



铅锌硫化矿浮选废水处理研究进展

刘见峰, 宋卫锋

广东工业大学环境科学与工程学院, 广州 510006

摘要 铅锌硫化矿浮选废水排放量大, 含有毒物质重金属和浮选时所用的无机和有机浮选药剂及悬浮物等, 且持续时间长, 不易控制和治理, 如直接排放则会对环境造成严重污染, 而经过适当处理后, 可以回用在选矿过程中, 其选矿指标与清水基本一致。本文综述了浮选废水的来源、废水中有毒污染物及其对环境和人类健康的危害, 重点介绍国内浮选废水净化与资源化所采用的治理方法, 主要有混凝沉降、混凝沉降-活性炭吸附、混凝沉降-氧化、自然降解等。总结目前国内浮选废水处理所取得的成绩和其中的不足, 展望今后处理技术的研究发展方向, 提出了走选矿废水净化与资源化利用的道路, 不仅可以清洁矿山, 保护环境, 还具有显著的经济效益和社会效益。

关键词 铅锌硫化矿; 浮选废水; 净化; 资源化利用; 清洁生产

中图分类号 X703

文献标识码 A

文章编号 1000-7857(2010)10-0111-05

Advance in the Water Treatment of Pb-Zn Sulfide Ore Floatation Wastewater

LIU Jianfeng, SONG Weifeng

Environmental Science and Engineering Faculty, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510006, China

Abstract The emission of Pb-Zn sulfide ore floatation wastewater, which would last for a long time and is not easy to control and treat, is huge, and usually contains heavy metals, inorganic or organic medications of floatation and suspended matters. The direct discharge of floatation wastewater would pollute and endanger the environment seriously. However, with proper treatment, it could be reused in an ore beneficiation process, with the ore beneficiation indexes basically the same as while using clear water, not only resulting in cleansing and protection of mine, but also with good economical and social benefits. In this paper, the origin and the environmental hazards of floatation wastewater, the situation of its purifying and comprehensive utilizing are discussed. At present, the methods of treatment mainly include the coagulative precipitation, the coagulative precipitation-activated carbon adsorption, and the coagulative precipitation-oxidation and the natural degradation. Finally, the achievements and problems in wastewater treatment in China are reviewed, and the future directions of research and development of wastewater treatment are put forward.

Keywords Pb-Zn sulfide ore; floatation wastewater; purifying; comprehensive utilizing; cleaner production

随着国家环保法律法规的日益严格, 中国众多的硫化矿矿山企业面临越来越大的环保压力, 有些地方政府部门要求矿山企业必须废水零排放。选矿废水如何经过适当的处理后回用于生产过程, 是国内矿山亟待解决的一个重要课题。选矿废水排放量大, 重金属离子浓度、固体悬浮物浓度、化学需氧量(COD)和生化需氧量(BOD)等主要指标均超过国家排放标准, 不加处理回用于选矿过程会影响到选别指标。若根据选矿废水的水质状况, 来确定废水的用途, 尤其是对其进行相应的处理后, 回用到选矿工艺环节中, 不仅可以减少废水

处理费用, 节约新水和药剂的用量, 而且还可以减轻对环境的污染, 做到技术可行性、经济合理性和安全环保可靠性的合理统一, 是今后选矿废水净化与资源化利用的发展方向。

浮选技术是目前应用最广也是最有效的矿石选别、提纯、富集技术, 是在气-固-液三相界面分选矿物, 其原理是利用浮选药剂与矿物表面作用, 改变矿物亲水性, 从而实现有价金属与脉石分离。一般认为, 1904年埃尔默的真空-油浮选专利是现代泡沫浮选的起点。现在每年经浮选处理的矿石达20亿t^[1]。常规的浮选技术有电浮选、分散(引入)气体浮选、溶解

收稿日期: 2009-12-07

作者简介: 刘见峰, 硕士研究生, 研究方向为水污染控制工程, 电子信箱: liujian7912@163.com; 宋卫锋(通信作者), 副教授, 研究方向为水污染控制工程, 电子信箱: weifengsong@263.net

空气(加压)浮选等^[2-3],近年来喷嘴浮选、浮选柱、喷射浮选等^[4-5]脱颖而出。浮选不仅用在选矿上,而且广泛用于固液分离和液液分离,应用于城市污水、工业废水等各种废水的治理以及废物的资源化上^[6-9]。本文综述了浮选废水的来源及其危害,重点叙述了浮选废水净化和资源化利用的现状,展望了未来研究发展方向。

1 浮选废水的来源及其危害

1.1 浮选废水的来源

浮选废水可以依据其排放源分为2类:一是精矿浓缩及中矿用的浓缩脱水设备的溢流,其水量一般少于选厂总水流量的5%;二是浮选等选矿过程中的水(包括某些冲洗水),其总量占总废水量的95%以上。浮选废水主要来源^[10]有以下几个方面:①碎矿过程中湿法除尘的排水。碎矿及筛分车间、皮带走廊和矿石转运站的地面冲洗水。这类水主要含原矿粉末状的悬浮物,一般经沉淀后即可排放,沉淀物可进入选矿系统回收其中的有用矿物。②洗矿废水。含大量悬浮物,经沉淀后澄清水回用于洗矿,根据沉淀物的成分进入选矿系统后,排入尾矿系统;有时洗矿废水呈酸性并含有重金属离子,需作进一步处理;废水性质与矿山酸性废水相似,处理方法也相同。③冷却水。碎、磨矿设备油冷却器的冷却水和真空泵排水,这类废水水温较高,往往被直接外排或回用于选矿。④石灰乳及药剂制备车间冲洗地面和设备的废水。这类废水主要含石灰或选矿药剂,应首先考虑回用于石灰乳或药剂制备,或进入尾矿系统与尾矿水一并处理。⑤选矿废水。包括选矿厂排出的尾矿液、精矿浓密机溢流水、精矿脱水车间过滤机的滤液、主厂房冲洗地面和设备的废水,有时还有中矿浓密机溢流和选矿过程中的脱药排水等。

1.2 浮选废水中污染物质的危害

在浮选厂,为了有效地进行浮选和分离,需要在不同的作业中加入大量浮选药剂,主要的浮选药剂有:捕收剂、起泡剂、有机和无机活化剂、抑制剂、分散剂和絮凝剂^[11]。这些药剂在浮选厂各作业排出的废水中均会有所保留,其中也有一些会被所处理的矿物吸附,存在于选矿厂的各种料流中;另外,金属硫化矿在浮选过程中其金属离子和 S^{2-} 会水解、氧化而以各种形式进入废水中,从而使浮选废水的成分相当复杂。

浮选流程中各作业点排放的废水中的残留药剂及杂质的最终含量大部分并不可知。在浮选流程中的不同地点,这些药剂的浓度有严格的限制。Woodcock和Jones研究表明,多金属硫化矿选矿厂浮选过程中捕收剂黄药(黄原酸盐)和黑药(二苯胺基二硫代磷酸)趋向于完全吸附在矿物上,而硫酸酯类捕收剂Z-200则在水中有相对高的浓度,因此,其具有从浮选流程中排出的很大趋势^[12]。

从浮选厂排出废水中大多数物质的毒性数据来看,选矿厂的药剂在毒性上变化很大,一些药剂有很高的毒性,而另一些却相对无毒。同样地,尾矿中的一些物质不稳定,容易分解成相对无毒的成分,而另一些相对稳定。

浮选捕收剂中的硫醇类、磷酸盐类和胺类捕收剂具有中等到剧毒的毒性。起泡剂的毒性为:聚丙烯乙二醇几乎无毒,较短链的醇类具有轻微的毒性,甲酚酸类有较大的毒性,长链聚合物一般无毒。调整剂的毒性变化很大,一些物质如氰化物和某些重金属离子有剧毒。从生态毒理学上讲,黄药是最有危害的,其对人和温血动物的毒性在国内外文献中已有报道。急性中毒性实验表明对中枢神经系统具有明显的抑制作用,动物可死于呼吸衰竭;慢性毒性实验的病理改变主要为肝脏和肾脏有不同程度的营养不良性改变^[13]。黄药对鱼类有更为显著的毒性并对生态系统有危害,当黄药浓度为5mg/L时,在3d内可杀死大部分鱼类,当有松醇油(二号油)存在时毒性能产生协同效应。黄药具有恶臭,嗅觉值为0.005mg/L,即使选矿废水中残存量极少,亦使尾矿湖周围空气都有异味^[14]。

另外,废水中含有大量的重金属,由于重金属的毒性和其不可降解性,排入水体后危害更大^[15]。排入废水后不仅使水体的pH值发生变化,而且废水中的重金属离子经过沉淀、络合、螯合及氧化还原等作用影响水生动植物的生长,破坏生态环境。用矿山废水污染的水体灌溉,金属离子一部分流失,一部分被农作物吸收,大部分在土壤中沉积,当土壤中金属离子富集达到一定值时,将使农作物发生病害,影响其生长^[16],最为严重的是通过食物链最终将对环境和人体造成极大的危害,如日本20世纪70年代的骨痛病就是因为日本神通川上游采矿过程排出的镉所造成的^[17]。另外如六价铬对皮肤有刺激,产生过敏现象,易损坏呼吸系统和内脏,其化合物可致癌;铅及其化合物对人体的很多系统都有毒性作用,易引起高血压和肾炎等疾病。因此,环境保护人员把重金属危害作为最重要的环境污染之一。

2 浮选废水净化及资源化利用现状

在选矿过程中,选矿用水的性质很重要,水的性质对重选、浮选和球磨、浓缩及过滤都有重要影响,而选矿废水经过一定处理后,又可重新回用。目前,选矿废水采用的处理方法有混凝沉降^[18-29]、混凝沉降-活性炭吸附^[30-31]、混凝沉降-氧化^[32-33]、自然降解^[34-35]、氧化^[36-39]等。

2.1 混凝沉降法

混凝沉降法作为一种基本的废水净化处理法,被广泛应用于各种污水处理厂。一般主要选用明矾、氯化铝、聚合硫酸铝(PAS)、聚合氯化铝(PAC)、聚合硫酸铁(PFS)等无机混凝剂。该方法主要是向废水中添加上述无机混凝剂,通过吸附架桥、网捕、压缩双电层等作用使胶体脱稳并聚结成较大颗粒絮体而沉降。

杨金林等^[26]采用自行研制的药剂M-O2净化处理某选矿厂排放的废水,处理后重金属离子浓度和pH值均达到排放标准。实验采用3种不同水质,即净化前的废水、净化后的水和新鲜自来水,进行不同水质对比试验,在相同工艺流程及药剂条件下做闭路试验,净化后的水可以100%返回再用,且其选矿技术指标与用新鲜自来水相近。该研究解决了选矿废

水低成本再用的难题,降低了生产成本,实现了零排放,具有显著的经济效益和社会效益。蒋克旭^[27]针对钼选矿厂选矿废水的特点,采用石灰作絮凝剂,污水和石灰经过泵混合后通过管道输送到尾矿库沉降,澄清水回用于选厂。郑雅杰等^[28]采用 PFS 和 PFS-FeSO₄ 复合混凝剂处理铅锌矿选矿废水,实验结果表明,当采用剂量(以铁计)为 56mg/L 的 PFS 时,Cr 的去除率仅为 24.98%,当采用剂量分别为 42 和 780mg/L 的 PFS-FeSO₄ 时,浊度去除率下降至 86.06%。当采用剂量(以铁计)为 84mg/L,并在 0.5L 废水中加入 0.5g Na₂S 时,Cu、Pb、Cr 和浊度去除率分别为 84.69%、99.97%、98.9%和 99.14%,去除 Cr 效果显著增加,处理后选矿废水中的 Cu、Pb、Zn 和 Cr 含量低于国家污水综合排放标准(GB8978-1996),工业放大实验结果表明,处理后废水可循环利用。王方东等^[29]利用两级串联旋流絮凝沉淀的方法处理选矿废水,废水达标率为 100%,净化效率为 99.85%,其他水质指标均低于国家污水综合排放标准。

2.2 混凝沉降-活性炭吸附法

选矿废水仅通过混凝沉降处理后回用,对选别指标影响较大,这主要是因为废水中还含有一定量的浮选有机药剂。对选矿废水中残余的有机药剂多采用吸附法处理,吸附剂用多孔性的固相物质如活性炭、活化煤、焦炭、煤渣、吸附树脂等,常用的吸附剂是活性炭。

谢光炎等^[30]对含有大量 Pb²⁺和有机硫化物的选矿废水进行混凝沉淀和活性炭吸附,去除其中的悬浮物、重金属离子和部分 COD_{Cr},降低其起泡性,然后回用于生产。浮选结果表明,浮选指标与用水为洁净水时基本一致,但稳定性差。袁增伟等^[31]针对某中型铅锌银选矿厂的选矿废水,采用混凝沉淀-活性炭吸附-回用的废水处理工艺,经过该工艺处理的选矿废水虽未达到国家排放标准,但可全部回用,不影响选别指标,还可以降低浮选药剂用量,通过控制活性炭用量来调节铅选别指标,真正实现了零排放,达到了清洁生产的目的。

2.3 混凝沉降-氧化法

废水经絮凝后,能达到回用水的要求,但距排放标准还有一定距离,需要进行氧化处理。氧化法可分为自然氧化法和氧化剂氧化法。可选用的氧化剂有很多,如次氯酸钠、过氧化氢、臭氧、漂白粉等。往废水中加入氧化剂,使废水中的有毒有机物与之反应,可降解为对环境无害的化合物。

杨军等^[32]根据南京铅锌银选矿废水的水质状况,提出了先混凝后氧化的两级处理法,废水经一级絮凝处理后,悬浮物去除率达到 90%,除二号油外,其他各项指标已达到排放标准,可以全部回用,且回用效果良好。废水进一步经二级氧化处理后,二号油的含量也降至 2mg/L 下,水质完全达到排放标准。杜军^[33]针对某选矿废水经尾矿库自净处理,其镉、丁黄药和二号油等有害成分含量均达不到排放要求,而再经硫酸亚铁混凝沉降,漂白粉氧化分解处理后,去除率分别可达 96.8%、99.9%、96.4%,废水中残余活性氯小于 1mg/L,有害成分均达到了排放要求。

2.4 自然降解法

考虑到选矿企业的实际情况,选矿尾矿废水大多经尾矿库静置澄清后回用,不外排。废水排入尾矿库后,通过挥发、生物降解、氧化、吸附、沉降及光降解等综合作用,可使黄药、二号油得以去除或降低其浓度。所以尾矿废水回用,且废水中污染因子简单的小型选矿企业,均可通过自然降解法处理含黄药、二号油等的选矿废水。

赵永红等^[34]探讨了 pH 值、黄药初始浓度对选矿废水自然降解的影响,试验结果表明,水溶液 pH 值越低越有利于黄药的降解;黄药初始浓度越高,降解率越低;废水经 5d 自然降解后,pH 值接近中性,黄药在曝晒降解后的主要产物为 CS₂,ROH,S,ROCOS,从产物可以看出,黄药虽然得到了降解转化,但降解后的产物仍不能直接排放,尚需进一步处理。朱来东等^[35]对某银铅锌多金属矿选矿工艺试验过程中产生的尾矿废水,采用室内和室外两种方式进行自然降解试验,选矿试验过程中的主要添加药剂(黄药、二号油)随着时间的推移,均可得到有效降解,废水中的重金属离子也不同程度地以难溶黄原酸盐的方式沉淀,试验结果同时表明有日光照射时污染因子的降解率明显高于室内静置。

2.5 氧化法

在浮选工艺中,通常要用到黄药、二号油、黑药等有机药剂,其中某些为有机有毒物,而在浮选过程中有机有毒药剂未被完全利用,这些药剂会随着尾矿废水排入尾矿库,须经过一定的处理才能外排。有资料表明,选矿废水在自然降解、混凝沉淀-活性炭吸附的作用下,废水仍不能达标排放。

近年来,高级氧化工艺(AOPs)成功应用于处理有毒有害废水。顾泽平等^[36]用 Fenton 试剂处理含苯胺黑药(二苯胺基二硫代磷酸)模拟废水和实际选矿废水,结果表明氧化时间为 10min,反应初始 pH=4,ρ(Fe²⁺)=1.83g/L,ρ(H₂O₂)=5.55g/L,模拟废水苯胺黑药的质量浓度为 300mg/L 时,COD 去除率达到 83.6%;对于实际废水,当 ρ(Fe²⁺)=50mg/L,pH=3.5,ρ(H₂O₂)=1800mg/L 时,出水 ρ(COD)从 1000mg/L 降到 32mg/L,COD 去除率为 96.8%,达到废水排放标准,药剂成本估计为每处理 1m³ 废水需要费用 18 元。徐劲等^[37]采用 Fenton 试剂处理选矿废水中残余的黄药,氧化时间为 60min,反应初始 pH=4,Fe²⁺为 20mg/L,H₂O₂ 质量浓度为 20mg/L,黄药质量浓度为 125mg/L 时,黄药的去除率达到 99.5%,COD 去除率为 87.5%。结果表明,反应初始 pH 值和 H₂O₂ 用量是影响黄药去除效果的主要因素。吉鸿安^[38]利用臭氧分解黄药和二号油,黄药和二号油被臭氧有效分解,且效果显著,可使其得到深度处理。顾泽平等^[39]用次氯酸钠法处理铅锌硫化矿选矿废水,在废水 pH=4,NaClO 加入量为 100L,反应时间为 30min 的条件下,选矿废水的 COD 去除率可达 98.3%;当 pH=11,反应时间为 10min,NaClO 加入量为 1g/L 时,选矿废水的 COD 去除率为 39.4%。

2.6 清洁生产

“清洁生产”的概念最初是由谢苗诺夫、彼德良诺夫等于 20 世纪 70 年代提出来的,它是指一种能使所有的原料和能

量在生产-消费-二次资源的循环中都得到最合理综合利用,尽可能减少废物产生和实现资源循环利用的方法。它贯穿于产品的整个生命周期,从原料采集到产品最后消费回收,并包含在其中的软件设备。“清洁生产”并不是工艺过程中无废物产生,而是一种废物减量化和循环使用工艺^[40]。1989年联合国环境规划署(UNEP)首次提出“清洁生产”这一术语,1996年,UNEP将清洁生产的概念重新定义^[41]。

清洁生产自提出以来,得到了迅速的发展,一方面从“三废”产生的根源着手,通过采用新工艺、改革生产流程,不使用或少使用产生污染的原料等措施,从根本上杜绝或减少污染。如以无铅油代替含铅油,可以大大减少大气中铅含量;选矿过程中以无毒、易降解药剂代替有毒、难降解药剂,可以从源头上消除有害废水的产生。另一方面,通过强化企业管理、提高工人素质等软科学内容,来杜绝工艺生产过程中的滴、漏、冒、渗等,尽可能减少污染物的产生。

3 浮选废水净化及资源化利用的发展方向

由众多文献不难看出,经过多年对铅锌矿浮选废水的净化与资源化利用的研究和实践,中国的综合利用技术已经逐渐成熟。各选矿厂基本上都实现了浮选废水的回用,有些选矿厂为了能够使废水更好地回用于选矿,不影响选矿指标,一方面积极改进选矿药剂和药剂制度,研究和选择更有利于废水回用的选矿药剂,使废水回用不影响选矿生产指标;另一方面,对浮选废水的处理研究也在不断地改进,以提高对废水中残留选矿药剂的去除率,减少对环境的污染和选矿生产指标的影响,并取得了一定的效果。事实说明,中国的浮选废水净化与资源化利用在不断发展,并取得了长足进步。

为了尽量减少废水的排放,不仅要考虑废水的回用,同时也要重点考虑改进选矿工艺,尽可能减少生产用水量和使用对环境产生严重污染的药剂,这关系到矿山可持续发展,而且对环境和社会都具有深远的现实意义。目前,在废水的净化与综合利用方面可进行更深一层次的探讨和研究,如采用生物法或生化法加以处理^[42],既能达到选矿用水的回用标准,也能够降低废水的处理成本等。

参考文献 (References)

- [1] 富尔斯特瑙 D W. 浮选百年[J]. 国外金属矿选矿, 2001, 38(3): 2-9.
Fuerstenau D W. *Metallic Ore Dressing Abroad*, 2001, 38(3): 2-9.
- [2] Cheng M H, Huang S D. Solvent sublation and adsorbing colloid flotation of direct red [J]. *Journal of Colloid and Interface Science*, 1988, 126: 346-354.
- [3] Stalidids G A, Matis K A. Selective separation of Cu, Zn, and as from solution by flotation techniques[J]. *Sep Sci & Tecnol*, 1989, 24: 97-109.
- [4] Golman A M. Principles of theory and industrial application of ion flotation, in K. S. E. Fossberg[J]. *Miner Process*, 1988: 1701-1712.
- [5] 鲁比奥 J, 崔洪山, 李长根, 等. 作为废水处理技术中的浮选法[J]. 国外金属矿选矿, 2002, 39(6): 4-13.
Rubio J, Cui Hongshan, Li Changgen. *Metallic Ore Dressing Abroad*, 2002, 39(6): 4-13.
- [6] 金丽萍, 虞大红, 郑翊, 等. 沉淀浮选法处理染化工业废水的研究[J]. 上海化工, 2002, 27(5): 4-6, 19.
Jing Liping, Yu Dahong, Zheng Yi, et al. *Shanghai Chemical Industry*, 2002, 27(5): 4-6, 19.
- [7] 彭学文. 采用加药浮选工艺处理粉煤灰废水[J]. 化工环保, 2001, 21(6): 337-340.
Peng Xuewen. *Environmental Protection of Chemical Industry*, 2001, 21(6): 337-340.
- [8] 葛勇德. 硫化沉淀浮选处理电解钴镍废水的实验研究[J]. 环境与开发, 1999, 14(2): 21-22.
Ge Yongde. *Environment and Exploitation*, 1999, 14(2): 21-22.
- [9] 许珂敬, 杨新春. 新浮选技术在废水处理中的应用 [J]. 矿产保护与利用, 1996(4): 45-47.
Xu Kejing, Yang Xingchun. *Conservation and Utilization of Mineral Resources*, 1996(4): 45-47.
- [10] 罗仙平, 严群, 卢凌, 等. 江西有色金属矿山固体废物处理与处置存在的问题与对策[J]. 中国矿业, 2005, 14(2): 4-26, 64.
Luo Xianping, Yan Qun, Lu Ling, et al. *China Mining Magazine*, 2005, 14(2): 4-26, 64.
- [11] Smith R W. 选矿厂的废水和废料的处理 [J]. 国外金属矿选矿, 1998, 35(12): 2-12
Smith R W. *Metallic Ore Dressing Abroad*, 1998, 35(12): 2-12
- [12] Woodcock J T, Jones M H. Chemical environment in Australian Lead-Zinc flotation plant pulps [J]. *Proc Austr Inst Min Met*, 1970(235): 46-60.
- [13] 武汉医学院环境卫生学教研室和营养卫生学教研室. 黄药对人与温血动物的毒性作用[J]. 环境污染与卫生监测, 1975(2): 68-70.
Teaching and Reserach Section of Environmental Hygiene and Nutrition Hygiene in Wuhan Medical Department. *Environmental Pollution and Health Monitoring*, 1975(2): 68-70.
- [14] 翁建浩, 王睿, 黄道玉. 选矿废水中残余黄药降解规律的试验研究[J]. 化工矿物与加工, 2001, 30(5): 4, 18-21.
Weng Jianhao, Wang Rui, Huang Daoyu. *Industrial Minerals and Processing*, 2001, 30(5): 4, 18-21.
- [15] Zheng J, Harris C C, Somasundaran P. A study on grinding and energy input in stirred media mills[J]. *Powder Technology*, 1996, 8(6): 171-178.
- [16] Bortzmeyer D, Goimard J C. Mechanical properties and attrition behavior of CaO [J]. *Influence of Particle Shape Powder Technology*, 1996, 8(3): 163-169.
- [17] Boening D W. Aquatic toxicity and environmental fate of xanthates [J]. *Information of Mineral Processing Abroad*, 1999, 9: 18-22.
- [18] 吴俊义, 付永胜, 鄂铁军. 铅锌选矿废水治理技术研究[J]. 西南交通大学学报, 1997, 32(2): 181-185.
Wu Junyi, Fu Yongshen, E Tiejun. *Journal of Southwest Jiao Tong University*, 1997, 32(2): 181-185.
- [19] 解庆林, 张学洪. 选矿废水的混凝沉淀处理及回用工程设计[J]. 桂林工学院学报, 2000, 20(2): 186-188.
Jie Qinglin, Zhang Xuehong. *Journal of GuiLin Institute of Technology*, 2000, 20(2): 186-188.
- [20] 夏妍, 李福全, 姜效军. 阳离子淀粉的合成及在选矿废水处理中的应用[J]. 梅山科技, 2006, (3): 29-31.



- Xia Yan, Li Fuquan, Jiang Xiaojun. *Meishan Technology*, 2006, (3): 29-31.
- [21] 张艳, 戴晶平, 张康生. 凡口矿选矿废水处理与利用试验研究[J]. 矿冶工程, 2008, 28(3): 45-48.
- Zhang Yan, Dai Jingping, Zhang Kangsheng. *Mining and Metallurgical Engineering*, 2008, 28(3): 45-48.
- [22] 许国强. 高悬浮物选矿废水处理技术与工程实践[J]. 矿冶, 2005, 14(2): 28-32.
- Xu Guoqiang. *Mining and Metallurgy*, 2005, 14(2): 28-32.
- [23] 吴烈善, 覃登攀, 唐景静, 等. 化学混凝法处理选矿废水的实验研究[J]. 矿业安全与环保, 2007, 34(5): 15-17.
- Wu Lieshan, Tan Dengpan, Tang Jingjing, et al. *Mining Safety and Environmental Protection*, 2007, 34(5): 15-17.
- [24] 冯秀娟, 刘祖文, 朱易春. 混凝剂处理选矿废水的研究[J]. 矿冶工程, 2005, 25(4): 27-29.
- Feng Xiujuan, Liu Zuwen, Zhu Yichun. *Mining and Metallurgical Engineering*, 2005, 25(4): 27-29.
- [25] 冯秀娟, 朱易春, 阮强. 脱稳和混凝法处理某多金属矿尾矿废水试验研究[J]. 矿冶工程, 2008, 28(5): 47-50.
- Feng Xiujuan, Zhu Yichun, Ruan Qiang. *Mining and Metallurgical Engineering*, 2008, 28(5): 47-50.
- [26] 杨金林, 张红梅, 谢建宏, 等. 某地铅锌矿选矿废水净化再用试验研究[J]. 矿产综合利用, 2006(2): 44-45.
- Yang Jinlin, Zhang Hongmei, Xie Jianhong, et al. *Multipurpose Utilization of Mineral Resources*, 2006(2): 44-45.
- [27] 蒋克旭. 钼选厂污水处理工艺探讨[J]. 辽宁城乡环境科技, 2005, 25(2): 33-34.
- Jiang Kexu. *Liaoning Urban-rural Environment Technology*, 2005, 25(2): 33-34.
- [28] 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, 38(3): 468-473.
- Zheng Yajie, Peng Zhenhua. *J Cent South Univ: Science and Technology*, 2007, 38(3): 468-473.
- [29] 王方东. 应用旋流絮凝法处理选矿废水[J]. 云南环境科学, 1999, 18(3): 28-29.
- Wang Fangdong. *Yunnan Environmental Science*, 1999, 18(3): 28-29.
- [30] 谢光炎, 孙水裕, 宁寻安, 等. 选矿废水的回用处理研究与实践[J]. 环境污染治理技术与设备, 2002, 3(2): 67-70.
- Xie Guangyan, Sun Shuiyu, Ning Xunan, et al. *Techniques and Equipment for Environmental Pollution Control*, 2002, 3(2): 67-70.
- [31] 袁增伟, 孙水裕, 赵永斌, 等. 选矿废水净化处理及回用试验研究[J]. 水处理技术, 2002, 28(4): 232-234.
- Yuan Zengwei, Sun Shuiyu, Zhao Yongbin, et al. *Technology of Water Treatment*, 2002, 28(4): 232-234.
- [32] 杨军, 周玘. 南京铅锌银矿选矿废水净化处理方法试验[J]. 江苏冶金, 1995(3): 40-42.
- Yang Jun, Zhou Dai. *Jiangsu Metallurgy*, 1995(3): 40-42.
- [33] 杜军. 锑矿选矿尾矿废水的处理研究[J]. 甘肃有色金属, 1995(4): 32-35.
- Du Jun. *Gansu Nonferrous Metals*, 1995(4): 32-35.
- [34] 赵永红, 成先雄, 谢明辉, 等. 选矿废水中黄药自然降解特性的研究[J]. 矿业安全与环保, 2006, 33(6): 33-34.
- Zhao Yonghong, Cheng Xianxiong, Xie Minghui, et al. *Mining Safety*

and Environmental Protection, 2006, 33(6): 33-34.

- [35] 朱来东, 吴国振. 某银铅锌多金属矿尾矿废水自然净化试验研究[J]. 甘肃冶金, 2007, 29(4): 89-91.
- Zhu Laidong, Wu Guozhen. *Gansu Metallurgy*, 2007, 29(4): 89-91.
- [36] 顾泽平, 孙水裕, 肖华花. Fenton 试剂处理选矿废水的试验研究[J]. 水资源保护, 2006, 22(4): 82-84.
- Gu Zeping, Sun Shuiyu, Xiao Huahua. *Water Resources Protection*, 2006, 22(4): 82-84.
- [37] 徐劲, 孙水裕, 张萍, 等. Fenton 试剂处理选矿废水机理研究[J]. 环境污染治理技术与设备, 2005, 6(10): 45-48.
- Xu Jin, Sun Shuiyu, Zhang Ping, et al. *Techniques and Equipment for Environmental Pollution Control*, 2005, 6(10): 45-48.
- [38] 吉鸿安. 利用臭氧分解选矿废水中黄药和二号油[J]. 甘肃冶金, 2008, 30(3): 70-72.
- Ji Hongan. *Gansu Metallurgy*, 2008, 30(3): 70-72.
- [39] 顾泽平, 孙水裕, 肖华花. 用次氯酸钠法处理选矿废水 [J]. 化工环保, 2006, 26(1): 35-37.
- Gu Zeping, Sun Shuiyu, Xiao Huahua. *Environment Protection of Chemical Industry*, 2006, 26(1): 35-37.
- [40] 格鲁德夫 S N, 刘述中. 重金属和砷污染土壤的微生物净化 [J]. 国外重金属选矿, 1999, 36(10): 40-42.
- Grudef S N, Liu Shuzhong. *Metallic Ore Dressing Abroad*, 1999, 36(10): 40-42.
- [41] 顾国维. 绿色技术及其应用[M]. 上海: 同济大学出版社, 1999.
- Gu Guowei. *Green technology and its application* [M]. Shanghai: Tongji University Press, 1999.
- [42] 宋绘. 生物接触氧化法处理尾矿废水的研究[J]. 有色金属设计, 1995(1): 60-63.
- Song Hui. *Non-ferrous Metal Design*, 1995(1): 60-63.

(责任编辑 岳臣)

全国第十二届中医糖尿病大会

时间: 2010年8月6-8日
地点: 辽宁·沈阳

主办单位: 中华中医药学会
协办单位: 辽宁省中医药学会糖尿病分会
辽宁中医药大学
辽宁中医药大学附属医院
辽宁中医药大学附属第二医院

联系电话: 024-31207159
电子信箱: tnbsy@sohu.com
通信地址: 辽宁省沈阳市皇姑区崇山东路79号辽宁中医药大学临床技能中心
会议网站: <http://db.lnucm.edu.cn>