

# 筛面运动方式对筛分效果的影响

王新文, 马超, 刘春, 申泽芳

(中国矿业大学(北京)化学与环境工程学院, 北京 100083)

**摘要:**建立了圆振动筛和直线振动筛的力学模型,并进行了动力学分析,得到了振动筛的运动方程,说明圆振动筛筛面接近质心处为圆运动,两端为椭圆运动,距离质心越远,椭圆长轴和短轴的差值越大;而直线振动筛筛面各点均为直线振动。研究了圆振动筛和直线振动筛筛面运动形式对筛分效果的影响,结果表明:圆振动筛大多采用“正八字”激振器布置方式,增加颗粒与筛孔比较的机会,有利于筛面的充分利用和透筛率的提高;圆振动筛筛面各点振动参数不同,适于粗颗粒分级和原煤筛分。直线振动筛筛面各点振动方向和振幅相同,物料进入筛面分层后有规律地沿筛面运动,不易打散,增加了底层物料与筛面的接触时间,有利于底层物料的透筛,适于物料的脱介、脱泥、脱水和细粒物料的筛分。

**关键词:**圆振动筛;直线振动筛;振动参数;力学模型;筛面运动;筛分效果

**中图分类号:**TD452 **文献标志码:**A **文章编号:**1006-6772(2014)02-0024-03

## Influence of screen surface movement on screening efficiency

WANG Xinwen, MA Chao, LIU Chun, SHEN Zefang

(School of Chemical and Environmental Engineering, China University of Mining and Technology (Beijing), Beijing 100083, China)

**Abstract:** Through mechanical analysis of vibrating screen model, achieve the motion equation of vibrating screen. The results show that the motion trail of vibrating sieve surface near the centroid is circular. Both ends are elliptical motions, and farther away from the centroid, the greater of the difference between the long axis and the short axis is. However, the points of linear vibrating sieve's surface are linear vibrating. After studying the effects of screening of circular vibrating screen and linear vibrating sieve surface movement forms, find that most of circular vibrating screen use "positive eight character" exciter arrangement, and then increase the comparison frequency between particles and sieve, it is conducive to improving the screening rates and the full use of the screen surface. The vibrating parameters of different points of circular vibrating screen surface are different and they are suitable for coarse particles screening and raw coal screening. The direction of vibration and the amplitude of different points of linear vibrating screen are the same, so when the materials pass through the screen surface, they will be stratified, and then move along the screen surface regularly. Materials can't be broken up easily, increase the contact time between the screen surface and the bottom layer materials, and so it is conducive for the bottom layer materials to passing through the sieve. Linear vibrating screen is suitable for fine particles screening, dense medium draining, desliming and dehydration.

**Key words:** circular vibrating screen; linear vibrating screen; vibrating parameter; mechanical model; screen surface movement; screening efficiency

## 0 引 言

振动筛可使物料沿指定方向作抛掷运动,最终实现碎散物料按粒度分级,是煤炭、矿山、冶金和建材行业重要的筛分设备,也可用于脱水、脱介、脱泥等作业<sup>[1-3]</sup>。振动筛结构、运动形式与筛分工艺效

果、生产效率等密切相关<sup>[4]</sup>。振动筛筛机处于振动运行状态,故障率高,维护工作量大,主要损坏形式有下横梁断裂、两侧筛帮开裂、出料口横梁及前帮开裂<sup>[5-6]</sup>。不同振动筛的筛机振动方式不同,导致筛面运动轨迹有所差异。因此筛分类型和筛面运动差异对筛分效果有重要影响<sup>[7-8]</sup>。

收稿日期:2013-08-19;责任编辑:白娅娜 DOI:10.13226/j.issn.1006-6772.2014.02.007

作者简介:王新文(1961—),男,河北滦南人,副教授,博士,主要从事煤矿机械的研究。E-mail: xinwen.w@263.net

引用格式:王新文,马超,刘春,等.筛面运动方式对筛分效果的影响[J].洁净煤技术,2014,20(2):24-26.

WANG Xinwen, MA Chao, LIU Chun, et al. Influence of screen surface movement on screening efficiency [J]. Clean Coal Technology, 2014, 20(2): 24-26.

# 1 圆振动筛筛面运动对筛分效果的影响

## 1.1 圆振动筛的动力学分析

常用圆振动筛的力学模型如图 1 所示。o 为圆振动筛的质心, o' 为激振器偏心块的旋转中心, 筛面倾角为 25°。将坐标原点设在圆振动筛质心 o 处, x 轴与筛面平行<sup>[9]</sup>。

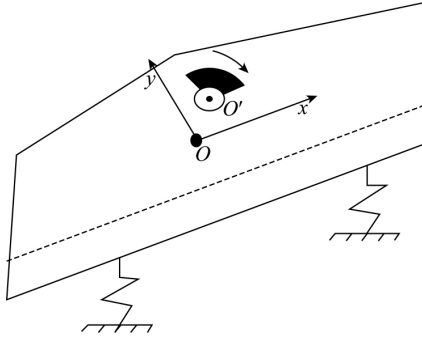


图 1 圆振动筛的力学模型

对大多数振动筛来说, 弹簧恢复力对筛机影响不大(一般为 2% ~ 5%), 阻尼力相对激振力也较小。因此, 忽略弹簧力和阻尼力, 可列出圆振动筛在 x、y 方向和绕机体重心摆动的振动方程如下<sup>[10]</sup>

$$\begin{cases} M\ddot{y} = m_0\omega^2 r \sin\omega t \\ M\ddot{x} = m_0\omega^2 r \cos\omega t \\ J\ddot{\psi} = m_0\omega^2 r(l_{0y} \cos\omega t - l_{0x} \sin\omega t) \end{cases} \quad (1)$$

式中, M 为圆振动筛的参振质量, kg; x、y 为圆振动筛上任一点在 x、y 方向的位移, mm; m<sub>0</sub> 为激振器偏心质量, kg; ω 为激振器角速度, r/min; r 为激振器偏心半径, mm; J 为筛机对质心的转动惯量, kg·m<sup>2</sup>; ψ 为筛机摆动角度, rad; l<sub>0x</sub>、l<sub>0y</sub> 分别表示偏心块旋转中心至机体重心在 x、y 方向的距离, mm。

方程(1)的特解为

$$\begin{cases} y_0 = A_y \sin\omega t \\ x_0 = A_x \cos\omega t \\ \psi = A_{\psi x} \sin\omega t + A_{\psi y} \cos\omega t \end{cases} \quad (2)$$

式中, A<sub>x</sub>、A<sub>y</sub> 表示筛机的激振力和激振力矩在 x、y 方向引起的振幅, mm; A<sub>ψx</sub>、A<sub>ψy</sub> 表示筛机的激振力和激振力矩在 x、y 方向引起的摆角, rad。

将式(2)代入式(1), 可得

$$\begin{cases} A_x = | -m_0 r / M | \\ A_y = | -m_0 r / M | \\ A_{\psi x} = m_0 r l_{0x} / J \\ A_{\psi y} = -m_0 r l_{0y} / J \end{cases}$$

筛机上任意一点 e(x, y) 的运动方程为

$$\begin{cases} y_e = y_0 - \psi l_{ex} = (A_y - A_{\psi x} l_{ex}) \sin\omega t - A_{\psi y} l_{ex} \cos\omega t \\ x_e = x_0 + \psi l_{ey} = A_{\psi x} l_{ey} \sin\omega t + (A_x + A_{\psi y} l_{ey}) \cos\omega t \end{cases}$$

## 1.2 筛面运动形式对筛分过程的影响

对于圆振动筛, 可求得筛机上任意一点 A<sub>x</sub>、A<sub>y</sub>、A<sub>ψx</sub>、A<sub>ψy</sub>、l<sub>ex</sub>、l<sub>ey</sub> 的值, 将一个周期平均分成多份后可近似画出筛机上任何一点的运动轨迹。按照激振器旋转中心和质心的关系, 中心圆振动筛大多采用两种布置方式: 旋转中心在筛机质心上方和旋转中心在筛机质心下方。圆振动筛筛面运动形式如图 2 所示。

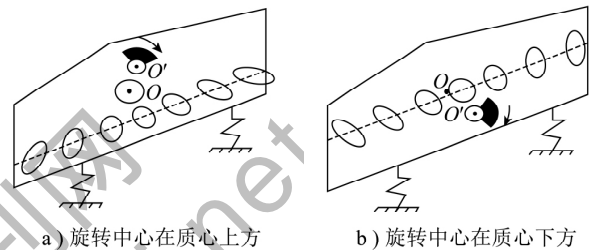


图 2 圆振动筛筛面运动形式

由图 2 可知, 圆振动筛在质心位置的运动轨迹为圆形, 而其他位置的运动轨迹接近椭圆形, 离质心越远, 椭圆的长轴和短轴的差值越大, 且各点长轴与筛面夹角也不同<sup>[11]</sup>。

$$\sin\varphi_d = \frac{g \cos\alpha}{A\omega^2} \quad (3)$$

式中, φ<sub>d</sub> 表示抛始角, rad; α 表示筛面倾角, rad; A 表示圆振动筛振幅, mm, 与椭圆长轴接近。

根据公式(3)可知: 由于筛面各点椭圆长轴不同, 与筛面夹角不同, 筛面各点物料抛始角 φ<sub>d</sub> 也不同。因此, 筛面各处物料抛起时和物料落到筛面时的速度和方向各不相同, 颗粒从不同角度与筛孔进行碰撞, 增大物料透筛概率。尤其对于大颗粒(> 25 mm) 及难筛粒较多的物料, 由于筛面各点颗粒运动参数不同, 圆振动筛在保证物料层充分松散的同时, 可使各颗粒从不同角度与筛孔进行比较, 提高物料透筛率<sup>[12]</sup>。

另外, 当激振器旋转中心在筛机质心上方时, 筛面两端椭圆长轴呈正八字。由图 2a) 可知, 入料端椭圆长轴与物料运动方向一致, 因此物料运动速度增大; 相反, 出料端物料运动则相对较慢。因此入料端物料可在筛面迅速铺开, 而出料端物料在筛面停留时间延长, 增加颗粒与筛孔比较的机会, 有利于筛面的充分利用和透筛率的提高。由图 2b) 可知, 当

激振器旋转中心在筛机质心下方时,物料运动趋势与图2a)相反,此时有利于清理筛网,但降低了透筛率;由于激振器置于筛网下,不利于维修。因此当前圆振动筛大多采用“正八字”激振器布置方式。

## 2 直线振动筛筛面运动对筛分效果的影响

### 2.1 直线振动筛动力学分析

常见直线振动筛的力学模型如图3所示。

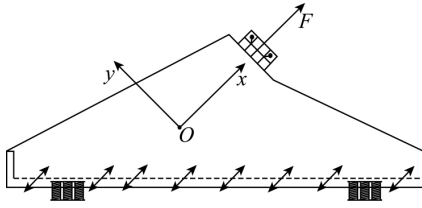


图3 直线振动筛的力学模型

激振力通过筛机质心,在质心处建立坐标系,激振力方向为轴,忽略阻尼后可得筛机工作时的微分方程<sup>[13]</sup>

$$\begin{cases} M\ddot{x} + kx = m_0\omega^2 r\sin\omega t \\ M\ddot{y} + ky = 0 \end{cases} \quad (4)$$

方程的特解为:

$$\begin{cases} x = A\sin\omega t \\ y = 0 \end{cases} \quad (5)$$

式中,  $M$  为直线振动筛的参振质量, kg;  $x, y$  表示直线振动筛上任一点在  $x, y$  方向的位移, mm;  $m_0$  为激振器偏心质量, kg;  $\omega$  为激振器角速度, r/min;  $A$  为直线振动筛振幅, mm;  $k$  为弹簧刚度, N/m。

由式(5)可知,直线振动筛沿  $x$  轴方向以  $A$  为振幅正弦振动,在  $y$  方向没有运动,将式(5)代入式(4)可得

$$A = \frac{m_0 r \omega^2}{k - M\omega^2} \quad (6)$$

式中,  $m_0$  为激振器偏心质量, kg;  $\omega$  为激振器角速度, r/min;  $r$  为激振器偏心半径, mm;  $k$  为弹簧刚度, N/m;  $M$  为直线振动筛的参振质量, kg。

### 2.2 筛面运动形式对筛分效果的影响

由图3和式(5)、(6)可知,直线振动筛筛面各点振动方向和振幅相同,因此筛面上各点物料的抛始角、运动速度相等。与圆振动筛筛面各点振幅和振动方向不同,直线振动筛筛面各参数相同的特性使物料进入筛面分层后有规律地沿筛面运动,不易打散,增加了底层物料与筛面的接触时间,有利于底层物料的透筛。尤其对于含水物料的筛分,直线振

动筛筛面运动的规律性减少了物料对水流的绕动作用,有利于水流带着介质和细泥向筛面运动,提高筛分效果。因此,直线振动筛适于煤炭的脱水、脱泥、脱介以及细粒物料的筛分。

## 3 结 语

通过解微分方程得出圆振动筛筛面接近质心处为圆运动,两端为椭圆运动,距离质心越远椭圆长轴和短轴的差值越大;而直线振动筛筛面各点均为直线振动。圆振动筛筛面各点运动形式不同,导致筛面各处振动参数不同,物料在筛面各点的运动速度和方向也不同,有利于物料松散,使物料从不同方向与筛面碰撞,增大透筛概率,适合大粒度物料的筛分和原煤的分级。直线振动筛筛面各点振动相同,物料分层后不易打散,增加了底层物料与筛面的接触时间,增大透筛概率;对于煤炭的脱介、脱水和脱泥,筛面有规律的振动可减少颗粒对水流的扰动,有利于水流带着重介质和细泥透筛,因此,直线振动筛适合细粒透筛和物料的脱水、脱泥、脱介。

### 参考文献:

- [1] 谭兆衡. 国内筛分设备的现状和展望[J]. 矿山机械, 2004(1): 34-37.
- [2] 左金荣, 侯巨林. 4FDZS1014 复频振网筛[J]. 煤矿机械, 2010, 31(10): 134-135.
- [3] 李建国. 振动筛的消振分析[J]. 洁净煤技术, 2008, 14(2): 110-111.
- [4] 卢相中, 马美英. 双自由度振动筛在细物料筛分中的研究与应用[J]. 洁净煤技术, 2010, 16(6): 105-106, 76.
- [5] 吴丽娟, 李惠彬. 直线振动筛振动特性分析[J]. 机械工程师, 2004(8): 45-47.
- [6] 王新文, 孙海洋, 余训天, 等. 中国选煤厂脱介筛的应用现状[J]. 洁净煤技术, 2013, 19(3): 10-13.
- [7] 刘焕胜. 圆振动筛的物料抛射角与筛面倾角设计[J]. 矿山机械, 1999(7): 43-44.
- [8] 刘杰, 刘树英, 林向阳, 等. 摆动对水平振动筛物料运动的影响[J]. 矿山机械, 1991(4): 6-9.
- [9] 袁惠群, 杨李色. 我国矿用振动筛机械系统动力学研究概况[J]. 沈阳黄金学院学报, 1994, 13(4): 398-404.
- [10] 闻邦椿, 刘凤翥. 振动机械的理论及应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 1982.
- [11] 张恩广. 筛分破碎及脱水设备[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1991.
- [12] 石剑锋. 煤用振动筛分设备的研究现状及发展趋势[J]. 煤矿机械, 2009, 30(5): 8-9.
- [13] 王新文. 直线激振力机械振动振幅及振动方向的确定[J]. 煤炭学报, 2013, 38(1): 167-170.