

文章编号: 1000-4734(2004)02-0143-06

个旧锡矿阿西寨矿段化探异常分带及找矿意义

陶 琰¹, 高振敏¹, 马德云¹, 李晓彪¹, 普传杰², 李红阳³

(1. 中国科学院 地球化学研究所 矿床地球化学开放研究实验室, 贵州 贵阳 550002;

2. 云南省黄金工业公司, 云南 昆明 650051; 3. 石家庄经济学院 资源学院, 河北 石家庄 050031)

摘要:通过对个旧锡矿阿西寨矿段地表基岩的地球化学勘查,发现其成矿元素的地球化学异常表现出明显的环状分带,并以测区内隐伏花岗岩凸起为中心,元素分带序列与元素本身的地球化学性质所决定的侧向迁移活动能力相符合。该现象再次证实个旧锡矿为花岗岩岩浆期后热液成矿,花岗岩是大多数成矿金属元素的物质来源,同时也是成矿热液活动的主要驱动营力。分析认为,阿西寨测区是一个相对较完整和独立的(凸起)成矿场,成矿热液活动以阿西寨凸起为中心,成矿热液活动体系受断裂导流影响,在以花岗岩凸起为中心的分带控制下,可能存在的工业矿体将在主干断裂附近和有利的构造岩性界面产出。

关键词: 个旧; 锡矿; 地球化学勘查; 化探异常**中图分类号:** P611; P611.1 **文献标识码:** A**作者简介:** 陶 琰,男,1963生,博士,副研究员,从事矿床地球化学研究。

个旧锡矿是我国著名的 Sn、Cu、Pb、Zn、Ag 多金属超大型矿床,其成因一般认为是花岗岩岩浆期后热液成矿^[1],但仍然存在争议^[2]。成矿理论研究是解决争议的主要途径,而化探异常所反映的成矿元素在空间上的分布与有关地质要素的相互关系也能够从侧面反映出某些成因信息。个旧锡矿阿西寨矿段成矿元素的地球化学异常以测区内隐伏花岗岩凸起为中心,呈现明显的分带性,该现象具有矿床成因上的指示意义。本文将对阿西寨矿段化探工作的部分研究成果进行介绍,并根据异常分布对成矿热液活动体系问题及其找矿意义进行阐述。

1 矿床地质特征

个旧锡矿位于个旧构造-岩浆盆地,矿区范围 1000 余 km²,花岗岩大量产出,个旧断裂将矿区分为东西两区,在西区有三百余平方公里的花岗岩出露,东区主要为隐伏花岗岩,沿五子山复背斜轴部隐伏花岗岩体埋深 200~1500 m 不等,主要为黑云母花岗岩。据 K-Ar 同位素年龄测定,个旧

地区黑云母花岗岩同位素年龄为 59.5~115 Ma,为燕山中晚期产物^[3]。

原生矿化类型包括夕卡岩型和层间硫化物型两大类,以隐伏形式赋存于隐伏花岗岩体顶面内外接触带及上覆中三叠统个旧组碳酸盐岩地层中。构造对热液活动有重要作用,从矿田到矿体的产出都受到各级构造控制,多数矿体严格受构造断裂、裂隙控制,成群成带出现。

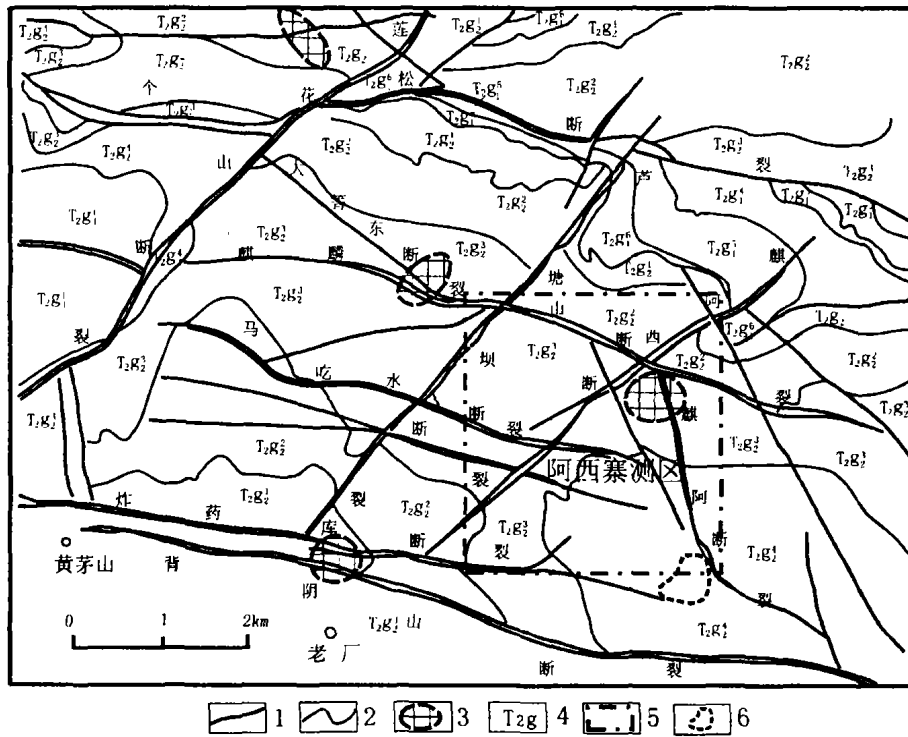
测区阿西寨矿段位于个旧锡矿东区高松矿田(图 1)。测区内断裂构造主要有 NNE 向的芦塘坝断裂、麒阿西断裂,近 EW 向的麒麟山断裂、马吃水断裂、炸药库断裂, NW 向的麒阿断裂、阿西寨断裂,三组断裂交切成窗格状。物探工作已查证测区深部存在隐伏花岗岩体,其凸起对应于地表在麒阿断裂与麒麟山断裂交汇点南侧的位置。区内出露地层为中三叠统个旧组卡房段灰岩、白云质灰岩及白云岩。

2 样品采集和分析

阿西寨矿段在高松矿田西部、芦塘坝矿段西侧,是个旧矿山加强深部和外围找矿、开展地、物、化工作的重点靶区之一。测区为长宽各为 3 km 的正方形区域,化探工作总面积 9 km²,如图 1 所示。

收稿日期: 2004-02-13

基金项目: 云南省院省校合作项目(2000YK-05); 中科院重要方向项目(kzxc3-sw-125)



1. 断裂(带) 2. 地层界线 3. 隐伏花岗岩凸起 4. 中三叠统个旧组 5. 化探测区范围 6. 废渣场

图1 高松矿田地地质简图及本次化探测区名称范围

Fig.1. Geological sketch map of the Gaosong ore field and the boundary of geochemical exploration.

测点布置基本上按照 200 m × 200 m 等间距的正方形网格分布,测线平行测区边界。实际有效取样分析样品 236 个。

样品分析在成都理工大学核技术应用开发重点实验室完成,测量仪器为美国 CANBERRA 公司生产的 Si(Li) 半导体探测器, X 光管和 Am-241 激发源, 1024 道分析器。

检测元素根据综合反映成矿热液活动的需要^[4]及仪器本身对样品的检出情况,分析出了 Ti、Fe、Cu、Zn、Se、As、Pb、Sr、Ag、Sn、Sb、Ba 共 12 个元素。

对分析结果进行了抽样检查,抽检样品误差

见表 1,大部分分析数据误差小于 35%,而且,误差普遍表现为负值,认为是两批分析存在仪器参数状态的系统差异造成,同批分析样品分析结果的相对偏差更小。因此,本次化探样品的分析结果基本符合质量要求。

3 地球化学异常

地表出露地层为中三叠统个旧组卡房段 (T₂g₁)、马拉格段 (T₂g₂),岩性主要为灰岩、白云质灰岩及白云岩。根据原有地球化学勘查资料,矿田地层矿化热液活动的叠加强度较高,一般高出

表 1 抽检样品数据误差 (%)

Table 1. The error of analysis

| 样号 | Ti | Fe | Cu | Zn | Se | As | Pb | Sr | Ag | Sn | Sb | Ba |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| A15 | -12 | 0 | -16 | 12 | -33 | -36 | -12 | 1 | -18 | -24 | -26 | -39 |
| A52 | -40 | -14 | -9 | -11 | 0 | -12 | -12 | 0 | -29 | 5 | -21 | -57 |
| A88 | -16 | -20 | -14 | -24 | -23 | -42 | -36 | -20 | -16 | -4 | -8 | -62 |
| A94 | -7 | -33 | -27 | -33 | -33 | -11 | -26 | -22 | -17 | -14 | -15 | -78 |
| A105 | 4 | -6 | 6 | -9 | -7 | -13 | -56 | 0 | -17 | -8 | -1 | -41 |
| A115 | -6 | 0 | -4 | -16 | -20 | -47 | -15 | 8 | -16 | -2 | 4 | -75 |
| A125 | -4 | -11 | -44 | 10 | -20 | -7 | 16 | -18 | -13 | -45 | -25 | -43 |
| A166 | -8 | -33 | -54 | -15 | -2 | -1 | 13 | -15 | -17 | -45 | -47 | -67 |
| A198 | -3 | -14 | -44 | -13 | -20 | -13 | 16 | -4 | -17 | 7 | 10 | -55 |
| A211 | -4 | 0 | 4 | -23 | -8 | 12 | -32 | -10 | -9 | -27 | -29 | -8 |
| A221 | -12 | -10 | -12 | 4 | -20 | -5 | -10 | 7 | -12 | -10 | -9 | -56 |

数倍到数十倍,有利于地球化学勘查对原生晕的有效识别。

据不同测区的对比研究表明,控制测区地表基岩原生晕元素含量的主要因素是距花岗岩突起的水平高程,因此,地表基岩原生晕的元素绝对含量高低并不是决定深部是否存在隐伏矿体的判定依据,而确定成矿元素含量在测区的相对分布,分析测区成矿热液活动体系,从而认识可能的成矿有利

部位是在此条件下地球化学勘查主要目的。因此,地球化学异常分析处理以中位数作为测区元素地球化学背景值,以 20% 的异常面积分布确定异常下限,以 10% 的分布面积确定强异常界限。其中, Sr、Ba 考虑在成矿热液活动中被带出亏损,以反序方式(以低值区为异常区)确定异常参数。各测区异常下限如表 2。主要成矿热液活动元素的地球化学异常(相对异常分布)如图 2 所示。

表 2 原生晕元素地球化学异常评价参数(Fe: %;其它 10^{-6})

Table 2. Some parameters for geochemical exploration in the Gaosong ore field (Fe in wt%, the others in 10^{-6})

| 元素 | Ti | Fe | Cu | Zn | Se | As | Pb | Sr | Ag | Sn | Sb | Ba |
|------|------|------|-----|-----|------|-----|-----|------|------|-----|-----|------|
| 背景值 | 17.3 | 0.02 | 8.6 | 7.6 | 0.04 | 9.6 | 8.7 | 40.1 | 0.07 | 4.7 | 5.9 | 0.87 |
| 异常下限 | 143 | 0.05 | 19 | 20 | 0.17 | 59 | 77 | 24 | 0.7 | 15 | 14 | 0.57 |
| 强异常 | 232 | 0.08 | 24 | 34 | 0.31 | 94 | 117 | 15 | 1.0 | 38 | 26 | 0.57 |

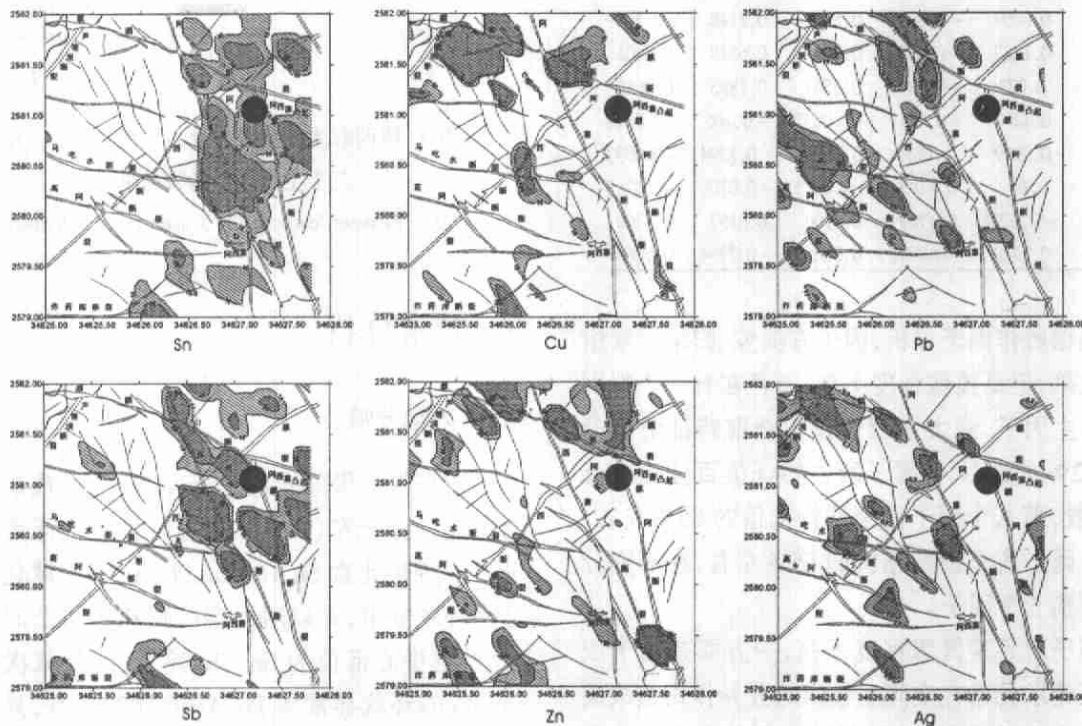


图 2 阿西寨测区地表基岩元素含量(10^{-6})地球化学分布

Fig. 2. Distribution of the main metallogenetic elements in rocks, Axizhai

4 因子分析

在划分元素组合及推断地质意义方面,因子分析是非常有效的途径。它以许多变量间的相关关系为基础,将变量进行组合,是最少个数的因子来说明多变量之间存在的关系,对一组具有复杂相关关系的样品,可以通过研究它的协方差矩阵的内部结构,找出若干个对这组样品起支配作

用的独立新因子来代替原有的变量(元素),起到提炼、归纳元素组合的作用,获得比原始数据中固有元素更简单的关系图象,在地球化学勘查中,还成为连接原始元素观测数据同地质成因的一座桥梁。采用“方差极大”正交旋转法得到其正交因子解,根据数据分布近对数正态分布的特点,对原始数据作了以自然对数为底的对数化处理。各因子特征值及所占百分比和各元素在各个因子上的载

荷如表3、表4。

表3 阿西寨测区基岩因子特征值及所占百分比

Table 3. R-mode factor analyses of rocks in the Axizhai area

| 因子 | f_1 | f_2 | f_3 | f_4 | f_5 |
|-------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 特征值 | 2.669 | 1.4191 | 1.3713 | 1.1512 | 1.1455 |
| 百分比 | 22.2413 | 11.8257 | 11.4271 | 9.5935 | 9.546 |
| 累计百分比 | 22.2413 | 34.067 | 45.4941 | 55.0875 | 64.6335 |

表4 阿西寨测区基岩中各元素在因子上的载荷

Table 4. The element loads on the factors of R-mode factor analysis for rocks in the Axizhai area

| 因子 | f_1 | f_2 | f_3 | f_4 | f_5 |
|----|---------|---------|---------|---------|---------|
| Ti | 0.7269 | -0.0558 | 0.0825 | -0.0309 | -0.0099 |
| Fe | 0.908 | 0.0505 | 0.0146 | -0.0733 | 0.0205 |
| Cu | 0.7757 | -0.0279 | 0.0821 | -0.124 | 0.0428 |
| Zn | 0.7827 | -0.0115 | -0.0874 | 0.1008 | -0.2708 |
| Se | 0.0007 | -0.0827 | 0.5766 | 0.2148 | -0.5079 |
| As | 0.1287 | -0.2653 | 0.0444 | 0.6048 | 0.3001 |
| Pb | 0.077 | -0.069 | 0.6565 | 0.1898 | 0.3668 |
| Sr | 0.1273 | -0.1349 | -0.0287 | -0.105 | -0.7317 |
| Ag | 0.0399 | 0.083 | 0.7629 | -0.2294 | -0.0932 |
| Sn | 0 | 0.8189 | -0.0075 | -0.0109 | -0.0248 |
| Sb | -0.0193 | 0.7709 | 0.0104 | 0.0157 | 0.1769 |
| Ba | 0.2472 | -0.2012 | 0.0385 | -0.7794 | 0.1063 |

根据所作因子分析,因子有提炼、归纳元素组合的效果,但是提炼程度不高,不存在有一个特别突出的主因子,最大主因子仅占全部特征值百分比的22%或更小,各因子所占特征值百分比比较分散,一般,前八个因子占全部特征值的85%左右,前5个因子占全部特征值的65%左右,在研究分析中取前5个因子。

因子对元素提炼程度不高,一方面是由于成矿特征指示元素在空间上较强的分异作用造成成矿特征指示元素间的不相关性,是共生分异的体现^[5],个旧锡矿在空间上的分带是普遍存在并得到广泛认同的现象^[6-8];另一方面,12个元素中,As、Se含量变化较大且无明显规则,Sr、Ba、Ti、Fe的系统性的效果也不理想,造成主因子的分散趋势。就主要成矿元素Sn、Cu、Pb、Zn、Ag而言,集中在前3个因子中,效果是比较好的,其相对均衡分散的因子体现成矿热液活动的元素分带现象。

f_1 、 f_2 、 f_3 三个主因子主要反映Sn、Cu、Pb、Zn、Ag、Sb及Ti、Fe, f_4 、 f_5 主要反映As、Sr、Ba、Se,因此 f_1 、 f_2 、 f_3 三个主因子基本上能反映成矿热液活动的主要特征,其中 f_1 反映Cu、Zn, f_2 反映Sn、Sb, f_3

反映Pb、Ag。阿西寨测区基岩中各元素在 f_1 、 f_2 、 f_3 三个主因子上的载荷如图3。因子分析上的关联关系较好的体现了成矿元素的矿化共生组合,前3个因子分别代表了中程、近程和远程矿化,以样品因子得分代替含量分析是地球化学勘查研究中一种重要的方法^[9],阿西寨测区化探样品主要因子得分的趋势分布如图4所示,比较图2、图4,因子得分的趋势分布能综合反映成矿元素含量的趋势分布。

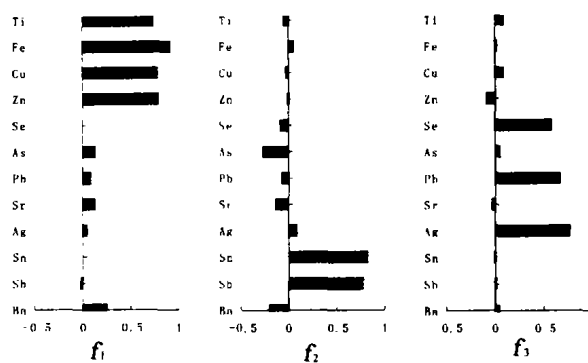


图3 阿西寨测区基岩测量各元素在 f_1 、 f_2 、 f_3 三个主因子上的载荷值

Fig. 3. Element loads on the 3 main factors (R-mode).

5 异常分析

5.1 异常分带

根据因子得分的趋势分布(图2)及成矿元素含量的趋势分布(图4),最为显著的特征是异常分带。成矿元素Sn、Cu、Zn、Pb、Ag的地球化学异常呈环状分带,并以阿西寨隐伏花岗岩凸起为中心,凸起中心部位为Sn(Sb)异常,向外依次出现Cu、Zn的环状异常和Pb、Ag的环状异常,异常所表现出来的元素分带序列与成矿元素本身的地球化学性质即侧向迁移活动能力相符合^[10,11],并且同个旧锡矿已知的矿体分带性一致^[6]。

本测区主要为受阿西寨凸起控制的成矿热液活动区段,可称为阿西寨凸起成矿热液场,次之西部受芦塘坝凸起成矿热液场影响,南部受老厂成矿热液场的影响。成矿热液活动以阿西寨凸起为中心,向南北两侧及西侧有梯度变化,凸起中心以Sn矿化异常为主,外带为Cu、Zn异常,Pb、Ag热液活动性最强,叠加西侧成矿场的影响,异常主要在测区西部展布。

该现象再次证实个旧锡矿为花岗岩岩浆期后

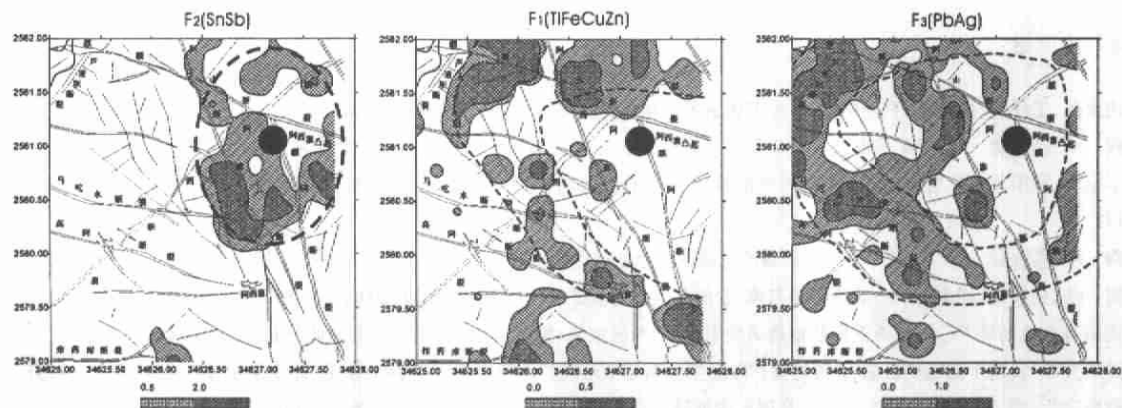


图 4 阿西寨测区化探样品主要因子得分的趋势分布

Fig. 4. Distribution of sample scores on the factors for orthogonal vector factor solution (*R* mode), Axizhai.

热液成矿,花岗岩是大多数成矿金属元素的物质来源,同时也是成矿热液活动的主要驱动营力^[12]。

5.2 断裂控制

成矿元素的地球化学异常在总体上表现为环状分带,在局部上又明显受到断裂构造的控制,体现为成矿热液活动体系的断裂导流控制作用^[13]。主要异常带均沿断裂分布,体现在成矿热液活动中断裂导流的重要作用,三组主要的断裂(北东南西、北西-南东、东-西向)均有良好的控制作用,可以期望,在以成矿花岗岩凸起为中心的成矿分带控制下,主要的工业矿体将集中在主干断裂附近产出,尤其是几组断裂密集的夹持部位。

Sn、Sb 异常以阿西寨凸起为中心,在构造上处于区内三组主要断裂的交汇夹持区,沿阿西寨断裂两侧集中分布, NW-SE 向断裂控制异常带展布。Cu、Zn 异常环状分布在 Sn、Sb 异常外侧,主要异常区沿麒麟山断裂及高阿断裂分布, NWW-SEE 向断裂导流控制作用较强。Pb、Ag 异常相对分散,主要分布在麒麟山、芦塘坝、马吃水断裂构成的外环带上,主要断裂交汇部位控制局部异常中心,马吃水、麒阿西、麒麟山、芦塘坝断裂均有对异常分布的控制作用。

5.3 找矿意义

分析认为,阿西寨测区是一个相对较完整和

独立的(隐伏花岗岩凸起)成矿场,表现为以花岗岩为矿源和热源、以断裂为导流通道的热液活动成矿系统,可以期望比较完整的成矿系列的产出。成矿热液活动以阿西寨凸起为中心,成矿热液活动体系受断裂导流影响,在以花岗岩凸起为中心的分带控制下,可能存在的工业矿体将在主干断裂附近和有利的构造岩性界面产出。

6 结论

(1)阿西寨测区成矿热液活动元素的地球化学分布受距成矿花岗岩凸起控制,总体上表现为以成矿花岗岩凸起为中心的环状分带。该现象再次证实个旧锡矿为花岗岩岩浆期后热液成矿,花岗岩是大多数成矿金属元素的物质来源,同时也是成矿热液活动的主要驱动营力。

(2)成矿元素的地球化学异常在总体上表现为环状分带,在局部上又明显受到断裂构造的控制,体现为成矿热液活动体系的断裂导流控制作用。

(3)阿西寨测区是一个相对较完整和独立的(凸起)成矿场,表现为以花岗岩为矿源和热源、以断裂为主要导流通道的热液活动成矿系统,可以期望比较完整的矿化系列的产出。

参 考 文 献:

- [1] 庄永秋,王任重,杨树培,尹金明.云南个旧锡铜多金属矿床[M].北京:地震出版社,1996. 185.
- [2] 张 欢,高振敏.个旧锡矿区鲕状黄铁矿和胶状黄铁矿中 Sn 的分布及成因意义[J]. 矿物学报,2004,24(1):87~91.
- [3] 李家和.云南某锡矿岩浆杂岩体的同位素地质年龄[A].全国同位素地质会议文集(第二辑)[M].北京:地质出版社,1977. 165~171.
- [4] 陶 琰,高振敏,王笑臻,张 欢.个旧锡矿土壤次生晕地球化学勘查的可行性分析[J].地质与勘探,2002,38(5):54~57.
- [5] 陶 琰,金景福.湘中锡矿山式锡矿与砷、金的共生分异现象研究[J].矿物学报,2001,(1):67~72.
- [6] 西南有色地勘局三〇八地质勘探队地质研究室.某夕卡岩型锡、铜矿床的成矿特点[J].地质与勘探,1974,(4):9~14.
- [7] 於崇文等.云南个旧成矿区锡石-硫化物矿床原生金属分带形成的地球化学动力学机制[J].地质学报,1990,64(3):226~237.
- [8] 欧阳宗圻,李 惠,刘汉忠.典型有色金属矿床地球化学异常模式[M].北京:地质出版社,1990. 87~103.
- [9] 豪沃思 R J. 化探中的统计学和数据分析(勘查地球化学手册第二卷)[M].北京:冶金工业出版社,1990.
- [10] 陈 俊,周怀阳.华南含锡花岗岩的地质地球化学研究[J].南京大学学报,1988,(1):130~140.
- [11] 巴尔苏科夫,格里戈良,奥夫钦尼科夫.金属矿床地球化学普查方法[M].吴传璧,邱郁文(译).北京:冶金工业出版社,1988. 322.
- [12] 陶 琰,马德云,高振敏.个旧锡矿成矿热液活动的元素地球化学指示[J].地质地球化学,2002,(2):34~39.
- [13] 陶 琰,高振敏,金景福,等.湘中锡矿山式锡矿成矿地质条件分析[J].地质科学,2002,(2):184~195.

ZONAL DISTRIBUTION OF GEOCHEMICAL ANOMALIES IN AXIZHAI ORE RUN OF GEJIU TIN DEPOSIT AND EXPLORATION SIGNIFICANCE

TAO Yan¹, GAO Zhen-min¹, MA De-yun¹, LI Xiao-biao¹, PU Chuan-jie², LI Hong-yang³

(1. Open Laboratory of Ore Deposit Geochemistry, Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002, China;

2. Yunnan Gold Company, Kunming, 650051, China; 3. College of Resources, Shijiazhuang University of Economics, Shijiazhuang 050031, China)

Abstract: The geochemical exploration in the axizhai ore run of the Gejiu tin deposit shows a zonal distribution of geochemical anomalies around the Axizhai granite, in order of Sn-Cu-Zn-Pb-Ag. It can be considered that the deposit is associated with granite. The Axizhai ore run is a relatively integrated, independent hydrothermal fluid field, and the mineralization would be controlled by zonal differentiation around the Axizhai granite.

Key words: Gejiu tin deposit; geochemical exploration; geochemical anomalies