



## 2017年浮选药剂的进展

朱一民, 周菁

(湖南有色金属研究院, 湖南 长沙 400100)

**摘要:** 本文收集了2017年国内核心期刊发表部分浮选药剂的信息,分硫化矿捕收剂、氧化矿捕收剂、调整剂、废水处理四面介绍并略加评论,以供大家参考与应用。

**关键词:** 浮选药剂; 硫化矿; 氧化矿; 捕收剂; 调整剂; 废水处理

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2018.03.001

中图分类号: TD952 文献标志码: A 文章编号: 1000-6532 (2018) 03-0001-10

### 1 硫化矿捕收剂

为读者阅读方便,我们把浸出剂和煤浮选捕收剂也放在本节一起论述。

采用自主研发的高选择性捕收剂 APIV, 对含钼 0.092% 的原矿, 一段粗磨 -74  $\mu\text{m}$  65%, 进行二粗一扫钼钨混合浮选; 钼粗精矿再磨 -45  $\mu\text{m}$  90% 后, 采用水玻璃和硫化钠作为调整剂, 经过 8 次钼铜分离精选, 得到合格钼精矿。闭路流程试验可到品位为 48%, 回收率为 91.04% 的钼精矿<sup>[1]</sup>。

采用 JJ-4<sup>#</sup> 捕收剂对细脉浸染型低品位铜钼矿, 原矿含铜 0.35%, 含钼 0.02%, 有价矿物主要是黄铜矿、辉钼矿和辉铜矿, 脉石矿物以石英、绢云母和长石为主的原料进行研究, 工业试验结果表明: 在铜钼混合浮选阶段, 即使是嵌布粒度较细, 裸露面较小的钼矿物, 也能在捕收剂 JJ-4<sup>#</sup> 的作用下很好的矿化捕收, 因此该捕收剂具有矿化效果好、捕收能力强、作用时间持久的特点。工业生产取得了很好的选矿指标: 混合浮选段铜、钼回收率分别由 86.59% 和 76.29% 提高到 88.08% 和 80.94%, 混合精矿铜钼品位未受影响<sup>[2]</sup>。

合成了一种新型的表面活性剂—N-异丁氧羰基硫脲 (iBCTU), 对其考察了对黄铜矿的浮选性能。

浮选结果表明: 在 pH 值 3~11 的范围内, iBCTU 对黄铜矿具有良好捕收能力<sup>[3]</sup>。

针对四川某铜矿石探索了新型浮选药剂 DF-9(1) 为捕收剂、DF-y90 为起泡剂对该铜矿浮选的可行性, 并传统浮选药剂的浮选效果进行了对比。结果表明, 采用新型浮选药剂经一粗一扫二精闭路流程试验, 最终获得了铜品位 23.35%、铜回收率 95.19% 的较好指标, 比选矿厂使用常规药剂时铜品位提高 1.35 个百分点, 铜回收率提高 2.19 个百分点<sup>[4]</sup>。

以微细浸染型金矿为研究对象, 采用 TY-TJ 氧化、碱两段预处理-非氰化浸出工艺, 在 TY 用量 4 kg/t、TJ 用量 2 kg/t、氧化预处理时间 2 h、氢氧化钠用量 20 kg/t、碱预处理时间 10 h、浸出剂 TL 用量 10 kg/t、浸出时间 4 h、液固比 3:1 的条件下, 金浸出率达 89.93%<sup>[5]</sup>。

针对低品位铀尾矿因脉石含量高、物相赋存状态复杂而造成的铀浸出率低的问题, 提出添加辅助氧化剂破坏脉石结构而实现强化浸出铀的思路。采用单因素实验法对比常规酸浸和 3 种氧化剂 ( $\text{H}_2\text{O}_2$ 、 $\text{MnO}_2$  和  $\text{Fe}^{3+}$ ) 强化酸浸对铀浸出率的影响。结果表明: 当浸出温度、硫酸浓度和液固比分别为 30℃、1 mol/L 和 20:1 时, 采用常规酸浸 6 h

收稿日期: 2018-02-05

作者简介: 朱一民 (1955-), 男, 研究员, 主要从事选矿工艺、选矿药剂机理研究及管理工作。

后铀的浸出率仅为 78%，而在相同的浸出条件下，强化酸浸 1.5 h 铀的浸出率可达到 95%。

对铜铅锌多金属矿含铜 0.54%、铅 1.75%、锌 10.44% 样品，在铜铅优先混合浮选 - 铜铅分离 - 铜铅浮选尾矿选锌的原则工艺流程基础上，采用选择性药剂 BKW 和 BKN 组合，作为铜铅优先浮选的捕收剂，铜铅混合精选时采用组合抑制剂 BKFN 和 BKFA 强化对含锌矿物及脉石矿物的抑制，铜铅分离采用新型抑制剂 BK503 抑铜浮铅，获得的实验室闭路试验结果为：铜精矿含铜 18.12%、铜回收率 60.66%，铅精矿含铅 48.27%、铅回收率 68.95%，锌精矿含锌 48.76%、锌回收率 91.10%<sup>[7]</sup>。

采用高效铜捕收剂 BK322 以及高效环保硫抑制剂 BK526 优先选铜，然后选硫。取得闭路试验指标为铜精矿铜品位 20.94%，铜回收率 80.45%，硫精矿硫品位 45.57%，硫回收率 90.30%<sup>[8]</sup>。

某铅锌多金属硫化矿中含有方铅矿、闪锌矿、黄铁矿、磁黄铁矿、银矿物、毒砂等。采用优先浮选工艺流程，在铅浮选作业中，采用选择性组合药剂（硫酸锌、亚硫酸钠、DMDC）作为锌闪矿、黄铁矿、磁黄铁矿和毒砂抑制剂，采用选择性组合药剂（SK9011、乙硫氮）作为方铅矿、银矿物的捕收剂。在锌浮作业中采用石灰抑制黄铁矿、磁黄铁矿和毒砂，硫酸铜活化闪锌矿，丁基黄药为捕收剂，实现了锌硫矿物有效分选。在硫浮选作业中采用硫酸铜活化黄铁矿、磁黄铁矿，丁基黄药为捕收剂，使黄铁矿和磁黄铁矿有效回收。工业应用期间，铅回收率提高了 3.03 个百分点，银回收率提高了 4.78 个百分点，锌回收率提高了 1.24 个百分点；获得硫精矿硫品位 46.07%，硫回收率 73.06%<sup>[9]</sup>。

针对云南某锡中矿含硫量高的问题，采用 TS 和丁基黄药作组合捕收剂对重选中矿进行了反浮选脱硫试验研究。比较了 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 与实验室合成的 FS 的活化效果，确定以 FS 为活化剂。采用一粗一精一扫反浮选流程，在最佳药剂制度条件下，最

终获得锡精矿锡品位 27.07%、锡回收率 95.25%、硫品位 0.98%，硫精矿硫品位 37.36%、回收率 98.26%，实现了锡和硫的有效分离<sup>[10]</sup>。

以新疆某地化工厂废液为研究对象，对该废液进行回收利用，制成新型捕收剂 JL 01，试验表明，该捕收剂对黄铜矿具有较好的捕收性能，可用来代替丁基黄药，具有较好的推广应用价值<sup>[11]</sup>。

为了提高玉龙铜矿铜的回收率，研制了新型黄药类捕收剂 TLF201，工业试验结果表明，TLF201 药剂与现场使用的 M 系列药剂相比，对铜和金银的捕收力均较好，可以取代使用<sup>[12]</sup>。

通过乳液聚合的方法制备出两种聚苯乙烯纳米乳液，阳离子型聚苯乙烯纳米粒子 St-01-61 和阴离子型聚苯乙烯纳米粒子 St-02-53，将其作为浮选捕收剂用于三种不同变质程度煤泥的浮选，并与煤油进行了浮选效果对比分析。为新型煤炭浮选捕收剂的开发和设计提供了新思路，开拓定向设计与合成的新领域<sup>[13]</sup>。

针对金精矿焙烧酸浸渣含碳，氰化过程中劫金造成金进入氰化尾渣流失影响氰化金回收率的难题，采用浮选法进行了氰化前预先脱除回收，然后进行了氰化浸出试验。试验考察了充气搅拌浮选、捕收剂煤焦油和 2<sup>#</sup> 油、超声波预处理等对碳的预先脱除回收效果。试验结果表明，以轻质煤焦油为捕收剂经超声波预处理浮选，含金碳回收率为 71.51%，经浮选 - 氰化浸出金综合回收率达 90.20%，较原工艺提高 5.94%<sup>[14]</sup>。

对磨矿细度 -0.075 mm75% 的样品，采用捕收剂 SK 和丁基黄药优化组合，一次粗选，二次扫选，二次精选，在原矿金品位为 1.88 g/t 时，获得金精矿金品位 45.05 g/t，金回收率为 82.35%<sup>[15]</sup>。

## 2 氧化矿捕收剂

氧化矿捕收剂主要是各类常规脂肪胺、脂肪酸、磷酸、羟肟酸类捕收剂的改性和复配研究为主，药剂的研发量达到空前的地步。以自制的非离子型聚丙烯酰胺水溶胶为原料，盐酸羟胺和氢氧

化钠为改性试剂, 采用先羟肟化再水解的两段控温工艺制备新型羟肟酸絮凝剂。通过对合成产物进行氯化铁吸附显色、进口铝土矿溶出赤泥沉降及红外光谱测试, 得到最佳制备工艺条件: 初始聚丙烯酰胺水溶液质量分数为 8%, 改性剂羟胺碱水溶液 pH=13.5, 无需补碱, 羟胺与酰胺基的物质的量比为 1:1, 在 60 °C 时羟肟化 3 h, 在 85 °C 时水解 2 h, 在此条件下合成的羟肟酸聚合物具有一定的水解度和羟肟化度, 氯化铁吸附显色等级为 3; 与常用工业絮凝剂相比, 自制羟肟酸型絮凝剂明显改善进口铝土矿溶出赤泥沉降性能, 沉降速度达 11.5 m/h, 上清液吸光度仅为 0.639<sup>[16]</sup>。

针对传统阴离子捕收剂需对矿浆加温才能使用的弊端, 研制了一种醚胺类阳离子捕收剂 DCZ。以石英、赤铁矿、磁铁矿为试样对捕收剂 DCZ 的浮选性能进行了试验研究。浮选研究表明: 以 DCZ 为捕收剂, 在浮选温度 5 °C 到 35 °C、pH 值为 2~12 范围内, DCZ 对温度与 pH 值的适应力极强, 最佳条件下石英、赤铁矿及磁铁矿回收率分别为 99.5%, 99.0%, 84.0%, 且在淀粉作抑制剂, DCZ 用量 13 mg/L, 抑制剂用量 16 mg/L, 温度为 18 °C, pH 值为 8.0 的条件下, 捕收剂 DCZ 对石英与赤铁矿及磁铁矿之间的分选效果最好, 能够实现各试验矿样间的有效分选<sup>[17]</sup>。

采用复配阴离子捕收剂 915BM 对鄂西某高磷鲕状赤铁矿进行了反浮选试验研究。通过条件试验, 确定最佳浮选工艺条件为矿浆温度 25 °C, 粗选 pH 值 11、淀粉 1000 g/t、氧化钙 500 g/t、915 BM 600 g/t, 精选 915 BM 200 g/t。一粗二精一扫闭路试验得到的精矿铁品位 55.90%、回收率 80.73%, 磷降到 0.23%。对浮选精矿、尾矿和中矿进行分析, 结果表明, 磷在 +0.044 mm 粒级中分布率相对较高, 要进一步降低产品中磷含量, 必须增加磨矿细度<sup>[18]</sup>。

针对贵州某硅-钙质胶磷矿, 采用新药剂进行双反浮选工艺进行了试验研究。结果表明, 在磨矿细度 -74 μm 82.50%, 粗选捕收剂 YW-01 用

量 1.4 kg/t、调整剂硫酸用量 14 kg/t, 精选捕收剂 SEA 用量 0.5 kg/t 条件下, 通过一粗一精一扫闭路浮选, 可得到 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 品位 30.54%、回收率 88.59%、MgO 含量 0.81%、SiO<sub>2</sub> 含量 12.28% 的磷精矿<sup>[19]</sup>。

对含 Sn 0.41%、WO<sub>3</sub> 0.28% 的湖南某多金属矿进行了锡钨选矿混合浮选工艺研究, 选用由北京矿冶研究总院研制的 BK 412 和 BK 411 作为捕收剂, 可获得 Sn 品位 19.63%、Sn 回收率 60.38%, WO<sub>3</sub> 品位 11.48%、WO<sub>3</sub> 回收率 64.30% 的浮选精矿, 实现了锡和钨的综合回收<sup>[20]</sup>。

云南某高镁胶磷矿 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 品位为 21.15%, MgO 品位为 6.36%, 属中低品位难选胶磷矿, 采用单一反浮选的原则流程, 对磨矿产品进行脱泥后, 采用硫酸-磷酸为调整剂抑制磷灰石, 改性脂肪酸作为捕收剂脱镁, 确定粗选捕收剂用量为 2400 g/t、pH 值为 4.5。通过闭路试验, 获得精矿 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 品位为 33.05%, MgO 品位为 0.69%, 实现了对该磷矿资源的有效利用<sup>[21]</sup>。

以陕西安康沉积型石英-重晶石矿为研究对象, 最佳浮选条件为磨矿细度为 -0.074 mm 85%, 矿浆 pH 值为 9, 抑制剂 FG-1 用量为 400 g/t, 捕收剂 AH-35 用量为 150 g/t。通过“1粗5精1扫”的闭路试验, 获得重晶石精矿 BaSO<sub>4</sub> 品位 96.98%, 回收率 80.22%<sup>[22]</sup>。

以某锂云母矿石为研究对象, 确定了最佳的阴阳离子捕收剂组合是氧化石蜡皂和十二胺, 质量比 4:1, 应用于该锂云母矿石闭路试验获得含 Li<sub>2</sub>O 3.77%、回收率 72.58% 的锂云母精矿, 捕收剂组合效果较好<sup>[23]</sup>。

以碳酸钠为调整剂、Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> 为抑制剂、CM-10 为捕收剂, 对某 CaF<sub>2</sub> 品位 30.70% 的低品位难选萤石矿进行了浮选试验研究。采用中矿集中处理方式代替中矿依次返回方式, 得到了 CaF<sub>2</sub> 品位 98.03%、回收率 48.73% 的萤石精矿和 CaF<sub>2</sub> 品位 93.46%、回收率 29.59% 的萤石次精矿<sup>[24]</sup>。

用脱镁捕收剂 BK 425 和脱铝捕收剂 HA-1 对某难选磷矿原矿进行反浮选试验, 当原矿磨矿细

度为 -0.074 mm 70% 时, 经过反浮选脱镁 (一粗一扫)-反浮选脱铝 (一粗两精) 全开路流程, 可以获得  $P_2O_5$  品位 31.14%,  $Al_2O_3$  含量 2.60%,  $MgO$  含量 0.92%,  $P_2O_5$  回收率 79.54% 的磷精矿<sup>[25]</sup>。

有人考察了两性捕收剂 LDS 对石英的浮选性能; 研究表明: pH 值为 4.0~4.5, LDS 用量为 90 mg/L 时, 石英回收率达 97.5%<sup>[26]</sup>。

有研究者认为十二酸可在去离子水和自来水浮选环境中实现菱镁矿与白云石的分离; 钙镁离子对菱镁矿与白云石的浮选分离有较大影响<sup>[27]</sup>。

用捕收剂 ZX-805 对老挝光卤石矿浮选 KCl 工艺进行了试验研究, 正浮选工艺中, 粗选捕收剂 ZX-805 用量为 160 g/t, 开路试验结果: 精矿 KCl 回收率 92.44%、精矿 KCl 品位 92.27%, 试验指标良好<sup>[28]</sup>。

对脂肪酸进行了结构修饰和功能基团衍生, 研制了一种新型捕收剂  $\alpha$ -磺酸基硬脂酸钠。采用  $\alpha$ -磺酸基硬脂酸钠与硬脂酸钠复配的捕收剂 PL-3 对四川省马边磷矿实际矿物进行了单一反浮选试验, 获得了  $P_2O_5$  品位 32.37%、回收率 90.40%、 $MgO$  含量 0.94% 的浮选精矿, 浮选指标良好<sup>[29]</sup>。

合成了一种新型磷灰石常温捕收剂 DYX, 并以此为捕收剂对磷灰石单矿物进行了浮选试验研究。试验结果表明, 在矿浆温度为 26℃, 矿浆 pH 值为 10.0, 捕收剂 DYX 用量为 400 g/t、抑制剂水玻璃用量 400 g/t 的条件下, 磷灰石的浮选回收率达到 94.58%<sup>[30]</sup>。

以 GE-609 为捕收剂, 淀粉为抑制剂, 采用充填型微泡逆流接触式浮选柱, 对于给矿品位为 39.89% 的混磁精矿, 通过两次粗选、一次精选、一次扫选的浮选流程, 可获得铁精矿品位 66.07%、回收率 69.82% 的良好指标<sup>[31]</sup>。

用复合捕收剂 (阴离子捕收剂 OMC-1) 对鲕状赤铁矿焙烧磁选精矿进行了反浮选试验研究。试验研究表明, 在浮选温度为 12~15℃、复合捕收剂 (阴离子捕收剂 OMC-1) 用量 750 g/t、抑制剂淀粉用量 1000 g/t、活化剂石灰用量 4000 g/t 的条

件下, 可得到 TFe 品位为 65.39%、作业回收率为 84.68% 的浮选精矿<sup>[32]</sup>。

### 3 浮选调整剂

2017 年无机调整剂和有机调整剂的研究与应用得到长足的发展, 公开在国内核心期刊发表的文章很多, 甚至超过了硫化矿捕收剂研究的报道。起泡剂也放在这一节中描述。

有人报道了用合抑制剂石灰 + HXM-2 可较好地解决了单一石灰法难以抑制黄铁矿的问题, 通过降低石灰用量, 减少粗选过程中铜的损失, 提高粗精矿的回收率<sup>[33]</sup>。

利用组合抑制剂碳酸钠 + 水玻璃加强对脉石矿物抑制, 组合抑制剂亚硫酸钠 + 硫酸锌加强对含锌矿物抑制, 通过原矿“一次粗选、三次精选、一次扫选”浮铜 + 铜尾矿“一次粗选、三次精选、二次扫选”浮锌的工艺流程, 最终获得了铜精矿铜品位 22.30%、锌品位 1.37%, 铜回收率 89.91%; 锌精矿锌品位 18.71%、铜品位 0.96%, 锌回收率 78.49% 的良好指标, 对比现场生产指标有了极大改善<sup>[34]</sup>。

有人采用矿浆调整剂 BK-530 作碳质物的抑制剂、丁基黄药作捕收剂, 对刚果 (金) 的 KM 铜钴矿石和 LS 铜钴矿石进行选矿试验研究, KM 铜钴矿石的闭路试验结果为铜钴混合精矿含铜 22.47%、含钴 2.08%, 铜、钴的回收率分别为 94.21% 和 90.52%。LS 铜钴矿石的闭路试验结果为铜钴混合精矿含铜 27.41%、含钴 7.69%, 铜、钴的回收率分别为 86.33% 和 91.67%<sup>[34]</sup>。

针对某高硫铝土矿进行反浮选脱硫试验, 以碳酸钠为 pH 值调整剂, 新型药剂 SNS 为抑制剂, 硫酸铜为活化剂, 丁基黄药为捕收剂, 对硫品位为 1.53% 的原矿, 工业生产调试取得了脱硫率 84.98%, 硫精矿硫品位 30.39% 的指标。实现了无尾矿生产, 对于资源综合利用和保护环境具有重要的意义<sup>[35]</sup>。

用有机药剂 AERO8371PNR 进行了铜抑制

剂工业试验。试验效果较好, NaHS 的用量减少了 37%, 直接节约药剂成本 30%, 钼精矿品位从 45.39% 提高到了 47.10%, 钼精矿中的铜含量从 1.33% 降低到了 1.0% 以下<sup>[36]</sup>。

有研究者经过一系列试验研究发现, 絮凝剂聚丙烯酰胺在配置柜中搅拌溶解好后, 经过一段时间的静置反应, 使分子链充分打开, 可以大幅提高其絮凝沉降效果, 尾矿的絮凝沉降速度可以提高一倍以上<sup>[37]</sup>。

在球磨机中添加调整剂碳酸钠, 并以 GD-3 为捕收剂, 通过一粗三精二扫闭路浮选工艺, 获得了铜精矿铜品位 29.55%、银品位 146.30 g/t, 铜回收率 90.99%、银回收率 83.48% 的技术指标<sup>[38]</sup>。

对某高钙石英型萤石矿中  $\text{CaF}_2$  品位为 38.22%, 含钙脉石矿物含量较高, 分离困难的试样进行研究, 以碳酸钠作为 pH 值调整剂, 水玻璃作为石英的抑制剂, 单宁 (S-217) 和六偏磷酸钠作为方解石的抑制剂, YN-12 作为萤石的复合捕收剂, 采用“1粗6精”的选别流程, 最终获得精矿  $\text{CaF}_2$  品位 97.21%, 回收率 69.04%,  $\text{SiO}_2$  品位 1.02%,  $\text{CaCO}_3$  品位 0.24%<sup>[39]</sup>。

选取某氧化铜矿为研究对象, 使用新型硫化剂 ZY 与传统硫化剂硫化钠对比试验结果表明, 在浮选指标相同的情况下, 新型硫化剂 ZY 用量仅需传统硫化钠用量的 3/8。每处理一吨原矿可节约硫化剂 2270 g, 节约成本 5.36 元<sup>[40]</sup>。

以水玻璃、硫酸铝、栲胶为抑制剂, 以油酸钠为捕收剂, 过全浮选闭路试验, 得到品位为 94.42%、回收率为 87.77% 的萤石精矿和品位为 91.89%、回收率为 88.66% 的重晶石精矿<sup>[41]</sup>。

以氢氧化钠调浆至 pH=9 左右, 木质素 (150 g/t) 和淀粉 (300 g/t) 作组合抑制剂, CB 为新型捕收剂 (20 g/t), 采用原浆反浮选后, 一次粗选可实现铁精矿中磷的有效脱除, 最终获得品位 58.75%, 磷含量 0.23%, 铁回收率约为 85% 的反浮选指标<sup>[42]</sup>。

有研究者分别研究了硫化钠、乙二胺磷酸盐、碳酸氢铵、铵(胺)盐等活化剂对孔雀石表面吸附

异戊基黄药的影响。试验结果表明组合铵胺盐的添加不仅能提高黄药在孔雀石表面的吸附量和吸附速率, 而且还能提高黄药在孔雀石表面吸附的稳定性, 具有吸附增敏效应<sup>[43]</sup>。

有报道说在常温情况下, 硫化钠难以对菱锌矿和异极矿表面进行有效硫化, 其主要原因是在矿物表面发生的硫化反应并不充分, 且生成的硫化物结晶程度差; 通过添加金属铅离子可以显著改善硫化过程, 被硫化的菱锌矿和异极矿在黄药为捕收剂的浮选体系中均具有很好的可浮性;  $\text{Pb}^{2+}$  与在硫化后矿物表面生成  $\text{PbS}$ , 从而强化硫化过程, 促进黄药在矿物表面的吸附<sup>[44]</sup>。

有研究表明: 当温度较低时, 甲基纤维素溶解在水中, 通过疏水作用吸附在滑石表面, 吸附量较低, 对滑石的抑制效果较弱; 随着温度升高, 甲基纤维素从溶液中析出, 沉积在滑石表面, 吸附量较大, 抑制效果较强。已经吸附在滑石表面的甲基纤维素的抑制效果也受温度影响, 温度升高会导致吸附的甲基纤维素层的抑制效果减弱, 且这种变化是可逆的<sup>[45]</sup>。

采用新型抑制剂 DT 与硫酸锌组合能有效除掉矿浆中的铜离子, 高效抑制锌矿物。研究结果表明在混合精矿铜品位 12.48%, 锌品位 12.75% 的条件下, 闭路试验经过一粗二扫一精得到铜精矿铜品位 21.75%、铜回收率 68.54%, 锌品位降至 6.88%, 实现了铜锌的有效分离<sup>[46]</sup>。

以杂醇油、0# 柴油为主要原料制备 BM 煤泥浮选复合药剂。并用该 BM 复合药剂与常规浮选药剂做浮选对比试验, 结果表明 BM 复合药剂最优用量为 2.0 kg/t 时, 精煤产率比 0# 柴油用量 2.0 kg/t 时高 0.41%, 可燃体回收率高 0.83%, 浮选完善指标高 1.31%<sup>[47]</sup>。

对硫化钠在异极矿表面的活化作用进行了研究。结果表明: 异极矿经过无机钠盐共同作用后, 生成的“类  $\text{ZnCO}_3$ ”新物质能够很好的被硫化, 生成稳定的硫化膜, 实现相变活化浮选, 从而提高异极矿的浮选回收率<sup>[48]</sup>。

用 FY02 取代氰化钠进行锌硫浮选分离选矿扩大连续试验, 用量为 421 g/t 时, 锌精矿锌品位 > 47%、锌作业回收率 > 95%, 能有效实现锌硫分离<sup>[49]</sup>。

采用废油脂与甲醇、乙醇催化反应, 通过不同反应时间制备出 BFC。BFC 分子结构中主要含有甲酯、乙酯, 而且还含羟基、酯基(其可形成氢键)、脂肪酸。在浮选试验中, BFC 可使精煤灰分降到 9.27%, 而尾煤灰分高达 76.37%。而且 BFC 具有耗量低的特点<sup>[50]</sup>。

对起泡剂 FG25 进行了研究, 结果表明, 当 FG25 浓度大于 0.02 g/L 时, 其起泡能力明显优于松醇油和 MIBC, 而泡沫的稳定性介于松醇油和 MIBC 之间。FG25 和松醇油作起泡剂的浮选对比实验结果表明, 对于某硫化铜矿, FG25 与松醇油相比可使铜回收率提高 1.60 个百分点, 品位提高 5.71 个百分点; 对于某铅锌矿, FG25 与松醇油相比可使铅回收率提高 0.65 个百分点, 锌回收率提高 0.40 个百分点<sup>[51]</sup>。

有报道称, 以 GSF31 为毒砂抑制剂、GSB32 为铜和银矿物的选择性捕收剂, 采用铜砷等可浮-抑砷浮铜工艺流程, 在原矿铜、砷、银品位分别为 0.35%、1.50% 和 10.74 g/t 的条件下, 可获得了铜品位 20.19%、总回收率 64.15% 的铜精矿, 其中砷含量 0.42%、银品位 308.72 g/t, 铜精矿中砷含量不超标<sup>[52]</sup>。

有人考察了高硫铝土矿浮选脱硫的调整剂 BKS-SNS 对浮选的影响, 得出了浮选脱硫的最佳工艺条件: 磨矿细度 -0.075 mm 75%, 矿浆浓度 25%, pH 值 9.0, 调整剂 BKS-SNS 用量 2000 g/t。在最佳工艺条件下, 获得了铝精矿铝硅比 6.01, 氧化铝回收率为 94.13%、含硫量为 0.35% 的选别指标, 达到氧化铝生产要求<sup>[53]</sup>。

选用砷矿物的高效抑制剂 HB, 较好解决了硫砷分离的难题, 获得了硫精矿硫品位 47.43%、含砷 0.67%、硫回收率 75.31%, 高铁硫精矿硫品位 33.67%、硫回收率 18.96%, 砷精矿砷品位 37.86%、砷回收率 89.42% 的技术指标, 实现了高

砷硫精矿资源化利用<sup>[54]</sup>。

采用铅组合抑制剂重铬酸钾+CMC, 进行了该铜精矿中分离回收铅的试验研究。经过详细的条件试验, 最终确定通过一粗一扫二精浮选工艺流程, 获得了铅品位 46.82%、含铜 0.73%, 铅回收率 79.86% 的铅精矿, 同时保证了铜精矿中铜的损失率小于 1%<sup>[55]</sup>。

以 KDP 为重晶石抑制剂, 采用“弱碱性条件粗选脱硅-弱酸性条件精选除重晶石”的方法和“两段磨矿-两段粗选-一次扫选-七次精选, 中矿顺序返回”的选别工艺流程, 可获得产率为 35.92%、CaF<sub>2</sub> 品位为 97.78%、CaF<sub>2</sub> 回收率为 79.08% 的萤石精矿, 其中 BaSO<sub>4</sub> 含量为 0.38%, SiO<sub>2</sub> 含量为 0.60%<sup>[56]</sup>。

新型氧化铜活化剂 KYS 在东川汤丹氧化铜矿应用效果较好<sup>[57]</sup>。

有报道称以氧化钙和碳酸钠抑制硫化铁矿物, 硫化钠和硫酸锌抑制闪锌矿, FeSO<sub>4</sub>+Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+CMC+Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> 的组合抑制方铅矿, 有效实现了铜、铅、锌硫化矿的分离。闭路流程可得铜品位为 22.53%、回收率为 87.23% 的铜精矿, 铅品位为 48.62%、回收率为 93.00% 的铅精矿, 锌品位为 46.38%、回收率为 91.91% 的锌精矿<sup>[58]</sup>。

通过研究硫化以及金属离子对异极矿浮选的影响。研究表明: 常温条件下黄药对异极矿以及硫化后的异极矿捕收能力都较差, 硫化后添加金属离子可明显提高异极矿的回收率<sup>[59]</sup>。

使用 D82+ 与硫化钠组合作锌矿物抑制剂, 丁基黄药+乙硫氮组合作铅矿物捕收剂, 取得了良好的铅锌分离效果, 在原矿铅品位 0.44%、锌品位 2.05% 条件下, 通过闭路试验获得了铅品位 54.48%、铅回收率 50.06% 的铅精矿和锌品位 47.35%、锌回收率 87.43% 的锌精矿<sup>[60]</sup>。

以白钨矿、萤石和方解石的单矿物为研究对象, 通过单矿物浮选试验, 试验结果表明, 大分子有机抑制剂对白钨矿、萤石和方解石可浮性的抑制能力不同, 抑制能力的顺序为: 腐殖酸钠 > 羧

甲基纤维素 > 单宁 > 聚丙烯酸钠 > 聚丙烯酰胺<sup>[61]</sup>。

采用新型有机抑制剂 WY-03 对某铜镍矿含铜 0.35%、含镍 0.78%，脉石以滑石、蛇纹石类易浮、易泥化的富镁硅酸盐矿物为主，进行研究，浮选试验获得了镍精矿镍品位 6.36%、镍回收率 82.02%，铜精矿铜品位 23.97%、铜回收率 72.96% 的优异指标<sup>[62]</sup>。

有报道称在试验在保证白钨矿粗选回收率的前提下，采用高效抑制剂 CC 并且增加一次预选精选可有效提高白钨矿粗选阶段的品位，为后续加温精选降低成本、提高钨精矿品位创造条件<sup>[63]</sup>。

针对碳质脉石对浮选的不良影响，试验采用 XY202 作为碳质脉石抑制剂，闭路可获得含铜品位 18.91%，回收率 70.06% 的铜精矿<sup>[64]</sup>。

有人用组合抑制剂有效分离了铜铅，获得铜品位 24.36%，含 Pb 3.80%，铜回收率 84.14% 的铜精矿，铅品位 74.43%，含铜 0.38%，铅回收率 91.44% 的技术指标，铜铅的回收较好<sup>[65]</sup>。

有研究者小型试验合成得到新型无毒铜铅分离有机抑制剂 FY09。合成 FY09 的最佳工艺条件为摩尔配料比 RG5 : RG6 : RL2=1 : 1 : 1.05、催化剂用量为总配料量的 1.5%、反应温度 80℃、反应时间 6.5 h。FY09 为淡黄色溶液、无毒，在铜铅多金属硫化矿浮选中，取代重铬酸钾 +CMC 抑铅浮铜，试验指标优于重铬酸钾 +CMC<sup>[66]</sup>。

以木薯淀粉和四种不同取代度羧甲基淀粉 (CMS) 为抑制剂，研究了油酸钠体系中赤铁矿和石英的可浮性以及原淀粉和 CMS 对赤铁矿和石英的选择性抑制作用。浮选试验研究得出：原淀粉、CMS 对赤铁矿都有很好的抑制作用，取代度 0.0497CMS 对赤铁矿的抑制效果最好；在 pH 值为 11.80、氯化钙浓度 40 mg/L、CMS 浓度 2 mg/L、油酸钠浓度为 150 mg/L 的条件下，获得的铁精矿品位为 66.35%、回收率为 95.86%<sup>[67]</sup>。

以 CMC 与酸化水玻璃为组合抑制剂，通过一粗三精二扫浮选柱浮选试验，实现了该泥化黄铜矿的浮选，可终获得精矿铜品位 19.79%；对脱泥

尾砂进行再磨浮铜探索试验，最终尾矿品位可降至 0.11% 左右<sup>[68]</sup>。

有报道探讨了 Ba<sup>2+</sup> 对萤石，重晶石，方解石 3 种矿物的作用机理。浮选结果表明：Ba<sup>2+</sup> 对萤石和方解石有抑制作用，对重晶石有活化作用<sup>[69]</sup>。

有研究者在磨矿细度 -0.074 mm 75% 条件下，采用石灰加硫化钠的组合抑制剂，经过优先浮选的浮选工艺流程，可以获得铜品位为 16.21%，回收率 84.21% 的铜精矿，硫品位 45.14%，回收率 82.11% 的硫精矿<sup>[70]</sup>。

有研究者系统研究了萤石与方解石浮选行为，及有机抑制剂单宁对方解石的选择性抑制作用机理。单矿物浮选试验表明：以 DW-1 为捕收剂时，单宁的选择性及适用的 pH 值区间优于水玻璃、六偏磷酸钠、三聚磷酸钠、CMC、及腐植酸钠。在中性及弱碱性条件下，单宁能显著增强方解石的表面亲水性，对方解石有选择性抑制作用<sup>[71]</sup>。

## 4 选矿废水处理

选矿废水处理药剂主要是大分子水处理剂的研究成果。对某有色金属矿山酸性重金属废水采用反渗透膜技术进行了处理，对产生的浓缩液分别采用中和法、直接硫化法、一段中和硫化法、中和渣回流硫化法、铁还原硫化法进行了试验研究。其结果表明：反渗透膜技术对有色金属矿山酸性重金属废水的分离浓缩效果较好；产水调节 pH 值后可达标排放；浓缩液采用中和硫化法或铁还原硫化法适合废水中铜离子的回收，一段中和硫化法得到的沉渣中铜具有很高计价品位，而中和渣回流硫化法可节省石灰乳的用量，且沉渣中铜具有较好计价品位，综合优势较为突出<sup>[72]</sup>。

有人研究了磁预处理技术对白钨选矿废水的处理效果的影响，分别考察了磁预处理条件下，PAC、PAM 对选矿废水的絮凝处理的影响，探讨了磁预处理技术影响选矿废水处理效果的机理。结果表明，磁预处理能改变废水中重金属离子的性质，易于形成硝酸盐、碳酸盐沉淀下来，使废

水得到澄清净化<sup>[73]</sup>。

有人认为金矿金精矿浸出过程产生的含氰废水采用七水合硫酸亚铁法处理后可直接返回浮选生产,对浮选指标影响小。在最佳试验条件下,即七水合硫酸亚铁调节废水 pH 值至 5.5~6.5,用量 1.5~3 kg/m,充气搅拌处理 6 h,处理后溶液中无游离 CN<sup>-</sup>。处理后溶液回水返回浮选闭路试验获得金精矿金品位 16.04 g/t、金回收率 96.64%,浮选指标与清水浮选闭路试验指标相近。处理后溶液利用焦亚硫酸钠去除总氰化物,焦亚硫酸钠加入量 0.5~3 kg/m,石灰调节 pH 值 7~9,充气搅拌处理 6 h,试验可将总氰化物质量浓度降至 0.30 mg/L 以下<sup>[74]</sup>。

## 5 结语

(1) 纵观 2017 年我国的浮选药剂研究与应用成果,不论是捕收剂、调整剂,实验室研究的还是工业化应用的,大部分都以代号命名,说明在选矿药剂行业知识产权的保护收到广大研发者和使用者高度重视;也说明在浮选药剂行业商业竞争一张异常激烈。

(2) 混合用药在捕收剂、调整剂的应用得到了进一步的发挥,硫化矿浮选药剂中新药和老药的混用如 TS 和丁基黄药作组合捕,新新和新药的组合如 BKW 和 BKN 组合收剂值得关注。

(3) 纳米乳液浮选捕收剂的出现为新型煤炭浮选捕收剂的开发和设计提供了新思路,开拓定向设计与合成的新领域<sup>[13]</sup>。

(4) 氧化矿浮选捕收剂在磷矿和萤石矿的浮选中发展较快,这与该两矿种的价格上扬与用量大密切相关。

(5) 含砷矿物的抑制剂研究经久衰,期待工业化应用成果的出现。金属阳离子与硫化钠的混用,有利于氧化矿的浮选活化。

(6) 选矿废水处理药剂,主要的研究方向是大分子价格低的药剂得研发与引用。

## 参考文献:

- [1] 陶坤,刘水红. 陕西某低品位钼矿选矿试验研究[J]. 矿冶, 2017, 26(1): 11-15.
- [2] 王越. 新型钼捕收剂 JJ-4<sup>#</sup> 在斑岩型铜钼矿的试验研究与应用[J]. 矿冶, 2017, 26(1): 24-28.
- [3] 刘微,刘广义,肖静晶,等. N-异丁氧羰基硫脲浮选黄铜矿的机理[J]. 中国有色金属学报, 2017(1): 128-130.
- [4] 袁铭泽,周兴龙,王兰华,等. 四川某硫化铜矿浮选新药剂试验研究[J]. 矿冶工程, 2017, 37(1): 46-48.
- [5] 唐云,杨典奇,唐立靖,等. 微细浸染型难选金矿两段预处理-非氰化浸出研究[J]. 矿冶工程, 2017, 37(1): 60-63.
- [6] 李密,张彪,张晓文,等. 从低品位钨尾矿中氧化浸出钨[J]. 中国有色金属学报, 2017(1): 145-154.
- [7] 叶岳华,叶岳华,李成必,等. 某复杂铜铅锌多金属矿浮选分离技术研究[J]. 有色金属:选矿部分 2017(2): 9-14.
- [8] 胡志凯,于传兵,周少珍,等. 某铜硫多金属矿选矿试验研究[J]. 有色金属:选矿部分, 2017(3): 7-10.
- [9] 于雪,陈新林,孟宪瑜. 提高某铅锌矿浮选回收率试验研究及实践[J]. 有色金属:选矿部分, 2017(3): 16-22, 48.
- [10] 刘鸣,葛英勇,赵和平,等. 云南某高硫锡中矿浮选脱硫试验研究[J]. 矿冶工程, 2017, 36(3): 47-49.
- [11] 张海林,贾瑞强,商梦石. 化工废液新型捕收剂对黄铜矿浮选影响研究[J]. 矿产综合利用, 2017(3): 83-85, 89.
- [12] 孙康. 新型黄药类捕收剂 TLF201 的开发研究[J]. 有色金属:选矿部分, 2017(4): 84-86.
- [13] 曹明强,王怀法. 聚苯乙烯纳米粒子作为浮选捕收剂的试验研究[J]. 矿产综合利用, 2017(4): 94-97.
- [14] 潘自维,刘朋,邵京明,等. 金精矿焙烧酸浸渣浮选脱碳试验研究[J]. 有色金属:选矿部分, 2017(5): 32-34.
- [15] 邓立佳,代淑娟,宿少玲,等. 低品位微细粒金矿石浮选试验研究[J]. 矿冶工程, 2017, 37(1): 39-41.
- [16] 梁高杰,陈文汨,范尚. 赤泥沉降用新型氧肟酸絮凝剂的合成与应用[J]. 中南大学学报(自然科学版). 2017(2): 295-301.
- [17] 朱一民,乘舟越洋,骆斌斌. 一种新型阳离子捕收剂 DCZ 浮选性能研究[J]. 矿产综合利用, 2017(1): 32-36.
- [18] 闵程,胡向梅,张汉泉. 复配阴离子捕收剂在高磷磷状赤铁矿反浮选中的应用[J]. 矿冶工程, 2017, 36(3): 49-53.
- [19] 赵辉,刘志红. 贵州某硅-钙质胶磷矿双反浮选试验研究[J]. 矿冶工程, 2017, 36(3): 57-59, 63.
- [20] 赵杰,刘方,王中明. 湖南某多金属矿锡钨选矿试验研究[J]. 矿冶工程, 2017, 36(3): 58-60+65.
- [21] 高扬,刘全军,宋建文. 云南某高镁胶磷矿选矿试验研

- 究[J]. 非金属矿, 2017(3): 61-63.
- [22] 高扬, 刘全军, 宋建文. 陕西某沉积型重晶石矿浮选工艺研究[J]. 非金属矿, 2017(3): 73-75.
- [23] 吕子虎, 赵登魁, 沙惠雨, 等. 阴阳离子组合捕收剂浮选锂云母的试验研究[J]. 矿产保护与利用, 2017(3): 81-84.
- [24] 艾光华, 李继福, 邬海滨, 等. 某低品位萤石矿浮选试验研究[J]. 矿冶工程, 2017, 36(4): 36-38, 41.
- [25] 孙昊. BK425和HA-1对磷矿反浮选脱镁脱铝效果影响研究[J]. 矿冶, 2017, 26(4): 1-4.
- [26] 何东升, 刘星, 代江, 等. 两性捕收剂LDS浮选石英及其作用机理[J]. 矿产保护与利用, 2017(2): 47-50.
- [27] 孙昊, 孙体昌, 朱阳戈, 等. 水质对十二酸浮选分离菱镁矿与白云石的影响研究[J]. 有色金属: 选矿部分, 2017(5): 89-92.
- [28] 胡勇, 季荣, 甘顺鹏, 等. 老挝某光卤石矿浮选氯化钾工艺试验研究[J]. 有色金属: 选矿部分, 2017(6): 46-48.
- [29] 梁欢, 李博阳, 沈博玮, 等. 高镁中低品位磷矿反浮选捕收剂的合成及其浮选性能研究[J]. 矿冶工程, 2017(5): 44-48.
- [30] 朱一民, 陈通, 闫啸, 等. 磷灰石常温捕收剂的浮选试验研究[J]. 矿产综合利用, 2017(6): 39-43.
- [31] 王伟之, 刘泽伟, 来有邦. 某磁赤混合铁矿的柱式阳离子反浮选试验研究[J]. 矿产综合利用, 2017(6): 67-64.
- [32] 高野, 张亚辉, 周南, 等. 新型捕收剂在宣龙鲕状赤铁矿反浮选中的试验研究[J]. 矿产保护与利用, 2017(3): 34-37+43.
- [33] 何小民. 某铜矿选矿厂工艺优化工业实践[J]. 有色金属: 选矿部分 2017(1): 11-13, 42.
- [34] 余世磊, 王亚明, 汪宽. 多金属原生硫化矿铜锌分离试验研究[J]. 有色金属: 选矿部分 2017(1): 14-19+90.
- [35] 解文康, 周杰强, 陈兴华, 等. 河南某高硫铝土矿浮选脱硫试验研究[J]. 有色金属: 选矿部分 2017(1): 43-45+73.
- [36] 杨世亮, 石玉君, 王越, 等. 高效合成铜抑制剂在铜铝分离中的应用[J]. 有色金属: 选矿部分 2017(1): 82-85.
- [37] 姜亚雄, 黄丽娟, 刘刚明, 等. 微细粒尾矿絮凝沉降试验及絮凝剂高效使用模式研究[J]. 矿冶, 2017, 26(1): 30-34.
- [38] 汪泰, 叶小璐. 从铜渣中综合回收铜、银的浮选试验研究[J]. 矿冶工程, 2017, 36(2): 39-41.
- [39] 宋建文, 刘全军, 高扬等. 某高钙石英型萤石矿浮选试验研究[J]. 非金属矿 2016(1): 50-53.
- [40] 曾茂青, 叶家笋, 单勇, 等. 新型硫化剂ZY在氧化铜矿浮选中的应用[J]. 矿冶, 2017, 26(2): 12-16.
- [41] 李飞, 刘殿文, 章晓林, 等. 云南某萤石与重晶石共生矿选矿试验研究[J]. 矿冶, 2017, 26(2): 17-22.
- [42] 吴猛, 付翔宇, 柏少军, 等. 高磷铁精矿原浆反浮选提质降磷试验研究[J]. 矿产综合利用, 2017(1): 57-60+84.
- [43] 张琳, 方建军, 蒋天国, 等. 铵(胺)盐对孔雀石表面吸附黄药稳定性的影响[J]. 矿产保护与利用, 2017(1): 46-50.
- [44] 张国范, 蒋世鹏, 冯其明, 等. 溶液体系中含锌矿物表面硫化研究[J]. 中南大学学报: 自然科学版, 2017(4): 851-859.
- [45] 冯博, 朱贤文, 冯金秀. 甲基纤维素的应激反应及其对滑石浮选的影响[J]. 中国有色金属学报, 2017(5): 1031-1036.
- [46] 卢琳, 伦绍雄. 铜锌混合精矿分离组合抑制剂试验研究[J]. 矿产综合利用, 2017(02): 40-43.
- [47] 沈笑君, 梁传程, 谢光元, 等. 杂醇油制备煤泥浮选复合药剂的试验研究[J]. 矿产综合利用, 2017(2): 58-62.
- [48] 李明晓, 谭伟, 王宏峰, 等. 无机钠盐活化异极矿的作用机理研究[J]. 有色金属: 选矿部分, 2017(3): 94-98.
- [49] 林榜立, 郭业东, 阙绍娟. 新型无毒有机抑制剂FY02的中试研究[J]. 有色金属: 选矿部分, 2017(3): 99-102.
- [50] 郭明明, 张继龙, 易群, 等. 一种新型生物捕收剂的制备、表征及性能研究[J]. 矿产综合利用, 2017(3): 114-118.
- [51] 李了艳, 钟宏, 方若晨. 新型起泡剂FG25在硫化铜矿和铅锌矿浮选中的应用研究[J]. 矿冶工程, 2017, 36(3): 43-46.
- [52] 王成行, 胡真, 邱显扬, 等. 抑浮铜工艺过程强化回收银的试验研究[J]. 矿冶工程, 2017, 36(3): 64-67.
- [53] 刘现民. 河南煤下高硫铝土矿选矿脱硫试验研究[J]. 矿产综合利用, 2017(3): 51-54.
- [54] 叶小璐, 袁经中. 某高硫精矿砷硫分离技术研究[J]. 矿冶工程, 2017, 36(3): 68-71.
- [55] 李俊旺, 张红华, 洪建华. 铜精矿提质降杂试验研究[J]. 矿产综合利用, 2017(3): 55-57+61.
- [56] 宋春光, 岳铁兵, 张传祥, 等. 河南省某石英-重晶石型萤石矿选矿试验研究[J]. 矿产保护与利用, 2017(3): 75-80.
- [57] 孙广周, 单勇, 黄斌, 等. 东川汤丹难选氧化铜矿选矿试验研究[J]. 有色金属: 选矿部分, 2017(4): 7-10+63.
- [58] 刘建华, 刘述忠. 福建某难选铜铅锌多金属矿石浮选研究[J]. 有色金属: 选矿部分, 2017(4): 11-16.
- [59] 张国范, 张风云. 浮选过程中金属离子对异极矿硫化的影响[J]. 中南大学学报: 自然科学版, 2017(7): 1689-1696.
- [60] 甘恒, 陈建华, 李世凯. 广西某铅锌矿酸性矿石浮选试验研究[J]. 矿冶工程, 2017, 36(4): 41-44.
- [61] 邱廷省, 宋宜富, 邱仙辉, 等. 白钨矿浮选体系中大分子有机抑制剂的抑制性能[J]. 中国有色金属学报, 2017(7): 1527-1534.
- [62] 邓伟, 王昌良, 韩跃新, 等. 新型抑制剂用于铜镍矿选矿的工业实践[J]. 矿产综合利用, 2017(4): 33-37.
- [63] 王延锋, 亢建华, 孙伟, 等. 新型抑制剂在柴川某低品位白钨矿浮选中的应用[J]. 矿产保护与利用, 2017(4): 44-47.
- [64] 石磊, 戴富余, 王艳, 等. 四川某碳质铜矿浮选试验研究

[J]. 有色金属:选矿部分, 2017(5): 6-8.

[65] 孙广周, 单勇, 李向益, 等. 云南某难选铜铅硫化矿浮选分离试验研究 [J]. 有色金属:选矿部分, 2017(5): 9-13.

[66] 林榜立, 蒋茂林, 蔡振波, 等. 新型无毒铜铅分离有机抑制剂 FY09 的合成及抑制性能研究 [J]. 有色金属:选矿部分, 2017(5): 83-88.

[67] 申少贺, 郑桂兵, 任爱军. 羧甲基淀粉取代度对抑制赤铁矿影响 [J]. 有色金属:选矿部分, 2017(6): 71-76.

[68] 耿志强, 刘润清, 孙伟. 河北某泥化黄铜矿浮选脱泥-微泡浮选试验研究 [J]. 矿冶工程, 2017(5): 56-59.

[69] 冉秀川, 高惠民, 任子杰, 等. 钡离子对萤石、重晶石和方解石浮选行为的影响 [J]. 非金属矿, 2017(7): 73-7.

[70] 李凤九, 张洪周. 某复杂难选铜硫矿铜硫分离试验研究 [J]. 矿产综合利用, 2016(3): 63-66.

[71] 邱先辉, 马强, 袁勤智, 等. 不同抑制剂对萤石与方解石浮选分离影响 [J]. 非金属矿, 2017(6): 60-62.

[72] 刘强, 王莹, 柳华丽. 某有色金属矿山酸性重金属废水治理试验研究 [J]. 黄金, 2017(1):68-72.

[73] 张春菊, 邱先辉, 邱廷省. 白钨选矿废水磁预处理技术效果评价与分析 [J]. 矿产保护与利用, 2017(1): 51-54.

[74] 张文波. 金精矿浸出含氰废水的处理 [J]. 黄金, 2017(5):73-75.

## The Development of Flotation Reagent in 2017

Zhu Yimin, Zhou Jing

(Hunan Research Institute of Non-ferrous Metals, Changsha, Hunan, China)

**Abstract:** The information about flotation reagents in 2017 were partly collected in this paper. Meanwhile, the four aspects of sulphide mineral collectors, oxide mineral collectors, regulators, wastewater treatment were introduced and briefly commented.

**Keywords:** Flotation reagents; Sulphide minerals; Oxide minerals; Collectors; Regulators; Wastewater treatments

////////////////////////////////////  
(上接 76 页)

## Research on Preconcentration Technology of a Refractory Scheelite Ore

Liu Jianguo, Zhang Jun, Tang Yuhe

(Guangdong Insititute of Resources Comprehensive Utilization, State Key Laboratory for Separation and Comprehensive Utilization of Rare Metals, Guangdong Key Laboratory for Development and Comprehensive Utilization of Mineral Resources, Guangzhou, Guangdong, China)

**Abstract:** The grade of  $WO_3$  in a scheelite ore is only 0.38%, and the mineral component of this ore is complex, the dissemination size of this ore is fine, there are various sulfide ores and lots of different calcium bearing gangue minerals, so, this ore is refractory ore. There are 3 kinds of preconcentration technology based on the process mineralogy characteristic of this ore, the process of whole froth flotation, the process of High Gradient Magnetic Separation(HGMS)-froth flotation, the process of gravity separation-froth flotation, the results indicate that, the  $WO_3$  grade of HGMS-flotation concentration is highest as 6.16% with the nice  $WO_3$  recovery of 85.27%, this process is more simple, higher treatment quantity, lower cost and less dosage of reagent than the other 2 kinds of processes, so, the HGMS-flotation preconcentration technology is suitable for this ore. And the product of HGMS-flotation preconcentration technology has good quality, it is easy to get the final high quality white tungsten concentrate by heating cleaning, the  $WO_3$  grade of the tungsten concentrate is 66.28% with  $WO_3$  recovery of 77.87%. So, this ore can be utilized.

**Keywords:** Scheelite; Preconcentration technology; Flotation; High gradient magnetic separation; Gravity separation