

# 多因素复杂选矿试验中最佳条件的选择

汤 玉 和

(广州有色金属研究院选矿工程研究所, 广东 广州 510651)

**摘 要:** 对在实验室和现场多因素复杂选矿试验中常用的选择最佳条件的方法所存在的优缺点进行了分析, 试採用一种试验、数据处理和优化相结合的方法来解决多因素复杂试验中当难控因素存在时最佳条件选择的问题, 并以磁力水力旋流器为例说明之。

**关键词:** 试验方法; 数学模型; 选择; 最佳条件

**中图分类号:** TD91

**文献标识码:** A

实验室和现场试验中有些条件很难控制, 特别是在一段时间内由于前段作业某些因素的变化而引起本段作业指标的波动。在选矿试验中给矿量、给矿浓度、给矿品位以及给矿粒度等矿石性质和给矿条件的变化会对试验对象的分选效果产生较大的影响。如果只对某一因素进行片面考查, 往往会歪曲试验对象所反应的实质。例如, 在考查给矿浓度对筛分机械的筛分效率的影响时, 应同时考查给矿粒度、给矿量等对筛分效率的影响; 考查选别设备的某一结构参数时, 要同时考虑给矿量、给矿品位、给矿浓度, 甚至还要考虑给矿粒度对作业指标的影响; 进行浮选药剂用量试验时, 除了考虑这些给矿因素对作业指标的影响外, 还要考虑矿浆 pH 以及温度等因素; 对某一弱磁选设备进行考查时, 除了考查一些经常需要考虑的因素外, 最好还要考查给矿和各产品中磁性铁的含里, 因为只有这样才能真正地来评价一种设备的优越性。特别要强调的是: 如果要考查的因素对指标的影响程度不及未加考虑的因素中的某个或者某些时, 那么这样的试验很可能导致错误的结论。

简单的实验室试验的最佳条件是比较好选择的, 就是固定其它条件不变只改变要考查的条件, 考虑综合因素, 选择分选效果最好的条件, 那么这个条件就是最佳条件。复杂的实验室和工业试验中往往是考查某个条件的平均分选效果最好的为最佳条件。然而这两种寻求最佳条件的方法具有一定的局限性, 尤其是在后一种情况下, 这种做法必须经过长时间试验, 取得大量试验数据后才具有说服力, 而且在试验这段时间内其它一些对作业有较大影响的因素不能有很大的波动, 否则, 难以下结论。

虽然优化问题可以用已有的成熟理论来解决, 但在选矿工艺研究中, 由于其独特的上下段作业的连续性, 很难运用已有的优化理论来直接解决问题。对于复杂多因素试验的最佳条件的选择, 建立更准确和快速的方法很有必要。

收稿日期: 2001-02-20

作者简介: 汤玉和 (1964-), 男, 安徽和县人, 高级工程师, 博士后。

1 试验设计

试验设计有多种方法,试验研究人员可以根据需要来选用.选择的准则应该是,确保既准确又全面地反映试验研究对象的本质<sup>[1]</sup>.为了具体地说明问题,我们把磁力水力旋流器在某选矿厂的现场分流试验作为例子<sup>[2]</sup>.

由于磁力水力旋流器上段作业的设备是分级用的水力旋流器,虽然磁力水力旋流器的给矿量能够得到控制,但其给矿浓度和给矿品位随上段作业的波动而发生较大的变化,而这两个条件对磁力水力旋流器的选别指标(沉砂和溢流品位)影响也较大.所以,在对磁力水力旋流器的上、中、下三个冲洗水管的补加水量进行最优选择时,不仅要考虑三个冲洗水管补加水量的影响,还要兼顾给矿浓度和给矿品位对选别指标所造成的波动.考查补加水对选别指标的影响,所考虑的是上、中、下三个水管的补加水量.根据总补加水量不大于 15%给矿体积分量的准则来确定补加水量在上、中、下各水管的上下限以及补加水量在各位置的水平,本次试验的设计见表 1.

表 1 补加水试验设计  
Table 1 Schedule of make-up water test

试验号	补加水量/(L·min <sup>-1</sup> )		
	上	中	下
1	2	5	10
2	2	2	4
3	8	8	10
4	5	5	8
5	8	5	4
6	0	15	0
7	0	0	15
8	0	0	0

2 试验数据的处理

根据表 1 的设计进行试验,试验结果列于表 2.

表 2 试验结果  
Table 2 Test results

试验号	给矿浓度	给矿品位	沉砂品位	溢流品位	沉砂产率	回收率	选矿效率
1	6.90	43.30	50.50	15.00	79.72	92.94	32.98
2	8.80	42.80	49.50	15.00	80.58	93.19	30.85
3	8.90	43.50	50.80	18.00	77.74	90.79	32.68
4	10.30	43.70	50.20	14.40	81.84	94.02	30.71
5	6.18	42.80	50.90	17.40	75.82	90.81	35.10
6	7.30	45.70	51.80	18.00	81.95	92.89	29.66
7	5.67	45.70	51.80	19.60	81.06	91.88	29.34
8	5.84	45.80	51.10	17.60	84.18	93.92	26.51

从表 2 中很难判断哪种条件是最佳的.因为,给矿浓度和给矿品位在试验中有较大的波动,它们对选别指标有很大影响.下面将这些因素对选别指标的影响程度进行分析.

在对试验结果进行数据处理后获得如下回归方程(数学模型):

$$\begin{aligned} \theta = & -5.22 + 0.9427x_1 - 0.1347x_2 - 0.1765x_3 - 0.0554x_4 \\ & - 0.2144x_5^2 + 0.0011x_4x_5^2 + 0.0011x_2x_5^2 \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \beta = & 32.7604 + 0.5422x_1 + 0.0419x_2 - 0.5896x_3 - 0.1147x_4 \\ & - 0.03x_5^2 + 0.0081x_3x_5^2 \end{aligned} \quad (2)$$

式中:  $\beta$ —沉砂品位, %;  $\theta$ —溢流品位, %;  $x_1$ —给矿品位, %;  $x_2$ —给矿量, L/min;  $x_3$ —给矿浓度, %;  $x_4$ —磁场间隙, mm;  $x_5$ —沉砂嘴直径, mm.

分析过程中得到的各因素的  $F$  值如表 3 所示.

表 3 溢流品位和沉砂品位回归方程中各因素的  $F$  值

Table 3  $F$  value of various factors in overflow grade regression equation and underflow grade regression equation

	溢流品位回归方程中的因素							沉砂品位回归方程中的因素						
	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5^2$	$x_2x_1^2$	$x_1x_2^2$	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5^2$	$x_4x_5^2$	$x_2x_5^2$
$F$ 值	5.64	0.96	4.18	0.14	2.94	1.54	0.56	6.39	7.73	4.53	2.99	14.17	1.54	
$F$ 临界值	$F_{0.05(1,9)} = 5.12$				$F_{0.01(1,9)} = 10.56$			$F_{0.05(1,12)} = 4.36$				$F_{0.01(1,12)} = 10.01$		

在表 3 中列出了溢流品位回归方程中各因素的  $F$  值, 给矿品位  $x_1$ 、给矿浓度  $x_3$  所对应的  $F$  值分别为 5.64 和 4.18, 这说明这些因素的变化最能引起溢流品位的波动. 然而, 这两个因素在试验过程中, 却是较难控制的. 沉砂嘴的截面面积  $x_5^2$  所对应的  $F$  值也较大, 其值为 2.94, 它表示除了给矿品位和给矿浓度这两个不易控制的因素之外, 该因素对溢流品位的影响也较明显. 磁隙  $x_4$  所对应的  $F$  值最小, 为 0.14; 给矿量  $x_2$  所对应的  $F$  值次之, 为 0.96, 说明它们的变化不会引起溢流品位的太大的改变. 此外, 给矿量和沉砂嘴截面面积的交叉项  $x_2x_1^2$  在溢流品位回归方程中也有一定的显著性.

在表 3 中列出了沉砂品位回归方程中各因素的  $F$  值, 沉砂嘴的截面面积  $x_5^2$  所对应的  $F$  值为 14.17, 说明该因素的变化最能引起沉砂品位的波动. 给矿品位  $x_1$  和给矿浓度  $x_3$  所对应的  $F$  值也较大, 但在现场实际生产中这两个因素取决于来矿的质量和上个作业的条件, 其  $F$  值在分析过程中虽然列出, 只不过想说明它对沉砂品位的影响. 给矿量  $x_2$  所对应的  $F$  值也较大, 为 7.73, 这个因素在试验过程中比较好控制. 在此方程中磁场间隙  $x_4$  所对应的  $F$  值相对来说比较小, 为 2.66, 说明它们的变化不会引起沉砂品位的太大的变化.

### 3 最佳条件的选择

把分析给矿浓度和给矿品位对选别效果的影响所得出的结论用于表 2, 即应用回归方程把各个条件试验的给矿品位和给矿浓度假设在某同一水平上. 本次设给矿品位为 45.0%, 给矿浓度为 10.0%. 这样, 就得出表 4 所示结果(计算过程省略).

从表 4 可以知道, 消除给矿浓度和给矿品位影响后各次试验结果, 即只有回收率和选矿效率有所变化. 这样, 从表 4 就很容易看出 4 号试验补加水的条件比较好, 即上、中、下各水符合合适的补加水量分别为 5.5 和 8 L/min.

表 4 消除给矿浓度和给矿品位影响后的试验结果

Table 4 Test results after the elimination of the effects of feed concentration and feed grade

$w_i / \%$							
试验号	给矿浓度	给矿品位	沉砂品位	溢流品位	沉砂产率	回收率	选矿效率
1	10.0	45.0	50.17	16.82	84.50	94.21	25.65
2	10.0	45.0	50.14	17.25	84.37	90.01	25.46
3	10.0	45.0	51.13	19.54	80.60	91.17	29.01
4	10.0	45.0	50.96	15.69	83.10	94.11	29.98
5	10.0	45.0	50.55	19.75	81.98	92.09	26.72
6	10.0	45.0	50.42	17.41	83.58	93.35	26.60
7	10.0	45.0	49.80	19.07	84.38	93.38	23.78
8	10.0	45.0	49.12	16.97	87.19	95.17	21.09

4 结 论

本文所述的方法是在综合考虑各因素的影响的前提下进行的,能够排除其它因素的干扰.首先,设计试验,对可以控制的因素进行设计和安排水平,对那些在本段作业无法控制的因素放任自流,等试验后在处理数据时把可控的和不可控的对作业指标有影响的因素都考虑进去,得出一个比较满意的数学模型.然后,在对某一因素进行最优条件选择时把一些不可控因素的影响消除,使得这些因素处在一个较为理想的状态下.实践证明,对于多因素复杂选矿试验,采用此法能准确和快速地找出某个因素的最佳条件.

参考文献:

[1] 朱伟勇. 最优设计理论与应用[M]. 沈阳: 辽宁人民出版社, 1981. 33—35.  
[2] 汤玉和. 新型磁力水力旋流器的研究[R]. 沈阳: 东北大学, 1996. 67—70.

Optimum condition selection in  
complex multifactor mineral processing tests

TANG Yu-he

(Research Department of Mineral processing Engineering, Guangzhou Research Institute of  
Non-ferrous Metals, Guangzhou 510651, China)

**Abstract:** In this paper, both the advantages and disadvantages were analysed, which are existing in the methods for optimum condition selection normally used in complex multifactor mineral processing tests in laboratories and in plants. A method integrating testing with data processing and optimization was tried in order to find out a solution to the optimum condition selection problem in complex multifactor mineral processing tests in the presence of difficult-to-control factors. An example involving the use of a magnetic hydrocyclone was given to show the steps of the method.

**Key words:** test method; mathematical model; selection; optimum condition