

山东省栖霞地区 金矿稳定同位素特征及其地质意义^①

刘建文 王来明

(山东省地质矿产局区域地质调查队)

提要:本文研究了栖霞地区金矿床的硫、氧、铅等稳定同位素组成特征,指出区内金矿的成矿物质主要来源于胶东群地层,成矿热液是以变质热液为主、有岩浆热液和大气降水参与的混合热液;成矿温度在160℃—305℃范围内,属中低温热液矿床。金矿床的铅—铅模式年龄为800.1—1200.88Ma。

栖霞地区是胶东金矿成矿区中部的一个重要产区,面积约800km²,计有中小型金矿床十余个,已探明岩金储量十余吨,具有良好的成矿远景。笔者参加了该地区的地质矿产调查工作,并对主要金矿的稳定同位素进行了研究。现对其阐述如下,因水平有限,不妥之处,敬请指教。

一、地质概况

栖霞地区位于郯庐断裂带的东侧,属华北地台鲁东隆起区胶北隆起的中部,处于栖霞复背斜的核部。区内出露地层以上太古界胶东群为主,有少量下元古界粉子山群和中生代沉积地层。胶东群是一套基性、中酸性火山—沉积建造,其岩性主要为黑云(角闪)变粒岩、黑云(角闪)斜长片麻岩、斜长角闪岩、浅粒岩和少量麻粒岩、透闪阳起石岩、滑石岩等。变质程度达角闪—麻粒岩相。形成年龄为2600至2900Ma,属晚太古代。粉子山群为一套碎屑—泥质—碳酸盐建造。变质岩有矽线黑云片岩、二云片岩、黑云变粒岩、透辉变粒岩、浅粒岩、大理岩等。变质程度为角闪岩相,形成年龄在1700Ma左右,属早元古代。中生界仅出露了莱阳组,为一套河流、山麓相的粗碎屑建造。

岩浆岩比较发育,主要有晚太古代的英云闪长岩、奥长花岗岩、基性岩等,元古代的二长花岗岩,中生代燕山晚期的花岗闪长岩等。脉岩分布广泛,有花岗闪长岩、闪长岩、闪长玢岩、煌斑岩等。

断裂构造发育,以北东向、北北东向和北西向断裂为主,其中北东向、北北东向的断裂最发育,如栖霞断裂带、罗家断裂带等。

区内金矿化普遍发育,按矿化类型,主要有二种,一种为破碎带蚀变岩型,属岩浆热液型金矿,受北东向、北北东向断裂控制,局部含金品位可达1—3.5g/t,但矿化不均匀,区

^① 本文1990年5月收到,1990年8月改回。

内尚未找到具工业价值的矿体,故文中对该类型金矿的研究从略。另一种为热液裂隙充填的多金属硫化物石英脉型,属变质—岩浆热液型金矿,区内具矿床规模的金矿均属此类型。

多金属硫化物石英脉型金矿均发育在胶东群内,多受北西向、北北西向和北北东向断裂、裂隙控制。矿石为粒状、压碎状结构,角砾状、条带状、浸染状、块状构造;矿石矿物以黄铁矿、方铅矿、闪锌矿为主,还有黄铜矿、磁黄铁矿、银金矿、金银矿等;脉石矿物主要为石英,少量长石、绢云母等。金主要以银金矿形式产出,呈粒状、枝叉状、片状、柱状等形态;赋存状态为包体金、晶隙金、裂隙金,以晶隙金为主,裂隙金次之;金的载体矿物以黄铁矿为主,产在黄铁矿晶体的晶隙、裂隙中的金占金总数的41—61%。据矿脉中石英包体测温资料,均一温度在180℃—250℃范围内,爆裂温度在200℃—275℃之间。为中低温热液成矿。

二、稳定同位素特征及地质意义

(一) 硫稳定同位素特征

在区内取了12个多金属硫化物石英脉型金矿床(点)的矿石硫同位素样17个,在太古界胶东群地层中取变质岩石的硫同位素样5个,其分析结果见表1。从表1、图1中可以看出:(1)胶东群地层中微粒黄铁矿的硫同位素的 δS^{34} 在1.6至6.8‰之间,平均 $\bar{x}=4.43\%$,极差为5.2‰,略大于基性岩床的硫同位素值(-4‰至+4‰)^[1]。比基性岩更富集重硫,说明中基性火山—沉积建造的胶东群地层形成后又相对富集了部分重硫。(2)各金矿床(点)的矿石硫同位素值基本相同,俱在3.8—8.6‰之间,平均值为5.53‰,极差为4.8‰,均一化程度较高。与其围岩胶东群地层中微粒黄铁矿的硫同位素比较近似,又与大气降水的硫同位素相同,说明成矿流体是一种混合热液,在溶解地层硫、成矿元素及成矿过程中发生了硫同位素均一化作用,并使重硫相对富集。(3)由表1、图2看出,各金矿床(点)矿石硫同位素值,在不同的金属硫化物中,有明显的差别。8个黄铁矿样品的 δS^{34} 值在5.8—8.6‰之间,均值为7.48‰,极差2.8‰;5个黄铜矿样品的 δS^{34} 值在4.2—5.3‰之间,均值4.58‰,极差1.1‰;5个方铅矿样品的 δS^{34} 值在3.8—4.8‰之间,均值4.3‰,极差为1.0‰。其变化顺序为:黄铁矿>黄铜矿>方铅矿,该顺序符合硫同位素平衡沉淀序列。可见本区金矿的黄铁矿、黄铜矿、方铅矿等是在硫同位素达到平衡的条件下沉淀的,具有相似的成矿控矿条

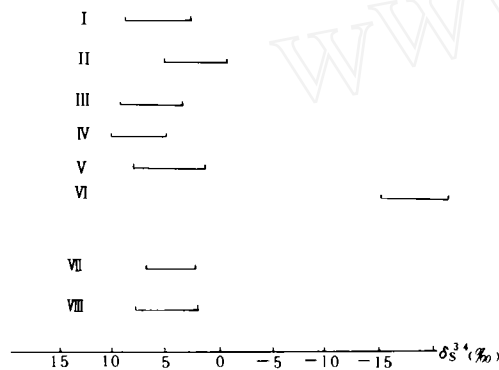


图1 区内金矿与胶东群、大气降水、某些类型矿床的硫同位素组成对比

I. 区内金矿; II. 太华群变质热液金矿^[5]; III. 夹皮沟变质热液金矿^[4]; IV. 玲珑金矿田^[1]; V. 火山沉积岩型铜矿^[1]; VI. 沉积岩型铜矿^[1]; VII. 胶东群地层; VIII. 大气降水^[1]

相同,说明成矿流体是一种混合热液,在溶解地层硫、成矿元素及成矿过程中发生了硫同位素均一化作用,并使重硫相对富集。(3)由表1、图2看出,各金矿床(点)矿石硫同位素值,在不同的金属硫化物中,有明显的差别。8个黄铁矿样品的 δS^{34} 值在5.8—8.6‰之间,均值为7.48‰,极差2.8‰;5个黄铜矿样品的 δS^{34} 值在4.2—5.3‰之间,均值4.58‰,极差1.1‰;5个方铅矿样品的 δS^{34} 值在3.8—4.8‰之间,均值4.3‰,极差为1.0‰。其变化顺序为:黄铁矿>黄铜矿>方铅矿,该顺序符合硫同位素平衡沉淀序列。可见本区金矿的黄铁矿、黄铜矿、方铅矿等是在硫同位素达到平衡的条件下沉淀的,具有相似的成矿控矿条

表 1 栖霞地区金矿床(点)硫同位素组成

分析编号	采样位置	测试矿物	S ³⁴ 值(‰)	矿脉 (岩性)
793566	大流口金矿	黄铜矿	4.2	多金属硫化物石英脉
793567	谢家沟金矿点	方铅矿	4.0	多金属硫化物石英脉
793658	上孙家金矿点	黄铁矿	5.8	多金属硫化物石英脉
793569	响东岙金矿点	黄铁矿	7.6	多金属硫化物石英脉
793570	草芥金矿	黄铜矿	4.3	多金属硫化物石英脉
793571	草芥金矿	方铅矿	3.8	多金属硫化物石英脉
793572	留家沟金矿点	方铅矿	4.1	多金属硫化物石英脉
793673	南寨金矿点	黄铁矿	8.6	多金属硫化物石英脉
793574	金冠顶金矿	黄铁矿	8.2	多金属硫化物石英脉
793575	金冠顶金矿	方铅矿	4.8	多金属硫化物石英脉
793576	马家瑶金矿	黄铁矿	7.6	多金属硫化物石英脉
793577	盘子洞金矿	黄铁矿	7.6	多金属硫化物石英脉
793578	百里店金矿	黄铁矿	7.7	多金属硫化物石英脉
793579	百里店金矿	黄铜矿	5.3	多金属硫化物石英脉
793580	百里店金矿	方铅矿	4.8	多金属硫化物石英脉
793741	上孙家金矿点	黄铜矿	4.7	多金属硫化物石英脉
793742	林家庄金矿点	黄铁矿	6.8	含黄铁矿蚀变岩带
793743	郭落庄金矿点	黄铜矿	4.4	多金属硫化物石英脉
793744	SD1318 点	黄铁矿	1.6	变粒岩
793745	SP ₂ 剖面	黄铁矿	3.0	斜长角闪岩
793746	SP ₂ 剖面	黄铁矿	6.8	黑云斜长变粒岩
793747	SP ₅ 剖面	黄铁矿	6.3	黑云变粒岩
测试单位:地质矿产部矿床地质研究所			分析误差 $\sigma = \pm 0.2\%$	

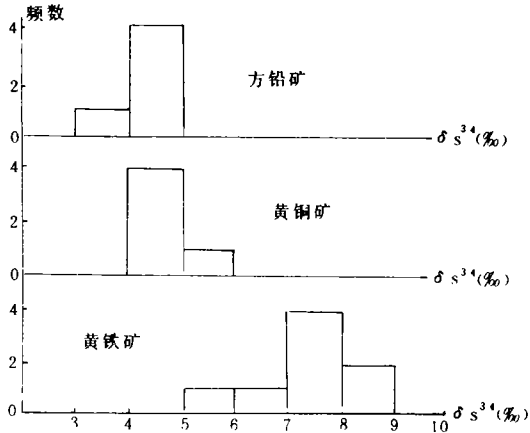


图2 栖霞地区金矿矿石硫同位素直方图

件。(4)根据共生黄铁矿—方铅矿和黄铁矿—黄铜矿矿物对的硫同位素平衡分馏函数方程,采用梶原等人给出的公式:

$$1000 \ln \alpha_{A-B} = A T^{-2}$$

$$\delta_{A-B} = \delta_A - \delta_B = 1000 \ln \alpha$$

计算区内百里店金矿、金冠顶金矿共生金属硫化物对沉淀时的温度,分别为 160℃、303℃、259℃〔黄铁矿—黄铜矿的 A 值取 4.5×10^5 (梶原),黄铁矿—方铅矿的 A 值取 9.63×10^5 (酒井)〕。

(二)氧稳定同位素特征

区内共在 12 个金矿床(点)内取脉石英氧稳定同位素样 14 个,除 1 个样品无结果外,其余 13 个样品的 δO^{18} 值都在 11.01—13.48‰之间,均值 12.32‰,极差 2.47‰(见表 2)。

表2 栖霞地区金矿床(点)氧稳定同位素分析结果表

野外编号	采样地点	δO^{18} (‰)	野外编号	采样地点	δO^{18} (‰)
SD ₁ -WT ₁	大流口金矿	11.01	SD ₄₂ -WT ₁	金冠顶金矿	13.27
SD ₆ -WT ₁	谢家沟金矿点	12.27	SD ₄₅ -WT ₁	马家瑶金矿	13.43
SD ₂₆ -WT ₁	上孙家金矿点	11.16	SD ₅₉ -WT ₁	盘子洞金矿	13.45
SD ₂₉ -WT ₁	响东蚕金矿点	12.17	百--WT ₁	百里店金矿	13.35
SD ₃₀ -WT ₁	草芥金矿	12.10	D ₈₀ -WT ₁	上孙家金矿点	11.02
SD ₃₂ -WT ₁	留家沟金矿点	11.26	D ₆₄ -WT ₁	郭落庄金矿点	12.21
SD ₃₇ -WT ₁	南寨金矿点	13.48	D ₅₈ -WT ₁	林家庄金矿点	/

测试单位:地质矿产部矿床地质研究所

从图 3 可以看出:(1)区内金矿床(点)的脉石英氧稳定同位素值在较小的范围内分布,均一化程度较高,其平均值与变质岩氧稳定同位素相似,与花岗岩类岩石的氧稳定同位素较一致;(2)各金矿床(点)虽然规模、产状、金丰度有很大差别,但其氧稳定同位素却基本一致,反映区内各金矿是在相同的成矿条件下形成的。

(三)铅稳定同位素特征

4 个铅稳定同位素中,1 个是采集于百里店金矿 1 号矿体中,另 3 个是搜集于山东地矿局第六地质队《金矿总结》(表 3)。

表 3 栖霞地区金矿床铅稳定同位素组成

数值 项目 样号	$\frac{Pb^{206}}{Pb^{204}}$	$\frac{Pb^{207}}{Pb^{204}}$	$\frac{Pb^{208}}{Pb^{204}}$	模式年龄 (亿年)	μ 值	取样地点	送样单位
百—TM ₁	16.993	15.35	37.302	8.1	8.92	栖霞百里店金矿	地矿局区调队
马—TM ₁	16.58	15.26	36.99	10.76	8.626	栖霞马家瑶金矿	地矿局第六队
马—TM ₁	17.309	15.691	37.935	10.31	9.399	栖霞马家瑶金矿	地矿局第六队
盘—TM ₁	16.17	15.16	36.13	12.88	8.54	栖霞盘子洞金矿	地矿局第六队
S ₂ -12	17.35	15.45	37.83	7.55	9.31	胶东群中斜长角闪岩	吉林冶勘所

(1)三个金矿床中方铅矿的铅同位素组成基本相同,在卡农等人的铅同位素成份三角图解中,都落在普通铅的范围内,属于普通铅。按单阶段演化模式, H·H 法公式计算, 铅模式年龄在 800.1—1200.88Ma 之间, 说明铅为古老铅。按普通铅的 Pb^{206} 与 Pb^{204} 比值计算的 μ 值在 8.54—9.399 之间, 与胶东群中斜长角闪岩内普通铅的 μ 值相一致, 说明金矿的成矿物质来源于胶东群地层。

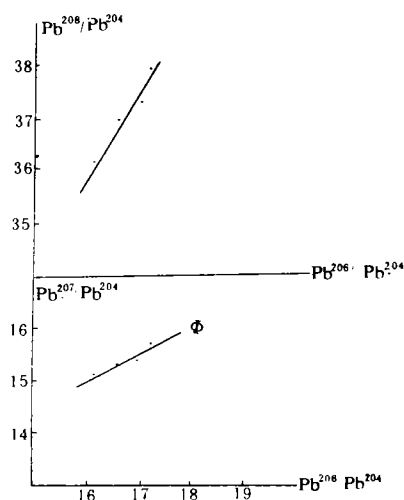


图 4 铅同位素在 Pb-Pb 坐标系中的投影
(Φ —铅二次等时线的斜率)

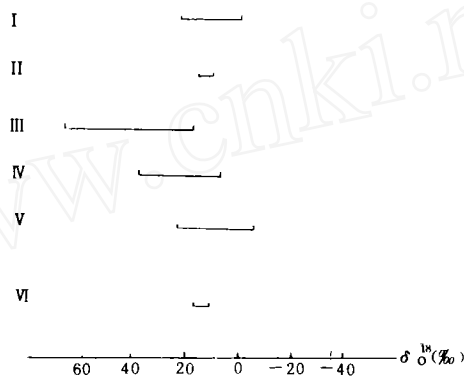


图 3 某些岩石类型的氧同位素组成(据^[1]图 4—8)

I 陨石、月岩; II 玄武岩类; III 沉积岩;
IV 变质岩; V 花岗岩类; VI 区内金矿

(2)在 $Pb-Pb$ 坐标系中(图 4), 其投影点呈线型排列, 说明本区的铅是经过二次增长的, 铅的二次等时线的斜率约为 0.2309, 其线型方程为 $y = 0.2309x + 11.43$ (y 代表 Pb^{207} 与 Pb^{204} 的比值, x 代表 Pb^{206} 与 Pb^{204} 的比值), 据邹祖荣的二次增长公式: $\Phi = \frac{1}{137.8} \cdot \frac{e^{\lambda_{235}t_1} - 1}{e^{\lambda_{238}t_1} - 1}$, 利用数学上的双点弦截法得铅源岩石形成的最早时间为 3000.67Ma, 最晚时间为 1900.425Ma。上述时间与胶东群的形成时间(2500—2800Ma)比较接近。

三、结 语

(一)区内金矿的成矿物质主要来源于上太古界胶东群地层,具明显的层控性质。

(二)金矿床的硫、氧、铅同位素都佐证了金矿的成矿流体是以变质热液为主有大气降水和岩浆热液组成的混合热液。

(三)金矿成矿温度在 160℃—300℃ 范围内,为中低温热液矿床。

(四)金矿床的铅—铅模式年龄在 800.1—1200.88Ma 之间,为古老铅。

参 考 资 料

[1]武汉地质学院,1977年,地球化学,地质出版社。

[2]张理刚,1985年,稳定同位素在地球科学中的应用,陕西科学出版社。

[3]邹祖荣,1979年,稳定同位素地球化学及其在矿床成因研究方面的应用,长春地质学院学报,第二期。

[4]王义文,夹皮沟金矿带硫同位素地球化学及其找矿评价意义,1988年,地质找矿论丛,第一期。

[5]欧超人,1987年,太华绿岩带中的层控金矿,地质与勘探,第3期。

STABLE ISOTOPIC FEATURES AND ITS GEOLOGICAL SIGNIANCES OF THE GOLD DEPOSITS IN QIXIA AREA, SHANDONG PROVINCE

Liu Janwen Wang Liming

(Regional Geological Survey Party, Shandong Bureau of Geology and Mineral Resources)

Abstract

This paper presents the features of sulfur, oxygen and lead stable isotopic compositions of the gold deposits in the qixia area, indicating that the ore-forming materials are mainly derived from the Jiaodong group, Hydrothermal ore-forming solutions are predominantly metamorphic one and subordinately magmatic one with one from heated underground water which originated from meteoric water. The temperature of mineralization ranges between 160 and 305℃, indicating that the deposits belong to the mesothermal-epithermal ones. Its pb—pb model ages range between 810Ma and 1288Ma.