

辽东半岛前寒武纪结晶基底中 金矿床的同位素地球化学特征

倪 培* 范建国 徐克勤

(南京大学地球科学系, 南京大学成矿作用国家重点实验室, 南京)

提 要: 辽东半岛前寒武纪结晶基底中赋存有众多的金矿床, 是中国北方重要金矿集中区之一。区内的金矿床多受辽南地体古元古代辽河群(盖县组)或其混合岩化、花岗岩化产物——花岗片麻岩的控制。对这些金矿床, 目前的成因观点主要有岩浆热液成因^[1]、变质热液成因^[2]和多成因(变质热液成因; 大气降水热液成因; 岩浆热液成因)^[3]。同位素地球化学研究结果与多成因观点比较吻合。

关键词: 金矿床 同位素地球化学 辽东半岛

1 区域地质及矿床地质

最新研究成果表明, 辽东半岛由辽南、辽北两个前寒武纪地体组成^[3]。区内的金矿床主要分布在辽南地体内部, 赋矿层位为元古宙辽河群(盖县组)或其混合岩化产物——花岗片麻岩, 少数产于地体拼贴时伴生的推覆构造带中, 亦受盖县组地层控制。

1.1 变质热液型金矿床

分布较少, 以盖县猫岭地区的猫岭金矿床为代表。产于辽南地体内部, 矿体赋存在辽河群盖县组绢云千枚岩中; 控矿构造为与元古宙区域变质作用(1.8×10^9 a)同期发育的韧性剪切带; 矿脉产状与剪切带平行一致, 且与带内岩石具有同变形的特征。矿化类型为细脉浸染型; 矿石矿物主要为毒砂; 另有少量磁黄铁矿、黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿等; 围岩蚀变基本无分带性, 蚀变类型有硅化、绢云母化、毒砂化、绿泥石化、碳酸盐化等; 矿区附近有印支~燕山期花岗岩体(猫岭岩体), 但矿区内基本上无脉岩发育。

1.2 大气降水热液型金矿床

分布广泛, 以通远堡地区的白云金矿床、丹东地区的四道沟金矿床和通化地区的南岔金矿床为代表。矿床多产于辽南地体内部的辽河群盖县组中, 如白云金矿、四道沟金矿床。少数产于地体拼贴时伴生的推覆构造带内, 亦以盖县组(花山组)为赋矿围岩, 如南岔金矿床; 控矿构造有层间断裂带(白云金矿床)、多次活动的韧、脆性剪切带(四道沟金矿床)及与推覆构造有关的韧、脆性剪切带(南岔金矿床); 矿化类型有细脉浸染型和石英脉型两种; 矿石矿物以黄铁矿或毒砂为主, 其次为磁黄铁矿、黄铜矿、闪锌矿、方铅矿等; 围岩蚀变具有一定的分带性, 硅化、钾长石化、绢云母化、碳酸盐化等蚀变较常见; 矿区附近均有印支-燕山期花岗岩体分布, 如新岭岩体(白云金矿)、三股流岩体(四道沟金矿)及幸福山岩体(南岔金矿)。矿区内多有煌斑岩、

* 倪培, 男, 副教授, 从事矿床学、地球化学研究。邮政编码: 210093

闪长玢岩、石英斑岩、非细岩等脉岩分布。

1.3 岩浆热液型金矿床

以丹东地区的五龙金矿床为典型,产于辽南地体内部。矿体赋存于印支-燕山期花岗岩体(三股流岩体)的外接触带花岗片麻岩中;控矿构造为 NNE、NW 向断裂构造,矿脉明显受断裂构造中与岩体同期的脉岩,如花岗斑岩、细粒闪长岩等所控制。矿脉与脉岩呈现密切的空间关系;矿化类型为石英大脉型;矿石矿物复杂,主要有黄铁矿、磁黄铁矿、毒砂、黄铁矿、闪锌矿、方铅矿、自然金、银金矿、自然铋、辉铋矿等;围岩蚀变具有分带性,主要有硅化、绢云母化、黄铁矿化、碳酸盐化。

2 同位素地球化学特征

2.1 硫同位素地球化学特征

区内典型金矿床矿石矿物黄铁矿、毒砂、磁黄铁矿等的硫同位素组成(共 131 个样,作者

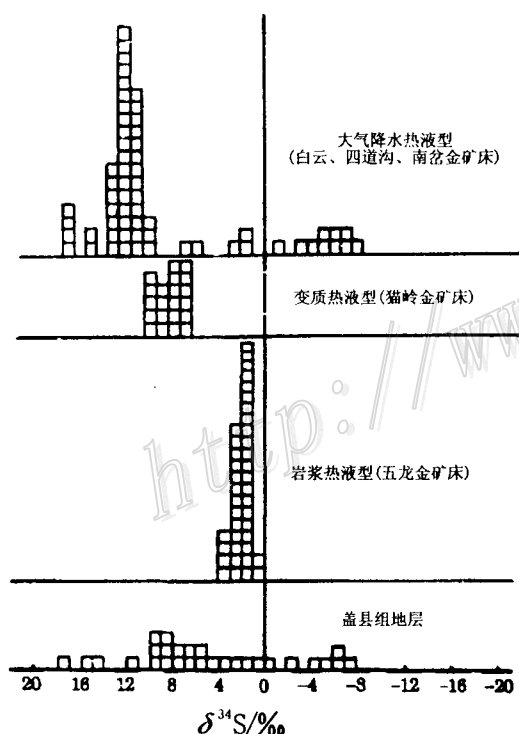


图 1 辽东半岛地区 3 类金矿床的 $\delta^{34}\text{S}$ 分布直方图

47 个)(图 1),具如下特征:区域内辽河群盖县组地层硫同位素组成的分布范围较广,但主要集中于 $+5\text{‰} \sim +10\text{‰}$;3 种不同成因类型金矿床的硫同位素组成有明显差异。岩浆热液型金矿床的 $\delta^{34}\text{S}$ 变化范围小,多集中于 $+1.0\text{‰} \sim +3.5\text{‰}$ 区间,呈塔式分布,与 M L 詹森(1975)总结的岩浆热液矿床的 $\delta^{34}\text{S}$ 特征^[4]一致;变质热液型金矿床硫同位素组成较均一, $\delta^{34}\text{S}$ 集中分布于 $+6.3\text{‰} \sim +10.0\text{‰}$ 区间内,与变质作用过程造成的硫同位素均一化有关;大气降水热液型金矿床硫同位素组成变化较大, $\delta^{34}\text{S} = -8.5\text{‰} \sim +17\text{‰}$,且不同矿床的 $\delta^{34}\text{S}$ 差别也较大。这是由于其形成于相对开放体系,及源岩物质和成矿作用演化的复杂性,使得硫同位素分馏大且不均一。

2.2 铅同位素地球化学特征

根据区域内 3 种成因类型金矿床矿石矿物的铅同位素组成(共 18 个样,其中作者 11 个样)(图 2)有如下特征:

变质热液型金矿床的铅同位素组成非常稳定, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 16.237 \sim 16.288$,极差 0.051。 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 15.451 \sim 15.510$,极差 0.059。 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 35.974 \sim 36.190$,极差 0.276。属于 R S Cannon(1961)给出的正常铅^[5],具有单阶段铅的演化特点^[6]。矿石铅的单阶段模式年龄(Φ)平均为 $1.535 \times 10^9 \text{a}$,具较高的 μ 值,在铅构造模式图上投影点落在上部地壳与造山带附近,反映了其属地壳源铅。大气降水热液型金矿床铅同位素组成变化较大 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} =$

16.536~18.748,极差 2.212。 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}=15.489\sim15.825$,极差 0.336。 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}=36.272\sim38.786$,极差 2.514。为典型的异常铅^[5]。单阶段模式年龄有 $(153\sim234)\times10^6\text{ a}$, $(633\sim743)\times10^6\text{ a}$ 及 $1.30\times10^9\text{ a}$ 等多组;具有较高的 μ 值,在铅构造模式图上投影于上部地壳及造山带附近,亦反映了其地壳源铅的特点。

岩浆热液型矿床铅同位素组成变化较大, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}=17.327\sim17.793$,极差 0.366。 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}=15.381\sim15.860$,极差 0.479。 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}=38.168\sim39.521$,极差 1.353。属典型的异常铅^[5],单阶段模式年龄 $700\times10^6\sim879\times10^6\text{ a}$, μ 值变化范围较大。在铅构造模式图上投影点分布于上地壳—地幔这一宽广的区域内,这些特征均反映了其主要为地壳源铅,但有少部分为幔源铅。

2.3 氢、氧同位素地球化学特征

根据赋矿围岩盖县组地层中的变质石英脉(无矿的)和各主要金矿床中含石英英脉的 $\delta^{18}\text{O}$ 测定值及其包裹体水的 δD 、 $\delta^{18}\text{O}$ (共 10 个样)值,及变质地层和金矿床包裹体水的 δD - $\delta^{18}\text{O}$ 投影图(图 3),可以看出:岩浆热液型金矿床包裹体水的 δD 、 $\delta^{18}\text{O}$ 投影点,落在典型的岩浆热液水域^[7],说明成矿流体基本上源于岩浆水。大气降水热液型金矿床的包裹体水的 δD 、 $\delta^{18}\text{O}$ 投影点位于典型的变质水、岩浆水及雨水之间的区域内。但其 δD 值变化范围 $(-72.7\text{‰}\sim-82.4\text{‰})$ 与本区中生代大气降水的 δD 值 $(-70\text{‰}\sim-90\text{‰})$ 十分一致,只是 $\delta^{18}\text{O}$ 较大气降水而言发生了一定程度的飘移。可以认为该类成矿流体是由中生代大气降水演化而成。变质

热液型金矿床的包裹体水的 δD 、 $\delta^{18}\text{O}$ 投影点也落在典型的变质水、岩浆水和雨水之间的区域。但其分布范围 $(\delta\text{D}=-94\text{‰}\sim-134\text{‰},\delta^{18}\text{O}=2.2\text{‰}\sim4.5\text{‰})$ 与本区变质水 $(\delta\text{D}=-$

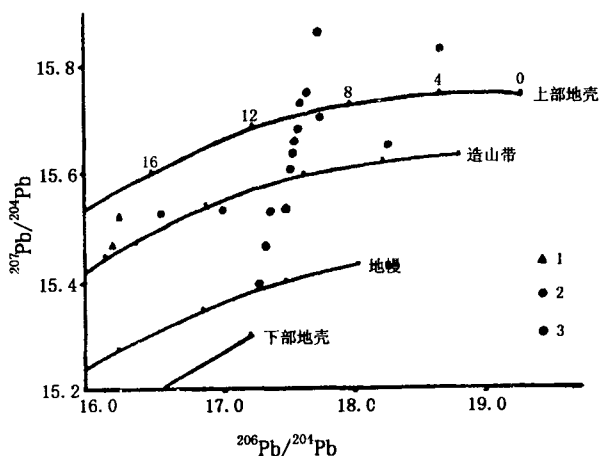


图 2 辽东半岛 3 类金矿床的铅构造模式图
1—变质热液型;2—大气降水热液型;3—岩浆热液型

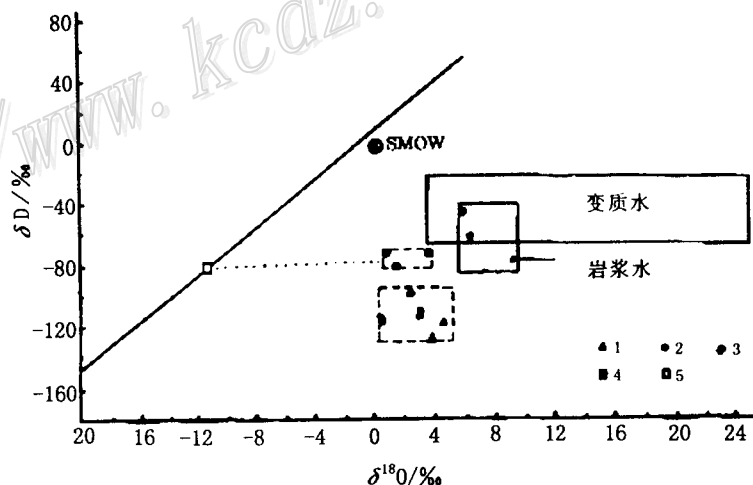


图 3 辽东地区金矿床成矿流体及变质水的 δD - $\delta^{18}\text{O}$ 图
1—变质热液型金矿;2—大气降水热液型金矿;3—岩浆热液型金矿;
4—变质水;5—中生代大气降水

-111‰ ~ -123‰, $\delta^{18}\text{O} = 0.2\text{‰} \sim 2.8\text{‰}$) 十分接近, 反映出两者成因的一致, 即成矿流体来自本区的变质水。

3 结 论

辽东半岛前寒武纪结晶基底中金矿床的硫、铅、氢、氧同位素特征表明:

(1) 元古宙变质热液型金矿床, 如猫岭金矿床, 成矿物质主要来源于辽河群地层, 成矿时代与辽河群元古宙区域变质作用相当, 成矿流体主要来自变质水。

(2) 中生代大气降水热液型金矿床, 如白云、四道沟、南岔金矿床, 成矿物质主要来源于辽河群地层, 成矿时代为中生代(印支-燕山期), 成矿流体主要来自加热的大气降水。

(3) 中生代岩浆热液型金矿床, 如五龙金矿床, 成矿物质主要来源于辽河群变质地层, 部分成矿物质来自深部, 成矿时代为印支-燕山期, 成矿流体主要来自花岗岩岩浆热液。

参 考 文 献

- 1 姚凤良. 辽南中生代花岗岩演化及其与金矿成因联系. 中国金矿主要类型区域成矿条件文集(辽南地区). 北京: 地质出版社, 1988, 45~90.
- 2 戴立军, 刘如琦. 辽南早元古宙变质热液金矿床成矿机理探讨. 辽宁地质, 1990, (2): 112~123.
- 3 倪培, 徐克勤. 辽东半岛地质演化及金矿床的成因. 矿床地质, 1993, 12(3): 231~244.
- 4 M L 詹森. 硫同位素与矿物成因. 见: 硫同位素地质译文集. 潘曙兰等译. 北京: 地质出版社, 1975, 1~15.
- 5 B R 多伊. 铅同位素地质. 北京: 地质出版社, 1975.
- 6 G 福尔. 同位素地质学原理. 北京: 科学出版社, 1977.
- 7 Taylor S R et al. The continental crust: its composition and evolution-An examination of the geochemical record preserved in sedimentary rocks. Blackwell Scientific Publication, 1985.