

粤西茶洞银金矿床矿质来源 的同位素示踪研究*

张乾 张宝贵 潘家永 曹裕波 洪笃豪 杨谦举

(中国科学院地球化学研究所, 贵阳)

(中国有色总公司广东地质勘查局, 肇庆)

提 要:文中用硫、铅、氢、氧同位素示踪方法,对茶洞银金多金属矿床的成矿元素及成矿流体来源进行了研究,得出硫主要来自深部岩浆、寒武系地层为Ag、Au、Pb、Zn、As等成矿元素的矿源层、成矿流体为大气降水与岩浆水的混合水的结论。

关键词:银金矿床 同位素示踪 矿质来源 粤西地区

茶洞矿床是粤西地区一个较为典型的银金共生并伴生铅、锌、砷等多种元素的蚀变破碎带型多金属矿床。我们对该矿床不同矿体、不同矿物和岩石的硫、铅、氢、氧同位素组成进行了较系统的测定。本文以同位素示踪法与矿床地质特征相结合,探讨其矿质来源与成矿流体来源,并对该矿床成因提出初步认识。

1 矿床地质特征

茶洞矿床位于粤西加里东褶皱带的中部,吴川—四会断裂带的北西盘。该区晚元古代末期至早古生代为地槽环境,沉积了从震旦系到寒武系巨厚的复理石、类复理石建造,构成遍布整个粤西地区的基底地层。加里东褶皱造山运动及伴随的区域变质作用使其遭受变质,成为绿片岩相-角闪岩相变质岩,局部地段发生混合岩化,形成各种混合岩。

矿区出露地层简单,除在矿区北部分布有少量石炭系厚层灰岩和第四系冲积层外,其余均为寒武系留洞群地层,岩性以片岩为主,分为四个岩性段,从南往北依次为二云母石英片岩(ϵIa^{b-1})、白云母石英片岩夹石英片岩(ϵIa^{b-2})、绢云母石英片岩与石英绢云母片岩互层夹白云母片岩(ϵIa^{b-3})、绢云母石英片岩夹石英绢云母片岩(ϵIa^{b-4}) (图1)。在寒武系地层中还夹有多层碳质层和碳质片岩层。

粤西地区规模最大的吴川—四会断裂带穿过矿区东南部,北有大缙山旋卷构造,南有大云雾山旋卷构造。多种构造派生出矿区南北向断裂。该组断裂是矿区最主要的控矿构造,以脆性断裂为主,局部呈压扭性,呈尖灭侧列式排列(见图1)。另外还有北东向、北西向及东西向多组断裂,规模较小,穿切错断南北向断裂。其中峡坳顶附近的北东向断裂较为发育,

* 中国科学院重点项目及中国科学院矿床地球化学开放研究实验室资助项目

张乾,男,37岁,助理研究员,1982年1月毕业于成都地质学院找矿系。邮政编码:550002

1992-3 收稿,1992-6 修改回

切断V₁矿体，该组断裂常伴随钨、锡矿化。

区域上与加里东期和燕山期这两次最强烈的构造运动伴随的岩浆侵入活动非常发育。但在茶洞矿区，岩浆岩较少，规模很小，地表仅见分布面积很小的花岗斑岩和石英斑岩，沿南北向断裂充填有闪长岩脉和基性岩脉，脉体一般长数十米，宽数米，钻孔中见向深部延伸，均已强烈蚀变。

茶洞矿区长大于6km，宽1.5km，全矿区30余条矿脉，分布于北、中、南三个矿带，最主要的为南北向或近南北向展布的V₁、V₂和V₂₈脉。这三条矿脉长度均在2000m以上，平均厚度1~2m，产状与断裂一致，近于直立。北矿带为一组近于平行的矿脉，主要包括V₂、V₄、V₇、V₉、V₁₀和V₁₁等脉，以Au、Ag、As、W组合为主，伴生Sn、Cu、Bi等。中矿带V₁脉北段为Au、Ag、As组合，南段为Ag、Au、Pb(Zn)组合，南矿带主要矿体为V₂₈脉，长约2000m，主要元素为Ag、Au、Pb、As，Ag达独立银矿要求。另外，还有许多与主矿体走向一致的平行脉，规模小，但矿化较好；有些东西向、北东向小断裂都有矿化，其中一些呈现较好的前景。

该矿床矿石矿物组成及结构构造复杂，共生、伴生的元素种类及矿物种类较多，目前已发现近40种矿物（不包括氧化带的氧化矿物），其中含金、银矿物近20种，主要有自然银、自然金、银金矿、螺状硫银矿及含银、锡、铋、锑、铅的复杂硫盐类矿物。其他常见矿物主要有毒砂、方铅矿、黄铁矿、闪锌矿、磁黄铁矿、黄锡矿、黑钨矿、白铁矿、黄铜矿、含锌黄锡矿、方黄铜矿、斑铜矿、辰砂等。脉石矿物主要有石英、绢云母、

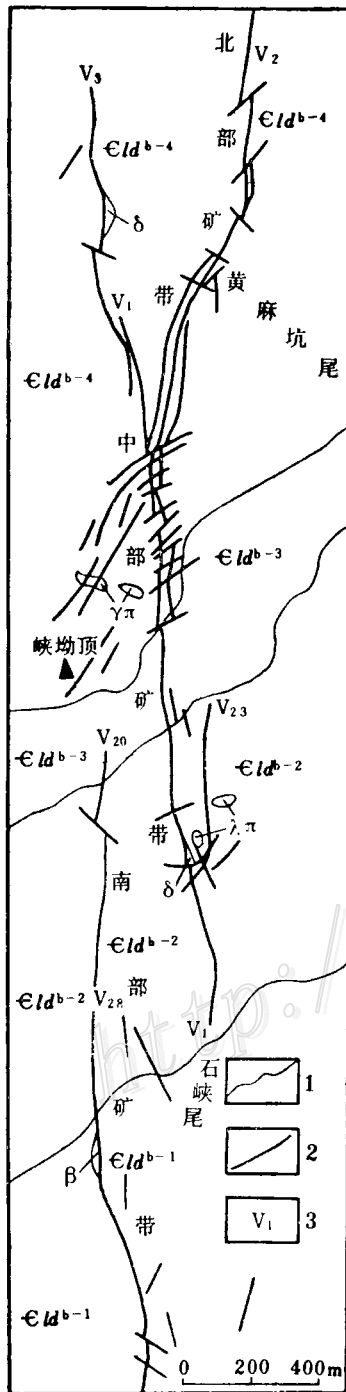


图1 茶洞矿床地质图

Fig. 1. Geological sketch map of the Chadong ore deposit.

εld^{b-4}—寒武系留洞群b层4段；εld^{b-3}—寒武系留洞群b层3段；εld^{b-2}—寒武系留洞群b层2段；εld^{b-1}—寒武系留洞群b层1段；δ—闪长岩脉；β—基性岩脉；γπ—花岗斑岩；λπ—石英斑岩；1—地质界线；2—断层；3—矿体编号

εld^{b-4}—4th member of b bed of Cambrian Liudong Group; εld^{b-3}—member of b bed of Cambrian Liudong Group; εld^{b-2}—2nd member of b bed of Cambrian Liudong Group; εld^{b-1}—1st member of b bed of Cambrian Liudong Group; δ—Diorite dike; β—Basic dike; γπ—Granite porphyry; λπ—Quartz porphyry; 1—Geological boundary; 2—Fault; 3—Serial number of orebody.

方解石、锆石、白云母及少量绿泥石等, 锆石见于 V_1 脉矿石中, 其成因尚未查明, 有可能是破碎片岩中的残余锆石。矿石结构主要有自形一半自形粒状结构, 不规则粒状结构、交代溶蚀结构、交代残余结构及包含结构等, 矿石构造有脉状、网脉状、浸染状、块状、角砾状等。

围岩蚀变以硅化为主, 均沿断裂破碎带发生, 具多期次特点, 蚀变范围从几米到 20 余米, 范围常超出破碎带、由破碎带向围岩逐渐减弱。在破碎带内硅化形成硅质岩或石英脉, 围岩硅化后成为硅化片岩, 其中残留片理构造, 含矿性变化大。硅化与矿化关系密切, 凡是有硅化的破碎带都有程度不同的矿化。另外还有碳酸盐化、绿泥石化等, 规模、强度都较小。

2 硫、铅、氢、氧同位素组成

2.1 硫同位素组成及硫的来源

从矿区 V_1 、 V_2 、 V_{28} 脉各类矿石中选出毒砂、黄铁矿、方铅矿和闪锌矿共 23 个样品测定了硫同位素组成, 测定结果列于表 1。

表 1 茶洞矿床硫化物的硫同位素组成

Table 1. Sulfur isotope composition of sulfides from the Chadong ore deposit

样品号	采样位置	矿石类型	矿物	$\delta^{34}\text{S} (\text{‰})$
CD-380	V_1 脉中段	细粒毒砂矿石	毒砂	-2.2
CD-389	V_1 脉中段	细粒毒砂矿石	毒砂	-0.6
CD-144	V_1 脉南段	细粒毒砂矿石	毒砂	+1.2
YC-369	V_2 脉黄麻坑尾	粗粒毒砂矿石	毒砂	+0.6
YC-370	V_2 脉黄麻坑尾	粗粒毒砂黑钨矿石	毒砂	+0.5
YC-371	V_2 脉黄麻坑尾	毒砂矿石	毒砂	-0.4
YC-372	V_2 脉黄麻坑尾	角砾状毒砂矿石	毒砂	-1.0
YC-373	V_2 脉黄麻坑尾	细粒毒砂矿石	毒砂	-4.0
CD3602	V_{28} 脉北段	富银硫化物矿石	毒砂	-1.5
CD-122	V_{28} 脉北段 46 线	细粒浸染状矿石	毒砂	+1.1
CD6401	V_{28} 脉 64 线	富银硫化物矿石	毒砂	-6.8
CD-132	V_1 脉南段	铅锌硫化物矿石	黄铁矿	+0.6
CD-134	V_1 脉南段	铅锌硫化物矿石	黄铁矿	-1.8
CD-116	V_{28} 脉北段 46 线	细粒硫化物矿石	黄铁矿	-2.1
CD-111	V_{28} 脉北段 48 线	细粒硫化物矿石	黄铁矿	+0.3
CD-114	V_{28} 脉北段 48 线	黄铁矿石	黄铁矿	-0.7
CD-100	V_{28} 脉 56 线	富银黄铁矿石	黄铁矿	-0.0
CD95-4	V_{28} 脉中段 66 线	硫化物矿石	黄铁矿	-0.7
CD95-13	V_{28} 脉中段 66 线	硫化物矿石	黄铁矿	+0.1
CD89-3	V_{28} 脉中段 66 线	黄铁矿石	黄铁矿	-1.8
CD134-2	V_1 脉南段	铅锌硫化物矿石	方铅矿	-2.4
CD-136	V_1 脉南段	铅锌硫化物矿石	方铅矿	-1.6
CD95-4-1	V_{28} 脉中段 66 线	铅锌硫化物矿石	闪锌矿	-0.2

由中国科学院地球化学研究所耿龙年、刘德平分析

毒砂的 $\delta^{34}\text{S}$ 值变化较大, 分布范围在 $-6.8\text{‰} \sim +1.2\text{‰}$ 之间, 平均 -1.2‰ , 离差 8.0。除一个样品为 -6.8‰ 外, 其余样品均在 $-4.0\text{‰} \sim +1.2\text{‰}$ 之间。黄铁矿的 $\delta^{34}\text{S}$ 值变化较小,

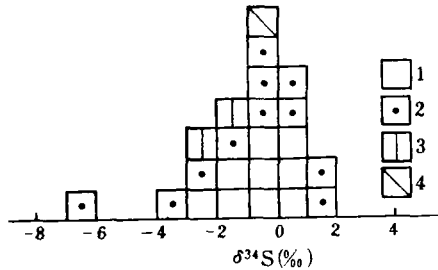


图 2 茶洞矿床硫化物硫同位素组成 (一格代表一个样品)

1—黄铁矿; 2—毒砂; 3—方铅矿; 4—闪锌矿

Fig. 2 Sulfur isotope composition of sulfides from the Chadong ore deposit

1—Pyrite; 2—Arsenopyrite; 3—Galena; 4—Sphalerite.

分布范围在 $-2.1\text{‰} \sim +0.3\text{‰}$ 之间, 平均 -0.8‰ , 离差 2.4。方铅矿、闪锌矿样品少, $\delta^{34}\text{S}$ 值均为靠近零值的负值。全矿区 23 个样品, $\delta^{34}\text{S}$ 值分布于 $-6.8\text{‰} \sim +1.2\text{‰}$ 之间, 平均 -1.1‰ , 离差 8.0。

见图 2 可以看出, 除一个毒砂样品的 $\delta^{34}\text{S}$ 值距零值稍远外, 其余样品都集中于 $-4\text{‰} \sim +2\text{‰}$ 之间, 明显呈塔式分布, 峰值位于 $0\text{‰} \sim -1\text{‰}$ 之间。由此可见, 茶洞矿床硫化物的硫同位素组成有以下两个显著特点: (1) 不同矿体、不同矿物 $\delta^{34}\text{S}$ 值差别不大; (2) $\delta^{34}\text{S}$ 值均靠近零值, 样品呈塔式分布, 均一的硫同位素组成与陨石硫非常接近。

其来源可能与岩浆作用有关。

2.2 铅同位素组成及铅的来源

表 2 茶洞矿床铅同位素组成

Table 2. Lead isotope composition of the Chadong ore deposit.

样品号	采样位置	测定对象	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$
CD95-4	V ₂₈ 脉 ZK6601 孔	方铅矿	18.771	15.919	39.667
CD134-2	V ₁ 脉南段		18.636	15.758	39.933
CD136-2	V ₁ 脉南段		18.732	15.910	39.382
平均			18.713	15.862	39.327
YC-371	V ₂ 脉黄麻坑尾	毒砂	18.592	15.799	39.114
YC-373	V ₂ 脉黄麻坑尾		18.586	15.747	39.164
YC369-1	V ₂ 脉黄麻坑尾		18.618	15.657	38.994
YC371-1	V ₂ 脉黄麻坑尾		18.636	15.839	39.203
YC373-1	V ₂ 脉黄麻坑尾		18.610	15.767	39.204
CD-122	V ₂₈ 脉北段		18.726	15.831	39.413
平均		18.628	15.773	39.182	
CD89-3	V ₂₈ 脉南段	黄铁矿	18.599	15.713	39.086
91426-1	V ₂₈ 脉中段		18.651	15.676	39.999
01426-2	V ₂₈ 脉中段		18.738	15.751	39.153
平均			18.663	15.713	39.079
YC-388	V ₁ 脉中段	矿石(硅质岩)	18.564	15.733	39.043
CD111-1	V ₂₈ 脉北段	含毒砂矿石	18.711	15.823	39.322
CD95-12	V ₂₈ 脉 6601 孔	石英云母片岩	18.754	15.801	39.356
CD95-13		黑云母片岩	18.707	15.725	39.039

由中国科学院地球化学研究所毛存孝、彭建华分析

笔者对矿区不同矿体的方铅矿、毒砂、黄铁矿及矿石和围岩（片岩全岩）分析了铅同位素组成（表2）。

（1）就不同矿物而言，方铅矿的三组同位素比值($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 、 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 、 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ，下同)分别为：18.636~18.771、15.758~15.919、38.933~39.667，平均值分别为18.713、15.862、39.327；毒砂的三组同位素比值分别为18.586~18.726、15.657~15.839、38.994~39.413，平均值分别为18.628、15.773、39.182；黄铁矿的三组同位素比值分别为18.599~18.738、15.676~15.751、38.999~39.153，平均值分别为18.663、15.713、39.097。可见不同矿物之间铅同位素组成是很接近的。

（2）矿石及片岩全岩的铅同位素组成非常一致，三组同位素比值均在单矿物的变化范围之内。也就是说，矿石及片岩全岩具有与单矿物一致的铅同位素组成。矿石与围岩铅同位素组成的一致性说明这种富放射成因铅源区可能就是矿区地层。

（3）若以矿体统计， V_1 脉的三组同位素比值分别为18.684、15.834、39.158； V_2 脉分别为18.608、15.762、39.136； V_{28} 脉分别为18.697、15.778、39.264。尽管各矿体的样品数及所测矿物不同，但由此也不难看出三条矿脉铅同位素组成十分接近的特点。

近年来的研究成果表明，在地球的不同圈层中，地幔与下地壳的铅同位素组成是低放射成因铅^[3,4]，而上地壳铅是富含放射成因的铅^[5,6]。茶洞矿床的铅为富放射成因铅，尤其具有很高的 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 值，这种富放射成因铅更接近于上地壳铅。

该矿床的铅主要来自矿区地层（寒武系片岩），还可以从图3得到证实。图3A中，大部分样品都位于海洋化学沉积与锰结核铅区域内，一部分样品因高的 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 值而位于该区域上方。图3B中除一个样品外其余都分布于与图3A相同的区域内。这说明茶洞矿床的铅与沉积地层有密切的关系。虽然矿区地层非海洋化学沉积产物，但以泥质岩为主（区域变质为片岩）的复理石建造系海相沉积岩。图3中一部分样品位于岛弧铅与海洋化学沉积铅的重合

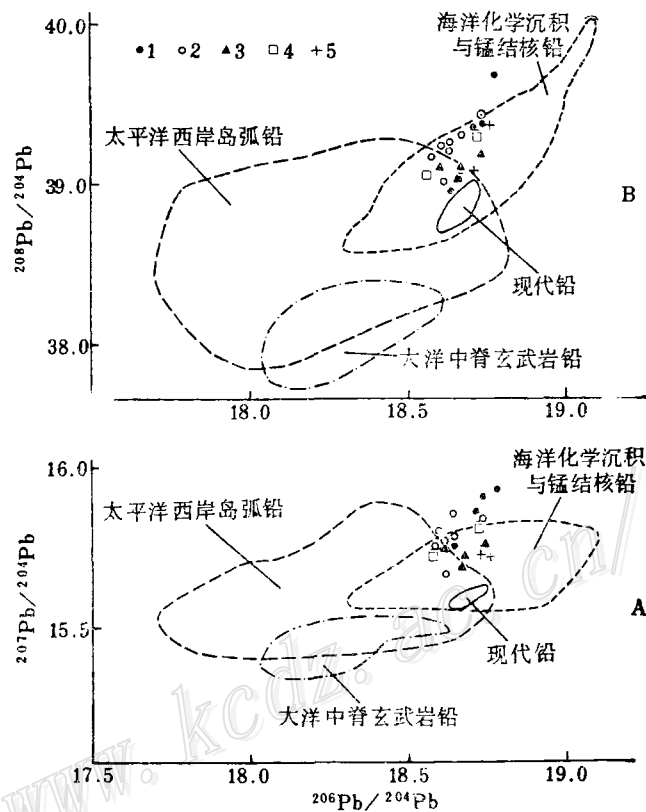


图3 茶洞矿床铅同位素组成与不同来源铅比较

（据陈毓蔚等资料，1980）

1—方铅矿；2—毒砂；3—黄铁矿；4—矿石；5—片岩

Fig. 3. A comparison of lead isotope composition between the Chadong ore deposit and different sources. 1—Galena; 2—Arsenopyrite; 3—Pyrite; 4—Ore; 5—Schist.

区域,但岛弧铅一般与岩浆活动有关,根据矿区地质特征及矿床所处大地构造位置,这部分铅似乎不是岛弧型岩浆源铅,而是地层源铅。

2.3 氢、氧同位素组成及成矿流体来源

我们从矿区 V_1 、 V_2 和 V_{28} 三条矿脉中选取有代表性的矿石样品测定了均一温度,并从中挑选出石英测定了氢、氧同位素组成,测定结果见表3。这些样品中流体包裹体数量多,体积大,为原生包裹体。石英的 $\delta^{18}O$ 值根据Clayton, et al (1972)的平衡方程换算成了矿物流体包裹体水的 $\delta^{18}O$ 值。

表3 茶洞矿床矿物流体包裹体水的氢、氧同位素组成
Table 3. Hydrogen and oxygen isotope composition of fluid inclusions in minerals from the Chadong ore deposit

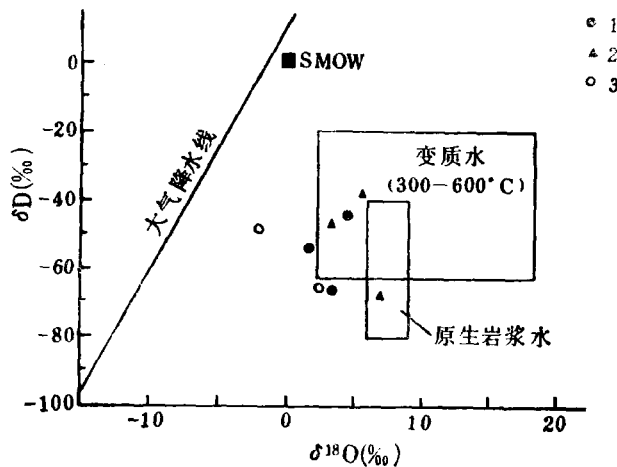
矿脉号	样品号	采样位置	样品名称	矿物	δD_{SMOW} (‰)	氧同位素组成(‰)		均一温度 (℃)
						$\delta^{18}O_{石英}$	$\delta^{18}O_{H_2O}$	
V_1	CD-162	V_1 与 V_2 脉交汇处	石英脉	石英	-65	10.8	3.5	303
	CD-387	V_1 脉中段	团块状石英	石英	-54	10.2	2.9	306
	CD-140	V_1 脉南段	硅化石英脉	石英	-44	12.3	5.1	306
V_2	CD-169	黄麻坑尾	毒砂矿石	石英	-48	9.5	-1.9	213
	CD-369	黄麻坑尾	粗粒毒砂矿石	石英	-65	12.5	3.3	256
V_{28}	CD-111	V_{28} 脉北段	硫化物矿石	石英	-68	13.7	7.0	321
	CD-106	V_{28} 脉中段	石英脉	石英	-39	13.3	5.7	294
	CD89-4	V_{28} 脉南段	石英脉	石英	-47	10.0	3.5	325

由中国有色金属工业总公司矿产地质研究院罗宗瑞、明道萍分析

从表3可以看出,不同矿体 δD 值的变化范围是相似的。三条矿脉 δD 值基本上都在-40‰~-70‰之间。石英的 $\delta^{18}O$ 值为9.5‰~13.7‰,根据样品均一温度换算的矿物流体包裹体水的 $\delta^{18}O$ 值在-1.9‰~+7.0‰之间,不同矿体之间有一定的差异,从南向北,亦即从 V_{28} → V_1 → V_2 脉, $\delta^{18}O$ 值有降低的趋势, V_{28} 脉为3.5‰~7.0‰, V_1 脉为2.9‰~5.1‰, V_2 脉为-1.9‰~3.3‰,这与从南到北均一温度的降低相一致。

在 δD - $\delta^{18}O$ 关系图(图4)中,样品点分散,一个样品进入原生岩浆水区域,六个样品落入变质水区域或其附近,另一个样品靠近大气降水线。由此看来,该矿床成矿流体似乎既有岩浆水,又有变质水及大气降水。然而,云浮地区的区域变质作用发生于加里东期^[1],成矿作用主要与燕山中、晚期的构造-岩浆作用有关^①,该矿床热液蚀变形成的云母K-Ar年龄在 $110 \times 10^6 \sim 120 \times 10^6$ a之间,区域变质与成矿作用之间大的时差(约 300×10^6 a)可排除变质热液成矿的可能性,因此可以认为,茶洞矿床的成矿流体源是下渗的大气降水与深源岩浆水的混合热液。同时,根据氧同位素组成及矿物流体包裹体均一温度从南到北的变化趋势(逐步降低)判断,南段矿体以岩浆水为主,往北大气降水的比例增加。

① 黄煜辉, 1990, 广东银及伴生银矿床类型, 地质特征及找矿方向初探, 广东有色金属地质, 1期, 1~13页

图4 茶洞矿床矿物流体包裹体水的 δD - $\delta^{18}O$ 图1— V_1 脉; 2— V_2 脉; 3— V_{2s} 脉Fig. 4. δD versus $\delta^{18}O$ diagram of fluid inclusions in the Chadong ore deposit1— V_1 vein; 2— V_2 vein; 3— V_{2s} vein.

3 讨论

3.1 硫的岩浆来源问题

前已述及, 茶洞矿床硫化物具有均一的硫同位素组成, $\delta^{34}S$ 值靠近零值, 塔式效应明显, 接近于陨石硫, 与区域上河台、新洲、庞西洞等金(银)矿床的硫同位素组成一致。在粤西地区, 与岩浆活动有关的硫化物矿床如天堂铅锌矿、石碌铜矿、金子窝银锡矿等, 硫同位素组成都很均一, $\delta^{34}S$ 值与陨石硫接近。而云浮地区震旦系—寒武系片岩中黄铁矿的 $\delta^{34}S$ 值为远离零值的正值, 沉积特征明显的大降坪黄铁矿床的 $\delta^{34}S$ 值为 $-25\% \sim +21\%$ ^①。以上说明, 茶洞矿床的硫同位素组成与本区岩浆热液矿床相同而与矿床围岩及与沉积作用有关的矿床的硫同位素组成差别很大, 表明硫来自岩浆而不是围岩。

在茶洞矿区, 虽然没有大的岩浆岩体出露, 但在地表可见花岗斑岩及石英斑岩小岩株, 沿南北向断裂多处充填贯入闪长岩脉及基性岩脉, 物探资料显示矿区深部存在隐伏岩体。由于地表风化强烈, 因此目前尚未获得矿区岩浆岩的有关资料。但是矿物包裹体测温结果显示, 从矿区南部到北部、矿体深部到浅部, 成矿温度从 $350 \sim 400^\circ C$ 降低到 $200 \sim 250^\circ C$ 。氢、氧同位素资料表明岩浆水参与了成矿。所有这些都说明岩浆作用在一定程度上参与了该矿床的成矿。因此, 岩浆提供硫是可能的。

3.2 铅及其他成矿物质的来源问题

茶洞矿床的铅为上地壳来源的富放射成因铅, 矿石与围岩铅同位素组成的一致性表明铅是由矿区地层提供的。这与对新洲金矿的研究结论是完全相同的^②。新洲金矿与茶洞有着相似的成矿地质背景, 铅由地层提供, 铅同位素组成与茶洞非常接近。与茶洞相邻的大降坪黄

① 张乾等, 1992, 大降坪黄铁矿床硫同位素组成及硫源浅析

铁矿床的铅同位素组成也与茶洞极其接近。这些矿床的 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 值都在15.65~16.00之间。而据已取得的资料,粤西地区典型岩浆热液成因的矿床如南山钨矿、锡坪锡矿以及天堂铅锌矿等,岩浆来源的铅 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 值都小于15.60。

茶洞是个以银为主的多金属矿,主要成矿元素有Ag、Au、Pb、As,伴生有Zn、Cu、Sn、W等。为了查明矿区地层提供矿质的可能性,我们对不同岩性的围岩测定了Ag、Au、Cu、Pb、Zn、As的含量,测定结果列于表4。

表4 茶洞矿床围岩成矿元素含量(10^{-6})
Table 4. Contents of ore-forming elements in the wall rocks of the Chadong ore deposit

岩性	样品数	Ag	Au	Pb	Zn	Cu	As
石英云母片岩	4	5.99	0.003	75.87	192.01	33.11	46.3
黑云母片岩	3	1.94	0.010	172.20	137.11	20.68	57.5
绢云母石英片岩	1	11.62	0.050	439.00	329.09		61
碳酸片岩	2	1.24	0.001	350.85	289.27	39.20	32.17
风化半风化片岩	18	2.79	0.028	220.13	138.29	25.01	79.16
平均	28	3.36	0.021	211.58	167.67	27.02	68.11
克拉克值 ^①		0.007	0.003	16	83	47	1.7

由中国科学院地球化学研究所侯瑛、郭安贞原子吸收法分析

① 据维尔纳茨基(1962)

从表4可以看出,围岩中除Cu含量较低外,其余元素含量都比地壳克拉克值高出数倍至数十倍。围岩中含量高的Ag、Au、Pb、Zn、As正好就是该矿床的主成矿元素。成矿元素的高含量及其与矿石中主要有用元素的一致性表明围岩完全有可能充当矿源层。矿区围岩经受了区域变质、岩浆侵入及构造运动等多种地质事件的影响,断裂、裂隙非常发育,为热液的循环及矿质的析出创造了有利条件。

3.3 矿床成因的初步认识

断裂破碎带是茶洞矿床的主要控矿构造,矿区所有矿体都沿断裂破碎带产出,矿化与硅化关系密切,寒武系片岩地层中的断层、裂隙,凡是有硅化处都有矿化,硅化越强,矿化越好。铅、银、金、砷等成矿元素主要来自地层,硫主要来自岩浆作用,成矿流体为大气降水与岩浆水的混合热液,成矿温度为250~350℃。据此,对该矿床的成因提出以下初步认识:

- (1) 金属与硫是不同源的,成矿流体是多元的;
- (2) 沿断裂、裂隙下渗的大气降水经由岩浆加热并与岩浆水混合形成混合热液;
- (3) 混合热液沿断裂破碎带及裂隙循环并与围岩作用,析出围岩中的Au、Ag、Pb、As、Zn等成矿物质,与岩浆带来的硫结合成硫化物,充填沉淀于断裂破碎带内形成矿床。

工作期间,得到了广东有色933队秦军、何桂球、李世云等同志的大力支持,在此深表感谢。

参 考 文 献

- 1 刘公民. 广东省变质岩概况. 广东地质, 1989, 4(4): 1~19
- 2 杨开渠, 陈好寿. 广东新洲地区及外围区域铅同位素组成以及岩浆岩提供金的讨论. 广东地质, 1989, 4(4): 68~76
- 3 Hawksworth P D et al., Continental mantle lithosphere, and shallow level enrichment processes in the earth's mantle. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 1990, 96(3): 256~266
- 4 Rudnick R L et al., The Pb isotopic compositions of lower crustal xenoliths and the evolution of lower crustal Pb. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 1990, 98(2): 192~207
- 5 Whitehouse M J. Pb isotopic evidence for U-Th-Pb behaviour in a prograde amphibolite to granulite facies transition from the Lewisian complex of Northwest Scotland: implications for Pb-Pb dating. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 1989, 53(3): 717~724
- 6 Zartman R E Haines S M. The plumbotectonic model for Pb isotopic systematics among major terrestrial reservoirs—a case for bidirectional transport. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 1988, 52(6): 1327~1339

AN ISOTOPIC TRACING STUDY OF THE MATERIAL SOURCE OF THE CHADONG SILVER-GOLD POLYMETALLIC DEPOSIT IN WESTERN GUANDDONG PROVINCE

Zhang Qian, Zhang Baogui, Pan Jiayong and Cao Yubo

(*Institute of Geochemistry, Academia Sinica, Guiyang, Guizhou Province*)

Hong Duhao and Yang Qianju

(*Guangdong Geological Prospecting Bureau, CNNC, Zhaoqing, Guangdong Province*)

Abstract

$\delta^{34}\text{S}$ values of sulfides in the Chadong silver-gold polymetallic deposit vary in the range of -6.8‰ ~ 1.2‰ (-1.1‰ on average), suggesting that sulfur mainly came from magmatic activity. Ores and wall rocks (Cambrian schist) have the same lead isotope composition which indicates that the lead is largely radiogenic upper crust lead derived mainly from the Cambrian schist of the ore district. Ag, Au, Pb, Zn and As contents in the Cambrian schist are 5~50 times higher than their clark values in the crust, implying that the cambrian schist might be regarded as the source bed. δD values of inclusion water in quartz are 40‰ ~ 70‰ , and $\delta^{18}\text{O}$ values are -1.0‰ ~ 7.0‰ , showing the ore-forming fluid to be a mixture of meteoric water and juvenile water. Meteoric water that percolated downward along the fracture zone was heated by magma and mixed with juvenile water, and the mixed fluid circulated along fractures and fissures and extracted ore-forming elements from the wall rocks; these elements then combined with magma-derived sulfur to form sulfides, which filled and precipitated in the fracture zone, forming the ore deposit.