

物料振动筛分技术研究*

马志刚 袁明明 张瑞林

(河南省石化工程联合公司) (化工部化肥工业研究所) (郑州工学院)

摘 要: 本文阐述了国内外筛分技术的发展水平,介绍了适于粘细物料筛分的弛张筛、超声筛、德瑞克筛及胡麻筛。对于水煤浆选用的具有筛网振动、振幅可调的弛张筛为试验装置基型加以研究,用多参数正交试验法所求的参数振频 ω 、振幅 λ 、筛面倾角 α 、振动方向角 Φ 对筛分效果的影响程度,能又快又准确地得到结果。试验充分说明了这一方法的有效性,对其它难筛物的筛分研究提供一种借鉴。

关键词: 振动筛分, 粘细物料, 弛张筛, 水煤浆, 正交试验

中图分类号: TD452

筛分是矿物加工的主要环节,通过筛分,可获得粒度适合于用户要求的最终产品,为矿物的加工利用创造经济合理的条件。随着工业生产的发展,湿粘物料的筛分问题日益突出,如大型化肥厂德士古气化工艺要求提供高浓度细颗粒水煤浆,筛分难度甚大。而振动筛的高频低振幅适合于细颗粒高粘度物料的筛分,对没有筛分经验的物料,通过实践研究找出合适的振动筛分条件,经相似放大,为工业应用提供依据,解决工业筛分新的技术难题。

1 筛分技术的国内外状况

二十世纪是筛分技术发展的重要时期,滚筒筛、摇动筛、辊轴筛、共振筛、振动筛、概率筛、等厚筛等设备在竞争中发展。筛分技术的主要特征为:

1.1 振动筛被广泛应用

直线振动筛(图1)因其结构简单、工作可靠、维护量小而被公认为最有前途的筛分设备,并在工业上大量应用。西德、美国、日本都在六十年代未得出振动筛优于共振筛的结论。共振筛则由于维修量大可靠性差而逐步被淘汰。振动筛近代发展的特点为:

①参数强化:1992年西德丁布吕德建立了物粒群的碰撞模型,把多层物料分解成等质量颗粒单元并假定颗粒之间是碰撞关系,即底层颗粒承受的运动速度按对心碰撞的条件

* 收稿日期: 1994-09-16

逐层向上传递, 顶层物料速度为

$$V_n = \frac{V_B(1+D)^{n-1}}{2^{n-1}}. \text{ 这种理论抛开了抛掷}$$

强度 $K_r=3.3$ 的临界概念, 更与实际情况接近。西德、美国设计的直线振动筛振动强度 K 在 4.4 左右。

②基型稳定: 以美国为代表, 应用新技术提高可靠性, 筛子结构组件化, 除振动器外框架作成单体结构可到现场组装, 便于加工运输, 其筛框寿命可达 5~10 年 (国内产品 3~6 年)。

③零件通用化: 西德 KHD 公司 1971 年推出的 USK.USL 型振动筛堪称通用化的典范。

其特点为振动器可在圆、直线振动间通用; 筛面结构也设计成分级, 脱水通用。该设计构思新颖、从制造角度看优点显著。

④筛面新型化: 近代有多种新型筛面, 包括高强度钢丝网, 波浪型筛面、冲孔板金属筛面及橡胶、聚氨脂等非金属筛面。脱水脱介筛面、不锈钢条缝筛面仍占统治地位。

⑤低噪声: 过去振动筛噪声高达 90~100 分贝, 为筛选工业主要噪声源之一。七十年代美国、苏联首先开展降低噪声研究, 噪声降至 85 分贝, 直线振动筛降至 86~87 分贝。但是大型振动筛噪声仍很高, 日本神钢制造的 HLW 型宽 3.6 米的直线振动筛噪声仍在 95 分贝。但低频噪声控制仍是亟待解决的问题。

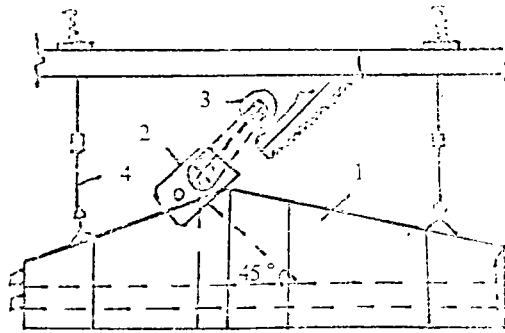
1.2 新型筛分方法的建立

概率筛分法、等厚筛分法是近代筛分技术发展的主要成就, 其筛分理论的建立和应用对筛分技术产生了重大影响。

五十年代瑞典莫根森教授 (Frodrik Mogonson) 发明了概率筛, 六十年代在欧、美、日本应用, 西德建立了专门的莫根森筛分机公司, 目前制造该种筛的有十多个国家, 实际使用量大于 2000 台。七十年代后期, 产品已由中细粒分级筛发展到处理大块的棒条筛, 应用范围扩大到冶金、煤碳。其主要优点是生产率高, 设备轻小噪音低。缺点是不能精确筛分, 筛分效率在 60% 以下。

等厚筛是法国 E·布尔斯特莱因的研究成果。还称为“渐增或恒定层高法 (HCC)”。七十年代中期西德将这一技术扩大到煤碳工业。它适用于煤碳的中细级预选、最终筛分, 现已有处理能力 750~1000 吨/时的单机。其主要优点是生产率高, 分级严格, 建立在精确筛分上的, 可达 70% 以上的筛分效率。

总之, F·莫根森的研究着眼于排除难粒对透筛的影响, 从而发展了透筛的概率理论, 提出了近似筛分的新概念; E·布尔斯特莱因的研究着眼于透筛量的分布及限制透筛量提高的原因, 从而提出了减薄料层, 改善筛面给料状况, 实行等厚或增厚筛分的新设



1—筛箱 2—箱式激振器
3—电动机 4—悬挂装置

图 1 吊式直缘振动筛

想。莫根森通过实验分析,发展了多层不等倾斜筛能明显扩大不同相对粒度物料的筛分效果。E·布尔斯特莱因则发现实际透筛量与筛孔透筛能力的数值关系及分布的一般规律。

1.3 产品大型化

七十年代初西德出现了大型单组合的新观点,随之而来选煤设备大型化迅速发展。重型预先分级重量(80~100mm)处理能力可达200t/h,中等粒度预先分级筛处理能力可达1000t/h。目前最大的园振动筛宽度为3米;直线直动筛宽度为3.6米;弛张筛七十年代初只有2~6m²的产品,目前已有24m²的产品用于工业;等厚筛已有宽度为5m,面积40m²的产品;概率筛宽度已有2m的大型产品。

1.4 国内技术的发展

国内筛分技术目前已成功地发展了同步技术在直线振动筛中的应用,大型椭圆振动筛,直线等厚筛的噪声已控制在90分贝。概率筛分、等厚筛分的研究,解决了国内长期存在的13mm和6mm粒度的干筛问题,同时引进了英国MAGCO旋转概率筛,自行设计的产品亦已经过了生产考验,弛张筛已完成研制并经过运行试验。在制造技术上引进了美国TABOR振动筛技术及整套小型产品及制造工艺。整体而言筛分技术落后于国外十年甚至更多的时间。

2 适应于湿粘物料的振动筛分

筛分湿粘物料一直是各国筛选工业非常关注的难题,近年来湿筛技术应用于矿山及冶金等行业,大量的研究工作取得了一定的成就,振动筛分显示了明显的优势。

①弛张筛:该筛由西德海因·莱曼公司为处理粘细物料研制的新型筛分机,其通过斜置筛箱上安装的薄型聚氨脂筛面的反复机械弛张运动进行筛分,振动强度可达很高峰值,从而有强烈的抛料、防粘、防堵孔效果。弛张工作频率多为640次/分,煤碳筛分时倾角23°,入料上限80mm,能力约为:对13mm煤碳50t/h·m²,对6mm的颗粒30t/h·m²

②振动离心筛:该筛主要用于<6mm的细粒高水分煤碳的有效筛分,七十年代初英国Φ500及Φ1000的卧式振动离心筛,通常其离心脱水时离心强度为70~100g,而这种离心筛的最佳筛分效果却出现在离心强度为3.5~4.5g的条件下。这与通常的振动筛接近,表明离心场有助于改善难筛分物料的筛分效果,其对0~15mm末煤作分级时Φ1000的筛子处理能力可达100t/h。

③超声筛(图2):利用高频低振幅的振动对细粒级物料进行筛分,当筛面宽度为0.77m,筛面倾角为35°时,2千瓦18千周的超声发生器装于筛面下的2cm处,对粒径0.75mm的物料,当<0.104mm的含量约为35%时,产量可达15t/h,筛分效率可达99%,筛上产品水分含量在16~22%间,当筛孔较细时,超声筛对避免筛孔堵塞效果更好。

④德瑞克型高频振动筛(图3)振频为3000~3600次/分,其为筛面振动,筛面由很细的(100目以下)不锈钢丝组成,其叠层布置导致上下层筛之间有轻微的相对运动,从而避免堵塞,比同等筛孔的单层网可用更粗的钢丝,对低浓度料浆,筛分粒度可低至

0.044~0.35mm。

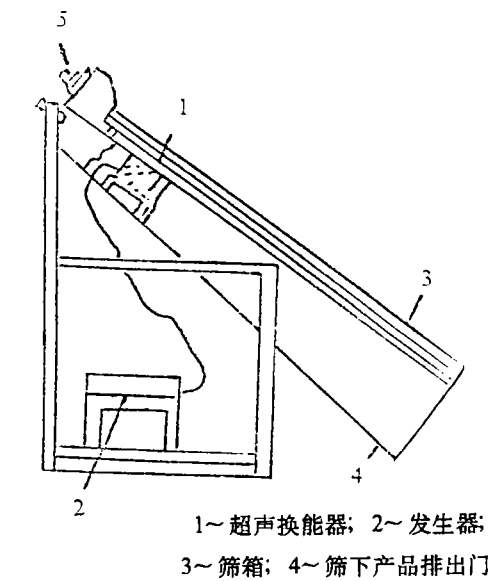


图 2 超声筛

⑤胡麻筛: 美国胡麻筛(Hum-mer screens) (图 4) 是一种很有特性的装置, 其结构为筛面弹性张紧于固定筛箱上, 筛网中部有一纵向钢条, 钢条在一根垂直激振棒作用下产生上下振动, 激振棒的振动是由电激振器的交变磁场产生的, 一般 1.5m 筛面长度安置一个激振器。胡麻筛能筛分潮湿或粘性物料、其振幅可调, 这种筛子上可以装上极细的筛网, 这细筛网又由一个较大筛孔的筛网所支承, 两个筛网共同张紧在筛箱上, 电源可用 220 伏 50 周单相交流电, 通过交流器产生 1500 次 / 分直流脉冲。

3 振动筛分的研究方法

目前筛分技术研究的重点仍是湿粘物料的筛分, 振动筛的重要特点是克服粘性物料对筛孔的堵塞, 同时物料的析离现象更有助于筛分的进行。对许多物料国内外已有成熟的筛分经验, 工业应用时参照选型即可; 另有一些物料筛分技术仍处于研究发展阶段, 要作进一步的工作; 随着生产实验的发展, 还将出现新的难筛物料, 这需要我们进行振动筛分的技术研究工作, 相应要掌握一定的研究方法。

3.1 振动筛分研究的目标

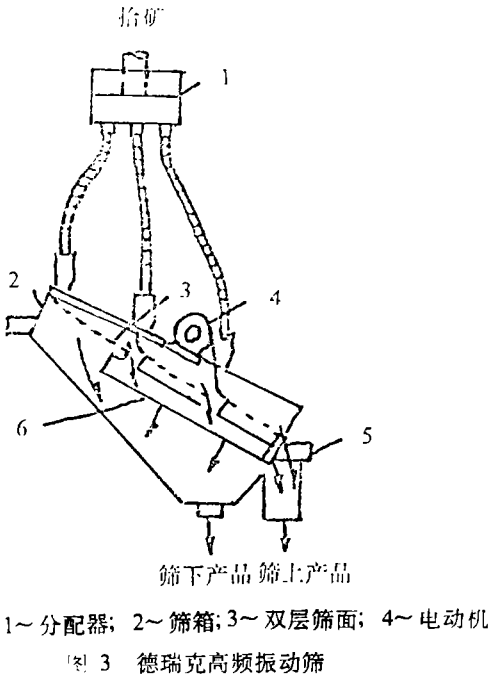


图 3 德瑞克高频振动筛

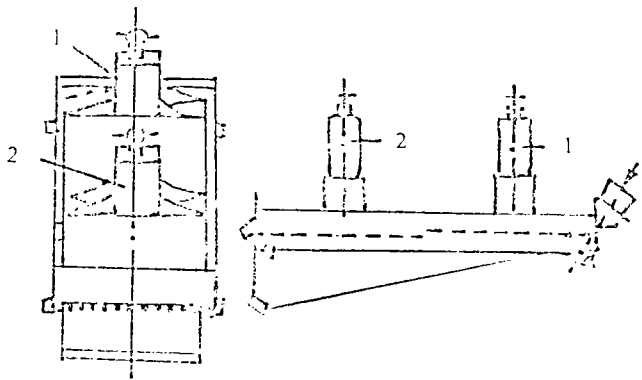


图 4 胡麻筛

振动筛分研究的目标是:

①确定满足筛分工艺要求的合理筛型;

②确定振动筛的主要参数: 振动频率 ω , 振动幅值 λ , 筛面倾角 α , 振动方向角 φ , 最小功耗 w 。

③确定合理的结构为工业设计提供依据。

3.2 振动筛分研究的基本方法

四参数正交实验及实验结果的数据处理为筛分研究的基本方法。

在科学研究中, 研究的对象往往受许多因素的影响, 为了使研究对象有较好的质量和数量, 需进行试验, 因素越多, 变化范围越大, 试验次数也越多。譬如对指标 y 有四个因素均对其产生影响, 每个因素仅取三个数值, 则所有的因素试验共有 $k=3^4=81$ 次。如果所有的因子试验全部进行, 不但实验周期和费用急剧增加, 同时因试验的盲目性便很难得出满意的结果, 无法比较各因素对指标的影响程度。当因素更多时试验就不可能进行, 而正交试验设计法是研究多因子试验问题的一种重要数学方法, 其可用正交表进行整体设计, 综合比较统计分析, 用最少的试验次数, 又快又准确地抓主要矛盾、确定对指标影响诸因素的最佳条件。

3.3 正交试验的基本参数

我们将影响振动筛分效果的四个主要参数作为正交设计的四个因子, 各表示为:

A 因子—振动频率 ω

B 因子—振动幅值 λ

C 因子—筛面倾角 α

D 因子—振动方向角 φ

对以上四个因子在选定的范围内各考虑有四个水平的作用状态, 即 $A_{1\sim 4}B_{1\sim 4}C_{1\sim 4}D_{1\sim 4}$

4, 这便组成 $L_{16}(4^5)$ 的正交试验计划, 按此计划可确定哪个因子对筛分效果影响最大, 每个因子的哪个水平是筛分的最好水平。

3.4 正交表的设计

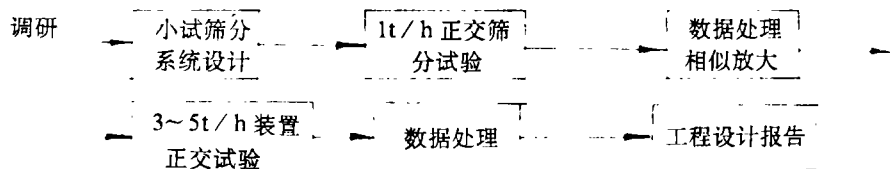
正交表的选用原则为: 要考察的因子及互交作用的自由度总和必须不大于所选正交表的总的自由度。 $L_{16}(4^5)$ 便可满足此条件。考虑避免混杂的要求, 正交表表头如下:

表头设计	A	B	A×B	C	D
列 号	1	2	3	4	5

依此表头所确定的格局进行试验, 便可比较出结果。每次试验的时间长度及取样条件可参照有关物料的标准或规范而定。

3.5 试验研究过程安排

试验研究过程一般要受环境条件、经费、完成时间等因素的影响, 通常应遵循如下程序:



3.6 数据处理

研究项目中试验参数的初值, 根据所选筛子的基型确定。在 $L_{16}(4^5)$ 正交试验结果的基础上用相似理论放大设计中试筛子, 实验仍考虑正交设计, 但要插取或拓宽各因子水平, 取得新结果。试验取得的数据, 经计算机处理求出其多元回归方程, 以定量分析各因素对筛分效率及产量的影响。

4 高浓度水煤浆振动筛分试验研究

4.1 试验研究目标及背景

高浓度水煤浆属世界性难筛物料, 年产 30 万吨合成氨装置德士古选气工艺要求提供水煤浆的参数为: 浓度 $>60\%$, 粘度: $2000\sim 3000\text{cp}$, 粒度 50% 过 200 目, 99.5% 过 40 目, 对应的粒径为 0.074mm , 0.35mm 。筛分煤浆的主要目的在于除去制浆过程带来的大粒子。这些大粒子的存在会加速煤浆泵及喷嘴的磨损, 同时会阻碍浆泵阀门的启跳以至堵塞, 造成整个气化系统停车, 带来巨大损失。我们进行的加压气化中试数次开车情况表明, 这种现象会发生。为了把这种可能降至最小限度或彻底消除, 振动筛首先在孔径上要有可靠的尺寸, 因此该项目研究的宗旨是在筛子结构及工况良好的条件下, 尽量降低孔径, 并求出最佳状态下的振动参数。

4.2 弛张筛型选用

由于水煤浆具有 $2000\sim 3000\text{cp}$ 的高粘度, 所以必须选用筛网振动的振动筛型, 依上文介绍弛张筛。胡麻筛属备选筛型, 但由于胡麻筛筛网局部受力, 影响振动传递, 而弛张筛则整个筛网振动更适合于煤浆的筛分, 故选用弛张筛。

4.3 装置及实验参数

筛分装置简图如图 5:

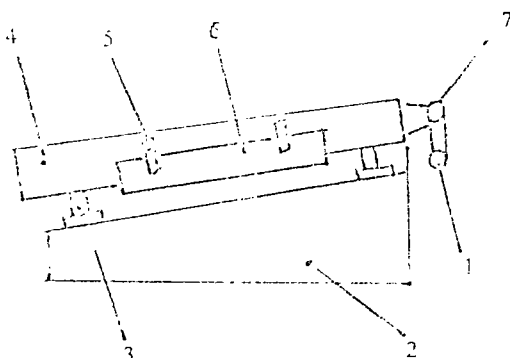
筛面面积 1m^2 , 筛孔 $2\times 25\text{mm}$, 电机转速 $n=1440\text{转/分}$ 。

实验煤浆浓度 $60\sim 65\%$, 由球磨机供给, 粘度 $2000\sim 3000\text{cp}$ 。煤种为山东七·五煤。

振动频率在 $600\sim 3000\text{次/分}$ 间变化, 筛面倾角在 $10^\circ\sim 25^\circ$ 间变化, 振幅在 $3\sim 30\text{mm}$ 间变化, 运行时间 240 小时, 变参数试验按正交设计进行。

4.4 实验研究结果

对实验数据处理后分析对比可得, 在振动频率 $\omega=9.8$ 。振幅 $\lambda=6\text{mm}$, $\lambda=24\text{mm}$ (相对振幅) 筛面倾角 $\alpha=15^\circ$ 时, 筛分效果最好。此时筛分效率为 99% , 生产率 $3.5\text{t/h}\cdot\text{m}^2$ 。设备运行平衡。满足德士古工艺要求。该筛分装置的试验成功, 不但解决了国内煤气化工艺研究开发的要求, 取得了高浓度水煤浆筛分的第一手资料, 同时也为年产 30 万吨合成氨德士古工艺装置国产化奠定了基础, 并为电力、冶金行业煤浆筛分技术应用提供了条件, 对筛选行业的技术及经济建设具有重要意义。



1~电动机; 2~支架; 3~橡皮弹簧;
4~内筛框; 5~板弹簧; 6~外筛框; 7~偏心轮
图 5 筛分装置

5 结束语

综上所述, 振动筛分是一种广泛应用又颇具潜力的一门技术, 尤其对于粘细物料筛分。当面临一种新的粘细物料时, 结合国内外技术状况, 采用正交试验方法, 能有效的确定振动参数, 解决筛分难题, 促进新的筛分技术的研究及应用。

参 考 文 献

- 1 北京有色金属研究院编. 国外选矿设备. 1980年
- 2 萧成基编. 现代煤化工工程技术的发展. 化工部第六设计院. 1983年5月
- 3 化工部化肥工业研究所. 水煤浆流变特性及煤的程度分布对其影响. 1983年12月
- 4 俄. C.E安德列耶夫. B.B茨维列德奇. B.A.列洛夫合著. 有用矿物的破碎、磨碎及筛分. 中国工业出版社 1963年11月
- 5 Phosphatis and Phosphotic acid. New York. 1983年.
- 6 [日]井町勇. 机械振动学. 1979年
- 7 陕西省石化厅化工部化肥所合编. 西德煤化工考察资料汇编. 1985年

Research of Technique about Vibration Screening Mass

Ma Zhigang Yuan Mingming * Zhang Ruilin * *

(Corporation of Petrochemical Industry Engineering in Henan)

Abstract: In this paper, we expound the engeering level of screening at home and abroad, and introduce four kind of screens: reluxing and stretching alternatively screen, supersonic screen Derick screen and Hum-mer screen which are suited to screen sticky and fine mass. We adopt a relaxing and stretching alternatively screen which is used to screen thick coal liquid and whose amplitude, frequency can be adjusted as a basic experimental model, by multi-parameter orthogonal experiments we can learn how amplitude, frequency, inclination angle of screen's surface and direction angle of vibration to influence the effectiveness of screening quickly and accurately. The experiments set forth the validity of this method adequately. It provides a reference for other mass which cannot be siltered easily.

Keywords: Vibration screening, sticky and fine mass, relaxing and stretching alternatively screen, thick coal liquid, orthogonal experiment

* Chemical Fertilizer Industry Institute in Chemical Industry Department

* * Zhengzhou INstitute of Technology