

细粒煤磁选-浮选脱硫脱灰试验研究

王云雁,朱申红,马先军,王 恒

(青岛理工大学 环境与市政工程学院,山东 青岛 266520)

摘要:为提高细粒煤的脱硫率和脱灰率,以甘肃中硫煤经跳汰机处理后的细粒煤为试验煤样,进行磨矿-磁选试验、高精度磁选试验和磁选精煤再浮选试验。结果表明,磁通密度 1.57 T,脉冲强度 25 次/min,采用细网不加铜套聚磁介质时,煤泥磁选效果最好,精煤硫分为 1.25%,精煤产率达到 95%,煤样损失量最小。在最佳磁选条件下进行磁选精煤再浮选试验,CaO 用量 1 kg/t,煤油用量 1360 g/t 时,煤泥浮选效果最好,得到硫分 1.09%,灰分 7.54% 的精煤,精煤脱硫率为 32.05%,脱灰率为 45.63%,黄铁矿硫脱除率为 50.55%。细粒煤磁选-浮选试验数质量流程表明,原煤经跳汰-破碎-筛析-磁选-浮选后,可获得产率 86.03%,硫分 1.09%,灰分 7.54% 的精煤产品,基本达到矿山要求。

关键词:细粒煤;磁选;浮选;脱硫;脱灰

中图分类号:TD94

文献标志码:A

文章编号:1006-6772(2015)03-0036-04

Desulfurization and deashing of fine coal through magnetic separation-flotation

WANG Yunyan, ZHU Shenhong, MA Xianjun, WANG Heng

(School of Environmental and Municipal Engineering, Qingdao Technological University, Qingdao 266520, China)

Abstract: In order to improve desulfurization and deashing efficiency of fine coal, taking the fine coal which was prepared by jigging medium-sulfur Gansu coal as research object, the grinding-magnetic separation test, high precision magnetic separation test and clean coal re-floatation test were conducted. The results showed that, when magnetic flux density was 1.57 T, pulse strength was 25 times in one minute, fine mesh wasn't added copper sleeve poly magnetic medium, the floatation effects was the best. The sulfur content and yield of clean coal was 1.25% and 95%, the loss of coal samples was the least. The re-floatation test on clean coal was conducted under optimum condition, when the dosage of CaO and kerosene was 1 kg/t and 1360 g/t, the sulfur and ash content of clean coal could decreased to 1.09% and 7.54%. The desulfurization and deashing efficiency was 32.05% and 45.63%, the removal efficiency of pyrite was 50.55%. The experimental results showed that, the jigging-breaking-screening-magnetic separation-flotation process could reduce the sulfur and ash content of clean coal to 1.09% and 7.54% and improve the yield of clean coal to 86.03%.

Key words: fine coal; magnetic separation; floatation; desulfurization; deashing

0 引 言

我国煤炭资源中高硫煤占比较高^[1],煤炭作为一次能源直接燃烧时,其中的硫约有 90% 转化为 SO₂ 排入大气,SO₂ 是造成空气污染和大面积酸雨危害的主要原因^[2]。煤的脱硫技术主要有燃烧前脱硫、燃烧中固硫和燃烧后烟道气脱硫 3 种。其中煤的燃烧前脱硫技术主要为煤炭分选脱硫,可保

证煤的质量。燃前脱硫技术按其原理来说,大致可分为物理脱硫法、化学脱硫法和生物脱硫法 3 类。无机硫的脱除一般使用物理脱硫法,其特点是过程简单,设备成本低,已有一定规模的生产应用。目前常用的物理脱硫法有重选、浮选、磁选、电选等方法。我国定州焦化厂、选煤厂和南桐选煤厂采用微细介质重介质旋流器脱硫工艺精选细粒煤(粒径 0.04 ~ 0.5 mm),黄铁矿脱除率高达 85% 以上^[3]。吴刚

收稿日期:2014-11-04;责任编辑:白娅娜 DOI:10.13226/j.issn.1006-6772.2015.03.010

作者简介:王云雁(1987—),女,山东乐陵人,硕士研究生,从事高硫煤的综合利用研究工作。E-mail:944392069@qq.com

引用格式:王云雁,朱申红,马先军,等.细粒煤磁选-浮选脱硫脱灰试验研究[J].洁净煤技术,2015,21(3):36-39.

WANG Yunyan, ZHU Shenhong, MA Xianjun, et al. Desulfurization and deashing of fine coal through magnetic separation-flotation[J]. Clean Coal Technology, 2015, 21(3):36-39.

等^[4]对淮北矿务局煤进行脱硫试验,发现用全氯乙烯进行重选,可将煤中全硫从1.36%降至0.80%。李仪等^[5]用X醇酸作抑制剂,煤油作捕收剂对西曲8号煤进行浮选试验,结果表明,煤样全硫脱除率达31.91%,黄铁矿硫脱除率为52.97%。目前脱硫方法对煤中部分黄铁矿硫脱除效果较好,但对有机硫的脱除效果并不理想^[6-7]。因此,笔者以甘肃中硫细粒煤泥为研究对象,对比分析传统单一磁选、单一浮选、磁选-浮选联合工艺对中硫煤脱硫脱灰效果的影响,以期提高细粒煤的脱硫脱灰率。

1 试验条件

1.1 煤质分析

试验煤样为甘肃中硫煤经跳汰^[8]后的细粒煤泥,煤质分析见表1。

表1 煤质分析 %

M_{ad}	A_d	$w(S_{i,d})$	$w(S_{s,d})$	$w(S_{p,d})$	$w(S_{o,d})$
0.68	12.31	1.61	0.01	0.71	0.89

注: $S_{s,d}$ 、 $S_{p,d}$ 、 $S_{o,d}$ 分别表示硫酸盐硫、硫化铁硫、有机硫。

1.2 试验设备及药剂

SLon-100 周期式脉动高梯度磁选机、XFD 型单槽式浮选机、XPM- $\phi 120$ m \times 3 三头研磨机、DF205 电热鼓风机干燥箱、FA1004 电子天平、YP20002 电子天平、XTLZ $\phi 260/\phi 200$ 多用真空过滤机、DRZ-2 马弗炉、GB/T6003.1-1997 标准检验筛、XRF-1800 X 射线荧光光谱仪、GQ-3EF 微机多元分析仪等^[9]。

试验药剂主要有碘、碘化钾、CaO、煤油、2号油、可溶性淀粉、乙醇等^[10-11]。

1.3 试验方法

1) 磁选试验。将煤样破碎至 <0.5 mm后磨矿、筛分,选取粒度 <0.074 mm煤样100 g,加入10 mL乙醇搅拌均匀后,向Slon-100周期式脉动高梯度磁选机给料^[12],给样时间为2 min,退磁时间3 min,漂洗时间3 min,聚磁介质为中网,分选方式是先排空精煤再冲洗尾煤。

2) 浮选试验。称取煤样100 g加入XFD型单槽式浮选机^[13],加水搅拌均匀,3 min后分别依次加入抑制剂、捕收剂和起泡剂,充气0.5 min后刮泡,得到的精煤和尾煤分别过滤、烘干,然后取样化验,测出硫分和灰分,计算脱硫率和脱灰率。

1.4 评价指标

由于煤中非黄铁矿硫占全硫的质量分数较高,

在对比脱硫率、脱灰率等指标的同时,也参考黄铁矿硫脱除率变化情况,以便更好描述脱硫效果。因此本文衡量脱硫脱灰效果的评价指标有脱硫率、脱灰率及黄铁矿硫脱除率。

1) 脱硫率

$$w_s = (100S_y - \gamma_j S_j) / S_y \times 100\% \quad (1)$$

式中, S_y 为原煤硫分,%; γ_j 为精煤产率,%; S_j 为精煤硫分,%。

2) 脱灰率

$$w_A = (100A_y - \gamma_j A_j) / A_y \times 100\% \quad (2)$$

式中, A_y 为原煤灰分,%; A_j 为精煤灰分,%。

3) 黄铁矿硫脱除率

$$w_p = (S_w - S_y \delta_i) \gamma_w / (S_y \delta_i) \times 100\% \quad (3)$$

式中, S_w 为尾煤硫分,%; δ_j 为黄铁矿硫占全硫的质量分数,%。 γ_w 为尾煤产率,%; δ_i 为非黄铁矿硫占全硫的质量分数,%。

2 磁选试验

2.1 磨矿试验

精煤硫分偏高的原因可能是黄铁矿未充分解离^[14],故进行磨矿试验。选取磨矿浓度为60%,制取9份100 g煤样,依次进行不同时间的磨矿试验,然后用 <0.074 mm标准筛筛析。筛下 <0.074 mm产率与磨矿时间的关系如图1所示。

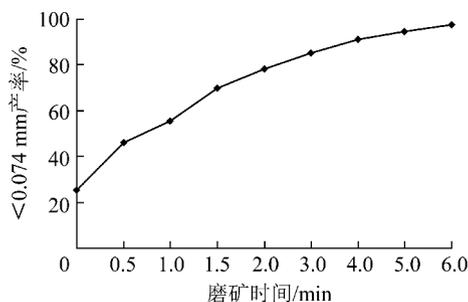


图1 筛下 <0.074 mm产率与磨矿时间的关系

由图1可以看出,随着磨矿时间的增长,筛下 <0.074 mm产率增大。磨矿时间为5 min时, <0.074 mm产率达到94.39%,磨矿时间为6 min时,筛下物产率变化不明显。因此,最佳磨矿时间为5 min。

2.2 磨矿细度试验

考虑到甘肃煤样中无机硫主要为黄铁矿硫,而黄铁矿为顺磁性物质,故采用磨矿-磁选联合工艺流程,以期达到较好的脱硫脱灰效果。试验条件:煤样质量100 g,煤浆浓度60%,脉冲50次/min,磁通

密度 1.152 T,漂洗时间 60 s,退磁时间 2 min,乙醇 10 mL,聚磁介质为中网,研究磨矿细度对磁选效果的影响,如图 2 所示。

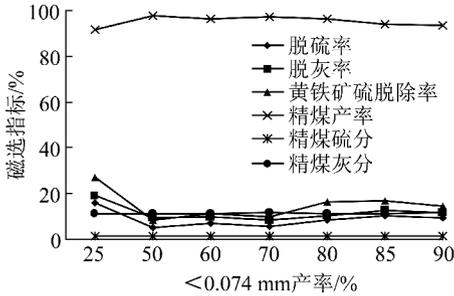


图2 磨矿细度对磁选效果的影响

由图 2 可知,经过磨矿,脱硫率及脱灰率有上升趋势,但增加不明显,精煤灰分在 10% 以上,满足

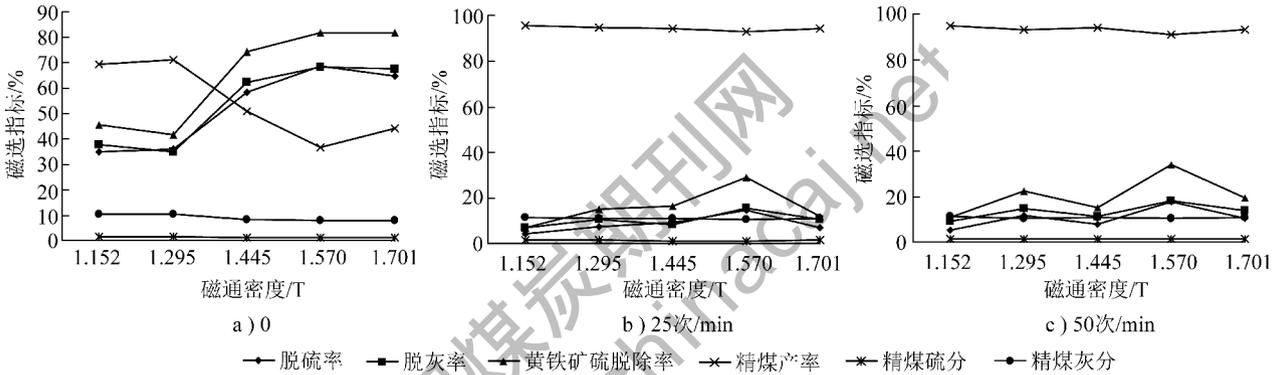


图3 磁通密度对磁选效果的影响

由图 3a 可知,脉冲为 0 时,随着磁通密度的增大,精煤脱硫率、脱灰率、黄铁矿硫脱除率逐渐升高,但精煤产率总体降低。由图 3b 可知,脉冲为 25 次/min 时,随着磁通密度的增大,精煤产率变化不明显;精煤硫分先降低后升高,磁通密度为 1.57 T 时,脱硫率、脱灰率、黄铁矿硫脱除率最大。由图 3c 可知,脉冲为 50 次/min 时,随着磁通密度的增大,精煤产率逐渐减小,但均在 90% 以上,精煤硫分逐渐下降,灰分变化不明显;脱硫率、脱灰率、黄铁矿硫脱除率总体先增大后减小,磁通密度为 1.57 T 时取得最大值。因此确定磁通密度为 1.57 T 时煤泥磁选效果最好。

2.3.2 脉冲强度

磁通密度为 1.57 T,其他条件不变,考察脉冲强度对磁选效果的影响,结果如图 4 所示。由图 4 可知,磁通密度为 1.57 T 时,脉冲强度越大,精煤产率越高,脉冲达到 25 次/min 以后,精煤产率变化不明显;随着脉冲强度的增大,精煤灰分先升高后降低,精煤硫分升高,脱硫率、脱灰率和黄铁矿硫脱除率逐

渐下降。综合考虑选取最优脉冲强度为 25 次/min。

2.3 高梯度磁选试验

影响 Slon-100 周期式脉动高梯度磁选机磁选效果的因素是磁通密度和脉冲次数。因此,试验研究磁通密度和脉冲次数对磁选效果的影响。试验条件为:给样时间 1 min,煤样粒度<0.5 mm,退磁时间 3 min,漂洗时间 2 min,试验煤样 100 g,乙醇 10 mL,聚磁介质为中网介质,分选方式为先排空精煤再冲洗尾煤。

2.3.1 磁通密度

磨矿细度为 60%,其他条件不变,考察脉冲次数分别为 0、25、50 次/min 时,磁通密度对磁选效果的影响,结果如图 3 所示。

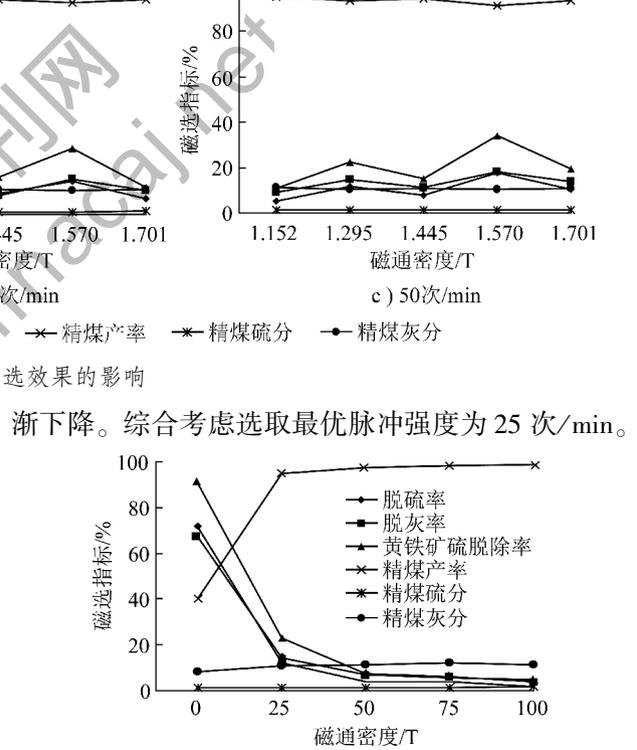


图4 脉冲强度对磁选效果的影响

3 磁选精煤再浮选试验

在磁通密度 1.57 T,脉冲 25 次/min 的条件下制取浮选试样,而后进行浮选试验,试验条件为:煤样质量 100 g,调整剂为 CaO,捕收剂为煤油,起泡剂为 2 号油。

3.1 CaO 用量

煤样质量 100 g,捕收剂 850 g/t,起泡剂 90 g/t 时,考察 CaO 用量对浮选效果的影响,结果如图 5

所示。由图5可知,当捕收剂用量为850 g/t,起泡剂用量为90 g/t时,随着CaO用量的增加,精煤产率没有明显变化。CaO用量为1 kg/t时,脱硫率、脱灰率、黄铁矿硫脱除率达到最大,精煤硫分最低。因此,选取最佳CaO用量为1 kg/t。

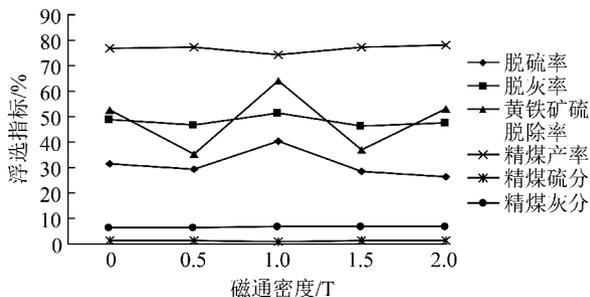


图5 CaO用量对浮选效果的影响

3.2 煤油用量

煤样质量100 g, CaO用量1 kg/t, 起泡剂90 g/t时,考察煤油用量对浮选效果的影响,结果如图6所示。由图6可知,随着煤油用量的增加,精煤产率逐渐增大,煤油用量大于1360 g/t后,增加趋势不明显;精煤硫分先减小后增大,煤油用量为1360 g/t时,精煤硫分最低。因此,选取煤油最佳用量为1360 g/t。

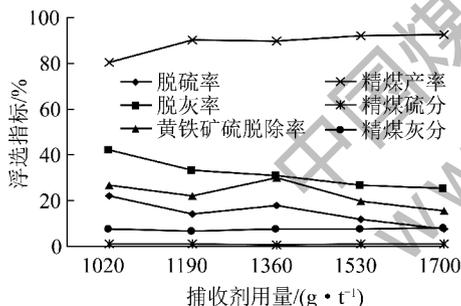


图6 煤油用量对浮选效果的影响

4 磁选-浮选试验数质量流程

在最佳试验条件下,对细粒煤进行磁选-浮选全流程试验,数质量流程如图7所示。

5 结论

1) 在磁选试验中,磁通密度1.57 T,脉冲25次/min时,煤泥磁选效果最好,此时,精煤硫分为1.25%,精煤产率达到95%,煤样损失量最小。

2) 在最佳磁选条件下进行磁选精煤再浮选试验, CaO用量为1 kg/t,煤油用量为1360 g/t时,得到硫分1.09%,灰分7.54%的精煤,精煤脱硫率为32.05%,脱灰率为45.63%,黄铁矿硫脱除率为

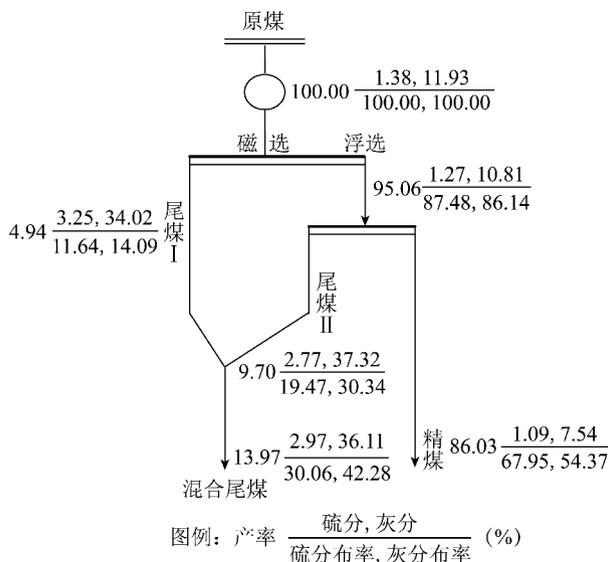


图7 细粒煤磁选-浮选试验数质量流程

50.55%。

3) 浮选试验中,浮选脱灰效果强于脱硫效果,也优于磁选的脱灰效果,说明浮选以脱灰为主,脱硫为辅。

参考文献:

- [1] 李 瑞. 中国煤中硫分布[J]. 洁净煤技术, 1998, 4(1): 44-47.
- [2] 崔敬媛, 焦红光, 陈清如, 等. 燃煤SO₂污染及其控制技术综述[J]. 水力采煤与管道运输, 2007(4): 5-8.
- [3] 徐建平. 高硫煤脱硫可行性研究[J]. 煤炭科学技术, 2001, 29(1): 23-25.
- [4] 吴 刚, 徐守坤, 冉进财. 全氯乙烯(PCE)分选煤泥的实践[J]. 选煤技术, 1999(5): 11-13.
- [5] 李 仪, 张学军. 西曲8号煤浮选脱硫研究[J]. 煤质技术, 2007(5): 69-70.
- [6] 王淀佐, 邱冠周, 胡岳华. 资源加工学[M]. 北京: 科学出版社, 2005: 132-193.
- [7] 谢广元. 选矿学[M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2010: 310-311.
- [8] 郑建中. 细粒煤脱硫: 煤及伴生矿物的磁化率及高梯度磁选脱硫的研究[D]. 徐州: 中国矿业大学, 1993.
- [9] 张鸿波, 边炳鑫, 康 华. 当前我国煤炭脱硫方法的应用[J]. 国外金属选矿, 2002(8): 20-22.
- [10] 李亚萍, 沈丽娟, 郑建中, 等. 煤炭浮选药剂评述[J]. 选煤技术, 2006(5): 83-88.
- [11] 周弘文, 亓 欣, 刘丙顺, 等. 乳化浮选药剂处理孙村细粒煤的试验研究[J]. 选煤技术, 2007(6): 12-15.
- [12] 陈 剑, 李晓波. 高梯度磁选机的发展及应用[J]. 矿业快报, 2005(9): 4-5, 45.
- [13] 黄会蓉, 金会心. 浮选法脱除煤中硫的试验研究[J]. 广州化工, 2011, 39(16): 61-63.
- [14] 卡向特拉 S K, 艾赛勒 T C. 在煤浮选中回收黄铁矿的机理[J]. 国外选矿快报, 1998(12): 14-17.