山西省灵丘小青沟*一*流砂沟 银锰多金属矿床特征及矿床成因研究

高 昊 (山西省地勘局二一七地质队,山西大同 037008)

摘 要: 小青沟一流砂沟银锰矿床为中低温热液矿床,其锰矿经氧化淋滤富集成氧化锰矿床。 燕山期火山作用为其提供了热源。五台群变质岩和长城系高于庄组作为银锰多金属矿源层。 关键词: 成因;次火山岩-热液;长城系含锰建造;小青沟一流砂沟银锰矿;山西省 中图分类号: P613; P618.52 文献标识码: A 文章编号: 100F-1412(2004)02-0087-05

1 地质背景

山西省灵丘小青沟一流砂沟银锰多金属矿床位 于燕山沉降带西端的太白维山中生代火山盆地中, 地质构造复杂,构造总体是一个向南移动的推覆体。 矿区出露地层有上太古界五台超群石咀群,元古界 长城系、蓟县系,中生界侏罗系等。其中五台群、长 城系高于庄组含锰灰岩和黑色页岩、侏罗系上统中 酸性火山岩,为银、锰、多金属矿体的矿源层。岩浆 岩有五台期变质石英闪长岩,燕山期安山玢岩、花岗 斑岩及石英斑岩等。其中燕山期中酸性浅成超浅 成岩体与小青沟银、锰矿有成因关系。

矿区褶皱构造不发育,断裂构造主要有NW、近 SN及近EW向3组。其中断裂F6,F4,F5规模最 大,与成矿关系密切。

火山颈构造位于矿区西南部的玉帛庄正断层, 倾向 SE, 倾角 75°, 呈 35°~40°方向通过太白维山, 与 F6 断层近于直交,控制了太白维山燕山期中酸性 火山岩的喷发-侵入(图 1)。

2 矿床地质特征

本矿床之银、锰、多金属矿体主要受燕山期次火

山岩相的石英斑岩 花岗斑岩接触带和 SN 向压扭, NW 向张扭性构造破碎带控制。区内共圈出 I, II 两个矿带。其中 I 矿带长 640 m, 宽 2~ 34 m, 矿化 围岩为中上元古界含燧石条带白云质灰岩、白云岩 及燕山期石英斑岩。 II 矿带长 3 000 m, 厚 3. 8~ 40 m, 矿化围岩为元古界硅质碳酸盐岩及太古界五台超 群片麻岩。

2.1 矿体特征

依矿体形态、产状、规模及品位变化分矿段简述 如下:

(1)小青沟矿段。有I,II两个矿带。共圈出7 个矿体,I 矿带有3个矿体,II矿带有4个矿体。均 受近 SN 向压性构造破碎带控制,倾向 E,倾角4 s° ~ 6 σ 。矿体呈似层状、透镜状。长数百~1000 m,厚 0.8~11.31 m,初步控制延深230 m。矿化组合:在 小青沟石英斑岩体内,多为单独的银矿体,在岩体外 多为银锰综合矿体。矿石品位,银矿体w(Ag) =86.00×10⁻⁶~4498.95×10⁻⁶,一般150×10⁻⁶~ 200×10⁻⁶。银锰矿体w(Ag) = 80×10⁻⁶~456.91 ×10⁻⁶,一般20×10⁻⁶~300×10⁻⁶,w(Mn) =16.21%~35.90%,一般20%~30%。银锰综合矿 体大部分叠加在一起,但不完全一致,锰矿规模略 小。

(2)流砂沟矿段。仅有 II 矿带,已圈出 4 个矿体,其中 II 3 矿体规模最大。

Ⅲ3矿体赋存在断裂带中部和近下盘部位,矿体

基金项目: 原地质矿产部科研项目(编号 9306)研究成果。

收稿日期: 2003-09-08; 修订日期: 2003-11-24

作者简介: 高昊(1965), 男, 山西天镇人, 工程师, 1989 年毕业于桂林工学院, 从事地质矿产勘查工作。





图1 山西省灵丘县小青沟银矿区地质略图

Fig. 1 Geological sketch of Xiaoqinggou Ag mine district 1. 第四系残积物 2. 侏罗系上统熔结角砾岩 3. 蓟县系雾迷山组 白云质灰岩及石英砂岩 4. 长城系高于庄组白云质灰岩 5. 五台 超群庄旺组变粒岩 6. 五台超群庄旺组角闪斜长片麻岩 7. 石英 斑岩 8. 花岗斑岩 9. 安山玢岩 10. 斜长角闪岩 11. 银矿体及 编号 12. 断层 13. 第四系界线 14. 角度不整合界线 15. 探槽 及编号 16.钻孔及编号

倾向 E, 倾角 45°~60°。现控制矿体长 500 m, 延深 395 m, 矿体为银、锰、铅锌综合矿体, 但三者在空间 上不完全一致, 其中银分布范围最广, 锰、铅锌矿次 之。综合矿体边部还可圈出单独的银矿体、锰矿体 及铅锌矿体。矿石品位 w (Ag) = 42.95 × 10⁻⁶~ 275.00 × 10⁻⁶, 一般 200 × 10⁻⁶ 左右, w (Mn) = 10.08%~ 39.40%, 一般 20% 左右, w (Pb+ Zn) = l.08%~ 16.48%, 一般 5% 左右。

- 2.2 矿石特征
- 2.2.1 矿石的矿物成分

该矿床矿物成分复杂, 经查明, 计有银、锰、铅、 锌等矿物 42 种, 其中金属矿物 25 种, 非金属矿物 17 种, 见表 1。

2.2.2 矿石结构、构造

区内矿石构造以角砾状为主,各种类型的矿石 都具有此构造,其次是蜂窝状、块状、土状及各种形 态的胶状构造,这反映了矿床形成温度低及表生作 用发育;矿石结构常见有自形半自形晶粒结构及各 种脱胶和羽状、放射状、冰花状、同心圆状结构。

2.2.3 矿石类型

①石英斑岩自然银矿石,矿石品位:w (Ag) = 292.70×10⁻⁶;

②银锰铅锌矿石,为主要矿石类型,矿石品位变 化大, w (Ag) = 84.50×10⁻⁶~456.91×10⁻⁶, w (Mn) = 15.24% ~ 39.40%;

③银铅锌矿石品位变化大, 平均品位 w (Ag) = 246.39×10⁻⁶, w (Zn) = 1.37%, w (Pb) = 0.82%;

④锰矿石品位 w (Mn)= 10.01% ~ 44.58%,平均 33.74%。

2.2.4 成矿阶段划分

根据组成矿石的各矿物间的生成关系、矿石的 结构构造、矿物共生组合,将小青沟一流砂沟银锰多 金属矿床成矿作用划分为热液期和表生期。热液期 又划分为黄铁矿阶段、银-多金属硫化物阶段、银-多 金属硫化物碳酸盐阶段。

2.3 围岩蚀变

矿区蚀变多发育于构造破碎带及岩体内接触带 处,以中低温热液蚀变为主,主要有硅化、碳酸盐化, 次为粘土化、黄铁矿化、重晶石化、萤石化及绿泥石 化、绿帘石化等。并且矿化与蚀变具有一定的分带 性。

2.4 矿产分布规律

矿体严格受太白维山破火山口和构造破碎带控制,在深部和构造叠加部位矿体膨胀增大。在地表, 矿体在水平方向上的变化规律为:流砂沟矿段 Ag, Mn, Pb, Zn 矿共生或伴生, Pb, Zn 品位高于小青沟, Mn 矿一般为贫矿;小青沟矿段为 Ag, Mn 矿共生或 伴生, Pb, Zn 品位低于工业要求, Mn 较富;斑岩型自 然银矿主要分布在小青沟矿段 17~20 线。此外在 流砂沟,位于上太古界基底与元古界盖层接触部位 常有 Ag, Pb, Zn 矿体, 而小青沟未打穿该部位, 情况 于浅部。 不详。矿体在垂向上变化规律为深部 Pb, Zn 品位高

表1 小青沟银矿床矿石矿物组分

Table 1 Ore minerals in Xiaoqinggou Ag deposit

种类	银矿物	锰矿物	铅、锌矿物	其他金属矿物	非金属矿物	
主要矿物	自然银	软锰矿、硬锰矿、 锌锰矿、黑锌锰矿	闪锌矿	黄铁矿	碳酸盐矿物(方解石、 白云石)、长石、石英	
次要矿物	螺状硫银矿、 银锑黝铜矿	拉锰矿、恩苏矿	方铅矿	针铁矿、黄铜矿	蒙脱石、伊利石、 重晶石	
少量矿物			硅锌矿、菱锌矿、 异级矿、白铅矿	铜蓝、斑铜矿、 磁黄铁矿	绢云母、高岭石、 萤石	
微量矿物	硫铁银矿、自然金		自然锌	白钛石	石榴子石、金红石、 锆石、磷灰石、硅铁矿	

3 成因分析

3.1 控矿构造及热源

太白维山总体为一向南推覆的中生代构造火山 盆地、其前缘东、南、西三边有中生代仰冲、新生代下 滑的弧形高角度断层带。推覆体内还发育有 NW 向、NE向、近SN向、近EW向4组断裂。其中、NW 向三神庙西正断层、三神庙一下庄北正断层、NE 向 玉帛庄正断层交汇及前缘弧形断裂控制了区内燕山 期中酸性岩浆岩的侵入喷发,形成许多岩枝状、不 规则状次火山体。由于岩浆热力作用促使含锰白云 岩中的锰溶于天水或岩浆热液中,形成岩浆水和天 水混合的含 Ag, Mn 热液, 向断裂带或接触带迁移。 一部分叠加在接触带或断裂带附近的含锰岩系上形 成锰银矿,一部分在次火山岩体内构造中沉淀,形成 独立银矿体。根据与成矿有关的次火山岩及近矿围 岩蚀变分析,本区银、锰、多金属矿形成于上侏罗系 张家口组酸性火山喷发-侵入之末期,张家口组钾氩 等时年龄为 132.2 Ma(据区调队资料)。强烈而持 续长久的岩浆活动为成矿作用提供了足够热源。

3.2 微量元素分布特征

对本区各类岩石、矿石和部分单矿物进行的微量元素分析表明,矿区石英斑岩内外接触带及其矿化破碎带中Ag,Nn,Cu,Pb,Zn,Mo,Bi的质量分数和Ag/Au,Ba/Sr比值均明显增高,反映了这些元索富集成矿的内在规律,本区火山岩Co/Ni为0.5~5,

其中喷发相 Co/Ni 多为 0.8~ 1.4,喷发沉积相为 0. 66,次火山岩相为 0.5~ 5,石英斑岩为 5,说明 Co,Ni 在次火山岩相中的迁移,其中张家口组后期成矿阶 段元素迁移活动最强。

本矿区单矿物电子探针测定螺状硫银矿、银锑 黝铜矿中不含 Co, Ni, 自然银中 w (Co) = 0.00%, w (Ni) = 0.04%;自然锌中 w(Co) = 0.00%, w(Ni) =0.03%; 硫铁银矿 w (Co) = 0.49%, w (Ni) = 0.04%; 锌锰矿 w (Co) = 0.075%, w (Ni) = 0.02%; 闪锌矿 w(Co)= 0.077%, w(Ni)= 0.017%; 方铅矿 w(Co) = 0.002%, w(Ni) = 0.011%; 与邻区支家地 银矿结果基本一致。据李兆龙等资料:本区黄铁矿 Co.Ni 质量分数平均值分别为 36×10^{-6} 和 24×10^{-6} 10⁻⁶, Co/Ni值为0.94~3.2, 平均为1.7。按1972 年 Price 划分的: 沉积成因黄铁矿通常 Co. Ni 含量 低, Co/Ni值低(平均值0.63); 热液脉状黄铁矿Co, Ni 含量及 Co/Ni 值高且变化大, Co/Ni 平均值为 1.17;并且单矿床平均值一般小于5;火山喷气矿床 黄铁矿 Co/Ni 值介干 5~ 50 间. Co 通常> 100 × 10⁻⁶, Ni 通常< 100 × 10⁻⁶。由此看出, 本区为典型 热液脉状成因黄铁矿。

- 3.3 同位素特征
- 3.3.1 硫同位素特征

本区 $\delta({}^{34}S)$ 同位素明显富集, 且为正值, 分布范 围为 0.6×10⁻³~9.6×10⁻³, 平均 3.45×10⁻³。塔 式效应明显。黄铁矿 $\delta({}^{34}S)$ 的变化范围较大, 从 3.1 ×10⁻³~9.6×10⁻³, 平均 4.92×10⁻³, 闪锌矿 $\delta({}^{34}S) = 2.7 \times 10^{-3} \sim 5.3 \times 10^{-3}$, 平均 4.17×10⁻³, 方铅矿 $\delta({}^{34}S) = 0.6 \times 10^{-3} \sim 5.2 \times 10^{-3}$ 平均2.56× 10⁻³。这些硫化物属于同源、同一热液体系中的产物,其塔式分布反映了硫的内生来源。由共生硫化物中的硫同位素计算的平衡温度得出黄铁矿、方铅矿组合形成较早,生成温度较高,为325~284℃。闪锌矿、方铅矿组合形成较晚,生成温度较低,为224~ 163℃。这是银矿物形成的主要阶段(表 2)与包体测温数据一致。

3.3.2 铅同位素特征 鉴于小青沟一流沙沟银锰 矿与支家地银矿处于同一矿田,成矿条件基本一致, 矿化类型相同,故本文引用支家地矿区铅同位素特 征资料(包括4个小青沟样品)。本区共采11个铅 同位素样,其中矿石样 9个,石英斑岩样 1个,高于 庄组白云岩 1个(见表 3)。

表 2 矿石中硫化物的硫同位素组成

Table 2 Pb isotope composition of As sulfide

#¥ 므	i	平均温度		
作巧	黄铁矿	闪锌矿	方铅矿	(°C)
T-8	4.5		1.5	288
T-9	3.9		1.5	325
Z —15		3.5	0.6	163
Z —69		5.0	3.1	244

表 3 山西省支家地银矿铅同位素组成及铅源区特征值

Table 3 Pb isotope composition and characteristic value of the source

area of Zhijiadi Ag deposit in Shanxi province

序号 样号	++ 0	样品名称	样品位置	铅同位素组成			模式年龄	源区特征值		
	作与			$\frac{w (^{206}\text{Pb})}{w (^{204}\text{Pb})}$	$\frac{w (^{207}\text{Pb})}{w (^{204}\text{Pb})}$	$\frac{w(^{208}\text{Pb})}{w(^{204}\text{Pb})}$	(M a)	μ	ω	T h/ U
1	Z-41	方铅矿	1 号矿体,含银方铅矿体	16. 5844	15. 1892	36. 6348	1090	8.54	32.92	4.05
2	T-46	方铅矿	1 号矿休, 矿化石英斑岩	16.6161	15.2266	36.6430	1033	8.58	35.82	4.04
3	T- 8	黄铁矿	1 号矿休, 矿化复成角砾岩	16. 5896	15.3525	36. 9980	1184	8.85	39.03	4.27
4	Z-33	方铅矿	1号矿体,方铅矿块状矿石	16.6137	15.2121	36. 8295	1071	8.65	37.12	4.16
5	T- 9	黄铁矿	1 号矿体, 矿化复成分角砾岩	16.5530	15.3273	36. g145	1185	8.79	38.72	4.27
6	Z-2	方铅矿	1号矿体,矿化石英斑岩质角砾岩	16. 4394	15. 1872	36. 4601	1120	8.53	35.72	4.06
7	Z-54	方铅矿	1号矿体,细脉浸染状矿化	16.5124	15.2334	36. 6176	1116	8.61	36.49	4.11
8	Z-69	方铅矿	ZK 806 孔, 方铅矿-闪锌矿矿石	16. 5099	15.2402	36. 5949	1125	8.36	36.45	4.09
9	Z-18	方铅矿	ZK 804 孔, 细脉浸染状矿石	16.4761	15.2149	36. 5182	1123	8.58	36.04	4.07
10	T- 3	石英斑岩	矿区内	16.9848	15.5002	36. 5475	1059	9.06	35.59	3.18
11	T- 44	白云岩	高于庄组白云岩	19. 8616	15.3179	36. 9934	954	8.72	36.81	4.09

测试单位:天津地质研究院同位素地质室测定。

本区铅同位素组成相对稳定, 变化范围小, 计算 的源区特征值 μ= 8.53~8.85, 平均 8.64; ω= 35.72 ~ 39.03, 平均 36.81; Th/U 变化在 4.04~4.27 之 间, 平均 4.12。在 R. E. Zartman 构造铅演化图上, 数据主要落在下地壳铅同位素演化曲线附近及其和 地幔铅同位素演化曲线间, 由此反映出在酸性岩中 丰度高的 Pb 与 Ag, Mn, Zn 不同, 它是源于下地壳并 有地幔铅混入。石英斑岩铅同位素的组成与矿石铅 不同, 其铀铅较高, 钍铅较低, 接近于造山带铅同位 素演化曲线。

高于庄组白云岩铅同位素源区特征值与矿石铅 相似,反映了它们的同源性。根据计算的模式年龄 主要在 9.5~11 亿年,其明显老于石英斑岩及银锰 矿成矿年龄,它反映了源区铅的年龄值。高于庄组 白云岩的铅是形成银、锰矿过程中叠加的。

3.3.3 碳氧同位素特征

本区银锰矿石中含银锰矿物与硫化物、硫酸盐 矿物密切共生,组成细脉浸染状或角砾状矿石,其碳 氧同位素组成特点与菱锰矿的碳氧同位素组成基本 相同。 $\delta(^{13}C) = -5.15 \times 10^{-3} - 4.31 \times 10^{-3}$,差异 小,平均为-4.9×10⁻³,为深源岩浆碳酸盐型的上 限,海水碳酸盐的下限。碳酸盐的 $\delta(^{18}O) = 13.519$ ×10⁻³~15.954×10⁻³,平均14.527×10⁻³,属花 岗质岩石的较大值,因碳酸盐围岩的存在和地表水 的加入,使菱锰矿略富含 $\delta(^{13}C)$ 和 $\delta(^{18}O)$ 。表明了 它们的内外生混合热液成因特点。 3.3.4 氢氧同位素

第19卷

测定了支家地银矿床闪锌矿碳酸盐脉中菱锰矿 的 $\delta({}^{13}C)$ 和 $\delta({}^{18}O)$ 值,从而计算出包体水的 $\delta({}^{18}O_{H_2O}) = 5.47 \times 10^{-3}$ 。测得 $\delta(D) = -83 \times 10^{-3}$ 。 也可以看出热液的氢氧同位素、岩浆水及地表水混 合热液特征。

3.4 包裹体特征

矿石中闪锌矿、石英、碳酸盐矿物的包裹体。室 温下可分为4种类型,即气相包体、纯CO₂包体、含 液态CO₂包体和液体包体,其主要为液体包体。

支家地银矿 气液包体均一温度范围为 130~ 335℃。有两个成矿区间:一是 130~ 240℃; 另一区 间是 250~ 335℃。主要成矿温度在 130~ 240℃间, 与硫同位素平衡温度相近。

分析了形成于热液期第 II 阶段闪锌矿、菱锰矿 气液包裹体成分,计算了有关成矿参数,其形成温度 为250~300℃,成矿压力 180×10⁵ Pa,低盐度 w (NaCl) = 0.97%,矿化度为42.4×10⁻⁶,pH=7.57, Eh= -0.77, Na⁺/K⁺ = 0.94, Na⁺/(Ca²⁺ + Mg²⁺) = 1.54, F⁻/CΓ = 1.95。从包裹体资料看出,本区 银锰矿属浅成中低温热液矿床,成矿为岩浆水、地表 水混合热液,银锰等主要成矿元素来自围岩,成矿在 弱碱性、还原条件下进行。 总之,丰富的矿源、热源、水源为本区次火山岩 中低温热液银、锰、多金属矿床的形成提供了极为有 利的成矿条件。

4 结论

小青沟一流砂沟银、锰、多金属矿床为与燕山晚 期酸性次火山岩(石英斑岩、花岗斑岩)有成因联系 的中低温热液矿床;五台群石咀亚群和长城系高于 庄组为区内金、银、铅、锌、锰矿的矿源层。燕山晚期 中、酸性岩浆活动和后期的中、低温热液活动,使其 富集成矿。低温热液矿床中的锰矿经氧化淋滤,再 次富集形成品位较高的氧化锰矿。

参考文献:

- [1] 李景春,李泽,单学毅,等.山西省灵丘县小青沟一流砂沟银锰 多金属矿区银锰矿普查地质报告[R].大同:山西省地勘局二一 七地质队,1996.
- [2] 李泽, 宋玉梅, 张颂虞, 等. 灵丘县小青沟银、锰矿床特征成矿条 件及成因研究[R]. 大同: 山西省地勘局二一七地质队, 1993.
- [4] 李生元, 李兆龙, 林建阳, 等. 晋东北次火山岩型银锰金矿[M].武汉: 中国地质大学出版社, 2000.

CHARACTERISTICS OF XIAOQINGGOU Ag, Mn POLYMETAL ORE DEPOSIT, LINGQIU COUNTY, SHANXI PROVINCE AND STUDY ON ITS GENESIS GAO Hao

(217 Geological Team, Shanxi Geological and exploration Bureau, Datong 037008, China)

Abstract: Xiaoqinggou-Liushagou Ag, Mn polymetal ore deposit is primarily a meso-epithermal deposit which was exposed to leaching and oxidation and turned into the precent Mn oxide deposit. The ore forming heat source is Yanshanian volcanism and Gaoyuzhuang formation of precambrian group, the source bed suppled ore materials.

Key words: genesis; subvolcanic hydrothermal fluid; Mn-bearing formation of Changcheng series; Xiaoqinggou-Liushagou Ag-Mn polymetal ore; Shanxi province