

李随民 魏明辉 郝华金. 消除背景影响的化探异常圈定方法——以张家口地区为例[J]. 中国地质, 2014, 41(6): 2083–2090.

Li Suimin, Wei Minghui, Hao Huajin. The elimination of background influence in the delineation of geochemical anomalies: A case study of geochemical data from Zhangjiakou area[J]. Geology in China, 2014, 41(6): 2083–2090(in Chinese with English abstract).

消除背景影响的化探异常圈定方法 ——以张家口地区为例

李随民¹ 魏明辉² 郝华金³

(1. 石家庄经济学院, 河北 石家庄 050031; 2. 河北省地矿局第三地质大队, 河北 张家口 075000;
3. 河北省国土资源厅矿产资源储量评审中心, 河北 石家庄 050000)

摘要: 由于不同成矿元素在不同岩性地层单元中的背景值存在较大差异, 如采用符合正态分布的统计法计算元素异常下限值, 会使得矿床可能并不分布在圈定的地球化学异常范围内, 异常区可能仅是高背景岩石的反映。本文以张家口 1:20 万化探扫面数据为例, 圈定了 Cu、Zn、V、Ti、Ni 等受岩性影响较大元素的异常, 结果表明传统统计方法所圈元素异常区受岩性控制作用明显。而考虑岩性本底含量的衬度值法所圈异常, 不仅能有效避免岩性对异常的控制作用, 且能在低背景岩石单元中圈出新异常, 具有较好的找矿指示意义。

关键词: 化探异常; 衬度值; 岩性影响较大元素; 张家口

中图分类号: P632; P595 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-3657(2014)06-2083-08

近 20 年来, 中国近 80% 的矿床是根据地球化学填图所提供的线索或是应用地球化学方法找到的^[1]。勘查地球化学作为找矿的重要方法和技术手段, 其核心问题是成矿元素异常圈定和评价。围绕异常下限确定方法不同学者提出了多种解决方法^[2-15], 如根据数据服从正态分布或对数正态分布, 依据平均值加标准差确定异常下限值的传统数据统计方法; 认为地球化学景观可能是一个具有低维 ($D=2.9$) 吸引子的混沌系统, 是分形的^[16], 从分形的观点认识到地球化学背景值和异常具有各自独立的幂指数关系, 可采用分形方法求取成矿元素异常下限值^[7]。近年来, 由于地理信息系统技术 (GIS) 在地球化学勘查中的成功运用, 进一步产生和完善了多种新方法和新技术, 如移动平均法、趋势面法、克里格法等^[5-12]。

上述诸多方法仅从数据本身的分布规律出发, 或依据某种数学模型来对化探数据进行异常提取, 而较少考虑不同岩性组成的地层中元素本底含量的差异。不同岩石中元素背景值有的差异很小, 有的差异很大。如中国东部不同岩石中 Cu 元素的含量研究表明^[17], 在酸性火成岩中 Cu 含量最低, 仅为 8×10^{-6} , 随着火成岩中 SiO_2 含量减少, Cu 元素含量呈明显增高趋势, 闪长岩中 Cu 元素平均含量为 30×10^{-6} 、辉长岩中平均含量为 58×10^{-6} ; 沉积岩中碳酸盐岩含量最低, 仅为 4×10^{-6} , 泥质岩中 Cu 元素含量最高, 为 29×10^{-6} 。Pt、Mn、V、Ti、Cr、Co、Ni 等其他元素也有类似的分布规律^[1,17], 即不同岩性中元素背景值含量变化较大。而 Au 在不同岩性地层单元中本底含量变化范围较小, 属于受岩性影响程度较低的元

收稿日期: 2013-10-01; 改回日期: 2014-04-05

基金项目: 河北省教育厅科研项目 (2010269) 和河北省国土资源厅项目 (2011055547) 联合资助。

作者简介: 李随民, 男, 1971 年生, 博士, 教授, 主要从事矿床学方面的教学和研究工作; E-mail: smli71@163.com。

素。受岩性影响程度较高的成矿元素,如Cu、Zn、V、Ti等元素,其异常区可能仅是高背景岩石的反映,这就使得异常找矿意义下降,为此需探索和改进行此类元素新的异常圈定方法。

本文以张家口地区1:20万化探数据中岩性影响较小的元素Au与岩性影响较大的元素Cu、Zn、V、Ti、Ni等元素为例,探讨了元素含量与衬度异常的对比,并就不同元素异常圈定方法的适宜性进行了分析,以期圈定岩性影响较大化探元素异常进行有益探索。

1 张家口区域地质背景

张家口地区主体位于华北地台北缘,区内以东西向尚义—赤城深大断裂带为界,包括两个Ⅱ级构造单元,断裂以北为内蒙地轴,南部为燕山裂陷带(图1)。北部出露地层主要为古元古代红旗营子群变质结晶基底和侏罗—白垩纪中生代火山岩,以缺失沉积盖层为特征。南部出露地层主要为新太古代桑干群变质结晶基底和中新元古代碳酸盐岩盖层。张家口地区燕山期岩浆活动频繁,岩性以中—酸性侵入岩为主。玄武岩主要出露在断裂北部的张北县附近,形成时间为古近—新近纪。其中北部变质结晶基底地层为红旗营子群,是一套低角闪岩相—高绿片岩相的变质火山沉积岩系,岩石以黑云斜长变粒岩为主,夹有黑云母斜长变粒岩、角闪斜长变粒岩、浅粒岩和大理岩等。从岩石组成上看,红旗营子群主要为沉积活化再造型地壳。其基性火山岩总体地球化学特征与岛弧和弧后盆地的拉斑玄武岩相似,反映在地壳的形成过程中有深源物质的添加。南部变质结晶基底为桑干群,该套地层变质程度深,主要岩石的变质相为角闪岩相和麻粒岩相,混合岩化强烈。从区域地层对比来看,它大体相当于冀东地区的迁西群。

张家口地区矿产资源丰富,是河北省重要的金、铁、铅锌银等矿产富集区。其中金矿主要分布在崇礼—赤城—宣化之间,宣龙式沉积铁矿主要赋存在张家口南部燕山台褶带内。铅锌银多金属矿床多与燕山期中酸性次火山岩关系密切。铜矿床仅发现赤城象山铜矿,作者在圈定河北省1:20万水

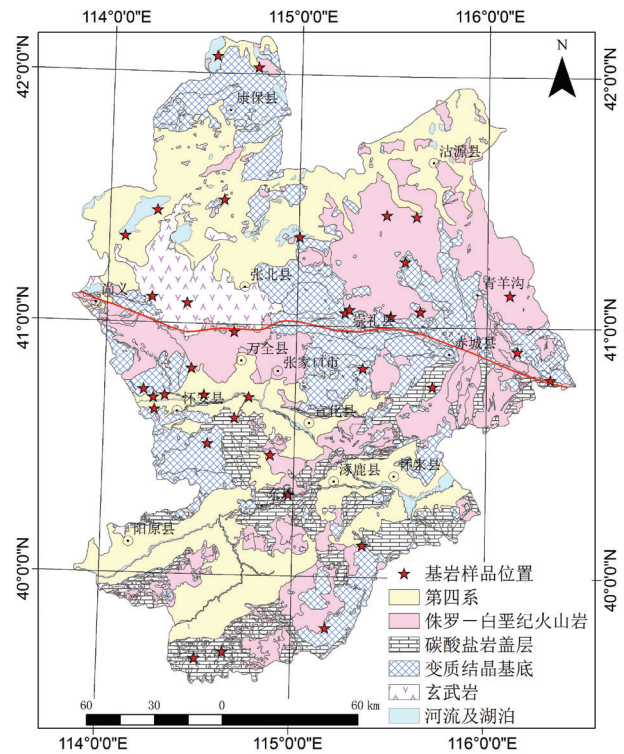


图1 张家口地区区域地质简图(附基岩采集位置)
Fig.1 Regional geological sketch map of Zhangjiakou area, showing sampling sites of bedrock

系沉积物异常进行潜在矿产资源量估算时^①,张家口地区所圈定的V、Ti、Ni等元素异常受尚义—张北区域汉诺坝玄武岩影响较大,估算上述矿种潜在资源量时将汉诺坝玄武岩分布区内异常进行了简单剔除,谢学锦院士在审查时认为玄武岩中的异常是否删除,有待补充玄武岩样品据其本底含量值大小考虑。本次在选择Au、Zn等张家口优势矿种同时,也兼顾了V、Ti、Ni、Cu等受汉诺坝玄武岩影响较大的元素进行对比分析。

2 化探数据统计特征

2.1 不同岩性中成矿元素含量分布特征

由于不同岩性中成矿元素含量存在较大差异,为了解张家口地区不同岩石类型中成矿元素含量差异性,本次在张家口地区按岩性出露面积,同时兼顾均匀分布原则,共采集了37件新鲜基岩样品(图1)。分析了Au、Cu、Zn、V、Ti、Ni等元素含量。

①河北省国土资源厅《河北省矿产资源经济潜力及竞争力评价》项目。

为便于分类统计,根据张家口地区地质演化、成矿规律和岩性特征,对该地区岩性进行了合并分析。将岩浆岩和火山岩分为酸性岩、花岗岩、闪长岩、安山岩、辉长岩和玄武岩六类,其中酸性岩主要指流纹岩类的火山岩。沉积岩分为三类,分别为砂岩、泥质岩和碳酸盐岩;变质岩统一合并为片麻岩一类。

张家口地区不同岩性中成矿元素含量统计结果表明(表1),由于碳酸盐岩渗透性较强,上述各元素在碳酸盐岩地层中的本底含量均较低。除碳酸盐岩外,不同岩性中成矿元素本底值差异性较大,如Cu、Zn、V、Ti等元素在玄武岩和变质岩中含量最高,不同岩性之间上述元素本底含量差异可达4~7倍,表明上述成矿元素的本底含量受岩性控制作用明显。除碳酸盐岩外,各种岩石中Au元素含量差异性不明显,均在 1×10^{-9} 左右,变化幅度较小,说明Au元素在不同岩石中的含量受岩性影响较小。

2.2 不同岩性单元内化探元素分布特征

由于水系沉积物测试数据中可能包含多个成因总体,使得测试数据或因特异值、混合分布、样本容量等因素而不符合正态分布^[18],此时传统估计方法对总体分布的一些“扰动”缺乏抵抗力,其统计结果会偏离真值。大量的研究表明^[19-21],稳健估计方法能较好地适应偏态数据的分布特征,具有重要的应用价值。

所谓稳健估计,是构造一个新的统计量,该统计量具有稳健性,即受特异值的影响相对较小,而对大部分的分布具有很好的拟合性。本次在SPSS16.0软件中,采样稳健估计的Huber估计法,估算了各元素的均值。

Huber估计原理:

表1 张家口地区基岩中元素本底含量统计
Table 1 Background values of bedrock in Zhangjiakou area

岩性	Au	Cu	Zn	V	Ti	Ni
变质岩	0.96	34.24	72.39	165.17	6180.14	40.84
花岗岩	1.55	32.40	48.73	40.40	1601.33	7.83
酸性岩(流纹岩)	1.03	31.13	61.34	36.99	1393.0	10.09
碳酸盐岩	0.57	8.49	35.84	32.31	543.00	16.06
玄武岩	1.35	33.10	92.27	135.97	10460.00	75.20
安山岩	1.63	14.83	82.27	68.57	4640.00	84.37
砂岩	1.58	8.78	54.04	57.90	2323.40	19.46

注:元素单位:Au为 10^9 ,其余元素为 10^6 。

$$T = \frac{1}{n_2} \sum_{i=n_1+1}^{n-n_3} x_i + c \cdot s \frac{n_3 - n_1}{n_2}$$

T为位置估值; x_i 为元素分析结果; n_1 是 $x_i \leq T - c \cdot s$ 的样品数; n_3 是 $x_i \geq T + c \cdot s$ 的样品数; $n_2 = n - n_1 - n_3$,n为样品总数;c为控制稳健性常数,取值通常为0.35,1.339或2.0(本次取1.339)。Huber估计求位置要用迭代法进行,开始可用中位数代替均值,即 $T = \text{med}$,用中位绝对中位差代替均方差s。

借助GIS平台的空间分析功能,分别提取了上述岩性单元中分布的水系沉积物数据,不同岩性单元中化探元素Huber估值结果表明,玄武岩和泥质岩分布区内,Cu、Zn、Co、Ni、V、Ti等水系沉积物的含量最高,而酸性岩分布区内上述元素的含量最低。

表1和表2之间的对应关系表明,基岩与对应区域内水系沉积物的元素含量之间存在显著相关性。岩性高背景区域内水系沉积物中成矿元素含量较高,低背景区域水系沉积物中成矿元素含量较低。预示了水系沉积物中成矿元素的含量严格受风化母岩成分的控制。因此如全区采用统一异常下限值,势必造成异常区域反映的仅是高背景含量的岩石地层。因此,成矿元素的异常圈定需考虑基岩中元素本底含量差异。

3 成矿元素异常圈定方法对比研究

对研究区Au、Cu、Zn等水系沉积物中特异值进

表2 不同岩性单元中水系沉积物Huber估值结果
Table 2 Huber valuation result of stream sediments from different lithologic units

元素	Au	Cu	Zn	Ni	V	Ti
酸性岩	0.69	10.41	66.69	13.77	47.24	2510.95
花岗岩	0.71	8.6	57.48	11.14	32.49	1873.94
安山岩	0.62	13.41	72.29	14.72	72.04	3551.57
闪长岩	0.83	16.19	70.88	12.66	73.36	3385.56
辉长岩	0.74	20.38	55.19	28.41	92.73	3775.94
玄武岩	0.39	29.48	70.01	60.81	100.6	6370.58
砂岩	0.71	13.83	55.44	16.43	68.3	3311.13
泥质岩	0.69	26.51	75.13	27.92	91.15	3943.56
碳酸盐岩	0.94	17.42	51.75	20.57	66.45	3110.31
片麻岩	0.81	23.36	64.07	25.95	85.94	3627.76

注:Huber法M估值权系数为1.339;单位同表1。

行了剔除,使之接近或服从正态分布,然后采用平均值加2倍标准差的方式确定了Au、Cu、Zn等元素的异常下限值(表3),作为统计方法圈定成矿元素异常的依据。

不同岩性中成矿元素含量存在较大差异,这是制约和影响元素空间分布规律的根本原因。由于以往的诸多异常圈定方法仅从数据本身的分布规律出发,而未考虑不同岩性本底含量的影响。为克服以往化探数据处理方法存在的问题和缺陷,本次将张家口地区划分为与水系沉积物采样密度相等的网格单元(2 km×2 km),求取各网格单元内水系沉积物相对于岩石的衬度值,圈定元素成矿异常区域。由于未进行研究区内古近—新近纪、第四纪地层取样测试,上述时代地层中成矿元素本底含量采用迟清华(2007)^[17]所测华北地区第四纪地层成矿元素平均值来代替。衬值计算方法实现时如单元格内有两种及两种以上的岩石类型时,该单元的成矿元素背景值的确定方法应以岩石出露面积为权系数,计算单元内元素背景值。本次工作依据的1:20万地质图数据库中岩性的属性字段仅有地层中不超过三种的主要岩性,因此各单元格中同一时代地层不同岩性的出露面积无法计算。本次在划分网格单元时,如网格单元中同一地层有两种不同岩性,则主要岩性出露面积按65%计算,次要岩性出露面积按35%计算;如有三种不同岩性出露,则出露面积分别按50%、35%和15%计算。在上述思路基础上,求取各网格单元内水系沉积物相对于岩石的衬度值,圈定元素成矿异常区域。将高出衬度值2倍以上作为异常区域。

从统计方法圈定的元素异常(图2)可以看出,

除Au元素外,Cu、Zn、V、Ti、Ni等元素的分布明显受岩性地层单元的控制和影响,如张北玄武岩分布区出现大面积上述5种元素的异常区,且浓度值高。此外,在张家口西部怀来县变质结晶基底区域出现大面积Cu、Ni、V元素异常区。表明研究区范围内如果地层岩性变化较大,按统一异常下限值圈定的元素异常可能仅是高背景岩石地层的反映,而不是矿床位置的真实反映。因此统计方法圈定异常在岩性复杂区域不适宜。

而岩石本底含量衬度值法所圈的Cu、Zn、V、Ti、Ni等元素异常均有效避免了高背景岩石的影响,如未在张北玄武岩区出现大范围异常。因此据统计法圈定的上述元素水系沉积物异常区域仅是高背景岩性区域(汉诺坝玄武岩)的反映,而本底含量衬度值法所圈异常有效地避免了该区域,使得所圈元素异常更符合实际情况。

此外,由于衬度值法考虑了岩石中成矿元素本底含量的影响和控制作用,在本底含量较低的区域本次新圈出了数处异常。如碳酸盐岩地层中多数成矿元素本底含量较低,与统计方法相比,衬度值法在张家口南部碳酸盐岩地层分布区圈出了大范围的Zn元素异常区。已有的找矿实践证明,张家口南部碳酸盐岩地层分布区存在着如怀来县长庄子、石盘口、赤城县梁家沟、火石沟等多处地铅锌矿床(点)(图2中锌元素异常图)。显示出衬度值法具有较好的找矿指示意义。

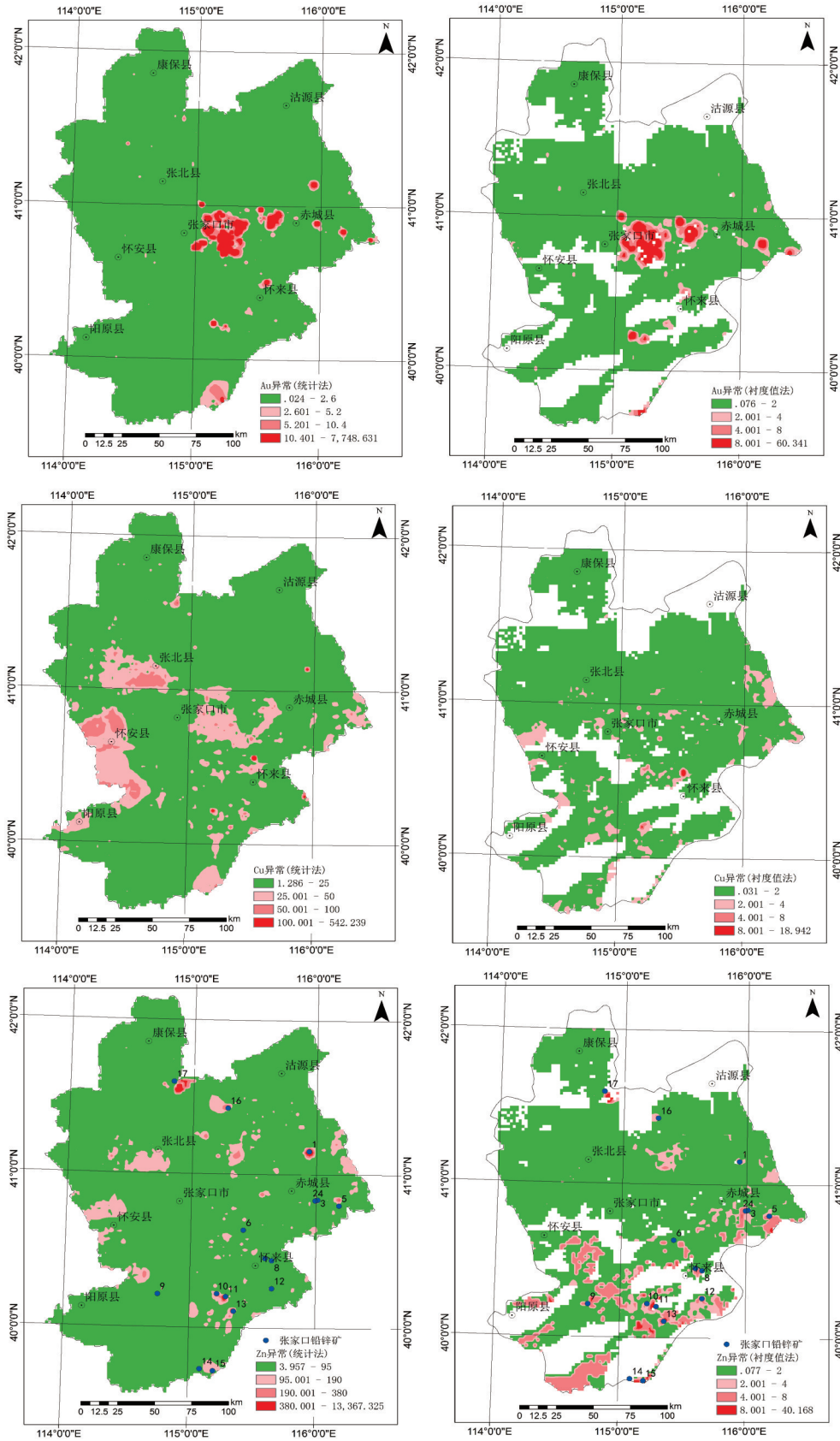
4 结 论

(1)基岩与对应区域内水系沉积物的元素含量之间存在显著相关性。基岩中成矿元素含量较高,

表3 剔除特异值后化探元素异常下限值

元素	原始数据		剔除特异值后		异常下限值 (均值+2倍标准差)	本次元素异常圈定采用值
	平均值	标准差	平均值	标准差		
Au	2.69	74.28	1.46	1.07	2.59	2.6
Cu	16.42	15.22	15.13	4.86	24.85	25
Zn	59.86	139.62	56.03	19.23	94.49	95
V	61.22	41.46	58.51	21.15	100.81	100
Ti	3029.38	2085.35	2863.72	870.93	4605.57	4600
Ni	20.86	22.16	18.49	6.31	31.11	32

注:元素单位:Au为 10^9 ,其余元素为 10^6 。



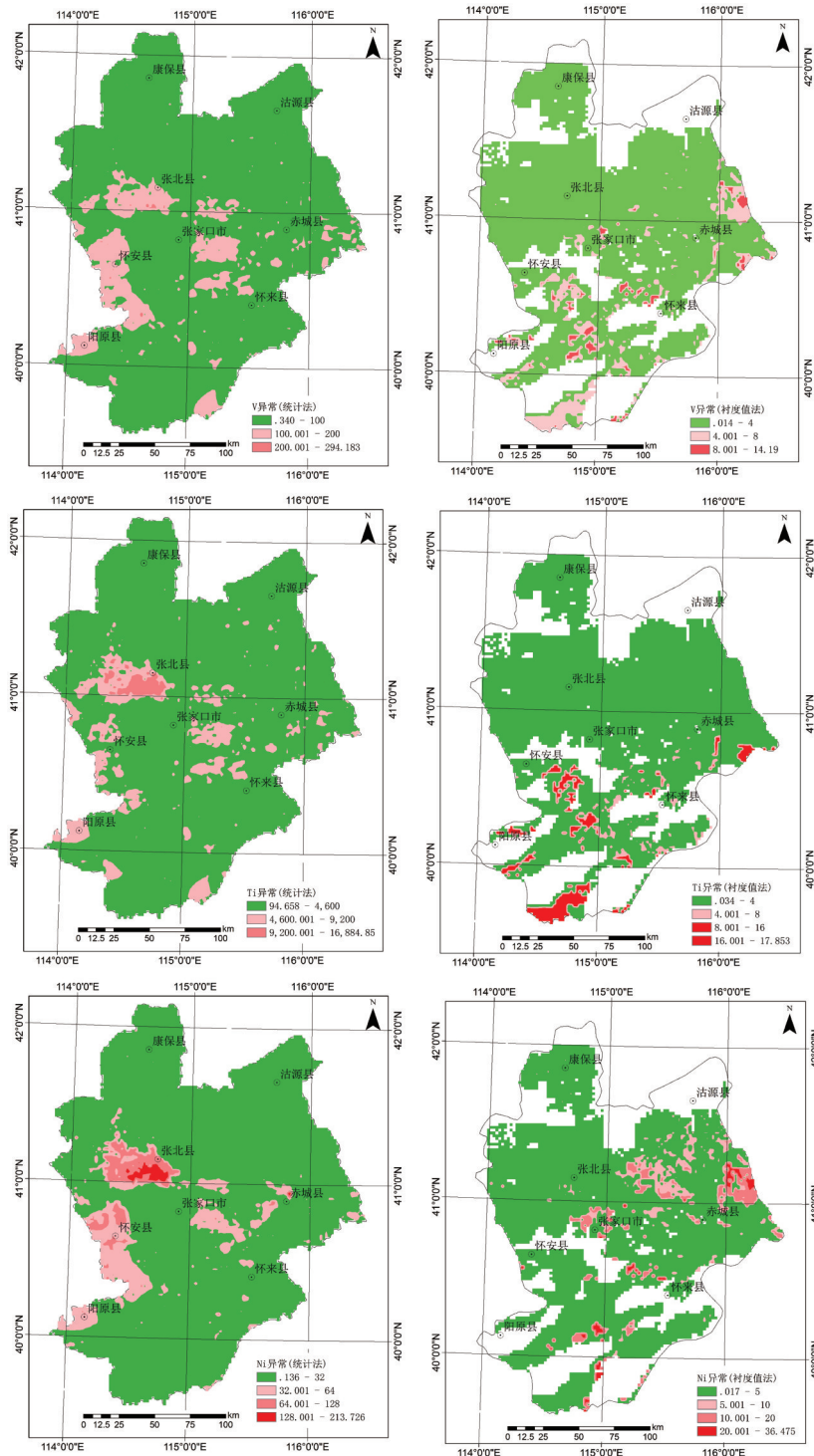


图2 张家口成矿元素异常圈定结果对比图(统计法和岩石本底含量衬度值法)

图中铅锌银矿编号对应名称为:1—赤城青羊沟;2—赤城火石沟;3—赤城小堡子;4—赤城梁家沟;5—赤城万泉寺;6—张家口庞家堡碾盘梁;7—怀来常庄子;8—怀来石盘口;9—阳原三义庄;10—涿鹿黑山寺;11—涿鹿黑山寺;12—怀来颜家沟;13—涿鹿水关口;14—涿鹿安家铺下寺;15—涿鹿下明峪;16—张北县蔡家营;17—张北县兰阁

Fig. 2 Comparison of different methods (statistic method and rock background contrast value method) for delineating anomalies Name of lead-zinc deposit: 1- Qingyanggou in Chicheng; 2- Huoshegou in Chicheng; 3- Xiaobaozi in Chicheng; 4- Liangjiagou in Chicheng; 5- Wanquansi in Chicheng; 6- Nianpanliang in Pangjiabao of Zhangjiakou area; 7- Changzhuangzi of Huailai; 8- Shipankou of Huailai; 9- Sanyizhuang in Yangyuan; 10- Xiangguang in Zhuolu; 11- Heishansi in Zhuolu; 12- Yanjiagou in Huailai; 13- Shuiguankou in Zhuolu; 14- Xiaosi in Anjiapu of Zhuolu; 15- Xiaomingyu in Zhuolu; 16- Caijiaying in Zhangbei; 17- Lanyan in Zhangbei

对应区域内水系沉积物中成矿元素的含量亦高。反之亦然。表明水系沉积物中成矿元素的含量严格受风化母岩成分的控制。

(2)岩性影响较小的元素,如Au元素,不同方法所圈定的异常形态及其分布范围基本上相似,均与已知矿床(点)之间存在较高的吻合度。

(3)受岩性影响较大的元素,如Cu、Zn、V、Ti等元素,统计法未考虑不同岩性单元中元素本底含量的差异,导致所圈部分异常反映的可能仅是高背景岩石分布区,找矿指示效果较差;而衬度值法考虑了不同岩性中成矿元素本底含量的差异,所圈异常更符合成矿规律,且能圈出统计法无法在低背景岩性中圈出的异常,找矿指示意义较大。该方法简单实用,有较高的推广应用价值。

参考文献(References):

- [1] 谢学锦,程志中,张立生,等.中国西南地区76种元素地球化学图集[M].北京:地质出版社,2008:1-2.
Xie Xuejing, Cheng Zhizhong, Zhang Lisheng, et al. The Geochemical Atlas of 76 Elements in S.W. China[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2008: 1-2(in Chinese).
- [2] 王明志,董方灵,梁群峰,等.模糊决策树技术在化探异常提取中的应用[J].中国地质,2011,38(3):762-769.
Wang Mingzhi, Dong Fangling, Liang Qunfeng, et al. The application of fuzzy decision tree to extracting geochemical anomalies[J]. Geology in China, 2011, 38(3): 762-769(in Chinese with English abstract).
- [3] 李随民,崔美娟,魏明辉,等.张家口地区矿化元素异常信息提取与集成[J].中国地质,2013,40(6):1925-1934.
Li Suimin, Cui Meijuan, Wei Minghui, et al. The extraction and integration of geochemical anomaly information from Zhangjiakou area, Hebei Province[J]. Geology in China, 2013, 40(6): 1925-1934(in Chinese with English abstract).
- [4] 程志中,谢学锦.岩石中元素背景值变化对地球化学成矿预测的影响[J].中国地质,2006,33(2):411-417.
Cheng Zhizhong, Xie Xuejing. Influence of variation in element background values in rocks on metallogenic Prognosis in geochemical maps[J]. Geology in China, 2006, 33(2): 411-4174 (in Chinese with English abstract).
- [5] 李随民,姚书振,韩玉丑. Surfer软件中利用趋势面方法圈定化探异常[J].地质与勘探,2007,43(2):72-75.
Li Suimin, Yao Shuzhen, Han Yuchou. Using tendency analysis method to deal with geochemical data based on the surfer software[J]. Geology and Prospecting, 2007, 43(2): 72-754 (in Chinese with English abstract).
- [6] 李随民,姚书振.基于MAPGIS的分形方法确定化探异常[J].地球学报,2005,26(2):187-190.
Li Suimin, Yao Shuzhen. The determination of thresholds by the fractal method based on MAPGIS[J]. Acta geoscientia sinica, 2005, 26(2): 187-1904 (in Chinese with English abstract).
- [7] 成秋明.多维分形理论和地球化学元素分布规律[J].地球科学—中国地质大学学报,2000,25(3):311-318.
Cheng Qiuming. Multifractal theory and geochemical element distribution pattern[J]. Earth Science—Journal of China University of Geosciences, 2000, 25(3): 311-3184 (in Chinese with English abstract).
- [8] 史长义.勘查数据分析(EDA)技术的应用[J].地质与勘探,1993,29(11):52-58.
Shi Changyi. Application of the exploratory data analysis technique[J]. Geology and Prospecting, 1993, 29(11): 52-584 (in Chinese with English abstract).
- [9] 郝立波,李巍,陆继龙.确定岩性复杂区的地球化学背景与异常的方法[J].地质通报,2007,26(12):1531-1535.
Hao Libo, Li Wei, Lu Jilong. Method for determining the geochemical background and anomalies in areas with complex lithology [J]. Geological Bulletin of China, 2007, 26(12): 1531-15354 (in Chinese with English abstract).
- [10] 谢学锦,任天祥,严光生,等.进入21世纪中国化探发展路线图[J].中国地质,2010,37(2):245-267.
Xie Xuejing, Ren Tianxiang, Yan Guangsheng, et al. 21st Century's roadmap for exploration geochemistry in China[J]. Geology in China, 2010, 37(2): 245-267(in Chinese with English abstract).
- [11] 李建东,龚庆杰,窦金龙,等.分形理论在勘查地球化学中的应用[J].中国矿业,2006,15(11):91-94.
Li Jiandong, Gong Qingjie, Dou Jinlong, et al. Application of fractal theory in geochemical exploration[J]. China Mining Magazine, 2006, 15(11): 91-94 (in Chinese with English abstract).
- [12] 朱华平,张德全.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,2003,39(2):35-38.
Zhu Huaping, Zhang Dequan. Research advances of geochemical survey methods and technologies of regional geochemical abnormalities [J]. Geology and Prospecting, 2003, 39(2): 35-38 (in Chinese with English abstract).
- [13] 史长义,赵永平,刘莉.矿产资源地球化学评价和预测的几个问题[J].地质与勘探,2003,39(6):14-17.
Shi Changyi, Zhao Yongping, Liu Li. On some problems about mineral resource geochemical assessment and prospecting prediction[J]. Geology and Prospecting, 2003, 39(6): 14-17 (in Chinese with English abstract).
- [14] 任光明,李佑国,陈旭,等.攀西地区铂族元素地球化学异常分布及其筛选[J].地质与勘探,2008,44(1):62-66.
Ren Guangming, Li Youguo, Chen Xu, et al. Distribution and sieving of geochemical anomalies of PG elements in the Panxi region[J]. Geology and Prospecting, 2008, 44(1): 62-66 (in Chinese with English abstract).

- [15] 杨利民, 杨自安, 罗铁良, 等. 青海两兰地区化探异常筛选评价的新方法研究[J]. 地质与勘探, 2007, 43(5):77-81
Yang Limin, Yang Zi'an, Luo Tieliang, et al. New method of geochemical anomaly screening and appraising in the Wulan—Dulan area, Qinghai Province[J]. *Geology and Prospecting*, 2007, 43(5): 77-81 (in Chinese with English abstract).
- [16] 李长江, 麻士华, 朱兴盛, 等. 矿产勘查中的分形、混沌和ANN[M]. 北京: 地质出版社, 1999.
Li Changjiang, Ma Tuhua, Zhu Xingsheng, et al. Fractal, chaos and ANN in mineral exploration [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1999 (in Chinese).
- [17] 迟清华, 鄢明才. 应用地球化学元素丰度数据手册[M]. 北京: 地质出版社, 2007:51-55
Chi Qinghua, Yan Mingcai. Handbook of Elemental Abundance for Applied Geochemistry[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2007: 51-55(in Chinese).
- [18] Zhang C S, Manheim F T, Hinde J, et al. Statistical characterization of a large geochemical database and effect of sample size[J]. *Applied Geochemistry*, 2005,20(10):1857- 1874. doi:10.1016/j.apgeochem.2005.06.006.
- [19] 侯景儒, 黄竞先, 吴雨沛, 等. 非参数及多元地质统计学的理论分析及其应用[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1994: 1-102.
Hou Jingru, Huang Jingxian, Wu Yupei, et al. Theoretical Analysis of Nonparametric and Multivariate Geostatistics and its Application[M]. Beijing: Metallurgical Industry Press, 1994: 1-102(in Chinese).
- [20] 李蒙文, 战明国, 赵财胜, 等. 稳健估计方法在内蒙古新忽热地区水系沉积物测量异常评价中的应用[J]. 矿床地质, 2006, 25(1):27-35.
Li Mengwen, Zhan Mingguo, Zhao Caisheng, et al. Application of robust estimation methods to anomaly appraisal of stream sediment survey in Xinhure area, Inner Mongolia[J]. *Mineral Deposits*, 2006, 25(1): 27-35 (in Chinese with English abstract).
- [21] 周蒂, 陈汉宗. 稳健统计学与地球化学数据的统计分析[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 1991, 16(3): 273-279.
Zhou Di, Chen Hanzong. Robust statistics and geochemical data analysis [J]. *Earth Science—China University of Geosciences*, 1991, 16(3): 273-279(in Chinese with English abstract).

The elimination of background influence in the delineation of geochemical anomalies: A case study of geochemical data from Zhangjiakou area

LI Sui-min¹, WEI Ming-hui², HAO Hua-jin³

(1. Shijiazhuang College of Economics, Shijiazhuang 050031, Hebei, China; 2. No. 3 Geological Party, Hebei Bureau of Geological Exploration, Zhangjiakou 075000, Hebei, China; 3. Mineral Resources Reserves Evaluation Center of Hebei Province, Shijiazhuang 050000, Hebei, China)

Abstract: As different geological bodies have different background values of metallogenetic elements, the ore deposit may be not distributed in the range of geochemical anomaly, and hence the anomaly might only reflect the background of the rock. Based on 1:200000 geochemical surveying data obtained in Zhangjiakou area, the authors calculated the anomaly thresholds of Cu, Zn, V, Ti and Ni elements. The results show that the geochemical anomaly based on traditional statistics is determined by the distribution area of basalt. That is to say, the range of geochemical anomaly is controlled by the lithology. According to the background value of different lithologies, the authors computed contrast values in comparison with geochemical data. The results show that this calculating way is not affected by lithology. This method can effectively delineate geochemical anomalies in low background value area. The contrast value method has good prospecting indicator significance.

Key words: geochemical anomaly; contrast value; Large Lithology Influence (LLI); Zhangjiakou

About the first author: Li Sui-min, male, born in 1971, doctor and professor, mainly engages in the study of deposit geology and deposit geochemistry; E-mail: smli71@163.com.