

# 青龙寺煤矿选煤厂选煤工艺的确定

黄开林

(榆林神华能源有限责任公司 陕西 榆林 719315)

**摘要:** 以青龙寺煤矿  $5^{-2} \sim 3^{-1}$  煤为研究对象,通过筛分试验、浮沉试验对试验煤样可选性进行了研究。根据青龙寺煤矿原煤具有高发热量、低硫、中高-高挥发分、较高-高热稳定性、高抗碎强度、较难磨、化学反应性强等特性,确定了选煤厂主要产品结构。通过对是否进行粗煤泥分选和细煤泥干燥的讨论,得出粗煤泥不分选和细煤泥干燥的方案。最后结合选煤厂原煤分选粒级、选煤方法等,确定选煤厂采用 50~0 mm 原煤无压给料三产品重介旋流器分选 0.50~0.25 mm 粗精煤和粗中矸煤分别回收后掺入精煤和中煤; -0.25 mm 细粒煤加压过滤机及压滤机联合脱水,脱水后细煤泥可直接掺入中煤或矸石,也可部分或全部进入干燥系统干燥的联合回收工艺。

**关键词:** 选煤工艺; 重介; 脱泥; 干燥; 优化

中图分类号: TD94

文献标识码: A

文章编号: 1006-6772(2013)02-0011-04

## Selection of coal preparation process for Qinglongsi coal preparation plant

HUANG Kai-lin

(Yulin Shenhua Energy Co., Ltd., Yulin 719315, China)

**Abstract:** Taking  $5^{-2} \sim 3^{-1}$  coal of Qinglongsi coal mine as research objects, analyse their characteristics by screen analysis and float-and-sink analysis. The results show that the raw coal have the qualities of high calorific value, low sulfur, medium-high/high volatiles, higher/high thermal stability, great broken strength, wearability and chemical reactivity. Based on the qualities, confirm the products structure of coal preparation plant. Through the analysis, confirm that the coarse slime don't separate and fine slime need to dry. Combining size range of separation and preparation method, determine the specific production plan. Pressureless feeding three-product dense medium cyclone prepares 50 mm to 0 raw coal. Recover coarse clean coal and coarse middlings ranging from 0.50 mm to 0.25 mm respectively, then mix into clean coal and middlings. Dewater the fine pea coal below 0.25 mm with pressure filter, then mix directly into middlings or gangue, part or whole of dry fine pea coal also can be recovered into drying system.

**Key words:** coal preparation process; dense medium; deslime; dry; optimization

## 0 引言

青龙寺选煤厂生产能力为 5.0 Mt/a,其中入选矿井原煤 3.0 Mt/a,外来煤 2.0 Mt/a。依据矿井设计,矿井可采煤层有 4 层,分别是  $3^{-1}$ 、 $3^{-2}$ 、 $4^{-2}$ 、 $5^{-2}$  煤层。其中  $5^{-2}$ 、 $3^{-1}$  煤层为全区可采的主要可采煤层,  $3^{-2}$ 、 $4^{-2}$  煤层为局部可采煤层;  $5^{-2}$ 、 $3^{-1}$  煤层采用一次采全高的中厚煤层综合机械化采煤法,  $4^{-2}$ 、 $3^{-2}$  煤层采用薄煤层综采或刨煤机综采法。根据矿井排产计划,矿井前 12.2 a 开采  $5^{-2}$  煤, 12.2~20.9 a 开采  $3^{-1}$  煤。

各煤层原煤分析基水分 ( $M_{ad}$ ) 为 6.37%~

10.84%,综合平均值为 7.39%~9.07%,煤中水分偏高。浮煤水分综合平均值 7.86%~8.65%,部分样品较原煤水分相当或有所增高。煤的全水分 ( $M_t$ ) 为 10.14%~12.80%,平均值 11.47%,属中等高全水分煤。

各煤层灰分综合平均值为 5.84%~10.23%,属动力煤中的特低灰分煤,煤层中泥岩或炭质泥岩夹矸,遇水易崩解成片状、泥状,煤层开采时,易混入煤中,致使煤层外在灰分增加。各煤层  $Q_{net,ar}$  综合平均值为 26.27~27.09 MJ/kg,属高热值煤。

本区煤层稳定,结构简单,煤岩类型组合单一,属

收稿日期: 2012-12-19 责任编辑: 白娅娜

作者简介: 黄开林 (1958—),男,陕西宁陕人,高级工程师,管理硕士,榆林神华能源有限责任公司副总经理。

引用格式: 黄开林. 青龙寺煤矿选煤厂选煤工艺的确定 [J]. 洁净煤技术, 2013, 19(2): 11-14.

低煤化度的优质烟煤,黏结性差,热稳定性好,具有低灰、低硫、高发热量、中高-高挥发分、较高-高热稳定性、高抗碎强度、较难磨、化学反应性强等特点,是优质的动力和化工用煤。其主要用途包括发电煤粉、锅炉用煤、直接动力燃料、气化用煤和干馏用煤。

## 1 可选性

预测 $5^{-2}$ 煤灰分平均值为17.60%, $3^{-1}$ 煤灰分平均值为16.39%,主要可采煤层 $5^{-2}$ 、 $3^{-1}$ 煤的内在水分平均值分别为7.39%和9.07%;预计选煤厂毛煤外在水分可以控制在7.5%左右,本次设计最终预测 $5^{-2}$ 、 $3^{-1}$ 煤的原煤全水分分别为15.00%和16.50%。

### 1.1 筛分资料分析

1)  $5^{-2}$ 煤和 $3^{-1}$ 煤的原煤灰分分别为17.60%和

16.39%,均属低灰分煤。

2)  $5^{-2}$ 煤+50 mm大块煤中,可见矸含量为3.79%, $3^{-1}$ 煤+50 mm大块煤中,可见矸含量为3.42%,均属中含矸煤。

3) +0.5 mm各粒级原煤灰分随粒度的减小没有明显的变化,灰分分布较均匀;而-0.5 mm各粒级灰分随粒度的减小有升高的趋势,-0.045 mm的灰分为24.59%,高于原煤灰分,说明-0.5 mm中含有一定的高灰细泥。

4)  $5^{-2}$ 煤和 $3^{-1}$ 煤煤泥含量较低,仅为6.64%,灰分均高于对应的原煤灰分,说明矸石有碎化现象。

### 1.2 浮沉资料分析

$5^{-2}$ 煤50.0~0.5 mm浮沉分析见表1, $3^{-1}$ 煤50.0~0.5 mm浮沉分析见表2。

表1  $5^{-2}$ 煤50.0~0.5 mm浮沉实验结果

| 密度级/<br>( $\text{kg} \cdot \text{L}^{-1}$ ) | 占本级/<br>% | 占全样/<br>% | 灰分/<br>% | 累计     |       |        |       | 分选密度 $\delta \pm 0.1$                  |       |
|---------------------------------------------|-----------|-----------|----------|--------|-------|--------|-------|----------------------------------------|-------|
|                                             |           |           |          | 浮物     |       | 沉物     |       | 密度/( $\text{kg} \cdot \text{L}^{-1}$ ) | 产率/%  |
|                                             |           |           |          | 产率/%   | 灰分/%  | 产率/%   | 灰分/%  |                                        |       |
| -1.25                                       | 0.13      | 0.12      | 2.43     | 0.13   | 2.43  | 100.00 | 17.38 | 1.25                                   | 27.68 |
| 1.25~1.30                                   | 23.76     | 21.96     | 2.86     | 23.89  | 2.86  | 99.87  | 17.40 | 1.30                                   | 90.85 |
| 1.30~1.40                                   | 54.66     | 50.52     | 5.84     | 78.55  | 4.93  | 76.11  | 21.94 | 1.40                                   | 68.55 |
| 1.40~1.50                                   | 4.51      | 4.17      | 15.00    | 83.07  | 5.48  | 21.45  | 62.99 | 1.50                                   | 6.19  |
| 1.50~1.60                                   | 0.83      | 0.77      | 26.89    | 83.89  | 5.69  | 16.93  | 75.77 | 1.60                                   | 1.35  |
| 1.60~1.70                                   | 0.33      | 0.31      | 37.67    | 84.23  | 5.82  | 16.11  | 78.29 | 1.70                                   | 0.60  |
| 1.70~1.80                                   | 0.19      | 0.17      | 47.93    | 84.41  | 5.91  | 15.77  | 79.14 | 1.80                                   | 6.72  |
| 1.80~2.00                                   | 1.91      | 1.76      | 59.96    | 86.32  | 7.10  | 15.59  | 79.52 | 1.90                                   | 11.25 |
| +2.00                                       | 13.68     | 12.65     | 82.24    | 100.00 | 17.38 | 13.68  | 82.24 |                                        |       |
| 小计                                          | 100.00    | 92.42     | 17.38    |        |       |        |       |                                        |       |
| 煤泥                                          | 0.76      | 0.71      | 23.19    |        |       |        |       |                                        |       |
| 总计                                          | 100.00    | 93.13     | 17.43    |        |       |        |       |                                        |       |

注: $\delta \pm 0.1$ 含量的计算方法为:当 $\delta < 1.70 \text{ kg/L}$ 时,扣除沉矸(+2.0  $\text{kg/L}$ );当 $\delta \geq 1.70 \text{ kg/L}$ 时,扣除低密度物(-1.5  $\text{kg/L}$ )。

表2  $3^{-1}$ 煤50.0~0.5 mm浮沉实验结果

| 密度级/<br>( $\text{kg} \cdot \text{L}^{-1}$ ) | 占本级/<br>% | 占全样/<br>% | 灰分/<br>% | 累计     |       |        |       | 分选密度 $\delta \pm 0.1$                  |       |
|---------------------------------------------|-----------|-----------|----------|--------|-------|--------|-------|----------------------------------------|-------|
|                                             |           |           |          | 浮物     |       | 沉物     |       | 密度/( $\text{kg} \cdot \text{L}^{-1}$ ) | 产率/%  |
|                                             |           |           |          | 产率/%   | 灰分/%  | 产率/%   | 灰分/%  |                                        |       |
| -1.25                                       | 0.13      | 0.12      | 2.43     | 0.13   | 2.43  | 100.00 | 16.18 | 1.25                                   | 27.75 |
| 1.25~1.30                                   | 24.22     | 22.39     | 2.86     | 24.35  | 2.86  | 99.87  | 16.20 | 1.30                                   | 91.10 |
| 1.30~1.40                                   | 55.72     | 51.49     | 5.84     | 80.07  | 4.93  | 75.65  | 20.47 | 1.40                                   | 68.74 |
| 1.40~1.50                                   | 4.60      | 4.25      | 15.00    | 84.67  | 5.48  | 19.93  | 61.38 | 1.50                                   | 6.21  |
| 1.50~1.60                                   | 0.84      | 0.78      | 26.89    | 85.52  | 5.69  | 15.33  | 75.30 | 1.60                                   | 1.35  |
| 1.60~1.70                                   | 0.34      | 0.31      | 37.67    | 85.86  | 5.82  | 14.48  | 78.12 | 1.70                                   | 0.60  |
| 1.70~1.80                                   | 0.19      | 0.17      | 47.92    | 86.05  | 5.91  | 14.14  | 79.10 | 1.80                                   | 6.80  |
| 1.80~2.00                                   | 1.71      | 1.58      | 59.97    | 87.75  | 6.96  | 13.95  | 79.52 | 1.90                                   | 11.13 |
| +2.00                                       | 12.25     | 11.32     | 82.24    | 100.00 | 16.18 | 12.25  | 82.24 |                                        |       |
| 小计                                          | 100.00    | 92.42     | 16.18    |        |       |        |       |                                        |       |
| 煤泥                                          | 0.76      | 0.71      | 21.98    |        |       |        |       |                                        |       |
| 总计                                          | 100.00    | 93.13     | 16.23    |        |       |        |       |                                        |       |

注: $\delta \pm 0.1$ 含量的计算方法为:当 $\delta < 1.70 \text{ kg/L}$ 时,扣除沉矸(+2.0  $\text{kg/L}$ );当 $\delta \geq 1.70 \text{ kg/L}$ 时,扣除低密度物(-1.5  $\text{kg/L}$ )。

由表1可知:

1) -1.40  $\text{kg/L}$ 密度级为主导密度级,产率为

78.55%,灰分为4.93%;其次为+2.0  $\text{kg/L}$ 密度级,产率为13.68%,灰分为82.24%;-1.80  $\text{kg/L}$ 密度

级产率为 84.41% ,灰分为 5.91% ; +1.80 kg/L 密度级产率为 15.59% ,灰分为 79.52% 。

2) 浮沉煤泥灰分为 23.19% ,高于原煤灰分 ,说明矸石有泥化现象。

由表 2 可知 ,3<sup>-1</sup> 煤的浮沉资料也具有上述特点。

### 1.3 原煤可选性分析

分选密度  $d_p \leq 1.25$  kg/L 时 , $\delta \pm 0.1$  含量为 20.1%~30.0% ,属于较难选煤。

分选密度  $1.25 < d_p < 1.30$  kg/L 时 ,属于较难选~极难选煤。

分选密度  $1.30 \leq d_p \leq 1.40$  kg/L 时 ,属于极难选煤。

分选密度  $1.40 < d_p < 1.50$  kg/L 时 ,属于极难选~易选煤。

分选密度  $1.50 \leq d_p \leq 1.80$  kg/L 时 ,属于易选煤。

分选密度  $1.80 < d_p < 1.90$  kg/L 时 ,属于易选~中等可选煤。

## 2 产品结构

选煤厂入选原煤为高发热量、低硫、中高—高挥发分、较高—高热稳定性、高抗碎强度、较难磨、化学反应性强的长焰煤及不黏煤 ,原煤经洗选后精煤为优质动力煤。根据招标文件《榆林神华能源有限责任公司青龙寺选煤厂优化初步设计技术要求》,拟建选煤厂产品结构:

洗精煤: 粒度 50~0 mm , $Q_{\text{net,ar}} \geq 24.28$  MJ/kg ,作为优质动力用煤。

洗中煤(含煤泥): 粒度 50~0 mm , $Q_{\text{net,ar}} \geq 18.84$  MJ/kg ,作为动力用煤。

矸石: 灰分  $A_d > 75\%$  。

洗中煤和洗精煤可以通过产品仓下配煤 ,生产

$Q_{\text{net,ar}} \geq 20.93$  MJ/kg 的电煤。

## 3 分选工艺的确定

### 3.1 分选粒级

选煤厂入选上限为 50 mm ,入选下限为 0.25 mm。

### 3.2 选煤方法

根据《榆林神华能源有限责任公司青龙寺选煤厂优化初步设计技术要求》确定的选煤方法为 50~0 mm 原煤采用不脱泥无压给料三产品重介旋流器分选 ,细煤泥采用加压过滤机+压滤机联合回收。

### 3.3 粗煤泥是否分选

对于动力煤选煤厂 ,煤泥一般不进行分选 ,这样可以减少投资和生产成本 ,简化生产系统。

粗煤泥分选时: 粗精煤经过浓缩分级旋流器+弧形筛+煤泥离心机脱水后掺入重介精煤作为洗精煤产品。浓缩分级旋流器溢流、弧形筛下煤泥水和煤泥离心机离心液去浓缩机。粗中煤泥经过浓缩分级旋流器+弧形筛+中煤离心机脱水后掺入重介中煤作为洗中煤产品。浓缩分级旋流器溢流、弧形筛下煤泥水去浓缩机。

粗煤泥不分选时: 精中矸的稀介质合并一起磁选 ,然后螺旋分选。分流的一部分介质与精煤、中煤、矸石脱介筛稀介质及精、中煤离心机离心液合并后进入磁选机磁选 ,磁选精矿进入合格介质桶循环使用 ,磁选尾矿则进入粗煤泥回收系统。磁选尾矿经分级旋流器分级浓缩后可以进入螺旋分选机分选 ,也可不分选直接进入弧形筛脱水。螺旋分选机分选出的粗精煤和粗矸泥 ,分别进入粗精煤和粗矸泥回收系统。分级旋流器溢流则进入浓缩机。

根据产品方案 ,当 5<sup>-2</sup> 煤灰分为 17.60% 时 ,生产精煤作为优质动力煤( $Q_{\text{net,ar}} \geq 24.28$  MJ/kg) ,同时生产中煤作为普通动力煤( $Q_{\text{net,ar}} \geq 18.84$  MJ/kg) 。

粗煤泥分选与不分选的产品对比见表 3。

表 3 粗煤泥分选与不分选的产品对比

| 方案     | 产品  | 数质量    |          |          |                                                       | 当量产值/元 |        | 注                    |
|--------|-----|--------|----------|----------|-------------------------------------------------------|--------|--------|----------------------|
|        |     | R/%    | $A_d$ /% | $M_t$ /% | $Q_{\text{net,ar}}/( \text{MJ} \cdot \text{kg}^{-1})$ | 单产品    | 合计     |                      |
| 粗煤泥不分选 | 洗精煤 | 73.88  | 5.78     | 14.62    | 24.36                                                 | 438.85 | 490.53 | 粗精煤掺入精煤产品 ,粗中煤掺入中煤产品 |
|        | 洗中煤 | 13.15  | 22.13    | 17.60    | 18.91                                                 | 51.68  |        |                      |
| 粗煤泥分选  | 洗精煤 | 74.35  | 5.61     | 14.68    | 24.39                                                 | 441.64 | 490.53 | 螺旋精煤掺入精煤             |
|        | 洗中煤 | 13.14  | 22.76    | 19.00    | 18.38                                                 | 48.49  |        |                      |
|        | 洗精煤 | 69.321 | 5.352    | 14.0000  | 24.68                                                 | 411.76 | 485.35 | 螺旋精煤掺入中煤             |
|        | 洗中煤 | 18.168 | 19.009   | 19.146   | 19.36                                                 | 73.59  |        |                      |

注: 洗精煤发热量 24.28 MJ/kg ,价格为 594 元 ,中煤 18.84 MJ/kg 为 393 元 ,每差 0.42 MJ/kg ,吨煤价格差 12 元。

从表3可以看出粗煤泥分选与不分选时,都可以生产优质动力煤。而粗煤泥分选,螺旋精煤干燥后掺入精煤产品时,最终洗中煤的发热量为18.38 MJ/kg,不满足发热量大于18.84 MJ/kg作为普通动力煤的要求。只有将螺旋精煤掺入中煤产品,中煤的发热量才能满足发热量大于18.84 MJ/kg的要求,而此时精煤产品的最终产率比煤泥不分选时少4.56%。

从当量产值方面分析,粗煤泥不分选时的当量产值不小于煤泥分选时的当量产值。综合比较粗煤泥可以不分选。因此设计推荐粗煤泥不分选。

### 3.4 细煤泥是否干燥

由原煤的浮沉资料分析可知,5<sup>-2</sup>煤和3<sup>-1</sup>煤中间密度级含量少,1.5~1.8 kg/L密度级产率为

1.50%左右,采用三产品重介旋流器分选的中煤量较小,设计煤泥包含粗煤泥及细煤泥,粗中矸泥脱水回收后掺入中煤作为混煤产品,细煤泥直接掺入中煤,会造成产品水分过高,出现堵仓的现象;如果煤泥直接落地储存,量比较大又不利于销售;同时选煤厂所在的榆林地区冬季寒冷,煤泥在运输和仓储过程中易冻结,为生产带来不便。由于青龙寺选煤厂的煤泥要回掺入洗中煤作动力用煤,考虑最终中煤产品中细煤泥所占比例大,同时细煤泥水分又高,直接影响最终中煤产品的发热量。因此,对细煤泥进行干燥与否进行详细论证。

#### 1) 细煤泥干燥的论证

细煤泥干燥前后掺入中煤对比见表4。

表4 细煤泥干燥前后掺入中煤对比

| 煤层              | 原煤灰分<br>$A_d/\%$ | 煤泥干燥前洗中煤 |                                        | 煤泥干燥后洗中煤 |                                        | 发热量差值<br>$Q_{\text{net,ar}}/(MJ \cdot kg^{-1})$ |
|-----------------|------------------|----------|----------------------------------------|----------|----------------------------------------|-------------------------------------------------|
|                 |                  | $M_1/\%$ | $Q_{\text{net,ar}}/(MJ \cdot kg^{-1})$ | $M_1/\%$ | $Q_{\text{net,ar}}/(MJ \cdot kg^{-1})$ |                                                 |
| 5 <sup>-2</sup> | 17.60            | 23.66    | 17.35                                  | 17.60    | 18.91                                  | 1.56                                            |
| 3 <sup>-1</sup> | 16.39            | 25.55    | 17.14                                  | 19.11    | 18.82                                  | 1.68                                            |

煤泥干燥后,洗混煤的全水分均大幅度降低,发热量增加了1.55~1.68 MJ/kg左右,对神东地区电煤价格调查发现,干燥后洗混煤的价格增加了36~48元/t。虽然干燥系统投资有所增加,但干燥后不但经济效益增加幅度较大,同时方便了电煤的运输和仓储等。因此设计推荐对细煤泥进行干燥,同时也留有煤泥不干燥直接掺入中煤或矸石的通道。

#### 2) 煤泥干燥工艺的选择

目前国内干燥工艺及设备很多,煤炭行业的煤泥干燥领域主要有:煤泥滚筒干燥工艺、隧道式干燥工艺(包括翻板干燥机和网带干燥机)和气流干燥工艺三大类,其它不常见的有塔式干燥、螺旋干燥和沸腾床干燥等工艺。

滚筒干燥机的特点是:生产能力大,能连续生产,结构简单,操作方便,故障率低,适用范围广,操作弹性大。滚筒干燥机干燥煤泥须有专门的给料设施,因其与干燥浮选精煤及末煤不同。目前,使用滚筒干燥机的干燥工艺非常适用于煤炭行业,因为煤炭(煤泥、末煤、洗精煤)干燥对干燥后的质量要求不严,只对脱水程度有要求,可以使用烟道气。

在干燥煤泥的工艺上,隧道式干燥工艺、气流干燥工艺以及其它干燥工艺(螺旋干燥、塔式干燥、沸腾床干燥等)在煤泥干燥的工业实践中都不是很

理想,所以一般不予采用。

本工艺干燥的湿物料是洗选后的细煤泥,入料水分为30%,干燥后煤泥的综合水分为19%,根据现场的实际情况和煤泥干燥的工业化成熟程度,本着低投入高产出的原则,设计推荐采用滚筒干燥设备及工艺。

综上所述,本次设计推荐的选煤方法为50~0 mm原煤采用无压给料三产品重介旋流器分选,0.50~0.25 mm粗精煤和粗中矸煤分别回收后掺入精煤和中煤;-0.25 mm细粒煤采用加压过滤机及压滤机联合脱水,脱水后细煤泥可直接掺入中煤或矸石,也可部分或全部进入干燥系统干燥的联合回收工艺。

## 4 结 论

1) 优化设计系统可实现原煤全部入选,全部或部分不入选的功能,煤泥可以在主厂房内掺入中煤或矸石,可以直接落地,还可以干燥后回掺中煤,系统更加灵活。

2) 粗煤泥不分选既可满足产品方案,提高精煤产率,又可以有效增加当量产值。

3) 细煤泥干燥后可以使洗混煤的全水分大幅降低,发热量增加,进而增加了经济效益,同时为电煤的运输和仓储等环节提供了便利。