

利用变异函数改进距离 K 方反比法

杨晓雷

(北京科技大学)

结合地质统计学理论, 提出一种距离 K 方反比法的修正方案。

该方案既考虑了矿化作用的空间变异性, 又比克里格法计算量小。

关键词 品位 储量 距离 K 方反比法

距离 K 方反比法是常用的估值方法之一。该法计算公式简单, 计算量也较小, 其最大弱点是未充分考虑品位 (或其它区域化变量) 的空间变异性。在多数情况下, 各个方向的变异性大小不同, 对待估块而言, 具有同样距离、不同方向的样品贡献应该不同, 而距离 K 方反比法却相同。笔者针对上述问题, 提出了一套修正办法, 以弥补距离 K 方反比法的不足。并将该法用于某岩金矿床的估值, 得到了较好的效果。

修正距离 K 方反比法的 理论基础

随着计算机技术的推广使用, 距离 K 方反比法已较广泛地应用于矿产储量、品位的估计之中, 其计算公式为:

待估点品位

$$G = \frac{\sum_{i=1}^n G_i}{\sum_{i=1}^n d_i^k} / \frac{\sum_{i=1}^n 1}{\sum_{i=1}^n d_i^k}$$

式中, G_i 为信息样品的品位, d_i 为信息样品点与待估点的距离, k 为幂指数 (一般取 1 或 2)。

该法主要优点是公式简单, 易于计算机化; 缺点是估计结果有时误差较大, 不如克里格法精确可靠。如果引入区域化变量理论对距离 K 方反比法加以改造, 便可提高其

精度和可靠性。

研究区域化变量的主要工具是变异函数, 引入它即可知区域化变量在各个方向上的变异程度。其定义为: 在空间任一方向上, 相距 h 的两个区域化变量值 $Z(x)$, $Z(x+h)$ 的增量的方差的半, 就是变异函数值, 即:

$$r(h) = \frac{1}{2} \text{Var}[Z(x) - Z(x+h)] \\ = \frac{1}{2} E\{[Z(x) - Z(x+h)]^2\}$$

实验变异函数的计算公式为:

$$r^*(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i+h)]^2$$

求得实验变异函数 (曲线) 后, 通过分析处理, 便可求出修正距离 K 方反比法的修正系数。下面予以详细论述。

设 X , Y , Z 分别为变异主轴向, A 为变程, C 为总基台值。分 3 种情况讨论修正系数 P 的确定。

1. 各向同性

变异函数呈各向同性时, 表明区域化变量在各个方向上具有相同的性质, 各个方向的修正系数 P_i 相等, 即:

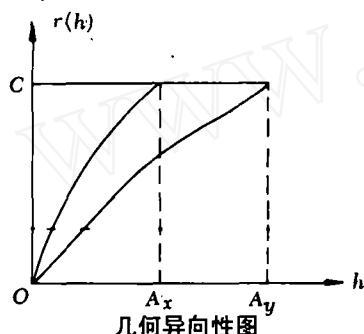
$$P_x = P_y = P_z = 1$$

2. 几何各向异性

当区域化变量在不同方向上表现出变异

程度相同（总基台值相等），而连续性不同（变程不等）时，称为几何异向性，它可以通过简单的线性变换，转化成各向同性。

图中， X 和 Y 方向的变程分别为 A_x 、 A_y 。要将其变换成各向同性，首先求各向异性比 $K = A_y / A_x$ 。以平面问题为例，设 h_x 、 h_y 分别为两点在 X 、 Y 方向的距离分量，那么经变换后的距离分量， $h'_x = K \cdot h_x$ ， $h'_y = h_y$ 。



同理，可得修正系数与变程的关系式：

$$\begin{cases} P_x \cdot A_x = P_y \cdot A_y = P_z \cdot A_z \\ P_x = 1 \end{cases}$$

3. 带状各向异性

当区域化变量在不同方向上呈现出各向异性，这种各向异性不能通过简单的线性变换来消除时，就称为带状各向异性。带状各向异性在工程中最为常见，精确地消除它的异向性很困难，下面提出一近似修正关系式。

修正系数、变程与总基台值的关系式为：

$$\begin{cases} P_x \cdot A_x / C_x = P_y \cdot A_y / C_y = P_z \cdot A_z / C_z \\ P_x = 1 \end{cases}$$

两点的几何距离

$$h = \sqrt{h_x^2 + h_y^2 + h_z^2}$$

修正后的距离

$$h' = \sqrt{(P_x h_x)^2 + (P_y h_y)^2 + (P_z h_z)^2}$$

式中， h_x 、 h_y 、 h_z 分别为 X 、 Y 、 Z 方向的距离。

总之，修正距离 K 方反比法与距离 K 方反比法的区别在于当距离相同时，距离 K

方反比法给所有的方向以相等的权数，而修正过的方法则对不同的方向给出不同的权数。

方法应用

将上述估值方法应用于某岩金矿床的品位、储量估计中。该矿的矿体较薄，平均厚度为 7.72m，适合用平面网格模型。网格模型的实质是在矿层面上划分网格，于网格单元用数字、色彩或垂直柱体高度记录矿体品位、厚度的模型技术。对于层状矿体，网格面直接建立在矿层面上，可用网格单元的垂直柱体高度来表达该单元的平均厚度（或品位），直观性较好。对非层状矿体需要设置投影面，该面一般沿倾向设置，便于各类勘探信息的处理和投影。

该矿矿体平均倾角为 29° ，矿体倾角和矿体起伏变化很小，可在一个基准面（投影面）上建立整个矿体的网格模型。当倾角变化大时，需分区建立基准面。

沿矿体倾向，以平均倾角 29° 方向上建立一基准面，将全部的地质钻孔信息投影该面上，并按矿块大小划分网格，施行估值。为了评价估值效果，本文用了对数克里格法和修正距离 K 方反比法。

用修正距离 K 方反比法估值时，首先计算修正系数，因厚度的变异函数各向同性，故其修正系数 $P_x = P_y = 1$ ，这时的修正距离 K 方反比法变成了普通距离 K 方反比法；线金属量的变异函数呈带状各向异性，其变异参数见表 1。

表 1 线金属量变异参数表

参 数	C_0	C	a
X 轴方向	6217	45071	90
Y 轴方向	6217	7459	45

修正系数：

$$P_x = 1$$

$$P_y = \frac{P_x \cdot A_x \cdot C_y}{A_y \cdot C_x}$$

$$= \frac{90 \times (7459 + 6217)}{45 \times (45071 + 6217)} = 0.533$$

表 2 采场储量计算对比表

采场号	品位(g/t)		储量(t)	
	克里格法	修正距离法	克里格法	修正距离法
1451	14.4	13.81	20696	21513
1452	14.72	12.94	21759	20081
1453	15.24	17.28	22829	22760
1461	9.27	9.47	18409	19903
1462	7.83	6.9	19099	20394
1463	6.72	6.03	199911	20955
1464	6.58	7.55	18456	18870
1471	6.66	7.91	18151	19132
1472	8.82	8.41	24990	24017
1473	10.42	9.84	30127	29590

将求出的修正系数代入修正距离 K 方反比法程序 (本例 K 取 1.5), 即可计算出各块的厚度、线金属量。而矿块的品位、金属量和矿量则由下式计算:

金属量 = 线金属量 $\times$ 矿块面积 $\times$ 比重

矿量 = 厚度 $\times$ 矿块面积 $\times$ 比重

品位 = 金属量 / 矿量

= 线金属量 / 厚度

首先计算同各采场的品位、储量 (表 2), 然后累加各中段采场的储量即为中段储量 (表 3)。

从表 2、3 看出, 修正距离 K 方反比法与克里格法所得结果相近, 但其计算速度却比克里格法快。

表 3 中段储量计算对比表

中段号	修正距离法 矿量(t)	对数克里格法 矿量(t)	相对误差 (%)
-95	276898	285759	3.2
-120	681143	673922	1.1
-145	652217	640561	1.8

结 论

本文提出的修正方案弥补了距离 K 方反比法的主要缺陷, 提高了计算精度。目前国外的矿山多采用克里格法估计品位、储量, 该法计算量大; 尤其在待估块形态不规则时 (如任意块模型), 采用修正距离 K 方反比法可极大减小计算量。

Use Variogram to Modify Reverse K Square Distance Method

Yang Xiaolei

Combining with geostatistics, the author presents the scheme which can modifies reverse K square distance method. It considers the spacial variability of mineralization, and needs less calculation time than that of kriging method.

铁屑制取铁红(非晶种湿法)

在大陶缸中放入适量的清水, 搅拌下缓慢加入浓硫酸, 配成浓度 21%~25% 的稀硫酸。按铁: 硫酸 = 56:98 的重量比例, 向稀硫酸中搅拌下缓慢加入过量的铁屑。待反应停止, 趁热过滤, 将滤液冷却至室温, 静置。完全结晶后, 滤取晶体, 用清水冲洗 2 次, 得浅绿色七水硫酸亚铁。

将七水硫酸亚铁用清水配成 70% 的浓度, 按硫酸铁: 氢氧化钠 = 76:40 的重量比例, 加入稍过量的氢氧化钠 (30% 浓度), 充分搅拌至反应完

全, 静置。待结晶完全后, 滤取沉淀, 用清水冲洗 2 次, 抽干, 移置大钢板上边加热边搅拌翻铲, 至成棕褐色, 停止加热。冷即至室温, 粉碎, 过 325 目筛, 得鲜红色粉状成品。

合并滤除浅绿色沉淀 (氢氧化亚铁) 后的滤液及洗液, 经加热蒸发浓缩、冷却、结晶, 滤取晶体, 加热至 100℃, 使失去结晶水, 得无水硫酸钠副产品。

(据《矿产地质动态》, 1993, 第 2 期)