

云南革档金矿 地质地球化学特征及成矿模式

李连生 敬成贵 魏震环

(天津地质研究院)

白崇裕

(昆明地质调查所)

提 要 革档金矿是近几年在滇东南地区新发现的较为典型的微细浸染型金矿,矿床中并伴生有较为丰富的 Pt、Pd 等有益铂族元素。矿化以浸染型为主,属浅成低温热液浸染型矿床。金为不可见金,成矿物质主要来源于泥盆系坡脚组地层,印支期基性岩浆侵入提供了部分成矿物质。通过对矿床地质地球化学特征、成矿物质来源和成矿物理化学条件的研究,阐述了矿床的成矿模式。

关键词 云南革档金矿 地质地球化学 成矿模式

革档金矿位于云南省东南部富宁县以西 10 公里处,为产在沉积碎屑岩系中的微细浸染型金矿床。

矿床在产出的沉积—构造环境和成矿特征等方面虽然与黔西南、桂西北地区的微细浸染型金矿(如板其、丫他、紫木垌、戈塘、金牙、高龙)及美国内华达州的浸染型金矿相似,但革档金矿的成矿物质来源和成矿作用却明显与矿区附近的超基性—基性侵入岩有关。矿区内还有与超基性—基性岩有关的含金硫化物矿脉。金矿石中除 Au 为有价值的元素外,并含有伴生的 Pt、Pd 等铂族元素,可达综合利用指标。

本文重点论述了革档金矿的区域地质背景,总结了矿床的成矿地质地球化学特征,并建立了矿床的成矿模式,为该类型金矿床的勘查提供了科学依据。

1 区域地质背景

革档金矿地处扬子准地台和华南加里东褶皱系两大构造单元的接触带,区域上大、中型微细浸染型金矿床及矿点成群、成带产出,形成了我国西南地区的微细浸染型金矿集中区。区域上还伴随有众多的浅成低温热液型汞、锑、砷等矿床(点)产出。

区内出露的地层有古生界寒武系、奥陶系、泥盆系、石炭系、二叠系、中生界三叠系和新生界第三系。除上泥盆统、上二叠统和中三叠统局部发育有少量的火山—沉积建造外,其余各时代地层均为浅海—半深海盆地和浅海台地环境的陆源碎屑岩和碳酸盐岩沉积建造。

区域地质发展史上的多期区域性构造运动,使区内除发育有不同形态的背斜、穹窿构造外,还发育有倾角较陡的深大断裂,如弥勒—师宗断裂、南盘江断裂、紫云断裂、右江断裂、富宁

断裂等。这些 NE 和 NW 向的大断裂相互交错,构成区域上的棋盘格状控矿构造格局。深大断裂不仅控制了区内的沉积建造类型,而且对区域成矿控制明显。如 NW 向富宁断裂控制着革档、木利、达莲塘、赛鸭、八大河等金、锑矿床(点),大体以 40 公里间距分布。

革档金矿区内未发现有岩浆岩出露,但在矿区附近东南 4 公里处出露有洪门辉长辉绿岩小岩体。此外矿区以东 10 余公里处分布有近百个印支期的基性—超基性小岩株、岩床、岩脉等,构成了区域上岩体分布集中区。围绕岩体集中区形成了大体从高温→低温的矿化分带。岩体中有岩浆熔离型铜镍矿床;岩体附近为钛、铁、铅等矿床(点);远离岩体则形成中低温热液型金、锑矿床。

2 矿床地质地球化学特征

2.1 赋矿层位和容矿岩石

矿区地层为中寒武统龙哈组(ϵ_2l),上寒武统歇场组(ϵ_3x)、唐家坝组(ϵ_3t),下泥盆统翠峰山组(D_1c)、坡脚组(D_1p)和芭蕉箐组(D_1b)。龙哈组为白云质灰岩夹泥质条带灰岩。歇场组为白云质灰岩、白云岩局部夹泥质粉砂岩。唐家坝组为泥质灰岩、白云质灰岩夹泥质条带灰岩。翠峰山组区域上常呈透镜状产出,为薄层状灰黑色粉砂质泥岩。坡脚组为一套陆缘海盆斜坡相的灰绿色粉砂质泥岩、泥质粉砂岩、灰黑色含碳粉砂粘土质泥岩、含碳钙质泥岩组合。该组分上、中、下三个岩性段,金矿主要赋存在下段中部。芭蕉箐组主要为黄绿色泥质岩。

矿区容矿岩石主要是含碳粉砂质泥岩和粘土岩、其次为粉砂岩,为一套细碎屑岩岩石组合。它们的特点是岩石经构造破碎和热液淋滤作用后,具有较大的孔隙度和较强的渗透性,可为热液的运移和矿质的沉淀提供有利空间。

2.2 控矿构造和矿体产状

革档金矿位于 NW 向富宁断裂南西侧的南北向旧腮穹窿西翼(图 1),区域性南北向理达断裂纵切旧腮穹窿使其东翼缺失。矿区北部 NW 向压扭性董堡—那桑圩断裂斜切穹窿并控制着区内的金矿化。主要的容矿构造是靠近上寒武统与下泥盆统不整合面附近发育的层间破碎带,是在层间断裂基础上发展起来的。其特征为:破碎带产状与地层层理基本一致,倾向西,倾角 $20^\circ\sim 30^\circ$,局部与层理呈小角度斜交;破碎带中碎裂岩化、角砾岩化、糜棱岩化、片理化、劈理和小褶曲发育,表明是经多次挤压、剪切作用形成,并经历过塑性和脆性变形的过程。

矿化带受层间破碎带和不整合面构造的联合控制,南北长近 3000 米,宽 5~150 米,平面上呈带状分布。产状大致与围岩相近,倾向 $250^\circ\sim 260^\circ$,倾角 $20^\circ\sim 35^\circ$ 。矿体与围岩呈渐变过渡关系,并只能通过取样分析来圈定矿体。矿体形态一般为似层状、层状和透镜状,由于受构造作用叠加影响,矿体局部出现膨大现象。

2.3 围岩蚀变

矿床围岩蚀变特点是,蚀变强度较弱,蚀变类型简单,金矿化被严格限制在蚀变带中,离开蚀变带矿化随即消失。矿区内主要蚀变类型有硅化、黄铁矿化、粘土(水云母)化、毒砂化、辉锑矿化、方解石化、重晶石化、褐铁矿化、黄钾铁矾化和水绿矾化。与金矿化关系最密切的是硅化

和黄铁矿化。

成矿早期阶段以硅化、粘土化、黄铁矿化为主。面性硅化表现为石英多呈显微晶质交代围岩，并多在矿体的底板(包括不整合面)发育；成矿主期阶段热液蚀变主要为硅化、含砷黄铁矿化、毒砂化和粘土化。硅化以石英细脉或网脉为主，含砷黄铁矿发育环边结构，据电子探针分析，核部不含 Au、As，而环边中从内向外 Au、As 同步增长逐渐增高，表明 Au 与 As 具正相关关系；成矿晚期阶段主要是方解石化、硅化、黄铁矿化、辉锑矿化、重晶石化和粘土化。

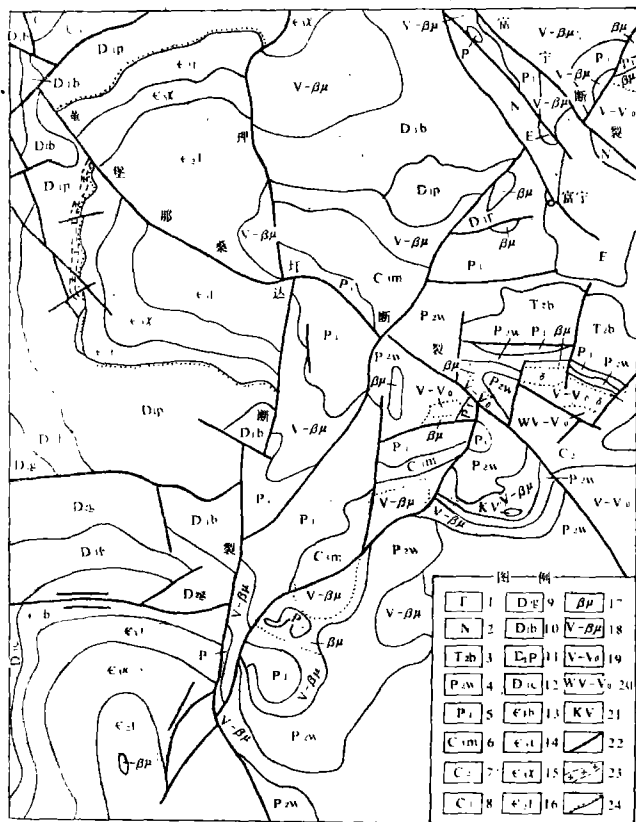
2.4 矿石特征

矿石可分氧化矿石和原生矿石两种。矿床的氧化带深度不大，一般氧化深度为 10~20 米。原生矿石是矿区资源的主体。目前矿区已知的矿石矿物达 30 余种(表 1)。

矿区内董堡—那桑圩断裂的 NE 向次级断裂内赋有含金硫化物脉型矿石，脉宽 < 2 米，含金较为稳定(> 8g/t)。矿物组合以赤铁矿和褐铁矿为主，并含微量黄铜矿和黄铁矿。赤铁矿和褐铁矿大多呈黄铁矿假象产出，表明原为含金硫化物脉。

对上述各类矿石经显微镜、物相分析、电子探针(扫描)、离子探针和俄歇能谱等方法研究表明，矿床中金多呈次显微状的自然金赋存于黄铁矿(褐铁矿)和毒砂中，部分自然金呈胶体状态被吸附在粘土矿物及碳质物的表面。

矿石结构主要有粒状、变斑状、环边、交代和隐晶等结构。矿石构造有浸染状、细脉—浸染状、条带状、碎裂状、角砾状和块状等构造。



图例说明: 1. 下第三系 2. 上第三系 3. 中三叠统百逢组 4. 晚三叠统吴家坪组 5. 早二叠统栖霞组 6. 上石炭统马平组 7. 中石炭统 8. 下石炭统 9. 中泥盆统古木组 10. 下泥盆统芭蕉箐组 11. 下泥盆统坡脚组 12. 下泥盆统翠峰山组 13. 上寒武统博菜田组 14. 上寒武统唐家坝组 15. 上寒武统歇场组 16. 中寒武统龙哈组 17. 钦辉绿岩相带 18. 钦辉辉长辉绿岩相带 19. 辉长苏长岩相带 20. 橄辉辉长苏长岩相带 21. 碱闪辉长岩相带 22. 断裂 23. 矿化蚀变带 24. 不整合面

图 1 革档金矿地质图

Fig. 1 Geological map of Gedang gold deposit

表 1 革档金矿矿石矿物组成
Table 1 Ore minerals in Gedang deposit

成矿早期	石英、水云母、黄铁矿、白铁矿、磁铁矿
成矿主期	含砷黄铁矿、黄铁矿、毒砂、磁黄铁矿、石英、水云母
成矿晚期	黄铁矿、黄铜矿、辉钼矿、闪锌矿、水云母、方解石、重晶石、石英
表生氧化期	褐铁矿、针铁矿、黄钾铁矾、水绿矾、锑华

表 2 矿石和围岩化学成分(wt%)
Table 2 Chemical composition of ore and wall rocks(wt%)

样号	岩性	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	H ₂ O	CaO MgO	CaO+MgO	FeO Fe ₂ O ₃
LL32-E	围岩	59.08	0.95	15.67	0.29	7.08	0.12	2.08	0.06	0.22	4.6	0.14	2.68	0.029	2.14	24.413
LL32-D	矿化围岩	58.24	0.95	18.68	3.87	1.89	0.03	1.27	0.19	0.14	5.68	0.19	2.88	0.15	1.46	0.488
革1-9	矿化围岩	66.34	1.04	18.15	1.19	0.9	0.013	0.99	0.38	0.31	5.34	0.093	3.95	0.384	1.37	0.756
革1-13	矿石	67.74	1.35	17.64	1.21	0.56	0.007	0.99	0.31	0.16	4.99	0.076	3.45	0.313	1.3	0.463
Te24-25	矿石	73.65	0.72	12.07	4.88	0.59	0.026	0.63	0.3	0.1	3.8	0.32	2.63	0.603	1.01	0.121

表 3 矿石和各种岩石的微量元素含量(ppm)
Table 2 Contents of trace elements in ore and wall rocks(ppm)

样号	岩石类型	As	Ag	Sb	Au	Bi	Hg	Cu	Pb	Zn	Co	Ni	Mn	W	Mo	Te	Se	Ti	Sr	Ba	As Ag
LL32-E	围岩	0.02	0.69	886	74.6	0.88	1.0	48	20	501	35	45	984	4	3	0.1	0.1	1.2	32	420	0.029
革1-9	矿化围岩	0.13	0.69	2000	119	0.45	1.9	25	105	73	19	30	115	4	4	0.1	0.6	1.6	35	790	0.188
LL32-D	矿化围岩	0.49	0.60	53.1	1100	0.90	2.8	55	20	250	31	47	241	5	0.5	0.25	0.1	1.7	45	730	0.817
Te24-25	矿石	4.41	0.073	8.7	3940	0.38	3.0	25	20	63	1	11	/	5	3	0.2	0.7	0.85	17	560	60.41
革1-13	矿石	5.23	0.6	31.2	113	0.8	3.4	15	24	336	16	21	82	9	1	0.06	0.1	1.3	52	680	8.717
地壳中	砂岩*	0.00m	0.0m	0.0m	1	?	0.03	n	7	15	0.3	2	n×10	1.6	0.2	1.6	0.05	0.82	20	n×10	/
沉积岩的	页岩*	0.00m	0.07	1.5	13	?	0.4	45	20	95	19	68	850	1.8	2.6	1.0	0.6	1.4	300	580	/
平均丰度	粘土**	0.001	0.1	2	6.6	0.01	0.4	57	20	80	20	95	670	2	2	0.9	0.6	1	450	800	/

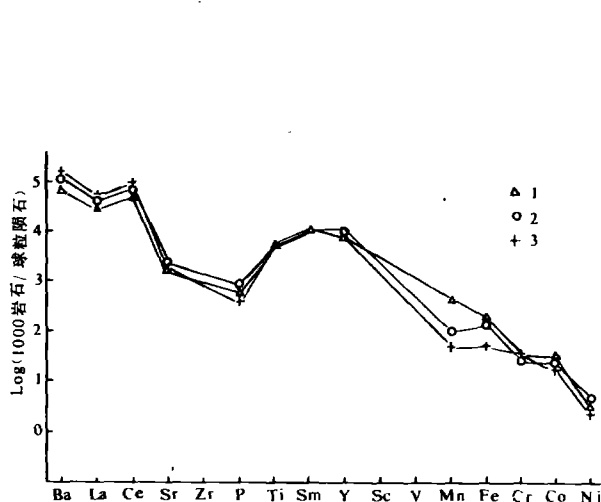
* Turekian and Wedepohl, 1961.
* Виноградов

2.5 矿石的化学成分

由于容矿岩石为富含泥质的细碎屑岩,所以矿石的化学组分主要是 SiO₂、Al₂O₃,其次是 Fe₂O₃、FeO、K₂O、CaO 和 MgO 等。矿石中一般 SiO₂>60%、Al₂O₃>13%、CaO+MgO<2%、K₂O>Na₂O。相对于未矿化岩石,矿石化学组成最显著的变化是 MgO 的流失和 SiO₂ 的加入(表 2),表

明矿化与硅化和去碳酸盐化关系密切。随矿化增强, CaO/MgO 比值升高, 说明在成矿过程中白云石较方解石更易溶解带出。从围岩→矿化围岩→矿石, $\text{FeO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$ 比值显著降低, 这可能是 Au 、 As 、 Hg 等成矿元素沉淀时使容矿岩石氧化指数升高而造成的。与卡林金矿相比, 矿床中 Al_2O_3 、 K_2O 、 H_2O^- 的含量明显较高, 表明矿石中含有较多的粘土矿物。

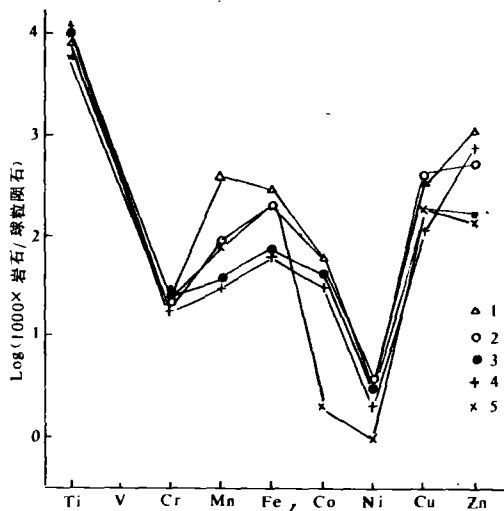
在微量元素中, 随矿化的增强, 从围岩→矿化围岩→矿石, Ag 的含量降低, Au/Ag 比值增高(表 3)。元素 Co 、 Ni 、 Mo 、 Mn 、 W 、 Bi 、 Se 、 Tl 等含量与地壳中同类岩石的克拉克值相近, 它们呈分散状态存在于其它矿物中。而 As 、 Sb 的含量则高出 2~3 个数量级, 在矿床中呈少量独立的硫化物形式出现。



说明: 1. 围岩 2~3. 矿化围岩

图 2 革档金矿围岩及矿化围岩的孙氏图解

Fig. 2 Distribution of trace element in wall rock and mineralized wall rock



说明: 1. 围岩 2~3. 矿化围岩 4~5. 矿石

图 3 革档金矿围岩及矿石的科里尔图解

Fig. 3 Distribution of the transitional elements in wall rock and gold ore

金矿围岩和矿化围岩的微量元素含量变化具有相同的趋势(图 2), 其围岩、矿化围岩和矿石的第一过渡族元素含量变化趋势也极其相似(图 3), 显示成矿物质来源与沉积围岩具有一定的亲缘关系。

矿床中除 Au 为可利用元素外, 在对其伴生有益组分的初步查定发现矿石中铂族元素含量较高。氧化矿含 Pt 0.015g/t, Pd 0.062g/t, 原生矿含 Pt 0.025g/t, 含金硫化物脉型金矿石含 Pt 0.028g/t, Pd 0.18g/t。氧化矿石和含金硫化物脉型金矿石中的 $\text{Pt}+\text{Pd}$ 含量已超过伴生铂金矿床的综合利用指标($\text{Pt}+\text{Pd}>0.03\text{g/t}$), 原生矿也接近综合利用指标。由此可见, 革档金矿中的铂族元素尤其是 Pt 、 Pd 极有可能成为重要的可利用的伴生有益组分。

2.6 稀土元素地球化学

矿区中围岩, 矿化围岩和矿石的稀土丰度较高($\Sigma\text{REE}=159.2\sim363.53\mu\text{g/g}$), 三者具有相同的配分模式(图 4), 表现为轻稀土富集重稀土亏损, Eu 轻微亏损, 均与大陆地壳的稀土组成

相近。

热液成矿阶段的黄铁矿和毒砂具有稀土丰度低($\Sigma\text{REE} = 38.59 \sim 94.49\mu\text{g/g}$),轻稀土富集重稀土亏损特征。成矿早期黄铁矿显示出轻微的Eu正异常,而成矿中期的黄铁矿和毒砂则出现明显的Eu负异常。这可能是由于随成矿热液的演化,早期缺少钙碳酸盐,使得 Eu^{2+} 不发生与 Ca^{2+} 的替代,而主、晚期热液中有较多的 Ca^{2+} 并使 Eu^{2+} 更多地与 Ca^{2+} 一起进入碳酸盐而造成成矿主期的黄铁矿与毒砂具明显的Eu亏损特征。热液蚀变中碳酸盐化出现在成矿主、晚期的现象也说明了这点。

2.7 稳定同位素地球化学

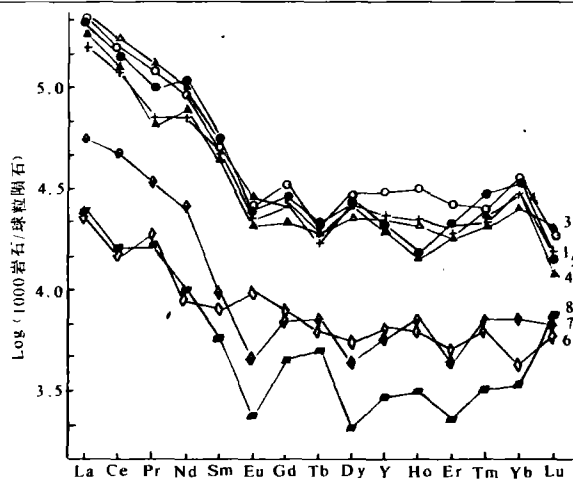
革档金矿的 $\delta^{34}\text{S}$ 变化范围为 $-1.4 \sim +16.8\text{‰}$,极差 18.2‰ ,平均值 $+11.94\text{‰}$,除个别样品轻微富集 ^{32}S 接近零值陨石硫外(-1.4‰),多数样品的 $\delta^{34}\text{S}$ 集中在 $+8 \sim +16\text{‰}$ 范围内。不同成矿阶段的硫同位素组成不同,从成矿早期阶段到成矿主期和成矿晚期阶段, $\delta^{34}\text{S}$ 分别为 $+3\text{‰}$ 、 $+15.26\text{‰}$ 、 $+12.33\text{‰}$,呈现由早 $\rightarrow$ 晚 $\delta^{34}\text{S}$ 由低 $\rightarrow$ 高 $\rightarrow$ 低的变化趋势。与热液期黄铁矿相比,辉铋矿和毒砂表现出更富集 $\delta^{34}\text{S}$ 的特征。坡脚组地层中沉积成因的黄铁矿与热液期黄铁矿的硫同位素组成相近($\delta^{34}\text{S} + 11.7 \sim +16.5\text{‰}$),表明沉积围岩和矿石中的硫质来源具有相关一致性。

矿床矿石铅同位素和围岩岩石铅同位素均具有正常铅的特征。矿石铅同位素组成为 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 17.3322 \sim 18.5974$ 、 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 15.4494 \sim 15.7474$ 、 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 38.0042 \sim 38.9451$ 。围岩铅同位素组成为 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 18.4440 \sim 18.6196$ 、 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 15.5958 \sim 15.6756$ 、 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 38.7923 \sim 39.1270$ 。据矿床铅同位素组成图解投影和源区特征质的计算分析表明,其铅质主要来自上地壳和造山带。

2.8 包裹体特征

对矿床石英包裹体研究表明,包裹体主要为气液相包裹体、含 CO_2 包裹体和少量气相包裹体。未发现子矿物包裹体、纯 CO_2 包裹体和沸腾包裹体。气液相包裹体多呈自形,大小为 $3.5 \sim 9\mu\text{m}$,气液比 $10 \sim 15\%$ 。含 CO_2 包裹体呈不规则状,大小为 $3.5 \sim 7\mu\text{m}$,气液比 $12 \sim 15\%$,液态 CO_2 约占总体积的 $12 \sim 20\%$, CO_2 均一温度 $3.4 \sim 11.2^\circ\text{C}$,水合物分解温度为 $4.2 \sim 8.2^\circ\text{C}$ 。气相包裹体多呈不规则状,大小一般为 $3.6 \sim 4.5\mu\text{m}$,气相约占总体积的 $60 \sim 70\%$ 。

据石英包裹体均一温度测定,矿床成矿温度主要集中在 $150 \sim 270^\circ\text{C}$ 范围内,均一温度出现多个峰值,表明成矿作用具有多阶段性。经研究矿床成矿早期阶段形成温度为 $165 \sim 290^\circ\text{C}$,成矿主期阶段为 $155 \sim 270^\circ\text{C}$,成矿晚期阶段为 $150 \sim 250^\circ\text{C}$ 。成矿温度具有从早期 $\rightarrow$ 晚期逐渐



说明:1. 围岩 2~3. 矿化围岩 4~5. 矿石 6. 成矿早期黄铁矿 7. 成矿中期黄铁矿 8. 成矿中期毒砂

图4 革档金矿矿石及有关岩石和矿物的REE分布型式

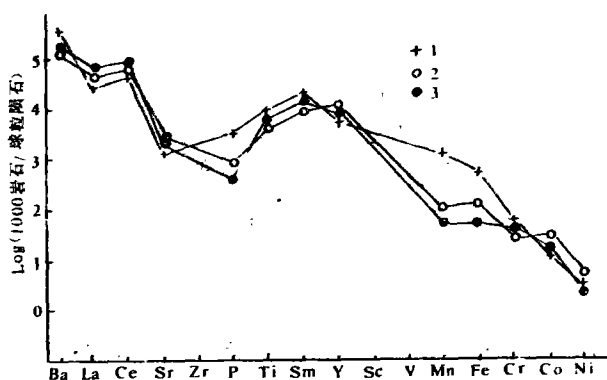
Fig. 4 REE pattern of the ore, wall rocks and some minerals in the Gedang gold deposit

降低的趋势。

3 成矿模式

3.1 成矿物质来源

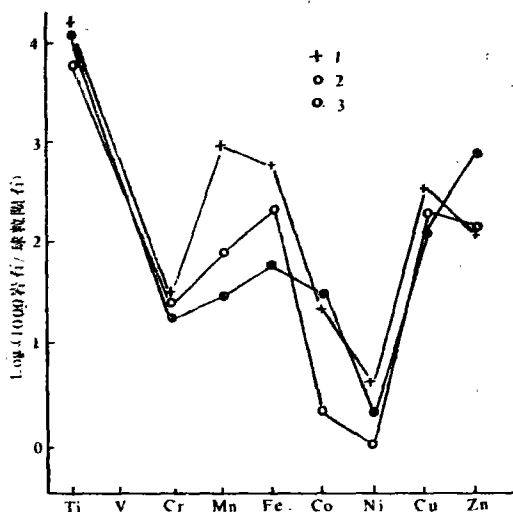
对矿区的矿化围岩、矿石及矿区外围基性侵入岩的微量元素和第一过渡族元素的含量变化研究表明,基性侵入岩与矿化围岩和矿石的微量元素及第一过渡族元素变化趋势相似(图 5、6)。将矿区外围的辉绿辉长岩体的 Ni/Co 、 $(Pb+Zn)/Cu$ 、 Zn/Pb 、 Cr/Ni 等元素比值与矿石和围岩地层的相应比值对比(图 7),可知三者比值的变化趋势相似。此外,辉绿辉长岩与矿石的稀土配分型式也相似(图 8),表明矿床的成矿物质来源既与沉积围岩地层有关,也与矿区附近的基性侵入岩有关。



说明:1. 基性岩 2~3. 革档金矿矿化围岩

图 5 基性岩及矿化围岩的微量元素分布特征

Fig. 5 Distribution of trace elements in basic rock and mineralized wall



说明:1. 基性岩 2~3. 革档金矿矿石

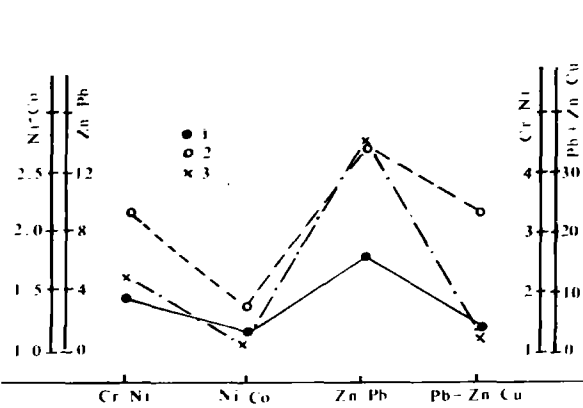
图 6 基性岩及金矿石第一过渡族元素分布型式

Fig. 6 Distribution of the first transitional elements in basic and gold ore

据张理刚(1985)研究,滇黔桂地区中生代大气降水的 δD 值为 $-70 \sim -90\%$ 。对革档金矿矿石中石英及石英包体水和裂隙水、泉水的氢氧同位素测定表明,矿石中石英氧同位素 $\delta^{18}O$ $21.26 \sim 23.6\%$ 。石英包体水的氢同位素 δD_{H_2O} $-62.1 \sim -83.37\%$, 平均 -70.6% 。裂隙水和泉水的 δD $-78.14 \sim -88.85\%$, 平均 -82.84% 。矿床氢同位素数据与滇黔桂地区中生代大气降水 δD 值相似,说明矿床成矿流体中有大气降水加入。另从氢氧同位素组成图解上可以看出(图 9),革档金矿成矿流体水的来源与川西北东北寨金矿相似,具有多来源的特征。

矿床中含有较高的 Pt、Pd 等铂族元素,而产于矿区外围基性岩中的铜镍矿床除含有伴生

金外,也含有较高的 Pt、Pd,如安定铜镍矿含 Au 0~73g/t, Pt 0~1.6g/t, Pd 0.02g/t。由此表明革档金矿的成矿物质来源与基性岩是有联系的。



说明:1. 地层 2. 矿石 3. 基性岩体

图7 矿石与围岩地层及基性岩体中元素比值关系图

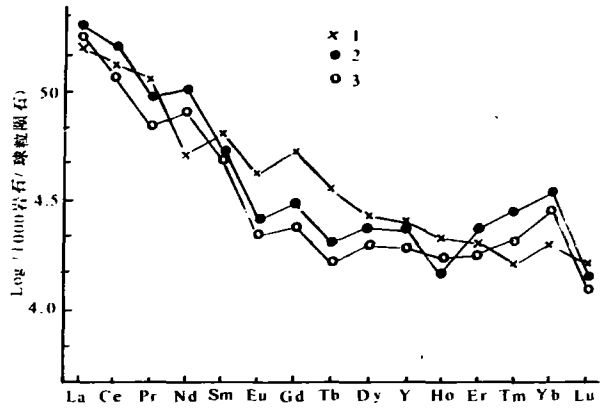
Fig. 7 Ratio interrelation of elements in gold ore, wall rock and basic rock

综上所述可以认为矿床的成矿物质主要来自围岩地层,印支期基性侵入岩也为成矿提供了部分成矿物质,在成矿过程中并有中生代大气降水加入到成矿流体中。

3.2 成矿热液性质及成矿物理化学条件

石英包裹体成分分析表明,热液的液相成分主要是 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Cl^- 、 F^- 、 SO_4^{2-} ;气相成分主要是 CO_2 、 CH_4 、 H_2 、 O_2 、 N_2 和 H_2O 。其成分变化特点是阳离子 $\text{Na}^+ > \text{K}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+}$, Na^+ / K^+ 、 $\text{Na}^+ / (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$ 比值一般大于 1。阴离子 $\text{Cl}^- > \text{F}^- > \text{SO}_4^{2-}$ 。反映出成矿热液为富含 Na^+ 的弱酸性介质热液。成矿热液类型以富碱金属和碱土金属的 $\text{Cl}-\text{Na}-\text{K}$ 型为主。

根据包裹体测试分析结果,计算出成矿流体密度 $0.94 \sim 0.96 \text{g/cm}^3$, 盐度 $10.8 \sim 11$ 。



说明:1. 辉绿辉长岩 2~3. 金矿石(革档)

图8 基性岩与金矿石的稀土配分型式

Fig. 8 REE patterns of the basic rock and ore

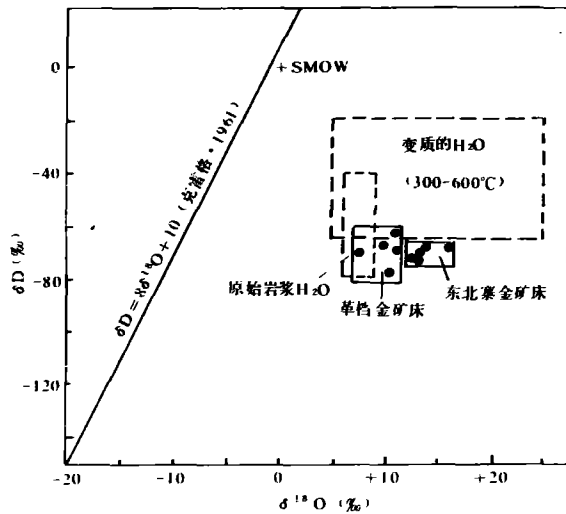


图9 革档金矿床氢氧同位素组成(东北寨金矿床据郑明华,1989)(变质水、岩浆水范围据 Taylor,1974)

Fig 9 H_2O isotopic composition for Gedang gold deposit

0wt%, PH 值为 6.13~6.77, 成矿压力 $5.4 \times 10^6 \sim 1.77 \times 10^7 \text{Pa}$ 。据成矿压力估算革档金矿成矿深度小于 1 公里。

3.3 成矿模式

在对革档金矿综合研究的基础上,推断矿床的形成过程,提出成矿模式(图 10)。

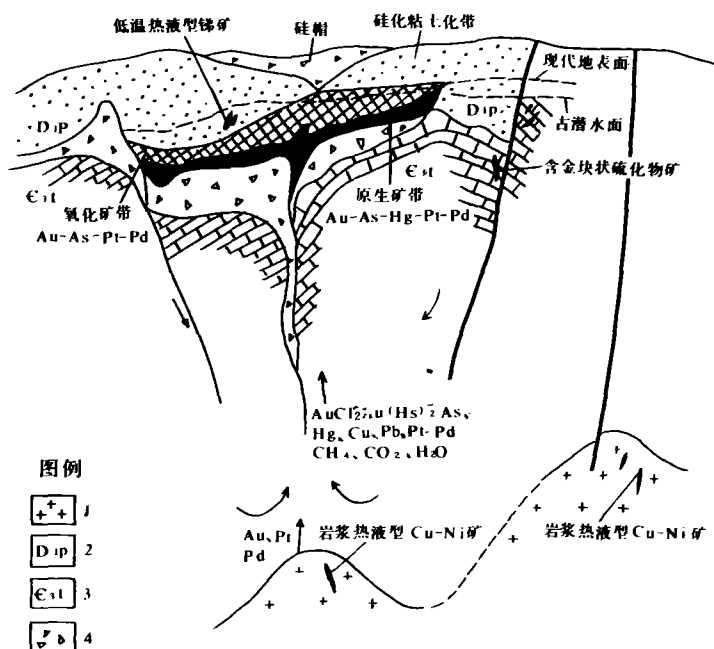
晚古生代,矿区位于大陆边缘的海盆斜坡相沉积环境,由于受 NW 向富宁大断裂控制,在寒武系灰岩不整合面之上沉积了一套富含 Au、As、Sb、Hg、Fe 和 S 等元素的陆源碎屑岩沉积建造,即在晚古生代沉积建造底部形成了下泥盆统坡脚组含金初始矿源层。

印支—燕山期的区域构造运动使区域上 NW、NE 向断裂发育,尤其是斜切穹窿构造的 NW 向董堡—那桑圩断裂和寒武系与下泥盆统坡脚组间不整合面附近的层间破碎带及各种裂隙,它们与不整合面一起构成良好的成矿构造系统。伴随区域大断裂的多期活动,发生有基性岩的侵入。印支期基性

岩浆作用不仅形成了含金、铂钯的铜镍矿和沿断裂充填的含金、铂、钯硫化物矿脉,而且更重要的是由于基性岩浆活动可能使初始矿源层中的金等成矿物质发生进一步的叠加富集作用。

由断裂强烈活动产生的构造热能和岩浆活动释放的热能,促使断裂附近古地温场热流值进一步升高。沿断裂裂隙下渗的大气降水和地层中封闭的建造水,一同受古地温场热流值影响而升温形成热流体。此时可能有部分基性岩浆期后热水溶液也渗入到热流体中并带入 Au、Pt、Pd 等成矿物质。当热液沿断裂、裂隙上升向近地表运移并与下渗的大气降水混合时,即形成了对流循环系统。热液在循环过程中不断对围岩渗滤并萃取初始矿源层中的 Au 等成矿物质进入热液形成含矿热流体。当含矿热液运移到近地表较为开放的层间破碎带环境中时,由于物理化学条件的改变,使金等成矿物质发生沉淀富集形成矿床。成矿时代初步定为印支—燕山期。

根据成矿作用特点,可将矿床的成矿作用划分为三个成矿阶段。热液活动早期阶段,成矿温度较高,溶液偏碱性,钾质含量高,对围岩交代形成石英和粘土矿物(水云母),仅沉淀有少量呈星散状分布的黄铁矿。金在较高温度和碱度偏高的溶液中难以沉淀,故早期矿化较弱。热液



图例说明: 1. 辉长辉绿岩体 2. 下泥盆统坡脚组 3. 上寒武统唐家坝组 4. 层间破碎带

图 10 革档金矿成矿模式示意图

Fig 10 Sketch map of the metallogenic model of Gedong gold deposit

成矿主(中)期,热液酸性增大,围岩中的大量成矿物质进入热液,而 Cu、Pb、Zn 等贱金属在较为还原性溶液中难以活化。当体系的温度、压力降低挥发分逸出时,首先发生沉淀的是石英和黄铁矿。随着黄铁矿、毒砂等的沉淀,矿液中的还原硫活度降低,从而使在含矿热液中以硫氢络合物形式搬运的金的溶解度降低,金沉淀析出进入黄铁矿的环边中,以及呈胶体态被粘土矿物或碳质物所吸附。热液活动晚期,温度压力明显降低,热液由弱酸性转变为中性或弱碱性,此时热液中的金属离子明显减少,矿化减弱。残留在溶液中的不活泼元素 Ca、Mg、Fe、Ba 等与 CO_3^{2-} 结合形成方解石脉或重晶石脉,标志着热液活动进入晚期。

4 结束语

革档金矿产于沉积细碎屑岩建造中,稳定同位素、稀土及微量元素地球化学研究表明,成矿热液和成矿物质不仅与含金建造坡脚组有关,而且与矿区附近的基性辉绿辉长岩侵入体有密切联系。矿床具有同美国卡林金矿不完全相同的地质特征。

鉴于矿床中 Pt、Pd 等元素含量较高,应加强对伴生的铂族元素的富集规律及赋存状态和可选性进行研究,以期扩大矿床利用的经济价值。同时据区域成矿条件的研究,应加强广南—富宁、温浏—六都及马雄等地区的找矿工作,以期找到同类型即含铂钯的金矿床。

参考文献

- 1 云南省地质矿产局. 云南省区域地质志. 地质出版社, 1990
- 2 Charles G Cunningham. 内华达一些浸染型金矿与前寒武纪克拉通西缘及古地热异常之间的关系. 见: 美国西部可采贵金属矿床会议论文集. 1989
- 3 拉德克 A S. 卡林金矿地质学. 贵州地质矿产局科技情报室编译, 1985
- 4 沈阳地质矿产研究所. 中国金矿主要类型区域成矿条件文集(黔西南地区). 地质出版社, 1989
- 5 侯宗林, 等. 滇黔桂地区微细浸染型金矿成矿条件及成矿模式. 地质找矿论丛, 1989, 4(3)
- 6 郑明华. 层控金矿床概论. 成都科技大学出版社, 1989

THE CHARACTERS OF GEOLOGY AND GEOCHEMISTRY AND THE METALLOGENIC MODEL OF GEDANG GOLD DEPOSIT, YUNNAN PROVINCE

Li Liansheng Jing Chenggui Wei Zhenluan

(Tianjin Geological Academy)

Bai Chongyu

(Kunming Geological Survey)

Abstract

Gedang gold deposit is not only one of the typical micrograin—disseminated gold deposit in Yunnan—GuizhouGuangxi gold metallogenic province, Southwest China but also the first one that contains relative abundance of PGE in this type of gold deposit.

Based on the research of regional geology and the characters of geology and geochemistry of Gedang gold deposit, the authors, by using the geochemistry and physicochemical methods of trace element, rare earth element, stable isotope and fluid inclusions, have discovered that the main ore—forming materials come from the sedimentary rocks, part of the ore—forming materials come from the Mesozoic basic intrusives, and during the metallization there was Mesozoic meteoric water incooperated into the ore—forming fluid. The authors have also concluded that it is a epithermal micrograin—disseminated gold deposit.