

基于 Micromine 软件的固体矿产资源量 估算原理与方法

朱海宾

(中矿资源勘探股份有限公司,北京 100089)

摘要: 文章阐述了 Micromine 软件地质统计法估算资源量的原理,叙述了基于该软件的资源量估算过程。采用封闭多边形法对资源量估算结果进行验证,得出 Micromine 资源量估算具有准确、可信、快速的特点。使用 Micromine 软件估算矿体资源量,避免了传统的手工计算繁琐冗杂的数据信息等工作。但三维可视化地质建模要基于地质资料的准确以及对地质成矿规律的正确认识,才能确保建模和资源量估算结果的正确、可靠。

关键词: Micromine 软件;资源量估算;三维模型

中图分类号: P628 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1412(2013)01-0106-05

0 引言

随着计算机图形技术、三维 GIS 技术及数据库技术的快速发展和日趋成熟,将 GIS 技术、三维地质建模及可视化与固体矿产资源量估算相结合,开发先进实用的储量估算软件是目前国内地学信息研究的重要方向之一。澳大利亚 Micromine 公司是较早掌握这项技术并应用于实际生产与研究的公司之一。Micromine 公司成立于 1986 年,总部位于澳大利亚西澳首府珀斯的国际矿业软件公司,经过 20 多年的发展,Micromine 软件已在全球主要矿产生产国的数千个矿山得以应用,并于 2003 年得到中华人民共和国国土资源部矿产资源储量司对其资源储量计算部分的技术认定。本文使用 Micromine 软件进行固体矿产资源量估算,并采用封闭多边形法验证资源量估算结果的准确性。

1 Micromine 软件资源量估算的原理

利用有限的地质及生产勘探样品数据,确定矿

床内部相关变量(如品位、岩体质量指标、岩性)的分布,必须选用合理的地质变量估值方法。在地学领域,许多变量如矿床品位、岩体质量指标和参数等在空间上均具有一定的相关性,即一定范围内的变量之间相互存在着影响。

反距离权重法又称距离反比法(inverse distance weighting)是最常用的空间内插方法之一,是一种与空间距离有关的插值方法,在计算插值点取值时按距离越近权重值越大的原则,用若干临近点的线性加权来拟合估计点的值。该方法是由气象学家和地质工作者首先提出,其基本原理是:假设空间体分布着一系列离散点,已知其位置坐标 (x_i, y_i, z_i) 和属性值 $a_i(i=1, 2, \dots, n)$, $p(x, y, z)$ 为空间内的任一点,根据周围离散点的属性,求 p 点属性。反距离权重法可以明确地验证这样一种假设:彼此距离较近的事物要比彼此距离较远的事物更相似。当为任何未做取样分析的矿体位置预测品位值时,反距离权重法采用预测位置周围的分析结果值。与距离预测位置较远的分析值相比,距离预测位置最近的品位值对预测值的影响更大。该方法假定每个样品分析点的品位值都受局部影响,而这种影响会随着

收稿日期: 2012-03-28; **责任编辑:** 赵庆

作者简介: 朱海宾(1984-),男,硕士研究生,研究方向为矿床学与区域成矿学。通信地址:北京海淀区长春桥路 11 号万柳亿城 A 座 5 层,中矿资源勘探股份有限公司;邮政编码:100089;E-mail:Zhudahai1984@163.com

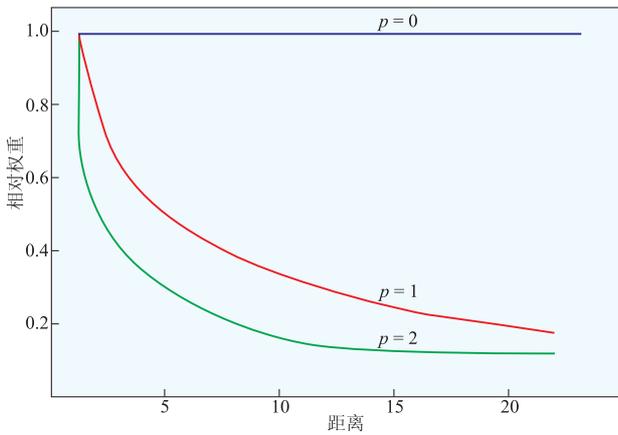


图 1 权重与幂的关系

Fig. 1 Relation of weight to power

距离的增大而减小。由于这种方法为距离预测位置最近的点分配的权重较大,而权重却作为距离的函数而减小,因此称之为反距离权重法。

如上所述,权重与反距离(样品分析点与预测位置之间)的 p 次幂成正比(图 1)。因此,随着距离的增加,权重将迅速降低。权重下降的速度取决于 p 值。如果 $p=0$,则表示距离没有减小,因为每个权重 w_i 均相同,预测值将是搜索邻域内的所有数据值的平均值。随着 p 值的增大,较远数据点的权重将迅速减小。如果 p 值极大,则仅最邻近的数据点会对预测产生影响。

地质统计分析学使用大于或等于 1 的幂值,一般为 1~3。当 $p=2$ 时,此方法称为反距离平方权重插值。将 $p=2$ 作为默认值。

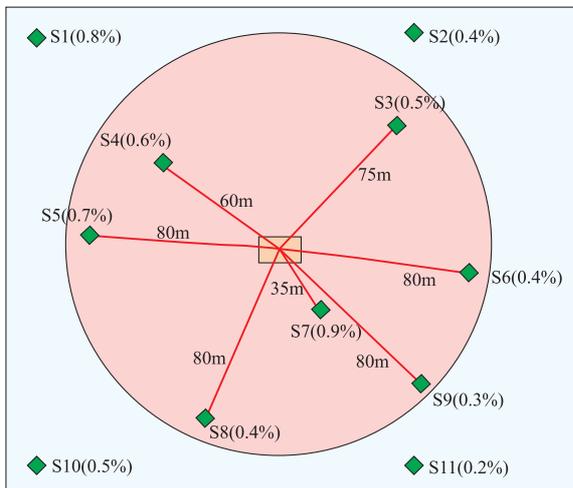


图 2 反距离权重法插值示意图

Fig. 2 Interpolation illustration of the inverse distance

由于相距较近的事物比相距较远的事物更为相似,随着位置之间的距离增大,测量值与预测位置的关系将会变得越来越不密切。为缩短计算时间,可将几乎不会对预测产生影响的较远数据点排除在外。因此,通过指定搜索邻域(搜索半径)来限制测量值的数量是一种常用方法。邻域的形状限制了要在预测中使用的测量值的搜索距离和搜索位置。其他邻域参数限制了将在该形状中使用的位

置。

反距离权重法的操作步骤:

第一步。以被估单元块中心为圆心,以 R 为半径做圆,确定影响范围(在三维状态下圆变为球)(图 2)。

第二步。计算落入影响范围内每一样品与被估单元块中心的距离。

第三步。利用下列公式计算单元块的品位:

$$Z(x) = \frac{\sum_{i=1}^n \left[\frac{1}{D_i^w} Z(x_i) \right]}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{D_i^w}}$$

式中: $Z(x)$ 为待估值; D_i 为待估点与已知点之间的距离; w 为幂次大小; $Z(x_i)$ 为已知点值。

2 Micromine 软件资源量估算的步骤

使用 Micromine 软件估算固体矿产资源量主要有以下步骤:

2.1 数据准备

包括钻孔坐标、钻孔测斜及钻孔岩心样品化验分析结果等。

2.2 创建钻孔数据库

(1)数据库包括井口文件、测斜文件及样品分析文件等 3 类文件。井口文件记录字段包括工程编号、孔口坐标 (X, Y)、孔口标高 (Z)、终孔深度(表 1);测斜文件记录字段包括钻孔编号、方位角、倾角、测点深度(表 2);样品分析文件记录字段包括钻孔编号、样品编号、自、至、计、分析项目(表 3)。

表 1 井口文件数据表

Table 2 Data of collar of drill hole

工程编号	X	Y	Z	孔深
...

表 2 测斜文件数据表

Table 2 Data of inclination survey file

字段名	字段类型	字段意义	备注
钻孔编号	文本型	钻孔名称	关键字段,不能重复
测点深度	双精度型	测量位置距孔口垂直距离	关键字段
倾角	双精度型	倾角	±90°间,正值为向上
方位角	双精度型	方位角	0°~360°

表 3 样品分析文件数据表

Table 3 Data of analysis file of sample

钻孔编号	样品编号	自	至	计	TCu/%
...

2.3 创建矿体三维模型

根据矿体圈定和连接的原则及相关规范(图 3),按照勘探剖面逐个进行矿体地质解译(图 4),而后再连接剖面解译线形成矿体的三维实体模型(图 5)。

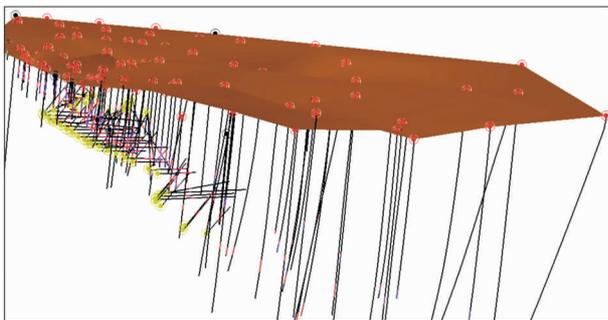


图 3 钻孔的三维显示

Fig. 3 3D-display of drill hole

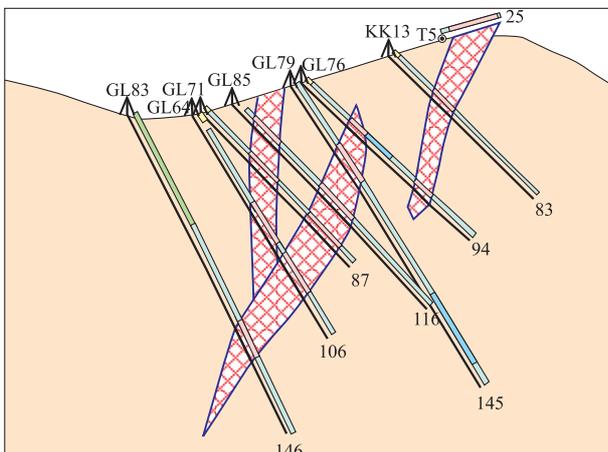


图 4 勘探线剖面解译矿体示意图

Fig. 4 Sketch of ore body from section interpretation along exploration line

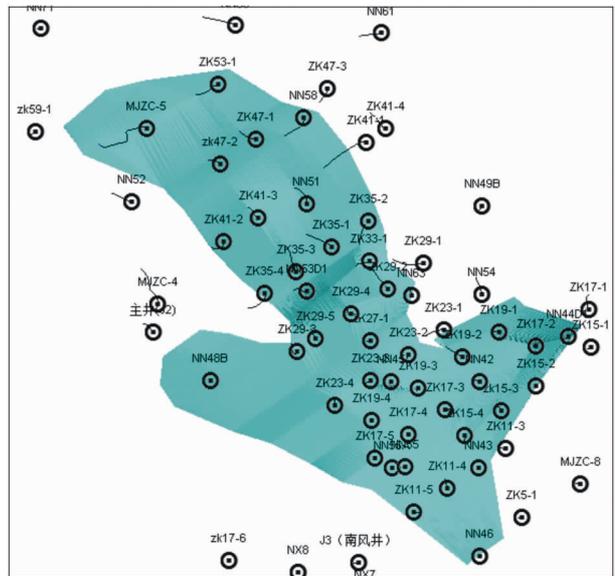


图 5 矿体三维实体模型

Fig. 5 3D-model of ore body

2.4 样品组合

为便于圈定矿体地质域, Micromine 系统将工程中的样品段按长度进行组合(图 6): 在某个工程中, 从满足边界品位的样品开始, 搜索符合条件的样品段, 并将这些样品段以加权平均的方式组合成一个新的样品段。如将品位 1% 以上的样品长度进行加权平均, 1 m 为一个组合样的长度, 最后剩下的样长若 > 0.5 m, 则单独作为一个组合样, 若样长 < 0.5 m 则舍弃。新组合的样品将参与后期的样品插值估算。

2.5 创建块模型及品位插值

(1) 创建块模型。创建块模型时以之前圈好的矿体线框为界, 生成大量的小块。块间距以勘探线间距的 1/5~1/10 为准, 块的长、宽、高的比例参考矿体在三维模型上的比例(图 7, 图 8)。

(2) 建立搜索椭球体。所谓估值, 就是求出块模型中每个块中心位置的品位值, 这就需要在具有相关性



图 6 样品组合参数设置

Fig. 6 Parameter setting of sample combination

	起始块中心	间距	块数	终止块中心
东	-13204	20	108	-11064
北	15968	15	73	17048
高程	142.5	2	124	388.5

图 7 矿块划分参数设置

Fig. 7 Parameter setting for ore block division

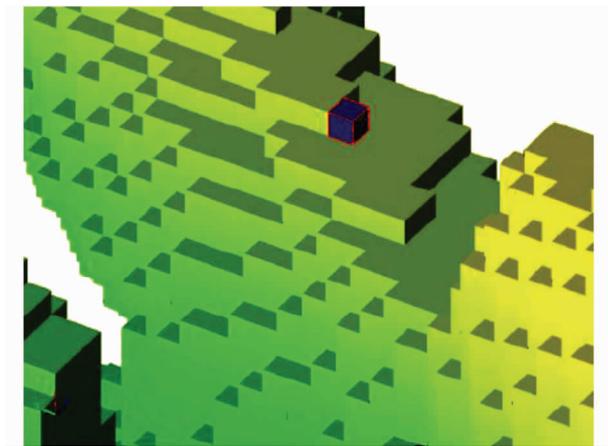


图 8 矿块划分效果图

Fig. 8 Diagram showing effect of ore block division

的空间范围内搜索已知点,并通过给予一定的权系数实现“最佳、线性、无偏”估计。为此,需要建立搜索椭球体。椭球体中心大致位于矿体的中心位置,长轴方向基本与矿体走向一致,长轴倾角与矿体走向倾角吻合,椭球体倾角与矿体倾角一致。总之,建立的搜索椭球体的形态基本上与矿体形态相吻合。

(3)品位插值。创建好空块模型和搜索椭球体之后,根据各矿体实体确定的数据搜索范围,对划分的若干个立方体矿体块进行估值。依据块模型品位估值时估算的次数、参与估值的工程数及搜索椭球体的不同半径,对块模型的地质可靠程度进行分级(表 4)。在品位插值结果示意图(图 9)中不同颜色代表不同的品位分布区间;资源量类型分布示意图(图 10)中不同的颜色代表不同的资源量级别。

表 4 地质可靠程度分级代码

Table 4 Classification code of geological reliability

搜索次数	参与估值的工程数	地质可靠程度	地质可靠程度代码
1	3	控制的	2
2	2	推断的	3
3	1	预测的	4

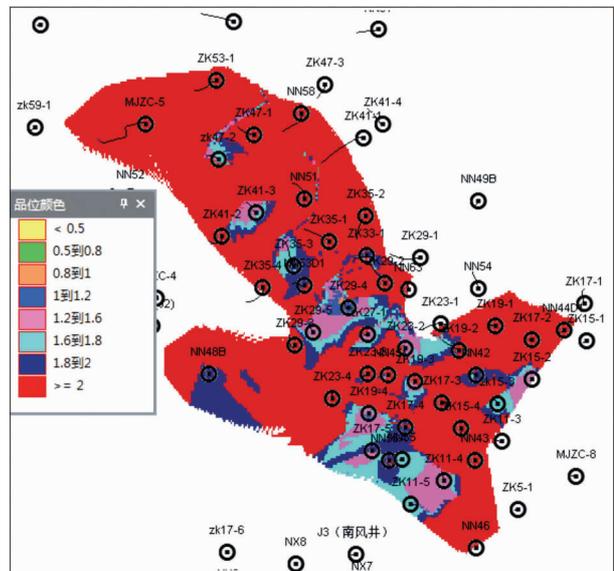


图 9 品位插值示意图

Fig. 9 Illustration of grade interpolation

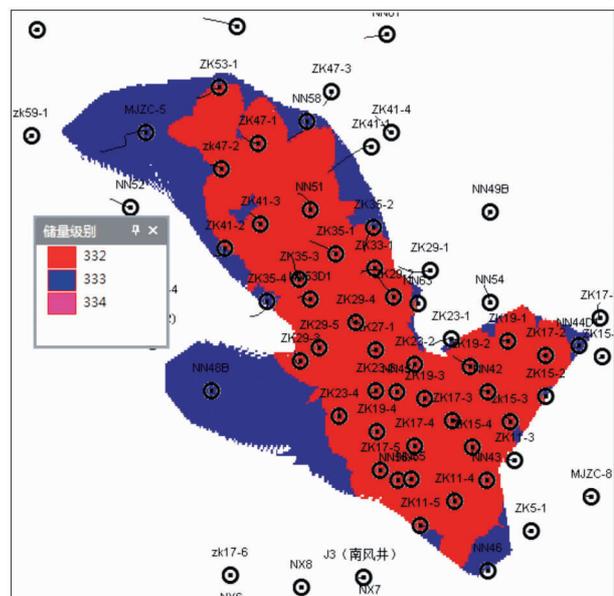


图 10 资源量类型分布示意图

Fig. 10 Illustration of distribution of resource types

3 资源量估算结果及可靠性验证

品位插值后即可对资源量进行估算。在软件“创建模型报告”工具下可自动完成矿产资源量的估算,仅需在添加域的时候设置不同的资源量级别。表 5 是对某矿床资源量的估算结果。

为确保资源量估算过程的正确及估算结果的可靠,可采用 Micromine 软件提供的封闭多面体法对

表5 某矿床资源量估算结果
Table 5 Resource estimation of a ore deposit

从(%)	到(%)	体积/m ³	矿石量/t	体积质量/(t/m ³)	Cu/%	累计体积/m ³	累计吨位/t	$\bar{C}u$ /%	储量级别	金属量/t
0	1	69450	185432	2.67	0.81	69450	185432	0.81	所有	1505
1	1.6	1704300	4550481	2.67	1.39	1773750	4735913	1.37	所有	63184
1.6	100	22418700	59857929	2.67	2.59	24192450	64593842	2.50	所有	1547729
0	1	25200	67284	2.67	0.86	25200	67284	0.86	332	582
1	1.6	601200	1605204	2.67	1.42	626400	1672488	1.40	332	22757
1.6	100	8573100	22890177	2.67	2.42	9199500	24562665	2.35	332	554217
0	1	44250	118148	2.67	0.78	44250	118148	0.78	333	923
1	1.6	444300	1186281	2.67	1.40	488550	1304429	1.34	333	16598
1.6	100	10040700	26808669	2.67	2.70	10529250	28113098	2.63	333	723008

注： $\bar{C}u$ /%为铜的平均品位，表示累积金属量/累积矿石量。

表6 封闭多边形法对同一矿体估算资源量结果

Table 6 Resource volume of the same ore body estimated by closed polygon method

体积/m ³	矿石量/t	体积质量/(t/m ³)	$\bar{w}(Cu)$ /%	金属量/t
24193162	64595742	2.67	2.518	1626520

反距离权重法的结果进行验证。反距离权重法对矿体的品位进行插值，其对品位的估算较为准确，由于采用次分块的方法对矿体进行划分，在体积上与实际的有微量误差；封闭多边形法与之相反，应用封闭多边形法对同一矿体资源量的估算结果见表6。

经比较，2种方法估算的体积差只有0.003%，说明反距离权重法对矿体体积估算的准确性。加之品位插值的准确性，证实反距离权重法估算资源量准确可信。

4 结语

现代计算机软件技术的迅速发展为广大地质工作者提供了高效快捷的工作手段，使用Micromine软件估

算矿体资源量，避免了传统手工计算繁琐冗杂的数据信息等工作，提高了工作效率。当然，三维可视化地质建模是基于地质资料的准确以及对地质成矿规律的正确认识，只有在充分掌握地质资料的基础上，才能确保建模和资源量估算结果的准确、可靠。

参考文献：

- [1] Micromine(北京)国际软件有限公司. Micromine 培训手册[CP]. 北京: Micromine(北京)国际软件有限公司, 2011: 9.
- [2] 侯景儒, 黄竞先. 地质统计学在固体矿产资源/储量分类中的应用[J]. 地质与勘探, 2001(6): 61-66.
- [3] 陈爱兵, 秦德先, 张学书, 等. 基于 Micromine 矿床三维立体模型的应用[J]. 地质与勘探, 2004(9): 77-80.

The Micromine-based estimation principle and method of solid mineral resources

ZHU Haibin

(Sinomine Resource Exploration Co Ltd, Beijing 100089, China)

Abstract: This thesis mainly introduces the principle and method of mineral resources estimation by means of the Micromine software and estimation process. Result of the estimation is checked by the close polygon volume method and confirms that the calculation of the software is quick, accurate and reliable. Estimation of mineral Micromine software prevents manual calculation of tedious miscellaneous data but the 3-dimension visualization modeling must be based on accurate geological data and correct understanding of the geological model.

Key Words: Micromine software; mineral resource estimation; 3D-model