

文章编号: 1005- 2712(2001) 01- 0014- 03

运用模糊数学选择金山金矿的采矿方法

李剑宇, 张开平

(江西大茅山金山金矿, 江西 德兴 334213)

摘 要: 根据金山金矿缓倾斜中厚矿体的开采技术条件, 在参考国内外条件类似矿山的采矿方法基础上, 运用模糊数学隶属度指标, 对初选的 5 种采矿方法进行优化选择。最优采矿方法符合矿山生产实际, 可为矿山带来较好的经济和社会效益。

关键词: 金山金矿; 采矿方法; 模糊数学; 隶属度

中图分类号: O159; O241.6 文献标识码: A

0 前 言

在金山金矿采矿方法选择中, 首先根据矿体开采技术条件, 参考国内外类似条件矿山的采矿方法, 初选出 5 种技术上可行的采矿方法, 再对这 5 种采矿方法进行方案设计, 测算出各种采矿方法的技术经济指标, 在此基础上运用模糊数学隶属度指标选择出最优的采矿方法方案。

1 矿体开采技术条件

金山金矿矿床为受韧性剪切带控制的变质热液型金矿床, 工业类型属贫硫化物蚀变型和石英脉型。金山金矿包括湾家坞、大坞、水泽坞和阳山等 4 个矿段。现以大坞矿段的蚀变型矿体 V_1 进行采矿方法选择。该矿体属半隐伏矿体, 总体走向北西- 南东, 倾向北东, 平均倾角 23° , 分布在 337~ 328 线之间, 目前已控制的走向长度 1910m, 倾向延伸 1480m (+ 180~ - 200m)。

矿体 V_1 在 50m 中段 319~ 325 线富集程度大, 矿体厚度极不稳定, 最大可达 10~ 15m, 金品位达 $(5\sim 6) \times 10^{-6}$ 。矿体中时有石英脉, 厚 0.3~ 0.6m, 其金品位可达 $(80\sim 100) \times 10^{-6}$ 。矿体围岩整体性好, 裂隙不发育, 坚固程度较好。地下水不发育, 水文地质简单。

2 运用模糊数学选择采矿方法

2.1 采矿方法初选

根据 V_1 矿体开采条件, 参考国内外类似矿山的采矿方法, 同时考虑矿山生产、开拓现状, 初选出以下 5 种采矿方法。

- (1) 中深孔预切顶胶结充填矿柱房柱法(A_1)。
- (2) 浅孔落矿胶结矿柱房柱法(A_2)。
- (3) 嗣后充填矿房采矿法(A_3)。
- (4) 盘区机械化上向分层充填法(A_4)。
- (5) 底盘漏斗采矿方法(A_5)。

其主要技术经济指标见表 1。

表 1 初选 5 种采矿方法的主要技术经济指标

序号	采矿方法	生产能力 $t \cdot d^{-1}$	采矿工效 $t \cdot (工班)^{-1}$	采矿损失率 /%	采矿贫化率 /%	采矿成本 $元 \cdot t$
A_1	中深孔预切顶房柱法	100	7.37	7	15	29.67
A_2	浅孔落矿胶结房柱法	60	6.3	9	12	31.21
A_3	嗣后充填房柱法	58	6.55	18	10	24.94
A_4	机械化分层充填法	60	10	6	6	37.05
A_5	底盘漏斗采矿法	90	12	20	25	19.20

收稿日期: 2000- 09- 08

作者简介: 李剑宇(1965-), 男, 江西临川人, 江西大茅山金山金矿工程师, 主要从事采矿技术工作。

2.2 模糊数学优化模型的建立

2.2.1 概念的引入 设 $F = \{f_{ij}\}$ 为全体 n 个设计方案和 m 个设计指标组成的论域, 其中: $A = \{A_i\}$, A_i 为论域中的方案, $i = 1, 2, \dots, n$; $X = \{X_j\}$, X_j 为论域中的指标, $j = 1, 2, \dots, m$ 。又设 G 为 F 上的最优模糊子集, 则

$$dW(A_i, G) = \sum W(X_j) | \mu A_i(X_j) - \mu G(X_j) |$$
称为对 X_j 加权 $W(X_j)$ 后方案 A_j 相对最优方案 G 的海明距离。海明距离最小者, 即为其中的最优采矿方案。

2.2.2 隶属度的确定 采用线性函数法确定定量指标的隶属度, 用二元对比排序法确定非定量指标的隶属度。

(1) 线性函数法

$$r_{(ij)} = f_{(ij)} / f_{\max} \tag{1}$$

或 $r_{(ij)} = [1 - f_{(ij)}] / f_{\max}$ (2)

式中: $r_{(ij)}$ —— i 因素 j 指标的隶属度;

$f_{(ij)}$ —— i 因素 j 指标;

f_{\max} —— i 因素 j 指标的最大值。

如矿体倾角, $f_{\max} = 90^\circ$; 矿岩硬度系数, $f_{\max} = 20$; 对于矿体厚度等无固定最大值等指标, 取各方案的相对最大值。

a. (1) 式适用于一些正指标, 即越大越优的指标, 如采矿工效, 生产能力等。

(2) 式适用于一些反指标, 即越小越优的指标, 如矿石贫化率, 采矿损失率等。

b. (2) 二元对比排序法

任给一对因素 (x, y) , 所谓二元比较级是指数对 $(f_{y(x)}, f_{x(y)})$ 满足 $0 \leq f_{y(x)} f_{x(y)} \leq 1$, 其意义在于: 若 x 具有某特性的程度定为 $f_{y(x)}$, 那么 y 具有该特性的程度便应 $f_{x(y)}$, 排序规则记:

$$f_{x(y)} = \frac{f_{y(x)}}{\max[f_{x(y)}, f_{y(x)}]}$$

显然有:

$$f_{x(y)} = \begin{cases} f_{y(x)} / f_{x(y)}, & \text{当 } f_{y(x)} < f_{x(y)} \\ 1, & \text{当 } f_{y(x)} \geq f_{x(y)} \end{cases} \tag{3}$$

以 $f_{x(y)}$ 为元素作成矩阵 $[f_{x(y)}]$ 取为 1], 叫相似矩阵。

2.2.3 权向量的确定 指标的权向量大小可相对二元对比法确定。

设 m 个指标对于重要性和隶属度向量为:

$$W' = (W'_1, W'_2, \dots, W'_m),$$

对于上式归一化后便得 m 个指标的权向量:

$$W = (W_1, W_2, \dots, W_m) = (W'_1 / \sum_i W'_i, W'_2 / \sum_i W'_i, \dots, W'_m / \sum_i W'_i)$$

2.2.4 最优方案的确定 最优方案 m 个指标的隶属度分别取全体方案相应指标隶属度的最大值。其向量表达为:

$$G = (r_{11} V r_{12} V \dots V r_{1n}, r_{21} V r_{22} V \dots V r_{2n}, \dots, r_{m1} V r_{m2} V \dots V r_{mn})^T \\ = (g_1, g_2, \dots, g_m)^T$$

式中 V 为取大运算符。

2.2.5 计算海明距离 第 i 个方案可用向量式表示为:

$$R = (r_{1j}, r_{2j}, \dots, r_{mj})$$

第 i 个方案与最优方案的海明距离表示为:

$$D_i = \sum W_j (g_j - r_{ij})$$

2.3 采矿方法模糊数学选择

根据 V_1 矿体的具体情况, 影响采矿方法选择的主要因素有安全状况、施工简易状况、环保与岩移、矿体适应性、采矿成本、采矿损失率、矿石贫化率、采矿工效、生产能力等 9 个因素。因此, 采矿方法隶属度矩阵按上述 9 个采矿法选择的影响因素构成。其中有 5 个为定量指标, 4 个为非定量指标。根据 (1)、(2)、(3) 式, 则可以列出 5 种备选采矿方法的评价模糊矩阵 R :

$$R = \begin{bmatrix} 1.0 & 0.05 & 0 & 0.05 & 0.76 \\ 0.19 & 0 & 0.05 & 0.65 & 1.0 \\ 0.93 & 0.78 & 0.14 & 0.80 & 0.10 \\ 0.53 & 0.58 & 0.79 & 0.80 & 0.10 \\ 0.41 & 0.33 & 0.68 & 0.14 & 1.0 \\ 0.125 & 0.30 & 0.10 & 0.38 & 1.0 \\ 0.11 & 0.50 & 1.0 & 0.11 & 0.14 \\ 0.43 & 0.43 & 0.13 & 1.0 & 0.11 \\ 0.40 & 0.30 & 0.50 & 1.0 & 0.10 \end{bmatrix}$$

又根据专家模糊语言统计的相对二元对比法确定各指标的归一化权重:

$$W = (0.064, 0.053, 0.082, 0.064, 0.379, 0.208, 0.038, 0.072, 0.042)$$

对评价模糊矩阵中每一行取大值, 得隶属度最优矩阵:

$$G = (1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1)^T$$

以上模型用计算机解算, 得各采矿方法与最优方案的海明距离为:

$$D_1 = 0.391, D_2 = 0.360, D_3 = 0.416, \\ D_4 = 0.582, D_5 = 0.880$$

按模糊数学优化选择的理论，A₂ 方案即浅孔落矿胶结矿柱房柱法最优。

4 结 语

模糊数学方法能模拟专家的思维过程,系统地、

定量地描述了采矿方法选择的整个过程，符合采矿方法选择的实际。与经济技术类比法相结合，能全面准确地选择最优的采矿方法的方案。

A selection of mining method by fuzzing mathematics in Jinshan gold mine

LI Jian-yu, ZHANG Kai-ping

(Jinshan Gold Mine of Jiangxi, Dexing 334213, China)

Abstract: The membership grade targets of fuzzing mathematics are applied in selecting a first-rate mining method from five methods on the mining conditions of gently dip middlings of Jianshan gold mine and the same mining method from abroad for reference . This first-rate mining method is suitable for the productive practice of Jinshan gold mine . Good benefits in economy and society have been gained in mine.

Key words: Jinshan gold mine; mining method; fuzzing mathematics; membership grade

简 讯

《梅山铁精矿选矿降磷工艺研究及应用》通过技术鉴定

赣州有色冶金研究所与上海梅山集团（南京）矿业有限责任公司等单位合作开展的“梅山铁精矿选矿降磷工艺研究”项目,从 1988 年起,历经试验室试验、扩大试验、半工业性试验,于 1995 年完成了工业性试验。

在工艺流程试验过程中,曾先后进行了与其他 6 个不同方案、不同规模的对比试验,最终经专家评审,决定推荐以赣州有色冶金研究所为主提出的“浮-磁-磁”流程作为选矿降磷工艺流程。1999 年,梅山选厂建立 5 个降磷系列生产,经统计,直接经济效益达 5 700 万元/年,至 2000 年 10 月,梅山选厂建成 8 个降磷系列,先后共购该所 16 台 SLON- 1500 立环脉动高梯度磁选机用于降磷工艺流程。此后,将可获得更大的经济效益。

技术鉴定。鉴定专家认为:该流程简单易行,操作方便;近 4 年的生产实践证明,降磷效果稳定显著,获得铁精矿含磷降至 0.25% 以下,铁品位达 58% 以上,铁作业回收率达 92% 的优良指标;对环境无污染,有效地解决了脱水过滤难题;提高了铁精矿的自溶性(碱比自 0.9 提高到 1.2 以上)。最后专家一致认为,用弱磁-强磁工艺降低复合磁-赤铁矿混合精矿的含磷量属国内外首创,达到国际先进水平。

实践证明,采用该降磷工艺流程,提高了铁精矿产量和质量,拓宽了市场需求,经济效益特别显著,对同类型矿石的降磷具有推广应用价值。

赣州有色冶金研究所 洪家凯

2000 年 11 月,国家冶金工业局组织专家对该项目进行