

# 新型环保捕收剂 CYL-5 对山西某铜矿浮选试验研究

赵文坡, 李文凤, 缪亚兵, 郭灵敏

长沙矿冶研究院有限责任公司, 湖南 长沙 410012

中图分类号: TD952.1; TD923<sup>+</sup>.13 文献标识码: A 文章编号: 1001-0076(2022)03-0096-05  
DOI: 10.13779/j.cnki.issn1001-0076.2022.03.014

**摘要** 山西某铜矿山长期采用丁基黄药作为铜矿捕收剂, 生产现场丁基黄药刺激性气味强烈、选矿废水中黄原酸根离子超标。为解决黄药使用的环保问题, 针对该铜矿, 采用新型环保型捕收剂 CYL-5 进行浮选试验研究, 经一次粗选三次精选一次扫选的闭路浮选流程, 取得铜精矿 Cu 品位为 25.13%、回收率为 93.30% 的浮选指标。与丁基黄药浮选指标相比, 铜精矿 Cu 品位提高 2.06 个百分点, 铜回收率提高 0.50 个百分点, 可达到优于丁基黄药浮选的目的。

**关键词** 铜矿; 捕收剂; 浮选; CYL-5; 环保

在我国有色金属材料消费中, 铜的消费量仅次于铝, 铜及其合金材料被广泛应用于电子工业、机器制造、军工生产等多个领域, 是现代工业、农业、国防和科学技术必需的金属材料<sup>[1-2]</sup>。硫化铜矿是我国主要的铜矿资源, 其储量约占我国铜矿储量的 80%, 硫化铜矿的可浮性好, 因此其选矿技术指标都很高<sup>[3-4]</sup>。黄药(二硫代碳酸盐)是目前硫化铜矿浮选最为常用的捕收剂, 工业生产中所使用的黄药烃链一般含 2~8 个碳不等, 以乙基黄药和丁基黄药为主。该类黄药在生产和使用过程中会散发出刺激性的臭味, 选矿废水中残留的黄药及其化合物对周边的环境也会造成较大的污染。随着国家环保政策的日益严格, 新型环保药剂的开发迫在眉睫<sup>[5-7]</sup>。山西某铜矿山长期采用丁基黄药作为铜矿捕收剂, 生产现场丁基黄药刺激性气味强烈, 作业环境恶劣, 且选矿废水中黄原酸根离子超标, 给企业的生产带来诸多不稳定因素。本文采用新型环保型捕收剂 CYL-5 对该铜矿进行浮选试验研究, 重点考察新型药剂对浮选指标的影响。

## 1 矿石性质

试验矿样取自山西某铜矿山, 其化学多元素分析结果见表 1, 铜的化学物相分析结果见表 2。

由表 1 和表 2 可以看出, 矿石中可供选矿回收的主要元素是铜, 其品位为 0.41%, Pb、Zn、Mo 和 Fe 等成分均因含量较低, 综合利用的价值不大。矿石铜主要以原生硫化铜的形式产出, 其分布率达到 94.89%。

表 1 矿石化学多元素分析结果 /%

Table 1 Chemical multielement analysis results of the ore					
Cu	Pb	K <sub>2</sub> O	CaO	Na <sub>2</sub> O	MgO
0.41	0.018	11.21	0.45	1.56	2.45
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Zn	Mo	Fe	S	SiO <sub>2</sub>
18.24	0.02	0.001	6.58	0.63	60.31

表 2 矿石中铜的化学物相分析结果 /%

Table 2 Chemical phase analysis results of copper in the ore		
铜相	含量	分布率
原生硫化铜	0.389	94.89
次生硫化铜	0.005	1.22
自由氧化铜	0.007	1.70
结合氧化铜	0.009	2.19
合计	0.41	100.00

## 2 试验试剂和方法

### 2.1 试验试剂

试验所用抑制剂 CaO 为分析纯, 捕收剂丁基黄药为市售工业品, CYL-5 为基于分子结构设计理论和气味分子结构理论<sup>[7,9-10]</sup>自主研发的巯基(SH-)类铜捕收剂(与黄药相比, CYL-5 无明显气味, 清洁环保, 不产生黄原酸根离子, 对厂矿职工身体健康较为友好, 对环境危害较小), 起泡剂松醇油为市售工业品。

### 2.2 试验方法

实验室采用 XMQ-Φ240×90 锥形球磨机进行磨矿,磨矿矿浆质量浓度为 60%,结合现场工艺条件,磨矿细度定为 -74 μm 含量 75%,从而为下一步的浮选作业准备原料。浮选试验采用实验室型浮选机,浮选槽体积为 1.0 L、0.5 L,叶轮转速为 1 992 r/min,粗选矿浆质量浓度为 40%。试验原则流程见图 1。

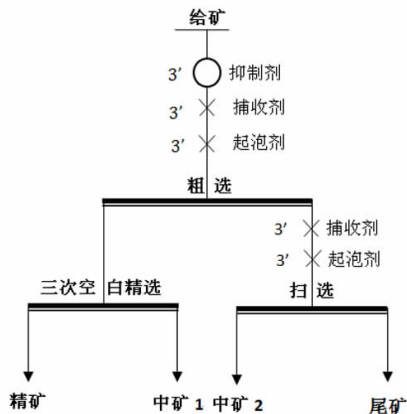


图 1 试验原则流程  
Fig. 1 Principle flowsheet of tests

## 3 试验结果及讨论

### 3.1 丁基黄药药剂制度优化试验

首先在实验室进行了丁基黄药浮选药剂制度优化试验,从而为后续新型药剂浮选试验的开展提供对比参考依据,主要包括 CaO 用量、丁基黄药用量和松醇油用量条件试验。参考现场工艺条件,实验室试验中 CaO 作为浮选抑制剂加入至球磨机内。

#### 3.1.1 CaO 用量条件试验

为考察 CaO 用量对铜浮选指标的影响,在丁基黄药用量为 60 g/t、松醇油用量为 30 g/t 的条件下,进行 CaO 用量条件试验。试验结果见图 2。

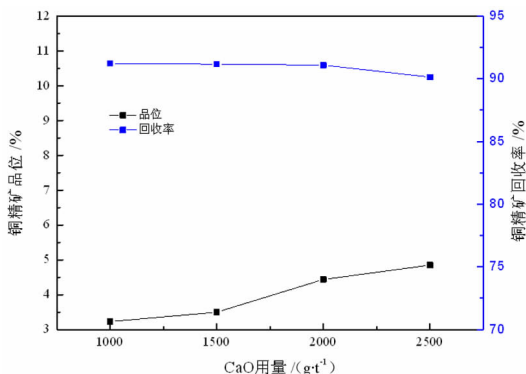


图 2 CaO 用量对铜浮选指标的影响  
Fig. 2 The effect of CaO dosage on copper flotation index

由图 2 可知,随 CaO 用量由 1 000 g/t 逐渐增加至 2 500 g/t,铜粗精矿 Cu 品位逐渐升高,回收率逐渐降低。当 CaO 用量为 2 000 g/t 时,铜粗精矿 Cu 品位为 4.44%,回收率为 91.09%,继续增加 CaO 用量至 2 500 g/t,铜粗精矿回收率为 90.14%,下降 0.95 百分点,回收率下降明显。综合考虑,确定 2 000 g/t 作为后续试验的 CaO 用量。

#### 3.1.2 丁基黄药用量条件试验

为考察丁基黄药用量对铜浮选指标的影响,在 CaO 用量为 2 000 g/t、松醇油用量为 30 g/t 的条件下,进行丁基黄药用量条件试验。试验结果见图 3。

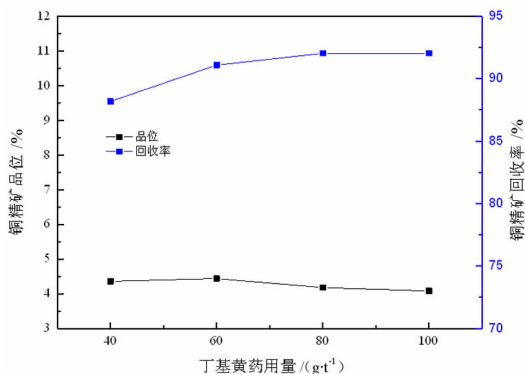


图 3 丁基黄药用量对铜浮选指标的影响  
Fig. 3 The effect of butyl xanthate dosage on copper flotation index

由图 3 可知,随丁基黄药用量的增加,铜粗精矿 Cu 品位逐渐降低,回收率逐渐升高。当丁基黄药用量为 80 g/t 时,可以获得铜粗精矿 Cu 品位为 4.18%、回收率为 92.03% 的浮选指标,继续提高丁基黄药用量,铜粗精矿回收率上升不明显。综合考虑,确定 80 g/t 作为后续试验的丁基黄药用量。

#### 3.1.3 松醇油用量条件试验

为考察松醇油用量对铜浮选指标的影响,在 CaO

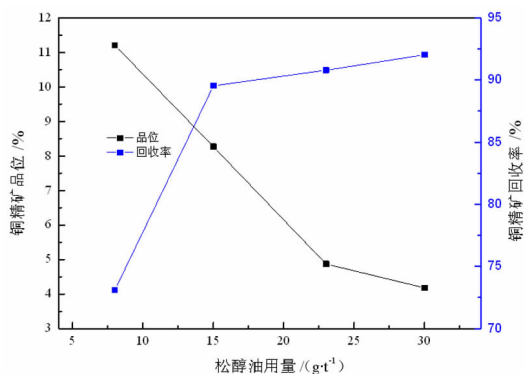


图 4 松醇油用量对铜浮选指标的影响  
Fig. 4 The effect of terpenic oil dosage on copper flotation index

用量为 2 000 g/t、丁基黄药用量为 80 g/t 的条件下,进行松醇油用量条件试验。试验结果见图 4。

由图 4 可知,随松醇油用量的增加,铜粗精矿 Cu 品位逐渐降低,回收率逐渐升高。当松醇油用量为 15 g/t 时,可以获得铜粗精矿 Cu 品位为 8.27%、回收率为 89.54% 的浮选指标,分选指标较好。综合考虑,确定 15 g/t 作为后续试验的松醇油用量。

### 3.2 CYL-5 药剂制度优化试验

采用新型环保捕收剂 CYL-5 进行浮选药剂制度优化试验,主要包括 CaO 用量、CYL-5 用量和松醇油用量条件试验。参考现场工艺条件,实验室试验中 CaO 作为浮选抑制剂加入至球磨机内。

#### 3.2.1 CaO 用量条件试验

为考察 CaO 用量对铜浮选指标的影响,在 CYL-5 用量为 100 g/t、松醇油用量为 30 g/t 的条件下,进行 CaO 用量条件试验。试验结果见图 5。

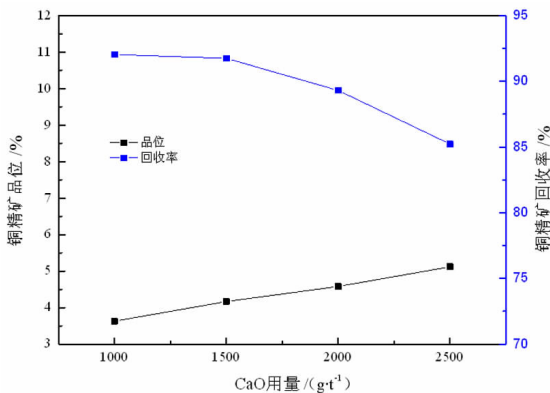


图 5 CaO 用量对铜浮选指标的影响  
Fig. 5 The effect of CaO dosage on copper flotation index

由图 5 可知,随 CaO 用量的增加,铜粗精矿 Cu 品位逐渐升高,回收率逐渐降低。当 CaO 用量为 1 500 g/t 时,铜粗精矿 Cu 品位为 4.17%、回收率为 91.75%,继续增加 CaO 用量,铜粗精矿回收率下降明显。综合考虑,确定 1 500 g/t 作为后续试验的 CaO 用量。

#### 3.2.2 CYL-5 用量条件试验

为考察 CYL-5 用量对铜浮选指标的影响,在 CaO 用量为 1 500 g/t、松醇油用量为 30 g/t 的条件下,进行 CYL-5 用量条件试验。试验结果见图 6。

由图 6 可知,当 CYL-5 用量为 75 g/t 时,铜粗精矿 Cu 品位为 5.61%,回收率为 90.25%,增加 CYL-5 用量至 100 g/t,铜粗精矿 Cu 品位为 4.17%,回收率为 91.75%。继续增加 CYL-5 用量,铜粗精矿 Cu 品位和回收率趋于稳定。综合考虑,确定 100 g/t 作为后续试验的 CYL-5 用量。

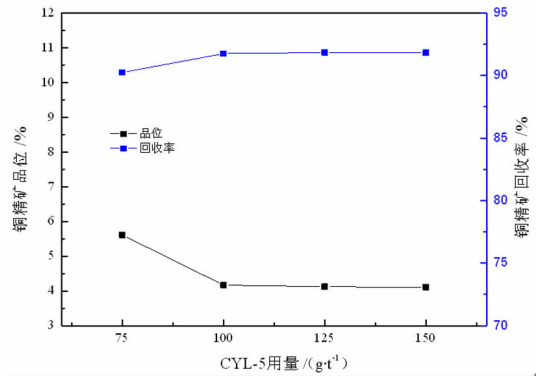


图 6 CYL-5 用量对铜浮选指标的影响  
Fig. 6 The effect of CYL-5 dosage on copper flotation index

#### 3.2.3 松醇油用量条件试验

为考察松醇油用量对铜浮选指标的影响,在 CaO 用量为 1 500 g/t、CYL-5 用量为 100 g/t 的条件下,进行松醇油用量条件试验。试验结果见图 7。

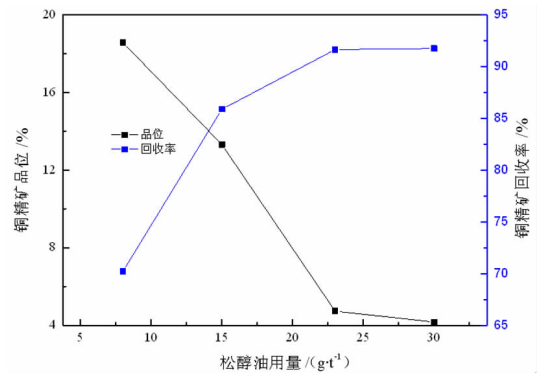


图 7 松醇油用量对铜浮选指标的影响  
Fig. 7 The effect of terpene oil dosage on copper flotation index

由图 7 可知,随松醇油用量的增加,铜粗精矿 Cu 品位逐渐降低,回收率逐渐升高。当松醇油用量为 23 g/t 时,可以获得铜粗精矿 Cu 品位为 4.73%、回收率为 91.63% 的浮选指标,分选指标较好。继续增加松醇油用量,铜粗精矿回收率增加不明显。综合考虑,确定 23 g/t 作为后续试验的松醇油用量。

### 3.3 铜浮选闭路试验

在条件试验的基础上,进行了丁基黄药和 CYL-5 两种药剂的浮选闭路对比试验。其中丁基黄药的药剂制度为:粗选丁基黄药用量 60 g/t、松醇油用量为 15 g/t,扫选丁基黄药用量为 20 g/t、松醇油用量为 8 g/t,采用一次粗选三次精选和一次扫选、中矿依次返回的闭路流程;新型药剂 CYL-5 的药剂制度为:粗选 CYL-5 用量 80 g/t、松醇油用量为 23 g/t,扫选 CYL-5 用量 20 g/t、松醇油用量为 8 g/t,采用一次粗选三次精选一次扫选、中矿依次返回的闭路流程。数质量流程分别见图 8 和图 9。

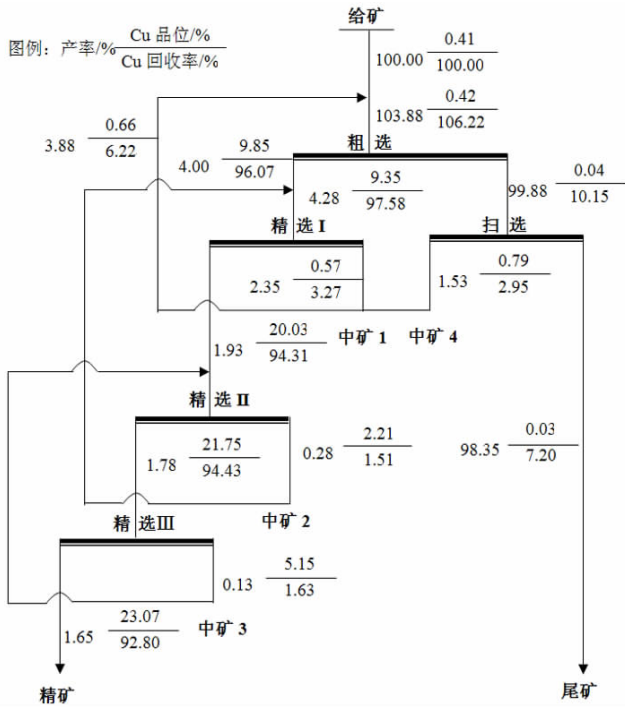


图 8 丁基黄药浮选闭路试验数质量流程  
Fig. 8 The quantity and quality flowsheet of flotation closed-circuit test with butyl xanthate

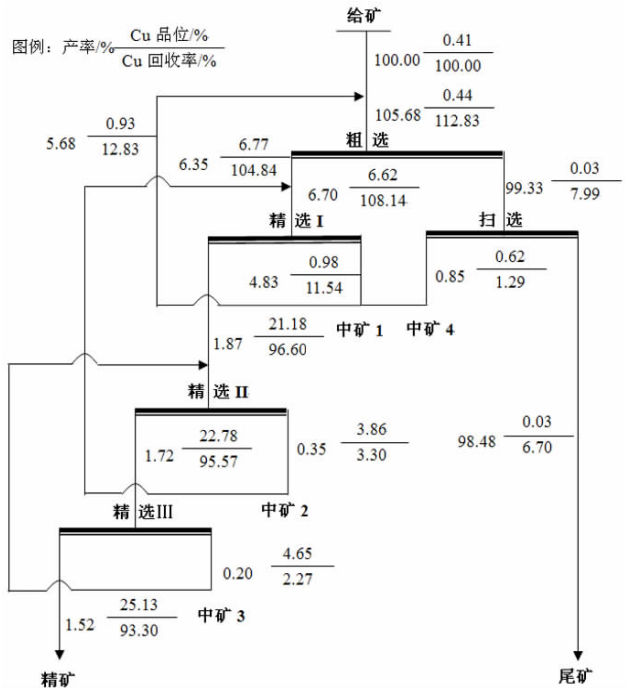


图 9 CYL-5 浮选闭路试验数质量流程  
Fig. 9 The quantity and quality flowsheet of flotation closed-circuit test with CYL-5

浮选闭路的试验结果表明:以丁基黄药为捕收剂,可获得铜精矿 Cu 品位为 23.07%、回收率为 92.80% 的浮选指标。而采用新型捕收剂 CYL-5,可获得铜精矿 Cu 品位为 25.13%、回收率为 93.30% 的浮选指标。

两种捕收剂浮选指标进行对比表明,采用新型药剂进行浮选,铜精矿 Cu 品位提高 2.06 百分点,铜回收率提高 0.50 百分点,可达到优于丁基黄药浮选的目的。

## 4 结论

(1)以新型环保型药剂 CYL-5 进行铜浮选,采用一次粗选三次精选一次扫选的工艺流程,可获得铜精矿 Cu 品位为 25.13%、回收率为 93.30% 的选别指标,与现场丁基黄药浮选指标相比,铜精矿 Cu 品位提高 2.06 百分点,铜回收率提高了 0.50 百分点。

(2)新型药剂无明显气味,毒性小,清洁环保,且选矿指标优于丁基黄药,为矿山新型药剂的开发利用提供了新的思路。

## 参考文献:

- [1] 刘小舟.我国重要有色金属资源—铜矿的现状 & 展望[J].西北地质,2007,40(1):83-88.  
LIU X Z. Present situation and prospect of copper mine, an important nonferrous metal resource in my country [J]. Northwestern Geology, 2007, 40(1): 83-88.
- [2] 王美丽,丰奇成,王涵.氧化铜矿选冶研究现状及展望[J].矿产综合利用,2021(4):103-109+138.  
WANG M L, FENG Q C, WANG H. Research status and prospect of beneficiation and metallurgy of oxidized copper ore [J]. Mineral Resources, 2021(4):103-109+138.
- [3] 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+51.  
YUAN M Z, ZHOU X L, WANG L H, et al. Performance of new flotation reagents in beneficiation of copper sulfide ore from Sichuan [J]. Mining and Metallurgical Engineering, 2017, 37(1): 46-48+51.
- [4] 杨玮,覃文庆,张建文.云南某硫化铜矿浮选试验研究[J].金属矿山,2009(9):94-97.  
YANG W, QIN W Q, ZHANG J W. Research on the flotation tests of a Yunan sulfide copper ore [J]. Metal Mine, 2009(9): 94-97.
- [5] G·汉戈勒,崔洪山,肖力子.用巯基捕收剂及其混合物从 Okiep 矿石中浮选硫化铜矿[J].国外金属选矿,2005,42(9):22-25+8.  
G·H, CUI H S, XIAO L Z. Flotation of copper sulfide from Okiep with sulfhydryl collector and its mixture [J]. Metallic Ore Dressing Abroad, 2005, 42(9): 22-25+8.
- [6] A·T 马康扎,孙吉鹏,童雄,等.用混合捕收剂浮选含金黄铁矿矿石[J].国外金属选矿,2008,45(11):8-13.  
A·T, SUN J P, TONG X, et al. Flotation of gold bearing pyrite ore with mixed collector [J]. Metallic Ore Dressing Abroad, 2008, 45(11): 8-13.
- [7] 钟宏,张湘予,马鑫,等.酰氨基黄药的制备及其对黄铜矿、黄铁矿的浮选性能研究[J].矿产保护与利用,2021,41(2):13-22.  
ZHONG H, ZHANG X Y, MA X, et al. Preparation of amido xanthate and its flotation performance for chalcopyrite and pyrite [J]. Conservation and Utilization of Mineral Resources, 2021, 41(2):13-22.
- [8] 徐承焱,孙体昌,鄢功军,等.磨矿因素对黄药在硫化铜矿浮选过程中分布的影响[J].中国矿业,2019,28(1):150-155.  
XU C Y, SUN T C, YAN G J, et al. Effects of grinding factors on distribution of xanthate in flotation process of sulfide ore [J]. China Mining Magazine, 2019, 28(1):150-155.
- [9] 卢绿荣,陈建华,李玉琼.硫化铜浮选捕收剂分子结构与性能的电子

态密度研究[J]. 中国有色金属学报, 2018, 28(7): 1482 - 1490.  
LU L R, CHEN J H, LI Y Q. Electronic density of states study on molecular structure and properties of sulfide ore flotation collector [J]. The Chinese Journal of Nonferrous Metals, 2018, 28(7): 1482 - 1490.

[10] 李成秀, 文书明. 多金属硫化矿浮选研究的新进展[J]. 国外金属矿选矿, 2004, 41(1): 8 - 12 + 7.  
LI C X, WEN S M. New progress in flotation of polymetallic sulfide ores [J]. Metallic Ore Dressing Abroad, 2004, 41(1): 8 - 12 + 7.

## Experimental Study on Flotation of A Copper Mine in Shanxi Province with A Novel Environmental Collector CYL - 5

ZHAO Wenpo, LI Wenfeng, MIAO Yabing, GUO Lingmin

*Changsha Research Institute of Mining and Metallurgy Co Ltd, Changsha 410012, Hunan, China*

**Abstract:** Butyl xanthate has been used as copper collector in a copper mine in Shanxi province for a long time. Butyl xanthate has a strong pungent smell on the production site and the xanthate ion in beneficiation wastewater exceeds the standard. In order to solve the environmental problems of xanthate, Novel environmental collector CYL - 5 was used to carry out for flotation experiment in the copper mine. Through the closed - circuit flotation process of one roughing, three cleanings and one scavengings, the copper concentrate with Cu grade of 25.13% and recovery of 93.30% was obtained. Compared with the flotation index of butyl xanthate, the grade of copper concentrate was increased by 2.06 percentage points and the copper recovery was increased by 0.50 percentage points using the collector CYL - 5, which was better than butyl xanthate.

**Keywords:** copper mine; collector; flotation; CYL - 5; environmental

引用格式: 赵文坡, 李文风, 缪亚兵, 郭灵敏. 新型环保捕收剂 CYL - 5 对山西某铜矿浮选试验研究[J]. 矿产保护与利用, 2022, 42(3): 96 - 100.

ZHAO Wenpo, LI Wenfeng, MIAO Yabing, GUO Lingmin. Experimental study on flotation of a copper mine in Shanxi Province with a novel environmental collector CYL - 5[J]. Conservation and Utilization of Mineral Resources, 2022, 42(3): 96 - 100.

投稿网址: <http://kebh.cbpt.cnki.net>

E - mail: [kcbh@chinajournal.net.cn](mailto:kcbh@chinajournal.net.cn)