

空间插值方法对比研究：以南岭成矿带 钨资源量为例

刘岳^{1, 2)}, 汪新庆^{1, 2)}, 夏庆霖^{1, 2)}

1) 中国地质大学资源学院, 武汉, 430074;

2) 中国地质大学地质过程与矿产资源国家重点实验室, 武汉, 430074

地球数据的空间分布趋势常常通过对空间点的插值得到, 从而将离散度的采样点转化成连续的面。传统的插值方法有普通克里格 (Kriging)、反距离加权。成秋明 (1999, 2000, 2007) 提出的多重分形反距离加权 (MIDW) 插值是一种新的插值方法, 这种插值方法考虑到了采样数据 (如化探数据、土壤数据等) 的空间关联和局部奇异性特征, 特别是顾忌到了局部高值和低值数据, 而传统的滑动平均插值方法, 如反距离加权方法、克里格方法, 往往会将局部高值和低值部分平滑, 丢掉了重要的信息。本文应用这三种插值方法分别绘制了南岭成矿带钨资源量等值线图, 目的是用于比较三种方法的差异, 研究该成矿带内钨矿床的空间分布特征, 并识别局部奇异性, 为进一步地质找矿提供新的思路和参考依据。

1 插值方法

1.1 普通克里格 (Kriging)

克里格插值法是一种建立在变异函数模型上的最佳线性无偏估计方法, 充分考虑区域化变量的空间相关性和趋势 (袁峰等, 2008)。

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

其中, h 为滞后距离, $N(h)$ 为距离等于 h 的样点对数;

$Z(x_i)$ 和 $Z(x_i + h)$ 分别为区域化变量 $Z(x)$ 在位置 x_i 和 $x_i + h$ 处的实测值。

1.2 反距离加权 (IDW)

反距离加权是一种以距离作为权重的滑动平均加权插值法, 考虑了空间数据与距离呈相关的特性, 其公式为 (Davis, 1986):

$$Z(x_0) = \sum_{i=1}^{N(h)} \lambda_i Z(x_i) \quad (2)$$

其中, $Z(x_0)$ 为 x_0 处的估计值; N 为用于插值的邻近样点个数; $Z(x_i)$ 为样点 x_i 处的实测值; λ_i 为已知点的权重, 由下式求的:

$$\lambda_i = \frac{1/d_i^k}{\sum_{i=0}^n 1/d_i^k} \quad (3)$$

其中, d_i 为估计点与实测点之间的距离, k 为幂指数。

1.3 多重分形反距离加权 (MIDW)

多重分形反距离加权方法 (MIDW) 将奇异性指数纳入到其中, 可以保留和增强数据的局部结构信息 (Cheng, 1999, 2000, 2007), 其公式如下:

$$\rho(x_0, \varepsilon) = (\varepsilon / \varepsilon_0)^{\alpha(x_0)-2} \sum_{x_i \in \Omega(x_0, \varepsilon_{\max})} \lambda \|x_i - x_0\| Z(x_i) \quad (4)$$

其中, λ 为滑动平均加权的权重, 是通过一系列采样点的线性权重组合, 再经过反距离加权插值得到。 $\alpha(x_0)$ 是奇异性指数, 当 $\alpha(x_0)=2$ 时为背景场或非奇异场, 占研究区大部分面积, 当 $\alpha(x_0) \neq 2$

注: 本文为覆盖区矿产综合预测计划项目 (编号 1212011085468) 和全国矿产资源定量评价项目 (编号 1212011121040, 1212011121045) 的成果。

收稿日期: 2013-03-13; 改回日期: 2013-03-21; 责任编辑: 章雨旭。

作者简介: 刘岳, 男, 1982 年生。主要从事矿产资源定量评价。Email: liuxy314@163.com。

时为异常场或奇异场, 占研究区小部分面积, 指示矿化特征。

2 实现方法

IDW、Kriging 插值是在 ArcGIS 9.3 的 Geostatistical Analysis 下完成, MIDW 插值是在 GeoGAS 软件的中 MIDW 模块中完成, 应用三种插值方法对南岭成矿带 197 个钨矿床资源量分析 (图 1)。已查明钨资源量最大值为 701170 吨, 最小值为 14 吨。

3 结果分析

三种插值方法产生了三种不同的插值结果 (图 2, 图 3, 图 4), 插值后的钨资源量变化范围差异较大, Kriging 插值后的资源量变化范围是 445—216499 吨; IDW 插值后的资源量变化范围是 40—580926 吨; MIDW 插值后的资源量变化范围是 27—654269 吨。无论是高值部分还是低值部分, MIDW 插值方法都保留了很好的结果, 与实际情况非常吻合, 刻画了钨资源量空间分布的奇异性特征, 提供了重要的找矿信息 (图 4); 其次是 IDW 插值方法, 该方法简单, 易于实现, 平滑掉了较少的高值和低值数据 (图 3); 而普通 kriging 插值方法在研究数据的局部异常特征时效果最差, 平滑掉了大量的高值和低值数据, 与实际数据极不吻合 (图 2)。

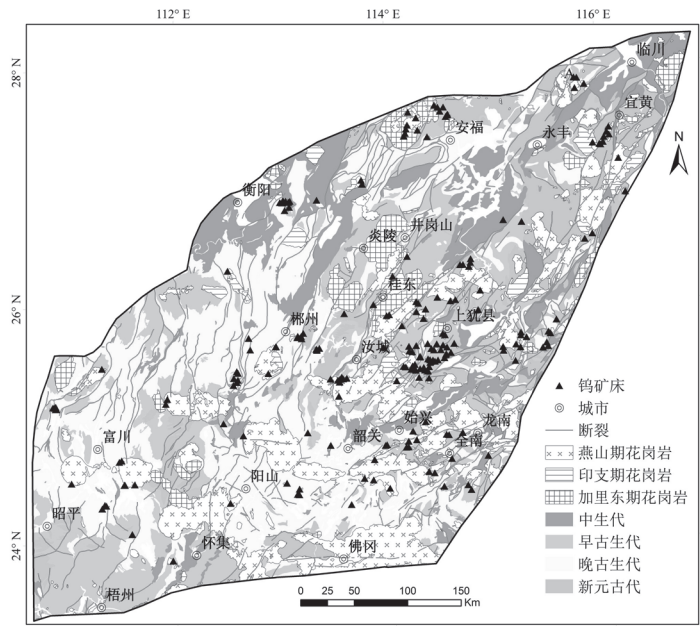


图 1 南岭成矿带地质简图

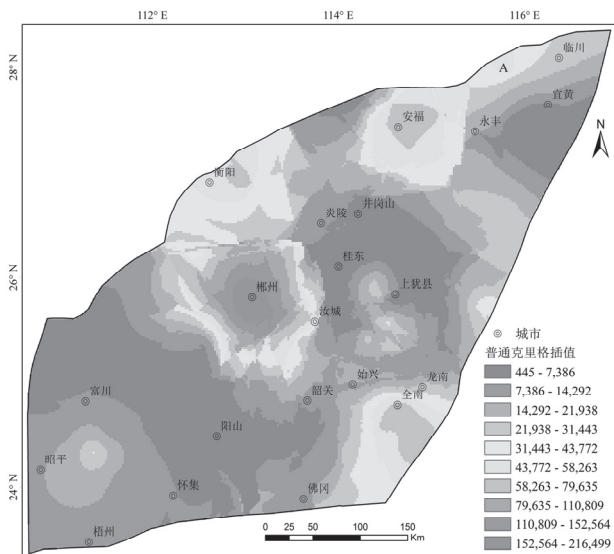


图 2 钨资源量克里格插值等值线图

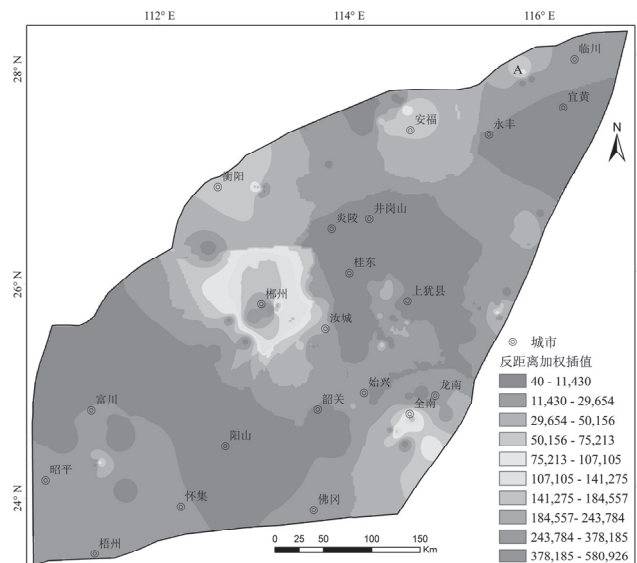


图 3 钨资源量反距离加权插值等值线图

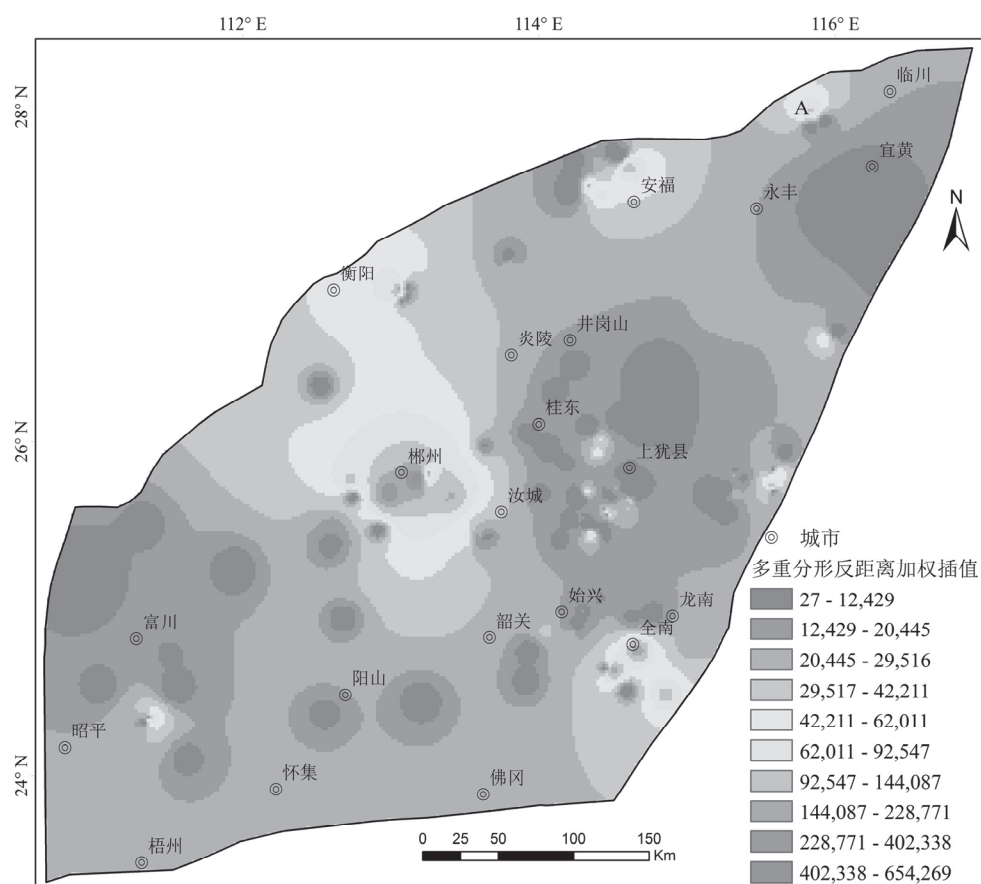


图 4 钨资源量多重分形反距离加权插值等值线图

参 考 文 献 / References

- 袁峰, 白晓宇, 周涛发, 李湘凌, 张鑫, 陈兴仁, 陈永宁, 陈富荣, 贾十军. 2008. 元素空间分布插值方法的对比研究: 以铜陵地区土壤中的重金属元素为例. 地学前缘, 15(5): 103~109.
- Davis J C. 1986. Statistics and data analysis in geology. New York: John Wiley and Sons, 1~257.
- Cheng Q. 1999. Multifractal interpolation. In: Lippard, S.J., Naess, A., Sinding-Larsen, R. (Eds.), Proceedings of the Firth Annual Conference of the International Association for Mathematical Geology, Trondheim, Norway, vol. 1, p. 245~250. Printed by TAPIR.
- Cheng Q. 2000. GeoDAS Phase I: User's Guide & Exercise Manual. Unpublished notes, York University, 1~298.
- Cheng Q. 2007. Modeling local scaling properties for multiscale mapping. Vadose Zone Journal. 7:525~532.