

文章编号: 1671-251X(2010)03-0122-03

基于 Matlab 绘制原煤可选性曲线方法的研究

张小艳, 郭翠

(西安科技大学计算机科学与技术学院, 陕西 西安 710054)

摘要: 原煤可选性是选煤厂设计的基础, 通过绘制可选性曲线可以评定、预测重选效果。针对采用 Excel 和 Auto CAD 绘制可选性曲线的缺点, 文章通过一个实例详细介绍了采用 Matlab 绘制可选性曲线的过程, 即选用合适的数学模型拟合曲线, 并采用最小二乘法估计数学模型中的参数值。绘制结果表明, 采用 Matlab 绘制可选性曲线, 绘制过程简单, 拟合程度较高。

关键词: 原煤可选性; 可选性曲线; Matlab; 数学模型; 最小二乘法

中图分类号: TD672/913 **文献标识码:** B

0 引言

原煤可选性曲线是根据物料浮沉试验结果绘制的一组曲线, 用来反映该物料所有密度级或任一密度级的质量分布情况。手工绘制可选性曲线的方法虽然准确, 但是受人为因素影响大, 绘制速度慢。随着计算机技术的发展, 绘制可选性曲线有了更为简单的方法, 例如:(1)用 Excel 提供的数据处理中的图表功能来实现可选性曲线的绘制。其中, 可以先使用插值法、后添加趋势线的方法来完善绘制的曲线, 但是一般的工作人员对 Excel 中图表中的拟合功能有些陌生甚至一点都不了解。(2)用 AutoCAD 软件的绘图功能绘制或是采用其它一些专用绘图软件绘制。该类方法需要工作人员掌握所用的绘图软件, 可操作性差^[1]。针对上述问题, 本文介绍一种采用 Matlab 绘制可选性曲线的方法, 在曲线的完善方面使用拟合方法, 并采用最小二乘法估计参数, 绘制过程简单易行。

1 原煤可选性曲线的绘制过程

绘制原煤可选性曲线的原始数据如表 1 所示^[2]。表 1 中, 给出密度级、产率和灰分数据, 其余数据可在 Matlab 中用公式计算出。设 $x = [3.46 \ 8.23 \ 15.49 \ 26.12 \ 34.27 \ 42.94 \ 52.90 \ 79.64]$, $y = [10.70 \ 46.14 \ 20.14 \ 5.17 \ 2.55 \ 1.62 \ 2.13 \ 11.55]$,

则浮物累计产率 $a = \text{cumsum}(y)$; 浮物累计灰分 = $\text{cumsum}(y \cdot x) / a$; 沉物累计产率 = $\text{fliplr}(\text{cumsum}(\text{fliplr}(y)))$; 沉物累计灰分 = $\text{fliplr}(\text{cumsum}(\text{fliplr}(y \cdot x)) / \text{cumsum}(\text{fliplr}(y)))$ ^[3]。其中, $\text{cumsum}(y)$ 为 y 向量中各元素的累计和; $\text{fliplr}()$ 是实现向量或矩阵中各元素的左右翻转。

原煤可选性曲线由 5 条曲线组成, 分别是基元灰分曲线、浮物累计曲线、沉物累计曲线、密度曲线及 $\delta \pm 0.1$ 含量曲线。这 5 条曲线分别称为 λ 、 β 、 θ 、 δ 及 $\delta \pm 0.1$ 曲线(或 ε 曲线)。将表 1 中的数据转换成表 2 中的数据进行可选性曲线的绘制。

λ 表示灰分与其浮煤(物)累计产率的关系, 根据表 2 中第一、二栏数据绘制; β 表示浮物累计产率与其累计灰分之间的关系, 根据表 2 中第三、四栏数据绘制; θ 表示沉物累计产率与其累计灰分的关系, 根据表 2 中第五、六栏数据绘制; δ 表示任一密度浮物和沉物的累计产率, 根据表 2 中第七、八栏绘制; ε 表示某一分选密度为 δ 时, 邻近 ± 0.1 密度物的产率, 根据表 2 中第九、十栏绘制。

根据可选性曲线绘图规则, 原煤可选性曲线具有双 X 和双 Y 的坐标, 灰分-浮物累计产率构成一个 XY 坐标系统, 横坐标从左至右依次增加, 纵坐标从上至下依次增加; 密度-沉物累计产率构成另一个 XY 坐标系统, 称为 X_1Y_1 系统, 横坐标从左至右依次减小, 纵坐标从上至下依次减小。在 Matlab 中, 若坐标轴采用 Axis 设置, 则坐标原点在左下角, 水平轴 X 的刻度值从左向右增加, 而垂直轴 Y 的刻度值由下而上增加; 若坐标轴采用 Axisij 设置, 则采用矩阵坐标, 这时原点在左上角, 水平轴 j 的刻度从左向右增加, 垂直轴 i 的刻度从上向下增

收稿日期: 2009-11-02

作者简介: 张小艳 (1967-), 女, 陕西西安人, 硕士, 副教授, 2002 年毕业于西安科技大学, 主要研究方向为网络集成与数据库技术、知识工程与智能系统。E-mail: guocui888@163.com

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

表 1 绘制原煤可选性曲线的原始数据

密度级/ (kg·L ⁻¹)	产率/%	灰分/%	累 计				分选密度±0.1	
			浮物		沉物		密度/ (kg·L ⁻¹)	产率/%
			产率/%	灰分/%	产率/%	灰分/%		
< 1.30	10.70	3.46	10.70	3.46	100	20.53	1.30	56.84
1.30~ 1.40	46.14	8.23	56.84	7.33	89.30	22.85	1.40	66.29
1.40~ 1.50	20.14	15.49	76.98	9.47	43.16	37.92	1.50	25.31
1.50~ 1.60	5.17	26.12	82.15	10.51	23.02	57.54	1.60	7.72
1.60~ 1.70	2.55	34.27	84.7	11.23	17.85	66.64	1.70	4.17
1.70~ 1.80	1.62	42.94	86.32	11.82	15.30	72.03	1.80	2.69
1.80~ 2.00	2.13	52.90	88.45	12.81	13.68	75.48	1.90	2.13
> 2.00	11.5	79.64	100	20.53	11.54	79.64		

表 2 原煤可选性曲线坐标数据计算

λ		β		θ		δ		ϵ	
灰分/%	产率/%	灰分/%	产率/%	灰分/%	产率/%	灰分/%	产率/%	灰分/%	产率/%
x_1	y_1	x_2	y_2	x_3	y_3	x_4	y_4	x_5	y_5
3.46	5.35	3.46	10.70	20.53	0.00	1.30	89.30	1.30	43.16
8.23	33.77	7.33	56.84	22.58	10.70	1.40	43.16	1.40	33.72
15.49	66.91	9.46	76.98	37.92	56.84	1.50	23.02	1.50	74.69
26.12	79.56	10.51	82.15	57.53	76.98	1.60	17.85	1.60	92.28
34.27	83.42	11.23	84.70	66.63	82.15	1.70	15.30	1.70	95.83
42.94	85.51	11.82	86.32	72.02	84.70	1.80	13.68	1.80	97.32
52.90	87.39	12.81	88.45	75.48	86.32	1.90	11.54	1.90	97.87
79.64	94.23	20.53	100.00	79.64	88.46				

加。因此, $X Y$ 坐标系统选用 Axis 设置, 并将纵坐标刻度反转; 而 $X_1 Y_1$ 坐标系统选用 Axis ij 设置, 将横坐标翻转后置顶, 纵坐标置右即可。

在 Matlab 中建立一个 M 文件, 将表 2 中的数据以数组的形式保存, 取名为 Data.m; 另建一个 * .m 文件用来存放绘图程序, 取名为 huitu。在命令窗口中直接输入文件名 Data, 所用到的数据即在窗口中显示; 再输入绘图程序名 huitu, 按回车键后即可在窗口上自动绘制出原煤可选性曲线图, 如图 1 所示。部分绘图程序如下:

```

plot(x1, y1, x2, y2, linewidth, 2);
axis(ij, [0 100 0 100]); % 设置坐标轴
x label(灰分/%); y label(浮物产率/%); % 标注 X 轴和 Y 轴
text(7, 85, 'λ', fontsize, 14); % 在相应的位置标注曲线名
h1 = gca; h2 = axes(position, get(h1, position)); % 获得句柄
set(h2, 'y axis location, right, 'color, 'none', 'x ticklabel, [], 'x lim,
g et(h1, 'xlim), 'layer, top);
...
axis([1.2 2.2 0 100]);
set(gca, 'x dir, reverse, 'x axis location, top); % 将 X 坐标翻转

```

后置顶

$x label(密度/kg·L^{-1})$; $y label(沉物产率/%)$;

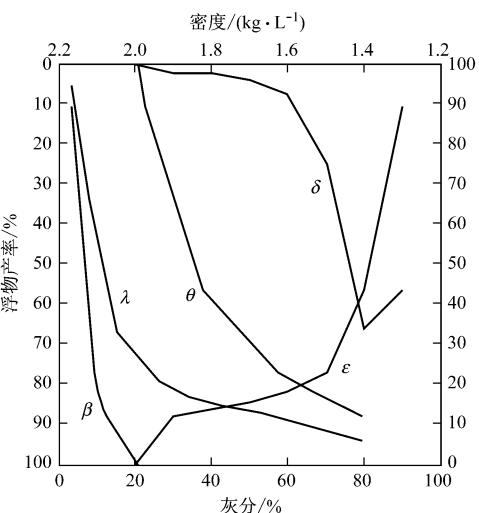


图 1 原煤可选性曲线

2 原煤可选性曲线的进一步完善

按照原煤可选性曲线的绘图规则, λ 和 β 曲线

在上横轴上相交, λ 和 θ 曲线在下横轴上相交, 而且所绘制的曲线应尽可能光滑。处理曲线一般可用插值模型和拟合模型 2 种方法^[4], 插值模型的特点: 在节点上和试验数据完全吻合, 保留了全部试验误差, 难以推断 δ 曲线两端的形状, 不便控制 λ 曲线的形状; 拟合模型的特点: 在节点上和试验数据的吻合程度差一些, 但能消除部分试验误差, 并有利于控制和推断曲线的形状。在 Matlab 中, 笔者选用拟合模型进行曲线的完善, 参数估计选择用非线性最小二乘法。非线性最小二乘法的基本原理是已知函数值表

$(x_i, f(x_i))$, 在函数空间中求 $\sum_{i=0}^m [s^*(x_i) - f(x_i)]^2 s^*(x)$, 使其最小。最小二乘法中, 如何选择数学模型很重要, 即如何选取函数空间。通常需要根据物理意义或所给数据的分布情况来选取合适的数学模型。在 Matlab 的最优化工具箱中提供了 lsqcurvefit() 函数, 可以通过调用该指令来解决最小二乘曲线的问题, 其调用格式为 $[a, Res] = \text{lsqcurvefit}(f, a_0, x, y)$, 其中: f 为原函数的 Matlab 表示, 可以是 M- 函数或 inline() 函数; a_0 为最优化的初值^[3]。

下面以沉物累计曲线为例来说明曲线的完善过程:

(1) 选定数学模型。以灰分为横坐标, 产率为纵坐标, 沉物累计曲线呈单调下降趋势, 即随着灰分的增加, 产率不断下降, 该曲线更接近于幂函数或指数函数曲线, 在此, 笔者选择函数 $y = k(1) + (x \cdot 100)^{-k(2)} \cdot (k(3) + k(4) \cdot \exp(-x \cdot 100) \cdot k(5))$, 其中: x 为累计灰分; y 为累计产率; $k(i)$ 为模型参数, $i = 1, 2, 3, 4, 5$ 。

(2) 调用绘图所用数据。表 2 中的数据以数组的形式存入 M 文件中, 在命令窗口中直接输入文件名即可调入绘图所用数据。

(3) 编写函数 M 文件, 程序如下:

```
function y = fit1(k, x)
y = k(1) + (x \ 100)^{-k(2)} \cdot (k(3) + k(4) \cdot \exp(-x \ \cdot 100) \cdot k(5));
```

(4) 在命令窗口中调用最小二乘拟合函数拟合参数。拟合时, 程序首先设定一组参数初值, 然后用最小二乘法寻找参数变化的方向, 使其最优地接近观测值, 得出拟合参数。

(5) 调用绘图程序绘图。基元灰分曲线、浮物累计曲线与沉物累计曲线使用相同的数学模型, 密度曲线使用的是反正切函数 $y = 100 * (\text{atan}(a(2) * (x - a(3))) / (a(1) - a(4))) + 8 \pm 0.1$

曲线使用的是双曲正切函数 $y = 100 * (\text{atan}(b(1) + b(2) * x + b(3) * \tan(b(4) * (x - b(5))))$)。拟合过程与沉物累计曲线类似。

经过拟合处理后所绘制的原煤可选性曲线如图 2 所示。

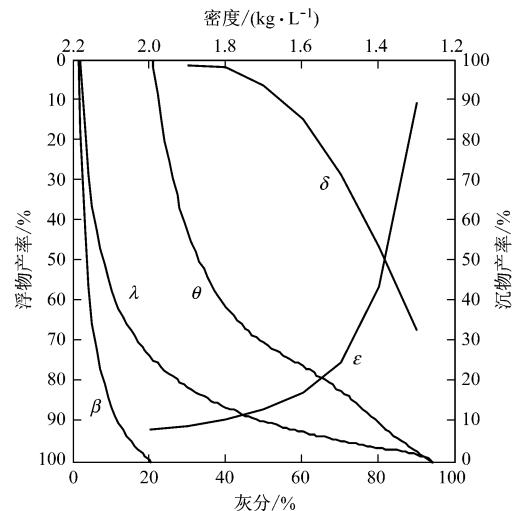


图 2 完善后的原煤可选性曲线

从图 2 可看出, 完善后的曲线不仅光滑, 而且符合可选性曲线的绘图规则。

3 结语

Matlab 与其它编程语言相比, 语句简单而内涵丰富, 编程效率高, 用户使用方便, 只要在命令窗口中输入数据就可以直接得到计算结果。绘制曲线时只需给出各点的数据即可绘图。Matlab 还可用于非线性参数估计处理, 只需要将所用的函数方程写入 *.M 文件, 在命令窗口中通过调用函数就可以自动完成计算过程。用该方法绘制原煤可选性曲线效率高、较准确、简单实用。

参考文献:

- [1] 彭德强. 可选性曲线的绘制[J]. 山西焦煤科技, 2005(8): 9~10.
- [2] 范肖南, 沈长霞. 采用 Excel 绘制原煤可选性曲线[J]. 选煤技术, 2004, 4(2): 56~58.
- [3] 李贤国, 张明旭, 李新. MATLAB 与选煤/选矿数据处理[M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2005.
- [4] 冯绍灌. 选煤数学模型[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1990.
- [5] 代敬龙, 谢广元, 李国洲. 可选性曲线绘制自动化的实现[J]. 选煤技术, 2006, 8(4): 42~45.