

赤峰红花沟金矿田铅同位素 组成特征及其成因意义

谢锡才

(东北大学黄金学院, 沈阳 110015)

主题词 铅同位素组成 红花沟金矿田 赤峰

提要 内蒙赤峰红花沟金矿田矿石铅的 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 范围为15.47—16.49, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为14.66—15.89, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为35.92—38.48。在铅同位素演化图中呈线性排列, 反映出两端元的混合, 即古老的基底岩石铅与古老的多阶段演化铅的混合。中-新生代岩浆岩和太古代片麻岩等岩石铅的 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为17.3—18.1, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为15.4—15.7, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为37.2—38.2, 与矿石铅明显不同, 表明矿石铅来源与上述岩石无关。而含透辉石斜长角闪岩的铅同位素组成与矿石铅范围一致或接近, 两者间可能有成因联系。矿石铅可能主要来源于太古代基底绿岩建造之含透辉石斜长角闪岩。

红花沟金矿田位于赤峰市西南约35km处, 为一大型金矿, 曾是我国十大金矿之一。认识其成矿物质来源和矿床成因, 对于扩大其储量、指示找矿方向具有重要意义。

众所周知, 铅同位素组成是一强有力的地球化学示踪剂, 对于指示成矿物质来源, 进而探讨矿床成因具有十分重要的意义。

1 矿田地质背景

赤峰地区位于华北地台北缘与兴蒙造山带的过渡带。近东西向的赤峰-康保深大断裂横贯全区, 是本区最主要的控岩、控矿构造, 在中生代又受到强烈改造, 一系列北东向断裂造成太古代隆起和中生代凹陷相间的构造格局, 大部分金矿床都分布在太古代隆起中。总体来看, 太古代古老片麻岩呈孤岛状零星出露于大片分布的侏罗纪火山岩系中。

红花沟金矿田位于云雾山隆起的东北端, 近东西向赤峰-康保深大断裂向北突出的弧形地带南侧的片麻岩内, 恰处该断裂与区域北东向克勒沟-红花沟-双庙子大断裂交汇处的锐角区, 并被其次级的舍路嘎河断裂断开, 北盘西移为莲花山矿区, 南为红花沟矿区, 相对位移距离达12km(图1)。矿田内断裂构造发育, 岩浆-火山活动强烈。出露岩石主要为太古代变质杂岩、元古代混合花岗岩、中-新生代岩浆岩和火山岩及各种脉岩。

太古代建平群变质杂岩: 是含金石英脉的主要赋存围岩, 约占全区面积的三分之二。主要包括斜长角闪岩、角闪斜长片麻岩、黑云斜长片麻岩和混合岩化片麻岩等, 局部夹有透

镜状大理岩。均不同程度地遭受混合岩化作用。

斜长角闪岩为含金高铁镁质岩石,呈黑色,致密坚硬,柱粒变晶结构,块状构造。角闪石、斜长石含量各半,石英含量小于5%,含少量黑云母和磁铁矿;副矿物为磷灰石等。角闪岩遭受绿帘石化,长石遭受绿帘石化、透闪石化、绢云母化。该类岩石出露范围不大,常为直接近矿围岩,主要工业矿体往往与该类岩石紧密伴生,如红花沟2号脉群和23号矿脉等。

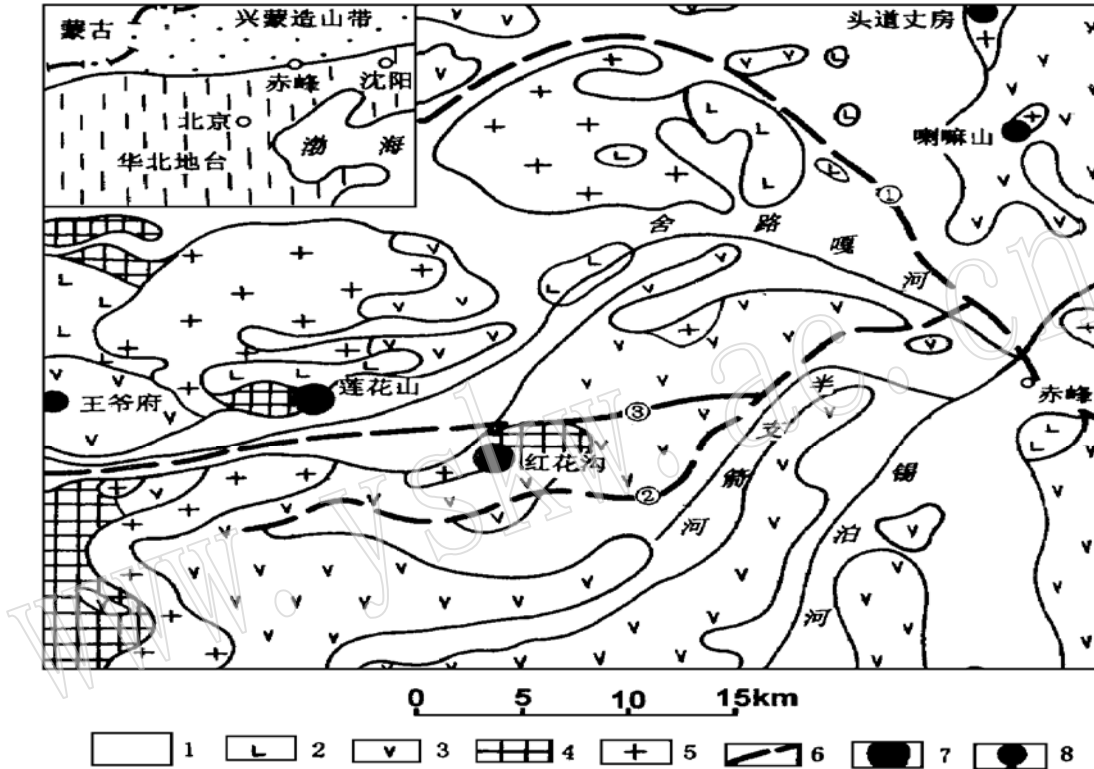


图1 赤峰红花沟金矿田及邻区地质简图

Fig. 1 Geological sketch map of the Honghuagou gold orefield and neighboring areas in Chifeng, Inner Mongolia

- 1—第四系; 2—新生代玄武岩; 3—中生代中酸性火山岩; 4—太古代变质杂岩; 5—晚中生代花岗岩;
- 6—断裂及编号(①—赤峰—康保断裂, ②—克勒沟—红花沟—双庙子断裂, ③—舍路嘎河断裂;
- 虚线部分为被第四系掩盖); 7—大中型金矿床; 8—小型金矿床与金矿点

元古代混合花岗岩: 分布广泛,形态不规则,沿裂隙贯入,或平行或斜切片麻理,本身又被石英脉穿切。由浅色钾长花岗岩、浅色二长花岗岩等组成。其稀土配分模式及ΣREE与角闪质岩类相似,而与中生代花岗岩明显不同^[1]。其(⁸⁷Sr/⁸⁶Sr)_{初始} = 0.70137 ± 0.0009, Rb - Sr等时线年龄为 1887 ± 93Ma,是早期深源交代-重熔的产物^[2]。

晚中生代花岗岩: 在红花沟矿区西南侧、莲花山矿区西侧分布有呈NW向展布的为浅成侵入相(次火山岩相)的花岗斑岩岩盖, K - Ar年龄为 108Ma。

中生代火山岩: 主要为晚侏罗世火山岩系,包括酸性-中基性火山岩及少量火山沉积岩夹层。主要分布在矿区边缘及外围。

稀土元素研究表明,中生代花岗岩与火山岩为同源演化系列^[1]。

脉岩: 矿田内脉岩极为发育,主要为中基性脉岩,以闪长玢岩最为常见。常为直接近矿围岩,金矿脉常平行侵入其中,或平行分布于其上、下盘。有暗色和浅色两种,至少有成矿前和成矿后两期。

新生代玄武岩: 沿舍路嘎河两岸分布有橄榄玄武岩,其 K-Ar 年龄为 14.9Ma。

含金石英脉的特征: 为含金硫化物石英脉,以含金黄铁矿石英脉为主,有的含少量方铅矿和黄铜矿。脉石矿物除石英外,还有少量绢云母、钾长石、绿泥石、方解石等。金主要呈自然金和银金矿产出。自然金呈裂隙充填状产于硫化物及脉石中,主要载金矿物为黄铁矿。具多期叠加和同源性特征^[2]。矿体走向 NNW-SN、NNE-NE,分支复合及尖灭再现现象明显,在复合及尖灭处端部,黄铁矿和金同步变富。蚀变带较窄,有绢云母化、黄铁矿化、硅化、钾长石化、绿泥石化、碳酸盐化及高岭土化,绢云母化强烈处往往出现金矿化且较富。

2 铅同位素分析结果

作者在红花沟和莲花山两矿区选取有代表性的矿脉和蚀变岩中的硫化物(多为黄铁矿,少数为黄铁矿、方铅矿、黄铜矿的混合物)以及各类岩石中的长石进行铅同位素分析,分析结果列于表1。除QH045、QL305和QL-11-306样品给出异常的铅同位素组成,在未进行

表1 红花沟金矿田矿石和岩石的铅同位素组成

Table 1 Lead isotopic composition of ores and rocks from the Honghuagou gold orefield

矿石或岩石	矿床	样品号	测定对象	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	
矿石	红花沟	QH045	黄铁矿	19.05 ± 0.03	16.10 ± 0.03	40.18 ± 0.09	
		QH052	黄铁矿	16.17 ± 0.03	15.72 ± 0.02	37.76 ± 0.04	
		QH065	黄铁矿	15.37 ± 0.08	14.66 ± 0.01	36.49 ± 0.02	
		QH81_340	黄铁矿	16.03 ± 0.02	15.25 ± 0.01	36.88 ± 0.02	
		QH81_343	黄铁矿	15.44 ± 0.15	14.97 ± 0.01	35.92 ± 0.03	
		QH81_344	黄铁矿	16.13 ± 0.05	15.75 ± 0.01	38.06 ± 0.04	
		QH345	方铅矿	15.84 ± 0.02	15.44 ± 0.01	37.27 ± 0.01	
		莲花山	QH096	黄铁矿	15.83 ± 0.02	15.47 ± 0.01	37.37 ± 0.01
			QL_6_337	黄铁矿	16.03 ± 0.16	15.56 ± 0.02	37.65 ± 0.06
			QL_11_306	黄铁矿、方铅矿	15.38 ± 0.10	14.20 ± 0.04	34.34 ± 0.07
蚀变岩		QL335	黄铁矿	16.49 ± 0.12	15.89 ± 0.02	38.48 ± 0.04	
含透辉石斜长角闪岩	红花沟	QH091	斜长石	16.26 ± 0.02	15.25 ± 0.01	35.80 ± 0.03	
中生代闪长岩	莲花山	QL303	斜长石	17.65 ± 0.01	15.43 ± 0.01	37.17 ± 0.01	
斜长花岗岩+ 石英闪长岩		QL101	斜长石	17.78 ± 0.10	15.55 ± 0.01	37.93 ± 0.03	
太古代片麻岩		QL304	斜长石	17.31 ± 0.01	15.50 ± 0.01	37.90 ± 0.01	
元古代混合花岗岩	红花沟	QH054	钾长石	17.39 ± 0.17	15.81 ± 0.01	38.40 ± 0.01	
	莲花山	QL305	钾长石	19.54 ± 0.05	15.16 ± 0.01	36.71 ± 0.02	
中生代闪长玢岩	红花沟	QH330	斜长石	17.86 ± 0.01	15.56 ± 0.01	38.30 ± 0.01	
中生代花岗斑岩		QH008	长石	17.51 ± 0.01	15.49 ± 0.01	37.68 ± 0.01	
中生代流纹斑岩		QH027	钾长石	17.82 ± 0.01	15.41 ± 0.07	38.09 ± 0.14	
新生代玄武岩		QH018	斜长石	17.76 ± 0.01	15.39 ± 0.01	37.62 ± 0.02	
中生代花岗岩	莲花山	QL077	钾长石	18.09 ± 0.06	15.67 ± 0.01	38.18 ± 0.02	

测试仪器: VG-345 质谱仪; 测试单位及测试者: 中国科学院地质研究所 乔广生

重复分析检查前暂不作讨论外,全部数据示于图2内。该图中同时标出了 Zartman 和 Doe (1981) 的铅同位素演化线^[3]。

由表1和图2可见铅同位素具以下特点:

1. 红花沟金矿田矿石铅的 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 范围为15.37—16.49, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为14.66—15.89, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为35.92—38.48, 变化范围很大, 并分别在 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ — $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 和 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ — $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 铅同位素关系图中大致呈线性排列。在图2a中, 从远低于下地壳的范围延伸到远高于上地壳的范围, 切过 Zartman 和 Doe(1981) 的下地壳和上地壳演化线。在图2b中, 则从稍低于下地壳延伸到远高于下地壳的范围, 切过下地壳演化线。这与邻近的矿区不同, 如金厂沟梁金矿床矿石的 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为16.833—17.533; $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为15.122—15.454, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为36.768—37.439^[4]; 又如内蒙十八顷豪金矿床矿石的 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为16.5—17.8, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为15.3—15.5, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为36.9—37.5^[5]。可见其区别主要在于 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比值, 红花沟矿田的该比值低。

2. 红花沟矿田中生代岩浆岩、火山岩和脉岩, 乃至新生代玄武岩, 都具有非常相似的铅同位素组成($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 范围为17.3—18.1, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为15.4—15.7, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为37.2—38.2), 与矿石铅明显不同。岩石铅的分布范围也与矿石铅的排列趋势无关。而该矿带内其它金矿床的矿石铅同位素组成或与中生代侵入岩的长石铅一致(如金厂沟梁), 或排列成一致的演化趋势(如吉林安图海沟金矿), 或兼而有之(如内蒙十八顷豪金矿)^[5]。

3. 太古代片麻岩铅同位素组成与艾永德等^①所测结果($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为17.103, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为15.742, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为37.940)完全一致, 又与混合花岗岩铅同位素组成相似, 均接近矿区岩石铅组成范围, 但相对偏向矿石铅组成范围一侧。

斜长角闪岩的放射性成因铅低, 与矿石铅组成范围一致或接近, 样品QH091落在矿石铅范围内(图2a)或其附近(图2b)。

3 讨 论

由以上地质地球化学特征及铅同位素组成可以看出:

1. 红花沟金矿田两个矿床(红花沟和莲花山)的铅同位素组成非常一致, 无论是矿石铅还是岩石铅都落在相同的变化范围内。此事实支持两矿床原为一体只是被舍路嘎河断裂错开的地质结论。

2. 红花沟金矿田中生代岩浆岩、火山岩和脉岩, 乃至新生代玄武岩, 都具有非常相似的铅同位素组成, 这表明它们具有相同的铅源, 为同源演化岩石系列, 这与稀土元素研究结果相一致。

太古代片麻岩和元古代混合花岗岩的铅同位素组成也与上述岩石铅组成范围相接近, 暗示它们之间存在着成因联系。至于后者的 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比值略低, 相对更偏向矿石铅组成范围一侧, 可能是由不同时间的构造热事件所导致的同源但不同演化阶段的铅所致, 它们是来源于较早期较深部的铅。

3. 该矿带内其它金矿床的矿石和围岩的铅同位素组成非常一致, 暗示其矿床的形成和

① 艾永德等, 赤峰—朝阳地区太古宙变质岩系中金矿成矿作用及预测报告, 1990。

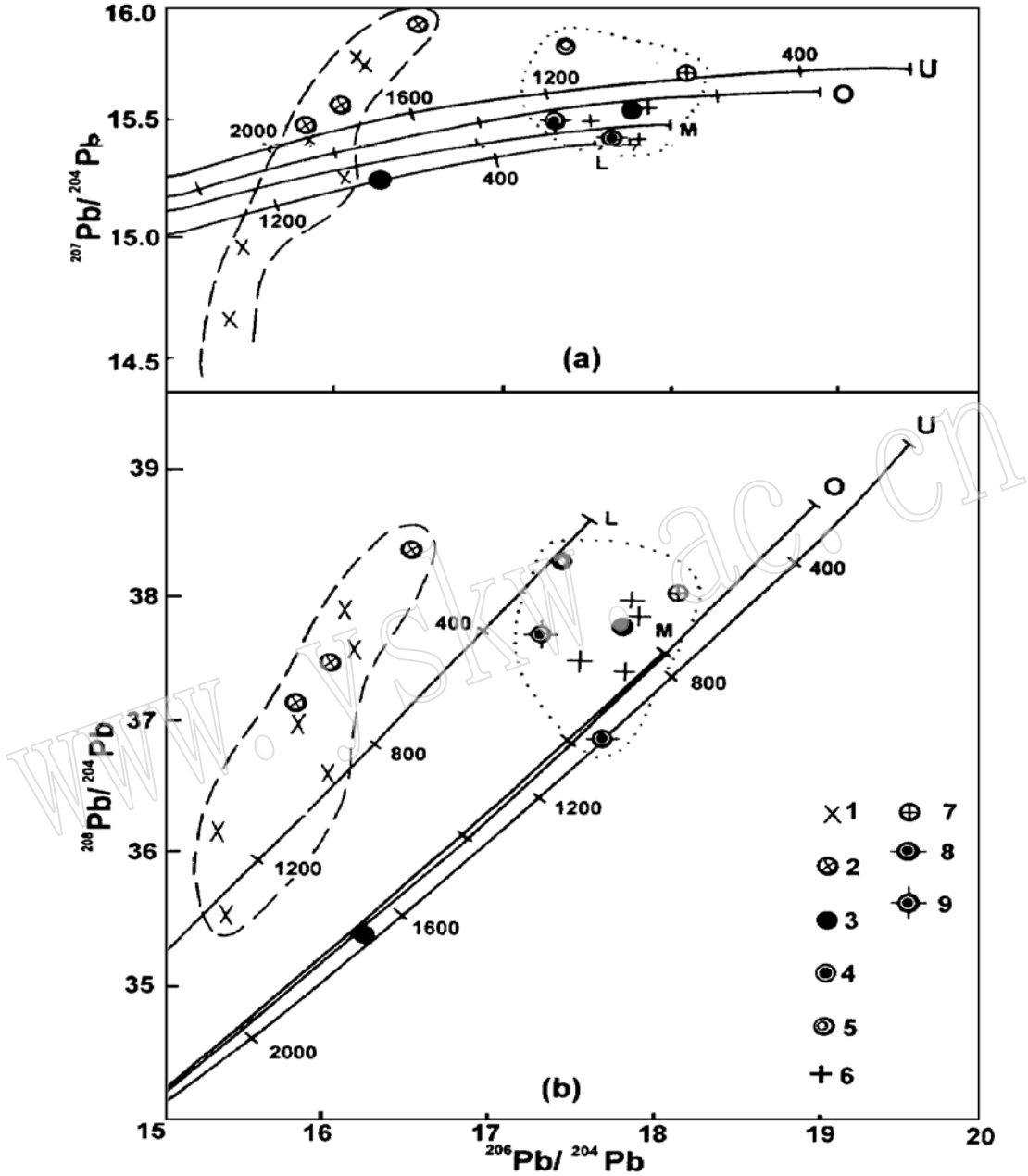


图 2 红花沟金矿田矿石中硫化物矿物及各类岩石中长石的铅同位素关系图

Fig. 2 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ (a) and $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ (b) plot for sulfides of ores and feldspars of various rocks from the Honghuagou gold orefield

(a) $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 关系; (b) $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 关系。1-红花沟矿区矿石;
 2-莲花山矿区矿石; 3-含透辉石斜长角闪岩; 4-斜长花岗岩+石英闪长岩; 5-元古代混合花岗岩;
 6-红花沟矿区-新生代岩浆岩; 7-牛营子花岗岩株中生代花岗岩; 8-莲花山矿区中生代闪长岩;
 9-太古代片麻岩; U-上地壳; O-造山带; M-地幔; L-下地壳

物质来源与中生代岩浆活动有密切的成因联系。但红花沟矿田的矿石铅 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比值相对低,与中生代岩浆岩铅同位素组成显著不同,矿石铅同位素组成的排列趋势也与岩石铅的分布范围无关,这表明两者间在成矿物质来源方面没有联系。

4. 含透辉石斜长角闪岩是岩石样品中唯一基本落入矿石铅组成范围内的样品,该样品经多次详细鉴定,可信度较高,表明矿石铅可能与其有成因联系。该类岩石出露范围不大,但与主要工业矿体紧密伴生。其放射性成因铅低,可能为被抬升上来的上地幔、下地壳贫铀的基底岩石。

5. 红花沟金矿田的矿石铅呈线性排列,可能反映其铅为两端元混合的产物。低放射性成因铅端元落在张理刚等^[5]的冀北-辽北铅同位素地壳省的中生代花岗岩长石的铅同位素组成变化范围内。由于中生代花岗岩长石的铅同位素组成可代表其源区的铅同位素组成^[5],而铅同位素组成又有很强的区域性^[6],因而,红花沟矿田矿石铅同位素的低放射性成因铅端元反映比本区岩石更古老的太古代基底岩石对成矿物质的贡献。而高放射性成因铅端元在 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}-^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 图(图2a)上远高于上地壳演化线,在 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}-^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 图(图2b)上远高于下地壳演化线,明显表现出多阶段演化的特征,此端元铅是高 μ ($^{238}\text{U}/^{204}\text{Pb}$)值、高 W ($^{232}\text{Th}/^{204}\text{Pb}$)值环境下演化的产物,此早阶段演化也许是一次古老矿化、铅富集或者是古老花岗岩活动。

据上述红花沟金矿田铅同位素组成特征并结合地质地球化学研究可见,该矿田在物质来源上与华北地块最古老的岩石密切相关,在该矿田的深部可能存在类似迁西群的太古代岩石的隆起,可能是太古代基底的含金绿岩建造(太古代变质岩系内的绿岩组合),其原岩可能是一套基性-中基性火山岩,即玄武岩-玄武质安山岩类及少量镁铁质岩石(橄榄科马提岩)^[7]。历次强烈的断裂活动将古老的结晶基底切割成大小不一的含绿岩建造的断块,并被抬升。红花沟金矿田所在位置的重力高异常^[8],也许正是古老基底隆起的反映。

综上所述,红花沟金矿田的铅同位素组成特征与该矿带内其它许多金矿床不同,有其独特的成因,铅及金的源岩可能主要是太古代基底绿岩建造之含透辉石斜长角闪岩,应该注意对这类金矿床的研究和寻找。

参 考 文 献

- 1 谢锡才,邱玉民. 赤峰红花沟金矿稀土地球化学特征. 辽宁地质, 1990, (1).
- 2 谢锡才. 赤峰红花沟金矿地质地球化学特征及成因探讨. 贵金属地质, 1998, (1).
- 3 Zartman R E and Doe B R. Plumbotectonics — the model. Tectonophysics, 1981, 75: 135—162.
- 4 王义文. 辽宁省金矿床铅同位素组成特征及其地质意义. 辽宁地质, 1992, (3).
- 5 张理刚等. 东亚岩石圈块体地质 — 1. 地幔、基底和花岗岩同位素地球化学及其动力学. 北京: 科学出版社, 1995.
- 6 Zhu B Q. The mapping of geochemical provinces in China based on Pb isotopes. J. Geochem. Explor., 1995, 55: 171—181.
- 7 王有志. 华北台台北缘中段内生金矿床控矿条件及找矿方向. 华北台台北缘金矿地质科学讨论会论文选编. 沈阳: 东北工学院出版社, 1992.
- 8 张忠生,周乃武,王建国. 赤峰红花沟金矿田成矿规律与成矿预测. 沈阳: 东北大学出版社, 1993.

Lead Isotope Composition of the Honghuagou Gold Orefield in Chifeng Area and Its Genetic Implications

Xie Xicai

(Institute of Gold Resources, Northeast University, Shenyang 110015)

Key words: lead isotope composition; Honghuagou gold orefield; Chifeng

Abstract

The Honghuagou ore district and the Lianhuashan ore district in the Honghuagou gold orefield of Chifeng area, Inner Mongolia, have the same lead isotopic composition. The Mesozoic-Cenozoic magmatic and volcanic rocks exhibit very similar lead isotopic composition. The lead isotopic composition of Archaean gneiss and Proterozoic migmatitic granite is also close to that of the above rocks. $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ and $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ratios of these rocks are 17.3—18.1, 15.4—15.7 and 37.2—38.2 respectively; ore lead varies in a wide range, with $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ and $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ being 15.37—16.49, 14.66—15.89 and 35.92—38.48, respectively. The isotopic composition of rock lead is obviously different from that of ore lead, and the arrangement trend of ore lead has nothing to do with the distribution of rock lead, suggesting that the material source of ore lead is not connected with these rocks. This is quite different from character of other gold deposits in the same ore zone. The lead isotopic composition of diopside-bearing plagioclase amphibolite is consistent with or close to that of ore lead, implying the probable existence of genetic connection between them. In the lead isotope evolutionary diagram, ore lead assumes linear arrangement, suggesting that it might be a mixture of two end members, i. e., a mixture of old basement rock lead and old multi-stage evolutionary lead. The end member of the low radiogenic lead reflects the contribution of the Archean basement rocks which are older than rocks of this area to ore-forming materials, whereas the end member of high radiogenic lead represents old multi-stage evolutionary lead, which is the evolutionary product in a high μ and high W environment. The source rock of ore lead and gold might be mainly diopside-bearing plagioclase amphibolite within greenstone formation of Archaean basement. Being obviously different from lots of ore deposits in the same ore belt, the Honghuagou gold orefield has its unique genetic character.