

# 动筛跳汰机筛板孔形设计与实验

张艳军<sup>1</sup>,雷美荣<sup>2</sup>,武维承<sup>2</sup>

(1. 山西大同大学建筑与测绘工程学院,山西 大同 037003;

2. 山西大同大学机电工程学院,山西 大同 037003)

**摘要:**针对动筛跳汰机现有长方形孔筛板开孔率偏小,透水性差,物料易堵塞筛孔等问题,采用理论分析与试验研究相结合的方法,分析了筛板透筛机理和透筛物形成的原因,理论计算了长方形孔筛板的开孔率。为了增大开孔率,优化设计出圆弧形波浪形孔筛板,其理论开孔率相对于直条式长方形孔筛板的理论开孔率增加了10.2%。对两种不同孔形筛板进行工业性对比试验,试验结果表明:大开孔率的圆弧形波浪形孔筛板,透水性好,有效的降低了透筛物的数量和灰分。该结构为动筛跳汰机筛板设计提供一定的基础依据。

**关键词:**开孔率;筛板;透水性;透筛物;灰分

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2017.04.026

中图分类号:TD353 文献标志码:A 文章编号:1000-6532(2017)04-0115-04

动筛跳汰机是块煤分选设备,主要靠筛板往复运动按照密度将物料分层<sup>[1-6]</sup>,并控制水流和物料速度,同时排出细粒物料<sup>[5]</sup>。目前煤矿使用的筛板,存在开孔率偏小,透水性差,物料易堵塞筛孔,透筛物多等问题<sup>[6-8]</sup>。针对上述问题,本文在分析筛板透筛机理和透筛物形成的原因的基础之上,理论计算常用筛板的开孔率,优化设计出大开孔率的圆弧形波浪形孔筛板,对其进行工业型对比试验,验证其筛分效果。

## 1 透筛机理及透筛物成因分析

以同煤四台选煤厂跳汰选煤为例,动筛跳汰机工作中,其上的物料一方面会随着筛板的摆动而运动,另一方面又会顺着筛板的倾角而向前方运动。在重力、浮力、机械振动力及其他力的综合作用下<sup>[6]</sup>,不同密度的颗粒就产生了相对不同的位置变化,实现分层流动,完成分选作业。在筛板摆动过程中,由于物料与设备之间、物料与物料之间的相互碰撞和摩擦,使物料在此过程中发生二次破碎,形成一

些尺寸较小的颗粒,导致细颗粒的形成。

在动筛机构的上升过程中,床层被筛板整体托起,其水流穿过床层做向下运动,使床层变得相对紧密;同时,颗粒在向下水流的吸吸作用下,穿过较大的颗粒缝隙向下穿隙运动,到达筛板下表面,与筛孔接触,并以一定概率透过筛孔而成为透筛物<sup>[7]</sup>。而且颗粒粒度越小,透筛物形成的概率就越大。对于一般煤层,矸石相对于煤有较高的强度和硬度,导致在分选过程中煤的破碎程度更严重,因此,小粒级的透筛物多为煤块,而大粒级的透筛物多为矸石。

另外,在筛板上升过程中,物料下层接近或紧贴筛板的一些与筛孔结构形状相当、小于或等于筛孔尺寸的片状矸石或煤块,也会透过筛板上的筛孔,成为粒度较大的透筛物。由于紧贴筛板的物料多为矸石,而且随着物料层的向前移动,矸石的含量越来越大,直到全部成为矸石。因此,这种原因形成的透筛物多为矸石,而且由于其粒度较大,虽然数量不是很多,但重量却大大超过小粒级的透筛物。

通过观察和分析透筛物的形状和大小得出的结

收稿日期:2016-07-28

基金项目:山西省科技攻关计划“筛分过程中同步控制限上率和限下率的技术开发和应用研究”(20130321026-04);大同大学校级科学研究项目(2013k3);大同市科技局科技创新项目(2015111)

作者简介:张艳军(1982-),男,讲师,硕士,研究方向为选煤技术。

论是:对于扁平、长方形等片状物料的透筛概率较高,尤其是大块矸石物料的形状更是以扁平状为多,煤块多呈现不规则状。这显然与筛孔的几何形状有关。对于直条长方形孔筛板的透筛物长度远远超过筛板上狭长的长方形筛孔的长度,见图1。如果物料的截面尺寸与筛孔尺寸相当,不管物料有多长,在振动过程中一旦插入筛孔,就有可能透过筛孔而成为大块透筛物。

此外,物料在运动过程中的上下动荡及机器振动等形成的抖动或摇晃,也有利于一些截面尺寸与狭长的长方形筛孔尺寸相当的物料透过筛孔,而成为透筛物。透筛物的形成表述:筛板在向上运动的过程中,在水流动力的作用下,小颗粒连续穿过大颗粒缝隙,到达筛板表面,其中一部分与筛孔内壁接触并透过筛孔,形成了小颗粒透筛物(以煤为主);同时,与筛板接近或紧贴筛板的下层物料中,一些截面与筛孔结构形状相似、小于或等于筛孔尺寸的物料,在运动中也会随机透过筛板上的筛孔,成为较大颗粒的透筛物(多为矸石)。可见,筛孔的形状和尺寸的不科学是形成大块透筛物的重要因素<sup>[8]</sup>。

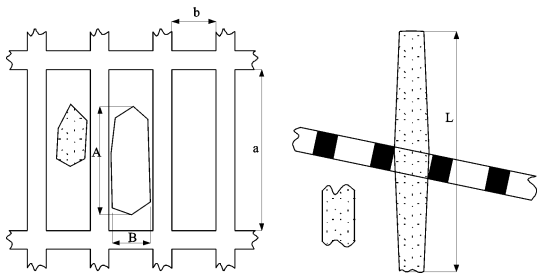


图1 筛板形状及透筛机理分析

Fig.1 Sieve plate shape and penetrating mechanism analysis

## 2 传统筛板的缺点及开孔率

目前,各种跳汰机上广泛使用的是直条式长方形孔筛板,其结构<sup>[9]</sup>形状为长方形,由纵向上筛条和横向下筛条焊接而成,其优点是制作简单,成本低廉,孔形简洁;其缺点是长方形孔筛孔长度难以确定,长度太短,导致开孔率不当,影响筛孔的流量和水流的流速<sup>[10]</sup>,不利于洗选作业;长度太长,易出现大块透筛物。

对于直条式长方形孔筛板,经过分析和数学推

导,得到其理论开孔率的计算公式如下:

$$\psi = \frac{B_1 \cdot b \cdot \frac{A_1}{(b+d)}}{A \cdot B} \quad (1)$$

式中: $\psi$ -直条式长方形孔筛板的理论开孔率; $A$ -筛板外形长度; $B$ -筛板外形宽度; $A_1$ -筛板箱体内侧长度; $B_1$ -筛板箱体内侧宽度; $b$ -筛孔宽度; $d$ -筛条直径。

以四台选煤厂动筛使用的直条式长方形孔筛板为例,其尺寸为  $a \times b = 80 \text{ mm} \times 18 \text{ mm}$ ,单个筛板的尺寸为  $A \times B = 1988 \text{ mm} \times 898 \text{ mm}$ ,实际筛条所占面积为  $A_1 \times B_1 = 1964 \text{ mm} \times 874 \text{ mm}$ ,筛条直径  $d$  为  $\Phi 16 \text{ mm}$ ,代入式(1),得到理论开孔率  $\psi$  为:

$$\psi = \frac{874 \times 18 \times \frac{1964}{(18+16)}}{1988 \times 898} = 0.509 = 50.9\%$$

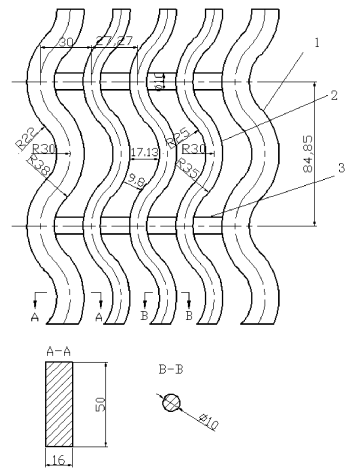
$$x = \frac{A_1}{b+d} = \frac{1964}{18+16} = 58 \text{ 个}$$

$x$  为单个筛板的开孔条缝数,设所需要的筛条数为  $y$  条,则

$$y = x - 1 = 58 - 1 = 57 \text{ 条}$$

## 3 圆弧波浪形孔筛板的设计及开孔率

为了克服直条式长方形孔筛板的缺陷,设计出圆弧波浪形孔筛板,其结构见图2。



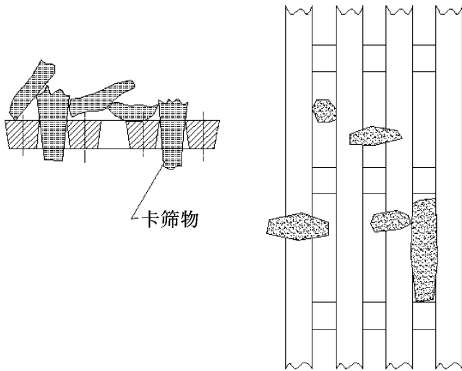
1 圆弧形筛条 2 圆弧形筛条 3 直线形筛条

图2 圆弧波浪形筛孔结构

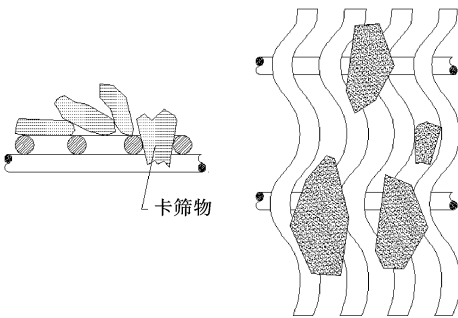
Fig.2 Arc wave screen hole structure diagram

圆弧波浪形孔筛板由圆弧波浪形筛条和其下部

的横向筛条组合而成,筛条横截面形状为圆形,构成外宽内窄的流线型通道,这样圆弧波浪形孔使水流顺畅,透水能力增强。将原先的物料与筛板的线接触,见图3(a),转变为图3(b)的点接触,这样物料不容易被卡,因此圆弧波浪形孔可以有效防止物料堵塞<sup>[11]</sup>。



(a) 倒梯形截面筛条



(b) 圆截面筛条

图3 卡筛示意

Fig. 3 Stuck mesh diagram

对于新设计的圆弧波浪形孔筛板,经过认真研究和数学推导,得到其理论开孔率的计算公式如下:

$$\psi = \frac{A \cdot B - d \cdot l \cdot \left[ \frac{A_2}{(b+d)} - 1 \right]}{A \cdot B} \quad (2)$$

式中: $b$ —筛孔最大直径;

$l$ —筛条的实际长度。

其它符号与前述相同。

其内孔尺寸为  $a \times b = 85 \text{ mm} \times 17 \text{ mm}$  纵向直线长,单个筛板的尺寸为  $A \times B = 1988 \text{ mm} \times 898 \text{ mm}$ ,实际筛条所占面积为  $A_2 \times B_2 = 1964 \text{ mm} \times 874 \text{ mm}$ ,筛条直径  $d$  为  $\varphi 10 \text{ mm}$ ,每根筛条展开的实际长度为  $l_2 = 968 \text{ mm}$ 。代入式(2)可计算出其理论开孔率为:

$$\psi = \frac{1988 \times 898 - 10 \times 968 \times \left[ \frac{1964}{(17+10)} - 1 \right]}{1988 \times 898} = 61.1\%$$

参照上述方式,代入相关数据,则其开孔条缝数为:

$$x = \frac{A_2}{b+d} = \frac{1964}{17+10} = 72 \text{ 个}$$

所需的筛条数为:

$$y = x - 1 = 72 - 1 = 71 \text{ 条}$$

新设计圆弧波浪式筛板的理论开孔率为 61.1%,与原直条式长方形孔筛板的理论开孔率 50.9% 相比,增加了 10.2%,从理论上分析其透水性能及分选效果要比原长方形孔筛板更好。

#### 4 不同开孔率筛板的工业试验

对两种开孔率不同的筛板进行筛分试验<sup>[12]</sup>和浮沉试验<sup>[13]</sup>,试验结果见表1和图4。

表1 两种不同开孔率筛板筛分试验透筛物产率对比

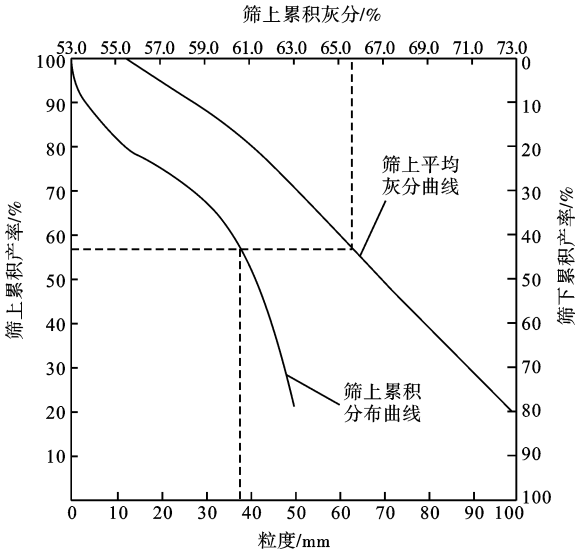
Table 1 Contrast of the product rate of the screen material of the screening test on the different screen hole

筛孔种类	开孔率 /%	透筛物总质量/kg	跳汰机排放次数/次	透筛物每次排料/kg	时间间隔 /s	透筛量 /( $t \cdot h^{-1}$ )	洗选原量 /( $t \cdot h^{-1}$ )	透筛物产率/%
直条式	50	608 kg	49	12.4	22.5s	1.98	550	0.36
圆弧波浪式	61.1	206 kg	50	4.12	22.5s	0.659	800	0.082

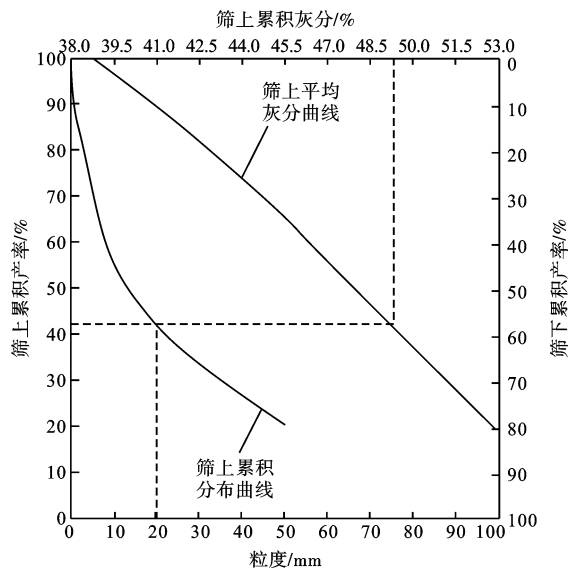
由表1 试验知,直条式筛孔透筛物的产率为 0.36%,而圆弧波浪式筛孔透筛物产率则降低到

0.082%,产率减小了 22.8%。由此可见圆弧式波浪筛孔有效地减小了透筛物数量。

不同开孔率筛板的粒度特性曲线见图4。由图4(a)可知,直条式长方形孔筛板透筛物粒度特性曲线呈上凸状,粒度偏粗,灰分随粒度增大而增大,即粒度越大,矸石含量越高,大粒级透筛物灰分偏高,煤含量较低。由图4(b)可知,采用圆弧线波浪形孔筛板后,透筛物粒度特性曲线呈下凸状,即粒度相对较细,灰分随粒度的增大而增大,但变化幅度偏小,说明透筛物中煤含量较多。



(a) 直条式长方形孔筛板



(b) 圆弧线波浪形孔筛板

图4 不同筛板透筛物粒度特性曲线

Fig.4 Screening material granularity characteristic curve about different sieve plate

### 5 结 论

(1)通过筛板透筛机理和透筛物形成原因的分析,得出圆弧形波浪形孔筛板的理论开孔率相对于直条式长方形孔筛板的理论开孔率增加了10.2%,从理论上分析其透水性能及分选效果要比长方形孔筛板更好。

(2)实践证明,圆弧波浪形孔筛板开孔率大,透水性能好,筛分效果显著,有效地减少了透筛物的数量,降低了透筛物的灰分。该结构为动筛跳汰机筛板设计提供一定的基础依据。

### 参考文献:

[1]赵谋. 动筛跳汰机及其应用[J]. 煤炭工程,2006(2):13-15.  
 [2]熊弄云. 动筛跳汰机在我国的发展与应用[J]. 山西焦煤科技,2005(8):32-34.  
 [3]于尔铁. 动筛跳汰机在我国的应用现状与展望[J]. 煤质技术,2006(4):1-6.  
 [4]张艳军,雷美荣. 动筛跳汰机筛板结构优化设计与应用[J]. 煤炭科学技术,2014,42(2):114-116.  
 [5]王晨升,武维承,吴广明,等. 基于减少透筛物的动筛跳汰机筛板筛孔形式的设计研究[J]. 选煤技术,2013(2):20-23.  
 [6]陈建中. 动筛跳汰机床面运动曲线的研究[J]. 煤炭学报,2000,25(6):651-654.  
 [7]武维承,刘彦丽,吴广明,等. 动筛跳汰机透筛物处理工艺改造研究[J]. 煤炭科学技术,2010,38(6):126-128.  
 [8]武维承,王斌,吴广明,等. 动筛跳汰机筛下物的成因分析及研究[J]. 煤炭科学技术,2012,40(2):125-128.  
 [9]吴广明. 圆弧波浪形筛板动筛跳汰机应用及效果分析[J]. 煤炭科学技术,2012,40(5):125-128.  
 [10]王凌,刘焕芳,杜涛. 开孔率对多孔管压力水头分布规律的影响分析[J]. 人民黄河,2015,37(5):97-99.  
 [11]张丽萍,王东. 动筛跳汰机筛板的改造设计及技术分析[J]. 山西大同大学学报,2014,30(5):65-66.  
 [12]解国辉. 选矿工艺[M]. 徐州:中国矿业大学出版社,2006. 161-167.  
 [13]谢广元. 选矿学[M]. 徐州:中国矿业大学出版社,2001. 275-289.

(下转 128 页)