

氧化铅锌矿利用工艺技术研究进展

兰志强, 蓝卓越, 张琦福

(昆明理工大学国土资源工程学院, 云南 昆明 650093)

摘要:本文分析了氧化铅锌矿石的主要特点及对应的选别工艺,综合评述硫化浮选、絮凝浮选、螯合剂浮选、选冶-联合工艺以及原浆浮选技术等处理方法,为氧化铅锌矿的开发利用提供技术参考。氧化铅锌矿的开发利用,应在加强矿石性质研究及浮选理论研究的基础上,注重组合新药剂、联合新工艺、新设备及新技术方法的应用,以期取得更大的进展。

关键词:铅; 锌; 氧化铅锌矿; 浮选

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2015.05.002

中图分类号:TD952 文献标志码:A 文章编号:1000-6532(2015)05-0008-05

我国氧化铅锌矿储量极为丰富,位居世界前列。仅云南兰坪氧化铅锌矿锌金属储量就高达1400万t,是我国最大的铅锌矿床,名列世界第四位。目前具有工业应用价值的氧化铅锌矿主要有白铅矿($PbCO_3$)、铅矾($PbSO_4$)、菱锌矿($ZnCO_3$)和异极矿 $\{Zn_4[Si_2O_7](OH)_2H_2O\}$,主要分布于我国云南、四川、广东、广西和内蒙古等省区。因此,在我国铅锌精矿自产无法满足需求、仍需大量进口的情况下如何有效开发和利用这部分氧化铅锌矿资源,具有重大的意义。

氧化铅锌矿主要来自硫化矿的氧化带,它们常共生于同一矿体中^[1-2]。随着社会经济的高速发展,铅锌矿的需求量越来越大,但受技术条件的限制,目前只能以开采硫化铅锌矿为主以及开采少部分的高品位氧化铅锌矿为辅,对于复杂难选氧化铅锌矿,因其矿石结构复杂,共生矿多,矿物嵌布粒度细,矿泥含量大,以及各种难免离子的影响,目前尚无理想的处理技术,难以大规模的开发利用^[3-6]。随着硫化铅锌矿资源的逐渐减少,加快氧化铅锌矿的开发利用已成为矿业界的共识,也已成为选矿科

技工作者研究的重点。

本论文综合评述氧化铅锌矿浮选工艺及相关联合工艺技术研究进展,旨在为氧化铅锌矿资源的高效开发和利用提供技术参考。

1 氧化铅锌矿石种类及其可浮性^[1]

氧化铅矿可浮性与其表面晶格能有着密切的关系,其矿石种类及其可浮性见表1。由表1可知,氧化铅矿按其可浮性可分为三类:第一类氧化铅矿的晶格能较小,矿物解理面极性较小,容易与硫化钠等硫化剂形成稳定的硫化膜附着于矿粒表面,可浮性较好,故可用硫化-黄药法浮选;第二类氧化铅矿的晶格能较大,矿物解理面极性较大,亲水,不易硫化,与硫化剂形成的硫化膜不稳定,可浮性较差,但其比重较大,故常用重选法处理;第三类氧化铅矿的矿石结构复杂,晶格能最大,矿物解理面极性极强,极易亲水,可浮性极差,故不能用硫化-浮选法回收,只能用水冶或特殊选矿法处理。

氧化锌矿石的类型较为复杂,按其可浮性,仍可分为以下三类,见表2。

收稿日期:2014-12-25; 改回日期:2015-03-06

作者简介:兰志强(1989-),男,硕士研究生,主要从事有色金属矿选矿研究。

表1 氧化铅矿石种类及其可浮性
Table 1 kinds and flotability of the lead oxide ore

分类	矿物	化学式	比重	比晶格能 /kJ	纯水中-ζ 电位/-mV	最佳浮选 pH 值范围
I	白铅矿	PbCO ₃	6.4-6.6	1300.65	0.65	8.5-9.5
	铅铅矿	PbMoO ₄	6.3-7.0	1247.15	1.17	8.5-9.0
	铅矾	PbSO ₄	6.1-6.4	1193.60	0.88	7.0-7.5
II	矾铅矿	Pb ₅ [Cl(VO ₄) ₃]	6.7-7.7	1363.01	2.08	7.0-7.2
	磷氯铅矿	Pb ₅ (PO ₄) ₃ Cl	6.7-7.1	1401.26	3.55	7.0-7.2
	砷铅矿	Pb ₅ (AsO ₄) ₃ Cl	7.2	1391.86	4.86	6.0-6.5
III	砷磷铅矿	PbFe ₅ [(OH) ₆ (SO ₄)AsO ₄]	4.1-4.3	2126.78	6.78	5.5-6.0
	铅铁矾	PbFe ₆ [(OH) ₆ (SO ₄) ₂]	3.2	2125.49	-	-

表2 氧化锌矿石的矿物组成及浮选结果
Table 2 Mineral composition and flotation results of the lead oxide ore

分类	矿石矿物组成及锌含量			浮选流程特点及结果		
	有用矿物	脉石矿物	含 Zn/%	药剂用量及流程特点	品位 Zn/%	回收率 Zn %
I	以菱锌矿为主	白云石、石灰石、含氧化铁及矿泥较少	7.5 ~ 13.0	硫化-胺浮选, 常规调整剂 Na ₂ S (1 ~ 6 kg/t), 胺 (0.2 ~ 0.3 kg/t), 一般不需要脱泥	40 ~ 46	86 ~ 90
II	以菱锌矿、异极矿为主	碳酸盐、粘土、氢氧化铁及可溶盐	10.0	铅浮选尾矿脱泥, 经硫化后用胺+炔油浮选, Na ₂ S (10 kg/t)、胺 (0.8 kg/t)、炔油 (1.4 kg/t)	41	70
III	异极矿、硅锌矿、铁菱锌矿、铝硅酸锌等呈细粒嵌布	碳酸盐、硅酸盐、粘土、绿泥石等, 含大量可溶性盐、氧化铁及粘土矿泥	11.9 ~ 19	硫化-胺浮选, 加硫化剂, 淀粉和聚丙烯酸抑制剂, Na ₂ S (3 ~ 6 kg/t), 胺 (0.4 ~ 0.8 kg/t), 必须脱泥	25 ~ 40	37 ~ 60

2 浮选工艺研究进展

2.1 硫化浮选

硫化浮选是氧化铅锌矿选别工艺中应用最广泛的方法, 常用的硫化剂为硫化钠。硫化过程既可调节矿浆酸碱度以达到较佳 pH 值, 也可沉淀某些金属离子, 以减小难免离子对浮选的影响, 同时还可以降低矿物表面的溶解度, 使捕收剂更易于吸附在有用矿物表面。硫化浮选的关键在于硫化, 硫化的好坏直接影响后续选别指标, 而硫化过程又包括硫化剂的用量、添加方式、硫化作用时间等。如使用硫化钠作硫化剂, 当用量过少时, 起不到完全硫化的作用, 氧化矿硫化不充分, 造成浮选结果不理想; 当用量过多时, 则会抑制已被硫化的部分氧化矿, 同时硫化剂还可能受氧化而失效。故在使用硫化剂时, 必须根据具体矿石的不同性质, 在试验的基础上确定合理的用量。

库建刚等^[7]对四川某低品位氧化铅锌矿进行研究, 针对矿石氧化程度高、矿物嵌布粒度细、易泥化等特点, 确定采用传统硫化浮选工艺, 用硫化钠作硫化剂, 按照阶段磨矿、先铅后锌的原则流程, 对铅

进行两次粗选、两次精选, 对锌亦采用两次粗选、两次精选的闭路浮选试验, 并使用组合捕收剂 L-05, 试验结果表明, 可得到铅精矿铅品位 50.22%、回收率 76.25% 和锌精矿锌品位 20.02%、回收率 46.29% 的较好浮选指标。

任占誉等^[8]介绍了一种对氧化铅锌矿新的硫化法, 即先用元素硫在高温高压下对低品位氧化铅锌矿进行硫化预处理, 然后用普通浮选法浮选。采用该工艺对堆存的低品位氧化铅锌矿进行浮选闭路试验, 不需脱泥即可获得铅精矿品位 16.82%, 铅回收率 40.35%, 锌精矿品位 25.45%, 锌回收率 80.31% 的较好指标。该试验结果证实了水热硫化预处理浮选工艺是处理低品位复杂难选氧化铅锌矿的一种有效方法。

罗进^[9]对某高氧化率高硫复杂氧化铅矿的硫化浮选工艺进行研究, 该氧化铅矿物主要为白铅矿, 氧化率较高, 为 27.08%, 硫含量为 24.86%, 属难选氧化铅矿。试验使用 Na₂S 为硫化剂, PL 为调整剂, 丁黄药为捕收剂, 实验室浮选闭路试验可获得铅精矿品位为 46.02%, 铅回收率为 81.16% 的良好指标, 有效回收了白铅矿。

2.2 选择性絮凝浮选

絮凝浮选是对添加了高分子化合物的具有疏水性的微细粒矿物进行强烈搅拌,然后再加入捕收剂进行浮选的一种方法,该法适于微细粒氧化铅锌矿的选别。氧化铅锌矿絮凝浮选面临的最大问题是微细粒氧化铅锌矿物与脉石矿物的分离,据 Barharo M. P^[10] 的研究,可先对矿物进行有效分散,再用高分子选择性絮凝法分离。朱永楷等^[11]提出了一种分离方法,其过程为:控制有效分散→药剂、机械、乳化等复合活化→造成微细粒氧化锌矿粒的疏水聚团→聚团与分散脉石的浮选分离。

于正华等^[12]对云南某特大型硫氧混合铅锌矿的选矿进行研究,因为原矿深度泥化,预先脱泥会造成大量金属损失,而采用直接硫化-胺法浮选又很难富集,其氧化锌浮选的研究对策为:在工艺矿物学分析的基础上,探索出了在浮选过程中加入分散剂腐殖酸钠+LA 调浆,再加入高效的选择性絮凝剂 KN 絮凝细泥,絮凝沉降后的精矿再加入硫化钠及胺类捕收剂进行硫化-胺法浮选的工艺。试验根据“先铅后锌”原则进行全流程浮选闭路试验,试验结果表明,使用分散絮凝法处理氧化铅浮选尾矿,最终氧化锌精矿含锌 35.26%,含铅 1.13%,锌总回收率 81.26% 的良好指标。

河南四里店氧化铅锌矿矿石已深度氧化,铅锌氧化率均达 90% 以上,极难浮选。韩文静^[13]根据矿石特性,采用先铅后锌优先浮选原则流程,用选择性絮凝浮选工艺处理该矿石,以六偏磷酸钠和水玻璃作为分散剂,羧甲基纤维素为絮凝剂,采用硫化-黄药浮选法,在调浆速度为 2900 r/min 时,工业试验结果为锌精矿品位 40.75%,回收率 81.64%,铅精矿品位 49.83%,回收率 42.26%,且锌精矿含硅量降低,生产成本降低明显。

2.3 螯合剂浮选

螯合捕收剂因具有某种特效亲和力的活性基团,能与矿物表面阳离子作用形成稳定的螯合物,具有高稳定性与良好选择性,因此螯合型药剂在浮选工艺中的应用日益广泛^[14]。螯合型药剂通常是由氧、硫、氮等原子与同一金属原子配位,当配位体中多个原子官能团与金属离子键合,其他原子会围绕中心原子弯曲成螯状,形成多环状复杂的特殊络合物,即螯合物^[15-17]。

谭欣等^[18]采用 CF 螯合剂为捕收剂,进行氧化铅锌矿物与钙、镁、硅等脉石矿物分离研究,结果表明,自然矿浆条件下 CF 捕收剂对菱锌矿和白铅矿选择捕收性能较好,而对方解石、白云石、石英等含钙含镁的脉石矿物捕收能力较差,故能将菱锌矿、白

铅矿与脉石矿物较好的分离。同时,因药耗量减少,成本降低,克服了黄药类和脂肪胺类捕收剂选择性不好、特效性不强,造成氧化铅锌矿浮选指标低、药剂品种复杂、药耗量大、成本高等问题^[19]。

王祖旭^[20]采用昆明冶金研究院研制的新型螯合捕收剂 C6403 对云南某高铅、高锌、高银氧化铅锌矿的异极矿和白铅矿进行高效分离,采用三粗二精、中矿顺序返回的闭路选别流程,获得铅精矿铅品位为 42.04%、含银 668.15 g/t、铅回收率为 83.22%、银回收率为 66.23%;锌精矿锌品位为 43.51%、含银 183.30 g/t、锌回收率为 89.36%、银回收率为 33.77%。选别指标良好,均达到冶炼要求。

汪伦等^[21]采用普洱县同心乡的氧化锌矿为试料,进行有机螯合剂水杨醛胍活化-胺浮选方法的探索试验,通过简单流程的初步试验即可获得锌精矿品位 37.07%,回收率 73.92% 的较好选别指标,证明该方法可应用于某些实际矿石的浮选。冷娥等^[22]对有机螯合剂是否对难浮氧化锌矿有活化作用进行试验研究,研究选用水杨醛胍、 α -安息香胍和邻氨基苯甲酸进行探索试验,矿料采自云南会泽铅锌矿,试验结果表明,三种螯合剂对异极矿都有很好的活化作用。在对药剂活化机理研究后发现,三种螯合剂在矿物表面发生了化学吸附作用,致使矿物表面疏水并促使捕收剂较好吸附于矿物表面。

2.4 重(磁)-浮联合工艺

许多复杂氧化铅锌矿由于其矿物嵌布粒度微细,有用矿物含量低,矿石性质复杂难选,有时候仅采用浮选或其他单一的选别工艺无法将有用矿物与脉石矿物有效分离,因此对于某些共生有磁性矿物的矿石(或矿石中的矿物存在较大的密度差)时,可以考虑采用磁(重)-浮联合工艺处理。因其工艺流程简单、管理方便以及成本低等优点,在试验研究和生产实践中已有使用,均获得不错的选别效果。

张文彬等^[23]研究发现,云南建水某氧化铅锌矿选厂的浮选尾矿重选回收锌工艺中由于铅及重晶石的影响,使锌精矿的品位难以达到要求,锌回收率也很低,其浮选-重选流程也存在药剂制度不合理、流程过长等问题。为解决锌回收率低的问题,进行了实验室试验和工业试验,在原浮-重流程上增加了混合胺浮选作业,将原单一重选锌工艺改为混合胺浮选和摇床重选联合工艺,即先浮选后重选、先浮铅后浮锌、浮选尾矿再摇床重选的工艺流程。同时也对原浮选药剂制度和流程进行了改进,最终工业试验结果表明,选厂锌精矿中锌的回收率达 57.36%,品位达 29.16%;铅精矿中铅的回收率达 54.02%,品位达 37.43%,选矿指标得到极大改善。

周小四等^[24]对某氧化铅锌矿进行研究,发现该矿除了铅和锌外,还含有银,且矿石氧化率高,矿物组成较为复杂,采用单一浮选法分选氧化锌矿时,选别指标一直都不理想。根据矿石特性,通过试验对比,最终在原矿粗磨下采用浮选-重选-磁选联合流程,试验结果显示,铅锌银金属资源得以有效综合回收,各精矿产品质量较好,选别指标较为理想。

四川某氧化铅锌矿含铁较高,铅锌氧化率高,矿石含铁矿物导致矿石性质更特殊,由于存在磁性矿物而使矿石更加复杂难选,单一选别工艺流程难以取得理想选矿指标,故必须采用联合工艺加以选别。王少东等^[25]根据该矿石的特殊性质,经过多种选别方法的条件试验对比,发现采用优先浮选-摇床重选-磁选联合工艺流程,可获得氧化铅精矿品位 59.90%、回收率 28.78%;氧化锌精矿品位 29.09%,回收率 41.86% 的较好指标,主要伴生银元素也得到综合回收。

2.5 选冶联合工艺

选冶联合工艺是将浮选与冶金方法的优势相结合,对性质复杂、单一浮选法难以处理的矿石而开发的一种选别工艺,对低品位、高钙、高镁、高硫的氧化铅锌矿,采用这种选别工艺常取得不错的效果。

程建国^[26]对国外某低品位氧化铅锌矿研究发现,由于矿石的特殊性,采用脂肪酸法、硫化-黄药法和硫化-胺法处理该矿石,均无法获得满意的效果。采用硫化焙烧-浮选法,其选别指标明显优于常规浮选工艺,在物料粒度-0.074 mm 67.23%,温度 750℃ 的条件下焙烧 60 min,然后将焙砂进行混合浮选,经过一粗三扫十精(中矿依次返回)的流程选别,最终可获得混合铅锌精矿 Pb+Zn 品位为 48.79%,Pb、Zn 回收率分别为 75.79% 和 79.78% 的良好指标。

周廷熙^[27]针对兰坪难选氧化锌矿段进行研究,根据矿石性质及相关研究成果,提出了重介质脱废-硫化矿浮选-浮尾酸浸-萃取-电积的工艺流程,该流程结合了重介质脱废、硫化矿浮选和溶剂萃取的优点,有效的克服了氧化矿浮选药耗量大、脱泥工序要求高、锌回收率低等难题,按现场选厂处理能力计算,采用此工艺选厂每天可多回收金属锌几十吨,明显提高锌的综合回收率,减少资源浪费,为该难选氧化矿段资源的有效开发利用提供了方向与思路。

2.6 新型浮选工艺

随着硫化铅锌矿及高品位氧化铅锌矿的逐渐减少,如何高效选别利用低品位、复杂难选氧化铅锌矿已显得尤为迫切。由于低品位、复杂难选氧化铅锌矿矿石结构复杂,可溶性盐含量高,共伴生组分多,

嵌布粒度细,且黏土含量高易泥化等特点,仅采用单一浮选、化选或冶金方法处理已无法取得满意的效果。如前所述,多年来国内外对低品位、复杂难选氧化铅锌矿选矿研究从未停止,尽管试验研究有所进展,但均不能有效、彻底解决氧化铅锌矿的选矿难题,特别是工业化生产的选别指标与试验指标相差较大,故难以真正推广应用^[28-30]。因此研究开发新型工艺技术对高效综合利用低品位、复杂难选氧化铅锌矿具有重要意义^[2,4]。

矿石激光分选是建立在矿物对激光辐射的响应基础上的预处理选别工艺^[31]。激光因具有良好方向性、单色性、相干性以及能量集中的特点,目前,该技术于各行各业应用广泛,而在选矿行业应用较少,尚属于实验室研究阶段。杨敖教授等^[32]研究了激光辐射对兰坪氧化锌矿浮选行为的影响,试验采用功率为 40 mV 的氩离子和 18 mV 的氮-氩激光辐射矿样后再进行浮选试验,结果表明,在锌精矿品位相近时锌回收率有所提高,浮选指标改善明显。童雄^[33]教授等采用激光辐照菱锌矿,再用硫化-胺法浮选,对比辐照前后浮选指标,结果表明,激光辐照后菱锌矿浮选指标有较大改善,亦可改善氧化锌矿硫化-胺法的浮选效果。

氧化锌矿原浆浮选技术是近几年由中南大学与云南金鼎锌业有限公司共同开发完成的工程技术研究项目。该技术因具有不脱泥,对矿石性质适应性强,过程稳定,操作简便,技术指标先进,成本低以及选矿回水循环利用等特点而受到极大关注^[34]。由于兰坪氧化锌矿矿石结构复杂,含大量黏土,极易形成矿泥,采用硫化胺法浮选难以获得良好指标。原浆浮选技术项目的研发应用,实现了不脱泥浮选,利用新型高效的浮选药剂,消除矿泥的影响,提高微细粒氧化锌矿物的可浮性,采用先硫-后氧-氧化矿中矿集中再选流程,优化了浮选工艺条件,工业试验获得氧化锌精矿品位 18%~20%,锌总回收率 80% 的良好指标^[35]。

3 结 论

我国具有丰富的铅锌氧化矿资源,在硫化矿资源逐渐递减的形势下如何加大铅锌氧化矿资源、特别是低品位氧化铅锌矿资源的开发利用是一项长期和艰巨的任务。由于低品位氧化铅锌矿本身的矿石特点,其开发利用一直是世界性难题,到目前为止浮选似乎是一种相对高效和颇具竞争力的处理方法,能够为铅锌冶炼提供合格的原料。但低品位氧化铅锌矿的浮选也仍然存在较大的改进空间,其应用和推广还需要在诸多方面进行研究,包括浮选基础理

论、原料准备或预处理、新药剂、新工艺、新设备以及选冶联合工艺的研发应用,以期取得更大的进展。

参考文献:

- [1] 石道民,杨敖. 氧化铅锌矿的浮选[M]. 昆明:云南科技出版社,1996.
- [2] 陆智,蔡振波,刘子帅. 氧化铅锌矿浮选工艺研究进展[J]. 有色金属工程,2014(4):77-80.
- [3] 叶雪均,刘子帅,江皇义. 某铜锌硫化矿铜锌分离试验研究[J]. 中国矿业,2012,21(7):66-69.
- [4] 丰奇成,文书明,柏少军,等. 低品位难处理氧化锌矿综合利用现状[J]. 矿产综合利用,2013(1):4-8.
- [5] 张俊辉. 浅谈氧化铅锌矿的浮选现状[J]. 四川有色金属,2004(4):13-17.
- [6] 谭欣,李长根. 国内外氧化铅锌矿浮选研究进展(II)[J]. 国外金属矿选矿,2000,37(4):2-6.
- [7] 库建刚,王安理,张文彬,等. 四川某低品位氧化铅锌矿浮选试验研究[J]. 金属矿山,2008(11):52-54.
- [8] 任占誉,王吉坤,魏昶,等. 低品位氧化铅锌矿的硫化及浮选[J]. 云南冶金,2009,38(1):27-29.
- [9] 罗进. 氧化铅矿石硫化浮选工艺研究[J]. 有色金属:选矿部分,2009(5):8-10.
- [10] Barharo M P. Comparison of Pb-Zn selective collectors using statistical methods[J]. Minerals Engineering,1999,12(4):356-36.
- [11] Zhu Yongkai, Sun Chuanyao, Wu Weiguo. A new synthetic chelating collector for the flotation of oxidized-lead mineral[J]. Journal of University of Science and Technology Beijing,2007,14(1):9-13.
- [12] 于正华,肖骏,董艳红,等. 选择性絮凝浮选法处理某低品位硫氧混合铅锌矿选矿试验研究[J]. 湖南有色金属,2014,30(4):5-9.
- [13] 韩文静. 絮凝浮选氧化铅锌矿的理论与实践[J]. 中国矿山工程,2011,40(1):22-24.
- [14] A·M·马拉比尼. 浮选螯合剂[J]. 国外金属矿选矿,2007,44(11):8-14.
- [15] Pradip. 螯合剂在选矿中的应用[J]. 国外金属矿选矿,1990(4):16-28.
- [16] Rinelli G, Marabini A. M, Xth Inter. Min. Process Congree Pap,20,29 P. The Inst. Min. Metall. London. 1973.
- [17] Xu Hongsheng, Wei Chang, Li Cunxiong, et al. Kinetics of pressure acid leaching of zinc from zinc silicate ore[J]. Advanced Materials Research,2011,402(11):266-271.
- [18] 谭欣,李长根. 以CF为捕收剂氧化铅锌矿浮选新方法[J]. 有色金属,2002,54(4):86-93.
- [19] 谭欣,李长根. 螯合捕收剂CF对氧化铅锌矿捕收性能初探[J]. 有色金属:选矿部分,2002(4):31-36.
- [20] 王祖旭. 用新型螯合捕收剂分选云南某氧化铅锌矿石[J]. 金属矿山,2014(7):89-93.
- [21] 汪伦,冷娥,毕兆鸿. 有机螯合剂在氧化锌矿浮选中的应用研究[J]. 昆明理工大学学报,1998,23(2):25-28.
- [22] 冷娥,汪伦,刘邦瑞. 应用有机螯合剂活化异极矿的研究[J]. 有色金属,1991,43(1):44-49.
- [23] 张文彬,杨启明,戈保梁. 氧化铅锌矿浮选—重选联合选矿工艺的改进[J]. 云南冶金,1989(6):21-24.
- [24] 周小四,王少东,彭芬兰,等. 某氧化铅锌矿选矿试验研究[J]. 昆明冶金高等专科学校学报,2011,27(5):1-6.
- [25] 王少东,乔吉波. 四川某高铁氧化铅锌矿选矿工艺研究[J]. 云南冶金,2011,40(3):12-18.
- [26] 程建国. 低品位微细粒氧化铅锌矿选冶工艺研究[J]. 矿冶工程,2013,33(5):106-110.
- [27] 周廷熙. 兰坪氧化铅锌矿的处理工艺探讨[J]. 国外金属矿选矿,2004(4):10-13.
- [28] Oral G, Bulut G. Flotation of Aladag oxide lead-zinc ores[J]. Mineral Engineering,2005(18):279-282.
- [29] Marabini A M, Ciriachi M. Chelating reagents for flotation. Mineral Engineering,2007(20):1014-1025.
- [30] Hosseini S H, Forssberg E. Physicochemical studies of smithsonite flotation using mixed anionic/cationic collector[J]. Mineral Engineering,2007(20):621-624.
- [31] D·J·Barton·Aufberufungs Technik[J]. 1978,6(6):252-254.
- [32] 杨敖,石道民,童雄. 激光辐照对菱锌矿浮选行为影响的研究[J]. 云南冶金,1992(1):18-24.
- [33] 童雄,杨敖. 激光辐照对菱锌矿浮选行为影响的研究[J]. 矿产综合利用,1992(4):1-4.
- [34] 中南大学. 中南大学承担的“973”课题—低品位氧化锌矿原浆浮选技术取得重大突破[J]. 中国贵金属,2010(5).
- [35] 冯其明,张国范. 氧化锌矿原浆浮选新技术[J]. 中国基础科学,2011,13(1):25-27.

Progress of Technology for the Utilization of the Lead-zinc Oxide Ore

Lan Zhiqiang, Lan Zhuoyue, Zhang Qifu

(Faculty of Land Resources Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming, Yunnan, China)

Abstract: The main characteristics of the oxidation of lead-zinc ore and the corresponding process were analyzed. The treatment methods of sulfide flotation, flocculation flotation, chelator flotation, smelt joint processes and puree flotation technology were reviewed, which provides a technical referenc for the development and utilization of the lead-zinc oxide ore. Its development and utilization should strengthen the research of the ore property and the basic flotation theoretical research, focusing on a combination of new agents, the joint of new technology, the application of new equipment and new technology to be expected to make more progress.

Keywords: Lead; Zinc; Lead-zinc oxide ore; Flotation