

兰陵县王埝沟铁矿矿山固体废弃物对环境的影响分析及综合利用探讨

马腾

(山东省鲁南地质工程勘察院, 山东 兖州 272100)

摘要:王埝沟铁矿床为我国已探明的大型铁矿床,正处于开采初期阶段,年产铁精矿 71.33 万 t,服务年限 37.5 a。矿山运营期间产生了废石、尾砂、锅炉灰渣等大量的固体废弃物。该文通过对废石、尾矿的伽玛能谱测量分析认为:废石和尾砂的放射性含量较低,开采、选冶过程及固体废弃物的综合利用,不会对人体及环境造成放射性危害。通过对废石、尾矿以及锅炉灰渣毒性浸出实验结果的分析研究,认为废石、尾矿为第 I 类一般工业固体废物,其淋溶水不会导致地下水水质恶化及土壤的污染;锅炉灰渣属于第 II 类一般工业固体废物,其存储场应按照 II 类场要求执行,其淋溶水也不会导致地下水水质恶化及土壤的污染。该文对主要固体废弃物(废石和尾砂)的岩性组成、主要矿物特征和用途进行分析研究,参考以往矿山利用成果,提出了综合回收利用的具体方向,如用于建筑材料、路基填料、玻璃生产原料、研磨材料、陶瓷原料、水泥、石灰生产原料、土壤改良剂或肥料、化工原料等。

关键词:固体废弃物;环境影响;王埝沟铁矿;综合利用;废石;尾砂

中图分类号:TD8;X751

文献标识码:B

引文格式:马腾.兰陵县王埝沟铁矿矿山固体废弃物对环境的影响分析及综合利用探讨[J].山东国土资源,2018,34(12):54-58. MA Teng. Study on Environmental Impact Analysis and Comprehensive Utilization of Mine Solid Waste in Wangniangou Iron Deposit in Lanling County of Shandong Province[J]. Shandong Land and Resources, 2018,34(12):54-58.

王埝沟铁矿床为我国已探明的大型铁矿床,位于兰陵县城西约 20 km,西距枣庄市约 20 km,行政区划隶属兰陵县尚岩镇。206 国道由矿区北部横穿矿区,临枣高速由矿区南侧穿过,西距临枣高速 5 km,交通便利。区内有 2 条主矿带、5 个矿体,矿山探明和控制储量共 20 110.1 万 t,平均含铁品位 31.49%,现采选规模为 300 万 t/a,年产铁精矿 71.33 万 t,服务年限 37.5 a。目前矿床处于开采初期阶段,矿山运营期间产生大量的固体废弃物,不仅破坏自然生态环境、自然景观,并且成分复杂,含有多种有害成分甚至放射性物质,严重污染水源和土壤,污染矿区和周围环境。因此,研究该矿山固体废弃物对环境的影响,如何对固体废弃物进行综合利用有着重要的生态意义。

1 矿山固体废弃物的现状及对环境的影响分析

1.1 矿山固体废弃物现状

矿山处于开采初期阶段,基建工作全部完成,矿山运营期间固体废弃物,主要有采选废石、尾矿、锅炉灰渣,其产生量及处理处置情况见表 1。可以看出,矿山产生的废弃物主要是废石及尾矿,其次为锅炉灰渣,产生量大,利用率低,占用空间大。除 84.2% 的尾矿(154.49 万 t/a)用于井下充填外,其余均处于待处理状态。

表 1 固体废物产生量及处理情况

固体废物类别	产生量(万 t/a)		处理情况
采选废石	84		暂时存贮于废石场
尾矿	183.48	154.49	用于井下充填
		28.99	存储于尾矿库
锅炉灰渣	0.275		暂时存贮于废石场

收稿日期:2018-04-17;修订日期:2018-06-15;编辑:曹丽丽

作者简介:马腾(1979—),男,天津人,工程师,主要从事矿区水工环地质勘查工作;E-mail:670421805@qq.com

1.2 固体废弃物放射性危害分析

为了解固体废弃物放射性危害,对废石(泥质灰

岩、石英砂岩、黑云变粒岩)、尾矿(磁铁矿石)进行伽玛能谱测量试验^[1],结果如表 2 所示。

表 2 伽玛能谱测量结果

类别	岩矿石名称	总道 Σ	铀		钍		钾		放射性活度 (Bq/kg)	内照射指数 IRa	外照射指数 I γ
			U (10^{-6})	CRa (Bq/kg)	Th (10^{-6})	CTh (Bq/kg)	K (10^{-2})	CK (Bq/kg)			
废石	泥质灰岩	16.74	3.04	38	8.07	33	1.25	391	113	0.19	0.32
	石英砂岩	34.87	8.81	108	28.96	118	1.28	400	297	0.54	0.84
	黑云变粒岩	16.14	2.54	31	8.18	33	1.21	379	107	0.16	0.30
尾矿(磁铁矿石)		16.89	2.87	35	8.48	34	1.28	400	114	0.18	0.32

根据放射性测量及放射性活度、内照射指数、外照射指数计算结果,矿区内各类岩矿石的放射性含量普遍较低, $U(2.54 \sim 8.81) \times 10^{-6}$, $Th(8.07 \sim 28.96) \times 10^{-6}$, 放射性活度 107~297 Bq/kg, 内照射指数 IRa 0.16~0.54, 外照射指数 I γ 0.30~0.84, 内照射指数及外照射指数符合《建筑材料放射性核素限量》(GB6566-2010)中对建筑主体材料放射性的要求。综合分析认为,固体废弃物中废石和尾矿的

放射性含量较低,开采、选冶及固体废弃物的综合利用不会对人体及环境造成放射性危害。

1.3 固体废弃物的危险性鉴别及对环境的影响分析

1.3.1 固体废弃物的危险性鉴别

根据危险废物的鉴别系列标准以及有关的鉴别方法^[2-3],选择主要监测项目,对王垵沟铁矿的废石、尾矿以及锅炉灰渣进行了毒性浸出实验^[4-7],其毒性浸出结果见表 3、表 4 和表 5。

表 3 废石浸出试验结果

检验项目	单位	废石检验结果			危险废物鉴别标准浸出毒性鉴别(GB5085.3-2007)	污水综合排放标准(GB8978-1996)最高允许排放浓度(一级)
		-130m 中段	-290m 中段	-430m 中段		
pH	—	7.9	8.07	8.28	—	6~9
铜(以总铜计)	mg/L	0.046	<0.005	<0.005	100	0.5
锌(以总锌计)	mg/L	0.010	0.018	0.022	100	2.0
镉(以总镉计)	mg/L	<0.004	<0.004	<0.004	1	0.1
铅(以总铅计)	mg/L	<0.02	<0.02	<0.02	5	1.0
总铬	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	15	1.5
汞(以总汞计)	ug/L	<0.01	<0.01	<0.01	0.1	0.05
铍(以总铍计)	mg/L	0.0017	0.0018	0.0017	0.02	0.005
钡(以总钡计)	mg/L	0.035	<0.02	0.041	100	—
镍(以总镍计)	mg/L	<0.006	<0.006	<0.006	5	1.0
总银	mg/L	<0.05	<0.05	<0.05	5	0.5
砷(以总砷计)	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	5	0.5
无机氟化物	mg/L	0.28	0.15	0.28	100	10
氰化物(以 CN ⁻ 计)	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	5	0.5

根据表 4 中各个阶段废石的浸出毒性试验结果,认为废石、尾矿、锅炉灰渣各项检测项目浓度均远低于《危险废物鉴别标准浸出毒性鉴别》(GB5085.3-2007)中浸出毒性鉴别标准和《污水综合排放标准》(GB8978-1996)的最高允许排放浓度,由此可以断定,废石、尾矿为第 I 类一般工业固体废物,其贮存处置场应按《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》(GB18599-2001)中 I 类场要求执行;锅炉灰渣 pH 值为 9.16 外, pH 值在 6~9 之间,锅炉灰渣属于第 II 类一般工业固体废物,其存储场应按照《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》(GB18599-2001)中 II 类场要求执行。

1.3.2 固体废弃物淋溶水对地下水、土壤的影响分析

依据浸出实验结果,矿区废石、尾矿渣为 I 类固体废物,故其淋溶水不会导致地下水水质恶化及土壤的污染。

锅炉灰渣属于第 II 类一般工业固体废物,其存储场应按照《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》(GB18599-2010)中 II 类场要求执行。炉渣临时放在采选工业场地灰渣场,为了防止炉渣造成环境污染,建议灰渣场设计应防雨、防渗,尽量设计为封闭厂房,并及时由协议方(水泥厂)直接从灰渣厂房清运、综合利用,并禁止与废石共同存放在临时周转废石场。严格按照上述方式执行,其淋溶水

也不会导致地下水水质恶化及土壤的污染。

表 4 尾矿浸出试验结果

检验项目	单位	检验结果	危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别 (GB5085.3-2007)	污水综合排放标准 (GB8978-1996) 最高允许排放浓度 (一级)
pH	—	7.6	—	6~9
铜(以总铜计)	mg/L	<0.003	100	0.5
锌(以总锌计)	mg/L	0.019	100	2.0
镉(以总镉计)	mg/L	<0.004	1	0.1
铅(以总铅计)	mg/L	<0.02	5	1.0
总铬	mg/L	0.032	15	1.5
汞(以总汞计)	ug/L	0.26	0.1	0.05
铍(以总铍计)	mg/L	0.0002	0.02	0.005
钡(以总钡计)	mg/L	0.032	100	—
镍(以总镍计)	mg/L	<0.006	5	1.0
总银	mg/L	<0.05	5	0.5
砷(以总砷计)	mg/L	<0.01	5	0.5
无机氟化物	mg/L	0.054	100	10
氟化物 (以 CN ⁻ 计)	mg/L	<0.002	5	0.5

表 5 锅炉灰渣浸出试验结果

检验项目	单位	检验结果	危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别 (GB5085.3-2007)	污水综合排放标准 (GB8978-1996) 最高允许排放浓度 (一级)
pH	—	9.16	—	6~9
铜(以总铜计)	mg/L	<0.005	100	0.5
锌(以总锌计)	mg/L	0.0085	100	2.0
镉(以总镉计)	mg/L	<0.004	1	0.1
铅(以总铅计)	mg/L	<0.02	5	1.0
总铬	mg/L	0.075	15	1.5
汞(以总汞计)	ug/L	<0.01	0.1	0.05
铍(以总铍计)	mg/L	0.0018	0.02	0.005
钡(以总钡计)	mg/L	0.21	100	—
镍(以总镍计)	mg/L	<0.006	5	1.0
总银	mg/L	<0.05	5	0.5
砷(以总砷计)	mg/L	<0.01	5	0.5
无机氟化物	mg/L	0.24	100	10
氟化物 (以 CN ⁻ 计)	mg/L	<0.002	5	0.5

2 矿山固体废弃物的综合回收利用

2.1 废石、尾矿综合利用

表 7 废石、尾矿主要化学组成和用途

岩石名称	矿物名称	化学组成	用途
石英砂岩、磁铁矿石	石英	最主要成分为 SiO ₂ , 常含有少量杂质成分如 Al ₂ O ₃ , CaO, MgO 等	石英砂是重要的工业矿物原料, 广泛用于玻璃、铸造、陶瓷及耐火材料、冶金、建筑、化工(塑料、橡胶)、研磨材料等
黑云变粒岩、 磁铁矿石	斜长石	NaAlSi ₃ O ₈ , CaAl ₂ Si ₂ O ₃	玻璃工业原料、陶瓷工业原料、磨料磨具、电焊条、建筑材料、耐火材料等
	角闪石	(Ca, Na) ₂₋₃ (Mg ²⁺ , Fe ²⁺ , Fe ³⁺ , Al ³⁺) ₅ [Al, Si ₄ O ₁₁](OH) ₂	可做铸石原料中配料
	黑云母	K(Mg, Fe ²⁺) ₃ (Al, Fe ³⁺)Si ₃ O ₁₀ (OH, F) ₂	建筑材料填充物、真石漆等装饰涂料中; 钾肥原料
灰岩	方解石	CaCO ₃	方解石在冶金工业上用做熔剂, 在建筑工业方面用来生产水泥、石灰

2.1.1 废石、尾矿的矿物成分

研究固体废弃物的组成和性质是其资源利用的依据。矿区的主要固体废弃物为废石与尾砂。废石是围绕在矿体周围的无价值岩石, 经鉴定分析, 拟建项目废石岩性主要为黑云变粒岩、其次为泥质灰岩和石英砂岩。尾砂为磁铁矿石选矿后的产物。固体废弃物各岩性的主要矿物成分为方解石、石英、斜长石、黑云母与角闪石, 详见表 6。

表 6 固体废物的主要矿物成分

固体废弃物类别	岩石名称	矿物成分
废石	泥质灰岩	主要为方解石, 含少量粘土矿物、石英等
	石英砂岩	主要为石英, 含少量长石、方解石等
	黑云变粒岩	主要为斜长石、黑云母、石英, 含少量角闪石、石榴石、方解石等
尾矿	磁铁矿石	主要为石英、磁铁矿、黑云母、角闪石, 含少量菱铁矿、方解石、重晶石、石榴石、白云母、金云母等

2.1.2 废石、尾矿综合利用

矿山废石、尾矿排放规模大, 为第 I 类一般工业固体废物, 是良好的建筑材料^[8]、路基填料, 这也是目前矿山上废石、尾矿的主要利用方向^[9-15]。如银山铅锌矿山利用尾矿已建成一个年产 1000 万块钙化砖的砖厂, 每年可利用尾矿 3 万 t, 并有一定的经济效益^[16]; 又如鞍山矿渣厂年产 10 万 m³ 加气混凝土砌块, 尾矿用量约 3 万 t/a^[17]。

根据废石、尾矿矿物成分分析, 主要成分为石英、长石、角闪石、黑云母、方解石, 主要矿物化学成分和具体用途见表 7。可以看出: 除了用于建筑材料、路基填料外, 还有其他较为广泛用途, 可 100% 综合回收利用。

(1)作为玻璃生产原料与研磨材料。矿山早期开采过程中,由于建井工作产生大量的石英砂岩,该矿区石英砂岩石英含量高,是良好的玻璃生产原料。此外石英莫氏硬度为 7,硬度高,可制作成良好的研磨材料,也可用于制作抛光材料,可用于抛光玻璃、金属、皮革、半导体、塑料、玉器等。如潘守芹^[18]、张先禹^[19]利用尾砂生产微晶玻璃与黑色玻璃。

(2)陶瓷原料。废石与尾砂中的石英与长石是良好的陶瓷、搪瓷、耐火材料的原料,可用于制造陶瓷及搪瓷,磨粒磨具等。如张天兴^[12]利用尾砂生产彩釉外墙砖。

(3)水泥、石灰生产原料。矿山早期产生的大量泥质灰岩,可作为水泥与石灰的生产原料,建议卖给相邻灰岩矿山或直接卖给水泥厂家。

(4)土壤改良剂或肥料。废石与尾砂中黑云母富含 K 元素肥料,是良好的钾肥原料;灰岩和斜长石中富 Ca,与富含 K 与 Fe 的黑云母搭配是良好的无机复合肥料。此外,富含碳酸钙的灰岩呈碱性,是良好的土壤改良剂,施于酸性土壤中,达到综合酸性,改良土壤的目的。

(5)造地复垦、植树造林。由于尾砂中富含 Ca, K, Fe 等元素肥料,可采用参合土壤、锅炉灰渣,施撒一定的有机肥料,可造地复垦,植树造林等。如中条山有色金属公司在崑子沟矿韩家沟、莫家沟^[20]两个服务期满的尾矿库覆土植被,造田 27.33 hm²,获得粮食水果双丰收。

(6)化工原料。石英磨成粉后可以用于塑料、橡胶等充填剂,可提高其耐磨性。此外,石英粉也可作为硅化合物和水玻璃等的原料,硫酸塔的填充物等。

2.2 锅炉灰渣综合利用

锅炉灰渣有多种用途,可用作水泥材料、筑路材料、墙体材料、陶瓷材料、耐磨材料和耐火材料等。我国的灰渣利用途径主要是制砖,其次是作农肥和土壤改良剂、水泥掺合料、建筑材料、路基填料、新土配料、水泥配料等。

本矿所产灰渣每年约有 2 750 t,属于第 II 类一般工业固体废物,但除锅炉灰渣 pH 值为 9.16 超标外,其余各指标均未超标。因此锅炉灰渣可作为改良酸性土壤的改良剂;稍加处理后(添加一定量的酸性填料)也可外卖用作水泥材料、筑路材料、墙体材料、陶瓷材料、耐火材料等,可 100%综合回收利用。

3 结 论

(1)王捻沟矿山主要固体废弃物为废石、尾矿和锅炉灰渣,具有排放规模大、目前利用率低的特点。

(2)通过对废石、尾矿的伽玛能谱测量分析认为:废石和尾砂的放射性含量较低,开采、选冶过程及固体废弃物的综合利用,不会对人体及环境造成放射性危害。

(3)根据固体废弃物浸出试验结果,废石、尾矿为第 I 类一般工业固体废物,其贮存处置场应按 GB18599-2001 中 I 类场要求执行。

(4)锅炉灰渣为第 II 类一般工业固体废物,其贮存处置场应按 GB18599-2001 中 II 类场要求执行。炉渣临时放在采选工业场地灰渣场,为了防止炉渣造成环境污染,建议灰渣场设计应防雨、防渗,并综合利用。严格按照上述方式执行,其淋溶水也不会导致地下水水质恶化及土壤的污染。

(5)对主要固体废弃物(废石和尾砂)的岩性组成、主要矿物特征和用途进行分析研究,提出了综合回收利用的具体方向:如用于建筑材料、路基填料、玻璃生产原料、研磨材料、陶瓷原料、水泥、石灰生产原料、土壤改良剂或肥料、化工原料等。

参 考 文 献:

- [1] GB6566-2010.建筑材料放射性核素限量[S].
- [2] GB5085.3-2007.危险废物鉴别标准浸出毒性鉴别[S].
- [3] GB8978-1996.污水综合排放标准[S].
- [4] 武彪.黄铁矿与辉铜矿、铜蓝选择性生物浸出机理研究[D].北京:北京有色金属研究总院,2017:9-21.
- [5] 房增强.铅锌矿区土壤重金属污染特征及稳定化研究[D].北京:中国矿业大学(北京),2016:3-18.
- [6] 李杨.铜尾矿废弃地生态恢复过程中参与铁硫氧化和氮转化的功能微生物研究[D].合肥:安徽大学,2017:9-31.
- [7] 汤波.陕南金属尾矿库区土壤重金属迁移规律及其环境效应研究[D].西安:西安科技大学,2017:7-21.
- [8] 徐惠忠.尾矿建材开发[M].北京:冶金工业出版社,2000:16-39.
- [9] 王湖坤,龚文琪,刘友章.有色金属矿山固体废物综合回收及利用分析[J].金属矿山,2005(12):1-3.
- [10] 曹学新.有色金属固体废物利用与处置[J].有色金属工程,2013,3(3):67-69.
- [11] 赵晋,王建.金属矿山固体废物处置与利用途径分析[J].有色冶金设计与研究,2007,28(23):55-57.
- [12] 王方汉,缪建成,曹维勤.矿山固体废物综合利用的研究与实践[J].矿业快报,2003(8):12-14.

- [13] 刘向强,郭敏.我国矿山尾矿固体废物及地质环境现状分析[J].中国矿业,2004,13(3):1-5.
- [14] 向鹏成,谢英亮.尾矿利用的经济性潜力分析[J].矿产保护与利用,2002(1):50-54.
- [15] 蒙永辉,许燕,王集宁,等.山东省矿山地质环境治理工作形势分析[J].山东国土资源,2016,32(9):26-29.
- [16] 成岳,范学运,李萍.制矿尾砂玻璃化砖的研究[J].中国陶瓷工业,1999(4):9-13.
- [17] 张锦瑞,王伟之.金属矿山尾矿综合利用与资源化[M].北京:冶金工业出版社,2002:31-63.
- [18] 潘守芹,黄士忠.制矿尾砂微晶玻璃的研究[J].新型建筑材料,1990(8):31.
- [19] 张先禹.利用制铁尾砂矿制黑色玻璃[J].新型建筑材料,1994(11):24.
- [20] 曹水忠.浅论有色金属矿山废渣的综合利用[J].有色矿山,1992(6):41-44.

Study on Environmental Impact Analysis and Comprehensive Utilization of Mine Solid Waste in Wangniangou Iron Deposit in Lanling County of Shandong Province

MA Teng

(Lunan Geo - engineering Exploration Institute, Shandong Yanzhou 272100, China)

Abstract: Wangniangou iron deposit is a large size iron deposit which has been identified in China. It is in the initial stage of mining. The annual production of iron concentrate is 71.33 ten thousand tons, and the service life is 37.5 years. During the mine operation, a large number of solid wastes have been produced, such as waste rock, tailings, boiler ash and so on. Through analysis on gamma ray spectrum of waste rock and tailings, it is concluded that the radioactive content of waste rock and tailings is low. During the process of exploitation, smelting and comprehensive utilization of solid wastes, it will not cause radioactive harm to human body and the environment. Through analysis on the experimental results of the toxic leaching of waste rock, tailings and boiler ash, it is concluded that waste rock and tailings are type I general industrial solid waste. The storage field should be classified as class II general industrial solid waste, and the storage field should be carried out according to class II field requirements. The leached water will not lead to deterioration of groundwater quality and soil pollution. In this paper, lithologic composition, main mineral characteristics and uses of main solid waste (waste rock and tailings) have been analyzed and studied. According to previous results of mine utilization, concrete direction of comprehensive recycling has been put forward, such as construction materials, subgrade fillers, glass production materials, abrasive materials, ceramic materials, cement and stone. Ash production raw materials, soil amendments or fertilizers, chemical raw materials and so on.

Key words: Solid waste; environmental impact; Wangniangou iron deposit; comprehensive utilization; waste rock; tailings