

油页岩空气重介干法分选技术的研究

夏云凯^{1,2}, 吕春晓^{1,2}, 李志明^{1,2}

(1. 唐山神州机械有限公司;

2. 河北省煤炭干法加工装备工程技术研究中心, 河北 唐山 063001)

摘 要: 介绍了新疆宝明矿业公司矿田内油页岩矿的性质特点, 分析了油页岩矿与矽石的密度差, 提出了依据密度分选提高精矿品位的结论, 对 65~13 mm 油页岩进行空气重介分选的工业试验证明, 干法分选不仅能有效排除大多数低品位矽石, 提高精矿含油率, 还有效避免了水洗产品因外在水分增加对油页岩干馏工艺的不利影响。

关键词: 油页岩; 干法分选; 空气重介; 分选效果

中图分类号: TD922 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-8397(2016)11-0066-04

1 概 述

根据国家西部开发战略和新疆经济工作会议精神, 辽宁成大股份有限公司所属新疆宝明矿业有限公司(以下简称宝明矿业)积极参与新疆优势资源转换战略的实施, 按照新疆地区的经济规划并在当地政府主导下, 通过资源整合, 着力开发以油页岩为主的矿产资源, 全力为新疆经济社会发展做贡献。

宝明矿业油页岩开发项目位于新疆吉木萨尔县, 目前拥有石长沟、吴家湾、木塔寺、白杨河 4 个油页岩的探矿权, 面积合计约 100 km²。石长沟油页岩项目包括 100 万 t/a 的露天矿开采及 47.8 万 t 的页岩油干馏厂。

宝明矿业石长沟—白杨河矿区油页岩露天矿矿床主要分布在上二叠统卢草沟组中。虽然该矿油页岩资源丰富, 但原矿中含大量矽石(40%~70%), 品位波动大, 采矿作业面被迫选择性开采, 操作工责任风险大, 难度大。因为矽石过高会造成矿石含油率过低, 降低干馏系统收油率, 增加干馏残渣量。因此必须在干馏作业前尽可能将矽石预先分离, 以此提高油页岩含油率, 有效降低干馏炉负荷。

2 原料特征

页岩油是油页岩经热加工后, 其有机质受热分解生成的一种褐色液体产物, 类似天然石油, 但又比天然石油含有更多的不饱和烃, 并含氮、硫、氧等非烃类有机化合物。油页岩是一种高灰分的含可燃有机质的沉积岩, 它和煤的主要区别是灰分超过 40%, 与碳质页岩的主要区别是含油率大于 3.5%。油页岩外观多呈褐色泥岩状。含有大量粘土矿物的油页岩, 往往形成明显的片理。主要成分包括油母、水分和矿物质。依据组成的不同, 油页岩的相对密度为 1.4~2.9 g/cm³。油页岩中的矿物质常与有机质均匀细密地混合, 难以用常规的分选方法(如湿法重介和跳汰)进行分选。

宝明矿业露天矿油页岩原矿矿体呈连续层状赋存, 属急倾斜矿床, 平均倾角约为 45°, 油页岩平均含油率大于 7%。将油页岩含油率 3.5% 作为边界品位, 含油率不小于 5% 作为最低工业品位, 最低可采厚度为 1 m, 夹矽剔除厚度 0.8 m。经过测量, 油页岩平均密度 2.2 g/cm³, 矽石平均密度为 2.8 g/cm³。通过密度测试分析, 重产物矽石与轻产物油页岩密度差较大, 接近 0.6 g/cm³, 从分选原理上分析, 采用高密度分选技术可实现轻重

收稿日期: 2016-08-27 DOI: 10.16200/j.cnki.11-2627/td.2016.11.022

作者简介: 夏云凯(1966—), 男, 江苏海安人, 2004 年毕业于美国西弗吉尼亚大学采矿工程专业, 工学博士, 唐山神州机械有限公司总工程师, 高级工程师。

引用格式: 夏云凯, 吕春晓, 李志明. 油页岩空气重介干法分选技术的研究 [J]. 煤炭加工与综合利用, 2016(11): 66-68, 71.

物料的分选。

矿样来源于二采区, 数量为 10 t, 原矿粒度分析见表 1 和表 2。原矿中大于 13 mm 的块矿含量为 71.17%, 0.5 mm 以下矿泥中, 小于 325 目(即小于 0.045 mm)含量达到 35.59%, 原矿含末矿量较大, 且矿石易泥化。大于 0.5 mm 原矿浮沉分析见表 3。

表 1 二采区油页岩大筛分分析

粒级/mm	产率/%	累计产率/%
+90	23.60	23.60
90~50	16.23	39.83
50~25	16.73	56.56
25~13	14.62	71.17
13~6	11.71	82.88
6~0.5	13.09	95.98
0.5~0	4.02	100.00
合计	100.00	

表 2 二采区油页岩小筛分分析

粒级/mm	产率/%	累计产率/%
≥0.500	1.00	1.00
0.500~0.250	25.69	26.69
0.250~0.125	18.26	44.94
0.125~0.075	13.22	58.16
0.075~0.045	6.25	64.41
<0.045	35.59	100.00
合计	100.00	

小于 1.8 g/cm³ 密度级油页岩焦油含量高达 23.6%, 随着密度增加, 焦油含量急剧降低。在矿物密度大于 2.3 g/cm³ 时, 临近密度级含量急剧增加, 矿石可选性变差。分选密度 2.0 g/cm³ 时, ±0.1 密度物含量为 9.68%, 矿石易选; 在分选密度为 2.4 g/cm³ 时, ±0.1 密度物含量为 16.76%, 矿石中等可选; 当分选密度为 2.5 g/cm³ 时, ±0.1 密度物含量为 35.51%, 矿石呈现极难选性质。在 2.3~2.4 g/cm³ 区间的矿石含油率只有 1.86%, 大于 2.5 g/cm³ 密度级矿石含油率只有 1.26%。本研究使用了 1 台空气 GFZ-50 型重介高密度分选机对大于 13 mm 块状油页岩进行了分选。大于 13 mm 矿石含油量为 5.58%。使用大于 0.5 mm 浮沉数据进行校正, 获得大于 13 mm 粒度级浮沉资料, 并绘制可选性曲线。大于 13 mm 入料浮沉分析及可选性曲线分别见表 4 和图 1。表 4 中按照废弃矸石耗油率小于 2% 的质量要求, 重力分选 65~0.5 mm 矿石, 其分选密度必须在 2.2 g/cm³ 以上。如废弃矸石耗油率小于 1.5%, 则其分选密度必须在 2.4 g/cm³ 以上。鉴于矿石在此高密度下分选困难, 必须使用高效高密度分选机。

表 3 大于 0.5 mm 油页岩浮沉分析

密度级/ g·cm ⁻³	占本级 产率/%	水分 /%	焦油 /%	半焦 /%	气体损 失/%	浮物累计		沉物累计		±0.1 临近密度级含量	
						产率/%	焦油/%	产率/%	焦油/%	密度/g·cm ⁻³	产率/%
<1.80	12.21	2.40	22.65	68.48	6.47	12.21	22.65	100.00	6.36	1.80	9.48
1.80~1.90	5.08	1.90	16.68	76.90	4.52	17.29	20.90	87.79	4.09	1.90	7.71
1.90~2.00	4.02	1.82	11.78	82.81	3.59	21.31	19.18	82.71	3.32	2.00	9.68
2.00~2.10	7.40	2.00	8.52	85.68	3.54	28.71	16.43	78.69	2.89	2.10	11.42
2.10~2.20	6.07	1.90	7.04	87.61	3.45	34.78	14.79	71.29	2.30	2.20	9.04
2.20~2.30	4.59	2.00	4.77	89.89	3.34	39.38	13.62	65.22	1.86	2.30	10.07
2.30~2.40	7.29	2.30	3.38	91.24	3.08	46.67	12.02	60.62	1.64	2.40	16.76
2.40~2.50	12.48	1.80	1.86	93.26	3.08	59.14	9.88	53.33	1.40	2.50	35.51
>2.50	40.86	1.36	1.26	95.29	3.08	100.00	6.36	40.86	1.26		
合计	100.00	1.77	6.36	88.61	3.66						

3 高密度高效油页岩矿物分选系统

本研究使用了 1 台处理能力为 50 t/h 的模块化干法重介流化床分选机, 采用干法重介质分选原理, 其分选过程是: 磁性介质在压缩空气作用下, 形成密度均匀稳定并具有一定高度的流化床层。油页岩原矿由密封入料口给入分选机, 矿石

分散并按密度分层, 轻矿物漂浮于流化床层表面, 重产物则下沉至流化床底。轻重产物分别由刮板机排出机外, 并分别进入轻重产物脱介筛。筛上产品转运至产品带式输送机, 筛下物主要为磁性介质, 收集汇合后由斗式提升机返回流化床系统。部分回收的介质分流至干法磁选机去除细粒矿石, 保持流化床密度稳定。系统中同时设置一套除尘

系统，通过引风机在床层上部形成负压，防止粉尘溢出，并净化空气。分选系统联系图见图 2。

表 4 65~13 mm 油页岩浮沉分析

密度级/ g·cm ⁻³	校正后/%		浮物累计/%		沉物累计/%	
	占本级 产率	焦油	产率	焦油	产率	焦油
<1.80	10.35	22.65	10.35	22.65	100.00	5.58
1.80~1.90	4.31	16.68	14.66	20.90	89.65	3.61
1.90~2.00	3.41	11.78	18.06	19.18	85.34	2.95
2.00~2.10	6.27	8.52	24.34	16.43	81.94	2.58
2.10~2.20	5.15	7.04	29.48	14.79	75.66	2.09
2.20~2.30	3.89	4.77	33.37	13.62	70.52	1.73
2.30~2.40	6.18	3.38	39.55	12.02	66.63	1.55
2.40~2.50	10.58	1.86	50.13	9.88	60.45	1.37
>2.50	49.87	1.26	100.00	5.58	49.87	1.26
合计	100.00	5.58				

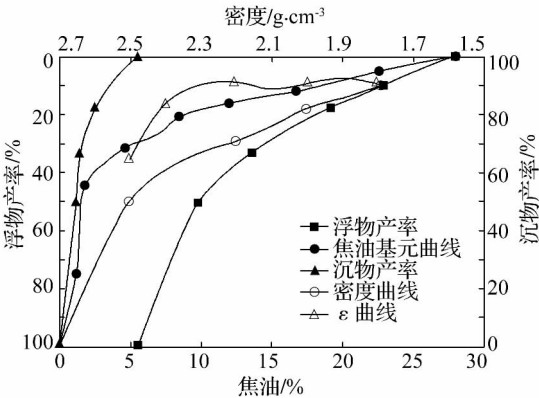


图 1 80~13 mm 油页岩可选性曲线示意

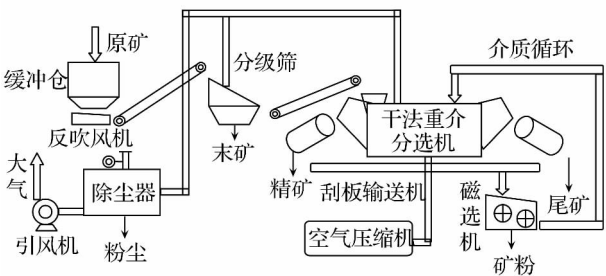


图 2 分选系统联系示意

高密度高效油页岩矿物空气重介干法分选机的实际分选密度可调范围在 2.0~2.8 g/cm³，可实现不同高密度物料的分层和分离。系统的主要特点是：① 分选不用水，不存在水处理系统及水污染；② 设备高度模块化，建设周期短，投产快；③ 高密度分选，国内外首创，对入选物料的适应性强；④ 自动化水平高，无粉尘污染。

4 分选结果及分选工艺确定

针对宝明矿业的油页岩质量情况，在工业试验过程中对原矿的分选效果进行分析，原矿及精矿产品数据见表 5。干法重介分选试验中分选密度设为 2.5 g/cm³。从分选结果看，分选效果较好，矸石产率 37%，油页岩产率 63%。中国石油大学（北京）化验结果为：油页岩含油 7.96%，含水 1.17%，干馏气 1.85%，半焦 89.02%；矸石含油 1.52%，干馏气 1.42%，半焦 95.45%；焦油回收率为 89.9%。宝明矿业期望分选后矸石含油率低于 2%，排除的矸石含油率符合用户要求。从图 1 中可以看出，当精矿含油率为 7.96 % 时，精矿理论产率为 69.8%，理论分选密度为 2.58g/cm³，实际分选数量效率为 90.3%。

表 5 油页岩高密度分选产品质量分析 %

样品编号	产率	含油率	含水率	半焦	干馏气
矸石	37.0	1.52	1.61	95.45	1.42
油页岩	63.0	7.96	1.17	89.02	1.85
原矿	100.0	5.58	1.33	91.40	1.69

从分选数据看，空气重介干法选矿能有效去除 65~13 mm 油页岩原矿中的矸石，提高了精矿含油率，而且不增加精矿的水分。空气重介干法选矿设备是以空气和磁性介质粉混合流化作为分选介质，其分选具有不用水，工艺简单，设备少，生产成本低，能耗少，除尘效果好等特点。该技术既符合节能、环保、水资源保护和资源综合利用及发展洁净煤技术等各项国家技术经济政策，又适合各种油页岩排矸和干旱缺水地区的矿石分选，同时由于干选不增加产品水分，产品进入干馏炉后不产生额外水汽，减少了后续油水分离系统的负荷。

依据半工业性试验分选结果，确定分选工艺原则流程，见图 3。

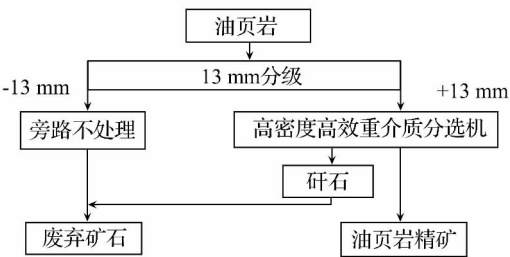


图 3 分选工艺原则流程示意

(下转第 71 页)

由表4可见:与烟煤相比,无烟煤的各项污染物排放量都很少。晋城无烟煤多为中等变质程度,少数为年轻的无烟煤,挥发分较低,在5%~11%,燃烧时污染物排放量更少。

4 结 语

目前,国家推广的民用洁净煤主要是洁净型煤,局部地区在推广兰炭、绿焦、木煤等,而无烟块煤仅在北京、天津地区作为一个洁净型煤的补充煤种,仅在洁净型煤供应不足的情况下,使用无烟块煤来补充。无烟块煤在民用市场的推广,尚缺少政策的支持。

(1) 从民用煤的煤质要求看,晋城无烟块煤完全符合民用煤的技术指标。

(2) 从民用煤的环保角度看,晋城无烟块煤污染物排放量少,是优质的民用煤。

(3) 从晋城无烟块煤的利用角度看,由于新型煤气化技术的推出,晋城无烟煤块煤已不再是最优化工煤,而作为民用,是它的新出路。

(4) 在推广无烟块煤作民用方面,希望得到

国家、地方政策的广泛支持。随着环保的要求日趋严格,民用要选好煤、用好煤,无烟块煤具有最优的煤质,应该适应时代要求用作民用,而不是洁净型煤的替补煤种。

参考文献

- [1] 朱银惠. 煤化学 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2005: 182.
- [2] 杨丽超, 任江萍, 潘 攀. 晋城无烟煤对干粉煤气流床气化技术的适应性研究 [J]. 煤炭加工与综合利用, 2015(8): 31-32.
- [3] 王红林, 楚可嘉, 赵肖鹏, 等. 晋煤集团煤气化技术应用现状及创新探索 [J]. 煤炭加工与综合利用, 2015(8): 27-28.
- [4] 吴国光. 洁净煤中的民用型煤技术 [J]. 燃料流通科技, 1995(2): 9-10.
- [5] 李新生, 宁卫云, 等. 洁净型煤技术开发 [J]. 能源论坛, 2000(3): 5-7.
- [6] 吕志超, 张淑玲. 洁净型煤推广应用前景探析 [J]. 现代农业科技, 2009(1): 256-257.
- [7] 陈雪枫. 中国无烟煤利用技术 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2005: 13-30.

(上接第68页)

(1) 小于 65 mm 的油页岩原矿首先进入检查分级筛分级, 筛孔为 13 mm, 得到小于 13 mm 物料和 13~65 mm 物料。筛板的开孔可以视原料粒度分布和矿石性质的变化进行更换调整。

(2) 筛上物(大于 13 mm) 进入高密度高效空气重介干法分选系统, 实现高含油率油页岩和低含油率矸石的分离, 分选密度为 2.5 g/cm³; 选后得到重产物和轻产物两种产品, 重产物为矸石即油页岩贫矿, 轻产物为油页岩精矿。

(3) 小于 13 mm 的细粒矿石进入旁路不处理。

5 结 语

(1) 宝明矿业油页岩原矿粉料含量大, 易泥化, 产品需要高密度分选, 在高密度下呈现极难分选特征。

(2) 采用空气重介干法分选油页岩能有效排除大多数低品位矸石, 提高精矿含油率, 减少了油页岩干馏炉入料量。焦油回收率和分选数量效率均接近 90%。

(3) 干法分选油页岩技术完全达到环境保护要求, 节省水资源, 符合国家资源综合利用政策。

欢迎订阅 《煤炭加工与综合利用》 杂志!

电话: 010-64251130 网址: www.mtjg.cbpt.cnki.net E-mail: mtjgly@vip.163.com