

典型铅锌选矿厂废水零排放工艺对比分析

敖顺福

云南驰宏锌锗股份有限公司, 云南 曲靖 655011

中图分类号: X751 文献标识码: A 文章编号: 1001-0076(2021)01-0038-08
DOI: 10.13779/j.cnki.issn1001-0076.2021.01.006

摘要 铅锌选矿厂废水量大、污染物组分复杂,且含有多种有毒有害物质,处理达标外排或循环利用难度大。以栖霞山铅锌矿和会泽铅锌矿为研究对象,概述了矿石性质、所用选矿工艺和浮选药剂,对比分析了选矿废水的源头分质回用和末端处理回用,阐述了选矿废水零外排的效果。通过对比分析,指出了在选矿工艺的选择制订时,应将选矿废水的处理回用一并纳入考虑。选矿废水的源头分质回用是实现选矿废水回用最经济有效的途径,在选矿废水源头分质回用的基础上进行选矿废水末端适度处理,甚至深度处理回用,不仅可以提高选矿废水处理回用效率和降低处理回用成本,且能达到选矿废水零排放的目标。

关键词 铅锌矿;选矿废水;废水处理与回用;循环利用;生产实践

我国是一个严重缺水的国家,同时也是世界上废水排放量最多的国家,其中我国矿山选矿厂每年排放的废水总量约占全国工业废水总量的十分之一,是我国工业废水排放量最多的行业之一,且选矿废水成分较复杂,有害成分较多^[1]。铅锌行业是我国工业中的排污大户,含有浮选药剂、重金属离子及悬浮物等的选矿废水,不经治理直接排放将造成水资源浪费、危害生态环境和污染水源及土壤等,而不经处理直接回用将影响选矿生产技术指标。

我国铅锌选矿厂耗水量较大,每吨原矿用水 $3.5 \sim 5 \text{ m}^3$,除精矿带走 $10\% \sim 15\%$ 的水量外,其余全部排出,但我国重点铅锌矿山,采用回水的选矿厂占 43.50% 、未采用回水的选矿厂占 34.80% ,未说明或不需要回水的选矿厂占 21.70% ^[2]。我国《铅锌行业规范条件》(中华人民共和国工业和信息化部公告2020年第7号)规定选矿废水循环利用率应达到 85% 及以上,显然我国铅锌选矿废水回用的实际情况,与现行的规范要求相差甚远。而目前尚没有经济适用的选矿废水处理工艺技术规范,确保处理外排铅锌选矿废水达到天然水质的标准,因此只有对选矿废水进行处理回用零外排,才能彻底实现节约水资源和保护环境的目

的。经过多年的积极探索和实践,以栖霞山铅锌矿和会泽铅锌矿等为代表的极少数矿山已实现了选矿废水处理回用零外排^[3-4]。现对栖霞山铅锌矿和会泽铅锌矿实现选矿废水回用零外排的工艺进行对比分析研究,以期对铅锌行业选矿废水处理回用提供参考借鉴。

1 区域环境

栖霞山铅锌矿和会泽铅锌矿各自所处区域特殊,在资源开发利用过程中,对环境保护要求异常严格,对选矿废水处理循环利用的要求极高。栖霞山铅锌矿是华东地区最大的铅锌矿,选矿厂位于南京市东北郊长江南岸,紧邻栖霞山风景名胜区和居民密集区,选矿厂处理规模为 $1\,300 \text{ t/d}$,选矿厂总用水量 $4\,500 \text{ m}^3/\text{d}$,主要产品为铅精矿、锌精矿、硫精矿及锰精矿。会泽铅锌矿位于云南省东北部,选矿厂位于长江上游金沙江段的支流牛栏江西岸坡地之上,属于长江上游水土保持重点防治区和环境保护区,选矿厂处理规模为 $2\,000 \text{ t/d}$,选矿厂总用水量 $8\,000 \text{ m}^3/\text{d}$,主要产品为铅精矿、锌精矿及硫精矿。栖霞山铅锌矿和会泽铅锌矿均没有投入运行的尾矿库,选矿废水缺少尾矿库的稀释、水解及沉淀等作用,增加了废水处理回用难度。

2 矿石性质

2.1 矿石的主要化学成分

栖霞山铅锌矿石铅和锌品位相对较低,含硫较高,

伴生银、铜及锰等有价值组分;会泽铅锌矿石铅和锌品位特高,含硫亦较高,伴生银和锗等有价值组分。栖霞山铅锌矿和会泽铅锌矿原矿多元素分析结果见表 1。

表 1 原矿多元素分析结果

/%

元素	Pb	Zn	Fe	S	Ag ¹⁾	Ge ²⁾	As	Cu	Mn	Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	MgO
栖霞山铅锌矿	1.56	2.47	27.58	29.92	116	—	0.082	0.10	3.02	0.57	10.19	9.63	1.01
会泽铅锌矿	6.79	20.46	13.33	24.41	70.00	34.10	0.28	0.01	—	0.79	2.14	11.49	4.35

1)、2):单位 g/t。

2.2 矿石的矿物组成

栖霞山铅锌矿石为硫化铅锌矿石。会泽铅锌矿石为氧化硫化混合铅锌矿石,氧化铅锌矿物性脆,易过磨过粉碎泥化,且含有易溶矿物杂质离子,会增加矿石的选别分离难度,而选矿排出废水的水质成分也将更加复杂。栖霞山铅锌矿矿石中金属矿物主要为方铅矿、闪锌矿、黄铁矿、白铁矿、磁黄铁矿及菱锰矿,其次为赤铁矿、磁铁矿、钛铁矿、褐铁矿及金红石等,脉石矿物主

要为白云石和方解石,其次为石英等。会泽铅锌矿矿石中主要金属矿物为方铅矿、白铅矿、灰硫砷铅矿、闪锌矿、菱锌矿、异极矿、黄铁矿、白铁矿及毒砂,其次为褐铁矿和赤铁矿等,脉石矿物主要为方解石和白云石,其次为石英和云母等。栖霞山铅锌矿和会泽铅锌矿脉石矿物中的褐铁矿、白云石和方解石等为易泥化矿物,在磨矿过程中形成的次生矿泥不仅干扰浮选作业的高效进行,且会导致选矿废水的回收利用难度增加。栖霞山铅锌矿和会泽铅锌矿原矿矿物组成见表 2。

表 2 原矿矿物组成

Table 2 Minerals composition of raw ore

项目名称	栖霞山铅锌矿	会泽铅锌矿
金属矿物	主要金属矿物为方铅矿、闪锌矿、黄铁矿、白铁矿、磁黄铁矿、菱锰矿,其它金属矿物为赤铁矿、磁铁矿、钛铁矿、褐铁矿及金红石等	主要金属矿物为方铅矿、白铅矿、灰硫砷铅矿、闪锌矿、菱锌矿、异极矿、黄铁矿、白铁矿、毒砂,其它金属矿物为褐铁矿及赤铁矿等
脉石矿物	主要为白云石、方解石,其次为石英等	主要为方解石、白云石,其次为石英及云母等

3 选矿工艺和浮选药剂

3.1 选矿工艺

不同类型的铅锌矿的矿床成因、矿石性质和矿物特性等差异较大,采用的原则选矿流程不尽相同,常用的浮选原则流程有优先浮选流程、混合浮选流程、等可浮流程及分支分速浮选流程等。栖霞山铅锌矿和会泽铅锌矿均为碳酸盐岩型(MVT)铅锌矿,矿石中有价组分种类多,但复杂难选,对选矿综合回收利用的要求较高^[5]。栖霞山铅锌矿采用先浮选后磁选工艺和优先浮选原则流程,且对易浮矿物增设快选浮选作业,构成了复杂难选铅锌矿的选矿新工艺^[6]。会泽铅锌矿采用先硫化矿浮选后氧化矿浮选的分段选别主干流程、等可浮—优先浮选原则流程等,形成多种流程结构并存的综合选矿新技术^[7]。

栖霞山铅锌矿针对同一种矿物存在不同可浮性的特点以及传统强拉强压影响回收效果的问题,通过分

流分速和分步用药,将药剂条件与矿物可浮性紧密匹配,对易浮矿物增设快选浮选作业,解决了同一种矿物不同浮选速度的问题,提高了精矿产品质量和金属回收率。在铅选别循环中,用石灰+亚硫酸钠+硫酸锌作锌硫组合抑制剂,六偏磷酸钠作调整剂,乙硫氮+苯胺黑药作捕收剂,同时加入铜的高效捕收剂 BK901C,将可浮性好的铅、铜及银优先富集到快选铅精矿中,然后在常规浮选时,调节矿浆至铅的最佳浮选 pH 值,用乙硫氮+丁基黄药作捕收剂,进一步浮选难回收的铅矿物;在锌选别循环,用硫酸铜活化锌、石灰调节 pH 值,用选择性好的乙硫氮+丁基黄药将可浮性好的锌优先富集到快选锌精矿中,然后再调节矿浆至锌硫分离的最佳浮选 pH 值,用捕收能力强的丁基黄药+310 复合黄药进一步浮选难回收的锌矿物;在硫选别循环,在硫快选阶段调节 pH 值至 8~8.5,用选择性好的丁基黄药将可浮性好的含硫矿物优先富集到快选硫精矿中,然后再调节 pH 值至 6.5~7.5,进一步回收浮选速

度较慢的硫矿物;最后再采用高梯度强磁选回收锰^[8]。 栖霞山铅锌矿选矿工艺原则流程见图 1。

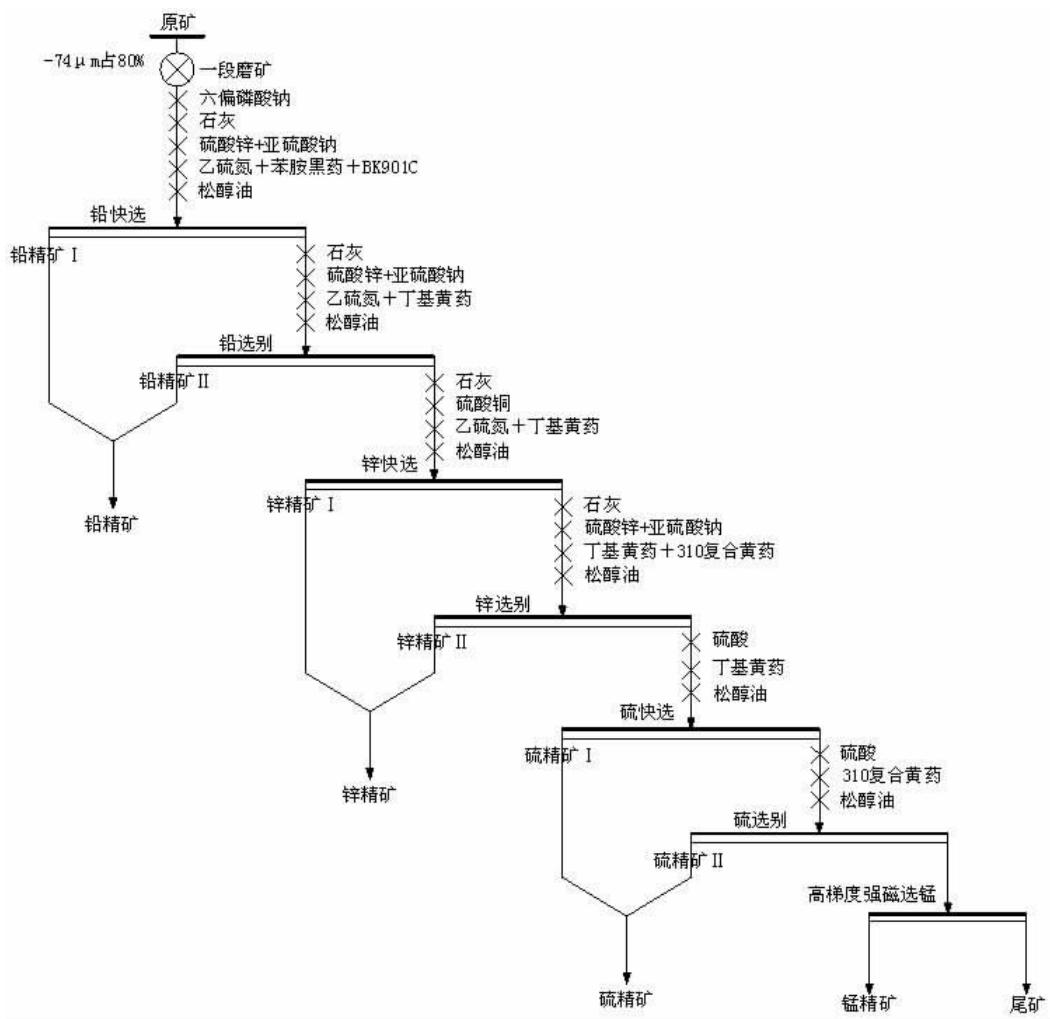


图 1 栖霞山铅锌矿选矿工艺原则流程
Fig. 1 Principle processing flowsheet in Qixiashan lead - zinc mine

会泽铅锌矿针对铅锌主金属矿物共生关系密切、嵌布粒度及可浮性差异,原矿粗磨后在自然矿浆 pH 值条件下,用适量硫酸锌抑制闪锌矿、乙基黄药作捕收剂,通过等可浮工艺使方铅矿与黄铁矿充分上浮,结合等可浮存在的连生体和包裹体铅锌矿物,同时又仅允许少量可浮性好的闪锌矿一同上浮;混合粗精矿再磨,提高矿物的单体解离度,用石灰抑制黄铁矿和调节 pH 值,用硫酸锌抑制闪锌矿,用选择性好的乙硫氮浮选回收方铅矿,再用石灰调节 pH 值和抑制硫铁矿、硫酸铜活化锌,用捕收性能好的 DF-341(黄药类为主的复合捕收剂)进行抑硫浮锌分离;针对等可浮尾矿,采用硫酸铜活化闪锌矿,用捕收性能好的 DF-341 进行选别回收;在氧化铅、锌选别循环中,采用硫化钠作活化剂,用 DF-341 作捕收剂回收铅氧化矿物,再采用硫化钠

作活化剂,六偏磷酸钠作调整剂,十八胺+煤油作捕收剂浮选锌氧化矿物^[9]。会泽铅锌矿选矿工艺原则流程见图 2。

3.2 浮选药剂

栖霞山铅锌矿和会泽铅锌矿在选矿过程中为提高 有价组分的回收率和精矿质量,通过多种选矿药剂的联合使用以发挥多种药剂的协同效应,栖霞山铅锌矿为 12 种浮选药剂,会泽铅锌矿为 11 种浮选药剂,分别见表 3。选矿过程中浮选药剂除部分吸附于矿物颗粒表面被精矿和尾矿带走外,其余部分将随选矿废水排出,多种浮选药剂的使用导致选矿废水成分复杂,使得选矿废水的回收利用相对困难,而处理达标排放也更加困难,且成本较高。

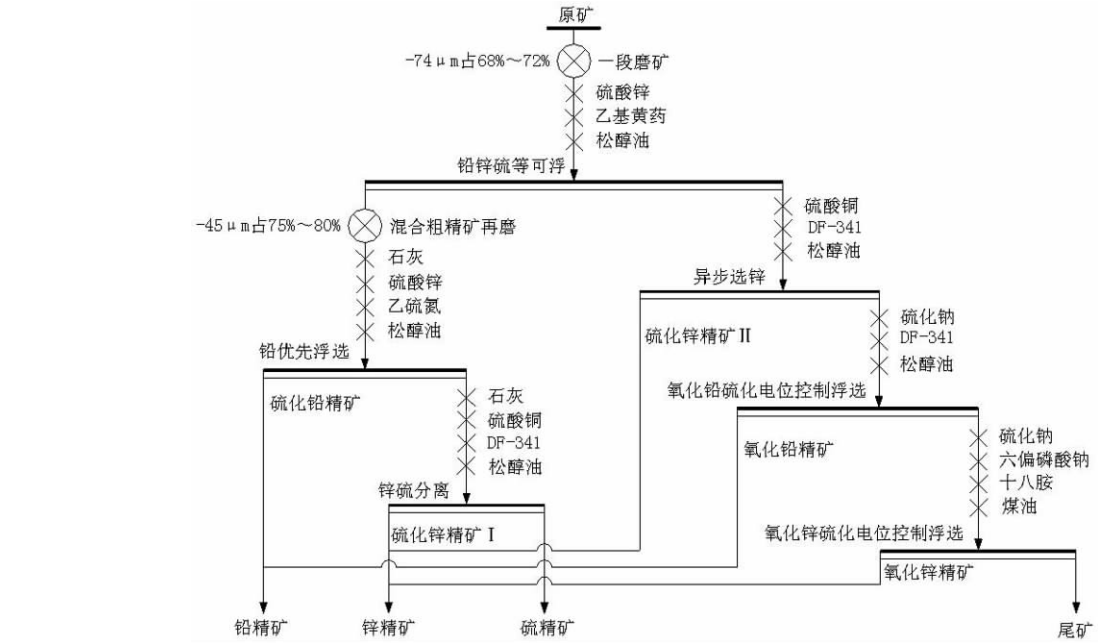


图 2 会泽铅锌矿选矿工艺原则流程
Fig. 2 Principle processing flowsheet in Huize lead - zinc mine

表 3 选矿厂所用浮选药剂种类

Table 3 Kinds of flotation reagents used in plants

项目	相同药剂	不同药剂	
		栖霞山铅锌矿	会泽铅锌矿
调整剂	石灰、硫酸铜、硫酸锌、六偏磷酸钠	亚硫酸钠、硫酸	硫化钠
捕收剂	乙基黄药、乙硫氮	苯胺黑药、310 复合黄药、BK901C	DF - 341、十八胺、煤油
起泡剂	松醇油		

4 选矿废水处理回用工艺

4.1 选矿废水源头分质回用

选矿各作业排出的选矿废水水质差异较大,且废水中有益成分和有害成分的含量也不尽相同,而针对不同的选矿作业选矿废水中的有益成分和有害成分也是相对的,如废水中的铜和铅重金属离子,在栖霞山铅锌矿和会泽铅锌矿的选铅作业为有害成分,将导致锌难以被抑制而使铅精矿含锌升高,在锌的活化选别阶段则为废水中的有益成分,加之废水中黄药等的叠加影响,铜和铅重金属离子产生的作用将更严重。在不影响选矿技术指标的前提下,栖霞山铅锌矿和会泽铅锌矿均通过不同方式进行选矿废水的源头分质回用,以降低末端选矿废水处理量和处理回用成本。

栖霞山铅锌矿研发了分段浓密和分质回用技术,通过分段浓缩排出的大量本体原液经快速直接回用到相应选矿作业,入选原矿磨矿分级溢流浓度约 30%,

经浓密机浓缩至底流浓度 50% 后进入选铅作业和选锌作业,浓缩的溢流废水泵送至高位水池再直接回用于磨矿分级作业和选铅作业;经选铅和选锌后的锌尾浓度约为 28% ~ 30%,经浓密机浓缩至底流浓度 50% 后进入选硫作业和选锰作业,浓缩的溢流废水泵送至高位水池再直接回用于选锌作业;经选硫和选锰后的尾矿进行浓缩,浓缩的溢流废水再直接回用于选硫作业和选锰作业^[10-12]。选矿流程分段浓缩排出废水直

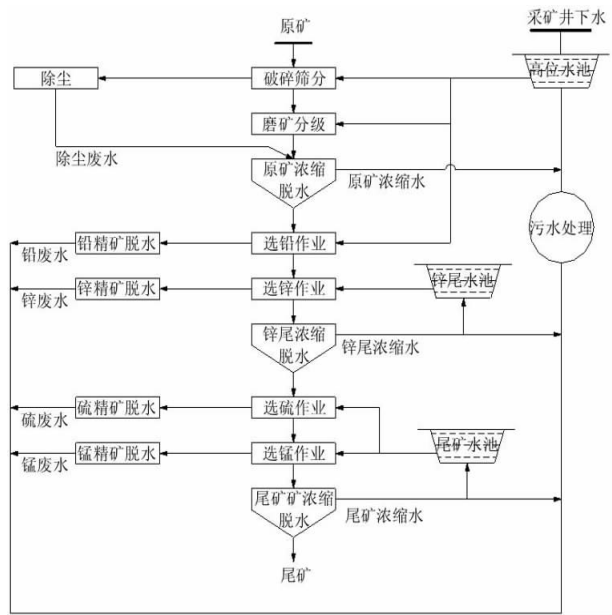


图 3 栖霞山铅锌矿分段浓缩选别工艺流程
Fig. 3 Technical flowsheet of subsection concentration and separation in Qixiashan lead - zinc mine

接回用不影响选矿指标,使 70% 的选矿废水实现了直接回用,且锌浮选尾矿浓缩废水和总尾矿浓缩水直接回用使其中含有的部分浮选药剂得到了重复利用,降低了选矿药剂用量及成本。栖霞山铅锌矿分段浓缩选别工艺流程见图 3。

会泽铅锌矿将球磨机冷却水单独回收后泵送至高位水池降温,再自流返回球磨机循环使用,节约新水约 25 m³/h;将锌精矿浓密机溢流水直接返回,用作硫化锌选别循环和氧化铅锌选别循环泡沫溜槽冲洗水,减少选矿废水处理量分别为 63.33 m³/h 和 22.7 m³/h;将陶瓷过滤机滤液就地回收自然沉降处理后用作陶瓷过滤机滤板反冲洗水,节约新水 30 m³/h。

4.2 选矿废水末端处理回用

选矿废水的处理方法较多,有自然净化法、混凝沉淀法、中和沉淀法、吸附法、膜分离法及离子交换法等,每种选矿废水处理方法都存在特有的优势也存在不足,使用单一的选矿废水处理方法具有工艺简单、易于生产操作的优势,但很难将选矿废水中的有害物质一并去除或分离,且多种选矿废水混合后水质变得复杂,增加了处理回用的难度和处理成本^[13]。因此栖霞山铅锌矿和会泽铅锌矿均采用多种选矿废水处理方法的联用技术进行选矿废水末端处理,以调节选矿废水的 pH 值及去除选矿废水中的固体悬浮物、金属离子及浮选药剂等,并在处理过程中进一步提高效率和降低成本。

废水的 COD_{Cr} 指标阶段性地用活性炭进行吸附处理控制,选矿废水处理工艺流程见图 4。各种废水经适度处理保留了部分有用的选矿药剂,如选矿捕收剂及起泡剂,然后主要回用于磨矿分级作业和选铅作业,即处理后的水质只需满足选铅作业的要求即可。

表 4 栖霞山铅锌矿处理前后选矿废水水质 / (mg · L⁻¹)

项目	pH 值 ³⁾	Pb	Zn	Cu	SS	COD _{Cr}
处理前	11.4	60	3	0.9	400	800
处理后	7.2	<1	<1	<0.5	<10	300

3):pH 值无量纲,下同。

会泽铅锌矿选矿废水末端处理采用了“pH 调节—化学沉淀—混凝沉淀—活性炭吸附—臭氧氧化”的联用技术对选矿废水进行深度处理,针对选矿废水中钙和镁等金属离子,投加碳酸钠进行沉降去除,针对铜、铅及锌等重金属离子和固体悬浮物投加硫酸铝、PAM 及重金属捕收剂进行沉降去除通过硫酸调节废水 pH 值至强酸性以主要促进捕收性能强的黄药的分解,及利用硫酸根离子沉降去除铅离子,用活性炭进行吸附去除有机捕收剂,再进一步通过臭氧氧化处理破坏和去除残留浮选药剂,选矿废水处理工艺流程见图 5。各种选矿废水经深度处理后水质较好,能满足多种不同作业的用水水质要求,除用作选矿厂工艺补充用水外,还用作部分砂泵冷却水、石灰乳消化配制用水等。

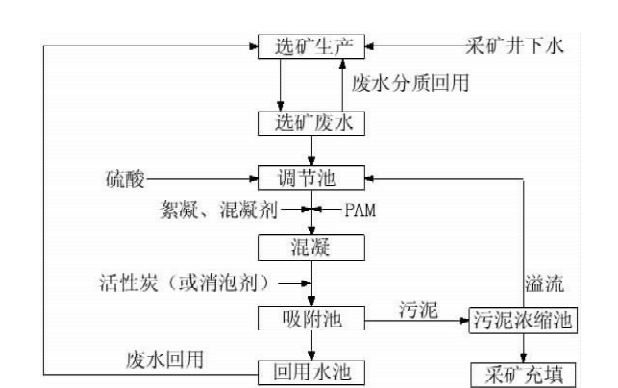


图 4 栖霞山铅锌矿选矿废水处理工艺流程
Fig. 4 Technical flowsheet on mineral processing wastewater disposal in Qixiashan lead-zinc mine

栖霞山铅锌矿采用了“酸碱调节—混凝沉淀—活性炭吸附”的联用技术对选矿废水进行适度处理,针对废水中对选铅有害的铜和铅等重金属离子及固体悬浮物投加硫酸铝和 PAM(聚丙烯酰胺)进行沉降去除,有用成分予以保留,多余的有机浮选药剂主要根据选矿

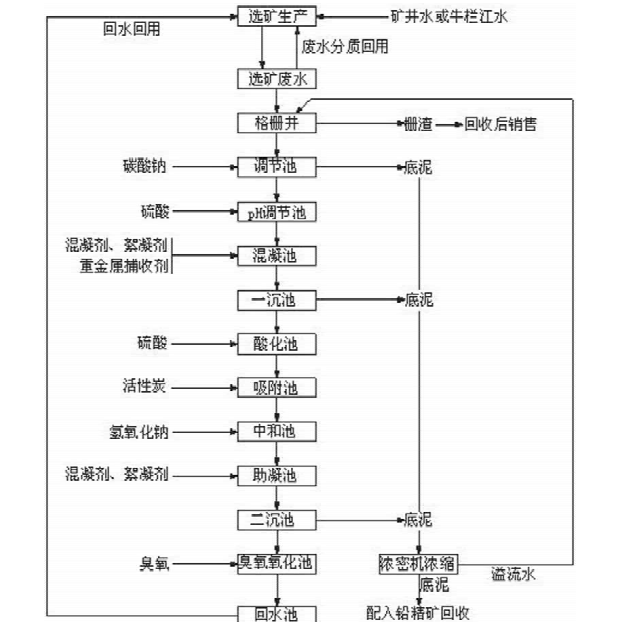


图 5 会泽铅锌矿选矿废水处理工艺原则流程
Fig. 5 Principle technical flowsheet of beneficiation wastewater disposal in Huize lead-zinc mine

表 5 会泽铅锌矿处理前后选矿废水水质 / (mg · L⁻¹)

Table 5 Wastewater quality of inlet/outlet

项目	pH 值	总硬度	Pb	Zn	Cu	SS	COD _{Cr}
处理前	13	900	110	3.5	0.15	400	1 200
处理后	6.8	100	0.5	0.5	0.06	50	200

5 选矿废水零外排的效果

5.1 取得的成效

栖霞山铅锌矿和会泽铅锌矿均通过选矿废水的源头分质回用及末端处理回用实现了选矿废水回用零外排,且末端废水处理均采用 pH 调节、混凝沉淀及活性炭吸附等方法,但栖霞山铅锌矿选矿废水的源头分质回用更为简单易行,会泽铅锌矿选矿废水的末端处理回用更为可靠高效,同时也造成了选矿废水处理回用操作控制和运行管理方面的难易程度差异。栖霞山铅锌矿选矿废水的处理回用更侧重于源头分质回用和适度处理回用,源头分质回用主要通过选矿流程分段浓缩排出的大量本体原液经快速直接回用,其有利于高浓度选矿以减少矿浆体积、降低选矿电耗及节省浮选药剂消耗,但分段浓缩排出的废水回用系统的设备设施配置复杂,各作业系统用水、排水的平衡控制及管理难度较大,分段浓缩的底流矿浆通过泵送进入下一作业,不利于浮选槽液面的平稳控制。相对于栖霞山铅锌矿简短的选矿废水处理工艺,会泽铅锌矿的选矿废水的末端处理工艺繁长,生产操作控制难度较大、水处理投加药剂种类多且成本较高,但能适用于各类不同水质废水的处理,处理后的回水水质较好,能同时满足多种不同作业的用水水质要求,其回用系统的设施配置简单,使得选矿用水、排水的平衡容易控制。

栖霞山铅锌矿和会泽铅锌矿选矿废水处理回用零外排生产过程中,由于选矿用水水质的变化,均不同程度的调整优化浮选药剂制度,以满足选矿废水处理回用条件下矿石的高效选别分离,且均实现了部分选矿药剂用量的降低和选矿回收率的提升,取得了较好的技术经济效益。栖霞山铅锌矿通过选矿废水源头分质回用和剩余废水末端适度处理回用,实现了选矿废水处理回用零外排,处理每吨原矿新水用量从 6 m³ 下降到 0.25 m³,节约了新水 95% 以上,且使得废水中的残留浮选药剂得到重复资源化利用,降低了选矿药剂消耗 15%,其中 310 复合黄药、硫酸铜及石灰单耗分别由 370、387 和 9 500 g/t 降低到 310、353 和 7 400 g/t;选矿废水的循环利用和分段浓缩提高了浮选矿浆浓度,较好地稳定了浮选作业,在精矿品位提升的同时,铅、银、锌、硫及锰回收率分别提高了 2.0、7.0、1.5、17.0 及

5.0 个百分点^[14]。会泽铅锌矿通过选矿废水源头分质回用和剩余废水末端深度处理回用,实现了选矿废水处理回用零外排,且取得了选矿用水单耗 3.98 m³/t 及其中新水单耗 0.38 m³/t 的先进水平,而松醇油、煤油及乙硫氮等浮选药剂的单耗有所降低;选矿废水处理产生的富铅底泥,合并进入选矿工艺流程产出的铅精矿中进行综合利用;会泽铅锌矿选矿废水处理系统投入生产使用后,随着选矿工艺的优化,在精矿品位维持稳定的情况下,铅和锌金属回收分别提高了 1.26 和 0.73 个百分点。

5.2 存在的不足

栖霞山铅锌矿和会泽铅锌矿随着选矿废水长期的处理循环回用零外排,虽彻底解决了选矿废水危害生态环境和污染水源及土壤等问题,且取得了较好的效益,但在生产中也存在一些不足,主要为选矿废水回用造成的有害物质累积富集、结垢与腐蚀等。

栖霞山铅锌矿和会泽铅锌矿在选矿中均使用了大量的石灰用作硫铁矿抑制剂和矿浆 pH 值调整剂,同时选矿过程中脉石矿物白云石和方解石的溶解,导致选矿废水中含有大量的钙和镁离子。栖霞山铅锌矿在选矿废水处理中并未针对性地处理去除钙和镁离子,在选矿废水的回用过程中钙和镁离子产生硫酸钙和硫酸镁等的结垢,影响选矿设备性能以及堵塞管道、陶瓷过滤机滤板等,影响选矿生产流程长周期的通畅和高效运行。会泽铅锌矿在选矿废水中投加碳酸钠通过化学沉淀法去除钙和镁离子,虽然钙和镁离子得到了有效的去除,但是由于大量碳酸钠的使用,以及乙基黄药、硫化钠及氢氧化钠等带入的钠,造成了选矿废水循环利用中钠离子的累积富集,处理后的回水用作厂内地面冲洗水、设备清洗用水等,钠盐的析出影响感官及作业环境;而回水中钠离子及其它残留物质的累积富集,加剧了构筑物、金属管道及浮选机等的腐蚀。在后续的研究攻关中,结合矿石性质对选矿工艺和浮选药剂进行优化,从源头遏制钙和镁离子的产生,将更有利于选矿废水的处理回用。

6 结语

栖霞山铅锌矿和会泽铅锌矿均实现了选矿废水的处理回用零外排,且提高了选矿工艺技术指标,取得了较好的经济效益、环境效益和社会效益;基于栖霞山铅锌矿和会泽铅锌矿选矿废水的处理回用零外排成熟的技术和生产实践经验,铅锌矿选矿废水处理回用零外排应主要围绕以下方面开展工作:

(1)选矿工艺的选择制订时,应充分利用矿物物性差异,并充分扩大矿物的可选性差异,且将选矿废水

的处理回用一并纳入考虑,尽量使选矿工艺与选矿废水处理回用彼此兼顾协同,以实现矿物的高效选别分离。

(2)选矿废水的源头分质回用是实现选矿废水回用最经济有效的途径,在选矿废水的源头分质回用的基础上进行选矿废水末端适度处理甚至深度处理回用,不仅可以提高选矿废水处理回用效率和降低处理回用成本,且能达到选矿废水零排放的目标。

(3)选矿废水的处理回用零外排导致的有害物质累积富集、结垢及腐蚀等问题应引起格外重视,更需要开发先进实用的替代选矿工艺或选矿废水处理工艺,以进一步推动和引领选矿废水零排放工艺技术的进步。

参考文献:

[1] 李华封. 选矿厂废水及尾矿处理[M]. 北京:中国金属学会,1990.
[2] 周源,陈江安. 铅锌矿选矿技术[M]. 北京:化学工业出版社,2012: 41-45.
[3] 缪建成,王方汉,胡继华. 南京铅锌银矿废水零排放的研究与实践[J]. 金属矿山,2003(8):56-58.

[4] 敖顺福,江锐,刘志成,等. 会泽铅锌矿选矿废水处理技术进展[J]. 矿产保护与利用,2017(5):67-71.
[5] 敖顺福. 碳酸盐岩型(MVT)铅锌矿选矿技术进展[J]. 矿产保护与利用,2020,40(5):170-178.
[6] 陈如风,缪建成,赵志强,等. 南京栖霞山柱机联合浮选铅锌硫的研究与应用[J]. 有色金属(选矿部分),2018,(6):38-42.
[7] 敖顺福,崔茂金,石增龙,等. 会泽铅锌矿资源综合利用技术的实践与应用[J]. 中国矿业,2016,25(11):102-106.
[8] 王方汉,周爱民,缪建成. 栖霞山铅锌多金属矿绿色开发关键综合技术[J]. 世界有色金属,2013(9):30-33.
[9] 敖顺福,李兴映,庄福礼,等. 会泽铅锌矿选矿清洁生产创新与实践[J]. 有色金属(选矿部分),2016(6):26-30.
[10] 谢光炎,王孝武,孙水裕,等. 铅锌硫化矿浮选废水回用的应用研究[J]. 环境污染治理技术与设备,2005,6(8):14-17.
[11] 赵志强,杨林峰,缪建成,等. 栖霞山银铅锌矿选矿废水全回用技术的研究与应用[J]. 有色金属(选矿部分),2018(6):29-34.
[12] 陈如风,缪建成,赵志强,等. 铅锌多金属矿分段浓缩选别技术的研究与应用[J]. 有色金属(选矿部分),2018(6):38-43.
[13] 敖顺福. 有色金属矿山选矿废水处理技术及生产应用[J]. 矿产保护与利用,2020,40(1):85-92.
[14] 朱俊. 选矿废水分别回用工艺的研究和应用[J]. 矿业快报,2006(6):452-454.

Comparison and Analysis on Zero Discharge Process of Beneficiation Wastewater in Lead – zinc Mine

AO Shunfu

Yunnan Chihong Zn&Ge Co. , Ltd. , Qujing 655011 , Yunnan , China

Abstract: The wastewater of lead – zinc mineral processing plant is characterized by large amount , complex components of pollutants and various toxic and harmful substances. Therefore , it is difficult to deal with up – to – standard discharge or recycling. Qixiashan lead – zinc mine and Huize lead – zinc mine are taken as the research object. The ore properties , mineral processing technology and flotation reagents are summarized. The source and end treatment reusing of beneficiation wastewater are compared and analyzed. The effect of zero discharge of beneficiation wastewater is described. Based on the comparative analysis , it can be concluded that the treatment and reuse of beneficiation wastewater should be taken into consideration in the process of selection and formulation of mineral processing technology. The source separation and reuse of beneficiation wastewater are the most economic and effective way. On the basis of the separation and reuse of mineral processing wastewater from the source , moderate treatment and even advanced treatment and reuse of beneficiation wastewater can not only improve the efficiency of beneficiation wastewater treatment and reuse and reduce the cost of treatment and reuse , but also achieve the goal of zero discharge of beneficiation waste water.

Key words: lead – zinc mine; beneficiation waste water; wastewater treatment and reuse; recycling; production practice

引用格式:敖顺福. 典型铅锌选矿厂废水零排放工艺对比分析[J]. 矿产保护与利用,2021,41(1):38 – 45.
Ao SF. Comparison and analysis on zero discharge process of beneficiation wastewater in lead – zinc mine[J]. Conservation and utilization of mineral resources , 2021 , 41 (1) : 38 – 45.

投稿网址: <http://kcbh.cbpt.cnki.net>

E – mail: kcbh@chinajournal.net.cn