

# 大冶历史遗留选铜铁矿废渣处置工程案例分析

肖启学<sup>1,2</sup> 刘天伦<sup>1,2</sup> 娄伟<sup>1,2</sup> 王琦<sup>1,2</sup>

1 湖南省和清环境科技有限公司

2 湖南省工业固废资源化与安全处置工程技术研究中心

DOI:10.12238/eep.v8i3.2565

**[摘要]** 本工程通过对历史遗留铜铁矿废渣场进行集中安全处置,通过水平防渗+竖向阻隔切实可行地切断污染源、降低生态与环境健康风险。工程的实施为类似遗留选铜铁矿废渣处置项目提供了参考。

**[关键词]** 重金属; 铜铁矿; 竖向阻隔

**中图分类号:** TF521 **文献标识码:** A

Case study of waste slag disposal project of copper and iron ore left over from history in Daye

Qixue Xiao<sup>1,2</sup> Tianlun Liu<sup>1,2</sup> Wei Lou<sup>1,2</sup> Qi Wang<sup>1,2</sup>

1 Hunan Heqing Environmental Technology Co., Ltd.

2 Hunan Provincial Engineering Research Center for Industrial Solid Waste Recycling and Safe Disposal

**[Abstract]** This project can effectively cut off the pollution source and reduce the ecological and environmental health risks through the centralized and safe disposal of the historical copper and iron ore waste slag site, and through horizontal seepage prevention + vertical barrier. The implementation of the project provides a reference for similar residual copper and iron ore waste slag disposal projects.

**[Key words]** heavy metals; copper and iron ore; vertical barrier

## 前言

湖北省大冶市矿藏资源丰富,素有“百里黄金地,江南聚宝盆”之美誉,境内有多家采矿企业,所涉及的金属种类繁多,矿产资源的开发带来社会繁荣与进步的同时,也给环境带来破坏<sup>[1]</sup>。许多学者对大冶矿山及冶炼厂周边土壤中重金属的空间分布、含量特征进行了调查研究,发现其土壤中砷、镉、铅的污染较为严重<sup>[2-3]</sup>。土壤中积累的重金属可通过人体直接接触、地面扬尘吸入以及植物吸收进入人类的食物链,又通过食物链富集等途径导致人体潜在的健康风险<sup>[4]</sup>。

加强对重金属污染土壤的风险管控,实现污染土壤的安全利用,确保粮食和生态安全。其中一个重要举措和步骤是开展历史遗留废渣场的整治项目,即选取具有代表性的历史遗留重金属尾矿库进行修复治理,解决大冶市重金属污染问题,探索经济、合理、绿色的修复技术和治理模式。本文以大冶市某地历史遗留铜铁矿废渣处置工程为案例,从工程概况、污染调查、防治目标、总体工艺路线、工程技术措施、效果评估监测等方面进行介绍,为其他类似重金属污染废渣场治理项目提供参考示范和工程经验。

## 1 工程背景

大冶某地历史遗留选铜铁矿废渣场占地面积170000.5m<sup>2</sup>,废渣量约为187万m<sup>3</sup>,废渣由多家私人小微企业(5-7家或者更多)

选铜铁矿共同排放。

根据调查,废渣场周边土壤受到铜、锌、镉、铅的污染,尾矿经过冶炼而排出,一般呈酸性,含有大量的重金属离子,在降雨溢流的情况下污染周围土壤,破坏附近地表、地下水资源。导致重金属被周围的农作物吸收而进入食物链,就会极大地影响当地生态环境,并产生了一定的人体健康风险。

## 2 治理目标

通过对历史遗留污染源的治理和风险管控,消除污染的源头,实现河道水质、周边耕地土壤和农产品的环境安全,有利于显著降低区域生态环境风险。

(1)控制污染源:建设集中管控区,通过竖向阻隔联合水平防渗,消除重金属废渣、渗滤液等污染迁移风险,并实现区域环境风险长效管理。(2)恢复区域绿化:对集中固废管控区约170000.5m<sup>2</sup>土地地表进行植被恢复,改善项目地生态环境。

## 3 总体方案

(1)对历史遗留废渣堆积场187万m<sup>3</sup>废渣进行集中填埋管控,主要工程包括废渣场修整,进行竖向阻隔防渗、水平防渗、修建截排洪沟、渗滤液抽提及治理并进行生态恢复。(2)渗滤液采用“调节池(+pH调节)+混凝沉淀+石英砂过滤+活性炭吸附”的工艺处理,处理达标排放。(3)场地水平防渗后进行生态恢复,采用撒播当地适宜的草籽和种植灌木。

## 4 主要治理技术

### 4.1 废渣场整形设计

废渣堆堆体整形的目的是为水平防渗层提供基础,在进行覆盖时需对现有的尾矿砂堆体进行整形,尾矿砂堆体边坡按纵向2%的坡度进行整修,标高每升高2m设置一级排水沟,为了保证及时排出降水,尾矿砂堆体顶面横向坡度为0.3%。

### 4.2 水平防渗设计

水平防渗工程主要通过铺设复合土工膜防渗层封场。从上到下为:

(1)150mm营养土层, (2)450mm支持土层, (3)5mm厚HDPE复合土工排水网, (4)土工布保护层(450g/m<sup>2</sup>), (5)2.0mmHDPE土工膜, (6)GCL垫(4800g/m<sup>2</sup>), (7)废渣。

### 4.3 竖向阻隔系统设计

在废渣场边界设计环境竖向阻隔防渗,形成低渗透的封闭墙,阻止污染物扩散。

#### 4.3.1 竖向阻隔方案

(1)本工程止水帷幕采用单排双重管法高压旋喷桩群组成,帷幕隔离深度延伸至粉质粘土层(隔水层)内,钻机引孔进入粉质粘土层1.5米,起喷深度为粉质粘土层以下1.0米,留0.5米空孔沉渣,施工范围为整个废渣场周围,以形成一闭合止水帷幕。(2)垂直防渗帷幕深度:墙顶部为水平阻隔顶部标高,墙底部为伸入粉质粘土②层不低于1.0m。

#### 4.3.2 垂直防渗帷幕技术参数

(1)采用高压旋喷桩,单排孔布置,桩径0.8m,旋喷桩间距0.60m,搭接距离为0.20m,旋喷桩形成连续防渗帷幕,帷幕最小厚度为0.5m。(2)根据需要加入适量的外加剂,水灰比为0.8~1.2,浆液比重为1.5,浆液流速50~80L/min,水泥掺入比应大于土重的40%。(3)旋喷压力20~25MPa,转速10~30转/min,提速为0.15~0.20m/min,空气压力0.5~0.7MPa。

### 4.4 截排水沟设计

#### 4.4.1 截排洪设计

截洪沟设计采用100年一遇防洪标准。

截洪沟为浆砌石结构,净空1.0×1.2m,采用M10水泥砂浆、MU30片石砌筑,砌筑时砂浆必须饱满,块石要求无风化、无裂纹,厚度不小于15cm。

#### 4.4.2 排水沟

排水沟采用M10水泥砂浆、MU20页岩实心砖砌筑,外露面采用20厚1:2水泥砂浆(掺5%防水剂)进行抹面,断面尺寸为0.4m×0.4m。

### 4.5 渗滤液抽排及治理设计

#### 4.5.1 渗滤液抽排

采用渗滤液抽排井的方式对废渣场渗滤水进行抽出处理。本工程建渗滤液抽排井共14组。PVC管公称压力1Mpa。设计单井抽出流量为5m<sup>3</sup>/d,每天的抽水时间为1小时(间歇性累计),水泵型号为SJ8-7, Q=5m<sup>3</sup>/h, H=20m, P=0.75kw。

#### 4.5.2 渗滤液处理方案

针对抽出的废渣场渗滤水采用处理工艺为调节池(+pH调节)+混凝沉淀+石英砂过滤+活性炭吸附的方案进行处置。建设1套废渣场渗滤液处理设施,处置规模5m<sup>3</sup>/h。

出水水质污染物达到《污水综合排放标准》(GB8978-1996)一级排放标准。

表1 污水处理主要工艺参数

药剂名称	投加比	主要用途
PAM(阴离子型)	水量的0.1%	混凝剂
PAC	水量的0.1%	混凝剂
石英砂(河沙)	按工程经验,3个月更换一次	吸附剂
活性炭(柱状)	按工程经验,3个月更换一次	吸附剂

### 4.6 植被恢复设计

植被恢复采用当地常见的草本或灌木,设计草本植物采用狗牙根和格桑花,播撒密度为20g/m<sup>2</sup>。小灌木采用月季和杜鹃,灌木株距按50m<sup>2</sup>/棵。

### 4.7 监测工程设计

在废渣场区四周拟修建7座地下水水质监控井,封场后,应继续监测地下水,频率至少一季度一次。监测指标参考《地下水质量标准》(GB/T 14848-2017)。

## 5 效果评估

### 5.1 竖向阻隔效果检测

(1)高压旋喷桩质量验收标准,高压旋喷桩质量检验标准应符合《建筑地基基础施工质量验收规范》(GB50202-2002)相关标准。(2)竖向阻隔效果验收标准,止水帷幕墙施工28d后,钻孔取芯检测,检测点数量不少于施工总桩数的1%,且不少于5点,抽芯检测要求桩身28天无侧限抗压强度不小于1.2Mpa,采用压水及注水等试验检测旋喷桩渗透性,渗透系数不大于1×10<sup>-7</sup>cm/s。(3)效果评估结论:根据第三方检测报告,高压旋喷桩质量检验符合《建筑地基基础施工质量验收规范》(GB50202-2002)相关标准,渗透系数结果满足设计要求。

### 5.2 水平防渗覆盖效果检测

(1)评价标准。水平防渗按照《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准(GB18599-2020)》进行验收,HDPE防渗膜施工质量应满足《聚乙烯(PE)土工膜防渗工程技术规范》(SL/T231-98)相关要求。(2)评估结果:根据第三方检测报告,水平防渗满足《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准(GB18599-2020)》要求,HDPE防渗膜施工质量均满足《聚乙烯(PE)土工膜防渗工程技术规范》(SL/T231-98)相关要求。

### 5.3 植被恢复效果评估

(1)评价标准:生态恢复按照《矿山生态环境保护与恢复治理技术规范(试行)》(HJ651-2013)》进行验收,植被恢复采用当地常见的草本或灌木,覆盖率达到75%。(2)评估结果:苗木成活率、草坪覆盖率均达到80%以上,满足设计要求(大于75%)。

## 5.4 环境质量检测结果评估

### 5.4.1 地下水

检测点位: 场区监测井和上、下游两口居民井进行监测, 共采集6个地下水样品。监测频次: 监测井建造完成后每隔1个月一次, 监测指标: pH、溶解性总固体、硫酸盐、硝酸盐、氨氮、耗氧量、总硬度、氟化物、六价铬、铜、锌、砷、镉、汞、铅、铁、锰、镍。根据检测结果, 监测指标满足《地下水质量标准》(GB/T14848-2017)中III类标准。

### 5.4.2 地表水

监测点位: 3个, 周边水库、库区北侧水塘、库区东北侧水塘; 监测频次: 项目施工期间、完工后每隔1个月监测一次。监测指标: pH、氨氮、化学需氧量、总磷、总氮、氟化物、六价铬、铜、锌、砷、镉、汞、铅、铁、锰、镍。

根据检测结果, 监测指标满足《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) III类标准。

## 6 结语

通过本项目的实施, 削减了区域废渣场尾矿砂污染物的迁移性, 减少周边农田土壤和水体中重金属污染迁移可能性, 降低

重金属随雨水径流迁移可能性, 切实可行地切断污染源、降低生态与健康风险, 场地风险管控与综合整治效果良好, 整治目标基本完成, 可为其他重金属污染土壤治理提供参考。

### [参考文献]

[1]孙清斌, 尹春芹, 邓金锋. 大冶矿区周边农田土壤和油菜重金属污染特征研究[J]. 农业环境科学学报, 2012, 31(1): 85-91.

[2]黄康俊, 谢淑云, 鲍征宇, 等. 大冶铜绿山铜铁矿床尾矿砂中重金属与微量元素环境地球化学特征研究[J]. 地球化学. 2008, 37(3): 213-222.

[3]王亚平, 鲍征宇, 王苏明. 矿山固体废物的环境效应研究进展及大冶铜绿山尾矿的环境效应[J]. 矿物岩石地球化学通报, 1998, 17(2): 97-101.

[4]杨俊, 马斯璐, 李苇苇. 大冶矿区食品重金属污染及其健康风险影响研究[J]. 环境科学与技术, 2017, 40(12): 249-255.

### 作者简介:

肖启学(1991--), 女, 汉族, 湖南常德人, 本科, 工程师, 研究方向是环境工程, 现就职于湖南省和清环境科技有限公司。