

实验十三 粉磨动力学试验

一、实验目的

了解粉磨动力学方程的物理意义与磨机的工作原理，掌握粉磨动力学的实验方法，并掌握根据实验所得到的筛析曲线对磨机工况进行分析的基本知识。

二、实验装置

实验设备是一台 $\varnothing 0.3 \times 2.0$ 米的四仓管磨机。喂料设备由料斗、GZQ4 微型电磁震动给料机及 XKZ01 电磁震动给料机控制箱组成，另有电器控制板、振筛机、0.08mm 标准筛及 TN 型托盘扭力天平等。

三、实验原理

物料在粉磨过程中发生粒度组成的变化，这种变化反映在粗颗粒含量的减少和微细颗粒含量的增加。粉磨动力学反映了物料在粉磨过程中其细度随粉磨时间的变化规律，颗粒细度的变化可以用某一控制筛(如 0.08mm 标准筛)上的物料筛余量的多少、或用物料比表面积的变化来表示。

部分学者通过分析间歇式球磨机粉磨过程物料的细度变化情况，提出粉磨速度方程为：

$$R_t = R_0 e^{-K_t t^{n'}} \quad (1)$$

式中：

R_t ：粉磨t时间后，物料在控制筛上的筛余百分数；

R_0 ：粉磨前，物料在控制筛上的筛余百分数；

t：粉磨时间；

K_t ：粉磨速度参数；

n' ：时间修正系数，取决于物料性能与粉磨机械。

因在通常情况下，粉磨前原料的粒度基本上都大于控制筛筛孔尺寸，即 $R_0=100\%$ ，再将上式取双对数可得：

$$\log \log \frac{100}{R_t} = n' \log t + \log K_t + \log \log e \quad (2)$$

对于连续运转的磨机，在达到平衡后，当通过磨机的物料流速均匀时，则可用磨机长度 L 代替物料在磨内的粉磨时间 t ，则式(1)可改写为下式表示：

$$R_L = R_0 \cdot e^{-K_L L^n} \quad (3)$$

同理，也可将其改写为双对数形式：

$$\log \log \frac{100}{R_L} = n' \log L + \log K_L + \log \log e \quad (4)$$

式中：

L ：取样点离磨头(喂料端)的距离；

R_L ：距离磨头 L 处所取试样在控制筛上的筛余百分数；

其他参数与式(1)相同。

若用磨机的有效单位产品电耗 N_E 代替粉磨时间 t 时，式(1)可改写为下式：

$$R_N = R_0 10^{-K_N \cdot N_E^n} \quad (5)$$

式中：

N_E ：磨机的有效单位产品电耗；

R_N ：单位电耗为 N_E 时，所取试样在控制筛上的筛余百分数。

上述三式，根据需要，可采用任一式。常数 K_t 、 K_L 、 K_N 为粉磨速度常数；指数 n' 说明粉磨速度随时间的的变化， n' 值决定于物料性质和粉磨机械性质，实际上是一个平均值。一般波动于 0.80~1.20 之间。在计算磨机产量时常取 $n'=1$ 。常数 K 和 n' 可通过实验作图求出。

本实验是用开流多仓管磨机连续操作。在连续的管磨机中粉磨速度的测定一般都是将粉磨过程中物料粒度组成变化用磨机筒体长度 L 作为参数来进行测定，也即可采用式(3)与(4)来表征。

现将 $\log \log \frac{100}{R_i}$ 绘在双对数坐标的纵轴上，将 $\log L$ 绘在对数坐标的横轴上，则表示式

(4)的曲线将成为一直线，斜率为 n' ，其值为直线与横坐标夹角的正切决定：

$$n' = \frac{\lg \lg \frac{100}{R_2} - \lg \lg \frac{100}{R_1}}{\lg L_2 - \lg L_1} \quad (6)$$

求得 n' 后，粉磨速度参数 K_L 即可根据式(3)由下式求得：

$$K_L = \frac{\ln \frac{100}{R_L}}{L^n} \quad (7)$$

根据 K_L 和 n 这两个参数，以及图中曲线来分析磨机操作条件，就可说明其粉磨过程。

图(1)为粉磨水泥时，物料在四仓管磨机中不同取样点的 0.08mm 标准筛筛余随取样点距磨头距离的变化曲线，常称为筛析曲线。横坐标为磨内物料取样点距离，纵坐标为多取样点的筛余累积值。从该图可以判断各仓位、配球等是否合理。各仓位的实验线均为直线，表示粉磨过程正常，而只是在第四仓最后部分有些弯曲，偏离直线的部分通常发生在粉磨开始和最后阶段。

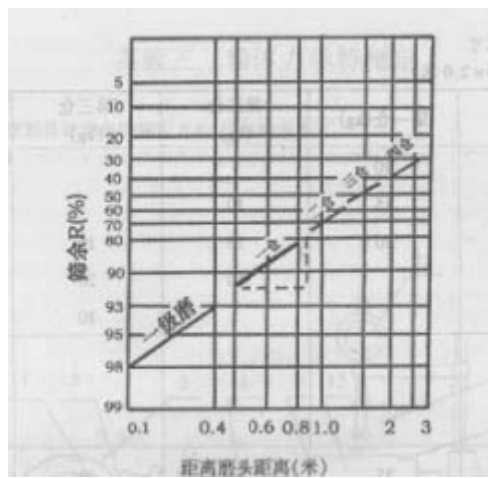


图 1 筛余百分数和距磨头距离的关系(筛析曲线图)

四、实验步骤

1、试样准备：石灰石或石英砂试样在入磨机粉磨前，先经过 80×150mm 的颚式破碎机破碎，然后用 10mm 筛筛分，称取 <10mm 粒径的石灰石或熟料 50 公斤，加入料仓。

2、先启动电磁振动给料机，测试并调整电磁振动给料机的给料速度，约每分钟 0.5~1.0 公斤的加料速度，然后关闭电磁振动给料机。

3、先启动磨机，待运转平稳后，再启动电磁振动给料机加料。

4、待磨机运转一段时间达到平衡，磨尾出料量稳定后，将电振机、管磨机依次停车，打开四仓管磨机各仓的磨门。当磨机内温度降低后，在第一级磨距磨头 0.2 米处和磨尾各取一个断面，在二级管磨的磨内沿其长度每隔 0.2 米距离取一断面，并注意在每两仓之间的隔仓板前后以及磨机的进出口端壁处作为一个取样断面，在各横断面分别取样，每个断面靠磨机筒体壁处取两个物料试样，中心附近再取两个试样，每个试样约取 15 克，将四个试样，放入小搪瓷盘内充分混合，用它代表该横断面处物料的平均情况，放入烘箱干燥(100℃)并记录各取样断面到磨头的距离，再将所取得的各平均试样用盘式天平称取 50 克，用标准

筛进行筛分分析，将数据记录于表 1 中，然后计算出各取样点的筛余百分数。

5、实验测试完毕后，将各仓磨门关闭，并将已筛分的试样倒掉，并清理标准筛等设备仪器。

表 1 各取样点数据记录表

取样面积	四仓管磨机													
	一仓			二仓			三仓				四仓			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
距磨头距离(m)	0	0.20	0.40	0.40	0.60	0.80	0.80	1.00	1.20	1.40	1.40	1.60	1.80	2.00
取样量(克)														
0.08mm 筛筛余(克)														
0.08mm 筛筛余百分数(%) (实验值)														
0.08mm 筛筛余百分数(%) (计算值)														

五、实验数据处理

1、根据实验数据，用双对数坐标纸，绘出粉磨物料的 0.08mm 标准筛筛余百分数~距磨头距离的关系曲线(即筛析曲线)。

2、根据曲线的斜率和纵轴截距求出时间修正系数 n' 和粉磨速度常数 K_L 的数值，得到该磨机的粉磨速度方程。

3、验证实验结果与粉磨速度方程式是否相符，将根据粉磨速度方程计算得到的各测点处的 0.08mm 筛筛余百分数填入表(1)，并进行比较分析。

4、根据上述实验结果，分析实验磨机的粉磨工况。

六、思考题

- 1、试分析粉体粉磨速度的影响因素？
- 2、如实验测得的筛析曲线在各仓的斜率不同，说明了什么问题？
- 3、试分析粉磨速度方程中的 K 与 n' 与物料物性有关吗？

附：管磨机的钢球级配方案(0.30×2.0 米)

钢球尺寸(mm)	第一仓 (kg)	第二仓 (kg)	第三仓 (kg)	第四仓 (kg)
Ø40	10			
Ø35	15	10		
Ø30	10	15	10	

Ø25		10	20	
Ø20			10	
Ø20				10
Ø15				14
Ø10				16
装球总量(kg)	35	35	40	40

(执笔人：方莹、于学成)