

# 构造地球化学方法在个旧锡矿外围 找矿预测中的应用

## Application of Tectogeochemistry in Metallogenic Prognosis in Periphery of Gejiu Tin Ore Deposit

王 力<sup>1</sup> 孟昭君<sup>2</sup> 毛政利<sup>1</sup>

(1 中南大学地质研究所, 湖南 长沙 410083; 2 黑龙江省有色地勘局 706 队, 黑龙江 齐齐哈尔 161031)

Wang Li<sup>1</sup>, Meng Zhaojun<sup>2</sup> and Mao Zhengli<sup>1</sup>

(1 Institute of Geology, Central South University, Changsha 410083, Hunan, China; 2 No.706 of Heilongjiang Non-Ferrous Surveying Bureau, Qiqihaer 161031, Heilongjiang, China)

**摘 要** 个旧超大型锡多金属矿集区是我国滇东南锡成矿带上最重要的锡成矿区之一。本文结合矿区成矿条件成矿规律、尤其是构造控矿规律的分析, 应用构造地球化学方法, 探讨了成矿元素的统计分布特征及空间分布特征, 并对矿区外围找矿靶区进行了成矿预测。

**关键词** 个旧 锡矿 构造地球化学 成矿预测

个旧矿区是一个以锡为主、兼有铜、铅、锌、钨、银、铋等 20 多种金属的超大型矿集区。是我国滇东南锡成矿带上最重要的锡成矿区之一。区内各大矿床(矿体群)的产出主要受燕山期黑云母花岗岩、中三叠统碳酸盐岩及一系列构造所控制。金属元素组合分带特征明显(图 1), 矿床类型以锡石—多金属硫化物型为主, 按其产出部位及矿石的次生氧化特征, 可进一步划分为接触带夕卡岩型硫化矿床及远离接触带的层、脉状氧化矿床。

本文接合近两年在个旧锡多金属矿区的找矿实际工作, 试图从构造地球化学角度探讨该区外围找矿预测问题。即在详细研究预测区构造的基础上, 以非规则网度的大范围组合取样方法采集导通性构造(在成矿期是导通的或在成矿后的构造-热活动期是导通的)中构造岩、蚀变岩和脉岩等, 通过定量分析这些样品中的成矿元素及其相关元素的含量, 捕捉到深部隐伏矿体在地表引起的微弱的地球化学异常, 进而为成矿预测提供依据。其根本原因就在于这些成矿构造中成矿元素的运移比块状岩石中要容易得多(在 500℃时, 固体晶格的扩散系数在  $10^{-21}\text{cm}^2/\text{s}$  数量级 (Lasaga et al., 1970), 晶体边界的扩散系数为  $10^{-17}\text{cm}^2/\text{s}$ )。

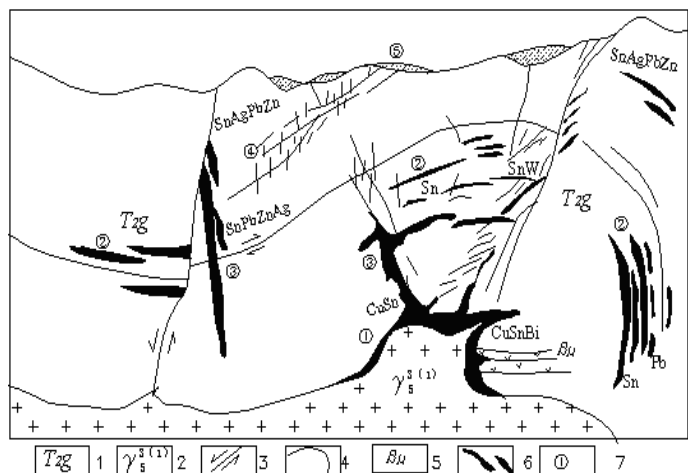


图 1 个旧矿区矿体形态空间展布及元素分带模式图

1—个旧组灰岩、白云岩; 2—燕山期花岗岩; 3—断层; 4—褶皱地层; 5—辉绿岩; 6—矿体; 7—成矿形式编号 (①接触带夕卡岩型矿床; ②层间层状-似层状、条带状氧化矿床; ③层间脉状氧化矿床; ④电气石细脉带型矿床; ⑤砂锡矿)

数量级 (Joesten, 1983), 而流体中的扩散系数却达到  $10^{-4} \text{cm}^2/\text{s}$  (Nigrini, 1970), 而且采用非规则网度大范围组合取样, 又可以在不漏掉有意义的异常的情况下比传统的原生晕法减少采样数量, 从而降低成本, 提高效率。

## 1 预测区地质概况

个旧矿区高松矿田外围驼峰山测区 (图 2), 位于高松矿田西南部, 区内出露地层为中三叠统个旧组下段灰质白云岩夹白云质灰岩。区内主干构造为一呈 NNE 走向的驼峰山背斜, 横跨该背斜之上发育有不同方向的断裂构造, 其中包括: 近东西向的马吃水断裂和驼峰山断裂; NE 向的大菁南山断裂; NEE 向的高阿断裂以及 NW 向、NNW 向的次级小断裂。从地表矿化信息上看, 地表岩石基本上见不到明显的矿化, 蚀变也十分微弱, 而沿上述构造发育部位尤其是构造的交叉部位, 则具有较强的赤褐铁矿化角砾及较强的硅化、铁锰碳酸盐化等蚀变。此外, 地表未见任何岩浆岩出露, 仅依据区域地质特征及邻区钻孔资料分析, 该区深部存在隐伏的与成矿关系密切的燕山晚期中粒黑云母花岗岩。

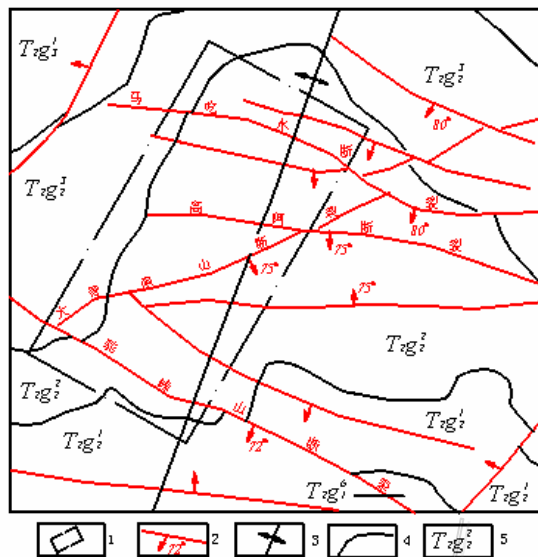


图 2 研究区及外围地质构造简图

1—研究区范围; 2—断裂; 3—背斜; 4—地层界线;  
5—中三叠统个旧组地层

## 2 构造地球化学探矿研究

通过与邻区已知矿床的成矿条件类比分析表明, 研究测区内可能的隐伏矿床埋深较大、矿体围岩及地表出露的岩石都是不利于成矿热液渗滤和成矿元素扩散的块状碳酸盐岩 (白云岩、白云质灰岩和少量灰岩)、岩层的产状又比较平缓, 所以按照常规的化探原生晕法采取块状岩石样品, 可能极难发现深部隐伏矿体引起的地球化学异常。因此, 在实际工作中按非规则网度大范围组合取样分析, 因而获得了较理想的地球化学异常信息。即样品的采集不局限于各个测点, 而是围绕非规则网度的测点在一定范围 ( $10 \text{m}^2$  左右) 内采取蚀变的构造岩和构造中的脉岩等组合成一个样品。

### 2.1 元素统计分布特征

研究区内共采集了 126 个样品, 所有样品均定量分析了 Cu、Pb、Zn、Sn、Mn、Li、As、Sb、Bi、Hg、W、Mo、Ag、B 等 14 个元素, 对上述分析结果进行统计分析, 发现研究区内元素分布有如下特征:

(1) 研究区内构造地球化学元素 R 型聚类分析 (见图 3) 表明: 在所有分析的 14 个元素中, Ag 与 Mn、W 和 Sb 的关系最为密切, 其次是 Pb 与 Zn, Ag、Mn 和 Mo, 这与本区成矿元素组合关系基本一致,

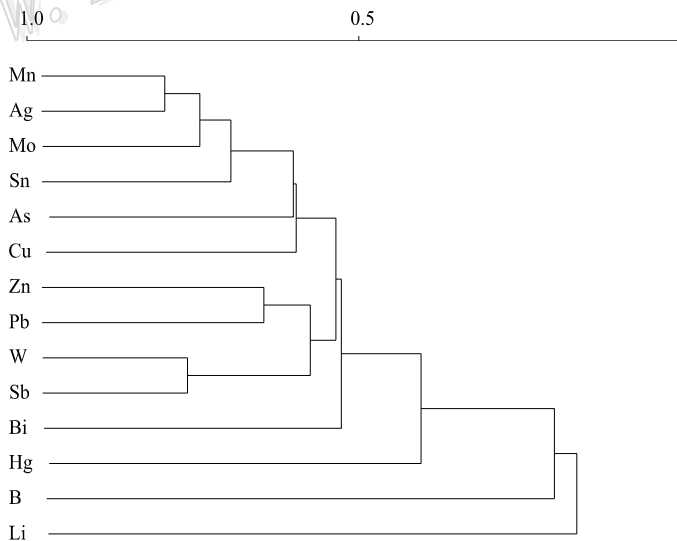


图 3 驼峰山测区构造地球化学分析元素 R 型聚类谱系图

在矿体中 Ag 与 Mn、Pb 和 Zn 总是密切共生,同时,这 4 个元素也是远离接触带的层间氧化矿的特征元素组合,而 W 和 Mo 则属于岩体内及岩体接触带的高温成矿元素,从一个方面表明这些元素在本区的异常富集可能是层间氧化矿引起的,同时也与更深部位的岩体接触带及岩体内部的矿化有关,即层间氧化矿和接触带矿都具有找矿前景。

(2) 按相关系数 0.5 进行聚类分组,则 Cu、Pb、Zn、Sn、Mn、As、Sb、Bi、W、Mo 和划归一组(图 3),表明这些元素是密切相关的,其富集可能与矿体密切相关,将这些元素作为本区的矿化指示元素。

(3) 研究区内大部分成矿元素(Mn、Ag、Pb、Zn、Cu、Sn、W)以及与成矿相关的元素(As、Sb、Hg 等)的变异系数都大于 1(表 1),表明该区的这些元素的分布是极不均匀的,而从元素分布的机理上看,正常的沉积岩中元素含量的分布应该是相对均匀的,如果分布极不均匀,则可能是某种地质作用使其在局

表 1 驼峰山测区成矿元素及相关微量元素构造地球化学含量统计结果

|                  | Cu   | Pb    | Zn    | Mn   | Li   | W    | Mo   | B    | Sn    | Ag   | As   | Sb    | Bi    | Hg    |
|------------------|------|-------|-------|------|------|------|------|------|-------|------|------|-------|-------|-------|
| 平均值              | 4.69 | 59.4  | 124.8 | 283  | 8.4  | 1.6  | 0.9  | 1.9  | 0.6   | 0.06 | 4.6  | 1.73  | 0.05  | 0.028 |
| 最小值              | 0.7  | 4.6   | 940   | 7.3  | 5.4  | 0.05 | 0.12 | 0.6  | 0.2   | 0.01 | 1.05 | 4.57  | 0.01  | 0.001 |
| 最大值              | 85.9 | 467   | 19    | 6891 | 16.7 | 38.8 | 7.08 | 13   | 6.3   | 0.11 | 31.9 | 0.12  | 0.36  | 0.269 |
| 标准离差             | 9    | 89.9  | 150.1 | 677  | 2.9  | 4.2  | 0.8  | 1.52 | 0.61  | 1    | 4.77 | 37.46 | 0.041 | 0.052 |
| 变异系数             | 1.91 | 1.51  | 1.21  | 2.39 | 0.34 | 2.62 | 0.89 | 0.8  | 1.01  | 16.6 | 1.03 | 21.65 | 0.82  | 1.857 |
| T <sub>2g2</sub> | 3.0  | 59.13 | 67.6  | 133  | 1.73 | 0.36 | 0.56 | 4.04 | 14.61 | 0.3  | 3.91 |       | 0.91  |       |
| 全球碳酸盐            | 4    | 9     | 20    | 1100 | 5    | 0.6  | 0.4  | 20   | 0.n   | 0.0n | 1    | 0.2   |       | 0.04  |

注:个旧组下段(T<sub>2g2</sub>)的数据据於崇文等(1988),全球岩酸盐值据Turekian and Wedepoth, 1961

部地段发生了富集或贫化,从该区的情况判断:Cu、Pb、Zn、W、Mo 的含量要高于地表地层(个旧组下段)的背景含量,表明这些元素在是该区发生了局部富集作用。

(4) 据Haymob(1989)的研究,越靠近矿体,成矿元素的分布越不均匀,也就是说其含量的变异系数越大,本区变异系数最大的是 Ag 和 Sb,其次是 Mn 和 W 等,那么可以推断,本测区在垂向上可能更接近含 Ag 和 Mn 高的矿体,Ag 和 Mn 含量高正是高松矿田层间氧化矿的典型特征,所以这也从一个侧面表明本测区可能存在隐伏的层间氧化型矿体。

## 2.2 元素的空间分布特征及意义

对研究区内各主要成矿元素的浓度分布进行网格化计算机模拟成图(图 4)。对比各元素的浓度值的空间含量分布与各地质要素(特别是构造)的空间关系(见图 2),显示出元素的空间分布有如下规律:

(1) 各主要元素 Ag、Pb、Zn、Cu、Sn、W、Sb、As 等的空间分布都比较集中,其浓集中心明显地受三条大的区域规模的断裂构造及一个大规模背斜的控制,即受近东西走向的马吃水断裂、驼峰山断裂、北东走向的大菁南山断裂带以及北北东轴向的驼峰山背斜,即各元素的浓集中心基本上都分布在这三条大的断裂构造带上或其附近,其中又以 Pb、Zn、W 和 Sb 的分布最为严格地受三条大的断裂构造控制,而且其最强烈的浓集中心

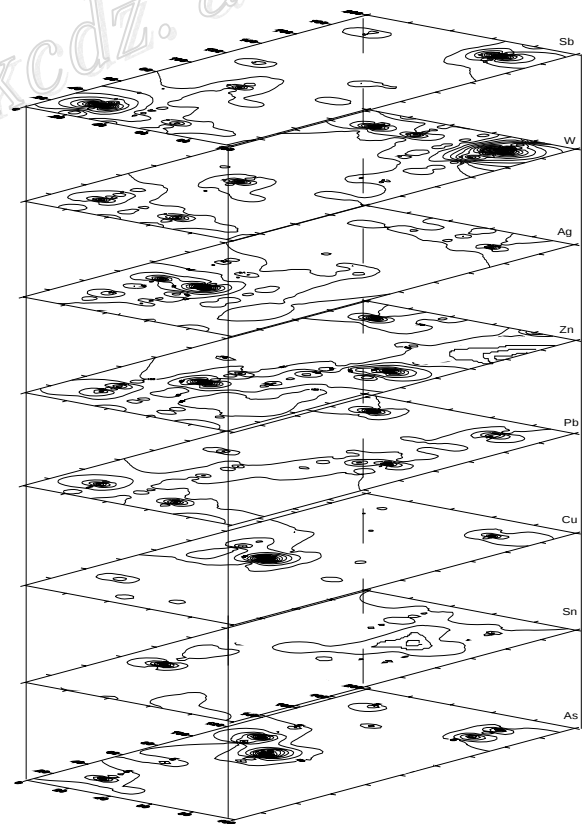


图 4 驼峰山测区主要元素浓度分布示意图

又分布在三条大断裂构造的交叉部位、大断裂与次级断裂交叉部位以及大断裂与驼峰山背斜轴的交叉部位,表明:马吃水断裂、大菁南山断裂和驼峰山断裂是成矿热液的主要运移通道,这些断裂的交叉部位以及其与次级断裂或与背斜构造的交叉部位又是成矿热液聚集的场所,也是隐伏矿床的最佳找矿部位。

(2) 从各元素浓集中心的空间套合程度来分析,有两类元素其浓集中心的套合程度较高,一类是 Pb、Zn、Ag 和 Mn,另一类是 Cu 和 As,而两类的浓集中心的在空间上的分布还是有明显的差异,前者的分布主要受马吃水断裂、大菁南山断裂和驼峰山断裂的控制,而后者除了受这三条断裂控制外,更主要的是受高阿断裂的控制。从成矿元素组合在垂向上的变化来看(见图 1),前者属于定位于离岩体接触带较远的较浅部位的成矿元素组合,而后者则属于定位于岩带接触带上或靠近岩体接带的较深部位的成矿元素组合,这表明受大菁南山断裂、马吃水断裂和驼峰山断裂控制的潜在隐伏矿体的埋藏较深,而高阿断裂控制的潜在隐伏矿体的相对埋藏较浅。

(3) Sn 的浓集中心主要集中在大菁南山断裂带上,浓集中心的高含量岩石样品都为褐铁矿化较强烈的白云质角砾岩。由于该浓集中心不仅位于有利成矿的构造位置上,而且也是 Pb、Zn、Mn 和 Ag 的浓集中心,因此从构造地球化学角度来分析,该地段应是氧化型铅锌银和锡矿的有利找矿位置。

### 3 成矿预测分析

从研究区的构造条件和构造地球化学规律来分析,共圈定了两个最有利的综合异常区:

1 号异常区:位于近东西向的马吃水断裂与南侧的分支断裂及北东向的大菁南山断裂之交叉部位,地表出露的为中三叠统个旧组下段( $T_2g_2^2$ )白云岩,断裂构造上的高异常岩石主要为褐铁矿化白云岩。Cu、Pb、W、Sb 组合异常是全区最强的异常之一,异常强度均在 4 以上。

2 号异常区:位于大菁南山断裂与驼峰山断裂的交叉处,沿驼峰山断裂向东延伸,地表出露的为中三叠统个旧组下段灰质白云岩和白云岩( $T_2g_2^2$ 、 $T_2g_2^3$ )。Pb、Zn、Mn、As、Sb 的异常强度大于 4,且以 Pb 的异常规模最大。

其中,1 号构造地球化学异常区应是最有利的找矿靶区,而且其范围要比现有的构造地球化学异常区的面积要大,主要的潜在隐伏矿体应该在靠近驼峰山背斜轴部一带,向东可能延伸到大菁南山断裂,向南应到马吃水断裂南的次级断裂。该靶区内存在层间氧化矿的可能性较大,深部也有可能存在接触带型矿体。而 2 号构造地球化学异常区存在的矿化可能是前一异常区的西延部位,但其主体仍在 1 号异常区内。

### 4 结 语

目前,1 号异常区经过井下工程验证,已经取得了较好的找矿效果。说明寻找已知矿床外围隐伏矿体时,在充分分析已知矿床的成矿条件和成矿规律、尤其是构造控矿规律的基础上,结合构造地球化学研究,进行成矿预测是行之有效的。

### 参 考 文 献

彭程电,程蜀喜.1987.论云南个旧锡矿找矿勘探的几次大发展.锡矿地质讨论会论文集.北京:地质出版社.273~279.

Joeston R. 1983. Grain growth and grain boundary diffusion in quartz from the Christmas Mountains (Texas) contact aureole. Am. J. Sci., 283 A: 233~254.

Lasaga A C, Richardsson S W, Holland H D. 1970. The mathematics of cation diffusion and exchange under metamorphic conditions. In: Saxena S K, Bhattachani S, eds. Energetics of Geological Processes. New York: Springer Verlag. 535~588.

Nigrini A. 1970. Diffusion in rock alternation systems I: Predictions of limiting equivalent ionic conductances at elevated temperatures. Am. J. Sci., 269: 65~91.