

新疆哈密玉西银矿床特征及成因^{*}

周济元 崔炳芳 陆彦

(中国地质科学院南京地质矿产研究所, 南京) (成都理工学院, 成都)

提 要: 玉西银矿床产在中元古界长城系星星峡群黑云斜长片麻岩和蓟县系卡瓦布拉克群大理岩间的韧性剪切带、韧性破碎带中; 矿体呈脉状、透镜状和似层状; 矿石由辉银矿、方铅矿、闪锌矿、黄铜矿、石英和黄铁矿等 40 余种矿物组成; 围岩蚀变有硅化、黄铁矿化和碳酸盐化; 经历热液成矿期、叠加成矿期和表生成矿期。矿质源自地壳浅部和深部岩石, 介质来自地壳封存水、变质水和雨水的混合水, 热源主要来自地壳圈层剪切热。在同构造、中低温、中低压、中低盐度、弱碱性、弱还原、浅成超浅成条件下形成破碎蚀变岩型银矿床。矿床具有矿质多源性、成矿多期性、环境差异性特点, 可用构造动力作用同一性、空间范围协调性和多期成矿叠加性加以统一解释, 构成同一成矿体系, 对找矿有指导意义。

关键词: 银矿床 破碎蚀变岩型 玉西 新疆哈密

玉西银矿床位于哈密南 152 km, 中天山阿拉塔格与尖山子断裂间的玉西断裂带由东西向东北拐弯地段。沿该断裂带有一系列综合化探异常, 长 20 km。经新疆第六地质大队勘查和作者研究, 该矿床为其中长 800 m 矿化带内所圈出矿体组成的^[1]。

1 矿区地质 (图 1)

1.1 地层

(1) 长城系星星峡群 (Chxn): 主要为黑云斜长片麻岩、黑云花岗片麻岩、花岗混合片麻岩、花岗混合岩、石英岩、斜长角闪片岩、变粒岩, 局部夹石英片岩、黑云石英片岩及白云石大理岩薄层, 为绿片岩-角闪岩相。原岩以中基性火山岩为主 (90%), 沉积岩为次 (10%), 厚度大于 1070 m。同位素年龄为 $1900 \times 10^6 \sim 1400 \times 10^6$ a^[2]。以 F₁ 断层与蓟县系分界。

(2) 蓟县系卡瓦布拉克群 (Jxkw): 以 F₃ 断裂为界, 北属下亚群, 为高绿片岩相, 主要由绿泥石英片岩、角闪斜长片岩、黑云石英片岩、黑云斜长片麻岩和黑云花岗片麻岩夹板状石英岩及薄层状、透镜状大理岩组成; 南属上亚群, 为绿片岩相, 下段主要由米黄色白云质大理岩夹灰色含碳大理岩及条纹状大理岩, 灰、深灰色含碳大理岩、灰色条纹状大理岩夹米黄色白云质大理岩组成。上段主要由灰色钙、硅质板岩, 千枚岩夹黑色碳质板岩及灰色薄层大理岩, 米黄色白云质大理岩夹少量灰色含碳大理岩及条纹状大理岩组成, 与下整合、与上断层接触。其中, 米黄色白云质大理岩与灰色含碳大理岩、条纹状大理岩互层, 位于矿区东部。

^{*} 国家三〇五攻关项目资助 (编号: 85-902-05-03)

第一作者简介: 周济元, 男, 1936 年生, 教授, 从事构造地质、地质力学、矿田矿床构造学和构造动力成矿学研究。
邮政编码: 210016

1998-11-02 收稿, 1999-01-13 修改回

(3) 上二叠统大热泉子组 (P_2d): 为杂色砾岩、砂岩、粉砂岩互层, 局部夹青灰色结晶灰岩、泥灰岩透镜体, 以不整合覆于前二者之上, 部分地段为断层接触, 位于矿区南部。

1.2 岩浆岩

矿区主要出露黑云斜长花岗岩、黑云二长花岗岩、黑云钾长花岗岩和辉绿岩等。前二者规模大, 呈岩基、岩株状, 后二者规模小, 呈岩脉、岩墙状。大多分布在 F_1 断裂以北, 以南较少。经研究认为, 前三者系同源岩浆演化序列。前者为海西中期、后三者为海西晚期, 均有片麻状和糜棱岩化。反映早期进变质、晚期退变质。

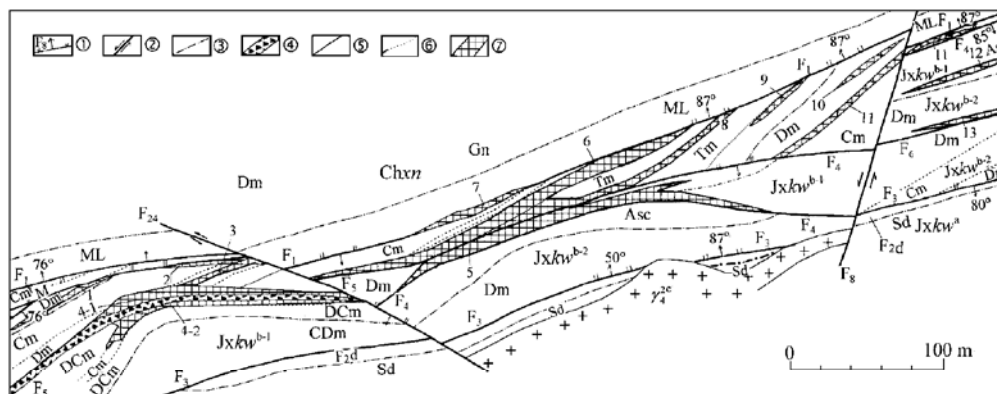


图 1 玉西银矿床地质简图

Chxn—长城系星星峡群; Jxkw^a—蓟县系卡瓦布拉克群下亚群; Jxkw^{b-1}—蓟县系卡瓦布拉克群上亚群下段; Jxkw^{b-2}—蓟县系卡瓦布拉克群上亚群上段; Dm—米黄色白云质大理岩; Cm—灰色含碳大理岩; DCm—含碳大理岩夹白云质大理岩; CDm—白云质大理岩夹含碳大理岩; Tm—灰色条纹状大理岩; Asc—硅质钙质千枚岩; Sd—灰绿色斜长角闪片岩; F2d—劈理化斜长角闪片岩; Gn—灰色黑云斜长片麻岩; ML—灰色糜棱岩; M—白、灰白色大理岩; γ_3^c —海西中期第三侵入次紫红色二长花岗岩。①—断层及编号; ②—剪切断层及滑移方向; ③—断层劈理化带边界; ④—硅化角砾岩带; ⑤—分层界线; ⑥—岩性分界; ⑦—矿体及编号; 1~3—银矿体; 4~9—银铅锌矿体; 10~14—铅矿体

Fig. 1. Geological sketch map of the Yuxi silver deposit.

Chxn—Xingxingxia Group of Changcheng System; Jxkw^a—Lower Subgroup of Kawabulak Group of Jixian System; Jxkw^{b-1}—Lower Member of Upper Subgroup of Kawabulak Group of Jixian System; Jxkw^{b-2}—Upper Member of Upper Subgroup of Kawabulak Group of Jixian System; Dm—Cream-colored dolomitic marble; Cm—Gray carbonaceous marble; DCm—Carbonaceous marble intercalated with dolomitic marble; CDm—Dolomitic marble intercalated with carbonaceous marble; Tm—Gray onyx marble; Asc—Siliceous calcareous phyllite; SD—Grayish green plagioclase-amphibole schist; F2d—Cleavagized plagioclase-amphibole schist; Gn—Gray biotite plagioclase gneiss; ML—Gray mylonite; M—White or grayish white marble; γ_3^c —Middle Hercynian third-intrusive purplish red monzonitic granite. ①—Fault and serial number; ②—Shear fault and slip direction; ③—Boundary of faulted and cleavagized zone; ④—Silicified breccia zone; ⑤—Boundary of stratification; ⑥—Lithologic boundary; ⑦—Orebody and serial number; 1~3—Silver orebody; 4~9—Silver-lead-zinc orebody; 10~14—Lead orebody.

1.3 构造

矿区地层为单斜, 有层间褶皱和断裂。断裂主要有 NEE 向 (F_1 、 F_2 、 F_3 、 F_4 、 F_5 、 F_6)、NNE 向 (F_8) 和 NWW 向 (F_{24})。前者早期韧性、晚期脆性剪切, 为成岩成矿、控岩控矿断裂^[3]; 后者为矿后断裂, 其与前者构成 X 共扼断裂, 使矿区西部抬升、剥蚀, 东部下降、保

护,预示有隐伏矿体存在,显示由 NNE—SSE 挤压所致。

2 矿床特征

2.1 矿体

经新疆第六地质大队槽、钻探揭露和作者填图,在 800 m 长的矿化带中圈出矿体:地表 14 个,其中银矿体 3 个、银铅锌矿体 6 个、铅矿体 5 个;隐伏 12 个。其主要特征如下:

(1) 矿体形状:以脉状为主,透镜状、似层状为次。均受 NEE 向断裂破碎带控制。

(2) 矿体产状:大多倾向 S ($159^{\circ}\sim 197^{\circ}$),少数倾向 NW ($300^{\circ}\sim 346^{\circ}$),倾角 $70^{\circ}\sim 89^{\circ}$,并呈西陡东缓趋势。

(3) 矿体规模:长 50~250 m,个别达 500 m;厚 1~8.61 m,一般 2~6 m;延深 4~180 m。

(4) 矿石品位:银矿体,Ag $40.50\times 10^{-6}\sim 259.17\times 10^{-6}$,最高达 4819.79×10^{-6} ,单样最高 32950×10^{-6} ,Pb 0.02%~1.27%,最高达 18.0%,Zn 0.03%~1.17%,最高达 1.74%。铅矿体,Pb 0.30%~1.53%,最高达 2.00%,Zn 0.04%~1.13%,Ag $1.72\times 10^{-6}\sim 37.13\times 10^{-6}$ 。锌矿体,Zn 0.53%~0.55%,Pb 0.02%~0.26%,Ag $7.50\times 10^{-6}\sim 29.38\times 10^{-6}$ 。3 类矿体以贫矿为多,银矿体则贫中有富—特富。有用组分以 Ag、Pb 为主,伴生 Zn、Cu、Au、Cd、S 等,属硫质贫 Ag、Pb、Zn 矿石。

(5) 矿物组成:多达 40 余种。可分银矿物、其他金属矿物、脉石矿物和氧化矿物。其中,脉石矿物占 90%、矿石矿物<10%。前者以石英为主,白云石、方解石和石墨次之;后者以辉银矿、方铅矿、闪锌矿、辉铜矿、黄铁矿为主,自然银、角银矿、脆银矿、银黝铜矿、黄铜矿、黝铜矿、六方锑银矿等居次。

2.2 围岩蚀变

有硅化、黄铁矿化、碳酸盐化和绢云母化等。其中以硅化最为强烈和普遍。

(1) 硅化:贯穿整个成矿期。早期为浸染状,石英交代方解石、白云石,形成硅化大理岩,以面型为主,带状为次。一般含 SiO_2 2%~20%,与 Ag 矿化关系较小;中期,主要沿断裂、裂隙发生,上层交代大理岩质角砾、碎屑,形成硅化角砾岩,下层则为糜棱岩化或交代黑云斜长片麻岩、片麻状黑云花岗岩等,结果与大理岩比较,前者 SiO_2 、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、FeO、 TiO_2 、 K_2O 、 Na_2O 、MnO 等含量升高,为带入组分;CaO、MgO、 P_2O_5 、LOI 等含量降低,为带出组分。与此同时,Ag、Pb、Zn、Cu、Au、Cd 等亦为带入组分。硅化石英分深、浅两色,前者系早期快速晶出,粒细、质杂、孔多;后者为中期慢速晶出,粒粗(有晶洞、晶簇),反映硅化深度较小,与 Ag、Pb、Zn 等矿化最为密切,两者呈正相关;晚期,呈石英细、网脉状,有深灰、灰黑色冷凝边,示浅成超浅成快速晶出、沿断裂充填,有时叠加在早、中期硅化之上,与 Ag、Pb、Zn 矿化关系较为密切,两者呈正消长。

(2) 黄铁矿化:与硅化关系密切,同步消长。在空间上,以 F_3 断裂为界,南强北弱。时间上,与硅化相对应:早期,主要沿层间破碎带发育,呈面型特点,基本不含或少含 Ag;中期,沿断裂破碎带发育,呈细脉或浸染状,为主要载 Ag 矿物之一;晚期,沿断裂、裂隙充填交代,有时叠加在中、早期黄铁矿化之上,亦为载 Ag 矿物的一部分。

(3) 碳酸盐化:以白云石、方解石细脉充填于裂隙或呈块状产出,独立存在或叠加在上

述蚀变之上，但其强度较弱，脉宽仅 1~n cm，并常呈梳状构造。

2.3 成矿期和成矿阶段

该矿床可分为热液成矿期和表生氧化期。根据矿物相互穿插、共生组合和矿石结构构造等可将热液成矿期分为四个成矿阶段，各成矿期、成矿阶段的矿物生成顺序见表 1。

表 1 成矿期、成矿阶段及矿物生成顺序表
Table 1. Metallogenic epoch, ore-forming stage and mineral sequence

成矿期 成矿阶段 矿物生成顺序	热液成矿期				表生氧化期
	石英-黄铁矿阶段	石英-黄铁矿-黄铜矿阶段	石英-银多金属阶段	石英-碳酸盐-银多金属阶段	
	250 ~ 200	200 ~ 160	160 ~ 100	<100	
矿物名称					
石英					
绢云母					
方解石					
白云石					
绿泥石					
重晶石					
玉髓					
石膏					
黄铁矿					
辉银矿					
银黝铜矿					
自然银					
脆银矿					
碲银矿					
角银矿					
六方碲银矿					
方铅矿					
闪锌矿					
黄铜矿					
斑铜矿					
黝铜矿					
辉铜矿					
蓝辉铜矿					
白铅矿					
菱锌矿					
绿铜矿					
自然铜					
孔雀石					
铜蓝					
褐铁矿					
黄钾铁矾					

2.4 成矿时代

根据含 Ag 石英脉、糜棱岩化黑云二长花岗岩和含 Ag 硅化花岗闪长质糜棱岩的 Rb-Sr 等时线年龄分别为 310×10^6 a、 266×10^6 a、 261×10^6 a，含 Ag 石英脉电子自旋共振 (ESR) 所测年龄为 $67.8 \times 10^6 \sim 32.8 \times 10^6$ a，平均为 50.3×10^6 a。表明该矿床经热液成矿期 (海西期)、叠加成矿期 (喜山期) 和表生氧化期形成的。

3 成矿物质来源

3.1 成矿地球化学背景

矿区及其外围地层和岩石的 Ag、Pb、Zn 丰度与区域背景值比较结果显示,片麻岩为区域背景值的 1.41、1.17、2.44 倍,花岗岩为区域背景值的 1.31、2.81、2.12 倍,大理岩为区域背景值的 1.59、1.61、1.47 倍。中酸性岩脉的 Zn 丰度较高,石英脉对 Ag、Pb、Zn 有较强的富集作用。星星峡群片麻岩和海西期花岗岩的 Pb、Zn 丰度高于克拉克值,卡瓦布拉克群大理岩的 Ag、Pb、Zn 丰度较高,尤其是 Zn,高出克拉克值两个数量级,片岩仅 Zn 丰度较高,大热泉子组砂砾层的 Ag、Pb、Zn 丰度均低。表明卡瓦布拉克群大理岩、星星峡群片麻岩和海西期花岗岩为该矿区矿源层(岩)。

3.2 硫同位素组成

主要硫化物的 $\delta^{34}\text{S}$ 值变化范围较宽,从 -2.6‰ ~ 15.6‰ ,极差 18.2‰ 。大多富集 ^{34}S ,个别富集 ^{32}S ,为以重硫型为主的硫同位素组成特点。黄铁矿和方铅矿的 $\delta^{34}\text{S}$ 值接近,前者从 6.4‰ ~ 7.5‰ ,平均为 6.85‰ ;后者则为 -2.6‰ ~ $+15.6\text{‰}$,平均为 6.30‰ 。说明二者同一硫源,且源于地层。同时显示:由下而上, $\delta^{34}\text{S}$ 从小(-2.6‰)到大(6.6‰ 、 7.5‰),保留了赋矿围岩的细菌还原海水硫酸盐的同位素特点。据黄铁矿、方铅矿硫同位素矿物对计算形成温度为 $104\sim 132\text{ }^{\circ}\text{C}$,表明其为浅成-超浅成低温热液产物。

3.3 铅同位素组成

主要硫化物及片麻岩铅同位素组成(表 2)投入 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 图解和 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 图解中,以及 Cannon 三角图上,均落入正常铅范围。投入 B R Doe 和 R E Zartman (1981) 地质环境铅同位素组成图上,均落在造山带附近。表明矿石和岩石铅为同源,且源于变质岩,尤其是星星峡群片麻岩,并与造山运动相关。铅同位素模式年龄(H-H 法)计算结果为 $12.40\times 10^6\sim 53.26\times 10^6\text{ a}$,平均为 $32.55\times 10^6\text{ a}$,与电子自旋共振所测含 Ag 石英脉年龄低值一致,为第三纪(喜山期)成矿信息。这是由于片麻岩 U、Th 丰度高: $17.81\times 10^{-9}\sim 30.60\times 10^{-9}$,为克拉克值(0.46×10^{-9})两个数量级。上述铅模式年龄为铅元素脱离岩石 U、Th 放射性蜕变体系形成铅矿物年龄,受富 U 贫 Pb 的影响而偏新,片麻岩铅演化系统受富 U 贫 Pb 影响尤甚,其铅模式年龄更新,以致出现负值。从另一个侧面说明该区喜山期成矿信息,在玉西银矿床起叠加变富作用。

表 2 铅同位素组成表

Table 2. Lead isotopic composition

样号	样品名称	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	模式年龄/ 10^6 a	φ	μ	ω	Th/U
TC15-495	方铅矿	18.586	15.594	38.416	30.05	0.571	9.435	35.446	3.636
TC-9	方铅矿	18.607	15.624	38.592	53.26	0.573	9.491	36.059	3.677
TC1-7	片麻岩	18.673	15.591	38.490	-35.44	0.566	9.426	35.283	3.623
ZK19-2-3	方铅矿	18.601	15.589	38.394	12.40	0.570	9.424	35.237	3.619
ZK23-1	黄铁矿	18.671	15.646	38.575	34.48	0.572	9.528	36.108	3.667

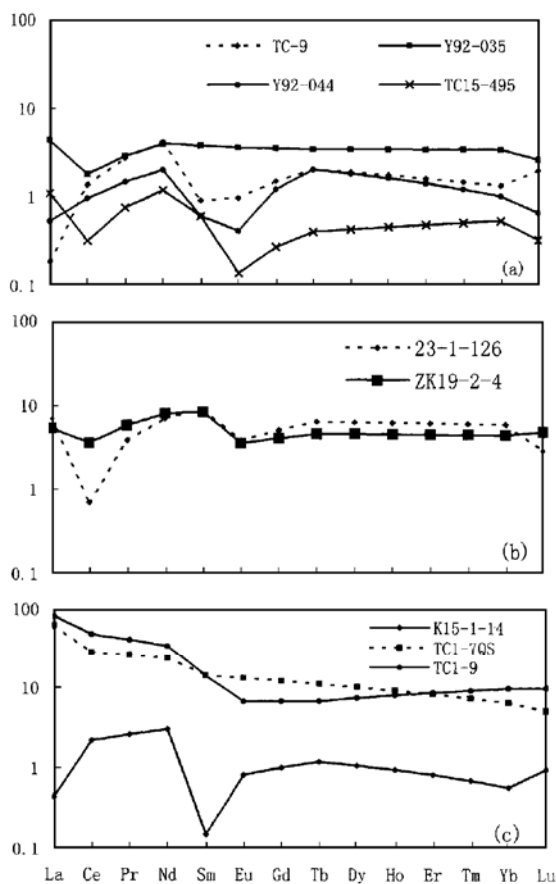


图2 稀土元素分布型式

a—矿石；b—黄铁矿；c—大理岩（K15-1-14）和片麻岩

Fig. 2. REE distribution patterns.

a—Ore; b—Pyrite; c—Marble (K15-1-14) and gneiss.

3.4 稀土元素特征

矿石和黄铁矿稀土总量较低，除个别外，均大于大理岩^[10]、小于片麻岩；分布型式接近大理岩，除前者 Eu、Ce 无、弱至中、强亏损（图 2a、b），后者 Sm 中强亏损外（图 2c），呈曲折轻稀土微富集右倾重稀土平坦型。表明成矿物质主要来自大理岩，次为片麻岩。两者叠加，稀土总量和分布型式介于两者之间（图 2）。黄铁矿和 Ce 负异常矿石是受后期蚀变所致^[11]。反映成矿物质多来源、成矿作用多期次。

3.5 初始⁸⁷Sr/⁸⁶Sr 比值

矿区糜棱岩化黑云二长花岗岩、含 Ag 硅化花岗闪长质糜棱岩和含 Ag 石英脉的初始⁸⁷Sr/⁸⁶Sr 比值分别为 0.7071 ± 0.003 、 0.70708 ± 0.006 和 0.7141 ± 0.002 ^①。反映前二者来自下地壳，后者由片麻岩、大理岩等组成的中上地壳部分熔融形成的 I、S 型花岗岩类及成矿物质。亦显示矿质多来源、成矿多期性、环境差异性和空间协调性特点。

3.6 矿石矿物的 S、Se、Co、Ni 等比值

$\text{Co/Ni} > 1$ 或 < 1 ， S/Se 26.16 ~ 539.17， Te/Se 0.18。表明成矿物

质可来自沉积岩、火山岩或者岩浆岩，且与 Ag 有密切关系。

3.7 碳、氢、氧同位素组成

方解石 $\delta^{13}\text{C}$ 为 -2.3‰ ，与苏联碳酸盐岩体 $\delta^{13}\text{C}$ ($-2.4\text{‰} \sim 4.6\text{‰}$) 接近，为初生（或还原）碳 ($-5\text{‰} \sim 8\text{‰}$) 与海相碳酸盐岩 ($1.0\text{‰} \sim 23.0\text{‰}$) 的混合碳^②。将该值和 $\delta^{18}\text{O}$ (0.89‰) 投入 $\delta^{13}\text{C}-\delta^{18}\text{O}$ 图中，落入叠加改造区（图 3），与上述结论一致。 $\delta^{18}\text{O}$ 为 $7.1\text{‰} \sim 9.2\text{‰}$ ，平均为 8.15‰ ，与角闪岩 ($7.0\text{‰} \sim 13.0\text{‰}$) 相近，片麻岩 ($6.0\text{‰} \sim 10.0\text{‰}$) 吻合^[4]。将 $\delta^{18}\text{O}$ ($-1.2\text{‰} \sim 3.2\text{‰}$)、 δD ($-98\text{‰} \sim -72\text{‰}$) 投入其图中（图 4），落入靠近变质水的地下水范

① 李华芹等，1995，新疆北部主要有色、贵金属矿床成矿期同位素年代学研究，研究报告

② Коржинский, А Ф 等，1978

围，实为地层封存水、变质水和雨水的混合水。

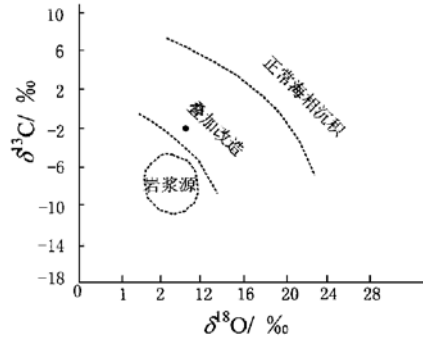


图 3 $\delta^{13}\text{C}$ - $\delta^{18}\text{O}$ 关系图

Fig. 3. $\delta^{13}\text{C}$ - $\delta^{18}\text{O}$ diagram.

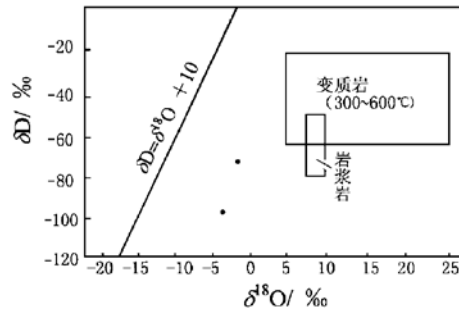


图 4 $\delta^{18}\text{O}$ - δD 关系图

Fig. 4. $\delta^{18}\text{O}$ - δD diagram.

3.8 矿物包裹体

矿物包裹体较少，分布也不均匀。大小一般为 $1\sim 8\ \mu\text{m}$ ，个别较大者为 $10\sim 16\ \mu\text{m}$ ；以浑圆、椭圆和长条状为主，不规则状居次，在主矿物中呈星散或集合体状杂乱分布。按室温下的成分和相态分为两类：纯液（L）相水和气液（LV）相包裹体。LV 包裹体的气液比为 $5\%\sim 10\%$ 。反映动态、中低温结晶形成的包裹体特征。包裹体成分（表 3）：阳离子以 K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 为主，少量 Mg^{2+} 、 Li^+ ；阴离子以 HCO_3^- 为主， Cl^- 、 F^- 为次；气相以 H_2O 、 CO_2 占优势，少量 CO 、 H_2 、 CH_4 。按库尔洛夫分类为 HCO_3^- - Ca^{2+} - K^+ 型或 HCO_3^- - Ca^{2+} 型。

表 3 包裹体成分分析结果

Table 3. Analysis of inclusions in minerals

样号	矿物	10^{-6}									ml/100g			mg/100g
		Li^+	K^+	Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	F^-	Cl^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-	H_2	CO	CO_2	H_2O
TC15-495	Q	0.005	5.48	0.89	4.29	0.79	1.05	4.90	0.00	43.50	1.10	2.50	51.79	900.00
TC19	Q	0.020	3.24	0.96	3.28	0.25	2.40	4.20	0.00	71.50	7.50	1.50	267.76	850.00
TC3-13	Cc	0.015	1.25	12.28	87.87	3.28	1.35	16.50	5.00	286.00	0.95	4.00	187.93	500.00

注：由宜昌地矿所包裹体室分析；Q—石英，Cc—方解石

4 成矿物理化学条件

4.1 成矿温度

由表 4 可见，石英、方解石包裹体均一温度为 $118\sim 245\ ^\circ\text{C}$ 。结合矿物共生组合、矿石结构构造和同位素特征等来看，为中低温银矿床。

4.2 成矿流体盐度

由表 4 可见，1~3 样品包裹体盐度平均为 $11.13\%\text{NaCl}$ ，4~6 样品包裹体盐度平均为 $2.43\%\text{NaCl}$ 。矿区成矿流体盐度为 $2.43\%\sim 11.13\%\text{NaCl}$ 为中低盐度。

表 4 矿物包裹体特征表

Table 4. Characteristics of mineral inclusions

序号	采样位置	样品名称	包裹体类型	包裹体大小/ μm	$t/^\circ\text{C}$	p/MPa	$S_{\text{NaCl}}/\%$	流体体系 (含 CO_2 的 $\text{H}_2\text{O}-\text{NaCl}$)
1	TC15 NNE 760 m	糜棱岩化黑云 二长花岗岩	气(CO_2 或 CH_4 15%), 液(水, 85%)	2~15	195~225 (210)①		10.0~12.9 (11.75)①	$\text{H}_2\text{O}-\text{NaCl}$
2	ZK15-1, 122~ 131 m	大理岩裂隙充填 石英脉(含富 Ag)	气液(水)相、液相	2~10	148~245 (198.5)	100	10.6~11.5 (11.05)	$\text{H}_2\text{O}-\text{NaCl}$
3	TC15.4 号 矿体	大理岩质角砾岩 中含 Ag 石英脉	液(水)相为主, 少量气液相	0.8~8	118~160 (139)		8.3~12.9 (10.6)	$\text{H}_2\text{O}-\text{NaCl}$
4	TC3-13	方解石	液(水)相为主, 少量气液相	0.8~8	210		1	$\text{H}_2\text{O}-\text{NaCl}$
5	TC15	石英	液(水)相和气液相	1~8, 少量 16	227		5.16	$\text{H}_2\text{O}-\text{NaCl}$
6	TC-9	石英	液(水)相和气液相	1~8, 少量 16	232		1.13	$\text{H}_2\text{O}-\text{NaCl}$

注: 1~3 由宜昌地矿所测试; 4~6 由成都理工学院矿床包裹体室测试; 盐度据包裹体的 Cl、K、Na 含量计算; ①括号内为平均数

4.3 成矿压力和深度

据邵洁涟^[5]经验公式计算, 成矿压力为 15.81~73.61 MPa, 成矿深度为 0.53~2.45 km。为中低压、浅成-超浅成矿床。

4.4 逸度

据平衡方程计算, 成矿流体氧逸度 (f_{O_2}) 为 $10^{-45.50} \sim 10^{-46.16}$ MPa, 平均为 $10^{-45.83}$ MPa; 二氧化碳逸度 (f_{CO_2}) 为 $10^{-3.67} \sim 10^{-45.44}$ MPa, 平均为 $10^{-24.55}$ MPa。

4.5 pH、Eh 值

据平衡方程式计算, 成矿流体的 pH 为 6.3~6.8。将该值投入 T -pH 图中, 均落在水的中性 pH 曲线上方; 又据 D A Crerar (1978) 方程式计算, pH 为 6.02~6.91, 平均为 6.34, 与上述结果一致, 为弱碱性。Eh -0.20~0.26 eV, 为弱还原环境。

5 流体运移和矿质沉淀

据流体成分和物理化学条件, 流体中的 Pb、Zn、Ag 等元素以硫氢络合物形式存在; 又因流体为 $\text{HCO}_3^- - \text{Ca}^{2+} - \text{K}^+$ 型或 $\text{HCO}_3^- - \text{Ca}^{2+}$ 型, 在中低温、弱还原、弱碱性条件下, 还可形成碳酸络合物, 如 PbCO_3^- 等^[6]。因而成矿流体中的 Pb、Zn、Ag 等元素以硫氢络合物和碳酸络合物形式运移。成矿流体中的 SiO_2 可以胶体形式存在, 在过饱和时不仅不沉淀, 反而可提高 Au、Ag、Sb 等元素的溶解度, 并保护络合物稳定迁移^[6]。由其帮助, 流体虽为中低盐度, 但仍能携带足够矿质稳定运移至适宜部位聚集。

当流体进入某种阈值环境, 内部就会巨涨落, 化学振荡分异, 矿质沉淀。

一般, 阈值环境最易发生变化、最不稳定的因素要算压力, 尤其是流体在单一或相似岩性中运移时, 温度是渐变的, pH、Eh 是相似的, 唯压力是随其运移通道或赋存空间(如压性进入张性、主干进入分支断裂以及断裂弯曲、交叉、位移空间、扩容和大孔隙度岩段等)的改变而变化的。压力骤减, 流体内压巨降, 流体中可溶性气体 (CO_2 、 H_2S 、 H_2O 等) 析离, 内

压继续降低,矿液因此沸腾,温度下降,CO₂、H₂S逸散,pH、Eh改变。物理化学条件的改变,致使流体中矿质迅速沉淀。当然,并不排斥雨水下渗、温度下降和水岩反应等引起物理化学条件改变,导致矿质沉淀。

6 矿床成因

综合上述,该矿床从中晚石炭世起,在重力控制下,由于构造动力作用,引起地壳圈层剪切滑移,导致升温增压,在浅部(上地壳或片麻岩、大理岩等)产生脆韧性剪切,部分熔融、岩浆上侵冷凝、进变质、韧性剪切、退变质-糜棱岩化,出水、激发元素活化,形成矿液,热动力驱动其由上而下、由中心向一或两侧运移,至断裂、层间破碎带等低温、低压、低能量、低密度等部位充填交代、聚集成矿^[7~9,12~14]($(310 \pm 6) \times 10^6$ a),反映浅部作用过程;在深部(中下地壳)产生韧性剪切、部分熔融,岩浆上侵、冷凝结晶,进变质($(266.7 \pm 4) \times 10^6$ a),韧性剪切持续,使片麻岩、片麻状花岗岩、大理岩等产生退变质-糜棱岩,同时出水、激发元素活化,形成矿液,热动力驱动矿液沿孔隙度较大的韧性剪切带、裂隙带和断裂破碎带充填交代、聚集成矿($(261 \pm 8) \times 10^6$ a),这是深部作用过程。由于成矿是在一定温压等物理化学环境下进行的。在同一成矿空间范围内,成矿深浅、温压等环境不同,使矿质沉淀聚集成矿所需时间、过程不同;成矿深度大、温压高,矿质沉淀所需时间、过程长,成矿显得晚;相反,成矿深度小,温压低,矿质沉淀所需时间、过程短,成矿显得早。至于第三纪成矿信息,乃另一次成矿作用的叠加,起变富作用。之后,进入地表氧化期,在地表次生富集成矿。

可见,这种中低温、中低压、中低盐度、弱碱性、弱还原性、浅成-超浅成破碎蚀变岩型银矿床的形成主要是同构造进行的,是同一构造动力作用引起和控制的。所以,也叫构造动力成岩成矿或构造动力型银矿床。矿床形成的矿质多源性、成矿多期性和环境差异性,便可用构造动力-地壳圈层剪切同一性、空间协调性和多期成矿叠加性加以统一解释。

参 考 文 献

- 1 周济元,张斌,张朝文等.东天山古大陆及其边缘银、铍、金和铜矿地质.北京:地质出版社,1996,70~104.
- 2 胡霭琴,章振根,刘菊英等.天山东段中天山隆起带前寒武纪变质岩系时代及演化——据U-Pb年代学研究.地球化学,1986(1):23~35.
- 3 周济元.地质力学引论.成都:成都科技大学出版社,1989,236~246.
- 4 魏菊英,王关玉.同位素地球化学.北京:地质出版社,1988,132.
- 5 邵洁涟.金矿找矿矿物学.武汉:中国地质大学出版社,1987,51~53.
- 6 涂光炽等.中国层控矿床地球化学,第三卷.北京:科学出版社,1988,1~37.
- 7 周济元,崔炳芳,陆彦.论构造动力学成矿作用.见:中国地质科学院地质力学研究所编.地质力学文集,第十集.北京:地质出版社,1995,69~75.
- 8 周济元.安徽张八岭地区构造演化及动力学.火山地质与矿产,1995,16(4):17~24.
- 9 周济元,崔炳芳.构造动力成矿作用机制的理论基础探讨.见:中国矿物岩石地球化学学会元素区域地球化学专业委员会、中国科学院地化所矿床地球化学开放实验室和云南省地质学会编.全国第三届构造地球化学学术讨论会论文集.昆明:云南科技出版社,1994,1~7.
- 10 Haskin L A, Haskin M A, Frey F A, Wildeman T R. Relative and absolute terrestrial abundance of the rare-earth.

- In "Origin and distribution of the elements", 1968, 889~912.
- 11 John B M, Sun S S. Trace element distribution and isotopic composition of Archean greenstones. In: Ahrens L H, ed. "Origin and distribution of the elements", Oxford and New York, 1979.
 - 12 Jiyuan Zhou, Bingfang Cui, Yan Lu. On the mineralization controlled by tectonodynamic force. *Resource Geology*, 1995, 45 (5): 331~339.
 - 13 Zhou Jiyuan, Cui Bingfang, Lu Yan. Tectonodynamic mineralization mechanism of Yuxi silver deposit in Hami, Xinjiang, China. *Journal of Geomechanics*, 1996, 2 to 30th IGC, 12~18.
 - 14 Zhou Jiyuan, Cui Bingfang, Lu Yan. Tectonodynamics and geological characteristics of the Yuxi silver ore deposit in Hami, Xinjiang, *Acta Geoscientia Sinica*. *Bulletin of the Chinese Academy of Geological Sciences*, special issue to 30th IGC, 1996, 80~84.

CHARACTERISTICS AND GENESIS OF THE YUXI SILVER DEPOSIT IN HAMI, XINJIANG

Zhou Jiyuan, Cui Bingfang

(*Nanjing Institute of Geology and Mineral Resources, Nanjing 210016*)

Lu Yan

(*Chengdu College of Technology, Chengdu 610059*)

Key words: silver ore deposit, fractured altered rock type, Yuxi, Xinjiang, Hami

Abstract

The Yuxi silver deposit occurs in the ductile shear zone and brittle-ductile shattered zone between the biotite plagiogneiss of Xingxingxia Group in Mesoproterozoic Changcheng system and the carbonate rock of Kawabulak Group in Jixian System. The orebodies assume veinlike, lenticular and stratoid forms. The ores consist of more than 40 kinds of minerals, such as argentite, galena, sphalerite, chalcopyrite, quartz and pyrite. The wall rock alteration includes silication, pyritization and carbonation. The ore deposit underwent epithermal mineralization, superimposed mineralization and supergene oxidation periods. The first two periods can be further divided into quartz-pyrite stage, quartz-pyrite-chalcopyrite stage and quartz-silver polymetallic sulfide stage. The S, Pb, C, H, O isotopes, REE values and initial ratios of ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) suggest that ore materials were derived from deep and shallow crustal rocks, the media originated from the mixed waters of formation stored water, metamorphic water and rain water, and the heat source mainly came from crustal interlayer shearing heat. This deposit is a shattered altered rock type silver deposit formed under the condition of syn-tectonic, meso-epithermal, hypabyssal-superhypabyssal, low-to-moderate pressure, low-to-moderate salinity, weak alkali and weak reduction. The ore deposit is characterized by multi-sources, multi-period mineralization and environmental differences, which can be attributed to dynamic identity, space accordance and superimposed multi-period mineralization. All this constitutes the same mineralization system and has guiding significance for exploration.