

桂北地区金矿地质地球化学特征及成因^{*}

阎 明

刘英俊 马东升

(中国极地研究所, 上海, 200129)

(南京大学地球科学系, 210093)

摘 要 桂北地区金矿具有受前寒武系和北北东向断裂控制、围岩蚀变强度不高、矿物组合比较简单, 自然金主要以独立矿物形式存在, 雪峰-加里东期是其主成矿期, 部分微量元素出现原生地球化学异常等特征。矿物包裹体和氢氧同位素研究结果表明, 桂北分水坳金矿成矿溶液为中低温、中压、弱碱性和还原性的Na-K-C-Cl-S体系, 成矿溶液早期以变质水为主, 中晚期以建造水为主(大气降水来源), 明显具混合成因特点, 矿床成因属受地下水改造形成的层控型金矿或称“江南型”金矿。

关键词 金矿床; 地球化学; 包裹体; 氢氧同位素; 矿床成因; 广西

中图分类号 P618.51; P59

1 地质地球化学特征

桂北是广西重要的产金区之一, 已发现金矿点18处, 金矿化点8处。该区金矿呈北东向延伸, 东西长190 km, 南北宽50~70 km。依次可分为四堡—元宝山、三江、三门—平等、龙胜—马海和兴安—资源等5个金成矿带(图1)。金成矿带均呈北北东向, 相互近于平行展布, 平面上呈雁行排列, 自西向东出露地层依次由老渐新, 矿化程度也依次变好。桂北金矿大多数属单金类矿床, 少部分除了产金之外, 还不同程度地伴有铜、镍、银、铅、锌、锑、砷等矿化。多金属类矿(化)点仅发现于四堡—元宝山金矿带中, 主要与四堡期基性—超基性火山岩和侵入岩具密切的成因联系。

1.1 地层岩性对矿床的控制

震旦系是桂北金成矿区最重要的赋矿地层, 有45%的金矿(化)点赋存其中, 其次是丹洲群(20%)和四堡群(15%), 寒武系与奥陶系各占10%。显示出前寒武纪地层控制金成矿的特点。这与桂北广泛发育前寒武系原始含矿(金)建造和衍生含矿(金)建造相一致。对已知原生金矿(化)点赋存层位的统计(图2), 发现震旦系长安组是最佳的赋矿层位, 其次是丹洲群拱洞组和四堡群文通组。从四堡群→丹洲群→下震旦统, 无论是在时空分布还是物质组成上, 均表现出一定的继承性和演化性^[1], 其中金等成矿元素含量逐渐增高, 与桂北震旦系(尤其是下震旦统)金矿化强度最高相吻合。除受地层控制外, 岩性对矿体的定位及形态亦具一定的影响, 例如对于赋存在沉积变质岩中的硫化物—石英脉金矿(化)点, 变质砂岩

1995年1月7日收稿。

第一作者简介: 阎 明, 男, 1967年出生, 博士, 地球化学专业。

^{*} 国家自然科学基金(9488010)和国家教委博士点基金资助项目。

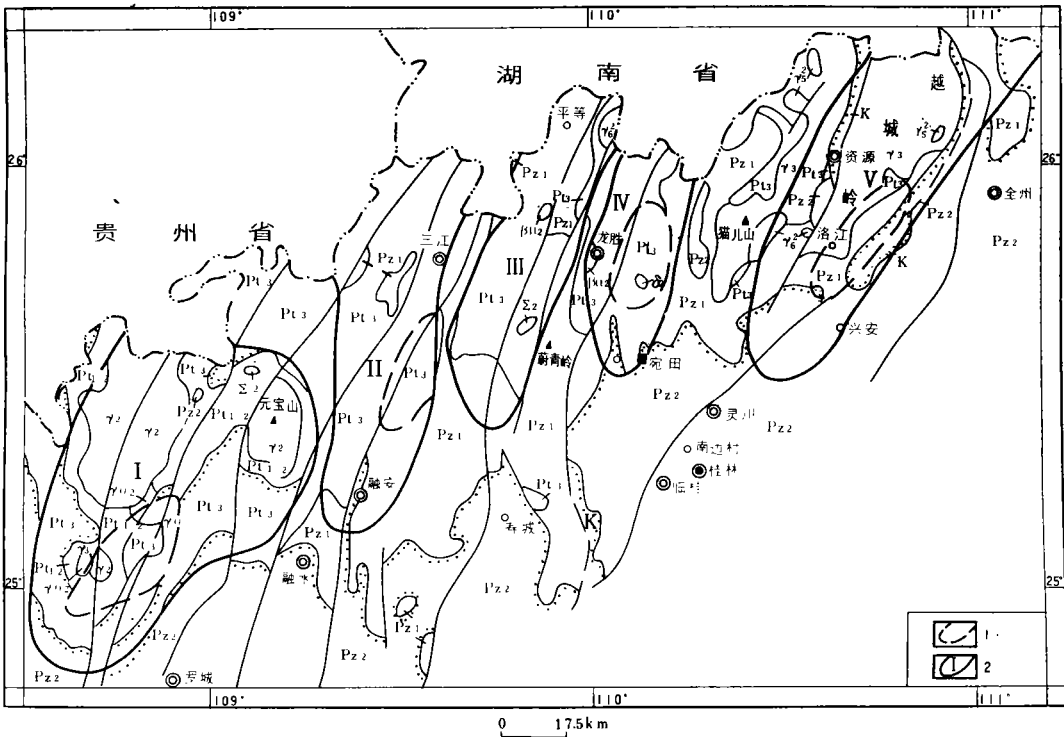


图 1 桂北金矿带划分图(据广西区调队, 1990)

Fig. 1 The division map of gold belts in northern Guangxi

K—白垩系; Pz₂—上古生界 (D, C, P); Pz₁—下古生界 (震旦系、丹洲群); Pt₁₋₂—下-中元古界 (四堡群); γ₃—燕山早期酸性岩类; γ₃—加里东期酸性岩类; γ_{2o2}—元古代酸性岩类; βμ₂—元古代基性岩类; δ₂, ψ₂, Σ₂—元古代超基性岩类; 1—矿带界线及编号; 2—成矿远景区界线

夹千枚岩或二者互层的情况下最易发现矿体—砂岩和千枚岩的孔隙度及渗透性迥然不同,成矿热液迁移过程中由于介质条件发生改变而导致金的沉淀富集。

1.2 构造对矿床的控制作用

断裂构造不仅是该区成矿热液运移的通道, 其有利部位又可成为容矿场所。该区以走向 10°~30° 平行排列的断裂组最为发育, 明显地控制了矿带的展布。与北北东向主断裂相伴生的次级羽状断裂 (呈北东 30°、北东 60° 方位) 及后期发育的近东西向断裂带是本区良好的容矿构造, 直接控制着金矿 (化) 点的定位。不同期次断裂交汇、断裂产状由陡变缓和平面上断裂拐弯处常出现富矿包。

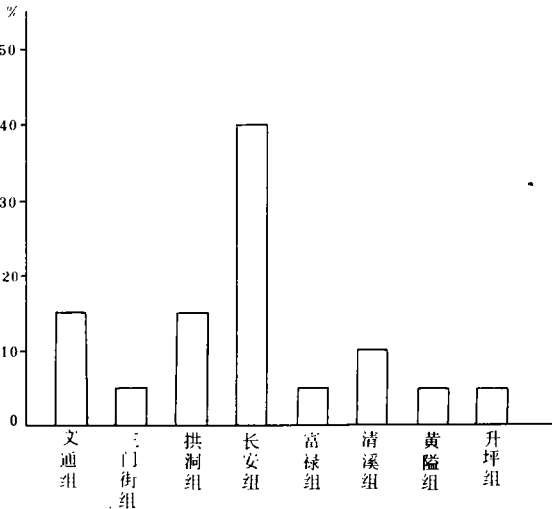


图 2 桂北金矿 (化) 点赋存层位统计直方图

Fig. 2 Statistical histogram of the existence of gold deposits (occurrences) in northern Guangxi

1.3 围岩蚀变

该区普遍发育以硅化、绿泥石化、绢云母化、黄铁矿化为代表的围岩蚀变,部分金矿(化)点还发育碳酸盐化、萤石化、高岭石化、褐铁矿化、毒砂化、黄铜矿化、方铅矿化、闪锌矿化、辉锑矿化等。围岩蚀变强度较弱,硅化和黄铁矿化与金矿化关系最为密切,硅化的表现形式有不规则粒状、细脉状、透镜状、网状、树枝状、块状、条带状等,黄铁矿化则主要呈浸染状、细脉状、条带状产出,金矿化常与石英脉中细粒浸染状黄铁矿化相伴产出。

1.4 矿物组合与成矿阶段

桂北金矿(化)点矿石矿物成分比较简单,金属矿物以自然金、黄铁矿(毒砂)为主,脉石矿物以石英、绢云母、绿泥石为主。该区成矿作用具有多阶段的特征。以龙胜平等金矿点为例,可划分出3个金矿化阶段:Ⅰ阶段——石英—粗粒黄铁矿阶段,以分布于蚀变砂岩、粉砂岩中粗粒黄铁矿化为代表,矿化差,黄铁矿晶体多呈自形立方体,颗粒粗大;Ⅱ阶段——石英—细粒黄铁矿—自然金阶段,以分布于角砾状矿石中的含有大量细粒黄铁矿化为代表,是主要矿化阶段;Ⅲ阶段——石英—碳酸盐阶段,以穿切角砾状矿石具金矿化的方解石脉为代表,矿化较差。

1.5 矿石中金的赋存状态

主要以自然金形式存在。赋存在石英脉内或脉壁边缘、黄铁矿裂隙内或其周缘。按其颗粒大小划分为可见金和显微一次显微金。可见金在桐木山、平等、分水坳等金矿(化)点普遍发育,呈片状、树枝状及不规则粒状,粒径0.2~0.5 mm。显微一次显微金则是呈不同形态的包体出现在含金矿物中。该区最常见的赋金矿物是黄铁矿,其次是石英。据显微金与赋金主矿物间的镜下结构关系,可进一步划分为包体金、晶隙金和裂隙金。

1.6 矿床形成时代

关于桂北金矿(化)点形成时代的资料不多,几个有限的铅同位素模式年龄在532~819 Ma之间^①,这个年龄值与金矿(化)点围岩的时代大体一致,或稍晚于围岩时代。桂北金矿化的发育最早出现在四堡期,四堡—元宝山金成矿带中的文通、地吴、峒马口等与基性—超基性岩有成因联系的金矿(化)点形成于四堡期,这时的矿化作用不强,断裂控制作用也不甚明显。到了雪峰—加里东期,开始出现独立的金矿(化)点,桐木山、平等、分水坳等金矿(化)点即是这一时期形成的,这时矿化作用显著增强,且受到北北东(及北东)向断裂构造的明显控制。

1.7 围岩蚀变和矿化过程中微量元素地球化学特征(以分水坳金矿为例)

表1列出了分水坳金矿点原岩(变质砂岩、变质含砾砂岩)、蚀变围岩和矿石中20种微量元素含量及参数特征。结果表明,铁族元素地球化学性状比较稳定,其在原岩和蚀变围岩中含量相近;钨钼族元素(W, Mo)相对比较活泼,与原岩相比,蚀变围岩W, Mo含量明显增高,变异系数明显增大;围岩蚀变作用过程中亲铜元素Sn, Bi, Pb, Zn, Ag均比较稳定,但Cu含量有所减少, Hg含量则有所增加;元素含量和变异系数均极显著增加的是Au和As,其在蚀变围岩中的含量较之原岩分别增加约60倍和11倍;分散元素Sr和Ba在围岩蚀变作用过程中地球化学性状不同, Ba比较稳定, Sr则具有较强的地球化学活动性。由此可见,分水坳金矿点围岩蚀变作用过程中带入元素为Au, As, W, Mo, Hg;带出元素为Sr,

^①广西区调队. 桂北前寒武系含金性初步研究. 1990

表 1 分水坳金矿不同岩（矿）石微量元素含量及参数特征

Table 1 Trace element contents and para meters in different rocks (ores) in Fengshuiao gold deposit

岩石类型	原 岩 (4)		蚀变围岩 (4)		矿 石 (2)	
统计参数	均 值	变异系数	均 值	变异系数	均 值	变异系数
Ti	3152	17	3544	22	2019	66
V	78	11	72	17	54	55
Cr	33	33	26	65	25	113
Mn	838	15	465	30	256	16
Co	13	11	15	45	11	26
Ni	23	32	22	33	12	31
W	2.6	4	4.0	50	6.1	46
Sn	4.0	23	3.9	12	3.4	17
Mo	0.8	22	1.7	51	1.8	36
Bi	0.33	30	0.35	16	0.80	106
Cu	32	21	21	22	45	46
Pb	32	50	26	24	25	23
Zn	86	13	76	41	27	26
Au	3.3	45	200	119	6900	88
Ag	0.04	20	0.04	35	0.28	57
Hg	29	6	38	25	36	14
As	5.8	64	72	166	412	143
Sb	2.7	44	2.2	40	2.2	43
Sr	80	15	44	42	28	23
Ba	613		589	21	618	22

括号内为样品数；Au，Hg 单位为 $\times 10^{-9}$ ，其余均为 $\times 10^{-6}$ 。

Cu，(Pb)，(Zn)，(Sb)。其中成矿元素 Au 与伴生元素 As 具有显著的正相关关系，反映 Au 和 As 具有相似的元素地球化学性状，蚀变围岩和金矿化体中毒砂的发育亦可证实这一点。

2 成矿流体地球化学（以分水坳金矿为例）

2.1 包裹体研究

分水坳金矿石英中包裹体密集、细小，大多呈群体分布，少量呈孤立状，大小范围界于 8 ~560 μm^2 之间，众数值为 20~100 μm^2 。包裹体形态各异，椭圆状、浑圆状、长条状、似方状以及各种不规则形状都较发育。包裹体以气液包体为主，约占包裹体总数的 85%，少量气相、纯液相和多相包体。气液包裹体气液比多数为 5%±，少数为 8%±，个别达 15%。原生和次生包裹体极少，呈随机分布的假次生包裹体最为发育，为研究成矿流体的物理化学性质创造了条件。无论是原生还是（假）次生流体包裹体，均表现为无色透明。

分水坳矿区 15 个石英样品、43 个包裹体测温结果（图 3），石英脉形成的均-温度界于 150~250 $^{\circ}\text{C}$ 之间，以 180~200 $^{\circ}\text{C}$ 最为集中。图 4 是矿区 15 个石英样品、36 个包裹体盐度作出的频数直方图，可见成矿溶液盐度（ w_{NaCl} ）变化范围为 5.0%~8.0%，以 5.5%~7.0% 居

多, 其高于典型变质热液的盐度, 与地下水盐度相似, 属中等盐度的热液。利用温度-盐度-密度关系图确定成矿溶液密度为 $0.902\sim 0.955\text{ g/cm}^3$, 平均 0.928 g/cm^3 。采用温度-密度-压力关系图求得成矿压力约为 $600\times 10^5\sim 800\times 10^5\text{Pa}$ 。

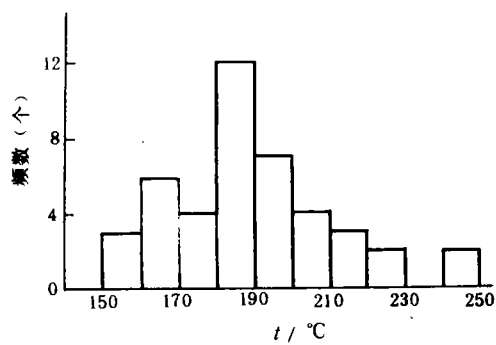


图3 包裹体均-温度频数直方图

Fig. 3 Frequency histogram of homogenization temperature in inclusions

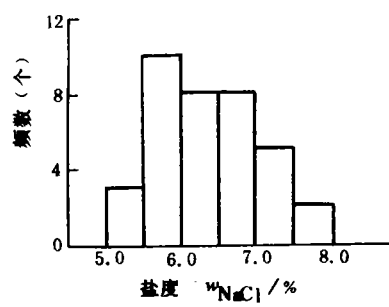


图4 包裹体盐度频数直方图

Fig. 4 Frequency histogram of salinity in inclusions

分水坳矿区脉石英气、液包裹体(表2)气相成分以 CO , CO_2 为主, 部分样品含少量 CH_4 。利用 $V_{\text{CO}_2}/V_{\text{CH}_4}$ 和均-温度在 $\log f_{\text{O}_2}$ -T 图解上求得 f_{O_2} 为 10^{-56} , 表明成矿溶液具有较强的还原性。在包裹体液相成分中, 阳离子浓度序列为 $\text{Na}^+ > \text{K}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+}$, 阴离子浓度序列为矿化早期以 HCO_3^- , Cl^- 为主, 矿化中期以 HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} 为主, 矿化晚期为 $\text{HCO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{F}^- > \text{SO}_4^{2-}$, 因此估计成矿溶液以 Na^+ , K^+ , HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} 为主, 属于 Na-K-C-Cl-S 体系。流体包裹体液相成分分析结果表明分水坳金矿成矿溶液是由低盐度的变质水与地下水混合而成, 且随着矿化作用的持续, 地下水所占的比例逐渐增大, 表现为

表2 分水坳金矿点石英脉包裹体成分

Table 2 Inclusion composition of quartz vein in Fengshuiao gold deposit

样号	矿化期	气相成分 (10 ⁻⁶)				液相成分 (mol / kg H ₂ O)								K ⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	ΔpH
		CO	CH ₄	CO ₂	H ₂ O	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	F ⁻	Na ⁺	Cl ⁻	Cl ⁻	F ⁻	
FS-12	早期	146.4	16.8	21.9	578.3	0.06	0.01	0.21	0.16	0.27	0.08	0.28	0.13	0.76	0.96	0.29	2.15	1.35
	早期	78.3	15.7	20.8	749.4	0.05	0.01	0.18	0.09	0.32	0.11	0.22	0.09	0.50	1.45	0.50	2.44	1.32
FS-14	早期	56.7	24.4	30.5	856.2	0.07	0.01	0.23	0.11	0.25	0.07	0.23	0.08	0.48	1.09	0.30	2.88	1.17
FS-2	中期	36.6	12.6	48.0	1642.7	0.09	0.02	0.15	0.12	0.21	0.13	0.19	0.03	0.80	1.11	0.68	6.33	1.24
FS-7	中期	13.5		26.6	747.2	0.06	0.01	0.15	0.08	0.21	0.10	0.19	0.06	0.53	1.11	0.53	3.17	0.80
FS-6	中期	39.4	19.3	44.1	1015.7	0.02	0.01	0.10	0.05	0.40	0.23	0.13	0.09	0.50	3.08	1.77	1.44	0.73
FS-3	中期	17.3		27.2	743.0	0.03	0.02	0.23	0.12	0.76	0.30	0.22	0.08	0.52	3.45	1.36	2.75	0.92
FS-10	中期	23.9		35.4	1397.6	0.02	0.01	0.14	0.05	0.33	0.28	0.25	0.07	0.36	1.32	1.312	3.57	0.68
FS-4	晚期	37.8	14.4	47.5	1707.3	0.01	0.01	0.05	0.02	0.27	0.04	0.21	0.07	0.40	1.29	0.19	3.00	0.65
FS-5	晚期	45.5	8.6	56.3	1417.1	0.01	0.01	0.11	0.04	0.18	0.02	0.13	0.04	0.36	1.38	0.15	3.25	0.55
FS-8	晚期	33.2		58.6	1584.3	0.01	0.01	0.12	0.03	0.20	0.02	0.14	0.03	0.25	1.43	0.14	4.67	0.42

K^+ / Na^+ , SO_4^{2-} / Cl^- 比值的减小和 Cl^- / F^- 比值的相对增大。阴离子浓度以 HCO_3^- 含量最高, 含量分布也最稳定, 其在成矿溶液中起着 pH 缓冲剂的作用, 维持成矿元素与配离子之间的稳定。对成矿溶液 pH 值估算表明, 不同矿化阶段成矿溶液 pH 值均高于相应温度下中性溶液的 pH 值, 二者差值 (ΔpH) 界于 0.42~1.35 之间, 表明金矿床是在弱碱性环境中形成的, 且从矿化早期到矿化晚期 ΔpH 有不断下降的趋势。 SO_4^{2-} 仅是成矿溶液中总硫的分析形式, 在区内金矿床形成的物理化学条件下, 它实际上反映了成矿溶液中 HS^- 的含量。较高的 HS^- 与 Au 以 $[Au(HS)_2]^-$ 配离子形式迁移有关, Au^+ 具有典型的软酸性质, 与软碱配位体 (HS^- 等) 能形成相当稳定的配合物。有关金硫、金氟配合物的实验研究和热力学计算也表明^[2], 在中-低温、富硫、还原、中性到偏碱性的热液环境中, 金主要呈含硫配合物形式迁移。

2.2 氢氧同位素

分水坳金矿氢氧同位素组成测定计算结果 (表 3)。成矿溶液的 $\delta^{18}O$ 值根据石英-水平衡方程计算, 采用公式 $1000 \ln \alpha_{Q-W} = 3.75 \times 10^6 T^{-2} - 2.71$ (Wenner, 1971)。

表 3 石英氧同位素组成和成矿溶液氢氧同位素组成

Table 3 Quartz oxygen isotope composition and ore-forming solution H-O isotope composition

样品号	矿化期	测试矿物	均一温度/℃	$\delta^{18}O / ‰$		$\delta D_{H_2O} / ‰$
				矿 物	成矿溶液	
FS-1	早 期	石 英	214	17.15	4.82	-44
FS-12	早 期	石 英	211	16.92	4.40	-51
FS-2	中 期	石 英	200	15.87	2.63	-65
FS-7	中 期	石 英	192	15.53	1.74	-62
FS-6	中 期	石 英	185	14.56	0.26	-68
FS-10	中 期	石 英	173	14.47	-0.75	-73
FS-4	晚 期	石 英	168	13.98	-1.65	-70
FS-5	晚 期	石 英	160	14.18	-2.13	-79
FS-8	晚 期	石 英	156	13.69	-2.98	-82

成矿溶液氢、氧同位素组成变化均较大, δD_{H_2O} 变化范围 (‰) 是 -44~-82, $\delta^{18}O$ 变化 (‰) 4.82~-2.98。在 M. F. Sheppard (1979) 的不同成因流体氢、氧同位素组成图 (图 5) 上, 投影点落在变质水与大气降水之间, 显示混合成因特点, 且从矿化早期到矿化晚期, 成矿溶液 $\delta^{18}O$ 值随温度降低而有规律地减小, 有向大气降水线漂移的趋势, 显示出矿化晚期大气降水作用的加强。

分水坳金矿成矿溶液氢、氧同位素组成特点与某些沉积盆地中的建造水或同生水相似, 这种建造水源于当地的大

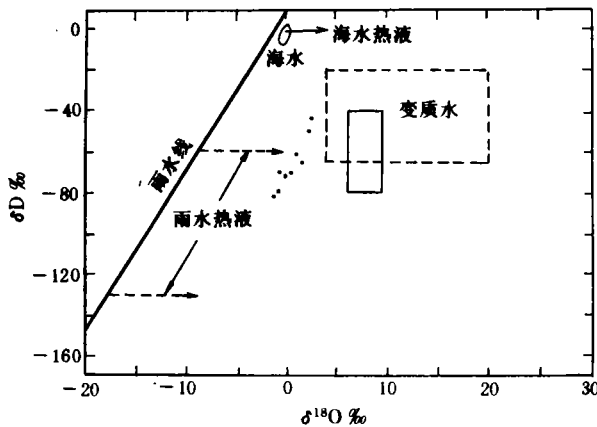


图 5 成矿溶液氢氧同位素组成图

Fig. 5 H-O isotope composition of ore-forming solution

气降水, 并与围岩发生过不同程度的同位素交换^[3]。从成矿溶液氢、氧同位素组成变化看, 显然不是由简单的冷却历史所致, 而与大气降水在较大温度范围内与各种围岩发生不同程度的氢、氧同位素交换或两种与围岩交换程度不同的大气降水的混合有关^[4]。

3 矿床成因探讨

3.1 成矿物质来源

桂北广泛发育以元古界浅变质岩系为代表的多元素综合性含矿建造, 无论是四堡群、丹洲群还是震旦系, 金在局部地层产生了较为强烈的同生富集, 其含量明显高于上部大陆地壳及对应岩石的平均值。金与其它元素之间微弱的相关性揭示了含矿建造中有相当数量的成矿元素(金)是以独立矿物形式存在, 即以吸附形式或显微-次显微矿物形式存在, 这种金在化学上具活性, 易于在岩石遭受后期变质作用改造时被活化转移出来。多时代原始和衍生含矿建造的发育为矿床的形成奠定了物质基础。

按野外地质产状、元素组合特点可分为与基性-超基性岩有关的金矿(化)点和赋存于地层断裂破碎带中的硫化物-石英脉金矿(化)点, 二者的成矿物质来源迥然不同。前者成矿物质来源于基性-超基性岩, 伴生有 Ag, Cu, Pb, Zn, Co, Ni, Sn 等亲铜亲铁元素, 是该区发育最早的一次金矿化(四堡期); 后者基本上属单金型金矿(化)点, 雪峰-加里东期是其主成矿期, 其成矿物质主要来源于控矿地层, 区域金矿床硫、铅同位素研究结果可进一步证实这一点^[5]。区域地球化学研究资料还揭示前寒武系层控金矿床附近存在着区域性金含量亏损带, 它与矿化围岩和矿脉一起构成了成矿元素金的贫化-富集的地球化学共扼体系^[6]。

3.2 成矿能量来源

区岩浆活动频繁而且广泛: 四宝-元宝山金成矿带内有大量四堡期中酸性-基性-超基性岩浆岩和三防、元宝山这二个巨大的雪峰期花岗岩体出露; 平等-三门金成矿带、龙胜-马海金成矿带沿背斜轴部及断裂两侧断续有雪峰期基性-超基性岩浆岩展布; 东部兴安-资源金成矿带则广泛分布加里东花岗岩。岩浆活动实际上是与大规模强烈的构造运动紧密联系在一起的, 后者往往还伴随着一定程度的变质作用。对于桂北四宝-元宝山金成矿带内的文通、地吴等金矿(化)点而言, 基性-超基性岩浆活动直接为其提供了成矿能量来源。而对于大多数硫化物-石英脉金矿(化)点而言, 矿区及其周围均未发现大规模岩浆岩或隐伏岩体的存在, 因此推测成矿能量应主要源于变质作用和构造运动。

桂北金矿(化)点星罗棋布, 明显受雪峰-加里东构造体系的控制, 其主要成矿时代是雪峰-加里东期, 这与湖南前寒武系金矿床的形成时代是一致的^[7], 也同整个江南金成矿带层控金矿的主成矿时代一致^[6]。成矿时代与主要构造运动时代的一致性表明, 区域变质、深部变质热液上升、断裂动力作用等均可成为有效的热液驱动能源。

3.3 成矿元素迁移和沉淀

成矿溶液的物理化学性质及其主要组成, 决定了金在成矿溶液中的主要迁移形式。分水坳金矿点形成温度为 $150\sim 250\text{ }^{\circ}\text{C}$, 压力为 $600\times 10^5\sim 800\times 10^5\text{ Pa}$, 成矿溶液盐度(w_{NaCl})为 $5.0\%\sim 8.0\%$, 密度为 $0.902\sim 0.955\text{ g/cm}^3$, 具弱碱性和还原性, 阴离子以 HCO_3^- , Cl^- , HS^- 占主导, 成矿溶液以建造水(大气降水来源)为主并具混合成因特点。在这种地球化学环境中金主要以 $[\text{Au}(\text{HS})_2]^-$ 配离子形式迁移。有关热力学计算结果表明, 在中低温和中低压条件下, 金在弱碱性硫化物溶液中的溶解度较大, 而在氯化物溶液中的溶解度较小。

金硫配合物溶解度计算和成矿实验研究表明⁽⁸⁾, 促使金沉淀富集的主要因素是温度、压力、pH 值降低以及还原硫浓度的降低。分水坳金矿点从矿化早期到矿化晚期成矿温度逐渐降低, 矿体严格受各种断裂裂隙系统的控制, 即含金石英脉分布于压力减低、形成压力差的部位。包裹体地球化学研究表明分水坳金矿点成矿溶液 pH 值有由弱碱性向中性演化的趋势。从矿石矿物组合特征可知, 自然金时常以裂隙金或包体金(交代结构)形式存在于黄铁矿和毒砂中, 表明自然金的形成稍晚于硫化物, 而硫化物的沉淀必然导致成矿溶液中流浓度的降低。故可认为, 温度、压力、pH 值以及 ΣS 的下降是导致以分水坳金矿点为代表的桂北地区金矿床金沉淀的主要原因。

3.4 成矿模式和成因归属

桂北金矿床形成过程可大致归纳为: 中晚元古代的陆源碎屑沉积作用和岩浆喷发、侵入活动, 形成了包括四堡群、丹洲群、震旦系等地层在内的一系列原始含矿(金)建造和衍生含矿(金)建造。其中四堡期基性—超基性岩浆活动尚形成了与其具密切成因联系的期后热液金矿化。在雪峰—加里东期构造运动和变质作用影响下, 以建造水为主的具混合成因特点的热液体系产生, 该体系为富含 K, Na, Ca, Mg, C, S, Cl, F 以及 Au, Ag, As, W, Hg 等组分的具有较强地球化学活性的流体。它通过水/岩反应促使金等成矿元素从岩石中活化转移出来而成为成矿溶液。在不均一围岩压力作用下, 成矿溶液向断裂带、各种弧形构造转折区等低压处汇聚, 并在适当的构造环境中因物理化学条件的改变金沉淀富集成金矿床。对于大多数桂北硫化物—石英脉金矿化而言, 往往具有多期或多阶段特征, 其中成矿较好的主矿化阶段成矿溶液更具地下水成因特征, 显示大气降水来源的地下水环流在桂北金矿化过程中所发挥的重要作用。

桂北金矿床成矿模式如图 6 所示。其成矿物质来源于控矿地层, 属刘英俊先生等(1991)提出的“江南型”金矿。

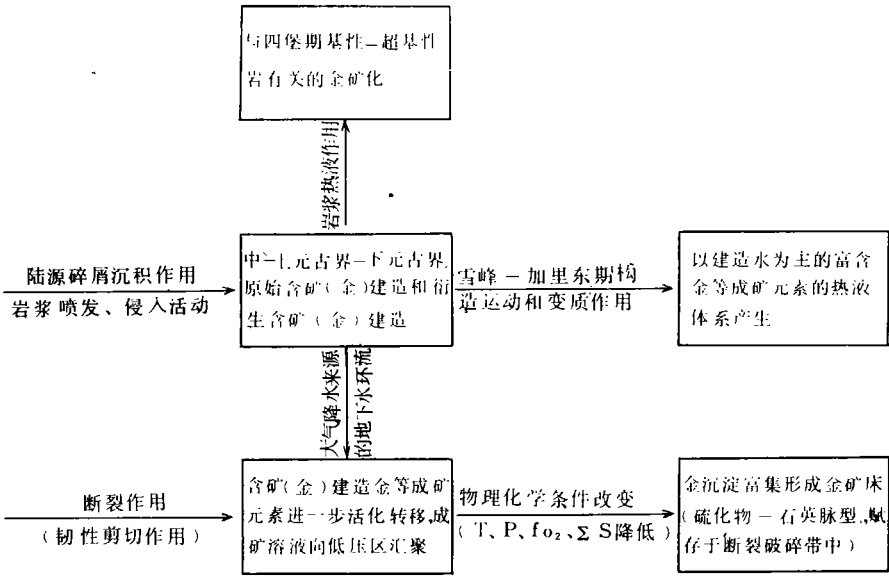


图 6 桂北金矿床成矿模式

Fig. 6 The ore-forming model for gold deposits in northern Guangxi

参 考 文 献

- 1 阎明, 刘英俊, 马东升. 桂北中上元古界地球化学研究. 桂林冶金地质学院学报, 1994, 14 (4): 370~379
- 2 刘英俊, 马东升. 金的地球化学. 北京: 科学出版社, 1991
- 3 沈渭洲. 稳定同位素地质, 北京: 原子能出版社, 1987
- 4 Radtke A. S. et al., Geology and stable isotope studies of the Carlin gold deposit. Nevada. Econ. Geol., 1980, 75: 641~672
- 5 罗献林. 论湖南前寒武系金矿床的成矿物质来源. 桂林冶金地质学院学报, 1990, 10 (1): 13~26
- 6 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
- 7 罗献林. 论湖南前寒武系金矿床的形成时代. 桂林冶金地质学院学报, 1989, 9 (1): 25~34
- 8 Seward T M. Thio complexes of gold and transport of gold in hydrothermal ore solutions. Geochim. et Cosmochim. Acta, 1973, 37: 379~399

GEOLOGICAL GEOCHEMISTRY AND GENESIS OF THE GOLD DEPOSITS IN NORTHERN GUANGXI

Yan Ming

Liu Yingjun Ma Dongsheng

(The Polar Research Institute of China,
Shanghai)

(Department of Earth Sciences, Nanjing
University, Nanjing)

Abstract Geological geochemistry of gold mineralization in Northern Guangxi possesses a series of following characteristics under the control of Pre-Cambrian strata and NNE faults, weak alteration of country rocks, simple compositions of minerals, multiphase metallizations, the existence of gold mainly in the form of independent minerals, principle metallogenetic epoch of Xuefengnian Caledonian Period, primary geochemical anomaly of part trace elements et al. According to geochemical studies of inclusions and hydrogen and oxygen isotopes, the ore-forming solution of Fenshuiao gold deposit in Northern Guangxi belongs to the Na-K-C-Cl-S system with low-middle temperature and middle pressure, shows weakly alkaline and reducing behaviors, is dominated by metamorphic water at the early stage and by formation water derived from meteoric water at the middle-late stage, showing obvious character of mixed genesis. Genetically, it is a stratabound gold deposit that has undergone reformation by groundwater or a called "Jiangnan" type gold deposit.

Key words gold deposits; geochemistry; inclusions; hydrogen and oxygen isotopes; genesis of ore deposit; Guangxi