

525180

破碎與篩分譯文集

冶金工業部冀東黑色冶金礦山設計研究院
冶金工業部黑色金屬礦山情報網



破碎与筛分译文集

冶金工业部冀东黑色冶金矿山设计研究院

冶金工业部黑色矿山情报网

一 九 八 五

前 言

为配合黑色金属矿山情报网组织的国内选矿厂破碎筛分设备的调查研究,我院编译了《破碎与筛分》译文集。本译文集作为1982年出版的《破碎与磨矿》译文集的续篇。文集选译了1980~1984年英国、美国、西德和苏联出版的期刊中有关论文共三十一篇。内容有破碎回路的模拟模型,回路的最佳设计和各种类型破碎机和筛分机结构及其改进。为强化破碎作业,改善磨机给料,着重收集了细碎用的惯性式破碎机和液压调节排矿口的圆锥破碎机论文。

本译文集有助于了解目前国外破碎和筛分工艺及设备的发展趋势,可供矿山设计和科研单位以及厂矿企业科技人员参考,亦可作院校师生的教学参考资料。

由于编译人员的水平有限,收集的资料不全。文集中可能存在缺点和错误,恳切希望批评指正。

目 录

1 布伦达 (Brenda) 矿业公司二段破碎车间的模拟	(1)
选厂破碎磨矿系统设计过程的定形化	(17)
关于粉碎回路设计的研究	(23)
破碎机	(29)
选择合适的破碎机	(56)
布干维尔铜矿破碎车间扩建	(59)
4 破碎	(67)
旋回破碎机的性能	(76)
ESCh型克虏伯库伯利亚圆锥破碎机及其在二次、三次破碎中的应用	(78)
圆锥破碎机的工艺性能模型	(83)
细碎圆锥破碎机给料器的工业性试验	(92)
细破碎机自动装料方法的使用经验	(96)
圆锥破碎机	(101)
KHД-1750惯性破碎机及其使用前景	(129)
精确计算物料在圆锥破碎机内的移动方法	(135)
圆锥破碎机破碎腔断面对破碎效率和衬板磨损的影响	(140)
强化中、细碎破碎机作业制度的工作指标	(144)
提高圆锥破碎机的技术经济指标	(148)
破碎——筛分车间的最佳工艺流程	(150)
苏联圆锥破碎机国家标准的科技水平	(154)
圆锥破碎机某些部件连接的拉力计算	(157)
卡奇卡纳尔的矿石可碎性研究	(162)
大倾斜筛——提高难筛物料筛分能力的途径	(164)
振动筛分机	(166)
旋转概率筛	(171)
选择适宜的振动筛	(176)
高效驱动的椭圆形振动筛分机	(181)
双频筛分机	(184)
颚式破碎机和旋回破碎机的最佳生产能力和经济效益	(189)
用大型筛分机进行筛分分级	(194)
硬矿破碎的物料循环	(201)

布伦达 (Brenda) 矿业公司

二段破碎车间的模拟

C. C. Hafch, A. L. Mular

〔摘要〕本文叙述了研制布伦达矿业公司皮茨兰德B.C. (Peachland B.C.) 二段破碎车间数字模拟使用的方法。该方法包括数据采集、数据校正、模型建立和模拟装置结构的构造。利用模拟装置研究第二段和第三段破碎机窄边排矿口宽度、第二段筛分机筛孔尺寸、车间给矿量以及在给矿中+1时粒级的百分率对以下应变量的影响：最终产品中 $-\frac{1}{2}$ 时粒级所占百分率、车间破碎比、循环负荷率和筛分机效率。其结果以图表示。

引 言

作为模拟选矿厂生产总项目的一部分，1975年夏季和冬季，选择皮茨兰德B.C. 附近的布伦达矿业公司二段破碎车间进行了试验，其内容是研制布伦达矿业公司专用的破碎车间数字模拟装置。数字模拟装置的用途是：研究生产过程的操作变量对主要应变量的影响，并且在必要时可以对各种流程的配置方案进行研究。

本文将说明所使用的模拟方法，并列举二段破碎车间的计算机分析结果 (Hafch, 1977)。

二段破碎车间流程

图1是布伦达矿业公司二段破碎车间的

流程示意图。41000吨 (45000短吨) 块矿储矿场(a)堆存来自2台2.4米×6.1米(8呎×20呎)双层振动筛(图中未表示)的-178毫米(-7吋)筛上矿(3条宽胶带)。振动筛由2台1.98米(78吋)板式给矿机和串联运行的2台胶带机给矿，板式给矿机是1.52米×2.66米(60吋×89吋)旋回粗破碎机(700马力)的排矿设备。粗破碎机(图中未表示)破碎原矿的效率达2700吨/小时(3000短吨/小时)。来自第一段筛分机(19*胶带)的小于19毫米($\frac{3}{4}$ 吋)的筛下矿(称为第一段粉矿)和第二段筛分机的筛下矿(18*胶带)一起，用胶带机送至粉矿仓(图中未表示)。

块矿贮矿场的矿石利用振动给矿机给到2条1.22米(48吋)胶带机(6*和7*)，再转送至2台转运胶带机8*和9*。转运胶带机向第二段的2台2.1米(7呎)重型标准圆锥破碎机(b_1 和 b_2)给矿，每台破碎机装有改进型的未经加工的定锥衬板和标准的未经加工的动锥衬板。动锥的冲程(throw)为92毫米(3-5/8吋)；正常窄边排矿口宽度为32毫米($1 - \frac{1}{4}$ 吋)。破碎机传动轴(443转/分)由单台261千瓦(350马力)同步电动机(710转/分)驱动。

除了破碎腔(改进型的中型定锥衬板和标准未经加工的动锥衬板，窄边排矿口宽度正常为0.84厘米)和电动机(300马力)之

外，第三段破碎机和第二段破碎机一样。第二段圆锥破碎机的排矿和4台第三段2.1米（7呎）重型短头圆锥破碎机（ f_1, f_2, f_3 ，和 f_4 ）的排矿合在一起，由1.8米（72吋）胶带机转运至14°胶带机，再卸入第二段筛子的1400吨（1600短吨）缓冲矿仓（c）。矿仓下的振动给矿机向5台水平倾斜20°的2.4米×6.1米（8呎×20呎）双层振动筛（ d_1, d_2, d_3, d_4 和 d_5 ）给矿。振动筛上层采用冲孔钢板作筛面，筛孔尺寸为27毫米×76毫米（ $1\frac{1}{16}$ 吋×3吋），是用直径12.7毫米

（ $\frac{1}{2}$ 吋）金属丝编织成的矩形筛网（开孔3 - $\frac{1}{2}$ 吋×d吋，d可从 $\frac{1}{2}$ 至 $\frac{3}{4}$ 吋）。

第二段筛分机的筛上产品经15°胶带机转运至16°胶带机，然后卸入第三段破碎机容量为1400吨（1600短吨）的缓冲矿仓（e），该矿仓储存第三段破碎机的给矿。第二段筛分机的筛下产品和第一段粉矿混合，由17°和18°胶带机转运至20°胶带机。

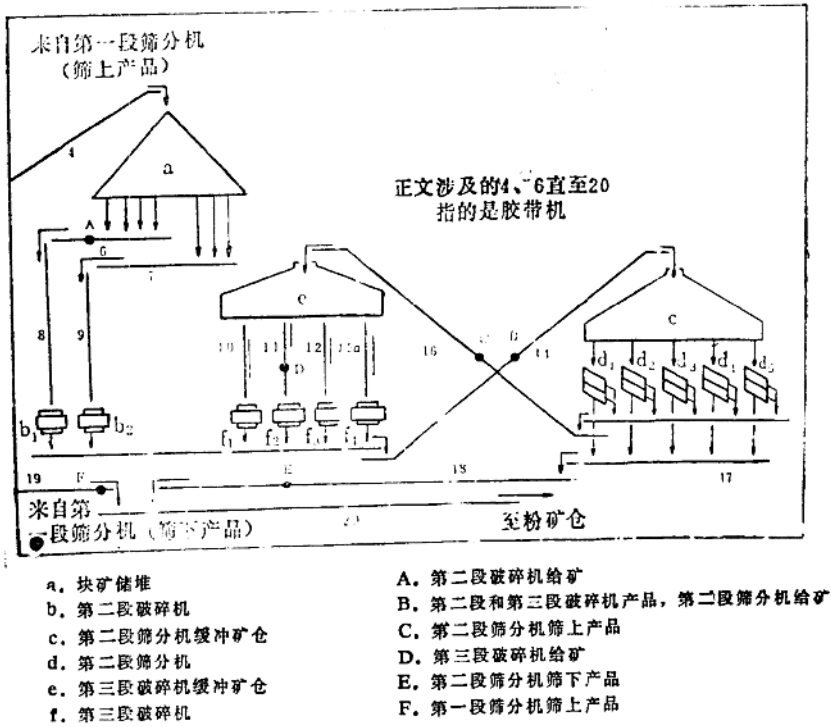


图1 二段破碎车间的流程示意图

数学模型的研制

要求对第二段和第三段破碎机、第二段筛分机和第一段粉矿流编制静态模型。建立

过程的通用模型（Mular和Herbst, 1978; Mular, 1972）包括：（a）应变量和自变量的选择，（b）模型数学形式的选择，（c）原始数据的采集，（d）原始数据的校正，（e）按校正的数据拟合模型，（f）

对拟合函数适合程度的评价。

应变量和自变量的选择

下列主要应变变量对数字模拟是重要的：

- 破碎产品的粒度分布
- 破碎机电流消耗
- 循环负荷率
- 筛上矿和筛下矿的粒度分布
- 第一段粉矿的粒度分布

诸如破碎比和筛分效率等次一级应变变量可经计算确定。

所选择的操作自变量有：

1. 第二段破碎机的给矿量，570 - 717 吨/小时 (628 - 790 短吨/小时)；
2. 第二段破碎机的窄边排矿口宽度 25.4 - 37.9 毫米 (1 - 1.5 吋)；
3. 第二段筛分机的筛孔尺寸，下层 12.7 - 15.9 毫米 (0.5 - 0.6 吋)；
4. 第三段破碎机的窄边排矿口宽度 4.95 - 10.8 毫米 (0.19 - 0.42 吋)；
5. 第三段破碎机的给矿量 200 - 382 吨/小时 (221 - 421 短吨/小时)；
6. 第二段筛分机的给矿量 143 - 548 吨/小时 (158 - 1045 短吨/小时)。

虽然上述第 5 和 6 项变量是可变换的和可量测的，但是，不能把这些变量调整到精确的目标值。邦德功指数、破碎机给矿和第一段粉矿的粒度分布、及第一段粉矿量不能控制为预先规定的值。除了功指数可以计算之外，其它变量都是量测的。

模型的文献检索

文献检索表明Whiten (1972) 的研究可作为一个适宜的起点。

Whiten破碎机模型：概括地说，Whiten建议破碎机排矿的粒度分布可用下式表示

$$\underline{P} = (\underline{I} - \underline{C})(\underline{I} - \underline{B}\underline{C})^{-1}\underline{F} \quad (1)$$

式中： $\underline{P}$ 和 $\underline{F}$ 为产品和给矿重量矢量百分率； $\underline{I}$ 为单位矩阵； $\underline{C}$ 为筛分矩阵； $\underline{B}$ 为破

碎矩阵。根据实验，按照抛物线函数和适宜的边界条件， $\underline{C}$ 中各项与操作参数有关。而 $\underline{B}$ 则被分解为以下各部分：

$$\underline{B} = \alpha \underline{B}_1 + (1 - \alpha) \underline{B}_2 \quad (2)$$

可规范化的矩阵 $\underline{B}_1$ 与第一段粉碎有关，而 $\underline{B}_2$ 与磨蚀有关， α 项为操作变量的经验函数。

尽管Whiten破碎机模型是适用于芒特、艾萨矿业公司生产的特定模型，但仍然选用这个模型来进行评价。模型中所固有的经验成份可以被改进。

Whiten筛分机模型：该模型的表达式

$$E(S) = \left[1 - \left(\frac{h-s}{h+d} \right)^2 \right]^m \quad (3)$$

式中： $E(S)$ 是给矿中留在筛上的小粒度范围 S 的重量百分率， h 是筛分机的筛孔尺寸， d 为筛网金属线的直径， m 为颗粒试图通过筛孔的次数计量单位。方程式 3 是 Gaudin (1939) 根据单次实验 ($m = 1$) 求得的，其中 $1 - E(S)$ 为颗粒进入筛下的概率。

曾经相当详细地研究了Whiten筛分机模型 (Whiten, 1972; Walter和Whiten, 1977)。然而，由于以下一些原因而使用了另外的表达式 (见附录)。当用于筛分产品的方格筛网超过矩形筛的方格筛网等效值 h 时，子矩阵式的难度将增加；此外，当 s 变得比 h 大时 (这意味着筛分机给矿的粒度比筛孔大)，方程式预示粗的物料将要跑向筛下。理想的状态，当 s 比 h 大时，预测的 $E(s)$ 应是 1。

原始数据的采集

围绕下述工艺设备 (见图 1) 采集数据：在采样点 A 和 B 处采集第二段破碎机 b_1 的数据；在采样点 D 和 B 处采集第三段破碎机 f_2 的数据；在采样点 B、C 和 E 处采集第二段筛分机 d_2 和 d_4 的数据；在采样点 F 处采集第一段粉矿流的数据。在稳态条件下，根

据取样重量确定给矿量，而取样重量则根据测量的胶带长度和记录的胶带速度确定。在可能的地方，应用称重计的读数对照检查计算的结果。

为了取得第二段破碎机的样品，要放出第二段筛分机缓冲矿仓的储矿，使矿仓保留大约20分钟破碎机排矿量的空间。整个车间停产，调整窄边排矿口宽度，使与目标值相一致。然后启动给矿胶带，使破碎机以理想的给矿量进入稳态。理想的给矿量保持10分钟，记录最后6分钟的破碎机电流和其它的量测项目。10分钟后，同时关闭给矿胶带和排矿胶带，并以相应的胶带上取得给矿样品和产品样品，记录量测的吨数和时间。共计进行8次试验的结果大致与经验预定的一致（Mular和Bull，1968—78）。其结果虽然没有提供完全的正交，但这并不是严重的问题。预测同时涉及到许多操作因素，这些因素的影响既是独立的又是互相有关联的。

第三段破碎机的取样较为困难。第二段筛分机的缓冲矿仓是装满的，而第三段破碎机的缓冲矿仓则是空的。整个车间停产，调整第三段破碎机窄边排矿口宽度。随着第三段破碎机运转，几台筛分机也都启动，并向16*胶带机给矿。16*胶带机直接卸入破碎机的给矿机入口。下一步是调整筛分机的给矿机，直到16*胶带机的称重计指在理想的给矿量为止。理想的给矿量保持10分钟的稳态。记录量测的电流、功率、吨数和时间。最后，同时使11*和14*胶带机停车并闭锁，采取给矿样品和产品样品。检查第三段破碎机的缓冲矿仓中是否有剩余的矿石存在，因为它们可能使试验结果失真。总共进行了十次试验，大致与经验计算相符。同样，对第二段筛分机也用经验法计算。

在第二段筛分机附近取样之前，筛分机缓冲矿仓的储矿量要达到正常生产期间的程度。整个车间停止运转，14*胶带机上载有

正常固体物料重量的载荷，从胶带机上量测给矿取样的长度。然后，对给矿取样点以前6.1米（20呎）长的给矿物料用带有萤光粉的涂料喷涂。整个车间尽快启动，调整试验筛分机的给矿机，使给矿量达到所要求的最大百分率。细心观察筛上矿流（16*胶带），当曳光剂涂料出现时，除了试验筛分机之外，其它筛分机都停转。使筛上和筛下胶带上都没有与停止运转筛分机有相关的物料。胶带上固体物料的量迅速减少到与单台筛分机排矿量相一致的新稳定状态。当曳光剂涂料再次在筛上矿流出现时，同时停止16*和18*胶带机并取样。记录16*胶带机的称重计读数和取样周期以及控制室的所有正常量测值。总共完成了11次“运转”或试验。

对第一段粉矿流取样进行7天，并记录平均的日产量。研制了平均产量和粒度分布的实验模型（见附录），该模型不属于本文研究的范围。

对所有装在1702厘米³（45加仑）封闭圆筒内的试样同时用人工和Gilson筛进行筛分。探索了标准化工艺（Hatch，1977）。所有样品都不大于435毫米（17吋）方孔，但通常小于108毫米（4.3吋）方孔。

原始数据的统计法修整

围绕第二段筛分机所取得的原始数据很容易产生误差，需用统计判断方法加以修整。曾经叙述过修整的过程（Mular等人，1976）。每次运算的最小目标函数Q为：

$$Q = \sum_1^n \left[\frac{O_i - \hat{O}_i}{S_{O_i}} \right]^2 + \sum_1^n \left[\frac{U_i - \hat{U}_i}{S_{U_i}} \right]^2 + \sum_1^n \left[\frac{f_i - \hat{f}_i}{S_{f_i}} \right]^2 + (O - \hat{O})^2 + (U - \hat{U})^2 \quad (4)$$

式中：O_i，U_i和f_i分别为量测的筛上产物、筛下产物和给矿流中粒度i的重量百分率；S_{O_i}，S_{U_i}和S_{f_i}为与筛上产物、筛下产物

和给矿流粒度*i*重量百分率有关的标准偏差，根据重复运转测定 S_{oi} , S_{ui} , S_{fi} 。

根据一组探测变量计算数据点如下：

$$\begin{aligned}\hat{O} &= \tilde{O} \\ \hat{U} &= \tilde{U} \\ \hat{F} &= \tilde{O} + \tilde{U} \\ \hat{O}_i &= \tilde{O}_i \\ \hat{U}_i &= \tilde{U}_i \\ \hat{f}_i &= \left[1 - \frac{\tilde{U}}{\tilde{O} + \tilde{U}} \right] \tilde{O}_i + \left[\frac{\tilde{U}}{\tilde{O} + \tilde{U}} \right] \tilde{U}_i \quad i=1, n-1 \\ \hat{O}_n &= 1 - \sum \tilde{O}_i \\ \hat{U}_n &= 1 - \sum \tilde{U}_i \\ \hat{f}_n &= 1 - \sum \tilde{f}_i\end{aligned}$$

上式中， $\hat{}$ 表示被计算的， $\tilde{}$ 表示探测的变量，直接探测法用于求最小值（Mular, 1976）。

围绕第二段和第三段破碎机所取得的原始数据，以及第一段粉矿的粒度分布和吨数不能用上述方法修整。绘制了粒度分布曲线并检查其平滑度。

使模型拟合于数据

用直接探测法（Mular, 1976）使初步准备考虑的模型拟合于每次运转所取得的相应数据。标准的最小二乘法准则是求最小值。对于已知的工艺设备来说，每次拟合产生一组基本常数，这些常数每次运转都不相同。例如，围绕各台筛分机进行了11次运转，从而测定了用于基本模型的11组筛分机基本常数（每组2个，即 x_{50} 和 k ）。基本常数和与工艺设备有关的自变量之间的数学关系式可用标准回归法或直接探测法求出，由此引入新的常数。把所得到的关系式引入基

本模型。然后根据最小二乘法的判断，按相应工艺设备附近所有的数据点同时对模型进行拟合，以获得一个通用的新常数集。

拟合的第二段破碎机模型：预测产品粒度分布的Whiten模型没有充分地拟合第二段破碎机的数据，因此，编制者对模型进行了改进。在附录中列出了最终选定的关系式。它和Whiten模型的区别在于：（a）Mcloy-Gaudin-Bergstrom（1966）方程用于计算可规范化的矩阵 B_1 的各元素；（b）在确定 B_2 各元素的粒度分布方程式中各常数是不同的；（c） α 值取决于破碎机的给矿量，给矿中+25.4毫米（+1吋）粒级所占百分率以及窄边排矿口宽度值；（d）计算 C 矩阵筛分元素所需要的 k_1 和 k_2 值是破碎机窄边排矿口宽度和给矿中+25.4毫米（+1吋）粒级所占百分率的单叶函数。

第二段破碎机的电流 A （安培）可用下式计算：

$$A = a_0 + a_1 T + a_2 / G + a_3 W_{ci} \quad (6)$$

式中： a_0 , a_1 , a_2 和 a_3 是常数； T 为破碎机的给矿量（短吨/小时）； G 为第二段破碎机的窄边排矿口宽度； W_{ci} 与操作功指数有关，可用下式计算：

$$W_{ci} = \frac{A \sqrt{F_{80}}}{T(\sqrt{R}-1)} \quad (7)$$

式中： F_{80} 为给矿中有80%通过的粒度； R 为破碎比， R 取决于 G 值。

求破碎机电流的表达式（方程式6和7）与Whiten（1972）描述的表达式有很大差别。

拟合的第三段破碎机模型：第二段破碎机模型不能很好地拟合第三段破碎机数据。最终选择预测第三段破碎机产品粒度分布的模型与所研制的第二段破碎机模型相似，不同之处只是（a）在确定 B_1 元素的表达式中常数 β 是 α 的函数；（b） α 为给矿量的复合函数；（c） K_1 仅取决于给矿中+25.4毫米

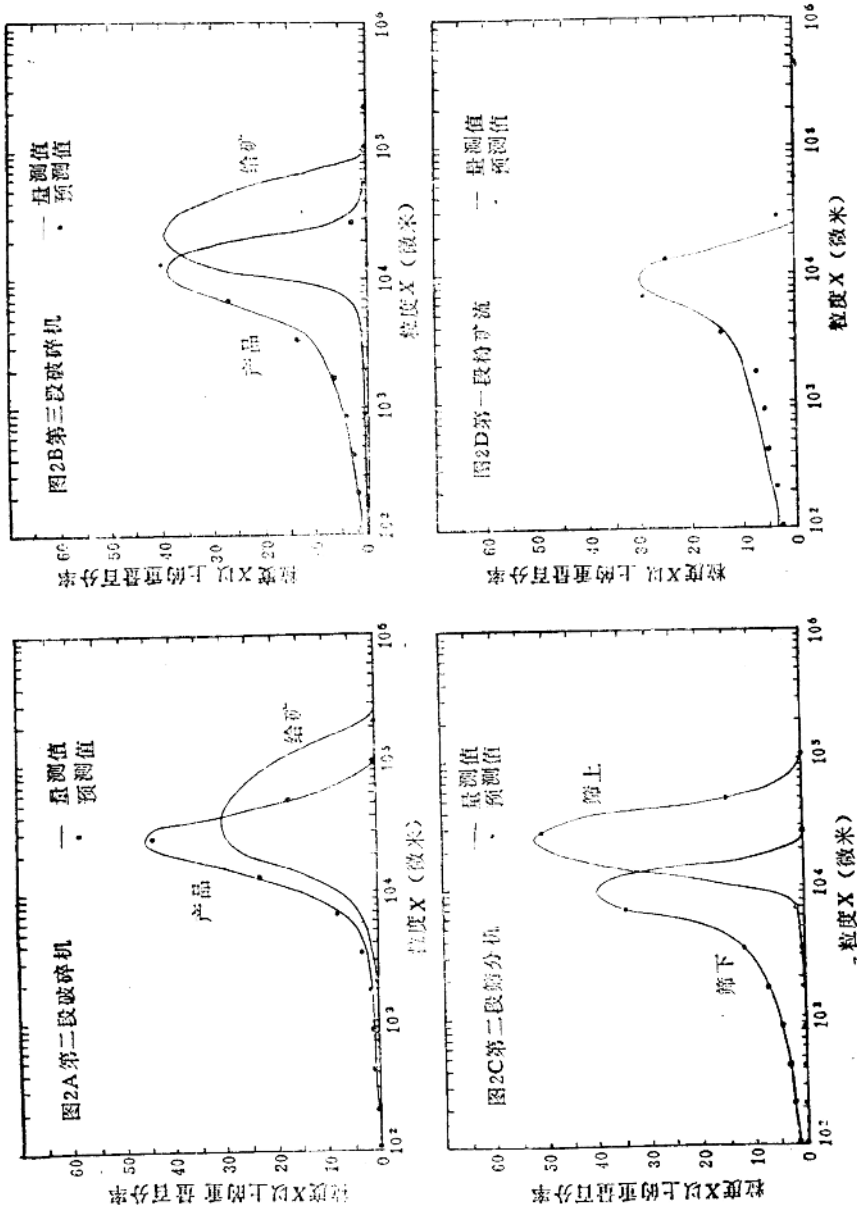


图 2 平均拟合模型的图解特性曲线

(+1时)粒级所占的百分率; (d) K_2 为窄边排矿口宽度的函数。最终的关系式如附录中所示。

第三段破碎机的电流 A (安培) 可用下式估算:

$$A = b_0 + b_1 T + b_2 / G + b_3 W_{ci} \quad (8)$$

式中各变量的定义同前; 而 b_0 , b_1 , b_2 和 b_3 都是常数。

所拟合的第二段筛分机模型: 当给矿的粒度分布为已知数时, 用于计算筛上和筛下粒度分布的第二段筛分机模型如附录中所示。 X_{50} 和 K 都取决于筛分机的给矿量、筛孔尺寸和筛分机给矿中 +25.4 毫米 (+1 吋) 粒级所占的百分率。

拟合模型的适合程度

对所选择的拟合函数的适合程度进行某些评价是必要的。主要的判断依据是余数的平方和。然而, 在这个阶段应当强调Whiten破碎机模型和附录中描述的模型之间的明显差异都是由于试验选成的结果。涉及试验的模型只能在一定的相应数据范围内使用, 可能时应对这些数据用统计学的方法进行校正。如果认为试验项目在统计学上是有意义的, 则保留这些项目作为被拟合函数式的一部分。这样的一些函数式是不相同的, 因为它们的选用取决于试验者。试验项目可能出现, 也可能不出现, 这取决于被拟合的函数式。首先试验最简单的表达式, 如果试验被否定, 就改试较复杂的, 直到找出一个适宜的表达式为止。很清楚, 在与数据采集和正常工艺过程有关的误差波动范围内, 两种明显不同的模型同样能够理想地预测某些参数。

第二段破碎机: 按平均法计算, 余数的平方和 S 为:

$$S = \sum_{i=1}^n (P_i - \hat{P}_i)^2 \quad (9)$$

每次运转约为15。在方程9中, P_i 为粒度超过 i 的实测重量百分率; $\hat{P}_i$ 为模型预测的相

应值。图2—A表示对于平均拟合条件, 估算的每个 P_i 值有多么好。在预测 P_i 的模型(见附录)中出现的常数是所必须的最小数目。

预测破碎机电流的方程式6有0.99的多次测定系数。已经拟合了另一个简化的表达式, 但拟合的并不好(Hafch, 1977)。

第三段破碎机: 按平均法计算, 每次运转余数的平方和是27。图2—B表示按平均拟合条件预测的 P_i 不会是不合理的。在拟合的表达式内所包含的常数的数目不应少于图中所表示的。表达式是复杂的。

破碎机电流(方程8)有0.92的多次测定系数。替换式(Hafch, 1977)不能满意地拟合。

第二段筛分机: 用于拟合第二段筛分机模型以校正数据的最小二乘法准则是:

$$S = \sum_{i=1}^n W_i (O_i - \hat{O}_i)^2 + \sum_{i=1}^n W_i (u_i - \hat{u}_i)^2 \quad (10)$$

式中: O_i 和 u_i 分别为筛上和筛下物料流中保持粒度 i 的经过校正了的重量百分率; $\hat{}$ 为模型预测的; W_i 为加权系数。把1的值分配给所有的 i , 分配的值为 W_i 。每条矿流每次运转的平均余数平方和接近于1.5。图2—C表示用平均拟合模型预测筛上和筛下物料的粒度分布是多么满意。

第二段筛分模型的评价最令人满意, 这是因为把原始数据校正到了误差方差的范围了, 误差的方差是对相应数据点经反复测定而求得的。

数字模拟装置的结构

为了模拟二段破碎车间, 把模型当作简单执行结构的子程序。对并联各工艺设备的总给矿量是按等量进行分配的*。

* 已编制更复杂的程序, 使不同调节量的单一工艺设备给矿量不等分。

用对话式的BASIC语言编制程序,使用户容易变更车间的给矿吨数、第二段破碎机窄边排矿口宽度、第三段破碎机窄边排矿口宽度和第二段筛分机的筛孔尺寸。如果包括第一段粉矿流,则使用人员要输入一个表示星期几的数。反之,则使用人员必须用非相关的方法预先确定第二段破碎机给矿的粒度分布。

在该程序中,给矿进入第二段破碎机,产生排矿固体的粒度。这些物料与第三段破碎机排矿(第一循环等于0)混合,混合后的产品送往筛分机,筛分机把混合矿流分为筛上产品和由细粒度组成的筛下产品。进行检查,以便确定筛下产品的吨位是否等于车间的给矿吨数,并符合所要求的准确度。如

果不等,则把筛上粒级的产品送第三段破碎机进行破碎,然后,把第三段破碎机排矿和第二段破碎机排矿混合,再把混合矿送给筛分机。重复进行这个过程,直至达到所要求的准确度。在达到稳定状态后,可以估算第一段粉矿的吨位和粒度分布,并可和相应的筛下产物吨位与粒度分布综合在一起。最后,计算破碎机电流,打印出所有相关的资料。根据拟合所要求粒度各点的Schuhmann曲线确定给矿和80%通过筛孔的产品。

典型的计算机输出示于表1,其中第一段粉矿流起到完整性作用。注意表底印出的重要操作条件。如果破碎机的电流超出过载温度的调节点,也要印出报警语句。

表1

典型的破碎车间模拟输出

: Run (运算)	
Enter Plant Feedrate (输入的车间给矿量)	
? 1417.1	
Enter: 2CR Gap, 2-SCRN Open'G, 3-CR Gap	
(输入: 二段破碎机排矿口宽, 第二段筛分机筛孔尺寸, 三段破碎机排矿口宽)	
? 3.16	
? 1.43	
? .788	
If Simulation of primary fines desired, enter 1; If not, enter 0	
(如果要求模拟第一段粉矿则输入1, 否则输入0)	
? 1	
Enter day of week: Mon = 1, Tue = 2, Wed = 3, Thu = 4, Fri = 5, Sat = 6, Sun = 7	
(输入星期几: 星期一为1, 星期二为2, 星期三为3, 星期四为4, 星期五为5, 星期六为6, 星期日为7)	
? 1	
If another run is desired, enter 1; If not, enter 0	
(如果要求另一次运算输入1, 否则输入0)	
? 0	
Number of Cycles = 9	Convergence Criterion = 1.285836 E-3
(循环次数 = 9)	(收敛判据 = 1.285836 E-3)

%RETAINED:

(大于该粒级的:)

Size	2CRF	2CRP	SF	SU/S	SO/S	3CRP	PF	
(粒度)	(二段破碎 机给矿)	(二段破碎 机产品)	(筛分机 给矿)	(筛分机筛 下产品)	(筛分机筛 上产品)	(三段破碎 机产品)	(第一段粉 矿给矿)	
RMF								
(粗粒给矿)								
21.76	3	0	0	0	0	0	0	0
10.88	35	0.134	0.063	0	0.118	0	0	0
5.44	36.5	29.558	13.856	0	26.085	0	0.006	0.001
2.72	18.35	38.206	19.322	0	36.374	2.658	0.651	0.12
1.35	4.7	16.958	28.692	22.874	33.826	39.047	5.668	19.691
0.68	0.94	6.372	15.478	30.944	1.83	23.515	12.176	27.471
0.34	0.29	3.025	8.774	17.914	0.708	13.848	14.815	17.341
0.17	0.22	1.841	4.717	9.65	0.363	7.254	7.254	10.902
0.085	0.17	1.204	3.088	6.319	0.236	4.75	16.227	8.152
0.0425	0.17	0.841	2.074	4.245	0.159	3.163	13.289	5.919
0.0212	0.18	0.614	1.389	2.843	0.106	2.073	9.087	3.998
0.0106	0.16	0.439	0.918	1.879	0.07	1.34	5.443	2.538
0.0053	0.13	0.309	0.601	1.23	0.046	0.86	3.002	1.558
-0.0053	0.19	0.5	1.027	2.102	0.078	1.492	3.215	2.308

%PASSING:

(小于该粒级的:)

Size	2CRF	2CRP	SF	SU/S	SO/S	3CRP	PF	RMF
21.76	97	100	100	100	100	100	100	100
10.88	62	99.866	99.937	100	99.882	100	100	
5.44	25.5	70.308	86.081	100	73.797	100	99.994	99.999
2.72	7.15	32.102	66.758	100	37.423	97.342	99.343	99.878
1.36	2.45	15.144	38.066	77.126	3.567	58.295	93.675	80.188
0.68	1.51	8.773	22.588	46.182	1.767	34.781	81.499	52.716
0.34	1.22	5.748	13.814	28.268	1.058	20.933	66.684	35.376
0.17	1	3.907	9.098	18.618	0.695	13.679	50.264	24.473
0.085	0.83	2.703	6.01	12.299	0.459	8.928	34.037	16.321
0.0425	0.66	1.862	3.935	8.054	0.301	5.765	20.747	10.402
0.0212	0.48	1.248	2.546	5.211	0.195	3.692	11.66	6.404

续表

0.0106	0.32	0.808	1.628	1.628	0.124	2.352	6.217	3.866
0.0053	0.19	0.5	1.027	2.102	0.078	1.492	3.215	2.308
Operating Conditions								
(操作条件)								
Tonnages (吨位):								
1417.1 1417.1 3022.88 1417.1 1605.78 1605.78 321.71 1738.81								
% + 1 Inch:					Crusher Currents			
(+ 1吋%)					(破碎机电流):			
2-CRF = 92.85					2-CR = 22.7			
S-S-F = 33.24					3-CR = 36.49			
3-CRF = 62.58					~~~~~			
Crusher Sets (破碎机排矿口宽):					Wt% - $\frac{1}{2}$ Inch(吋):			
2-CR = 3.16			筛分粒度:		Plant Feed = 2.45			
			S.S.D. = 1.43					
3-CR = 0.788					Screen U/S(筛下) = 77.13			
Raduction Rations(破碎比):					80%Passing Sizes:			
					(80%通过筛孔的产品)			
2 - CR = 2.3					2 - CRF = 16.15			
3 - CR = 3.13					2 - CRP = 7.02			
Plant(车间) = 7.73					3 - CRF = 6.54			
~~~~~					3 - CRP = 2.09			
C. L. Ratio = 1.13					% - $\frac{1}{2}$ Inch Ratio = 31.48			

## 计算机分析的结果

破碎车间的模拟装置被用于估算主要自变量对以下各项应变量的影响: 车间的破碎比、筛下12.7毫米 ( $-\frac{1}{2}$ 吋) 物料的重量百分率、循环负荷率、第二段筛分机效率。可控变量是: 第二段破碎机给矿中 + 25.4毫米 (+ 1吋) 物料的重量百分率 (73.3~92.9%)、第二段破碎机的给矿量 1100—1400吨/小时 (1255—1578.8短吨/小时)、第二段破碎

机窄边排矿口宽度 25.4—37.8毫米 (1—1.390吋)、第三段破碎机窄边排矿口宽度 6.5—10.8毫米 (0.256—0.425吋)、第二段筛分机的筛孔尺寸 1.27—15.9毫米 (0.5—6.25吋)。

如果没有另外的规定, 则标准条件定为: 第二段破碎机给矿中 + 25.4毫米 (+ 1吋) 粒级所占的百分率 = 83.6, 第二段破碎机窄边排矿口宽度 = 31.6毫米, 第二段筛分机的筛孔尺寸 = 14.3毫米, 第三段破碎机窄边排矿口宽度 = 7.88毫米, 第二段破碎机的给矿量 (2台破碎机) = 1280吨/小时

(1417.1短吨/小时)。所得到的输出资料与经验预定的一致(Hatch, 1977)。

在后面章节中所讨论的计算机的输出都取消了第一段粉矿的子程序。

### 第二段破碎机给矿量的影响

第二段破碎机给矿量(即给入车间的量)对应变量的影响如图3-A所示。使用标准条件。

破碎比、筛分机效率和筛下-12.7毫米物料的百分率实际上与研究范围的给矿量无关。另一方面,当给矿量较高时,循环负荷略有增加。这可能是因为第二段破碎机给矿量过高而形成阻塞的影响。把第二段破碎机产品的粒度加粗一些,以便使循环负荷相应地提高。

在第二段破碎机给矿中粒度大于25.4毫米物料所占%的影响

图3-B表示在标准条件下,车间给矿中含+25.4毫米(+1吋)粒级百分率对应变量的影响程度。注意筛下物料(最终产品)+12.7毫米百分率通过量极少。正如所料的,当给矿粒度较粗时,筛分机效率略有提高。

当车间的给矿粒度变粗以后,破碎机的破碎比和循环负荷率都增加,这是不合理的。当给矿粒度较粗时,破碎机破碎较困难,并且电能的消耗也较多。

第二段破碎机的给矿变粗,将使排矿中的粉矿量下降,因此循环负荷增加。在某一点上,第二段破碎机粉矿的排矿率变得近乎稳定,循环负荷达到平衡。

### 第二段破碎机窄边排矿口宽度的影响

在标准条件下加大第二段破碎机窄边排矿口宽度的影响如图3-C所示。当排矿口宽度加大时,在筛下物料中-12.7毫米(- $\frac{1}{2}$

吋)粒级所占百分率略有下降,破碎机的破碎比下降。由于筛分机的给矿变粗,筛分机效率略有提高,循环负荷率显著增加。只要第三段破碎机没有达到最大能力,循环负荷的增加对粉矿产量(筛下)就不会有多大影响。

### 第二段筛分机筛孔尺寸的影响

图3-D表示在标准条件下加大第二段筛分机筛孔对应变量的影响。筛分机效率只有很小的变化,这可能是破碎机产生的“接近筛孔尺寸”物料部分的影响。反之,筛下-12.7毫米(- $\frac{1}{2}$ 吋)物料的百分率、破碎车间的破碎比和循环负荷率都明显下降,这不是不希望出现的。

### 第三段破碎机窄边排矿口宽度的影响

图4-A表示当第三段破碎机窄边排矿口宽度加大,而其它要素保持在标准条件时,对应变量的影响。

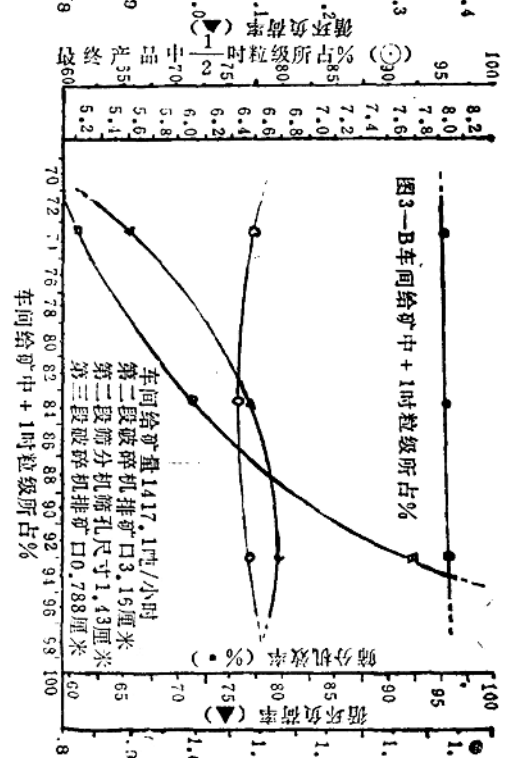
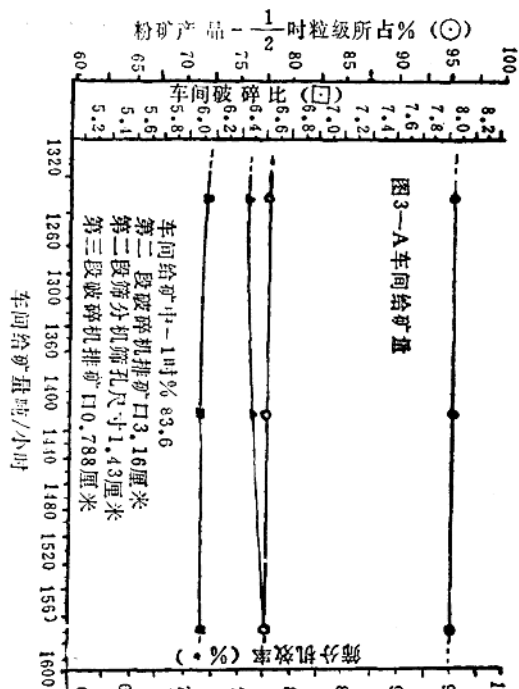
当破碎比在研究范围内从6下降到5.3左右时,筛分机的效率提高很少,循环负荷率保持不变,然后急剧地上升,并达到平衡。

对于较小的窄边排矿口宽度(小于6毫米)来说,模拟装置认为破碎比和循环负荷率都下降。在第三段破碎机附近所采取的试样是经检查过的,必要时,对模型的各个参数要重新进行评价。

### 破碎车间的变量对破碎机电流的影响

图4-B表示第三段破碎机的给矿量、窄边排矿口宽度和操作功指数对电流消耗的影响

* 见A-C Bulletin PM1.1, 1963.6。如果f是误留在筛上的物料重量百分率,那么,100-f=效率,由于计算时用8.89×1.43厘米的矩形孔,所以效率是高的。



车间给矿中 + 1 时粒级所占 %

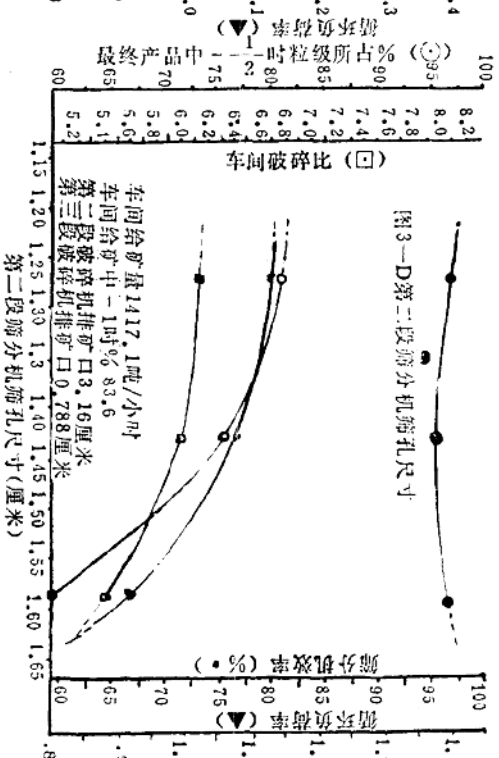
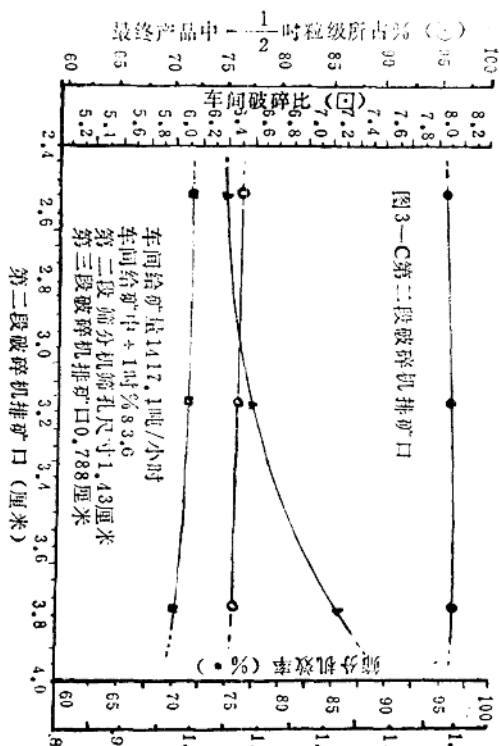


图 3 操作变量对应变量的影响

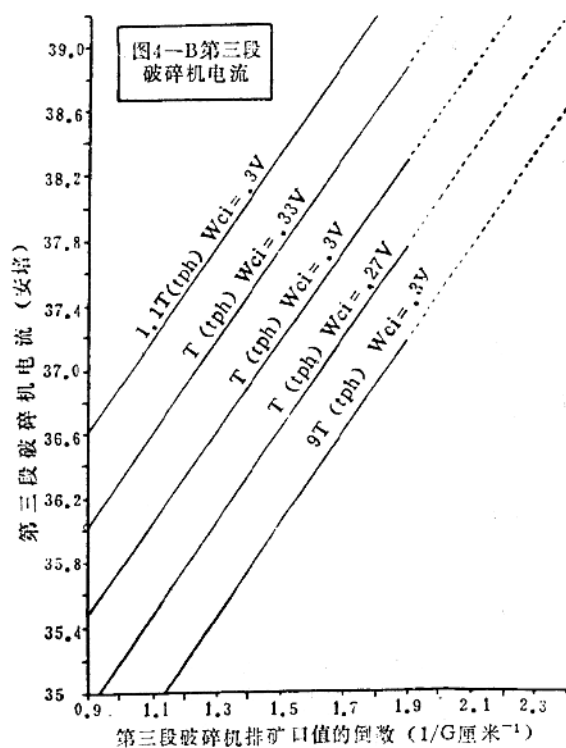
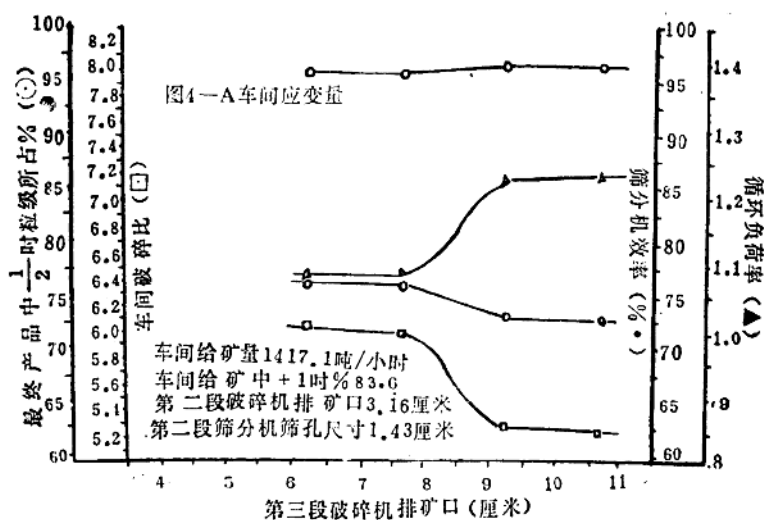


图4 第三段破碎机排矿口宽度对应变量的影响