

# Surpac 软件在归来庄金矿深部矿床资源量估算中的研究和应用

王志亮,王继芳,李军

(山东省鲁南地质工程勘察院,山东 兖州 272100)

**摘要:**归来庄金矿是目前鲁西南地区唯一的大型新类型碲金型金矿床,近几年深部找矿有了进展。在充分研究归来庄金矿成矿地质特征及金矿化类型的基础上,根据归来庄金矿深部的地质勘查工程资料,以 Surpac 系统软件为主要工具,首次建立了归来庄深部金矿床的地质数据库,构建了矿体的三维可视化地质模型。基于归来庄金矿深部矿体三维模型,应用距离幂次反比法对归来庄金矿深部矿体估算了资源量。将估算结果和传统地质块断法进行对比研究,结果表明用此软件进行资源量估算简便且准确,可以为矿产开发提供依据。

**关键词:**地质数据库;三维可视化地质模型;资源量估算;Surpac;归来庄金矿;山东平邑

**中图分类号:**TP319;TD672

**文献标识码:**B

**引文格式:**王志亮,王继芳,李军.Surpac 软件在归来庄金矿深部矿床资源量估算中的研究和应用[J].山东国土资源,2015,31(5):67-72.WANG Zhiliang,WANG Jifang,LI Jun. Research and Application of Reserves Estimation Deep Part of Guilaizhuang Gold Deposit in Shandong Province Based on Surpac Software[J].Shandong Land and Resources,2015,31(5):67-72.

## 0 引言

矿产勘探开发和资源勘查评价的传统做法,一般是技术人员通过各种平面图、剖面图以及表格形式来表达地下地质体。而地质体是处于一定的三维空间中的,地质资料是一系列空间状态的数据信息,用传统方法来模拟三维空间状态的地质资料不但抽象而且繁琐,因此,将地下地质体以三维立体的形式展现出来,实现各种勘探测量数据的融合,才能更好地为矿产勘探和资源评价服务。

由于计算机数据库技术、可视化技术的不断发展和各种应用软件与相关模型的开发,将真三维可视化技术应用于地学模拟中已成为可能。Surpac 软件是 GEMCOM 国际矿业软件公司(2013 年被法国达索公司收购,现已更名为 Geovia)的一套矿业软件,该软件以数据库为基础,具有多用户的开放数据库技术(ODBC)的优势,它可以在 Windows 操作

系统当前的各个版本中运行;它在三维地质建模并可视化方面的功能强大;且已广泛应用于地质勘探、采矿设计、尾矿和复垦设计等领域(罗周全等,2006;樊忠平等,2010;王斌等,2011)。

归来庄金矿是目前鲁西南地区发现的唯一的大型金矿床,也是一种新类型的金矿——碲金型金矿床,被地矿部列为全国地矿“七五”期间地质找矿三大发现之一。2009 年以来对该地区进行了外围及深部找矿工作,目前已完成详查评价工作,矿床规模达中型以上,取得了较好的找矿效果。该文选择 Surpac 软件作为研究工具,根据归来庄金矿深部勘探资料建立了归来庄金矿深部金矿体地质数据库,以此为基础创建了归来庄金矿深部金矿体的三维实体模型、块体模型和品位模型,并用距离幂次反比法进行了资源量估算,将估算结果与传统地质块段法进行了对比研究。

收稿日期:2014-08-18;修订日期:2014-10-22;编辑:陶卫卫

基金项目:山东省地质矿产勘查开发局重点地质勘查项目(编号:KC201114)

作者简介:王志亮(1983—),男,山东潍坊人,工程师,主要从事矿产勘查工作;E-mail:wazl4585@163.com

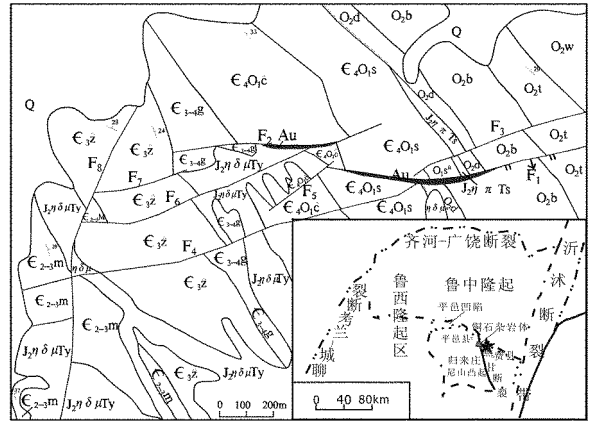
# 1 矿区地质概况及矿床地质特征

归来庄金矿区位于山东省平邑县东南部,沂沭断裂带西侧,鲁西隆起区之平邑凹陷与尼山凸起的接壤部位(图 1)。归来庄金矿产出于燕甘断裂东侧的近 EW 向归来庄 F1 断层内,断层内隐爆角砾岩发育,为金矿成矿的有利部位。区内中生代岩浆活动强烈,为燕山运动早期多阶段岩浆活动形成的中偏碱性次火山杂岩体,即铜石杂岩体,与金及多金属成矿关系密切 [1]。

矿区内大面积出露古生界寒武系与奥陶系沉积盖层,可划分为馒头组、张夏组、崮山组、炒米店组、三山子组及马家沟群东黄山组、北庵庄组、土峪组、五阳山组 [2],其岩性组合为一套以碳酸盐岩为主及少量碎屑岩构成的海相沉积建造 [3]。矿区内构造发育,主要为近 EW 向(F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>)、NE 向(F<sub>3</sub>, F<sub>4</sub>, F<sub>5</sub>, F<sub>6</sub>, F<sub>7</sub>)和 SN 向(F<sub>8</sub>)断裂。矿区内岩浆岩为中生代中偏碱性次火山杂岩体——铜石杂岩体的一部分,位于铜石杂岩体的东部边缘。岩性主要为二长闪长玢岩、二长斑岩等,二长闪长玢岩分布于归来庄金矿控矿构造西南侧,呈岩脉和岩床状产出,侵位于寒武系、奥陶系等地层中。钻探资料显示,深部二长闪长玢岩岩体沿二长花岗岩基底岩系与寒武系间的不整合面发育。二长斑岩分布于归来庄金矿控矿构造附近或 NE 向断层内,呈岩脉状产出(图 1)。

该次深部找矿工作,钻探工程控制了一个金矿体,系归来庄金矿深部延伸矿体。矿体产于归来庄 F<sub>1</sub> 断层破碎带内,产状受断层破碎带控制。矿体呈脉状,局部呈透镜状(图 2)。矿体分布于第 40~28 勘探线之间,东西控制长 580 m,最大控制标高-556m,最低控制标高-703 m,倾向延深大于 200 m。沿走向和倾向均有膨胀收缩之特征。矿体埋深 650~680 m,总体为北东高、南西低。矿体走向近 EW,倾向 S,倾角 25°~45°,局部为 55°,在-650 m 标高上下,矿体倾角有突然变小的现象,至近水平。矿体真厚度为 0.52~25.89 m,平均为 11.65 m,向深部矿体逐渐尖灭,变化系数为 92.63%。

矿体赋存于归来庄金矿控矿构造 F<sub>1</sub> 断层破碎带内,其近顶底板围岩主要为二长闪长玢岩、角砾岩等。其近矿围岩主要为角砾岩及二长闪长玢岩等。围岩的结构构造和矿物成分与同类型矿石无明显差异,与矿体多呈渐变过渡关系,需靠样品基本分析结



Q 1 O<sub>2w</sub> 2 O<sub>2t</sub> 3 O<sub>2b</sub> 4 O<sub>2d</sub> 5 O<sub>2c</sub> 6 O<sub>2a</sub> 7 O<sub>2s</sub> 8  
 O<sub>2m</sub> 9 O<sub>2n</sub> 10 11 12 13 Au 14 15  
 1—第四系;2—五阳山组;3—土峪组;4—北庵庄组;5—东黄山组;6—三山子组;7—炒米店组;8—崮山组;9—张夏组;10—馒头组;11—地质界线;12—平行不整合界线;13—断层;14—金矿体;15—矿区位置

图 1 归来庄金矿区地质略图

(根据山东省鲁南地质工程勘察院,2014 资料汇编)

果加以区别。

矿石为复成分角砾岩,主要由碎屑物(角砾)和填隙物组成。碎屑物含量约 35%~40%。其形态多呈棱角状、次棱角状,少量为次圆状等。粒径以 2.00~15.00 mm 为主,杂乱排列,构成角砾状结构。角砾成分主要为二长闪长玢岩、灰岩,含少量二长花岗岩等。填隙物含量约 60%~65%。由杂基和胶结物组成,其中以胶结物为主,主要为碳酸盐矿物、萤石及少量金属矿物等。其中碳酸盐矿物呈细粒状不均匀分布于碎屑间隙中。萤石以蓝紫色为主,少量为紫红色,多分布于裂隙面上,集合体常呈薄膜状或细脉状。

金属矿物分布于胶结物中,主要为黄铁矿,含少量黝铜矿和黄铜矿。据归来庄金矿勘探资料,矿石中金矿物主要有自然金、银金矿、碲铜金矿,少量碲金矿、碲金银矿等。主要为粒间金(占金矿物的 69.85%),包体金(占金矿物的 25.16%)次之,少量裂隙金(占金矿物的 4.96%)。其形态主要为角粒状,次为长角粒状、浑圆状等。金以细粒—微细粒为主,部分金为次显微粒,个别中粗粒者可达 0.6 mm。

# 2 地质数据库的建立

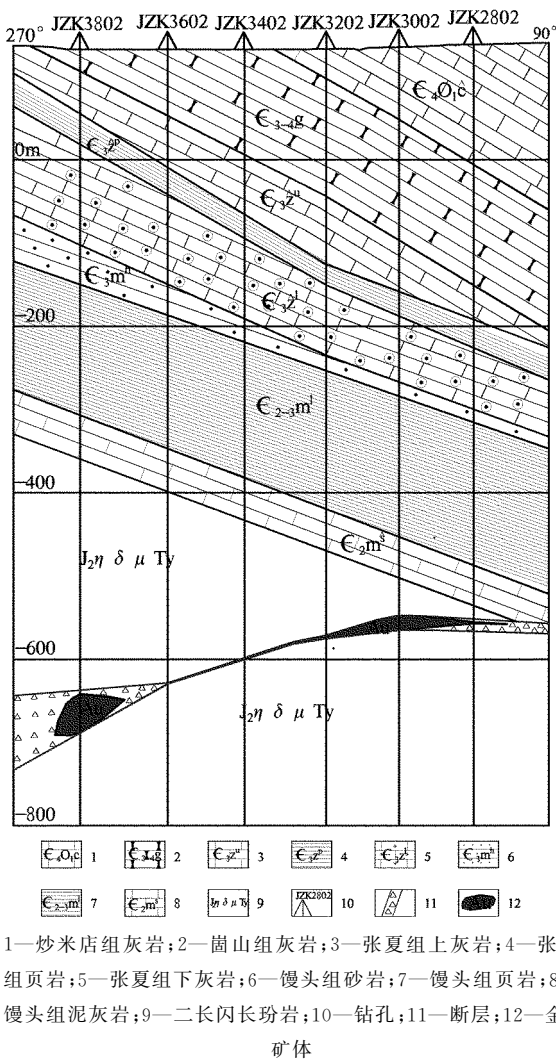


图 2 归来庄深部金矿体纵剖面图

(根据山东省鲁南地质工程勘察院, 2014 资料汇编)

### 2.1 原始资料收集与处理

钻孔原始资料是地质勘查最基础的数据, 当然也是 Surpac 软件录入的最基本的信息数据, 它包括钻孔定位数据、钻孔测斜表、钻孔地质编录表、钻孔岩心采样登记表等。建立地质数据库前, 整理了矿区深部以往施工的 38 个钻孔数据, 包括 38 条孔口坐标信息、499 条测斜数据信息和 7 611 条化验数据信息。研究钻孔原始资料数据与 Surpac 中数据表的对应关系, 对钻孔数据作如下处理: ①将钻孔倾角设为负值; ②修改钻孔数据中的明显错误; ③按 Surpac 数据表格式用 Excel 建立 4 个表, 即 collar、survey、岩性表和化验表, 并保存为.csv 格式, 作为地质数据库的数据源, 完成数据处理工作<sup>[4]</sup>。

### 2.2 地质数据库的创建

将上述 4 个.csv 格式的 Excel 数据表作为地质数据库的数据源, 各表数据结构见表 1。通过 Surpac 的导入数据功能将原始数据导入到 Surpac 中的数据库中, 同时进行错误和样品重叠检验, 以确保数据的有效性和正确性, 及成果编制的正确性<sup>[5]</sup>。这样矿区地质数据库的创建工作就完成了, 以后产生的新地质资料可以实时导入数据库进行更新。

表 1 地质数据库数据表结构

表名	数据项					
Collar	钻孔号	Y 坐标	X 坐标	孔口标高	最大孔深	孔迹线类型
Survey	钻孔号	孔深	倾角	方位角		
岩性表	钻孔号	岩性分段起点	岩性分段终点	岩性代码		
化验表	钻孔号	样号	采样起点	采样终点	Au 品位	

### 3 三维矿体模型的建立

矿体形态复杂, 如何精确地圈定矿体是地质勘查工作的一项重要工作。利用 Surpac 软件的三维显示状态下的编辑和实体建模功能, 能够较准确地圈定矿体。Surpac 软件提供了 3 种建立矿体模型的方法, 有剖面线法(即矿体轮廓线法)、合并法和相连断法<sup>[6]</sup>。该次工作采用剖面线法结合相连段法来建立矿体实体模型。

其工作步骤主要为: ①按钻孔显示风格将 Au 品位及钻孔中岩性根据不同的颜色显示; ②在 Surpac 软件中三维显示钻孔并沿勘探线创建剖面, 根据金矿体外推原则和确定的工业指标对各个剖面进行地质解译, 生成一系列矿体轮廓线, 并保存为.str 格式; ③将矿体轮廓线在 Surpac 中三维显示, 运用 Surpac 实体模型工具 2 个段间方法创建三角网, 在矿体的边部, 按外推原则得到尖灭点或尖灭线, 利用 surpac 软件中的相连段间方法将两端封闭起来, 就形成了矿体的实体; ④检验实体模型, 有效性验证可以检查出实体是否存在自相交三角形、重复三角形、无效边三角形等错误, 只有通过有效性验证, 建立实体模型的工作才算完成。建立的归来庄金矿深部矿体模型如图 3 所示。

### 4 三维块体模型的建立

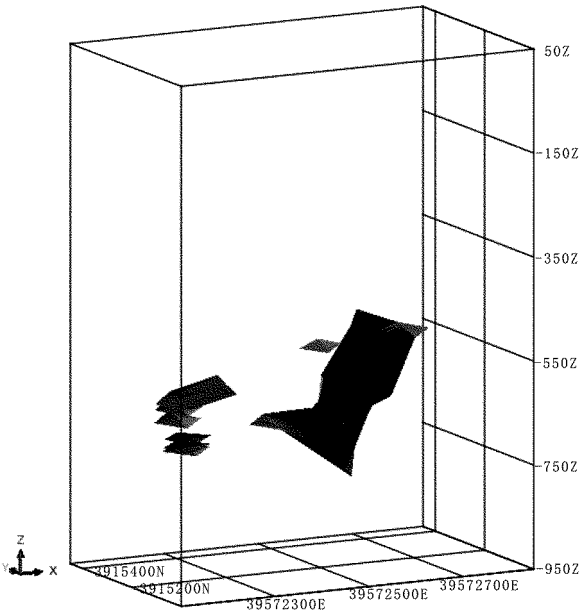


图 3 归来庄深部金矿体三维模型

### 4.1 样品组合及统计分析

根据地质统计学原理,为确保得到参数的无偏估计量,需要对该次全部样品数据的样长进行组合,经统计分析得出样长的均值是 1.001845 m,绝大多数是 1 m,因此将组合样长定为 1 m。

该次根据勘探工程组合得到组合样,并对组合样进行品位统计分析。经统计在归来庄金矿深部所采集的样品中,不含有特高品位样品。从图 4 可以看出归来庄深部金矿体金品位大部分分布于 1~5 g/t 之间,表现为左偏,不服从正态分布。

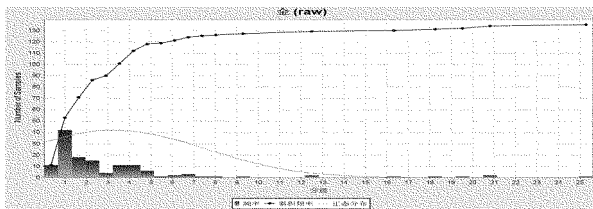


图 4 归来庄深部金矿体金品位分布直方图

### 4.2 块体模型基本参数

建立块体模型就是创建了一个空的空间数据库,需要把岩矿石类型、品位分布、比重等地质信息存储进去。

根据归来庄深部金矿床的空间形态、与钻孔之间的关系以及工程控制网度来定义块体模型基本参数,通过 Surpac 的查询报告层范围功能,可知  $Y_{\text{最小}} = 3915242.181$ ,  $Y_{\text{最大}} = 3915633.894$ ,  $X_{\text{最小}} =$

$39572153.52$ ,  $X_{\text{最大}} = 39572833.131$ ,  $Z_{\text{最小}} = -923.523$ ,  $Z_{\text{最大}} = 21.796$ 。通常最小值和最大值一般取整。因此,该文选取  $Y_{\text{最小}} = 3915240$ ,  $Y_{\text{最大}} = 3915640$ ,  $X_{\text{最小}} = 39572150$ ,  $X_{\text{最大}} = 39572840$ ,  $Z_{\text{最小}} = -930$ ,  $Z_{\text{最大}} = 25$ 。

根据矿体的形态和工程控制网度,确定该次工作块体模型的用户块尺寸为  $10 \text{ m} \times 10 \text{ m} \times 2 \text{ m}$ ,最小块尺寸为  $5 \text{ m} \times 5 \text{ m} \times 1 \text{ m}$ 。

### 4.3 块体模型属性赋值

原归来庄金矿勘探报告中角砾岩型金矿石参与矿石体重计算的小体重样 55 件,经计算,矿石平均体重为  $2.55 \text{ t/m}^3$ 。使用赋值填充功能选项直接给矿石赋值为  $2.55 \text{ t/m}^3$ 。

将矿床分为单元块后,需要对每一小块的 Au 品位进行估计。Surpac 常用的方法有 2 种,即距离幂次反比法和地质统计学法(即克里格法)。两者均基于样品加权平均的概念,即对落在以单元块为中心的影响范围内的样品品位进行加权平均求得单元块的品位。2 种方法的根本区别在于所用权值不同。

地质统计学(即克里格法)把品位看作是区域化变量,而且用半变异函数描述品位在矿床中的相互关联特征,选择合适的克里格法,在有限区域内对区域化变量进行无偏和最佳估计的一种方法。因此地质统计学为帮助确定合理影响范围提供了理论依据。在大多数情况下品位的半变异函数的数学模型为球模型。其数学表达式为:

$$r(h) = \begin{cases} C_0 + C \left( \frac{3h}{2a} - \frac{h^3}{2a^3} \right) & h < a \\ C_0 + C & h \geq a \end{cases}$$

式中: $C$  为基台值,反映区域变量在研究范围内变化的强度,它是最大变程的可迁性变异函数的极限值; $C_0$  为块金常数,表示区域化变量在小于抽样尺度时非连续变异,由区域化变量的属性或测量误差决定; $a$  为变程,表示变量的影响范围,当样品距离大于变程后,区域化变量的空间相互关联性消失, $C_0 + C$  为先验方差<sup>[7]</sup>。

归来庄矿区金矿化体不存在特高品位,且品位变化小,因此该次选用距离幂次反比法对金矿化体品位进行估值。利用公式计算单元块的品位  $X_b$ :

$$X_b = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{\sum_{i=1}^n d_i^N}$$

式中： $x_i$ 为落入影响范围的第  $i$  个样品的品位； $d_i$ 为第  $i$  个样品到单元块中心的距离； $N$  为距离的幂。在品位变化小的矿床， $N$  取值较小；在品位变化大的矿床， $N$  取值较大，一般选择“1, 2 或 3”。通常选择“2”即为距离平方反比法<sup>[8]</sup>。

估值时采用椭球体搜索类型，最大搜索半径第一次估值通常为勘探线间距，该次研究为 80，第二次估值时最大搜索半径是第一次搜索半径的 2 倍。估值时的参数设置见表 2。

Au 品位估值完全后，可根据属性为模型着色来清楚表示 Au 元素品位的分布情况。建立的归来庄金矿化体品位块体模型如图 5 所示。

表 2 归来庄深部金矿床金品位估值基本参数

参数名称	参数取值
搜索类型	椭球体
最小选择样品数	3
最大选择样品数	15
最大搜索半径	80
最大垂直搜索距离	999
方位	0
倾伏角	0
倾角	29
主轴/次主轴	1.6
主轴/次轴	3.7
距离反比幂	2
离散化点的数目	$x:3 \ y:3 \ z:3$

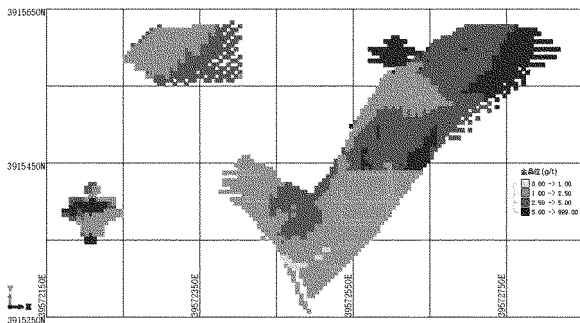


图 5 归来庄深部金矿床金品位分布图

## 5 资源量估算

块模型估值后就可以进行资源量分布情况的统计，可以按不同标高和品位统计，该次工作只统计了一 500 m 标高以下的金矿体资源量，其统计结果见表 3。

表 3 归来庄深部金矿体不同品位区间资源量分布

金品位级别/ $10^{-6}$	体积/ $m^3$	矿石量 /t
0.0 ~ 1.0	2875	7331.25
1.0 ~ 2.5	272750	695512.49
2.5 ~ 5.0	223562.5	570084.37
5.0 ~ 999	86062.5	219459.37
总计	585250	1492387.50

2014 年 3 月山东省鲁南地质工程勘察院提交给山东黄金归来庄矿业有限公司的《山东省平邑县榆林地区金矿详查总结报告》中，采用传统地质块段法估算了矿体金金属量，两者相差 99.45kg，其相对误差为 1.96%。通过对比可以看出，距离幂次反比法与传统地质块段法所估算的矿体资源量结果偏差在矿产资源储量估算的允许误差范围内，误差较小，这说明用 Surpac 软件距离幂次反比法估算的矿体资源量结果是可靠的。而且用 Surpac 软件还可以清楚地展示最低工业品位和矿床平均品位区间的资源量分布情况，为以后的矿床开采提供可靠地依据。

## 6 结论

该文通过距离幂次反比法对归来庄深部金矿体进行了资源量估算工作，与传统地质块段法估算结果进行比较，两者相差 99.45 kg，其相对误差为 1.96%。误差在矿产资源储量估算的允许误差范围内，这说明用 Surpac 软件距离幂次反比法估算的矿体资源量结果是准确可靠的。所建立的三维矿体模型和品位块体模型可以根据需要清楚地展示矿体的形态和不出品位区间的分布，为采矿设计和矿床开采提供了可靠地依据。

## 参考文献：

- [1] 于学峰. 山东平邑归来庄矿田金矿成矿作用成矿规律与找矿方向研究[D]. 青岛: 山东科技大学, 2010.
- [2] 张增奇, 张成基, 王世进, 等. 山东省地层侵入岩构造单元划分对比意见[J]. 山东国土资源, 2014, 30(3): 1-23.
- [3] 林景仟, 谭东娟, 于学峰, 等. 鲁西归来庄金矿成因[M]. 济南: 山东科学技术出版社, 1997.
- [4] 罗周全, 刘晓明, 苏家红, 等. 基于 Surpac 的矿床三维模型构建[J]. 金属矿山, 2006, (4): 33-36.
- [5] 陈东越, 陈建平, 陈三明, 等. 辽东白云金矿地质体三维模型的构建与储量估算[J]. 桂林理工大学学报, 2013, 33(1): 14-20.
- [6] 樊忠平, 任涛, 王瑞廷, 等. 基于 surpac 软件的矿床模型构建及矿体资源量估算——以陕西山阳夏家店金钒矿床为例[J]. 地

质与勘探,2010,46(5):977—984.

究[D].湖南:中南大学,2007.

[7] 曾庆田.复杂多金属矿床可视化模拟及其三维采矿设计技术研

[8] 侯景儒.实用地质统计学[M].北京:地质出版社,1998.

## Research and Application of Reserves Estimation Deep Part of Guilaizhuang Gold Deposit in Shandong Province Based on Surpac Software

WANG Zhiliang, WANG Jifang, LI Jun

(Lunan Geo—engineering Exploration Institute, Shandong Yanzhou 272100, China)

**Abstract:** Guilaizhuang gold deposit is the only large new type gold deposit in southwest of Shandong province. In recent years, it has made progress in ore prospecting in the deep part. On the basis of studying geological characteristics and gold mineralization types of Guilaizhuang gold mineralization ore bodies, according to previous geological surveying and engineering data of this deposit, regarding Surpac software as main tool, geological database of deep part deposit in Guilaizhuang gold deposit has been set up for the first time, and three—dimensional visualization geological model has been set up as well. Based on this model, by using Inverse distance weighted method, reserves of deep deposit have been estimated. Then compared with traditional geological block method. It is showed that reserves estimation based on Surpac software is simple and accurate. It can provide the bases for the development of mineral resources.

**Key words:** Geological database; three—dimensional visualization geological model; reserves estimation; Surpac software; Guilaizhuang gold deposit