

三维地质建模技术在固体矿产储量估算中的应用

张婷婷, 肖克炎, 李楠, 邹伟

中国地质科学院矿产资源研究所, 北京, 100037

矿产资源储量估算是矿山生产中的重要环节, 资源储量是衡量矿床潜在经济价值和矿山开发建设的重要依据, 在估算方法上, 传统的基于几何计算的方法在国内固体矿产储量估算中仍占据重要的位置, 但传统方法采用简单的几何平均法计算矿体的体积, 用部分化验数据的平均品位代替矿块的整体品位, 没有考虑到成元素的空间相关性, 以规则块体的体积近似代替不规则实体的体积, 计算精度难以保证。随着计算机三维建模及可视化技术的不断发展和成熟, 基于地质统计学的三维空间储量估算得到广泛应用, 该类方法充分考虑了成矿元素的空间属性特征和空间结构特征, 大大提高了估算精度(张起钻等, 2008; 王正帅等, 2010)。

1 三维地质建模技术

三维地质建模是指采用适当的数据结构在计算机中建立能反映地质构造的形态和各要素之间关系以及地质体物理、化学属性空间分布等地质特征的数学模型(杨东来等, 2007), 该技术能对原始勘探资料和地质编录成果进行数字化, 有效管理和分析地质勘探多元数据, 构建地质学家理想的三维勘探辅助决策模型, 科学计算矿床资源储量。

2 基于三维地质建模技术的 Kriging 储量估算

Kriging 发由南非地质学家 Krige 创立, 它以地质统计学理论为基础, 在国外固体矿产储量估算中得到广泛应用。该方法于 20 世纪七八十年代引入我国, 目前, 国内应用较多的主要有二维及三维普通克立格法、二维对数正态泛克立格法、二维指示克立格法、二维及三维协同克立格法以及三维泛克立格法(马翀等, 2011)。

2.1 地质统计学原理

地质统计学是区域化变量理论在评估矿床上的应用, 就矿产储量估算而言, 地质统计学是以矿石品位及储量的精确估计为主要目的, 以矿化的空间结构为基础, 以区域化变量为核心, 以变异函数为基本工具的数学地质方法(侯景儒等, 1993; 肖斌等, 2000)。

2.1.1 区域化变量

区域化变量是以空间点 x 的三个直角坐标 (x_u, x_v, x_w) 为自变量的随机场 $Z(x_u, x_v, x_w)=Z(x)$, 其一方面是一个随机函数, 具有随机、局部、异常的性质, 另一方面又具有一般的或平均的结构性质, 不同的区域化变量具有不同程度的连续性和不同类型的各向异性。

2.1.2 变差函数

变差函数既能够描述区域化变量的结构性变化, 又能描述区域化变量的随机性变化。在一维条件下变差函数定义为: 当空间点 x 在一维 x 轴上变化时, 把区域化变量在 x 与 $x+h$ 处的值 $Z(x)$ 与 $Z(x+h)$ 的差的方差之半定义为区域化变量 $Z(x)$ 在 x 轴方向上的变差函数, 并记为 $\gamma(x, h)$, 即 $\gamma(x, h)=1/2\text{Var}[Z(x)-Z(x+h)]=1/2E[Z(x)-Z(x+h)]^2$ 。

2.1.3 结构套合

为了全面了解区域化变量的变异性, 必须进行结构分析。结构分析就是构造一个变异函数模型对于全部有效的结构信息作定量化的概况, 以表征区域化变量的主要特征。结构分析的主要方法是套合结构, 它是指把分别出现在不同距离 h 上和(或)不同方向 α 上同时起作用的变异性组合起来, 大尺度的变化总是包含小尺度的变化, 或者说大尺度的变化都是由各小尺度的变化组成的, 总的套合结构可表达为: $\gamma(h)=\gamma_0(h)+\gamma_1(h)+\dots+\gamma_i(h)+\dots$

2.2 三维 Kriging 储量估算流程

本文以三维普通克里格储量估算方法为例,估算流程如图 1 所示,基于钻孔数据的三维地质建模,能够构建矿体的三维空间模型,直观地反应出矿体和岩体的分布走向,还可以进行资料数据的动态查询,是三维储量估算的基础。应用地质统计学原理在实体模型的基础上进行品位赋值,建立矿块模型,将矿床三维空间按照一定的尺寸划分为众多的单元块,然后对填满整个矿床范围内的单元块的品位根据已知的样品进行推估,并在此基础上进行储量估算,为矿山生产动态管理提供科学依据。

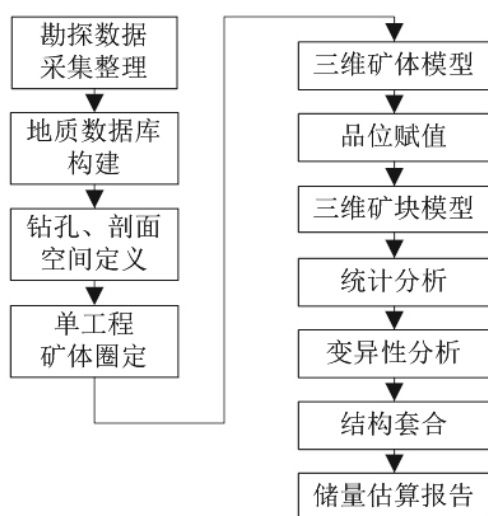


图 1 三维 Kriging 储量估算流程图

3 结论

利用三维地质建模技术构建矿床实体模型,能够直观反应矿体的空间形态特征,但实体模型给出的只是矿体的几何空间形态,无法描绘矿体内部的属性情况,应用地质统计学原理在实体模型的基础上进行空间插值,建立矿块模型,将矿床三维空间按照一定的尺寸划分为众多的单元块,然后对填满整个矿床范围内的单元块的品位根据已知的样品进行推估,并在此基础上进行储量估算,为矿山生产动态管理提供科学依据。

参考文献 / References

- 候景儒等. 1993. 矿床统计预测及地质统计学的理论与应用[M]. 北京: 冶金工业出版社.
- 马翀, 潘懋, 金毅, 姚凌青. 2011. 三维地质建模技术与 Kriging 方法在固体矿产储量计算中的应用[J]. 北京大学学报(自然科学版), 47(3): 483-490.
- 王正帅, 顾和和. 2010. 数字化矿山资源储量计算方法[J]. 煤田地质与勘探, 38(3): 6-9.
- 肖斌, 赵鹏大等. 2000. 地质统计学新进展[J]. 地球科学进展, 15(3): 293-296.
- 杨东来, 张永波, 王新春. 2007. 地质体三维建模方法与技术指南[M]. 北京: 地质出版社: 1-30
- 张起钻, 杨建功. 2008. 固体矿产资源储量估算应注意的问题[J]. 地质与勘探, 44(4): 74-78.