XK-28 联合捕收剂在铁矿脱硅中的应用及机理研究

陈瑜[1]，徐冰[1]，李敏[2]，赵通林[1]，张明泽[3]

（1. 辽宁科技大学 矿业工程学院，辽宁 鞍山 114051；2. 辽宁科技大学 工商管理学院，辽宁 鞍山 114051；3. 鞍山市城市发展中心，辽宁 鞍山 114051）

摘要：本文探索了在铁矿浮选过程中采取的一种新型组合胺类捕收剂（XK-28），并获得了良好的消泡速度和浮选指标。基于纯矿物实验，发现 XK-I 和 XK-II 和十二胺对石英均有较好的捕收效果，纯磁铁矿与石英纯矿物的反浮选实验表明，在三种捕收剂当中，选择性较优的捕收剂，它的 pH 值为 6.5。本研究过程还开展了三种捕收剂及柴油的 6 种两两组合方式的浮选实验，其结果是：XK- Ⅰ与 XK- Ⅱ组合药剂（简称 XK-28）在比例为 2:8 时，磁铁矿与石英的分离效果较优。弓长岭实际矿物浮选实验结果是：组合 XK-28 捕收剂效果明显比十二胺的浮选效果好，且 XK-28 消泡效果也优于常用捕收剂十二胺。红外光谱分析结果表明石英表面和 XK-28 之间存在氢键的产生的物理吸附作用。

关键词：XK-28；磁铁矿；脱硅；浮选；消泡

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2021.03.007

中图分类号：TD923 **文献标志码：**A **文章编号：**1000-6532 (2021) 03-0043-07

近年来，随着铁矿的开发，易分选铁矿持续减少，矿石采出品位越来越低，矿物嵌布粒度越来越细，铁矿与脉石矿物关系复杂，相应地选别难度也随之增增加。如铁矿浮选过程中脉石矿物的交互影响及菱铁矿的存在使得浮选效果较差[1-2]。由于嵌布粒度过细，细磨成为铁矿物单体解离有效方法[3]，但粒度更细的同时也带来了铁矿难富集的问题。浮选工艺在处理微细粒矿物方面有较大优势，实践证明浮选对于处理细粒浸染的矿石较有效，可使矿物资源得到充分的综合利用[4]。然而，阳离子反浮选已经成为铁矿浮选脱硅主要的一种浮选工艺[5]。

阳离子捕收剂的研发包括两点：其一，研究浮选药剂的分子结构和性质之间的联系，在浮选药剂的固有性质基础上，通过改性或其他方法使得药剂分子引入新基团或完善药剂的分子结构，开发适合浮选的捕收剂[7-9]。其二，可将单一捕收剂两两或多种方式组合，互补单一药剂对铁矿物捕收效果的弊端，从而得到满足浮选指标的新型组合捕收剂[10-11]。

针对十二胺等胺类捕收剂存在的缺陷，通过纯矿物实验考查了三种胺类捕收剂（十二胺、XK-I、XK-II）的浮选效果，探索了一种新型的组合胺类捕收剂（XK-28）在磁铁矿浮选中获得良好的指标和消泡速度，并通过弓长岭实际磁铁矿浮选指标验证了 XK-28 捕收剂的浮选效果优于常规胺类捕收剂（例如：十二胺）。此外，结合红外光谱、石英晶体微天平等对 XK-28 新型胺类捕收剂与弓长磁铁矿的作用进行了浮选机理分析。

收稿日期：2020-07-27
基金项目：辽宁省高等教育创新团队（LT2018010）项目资助
作者简介：陈瑜（1999-），女，本科生，从事铁矿浮选方面的研究。
通讯作者：赵通林 (1970-)，男，硕士，从事铁矿浮选方面的研究，Email：4795804@qq.com。

万方数据

1 实验样品

1.1 纯矿物样品

将品位为 67.03% 的磁铁矿通过磁选管分选获得品位为 71.63% 的磁铁矿作为纯矿物。石英纯矿物取自大连庄河某工厂，纯度可达到 99.99%。表 1、2 时两种纯矿物的 XRF 检测结果，图 1 是 XRD 检测结果。此外，图 2 为两种矿物的激光粒度分布。

表 1　石英矿 XRF 分析结果 /%

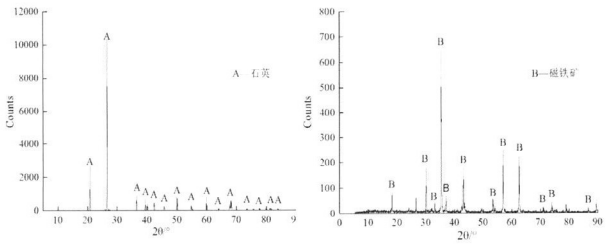
Table 1　XRF analysis results of quartz

MgO	Al_2O_3	SiO_2	SO_3	K_2O	CaO	Cr_2O_3	MnO	Fe_2O_3	CuO	WO_3	PbO
0.248	0.521	94.4	0.041	0.05	0.148	0.028	0.018	4.412	0.007	0.114	0.005

表 2　磁铁矿 XRF 分析结果 /%

Table 2　XRF analysis results of magnetite

Fe_2O_3	MgO	Al_2O_3	SiO_2	SO_3	K_2O	CaO	TiO_2	V_2O_5	Cr_2O_3	MnO
93.41	0.972	0.693	4.28	0.055	0.051	0.300	0.127	0.021	0.0293	0.0593



(a)　(b)

图 1　石英（a）和磁铁矿（b）纯矿物的 XRD 分析结果

Fig. 1　XRD analysis results of quartz (a) and magnetite (b)

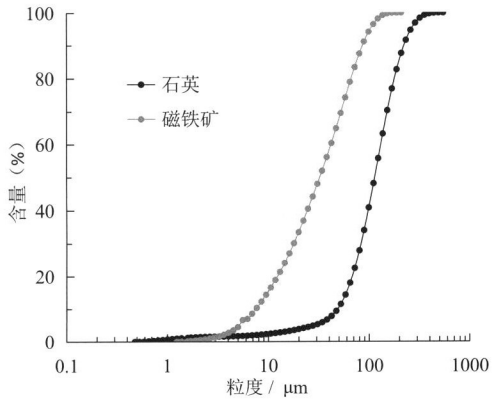


图 2　石英粒度分析结果

Fig. 2　Particle size analysis results of quartz and magnetite

根据表 1 可以看出，SiO_2 在样品含量最高为 94.94%，其次样品中主要含有铁元素以及少量 Mg、Al。其余均为微量元素。根据图 1 可知石英和磁铁矿可视为纯矿物。表 2 表明磁铁矿样品中含有少量的 Si 元素，其次为 Mg、Al 和 Ti 元素。其余元素均为微量。

根据图 2 可以看出，125.7 μm 为石英样品的中位径粒度尺寸，而 -75 μm 20% 左右。图 2 表明石英矿样的中位径为 125.7 μm，-75 μm 的石英含量约占 20%。由于 d95 粒度为 291.7 μm，说明石英样品的粒度较粗。35.84 μm 为样品中磁铁矿中位径粒度尺寸，还可与看出 -75 μm 磁铁矿颗粒占 80.77% 左右，d95 粒度为 114.0 μm，这说明磁铁矿的粒度较细，这对后续研究细颗粒铁矿的浮选药剂捕收效果是有意义的。

1.2 实际矿样

实际矿物样品取自辽宁弓长岭选厂的浮选给料。经过化学滴定分析得到样品中铁品位 47.13%。由表 3 可知样品中含有赤铁矿。

表 3　弓长岭浮选给矿 XRF 分析结果 /%

Table 3　XRF analysis results of flotation feeding in Gongchangling Plant

Fe_2O_3	Na_2O	MgO	Al_2O_3	SiO_2	P_2O_5
65.09	0.18	2.14	2.17	29.17	0.067
SO_3	K_2O	CaO	TiO_2	Cr_2O_3	MnO
0.063	0.118	0.793	0.0985	0.027	0.0615

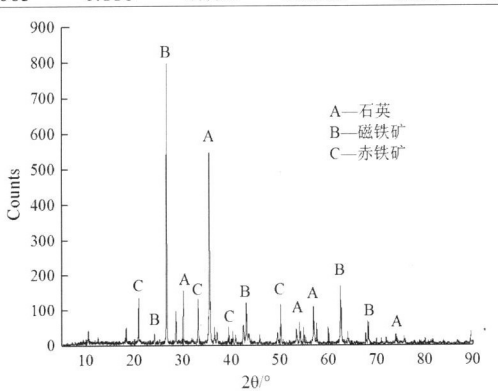


图 3　弓长岭浮选给矿的 XRD 分析结果

Fig.3　XRD analysis results of flotation feeding in Gongchangling Plant

万方数据

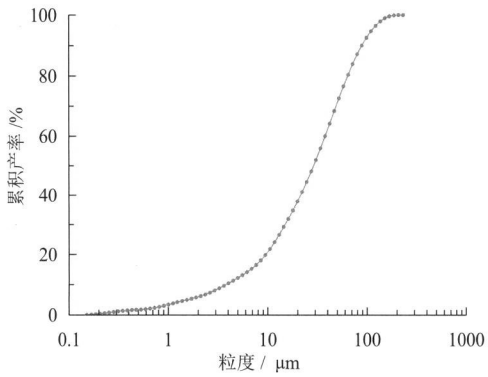


图 4　弓长岭浮选给矿激光粒度分析结果

Fig. 4　Particle size analysis results of flotation feeding in Gongchangling Plant

图 4 表明 32.20 μm 为实际矿物的中位径粒度尺寸。此外，-75 μm 82%，其粒度较细。

2　实验研究

2.1　纯矿物实验

2.1.1 pH 值实验

实验过程中使用十二胺、XK-I 和 XK-II（5×10^{-5} mol/L）分别考查了石英及磁铁矿的浮选实验。通过变化 pH 值考查了不同捕收剂对纯矿物的浮选效果。

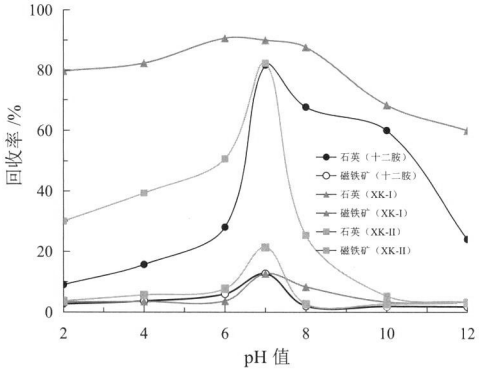


图 5　不同捕收剂条件下 pH 值实验结果

Fig. 5　Test results of pH test under different collector conditions

图 5 表明了石英的回收率和 pH 值有关。在 pH 值小于 7 的条件下，石英的回收率和 pH 值呈正相关。相反，pH 值大于 7 的范围内，石英的回收率和 pH 值呈现负相关。主要原因是石英表面荷电和 pH 值有关。在 pH 值小于 7 的条件下，石英荷负电少，药剂和石英之间的静电吸附作用很弱[12-13]。然后，pH 值大于 7 的情况下，石英表面荷负电增加，提高了静电吸附强。相应地，不断降低的是 $[RNH_3]^+$ 的浓度，因此捕收作用降低，回收率降低。因此，pH 值 =7 时静电吸附和 $[RNH_3]^+$ 浓度的交互影响最弱，适合石英的捕收[14-15]。通过三种浮药剂的比较，XK-I 作为捕收剂时，石英的回收率最高。从磁铁矿来看，pH 值在小于 7 的范围内和石英的捕收规律相同，即 pH 值与磁铁矿回收率呈负相关。值得注意的是在 6<pH<7 的范围内，磁铁矿回收率增加较快。在 6<pH<7 范围内，磁铁矿负电荷上升，使得捕收剂的选择性有所增强。相反在 pH 值大于 7 的范围内，pH 值增加磁铁矿回收率降低是也是由 $[RNH_3]^+$ 浓度降低造成的[12-15]。综上所述，pH 值为 7 时对石英和磁铁矿的捕收效果较佳，此时十二胺、XK-I 和 XK-II 为捕收剂对应最高石英回收率分别为 81.67%、90.67% 和 82.33%，对磁铁矿的捕收效果相当。

2.1.2 捕收剂用量实验

在 pH 值 7 的条件下，通过调整矿浆中十二胺、XK-I 以及 XK-II 的药剂用量探索石英纯矿物及磁铁矿纯矿物回收率的变化。实验结果见图 6。

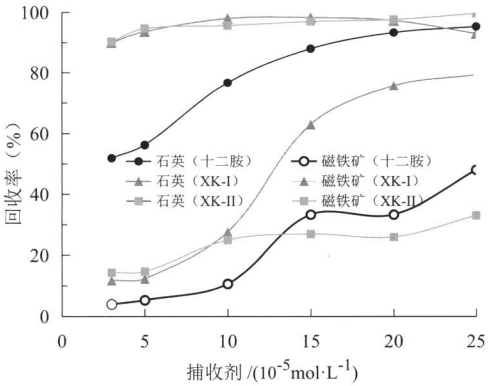


图 6　不同捕收剂用量实验结果

Fig.6　Test results of different collector dosage

图 6 表明 XK-I 和 XK-II 对石英的浮选效果要高于十二胺对石英的捕收效果。捕收剂浓度小于 13×10^{-5} mol/L 的条件下，选择性 XK-II>XK-I。而当捕收剂浓度超过 13×10^{-5} mol/L，选择性 XK-II<XK-I。然而，十二胺浓度为 10×10^{-5} mol/L 时，石英和磁铁矿的可浮性相差较大。综上所述，十二胺的较佳用量为 10×10^{-5} mol/L，XK-I、XK-II

万方数据

较佳用量均为 5×10^{-5} mol/L。

2.1.3 药剂组合实验

一种药剂的官能团实现较好的浮选选择性和捕收性[16]。弥补单一官能团的主要方法之一就是将浮选药剂组合使用[17-20]。本研究将三种药剂以 1:1 的比例两两组合研究较佳的药剂组合方式。其中，XK-I、XK-II 组合称为 XK，XK-I、十二胺组合称 XK-I12，XK-II 与十二胺组合称 XK-II12。此外，为实现胺类捕收剂的降低，引入柴油作为辅助捕收剂。柴油与捕收剂的混合体积比例 1：20。而 XK-I、柴油组合称 XK-IC，XK-II、柴油组合称 XK-IIC，十二胺、柴油组合称 12C。

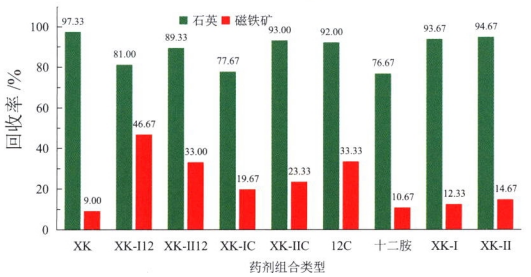


图 7　药剂组合方式的实验的结果

Fig. 7　Test results of the collector combination test

由图 7 可以看出相比于其他组合方式 XK 作为捕收剂时，磁铁矿回收率最低，而石英的回收率最高，浮选效果较佳，此时磁铁矿的回收率为 9%，石英的回收率为 97.33%。然而，六种组合药剂对石英捕收作用差异较小，其中 XK-IC 捕收效果最差，其次为 XK-I12。六种组合捕收剂对磁铁矿可浮性规律为 XK-I12 > XK-II12 > 12C > XK-IIC > XK-IC > XK。用石英与磁铁矿回收率差值来评价浮选效果，XK 组合药剂的浮选效果要优于其他组合方式。

2.2　XK 浮选实验

2.2.1 XK 药剂配比实验

实验在 pH 值 6.5、XK 浓度为 5×10^{-5} mol/L 的条件下，通过改变 XK-I 与 XK-II 的配比考查了组合药剂（XK）不同配制比例对浮选效果的影响。实验结果见图 8。

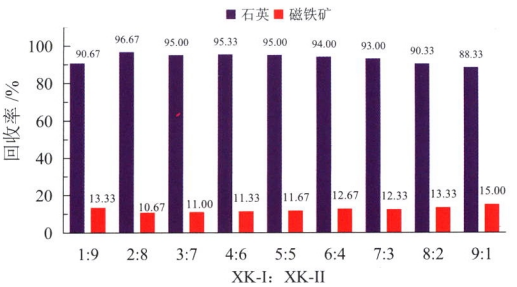


图 8　XK 为捕收剂条件下组合比例实验结果

Fig.8　Test results of combination radio under the condition of XK as collector

图 8 表明 XK 联合捕收剂对石英的捕收能力较好，除了 XK-I：XK-II=9:1 的条件外，石英的回收率均在 90% 以上，而磁铁矿的回收率最大不超过 15%。但是当 XK-I：XK-II=2:8 时，石英与磁铁矿的可浮性差异较大，此时石英的回收率较高为 96.67%，此时磁铁矿的回收率 10.67%。综上所述，确定较佳的 XK-I 与 XK-II 比例为 2:8。在下文的研究中 XK-I：XK-II=2:8 的比例配成的药剂称为 XK-28。

2.2.2 pH 值实验

按照质量比 XK-I：XK-II=2:8 的比例配置 XK-28 联合捕收剂，实验在 XK-28 浓度为 5×10^{-5}mol/L 的实验条件下考查了矿浆 pH 值变化对浮选指标的影响。实验结果见图 9。

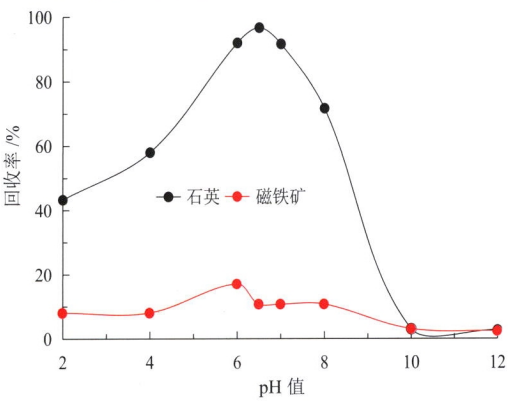


图 9　XK-28 为捕收剂时 pH 值对石英、磁铁矿可浮性的影响

Fig.9　Effects of pH value on the quartz and magnetite floatability used XK-28

图 9 表明，浮选体系 pH 值的变化对石英浮选指标影响效果较磁铁矿明显。pH<7 时，石英的回收率和 pH 值呈现正相关。相反，pH 值大于 7 时，pH 值和石英的回收率呈现负相关。进一步说，

万方数据

pH 值的范围在 6 ~ 7 时是石英上浮较佳的范围。当 pH 值大于 8 时石英的回收率下降迅速，这是由于 $[RNH_3]^+$ 浓度降低导致的石英的可浮性降低[15]。磁铁矿回收率的变化规律和石英大致相同，但磁铁矿的回收率变化随着 pH 值的变化并不明显。综上所述，pH 值为 6.5 时，石英与磁铁矿的可浮性差异较大。确定 XK-28 作为捕收剂时较佳的 pH 值为 6.5[14-15]。

2.2.3 XK-28 用量实验

使用组合药剂 XK-28 为捕收剂，在矿浆 pH 值为 6.5 的条件下，通过改变组合药剂 XK-28 用量考查了药剂用量对纯矿物石英和磁铁矿回收率的影响。实验结果见图 10。

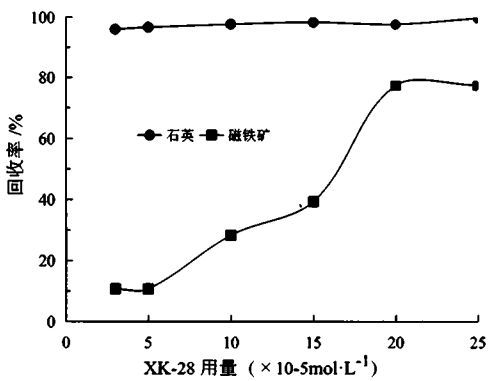


图 10　XK-28 为捕收剂时药剂用量对石英、磁铁矿可浮性的影响

Fig.10　Effects of XK-28 dosage on the quartz and magnetite floatability

由图 10 看出，石英的回收率较高。XK-28 用量增加对磁铁矿的可浮性影响较大，当 XK-28 用量为由 3×10^{-5} mol/L 增大到 25×10^{-5} mol/L 时，磁铁矿可浮性有显著增强，磁铁矿回收率由 10% 左右提高至接近 80%。当 XK-28 用量为 5×10^{-5} mol/L 时，两种纯矿物的可浮性相差最大。但 XK-28 用量为 3×10^{-5} mol/L 和 5×10^{-5} mol/L 时石英与磁铁矿的回收率差分别为 85.33% 和 86.00%，相差不大，但药剂用量增加了 40%。通过以上研究可以确定 XK-28 较佳用量为 3×10^{-5} mol/L。

2.3　实际矿物实验

根据上述实验可知浮选的较佳 pH 值为 6.5 左右。鉴于十二胺在铁矿浮选中应用广泛，本节以弓长岭浮选给料为样品对比了十二胺、XK-28 做为捕收剂在不同药剂用量条件下浮选指标的变化情况。实验结果见图 11。

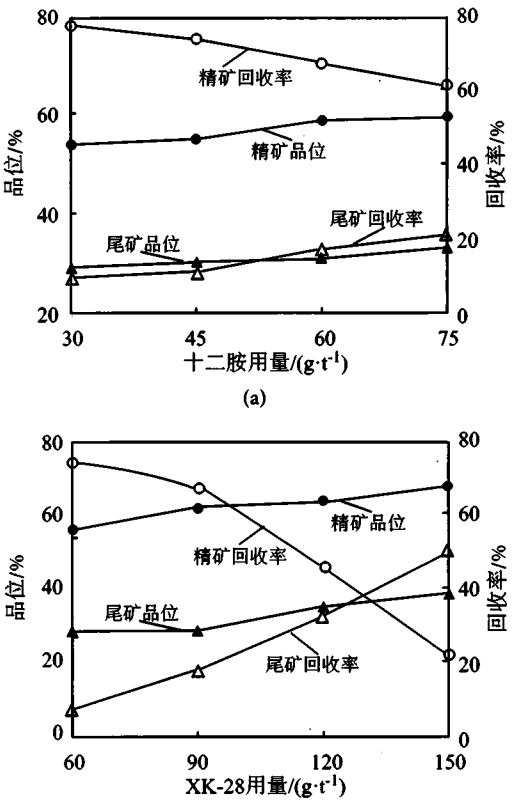


图 11　弓长岭实际矿物捕收剂用量实验结果

Fig. 11　Test results of collector dosage on flotation feeding in Gongchangling Plant

根据图 11（a）能够看出十二胺用量升高，精矿回收率逐渐降低。特别是十二胺用量大于 60 g/t，用量再增加，精矿回收率降低趋势加剧。综合考虑品位和回收率考虑，十二胺较优用量 60 g/t，此时回收率为 67%，精矿品位为 58%。图 11（d）表明，XK-28 用量从 60 g/t 增加至 150 g/t，精矿回收率下降 527%，而尾矿品位却升高 10%。尾矿回收率升高了 43%。特别是当 XK-28 用量超过 90 g/t 时，用量增加，精矿回收率剧烈下降，精矿品位上升显著。由此可见，XK-28 用量对实际矿物的浮选体系影响较为敏感。综合考虑，确定选择 XK-28

万方数据

的较佳用量 90 g/t，此时精矿回收率 68% 左右，而精矿品位在 62%。根据上述讨论可以发现，较佳条件下，十二胺和 XK-28 作为捕收剂的精矿回收率几乎相同，但是使用 XK-28 作为捕收剂精矿品位高于十二胺约 4%。

2.4 消泡实验

铁矿物的浮选体系中，十二胺是很常用的捕收剂，然而其特点是泡沫粘度较大，浮选泡沫消泡时间长。本节证实了 XK-28 新型联合捕收剂克服了十二胺作为捕收剂泡沫存在的这一弊端。通过对比 XK-28 和十二胺泡沫的消泡时间来评价药剂的特性。取两个 250 mL 的量筒注入较佳浮选条件下的浮选泡沫产品，随着时间的变化记录两个量筒中泡沫体积。

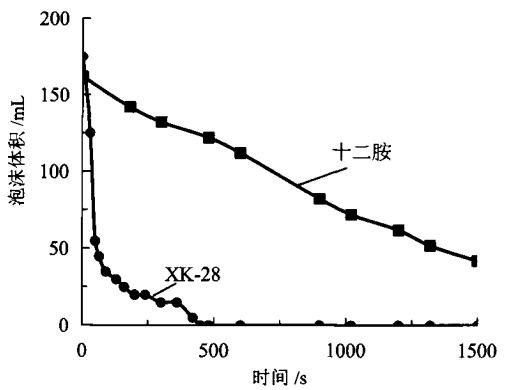


图 12 消泡实验结果

Fig. 12 Test results of froth breaking

根据图 12 可以看出 XK-28 作为捕收剂时，100 s 时泡沫几乎消失殆尽，而十二胺作为捕收剂时，泡沫体积还剩 160 mL 左右。然而 XK-28 作为捕收剂时，仅用了 450 s 泡沫全部消完，而此时十二胺作为捕收剂还剩 125 mL 泡沫。特别是十二胺作为捕收剂 1500 s 时泡沫仍存在 50 mL 左右。这说明XK-28组合捕收剂消泡能力要高于十二胺。十二胺是伯胺阳离子捕收剂，亲固基连接一个支链，十二烷基。XK-I 是双十二烷基叔胺阳离子捕收剂，亲固基拥有三个支链，分别是两个十二烷基。而 XK-II 是十二烷基季铵类阳离子捕收剂，亲固基拥有四个支链，分别为一个十二烷基以外，还有特性的官能团，有效的增强了捕收能力和选择性。另外，XK-28 的分子断面要高于十二胺。也就是说，XK-28 支链多，范德华力微弱，结构上较为繁杂 [21-23]。这可能是 XK-28 联合捕收剂的消泡速度快的主要原因。

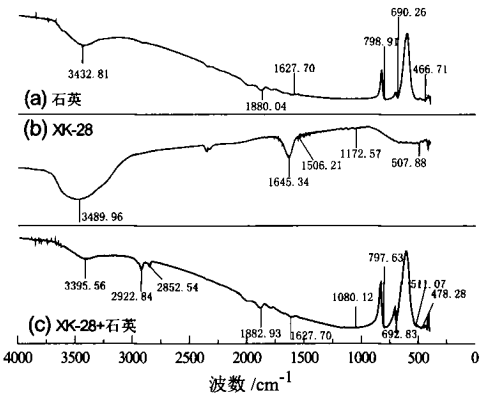


图 13 红外光谱图结果

Fig. 13 Results of infrared spectrogram

3 红外光谱分析

根据图 13 (a) 可以看出，466.71 cm^{-1} 特征峰是 Si-O 弯曲振动峰，且为吸收谱的强吸收带；798.91 cm^{-1}、690.26 cm^{-1} 处特征峰是 Si-O-Si 对称伸缩振动峰。1081.92 cm^{-1} 处特征峰为 Si-O 反对称伸缩振动峰；1627.70cm^{-1} 特征峰为水的 H-O-H 弯曲振动峰；1880.04 cm^{-1} 处特征峰是 Si-O 四面体伸缩振动峰；3432.81 cm^{-1} 处特征峰是 Si-OH 伸缩振动峰。图 13 (b) 可以看出，507.88 cm^{-1} 特征峰是 C-Cl 伸缩振动峰；1172.57 cm^{-1} 特征峰是 C-N 伸缩振动峰；1506.21 cm^{-1} 特征峰是苯环骨架伸缩振动峰；1645.34 cm^{-1} 特征峰是 N-H 变形振动相当于 CH_2 的剪式振动峰；3489.96 cm^{-1} 处特征峰是 N-H 伸缩振动峰。

通过比较图 13 (a) 和图 13 (c)，石英表面吸附了 XK-28 联合捕收剂后，峰位发生了相应的变化。石英 466.71 cm^{-1} 处 Si-O 弯曲振动峰，与 XK-28 联合捕收剂吸附后，出现了偏移，新特征峰值是 478.28 cm^{-1}；在图 13 (c) 中，出现由 XK-28

万方数据

联合捕收剂形成的 507.88 cm^{-1} 处 C-Cl 伸缩振动峰，并发生微移，形成的新峰值为 511.07 cm^{-1}。石英产生的 3432.81 cm^{-1} 处 Si-OH 伸缩振动峰与 XK-28 联合捕收剂吸附后，出现了 3489.96 cm^{-1} 处的 N-H 伸缩振动峰，并且在 3395.56 cm^{-1} 处形成了氢键 O-H 伸缩振动峰。这表明 XK-28 联合捕收剂特性可能和石英形成的氢键有关。

4　结　论

纯矿物实验表明 XK-I 与 XK-II 组合优于其他组合方式，并且当 XK-I: XK-II=2: 8 时为较佳配比，而 XK-28 为捕收剂时矿浆较佳 pH 值为 6.5，较佳用量为 3×10^{-5} mol/L。针对弓长岭浮选入料的实际矿物进行了一次粗选实验研究。在矿浆 pH 值为 6.5，XK-28 用量为 90 g/t 时获得较佳的浮选指标，铁精矿品位为 68%，精矿铁回收率为 62%，高出十二胺品位 4% 左右。消泡实验结果表明，XK-28 做为捕收剂克服了十二胺泡沫黏度大，消泡难的弊端。这对后续的铁精矿过滤作业有着很大优势。红外光谱的分析表明，石英与 XK-28 联合捕收剂吸附后光谱图中存在峰的漂移，而且伴有氢键形成，这可能是石英表面与 XK-28 联合捕收剂产生了由氢键导致的物理吸附。

参考文献：

[1] 罗溪梅，马鸣泽，孙传尧，等．铁矿石浮选体系中矿物交互影响的作用形式 [J]. 中国矿业大学学报，2018,47(3):645-651.

LUO X M, MA M Z, SUN C Y, et al. Interaction forms among minerals in iron ore flotation system [J]. Journal of China university of mining and technology, 2008,47(3):645-651.

[2] 高鹏，纪新，任多振，等．含碳酸盐赤铁矿石浮选中矿深度还原实验研究 [J]. 中国矿业大学学报，2013,42(5):812-816.

GAO P, JI X, REN D Z, et al. Iron recovery from flotation middling produced in carbonates-bearing hematite ore using coal-based reduction [J]. Journal of China university of mining and technology, 2013,42(5):812-816.

[3]《现代铁矿石选矿》编委会．现代铁矿石选矿 [M]. 合肥：中国科学技术大学出版社，2009.

Modern iron ore dressing editorial board. Modern iron ore beneficiation [M]. Hefei: University of science and technology of China press,2009.

[4] 任建伟．铁矿石高效反浮选药剂理论和应用研 [D]. 长沙：中南大学，2004.

REN J W. Study on the Mechanism and Application of effective Reagent for Reverse Flotation of Iron Ores [D]. Changsha: Central South University, 2004.

[5] 周婷婷．铁矿石浮选药剂研究及应用现状 [J]. 现代矿业，2017, 6 (6):98-102.

ZHOU T T. Research and Application Utilization Status of The Iron Ore Flotation Reagents [J]. Modern mining,2017, 6(6):98-102.

[6] 裴建．新型多胺类捕收剂的合成以及在铁矿石脱硅反浮选中的应用 [D]. 北京：中国矿业大学，2015.

PEI J. Synthesis of New Polyamines Collectors and Application in Desiliconizing Reverse Flotation of Iron Ore [D]. Beijing: China university of mining and technology, 2015.

[7] Yin, W., Wang, D., Drelich, J. W., Yang, B., Li, D., Zhu, Z., Yao, J. Reverse flotation separation of hematite from quartz assisted with magnetic seeding aggregation [J]. Minerals Engineering, 2019, 13: 105873.

[8] Dos Santos, I. D., Oliveira, J. F. Utilization of humic acid as a depressant for hematite in the reverse flotation of iron ore. Minerals Engineering, 2007, 20(10):1003–1007.

[9] Huang, Z., Zhong, H., Wang, S., Xia, L., Zou, W., Liu, G. Investigations on reverse cationic flotation of iron ore by using a Gemini surfactant: Ethane-1,2-bis(dimethyl-dodecyl-ammonium bromide). Chemical Engineering Journal, 2014, 257: 218–228.

[10] 林强，王淀佐．浮选药剂的活－选择性原理 [J]. 有色金属，1990,42(4):32-37.

LIN Q, WANG D Z. Principle of active-selectivity of flotation agents [J]. Nonferrous metals,1990,42(4):32-37.

[11] 仝丽娟，朱一民，李艳军，等．组合药剂 TL-5 对东鞍山赤铁矿的捕收性能研究 [J]. 现代矿业，2010,26(8):34-37.

TONG L J, ZHU Y M, LI Y J, et al. Study on Collecting Property of Combined Reagent TL-5 to Donganshan Hematite [J]. Modern mining,2010,26(8):34-37.

[12] 魏梦楠．石英及长石 - 石英系统的浮选行为和捕收剂吸附机理 [D]. 合肥：中国科学技术大学，2019.

WEI M N. Flotation behavior, collector adsorption mechanism of quartz and feldspar-quartz systems [D]. Hefei: University of science and technology of China, 2019.

[13] 刘宝贵．高纯石英的提取工艺及其浮选药剂的研究 [D]. 武汉：武汉工程大学，2017.

Liu B G. Study on Extraction Technology and Flotation

万方数据

Collector of High Purity Quartz [D]. Wuhan: Wuhan university of engineering,2017.
[14] 赵通林 . 浮选 [M]. 北京 : 冶金工业出版社 , 2018.
ZHAO T L. Flotation [M]. Beijing: Metallurgical industry press, 2018.
[15] 孙传尧 , 印万忠 . 硅酸盐矿物浮选原理 [M]. 北京 : 科学出版社 , 2001.
SUN C Y, YIN W Z. Principles of silicate mineral flotation [M]. Beijing: Science press, 2001.
[16] 胡岳华 , 邱冠周 , 王淀佐 . 大分子浮选剂的作用原理及应用 [J]. 国外金属矿选矿 ,1993(12): 29-5.
HU Y H, QIU G Z, WANG D Z. Principle and application of macromolecular: flotation agent [J]. Metallic Ore Dressing Abroad,1993 (12): 29-5.
[17] 朱鹏程 . 胺系列捕收剂的合成及组合使用研究 [D]. 武汉 : 武汉理工大学 ,2009.
ZHU P C. Study on the synthesis and combined use of amine series collectors [D]. Wuhan: Wuhan university of technology, 2009.
[18] Rao K H,Forssberg K S E.Mixed collector systems in flotation[J]. International Journal of Mineral Processing,1997,51:67-79.
[19] Stellner K L, Amante J C, Scamehorn J F, et al. Precipitation phenomena in mixtures of anionic and cationic surfactants in aqueous solutions[J].Journal of Colloid and Interface Science, 1988,123(1):186-200.
[20] Maiti K,Bhattacharya S C,Moulik S P,et al.Physicochemistry of the binary interacting mixtures of cetylpyridinium chloride (CPC) and sodium dodecylsulfate (SDS) with special reference to the catanionic ion-pair (coacervate) behavior[J]. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects,2010,355(1):88-98.
[21] 李光音 . 硅酸盐矿物浮选过程中胺类捕收剂捕收性能的量子化学分析研究 [D]. 郑州 : 郑州大学 ,2018.
LI G Y. Quantum Chemistry Analysis of Collecting Performances of Amine Collector for the Flotation Process of Silicate Minerals [D]. Zhengzhou: Zhengzhou university,2018.
[22] 徐冰 . 胺类捕收剂在铁矿石反浮选中的应用研究 [D]. 鞍山 : 辽宁科技大学 ,2019.
XU B. Application Research of Amine Collectors in Iron Ore Reverse Flotation [D]. Anshan: University of science and technology liaoning, 2019.
[23] 裴建 . 新型多胺类捕收剂的合成以及在铁矿石脱硅反浮选中的应用 [D]. 北京 : 中国矿业大学 ,2015.
PEI J. Synthesis of New Polyamines Collectors and Application in Desiliconizing Reverse Flotation of Iron Ore [D]. Beijing: China university of mining and technology, 2015.

Desilication Application and Defoaming Mechanism of XK-28 Collector in Iron Ore

Chen Yu[1], Xu Bing[1], Li Min[2], Zhao Tonglin[1], Zhang Mingze[3]
(1. School of Mining Engineering, University of Science & Technology Liaoning, Anshan, Liaoning, China; 2. School of Business Administration, University of Science & Technology Liaoning, Anshan, Liaoning, China;3. Anshan city urban development center, Anshan, Liaoning, China)

Abstract: In this paper, a new type of combined amine collector (XK-28) used in iron ore flotation is explored, and good defoaming speed and flotation index are obtained. Through the pure mineral test, it is determined that XK-I, XK-II and dodecylamine have good collection effect on quartz. The reverse flotation tests of pure magnetite and quartz pure mineral show that among the three collectors, pH of the collector with the best selectivity is 6.5. In this study, three collectors and six combinations of diesel oil were also carried out. Results show that when the ratio of XK-Iand XK-II is 2:8, the separation effect of magnetite and quartz is the best. The results of the actual mineral flotation test in Gongchangling show that the effect of XK-28 collector is better than that of dodecylamine, and the defoaming effect of XK-28 collector is better than that of dodecylamine. Results of infrared spectrum analysis show that there are physical adsorption and hydrogen bonding between the quartz surface and XK-28.

Keywords: XK-28; Magnetite; Desilication; Flotation; Defoaming

万方数据