

文章编号: 1001-3571(2019)02-0042-04

# 弛张筛筛板张紧量对筛板加速度的影响分析

陈志强<sup>1 2 3</sup>

(1. 天地(唐山)矿业科技有限公司, 河北唐山 063012; 2. 中煤科工集团唐山研究院有限公司, 河北唐山 063012;  
3. 河北省煤炭洗选工程技术研究中心, 河北唐山 063012)

**摘要:** 介绍了张紧量对筛板加速度的影响, 建立了弛张筛筛板简化的力学模型, 通过筛板张紧量调节装置, 得到了筛板多种张紧量, 应用加速度测试仪对多种张紧量下的加速度进行了测定, 通过对测定的加速度数据的分析, 得到了加速度的变化规律, 为以后张紧量调节装置的使用提供了参考, 为筛板张紧量的设定提供了理论依据。

**关键词:** 弛张筛; 筛板; 加速度; 张紧量; 张紧量调节装置

中图分类号: TD452

文献标志码: A

## Analysis of the effect of tension of sieve plate of flip-flop screen on acceleration of the plate *PER SE*

CHEN Zhiqiang<sup>1 2 3</sup>

(1. Tiandi Mining Technology Co. Ltd., Tangshan 063012, China; 2. Tangshan Research Institute Co. Ltd., China Coal Technology & Engineering Group, Tangshan 063012, China; 3. Hebei Province Coal Preparation Engineering & Technology Research Center, Tangshan, 063012, China)

**Abstract:** The paper starts with an introduction to the influence of tension of sieve plate of flip-flop screen on plate acceleration and the development of a simplified mechanical model of the plate. The plate is first tensioned to different levels using the tensioning device and then the acceleration of the plate in each case is measured with an accelerometer. Through analysis of the measured data, the law of the variation of plate acceleration is brought to light. This provides a reference for the proper use of the tensioning device and also a theoretical basis for the tensioning of the sieve plate.

**Keywords:** flip-flop screen; sieve plate; acceleration; tension; tension adjustment device

目前, 细粒级煤炭干法筛分是世界性难题, 弛张筛的出现和发展为解决这一问题提供了有效途径。弛张筛由于采用聚氨酯筛板, 筛板可以做挠曲运动, 能有效防止筛孔堵塞<sup>[1]</sup>。

张紧量是聚氨酯筛板能够产生挠曲运动的关键参数, 张紧量是指两卡槽之间的最大距离与筛板长度之间的差值<sup>[2]</sup>。张紧量太小, 筛板长度比两横梁最大间距要长得多, 筛板松弛, 筛板运动过慢, 聚氨酯筛板的弹性功能得不到体现, 不利于筛板与

物料之间运动的传递, 影响物料层的松散与分层, 进而影响筛分效率<sup>[3]</sup>。张紧量过大时, 筛板长度比两横梁最大间距要短得多, 将会使筛板由于拉伸强度太大导致寿命降低甚至损坏, 筛板容易从卡槽中弹出, 影响筛板的固定<sup>[4]</sup>; 同时张紧量过大还会使筛板的弹跳加速度过大, 导致筛分物料的抛掷高度太大, 物料悬空时间过长, 减少了与筛板接触时间, 也就减小了透筛率, 影响了筛分效率<sup>[5]</sup>。

由此可见, 筛机即使采用了弹性筛板, 张紧量

收稿日期: 2018-08-30 责任编辑: 李梅 DOI: 10.16447/j.cnki.cpt.2019.02.009

基金项目: 天地科技重大技术创新项目(zdjs-2017tsky-5)

作者简介: 陈志强(1983—), 男, 河北唐山人, 助理研究员, 硕士, 从事选煤机械方面的研究工作。E-mail: tsmkyczq@163.com, Tel: 15031576709。

引用格式: 陈志强. 弛张筛筛板张紧量对筛板加速度的影响分析[J]. 选煤技术, 2019(2): 42-45.

CHEN Zhiqiang. Analysis of the effect of tension of sieve plate of flip-flop screen on acceleration of the plate *PER SE* [J]. Coal Preparation Technology, 2019(2): 42-45.

的不同会出现不同弹性筛板的特性, 筛板的弹性功能对物料的弹跳加速度的影响是巨大的<sup>[6]</sup>。只有当筛板的张紧量达到合适的数值时, 筛板的弹性特性得到体现, 可以得到高于一般筛机的筛板加速度<sup>[7]</sup>。因此要根据筛板对加速度的影响来确定合理的张紧量, 以保证弛张筛的特点得到充分发挥, 筛分得以高效进行。

### 1 筛板加速度的理论计算

设梁的长度为  $l$ , 材料密度为  $\rho$ , 截面面积为  $S$ , 作用在梁上沿  $z$  轴的分布载荷为  $f(x, t)$ <sup>[8]</sup>。在中轴线上任意点处取厚度为  $dx$  的微元体<sup>[9]</sup>, 其受力状况如图 1 所示。

其中  $F_s$  和  $M$  表示剪力和弯矩, 箭头方向为正向。根据达朗贝尔原理列出微元体的力平衡方程为:

$$\left(F_s + \frac{\partial F_s}{\partial X} dx\right) - F_s - \rho S \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} dx + f(x, t) dx = 0 \quad (1)$$

$$\left(F_s + \frac{\partial F_s}{\partial X} dx\right) - F_s + \left(F_N \theta + \frac{\partial(F_N \theta)}{\partial X}\right) - F_N \theta + f(x, t) dx = \rho S dx \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} \quad (2)$$

经计算推导可得筛面中点位移表达式为:

$$y(t) = \sum_{i=1}^{11} \frac{l}{i\pi} \sin \frac{i\pi}{2} \cdot \sqrt{8el(1 + \cos\omega t)} \cos \frac{i\omega t}{2} \quad (3)$$

依次对上式取对时间的一次和二次导数, 便可以得到筛面中点速度和加速度的表达式:

$$y'(t) = \sum_{i=1}^{11} -\frac{\omega}{2i\pi} \sqrt{8el} \cdot \sin \frac{i\pi}{2} \cdot \left\{ \frac{\sin\omega t}{\sqrt{1 + \cos\omega t}} \cos \frac{i\omega t}{2} + i \sqrt{1 + \cos\omega t} \sin \frac{i\omega t}{2} \right\} \quad (4)$$

$$y''(t) = \sum_{i=1}^{11} -\frac{\omega^2}{2i\pi} \sqrt{8el} \cdot \sin \frac{i\pi}{2} \cdot \left[ \left( \frac{\sin^2 \omega t}{2(1 + \cos\omega t)^{2/3}} + \frac{\cos\omega t}{\sqrt{1 + \cos\omega t}} \right) \cos \frac{i\omega t}{2} - i \frac{\sin\omega t}{\sqrt{1 + \cos\omega t}} \sin \frac{i\omega t}{2} + \frac{i^2}{2} \sqrt{1 + \cos\omega t} \cos \frac{i\omega t}{2} \right] \quad (5)$$

按弛张筛实际参数输入公式中, 为了对以上公式进行比较直观的分析, 利用 excel 进行数据整理和绘图。采用驱动轴的转角  $\omega t = \theta$  作为自变量, 转角范围为  $0^\circ \sim 360^\circ$  作为计算区间, 将以上基本参数代入 excel 中编辑好的计算公式, 可得不同偏转角度下的加速度数值, 根据这些数据绘制加速度特性曲线 (图 2) 不同转角下筛板中点的加速度见表 1。

由图 2 可以充分认识驱动轴转动一周过程中筛面中点的运动状态。这些曲线显然都是正余弦曲线的叠加, 它揭示了弛张筛筛面的非线性动力学特征。在驱动轴转动一周的过程中, 加速度在  $180^\circ$  出现极限值, 此时筛板中点的加速度很大, 在其他偏转角度, 加速度在  $50g$  左右变化, 在一定程度上也验证了模型建立的可行性。筛面中点的加速度曲线反映出弛张筛筛面的加速度数值和变化态势,

在以上分析过程中, 未考虑截面的剪切变形和截面绕中性轴转动的惯性效应, 梁的这种简化模型称为欧拉 - 伯努利梁<sup>[10]</sup>。在实际的工况中, 弛张筛的筛板两端将受到力  $F$  的作用, 这种情况下微元体中增加沿截面法线的力  $F_N(x)$  与之平衡, 在小挠度条件下认为  $F_N(x)$  沿纵向动力学方程为:

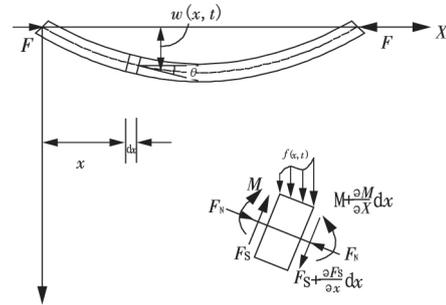


图 1 筛板简化的力学模型

Fig. 1 Simplified mechanical model of sieve plate

有力地促进了筛面物料的弹跳、松散和分层。

表 1 不同转角下的加速度

Table 1 Acceleration values at different turning angles

序号	角度 / ( $^\circ$ )	加速度 / ( $m \cdot s^{-2}$ )	序号	角度 / ( $^\circ$ )	加速度 / ( $m \cdot s^{-2}$ )
1	0	450	14	195	-317
2	15	-74	15	210	541
3	30	-584	16	225	-127
4	45	-43	17	240	-490
5	60	460	18	255	-12
6	75	-90	19	270	573
7	90	-567	20	285	85
8	105	19	21	300	-467
9	120	486	22	315	46
10	135	-135	23	330	592
11	150	-539	24	345	72
12	165	125	25	360	-459
13	180	1136			

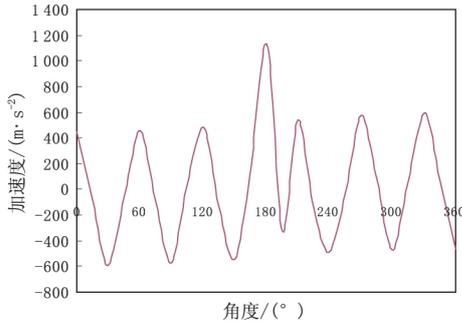


图 2 加速度特性曲线

Fig. 2 Characteristic curve of acceleration

## 2 弛张筛筛板张紧量的调节装置

为了使筛板的张紧量可调,设计了一种弛张筛筛板张紧量的调节装置,将弛张筛的筛板及其安装卡槽更换为带有多个卡销的筛板及带有多个卡口的卡槽。

### 2.1 结构

在固定梁和浮动梁上的卡槽内部分别加工多个卡口,卡口的设置数量依照设计要求选定,至少加工 2 个或 2 个以上卡口,其结构如图 3 所示。

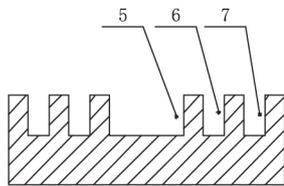


图 3 带卡口的卡槽

Fig. 3 The retaining notch with bayonet

筛板的两端分别设有与其为一体、与卡口配合的多个卡销,卡销与卡口的数量一一对应,其结构如图 4 所示。



图 4 带卡销的筛板

Fig. 4 sieve plate with seizing pins

### 2.2 工作原理

固定梁 1 安装在固定筛框上,浮动梁 2 安装在浮动筛框上,固定梁 1 和浮动梁 2 间隔布置。固定梁 1 和浮动梁 2 上分别等间距设置有用安装筛板 3 的卡槽 4,筛板 3 的一端安装在固定梁 1 的卡槽 4 上,另一端安装在浮动梁 2 的卡槽 4 上(图 5)。



图 5 第一种张紧量

Fig. 5 Tension level 1

由图 5 可知,固定梁 1 和浮动梁 2 上的卡槽 4 内部分别加工了三个卡口(图 3 中编号分别为 5、6、7),这三个卡口等间距设置,用于安装不同的卡销(图 4 中编号分别为 8、9、10)。筛板 3 的两端分别通过卡销(编号分别为 8、9、10)安装在卡槽 4 的卡口(编号分别为 5、6、7)上,形成了第一种张紧量。

筛板的三个卡销与卡槽的三个卡口错位插接安装,卡销 8 安在卡口 6 内,卡销 9 安在卡口 7 内,卡销 5 和卡口 10 闲置,从而形成了第二种张紧量(图 6)。

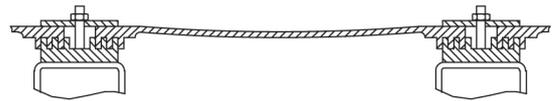


图 6 第二种张紧量

Fig. 6 Tension level 2

筛板的三个卡销与卡槽的三个卡口错位插接安装,卡销 8 安在卡口 7 内,卡销 9、10 和卡口 5、6 闲置,从而形成了第三种张紧量(图 7)。

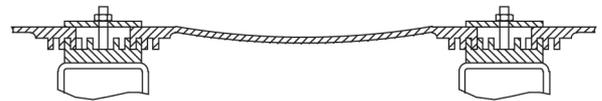


图 7 第三种张紧量

Fig. 7 Tension level 3

## 3 不同张紧量加速度研究

制作不同的卡槽与筛板,利用张紧量调节装置,设置了六个张紧量进行试验,张紧量分别为:6、8、10、12、14、16 mm。

为了验证上述模型的准确性,在弛张筛筛面上进行加速度试验。将加速度测试仪的一端固定在筛面中点,随着筛面的运动,即可读出它的加速度大小,测试数据见表 2。根据此数据绘制各测点加速度变化曲线(图 8)。

表 2 加速度测试数据

测试点	张紧量/mm					
	6	8	10	12	14	16
1	323	342	385	469	572	693
2	246	298	368	432	513	654
3	375	399	451	537	602	722
4	419	449	482	556	632	735
5	367	391	437	514	575	684
6	281	325	396	478	556	676
均值	335	367	420	498	575	694

由图 8 可知,各筛板加速度数值有一定差别,分析可能是筛板安装时产生的位置误差造成的。张

紧量为6~8 mm时加速度数值较小,而且增长缓慢。张紧量为8~10 mm时加速度数值为50 g左右的加速度,这是理想的加速度区域。而张紧量为10~12 mm时,加速度急剧增高,数值过大,会使筛板破坏严重,影响筛板的寿命。

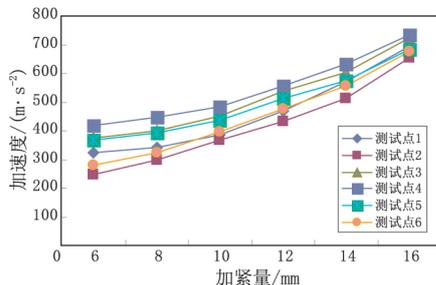


图8 不同张紧量下各测点加速度

Fig. 8 Acceleration of each measured point at different plate tensioning levels

## 4 结论

(1) 筛板中点的加速度曲线呈类正弦函数的变化趋势,揭示了弛张筛筛面的非线性动力学特性。

(2) 张紧量筛板卡销与卡槽卡口可以根据物料筛分要求灵活连接,保证根据不同的物料及其筛分要求及时调整张紧量,使筛板的张紧量达到合适的数值,验证了张紧量调节装置的可行性。

(3) 加速度的峰值随张紧量的不同而变化。

(上接第41页)

知,同等条件下新型旋流器处理量得到了提高,能耗大大降低,节能降耗效果非常显著,为后期旋流器技术的研究与发展提供了有力的参考。

参考文献:

[1] 郭文俊,公绪文,彭峰,等.新型有压三产品重介质旋流器的研究与应用[J].煤炭加工与综合利用,2016(1):6-7,10.

[2] 田翠娟.我国选煤技术现状及发展趋势[J].山东煤炭科技,2015(12):204-205.

[3] 齐正义.有压给料两产品重介质旋流器分选密度影响因素研究[J].煤炭工程,2015,47(9):124-126,130.

[4] 吕秀丽.新型两产品重介质旋流器的数值模拟研究与实践[J].煤炭技术,2015,34(8):281-283.

[5] 张力强.大型高效两产品重介质旋流器的研究与应用[J].煤矿机械,2016,37(8):65-68.

[6] 王石.新型三产品重介质旋流器的模拟研究[J].山西焦煤科技,2016,7(7):25-28.

筛面加速度的特殊变化态势和极高的变化速率,从侧面揭示了弛张筛对粘湿物料筛分的优势。

(4) 计算结果与测试数据部分吻合,说明模型建立正确,为以后对筛面加速度的研究提供了参考。

参考文献:

[1] 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):12-15.

[2] 李韦岐,吴晓民.弛张筛在宁东洗煤厂的实际应用[J].中国煤炭,2013(2):12-13.

[3] 范超群,赵洪宇,纪龙,等.弛张筛筛分效果影响因素及发展趋势分析[J].选煤技术,2013(1):25-27.

[4] 李君.弹性弛张筛筛面变形运动对筛分影响的探讨[J].煤矿机械,2006(12):63-65.

[5] 陈志强,石剑锋,刘欣,等.双质体振动弛张筛振动特性分析[J].煤炭工程,2014(1):113-118.

[6] 闻邦椿,刘树英,陈照波,等.机械振动理论及应用[M].北京:高等教育出版社.2009:65-71.

[7] 宁小波.工业型弛张筛动力学参数的研究[D].淮南:安徽理工大学,2006.

[8] 张朝晖.ANSYS12.0结构分析工程应用实例解析[M].北京:机械工业出版社.2010:37-41.

[9] 刘延柱,陈文良,陈立群.振动力学[M].北京:高等教育出版社.1998:17-18.

[10] 石剑锋.2SCZ1230型高效双质体弛张筛的研究与应用[J].选煤机械,2014(6):5-8.

[7] 杜焕铜,师文虎.影响重介质旋流器分选效果的因素分析[J].选煤技术,2012,39(6):42-44.

[8] 张力强.影响重介质旋流器分选效果的工艺因素分析[J].煤炭技术,2014,33(4):220-221.

[9] 刘峰.重介质旋流器选煤技术的研究与发展[J].煤技术,2006,33(5):10-12.

[10] 刘立文.影响重介质旋流器分选效果的因素[J].选煤技术,2007,34(5):35-36.

[11] 董令令.关于重介质旋流器的选煤技术研究[J].济南职业学院学报,2013(4):87-89.

[12] 毕宁.我国选煤机械装备的现状与发展方向[J].机械管理开发,2017(8):143-145.

[13] 张力强,刘仕宽.重介旋流器的发展及研究现状[J].选煤技术,2007(4):137-140.

[14] 胡娟,王振翀,杜振宝.浅析选煤重介质旋流器存在问题及解决措施[J].煤炭工程,2010(8):95-97.

[15] 郭秀军.无压给料三产品重介质旋流器的节能优化设计实践[J].煤炭技术,2016(9):296-298.