淀、过滤、吸附等工艺去除废水中的重金属和悬浮物,处理后的废水用于采矿作业或农田灌溉;对地下水漏斗区域实施人工回灌,补充地下水资源,采用生物修复、化学淋洗等技术治理地下水污染。(3)大气与生态治理技术:安装粉尘净化设备,减少粉尘排放;种植乡土植被,构建生态防护带,恢复矿区植被覆盖,提升生物多样性。在采矿作业点、运输道路安装喷淋装置、除尘器等设备,控制粉尘扩散;结合矿区气候与土壤条件,种植乡土树种、草本植物,构建乔灌草结合的生态防护带,恢复植被覆盖,改善区域生态环境,促进生物多样性恢复^[5]。

3.3 环境治理的政策要求与实施原则

(1)政策要求:严格执行矿山地质环境保护与土地复垦方案,采矿权人需计提矿山地质环境治理恢复基金,履行治理恢复义务,矿山关闭前完成治理验收。采矿企业在项目建设初期需编制完善的环境治理与土地复垦方案,按规定足额计提治理恢复基金,专项用于环境治理工作,矿山关闭时需完成所有环境治理任务,经相关部门批准合格后方可关闭。(2)实施原则:坚持“预防为主、防治结合,谁开发谁保护、谁破坏谁治理、谁投资谁受益”的原则,实现采矿活动与环境治理同步进行。采矿过程中优先采取预防措施,减少环境破坏,采矿与治理同步规划、同步实施、同步验收,明确采矿权人的环境治理主体责任,鼓励社会资本参与环境治理,保障治理主体的合法权益,推动环境治理常态化、规范化。

3.4 尾矿库环境治理与闭库管理

(1)尾矿库日常治理:加强尾矿库排洪构筑物质量检测,定期开展稳定性评估,防范尾矿库坍塌引发的环境污染事故。定期检查尾矿库坝体、排洪沟、溢洪道等设施的完好性,及时排查修复破损部位,每季度开展一次稳定性评估,汛期加大巡查频次,采取加固、防渗等措施,防止尾矿库渗漏、坍塌,避免尾矿污染周边土壤和水资源。(2)闭库与销号管理:对达到设计最终标高、停用超过3年或无生产经营主体的尾矿库,及时开展闭库治理,完成后由县级以上地方政府公告销号,严禁重新用于排放尾矿。闭库治理需按照相关标准,对尾矿库进行覆土、植被恢复、防渗处理,消除环境安全隐患,治理完成后提交验收申请,经审核合格后由地方政府公告销号,建立长效监管机制,严防违规复用。

结束语

采矿工程安全风险防控与环境治理是一项系统性、长期性工程,需坚守“安全第一、预防为主、防治结合”原则,落实企业主体责任与监管要求。本文所提出的防控技术与治理措施,贴合矿山实际需求,兼顾安全性与生态性。未来,需持续推动采矿工艺智能化升级,完善安全风险防控与环境治理长效机制,强化技术创新与政策落地,实现矿产资源开发、安全生产与生态保护的良性循环,助力行业绿色转型。

参考文献

- [1]陆永彪.现代化煤矿工艺技术在采矿工程中的应用分析[J].内蒙古煤炭经济,2023,5(8):49-51.
- [2]程玉茂.影响煤矿采矿工程质量和安全的技术因素[J].能源与节能,2024,36(4):205-207.
- [3]叶军鹏.煤炭采矿工程中的安全管理与风险预防策略[J].内蒙古煤炭经济,2024,11(8):118-120.
- [4]王晨.采矿安全技术与事故预防措施的研究[J].矿业装备.2025,13(9):76-79.
- [5]夏伟.采矿工程技术不安全因素及其管理策略分析[J].模型世界.2025,9(20):167-169.