

如何用特劳姆曲线评价选粉机的性能

吴其胜 张进韶 陈茂荣

(盐城工专建筑材料工程系, 盐城, 224003)

摘 要 重点介绍特劳姆曲线、选粉机对水泥成品粒度的影响、循环负荷 L 与选粉效率 E 曲线三种科学的评价方法。对选粉机进行比较时, 首先看特劳姆曲线的形状, 曲线越陡峭越好; 而后再分别计算切割粒径、分级清晰度和旁路值。不同料气比对特劳姆曲线的形状和位置有一定的影响。此外, 从 $L-E$ 曲线上看出, $L-E$ 呈反变的关系。

关键词 特劳姆曲线 切割粒径 分级清晰度 旁路值 料气比 Rosin-Rammler-Bennett 公式 循环负荷 选粉效率

分类号 TQ172

对选粉机性能的评价方法很多, 包括分级特性、机械电气工艺操作特性等。归纳起来有: 部分分级效率、特劳姆曲线、牛顿分级效率(包括细粉回收率和粗粉回收率)、循环负荷与选粉效率曲线、产品的粒度组成、指标比较法(选粉机单位面积产量、单位体积产量、单位质量产量、系统电耗、料风比——浓度(单位风量载尘量)、占地面积、高度、维修量、细度调节方便与否、机壳内壁耐磨性、金属消耗、成本、车间粉尘浓度、特殊功能等。本文重点介绍分级特性中特劳姆曲线、选粉机对水泥成品粒度的影响、循环负荷与选粉效率曲线三种方法。这是近年来常用的评价分级技术特性的方法。

1 特劳姆曲线

特劳姆曲线(Tromp curve)是 K·F·Tromp 于 1937 年提出的, 又称部分分选曲线, 它表示选粉机喂料中, 不同粒径的颗粒进入粗粉的分量, 曲线形状如图 1 所示, 它是反映选粉机选粉特性较为全面和科学的方法。

选粉机在对物料进行分级时, 理想的情况是能够实现以某种粒径的颗粒为界限, 将大于和小于该粒径的颗粒截然地分成两部分。但由于选粉机结构上存在的缺陷和操作上存在的问题, 往往在成品中不免掺杂许多粗颗粒, 而在回料中又掺杂有许多细颗粒。如果这两种掺杂量越少, 则表示选粉机的性能越好。特劳姆曲线即表示这种选粉性能。

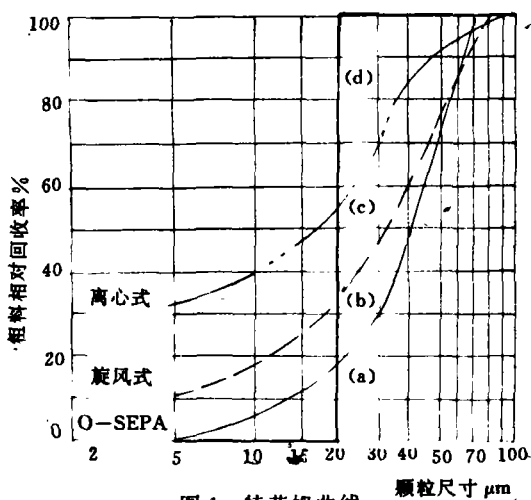


图 1 特劳姆曲线

在曲线的坐标系中,横坐标表示颗粒的粒径,纵坐标是某一粒径的颗粒进入粗粒的数量百分率。作图时,分别从喂料和粗料中取样,做筛分析,分别计算出粗料中每种粒径颗粒的相对回收百分率,将不同粒径百分率的点连成一条曲线。图 1 中(a)、(b)、(c)分别代表 O-sepa、旋风式、离心式选粉机的特劳姆曲线。由曲线(a)可见,喂料中 $20\mu\text{m}$ 的细颗粒只有 17% 进入了粗料,而 $50\mu\text{m}$ 的粗料,则有 72% 的进入了粗料;再由曲线(c)可见,喂料中 $20\mu\text{m}$ 细颗粒约有 53% 进入了粗料,而 $50\mu\text{m}$ 的粗料,有 91% 进入了粗料。显而易见,O-sepa 的选粉性能较好,旋风式次之,离心式最差。

从特劳姆曲线图可以全面地分析选粉机的选粉性能优劣。

(1)在对选粉机进行比较时,首先应观察它们的特劳姆曲线,曲线形状越陡峭,则选粉机的选粉性能越好。

(2)切割粒径 π_{50} :在粗料和成品中数量相等的颗粒粒径称为切割粒径。切割粒径的左边是进入粗料小于 50% 的粒径,右边是大于 50% 的粒径。图 1 中曲线(a)上的切割粒径为 $40\mu\text{m}$ 。

(3)分级清晰度(或称清晰度系数)K:将纵坐标上 25% 所对应的颗粒粒径,除以 75% 所对应的颗粒粒径,称为分级清晰度,实际上就是特劳姆曲线的斜率。选粉机分选的灵敏度越高,K 值越大。理想时最高值 $K=1$,这时,特劳姆曲线呈铅垂线见图 1(d)。铅垂线表示从切割粒径开始,大于该粒径的全部进入粗粉,小于该粒径的全部进入成品,粗粒和成品的分界线非常清楚,选粉机的分选灵敏度达到理想状态。在一般情况下, $K<1$,故不难看出,曲线越陡,选粉机的分选性能越佳。

(4)旁路值(或称短路值) β :粗料中微小颗粒的数量称旁路值,是曲线上的最低点。它表示由于选粉效果的影响,部分小颗粒没有很好分选就混入粗粒的情况, β 值越小,选粉性能越好; β 值大,则选粉机撒料分散性能差,见图 2。

(5)从图 3 可以看出,特劳姆曲线的形状和位置受循环负荷和选粉机内部的料气比(浓度或单位风量载尘量)的大小影响。料气比愈大,则粒子间相互碰撞的机会愈多,选粉效果愈差。因此同一台选粉机在不同工况下的曲线颇有差异。

2 选粉机对水泥成品粒度的影响

产品的粒度组成一般用 Rosin-Rammler—Rennett 公式来表示

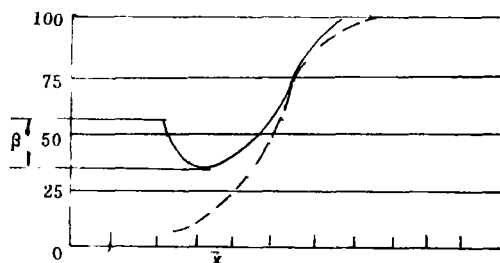


图 2 旁路值(β)的曲线

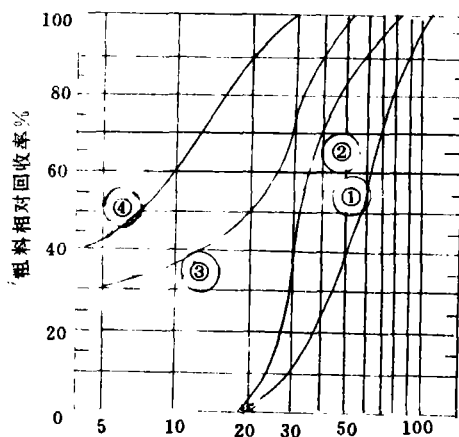


图 3 不同料气比的特劳姆曲线

各曲线的料气比(kg/m^3)

①—0.35 ②—0.6 ③—5.45 ④—8.6

$$R = 100 \cdot e^{-\left(\frac{x}{x_0}\right)^n} \quad (1)$$

式中 R 为粒径 $> x$ 的粒级含量, 即孔径为 x 的筛余, %; x 为粒径或筛孔孔径, μm ; x_0 为平均粒径, 相当于筛余为 $100/e = 36.8$ 时的粒径, μm ; n 为均匀性系数。

根据天津水泥工业设计研究院实际测定和计算, 离心式选粉机 $n = 1 \sim 1.2$; 旋风式选粉机 $n = 1.05 \sim 1.3$; 高效选粉机 $n = 1 \sim 1.5$ 。这表明采用效率高的选粉机, 保持同样的 $3 \sim 3.0 \mu\text{m}$ 粒级含量, 则比表面积可以降低, 一般 O-sepa 选粉机较离心式可降低 $6 \sim 8\%$ 。我国常规的离心式选粉机生产 525 号水泥时, 比表面积控制指标一般为 $3200 \sim 3400 \text{ cm}^2/\text{g}$, 而用旋风式选粉机至少可降低 $100 \text{ cm}^2/\text{g}$; 用 O-sepa 选粉机至少可降低 $200 \text{ cm}^2/\text{g}$ 。

3 循环负荷 L 与选粉效率 E 曲线 ($L-E$ Curve)

循环负荷是圈流粉磨系统应控制的一个主要参数。循环负荷的定义是指选粉机的回料量 T 与成品量 G 之比。

$$L = \frac{T}{G} \times 100\% = \frac{c-a}{a-b} \times 100\% \quad (2)$$

式中 a, b, c 分别为喂料、回料、成品小于某粒级的含量, %。

一般把选出的合格产品占喂入选粉机中合格品的比例称为选粉效率 E (即细粉回收率, 参见图 4)。其计算公式如下

$$E = \frac{G \cdot c}{F \cdot a} \times 100\% = \frac{G \cdot c}{(G+T) \cdot a} \times 100\% \quad (3)$$

式中 F 为喂料量; G, T, a, c 符号意义同前。

由于式(3)中 F, G, T 等不易测得, 按物料平衡原理将式(3)改写如下

$$F = G + T \quad (4)$$

$$F \cdot a = (G + T) \cdot a = G \cdot c + T \cdot b \quad (5)$$

(3)、(4)、(5)三式联立解得

$$E = \frac{c(a-b)}{a(c-b)} \times 100\% \quad (6)$$

循环负荷 L 与选粉效率 E 的关系按同样原理可用式(7)表示。

$$E = \frac{1}{1+L} \times \frac{c}{a} \quad (7)$$

L 值的选择要适宜, L 值过大, 一是粉料分散不良, 也会导致选粉机负担过重, 撒料部分电耗增加, 选粉效率 E 降低; 二是使粉磨系统中的提升、输送设备负荷太大, 增加了设备造价和电耗; L 值过小, 则选粉机的能力不能很好地发挥出来, 产量提高幅度也不会大。

从式(7)可以看出, 循环负荷 L 与选粉效率 E 呈反变关系, L 越大则 E 越小。在产品细度一定时, 控制循环负荷的变化, 可以得出相应的选粉效率值。在 L 为横坐标, E 为纵坐标的直角坐标系里, 可得出一条 $L-E$ 曲线。曲线的位置与产品的细度有关, 随着产品细度的提高, 选粉效率亦随之下降, 表现在图形上为曲线的位置下移。同一台选粉机生产不同细度的产品时, 可得出不同位置的曲线, 但曲线的形状基本类似。三种选粉机的 $L-E$ 曲线如图 5。在生产同样细度的产品时, $L-E$ 曲线的位置越高, 则选粉机的选粉效率越好。

在圈流粉磨系统中, 磨机和选粉机是一个有机的整体, 虽然选粉机没有粉碎物料的作用,

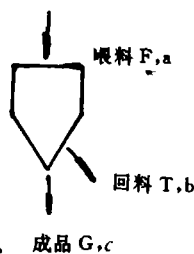


图 4

产品中细粉的多少取决于磨机的粉磨效率。然而,选粉机的选粉效率也会影响到磨机的粉磨效率。选粉机的选粉能力与磨机的粉磨能力基本平衡的条件下,适当提高循环负荷可使磨内物料流速加快,增大细磨仓的物料粒度,减少衬垫作用和过粉磨现象,使整套粉磨系统的生产能力提高。如果是粉磨水泥,当循环负荷增加时,也增加了回粉中所含的水化较慢的 $30\sim 88\mu\text{m}$ 的颗粒。经过磨机的再粉磨,就能增加水泥中小于 $30\mu\text{m}$ 的微粒含量,以提高水泥强度。因此,适当增加循环负荷是有好处的。但是,循环负荷过大,会使磨内物料的流速过快,因而粉磨介质来不及充分对物料作用,反而使水泥的颗粒组成过于均匀,小于 $30\mu\text{m}$ 颗粒含量少,以致水泥的强度下降。当循环负荷太大时,选粉效率会降低过多,甚至会使磨内料层过厚,出现球料比太小的现象,粉磨效率就会下降。结果使磨机产量增长不多,而电耗由于循环负荷增长而增长,经济上不合算。一般认为离心式、旋风式和高效选粉机的适宜负荷率分别取 $250\sim 300\%$ 、 $200\sim 250\%$ 和 $150\sim 200\%$ 。

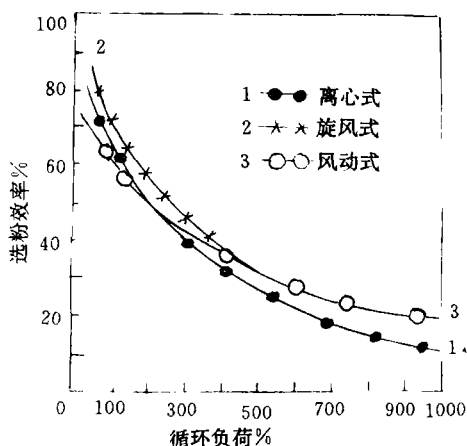


图5 循环负荷与选粉效率曲线

参考文献

- 1 牛宽裕,郭红等.关于选粉机的应用与评价问题的探讨.中国建材装备.1990,5
- 2 郭俊才主编.水泥及混凝土技术进展.中国建材工业出版社.1993,3
- 3 张庆公编著.硅酸盐工业机械及设备.华南理工大学出版社.1993,4

(上接第22页)

或者执行用户选中菜单项的功能模块,或者再递归调用下拉菜单程序,拉出再下一级的菜单。重复上述过程,通过对下拉菜单程序的重复递归调用,就可以随心所欲地拉出用户所需要的多级下拉菜单。

本文从理论和实践两个环节、算法和数据结构两个方面,解决了FoxBASE环境下多级下拉菜单的设计。递归下拉菜单程序和独立于程序的菜单数据库的设计思想和实践,使得在不增加程序体积、不修改程序内容的前提下,实现了多级下拉菜单的功能。用户在完成多级下拉菜单设计时,根本不再需要考虑菜单程序的编制,只需集中精力,根据用户自己的菜单树,编制各层各个结点的菜单数据库文件即可,从而提高了在FoxBASE环境下应用软件开发的速度,增强了下拉菜单程序设计的通用性和可靠性。限于篇幅,递归下拉菜单程序清单未能列出。

参考文献

- 1 D. F. Subbs and N. W. Wibre, Data Structures with Abstract Data Types and Pascal, by Brooks/Cole Publishing Company, 1985
- 2 严蔚敏等.数据结构.清华大学出版社,1992.
- 3 刘 瀛.汉字FoxBASE+2.10使用手册.中国科学院希望高级电脑技术公司,1991.