

灵丘小青沟银、锰矿床地质地球化学特征及矿床成因

余金杰

孟瑞发 李 泽

(中国地质科学院矿床地质研究所,北京)

(山西省地质矿产局217地质队,大同市)

提 要:小青沟银、锰矿床产于长城系高于庄组南北向破碎带中,属中低温热液矿床。本文研究了小青沟矿床地质、稳定同位素、微量元素特征,认为矿床成矿物质来源很复杂。银来源于五台群、高于庄组白云质灰岩及次火山岩体,锰主要来源于高于庄组二段含锰灰岩。小青沟矿床经历了矿源层形成和燕山期成矿二个过程,作者建立了矿床的成矿模式。

主题词:银、锰矿床 地质地球化学特征 小青沟

小青沟银、锰矿床是80年代末发现的大型银、锰矿床。在找矿勘探过程中积累了丰富的地质资料。本文试图通过对矿床地质和地球化学特征的研究,来揭示小青沟银、锰矿床成因。

1 成矿地质背景

太白维山破火山口^[1]位于华北地台燕山台褶带和山西台隆接壤部位的唐河断裂带中,是一中生代火山岩断陷盆地。支家地银矿位于火山岩盆地内的偏北部分,小青沟银、锰矿床位于火山岩盆地内中央部位。

矿区出露地层主要为五台群和长城系高于庄组,少量蓟县系雾迷山组。五台群为一套中浅变质的碎屑岩、中基性火山岩夹硅铁建造,高于庄组为燧石条带白云质灰岩。

中生代火山岩由上侏罗统白旗组和张家口组组成。白旗组分布于破火山口外侧^[1],厚770 m。主要为英安质火山角砾岩、集块岩,下部夹有安山岩,上部夹有英安岩。张家口组分布于破火山口内侧^[1],厚度大于196 m。主要岩性为流纹质熔结角砾岩、角砾凝灰岩。

太白维山破火山口内有四个火山颈相次火山岩体,小青沟石英斑岩体和流砂沟花岗斑岩体便是其中二个,它们与银、锰成矿关系密切。支家地石英斑岩成岩年龄为 156×10^6 a (Rb-Sr法),初始 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值为0.7058^[2]。据笔者和李兆龙等(1992)研究,稀土元素分布特征为轻稀土富集型, Eu 有中等程度亏损,属同熔型次火山岩。

余金杰,男,1966年生,助理研究员,从事矿床学和矿田构造学研究。邮政编码:100037

1995-9-15收稿,1995-11-20修改回

2 矿床地质特征

2.1 矿体形态、产状、规模

矿体呈似层状、透镜状沿南北向构造破碎带分布(图1、图2)。长数百至千余米,厚一般0.8~11.31 m,初步控制延深230 m左右。矿体倾向东,倾角 $45^{\circ}\sim 60^{\circ}$ 。在小青沟石英斑岩体内,多为单独的银矿体。在石英斑岩体外南北向构造破碎带中多为银、锰矿体。

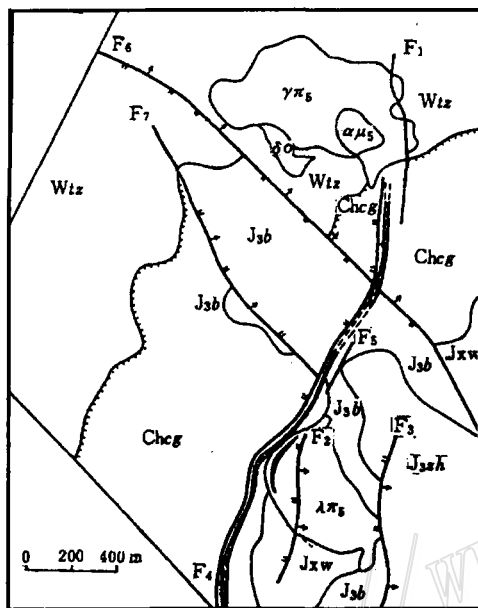


图1 小青沟矿区地质图

(据山西省地质矿产局217队资料简化)

1—上侏罗统张家口组;2—上侏罗统白旗组;3—蔚县系雾迷山组;4—长城系高于庄组;5—五台群庄旺组;6—花岗斑岩;7—石英斑岩;8—安山玢岩;9—变质石英闪长岩;10—不整合界线;11—地质界线;12—逆断层;13—正断层;14—银、锰矿体;15—银矿体

Fig. 1. Geological sketch map of the Xiaoqinggou ore district.

1—Upper Jurassic Zhangjiakou Formation; 2—Upper Jurassic Baiqi Formation; 3—Wumishan Formation of Jixian System; 4—Gaoyuzhuang Formation of Changcheng System; 5—Zhuangwang Formation of Wutai Group; 6—Granite porphyry; 7—Quartz porphyry; 8—Andesite porphyrite; 9—Meta-quartz diorite; 10—Unconformity; 11—Geological boundary; 12—Reversed fault; 13—Normal fault; 14—Silver (manganese) orebody; 15—Silver orebody.

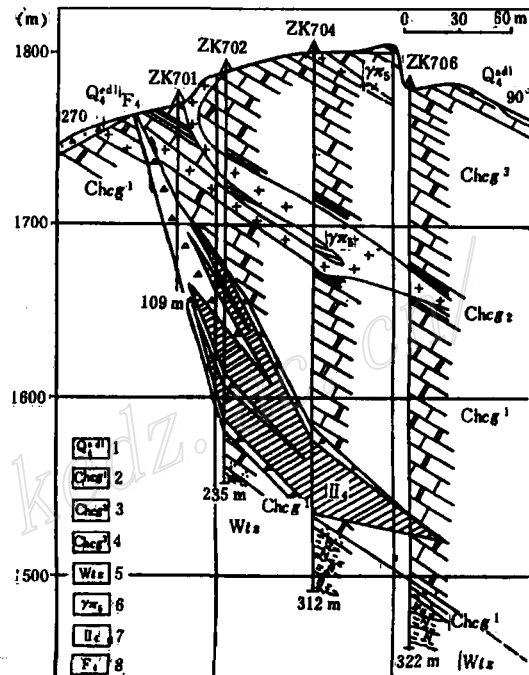


图2 小青沟矿床7号勘探线剖面图

(据山西省地质矿产局217队)

1—第四系残坡积层;2—4—长城系高于庄组;2—一段砂岩、中薄层白云质灰岩;3—二段碳质页岩;4—三段白云质灰岩;5—五台群;6—花岗斑岩;7—矿体及编号;8—

断裂带及编号

Fig. 2. Geological section along No. 7

exploration line of the Xiaoqinggou ore deposit.

1—Quaternary residual-slope bed; 2~4—Gaoyuzhuang Formation of Changcheng System; 2—Sandstone and medium-thin layered dolomitic limestone (1st Member); 3—Carbonaceous shale (2nd Member); 4—Dolomitic limestone (3rd Member); 5—Wutai Group; 6—Granite porphyry; 7—Orebody and serial number; 8—Fault zone and serial number.

2.2 银、锰矿石的矿物成分、结构、构造及矿石类型

矿床矿物成分较复杂,银矿石主要由自然银、螺状硫银矿等组成,锰矿石主要由软锰矿、硬锰矿等组成(表1)。银矿物电子探针分析见表2。

表1 小青沟矿床矿石的矿物组成

Table 1. Mineral composition of ores from the Xiaoqinggou ore deposit

矿物种类 含量	银矿物	锰矿物 ^①	铅、锌矿物	其它金属矿物	非金属矿物
主要	自然银	软锰矿、硬锰矿、 锰矿、黑锌锰矿	闪锌矿	黄铁矿	方解石、白云石、长 石、石英
次要	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			硅锌矿、菱锌矿、 异极矿、白铅矿	铜蓝、斑铜矿、 磁黄铁矿	绢云母、高岭石、萤 石、刚玉
微量	硫铁银矿		自然铋	白钛石	石榴石、金红石、锆 石、磷灰石、硅铁 矿、雌黄

① 锰矿物尚不包括非晶质氧化锰,有的呈土状,也有呈胶状

表2 小青沟银、锰矿床银矿物的电子探针分析结果

Table 2. Electron microprobe analyses of silver minerals from the Xiaoqinggou ore deposit

矿物	分析结果(%)										
	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	Fe	S	As	Co	Ni	Sb
自然银	0.12	97.77	0.16	0.00	0.02	0.03	0.02		0.00	0.04	
自然银	0.05	98.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.03	0.00	0.04	
自然银		>99									
螺状硫银矿	0.04	82.98	0.00	0.00	0.08	0.02	15.62	0.03	0.00	0.00	
螺状硫银矿	0.22	83.52	0.00	0.00	0.00	0.00	14.90	0.00	0.00	0.00	
螺状硫银矿	0.03	82.70	0.01	0.03	0.01	0.00	14.52	0.00	0.58	0.00	
螺状硫银矿	0.00	81.78	0.04	0.00	0.02	0.01	15.72	0.00	0.02	0.00	
银锑黝铜矿		3.48	33.62	0.00	0.00	5.17	27.06	0.00			30.67
硫铁银矿		47.88	0.15	0.00	0.01	23.94	28.56		0.49	0.04	
硫铁银矿		57.24				20.54	23.55				
硫铁银矿		52.66				22.26	23.72				
硫铁银矿		41.35				26.97	30.67				

注:据孟瑞发等,1994

表3 矿石的结构构造

Table 3. Texture and structure of ores

矿石类型	共生组合	主要结构	构造
自然银矿石	自然银、银锑黝铜矿 方铅矿、黄铁矿、黄铜矿	交代结构、交代残余结构 他形晶粒结构、交代边结构	角砾状构造 脉状-网脉状构造 稀疏浸染状构造
银、锰矿石	自然银、螺状硫银矿 软锰矿、硬锰矿 锌锰矿、黑锌锰矿 恩苏矿、拉锰矿	自形—半自形晶粒结构 纤维放射状结构 同心圆状结构 显微隐晶质结构 羽状、冰花状、树枝状等结构	凝胶体形成的一系列构造诸 如皮壳状、葡萄状、肾状等构造 块状、土状、蜂窝状及角砾状 构造,还可见晶洞、晶簇状构造及梳状(脉)构造
银、铅、锌、硫化物 矿石	自然银、螺状硫银矿 闪锌矿、方铅矿 黄铁矿、磁黄铁矿	固熔体析离结构(乳滴状、条 格状)、交代残余结构 自形晶粒结构 半自形—他形晶粒结构	块状构造、浸染状构造 角砾状构造、条带状构造 微细脉状构造

表4 小青沟矿床矿物生成顺序

Table 4. Paragenetic sequence of minerals in the Xiaoqinggou ore deposit

矿 物	热 液 期			表生期
	I 黄铁矿阶段	II 多金属硫化物阶段	碳酸盐阶段	
黄铁矿 I	—	—	—	—
黄铁矿 II	—	—	—	—
闪锌矿	—	—	—	—
方铅矿	—	—	—	—
黄铜矿	—	—	—	—
磁黄铁矿	—	—	—	—
自然银	—	—	—	—
螺状硫银矿	—	—	—	—
银锑黝铜矿	—	—	—	—
硫铁银矿	—	—	—	—
软锰矿	—	—	—	—
硬锰矿	—	—	—	—
恩苏矿	—	—	—	—
拉锰矿	—	—	—	—
锌锰矿	—	—	—	—
黑锌锰矿	—	—	—	—
褐铁矿	—	—	—	—
铁菱锰矿	—	—	—	—
方解石	—	—	—	—
石英	—	—	—	—
绿帘石	—	—	—	—
角闪石	—	—	—	—
白云母	—	—	—	—
重晶石	—	—	—	—
萤石	—	—	—	—
叶腊石	—	—	—	—

根据矿石中矿物共生组合、结构和构造,将小青沟矿床分为银矿石、银、锰矿石及银、铅、锌、硫化物矿石,其中以前二者最为重要。银矿石见于小青沟石英斑岩内接触带,银、锰矿石见于石英斑岩外接触带南北向破碎带中,而银、铅、锌、硫化物矿石在石英斑岩内、外接触带均能见到,但其规模很小。各种类型矿石中矿物共生组合及结构、构造见表3。从表3可以看出,矿石以角砾状构造为主,其次是蜂窝状、块状、土状及各种形态的胶状构造。矿石结构以凝胶体脱胶后形成的结构以及各种类型交代结构为主。这反映出中低温热液矿床和矿床表生作用特点。

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。其中,硅化和碳酸盐化较发育,其次有粘土化、重晶石化、萤石化、绿泥石化和绿帘石化等。

小青沟石英斑岩体内接触带及岩体内部构造破碎带中,以硅化、绢云母化、萤石化、黄铁矿化为主,为银矿体的近矿围岩蚀变。斑岩体以外的矿化带以硅化、绢云母化、黄铁矿化、粘土化、碳酸盐化为主,为银锰矿的近矿围岩蚀变。

2.4 成矿期和成矿阶段划分

根据矿石金属矿物组合、脉石矿物组合及矿石结构、构造特点将小青沟矿床划分为热液成矿期和表生期。其中,热液成矿期又分为三个成矿阶段:Ⅰ黄铁矿阶段;Ⅱ黄铁矿-多金属硫化物阶段;Ⅲ硫化物-碳酸盐阶段(表4)。Ⅰ和Ⅱ为银的主要矿化阶段,锰矿化为表生期产物。

3 地球化学特征

在研究小青沟银、锰矿床地质特征的基础上,对硫化物和石英斑岩进行了硫和(或)铅同位素测试,旨在查明这些矿床的同位素组成特征,并为探讨矿床成因和成矿物质来源提供重要依据。

3.1 硫同位素

小青沟矿床硫同位素组成见表5。由表5可见:①小青沟矿床硫化物的 $\delta^{34}\text{S}$ 值变化范围较窄,介于 -3.8‰ ~ 7.0‰ ,平均值为 3.12‰ ,极差 10.8‰ ;②8个黄铁矿的 $\delta^{34}\text{S}$ 值为 -3.8‰ ~ 7.0‰ ,平均值为 2.73‰ ;③2个闪锌矿 $\delta^{34}\text{S}$ 值为 3.5‰ ~ 5.5‰ ,平均值为 4.5‰ ;④3个方铅矿 $\delta^{34}\text{S}$ 值为 1.3‰ ~ 5.3‰ ,平均值为 3.27‰ 。

在硫同位素达到平衡条件下,所存在的4种硫化物的 $\delta^{34}\text{S}$ 含量按黄铁矿>闪锌矿>磁黄铁矿>方铅矿的顺序递减。小青沟矿床 $\delta^{34}\text{S}$ 平均值由大至小依次为闪锌矿>方铅矿>黄铁矿,不完全具备上述规律,表明硫化物结晶时,体系并不总是处于平衡状态。我们在研究小青沟矿床过程中,测定了3个硫化物矿物对的硫同位素组成(表5)。在1个黄铁矿-闪锌矿对中, $\Delta\delta_{\text{Py-Sp}}$ 值为负值,说明黄铁矿和闪锌矿晶出时,硫同位素不平衡占主导,这同镜下黄铁矿受到闪锌矿溶蚀交代现象相一致。另外,1个黄铁矿-方铅矿对 $\Delta\delta_{\text{Py-Gn}}=0.7$,1个闪锌矿-方铅矿对 $\Delta\delta_{\text{Sp-Gn}}=4.2$,表明结晶时硫同位素似乎又存在着平衡状态。我们认为,上述矿物对富集系数表明,小青沟矿床Fe-(Zn,Pb)-S体系在硫化物形成过程中,硫同位素非平衡分馏占优势,平衡只是局部的。同时,从硫化物 $\delta^{34}\text{S}$ 平均值来看,闪锌矿>方铅矿>黄铁矿,不符合硫同位素平衡分馏原则。之所以出现这种情况,我们认为本矿床成矿系统中硫并非单一来源。

据 Ohomoto^[4]等的意见,岩浆硫的 $\delta^{34}\text{S}$ 值为 $+4.0\text{‰}$,小青沟矿床硫化物平均 $\delta^{34}\text{S}$ 值为 $+3.12\text{‰}$,支家地矿床硫化物平均 $\delta^{34}\text{S}$ 值为 $+3.45\text{‰}$ ^[2],略低于岩浆硫的 $\delta^{34}\text{S}$ 值。故推测小

青沟矿床硫是岩浆硫(为主)和成矿热液萃取五台群片麻岩和角闪岩、长城系高于庄组白云质灰岩中的硫所组成的一种混合来源。

3.2 铅同位素

小青沟矿床和支家地矿床铅同位素一并列入表6。支家地银矿床硫化物 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 介于16.4394~16.6173,极差0.1779,均值16.5883; $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 介于15.1872~15.3525,极差0.1653,均值15.2684; $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 介于36.4601~36.9980,极差0.5379,均值36.6758。高于庄组白云质灰岩 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 、 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 、 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 依次为16.8616、15.3179、36.9934,与矿石铅对应的均值基本相同。支家地石英斑岩全岩 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 、 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 、 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 依次为16.9848、15.5002、36.5475,铀铅略高于矿石铅均值,而钍铅略低于矿石铅均值。

表5 硫同位素组成表

Table 5. Sulfur isotope composition of the Xiaoqinggou ore deposit

样号	测试矿物	采样位置	$\delta^{34}\text{S}(\text{‰})$
L92-20	黄铁矿	ZK702孔200 m 白云质灰岩	4.9
L92-28	黄铁矿	ZK704孔253 m 白云质灰岩	2.6
L92-37	黄铁矿	ZK602孔110 m 白云质灰岩	1.8
L93-11	黄铁矿	ZK704孔白云质灰岩	2.4
L93-11	闪锌矿	ZK704孔白云质灰岩	3.5
L93-10	方铅矿	ZK704孔257 m 白云质灰岩	1.3
L93-10	闪锌矿	ZK704孔257 m 白云质灰岩	5.5
L93-9	黄铁矿	ZK704孔124.83 m 长石斑岩中浸染状黄铁矿	3.0
L93-29	黄铁矿	ZK702孔200.7 m 白云质灰岩	3.9
L93-29	方铅矿	ZK702孔200.7 m 白云质灰岩	3.2
L93-4	方铅矿	ZK1104孔303 m 白云质灰岩	5.3
L93-22	黄铁矿	ZK1804孔101 m 石英斑岩中浸染状黄铁矿	-3.8
L93-23	黄铁矿	ZK1804孔318.92 m 石英斑岩中浸染状黄铁矿	7.0

测试单位:中国科学院地质研究所同位素室

小青沟银、锰矿床硫化物 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 介于16.6030~16.9598,极差0.3568,均值16.7104; $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 介于15.2760~15.5270,极差0.2510,均值15.4277; $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 介于36.5612~37.7632,极差1.2020,均值37.1922;小青沟石英斑岩全岩 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 、 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 、 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 依次为17.0297、15.3780、37.1089,与矿石铅同位素及长城系高于庄组白云质灰岩铅同位素组成基本一致。

总之,无论支家地银矿床,还是小青沟银、锰矿床,矿石铅(均值)与石英斑岩全岩铅和围岩长城系高于庄组白云质灰岩全岩铅同位素组成基本一致,反映出它们具有相似的经历或共同来源。

支家地银矿床铅模式年龄介于 $954.22 \times 10^6 \sim 1184.33 \times 10^6$ a;小青沟银、锰矿床铅模式年龄介于 $899.32 \times 10^6 \sim 1243.08 \times 10^6$ a。很显然,铅模式年龄明显老于石英斑岩形成年龄。二个矿床的矿石铅在 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 对 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 和 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 对 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 图上投点呈线性排列(图

3),表明矿石铅属于异常铅。因而,模式年龄不能作为成矿年龄。

表6 小青沟矿田铅同位素组成
Table 6. Lead isotope composition of the Xiaoqinggou ore field

矿床	序号	样号	测试矿物	样品位置	铅同位素组成			模式年龄 (10^6 a)	μ
					$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$	$\frac{^{208}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$		
支家地	1	Z-41	方铅矿		16.5844	15.1892	36.6348	1016.54	8.90
	2	T-46	方铅矿		16.6161	15.2266	36.6430	1033.78	8.98
	3	T-8	黄铁矿		16.5896	15.3525	36.9980	1184.33	9.26
	4	Z-38	方铅矿		16.6173	15.2121	36.8295	1017.32	8.95
	5	T-9	黄铁矿		16.5530	15.3273	36.9145	1184.33	9.21
	6	Z-2	方铅矿		16.4394	15.1872	36.4601	1120.61	8.94
	7	Z-54	方铅矿		16.5124	15.2334	36.6176	1116.12	9.02
	8	Z-69	方铅矿		16.5099	15.2402	36.5949	1125.11	9.03
	9	Z-18	方铅矿		16.4761	15.2149	36.5182	1122.86	8.99
	10	T-3	石英斑岩		16.9848	15.5002	36.5475	1058.86	9.48
	11	T-44	白云岩	高于庄组	16.8616	15.3179	36.9934	954.22	9.12
小青沟	12	L92-20	黄铁矿	ZK702孔200 m 白云质灰岩 中块状黄铁矿	16.6030	15.2760	36.5612	1095.69	9.09
	13	L92-37	黄铁矿	ZK602孔110 m 白云质灰岩 中块状黄铁矿	16.6845	15.4518	37.2471	1217.28	9.45
	14	L92-28	黄铁矿	ZK704孔253 m 白云质灰岩 中块状黄铁矿	16.6995	15.4886	37.2946	1243.08	9.53
	15	L93-21	石英斑岩	ZK1804孔68 m 处	17.0297	15.3780	37.1089	899.32	9.21
	16	L93-4	方铅矿	ZK1104孔303 m 白云质灰岩 中共生方铅矿和黄铁矿	16.9598	15.5270	37.7632	1103.37	9.55
	17	L93-10	方铅矿	ZK1104孔257 m 白云质灰岩 中共生方铅矿和黄铁矿	16.6052	15.3953	37.0947	1216.56	9.35

支家地矿床资料据李兆龙等,1992;小青沟矿床为本文提供,由中国科学院地质研究所测试

铅同位素能够给我们提供的另外一个重要信息是其来源构造环境。将二个矿床铅同位素数据投在构造环境图上(图3),可以看出:①在 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 对 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 构造环境图上,铅同位素跨越下地壳、地幔和造山带曲线,表明铅来源复杂性。在 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 对 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 构造环境图上,除一个石英斑岩铅落于造山带曲线附近外,其余均落在下地壳和地幔岩演化曲线之间。②石英斑岩全岩铅落在造山带演化曲线附近,这同本区在中生代为地台活化演化阶段的地质事实相吻合。

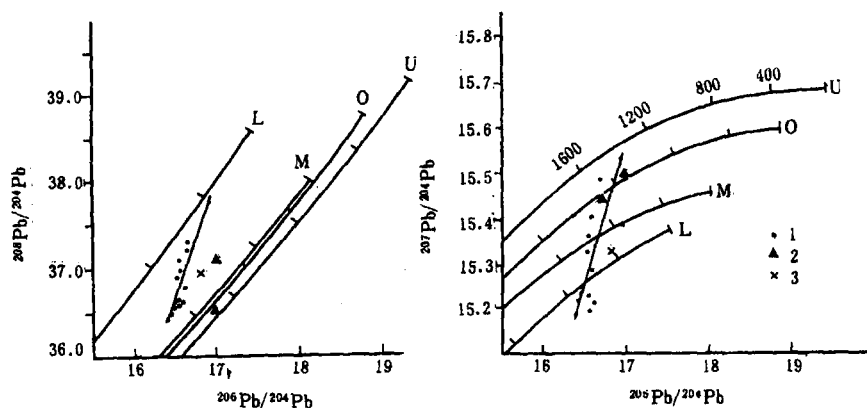


图3 铅同位素构造环境图

(底图据 R. E. Zartman, 1981)

1—矿石铅; 2—石英斑岩铅; 3—高于庄组白云质灰岩铅; L—下地壳铅; M—地幔铅; O—造山带铅; U—上地壳铅

Fig. 3. Lead isotope evolution in various tectonic environments.

1—Ore lead; 2—Quartz porphyry lead; 3—Dolomitic limestone lead of Gaoyuzhuang Formation;

4—Lower crust lead; M—Mantle lead; O—Orogenic zone lead; U—Upper crust lead.

综上所述,从铅同位素分析结果我们得出如下几点认识:

(1) 小青沟和支家地二个矿床矿石铅(均值)、高于庄组白云质灰岩全岩铅和石英斑岩全岩铅同位素组成基本相近,表明三者来源的一致性,并且成矿与石英斑岩体有着密切的成因联系。

(2) 矿石铅为异常铅。

(3) 二个矿床成矿物质来源很复杂,考虑到绝大多数铅落于下地壳和地幔曲线附近,我们认为铅主要来源于下地壳(太石界五台群)和地幔,少量来自造山带(石英斑岩和花岗斑岩)。这同太古界五台群和石英(花岗)斑岩具有高背景成矿物质和石英(花岗)斑岩为同熔型岩体特征相吻合。

4 矿床成矿机制

4.1 矿源层的形成和成矿金属元素来源

通过我们研究,发现本区五台群和长城系高于庄组共同组成高背景银、锰地球化学异常。野外对矿区外围未蚀变的岩石采集了9条剖面标本,室内进行了Ag、Mn、Pb、Zn微量元素全定量分析,经统计整理后的数据(表7)表明,黑云(角闪)斜长片麻岩、(斜长)角闪岩银含量分别为地壳克拉克值的5.1、5.7倍,它能为成矿提供部分银,为本区第一个矿源层。高于庄组灰岩Ag、Pb、Zn、Mn依次为地壳克拉克值17.6、12.4、4.4、2.87倍,高于庄组白云质灰岩、含锰灰岩、泥灰岩Ag、Mn、Pb、Zn均高于各自地壳克拉克值。其中,高于庄组第二段含锰灰岩Mn含量高达 23589.4×10^{-6} ,远远高于白云质灰岩和泥灰岩,为Mn的最主要来源,它构成了本区第二个矿源层。

表7 近矿未蚀变岩石微量元素含量

Table 7. Minor element contents of near-ore unaltered rocks

地层	岩性	Au(10^{-9})	Ag(10^{-6})	Pb(10^{-6})	Zn(10^{-6})	Mn(10^{-9})
五台群	黑云(角闪)斜长片麻岩 (斜长)角闪岩	2.80(152)	0.35(152)	13.4(150)	77.7(151)	525.6(152)
		2.73(11)	0.11(16)	15.53(15)	121.3(16)	666.0(16)
高于庄组	白云质灰岩	2.33(3)	1.21(103)	85.12(103)	229.52(103)	1092.68(106)
	含锰灰岩		1.63(11)	1322.73(11)	1435.91(11)	23589.4(10)
	泥灰岩		1.01(13)	138.46(13)	245.23(13)	1088.38(13)
	高于庄组灰岩		1.23(127)	197.78(127)	335.62(127)	2870.37(126)
	克拉克值	4	0.07	12.5	70	950

山西省地质矿产局217队化验室1993年测试,括号内为统计的样品数

从我们所统计的次火山岩体微量元素分析结果来看(表8),石英斑岩 Ag、Mn、Pb、Zn 含量分别为酸性岩维氏值的93.9、15.5、34.8、9.72倍,花岗斑岩 Ag、Mn、Pb、Zn 含量相应地为酸性岩维氏值的60.4、10.6、16.8、16.1倍。因此,我们认为次火山岩体能提供部分成矿物质。

表8 次火山岩微量元素组成

Table 8. Minor element contents of subvolcanic rocks

微量元素	Au(10^{-6})	Ag(10^{-6})	Pb(%)	Zn(%)	Mn(%)	TFe(%)
次火山岩						
石英斑岩	0.0765(40)	4.695(37)	0.0695(40)	0.0583(40)	0.9274(31)	1.1617(30)
花岗斑岩	0.0611(9)	3.022(44)	0.0336(44)	0.0964(42)	0.6340(5)	3.044(5)
酸性岩维氏值	0.0045	0.05	0.002	0.006	0.06	2.7

山西省地质矿产局217地质队化验室1991、1992年测试,括号内为统计的样品数

总之,本区成矿物质具多源性。Ag 既可来源于五台群黑云(角闪)斜长片麻岩和(斜长)角闪岩,又可来源长城系高于庄组白云质灰岩和燕山期次火山岩体。Mn 除少量来源于次火山岩体外,主要来源于高于庄组白云质灰岩,其中以含锰灰岩为锰的最佳矿源层。

4.2 矿床成矿机制

中生代燕山期为矿床主要成矿期。本区进入中生代,由于地幔物质的膨胀和蠕动,使下地壳物质在上地幔岩浆的同熔混染下开始活化,形成壳幔混源型岩浆。这种岩浆沿北西向与北东向断裂交汇部位上侵至地表,形成太白维山火山岩盆地。

火山活动末期有次火山岩体(花岗斑岩和石英斑岩)侵入。它的晚期侵入活动对成矿具有极其重要的作用。除直接提供少量 Ag、Mn 物质外,更为重要的是起着热源的作用。表现为次火山岩浆在火山活动晚期沿火山构造上升,汲取矿源层中成矿物质,在大气水淋滤作用下,形成 Ag、Mn 成矿热液。这种 Ag、Mn 成矿热液沿火山构造环形裂隙上升,当其从深部向浅部运移时,由于物理、化学条件剧变,致使含银、锰热液在断裂带富集成矿(图4)。

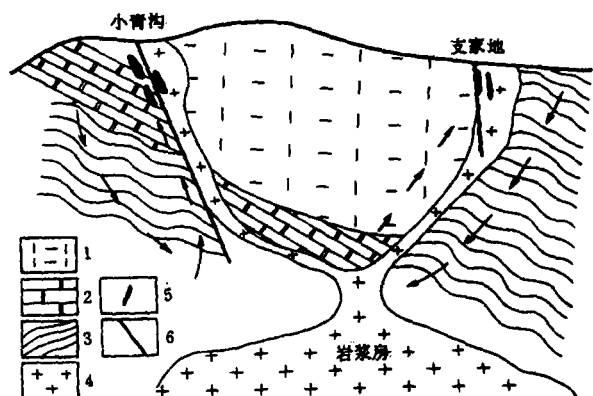


图4 小青沟矿床成矿模式图

1—侏罗纪火山岩;2—高于庄组白云岩;3—五台群片麻岩、角闪岩;4—燕山期石英花岗斑岩;5—银、锰矿体;6—断裂

Fig. 4. Metallogenic model of the Xiaoqinggou ore deposit.

1—Jurassic volcanic rock; 2—Dolomite of Gaoyuzhuang Formation; 3—Gneiss and amphibolite of Wutai Group; 4—Yanshanian quartz (granite) porphyry; 5—Silver (manganese) orebody; 6—Fault.

总之,小青沟银、锰矿床为中低温热液脉型矿床。

支家地银矿床和小青沟银、锰矿床均位于太白维山中生代火山岩盆地中。两个矿床的矿体形态、产状、矿石矿物成分、脉石矿物成分、矿石的结构和构造、围岩蚀变、稳定同位素等方面具有一致性。另外,两个矿床均与燕山期次火山岩体具有密切的成因联系,表明两个矿床来源于同一成矿热液系统。两个矿床差别在于支家地银矿床几乎不含锰,之所以出现这种情况,我们认为与二者围岩条件不同有关。支家地银矿矿体赋存于石英斑岩和上侏罗统白旗组安山质角砾凝灰岩接触界线附近北西向断裂破碎带中,而小青沟银、锰矿体赋存于石英斑岩外接触带高于庄组南北向断裂破碎带中。次火山岩浆在火山活动晚期沿火山构造上升时,汲取了高于庄组二段含锰灰岩中锰,形成小青沟

银、锰矿床,而支家地银矿床形成时不存在上述情况。

本文野外工作期间,得到黄典豪研究员、孙德梅副研究员和刘玉龙等同志热情帮助和支持,成文时得到黄典豪研究员指导,本文数据由中国科学院地质研究所和山西省地质矿产局217地质队测试,笔者一并表示谢意。

参 考 文 献

- 1 王枝堂. 灵丘太白维山侏罗纪破火山口. 山西地质, 1989, (4): 363~373
- 2 李兆龙等. 山西支家地银矿地质特征及矿床成因. 矿床地质, 1992, 11(4): 315~324
- 3 黄典豪等著. 蔡家营铅-锌-银矿床. 北京: 地质出版社, 1992
- 4 Ohmoto H, Rye R O. Isotopes of sulfur and carbon. In: Barnes H L ed. Geochemistry of hydrothermal ore deposits. New York: John Wiley & Sons, 1979. 509~567
- 5 Zartman R E et al. Plumbotectonics—the model. Tectonophysics, 1981, 75: 135~162

GEOLOGICAL-GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS AND GENESIS OF THE XIAOQINGGOU Ag-Mn DEPOSIT, SHANXI PROVINCE

Yu Jinjie

(Institute of Mineral Deposits, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037)

Meng Ruifa and Li Ze

(No. 217 Geological Party, Shanxi Bureau of Geology and Mineral Resources, Datong 037000)

Key words: Xiaoqinggou deposit, Geological and geochemical characteristics, genesis

Abstract

The Xiaoqinggou deposit, a large-sized Ag-Mn deposit, is present in a NS-trending fault within Gaoyuzhuang Formation. The ore-forming process can be divided into two epochs and three stages, with strong enclosing rock alteration. Sulfur isotopes suggest that sulfur mainly came from magma, with the entry of materials from enclosing rocks. Ore lead, quartz porphyry lead and dolomite lead of Changcheng System have similar and relatively stable composition, implying that they might have been derived from the lower crust with the addition of some mantle and orogen materials.

Sources of ore-forming materials seem very complex. Ag mainly came from Wutai Group, Gaoyuzhuang Formation and subvolcanic rocks; Mn mainly came from the second section of Gaoyuzhuang Group. The formation of the Xiaoqinggou deposit embraces formation of the source bed and mineralization of Yanshanian period. It is considered that the Xiaoqinggou deposit is a mesothermal-epithermal hydrothermal deposit related to subvolcanic rocks. A metallogenic model has been established in this paper.