

提高煤泥浮选捕收剂性能的试验研究

吉登高, 蔡阳辉, 彭素琴, 吴越

(太原理工大学 矿业工程学院, 山西 太原 030024)

摘要: 针对煤泥浮选捕收剂分散难、选择性差、用量大等问题, 利用不同化工产品及表面活性剂将煤油制备成复合捕收剂用于煤泥浮选。分别进行了煤油、复合捕收剂的优选试验及浮选速度试验。优选试验表明: 当煤油用量为 900 g/t, 仲辛醇用量为 450 g/t 时, 煤油浮选效果最佳; 当 Fy-4 复合捕收剂用量为 500 g/t, 仲辛醇用量为 450 g/t 时, 精煤灰分为 9.96%, 精煤产率为 88.72%, 可燃体回收率为 94.82%。在精煤灰分相近的条件下, Fy-4 复合捕收剂的用量比煤油降低了 44.44%, 精煤产率和可燃体回收率分别提高了 0.06% 和 0.16%。浮选速度试验表明: Fy-4 复合捕收剂不仅节省了药剂用量, 而且提高了煤泥浮选活性, 提升了精煤浮选速度。最后探讨了无机电解质 NaCl 对复合捕收剂浮选效果的影响, 当 NaCl 浓度为 0.05 mol/L 时, 煤泥颗粒 Zeta 电位更趋近零电点, 降低了煤泥颗粒的相对接触角, 改善了煤泥浮选效果。

关键词: 复合捕收剂; 浮选速度; 无机电解质; Zeta 电位; 相对接触角

中图分类号: TD943⁺.13

文献标识码: A

文章编号: 1006-6772(2012)02-0006-04

Experimental research on improvement of coal flotation collectors

Ji Deng-gao, Cai Yang-hui, Peng Su-qin, Wu Yue

(College of Mining Technology, Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024, China)

Abstract: Large consumption, poor selectivity and failing to disperse are presently the main disadvantages of slime flotation collector. In order to resolve these problems, taking kerosene as raw material, a variety of chemical products and surfactant were used to prepare compound collectors. Conduct optimization experiments and flotation rate test experiments of kerosene and compound collector. The results of optimization experiments show that while the consumption of kerosene is 900 g/t and Octanol-2 is 450 g/t, the effect of kerosene flotation is best. While the consumption of Fy-4 compound collector is 500 g/t and Octanol-2 is 450 g/t, the effect of Fy-4 compound collector flotation is best, clean coal ash is 9.96 percent, clean coal recovery is 88.72 percent, and combustible recovery is 94.82 percent. Keeping ash nearly unchanged, the consumption of Fy-4 compound collector is 44.44 percent lower than kerosene, clean coal recovery and combustible recovery are increased by 0.06 percent and 0.16 percent respectively. Flotation speed tests prove that Fy-4 compound collector not only save the consumption of reagent, but also improves the activity of reagent, so to enhance the coal floating speed. At last, the impact on Fy-4 compound collector flotation of NaCl inorganic electrolyte was studied. While the NaCl concentration is 0.05 mol/L, Zeta potential of coal slime is much closer to zero point, relative contact angle of coal slime is reduced, coal flotation effect is improved.

Key words: compound collectors; flotation rate; inorganic electrolyte; Zeta potential; relative contact angle

中国煤炭洗选工艺中, 细粒煤泥的分选仍以浮选为主, 目前大多数浮选采用非极性烃类油(煤油、柴油)为捕收剂, 约占煤泥浮选捕收剂的 80%~90%^[1], 但这类捕收剂普遍存在分散难、用量大、选

收稿日期: 2012-01-12 责任编辑: 白娅娜

基金项目: 山西省教育厅科技资助项目(02080061)

作者简介: 吉登高(1963—)男, 山西稷山人, 博士, 副教授, 1987年毕业于淮南矿业学院矿物加工工程专业, 现主要从事矿物加工工程专业的教学与科研工作。

引用格式: 吉登高, 蔡阳辉, 彭素琴, 等. 提高煤泥浮选捕收剂性能的试验研究[J]. 洁净煤技术, 2012, 18(2): 6-9.

择性差等问题^[2]。针对上述问题,国内外专家研制了大量新型浮选药剂^[3],如乳化浮选药剂、复合药剂、浮选促进剂等^[4-6]。随着煤质的逐渐变差,细粒煤泥含量增加,浮选过程中凸显的问题越来越多。寻求廉价高效的浮选药剂,改善现有捕收剂性能,减少捕收剂用量是降低浮选成本、提高浮选效果的有效途径之一。

1 煤泥粒度组成

根据 GB/T 19093—2003《粉煤筛分试验方法》^[7],对试验煤泥进行粒度分析,具体见表1。

表1 煤泥粒度组成

粒级/mm	产率/%	灰分/%	累计产率/%	平均灰分/%
0.500~0.250	37.47	15.01	37.47	15.01
0.250~0.125	27.16	15.57	64.63	15.25
0.125~0.075	12.88	14.67	77.51	15.15
0.075~0.045	4.88	15.02	82.39	15.14
-0.045	17.61	18.96	100.00	15.81
合计	100.00	15.81		

由表1可知,0.500~0.250 mm产率最高,为37.47%,灰分为15.01%;0.250~0.125 mm产率较高,为27.16%,灰分为15.57%;0.500~0.045 mm煤泥灰分较为平缓,为15%左右;-0.075 mm产率为22.49%,灰分为18.11%;-0.045 mm产率为17.61%,灰分最高为18.96%。因此,试验煤样中细粒级煤泥含量较大,且灰分较高,较难分选。

2 煤泥浮选试验

2.1 煤油优选试验

使用煤油和仲辛醇为浮选药剂,依据 GB/T 4757—2001《煤粉(泥)实验室单元浮选试验方法》对煤泥进行浮选试验研究^[8],选择煤泥最佳浮选药剂用量。煤泥浮选试验条件为:煤浆质量浓度100 g/L,浮选槽容积1.5 L,叶轮转速1800 r/min,浮选机叶轮直径60 mm,充气量 $0.25 \text{ m}^3 / (\text{m}^2 \cdot \text{min})$,煤浆预搅拌时间120 s,煤浆与捕收剂接触时间为60 s,煤浆与起泡剂接触时间为10 s,试验用水为自来水。

首先对煤油与仲辛醇进行单因素药剂用量选择试验,确定煤油用量为900 g/t,仲辛醇用量为400 g/t,在此基础上进行两因素三水平正交试验,确定最佳药剂组合用量。煤泥浮选药剂因素水平见表2,煤泥浮选药剂正交试验结果见表3。

表2 煤泥浮选药剂因素水平

水平	煤油 A/(g·t ⁻¹)	仲辛醇 B/(g·t ⁻¹)
1	800	350
2	900	400
3	1000	450

表3 煤泥浮选药剂正交试验结果

煤油用量/(g·t ⁻¹)	仲辛醇用量/(g·t ⁻¹)	精煤			尾煤		
		质量/g	产率/%	灰分/%	质量/g	产率/%	灰分/%
800	350	128.3	86.67	9.43	19.8	13.33	56.23
800	400	129.4	87.46	9.56	18.6	12.54	58.27
800	450	129.9	87.80	9.66	18.1	12.20	58.93
900	350	130.8	88.35	9.83	17.3	11.65	59.96
900	400	131.1	88.61	9.94	16.9	11.39	60.24
900	450	131.2	88.67	9.96	16.8	11.33	60.35
1000	350	131.6	88.93	10.06	16.4	11.07	60.73
1000	400	131.8	89.05	10.13	16.3	10.95	60.72
1000	450	132.2	89.35	10.34	15.8	10.65	60.38

由表3可知,在精煤灰分满足10%的条件下,A₂B₃药剂条件下的精煤产率为88.67%,精煤灰分为9.96%,精煤产率较高,精煤灰分满足要求;即煤油900 g/t,仲辛醇450 g/t,为煤泥浮选的最佳药剂条件;根据原煤灰分可计算得到此药剂条件下煤泥浮选可燃体回收率为94.67%,浮选完善指标为38.31%。因此,当煤油用量900 g/t,仲辛醇用量450 g/t时,煤泥浮选精煤产率、可燃体回收率和浮选完善指标均较高,但浮选药剂用量大,浮选成本高,因此有必要研究开发新的浮选药剂,在提高浮选效果的同时,降低药耗。

2.2 复合捕收剂优选试验

煤油是非极性烃类油,在水中难分散,即使在高强度搅拌下分散后也容易兼并为大液滴,导致煤油浮选效果差、用量大^[2]。要提高煤油的捕收性能,应适当提高煤油在浮选煤浆中的分散能力,从而提高煤油的捕收活性及浮选效果。以煤油为主体,利用不同的化工产品表面活性剂优化煤油的捕收性能,制备成复合捕收剂。

为了比较复合捕收剂与普通煤油的捕收性能,采用复合捕收剂与煤油分别进行煤泥浮选试验。试验条件为:捕收剂900 g/t,仲辛醇450 g/t。不同复合捕收剂采用Fy-1、Fy-2、Fy-3、…、Fy-12来表示,试验结果见表4。

表4 复合捕收剂浮选试验结果

捕收剂	精煤			尾煤		
	质量/g	产率/%	灰分/%	质量/g	产率/%	灰分/%
煤油	131.2	88.67	9.96	16.8	11.33	60.35
Fy-1	131.8	88.58	10.08	17.0	11.42	61.04
Fy-2	132.1	88.90	10.10	16.5	11.10	61.38
Fy-3	132.6	89.34	10.20	15.8	10.66	62.35
Fy-4	133.2	89.72	10.23	15.3	10.28	64.41
Fy-5	133.0	89.37	10.18	15.8	10.63	63.16
Fy-6	132.3	89.05	10.11	16.3	10.95	61.99
Fy-7	131.8	88.83	10.05	16.6	11.17	61.33
Fy-8	131.9	88.62	10.00	16.9	11.38	61.33
Fy-9	132.0	88.83	10.01	16.6	11.17	60.95
Fy-10	131.9	88.88	10.03	16.5	11.12	60.93
Fy-11	131.8	88.73	10.04	16.8	11.27	60.96
Fy-12	131.8	88.83	10.08	16.6	11.17	61.22

由表4可知,与煤油相比,复合捕收剂的捕收性能有所增强。Fy-4复合捕收剂的精煤灰分为10.23%,精煤产率为89.72%,可燃体回收率为95.66%;与煤油相比,Fy-4的精煤产率提高了1.18%,可燃体回收率提高了1.05%,可见Fy-4复合捕收剂对煤样的浮选效果相对最好。但Fy-4复合捕收剂的精煤灰分超过了10%的要求,可以考虑在相同浮选条件下,通过降低Fy-4复合捕收剂的用量使浮选精煤灰分满足10%的要求,试验结果如图1所示。

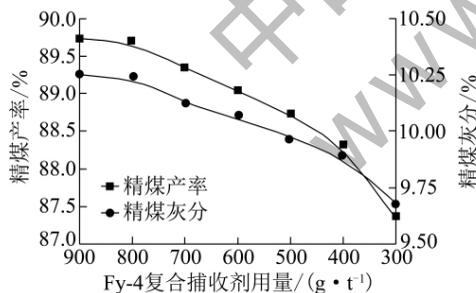


图1 Fy-4复合捕收剂用量优选试验

由图1可知,随着Fy-4复合捕收剂用量的减少,精煤产率和精煤灰分逐渐降低;当捕收剂用量为500 g/t时,精煤灰分为9.96%,满足精煤灰分小于10%的要求,此时精煤产率为88.72%,可燃体回收率为94.82%。因此,在精煤灰分相近的条件下,与煤油相比,Fy-4复合捕收剂的用量降低了44.44%,精煤产率和可燃体回收率分别提高了0.06%和0.16%。可见,Fy-4复合捕收剂不仅节约了药剂用量,还大大提高了煤泥浮选效果。

2.3 浮选速度试验

为了进一步验证Fy-4复合捕收剂的浮选效果,分别在Fy-4复合捕收剂和煤油的最佳药剂用量下进行煤泥浮选速度试验,即煤油900 g/t+仲辛醇450 g/t,Fy-4复合捕收剂500 g/t+仲辛醇450 g/t;其他试验条件与煤泥浮选试验基本相同,精煤1、精煤2刮泡30 s,精煤3、精煤4刮泡60 s,精煤5刮泡120 s,试验结果见表5。

表5 浮选速度试验

产品	累计刮泡时间/s	煤油+仲辛醇		Fy-4复合捕收剂+仲辛醇	
		累计产率/%	平均灰分/%	累计产率/%	平均灰分/%
精煤1	30	27.44	8.27	29.36	8.15
精煤2	60	63.69	9.12	66.87	9.15
精煤3	120	84.33	9.60	85.45	9.75
精煤4	180	88.70	9.96	88.69	9.99
精煤5	300	90.45	10.25	90.44	10.37
合计		100.00	15.74	100.00	15.80

由表5可知,在前30 s内,使用煤油为捕收剂时,精煤1产率为27.44%,灰分为8.27%;使用Fy-4复合捕收剂为捕收剂时,精煤1产率为29.36%,灰分为8.15%,产率较前者提高了7.00%,灰分降低了1.45%。Fy-4复合捕收剂的精煤2、精煤3累计产率分别比煤油高出了4.99%和1.33%,精煤4、精煤5的累计产率与煤油相近。可见Fy-4复合捕收剂不仅节省了药剂用量,且能提高煤泥浮选活性,提升精煤浮选速度。

3 无机电解质对煤泥浮选效果的影响

煤泥浮选是在水溶液环境中进行的,所以水溶液环境的性质对煤泥浮选效果具有重要作用,除表面润湿性之外,溶液与矿粒表面相互作用的其他现象,如水化作用、溶解和表面的双电层性质等,都与溶液环境密切相关^[9]。因此,研究了无机电解质NaCl浓度对Fy-4复合捕收剂浮选效果的影响,并测量了不同煤泥的相对接触角、Zeta电位。

根据GB/T 4757—2001《煤粉(泥)实验室单元浮选试验方法》^[8],利用Fy-4复合捕收剂和仲辛醇对煤样进行浮选试验。浮选用水分别采用浓度为0.05、0.10、0.15、0.20 mol/L的NaCl溶液,Fy-4复合捕收剂用量为500 g/t,仲辛醇用量为450 g/t,其他浮选试验条件与2.1相同。无机电解质

NaCl 浓度对 Fy-4 复合捕收剂浮选效果的影响见表 6, 煤泥相对接触角的变化如图 2 所示, 煤泥 Zeta 电位的变化如图 3 所示。

表 6 无机电解质 NaCl 浓度对 Fy-4 复合捕收剂浮选效果的影响

NaCl 浓度/ (mol · L ⁻¹)	精煤			尾煤		
	质量/ g	产率/ %	灰分/ %	质量/ g	产率/ %	灰分/ %
0	131.9	88.74	9.98	16.7	11.26	61.50
0.05	133.1	89.69	10.40	15.3	10.31	62.38
0.10	132.7	89.35	10.32	15.8	10.65	61.76
0.15	132.5	89.08	10.16	16.3	10.92	61.70
0.20	131.9	88.75	10.06	16.7	11.25	60.92

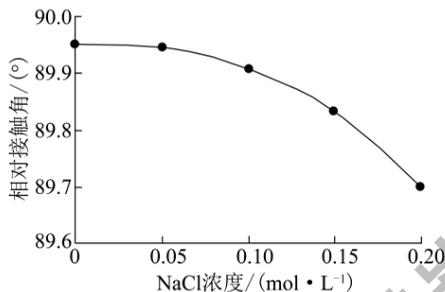


图 2 煤泥相对接触角的变化

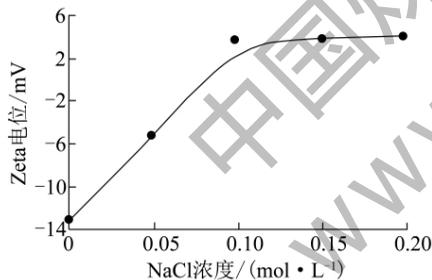


图 3 煤泥 Zeta 电位的变化

由表 6 可知, 随着 NaCl 浓度的增加, 精煤产率和精煤灰分先增大后减小。当 NaCl 浓度为 0.05 mol/L 时, 精煤产率为 89.69%, 精煤灰分为 10.40%。由图 2 可知, 随 NaCl 浓度的增加, 浮选精煤接触角逐渐减小, 但变化范围不大, 只减小了 0.25°, 说明 NaCl 溶液对煤泥颗粒表面接触角的影响不大。由图 3 可知, 随着 NaCl 浓度的增加, 煤泥 Zeta 电位逐

渐增大。在低浓度无机电解质 NaCl 的条件下, 适量的无机盐离子在煤泥表面吸附, 中和了煤泥表面的负电, 使煤泥 Zeta 电位接近零电点; 捕收剂与煤泥的作用较好, 浮选药剂在煤泥表面的吸附量增多; 煤粒表面水化作用减弱, 水化层变薄; 提高了煤泥的可浮性, 改善优化了煤泥浮选效果。

4 结 论

(1) Fy-4 复合捕收剂捕收效果较煤油好, 当 Fy-4 复合捕收剂用量为 500 g/t, 起泡剂用量为 450 g/t 时, 精煤灰分为 9.96%, 满足精煤灰分小于 10% 的要求, 精煤产率为 88.72%, 可燃体回收率为 94.82%。因此, 在精煤灰分相近的条件下, 与煤油相比, Fy-4 复合捕收剂的用量降低了 44.44%。

(2) Fy-4 复合捕收剂活性较高, 能快速在浮选煤浆中扩散, 提升精煤浮选速度, 缩短浮选时间。

(3) 低浓度的无机电解质 NaCl 能够促使煤泥表面 Zeta 电位接近零电点, 降低煤泥颗粒的相对接触角, 有利于煤泥浮选。

参考文献:

- [1] 李彦君, 崔广文, 王加强, 等. 煤泥浮选药剂现状与发展[J]. 选煤技术, 2010(5): 68-70.
- [2] 丁立亲. 浮选的理论 and 实践[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1987.
- [3] Fecko P, Janakova I, Kasparkova A, et al. Flotation of coal from mine staszicz[J]. Surveying Geology & Mining Ecology Management, 2010(1): 437-444.
- [4] 解维伟, 朱书全, 吴晓华, 等. ZFC 型乳化浮选药剂在煤泥浮选中的应用[J]. 洁净煤技术, 2007, 13(5): 10-12, 22.
- [5] 李哲, 朱玉, 武英刚. 煤泥复合捕收剂的研究[J]. 洁净煤技术, 2008, 14(6): 14-16.
- [6] 黄波, 门东坡, 刘飞飞, 等. 新型煤泥浮选促进剂的制备及作用机理[J]. 洁净煤技术, 2011, 17(2): 3-7.
- [7] GB/T 19093—2003 粉煤筛分试验方法[S].
- [8] GB/T 4757—2001 煤粉(泥)实验室单元浮选试验方法[S].
- [9] 余萍. 不同无机电解质对煤浮选的影响及溶液化学研究[D]. 太原: 太原理工大学, 2010.

节约能源 提高能效 推广低碳技术
发展循环经济