

文章编号: 1009-6248 (2003) 02-0066-06

新疆查汗萨拉锑矿床地球化学特征

王宏^{1,2}, 李智明³, 鲍庆忠^{1,2}, 沙德铭^{1,2}, 胡秀军⁴

(1. 东北大学资源与土木工程学院, 辽宁 沈阳 110004; 2. 沈阳地质矿产研究所, 辽宁 沈阳 110033;
3. 西安地质矿产研究所, 陕西 西安 710054; 4. 新疆地勘局第三地质大队, 新疆 库尔勒 841000)

摘要: 新疆查汗萨拉锑矿床位于西南天山中部的萨阿尔蒙晚古生代沟弧带的西段, 它与萨瓦亚尔顿金锑银矿、卡拉脚古牙锑金矿、古勒克达坂卡堤锑金矿等构成查汗萨拉锑金矿带。矿区总体受控于一大型逆冲推覆构造带, 处于查汗萨拉锑异常区浓集中心域内。矿体产于下泥盆统阿尔腾克斯组含炭碎屑岩中, 显示多元素多阶段成矿特征。成矿物质来自于赋矿地层, 成矿热液则是由岩浆水和天水组成的混合水, 属沉积改造型锑银多金属矿床。

关键词: 多元素多阶段成矿; 含炭碎屑岩; 推覆构造; 查汗萨拉

中图分类号: P611 文献标识码: A

近年来, 我国新疆西天山地区先后发现萨瓦亚尔顿、卡拉脚古牙及查汗萨拉等金锑矿、锑矿、锑金矿、锑银矿等矿床和矿化点^[1~5], 查汗萨拉—黑英山一线还伴有串珠状高强度锑异常的分布^①, 展现了该区良好的成矿前景。查汗萨拉锑矿床位于新疆和静县克克奴克河查汗萨拉地区, 矿床规模达中型^[6]。该地区工作条件艰苦, 研究程度低, 笔者仅就在该区的工作略表拙见。

1 矿区地质特征

查汗萨拉锑矿地处西南天山南段中部, 大地构造位置为萨阿尔蒙晚古生代沟弧带的西段^[7]。

矿区出露地层主要为下泥盆统阿尔腾克斯组, 主要岩性为: 含炭细碎屑岩 (含炭板岩) 夹中细粒长石英砂岩、中细粒石英钙质杂砂岩夹泥灰岩, 与锡矿山和公馆锑矿相似。查汗萨拉锑矿床就产于

阿尔腾克斯组含炭碎屑岩中 (图 1)。

矿区总体为一大型逆冲推覆构造, 推覆体上盘为上志留统科克铁克达坂组灰岩, 其沿一规模较大的断裂破碎 (片理化) 带逆冲到阿尔腾克斯组碎屑岩之上^[8]。阿尔腾克斯组碎屑岩被一系列次级紧闭褶皱和断裂构造强烈改造, 碎屑岩中近东西向逆冲断裂构造、片理化非常发育, 整体上构成一个相对开阔的轴向东西的复式背斜构造。沿该组断裂产出的锑矿被晚期 NNE 向、NW 向断裂切割。

NW 向晚期韧性破碎带充填有含辉锑矿的石英碳酸盐细脉, 在带内采集的多个样品中, 几乎所有的成矿元素均明显富集, 显示出成矿与断裂构造系统的密切成因关系。矿区内及其外围没有侵入岩体出露。

2 矿床地质特征

收稿日期: 2003-03-05; 修回日期: 2003-05-01

基金项目: 中国地质调查局“新疆西天山地区综合找矿预测”(编号 199910200218)

作者简介: 王宏 (1964-), 男, 1986 年毕业于长春地质学院, 获学士学位, 现为东北大学在读博士生, 沈阳地质矿产研究所副研究员, 从事区域成矿预测及区域地质调查工作。

①伊宁幅、焉耆幅 1:50 万地球化学图及说明书。

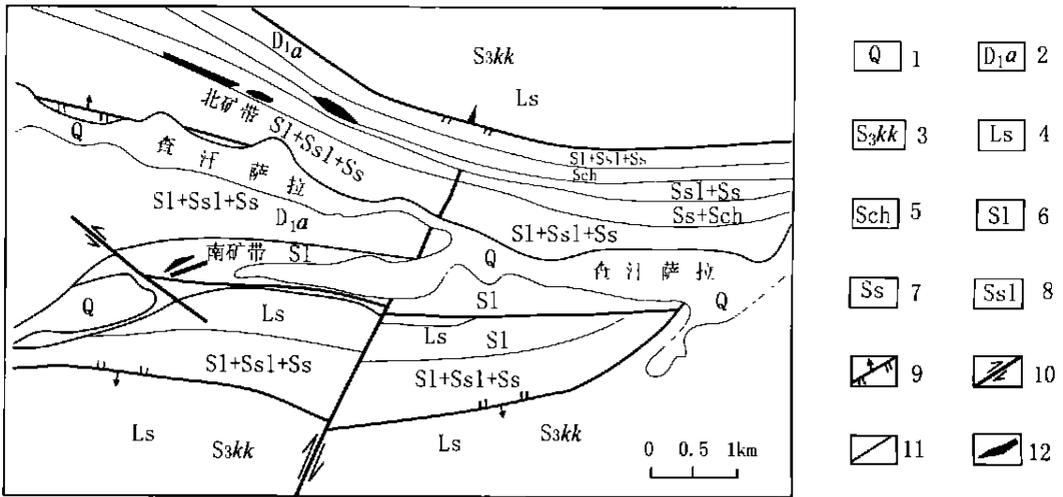


图1 查汗萨拉矿区地质图

Fig. 1 Geologic map of Chahansala ore field

1. 第四系; 2. 下泥盆统阿尔腾克斯组; 3. 上志留统科克铁克达坂组; 4. 现代冲、洪积砂、砾石层; 5. 灰岩; 6. (角砾状)板岩、炭质页岩; 7. 砂板岩; 8. 砂岩; 9. 逆断层; 10. 平移断层; 11. 性质不明断层; 12. 锡(银)矿(化)带

查汗萨拉锡矿床已发现 2 个矿带, 共 9 个矿(化)体。其中南矿带已经圈定 2 个工业矿体, 为独立锡矿体; 北矿带初步圈出 5 个矿体, 主要以锡、银为主, 共生锡、铅、锌等多金属。锡矿体以南矿带矿体规模最大, 品位最高。

2.1 南矿带

南矿带矿体围岩为含炭质砂板岩、砂岩和页岩。锡矿体走向北东, 倾向北西, 倾角 10°左右, 矿体产于 NEE 向大型逆冲断裂构造的拖曳褶皱内的破碎带中。其中 M_I 矿体产于砂页岩破碎带中, 走向 NE-SW, 倾向 NNW, 倾角 70°; 矿体长 120 m, 厚 1.5~6.10 m, 平均厚 3.5 m, 锡品位 1.30%~55.7%, 平均品位 11.48%; M_{II} 矿体长 66 m, 平均厚 2.5 m, 倾向 NNW, 倾角 60°; 平均品位 5.64%。

2.2 北矿带

北矿带锡银矿体产于砂板岩褶曲轴部及两翼, 矿体走向北西, 倾向北东, 倾角 67°~80°; 其中 M₁ 矿体产于逆断层上盘的碎裂灰岩内, 矿体长 250 m, 厚 2.0~3.4 m, 锡品位为 0.70%~4.20%, 银品位为 1.02%~2.33%; M₂ 矿体长 140 m, 厚 2.0 m, 锡品位为 4.82%, 银品位为 176×10⁻⁶, 铅品位为 19.75%, 锌品位为 1.18%; M₃ 矿体长 140 m, 厚 2.4 m, 锡品位为 1.1%~2.30%, 银品位为 13×

10⁻⁶~182×10⁻⁶, 铅品位为 0.55%~14.27%, 锌品位为 0.28%~2.87%。

矿石矿物均呈不规则状、雪花状、脉状充填于方解石脉及方解石-石英脉的张性不规则状裂隙中, 矿体呈脉状、透镜状, 具膨大狭缩、分支复合。南矿带矿石分为石英-辉锡矿型和石英-黝铜矿-辉铋矿-辉锡矿型; 北矿带矿石分为石英-辉铋矿-黝锡矿-银锡多金属型和石英-方解石-银锡多金属型。

石英-辉锡矿型矿石的主要矿物为石英、辉锡矿和黄铁矿。石英-黝铜矿-辉铋矿-辉锡矿型矿石的主要矿物为石英、黝铜矿、辉铋矿和黄铁矿。矿石中次要矿物有毒砂和闪锌矿, 氧化矿物有孔雀石、铜蓝、锑华和褐铁矿。

围岩蚀变有黄铁矿化、绢云母化、碳酸盐化和硅化。绢云母化为近矿围岩蚀变, 表现为石英砂岩的胶结, 粘土矿物转化成绢云母; 碳酸盐化在砂岩中形成了大量方解石细网脉; 硅化较弱, 表现为砂岩硅质胶结物重结晶形成微粒石英。

3 矿区物化探特征

3.1 矿区物探特征

北矿带电法测量结果表明: 含石英脉及其蚀变围岩与围岩含炭质板岩有明显的电性差异。物性

测定含矿石英脉及其蚀变围岩的 ρ_s 分别为 3×10^3 和 $2.5 \times 10^4 \Omega \cdot m$, η_s 分别为 13.3% 和 30.6%, 显示高阻和中-高极化率特征; 而含炭质板岩的 ρ_s 为 $3 \times 10^2 \Omega \cdot m$, η_s 为 24.8%, 显示低阻和中等极化率特征。在 ρ_T 平面等值线图上, $\rho_s > 200 \Omega \cdot m$ 区反映矿体及其蚀变围岩, 已发现的矿体均产于该电性区, $\rho_s < 200 \Omega \cdot m$ 区为含炭质板岩分布区^[9]。

3.2 区域地球化学异常特征

查汗萨拉梯矿床位于 1:50 万甚低密度化探梯、金、锡等元素组合异常浓集中心区内, 浓集区面积约 50 km^2 。梯异常一般为 $2 \times 10^{-6} \sim 5 \times 10^{-6}$, 最高 8.8×10^{-6} ; 金平均 3.28×10^{-9} , 最高 6.9×10^{-9} 。伴生元素有 Ag、As、Hg、Sn 等 (青海物探队, 1990)。

矿区内 1:1 万岩石、土壤测量圈定出南北两个异常带, 与矿床南、北矿带对应。南带异常元素组合复杂, 水平分带明显, 异常强度高。自浓集中心向外的分带为: Bi (W) Sn Pb (Au) Sb Ag As (Zn)。北矿带异常元素组合以梯、银为主, 伴有铅、锌、金、锡、铋, 异常空间连续性好, 强度大, 浓集显著。异常浓集区可圈定矿体位置^[10]。

4 矿床地球化学特征

4.1 包裹体地球化学特征

查汗萨拉梯矿床石英脉中, 流体包裹体十分丰富, 类型多。呈椭圆形、长条形和不规则状, 大小一般 $8 \sim 15 \mu\text{m}$, 有的可达 $15 \sim 20 \mu\text{m}$ 。包裹体以气液相为主, 其次为液相, 气相和多相包裹体少见。包裹体气液比在 5% ~ 15%, 多集中于 10% 左右。亦可见含 CO_2 三相包裹体及少量纯 CO_2 包裹体。含 CO_2 三相包裹体 V_{CO_2} 一般为 20% ~ 30%, 少数达 40% ~ 60%; 纯 CO_2 包裹体一般个体较小, 个体集中在 $8 \sim 20 \mu\text{m}$ 。

查汗萨拉梯矿床内所见的多相包裹体, 由气相、液相和子晶组成, 其中子晶体积最小, 占 2% ~ 4% 左右, 其次是气相, 占 10% ~ 20%, 而液相体积最大, 达到 75% ~ 85%。子晶的成分主要是石盐和石膏 (叶庆同等, 1999)。

气液两相包裹体平均均一温度 (T_{h1}) 为 $190.93 \sim 235.94 \text{ }^\circ\text{C}$ 。含 CO_2 三相包裹体平均均一温度 (T_{h2}) 相对较高, 为 $319.44 \sim 376.15 \text{ }^\circ\text{C}$ 。方解石脉

中流体包裹体以气液两相包裹体为主, 均一温度 $167.4 \sim 224.2 \text{ }^\circ\text{C}$, 平均均一温度 $194.32 \text{ }^\circ\text{C}$, 相对较低, 成矿流体低盐度, 为 5.00% ~ 7.06% ($< 10\%$, $w_{\text{NaCl}}\%$)。

南矿带成矿温度在 $238.52 \text{ }^\circ\text{C}$ 左右, 北矿带成矿温度在 $194.32 \sim 258.00 \text{ }^\circ\text{C}$ 。其中, 早阶段石英硫化物阶段成矿温度在 $226.68 \sim 258.00 \text{ }^\circ\text{C}$, 晚阶段石英-方解石-硫化物阶段成矿温度在 $167.4 \sim 224.2 \text{ }^\circ\text{C}$ 。北矿带流体盐度变化范围相对较小, 为 5.00% ~ 7.06%。同一成矿带内的梯铅矿化与梯矿化相比, 成矿温度相对较高, 应属于相对较深部的早期成矿作用, 其盐度较高, 达 7.06%。而梯矿化应属于相对较浅部位的矿化作用, 盐度相对较低, 为 5.00% ~ 6.71%。

流体包裹体成分测试结果显示 (表 1): 液相成分属 $(\text{Cl}^- + \text{F}^- - \text{SO}_4^{2-}) / (\text{Na}^+ + \text{K}^+)$ 类型, 气相成分中以 CO_2 为主; 早阶段 (石英) 流体中的阴离子含量和阳离子含量要比晚阶段 (方解石) 流体中的高; 从早阶段石英中到晚阶段方解石, Na^+ / K^+ 由 19.62 ~ 24.84 变化为 26.44 ~ 47.38, 呈增大趋势; 而 Cl^- / F^- 总体减少。早阶段具典型岩浆热液特征, 而晚阶段具典型热卤水特点。

4.2 稳定同位素地球化学特征

氧同位素组成变化区间在 18.7‰ ~ 21.2‰, 显示沉积岩氧同位素组成特点, 部分样品显示花岗质岩石氧同位素组成; 氢同位素组成变化于 -92‰ ~ -74‰ (表 2), 位于沉积岩和花岗质岩石以及大气降水氢同位素组成区间, 说明成矿热液中相当部分可能来自岩浆热液。同时, 有一个成分点落入变质水区域, 另外有成分点投影点向雨水线偏移, 说明有大气水与变质水的混入 (图 2)。

矿石 $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}\%$ 数值变化不大, 为 -1.8‰ ~ -2.3‰, 平均 -2.125‰, 与正常海相碳酸盐岩的 $\delta^{13}\text{C}$ 平均值和淡水碳酸盐 $\delta^{13}\text{C}$ 平均值相近, 碳质可能来源于海相沉积岩和大气降水; 将同位素组成投影在 $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}\%$ - $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}\%$ 图解上, 矿区方解石内流体包裹体成分投影点相对集中分布在碳酸盐岩溶解作用趋势线上, 表明其中的 CO_2 由碳酸盐经过溶解作用产生。流体中含碳成分有 CO_2 、 CO 、 CH_4 、 C_2H_6 等, 基本不含 HCO_3^- 等, 说明流体中 CO_2 的碳同位素组成可以大致代表流体的碳同位素特点。为海相碳酸盐岩和淡水碳酸盐混合源。

表 1 流体包裹体成分测试一览表

Tab.1 Gas-phase and liquid-phase composition of fluid inclusion

样品号	岩性	液 相 成 分 ($\times 10^{-6}$)						
		K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	F ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻
B371-1	石英	16.808	38.951	0.046	0.058	3.910	43.490	11.350
B372-1	方解石	1.281	18.768	34.430	4.943	1.688	65.821	2.544
B372-2	方解石	1.461	16.909	29.294	7.773	0.449	64.849	3.926
B372-2	石英	2.419	67.590	0.643	痕量	0.283	172.117	3.813
B373	石英	4.337	67.616	0.379	0.084	0.207	93.786	9.464

样品号	气 相 成 分 ($\times 10^{-6}$)							
	H ₂ O	CO ₂	CO	CH ₄	C ₂ H ₆	H ₂ S	N ₂	O ₂
B371-1	65.263	31.558	0	0.484	0.730	0.013	1.071	0.882
B372-1	42.411	53.643	0.753	0.859	1.396	0.018	0.214	0.164
B372-2	19.636	77.974	1.576	0.270	0.261	0.002	0.127	0.155
B372-2	86.587	11.592	0.236	0.322	0.331	0.004	0.674	0.243
B373	85.070	12.997	0.135	0.261	0.448	0.006	0.694	0.386

样品号	岩性	特 征 参 数					
		阴离子	阳离子	CO ₂ /CH ₄	Na ⁺ /K ⁺	Na ⁺ / (Ca ²⁺ + Mg ²⁺)	F ⁻ /Cl ⁻
B371-1	石英	2.13	1.57	65.20	3.93	474.82	0.17
B372-1	方解石	1.92	2.00	62.45	24.84	0.76	0.05
B372-2	方解石	1.83	1.92	288.80	19.62	0.70	0.01
B372-2	石英	3.02	4.97	36	47.38	182.81	0.003
B373	石英	3.06	2.79	49.80	26.44	226.58	0.004

注: 天津地质矿产研究所实验室测试, 2001。

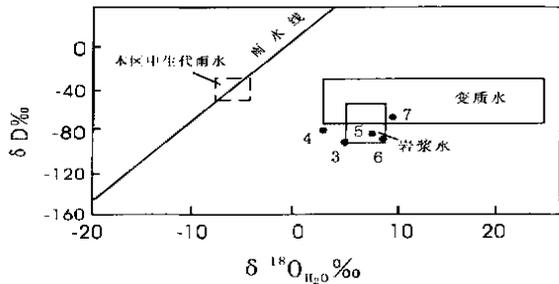


图 2 查汗萨拉锑矿床氢、氧同位素图解

Fig. 2 Diagram of H-O isotope of Chahansala antimony deposit

表 2 包裹体碳、氢、氧同位素组成

Tab.2 C、H and O isotopic compositions of Chahansala antimony deposit

样品号	$\delta^{18}O_{V-SMOW}\%$	$\delta^{18}O_{H_2O}\%$	$\delta D_{SMOW}\%$	$\delta^{13}C_{PDB}\%$
B322-3	18.9	6.82	-	- 2.2
B322-4	18.7	6.62	-	- 2.3
B372-1	18.8	6.72	- 92	- 1.8
B371-1	15.0	4.79	- 79	-
B372-2A	20.7	8.4	- 82	-
B372-2C	18.7	9.05	- 86	- 2.2
B373	21.2	9.66	- 74	-

注: 天津地质矿产研究所实验室测试, 2001。

硫同位素组成变化在 - 2.8‰ ~ 0.9‰, 平均值 - 0.4‰ (表 3)。单从组成上讨论, 硫同位素 $\delta^{34}S$ 平均值和峰值均接近于陨硫组成而稍偏“轻硫型”, 系统相对开放。 $\delta^{34}S$ 值变化范围极小, 而且稳定在陨硫 $\delta^{34}S$ 值附近, 矿石硫可能主要来源于深部成矿物质的上升。

矿床的铅同位素组成变化很小 (表 4)。其中 $^{206}Pb/^{204}Pb$ 、 $^{208}Pb/^{204}Pb$ 和 $^{207}Pb/^{204}Pb$ 显示了地幔或下地壳特点, 表明铅的来源具有深源特征 (图 3)。

表 3 查汗萨拉锑矿硫同位素测试结果表

Tab.3 Testing result of $\delta^{34}S$ from Chahansala antimony deposit

样品号	测试矿物	$\delta^{34}S_{V-CDB}\%$
B371	辉锑矿	- 2.8
B372-1	辉锑矿	0.4
373	方铅矿	0.4
B322-3	辉锑矿	- 1.0
H322-3	辉锑矿	0.9
B322-4	辉锑矿	- 0.2

注: 天津地质矿产研究所实验室测试, 2001。

表4 矿床铅同位素组成

Tab. 4 Lead isotopic compositions of Chahansala antimony deposit

矿床	样品	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$
查汗萨拉锑矿床	B322-3	18.171	15.608	38.084
	B322-4	18.144	15.631	38.171
	H322-3	18.136	15.583	38.226
	B371	18.206	15.640	38.218
	B372-1	18.171	15.611	38.160
	B373	18.219	15.642	38.294
地幔*		18.10	15.42	37.70
造山带(岛弧区)*		18.66	15.62	38.83
下地壳*		17.27	15.29	38.57
上地壳*		19.33	15.73	39.08

注: * 根据 Doe, B. R., Zartman, R. E., 1979; 天津地质矿产研究所实验室测试, 2001。

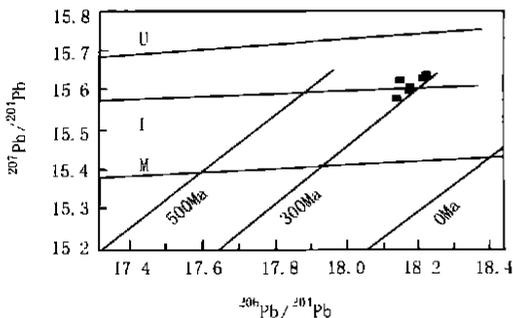


图3 查汗萨拉锑矿矿石铅构造模式图

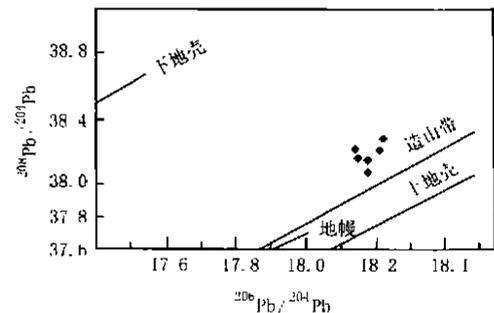
Fig. 3 Pb Structural model of Chahansala antimony deposit

4.3 成矿物质来源及迁移、富集

矿床赋矿岩性为早泥盆世半闭塞的台地—滨岸陆屑滩相的碳酸盐岩和细碎屑岩, 其含锑达到 62×10^{-6} , 比地壳克拉克值高得多, 构成了初始矿源层, 为后期成矿提供了物质基础。

影响锑活化、迁移的主要因素之一是伴随区域推覆造山作用而形成的一系列近于平行展布的、挤压性质的片理化破碎蚀变带。为含锑热液迁移、富集沉淀提供了通道和空间。因素之二是岩浆活动, 尽管在矿床附近未发现岩体, 但是遥感影像显示有明显的环形影像存在^①。

查汗萨拉地区含炭细碎屑岩系具有较高的锑地球化学背景, 成矿物质锑可能主要来源于围岩的萃取作用^[11]。



5 结语

综上所述, 矿床赋存于早泥盆世半闭塞还原环境的台地—滨岸陆屑滩相的碳酸盐和细碎屑岩中, 矿体的直接围岩为含炭质板岩、炭质板岩和细砂岩。遭受区域动力变质(变形)作用, 形成有利的构造空间。在构造应力驱动下, 深部的成矿热液(岩浆热液)与下渗大气水汇聚, 在深部热源作用下, 形成大的热液循环场。这些混合流体对断裂破碎带内矿源层中的成矿物质进行淋滤和萃取, 在断裂构造和层间破碎带中运移和堆积成矿^[12~13]。构造多次活动, 构成多阶段成矿。综合上述, 查汗萨拉锑矿床应归属沉积改造型锑银多金属矿床。

致谢: 野外工作受到新疆地勘局三大队的大力

支持, 文稿承蒙沈阳地质矿产研究所李之彤研究员的审改, 在此一并致谢。

参考文献:

- [1] 张复新, 马建秦. 金龙山—丘岭卡林型锑金矿床稀土元素地球化学[J]. 地质与勘探, 1999, (1).
- [2] 乌家达, 尚启明, 赵守耿. 中国锑矿床[A]. 见: 中国矿床委员会编著. 中国矿床(上册)[C]. 北京: 地质出版社, 1998.
- [3] 肖启明, 曾笃仁, 金秋富. 中国锑矿床时空分布规律及找矿方向[J]. 地质与勘探, 1992, 28(12): 9-14.
- [4] 胡世玲, 满发胜, 倪守斌, 等. 查汗萨拉锑、银矿带成矿时代研究[J]. 地震地质, 2000, 12(22增刊): 51-62.

① 赵福岳, 张瑞江, 孙永军, 等. 新疆哈尔克山地区航空遥感技术在找矿中的应用研究. 2000, 9.

- [5] 郑明华, 刘家军, 张寿庭, 等. 萨瓦亚尔顿金矿床成矿地质特征及同位素组成 [J]. 地质与资源, 2002, 11 (3): 140-145.
- [6] 叶庆同, 吴一平, 傅旭杰, 等. 西南天山金和有色金属矿床成矿条件和成矿预测 [M]. 北京: 地质出版社, 2000.
- [7] 张国林, 姚金炎, 谷湘平. 中国锑矿床类型及时空分布规律 [J]. 矿产与地质, 1998, 12 (5): 306-311.
- [8] 刘德权, 唐延龄, 周汝洪. 中国新疆矿床成矿系列 [M]. 北京: 地质出版社, 1996. 53-163.
- [9] 罗先熔, 王桂琴, 杜建勃, 等. 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).
- [10] 程先富, 黎彤. 新疆北部地壳元素致矿序列及其找矿意义 [J]. 地质与勘探, 1999, 6: 23-29.
- [11] 张国林, 姚金炎, 谷湘平. 中国主要类型锑矿床矿物包裹体地质地球化学 [J]. 地质与勘探, 1999, (6) 4-8.
- [12] Dill H G. Evolution of Sb mineralization in modern fold belts: A comparison of the Sb mineralization in the central Andes (Bolivia) [M]. Mineralium Deposita, 1998, 33: 359-378.
- [13] 易建斌. 锑的成矿构造地球化学特征研究 [J]. 地质地球化学, 1999, 27 (2): 44-49.

The primary study of the geological characteristics and origin for Chahansala Sb Deposit

WANG Hong^{1,2}, LI Zhi-ming³, BAO Qing-zhong^{1,2},
SHA De-ming^{1,2}, HU Xiu-jun³

(1. *Institute of Resources and Civil Engineering, Northeast University, Shenyang 110004, China;*
2. *Shenyang Institute of Geology and Mineral Resources, Shenyang 110033, China;* 3. *Xi'an Institute of Geology and Mineral Resources, Xi'an 710054, China;* 4. *No. 3 Geological Party, Xinjiang Bureau of Geology and Exploration, Korla 841000, China*)

Abstract: Chahansala Sb deposit is located in the centre section of southwestern Tianshan which belongs to the western part of Late Paleozoic trench-arc zone in Xinjiang. And it constitutes the Chahansala Sb-Au deposit zone with the Shawayaerdun Au-Sb-Ag deposit the Kalajiaoguya Sb-Au deposit, and the Gulekeda-bankati Sb-Au deposit. The mineral district sits on the concentrated centre of the Chahansala Sb abnormal area and controlled by a huge thrusting nappe structure. The ore bodies are in the carbon-bearing fragmental rock of the Aertengkeshi formation, and demonstrate the character of multi-element and multi-stage mineralization. The minerogenic material is from the formation that contains the ore bodies, and the minerogenic hydrotherm is the mixed solution that contains the magmatic water, meteoric water, and metamorphic water.

Key words: multi-element and multi-stage mineralization; carbon-bearing fragmental rock; thrusting nappe structure; Chahansala