



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102375917 B

(45) 授权公告日 2014. 04. 23

(21) 申请号 201010254694. 3

CN 101038680 A, 2007. 09. 19,

(22) 申请日 2010. 08. 17

CN 101359047 A, 2009. 02. 04,

(73) 专利权人 卢新明

审查员 程小梅

地址 271000 山东省泰安高新开发区高创中心

(72) 发明人 卢新明 尹红

(74) 专利代理机构 北京市盛峰律师事务所  
11337

代理人 李贺香

(51) Int. Cl.

G06F 19/00 (2011. 01)

(56) 对比文件

CN 101114276 A, 2008. 01. 30,

US 2003233217 A1, 2003. 12. 18,

CN 1776361 A, 2006. 05. 24,

权利要求书2页 说明书4页

(54) 发明名称

基于二维断面的自适应精细圈矿方法

(57) 摘要

本发明公开了一种基于二维断面的自适应精细圈矿方法,在已知存在三维矿体的二维断面及二维矿体  $K_{ij}$  和矿体总体产状方向向量的条件下实施,二维断面可以是带空洞的多边形, S1:根据三维矿体产状的方向向量,生成矿体连接关系,得到  $n$  个子矿体的连接关系和尖灭关系,同时,得到空洞的连接关系和尖灭关系; S2:进行矿体和空洞的单体三维建模; S3:利用布尔运算对矿体进行三维建模,得到最终的矿体; S4:计算矿体的体积、平均品位和矿量。所述的圈矿方法既能适应具有复杂二维断面的形状不规则矿体的圈定,又能在没有人工干预的情况下自适应地圈出基于二维断面的精细矿体。

1. 基于二维断面的自适应精细圈矿方法,其特征在于:所述的方法是在已知矿体  $V_1, V_2, \dots, V_n$  的二维断面  $S_i (i = 1, 2, \dots, m)$  以及  $S_i$  中的二维矿体  $K_{ij} (j=1, 2, \dots, ni)$  和矿体总体产状方向向量  $K_d(dx, dy, dz)$  的条件下实施的,其中,  $K_{ij}$  是带空洞的多边形,所述空洞产状的方向向量是  $J_d(dx, dy, dz)$ ,其中  $n, m, ni$  均是大于或等于 0 的整数,包括以下步骤:

S1:根据产状的方向向量  $K_d(dx, dy, dz)$ ,生成矿体连接关系,得到  $n$  个子矿体的连接关系和尖灭关系如下:

$$L_j = \{K_{ij}, K_{ik}\},$$

其中:

$L_1, L_2, \dots, L_n$  分别对应矿体  $V_1, V_2, \dots, V_n$ ;

$K_{ii}, K_{ik}$  分别属于两个相邻的断面中的矿体;

其中“{”代表“<”或者“(”或者“[”,“}”代表“>”或者“)”或者“]”,尖括号表示尖灭后封闭端,圆括号表示不尖灭不封闭端,方括号表示直接封闭端;

根据空洞产状的方向向量  $J_d(dx, dy, dz)$ ,生成空洞连接关系,得到  $p$  个子空洞的连接关系和尖灭关系如下:

$$D_j = \{J_{ij}, J_{ik}\},$$

其中:

$D_1, D_2, \dots, D_p$  分别对应矿体  $T_1, T_2, \dots, T_p$ ;

$J_{ij}, J_{ik}$  分别属于两个相邻的断面中的空洞,但连接的  $D_j$  必须含于某个矿体连接  $V_k$  中;

其中“{”代表“<”或者“(”或者“[”,“}”代表“>”或者“)”或者“]”,尖括号表示尖灭后封闭端,圆括号表示不尖灭不封闭端,方括号表示直接封闭端;

集合  $\{T_1, T_2, \dots, T_n\} \subset$  集合  $\{V_1, V_2, \dots, V_n\}$ ,其中  $n$  不大于  $p$ ;

S2:进行矿体  $L_1, L_2, \dots, L_n$  和空洞  $D_1, D_2, \dots, D_p$  的单体三维建模,得到三维矿体  $V_j (j=1, 2, \dots, n)$  和三维空洞  $T_j (j = 1, 2, \dots, p)$ ;

S3:利用布尔运算对矿体进行三维建模,得到最终的矿体  $V$ ;

S4:计算矿体  $V$  体积、平均品位和矿量;

所述的 S2 中,进行  $L_1, L_2, \dots, L_n$  和  $D_1, D_2, \dots, D_p$  的单体三维建模的具体方法包括以下步骤:

S2-11:对矿体  $L_j = \{K_{ij}, K_{ik}\}$  的端点多边形  $K_{ij}$  到  $K_{ik}$  按照成矿约束确定渐变方式,进行多边形渐变运算,得到系列多边形  $K_{ij}, K_{ij1}, K_{ij2}, \dots, K_{ijs}, K_{ik}$ ,利用二维断面到三维重建的同步跟踪法圈定  $K_{ij}$  到  $K_{ij1}$  到  $K_{ij2}, \dots, K_{ijs}$  到  $K_{ik}$  的边界面;

S2-12:根据尖灭特征封闭  $K_{ij}$  和  $K_{ik}$  的两端,具体方法如下:

如果是直接封闭端,将端头多边形进行三角划分即可得到顶面或底面;

如果是尖灭后封闭端,则求出端头多边形的中轴  $Z$  即为尖灭轴,用端头多边形和尖灭轴进行约束三角形连接即可得到顶面或底面;如果尖灭距离较长,可用剥皮细化算法,求出系列细化多边形  $Z_1, Z_2, \dots, Z_k$ ,其中最后一个多边形  $Z_k$  为尖灭轴,以尖灭轴为约束进行三角划分即可得到顶面或底面;

S2-21:对空洞  $D_j = \{J_{ij}, J_{ik}\}$  的端点多边形  $J_{ij}$  到  $J_{ik}$  按照成矿约束确定渐变方式,进行多边形渐变运算,得到系列多边形  $J_{ij}, J_{ij1}, J_{ij2}, \dots, J_{ijs}, J_{ik}$ ,利用二维空洞断面到三维重建的同步跟踪法圈定  $J_{ij}$  到  $J_{ij1}$  到  $J_{ij2}, \dots, J_{ijs}$  到  $J_{ik}$  的边界面;

S2-22 :根据尖灭特征封闭  $J_{ij}$  和  $J_{ik}$  的两端,具体方法如下 :

如果是直接封闭端,将端头多边形进行三角划分即可得到顶面或底面 ;

如果是尖灭后封闭端,则求出端头多边形的中轴  $Z$  即为尖灭轴,用端头多边形和尖灭轴进行约束三角形连接即可得到顶面或底面 ;如果尖灭距离较长,可用剥皮细化算法,求出系列细化多边形  $Z_1, Z_2, \dots, Z_k$ , 其中最后一个多边形  $Z_k$  为尖灭轴,以尖灭轴为约束进行三角划分即可得到顶面或底面。

2. 根据权利要求 1 所述的基于二维断面的自适应精细圈矿方法,其特征在于 :所述的圈矿方法还包括以下步骤 :

S5 :把矿体  $V$  细分为块段,而后,插出每个块段的品位,根据经济品位对矿体  $V$  进行管理。

3. 根据权利要求 1 所述的基于二维断面的自适应精细圈矿方法,其特征在于 :所述的 S3 中,利用布尔运算对矿体进行三维建模的具体方法包括以下步骤 :

S3-1 :对矿体  $L_1, L_2, \dots, L_n$  进行并运算,得到矿体  $L_0$  ;

S3-2 :以  $L_0$  为基础逐次减去  $D_1, D_2, \dots, D_p$  就得到最终的矿体  $V$ 。

## 基于二维断面的自适应精细圈矿方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种对矿产资源进行圈定和储量评价方法，特别是涉及一种基于二维断面的自适应精细圈矿方法。

### 背景技术

[0002] 在矿产资源圈定和储量评价领域，目前常用的方法包括人工台体体积计算法和以计算机软件提供的交互式方法为基础，人为地添加辅助线和控制线后进行计算。

[0003] 其中，人工台体体积计算法采用公式  $\frac{H}{2}(S_1 + S_2)$  或者公式  $\frac{H}{3}(S_1 + S_2 + \sqrt{S_1 S_2})$  进行计算，只适用于接近平行的断面和形状较规则的矿体，对于形状不规则的矿体，不但难以选择计算公式，而且，不能给出正确的连接关系，很难圈出矿体。

[0004] 以计算机软件提供的交互式方法为基础，人为地添加辅助线和控制线后进行计算的方法在对形状复杂、两断面差异较大和多分支、多尖灭等矿体进行自动圈定时，由于不同的操作人员对添加辅助线和控制线的把握不统一，很容易的出不同的结论。

[0005] 因此，需要一种既能适应具有复杂二维断面的形状不规则矿体的圈定，又能在没有人工干预的情况下唯一地圈出比较精准的矿体的方法。

### 发明内容

[0006] 为了解决上述问题，本发明旨在提供一种既能适应具有复杂二维断面的形状不规则矿体的圈定，又能在没有人工干预的情况下唯一地圈出矿体的基于二维断面的自适应精细圈矿方法。

[0007] 本发明基于二维断面的自适应精细圈矿方法的技术方案如下：

[0008] 本发明基于二维断面的自适应精细圈矿方法是在已知矿体  $V_1, V_2, \dots, V_n$  的二维断面  $S_i (i = 1, 2, \dots, m)$  以及  $S_i$  中的二维矿体  $K_{ij} (j = 1, 2, \dots, n_i)$  和矿体总体产状方向向量  $K_d(dx, dy, dz)$  的条件下实施的，其中， $K_{ij}$  是带空洞的多边形，所述空洞产状的方向向量是  $J_d(dx, dy, dz)$ ，包括以下步骤：

[0009] S1：根据产状的方向向量  $K_d(dx, dy, dz)$ ，生成矿体连接关系，得到  $n$  个子矿体的连接关系和尖灭关系如下：

[0010]  $L_j = \{K_{ij}, K_{lk}\}$ ，

[0011] 其中：

[0012]  $L_1, L_2, \dots, L_n$  分别对应矿体  $V_1, V_2, \dots, V_n$ ；

[0013]  $K_{ij}, K_{lk}$  分别属于两个相邻的断面中的矿体；

[0014] 其中“{”代表“<”或者“(”或者“[”，“}”代表“>”或者“)”或者“]”，尖括号表示尖灭后封闭端，圆括号表示不尖灭不封闭端，方括号表示直接封闭端；

[0015] 根据空洞产状的方向向量  $J_d(dx, dy, dz)$ ，生成空洞连接关系，得到  $p$  个子空洞的连接关系和尖灭关系如下：

[0016]  $D_j = \{J_{ij}, J_{lk}\}$ ,

[0017] 其中：

[0018]  $D_1, D_2 \cdots D_p$  分别对应矿体  $T_1, T_2, \cdots, T_p$ ；

[0019]  $J_{ij}, J_{lk}$  分别属于两个相邻的断面中的空洞,但连接的  $D_j$  必须含于某个矿体连接  $V_k$  中；

[0020] 其中“{”代表“<”或者“(”或者“[”,“)”代表“>”或者“)”或者“]”,尖括号表示尖灭后封闭端,圆括号表示不尖灭不封闭端,方括号表示直接封闭端；

[0021]

集合  $\{T_1, T_2, \cdots, T_n\} \subset$  集合  $\{V_1, V_2, \cdots, V_n\}$ 。

[0022] S2 :进行矿体  $L_1, L_2 \cdots L_n$  和空洞  $D_1, D_2, \cdots, D_p$  的单体三维建模,得到三维矿体  $V_j (j = 1, 2, \dots, n)$  和三维空洞  $T_j (j = 1, 2, \dots, p)$ ；

[0023] S3 :利用布尔运算对矿体进行三维建模,得到最终的矿体  $V$ 。

[0024] S4 :计算矿体  $V$  体积、平均品位和矿量。

[0025] 进一步地,所述的圈矿方法还包括以下步骤：

[0026] S5 :把矿体  $V$  细分为块段,而后,插出每个块段的品位,根据经济品位对矿体  $V$  进行管理。

[0027] 进一步地,所述的 S2 中,进行  $L_1, L_2, \cdots, L_n$  和  $D_1, D_2, \cdots, D_p$  的单体三维建模的具体方法包括以下步骤：

[0028] S2-11 :对矿体  $L_j = \{K_{ij}, K_{lk}\}$  的端点多边形  $K_{ij}$  到  $K_{lk}$  按照成矿约束确定渐变方式,进行多边形渐变运算,得到系列多边形  $K_{ij}, K_{ij1}, K_{ij2}, \cdots, K_{ijs}, K_{lk}$ ,利用二维断面到三维重建的同步跟踪法圈定  $K_{ij}$  到  $K_{ij1}$  到  $K_{ij2}, \cdots, K_{ijs}$  到  $K_{lk}$  的边界面；

[0029] S2-12 :根据尖灭特征封闭  $K_{ij}$  和  $K_{lk}$  的两端,具体方法如下：

[0030] 如果是直接封闭端,将端头多边形进行三角划分即可得到顶面或底面；

[0031] 如果是尖灭后封闭端,则求出端头多边形的中轴  $Z$  即为尖灭轴,用端头多边形和尖灭轴进行约束三角形连接即可得到顶面或底面；如果尖灭距离较长,可用剥皮细化算法,求出系列细化多边形  $Z_1, Z_2, \cdots, Z_k$ ,其中最后一个多边形  $Z_k$  为尖灭轴,以尖灭轴为约束进行三角划分即可得到顶面或底面。

[0032] S2-21 :对空洞  $D_j = \{J_{ij}, J_{lk}\}$  的端点多边形  $J_{ij}$  到  $J_{lk}$  按照成矿约束确定渐变方式,进行多边形渐变运算,得到系列多边形  $J_{ij}, J_{ij1}, J_{ij2}, \cdots, J_{ijs}, J_{lk}$ ,利用二维空洞断面到三维重建的同步跟踪法圈定  $J_{ij}$  到  $J_{ij1}$  到  $J_{ij2}, \cdots, J_{ijs}$  到  $J_{lk}$  的边界面；

[0033] S2-22 :根据尖灭特征封闭  $J_{ij}$  和  $J_{lk}$  的两端,具体方法如下：

[0034] 如果是直接封闭端,将端头多边形进行三角划分即可得到顶面或底面；

[0035] 如果是尖灭后封闭端,则求出端头多边形的中轴  $Z$  即为尖灭轴,用端头多边形和尖灭轴进行约束三角形连接即可得到顶面或底面；如果尖灭距离较长,可用剥皮细化算法,求出系列细化多边形  $Z_1, Z_2, \cdots, Z_k$ ,其中最后一个多边形  $Z_k$  为尖灭轴,以尖灭轴为约束进行三角划分即可得到顶面或底面。

[0036] 进一步地,所述的 S3 中,利用布尔运算对矿体进行三维建模的具体方法包括以下步骤：

[0037] S3-1 :对矿体  $L_1, L_2, \cdots, L_n$  进行并运算,得到矿体  $L_0$ ；

[0038] S3-2 :以  $L_0$  为基础逐次减去  $D_1, D_2, \dots, D_p$  就得到最终的矿体  $V$ 。

[0039] 本发明基于二维断面的自适应精细圈矿方法的有益效果在于：

[0040] 所述地全矿方法提出了二维矿体间的最优匹配算法、控制点和控制线的最优算法、二维断面到二维断面矿体约束渐变方法、以及端部矿体的中轴尖灭和逐步细化尖灭方法和复杂地质的稳健布尔运算方法。

[0041] 最终效果是实现储量计算和储量评价的科学性和规范性，最终实现所见既所得，即保证可视化结果和数值计算的完全一致性，为矿床的合理开采提供了决策支持。

### 具体实施方式

[0042] 为了进一步说明本发明的技术方案，结合实施例对本发明基于二维断面的自适应精细圈矿方法进行说明。

[0043] 本发明基于二维断面的自适应精细圈矿方法是在已知矿体  $V_1, V_2, \dots, V_n$  的二维断面  $S_i (i = 1, 2, \dots, m)$  以及  $S_i$  中的二维矿体  $K_{ij} (j = 1, 2, \dots, n_i)$  和矿体总体产状方向向量  $K_d(dx, dy, dz)$  的条件下实施的，其中， $K_{ij}$  是带空洞的多边形，所述空洞产状的方向向量是  $J_d(dx, dy, dz)$ ，包括以下步骤：

[0044] S1 :根据产状的方向向量  $K_d(dx, dy, dz)$ ，生成矿体连接关系，得到  $n$  个子矿体的连接关系和尖灭关系如下：

[0045]  $L_j = \{K_{ij}, K_{lk}\}$ ，

[0046] 其中：

[0047]  $L_1, L_2, \dots, L_n$  分别对应矿体  $V_1, V_2, \dots, V_n$ ；

[0048]  $K_{ij}, K_{lk}$  分别属于两个相邻的断面中的矿体；

[0049] 其中“{”代表“<”或者“(”或者“[”, “}”代表“>”或者“)”或者“]”，尖括号表示尖灭后封闭端，圆括号表示不尖灭不封闭端，方括号表示直接封闭端；

[0050] 根据空洞产状的方向向量  $J_d(dx, dy, dz)$ ，生成空洞连接关系，得到  $p$  个子空洞的连接关系和尖灭关系如下：

[0051]  $D_j = \{J_{ij}, J_{lk}\}$ ，

[0052] 其中：

[0053]  $D_1, D_2 \dots D_p$  分别对应矿体  $T_1, T_2, \dots, T_p$ ；

[0054]  $J_{ij}, J_{lk}$  分别属于两个相邻的断面中的空洞，但连接的  $D_j$  必须含于某个矿体连接  $V_k$  中；

[0055] 其中“{”代表“<”或者“(”或者“[”, “}”代表“>”或者“)”或者“]”，尖括号表示尖灭后封闭端，圆括号表示不尖灭不封闭端，方括号表示直接封闭端；

[0056]

集合  $\{T_1, T_2, \dots, T_n\} \subset$  集合  $\{V_1, V_2, \dots, V_n\}$ 。

[0057] S2 :进行  $L_1, L_2 \dots L_n$  和  $D_1, D_2, \dots, D_p$  的单体三维建模，得到三维矿体  $V_j (j = 1, 2, \dots, n)$  和三维空洞  $T_j (j = 1, 2, \dots, p)$ ；进行  $L_1, L_2, \dots, L_n$  和  $D_1, D_2, \dots, D_p$  的单体三维建模的具体方法包括以下步骤：

[0058] S2-11 :对矿体  $L_j = \{K_{ij}, K_{lk}\}$  的端点多边形  $K_{ij}$  到  $K_{lk}$  按照成矿约束确定渐变方式，进行多边形渐变运算，得到系列多边形  $K_{ij}, K_{ij1}, K_{ij2}, \dots, K_{ijs}, K_{lk}$ ，利用二维断面

到三维重建的同步跟踪法圈定  $K_{ij}$  到  $K_{ij1}$  到  $K_{ij2}$ , ...,  $K_{ijs}$  到  $K_{lk}$  的边界面;

[0059] S2-12:根据尖灭特征封闭  $K_{ij}$  和  $K_{lk}$  的两端,具体方法如下:

[0060] 如果是直接封闭端,将端头多边形进行三角划分即可得到顶面或底面;

[0061] 如果是尖灭后封闭端,则求出端头多边形的中轴  $Z$  即为尖灭轴,用端头多边形和尖灭轴进行约束三角形连接即可得到顶面或底面;如果尖灭距离较长,可用剥皮细化算法,求出系列细化多边形  $Z_1, Z_2, \dots, Z_k$ , 其中最后一个多边形  $Z_k$  为尖灭轴,以尖灭轴为约束进行三角划分即可得到顶面或底面。

[0062] S2-21:对空洞  $D_j = \{J_{ij}, J_{lk}\}$  的端点多边形  $J_{ij}$  到  $J_{lk}$  按照成矿约束确定渐变方式,进行多边形渐变运算,得到系列多边形  $J_{ij}, J_{ij1}, J_{ij2}, \dots, J_{ijs}, J_{lk}$ , 利用二维空洞断面到三维重建的同步跟踪法圈定  $J_{ij}$  到  $J_{ij1}$  到  $J_{ij2}$ , ...,  $J_{ijs}$  到  $J_{lk}$  的边界面;

[0063] S2-22:根据尖灭特征封闭  $J_{ij}$  和  $J_{lk}$  的两端,具体方法如下:

[0064] 如果是直接封闭端,将端头多边形进行三角划分即可得到顶面或底面;

[0065] 如果是尖灭后封闭端,则求出端头多边形的中轴  $Z$  即为尖灭轴,用端头多边形和尖灭轴进行约束三角形连接即可得到顶面或底面;如果尖灭距离较长,可用剥皮细化算法,求出系列细化多边形  $Z_1, Z_2, \dots, Z_k$ , 其中最后一个多边形  $Z_k$  为尖灭轴,以尖灭轴为约束进行三角划分即可得到顶面或底面。

[0066] S3:利用布尔运算对矿体进行三维建模,具体方法包括以下步骤:

[0067] S3-1:对矿体  $L_1, L_2, \dots, L_n$  进行并运算,得到矿体  $L_0$ ;

[0068] S3-2:以  $L_0$  为基础逐次减去  $D_1, D_2, \dots, D_p$  就得到最终的矿体  $V$ 。

[0069] 得到最终的矿体  $V$ 。

[0070] S4:计算矿体  $V$  体积、平均品位和矿量。

[0071] S5:把矿体  $V$  细分为块段,而后,插出每个块段的品位,根据经济品位对矿体  $V$  进行管理。