

滇西上芒岗卡林型金矿床地球化学特征

李红阳 高振敏 杨竹森 罗泰义 饶文波

(中国科学院地球化学研究所矿床地球化学开放室)

【摘要】 岩石化学与微量元素研究表明,在强硅化泥质灰岩中, SiO_2 和 Au、As、Sb 含量增高, CaO、 CO_2 和 MgO 含量降低;在强碳酸盐化泥质灰岩中, MgO 和 CO_2 含量增高, SiO_2 含量降低;不同蚀变与矿化岩石的稀土含量和配分模式与未蚀变泥质灰岩基本一致。流体包裹体研究揭示,成矿溶液为富 Cl^- 型和富 SO_4^{2-} 型,爆裂温度为 183~378℃。同位素研究指示, $\delta^{34}\text{S} = (6.471 \sim 21.965) \times 10^{-3}$, $\delta^{18}\text{O} = (9.3 \sim 11.6) \times 10^{-3}$, $\delta\text{D} = (-70 \sim -77) \times 10^{-3}$, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 19.551 \sim 20.05$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 15.690 \sim 16.240$, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 38.710 \sim 40.137$;成矿流体具有岩浆水和大气降水相混合的特点,成矿物质具有壳-幔混合特征。

关键词 卡林型金矿 地球化学 滇西上芒岗 云南省

中图分类号 P618

文献标识码: A

上芒岗金矿是滇西南滇西地区 90 年代新发现的卡林型金矿床。为了探讨该类型矿床的地质地球化学特征及成因机理,作者对上芒岗金矿各类蚀变与矿化岩(矿)石的化学成分、微量元素、流体包裹体和同位素进行了测试分析。研究揭示,上芒岗金矿床的主要地球化学特征可与美国西部地区和我西南滇黔桂、川甘陕两个“金三角”地区的卡林型金矿床相对比^[1-4]。

1 矿床地质概况

上芒岗金矿床位于三江构造转换带西南缘与印度地块—高丽贡山变质地体东缘过渡区的陇陵—瑞丽北北东向断裂带内^[5]。赋矿地层与岩性主要为侏罗系勐戛组中段砂泥质灰岩和二叠系沙子坡组泥质灰岩(图 1)。北东向上芒岗断裂构造破碎带和不整合面(勐戛组与沙子坡组之间)及古岩溶的复合,控制了已知金矿化。该矿床包括羊石山、广岭坡、麦窝坝和果园等矿段,具有中型规模。矿体走向北东,倾向北西,呈透镜状和似层状产出。金矿体由上部氧化带(红色粘土型金矿石)和下部未氧化带(构造蚀变岩型金矿石)所构成。根据矿物、化学成分和金的共生组合,下部未氧化矿石包括似碧岩型、黄铁矿型、富砷型等矿石类型。矿石主要由热液交代容矿岩石所形成,金呈次显微状和分散吸附产出,矿床类

型为微细粒浸染型,即卡林型。伴生元素主要为砷、锑、汞等。金属矿物为黄铁矿、辉锑矿、毒砂、辰砂、闪锌矿等,非金属矿物为石英、白云石、方解石、重晶石、迪开石、高岭石和水云母等。上芒岗金矿围岩蚀变广泛发育,并且具有明显的水平和垂直分带性,中部或深部以似碧岩化或硅化和黄铁矿化为主,两侧或上部主要为网脉状碳酸盐化和迪开石—高岭石化、毒砂化、辉锑矿化和重晶石化等热液蚀变也十分常见。矿区岩浆活动以燕山期基性—超基性岩和花岗岩为主。

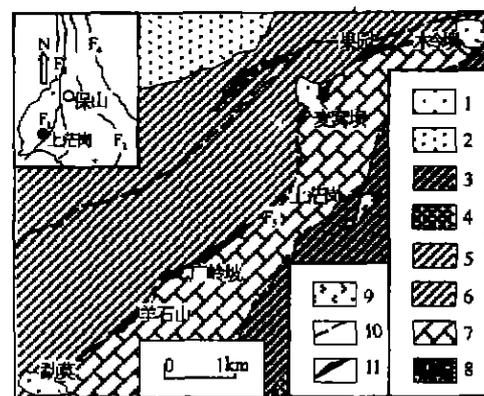


图 1 上芒岗金矿床矿区地质略图

F₁—北碛—瑞丽断裂 F₂—怒江断裂 F₃—澜沧江断裂
F₄—金沙江—红河断裂 F₅—上芒岗断裂 1—上新统
2—白垩系 3—中侏罗统龙海组 4—柳湾组 5—勐戛组
6—上三叠统南植坝组 7—下二叠统沙子坡组 8—辉绿岩
9—二长斑岩 10—断裂 11—金矿体和矿化体

收稿日期 2001-01-12

李红阳 贵阳市观水路 72 号 550002

中国科学院重大项目(编号:KZ-951-A1-404-02)和王宽城教育基金及矿床地球化学开放基金(编号:980418)联合资助

2 岩石化学及主要成矿元素特征

上芒岗金矿床各类蚀变与矿化岩(矿)石的化学成分及主要成矿元素分析结果列入表 1。如表所示,从河边寨未蚀变纹层状泥质灰岩到麦窝坝矿段强硅化灰岩,主元素 SiO₂ 含量从 18.84% 增加到

90.76%, CaO、CO₂ 和 MgO 含量则明显降低, Al₂O₃、MnO、TiO₂、Na₂O 等没有明显的变化; Au、As、Sb 等微量元素含量有一定的增高。在强烈碳酸盐化的岩石中,主元素 MgO 和 CO₂ 含量明显增高, SiO₂ 含量则明显降低。

表 1 各类蚀变矿化岩石化学及微量元素分析结果

编号	MWB-3	MWB-4	M2-4	M2-3	M2-5	M2-2	MWB	HBZ-2	GY-3	GLP-2-1	GLP-1
位置	麦窝坝	麦窝坝	麦窝坝	麦窝坝	麦窝坝	麦窝坝	麦窝坝	河边寨	果园	广岭坡	广岭坡
岩性	强硅化泥质灰岩	碳酸盐化灰岩	碳酸盐化灰岩	碳酸盐化泥质灰岩	强碳酸盐化泥质灰岩	强碳酸盐化泥质灰岩	致密浸染状黄铁矿	层纹状泥质灰岩(含黄铁矿)	辉绿闪石英脉	重晶石脉	黄铁矿化泥质岩
SiO ₂	90.76	6.78	1.88	2.68	1.08	2.26	44.94	18.84	98.11	0.69	61.29
TiO ₂	0.16	0.027	0.002	0.007	0.002	0.002	2.76	0.17	—	0.003	0.49
Al ₂ O ₃	4.32	0.9	0.24	0.4	0.13	0.2	11.23	4.36	1.13	0.06	14.95
Fe ₂ O ₃	0.73	0.08	0.17	0.26	0.15	0.16	—	0.45	0.40	0.04	3.11
FeO	0.36	0.69	—	—	—	—	—	0.87	0.07	—	0.29
MnO	0.025	0.073	0.008	0.016	0.007	0.023	0.006	0.021	0.043	0.001	0.031
MgO	0.85	12.42	21	21.23	21.35	20.8	0.33	4.44	0.06	0.01	4.18
CaO	1.66	36.67	30.19	28.96	30.24	30.09	0.26	35.82	0.10	—	2.46
Na ₂ O	0.01	0.06	—	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	—	0.05
K ₂ O	0.12	0.15	0.02	0.04	—	0.01	5.74	1.38	0.01	—	2.51
H ₂ O ⁺	1.67	0.05	—	—	—	—	3.82	0.07	0.65	0.12	2.81
H ₂ O ⁻	0.11	0.12	0.06	0.06	0.06	0.06	1.31	0.29	0.13	0.05	0.66
P ₂ O ₅	0.027	0.046	0.007	0.008	0.005	0.011	0.043	0.093	0.007	0.005	0.15
CO ₂	—	42.37	46.69	45.99	46.9	46.4	—	32.82	—	—	4.56
Au	2.12	0.01	0.10	0.06	0.01	0.04	0.14	0.01	0.06	0.08	0.03
Ag	0.69	0.35	0.11	0.31	0.12	0.20	1.48	0.60	0.24	0.16	0.26
As	125	7.3	2.9	13.0	2.9	4.2	125	11.7	6.7	4.1	389
Hg	20.4	7.2	4.9	6.1	4.0	3.2	20.5	23.0	2.4	1.0	4.5
La	11.358	2.372	0.529	1.009	0.184	0.151	10.20	12.663	0.316	1.752	33.921
Ce	22.458	5.172	1.066	2.214	0.322	0.446	22.413	27.271	0.742	0.426	69.325
Pr	2.395	0.529	0.125	0.364	0.042	0.058	2.632	3.123	0.117	0.08	7.869
Nd	9.05	2.177	0.528	0.977	0.199	0.419	12.405	11.822	0.535	0.159	32.234
Sm	1.212	0.333	0.162	0.19	0.044	0.123	2.512	2.31	0.115	0.099	6.693
Eu	0.233	0.103	0.037	0.049	0.02	0.09	0.457	0.402	0.031	4.385	1.117
Gd	0.936	0.351	0.147	0.232	0.049	0.325	2.166	1.833	0.10	0.037	6.124
Tb	0.203	0.05	0.018	0.033	0.01	0.046	0.422	0.283	0.015	0.008	0.818
Dy	1.278	0.256	0.12	0.175	0.067	0.272	2.922	1.528	0.066	0.042	4.258
Ho	0.335	0.063	0.021	0.044	0.012	0.045	0.713	0.349	0.014	0.005	0.95
Er	0.879	0.166	0.054	0.104	0.028	0.106	1.991	0.899	0.021	0.015	2.417
Tm	0.135	0.026	0.01	0.016	0.004	0.019	0.316	0.137	0.003	0.003	0.408
Yb	0.966	0.169	0.049	0.074	0.022	0.099	2.119	1.023	0.018	0.017	2.961
Lu	0.139	0.03	0.006	0.014	0.004	0.012	0.305	0.164	0.002	0.002	0.443

分析单位:中国科学院地球化学研究所资源环境测试分析中心,主元素为 GB/T14506-93 硅酸盐岩石化学分析方法,微量元素为原子吸收和等离子质谱法(ICP-MS)测定;岩石化学为%,微量元素为 10⁻⁶

3 稀土元素特征

上芒岗金矿主要蚀变矿化岩石稀土元素含量列入表 1, 其代表性样品的稀土元素配分模式如图 2 所示。稀土元素含量总体较低, 稀土配分曲线为轻稀土富集型, 主要样品均具有负的 Eu 异常。不同强度蚀变与金矿化的岩石, 其稀土含量和配分模式与未蚀变纹层状泥质灰岩总体基本一致。但重晶石脉样品具有明显的正 Eu 异常, 强烈碳酸盐化岩石稀土元素配分曲线总体呈“弓”型, 中稀土元素略显富集。蚀变矿化岩石样品稀土元素配分曲线多位于未蚀变纹层状泥质灰岩稀土元素配分曲线下方, 显示稀土元素具有一定贫化特征。

4 流体包裹体成分

上芒岗金矿石英、重晶石和白云石流体包裹体成分分析结果如表 2。其中, 石英流体包裹体中阴离子成分为 $Cl^- > SO_4^{2-} > F^-$, 阳离子成分表现为

表 2 石英、重晶石和白云石的流体包裹体成分分析结果 $\times 10^{-6}$

编号	矿物名称	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	F ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	CO ₂	CO	CH ₄	H ₂ O
GY-3	石英	5.67	1.07	0.07	0.13	0.21	8.67	4.50	1.922	0.046	0.016	97.353
GLP-2-1	重晶石	1.76	0.04	2.10	0.15	0.11	2.53	9.62	2.528	0.00	0.00	80.522
M-1	白云石	2.08	1.71	—	—	0.65	2.93	22.31	3.661	0.054	0.00	31.169

分析单位: 中国地质科学院矿床地质研究所八室, 采用气相色谱和原子吸收光谱及离子色谱法测试

上芒岗金矿流体包裹体爆裂测温结果列入表 3。其中, 果园矿段辉锑矿石英脉中石英的流体包裹体爆裂温度为 245 ~ 378℃, 是上芒岗金矿区最高温度。麦窝坝矿段碳酸盐脉中白云石的流体包裹体爆裂温度为 294℃, 稍低于北部的果园矿段、广岭坡

表 3 石英、重晶石和白云石的流体包裹体爆裂测温结果

编号	取样位置	矿物名称	爆裂温度 /℃	爆裂个数
GY-3	果园	石英	245, 318, 378	353
M-1	麦窝坝	白云石	294	252
GLP-2-1	广岭坡	重晶石	183, 245	775

分析单位: 中国地质科学院矿床地质研究所八室, 采用常规爆裂测温法测定。

5 同位素地球化学特征

5.1 硫同位素组成特征

测定的矿物为辉锑矿、重晶石和黄铁矿(表 4), 不同矿段硫同位素组成具有明显的变化。北部果园矿段辉锑矿石英脉中辉锑矿的 $\delta^{34}S_{\text{‰}}$ 值为 6.471, 为金矿区最低值。麦窝坝矿段致密块状黄铁矿的

$Na^+ > K^+ > Ca^{2+}, Mg^{2+}$; 重晶石和白云石流体包裹体中阴离子成分为 $SO_4^{2-} > Cl^- > F^-$, 阳离子成分也表现为 $Na^+ > K^+ > Ca^{2+}, Mg^{2+}$ 。因此, 上芒岗金矿床不同矿段其成矿溶液类型明显不同。其中, 果园矿段成矿溶液表现为富 Cl^- 型, 麦窝坝和广岭坡矿段为富硫酸型。

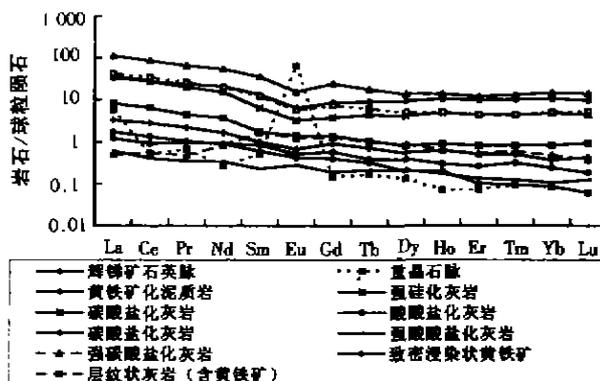


图 2 各类蚀变与矿化岩石稀土元素配分模式

矿段重晶石脉形成温度最低, 重晶石的流体包裹体爆裂温度为 183 ~ 245℃。因此, 依据流体包裹体爆裂测温分析, 上芒岗金矿具有从北向南成矿温度逐渐降低的特点, 可能反映成矿热液的运移方向或不同矿段的剥蚀深度差异。

$\delta^{34}S_{\text{‰}}$ 值为 12.321。北部的广岭坡矿段重晶石脉的 $\delta^{34}S_{\text{‰}}$ 值为 21.965, 是研究区最大值。从现有的硫同位素资料分析, 上芒岗金矿硫同位素组成具有从北向南逐渐增大的特点, 反映硫的来源不同, 或指示随着热液的由北向南的降温演化, 晚期阶段中矿物的重硫更加富集。

5.2 氢、氧同位素组成特征

表 4 上芒岗金矿床硫同位素组成

样号	取样位置	测定矿物	$\delta^{34}\text{S}/10^{-3}$	资料来源
GY-3	果园	辉钨矿	6.471	本文
M-1	麦窝坝	黄铁矿	12.321	本文
GLP-2-1	广岭坡	重晶石	21.965	本文

分析单位:中国科学院地球化学研究所环境地球化学国家重点实验室,采用稳定同位素气体质谱法测定(MAT-252),使用标样为 LTB

样品取自矿区内果园、麦窝坝和广岭坡三个不同矿段,测试矿物和分析结果如表 5, $\delta^{18}\text{O}$ 矿物为 $9.3 \times 10^{-3} \sim 11.6 \times 10^{-3}$ 。利用 Mahews(1979)实验确定的石英-水氧同位素平衡分馏方程计算的成矿溶液的氧同位素变化范围为 $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}} = 1.903 \times 10^{-3} \sim 6.496 \times 10^{-3}$, δD 的分布范围为 $-70 \times 10^{-3} \sim -77 \times 10^{-3}$ 。成矿溶液 $\delta^{18}\text{O} - \delta^{18}\text{D}$ 图解如图 3,已知两个样品的氢氧同位素组成与岩浆水比较接近

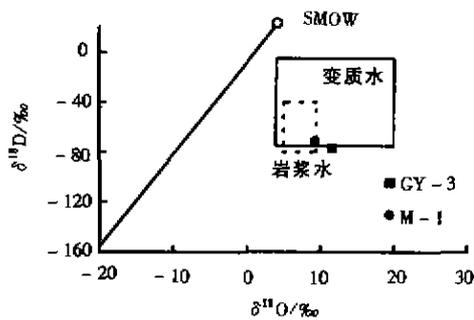


图 3 石英和白云石 $\delta^{18}\text{O} - \delta^{18}\text{D}$ 图解

表 5 氢、氧同位素组成

样号	取样位置	岩石	测定矿物	$\delta\text{D}_{\text{SMOW}}$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ (计算) *
GY-3	果园	辉钨矿石英脉	石英	-77	11.6	1.903
M-1	麦窝坝	碳酸盐脉	白云石	-71	9.3	2.323, 4.957, 6.493
GLP-2-1	广岭坡	重晶石脉	重晶石	-70		

分析单位:中国地质科学院矿床地质研究所。* 据 $1000\ln\alpha$ 石英-水 = $3.05 \times 10^6 T^{-2} - 2.05$ 计算

表 6 蚀变与矿化岩石铅同位素组成

编号	位置	岩性	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$
MWB	上芒岗麦窝坝	致密浸染状黄铁矿化泥灰岩	20.05	15.777	38.929
HBZ-2	河边寨	层纹状灰岩	19.945	15.690	39.123
GY-3	上芒岗果园	辉钨矿石英脉	19.613	15.734	38.710
GLP-2-1	上芒岗广岭坡	重晶石脉	19.818	16.240	40.137
MWB-4	上芒岗麦窝坝	强硅化灰岩	19.551	15.745	38.889
M2-2	上芒岗麦窝坝	碳酸盐网脉	20.585	15.839	38.870

分析单位:冶金部天津地质研究院测试中心(VG-354 测试),采用 Dowex-1 阴离子树脂交换法测定,使用标样为 NBS-982

5.3 铅同位素组成特征

上芒岗金矿铅同位素组成见表 6, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 值为 19.551 ~ 20.05, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为 15.690 ~ 16.240, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 介于 38.710 ~ 40.137 之间;在 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} - ^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 图解中(图 4),投点主要位于造山带与上地壳之间,具有以壳源为主的壳-幔混合来源特点。

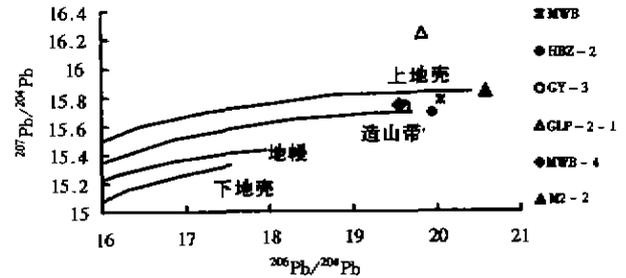


图 4 主要蚀变与矿化岩石铅同位素 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} - ^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 图解

6 讨论

根据围岩蚀变、岩石化学和流体包裹体研究,上芒岗金矿床在早期热液蚀变与矿化过程中,主要表现为容矿岩石中的方解石和白云岩被溶解和带出(CaO、MgO 和 CO₂ 大量减少),并伴随石英的沉淀(SiO₂ 和 Au、As、Sb、等成矿元素增加)。在主期热液蚀变与矿化过程中,围岩中的方解石和白云石继续被大量溶解或交代或重结晶,黄铁矿和含钾粘土形成,并大量带入 Si、Al、K、Fe、S 和 Au、As、Sb 等成矿元素。在晚期阶段,矿液温度可能升至 275~378℃,热液普遍沸腾,大部分 Pb、Zn 等贱金属沉淀,并伴随重晶石脉的产生。热液沸腾可导致散逸 H₂S,进而在矿床上部产生 H₂SO₄,促使近地表围岩和矿石中方解石和白云石被大量溶解,并在淋滤带之上再沉淀而形成大量方解石和白云石的细网脉(强碳酸盐化),硫化物多被氧化,高岭土等粘土矿物形成。

根据现有的少量同位素资料分析,硫同位素具有深源硫和浅源硫的混合特点,可能反映深源成矿流体在沿深断裂上升运移过程中从围岩中交换了部分硫;铅同位素样品投点多落在造山带和上部地壳线范围内,反映成矿流体中的铅具有以壳源为主的

壳幔混合来源或深部成矿流体沿深断裂构造上升运移过程中大量混染了浅部地壳或地层铅;氢氧同位素样品投点与岩浆水区域较为接近,指示成矿流体的初始来源可能有岩浆水的明显参与,但在上升运移过程中明显混入了浅部地层水和近地表大气降水。结合流体包裹体成分资料和岩石化学及微量元素特征,上芒岗金矿床的成矿流体具有初始深部岩浆水和大气降水相混合的特点;特别是近地表大气降水的大量混入,导致主成矿流体表现出以大气降水为主的混合多来源特征。

参考文献

- 1 涂光炽.西南秦岭与西南贵州铀金成矿带及其与美国西部卡林型金矿的类似性.铀矿地质,1990,6(6):321~325.
- 2 王奎仁,周有勤,孙立广等.中国几个典型卡林型金矿床金的赋存状态研究.北京:科学技术出版社,1994:1~86.
- 3 李存登.黔西南微细金矿地质特征及成因探讨.矿床地质,1987,2(3):49~56.
- 4 Radtke, A. S., Rye, R. O., and Dickson, F. W. Geology and stable isotope studies of the Carlin gold deposit, Nevada: ECON. GEOL., 1980, 75, 641~672.
- 5 罗君烈,杨友华,赵准等.滇西特提斯的演化及主要金属矿床成矿作用.北京:地质出版社,1994:1~49.

编辑:宿晓静

The geochemical characteristics of Shangmanggang carlin typed gold deposit in west Yunnan Province

Li Hongyang et al.

(The Research Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences)

Abstract: Studies on petrochemistry and trace element show that SiO₂, Au, As, Sb contents increase as CaO, CO₂ and MgO contents decrease in strongly silicified argillaceous limestones and that CaO and MgO contents increase as SiO₂ contents decrease in intensely carbonated argillaceous limestones. The REE content and chondrite-normalized patterns of the altered and mineralized rocks are largely consistent with those of the unaltered host rocks. Fluid inclusion data indicate that the ore-forming fluids is of the Cl⁻-rich and SO₄²⁻ types and that cracking temperatures of fluid inclusions in quartz, barite and dolomite are about 183℃ to 378℃. The δ³⁴S values range from 6.471 × 10⁻³ to 21.965 × 10⁻³, the δ¹⁸O and δD values are 9.3 × 10⁻³ to 11.6 × 10⁻³ and -70 × 10⁻³ to -77 × 10⁻³ respectively, ²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb, ²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb and ²⁰⁸Pb/²⁰⁴Pb fall within the range of 19.551 to 20.05, 15.690 to 16.240, 38.710 to 40.137 respectively. The mineralizing fluid has the property of magmatic water mixed with meteoric water. The ore-forming materials exhibits mixed mantle-crust source.

Keywords: carlin-type gold deposit; geochemistry; shangmanggang; Yunnan province

欢迎订阅 欢迎投稿