

直线振动筛的生产率和筛分效率

朱允言· 孙乐殿· 黄全利·

摘要: 用正交设计的方法,对 TZ 120—240 单层筛和 2TZ 120—240 双层筛的生产率和筛分效率进行了实测研究,得知了筛子的振幅、振动方向角、筛面倾角和料层厚度对生产率和筛分效率的影响关系,找到了上述各种参数的最佳组合方案。

关键词: 自同步直线振动筛,生产率,筛分效率

Productivity and Screening Efficiency of Linear Vibration Screen

Zhu Yunyan· Sun Ledian· Huang Quanli·

ABSTRACT: Measurement and analysis of productivity and screening efficiency on the TZ120-240 single layer screen and the 2TZ120-240 double layer screen are carried out by using orthogonal design method. The influence of altitude, direction angle, angle of the screen surface and burden thickness on productivity and screening efficiency is revealed. The optimum plan of all of the parameters is also found.

KEY WORDS: self-synchronization linear vibration screen, productivity, screening efficiency

目前国内 1 000m³以上的大高炉供料系统均采用贮矿槽槽下筛分的工艺。高炉槽下现有振动筛的类型有自定中心振动筛、自同步直线振动筛、椭圆运动振动筛、概率筛等。把各种振动筛进行比较,在结构简单、工作可靠、维修方便等方面,自同步直线振动筛具有明显的

1990—09—04 收稿

• 机械工程系 (Department of Mechanical Engineering)

• 太行振动机械研究所 (Taihang Institute of Vibration and Mechanical Engineering)

优势。实践证明其生产率和筛分效率能满足生产要求。直线振动筛的振幅、振动方向、筛面倾角、筛面料层厚度等参数对生产率和筛分效率均有直接的影响。这些参数变化时,生产率和筛分效率变化的趋向性,可以通过分析或计算得到。但这些参数不同组合时,生产率和筛分效率的大小是多少,这些参数如何组合才是最佳方案,这些问题是无法通过分析计算得到的,必须通过试验研究才能解决^[1]。

为此,我们对河南新乡太行振动机械厂生产的TZ120—240单层筛和2TZ120—240双层筛进行了试验研究。

1 试验方法和试验设备

TZ120—240单层筛和2TZ120—240双层筛是太行振动机械厂的定型产品。试验是在产品实物上进行。试验物料为高炉实际用矿,测试仪器采用GZ2型六线测振仪和SC16光线示波器。在记录振动筛前后左右4个边角点的振幅的同时,还记录了振动电机的功率、电流。此外,由红外发光二极管和红外三极管为传感元件组成的自同步测试仪记录了两台振动电机的起动和自同步情况,其分辨率为0.05s。

取双振幅、振动方向角、筛面倾角、入料层料层厚度4个参数为试验因子,每个因子均采用3个水平,每个水平的取值如表1所列,选用 $L_9(3^4)$ 正交表。

为了便于将因子水平变化引起的试验结果差异和由无法控制因素引起的结果差异能通过方差分析区别开来,在单层筛试验时重复3次,双层筛试验时重复2次^[2]。

表1 试验因子和水平的取值表
Table 1 Experimental parameters and levels

因 子	单 层 筛			双 层 筛		
	1	2	3	1	2	3
A: 双振幅, mm	5	7	8	5	7	7
B: 振动方向角	45°	55°	65°	45°	55°	65°
C: 筛面倾角	5°	10°	15°	5°	10°	15°
D: 料层厚度, mm	70	110	150	70	110	150

2 试验数据分析

单层筛试验实测数据中,生产率是指单位时间内筛上筛下排料总和。表中所列时间为示波图上激振电机从开始起动和开始制动的的时间,每次统计时间约为10s,其中包含了起动时间1.8~2.2s。振动筛生产时每次实际工作时间远大于试验所统计的10s,故筛子的实际生产率将会比试验时测得值大(10~20)%。

筛分效率是指筛下物含5mm以下透筛量与筛上筛下物中5mm以下碎矿含量总和的比值。

统计分析采用以下多水平正交表统计分析的公式。

如第*i*列第*j*水平效应的估计值用 $\hat{\omega}_{ij}$ 表示,第*i*列的变动平方和用 s_i 表示,第*i*列的自由度用 f_i 表示,重复试验次数用*l*表示,则:

$$\begin{cases} \hat{\omega}_{i1} = \frac{I_i}{3 \times l} - \frac{T}{9 \times l} \\ \hat{\omega}_{i2} = \frac{II_i}{3 \times l} - \frac{T}{9 \times l} \\ \hat{\omega}_{i3} = \frac{III_i}{3 \times l} - \frac{T}{9 \times l} \end{cases}$$

$$s_i = \frac{I_i^2 + II_i^2 + III_i^2}{3 \times l} - \frac{T^2}{9 \times l}$$

$$f_i = 3 - 1 = 2$$

式中 I_i 、 II_i 、 III_i 分别是第 i 列第 1 水平、第 2 水平、第 3 水平的数据之和， T 是全部数据之和。

各列误差的变动平方和为：

$$s_0 = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^l y_{ijk}^2 - \frac{1}{l} \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 \left(\sum_{k=1}^l y_{ijk} \right)^2$$

$$f_0 = 3 \times 3 \times (l - 1)$$

按上述公式计算出的单层筛的生产率和筛分效率的统计分析表，方差分析表如表 2、表 3，表中的显著性是将 F 值与查表得到的 $F_{0.05}(2, 16) = 3.63$ 相比较得到的。

表 2 单层筛生产率的方差分析表

Table 2 Variance analysis of productivity for the single layer screen

因子	变动平方和	自由度	平均平方和	F 值	显著性
A	68 481	2	34 241	98	***
B	203	2	102	0.3	
C	18 066	2	9 033	25.9	**
D	10 750	2	5 375	15.4	**
误差 c	5 577	16 Δ	349		

Δ 注：对正交号 3、4、6 的试验只重复了 2 次，取这两次的均值作为第 3 次的试验数据，对应的方差分析总自由度降低 2 个，查表得 $F_{0.05}(2, 16) = 3.63$

表 3 单层筛筛分效率的方差分析表

Table 3 Variance analysis of screening efficiency for the single layer screen

因子	变动平方和	自由度	平均平方和	F 值	显著性
A	725	2	363	4.9	*
B	1 242	2	621	8.39	**
C	41	2	21	0.3	
D	767	2	384	5.19	*
误差 c	1 186	16 Δ	74		

Δ 注：见表 4 的附注，查表得 $F_{0.05}(2, 16) = 3.63$

用同样方法得到的双层筛生产率和筛分效率的方差分析如表4、表5。

表4 双层筛生产率的方差分析表

Table 4 Variance analysis of productivity for the double layer screen

因子	变动平方和	自由度	平均平方和	F值	显著性
A	19 132	2	9 566	19.3	••
B	2 307.8	2	1 153.9	2.33	
C	5 707.6	2	2 853.8	5.76	•
D	4 808.8	2	2 404.4	4.85	•
误差 c	4 461.8	9	495.8		

查表得 $F_{0.05}(2, 9) = 4.26$

表5 双层筛筛分效率的方差分析表

Table 5 Variance analysis of screening efficiency for the double layer screen

因子	变动平方和	自由度	平均平方和	F值	显著性
A	153	2	76.5	3.75	•
B	148	2	74	3.63	•
C	58.9	2	29.5	1.45	
D	21	2	10.5	0.51	
误差 c	184	9	20.4		

查表得 $F_{0.1}(2, 9) = 3.01$

$F_{0.05}(2, 9) = 4.26$

进行工程平均的估计计算时采用点估计的计算公式为:

工程平均估计 = 一般平均 + 显著因子相应水平效应的估计值

区间半径为:

$$\delta = \sqrt{\frac{F_{\alpha} \cdot \tilde{s}_0}{n_0 \cdot \tilde{f}_0}}$$

式中 $\tilde{s}_0 = s_0 +$ 不显著因子的变动平方和

$$n_0 = \frac{\text{试验总次数}}{1 + \text{显著因子自由度之和}}$$

$\tilde{f}_0 = f_0 +$ 不显著因子的自由度之和

$F_{\alpha} - F$ 的临界值由置信水平 α 和 \tilde{f}_0 查表 $F_{\alpha}(1, \tilde{f}_0)$ 得出。

单层筛各因子水平的几种搭配情况和工程平均估计值如表6, 双层筛各因子水平的几种搭配情况和工程平均估计值如表7。

表 6 单层筛各因子水平的搭配和工程平均估计

Table 6 Arranging the parameters in groups and engineering average evaluation for the single layer screen

所选择的搭配方案				生产率平均估计 t/h	筛分效率平均估计 %	置信度 %
A ₁ 5mm	B ₂ 55°	C ₂ 10°	D ₂ 110mm	125.5±16.3	84.39±8.3	95
A ₁ 5mm	B ₂ 55°	C ₂ 10°	D ₃ 150mm	163.5±16.3	83.5±8.3	95
A ₂ 7mm	B ₂ 55°	C ₂ 10°	D ₁ 70mm	184.2±16.3	84.3±8.3	95
A ₂ 7mm	B ₂ 55°	C ₂ 10°	D ₂ 110mm	191.8±16.3	73.5±8.3	95

表 7 双层筛各因子水平的搭配和工程平均估计

Table 7 Arranging the parameters in groups and engineering average evaluation for the double layer screen

搭 配 方 案	生产率平均估计值, t/h	置 信 度 %	筛分效率平均估计值, %	置 信 度 %	备 注
A ₁ B ₂ C ₂ D ₃	123.8±34	95	~100-5.1	90	因给料能力不足, 限制了筛子的生产率
A ₂ B ₂ C ₂ D ₃	193±34	95	94.83±5.1	90	
A ₂ B ₂ C ₂ D ₂	167±34	95	94.83±5.1	90	

3 试 验 结 果

(1) TZ120-240单层筛的双振幅为5mm (实测为4.5~4.8mm), 振动方向角为55°, 筛面倾角10°, 试验证明, 当筛子入口矿层厚度为(110~150)mm时, 筛分效率可达84%, 生产率为140~180 t/h, 完全能满足300m³高炉生产的需要。

(2) 2TZ 120-240 双层筛的双振幅为5~7mm (实测为6mm), 振动方向角55°, 筛面倾角10°。试验证明, 矿料厚度为110~150mm时, 筛分效率可达94%, 生产率为180~220t/h, 试验时由于受给料机供料能力的约束, 生产率受到限制。从试验结果看, 如给料能力增加, 保持85%的筛分效率时, 生产率可达到250 t/h。

(3) 相同参数相同生产率时, 双层筛的筛分效率可提高(10~15)%, 故除小生产率情况外, 采用双层筛较合理。在炼铁厂, 300~550m³以上高炉的槽下矿筛用双层筛较合理。

(4) 试验证实, 双振动电机自同步直线振动筛的生产率和筛分效率完全能达到椭圆振动筛和概率筛的同等水平。而在结构简单和工作可靠方面明显优于椭圆振动筛和概率筛, 特别是自身高度比概率筛小, 对新建高炉和大修的高炉可节省较多的槽下土建费用, 经济意义较大。

(5) 从统计分析表的数据可画出各参数对生产率和筛分效率的影响曲线。图1是单层筛的曲线。

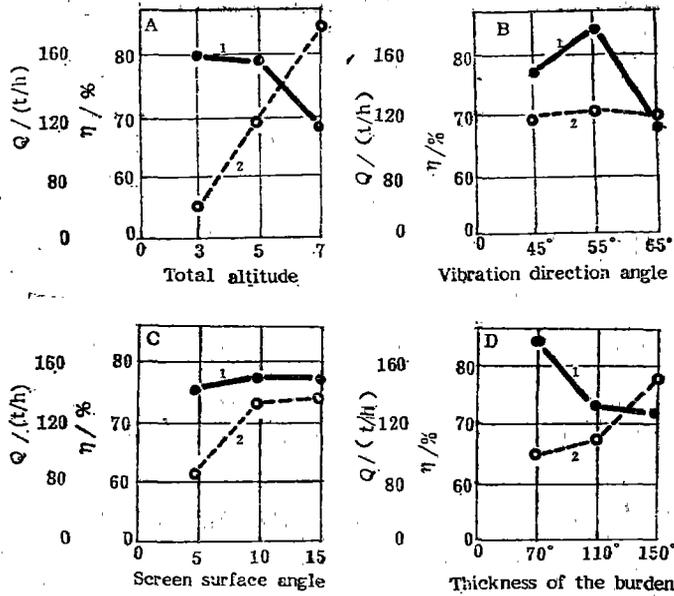


图1 各参数对单层筛筛分效率和生产率的影响

1. 筛分效率 η 2. 生产率 Q

Fig.1 Influence of parameters on the screening efficiency and productivity of single layer screen

从图1可看出,对筛分效率的影响较显著的是振幅、料层厚度和振动方向角,不显著的是筛面倾角,故筛面倾角可根据生产率来定,倾角15°时的生产率大于倾角10°时的生产率,但差别不大,为了降低筛子高度,维持原有10°较妥。对生产率影响较显著的是振幅、料层厚度、筛面倾角,不显著的是振动方向角。故振动方向角应按筛分效率来定,现有的55°较合适。

振幅与料层厚度对生产率、筛分效率都有明显影响,而且是此起彼伏,互相矛盾的,应综合考虑,在满足生产率要求的前提下,选择筛分效率较高的方案,表6中列的都是较佳的方案。

(6) 振动筛的生产能力能否满足生产需要,关键是给料机的给料能力。对已在工作的直线振动筛来说,如果筛分效率不好,最方便的是调节给料量,在满足生产率要求的前提下,尽量减薄料层,可提高筛分效率。振动筛应与给料能力可调的给料机相配套,否则,振动筛难以进入最佳状态。

(7) 在筛子相同参数时,来料的含尘量不同,振动筛的筛分效率也不同。高炉要求的是筛后的原料含尘量,一般要求在5%以下。故对炼铁厂振动筛筛分效率的要求,应随来料含尘量而定。来料含尘量在15%以下,筛分效率应达到75%;来料含尘量在20%以上,筛分效率应达到80%以上。

4 结 论

(1) 只要正确设计和选择振动参数,双层筛网直线振动筛的生产率和筛分效率完全能够

满足高炉生产的需要，可以在各种不同容积的高炉上推广应用。

(2) 各企业现有的自同步直线振动筛可以采用调节料层厚度和筛面倾角的办法，在满足生产率的前提下，得到最佳的高筛分效率。

参 考 文 献

- 1 任露泉。试验优化技术。北京：机械工业出版社，1987
- 2 高允彦。正交及回归实验设计方法。北京：冶金工业出版社，1988

角钢自动堆垛打包机组

角钢自动堆垛打包机组是北京科技大学为首都钢铁公司红冶钢厂开发设计、由冶金部北京冶金设备制造厂试制的先进机组。

该机组包括：角钢的螺旋输入辊道；将从矫直机出来的角钢依次自动移向运输链台架。链式运输机；将角钢横向输送，上设有气动分组集料器，将角钢按打包每层的根数，成组集料后放行，在端部有气动挡块，分别将正、反码垛的成组角钢准确定位。角钢对中机构；由气缸拍动角钢两端。正码垛电磁铁组；吸放角钢由永久电磁铁执行，提升、横移、放置在集料台上由滚压缸执行。反码垛电磁铁组；围绕固定轴旋转，将反码角钢从运输链台架上翻转 180° ，翻至集料台上。液压升降集料台；是角钢堆垛成包的台架，它用液压缸升降，由光电管控制台面高度，以准确接受正、反码垛的每层成组角钢。角钢移出小车；它接受堆垛完成的每包角钢，并移至打捆机中心。钢带打捆机；三台打捆机同时穿带、收捆、打扣，完成角钢包的两头及中间3道箍的捆扎。吊车将打捆后的角钢包吊运至仓库，移出小车返回到集料台下。

机组的动作、顺序及不同型号角钢的层次、分组，均由PC机控制执行。机组设有集中的液压站。机组调试或发生故障时，还可以由手动控制（这时切除联动）。

角钢自动堆垛打包机的研制成功，填补了精整工序的空白，也为各种型材的堆垛打包工序，奠定了开发基础，提高了型材的包装质量。 (康祖立)