

磷矿浮选捕收剂的研究进展

陈云峰^{1,2}, 黄齐茂^{1,2}, 潘志权^{1,2*}

(1. 武汉工程大学化工与制药学院, 湖北 武汉 430074;

2. 绿色化工过程省部共建教育部重点实验室, 湖北 武汉 430074)

摘 要:综述了近年来国内外磷矿浮选捕收剂的文献资料, 从捕收剂的组成和离子性质等方面对磷矿浮选捕收剂进行了简单分类, 并详细介绍了其研究进展, 同时提出了今后的研究方向。

关键词:浮选; 磷矿; 浮选剂

中图分类号:TD923+.1

文献标识码:A

doi:10.3969/j.issn.1674-2869.2011.02.021

0 引 言

磷矿分选有多种方法, 而浮选是选别磷矿石的最有效方法之一。国内外对磷矿浮选的研究主要集中在浮选工艺和浮选药剂的研究方面, 而各种浮选工艺已趋于成熟, 研究进展不大, 故现在磷矿浮选的重点是针对浮选药剂的研究, 尤其是对低品位磷矿的开发、选别和利用更能推动新型磷矿浮选药剂的研究和发展^[1-3]。在磷矿浮选药剂中, 浮选捕收剂尤为重要, 本文就近年来浮选捕收剂的进展做简要综述。

捕收剂的分类方式有很多种^[4-6], 其中最主要的是脂肪酸类浮选捕收剂。本文主要从捕收剂的组成、离子性质等方面来介绍磷矿浮选捕收剂。

1 脂肪酸类

脂肪酸是作为一类非常经典的浮选捕收剂广泛应用于磷矿的浮选。由于其来源广、价格低等优势而备受青睐, 例如氧化石蜡皂、塔尔油等脂肪酸及其皂类捕收剂在国内外磷矿的浮选中具有重要的地位^[7]。在脂肪酸类捕收剂的研发中, 为提高捕收剂的性能和效率, 主要涉及两方面的改性: 一是引入特定的功能团合成新型捕收剂, 这也是目前的一个研究热点。因为传统的脂肪酸类捕收剂受到选择性差和适应性差等因素的影响, 在使用和推广过程中受到很大的限制; 二是利用现有的脂肪酸类捕收剂加入不同辅剂制成复合药剂^[8-9]。

由于脂肪酸是一类结构相对简单的化合物, 在对其进行修饰的过程中, 主要针对羧基和 α 位

的亚甲基, 致力于改进捕收剂的适应性并提高其浮选效率。

1.1 脂肪酸羧基改性

根据羧基的反应性, 主要通过引入一些不同的功能团以及通过改变羧酸分子的极性来改善捕收剂的水溶性和适应性。如将脂肪酸硫酸化制得磺酸脂肪酸类, 将亲水的羧基衍生化为亲水性更强、极性更大的磺酸基, 改变其水溶性、增强浮选的选择性和适应性以及捕收剂的抗低温能力。同时将脂肪酸作为一个功能团, 与磷酸作用合成脂肪磷酸酯。据专利报道, 前苏联研制了油酸的 O,O-二烷基二硫代磷酸酯, 浮选磷灰石效果良好。罗廉明等人^[10-13]以合成的醚烷基磷酸酯 $[R_m(OC_2H_4)_nO]_2P(O)OH$ 作为捕收剂, 发现其抗硬水性能较好, 具有常温浮选的优势。同时他们又利用普通脂肪酸为原料将脂肪酸酰基化或酰胺化, 合成出酰基简单酸酯作为磷矿捕收剂, 它具有较好的捕收性能、一定的选择性及适宜的起泡性。另外三烷基乙酰胺、烷基酰胺羧酸、烷基乙醇酰胺、N-甲基烷基酰胺羧酸、烷基琥珀酸-N-烷基单酰胺、磺化琥珀酸-N-烷基酰胺以及 N-烷基, N-琥珀酸酯基磺化酰胺羧酸等都是具有酰基和酰胺基的化合物, 均可看做是羧基衍生物的产物, 且都有用于浮选的例子^[14]。脂肪酸酯化也是一类最常用的衍生化方法, 在酯化过程中, 通常有目的地将脂肪酸与木糖醇、季戊四醇以及甘露醇等缩合得到的脂肪酸多元醇单酯、脂肪酸聚甘油单酯以及脂肪酸聚氧乙烯酯等^[15]。这些功能化的脂肪酸酯分子中含有多个羟基功能团, 增强了捕收剂的亲水

收稿日期: 2010-11-30

基金项目: 国家自然科学基金(21002076); 国家自然科学基金重点项目(50834006); 教育部创新团队项目(IRT0974)

作者简介: 陈云峰(1978-), 男, 湖北仙桃人, 教授, 博士后, 研究方向: 有机合成, 药物化学。

性能并能改善捕收效率。

周贤等人^[16-17]报道利用油酸为原料,经酯化、磺化及中和处理制得了一种新型的阴离子表面活性剂脂肪酸甲酯磺酸钠(MES)。研究表明将其用作磷矿捕收剂,其浮选性能与油酸钠基本相当,不同的是其选择性更好,抗硬水能力更强。

1.2 脂肪酸 α 位亚甲基改性

由于受到羰基的活化作用,脂肪酸 α 位的亚甲基容易进行功能化而得到不同的衍生物。例如制得的氯代环烷酸、全氟代羧酸、 α -烷基硝基脂肪酸、 α -硝基脂肪酸、 α -磺酸基羧酸都有作为捕收剂的例子^[18]。纵观所有的 α 位功能化,卤素、硝基、磺酸基等这些均是极性比较大的基团,这些大极性基团的引入对于增加羧酸分子的极性以及改变羧基的电荷分布具有一定的影响;同时对于提高羧酸负离子的稳定性,增强捕收剂亲水基与矿物的作用,改善捕收剂的水溶性具有很重要的影响。另外 α 位改性的脂肪酸浮选捕收剂对硬水的适应性增强,浮选效果较单纯的脂肪酸如塔尔油、氧化石蜡皂有显著的提高^[19]。

黄齐茂等人^[20-22]通过对各种不同官能团性质的研究以及功能团与金属离子螯合作用机理的研究,研制了不同种类的新型 α 取代脂肪酸衍生物磷矿捕收剂,在磷矿的浮选过程中,表现出许多实在的优势。通过在 α 位引入氯原子,合成了多种含羧基的 α -氯代脂肪酸酯浮选捕收剂,以及 α -氨基脂肪酸类捕水剂并用于云南某磷矿的浮选。

1.3 脂肪酸类混合型捕收剂

在脂肪酸捕收剂的使用过程中,单一的脂肪酸捕收剂往往较难达到预期的浮选效果。为了提高浮选效果和效率,常将两种或多种脂肪酸衍生物混合使用,或者在脂肪酸衍生物中加入其它活性成分以提高脂肪酸捕收剂的浮选性能^[23-27]。早在1954年就有人提出将油酸和磺酸盐混合使用;1955年,印度也曾报道用油酸铵与油酸钠(1:1)的混合物作为捕收剂,并在磷矿浮选中达到了很好的浮选效果。 $C_{14\sim 18}$ 混合脂肪酸下脚与松香按1:1组合制成钠皂浮选磷矿,可获得约含 P_2O_5 30%,磷回收率为78%的磷精矿的试验结果^[28]。

另外氟化物是良好的表面活性剂,加入微量就可以降低溶液的表面能,在确保磷精矿质量的条件下,可以提高磷的回收率。在国内,刘长聚等人^[29]研制的 H_{907} 磷矿捕收剂,属于聚一复型捕收剂,它是由聚乙烯醋酸酯(PVAC)与磺化甲酯盐混合得到的复合物。该捕收剂已经成功用于莱州磷矿选矿生产,在较低温度(6℃~20℃)和中性介

质(pH \approx 7)的条件下分选磷灰石型磷矿,取得了令人满意的结果,为我国磷灰岩的浮选开辟了一条新路。捕收剂 Y_{901} 是植物油的皂化产品,另以混合羧酸作添加剂,成品为黄色疏松状固体,易溶于水,该捕收剂对黄麦岭磷矿石中最难选的B类矿具有较好的效果^[30]。磷块岩常温捕收剂 Gd_{703} 是由黑色脂肪酸加分散剂和表面活性剂制成,它实现了朝阳磷矿南矿段硅质磷块岩的常温正一反浮选,其经济技术指标均等于或超过氧化石蜡皂的分选结果,有显著的经济效益^[31]。李冬莲等人^[32]报道将十二烷基硫酸钠(SDS)与皂脚按照不同比例混合得到一类混合型的脂肪酸类浮选捕收剂,在较低的温度下(13℃~15℃),得到精矿的品位达到30.40%,回收率达到81.36%。WHL-P4捕收剂是脂肪酸酯化产物与酰化产物按照一定比例混合形成的复合捕收剂,该捕收剂在反浮选碳酸盐(白云石)矿物时可达富集磷矿物的效果,获得镁磷比较低的磷精矿^[33]。黄齐茂等人^[34]在研究不同种类 α 取代的脂肪酸磷矿捕收剂中发现,将 α -氯代脂肪酸柠檬酸单酯与 α -氯代脂肪酸钠配比得到复合捕收剂D-SO-A和D-SO-B系列,对于一些特定的磷矿浮选具有很强的优势。贵州大学的唐云等人^[35]自制的磷矿浮选捕收剂TS,其主要成分是脂肪酸盐,再加入其它助剂制得,其特点是在酸性介质中就能很好地反浮选胶磷矿。

2 阳离子胺类捕收剂

阳离子胺类捕收剂在水相中,容易与水分子作用离解形成铵根阳离子,有很强的亲水性;而铵根上的烃基部分则具有疏水性,整个分子具有表面活性剂的功能,是有色金属氧化矿、长石、石英等铝硅酸盐等的捕收剂^[36]。从上世纪80年代起,陆续有利用阳离子胺类捕收剂反浮选磷矿的例子。尤其是针对硅质、钙质以及硅钙质含量较高的磷矿,反浮选性能较好^[37],例如十二胺就是一种典型的反浮选脱硅磷矿捕收剂。同时环烷胺、塔尔油胺、聚氧乙烯基胺、烷氧基二胺、烷酰胺基二羟乙基乙胺、烷酰胺基聚胺、烷基苯醚胺等也可用于磷矿的反浮选。此外,叔胺氧化物可作为磷酸盐的捕收剂。寇珏等人^[38]利用Georgia-Pacific化学公司开发的系列阳离子胺类捕收剂605G83、605G91和605G94,在磷矿脱硅反浮选中有较强的优势。

3 醚胺类捕收剂

醚胺是一类阳离子型捕收剂,与一般的脂肪族胺类捕收剂不同的是醚胺因醚键氧的存在,分

子性质发生了较大的变化. 醚胺类捕收剂对硅质物的捕获能力非常强, 通常用于反浮选工艺来捕收硅质物, 用醚胺反浮选石英以提高磷精矿的品位, 其效果比脂肪胺类捕收剂好^[39]. 在美国西部磷矿反浮选工艺中, 先用脂肪酸浮选碳酸盐, 然后用不同的胺类捕收剂浮选硅质物, 得到的磷精矿无论在磷的品位还是在磷的回收率方面, 均是醚胺优于脂肪族胺. 美国道化学公司使用烷基苯基醚胺反浮选硅质磷块岩, 效果也优于一般捕收剂^[40].

4 两性捕收剂

大多数脂肪酸类捕收剂为阴离子型捕收剂, 而脂肪胺以及醚胺类为阳离子型捕收剂. 由于捕收剂所带电荷的不同, 导致其在实际浮选过程中的作用机制不同, 阳离子型捕收剂大多用于反浮选工艺, 以脱出矿石中的钙质和硅质^[41]. 设计与合成两性捕收剂是一个亮点, 它同时具有阴离子和阳离子的潜在功能, 在浮选过程中表现出独特性质. 大多数两性捕收剂的阳离子部分仍然为氨基片段, 设计有氨基羧酸、氨基磺酸、氨基硫酸酯以及氨基磷酸酯等类型两性捕收剂. 如芬兰成功地使用了烷基-N-甲基甘胺酸两性捕收剂, 从方解石、白云石和云母中浮选磷灰石, 对含 P_2O_5 4% 的原矿, 经三次精选获得含 P_2O_5 35% 的精矿^[42]. 前苏联以 N-烷酰胺乙基、N'-羧甲基、N'-三羧甲基乙二胺盐作为高碳酸盐低品位磷矿的捕收剂, 也有一定效果. 法国和瑞典也有利用氨基酸以及氨基磺酸作为捕收剂的例子^[43]. 在我国, 如前所述, 黄齐茂等人设计研发的 α -氨基脂肪酸捕收剂具有很强的应用优势^[21]. 同时, 十二烷基亚氨基二次甲基膦是磷灰石和方解石的良好捕收剂^[44]. 另外, 还有其它的新型捕收剂, 例如: 烷基磷酸酯(盐)、烷胺丙酸、氧乙烯类捕收剂等^[45].

5 代号型捕收剂

设计化工连云港研究院研制的反浮选碳酸盐捕收剂 PA-31 以及脱硅浮选剂 SL-20 为阳离子捕收剂, 对于碳酸盐以及硅酸盐高的磷矿具有较理想的分选效果^[46]. 同时他们研制的 PA-8042 磷矿捕收剂, 经辽宁某磷矿以及江苏锦屏磷矿生产应用, 发现其优于常规脂肪酸类捕收剂^[47]. P_{928} 为湖南化工研究院自行开发的产品, 其主要成分为石油化工产品^[48]. 谢建华报道^[49] 利用新型捕收剂 P_{928} 可以实现大峪口以及金家河磷矿石的常温无碱浮选. 在对湖北省宜昌地区南漳县红星磷矿的开发利用中, 中化地质矿山总局地质研究院研制

生产的 K-01 新型捕收剂^[50], 以硫酸替代磷酸作为抑制剂, 可以低成本工业化生产出磷精矿. 戴新宇和于克旭^[51] 报道了 DY-P 捕收剂对中国北方一岩浆岩型磷矿具有广泛的适应性, 受温度的影响小, 并且能降低磷精矿中 Fe 的含量, 达到降铁目的. W-01 为氧化石蜡皂型捕收剂, 由于浮选产生的尾矿泡沫粘性大, 给尾矿消泡和尾矿输送带来许多困难. 经过反复试验, 瓮福磷矿选矿工程技术人员^[52] 研制了一种能选低品位胶磷矿的新捕收剂 WF-01, 解决了 W-01 的许多问题. 同时张仁忠等人^[53] 也报道 WF-01 捕收剂用于沙特 Al-Jalamid 的磷矿选矿, 且具有广泛的适应性. S-08 是中蓝连海设计院研制的新型磷灰石捕收剂, 它具有性能稳定、起泡性强、分选性好的特点, 且合成的原料来源广, 在新浦磷矿试验中获得了良好的选别指标^[54]. 同时它们也研发了 PA-808A、PA-808C、PA-900、PA-416A 系列的磷矿捕收剂^[55]. 将新型磷块岩常温捕收剂 N-1 用于贺兰山选矿厂取得了较好的分选效果, 实现了磷块岩的常温浮选^[56]. 新型 410 捕收剂是一种在酸性水中进行磷酸盐矿物浮选的优良捕收剂, 其起泡沫性能好、不粘、药剂选择性好, 而且对矿石性质的变化适应性比采用氧化石蜡皂强, 是一类非脂肪酸型捕收剂^[57]. 解田等人^[58] 报道利用 BL 碳酸盐捕收剂, 是一种常见的脂肪酸类捕收剂, 在硅钙质磷矿反浮选碳酸盐脉石中表现出较强的优势.

6 结 语

磷矿捕收剂种类多, 难以用一个界限加以划分, 随着新的实际问题的出现, 越来越多的新型捕收剂应运而生. 纵观磷矿浮选捕收剂的发展, 不难看出新型捕收剂的研发都是基于对现有捕收剂分子的改性、现有捕收剂的浮选效果的评价以及一些实际的问题; 采用取长补短、优势互补以及优势嫁接的原理, 设计和开发出高效的、多功能的、高选择性的浮选捕收剂. 另一方面, 从矿物与捕收剂的作用机制着手, 开发和设计新型的捕收剂, 尤其是脱硅、钙、镁的反浮选捕收剂具有很强的理论和实际意义. 同时如何从节省能耗、降低成本等方面寻找适当的捕收剂也是一个现实的问题.

参考文献:

[1] 骆兆军, 王文潜. 磷矿浮选进展[J]. 化工矿物与加工, 1999, 28(7): 1-3, 7.
[2] Houot R. Beneficiation of phosphatic ores through flotation: Review of industrial applications and

- potential developments International[J]. Journal of Mineral Processing,1982,9(4):353-384.
- [3] Marabini A M, Ciriachi M, Plescia P, et al. Chelating reagents for flotation [J]. Minerals Engineering,2007,20:1014-1025.
- [4] 李成吾,李勇,左继成,等. 磷矿捕收剂研究进展[J]. 有色矿冶,2007,23(2):26-28,48.
- [5] 周杰强,陈建华,穆泉,等. 磷矿浮选药剂的进展(上)[J]. 矿产保护与利用,2008(2):47-51.
- [6] 朱建光. 2002年浮选药剂的进展[J]. 国外金属选矿,2003(2):7.
- [7] 郑居然. 脂肪酸类捕收剂对大峪口磷矿选别效果的研究[J]. 化工矿物与加工,2003,32(6):8-10.
- [8] 骆兆军,钱鑫,王文潜. 磷矿捕收剂的发展动向[J]. 云南冶金,1999,28(2):17-20.
- [9] 杨祖武. 磷矿浮选药剂的发展动向[J]. 化工矿山技术,1986,1,9-12.
- [10] 罗廉明. 一种新型磷矿浮选捕收剂[J]. 武汉化工学院学报,1996,18(1):35-38.
- [11] 罗廉明,乐华斌,刘鑫. 介绍一种抗硬水性磷矿常温浮选捕收剂[J]. 国外金属矿选矿,2005,42(12):25-27.
- [12] 罗廉明,华萍. 抗硬水性捕收剂的合成及浮选性能研究[J]. 湖北化工,1999,16(4):9-11.
- [13] 罗廉明,华萍,胡健. 酯基羧酸钠的研制及对浮选性能的研究[J]. 化工矿山技术,1995,24(3):27-29.
- [14] 唐云,张覃. 烷醇酰胺在胶磷矿和白云石浮选分离中的作用[J]. 矿产综合利用,2003(4):8-10.
- [15] 骆兆军,钱鑫,王文潜. 国内外磷矿选矿的新进展[J]. 中国矿业,1999,8(4):51.
- [16] 周贤,张泽强,池汝安. 脂肪酸甲酯磺酸钠的合成及其磷矿浮选性能评价[J]. 化工矿物与加工,2010,39(1):1-3.
- [17] 周贤,王华,彭光菊,等. MES的合成及其磷矿浮选性能评价[J]. 武汉工程大学学报,2009,31(12):48-50.
- [18] 朱玉霜,朱建光. 浮选药剂的化学原理[J]. 长沙:中南工业大学出版社,1996.
- [19] 王淀佐. 浮选药剂作用原理及应用[M]. 北京:冶金工业出版社,1982.
- [20] 黄齐茂,马雄伟,肖碧鹏,等. α -氨基酸型磷矿低温浮选捕收剂的合成与应用[J]. 化工矿物与加工,2009,38(7):1-4.
- [21] 黄齐茂,向平,罗惠华,等. 新型复合捕收剂常温浮选某胶磷矿试验研究[J]. 化工矿物与加工,2010,39(4):1-4.
- [22] 黄齐茂,邓成斌,潘志权,等. 新型 α -取代脂肪酸衍生物类磷矿浮选捕收剂(I)[J]. 武汉工程大学学报,2008,30(2):15-17.
- [23] 伍膺浩. 混合捕收剂在磷矿浮选中的应用[J]. 化工矿山技术,1986(4):61.
- [24] 史继斌,王明艳,许瑞波. 复合增效剂在磷矿浮选中的应用研究[J]. 化工矿物与加工,2003,10:16-17.
- [25] Hanna, H. S. The role of cationic surfactants in the selective flotation of phosphate ore constituents[J]. Powder Technology,1975(12):57-64.
- [26] Rao K H, Antti R M, Forssberg E. Flotation of phosphatic material containing carbonatic gangue using sodium oleate as collector and sodium silicate as modifier [J]. International Journal of Mineral processing,1989(26):123-140.
- [27] 张新辉,施惠生,刘鑫. 常温磷矿捕收剂的应用研究[J]. 武汉工程大学学报,2007,29(2):43-45.
- [28] US Pat. No. 4186038[S]. 1980.
- [29] 刘长聚,刘源昌. H907磷矿捕收剂的研究与应用[J]. 化工矿山技术,1992,21(2):47-50.
- [30] 袁耀瑜,彭荣善. 捕收剂 Y901 的选磷实践[J]. 化工矿山技术,1993,22(5):27.
- [31] 辜国杰,丁振华. 常温捕收剂 Gd703 在朝阳磷矿南矿段的应用[J]. 化工矿山技术,1996,25(2):31-32.
- [32] 李冬莲,张央. 宜昌中低品位磷矿工艺流程试验研究[J]. 武汉工程大学学报,2010,32(11):54-57.
- [33] 罗廉明,乐华斌,刘鑫. 一种新型磷矿低温浮选捕收剂[J]. 化工矿物与加工,2005,34(12):3-4.
- [34] 黄齐茂,邓成斌,向平,等. α -氯代脂肪酸柠檬酸单酯捕收剂合成及应用研究[J]. 矿冶工程,2010,30(2):31-34.
- [35] 唐云,张覃. TS药剂在磷矿浮选中的作用研究[J]. 矿业研究与开发,2003,23(3):23-26.
- [36] R. M. 帕皮里,王皓. 铁矿石的阳离子浮选:胺的性质和行为[J]. 国外金属矿选矿,2001(8):27-30.
- [37] 罗廉明,刘鑫,刘洋,等. 磷矿反浮选碳酸盐脉石矿物捕收剂研究[J]. 化工矿物与加工,2006,35(12):6-7.
- [38] 寇珏,孙体昌,Tao D. 胺类捕收剂在磷矿脉石石英反浮选中的应用及机理[J]. 化工矿物与加工,2010,39(2):12-16.
- [39] 张红茹. 反浮选脱硅捕收剂研究[J]. 化工矿物与加工,1998,27(4):10-11.
- [40] 周叔良译. 美国西部磷矿应用碳酸盐——二氧化硅浮选技术[J]. 化工矿山译丛,1985(1):29-34.
- [41] Mondgy, B. M. 磷酸盐矿石的进展[J]. 化工矿山译丛,1988(2):25-30.
- [42] Sis H, Chander S. Reagents used in the flotation of phosphate ores: a critical review [J]. 2003 (16):577-585.
- [43] Houot R, Joussemet R, Tracez J, et al. Selective flotation of phosphatic ores having a siliceous and/or carbonated gangue[J]. International Journal of

Mineral Processing,1985(14):245-264.

[44] 丁浩,崔林. C112 作捕收剂浮选磷灰石和方解石及其作用机理的研究[J]. 化工矿山技术,1991,20(4): 20-23,25.

[45] Scott J L, Smith R W. Diamine flotation of quartz [J]. Minerals Engineering,1991,4(2):141-150.

[46] 孙克己,戴丛洲,刘升林,等. 碳酸盐新型捕收剂 PA-31 选矿试验研究[J]. 化工矿山技术,1995,24 (5):30-31.

[47] 韩云峰. PA-8042 捕收剂用于锦屏磷矿常温浮选 [J]. 化工矿物与加工,2004,33(6):26-27.

[48] 谢建华. P928 常温无碱浮选大峪口磷矿的研究 [J]. 化工矿山技术,1995,24(1):27-28.

[49] 谢建华,张银玉. P928 常温无碱浮选金家河磷矿石 的研究[J]. 国外金属矿选矿,1998(5):24-27.

[50] 杨丽珍,魏祥松. K-01 捕收剂成功用于湖北省南漳 红星磷矿[J]. 化工矿产地质,2007,29(2):98-100.

[51] 戴新宇,于克旭. DY-P 磷捕收剂在北方某磷矿选矿 试验研究中的应用[J]. 矿产综合利用,2009(5): 14-16.

[52] 杨忠权. WF-01 捕收剂在瓮福磷矿选矿厂的使用 [J]. 矿业快报,2004,20(3):41-42.

[53] 张仁忠,令狐昌锦. WF-01 捕收剂在沙特磷矿选矿 试验中的应用[J]. 化工矿物与加工,2008(3):7-8.

[54] 徐金书. S-08 新型捕收剂用于新浦磷矿试验研究 [J]. 化工矿物与加工,2006(3):8-9.

[55] 徐金书. 新浦磷矿低温捕收剂的选择[J]. 化工矿物 与加工. 2005,34(12):21-23,26.

[56] 魏春城,张晓京. 常温捕收剂 N-1 的工业性选矿试 验[J]. 化工矿山技术,1994,23(4):31-33.

[57] 张惠宗,陈白芝. 选磷新型 410 捕收剂[J]. 金属矿 山,1990,19(7):53-55.

[58] 解田,苏迪,邱树毅,等. 某硅钙质磷矿反浮选碳酸 盐脉石矿物捕收剂应用研究[J]. 化工矿物与加工, 2009,38(10):4-5.

Progress of flotation collectors for phosphorus ores

CHEN Yun-feng , HUANG Qi-mao , PAN Zhi-quan

(1. School of Chemical Engineering and Pharmacy, Wuhan Institute of Technology, Wuhan 430074, China; 2. Key Laboratory for Green Chemical Process of Ministry of Education, Wuhan 430074, China)

Abstract: The recent development of phosphate flotation collectors was reviewed. A simple classification for flotation collectors was introduced according to the composition of collectors and ionic characteristic and other aspects, and recent progress in phosphate flotation collector research was also summarized in detail. Furthermore, future research directions about phosphorus ore flotation collectors were outlined.

Key words: flotation; phosphorus ores; collectors

本文编辑:陈小平

☆
(上接第 75 页)

Study on beneficiation of Anning weathered phosphate ore

LUO Lian-ming , LIU Xin , XIE Guo-xian , ZHANG Shu-hong , LI Ruo-lan

(Yunnan Phosphate Chemical Group Co. , Ltd, Kunming 650113, China)

Abstract: A new Gravity-Flotation process was employed to classify Anning weathered phosphate ore into two particle size fractions, and beneficiated separately using the traditional direct-reverse flotation process. A combined phosphate concentrate from the coarser and finer parts with grade $P_2O_5 \geq 30\%$ and $MgO \leq 0.3\%$ could be obtained from this new process. Gravity sedimentation tests showed that the sedimentation rate of heavier concentrate was 3.12 times greater than that of the tradition flotation concentrate.

Key words: weathered phosphate ore; gravity-flotation process; classification

本文编辑:陈小平