悬振锥面选矿机的工业应用现状

张松¹, 杨波¹, 孙欢^{1,2}, 姚栋¹, 邱凯¹, 肖日鹏³

(1. 昆明理工大学国土资源工程学院, 云南 昆明 650093; 2. 有色资源利用国家重点实验室, 云南 昆明 650093; 3. 昆明理工凯吉思科技有限公司, 云南 昆明 650093)

摘要: 介绍了一种新型的锥面铺展流膜重选设备—悬振锥面选矿机的工业生产应用现状, 凸显了其在微细粒矿物分选中的独特优势, 为微细粒矿物的清洁利用回收提供了技术参考。

关键词: 锥面铺展流膜; 悬振锥面选矿机; 微细粒矿物

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2019.03.005

中图分类号: TD989

文献标志码: A

文章编号: 1000-6532 (2019) 03-0022-06

随着人类社会经济不断发展进步, 矿产资源的开采规模和需求日益增长, 矿石入选品位逐年贫化, 单一矿床逐渐减少, “贫、细、杂”矿产资源的开采利用成为世界性难题, 尾矿产出量也逐年剧增。据报道^[1], 每年全世界 1/5 的钨矿物、1/3 的磷酸盐矿物、1/6 的含铜矿物、1/10 的铁矿物(美国)、1/2 的锡矿物(玻利维亚)以及其他数以亿吨的矿物以原生和次生矿泥的细粒或微细粒形式损失于尾矿中, 尾矿资源开发利用的潜力巨大, 尤其是世界战略性金属资源钨、锡等金属矿产^[2], 然而尾矿中微细粒有价值组分的分离难度大, 通过研究影响矿物分选及分离的主要因素和微细粒矿物富集规律, 研发高效低耗的新设备和与之相匹配的选别工艺是实现资源综合回收的有效途径。

近年来, 流膜重选设备成为细粒级尾矿资源再回收的主要设备^[3], 悬振锥面选矿机利用拜格诺剪切理论和斜面流膜分选理论研发而成的新型环保重选设备, 主要应用于钨、锡、钽、铁、锰、锑、铅、黄金、金红石、重晶石等微细粒级有价金属矿和非金属矿的再回收, 弥补了传统重选设备(摇床、溜槽等)处理微细粒级矿石难回收的技术缺陷,

为实现尾矿资源二次利用和提高综合回收率提供了技术参考。

1 悬振锥面选矿机的开发

悬振锥面选矿机由昆明理工大学杨波副教授于 1995 年开始研发, 2006 年成功开发出第一台 $\Phi 1.2\text{ m}$ 的试验机, 经过多年不断调试改进以及设备优化, 2009 年在广西省华锡集团完成工业机现场生产试验, 2010 年在蒙自矿冶选厂进行单机工业生产试验取得了突破性的进展, 2011 年 10 月使用 $\Phi 4\text{ m}$ 工业机建成尾矿再选生产系统, 获得较好的工业生产指标。

悬振锥面选矿机主要由给矿装置-给矿盘、给水装置-矿浆补水管、分选装置-锥面分选盘、洗涤装置-渐开线洗涤水、精矿冲洗水和驱动装置电机-振动电机、转动电机等组成。主机驱动分选盘转动以及分选盘规律性振动, 矿浆通过给矿装置给入分选盘粗选区形成矿浆薄膜流层, 主机驱动盘面的转动和回旋振动作用形成剪切分散压, 有效保证矿浆中细粒和微细粒级矿物在粗选区形成悬浮松散的层流流态。悬浮松散的矿浆层流流

收稿日期: 2018-06-16; 改回日期: 2018-09-29

作者简介: 张松 (1992-), 男, 在读硕士研究生, 从事微细粒矿物重选设备开发与尾矿资源回收等方面的研究。

通讯作者: 杨波 (1964-), 男, 副教授, 从事微细粒矿物重选理论与尾矿资源回收等方面的研究。

膜在受到重力、分选盘面旋转以及振动作用下，势能转换为动能，向分选盘面边缘呈扇形铺展开，形成均匀的矿浆层流，流膜流速逐渐变慢，流膜厚度也逐渐变薄，从而减少了矿物颗粒的沉降距离，有易于细粒和微细粒级重矿物沉降。此时密度较大的细粒级和微细粒级重矿物沉降至层流下层并粘附于分选盘面之上，密度较小的轻矿物悬浮于矿浆层流上层，密度较小的粗颗粒矿物和部分单体未解离的重矿物沉降至矿浆层流中层，实现矿浆流膜中不同矿物之间按密度差异进行分层。矿浆层流上、中、下三层之间存在流速差，层流上层轻矿物随着矿浆流膜进入尾矿槽，层流中层的矿物伴随分选面的转动，被渐开线洗涤水冲入中矿槽，粘附于分选锥面上的细粒和微细粒级重矿物受到分选盘面的滞留作用富集在盘面上，最后随着盘面转动和渐开线洗涤水的冲洗作用运动至精矿端，被精矿冲洗水冲入精矿槽^[5]。

2 悬振锥面选矿机的工业应用概况

2.1 锡矿的应用

当前微细粒锡石回收多采用浮选工艺，但锡石浮选药剂成本高且多为有毒有害物，在生产、排放和储存上均存在较大的安全和环保隐患。同时锡石容易过粉碎，造成大量微细粒锡石难以回收，资源流失严重。悬振锥面选矿机对微细粒锡石的回收率可达80%，富集比达到8~20，给难选细粒锡石提供了新的回收途径。目前在云南蒙自、个旧宏盛、广西华锡凤凰山、江西金龙锡业、缅甸佤邦、文山鼎基矿业、缅甸佤邦荣玲公司、玻利维亚达牙蒙达利亚矿业、内蒙林西力丰矿业等矿山企业得到应用，取得了良好的经济价值和社会效益。

云南蒙自矿冶对含铅、锌、锡等多金属硫化矿采用高碱法浮选铅、锌，摇床再选锡。矿石中有价矿物结晶粒度细、铅锌分离时石灰的添加量大，摇床床面结垢，严重影响其生产作业。该厂重选尾矿中-37 μm锡金属占74.68%，单一摇床作业致使大量细粒锡损失。据2010年统计，该厂原

矿中锡品位为0.302%，产出精矿锡占40.23%，回收率仅为38.70%，60%以上的锡流失于尾矿中。杨波等^[6]采用悬振锥面选矿机对该厂-37 μm 60%的二段细泥摇床尾矿一次选别，得到品位7.80%、回收率68%的锡精矿，锡的富集比达到13.61。此后该厂建成尾矿再选系统，处理能力达到摇床的8~10倍，-19 μm锡矿的回收率高出摇床10%。

广西省华锡长坡选厂的摇床细泥尾矿中锡品位0.18%，含泥量大，锡金属主要分布在0.074~0.019 mm粒级，使用传统重选设备难以回收。秦广林^[7]采用悬振锥面选矿机进行试验研究，通过调整选矿机的振动频率和转速得到含锡品位1.34%、回收率46.97%的锡中矿，验证了该摇床细泥尾矿中锡石可再回收利用。随后针对广西大厂细泥尾矿中微细粒锡石用传统重选设备和浮选方法有效回收的现状，秦广林^[8]通过试验样机试验发现，0.074~0.019 mm粒级内的重金属矿物均可有效回收。大厂尾矿中的主要脉石矿物石英占总量的40.95%，锡品位为0.30%，具有较高的回收价值，锡金属主要分布在0.074~0.019 mm粒级中，含量占58.84%。工业试验采用Φ3 m工业机，处理量为18 t/d时，得到锡精矿的品位为2.04%、回收率47.50%、富集比6.78。水析试验表明0.074~0.037 mm粒级内的金属回收率为76.72%，0.037~0.019 mm粒级内金属回收率为71.85%，表明悬振锥面选矿机对广西大厂细粒锡石有明显的分选效果。

江西会昌某锡选厂采用悬振选矿机对含锡品位0.1%~1.35%的细泥尾矿一次选别，获得精矿品位20%，回收率48.76%~72.9%的良好指标，其富集比达到14以上。有用矿物的充分单体解离是实现选矿回收的前提^[9]，缅甸佤邦某锡选厂入选矿石的原矿品位和细粒锡石含量较高，为获得品位高于40%的合格锡精矿，需充分细磨以保证较高的单体解离度，然而有用矿物的过粉碎致使传统重选回收效果不甚理想^[10]，抛尾的锡品位高达1.2%以上，采用悬振锥面选矿机对该尾矿中的细粒锡再选，获得锡品位18%~20%、回收率达75%~80%的分选指标。

2.2 钨矿的应用

湖南柿竹园钨锡多金属矿床位于南岭中段,矿种多,矿床规模大、共伴生矿物丰富,被誉为“世界有色金属博物馆”^[11]。黄翔等^[12]采用 $\Phi 1.2\text{ m}$ 试验机对处理量 1500 t/d 的柿竹园多金属选厂黑钨细泥浮选尾矿进行探索试验,一次粗选便获得含 WO_3 品位 35.33% 、回收 74.27% 的良好指标。后期的现场工业试验得到 WO_3 品位为 30.23% 、回收率 75.72% ,含 Sn 品位 4.97% 、回收率 67.90% 的钨锡混合精矿,连同伴生的细粒级锡矿物均可一并回收。

柿竹园多金属选厂白钨加温精选尾矿含 WO_3 品位约为 1.10% 、 Sn 品位约 0.38% ,钨矿物主要为黑钨,以及少量白钨,由于该尾矿细泥量大、矿浆粘稠,同时加温浮选导致黑钨表面受到大量药剂影响,传统重选设备和浮选工艺难以回收该尾矿中细粒级含钨矿物和锡矿物,谢加文等^[13]采用悬振工业机进行单机工业试验,获得 WO_3 品位为 10.50% 、 Sn 品位为 2.96% 的锡钨混合精矿。采用摇床进行工业对比试验,保证精矿品位大体一致的情况下,悬振锥面选矿机采用一粗一精(中矿返回)的试验流程,获得含 WO_3 品位为 22.20% ,含 Sn 品位为 4.50% 的锡钨混合精矿,回收率分别为 68.04% 、 41.83% ,单台摇床试验获得锡钨混合精矿中含 WO_3 品位为 15.23% , Sn 品位为 3.51% ,回收率分别为 32.64% 、 24.77% 。对比试验显示悬振锥面选矿机获得含混精矿较单台摇床 WO_3 、 Sn 品位提高 6.97% 、 0.99% ,回收率提高 36.40% 、 17.06% ,说明悬振锥面选矿机处理该白钨加温浮选尾矿中的细粒锡钨矿物的回收效果优于摇床,处理能力是摇床的 $2\sim 3$ 倍。

成鹏飞等^[14]针对于铁山垅钨矿选厂尾矿中含 WO_3 品位为 0.19% 的细粒黑钨矿难以回收的问题进行多年研究,采用悬振锥面选矿机进行小型试验和工业机试验,最终获得品位 3.28% 、回收率 43.85% 的试验指标,为该选厂摇床尾矿中细粒黑钨矿再回收提高了技术参考。

2.3 铁矿的应用

玉溪新平大红山矿业是昆钢铁矿石的主要资源基地,铁矿地质储量 4.6 亿 t ,矿体地质平均品位为 40% ,日产出 2000 t 品位为 20% 的铁粗精矿,其中 $-37\ \mu\text{m}$ 粒级占矿石总量的 50% 以上,悬振锥面选矿机 $\Phi 4\text{ m}$ 工业机一次分选获得品位 57% 、回收率达 40% 的铁精矿,年产铁精粉约 26 万 t ,经济效益近亿元。

昆钢罗茨铁矿将高梯度磁选机与摇床构成联合扫选作业,联合扫选尾矿 300 t/d ,含铁品位 21% 左右,其中 -0.037 mm 细粒级约占 70% ,摇床难以高效回收该部分细粒级铁矿。2013年底该厂采用 20 台悬振锥面选矿机进行再选,获得含铁品位 55% 、回收率 43.65% 的铁精矿,日产精矿 50 t 。

玉溪中远矿业摇床排尾量为 500 t/d ,浓度为 13% ,含铁为 20% 、其中 $-43\ \mu\text{m}$ 80% 、 $-20\ \mu\text{m}$ 的超级细泥占总尾矿量的 30% 。悬振选矿机回收堆存的摇床铁尾矿时,先采用预先脱泥-悬振再选工艺脱除约 100 t/d 矿泥并将尾矿浆浓度浓缩至 25% 进入悬振分选,中矿返回浓密机形成闭路循环,一次分选可产出品位 55.87% 、回收率 60.88% 的铁精矿,而同等给矿条件下摇床单台处理量 13 t/d ,产出品位 55.64% 、回收率仅为 13.73% 的铁精矿,悬振锥面选矿机相比摇床精矿品位大致相同,回收率提高了 47.15% ,回收率优于摇床。

云南东川因民镇铁选厂采用 $\Phi 4\text{ m}$ 工业机在长丰源选厂进行单机工业试验,摇床尾矿含铁品位 26% ,悬振锥面选矿机一次选别得到品位 62% 的铁精矿。鲕状铁矿是具有多层包裹结构的特殊型矿,为使其充分解离,细磨产出大量的微细粒次生矿泥。牛福生等^[15]采用悬振对原矿品位 43.88% , -0.074 mm 91.01% 的微细粒难选鲕状赤铁矿进行了试验研究,产出品位为 60.21% 、回收率为 50.52% 的铁精矿,悬振锥面选矿机分选鲕状赤铁矿相较于传统重选设备摇床和溜槽效果较好。

2.4 其他矿种

悬振锥面选矿机在河北丰宁满族自治县王营金矿矿业公司、云南木利锦业、四川攀枝花新鼎圣建材厂高铁厂炉尘灰中铁的回收中得到了广泛

的应用。

云南澜沧兴锐贸易排出 200 t/d, 浓度为 28% 的浮选尾矿, 该尾矿含硫品位 15%、-200 目 70%。该厂采用悬振锥面选矿机处理含铁、硫品位分别为 18.27%、15.22% 的溜槽重选尾矿, 原工艺获得铁品位为 42%, 回收率 35.07%, 硫品位为 41%, 回收率为 41.09%, 采用旋流器隔离出约 70t/d 的粗砂尾矿后用悬振选矿机进行选别, 产出硫品位为 42.30%、回收率为 50.09% 的硫精矿, 最终排放的尾矿中含铁 13.41%, 含硫仅为 9.82%。

云南永平阿古寨多金属矿区铜尾矿粒度细、含泥量大, 大量细粒金赋存在微细粒级黄铁矿之中, 含金品位为 1.1 g/t, 脉石主要为石英, 采用悬振粗选-浮选精选工艺产出品位为 32.78 g/t 的金精矿, 回收率达到 76.81%。首钢硼铁有限公司采用悬振选矿机对细粒晶质铀矿一次选别, 与摇床分选对比, 悬振选矿机的回收率和精矿品位均提高了一倍多。

江西三和金业是一家黄金冶炼企业, 该厂浸渣金品位长期在 4 g/t 左右波动, 在采用摇床再选回收工业后技术经济指标有所改善, 但摇床尾矿中金品位依然高达 2.5 g/t。为进一步降低摇床尾矿中的金品位, 采用工业型悬振锥面选矿机一次粗选, 获得含金品位 10.08 g/t 的粗精矿, 作业回收率达到 31.85%。为继续提高精矿品位采用分级一次分选的工艺试验, 得到含金品位 15.53%、金作业回收率 55.69% 的粗级精矿, -10 μm 粒级回收效果较差, +10 μm 粒级回收效果较好, 分级-分选流程有效节约了企业成本, 精矿品位和回收率也得到提高^[16]。

3 前 景

现今矿产资源贫细杂化, 矿业形势严峻。悬振选矿机回收粒度下限低, 处理能力是矿泥摇床的十几倍, 回收率比同类技术高出约 10 个百分点, 有效保证了富集倍数, 能在短期内高效开发大量残存于新老尾矿中的微细粒潜在宝藏, 缓解尾矿库压力。设备占地面积小, 运行平稳, 无震动噪

声污染。国土部的数据表明现今我国矿石的年开采量约为 16 亿 t, 适合悬振锥面选矿机分选的矿石近亿吨, 应用空间广阔。

近年来, 传统单一选矿理论和生产工艺正被多种选矿理论及设备的交叉组合所取代, 以求提高尾矿资源的综合回收率。杨波等^[17]将悬振选矿机与摇床联合进行细粒尾矿回收, 悬振粗选产出的初级粗精矿用摇床精选, 该联合工艺不使用选矿药剂, 适用性广泛, 对存在密度差异的低品位细粒锡、钨、钛、铁、铅、锌、锰等重矿物或尾矿的分选效果显著, 设备的配套应用综合了悬振选矿机和摇床两种设备的优势, 突破了单一设备的技术局限, 形成一套独具特色的矿泥分选系统, 从而产出高质量的产品。例如: 云南大红山尾矿主要含品位为 14.56% 的细粒赤铁矿, 传统工艺回收效果有限。朱运凡等^[18]采用强磁抛尾-悬振联合分选工艺获得品位 54.02%, 回收率 34.68% 的铁精矿, 尾矿中含铁品位降至 10.54%, 突破传统单一分选工艺和原理的构成, 将高效低耗系列新设备和与之相匹配的传统选别工艺联合使用是实现新老尾矿中低品位细粒物料开发和综合利用的关键。

悬振锥面选矿机在处理锡、钨等有色金属矿物微细粒级有其特有的分选优势, 可高效回收摇床尾矿和浮选尾矿中微细粒级有价金属矿物, 富集倍数一般为 2~15 倍的范围, 但单台设备一次作业产出的精矿通常达不到合格品位, 一般采用粗选-精选-扫选等闭路流程提高其精矿品位; 在处理钛、铁等廉价金属矿物时, 单台设备处理能力不足、占地面积较大, 制约了悬振锥面选矿机在铁矿分选领域的大范围推广应用; 悬振锥面选矿机对给矿粒度的要求较高, 一般在 -74 +37 μm 粒级较为理想, -37 +15 μm 的大比重矿物 (例如锡、钨、金) 也能有效回收, 但 +147 μm 的粗颗粒对分选效果影响较大, 容易沉积在分选盘面干扰微细粒级重矿物的富集, 在采用悬振锥面选矿机处理尾矿时需进行分级作业, 减少粗颗粒的干扰, 提高微细粒级重矿物精矿品位和回收率。

悬振锥面选矿机在未来的优化改进中可向以下三个方向进行：一、优化分选盘面的表面粗糙度和精矿富集带的分布，针对不同矿物开发出相应的分选盘面类型。二、针对单台设备处理量的问题，可采用分选盘面多层化进行设计改造，提高选厂车间的场地面积和空间利用率。三、扩宽入选粒级，开发针对粗粒级重矿物的分选盘面，适应于粗粒级尾矿资源再回收利用，而不仅仅局限于微细粒级的分选作业。

4 结 语

(1) 悬振锥面选矿机将拜格诺剪切理论和斜面流膜分选原理有效组合，在理论、结构和控制系统上突破了传统重选设备在微细粒分选上的技术缺陷，为微细粒矿物资源环保、高效、经济地回收提供了新途径。

(2) 悬振锥面选矿机在国内外得到广泛的工业应用，对摇床和浮选尾矿中难回收的微细粒级锡、钨等矿物可进行尾矿再回收，分选效果相比传统摇床有着明显的优势，为锡、钨尾矿资源的二次利用提供了可靠的技术支持。

(3) 悬振锥面选矿机针对不同微细粒级矿物再回收研究和工艺生产，可通过重-浮、重-磁等联合工艺，取长补短以求得到更好的试验指标，达到工业生产需求。

(4) 悬振锥面选矿机单台设备处理能力有限、占地面积较大等缺陷制约了其在廉价矿物尾矿资源再回收领域的广泛应用，未来还需不断改进优化，提高其处理能力，开发新型分选盘面，扩宽入选矿物粒度范围。

参考文献：

- [1] 杨久流, 罗家珂, 王淀佐. 微细粒矿物的分选技术 [J]. 国外金属选矿, 1995(5):5-11.
- [2] 刘子帅, 李宁钧. 微细粒钨锡矿物选矿技术研究现状及进展 [J]. 矿产综合利用, 2017(2):12-14.
- [3] 刘惠中. 重选设备在我国金属选矿中的应用进展及展望 [J]. 有色金属, 选矿部分: 2011(s1):18-23.
- [4] 杨波, 段希祥, 罗雪梅, 等. 悬振锥面选矿机 [P]. 中国, ZL200910263671.6, 2010-06-16.
- [5] 孙欢, 杨波, 肖日鹏, 等. 悬振锥面选矿机的结构和分选机理 [J]. 矿山机械, 2017(6):51-54.
- [6] 杨波, 肖日鹏, 刘杰. 悬振锥面选矿机回收细粒锡石试验研究 [J]. 矿冶工程, 2014, 23(2): 73-76.
- [7] 秦广林, 王灿霞, 杨波, 等. 悬振锥面选矿机处理华锡长坡选厂细泥锡尾矿试验研究 [J]. 矿冶, 2011, 20(2):34-35.
- [8] 秦广林. 悬振锥面选矿机处理广西大厂细泥锡尾矿工业试验研究 [D]. 昆明: 昆明理工大学, 2011.
- [9] 洪秉信, 傅文章. 矿物解离度与工艺粒度关系和解离难易度探讨 [J]. 矿产综合利用, 2012(1):56-60.
- [10] 吴浩, 黄万抚, 邱峰, 等. 悬振锥面选矿机处理钨细泥 [J]. 矿产综合利用, 2016(6):43-48.
- [11] 程细音, 祝新友, 王艳丽. 柿竹园钨锡多金属矿床矽卡岩中碱交代脉研究 [J]. 中国地质, 2012, (4):1023-1033.
- [12] 黄翔, 杨波, 张雨田. 悬振锥面选矿机回收柿竹园1500t/d选厂黑钨细泥工业试验研究 [J]. 有色金属: 选矿部分, 2015(1): 83-85.
- [13] 谢加文, 肖文工, 毛文明. 悬振锥面选矿机处理柿竹园白钨加温精选尾矿的试验研究 [J]. 湖南有色金属, 2015(4): 11-14.
- [14] 成鹏飞, 周向红, 殷宏, 等. 悬振选矿机回收细粒级黑钨的试验研究 [J]. 矿业研究与开发, 2016(5):63-65.
- [15] 牛福生, 李卓林, 张晋霞. 悬振锥面选矿机在鲕状赤铁矿分选中的应用 [J]. 矿山机械, 2015(6):103-107.
- [16] 崔丙贵, 陈发上, 康国爱, 等. 悬振锥面选矿机再选摇床尾矿回收金试验研究 [J]. 黄金, 2017, 38(11):54-57.
- [17] 杨波, 赖以德, 罗雪梅, 等. 悬振锥面选矿机与摇床联合重选细粒尾矿的工艺 [P]. 2013.
- [18] 朱运凡, 杨波, 卢琳. 云南大红山铁尾矿再选新工艺研究 [J]. 矿冶, 2012, 21(1):35-38

(下转 35 页)

(3) 现场生产在磨矿细度 -74 μm 88.5%、pH=10、组合捕收剂配比 1:3:2 的条件下, 采用两次粗选、三次扫选、三次精选浮选工艺, 获得了精矿铜品位 17.90%、铜回收率 75.27% 的浮选指标。

参考文献:

[1] 程琼, 章晓林, 刘殿文, 等. 某高碱性氧化铜矿常温常压氨浸试验研究 [J]. 湿法冶金, 2006, 25 (2): 74-77
[2] 李荣改, 宋翔宇, 乔江晖, 等. 含泥难选氧化铜矿石选矿工艺研究 [J]. 矿冶工程, 2008, 28 (1): 46-50.

[3] 张建文, 覃文庆, 张雁生, 等. 某低品位难选氧化铜矿浮选试验研究 [J]. 矿冶工程, 2009, 4(29): 39-43.
[4] 邢春燕, 贾瑞强. 氧化铜矿浮选中硫酸铵对 S₂- 消耗的影响试验 [J]. 现代矿业, 2012, 28 (4): 57-58
[5] 蒋太国, 方建军, 毛莹博, 等. 铵(胺)盐在氧化铜矿强化硫化浮选中的应用进展 [J]. 矿产保护与利用, 2015(3): 65-70.
[6] 郭艳, 钟宏, 李梅. 黄药及其衍生物的合成与浮选研究进展. 铜业工程, 2009 (3): 21-24

Experimental Study and Application of Flotation of Complex Refractory Copper Ore in Sin Kiang

Pan Ziwei¹, Lu Liangshan¹, Zhang Lizheng², Wang Luping¹, Wang Caixia¹, Gong Zaiyang¹, Liu Qinbin²

(1. Shandong Zhaojin Group Co., Ltd Technology Center, Zhaoyuan, Shandong, China;

(2. Dishui Copper Development Co Ltd in Baicheng County, Baicheng, Xinjiang, China)

Abstract: In this paper, a low grade and high oxidized refractory copper ore in Xinjiang was studied experimentally, and the influence of particle size distribution, flotation pH value and medicament system on copper recovery was investigated through screening and flotation tests. The results showed that high alkaline environment was favorable for flotation recovery of copper, and the effective recovery of copper could be achieved by using two kinds of or three kinds of combination collector, such as HCC, potassium isopentyl xanthate or isopentyl xanthate. Under the condition of pH 10 and HCC, potassium isopentyl xanthate or isopentyl xanthate ratio of 1:3:2, the recovery of closed circuit copper coarse in laboratory flotation reached 81.32%, and the recovery rate of closed circuit copper in the field was 75.27%.

Keywords: Oxide copper ore; Combined collector; Synergistic effect

////////////////////////////////////
(上接 25 页)

Industrial Application Status of Hang and Vibrate of Cone Concentrator

ZHhang Song¹, Yang Bo¹, Sun Huan^{1,2}, Yao Dong¹, Qiu Kai¹, Xiao Ripeng³

(1. Faculty of Land Resource Engineering of Kunming University of Science and Technology, Kunming, Yunnan, China; 2. State Key Laboratory of Complex Nonferrous Metal Resources Clean Utilization, Kunming, Yunnan, China; 3. Kunming KGS Limited Company of Science and Technology, Kunming, Yunnan, China)

Abstract: The paper introduces the industrial application status of hang and vibrate of cone concentrator - a kind of new gravity concentration equipment on which pulp will form the spreadingflowing film of conical surface. Its unique advantages in the sorting of fine particle mineral are well highlighted by summarizing its application situation in the industrial production, which provides a technical reference for the recovery of micro-fine minerals.

Keywords: The spreadingflowing film of conical surface; Hang and vibrate of cone concentrator; Micro-fine grained minerals