

贵州省独山半坡锑矿地球化学特征及深部找矿预测

金中国^{1,2}, 戴塔根¹, 江红², 陈兴龙²

(1. 中南大学地学与环境工程学院, 长沙 410083; 2. 贵州省有色地质矿产勘查院, 贵阳 550005)

[摘要] 半坡锑矿床是典型的断裂控矿, 热液充填型矿床。文章阐述了半坡锑矿区的水系沉积物、土壤及岩石地球化学特征, 总结了半坡断层常量元素及热液汞量的分布分配特点, 研究了蚀变过程中元素的迁移、富集规律。从地物化条件探讨了深部找矿前景。

[关键词] 半坡锑矿床 地球化学特征 找矿预测

[中图分类号] P618.66; P595; P612 [文献标识码] A [文章编号] 0495-5331(2004)06-0024-04

1 地质概况

半坡锑矿床为一大型锑矿床。矿区位于黔南坳陷带的独山箱状背斜轴部向南倾伏部位。区内出露地层为中、下泥盆统。下泥盆统丹林组(D_1dn)和舒家坪组(D_1s)为陆缘滨海相碎屑沉积; 中统龙洞水组(D_2l)和独山组(D_2d)为浅海—滨海相碳酸盐岩和碎屑粘土岩沉积。赋矿层位为丹林组, 其岩性主要为石英砂岩, 厚度 $>500\text{m}$ 。区内构造以断裂为主, 主要有 NNW、NNE-SN、EW 向 3 组, 其中 NNW 组半坡断层规模最大, 为矿区主要的赋矿断层。锑矿体呈陡倾斜大脉切层产于半坡断裂破碎带中, 矿脉走向长 1200m , 沿倾向延深 $500\sim600\text{m}$, 仍见矿化。矿厚 $0.26\sim23.31\text{m}$, 平均品位 4.83% 。区内无岩浆岩出露。

2 地球化学特征

2.1 矿区水系沉积物及土壤异常特征

半坡锑矿区曾开展过 1:5 万水系沉积物测量和 1:1 万土壤地球化学测量, 圈定了多个 Sb-Hg-As-Pb-Zn-Mo 多元素组合异常。异常均沿区内主要断层呈带状, 串珠状分布, 局部呈不规则面状展布。在构造交切部位各元素异常浓集趋势明显, 组成强度高、规模大的不规则异常群。在半坡矿床上方水系沉积物及土壤 Sb-Hg-As-Mo 组合异常套合程度高, 连续性好, 有显著的浓集中心。水系沉积

物 Sb 异常长 2500m , 宽 $400\sim1000\text{m}$, 异常值 $20\times10^{-6}\sim300\times10^{-6}$, 具明显的大型矿床异常特征。

2.2 岩石地球化学特征

据地表及钻孔岩石地球化学测量, 该区原生晕异常明显地显示出受断裂控制。在原生晕异常发育区, 往往是断裂交汇部位。原生晕异常中 Sb 晕分布范围最大, 且具有明显的浓度分带, 浓集中心与矿体边界基本一致(图 1)。Sb、Hg、As 异常与含矿断裂关系密切^[1]。矿床轴向分带 Hg-As(前缘晕)-Sb-Mo(矿体晕)-Ga-Pb-Cu-Zn(尾晕), 横向分带 Sb-Hg-As-Mo-Pb。在地层中, 中泥盆统相对富集 Hg、As、Pb、Zn 元素, 下泥盆统 Sb、Cu、Mo、Ga 相对富集。岩石中砂岩相对富集 Sb、As、Cu、Ga, 灰岩中相对富集 Hg、Pb、Zn(表 1)。表明半坡锑矿的形成既与 D_1dn 高背景场密切相关, 又对脆性围岩有选择性。

表 1 半坡锑矿区地层或岩石含量表 $\omega_B/10^{-6}$

层位或岩性	样品数	Sb	Hg	As	Pb	Zn	Cu	Mo	Ga
D_2	2469	10.90	1.16	25.40	23.41	15.92	16.90	1.71	12.16
D_1	571	13.20	0.55	17.40	10.63	12.23	30.00	3.42	14.59
石英砂岩	80	24.10	0.28	12.36	12.02	13.74	54.58	3.52	14.58
灰岩	30	15.48	1.87	10.87	37.87	19.23	14.67	3.08	8.85

注: 贵州省有色测试中心测试(以下同), 主要来源于有色物化探队。

2.3 断裂构造地球化学特征

2.3.1 半坡断层常量元素地球化学特征

半坡断层从围岩到断裂破碎带中心(表 2),

[收稿日期] 2004-06-16; [修订日期] 2004-08-26; [责任编辑] 余大良。

[第一作者简介] 金中国(1965 年-), 男, 1988 年毕业于桂林冶金地质学院, 获学士学位, 高级工程师, 在读博士, 从事地球化学勘查与研究作。

SiO₂ 含量则逐渐升高,其余常量元素含量则逐渐降低。显示出成矿活动过程中,热动力作用较强,处于高能状态的断裂带,在成矿溶液由深部向开放空间运移时,不仅活化了离子半径大、活泼性强的 K、Na、Ca、Mg 等元素,也活化了相对稳定的 Al、Ti、Mn、Fe 元素,使其被带入围岩,Si⁴⁺ 则由于温度、压力降低,氧逸度升高,溶液进一步酸化出现过饱和而析出沉淀于断裂带,辉锑矿也随之沉淀^[1],形成硅化与锑矿化紧密共生的关系。SiO₂/Al₂O₃、(Fe³⁺ + Fe²⁺)/Ti⁴⁺ 比值高也显示热液成矿特点^[2]。

2.3.2 微量元素地球化学特征

从围岩到破碎带中心,Sb、Hg、As、Zn、Mo、Ni、Co 及 Ni/Co 值都升高(表 3),揭示在成矿过程中具有相同的活化、迁移规律,为断裂中的富集元素。通过对半坡断层破碎带的构造角砾岩、碎裂石英砂岩、碎裂灰岩取样分析,结果显示断层角砾岩中 Sb、Hg、As 及 Mo 含量远高于碎裂石英砂岩和碎裂灰岩也证明 Sb 元素在成矿演化中的构造分异特性和亲断裂构造特性,与谢尔巴科夫(1975)、卡赞斯基(1975)研究结果一致^[3]。

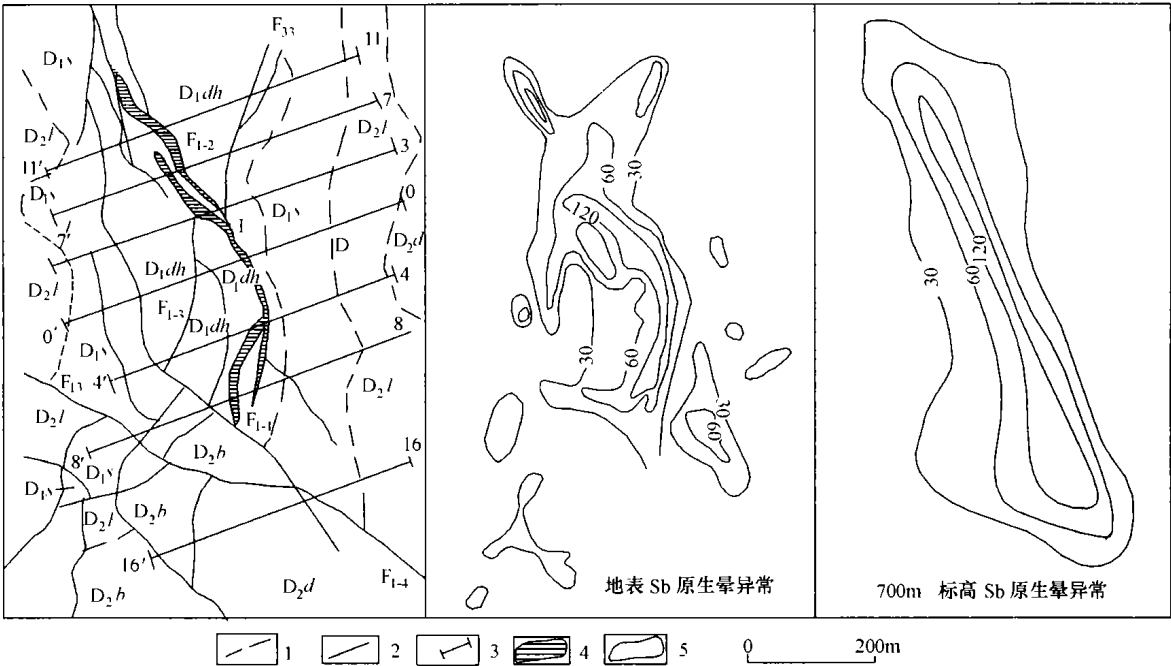


图 1 半坡锑矿地质及化探 Sb 原生晕平面异常图(据陈振伟 1987 年资料修改)
1—地层界线;2—断层;3—勘探线;4—锑矿体;5—锑异常等值线

表 2 半坡断层(F₁)常量元素含量表 ω_B/%

取样位置	样品数	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	MgO	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	SiO ₂ /Al ₂ O ₃	Fe ³⁺ + Fe ²⁺ /Ti ⁴⁺
围岩	126	0.20	1.12	0.99	0.83	87.72	0.17	3.86	2.22	1.72	0.027	22.7	23.2
F ₁ 上下盘	93	0.13	0.69	0.53	0.53	88.92	0.12	2.67	1.75	1.34	0.020	33.3	25.8
F ₁ 中心	77	0.12	0.38	0.18	0.42	89.09	0.10	2.26	1.63	1.22	0.016	39.4	28.5

表 3 半坡断层微量元素含量表 ω_B/10⁻⁶

样品位置	Sb	Hg	As	Pb	Zn	Mo	Ni	Co	Ni/Co
围岩	16.27	0.2	13.5	16.7	13.3	1.31	11.2	5.3	2.97
断层下盘	23200	1.01	25.3	8.7	17.4	2.29	14.5	5.4	3.44
破碎带中心	33900	1.56	27.6	7.4	19.6	4.40	16.2	6.6	3.72

2.4 围岩蚀变地球化学特征

半坡锑矿区围岩蚀变以硅化、碳酸盐化、黄铁矿、重晶石化为主,其次为炭化和绢云母化。硅化为近矿围岩蚀变。蚀变具多期性和明显的分带:中强硅化(早期,内带)→弱硅化+碳酸盐化(中期,中带)→黄铁矿化+重晶石化(晚期,外带)。如表 4 所示,硅化

过程中 Sb、Hg、As 为显著带入元素,砂岩在碳酸盐化过程中,Sb、Hg、As、Pb、Ag 带入,而 Zn、Cu、Mo、Ga、In 带出;黄铁矿化砂岩以 Sb、Hg、As、Pb、Zn、Cu 强烈带入为特征;重晶石化砂岩中 Sb、Hg、As、Pb 带入,Zn、Cu、Ag、Mo、Ga、In 带出。在 D₁dn 地层中,从石英砂岩→蚀变石英砂岩→石英脉 Sb 含量由 7.41 × 10⁻⁶→

$14.6 \times 10^{-6} \rightarrow 116.2 \times 10^{-6}$ 。

据相关分析,在强蚀变带 $R_{As-Hg} = 0.9393$, $R_{Na_2O-K_2O} = 0.9517$, $R_{Na_2O-Al_2O_3} = 0.9207$, $R_{K_2O-Al_2O_3} = 0.9651$, $R_{Pb-Zn} = 0.9071$, 均为显著正相关; $R_{Sb-Hg} = 0.7452$, $R_{Sb-Mo} = 0.7010$, $R_{Sb-As} = 0.8219$, $R_{Cu-Ga} = 0.6110$, 为正相关; $R_{CaO-SiO_2} = -0.8393$ 为显著负相关。因子分析主成矿因子 F_1 为 $Sb-Hg-As-Mo$, 既充分反映了在成矿过程中成矿元素 Sb 与伴生元素 Hg 、 As 、 Mo 的密切关系, 又反映了元素地球化学

性质的相似性与地化习性的相近性, 是该区找矿的地球化学标志。

3 深部找矿预测

3.1 地质条件

1) 据岩相古地理环境研究认为, 独山半坡锑矿区下泥盆统沉积时为台地潮间、潮下盆地相对封闭还原环境, 海浪能量低, 沉积速度快, 既有利于矿质初始富集, 又可使矿源层总厚度增大, 对成矿十分有利。

表3 蚀变围岩微量元素含量表

蚀变类型	Sb	Hg	As	Pb	Zn	Cu	Ag	Mo	Ga	Zn
未蚀变砂岩	7.15	0.72	18.67	11.95	33.94	31.49	0.10	3.88	8.71	0.25
硅化砂岩	32.85	6.72	74.15	14.77	12.96	33.32	0.37	4.62	6.31	0.41
碳酸盐化砂岩	11.33	0.79	24.23	35.34	10.11	8.39	0.24	0.06	0.44	0.11
黄铁矿化砂岩	103.40	20.56	142.20	197.40	100.00	583.60	0.31	8.20	11.60	0.40
重晶石化砂岩	19.73	2.43	35.82	19.27	5.82	15.82	0.05	3.27	1.64	0.24
未蚀变白云岩	8.56	0.87	27.96	29.84	12.54	11.54	0.31	0.57	1.90	0.33
硅化白云岩	22.85	1.97	31.36	27.28	14.92	10.69	0.063	0.77	1.10	0.44

2) 半坡断层以西发育与半坡断层平行, 性质相同(早期为压剪, 晚期为张剪)的断层, 各断层物化探异常发育, 近几年二轮找矿经少量钻探验证已发现脉状隐伏矿体, 显示出较好的找矿前景。

3) 半坡锑矿床的北西段, 赋矿层位 D_1dn 沉积厚度大, 保留完好, 地表黄铁矿化、重晶石化及化探原、次生晕异常发育。据研究认为, 矿液应为 NW 向 SE 运移, 矿体向 NW 深部侧伏, 推测在 NW 深部有利构造部位应有隐伏锑矿体。但因地形条件差, 验证工程难度大, 评价程度低, 有待深入工作。

4) 半坡断层的倾斜延深方向, 破碎带宽, 锑矿化尚连续, 应有一定规模的锑矿体。

5) 独山锑矿区的另一重要含矿层位 S_{1-2} 在本区尚未出露, 而在以东约 3km 的蕊然沟该地层中, 已探明一中型锑矿床, 推测在该地层的有利构造部位, 可能有锑矿体存在。

3.2 地球物理条件

为寻找深部隐伏矿, 在半坡锑矿床曾开展过可控音频大地电磁法测量, 测量结果显示, 共发现 6 条与半坡断层及与之平行的断层在走向和倾向延伸方向一致的高阻硅化带, 而硅化带是该区近矿围岩蚀变的明显标志。

3.3 地球化学条件

1) 剖面原生晕 Sb 及主要伴生元素异常, 在半坡断层倾斜延深方向未封闭, 其浓集中心有明显的延深趋势, 为矿体晕的显示, 推测有新的锑矿(化)体存在。

2) 热释汞测量显示: (1) 各相态汞异常均沿含矿断裂呈条带展布, 具典型的气晕特征和构造成矿特点, 浓集中心区往往是锑矿化富集部位; (2) 氯化态、硫化态汞异常与 Sb 、 Mo 的原生晕异常一致, 在断层的倾斜延深方向浓集趋势明显且未封闭(图 2), 硫化态汞异常在深部发育, 表明矿床剥蚀程度低^[5]。地电化学测量, 在矿区 NW 段圈定了强大的 Sb 异常, 长 1000m, 平均宽 50m, 强度 $20 \times 10^{-6} \sim 60 \times 10^{-6}$, 与已知矿体异常特征相似。预示该区深部及外围有较好的找矿潜力。

3) 据成矿流体性质分析, 本区成矿热液主要来源于大气降水, 成矿热液属低温、中低盐度、弱酸性、硫酸盐型地下水热液^[4]。 Br 、 I 等卤族元素含量是地壳克拉克值的数十至数百倍^[7]、有效孔隙度多的 D_1dn 厚层石英砂岩和配套发育的断裂构造系统, 既利于大气降水向下渗透、迁移、矿化剂形成及 Sb 质萃取; 又利于深部物质及含矿溶液的向上运移, 提供有利富集成矿的空间^[8-10]。

4 结 论

1) 半坡锑矿区断裂构造发育, D_1dn 沉积厚度大, 剥蚀程度低, 古沉积环境及岩石组合有利, 成矿条件优越, 二轮找矿已发现新的锑矿体, 深部找矿潜力大。

2) 物探测量已发现多条与含矿断层及锑矿化密切相关的硅化带, Sb 、 Hg 、 As 、 Mo 等元素化探原、

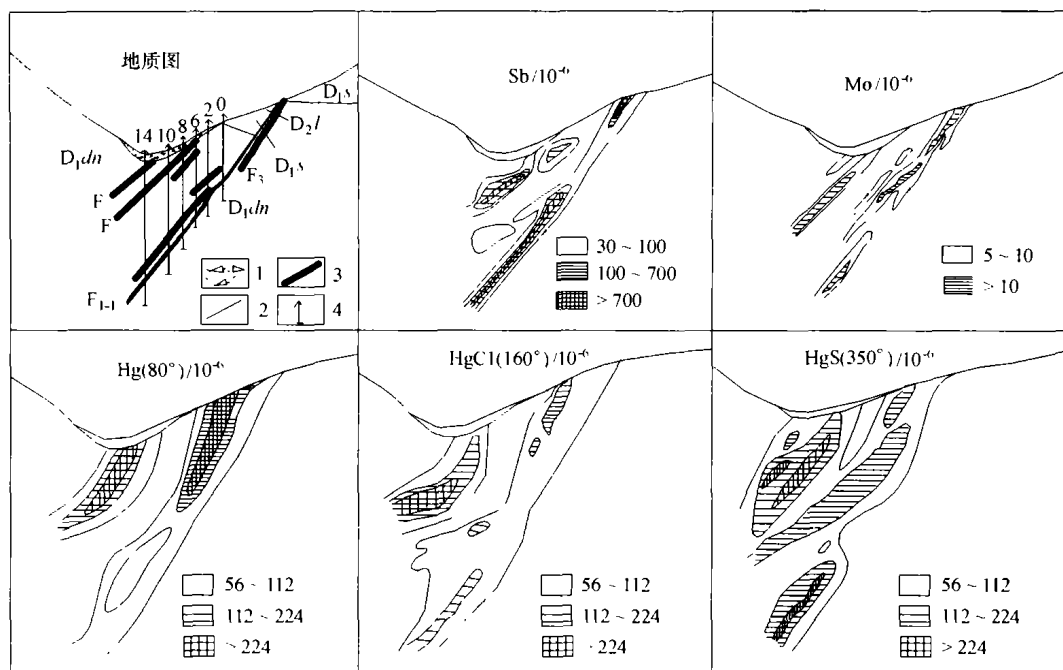


图2 半坡锑矿床0号剖面Sb、Mo原生晕及热释汞异常图(据金中国1991,修改)

1—浮土;2—地层界线;3—含矿断层;4—钻孔

次生晕异常及热释汞异常在含矿断层延深方向发育且未封闭,NW段圈出了强大的地电化学Sb异常,推测深部及外围有隐伏矿体存在。

3) 硅化是该区近矿蚀变标志;Sb-Hg-As-Mo组合异常及热释汞氯化态、硫化态汞异常是近矿晕的地球化学标志。

4) 加大矿区的成矿预测研究力度和勘探深度,按照国家对老矿山探边摸底的思路,必将使该区找矿取得新的突破,使老矿山重新焕发生机。

[参考文献]

- [1] 乌家达,肖启明,赵守耿.中国梯矿床[A].北京:地质出版社,1998,361-364;396-411.
- [2] Delian Fan Tao Zhang, Jie Ye. The XiKuangShan Sb deposit hosted by the Upper Devonian black shale series, Hunan, China[J]. Ore geology reviews, 2004, 24: 121-133.
- [3] 易建斌,单业华,李小明. 锑的成矿构造地球化学特性研究

[J]. 地质地球化学, 1999, 27(2): 44-49.

- [4] 钱建平,杨国清,李少游. 贵州独山锑矿田地质地球化学特征和构造动力学热液成矿[J]. 地质地球化学, 2000, 28(2): 56-59.
- [5] 金中国. 热释汞在独山锑矿区的找矿试验效果[J]. 西南矿产地质, 1991, 1: 58-62.
- [6] 罗先熔,王桂琴,杜建勃. 锑矿地电化学异常特征、成晕机制及找矿预测[J]. 地质与勘探, 2002, 38(2): 59-62.
- [7] 潘家永,张乾,邵树勋,等. 半坡锑矿床卤素元素地球化学研究[J]. 地质与勘探, 1998, 34(6): 33-36.
- [8] 潘家永,马东升. 热液矿床成矿元素地球化学异常探讨[J]. 地质与勘探, 2002, 38(6): 10-12.
- [9] 肖启明,曾笃仁,金富秋. 中国梯矿床时空分布规律及找矿方向[J]. 地质与勘探, 1992, 28(12): 9-14.
- [10] 涂光炽,赵振华,欧阳自远,等. 高等地球化学(M). 北京,科学出版社, 2000, 311-326.

GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS AND DEPTH PROSPECTING PREDICTION OF BANPO ANTIMONY DEPOSIT IN DUSHAN COUNTY, GUIZHOU PROVINCE

JIN Zhong-guo^{1,2}, DAI Ta-gen¹, JIANG Hong², CHEN Xing-long²

(1. School of Geosciences and Environmental Engineering, Central South University, Changsha 410083;

2. Guizhou Geology Survey for Nonferrous Metals Resources, Guiyang 550005)

Abstract: Banpo antimony deposit is a typical fracture-controlling and hydrothermal fluid filling deposit. Geochemical characteristics of stream sediments, soils and rocks in Banpo antimony mine area have been elucidated, distribution peculiarities of macro elements, micro elements and thermal-released mercury content been summarized. Element migration and accumulation during alteration are studied and ore prospecting potential in the deep is discussed based on geological, geophysical and geochemical conditions.

Key words: geochemical characteristics, prospecting forecast, Banpo antimony deposit