

小波勒山地区 1:5 万地球化学数据处理与异常评价

王小敏^{1,2}, 张晓军¹, 华 杉¹, 张翰夫¹, 罗 华¹

(1. 中国地质大学(武汉)资源学院, 武汉 430074;

2. 国土资源部资源定量评价与信息工程重点实验室, 武汉 430074)

[摘 要]以小波勒山地区 1:5 万水系沉积物数据为对象,利用相关分析和 R 型聚类分析确定研究区成矿元素组合为 Pb-Ag-Zn-Cu-Bi(铅多金属成矿组合)和 Mo-W-Sn(钼多金属成矿组合),以线性方法构造组合变量 F1(Pb-Ag-Zn-Cu-Bi)、F2(Mo-W-Sn),组合变量中的各元素权重根据该元素对主成矿元素的相关性强度来确定;运用趋势面分析方法圈定研究区两个组合变量的异常图。结果显示,根据组合变量所圈定的综合异常与研究区已知矿化地段重合性很强。结合成矿地质条件对所圈定异常进行评价,确定出具 I 级找矿潜力异常区 3 个,Ⅱ级、Ⅲ级找矿潜力异常区各 2 个,为研究区下一步找矿方向的确定提供了科学的依据。

[关键词]地球化学异常评价 趋势面 组合变量 小波勒山地区

[中图分类号]P632+.3 [文献标识码]A [文章编号]0495-5331(2010)04-0681-06

Wang Xiao-min, Zhang Xiao-jun, Hua Shan, Zhang Han-fu, Luo Hua. Geochemical data (1/50000) processing and anomaly evaluation for the Small Pol Mountain region[J]. *Geology and Exploration*, 2010, 46(4): 0681-0686.

我国的区域化探工作始于 1954 年,随着不同比例尺区域化探数据大量的积累,相应不同的地球化学数据处理方法应运而生(吴锡生等,1994;赵元艺等,1995;陈明等,1999;王瑞廷等,2005;李文昌等,2006;陈志军等,2009)。对于以找矿为目的的区域地球化学数据处理来说,其工作的核心是发现异常并对其进行筛选和评价,如何合理区分背景与异常则成为其关键。传统方法是建立在对数据进行概率分布研究的基础上,求出服从正态分布的母体为背景(韩东昱等,2004;蒋敬业等,2006;杨大欢等,2009),由背景母体的均值加上 K 倍标准方差来确定异常下限。这种方法忽略了由于区域因素的影响而使工作区背景值呈现一定规律变化的事实,常常会造成可能是矿致异常的弱小异常被掩盖而造成信息损失(史长义,1999;朱华平,2003)。趋势面分析方法则充分考虑到这种区域背景的规律性变化。该方法把地壳中元素的含量值分成反映规律性变化的区域背景部分,反映局部性变化的局部异常和偶然

变化三部分(赵鹏大,2004;王晓燕等,2007;李随民等,2007),并根据元素含量的空间分布特征,求出趋势值,拟合趋势面,用趋势面作为区域背景来表现元素含量的区域规律性变化(图 1),从而避免统一背景值所圈异常造成的信息损失。

本文选取小波勒山地区 1:5 万水系沉积物数据,根据聚类分析和元素相关系数矩阵求出成矿元素组合,利用趋势面分析确定区域组合异常背景场,并进行组合异常圈定。最后结合区域成矿地质条件,评价异常区找矿潜力,为确定研究区下一步找矿工作方向提供科学依据。

1 研究区概论

研究区大地构造位置位于萨彦-额尔古纳地槽褶皱区、天山-兴安地槽褶皱区及上黑龙江冒地槽褶皱带的结合部位,属大兴安岭 Mo、Pb 等多金属成矿带有利成矿部位,总体地质工作程度不高。

区内出露地层主要为新元古代-下寒武世倭勒

[收稿日期]2009-11-10;[修订日期]2010-06-25;[责任编辑]郑 杰。

[基金项目]黑龙江省呼中区松合义东山小波勒山幅 1:5 万区域地质矿产调查项目(HLJKD2005)资助。

[第一作者简介]王小敏(1985 年-),女,中国地质大学(武汉)资源学院,在读硕士,矿床学专业,主要从事矿床学及地球化学数据处理工作,E-mail:wangxiaomin55555@163.com。

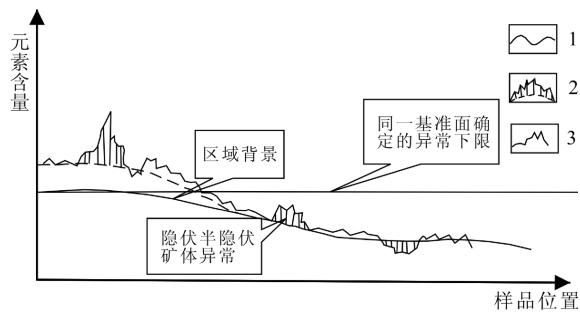


图1 不同方法划分异常的对比示意图(据蒋敬业等,2006 改编)

Fig.1 Comparison of anomaly division in using different methods (Modified from Jiang et al. ,2006)

1-区域背景;2-局部异常;3-随机分量

1-regional background;2-local anomaly;3-random component

根岩群大网子组变质岩,晚侏罗世塔木兰沟组、白垩纪光华组和甘河组火山岩。岩浆岩分布广泛,其中火山岩占研究区总面积的 43.7% 左右,主要分布在研究区西部和东南部地区,为晚侏罗世安山岩及早白垩世火山熔岩和火山碎屑岩;侵入岩占研究区总面积的 41.16% 左右,主要分布在研究区中东部和西南部地区,为晚三叠世中粗粒二长花岗岩,晚侏罗世中粒花岗闪长岩、粗中粒正长花岗岩,早白垩世中细粒、细粒二长花岗岩,以及燕山晚期侵入的浅成花岗斑岩。

区内构造以线性断裂构造为主。主要有北东 (NE) 向、北北东 (NNE) 向、东西 (EW) 向和南北 (SN) 向几组断裂以及一些规模相对较小的上述主干构造的配套断裂。褶皱构造不发育(图 2)。

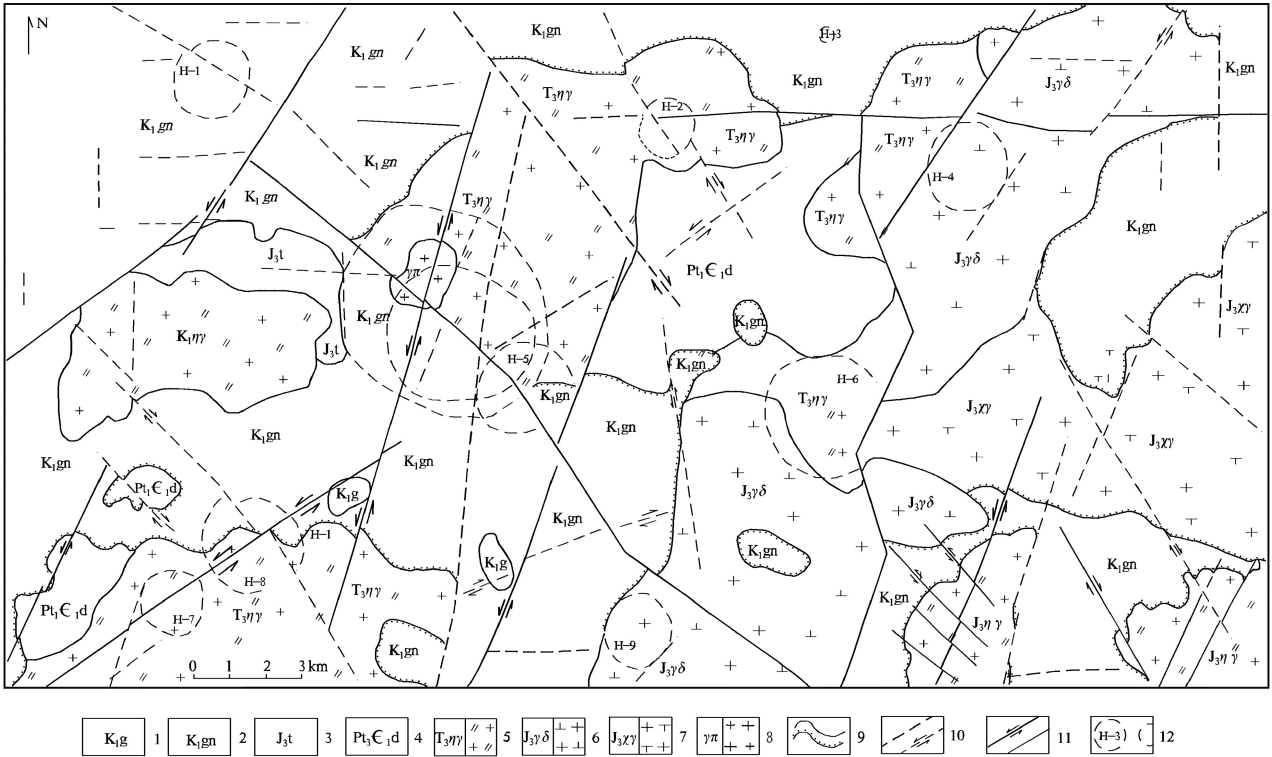


图2 研究区地质简图

Fig.2 Simplified geological map of the study area

1-白垩系甘河组火山岩类;2-白垩系光华组火山岩类;3-塔木兰沟组安山岩、玄武粗安岩;4-新元古界-早寒武世大网子组变质岩;5-三叠纪二长花岗岩类;6-侏罗纪花岗闪长岩类;7-侏罗纪花岗闪长岩类;8-早白垩世花岗斑岩;9-地质界线/不整合界线;10-不同级别线形构造及运动方向;11-经野外查证的线形构造;12-环形构造及编号

1-Cretaceous Ganhe Group volcanic rocks;2-Cretaceous Guanghua Group volcanic rocks;3-Ta mulan gully Group andesite、basaltic trachyandesites;4-Neo-proterozoic-early cambrian Dawangzi Group metamorphic rocks;5-Triassic adamellite;6-Jurassic granodiorite;7-Jurassic orthogranite;8-Early Cretaceous granite-porphry;9-geologic boundary/unconformable boundary line;10-line shape structure of different levels and its moving direction;11-field investigated line shape structure;12-line shape structure and its number

研究区总面积约 640km²,共采集水系沉积物样品 2635 件,采样点都分布于一级或二级水系的上游河段上,少数分布在三级水系中,控制了区内 1 级、2 级水系 95% 以上的汇水盆地,样品以淤泥、粉沙为主,平均采样密度 4 个/km²,样品分析测试严格按照 DZ/T0011-91\ DZ0130-2006 规范中有关 1:5 万地球化学普查样品分析方法与质量监控要求执行。

2 数据预处理及异常下限的确定方法

2.1 数据预处理

化探数据中个别特高值会严重影响趋势面的形态,使生成的趋势面不能客观地代表背景,从而影响异常的凸现(李方林等,1999)。因此,在利用数据进行趋势面的拟合之前必须对数据进行预处理,去掉特高值部分。本文采用低值累积概率为 95% 处的分位值作为特高值的下限值,特高值部分全由下限值代替。用经过预处理以后的元素含量数据拟合趋势面。

2.2 异常下限的确定

趋势面分析方法认为化探数据包含着与空间地理坐标(x, y)相关的 3 部分信息:一是反映总体规律性变化的部分,由区域构造、区域岩相、区域成矿规律因素等大区域因素所决定;二是反映局部性变化的局部异常,由局部性因素决定;最后一部分反映随机性变化,它是由各种随机因素造成的剩余。这就将化探值分解为 3 部分(图 1):

$$Z_i = T_i + N_i + e_i$$

其中: Z_i 为观测值, T_i 为反映总体规律性变化的趋势值(即区域背景), N_i 为局部异常值, e_i 为随机分量。

剩余值(即残差)是某一位置上原始观测值与经过该点的趋势值之差,如剩余值为正,说明剩余值为高于趋势的部分;如剩余值为负,说明剩余值为低于趋势的部分。正残差下限 $L(+)$ 和负残差上限 $L(-)$ 分别采用正残差平均值和负残差的平均值代替(赵鹏大,2004)。各观察点的残差与 L 相比,若正残差小于 $L(+)$ 或者负残差值大于 $L(-)$,认为残差部分主要是随机误差引起;若正残差大于 $L(+)$ 或者负残差值小于 $L(-)$ 认为残差部分主要是局部性变化引起(王晓燕等,2007)。在地质找矿中,高于趋势部分的剩余意义较大,为元素富集区域,实际工作中常用正剩余值圈定异常。故异常下

限的确定采用正剩余平均值来代替,如公式(1)所示:

$$L = \frac{\sum_{k=1}^M \Delta Z_i^+}{M} \tag{1}$$

式中: M 是正剩余的个数, ΔZ_i^+ 表示第 i 点的正剩余。

3 成矿元素组合及综合异常圈定

对研究区内 12 种元素含量数据进行 R 型聚类分析,可将区内元素分成四大类(图 3)。第一类为 Ag-Pb-Zn-Cu-Bi 元素组合,代表研究区与火山热液成矿作用有关的 Pb-Zn 元素组合,所构成的异常可以作为区内直接找矿标志;第二类是 W-Sn-Mo 元素组合,代表与酸性侵入岩及云英岩化蚀变有关的高温元素组合,其中 W-Mo 地球化学异常可以作为直接找矿标志;第三类是 As-Sb 组合,反应了区内低温元素组合;第四类是 U 和 Au 的单元素分布特征,找矿指示意义不大。

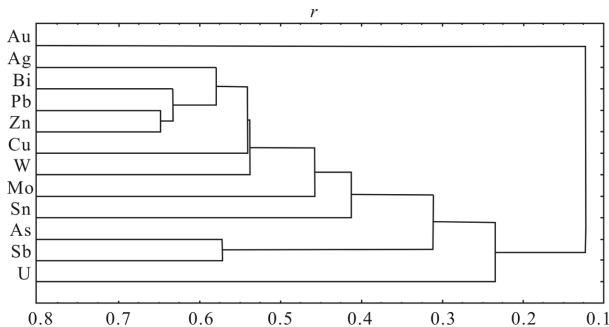


图 3 元素 R 型聚类关系图

Fig. 3 R-type cluster diagram of elements

为了排除与成矿作用关系不大的元素对异常预测有效性的干扰,在求取综合变量时,选取第一类元素组合 Ag-Pb-Zn-Cu-Bi (F1) 和第二类元素组合 W-Sn-Mo (F2) 分别进行成矿元素组合变量的构置。组合变量构置的方式采用线性组合方法。据研究区成矿特征分析,该区主要成矿元素为 Pb、Zn、Mo 多金属元素,各元素在组合变量中的权重可以根据其对主成矿元素的相关性强度(表 1)来确定。本次研究中所确定的两个综合变量 F1、F2 的组合元素线性表达分别为下式:

$$F1 = 0.18 \times Ag + 0.19 \times Bi + 0.13 \times Cu + 0.31 \times Pb + 0.20 \times Zn \tag{2}$$

$$F2 = 0.28 \times W + 0.60 \times Mo + 0.12 \times Sn \tag{3}$$

表 1 元素相关系数矩阵

Table 1 Correlation coefficient matrix of elements

	Ag	Bi	W	Mo	Sn	Cu	Pb	Zn
Ag	1							
Bi	0.40	1						
W	0.38	0.35	1					
Mo	0.29	0.17	0.46	1				
Sn	0.20	0.20	0.41	0.20	1			
Cu	0.48	0.38	0.54	0.41	0.22	1		
Pb	0.58	0.63	0.31	0.24	0.13	0.41	1	
Zn	0.40	0.47	0.29	0.18	0.18	0.54	0.65	1

根据公式(2)、(3)求出 F1、F2 综合变量得分,然后利用 Surfer8.0 软件进行异常圈定,F1、F2 综合变量的异常下限分别确定为 0.18 和 0.21,最后圈出 F1 综合异常 11 个(图 4),F2 综合异常 9 个(图 5)。

4 综合异常评价

F1 变量中的 1、2、3 号异常和 F2 变量中的 1、2、3 号异常空间位置一致,规模相当,异常形状相似,呈 NE 向展布。异常存在区处在 NE、NW 向线形断裂叠加并与环形构造交汇部位,是矿液运移和沉淀的有利位置。异常区内出露晚三叠世中、细粒二长花岗岩,另外还有与成矿关系最为密切的燕山晚期花岗斑岩体侵入。硅化、绢云母化蚀变强烈,黄铁矿化发育。已见铅铅锌铁多金属矿化,并圈出矿化体 4 个。

预测该地段具有寻找中-大型铅锌铝多金属矿产的远景,定为 I 级异常区。

F1 变量中的 4、5 号异常和 F2 变量中的 4 号异常空间位置大致相同,浓集中心分别都处在区内构造破碎带中。异常值较高,且具有较大规模。区内线环构造发育。黄铁矿化和硅化、绢云母化蚀变发

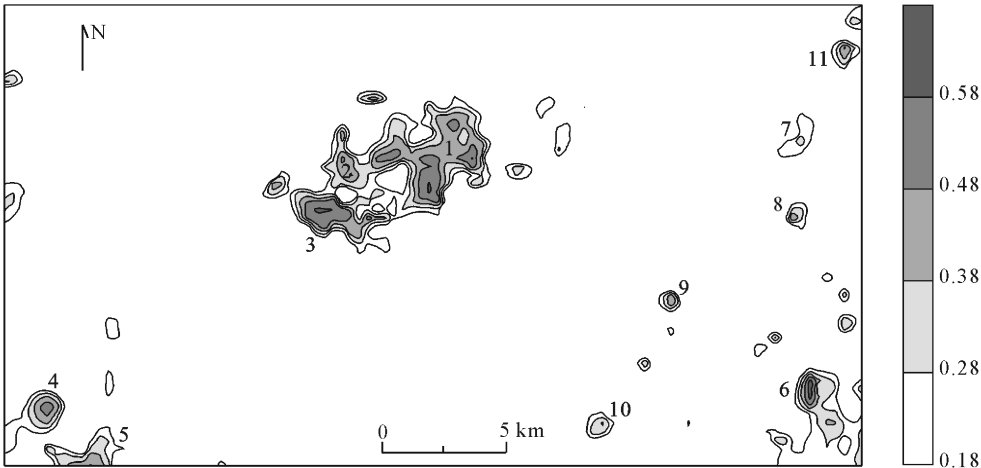


图 4 F1 (Ag-Bi-Cu-Pb-Zn) 综合异常图
Fig. 4 Integrative anomaly map of F1 (Ag-Bi-Cu-Pb-Zn)

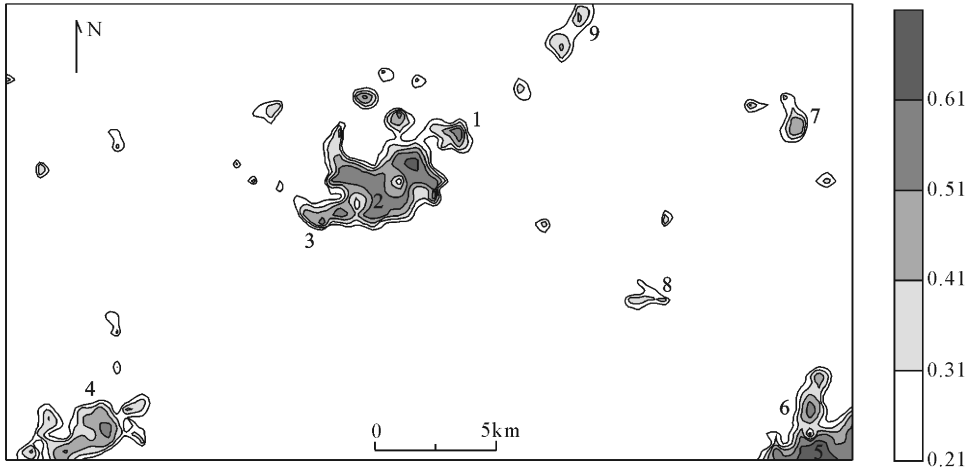


图 5 F2 (W-Mo-Sn) 综合异常图
Fig. 5 Integrative anomaly map of F2 (W-Mo-Sn)

育。有大量早白垩世浅成斑岩体产出。探槽工程揭露已见浸染状辉钼矿化。

预测具备形成高中温钼铅锌矿化的远景,定为Ⅰ级异常区。

F1 变量中的 6 号异常和 F2 变量中的 5、6 号异常空间位置大致相同,规模相当。前者浓集中心产在早白垩世二长花岗岩和早白垩世甘河组火山岩地层的接触带上。后者浓集中心明显,产在断裂交汇部位,异常值较高。区内有 NW 向大断裂构造,另有 NW-NNW 向和近 SN 向构造裂隙。二长花岗岩中发育大量的硅化、绢云母化蚀变,可见黄铁矿化。探槽化学样品分析结果显示有两个样品大于钼边界品位,可以圈出宽 2m 的矿化体,推测其延长大于 200m。

预测具备形成高中温钼铅锌矿化的潜力,定为Ⅰ级异常区。

F1 变量中的 7、8 号异常和 F2 变量中的 7 号异常空间位置大致相同,只是规模都较小,异常值不高。区内出露早白垩世光华组火山岩地层。有大量晚侏罗世花岗闪长岩、正长花岗岩、花岗斑岩产出。露头拣块发现浸染状黄铜矿化花岗斑岩样品。

预测为斑岩型铜钼矿化的潜在找矿区,定为Ⅱ级异常区。

F1 变量中的 9、10 号异常和 F2 变量中的 8 号异常位置大致相同,浓集中心不重合,异常面积不大但异常强度较高,浓集中心明显。主要异常与相邻的弱小异常显示明显的 NE 向展布特征,空间上处于侏罗纪二长花岗岩和早白垩世光华组火山岩的接触带上,并且发育有 NE、NW 向断裂。异常区出现强烈的硅化、绢云母化、绿泥石化围岩蚀变现象,露头拣块发现镜铁矿化。

预测为热液型铅锌矿化的潜在找矿区,定为Ⅱ级异常区。

F1 变量中的 11 号异常所处位置在 F2 综合异常图相应位置没有异常出现。但异常有一定规模,异常值较高,浓集中心明确。区内出露早白垩世光华组火山岩地层,有晚侏罗世花岗闪长岩体侵入。可见绢云母化蚀变现象。

预测为热液型铜铅锌矿化的潜在找矿区,定为Ⅲ级异常区。

F2 变量中的 9 号异常区所处位置在 F1 综合异常图相应位置没有异常出现。异常有一定规模,异常值较高。区内出露有新元古界-早寒武世倭勒根岩群大网子组变质岩地层,有晚三叠世二长花岗岩和燕山晚期花岗斑岩体侵入。覆盖严重,不见露头。出现硅化、绢云母化、绿泥石化围岩蚀变,偶见黄铁矿化。

预测为热液型钼矿化的潜在远景区,定为Ⅲ级

异常区。

5 结论

① 趋势面分析方法确定背景与异常,可以有效凸显低缓异常,从而避免找矿信息的损失,扩大找矿工作范围。

② 文中所配置的综合地质变量能较好地代表原始变量的综合信息,在尽量减少信息损失的前提下减少了变量,使得综合异常的圈定和评价更为简便。

③ 根据异常圈定的结果,本区除应尽快开展Ⅰ级异常区的找矿工作外,另外还应重视Ⅱ级异常区、Ⅲ级异常区的进一步评价工作。

[References]

- Cheng Ming, Li Jin-chun. 1999. Problem and countermeasure of recognition of geochemical background and anomaly [J]. *Geology and Prospection*, 35(2): 25-29 (in Chinese with English abstract)
- Chen Zhi-jun, Cheng Qiu-ming, Chen Jian-guo. 2009. Comparison of different models for anomaly recognition geochemical data by using sample ranking method [J]. *Earth Science-Journal of China University of Geosciences*, 34(2): 353-364 (in Chinese with English abstract)
- Han Dong-yu, Gong Qing-jie, Xiang Yun-chuan. 2004. Some new fractal methods for regional geochemical survey data processing [J]. *Geological Bulletin of China*, 23(7): 714-719 (in Chinese with English abstract)
- Jiang Jing-ye, Cheng Jian-ping, Qi Shi-hua, Xiang Wu. 2006. Applied Geochemistry [M]. Wuhan: China University of Geoscience Publishing House, 24-28 (in Chinese)
- Li Fang-lin, Bao Zheng-yu. 1999. Principle and software system of geochemical data processing [J]. *Earth Science-Journal of China University of Geosciences*, 24(3): 712-715 (in Chinese with English abstract)
- Li Sui-min, Yao Shu-zhen, Han Yu-chou. 2007. Using tendency analysis method to deal with geochemical data based on the Surfer software [J]. *Geology and Exploration*, 43(2): 72-75 (in Chinese with English abstract)
- Li Wen-chang, Li Li-hui, Yin Guang-hou. 2006. Different data processing methods for geochemical data from southern part of Sanjiang (Three River) region in southwestern China and their application results [J]. *Mineral Deposits*, 25(4): 502-510 (in Chinese with English abstract)
- Shi Chang-yi, Zhang Jin-hua, Huang Xiao-mei. 1999. Subregion median contrast filtering method and recognition of weak anomalies [J]. *Geophysical and Geochemical Exploration*, 23(4): 250-257 (in Chinese with English abstract)
- Wang Rui-ting, Mao Jing-wen, Ren Xiao-hua, Wang Jun-yi, Ouyang Jian-ping, Yuan Bing-qiang. 2005. Facts and problems of the evaluation of regional geochemical anomalies [J]. *Geology In China*, 32(1): 168-175 (in Chinese with English abstract)
- Wang Xiao-yan, Shen Yi, Chen Kun, Miao Fan. 2007. Application of the trend-surface analysis on geographical distribution of lung cancer mortality [J]. *Chinese Journal of Epidemiology*, 28(6): 608-612 (in

Chinese with English abstract)

- Wu Xi-sheng, Ji Hong-jin, Cheng Ming. 1994. Developing status and trends of geochemical data processing [J]. *Computation Techniques For Geophysical and Geochemical Exploration*, 16 (1): 84-88 (in Chinese with English abstract)
- Plant J A. 1998. Development in regional geochemistry for mineral exploring [J]. *Applied Earth Science*, 97: 116-140
- Xiang Dong-jin, Liu Hong-wei, Liu Xiao-ya. 2005. Applied Multivariate Statistical Analysis [M]. Wuhan: China University of Geoscience Publishing House; 100-102 (in Chinese)
- Yang Da-huan, Guo Min, Li Rui, Zhou Ming-wen, Yu De-yan. 2009. A new method to determine geochemical anomaly threshold - Contend-sequence method [J]. *Computation Techniques for Geophysical and Geochemical Exploration*, 31 (2): 154-157 (in Chinese with English abstract)
- Zhao Peng-da, Hu Wang-liang, Li Zi-jin. 1994. Statistical Prediction of Ore Deposits [M]. Beijing: Geological Publishing House; 47-59 (in Chinese)
- Zhao Peng-da. Methods and Applications of quantificational geology [M]. Beijing: Higher Educational Publishing House; 54-57 (in Chinese)
- Zhao Rong-jun, He Xiang-li. 2004. The application of surfer to geochemical drawing [J]. *Geophysical and Geochemical Exploration*, 28 (2): 167-169 (in Chinese with English abstract)
- Zhao Yuan-yi, Ma Zhi-hong, Zhong Chong-xue. 1995. Review and development direction of exploration geochemistry method and data processing [J]. *Global Geology*, 14 (1): 76-81 (in Chinese with English abstract)
- Zhu Hua-ping, Zhang De-quan. 2003. Research advances of geochemical survey methods and technologists of regional geochemical abnormalities [J]. *Geology and Exploration*, 39 (3): 35-38 (in Chinese with English abstract)
- Zhu You-guang, Li Ze-jiu, Hu Yi-keng, Sun Shan-cai, Liu Jian-hong, Li Xing-mei, Xu Jia-le. 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)

[附中文参考文献]

- 陈明, 李金春. 1999. 化探背景与异常识别的问题与对策 [J]. *地质与勘探*, 35 (2): 25-29

- 陈志军, 成秋明, 陈建国. 2009. 利用样本排序方法比较化探异常识别模型的效果 [J]. *地球科学-中国地质大学学报*, 34 (2): 353-364
- 韩东昱, 龚庆杰, 向运川. 2004. 区域化探数据处理的几种分形方法 [J]. *地质通报*, 23 (7): 714-719
- 蒋敬业, 程建萍, 祁士华, 向武. 2006. 应用地球化学 [M]. 武汉: 中国地质大学出版社; 24-28
- 李方林, 鲍征宇. 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): 712-715
- 李随民, 姚书振, 韩玉丑. 2007. Surfer 软件中利用趋势面方法圈定化探异常 [J]. *地质与勘探*, 43 (2): 72-75
- 李文昌, 李丽辉, 尹光候. 2006. 西南三江南段地球化学数据不同方法处理及应用效果 [J]. *矿床地质*, 25 (4): 502-510
- 史长义, 张金华, 黄笑梅. 1999. 子区中位数阈值滤波法及弱小异常识别 [J]. *物探与化探*, 23 (4): 250-257
- 王瑞廷, 毛景文, 任小华, 旺军谊, 欧阳建平, 袁丙强. 2005. 区域地球化学异常评价的现状及其存在的问题 [J]. *中国地质*, 32 (1): 168-175
- 王晓燕, 沈毅, 陈坤, 缪凡. 2007. 趋势面分析法在肺癌死亡率地理分布研究中的应用 [J]. *中华流行病学杂志*, 28 (6): 608-612
- 吴锡生, 纪宏金, 陈明. 1994. 化探数据处理的发展现状与趋势 [J]. *物探化探计算技术*, 16 (1): 84-88
- 向东进, 李宏伟, 刘小雅. 2005. 实用多元统计分析 [M]. 武汉: 中国地质大学出版社; 100-102
- 杨大欢, 郭敏, 李瑞, 周明文, 余德廷. 2009. 一种求地球化学异常下限的新方法-含量排列法 [J]. *物探化探计算技术*, 31 (2): 154-157
- 赵鹏大, 胡旺亮, 李紫金. 1994. 矿床统计预测 [M]. 北京: 地质出版社; 47-59
- 赵鹏大. 2004. 定量地学方法及应用 [M]. 北京: 高等教育出版社; 54-57
- 赵荣军, 何向丽. 2004. SURFER 在地球化学图制图中的应用 [J]. *物探与化探*, 28 (2): 167-169
- 赵元艺, 马志红, 仲崇学. 1995. 勘查地球化学方法和数据处理综述及发展方向 [J]. *世界地质*, 14 (1): 76-81
- 朱华平, 张德全. 2003. 区域化探异常的地球化学勘查评价方法技术进展综述 [J]. *地质与勘探*, 39 (3): 35-38
- 朱有光, 李泽九, 胡以铿, 孙善才, 刘建宏, 李兴梅, 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

Geochemical data (1/50000) Processing and Anomaly Evaluation for the Small Pol Mountain Region

WANG Xiao-min^{1,2}, ZHANG Xiao-jun¹, HUA Shan¹, ZHANG Han-fu¹, LUO Hua¹

(1. Faculty of Earth Resources, China University of Geoscience, Wuhan 430074; 2. Keylab of Quantitative Assessment of Mineral Resources and Information Project of the M. L. R., Wuhan 430074)

Abstract: Taking the stream sediment data (scale 1:50000) of the Small Pol mountain region as the object, the ore-forming elements portfolio of the study area are determined to be Pb-Ag-Zn-Cu-Bi (Pb-polymetallic mineralization portfolio) and Mo-W-Sn (Mo-bearing polymetallic mineralization portfolio) by correlation analysis and R-type cluster analysis. According to the above result, it is possible to make up two linear combined variables F1 (Pb-Ag-Zn-Cu-Bi) and F2 (Mo-W-Sn). Moreover, the authority value of each element of these variables is determined by the relevant intensity of the main ore-forming elements. Two abnormal graphs of combined variables are drawn with the approach of trend-surface analysis. The result shows that the anomalies determined by the combination of variables are well consistent with the known mineralization areas and the alteration information in the study region. In conjunction with the conditions of ore-forming geology, this paper evaluates the anomalies determined and suggests 3 potential mineral resources regions of level -I, and 2 regions of level-II and level-III, respectively. They provide scientific evidence for further mineral search.

Key words: trend-surface, combination of variables, geochemical anomaly evaluation, Small Pol mountain region