

西石门矿地下尾矿库安全回填项目环境影响及对策

钱金平

(河北师范大学资源与环境学院, 河北 石家庄 050016)

摘要: 介绍了西石门铁矿尾矿安全回填工程的基本情况,分析了地下尾矿库的库体安全性及环境影响并提出了相关对策。结论认为,西石门矿采用地下尾矿库技术,最大程度地减少了地面尾矿库对环境产生的不良影响,有利于尾矿库区的生态恢复。

关键词: 地下尾矿库; 工程分析; 环境影响; 对策; 西石门矿

中图分类号: X751 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000 – 0267(2001)03 – 0180 – 03

Impacts of Backfilling Mine Tailings on Environment and a New Approach to Reduce Adverse Impacts of Xishimen Mine

QIAN Jin-ping

(College of Resources & Environmental Sciences, Hebei Normal, Shijiazhuang, 050016 China)

Abstract: The disposal of tailings is a key technical core for mining. Xishimen mine is adopting advanced technology for treating subterranean tailings by secondary concentration and dehydration. The treated tailings of mine could then be safely backfilled into underground, facilitating reducing adverse environmental impacts of mining.

Keywords: underground tailings; engineering analyses; environmental impact; countermeasure; Xishimen mine

1 项目背景——尾矿处理现状和趋势分析

尾矿的处理是矿山生产管理的重要环节之一,我国矿产资源的特点是“贫、细、杂”,即矿石品位低,有用矿物嵌布粒度细、矿物组成复杂。就铁矿资源来说,占总储量的 97.8%的铁矿,原矿平均品位约为 32%,必须经过选矿富集才能达到冶炼的要求,这势必产生大量尾矿。目前矿山企业普遍采用的尾矿处理方法是兴建地表尾矿库以堆存尾矿,此方法一方面需占用大量农田,污染环境和存在安全隐患,而且基建投资巨大,安全维护和污染治理费用很高;另一方面冶金矿山地下开采多采用崩落法和空场采矿法,生产过程中会产生巨大的采空区,它可能引起严重的地压显现,大规模岩移、空气波冲击、地表沉降及山体滑坡等灾害性事故,给矿山生产留下重大安全隐患。由于采空区的全面彻底处理技术难度大,投资高,导致空区欠账很多,此外,由于选矿过程中的金属流失,尾矿中尚含有一定量的有用矿物,全国铁矿山尾矿平均含铁 11%,年流失铁金属量 1 000 余万 t,造成严重的资源浪费,应予以充分回收^[1]。

从国外情况看,随着不可再生产矿产资源的日益枯竭,从可持续发展的角度出发,许多国家如美国、日本等已将尾矿作为二次资源来加以利用,一方面充分回收其中的有用组分,另

一方面积极探索尾矿的新用途。与此同时,随着人类环保意识的增强,建设无尾(矿)矿山已成为目前的发展趋势,尽力消除地表尾矿库对环境的影响,避免矿山开采地生态的破坏,加快矿山生态的恢复等问题日益引起重视。国内在矿山生产及建设方面也已意识到这一问题,并已在尾矿综合利用、建设无尾矿山方面进行了一系列探索,如尾矿再选,用尾矿砂制作建筑材料、尾矿复垦等。由此可见,充分综合利用矿山资源,建设生态矿山,保护环境已是矿山发展的一大趋势。本项目正是在此背景下进行的一次有益的尝试。

2 西石门铁矿基本情况

西石门铁矿位于河北省武安市境内,南距矿山村铁矿 3 km,距武安市 18 km,东南距邯郸市 48 km,东北距邢台市 51 km,均有公路相通。矿区东南侧有东(马项)——午(汲)铁路经过,其东、西端分别与京广铁路干线和邯(郸)——长(治)线相接。该矿位于太行山脉向华北平原过渡的低山丘陵区地带,其地势自南西向东北倾斜。气候属温带大陆性气候,常年降雨量 506.87 mm,多集中在 7、8、9 三个月。过境河流为马河(洛河支流),属季节性间歇河流。

西石门铁矿为邯邢冶金矿山管理局下属的骨干企业,拥有职工人数 4 295 人,年生产铁矿石 100 万 t,铁精粉 110 万 t,年处理尾矿 100 万 t,是我国黑色冶金矿山中最大的井下矿山之一。矿区共分 3 个采区,南区开采水平为 80—120 m 水平,120 m 水平以上已采完,形成空区约 260 万 m³,中区开采水平

收稿日期: 2001 – 02 – 06

作者简介: 钱金平(1963—),男,山东滕州人,河北师范大学资源与环境学院副教授,硕士研究生导师,研究方向为资源与环境。

为 96—110 m 水平,形成空区约 196 万 m³,北区开采水平为 120 m 水平,形成空区约 10 万 m³。矿区周围无自然保护区、文物等敏感目标。

3 西石门矿尾矿安全回填工程分析

3.1 项目建设概况

项目建设内容包括尾矿再选、尾矿浆脱水、脱水尾矿的输送及地下尾矿库的建设。

(1) 尾矿再选:车间建在排尾车间附近,工作厂址的“三通一平”工作,需挖土方 800 m³,修筑简易公路 80 m,以及相应的土建工程,并进行设备的安装,全部工程建设完成需 8 个月。

(2) 尾矿脱水:脱水车间布置在西石门矿南区东南方向较平缓的地带,占地 0.461 hm²。在上述工程施工的同时,浓缩脱水车间进行工业场地的“三通一平”工作,然后进行相应车间、

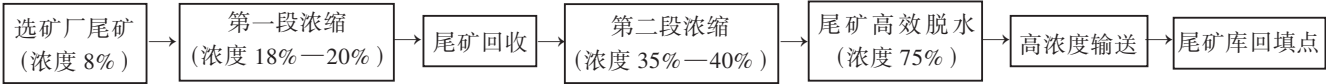


图 1 西石门矿地下尾矿库安全回填技术工艺流程图

Figure 1 Process of save back - filling of underground tailing mine in Xishimen

选矿技术条件下,无法用较经济的手段获得有用的矿物,因地下采矿尚未结束,尾矿不能带大量的水进入地下,需进一步脱水,达到浓度不低于 75% 的膏体状,才可满足填充需求,因此整个工程需两次浓缩脱水。

(2) 尾矿回收:尾矿再选回收的设施设置在第二段浓缩前,尾矿中磁性铁约占尾矿中全铁的 28%,回收再磨再选,尾矿品位可由 5.8% 降至 4.3%。回收铁精矿品位可达 65%。回收主要技术指标见表 1。

表 1 西石门矿尾矿回收主要技术指标

Table 1 Major technical index of back - filling of underground tailing mine in Xishimen

项目	品位	产率	回收率	矿量
	/%	/%	/%	/万 t · a ⁻¹
给矿	5.80	100.00	100.00	100.00
精矿	65.00	2.47	27.69	2.47
尾矿	4.30	97.53	72.31	97.53

(3) 尾矿高效脱水:在第二段浓缩之后,即给矿尾矿浓度是 35%—40%,经高效脱水后,尾矿浓度达 75%,高效脱水由分级—造粒—压滤过程组成,生产过程是由隔离泵站扬送的矿浆分别进脱水工段的恒压给矿泵(矿浆浓度 35%—40%),然后给入水力旋流器,其沉砂浓度为 75%,从沉砂嘴排出的为合格脱水产品;旋流器的溢流给入造粒柱,并加入造粒剂,造粒柱的底流浓度 33%,进入贮浆池,用泵打入压滤机,压滤机的滤液排出后集中到回水池,回水总量 190 t · h⁻¹,把回水打入选矿回水系统作为选矿生产用水循环使用,滤饼浓度 75%,也为合格脱水产品,与旋流器沉砂搭配后运至尾砂压力输送工段。

(4) 尾矿高浓度输送:把经脱水成为 75% 浓度的全尾砂送入井下尾矿库排放点,采用管道压力输送,所用主要设备有双

管道的土建工程建设。土建工程完成后,进行脱水及输送系统 63 台(套)设备的安装,及相应辅助设施的施工。

(3) 输送及地下库建设工程:在地表建设的过程中,尾矿下放及井下分点布料、封堵工程同时实施,需完成下放钻孔 11 300 m,掘凿井巷工程 2 500 m,形成尾矿从地表到井下各采空区的全套尾矿输送系统及井下封堵工程。

(4) 最后进行井下滤水、检测工程的建设及相关设备、仪表的安装,以保证新建的地下尾矿库不影响矿山的正常生产。项目将于 2001 年 12 月底之前完成。

3.2 工艺技术方案

本项目技术方案包含尾矿高指标回收利用,尾矿高效脱水处理,尾砂高浓度输送,地下采空区尾矿安全回填四项内容的高技术系统集成段,工艺流程如图 1 所示。

(1) 尾矿浓缩:本项目所采用的尾矿为最终尾矿,在现有

螺杆输送搅拌机、高浓度尾矿输送泵等。

(5) 尾矿回填:根据该矿采空区分布特点和生产进度,本着“先易后难、分步实施”的原则,分设南北两库,“南大北小”的构造,由于南区 120 m 水平以上已基本没有生产维持,故首先建库,即按照“先南后北,分步建设”的顺序实施。

4 环境影响及对策

4.1 库体安全性的环境影响及对策

尾矿库的安全性是至关重要的一个环节,尾矿充填面临的最大问题是因渗滤泥水淤积而从井下巷道突然涌出,形成泥石流灾害,并进一步渗透入回采区随崩落矿岩引起矿石贫化等。库体安全性取决于尾矿高效脱水及输送、库体稳定、库内有效充填和库外环境保护等几个方面。

通过工程分析可知,本项目高效脱水后尾矿浓度在 75% 以上,高浓度尾矿砂膏体输送中因泵送介质的离析和磨擦阻力,容易造成管路堵塞,因此拟采用流水线作业,连续排放的方式,缩短尾矿膏体存放时间以避免介质离析。管道采用陶瓷复合钢管,减少磨擦阻力。

库体稳定性方面,本区地质资料显示,库区地层顶板由奥陶纪结晶灰岩及大理岩组成,底板以砂卡岩和蚀变闪长岩为主,结构致密,稳定性较好,总体上来说顶底板情况较好,库体稳定性较高。

为保证充填的安全性,施工中采用“上下联合,多点布孔,连续同步充填”的方案,同时借助“定向大孔径倾斜钻孔”技术,可有效防止事故的发生。在所有与所建库空间连通的通道口建封堵坝,坝体采用双体拱型缓冲型结构,使之不仅能承受充满后来自充填尾矿料的静压力,而且能抵抗由于上覆岩层的塌陷、冒落产生的冲击压力。在所设的封堵坝体内设碎石“花管”,花管孔端用棕榈或纱网包裹,作为充填尾料内渗水的

排放通道,以确保其疏通性能良好。对于局部的破碎带、冒落带或薄弱区,采用高压注浆锚固技术进行加固,确保库区安全。

4.2 对地下水的影响^[2]

尾矿库建立会对矿区地下水带来一定的负面影响,主要是尾矿中的金属和非金属离子向外界扩散和运移过程中对地下水水质的影响。经过对西石门矿尾矿成分分析,本矿对地下水产生影响的金属离子主要为铁,无其它重金属离子检出,非金属离子中含量较高的为硫,见表 2。

重金属离子在存贮过程中,根据其自身的运移规律,会不断下移对地下水产生不良影响,为减少其影响,本项目充分考虑了铁金属的回收。一般来说,硫化铁和硅酸铁在分选过程中绝大部分会进入尾矿中,在当前的磨矿制度下,尾矿中的含铁氧化物有着较好的单体解离,其解离度为 80%,但由于其中多数为弱磁性的假象赤铁矿,见表 3,因而单一的磁选流程难以回收,本项目工艺中增加了二次回收,回收率达 72.31%,使尾矿品位由 5.8%降至 4.3%,它既是生产过程的延续,可以提高生产单位的经济效益,同时又使铁金属含量大大降低,使铁离子对地下水的污染降至最低点。

非金属离子中以硫的影响最大。从矿区地下水补、径、排条件看,矿区主要含水岩层为奥陶系中统石灰岩,东西宽 50—1 160 m,南北长 5 020 m,四周基本为闪长岩体阻隔,底部亦为闪长岩封闭,仅通过东北(宽 1 000 m、厚 200 m)、西北(宽 300 m、厚 200 m)及南部(宽 550 m、厚 124 m)的 3 个“口子”与区域灰岩含水层相连,总体上呈近南北延伸的长廊状斜卧于闪长岩体之中。矿区内地下水补给以垂向和侧向补给为主,地下水水力坡度平缓,抽水时水位降幅递减慢,洪水期由于灰岩透水性强,周边围岩透水性弱,就地接受补给形成库容量较大的“地下水库”,枯水期主要以消耗库容量的形式向 3 个开口流泄。根据非金属离子的运移规律,其运移方向、速率主要取决于地下水流场的运移情况,与地下水流动方向相同,基本不会在含水层之间自行下移,因此硫对地下水水质的影响将主要局限于矿区地下含水层中,由于其含水层相对封闭的特点,对外界的释放是缓性的,因此,不会对周围区域地下水水质造成突

(上接第 166 页)

9 污染防治对策

- 9.1 提高城市污水处理能力,充分利用水资源。
- 9.2 为及时掌握北京地区农业生态环境质量状况,组织建立有农业、水利、环保等主管部门参加的农业生态环境监测网,并全面开展北京市农业生态环境质量的调查与监测,查清目前北京市农业生态环境质量状况,为全市农业生态环境保护决策提供科学依据。
- 9.3 由于水资源的紧张,污水灌溉不可避免。应该利用土壤有机质对重金属污染的缓冲和净化机制^[3],大力推广使用畜禽养殖废物,对受重金属污染的土壤进

表 2 尾矿中多元素分析(%)

Table 2 Component of multi – elements in the tailing mine

元素	TFe	SFe	FeO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	S
含量	5.38	4.45	1.99	30.63	4.14	23.40	13.13	1.85

表 3 尾矿中铁的化学物相分析(%)

Table 3 Chemical – physical phase of iron in the tailing mine

相别	磁性氧化物	非磁性氧化物	硫化铁	硅酸铁	合计
分布品位	0.66	3.96	0.63	0.82	6.07
占有率	10.87	65.24	10.38	13.51	100

- 发性影响。
- 4.3 尾矿库区的生态恢复
- 地下尾矿库建成后,原有地表尾矿将填充到地下,必须加强原库区及采空塌陷区的生态恢复工作,通过地表复垦减少地表水土流失,稳固地表物质,减少地面灾害性事故的发生。复垦工作应本着因地制宜的原则,以自然恢复和人工栽培相结合。生态恢复初期以草地和小灌木为主,同时可适当进行农田耕作,最终逐渐过渡到林—草—灌相结合的稳定生态系统。

5 结论

尾矿库是矿区生产中的一个关键性的技术环节,无尾矿是今后矿山开采过程中的发展趋势,西石门矿采用工艺先进的安全回填技术建设地下尾矿库,与地面尾矿库相比,可以达到减少土地占用,减少飞沙扬尘和水土流失等环境影响的作用,并消除采空区突发性崩塌事故和地面塌陷的严重安全隐患,有利于矿区采空区生态恢复,对矿山开采中的尾矿处理技术进行了有益的探索,具有积极的示范作用。

参考文献:

[1] 国家环境保护总局监督管司. 中国环境影响评价(培训教材)[M]. 北京:北京化学工业出版社,2000. 60 – 65.

[2] 国家环境保护局. 环境影响评价技术导则,HJ/T 2. 1 – 2. 3 – 93 [M]. 北京:中国环境科学出版社,1994. 60 – 66.

- 行改良,使养殖废物变废为宝,降低农业生产成本,使农业生态达到良性循环的目的。
- 9.4 加大科研力度,深入研究北京市农业生态环境的问题,就具体问题提出合理的对策。

参考文献:

[1] 王学军,等. 北京东郊污灌土壤重金属含量的克立格插值及重金属污染评价[J]. 中国环境科学,1997,17(3):225 – 228.

[2] 杨国栋,马玉新,等. 污灌区土壤 Cr(VI)的吸附和还原作用研究[J]. 农业环境保护,1999,18(1):28 – 30,37.

[3] 陈世宝,华 路,等. 有机质在土壤重金属污染治理中的应用[J]. 农业环境与发展,1997,14(3):26 – 29.