

应用 MAPGIS 数字高程模型提取区域地球化学 异常信息的方法探讨

陈希清¹⁾, 杨晓君¹⁾, 陈富文¹⁾, 高立宝²⁾

1)宜昌地质矿产研究所, 湖北宜昌 443003

2)中国核工业地质局 203 研究所, 陕西咸阳 712000

摘 要: 区域地球化学异常信息提取方法较多, 各种方法的原理及适用条件不同。笔者详细介绍了应用 MAPGIS 数字高程模型提取区域地球化学异常信息的方法。该方法具有异常圈定前不需对原始数据作过多预处理, 圈定时可不考虑地质背景划分、地球化学景观的不同, 不受工作区研究程度及研究人员专业影响, 方法适应性强, 简单、快速, 并能客观反映矿化情况, 较好地体现地球化学元素的空间变化, 对地球化学分区研究和指导找矿具有重要意义。

关键词: 区域化探; 异常信息提取; MAPGIS; 数字高程模型; 地球物化勘查

中图分类号: P612 **文献标志码:** A **文章编号:** 1006-3021(2009)01-119-07

A Discussion on the Method for Extracting Regional Geochemical Anomaly Based on MAPGIS Digital Elevation Model

CHEN Xi-qing¹⁾, YANG Xiao-jun¹⁾, CHEN Fu-wen¹⁾, GAO Li-bao²⁾

1) Yichang Institute of Geology and Mineral Resources, Yichang, Hubei 443003

2) Research Institute No.203 Bureau of geology, CNNC, Xianyang, Shanxi 712000

Abstract: There are many methods for extracting regional geochemical anomalies, and each method has its principle and applicable conditions. This paper deals with the extraction method based on MAPGIS digital elevation model, which needs not complex preprocessing before delineating anomalies and takes no account of geological background, geochemical landscape, research extent and profession of researchers. This method is characterized by strong adaptability, suppleness and speediness, and can objectively reflect regional mineralization features and spatial changes of geochemical elements, thus having great significance in regional geochemical study and prospecting for ore resources.

Key words: regional geochemical survey; extraction of anomaly information; MAPGIS; digital elevation model; geophysical and geochemical exploration

我国以矿产勘查为主要目的区域性地球化学调查工作, 获得了系统而规范的大面积、多参数(39 种分析元素)的地球化学数据, 建立了全国区域化探数据库, 为我国的矿产勘查及基础地质研究起到了巨大的推动作用。但所获海量数据远未得到充分运用, 尤

其在一些重要的成矿区带, 选用合适有效的方法提取客观明确的地球化学异常信息以指导找矿工作仍值得探讨。笔者在湘西鄂西地区 1:20 万化探数据处理中, 对应用 MAPGIS 数字高程模型提取区域地球化学异常信息的方法进行了初步尝试, 取得了一定效果。

本文由中国地质调查局战略性矿产资源远景调查项目(编号: 矿调[2005]14-4 号)资助。

收稿日期: 2008-03-10; 改回日期: 2008-05-10。

第一作者简介: 陈希清, 男, 1966 年生, 高级工程师。主要从事地球化学找矿工作。通讯地址: 443003, 湖北省宜昌市港窑路 37 号。

电话: 0717-6346923。E-mail: cxq6624@126.com。

1 常用地球化学异常信息提取方法

1.1 传统方法(直接计算异常下限)

根据公式 $C_a = C_0 \pm RS$ 直接计算异常下限, 式中 C_a 为异常下限; C_0 为背景值; S 为标准差; R 为决定可靠性的一个系数, 在 1~3 之间选取, 以固定值 C_a 圈定异常。此方法仅在研究区面积较小时接近真实(阮天健等, 1985), 对区域性地球化学异常信息的提取显然不合适。

1.2 地质背景衬值异常法

在研究区内依据地质背景划分若干统计单元, 分别统计各单元平均值(X_j), 区内各点数据(x_{ji})除以其所在统计单元的平均值(X_j), 从而得到该元素的背景衬值数据图, 然后在背景衬值数据图上圈定地质背景衬值异常图。此方法的优点是考虑了地质背景因素, 能充分体现不同地质体间的差异性, 很好的弥补采用单一异常下限时强度较弱, 特别是在低背景区的异常被削弱或掩盖, 导致部分异常信息丢失的不足。此方法的局限性是工作量较大, 处理过程较繁琐, 背景单元的划分受研究人员认识水平、所持观点及工作区研究程度等因素影响而形成多种划分方案, 导致异常下限可变和异常的不确定(李宝强等, 2004)。

1.3 滑动平均标准化数值法

以区内各点为中心选取适当大小数据窗口(圆形或矩形), 统计窗口内数据的平均值, 以该中心点的数据与窗口内数据平均值的商替代中心点原始数据, 逐点进行替换得到滑动平均标准化(衬值)数据图, 在滑动平均标准化数据图上求得异常下限, 圈定相应的滑动平均标准化数据异常图。该方法的核心是将原始数据转换为以该点为中心一定大小窗口内所有原始数据平均值的倍数, 以消除各种原因造成的背景影响和不同元素间的丰度台阶, 形成一套(无量纲的)标准数据, 可以直接进行元素间相互比较。该方法不需要考虑地质构单元界线, 适合于地质工作程度极低的地区地球化学数据处理。不足之处是, 对窗口大小的选择基于研究者的经验(李宝强等, 2004), 因而有一定的人为因素。

1.4 子区中位数衬值滤波(SAMCF)法

该法是在对已获得的各种化探数据处理方法进行系统研究的基础上, 吸收了 EDA 技术和滤波技术开发出的一种处理 1:20 万区域化探扫描面数据的计算机数据处理方法。这一技术为实现区域化探异常的快速筛选与评价奠定了基础, 目前已形成一套从数据处理到绘制单元素、多元素异常图的计算机系统。

EDA 技术中的一套统计参数是数据集的中位数、2 个极值点和上下 4 分点, 它利用下列公式来识别异常:

$$F_u = Q_u + 1.5 \times S_h \quad (1)$$

$$F_l = Q_l - 1.5 \times S_h \quad (2)$$

其中 F_u 和 F_l 为异常界限值, F_u 相当于异常下限, F_l 相当于异常上限, Q_u 为上 4 分点, Q_l 为下 4 分点, S_h 为内散度。EDA 方法中 25% 的数据点被认为可能是“野”的, 这些“野值”对中位数和节点(上下 4 分点)不产生影响。EDA 技术识别异常的一个显著特点就是能够抵抗干扰和“野”数据(当然也可能是异常)的影响(史长义等, 1999)。子区中位数衬值滤波具体方法为: 以 3×3 个单位格子(1:20 万化探扫描面中 4 km^2 格子)作为中心窗口, 求其中位数作为中心格子的趋势值(CW_m)。取 9×9 个单位格子中的中位数作为背景值, 采用 $F_u = Q_u + 1.5 \times S_h$ 作为异常下限, 然后计算 CW_m 与 F_u 的比值 FC (即衬值)。若 $FC > 1$, 则表明元素具有明显的正异常。在方法的数据处理过程中, 自动地把一个大区域划分成很多个小子区(相应于地球化学小子区), 每个小子区均具有自己的地球化学背景值和异常下限值, 解决了低背景区和高背景区弱小异常的识别问题, 克服了采用全区统一异常下限给异常识别带来的困难, 实现了不同的地质地球化学子区采用不同的异常下限圈定异常的要求。现在 SAMCF 方法已被广泛使用(赵荣军, 2006; 廖敏等, 2007)。

此外, 还有各种化探数据处理方法, 如针对地球化学场的分形方法、对数据的归一化法等(朱有光等, 1997; 李方林等, 1999; 裴韬等, 1999, 2002; 谢淑云等, 2002; 王军等, 2003; 邹林等, 2004; 刘大文, 2004; 李随民等, 2005; 时艳香等, 2005)。

2 应用 MAPGIS 数字高程模型提取区域地球化学异常信息的方法探讨

2.1 方法原理

区域地球化学异常是相对于区域地球化学背景而言的, 地球化学背景包括空间范围和含量幅度两方面的含义(阮天健等, 1985)(图 1)。区域地球化学背景不是一个确定的含量值, 而是一个含量范围, 空间上表现为较大范围内连续变化的曲面, 主要受地质背景控制。此外, 区域地球化学数据还受地理景观、采样介质、分析手段等因素影响, 不可避免的产生系统误差而或多或少的改变背景曲面的形态。在正确圈定异常前就需尽可能真实的模拟区域地球化学背景曲面的变化, 以对区域地球化学数据进行适当的背景校正(包括系统误差的消除)。

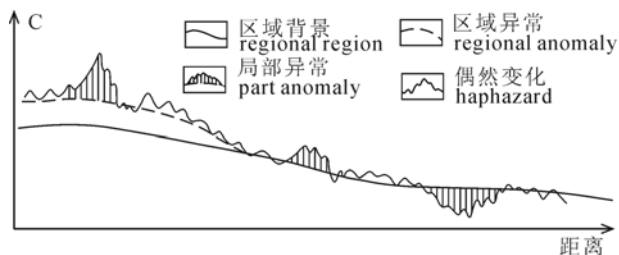


图 1 不同尺度异常的关系示意图
Fig. 1 Sketch map of anomalies on different scales

将原始区域化探数据(1:20 万组合样数据, 规则网格)引入 MAPGIS 的数字高程模型系统(及高程库管理系统), 形成以元素含量为高程值的数字高程模型, 在高程模型中利用像元邻域统计功能, 对模型中以每一像元为中心的固定大小的窗口内的像元进行统计, 可选用合适的统计结果作为输出数据层中对应像元的像元值来模拟区域地球化学背景曲面。像元邻域统计时可改变统计窗口的大小和选择最小值、最大值、高程范围、累加值、平均值、标准偏差以及中值七种统计方式, 笔者通过用原始数据对比试验分析, 认为采用 7×7 统计窗口对 1:20 万化探数据进行邻域中值统计计算后, 模型能较好地反映背景的变化情况。

此外, 数据中常常存在由于次生富集的不均匀性、偶然性变化等引起的离群值, 会极大地影响模拟背景的分布形态, 使异常的地质解释受到影响, 因此在背景模拟前需对数据进行空间滤波处理, 减弱或消除局部因素的影响。通过均值低通滤波可以使原始数据平滑, 减少特别高或者特别低的像元值。

传统方法以固定值 C_a 圈定异常, 难以发现低背景区的弱小异常。作者注意到, 以衬值计算为基础的方法却有可能过分地夸大低背景区元素含量的不明显变化。如图 2 所示, a 点处于相对低背景区, 某元素含量仅为 2(虚拟单位, 下同), 其衬值 $FC_a=1.80$; 而 b 点元素含量为 10, 由于背景值高, 其衬值 FC_b

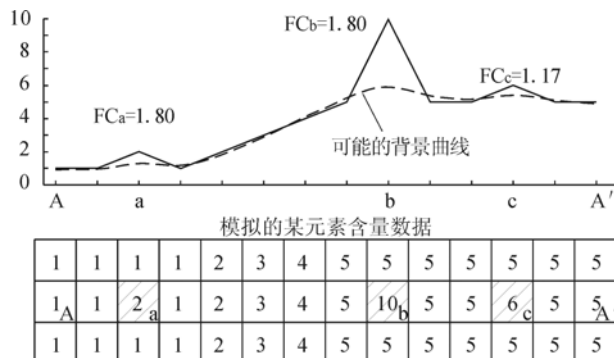


图 2 a 点的衬值(FC_a)相比 b 点的衬值(FC_b)被过分夸大示意图

Fig. 2 Sketch map showing gross magnification of FC_a to FC_b

也仅为 1.80。事实上由各类地质作用对成矿元素的富集, 在那些背景值高(包括高值区)的地区比起背景值低(包括低值区)的地区相对更容易浓集成矿。因此, 可运用 MAPGIS 的数字高程模型系统中的规则网差值运算(或数学表达式计算—求差)功能, 用模拟的空间背景场值对原始数据进行背景校正, 消除地质背景、地理景观、样品分析批次等不同的影响, 在元素含量校正值(残差, 为某点上元素的矿化叠加值?)基础上运用数字高程模型直接进行异常圈定和信息的提取。

2.2 方法流程

应用 MAPGIS 数字高程模型提取区域地球化学异常信息的流程见图 3。

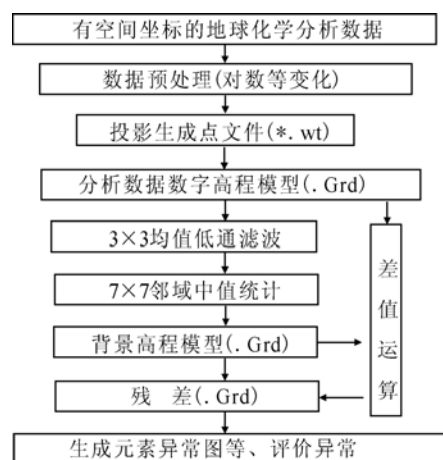


图 3 地球化学异常信息提取流程
Fig. 3 Flow chart of extraction of geochemical anomaly information

需要说明的是: 数字高程模型(.Grd)生成时采用的网格间距为 $10 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}$, 其网度相当于 1:20 万实际组合样品点的间距($2 \text{ km} \times 2 \text{ km}$)。对其他比例尺(如 1:5 万)化探数据的应用时, 可相应调整网格间距, 使模型能最好的反映数据原貌; 消除偶然性变化等引起的离群值采用 3×3 均值低通滤波窗口($6 \text{ km} \times 6 \text{ km}$)模拟区域地球化学背景曲面时采用 7×7 窗口($14 \text{ km} \times 14 \text{ km}$)进行邻域中值统计, 效果较好, 也可结合地质情况适当调整窗口大小; 经差值运算后的结果数字高程模型(Grd), 在自动生成异常图前, 可将其高程值(经背景校正的矿化强度信息)导出, 进行统计分析, 指导异常图的编制、信息的提取。

2.3 应用实例

湘西鄂西地区铅锌找矿工作近年来取得了重要进展, 但运用区域地球化学资料指导找矿工作尚处于探索阶段。作者运用 MAPGIS 数字高程模型对该地区 1:20 万水系沉积物测量的锌网格化原始数据

(面积为 7.5 个 1:20 万图幅)进行了提取区域锌地球化学异常信息的探索。

测区位于湖南湖北两省交界的西部地区,以往地质工作程度极低。区内地层受区域构造控制,呈 NNE—NE 向展布,为一套沉积岩和浅变质的沉积岩,已发现 Pb、Zn、Cu 矿(化)点多处。铅锌矿(化)点都明显受地层、沉积相和构造控制,物质组分比较简单,属层控型铅锌矿(祝新友等,2006)。矿体主要赋存寒武系娄山关组、奥陶系南津关组、龙王庙组碳酸盐地层中(图 4)。

原始数据表(EXCEL 表格文件)可直接投影转换成数字高程模型。本次工作对原始数据进行了对数变换,变换前后 Zn 分布频数直方图(用 GeoKit 软件(路远发,2004)自动生成)如图 5(a)、(b)所示,可

以看出 Zn 原始数据明显正偏而服从对数正态分布。

经由“ 3×3 均值低通滤波- 7×7 邻域中值统计”过程生成的背景模型(Zn 背景.Grd),在数字高程模型系统中通过剖面分析可检查其对地质背景的拟合情况(图 4 中 A-A 图切地化剖面)。剖面上元素含量曲线显示,模拟的 Zn 背景曲面的高程值变化较好地反映了不同地层单元中 Zn 含量的差异,模型的陡坡带与不同地球化学块体的边界吻合。

经背景校正后的 Zn 残差值呈正态分布,见图 5(c)所示,统计特征值: $C_0 = 0.0016(\log 10^{-6})$, $S = 0.096(\log 10^{-6})$ 。图 6 为经背景校正后生成的 Zn 单元异常图(异常下限: $C_a = C_0 + 1.65S = 0.16(\log 10^{-6})$),其中负异常未表示。图 7 是用传统方法圈定的 Zn 单元异常图(异常下限: $C_a = C_0 + 2S = 120(10^{-6})$)。

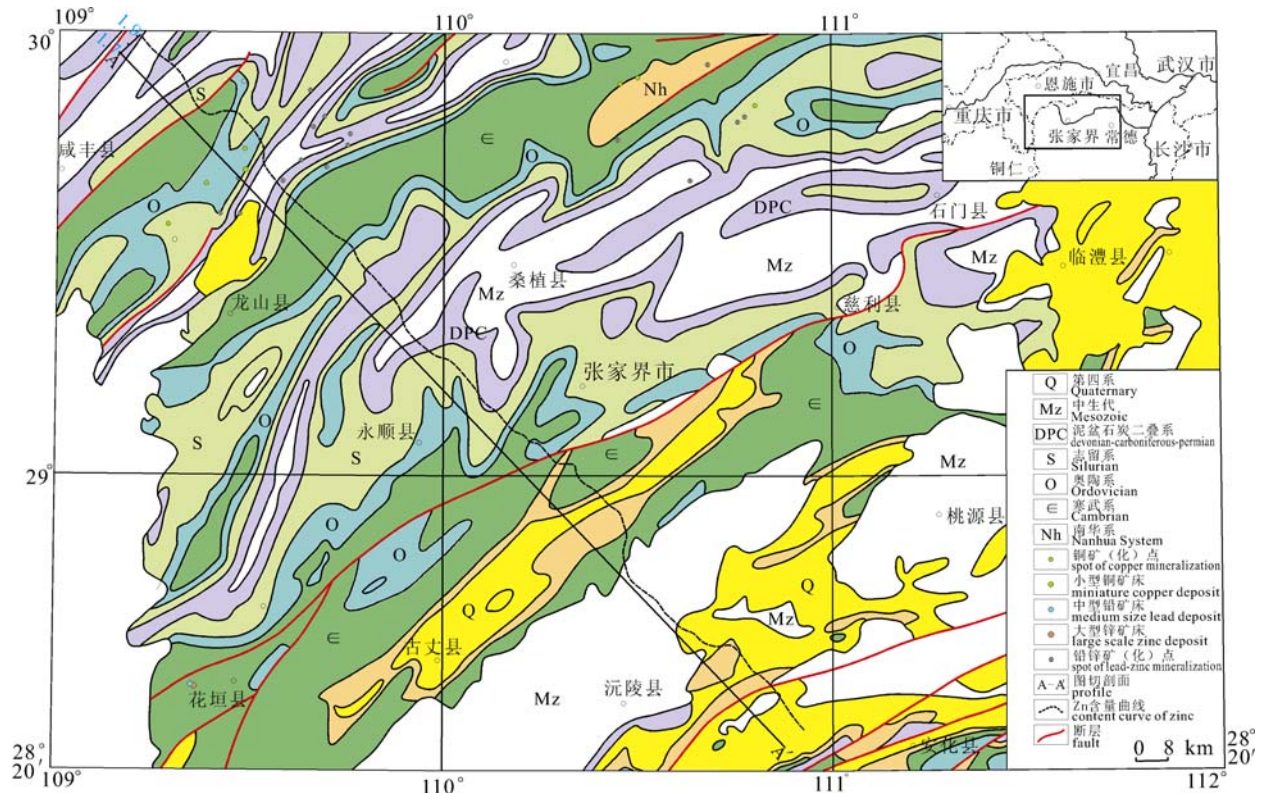


图 4 湘西鄂西地区地质简图(附 Zn 地球化学剖面)

Fig. 4 Geological sketch map of the west Hubei-West Hunan area(with geochemical section of zinc)

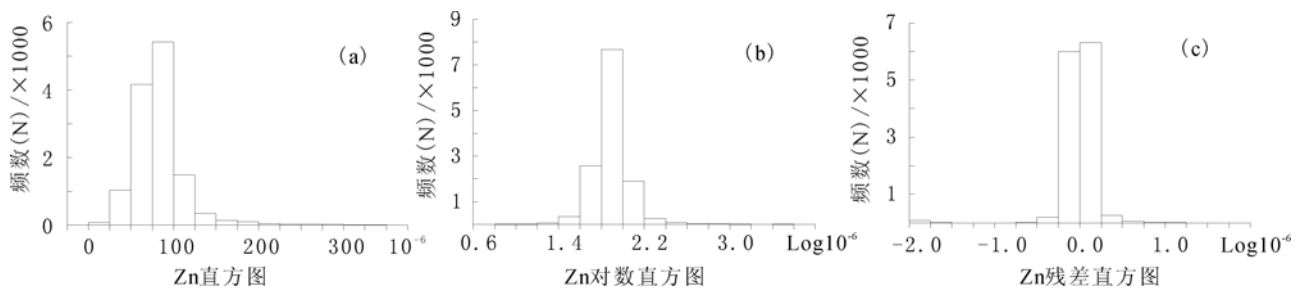


图 5 湘西鄂西地区 Zn 分布频数直方图

Fig. 5 Histogram of Zn frequency in the west Hubei-west Hunan area

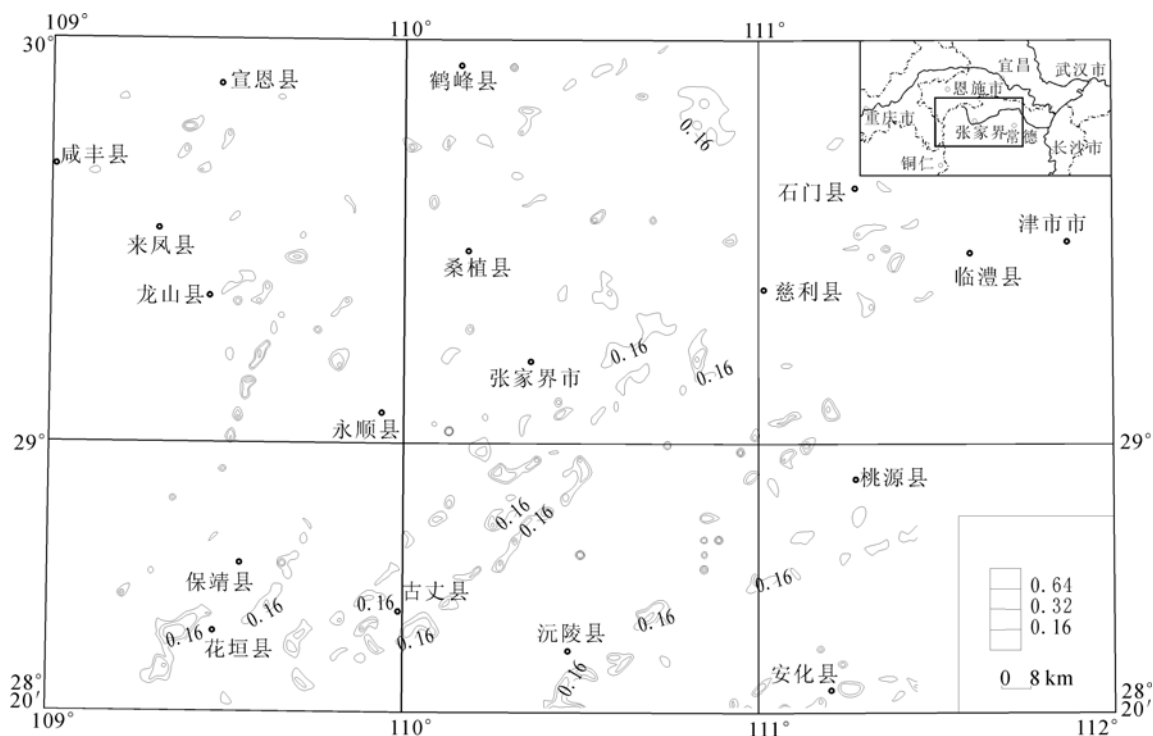


图 6 湘西鄂西地区 Zn 异常图(经背景校正后)

Fig. 6 Map showing zinc anomalies in the west Hubei-west Hunan area(revised background)

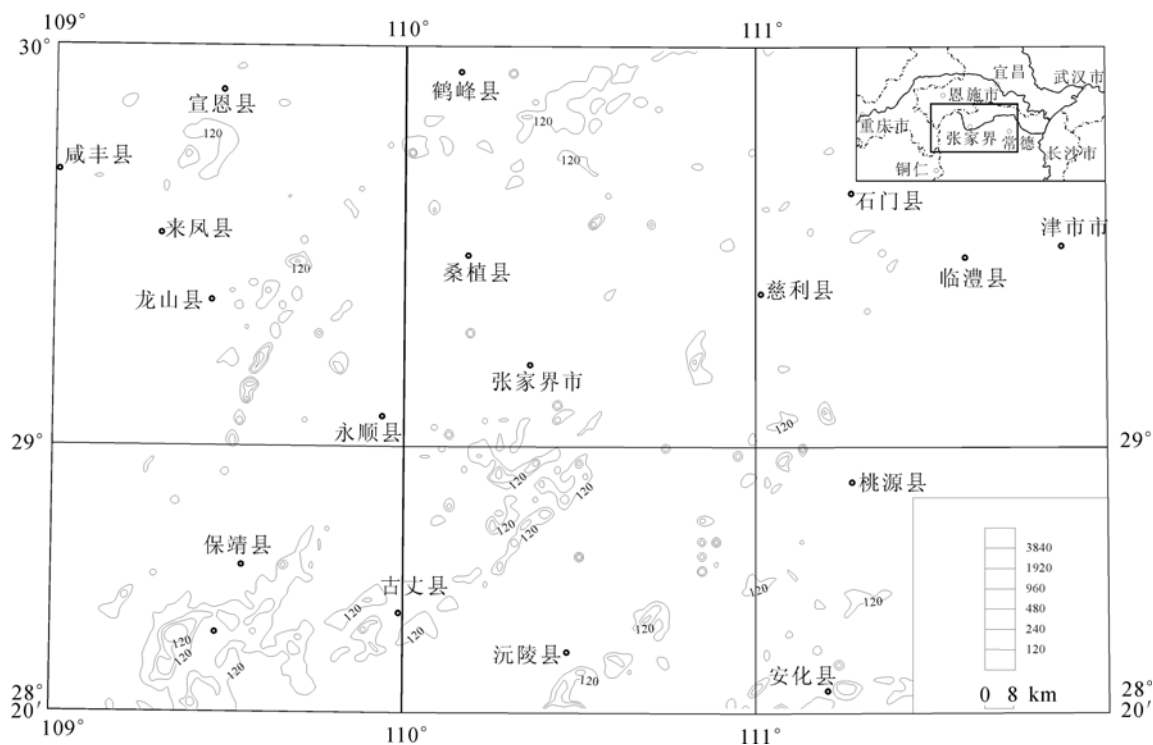


图 7 湘西鄂西地区 Zn 异常图(传统单一异常下限)

Fig. 7 Map showing zinc anomalies in the west Hubei-west Hunan area(traditional single threshold)

对比图 6 与图 7 所显示的异常信息,两种方法所圈 Zn 异常所反映的区内成矿规律大致相当,在测区南西已知大中型矿区及中部地区均有较好异常显

示,但从 Zn 异常总体分布规律分析,二者存在较明显差异。背景校正后的 Zn 异常,消除了各种因素引起的背景影响,分布规律性较好,形态规整,比

较清晰的反映了测区的地层分布与构造格局,异常的产出部位及走向与本区赋矿层寒武系娄山关组、奥陶系南津关组、龙王庙组等层位相当,与本区铅锌矿的层控成矿特征一致。传统方法圈定的Zn异常在高值区呈大面积的面状分布,低值区为众多孤立异常点,形态不太规整。传统方法Zn异常图在本区东北部低背景区除有零星的点状异常外,基本没有圈出异常,有矿(化)点的地方也无异常显示,说明其对低背景区的异常情况反映较差。经背景校正后不仅在高背景区圈出了显著规整异常,在低背景区也发现了规模较大呈面状的异常,如本区北东寒武系、奥陶系地层小范围出露区,部分与已知矿(化)点位置吻合较好。结合区内1:5万矿调实际工作对少量PbZn异常进行检查,异常分布区均可发现民采点及铅锌矿(化)体,部分异常区域显示了良好找矿前景。

3 认识与结论

(1) 数字高程模型背景校正法与一般常规数据处理方法不同,直接借助MAPGIS数字高程模型强大功能,异常圈定前不需对原始数据作过多预处理,圈定时可不考虑地质背景划分、地球化学景观的不同,不受工作区研究程度及研究人员专业影响,方法适应性强。

(2) 通过模型来模拟地球化学背景空间曲面,可更细致地逼近地球化学元素含量的自然起伏。在此基础上对元素含量进行背景校正,用残差圈定矿化的异常信息,有利真实地反映矿化情况。

(3) 地球化学背景模型,较好的展现了地球化学元素的空间变化,对测区的地球化学分区等研究工作具指导意义。

(4) 经背景校正后的数据,通过统计分析、选用合理异常下限值来划分异常,以矿化的强弱为依据,既压抑了背景噪音影响,又在同一水平上客观地显示高背景区与低背景区异常。可避免用衬值刻画异常可能对低背景区元素含量的不大变化的衬值夸大而圈出面积较大无找矿指示意义的衬值异常。

(5) 方法简单、快速,在一般微机上即可顺利实现。适用于不同景观区的1:20万化探数据的处理和异常筛选。通过修改少量参数,也可适用于其他比例尺化探工作。

事实上,区域化探数据量很大且信息丰富,异常信息提取方法很多,在工作中应从研究区实际出发,注意数据处理方法的对比筛选,以求取得更好的找矿效果。

参考文献:

- 李宝强,孙泽坤. 2004. 区域地球化学异常信息提取方法研讨[J]. 西北地质, 37(1): 102-108.
- 廖敏,李佑国,费光春,童蕾. 2007. 衬值滤波法在化探数据处理及找矿中的应用[J]. 地质找矿论丛, 22(1): 76-80.
- 李方林,鲍征宇,裴韬,李才伟. 1999. 地球化学空间数据处理原理及软件系统[J]. 地球科学—中国地质大学学报, 24(3): 316-319.
- 李随民,姚书振. 2005. 基于MAPGIS的分形方法确定化探异常[J]. 地球学报, 26(2): 187-190.
- 刘大文. 2004. 区域地球化学数据的归一化处理及应用[J]. 物探与化探, 28(3): 273-279.
- 路远发. 2004. GeoKit: 一个用VBA构建的地球化学工具软件包[J]. 地球化学, 33(5): 459-464.
- 裴韬,鲍征宇. 1999. 傅立叶变换在地球化学数据处理中的应用[J]. 长春科技大学学报, 29(1): 88-92.
- 裴韬,周成虎,鲍征宇. 2002. 油气化探数据的背景分析方法研究[J]. 物探化探计算技术, 24(1): 1-5.
- 阮天健,朱有光. 1985. 地球化学找矿[M]. 北京:地质出版社.
- 史长义,张金华,黄笑梅. 1999. 子区中位数衬值滤波法及弱小异常识别[J]. 物探与化探, 23(4): 250-257.
- 时艳香,纪宏金,陆继龙. 2005. 地球化学数据的定和化及其在系统误差校正中的应用[J]. 物探化探计算技术, 27(1): 48-51.
- 王军,陈振楼,许世远,路月仙,黎清华. 2003. 基于GIS的地质异常空间结构分析方法[J]. 地球学报, 24(4): 367-370.
- 谢淑云,鲍征宇. 2002. 地球化学场的连续多重分形模式[J]. 地球化学, 31(2): 191-200.
- 赵荣军. 2006. 不同方法在栾川北部化探数据处理中的应用[J]. 地质与勘探, 42(3): 67-71.
- 祝新友,汪东波,卫治国,邱小平,王瑞廷. 2006. 甘肃代家庄铅锌矿的地质特征与找矿意义[J]. 地球学报, 27(6): 595-602.
- 朱有光,李泽九,胡以铿,孙善才,刘建宏,李兴海,徐家乐. 1997. 区域地球化学异常系统评价的思路与方法[J]. 地质科技情报, 16(2): 97-103.
- 邹林,彭省临,杨自安,赖建清,张普斌. 2004. 青海阿尔茨托山地区地球化学(异常)场的多重分形研究[J]. 中国地质, 31(4): 436-441.

References:

- LI Bao-qiang, SUN Ze-kun. 2004. Study on the method of geochemical anomalies analysis[J]. Northwestern Geology, 37(1): 102-108(in Chinese with English abstract).
- LIAO Min, LI You-guo, FEI Guang-chun, TONG Le. 2007. The application of the contrast filtering method in geochemical data-processing and ore-prospecting: the case of the porphyry copper deposit in Xiangcheng-Daocheng-Derong area[J]. Contributions to Geology and Mineral Resources Research, 22(1): 76-80(in Chinese with English abstract).
- LI Fang-lin, BAO Zheng-yu, PEI Tao, LI Cai-we. 1999. Principle and software system of geochemical data processing[J]. Earth Science, 24(3): 316-319(in Chinese with English abstract).

- LI Sui-min, YAO Shu-zhen. 2005. The Determination of Thresholds by the Fractal Method Based on MAPGIS[J]. *Acta geoscientica sinica*, 26(2): 187-190(in Chinese with English abstract).
- LIU Da-we. 2004. The normalization of regional geochemical data and its application[J]. *Geophysical & Geochemical Exploration*, 28(3): 273-279. (in Chinese with English abstract).
- LU Yuan-fa. 2004. GeoKit-A geochemical toolkit for Microsoft Excel[J]. *Geochimica*, 33(5): 459-464(in Chinese with English abstract).
- PEI Tao, BAO Zheng-yu. 1999. The experiment of fourier transform to the geochemical data processing for oil and gas[J]. *Journal of Changchun University of Science and Technology*, 29(1): 88-92 (in Chinese with English abstract).
- PEI Tao, ZHOU Cheng-hu, BAO Zheng-yu. 2002. An approach to the background analysis of geochemical data for oil and gas[J]. *Computing Techniques for Geophysical and Geochemical Exploration*, 24(1): 1-5. (in Chinese with English abstract).
- RUAN Tian-jian, ZHU You-guang. 1985. *Geochemical Exploration*[M]. Beijing: Geological Publishing House(in Chinese with English abstract).
- SHI Chang-yi, ZHANG Jin-hua, HUANG Xiao-me. 1999. Subregion median contrast filtering method and recognition of weak anomalies[J]. *Geophysical & Geochemical Exploration*, 23(4): 250-257(in Chinese with English abstract).
- SHI Yan-xiang, JI Hong-jin, LU Ji-long. 2005. Addition of geochemical data and its application in systematic error correction[J]. *Computing Techniques for Geophysical and Geochemical Exploration*, 27(1): 48-51. (in Chinese with English abstract).
- WANG Jun, CHEN Zhen-lou, XU Shi-yuan, LU Yue-xian, LI Qing-hua. 2003. An Analysis of Geo- anomaly Spatial Structure Based on GIS[J]. *Acta geoscientica sinica*, 24(4): 367-370(in Chinese with English abstract).
- XIE Shu-yun, BAO Zheng-yu. 2002. Continuous multifractal model of geochemical fields[J]. *Geochimica*, 31(2): 191-200(in Chinese with English abstract).
- ZHAO Rong-jun. 2006. Application of different data processing method in geochemical exploration in the north luanchuan[J]. *Geology and Prospecting*, 42(3): 67-71(in Chinese with English abstract).
- ZHU Xin-you, WANG Dong-bo, WEI Zhi-guo, QIU Xiao-ping, WANG Rui-tin. 2006. Geological characteristics of the daijiazhuang lead zinc deposit in west qinling, Gansu province and their exploration significance[J]. *Acta Geoscientica Sinica*, 27(6): 595-602(in Chinese with English abstract).
- ZHU You-guang, LI Ze-jiu, HU Yi-keng, SUN Shan-cai, LIU Jian-hong, LI Xing-hai, XU Jia. 1997. Thought and method of systematic appraisal of regional geochemical anomalies[J]. *Geological Science and Technology Information*, 16(2): 97-103. (in Chinese with English abstract).
- ZOU Lin, PENG Shen-glin, YANG Zi-an, LAI Jian-qing, ZHANG Pu-bin. 2004. Multifractal study of geochemical (anomaly) fields in the A'ercituoshan area, Qinghai[J]. *Geology in China*, 31(4): 436-441(in Chinese with English abstract).