

## 某多金属选矿厂露天原矿堆场“三防”研究与应用

杨辉 李自刚 董孟波 查兴江 荀俊秋  
云南华联锌铟股份有限公司, 云南 文山 663701

**[摘要]**本研究针对某多金属选矿厂露天原矿堆场,提出一系列环保治理措施,旨在提升其“三防”(防扬尘、防流失、防渗漏)功能,降低环保风险。由于该堆场建设时间较早,缺乏雨水收集处理系统、场地防渗和降尘设施不完善等问题。为解决这些问题,通过采取修建排水沟和沉淀池、收集雨水淋漓水并循环利用、对堆场进行削坡整形并铺设防渗膜、设置雾炮降尘系统等措施,有效改善了土壤、地下水、环境空气质量等方面的问题。本研究成果对原矿堆场“三防”设施不健全的类似矿山单位具有较好的参考价值。

**[关键词]**防扬尘;防流失;防渗漏;排水沟;防渗层;雾炮降尘

DOI: 10.33142/ect.v2i4.11834

中图分类号: TD928.9

文献标识码: A

### Research and Application of "Three Defenses" in the Open-pit Raw Ore Yard of a Certain Polymetallic Beneficiation Plant

YANG Hui, LI Zigang, DONG Mengbo, ZHA Xingjiang, XUN Junqiu  
Yunnan Hualian Zinc & Indium Stock Co., Ltd., Wenshan, Yunnan, 663701, China

**Abstract:** This study proposes a series of environmental protection measures for the open-pit raw ore yard of a certain polymetallic beneficiation plant, aiming to enhance its "three prevention" (anti lifting, anti loss, and anti leakage) functions and reduce environmental risks. Due to the early construction of the yard, there are issues such as a lack of rainwater collection and treatment systems, inadequate anti-seepage and dust reduction facilities on the site. In order to solve these problems, measures such as constructing drainage ditches and sedimentation tanks, collecting rainwater for drainage and recycling, shaping the slope of the yard and laying anti-seepage films, and setting up a mist cannon dust reduction system have effectively improved soil, groundwater, and environmental air quality. The results of this study have good reference value for similar mining units with incomplete "three prevention" facilities in the original ore yard.

**Keywords:** anti lifting dispersion; anti loss; anti leakage; drainage ditch; anti seepage layer; mist cannon dust reduction

矿产资源为社会的发展和进步提供了有力支持。矿产资源的开采和利用通常会伴随环境污染的问题,特别是矿石开采、运输和储存时,极易对生态环境造成污染,其中运输及储存过程含重金属矿尘无组织扩散、含重金属淋漓水向土壤渗透或向水体扩散等是常见的问题。

然而,这些影响具有隐蔽性、滞后性、影响范围难以确定等,若不从源头上进行管控,很难及时消除污染,往往会造成矿区周边以及下游区域的水体、大气及土壤的环境污染,进而对周边生态系统、农业发展及社会稳定等造成影响,同时,污染修复困难大,经济成本高。因此,结合生态文明建设及生态环境保护预防为主的要求,以及矿业企业长远稳定发展需求,需要引导矿业企业寻求从源头控制污染、制定污染防控解决方案。

本研究将以某多金属选矿厂的露天原矿堆场为例,进行“三防”(防扬尘、防流失、防渗漏)的环保治理研究。通过这个案例,可以提供一种解决方案,以应对与矿业生产相关的环境风险,从而实现绿色矿业的目标,减少环境污染,改善生态环境。

#### 1 露天堆存现状

某多金属选矿厂日处理能力为2400t/d,为了保障采

选工作之间的供需平衡和正常生产,在选矿厂上方建设一个面积约8000平方米的原矿堆场,该堆场可堆存储6万吨矿石,主要用于暂时储存矿石和选矿厂的矿石配比中转。

从矿山开采出的矿石经由矿用卡车运输至原矿堆场堆存,再由装载机铲装至破碎进料口,矿石进入选矿厂进行选别。该原矿堆场建有两个淋漓水收集池,但区域雨污分流不完善,场地未进行硬化或防渗,降尘设施配备也不足,存在区域扬尘突出、淋漓水收集管理困难等环境污染风险。因此,如何在维持矿场正常运营的同时,落实有效的污染防控措施,预防和减少环境污染物产生和排放,成为了亟待解决的问题。

#### 2 露天堆存存在的生态环境问题

##### 2.1 雨季污染加剧

每年5~10月份的雨季,由于矿石堆场处于露天环境中,雨水经过矿石堆场会将矿石中的有害元素如砷、硫等冲刷带走渗透进入土壤,对原矿堆场周边土壤及地下水遭受污染。

##### 2.2 扬尘现象严重

原矿卸载、推排及进料作业过程中均会产生大量含重金属扬尘。这些扬尘直接排放到周边大气环境中,进而沉降至周边区域,严重影响周围环境的大气环境及土壤环境,同时也对人体健康造成了危害<sup>[1-2]</sup>。通过对原矿堆场粉尘进

行监测,产生粉尘采用堆放场起尘根据如下式(1)计算:

$$Q = \beta \times \left(\frac{W}{4}\right)^6 \times U^5 \times A_p \quad (1)$$

其中Q粉尘生成的量或者起尘量, $\beta$ 堆存物料的起尘系数,这个值会因为材料的不同而不同,W堆存物料的湿度或含水量,U风速, $A_p$ 堆存区域的面积。原矿堆放场起尘量约为18.61mg/s,0.587t/a。

### 2.3 矿石资源浪费

由于施工现场没有设置足够的截排水沟道,使得雨水与堆放的矿石混杂在一起,造成大量矿石被雨水冲刷后流失,导致矿产资源的浪费。

### 2.4 淋沥水治理难度大

由于没有完善的雨污分流设施,大部分雨水与矿石淋沥水混合,产生大量含重金属污水,难以有效收集和治理,同时污水量增大,加大了废水治理的难度和成本。为了解决露天原矿堆场这些环境问题,因此对于选矿厂原矿堆场的“三防”工程研究与应用至关重要。

## 3 露天堆场环保治理必要性

### 3.1 环境因素

矿区周边环境本就受矿石开采影响,生态环境系统较为脆弱,环境容量较小,容易造成破坏和污染,企业将承担的污染修复、防治等责任支出增加。同时,因地理位置影响,矿石堆存过程中若环境管理不到位容易对周边村民、下游环境带来环境污染,造成企业与周边社会关系矛盾等,不利于企业安全发展。

### 3.2 经济因素

正确的环保措施可以帮助矿山企业实现经济效益与环保效益的双重提升。通过设置有效的环保设施,可以减少矿石的流失,提高矿石的利用率,从而提高企业的经济效益。同时,有效的环保设施也可以降低企业对环境的污染,避免因环保问题导致的经济损失。

### 3.3 法规要求

国家已经出台一系列严格的环保法律法规,明确企业的生态环境保护责任及标准,企业必须遵守,否则将面临严重的惩罚甚至被勒令停产。企业切实有效落实生态环境保护措施,是履行主体责任的体现,也是合法合规生产经营的必然需求。

### 3.4 企业社会责任

作为现代企业,除了追求经济效益外,还需要承担起社会责任,包括保护环境的责任。有效的环保治理,是企业执行社会责任,提升社会形象的重要方式。

## 4 露天堆场环保治理措施

### 4.1 截排水沟的建设

在设计截排水沟时,主要目标是防止堆场外部的雨水进入堆场,导致矿石流失以及产生大量废水。具体措施是沿着原矿堆场的周边修建截排水沟。沟的净尺寸为450mm×450mm,沟帮以及沟底的厚度达到200mm,而所用混凝土的强度则选择C25级别。此举使得全长约292m的截排

水沟有效隔绝了外部雨水,大大减少了矿场的滋生废水量。

### 4.2 防渗层的建设

在原矿堆场进行防渗处理,主要是为防止废水对土壤和水体的污染。必须保证等效黏土防渗层的厚度不小于1.5m,且其渗透系数应控制在 $1 \times 10^{-7}$ cm/s以下。为此,整个堆场经过削坡整形,形成约3°的坡度,然后在其表面铺设黏土及HDPE(厚度:2mm,双糙面)土工膜进行防渗。

### 4.3 过滤层的建设

过滤层是为在保护土工膜的同时,能过滤堆场矿石中的废水。在防渗层的HDPE土工膜上方铺设一层2cm厚的细砂砾石,然后在砂砾石上方每隔5m埋设一根 $\phi 75$ PE管,用于导流。之后在砂砾石上面又铺设一层厚度是20cm的碎石,对过滤的废水进行二次过滤,从而达到提高过滤效率的目标。

### 4.4 雾炮降尘系统的建设

为应对卸矿、进料作业及运输过程中产生的大量粉尘,在矿场四周设置6台高压变频喷雾雾炮机<sup>[5]</sup>。机器的安装高度设定为5.2m,使得整个堆场被有效覆盖。雾炮系统启动后,能在全堆场范围内减少粉尘颗粒物扬散,通过使用雾炮系统降尘率可达70%,年降尘量约为0.176t。

### 4.5 美化环境的花坛围护

在矿场周边建设宽1.5m,高1.2m的砌砖花坛,并在里面种植各类花草。这些花坛不仅起到了美化环境的效果,而且能有效地防止矿石的滑移和流失。

### 4.6 淋沥水收集系统的建设

在矿场最低点建设3个深度为2m的淋沥水收集池。滤液导流管引入的淋沥水首先进入收集池,经管道进入选厂尾矿库澄清后循环利用,减少对环境的污染。

## 5 露天堆场环保治理成效

### 5.1 建设截排水沟

经过截排水沟的建设,成功阻止外围雨水进入堆场,避免因雨水混入堆场导致矿石流失及大量污水处理的问题。

### 5.2 建设防渗层与过滤层

通过防渗层与过滤层的建设,有效地将雨水渗透的废水及矿石中的废水回收,大大减少废水对土壤和水体的污染。

### 5.3 建设雾炮降尘

运用雾炮降尘设备,对矿石运输、卸载及进料作业中产生的扬尘进行有效的治理,降低扬尘对周围空气质量的影响。经过改造后,扬尘排放量大幅度减少,空气质量得到显著改善。降尘率为70%,扬尘排放量为0.176t/a,大气环境质量检测如表1所示。

### 5.4 建设花坛围护

可有效减少矿石的流失,种植花草达到绿化美化作用,也是建设绿色矿山和花园式选矿厂的重要组成部分。

### 5.5 建设淋沥水收集系统

淋沥水得到有效处置,避免其对土壤和水体的污染。地下水水质监测如表2所示,周边土壤检测如表3所示。

**表 1 大气环境质量现状调查表**

监测点位	采样日期/时段	TSP 日均浓度 (mg/m <sup>3</sup> )	浓度范围 (mg/m <sup>3</sup> )	评价标准 (mg/m <sup>3</sup> )	最大浓度占标率 (%)	达标情况
堆场东北	2022.06.20~2022.06.21	0.033	0.031~0.038	0.3	12.7	达标
	2022.06.21~2022.06.22	0.036				
	2022.06.22~2022.06.23	0.035				
	2022.06.23~2022.06.24	0.031				
	2022.06.24~2022.06.25	0.037				
	2022.06.25~2022.06.26	0.035				
	2022.06.26~2022.06.27	0.038				
西南堆场 640m 处	2022.06.20~2022.06.21	0.035	0.033~0.042	0.3	14	达标
	2022.06.21~2022.06.22	0.039				
	2022.06.22~2022.06.23	0.033				
	2022.06.23~2022.06.24	0.038				
	2022.06.24~2022.06.25	0.042				
	2022.06.25~2022.06.26	0.038				
	2022.06.26~2022.06.27	0.04				

**表 2 地下水水质监测结果 (mg/L)**

监测项目	名称	监测点 1	监测点 2	监测项目	名称	监测点 1	监测点 2	监测项目	名称	监测点 1	监测点 2
pH (无量纲)	标准值	6.5~8.5	6.5~8.5	砷	标准值	≤0.01	≤0.01	铁	标准值	≤0.3	≤0.3
	范围值	7.29~7.45	7.42~7.48		平均值	0.0015	0.0056		平均值	0.03L	0.03L
	标准指数	0.19~0.3	0.28~0.32		标准指数	0.15	0.56		标准指数	0.05	0.05
	达标情况	达标	达标		达标情况	达标	达标		达标情况	达标	达标
硫化物	标准值	≤0.02	≤0.02	铅	标准值	≤0.01	≤0.01	锰	标准值	≤0.1	≤0.1
	平均值	0.01L	0.01		平均值	0.001L	0.001L		平均值	0.01L	0.01L
	标准指数	0.25	0.5		标准指数	0.05	0.05		标准指数	0.05	0.05
	达标情况	达标	达标		达标情况	达标	达标		达标情况	达标	达标
氨氮	标准值	≤0.5	≤0.5	汞	标准值	≤0.001	≤0.001	溶解性总固体	标准值	≤1000	≤1000
	平均值	0.151	0.084		平均值	0.00004L	0.00004L		平均值	153	142
	标准指数	0.302	0.168		标准指数	0.02	0.02		标准指数	0.15	0.14
	达标情况	达标	达标		达标情况	达标	达标		达标情况	达标	达标
硝酸盐氮	标准值	≤20.0	≤20.0	六价铬	标准值	≤0.05	≤0.05	耗氧量	标准值	≤3.0	≤3.0
	平均值	2.33	0.56		平均值	0.004L	0.004L		平均值	0.62	1.57
	标准指数	0.12	0.03		标准指数	0.04	0.04		标准指数	0.21	0.52
	达标情况	达标	达标		达标情况	达标	达标		达标情况	达标	达标
亚硝酸盐氮	标准值	≤1.00	≤1.00	总硬度	标准值	≤450	≤450	硫酸盐	标准值	≤250	≤250
	平均值	0.006	0.004		平均值	62	100		平均值	17	16
	标准指数	0.006	0.004		标准指数	0.14	0.22		标准指数	0.07	0.07
	达标情况	达标	达标		达标情况	达标	达标		达标情况	达标	达标
铜	标准值	≤1.00	≤1.00	氟化物	标准值	≤1.0	≤1.0	氯化物	标准值	≤250	≤250
	平均值	0.05L	0.05L		平均值	0.25	0.37		平均值	10L	10L
	标准指数	0.025	0.025		标准指数	0.18	0.99		标准指数	0.02	0.02
	达标情况	达标	达标		达标情况	达标	达标		达标情况	达标	达标
锌	标准值	≤1.00	≤1.00	镉	标准值	≤0.005	≤0.005				
	平均值	0.05L	0.05L		平均值	0.0001L	0.0001L				
	标准指数	0.025	0.025		标准指数	0.25	0.37				
	达标情况	达标	达标		达标情况	达标	达标				

表3 土壤环境质量检测结果

项目	单位	汞	砷	镉	铜	铅	镍	六价铬
标准值	mg/L	38	60	65	18000	800	900	5.7
TR01-1-1	mg/L	0.002L	33.2	0.2	95	39.9	67	0.5L
TR02-1-1	mg/L	0.22	48.4	0.22	110	52.6	60	0.5L
TR03-1-1	mg/L	0.002L	30.8	0.14	53	8.9	53	0.5L
TR03-1-2	mg/L	0.002L	30.6	0.17	72	7.4	57	0.5L
TR04-1-3	mg/L	0.002L	34.1	0.15	70	9.3	72	0.5L
TR05-1-1	mg/L	0.217	28.1	0.48	57	6.3	9	0.5L
TR05-1-2	mg/L	0.218	27.8	1.63	318	46.9	62	0.5L
TR06-1-3	mg/L	0.217	28.4	2.8	312	47.4	64	0.5L
TR07-1-1	mg/L	0.038	32.1	0.28	304	37.5	70	0.5L
TR07-1-2	mg/L	0.079	28.8	0.28	300	49.9	61	0.5L
TR07-1-3	mg/L	0.108	28.3	0.33	315	63.6	62	0.5L
TR08-1-1	mg/L	0.173	30.1	0.15	136	62.6	46	0.5L
TR08-1-2	mg/L	0.018	29.1	0.18	139	72.7	44	0.5L
TR08-1-3	mg/L	0.069	26	0.64	135	64.9	46	0.5L
TR09-1-1	mg/L	0.156	41.3	0.16	81	29	59	0.5L
TR09-1-2	mg/L	0.16	48.9	0.72	68	23.1	57	0.5L
TR09-1-3	mg/L	0.151	46.7	0.66	84	22.3	59	0.5L
样本数量	个	17	17	17	17	17	17	17
最大值	mg/L	0.22	48.9	2.8	318	72.7	72	/
最小值	mg/L	0.002L	26	0.14	53	6.3	9	/
均值	mg/L	0.107	33.69	0.54	155.82	37.9	55.76	/
最大浓度占标率	%	0.58	81.5	4.31	1.77	9.09	8	/
标准差	%	0.084	7.42	0.67	102.58	21.52	14	/
检出率	%	76.47	100	100	100	100	100	0
超标率	%	0	0	0	0	0	0	0

### 5.6 综合效果分析

通过采取以上措施，原矿堆场的矿石流失、淋沥水收集以及含矿扬尘问题得到了有效解决。具体而言，治理后的土壤环境已满足《土壤环境质量建设用土壤污染风险管控标准》(GB36600-2018)，地下水环境符合《地下水质量标准》(GB/T14848-2017)三类水体标准，空气中的TSP浓度满足《环境空气质量标准》(GB3095-2012)的二级标准。本次“三防”治理研究项目的成功实施，不仅完善了

该选矿厂原矿堆场的污染防治措施，并取得良好效果，同时也为类似矿山的环保治理工作提供了有益的参照和实践经验，有利于推动矿山企业绿色发展。

### 6 结束语

通过对某多金属选矿厂露天原矿堆场实施“三防”环保治理，取得了良好的效果，充分体现了绿色发展理念，采取科学的治理方案对露天原矿堆场进行环保治理。诸如截排水沟、防渗层、过滤层、雾炮降尘、花坛围护以及淋沥水收集系统等措施，成功减少污染物通过扬尘、淋沥水渗漏等扩散污染风险，大大改善了原矿堆场周边生态环境。实践证明，这些措施是可行且有效的，在同类型的露天堆场也具有较高的借鉴价值。

同时，该案例的成功提醒我们，对于露天矿山的环境问题，必须尽快采取有效措施预防和治理。只有这样，才能在开采矿产资源的同时，保护好生态环境，实现经济效益和社会效益的双重提升。希望研究成果能为实现矿产产业的绿色可持续发展，提供一定理论参考和现实指导。

#### [参考文献]

- [1]李亚杰,赵英楠,郭俊和,等.露天矿山扬尘的控制技术[J].矿业工程研究,2009,24(6):1-4.
  - [2]张琰,王兰新,蔡兆军,等.露天矿山破碎作业扬尘污染的防治技术[J].矿业安全与环保,2011,38(2):49-52.
  - [3]马帅,李勃勃,彭恒泽.环境问题与矿山可持续发展研究[J].矿业工程研究,2012,27(4):1-5.
  - [4]王永华,刘春生,陈卓,等.矿山环保治理对企业经济效益的影响[J].矿业工程研究,2014,29(3):23-26.
  - [5]李亮亮,黄宏燕,孙日启.露天矿山自然环境保护技术研究[J].矿产保护与利用,2015,36(2):10-12.
  - [6]曹森森,马骏,张晓明.露天矿山复垦技术研究进展[J].矿业工程研究,2017,32(5):25-29.
  - [7]韩存洁,刘文显,孙福明.露天矿山环保治理对环境的改善及社会效益分析[J].矿业工程研究,2018,33(3):45-49.
  - [8]周勇,刘艳霞.露天矿山环境保护措施及其效果评价[J].矿业工程研究,2019,34(2):35-39.
- 作者简介:杨辉(1981.12—),男,汉族,云南红河人,学历:本科,工程师,研究方向:主要从事安全环保管理工作。