

云南某铅锌矿废水清洁处理对生产的影响

江训普¹, 黄德镛^{2,3}, 钟彩彩², 李廷楠^{2,3}

(1. 广东建设技术学院, 广州 广东 510440; 2. 昆明理工大学国土资源工程学院, 云南 昆明 650093;
3. 昆明博智科技有限公司, 云南 昆明 650093)

摘要:对云南某铅锌矿选矿厂进行清洁生产试验。首先,了解选矿厂各个工艺流程,并进行分析解剖,然后,利用监测等方式为外排废水的产出找出最初原因,再利用现场模拟,为废水产出及再次利用等找出相似的比例量和具体原因,其中,耗水量较大的工段主要发生在磨浮工段和重选工序,最后,利用以上工作成果,找出较优的解决方式,并对选矿厂进行清洁优化改造。最终,可为矿山年减少新水用量约 50000 m³,年节约 19800 度电,年减少生产废水约 38984.4 m³,减少 COD 排放 0.27 t/a,减少重金属 Pb 排放量 6.24 kg,锌排放量 48.24 kg,镉排放量 2.01 kg。可得出结论,在选矿工艺过程中将废水外排的量减少或消除比在末端治理废水要好,不仅经济可行,且节约材料、能耗^[1]。

关键词:清洁;铅锌矿;废水

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2017.05.023

中图分类号:TD989 文献标志码:A 文章编号:1000-6532(2017)05-0100-05

矿山选矿厂外排的废水中,含有许多有毒有害物质,例如:氟化物、重金属等,COD 值、SS 值偏高,pH 指偏酸性或碱性等。选矿废水不仅会对矿区范围内造成危害,同时,对矿区范围以外更广的地区造成的危害及损失更是不可估计的^[2-3]。

传统的末端废水治理是难以从根本上控制的,加之末端治理的高额费用已经让企业难以承受,只有通过源头上清洁生产,从生产过程中减少原材料消耗、毒性,削减污染物的产生量,减轻末端治理的压力,同时对污染物进行综合利用^[4],才能真正实现污染预防控制,实现环境保护和经济发展的“双赢”,实现可持续发展。

本研究对云南某铅锌矿选矿厂选矿流程中废水的产生过程进行了较为详细的跟踪及论述^[5-6],然后根据每一个废水进出的步骤,对外排废水中有害物质进行检测分析,再对这些程序步骤进行优化和改进,在源头上对废水进行控制及处理。

1 废水来源及有毒有害物质监测

1.1 选矿工艺及有毒有害物质的分析

该选矿厂采用传统的浮选工艺^[7],共有三个生

产系统:(1)碎矿工段、磨浮工段和浓密脱水工段系统,日处理硫化矿矿石 100 t(老系统);(2)碎矿工段、磨浮工段、浓密脱水工段和尾矿重选系统,日处理硫化矿矿石 200 t;(3)磨浮工段、浓密脱水工段和尾矿重选系统,日处理氧化矿矿石 200 t。

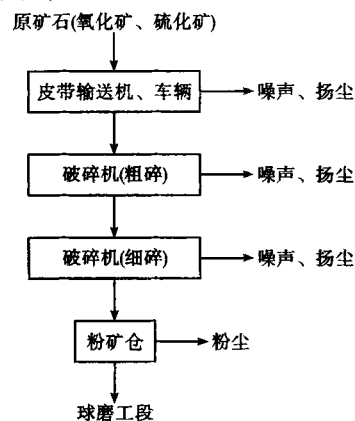


图1 碎矿工段工艺及产污流程

Fig. 1 Process and pollutants producing flowchart of miners broken section

1) 碎矿工段产生的主要污染为噪声、粉尘和扬尘,且属间歇性生产,产生污染也为间歇性产排污,

收稿日期:2016-08-30;改回日期:2016-09-05

作者简介:江训普(1990-),男,硕士研究生。

除了,原矿石本身含有的水份,并无废水的输入与输出。碎矿工段工艺流程及产污见图 1。

2)磨浮工段的生产是一个连续稳定的过程,主要污染为噪声和废水。废水主要为回收浮选过程中产生,经汇集池汇集后进入摇床重选工序。其余产生的含大量废水的尾矿,产生量平均 120 t/d,尾矿中含有大量的石英砂及微量的 Pb、Zn、Cd、S 等元素,流程见图 2。

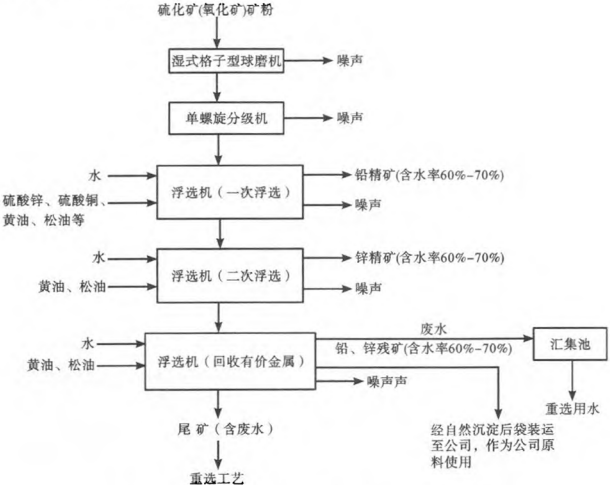


图 2 磨浮工段工艺及产污流程

Fig. 2 Process and pollutants producing flowchart of floating mill section

3)浓密脱水工段主要污染为噪声和废水。废水汇集进入汇集池,部分废水经泵抽入摇床重选系统循环利用,部分排入外环境。该段工艺及产污见图 3。

4)重选工序的主要污染是尾矿、废水和噪声。尾矿中含有大量的选矿废水,随尾矿一起填充于采空区,经自然渗滤后部分汇集在一起,最后输送至选矿厂废水汇集池,经泵抽回磨浮工段循环使用。但是,尾矿充填区输入与输出偏差较大,尾矿充填区域

部分废水会通过岩隙、裂隙、渗滤等方式流入了外环境,对周围的土壤、地下水、地表水造成影响。重选工序工艺及产排污流程见图 4。

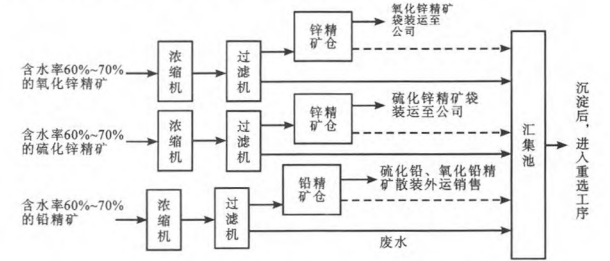


图 3 浓缩脱水工段工艺及产污流程

Fig. 3 Process and pollutants producing flowchart of dewatering section

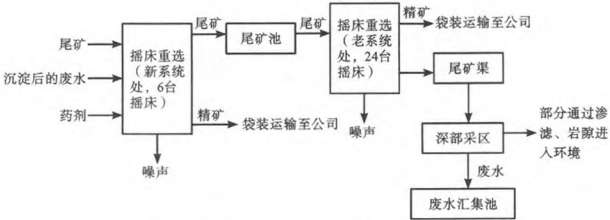


图 4 重选工序工艺及产污流程

Fig. 4 Process and pollutants producing flowchart of reselection process

通过上述分析^[8-9],废水起始于磨浮工段,当废水到达浓密脱水工段后,部分废水用于下一步骤的重选,由于汇集池容量不足,其他废水导致直接外排。在尾矿重选工段,部分回用于磨浮工段,其余随含有大量废水的尾矿充填于采空区,但尾矿中废水的回收率小,且污染较大。

1.2 有毒有害物质监测

选矿厂近三年废水排放情况分别为:132356 m³、140588 m³ 和 115276 m³。

经过五个季度的监测,监测出的有毒有害物质及含量见表 1。

表 1 选矿厂排口废水监测统计(单位:mg/L,pH 值无量纲量)

Table 1 Concentrator monitoring statistics in wastewater discharge port (Unit:mg/l,pH dimensionless quantity)

季度	pH	COD	SS	氟化物	铜	铅	锌	镉	汞	砷	六价铬
四(上年)	7.47	17	16	2.90	L(0.05)	0.193	0.171	3.153	0.0015	0.001	L(0.004)
一	7.12	24.4	7	1.29	L(0.05)	0.0805	0.361	0.0472	0.0010	0.007	L(0.004)
二	8.23	17	3	0.15	L(0.05)	0.113	2.460	0.029	L(0.0001)	0.005	L(0.004)
三	8.65	60	19	0.59		0.148	0.073	0.134	0.0007	0.007	L(0.004)
四	-	-	-	-	L(0.05)	0.528	3.524	0.057	L(0.0001)	0.006	-

备注:L-低于方法检出限

监测结果显示,废水中 pH 值范围在 7.12 ~

8.65 之间,略偏碱性,COD 含量 17 ~ 60 mg/L,SS 含

量 3 ~ 19 mg/L, 重金属含量中, 锌含量 0.073 ~ 3.524 mg/L, 铅含量 0.0805 ~ 0.528 mg/L, 镉含量 0.029 ~ 3.153 mg/L, 砷含量 0.001 ~ 0.007 mg/L, 汞含量 < 0.0015 mg/L, 其余重金属铜、六价铬未检出。根据 GB 25466-2010《铅、锌工业污染物排放标准》与监测结果对比废水中重金属等物质超标^[10]。

2 模拟分析

在选矿厂正常连续生产状态下, 利用物料平衡分析, 现场模拟分析了半年内可能存在的问题以及在进行平衡分析时应当注意的问题, 然后开始进行物料平衡工作。对生产情况进行计量, 分别计量水量的消耗、电的输入量和废水的输出量。分析物料平衡和废弃物产生的原因, 从而获得物料输入输出的数据, 见图 5。

模拟分析中磨浮工段、浓密脱水工段和尾矿重选工序输入、输出物料偏差均在 5% 以内(据计算推理), 输入、输出物料基本平衡。经过半年的现场模拟分析得出的下水耗和水平衡见表 2。

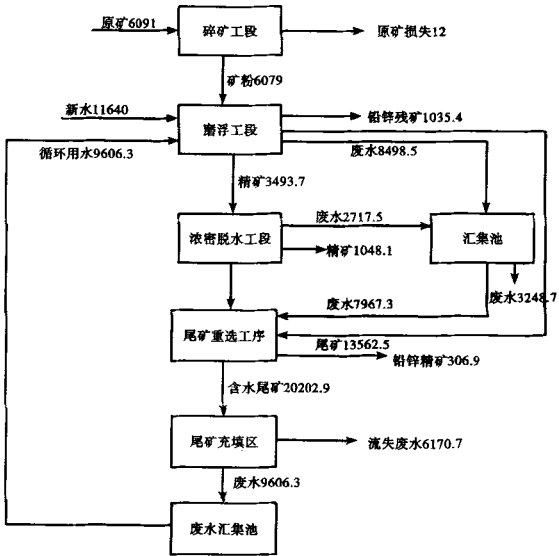


图 5 选矿厂工艺物料流程及产排污模拟图(单位:t/月)

Fig. 5 Process material flow and Sewage capacity Rendering of Concentrator(Unit: t/month)

表 2 选矿厂水耗和水平衡(近半年统计月均值)

Table 2 Water consumption and water balance sheet of concentrator
(Nearly half statistics monthly average)

操作单元	输入和输出	物料	各单元带入和带走水量	水量合计	偏差计算
磨浮工段	输入	原矿中的含水量/m ³	1827.3	23073.6	2.4%
		新鲜水量/m ³	11640		
		循环用水量/m ³	9606.3		
		废水产生量/m ³	8498.5		
	输出	精矿中的含水量/m ³	2445.6	22518.9	
		铅锌残矿中的含水量/m ³	724.8		
浓密脱水 工段	输入	尾矿中的含水量/m ³	10850	3170.4	4.5%
		精矿中的含水量/m ³	2445.6		
		铅锌残矿中的含水量/m ³	724.8		
		精矿带走/m ³	345.4		
	输出	铅锌残矿带走/m ³	103.5	2697.5	
		废水/m ³	2697.5		
重选工序	输入	尾矿含水量/m ³	8325.7	16293.0	0.6%
		循环废水/m ³	7967.3		
		铅锌精矿带走/m ³	30.7		
		尾矿含水量/m ³	16162.3		
	输出	尾矿含水量/m ³	16162.3	16193.0	
		尾矿含水量/m ³	16162.3		
尾矿充填区	输入	填充采区深部的尾矿带走/m ³	385.3	9991.6	38.2%
	输出	流出汇入汇集池废水/m ³	9606.3		
		进入周围环境废水/m ³	9419.4		

模拟分析结论:

(1)耗水量较大的工段主要发生在磨浮工段和重选工序;

(2)在磨浮工段、浓密脱水工段产生废水汇集

于浓密脱水车间以下的汇集池,其中部分废水未经循环利用直接外排,外排量 3248.7 m³/月;

(3)尾矿进入采空区后,6170.7 m³水通过岩隙、渗滤等方式损失;

(4)加强磨浮工段、浓密脱水工段的废水循环利用,以及尾矿充填区废水的进一步收集利用均有较大的清洁生产空间。

3 废水清洁方法及成果

3.1 方法

通过上述工作,提出对以下方面采取清洁措施,达到从最初的废水源头上减少或消除废水的目的。

(1)设施设备优化消减废水

浓密池容量不够,浓密脱水工段处增加一组浓密池,同时,浓密脱水工段以下的汇集池处泵规模也较小,增加一组水泵,防止浓缩池产生溢流水。把浓缩脱水车间以下汇集池的废水完成回用于生产系统,杜绝浓缩脱水车间以下汇集池的废水外排。在汇集池处增加了一个集水池和一台水泵,将废水完全抽回生产系统回用,利于磨浮工段和浓密脱水工段的废水完全重复利用。浓密池、汇集池等设施要有明确的检查及维护记录;对容量不足、泵规模不够等情况进行反馈,及时更换或配套性增加规模。

原矿仓破旧失修,对原矿仓进行维修;球磨机、浮选机、浓密脱水机、摇床等设备进行定期维护保养,延长设备使用寿命,降低生产成本;同时,尽可能的向国际、国内先进选矿企业学习,引进先进设备,提高设备自动化控制水平。

(2)技术工艺

对原材料及辅料进行合理配比,减小辅料消耗量;提高废水循环利用率,增加循环水用量,减小新水用量。合理收集小浮选过程产生的铅锌残矿、改造氧化锌精矿仓、硫化锌精矿仓,收集随废水流失的精矿,减少产品流失。杜绝精矿浆外溢,降低金属流失率。严格制定生产计划,提高连续生产能力和生产稳定性。改进浮选、重选生产工艺,提高重金属的回收利用率提高选矿厂浮选、浓密脱水工段的技术水平,采用多碎少磨技术降低碎矿产品粒径^[11-12]。

(3)过程控制

在办公、车间各主要用水、用电点及主要耗电设备处分别安装水表、电表,进行用水用电分析、考核。磨浮过程中加入的药剂(黄药、硫酸铜、硫酸锌等)进行严格配比,控制药剂的使用量且各工段使用的黄油进行集中收集处理。对生产各工段设施及规模进行适配,废水回用设施及相应收集管道、水泵等设施进行按规模配适,避免因容量、规模不足而导致的废水溢流和外排。

(4)废弃物除水

废弃物主要为尾矿,且尾矿中含废水较多。应对尾矿进行定期监测,并进行浸出性实验,掌握尾矿的成分和性质;

为减少充填次数和管道冲洗水,推荐胶结充填为间歇充填,一方面可尽量延长每次充填的作业时间,另一方面也便于高浓度尾砂搅拌站尾砂进料、贮存等充填准备工序操作。充填泄水、泥砂从采场排出后,先排入中段巷道或分段巷道内的沉淀池。氧化沉淀池设计容量为200 m³,池高为4 m,长10 m,宽5 m。池分3级,废水经排污管道排至一级沉砂池中,废水在一级沉砂池中停留一定的时间后,废水中的大颗粒物质被除去;其后流入二级沉砂池,同时在二级沉砂池中加入石灰,利用石灰溶于废水中,石灰电离出氢氧根离子同废水中的重金属离子铜等重金属发生反应而生成沉淀物;废水基本沉清后进行三级废水池,然后用水泵泵至选场选矿使用,禁止外排。同时,各级沉砂池中的沉淀物质必须定时清理运至充填站循环利用。

将能够收集的生活污水收集起来经过沉淀处理后用于厂区绿化、冷却水补充水,做到没有生活污水外排。浓缩脱水车间周围有大量的废水、废渣,通过工程改造,将该部分废水及废渣引流至浓密脱水工段以下的汇集池,统一沉淀后循环使用。

严格按操作要求,调整设备,保障尾矿中的有价金属最大化回收利用,将生产用水调整到最佳工艺要求,保障回收的同时,降低用水量,节约成本。将所有从精矿脱水中产生的废水,进行回收,循环利用。加强浓密脱水工段废水溢流管理,增加废水循环利用。减少原有尾矿不科学处理带来的废水进入环境。

5) 废水清洁与管理

设置清洁生产管理机构,制定清洁生产管理制度,并执行;岗位操作规程,并实施考核制度;生产记录中补充吨产品废水、废气、废渣产生量;加强各工段、各环节、各岗位之间的协作管理。合理制定生产计划,提高连续生产能力和生产稳定性。合理解决废机油、废酸的回收处理处置;加强各工段、各环节、各岗位之间的协作管理。建立健全原料检验制度,严格限制采购含砷、氟量高的原料及主要产品金属含量底限。设备缺少定期维护和保养,建立健全设备维护和保养制度。制定设备维护和保养制度,改变原来只更还,不维护,不保养的状况。

员工清洁生产的积极性不高、知识薄弱等,应采用多种方法激励员工参与清洁生产;定期组织员工参与清洁生产相关知识培训,并举办岗位操作大比武;定期利用职工大会、月、季生产会议等进行培训。设专人负责与生产记录相对应的原料用量、产品产量等相对应的废水、废气、废渣产生、排放量记录。将公司原来的工资奖金考核,加入吨产品水耗、电耗、原辅料耗量、废弃物产生量等清洁生产指标。

3.2 技术经济分析

经计算,清洁生产总投资 56.23 万元,产生的经济效益为 72.78 万元。年减少新水用量约 50000 m³,年节约 19800 度电,相当于节约标煤 2.436 t,减排 CO₂ 6.36 t, SO₂ 58.44 kg,氮氧化物 17.04 kg。每月减少废水排放量 3248.7 m³,年减少生产废水 38984.4 m³。减少 COD 排放 0.27 t/a,年减少重金属 Pb 排放量(按废水中平均值 0.16 mg/L 计)6.24 kg,锌排放量(按废水中平均值 1.237 mg/L 计)48.24 kg,镉排放量(按废水中平均值 0.05 mg/L 计)2.01 kg。另外,年增加锌精矿产量约 714.7 t,铅精矿产量约 2910.8 t。清洁生产完成情况见表 3。

表 3 清洁后情况统计

Table 3 Statistics completion of cleaner Production

项目	单位	基准值	清洁前	清洁后
新水用量	m ³ /t 原矿	1.5	4.2	1.8
废水排放量	m ³ /t 原矿	1	2.1	1.2
选矿废水综合利用率	%	80	50	70

4 结 论

在云南某铅锌矿选矿厂清洁生产实验中,对选矿的各个工艺流程进行了较详细的分析,然后利用现场模拟等得出废水具体产生的原因,最后对选矿厂进行清洁的优化改造,由研究结果得出如下结论:

(1)在选矿工艺中将废水外排的量减少或消除比在末端治理废水要好,不仅经济可行,且节约材料、能耗等;

(2)矿山年减少新水用量约 50000 m³,年节约

19800 度电,年减少生产废水约 38984.4 m³,减少 COD 排放 0.27 t/a,减少重金属 Pb 排放量 6.24 kg,锌排放量 48.24 kg,镉排放量 2.01 kg。

参考文献:

- [1] 黄红军. 广东某铅锌矿选矿废水资源化处理[J]. 矿产综合利用, 2012(02): 34-39.
- [2] 罗仙平, 谢明辉. 金属矿山选矿废水净化与资源化利用现状与研究发展方向[J]. 中国矿业, 2006(10): 51-56.
- [3] 彭新平, 陈伟, 吴兆清. 硫化铅锌矿选矿废水处理与回用技术研究[J]. 湖南有色金属, 2010(02): 40-42, 55.
- [4] 刘见峰, 宋卫锋. 铅锌硫化矿浮选废水处理研究进展[J]. 科技导报, 2010(10): 111-115.
- [5] 荆正强, 陈典助, 黄光洪, 等. 我国铅锌矿选矿设备与工艺现状[J]. 工程设计与研究, 2010(01): 1-6.
- [6] 董栋. 铅锌选矿废水处理与回用实验研究[D]. 长沙: 中南大学, 2012.
- [7] HE Ming-Fei. Pyrite depression in marmatite flotation by sodium glycerine-xanthate [J]. Transactions of Nonferrous Metals Society of China, 2011(21): 1161-1165.
- [8] 李兵容. 铅锌矿矿石的选矿工艺研究[J]. 矿业快报, 2008(01): 41-42, 45.
- [9] Jules B. van Lier. Anaerobic high-rate treatment. The International Workshop on Strategy for Anaerobic Biotechnology. Xi'an, November, 2009.
- [10] 张艳芬, 徐腮超. 某铅锌矿选矿废水的处理工艺探讨[J]. 云南冶金, 2013(03): 68-72.
- [11] 郑雅杰, 彭振华. 铅锌矿选矿废水的处理及循环利用[J]. 中南大学学报: 自然科学版, 2007(03): 468-473.
- [12] 孔令强, 覃文庆, 何名飞, 等. 蒙自铅锌矿选矿废水净化处理与回用研究[J]. 金属矿山, 2011(04): 149-152, 157.

The Impact on Production of a Lead-zinc Mine in Yunnan Wastewater Cleaning Process

Jiang Xunpu¹, Huang Deyong^{2,3}, Zhong Caicai², Li Tingnan^{2,3}

(1. Guangdong Construction Vocational Technology Institute, Guangzhou, Guangdong, China;

2. Faculty of Land Resource Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming, Yunnan, China;

3. Primus Kunming Technology Co., Ltd., Kunming, Yunnan, China)

Abstract: A clean production experiment was conducted on a lead-zinc mine concentrator in Yunnan. First of all, to understand the processing plant of the various processes and analysis of anatomy; and then use monitoring and other means for the output of effluent effluent to identify the initial cause, reuse of on-site simulation for waste water output and re-use, etc. to find similar proportions and specific reasons, among them, the water consumption of the larger section is mainly in the grinding floating section and re-election process; finally, we use the above work results, to find the best solution, and to optimize the concentration of mineral cleaning plant. In the end, it can reduce the new water consumption by about 50000 m³ and save 19,800 kWh of electricity per year, the annual reduction of production wastewater is about 38984.4 m³, the COD discharge is reduced by 0.27 t/a, the emission of heavy metal Pb is reduced by 6.24 kg, the emission of Zinc is 48.24 kg, the emission of cadmium is 2.01 kg. It can be concluded that reducing or eliminating the effluent effluent in the beneficiation process is better than the treatment of waste water at the end, it is not only economically feasible, but also can save material and energy^[1].

Keywords: Clean; Lead-Zinc; Wastewater