

金属非金属矿山安全生产风险评估与控制

付德祥

盐源金丰矿业有限责任公司 四川 凉山 615702

摘要: 本文聚焦金属非金属矿山安全生产管控难题,结合矿山生产全流程特点,系统梳理风险隐蔽性、复杂性等特征,明确风险辨识范围、原则与核心方法。构建人、机、环、管四维评估指标体系,优化云-模糊耦合评估模型开展风险分级评估。结合实际矿山案例研判风险短板,针对性制定分级差异化管控措施与关键环节实操方案,建立全流程闭环管控机制,为矿山降低安全隐患、提升本质安全水平提供可靠技术与管理支撑。

关键词: 金属非金属矿山; 安全生产; 风险评估; 控制

引言: 金属非金属矿山生产工况复杂,地质多变、设备运维隐患、人员操作不规范等问题突出,安全风险兼具突发性与连锁性,极易引发安全事故,严重制约矿山安全生产发展。当前矿山风险管控存在辨识不全面、评估精度不足、管控措施针对性弱等短板。为筑牢矿山安全防线,规范风险管控流程,本文围绕风险辨识、评估体系构建、分级管控等核心内容展开研究,旨在形成科学完善的风险防控体系,有效防范化解矿山安全生产风险。

1 金属非金属矿山安全生产风险辨识

1.1 金属非金属矿山安全生产风险概述

(1) 矿山安全生产风险的定义与特征: 金属非金属矿山安全生产风险是指在矿山勘探、开采、爆破、运输、尾矿库管理等生产全流程中,由于地质条件复杂、设备老化、人员操作不当等因素引发事故的可能性及其后果的组合。其风险特征主要表现为: 隐蔽性强,许多致灾因素难以直观发现; 复杂性高,多因素交织耦合; 突发性突出,事故往往瞬间发生; 连锁性强,单一事故易引发次生灾害; 危害性大,一旦发生事故往往造成重大人员伤亡和财产损失^[1]。(2) 矿山安全生产风险的分类: 按风险来源可分为地质风险、设备风险、作业风险和管理风险; 按风险等级可分为重大风险、较大风险、一般风险和低风险; 按风险影响范围可分为局部风险和区域风险。不同类型风险的管控重点各有侧重,重大风险需实施重点监控和专项管控,一般风险则通过日常管理加以防范。

1.2 矿山生产全流程风险辨识范围与原则

(1) 风险辨识范围: 覆盖矿山勘探、开采、爆破、运输、尾矿库管理、设备运维、人员作业等全生产流程。具体包括地下矿山的采掘、通风防尘、防排水、提升运输等系统,露天矿山的穿孔、爆破、装载、运输、

边坡等作业环节,以及尾矿库的坝体运行、排洪系统等。(2) 风险辨识原则: 遵循全面性——覆盖所有生产环节与区域,不遗漏任何潜在风险点; 系统性——从人、机、料、法、环多维度系统分析; 动态性——根据生产工艺变化及时更新辨识结果; 科学性——采用科学方法确保辨识结果准确可靠; 实用性——辨识结果贴合矿山实际、便于指导现场管控。

1.3 金属非金属矿山主要风险源辨识方法与应用

(1) 常用风险辨识方法: 安全检查表法(SCL)依据法规标准编制检查表进行定性排查; 预先危险性分析法(PHA)在项目初期识别主要危险源并确定危险等级; 故障类型和影响分析法(FMEA)分析设备故障模式及其影响; 作业危害分析法(JHA)对作业活动逐步步骤分析潜在危害; 事故树分析法(FTA)通过演绎逻辑追溯事故深层致因。(2) 方法应用: PHA适用于矿山设计或技改阶段的初步风险辨识; SCL和JHA适用于日常作业环节的风险排查; FMEA适用于设备设施的风险分析; FTA适用于典型事故的深度致因分析。通过多种方法组合运用,可系统梳理出矿山主要风险源清单。

1.4 矿山重大风险源筛选与确定

(1) 重大风险源筛选标准: 依据国家相关法规及行业标准,结合矿山实际,筛选指标主要包括: 风险发生可能性(L)、后果严重性(S)及影响范围。通过风险度 $R=L \times S$ 计算量化分值进行风险分级。此外,单班井下作业人数、开采深度等量化指标也可作为直接认定依据。(2) 重大风险源确定流程: 首先开展全流程风险辨识形成风险清单; 其次通过定性分析与定量测算相结合的方式开展风险评估与分级; 然后依据筛选标准识别出重大风险源; 最后明确重大风险的分布区域与管控优先级,实行差异化管控。

2 金属非金属矿山安全生产风险评估体系构建与应用

2.1 矿山安全生产风险评估指标体系构建

(1) 指标体系构建原则: 遵循科学性原则, 确保指标选取有理论依据且能真实反映风险本质; 全面性原则, 覆盖影响矿山安全生产的各类因素; 可操作性原则, 指标数据便于采集、量化和计算; 层次性原则, 指标体系结构清晰、逐层细化。通过上述原则确保评估结果客观反映矿山实际风险水平。(2) 指标体系框架设计: 从人员、设备、环境、管理四个维度构建评估指标体系。人员维度涵盖安全素养、操作技能、违章率等指标; 设备维度涵盖设备完好率、故障频率、维保及时率等指标; 环境维度涵盖地质条件、有害气体浓度、粉尘浓度、顶板稳定性等指标; 管理维度涵盖安全管理制度完善度、应急演练频次、隐患排查整改率等指标。各层级指标相互关联、逐级支撑^[2]。(3) 指标权重确定: 采用层次分析法(AHP)构建判断矩阵, 结合熵权法进行客观赋权, 综合专家打分意见确定各指标权重。对涉及重大风险的关键指标赋予较高权重, 确保评估结果对高风险因素敏感, 突出管控重点。

2.2 金属非金属矿山安全生产风险评估模型选择与优化

(1) 常用风险评估模型对比分析: 风险矩阵法操作简便但精度有限, 适用于定性评估; 模糊综合评价法能处理不确定性信息, 但隶属度函数确定主观性较强; 云模型可实现定性与定量转换, 适用于复杂系统评估; 灰色关联分析法对数据量要求较低, 但缺乏风险分级能力。综合比较后, 选取模糊综合评价与层次分析法耦合模型作为基础框架。(2) 评估模型优化: 针对模糊综合评价中隶属度函数确定的主观性问题, 引入云模型进行改进, 利用云数字特征表征评价指标的模糊性与随机性。同时结合矿山实际, 优化评价等级标准区间, 使评估结果更加贴合矿山生产实际。

2.3 风险评估等级划分标准与流程

(1) 风险等级划分标准: 依据《企业安全生产标准化基本规范》及行业标准, 将矿山安全生产风险划分为重大风险、较大风险、一般风险和低风险四个等级。重大风险指可能造成群死群伤或重大经济损失的风险; 较大风险指可能造成多人伤亡或较大经济损失的风险; 一般风险和低风险危害程度逐级递减, 各等级对应明确的综合评价价值区间。(2) 风险评估实施流程: 评估工作按以下流程开展: 评估准备(成立评估组、明确评估范围、收集资料)→现场数据采集→指标值测算与标准化→利用优化后的评估模型进行综合运算→依据等级划分标准判定风险等级→专家复核确认评估结果→编制评估

报告^[3]。

2.4 风险评估案例应用与结果分析

(1) 案例概况: 选取某地下开采金属矿山作为研究对象。该矿山年开采能力120万吨, 采用竖井开拓方式, 主要开采矿种为铅锌矿, 最大开采深度650米, 在册员工560人。矿山地质条件中等复杂, 存在断层破碎带, 主要生产系统包括提升运输、通风防尘、防排水、供配电及充填系统。(2) 评估结果分析: 应用构建的评估指标体系与优化后的云-模糊耦合评估模型对案例矿山进行综合评估。结果显示: 该矿山综合风险等级为较大风险等级。一级指标中环境维度风险评分最高, 管理维度次之; 二级指标中有害气体浓度、顶板稳定性、通风系统可靠性为高风险指标, 主要安全隐患集中在局部通风不良、深部地压显现和防排水系统能力不足三方面。依据评估结果, 建议矿山重点加强深部开采地压管理、完善通风系统、提升防排水能力, 切实降低整体风险水平。

3 金属非金属矿山安全生产风险控制措施与实施

3.1 矿山安全生产风险控制的总体原则与目标

(1) 风险控制总体原则: 遵循“安全第一、预防为主、综合治理”的方针, 坚持分级管控原则, 按照风险等级配置相应的管控资源与措施; 坚持源头防控原则, 从地质勘察、设计优化、工艺选择等源头入手降低风险; 坚持动态管理原则, 根据采掘进度、季节变化等因素实时调整管控重点; 坚持全员参与原则, 建立覆盖矿领导、技术人员、班组长、一线作业人员的全员风险管控责任体系, 实现风险可控、可防、可治。(2) 风险控制目标: 短期目标为三个月内完成现有重大风险源的全面排查与治理, 重大风险管控措施落实率达100%; 中期目标为两年内建成完善的安全生产风险管理体系, 较大及以上风险全面受控, 事故起数同比下降30%以上; 长期目标为构建本质安全型矿山, 实现安全生产形势持续稳定好转, 从业人员安全素养显著提升, 安全管理水平达到行业先进。

3.2 不同等级风险的差异化控制措施

(1) 重大风险控制措施: 针对重大风险源, 分险种逐一制定专项管控方案, 设置醒目的安全警示标识标牌, 落实专人负责和矿领导带班制度, 强化视频监控与在线监测系统24小时不间断运行, 制定针对性的应急处置预案并每半年组织一次实战演练, 每月开展一次专项排查治理, 形成重大风险从排查、登记、评估、管控到验收、销号的完整闭环。(2) 较大风险控制措施: 采用工程技术控制(如设备改造升级、安全防护设施增设)与管理控制(如完善制度规程、加大检查频次)相结合

的方式,辅以针对性的教育培训,降低较大风险的发生概率与可能造成的损失,每季度开展一次风险复核,结合生产实际动态调整管控措施^[4]。(3)一般风险与低风险控制措施:以标准化和常态化管控为主。通过完善各岗位安全操作规程和作业指导书,将风险控制要求融入日常操作行为;强化班组日常巡检,建立巡检记录台账,及时发现并处置异常状况;利用班前会、每周安全活动日等载体,开展常态化安全培训与案例教育,增强员工风险意识,防止因管理松懈、操作随意导致一般及低风险向更高等级演变。

3.3 矿山关键环节风险控制重点与实操方案

(1)地下矿山关键环节风险控制:顶板管理环节,严格实施“敲帮问顶”制度,推广使用顶板离层仪在线监测与锚杆锚固质量检测,对破碎带及时采取锚喷网联合支护;通风管理环节,建立主扇运行状态实时监控和风量风速定期检测制度,确保独头掘进面局部通风实现“双风机双电源”自动切换;排水管理环节,落实主排水泵房设备定期检修、联合排水试验和水仓定期清淤制度;提升运输环节,严格执行提升钢丝绳每日检查、罐笼防坠器定期脱钩试验制度。(2)露天矿山关键环节风险控制:边坡稳定方面,布设边坡雷达或GPS在线监测点,雨后及解冻期加密监测频次,发现变形异常立即停产撤人;爆破作业方面,严格执行爆破安全规程,合理确定爆破参数,划定警戒范围并落实警戒措施;采场排水方面,汛期前完善截排水沟渠,确保排水系统畅通,防止积水浸泡坡脚^[5]。(3)尾矿库风险控制:围绕坝体稳定、渗流控制和排洪安全三大核心环节,完善坝体位移和浸润线埋深的在线监测系统,每月进行人工比对观测;汛期前对排洪构筑物开展专项检查与质量检测,确保排洪能力满足设计标准;每年至少组织一次尾矿库综合应急演练,储备充足应急物资。

3.4 风险控制措施的实施保障与效果评估

(1)实施保障:组织保障方面,成立以矿长为组长的风险管控领导小组,明确各层级职责;制度保障方

面,制定风险管控考核办法,将风险管控成效纳入绩效考核;资金保障方面,足额提取并规范使用安全生产费用,优先保障重大风险治理投入;技术保障方面,依托专业机构定期开展检测检验和技术咨询;人员保障方面,配齐注册安全工程师和专业技术人员,确保每项管控措施有明确的责任人。(2)效果评估:建立月度自查、季度综合评估、年度全面评价的效果评估机制,重点监测风险管控措施执行率、隐患整改完成率、在线监测预警响应时效等关键指标。根据评估结果编制风险控制效果评估报告,对管控失效或效果不佳的措施分析原因并制定改进方案,及时优化调整,对评估中发现的风险管控薄弱环节下达整改通知单并跟踪闭环,形成“评估—管控—再评估—再优化”的持续改进闭环管理。

结束语

本文完成了金属非金属矿山安全生产风险的全流程辨识、精准评估与分级管控体系搭建,明确了地下、露天矿山及尾矿库各关键环节管控重点。通过优化评估模型、制定差异化管控方案和闭环保障机制,有效提升了矿山风险防控的科学性与实操性。后续矿山可结合生产动态持续优化管控策略,常态化开展风险复盘整改,持续夯实安全管理基础,推动矿山安全生产形势稳定向好发展。

参考文献

- [1]栾邢杰,谢阳,刘志杰.金属非金属矿山风险评估与安全管理策略[J].中国金属通报,2025,34(02):184-186.
- [2]金传芳.金属非金属矿山安全生产管理标准化建设探究[J].冶金管理,2025,16(07):93-96.
- [3]滑东建.金属非金属矿山开采现场安全管理控制[J].中国金属通报,2023,7(12):19-21.
- [4]张杨.金属非金属矿山安全隐患排查制度存在的问题及优化路径[J].凿岩机械气动工具,2025,51(11):156-158.
- [5]张鸿川.金属非金属矿山安全生产的主要影响因素及管理对策分析[J].工程技术与发展,2022,4(21):173-175.