

内蒙古阿拉善左旗乌拉山金矿开采现场安全风险辨识与防控对策研究

金小龙

阿拉善盟左旗圆福成矿业有限公司 内蒙古 阿拉善盟 750300

摘 要：本文针对内蒙古阿拉善左旗乌拉山金矿复杂地质与极端气候环境，系统辨识了地质失稳、爆破、水害、火灾、机械电气及职业健康等六大安全风险及其致因。在此基础上，从落实主体责任、强化顶板管控、优化爆破流程、构建防治水体系、完善消防电气保障、推进职业健康防护及加快智慧矿山建设七个维度提出防控对策，旨在为该矿及同类型干旱区金矿安全管理提供理论支撑与实践参考。

关键词：乌拉山金矿；安全风险辨识；地下开采；顶板防控；智慧矿山

引言

矿山安全是矿业生产生命线。随着开采深部化及地质条件复杂化，风险防控难度加大。2025 年 7 月内蒙古某矿较大坠落事故暴露出安全管理短板，警示亟需从“被动响应”向“主动防控”转型。乌拉山金矿地处阿拉善左旗干旱荒漠区，地质构造发育、岩体破碎且气候极端，安全风险具有典型性。当前当地虽开展专项治理，但风险辨识不全、措施针对性不强等问题仍存。本文以该矿为案例，综合地质资料、工程设计及现场特征，系统辨识各类安全风险及其致因，提出切实可行的防控对策，旨在解决日常管理痛点，为干旱区金矿开采的安全风险治理提供理论支撑与实践参考。

1 项目概况与地质条件

1.1 矿山工程概况

乌拉山金矿为地下开采矿山，矿区范围覆盖巴彦乌拉山中段古腊布陶勒盖矿区，开采标高涉及较广。矿山主体工程包括穿脉工程、沿脉工程、竖井工程及配套辅助工程，设计年生产规模在区域金矿中处于中等水平。矿区属阿拉善左旗吉兰泰镇管辖，海拔较高，地势起伏明显，周边植被稀少，生态环境脆弱。

1.2 地质构造与水文特征

从地质条件来看，矿体主要赋存于蚀变岩带中，围岩以变质岩为主。矿区地质构造复杂，断裂构造发育，多条断层破碎带切割矿体与围岩，极大地降低了岩体完整性。目前控制的矿体大部分位于基岩无水地段，下部位于变质岩裂隙弱富水含水带中，裂隙弱富水含水带是矿床主要充水水源^[1]。这意味着随着开采深度增加，涌水量将逐渐加大，水害风险不容忽视。

1.3 矿区气候条件

矿区地处典型的大陆性干旱气候区，年降水量极少，蒸发量大，昼夜温差悬殊，春秋两季风力强劲且频繁。极端干燥的气候条件一方面使得地面堆渣场、运输道路扬尘问题突出，颗粒物排放难以有效控制；另一方面，冬春季节低温严寒增加了人员冻伤风险与设备运行故障率，夏季高温则对作业人员身体健康构成考验。此外，强风天气还可能导致露天作业区域的临时设施受损、高空坠物等次生风险。

2 乌拉山金矿开采现场安全风险辨识

2.1 地质构造与围岩失稳风险

乌拉山金矿断层破碎带广泛，岩体结构复杂，易引发冒顶、片帮等事故。诱因包括采矿方法不当、支护不及时、控顶高度失控等。部分矿体邻近变质岩裂隙含水带，地下水长期侵蚀削弱岩体力学性能，在爆破震动和采掘扰动下更易失稳。从人的不安全行为来看，现场作业人员未严格执行“敲帮问顶”制度、擅自进入空顶区域或支护作业不规范，是导致顶板事故的直接触发因素；管理层面则表现为支护质量验收流于形式、顶板巡查频次不足；物的不安全状态主要体现在锚杆锚固力不达标、支护网片锈蚀破损等隐患。

2.2 爆破作业与火工品管理风险

钻爆法落矿涉及火工品存储、运输、起爆及盲炮处理，任一环节疏漏易引发重大事故。炮烟含有毒气体，通风差易造成人员中毒；爆破穿越断层可能造成顶板失稳；盲炮处置不当有意外引爆隐患；火工品临时存放需防范高温、静电、机械冲击。作业中存在爆破员携带手机、打火机入库、违规装药等违章行为，同时存在安全

交底不到位、出入库登记执行不严等管理漏洞,以及雷管脚线破损、起爆器性能不稳等设备隐患,进一步加大爆破作业风险。

2.3 水害与淹溺风险

主要水源为下部变质岩裂隙弱富水带,随开采深度增加,涌水量可能上升。若排水能力不足或未执行“有疑必探、先探后掘”,突水风险高,易导致巷道淹没、人员被困。雨季地表径流亦可能通过塌陷区或裂隙灌入井下,加剧水害。人的不安全行为表现为探放水作业时未按设计深度施工、擅自缩短超前探孔长度;管理因素包括水文地质观测记录不完善、水害应急预案未定期演练;物的不安全状态主要是排水泵磨损严重、备用泵未保持热备状态、水位监测仪器校准不及时,这些薄弱环节使水害防控体系存在缺口。

2.4 火灾与爆炸风险

井下火灾源包括电缆老化、电气故障、违规动火等,狭窄巷道加速烟雾扩散,威胁逃生。地面建筑若消防设施不足或意识薄弱,火势易蔓延。部分高品位矿段硫化物丰富,在通风不良的采空区可能形成爆炸性气体,需加强监测。火工品管理须严格遵守《民用爆炸物品安全管理条例》。此外,井下违规吸烟、电气焊作业未办理动火审批手续等人员违章行为屡禁不止;管理上存在消防设施月检走过场、可燃物清理责任不明确等问题;物的不安全状态如电缆绝缘层破损、灭火器压力不足等,亦为火灾的发生埋下隐患。

2.5 机械电气与提升运输风险

提升系统是事故高发环节,绞车若缺乏过卷、过速、深度指示等保护装置,易发生失控、断绳等事故;斜井提升存在脱轨、跑车风险^[2]。井下电气设备在恶劣环境中运行,绝缘老化、漏电等可致电击,所有金属外壳须可靠接地,照明电压 $\leq 36V$ 。机械设备若缺防护或操作违章,机械伤害风险显著上升。

2.6 职业健康与环境风险

凿岩、爆破、出渣等工序产生大量粉尘,长期吸入可致矽肺,须落实湿式作业、佩戴防护用品并定期监测。噪声主要来自凿岩机、破碎机等,8小时等效声级应 $\leq 85dB(A)$,超标区域须配耳护具。还需根据气候采取防暑或防冻措施。运输扬尘影响作业环境及周边生态,应实施洒水降尘等控制措施。

3 乌拉山金矿安全风险防控对策

3.1 全面落实企业安全生产主体责任

乌拉山金矿需遵照最新法规,建立主要负责人为第一责任人的安全责任体系,把责任分解至各部门、岗位及人员,实现闭环管理。企业应主动配合阿拉善左旗应急管理局的矿山包保、驻矿安全监管制度,将外部监管转化为内部自律。可借鉴自治区矿山治本攻坚三年行动经验,运用“行政处罚+行为记分”惩戒机制,参照区内矿山隐患内部报告奖励做法,建立隐患上报激励制度,以奖促报,推动员工从“要我安全”向“我要安全”转变。同时强化管理人员履职考核,杜绝“以包代管、包而不管”,保障安全投入、安全教育培训、隐患治理等工作落实。

3.2 强化顶板管理与支护体系建设

乌拉山金矿应严格遵循《非煤矿山灾害防控要点》要求,根据矿区实际地质条件、采矿方法、开采深度和围岩稳定性等综合因素,科学划分顶板等级,对不同等级的顶板区域实行差异化管理。掘进巷道、采场作业面应明确支护设计方案,做到“一区域一方案”,确保支护强度与顶板压力相匹配。现场管理方面,必须严格执行“敲帮问顶”制度。每班作业前,应由专人检查井巷和采场顶帮稳定性,发现浮石及时撬毛处理,经检查确认安全后方可进入作业。井巷维修时应遵循“先支后修、由外向里”的原则,严防顶板冒落或支架歪倒伤人^[3]。施工作业人员须经专门培训并持证上岗,确保作业规范。若条件允许,可考虑引入风动撬毛台车等机械化设备,使作业人员远离顶板危险区域作业,从根本上规避人员暴露于顶板垮塌风险之下。此外,应建立支护材料进场检验制度,杜绝不合格锚杆、锚固剂流入井下,从物的源头上保证支护可靠性。

3.3 优化爆破作业流程与火工品管理

乌拉山金矿应建立火工品流向登记台账,实施全链条可追溯管理,确保每一枚雷管、每一千克炸药都有据可查。爆破作业前须编制专项爆破设计,明确装药参数、起爆顺序和安全警戒范围;爆破后必须有足够通风时间,待炮烟稀释达标后方可允许人员进入作业面。盲炮处理是最具危险性的爆破环节,应由经过专门培训的爆破员严格按照规程操作,严禁强行拉出或二次钻孔引爆。对于在地质构造带附近进行的爆破作业,应适当控制单段药量,减少爆破震动对围岩稳定性的不利影响。同时,矿山应配备便携式有毒气体检测仪,作业人员在进入作业面前应检测炮烟浓度,确保安全。针对人的行为管控,应严格实行爆破作业人员资格年审制度,对违章操作行为实行记分管理,累计达到限值者调离岗位。

3.4 构建完善的矿井防治水体系

乌拉山金矿需全面掌握矿区水文地质条件,查清上部含水层分布、裂隙发育规律以及周边老空区积水情况,绘制水文地质图并动态更新。在此基础上,科学评估矿井涌水量变化趋势,合理设计排水能力,确保排水设备完好率始终保持在100%。采掘作业中必须严格执行“有疑必探、先探后掘”原则。在接近断层破碎带、含水层或疑似积水区时,应提前实施超前探水钻孔,探明水情后方可掘进。对发现的突水征兆,如巷道壁渗水异常、空气湿度骤增、岩层发出声响等,必须立即停止作业、撤出人员,并报告矿技术负责人组织研判处理。每年雨季到来前,应对全矿防排水设施进行全面检查,并安排雨季24小时值班制度,确保突发涌水情况下的应急响应能力。同时,应落实探放水作业视频监控和双人确认制,防止因单人操作疏忽导致探水深度不足或角度偏差,弥补管理监督盲区。

3.5 提升消防能力与电气安全保障

乌拉山金矿应在井下和地面重点区域按标准配足消防器材,包括干粉灭火器、消防沙箱、消防水带等,并定期检查和更换。电气线路敷设应符合规范,避免电缆长期浸泡在水中或受到机械损伤;电气设备金属外壳必须可靠接地,变压器及变电所裸露部分应加装安全防护装置并悬挂警示牌,坚决杜绝带电检修作业^[4]。地下采掘作业面的照明用电电压严格限制在36V以内,保障作业人员在潮湿环境下的用电安全。在爆破器材存储库、柴油发电机房等高风险区域,可增设烟雾报警装置和自动灭火系统,提升火灾早期预警和自动处置能力。针对物态管理,应建立电缆及电气设备生命周期台账,对超期服役、绝缘电阻不达标的设备强制报废更换,从硬件层面消除电气火灾隐患。

3.6 深化职业健康防护与培训体系建设

乌拉山金矿须坚持井下湿式凿岩,爆破后洒水降尘并定期清洗运输巷道,以最大限度降低粉尘浓度。作业人员必须规范佩戴防尘口罩、安全帽、防噪耳塞等个人防护用品。企业应每两年组织接触粉尘及有毒有害物质人员进行职业健康体检,并建立完善的健康档案。安全培训是提升人员素养的根本。新员工入矿前须经岗前体检合格,并完成不少于72小时的岗前安全培训方可上岗,每年在岗培训不得少于20小时。培训内容需覆盖岗位操作规程、风险辨识方法及应急处置流程等关键知识点,并通过定期考核检验实效。此外,结合矿区冬季严寒、夏季高温及春秋风沙等气候特征,应针对性开展防

寒防冻、防暑降温和防风减灾的专项安全教育,确保极端天气下的人员安全与设备稳定运行。此外,应强化日常作业中劳动防护用品佩戴的现场督查,设立安全行为观察员,对屡次违章不佩戴防护用品者进行经济处罚与再教育,纠正人的不安全习惯。

3.7 推进智慧矿山建设与科技赋能

国家矿山安全监察局要求企业推进安全生产“四化”建设,通过“机械化换人、自动化减人”降低风险。乌拉山金矿应结合实际有序推进智能化升级:在提升运输系统加装自动闭锁及视频监控,实现远程控制与实时监控;在采掘面部署微震监测系统,实时掌握顶板位移和岩层应力,实现精准预警。同时,全面建成并有效运行井下人员定位及紧急避险“六大系统”。依托“风险分级、隐患分类”管理,建立“问题清单—整改措施—验收销号”闭环台账,推动管控由粗放向精细化、标准化转变。此外,企业应主动对标阿拉善左旗应急管理局的监督检查计划,积极引入先进适用技术装备,持续提升本质安全水平,以科技之力筑牢安全防线。同时,借助智能化手段对设备运行状态进行实时故障诊断,提前预警物的不安全状态,变事后抢修为事前预防。

4 结语

乌拉山金矿安全风险防控面临复杂地质、恶劣气候及企业管理与技术水平等多重挑战,主要风险包括围岩失稳、爆破作业、水害、火灾爆炸、机械电气事故及职业健康等六类,彼此交织,任一疏漏均可能引发事故。矿山应以落实企业主体责任为基础,聚焦顶板与爆破安全管理,完善防治水、消防电气和职业健康体系,并推进智慧矿山建设,构建全链条、多层次、立体化防控机制。在阿拉善左旗开展矿山安全专项治理背景下,企业须以“时时放心不下”的责任感,将隐患排查转化为管理提升契机,切实把风险消灭在萌芽,保障矿山长治久安,支撑区域矿业高质量发展。

参考文献

- [1] 张成瑞,杨宁宁.内蒙古乌拉山金矿矿床地质特征及成矿规律研究[J].冶金与材料,2025,45(06):148-150.
- [2] 孙宁.金矿地下开采过程安全管理常见的问题及防治建议[J].中国金属通报,2025,(01):25-27.
- [3] 张鹏.金矿地下开采生产过程安全影响因素分析[J].中国金属通报,2022,(06):153-155.
- [4] 初长江,韩凯.金矿开采安全管理问题探析及防护措施[J].世界有色金属,2023,(19):40-42.