

桂西北金牙金矿床的物质来源探讨

刘金钟

范德廉

(中国科学院地球化学研究所广州分部, 广州)

(中国科学院地质研究所, 北京)

摘要: 该矿床是桂西北典型的微细浸染型金矿床。本文通过地层含金性比较、矿体外围的金负异常、Li与Au的相关性、稳定同位素、有机质特征及模拟实验等方面的分析, 探讨了金牙金矿床中成矿元素的物质来源, 认为中三叠统板纳组是主要的矿源层。

主题词: 金矿床 浊积岩 金负异常 板纳组

金牙金矿床是桂西北典型的微细浸染型金矿床。目前对该矿床物质来源比较典型的认识有两种: 金来源于下三叠及上二叠统的火山凝灰岩^[1]; 金来源于基底岩石及深部的石英斑岩^[2]。本文通过对金牙金矿床地质、地球化学特征的分析, 认为该矿床金的主要来源应是中三叠统板纳组地层。

1 矿床的主要地质特征

该矿床位于桂西北中三叠世浊积岩盆地中一个局部的继承性水下台地的东侧边缘。矿体赋存于中三叠世板纳组浊积岩系中, 位于断层破碎带中或其附近, 大致呈雁行状排列(图1)。

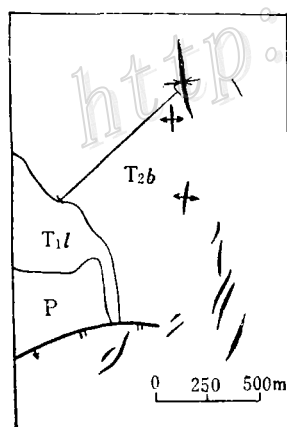


图1 金牙金矿床地质简图

(据广西地矿局地质二队)

1—中三叠统板纳组; 2—下三叠统罗楼组; 3—二叠系; 4—矿体;
5—断层; 6—背斜轴; 7—向斜轴; 8—图3的剖面位置

Fig. 1. Schematic geological map of the Jinya gold deposit.

1—Middle Triassic Banna Formation; 2—Lower Triassic Luolou Formation; 3—Permian; 4—Orebody; 5—Fault; 6—Anticlinal axis; 7—Synclinal axis; 8—Location of the section in Fig. 3.

矿体形态为似层状、透镜状, 或平行层间破碎带层面或斜交层面。赋矿岩石为泥质粉砂岩、细砂岩。顶底板和矿石的主要化学成分相似(表1)。

刘金钟, 男, 35岁, 博士后, 地球化学。邮政编码: 510640

● 汪金榜, 广西金牙超微粒浸染型金矿床中主要含金矿物稀土元素组成特征与矿床成因, 超微粒型金矿研究文集, 冶金工业部西南地质勘查局编印, 1991

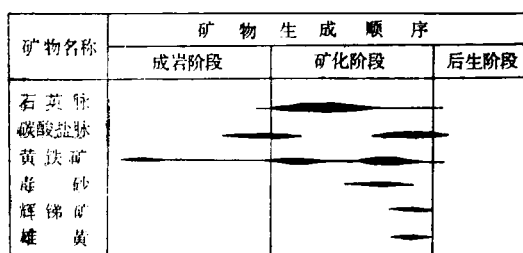


图 2 部分矿物的生成顺序

Fig. 2 Formation sequence of some minerals.

矿石类型分为原生矿石和氧化矿石两大类。原生矿石主要是含黄铁矿、含毒砂的粉砂岩。含金矿物主要为黄铁矿、毒砂及伊利石、有机碳等。金均以超微细形式分布于上述含金矿物中。蚀变矿化有硅化、碳酸盐化、硫化物矿化等。部分矿物的生成顺序见图 2。其中第二期黄铁矿及毒砂是金的主矿化期。氧化矿系原生矿在近地表条件下氧化形成的，主要组分是含金粘土、氧化铁等。

2 成矿物质来源探讨

2.1 区域地层金分布特征

有的研究者认为石英斑岩或二叠纪辉绿岩体是金的重要物源。但矿体外围十余公里之内并无侵入岩体分布，也不能肯定有深部岩体的存在。因而上述观点根据似嫌不足。

关于金的主要来源是下伏的下三叠统及上二叠统火山凝灰岩的认识，有以下问题：①矿

表 1 金牙微粒金矿床 1 号矿体顶、底板及矿石化学成分 (%)

Table 1. Chemical composition of roof, bottom and ore of No.1 orebody in the Jinya micrograined gold deposit

样号	组 分 岩 性	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	K ₂ O	Na ₂ O	TiO ₂	S	As	Au (10 ⁻⁶)
底板	粉砂岩	57.3	8.75	3.57	1.37	7.37	3.78	0.22	1.34	0.39	0.50	0.55	0.67	0.43
JD11	粉砂岩	58.16	16.94	1.63	4.62	2.92	1.24	0.06	2.03	0.64	0.82	3.24	0.98	18.6
JD14	粉砂岩	67.63	7.22	2.53	0.58	5.77	2.40	0.12	0.95	0.48	0.58	0.65	0.52	11.6
JD20	粉砂岩	60.74	14.20	2.23	2.91	3.62	1.75	0.09	2.42	0.75	0.78	1.99	1.02	14.0
顶板	粉砂岩	62.62	10.25	2.49	3.97	4.37	1.96	0.10	1.64	0.42	0.59	2.16	0.19	0.12

注：JD11、JD14、JD20 为矿石；底板、顶板化学分析数据参考广西地矿局地质二队资料

区下三叠统为水下台地型的泥灰岩、灰岩及泥质粉砂岩，极少火山碎屑物；②火山凝灰岩含金性与板纳组油积岩金丰度相似。但前者金的变异系数低(<0.46 ，表 2)，显示金的活性较差。据岩石薄片观察，火山凝灰岩十分致密，未见任何蚀变，不利于成矿溶液的流通，对金的活化迁移十分不利。因而关于金主要来源于火山凝灰岩的观点值得商榷。

板纳组金的区域分布分为原始型、亏损型及富集型 3 大类、6 种类型^①(表 3)，除轻度均匀亏损型外，金的变异系数均高于表 2 中数据。显示出地层中金的较强的活化迁移趋势。对江南古陆层控金矿床赋矿地层含金性研究说明，层控金矿床赋矿地层往往是金亏损区。这种现象是矿床中金来自于地层本身的证据之一^②。桂西北目前所发现的微细浸染型金矿床大

① 刘金钟，桂西北中三叠统板纳组金丰度分布及地质意义，地球化学，待刊

表 2 桂西北 P_1-T_1 区域地层及侵入岩含金性 (据饶雪峰)

Table 2. Gold content of P_1-T_1 regional strata and intrusive rocks in northwest Guangxi

时 代	岩 性	样 品 数	金含量范围 (10^{-9})	平 均 值 (10^{-9})	变 异 系 数
T_1	火山凝灰岩	29	1.5~5.1	2.97	0.25
	灰岩, 泥灰岩	37	1.1~6.6	2.88	0.39
	泥 岩	6	3.4~5.1	4.03	0.43
P_1	火山凝灰岩	43	0.2~7.8	3.08	0.46
	灰 岩	8	1.8~5.1	3.15	0.38
	泥 岩	6	2.0~8.9	4.30	0.56
	辉 绿 岩	12	0.2~6.6	2.74	0.55
P_2	灰 岩	9	0.8~4.2	2.12	0.49

表 3 不同剖面的金丰度概率分布型式及地质意义

Table 3. Probability distribution patterns of gold abundances in different sections

参 数	类 型	原 始 型	轻度均匀 亏 损 型	中度不均 匀亏损型	强 烈 亏 损 型	轻度不均 匀富集型	中度不均 匀富集型
	代表剖面	NP, BK	GL, XJ	L, BT, LZ, SP	JY	ZB	ND
平均值(10^{-9})		4.22~4.34	2.12~2.38	1.21~1.73	0.57	4.56	43.13
样品个数		41	30	87	15	28	23
变异系数		0.84~0.53	0.16~0.11	0.65~0.81	0.93	1.71	2.67
概率分布曲线		双峰	单峰	双峰	单峰	离散	双 峰

注：分析单位为中国科学院地质研究所，1990；仪器是日立 Z-8000 型原子吸收分光光度计，灵敏度 0.1×10^{-9}

部分位于金亏损区中。这种现象与江南成矿带金矿的分布可以类比。因而从一个方面支持了金来自于板纳组的观点。

2.2 矿体外围板纳组地层金的强烈亏损

本矿床一个最显著的特征是矿体外围地层中金丰度明显低于板纳组区域地层丰度。沿10号矿体向外围地层的典型地质剖面中，金丰度呈明显亏损。在400m的距离内，10个样品的金丰度平均值为 0.28×10^{-9} ，仅为区域地层的1/15。部分样品的金丰度为0。亏损层段中金丰度离散性较小(图3)。金丰度不受岩性影响，而仅与样品在剖面中的相对位置有关。除金以外，地层中硫含量也呈现同样的亏损趋势。金、硫丰度在接近矿体时急剧升高(图3)。层控矿床矿体外围出现成矿元素负异常的例子很多。如浙江治岭头金银矿床^[3]，浙江乌岙层控多金属矿床和遂昌银坑山金银矿床^[4]，及江南成矿带中诸多层控金矿^[5]。上述研究者均认为矿床外围的成矿元素负异常是成矿元素来自于亏损地层的有力证据。故金牙金矿床外围的成矿元素负异常为板纳组作为矿源层提供了一个依据。

2.3 矿石及地层中有机质特征

有机质在地层中金的活化迁移过程中发挥了重要作用。含矿地层下部有一段约20m厚的

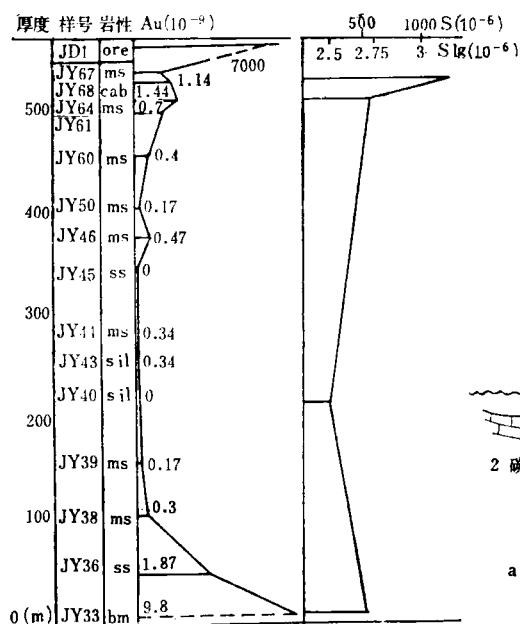


图3 矿床外围板纳组地层剖面中金、硫分布趋势

(剖面位置见图1)

ms—泥岩; cab—泥灰岩; sil—粉砂岩; ss—砂岩;
bm—黑色泥岩; ore—矿体

Fig. 3 Distribution trend of gold and sulfur in stratigraphic section of Banna Formation on the outskirts of the ore district (See Fig. 1 for the location of the section).

ms—Mudstone; Cob—marl; Sil—Siltstone; ss—Sandstone; bm—Black mudstone; Ore—Orebody.

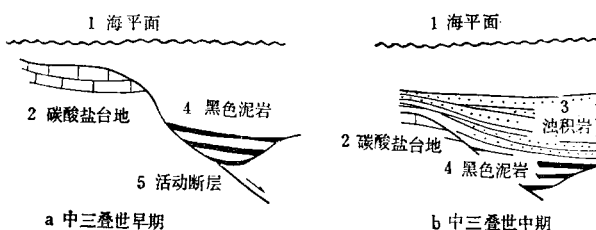


图4 金牙 T₂b 剖面 T₂ 底部黑色泥岩形成示意图

Fig. 4 Schematic diagram showing the formation of black mudstone on the bottom of the T₂b section in the Jinya deposit.

1—Sea level; 2—Carbonate platform; 3—Turbidite; 4—Black mudstone; 5—Active fault; a—Early stage of Middle Triassic; b—Middle stage of Middle Triassic.

碳质页岩。据研究,金牙水下台地在中三叠世初期下沉时,台地边缘有一个相对隆起的脊,形成一个水下微泻湖,悬浮有机质下沉,在缺氧环境中形成黑色泥岩(图4)。这层黑色泥岩含金 8.8×10^{-3} ,为区域地层金丰度的3倍,含有机碳1.74%。矿石中有机碳含量为区域地层的10倍,一般呈微细的条纹充填于岩石的微细裂隙中。显然是成矿期由地层迁移进入矿石的微细裂隙的。有机质在热成熟过程中,生成石油及含有机质卤水,在迁移过程中,可淬取岩石及水溶液中的金。据研究,原油可淬取出溶液中85%的金^①。液态烃及含有机质卤水在从下部黑色页岩层向矿层运移的过程中,要穿越1000 m的距离,其间所淬出的金是相当可观的。表4显示,矿体下部的黑色页岩的 $t_{\max}$ 略高于矿石。说明黑色页岩经受了与矿体相似的热作用,液态烃的参与促进了热水溶液对地层中的成矿元素的活化迁移作用。

2.4 硫同位素特征

矿区、区域地层及矿石中硫化物(黄铁矿、毒砂)的硫同位素数据见图5。矿石及矿层

① 林清,有机质参与下模拟金成矿实验,第四届有机地球化学学术讨论会论文摘要汇编,1989

表 4 矿石及黑色泥岩中有机质碳同位素及岩石热解分析数据

Table 4. Data on organic carbon isotopes and pyrolytic analyses of rocks in ore and black mudstone

样品	参数	Cor _g (%)	δ ¹³ C _{PDB} ‰	t _{max} (℃)	s ₁ (mg/g)	s ₂ (mg/g)	s ₃ (mg/g)	I _H (mg/g Cor _g)	I _O (mg/g Cor _g)
矿石		0.81	-29.27	482	0.42	0.02	0.09	2	11
黑色页岩		1.74	-29.13	524	0.29	0.01	0.39	0	12

注：由北京石油勘探开发研究院分析，1990

表中各参数意义：Cor_g—有机碳总量；δ¹³C—有机碳同位素；t_{max}—热解生烃高峰所对应的温度；s₁—300℃之前释放的吸附气体量；s₂—热解烃量；s₃—热解二氧化碳量； $I_H = \frac{s_2 \times 100}{Cor_g}$ ； $I_O = \frac{s_3 \times 100}{Cor_g}$

顶底板中 δ³⁴S 分布为 -1‰ ~ -8‰，均值为 -4.18‰，标准差 1.56‰。利用概率统计中的 t 检验法，假设矿层及顶底板和地层中的硫为同一来源（忽略成矿过程中硫的同位素分馏作用），在显著水平 α = 0.05 时，Z 值为 -1.0，未落入拒绝域 (-∞, -1.68) 和 (1.68, +∞) 中，故认为矿层、顶底板及地层中的硫基本上来自地层本身。此外，含矿剖面中硫与金呈现相同的分布趋势，即在矿体外围明显亏损，接近矿体时含量急剧增高，也显示出硫从地层中向矿体迁移的趋势（图 3）。

2.5 地层和矿石中 Li 的富集

利用等离子发射光谱法分析了部分矿石及区域地层中的微量元素。结果表明，区域地层

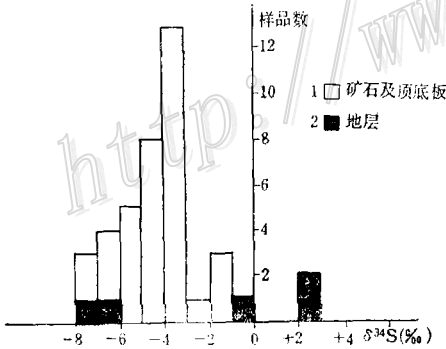


图 5 矿石及地层中硫化物的 δ³⁴S 特征
(部分数据引自广西地矿局地质二队资料)

Fig. 5. Histogram showing δ³⁴S characteristics of sulfides from ores and strata.
1—Ore and its roof and footwall; 2—Strata.

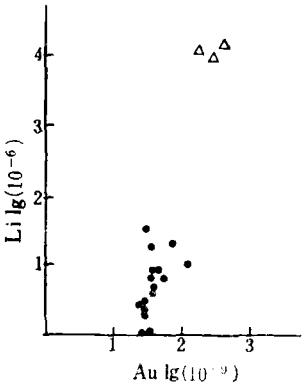


图 6 矿石及地层中 Au 与 Li 的相关性 (r = 0.90)
●—板纳组区域地层；△—金牙矿床一号矿体矿石；由地矿部岩矿测试所分析，1990

Fig. 6. Correlation between Au and Li in ores and strata (r = 0.90).
●—Regional strata of Banna Formation; △—Ores from No. 1 orebody in the Jinya ore deposit.

及矿石中金与 Li 有一定的正相关性(图 6)。即在成矿过程中地层中的 Li 和 Au 发生同步活化迁移，并在矿石中富集。Li 和 Au 的相关性不仅提供了一个金的来源证据，还可作为找矿勘探的示踪元素。

表 5 常温常压下金的淋滤、活化迁移实验结果

Table 5. Leaching, activation and migration of gold at normal temperature and pressure

样品金含量 (10^{-9})	介质种类	反应前 介 质 pH	反应后 介 质 pH	室温淋滤 时 间 (天)	吸 附 体 最终含金 (10^{-9})	溶液中金 浓 度 (10^{-9})	活 化 迁 移 (%)
616	B ₂	6.5	6.5	20	11.6	5.0	4.7
616	C ₂	7.0	7.0	20	11.2	0.9	2.2
616	E ₂	8.5	9.0	20	38.9	5.1	9.4
616	F ₂	7.0	6.5	20	340.0	4.9	58.2
616	G ₂	6.5	6.5	20	310.0	2.6	51.9
616	H ₂	9.0	8.5	20	103.7	1.8	17.1
616	I ₁	7.0	7.0	20	4.2	—	0.5

表 5 中各介质成分如下:

B₂ = 0.34M NaCl

C₂ = 0.287M NH₄F

E₂ = 0.113M NaCl + 0.047M KCl + 0.016M NaHCO₃

F₂ = 0.113M NaCl + 0.047M KCl + 0.03M CaCl₂ + 0.016M MgCl₂

G₂ = 0.113M NaCl + 0.047M KCl + 0.03M CaCl₂ + 0.016M MgCl₂ + 0.02M Li₂B₄O₇

H₂ = 0.0267M Na₂S + 0.113M NaCl + 0.047M KCl + 0.016M Na₂F

I₁ = H₂O (蒸馏水)

2.6 金的淋滤及活化迁移实验

对板纳组的富金粉砂岩做了淋滤及活化迁移实验。岩石粉碎至 200 目,加入不同的介质,并在溶液里置入吸附体(贫金的泥岩),经一段时间后观察金由被淋滤粉砂岩经溶液向吸附体中迁移的能力,结果见表 5、图 7。

实验结果说明,板纳组粉砂岩中金的活动性较强。在常温下,与海水相似的介质中,可有高达 58% 的金活化迁移。在较高的温度、压力下,这个比例还可能更高。因而地层中的金可为成矿提供充足的物源。

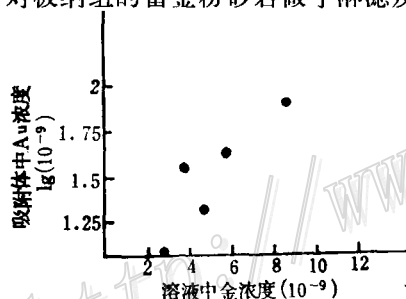


图 7 溶液及吸附体中金相对含量

Fig. 7. Relative gold content of solutions and absorbing bodies.

前面谈到有机质在矿源层中金活化迁移过程中的作用。因矿石及外围地层中有机质成熟度很高,所能提供的地球化学信息不多。所以仅依靠对矿石及岩石中残留有机质的研究难以深入了解有机质在成矿过程中的作用。因此,本文用模拟实验方法研究了有机质在金的活化迁移过程中的作用。岩石样品仍用前述富金粉砂岩,但溶液中不加吸附体。有机质的种类及浓度参考前人对地质体中有机质的研究结果^[5~9]。3 g 样品加入 30 ml 溶液,常温下反应 20 d, 90~200℃反应 7 d。其中 150、200℃的反应在高压釜中进行(加聚四氟乙烯衬套)。反应结束后用原子吸收仪器测定溶液中的金浓度。实验结果见图 8。

实验结果说明,含一定有机质的溶液中金的最大浓度已超过含盐类的卤水(图 8 f),含有机质溶液在 150℃之前是稳定的,在 200℃时已完全分解,此时有机质释放出的金又被有机质分解产物还原而沉淀。因而在 200℃的溶液中金浓度极低。有机质的这种低温络合—高

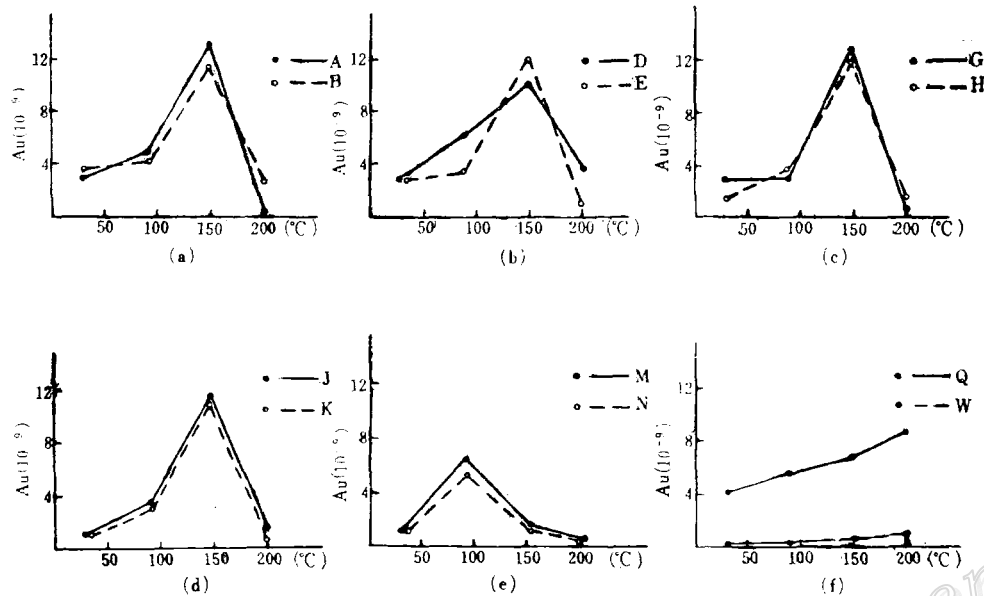


图 8 不同成分溶液中金的浓度

A—1 mg/ml 丙氨酸; B—1 mg/ml 丙氨酸 + 1 mol/l NaCl; D—1 mg/ml 半胱氨酸; E—1 mg/ml 半胱氨酸 + 1 mol/l NaCl; G—1 mg/ml 水杨酸钠; H—1 mg/ml 水杨酸钠 + 1 mol/l NaCl; J—1 mg/ml 乙酸钠; K—1 mg/ml 乙酸钠 + 1 mol/l NaCl; M—1 mg/ml 腐植酸; N—1 mg/ml 腐植酸 + 1 mol/l NaCl; Q—0.5 mol/l NaCl + 0.1 mol/l KCl + 0.1 mol/l CaCl₂; W—H₂O (纯水)

Fig. 8. Gold concentrations in solutions with different compositions.

A—1 mg/ml alanine; B—1 mg/ml alanine + 1 mol/l NaCl; D—1 mg/ml cysteine; E—1 mg/ml cysteine + 1 mol/l NaCl; G—1 mg/ml sodium salicylate; H—1 mg/ml sodium salicylate + 1 mol/l NaCl; J—1 mg/ml sodium acetate; K—1 mg/ml sodium acetate + 1 mol/l NaCl; M—1 mg/ml humic acid; N—1 mg/ml humic acid + 1 mol/l NaCl; Q—0.5 mol/l NaCl + 0.1 mol/l KCl + 0.1 mol/l CaCl₂; W—H₂O (pure water).

温分解作用对于成矿过程很有意义。因为前者有利于金的淋滤和运移, 后者促进了金的沉淀成矿。根据用含金矿物(黄铁矿、毒砂)所做的包裹体测温(爆裂法), 矿床的主矿化温度为 190~210 °C, 正相当于有机质的分解温度。

2.7 金的活化迁移量估算

可用简单的方法对地层中活化迁移的总金量做下述计算: 结合图 1、图 3, 可知平面上金的负异常区近似一个半径为 1000 m 的圆形。又根据钻探资料, 矿体最大延深约为 500 m。成矿溶液总的流动方向为自下而上, 故矿体下部地层中的金也要受到淋滤迁移作用。由平面上金的负异常区的范围可推测金的负异常层位的厚度(包括含矿层位)应不低于 1000 m。因此可假设发生金活化迁移的地层为一个半径 1000 m、厚度 1000 m 的圆柱体。按岩石密度 2.3 t/m³ 计算, 此柱体重量为 7.22×10^9 t。这些岩石在金发生活化迁移之前均为表 1 中金的原始型剖面, 由表 1 知其原始平均含金 4.2×10^{-9} , 故该柱体中原始共含金 30.324 t。又由表 1 知图 3 强烈亏损型剖面中金平均含量为 0.57×10^{-9} , 即相对于原始金含量而言, 有 86.4% 的金迁出, 计有 26.0 t 金发生了活化迁移并参与成矿。这个数据与目前已探明的储量十分接近。

3 结 论

金牙金矿床的部分地质、地球化学特征说明,成矿元素(Au、S)主要来自板纳组地层本身。金的活化迁移作用是多阶段完成的。沉积、早期成岩阶段底层水对碎屑物的淋滤及有机物对海水中金的吸附作用使沉积物中的金发生初步的不均匀化。晚期成岩作用所伴生的碳酸盐化、绿泥石化对地层中金的活化迁移作用以及主矿化阶段成矿热液对地层中金的强烈萃取及迁移作用,进一步促进了金的再分配,并使部分金进入成矿流体。富含成矿物质的流体在运移至断裂体系中时,由于物理化学条件的改变而促使成矿物质沉淀结晶并形成矿床。

本文工作过程中得到了广西地矿局方道年、吴诒、李德清、王国田等高级工程师的支持与帮助,中科院地质研究所饶雪峰、刘铁兵、叶杰参加了野外工作并提供了部分数据。特此致以衷心的感谢!

参 考 文 献

- 1 王国田.桂西北微细粒浸染型JY金矿床形成机理初探.广西地质, 1989, 2(2):15~23
- 2 马东升,刘英俊.江南金成矿带层控金矿的地球化学特征和成因研究.中国科学, B辑, 1991, (4): 424~433
- 3 郑明华,刘建明.论浙江治岭头金银矿床的成矿物质来源.矿床地质, 1986, 5(1): 39~52
- 4 周俊发.论地球化学异常及其找矿意义.浙江地质, 1987, 3(7): 20~25
- 5 傅家谟等.层控矿床有机地球化学研究的几个问题.中国科学院地球化学研究所有机地球化学开放研究实验室年报北京: 科学出版社, 1988.
- 6 Giordano T H. A preliminary evaluation of organic ligands and metallogenic complexing in Mississippi Valley type ore solutions. Econ. Geol., 1985, 80: 96~196
- 7 Giordano T H, Barnes H L. Lead transport in Mississippi Valley type ore solutions. Econ. Geol., 1981, 76: 2200~2211
- 8 Maqueen R W, Powell T G. Organic geochemistry of the Pine-Point lead-zinc ore field and region, Northeast Territories, Canada. Econ. Geol., 1983, 78: 1~25
- 9 Radetke A S, Scheiner B J. Studies of hydrothermal gold deposit, Nevada; the role of carbonaceous materials in gold deposition. Econ. Geol., 1970, 65: 87~102

A TENTATIVE DISCUSSION ON THE MATERIAL SOURCES OF THE JINYA GOLD DEPOSIT IN NORTHEASTERN GUANGXI

Liu Jinzhong

(Guangzhou Branch of Institute of Geochemistry, Academia Sinica, Guangzhou, Guangdong Province)

Fan Delian

(Institute of Geology, Academia Sinica, Beijing)

Abstract

The Jinya finely-disseminated gold deposit is a typical gold deposit occur-
下接266页 (to be continued on p. 266)

paper indicates the presence of self-similarities in economic geology in such aspects as the temporal evolution of mineralization, the regional distribution of mineral deposits, the location of ore deposits, the arrangement of chemical elements in ore minerals, and the structural features of ore fields and ore deposits.

In the light of classical geology and modern physics the authors have discussed the formation mechanism of self-similarities in economic geology.

The significance of the application of self-similarity to economic geology is pointed out in this paper: it can provide information for the analysis of ore deposit genesis, lead to the simplified and quantitative study of ore deposits and advance new research subjects; what is more, it contributes to the penetration and integration of economic geology and other disciplines.

上接240页 (continued from p. 240)

ring in turbidite of Middle Triassic Banna Formation in northeastern Guangxi, with gold mainly present in pyrite, arsenopyrite, clay minerals and organic carbon. This paper makes a tentative discussion on the material source of gold and sulfur for this deposit in the light of the following aspects: ① No intrusives have been found near or beneath the orebody, so ore-forming materials seem unlikely to have been derived from igneous rocks; ② gold abundance varies only unnoticeably in Lower Permian-Middle Triassic strata, whereas the variation coefficient of gold is highest in Banna Formation, suggesting that activation and migration of metals were ready to occur in Banna Formation; ③ wall rocks contain very low gold and sulfur, which exhibit the tendency of migration from wall rocks to the orebody; ④ in the upper part of the host horizon there exists a layer of black shale which contains higher gold and organic carbon than other horizons; liquid hydrocarbon produced by organic materials in the heating process might have extracted gold from this layer or upper strata, and when hydrocarbon substances approached the orebody, gold would be released due to elevated temperature; ⑤ sulfur isotope character implies that sulfur in ores and that in regional strata are of the same source; ⑥ gold displays positive correlation with lithium in regional strata and in ores, suggesting that lithium and gold migrated synchronously from strata to orebody; ⑦ leaching experiments on auriferous siltstone of Banna Formation show that gold has strong travel capability in rocks. These arguments demonstrate that Banna Formation must have served as the major material source for this ore deposit.