

# 重介中煤破碎再选研究

李玄怀

(西山煤电(集团)有限公司屯兰选煤厂,山西 古交 030206)

**摘要:**针对炼焦煤资源枯竭和夹矸煤含量增加问题,为了最大限度地保护稀缺煤种资源,以屯兰选煤厂重介中煤为研究对象,通过煤质分析和破碎解离的研究,探求了破碎粒度与中煤解离度之间的关系,提出了中煤破碎TBS分选以及浮选工艺,并对屯兰选煤厂中煤破碎再选进行了分析。结果表明:将3~0.5 mm粒级的粗煤泥采用TBS分选,0.5 mm以下细煤泥采用浮选后,选煤厂每年可增加收益为1 152.05万元,验证了中煤破碎再选的可行性。

**关键词:**重介分选;中煤;破碎;解离;TBS;浮选

**中图分类号:**TD94 **文献标志码:**A **文章编号:**1006-6772(2017)03-0024-04

## Study on recleaning technology for dense medium middlings

Li Xuanhuai

(Tunlan Coal Preparation Plant, Xishan Coal Electricity Group Co., Ltd., Gujiao 030206, China)

**Abstract:** In view of the coking coal resources depletion and the increase of the content of thick coal seam, the dense medium middlings of Tunlan coal preparation plant was used as the research object to save the scarce coal resources. The study of coal quality analysis and crushing dissociation was employed to explore the relationship between crushing grain size and middlings dissociation. The TBS separation of middlings crushing and flotation technology was proposed, and its economic benefit was analyzed. Results indicate that coal preparation plant could increase the income of 11.5205 million yuan a year if utilize coarse coal slime with 3-0.5 mm by TBS separation process and the fine slime by flotation under 0.5 mm. It proves the feasibility of recleaning for dense medium middlings.

**Key words:** dense medium separation; middlings; crushing; dissociation; TBS; flotation

## 0 引言

我国是煤炭生产和消费大国,煤炭资源丰富且煤种齐全,包括低变质程度的褐煤、长焰煤到中等变质程度的烟煤以及原煤中分离出来的中煤<sup>[1]</sup>。中煤是煤炭分选加工过程中的副产品,多以夹矸煤为主,是煤与矿物质的连生体,密度介于精煤和矸石之间,采用常规分选方法很难对其进行有效分选。

屯兰选煤厂是设计能力为5 Mt/a的矿井型炼焦煤选煤厂,主选采用无压给料三产品重介旋流器+浮选联合工艺<sup>[2-4]</sup>,粗煤泥采用TBS分选机进行分选,细煤泥直接进行浮选,可最大程度减少煤炭资源的浪费,提高资源利用率和节能减排水平<sup>[5-7]</sup>。

本文以屯兰选煤厂重介中煤为研究对象,通过煤质分析和破碎解离的研究,提出了中煤破碎TBS分选以及浮选工艺,并对选煤厂经济效益进行分析。

## 1 中煤破碎再选提出

随着中煤破碎粒度的减小,低密度煤和高密度矸石含量会逐渐增加<sup>[8-9]</sup>,中间密度物含量则会逐渐减少<sup>[10]</sup>。经过破碎后,煤样实现了部分解离,即在精煤灰分相同条件下,随着煤样破碎粒度的减小,其精煤产率会逐渐提高<sup>[11-12]</sup>;在精煤产率相同的条件下,随着煤样破碎粒度的减小,其精煤灰分会逐渐降低<sup>[13]</sup>。因此,要从夹矸煤中获得低灰分精煤,必须进行破碎,使煤和其他高密度矿物质充分解离,然

收稿日期:2016-11-12;责任编辑:孙淑君 DOI:10.13226/j.issn.1006-6772.2017.03.005

作者简介:李玄怀(1972—),男,山西原平人,工程师,现任西山煤电(集团)屯兰选煤厂生产副总工程师,从事煤炭分选加工管理工作。E-mail:lixuanhuai1972@sina.com

引用格式:李玄怀.重介中煤破碎再选研究[J].洁净煤技术,2017,23(3):24-27.

Li Xuanhuai. Study on recleaning technology for dense medium middlings[J]. Clean Coal Technology, 2017, 23(3): 24-27.

后再根据破碎粒度的大小,选择合适的重选和浮选工艺来回收精煤。

## 2 中煤破碎再选的可行性研究

屯兰选煤厂现采用 50~0.5 mm 不分级无压三产品重介旋流器分选、<0.5 mm 煤泥浮选工艺流程。中煤分为两部分,重介旋流器分选出的重介中煤和以浮选尾矿为主用高频筛回收的中煤。为了更好地保护稀缺炼焦煤资源,更大地从中煤中回收精煤,提高中煤的利用率,通过对重介中煤进行破碎、筛分、浮沉等试验,探求了解离粒度与中煤再选产率的关系,为中煤破碎再选提供有效的技术途径。

屯兰选煤厂重介中煤的粒度组成见表 1。由表 1 可知,中煤 50~13 mm 粒级产率 21.32%,13~6 mm 粒级产率为 36.27%,说明粗粒级产率较高;各粒级灰分随粒度减小基本上呈现下降趋势,中煤可选性曲线如图 1 所示。可以看出,在要求精煤灰分为 10.00% 时,其理论精煤产率为 8.83%,理论分选密度为 1.368 g/cm<sup>3</sup>,分选密度 ±0.1 含量为 36.23%,可选性等级为难选。直接对中煤进行再选,则精煤产率低,无法最大限度地从中煤中有效地回收精煤,经济效益也低。

为了解煤样破碎粒度与再选的最佳配合,将煤样分别破碎至 25、13、6、3 和 1 mm,对破碎后的产品

表 1 50~0.5 mm 粒级中煤粒度组成

Table 1 Size distribution of 50~0.5 mm coal particles

粒级/ mm	产率/ %	灰分/ %	筛上累积/%		筛下累积/%	
			产率	灰分	产率	灰分
50~13	21.32	36.49	21.32	36.49	100	34.21
13~6	36.27	35.16	57.59	34.42	78.68	29.37
6~3	18.50	32.28	76.09	33.86	42.41	28.51
3~0.5	23.91	33.72	100	32.59	23.91	24.39
合计	100	34.49				

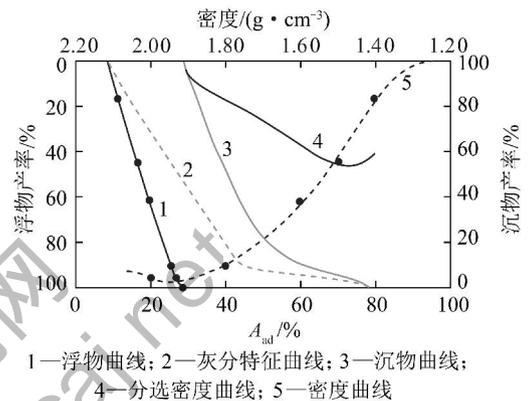


图 1 中煤可选性曲线

Fig. 1 Washability curve of middlings

分别进行浮沉试验,以判断中煤的解离程度。密度组成分析借助大浮沉试验,试验结果见表 2。通过大浮沉试验数据评价中煤在不同破碎粒度下的解离情况,即可凭借密度组成推断其解离度。

表 2 中煤不同破碎粒度>0.5 mm 煤样浮沉结果

Table 2 Floating and sinking results of different crushing granularity of >0.5 mm middlings

密度级/ (g·cm <sup>-3</sup> )	25~0.5 mm		13~0.5 mm		6~0.5 mm		3~0.5 mm		1~0.5 mm	
	产率/%	灰分/%	产率/%	灰分/%	产率/%	灰分/%	产率/%	灰分/%	产率/%	灰分/%
<1.40	14.17	11.50	7.21	9.26	10.09	9.01	8.73	7.62	10.00	8.35
1.40~1.50	31.15	20.11	36.09	17.19	36.63	17.53	34.98	16.89	38.50	17.54
1.50~1.60	15.74	27.96	17.87	27.92	16.98	29.00	17.33	24.93	18.00	28.31
1.60~1.80	29.49	38.47	27.88	37.80	23.07	39.07	24.92	36.81	21.50	39.83
1.80~2.00	5.20	50.40	5.70	51.40	7.69	53.84	9.08	49.30	8.17	51.19
>2.00	4.24	68.70	5.26	71.23	5.53	72.88	4.95	68.53	3.83	68.99
合计	100	29.17	100	29.07	100	29.44	100	27.94	100	28.07

从破碎煤样的浮沉数据来看,随着煤样粒度的减小,较低密度级物料含量逐渐增加,较高密度级和中间密度级物料含量逐渐减小,各密度级灰分逐渐降低。说明经过破碎,煤样实现了部分解离。根据浮沉试验数据绘制的精煤灰分-产率曲线如图 2 所

示。由图 2 可知,如果要生产灰分为 10.00% 的精煤,25、13、6、3、1 mm 五种破碎粒度煤样的精煤理论产率分别为 9.92%、11.63%、16.41%、18.09%、18.81%,可见随着煤样粒度的减小,中煤的解离情况越来越好。

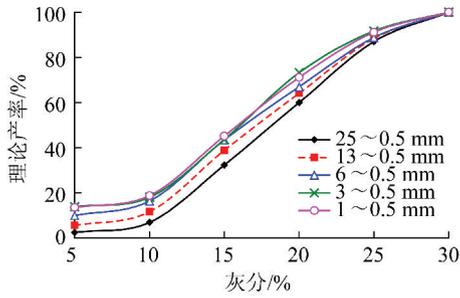


图2 不同破碎粒度下精煤灰分-理论产率曲线

Fig. 2 Theoretical coal ash and yield curve in different particle size

中煤破碎至不同粒度时粒度组成见表3。由 $>0.5$  mm 浮沉数据可以看出,虽然中煤破碎到1 mm 时精煤理论产率最大,但由于选煤厂原煤煤质脆易碎,破碎至1 mm 时 $<0.5$  mm 粒级煤泥含量高达49.26%,该部分煤泥后续采用浮选回收精煤时,会对现有浮选系统、脱水系统造成巨大压力。从破碎后解离程度来看,中煤破碎到3 mm 时基本解离完全,且不会导致煤的过度粉碎,因而,采用重选法对中煤破碎再选时,推荐破碎粒度控制在3 mm 为宜。

表3 中煤破碎后粒度组成

Table 3 Size distribution of broken middlings

破碎粒度/mm	$>0.5$ mm		$<0.5$ mm		合计	
	产率/%	灰分/%	产率/%	灰分/%	产率/%	灰分/%
25	97.15	29.18	2.85	23.79	100	29.03
13	95.97	29.12	4.03	24.82	100	28.95
6	88.84	28.19	11.16	26.73	100	28.03
3	70.20	29.61	29.80	26.84	100	28.78
1	50.74	29.46	49.26	26.96	100	28.23

### 3 分选方法

3~0.5 mm 属于粗煤泥范围,其分选设备主要有:煤泥重介旋流器、螺旋分选机、干扰床分选机(TBS)、RC 逆流分选机。

煤泥重介旋流器分选精度高,且分选下限低,但生产调节困难,密度波动大,分选效果差,介耗高,现场运用较少。螺旋分选机因其结构简单,无运动部件,占地面积小等优点,在现场有较广泛的应用,但其分选密度较高,在 $1.60 \text{ g/cm}^3$  以上,对难选煤和精煤灰分要求较低时,不能满足生产要求,限制了其在炼焦煤选煤厂的应用。RC 逆流分选机国内使用

较少,对于3~0.5 mm 粒级的粗煤泥分选效果,有待进一步研究。而TBS 是近10年来发展较快的粗煤泥分选设备,尤其在炼焦煤选煤厂得到了广泛应用,其分选密度可控、可调,分选密度较低,可全自动控制,且分选效率高,精煤灰分低,易于管理,是比较理想的粗煤泥分选设备。

破碎至3 mm 的中煤中 $<0.5$  mm 粒级煤泥浮选分布释放曲线如图3所示,当精煤灰分为10.00% 时,浮选精煤理论产率为29.16%。

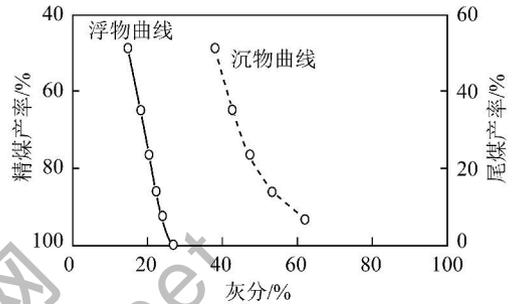


图3 破碎至3 mm 的中煤中 $<0.5$  mm 煤泥浮选分布释放曲线

Fig. 3 Slime flotation distribution release curve of  $<0.5$  mm particles in 3 mm crushing size

为了适应不同煤质的变化,达到一定的精煤质量要求,可选取粗煤泥分选设备TBS 干扰床分选机对破碎到3 mm 的中煤中 $>0.5$  mm 粗煤泥进行分选, $<0.5$  mm 细煤泥采用浮选。推荐中煤破碎再选的工艺流程为:中煤破碎+TBS 分选+浮选,其工艺流程如图4所示。

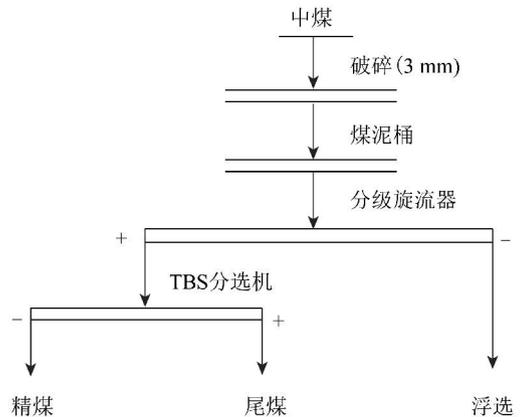


图4 中煤破碎-TBS 再选工艺流程

Fig. 4 Middlings crushing and TBS re-election process

此流程只需在原有重选工艺基础上,增加破碎机和煤泥桶,破碎机型号为EP-100×60 颚式破碎机,依靠两块耐磨颚板将物料挤碎,功率为1.5 kW,

将中煤破碎至 3 mm 以下后进入煤泥桶,通过分级旋流器进行 0.5 mm 分级后,3 ~ 0.5 mm 粒级粗煤泥采用 TBS 分选,0.5 mm 以下细煤泥采用浮选。

#### 4 经济效益分析

屯兰选煤厂按照年入洗原煤量 375 万 t,中煤产率为 11.39%,按西山煤电集团内部结算价,精煤价格 600 元/t,中煤价格 220 元/t(考虑因发热量下降导致中煤价格下调 50 元)计算,重介中煤直接销售时,其利润为:375 万 t × 11.39% × 220 元/t = 9 396.75 万元。若采用图 4 的工艺流程将中煤破碎再选,依据选煤厂实际生产成本测算,生产和浮选成本为 15 元/t,则生产过程消耗费用为:375 万 t × 11.39% × 15 元/t = 640.69 万元。由表 2 可知 3 ~ 0.5 mm 粒级占 70.20%,则粗煤泥分选收益为:375 万 t × 11.39% × 70.20% × 18.09% × 600 元/t + 375 万 t × 11.39% × 70.20% × 81.91% × 170 元/t = 7 429.69 万元;<0.5 mm 细煤泥浮选收益为:375 万 t × 11.39% × 29.80% × 29.16% × 600 元/t + 375 万 t × 11.39% × 29.80% × 70.84% × 170 元/t = 3 759.80 万元。与中煤直接销售相比,选煤厂每年可增加收益为:7 429.69 + 3 759.80 - 640.69 - 9 396.75 = 1 152.05 万元。

#### 5 结 语

随着炼焦煤资源的枯竭和夹矸煤含量的增加,传统的中煤直接销售必将带来资源浪费,中煤破碎再选研究能够改进现有煤炭产品结构,推动产业升级。对于屯兰选煤厂,中煤破碎+TBS 分选+浮选工艺在原工艺流程基础上无需进行大的改动,只需增加一台破碎机和—个煤泥桶,即可达到提高精煤产率和增加经济效益的目的。

#### 参考文献 (References):

[1] 王超. 屯兰选煤厂重介中煤碎磨再选工艺研究[D]. 太原:太原理工大学,2014.

[2] 宁石茂. 中煤再选工艺在屯兰选煤厂的应用研究[J]. 选煤技术,2014(3):29-31.  
Ning Shimao. Research and application of middlings re-cleaning process in Tunlan coal preparation plant [J]. Coal Preparation Technology, 2014(3):29-31.

[3] 孟丽城,王纪成,李大虎,等. 汾西炼焦中煤破碎再选技术研究[J]. 煤炭工程,2015,47(4):110-113.  
Meng Licheng, Wang Jicheng, Li Dahu, et al. Technical research on

re-preparation of coking coal middlings after crushing[J]. Coal Engineering, 2015, 47(4):110-113.

[4] 赵闻达,李延锋,谢彦君,等. 中煤破碎再选的应用研究[J]. 煤炭工程,2012,44(7):97-99.  
Zhao Wenda, Li Yanfeng, Xie Yanjun, et al. Research on application of coal broken again[J]. Coal Engineering, 2012, 44(7):97-99.

[5] 谢广元. 选矿学[M]. 徐州:中国矿业大学出版社,2005:274-279.

[6] 张相国,韩春龙. 中煤再选的研究与探讨[J]. 选煤技术,2007(6):45-47.  
Zhang Xiangguo, Han Chunlong. Research and discussion on coal re-election[J]. Coal Preparation Technology, 2007(6):45-47.

[7] 黄文峰,晔涛,杜家. 梁北选煤厂中煤深度解离再选技术研究[J]. 选煤技术,2012(5):3-5.  
Huang Wenfeng, Zi Tao, Du Jia. Research on further liberating and rewashing technology for middlings in Liangbei coal preparing plant[J]. Coal Preparation Technology, 2012(5):3-5.

[8] 朱向楠,陶有俊,何亚群,等. 微波预处理对炼焦中煤破碎解离特性的影响[J]. 煤炭学报,2015,40(8):1942-1948.  
Zhu Xiangnan, Tao Youjun, He Yaquin, et al. Effect of microwave pretreatment on broken dissociation characteristics of coking middlings[J]. Journal of China Coal Society, 2015, 40(8):1942-1948.

[9] 谢卫宁,何亚群,朱向楠,等. 破碎方式对中煤表面性质及后续浮选的影响[J]. 煤炭科学技术,2014,42(9):134-138.  
Xie Weining, He Yaquin, Zhu Xiangnan. Crushing method affected to surface properties and late floatation of middlings[J]. Coal Science and Technology, 2014, 42(9):134-138.

[10] 张永清,王婕,付晓恒. TBS 分选机在王家岭选煤厂的应用[J]. 洁净煤技术,2014,20(3):28-32.  
Zhang Yongqing, Wang Jie, Fu Xiaoheng. Application of TBS in Wangjialing coal preparation plant[J]. Clean Coal Technology, 2014, 20(3):28-32.

[11] 陈君安,安占来,王健,等. 高阶炼焦煤粒度调控技术的研究与应用[J]. 煤化工,2015,43(2):12-14.  
Chen Jun'an, An Zhanlai, Wang Jian, et al. The application of the technology for adjusting the particle size of the high rank coal to coking operation[J]. Coal Chemical Industry, 2015, 43(2):12-14.

[12] 刘送永,杜长龙,李建平. 煤截割粒度分布规律的分形特征[J]. 煤炭学报,2009,34(7):977-982.  
Liu Songyong, Du Changlong, Li Jianpin. Fractal character of the distribution law of the cutting coal size [J]. Journal of China Coal Society, 2009, 34(7):977-982.

[13] 张钰. 永锦选煤厂降低精煤水分的研究与应用[J]. 煤炭技术,2015,34(3):293-295.  
Zhang Yu. Study and application of lowering coal moisture yongjin coal preparation plant [J]. Coal Technology, 2015, 34(3):293-295.