### 物 探 与 化 探

Vol.39, No.6 Dec., 2015

GEOPHYSICAL & GEOCHEMICAL EXPLORATION

doi: 10.11720/wtyht.2015.6.06

谢彪武,贺文华,钱建平,等.湖南曾家溪锑钨矿区外围土壤地球化学特征及找矿研究[J].物探与化探,2015,39(6):1132-1137.http://doi.org/10.11720/wtvht.2015.6.06

Xie B W, He W H, Qian J P, et al. A study of soil geochemistry and ore-prospecting work in the periphery of the Zengjiaxi Sb and W Mining area, Hunan Province [J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2015, 39(6):1132-1137.http://doi.org/10.11720/wtyht.2015.6.06

# 湖南曾家溪锑钨矿区外围土壤地球化学 特征及找矿研究

谢彪武1,贺文华1,钱建平2,王德恭1,梁永科1,赵杰1

(1.湖南省地质矿产勘查开发局 418 队,湖南 娄底 417000; 2.桂林理工大学 地球科学学院,广西桂林 541004)

摘要:通过对曾家溪矿区外围开展 1:10 000 地质填图和 1:10 000 土壤地球化学测量,系统总结了矿区的地层、岩性、构造及围岩蚀变等特征,在此基础上,进行了土壤地球化学找矿研究,得出以下几点认识:元素的含量特征及分布型式显示,矿区土壤中 W、As、Sb 浓度克拉克值和变异系数均较大,元素为对数多峰分布型式,表明这些元素卷入了成矿作用;聚类分析表明,矿区主成矿元素组合为 W、Sb、Au、As,其综合异常可作为找矿的直接标志;综合分析地质和地球化学资料,在矿区圈定了 4 个土壤地球化学异常区,其中 I 号、III-1 号、IV号异常带具较好的找矿前景,为下一步找矿工作的重点靶区。

关键词: 曾家溪:钨锑矿:土壤地球化学特征:找矿靶区

中图分类号: P632 文献标识码: A 文章编号: 1000-8918(2015)06-1132-06

土壤地球化学在寻找多金属矿时能快速、经济、有效地缩小靶区,确定异常元素组合,圈定异常形态和规模,并结合地质因素分析,进一步查明异常源,对异常的成矿远景作出评价。近年来土壤地球化学找矿在矿产勘查领域中得到了广泛的应用,并取得了一系列显著的成果[1-5]。

曾家溪矿区位于著名的雪峰山钨锑金成矿带中段,在大地构造上位于杨子准地台雪峰山弧形构造带中段与郴州—邵阳北西向基底构造岩浆岩带的交汇部位,成矿条件优越<sup>[6-7]</sup>,但地质工作程度较低。笔者在矿区地质填图工作的基础上进一步开展土壤地球化学找矿研究,以求取得新的突破,为该区今后的找矿工作提供线索与依据。

#### 1 矿区地质概况

矿区出露地层有板溪群五强溪组,震旦系洪江组、金家洞组、留茶坡组,寒武系小烟溪组、探溪组、 米粮坡组、田家坪组,主要赋矿地层为留茶坡组、小烟溪组及洪江组,其中留茶坡组岩性为深灰色至灰 黑色硅质岩,小烟溪组岩性为黑色硅化炭质板状页岩夹薄层硅质岩,洪江组为深灰色冰碛砾岩。钨矿主要赋存于小烟溪组炭质板状页岩中,锑矿主要赋存于留茶坡组硅质岩及小烟溪组炭质板状页岩中,次为洪江组冰碛砾岩中(图1)。

矿区位于马家溪断裂与曾家溪断裂之间,其间自东向西发育一倒转背斜和倒转向斜,地层总体倾向南东。马家溪断裂走向北东,倾向南东,局部倾向北西,倾角 25°~75°,是雪峰弧形构造带内重要的导、控矿构造,次级北东、北西向断裂及层间破碎带发育,为矿区主要容矿构造;曾家溪断裂走向北东,倾向北西,倾角 65°~87°。倒转褶皱两翼次级北东向断裂发育,产状与褶皱轴面大体一致,为矿区主要容矿构造(图 1)。

#### 2 矿床地质特征

#### 2.1 矿体特征

矿区发育①、②和③号三个矿脉(图1),矿脉基本受断裂破碎带控制,产状较稳定。

收稿日期: 2014-12-09

基金项目:湖南省国土资源厅项目"湖南省溆浦县让家溪矿区锑钨矿预查"(201103110)

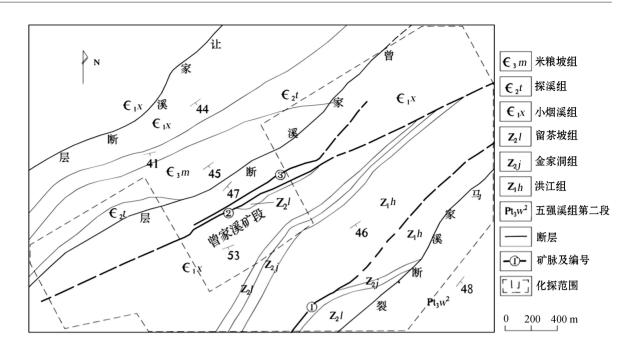


图 1 曾家溪矿区地质简要

①号矿脉为锑矿脉,区内控制长约 800 m,由碎裂化板岩、碎裂化硅质岩、石英细脉等组成,矿脉形态不稳定,多为透镜状、扁豆状及囊状。矿体倾向140°,倾角29°~57°,厚0.20~1.50 m,平均厚0.51 m,Sb含量 $(2.04~19.23)\times10^{-2}$ ,平均8.05 $\times10^{-2}$ 。

②号矿脉为钨锑矿脉,区内控制长约 1800 m,由碎裂化板岩、硅质岩、石英脉等组成,矿脉形态不稳定,多为透镜状、扁豆状及囊状。矿体倾向南东,倾角 57°~68°,厚 0.10~3.50 m,平均厚 1.48 m, Sb含量 $(0.49~0.66)\times10^{-2}$ ,平均  $0.57\times10^{-2}$ ,钨(WO<sub>3</sub>)含量 $(0.12~6.51)\times10^{-2}$ ,平均  $1.18\times10^{-2}$ 。

③号矿脉为钨锑矿脉,区内控制长约 1 400 m,由碎裂化炭质板岩、碎裂化硅质岩及构造角砾岩、石 英脉等组成,矿脉形态不稳定,多为透镜状、扁豆状及囊状。矿体倾向南东,倾角 38°~72°,厚约 0.15~3.32 m,平均厚 0.95 m, Sb 含量  $(0.29~17.54)\times10^{-2}$ ,平均  $0.9\times10^{-2}$ ,钨( $WO_3$ )含量  $(0.02~17.23)\times10^{-2}$ ,平均  $0.15\times10^{-2}$ 。

#### 2.2 矿石特征

矿石的物质成分较简单,金属矿物主要有白钨 矿、辉锑矿,次为黄铁矿、锑华、褐铁矿,脉石矿物主 要为石英、方解石、重晶石。

矿石结构主要有自形、半自形晶粒状结构,次为包含结构、交代结构。矿石构造以细脉状、网脉状、 浸染状为主,其次有致密块状、角砾状。

#### 2.3 围岩蚀变

矿床为中低温热液充填型钨锑矿床,区内围岩

蚀变普遍发育,主要蚀变类型为硅化、黄铁矿化、褪色化、褐铁矿化,次为方解石化、绢云母化、重晶石化等,围岩蚀变的强度受制于岩石破碎程度,破碎程度越强,交代蚀变亦越强,一般自断裂中心向两侧蚀变强度依次减弱,其中硅化、黄铁矿化分布最广,且与钨锑矿化关系密切。

#### 3 土壤地球化学找矿

#### 3.1 剖面布置和样品采集

本次工作对曾家溪矿区开展系统的土壤地球化学找矿研究,工作面积 6.8 km²,考虑到矿区矿脉的规模、产状等特征,且矿脉主要赋存于北东东向破碎带内,因此,土壤地球化学剖面设置为北西西向,线距为 200 m,点距为 20 m,共采集样品 1094 个,全部样品送至湖南省地质矿产勘查开发局 418 队化验室分析,测试元素为 Sb、W、As、Au、Pb、Cu、Zn、Mo、Ag。

#### 3.2 元素含量特征

分别计算矿区次生晕中元素均值、标准离差、变异系数和浓度克拉克值、最大值(表1),其中浓度克拉克值大于1的元素有Pb、Cu、Mo、Au,大于10的元素有Ag、W、As、Sb;变异系数大于1的元素有Pb、Zn、Ag、Au,大于1.5的元素有Mo、W、As、Sb。

总的来看,研究区 W、As、Sb 浓度克拉克值和变异系数均较大,说明 W、As、Sb 卷入了成矿活动,容易富集成矿,槽探及钻探中均见钨、锑矿体;Pb、Au、Ag、Mo 浓度克拉克值和变异系数一般,说明 Pb、Au、Ag、Mo 仅部分卷入了成矿活动,未能形成工业矿体,仅个别工程见金矿化;Zn、Cu 浓度克拉克值和

参数	Pb	Zn	Cu	Ag	Mo	W	As	Sb	Au
均值	47.28	64.49	31.81	0.72	9.28	20.91	81.05	26.85	5.50
标准离差	70.26	68.85	31.44	0.94	17.51	32.73	124.75	82.96	5.73
浓度克拉克值	2.36	0.91	1.27	14.40	6.19	10.46	54.04	134.26	3.06
变异系数	1.49	1.07	0.99	1.05	1.89	1.56	1.54	3.09	1.04
最大值	1200	896.54	626.50	21.60	259.45	283.78	1 200	1 200	76.93
大陆上地壳元素丰度[8]	20.00	71.00	25.00	0.05	1.50	2.00	1.50	0.20	1.80

表 1 曾家溪矿区土壤样品微量元素地球化学参数统计

注:分析样品数为1094个;Au含量单位为10-9,其余为10-6。表2同

变异系数均较小,说明 Zn、Cu 未卷入成矿活动。综上所述,Sb、W 为矿区下一步找矿重点,Au 也应予以重视。

#### 3.3 元素分布型式

对本区全部样品进行统计,并作元素含量对数—频数直方图(图2)。由图2可见,Sb、Au、As、W、Mo呈对数多峰分布,其低含量的峰值区代表了

背景分布,高含量的峰值区分别与矿化蚀变岩中的元素含量相对应,代表了成矿作用的叠加分布<sup>[9-10]</sup>,其中 Sb 高含量峰值明显,反映 Sb 在成矿作用过程中富集趋势明显。

Cu、Pb、Zn、Ag分布型式较为相似,总体上均呈近于对称的单峰对数正态分布,其峰值代表背景分布,反映这些元素虽参与了成矿作用,但在成矿过程

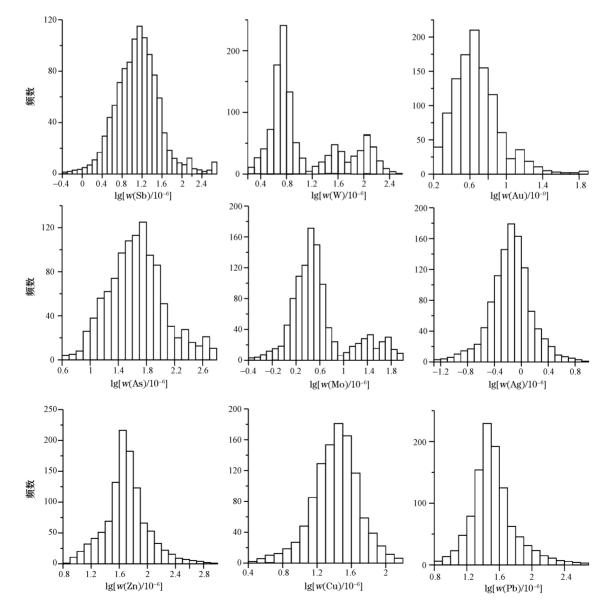


图 2 曾家溪矿区土壤样品不同元素的分布型式

中含量无显著的变化。

#### 3.4 聚类分析

聚类分析是根据样本自身的属性,用数学方法按照某些相似性指标,定量地确定样本之间的亲疏关系,并按这种亲疏关系对样本进行聚类[11]。本次使用 SPSS 多元统计软件对所有数据进行 R 型聚类分析(图 3)。

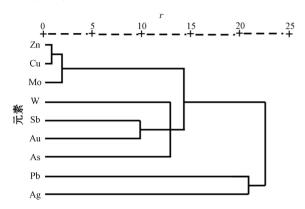


图 3 曾家溪矿区土壤样品微量元素 R 型聚类分析谱系

当距离系数小于 25 时可以将本区成矿元素分为两类,即 Zn、Cu、Mo、W、Sb、Au、As 和 Pb、Ag,其中后者未在矿区形成明显的矿化富集;当距离系数小于 15 时可以将成矿元素 Zn、Cu、Mo、W、Sb、Au、As 再分为两类,一类为 W、Sb、Au、As,是矿区的主要成矿元素组合,一类为 Zn、Cu、Mo,亦未在矿区形成明显的矿化富集。

#### 3.5 元素异常特征

#### 3.5.1 背景值及异常下限确定

背景值及异常下限的确定是土壤地球化学测量

资料综合整理的先行步骤。确定背景值及异常下限的方法有多种,常用长剖面法、图解法(其中包括直方图解法、概率格纸图解法)和计算法等[12-14]。对矿区土壤样品原始数据进行分析,发现数据对数值基本符合正态分布,由于此次土壤地球化学测量在矿区外围地区进行,异常下限的确定结合了计算法与频率统计方法,具体做法为:使异常数据保持占所有数据的15%±2%的原则。实践证明,以这一原则来确定异常下限是可行的,可作为快速确定异常下限的方法。

表 2 曾家溪矿区土壤样品元素异常特征

Ī	元素	平均值	标准差	理论异常下限	实际取值
	Sb	14.1	9.95	30.51	30
	W	3.42	0.97	5.01	5
	As	45.16	28.49	92.17	100
	Au	4.36	1.71	7.18	7

#### 3.5.2 元素组合异常特征

综合考虑元素 R 型聚类分析特征以及单元素在平面上的分布特征,选取 Sb、W、As、Au 进行综合异常研究。利用确定的异常下限在 MapGIS 中做元素地球化学异常图(图 4),按各元素空间分布的一致性归并为 I、II、III、III、IV号综合异常。

I号异常带为Sb、W、As 综合异常,其中Sb 异常均值为123.86×10<sup>-6</sup>,异常面积0.323 km²,最高值1200×10<sup>-6</sup>,异常衬度8.78;W异常均值为13.62×10<sup>-6</sup>~18.86×10<sup>-6</sup>,异常面积0.077~0.097 km²,最高值122.49×10<sup>-6</sup>,异常衬度3.98~5.51;As 异常均值105.57×10<sup>-6</sup>,异常面积0.082 km²,最高值235.27×10<sup>-6</sup>,异常衬度2.34。

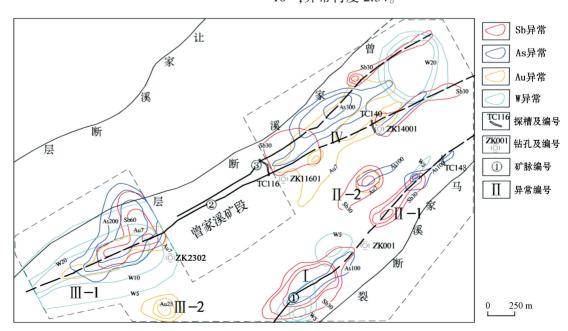


图 4 曾家溪矿区土壤样品 Sb、As、W、Au 综合异常

该异常带位于马家溪断裂下盘,主要出露岩性 为洪江组冰碛砾岩,异常大致沿①号矿脉分布,异常 强度大,浓集中心套合明显,其中 Sb 具明显浓度分 带,且槽探及浅部硐探均发现锑矿脉,为下一步找锑 的重点靶区,可通过钻探进行中深部验证。

II 号异常带为 Sb、As、W、Au 综合异常,由两个次级异常组成,其中 Sb 异常均值  $61.01\times10^{-6} \sim 70.13\times10^{-6}$ ,异常面积  $0.098\sim0.103~km^2$ ,最高值  $405.83\times10^{-6}$ ,异常衬度  $4.33\sim4.97$ ;As 异常均值  $180.52\times10^{-6}\sim216.28\times10^{-6}$ ,异常面积  $0.030\sim0.048~km^2$ ,最高值  $925.54\times10^{-6}$ ,异常衬度  $4.00\sim4.80$ ;Au 异常均值为  $9.42\times10^{-9}$ ,异常面积  $0.036~km^2$ ,最高值  $14.72\times10^{-9}$ ,异常衬度 2.75。

该异常带位于马家溪断裂下盘,主要出露岩性 为洪江组冰碛砾岩,大致呈北东向展布,异常强度较小,异常大致沿①号矿脉北东延伸方向分布,锑的找 矿前景较好,下一步可通过槽探进行验证。

Ⅲ号异常带为 Sb、W、As、Au 综合异常,由两个次级异常组成,其中 Sb 异常均值 100.91×10<sup>-6</sup>,异常面积0.25 km²,最高值1 200×10<sup>-6</sup>,异常衬度7.16; W 异常均值 56.16×10<sup>-6</sup>,,异常面积 1.375 km²,最高值 283.78×10<sup>-6</sup>,异常衬度 16.42; As 异常均值为 282.49×10<sup>-6</sup>,异常面积 0.464 km²,最高值 1 200×10<sup>-6</sup>,异常衬度 6.26; Au 异常均值13.32×10<sup>-9</sup>~18.70×10<sup>-9</sup>,异常面积 0.076~0.185 km²,最高值 76.93×10<sup>-9</sup>,异常衬度 3.89~5.47。

该异常带位于曾家溪断裂下盘,主要出露岩性为小烟溪组黑色硅化炭质板状页岩夹薄层硅质岩,异常大致沿②、③号矿脉南西延伸方向分布,异常强度大,浓集中心套合明显,其中 Sb、As、W 具明显浓度分带,且槽探及浅部硐探均发现锑钨矿脉,Ⅲ-1为下一步找锑钨的重点靶区,可通过钻探进行中深部验证。

IV号异常带为 Sb、W、As、Au 综合异常,其中 Sb 异常均值38.90×10<sup>-6</sup> ~59.91×10<sup>-6</sup>,异常面积0.066 ~ 0.179 km²,最高值351.63×10<sup>-6</sup>,异常衬度2.76~4.25; W 异常均值 37.69×10<sup>-6</sup>,异常面积 0.372 km²,最高值 136.20×10<sup>-6</sup>,异常衬度 11.02; As 异常均值为 139.89×10<sup>-6</sup> ~282.35×10<sup>-6</sup>,异常面积 0.043 ~0.2934 km²,最高值 12 004×10<sup>-6</sup>,异常衬度 3.10~6.265; Au 异常均值 10.20×10<sup>-9</sup>,异常面积 0.4778 km²,最高值42.50×10<sup>-9</sup>,异常衬度2.98。

该异常带位于曾家溪断裂下盘,主要出露岩性 为小烟溪组黑色硅化炭质板状页岩夹薄层硅质岩, 次为洪江组冰碛砾岩,异常大致沿②、③号矿脉北东 延伸方向分布,异常强度较小,浓集中心套合较差,下一步可通过槽探进行验证。

#### 4 找矿效果

根据化探异常信息反映,结合区内成矿地质条件,对  $I \setminus II - 1 \setminus IV$ 号异常进行了验证工作。其中 I 号化探异常经 ZK001 验证,见一厚 0.20 m 的锑矿脉,锑含量  $26.98 \times 10^{-2}$ ; II - 1 号化探异常经 TC148 验证,仅见破碎带,未见铅锌矿脉; III - 1 号化探异常经 ZK2302 验证见一厚 1.63 m 的钨锑矿脉,锑含量  $6.32 \times 10^{-2}$ ,钨( $WO_3$ )含量  $0.104 \times 10^{-2}$ ; IV 号化探异常经  $TC116 \setminus TC140 \setminus ZK11601$  和 ZK14001 验证见钨锑矿脉,厚  $0.20 \sim 2.55$  m,锑含量  $(0.28 \sim 3.29) \times 10^{-2}$ ,钨( $VO_3$ )含量  $(0.060\% \sim 0.120) \times 10^{-2}$ 。

#### 5 结论

- 1) 土壤中微量元素含量分布特征表明,矿区 W、As、Sb 浓度克拉克值及变异系数较大,说明这些元素卷入了成矿作用,其中 Sb 浓度克拉克值及变异系数均最大,反映矿区锑找矿前景良好。
- 2) 不同元素的含量—频数分布显示,矿区 Sb、Au、As、W、Mo 呈对数多峰分布,其低含量的峰值区代表了背景分布,高含量的峰值区分别与矿化蚀变岩中的元素含量相对应,代表了成矿作用的叠加分布,其中 Sb 高含量值峰明显,反映 Sb 在成矿作用过程中富集趋势明显。
- 3) 聚类分析结果表明, 矿区主成矿元素为 W、Sb、Au、As, 其综合异常可作为锑钨的找矿标志。
- 4)对矿区的化探异常进行了工程验证,其中 I、Ⅲ-1、Ⅳ号异常发现了锑、锑钨矿脉,且异常与矿脉套合较好,表明化探异常对矿区的下一步找矿工作具较好的指示意义。

#### 参考文献:

- [1] 刁理品,韩润生,方维萱.沟系土壤地球化学测量在贵州普晴 锑金矿勘查区应用与找矿效果[J].地质与勘探,2010,46(1): 120-127.
- [2] 孙社良,徐青峰,张寿庭,等.河南栾川地区陈南沟钼矿区土壤地球化学异常的特征与评价[J].地质通报,2011,30(11):1785-1793
- [3] 夏广清.内蒙东乌旗地区土壤地球化学测量及找矿效果[J].矿产与地质,2005,6(19);634-639.
- [4] 陈冬,梁树能.江苏溧水胡家店地区土壤地球化学特征及找矿 预测[J].物探与化探,2015,39(4):715-721.
- [5] 付山岭,胡斌,龚玉爽,等.白沙县长塘岭钨多金属矿区土壤地球化学特征及其指示意义[J].物探与化探,2012,36(5):723-727

- [6] 杨冲.雪峰弧形构造带金(锑)控矿构造分析及找矿方向研究 [D].湖南:湖南科技大学,2012.
- [7] 罗献林.湖南前寒武系锑矿床的成矿地质特征[J]. 桂林冶金 地质学院学报,1994,14(4):715-721.
- [8] 韩吟文,马振东.地球化学[M].北京:地质出版社.2003.
- [9] 钱建平,陈宏毅,孙涛,等.山东招远前孙家金矿床地质和元素 地球化学研究[J].地球化学,2010,39(3);213-228.
- [10] 钱建平,何胜飞,王富民,等.安徽省廖家地区地质地球化学特征和构造地球化学找矿[J].物探与化探,2008,32(5):519

- 524.
- [11] 阳正熙.地学数据分析教程[M].北京:科学出版社.2008.
- [12] 戴慧敏,宫传东,鲍庆中,等.区域化探数据处理中几种异常下限确定方法的对比——以内蒙古查巴奇地区水系沉积物为例 [J].物探与化探,2010,34(6):782-786.
- [13] 刘二永,郭科,唐菊兴,等.分形技术用于查证化探异常[J].成都理工学院学报,2002,29(4):444-447.
- [14] 孙忠军.矿产勘查中化探异常下限的多重分形计算方法[J].物 探化探计算技术,2007,29(1):54-58.

## A study of soil geochemistry and ore-prospecting work in the periphery of the Zengjiaxi Sb and W Mining area, Hunan Province

XIE Biao-Wu<sup>1</sup>, HE Wen-Hua<sup>1</sup>, QIAN Jian-Ping<sup>2</sup>, WANG De-Gong<sup>1</sup>, LIANG Yong-Ke<sup>1</sup>, ZHAO Jie<sup>1</sup>
(1. No.418 Geological Party, Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development of Hunan Province, Loudi 417000, China; 2. College of Earth Sciences, Guilin University of Technology, Guilin 541004, China)

Abstract: The soil geochemical characteristics of the Zengjiaxi copper-sliver mining area in Hunan have been systematically summarized through the geological mapping and soil geochemical survey on the scale of 1:10000 in this paper. The concentration clarke values and variation coefficients of W, As, Sb in soil are both high, which indicates that these elements were involved in mineralization. The association of main metallogenic elements consists of W, Sb, As and Au which can be used as the indicator elements for prospecting. Four soil geochemical anomaly belts were delineated based on the geological and heochemical analysis, and among them I, III-1 and IV anomaly belts have the better prospecting potential.

Key words: Zengjiaxi; Sb and W mining area; soil geochemical characteristics; ore-prospecting target area

**作者简介**: 谢彪武(1985-),男,工程师,研究生学历。E-mail;xiebiaowu@163.com **通讯作者**: 贺文华(1964-),男,高级工程师,研究生学历,从事地质找矿工作。E-mail;hewenhua@163.com