

某退出金矿地质环境影响评估与治理

孙社虎

(湖北三鑫金铜股份有限公司)

摘要:为保护区域生态环境,对某退出金矿开展地质环境影响评估与治理。通过对矿山地质灾害、含水层破坏、地形地貌、水土环境污染等进行现状分析与预测评估,确定矿山地质环境影响程度,并采取了针对性治理措施,包括尾渣的无害化处置与渗滤液达标处理,覆土复绿恢复原有生态,采探矿场地采矿井的封堵,露天采坑的回填、整形及复垦等。该退出金矿生态环境恢复治理效果好,可为类似矿山地质环境的治理和恢复提供借鉴和参考。

关键词:退出金矿;地质环境;综合治理;地质灾害;尾渣

中图分类号:TD167

文献标志码:A

文章编号:1001-1277(2024)05-0092-04

doi:10.11792/hj20240518

引言

某金矿位于四川省北部,先期边探边采,矿石采用炭浆提金工艺,处理规模 300 t/d。因地方矿业开发政策、生态环境保护等因素^[1-5],被要求关闭退出。因此,该金矿开展了退出金矿地质环境影响评估与治理^[6-11],包含尾渣的合规处置及采探矿场地环境恢复等。

1 矿山地质环境影响评估

1.1 评估范围和评估级别

该金矿进行了地质详查探矿与尾渣综合利用工程,尾渣综合利用工程范围包含在探矿登记范围内,故本次评估范围为露天采坑区、主厂房区、选矿厂、变电站区、压滤车间区、尾渣堆场区、东井区、西井区、库房区、生活及办公区、厂内道路及厂外道路。

矿区附近无居民住户分布,无交通要道或建筑设施,距离保护区约 11 km,但因占地类型为草地,评估区重要程度属“较重要区”;矿区水文地质条件简单、工程地质条件及地质构造条件复杂、开采情况复杂程度中等、地形地貌简单,确定地质环境条件复杂程度分级属“复杂”;生产建设规模为“中型”,从而确定矿山地质环境影响评估级别为“一级”。

1.2 矿山地质灾害现状分析与预测评估

1) 矿山地质灾害现状分析。矿区范围内地质灾害弱发育,无滑坡、崩塌、泥石流等地质灾害,矿区内人工边坡亦未发生变形迹象,处于基本稳定—稳定状态,且矿区位于无人区,无威胁对象,故危险性低、危害性小。矿山地质灾害现状程度为“较轻”。

2) 矿山地质灾害预测评估。目前,该金矿处于探矿权退出及恢复治理阶段,恢复治理项目主要涉及:①平硐封堵及露天采坑回填;②拆除既有生产设施和配套用房并复垦、复绿;③对现有路面进行复垦、复绿;④对既有边坡进行整形和复绿;⑤尾渣堆场生态环境治理等。工程活动对既有生态环境破坏小,且建设后有利于自然生态环境的恢复^[12-13],建设中及建设后可能引发的地质灾害危险性小。因此,预测矿山地质灾害影响程度为“较轻”。

1.3 矿区含水层破坏现状分析与预测评估

1) 矿区含水层破坏现状分析。根据《矿区详查地质报告》《金矿主竖井工程初步设计(代可研)》,矿床处于近山脊部位,地形不利于地下水聚集,矿床充水主要来源于大气降水和石英砂岩自身水,侵蚀基准面为 3 560~3 575 m,其上坑道中地下水活动甚微,仅表现为包气带滞水沿透水裂隙发育岩段及断裂导水部位渗透下移,于硐中产生滴水(流量很小,强度无法测定),无涌水、突水现象。

主要矿体 II 1 和 II 5 的资源储量推测标高多为 3 650 m,多位于侵蚀基准面以上;仅 II 5 矿体南东段有少量推测标高为 3 500 m,位于潜水面以下,但含水层富水性弱,各含水层间基本无水力联系,矿坑涌水量小。矿床水文地质条件简单,绝大部分地段矿坑中无地下涌水。矿体呈 NW 向带状赋存于石英闪长岩体内外接触带的一套接触交代变质岩中,竖井探矿开采后改变了含水层原有结构,形成一个新的导水通道,含水层结构遭受破坏后无法修复,但影响有限。主厂房区(含主井)、东井区与西井区现状条件下含水层破坏程度为“严重”,其他区域现状条件下含水

层破坏程度为“较轻”。

2)矿区含水层破坏预测评估。该金矿主井、东井与西井均作封堵处置,恢复治理工程对既有生态环境破坏小,建设后有利于自然生态环境的恢复。此外,待矿山关闭退出后,停止抽排地下水,含水层水位会逐渐恢复,因此预测矿区含水层破坏程度为“较轻”。

1.4 矿区地形地貌景观破坏现状分析与预测评估

1)矿区地形地貌景观破坏现状分析。该金矿为高原丘状地貌类型,其地面形态有山丘、缓坡、沟坡、微平地等。矿区内无交通要道或建筑设施,距离保护区约 11 km,周边无人文景观和风景旅游区。早期探矿对原地貌形态产生了破坏,2008 年至今已进行多次生态修复工作。根据现场调查,矿区目前仍有较大面积挖损与压占损毁,造成植被破坏与局部岩石裸露。其中,露天采坑区对原生地形地貌景观影响和破坏程度大,其他区域对原生地形地貌景观影响和破坏程度较大。露天采坑区现状条件下地形地貌景观破坏程度为“严重”,其他区域地形地貌景观破坏程度为“较严重”。

2)矿区地形地貌景观破坏预测评估。根据现有恢复治理目标与工程方案,露天采坑区、主厂房区、选矿厂区、变电站区、压滤车间区、东井区、西井区、库房

区、生活及办公区、厂内道路、金矿驻地区,以及厂外道路将进行完全拆除与恢复治理;尾渣堆场将保留渗滤液收集池,占地面积约 3 800 m²。因此,预测区域地形地貌景观破坏程度为“较轻”。

1.5 矿区水土环境污染现状分析与预测评估

1)矿区水土环境污染现状分析。尾渣堆场设置两个渗滤液收集池,未设置渗滤液处理设施,主要靠蒸发来处理渗滤液。堆体表面仅覆盖了土壤,未敷设防渗层,雨季时,落入堆体表面的雨水均转化为渗滤液,故渗滤液收集池内的渗滤液存在外溢风险。主厂房区域堆存有约 1 200 m³ 的堆浸渣,占地面积约 790 m²,堆积高度约 4.5 m,堆浸渣周边未设置渗滤液收集池,雨季产生的渗滤液直接外排进入周边环境,进而通过地表下渗和地表径流进入周边地表水体和地下水中,对地下水和地表水存在污染风险^[14-15]。

(1)尾渣性质。对尾渣采样进行毒性浸出试验,结果见表 1。依据 HJ 943—2018《黄金行业氰渣污染控制技术规范》,Z3 点位中下层、Z4 及 Z5 点位上下层砷超标,其他污染物质量浓度均达标。该金矿尾矿库为山谷型,呈西北高东南低,超标点均位于尾渣堆场下游,且中下层采样位置均比 Z1 和 Z2 底部采样位置低,因此雨季淋溶水中的砷随水流迁移富集,可能导致堆场底部样品中砷浸出浓度高。

表 1 尾渣毒性浸出试验结果
Table 1 Test results of toxicity leaching for tailings

污染物	$\rho/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$										标准 ¹⁾
	Z1		Z2		Z3		Z4		Z5		
	上层 (3~4 m)	上层 (1~2 m)	下层 (3~4 m)	上层 (1~2 m)	中层 (3~4 m)	下层 (5~6 m)	上层 (1.5~2.0 m)	下层 (4.1~5.0 m)	上层 (1.7~2.1 m)	下层 (5.4~6.1 m)	
铜	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	<0.01	0.02	120
铅	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	1.2
锌	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	120
砷	0.536	0.803	0.812	0.878	11.7	10.8	2.35	2.53	1.79	2.29	1.2
汞 ²⁾	0.80	0.60	0.57	0.58	0.95	0.72	0.62	0.64	0.30	0.99	120
镉	0.01	0.01	0.02	0.01	0.31	0.30	0.06	0.06	0.05	0.04	0.6
六价铬	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	6
总铬	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	15
氰化物	0.066	0.322	0.158	0.178	3.76	3.89	0.007 6	0.008 6	0.004 8	0.004 5	5

注:1)HJ 943—2018《黄金行业氰渣污染控制技术规范》;2) $\rho(\text{Hg})/(\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1})$ 。

(2)土壤。矿区边界外布设 9 个土壤钻孔采样点位,砷超标的钻孔点位有 7 个,最大超标质量分数为 566 mg/kg,超标 8.44 倍,因而尾渣堆场所在区域土壤砷严重超标。该金矿在区域成矿带上,砷是其指示性元素,周边土壤母岩母质与此密切相关,这也是土壤砷超标的重要原因。

通过主厂房堆浸渣周围 4 个土壤样品检测,样品浸出液中 pH、砷均超过 GB 8978—1996《污水综合排

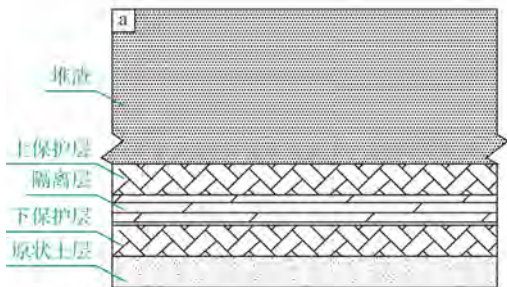
放标准》最高限值,其余各项指标均未超。与对照土壤样品相比,主厂房周围土壤超标可能由于其位于探矿主井附近,前期生产过程中原矿运输时有物料撒落到周围土壤中。

(3)渗滤液。分析尾渣堆场渗滤液收集池内水质,并通过对比 GB 8978—1996《污水综合排放标准》,仅 1[#] 渗滤液收集池中砷超标,超标倍数为 0.806。

(4)地下水。通过尾渣堆场周边 5 个监测井水质检测,各个监测井中除铁、锰、铝、挥发酚、高锰酸盐指数、砷、铅、镍部分指标不满足 GB/T 14848—2017《地下水质量标准》中的Ⅲ类标准限值要求外,其余指标均能满足Ⅲ类标准限值,这可能由于区域地下水本底值较高所致。

(5)地表水。连续两个月地表水监测指标中,第 1 个月砷质量浓度不满足 GB 3838—2002《地表水环境质量标准》中Ⅲ类标准限值,矿区下游地表水水质较对照点稍高,可能由于矿山周边区域本底值较高造成的,其他污染物均达标;因该区域溪沟均为季节性冲沟,采样结果可能受河流量、采样点、采样频次等多方面影响。

2)矿区水土环境污染预测评估。环境恢复治理工程包含矿区内水土污染地块的整治工作,根据恢复治理目标与工程措施,预测矿区水土环境污染程度为“较轻”。



2 矿山地质环境治理

2.1 尾渣堆场环境治理措施

尾渣堆场环境治理采用原地封场并生态恢复,减少雨水淋溶,削减污染物排放,将原来的污染型堆场转变为污染衰减型堆场^[16-19],降低对外界环境的污染。尾渣堆场环境治理措施包括:场地清理、新建挡墙、底部防渗系统、地下水导排系统、堆渣预处理、堆体整形、渗滤液导排系统、封场覆盖系统、雨水导排系统。尾渣堆场底部防渗系统(见图 1-a)中,渣堆上保护层、下保护层均采用 600 g/m² 土工布,隔离层采用 2.0 mm HDPE 膜,原状土层,清表后压实,压实度不低于 93 %。封场覆盖系统(见图 1-b)中,营养土层厚度 100 mm,支持土层厚度 200 mm,排水层厚度 10 mm,采用复合土工排水网;上保护层、下保护层均采用 600 g/m² 土工布,隔离层采用 2.0 mm HDPE 膜,原矿渣清表后压实,压实度不低于 93 %。

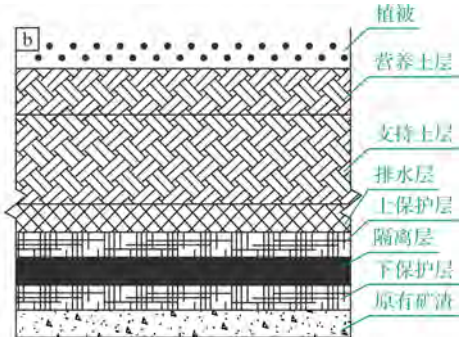


图 1 尾渣堆场底部防渗系统(a)及封场覆盖系统(b)

Fig. 1 Bottom anti-seepage system of the tailings dump (a) and covering closure system (b)

对于砷超标尾渣进行无害化预处理试验,添加 2 %、5 %、10 % 生石灰与堆渣搅拌混匀,静置 3 d、5 d、7 d 后,均达到入库要求。综合考虑,工程采用 10 % 生石灰,静置 7 d,网格布点采样,处理后尾渣均达到入库标准。

对封场后尾渣堆场渗滤液中特征污染物砷进行处理,工艺流程见图 2。处理后溶液达到 GB 8978—1996《污水综合排放标准》中一级排放标准要求。

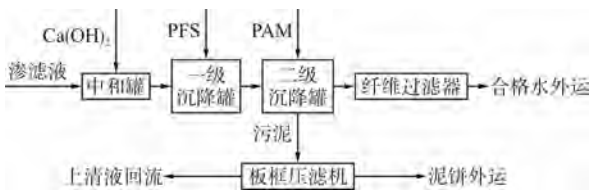


图 2 尾渣堆场封场后渗滤液处理工艺流程

Fig. 2 Process flow diagram for the treatment of seepage liquid after closure of the tailings dump

2.2 采探矿场地环境治理措施

原有采探矿场地的建筑物、相关设施设备(如卷

扬机、空压机、井架、轨道等)全部拆除。采用无污染的碎石土回填露天采坑区。对边坡进行削坡整形,整形后边坡坡比不大于 1:2。

竖井封井采用井盖封堵方式。井盖封堵按井筒边缘外扩 1.0 m,井筒井壁拆除深度不小于 1.2 m。采用钢筋混凝土结构,浇筑混凝土厚度不小于 1 m,将井筒封闭。盖板上如需回填土,待混凝土养护达到设计强度后再回填,回填土分层夯实,压实系数不小于 0.94。井盖设置导气孔,导气管高出地表 0.5 m,露出地面部分设为倒 U 形。平硐采用密闭填充开展封井回填,见图 3。

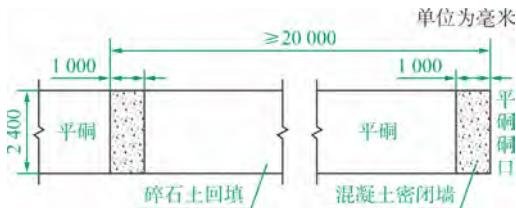


图 3 平硐封堵示意图

Fig. 3 Schematic diagram of adit blocking

2.3 土地复垦措施

损毁土地复垦方向为其他草地,根据表土剥离及当地地形地貌情况,确定各复垦单元覆土厚度为 30 cm。其中,底部 20 cm 为支持土层,顶部 10 cm 为营养土层,按披碱草 10 g/m²,耐高寒黑麦草 6 g/m²,中华羊茅 3 g/m² 进行混撒。

2.4 治理效果

通过矿山生态环境恢复治理,露天采坑区使用无污染碎石土回填量 11.25 万 m³;主厂房区对边坡进行削坡整形,对竖井进行封堵,对堆渣进行无害化处理并转运至尾渣堆场区进行填埋,完成覆土复垦面积 3.03 万 m²;东、西井区边坡整形,降低坡比,消除地质灾害隐患,覆土复绿 3.19 万 m²,效果较好。

3 结 语

针对该退出金矿存在的土地未复绿,大量黄土裸露、尾矿库存在环境风险等问题,开展地质环境影响评估,包括矿山地质灾害、含水层破坏、地形地貌景观破坏、水土环境污染现状分析及预测评估,提出相应矿山地质环境治理措施,并开展了尾渣堆场、采探场地的环境治理及土地复垦。通过科学有序开展退出金矿地质环境影响评估与治理,有效治理矿山开采带来的水土流失、尾渣污染,恢复已损毁的土地资源,消除或减轻地质灾害隐患,恢复原有草原生态,提升退出矿山与周边地形地貌景观的和谐度。

[参考文献]

[1] 陈鸿鹄,蔡润.探究矿山地质环境现状与生态修复技术的应用[J].中国金属通报,2022(8):204-206.
[2] 魏海东,卢茜茜.关停矿山生态修复技术探讨——以济南市章丘区为例[J].世界有色金属,2022(17):88-90.

[3] 马保元.浅谈乐昌某矿山地质环境影响与修复[J].世界有色金属,2022(17):145-147.
[4] 李春梅.关于矿山地质灾害治理及生态环境修复的策略思考[J].世界有色金属,2022(19):145-147.
[5] 朱付.矿山地质环境现状对生态修复工作的影响研究[J].世界有色金属,2022(14):214-216.
[6] 胡志文,罗湘.矿山地质环境生态修复方案探讨[J].世界有色金属,2021(21):211-212.
[7] 郭西茜.浅谈淮北市矿山地质环境问题及生态修复意义[J].资源环境与工程,2021,35(3):364-368.
[8] 杨勇.矿山地质环境生态修复的有效性探究[J].冶金管理,2020(11):142-143.
[9] 曹莉莉,吴景虎.某矿山地质环境恢复与治理工程实施方案[J].世界有色金属,2020(9):269-270.
[10] 李顺立,兰娜.矿山地质环境保护与治理恢复技术探究[J].环境与发展,2020,32(1):105,107.
[11] 马文清.金山金矿矿山地质环境保护与治理恢复方案研究[J].地下水,2017,39(2):157-159.
[12] 蒙学礼,蒙发强,刘振龙,等.肃北县敖包沟金矿矿山地质环境问题及恢复治理措施[J].能源与环保,2022,44(2):1-6,12.
[13] 侯伟利,许京明.东坪金矿矿山恢复治理与可持续发展分析[J].西部探矿工程,2021,33(4):35-36,40.
[14] 晏闻博,柳丹,彭丹莉,等.重金属矿山生态治理与环境修复技术进展[J].浙江农林大学学报,2015,32(3):467-477.
[15] 郭启明,郭婧.潼关金矿区地质环境治理技术研究[J].现代矿业,2020,36(11):235-237.
[16] 罗康生,李仁启,代胜,等.矿山地质环境生态修复工程单元划分[J].西部探矿工程,2022,34(7):19-21,25.
[17] 魏彦霖.矿山地质环境恢复与综合治理探析[J].黄金,2022,43(9):85-87.
[18] 王亨力,谢道雷,刘咏明,等.废弃矿山地质环境影响评价与生态修复[J].绿色科技,2019(24):79-83.
[19] 付天池,叶小舟,何宝林.某废弃矿山地质环境治理及生态修复技术研究[J].现代矿业,2020,36(12):230-233.

Geological environment impact assessment and treatment of a retired gold mine

Sun Shehu

(Hubei Sanxin Gold Copper Limited Company)

Abstract: In order to protect the regional ecological environment, geological environmental impact assessment and management are carried out on a retired gold mine. Through analysis of current situation and prediction assessment of the mine geological environment, mine geological disaster, aquifer damage, landform, water and soil environmental pollution and so on, the study finds out the impact of the disasters and takes the corresponding control measures, including detoxification of tailings and treatment of seepage water to meet standards, overburden revegetation to restore original ecology, sealing of mining shafts and mining exploration fields, backfilling, shaping and reclamation. The retired gold mine has achieved good performance in restoring the ecological environment and can be used as a reference in controlling and restoring the mines with similar geological environment problems.

Keywords: retired gold mine; geological environment; comprehensive treatment; geological disaster; tailings