

An Approach to De_ash and Desulfurization for Yulin-Hengshan Mining Area's Coal

Yong You, Lijun Shen, Jianzhong Chen

China University of Mining and Technology, Xuzhou Jiangsu China
yong_light@163.com; slj105838@126.com; jzchen518@126.com

Abstract: The article analyzes ash and sulfur's characteristics for mine A's sample coal in Yulin-hengshan mining area; approaches using moving jigger for >50mm coal, heavy medium cyclone for 50~1mm, spiral separator sorting 1~0.25mm coarse coal, flotation column separating <0.25mm coal; and proposes a method to secondary desulphurizing.

Keyword: de-ash and desulfurization; moving sieve jigger; heavy medium cyclone; spiral separator; flotation column; secondary desulphurizing

榆横矿区煤炭降灰脱硫工艺探讨

游 勇, 沈丽娟, 陈建中

中国矿业大学化工学院, 江苏徐州, 中国, 221008
yong_light@163.com; slj105838@126.com; jzchen518@126.com

摘 要: 文章分析了榆横矿区 A 矿煤样灰分、硫分特点; 探讨了该煤样 >50mm 采用动筛排矸、50~1mm 重介质旋流器分选、1~0.25mm 粗煤泥螺旋分选机分选、<0.25mm 煤泥浮选柱分选的工艺, 并提出了二次降硫的方法。

关键字: 降灰脱硫, 动筛排矸, 重介旋流器, 螺旋分选机, 浮选柱, 二次降硫

A 矿是陕西榆横矿区的规划矿井, 井田位于榆林市横山县东北方向约 20km 处。矿井设计规模 1.5Mt/a, 井田东西宽约 10km, 南北长 5.2~7.7km, 面积约 62.21km²。矿井主采 3 号煤层属中水分 (M_t=8.80%)、低中灰 (A_d=14.52%)、中高硫 (S_{t,d}=2.58%)、低磷 (P=0.036%)、特高热值 (Q_{gr,d}=28.3MJ/kg) 的长焰煤, 热稳定性好, 化学反应性强。产品主要用于供应同城煤气化项目, 在城市实现集中供热, 实现煤炭资源就地转化、综合利用, 解决县城居民和公共事业用户的燃煤替换问题。随着我国环境污染的加重, 国家对高硫煤的开采应用制定了严格的环保法规。矿井拟配套建设选煤厂, 对煤样进行降灰脱硫, 提高产品质量。因

此, 有必要对煤样的降灰脱硫工艺进行研究。

1 煤样的灰分硫分特点

1.1 煤样筛分组成

由于 A 矿正在筹建中, 所采煤样来源于同一井田的相邻矿井, 煤样性质相近, 但由于相邻矿井采用炮采技术, 生产煤样的块煤量较大, A 矿投产后采用综采技术, 末煤量必然增大, 但对整体煤质的影响不大。采用十块测定法测定煤样的抗碎强度为 87.57%, 机械强度等级为一级, 属于高强度煤。煤样的筛分试验结果见表 1。

Table 1 The results of the sample coal screening test
表 1 煤样筛分试验结果

粒度级/mm	产物名称	γ _{全#} /%	Ad/%	St,d/%
>50	煤	53.06	9.65	1.84
	矸石	12.82	48.32	6.21
>50 合计		65.88	17.17	2.69
50~25	煤	15.02	11.68	2.00
25~13	煤	5.92	9.96	2.08

13~6	煤	5.15	9.15	1.86
6~3	煤	2.67	8.51	1.84
3~0.5	煤	3.40	8.83	1.87
<0.5	煤	1.94	15.81	2.55
50~0 合计		34.12	10.70	2.00
毛煤总计		100.00	14.96	2.45
原煤合计 (去>50 矸石)		87.18	10.06	1.90

分析表 1 可知, 该煤样块煤含量大, >50mm 粒级占 65.88%, 其中矸石灰分 48.32%, 硫分 6.21%, 与浮沉试验中 1.80~2.0kg/L 密度级物料的灰分、硫分相近 (见表 3), 说明矸石中存在一定的夹矸煤。>50mm 矸石含量为 12.82%, 属于高含矸煤; <0.5mm 煤粉的灰分硫分均比原煤及相邻粗粒级的高, 可见矸石存在泥化现象。去除>50mm 矸石后的原煤灰分、硫分均有大幅度降低: 灰分从 14.96% 降到 10.06%, 硫分从 2.45% 降到 1.90%。因此可以采用机械排矸达到预先降灰脱硫的目的, 同时避免矸石泥化对后续分选带来的

不利影响。

1.2 总样硫分组成

根据该煤样形态硫的分析结果 (表 2) 可知: 原煤硫分 2.58%, 属于中高硫煤。煤中黄铁矿硫含量 1.69%, 占全硫 65.50%; 有机硫含量 0.73%, 占全硫 28.29%。鉴于硫分形态特点, 若能将黄铁矿硫与煤实现解离, 然后借助高效的物理分选方法可经济、有效地脱出大部分黄铁矿硫。

Table 2 Speciation analysis of sulfur in coal
表 2 煤中硫的形态分析

硫的形态	煤中硫含量/%	占全硫百分数/%
黄铁矿硫 $S_{p,d}$	1.69	65.50
有机硫 $S_{o,d}$	0.73	28.29
硫酸盐硫 $S_{s,d}$	0.16	6.20
全硫 $S_{t,d}$	2.58	100.00

1.3 煤样浮沉特性

为了解各粒级的密度组成, 进行了浮沉试验 (在

试验中, 将>50mm 粒级人工破碎到<50mm 后与自然级综合), 结果见表 3。

Table 3 The float-sink test result for the size range of 50~0.5mm raw coal
表 3 50~0.5mm 原煤浮沉试验结果

密度级 kg/L	γ /%	Ad/%	St,d/%	$\sum\gamma$ /%	$\sum Ad$ /%	$\sum St,d$ /%
<1.30	30.23	3.61	1.30	30.23	3.61	1.30
1.30~1.40	44.72	7.89	1.52	74.95	6.16	1.43
1.40~1.50	8.18	18.31	3.36	83.12	7.36	1.62
1.50~1.60	3.53	26.94	4.46	86.65	8.15	1.74
1.60~1.80	4.02	39.43	5.45	90.67	9.54	1.90
1.80~2.00	2.01	50.51	6.54	92.68	10.43	2.00
>2.00	7.32	69.56	7.59	100.00	14.76	2.41
小计	100.00	14.76	2.41			

从表 3 结果可以看出, 该煤样<1.40kg/L 密度级占 74.95%, 主导密度级是 1.30~1.40kg/L, 占 44.72%。对 50~0.5mm 煤样进行重选脱硫, 精煤硫分理论极限值为 1.30%; 分选密度高于 1.50kg/L 后, 精煤产率提高不多, 但灰分硫分增加不少。因此重选分选密度最好不要超过 1.50kg/L。

随着密度的升高, 各密度级硫分的上升梯度比较明显, 表明煤中含有大量的无机硫; 原煤硫分为

2.41%, <1.40kg/L 低密度级硫分为 1.43%, 该值远高于原煤有机硫 0.73% 的含量, 说明<1.40kg/L 低密度级中仍有微细嵌布的黄铁矿硫。因此有必要弄清硫分分布规律, 探讨破碎能否促进黄铁矿的解离, 以进一步降低精煤产品中的硫分。

1.4 硫分分布规律

由表 1 各粒级的硫分分布可知: 50~13mm 各粒

级,随着煤的粒度减小,硫分基本呈下降趋势;而<13mm各粒级的灰分、硫分随着粒度的减小基本不变。

根据筛分浮沉试验结果,可画出每一粒级在各密度级内的硫分分布情况,见图1。分析低密度级(<1.50kg/L)的硫分发现:对于>6mm粒级,随着粒度的减小,硫分在同一低密度级中比较接近;而<6mm粒级同一低密度级的硫分随粒度减小而降低的规律较明显。如在1.30~1.40kg/L密度级,50~25mm、25~13mm、13~6mm、6~3mm、3~0.5mm五个粒度级的硫分($S_{t,d}$)分别为:1.57%、1.51%、1.50%、1.39%、1.28%。因此可以说,对煤样进行破碎能达到解离之目的,在一定程度上可改善脱硫效果,尤其是将原煤破碎到小于6mm(3mm)后进行重选。但选煤厂产品主要供应煤气化用,产品有一定的粒度要求。因此,是否进行破碎后分选需要看气化用煤的粒度要求。

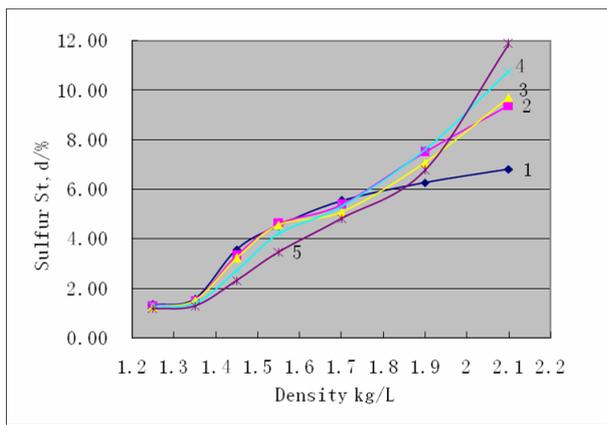


Figure 1 Different size fractions of density and sulfur
1—50~25mm; 2—25~13mm; 3—13~6mm; 4—6~3mm; 5—3~0.5mm。

图1 各粒级密度与硫分关系

2 洗选加工途径探讨

2.1 工艺制定原则

选择何种降灰脱硫工艺取决于要求的脱硫效果和技术经济指标。采用的流程应能实现以下两个目的:

①在保证精煤灰分质量的前提下,能最大限度地降低精煤硫分并保证精煤的高产率;②所采用的选煤工艺技术先进,运转成熟可靠,工艺灵活,可操作性强^[1]。

2.2 粗粒级煤分选

对于A矿煤的粗粒级洗选加工工艺,首先要考虑产品的粒度要求,决定是否进行破碎分选作业。不同

的气化炉对用煤粒度要求不同,本文仅考虑一般性流程。原煤进行50mm分级,大于50mm物料经过动筛跳汰机分选后,排出大块矸石和黄铁矿,选出的块精煤破碎到50mm以下与自然级物料一起作为入料煤进行洗选加工。

从50~0.5mm的浮沉资料可知:精煤硫分1.50%时,理论分选密度为1.42kg/L,精煤产率79.00%,灰分6.50%, $\delta\pm 0.1$ 含量为48.55%,原煤可选性为极难选;精煤硫分1.60%时,理论分选密度为1.49kg/L,精煤产率82.50%,灰分7.25%, $\delta\pm 0.1$ 含量变为16.18%,原煤可选性变为中等可选。分选密度从1.42kg/L提高到1.49kg/L,精煤产率仅提高3.50%,而灰分增加0.75%、硫分增加0.10%。精煤灰分定为7.0~7.5%时,煤样可选性为中等可选,跳汰、重介工艺均可满足要求。但从现今选煤技术的发展趋势,以及重介工艺在分选精度、自动化控制方面的优势,兼顾未来煤质变化等因素,A矿煤主洗环节应优先考虑重介工艺。

2.3 细粒级煤分选

针对该煤样,工艺上可进行1mm预先分级脱泥,改善主选重介分选效果,1~0.25mm采用粗煤泥分选工艺。目前,>0.25mm粗煤泥的分选主要采用螺旋分选机、煤泥重介旋流器和TBS干扰床。煤泥重介旋流器分选工艺由于系统复杂,入料性质不稳定,操作难度大,特细粒介质回收困难,生产成本高等弊端,在现今粗煤泥分选环节中较少采用。螺旋分选机和TBS干扰床是现今粗煤泥分选的首选设备,两者各有优缺点。螺旋分选机分选密度在1.60kg/L以上,适宜易选到中等可选性的煤泥,最佳分选粒级为1~0.1mm;TBS干扰床分选密度可控可调,分选密度最低可达1.40kg/L,有效分选密度为1.40~1.90kg/L,但其有效分选粒度范围窄,分选粒级首选4:1的粒度比,如4~1mm,1~0.25mm^[2]。

由表4的煤粉小筛分、小浮沉试验结果可知:<1.60kg/L密度级浮物累计硫分 $S_{t,d}$ 为0.99%<1%,浮物产率为85.01%,灰分为5.32%;轻产物含量高,且>0.25mm粗粒级占到煤泥的42.67%。重力分选<1.60kg/L的理论精煤产品硫分能降到1.0%以下,进一步说明破碎解离对脱硫效果确有很大改善。分选密度为1.80kg/L时,精煤灰分为6.31%,硫分为1.07%,精煤灰分硫分均低于主选精煤产品。在此基础上,螺旋分选机和TBS干扰床均能满足分选要求,但螺旋分选机无动力消耗、投资成本低;TBS干扰床投资较大,

因此对本矿粗煤泥分选宜采用螺旋分选机。

Table 4 The results of sieve analysis and float-sink test
表 4 煤粉小筛分、小浮沉试验结果

小筛分结果				小浮沉结果						
粒度/mm	$\gamma/\%$	Ad/%	St _d /%	密度级/kg·L ⁻¹	$\gamma/\%$	Ad/%	St _d /%	$\Sigma\gamma/\%$	Σ Ad/%	Σ St _d /%
0.5~0.25	42.67	12.05	2.27	<1.3	42.58	1.89	0.83	42.58	1.89	0.83
0.25~0.125	24.51	14.19	2.59	1.3~1.4	33.52	5.99	0.87	76.10	3.69	0.85
0.125~0.074	13.14	16.02	2.78	1.4~1.5	6.79	16.33	1.79	82.90	4.73	0.93
0.074~0.045	7.88	19.03	3.44	1.5~1.6	2.12	28.64	3.33	85.01	5.32	0.99
<0.045	11.80	24.20	2.77	1.6~1.8	2.21	44.33	4.14	87.22	6.31	1.07
合计	100.00	15.08	2.57	>1.8	12.78	72.72	13.02	100.00	14.80	2.59
				合计	100.00	14.80	2.59			

对于<0.25mm 细粒煤粉, 目前应用成功的技术是浮选柱分选。中国矿业大学研制的旋流微泡浮选柱产生的气泡分散度高, 微细气泡多, 与矿物颗粒的碰撞及粘附机率大, 高灰细泥污染小, 现场应用对煤炭脱硫降灰的效率高, 运行稳定可靠, 是细粒煤降灰脱硫有效而经济的工艺设备^[3]。针对本试验煤样, 采用螺旋分选机与浮选柱配套工艺, 能实现煤泥 (<1mm) 全粒级分选, 有效降低煤泥产品灰分、硫分。在实验室进行的<0.5mm 煤粉分步释放浮选试验结果表明, 当入浮煤样灰分 15.74%, 硫分 2.59% 时, 精煤硫分最低为 1.18%, 产率 69.39%, 灰分 5.10%。可以看出, 浮选降灰脱硫的效果明显。

2.4 二次降硫

根据前面的分析, 破碎解离对煤样降灰脱硫有利, >50mm 粒级动筛排矸后进行破碎再分选, 所得精煤灰分硫分比不分级时要低。由表 3 浮沉结果知, <1.40kg/L 密度级硫分由 2.41% 降到 1.43%, 下降 0.98 个百分点。但该硫分指标仍高于国家关于高硫煤开采销售硫分低于 1.0% 的要求。因此, 必须考虑二次降硫。目前除通过物理分选方法脱硫以外, 进一步的降硫方法还有配煤降硫、添加固硫剂脱硫、燃后烟道气脱硫等。配煤降硫包括选前、选后两法。由于选前配煤降硫要求的低硫煤量大, 加上异地运输等加大企业生产成本。A 矿产品主要供应同城煤气化, 采用选后配煤, 可以将 A 矿精煤产品运输到煤气化用户后, 再由用户选择低硫煤与 A 矿精煤混合造气, 这样既可以减少运输量、降低生产成本, 同时也使制气原料煤硫分满足相关标准。而添加固硫剂脱硫成本较高, 烟气脱硫装置投资成本过大^[4]。

综上所述, A 矿煤根据煤气化用户的质量要求, 进行先选后配是比较切实可行的降硫方法。

3 结语

通过原煤的灰分硫分特点分析, 原煤中 2/3 左右的硫为无机黄铁矿硫, 经物理分选后, 硫分能大幅降低。考虑到原煤粒度、浮沉特性、煤粉可浮性等因素, 宜采用 >50mm 动筛排矸; 50~1mm 重介质旋流器分选; 1~0.25mm 粗煤泥螺旋分选机分选; <0.25mm 煤泥浮选柱分选。如用户对产品粒度无特殊要求, 对原煤进行破碎到 6mm (3mm) 以下能促进黄铁矿的解离, 在一定程度上可改善脱硫效果。物理分选法精煤硫分难以降到 1.0% 以下, 可采用选后配煤进行二次降硫, 以使制气原料煤能满足最终硫分低于 1.0% 的国家相关标准。

References (参考文献)

- [1] Xu jianping. Feasibility Study on High Sulfur Coal Desulfurization [J]. Coal Science and Technology, 2001, 29(1): 28-32
徐建平. 高硫煤脱硫可行性研究[J]. 煤炭科学技术, 2001, 29(1): 28-32
- [2] Zhang hanfeng Yu zhenhua Shi shaohui Li pengju. Application of TBS at Coal Preparation Plant. Shandong Coal Science and Technology. 2009(2): 16-17
张汉峰, 余振华, 石绍辉, 李鹏举. TBS 干扰床分选机在选煤厂的应用. 山东煤炭科技, 2009(2): 16-17
- [3] Lu qirong Xie guangyuan Wu ling. Latest development of floatation column[J]. China Coal. 2002, 28(4): 36-39
路启荣, 谢广元, 吴玲. 浮选柱技术的新发展[J]. 中国煤炭, 2002, 28(4): 36-39
- [4] Zhang wenjun, Ou zeshen and Li yanfeng. An Approach to Sulphur Reduction of High Sulphur Coal Mined from Coal Seam No.16 at Yanzhou Mine Area[J]. Coal Preparation Technology, 2001, 04(2): 11-13
张文军, 欧泽深, 李延峰. 兖州矿区 16 层高硫煤降硫途径探讨[J]. 选煤技术, 2001, 04(2): 11-13