

辽宁猫岭金矿床石英标型特征及形成条件研究

金成洙

刘 辉

张万奎 冯玉多

(东北工学院, 沈阳)

(沈阳黄金学院)

(辽宁地矿局五队)

石英是猫岭矿区最主要的脉石矿物, 又是重要的载金矿物之一, 矿化与硅化具有高度的相关性, 主要工业矿体就产在硅化最强烈地段。因此, 研究石英的标型特征, 了解其成因, 有助于研究金矿床成因及找矿标志, 有着重要的实际意义。

关键词: 猫岭金矿床; 石英; 标型特征; 成矿条件



岩矿工作

辽宁猫岭金矿床是辽河群片岩建造中新发现的大型金矿。矿区位于华北地东台北缘、辽东台隆营口—宽甸台拱的盖县—古楼子巨型复向斜内。金矿围岩为辽河群盖县组绢云母千枚岩。矿石属于贫金贫硫化物的金—砷—石英建造。矿体与围岩无明显界线, 矿化和蚀变受北北东向韧性剪切带控制。

1. 矿区石英脉类型及其特征

区内石英脉广泛发育, 按其产出位置、矿物组合和穿插关系等可划分为:

I—围岩(千枚岩)中的石英脉;

II—花岗岩体中的石英脉;

III—蚀变矿化带中的石英脉, 又细分为: III₁—毒砂石英脉; III₂—磁黄铁石英脉; III₃—多金属硫化物石英脉; III₄—石英碳酸盐脉。

(1) 围岩中的石英脉(I) 形态复杂, 多呈肠状褶曲(肠曲构造)。又分为两种: 一种是由原地层中的直线状硅质、粉砂质组份, 经构造变形和重结晶作用形成的, 只具有构造学意义; 另一种是伴随变质和变形作用形成的变质分异脉, 其爆裂温度为

400~450℃, 反映区域地层经受绿片岩相至低绿片岩相的变质温度条件。石英脉宽0.5~4cm, 连续性较好; 纯白色至灰白色, 结晶良好, 多为自形至半自形晶, 具强的波状消光, 粒径较矿体中的石英稍大。这种石英脉为金矿床的成因提供了重要的信息。

(2) 花岗岩体中的石英脉(II) 形态简单, 多呈平直的脉状, 连续性好, 脉宽1~10cm, 一般3~6cm。纯白色, 局部夹少量绢云母和斜长石; 呈粗大的自形晶, 块状构造。系岩浆演化晚期的含长石英脉, 多出现在岩体边部, 也见于接触带地层中。

(3) 矿化蚀变带中的石英脉(III) 分布于矿化蚀变带中心, 其中毒砂石英脉(III₁)和磁黄铁石英脉(III₂)多于多金属硫化物石英脉(III₃)和石英碳酸盐脉(III₄)。

III₁和III₂具强烈的揉曲状变形, 脉宽0.1~2.5cm, 连续性差, 局部呈透镜状、香肠状等。脉体与围岩界线清晰, 具热液充填特点。微观上, 石英多呈他形粒状、港湾状, 具强的波状消光和应力双晶, 表明在成矿期和成矿后均受到了构造应力作用。

III₃脉宽0.5~1cm, 最宽达5cm, 穿切III₁和III₂, 无显著变形特征。

III₄脉宽0.5~1.5cm, 具梳状构造, 含

较多的方解石。这种脉体数量虽少，但可指示矿化作用的结束。

2. 石英的标型特征

(1) 含金性 矿相显微镜观察表明，矿脉中大部分金矿物赋存于毒砂、磁黄铁矿、黄铜矿、方铅矿与石英的颗粒间，少数在石英粒间或包裹于其中，说明石英与金基本上形成于同一成矿期。

各类石英的含金性测定结果 (ppm, 除Ⅰ, 5个、Ⅱ, 3个, 其余为4个样的平均值) 表明, 矿化带中的石英含金性 (Ⅰ₁—1.12, Ⅰ₂—0.92, Ⅰ₃—0.91, Ⅰ₄—0.53) 比地层 (0.008) 和岩体 (0.003) 高出几个数量级, 说明其形成过程就是金相对富集的过程。地层中石英脉较岩体中石英脉的金丰度稍高, 这可能与地层中金丰度的平均 1.3ppb 比岩体的金丰度 (平均 1ppb) 稍高有关。这种继承关系还表现在矿床品位与区域金丰度背景值的继承关系上, 即围岩金丰度低, 相应地形成了大量低品位的金矿床。矿化石英脉中各阶段石英的金含量均在同一个数量级, 从早到晚有降低趋势, 表明它们是同源、同期的产物。

(2) 铝碱含量 是判断金矿化的标志之一。通常含金性较好的石英, 铝的含量较高。这是由于石英结晶过程中, 少量 Al³⁺ 替代 Si-O 四面体中的 Si⁴⁺, 破坏了电价平衡, 需 K⁺、Na⁺ 的补偿达到电价平衡。在中温条件下, Au⁺ 也可补偿 Al³⁺ 替代 Si⁴⁺ 时的电价不足。由于金矿床大多形成于中温条件下, 因此, 含金石英中结构铝的含量也相应较高, 从而形成成分复杂的石英。猫岭矿区各类石英脉之石英的铝碱含量见表 1。从表 1 可见:

① 多金属硫化物石英脉中的石英含 Al、K、Na 最高, 晚期石英碳酸盐脉次之, 岩体中的更低, 地层中的最低。本矿区金矿脉石英与胶东金矿石英及典型石英脉石英相比, 其铝、碱含量均偏高。

表 1

各类石英脉中石英的铝、碱含量

石英类型	样品数	含量 (%)					原子数					单位晶胞中原子数				
		Al	K	Na	总和	Al	K	Na	总和	K/Na	Al	K	Na	总和	Al-(K+Na)	
I	2	0.36~0.46	0.14~0.18	0.05~0.07	0.55~0.71	13~17	4~5	2~3	22	1.8	8.1~10.6	2.5~3.1	1.3~1.9	13.75	4.95	
		0.41	0.16	0.06	0.63	15	4.5	2.5			9.35	2.8	1.6			
II	2	0.30~0.40	0.18~0.24	0.14~0.16	0.68~0.74	11~15	5~6	6~7	25	0.85	6.9~9.4	3.1~3.8	3.8~4.4	15.8	0.50	
		0.35	0.21	0.15	0.71	13	5.5	6.5			8.15	3.45	4.2			
III ₁	2	0.51~0.55	0.18~0.24	0.16~0.20	0.89~0.95	19~20	5~6	5~7	31	0.92	11.9~12.5	3.1~3.8	3.1~4.4	19.40	5.0	
		0.53	0.21	0.8	0.92	19.5	5.5	6			12.2	3.45	3.75			
III ₂	2	0.48~0.52	0.22~0.24	0.03~0.07	0.77~0.79	18~19	6	1~3	26.5	3	11.3~11.9	3.8	1.9~3.1	17.90	5.3	
		0.50	0.23	0.05	0.78	18.5	6	2			11.6	3.8	2.5			
胶东金矿		0.001~0.9	0.0001~0.49	0.0~0.13	0.0011~1.5											
		0.21	0.14	0.036	0.386											
典型石英脉		0.02~0.9	0.001~0.12	0.01~0.12												

① 据陈光远(1989); ② 据 Юрлевсон(1984); 表中横线上方为变化范围, 下为平均值。

②以 $Al^{3+} + K^+(Na^+) \rightarrow Si^{4+}$ 类质同象形式替代石英单位晶胞 $Si-O$ 四面体之 Si^{4+} 的铝、碱原子数,在金矿体石英中最高,达19.4;石英碳酸盐脉次之;围岩最少。

③在单位石英晶胞中 Al^{3+} 替代 Si^{4+} 的异价类质同象所需的电价补偿剂($K^+ + Na^+$)的差值,在矿化带石英脉中最大(>5),说明其中还有其他电价补偿剂[Au^+ (?)等]存在;地层石英脉次之(4.95);岩体石英脉最小(0.5),几乎近于电价平衡。

④ K/Na 值在矿体石英中趋于相等(0.94),岩体中 $Na > K$ (0.84);地层中的和成矿晚期石英碳酸盐脉 $K > Na$ (1.4,3)。

(3) 比重和透明度 从各类石英的显微比重测定结果(3次的平均数)看,矿化带石英的比重($\bar{I}_1-2.606$, $\bar{I}_3-2.627$, $\bar{I}_4-2.633$)较地层(2.69)和岩体(2.696)中的石英明显变轻,这是由于含金石英中有较多的微量元素加入,使石英晶格内部结构变得松散所致,同时还影响石英的结晶程度,从而导致含金石英透明度明显降低和硬度变小。石英的比重可作为评价猫岭金矿含矿性的一个标志。

(4) 红外光谱特征 定性地测定了各类石英中 H_2O 和 CO_2 的含量,均显示 $3000 \sim 3800 cm^{-1}$ 区域吸收带(H_2O 的吸收带),表明各类石英均在热液环境下形成。有意义的是石英的 $2350 cm^{-1}$ (由气液包裹体中 CO_2 形成)吸收带,只有晚期石英碳酸盐脉中的石英显示,这说明成矿流体中 CO_2 浓度不高,碳酸盐化不发育,仅在成矿晚期有少量出现。这与大多数前寒武纪地层中的金矿床碳酸盐化比较发育的特点不一致,可能与赋矿地层含碳酸盐矿物或基性矿物较少有关。

(5) 流体包裹体特征 石英脉中石英的包裹体多而细小,这是由于介质浓度大,晶体生长速度快所致。包裹体一般 $3 \sim 15 \mu$,以液相为主,气液比小于15%,多在 $5 \sim 12\%$ 。在毒砂石英脉和磁黄铁石英脉中可见

到大小不均、气液比相差悬殊的原生包裹体和活动型包裹体,可能是介质沸腾时捕获的沸腾包裹体群。大多数石英中至少见到两期次生包裹体,表明石英经历了多次塑性变形或多期构造破碎重溶。

地层和岩体中石英脉的石英包裹体个体较大,数量少,这与石英结晶好且透明有关。

3. 石英的形成条件

(1) 形成温度 包裹体均一温度测定结果表明,地层中石英脉形成温度为 $240 \sim 380^\circ C$ (6)●,与地层的受变质程度——低绿片岩相变质岩形成温度基本一致;岩体中石英脉的形成温度为 $370 \sim 420^\circ C$ (5),具伟晶期热液的温度特点;矿化期的毒砂石英脉形成温度 $220 \sim 378^\circ C$ (9)、磁黄铁石英脉温度 $220 \sim 340^\circ C$ (8)、多金属硫化物石英脉 $180 \sim 240^\circ C$ (5)、石英碳酸盐脉 $180 \sim 212^\circ C$ (5),由于矿化带主要发育毒砂石英脉和磁黄铁石英脉,因此认为主成矿阶段温度为 $220 \sim 378^\circ C$,这与区域地层中的石英形成温度接近。另外,矿化带各阶段石英脉的温度变化是连续的,反映了成矿溶液进入储矿场所以后,其演化也是连续的。

总之,温度反映了该金矿床没出现岩浆热液或天水热液的叠加成矿期,认为矿床是中温热液成因,与大多数前寒武纪地区的金矿床的成矿温度相一致。

(2) 包裹体的盐度($NaCl wt\%$)及pH值 石英形成的盐度($\bar{I}_1-19.0 \sim 10.1$, $\bar{I}_2-6.9 \sim 8.2$, $\bar{I}_3-5.1 \sim 6.7$, $\bar{I}_4-6.3 \sim 7.3$)并不高,变化幅度也不大,但成矿主期阶段盐度稍高,从早到晚有下降趋势。这与典型的地下水热液金矿床及岩浆热液金矿床中石英形成盐度不同,而与变质热液金矿床相接近(Boyle, 1979; Rodder, 1985)。石英包裹体盐度反映了矿化是在中性介质条件下形成的,成矿热液的pH值($\bar{I}_1-6.05$, $\bar{I}_2-6.31$, $\bar{I}_3-6.20$, \bar{I}_4

● 测定次数。

—6.52) 从早到晚缓慢升高, 即碱性程度略有提高。

(3) 包裹体成分 石英包裹体成分测定结果见表 2 和图 1。从中可看到, 矿化带中各阶段石英脉石英包裹体成分含量及其特征值, 与地层中石英脉相近; 而与岩体中石英脉有明显差异。其特征如下:

①图 1 A 表明, 包裹体中的流体组份总重量和 H₂O 含量在岩体石英脉 (II) 中最高, 矿化带 (III) 和地层中的 (I) 相对低, 且很相近; 而流体中组份的 wt% (重量百分比浓度) 则 III 和 I 高且相近, II 最低。反映了热液和物质来源上的联系和差异。

②从图 1 B 可见, 流体中碱金属总量在

各类型石英中很相近 (5.7~6.2 ng/g), 其 wt% 则 III 和 I 相对高, II 中低得多; Na⁺/K⁺ 值前两者以含 Na 为主, 后者以含 K 为主, 反映了石英脉形成时流体的酸碱性等物理化学环境的差异。

③从图 1 C 可看到, 各类型石英中的碱土金属的 wt% 相近, 但 Ca²⁺/Mg²⁺ 值差别较大, II 中最低 (3.6); III 中的最高 (6~13.6), I 接近于后者 (5.5)。说明石英脉的物质来源不同。

④图 1 D 中看到, 主要矿化剂 Cl⁻、F⁻ 的浓度、Cl⁻/F⁻ 及 Cl⁻/SO₄²⁻ 值, III 和 I 相近, 以浓度高、Cl⁻/F⁻ 低 (2~3.5)、Cl⁻/SO₄²⁻ 高 (10~30) 为特征; 而 II 的则浓度

各类石英脉石英包裹体成分含量 (ng/g) 表

表 2

类型	O ₂	H ₂	N ₂	CH ₄	CO	CO ₂	H ₂ O	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	F ⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	CO ₂ /N ₂ O	Na ⁺ /K ⁺
I	3.37	0.18	5.28	1.89	5.53	10.3	121	1.5	4.7	1.8	0.32	8.2	17.6	2.7	1.8	0.085	3.10
II	1.01	0.5	1.8	0.9	4.2	5.6	250	3.4	2.8	3.5	0.9	1.8	9.1	1.7	1.7	0.022	0.82
III ₁	3.28	0.166	5.14	1.74	5.72	8.6	104	1.6	5.1	3.4	0.25	13	38	4.5	2.3	0.083	3.19
III ₂	2.22	0.162	4.74	1.70	5.24	10.60	156	1.8	3.9	2.0	0.24	6.5	17.7	4.6	1.4	0.068	2.17
III ₃	3.72	0.15	5.36	1.66	3.76	7.22	168	1.2	4.9	2.6	0.22	6.6	21	0.5	0.7	0.043	4.08
III ₄	3.42	0.156	4.96	1.8	4.6	11.54	124	1.9	4.3	2.4	0.43	4.9	18.2	4.5	1.7	0.093	2.39

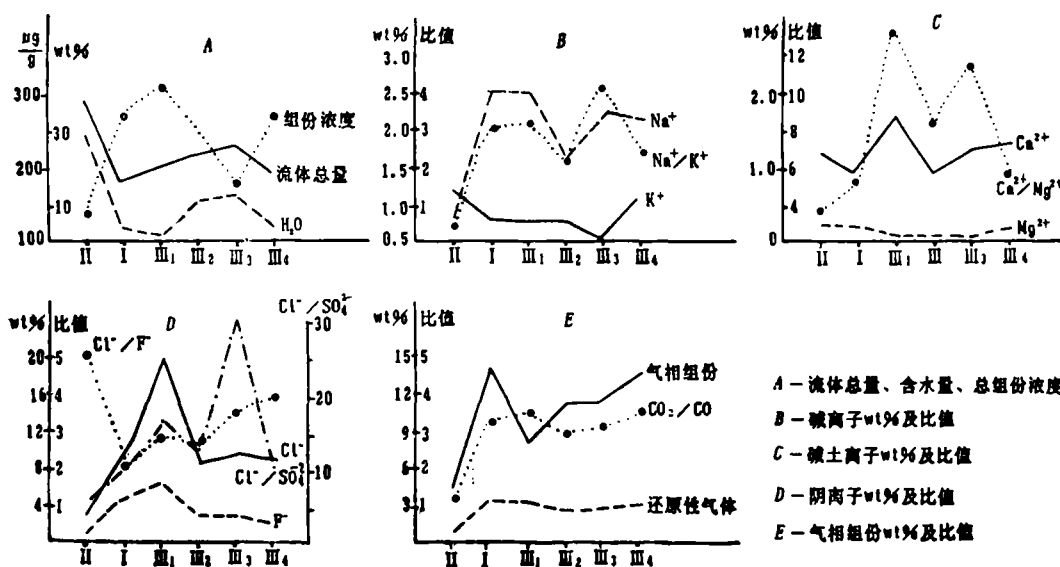


图 1 包裹体成分特征曲线

低, Cl^-/F^- 高(5), Cl^-/SO_4^{2-} 低(5)。

⑤图1 E表示流体中气相组份的特征, 气相组份总量、还原性气体(N_2 、 H_2 、 CH_4)浓度、碳化物的氧化系数(CO_2/CO), 在Ⅱ和Ⅰ中十分接近, 与Ⅲ则有明显差异。分别是8~14、3~3.6、1.5~2.9和4.8、1.1及1.3。这种差异有力地证明了石英脉形成时的压力、深度、构造等地质因素均不相同。

此外, 矿化带中各阶段石英的包裹体成分, 有许多共同特点和规律性, 进一步说明成矿流体是一次性进入储矿构造空间, 而后有规律地依次演化的。

综上所述, 蚀变矿化带与地层中的石英脉在热液物质来源方面有密切联系, 而与岩浆活动无关, 可作为本区找金矿的重要找矿标志。

(4) 石英 $\delta^{18}O$ 及包裹体水 δD_{H_2O} 的特征 表3列出了本矿区各类石英的 $\delta^{18}O$ 、包裹体水的 δD_{H_2O} 及 $\delta^{18}O_{H_2O}$ (由 $1000 \ln \alpha_{石英-水} = 3.38 \times 10^6 T^{-2} - 3.4$ 计算)。

各类型石英氢氧特征(‰)表 表3

类型	$\delta^{18}O$ (‰)	δD_{H_2O} (‰)	起爆温度	δO_{H_2O}
I	+5.136	-122.737	350℃	+0.19
	+9.39	-111.235	310℃	+2.85
II		-77.9~-78.3		
III ₁	+11.477	-168.094	320℃	+5.27
III ₂	+10.339	-133.484	290℃	+3.15
III ₃	+11.163	-94.301	250℃	+2.2

从表3中可见, I的 $\delta^{18}O$ 平均为+7.236‰, Ⅱ的平均为+10.99‰, 两者很接近, 表明物质来源相同。

由于石英中氢的含量较低, 所以水中的氢与石英之间产生同位素交换的机会较少, 从这个意义上说, δD 值比 $\delta^{18}O$ 更能反映水的性质。从表3看到, I包裹水的 δD 平均为-116.986‰, Ⅱ平均为-131.96‰, 两者差值不大, 但与Ⅲ δD_{H_2O} 值为-78.1‰差

别较大。

从图2可以看出, 地层中石英脉的包裹体水不落在典型的区域变质水区($\delta D = -20 \sim -65\%$ 、 $\delta^{18}O_{H_2O} = +5 \sim +15\%$, Paylor, 1974)。王时麒等在研究张家口金矿时针对这种情况提出了“本区变质水”的概念。由此将猫岭金矿区变质地层中的石英脉的 $\delta D_{H_2O} - \delta^{18}O_{H_2O}$ 的变化范围确定为“本区变质水”范围, 矿化带石英脉中石英的包裹水同位素均落在“本区变质水”的范围。据此认为矿床为变质热液型成因。

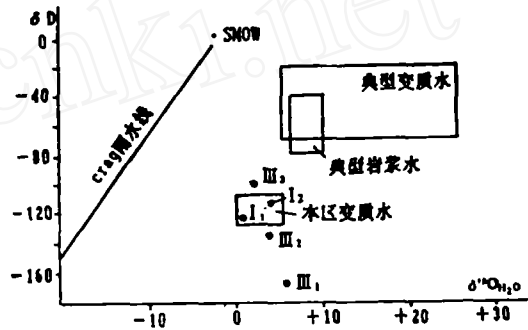


图2 各类型石英的 $\delta D - \delta^{18}O_{H_2O}$ 图解

结论

1. 猫岭矿区石英脉分布广泛, 含金石英脉中石英的主要标型特征是: ①含Au丰度比无矿石英高出3个数量级, 富矿地段石英含金比贫矿地段高; ②组份较复杂, 结构铝、碱含量高; ③结晶程度稍差、比重变轻、透明度变弱; ④包裹体多而小, 以液相包裹体为主, 不含 CO_2 包裹体, 富矿地段出现沸腾包裹体, 据此可判断出含金石英脉, 并可作为金矿的勘查标志。

2. 石英与金矿物是同一成矿期的产物, 研究石英的形成条件, 有助于确定矿床的成因。含金石英脉中石英的主要形成条件是: ①形成温度为220~378℃, 与围岩中石英脉一致, 低于岩体中石英脉的形成温度;

(下转第12页)

体附近矿床中,上百个硫化矿样的全部数据都比陨硫铁富集 ^{34}S ,其 $\delta^{34}\text{S}$ 变化范围高达9‰^[5];而所有铅同位素值的投影点均落在选择多组参数作图的地球年龄零等时线以外●,这些也从一方面佐证大部分矿质来源于沉积岩。

结 语

在后地台阶段一些构造—岩浆作用活化区,有时岩浆岩中矿质元素含量并不很丰富(如大井矿所在的黄岗梁—甘珠尔庙矿带);有时岩浆岩中矿质丰度较高,但与具体矿床直接有关系的岩体体积相当小(如湖南柿竹园和黄沙坪等处),而且在这些地方常有地台型碳酸盐岩广泛覆盖,很难发现大型导岩

(浆)导矿(液)的深大构造。但是,这些地方中生代的内生成矿规模很大,形成诸多大型至超大型矿床。矿质来源和成矿构造的成因均是重要议题。笔者以为,上述总结可以扩大找矿思路和找矿前景。

参 考 文 献

- [1] 张 乾,地质与勘探,1989,第9期。
- [2] 黄瑞华等,《中国东南部锡的构造地球化学》,科学出版社,1989年。
- [3] 王伏泉,地质与勘探,1989,第9期。
- [4] 陈国达,《成矿构造研究法》,地质出版社,1978年。
- [5] 童潜明等,湖南地质(增刊2号),1986年。
- [6] 池国祥,中科院长沙大地所集刊3号,1989年。
- [7] 伍传平,中科院长沙大地所集刊3号,1989年。
- [8] 王育民、朱家鳌、余琼华,《湖南铅锌矿地质》,地质出版社,1988年。
- [9] 庄锦良等,湖南地质(增刊4号),1988年。

The Effect of Magmatism on Mineralization Process of Endogenetic Mineral Deposits

Wang Fuquan

During the mineralization process of endogenetic mineral deposits, the magmatism will directly provide with source materials. In addition, it can mobilize the ore elements within the surrounding geological bodies with the help of its peculiar thermal, chemical and dynamic fields, and modify the original structure into a new one favourable for metallogenesis. Thus the mobilized ore elements are forced to migrate and furnish indirectly the source materials for mineralization. All these effects are of great importance to metallogenetic processes of postplatform stage.

(上接第28页)

②包裹体水盐度较其他变质岩区金矿床低,一般为5.9~9.55,富矿部位稍高些、pH为6~6.3,是在中性条件下形成的;③流体包裹体组份和特征与围岩中石英脉相近,与岩体中石英脉差别明显;④包裹体水 δD 、 $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ 落在“本区变质水”周围。由此认为成矿热液、物质组份主要来自围岩,是围岩受

低绿片岩相变质作用晚期阶段形成的“变质热液型”金矿床。

参 考 文 献

- [1] 金成洙等,《国际金矿地质与勘探学会议论文集》,东北工学院出版社,1989年,第70~74页。
- [2] Roedder, E., 卢焕章等译,《流体包裹体》,中南工业大学出版社,1985年。
- [3] Boyle, R. W., The Geochemistry of gold and its deposit, 1979.

Typomorphic Characteristics and Formation Conditions of Quartz in the Maoling Gold Deposit, Liaoning Province

Jin Chengzhu Liu Hui Zhang Wankui Feng Yuduo

The quartz in the Maoling mining area is the chiefest gangue mineral as well as an important carrier mineral of gold. Mineralization and silicification have a high correlativity with each other. Major commercial ore bodies are located at the most intensely silicified section of the mining area. Thus, A study of typomorphic characteristics and origin of the quartz in the deposit gold has an important and practical significance because it is helpful for getting a clear understanding of genesis and exploration guides of the deposit.