

甘肃碌曲拉尔玛金矿地质 特征及成因探讨*

姚 仲 友

(南京地质矿产研究所, 南京)

提 要: 拉尔玛金矿位于秦岭褶皱带的白龙江复背斜轴部西端倾伏部位, 主要赋存在下寒武统含碳绢云母板岩及含碳硅质板岩中。矿体呈层状、似层状、分枝状产出。金呈超(次)显微金存在于石英、辉梯矿、重晶石中。本区以中低温矿物组合为特征, 尤以汞-梯-砷组合与金的关系密切。根据矿床的硫、氧、氢同位素组成、矿物包裹体测温以及物理化学参数的计算, 认为本区成矿物质主要来自控矿地层本身, 具浅成中性强还原中低温低压成矿环境, 其成因类型属热液改造型金矿床。

主题词: 拉尔玛金矿 地质特征 矿床成因 甘肃碌曲

拉尔玛金矿位于秦岭东西复杂构造带的南秦岭印支冒地槽褶皱带的南侧, 处在次一级白龙江复背斜轴部西端倾伏部位。白龙江复背斜由白依沟、牙相、热水塘、俄都等次级背斜组成。轴部为前寒武系和下寒武统, 两翼为中、上寒武统、泥盆系、石炭-二叠系, 轴向近东西向。在复背斜轴部的两侧, 有两条近东西向大断裂, 形成一条规模较大的断裂破碎带(相当热水塘断裂破碎带), 是区域性控矿构造。

1 矿区地质特征

矿区地层主要为下寒武统(据川西地质队1990年资料, 将原志留纪地层改为寒武纪), 含矿岩石为一套浅变质岩系。依岩性特征可分为三个岩性组:

第一岩组(ϵ_1^1): 为灰黑色中-薄层条带状、团块状含碳硅质板岩、粉砂质板岩、碳质板岩等, 为主要含矿层。

第二岩组(ϵ_1^2): 为灰黑色碳质泥板岩, 深灰-灰黑色碳质粉砂质板岩和碳质泥板岩, 为次要含矿层。

第三岩组(ϵ_1^3): 为灰色粉砂质绢云母板岩, 灰黑色碳质粉砂岩和碳质泥板岩。

矿区为一背斜。该背斜向北倒转, 轴向NEE至近EW向, 轴面倾向北, 两翼倾角 $40^\circ \sim 80^\circ$, 向西倾伏, 并有明显圈闭现象, 在52线背斜枢纽又缓慢抬起。区内断裂很发育, 是区

* 本文系“七五”国家科技攻关项目中《秦岭西段微细浸染型金矿成矿条件及成矿预测》75—55—金—18课题的部分研究成果。参加研究工作的尚有李文亢、具然弘、姜信顺、孟繁义等
姚仲友, 男, 31岁, 助理研究员。邮编: 210016
1991-6-22 收稿, 1993-4-20 修改回

域性挤压应力最集中的部位,从其展布方向来看,绝大部分断裂为 NEE 至近 NW 向,部分断裂为 NWW-SEE,反映矿区各条断裂向西收敛,向东撒开之特点,这与矿区背斜构造向西倾伏大体一致(图1)。

矿区北缘发育一条近 EW 走向逆冲断裂(F_3),规模最大,是矿区一条长期多次活动的

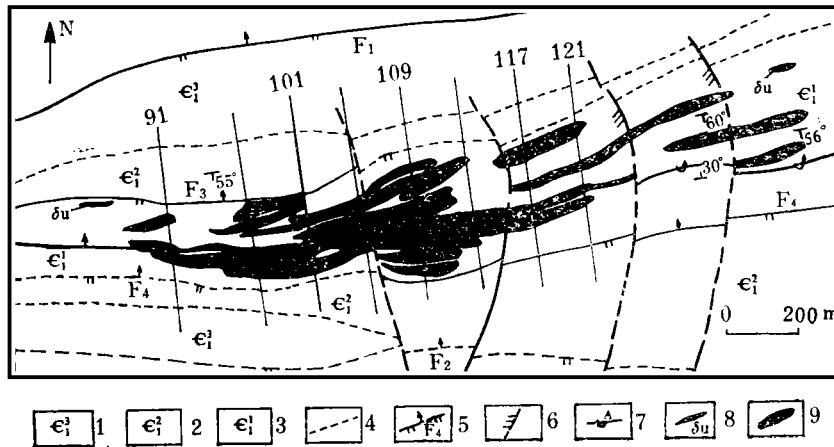


图1 拉尔玛金矿床地质略图
(据甘肃地质三队)

1—下寒武统第三岩组; 2—下寒武统第二岩组; 3—下寒武统第一岩组; 4—地层界线; 5—实测及推测逆断层及编号; 6—斜冲断层; 7—倒转背斜; 8—闪长玢岩脉; 9—矿体

Fig. 1. Geological sketch map of the Lalama gold deposit.

1—Lower Cambrian 3rd Formation; 2—Lower Cambrian 2nd Formation; 3—Lower Cambrian 1st Formation; 4—Geological boundary; 5—Measured and inferred reversed faults; 6—Diagonal thrust fault; 7—Overturned anticline; 8—Diorite porphyrite vein; 9—Orebody.

主干断裂,断裂面倾向北,倾角 $65^{\circ}\sim 75^{\circ}$ 。该条断裂破碎带很发育,最宽达200m以上。带内次级断裂发育,它为金矿形成提供了导矿和储矿空间,伴随多次构造作用的热液活动,使带内多次级断裂及其两侧的碎斑岩遭受叠加蚀变,局部形成蚀变强烈的碎斑岩和角砾碎斑岩,主矿体就赋存在该种岩石中。

矿区岩浆岩不发育,仅有脉岩产出。早期的碳酸盐化闪长玢岩脉矿化较好,金含量达 $(1\sim 8)\times 10^{-6}$,为成矿前脉岩;晚期为微细粒花岗岩脉,未发现金矿化。

2 矿床地质特征

2.1 矿体产出形态及规模

矿体严格受 F_3 断裂破碎带和背斜构造控制,金矿化主要分布在碎裂岩带和附近次级断裂两侧中。矿体主要集中在91~113勘探线,组成一个较大的矿体群,范围为长900m,宽300m。矿体产状与围岩基本一致(图2),其形态很复杂,在平面上显示出明显膨大和收缩现象,在走向上具有分枝、复合、尖灭、再现等特点。矿体展布呈斜列式排列,走向NEE至近EW向,与断裂破碎带方向基本一致。该段的東西两侧,矿体规模较小且分散。

本区圈定表内金矿体24个,表外金矿体44个,除少数为隐伏矿体外,绝大部分为表露

矿体。I-1, I-4, I-10, I-13号表内矿体具有一定规模,长几十至几百米,宽1.73~31.57m,呈串珠状、透镜状、长条状、豆荚状,品位一般为 $3.13 \times 10^{-6} \sim 14.62 \times 10^{-6}$,其中I-1号矿体规模较大,长720m,宽1.97~16.78m,金含量 $3.19 \times 10^{-6} \sim 6.85 \times 10^{-6}$,矿体中部金含量较高,往东西两侧逐渐变低,呈蛇曲状,沿走向东西两端有分枝现象。经深部验证,金含量向下有明显变贫,控制矿体斜深30~80m。此外I号表外金矿体规模最大,长1400m,宽3.0~150.0m,呈层状,垂直剖面上呈漏斗状、树枝状,品位一般为 $1.13 \times 10^{-6} \sim 2.75 \times 10^{-6}$,控制矿体斜深80~200m。

矿体沿走向具有明显的分带性,从东向西依次为铜金→汞锑钼金→汞金矿体,垂直方向分带亦较明显,上部以汞金矿体为主,下部以钼金矿体为主。

2.2 矿石特征

矿石物质组分 矿石的矿物成分现已查明,金属矿物有自然金、黄铁矿、辉锑矿、红锑矿、硒汞矿、雌黄、雄黄、辰砂、方铅矿、黄铜矿、磁黄铁矿、闪锌矿、黝铜矿、赤铁矿及磁铁矿等;非金属矿物有石英、绢云母、重晶石、粘土矿物、玉髓、方解石、绿帘石、地开石、萤石、天青石、金红石等;表生矿物有褐铁矿、锑华、铜蓝、水铝英石、次生铀矿物等。

矿石结构构造 矿石具有他形粒状、自形、半自形粒状结构、碎裂、碎斑状结构、草莓状结构、放射状结构、交代残余结构、镶边状结构、胶状结构。角砾状、碎裂-网脉状、角砾-碎斑状构造、脉状、条带状、稀疏浸染状构造以及炉渣状等构造。

矿石类型 按矿石的矿物组分可分为辉锑矿质金矿石、硅质金矿石、重晶石-石英质金矿石、黄铁矿质金矿石、辰砂质金矿石;按矿石构造分为角砾-碎斑状含碳硅质岩型金矿石、碎裂状板岩型金矿石、碎裂状重晶石-石英脉型金矿石、碎裂网脉状、条带-团块状粉砂质板岩型金矿石;按工业类型分为金矿石、锑-金矿石、汞-金矿石、钼-金矿石以及铜-金矿石。其中石英-重晶石质金矿石和汞锑矿质金矿石是该金矿主要富矿石,次为硅质金矿石。矿体往深部逐渐变为黄铁矿质金矿石和钼金矿石,其品位略高于硅质金矿石。

矿石化学成分 矿石化学元素为Au、Ag、Hg、Sb、As及Mo、Cu、Zn等,伴生元素为Ti、Ba、V、Sr、Pb、Mn、Cr、W、Ga等。矿石以多硅为特征, SiO_2 含量一般75%以上。矿区主要富金的三种矿石化学成分列表1。从表中可看出:(1)板岩型矿石与闪长玢岩型矿石化学成分比较接近,而后者金、铁、钛含量比前者高,硅质岩型矿石硅含量高,

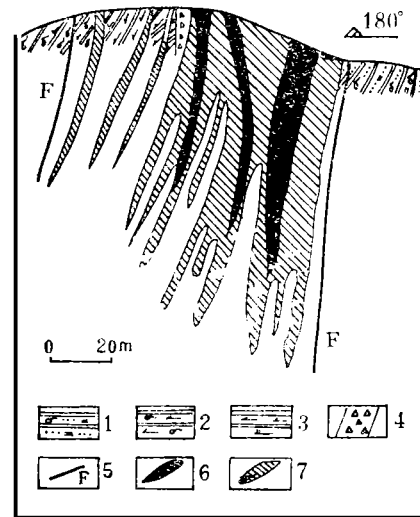


图2 拉尔玛金矿床97勘探线剖面图
(据甘肃地质三队)

1—条带状粉砂质绢云板岩; 2—含碳硅质板岩; 3—硅质板岩; 4—角砾岩; 5—断层; 6—表内矿体; 7—表外金矿体

Fig. 2. Geological section along the No. 97 exploration line of the Laerma gold deposit.
1—Banded silty sericite slate; 2—Carbonaceous siliceous slate; 3—Siliceous slate; 4—Breccia; 5—Fault; 6—Orebody of standard grade; 7—Orebody of substandard grade.

表 1 拉尔玛金矿床不同矿石类型化学成分(%)

Table 1. Chemical composition of different ore types in the Laerma gold deposit

化学成分 \ 矿石类型	硅质岩型矿石	板岩型矿石	闪长玢岩型矿石	化学成分 \ 矿石类型	硅质岩型矿石	板岩型矿石	闪长玢岩型矿石
SiO ₂	87.17	79.98	75.87	H ₂ O ⁺	2.0	2.10	2.90
Al ₂ O ₃	5.53	10.66	8.64	CO ₂	0.3	0.35	0.20
TiO ₂	0.48	0.70	1.12	Au(10 ⁻⁶)	7.5	1.25	8.5
Fe ₂ O ₃	2.81	0.49	3.98	As	0.01	0.03	0.10
CaO	0.38	0.27	0.32	Ag(10 ⁻⁶)	3.6	3.0	2.0
MgO	0.31	1.53	0.63	Sb	0.032	0.03	0.005
K ₂ O	0.73	2.62	0.95	Hg	0.016	0.0027	0.011
Na ₂ O	0.06	0.10	0.04	Mo		0.004	0.005
MnO	0.02	0.01	0.01	Zn	<0.01	<0.01	<0.01
P ₂ O ₅	0.2	0.10	0.61	Cu	0.002	0.002	0.002

据甘肃地质三队叶发荣(1989)

钙、镁含量低;(2)微量元素一般含量低,但部分地段 Mo、Zn、Cu、U 含量较高。

2.3 金的赋存状态

金主要呈独立矿物形式存在,以显微粒状为主,次有片状、树枝状、麦粒状等。金的粒度主要是在中、高倍显微镜下对光片系统观测,其长轴统计结果见表2。金主要赋存在石英裂隙和晶隙间,自然金与重晶石、辉锑矿连生或包裹其中,在辉锑矿中还可见成群出现,另外

表 2 拉尔玛金矿床自然金粒度分级表

Table 2. Grading of native gold in the Laerma gold deposit

名 称	中 粒	细 粒	微 粒	极 微
粒度(mm)	0.25~0.0625	0.0625~0.0156	0.0156~0.004	<0.004
颗粒数	6	25	21	10
百分比(%)	9.68	40.32	33.87	16.13

硒汞矿亦可见到连生金及包裹金。62 颗金粒中与辉锑矿连生的自然金占 4.84%,与重晶石连生的占 1.61%。石英裂隙中金的成色高,而与重晶石、辉锑矿连生的金却较低。金的成色一般较高,最高达 981,平均为 954,但仍含 Cu、Fe 等杂质(表3)。

2.4 围岩蚀变

与金矿化有关的蚀变为硅化、绢云母化、辉锑矿化、重晶石化、碳酸盐化、水铝英石化等。富矿体中重晶石化、辉锑矿化、硅化较发育,晚期地开石化、方解石化及水铝英石化较发育。蚀变分带较明显,矿区北部为地开石-重晶石化带,中部以硅化为主,南部则蚀变较弱;东部硅化强,往西逐渐变弱;深部黄铁矿化、钼矿化较地表越来越强。

2.5 成矿期和矿化阶段

表 3 拉尔玛金矿床自然金电子探针分析
Table 3. Electron microprobe analyses of native gold in the
Laerma gold deposit

样 号	元 素 (%)							金成色
	Au	As	Cu	Fe	As	S	总 量	
G121	94.16	3.52	0.22	0.15	0.12	0.02	98.18	964
G122	94.51	3.71	0	0.01	0.20	0.08	98.50	962
G126	94.46	5.27	0.06	0.19	0	0.02	100.00	947
G61	92.25	7.51	0.12	0.11	0.01	0	100.00	925
G100	94.20	5.35	0.12	0.01	0.06	0	99.74	946
G60	97.14	1.84	0.82	0.19	—	—	99.99	981
平均	94.45	4.52	0.22	0.11	0.078	0.024	99.40	954

测试单位：地矿部矿产综合利用研究所

成矿期分热液期及表生期。根据矿物共生组合、有关脉体的穿插关系、矿石构造、矿物形成世代和蚀变交代关系等，将热液期分四个矿化阶段，其特征为：

2.5.1 黄铁矿-绢云母-石英阶段 为矿化的最早阶段，即金的初步富集阶段。这一阶段形成的石英以渗透交代作用为主。在交代作用过程中，一些渗透力强的酸性组分首先进行交代，形成面型硅化，与此同时，还伴随有细粒、胶状黄铁矿呈稀疏浸染状或星点状分布在硅化岩石中，其形成温度为 308℃。

2.5.2 自然金-辉锑矿-黄铁矿-重晶石-石英阶段 为金的主要成矿阶段。该阶段以细针状、片状辉锑矿，自形、半自形粒状、板状重晶石为特征，并伴随有黄铁矿、石英等。金主要呈独立矿物形式嵌布在石英裂隙及间隙当中，在辉锑矿及重晶石中能见到较多包裹金和连生金。此阶段形成的石英比第一阶段石英结晶程度要高，往往呈细小脉状产出，黄铁矿只零星见及，其成矿温度为 261℃。

2.5.3 地开石-石英-重晶石-辉锑矿阶段 为金的晚期成矿阶段。该阶段以脉状辉锑矿、团块状地开石、重晶石单质脉为特征。雄黄呈尘污状均匀分布在石英脉中。其成矿温度为 200℃。

2.5.4 水铝英石-绿色石英（玉髓）-方解石阶段 该阶段以水铝英石脉和方解石脉为特征，其形成温度为 171℃。

表生氧化期为金的次生富集期，与金矿化关系密切的矿物为褐铁矿、黄钾铁矾等。

3 矿床成因分析

3.1 成矿物质来源

3.1.1 对区域上各时代地层岩石含金性统计表明，前寒武系英安质凝灰岩和英安质集块岩，金含量为 0.8×10^{-9} ；海西期间闪长玢岩和微晶闪长岩，金含量分别为 1.5×10^{-9} 和 1.3×10^{-9} ；下寒武统碳质绢云母板岩、含碳硅质板岩，金含量分别为 8.3×10^{-9} 和 3.8×10^{-9} ；所以本区下志留统金含量较高，高出其克拉克值 8.3 倍和 3.8 倍，同时 As、As、Hg、Sb 等元

素的含量也较高,可将该地层视为本区矿源层。

3.1.2 对矿区矿石矿物黄铁矿、重晶石、磁黄铁矿、辉锑矿进行了硫同位素测定(表4),从表中可看出, $\delta^{34}\text{S}$ 变化范围 $-25.20\text{‰} \sim +15.50\text{‰}$, 极差 40.70‰ , 平均值为 1.93‰ , 偏向负值, 属离散型(图3)。即具有明显的沉积硫特点, 这说明了 $\delta^{34}\text{S}$ 除了地层硫源外, 还可能与矿区热泉硫源有关。

表4 拉尔玛金矿区硫同位素测定结果

Table 4. Sulfur isotope determinations of the Laerma gold deposit

样号	矿物	$\delta^{34}\text{S}(\text{‰})$	样号	矿物	$\delta^{34}\text{S}(\text{‰})$
L-9	黄铁矿	+15.50	L-20	重晶石	+9.37
L-55	黄铁矿	-25.20	L-27	重晶石	+8.98
L-56	黄铁矿	+9.49	L-68	重晶石	+2.41
L-58	黄铁矿	+1.72	L-69	重晶石	+11.68
L-62	黄铁矿	+3.21	L-11	磁黄铁矿	-17.54
L-63	黄铁矿	+1.62	L-30	辉锑矿	+1.89

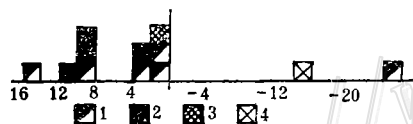


图3 拉尔玛金矿硫同位素直方图

1—黄铁矿; 2—重晶石; 3—辉锑矿; 4—磁黄铁矿

Fig. 3. Histogram of sulfur isotope composition of the Laerma gold deposit.

1—Pyrite; 2—Barite; 3—Stibnite; 4—Pyrrhotite.

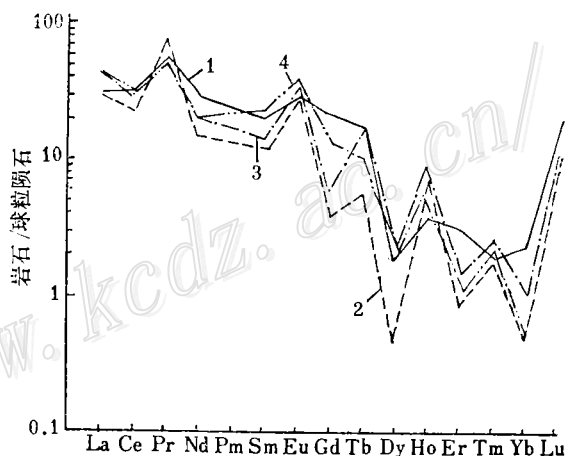


图4 矿体及其围岩球粒陨石标准化 REE 分配模式

1、4—控矿地层; 2~3—矿体

Fig. 4. Chondrite-normalized REE patterns of orebodies and wall rocks.

1、4—Ore-controlling strata; 2~3—Orebodies.

3.1.3 矿区内氧同位素值较高,但变化不大, $\delta^{18}\text{O}$ 为 $+13.18\text{‰} \sim +16.55\text{‰}$, 极差 3.37‰ , 平均值为 $+14.68\text{‰}$, 这与一般沉积岩氧同位素组成较接近, 但更接近于具有高 $\delta^{18}\text{O}$ 值的燧石沉积岩。又流体氢同位素组成 δD 为 $-91\text{‰} \sim -103\text{‰}$, 由此可知成矿介质与大气降水有关。

3.1.4 对矿区的矿体及其围岩作了稀土分析。成矿溶液的 REE 分布模式由成矿溶液和其流经岩石的相互作用及 REE 在流体中分配决定, 研究矿体的 REE 模式可提供金属来源岩石的信息 (Craft, 1983)。由图4可知, 矿体稀土分配模式与围岩是相似的, 这显示出成矿物

质主要来自控矿地层本身。

由含金性、同位素（S、O、H）及稀土元素的特征都说明拉尔玛金矿的成矿物质主要来自控矿地层。

3.2 成矿物理化学条件

3.2.1 成矿温度 对矿区含矿岩石的黄铁矿、石英、重晶石及辉锑矿测定了包裹体的爆裂温度和均化温度，一般为200~261℃，未超过300℃，再结合矿物共生组合及近矿围岩蚀变综合考虑，矿床成矿温度属中低温。

3.2.2 成矿压力 根据CO₂浓度法（据武内寿久等，1964）估算，成矿压力为 $2 \times 10^6 \sim 4 \times 10^6$ Pa，即压力值较低，具有近地表之特点，又据地壳增压率（即深度每增加1 km，压力大致增大 2.5×10^7 Pa）考虑，本矿床的成矿深度亦不大（小于1 km）。

3.2.3 成矿溶液 成矿溶液成分液相以Na⁺、K⁺、F⁻、SO₄²⁻为主，气相除水蒸汽外以CO₂、CO为主，N₂亦有较高含量（表5）。在离子中以Na⁺占优势，这是由于金在溶液中呈络阴离子的形式转移而未消耗相应的阳离子所致，可以确定含矿溶液是以富含碱金属为特征，属盐水-卤水。此外还含有一定的CO₂、CH₄等不混溶液体，可能与来源于沉积岩有关。

表5 拉尔玛金矿区包裹体成分测定结果

Table 5. Determinations of inclusion composition of the Laerma gold ore district

单 位	样 号	CO ₂	H ₂ O	H ₂	O ₂	N ₂	CH ₄	CO
mg/5g	L-31	13.07	693.33	0.09	T	6.75	0.62	2.33
	L-24	7.84	166.67	0.09	T	5.50	0.68	2.42
	L-18	15.03	180.00	0.11	T	3.96	T	2.92
气体摩尔分数	L-31	0.297	38.518	0.045		0.153	0.039	0.083
	L-24	0.178	9.259	0.045		0.125	0.043	0.086
	L-18	0.342	10.0	0.055		0.09		0.104
单 位	样 号	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	F ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻
mg/5g	L-31	1.11	1.14	T	T	7.50	2.0	4.80
	L-24	0.61	1.06	T	T	10.40	0.40	9.0
	L-18	0.68	1.94	T	T	7.70	3.20	12.90
重量摩尔浓度 mol/l	L-31	0.041	0.071			0.569	0.082	0.072
	L-24	0.034	0.276			3.284	0.069	0.562
	L-18	0.097	0.468			2.251	0.508	0.746

注：T为痕量

3.2.4 氧逸度 根据石英包裹体中CH₄、CO₂含量数据， f_{O_2} 采用如下计算公式：

$$\lg f_{O_2} = \frac{1}{2} \lg \frac{x_{CO_2}}{x_{CH_4}} - 20950.677T^{-1} + 2.32 \quad \text{上限}$$

$$\lg f_{\text{O}_2} = 2 \lg \frac{x_{\text{CO}_2}}{x_{\text{CH}_4}} - 29558.44T^{-1} + 9.06 \quad \text{氧逸度下限}$$

由此计算成矿流体氧逸度 $\lg f_{\text{O}_2} = -33 \sim -52$, 即具有较低的逸度值。

3.2.5 pH值与Eh值 根据包裹体成分及矿物共生组合, 对pH值、Eh值进行了估算表明, 成矿介质酸碱度介于弱酸→弱碱之间, 氧化还原电位值 $-0.4 \sim 0.68 \text{ V}$ 。

这些研究表明本区具中性强还原低温低压成矿环境。

3.3 成矿机制

本区下志留统的含碳绢云母板岩、含碳硅质板岩含金背景值较高, 是本区的矿源层。金主要来自该层中, 被地下水溶液淋滤或溶解出来, 并以络合物的形式迁移。一般来说, 溶液中富含碱金属可以提高金的溶解度。而促使金从溶液中分解, 主要是由于介质物质化学条件的改变, 沉淀富集主要受压力差和化学势差的影响, 当含有呈络合物的金及硫、砷等的热液进入构造裂隙带或其它有利空间时, 压力和化学势迅速降低, 相应引起一系列物化条件改变, 金及有关元素便迅速沉淀。

从以上资料的综合分析可看出, 本区具有沉积变质矿床的一般特点, 又受后期热液改造。因此笔者认为拉尔玛金矿床应属热液改造型金矿床。采用K-Ar法测其成矿时代为 $127 \times 10^6 \text{ a}$, 为燕山期形成的。

研究过程中, 得到了甘肃地矿局第三地质队的大力协助, 同时工作中还承蒙叶发荣高级工程师的热忱帮助。谨此并致以诚挚谢意。

参 考 文 献

- 1 R W 博依尔, 金的地球化学及金矿床, 北京: 地质出版社, 1984.
- 2 张理刚, 稳定同位素在地质科学中的应用, 西安: 陕西科学技术出版社, 1985.
- 3 沈阳地矿所编, 中国金矿主要类型区域成矿条件文集(黔西南地区), 北京: 地质出版社, 1989.
- 4 Romberger S B. Ore deposits 9: disseminated gold deposits, *Geoscience Canada*, 1986, 13(1)
- 5 Nesbitt B et al. Genetic implications of stable isotope characteristics of mesothermal Au deposits and related Sb and Hg deposits in the Canadian Cordillera. *Econ. Geol.*, 1989, 84: 1489~1506

A PRELIMINARY DISCUSSION ON GEOLOGICAL CHARACTERISTICS AND GENESIS OF THE LAERMA GOLD DEPOSIT IN LUQU COUNTY, GANSU PROVINCE

Yao Zhongyou

(*Nanjing Institute of Geology and Mineral Resources, Nanjing, Jiangsu Province*)

Key words: the Laerma gold deposit, geological characteristics, genesis of the ore deposit, Luqu County of Gansu province

Abstract

The Laerma gold deposit, discovered in 1985, occurs in Lower Cambrian carbonaceous sericite slate and carbonaceous siliceous slate and belongs to fine-dissemination type. The gold orebodies, generally irregular and assuming stratiform or irregular form, are strictly confined to the principal fault F_3 , with the ore-bearing rocks being black rocks of the epimetamorphic formation. Gold occurs as ultramicroscopic particles in quartz, pyrite, barite and stibnite as well as small amounts of realgar, pyrrhotite and limonite. Alterations are silicification, pyritization, sericitization and carbonatization, with silicification being dominant. The ore-forming process might be divided into two epochs: hydrothermal epoch (which can be subdivided into four stages) and supergene epoch.

The ore-forming process proceeded under the following conditions: temperature $200\sim 261^{\circ}\text{C}$; low pressure, small depth; oxygen fugacity $-33\sim -52$; Eh $-0.4\sim -0.68\text{V}$; weakly acid ore-forming media; $\delta^{34}\text{S} -25.20\text{‰}\sim +15.5\text{‰}$ (sulfides); $\delta^{18}\text{O} +13.18\text{‰}\sim +16.55\text{‰}$ (quartz and calcite); $\delta\text{D} -90.87\text{‰}\sim 102.59\text{‰}$ (fluid inclusions). In addition, gold content of Lower Cambrian is higher than the background value of gold. All these physical-chemical parameters indicate that ore-forming materials came mainly from wall rocks.

According to geological characteristics of the ore deposit, the Laerma gold deposit is believed to be genetically of hydrothermal reformation type.