

# 基于二分法的单个工程磷矿体边界圈定算法

罗朋志<sup>1</sup>,秦孙巍<sup>2</sup>,邱丹丹<sup>2</sup>,马兴勇<sup>1</sup>

(1. 云南磷化集团有限公司, 云南 昆明 650600;

2. 武汉工程大学环境与城市建设学院, 湖北 武汉 430074)

**摘要:**通过对单个工程矿体边界圈定规则的研究,采用二分法提出了一种能自动进行单工程矿体边界圈定的计算机算法。该方法利用计算机精度高、速度快的优势进行边界逼近,可以将原有按采样分段进行的离散圈定,变成连续圈定,可以替代以采样边界为圈定边界的固有模式。该方法应用于云南磷化集团某磷矿单个工程圈定,使储量计算的自动化程度有很大提高,对指导采矿生产具有一定意义。

**关键词:**矿体圈定;储量计算;二分法

中图分类号:P57

文献标识码:A

doi:10.3969/j.issn.1674-2869.2010.01.007

## 0 引言

单个工程矿体边界圈定是矿体圈定的基础,其原理是根据矿床的工业指标,包括边界品位、最低可采厚度、夹石容许厚度等参数进行单勘查工程中矿体的圈定和处理,最终目的是更详细准确的了解矿体在空间上的形态特点、矿石品位及储量分布情况等。

传统的方法是将连续地段中高于边界品位的厚度加起来,下部如果存在低于边界品位的样品或未采样岩石,但其厚度或厚度和小于夹石剔除厚度,则将其作为同一单工程矿体的矿石看待,圈入同一个矿体中<sup>[1]</sup>。该方法不仅工作量大、效率低,而且受人为因素影响,使圈定结果带有一定的不确定性。本文提出了一种采用二分法与优先逼近相结合的单工程矿体圈定算法,一方面大大减除过去繁杂的储量计算工作量,另一方面还使便于储量计算结果的不断更新。该算法对云南磷化集团磷矿单工程矿体圈定进行了实际计算,取得了较好的效果<sup>[2-3]</sup>。

## 1 算法设计

二分法的基本思路通过每次把取值所在小区间收缩一半,使区间的两个端点逐步逼近函数的零点,以求得零点的近似值。对于单工程矿体圈定问题可以将其描述成以下问题。已知:某单工程  $G$  总长为  $L$ ,其中有用矿物由  $N$  段组成,每段  $D_i$  的

开始位置为  $DS_i$ ,结束位置为  $DE_i$ ,有用矿物平均品位为  $w_i$ ,有害物资平均含量为  $y_i$ ;倾角由  $M$  段组成,每段  $Q_j$  的开始位置为  $QS_j$ ,结束位置为  $QE_j$ ,倾角为  $\alpha_j$ ;密度由  $K$  段组成,每段  $P_k$  的开始位置为  $PS_k$ ,结束位置为  $PE_k$ ,平均密度为  $\rho_k$ (图1)。单个工程边界的圈定条件为:

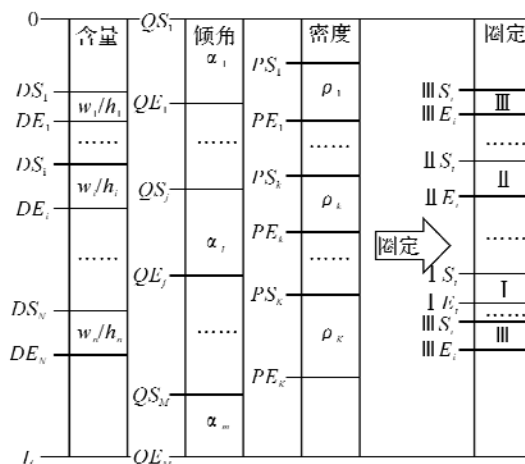


图1 单个工程矿体圈定示意图

Fig. 1 Sketch map of single project mineral roping

- 边界品位:  $W_b$ ,
- 最低工业品位:  $W_d$
- 品级划分要求:  $w \geq W_i, i=1, 2, 3$ ; 分别代表 I、II、III 级品矿石。
- 有害物含量  $y < Y$
- 最低可采厚度  $H_m$

f. 夹石剔除厚度  $H_{sm}$

单个工程矿体圈定过程如下:

a. 计算给定起始位置  $[s, e)$  的真厚度  $h$ .

$$h = (QE_{j_{min}} - s) \cos \alpha_{j_{min}} + \sum_{i=j_{min}+1}^{j_{max}} (QE - QS_i) \cos \alpha_i + (e - QS_{j_{max}}) \cos \alpha_{j_{max}}$$

其中  $QS_{j_{min}} < s \leq QE_{j_{min}}$ ,  $QS_{j_{max}} < e \leq QE_{j_{max}}$

假定  $h = \text{Thick}(s, e)$

b. 计算给定起始位置  $[s, e)$  的平均密度  $\rho$ .

$$\rho = [\text{Thick}(s, PE_{j_{min}}) \rho_{j_{min}} + \sum_{i=j_{min}+1}^{j_{max}} \text{Thick}(PS_i, PE_i) \rho_i + \text{Thick}(PS_{j_{max}}, e)] \times \frac{1}{\text{Thick}(s, e)}$$

其中  $PS_{j_{min}} < s \leq PE_{j_{min}}$ ,  $PS_{j_{max}} < e \leq PE_{j_{max}}$

假定  $\rho = \text{Density}(s, e)$ .

c. 计算给定起始位置  $[s, e)$  的有用物平均品位  $w$ , 有害物平均含量  $y$ .

令

$$w'_i = \text{Thick}(DS_i, DE_i) \text{Density}(DS_i, DE_i) w_i$$

$$w'_{min} = \text{Thick}(s, DE_{j_{min}}) \text{Density}(s, DE_{j_{min}}) w_{j_{min}}$$

$$w'_{max} = \text{Thick}(DS_{j_{max}}, e) \text{Density}(DS_{j_{max}}, e) w_{j_{max}}$$

$$w = \frac{w'_{min} + \sum_{i=j_{min}+1}^{j_{max}} w'_i + w'_{max}}{\text{Thick}(s, e) \text{Density}(s, e)}$$

其中  $DS_{j_{min}} < s \leq DE_{j_{min}}$ ,  $DS_{j_{max}} < e \leq DE_{j_{max}}$

假定  $w = W(s, e)$ , 同理

令

$$y'_i = \text{Thick}(DS_i, DE_i) \text{Density}(DS_i, DE_i) y_i$$

$$y'_{min} = \text{Thick}(s, DE_{j_{min}}) \text{Density}(s, DE_{j_{min}}) y_{j_{min}}$$

$$y'_{max} = \text{Thick}(DS_{j_{max}}, e) \text{Density}(DS_{j_{max}}, e) y_{j_{max}}$$

$$y = \frac{y'_{min} + \sum_{i=j_{min}+1}^{j_{max}} y'_i + y'_{max}}{\text{Thick}(s, e) \text{Density}(s, e)}$$

其中  $DS_{j_{min}} < s \leq DE_{j_{min}}$ ,  $DS_{j_{max}} < e \leq DE_{j_{max}}$

假定  $y = Y(s, e)$

d. 给定有用物品位范围  $(W_{min}, W_{max})$ , 在单个工程矿体中圈定含有用矿物品位最高的一段边界. 首先判断单个工程矿体有用矿物中品位最大的段是否符合品位要求, 如果符合要求则将与该段相邻的品位较高的段与该段合并计算平均品位, 如果符合要求则继续查找相邻段, 如果不符合要求则将相邻段的长度缩小一半进行计算, 当进行到下列情况时停止计算: 品位达到要求的最低品位; 夹石厚度超过规定; 已经达到工程的两端; 有害物超标; 增加的长

度小于最低增长长度(图 2).

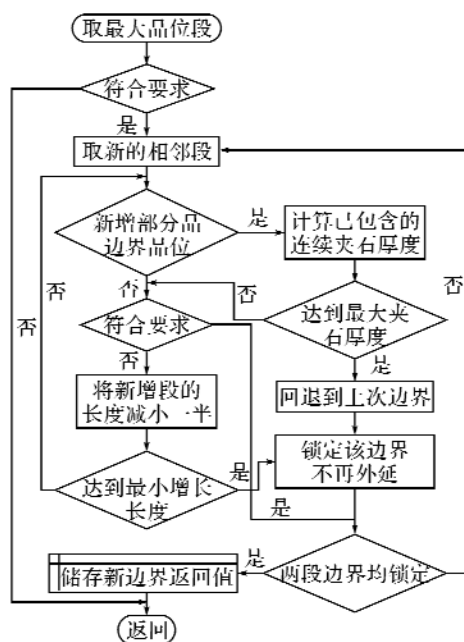


图 2 给定品位圈定范围流程图

Fig. 2 Flow chart of bound roping by content

e. 根据品位级划分要求进行单个工程矿体圈定. 将单工程按 d) 算法以 I 级品到 III 级品的顺序依次进行圈定, 每次将圈定出的部分取出, 将剩余部分拆分成前后两个单工程重复上述步骤, 直至无法再进行圈定.

## 2 应用实例

现以云南磷化集团肖家营一大石岩山某磷矿单个工程部分数据为例(边界品位:  $P_2O_5$  12%, 最低工业品位:  $P_2O_5$  15%, 品位划分: I 品级:  $\beta_{P_2O_5} \geq 30\%$ , II 品级:  $30\% > \beta_{P_2O_5} \geq 24\%$ , III 品级:  $24\% > \beta_{P_2O_5} \geq 15\%$ , 最低可采厚度 1 m, 夹石剔除厚度 1 m), 该段勘察是为满足云南省磷化工工业发展的需要, 提高晋宁县待云寺磷矿区肖家营一大石岩山矿段地质工作程度, 其圈定结果见表 1, 原有勘察报告对 ZK1-5 的 7-21 号采样段圈定为上下两个 IV 级品, 一个 III 级品, 一个 I + II 级品, 未将 I 级品和 II 级品分开圈定; 系统按照圈定规范将 7-21 号采样段圈定为一个 III 级品, I 级品、II 级品各两个. 以 I + II 级品为例, 手工圈定的  $P_2O_5$  平均含量为 28.19%, 厚度为 7.7 m; 计算机圈定的  $P_2O_5$  平均含量为 27.27%, 总厚度为 8.38 m. 从 I + II + III 整体上看系统圈定的结果较手工方式对底品级的 IV 级品部分利用较高.

表 1 肖家营磷矿某单个工程部分数据圈定结果对比  
Table 1 Contrast of some single project roping result in Xiaojiaying phosphorus mineral

工程编号	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 品位/%	品级		矿体真厚/m		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 平均含量/%		
		手工	系统	手工	系统	手工	系统	
ZK1—5—1	3.10							
.....								
7	12.65	Ⅳ		4.85		12.97		
8	12.75							
9	10.83							
10	15.40		Ⅲ				3.23	15.20
11	13.55							
12	19.20	上Ⅲ	Ⅱ	0.90	1.16	19.20	30.03	
13	30.96	Ⅰ   Ⅱ		Ⅰ	7.07	2.47	28.19	25.93
14	25.04		Ⅱ			2.57		30.04
15	27.50					2.18		24.04
16	25.23							
17	28.88							
18	32.06		Ⅳ	1.20	23.09			
19	26.67							
20	23.09							
21	6.88							
.....								

3 结 语

采用二分法进行逼近可以将原有按采样分段进行的离散圈定,变成连续圈定,打破了以采样边界为圈定边界的固有模式,使得该算法不仅较手工方法效率高、速度快,而且圈定结果更趋合理、更加精确.该算法在云南磷化集团矿产资源管理系统中得到应用,圈定结果对指导采矿生产具有一定意义,使得储量计算的自动化程度大大提高.

参考文献:

[1] 徐兵,马小刚,田宜平.递归算法在单工程矿体边界圈定中的应用[J].有色金属:矿山部分,2006,58(6): 21-22.  
[2] 刘树惠,王献勇,丁浩.一种新的矿产储量计算方法[J].金属矿山,2008(4):96-98.  
[3] 李超岭.中国数字地质调查系统的基本构架及其核心技术的实现[J].地质通报,2008,27(7):933-935.

A method of dimarcating single engineering mine based on dichotomy

LUO Peng-zhi<sup>1</sup>, QIN Sun-wei<sup>2</sup>, QIU Dan-dan<sup>2</sup>, MA Xin-yong<sup>1</sup>

(1. Yunnan Group of Phosphorus Chemical Industry, Kunming 650600, China;  
2. School of Environment and Civil Engineering, Wuhan Institute of Technology, Wuhan 430074, China)

**Abstract:** This article studies the rule of demarkating border of single engineering mine, introduce dichotomy and proposes a computer counting way which can automatically demarkate border of single engineering mine. The method's boundary approach uses the advantage of the computer's high precision and high speed, which can change the disperse rope by intrinsic sampling subsection to continuous rope, which breaks the inherent pattern of using the sampling boundary as the roping boundary. Proved by experiment of Yunnan Group of Phosphorus Chemical Industry, the demarcating result is meaningful for guiding mining production, which highly improved the automation degree of the estimation of mineral resource reserves.

**Key words:** mineral rope; reserve calculation; dichotomy

本文编辑:龚晓宁