

内蒙古十八顷壕金矿床铅同位素组成的构造学意义

梁一鸿

(吉林大学地球科学学院, 吉林 长春 130061)

摘要:十八顷壕金矿有两种类型矿体:糜棱岩型矿体和石英脉型矿体。糜棱岩型矿石 Pb 同位素组成以低放射性成因铅为特点: $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为 16.63~17.45, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为 15.31~15.48, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为 36.52~38.85; 在铅的动力学演化曲线上非常接近幔源铅演化模式曲线; 与区域上典型的韧性剪切带型金矿——后石花金矿的铅同位素组成一致, 是早元古代晚期(2040 Ma)韧性剪切变质变形作用的产物。石英脉型矿石 Pb 同位素组成以高放射性成因铅为特点: $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为 18.23~19.74, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为 15.69~15.89, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为 38.64~40.13; 在铅的动力学演化曲线上非常接近上地壳铅演化的模式曲线; 与区域上典型的燕山期岩浆热液型金矿——东伙房金矿以及燕山期花岗岩的铅同位素组成一致, 是燕山期岩浆热液型金矿化。十八顷壕金矿是两次不同性质成矿作用叠加的结果。这从 Pb 同位素组成上证明了笔者曾经提出的关于该矿床叠加构造控矿的观点。

关键词:金矿; 铅同位素组成; 糜棱岩型矿体; 石英脉型矿体; 叠加构造

中图分类号: P597; P618.51 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3657(2004)01-0091-05

1 地质概况

十八顷壕金矿地处阴山山脉西段的色尔腾山, 内蒙古自治区固阳县坝梁乡, 属华北克拉通北缘西段。该处发育一套晚太古代角闪岩相—绿片岩相变质岩系和花岗岩杂岩体, 李树勋等^[1]将其定为晚太古代花岗—绿岩地体, 并将其中绿岩带定名为东五分子群。

十八顷壕金矿位于东五分子群中一条北西西走向的“顺层”构造带中(图 1)。该构造带产状总体为 $\text{N}60^{\circ}\sim 80^{\circ}\text{W}, 75^{\circ}\text{NE}$ 。构造带强带宽达 150 m, 矿区内延长达 10 km 并向东西两侧伴随东五分子群的分布继续延伸。据研究^[1-4], 该构造带经历了韧性剪切带和膝折带(2040 Ma)、劈理带(1740 Ma)、逆冲断层(海西期)和张性断层(燕山期)4 次主要构造的叠加。

2 两种类型矿体

十八顷壕金矿有两种类型矿体:糜棱岩型矿体和石英脉型矿体。

2.1 糜棱岩型矿体

一般情况下, 糜棱岩构成金矿体主要有 2 种情况:一种是糜棱岩形成之后由于受到后期断裂作用和成矿作用改造

而矿化, 是一种以糜棱岩为基础的蚀变岩型矿化; 另一种是糜棱岩化作用过程中的金矿化。后者金的矿化作用往往与韧性剪切变质变形作用过程中伴随体积缩小、变质流体活动而产生的成矿元素的活化、迁移和富集作用有关。本文所提到的十八顷壕金矿的糜棱岩型矿体是指的后一种。

据内蒙古地质局 101 地质队的勘探结果, 糜棱岩型矿体沿控矿构造带走向可划分出 5 个矿段。每个矿段由 1~2 个主矿体和若干次要矿体组成。各矿段之间是 150~200 m 长的无矿地段。各矿段的矿体在平面上成反 S 形态的平面膝折构造。各矿段的主要矿体和较大的次要矿体均位于平面膝折构造的头和尾部。这些膝折构造是韧性剪切带内部的低级别构造, 是韧性剪切作用晚期的产物。

糜棱岩型矿石之脉石矿物主要为长石、石英、绢云母、绿泥石等变质矿物, 矿石矿物以黄铁矿为主, 黄铜矿、磁黄铁矿等均以少量的包体形式存在于黄铁矿晶体中。黄铁矿粒径最大达 2 cm, 在宏观及微观上均呈现透镜状并与糜棱岩叶理整合。黄铁矿压力影构造发育, 并且黄铁矿本身往往出现韧性弯曲, 表明黄铁矿是在糜棱岩化作用过程中形成的。

据 Liang^[5], 糜棱岩型矿石之黄铁矿中 Fe 含量 43.66%~45.32%, S 含量 52.64%~53.55%, 与标准黄铁矿 Fe 和 S 含量相

收稿日期:2002-11-20; 改回日期:2003-07-02

基金项目:武警黄金指挥部项目(HJ99-13)资助。

作者简介:梁一鸿,男,1956年生,博士,教授,主要从事构造地质学和成矿构造地球化学方面的教学与研究;E-mail:liangyih@jlu.edu.cn.

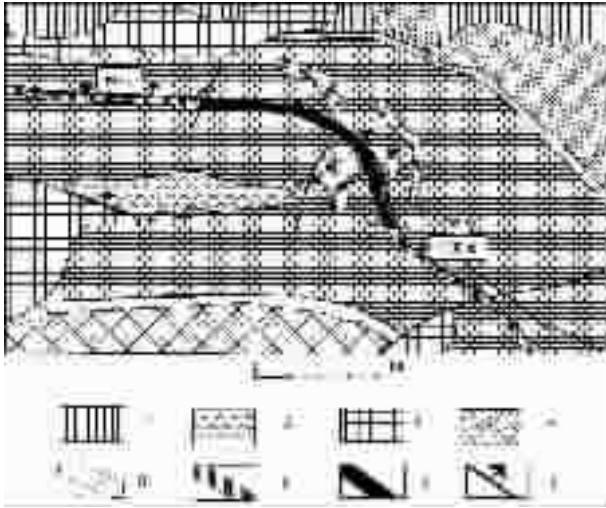


图 1 十八倾壕金矿区地质略图

- 1—东五分子群第一岩性段;2—渣尔泰群变质石英砂岩(新元古代);
3—钾长花岗岩(古元古代末);4—古元古代石英闪长岩;
5—韧性剪切带;6—控矿构造带;7—矿化带;8—断层

Fig. 1 Geological sketch map of the Shibaqinghao gold district

- 1—Lower Member of the Dongwufenzi Group;2—Metamorphosed
quartzose sandstone of the Neoproterozoic Zhartai Group;
3—Paleoproterozoic potash feldspar granite;4—Paleoproterozoic quartz
diorite;5—Ductile shear zone;6—Ore-controlling tectonic zone;
7—Mineralization zone (Shibaqinghao gold deposit);8—fault

比($Fe=46.55\%$, $S=53.45\%$)属贫 Fe 贫 S 型,在 $\Delta S/\Delta F$ 图上,位于变质热液成因区;黄铁矿中 Co/Ni 比值大于或等于 1;自然金多以黄铁矿中的包体形式产出,粒度细(0.05 mm 或更小)、几乎没有明金,成色高;据自然金颗粒电子探针面分析,其中金含量主要分布区为 90%~96%。这些与后面将提到的石英脉型矿化中黄铁矿的组分特征及自然金的特点有明显差异,并且直接反映了与变质热液有关的金成矿作用的特点。

黄铁矿 $\delta^{34}S$ 值^[7]变化于-0.9‰~-1.8‰之间,显示出与围岩原岩有关的幔源硫特点。因此,糜棱岩型矿体的形成可能与围岩在韧性剪切变质变形作用过程中伴随着糜棱岩化作用的体积减小和变质流体活动、成矿组分在韧性变形带的扩容区富集作用有关。

在糜棱岩型矿体中发育一些小型石英脉。此种石英脉分布于韧性剪切带中并受韧性剪切带及相关构造的控制。石英脉规模较小,宽度 5~40cm,呈透镜状、串珠状和不规则脉状,脉壁与糜棱岩叶理整合。脉石英具有强烈的韧性变形,其结构特征与糜棱岩中石英结构特征一致。有的石英脉在韧性剪切带中滚动形成石英杆,线理平行杆轴方向,无论平面或剖面上均与韧性剪切带中鞘褶皱一致,表明是同韧性剪切作用所致。这些石英脉往往发育在糜棱岩型矿体中,本身构成矿石。鉴于与糜棱岩型矿体在时间、空间乃至成因上的相关性,在本文中也将其作为糜棱岩型矿化处理。

2.2 石英脉型矿体

在十八倾壕金矿北西走向的控矿构造带中发育一系列大型石英脉。这些石英脉宽几米至十几米,长几十米至上百米。沿着构造带断续分布,形成一条醒目的石英脉带。石英脉带总体上产状与控矿构造带一致,局部切割糜棱岩叶理,脉壁呈不规则状或锯齿状,脉的终端呈现树枝状分叉、合并现象,经常有梳状石英等表明是在构造带张开过程中形成的。

这些石英脉的一部分金含量达到工业品位,形成含金石英脉。脉石矿物主要为石英,有少量方解石、绢云母和绿泥石。矿石矿物主要为黄铁矿,其次为黄铜矿、磁黄铁矿和方铅矿。无论矿石矿物和脉石矿物均无任何韧性变形的痕迹。

据 Liang^[6],石英脉型矿石中黄铁矿之 Fe 含量为 44.38%~45.30%, S 含量为 53.08%~54.00%,属贫铁富硫型,在 $\Delta S/\Delta F$ 图上投影于岩浆热液区。黄铁矿 Co/Ni 比值小于 1。自然金颗粒大,常见明金,成色低,小于 850,多为晶隙金、裂隙金和包体金。明显不同于糜棱岩型矿石。

黄铁矿 $\delta^{34}S$ 值^[7]变化于+3‰~+11‰,表明成因与中酸性岩浆活动有关,这与前述该类黄铁矿 $\Delta S/\Delta F$ 图解结果一致。

关于两类矿体的关系,有 3 种不同观点:一种观点认为,矿化作用主要与糜棱岩化作用(2040 Ma)有关,而石英脉型矿石是韧性变形后由于抬升作用而产生的体积膨胀引起的张裂及伴随的成矿作用有关,因此两者是同一成矿作用过程不同阶段的产物。另一种观点认为成矿作用发生于燕山期,形成了石英脉型矿体,而糜棱岩型矿体是含金石英脉形成过程中,作为围岩的糜棱岩发生蚀变矿化作用所致,是以糜棱岩为基础的蚀变岩型金矿化;而梁一鸿等^[4]在控矿构造研究的基础上,提出“不同层次叠加构造控矿”的观点,认为:糜棱岩型矿体是韧性剪切变质变形作用过程中形成的(2040 Ma),受古元古代在地壳深部层次形成的韧性剪切带的控制;石英脉型矿体则与燕山期岩浆活动有关,受燕山期在北西—南东向区域挤压力作用下在地壳浅部层次形成的构造带中的张性断裂控制的。十八倾壕金矿是两个地质时期两次不同性质的成矿作用叠加所致,受两类不同性质不同层次形成的构造控制。

笔者就是试图根据矿石铅同位素组成进一步印证第三种成因观点。

3 矿石铅同位素组成

3.1 样品制备与测试

将手选高纯度黄铁矿粉碎成粒度小于 200 μm 的粉末,按 Koppel 和 Saager^[8]的方法制样。用 VG-54E 固体质谱仪在吉林大学岩矿测试中心测试,比值按 UBC 标准($^{206}Pb/^{204}Pb=16.00$; $^{207}Pb/^{204}Pb=15.39$; $^{208}Pb/^{204}Pb=35.66$),测定误差小于 0.05%。在所测定的黄铁矿中,石英脉型矿石黄铁矿的纯度为: $S+Fe=97.46\%$ ~ 99.30% ,杂质含量为 2.54%~0.70%;糜棱岩型矿石黄铁矿的纯度为: $S+Fe=96.30\%$ ~ 98.87% ,杂质含量为 3.70%~1.13%。尽管后者杂质含量略高,但两者均在允许值的范围。

3.2 Pb 同位素比值

在两类矿石中分别选出黄铁矿样品进行测试,结果示于表 1 中。从表 1 可以看出,糜棱岩型矿石以含低放射性成因铅为特点, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 变化于 16.63~17.45, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 变化于 15.31~15.48, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 变化于 34.52~38.64。石英脉型矿石则以含较高放射性成因铅为特点, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 变化于 18.23~19.47, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 变化于 15.69~15.89, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 变化于 38.94~40.13。

表 1 十八倾壕金矿矿石中黄铁矿铅同位素组成
Table 1 Ore lead isotopic composition of pyrite in ore of the Shibaqinghao gold deposit

矿石类型	样品编号	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$
糜	Pb-5MD	16.63	15.38	38.42
	Pb-8MX	17.36	15.48	38.85
棱	Pb-9MX	17.07	15.33	38.64
	Pb-MD	16.69	15.31	38.18
岩	Pb-11MD	17.45	15.34	38.04
	Pb-12MD	16.73	15.41	38.60
型	Pb-13QD	16.73	15.34	37.48
	Pb-14MD	16.77	15.38	36.52
石	Pb-1QX	18.94	15.69	39.18
	Pb-2QX	18.77	15.75	38.64
英	Pb-4QD	19.13	15.89	39.54
	Pb-6QD	19.33	15.75	38.94
脉	Pb-7QX	18.76	15.74	40.13
	Pb-13QD	18.23	15.83	39.00
型	Pb-15QD	18.97	15.73	39.21
	Pb-17Q	19.47	15.84	39.32

测试单位:吉林大学岩矿测试中心。

4 矿石铅同位素组成的构造学意义

4.1 矿石铅同位素组成的年代学意义

自从铀、钍放射性衰变引起铅同位素演化理论被广泛接受以来,人们一直试图探讨矿石铅同位素的地质年代学意义(即所谓粗铅法)。但是,由于初始参数值选择的不同以及对铅演化阶段判断的不正确等诸多因素的影响,计算结果往往与地质事实相差甚远甚至与地质实际相背。因此在理论上粗铅法是成立的,但应用起来确实比较困难。尽管如此,矿石铅同位素比值随着地质年代渐新而演化是不可否认的事实。表 2 是前苏联学者统计的内生金属矿床矿石铅同位素比值随时代变化的规律。尽管十八倾壕金矿两种类型矿石均不与其中任何一组数据完全一致,但是两者之间的巨大差别是显而易见的:石英脉型矿石之铅同位素比值与表 2 中阿尔卑斯期(25~180Ma)矿床的矿石铅同位素比值相近,而糜棱岩型矿石铅同位素比值应落在前寒武纪矿床矿石铅同位素比值(1400~2000Ma)范围。这么巨大的差距不可能是同一成矿作用不同成矿阶段的产物,而应是两次不同时期不同方式成矿作用所致。

4.2 铅同位素形成环境的演化模式

Zartman 和 Doe^[4] 在总结了大量铅同位素数据的基础上,划分出大陆、海洋和造山带环境。并以铅在地幔、上部地壳和下

表 2 不同时代矿床矿石铅同位素分布^[4]

Table 2 Ore lead isotope distribution for deposits occurring in different periods of time

构造运动	时间间隔 /Ma	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$		$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$		$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	
		(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
阿尔卑斯	25~180	18.22	18.45	15.57	15.64	38.22	38.37
海西	204~260	18.16	18.11	15.70	15.75	38.17	38.24
加里东	280~400	17.32	17.17	15.23	15.46	37.27	37.00
前寒武	600~1200	16.62	16.48	15.56	15.39	36.77	36.00
	1400~2000	15.28	15.36	15.18	15.25	34.69	34.77
	2000~3000	13.97	14.10	15.00	14.91	33.96	34.05

注:(1)维诺拉多夫资料;(2)图加林诺夫资料。

部地壳这 3 个储集层之间转移的理论为基础提出铅同位素演化的地球动力学模式,且用计算机模拟了地幔、造山带、参加造山带的上部地壳和参加造山带下部地壳的铅同位素演化曲线。将十八倾壕金矿两种类型矿石铅同位素投影到 Zartman 和 Doe^[4] 图上发现(图 2),糜棱岩型矿石数值集中于地幔铅演化曲线附近,暗示糜棱岩矿石铅的来源与幔源物质有关。考虑到糜棱岩原岩是绿岩带中幔源的铁镁质—超铁镁质火山岩这一事实,结合前述糜棱岩型矿体的地质、地球化学特征,可以判定该类矿体可能形成于同韧性变质变形作用过程。而石英脉型矿石数值集中于上部地壳铅演化曲线附近或其上部,并且与该处从钻孔中获取的燕山期花岗岩钾长石有相似的铅同位素比值。

4.3 与矿区及区域上矿床、岩石中铅同位素组成的比较

徐雁军^[4],就十八倾壕金矿区钻孔中燕山期花岗岩钾长

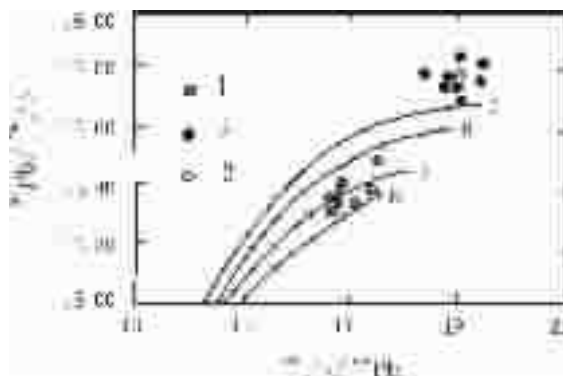


图 2 十八倾壕金矿铅演化图解

1—糜棱岩型矿石;2—石英脉型矿石;
3—钾长石(矿区钻孔之中生代花岗岩)

A—地幔;B—造山带;C—参加造山带的上部地壳;
D—参加造山带的下部地壳

Fig. 2 Ore lead evolution curves for the Shibaqinghao gold deposit

1—Mylonite ore;2—Quartz vein ore;3—K—feldspar from Mesozoic granite from a drill hole at a depth of about 200 m (Xiu, 1988)

A—D:Lead isotope evolution curves (after Zartman and Doe, 1981),
A—Mantle;B—Orogen;C—Upper crust contributed to the orogen;;

D—Lower crust contributed to the orogen

表 3 十八倾壕金矿区花岗岩及其中钾长石铅同位素数据^[11]

Table 3 Ore lead isotopic compositions of granite and feldspar in Shibaqinghao gold deposit

岩石	矿物	²⁰⁶ Pb/ ²⁰¹ Pb	²⁰⁷ Pb/ ²⁰¹ Pb	²⁰⁸ Pb/ ²⁰¹ Pb
花岗岩	全岩	21.59	15.93	41.53
花岗岩	长石	18.84	15.73	40.54

测试单位:吉林大学岩矿测试中心。

石铅同位素进行分析。结果表明(表 3,图 2),燕山期花岗岩钾长石的铅同位素比值与石英脉型矿石铅同位素比值十分相似。这不仅证明了石英脉型矿化与燕山期岩浆活动在时间上的一致性,也暗示了两者在成因上的联系。

4.4 与区域上其他类似金矿床比较

表 4 和图 3 是区域上主要金矿床矿石铅同位素比值及在铅结构图上的投影特征。其中,后石花金矿和东伙房金矿分别与十八倾壕金矿的糜棱岩型矿体和石英脉型矿体有相似的铅同位素组成。

后石花金矿位于内蒙古武川县纳令沟乡后石花村附近。矿床产于东西向大型韧性剪切带武川—固阳—大余太韧性剪切带中,是十八倾壕金矿控矿构造带的东延,形成时期等为 2040 Ma^[11,24,5]。该矿床以糜棱片岩型矿体为主,与十八倾壕金矿糜棱岩型矿化相似,其矿石铅同位素组成为 ²⁰⁶Pb/²⁰¹Pb=17.09, ²⁰⁷Pb/²⁰¹Pb=15.56; ²⁰⁸Pb/²⁰¹Pb=37.58, 与十八倾壕金矿糜棱岩型矿体铅同位素组成吻合。并且在铅同位素结构图上亦位于上地幔铅演化曲线附近。这表明,在韧性变形变质作用过程中,在武川—固阳—大余太韧性剪切带中不仅形成了十八倾壕金矿中的糜棱岩型矿体,同时也形成了如后石花金矿这样的独立的同韧性剪切带型金矿床。

东伙房金矿亦位于纳令沟乡。产于上述近东西向构造

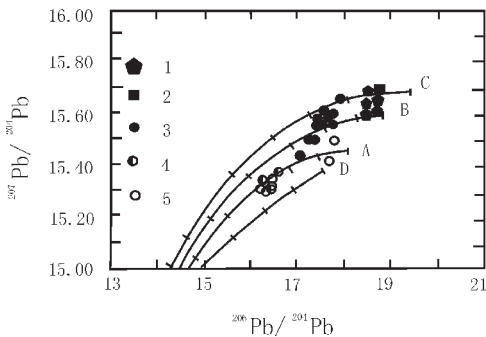


图 3 区域上部分金矿床矿石铅演化图解

- 1—白乃庙金矿; 2—东伙房金矿; 3—乌拉山金矿;
- 4—后石花金矿; 5—赛乌苏金矿
- A—地幔; B—造山带; C—参加造山带的上部地壳;
- D—参加造山带的下部地壳

Fig. 3 Ore lead evolution curves for some gold deposits in the area 1—Bainaimiao gold ore deposit; 2—Donghuofang gold ore deposit; 3—Wulashan gold ore deposit; 4— Houshihua gold ore deposit; 5—Saiwusu gold ore deposit; A—Mantle; B—Orogene; C—Upper crust contributed to the orogen; D—Lower crust contributed to the orogen

表 4 区域上部分金矿床铅同位素数据

Table 4 Lead isotope data for some gold deposits in the area

矿床	矿物	²⁰⁶ Pb/ ²⁰¹ Pb	²⁰⁷ Pb/ ²⁰¹ Pb	²⁰⁸ Pb/ ²⁰¹ Pb	资料来源
乌拉山	方铅矿	17.80	15.61	38.14	[11]
	方铅矿	17.73	15.64	38.20	
	方铅矿	17.65	15.62	37.88	
	方铅矿	17.40	15.55	37.92	
	方铅矿	17.82	15.64	38.34	
	方铅矿	17.68	15.60	38.31	
	方铅矿	17.72	15.59	37.92	
	方铅矿	17.80	15.60	37.92	
	黄铁矿	18.09	15.68	38.27	
赛乌苏	方铅矿	16.67	15.40	37.15	[11]
	方铅矿	17.78	15.53	37.45	
	方铅矿	16.55	15.37	37.03	
	方铅矿	17.76	15.48	37.46	
	方铅矿	16.49	15.35	37.06	
	方铅矿	16.49	15.35	37.93	
	方铅矿	16.48	15.36	36.94	
	方铅矿	16.50	15.34	36.93	
	黄铁矿	18.80	15.68	39.06	
白乃庙	黄铁矿	18.59	15.70	38.66	[13]
	黄铁矿	18.88	15.63	38.77	
	黄铁矿	18.78	15.63	38.98	
	银金矿	18.70	15.78	38.91	
后石花	黄铁矿	17.09	15.56	37.58	[11]
东伙房	方铅矿	18.93	16.01	39.73	[11]

带附近一条与之平行的脆性断裂带中。矿床地质特征及控矿构造型式^[9]均与十八倾壕金矿的石英脉型矿化相似。其铅同位素组成为: ²⁰⁶Pb/²⁰¹Pb=18.93, ²⁰⁷Pb/²⁰¹Pb=16.01, ²⁰⁸Pb/²⁰¹Pb=39.73。亦与十八倾壕金矿的石英脉型矿石铅同位素组成一致。表明在十八倾壕金矿石英脉型矿化同时,区域上亦有同类型的独立的金矿床形成。

5 结 论

1) 十八倾壕金矿有两种类型矿体:糜棱岩型矿体和石英脉型矿体。前者是以含黄铁矿和少量其他金属硫化物及自然金的糜棱岩为矿石;后者是含金石英脉。

2) 糜棱岩型矿石铅同位素组成以放射性成因铅含量低为特点,反映形成时代较早的(2040 Ma)来源于围岩的幔源铅特点;石英脉型矿石铅同位素组成以高放射性成因铅为代表,反映与燕山期中酸性岩浆活动有关。

3) 两种类型矿体分别可以与区域上后石花金矿和东伙房金矿相对应。说明十八倾壕金矿是两次不同性质成矿作用叠加所致。这从铅同位素组成上印证了笔者^[4,5]从控矿构造研究得出的结论。

参考文献 (References):

[1] 李树勋,刘喜山,张履桥. 内蒙古色尔腾山地区花岗岩—绿岩的地

- 质特征[J]. 长春地质学院学报, 1987, 17(变质地质学专辑): 81~102.
- Li Shuxun, Liu Xishan, Zhang Lüqiao. Geological characteristics of granite-greenstone belt in Serteng Mountains, Inner Mongolia [J]. Jour. Changchun Univ. Earth Sci, 1987, 17 (Collection of Metamorphic geology): 81~103 (in Chinese with English abstract).
- [2] 孙德育, 李树勋, 张履桥. 内蒙固阳西花岗岩—绿岩地体韧性剪切带特征[J]. 世界地质, 1987, 6(构造地质专集): 119~126.
- Sun Deyu, Li Shuxun, Zhang Lüqiao. Characteristics of ductile shear zone of granite-greenstone belt in the west of Guyang county, Inner Mongolia [J]. World Geology, 1987, 6 (Collection of Tectonic Geology): 119~126 (in Chinese with English abstract).
- [3] 孙德育, 李树勋, 张履桥. 内蒙武川—固阳—大余太韧性剪切带与金矿[J]. 长春地质学院学报, 1990, 20(4): 399~406.
- Sun Deyu, Li Shuxun, Zhang Lüqiao. A study on the relation between the ductile shear zone and gold deposits in Wuchuan—Guyang—Dashetai, Inner Mongolia [J]. Jour. Changchun Univ. Earth Sci, 1990, 20 (4): 399~406 (in Chinese with English abstract).
- [4] 梁一鸿, 孙德育. 不同层次叠加构造的控矿作用[J]. 长春地质学院学报, 1989, 19(3): 259~269.
- Liang Yihong, Sun Deyu. On ore-controlling process of repeated structures formed in different tectonic levels [J]. Jour. Changchun Univ. Earth Sci, 1989, 19 (3): 259~269 (in Chinese with English abstract).
- [5] 梁一鸿, 孙德育, 张业明. 内蒙古中部地区金矿床控矿构造类型[J]. 黄金, 1993, 14(2): 5~9.
- Liang Yihong, Sun Deyu, Zhang Yeming. The types of ore-controlling structures of gold deposits in Central Inner Mongolia [J]. Jour. Gold, 1993, 14 (2): 5~9 (in Chinese with English abstract).
- [6] Liang Y H. The multiple mineralization of Shibaqinghao gold deposit in Central Inner Mongolia, China, Ph. D thesis, Doctoral Program in Environmental Science Graduate School of Science and Technology, Niigata University, 1998, 51~61.
- [7] Zhang H Y, Liu X. Sulphur isotope compositions of Shibaqinghao gold deposit in central Inner Mongolia, China [J]. Jour. Geosci. Res. NE Asia, 2001, 4 (1): 90~96.
- [8] Koppel V H, Saager R. Lead isotope evidence on the detrital origin of Witwatersrand pyrites and its bearing on the provenance of the Witwatersrand gold [J]. Econ. Geol., 1974, 69: 318~331.
- [9] 宜昌地质矿产研究所同位素地质研究室. 铅同位素地质研究的基本问题[M]. 北京: 地质出版社, 1979. 122~124.
- Isotope section of Yichang Geological Institute. Some Basic Problems on Pb Isotope Geology [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1979. 122~124 (in Chinese with English abstract).
- [10] Zartman R E, Doe B R. Plumbotectonics—the model [J]. Tectonics, 1981, 75: 135~162.
- [11] 徐雁军, 林尔为. 内蒙古包头—白云鄂博地区金矿床稳定同位素研究[J]. 长春地质学院学报, 1991, 21(2): 183~190.
- Xiu Yanjun, Lin Erwei. A study for isotopes of gold ore deposit in Baotou—Baiyunebe, Inner Mongolia [J]. Changchun Univ. Earth Sci, 1991, 21 (2): 183~190 (in Chinese with English abstract).
- [12] 刘喜山, 李树勋, 张履桥. 内蒙古东五分子地区韧性剪切变质作用特征[J]. 岩石矿物学杂志, 1987, 6(4): 306~315.
- Liu Xishan, Li Shuxun, Zhang Lüqiao. On ductile shear metamorphism in Dongwufenzi area, Inner Mongolia [J]. Jour. Petrol Mineral, 1987, 6 (4): 306~315 (in Chinese with English abstract).
- [13] 孟良义, 李德伦, 鲁守柱. 白乃庙金矿床的成矿作用[J]. 长春地质学院学报, 1992, 22 (白乃庙地质专辑): 111~118.
- Meng Liangyi, Li Delun and Lu Shuzhu. Mineralization of Bainaimiao Gold Deposit [J]. Jour. Changchun Univ. Earth Sci, 1992, 22 (A Collection of Bainaimiao Geology): 111~118 (in Chinese with English abstract).

Structural significance of the lead isotopic composition of the Shibaqinghao gold deposit, Central Inner Mongolia

LIANG Yi-hong

(College of Earth Science, Jilin University, Changchun 130026, Jilin, China)

Abstract: There are two types of gold orebody in the Shibaqinghao gold deposit: mylonite ore and quartz vein ore. The Pb isotopic composition for mylonite ore is characterized by lower Pb isotope ratios, with $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}=16.63$ to 17.45 , $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}=15.31$ to 15.48 and $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}=36.52$ to 38.85 , and its lead dynamic evolution curve is very close to the model curve of the mantle lead evolution and consistent with the lead isotopic composition of the typical ductile shear zone gold deposit—the Houshihua gold deposit in the area. These suggest that gold in the mylonite ore might be derived from country rocks, and that the ore is the product of late Paleoproterozoic (2040 Ma) ductile shear metamorphism—deformation. The Pb isotopic composition of quartz vein ore is characterized by higher Pb isotope ratios, with $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}=18.23$ to 19.74 , $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}=15.69$ to 15.89 and $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}=38.64$ to 40.13 , and its lead dynamic evolution curve is very close to the model curve of the upper crust lead evolution and consistent with the lead isotopic composition of the typical Yangshanian magmatic—hydrothermal gold deposit—the Donghuofang gold deposit in the area, suggesting that it is magmatic—hydrothermal gold mineralization. The Donghuofang gold deposit resulted from overlapping of two mineralizations of different natures. This supports the view proposed by the author that the deposit was controlled by overlapping structure.

Key words: gold deposit; lead isotopic composition; mylonite-type ore; quartz vein-type ore; overlapping structure