



阳离子捕收剂研究进展*

张永, 钟宏, 谭鑫, 詹金华

(中南大学化学化工学院, 湖南 长沙, 410083)

摘要:通过查阅相关文献资料,介绍了目前国内外阳离子捕收剂的研究及应用现状,简单分析了我国阳离子捕收剂研究与开发的进展和不足,并就阳离子捕收剂下一步研究工作提出了自己的见解。

关键词:阳离子捕收剂;浮选;进展

中图分类号:TD923⁺.13 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0076(2011)03-0044-06

Research Progress in Cationic Collectors

ZHANG Yong, ZHONG Hong, TAN Xin, et al.

(College of Chemistry and Chemical Engineering, Central South University, Changsha, Hunan 410083, China)

Abstract: According to lots of relative literatures, the current status of research and application of cationic collectors both at home and abroad was introduced, and the advantages and disadvantages about researches and developments on cationic collectors in China were analyzed simply. Finally, some views on cationic collector investigations in the future were put forward.

Key words: cationic collector; floatation; progress

阳离子捕收剂绝大部分都是含氮的有机化合物,且主要是伯、仲、叔胺盐以及季铵盐,只有极少部分是含硫或磷的有机化合物。早期用脂肪伯胺作为反浮选药剂,后来为了改善胺的浮选性能,常对脂肪胺进行改性,如在伯胺的R基和NH₂间引入(O-CH₂)_n基团,由于有机醚官能团O-C-O存在,所以这类药剂属于醚胺类。亲水基团的存在,改善了药剂的溶解性,促进药剂进入固-液和液-气界面,增强了气泡周围液膜的弹性。目前国内外常用的阳离子捕收剂主要为酰胺、醚胺、多胺、缩合胺及其盐等。此外,阳离子捕收剂的开发已不再拘泥于脂肪胺和醚胺领域,开始不断地推陈出新,向季铵盐、亚胺脒、酰胺基胺等领域拓展^[1]。

1 阳离子捕收剂研究现状

1.1 脂肪胺类捕收剂

脂肪胺合成最早始于1850年,但直到1913年才发现其阳离子表面活性性质。1920年首次用作阳离子捕收剂浮选硫化铜矿,1933年开始用于浮选硅酸盐。但由于脂肪胺类生产成本偏高这一根本性问题未能解决,直至1950年以后,脂肪胺类作为浮选药剂才真正在选矿工业上得到实用。目前高级脂肪胺的生产以天然脂肪酸为主要原料,采用牛脂或棕榈油为原料生产C₁₆~C₁₈脂肪胺,利用椰子油或棕榈核仁油生产C₁₂~C₁₄的脂肪胺。

* 收稿日期:2010-06-30;修回日期:2010-11-10

基金项目:国家重点基础研究发展规划项目(2005CB623701)

作者简介:张永(1984-),男,江苏泗阳人,硕士研究生,主要从事矿物浮选研究。

常用的烷基胺类捕收剂有癸胺、十二胺、十四胺、十六胺、十八胺及叔胺与多胺等,它们在水中溶解度小或几乎不溶,通常将其与醋酸或盐酸反应,生成相应的盐,再用水稀释至适当浓度而用于浮选。胺的醋酸盐或盐酸盐在溶液中电离出的阳离子是该捕收剂的有效成分,也是有色金属氧化矿、石英、长石、云母等铝硅酸盐和钾盐的捕收剂。

1.1.1 伯胺类阳离子捕收剂的应用

1.1.1.1 浮选石英及其它硅酸盐矿物

在国外,Ishchenko等^[2]使用十二胺(DDA)对铝硅比为2.7~2.4的三水铝石进行反浮选获得铝硅比大于7的铝土矿精矿。Anishchenko等^[3]将氯化月桂胺用于鲕绿泥石与三水铝石的分离,试验获得了很好的分离效果。

在国内,针对我国铝土矿的特点,张云海等人^[4]研究了DDA在高岭石——水硬铝石体系中的浮选行为,发现使用抑制剂YX-2,两矿物浮选结果出现较大差异,配合使用分散剂YF-2对一水硬铝石与高岭石的人工混合矿进行反浮选分离,经过一次粗选一次精选流程,槽内产品的回收率(以 Al_2O_3 计)75.03%,铝硅比10.66。有人以细粒嵌布的鞍山式磁铁矿精矿为原料,采用弱磁选—重选—阳离子反浮选工艺,在反浮选中用DDA 60 g/t, Na_2CO_3 1 500 g/t,淀粉 100 g/t,闭路试验可得TFe 72.04%, SiO_2 0.26%的超级铁精矿^[5]。

陈晔等^[6]研究了伯胺对异极矿的浮选行为,发现矿浆pH=9~11时,异极矿的上浮率最大。随着碳链长度增加到 C_{18} 时,在异极矿、石英、白云石与褐铁矿浮选体系中,胺对异极矿的回收率在递增,而其它3种矿,尤其是石英和白云石的回收率则显著下降。研究表明,胺碳链越长,胺在矿物表面的吸附自由能越大,烃基诱导效应越强,对异极矿的捕收能力就越强,选择性也就越好。蒋昊等^[7]从浮选溶液化学角度研究了直链烷基胺对一水硬铝石、高岭石、叶蜡石和伊利石4种矿物的浮选行为规律及其作用机理,指出烷基胺类阳离子捕收剂主要以静电作用力吸附于一水硬铝石和铝硅酸盐矿物表面。

1.1.1.2 浮选可溶性盐——KCl

伯胺类捕收剂能捕收可溶性的KCl,故可从岩盐或光卤石中浮出KCl。例如浮选我国某钾盐矿,该矿主要是由可溶性盐和不溶物组成,可溶性盐

以NaCl、KCl为主,伴有一些 $CaCl_2$ 、 $MgCl_2$ 等,不溶物主要是砾石、黏土。因钾盐是可溶性盐,故浮选在KCl—NaCl饱和溶液中进行。浮选时以羧甲基纤维素抑制矿泥,当以十八胺为捕收剂时,对于原矿含12.57% KCl与25.77%不溶物的混合矿石,经过一次粗选、一次扫选、两次精选的开路流程,可获得含90%以上的KCl精矿,回收率在60%以上(闭路流程回收率80%以上);当用混合胺时,可获得含90%以上的KCl精矿,回收率在75%左右。而浮选KCl以后的尾矿,采用妥尔皂和十二烷基硫酸钠进行反浮选,槽内产品即为NaCl精矿,品位为94%,回收率为65%~70%,可作为工业原料^[8]。

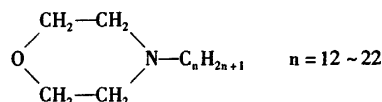
1.1.1.3 有色金属的浮选

胺类浮选有色金属氧化矿多在碱性介质中进行,此时有足够的 RNH_2 生成。 RNH_2 中氮原子的孤对电子能与矿物表面的 Cu^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Cd^{2+} 、 Co^{2+} 等粒子生成络合物,使矿物表面疏水。用十八胺醋酸盐为捕收剂,以二号油为起泡剂,能从含锌14%的硅酸锌中得到含锌45%的精矿,回收率为86%。可见用胺类捕收剂浮选氧化锌矿能得到比较好的结果。Abramov曾指出浮选菱锌矿最好的工艺是用 Na_2S 硫化,然后用月桂胺乙酸盐浮选。S. H. 霍塞尼^[9]通过FT-IR证实了DDA在菱锌矿表面上的吸附,证明 Na_2S 处理后,该矿物表面部分变成ZnS层。在pH=11.5,捕收剂用量为 1.6×10^{-3} mol/L时,菱锌矿回收率为94%。

1.1.2 叔胺类阳离子捕收剂的应用

胡岳华等^[10]以脂肪胺和甲醛为原料,甲酸为催化剂,采用烷基化反应制备叔胺类捕收剂DRN系列,包括 DRN_{12} 、 DRN_{14} ,并且考察了它们对高岭石、叶蜡石、伊利石的浮选行为。用 DRN_{12} 作捕收剂,铝硅酸盐矿物的回收率随pH值升高呈下降趋势,随着药剂浓度增加回收率上升,叶蜡石和高岭石可浮性较好,伊利石可浮性较差;用 DRN_{14} 作捕收剂,其捕收铝硅酸盐矿物的趋势与 DRN_{12} 基本相同,但 DRN_{14} 的捕收能力大于 DRN_{12} ,即烃链长的叔胺,捕收能力较强。

烷基吗啉有下述结构式:



其结构式中有三个碳原子与 N 直接连接,属于叔胺,是石盐(NaCl)的新型捕收剂。分子中的氧原子与两个碳相连,属醚的结构,该氧原子与石盐表面上的水合钠离子之间生成氢键而吸附在石盐上。研究表明,它吸附在光卤石($\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2$)上少,而吸附在石盐表面多,因此对石盐捕收力强,对光卤石捕收力弱。通过精选将石盐浮出,光卤石为槽内产品,石盐回收率很高,采用十六烷基吗啉和十八烷基吗啉混用对石盐的可浮性最好^[11,12]。有人^[13]认为烷基吗啉分子中除氧原子外,分子中的第三胺 N 原子也会吸附于石盐表面上。

1.1.3 多胺类阳离子捕收剂的应用

胡岳华等^[10]以脂肪胺和丙烯腈为原料,常压下合成了 N-烷基-1,3-丙二胺类捕收剂 DN 系列,包括 DN_{12} 、 DN_{14} 、 DN_{16} 、 DN_{18} ,并且考察了它们对高岭石、叶蜡石、伊利石的浮选行为。其中 DN_{12} 对高岭石捕收能力最强,叶蜡石次之,伊利石最差; DN_{14} 、 DN_{16} 可浮性大小顺序是叶蜡石 > 高岭石 > 伊利石;综合性能力 DN_{12} 最佳。多胺属阳离子捕收剂,与铝硅酸盐矿物作用主要是静电吸附。由于离子化效应和胺分子沉淀效应,浮选铝硅酸盐矿物的最佳 pH 值为 4~6,因为在高 pH 值时,多胺会生成胺分子沉淀,影响捕收性能。随着烷基碳原子数增加,和烷基伯胺一样,生成胺分子沉淀的 pH 值降低。多胺浮选铝硅酸盐矿物时,其浮选回收率下降的 pH 值随碳原子数的增加而减小。与 DDA 相比,多胺类捕收性能优于 DDA,如果寻找到合适的调整剂,多胺有望成为一类有效的铝土矿反浮选脱硅捕收剂。

1.2 季铵盐阳离子捕收剂

作为浮选药剂的季铵盐主要有两类,烷基季铵盐及烷基吡啶盐。这两类表面活性剂近年来在化工应用上也有很大发展,特别是在纺织工业及医药工业有着广泛的应用。与胺捕收剂相比,季铵盐阳离子捕收剂的特点是在水中溶解度高,选择性强,对碱性介质不敏感,具有抗腐蚀作用,无毒;缺点是生产成本高。用叔胺类化合物合成季铵盐的难易程度与胺的碱性强弱有关,碱性越强合成速度越快,而采用合成脂肪酸馏分制成的伯胺及仲胺制备则比较经济。

季铵盐可用于钾石盐脱除黏土及矿泥。钾石盐先在盐水中擦洗,脱去表面黏土质,然后在每份矿石

中加入 0.25% 份的双椰油基二甲基氯化季铵盐(占 80%)及环氧化牛脂胺(占 20%)的混合物,再加入适量庚烷,分开固液两相。矿浆经部分脱水后再加入适当药剂进行浮选,结果可得到精矿产率为 50.4%,KCl 品位为 95.1%;尾矿产率 45%,KCl 品位为 1.3%^[8]。

赵声贵等^[14]研究了十二烷基三甲基氯化铵、十六烷基三甲基溴化铵和十八烷基二甲基苄基氯化铵 3 种季铵盐阳离子捕收剂对一水硬铝石、高岭石、叶蜡石及伊利石的浮选行为。试验发现在酸性条件下,4 种矿物均有良好的可浮性;在碱性条件下,一水硬铝石的回收率大幅度下降,而其它 3 种矿物则保持较高的浮选回收率。另外红外光谱及动电位结果显示,季铵盐捕收剂与 4 种矿物间的相互作用为静电吸附,季铵盐能明显改变 4 种矿物的表面电性,使这些矿物在全 pH 内均荷正电,因而能在一定程度上实现反浮选脱硅。

在另一报道中^[15],十六烷基三甲基溴化铵用于浮选高岭石。高岭石的等电点为 $\text{pH} = 4.3$,在高岭石表面电位为负值时,阳离子捕收剂在高岭石上的吸附率比在强酸性条件下吸附率要高,由于高岭石晶体边缘和底面电荷不同,矿粒间的静电有可能导致浮选聚集现象,从而使高岭石在酸性介质中显出良好的可浮性。

胡岳华等^[10,16]采用季铵盐捕收剂对铝土矿进行反浮选脱硅,取得了突破性进展。当磨矿细度为 85% -0.076 μm 时,采用新型阳离子捕收剂 DTAL 浮选含硅矿物,无机调整剂 SFL 分散矿浆,原矿经选择性分散脱泥后再进行反浮选,可获得良好的分选指标。对“九五”科技攻关连选样在原矿铝硅比为 5.67 时,反浮选精矿铝硅比为 10.52,精矿 Al_2O_3 回收率为 85.04%。对“973”新连选样,在原矿铝硅比为 5.72 时,反浮选精矿铝硅比为 10.04,精矿 Al_2O_3 回收率为 85.76%,表现出了对不同矿样良好的适应性。

1.3 醚胺阳离子捕收剂

胺类捕收剂是重要的阳离子捕收剂,有着广泛的应用,但也有不足地方, C_{12} 以上的混合胺在常温下都是固体,在水中难溶,即使在 HCl 、 H_2SO_4 中也很难溶,这使得在浮选过程中不能充分分散以发挥其最大的捕收性能。在胺的烷基上引入一个醚基可

以显著降低熔点,固体胺变成液体酰胺,在矿浆中易于扩散,能显著提高浮选效果。

胡岳华等^[10]以脂肪醇和丙烯腈为原料,常压下合成了酰胺类捕收剂(ON系列),包括ON₁₂、ON₁₄、ON₁₆、ON₁₈,并考察了它们对高岭石、叶蜡石、伊利石的浮选行为。其中ON₁₂对叶蜡石捕收能力较强,回收率可达80%;高岭石和伊利石回收率分别低于60%和50%。ON₁₄、ON₁₆的可浮性大小顺序是:叶蜡石>高岭石>伊利石;这四种捕收剂的捕收能力强弱顺序是:ON₁₈>ON₁₆>ON₁₄>ON₁₂,对叶蜡石的捕收能力较强,均可超过80%。由于离子化效应和胺分子沉淀效应,浮选铝硅酸盐矿物的适宜pH值为弱酸性。针对某共生镜铁矿,郭秀平等^[17]研究了酰胺反浮选脉石和镜铁矿浮选分离的可能性。试验表明,直接采用酰胺进行浮选毫无选择性,但若预先将石英和方解石用反浮选脱除,阳离子捕收剂酰胺就可以选择性地对绿泥石和镜铁矿进行浮选分离。当酰胺用量为90 g/t时,开路流程获得了精矿品位和回收率分别为67.37%、55.35%的良好指标。

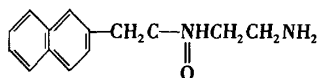
1.4 酰胺类阳离子捕收剂

赵世民等^[18,19]研究了N-(2-氨基乙基)-月桂酰胺和N-(3-氨基丙基)-月桂酰胺对高岭石、伊利石和叶蜡石等铝硅酸盐矿物的浮选行为。试验表明:N-(2-氨基乙基)-月桂酰胺对叶蜡石的浮选回收率高达97.7%,而对伊利石和高岭石的回收率相对较低,一般不超过82%;N-(3-氨基丙基)-月桂酰胺对这些铝硅酸盐都有较好的捕收性能,对高岭石、伊利石和叶蜡石的回收率分别在91%、90%和96%以上。对于这两种酰胺类捕收剂,矿浆pH对3种矿物的回收率影响较小,在酸性矿浆中酰胺类捕收剂通过静电引力吸附在矿粒表面;碱性矿浆中,酰胺类捕收剂通过氢键吸附在矿粒表面。

研究人员^[20,21]对N-(3-二乙基氨基丙基)-脂肪酰胺与N-(3-二甲基氨基丙基)-脂肪酰胺阳离子捕收剂浮选一水硬铝石的理论进行了研究,其结构式分别为 $RCONH(CH_2)_3N(C_2H_5)_2CH_3$ 、 $(CH_2)_nCONH(CH_2)_3N(CH_3)_2$,式中n=10、12、14和16。两类药剂相似,只是后者用-N(CH₃)₂代替了前者的-N(C₂H₅)₂。Zeta电位测定结果表明,一水硬铝石矿浆等电点约为pH=6.2,在等电点附近,

一水硬铝石回收率最高,分别达到99.8%、99.7%以上;碱性条件下一水硬铝石回收率急剧下降,增加捕收剂用量可有效地提高一水硬铝石回收率,该类捕收剂主要通过静电力方式吸附在矿粒表面上,使矿粒上浮,两者的捕收性能和作用机理基本相同。

N-(2-氨基乙基)-萘乙酰胺有下列结构式:



有人^[22]将其用于捕收铝硅酸盐矿物。试验结果表明,它是叶蜡石的良好捕收剂,回收率达90.4%,但对高岭石和伊利石捕收能力较低,其回收率只有41.1%和39.8%。若改用N-(3-氨基丙基)-十二烷酰胺浮选这3种矿物,则能使伊利石、叶蜡石和高岭石均获得90%以上的回收率^[23]

1.5 胍类阳离子捕收剂

胍是一个C与3个N相连,其中1个N以双键相连,其它2个N以单键相连。胍中的3个N符合捕收剂应具有多个吸附活性点的要求,易于和底物形成氢键、静电吸附等相互作用,因而是一种重要的阳离子表面活性剂,广泛应用于杀菌剂、洗涤剂、头发护理品、植物的生长抑制剂以及材料的阻燃剂等。

赵声贵等人^[24]研究了SAG₆、SAG₈、SAG₁₀和SAG₁₂等四种烷基胍硫酸盐捕收剂对一水硬铝石、高岭石、伊利石和叶蜡石的浮选性能。浮选结果表明,对一水硬铝石、高岭石和伊利石,SAG₁₂、SAG₁₀和SAG₈的捕收能力相当,但明显强于SAG₆;对叶蜡石的捕收能力,SAG₁₂>SAG₁₀≈SAG₈>SAG₆。SAG₁₂对铝硅酸盐矿物的捕收能力和选择性均强于1231和DDA;烷基胍捕收剂在酸性条件下对四种矿物均有很强捕收能力;在强碱性条件下,一水硬铝石的可浮性显著下降,而其它3种铝硅酸盐矿物仍保持良好的可浮性。因此以烷基胍硫酸盐为捕收剂,在强碱性条件下,可望实现一水硬铝石与其它三种铝硅酸盐矿物的反浮选分离。

1.6 其它阳离子捕收剂

任建华等^[25]采用新型阳离子捕收剂CS₁和组合药剂(CS₂:CS₁=2)对某铁矿进行了反浮选脱硅研究。结果表明,在pH=6~12的范围内,两者的捕收能力与DDA相当,但该捕收剂的选择性更好;磁选铁精矿反浮选脱硅研究发现,新型组合药剂在

获得与 DDA 相近的铁品位前提下,铁回收率提高 8.32%,在硬水条件环境下,铁精矿品位仍可保持在 69% 以上,回收率在 90% 以上。王春梅等^[26]采用自主研制的 GE-609 阳离子捕收剂,普通食用玉米淀粉为抑制剂对齐大山赤铁矿进行反浮选脱除硅酸盐矿物,原矿经一次粗选、一次精选、两次扫选,获得了铁精矿品位 67.12%、铁回收率 83.55% 的良好指标。

2 我国阳离子捕收剂发展趋势

阳离子捕收剂有着其它类捕收剂无法比拟的优势,如与矿物的反应特别快,有时甚至不需要搅拌槽,在短时间内即可浮选完毕,而且分选效果也很好,多半不需要再精选;在实践上容易管理,占地面积小,另外阳离子捕收剂还可以浮选比较粗粒的矿物,但目前我国阳离子捕收剂仍存在一些弊端,如药剂成本高、浮选泡沫量大、不易于控制、对矿泥较敏感、选择性不高,另外阳离子捕收剂中的 N、P 元素对水质有一定的污染等,因此今后阳离子捕收剂的研究可以从以下几个方面开展工作:

(1) 依靠科技进步,因地制宜,以循环经济、优化资源、无害处理为原则,加快阳离子表面活性剂的研究与开发步伐,以便提供大量来源广泛,价格低廉、性能优良的产品,为选矿工艺的研究与开发提供强有力的技术支持。另外需要同步加快调整剂(如抑制剂、分散剂、絮凝剂、消泡剂等)的开发,调整剂可弥补捕收剂的某些缺陷,提高产品的捕收能力与选择性。

(2) 着重捕收能力强、选择性高、操作简单、适应性强、泡沫流动性好的新型药剂开发、研究与应用。此外可适当考虑混合或组合药剂的研发,通常组合捕收剂的使用能够达到高效、低耗的目的。

(3) 随着国家对环保与节能减排的要求不断提高,阳离子捕收剂的开发必须以人与环境和谐相处为准绳,重视环境保护,着力开发环境友好型药剂,减少选矿工艺对环境,特别是土壤与水资源的危害,实现社会与经济的和谐发展。

3 结语

目前合成的阳离子捕收剂,除季铵盐外,基本上都不溶于水,都需要盐酸或醋酸助溶,而酸性环境一个明显缺点是腐蚀设备,这极大地降低了设备的使

用寿命,增大了企业生产成本,也给企业运输和储存酸带来了一定的隐患。因而如何在减少甚至不用加酸助溶的前提下,开发出在水中具有良好溶解能力的阳离子捕收剂将是药剂研究开发的主要方向之一。笔者对此进行了大量的研究,初步合成了常温下在水中具有良好溶解能力的阳离子捕收剂(不用任何添加助溶剂即可溶解),目前正在研究该物质对矿物浮选性能。

参考文献:

- [1] 余新阳,钟宏,刘广义. 阳离子反浮选脱硅捕收剂研究现状[J]. 轻金属,2008(6):6-9.
- [2] Ishchenko V V, et al. Flotation of silica from bauxite (in Russian) [J]. Izv VUZ TsvetMetal, 1974(3):7-11.
- [3] Anishchenko N M, et al. Interaction of cation reagents in the flotation of chamosite - gibbsite bauxites (in Russian) [J]. Izv VUZ TsvetMetal, 1972(4):12-16.
- [4] 张云海,魏德洲. 高岭石与一水硬铝石反浮选分离药剂研究[J]. 有色金属(选矿部分),2004(2):45-47.
- [5] 李朝晖,郭秀平,张志强. 一种新的超级铁精矿生产工艺[J]. 国外金属矿选矿,2004,(2):39-4.
- [6] 陈晔,陈建华,覃华. 胺类捕收剂对异极矿等 4 种矿物浮选行为的影响[J]. 矿业研究与开发 2008,28(1):32-34.
- [7] 蒋昊,胡岳华,覃文庆,等. 直链烷基胺浮选铝硅矿物机理[J]. 中国有色金属学报,2001,11(4):688-692.
- [8] 朱玉霜,朱建光. 浮选药剂的化学原理[M]. 长沙:中南工业大学出版社,1987:158-159.
- [9] S. H. 霍塞尼,等. 用十二胺和油酸浮选菱锌矿的吸附研究[J]. 国外金属矿选矿,2006(12):27-32.
- [10] 胡岳华,王毓华,王淀佐,等. 铝硅矿物浮选化学与铝土矿脱硅[M]. 北京:科学出版社,2004:10-255.
- [11] 季特科夫 S,等. 用于石盐浮选工艺的新型捕收剂烷基吗啉的研究[J]. 国外金属矿选矿,2004,(6):15-19.
- [12] 季特科夫 S,等. 在阳离子浮选过程中起泡剂和有机抑制剂的活化作用研究[J]. 国外金属矿选矿,2004(8):19-23.
- [13] 朱建光. 2004 年浮选药剂的进展. 国外金属矿选矿[J],2005(2):7-8.
- [14] 赵声贵,钟宏,刘广义. 季铵盐捕收剂对铝硅矿物的浮选行为[J]. 金属矿山,2007(2):45-47.
- [15] Y. Hu, H. Jiang, D. Wang. Electrokinetic behavior and floatation of kaolinite in CTAB solution [J]. Minerals Engineering, 2003, 16(11):1221-1223.
- [16] WANG Yu-hua, HU Yue-hua, CHEN Xiang-qing. A-

- luminum - silicates floatation with quaternary ammonium salts [J]. Trans. Nonferrous Met. Soc. China. Jun. 2003; 715 - 719.
- [17] 郭秀平,全文欣,张志强. 某共生镜铁矿的反浮选试验研究[J]. 金属矿山,2004(2):32 - 34.
- [18] 赵世民,胡岳华,王淀佐,等. N - (2 - 氨基乙基) - 月桂酰胺浮选铝硅酸盐矿物的研究[J]. 物理化学学报,2003,19(6):573 - 576.
- [19] 赵世民,胡岳华,王淀佐,等. N - (3 - 氨基丙基) - 月桂酰胺对铝硅酸盐矿物的浮选[J]. 中国有色金属学报,2003,13(5):1273 - 1277.
- [20] 赵世民,王淀佐,胡岳华,等. 一水硬铝石的 N - (3 - 二乙基氨基丙基) - 脂肪酸酰胺浮选. 有色金属,2004,56(2):84 - 87.
- [21] 赵世民,王淀佐,司湖玉,等. N - [(3 - 二甲氨基)丙基] - 脂肪酸酰胺泡沫浮选一水硬铝石的研究. 中国矿业大学学报(科技版),2004,33(1):70 - 73.
- [22] Zhao S. M, D. Z. Wang, Y. H. Hu. Floatation of aluminosilicates using N - (2 - aminoethyl) - 1 - naphthalene acetamide [J]. Minerals Engineering, 2003, 16 (10): 1031 - 1033.
- [23] Zhao S. M, D. Z. Wang, Y. H. Hu. The floatation behaviour of N - (3 - aminopropyl) - dodecanamide on three aluminosilicates [J]. Minerals Engineering, 2003, 16 (12): 1391 - 1395.
- [24] 赵声贵. 烷基胍硫酸盐系列捕收剂的合成及其对铝硅酸盐矿物的浮选性能[D]. 长沙:中南大学,2007.
- [25] 任建伟,王毓华. 铁矿反浮选脱硅的试验分析[J]. 中国矿业,2004,13(4):70 - 72.
- [26] 王春梅,葛英勇,等. GE - 609 捕收剂对齐大山赤铁矿反浮选的初探[J]. 有色金属(选矿部分),2006(4):41 - 43.

第四届中国(北京)国际地质技术装备展览会暨论坛

由中国地质调查局联合中国地质装备总公司、中国矿业联合会地质与矿山装备分会共同主办的“第四届中国(北京)国际地质技术装备展览会暨论坛”(China Geo - Tech 2011)将于2011年9月6~8日在北京全国农业展览馆举行。展会将由香港汇展展览有限公司、北京博威前景会展服务有限公司承办。

展会为地质行业企业提供了理想的室内外展示空间,供

广大地质仪器/设备、地质勘探装备制造、制造商、供应商进行实物展出。同时,从技术、方法研讨,装备及地质工作成果展示上,为国内外地质行业企业搭建一个技术交流、贸易开发、商贸合作的平台。联系电话:中国矿业联合会地质与矿山装备分会高富丽秘书长 010 - 64836315, 13661150558;北京博威前景会展服务有限公司王宾先生 010 - 84513770,周一旭小姐 021 - 56665392

“提铁降硅十年”全国选矿学术高层论坛

随着我国工业化、城镇化进程的不断加快,钢铁需求持续保持快速增长,我国国产铁矿石产量增加更快。为提高我国产铁精矿质量,自2000年我国铁矿山选矿界开展了“提铁降硅(杂)”的学术活动,至今在全国铁矿山选矿领域开展了广泛研究并陆续技术改造了众多选矿企业,国内铁矿石的选矿技术及铁精矿质量取得了重大突破,国产铁精矿质量达到并超过了进口铁矿石质量,矿山装备水平及经济效益得到大幅度提高。各种原来废弃的低品位复杂难选矿石也得以最大化的利用。不仅减少了对进口铁矿石的依赖,还为我国资源的安全供给做出了巨大贡献。为展示“提铁降硅(杂)”学术活动在我国工业实践中所取得的成就,交流现代选矿新技术、新工艺、新设备方面的成果和进展,同时为了庆祝余永富

院士80大寿,由中国金属学会主办、长沙冶冶研究院、鞍钢集团矿业公司、《金属矿山》杂志社承办的“提铁降硅十年”全国选矿学术论坛将于2011年9月1~4日在湖南长沙举行。会议内容包括:技术交流(综合论述、选矿技术、选矿设备创新)、设备展览。

论文截稿日期为2011年8月10日,投稿 E - mail: zkc - mgs@163.com. 联系人:赵福刚,赵鹏,刘效良;电话:0555 - 2404666, 5220669, 2404796; 传真:0555 - 2475796; 手机:13955581566, 13955598297; E - mail: jsks@vip.163.com, 网址:www.kyl14.cnwww.jsks.net.cn, 地址:安徽省马鞍山市湖北路9号(243004)。