

# 第一篇

## 筛分机械

# 第一章 筛分机械原理

## 第一节 筛分原理

将颗粒大小不同的混合物料,通过单层或多层筛子而分成若干个不同粒度级别的过程称为筛分。松散物料的筛分过程,可以看作两个阶段组成:

- 1)易于穿过筛孔的颗粒通过不能穿过筛孔的颗粒所组成的物料层到达筛面。
- 2)易于穿过筛孔的颗粒透过筛孔。

要使这两个阶段能够实现,物料在筛面上应具有适当的运动,一方面使筛面上的物料层处于松散状态,物料层将会产生析离(按粒度分层),大颗粒位于上层,小颗粒位于下层,容易到达筛面,并透过筛孔。另一方面,物料和筛子的运动都促使堵在筛孔上的颗粒脱离筛面,有利于颗粒透过筛孔。

实践表明,物料粒度小于筛孔  $3/4$  的颗粒,很容易通过粗粒物料形成的间隙,到达筛面,到筛面后它就很快透过筛孔。这种颗粒称为“易筛粒”。物料粒度大于筛孔  $3/4$  的颗粒,通过粗粒组成的间隙比较困难,这种颗粒的直径愈接近筛孔尺寸,它透过筛孔的困难程度就愈大,因此,这种颗粒称为“难筛粒”。下面用矿粒通过筛孔的概率理论来作说明。

矿粒通过筛孔的可能性称为筛分概率,一般来说,矿粒通过筛孔的概率受到下列因素影响:1)筛孔大小;2)矿粒与筛孔的相对大小;3)筛子的有效面积;4)矿粒运动方向与筛面所成的角度;5)矿料的含水量和含泥量。

由于筛分过程是许多复杂现象和因素的综合,使筛分过程不易用数学形式来全面地

描述 ,这里仅仅从颗粒尺寸与筛孔尺寸的关系进行讨论 ,并假定了某些理想条件( 如颗粒是垂直地投入筛孔 ) ,得到颗粒透过筛孔的概率的公式。

松散物料中粒度比筛孔尺寸小得多的颗粒 ,在筛分开始后 ,很快就落到筛下产物中 ,粒度与筛孔尺寸愈接近的颗粒 ,透过筛孔所需的时间愈长。所以 ,物料在筛分过程中通过筛孔的速度取决于颗粒直径与筛孔尺寸的比值。

研究单颗矿粒透过筛孔的概率如图 1 - 1 - 1 所示。假设有一个由无限细的筛丝制成的筛网 ,筛孔为正方形 ,每边长度为  $L$ 。如果一个直径为  $d$  的球形颗粒 ,在筛分时垂直地向筛孔下落。可以认为 ,颗粒与筛丝不相碰时 ,它就可以毫无阻碍地透过筛孔。换言之 ,要使颗粒顺利地透过筛孔 ,在颗粒下落时 ,其中心应投在绘有虚线的面积  $(L - d)^2$  内 ( 图 2 - 1a )。

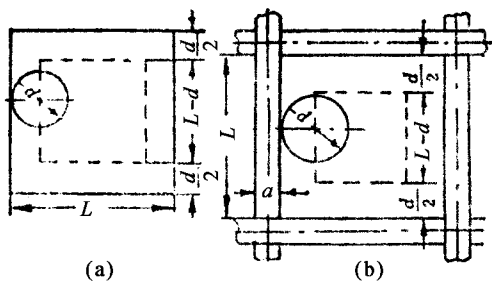


图 1 - 1 - 1 颗粒透过筛孔示意图

由此可见颗粒透过筛孔或者不透过筛孔是一个随机现象。如果矿粒投到筛面上的次数有  $n$  次 ,其中有  $m$  次透过筛孔 ,那么颗粒透过筛孔的频率就是

$$\text{频率} = \frac{m}{n}$$

当  $n$  很大时 ,频率总是稳定在某一个常数  $p$  附近 ,这个稳定值  $p$  就叫筛分概率。因此筛分概率也就客观地反映了矿粒透筛可能性的大小。

$$p = \frac{m}{n}$$

既然概率是某事件出现的可能性的 ,它也就永远不会小于零 ,也不会大于 1 ,总是在 0 与 1 之间 ,即 :

$$0 \leq p \leq 1$$

可以设想有利于颗粒透过筛孔的次数 ,与面积  $(L - d)^2$  成正比 ,而颗粒投到筛孔上的次数 ,与筛孔的面积  $L^2$  成正比。因此 ,颗粒透过筛孔的概率 ,就决定于这两个面积的比值

$$p = \frac{(L - d)^2}{L^2} = \left(1 - \frac{d}{L}\right)^2 \quad (1-1)$$

颗粒被筛丝所阻碍,使它不透过筛孔的概率之值等于 $(1 - p)$ 。

当某事件发生的概率为 $p$ 时,使该事件以概率 $p$ 出现如需要重复 $N$ 次, $N$ 值与概率 $p$ 成反比,即:

$$p = \frac{1}{N}$$

在这里所讨论的问题, $N$ 值就是颗粒透过筛孔的概率为 $p$ 时必须与颗粒相遇的筛孔数目。由此可见,筛孔数目越多,颗粒透过筛孔的概率越小,当 $N$ 值无限增大时, $p$ 愈接近于零。

取不同的 $\frac{d}{L}$ 比值,计算出的 $p$ 和 $N$ 值,见表 1-1-1。利用这些数据可画出图 1-1-2 的曲线。曲线可大体划分为两段,在颗粒直径 $d$ 小于 $0.75L$ 的范围内,曲线较平缓,随着颗粒直径的增大,颗粒透过筛面所需的筛孔数目有所增加。当颗粒直径超过 $0.75L$ 以后,曲线较陡,颗粒直径稍有增加,颗粒透过筛面所需的筛孔数目就需要很多。因此,用概率理论可以证明,在筛分实践中把 $d < 0.75L$ 的颗粒叫“易筛粒”和 $d > 0.75L$ 的颗粒叫“难筛粒”是有道理的。

若考虑筛丝的尺寸(图 1-1-1b),与上面所讨论的原理一样,得到颗粒透过筛面的概率公式:

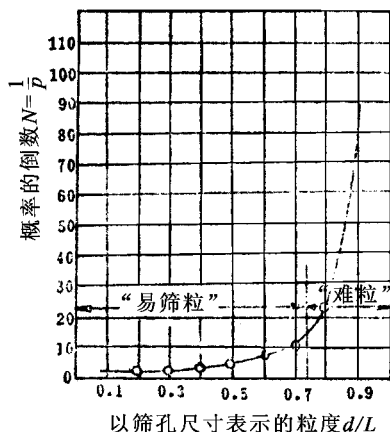


图 1-1-2 颗粒透过筛面的概率的倒数与颗粒和筛孔相对尺寸的关系

$$p = \frac{(L - d)^2}{(L + a)^2} = \frac{L^2}{(L + a)^2} \left(1 - \frac{d}{L}\right)^2 \quad (1-2)$$

式中  $a$ ——筛丝直径；  
 $L$ ——方形筛孔的边长。  
上式说明 筛孔尺寸愈大 筛丝和颗粒直径愈小 则颗粒透过筛孔的可能性愈大。

表 1 - 1 - 1 颗粒透过筛孔的概率与颗粒及筛孔相对尺寸的关系

$\frac{d}{L}$	$p$	$N = \frac{1}{p}$
0.1	0.810	2
0.2	0.640	2
0.3	0.490	2
0.4	0.360	3
0.5	0.250	4
0.6	0.160	7
0.7	0.090	11
0.8	0.040	25
0.9	0.010	100
0.95	0.0025	400
0.99	0.0001	10000
0.999	0.000001	100000

第二节 筛分效率

在使用筛子时 既要求它的处理能力大 又要求尽可能多地将小于筛孔的细粒物料过筛到筛下产物中去。因此 筛子有两个重要的工艺指标 :一个是它的处理能力 即筛孔大小一定的筛子每平方米筛面面积每小时所处理的物料吨数( 吨/米<sup>2</sup>·时 ) 它是表明筛分工作的数量指标。另一个是筛分效率 它是表明筛分工作的质量指标。  
在筛分过程中 按理说比筛孔尺寸小的细级别应该全部透过筛孔 但实际上并不是如此 它要根据筛分机械的性能和操作情况以及物料含水量、含泥量等而定。因此 总有一部分细级别不能透过筛孔成为筛下产物 而是随筛上产品一起排出。筛上产品中 未透过筛孔的细级别数量愈多 说明筛分的效果愈差 为了从数量上评定筛分的完全程度 要用筛分效率这个指标。

所谓筛分效率 是指实际得到的筛下产物重量与入筛物料中所含粒度小于筛孔尺寸

的物料的重量之比。筛分效率用百分数或小数表示。

$$E = \frac{C}{Q \cdot \frac{a}{100}} \times 100\% = \frac{C}{Qa} \times 10^4 \% \quad (1-3)$$

式中  $E$ ——筛分效率, %;

$C$ ——筛下产品重量;

$Q$ ——入筛原物料重量;

$a$ ——入筛原物料中小于筛孔的级别的含量, %。

但实际生产中要测定  $C$  和  $Q$  是比较困难的, 因此必须改用下面推导出的结果来进行计算。

按图 1-1-3 所示, 假定筛下产品中沒有大于筛孔尺寸的颗粒, 就可以组成两个方程式

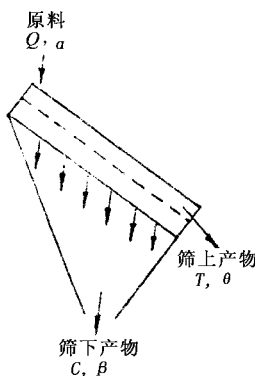


图 1-1-3 筛分效率的测定

1) 原料重量应等于筛上和筛下产物重量之和, 即

$$Q = C + T \quad (1-4)$$

2) 原料中小于筛孔尺寸的粒级的重量, 等于筛上产物与筛下产物中所含有的小于筛孔尺寸的物料的重量之和。

$$Qa = 100C + T\theta \quad (1-5)$$

式中  $T$ ——筛上产物重量;

$\theta$ ——筛上产物中所含小于筛孔尺寸粒级的含量, %。

其他符号的意义同前。

将公式 (1-4) 式代入 (1-5) 得

$$Qa = 100C + (Q - C)\theta$$

$$C = \frac{(\alpha - \theta)Q}{100 - \theta} \quad (1-6)$$

按照公式(1-3)表示的筛分效率的定义,将公式(1-6)代入公式(1-3)中,得到

$$E = \frac{C}{Q\alpha} \times 10^4 = \frac{\alpha - \theta}{\alpha(100 - \theta)} \times 10^4\% \quad (1-7)$$

必须指出,上式是指筛下产物中不含有大于筛孔尺寸的颗粒的条件下列出的物料平衡方程式,由于实际生产中,筛网常常被磨损,部分大于筛孔尺寸的颗粒总会或多或少的透过筛孔进入筛下产物,如果考虑这种情况,筛分效率应按下式计算。

$$E = \frac{\beta(\alpha - \theta)}{\alpha(\beta - \theta)} 100\% \quad (1-8)$$

式中  $\beta$ ——筛下产物中所含小于筛孔级别的含量, %。

筛分效率的测定方法如下:在入筛的物料流中和筛上物料流中每隔 15 ~ 20 分钟取一次样,应连续取样 2 ~ 4 小时,将取得的平均试样在检查筛里筛分,检查筛的筛孔与生产上用的筛子的筛孔相同。分别求出原料和筛上产品中小于筛孔尺寸的级别的百分含量  $\alpha$  和  $\theta$ ,代入公式(1-7)中可求出筛分效率  $E$ 。如果没有与所测定的筛子的筛孔尺寸相等的检查筛子时,可以用套筛作筛分分析,将其结果绘成筛析曲线,然后由筛析曲线图中求出该级别的百分含量  $\alpha$  和  $\theta$ 。

有时用全部小于筛孔物料来计算筛分效率,这样算得的结果叫总筛分效率。有时只对其中的几个粒级作计算,算得的结果叫部分筛分效率。全部小于筛孔的物料,包含易筛粒和难筛粒,所以总筛分效率就是这两类粒子的筛分效率组成的。倘若部分筛分效率是用易筛粒求得的,它必然比总筛分效率大;如果是用难筛粒算出的,它总比总筛分效率小。

因为有以上讲的这些情况,在遇见筛分效率时,就要注意是用什么公式算的,是总筛分效率还是部分筛分效率,否则就会对所研究的问题认识不清。

### 第三节 筛分动力学及其应用

筛分动力学主要研究筛分过程中,筛分效率与筛分时间的关系。

在松散物料的筛分过程中,不论是什么场合,都存在一种普遍规律,这种规律表现在筛分开始后,筛分效率增加得很快,以后,增长速度逐渐降低(图 1-1-4)。产生这种现象的原因是,筛分开始后,“易筛粒”很快透过筛孔,因此筛分效率增长快。随着筛分时

间的增长,筛面上的“易筛粒”愈来愈少,以至筛上只剩下“难筛粒”,而“难筛粒”透过筛孔,需要较长的时间,所以筛分效率的增加就变慢了。下面用筛分石英颗粒时筛分效率随筛分时间的变化关系来作说明。

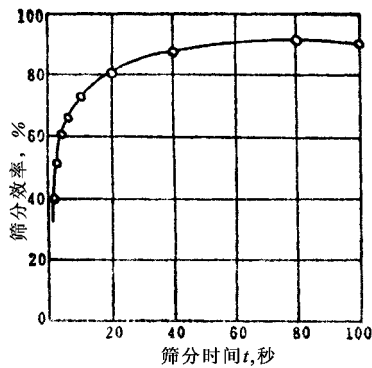


图 1-1-4 筛分效率与筛分时间的关系

表 1-1-2 石英的筛分效率与时间的关系的试验资料

筛分时间 t (秒)	由试验开始计算的筛分效率 E	lg t	lg (lg $\frac{1}{1-E}$ )	lg $\frac{1-E}{E}$
4	0.534	0.6021	-0.47939	-0.05918
6	0.645	0.7782	-0.34698	-0.25665
8	0.758	0.9031	-0.21028	-0.49594
12	0.830	1.0792	-0.11379	-0.68867
18	0.913	1.2553	+0.02531	-1.02136
24	0.941	1.3802	+0.08955	-1.20273
40	0.975	1.6021	+0.20466	-1.57512

如果把表中的第三行和第五行数据绘在对数坐标纸上,以横坐标表示  $\lg t$ ,以纵坐标表示  $\lg \frac{1-E}{E}$ ,就可以得到一条直线,如图 1-1-5 所示。

对图 1-1-5 可以写出直线方程式：

$$\lg \frac{1-E}{E} = -m \lg t + \lg a$$

式中  $m$ ——直线斜率；

$\lg a$ ——直线在纵坐标上的截距。

因此  $\lg \frac{1-E}{E} = \lg (t^{-m} \cdot a)$



即

$$E = \frac{t^m}{t^m + a} \tag{1-9}$$

公式中的参数  $m$  及  $a$  与物料性质及筛分进行情况有关,对于振动筛, $m$  可取 3,由公式(1-9)可导出  $a = \frac{1-E}{E} \cdot t^m$ ,若  $E = 50\%$  时, $a = t_{50}^m$ ,所以参数  $a$  是筛分效率为 50% 时筛分时间的  $m$  次方。因此参数  $a$  可以看作是物料的可筛性指标。

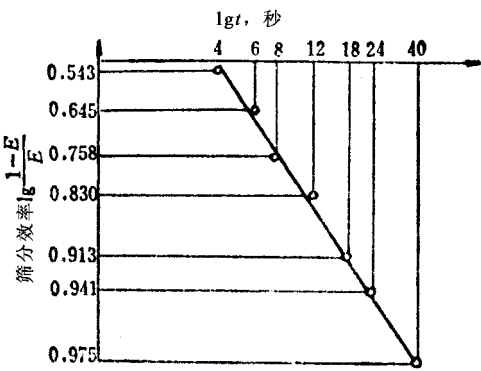


图 1-1-5 筛分效率( $\lg \frac{1-E}{E}$ )与筛分时间( $\lg t$ )的关系

经过试验证明,筛分不分级物料,例如破碎产物,筛分结果可以用几段直线组成的折线表示。这种情况表明,方程式的参数在不同的线段上有不同的数值。第一段直线的筛分效率约 40 ~ 60%,第二段直线的筛分效率约 90 ~ 95%,第三段直线相当于更高的筛分效率。对接近于筛孔尺寸(0.75  $L$  到  $L$ )的窄级别物料进行筛分时,筛分效率从 5 ~ 10% 到 95% 的整个范围内,都可以用一根直线表示。

筛分时间与筛分效率之所以有上述的关系,可以用下面的理论来解释。

令  $W$  为某一瞬间存在于筛面上的比筛孔小的矿粒的重量, $\frac{dW}{dt}$  为比筛孔小的矿粒被筛去的速率( $t$  是筛分时间),因为每一瞬间的筛分速率可假设为与该瞬间留在筛面上的比筛孔小的矿粒的重量成正比,即

$$\frac{dW}{dt} = -kW \tag{1-10}$$

式中的  $k$  为比例系数,负号表示  $W$  随时间的增加而减少。积分上式得

$$\ln W = -kt + C$$

设  $W_0$  是给矿中所含比筛孔小的矿粒的重量,当  $t = 0$  时, $W = W_0$ ,即

$$\ln W_0 = C$$

因此

$$\ln W - \ln W_0 = -kt$$

或

$$\frac{W}{W_0} = e^{-kt}$$

比值  $\frac{W}{W_0}$  是筛下级别在筛上产物中的回收率, 因此筛分效率  $E$  应当为

$$E = 1 - \frac{W}{W_0}$$

或

$$E = 1 - e^{-kt} \quad (1-11)$$

更符合实际的公式为

$$E = 1 - e^{-kt^n} \text{ 或 } 1 - E = e^{-kt^n} \quad (1-12)$$

将公式(1-12)取两次对数, 可得到

$$\lg\left(\lg \frac{1}{1-E}\right) = n \lg t + \lg(k \lg e)$$

若以纵坐标轴表示  $\lg\left(\lg \frac{1}{1-E}\right)$ , 横坐标轴表示  $\lg t$ , 用公式(1-12)作出的图形是一条直线, 直线的斜率为  $n$ 。

把(1-12)式改写为

$$E = 1 - \frac{1}{e^{kt^n}}$$

将  $e^{kt^n}$  分解为级数

$$e^{kt^n} = 1 + kt^n + \frac{(kt^n)^2}{2} + \dots$$

取级数的前两项代入公式(1-12), 得到

$$E = 1 - \frac{1}{1 + kt^n} = \frac{kt^n}{1 + kt^n} \quad (1-13)$$

公式(1-13)是公式(1-12)的近似式, 如果令  $k = \frac{1}{a}$ , 则

$$E = \frac{t^n}{a + t^n}$$

所以公式(1-13)与公式(1-9)相同。

参数  $k$  和  $n$  既决定于被筛物料的性质, 也决定于筛分的工作条件。如果设  $k = \frac{1}{t^n}$ ,

则公式(1-12)为  $E = 1 - \frac{1}{e} = 1 - \frac{1}{2.71} = 63.4\%$ , 对公式(1-13),  $E = \frac{1}{2} = 50\%$ , 因此叫

参数  $k$  为物料的可筛性指标。

设筛面长度为  $L$  ,因为  $t \propto L$  ,故公式(1-13)可表示为

$$E = \frac{K' L^n}{1 + K' L^n} \quad (1-14)$$

同样公式(1-12)可表示为

$$1 - E = E^{-K' L^n} \quad (1-15)$$

筛分动力学的应用之一

利用筛分动力学公式可以研究筛子的负荷与筛分效率的相互关系。如果筛孔尺寸和物料沿筛面运动的速度一定,筛面上的物料层厚度取决于筛子的给料量。给料量愈多,物料层厚度就愈大,筛分效率则愈低。因为小于筛孔的级别比较难于通过较厚的物料层而透筛。给料量很大时,为了达到相同的筛分效率,必须增加筛分时间。因此,可以近似地认为,筛分效率不变时,筛子的生产率与筛分时间成反比,即

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{t_2}{t_1} \quad (1-16)$$

式中  $Q_1, Q_2$ ——筛子的生产率;

$t_1, t_2$ ——达到规定筛分效率所需要的筛分时间。

由公式(1-9)可知

$$t^m = \frac{aE}{1-E} \text{ 或 } t = \sqrt[m]{\frac{aE}{1-E}}$$

当筛分时间相同,而给矿量为  $Q_1$  及  $Q_2$  相应的筛分效率为  $E_1$  及  $E_2$ ,代入公式(1-16)式得

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{\sqrt[m]{\frac{aE_2}{1-E_2}}}{\sqrt[m]{\frac{aE_1}{1-E_1}}}$$
$$\frac{Q_1}{Q_2} = \sqrt[m]{\frac{E_2(1-E_1)}{E_1(1-E_2)}} \quad (1-17)$$

这个公式表达出筛子的生产率和筛分效率的关系。

应用这个公式时,要先知道  $m$  值。如果收集到一些生产率和相应的筛分效率的试验数据,就可以找出它。振动筛可以取  $m = 3$ ,按照公式(1-17)计算的结果列于表1-1-3中,表中取筛分效率为0.9时的相对生产率是1。并列出行试验平均值。可以看出按公式(1-17)的计算结果与试验值基本相近。

表 1-1-3 振动筛的筛分效率与生产率的关系

	在下列筛分效率(以小数表示)时,筛子的相对生产率									
	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	0.92	0.94	0.96	0.98
试验平均值*	2.3	2.1	1.9	1.6	1.3	1.0	0.9	0.8	0.6	0.4
m = 3 时,公式 2-17 的计算值	2.36	2.09	1.82	1.57	1.31	1.0	0.92	0.83	0.72	0.585

\* 目前选厂设计中,振动筛的计算是采用表中所列的试验平均值。

筛分动力学的应用之二

利用筛分动力学公式可以研究筛分效率与筛面长度的关系。在选矿厂中,有时需要提高筛子的筛分效率和处理能力,为缩小碎矿产物粒度和增加碎矿机生产能力创造条件,措施之一就是在配置条件允许的情况下增加筛子的长度,筛分动力学为这种措施提供了理论依据。

令  $t_1$ 、 $L_1$  和  $E_1$  为第一种情况下的筛分时间、筛面长度和筛分效率; $t_2$ 、 $L_2$  和  $E_2$  为第二种情况下的筛分时间、筛面长度和筛分效率。因为筛分时间与筛面长度成正比,故公式(1-14)可以写为

$$L_1^n = \frac{E_1}{K'(1-E_1)} \text{ 及 } L_2^n = \frac{E_2}{K'(1-E_2)}$$

从而 
$$\left(\frac{L_1}{L_2}\right)^n = \frac{E_1}{(1-E_1)} \times \frac{(1-E_2)}{E_2} \tag{1-18}$$

或 
$$E_2 = \frac{L_2^n E_1}{L_1^n - L_1^n E_1 + L_2^n E_1}$$

对于振动筛,此处之  $n$  值为 3。

第四节 影响筛分效率的因素

一、第一类影响因素——物料的性质

1. 物料的粒度特性

被筛物料的粒度组成,对于筛分过程有决定性的影响,在筛分实践中,可以看到,比筛孔愈小的颗粒愈容易透过筛孔,颗粒大到筛孔  $\frac{3}{4}$ ,虽然比筛孔尺寸小,但却难于透筛。直径比筛孔略大的颗粒,常常遮住筛孔,妨碍细粒透过。直径在 1~1.5 倍筛孔尺寸的颗

粒形成的料层,不易让“难筛粒”透过。但直径在 1.5 倍筛孔尺寸以上的颗粒形成的料层,对“易筛粒”或“难筛粒”穿过它去接近筛面的影响并不大。因此,物料中的粒子有三种粒度界限值得注意:

小于  $\frac{3}{4}$  筛孔尺寸的颗粒叫“易筛粒”;

小于筛孔尺寸但大于  $\frac{3}{4}$  筛孔尺寸的颗粒叫“难筛粒”;

粒度为 1 ~ 1.5 倍筛孔尺寸的颗粒叫“阻碍粒”。

显然,含“易筛粒”愈多的物料愈好筛。因此,当增加物料中的“易筛粒”含量时,筛子的生产率迅速增加,或者说,在保持生产率一定的情况下,可以得到较高的筛分效率。原因是当“易筛粒”含量多的物料给到筛上时,细粒很容易迅速通过筛孔,留在筛上的物料量减少了,这时即使在筛上还有一些“难筛粒”,由于受其他颗粒对它们影响的程度也相对地减少了,所以也有利于一部分“难筛粒”透过筛孔。相反,当原物料中含“难筛粒”和“阻碍粒”愈多,因它们阻碍细粒与筛面接触而透过筛孔,使筛分效率降低。

当原料中细级别含量少,而筛上物本身又过于粗,其粒度大大超过筛孔尺寸的时候,可以采取增加辅助筛分的方法,用筛孔尺寸较大的辅助筛,预先排出筛上产物过粗的级别,然后筛分含有大量细级别的较细物料,相对而言,是完全合理的。在这样两次筛分的条件下,可以提高筛分效率和延长筛网的使用期限。

物料颗粒最大容许尺寸与筛孔尺寸之间的一定比例关系没有明确的规定,一般认为最大粒度不应大于筛孔尺寸的 2.5 ~ 4 倍。

在精确计算振动筛的生产率时,需要测定给矿中小于  $\frac{1}{2}$  筛孔尺寸的颗粒含量和大于筛孔尺寸的颗粒含量。因为它们既影响生产率,也影响筛分效率。

### 2. 被筛物料的含水量和含泥量

物料所含的水分有两种,一种叫外在水分,处于颗粒的表面;另一种叫内在水分,处于物料的孔隙、裂缝中。后者对筛分过程没有影响。

物料中所含的表面水分在一定程度内增加,粘滞性也就增大,物料的表面水分能使细粒互相粘结成团,并附着在大颗粒上,粘性物料也会把筛孔堵住。这些原因使筛分过程进行较难,筛分效率将大大降低。

以不同筛孔的筛子筛分含水量相同的同一种物料,则水分对筛分效率的影响是不同的。筛孔尺寸愈大,水分的影响愈小。这是因为筛孔尺寸愈大,筛孔堵塞的可能性就愈小。另外,更重要的原因是因为水分在各粒级内的分布是不均匀的,粒度愈小的级别,水分含量愈高。因此,当筛孔大时,就能够很快的把水分含量高的细粒级别筛出去,筛上物

料的水分于是大大降低,使它不致影响筛分过程的进行。因此,当物料含水量较高,严重影响筛分过程时,可以考虑采用适当加大筛孔的方法来提高筛分效率。

水分对筛分某种物料的具体影响,需要根据试验结果来判断。筛分效率与物料湿度的关系如图 1-1-6 所示,图中曲线说明,物料所含水分如达到某一范围,筛分效率急剧降低。这个范围取决于物料性质和筛孔尺寸。物料所含水分超过这个范围后,颗粒的活动性又重新提高,物料的粘滞性反而消失了,此时,水分有促进物料通过筛孔的作用,并逐渐达到湿法筛分的条件。

图 1-1-6 中,两种物料所受水分的影响不同,产生差别的原因,可以由这两种物料具有不同的吸湿性能来解释。

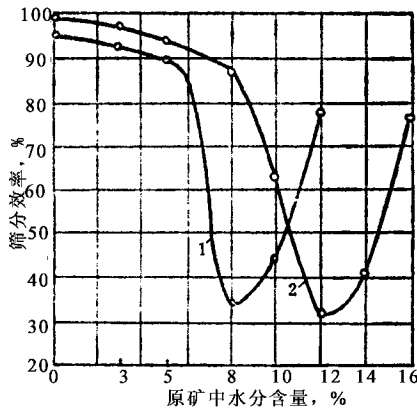


图 1-1-6 筛分效率与矿石湿度的关系

1—吸湿性弱的物料 2—吸湿性强的物料

如果物料中含有易于结团的粘性物质(如粘土等),即使在水分很少时,也会粘结成团,使细泥混入筛上产物,此外,也会很快堵塞筛孔。

筛分粘性矿石时,必须采取有效措施来强化筛分过程,如用湿法筛分,或者在筛分前进行预先洗矿,将泥质排除。

3. 物料的颗粒形状 物料颗粒如果是圆形,则透过方孔和圆孔较容易。破碎产物大多是多角形,透过方孔和圆孔不如透过长方孔容易,条状、板状、片状物料难以透过方孔和圆孔,但较易透过长方形孔。

## 二、第二类影响因素——筛面种类及工作参数

### 1. 筛面种类

筛子的工作面通常有三种,钢棒制造的、钢丝编织的和钢板冲孔的。它们对筛分效

率的影响 ,主要和它们的有效面积有关。

筛面种类	棒条筛	钢板冲孔筛	钢丝编织筛
有效面积	最少	次少	较大
使用寿命	最长	次长	最短
价格	最低	次低	最贵

有效面积愈大的筛面 ,筛孔占的面积愈多 ,矿粒较易透过筛孔 ,筛分效率就较高 ,但寿命较短。选用什么样的筛面 ,应结合实际情况考虑。当磨损严重 ,成为主要矛盾时 ,就应当用耐磨的棒条筛或钢板冲孔筛 ;当需要精细筛分的场合下 ,就要用织丝筛。

2. 筛孔形状

筛孔形状的选择 ,取决于对筛分产物粒度和对筛子生产能力的要求。圆形筛孔与其他形状的筛孔比较 ,在名义尺寸相同的情况下 ,透过这种筛孔的筛下产物的粒度较小。一般认为 ,实际上透过圆形筛孔的颗粒的最大粒度 ,平均只有透过同样尺寸的正方形筛孔的颗粒的 80 ~ 85 %。

长方形筛孔的筛面 ,其有效面积较大 ,生产能力较高 ;处理含水较多的物料时 ,能减少筛面堵塞现象。它的缺点是容易使条状及片状粒通过筛孔 ,使得筛下产物不均匀 ,因此 ,当要求筛上物中不含细粉 ,筛下物中允许有条状和片状粒 ,物料湿而粘易引起堵塞 ,以及希望筛下产物较多等情况 ,采用长方形筛孔比较有利。

在选择筛孔的型式时 ,最好与物料的形状相适合 ,如处理块状物料应采用正方形筛孔 ,处理板状物料应采用长方形筛孔。

不同形状筛孔尺寸与筛下产品最大粒度的关系 ,按下式计算 :

$$d_{\text{最大}} = K \cdot a \tag{1-19}$$

式中  $d_{\text{最大}}$  ——筛下产品最大粒度 ,毫米 ;

$a$  ——筛孔尺寸 ,毫米 ;

$K$  ——系数。

表 1-1-4  $K$  值表

孔型	圆形	方形	长方形
$K$ 值	0.7	0.9	1.2 ~ 1.7 *

\* 板条状矿物取大值。

3. 筛孔尺寸

筛孔愈大 ,单位筛网面积的生产率愈高 ,筛分效率也较好 ,但筛孔的大小取决于采用筛分的目的和要求。倘若希望筛上产物中含小于筛孔的细粒尽量少 ,就应该用较大的筛

孔 ;反之 ,若要求筛下产物中尽可能不含大于规定粒度的粒子 ,筛孔不宜过大 ,以规定粒度作为筛孔宽的限度。

碎矿流程中用的筛子的筛孔宽 ,应当联系碎矿机的工作来选择。在碎矿机的产物中 ,总有数量不等的比排矿口约大 1 ~ 3 倍的未达到破碎要求的残余粒。预先筛分的作用 ,就是先将给入碎矿机的物料中接近残余粒大小以下的矿粒筛除去 ,不必把它们送去破碎。因此 ,预先筛分用的筛子的筛孔大小 ,可在碎矿机的排矿口宽和它的产物中的最大粒范围内选择。如果碎矿机的负荷较轻 ,筛孔尺寸可以等于或稍大于碎矿机的排矿口宽度 ,以便碎矿机多得些给矿。如果碎矿机过负荷时 ,它的给矿宜少 ,筛孔尺寸应大些 ,可以等于或稍小于破碎产品中的最大块粒度。与细碎机构成闭路的检查筛 ,其作用在于控制碎矿机最终产物的粒度适合磨矿机的要求 ,因而它的筛孔宽有两种办法来选取。第一种办法 ,选取筛孔尺寸约等于排矿口宽。这种办法的好处是筛下产物都是合格的细粒 ,但筛子负荷就比较大。第二种办法 ,选取筛孔尺寸比排矿口宽度大。这种办法的缺点是筛下产物中含有一些不合格的粗粒 ,按公式  $(1 - 8)$  算的筛分效率也就低一些 ,但合格细粒也必然更多地进入筛下 ,筛子的生产能力将得到提高。所取的筛孔尺寸究竟比排矿口大多少才合适 ,与被破碎的物料性能有关。如果筛孔放大得合适 ,筛下物中虽有少量不合格粗粒 ,但也增加了一些细粒 ,总的看来 ,第二种办法的筛下产物与第一种办法得到的同样是磨矿机所允许的。这两种定筛孔宽度的办法虽然不同 ,但对磨矿机给矿的要求来讲 ,都是一样的。与前面讲的筛分效率和筛分动力学联系起来 ,就不难理解制订第二种办法的根据了。

#### 4. 筛子的运动状况

虽然筛分质量首先决定于被筛物料的性质 ,但同一种物料用不同类型的筛子筛分 ,可以得到不同的效果。实际经验指出 ,固定不动的筛子 ,它的筛分效率很低 ,至于可动的筛子 ,它的筛分效率又和筛体的运动方式有关。筛体如果是振动的 ,矿粒在筛面上以接近于垂直筛孔的方向被抖动 ,而且振动频率较高 ,所以筛分效率最好。在摇动着的筛面上 ,矿粒主要是沿筛面滑动 ,而且摇动的频率比振动的频率小 ,所以效果较振动筛的差 ,转动的圆筒形筛 ,筛孔容易堵塞 ,筛分效率也不高。各种筛子的筛分效率大致如下 :

筛子类型	固定条筛	转筒筛	摇动筛	振动筛
筛分效率( % )	50 ~ 60	60	70 ~ 80	90 以上

即使同一种运动性质的筛子 ,它的筛分效率又随运动强度不同而有差别。筛体的运动可以使物料在筛面上散开 ,有利于细粒经过料层透过筛孔 ,筛分效率因此提高。但物料沿筛面的运动速度 ,又和筛体的运动强度有关 ,筛面的运动强度过大 ,其上的物料运动



较快,矿粒透过筛孔的机会少,效果就较差。如果筛面的运动强度过小,其上的物料不能散开,也不利于细粒透过筛孔。

5. 筛子的长度和宽度

在生产实际中可以体会到,对一定的物料,生产率主要取决于筛面宽度,筛分效率主要取决于筛面长度。筛面愈长,物料在筛上被筛分的时间愈久,筛分效率也愈高。筛分时间(或筛面长度)和筛分效率的关系如图 1-1-4 所表明的情况。最初,稍微增加筛分时间,就有许多“易筛粒”大量透过筛孔,筛分效率就很快增加。后来,易筛颗粒大都被筛去了,剩下些难筛颗粒,时间虽增长,它们被筛下的并不多,筛分效率增加也不大。因此,筛分时间太长也是不合理的。因为当筛面倾角一定,要增加筛分时间,只有增加筛面长度。筛面太长并不好,浪费厂房空间,筛子构造笨重,筛分效率提高不多,所以筛子长度必须适当。只有在高负荷工作的筛子,为了保证较高的筛分效率,如果配置条件许可,适当增加筛子长度,有时是有利的。

筛面的宽度也必须适当,而且必须与筛面长度保持一定比例关系。在筛子负荷相等时,筛子宽度小而长度很大,筛面上物料层厚,细粒难于接近筛面和透过筛孔。相反,当筛面宽度很大而长度小时,物料层厚度固然减小,细粒易于接近筛面,但由于颗粒在筛面上停留时间短,物料通过筛孔的机会就少了,筛分效率必然会降低。一般认为筛子的宽度与长度之比为 1.25~1.3。

6. 筛面的倾角

在一般情况下,筛子都是倾斜安装的,便于排出筛上物料,但倾角要合适。角度太小,达不到这个目的,角度太大,物料排出太快,物料被筛分的时间缩短,筛分效率就低。当筛面倾斜放着时,可以让颗粒顺利通过的筛孔的面积只相当于筛孔的水平投影,如图 1-1-7 所示。能够无阻碍地透过筛孔的颗粒直径等于

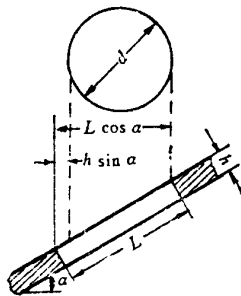


图 1-1-7 单个颗粒透过倾斜筛面的筛孔示意图

$$d = L \cos \alpha - h \sin \alpha \tag{1-20}$$

由此可见 ,筛面的倾角愈大 ,使矿粒通过时受到的阻碍愈大。因此 ,筛面的倾角要适当。表 1-1-5 所示 ,为筛面倾角和筛分效果的关系。

实际上选矿厂常见的振动筛的倾角一般在  $0^{\circ} \sim 25^{\circ}$ 。固定棒条筛的倾角一般为  $40^{\circ} \sim 45^{\circ}$ 。

表 1-1-5 筛面水平及倾斜放置时筛下物最大粒度与筛孔宽的关系  
(适用于 5 毫米以上的筛孔)

筛下物最大粒直径	保证筛去此最大粒必需的筛孔大小			
	圆孔		方孔	
	水平	$40^{\circ} \sim 45^{\circ}$ 倾斜	水平	$40^{\circ} \sim 45^{\circ}$ 倾斜
$d$	$1.4 d$	$(1.85 \sim 2) d^{*}$	$1.16 d$	$1.52 d$

\* 矿粒在 5 ~ 30 毫米时用  $2 d$  ,在 40 ~ 100 毫米时用  $1.85 d$ 。

三、第三类影响因素——操作条件

1. 给料要均匀和连续

均匀、连续地将物料给入筛子上 ,让物料沿整个筛子的宽度布满成一薄层 ,既充分利用了筛面 ,又便于细粒透过筛孔 ,因此可以保证获得较高的生产率和筛分效率。

2. 给料量

给料量增加 ,生产能力增大 ,但筛分效率就会逐渐降低 ,原因是筛子产生过负荷。筛子产生过负荷时 ,就成为一个溜槽 ,实际上只起到运输物料的作用。因此 ,对于筛分作业 ,既要求筛分效率高 ,又要求处理量大 ,不能片面追求一方面 ,而使另一方面大大降低。

## 第二章 固定筛性能结构、运行管理与操作控制

### 第一节 概 述

工业中使用的筛子种类繁多 ,尚无统一的分类标准 ,其中有些筛子由于结构陈旧、生产效率低 ,已经逐渐被淘汰。我国国产筛分机械系列及技术规格见表 1 - 2 - 1。下面根据我国选矿厂中常见的筛子以及它们的某些特点和适用情况作介绍。

1 )格筛( 包括固定棒条筛、滚轴筛 ) 固定棒条筛构造简单 ,不需要动力 ,是选矿厂中最常见的一种筛子。滚轴筛主要用在焦化厂和炼铁厂筛分焦炭。

2 )摇动筛 在非金属矿山、建筑材料、选煤工业中广泛应用。金属选矿厂应用很少。

3 )筒形筛 一般应用在建筑工业筛分和清洗碎石、砂子 ,也有的选矿厂用于洗矿。

4 )直线振动筛 这种筛子是由振动器产生的定向振动作用拖动水平安装的筛框 ,筛框的运动轨迹为定向直线振动 ,以保证物料在筛面上产生强烈的抖动 ,它用于煤的脱水分级、脱介、脱泥 ,也可用于磁铁矿的冲洗、脱泥和分级等。

5 )圆运动振动筛 这种筛子是由不平衡振动器的回转质量产生的激振力使筛体产生强烈的振动作用 ,筛子运动轨迹为圆或近似于圆。由于它的筛分效率比较高 ,目前在金属选矿厂广为采用。

表1-2-1 国产筛分机械系列及技术规格

类型	规格型号	工作面积 (米 <sup>2</sup> )	筛孔尺寸 (毫米)	双振幅 (毫米)	振次 (次/分)	筛面倾角 (度)	最大给料粒度 (毫米)	样本生产能力 (吨/时)	传动电动机 型 号	功率 (千瓦)	设备重量 (公斤)	参考价格 (元)	制 造 厂
自定中 心振 动筛	SZZ <sub>1</sub> 900×1800	1.62	1,2;3;6;10;13;20;25	6	1000	15~25	40	20~25	JO <sub>2</sub> -100S-4	2.2	420	2200	上冶
	SZZ <sub>2</sub> 900×1800	1.62	1,2;3;6;10;13;20;25	6	1000	15~25	40	20~25	JO <sub>2</sub> -100S-4	2.2	572	2800	上冶
	SZZ <sub>1</sub> 1250×2500	3.13	6;8;10;13;16;25;30;40	2~7	850	15~20	100	150	JO <sub>2</sub> -112L-4	5.5	1020	3500	上冶
	SZZ <sub>2</sub> 1250×2500	3.13	6;8;10;13;16;25;30;40	2~7	850	15	100	150	JO <sub>2</sub> -112L-4	5.5	1325	4000	上冶, 鞍—机床
	SZZ <sub>2</sub> 1250×4000	5	2~6	2~6	900				JO <sub>2</sub> -51-4	7.5	2322	8000	鞍—机床
	SZZ <sub>1</sub> 1500×3000	4.5	6;8;10;13;16;25;30;40	8	800	20~25	100	245	JO <sub>2</sub> -140S-4	7.5	1730	4900	上冶
振 动筛	SZZ <sub>2</sub> 1500×3000	4.5	6;8;10;13;16;25;30;40	5~10	840	15~20	100	245	JO <sub>2</sub> -140S-4	7.5	2150	6500	上冶
	SZZ <sub>1</sub> 1500×4000	6	6;8;10;13;16;25;30;40	5~10	840	15~20	100		JO <sub>2</sub> -140M-4	11	2500	7800	上冶
	SZZ <sub>2</sub> 1500×4000	6	6;8;10;13;16;25;30;40	6	1050	20	100	300	JO <sub>2</sub> -140M-4	11	3100	8400	上冶 (盛式)
	SZZ <sub>1</sub> 1800×3500	6.48	6;8;10;13;20;25	8	750	25±2	150	300	JO <sub>2</sub> -160S-4	15	4500	9000	上冶
	SZZ <sub>2</sub> 1800×3500	6.48	6;8;10;13;16;20;25;40;50;70	7	820	20	150	300	JO <sub>2</sub> -160S-4	15	3000		上冶
	SZ <sub>1</sub> 1250×2500	3	6~40	4	1440		100	100	BJO <sub>2</sub> -42-4	5.5	998	3500	鞍—机床
重 型 振 动筛	SZ <sub>2</sub> 1250×2500	3	6~40	4.8	1300		100	100	BJO <sub>2</sub> -42-4	5.5	1370	4000	鞍—机床
	SZX <sub>1</sub> 1500×3000	4.5	25;50;75;100	10	750	23	400	350	JO <sub>2</sub> -160S-4	15	3248	11000	上冶
	SZX <sub>2</sub> 1500×3000	4.5	25;50;75;100	9	750	23	400		JO <sub>2</sub> -160S-4	15	3900		上冶
	SZX <sub>1</sub> 1750×3500	6.12	25;50;75;100	9	750	20	350		JO <sub>2</sub> -160S-4	15	3600	11000	上冶
	SZX <sub>2</sub> 1750×3500	6.12	25;50;75;100	8	750	22	250	500	JO <sub>2</sub> -160S-4	15	4809	15000	上冶
	悬挂SXG 1500×3700	5.5	13~100	1.4~2.3	1000~1200		500	300	JO <sub>2</sub> -51-4	7.5	3000	10500	鞍—机床
真 线 振 动筛	双轴SSZ <sub>1</sub> 1500×5500	7	0.5~100	9	800		300		JO <sub>2</sub> -52-4	10	5642	23000	鞍—机床, 上冶
	双轴SSZ <sub>2</sub> 1800×5500	9	0.5~100	9	800		300		JO <sub>2</sub> -52-4	10	5164	13670	鞍—机床
	单轴ZS 1800×5500	9		9	800				JQO <sub>2</sub> -52-4	10	4425	29000	鞍—机床
	双轴座式 2000×6500	12		9	800		300	80	JO <sub>2</sub> -62-4	10	6925	35000	鞍—机床
	ZSZG 1200×3000		6;8;10;13;16;25;30;40	10~20	700~900		100		JO <sub>2</sub> -112L-4	5.5	2200	13000	上冶
	ZSZG 1500×4000		6;8;10;13;16;25;30;40	10~24	700~900		100		JO <sub>2</sub> -140S-4	7.5	4100	17400 湿式21000	上冶
弧 形筛	HSR 1018×1580×45°		0.25;0.5;1.0								310		洛矿
	HSR 1018×1300×45°		0.25;0.5;1.0								332		洛矿

6)共振筛 又叫弹性连杆式振动筛,是用连杆上装有弹簧的曲柄连杆机构驱动,使筛子在接近共振状态下工作,达到筛分的目的。它也可归入直线振动筛那一类。共振筛用于煤炭工业和选矿厂的筛分、脱水和脱泥作业。目前我国的选煤厂已广泛应用,此外有少数选矿厂也开始应用。

7)细筛 其特点是可以筛分细粒物料(分离粒度可以达到 200 网目),用于磨矿回路的细粒分级。有筛面呈曲面形状的弧形筛;带有机机械敲击装置的细筛,以及国外近年来新出现的超声波细筛和微孔筛(带有消除筛孔堵塞的高频振动器)等。

## 第二节 固定筛

固定筛是由平行排列的钢条或钢棒组成,钢条和钢棒称为格条,格条借横杆联接在一起。

固定筛有两种:即格筛和条筛。

格筛装在粗矿仓上部,以保证粗碎机的入料块度合适,格筛的筛上大块需要用手锤或其他方法破碎,使其过筛。固定格筛一般是水平安装的。

条筛主要用于粗碎和中碎前作预先筛分,一般为倾斜安装,倾角的大小应能使物料沿筛面自动地地下滑,就是说倾角应大于物料对筛面的摩擦角。一般筛分矿石时,倾角为  $40^{\circ} \sim 50^{\circ}$ ,对于大块矿石,倾角可稍减小,而对于粘性矿石,倾角应稍增加。

条筛筛孔尺寸约为要求筛下粒度的 1.1 ~ 1.2 倍,一般筛孔尺寸不小于 50 毫米。

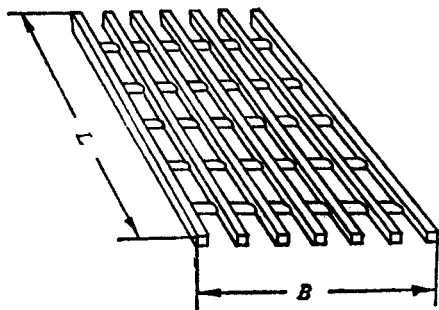


图 1-2-1 条筛示意图

条筛的宽度决定于给矿机、运输机以及碎矿机给矿口的宽度;并应大于给矿中最大

块粒度的 2.5 倍。条筛的长度  $L$  应根据宽度  $B$  选择 ,一般

$$L \approx 2B$$

条筛的生产率用下式计算：

$$Q = q \cdot S \text{ ,吨/时} \tag{2-1}$$

式中  $S$ ——筛面面积 ,米<sup>2</sup>；

$q$ ——单位面积生产率 ,吨/米<sup>2</sup>·时 ,可查表 1-2-2。

表 1-2-2 单位筛分面积的生产率  $q$  值

筛孔尺寸(毫米)	20	25	30	40	50	75	100	150	200
$q$ (吨/米·时)	24	27	30	34	38	40	40	40	40

条筛的优点是构造简单、无运动件 ,也不需要动力 ,但缺点是易堵塞 ,所需高差大 ,筛分效率低 ,一般筛分效率仅为 50 ~ 60 %。

## 第三章 振动筛安装调试与运行维护

### 第一节 振动筛及其工作原理

按振动频率是否接近或远离共振频率分为共振筛、低频振动筛和高频振动筛。按激振器产生激振力的原理不同,又可分为偏心振动筛(也叫半振动筛)、惯性振动筛和电磁振动筛。目前,偏心振动筛已很少用,电磁振动筛主要应用于粉末状细粒物料的分级。共振筛曾一度崛起,发展很快,但在生产实践中,暴露出结构复杂、调整困难、故障较多等缺点。在筛分作业中,大量使用的是惯性振动筛,一般简称为振动筛。

目前,将振动筛按筛面工作时的运动轨迹的特点,分为圆运动振动筛(简称圆振动筛)和直线运动振动筛(简称直线振动筛)。

根据激振器不同,圆振动筛分为块偏心圆振动筛和轴偏心圆振动筛。圆振动筛按工作时激振器轴上胶带轮的几何中心在空间的位置变与不变可分为:限定中心圆振动筛、不定中心圆振动筛和自定中心圆振动筛。惯性振动筛的分类见图 1-3-1。

#### 一、圆振动筛

圆振动筛按其激振器原理的不同,又可分为简单惯性振动筛和自定中心振动筛。

##### 1. 简单惯性振动筛

简单惯性振动筛有吊挂式和座式两种。图 1-3-2 为我国 20 世纪 50 年代从波兰引进的 WK 型简单惯性振动筛工作原理图。国产的简单惯性振动筛有 SXG—1 型(仿 WK

型)和 SZ 型(仿苏 БГ)两种,其结构主要由筛箱、激振器、弹簧和吊挂装置等组成。

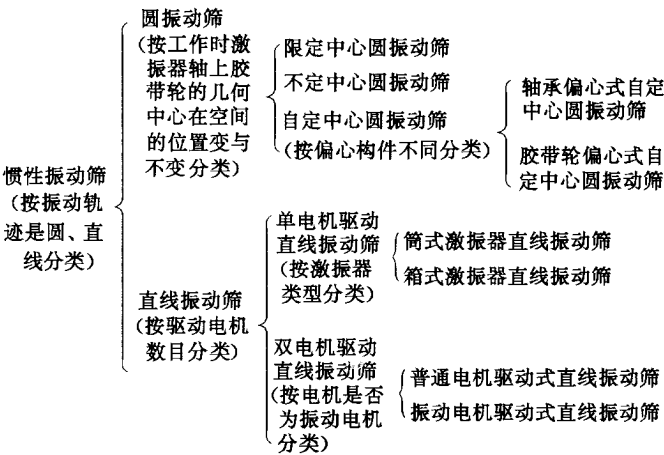


图 1-3-1 振动筛的分类

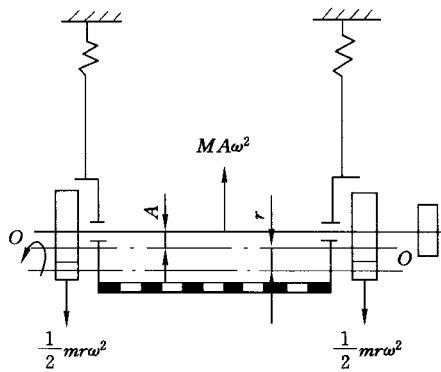


图 1-3-2 简单惯性振动筛工作原理图

激振器是筛分机的主要部件,由主轴、轴承、不平衡轮和配重块等组成。当电机通过三角胶带轮带动主轴高速回转时,不平衡轮产生离心惯性力(即激振力) $P = MA\omega^2$ ,通过轴承传给筛箱,迫使筛箱运动,其运动的轨迹为圆形或椭圆形。简单惯性振动筛的主轴中心与胶带轮中心位于同一直线上。当筛子工作时,胶带轮就随筛箱一起振动,这样就引起三角胶带的反复伸缩,因而使胶带很容易损坏。为此,简单惯性振动筛的振幅一般设计得较小。目前这种结构形式应用较少。

2. 自定中心振动筛

自定中心振动筛根据激振器结构的不同,又可分为轴承偏心式和胶带轮偏心式两种。



图 1-3-3(a)为轴承偏心式自定中心振动筛的工作原理。筛箱通过弹簧吊挂(或支承)在固定基础上,主轴的轴颈部分有偏心,筛箱通过轴承与主轴的偏心部分相连。主轴两端安装有不平衡轮(其中一个同时又是胶带轮),轮上备有偏心配重块。安装时,偏心配重块的质心和主轴轴颈的偏心分别布置在轮子几何中心的两侧,并保持三点在同一直线上。当电机通过三角胶带带动飞轮回转时,不平衡重量产生的离心力激起筛箱的振动,主轴绕轴线转动,筛箱和不平衡块各自产生的离心力方向相反。适当调节不平衡块的质量,使筛箱的振幅等于主轴的偏心距,则系统振动时,振动中心与主轴轴线重合,主轴中心线在空间位置几乎不变即胶带轮不参振,从而消除了胶带时松时紧现象。这样,自定中心振动筛的振幅就可以设计得大一些,筛分效果也可提高。

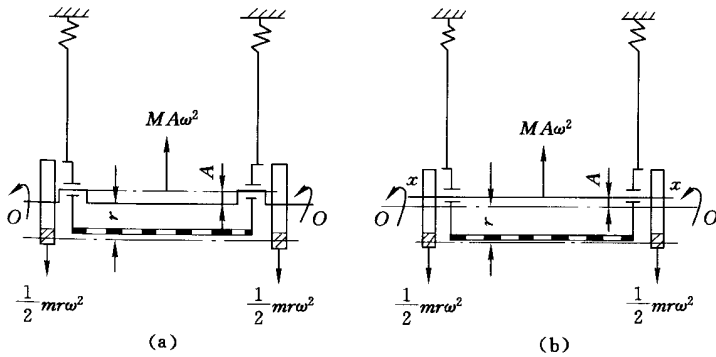


图 1-3-3 自定中心振动筛工作原理图

(a) 轴承偏心式自定中心振动筛 (b) 胶带轮偏心式自定中心振动筛

图 1-3-3(b)是胶带轮偏心式自定中心振动筛的工作原理。这种筛子的主轴中心与轴承中心在同一直线上,胶带轮与不平衡轮上的轴孔有偏心,轴孔中心与偏心块质心分别布置在胶带轮轮缘几何中心两侧,并且三者布置在一条直线上。筛分机工作时,胶带轮几乎不参振,同样也可以克服三角胶带时松时紧的缺点。

胶带轮偏心式激振器的结构与轴承偏心式比较,前者的主轴结构简单,易于加工制造,所以在 20 世纪 60 年代我国圆振动筛定型设计时,采用了胶带轮偏心式,有 DD 和 ZD 两个系列,D 表示吊式支撑,Z 表示座式安装,型号中第二个 D 表示单轴惯性激振器。这两个系列均可用于煤炭的预先分级和最终筛分,针对矿山的重型分级筛,也可采用胶带轮偏心式,但大都采用座式安装。

二、直线振动筛

直线振动筛是利用同步反向旋转的双不平衡重激振器使筛箱振动的筛分机。图 1-

3-4 是这种筛子的结构示意图。筛箱支持在四组弹簧上。筛箱上有激振器,激振器为两根带不平衡重的轴,两轴用齿轮连接,使之做同步反向回转,筛箱一般水平安置。

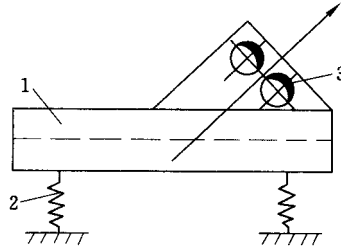


图 1-3-4 直线振动筛结构示意图

1—筛箱 2—弹簧 3—激振器

当电动机带动胶带轮及一根轴回转时,通过齿轮使另一根也回转。这两根轴做同步反向回转,其不平衡重所产生的离心惯性力及合力方向由图 1-3-5 可知。在各瞬时位置时,每根轴上不平衡重量所产生的离心惯性力,沿  $x-x$  方向的分力总是相互抵消,而沿  $y-y$  方向的分力总是相互叠加,因此形成了单一的沿  $y-y$  方向的合力。这个力就是激振力,它使筛箱做沿  $y-y$  方向的往复直线运动。在图 1-3-5 所示的(a)和(c)的位置上,离心力完全叠加,激振力最大;在(b)和(d)的位置上,离心力完全抵消,激振力为零。振动方向与筛面成一定角度(一般为  $45^\circ$ ),因此使物料在筛面上斜向抛起并落下,以进行筛分。

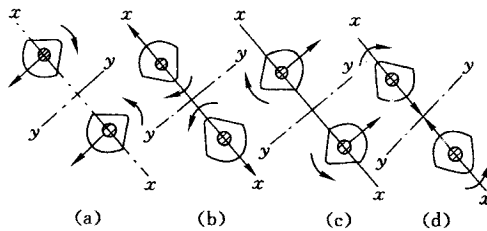


图 1-3-5 激振器工作原理图

直线振动筛具有结构简单、使用可靠、制造容易、处理能力和筛分效率都较高的优点,但是使两个激振轴同步反向回转的齿轮转动存在不少问题。由于筛子的振动次数较高、振幅也较大,就要求齿轮的材质要好,制造精度要高。另外,由于要用稀油润滑,密封装置要求也高,这就给生产和维修带来了不少麻烦。同时齿轮运转中产生很大噪音并发热。为了克服这些缺点,近年来出现了双电动机拖动的直线振动筛。

双电动机拖动的直线振动筛,其激振器的两根带不平衡重的轴不是由齿轮联系强迫同步反向回转,而是分别由两个异步电机直接带动回转,两根轴间没有联系。这种传动方式可使两轴上的不平衡重虽然在工作开始时不在相应位置上,但却能依靠力学关系,使两轴上的不平衡重能相互自动追随,很快就可达到反向同步回转。这种筛子虽然对电动机和轴承要求较高,而且从结构上看多了一台电动机,耗电量也较单电动机拖动的大,但却省掉了一对加工要求较高的齿轮,简化了激振器结构,从根本上解决了发热和漏油现象,并且大大减少了噪音及筛子的维护和检修,因而是目前国内外选煤厂使用较广泛的一种筛分设备。

直线振动筛除了适用于煤的脱水、脱泥和脱介外,也可用于中、细粒煤的筛分。

## 第二节 振动筛结构及特点

振动筛的种类很多,但国内应用较多的有 20 世纪 60 年代设计的 DD 系列、ZD 系列圆振动筛和 ZS 系列、DS 系列直线振动筛,70 年代以来研制定型的产品:YK 型和 YA 型圆振动筛、ZK 型和 ZKX 型直线振动筛、ZKZ 型直线振动筛、YKP 型圆振动筛等。

### 一、DD 系列和 ZD 系列圆振动筛

图 1-3-6(a)为 DD 系列圆振动筛外形图,它是由筛箱、激振器、钢丝绳吊挂装置和隔振弹簧等主要部件组成。

电动机带动激振器工作时,产生激振力使筛箱在垂直平面内做圆振动,入筛的物料在筛面上跳跃前进,到排料端成筛上产物,筛下物从集料箱排出。

DD 系列圆振动筛属于胶带轮偏心式自定中心振动筛,采用单轴激振器,其结构如图 1-3-6(b)所示。主轴的两端分别装有偏心胶带轮和偏心配重轮,偏心配重分别布置在两偏心轮和主轴上。主轴由一对向心球面滚子轴承安装在轴承座上。为便于装卸,轴承内圈通过锥形紧定衬套口与轴相连,两轴承座之间用套管封闭安装。

单轴惯性激振器的结构特点:

(1) 胶带轮和不平衡轮上轴孔上的轴孔中心与轮缘几何中心不同心,轮子有偏心,轴颈无偏心,容易加工制造。

(2) 配重质量分别布置在主轴和偏心轮上,可以使主轴弯矩最小,从而减少主轴的断

面尺寸。

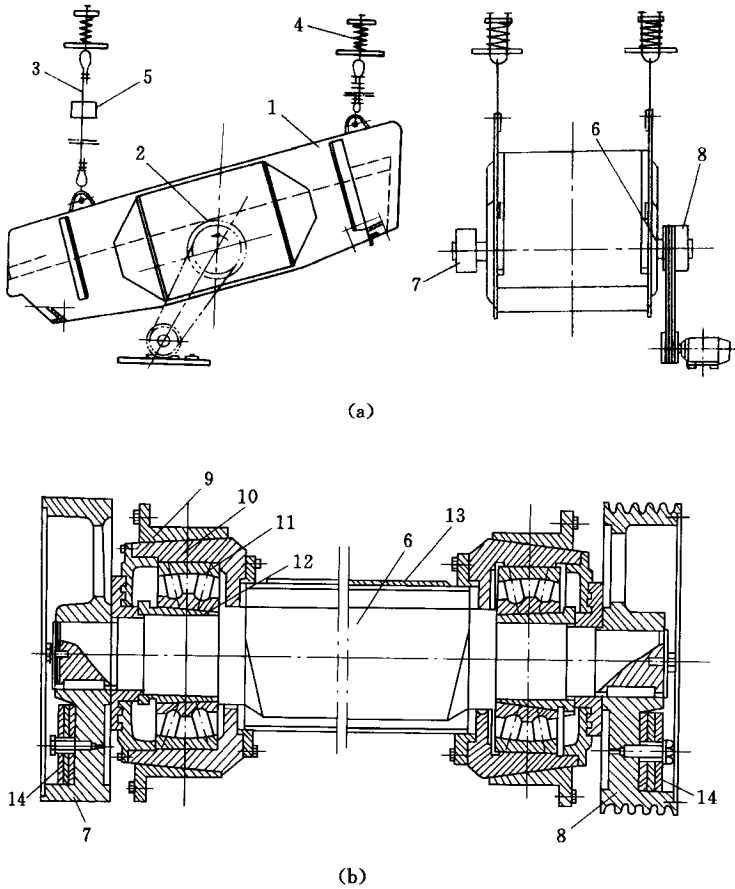


图 1-3-6 DD 系列圆振动筛及激振器结构简图

1—筛箱 2—激振器 3—钢丝绳 4—隔振弹簧 5—防摆配重 6—激振器主轴 7—偏心配重轮；  
8—偏心胶带轮 9—紧定套 10—轴承座 11—轴承 12—紧定衬套 13—套管 14—配重块

(3) 偏心质量可调。增减偏心块数量即可改变激振力，以改变筛箱振幅。

(4) 采用自动调心的向心球面滚子轴承，有利安装与设备运行，使用紧定衬套与轴结合，便于轴承装卸。

(5) 激振器轴承座与筛箱用锥形套连接，便于激振器整体装卸，用锥形套定心，精度高。

(6) 轴承密封。内侧用一般的毛毡圈密封，外侧采用双迷宫式密封，工作可靠。

胶带轮偏心式单轴惯性激振器在国际上应用较多。

ZD 系列圆振动筛为座式安装 ,同样也采用胶带轮偏心式单轴惯性激振器。除支承方式不同外 ,其他结构与 DD 系列基本一致。

二、DS 系列和 ZS 系列直线振动筛

图 1-3-7 为 DS 系列直线振动筛的结构图 ,由筛箱、箱式激振器、钢丝绳吊挂装置和隔振弹簧等组成。

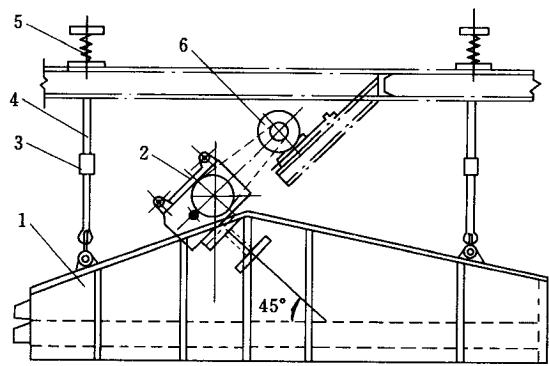


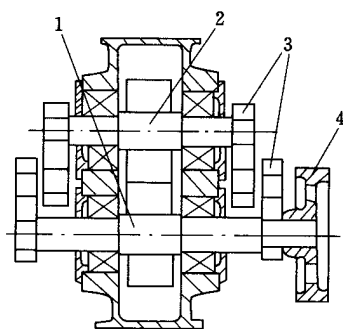
图 1-3-7 DS 系列直线振动筛结构简图

- 1—筛箱 2—整体箱式激振器 3—防摆配重 ;  
4—钢丝绳 5—隔振弹簧 6—电动机

DS 系列直线振动筛采用的是箱式激振器 ,安装在筛箱的横梁上 ,产生的激振力与筛面成 45°夹角。

箱式激振器结构如图 1-3-8 所示。箱体是由 35 号铸钢制作 ,箱内安装有主动轴和从动轴 ,两轴上各有一对质量相等的不平衡重块 ,主动轴的一端装有胶带轮 ,两轴都由带圆锥孔的向心球面滚子轴承支承 ,轴承由稀油润滑 ,用迷宫和毛毡双重密封。胶带轮带动主动轴回转 ,通过人字形齿轮使从动轴做同步反向回转 ,两轴上的不平衡重产生定向的激振力。

整体箱式激振器的结构特点 :偏心轮成对布置在箱体外 ,便于调整偏心轮上的配重 ,从而调节筛箱振幅 ,还可避免偏心轮回转时撞击箱内润滑油 ,引起发热。箱体做成整体式 ,没有剖分面 ,承受较大的激振力时比较合理 ,制造简单 ,但拆装比较困难。



1-3-8 箱式激振器结构简图

1—主动轴 2—从动轴 3—偏心块 4—胶带轮

ZS 系列直线振动筛为座式安装, 激振器采用如图 1-3-9 所示的筒式双轴激振器。

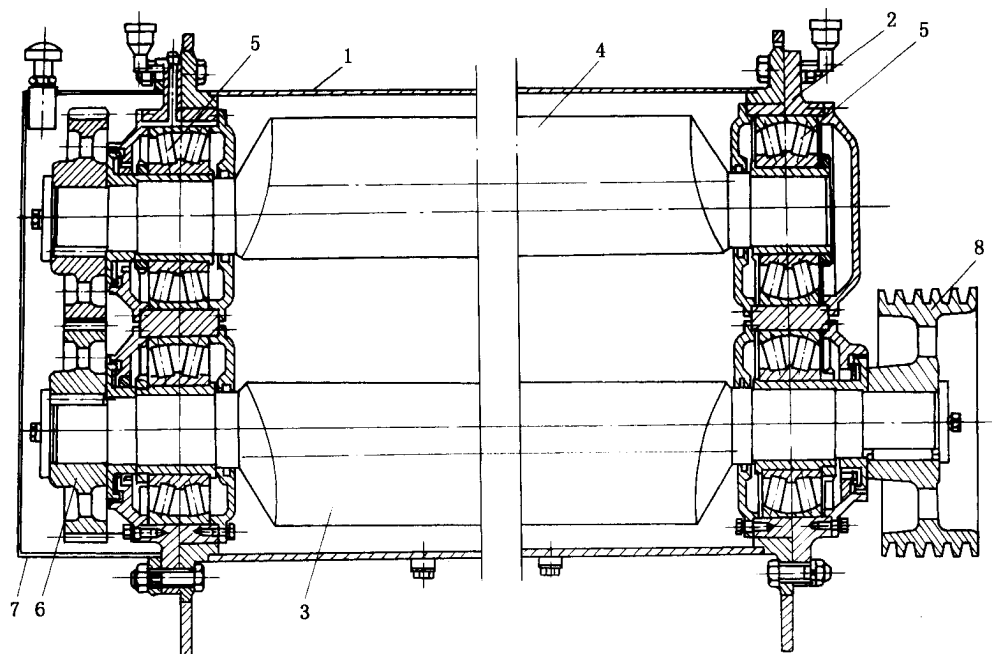


图 1-3-9 筒式双轴激振器结构图

1—外壳 2—轴承座 3—主动轴 4—从动轴 5—轴承 6—传动齿轮 7—金属罩壳 8—胶带轮

筒式双轴激振器是由两横贯筛箱的长轴构成, 偏心质量分布在两轴上。主动轴的一端装有胶带轮, 另一端与齿轮相连, 两轴均安装在可以自动调心的双列向心球面滚子轴承的轴承座上, 轴承内孔为锥形, 轴承与轴采用弹性锥形紧定套连接, 便于装卸。齿轮外侧装有金属罩, 内装稀油润滑, 两端的轴承均采用迷宫及胶圈密封。整个激振器安装在

筒形外壳中 ,两端通过轴承座与筛箱侧壁用螺栓连接。

筒式激振器特点是 :与箱式激振器相比 ,筒式激振器安装在筛箱侧帮上 ,安装高度低 ,不需要大型工字梁支承 ,激振力沿筛箱宽度均布载荷 ,安装精度易于保证 ,胶带轮伸出筛箱之外 ,便于座式安装。缺点是 :加工长轴需要大型设备 ,不便于与其他设备通用 ;胶带轮和齿轮都在筛箱外侧 ,致使筛箱宽度大 ,筛箱一侧需留较大的检修空间。

三、USK 型和 USL 型振动筛

USK 型和 USL 型振动筛是德国 KHD 公司研制的产品 ,该公司最先研制出可同时使用在圆振动筛和直线振动筛上的块偏心激振器。

USK 型和 USL 型振动筛的结构特点如下 :

(1)USK 型圆振动筛和 USL 型直线振动筛结构见图 1-3-10、图 1-3-11 ,它们都采用了块偏心激振器。激振器直接安装在筛箱两侧筛框上 ,改善了筛箱受力状况。

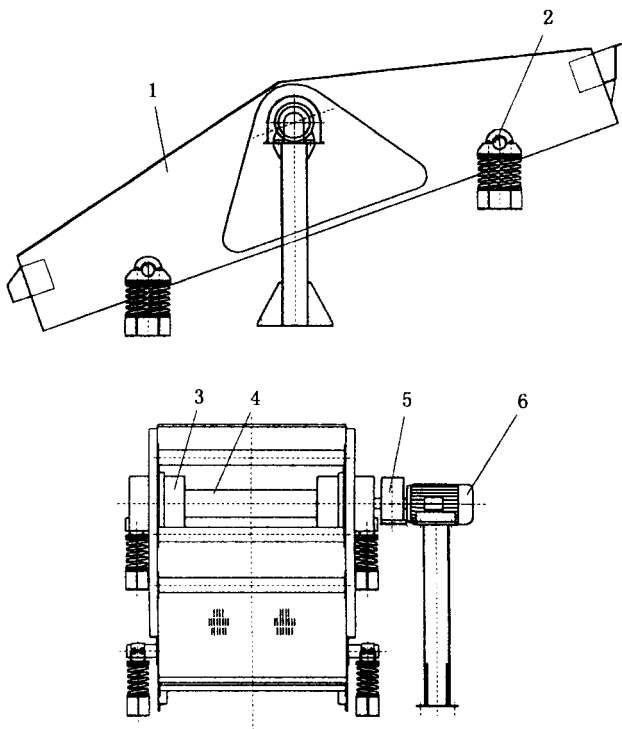


图 1-3-10 USK 型圆振动筛结构简图

1—筛箱 2—隔振弹簧 3—激振器 4—万向传动轴 5—轮胎联轴器 6—电机

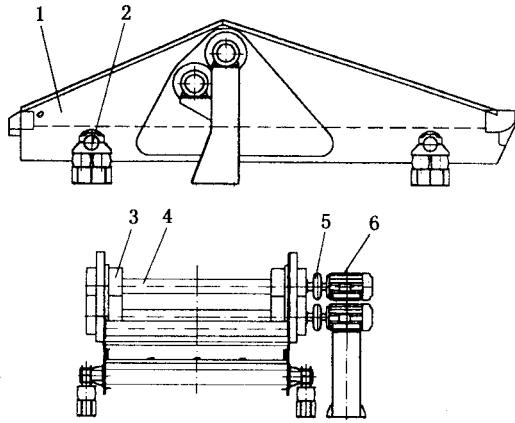


图 1-3-11 USL 型直线振动筛结构简图

1—筛箱 2—隔振弹簧 3—液振器 4—万向传动轴 5—轮胎联轴器 6—电机

(2) 采用直接传动方式,即电机通过万向联轴节,直接与激振器相连,两激振器之间也用万向联轴节连接,可以克服三角胶带传动掉带、打滑等不足。

(3) 采用无缝钢管作横梁,两端焊接圆法兰,焊后经退火处理,消除内应力,提高了筛分机寿命。

(4) 横梁、入料端受料筛板、排料嘴及加强板等与筛箱侧帮连接处均采用环槽铆钉,克服了因焊接应力造成的梁断、帮裂等问题。

块偏心激振器的构造如图 1-3-12 所示。两个主偏心块分别安装在短轴的两端,中间成对地安装两套大游隙轴承,通过轴承座和轴承盖,使激振器组成一整体。轴承座和压圈通过螺栓与筛箱侧帮连接。

主偏心块通过键固定在短轴上,副偏心块用螺栓固定在主偏心块上。改变主、副偏心块的相对位置即可调节激振器产生的激振力。因此,块偏心振动器不仅通用性好,而且调节激振力及维护检修均比较方便。

圆振动筛使用两套块偏心激振器,分别安装在筛箱的两侧帮上,由一根传动轴带动。

直线振动筛上也采用块偏心激振器,只是比圆振动筛多安装两套。图 1-3-11 为 USL 型直线振动筛,采用四套块偏心激振器,安装在筛箱两侧筛框上,分别由两台电机通过轮胎联轴节驱动激振器。

国内吸收 USL 技术研制的 YK 型和 ZK 型、YKP 型和 ZKZ 型等圆振动筛和直线振动筛原理与结构接近 USK 和 USL,在选煤厂也得到了广泛的应用,特别是 ZKZ 型直线振动筛的最大规格已达到  $3.6\text{m} \times 6\text{m}$ ,可靠性已达到国外同类产品水平。



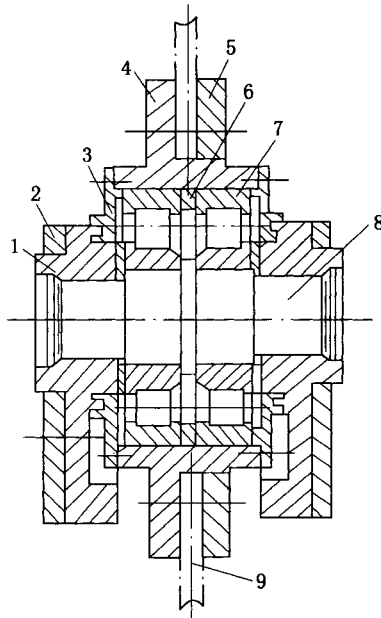


图 1-3-12 块偏心激振器结构简图

1—主偏心块 2—副偏心块 3—轴承盖 4—轴承座 5—压圈；  
6—挡圈 7—大游隙轴承 8—轴 9—筛箱侧板

## 四、TABOR 振动筛

TABOR 振动筛是美国产品,有 TI 型自定中心圆振动筛和 TH 型直线振动筛两个系列。

### 1. 筛箱

筛箱是一个组合的框架,由两个侧板、横梁、筛网托架、排料嘴和后挡板或给料箱等部件组成,各部件之间均采用环槽铆钉连接。

侧板采用厚度为 10mm 的 20 号钢板制作,并焊有加强筋。

筛网托架为槽钢、扁钢焊接而成的整体框形构件,加工工艺比较精细,焊后进行校正处理。

TI 型筛面有编织筛网和冲孔筛板两种。TH 型有编织筛网和条缝筛板两种筛面。编织筛网在中间用压板螺栓固定,两侧用张紧板张紧。条缝及冲孔筛板在横向和纵向都用压板螺栓固定,两侧用木条、木楔压紧。安装或更换筛面时,用螺栓直接从筛面上拧入筛框的螺栓孔中即可,拆装方便。在筛板或筛网与筛框用螺栓连接的部位均加有橡胶垫进行缓冲。

### 2. 激振器

TI 型振动筛采用单轴激振器,即由一根长轴横贯筛箱,与国产自定中心单轴激振器

相似,只是采用了大游隙的调心滚子轴承。为了便于装卸胶带轮,其配合处的轴颈带有锥度,采用轴端压盖固定。

TH 型振动筛水平安装,振动方向角为  $45^\circ$ ,采用垂直剖分箱式激振器,大游隙轴承,合金钢硬齿面齿轮传动。偏心块上开有若干个孔,用铅锡合金浇灌不同数量的孔来改变激振力的大小。大型筛分机可同时使用两个激振器,用螺栓固定在筛箱上部的大型工字钢梁上,由一台电机通过三角胶带驱动(见图 1-3-13)。

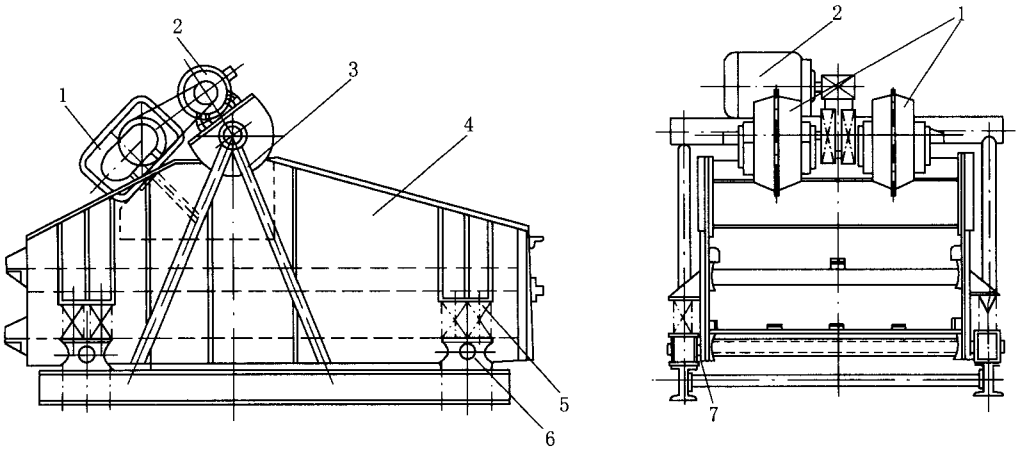


图 1-3-13 TH 型直线振动筛结构简图

1—垂直剖分箱式激振器 2—电动机 3—电动机支承架 4—筛箱;

5—减振弹簧 6—筛箱支承底架

TI 型 TH 型激振器均采用稀油润滑齿轮及轴承。

### 3. 隔振装置

该系列振动筛隔振装置中的弹性元件有金属螺旋弹簧、充气弹簧和橡胶弹簧三种。隔振装置侧面设有阻尼器和水平拉簧,以弥补水平刚度的不足。

TABOR 筛比较突出的优点是筛框钢度大、强度高,各部件间连接可靠且具有互换性、通用性、噪音低等特点。

国产引进消化 TI 型和 TH 型的筛分机型号分别为 YA 系列圆振动筛和 ZKX 系列直线振动筛。YA 系列圆振动筛主要用于对煤炭、矿石、焦炭等散状物料的分级作业。ZKX 型直线振动筛主要用作对煤、矸石的脱水、脱介、脱泥,也可用作中、细粒级的干、湿式分级。

## 五、ZKP 型直线振动筛

ZKP 型直线振动筛是国产新型大规格系列振动筛,由北京华宇工程公司研制开发,

目的是解决国产大型振动筛可靠性差的问题。目前,该系列筛机最大宽度 3.6m,最小宽度 3.0m,分单层和双层筛面。最大规格 2ZKP3660 型为国家“九五”科技攻关项目《大型直线振动筛可靠性的研究》样机,实际运行可靠性已达到国外同类产品水平。适用于煤炭的脱水、脱介、脱泥、分级作业。

ZKP 型直线振动筛主要由筛箱、激振器、传动装置、万向传动轴、支承装置、电机及电机架等部件组成,见图 1-3-14。其结构特点如下:

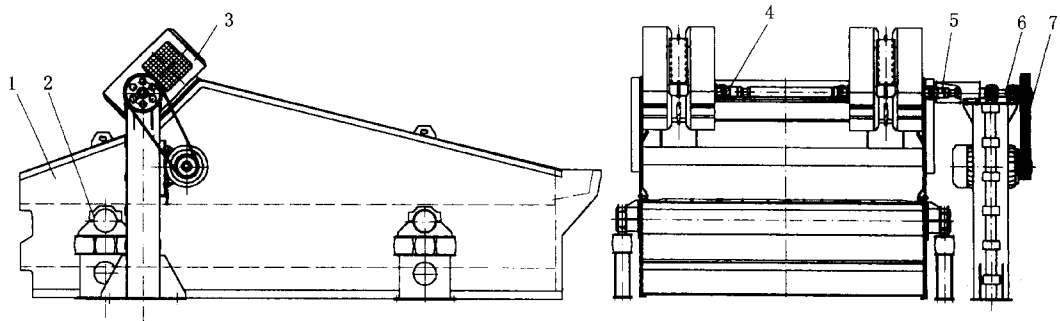


图 1-3-14 ZKP 型直线振动筛结构简图

1—筛箱 2—支承装置 3—激振器 4—万向传动轴(内);  
5—万向传动轴(外) 6—传动装置 7—三角带

- (1)筛框所有连接件采用扭剪型高强度螺栓,连接可靠。
- (2)上层筛面为聚氨酯网状,两端为张紧结构,下层筛面采用不锈钢焊接筛板,上下横梁均为无缝钢管,筛框侧板为平板结构。
- (3)激振器为偏心块外置式整体箱式结构,见图 1-3-15。采用高精度斜齿轮传动,载荷平稳,噪声低。振动器通过螺栓与主梁连接,拆卸方便。
- (4)激振器之间采用万向轴传递动力。

六、ZD 型直线等厚筛

ZD 型等厚筛是单机实现等厚筛分的新型直线振动筛,亦称作香蕉筛,适用于煤炭或类似密度的矿物干式、湿式筛分(煤炭脱水、脱介、脱泥)等作业。在等厚筛同一个筛框上安装多段具有不同倾角的筛面,筛面的倾角从入料端到排料端依次递减排列。在同一振动强度下,物料在各段筛面上可获得不同的抛掷强度和运动速度。物料的抛掷强度和运动速度从入料端到排料端依次递减,使筛面上物料层厚度从入料端到排料端保持不变或递减,从而实现等厚筛分(国外称做薄层筛分),使分层透筛或者脱水效果最佳。因此,在

相同入料条件和相同筛分效率(或脱水效率)下,等厚筛的处理能力是其他筛分机的 2 倍左右。它甚至能应用于其他筛分机不能解决的难筛分物料的深度筛分。

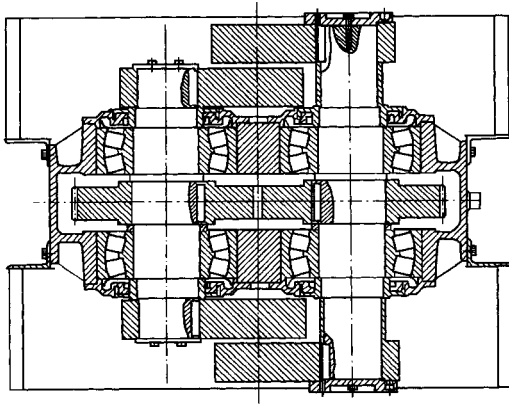


图 1-3-15 ZKP 型直线振动筛激振器结构简图

ZD 型等厚筛有单层和双层两种,工作面积  $5 \sim 25\text{m}^2$ ,共 20 余种规格型号。图 1-3-16 为 ZD3061 型直线等厚筛结构图。其特点如下:

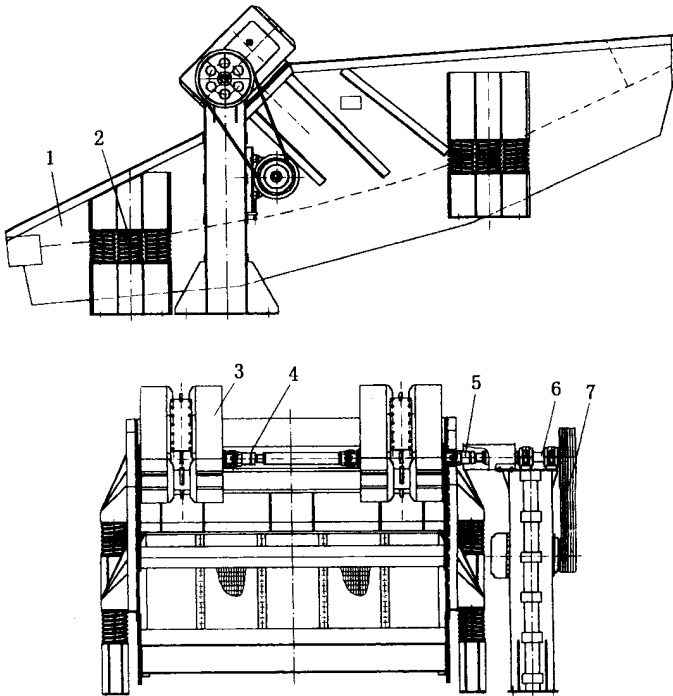


图 1-3-16 ZD3061 型直线等厚筛结构简图  
1—筛箱 2—支承装置 3—振动器 4—万向传动轴(内);  
5—万向传动轴(外) 6—传动装置 7—三角带

(1)应用等厚筛分原理,针对不同的物料特性,采用不同的振动参数、分段数量及筛面倾角。筛面倾角过度平缓,筛面分段数量3~7段,能够保证最佳的筛分工艺效果。同时,平缓的倾角过度 and 较多的分段数量有利于提高筛面寿命。

(2)物料流速快、料层薄、处理能力大,可基本解决潮湿粉煤粘附筛面及堵孔问题。若用于煤炭干式筛分,分级下限可达6mm以下。

(3)采用箱式振动器,轴承为振动设备专用轴承,寿命3~5年,轴承与轴和外圈的配合为特殊配合。振动器运行平稳,噪声低于85dB,达到世界先进水平。

(4)关键部件连接均采用扭剪型高强螺栓,连接可靠,维修方便。

(5)支撑筛面的下横梁与筛面间用高强螺栓连接,提高横梁寿命。此外,很方便的对筛面系统进行维护。

(6)带有足够强度、刚度和长度的给料箱,以防大块物料冲击或因入料溜槽设计不当致使大块物料直接落入筛面,造成筛面过早损坏。

(7)模块化部件设计,通用化程度高,便于用户安装、维护,筛面可根据不同用户需要采用网状或板状筛面、不锈钢或聚氨酯筛面。

(8)采用钢制螺旋弹簧减振,最大限度的降低筛分机对基础的动负荷。

(9)主要焊接结构件均采用去应力处理。全部构件表面喷丸处理。

ZD型等厚筛的激振器与ZKP型直线振动筛激振器通用。

### 第三节 振动筛筛箱和筛面

#### 一、筛箱

筛箱是筛子的承载部件和参振部件,由筛框及固定在它上面的筛面组成。

图1-3-17是典型的振动筛筛框结构。它是由侧板、后挡板、下横梁和上横梁组合而成。侧板是用钢板制成,利用横梁将两块侧板连接起来,使筛框成整体结构。为了加强侧板的刚度,在适当部位铆接角钢以补强。下横梁采用无缝钢管或槽钢,上横梁采用无缝钢管。

由于筛子是在高频振动下工作,筛框不仅承受筛分物料的重量,而且还要承受很大的振动力。因此,筛框的结构要牢固,不但要有足够的强度,还要有足够的整体刚度,使

筛框不致因发生变形而损坏。对于大面积的振动筛,这个问题尤为重要。

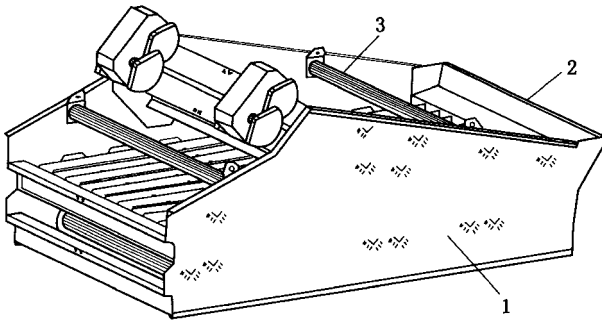


图 1-3-17 筛框结构图

1—侧板 2—后挡板 3—横梁 4—主梁

侧板和横梁是筛框主要受力构件。由于筛箱是借助侧板支承或吊挂在机架上,所以侧板承受物料和筛箱的重量,并将激振力传递到筛框的各个部分。侧板一般用 6~16mm 的钢板和角钢组合而成。

横梁承受筛板和物料的重量及它在工作中的惯性力。横梁可以采用槽钢、工字钢、无缝钢管、箱形梁和压型梁等几种。

筛箱的刚度是指它抵抗变形的能力。在筛子工作时,筛框受振动产生的高频惯性力可使局部构件发生动力变形,这种变形往往是横梁或侧板断裂的一个重要原因。所以,加强筛框结构的刚度、特别是连接部位的刚度是个重要问题。在横梁间设置纵向小梁、横梁上铺设筛板、横梁与侧板相接处采用较大的弯钢以代替角钢等都是提高筛箱整体刚度的有效措施。

筛框结构常用的连接方式有铆接和焊接两种。铆接结构的尺寸准确而且无内应力,对振动负荷有较好的适应能力,但制造工艺繁杂;焊接结构施工简便,但由于焊缝复杂、内应力大,在强烈的振动负荷下往往发生焊缝开裂甚至造成构件的断裂。

实践表明,铆接结构的筛框,其损坏一般比焊接结构要少一些。根据两种连接方法的特点,对于振动强度较小的小型筛箱(长度小于 4m),可以考虑焊接。大型筛箱最好采用铆接,或者采用铆焊联合连接,即重要的地方(如横梁与侧板的连接)用铆接,次要的地方采用焊接。

## 二、筛面

筛面的张紧程度对筛面的使用寿命影响极大。不同种类的筛面,固定方法也不相

同,归纳起来可分为 4 类:木楔压紧、拉钩张紧、螺栓固定和斜板压紧。

1. 木楔压紧

冲孔筛板和条缝筛面可用木楔将其固定在筛框上(图 1-3-18)。在筛箱两侧壁上,对称地焊接两段长角钢,在其上方间隔一定距离焊有一段短角钢,并与长角钢各呈倾斜。筛面支承在两角钢之间,用木楔和木条压紧。木楔遇水后膨胀,可以把筛面压得更紧,此法简单可靠,且更换筛面方便。

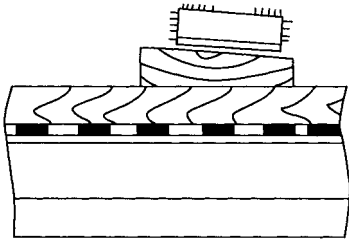


图 1-3-18 木楔压紧筛面示意图

2. 拉钩张紧

对编织筛网或厚度小于 6mm 的筛板,可以将筛网或筛板末端弯成钩形,如果筛丝直径小,则用薄钢板与橡胶垫把筛网边缘包住,再弯成钩形,然后用拉钩及螺栓固定(图 1-3-19(a))。

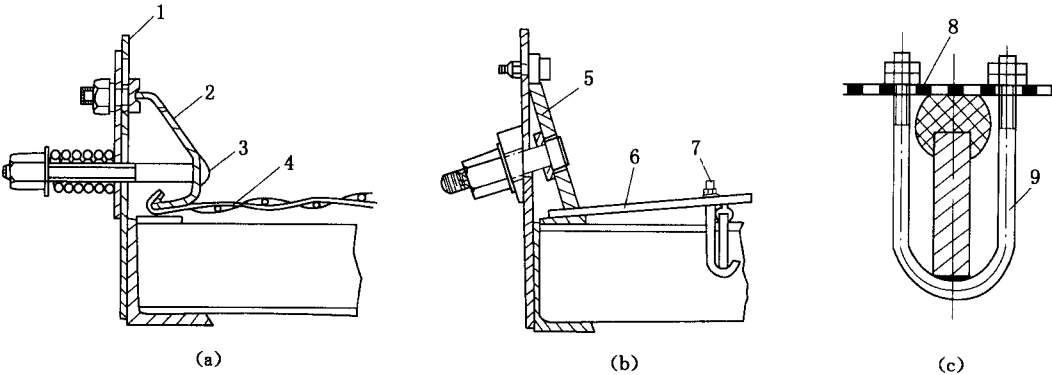


图 1-3-19 拉钩、斜板和螺栓固定筛面结构简图

(a) 拉钩固定编织筛网 (b) 斜板压紧筛板 (c) U 形螺栓固定聚氨酯橡胶筛面

1—筛框 2—拉钩 3—螺栓 4—编织筛网 5—斜板 6—筛板;

7—J 形螺栓 8—聚氨酯橡胶筛面 9—U 形螺栓

3. 螺栓固定

直接用螺栓将筛面固定在筛框上的连接方式适用于筛丝较粗大的编织筛网以及厚度大于 8mm 的筛板、棒条筛面、橡胶筛面和其他筛面的中部固定。螺栓的形式以前常用 U 形(图 1-3-19(c)) ,这种结构简单、可靠 ,但拆装麻烦。近年来改用 J 形螺栓(图 1-3-19(b)) ,较 U 形螺栓使用方便。

#### 4. 斜板压紧

该方法是通过筛框两侧帮上的螺栓、斜板等将筛面周围边固定在筛框上(图 1-3-19(b))。通常用于中等粒级筛分的薄钢板冲孔筛面、橡胶和聚氨酯筛板的固定。

筛面还有许多好的固定方式。实践表明 ,筛面固定方式的好坏 ,不但影响筛面的使用寿命 ,而且影响到筛面支承梁的可靠性以及维护的难易程度。

## 第四节 振动筛安装与维护

振动筛品种较多 ,结构也各有不同 ,因此 ,用户要针对不同的筛分机进行合理的安装、使用与维护。

### 一、安装及调试

#### 1. 安装前的准备

新设备在安装前 ,应该进行认真检查。由于制造的成品库存堆放时间较长 ,如轴承生锈、密封件老化或者搬运过程中损坏等 ,遇到这些问题时需要更换新零件。还有 ,如激振器 ,出厂前为防锈 ,注入了防锈油 ,正式投入运行前应更换成润滑油。

安装前应该认真阅读说明书 ,做好充分准备。

#### 2. 安装

(1)安装支承或吊挂装置。安装时 ,要将基础找平 ,然后按照支承或吊挂装置的部件图和筛子的安装图 ,顺序装设各部件。弹簧装入前 ,应按端面标记的实际刚度值进行选配。

(2)将筛箱连接在支承或吊挂装置上。装好后 ,应按规定倾角进行调整。对于吊挂式的筛子 ,应当同时调整筛箱倾角和筛箱主轴的水平。一般先进行横向水平度的调整 ,以消除筛箱的偏斜。水平校正后 ,再调整筛箱纵向倾角。隔振弹簧的受力应该均匀 ,其受力情况可通过测量弹簧的压缩量进行判断。一般 ,给料端两组弹簧的压缩量必须一



样 ,排料端两组弹簧也应如此。排料端和給料端的弹簧压缩量可以有所差别。

(3)安装电动机及三角胶带。安装时 ,电动机的基础应该找平 ,电动机的水平需要校正 ,两胶带轮对应槽沟的中心线应当重合 ,三角胶带的拉力要求合适。

(4)按要求安装并固定筛面。

(5)检查筛子各连接部件(如筛板、激振器等)的固定情况 ,筛网应均匀张紧 ,以防止产生局部振动。检查传动部分的润滑情况 ,电动机及控制箱的接线是否正确 ,并用手转动传动部分 ,查看运转是否正常。

(6)检查筛子的入料、出料溜槽及筛下漏斗在工作时有无碰撞现象。

### 3. 试运转

筛分机安装完毕 ,应该进行空车试运转 ,初步检查安装质量 ,并进行必要的调整。

(1)筛子空车试运转时间不得小于 8h。在此时间内 ,观察筛子是否启动平稳迅速 ,振动和运行是否稳定 ,无特殊噪音 ,通过振幅牌观察其振幅是否符合要求。

(2)筛子运转时 ,筛箱振动不应产生横摆。如出现横摆 ,其原因可能是两侧弹簧高差过大、吊挂钢丝绳的拉力不均、转动轴不水平或三角胶带过紧 ,应进行相应的调整。

(3)开车 4h 内 ,轴承温度渐增 ,然后保持稳定。最高温度不超过 75℃ ,温升不能超过 40℃。

(4)如果开车后有异常噪音或轴承温度急剧升高 ,应立即停机 ,检查轴是否转动灵活及润滑是否良好等 ,待排除故障后再启动。

(5)开车 2~4h 后停机检查各连接部件有否松动 ,如果有松动 ,待紧固后再开车。

(6)试车 8h 后如无故障 ,才可对安装工程验收。

## 二、操作要点

(1)操作人员在工作前应阅读值班记录 ,并进行设备的总检查。检查三角带的张紧程度、振动器中的油位情况 ,检查筛面张紧情况、各部螺栓紧固情况和筛面破损情况。

(2)筛子启动应遵循工艺系统顺序。

(3)在筛子工作运转时 ,要用视、听觉检查激振器和筛箱工作情况。停车后应用手触摸轴承盖附近 ,检查轴承温升。

(4)筛子停车应符合工艺系统顺序。除特殊要求外 ,严禁带料停车后继续向筛子給料。

(5)交接班时应把当班筛子技术状况和发现的故障记入值班记录。记录中应注明零部件的损伤类别及激振器加、换油日期。

(6)筛子是高速运动的设备,筛子运转时操作巡视人员要保持一定的安全距离,以防发生人身事故。

### 三、维护与检修

筛子维护和检修的目的是了解筛子的全面状况,并以修理和更换损坏、磨损的零部件的方法恢复筛子的工作能力。其内容包括日常维护、定期检查和修理。

#### 1. 日常维护

日常维护内容包括筛子表面,特别是筛面紧固情况,松动时应及时紧固。定期清洗筛子表面,对于漆皮脱落部位应及时修理、除锈并涂漆,对于裸露的加工表面应涂以工业凡士林以防生锈。

#### 2. 定期检查

定期检查包括周检和月检。

(1)周检 检查激振器、筛面、支承装置等各部螺栓紧固情况,当有松动时应加以紧固。检查传动装置的使用状况和连接螺栓的锁紧情况,检查三角带张紧程度,必要时适当张紧。检查筛子时,须特别注意查看在飞轮上的不平衡重块固定得是否可靠,如固定不牢,筛子运转时,不平衡重块就可能脱离飞轮,导致安全事故。

(2)月检 检查筛面磨损情况,如发现明显的局部磨损应采取必要的措施(如调换位置等),并重新紧固筛面。检查整个筛框,主要检查主梁和全部横梁焊缝情况,并仔细检查是否有局部裂纹。检查筛箱侧板全部螺栓情况,当发现螺栓与侧板有间隙或松动时,应更换新的螺栓。

#### 3. 修理

对筛子进行定期检查时所发现的问题,应进行修理。

修理内容包括及时调整三角带拉力,更换新带,更换磨损的筛面以及纵向垫条,更换减振弹簧,更换滚动轴承、传动齿轮和密封,更换损坏的螺栓,修理筛框构件的破损等。

筛框侧板及梁应避免发生应力集中,因此不允许在这些构件上施以焊接。对于下横梁开裂应及时更换,侧板发现裂纹损伤时,应在裂纹尽头及时钻 5mm 孔,然后在开裂部位加补强板。

激振器的拆卸、修理和装配应由专职人员在洁净场所进行。

拆卸后检查滚动轴承磨损情况,检查齿轮齿面,检查各部件联接情况,清洗箱体中的润滑回路使之畅通,清除各结合面上的附着物,更换全部密封件及其他损坏零件。

维修时应特别注意:

(1)激振器及传动装置拆卸应由有经验的技术工人进行 ,严禁野蛮操作 ,防止损坏设备。装配前应保持零件洁净。

(2)更换后的新筛网应每隔 4 ~ 8h 重新张紧一次 ,直到完全张紧为止。

四、常见故障处理

筛分机在工作中常见的故障、原因及消除措施见表 1 - 3 - 1。

表 1 - 3 - 1 筛分机的常见故障及消除措施

常见故障	原因	消除措施
筛分质量不好	(1)筛孔堵塞	(1)停机清理筛网
	(2)原料的水分高	(2)对振动筛可以调节倾角
	(3)筛子给料不均匀	(3)调节给料量
	(4)筛上物料过厚	(4)减少给料量
	(5)筛网不紧	(5)拉紧筛网
筛子的转数不够	传动胶带过松	张紧传动胶带
轴承发热	(1)轴承缺油	(1)注油
	(2)轴承弄脏	(2)洗净轴承 ,并更换密封环 ,检查密封装置
	(3)轴承注油过多或油的质量不符合要求	(3)检查注油状况
	(4)轴承磨损	(4)更换轴承
筛子的振动力弱	飞轮上的重块装得不正确 ,或过轻	调节飞轮上的重块
筛箱的振动过大	偏心量不同	找好筛子的平衡
筛子轴转不起来	轴承密封被塞住	清扫轴承密封
筛子在运转时声音不正常	(1)轴承磨损	(1)换轴承
	(2)筛网未拉紧	(2)拉紧筛网
	(3)固定轴承的螺栓松动	(3)拧紧螺栓
	(4)弹簧损坏	(4)换弹簧

## 第四章 弧形筛及细筛性能结构、运行管理与操作控制

### 第一节 弧形筛

弧形筛是一种湿式细粒筛分设备,结构很简单,整个筛子没有运动部件,筛面为一个圆弧形的格筛,由等距离、相互平行的固定筛条组成,筛条的排列不象平面筛那样与物料运动同向,而是与物料运动方向相垂直。实践表明,筛条的横向排列比纵向排列的分离效率高,而且可以避免筛孔堵塞。筛条多为梯形或矩形断面,用不锈钢制成。近年来采用尼龙材料制造,耐磨性能良好。

弧形筛的给矿方式有两种,一种为无压力给矿,称自流弧形筛,另一种为压力给矿,称压力弧形筛。

自流弧形筛如图 1-4-1 所示,需筛分的物料自流给入受料箱 1,受料箱里面装有一块倾斜的溢流板 2,形成一个上宽下窄逐渐收缩的隔槽,矿浆由隔槽的出口均匀地沿切线方向均匀分布在弧形筛面 3 上,物料被筛分为筛上和筛下产品。

压力弧形筛的给矿(矿浆)是用泵送入给矿箱,给矿箱的出口处装有喷嘴,物料经过喷嘴以切线方向给入弧形筛面上。喷嘴应使物料成扁平状喷入筛面上,形成一种均匀薄层的稳流,喷嘴的截面尺寸主要是控制物料喷入筛子的速度,截面尺寸大,速度就小,筛分效率低。

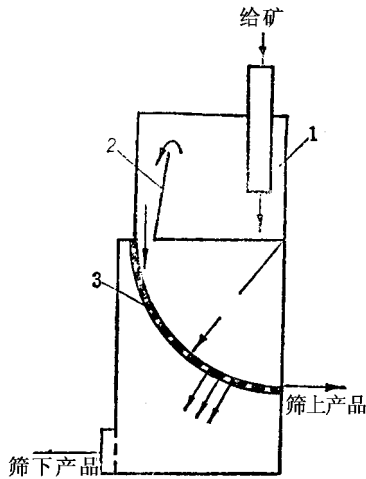


图 1-4-1 自流弧形筛原理示意图

1—受料箱 2—溢流板 3—筛面

弧形筛的规格是以筛面的曲率半径(  $R$  )、筛面宽度(  $B$  )和弧度(  $\alpha$  )表示,即  $R \times B \times \alpha$ ,例如  $R500 \times 700 \times 180^\circ$ 。自流给矿弧形筛的弧度有  $45^\circ$ 、 $60^\circ$ 和  $90^\circ$ 等,一般用于金属选矿厂的给矿分级以及煤炭的脱水,其中最常用的是  $60^\circ$ 和  $45^\circ$ 弧形筛。压力给矿弧形筛的弧度有  $180^\circ$ 和  $270^\circ$ 等,其中  $270^\circ$ 筛主要用于水泥工业。

弧形筛的工作原理如图 1-4-1 所示,物料以一定的速度呈切线方向喷入筛子内表面,垂直地流过筛条,由于离心力的作用,使得物料层紧贴在筛面运动。当物料层由一根筛条流到另一根筛条的过程中,由于每根筛条的边棱对物料层产生切割作用,被切的这一部分物料,在离心力作用下,经过筛缝排出,即为筛下产品;未被切割的那一部分,越过筛面,成为筛上产品。弧形筛的筛孔尺寸与分离粒度的关系,大致是分离粒度等于筛孔宽的一半。由于弧形筛的筛下产品,主要是借筛条边棱对矿浆流的切割所得,因此,筛条边棱的锋利程度对筛下量有直接关系,随着边棱的磨损,筛下量及分离粒度均显著变小,因此经过一定时间磨损以后,须将筛面反复掉头使用。

弧形筛与振动筛相比较具有如下特点:结构简单,没有任何运动部件,制造容易,生产能力高,占地面积小,如一台生产能力为 50 吨/小时的弧形筛,占地面积不超过 3 平方米,但是,弧形筛的效率是比较低的,当自流给矿时,效率不超过 40%,压力给矿时效率稍高一些,但仍不如振动筛,压力给矿时,砂泵所用的功率大约比振动筛的功率大 7 倍,要求给矿的变化范围不能过大,而且给矿的浓度不能低于 30%,筛上产品的湿度较大。

弧形筛用于细粒筛分比振动筛有效和便宜,它可以用于跳汰、摇床等选别作业的预

筛、水力旋流器沉砂或溢流的脱水、与磨矿机成闭路作为分级设备用,以及重介质选矿的脱介等。目前在国内选煤、水泥工业中应用比较多,在金属选矿厂未普遍推广,其原因是,细粒物料的筛分近年来已出现其他形式的细筛,效率比弧形筛高。下面将详细介绍。

## 第二节 细 筛

细筛是一种具有击振装置的细粒筛分(分选)设备。就目前的击振装置而言,可以分为两类:一类是利用机械的敲打装置,或采用气动活塞结构。另一类是采用装在筛体上的不平衡马达动作时产生振动。这两类击振装置都是通过突然的作用力,使筛面引起高频振动,借此作用力来消除筛孔的堵塞。

采用机械敲打装置的细筛(国外称伊里细筛)结构简单,为我国选矿厂所采用,它可以在一根轴上装上好几个打击锤,联动一排并列的筛子。

细筛的结构很简单,主要是由给矿器、筛面、筛框、筛体和敲打装置组成。如图 1-4-2 所示意,上部是一个给矿器,下部是由钢板焊接成的筛体,内装有筛框和筛面,筛框的背面有一敲打装置。给矿器是由一个缓冲箱和匀分器构成。缓冲箱采用阀门控制,以保持箱内恒压和调整给矿量大小。矿浆流到匀分器,均匀地流经筛面,分成筛上和筛下两种产品。筛面是一格筛,呈长方孔,由固定筛条或筛篦编成。筛条的排列不是与物料运动同向,而是与物料方向垂直。筛面安装在筛框上,筛框用弹簧悬挂在筛体上,并由筛体与水平支承为一斜度,可以调节。在筛框的背面有一打击板,敲打装置的打击锤周期性地打在打击板上,使筛面产生瞬间振动,以防筛孔堵塞,敲打机构由直流电机和凸轮机构控制,一台电机串联可带动 15 台敲打器,敲打次数和高度可以调节。

细筛的筛面可以用不锈钢材料或尼龙材料制成,我国铁矿的生产实践表明,用尼龙(1010)细筛比不锈钢细筛优越,筛面以蓖形结构比条状结构好。尼龙细筛筛篦条的断面为等腰梯形,夹角  $14^\circ$ ,有效筛孔面积约占全部筛面积的 10%。

尼龙细筛的优点是筛孔不易堵塞,筛分效率高,耐磨、价廉、尺寸稳定、来源广泛,制造工艺简便等。

细筛的工作原理与一般筛分机械不一样,而是以自流弧形筛的工作原理相似,也可以说细筛是弧形筛的发展。

表 1-4-1 400×1200 细筛技术性能

筛面尺寸	长×宽=400×1200 毫米	筛面倾角	一段 55° 二段 60°
筛孔尺寸	0.15 ρ.20 毫米	分离粒度	0.074 毫米
筛下-200 目含量	90%左右	处理能力	5~8(吨/台·时)
给矿浓度	35~45%	筛下产率	50%左右
打击锤重量	1 公斤	敲打高度	200~250 毫米
敲打次数	6~16(次/分)	电 机	2.8 千瓦(直流可调)
外形尺寸	长×宽×高= $\frac{8.5(\text{十二联})}{7(\text{十二联})} \times 2.5 \times 2.3$ 米		

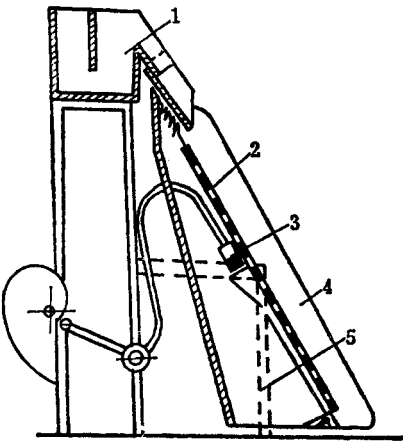


图 1-4-2 细筛结构示意图  
1—给矿器 2—筛面 3—敲打装置 4—筛框 5—筛体

如图 1-4-3 所示,细筛筛面呈 45°~65°安置,以 55°~60°为好。矿浆流不是垂直筛面给入,而是与筛面相切(相平行)给入。这样均匀给入的流动矿浆,由于矿浆流动速度  $v$  与矿粒的重力所产生的沉落速度  $G$  的作用,若与筛孔的筛条边棱(图 1-4-3 中的  $K$ )相遇,受到机械性的“切割”,矿粒由于  $v$  和  $G$  的关系产生一个合速度  $x$ ,合速度的方向在筛条边棱  $K$  的前方则不能被筛条“切割”,呈筛上产物。如果合速度的方向滞后于筛条边棱  $K$  的后方,则被筛条“切割”,呈筛下产物。筛下颗粒的大小近似于筛孔的水平投影值,分离粒度与筛孔、给矿粒度、给矿量及矿浆流速、边棱的锋利程度等有关。

根据实践经验得出分离粒度与筛孔大小的关系式：

$$d = \frac{1}{2} s \cdot K$$

式中  $d$ ——分离粒度,毫米;

$s$ ——筛孔尺寸,毫米;

$K$ ——系数( $K = 0.75 \sim 1.25$ )。

分离粒度与筛孔尺寸的关系 根据国内外的应用实例如下:

$d = 0.044$  毫米

$s = 0.10$  毫米;

$d = 0.063$  毫米

$s = 0.15$  毫米;

$d = 0.074$  毫米

$s = 0.2$  毫米;

$d = 0.1$  毫米

$s = 0.25$  毫米;

$d = 0.15$  毫米

$s = 0.3$  毫米

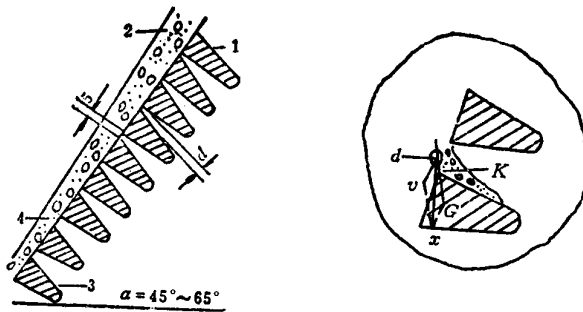


图 1-4-3 细筛的工作原理示意图

1—筛条 2—矿浆 3—筛下产品 4—筛上产品 5—筛孔  $d$ —筛下粒度

由于细筛的分离粒度与筛条边棱的锋利程度有关,当逆着矿浆的筛条边棱由于矿浆及轻微冲击的磨损,至渐渐磨钝后,就必须把筛条的另一锋利边掉头使用。

细筛是六十年代以后发展起来的新设备。在选矿工艺中,用于细粒物料的筛分分级,比过去常用的水力分级设备具有独特的优点,它可以从铁精矿中丢弃低品位、高硅石颗粒。因为,筛子是按颗粒的大小进行分级的,而水力分级设备则是按颗粒的沉落速度不同进行分级的。以磁铁矿为例,常用的水力分级设备会导致细粒产品中混杂有带脉石的连生体(中矿)进入磁性精矿内,使精矿质量下降;另外,粗粒产品中也会有已经解离的细粒铁矿物进入分级机的沉砂而返回再磨,造成过磨,矿泥损失增加,磨矿机的处理能力降低,并且会降低精矿的过滤速度。在浮选厂里,粗粒中矿通常混入浮选粗选的尾矿中,这是回收率降低的原因之一。分级方法的改善将有助于减少矿物的过磨,由此所节省的磨矿功率可用于增加产量,有利于提高产品质量和回收率。随着冶金工业高速度发展,为了尽可能利用细粒贫铁矿,在选矿工艺中,对细粒筛分分级设备的需要日愈迫切。因此近年来陆续出现了不同类型的细筛设备,其中,尤其是伊里细筛具有许多优点,适宜于



在大型磁铁矿的选矿厂采用。因为对于湿式细粒筛分机械的要求应该是结构简单、磨耗低、生产能力大、分离精度高、便于操作。目前国内外推广的这种细筛具有上述要求。

细筛是美国伊里矿业公司首创,1967年正式在铁矿工业中应用,对铁矿选厂提高产品质量或增加生产能力等优越性很快得到公认与肯定。以后又有好几个铁矿选厂相继采用,在加拿大、澳大利亚、巴西等国家十几个选厂采用细筛作业也同样收到了提高精矿品位、增产及其他效果。尤其是需要细磨和得到细粒级的产品时,采用它更为优越。不仅在黑色金属大型磁选厂应用,并且也认为可以用于钨、锡、铜、铅、锌矿的磨矿闭路作业。

根据国外各选矿厂应用的情况表明,采用细筛设备可收到下列一些效果:

1)在大型磁选厂应用,铁精矿品位可提高 $0.5 \sim 4.1\%$ ,一般在不降低回收率的情况下,可提高铁精矿品位 $1.0 \sim 2.5\%$ 。

2)采用细筛后,一般可使选矿厂的生产能力增加 $10 \sim 15\%$ 。

3)在赤铁矿反浮选前以及一些有色金属选矿厂中采用细筛,可以使金属回收率提高,或改善选别作业或防止过粉碎。这是因为它能将阳离子浮选给矿中几乎所有的+200网目的物料筛出,将其筛出后,可显著地改善阳离子浮选的精矿品位,筛上物则返回再磨或另外处理。

4)采用细筛再磨流程,得到的铁精矿产品粒度稍粗些,有利于过滤作业。而且采用细筛流程,投资和生产费用都比一般流程略低。

随着我国钢铁工业的不断发展,炼铁对入炉原料的质量要求越来越高,一般认为,入炉原料品位提高 $1\%$ ,焦比降低 $2.5\%$ ,高炉生产能力增加 $2.5\%$ 。采用细筛方法,是提高铁精矿品位和增加生产能力的方法之一。我国细筛的试验工作虽然从1970年开始,发展是很快的,在尼龙细筛筛篦的研制方面已取得成功的经验,在铁矿选矿厂已经推广。

根据国内外的实践,细筛流程一般分为三种:即细筛自循环流程,细筛再磨流程,细筛自循环加细筛再磨流程。

细筛自循环流程即细筛与二次磨矿的磨机构成闭路的流程,一般常用于铁矿物结晶粒度稍粗或中粗的选矿厂,如我国某铁矿采用此种流程以后,铁精矿品位由原来的 $64\%$ 提高到 $66\%$ 。

细筛再磨流程即细筛与粗精矿再磨机构成闭路的流程,一般常用于矿物结晶粒度较细,或者为了得到高品位铁精矿,在二段磨矿采用细筛再磨流程,如我国某铁矿采用这种流程,铁精矿品位由 $63.5\%$ 提高到 $66\%$ 。

细筛自循环加细筛再磨流程,这种流程目前国内还未实践,但是国外伊里选厂等已经采用。可以使铁精矿中二氧化硅含量降低 $2\%$ 左右,并使生产能力增加9倍。