

有色金属尾矿特性及资源化现状

韦立宁, 蒋武, 卓欧, 李凝, 彭楠楠
(桂林理工大学化学与生物工程学院, 广西 桂林 541004)

摘要:论述了有色金属尾矿的特点及尾矿堆存的潜在危害,从金属组分、重晶石及萤石类物质和非金属组分回收方面系统的介绍了尾矿再选,回收有价值组分的状况。同时,归纳了有色金属尾矿整体资源化应用于建筑材料、催化剂、造肥或土壤改良剂、复垦、充填等领域的情况,并着重介绍了水泥、聚合材料、玻璃等多种以尾矿为材料制备的建筑材料。从国家“十二五”规划等政策、环境保护和矿产资源可持续发展出发,评述了有色金属尾矿综合利用的发展趋势,提出有色金属尾矿整体资源化应用在推进节能环保战略性新兴产业发展上意义深远。

关键词:有色金属尾矿;综合利用;再选;资源化

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2013.03.004

中图分类号:TD982 文献标识码:A 文章编号:1000-6532(2013)03-0018-05

有资料表明,2009年底,我国尾矿库共12718座,其中12%尾矿库在建,8%尾矿库已经闭库,16%尾矿库存在浸润线过高、调洪库容不够、坝体裂缝现象严重、坝体安全观测设施不健全等重大安全隐患^[1-4]。2010年,全国尾矿堆积总量超过100亿t,综合利用率仅达到14%。资源开采利用与资源紧缺带来的问题日益严重,在此形势下,工信部明确提出了尾矿综合利用目标是从2010年1.7亿t的综合利用量,在5年内提升至2.6亿t^[4-5]的目标。

我国有色金属矿产量大,品种齐全,但80%属于多种矿物共生、伴生类型的复合矿物,品位低。同时,我国有色金属采选受到选冶工艺、资金、管理模式等因素的影响,有色金属行业尾矿排放量成为了我国固体废物排放最多的行业之一。大量有色金属尾矿堆积,造成矿产资源、土地资源浪费,同时,危害环境及人类生活。促进尾矿资源综合利用,提高矿产资源利用率,对矿产资源可持续发展,保护生态环境意义重大。

1 我国有色金属尾矿特点及堆放潜在危害

有色金属尾矿的特点为:数量大、集中、颗粒细小,表面积大,易流动,干燥后易风化,污染空气;富含多种元素,包括大量的微量元素,矿物种类丰富,

可利用性强;一般存在有毒有害成分,污染大气与水源;如铬、砷、镉、铅、锌、锰等易形成重金属污染,危害耕地与水源^[7-8]。尾矿中存在相当比例的有价金属成分及非金属矿物,但受限于组分分离提取技术和资金支撑力度,这些成分很少被开发利用。导致污染环境,威胁生命财产安全。尾矿堆积量的不断增加,势必要征地建立新的尾矿库,而尾矿处理设施结构复杂,投资费用高,增加投资成本^[9-10]。

2 有色金属尾矿的综合利用现状

2.1 有色金属尾矿再选,回收有价值组分

2.1.1 金属组分回收利用情况

冯忠伟等^[11]采用硫化矿优先混浮-混浮精矿锌硫分离-氧化铅矿硫化浮选工艺,对贵州某铅锌矿选矿厂的尾矿进行再选,回收铅锌尾矿中铅、锌、硫矿物,其中氧化铅精矿的Pb品位和回收率分别达48.56%和85.38%。任浏祎等^[12]对锡石-多金属硫化矿脱硫再浮选,通过一次浮选,三次精选,去除大于0.18mm的粗粒级矿物后,得到含硫0.79%,产率2.17%的锡精矿,锡品位和回收率分别为8.56%和61.32%。一次浮锡所得粗精矿再进行二次浮锡,二次浮锡直接加入固体药剂,可获得锡精矿含锡48.76%,回收率81.35%,一、二段浮锡获得锡总

收稿日期:2012-06-19;改回日期:2012-07-12

基金项目:广西科学技术开发项目(桂科攻11107021-1-5)

作者简介:韦立宁(1988-),男,在读硕士研究生。

的作业回收率 49.88%。童雄等^[13]通过研究云南锡业公司脉锡型尾矿的矿物特性,开发出了焙烧—凝聚—磁选的短流程新工艺,综合回收锡和铁。在 898K 焙烧温度,5% 指定还原剂用量(质量分数),40min 焙烧和 6kg/t 凝聚剂用量条件处理下,获得铁精矿品位和回收率分别为 66.58% 和 86.16%,锡精矿品位和回收率分别为 4.56% 和 63.80%,尾矿中的铁和锡的损失率分别低于 2.60% 和 3.30%。陈延信等^[14]采用分散态磁化焙烧—磁选工艺,对含铁量 27.06% 的金尾矿进行铁元素回收。将尾矿在 850℃,2% CO(体积分数)的气氛中分散态磁化焙烧 5min,焙烧后尾矿在 111.44kA/m 磁场强度,2.50kg/t 六偏磷酸钠(分散剂),5.64kg/t 油酸和煤油混合液(絮凝剂)条件下,进行一次弱磁选,结果获得铁精矿品位为 57.15%,回收率为 81.43%。邱显扬等^[15]在对卡房铜选矿厂选铜尾矿矿物工艺特性研究基础上,充分利用矿物特性,综合回收尾矿中的铜、铋和钨。未磨尾矿采用全浮选工艺流程,通过兼具高选择性和起泡性的浮选捕收剂 PZO 等浮选药剂的作用下,获得铜精矿含铜 16.13%、回收率 35.82%,铋精矿含铋 21.35%、回收率 40.75%,白钨精矿含钨 66.92%、回收率 53.89%,为企业创造了可观的经济效益。廖德华^[16]在研究河南某钼尾矿中有价组分钨的综合利用试验时,通过加温改进传统的彼得罗夫法,开创脱硫浮选—常温钨浮选—加温钨浮选的全浮选流程回收白钨矿。将矿样预先分级和脱硫处理后,经一粗一扫一精常温浮钨和一粗三扫五精加温浮钨,加温过程使用 LY 作为含钙类脉石矿物抑制剂,获得钨精矿品位和回收率分别为 60.14% 和 77.78%。刘智林^[17]通过研究某钨矿重选尾矿的性质特点,确定了钨硫混浮分离的部分混合浮选流程。在实验室小型闭路试验中,获得钼精矿中钼品位为 56.07%,回收率为 98.52%,获得铜精矿中铜品位 15.82%,回收率 91.05%,钨精矿品位 45.93%,回收率 80.34%。赵瑞超等^[18]对包钢选矿厂稀土尾矿进行浮选,在矿浆温度为 45℃,pH=9,捕收剂(水杨羟肟酸)用量为 3kg/t,抑制剂(水玻璃)用量为 1.0kg/t,活化剂(氟硅酸钠)用量为 2.0kg/t 的工艺条件下,稀土浮选尾矿经一次粗选,两次精选及一次扫选处理,最终获得稀土精矿品位和回收率分别为 53.24% 和 25.31%。

2.1.2 非金属组分回收利用情况

崔长征等^[19]在对青海某铅锌尾矿矿石性质进行分析并实践研究基础上,确定了浮选—重选联合

工艺,有效的提取回收尾矿中的重晶石精矿,重晶石精矿的 BaSO₄ 品位和回收率分别达到了 90.18% 和 52.45%。喻福涛等^[20]针对湖南某尾矿中萤石和重晶石天然可浮性相近,再选分离难度大特点,开发出了以硫酸铝、水玻璃和栲胶为抑制剂,以油酸钠为捕收剂的再选萤石工艺。通过抑制重晶石和其他脉石矿物,选择性捕收萤石,在 1 次粗选、1 次扫选、4 次精选闭路浮选工艺流程中有效再选分离萤石,分离出的萤石精矿的 CaF₂ 品位和回收率分别达到了 95.06% 和 96.58%。张国范等^[21]针对浮钨尾矿中萤石被强烈抑制,浮选性差的特点,开发了新型活化剂 ANF-1,能够有效恢复萤石可浮性,相较之前浮选,活化后萤石精矿回收率提升近一倍。通过一粗七精的浮选工艺流程,可从含 24.93% CaF₂ 的钨尾矿中提取回收萤石,获得品位 95.03%,回收率 62.13% 的萤石精矿。

黄曼等^[22]对金矿尾矿进行绢云母浮选,在矿浆 pH=3,捕收剂(十八胺和煤油)用量分别为 350g/t 和 70g/t,抑制剂(水玻璃)用量为 200g/t 的工艺条件下,尾矿经一次粗选、一次扫选、两次精选处理,最终获得一级、二级、三级绢云母产品,绢云母总回收率为 65.84%。王毓华等^[23]对钼钨尾矿进行矿物特性分析,以用量比为 1:1 的 NaOH 和 Na₂O₃ 调浆,油酸和十二胺做为捕收剂,经过先脱除杂质矿物,再选云母,后浮长石和石英的综合回收工艺流程,最终获得长石产品矿物回收率为 70%~75%,达到玻璃及陶瓷 II 级原料的质量标准;获得石英产品矿物回收率为 75%~80%,达到硅铁 II 级及玻璃 II 级原料的质量标准。

2.2 尾矿的整体综合利用

尾矿全组分综合利用指尾矿不经回收有价组分直接整体使用,一般要求尾矿的物理化学性质和矿物组成基本与利用途径相符,且有毒有害成分低于标准。尾矿回收有价组分,尽管效益可观,却无法从根本上解决少尾和无尾问题,而尾矿全组分综合利用却能够从尾矿减量化、无害化和资源化角度出发,最具发展前景。目前,尾矿全组分综合利用途径主要是制备建材、矿井充填、土壤改良、土地复垦等。

2.2.1 制备建筑材料

张国强^[24]在对黄金尾矿特性分析并结合水泥工业生产基础上,进行了黄金尾矿烧制高贝利特水泥熟料的研究,及黄金尾矿大比例掺杂烧制水泥熟料的配方、工艺和性能研究,探索尾矿在水泥烧制中的可掺入量,以此提升尾矿的综合利用率,降低水泥

成本、能耗。试验结果表明,黄金尾矿掺入石灰石,在1350℃下煅烧可烧成富含硅酸二钙(C₂S)的高贝利特水泥熟料,C₂S矿物含量多,结晶良好,水化时早期强度高,胶凝性能良好。黄金尾矿干燥、粉磨处理后做为混合材,在硅酸盐水泥中掺入15%黄金尾矿可制备32.5R的复合硅酸盐水泥;1000~1200℃高温煅烧的黄金尾矿,活性高,制备32.5R火山灰水泥时掺入量可达30%;黄金尾矿与矿渣混合制成复合型混合材制备32.5R复合水泥时,尾矿掺入量增大至40%仍可达到标准。朱建平^[25]采用铅锌尾矿和页岩配料,成功制成了高硅酸三钙(C₃S)的硅酸盐水泥。结果表明,在工业回转窑正常煅烧温度下,烧成熟料中C₃S含量高达70.71%。熟料中加入4%CaSO₄可制得强度等级52.5R的硅酸盐水泥;加入20%尾矿粉可制得强度等级42.5R的普通硅酸盐水泥;掺加尾矿粉达30%时,制得水泥仍可达到强度等级32.5R。

霍成立等^[26]在对铝土矿尾矿化学组成、物相组成以及热特性研究的基础上,将尾矿进行超细加工、表面改性处理后,应用于PVC塑料。研究表明,尾矿热稳定性好,超细加工后粉体粒径小,粒度均匀,60%和20%的尾矿粉填充量分别制得了软质PVC板材和化工用PVC-U管材,产品主要性能均达到标准要求。刘淑贤等^[27]以尾矿和矿渣为原料,通过NaOH激发和结构模板剂Na₂SiO₃作用下,制成了无机矿物聚合物材料。试验结果表明,尾矿质量为矿渣质量80%时,产品7d抗压强度达45.10MPa。

截止2010年底,在所有城市城区已经明令禁止使用实心粘土砖。目前,尾矿制砖研究为尾矿再利用、减量化、资源化,开辟了新的途径。刘龙^[30]以滦川南泥湖钼尾矿、粉煤灰、炉渣为原料制备承重蒸压砖,研究得出在 $m(\text{钼尾矿}):m(\text{粉煤灰})=1:1$,炉渣掺入量为15%,水固比为1:7,困料时间为4h、成型压力18MPa条件下,制得的承重蒸压砖达到国家标准JC239-2001《粉煤灰砖》规定的MU20级要求,放射性检验为A类建筑材料。按标准砖算,每块砖合计费用才0.176元,经济效益显著。

2.2.2 制备玻璃

孙小卫等^[28]以新疆可可托海锂辉石矿尾矿为主要原料,成功研制出了Li₂O-Al₂O₃-SiO₂系统微晶玻璃,即低膨胀微晶玻璃。研究发现,尾矿使用量可高达80%,玻璃熔化温度由1620℃降低为1580℃,极大节省了能耗,延长窑炉使用寿命。制成微晶玻璃晶相组成范围宽,主要是β-石英或β-锂辉石固

溶体。透明样的主晶相为β-石英固溶体,晶相含量95%,晶粒尺寸30nm,热膨胀系数 $\alpha=7\times 10^{-7}/\text{℃}$,抗弯强120MPa。白色样品主晶相为90%β-锂辉石和5%尖晶橄榄石,晶粒尺寸为45nm,热膨胀系数 $\alpha=12\times 10^{-7}/\text{℃}$,抗弯强度140Mpa。雷岩等^[29]以菱镁石尾矿、铁尾矿和铝矾土为主要原料,选用对MgO-Al₂O₃-SiO₂系微晶玻璃比较理想的晶核剂TiO₂,通过熔融法成功制备了以堇青石为主晶相的微晶玻璃。试验研究发现,制备堇青石微晶玻璃,尾矿利用率达到70%以上;不同的晶化温度对微晶玻璃形成影响显著,1150℃晶化时形成堇青石相最佳的条状晶粒形貌的α-堇青石。

2.2.3 应用于其他建材

随着有色金属尾矿综合利用研究的扩展,除上述用途之外,尾矿还被应用于土壤聚合物材料,混凝土骨料,铁路道渣、砂浆、筑路砂石,陶瓷材料,墙体保温材料和加气混凝土等领域。叶家元等人^[31]根据铝土矿尾矿的矿物成分特点及土壤聚合物的要求、特性,制备土聚水泥。在铝土矿尾矿用量高达65%前提下,制备出了力学性能优良的土聚水泥,该水泥的硬化砂浆3d抗折、抗压强度分别达到6.7MPa、39.3MPa,28d抗折、抗压强度分别达到10.2MPa、60.2MPa,力学性能优良。李文彦等^[32]采用黄金尾矿、紫金土为主要原料,掺入不同比例的竹炭,通过干压成型-高温烧成法,在竹炭与黄金尾矿质量比为5:70,煅烧温度1125℃条件下,制成了破坏强度高达528.9N,吸水率0.04%,符合GB/T 4100-2006《陶质砖》标准的环境友好型陶质砖。黄晓燕等^[33]采用富钙、镁的铜尾矿和矿渣、水泥熟料及风积砂为原料制备压加气混凝土。在铜尾矿、矿渣、风积砂、水泥熟料、石膏的质量分数分别为30%、35%、20%、10%、5%条件下,制得B06级蒸压加气混凝土绝干密度为610.2kg/m³,抗压强度为4.0MPa,符合GB 11968-2006《蒸压加气混凝土砌块》标准。

2.2.4 制备催化剂

我国稀土金属尾矿堆积量大,价格便宜,然而综合利用率偏低,深度加工发展缓慢。俞秀金等^[34]利用提取贵金属后的稀土尾矿作为铁系氨合成催化剂的主要助剂,在改革催化剂制备工艺的基础上,熔融制备出了强度较高的新型铁系氨合成催化剂。这种催化剂拥有更高的强度,低温活性,耐毒性能及耐热性能。稀土尾矿应用于制备催化剂研究为低成本、低能耗、优性能催化剂的研发提供了新的途径。

2.2.5 造肥或土壤改良剂

有色金属尾矿富植物必需的含各类微量元素,如 Zn、Cu、Mo、Cu、B、Fe、P 等是维持植物生长和发育所必需的元素,此类尾矿适于加工成土壤改良剂或微量元素肥料。此外,尾矿中高含量元素,如 Ca、Mg、Si 等可应用于复合矿物肥料,改善土壤特性。沈宏集团综合利用富含 K、Mo、Zn 等多种微量元素的硅型钼尾矿制成硅肥,并与黑龙江地质研究所合作,将硅肥实际应用于田间试验,取得不错的效果。应用此硅肥后,水稻抗病性强,产量增加了 3% ~ 20.5%,成本则稍有下降;玉米苗期抗旱性强,增产 45.5%;蔬菜水果抗虫害性及产量显著提高^[35]。

2.2.6 土地复垦

尾矿复垦是指在尾矿库上复垦或利用尾矿在适宜地点覆土造地并复垦植被等,以此保持水土,维护生态。许多国家,如美国、德国、澳大利亚的土地复垦率高达 80%,我国这方面的进展相对落后。LEI Dongmei^[36]对兰坪铅锌尾矿上复垦种植的植物进行了研究,发现植被根部周围尾矿土壤的性质在种植植被后得到了显著改善,土壤肥力显著增强的同时未引发重金属在地上植物组织中富集,这为尾矿综合利用及环境保护带来了积极作用。

2.2.7 充填采空区

矿山采空区的充填是尾矿减量化的有效途径,我国约有 1/4 的有色金属矿山应用充填采矿法。传统的水力充填技术缺陷过多已不能满足当前尾矿处理要求,取而代之的是全尾砂膏体充填技术。何哲祥等人^[37]根据铜绿山铜矿尾矿已建成的膏体充填系统,对铜绿山矿不脱泥尾矿充填技术进行了试验研究。结果发现,在 $m(\text{尾砂}) : m(\text{水泥}) = 6 : 1$,浓度 80% 时,28d 抗压强度达 3.79MPa;在 $m(\text{尾砂}) : m(\text{水泥}) = 10 : 1$,浓度 76% 时,28d 抗压强度达 0.81MPa;尾砂,碎石与水泥不同配比时,28d 抗压强度在 1.10 ~ 4.5MPa 之间,可满足不同采矿方法的要求。试验完成的空区充填量为 81747m³,消耗不脱泥尾矿 13 万 t,为经济和社会带来了良好的效益。

我国尾矿的处理方式仍旧以充填为主,但随着技术进步,生态环保、可持续发展观念的深入人心,尾矿应用于将偏向具有高潜在价值的建筑材料或是其他应用领域。我国尾矿整体利用产品不少,但在高技术、高附加值尾矿产品方面鲜有突破。“十二五”规划作为尾矿综合利用的平台,给尾矿整体利用带来了广阔的发展前景。尾矿生产微晶玻璃、水泥、加气混凝土、高性能透水砖等技术及装备的研

发,尾矿应用于无害化农业和生态工程的深入研究,以及在其他领域高附加值产品的开发,必会给我国尾矿产业发展带来了良好的契机,尾矿整体利用率在未来几年将会大幅度提高。

3 结 语

有色金属尾矿问题日益突出,对生态环境、矿产资源可持续发展形成了不良影响。随着资源日益枯竭、全球资源需求量和环保观念的提升,有色金属尾矿综合利用成为了迫在眉睫的问题。有色金属尾矿综合利用作为利国利民,前景开阔的产业,在我国取得了一定的成绩,但与发达国家相比却差之甚远,尾矿综合利用率及附加产值仍未得到显著提升。尾矿全组分利用技术研究,开发高附加值建筑产品,是实现少尾和无尾化过程最有效的途径。“十二五”规划就我国工业固体废物综合利用提出了明确指标,在当前节能减排要求日益严格形势下,给予推进资源综合利用企业政策保障及资金激励。因此,转变观念,革新技术,推进有色金属尾矿综合利用节能环保战略性新兴产业发展,实现尾矿减量化、资源化、效益化,构建资源节约型、环境友好型社会意义深远。

参考文献:

- [1]王秀萍.尾矿处理与综合利用的国内外研究概况[J].中国矿业,2009,18(5):73-76.
- [2]杨国华,郭建华,王建华.尾矿综合利用现状调查及其意义[J].矿业工程,2010,8(1):55-57.
- [3]孟跃辉,倪文,张玉燕.我国尾矿综合利用发展现状及前景[J].中国矿山工程,2010,39(5):4-9.
- [4]赵武,霍成立,刘明珠,等.有色金属尾矿综合利用的研究进展[J].中国资源综合利用,2011(29):24-28.
- [5]工信部.大宗工业固体废物综合利用“十二五”规划.2011,600号.
- [6]徐慧,徐凯.加快我国有色金属矿山尾矿开发利用[J].中国有色金属,2006(10):49-51.
- [7]张文朴.我国有色金属尾矿综合利用进展[J].再生资源,2008(8):27-29.
- [8]蔡嗣经,杨鹏.金属矿山尾矿问题及其综合利用与治理[J].中国工程科学,2000(2):89-92.
- [9]孟跃辉,倪文,张玉燕.我国尾矿综合利用发展现状及前景[J].中国矿山工程,2010,39(5):4-9.
- [10]范继涛,贾文龙,陈甲斌.关于尾矿利用现状的思考[J].中国矿业,2009,18(5):13-15.
- [11]冯忠伟,宁发添,蓝桂密,等.贵州某铅锌尾矿中铅锌硫的综合回收[J].金属矿山,2009(4):157-164.
- [12]任浏祎,覃文庆,何小娟,等.从锡石-多金属硫化矿尾矿

- 中回收锡的浮选研究[J]. 矿冶工程, 2009, 29(1): 44-47.
- [13] 董雄, 周永诚, 吕晋芳, 等. 焙烧—凝聚—磁选工艺回收云锡脉锡型尾矿中的锡和铁[J]. 中国有色金属学报, 2011, 21(7): 1696-1704.
- [14] 陈延信, 姚艳飞, 酒少武, 等. 分散态磁化焙烧—磁选回收某金尾矿中的铁[J]. 金属矿山, 2012(2): 63-66.
- [15] 邱显扬, 王成行, 胡真. 从选铜尾矿中综合回收铜铋锡试验研究[J]. 有色金属, 2011(4): 19-22.
- [16] 廖德华, 陈向. 河南某钼尾矿中白钨的浮选回收试验[J]. 金属矿山, 2012(2): 153-156.
- [17] 刘智林, 周晓文. 对某钨尾矿资源的综合回收试验研究[J]. 有色金属科学与工程, 2011, 2(3): 58-61.
- [18] 赵瑞超, 张邦文, 布林朝克, 等. 从稀土尾矿中回收稀土的试验研究[J]. 内蒙古科技大学学报, 2012, 31(1): 9-13.
- [19] 崔长征, 侯明亮, 孙阳, 等. 从铅锌尾矿中回收重晶石的应用研究[J]. 矿产综合利用, 2011(3): 47-49.
- [20] 喻福涛, 高惠民, 史文涛, 等. 湖南某铅锌尾矿中萤石的选矿回收试验[J]. 金属矿山, 2011(8): 162-165.
- [21] 张国范, 魏克帅, 朱阳戈, 等. 浮钨尾矿萤石的活化与浮选分离[J]. 化工矿物与加工, 2011(9): 6-12.
- [22] 黄曼, 林海, 刘国富, 等. 从金矿浮选尾矿中回收绢云母的试验研究[J]. 黄金, 2006, 27(3): 38-40.
- [23] 王毓华, 黄传兵, 陈兴华, 等. 从某钼钨尾矿中回收长石和石英的试验研究[J]. 中国矿业, 2005, 14(9): 38-40.
- [24] 张国强. 黄金尾矿在水泥中的资源化利用研究[D]. 苏州大学, 2009.
- [25] 朱建平, 宫晨琛, 兰祥辉, 等. 用铅锌尾矿和页岩制备高C₃S硅酸盐水泥熟料的研究[J]. 硅酸盐通报, 2006, 25(5): 10-16.
- [26] 霍成立, 刘明珠, 赵武, 等. 铝土矿选尾矿深加工及在PVC塑料中的应用[J]. 金属矿山, 2010(9): 177-181.
- [27] 刘淑贤, 聂轶苗, 牛福生. 尾矿渣制备地质聚合物材料工艺条件的研究[J]. 金属矿山, 2010(9): 182-185.
- [28] 孙小卫, 张民福, 张辉旭, 等. 利用锂辉石尾矿研制低膨胀微晶玻璃[J]. 2009, 16(3): 5-7.
- [29] 雷岩, 汪琦, 刘焕春, 等. 铁尾矿、菱镁石尾矿制备微晶玻璃的研究[J]. 矿产综合利用, 2011(2): 41-43.
- [30] 刘龙. 钼尾矿-粉煤灰-炉渣承重蒸压砖的研制[J]. 硅酸盐通报, 2011, 30(4): 960-965.
- [31] 叶家元, 王渊, 张文生, 等. 铝土矿选尾矿制备土聚水泥的反应机理[J]. 武汉理工大学学报, 2009, 31(4): 136-138.
- [32] 李文彦, 孙赛, 郭兴忠, 等. 含竹炭黄金尾矿陶瓷砖制备研究. 新型建筑材料, 2011(6): 21-24.
- [33] 黄晓燕, 倪文, 王中杰, 等. 铜尾矿制备无石灰加气混凝土的试验研究[J]. 材料科学与工艺, 2012, 20(1): 11-15.
- [34] 俞秀金, 林建新. 利用稀土尾矿制备高强度高活性氮合成催化剂[J]. 稀土, 2005, 26(3): 47-51.
- [35] 董坚. 综合治理钼选尾矿砂生产优质硅肥[J]. 中国铝业, 2007, 31(4): 38-42.
- [36] Dongmei Lei, Changqun Duan. Restoration potential of pioneer plants growing on lead-zinc mine tailings in Lanping, southwest China [J]. Environmental Sciences, 2008, 20(10): 1202-1209.
- [37] 何哲祥, 鲍侠杰, 董泽振. 铜绿山铜矿不脱泥尾矿充填试验研究[J]. 金属矿山, 2005(1): 15-17.

Characteristics, Current Situation and Progress of Resource Utilization of Non-ferrous Metal Tailings

WEI Li-ning, JIANG Wu, ZHUO Ou, LI Ning, PENG Nan-nan

(College of Chemical and Biotechnological Engineering, Guilin University of Science and Technology, Guilin, Guangxi, China)

Abstract: The characteristics of non-ferrous metal tailings and the potential hazard of the tailings impoundment were stated. Furthermore, the reconcentration of tailings and the recovery of the valuable components were introduced from the recovery of metal components, barite and fluorite substances and non-metallic components. Meanwhile, the resource application of non-ferrous metal tailings to the fields of building materials, catalyst, fertilizer or soil conditioner, reclamation and filling was summarized and such building materials as cement, polymeric materials and glass which were prepared from tailings were introduced. The development tendency and far-reaching of comprehensive utilization of non-ferrous metal mine tailings for promoting the development of strategic emerging industries for energy saving and environmental protection was critiqued and put forward in view of the Twelfth Five-Year Plan, environmental protection and mineral resources sustainable development.

Key words: Non-ferrous metal tailings; Comprehensive utilization; Reconcentration; Resource utilization