

桂西北世加金矿稀土元素特征及其成矿指示意义^①

刘远栋, 庞保成, 付伟, 吴荣华, 张敏, 秦娟

(桂林理工大学 地球科学学院, 广西 桂林 541004)

摘要:世加金矿位于龙川穹窿内, 区内有大量辉绿岩出露, 多呈环带状、不规则状沿背斜出露。金矿体主要产于辉绿岩岩体内部的断裂破碎带以及与C₁y地层的断裂接触带中。矿床成矿期石英脉、蚀变辉绿岩矿石、C₁y地层硅质岩以及新鲜辉绿岩样品的稀土元素特征表明, 矿床成矿流体来自于深部, 形成于辉绿岩成岩后期, 与区内印支—燕山期的酸性岩浆活动有关; 区内的热水沉积岩为主要的矿源岩。来自深部的成矿流体使矿源岩中的成矿物质活化转移, 在物化条件有利部位沉淀成矿。辉绿岩在成矿过程中起的作用主要是它的侵入为成矿作用提供导矿和容矿构造, 另一方面它也提供少量的成矿物质。

关键词:辉绿岩型金矿, 稀土元素特征, 成矿物质来源, 成矿流体来源, 桂西北地区

中图分类号:P611 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-5663(2011)04-0317-07

辉绿岩型金矿^[1]是微细浸染型金矿的一个亚类, 其产出特征与辉绿岩(玄武岩)关系密切, 矿体赋存于辉绿岩与围岩的断裂接触带, 有的直接产于辉绿岩体内, 辉绿岩本身即为矿石。对于该类型金矿的矿床成因类型及成矿物质和成矿流体来源的研究, 主要有以下几种观点:

(1)改造型金矿, 热水沉积—基性岩浆改造型金矿, 其成矿物质来源于赋矿地层^[2];

(2)蚀变岩型金矿, 其形成大致经历了辉绿岩体的成岩—构造叠加改造—热液蚀变、元素富集的成矿作用过程, 金成矿物质主要来源于深部, 少部分来源于地壳。成矿流体为以岩浆水为主, 混有少量变质水和大气降水的混合热液^[3];

(3)典型的浅成低温热液矿床, 而非岩浆热液矿床, 成矿物质来源于C₁y地层及辉绿岩^[4]。

总的来说辉绿岩型金矿的研究程度还不深。目前在桂西北地区已发现的此类型金矿床(点)有世加、龙川、八渡、菜家湾、者隘等近10处。桂西北地区基性侵入岩主要沿右江断裂两侧断续展布, 长达200km。包括西林—隆林、阳纤—八渡、巴马—义圩

等三个岩群, 约100余个岩体, 总面积近400km²。岩石以辉绿岩、辉长辉绿岩为主, 个别为橄榄辉绿岩。因此加强对该类型金矿地质特征、控矿条件的研究, 正确认识其矿床成因机制不仅有利于桂西北地区金矿成矿规律的研究, 而且可为找矿勘探提供重要线索。

世加金矿位于百色市龙川镇境内, 区内有大量辉绿岩出露, 是一个较典型的辉绿岩型金矿^[4]。本文在野外工作基础上, 结合矿床稀土元素特征, 简要分析世加金矿成矿物质来源和成矿流体来源, 及其对矿床成矿的指示意义。

1 区域地质背景

世加金矿位于右江断裂带北东侧的龙川穹窿。该区在早三叠世以前一直处于较浅海的水下环境, 地壳运动以拉张作用为主, 伴随有轻微的升降作用, 因此出现了多次的沉积间断和地层之间的平行不整合。中三叠统末期, 印支运动使本区海盆上升为陆地, 结束了长期以拉张应力作用为主的构造历史, 开始了以

① 收稿日期: 2010-10-17 作者简介: 刘远栋(1986—), 男, 浙江东阳人, 硕士研究生, 研究方向: 矿床地球化学。
基金项目: 广西研究生教育创新计划资助项目, 编号: 002504209011; 广西重点实验室主任基金(桂科能 07109011—Z006)。

板块碰撞的水平挤压作用为特点的新历程。构造作用引起了深部岩浆的活动,使有大量的上地幔基性岩侵入于区域地层中。

该区总体表现为一旋卷构造,褶皱形态为一穹窿,因受 NE—SW 向的挤压力不一致,加上纬向构造的干扰,平面上为北宽南窄呈 NNW 向的锥形,但主

要的断裂、裂隙展现为一莲花状构造。旋回层中的岩块为基性岩和石炭系、二叠系灰岩、硅质岩(图 1)。

区内出露的岩浆岩主要为海西期基性岩。基性岩的产出受构造控制明显,多呈环带状、不规则状沿背斜出露,一般与地质构造线方向一致。围岩主要为上古生界,个别地方为下三叠统(图 1)。

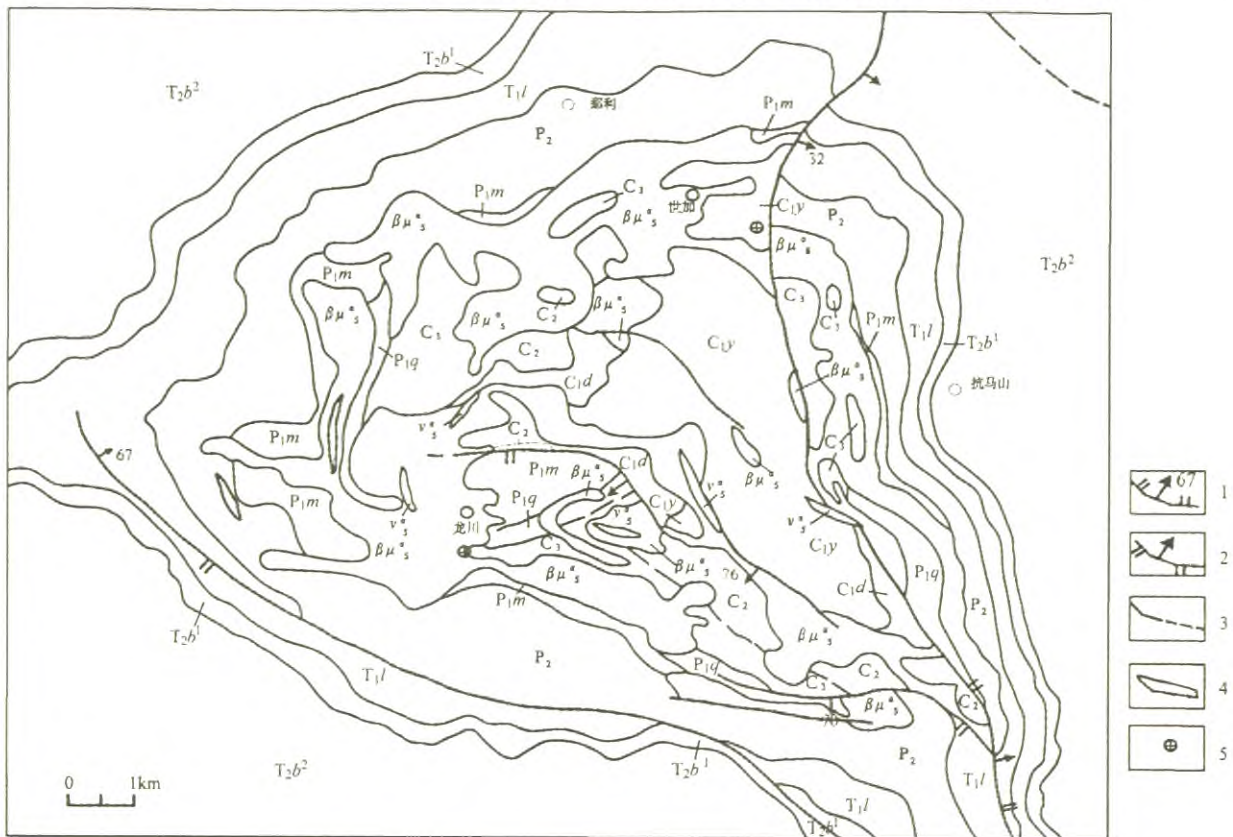


图 1 世加金矿区域地质简图

Fig. 1 Regional geologic map of the Shijia gold deposit

C_{1y}—下石炭统岩关阶 C_{1d}—下石炭统大塘组 C₃—上石炭统 P_{1q}—下二叠统栖霞组 P_{1m}—下二叠统茅口组 P₂—上二叠统 T_{1l}—下三叠统逆坡组 T_{2b1}—中三叠统板纳组下段 T_{2b2}—中三叠统板纳组中段 βμ_s—海西期辉绿岩 v_s—辉长辉绿岩 1—正断层及断层面产状 2—逆断层 3—推测性质不明断层 4—石英脉 5—金矿床(点)。

基性岩主要为辉绿岩,辉绿岩一般沿断层或顺层侵入。通常与围岩的界限较清晰,为急变接触,接触面较平整,其倾角取决于断裂与岩石产状,从近水平至直立。此外,也多见斜切围岩,接触面呈微波伏。

2 矿床地质特征

矿区内出露的地层主要有下石炭统岩关阶(C_{1y})硅质岩夹硅质泥岩,下石炭统大塘阶(C_{1d})燧石灰岩。矿区内有大量辉绿岩出露,主要呈小的岩株产出,辉绿岩为暗绿色,其中可见少量磁铁矿、黄铁矿等

金属矿物,但颗粒很细,一般小于 0.5mm^[3]。矿区断裂发育。辉绿岩岩体与地层主要为侵入接触,但也有些为断层接触,尤其是矿体产出部位或矿化带,这些断层破碎带往往规模小,延伸仅几米至数十米。目前发现的矿体或矿化点有 12 处(图 2)。

矿体基本都产于辉绿岩与下石炭统岩关阶(C_{1y})硅质岩的内外接触蚀变带。而且从发现的矿体看,只有辉绿岩与 C_{1y} 地层呈断层接触才有矿化,矿体充填于断裂带及断裂两边蚀变带内中。

矿床围岩蚀变主要有硅化、黄铁矿化、毒砂化、褐铁矿化等。

硅化：矿区内硅化较普遍，局部较强，断裂带附近出现石英脉。其中硅化作用可以分为两期：第一期为主成矿期，硅化作用强烈，形成不规则的他形细粒状石英，往往与细粒黄铁矿共生，该类硅化岩中 $w(\text{Au})$ 为 $3 \times 10^{-6} \sim 5 \times 10^{-6}$ ；第二期形成的石英表面洁净，颗粒粗大，半自形—他形粒状，呈较规则的脉状产出，石英脉长达数十米，宽达 1m，有时穿截于 C_{1y} 地层与辉绿岩之中，但该类石英脉含 Au 品位较低，仅 $0.05 \times 10^{-6} \sim 0.1 \times 10^{-6}$ 。

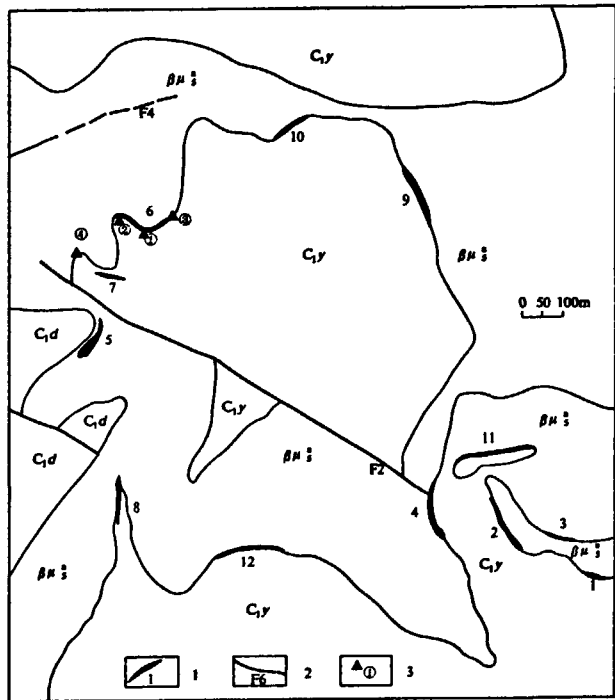


图 2 世加金矿地质简图

Fig. 2 Geological sketch of the Shijia gold deposit
 C_{1y} —下石炭统岩关阶 C_{1d} —下石炭统大塘组 βH —印支期辉绿岩 ①—成矿期石英脉 ②—蚀变辉绿岩矿石 ③—硅质岩 ④—辉绿岩 1—金矿体及编号 2—断层、推测断层及断层编号 3—采样位置

黄铁矿化：黄铁矿呈星点状、浸染状产出。按黄铁矿颗粒大小，分为两类：一类为形成于成矿早期的粗粒黄铁矿，粒度 1~4mm，主要呈五角十二面体，少数为正方体，自形程度高。另一类为细粒半自形或他形黄铁矿，粒度小于 1mm，主要为五角十二面体，偶见正方体。在显微镜下可以看到该类型黄铁矿呈团块状或细脉状。据单矿物微量元素分析表明，该类型黄铁矿中 $w(\text{Au})$ 达 $8 \times 10^{-6} \sim 52 \times 10^{-6}$ 。

毒砂化：往往与黄铁矿相伴呈星点状产出，近地表已大部分褐铁矿化。在显微镜下观察毒砂主要呈针状、短柱状、星点状，断面为菱形。

褐铁矿化：矿区断裂带及辉绿岩与 C_{1y} 地层接触带附近的地表，以较多细小石英脉或网脉存在的地段较发育，部分还保留有黄铁矿或毒砂的晶形。

矿石构造主要为浸染状构造，表现为矿石中黄铁矿、毒砂呈星点状、浸染状分布。

3 矿床稀土元素特征

3.1 样品采集与分析

本次研究采集了矿区内具代表性地质体的样品，包括石英脉，蚀变辉绿岩矿石， C_{1y} 地层硅质岩，辉绿岩，样品主要采自 6 号矿体的开采面及其附近，采样位置如图 2 所示，样品描述见表 1。

样品由桂林矿产地质研究院分析测试中心采用 GB/T17417.1—1998 的方法分析测试其稀土元素组成。其方法提要为：样品经过氧化钠熔融后，用水提取，稀土元素形成氢氧化物沉淀，加三乙醇胺掩蔽铁、铝，加 EGTA 络合钙、钡，过滤。稀土元素氢氧化物沉淀溶于 2mol/L 盐酸，经强酸性阳离子交换树脂分离富集后，再用 3.5mol/L 盐酸洗涤。蒸发定容后，用电感耦合等离子体原子发射光谱快速测定 15 个稀土氧化物含量。

表 1 样品采样位置及描述

Tab. 1 Sampling location and description

样品名称	采样位置	样品描述
石英脉	6 号矿体内部	样品为第一期硅化作用形成的石英
蚀变辉绿岩矿石	6 号矿体内部	岩石次生变化强烈：基性斜长石去钙化变为钠长石；普通辉石常变为绿泥石、阳起石；普通角闪石变为黑云母、绿泥石等
硅质岩	C_{1y} 地层	为层状硅质岩，纹层状构造，
辉绿岩	矿体外围与 C_{1y} 地层的接触带附近	岩石较新鲜，主要由辉石和基性长石组成。常为嵌晶含长结构，局部见杏仁构造

3.2 稀土元素数据分析

尽管各稀土元素的行为相近,但它们在原子结构、晶体化学和化学性质上仍存在某些差异,从而使它们在一定的地质作用过程中势必发生分馏。不同的条件导致其分馏和配分模式特征不同,其曲线位置的高低(稀土元素总量)、倾斜程度(轻重稀土元素比值)、铈异常(δCe)和铕异常(δEu)以及曲线总体形态的相互对比是进行成因和物源分析的重要指标。

各样品的稀土元素组成数据见表2,稀土元素配分模式见图3,样品标准化采用 Boynton(1984)球粒陨石标准。为了便于分析,笔者还收集了高龙金矿的硅质岩^[5]和峨眉山玄武岩^[6]的稀土元素数据。

根据表2数据,各样品稀土特征叙述如下:

石英脉 ΣREE 为94.77, δCe 和 δEu 分别为0.97和0.96,均未见明显的异常。LREE/HREE 比值为7.78, $N_{\text{La/Yb}}$ 为8.01,轻重稀土分馏明显,稀土配分曲线为右倾型。 $N_{\text{La/Sm}}$ 为3.00,轻稀土内部具弱分馏。重稀土相对比较平坦, $N_{\text{Gd/Yb}}$ 为1.9。

由于不同矿石的稀土元素特征受原岩成分的控制^[7],因此蚀变辉绿岩与辉绿岩原岩在稀土组成上相似。其 ΣREE 为239.58, δCe 为0.98,无明显异常, δEu 为0.89,未见明显异常现象。其LREE/HREE 值为20.07, $N_{\text{La/Yb}}$ 为25.03,轻重稀土发生明显分馏,

富集轻稀土,重稀土亏损。其中 $N_{\text{La/Sm}}$ 为3.92, $N_{\text{Gd/Yb}}$ 为3.25,说明轻稀土和重稀土内部分别都有分馏现象。在稀土配分曲线图上表现为相对较陡的右倾型曲线。与辉绿岩及峨眉山玄武岩相比,矿石中重稀土明显亏损,重稀土含量介于辉绿岩和硅质岩之间,与成矿期石英脉相当。

$\text{C}_{1\text{y}}$ 地层的硅质岩 ΣREE 值为25.35,经过球粒陨石标准化后具有明显的Ce负异常和Eu负异常,其 δCe 、 δEu 值分别为0.58、0.5;其中LREE/HREE 值为3.97, $N_{\text{La/Yb}}$ 为5.49,表明轻重稀土分异程度较低,在稀土配分曲线图解中表现为一较平缓的弱右倾曲线,有明显的Ce和Eu异常低谷; $N_{\text{La/Sm}}$ 为2.84, $N_{\text{Gd/Yb}}$ 为1.66。与区域上高龙金矿的硅质岩稀土组成相比,本矿区硅质岩稀土总量较高,特别是重稀土较富集,这可能是由于样品采自接触带附近,由于成矿后期成矿流体的叠加作用,是硅质岩的稀土总量有所增加。区域上有关硅质岩的成因,已有较多研究^[8~10],认为其形成主要与热水沉积作用有关。热水沉积岩主要有稀土总量低,具有明显的Ce负异常的特征,稀土配分曲线弱右倾等特征^[5,11]。从表2可知,本区硅质岩稀土总量25.35,具有明显的Ce负异常,其配分曲线为平缓的右倾型,与热水沉积硅质岩有相似的特征。即本区硅质岩也是热水沉积作用形成的。

表2 世加金矿稀土元素含量及特征值
Tab. 2 REE composition and feature from the Shijia gold deposit ($w_{(B)}/10^{-6}$)

样品名称	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho
石英脉	17	37.1	4.92	20.3	3.56	1.1	3.38	0.53	2.93	0.55
蚀变辉绿岩矿石	45.3	103	13.7	57.1	7.27	1.84	4.92	0.51	2.41	0.47
硅质岩	5.46	6.63	1.29	5.45	1.21	0.21	1.38	0.23	1.43	0.3
世加辉绿岩	34.3	78.5	11.2	52.3	10.7	3.18	10	1.51	8.08	1.42
八渡辉绿岩	22.99	92.98	3.80	19.00	5.29	2.10	6.36	1.08	5.93	1.25
高龙金矿硅质岩	2.39	3.1	0.446	1.404	0.302	0.076	0.306	0.046	0.198	0.042
峨眉山玄武岩	77.1	142.2	19.4	79.5	14.03	3.41	10.09	1.75	8.65	1.44
样品名称	Er	Tm	Yb	Lu	ΣREE	δCe	δEu	$N_{\text{La/Sm}}$	$N_{\text{La/Yb}}$	Eu/Sm
石英脉	1.55	0.22	1.43	0.2	94.77	0.97	0.96	3.00	8.01	0.31
蚀变辉绿岩矿石	1.46	0.2	1.22	0.18	239.58	0.99	0.89	3.92	25.03	0.25
硅质岩	0.88	0.11	0.67	0.1	25.35	0.58	0.5	2.84	5.49	0.17
世加辉绿岩	3.95	0.49	3.05	0.45	219.13	0.96	0.93	2.02	7.58	0.30
八渡辉绿岩	3.42	0.52	3.70	0.59	169.01	2.19	1.11	2.73	4.19	0.40
高龙金矿硅质岩	0.106	0.016	0.09	0.014	8.536	0.68	0.76	4.98	17.90	0.25
峨眉山玄武岩	3.76	0.55	3.38	0.53	365.79	0.86	0.84	3.46	15.34	0.24

注:样品由桂林矿产地质研究院分析测试中心测试;高龙金矿硅质岩为陈大经(2003)5个样品平均值,峨眉山玄武岩为陈杭新(2003)26个样品平均值。

世加辉绿岩 Σ REE 分别为 219.13, 无明显的 Ce 和 Eu 异常, δ Ce 和 δ Eu 分别为 0.96 和 0.93。LREE/HREE 比值为 6.57, $N_{La/Yb}$ 为 7.58, 轻重稀土分馏明显, 稀土配分曲线为右倾的曲线。 $N_{La/Sm}$ 为 2.02, $N_{Gd/Yb}$ 为 2.65, 轻、重稀土内部具弱分馏。与峨眉山玄武岩相比, 其稀土元素总量减少, 主要是轻稀土较亏损, 但是总体上两者的稀土配分曲线非常相似, 推测辉绿岩的产出可能与峨眉山玄武岩活动有关。

从围岩到矿石, LREE/HREE 值增大, $N_{La/Yb}$ 值也相应增大, 这说明在成矿过程或热液蚀变过程中轻重稀土发生了分馏, 轻稀土富集, 重稀土亏损。研究表明^[12], 在热液蚀变过程中形成的蚀变矿石的稀土

模式受流体/岩石比值、蚀变程度和所形成的次生矿物类型的控制。当蚀变强度低和次生矿物种类较少时, 即流伽岩石比值较低时, 产生与新鲜岩石近于平行的稀土模式; 当流体/岩石比值高或蚀变矿物与原岩成分差别较大时, 产生与相应新鲜岩石“不协调”的稀土模式。不难看出, 世加金矿的蚀变矿石与围岩的稀土模式很不协调, 这就意味着在热液蚀变或成矿过程中, 具有相对较高的流体/岩石比值。由于轻稀土的水解能力比重稀土强, 容易生成水解产物, 和重稀土相比相对迁移能力较弱^[13], 因此在相对较高的流体/岩石比值情况下, 重稀土易被淋失而轻稀土则易被淀积, 从而发生分馏作用。

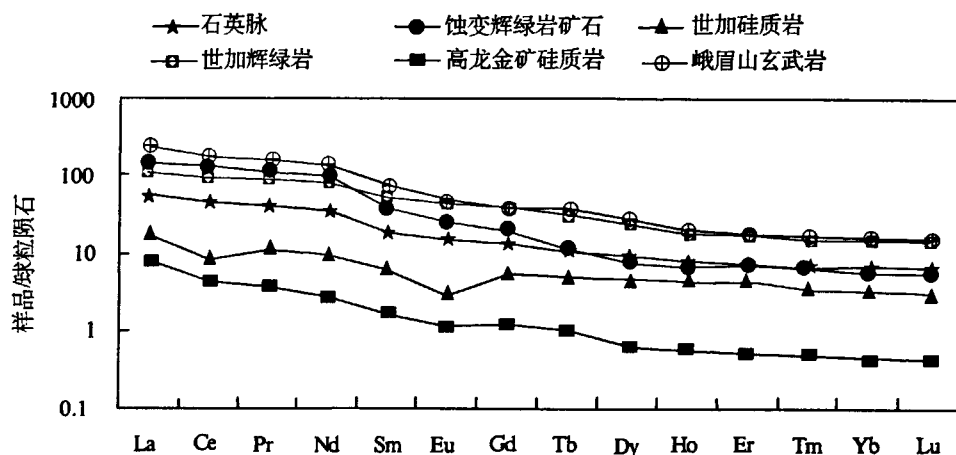


图 3 世加金矿 REE 球粒陨石标准化的配分模式图

Fig. 3 Chondrite-normalized REE distribution patterns of the Shijia gold deposit

4 讨论

4.1 成矿流体来源

研究表明石英属架状结构矿物, 硅与同处于周期表中第六周期第 III 副族的各稀土元素无任何亲和性, 稀土元素不可能以类质同像混入物形式进入石英晶格中^[14]。所以, 石英中的稀土元素应主要赋存于其中的流体包裹体内^[15~16]。因此, 石英脉中的稀土模式可以近似反映石英沉淀时成矿流体的稀土模式特征。通过对比石英脉与辉绿岩的稀土组成特征, 我们不难发现, 它们的稀土组成非常相似。首先石英脉的 Eu/Sm 值为 0.309, 辉绿岩的 Eu/Sm 值为 0.297, 两者非常接近, 且都远大于硅质岩的 Eu/Sm 值 (为 0.174)。石英脉和辉绿岩的其他特征值都比较接近, 而与硅质岩有明显的区别, LREE/HREE 值分别为 7.78 和 6.57, 远大于硅质岩的 3.97; 石英脉和辉绿

岩都无明显的 Ce 异常和 Eu 异常, 明显区别于硅质岩; 另外石英脉和辉绿岩的稀土配分曲线也非常相似, 近乎平行。这就为成矿流体的深部来源提供了有利的证据。据氡同位素研究资料也表明^[17], 世加金矿的成矿热液与深部岩浆水有关。

矿体产于辉绿岩与地层的断裂接触带中, 而且辉绿岩遭受了不同程度的蚀变, 因此可以判断出成矿作用发生在辉绿岩成岩晚期或成岩以后, 成矿流体也应是晚于辉绿岩形成的。在野外地质调查过程中, 我们发现在世家金矿东南方向约 20km 的所略料屯金矿区内有石英斑岩沿断裂侵入, 石英斑岩和金矿在空间上甚至成因上都有密切的联系, 据地球物理研究证实, 在滇黔桂三角区的地壳深部隐伏有大规模的相应侵入岩体, 并有相应的隐伏深断裂存在^[18]。据年代学资料, 世加辉绿岩的全岩 K—Ar 法年龄约 140Ma, 巴马一代的石英斑岩的 K—Ar 法年龄约 90Ma, 主要

发生在燕山期,本区的微细浸染型金矿的成矿年龄为140~75Ma^[19]。因此推测石英脉是在辉绿岩形成晚期或形成后,较酸性的深源富硅流体沿断裂上升形成的,这种深源流体与燕山期的酸性岩浆活动有关。

4.2 成矿物质来源

含矿热液的稀土元素组成,取决于溶液与其所通过之岩石的相互作用和源区的稀土元素组成。能产生与矿带中岩石及矿物相一致的稀土元素组成和铷同位素组成的岩石,就可能作为最有价值的溶液通道和金属来源的源岩。从图3可以看出,世加金矿的蚀变辉绿岩矿石的稀土元素配分曲线明显区别于围岩,其轻、重稀土有明显的分异。但是上面已分析,轻重稀土的分异是由于重稀土较轻稀土容易流失而造成的,而流失的重稀土很有可能随成矿流体最后叠加在硅质岩中,造成硅质岩富集重稀土元素。可以判断蚀变辉绿岩矿石中的稀土元素组成具有中和来源,是围岩(辉绿岩和硅质岩)对成矿流体协调后,沉淀形成的。而且从4件样品的稀土配分曲线都表现为右倾型,蚀变辉绿岩矿石的稀土配分曲线大致介于辉绿岩与硅质岩之间(只是蚀变辉绿岩矿石的轻稀土较富集,可能是蚀变过程中生成了富集轻稀土的次生矿物的结果)等特征,表明成矿物质可能具有混合来源,来自于辉绿岩和硅质岩,以及由深源流体携带上来的深部成矿物质。

根据微量元素资料,围岩C₁y地层的硅质岩和粉砂岩 $w(\text{Au})$ 分别为 7.5×10^{-9} 和 6.4×10^{-9} ,分别是地壳克拉克值($w(\text{Au})$ 为 2.19×10^{-9})的3.4倍和2.9倍,C₁d地层则相对较低,与克拉克值相当。因此围岩地层具有作为金矿床矿源岩的能力。而矿体外围的辉绿岩的 $w(\text{Au})$ 为 $3 \times 10^{-9} \sim 4.2 \times 10^{-9}$ ^[3-4],比克拉克值高,与世界基性岩的金丰度平均值 4×10^{-9} 相当,因此辉绿岩即使为成矿提供了成矿物质,它的贡献也是相当有限的,辉绿岩主要还是作为容矿围岩,而不是矿源岩。在桂西北地区,许多含金的基性岩体(群)侵位的地质背景均有一个共同的特征,即侵入的地层大多夹有一至数层热水沉积岩,岩石组合以薄层硅质岩、硅质泥岩、粉砂岩、碳质泥岩等为主,如八渡金矿,赋矿主岩为泥质粉砂岩、泥岩,龙川金矿围岩主要为碳酸盐和硅质岩。而且据有关资料^[1],桂西甚至桂东大瑶山地区,热水沉积岩的含金量普遍较高。

据此,认为世加金矿的成矿物质主要来源于热水

沉积岩。在泥盆纪,由于地幔上隆,地壳拉伸裂陷,深部热活动,大量幔源物质侵入和喷发,带来较多成矿元素,这些成矿元素随着热水沉积作用被沉淀或吸附在热水沉积岩中,形成矿源层。辉绿岩的侵入,形成了大量的接触破碎带,加上隐伏的深大断裂,为后期的酸性岩浆流体上升提供了通道,在高温的成矿流体作用下,矿源层中的成矿元素发生活化转移,在辉绿岩与围岩的接触破碎带及岩体内部的断裂破碎带这些物化条件有利的部位沉淀成矿。

辉绿岩在成矿过程中的作用主要有两方面:一方面由于它的侵入可能形成了侵入接触外的断裂带,为后期深部成矿流体的上侵提供了通道,既为矿体的形成提供了导矿断裂与储矿构造;另一方面成矿热液在上升过程中也萃取了辉绿岩中的部分成矿物质,因而辉绿岩可提供部分成矿物质来源,但是贡献不会很大。

5 结论

通过以上对世加金矿的地质特征、稀土元素特征的研究可以得出以下几点结论:

(1)矿区位于龙川穹窿内,断裂构造发育。矿体基本都产于辉绿岩与石炭系岩关阶(C₁y)硅质岩的内外接触蚀变带。而且从发现的矿体看,只有辉绿岩与C₁y地层呈断层接触才有矿化,矿体充填于断裂带及断裂两边蚀变带中。

(2)从围岩到矿石,LREE/HREE值增大,N_L/n_H值也相应增大,这说明在成矿过程或热液蚀变过程中轻重稀土发生了分馏,轻稀土富集,重稀土亏损。本区C₁y地层的硅质岩稀土总量25.35,具有明显的Ce负异常,其配分曲线为平缓的右倾型,与热水沉积硅质岩有相似的特征,表明本区硅质岩是热水沉积作用形成的。世加辉绿岩与峨眉山玄武岩相比,两者的稀土配分曲线非常相似,推测辉绿岩的产出可能与峨眉山玄武岩活动有关。

(3)从石英脉的稀土特征分析,成矿流体主要来源于深部,是与酸性岩浆有关深源流体。矿区蚀变辉绿岩矿石、成矿期石英脉稀土特征表明蚀变辉绿岩矿石的稀土组成具有中和来源,是围岩对成矿流体协调后形成的,因此推测世加金矿的成矿物质具有混合来源的特征,但从微量元素特征表明,辉绿岩本身含金量丰度较低,所能提供的成矿物质十分有限,成矿物质主要来源于热水沉积岩(C₁y地层的硅质岩)。另外

成矿流体也可能提供部分成矿物质。

(4)辉绿岩在成矿过程中的作用主要表现为,一方面它的侵入为后来矿体的形成提供导矿和储矿构造,另一方面也提供了少量的金矿成矿物质。

致谢:在野外工作中得到了世加金矿管理人员的
热心帮助,在室内样品分析过程中得到了桂林理工大学刘苏桥老师和白艳萍老师的帮助,在此对他们表示诚挚的感谢!

参考文献:

- [1] 陈开礼,等.广西金矿地质[M].南宁:广西科学技术出版社,2002.
- [2] 黄立刚,罗寿文.桂西辉绿岩型金矿的新认识[J].南方国土资源,2005,(2):35-37.
- [3] 覃文明,何志美.桂西北与辉绿岩类岩石有关的金矿地质特征——以百色龙川金矿为例[J].黄金地质,2003,9(3):49-45.
- [4] 潘家永,张乾,邵树勋.桂西北发现一类新的微细浸染型金矿[J].黄金,1998,19(7):3-5.
- [5] 陈大经.黄有德,谢世业.广西高龙金矿热水沉积成矿作用研究[J].矿产与地质,2003,17(5):583-588.
- [6] 成杭新,庄广民,赵传冬,等.贵州西部Pt、Pd异常源稀土元素地球化学示踪的初步研究[J].地质与勘探,2003,39(2):46-51.
- [7] 刘显凡,金景福,倪师军.滇黔桂微细浸染型金矿深部物源的稀土元素证据[J].成都理工学院学报,1996,23(4):25-30.
- [8] 王卓卓,陈代钊,汪建国.广西南宁地区泥盆系硅质岩地球化学特征及沉积环境[J].沉积学报,2007,25(2):239-245.
- [9] 李毅,苏夏征,陈大经,等.广西热水沉积矿床中硅质岩岩石学及岩石化学特征[J].矿产与地质,2007,21(4):445-451.
- [10] 谢世业,陈大经,李毅.桂西北热水沉积型金矿成矿系列、找矿标志及找矿前景[J].地质与勘探,2006,42(3):12-17.
- [11] 陈翠华,何彬彬,顾雪祥,等.桂西北高龙金矿床含矿硅质岩成因及沉积环境分析[J].沉积学报,2004,22(1):54-58.
- [12] Hopf S. Behaviour of rare earth elements in geothermal systems of New Zealand[J]. Journal of Geochemical Exploration, 1993,47:333-357.
- [13] 陈莹,王晓蓉,彭安.稀土元素分馏作用研究进展[J].环境科学进展,1999,7(1):10-17.
- [14] 刘英俊.元素地球化学[M].北京:科学出版社,1984.
- [15] Rossman G R, Wei's D, Wasserburg G J. Rb, Sr, Nd and Sm concentration in quartz[J]. Geochim. Cosmochim. Acta, 1987, 51:2325-2329.
- [16] Norman D I, Kyle P R, Baron C. Analysis of trace elements including rare earth elements in fluid inclusion liquid[J]. Econ. Geol., 1989, 84, 162-166.
- [17] 刘显凡,倪师军,苏文超.滇黔桂微细浸染型金矿同位素地球化学特征与深源流体成矿[J].矿物岩石,1996,16(4):106-111.
- [18] 王砚耕,王立亭,张明发,等.南盘江地区浅层地壳结构与金矿分布模式[J].贵州地质,1995,12(2):91-183.
- [19] 赵振华.微量元素地球化学原理[M].北京:科学出版社,1997.

REE characteristics and Ore-forming Indicator of the Shijia Gold Deposit in Northwest of Guangxi

LIU Yuan-dong, PANG Bao-cheng, WU Rong-hua, ZHANG Min, QIN Xian

(College of Earth Sciences, Guilin University of Technology, Guilin, Guangxi 541004, China)

Abstract: The Shijia gold deposit is located in Longchuan dome. There is a large number of exposed diabase. Diabase occurs in circle-type or irregularly along the anticline. Gold ore mainly occur in fracture zone inside the diabase, or on contact zone between diabase and C1y stratum. The analysis on REE characteristics of quartz vein formed in metallogenic period, altered diabase ore, silicolites from C1y stratum and fresh diabase, shows that the ore-forming fluid of this deposit was come from deep part, and formed after the diabase. The fluid are related with acidic magma activity in Yanshanian period. The hot-water sedimentary rocks were the main source rocks. The ore-forming fluid made the metallogenic materials remobilization and transportation in the source rocks, and deposits in the location which have better physical and chemical conditions. In the process of mineralization, diabase supplied ore-fluid leading and ore-host fracture zone, also supplied a little material sources.

Key Words: Diabase type gold deposit, REE geochemical characteristics, ore-forming material sources, ore-forming fluid sources, northwest of Guangxi