

文章编号: 1001-3571 (2018) 04-0086-05

# 阳泉一矿选煤厂主选系统脱硫效果与优化方案研究

刘国庆<sup>1</sup>, 王艾生<sup>1</sup>, 刘文昌<sup>1</sup>, 董宪姝<sup>2</sup>, 张秀文<sup>2</sup>

(1. 阳泉煤业(集团)有限责任公司, 山西 阳泉 045000; 2. 太原理工大学, 山西 太原 030024)

**摘要:** 为了解决阳泉一矿选煤厂商品煤硫分偏高, 尤其是末原煤长期得不到有效洗选的问题, 对现有工艺提出优化方案——将跳汰系统改为无压三产品重介质旋流器系统, 实现末原煤全部入选, 并在末原煤入选前增加破碎环节, 将入料上限控制在 6 mm 左右。预计优化方案实施后, 末精煤硫分可以控制在 1.65% 以下, 每年可产出末精煤 1.50~2.00 Mt, 由此产生的利润在 1 亿元左右。

**关键词:** 硫分; 商品煤; 末原煤; 洗选系统; 脱硫效率; 预期效果

中图分类号: TD94; X703.1

文献标志码: A

## Study of the effect of desulphurization of the primary washing system and the scheme for its optimization at Yangquan No. 1 Mine Coal Washery

LIU Guoqing<sup>1</sup>, WANG Aisheng<sup>1</sup>, LIU Wenchang<sup>1</sup>, DONG Xianshu<sup>2</sup>, ZHANG Xiuwen<sup>2</sup>

(1. Yangquan Coal Industry (Group) Co. Ltd., Yangquan 045000, China;

2. Taiyuan University of Science & Technology, Taiyuan 030024, China)

**Abstract:** The saleable coal product of the washery is considerably high in sulfur content, and, particularly, the problem relating to ineffective treatment of raw small coal has long remained unsolved. To reverse this situation, the scheme for optimizing the existing washing process is proposed as follows: changing the jigging system to a gravity-fed 3-product heavy-medium cyclone system for enabling all raw coal to be washed; and adding raw small coal crushing link ahead of its washing process for controlling the upper size limit of the feed coal at around 6 mm. Though implementation of the scheme, it is expected to produce per year 1.50–2.00 Mt of clean small coal product with a sulfur content of less than 1.65%. The economic revenues thus yielded is anticipated to reach 100 million yuan.

**Key words:** sulfur; saleable coal; raw small coal; washing system; desulfurization efficiency; anticipated result

阳泉一矿选煤厂是隶属于阳泉煤业(集团)有限责任公司的矿井型选煤厂, 设计能力为 7.50 Mt/a, 实际生产能力在 8.00~8.50 Mt/a 之间。选煤工艺为 >13 mm 粒级块原煤由浅槽重介分选机分选、<13 mm 粒级末原煤由跳汰机分选或不洗选的联合工艺。目前, 主要入选 15# 原煤, 主要

产品有粒精煤、末精煤、中煤等, 其中, 粒精煤的粒度在 13~9 mm 之间, 灰分 ≤ 16%, 硫分 ≤ 2.00%, 水分 ≤ 9%, 作为高炉喷吹煤和化工用煤使用; 末精煤的粒度在 9~0 mm 之间, 灰分 ≤ 16%, 硫分 ≤ 2.00%, 水分 ≤ 9%, 也可作为化工用煤和高炉喷吹煤使用。

收稿日期: 2018-02-25 责任编辑: 吴迪 DOI: 10.16447/j.cnki.cpt.2018.04.023

作者简介: 刘国庆(1967—), 男, 山西平定人, 工程师, 从事选煤技术管理工作。E-mail: 893917430@qq.com, Tel: 0353-7071659。

引用格式: 刘国庆, 王艾生, 刘文昌, 等. 阳泉一矿选煤厂主选系统脱硫效果与优化方案研究 [J]. 选煤技术, 2018(4): 86-90.

LIU Guoqing, WANG Aisheng, LIU Wenchang, et al. Study of the effect of desulphurization of the primary washing system and the scheme for its optimization at Yangquan No. 1 Mine Coal Washery [J]. Coal Preparation Technology, 2018(4): 86-90.

随着环保压力的日益增大,市场对煤炭产品的质量要求越来越严格<sup>[1-2]</sup>。该选煤厂精煤产品硫分过高的问题尤为严重,目前,块煤产品的硫分普遍在1.60%以上,最高达到1.90%,筛末煤产品的硫分甚至达到2.40%。随着矿井开采深度的增加,原料煤煤质将会继续恶化,硫分过高的问题也会更加严重。为此,基于当前洗选系统分析,探索洗选系统优化方案,以提高原料煤脱硫效果<sup>[3-5]</sup>。

### 1 生产现状

#### 1.1 选煤工艺与生产方式

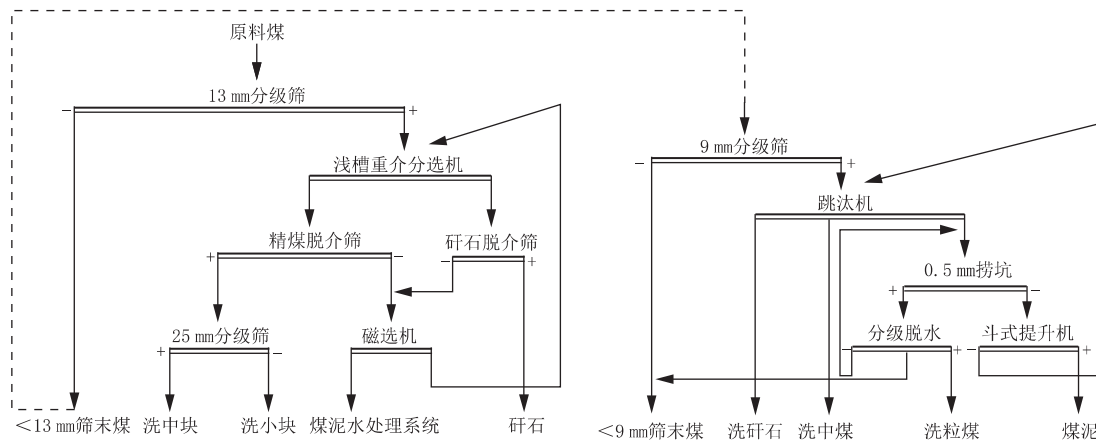


图1 洗选系统原则流程

Fig. 1 Basic flowsheet of the primary washing system

#### 1.2 产品硫分与销量的关系

随着原料煤煤质的逐渐恶化和市场对产品质量要求的不断提高,该选煤厂生产压力越来越大,产品硫分过高的问题始终存在,末煤产品的硫分问题尤为突出。

从2017年1—7月主要产品的销量变化趋势和硫分变化趋势(图2)可以看出:末煤产品(包括洗末煤、筛末煤)的销量远大于块煤产品(包括洗小块、洗中块)的销量,但末煤产品的销量波

阳泉一矿选煤厂的选煤工艺为浅槽重介分选机分选、跳汰机分选的联合工艺,其中,>13 mm 粒级块原煤采用浅槽重介分选机分选,主要产出洗中块和洗小块两种产品;<13 mm 粒级末原煤有两种处理方式,当原料煤煤质较好时,<13 mm 粒级末原煤可直接进入产品仓,作为筛末煤产品销售;当原煤煤质较差时,<13 mm 粒级末原煤经9 mm 分级后,13~9 mm 粒级末原煤采用跳汰机分选,产出洗末煤产品,<9 mm 粒级末原煤直接作为筛末煤产品销售。阳泉一矿选煤厂洗选系统原则流程如图1所示。

动较大,块煤产品的销量相对稳定,两种产品都表现出销量逐渐降低的趋势。末煤产品的硫分远高于块煤产品的硫分,块煤产品的硫分可以控制在1.90%以下,而末煤产品的硫分均大于2.30%,最高到达2.50%,且波动范围较大,在2.24%~2.50%之间波动。此外,两种块煤产品的硫分比较接近,从3月份开始,块煤产品的硫分基本处于稳定状态;当两种产品硫分差别较大时,洗中块的硫分一般高于洗小块的硫分。

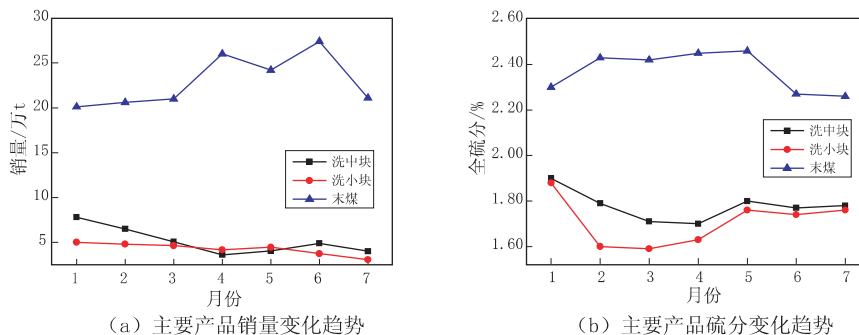


图2 2017年1—7月阳煤一矿选煤厂的生产与销售数据

Fig. 2 The production and sales data recorded during the period of January - July 2017

综合分析,在当前生产过程中,末煤量占入选原煤量的比例较大。根据2017年的原煤大样数据可知: < 13 mm 粒级末原煤在原煤中的占比接近60%,而末煤产品硫分普遍偏高,故末煤洗选工艺及其效果对产品质量影响很大。末煤产品的销量与硫分存在一定的负相关关系,且硫分高低对产品销量影响非常明显。另外,块煤产品销量持续下滑,这在一定程度上说明该选煤厂产品竞争力出现弱化的趋势。

## 2 生产过程中硫迁移特征

### 2.1 设备脱硫能力分析

#### 2.1.1 设备脱硫能力计算

目前,该选煤厂的主选设备为浅槽重介分选机和跳汰机,两者在洗选过程中可以对原料煤起到脱硫作用,但由于设备的结构组成和工作原理存在差异,两者的脱硫效果必然有所不同。为了考察两种主选设备的脱硫效果,采用脱硫效率  $\phi$  和脱硫贡献率  $\varphi$  两个指标对其进行评价<sup>[1-2]</sup>。其中,脱硫效率

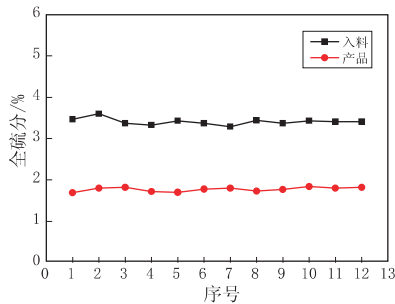
是指原料煤经洗选设备处理后,脱除的硫分占入料硫分的比例;脱硫贡献率是指在脱硫过程中,某种设备脱除的硫分占总脱除硫分的比例。

$$\phi = \frac{S_1 - S_2}{S_1}, \quad (1)$$

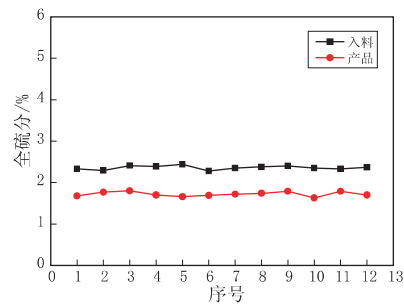
$$\varphi = \frac{S_1 g_1 - S_2 g_2}{S g - S_0 g_0}, \quad (2)$$

式中:  $S_1$  为入料硫分;  $S_2$  为出料硫分;  $g_1$  为入料质量;  $g_2$  为出料质量;  $S$  为原料煤硫分;  $g$  为原料煤质量;  $S_0$  为产品硫分;  $g_0$  为产品质量。

为了有效计算脱硫效率和脱硫贡献率,采用现场多组测定数据绘制变化趋势曲线的方法对其进行研究。在现场生产过程中,采取所要考察设备的入料和产品,每生产班采样三次,将三次所采样品化验后,以其平均值作为该生产班的生产数据。浅槽重介分选机和跳汰机分别取12个有效数据,其中浅槽重介分选机样品为以25 mm进行分级之前的产品,洗末煤为跳汰机洗中煤和洗末煤之和。将这些数据绘制成变化趋势曲线,如图3所示。



(a) 浅槽重介分选机对洗选产品硫分的影响规律



(b) 跳汰机对洗选产品硫分的影响规律

图3 主选设备对洗选产品硫分的影响规律

Fig. 3 The law governing the effect on product sulfur produced by using two different types of washing equipment

由图3可知:在原料煤煤质比较稳定的情况下,浅槽重介分选机和跳汰机的脱硫效果均比较稳定,说明两种设备的运行状态良好。

对图3数据进行整理与汇总,得到生产数据的平均值,结果见表1和表2。在此基础上利用式(1)、(2)计算出两种设备的脱硫效率和脱硫贡献率,结果见表3。

表1 主选设备生产数据

设备名称	处理能力/(t·h <sup>-1</sup> )	入料硫分/%
浅槽重介分选机	500×3	3.41
跳汰机	280	2.36

由表3可知:浅槽重介分选机和跳汰机均具备脱硫能力,但末煤产品硫分仍然偏高,这可能与跳汰机的脱硫能力偏低有关<sup>[6-9]</sup>。

表2 主要产品生产数据

产品组成	硫分	%
洗块煤	1.76	
末煤	1.81	
煤泥	2.33	

表3 主选设备脱硫能力

设备名称	脱硫效率	脱硫贡献率	%
浅槽重介分选机	48.39	84.27	
跳汰机	23.31	15.73	

#### 2.1.2 跳汰机脱硫效果分析

为此,以三产品重介质旋流器作为主选设备对原料煤进行洗选,并将其脱硫效果与跳汰机的脱硫效果进行对比。试样粒度 < 13 mm,共进行8组试

验,在试验基础上分别计算两者的脱硫效率,结果见表4。

表4 两种主选设备的脱硫效率

Table 4 Desulfurization efficiencies of two types of primary washing equipment %

试验序号	脱硫效率	
	跳汰机	三产品重介质旋流器
1	23.20	32.30
2	21.50	33.20
3	22.40	31.50
4	22.50	31.70
5	24.10	32.40
6	23.50	32.60
7	23.00	31.50
8	22.50	31.20

依据表4数据绘制的两种主选设备脱硫效率变化曲线如图4所示。由图4可知:在原料煤煤质相同的情况下,三产品重介质旋流器的脱硫效率始终高于跳汰机的脱硫效率,这主要得益于重介分选在密度控制方面的先天优势,可以实现分选密度的精确控制<sup>[10]</sup>。因此,在入料粒度相同的条件下,三产品重介质旋流器可以更好地将硫铁矿等组分脱除,从而获得更好的脱硫效果。

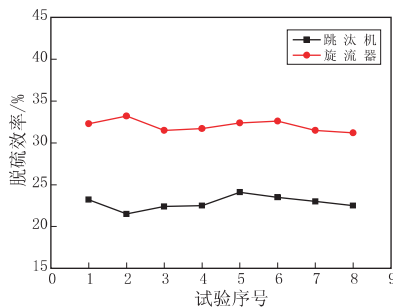


图4 两种设备的脱硫效率变化曲线

Fig. 4 Variation of desulfurization efficiencies of 2 types of primary washing equipment

## 2.2 原料煤中硫赋存状态

由于当前重介系统生产较为稳定,而未煤产品硫分偏高的问题最为突出,因此对<13 mm 粒级末原煤硫分进行分析。<13 mm 粒级末原煤的主要煤质指标见表5,末原煤浮沉产物的硫形态检测结果表6。

表5 <13 mm 粒级末原煤的主要煤质指标

Table 5 Property data of the <13 mm raw coal %

粒级/mm	产率	灰分	全硫分	发热量/(MJ·kg <sup>-1</sup> )
13~6	33.41	31.44	2.91	22.35
6~3	10.19	23.39	2.53	25.50
3~1.5	8.64	17.55	2.13	27.83
<1.5	47.76	15.64	2.09	28.56
合计	100.00	21.87	2.41	26.11

由表5可知:随着粒度的减小,硫分逐渐降低,灰分逐渐减小,而发热量逐渐增大。这说明原煤中的煤岩组分硬度小于矽石硬度,且含硫组分的硬度更小。当粒度>3 mm时,粒度的减小使硫分的降低更加明显,而粒度<3 mm后这种变化不再明显。生产实践表明:6 mm可在实现降低硫分的同时保持较高的破碎效率,说明含硫组分与煤岩组分的最佳解离粒度在6 mm左右。

表6 末原煤浮沉产物的硫形态检测结果

Table 6 Types of sulfur contained in different density fractions Determined through float-and-sink analysis

试样名称	水分	全硫分	硫铁矿硫	有机硫
13~6 mm 粒级末原煤的 >1.80 g/cm <sup>3</sup> 密度级	1.22	5.53	5.39	0.14
13~6 mm 粒级末原煤的 1.40~1.50 g/cm <sup>3</sup> 密度级	1.13	1.61	0.23	1.38

由表6可知:末原煤中的硫主要是硫铁矿硫和有机硫<sup>[11]</sup>,其中,高密度级中主要是硫铁矿硫,低密度级中主要是有机硫。这说明产品中残余的硫主要是有机硫,这部分硫采用当前洗选手段难以脱除。综合分析,洗小块产品的硫分一般低于洗中块产品的硫分,因此适当降低入料粒度有助于脱除其中的硫。

## 3 优化方案

为了降低产品硫分,提高商品煤质量,对当前洗选工艺提出优化方案,涉及从原煤准备系统、主选系统到煤泥水处理系统的多个主要环节。

### 3.1 原煤准备系统

停用现有末原煤筛分系统,对末原煤洗选工艺进行优化,实现末原煤全部洗选。为了提高煤岩组分与硫铁矿的解离程度,适当降低末原煤的入选粒度<sup>[5]</sup>。为此,考虑在末原煤准备环节增加一段闭路破碎系统,并将破碎粒度控制在6 mm。

### 3.2 主选系统

为了在末原煤全部洗选后取得较好的脱硫效果,考虑采用三产品重介质旋流器替换跳汰机对末原煤进行洗选。由于有压给料的入料压力较大,容易造成原煤泥化<sup>[12]</sup>,加之15#煤自身存在煤岩组分比矽石易碎的问题<sup>[6-7]</sup>,应该选用无压给料方式。三产品重介质旋流器的分选下限很低(在0.1 mm左右),但依然不能实现全粒级入选,因此应该对末原煤进行预先分级,将细粒煤筛出后再分别洗

选。但这种情况下需要增设脱泥环节,必然使煤泥水处理量大幅增加,导致煤泥处理系统改造强度增大。在未原煤全部入选时无法对部分煤泥进行有效分选,但却能省掉脱泥环节,仅需在三产品重介旋流器作业后统一对煤泥进行处理,工艺流程相对简单。

### 3.3 煤泥水处理系统

实现末煤全部入选后,目前仅有的斗子捞坑系统难以满足煤泥处理需求。为此,考虑增加煤泥离心机和压滤机对煤泥进行统一处理,以缓解煤泥水处理系统压力。

## 4 预期效果

在未原煤全部入选后,由于跳汰系统被取消,主选系统全部为重介系统,因此可以从主选系统全局考虑介质回收系统的布置和介质消耗的管控。从长远利益看,有利于降低重介系统介耗,有助于对洗水循环系统进行优化<sup>[13]</sup>。

在未原煤全部入选后,洗末煤产品的硫分可以控制在1.65%以下,每年的末精煤产品产量预计在1.50~2.00 Mt之间,由此产生的利润预计在1亿元左右。

## 5 结语

选煤厂生产工艺是一个复杂的有机整体,在原料煤煤质逐渐恶化的情况下,对洗选系统进行合理改造,对保持选煤工艺的适应性和推动企业健康、持续发展具有重要意义。阳煤一矿选煤厂以实际生产数据作为依据,对常规洗选工艺下如何进一步提高原料煤脱硫效果进行了探索,并提出相应的优化

方案,不但有利于选煤厂生产工艺的优化,而且可为煤炭高效、清洁利用技术的发展提供有益借鉴。

参考文献:

- [1] 郝吉明,王书肖,陆永琪. 燃煤二氧化硫污染控制技术手册 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2005.
  - [2] 张双全. 煤化学 [M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2006.
  - [3] 余晖. 重介旋流器选煤工艺在望峰岗选煤厂技术改造中的应用 [J]. 煤炭加工与综合利用, 2001 (3): 39-41.
  - [4] 于凤芹. 平煤一矿选煤厂技术改造实践 [J]. 选煤技术, 2015 (3): 56-58.
  - [5] 刘国庆. 阳泉一矿选煤厂主洗系统改造方案研究 [J]. 选煤技术, 2016 (6): 90-94.
  - [6] 李卫国. 选煤厂地面筛分系统改造 [J]. 煤炭加工与综合利用, 2018 (1).
  - [7] 刘建朝. 南桐选煤厂洗末煤处理工艺改造实践 [J]. 选煤技术, 2016 (1): 41-44, 47.
  - [8] 张友军. 开滦集团选煤工艺改造的探索与实践 [J]. 选煤技术, 2012 (2): 31-34.
  - [9] 要志军. 太原选煤厂重介系统工艺改造可行性分析 [J]. 中国煤炭, 2012, 38 (4): 77-79.
  - [10] 宋书宇, 赵磊. 小直径重介旋流器分选古交高硫粗煤泥的试验研究 [J]. 选煤技术, 2011 (5): 15-17.
  - [11] 曹新鑫, 柳菲, 高艳芳, 等. 煤中硫的赋存状态及成因 [J]. 安徽化工, 2008, 34 (2): 1-3.
  - [12] 郭鹏, 于腾飞. 贵屯选煤厂重介中煤破碎解离再选的可行性研究 [J]. 选煤技术, 2017 (1): 66-69.
  - [13] 毛永奎. 圆筒重介旋流器脱硫工艺技术通过鉴定 [J]. 煤炭加工与综合利用, 1991 (4): 36.
- 
- (上接第85页)
- [9] 陈忠杰, 高勤学. 粗煤泥回收技术的研究与探讨 [J]. 选煤技术, 2005 (4): 43-44.
  - [10] 张明旭. 煤泥水处理 [M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2005.
  - [11] 孙春宝, 董红娟, 张金山, 等. 煤矸石资源化利用途径及进展 [J]. 矿产综合利用, 2016 (6): 1-5.
  - [12] 郭建秋. 我国煤矸石综合利用现状及前景展望 [J]. 环境与发展, 2014 (3): 102-104.