

# TBS尾煤再选试验研究

范海伟,岳增川,杜万磊,王建,肖兴旺,徐磊

(中国矿业大学(北京)化学与环境工程学院,北京 100083)

**摘要:**为提高炼焦煤资源的利用率,以某炼焦煤选煤厂TBS尾煤为研究对象,研究了不同磨矿时间下各产品的粒度、密度组成,并对磨矿产品进行浮选试验,确定最佳磨矿试验条件。结果表明:煤浆质量分数30%,磨机转速50 r/min,介质填充率40%,磨矿时间12 min时,适宜浮选粒度0.075~0.250 mm,产率最高为64.39%,+0.250 mm粗粒和-0.045 mm细粒含量较少;1.40~1.60 g/cm<sup>3</sup>密度级产率为28.25%, -1.40 g/cm<sup>3</sup>密度级产率为40.32%,解离效果较好。一次粗选一次精选后,12 min磨矿产物具有最高的精煤产率和浮选完善指标,分别为33.89%和24.30%,精煤灰分较低为12.93%。因此,试验煤样最佳磨矿时间为12 min,此时产物粒度、解离度、可浮性均较好。

**关键词:** TBS尾煤;磨矿;解离;浮选;粒度

中图分类号: TD94

文献标志码: A

文章编号: 1006-6772(2014)04-0007-04

## Experimental study on re-preparation technology of tailings of TBS

FAN Haiwei, YUE Zengchuan, DU Wanlei, WANG Jian, XIAO Xingwang, XU Lei

(School of Chemical and Environmental Engineering, China University of Mining and Technology (Beijing), Beijing 100083, China)

**Abstract:** In order to improve the utilization of coking coal, taking the tailings of TBS from one coking coal preparation plant as study object, and rod mill trials of different time are experimented. In the end, particle size analysis, density analysis and float experiments are done to the grinding products. The results show that the product grinded for 12 minutes has more appropriate size composition and better dissociation under the condition of the pulp density is 30%, mill speed is 50 r/min, medium filling rate is 40%, the grain of 0.075 to 0.250 mm content is as high as 64.39% while +0.250 mm and -0.045 mm size fraction are little. The dissociation effect is good, intermediate density level of 1.40~1.60 g/cm<sup>3</sup> content is 28.25%, -1.40 g/cm<sup>3</sup> content is 40.32%. With the help of rougher-cleaner system, the clean coal yield and flotation perfect index is 33.89% and 24.30%, clean coal ash is 12.93%. The best grinding time is 12 minutes.

**Key words:** tailings of TBS; grinding; dissociation; flotation; size

## 0 引言

粗煤泥粒度为0.3~2.0 mm,常规重选与浮选工艺很难实现粗煤泥的高精度分选,中国炼焦煤选煤厂多采用粗煤泥分选机(TBS)分选。但TBS分选过程必须遵循非均匀粒群悬浮分层规律,受颗粒密度、粒度和形状等影响,分选某些连生度较高、煤与矿物质嵌布致密的粗煤泥时,经常出现分选精度差、尾煤灰分偏低、“跑精煤”等现象<sup>[1-4]</sup>。对于这部分尾煤,以现有重选设备很难进行有效分选得到质量合格的精煤,一般直接作为动力煤销售,但中国炼焦

煤资源相对稀缺,仅占全国煤炭总储量的27.46%,这样无疑造成炼焦煤资源的浪费<sup>[5]</sup>。为提高资源利用率,很多学者进行相关研究。张磊等<sup>[6]</sup>以马头选煤厂重介选中煤为研究对象,将其破碎到0.5~3.0 mm后用大锥角旋流器分选,分选效果差,且效率过低,之后将煤样进一步磨至0.5 mm以下,通过分步释放试验得到了灰分13.40%、产率12.85%的精煤。通过对破碎后各密度级煤泥进行显微分析发现,煤泥解离程度得到了很大提高,-1.40 g/cm<sup>3</sup>密度级煤泥已无大块连生物物质。朱向楠等<sup>[7]</sup>利用X射线衍射仪和扫描电镜分析了淮北选煤厂重介选中

收稿日期: 2014-02-26; 责任编辑: 白娅娜 DOI: 10.13226/j.issn.1006-6772.2014.04.003

作者简介: 范海伟(1990—),男,山东潍坊人,硕士研究生,从事粗煤泥再选研究。E-mail: fanhaiwei@126.com

引用格式: 范海伟,岳增川,杜万磊,等. TBS尾煤再选试验研究[J]. 洁净煤技术, 2014, 20(4): 7-10.

FAN Haiwei, YUE Zengchuan, DU Wanlei et al. Experimental study on re-preparation technology of tailings of TBS[J]. Clean Coal Technology, 2014, 20(4): 7-10.

煤的矿物组成及矿物质嵌布特征,发现其中的主要伴生矿物为黏土,且连生较为致密。将煤样磨碎至小于0.5 mm后解离效果较好,分步释放后得到产率22.05%、灰分12.93%的精煤。付晓恒等<sup>[8]</sup>将常规浮选分选出的中间产物采用球磨机超细磨碎至50%颗粒小于9.50 μm,通过超细磨絮团浮选技术分选出灰分7.49%、产率78.79%的精煤和灰分36.30%、产率21.30%的尾煤。笔者以中国某炼焦煤选煤厂TBS尾煤为研究对象,通过筛分、浮沉、磨矿、浮选等试验,研究了TBS尾煤再选的有效途径;通过对不同磨矿时间下的棒磨产物进行粒度和密度分析,了解磨矿后煤泥中矿物质的解离及连生情况,确定最佳浮选入料粒度组成和磨矿时间。

## 1 试验条件

### 1.1 煤样性质

1) TBS尾煤煤质分析。煤样取自某炼焦煤选煤厂TBS分选后的尾煤,对煤样进行筛分、浮沉试验,结果见表1、表2。

表1 TBS尾煤筛分试验结果

粒级/mm	产率/%	灰分/%	累计产率/%	平均灰分/%
+2	0.23	34.46	0.23	34.46
2~1	14.26	37.77	14.49	37.72
1.0~0.5	33.10	41.84	47.59	40.58
0.50~0.25	33.89	41.97	81.48	41.16
0.250~0.125	11.64	47.14	93.12	41.90
0.125~0.075	4.15	59.86	97.27	42.67
0.075~0.045	1.16	64.92	98.43	42.93
-0.045	1.57	58.24	100.00	43.17
合计	100.00	43.17		

表2 TBS尾煤浮沉试验结果

密度级/ (g·cm <sup>-3</sup> )	产率/%	灰分/%	浮物累计/%		沉物累计/%	
			产率	灰分	产率	灰分
-1.30	5.49	9.87	5.49	9.87	100.00	45.45
1.30~1.40	9.78	15.59	15.27	13.53	94.51	47.52
1.40~1.50	15.72	21.34	30.99	17.49	84.73	51.2
1.50~1.60	19.23	36.21	50.22	24.66	69.01	58.01
1.60~1.80	12.73	46.94	62.95	29.17	49.78	66.43
+1.80	37.05	73.12	100.00	45.45	37.05	73.12
合计	100.00	45.45				

由表1可知,煤中各粒级灰分均较高,灰分随着粒度的减小而递增;煤样主要集中在2.000~0.125 mm,占总量的92.89%;+0.5 mm产率为47.59%,这部分物料很难直接用浮选进行有效处理;-0.25

mm粒级平均灰分高达52.03%,含有较多矿物质组分。由表2可知,煤中各密度级灰分均偏高,且差距较大,+1.80 g/cm<sup>3</sup>密度级产率高达37.05%,灰分很高为73.12%,说明该密度级主要成分为矿物质含量较高的矿化煤,可燃体组分较低,若进入再选系统会增加磨矿和浮选作业负担,并污染精煤。因此,磨矿前应设法去除煤中可燃体含量较低、灰分较高的细粒级和高密度级组分,减少磨矿作业负担,同时也能避免大量黏土矿物粉碎后发生泥化,影响浮选过程。

2) 煤样制备。对TBS尾煤进行筛分和浮沉处理,得到粒度>0.2 mm、密度<1.80 g/cm<sup>3</sup>试验煤样,占煤样总量的54.37%,灰分为27.32%,属低灰中煤,有较高的再选价值。去除部分(粒度<0.2 mm、密度>1.80 g/cm<sup>3</sup>)灰分均已超过50%,属高灰中煤。因此,去除煤中大量高灰成分,提高了煤样的可磨性和再选价值,降低了浮选难度,更易得到低灰精煤产品。

3) 试验用煤煤质分析。对试验用煤进行筛分、浮沉试验,结果见表3、表4。

表3 试验用煤筛分试验结果

粒级/mm	产率/%	灰分/%	累计产率/%	平均灰分/%
2~1	13.90	20.43	13.90	20.43
1.0~0.5	31.96	21.96	45.86	21.50
0.50~0.25	45.65	32.60	91.51	27.04
0.25~0.20	8.49	40.71	100.00	28.20
合计	100.00	28.20		

表4 试验用煤浮沉试验结果

密度级/ (g·cm <sup>-3</sup> )	产率/%	灰分/%	浮物累计/%		浮物累计/%	
			产率	灰分	产率	灰分
-1.30	7.75	9.59	7.75	9.59	100.00	26.78
1.30~1.40	13.50	14.26	21.25	12.56	92.25	28.23
1.40~1.50	27.99	19.94	49.24	16.75	78.75	30.62
1.50~1.60	33.73	30.04	82.97	22.16	50.76	36.52
1.60~1.80	17.03	49.34	100.00	26.78	17.03	49.34
合计	100.00	26.78				

由表3可知,煤样各粒级灰分随着粒度的减小而增加;煤样粒度下限为0.2 mm,+0.5 mm产率为45.86%,不符合浮选粒度要求,需磨矿后浮选。由表4可知,煤样密度组成主要集中在1.40~1.80 g/cm<sup>3</sup>,这部分产率为78.75%;-1.40 g/cm<sup>3</sup>密度级产率为21.25%,灰分为12.56%,+1.40 g/cm<sup>3</sup>密度级灰分均偏高,表明煤泥内在灰分较高,煤中有机

组分与矿物质嵌布共生现象普遍存在。因此,磨矿时必须将煤样磨碎到较细粒度,使煤与矿物质组分达到较高的解离度,才能得到理想的精煤产品。

## 1.2 试验设备

磨机主要分为棒磨机和球磨机两类。棒磨是线接触,主要依靠压碎和磨剥作用破碎矿物;而球磨是点接触,主要靠冲击作用。因此棒磨机粉碎的选择性较高,棒随筒体旋转上升的过程中,其间夹着粗颗粒,类似棒条筛,使细颗粒从棒的缝隙通过,先碎粗粒再碎细粒,产物粒度较均匀不易产生过粉碎<sup>[9-10]</sup>。试验选用棒磨机,以便使磨矿产物更好满足浮选工艺要求。试验用 BM-三辊四筒棒磨机是一种小型、轻便的新型磨矿设备,磨矿滚筒内筒长  $L=150$  mm,内径  $R=70$  mm,通过一台变频器(0~50 Hz)调节磨机转速。用不同规格标准筛(筛网孔径分别为 1.000、0.500、0.250、0.125、0.075、0.045 mm,直径为 200 mm)、XLBE-8 型振筛机,测定研磨产品的粒度组成。采用 CFDM 型 1.5 L 浮选机进行煤泥浮选试验。

## 2 试验结果与分析

### 2.1 磨矿试验

磨矿质量分数 30% 转速 50 r/min,介质填充率 40%,通过磨矿试验研究不同磨矿时间下煤的粒度、密度组成,分析煤的解离度。物料分别经过 7.0、9.5、12.0、14.5、17.0 min 磨矿得到 5 组产物,对每组产物进行筛分试验,结果如图 1、图 2 所示。

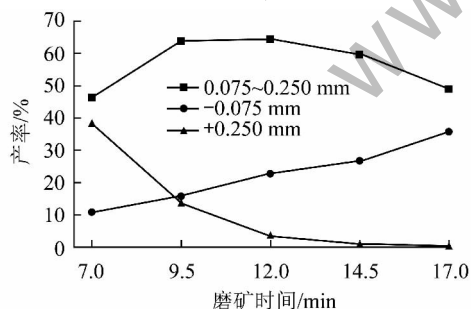


图1 磨矿时间与各粒级产率的关系

由图 1、图 2 知,随着磨矿时间的增加,物料粒度逐渐减小。+0.25 mm 粗颗粒磨矿 7 min 时,产率为 38.27%,磨矿 14.5 min 时产率已趋近于零;-0.045 mm 细泥产率急剧增加,由 7 min 的 10.87% 增长至 17 min 的 35.87%,这部分细泥在浮选过程中极易通过夹带和罩盖污染精煤<sup>[11-12]</sup>,并通过静电黏附到煤粒表面改变煤粒电动电位从而降低

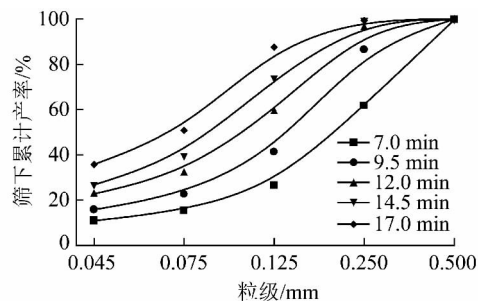


图2 不同磨矿时间的筛下累计产率

疏水性,因此应严格控制这部分粒级含量。生产实践表明 0.075~0.250 mm 为理论上适宜浮选的粒级<sup>[13]</sup>,磨矿时间为 12 min 时,这部分粒级产率达到最高,为 64.39%,随后随着磨矿时间的增加,这部分粒级产率开始下降<sup>[14]</sup>。王怀法等<sup>[15]</sup>认为浮沉试验中,1.40~1.60 g/cm<sup>3</sup> 密度级中有中等连生度煤泥,其在浮选中的行为是能否获取低灰精煤的关键。因此,使用 1.40、1.60 g/cm<sup>3</sup> 重液对 5 组产物进行浮沉试验,结果如图 3 所示。

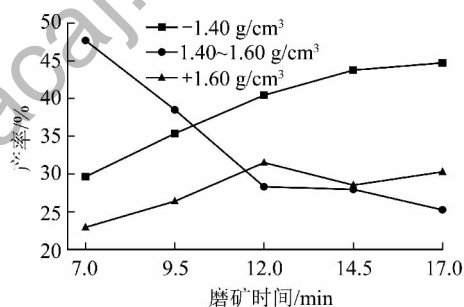


图3 磨矿时间与各密度级产率的关系

由图 3 可知,随着磨矿时间的增加,-1.40 g/cm<sup>3</sup> 密度级产率增加,1.40~1.60 g/cm<sup>3</sup> 密度级产率减小,+1.60 g/cm<sup>3</sup> 密度级产率先增加后趋于平缓。12 min 产物中,1.40~1.60 g/cm<sup>3</sup> 密度级产率为 28.25%,-1.4 g/cm<sup>3</sup> 密度级产率为 40.32%,解离效果较好。17 min 产物中 1.40~1.60 g/cm<sup>3</sup> 密度级产率最少为 25.20%,-1.40 g/cm<sup>3</sup> 密度级产率最高为 44.59%,说明煤样在粒度减小的过程中完成了煤与矿物质的解离,生成了大量高连生度和低连生度的煤粒。煤与矿物质的解离是随着粒度的减小而实现的,煤粒越磨越细,其裂缝、缺陷及易磨粒逐渐减少,解离也更加困难。

### 2.2 浮选试验

煤浆质量浓度 100 g/L,柴油 400 g/t,仲辛醇 32.85 g/t,浮选工艺为一次粗选一次精选两段浮选工艺。煤样润湿后倒入浮选槽中,加水至标准刻度

线 搅拌 2 min 加入捕收剂 搅拌 2 min 后加入起泡剂 10 s 后同时打开充气阀门和刮板 刮泡 3 min 将泡沫产品重复上述步骤得到精选精煤。磨矿时间对煤泥浮选效果的影响如图 4 所示。

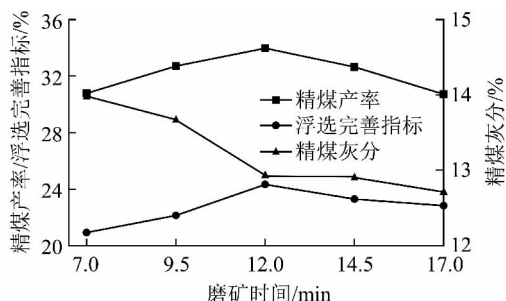


图4 磨矿时间对煤泥浮选效果的影响

由表 4 可知,磨矿时间为 12 min 时,精煤产率和浮选完善指标相对最高,分别为 33.89% 和 24.30% 精煤灰分为 12.93%。随着磨矿时间的增加 精煤灰分不断降低 这是由于煤泥解离度不断增加 更多可燃体组分释放出来 煤泥选择性得以提高。随着磨矿时间的增加 精煤产率先升高后降低。结合不同磨矿时间下煤泥的粒度和密度分析可知,精煤产率增加是由于随着粒度的减小 煤泥在气泡上的附着几率变大 脱落几率减小 可浮性增强 同时在粒度减小的过程中更多可燃体释放出来;但随着煤泥粒度的进一步减小 粗颗粒被破碎成更多细颗粒 细颗粒具有巨大的表面积 吸附大量药剂 阻碍大颗粒与药剂的接触从而降低大颗粒的捕收性,同时大量细小颗粒之间会通过碰撞产生聚团效应而丧失选择性 最终导致煤泥可浮性降低 精煤产率下降<sup>[14-15]</sup>。磨矿时间不足 煤泥粒度过粗解离度不够 磨矿时间过长则煤泥粒度过细 煤泥选择性变差 易发生异质细泥夹带和遮盖污染精煤的现象 异质细泥亦会吸附于精煤表面 影响精煤浮出。因此,试验煤样最佳磨矿时间为 12 min 此时产物的粒度和解离度均较佳。

### 3 结 论

1) 通过试验得到从 TBS 尾煤中回收炼焦精煤的工艺。首先脱除 TBS 尾煤中的高灰组分 磨矿后得到粒度较适宜、解离相对较充分的产物 最后通过常规浮选从中回收炼焦精煤。该工艺可有效解决部分选煤厂 TBS 分选过程中“跑精煤”、尾煤灰分较低的问题。

2) 对煤样依次进行 7.0、9.5、12.0、14.5、17.0

min 的磨矿处理 并对各磨矿产物进行筛分和浮选试验。从粒度组成上看 12 min 磨矿产物中 0.075 ~ 0.25 mm 产率最高为 64.39% , +0.25 mm 粗粒和 -0.045 mm 细粒含量较少 较适宜浮选。从密度组成上看 17 min 产物中 1.40 ~ 1.60 g/cm<sup>3</sup> 密度级产率最少为 25.20% , -1.40 g/cm<sup>3</sup> 密度级产率最高为 44.59% 表明其解离相对较充分 释放出更多精煤; 12 min 产物中 1.40 ~ 1.60 g/cm<sup>3</sup> 密度级产率为 28.25% , -1.40 g/cm<sup>3</sup> 密度级产率为 40.32% 解离效果也较好。

3) 对各磨矿时间下的产物进行浮选试验,一次粗选一次精选后 12 min 磨矿产物取得了相对最高的精煤产率和浮选完善指标,分别为 33.89% 和 24.30% 精煤灰分较低为 12.93%。因此,试验煤样最佳磨矿时间为 12 min 此时产物可浮性较好 这一结论与筛分、浮沉试验结果相吻合。

#### 参考文献:

- [1] 陈 鹏. 中国煤炭性质、分类和利用[M]. 2 版. 北京: 化学工业出版社 2007: 39.
- [2] 石后盛. TBS 在新阳选煤厂的应用[J]. 洁净煤技术 2014 20(1): 110-112.
- [3] 韩恒旺 李炳才 訾 涛 等. 粗煤泥分选设备及分选工艺研究[J]. 洁净煤技术 2011 17(2): 12-14.
- [4] 吴 静 付晓恒 王彦文. 干扰床分选机应用现状及其发展趋势[J]. 煤质技术 2012(2): 41-45.
- [5] 陈子彤 刘文礼 赵宏霞 等. 干扰床分选机工作原理及分选理论基础研究[J]. 煤炭工程 2006(4): 64-66.
- [6] 张 磊 刘文礼 马克富 等. 炼焦中煤再选技术试验研究[J]. 煤炭科学技术 2011 39(3): 125-128.
- [7] 朱向楠 何亚群 谢卫宁 等. 炼焦中煤矿物学特性及再选试验研究[J]. 煤炭科学技术 2013 41(2): 125-128.
- [8] 付晓恒 单晓云 蒋和金 等. 煤泥深度浮选技术的研究[J]. 煤炭学报 2006 31(2): 90-93.
- [9] 段希祥. 碎矿与磨矿[M]. 3 版. 北京: 冶金工业出版社 2012: 149.
- [10] 岳增川 薛仙明 范海伟 等. 粗煤泥棒磨产物粒度分布特征[J]. 选煤技术 2013(5): 22-27.
- [11] 桂夏辉 程 敢 刘炯天 等. 异质细泥在煤泥浮选中的过程特征[J]. 煤炭学报 2012 37(2): 301-309.
- [12] 桂夏辉 刘炯天 陶秀祥 等. 难浮煤泥浮选速率试验研究[J]. 煤炭学报 2011 36(11): 1895-1900.
- [13] 宋 波 支玉文 曾德东 等. 煤泥浮选最佳粒度的探讨[J]. 煤炭加工与综合利用 2001(1): 16-18.
- [14] 丁立亲. 浮选的理论 and 实践[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1987: 3-4 258-262.
- [15] 王怀法 湛含辉. 连生度和密度对细粒煤可浮性的影响[J]. 选煤技术 2001(4): 3-5.