

文章编号:1007-967X(2007)06-0020-06

# 我国铅锌矿选矿技术现状

赵福刚

(中钢集团 马鞍山矿山研究院信息中心, 安徽 马鞍山 243004)

**摘要:**阐述了我国铅锌矿产资源的赋存特征以及特点。就国内目前铅锌矿选别在药剂、工艺流程方面的进展情况进行了说明,并列举了广东凡口铅锌矿、云南兰坪铅锌矿、南京栖霞山铅锌银矿铅锌选矿的生产实例。

**关键词:**铅锌矿;资源特征;选别药剂;选别工艺;生产实例

**中图分类号:**TD952 **文献标识码:**A

我国的铅锌矿产资源十分丰富,其中铅的基础储量达到1 248万t,资源储量3 757万t;锌的基础储量达到3 763万t,资源储量9 267万t,仅次于澳大利亚和美国位居世界第三位。据有色协会统计,2005年全国铅锌产量分别达到238万t、271万多吨,占世界总产量的32.55%、26.3%。当年铅锌消费量分别为202万t、315万t,占世界总消费量的26%、30%,在全球铅锌产业链中处于重要地位。铅锌矿作为重要的有色金属矿产资源在国民经济中具有重要作用,广泛的用于电气工业、机械工业、军事工业、冶金工业、化学工业、轻工业和医药业等领域。此外,铅金属在核工业、石油工业等部门也有较多的用途。

## 1 我国铅锌矿产资源特征

我国铅锌矿产资源经过40多年来的发展,已经形成东北、湖南、两广、滇川、西北等五大铅锌采选冶和加工配套的生产基地,其铅产量占全国总产量的85%以上,锌产量占全国总产量的95%。东北生产基地主要以七矿两厂为主,即青城子铅锌矿、八家子铅锌矿、柴河铅锌矿(现已闭坑)、桓仁铜锌矿、红透山铜锌矿、西林铅锌矿、天宝山铅锌矿和原沈阳冶炼厂、葫芦岛锌厂;湖南生产基地由水口山矿务局、桃林铅锌矿、黄沙坪铅锌矿、东坡铅锌矿和株洲冶炼厂等组成;以广东凡口铅锌矿,广西泗顶铅锌矿、大新铅锌矿、河三铅锌矿和大厂矿务局等为主组成了两广生产基地;云南会泽铅锌矿、澜沧老厂,四川有会东铅锌矿、会理铅锌矿两个主要矿山以及一批中小型矿山形成了滇川生产基地;西北铅锌矿生产基

地主要是以甘陕交界的西成-凤太矿带,包括白银有色金属公司,厂坝铅锌矿,青海锡铁山矿务局等大中型矿山。除此五大生产基地外还有内蒙古梧桐花铅锌矿、白音诺铅锌矿、翁牛特旗铜子铅锌矿、江西银山铅锌矿、南京栖霞山铅锌银矿、贵州有赫章铅锌矿、杉树林铅锌矿等主要铅锌矿山。

我国铅锌矿石矿床类型主要有五种。一是矽卡岩型铅锌矿床,为铅锌矿床重要类型之一。它具有矽卡岩型矿床的共性:矿石中铅锌品位高,并伴生有可供综合利用的金属,如铜、银、各种稀有稀散元素,主要为锗、铟、镉。此类矿床分布广泛,但规模及产状变化大;二是热液脉状铅、锌矿床,产于各种岩石的构造裂隙中,成矿作用以充填为主,矿体呈脉状,矿体品位高,分布广泛,但矿床规模变化较大。如湖南省桃林,辽宁省青城子等铅锌矿床;三是黄铁矿型铅锌矿床,这种矿床与含铜黄铁矿型矿床的特征相同,只是含铅锌多些。我国西北地区有这种类型的矿石如小铁山,黄铁矿是其中可供综合利用的主要矿物,其次为金、银;四是碳酸盐岩层中热液交代铅锌矿床,以交代作用为主。矿石组成以方铅矿、闪锌矿为主,并有石英、方解石、萤石和重晶石等伴生矿物可供综合回收利用。矿石以致密块状为主,铅锌含量较丰富。矿石中伴生的元素如银、稀散元素如镉、锗、铟可供综合利用。湖南省黄沙坪铅锌矿属于此类矿床;五是碳酸盐岩层中层状铅锌矿床,产于灰岩和白云岩中。矿体多为层状,矿化现象一般都是浸染状。矿石矿物组成主要有方铅矿、闪锌矿,有时有黄铜矿,脉石矿物主要为方解石。矿石中铅锌含量不高,但矿床规模往往较大。

• 收稿日期:2007-08-11

作者简介:赵福刚(1982-),男,工程师,主要从事矿物加工工程技术的研究。

我国铅锌矿产资源主要有以下特点:(1)矿产地分布广,集中度高。我国铅锌矿产资源分布广,铅锌合计储量超过800万t的省区依次为云南2662.91万t、内蒙古1609.87万t、甘肃1122.49万t、广东1077.32万t、湖南888.59万t、广西878.80万t,合计为8239.98万t,占全国铅锌合计储量的64%。(2)大中型矿床占有储量多,矿石类型复杂。大中型矿床的铅、锌储量分别占72%和88.4%。矿石类型复杂,单一的铅或锌矿石类型少,矿石类型比较复杂,主要矿石类型为铅锌矿石、铅锌铜矿石、铅锡矿石、铅锑矿石、铅锌锡锑矿石、锌铜矿石等。(3)共伴生组分多,综合利用价值大。我国大多数矿床普遍共伴生有50余种元素,主要有金、银、铜、锡、镉、硫、萤石及稀有分散元素。在银铅锌矿床和铅锌银矿床中,其银的储量占到全国银资源储量的60%以上,此外金的储量和产量也相当的高。(4)贫矿多,富矿少,易选矿少。根据国土资源部2001年所作的一项调查,我国铅矿山中实际最低工业品位,最低的为0.5%,最高的为4%,平均1.39%,而以0.7%~1%之间的矿山最多,占47.27%;锌矿山中实际最低工业品位,最低的矿山为0.7%,最高的矿山为18%,平均为2.95%,而实际最低工业品位在1%~3%之间的矿山最多,占73.17%。矿山铅锌品位之和多在5%~10%之间,大于10%品位的矿石仅占总储量的15%,而外国矿山品位一般都比较,铅加锌大都在10%以上。由于我国铅锌矿的伴生组分较多,铅锌嵌布粒度较细,品位低使得铅锌选矿比较困难。

我国铅锌矿资源虽然比较丰富,但也面临着严峻的形式。按照目前开采能力计算,我国已探明的铅锌资源储量仅够开采10a左右(未计远景储量)。东部地区的铅锌矿产资源已逐渐枯竭;东北、华东地区的大型矿山陆续关闭;华南地区的大型矿山经过多年开发,储量明显减少;广西等地铅锌资源超量开采之后,已经导致资源急剧消失,产量将出现递减。矿山原料不足将成为制约我国铅锌工业持续发展的关键性因素。但我国目前由于选冶技术的限制还有相当储量的矿产资源未能够得到开采利用。根据2004年国家发展和改革委员会所作的一项调查,在我国铅锌生产矿山中,目前还有数量较大的低品位和难选矿石未得到利用。例如,江铜集团银山铅锌矿目前约有300万t低品位铅锌矿还未回采,白银公司厂坝铅锌矿还有大量的铅锌品位低于4%的矿

石未予回采,湖南省水口山康家湾矿也有32万t低品位铅锌矿未得到利用,而南京栖霞山铅锌矿则有190万t难选氧化矿未得到利用(有的还压在风景区下),云南省会泽弛宏铅锌矿有占储量5%,约65万t难选氧化矿未得到利用。

## 2 铅锌矿选矿技术

我国铅锌矿产资源的特性,促进了铅锌矿选矿技术的发展。目前国内的铅锌工业矿物中,主要包括氧化铅锌矿及硫化铅锌矿。具有工业应用价值且占有重要比重的硫化铅锌矿以方铅矿( $PbS$ )和闪锌矿( $ZnS$ )为主。新鲜的方铅矿表面具有疏水性,未氧化的方铅矿很容易浮选,但表面氧化后可浮性降低。黄药、黑药是方铅矿的典型的捕收剂,黄药在方铅矿表面发生化学吸附,白药和乙硫氮也是常用捕收剂,其中丁铵黑药对方铅矿有选择性捕收作用。重铬酸盐是方铅矿的有效抑制剂,但对被 $Cu^{2+}$ 活化的方铅矿,其抑制效果下降。二氧化硫、亚硫酸及其盐类、石灰、硫酸锌或与其它药剂配合可以抑制方铅矿的浮选。闪锌矿是硫化矿物中最难浮的一种矿物,常见的闪锌矿是黄色或黑色的闪锌矿变种——铁闪锌矿。高锰酸钾浓度为 $4 \times 10^{-5} \sim 6 \times 10^{-5}$  mol/L时对活化的闪锌矿有较强的抑制作用,浓度偏高时却使其良好浮游。氰化物可以强烈的抑制闪锌矿,此外硫酸锌、亚硫酸盐、硫代硫酸盐、硫化钠等都可以抑制闪锌矿的浮选。具有工业意义的氧化铅矿主要有白铅矿( $PbCO_3$ )和铅矾( $PbSO_4$ ),白铅矿产于铅锌矿床氧化带,是方铅矿氧化成铅矾后,再受碳酸水溶液作用而形成的。常见的白铅矿以白色无色为主,共生有方解石、重晶石、方铅矿、铅矾和钼铅矿,一般白铅矿区都富含丰富的银矿。氧化铅矿物都比较容易硫化,因此处理该类氧化物一般经硫化后再用黄药或黑药为捕收剂,硫化前通常要经过脱泥处理,以去除粘土、氢氧化铁及其他泥质物质,也可以通过添加水玻璃等分散剂以克服矿泥的有害影响。主要的氧化锌矿物有菱锌矿( $ZnCO_3$ )和异极矿( $H_2Zn_2SiO_5$ )。对氧化锌矿的处理主要有通过加温硫化,在氧化锌表面形成硫化锌胶质沉淀,硫化后用硫酸铜活化加黄药进行浮选。此外还可以通过脂肪酸法来浮选氧化锌,由于矿泥对胺类药剂有显著的影响使浮选过程选择性大大降低,因此,必须进行预先脱泥或采用分散剂以克服矿泥不良影响。针对混合铅锌矿物原则流程一般是先浮选硫化物再浮选氧

化物,或先浮选铅再选锌。

### 2.1 铅锌矿选别药剂

硫化铅锌矿选矿常用的药剂有:(1)黄药类,包括黄药和黄药酯类,用来作为硫化铅锌的捕收药剂;(2)乙硫类,譬如乙硫氮。对方铅矿、黄铜矿的捕收能力强,对黄铁矿弱些;(3)黑药类,黑药也是硫化矿的良好捕收剂,能力比黄药弱些,但黑药具有一定的起泡性能,常见的有 25 号黑药,丁铵黑药,胺黑药等;(4)石灰作为常用的抑制剂,在硫化铜、铅、锌矿石中,常伴生有硫化铁矿,常通过添加石灰抑制硫化铁矿物包括黄铁矿、磁黄铁矿和白铁矿、硫砷铁矿(如毒砂)等,但添加石灰使得 pH 升高,影响松醇油类的起泡性能,此外石灰还具有一定的凝结性,影响浮选效果;(5)在碱性条件下,氰化物是铅锌分离的良好抑制剂,但氰化物属于有毒害药剂,影响环境;(6)在碱性条件下硫酸锌是闪锌矿的抑制剂,硫酸锌单独使用时,共抑制效果较差,通常与氰化物、硫化钠、亚硫酸盐或硫代硫酸盐、碳酸钠等配合使用。(7)亚硫酸、亚硫酸盐、 $\text{SO}_2$  气体,起作用的实际是  $\text{HSO}_3^-$ ,主要用于抑制黄铁矿和闪锌矿,被抑制的闪锌矿可以通过添加  $\text{CuSO}_4$  进行活化。氧化铅锌矿所用药剂有:(1)硫化剂,通常通过硫化钠或硫氢化钠将氧化铅锌矿硫化后用黄药捕收;(2)捕收剂,脂肪胺盐类或油溶性盐来捕收氧化锌矿,澜沧、奕良等地用癸二胺捕收氧化锌获得良好的效果,厂坝铅锌矿采用两性捕收剂 AE-12 与水解聚丙烯腈混合浮选氧化铅锌矿,浮选速度快而且不用起起泡剂,此外还有 RO-X、4RO-X、R-X 等捕收剂对异极矿、菱锌矿、铅矾有较强的捕收能力。泗顶铅锌矿采用十五烷基硫醇、环己烷黑药来浮选氧化铅锌矿,发现十五烷基硫醇对菱锌矿有较好的捕收能力,环己烷黑药对氧化铅矿有较好的捕收能力。此外螯合捕收剂作为高选择性的优良捕收剂已受到人们的重视,国外已有相关报道。(3)抑制剂,A.M 马拉比克发现对脉石选择性最强的抑制剂是三聚磷酸盐、聚羧基酸、甲碳酸酯瓜胶和乙羟基淀粉,此外研究发现木素磺酸钙对常见的脉石矿物方解石、石英也具有较强的抑制性。(4)其他,报道有通过腐殖酸那酸钠和拷胶作分散剂,乙二胺对菱锌矿具有活化作用,甲基、乙基、丁基二硫代碳酸盐对异极矿胺法浮选有显著的活化作用。

### 2.2 铅锌矿选别工艺

目前国内处理铅锌矿的工艺流程有:全电位控

制浮选、全浮选工艺流程、硫化浮选工艺法、重选-浮选工艺、改性胺浮选法、螯合捕收剂浮选法、浸(氨浸、酸浸)出-浮选、快速浮选、分支串联浮选、异步混合浮选、部分快速优先浮选、选冶联合等工艺,就单一浮选而言又分先铅后锌的优先浮选,先硫化矿后氧化矿的分段浮选,先浮易浮矿后浮难浮矿的等可浮流程。针对目前国内的中低品位氧化铅锌矿资源,研究重点倾向于选冶联合工艺流程,也就是选矿采用正反浮选的技术方案,生产出选冶联合技术要求的氧化铅锌精矿,但不一定是国标要求的高品位氧化铅锌精矿;冶金可以采用硫酸完成浸、净化等一系列过程产得金属。云南省会泽铅锌矿的深部高品位富锗铅锌混合矿,研究成功“先硫后氧-先铅后锌-等可浮-异步选铅-留着硫异步混选-硫化铅、锌、黄铁矿分离-氧化铅硫化浮选-氧化锌不脱泥浮选的复杂多金属硫化矿-氧化混合矿综合选矿新技术”,并已成功地用于新建 65 万 t/a 的选矿厂。电位调控及电化学控制浮选先后在凡口铅锌矿、南京铅锌银矿、青海锡铁山铅锌矿等数家铅锌选矿厂应用。实践证明其具有技术先进、流程简单、药剂用量少、分选指标高、对不同类型铅锌硫化矿适应性强、稳定性好、环境污染少等明显优点,属我国国内外重大创新,对浮选理论的发展做出了重大贡献。李显元对某难选铅锌矿采用将不同性质的矿石分开进行浮选,直接生产混合精矿的技术方案明显降低了生产成本,提高了经济效益。云南某黄铁矿型含银铅锌多金属硫化矿采用优先浮选流程及所选药剂条件处理该试料可获得铅品位 57.33%、铅回收率 94.08%、银品位 2 201.72 g/t、银回收率 83.14% 的铅精矿;锌品位 48.28%、锌回收率 88.38% 的锌精矿和硫品位 45.09%、硫回收率 77.39% 的硫精矿。浙江遂昌花园岭四号铅锌矿采用优先浮选流程,最终闭路试验获得:铅精矿品位 56.63%、铅回收率 70.70%、锌精矿品位 55.76%、锌回收率 90.92%、硫精矿品位 49.50%、硫回收率 81.68% 的试验指标,其中锌精矿、硫精矿均为一级品。黄沙坪铅锌矿近几年将选矿工艺由等可浮改为优先浮选的生产实践,新工艺指标稳定,成本低,尤其是重选选硫为该矿工艺上的突破,为企业创造了显著的经济效益。水口山铅锌矿采用高浓度粗粒快速浮选生产工艺,提高了设备处理能力和浮选技术指标,同时降低了生产成本,取得了显著的经济效益。某氧化铅锌矿石氧化率高达 92% 以上,采用硫化-黄药法浮铅、

硫化-胺法浮锌的不脱泥浮选工艺,并采用 D6 调整剂,可获得铅精矿含铅 60.89%、含锌 5.84%、铅回收率 92.72%;锌精矿含锌 36.4%、含铅 0.5%、锌回收率 83.22% 的试验指标。生产实践结果表明工艺条件合理,指标稳定可靠。庆元铅锌矿根据原矿的性质优化选矿流程,将易选的巨鸟洞矿石通过粗精再磨再选,直接浮选生产高品位、高质量的铅精矿和锌精矿。较难处理的老鹰岩矿石先混合浮选,产出铅锌混合精矿,然后用摇床分选出部分铅精矿,该工艺提高经济效益。郭兴忠等利用熔融还原法的基本原理,对低品位氧化锌矿采用铁浴熔融还原法和铝浴熔融还原法进行了研究,获得试验结果为:原矿 22.15% Zn,采用铝浴还原法处理,氧化锌粉中 ZnO 为 98%~99%,锌的回收率超过 95%,并认为熔融还原法更适于火法处理氧化锌矿。王国军以氧化铅锌矿为原料,采用硫酸浸出、净化除杂、碱锌合成、干燥煅烧等工序制取活性氧化锌,锌的回收率可达 92%,ZnO 的含量为 98.5%~98.9%,并可实现铅锌分离。

我国氧化铅锌矿的浮选最主要的难题就是矿泥的问题。矿泥包括原生矿泥和次生矿泥,原生矿泥主要是矿石中的泥质矿物如高岭土、绢云母、绿泥石等,次生矿泥主要是指碎矿、磨矿、运输、搅拌等过程中由于过粉碎所形成的。矿泥使硫化剂的有效浓度降低,且矿浆溶解度增大,增加了硫化剂的用量,矿泥常常污染氧化矿表面,失去其原有浮游性;矿泥黏附在颗粒矿物的表面,阻碍了目的矿物与捕收剂发生作用。此外矿泥还易附着在液-气表面随着泡沫进入精矿中,使精矿品位下降。针对矿泥对氧化铅锌矿浮选的阻碍原因,目前采用的脱泥方法有:(1)矿石预处理工艺,通过水力旋流器分级脱泥;(2)添加水玻璃、碳酸钠、六偏磷酸钠将矿泥分散,消除细泥覆盖在其他矿粒表面上的有害作用;(3)分段分批加药,避免一次性加药被矿泥吸附;(4)采用较稀的矿浆浓度,减少粘性及其在粗粒表面的覆盖。(5)其他,会泽铅锌矿采用混合胺与仲辛基黄药合用不脱泥直接浮选氧化锌;对矿浆进行电化学预处理,降低矿泥对胺法浮选氧化锌的影响;国外有通过在浮选过程中,加入调整分散矿浆,抑制脉石,再加入絮凝剂,絮凝细泥,加入硫化物硫化,用巯基羧酸酯及塔尔油和 2 号燃料油混合浮选。

### 3 生产实例

由于我国铅锌矿产资源共伴生组分大,而且综

合利用的价值比较高,因此铅锌选厂实际生产过程中的浮选技术都比较复杂,一般不仅仅要回收铅锌矿资源还要回收银、铜、锗等。特列举国内相关铅锌矿生产实践经验来阐述国内铅锌选矿技术的进展。

#### 3.1 广东凡口铅锌矿

凡口铅锌矿位于广东省韶关市北东 48 km 处,铅锌矿锌储量 549.28 万 t,铅储量 279.9 万 t,铅锌品位分别为 4.89%、9.12%,铅锌储量在国内排名仅次于云南兰坪,而品位则位居国内铅锌矿之首,是国内综合质量最优的铅锌矿,且富含银、汞、镉、锗、镓等伴生稀贵金属,属铅锌银镓锗矿。凡口铅锌矿是热液交代形成的不均匀复杂嵌布的铅锌铁高硫复合硫化矿,矿石中主要矿物为黄铁矿、闪锌矿、方铅矿,次要矿物为白铁矿、磁黄铁矿、铅矾、白铅矿、毒砂矿、淡红银矿、辉银矿、车轮矿、黄铜矿和菱锌矿等。脉石矿物主要为石英、方解石、白云石、绢云母和绿泥石等。现在日采选铅锌矿石 4 000~4 500 t,年产精矿铅锌金属含量 15 万 t 的综合生产能力。目前正进行技术改造,以提高采选能力,计划将铅锌精矿产能从目前的 15 万 t 扩大到 18 万 t,矿石设计规模为 5 500 t/d,年处理能力约 168 万 t/a,计划在 2008 年底前实现。目前凡口采用三段闭路磨矿,高碱电位调控快速分支浮选。原矿经过一段磨矿磨至  $-74 \mu\text{m}$  84% 时,85% 的铅锌矿物都实现了单体解离,进行螺旋分级,再旋流分级将这部分铅矿物进行快速粗选,粗选精矿再经过三次精选后得到高精铅矿,将旋流器分选的尾矿再进行闭路磨矿;快速粗选后的尾矿再进行一次粗选,再进行旋流分极,分级后的粗选精矿经过 5 次精选后得到高精铅矿,分级后尾矿再经过一段闭路磨矿;铅粗选后的尾矿再进行扫选,扫选精矿返回上段粗选,扫选后的尾矿进行锌的快速粗选,所得精矿再经过两次快速精选,得到高锌精矿,尾矿返回上段快速粗选;快速粗选后的尾矿再进行锌的粗选,粗选后的精矿再经过 4 次精选,尾矿再进行 2 次扫选,扫选精矿返回上段粗选,尾矿浓密后再选硫。铅粗选的药剂采用乙硫氮与丁基黄药(1:1)混合捕收剂,采用抑制剂 PS 抑制黄铁矿强化铅粗选效果,pH 值控制在 12.5 左右,选铅后用  $\text{CuSO}_4$  作活化剂,丁黄药作捕收剂,石灰作抑制剂来浮选锌精矿。锗、镓等伴生的稀贵金属大部分附含在锌精矿中。

#### 3.2 南京铅锌银矿业有限责任公司

南京铅锌银矿地处江苏省南京市栖霞区,是华

东地区最大的铅锌硫银有色金属矿山,矿石为高硫铅锌银矿。原矿含铅 4.0%、锌 8.0%、硫 27.0%、银 110 g/t,矿石类型主要为方铅矿、闪锌矿,其次为黄铁矿、菱锰矿,银矿石较分散,且粒度非常细,独立银矿物有银黝铜矿、碲银矿、银金矿、辉银矿、硫铅铋银矿、脆硫铋铅银矿;脉石矿物有石英、方解石、白云石、重晶石等,有用元素为铅、锌、银、硫 4 种。硫化矿中银为 94.46%,脉石中银为 3.88%,其余 1.66% 的银呈类质同象存在于晶格中。银矿石粒度多数小于 20  $\mu\text{m}$ ,目前选厂的生产能力达到 1 310 t/d,年处理能力达到 35 万 t,年产各类精矿达 24 万余吨。南京铅锌银矿选矿厂破碎工段采用二段一闭路流程。粗碎采用 PE500 mm  $\times$  750 mm 颚式破碎机,给矿粒度  $\leq$  425 mm,排矿粒度  $\leq$  100 mm,粗碎富余能力较大,处于间段性作业;细碎采用 Nordberg 公司的 GP100M 型液压圆锥破碎机,并与 SZZ-1 250 mm  $\times$  1 000 mm 的双层振动筛组成闭路流程,筛面采用筛孔尺寸 14 mm  $\times$  14 mm 的耐磨合金编织筛,破碎平均粒度 6.41 mm。磨矿采用一段闭路磨矿,有两个系列,球磨机采用  $\varnothing$ 2 100 mm  $\times$  3 000 mm 格子型球磨机,球磨机台时能力为 18.2 t,磨矿细度 77% - 200 目,分级溢流浓度 33% - 35%。浮选采用铅、锌、硫依次优先浮选流程。浮选工艺采用电位调控浮选新工艺、快速选铅选锌及分步选银新技术,使铅锌硫银的浮选速度变快,缩短流程。针对在高碱电位条件下部分独立矿物受石灰抑制比较强烈很难入选到铅精矿中的情况,采用先苯胺后硫氮电位调控分步浮选工艺,即先用苯胺黑药为主的混合捕收剂在高电位下快速选铅、银,再用乙硫氮为主的混合捕收剂在低电位下浮选剩余铅、银,实现在不同电位条件下的铅、银的有效上浮。主要药剂方案为用  $\text{ZnSO}_4 + \text{NaSO}_3$  作锌硫抑制剂,丁铵黑药 + 苯胺黑药作捕收剂优先浮铅;铅尾用  $\text{CuSO}_4$  作活化剂,石灰抑硫,选锌采用先丁基黄药和乙硫氮后丁基黄药和 310 复合黄药作捕收剂;锌尾用 310 复合黄药选硫,起泡剂为  $\text{RB}_4$ ,针对后期选别过程中泡沫发粘情况通过加入水玻璃来降低泡沫粘性。目前铅精矿品位达到 64.82%,回收率达到 90.32%;锌精矿品位 52.66%,回收率达到 93.00%;铅精矿中银品位 291 g/t,锌精矿中银品位 102 g/t。

### 3.3 云南兰坪铅锌矿

云南兰坪铅锌矿位于兰坪县城西北 18 km 处,是我国迄今探明储量最大的铅锌矿床,也是亚洲第

一、世界第四大铅锌矿床。兰坪铅锌矿具有储量大、金属品位高、储量集中、铅锌矿物氧化程度深、嵌布粒度细、风化泥化严重、构造复杂、多金属共存等特点。现已探明的金属储量达 (Pb + Zn) 1 553 多万 t,矿区共生、伴生有镉、铊、天青石(规模均为大型,储量位居中国前列)及银、硫、石膏等多种有用矿产。矿区有架崖山、蜂子山、北厂、跑马坪等 7 个矿段,架崖山和北厂是两个主要矿段。矿体分布集中在 11  $\text{km}^2$  范围内,共含矿体 129 个,多呈层状、似层状产出,其中 I、II 2、XI 1 三个矿体,铅锌储量均在 200 万 t 以上,矿体长 600~1 450 m,延伸 370~800 m,平均厚 27.31~42.2 m,富矿比例大,铅锌合计品位达 9.44%。兰坪铅锌矿的氧化矿和混合矿的铅锌金属量占铅锌金属储量 55.4%,架崖山矿段锌的氧化率高达 75% 以上。兰坪铅锌矿中矿物种类繁多,其中铅矿物有白铅矿、铅矾、方铅矿、铅硬锰矿、砷菱铅矿、铅铁矾、磷氯铅矿;锌矿物有铁菱锌矿、菱锌矿、水锌矿、异极矿、黑锌锰矿、闪锌矿;共伴生矿物有黄铁矿、褐铁矿等;主要脉石矿物有石英、方解石,还有少量长石、黏土矿物、白云石、玉髓等。方铅矿与闪锌矿、黄铁矿等紧密共生,铁菱锌矿呈细微粒与褐铁矿嵌布紧密。兰坪铅锌矿根据矿物岩性可分为含钙、镁高的碳酸盐类的灰岩型氧化矿和含硅高的硅酸盐类砂岩型矿石。灰岩型氧化矿主要以菱锌矿为主,由于氧化程度深产生一些变种和易粉碎泥化的矿物,此外还含一些褐铁矿,褐铁矿与菱锌矿及方解石的浮选性质相似,增加了浮选难度;砂岩型矿石在风化淋积过程中形成许多次生矿物,此外还含些褐铁矿,不易泥化,但氧化锌矿物中硅酸盐矿物占 30% 以上,使锌精矿含硅高。兰坪铅锌矿对架崖山矿(主要含氧化锌)采用三段碎矿一段闭路磨矿工艺对原矿进行处理。原矿粗碎后进行洗矿筛分,粒度大于 5 mm 的进入二段中碎,小于 5 mm 的进入洗矿分级,分级后大于 0.5 mm 的进入中碎,小于 0.5 mm 的进入浓密池;中碎产品筛分分级,大于 23 mm 的再进行闭路细碎,小于 23 mm 的进入粉料仓;粉料仓物料再经过格子型球磨机进行细磨,磨矿产品经过水力旋流器分级后进入浮选,将碎至 80% - 200 目的矿物进入浮选工艺。有用矿物先进行铅的浮选,经过一粗一扫三精选别出铅精矿,接着进行一粗一扫二精选别出硫精矿,然后在经过一粗二扫三精选别出硫化锌精矿,对扫选尾矿再经过两段脱泥后进行氧化锌的浮选,经过二粗二扫三精选别后得

到氧化锌精矿。兰坪铅锌矿的主要问题是矿石的泥化问题,合适的磨矿粒度以及如何在浮选过程中脱去大量的矿泥是兰坪铅锌矿急需解决的问题。针对北厂以砂岩氧化矿石为主的矿石,首先进行硫化铅-硫混浮,再进行铅-硫分选,得到硫化铅精矿;混浮后的尾矿浮选出 ZnS 进行再进行脱泥,脱泥后再浮游分选氧化铅和氧化锌。此外还研究通过重介质分选法,将给料分成重产品、轻产品,再将两种产品依次分选硫化铅、硫化锌、氧化铅、氧化锌等。浮选硫化矿采用碳酸钠、硫酸铜、丁基黄药、松醇油等药剂,浮选氧化锌采用六偏磷酸钠、硫化钠、TA、BK、松醇油等。

我国铅锌矿选矿技术的发展主要还依赖于选别药剂以及工艺流程的优化技术。针对硫化铅锌矿目前电位控制浮选是值得普遍推广的,我国在这方面的技术应该可以说是国际领先的。氧化铅锌矿石的选别主要关键还在于如何解决矿泥的问题,防止过粉碎现象。因此在对氧化铅锌矿石的碎磨工艺进行改进,合理控制磨矿细度方面应该加强研究,在浮选过程中,针对出现的细泥情况如何通过选别药剂以及改进工艺流程来降低细泥对浮选效果的影响是值得关注的。对中低品位的氧化铅锌矿石加强选冶联合工艺的研究也是大方向之一。

#### 参考文献:

[1] 朱龙华,薛玉兰,朱建光.氧化铅锌矿浮选研究进展[J].江西有色金属,1997,(011)004:19~22.

- [2] 谭欣,李长根.国内外氧化铅锌矿浮选研究进展[J].国外金属矿选矿,2000,(4):2~6.
- [3] 李显元.难选铅锌矿选矿工艺改造实践[J].湖南有色金属,2006,(05):22~24.
- [4] 周强.云南某铅锌矿选矿工艺试验研究[J].矿冶工程,2005,(06):41~44.
- [5] 汪云峰,何炳林,倪燕群.浙江遂昌花园岭四号铅锌矿选矿试验研究[J].有色金属(选矿部分),2005,(02):13~16.
- [6] 倪章元,曾建喜.黄沙坪铅锌矿选矿工艺改造生产实践[J].矿产保护与利用,2003,(02):31~34.
- [7] 聂世华,李绍元.高浓度粗粒快速浮选生产实践[J].有色金属(选矿部分),2002,(04):4.
- [8] 李松春.某氧化铅锌矿选矿试验研究与生产实践[J].有色矿山,2002,(02):31~33.
- [9] 向辉.庆元铅锌矿选矿工艺改进[J].有色金属,2001,(04):53~55.
- [10] 郭兴忠,张丙怀,阳海彬,等.氧化锌矿火法处理新工艺——铁浴熔融还原法[J].有色冶炼,2002,(2):18~22.
- [11] 郭兴忠,张丙怀,阳海彬,等.熔融还原处理低品位氧化锌矿的研究[J].矿冶工程,2003,(1):57~60.
- [12] 王国军.氧化铅锌矿制活性氧化锌工艺研究[J].常州师范学院学报,1998,(4):30~34.
- [13] 郑伦,张笃.电位调控浮选在凡口铅锌矿的应用[J].中国矿山工程,2005,(2):1~5.
- [14] 张笃,郑伦.凡口矿铅浮选特性研究与流程改进实践[J].有色金属(选矿部分),2004,(6):1~4.
- [15] 蒋明华,杨世中,杨建宇.兰坪铅锌矿氧化矿选矿工业试验研究[J].有色金属(选矿部分),2007,(3):5~7.
- [16] 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):10~13,18.
- [17] 李学清.兰坪难选氧化铅锌矿选矿试验研究[J].有色金属(选矿部分),2003,(1):1~2.
- [18] 李学清.兰坪难选氧化铅锌矿碎磨工艺实践与探讨[J].云南冶金,2003,(5):14~16,18.

## The Present Situation of the Concentration of Pb - Zn Ore

ZHAO Fu-gang

(Sinosteel Group Maanshan Institute of Mining Research, Maanshan 243004, China)

**Abstract:** This article described the distribution and occurrence of China's Pb - Zn resources and introduced the reagent and technology flowsheet by taking the Guangdong Fankou Pb - Zn mine, Yunnan lanping Pb - Zn mine and Nanjing xixiashan Pb - Zn - silver mine as example.

**Key words:** Pb - Zn mine; resource features; dressing reagent; dressing technology; product practice

### 《有色矿冶》编辑部搬迁通知

《有色矿冶》编辑部现已搬迁至沈阳市沈河区十三纬路58号,有色大厦1103号。

特此通知!

电 话:024-22719623

传 真:024-22717674

电子信箱:yskym@126.com

邮政编码:110014