

文章编号 :1000-4734(2001)04-0639-08

# 滇西上芒岗金矿床地质地球化学特征

李红阳<sup>1,2</sup> 高振敏<sup>1</sup> 杨竹森<sup>1</sup> 罗泰义<sup>1</sup> 饶文波<sup>1</sup> 陶 琰<sup>1</sup> 高永丰<sup>2</sup>

(1. 中国科学院 地球化学研究所 矿床地球化学开放室 贵州 贵阳 550002 ;

2. 石家庄经济学院资源与环境工程系 河北 石家庄 050031)

**摘要** :上芒岗金矿由下部原生卡林型和上部红色粘土型金矿体所组成,赋矿地层为侏罗系勐戛组砂泥质岩、白云质灰岩和二叠系沙子坡组泥硅质灰岩、白云岩。北东向上芒岗断裂构造与不整合面和岩溶的复合控制了矿床和矿体。围岩蚀变以硅化(似碧玉岩化)、黄铁矿化、碳酸盐化和粘土化为主,并具有水平与垂向分带性。地球化学研究表明,蚀变与矿化岩石的稀土含量与未蚀变泥质灰岩基本一致,成矿溶液为富 Cl<sup>-</sup>型和富 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>型,爆裂温度为 183~378 ℃,δ<sup>34</sup>S = 6.471‰ ~ 21.965‰,δ<sup>18</sup>O = 9.3‰ ~ 11.6‰,δD = -70‰ ~ -77‰,<sup>206</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb = 19.551 ~ 20.05,<sup>207</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb = 15.690 ~ 16.240,<sup>208</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb = 38.710 ~ 40.137。红色粘土型矿石的红土化作用只达到粘土阶段。

**关键词** :金矿床 地质地球化学 上芒岗 云南

中图分类号 :P618.51 文献标识码 :A

**作者简介** :李红阳,男,1959年生,教授,博士后,主要从事地球化学研究。

## 1 矿床地质特征

### 1.1 地质概况

上芒岗金矿床位于三江构造转换带<sup>[1~6]</sup>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(图1),是云南路西龙陵—畹町北东向卡林型金成矿带的重要组成部分<sup>[6]</sup>。该矿床主要地质地球化学特征与我国西南滇黔桂、川甘陕两个“金三角”地区及美国西部地区的卡林型金矿床具有许多相似之处<sup>[6~9]</sup>。上芒岗金矿由下部原生卡林型和上部红色粘土型金矿体或矿化体所组成,由南西向北东划分为羊石山、广岭坡、麦窝坝和果园等四个矿段,每个矿段存在原生卡林型和红色粘土型两类矿石,目前具有中型规模。如图1所示,上芒岗金矿床矿体总体走向北东,倾向北西,呈透镜状和似层状产出。下部原生卡林型金矿石可划分为似碧玉岩型、黄铁矿型、富砷型。矿石主要由成矿热液交代容矿岩石所致,呈次显微状和分散吸附产出,矿床类型为微细粒浸染型或卡林型。伴生元素为As、

Sb、Hg、Th等。金属矿物主要为黄铁矿,毒砂、辉锑矿、辰砂、闪锌矿等次之,非金属矿物包括石英、白云石、方解石、重晶石、迪开石、高岭石和水云母等。黄铁矿、毒砂、石英、白云石等为主要载金矿物。矿区内岩浆活动主要为燕山期基性-超基性岩和花岗岩。例如,果园和麦窝坝矿段西侧的大岗坝正长斑岩体和羊石山矿段的基性煌斑岩脉。

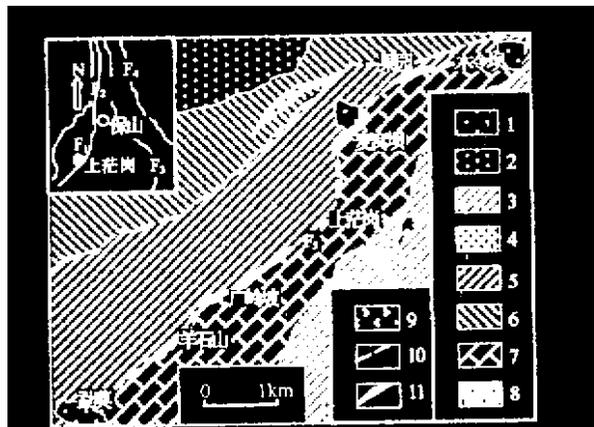


图1 上芒岗金矿床矿区地质略图

Fig. 1. Geological map of the Shangmanggang gold deposit.  
F<sub>1</sub>. 陇陵—瑞丽断裂 F<sub>2</sub>. 怒江断裂 F<sub>3</sub>. 澜沧江断裂 F<sub>4</sub>. 金沙江—红河断裂 F<sub>5</sub>. 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. 上三叠统南梳坝组 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 2001-08-09

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

万方数据

## 1.2 卡林型金矿赋矿地层

滇西上芒岗卡林型金矿已知金矿体主要产于侏罗系勐戛组和二叠系沙子坡组地层内(图1)。其中侏罗系勐戛组地层为一套槽沟相沉积,岩性为砂泥质和泥硅质岩石及白云质灰岩,岩石呈灰色-深灰色,风化后成灰黄色、褐黄色,块状、微层状和角砾状构造,含泥质较多时风化后成土状和多孔状构造。勐戛组地层之中,尚有玄武岩和凝灰岩分布,厚约200 m。

下二叠统沙子坡组地层呈北东向分布于上芒岗断裂破碎带与户勒断裂破碎带之间的芒海—上芒岗—木令坝一带,出露厚度约300 m。岩性主要为中厚层状白云岩夹灰质白云岩、灰岩及泥砂质灰岩-白云岩等。岩石结构主要为细晶、微晶及泥晶结构,沿矿化带普遍重结晶,多为中粗粒亮晶结构,构造主要为块状及条带状,沿蚀变矿化带密集网脉状和角砾状构造广泛发育。

在矿区内,勐戛组与下伏沙子坡组为构造接触,两者之间为剥离断裂构造破碎角砾岩及叠加其上的岩溶角砾岩,由于后期风化剥蚀,近地表多呈现为古岩溶地貌特征。由于剥离断裂构造及其之后的岩溶作用,岩层普遍遭受不同程度的破碎与混杂,形成上芒岗矿区内独具特色的剥离断裂构造角砾岩与岩溶角砾岩的“混杂堆积”。

## 1.3 卡林型金矿控矿断裂构造

上芒岗矿区位于陇陵—瑞丽断裂带南东侧次级北东向断裂构造带之中,断裂构造控矿作用十分突出。在陇陵—瑞丽主干断裂的南东7 km内,从北西往南东依次发育纸厂、下芒岗、上芒岗、户勒、营盘山和马脖子等6条次级分支断裂破碎带。这些断裂破碎带沿走向延伸均在20 km以上。除上芒岗断裂破碎带上部沿不整合面产状变缓外,其余断裂破碎带倾角均较陡,倾向北西。断裂破碎带宽度均在十几米以上,由大小不同的压扁透镜体、石香肠、碎裂岩、构造角砾岩、糜棱片岩等组成。

上芒岗断裂破碎带为矿区主要控矿构造。该断裂破碎带向南西方向,在芒海以北被遮放坝子第三系、第四系掩盖;沿北东方向,在木令坝与户勒断层合并;从勐莫到木令坝出露长度约7 km,主要表现为挤压破碎带。广令坡矿段破碎带的宽度为100~300 m,浅部主要沿不整合面发育,总体万方数据

倾向北西,倾角较缓,深部位于勐戛组砂泥质地层之中,倾角变陡。上芒岗断层的多次活动,不仅使勐戛组与二叠系沙子坡组之间的不整合面附近岩石强烈挤压破碎,而且还使勐戛组和沙子坡组地层中层间破碎带及节理广泛发育。特别是沙子坡组白云岩为脆性岩层,节理呈密集网格状广泛分布,可达25~120条/m,其中以北西向、南北向、北北东和北东东向四组最为发育。

上芒岗断裂破碎带多表现为压扭性特征,断裂破碎带发育不均一,挤压处破碎带不发育,矿体变小或尖灭消失,扭张处破碎带变宽,矿体变厚。断裂破碎带多具有明显的水平构造分带性,其中心地带主要为劈理化带和碎裂岩带,两侧则为密集网脉状裂隙带;在垂向上,下盘多表现为稀疏张性裂隙,上盘则为密集网脉状剪裂隙。成矿后构造多沿构造薄弱带-不整合面发育,使矿体破碎,沿浅部不整合面发育古地下岩溶作用,促使原生矿石的氧化和次生淋滤与富集。

## 1.4 卡林型金矿围岩蚀变

滇西上芒岗金矿围岩蚀变强烈而广泛,主要为硅化(似碧玉岩化)、黄铁矿化、碳酸盐化和粘土化。沿矿化带走向,从北东向南西硅化逐渐减弱;在垂直走向上,中心主要为面型硅化或似碧玉岩化,两侧主要为网脉状碳酸盐化和粘土化,在垂向上,上部多为网脉状碳酸盐化和粘土化(迪开石-高岭石化),深部主要为硅化。

(1)硅化(似碧玉岩化):似碧玉岩化为滇西上芒岗卡林型金矿的重要标志与特征,广泛发育于麦窝坝和广岭坡矿段,主要表现为交代石英岩-似碧玉岩或不同蚀变程度的硅化灰岩、白云岩和泥质岩。在果园矿段,硅化主要表现为石英脉、石英-辉锑矿-粘土矿物脉以及石英晶洞的广泛发育。

(2)黄铁矿化:上芒岗金矿浸染状和细网脉状黄铁矿化十分发育。成矿早期黄铁矿化多表现为成矿期草莓状黄铁矿的重结晶作用(粒状集合体)。成矿主期黄铁矿化可分为三种情况。其一,黄铁矿呈微细脉浸染状,主要为黄铁矿-水云母脉、黄铁矿-石英脉、黄铁矿-迪开石-高岭石脉等;其二,黄铁矿呈脉状,主要为黄铁矿-辉锑矿-石英脉;其三,仅见于矿体的富矿部位,黄铁矿致密浸染状、团块状或呈条带状和短脉状似胶状物产出。

(3)毒砂化:毒砂主要呈浸染状分布,其次是

与含砷黄铁矿、辰砂、石英一起组成呈细脉状分布。毒砂一般颗粒极为细小,多呈细针状。毒砂化与硅化和黄铁矿化相伴而生,与金矿化密切相关。

(4)碳酸盐化:上芒岗金矿碳酸盐化极为发育,成为该区卡林型金矿的重要标志与特征,主要表现为白云石及少量方解石呈网状状、脉状和团块状广泛分布,以及灰岩和白云岩的广泛重结晶作用。特别是在上芒岗断裂破碎带经过的沙子坡组灰岩地层中,碳酸盐化最为强烈与广泛,灰岩因普遍白云岩化而重结晶,碳酸盐脉广泛发育。

(5)重晶石化 重晶石化也是上芒岗卡林型金矿围岩蚀变的一个标志,主要呈脉状产出。例如,在二号矿体见重晶石脉出露,长度约10 m,宽约0.3 m。而且,在其两侧有大量重晶石细脉和网脉的分布。在重晶石脉中,尚有辉锑矿、辰砂和石英等矿物。重晶石化与碳酸盐化和粘土化往相伴而生。

(6)粘土化 粘土化主要表现为迪开石-高岭石化,呈细脉状和密集网脉状分布。在空间上,多分布于矿体上部和两侧。迪开石和高岭石呈显微鳞片集合体可沿石英脉边缘发育,也可穿切石英脉并溶蚀交代石英。脉体中有微量的辰砂和自然金,表明迪开石-高岭石化是重要的矿化蚀变之一。

## 1.5 红色粘土型金矿主要地质特征

上芒岗金矿区红色粘土剖面自上而下可分为表土带、坡积带、钙华-沼泽带、残积带、腐泥岩带、基岩带。红色粘土型金矿体主要产于风化不整合面以上的红色粘土层残积带和腐泥岩带内,也可分布于坡积带的底部、基岩裂隙以及岩溶内。红色粘土型金矿体形态多呈不规则透镜状和似层状,厚大部分多位于岩溶洼地处,最大厚度可达40 m,并向两侧尖灭。矿体底板明显随古风化界面的起伏而变化,矿体品位在风化不整合面附近明显较富,向上则逐渐变贫,平均品位 $1.5 \times 10^{-6}$ 。矿体顶板埋深0~10 m,多位于地下潜水面之上。

红色粘土型矿石主要有表生成因的粘土矿物、铁矿物、铝矿物和基岩残留的石英、长石以及泥质岩、细碎屑岩、硅质岩的岩屑和砾石所组成。以粉粒级和粘粒级为主,次为粗砂-砾级。矿石结构有泥质、细砂粉砂状、含砾状、胶状等,矿石构造有块状、土状、蜂窝状、斑点状、皮壳状和薄层状

等。

上芒岗金矿红色粘土型矿石矿物成分可分为基岩风化残留和表生风化成因两大类。其中,基岩风化残留的矿物主要有:勐戛组和沙子坡组沉积岩风化残留的砂屑石英、水云母、燧石及少量长石、绿帘石等,蚀变矿化岩石和各种脉体风化残留的细脉状石英、微晶石英、迪开石和少量黄铁矿、辉锑矿、闪锌矿、伊利石、高岭石以及微量的重晶石、辰砂等。表生风化成因的矿物以伊利石、高岭石和少量的绿泥石、蒙脱石等粘土矿物为主,针铁矿和三水铝石等铁的铝的氢氧化物矿物次之,尚有锐钛矿和板钛矿等少量的钛的氧化物以及无定形的锰的氧化物等。

红色粘土型金矿石中的金主要以次显微颗粒赋存于粘土矿物晶体边缘和褐铁矿中,其次为吸附于石英表面和裂隙内的褐铁矿皮壳中,尚可见少量赋存于石英颗粒内部的原生矿化次显微金。

## 1.6 原生卡林型金矿与红色粘土型金矿之间的关系

上芒岗金矿床原生卡林型金矿体或矿化体,是上部红色粘土型金矿体的成矿母岩,其多直接位于红色粘土型金矿体或矿化体底部或作为基岩。红色粘土型金矿主要为原生卡林型金矿强烈红色粘土化作用之氧化带或红色粘土化风化壳或氧化矿石,是成矿后断裂构造进一步活动,促使地下水以古岩溶作用的形式对原生卡林型金矿浅部蚀变矿化带和金矿体进行改造与破坏,加之近代风化作用,在浅部地表形成受断裂破碎带-不整合面-古岩溶地貌复合控制的凸凹起伏的强烈红色粘土化作用的氧化带或红色粘土型金矿体。红色粘土型金矿体之中常见氧化程度不同的微细浸染型金矿石,其底部多与原生卡林型金矿体或矿化体呈渐变过渡关系,是深部原生卡林型金矿的重要浅部指示。

## 2 矿床地球化学特征

### 2.1 原生卡林型金矿地球化学特征

上芒岗原生卡林型金矿床各类蚀变与矿化岩(矿)石的化学成分分析结果如表1所示,随硅化作用的逐渐增强, $\text{SiO}_2$ 含量明显增加, $\text{CaO}$ 、 $\text{CO}_2$ 和 $\text{MgO}$ 含量则明显降低, $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{MnO}$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 等没有明显的变化,在强烈碳酸盐化的岩石中, $\text{MgO}$

和  $\text{CO}_2$  含量明显增高,而  $\text{SiO}_2$  含量则明显降低。

如表 1 和图 2 所示,上芒岗金矿主要蚀变矿化岩石稀土元素含量与未蚀变纹层状泥质灰岩总体基本一致,相对较低,具有一定的贫化特征。但是,强烈碳酸盐化的岩石的稀土元素略显富集。此外,除重晶石脉样品具有明显的正  $\text{Eu}$  异常外,主要样品均具有负的  $\text{Eu}$  异常。

上芒岗金矿石英、重晶石和白云石流体包裹体成分,采用气相色谱和原子吸收光谱及离子色谱法进行了测试分析。其中,果园矿段成矿溶液表现为富  $\text{Cl}^-$  型,石英流体包裹体中阴离子成分为  $\text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{F}^-$ ,阳离子成分表现为  $\text{Na}^+ > \text{K}^+ >$

$\text{Ca}^{2+}, \text{Mg}^{2+}$ , 麦窝坝和广岭坡矿段为富硫型,重晶石和白云石流体包裹体中阴离子成分为  $\text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^- > \text{F}^-$ ,阳离子成分也表现为  $\text{Na}^+ > \text{K}^+ > \text{Ca}^{2+}, \text{Mg}^{2+}$ 。

流体包裹体爆裂测温结果表明,上芒岗金矿具有从北向南成矿温度逐渐降低的特点。例如,果园矿段辉锑矿石英脉中石英的流体包裹体爆裂温度为  $245 \sim 378 \text{ }^\circ\text{C}$ ,麦窝坝矿段碳酸盐脉中白云石的流体包裹体爆裂温度为  $294 \text{ }^\circ\text{C}$ ,广岭坡矿段重晶石脉的流体包裹体爆裂温度为  $183 \sim 245 \text{ }^\circ\text{C}$ 。

稳定同位素气体质谱法(MAT-252)测定的硫同位素结果表明,上芒岗金矿硫同位素组成具有

表 1 各类蚀变矿化岩石化学(%)及微量元素( $\times 10^{-6}$ )分析结果

Table 1. Major(%) and trace( $\times 10^{-6}$ ) element analyses of various altered and mineralized rocks

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)	辉锑矿石英脉	重晶石脉	黄铁矿化泥质岩
$\text{SiO}_2$	90.76	6.78	1.88	2.68	1.08	2.26	44.94	18.84	98.11	0.69	61.28
$\text{TiO}_2$	0.16	0.027	0.002	0.007	0.002	0.002	2.76	0.17		0.003	0.49
$\text{Al}_2\text{O}_3$	4.32	0.9	0.24	0.4	0.13	0.2	11.23	4.36	1.13	0.06	14.95
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	0.75	0.08	0.17	0.26	0.05	0.06		0.45	0.40	0.04	3.11
$\text{FeO}$	0.36	0.69						0.87	0.07		0.29
$\text{MnO}$	0.025	0.073	0.008	0.016	0.007	0.23	0.006	0.021	0.043	0.001	0.031
$\text{MgO}$	0.85	12.42	21	21.23	21.35	20.8	0.33	4.44	0.06	0.01	4.18
$\text{CaO}$	1.66	36.67	30.19	28.96	30.24	30.09	0.26	35.82	0.10		2.46
$\text{Na}_2\text{O}$	0.01	0.06		0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01		0.05
$\text{K}_2\text{O}$	0.12	0.15	0.02	0.04		0.01	5.74	1.38	0.01		2.51
$\text{H}_2\text{O}^+$	1.67	0.05					3.82	0.07	0.65	0.12	2.81
$\text{H}_2\text{O}^-$	0.11	0.12	0.06	0.06	0.06	0.06	1.31	0.29	0.13	0.05	0.68
$\text{P}_2\text{O}_5$	0.027	0.046	0.007	0.008	0.003	0.011	0.043	0.093	0.007	0.005	0.15
$\text{CO}_2$		42.32	46.69	45.99	46.9	46.4		32.82			4.58
La	11.358	2.522	0.529	1.009	0.184	0.151	10.20	12.863	0.376	1.752	33.921
Ce	22.458	5.172	1.086	2.214	0.322	0.446	22.413	27.271	0.742	0.426	69.325
Pr	2.395	0.529	0.125	0.264	0.042	0.058	2.832	3.122	0.117	0.08	7.869
Nd	9.05	2.177	0.528	0.977	0.199	0.489	12.405	11.822	0.535	0.159	32.234
Sm	1.212	0.333	0.162	0.19	0.044	0.323	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	4.585	1.117
Gd	0.956	0.351	0.147	0.232	0.049	0.325	2.166	1.833	0.10	0.037	6.124
Tb	0.205	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	0.108	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	0.098	2.118	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

注:中国科学院地球化学研究所资源环境测试分析中心完成测试,主元素用 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。

万方数据

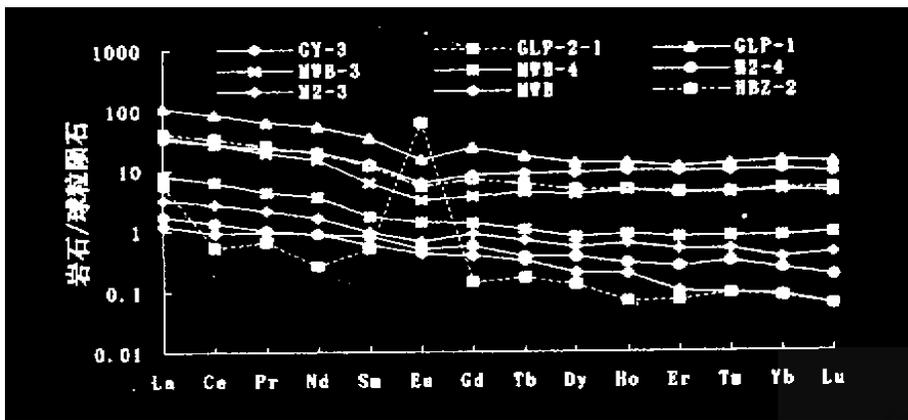


图 2 岩石与矿石稀土配分模式

Fig.2. REE patterns of altered and mineralized rocks.

从北向南逐渐增大的特点。其中北部果园矿段石英英脉中辉锑矿的  $\delta^{34}\text{S}$  值为 6.471‰, 麦窝坝矿段致密块状黄铁矿的  $\delta^{34}\text{S}$  值为 12.321‰, 南部的广岭坡矿段重晶石脉的  $\delta^{34}\text{S}$  值为 21.965‰。

石英、白云石、重晶石的氢氧同位素测试分析结果为  $\delta^{18}\text{O}$  矿物 = 9.3‰ ~ 11.6‰, 计算的成矿溶液的氧同位素变化范围为  $\delta^{18}\text{OH}_2\text{O}$  = 1.903‰ ~ 6.496‰,  $\delta\text{D}$  的分布范围为 -70‰ ~ -77‰, 与岩浆水比较接近。

铅同位素组成如下:  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  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; 具有以壳源为主的壳-幔混合来源特点。

## 2.2 红色粘土型金矿地球化学特征

广岭坡矿段红色粘土样品化学分析结果列入

表 2。在红色粘土中 MnO 明显富集,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  在红色粘土剖面的中下部相对富集, 而  $\text{Al}_2\text{O}_3$  则无明显的变化, 碱土金属强烈淋滤, 碱金属元素淋失不完全,  $\text{SiO}_2$  有一定程度的淋失,  $\text{FeO}$  的淋滤和氧化在剖面上部较明显, 但向下逐渐减弱。

微量元素研究表明, Au、Hg、As、Sb、Cu、Pb、Zn 等元素在红色粘土剖面的残积带以下部位明显富集。

上芒岗金矿广岭坡矿段红色粘土样品稀土含量如表 3 和图 3 所示。与基岩相比, 红色粘土中具有较高的稀土含量, 指示红土化过程中稀土元素的富集与分馏作用。其中轻稀土相通富集, 重稀土相对亏损。红色粘土稀土元素的标准化模式为轻稀土富集的右倾型, 负异常较明显, 反映红色粘土中轻稀土富集且分馏明显, 重稀土亏损且馏不明显。

表 2 上芒岗金矿广岭坡矿段红色粘土的化学成分 (%)

Table 2. Chemical composition of red clay in the Guanglingpo ore block of the Shangmangang gold deposit

样号	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	H <sub>2</sub> O	Total
S119	63.95	0.45	17.30	6.52	0.08	0.23	0.60	0.00	0.10	2.01	0.43	7.53	99.20
S118	70.23	0.33	15.1	5.73	0.07	0.05	0.70	0.20	0.09	2.19	0.03	4.46	99.18
S117	64.19	0.32	18.47	6.70	0.01	0.23	0.50	0.00	0.16	2.27	0.08	6.32	99.25
S116	65.47	0.75	15.37	7.55	0.60	0.20	0.60	0.38	0.14	2.64		5.42	99.12
S115	63.23	0.69	14.53	7.97	0.24	0.43	0.61	0.42	0.18	2.23		7.94	98.47
S114	59.95	0.74	15.93	6.77	0.98	0.17	0.69	0.41	0.20	2.23		9.90	97.97
S113	33.45	0.80	23.73	19.09	0.95	0.06	0.73	0.41	0.10	5.48		13.9	98.70
S112	63.69	0.69	16.08	8.38	0.71	0.17	0.59	0.41	0.13	2.41		5.79	99.05
S111	63.66	0.84	15.47	9.17	0.53	0.08	0.48	0.42	0.20	1.83		6.16	98.84
蚀变岩	68.35	0.70	11.20	7.33	0.29	0.01	1.31	1.11	0.06	2.25	0.04	5.17	98.49
白云岩	8.01	0.04	1.33	0.89	0.64	0.06	17.72	29.22	0.14	0.17	0.02	1.86	59.85
勐夏组	76.64	0.55	12.95	2.79	0.18	0.02	0.45	0.15	0.16	2.46	0.18	3.13	99.66

注: 蚀变岩为 7 个样品平均值, 白云岩为近矿砂子坡组地层 11 个样品的平均值, 勐夏组细碎屑岩为 8 个样品平均值; 分析者: 中国科学院地球化学研究所测试分析中心分析室 李荪蓉。

表3 上芒岗金矿广岭坡矿段红色粘土的稀土含量( $\times 10^{-6}$ )

Table 3. REE composition of red clay in the Guanglingpo ore block of the Shangmanggang gold deposit

样号	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
S119	49.66	102.4	11.26	41.25	7.618	1.573	6.942	1.093	6.462	1.280	3.869	0.562	3.806	0.582
S118	39.63	76.68	9.173	34.06	6.593	1.437	6.127	0.970	5.768	1.181	3.439	0.508	3.489	0.513
S117	47.80	98.48	10.90	39.64	7.704	1.616	7.310	1.087	6.689	1.370	3.983	0.608	4.058	0.583
S116	42.30	90.60	9.71	35.20	7.13	1.42	6.14	0.95	5.62	1.13	3.32	0.51	3.39	0.52
S115	44.20	94.30	9.88	36.10	6.89	1.19	5.56	0.85	5.42	1.00	3.06	0.47	3.09	0.49
S114	58.00	100.3	13.97	52.20	11.17	2.49	10.95	1.66	9.52	1.77	5.01	0.74	4.44	0.65
S113	46.30	83.80	9.46	32.60	4.69	0.88	3.96	0.62	4.02	0.78	2.79	0.42	2.92	0.45
S112	42.20	88.90	9.49	34.40	6.55	1.30	5.91	0.89	5.38	1.06	3.42	0.53	3.12	0.46
S111	42.90	88.60	9.55	35.00	6.78	1.28	5.26	0.88	5.11	0.98	3.14	0.44	3.10	0.47
蚀变岩	13.14	29.01	3.380	13.63	2.505	0.419	2.447	0.449	3.081	0.691	2.041	0.314	2.101	0.286
白云岩	18.82	40.01	4.789	19.52	4.476	0.958	4.684	0.686	4.073	0.800	2.294	0.332	2.207	0.303
勐夏组	3.29	6.954	0.859	3.580	0.780	0.206	0.807	0.125	0.716	0.141	0.387	0.055	0.352	0.047

注: 蚀变岩为4个样品平均值, 沙子坡组为6个样品平均值, 分析者: 中国科学院地球化学研究所矿床开放室等离子体光谱室 漆亮。

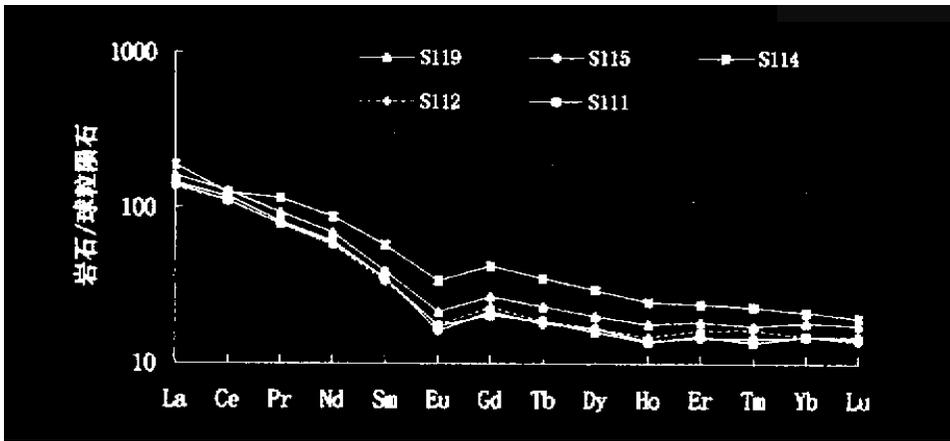


图3 红色粘土的稀土元素配分模式

Fig. 3. Chondrite-normalized REE patterns of red clay.

### 3 上芒岗金矿床与国外同类型金矿床对比

#### 3.1 上芒岗原生卡林型金矿与美国卡林金矿对比

上芒岗金矿与美国卡林金矿的主要地质特征如表4所示,两者总体特征具有很强的相似性,同时也存在一定的差异。与美国卡林金矿以雄黄为主要载金矿物不同,上芒岗金矿中毒砂是主要的载金矿物之一,雄黄则很少见;与美国卡林型金矿相对比,上芒岗金矿的共生元素中缺少Tl,而且,上芒岗金矿目前为止以上部氧化带为主,深部未氧化带规模尚待进一步工作验证。

上芒岗卡林型金矿与美国卡林金矿具有十分相似的早期、主期和晚期三阶段热液蚀变与矿化演化过程。其中,在早期阶段,两者均表现为容矿

岩石中的方解石和白云岩被溶解和带出,并伴随石英的沉淀和Au、As、Sb、等成矿元素的增加;主期阶段,两者容矿围岩中的方解石和白云石进一步被大量溶解或交代或重结晶,黄铁矿和含钾粘土形成,并有Si、Al、K、Fe、S、Au、As、Sb等元素带入,在晚期阶段,伴随矿液温度的升高可能普遍沸腾,Pb、Zn等主要贱金属沉淀,重晶石脉形成,近地表围岩和矿石中方解石、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。

根据现有的地球化学资料分析,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。这一特点也可与美国卡林金矿相对比。

表 4 滇西上芒岗卡林型金矿与美国卡林金矿对比

Table 4. Comparison of the Shangmanggang Carlin-type gold deposit with the Carlin gold deposits in the United States

矿床	上芒岗金矿(以上部氧化带为主)	卡林、阿利盖特山金矿床
赋矿地层	二叠—上侏罗统	志留—泥盆系
含矿岩系	裂隙槽沟泻湖相沉积	含碳酸盐的浊流沉积岩系
近矿围岩	纹层状泥灰岩、砂泥质岩和白云质灰岩	粉砂岩、白云质灰岩、泥灰岩
岩浆活动	矿区内有岩浆活动	矿区内有岩浆活动
控矿构造	逆冲断层与次级断层交汇	大的逆断层与高角度正断层交汇
矿体形态	似层状和透镜状	似层状和透镜状
矿石类型	上部氧化带 淋滤矿石和未淋滤矿石,下部未氧化带:硅质-似碧玉岩型、黄铁矿型、富砷型矿石(毒砂)	上部氧化带 淋滤矿石和未淋滤矿石,下部未氧化带:正常型、硅质-似碧玉岩型、黄铁矿型、碳质型和富砷型矿石
围岩蚀变	硅化-似碧岩化、黄铁矿化、毒砂化、辉锑矿-辰砂化、碳酸盐化、粘土化和重晶石化	硅化-似碧岩化、黄铁矿化、雄黄化、辉锑矿-辰砂化、重晶石化和碳酸盐化
共生矿物	自然金、黄铁矿、毒砂、辉锑矿、辰砂	自然金、黄铁矿、雄黄、辉锑矿、辰砂,毒砂少见
自然金粒度	微细粒显微金和次显微金	显微金与次显微金
共生元素	Au、Hg、As、Sb、Ba	Au、Hg、As、Sb、Tl、Ba
成矿时代	燕山期至喜山期	燕山期至第三纪

### 3.2 上芒岗红色粘土型金矿与国外红土型金矿对比

上芒岗红色粘土型金矿与国外典型的红土型金矿均是在表生条件下由红土化作用形成的,两者既有相似之处,又存在许多明显的差异<sup>[6,10~14]</sup>。

(1)区域构造活动性差异 国外红土型金矿多位于稳定的地盾区,新构造运动差异升降活动不明显,准平原化程度很高,红土化风化壳分布广泛且厚度均一。上芒岗红色粘土型金矿则位于新生代断陷盆地边缘斜坡带上,新构造活动频繁且强烈,差异升降显著,准平原化程度极低,限制了风化壳的发育,仅在局部低洼处形成了厚度变化很大的红土化风化壳。

(2)基岩岩性差异 国外红土型金矿的基岩主要为中深程度的变质岩,在成矿过程中缺乏岩溶作用,使地下水的酸性程度较高,有利于深透的红土化作用发生。滇西上芒岗红色粘土型金矿的基岩主要为未变质的沉积岩,如碳酸盐岩,岩溶作用广泛发育。

(3)风化壳剖面差异 国外红土型金矿风化壳发育完整,厚度较大且稳定,剖面分带明显,从上到下有表层红土-硬(铁)壳带-斑点带(铝土矿带)-杂色粘土带-腐泥带-基岩。上芒岗红色粘土型金矿,风化壳厚度变化大,古喀斯特地貌的沟槽和漏斗部位红土层可厚达 60 m,而凸出部位多小于 1 万方数据

m,而且剖面发育不完整,缺失硬壳带和斑点带。

(4)化学成分差异 国外典型红土型金矿矿石中  $Fe_2O_3$  的含量多在大于 20%,  $Al_2O_3$  的含量小于 35%,  $SiO_2$  含量小于 45%。上芒岗红色粘土型金矿  $SiO_2$  含量多大于 55%,  $Fe_2O_3$  的含量多小于 20%。

(5)矿物成分差异 国外红土型金矿红土层矿物组成主要由铁(或铝)的氧化物或(和)氢氧化物构成(针铁矿、褐铁矿、赤铁矿和三水铝石等),粘土矿物产在红土层之下,并主要由高岭土构成,常见有三水铝石。上芒岗金矿红色粘土型金矿的表生成因矿物中有大量的伊利石,其含量与高岭石相近,并有绿泥石和蒙脱石存在,而针铁矿含量较低,三水铝石只是少量甚至微量出现,呈多种粘土矿物并存和铁铝氧化物很少的特征。

(6)金的赋存状态差异 国外红土型金矿中金与铁(或铝)的氧化物和氢氧化物密切相关并以游离金的形式存在,经常出现明金乃至狗头金,金的粒度和纯度随剖面的特征有规律的变化,表面经常发育溶蚀构造,反映金的化学迁移和再沉淀。上芒岗红色粘土型金矿金呈次显微自然金,粒度小于  $1 \mu m$ ,多为 50~500 nm,很难观察其表面溶蚀构造和测量金的纯度。这些显微金粒常被褐铁矿、软锰矿、粘土矿物等所吸附。

上述六点差异,反映滇西上芒岗金矿红色粘土型矿石的红土化作用不完全,去硅作用不彻底,  $Fe_2O_3$  和  $Al_2O_3$  不富有,粘土矿物含量高,多种粘土矿物并在,氧化作用弱等特点。红土化作用只

达到粘土阶段,即红土化的初-中级阶段。造成红土化作用不完全的原因主要是新生代以来新构造活动频繁而且强烈,准平原化作用不强及基岩性质差异等。

此外,根据矿体所处地貌位置和粘土剖面堆积特征以及与下部原生卡林型金矿的时空关系,上芒岗红色粘土型金矿成矿时代应为上新世。

### 参 考 文 献

- [1] 黄智龙,王联魁. 云南镇元金矿煌斑岩矿化过程中元素活动规律[J]. 矿物学报, 1998, 18(3): 337~343.
- [2] 方维萱,胡瑞忠,谢桂青. 云南墨江镍金矿床主要控矿因素分析与研究[J]. 矿物学报, 2001, 21(1): 80~89.
- [3] 韩润生,金世昌,雷丽. 云南元阳大坪改造型金矿床的成矿热系统地球化学[J]. 矿物学报, 1997, 17(3): 335~344.
- [4] 毕献武,胡瑞忠,何明友. 哀牢山金矿带主要金矿床成矿流体特征[J]. 矿物学报, 1997, 17(4): 435~441.
- [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[M]. 地质出版社, 1994. 1~49.
- [6] 高振敏,杨竹森,陶炎,等. 云南路西上芒岗金矿及外围成矿预测和找矿研究报告[R]. 中国科学院地球化学研究所, 2000. 1~120.
- [7] 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[J]. 铀矿地质, 1990, (6): 321~325.
- [8] 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[M]. 科学技术出版社, 1994. 1~86.
- [9] Radtke A S, Rye R O and Dickson F W. Geology and stable isotope studies of the Carlin gold deposit, Nevada[J]. *Econ. Geol.*, 1980, 75: 641~672.
- [10] Porto C G and Hale M. Gold redistribution in the stone line lateritic profile of the Posse deposit, central Brazil[J]. *Econ. Geol.*, 1995, 90: 308~321.
- [11] Davy R and El-Ansary M. Geochemical patterns in the laterite profile at the Boddington gold deposit, western Australia[J]. *J. Geochem. Explor.*, 1986, 26: 119~144.
- [12] Da Costa M L. Gold distribution in lateritic profiles in South American, Africa and Australia: Application to geochemical exploration in tropical regions[J]. *J. Geochem. Explor.*, 1993, 37(1-3): 143~163.
- [13] Mann A W. Mobility of gold and silver in lateritic weathering profiles: Some observations from western Australia[J]. *Econ. Geol.*, 1984, 79: 38~49.
- [14] Zang Weisheng and Fyfe W S. A three-stage genetic model for the Igarape Bahia lateritic gold deposit, Carajas, Brazil[J]. *Econ. Geol.*, 1993, 88: 1768~1779.

## GEOLOGICAL-GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF SHANGMANGGANG GOLD DEPOSIT, WESTERN YUNNAN

Li Hongyang<sup>1,2</sup> Gao Zhenmin<sup>1</sup> Yang Zhusen<sup>1</sup> Luo Taiyi<sup>1</sup> Rao Wenbo<sup>1</sup> Tao Yan<sup>1</sup> Gao Yongfeng<sup>2</sup>

(1. Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang, 550002;

2. Shijiazhuang University of Economics, Shijiazhuang, 050031)

**Abstract:** The Shangmanggang gold deposit is characterized by occurring as the upper red clay-type and lower Carlin-type. It is hosted in the arenaceous argillaceous rock and dolomitic limestone of the Jurassic Mengga Formation and the argillaceous siliceous limestone of the Permian Shazipo Formation. The Shangmanggang gold deposit and its orebodies are strongly controlled by the Shangmanggang northeast-trending fault, discontinuity, and karst. Wall-rock alterations, with a well-developed horizontal and vertical zonation, are dominantly silicification (jasperoidization), pyritization, carbonatization, and clayzation. The REE contents of various altered and mineralized rocks are much closer to those of the unaltered argillaceous limestone. The ore-forming fluid was of the Cl<sup>-</sup> rich type and SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> rich type. Filling temperatures range from 183 to 378°C. The δ<sup>34</sup>S values range from 6.471‰ to 21.965‰. The δ<sup>18</sup>O values fall within the range of 9.3‰~11.6‰. The calculated δD values are -70‰~77‰. The Pb isotope ratios are as follows: <sup>206</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb = 19.551~20.05, <sup>207</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb = 15.690~16.240, and <sup>208</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb = 38.710~40.137. The lateritization of the red clay-type ore is of the clay stage.

**Key words:** gold deposit; geology-geochemistry; Shangmanggan; western Yunnan

# 滇西上芒岗金矿床地质地球化学特征

作者: 李红阳, 高振敏, 杨竹森, 罗泰义, 饶文波, 陶琰, 高永丰  
作者单位: 李红阳, 高振敏, 杨竹森, 罗泰义, 饶文波, 陶琰(中国科学院, 地球化学研究所, ), 高永丰(石家庄经济学院资源与环境工程系, )  
刊名: 矿物学报 ISTIC PKU  
英文刊名: ACTA MINERALOGICA SINICA  
年, 卷(期): 2001, 21(4)  
引用次数: 2次

## 参考文献(14条)

1. 黄智龙, 肖化云, 朱丹 云南镇沅金矿煌斑岩矿化过程中元素活动规律[期刊论文]-矿物学报 1998(3)
2. 方维萱, 胡瑞忠, 谢桂青, 漆亮, 苏文超 云南墨江镍金矿床主要控矿因素分析与研究[期刊论文]-矿物学报 2001(1)
3. 韩润生, 金世昌, 雷丽 云南元阳大坪改造型金矿床的成矿热系统地球化学 1997(3)
4. 毕献武, 胡瑞忠, 何明友, 袁牢山金矿带主要金矿床成矿流体特征[期刊论文]-矿物学报 1997(4)
5. 罗君烈, 杨友华, 赵准 滇西特提斯的演化及主要金属矿床成矿作用 1994
6. 高振敏, 杨竹森, 陶炎 云南潞西上芒岗金矿及外围成矿预测和找矿研究报告 2000
7. 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 1990(6)
8. 王奎仁, 周有勤, 孙立广 中国几个典型卡林型金矿床的赋存状态研究 1994
9. Radtke A S, Rye R O, Dickson F W Geology and stable isotope studies of the Carlin gold deposit Nevada 1980
10. Porto C G, Hale M Gold redistribution in the stone line lateritic profile of the Posse deposit central Brazil 1995
11. Davy R, El-Ansary M Geochemical patterns in the laterite profile at the Boddington gold deposit western Australia 1986
12. Da Costa M L Gold distribution in lateritic profiles in South American Africa and Australia: Application to geochemical exploration in tropical regions 1993(1-3)
13. Mann A W Mobility of gold and silver in lateritic weathering profiles: Some observations from western Australia 1984
14. Zang Weisheng, Fyfe W S A three-stage genetic model for the Igarape Bahia lateritic gold deposit Carajas Brazil 1993

## 相似文献(10条)

1. 学位论文 肖惠良 阿尔泰剪切带中与钠长石花岗岩脉有关的金矿床地质地球化学研究 2003

新疆多拉纳萨依金矿床位于阿尔泰西南、西伯利亚板块西南缘额尔齐斯构造—岩浆成矿域西南部, 额尔齐斯挤压带西北段, 玛尔卡库里大断裂西侧。该区早古生代为西伯利亚板块南部的大陆边缘裂陷盆地, 加里东期形成褶皱带后, 晚古生代早期又于南、北两侧开裂、扩张、发育上叠式的裂谷带, 在海西中、晚期演化为造山带。矿体以含金钠长岩脉(糜棱岩化钠长岩、钠长石-石英脉)、矿化千枚岩、糜棱岩赋存于韧性剪切带中, 金矿床以大量碲化物、碲金矿、碲金银矿等为特征。多拉纳萨依金矿床是韧性剪切带中与钠长石花岗岩脉群有关的碲化物型金矿床。多拉纳萨依金矿区发育了一套古生代浅变质陆源碎屑岩和浅海相碳酸盐沉积建造, 岩性为灰绿色片理化粉砂岩、碳质粉砂岩, 千枚岩化粉砂岩夹砂质灰岩和薄层灰岩。在海西期, 矿区遭受了拉张-挤压-拉张的地质作用, 经历了大陆边缘拉张裂谷-挤压造山-局部拉张的演化历史, 并伴随有相应的岩浆及成矿作用。矿区构造变形强烈, 碎裂岩化、糜棱岩化、劈理、片理化带十分发育。近南北向、反“S”形的三条控岩(脉)、控矿的层间走滑-拆离破碎-韧性剪切带、海西中晚期挤压作用形成的多拉纳萨依-阿克萨依向斜、布托别山背斜同斜紧闭倾竖褶皱和海西晚期挤压作用形成的北东向脆-韧性剪切带构成了多拉纳萨依金矿田基本构造格架。矿区钠长岩和花岗闪长岩是两期不同来源、不同成因的花岗岩。钠长石花岗岩形成于海西早期拉张环境, 是壳幔层滑动, 致使热流值升高, 导致下地壳和上地幔重熔形成的以幔源为主的花岗岩, Rb-Sr等时线年龄为 $352.5 \pm 40$ Ma, 单颗粒锆石Pb-Pb表面直接蒸发年龄为 $371 \pm 22$ Ma, 造岩矿物以钠长石、石英、白云母为主, SiO<sub>2</sub>为54%~73%, 高Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>为15.32%~17.17%, 富Na<sub>2</sub>O(3.42%~7.97%), 贫K<sub>2</sub>O(0.83%~3.42%); A1<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/(Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O+CaO) > 1.2, Na<sub>2</sub>O/K<sub>2</sub>O为1.14~5.24, ΣREE为50.69×10<sup>-6</sup>~111.39×10<sup>-6</sup>, LREE/HREE为4.82~16.58; δEu<sub>0</sub> 0.89~1.42, δCe<sub>0</sub> 0.81~1.0, 球粒陨石标准化曲线为右倾型; (87Sr/86Sr)<sub>i</sub>初始值为0.7043。其中含大量挥发组分CO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>O、S、Te、SiO<sub>2</sub>、Cl、Na<sub>2</sub>O、K<sub>2</sub>O和Au等元素, 平均含金24.0×10<sup>-9</sup>, 是多拉纳萨依金矿区主要含金属源岩。花岗闪长岩形成于海西中期挤压环境, 是上地幔分异岩浆上升熔融下地壳物质形成的同熔性花岗岩。Rb-Sr等时线年龄为297±11Ma, U-Pb法求得和谐年龄289±5Ma, 平均含金3.28×10<sup>-9</sup>; 造岩矿物以斜长石、石英、角闪石为主, 岩石化学成分与钠长岩相似, 高Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 富Na<sub>2</sub>O, 贫K<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O/K<sub>2</sub>O为1.76~4.72; ΣREE为134.74×10<sup>-6</sup>~183.19×10<sup>-6</sup>, LREE/HREE为2.52~2.87; 稀土分馏强烈, 且为轻稀土富集型, δEu<sub>0</sub> 0.73~0.85, δCe<sub>0</sub> 0.91~

0.99, 球粒陨石标准化曲线为右倾平缓型; (87Sr/86Sr)<sub>i</sub>初始值为0.7073。花岗岩类及其其中辉石闪长岩析离体、石英闪长岩、碱长花岗岩构成完整的岩浆演化系列, 为多纳纳依金矿床成矿提供了大量热流体和部分成矿物质。多纳纳依金矿区金矿体主要为糜棱岩化钠长岩脉、蚀变钠长岩脉、矿化砂岩、矿化千枚岩, 呈分枝复合的脉状、透镜状, 赋矿围岩以钠长岩为主, 少量变质砂岩。金属矿物主要为黄铁矿、少量自然金、碲金矿、磁黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、黝铜矿、辉铋矿、碲矿、碲铋矿、磁铁矿等; 脉石矿物主要有钠长石、石英、白云母-绢云母、绿泥石, 少量碳酸盐、磷灰石、金红石等。围岩蚀变主要有钠长石化、白云母-绢云母化、黄铁矿化、硅化, 次有砂卡岩化、碳酸盐化, 表生作用引起粘土化、褐铁矿化、石膏化等。聚类分析表明五个成矿阶段: 成矿作用主要分四个成矿阶段: 钠长石花岗岩成矿阶段、构造力变质成矿阶段、岩浆热液成矿阶段和岩浆期后热液叠加成矿阶段。成矿年龄区间为269.0Ma-371.2Ma。金矿体主要为自然金和碲金矿系列, 自然金成色高, 大多在950以上, 含Ag、Hg、Bi、Te、Fe等微量元素, 赋存状态主要有包体金、裂隙金和晶隙金; 碲金矿系列金矿物主要分布在石英脉中, 有碲金矿、碲碲金矿、碲铋金矿、亮碲金矿、碲碲铜金矿等。矿石中Au与Bi、Li、Ba、As、Zn、Pb、Mo呈正相关, 与Cu、W呈负相关, 其中与Bi最密切, 相关系数为0.498。聚类分析表明矿石微量元素组合主要有Cr-Ni-Co-Cu、Rb-Ba-Be-Li、As-Pb-Ag-Zn-Sb、Au-Bi。

多纳纳依金矿床为中-低温浅成热液矿床。该金矿床成矿物理化学条件为: 成矿温度: 160°C-315°C; 成矿压力: 212.8×10<sup>5</sup>Pa-648.5×10<sup>5</sup>Pa, 形成深度为0.53-1.6km; 流体盐度: 气液包裹体为2.75-10.86NaCl%wt; 含子晶包裹体为35.57-37.22NaCl%wt; 氧逸度(f<sub>O2</sub>): 10-44.3-10-31.8; 硫逸度(f<sub>S2</sub>): 为10-16.56-10-10.91; 碲逸度(f<sub>Te</sub>): 为10-13.39-10-4.24; pH: 3.89-5.55; Eh: -0.58eV-0.72eV。多纳纳依金矿床成矿流体是主要由岩浆水、变质水、大气降水、地下水及岩石建造水、地层封存水组成的混合水。成矿流体中的存在、迁移形式主要为H<sub>2</sub>O(HS)<sub>2</sub>、Au(HTe)<sub>2</sub>、Au(Te)<sub>2</sub>、Au<sub>2</sub>(Te)<sub>2</sub>、Au(Te)<sub>2</sub>、Au(Cl)<sub>2</sub>等; 自然金和碲化物系列金矿物沉淀的主要机制为流体冷却作用、流体沸腾去气作用、糜棱岩化作用阶段的构造压剪作用和流体混合作用。该矿床是一个钠长石花岗岩脉群-韧性剪切-后期岩浆热液叠加、富集成矿“三位一体”多期次、多阶段、复成因形成的中-大型金矿床。其成因模式如下: 早-中泥盆世, 本区处于拉张期, 矿区堆积了托克萨雷陆源碎屑岩和浅海碳酸盐岩建造, 晚泥盆世-石炭纪, 受西伯利亚板块向西南推挤, 洋壳板块向北俯冲、对接, 泥盆纪沉积盆地褶皱造山, 矿区受左旋剪切, 形成东西向挤压、南北向拉张的构造应力场作用, 形成一系列南北向紧闭同斜褶皱; 浅部伴生脆-韧性断裂, 深部则强烈韧性剪切和圈层滑动, 致使热流值骤然升高, 导致俯冲洋壳的物质重熔, 形成富含大量成矿物质组分CO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>O、Cl、S、Te、和Au等元素的长英质-钠长石花岗岩岩浆沿韧性剪切带和走滑断裂上升, 并充填于韧性剪切带和走滑断裂, 形成含量较高的钠长石花岗岩脉。随着区域构造应力作用, 矿区地层发生褶皱, 刚性碳酸盐岩与塑性泥质粉砂岩之间发生韧性剪切, 钠长石花岗岩、泥质粉砂岩等发生糜棱岩化, 钠长石花岗岩受韧性剪切形成糜棱岩化钠长岩, 泥质粉砂岩等则变成片岩、千枚岩, 与此同时, 钠长石花岗岩中的金进一步活化、迁移、沉淀、富集形成金矿脉。石炭纪末准噶尔海盆封闭, 哈萨克斯坦板块和西伯利亚板块拼合, 区域构造作用力方向发生偏斜, 矿区受右旋剪切作用, 应力场转为SN向挤压、EW向拉张, 在矿区形成一系列近SN向张裂隙, 深部壳、幔层圈滑动致热, 导致部分熔融, 形成花岗岩类(花岗岩类)岩浆及其热液侵入, 岩体周围地层发生大规模角闪岩化, 促使金矿化叠加富集。岩浆活动晚期, 一些NE向碱性岩脉上升, 侵入在别列克花岗岩中, 再次引起金的富集。

2. 期刊论文 [范春花, 龙灵利, 季军良, 张复新, 秦岭二台子金矿床地质地球化学再研究 -西北大学学报\(自然科学版\)2002, 32\(1\)](#)

为了指导找矿, 通过近年来找矿预测获得的新突破和积累的较新测试资料, 对二台子金矿床作出进一步的认识和总结, 在探讨矿床成矿大地构造背景的基础上, 提出矿床所在盆地的容矿岩系发育模式, 在矿床成矿作用演化研究中, 进一步阐述了矿床形成经历的同生与后生两次成矿作用, 分别与秦岭南带南北陆块俯冲碰撞造山导致被动大陆一侧局部出现伸展断陷盆地和转入陆内逆冲推覆造山的构造-岩浆活动密切相关。

3. 期刊论文 [谭运金, 邵世才, 田民民, Tan Yunjin, Shao Shicai, Tian Minmin, 西秦岭礼县-太白地区金、铅锌矿床的地质地球化学 -矿床地质2000, 19\(3\)](#)

礼县-太白地区的金、铅锌矿床产于泥盆纪沉积盆地, 它们都是沉积改造型矿床, 其含矿建造是中泥盆统或中上泥盆统。根据矿床的地质、地球化学特征, 该地区的铅锌矿床可以分为2类, 厂坝式和邓家山-八方山式矿床。金矿床可分3类, 李坝式、八卦庙式和双王式矿床。厂坝式铅锌矿床产于强变质、弱变形地区, 属于与变质作用有关的沉积改造型矿床; 邓家山-八方山式铅锌矿床产于强变形、弱变形地区, 属于与构造作用有关的沉积改造型矿床。李坝式金矿床是赋存在浊积岩内的微细浸染型金矿床; 八卦庙式金矿床是产于浅变质细碎屑岩内的石英脉型金矿床; 双王式金矿床是产于钠长碳酸盐角砾岩内的微细浸染型金矿床, 来自上地幔或下地壳的流体和物质参与了这类金矿床的成矿作用。八卦庙式金矿床与邓家山-八方山式铅锌矿床之间存在成因和密切的空间联系。

4. 期刊论文 [齐亚林, 张复新, 王伟涛, 肖丽, 周铁锁, 李健斌, 任涛, 拉尔玛金矿床与夏家店金矿床地质地球化学特征对比 -地质找矿论丛2004, 19\(4\)](#)

夏家店金矿床和拉尔玛金矿床均产于南秦岭地块古生代裂陷海槽沉积区, 矿床赋存于上震旦统-下寒武统碳泥质沉积岩系中, 矿床表现出微细粒浸染状特征。研究表明, 两者在成矿地质背景、矿床地质地球化学、控矿构造、成矿时代、矿床成因、矿床类型等方面具有相似性和相应差别; 两矿床分别产于东、西秦岭, 各居一方; 由氧同位素特征可知, 夏家店金矿床成矿流体显示大气降水特征而拉尔玛金矿床成矿流体显示混合水特征; 两矿床铅同位素均投点于造山带与上地壳演化线之内, 表明成矿动力来自大陆造山作用; 两矿床稀土元素配分模式均为轻稀土富集, 显示成矿物质来源于成矿围岩组分的继承; 两矿床均产于寒武系的类卡林型金矿床。

5. 学位论文 [冯娟萍, 西天山吐拉苏地区主要金矿床地质地球化学及成因研究 2005](#)

本研究以“十五”国家科技攻关计划“吐拉苏金矿带大型金矿床定位预测”专题为依托, 从地质、地球化学及流体包裹体等多角度研究入手, 对阿希、京希和伊尔曼得金矿床的特征、成矿流体来源、成矿作用过程及成因类型进行了较为系统的研究, 取得了以下新认识: 1. 明确了成矿流体、成矿物质的来源。本文结合流体包裹体与地球化学研究对成矿流体、成矿物质的来源进行了探讨。首次采用激光拉曼光谱对单个流体包裹体的成分进行了分析, 并采用流体包裹体包裹测温方法对成矿流体的温度、压力等物理化学参数进行了测定与估算, 同时对具有代表性的岩石与矿石进行了常量、微量、稀土元素及同位素分析, 认为成矿流体来源于早石炭世岩浆作用所产生的火山一次火山热液, 晚期有大气降水参与; 成矿物质主要来源于下石炭统大哈拉军山组中、中酸性火山岩及火山碎屑岩。 2. 本次研究进一步确定了区内次火山岩体与成矿的密切关系。对这三个金矿区内出露的次火山岩体进行了进一步的研究, 确定了其不仅是成矿流体、物质的来源之一, 而且更重要的是, 它是成矿过程中的热动力来源。 3. 确定阿希、京希和伊尔曼得金矿床为相同的矿化类型。通过对岩石、矿石的矿物组成、组构等资料综合分析研究, 对阿希、京希与伊尔曼得金矿床赋矿层位及其矿化类型进行了探讨, 认为阿希、京希与伊尔曼得金矿床所赋存的石炭统大哈拉军山组为有利的赋矿地层, 金矿的形成与强烈的次生石英岩化关系极为密切, 发生了次生石英岩型矿化。 4. 首次提出区内金矿床具有三位一体控矿特征的新认识。综合野外及室内研究, 提出区内金成矿作用的发生具有层位(下石炭统大哈拉军山组)、蚀变(强烈的次生石英岩化)及构造(破火山口以及构造天山构造与非天山构造的交汇部位)三位一体控矿特征的新认识。这一认识对指导区内进一步找矿勘查具有重要的意义。 此外, 本次进行流体包裹体成分分析时, 还发现一些包裹体中存在一定数量的CH<sub>4</sub>、C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>、C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>、C<sub>4</sub>H<sub>6</sub>等有机化合物, 由此作者推测有机质也可能也在成矿中发挥了一定作用, 但由于受研究条件所限, 尚未作进一步的工作, 有待深入研究。

6. 学位论文 [庞奖励, 辽宁省二道沟金矿床地质地球化学研究 1995](#)

该文以辽宁二道沟金矿床为例, 对其地质地球化学特征进行了系统全面地研究, 总结了火山岩型金矿床的成矿规律并分析了该地区的成矿前景。二道沟金矿床是一比较典型的陆相火山岩型金矿床, 产于由钙碱性流纹岩、粗面英安岩、火山碎屑岩和闪长玢岩等岩石构成的陆相火山岩系中; 金厂沟梁金矿床产于与火山岩相毗邻的变质岩中; 小长皋金矿床产于与火山岩相毗邻的似斑状花岗岩内, 它们与二道沟金矿床在地质地球化学特征方面明显的相似性, 同属于火山岩型金矿床, 同受围绕对面沟岩体分布的放射状断裂所控制, 是同一地质事件的产物。

7. 期刊论文 [张作衡, 毛景文, 李晓峰, 双王角砾岩型金矿床地质地球化学及成矿机制 -矿床地质2004, 23\(2\)](#)

文章在对双王角砾岩型金矿床地质特征进行简要描述的基础上, 探讨了含金角砾岩体的成因, 系统地研究了流体包裹体的特征和矿石碳、氢、氧同位素的组成。结果表明双王金矿床成矿流体以富CO<sub>2</sub>、高温、中低盐度为特征, 碳明显具有深源(幔源)特征, 而成矿流体以典型岩浆水为主, 混入有一定程度的变质水, 在成矿作用晚期可能有大气降水加入到成矿系统中。结合区域地质构造背景和成岩成矿年代资料, 探讨了双王金矿床的成矿作用和成矿机制。

8. 期刊论文 [康如华, 湘中高家坳金矿床地质地球化学找矿模型 -黄金地质2001, 7\(3\)](#)

高家坳微细粒浸染型金矿床位于区域性白马山-龙山EW向隆起带中部大梁山穹隆SW倾伏端,桃江-城步NE向基底断裂与邵阳-郴州NW向基底断裂交汇处.金矿化蚀变带展布于隐伏的NW向基底隆起的NE斜坡上方.金矿体赋存于泥盆系半山组第三段蚀变的泥质粉砂岩、粉砂岩中,呈NW向似层状、透镜状、脉状顺层或平行不整合面产出.土壤地球化学Au、As、Ba异常可直接指示金矿体的存在.岩石地球化学具Hg-Ba-As-Au-Sb-Cu-Pb(Zn)的轴向分带,前缘晕为Hg、Ba、As,矿体晕为Au,矿尾晕为Sb、Cu、Pb(Zn).Au、As、Ba异常规模直接反映矿体的大小.

9. 期刊论文 [崔艳合](#), [张德全](#), [李大新](#), [顾光先](#), [丰成友](#), [Cui Yanhe](#), [Zhang Dequan](#), [Li Daxin](#), [Gu GuangXian](#), [Feng](#)

[Chengyou](#) [青海滩间山金矿床地质地球化学及成因机制](#) -[矿床地质](#)2000, 19(3)

滩间山金矿床位于柴达木盆地北缘中西段.金矿体产于万洞沟群碳质千枚岩-片岩地层中,受同碰撞造山期构造岩浆活动控制.岩石地球化学特征显示,酸性-偏碱性岩脉中Au与As同步富集.矿床中成矿元素之间的相关性表明,Au主要来自岩浆热液.稳定同位素组成表明,矿床中的硫、碳、铅以及流体中的水主要来自岩浆.矿床地质特征及同位素地质年代学结果显示,矿床形成于晚华力西期.

10. 期刊论文 [胡朋](#), [赫英](#), [张义](#), [江思宏](#), [刘妍](#) [浅成低温热液金矿床研究进展](#) -[黄金地质](#)2004, 10(1)

浅成低温热液金矿床是一种重要的金矿类型,近年来其找矿勘查和成因理论研究取得了很大的进展.它不仅产于中生代,而且在中生代以前也有产出.该类型金矿成矿与岩浆活动密切相关,岩浆成分具高K特征,成矿物质组成显示出深部来源的特征.高硫化浅成低温热液金矿床与斑岩型铜-金矿床往往密切共生,它们可能是同一成矿系统的产物,在有利的构造条件下可能在其旁侧发育低硫化浅成低温热液金矿床,如紫金山地区.我国东南沿海和西南太平洋地区不同类型浅成低温热液金矿床是不同构造-岩浆背景下的产物.

## 引证文献(2条)

1. [刘学飞](#), [王庆飞](#), [杨立强](#), [龚庆杰](#), [张静](#), [高帮飞](#) [秦岭与滇黔桂地区卡林型金矿地质与地球化学特征](#) [期刊论文]

-[地质科技情报](#) 2008(03)

2. [王学武](#), [杨世瑜](#) [滇西潞西上芒岗卡林型金矿](#) [期刊论文] -[云南地质](#) 2005(04)

本文链接: [http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_kwxb200104013.aspx](http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_kwxb200104013.aspx)

下载时间: 2009年12月15日