

运河煤矿选煤厂块煤破碎再选工艺应用研究

朱泽建¹ 邵峰¹ 秦晓梅¹ 张辰¹ 张光伟² 王书礼²

1. 威海市海王旋流器有限公司 山东威海 264203

2. 济宁矿业集团有限公司运河煤矿选煤厂 山东济宁 272000

【摘要】运河煤矿选煤厂针对原煤解离不充分而导致的精煤灰分指标波动和中煤发热量过高等问题,对块精煤、块中煤破碎再选工艺进行了可行性研究,并获得了成功应用。块煤破碎再选工艺技术改造完成后,提高了精煤灰分指标的稳定性 and 可控性,降低了中煤产品发热量,提升了精煤回收率约1个百分点,创造了可观的经济效益。

【关键词】块煤;灰分指标;发热量;破碎再选;精煤回收率

1 引言

随着矿井开采时间的延长、开采深度的增加,优质煤炭资料日益减少,部分炼焦煤选煤厂的原有分选工艺已经不能满足洗选指标要求,随着原煤性质的复杂化,可选性逐渐变差,部分现场相继出现了精煤夹矸和中煤含精问题,为提高宝贵炼焦煤资源的综合回收率,针对现场出现的实际问题,对块煤进行破碎再选具有重要意义^[1]。

目前选煤行业内,对上述问题的解决措施主要可归纳为以下二种:

(1) 块煤破碎-重介再选

该工艺具有简单、易实施的优点,占用空间小,投资成本低、管理难度不大,适用于解离难度不大的煤质特性。如孙庄煤矿选煤厂采用该工艺对跳汰中煤进行再选处理,显著提高了精煤回收率^[2];车集煤矿选煤厂采用两产品重介质旋流器对破碎后的跳汰中煤进行再选处理,使精煤产率提高了约5个百分点^[3]。

(2) 块煤磨矿-浮选再选

该工艺适用于难选、极难选煤种,煤中嵌布粒度细、解离难度大,无法通过破碎环节将脉石与煤进行有效解离,因此需采用磨矿工艺将出料粒度控制在 $<0.5\text{mm}$,随后采用浮选作业对其进行分选,回收精煤产品。

部分现场采用该工艺对洗选工艺进行了改造,并取得了一定的经济效益。如屯兰煤矿选煤厂采用对中煤进行磨矿-浮选工艺技改,有效提升了精煤回收率^[4]。

2 问题分析及解决方法

2.1 存在的问题

运河煤矿选煤厂是一座设计处理能力 0.6Mt/a 的矿井型

炼焦煤选煤厂,主要生产煤种为气煤、气肥煤,井下煤层赋存条件复杂多变,煤质容易波动。选煤厂自2009年投产以来,通过不断对生产工艺系统进行技术改造,增加了原煤预先脱泥、粗煤泥分选等工艺环节,使整个生产工艺系统更加完善,提升了选煤厂的处理能力和分选精度^[5-7]。

基于井下原煤性质的变化,选煤厂实际生产中,存在精煤灰分指标波动较大和中煤发热量过高的问题,外发精煤灰分超标问题时有发生,为满足商品煤灰分指标要求,选煤厂只得采取将重介分选密度下调的措施,而洗选密度的下降,导致中煤产品中 -1.40g/cm^3 密度级错配率进一步升高,降低了精煤产品回收率,影响了现场的综合经济效益。

2.2 问题分析

运河煤矿选煤厂精煤产品由重介精煤、粗精煤泥及浮选精煤三部分组成,浮选精煤灰分指标稳定在 $9.5\% - 10.0\%$,粗精煤泥灰分指标可稳定在 $8.5\% - 9.0\%$,且此两部分精煤占比变化不大,不是导致上述问题的主要原因。对重介精煤产品进行试验分析可知,重介块精煤夹矸问题频繁出现,是导致精煤灰分指标波动问题的主要原因,降低重介分选密度,在一定程度上保障了精煤灰分指标,但降低了综合精煤产率,提升了中煤产品中的精煤错配率,导致了中煤发热量升高问题,造成了经济效益的损失^[8-9]。

由上分析可知,导致运河煤矿选煤厂出现上述问题的主要原因是原煤解离程度不够,受限于原煤处理量、原煤车间空间等原因,原煤破碎机无法将原煤进行充分解离,导致块精煤产品中夹带了部分高灰物料,也存在未解离精煤产品混入中煤产品的问题^[10]。

2.3 解决方法

2.3.1 技改方案选择

由于运河煤矿选煤厂原煤准备车间内布局紧凑、空间紧张,已无破碎机升级改造空间,且原煤中矸石含量超过40%,且大块矸石居多,若对全部原煤进行破碎处理,会造成能耗过高和故障率。因此针对原煤无法实现充分解离,导致精煤产品灰分指标波动、中煤产品发热量过高的问题,运河煤矿选煤厂计划对块精煤和块中煤进行破碎再选处理,块煤破碎再选工艺具有如下几个思路^[11]。

(1) 充分利用现场厂房空间,在现有工艺流程基础上,增设块煤筛分、破碎系统,将块精煤、块中煤进行破碎至合适粒度后,与入洗原煤混合,采用现有工艺流程进行分选处理。

该方案的优点是充分利用现有厂房空间,新增设备数量少,改造成本低,投资回报周期短,工艺流程灵活可控,现场可根据原煤煤质变化情况,灵活选择是否对块精煤、块中煤进行破碎再选处理。缺点是块精煤、块中煤破碎后,返回原主洗系统,在一定程度上降低了现场的原煤处理量,增加了粗煤泥系统和浮选系统的负荷。

(2) 新增一套独立的块煤破碎重介再选系统,将块精煤、块中煤破碎至合适粒度后,采用独立系统对其进行再选处理。

该方案的优点是新增破碎再选系统完全独立于主洗工艺系统之外,分选工艺参数自主可控,分选精度高。缺点是需新建厂房,新增设备数量多,改造成本高,投资回报周期长。

基于方案(2)实施难度大,改造成本高等特点,且现场无地面空间可用于新建独立块煤破碎重介再选系统厂房,运河煤矿选煤厂确定采用方案(1)对工艺系统进行技术改造。

2.3.2 破碎机出料粒度选择

为确定合适的破碎机出料粒度,运河煤矿选煤厂对块精煤和块中煤进行了不同粒度级破碎试验和浮沉试验分析。

运河煤矿选煤厂的入料粒度上限为60mm,重介精煤产品中+13mm粒级占比约为20~30%,中煤产品中+13mm粒级占比约为30~40%,对+13mm重介块精煤和重介块中煤产品进行取样后,筛分、破碎至-50mm、-35mm、-25mm和-13mm,分别进行1.4g/cm³密度级浮沉试验分析,精煤和中煤破碎后的1.4g/cm³密度级浮沉试验数据分别如图1和图2所示。

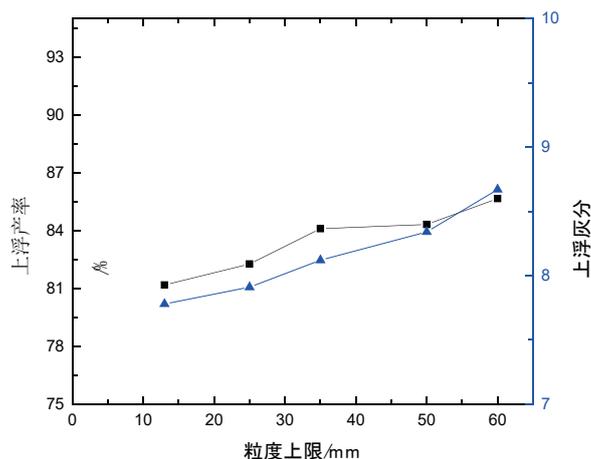


图1: 精煤产品试验结果

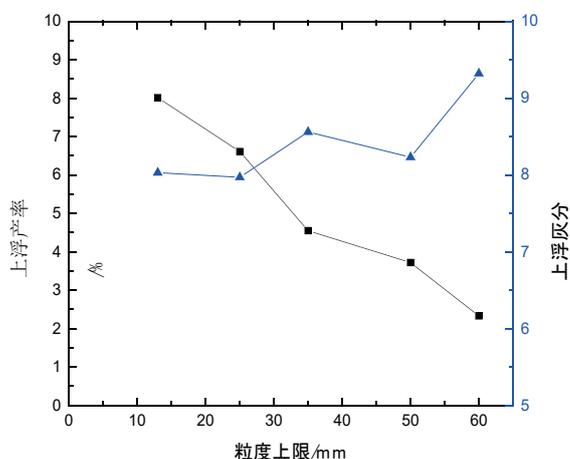


图2: 中煤产品试验结果

从图1可知,重介精煤产品随着破碎粒度变小,-1.4g/cm³密度级灰分和产率均呈降低趋势,说明块精煤产品中确实存在解离不充分所导致的错配问题。由图2可知,重介中煤产品随着破碎粒度变小,-1.4g/cm³密度级产率和灰分分别呈升高和降低趋势,说明块中煤产品中存在部分未解离精煤,是导致中煤发热量偏高的主要原因,块中煤破碎至-13mm粒级后,-1.4g/cm³密度级含量可达8.0%左右,灰分仅为9.0%左右,满足精煤灰分指标要求。

综合考虑现场空间、破碎难度、技改效益,及破碎机所产生次生煤泥对原工艺系统的影响等因素,确定选择13mm为新增破碎机出料粒度^[12-13]。

2.3.3 破碎机类型选择

基于运河煤矿选煤厂的生产现状和问题分析,需选择合适的破碎机类型,在使物料达到适当的粒度,实现产品解离的同时,防止过粉碎问题,降低次生煤泥含量。

为取得较好的破碎效果，需将机械破碎施力方式同物料力学特性相适应。精煤、中煤产品中主要矿物的硬度差异如表1所示。

表1：精煤、中煤产品主要矿物的硬度系数

煤中主要矿物	石英	黄铁矿	粘土矿物	精煤
硬度系数	7	6~6.5	1~4	2~4

煤是不同矿物的聚合物，其中煤的硬度低，脆且易碎，与其他矿物力学强度差异明显，抗冲击的能力较差，因此将冲击破碎作为本次块煤破碎的主要破碎方式，且冲击破碎有沿着最脆弱层面选择性破碎的效果，破裂优先发生于煤与煤、煤与矸石之间的破裂，可有效减轻过粉碎问题所产生的高灰细泥含量。

锤式破碎机具有结构简单、破碎效率高、适应性强的优点，本次改造选用单转子锤破作为破碎设备，对+13mm粒级块精煤、块中煤进行破碎处理^[14-15]。

3 实施方案

3.1 块精煤、块中煤产品分离方案

如前文所述，本次改造涉及老旧厂房改造，因厂房空间紧张，无法通过新增分级筛实现块煤产品与末煤产品分离，为充分原有厂房空间，降低改造成本，通过研究论证，确定如下实施方案。

(1) 对精煤、中煤直线振动脱介筛进行改造，通过对直线振动脱介筛出料端筛板进行更换，并配套筛前、筛下溜槽改造，保留原合格介质段，将原稀介段细分为稀介段和末煤段，稀介段进入原稀介桶，末煤段通过溜槽改造进入原产品离心机实现末煤产品的脱水；

(2) 直线脱介筛上末煤段筛孔选择为13mm，并可根据原煤煤质变化情况，对块煤产品的分级粒度进行调整。

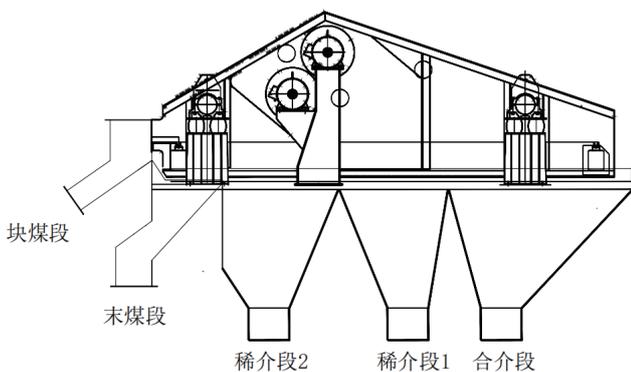


图3：块煤分级方案示意图

(3) 原筛前溜槽改造为块煤产品溜槽，将块煤产品引入新增破碎机，将其破碎至-13mm粒级。

块煤分级方案示意图如图3所示。

3.2 工艺流程

结合现场生产现状，制定技改后工艺流程：

原煤经预先脱泥筛进行分级处理后，筛上产品进入无压三产品重介质旋流器进行分选，重介精煤进入预脱介固定筛和直线振动脱介筛进行脱介处理，末精煤经精煤离心机进行水分控制后，作为最终精煤产品；重介中煤经预脱介弧形筛和直线振动脱介筛进行脱介处理，末中煤经中煤离心机进行水分控制后，作为最终中煤产品。块精煤和块中煤分别通过溜槽给入新增破碎机，破碎至-13mm粒级后，采用精煤磁尾煤泥水冲入新增混料桶，通过新增混料泵将破碎机出料和精煤磁尾煤泥水输送至原煤预先脱泥筛上，进行闭路分选处理^[16]。技改后的局部工艺流程如图4所述。

4 技改效果

运河煤矿选煤厂块煤破碎再选工艺技术改造，解决了原煤无法充分解离所导致的精煤灰分指标波动和中煤发热量过高问题，且对原主洗系统影响较小，有效提升了精煤回收率，降低了中煤产品中的错配率，提高了全厂的综合效益。主要表现在以下几点：

(1) 改造后，对末精煤和末中煤产品进行带介检查，与改造前对比如表2所示。

从表2可知，块精煤和块中煤经破碎返回主洗系统后，末精煤产品和末中煤产品中煤泥量变化较小，产品带介量也无明显提高，改造后原煤脱泥筛及精煤和中煤产品的脱介筛仍能实现高效运行。

表2：技改前后的末精煤、末中煤带介数据对比表

产品名称	试样质量	平均煤泥量	磁性物含量	产品带介量	
末精煤	改造前	100kg	2.51%	1.15%	0.28kg/t
	改造后	100kg	2.63%	1.21%	0.31kg/t
末中煤	改造前	100kg	1.03%	1.56%	0.16kg/t
	改造后	100kg	1.12%	1.47%	0.17kg/t

(2) 技改后，未解离原因导致的精煤灰分波动问题

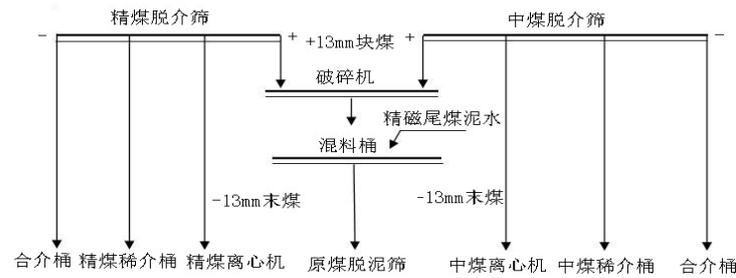


图4: 技改后的工艺流程图

得到了解决,分选密度可从原 $1.42\text{g}/\text{cm}^3$ 的分选密度提升至 $1.45\text{g}/\text{cm}^3$,且经破碎机处理后,部分细粒级精煤从块中煤产品中解离出来,通过再选回收至精煤产品中,实现了精煤产率和现场综合效益的提升^[17]。

根据现场实际生产数据可知,技改后,运河煤矿选煤厂精煤回收率约提升了1.09个百分点,现场入洗原煤量按 $1.0\text{Mt}/\text{a}$ 计算,则精煤产量可提高10900吨/a,具有可观的经济效益。

5 结语

运河煤矿选煤厂通过块精煤、块中煤产品的分级破碎再选工艺技改实践表明,通过研究和分析入选原煤未充分解离的特性,在原有工艺基础上,进行了块煤破碎再选工艺技术改造,在对原主洗工艺影响不大的前提下,解决了原煤无法充分解离所导致的精煤灰分波动及中煤发热量偏高的问题,有效提升了主洗系统的分选密度,使综合精煤产率有了较大提升,创造了可观的经济效益,实现了资源利用最大化。

参考文献:

[1] 杨宗义. 炼焦中煤再选工艺现状及效果分析[J]. 山西焦煤科技, 2021 (6): 34-36.
[2] 张苑. 孙庄矿选煤厂中煤重介技术改造实践[J]. 选煤技术, 2004 (3): 23-24.
[3] 刘军伶, 郑长科. 车集选煤厂中煤再洗工艺流程探讨[J]. 煤质技术, 2008, 152 (6): 60-61.
[4] 朱张磊, 李志红, 高建川, 等. 炼焦中煤磨矿浮选试验研究[J]. 矿产综合利用, 2016, 200 (4): 70-73.
[5] 李志勇, 叶鹤, 徐胜. 预先脱泥无压给料重介质旋流

器高效分选新工艺[J]. 煤炭加工与综合利用, 2008 (5): 1-3.

[6] 薛文辉. 禾草沟选煤厂粗精煤泥分选系统优化改造[J]. 煤炭加工与综合利用, 2022 (09).

[7] 牛超; 张帅. 乌兰木伦选煤厂粗煤泥系统工艺优化改造研究[J]. 煤炭加工与综合利用, 2017 (S1).

[8] 邓建军; 匡亚莉; 赵建章; 孙小路; 王传真. 重介旋流器分选过程智能控制策略研究与实现[J]. 中国矿业大学学报, 2019 (03).

[9] 王宏. 我国炼焦煤选煤技术现状及发展趋势[J]. 煤炭工程, 2018 (07).

[10] 陶有俊, 高敏, 何青松, 刘汉刚, 赵利, 刘明亮, 吴磊. 南桐细粒高硫煤的分布特性及脱硫试验研究” [J]. 煤炭科学技术, 2005 (07).

[11] 赵林盛; 彭垠; 邢春芳; 张治军. 优质稀缺炼焦中煤再选技术的试验研究[J]. 中国煤炭, 2013 (09)-.

[12] 刘洵文; 任杰. 哈拉沟选煤厂筛分系统大块煤旁路优化改造[J]. 煤炭加工与综合利用, 2021 (10).

[13] 王发; 赵江涛. 新庄选煤厂重介中煤破碎再选研究与工艺改造实践[J]. 选煤技术, 2021 (04).

[14] 方永峰. 石横特钢可逆反击锤式破碎机改造实践[J]. 山东冶金, 2016

[15] 王怡. 基于ABAQUS的矿用锤式破碎机计算机模态分析[J]. 煤炭技术, 2016.

[16] 曹辉; 申克忠; 赵龙; 王祥震. 中煤有压再选三段重介质旋流器可行性试验探究[J]. 选煤技术, 2018 (01).

[17] 中国国家标准化管理委员会. GB/T 15715—2014 煤用重选设备工艺性能评定方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2014.