

高效细粒分级的重要性及其设备

彭彪, 湛含辉

(湖南工业大学 包装与材料工程学院, 湖南 株洲 412007)

摘要: 介绍了传统细粒分级设备并对其性能进行了比较。基于传统细粒分级设备在分级效率和处理能力等方面存在的问题, 介绍了一种新型细粒分级设备——高效二次流分级筛。该设备分级效率高, 最大程度防止了溢流跑粗和底流夹细(具有脱泥、降灰效果); 该设备无须弧形筛作辅助分级脱水、脱泥设备, 高浓度、低夹细量的底流可直接进入离心机高效脱水, 为简化和优化脱水工艺创造了条件。经济效益分析表明, 每年可为100万t选煤厂创造效益千万元以上。

关键词: 细粒分级; 分级效率; 溢流跑粗; 底流夹细; 二次流分级筛

中图分类号: TD94

文献标志码: A

文章编号: 1673-9833(2011)02-0031-04

The Importance of High Efficient Fine Classification and Its Equipment

Peng Biao, Zhan Hanhui

(College of Packaging and Material Engineering, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China)

Abstract: Introduces the traditional fine classification equipments and compares the properties. Based on the problems of classification efficiency and processing capacity of the traditional fine classification equipment, introduces a new fine classification equipment—high efficient secondary flow classification screen. The equipment has the advantages of high efficient classification and prevents overflow from coarse particle and underflow from fine particle (with desliming and ash reduction effect) to a great extent, and without arc screen for auxiliary dewater and desliming, the underflow of high concentration and low fine content directly flows into the centrifugal machine for efficient dehydration, which creates conditions for simplifying and optimizing the dehydration process. The economic analysis shows that high efficient fine classification can create efficiency of ten million yuan or more for mining factory of the capacity of one million ton.

Keywords: fine classification; classification efficiency; overflow; underflow; secondary flow classification screen

目前, 我国的选煤工艺流程基本上有两段(介于0.5~1~3 mm块粒用重介或跳汰分选, 小于0.5 mm用浮选)、两段半(大于1~3 mm块粒用重介或跳汰分选, 粗煤泥回收, 小于0.5 mm用浮选)、三段(大于1~3 mm块粒用重介或跳汰分选, 介于0.5~1.0 mm左右的粗煤泥用TBS等分选, 小于0.5 mm用浮选)3种类型。而根据煤层条件差、断层多、顶底板比较

容易破碎以及原煤性质差异大等特点, 国内大多数大型选煤企业采用三段选煤模式^[1-2], 选煤工艺流程见图1。

由图1可看出, 无论是哪种选煤模式都与细粒分级有关。由此可见细粒分级在选煤工艺中的重要性, 而细粒分级的作用主要是: 1) 严格控制粗粒煤进入浮选, 确保浮选尾矿不跑粗; 2) 保证底流不夹

收稿日期: 2011-01-05

作者简介: 彭彪(1982-), 男, 湖南汨罗人, 湖南工业大学硕士生, 主要研究方向为水处理材料与技术,

E-mail: pengbiao30@163.com

细,其一以确保重介(跳汰或TBS)分选效果,其二确保离心脱水后的粗精煤不受污染和高效脱水。因此,高效的细粒分级设备在选煤工艺中具有非常重要的作用。目前主要的细粒分级设备包括:沉淀池、水力旋流器、旋流筛等^[3-8]。

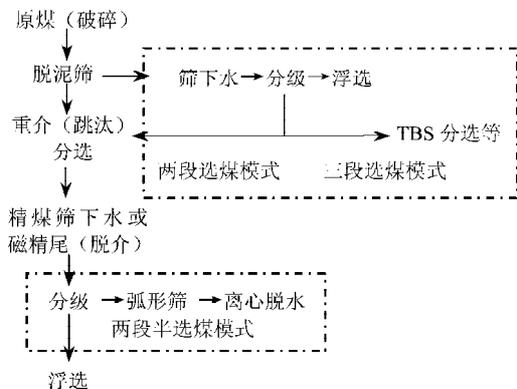


图1 选煤工艺基本流程

Fig. 1 The basic process of coal cleaning

1 分级效率计算公式

影响分级效率的因素很多,以筛分分级为例,主要包括以下几个方面:物料性质(物料的浓度、形状、比重以及表面粗糙度等因素)、筛面的结构参数(开孔率直接影响分级效率)、筛子的运动学参数、筛子的筛分过程。衡量分级设备性能的主要参数是分级效率、处理量、能耗及耐磨性等。

分级效率计算公式为^[9]

$$\eta = 100(\alpha - \theta)(\beta - \alpha) / \alpha(\beta - \theta)(100 - \alpha),$$

式中: α 为入料中小于规定粒度的细粒含量, %;

θ 为筛上物中小于规定粒度的细粒含量, %;

β 为筛下物中小于规定粒度的细粒含量, %。

2 细粒分级设备

目前主要的细粒分级设备包括沉淀池、水力旋流器、旋流筛等。辅助分级设备包括弧形筛、分级(高频)振动筛等。

2.1 水力分级

水力分级是利用固体颗粒在流体介质中沉降速度的不同而进行粒度分离的过程。用于细粒分级的沉淀池包括斜板沉淀池和角锥池等。其中常用的圆锥型斜板沉淀池的工作原理是:通过布料器将沉淀池中心的矿浆(煤泥水)均匀分布,同时改变矿浆的流动方向,使其上升进入斜板沉淀区。矿浆中小于分级粒度的固体颗粒,其沉淀速度小于水流通过斜板沉淀区的速度,即随溢流流出;大于分级粒度

的固体颗粒,其沉淀速度大于水流通过斜板沉淀区的速度,将沉淀在斜板上,然后靠自重滑落至沉淀池下部,经进一步浓缩通过底流口排出。圆锥型斜板沉淀池结构简单,但同时存在分级效率低、耐荷载波动性差的缺点。

2.2 水力旋流器

水力旋流器用砂泵(或高差)以一定压力(一般为 $0.5 \sim 2.5 \text{ kg/cm}^2$)和流速(约 $5 \sim 12 \text{ m/s}$)将矿浆沿切线方向旋入圆筒后,矿浆便以一定的速度沿筒壁旋转而产生离心力。矿浆向周围扩展运动的结果使中心轴周围形成了一个低压带,此时通过沉砂口吸入空气会在中心轴处形成一个低压空气柱。矿浆存在一个方向转变的零速点,连接各点在空间构成一近似锥形的零速包络面。细小颗粒离心沉降速度小,被向心的液流推动进入零速包络面由溢流管排出成为溢流产物;而较粗颗粒则借较大离心力作用最后由沉砂口排出。水力旋流器具有结构简单、体积小而处理量大的优点,但同时存在分级效率低、能耗大的缺点。

2.3 旋流筛

目前国内外生产的旋流筛从结构及工作原理上看主要有两类:固定式旋流筛和电磁振动旋流筛,后者比前者除了能防止筛缝堵塞外,还有良好的脱灰效果。旋流筛的工作原理:工作时将固液混合物料用定压箱或泵导入旋流筛的喷嘴,物料经喷嘴沿切线方向进入导向筛,在离心力、摩擦力及物料重力的共同作用下,物料由直线运动转变为沿筛壁呈螺旋下降的旋流运动。但是旋流筛存在筛网磨损较大、能耗较大的缺点。

2.4 其它

弧形筛、分级(高频)振动筛是一种脱水脱泥(辅助分级)设备。弧形筛工作原理:通过给料箱进入的矿浆沿着弧形筛面切线给入,在激振力和离心力作用下靠近筛面的水和部分小于筛缝的细颗粒被筛缝切割而透筛,而较粗颗粒被隔在筛面上并沿筛面弧线运动。矿浆在弧形和直段筛面过渡处的速度突然变慢,较粗颗粒快速沉降在筛面表面。由于筛面负倾角和物料沉降脱水作用,沿排料端方向筛上物料沿筛面返回弧形和直段筛面的过渡处,物料层下部细颗粒透过筛缝而透筛。分级(高频)振动筛是一种以高频率、高振动强度为主要特征的振动筛,主要适用于 0.5 mm 以下细粒物料的湿式分级与固液分离。弧形筛和分级(高频)振动筛加喷水时的筛分分级效率较高,但存在处理量小、筛网磨损较大的缺点。

2.5 传统细粒分级设备存在的问题

传统细粒分级设备存在的主要问题是:

1) 溢流中跑粗($+0.35\text{ mm}>8\%$), 粗粒进入浮选, 导致浮选尾矿跑粗。

2) 底流中夹细, 如水力旋流器夹细、夹泥量约25%, 后续用弧形筛加喷水下才能起到一定的脱泥作用。同时, 底流中夹细量大也严重影响离心脱水。

另外, 各种传统细粒分级设备均存在分级效率较低、筛网磨损较大、能耗较大、占地面积大、耐荷载波动性较差等问题。传统细粒分级设备的特点见表1。

表1 细粒分级设备特点对比

细粒分级设备	特点
沉淀池	占地面积大, 耐荷载波动性差, 分级效率低(50%)
水力旋流器	体积小, 处理量大, 分级效率低(50%), 能耗大
旋流筛	处理量较大, 分级效率较高(75%), 筛网磨损较大, 能耗较大

3 高效二次流分级筛

高效二次流分级筛的结构如图2所示。其替代分级旋流器、沉降池、旋流筛和弧形筛等, 用于选煤生产中, 进行脱泥筛下水、精煤筛下水或精磁尾等的高效率精确分级、脱泥、底流浓缩, 杜绝了溢流跑粗和底流夹细。溢流分级粒度由筛缝尺寸决定, 一般为0.2~0.5 mm。底流分级粒度在保证有效脱泥降灰时, 可任意调整控制在0.1~0.3 mm之间。

3.1 工作原理

在二次流理论的支持下, 结合沉降池(角锥池)、分级筛和分级旋流器的优势, 克服了传统细粒分级设备的弊端。二次流分级筛的工作原理是: 1) 筛下液泵入入料口, 进入竖立圆筒筛后作圆周运动, 粗颗粒在二次流的作用下加速汇集于中心锥体部位, 经多次扰流分级、浓缩后从底流口排出; 2) 含细颗粒的煤泥水透过竖立圆筒筛面(有振动电机的工作), 进入溢流槽经溢流管排出。

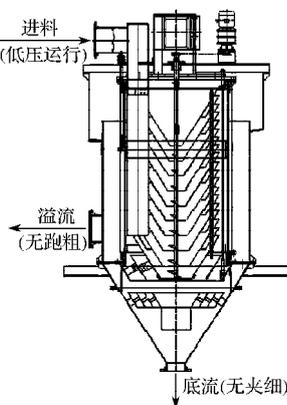


图2 新型分级筛示意图
Fig. 2 The scheme of new classification screen

3.2 设备特点

1) 分级效率高。溢流中跑粗量少($+0.35\text{ mm}<3\%$)。有效阻隔了粗粒进入浮选, 杜绝浮选尾矿跑粗。底流中夹细量少(脱水后细泥量 $<3\%$)。脱泥(降灰)效果显著。

2) 简化和优化了脱水工艺。无须弧形筛作辅助分级脱水脱泥设备, 高浓度底流可直接进入离心机高效脱水。

3) 低压($<0.05\text{ Mpa}$)入料, 能耗低, 处理量大。

4) 易磨损件更换周期长(1~2 a), 设备操作简单, 运行安全可靠。

3.3 工业实验及结果分析

针对传统细粒分级设备处理能力低、分级效果差, 溢流跑粗, 粗粒煤泥进入浮选尾矿(浮选系统跑粗), 底流含细颗粒多、粗精煤灰分含量高等问题, 利用高效二次流分级筛在永城市城郊煤矿选煤厂、龙创造煤厂进行了工业性实验^[10]。工业性实验主要通过调节二次流场扰流速度和振动频率来控制底流与溢流的粒度。实验结果见表2。

表2 粒度分级与底流夹细和溢流跑粗的关系

粒度级/mm	>0.25	0.125~0.25	<0.125
底流粒度分布/%	95.2	4.1	0.7
粒度级/mm	>0.35(0.4)*	0.25~0.35(0.5)*	<0.25
溢流粒度分布/%	1.1	15.57	83.33

注 *0.35 mm 粒度用筛缝0.4 mm 实验筛子; *0.25~0.35 mm 粒度用筛缝0.5 mm 实验筛子; 底流质量浓度500~650 g/L

表2显示, 二次流分级筛的底流按0.25 mm的粒度级分级, 底流中大于0.25 mm的颗粒所占比例可达到95.2%; 溢流按0.35 mm的粒度级分级, 溢流中大于0.35 mm的颗粒所占比例小于2%。底流高质量浓度和低夹细量, 无须弧形筛作辅助分级脱水脱泥设备, 且高浓度底流可直接进入离心机高效脱水, 为简化和优化脱水工艺创造了条件。

4 细粒分级的能耗与效益分析

传统细粒分级设备(如旋流器)分级时, 溢流跑粗量约为7%~9%, 底流夹细量约为25%, 以下按年生产能力为100万t选煤厂参考计算。

4.1 溢流跑粗导致的经济损失

采用传统细粒分级设备(如旋流器)分级时的溢流跑粗量平均约为7%~9%。假定选煤厂的年生产能力为100万t, 其中入浮煤泥量占入洗原煤总量的25%, 年入浮煤泥量为 $100\text{万t} \times 25\% = 25\text{万t}$, 因此

跑粗量约为 $25 \text{万 t} \times 8\% = 2 \text{万 t}$ ，由于跑粗每年导致的经济损失为 $2 \text{万 t} \times 600 \text{元/t} = 1200 \text{万元}$ 。

4.2 底流夹细导致的经济损失

采用传统分级设备（如旋流器）分级时的底流夹细量约为 25%，导致粗精煤中灰分增高约 5% 左右，使主选精煤中灰分增高约 0.6%，相当于减少主选精煤产率约 3%。假定选煤厂年生产能力为 100 万 t，减少主选精煤产量约为 $100 \text{万 t} \times 75\% \times 3\% = 2.25 \text{万 t}$ ，这样由于底流夹细每年导致的经济损失为 $2.25 \text{万 t} \times 600 \text{元/t} = 1350 \text{万元}$ 。

4.3 旋流器分级入料所需能耗分析

用渣浆泵将入料输送至旋流器，旋流器在 0.14~0.16 MPa 的入料压力条件下运行（即 15 m 扬程^[11]）。按 $1000 \text{m}^3/\text{h}$ 的处理量计算，则渣浆泵每小时的能耗约为 81 kW。

另外，底流高浓度和低夹细量，无须弧形筛作辅助分级脱水、脱泥设备，高浓度底流可直接进入离心机高效脱水，可简化和优化脱水工艺，加之低压运行，能极大地降低整个生产工艺的运行成本。

5 结论

1) 传统细粒分级设备，粗粒煤进入浮选会出现尾矿跑粗现象；底流中的夹细煤泥量大，一方面会影响重介（跳汰或 TBS）分选效果，另一方面夹细煤泥进入离心脱水后的粗精煤会使其灰分含量增加，导致主选精煤产生背灰现象，影响主选精煤产率。所以分级效率对浮选、重介（跳汰或 TBS）的分选效果有重要的影响。

2) 工业实验结果表明：比较传统的细粒分级设备存在分级效率低等问题，新型高效二次流分级设备分级效率高，最大程度防止了溢流跑粗，底流夹细少，具有脱泥、降灰效果。

3) 经济效益分析表明：高效二次流分级设备不仅每年能给 100 万 t 选煤厂创造效益上千万元，底流高浓度和低夹细量，也为简化和优化脱水工艺创造了条件。

参考文献：

- [1] 张鹏, 陈建中, 沈丽娟, 等. 选煤厂选煤工艺设计探讨[J]. 煤炭工程, 2006(12): 25-27.
Zhang Peng, Chen Jianzhong, Shen Lijuan, et al. Process Design Study of Coal Preparation[J]. Coal Engineering, 2006(12): 25-27.
- [2] 郭大林, 徐坚, 练存才. 圆锥型斜板沉淀池的改进[J]. 煤炭工程, 2006(9): 25-26.

- Guo Dalin, Xu Jian, Lian Cuncai. Improvement of Cone-Type Plated Sedimentation Tank[J]. Coal Engineering, 2006(9): 25-26.
- [3] 曹丽霞. 水力旋流器的研究进展[J]. 安徽化工, 2009, 35(4): 17-19.
Cao Lixia. The Development of Hydrocyclone[J]. Anhui Chemical Industry, 2009, 35(4): 17-19.
- [4] 谭兆衡. 国内筛分设备的现状和展望[J]. 矿山机械, 2004(1): 34-37.
Tan Zhaoheng. The Status and Prospect of Screening Machinery in Our Country[J]. Mining & Processing Equipment, 2004(1): 34-37.
- [5] 王峰. 筛分机械的发展与展望[J]. 矿山机械, 2004(1): 37-39.
Wang Feng. The Development and Expectation of Screening Machinery[J]. Mining & Processing Equipment, 2004(1): 37-39.
- [6] 孙刚. 大型潮湿细粒物料筛分机的研制和应用[J]. 煤炭加工与综合利用, 2004(1): 18-20.
Sun Gang. The Development and Application of Large-Scale Damp Fine Screening Machine[J]. Coal Processing & Comprehensive Utilization, 2004(1): 18-20.
- [7] 李梦昆, 陆宝成. 高频振动筛在选煤厂煤泥水处理中的应用[J]. 选煤技术, 2006(5): 76-78.
Li Mengkun, Lu Baocheng. Application of High Frequency Vibrating Screen in the Process of Slime Water[J]. Coal Preparation Technology, 2006(5): 76-78.
- [8] 焦红光, 彭晨, 赵跃民. 筛分效率计算中分级粒度的确定及其实践意义[J]. 国外金属矿选矿, 1998(6): 14-15.
Jiao Hongguang, Peng Chen, Zhao Yumin. The Determination of Fine Classification in Screening Efficiency Calculation and Its Practical Significance[J]. Metallic Ore Dressing Abroad, 1998(6): 14-15.
- [9] 杨忠高. 弧形筛分级理论与参数研究[J]. 北京钢铁学院学报, 1981(3): 9-17.
Yang Zhonggao. The Classification Theory and Parameter Study of Sieve-Bend Screen[J]. Journal of Beijing Steel College, 1981(3): 9-17.
- [10] 湛含辉, 彭春徕, 付才国, 等. 高效二次流分级装置在陈四楼选煤厂的应用[J]. 选煤技术, 2008(4): 60-62.
Zhan Hanhui, Peng Chunlai, Fu Caiguo, et al. Application of Efficient Secondary Flow Classification Screen in Chen Si Lou Coal Plant[J]. Coal Preparation Technology, 2008(4): 60-62.
- [11] 蔚志恒, 衡玉华. FX350-GJ 分级旋流器组在公乌素洗煤厂的应用[J]. 煤质技术, 2005(3): 28-29.
Wei Zhiheng, Heng Yuhua. Application of FX350-GJ Classification Cyclone in Gong Wu Su Coal Plant[J]. Coal Preparation Technology, 2005(3): 28-29.

(责任编辑: 李玉珍)