

中国主要干法选煤机的研究与应用

任尚锦, 孙鹤, 任彦东, 吴树权

(唐山开远选煤科技有限公司, 河北唐山 063000)

摘要: 综述了国内外干法选煤设备的发展状况, 并对国内现有的 3 种主要干法选煤设备——CFX 型差动式干选机、FX 型俄式干选机和 FGX 型复合式干选机的主机结构、工作原理等进行了分析。阐述了激振器的冲程冲次、振动力方向与给料方向的关系、床面及床面隔条高度等对干法选煤设备分选效果的影响, 说明 CFX 型差动式干选机具有动力消耗小、处理能力大、对入料外水适应性强及设备投资少等优点, 并对干法选煤机整体性能与结构、配套设备选型之间的关系提出了全面认识。最后对 3 种干法选煤设备的应用效果进行了分析, 说明 CFX-12 型差动式干选机在同类产品中分选效果最好, E_p 值最小为 0.17, 不完善度 I 为 0.085, 处理能力最大为 100 ~ 150 t/h, 动力消耗最小为 11 kW。

关键词: 干法选煤机; 主机结构; 激振器; 分选效果; 灰分

中图分类号: TD455+.4

文献标识码: A

文章编号: 1006-6772(2012)05-0001-05

Research and application of main dry coal preparation machines in China

REN Shang-jin, SUN He, REN Yan-dong, WU Shu-quan

(Tangshan Kaiyuan Coal Preparation Science and Technology Co., Ltd., Tangshan 063000, China)

Abstract: Summarize the development of dry coal preparation machines at home and abroad. Analyse the main engine, working principle of CFX differential separator, FX Russian separator, FGX combined separator, which are widely used in China. Introduce the influence of stroke frequency of vibrator, relationship between vibration direction and feeding direction, bed surface height of parting strip on separation effect. The results show that, with the least investment, the CFX differential separator consumes the least energy, has the largest processing capacity and strongest adaptability to moisture of feed coal. Investigate the connection between performance of separator and structure, matching equipments selection. The analysis of these three separators show that the CFX-12 differential separator performs best, the minimum E_p value is 0.17, the imperfection is 0.085, the maximum processing capacity is between 100 t/h and 150 t/h, the minimum energy consumption is 11 kW.

Key words: dry coal preparation machine; main engine structure; vibrator; separation effect; ash content

市场对动力煤质量、用量的要求越来越高, 国际市场对煤质的要求为: 灰分、水分均小于 8%, 硫分小于 0.8%。中国动力煤选煤厂数量多, 但原煤入选比例不到年产量的 50%, 且动力煤选后精煤灰分为 12.10%, 水分为 9.31%, 硫分为 0.69%。要满足国际市场的需求, 还需加速动力煤分选行业的发展。风力干法选煤具有工艺简单、吨煤加工成本低、投资少、节约水资源、保护生态环境等优点,

在高寒、干旱地区, 干法选煤在分选褐煤等易泥化煤、动力煤排矸、煤系硫铁矿回收等方面具有独特优势^[1-2]。

1 干法选煤设备的发展

美国于 1916 年最先使用风力摇床分选烟煤, 20 世纪 70 年代末在美国西部应用极为普遍。前苏联 20 世纪 30 ~ 50 年代也曾广泛使用风力干法选煤

收稿日期: 2012-03-14 责任编辑: 白娅娜

作者简介: 任尚锦(1952—), 男, 河北张家口人, 唐山开远选煤科技有限公司总经理, 高级工程师, 致力于干法选煤工艺及设备的研究。

引用格式: 任尚锦, 孙鹤, 任彦东, 等. 中国主要干法选煤机的研究与应用[J]. 洁净煤技术, 2012, 18(5): 1-5.

设备后因原煤水分增加,部分煤种不适合干法分选使其入选量减少。国外应用的干法选煤设备有风力摇床、风力跳汰机等^[3]。

国内研制的干法选煤设备主要有4种。中国矿业大学最早开始干法选煤设备的研制工作,并于1994年在七台河矿完成了空气重介流化床分选机的工业性试验,但设备对入料外水要求严格,且介质损失比较严重^[1-2];煤炭科学研究总院唐山分院于1989年研制出FGX型复合式干选机,1992年又在引进俄罗斯CII-12型风力摇床的基础上,改进生产了FX型俄式干选机;唐山开远选煤科技有限公司自2003年起开始了CFX型差动式干选机的研制;后3种设备在国内得到了广泛应用。

2 3种主要干选机的结构和工作原理

2.1 FGX型复合式干选机

FGX型复合式干选机的分选床面为梯形结构,以背板处安装的2个振动电机为激振源,带动分选床振动。FGX型复合式干选机结构如图1所示^[4]。

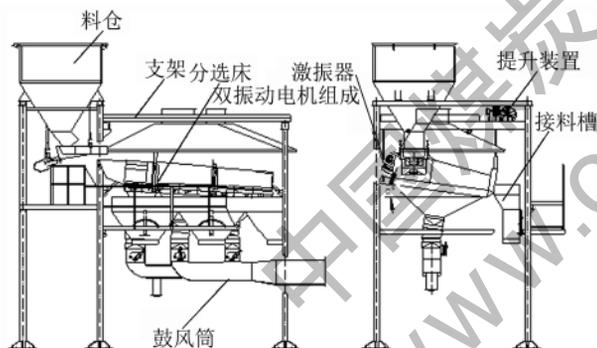


图1 FGX型复合式干选机结构

分选床悬挂在机架上,上部集尘罩通过管道与除尘器连接,下部由鼓风机通过风筒将风送入分选床底部的空气室。给料机将物料送入分选床,分选床由带孔的床面、背板、隔条和隔板组成,鼓风机与分选床底部空气室密封连接,安装于分选床背板上的振动电机带动分选床振动。分选床面上装有40 mm高的隔条,由于床面与水平面呈一定角度,振动床面使物料向背板方向旋转,做螺旋式运动。梯形床面随宽度减缩,其上物料按密度由小到大逐渐从边沿排出,密度小的为精煤产品,密度大的为矸石^[4-6]。

FGX型复合式干选机于1993年通过鉴定,由于不用水,投资少,广受用户欢迎。但在使用过程中发现,由于给料方向与振动方向垂直,精煤质量

不高,分选精度受到限制,同时由于振动电机的振动频率过高,当入料外水达到7%时,原煤分选效果较差,适用范围受到限制。

2.2 FX型俄式干选机

FX型俄式干选机分选原理如图2所示^[7]。

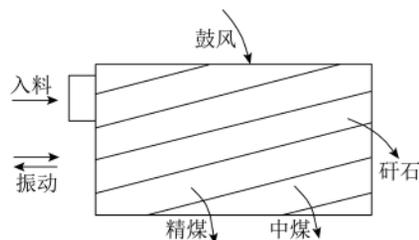


图2 FX型俄式干选机分选原理

FX型俄式干选机矩形床面上镶有较高的隔板,隔板与床面形成凹槽,床面纵向排料端高于入料端,横向排料端较低,原煤从入料端进入凹槽。床面下部的激振器带动床面纵向振动,床面物料在振动力和底部上升气流的作用下逐渐分层,并使细粒物料与空气形成介质,低密度煤在介质层中逐渐浮向表层。由于床面有较大的横向坡度,表面煤在重力作用下,经过平行凹槽多次分选,逐渐移至侧面排料边排出,沉入槽底的矸石从床面末端排出。FX型俄式干选机采用座落式结构,其激振器位于分选床下部的支承座上,由于分选床与支承座是四连杆结构,因此其振动是前后对称的。FX型俄式干选机座落式结构如图3所示^[8]。

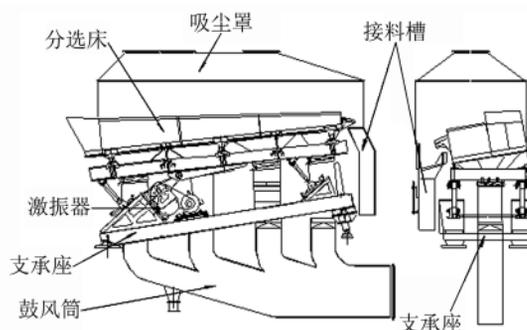


图3 FX型俄式干选机座落式结构

FX型俄式干选机处理能力高,冲程大,对入料外水的适应范围扩大至9%。由于矩形床面上镶有较高的隔板,且床层较厚,物料能充分分层,分选效果明显好于FGX型复合式干选机,在中国推广应用多年。只是座落式结构对设备基础要求较高,增大了基建投资。

2.3 CFX型差动式干选机

CFX型差动式干选机吸收了FX型俄式干选机

分选床面隔条高、床层厚的优点,去掉了笨重底座,将差动式激振器与床面连接在一起形成分选床,共同悬挂于钢结构支架上,减小了基础,节省了基建投资。而激振器改用同步带传动的差动式激振器,优点在于其能带动床面做前进慢、后退快、不对称的差动振动,使床面上的物料在惯性作用下快速向前运动,处理能力提高了10%~30%,对入料外水的适应范围扩大至10%,分选效果 E_p 值达到0.17,动力消耗较其它干选机降低了50%~63%。CFX系列差动式干选机于2008年通过中国煤炭工业协会鉴定,目前已系列化生产并推广应用几百套。CFX型差动式干选机结构如图4所示^[9]。

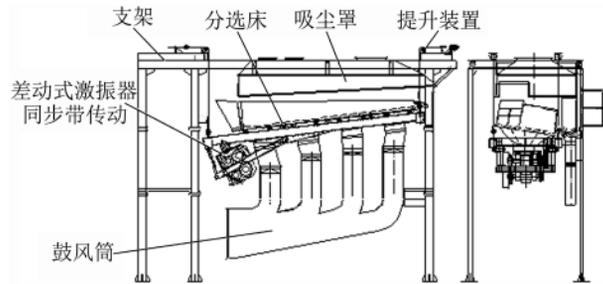


图4 CFX型差动式干选机结构

3 3种干法选煤机主机结构的区别

(1) 激振器

3种干选机传动结构示意图如图5所示^[7]。

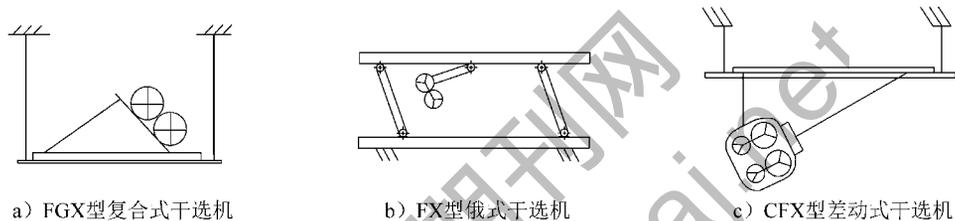


图5 3种干选机传动结构示意图

FGX型复合式干选机激振器传动机构采用振动电机做激振器,为线性往复振动,缺点是冲程小,冲程、冲次均不可调,在物料外水较大的情况下,物料分层不好,对分选效果影响较大。

FX型俄式干选机激振器传动机构是由2组偏振块分别安装在2根轴上,并通过四连杆结构传动,四连杆传动属于线性惯性运动式机构,产生大小相等、方向相反的振动力。由于冲程较大,床面上的物料能够较好地分层,设备分选效果较好。

CFX型差动式干选机激振器传动机构采用了先进的同步带传动差动式激振器,其4组偏振块分别安装在4根轴上,由1条同步带带动4个轮按转速比为2反向转动,后退时的合力大于前进时的合力,形成差动振动。这种振动方式使床面上的物料凭借惯性向前运动,大大提高了物料的搬运速度,提高了设备的生产能力。由于激振器与床面有一定的角度,使得床面上的物料在前进的同时向上抛起,煤与矸石能够充分分层,分选效果良好。

(2) 床面

CFX型差动式干选机与FX型俄式干选机均采用矩形床面,床面较长,床面上镶有160mm高的隔条,目的是增加分选过程,使煤与矸石能够在床面上充分分层,提高分选效果。FGX型复合式干选机

采用梯形床面,床面较短,床面上所镶隔条只有40mm高,因此其分选过程短,分选效果差。

(3) 入料方向与振动方向

CFX型差动式干选机与FX型俄式干选机的入料方向、振动方向均一致,分选过程长,煤与矸石能够在床面上充分分层,分选效果好。FGX型复合式干选机的入料方向与振动方向垂直,物料分选机会明显不足,分选效果也有所下降。

(4) 支撑形式

CFX型差动式干选机和FGX型复合式干选机均采用悬挂分选床的结构,其优点在于可减小整个设备的振动,基础较小,节省了基建投资,设备易搬迁,维修方便。FX型俄式干选机是座式支撑,振动大,需要较大的基础,建设周期较长。

(5) 冲程、冲次的调节

CFX型差动式干选机与FX型俄式干选机都具有冲程、冲次可调节的能力,用户可根据不同煤质情况自行调节。FGX型复合式干选机的冲程、冲次均受到振动电机固有冲程和频率的限制,不能向上调节。

3种干选机结构特征对比见表1。

4 应用效果

3种干选机主要设备参数及分选指标见表2。

表1 3种干选机结构特征对比

| 干选机 | 激振器 | | | 床面 | | | 入料方向与振动方向 | 分选过程 | 分选床所在空间方式 |
|-----|--|------------------------|------|-----|---------|------|-----------|--------------------|-------------------------------|
| | 源 | 运动规律 | 冲程冲次 | 形状 | 隔条高度/mm | 床层厚度 | | | |
| FGX | 2个振动电机 | 前后对称 直线运动 直线振动 | 不可调 | 梯形 | 40 | 薄 | 垂直 | 分选过程短,物料分层不充分 | 悬挂分选床面,整机振动小,基础小,可做双层,但高度较高 |
| FX | 四连杆结构激振器,2根轴带有2个大小不同的偏心块,通过力的叠加产生振动 | 直线运动 椭圆振动 前后对称运动 | 可调 | 长方形 | 40~160 | 厚 | 一致 | 分选过程长,物料充分分层,分选效果好 | 分选床座式支撑,整机振动大,需要较大的水泥基础,只能做单层 |
| CFX | 同步带传动差动式激振器,2组偏心块通过同步带和传动比为2的齿轮传动,使其形成后退合力大于前进合力的差动式振动 | 前后不对称运动 | 可调 | 长方形 | 40~160 | 厚 | 一致 | 分选过程长,物料充分分层,分选效果好 | 悬挂分选床面,整机振动小,基础小,可做双层 |

表2 3种干选机主要设备参数及分选指标

| 技术指标 | FGX-12 | FX-12 | CFX-12 |
|---------------------------|----------|-------------|-------------|
| 分选面积/m ² | 12 | 12 | 12 |
| 入料粒度/mm | <70 | <80 | <80 |
| 入料外水/% | <7 | <9 | ≤10 |
| 处理能力/(t·h ⁻¹) | 70~90 | 90~120 | 100~150 |
| 冲程/mm | <8(不可调) | <20(可调) | <21(可调) |
| 冲次/(次·min ⁻¹) | 960(不可调) | 280~400(可调) | 280~400(可调) |
| 主机功率/kW | 22 | 30 | 11 |
| 数量效率η/% | 93.10 | >90.00 | 94.40 |
| 可能偏差E _p | 0.23 | 0.25 | 0.17 |
| 不完善度I | 0.120 | — | 0.085 |

由表2可知,CFX型差动式干选机入选粒度<80mm,外水≤10%,适应性最强;CFX型差动式干选机主机功率最低为11kW,分别比FX,FGX型干选机低19,11kW;CFX型差动式干选机处理能力最高为100~150t/h,分别比FX,FGX型干选机高10~30,30~60t/h;CFX型差动式干选机E_p值最小为0.17,分选效果最好,分别比FX,FGX型干选机低0.08,0.06。

4.1 FGX-6型复合式干选机

FGX-6型干选机在山东淄博矿务局某选煤厂的分选效果见表3。入选原煤灰分25.16%,硫分2.67%。

表3 FGX-6型复合式干选机分选效果

| 产品 | 产率/% | 灰分/% | 硫分/% |
|----|-------|-------|------|
| 精煤 | 80.10 | 19.35 | 1.79 |
| 中煤 | 12.76 | 35.26 | 4.37 |
| 矸石 | 7.14 | 72.34 | 9.50 |

由表3可知,原煤经FGX-6型干选机分选后,精煤灰分为19.35%,硫分为1.79%,分别降低了23.09%和32.96%。

4.2 FX-12型俄式干选机

开滦集团蔚州矿业公司原煤可选性曲线如图6所示^[10]。由图6可知,原煤属中等可选煤,数量效率η=92.17%。

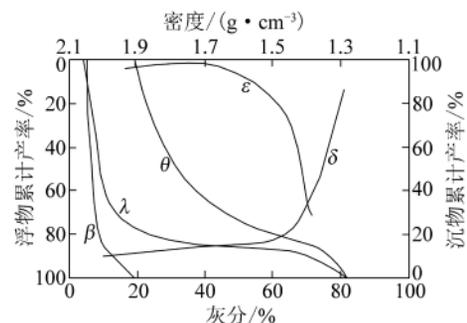


图6 蔚州矿业公司原煤可选性曲线

FX-12型俄式干选机在开滦集团蔚州矿业公

司的分选效果见表4。

表4 FX-12型俄式干选机分选效果

| 样品 | $A_d / \%$ | $S_{1-d} / \%$ | $Q_{net,ar} / (MJ \cdot kg^{-1})$ | $\gamma / \%$ |
|--------------|------------|----------------|-----------------------------------|---------------|
| 200109034 原煤 | 21.32 | 1.20 | 17.99 | 100.00 |
| 200109035 精煤 | 17.41 | 0.94 | 18.99 | 93.99 |
| 200109036 矸石 | 82.45 | 2.87 | 2.35 | 6.01 |
| 200109050 原煤 | 19.28 | 0.86 | 18.27 | 100.00 |
| 200109051 精煤 | 11.44 | 0.63 | 20.11 | 80.72 |
| 200109052 矸石 | 52.10 | 3.16 | 10.57 | 19.28 |

由表4可知,当排纯矸时,矸石灰分为82.45%,产率为6.01%,此时精煤灰分17.41%,产率为93.99%,灰分降低了18.34%;当产出低灰精煤时,精煤灰分为11.44%,产率为80.72%,矸石灰分为52.10%,产率为19.28%。

4.3 CFX-12型差动式干选机

选用山西朔州洪鑫煤业有限公司75~6mm原煤为研究对象,分析了CFX-12型差动式干选机在山西朔州洪鑫煤业有限公司的应用情况。入选原煤灰分为35.90%,选后精煤灰分为27.08%,精煤产率为80.24%。入选原煤和产品浮沉组成见表5。75~6mm分配曲线如图7所示^[10]。

表5 朔州洪鑫煤业有限公司75~6mm原煤和产品浮沉组成

| 密度 / (g · cm ⁻³) | 原煤产率 / % | 精煤产率 / % | 矸石产率 / % |
|------------------------------|----------|----------|----------|
| -1.30 | 2.65 | 3.49 | 0.11 |
| 1.30~1.40 | 26.26 | 30.12 | 2.27 |
| 1.40~1.50 | 18.02 | 23.04 | 2.81 |
| 1.50~1.60 | 10.72 | 13.15 | 3.40 |
| 1.60~1.80 | 12.85 | 15.07 | 6.19 |
| 1.80~2.00 | 8.02 | 8.20 | 7.60 |
| 2.00~2.20 | 6.10 | 2.52 | 20.01 |
| 2.20~2.40 | 6.99 | 2.46 | 28.03 |
| +2.40 | 8.39 | 1.95 | 29.58 |
| 合计 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |

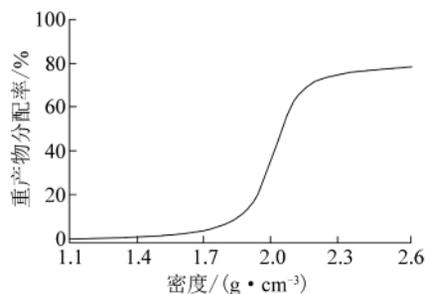


图7 75~6mm分配曲线

由表5和图7可得山西朔州洪鑫煤业有限公司CFX-12型差动式干选机分选效果,具体见表6。

表6 CFX-12型差动式干选机分选效果

| 分选密度 / (g · cm ⁻³) | 可能偏差 E_p | 不完善度 I |
|--------------------------------|------------|----------|
| 2.012 | 0.170 | 0.085 |

5 结 语

通过对3种主要干选设备的分析可知,CFX型差动式和FX型俄式干选机对外水的适应范围较大,分别达到10%和9%;两者均采用变频器控制,方便调整,分选效果较好,精煤中矸石含量少;两者处理能力都较大,且CFX的单台处理能力要大于FX。CFX型差动式和FGX型复合式干选机均采用悬挂方式,角度调整灵活,基础小,能有效减少基建开支;CFX型差动式干选机节能效果最好。综上所述,用户在实际应用中要根据煤质情况、处理能力等进行设备选型。

参考文献:

- [1] 王祖瑞. 风力选煤在我国的应用前景[J]. 选煤技术, 1996(2): 7-11.
- [2] 韩喜令, 段洪超. 风力干式选煤技术在北宿煤矿的应用[J]. 辽宁工程技术大学学报(自然科学版), 2002, 21(2): 230-232.
- [3] 任尚锦, 徐永生, 卢连永, 等. FX型和FGX型干法分选机在我国的应用[J]. 选煤技术, 2001(5): 4-6.
- [4] 任尚锦. 关于FGX-1型复合式干法分选机的最佳入选粒度[J]. 煤质技术, 1996(6): 26-29.
- [5] 卫中宽. 空气重介流化床干法选煤技术的研究[J]. 洁净煤技术, 2010, 16(2): 22-25.
- [6] 郭布鲁. 复合式干法选煤技术在青龙煤矿的应用[J]. 洁净煤技术, 2010, 16(2): 20-21.
- [7] 孙鹤. 风力干选机改进方法的探讨[J]. 煤炭加工与综合利用, 2003(6): 18-20.
- [8] 孙鹤. FX-12型风力干选机改进效果显著[J]. 煤矿机械, 2004(4): 119-120.
- [9] 任尚锦, 任彦东, 胡永亮. 差动式干法选煤机的应用[J]. 煤炭加工与综合利用, 2008(4): 14-16.
- [10] 徐全恒, 任尚锦, 么大锁. CFX-24×2差动式双层风力干选机的设计与应用[J]. 煤炭加工与综合利用, 2010(2): 1-4.