

山东龙泉站金矿区稳定同位素特征 及其地质意义

李洪奎^{1,2)}, 杨锋杰¹⁾, 牛树银³⁾, 李英平²⁾, 田京祥²⁾, 郝兴中²⁾

1) 山东科技大学地科学院, 青岛, 266510; 2) 山东省地质调查院, 济南, 250013

3) 石家庄经济学院, 050031

内容提要:山东龙泉站金矿区的金矿产于沂水-汤头断裂主裂面下盘的糜棱岩化碎裂岩和花岗质碎裂岩中。对区内典型金矿床硫、氢、氧、碳和铅等稳定同位素的研究资料表明:黄铁矿的 $\delta^{34}\text{S}$ 值的变化为 $+2.7\% \sim +4.4\%$, $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ 值为 $-1.78\% \sim +4.07\%$, $\delta\text{D}_{(\text{SMOW})}$ 值为 $-74\% \sim -77\%$, $\delta^{13}\text{C}$ 平均值为 $-4.18\% \sim -5.1\%$, 铅同位素具有正常铅的特点, 说明区内金矿的成矿物质来源于地下深处, 成矿流体以岩浆水为主, 大气降水为辅。

关键词: 沂沭断裂带; 龙泉站; 金矿; 同位素; 物质来源; 成矿流体

郯庐断裂带是中国东部的一条著名的巨型断裂带, 沂沭断裂带是郯庐断裂带的山东部分, 长约 330km。沂沭断裂带由郯鄯-葛沟断裂、沂水-汤头断裂、安丘-莒县断裂和昌邑-大店断裂构成“两壑夹一垒”的构造样式, 明显地控制着区内的沉积建造、岩浆活动和成矿作用。本文所涉及的区域主要是沂沭断裂带的中段, 沂水-汤头断裂下盘所在的部分(图 1)。

1 成矿地质背景

龙泉站金矿区位于沂沭断裂带内、汞丹山凸起区南部, 西侧为苏村-马站凹陷区。凹陷区内发育中生代陆相碎屑沉积岩, 第四系分布广泛。汞丹山凸起区主要由中、新太古代的变质表壳岩和新太古代的变质深成岩及古元古代的花岗质岩石组成, 燕山期小规模的花岗岩和脉岩发育, 构造活动强烈。

在沂沭断裂带中段龙泉站地区, 发现了产于沂水-汤头断裂带下盘的蚀变岩型金矿床。该金矿的发现, 说明沂沭断裂带具有控、容矿的性质, 为超大型断裂的含矿性提供了证据。

受沂水-汤头断裂控制的金矿床主要产于主断裂面下盘的脆-韧性构造带中。目前已发现近于平行的两条矿化蚀变带。I号矿化蚀变带是沂水-汤头断裂的主要组成部分, 是区内的主要含矿带。该蚀变带长大于 11000m, 宽度约 50~360m。带内岩

石较破碎, 黄铁矿化绢云母化碎裂状糜棱岩、糜棱岩质碎裂岩和蚀变绿片岩为含矿岩石(图 2)。在 I号矿化蚀变带内已初步控制 4 个金矿体, 分别为 I-1、I-2、I-3、I-4 号矿体, 其中 I-1、I-2 号矿体规模较大。II号矿化蚀变带长 2300m, 宽 5~60m, 其内已控制 2 个金矿体, 分别为 II-1、II-2 矿体。矿体长 130~800m, 厚度 0.80~4.62m。矿体总体呈脉状、透镜体状、不规则条带状、扁豆状。地表矿体的品位较低, 但矿化较普遍, 深部矿化较好, 显示出隐伏矿体的特征。

2 稳定同位素特征

在沂水-汤头断裂带内的龙泉站、牛家小河、南小尧和涌泉庄金矿区, 对石英方铅矿脉中的矿石样品进行硫、铅、氢、氧、碳稳定同位素样品分析, 以期对区内金矿成矿物质的来源进行解释。

2.1 硫同位素特征

硫同位素组成可为硫的来源提供信息。众所周知, 地球不同体系的硫同位素组成十分复杂。陨石、MORB 和原始地幔的 $\delta^{34}\text{S}$ 的变化在零范围内; 岛弧玄武岩-安山岩、火山的 $\delta^{34}\text{S}$ 变化在 $0\% \sim <10\%$; 现代海洋海水和海洋沉积物有较高的 $\delta^{34}\text{S}$; 淡水和淡水硫化物有较大的值域范围, 一般为 $-20\% \sim 20\%$, 蒸发沉积物变化在 $-20\% \sim 20\%$ 之间。

沂沭断裂带中段龙泉站地区金矿床硫化物的硫

注: 本文为中国地质调查局大调查项目(编号 200110200051)资助的成果。

收稿日期: 2006-11-17; 改回日期: 2007-02-08; 责任编辑: 郝梓园。

作者简介: 李洪奎, 男, 1962 年生。在职博士研究生, 高级工程师, 主要从事区域地质调查、矿产资源勘查评价和管理工。

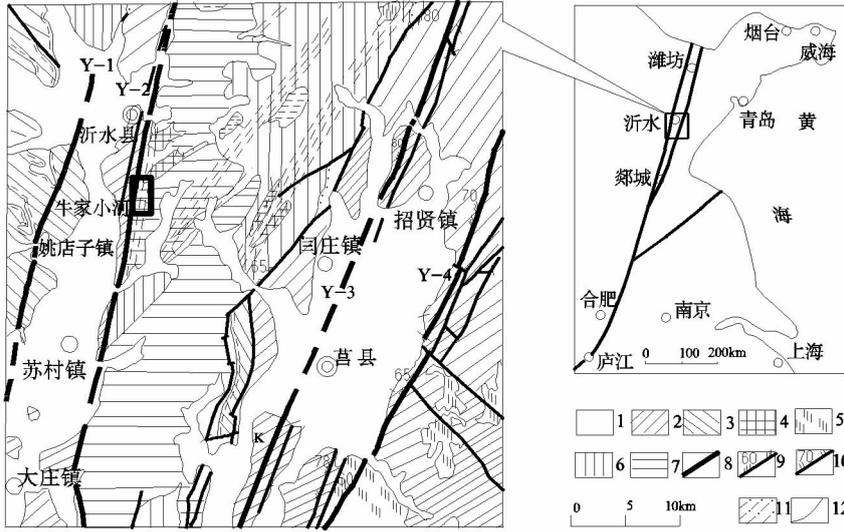


图 1 龙泉站金矿区地质略图

Fig. 1 Geological sketch map of the studied area

1—第四系;2—白垩系;3—寒武-奥陶系;4—太古宙地层;5—燕山晚期花岗岩;6—新元古代花岗岩;7—太古宙花岗岩;8—断裂构造;9—压扭性断裂;10—张性断裂;11—糜棱岩带;12—地质界线;Y-1—唐吾-葛沟断裂;Y-2—沂水-汤头断裂;Y-3—安丘-莒县断裂;Y-4—景芝-大店断裂

1—Quaternary; 2—Cretaceous; 3—Cambrian-Ordovician; 4—Archaean; 5—Yanshan movement granite; 6—Neo-Proterozoicera; 7—Archaean granite; 8—faulted structure; 9—squeezing-contortion fault; 10—extention fault; 11—mylonite zone; 12—geological boundary; Y-1—Tangwu-Gegou fault; Y-2—Yishui-Tangtou fault; Y-3—Augiu-Juxian fault; Y-4—Jingzhi-Dadian fault

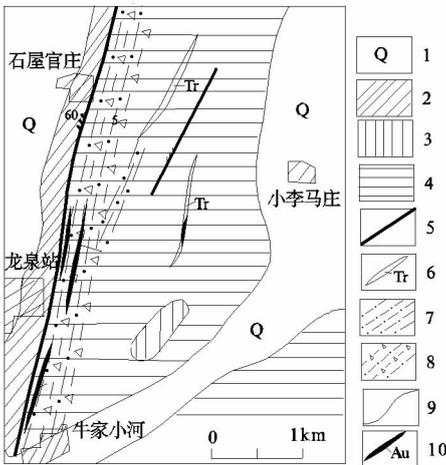


图 2 沂沭断裂带中段金矿区地质图

Fig. 2 The geological map of the gold field in the middle part of the Yishu faulted zone

1—第四系;2—大盛群马郎沟组;3—辉长岩;4—古元古代微徕山单元二长花岗岩;5—断裂构造;6—硅化破碎带;7—糜棱岩带;8—破碎糜棱岩带;9—地质界线;10—金矿脉

1—Quaternary; 2—Malanggou Formation; 3—gabbro; 4—Paleoproterozoic monzogranite; 5—faulted structure; 6—silicification crushed zone; 7—mylonite zone; 8—crushed zone; 9—geological boundary; 10—gold dyke

同位素组成如表 1 所示。黄铁矿的 $\delta^{34}\text{S}$ 值的变化为 +2.7‰~+4.4‰, 与岛弧玄武岩 $\delta^{34}\text{S}$ 值十分相近。结合铅同位素特征认为, 本区金矿成矿热液具有深源硫的同位素组成特征。表中 SLY-41 是取自涌泉庄风化的石英方铅矿脉, 由于受到地表水的作用, 含矿体系将变成富集 $\delta^{32}\text{S}$ 的体系, 故 $\delta^{34}\text{S}$ 值为负值。

表 1 沂沭断裂带龙泉站地区硫同位素特征表

Table 1 The characteristics of S isotope from Longquanzhan area of Yishu fault

样号	取样位置	测试矿物	$\delta^{34}\text{S}(\text{‰})$
Sly-64	南小尧金矿	黄铁矿	2.7
ZK5201-H64	龙泉站金矿	黄铁矿	4.4
Sly-41	涌泉庄石英方铅矿脉	方铅矿	-4.2
Sly-47	牛家小河金矿	黄铁矿	3.3

2.2 铅同位素特征

铅稳定同位素对金矿的物质来源具较好的示踪作用。对采于龙泉站、牛家小河、南小尧和涌泉庄金矿区的石英方铅矿脉中的黄铁矿和方铅矿进行铅同位素测定, 其结果见表 2 所示。从表中可以看出: 沂沭断裂带中段龙泉站地区金矿床矿石中铅同位素组

成变化很小, 样品的值较为集中, 具有含正常铅源的特点。在 B. R. Doe 铅构造 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 图解中(图 3), 除涌泉庄石英方铅矿脉样品外, 其投影点均位于地幔与下地壳演化线之间, 表明沂沭断裂带中段龙泉站地区的金矿床, 铅同位素具有相同的特征, 即铅应主要由地壳深部供给, 同时有上地壳物质的补充。

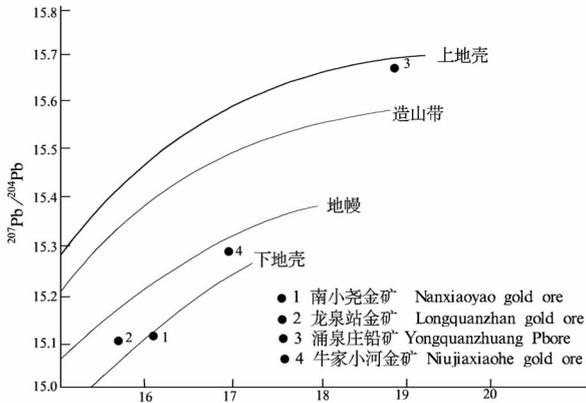


图 3 龙泉站地区金矿铅同位素演化图

Fig. 3 Variation diagram of Pb isotope of gold-ore from Longquanzhan area

表 2 沂沭断裂带龙泉站地区铅同位素测试结果

Table 2 The analytical results of Pb isotope from Longquanzhan area of Yishu fault

序号	样号	取样位置	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$
1	Sly-64	南小尧金矿	16.1210 ± 30	15.1640 ± 29	37.3696 ± 45
2	ZK5201-H64	龙泉站金矿	15.7794 ± 48	15.0759 ± 57	36.7440 ± 8
3	Sly-41	涌泉庄石英方铅矿脉	16.9533 ± 28	15.2864 ± 25	37.3596 ± 58
4	Sly-47	牛家小河金矿	19.0374 ± 8	15.6426 ± 7	40.4876 ± 28

注: 中国地质科学院地质研究所同位素地质年代学实验室测试, 误差均为 2σ 。

表 3 沂沭断裂带龙泉站地区氢、氧、碳同位素特征表

Table 3 The characteristics of H-O-C isotope from Longquanzhan area of Yishu fault

样品编号	名称	采样点	$\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}(\text{‰})$	$t/(^{\circ}\text{C})$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}(\text{‰})$	$\delta\text{D}(\text{‰})$	$\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}(\text{‰})$	$\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}(\text{‰})$
Sly-41	石英	涌泉庄	12.0	290	4.07	-77		
Sly-67	方解石	南小尧	8.3	190	-1.78	-74	21.9	-4.5
Sly-10	石英	龙泉站	11.9	290	3.97	-77		
Sly-16	方解石	龙泉站	9.8	190	-0.28		20.4	-3.9
Sly-45	石英	牛家小河	9.7	290	1.77			

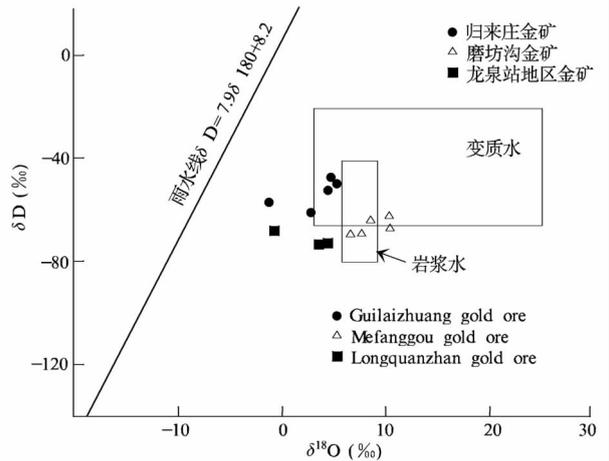


图 4 龙泉站地区金矿 $\delta^{18}\text{O}$ - δD 相关图

Fig. 4 Diagram of $\delta^{18}\text{O}$ - δD of the gold ore of Longquanzhan area

2.3 碳、氢、氧同位素特征

对采于龙泉站、牛家小河、南小尧和涌泉庄金矿区的石英和方解石样品, 分别测定了碳、氢、氧同位素, 其结果列于表 3。

从表 3 中可知: $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ 值为 $-1.78\text{‰} \sim 4.07\text{‰}$, 与标准岩浆水 $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}} + 5\text{‰} \sim 10\text{‰}$ 相偏离; 3 个样品 $\delta\text{D}_{(\text{SMOW})}$ 值为 $-74\text{‰} \sim -77\text{‰}$, 与标准岩浆水 $\delta\text{D}_{(\text{SMOW})} - 40\text{‰} \sim -80\text{‰}$ 基本一致; $\delta^{13}\text{C}$ 平均值为 $-4.18\text{‰} \sim -5.1\text{‰}$, 与“初生碳” $\delta^{13}\text{C} - 5\text{‰} \sim -8\text{‰}$ 相吻合。将氢、氧同位素值投点于 δD - $\delta^{18}\text{O}$ 坐标图解上(图 4), 可见各矿床氢、氧同位素均在原生岩浆水和变质水之外, 而向大气水飘移。表明本区氢、氧、碳同位素特征指示其热液来源既非是原生岩浆水, 亦非是变质水, 说明本区的成矿热液经历了复杂的演化阶段。结合地质、矿产资料分析, 认为区内金矿的成矿热液大致经历了由岩浆水向大气水飘移的过程, 其成矿热液主要来源于岩浆水, 但随着大气水的加入, 使成矿热液显示出向大气水飘移的特征。因为在自然界中, 两种不同性质或来源的成矿热液相混合是常有的事。D. E. White(1974)认为: 流体

的混合可能有利于阐明许多矿床的突然变化,特别是当一种流体温度较高、盐度较大、成矿金属含量比第二种流体高时,混合后的中等温度和盐度可能降低金属络合物的稳定性,从而有利于硫化物沉淀。该破碎带规模大,金矿品位低、矿化蚀变广泛,很可能是由于大气降水的加入改变了成矿热液的物理、化学条件而发生快速沉淀的原因所致。

3 成矿意义

对区内硫、氢、氧、碳和铅等稳定同位素的研究资料表明:区内金矿的形成主要是岩浆热液加入天水作用的结果,在成矿过程中,大气降水的参与改变了成矿热液的理化条件而发生沉淀形成金矿。

含矿流体是成矿的精髓,它的来源、运移和物质卸载反映了整个成矿过程(毛景文等,2001),成矿流体的研究得到了众多学者的重视。本次通过对龙泉站、牛家小河、南小尧和涌泉庄金矿区矿石稳定同位素的研究认为:区内金矿的成矿物质来源于地下深处,成矿流体以岩浆水为主,大气降水为辅。

从基础地质资料和区域构造分析,区内中生代的岩浆活动十分强烈。由于在中生代受库拉板块和太平洋板块运动的作用,沂沭断裂带首当其冲受到巨大的影响,地幔上涌,地壳减薄,导致地幔、下地壳升温,物质熔融,深熔岩浆沿沂沭断裂带上升,为成矿带来金质和热源。

本区与金矿成矿有利的花岗岩一般是重熔岩浆的产物,其成因分类接近于重熔型、同熔型,它能从源地和围岩中有效地提取金并把它富集到热液体中搬运到上地壳;中生代岩体既是金矿的热源体,又是其成矿母岩,是区内寻找金矿的直接标志。

4 结论

(1) 在山东沂沭断裂带龙泉站地区,沂水-汤头

断裂具有控、容构造之特征。金矿产于沂水-汤头断裂主裂面下盘的糜棱岩化碎裂岩和花岗质碎裂岩中。

(2) 对区内硫、氢、氧、碳和铅等稳定同位素的研究资料表明:区内金矿的形成主要是岩浆热液加入天水作用的结果,在成矿过程中,大气降水的参与改变了成矿热液的理化条件而发生沉淀形成金矿。

参 考 文 献

- 李洪奎,杨永波,田景祥等. 2004. 山东沂沭断裂带中段金矿床地质特征. 地质与勘探, 40(4): 27~31.
- 李华芹,吴华,陈富文,等. 2005. 东天山白云山铼钼矿区燕山期成岩成矿作用同位素年代学证据. 地质学报, 79(2): 249~251.
- 林景仟,谭东娟,于学峰,等. 1997. 鲁西归来庄金矿成因. 山东科学技术出版社, 12: 98~99, 102~103.
- 李洪奎,杨永波,李英平,等. 2004. 沂沭断裂带中段地质特征与金矿成矿作用. 地质调查与研究, 27(4): 255~260.
- 曾普胜,裴荣富,侯增谦,等. 2005. 安徽铜陵矿集区冬瓜山矿床: 一个叠加改造型铜矿. 地质学报, 79(1): 109~110.
- 李俊健,骆辉,周红英,等. 2004. 内蒙古阿拉善地区朱拉扎嘎金矿的成矿时代. 地球化学, 33(6): 666~668.
- 沈其韩,沈昆,耿元生,徐惠芬. 2000. 山东沂水杂岩的组成与地质演化. 北京: 地质出版社, 103~108.
- 博伊尔, R. W. 1984. 金的地球化学与金矿床. 马万钧,王立文,罗永国等译. 北京: 地质出版社, 556~565.
- 郑建平. 1999. 中国东部地幔置换作用与中生代岩石圈减薄. 武汉: 中国地质大学出版社, 108~115.
- 杜乐天. 1994. 地壳流体与地幔流体间的关系. 地学前缘, 1(1-2): 79~86.
- 胡华斌,毛景文,牛树银,等. 2004b. 鲁西平邑地区磨坊沟金矿床流体包裹体研究. 现代地质, 18(4): 529~535.
- 刘斌,沈昆. 1999. 流体包裹体热力学. 北京: 地质出版社, 1~290.

Characteristics and Geological Significance of Steady Isotopes in Golden Ore in the Longquanzhan Area of Yishu Fault Zone, Shandong Province

LI Hongkui^{1,2)}, YANG Fengjie¹⁾, NIU shuyin³⁾, LI Yingping²⁾, TIAN Jingxiang²⁾, HAO Xingzhong²⁾

1) *Shandong University of Technology and Science, Qindao, Shandong, 266510*; 2) *Shandong institute of geological survey, jinan, Shandong, 250013*; 3) *College of economics of Shijiazhuang, Shijiazhuang, Hebei, 050013*

Abstract

The golden ore lies between mylonitic cataclasite rocks and granitic fragmentized rocks in the lower part of main fault plane of Yishui-Tangtou fault within the area of Longquanzhan Yishu fault zone Shandong Province. By study the data of isotopes in the typical gold mine, such as sulfur, hydrogen, oxygen, carbon and lead, it is shown that : the changing value of $\delta^{34}\text{S}$ in iron pyrites is $+2.7\text{‰} \sim +4.4\text{‰}$; the value of $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ changes within $-1.78\text{‰} \sim 4.07\text{‰}$; the value of $\delta\text{D}_{(\text{SMOW})}$ varies in $-71\text{‰} \sim -77\text{‰}$ and the average value of $\delta^{13}\text{C}$ is within $-4.18\text{‰} \sim -5.1\text{‰}$, the isotope of lead has the same features in common. All these prove that the original matter for golden ore lies in the deep subterranean and the magma water is more than atmospheric precipitation in the liquid.

Key words: Yishu fault zone; Longquanzhan; golden ore; isotopes; source of substance; liquid for ore

