

文章编号: 0258-7106 (2001) 03-0279-06

胶东牟平金矿矿石、硫化物 钼同位素组成及地质意义*

杨进辉 翟明国 周新华

(中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029)

提 要 山东牟平金矿是胶东半岛东部近年来探明及开采的赋存于花岗岩岩体中的大型石英多金属硫化物脉状金矿床。含金多金属硫化物的钼同位素研究表明牟平金矿的成矿物质具有多源性,即来自成矿作用同期的镁铁质脉岩和控矿围岩昆崙山花岗岩。结合前人对昆崙山花岗岩、镁铁质脉岩、金矿床的成矿成岩时代及碳、氢、氧等同位素研究,得出成矿流体来源于脉岩岩浆水和广泛淋滤围岩的大气降水的混合。文章不仅阐明了幔源物质在金的成矿作用过程中起了重要的作用,而且表明钼同位素是示踪热液型脉状金矿床成矿物质及成矿流体来源的有效手段之一。

关键词 钼同位素 多金属硫化物 成矿物质来源 山东牟平金矿

中图分类号: P618.51; P597+.1

文献标识码: A

矿床学家多用碳、氢、氧、硫、锶、铅等稳定同位素示踪成矿流体与成矿物质的来源,但稳定同位素的低温分馏及放射成因锶、铅同位素与后期热液的交换作用使热液矿床的成矿流体多具有大气降水的特征,导致多数研究者认为成矿流体来源于大气降水,成矿物质来源于大气降水所淋滤的围岩。胶东地区金矿床稳定同位素的研究也使成矿物质、成矿流体来源众说纷纭,归纳起来有以下几种观点:①金成矿流体主要来源于变质热液,成矿物质来源于太古代绿岩带(即太古代胶东群变质岩)(沈保丰等,1996);②成矿流体为岩浆期后热液,成矿物质来源于花岗岩或变质岩(姚凤良等,1990);③成矿流体来源于大气降水,成矿物质来源于围岩,包括花岗岩、变质岩(翟建平等,1998; Xu, 1998; 卢焕章等,1999);④成矿流体来源于中基性脉岩岩浆脱水形成的岩浆水,成矿物质主要来源于地幔(罗天明,1992;孙丰月等,1995)。虽现今多数学者认为,成矿流体来源于与花岗岩有关的岩浆水和大气降水的混合(张德全等,1997),但花岗岩侵位时代明显早于金矿成矿时代,时差大于 10 Ma,而与单一侵入体有关的岩浆水或岩浆热液持续时间很短(<1 Ma)(Cathles et al., 1997)。因此,胶东地区金矿成矿流体不

可能来源于花岗质岩浆。

为了解决稳定同位素示踪的多解性这一问题,进一步研究成矿流体和成矿物质来源,矿床学家开始研究矿石,尤其是金的伴生矿物和载金矿物的 Sm-Nd 和 Re-Os 同位素体系,以期示踪成矿流体和成矿物质的来源,并取得了明显的效果。本文以牟平西邓格庄金矿为例,通过分析矿石、多金属硫化物的 Sm-Nd 同位素体系,来讨论成矿物质来源及矿床成因。

1 矿床地质

牟平—乳山成矿带有 4 条 NE15° 向断裂构成的地堑式控矿构造,矿区内大片出露的主要是昆崙山花岗岩,其次是胶东群变质岩,其岩性多为斜长角闪岩、黑云斜长片麻岩夹大理岩透镜体,片麻理产状一般为 310~350°∠75°。矿带主体产于昆崙山花岗岩体内(图 1)。此外,在矿体两侧及其周围产出许多煌斑岩、辉长岩、闪长玢岩等镁铁质岩脉,宽几米至几十厘米,长几米到几百米,其走向多平行于主矿体(走向为 NNE10~20°),产状较陡(NE60~70°),并与主矿体产状基本一致。控矿构造是 NE10~20° 断

* 本文由国家科技部“973”项目(J1999043207)和中国科学院知识创新工程项目(KZCX1-07)联合资助
第一作者简介 杨进辉,男,1971 年生,博士,助理研究员,从事矿床学和同位素地球化学研究。
收稿日期 2001-01-17; 改回日期 2001-05-14。李岩编辑。

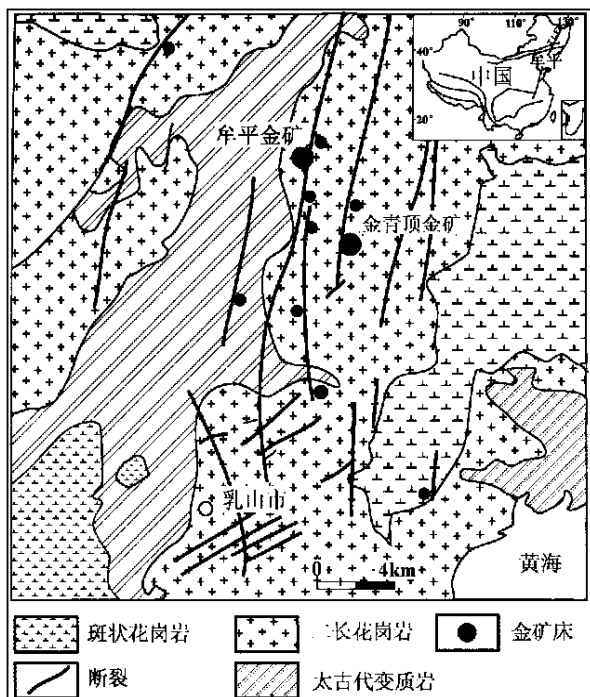


图1 牟平金矿矿区地质图
Fig. 1 Geological map showing the
Mouping gold ore district

裂,而矿体下部则受 NE65°方向的断裂控制。

牟平金矿具有工业矿脉4条,其中Ⅱ号矿脉为主矿体,长1200 m,延深700 m,宽2~3 m。矿脉走向10°,倾向NW,倾角60~85°,有时近直立。据井下矿脉矿物成分和产状可将脉体分为3类,即含金黄铁石英脉、含金石英多金属硫化物脉、菱铁石英脉,其中的含金黄铁石英脉在深部转化为含金石英多金属硫化物脉。

根据显微镜下观察,牟平西邓格庄金矿成矿阶段从早到晚可分为:含金石英阶段、石英黄铁矿阶段、多金属硫化物阶段、石英碳酸盐阶段。在浅部,矿脉以石英黄铁矿成矿阶段为主,而深部则以多金属硫化物阶段为主。

矿石矿物主要为黄铁矿、磁黄铁矿,其次为黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、菱铁矿,黄铁矿为金的主要载体。脉石矿物主要为石英、方解石。贵金属矿物包括自然金($w_{Au} > 80\%$)、银金矿($w_{Au} 50\% \sim 80\%$)、金银矿($w_{Au} 10\% \sim 50\%$)、碲金矿、碲银矿、碲金银矿,它们呈粒状、乳滴状、蠕虫状或细脉状产于黄铁矿的裂隙及晶隙中。据金与载体之间的嵌布关系将其分为包体金、裂隙金和间隙金,据统计,包体金占

25%,裂隙金占57.14%,间隙金占17.8%(李兆龙等,1993)。

该类型金矿围岩蚀变发育,以钾化、绢云母化为主,蚀变分带明显,以矿体为中心向两侧对称出现黄铁绢云岩、绢云岩、钾化花岗岩和未蚀变的花岗岩。蚀变带之间呈渐变过渡关系,从新鲜的花岗岩到黄铁绢云岩、石英、绢云母和黄铁矿等矿物逐渐增加,长石、黑云母逐渐减少。

2 分析及结果

测试样品采于牟平西邓格庄金矿Ⅱ号矿脉三段段52#—60#穿脉之间,共20余件,经显微镜下观察后,挑选了6件主要为石英多金属硫化物成矿阶段的矿石样品,其主要矿物为黄铁矿(45%)、磁黄铁矿(20%)、石英(35%),少量黄铜矿、闪锌矿、方铅矿和方解石。将样品(约6 cm×6 cm×9 cm)分别取不同的部位分成亚样品(sub-sample),用去离子水清洗样品表面后,在玛瑙钵中将所有样品和亚样品粉碎至80~100目,然后在双目镜下剔除非多金属硫化物成矿阶段形成的矿物和脉石矿物。

在玛瑙钵中将挑选出的多金属硫化物和矿石粉碎至200目,用去离子水在超声波振荡器内清洗10~12 h,干燥后称取0.5 g左右的多金属硫化物或0.2 g左右的矿石样品,加入稀释剂和HCl+HNO₃(体积比为2:3),加热使其全部溶解;蒸干,加入HClO₄;高温蒸干后,加入两次浓HCl并蒸干,再加入相应浓度的HCl,使沉淀物全部溶解,用交换树脂分离出高纯的Sm、Nd。同位素测试在动态多接收固体质谱仪(VG354)上完成,测试方法见Qiao(1988)。钕同位素比值测定采用¹⁴⁶Nd/¹⁴⁴Nd=0.7219进行标准化,整个分析流程实验Sm、Nd本底均为 1×10^{-11} g。国际标样分析结果为:La Jolla:¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd=0.511854±0.000007(2σ,n=8)。牟平西邓格庄金矿矿石(石英—多金属硫化物)、硫化物的钕同位素测试结果列于表1。

牟平金矿多金属硫化物的Sm、Nd含量很低,钕同位素组成变化范围较大,具体含量为: $w_{Sm} = (0.019 \sim 0.115) \times 10^{-6}$, $w_{Nd} = (0.080 \sim 0.776) \times 10^{-6}$, ¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd=0.511513~0.511770。按成矿时代为120 Ma回算得出 $\epsilon_{Nd}(T) = -15.5 \sim -20.6$ 。而矿石(石英多金属硫化物脉)的Sm、Nd含量变化范围较大,钕同位素组成则相对均一, $w_{Sm} =$

表 1 牟平金矿矿石矿物钕、铈同位素组成

Table 1 Sm-Nd isotopic compositions of ores and minerals from the Mouping gold deposit

样品号	矿石(矿物)	$w_{\text{Sm}}/10^{-6}$	$w_{\text{Nd}}/10^{-6}$	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$	2σ	$\epsilon_{\text{Nd}}(T)^{\text{①}}$
98 MP- K01	石英-多金属硫化物	6.289	31.780	0.1197	0.511546	0.000040	-20.1
98 MP- K02	石英-多金属硫化物	1.677	11.833	0.0857	0.511553	0.000048	-19.5
98 MP- K03	石英-多金属硫化物	0.108	0.645	0.1014	0.511501	0.000068	-20.7
98 MP- K05-1	石英-多金属硫化物	1.781	10.442	0.1031	0.511557	0.000021	-19.6
98 MP- K05-2	石英-多金属硫化物	4.089	22.808	0.1084	0.511551	0.000037	-19.8
98 MP- K06	石英-多金属硫化物	3.185	15.170	0.1269	0.511574	0.000027	-19.7
98 MP- K07	石英-多金属硫化物	0.360	1.572	0.1384	0.511545	0.000044	-20.4
98 MP- K01	多金属硫化物	0.036	0.183	0.1202	0.511704	0.000082	-17.0
98 MP- K02-1	多金属硫化物	0.135	0.793	0.1033	0.511770	0.000071	-15.5
98 MP- K02-2	多金属硫化物	1.100	5.533	0.1202	0.511531	0.000014	-20.4
98 MP- K03-1	多金属硫化物	0.619	6.442	0.0581	0.511729	0.000023	-15.6
98 MP- K03-2	多金属硫化物	0.123	0.623	0.1198	0.511540	0.000056	-20.2
98 MP- K05-1	多金属硫化物	0.472	1.276	0.2237	0.511570	0.000016	-21.3
98 MP- K05-2	多金属硫化物	0.032	0.174	0.1102	0.511570	0.000047	-19.5
98 MP- K05-3	多金属硫化物	0.460	2.612	0.1065	0.511513	0.000015	-20.6
98 MP- K06-1	多金属硫化物	0.108	0.612	0.1071	0.511597	0.000084	-18.9
98 MP- K06-2	多金属硫化物	1.077	5.872	0.1109	0.511525	0.000015	-20.4

① $\epsilon_{\text{Nd}}(T) = [(^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_i / (^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_{\text{CHUR},i} - 1] \times 10^4$, 其中 $(^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_i = ^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}_{\text{样品, 现今}} - ^{147}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}_{\text{样品, 现今}} \times (e^{\lambda t} - 1)$; $T = 120 \text{ Ma}$; $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}_{\text{CHUR, 现今}} = 0.512638$, $^{147}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}_{\text{CHUR, 现今}} = 0.1967$ 。

测试单位: 中国科学院地质与地球物理研究所同位素实验室; 测试人: 杨进辉, 乔广生, 储著根。

$(0.360 \sim 6.290) \times 10^{-6}$, $w_{\text{Nd}} = (0.645 \sim 31.780) \times 10^{-6}$, $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} = 0.511501 \sim 0.511574$, $\epsilon_{\text{Nd}}(T) = -19.5 \sim -20.7$ 。矿石的 Sm、Nd 含量变化范围较大可能是石英含量及石英中含有包裹体造成的。

3 讨 论

3.1 Sm-Nd 同位素体系在石英、硫化物中的赋存性和保存性

纯的硫化物和石英中一般不含或很少含 Sm、Nd, 但热液成因的石英及硫化物在结晶过程中捕虏了大量的气液流体包裹体或硅酸盐包裹体 (Lüders et al., 1999), 加之石英和硫化物晶体中晶格缺陷的存在, 使 Sm、Nd 等微量元素赋存在矿物晶格缺陷内或所含的包裹体中 (陈光远等, 1989)。

热液金矿床的成矿作用是一个复杂的过程, 在这一过程中成矿流体处于非平衡的开放体系中, 并且一直与金矿就位围岩及上升过程中流经的通道围岩进行着水/岩相互作用, 其中易迁移的元素及其同位素组成 (H, O, C, S, U, Pb, Rb, K 等) 不时地发生改变, 并快速达到平衡。但 Michard 等人 (1985) 的研究表明, 在低温条件下流体与围岩发生水/岩相互作用过程中, 围岩对热液流体的 Sm、Nd 组成影响较

小, 流体中的 Sm、Nd 组成在作用过程中基本保持不变, 即使发生变化, 两者间也很难达到同位素平衡 (Holden et al., 1987)。另外, 成矿过程中磁黄铁矿、黄铁矿结晶温度高 ($227 \sim 320^\circ\text{C}$)、结晶能力强, 在中温热液条件下迅速结晶并形成完好晶形, 从而保持良好的封闭状态, 不再受后期热液的影响。而石英结晶能力较弱, 多呈他形、亚固态, 在热液成矿过程中, 亚固态石英受矿物表面反应机理控制与处于开放体系的热液或后期热液进行着同位素交换, 而成矿作用过程中热液体系与围岩一直进行着强烈的水岩相互作用并形成蚀变岩, 直到全部成矿作用结束。因此, 石英中的同位素组成应与后期流体及围岩花岗岩相似, 而硫化物的同位素组成则代表与成矿作用同期的成矿热液的同位素特征。因此, 硫化物的钕同位素可有效地示踪成矿物质的来源。

3.2 成矿物质来源

牟平金矿多金属硫化物的 $\epsilon_{\text{Nd}}(T) = -15.5 \sim -20.6$, 与同期同构造控制的富集地幔来源的镁铁质脉岩 [$\epsilon_{\text{Nd}}(T) = -16.22 \sim -16.81$] 和控矿围岩崑崙山花岗岩 [$\epsilon_{\text{Nd}}(T) = -19.9 \sim -20.3$] 的钕同位素初始值 (杨进辉, 2000) 相比, 显示出成矿物质可能来源于富集地幔与地壳物质的混合。而矿石的 $\epsilon_{\text{Nd}}(T) = -19.5 \sim -20.7$, 明显比多金属硫化物的

钕同位素组成值低,这是矿石(石英多金属硫化物脉)中含石英的缘故,该值与围岩花岗岩的钕同位素值在 $T=120\text{ Ma}$ 时的组成基本相同,表明了它们在来源上的亲缘性。

从图 2 可以看出,牟平金矿多金属硫化物的 $\epsilon_{\text{Nd}}(T)$ 值分布于以昆崙山花岗岩为代表的地壳演化曲线之上,并向来源于富集岩石圈地幔的镁铁质脉岩演化,与昆崙山花岗岩相比, $\epsilon_{\text{Nd}}(T)$ 值的升高表明部分成矿物质来源于幔源基性脉岩。

硫化物的钕同位素研究及前人的碳、硫等稳定同位素研究(季海章等,1992;孙丰月等,1995)表明,山东牟平金矿床成矿物质具有多源性,部分成矿物质来源于花岗岩、变质岩等壳岩,而部分成矿物质则直接来自地幔或幔源岩石。但这些成矿物质是如何从地幔或幔源岩石、地壳岩石中分离并聚集成矿的呢?要回答这个问题需讨论成矿流体的来源及其演化。下面将结合本次研究及前人研究成果,探讨成矿流体的来源及成矿过程。

3.3 成矿流体的来源

研究成矿流体的来源是解决矿床成因的主要手段之一。矿床学家多用氢、氧稳定同位素研究探讨成矿流体的来源,但由于氢、氧同位素的同位素分馏、同位素交换常使所得结论模棱两可,如裘有守等(1988)与陈光远等(1989)分别对玲珑金矿同一矿床

的氢、氧同位素进行研究,却得出不同的结论,裘有守等(1988)认为玲珑金矿的成矿流体主要为大气降水,而陈光远等(1989)则认为成矿流体主要为岩浆水。然而成矿物质的多源性及成岩成矿时代研究表明,成矿流体来源于壳幔混合作用。

3.3.1 壳源流体来源

牟平西邓格庄金矿的成矿时代为 120 Ma 左右(黄铁矿 Rb-Sr 等时线,李厚民,私人交流),与围岩昆崙山花岗岩的成岩时代 135 Ma (于津海,1989;张德全等,1995)明显存在着 10 Ma 以上的时差,而 Cathles 等(1997)研究表明单一侵入体所引起的热液活动最长时间 $<1\text{ Ma}$,这表明成矿流体不可能来源于与花岗岩有关的流体或岩浆水,即壳源流体不是花岗岩岩浆热液或岩浆期后热液,而是地壳循环的大气降水。

3.3.2 幔源流体来源

在胶东地区分布的与金矿床同期的幔源岩石只有脉岩和火山岩,笔者详细追踪了与矿脉产状相似,并与矿脉受同一断裂控制的 3 条镁铁质脉岩,其全岩的 K-Ar 年龄分别为 $120.0 \pm 1.1\text{ Ma}$, $122.6 \pm 2.4\text{ Ma}$ 和 $123.9 \pm 2.5\text{ Ma}$ (杨进辉,2000),与金矿床成矿时代基本相同,成岩成矿时差不超过 1 Ma 。另外,牟平金矿床氢、氧同位素的组成特征表明,氧同位素伴随氢同位素的变化具有迁移(shift)的趋势,

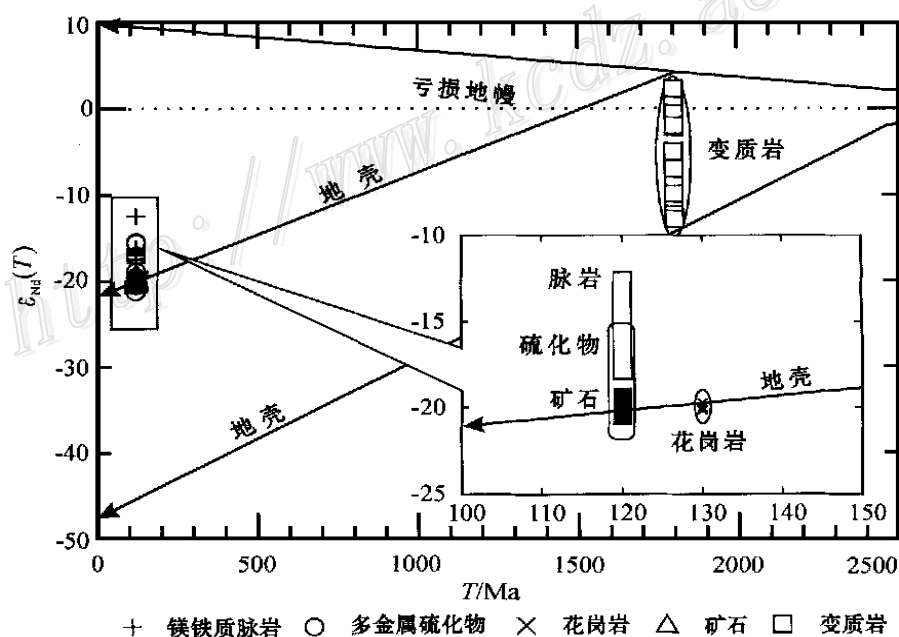


图 2 山东牟平金矿钕同位素组成与地质时代相关图

Fig. 2 Diagram of neodymium isotopic composition in relation to geological epochs in the Mouping gold deposit, Shandong Province

而 Hedenquist 等(1994)认为这是岩浆流体参与成矿作用的结果。再者,最近的火山岩微区流体包裹体研究(Wallace et al., 1995; Mibe et al., 1999)表明,与俯冲作用有关的富集岩石圈地幔中富含流体(H_2O , CO_2 等,含量高达5%),这些流体在岩浆形成过程中起了很重要的作用,部分流体被岩浆携带至地壳浅部脱水或脱挥发分形成岩浆水。因此,幔源流体为脉岩岩浆水,即为富含挥发分及地幔中成矿物质的脉岩和火山岩岩浆上升至地壳浅部在岩浆喷发或侵位结晶之前脱富含矿质的挥发分(Wallace et al., 1995; Ulrich et al., 1999)形成的幔源岩浆流体。

3.4 成矿机理

根据上述成矿流体来源及成矿物质来源讨论,笔者认为,胶东地区金矿床的成矿过程为:富集岩石圈地幔部分熔融形成的岩浆在地质作用下上升至地壳,岩浆的上升造成地温升高,加速了地壳浅部大气降水的循环,循环的大气降水广泛淋滤围岩中的成矿物质形成壳源成矿热液。而上升至地壳浅部的岩浆减压、脱挥发分形成幔源岩浆水,这种岩浆水在岩浆分离时溶解了岩浆中富含的成矿物质而形成幔源成矿流体。在近地表处,幔源成矿流体与壳源成矿热液混合,发生物理化学反应,在有利的构造位置沉淀、成矿。

4 结 论

(1) 钨同位素本身的地球化学特征决定了其为成矿流体和成矿物质来源示踪的最佳手段之一。

(2) 多金属硫化物及矿石的钨同位素研究表明山东牟平金矿成矿物质具有多源性,这与稳定同位素结果基本相符,表明成矿过程中有幔源物质参加。这种多源性不仅反映了热液成矿作用的复杂性,而且揭露了在成矿作用过程中幔源岩浆的重要性。

(3) 牟平金矿成矿流体主要由大气降水和脉岩岩浆水混合形成。根据对金矿床与围岩花岗岩、脉岩的成岩成矿时差、成矿物质的多源性、岩浆期后热液可能存在的时间范围($<1\text{ Ma}$)的研究,笔者认为来自岩浆水的成矿流体不是前人所指的花岗岩岩浆期后热液而是幔源脉岩岩浆在地壳浅部经过脱水作用形成的。

(4) 幔源岩浆水在地壳浅部与广泛淋滤围岩的大气降水混合,发生物理化学反应,在有利的构造位

置沉淀成矿。

致 谢 本文工作得到了中国科学院地质与地球物理研究所周新华研究员、刘秉光研究员、范宏瑞博士的指导和帮助,在样品采集过程中得到了牟平金矿地测处的帮助与支持,同位素分析过程中得到乔广生研究员、储著银博士的帮助,在此一并表示衷心感谢。

参考文献

- 陈光远,邵伟,孙岱生. 1989. 胶东金矿成因矿物学与找矿[M]. 重庆:重庆出版社. 1~452.
- 季海章,赵懿英,卢冰,等. 1992. 胶东地区煌斑岩与金矿关系初探[J]. 地质与勘探, 2: 15~18.
- 李兆龙,杨敏之. 1993. 胶东金矿床地质地球化学[M]. 天津:天津科学技术出版社. 1~300.
- 卢焕章,袁万春,张国平,等. 1999. 玲珑—焦家地区主要金矿床稳定同位素及同位素年代学[J]. 桂林工学院学报, 19(1): 1~8.
- 罗天明. 1992. 脉岩与热液脉状金矿化的时空伴生及其地质意义[J]. 矿产与地质, 6: 118~125.
- 裴有守,王孔海,杨文华,等. 1988. 山东招远—掖县地区金矿区域成矿条件[M]. 沈阳:辽宁科学技术出版社. 1~268.
- 沈保丰,骆辉,李双保,等. 1996. 华北陆台太古宙绿岩带地质及找矿[M]. 北京:地质出版社. 1~180.
- 孙丰月,石准立,冯本智. 1995. 胶东金矿地质与幔源C-H-O流体分异成岩成矿[M]. 长春:吉林人民出版社. 1~170.
- 姚凤良,刘连登,孔庆存,等. 1990. 胶东西北部脉状金矿[M]. 长春:吉林科学技术出版社. 1~234.
- 于津海. 1989. 胶东东部昆崙山混合杂岩体的形成时代及成因[J]. 地质论评, 35(4): 285~296.
- 翟建平,徐光平,胡凯. 1998. 栖霞金矿矿物、流体和同位素特征及意义[J]. 矿床地质, 17(4): 307~313.
- 张德全,徐洪林,孙桂英. 1995. 山东邓格庄金矿与昆崙山花岗岩的定位时代及其地质意义[J]. 地质论评, 41(5): 415~424.
- 张德全,徐洪林,孙桂英. 1997. 山东牟平邓格庄金矿的地球化学特征及成因[J]. 矿床地质, 16(3): 204~213.
- Cathles L M, Erendi A H J, Barri T. 1997. How long can a hydrothermal system be sustained by a single intrusive event[J]? Econ. Geol., 92: 766~771.
- Hedenquist J W, Lowenstern J B. 1994. The role of magmas in the formation of hydrothermal ore deposits[J]. Nature, 370: 519~527.
- Holden P, Halliday A N, Stephen W E. 1987. Neodymium and strontium isotope content of microdiorite enclaves points to mantle input to granitoid production[J]. Nature, 330: 53~56.
- Lüders V, Ziemann M. 1999. Possibilities and limits of infrared light microthermometry applied to studies of pyrite-hosted fluid inclusions[J]. Chem. Geol., 154(1~4): 169~178.
- Mibe K, Fuji T, Yasuda A. 1999. Control of the location of the volcanic

- front in island arcs by aqueous fluid connectivity in the mantle wedge [J]. *Nature*, 401 : 259 ~ 262 .
- Michard A, Gurriet P, Soudant M, et al. 1985 . Nd isotopes in French phanerozoic shales : external vs . internal aspects of crustal evolution [J]. *Geochim . Cosmochim . Acta*, 49 : 601 ~ 610 .
- Qiao G S. 1988 . Normalization of isotopic dilution analysis[J]. *Scientia Sinica (Series A)*, 31(10) : 1263 ~ 1268 .
- Ulrich T, Gunther D, Heinrich C A. 1999 . Gold concentrations of magmatic brines and the metal budget of porphyry copper deposits[J]. *Nature*, 399 : 676 ~ 679 .
- Wallace P J, Anderson Jr A T, Davies A M. 1995 . Quantification of pre-eruptive exsolved gas contents in silicic magmas[J]. *Nature*, 377 : 612 ~ 616 .
- Xu H. 1998 . Genesis and geological and geochemical characteristics of Qixia gold deposit, Shandong, China[J]. *Chin . J . geochem .*, 17 (4) : 338 ~ 345 .

Nd Isotopic Composition of Ores and Sulfides from the Mouping Gold Deposit, Eastern Jiaodong Peninsula : Constraints on the Origin of Mineralizing Materials and Metallogenesis

Yang Jinhui, Zhai Mingguo, Zhou Xinhua

(Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029)

Key words : Nd isotope, Sulfides, Mineralizing materials, Mouping Gold Deposit, eastern Jiaodong Peninsula

Abstract

Mouping is the second important large-size vein gold deposit in the eastern Jiaodong Peninsula (after the Jinjingding gold deposit, Rushan). This paper presents Sm- Nd isotope data of ores (quartz-sulfides) and sulfides from auriferous quartz-pyrite-pyrrhotite-chalcopyrite-galena veins in the Mouping deposit. Gold-bearing veins are hosted by the Mesozoic granitoids, which were intruded by quartz-sulfides veins and porphyry mafic dikes. Initial Nd isotope ratios of the ores and sulfides are $\epsilon_{Nd,T} = -19.45 \sim -20.71$ and $\epsilon_{Nd,T} = -15.49 \sim -20.55$, respectively. Quartzs were in subsolid state and were isotopically exchanged with late hydrothermal fluids and wallrocks, and hence cannot be used to trace the source of mineralizing materials. Comparing with the Nd isotopic composition of dikes and granitoids, it is concluded that the mineralizing materials were derived from dikes and granitoids. The age difference between gold mineralization and granitoids exceeds 10 Ma, indicating that the mineralizing fluids were derived from meteoritic water instead of from granitic magma, for the duration of hydrothermal fluid activity associated with a single intrusion is shorter than 1 Ma. The same age for gold mineralization and dikes and the shift of O-H isotopic composition of ores indicate that the mineralizing fluids must have been derived from a mixture of dike-magmatic water and meteoric water. The mineralizing materials were derived from mantle-derived dike-magmas and wallrocks which were permeated by meteoric water. This study also shows that neodymium isotope is a good tracer for gold-mineralizing materials.