

# 镇沅老王寨构造蚀变岩型金矿矿床成因

杨夕辉

(昆明理工大学国土资源工程学院; 昆明 650031)

**摘 要:** 矿体产出受深大断裂派生的剪切断裂及脆—韧性剪切带控制明显, 矿床形成具多期、多阶段和多源特征。通过对成矿流体和成矿机理的研究, 笔者认为该矿床是较典型的构造蚀变岩型金矿床。

**关键词:** 构造岩浆变质带; 构造蚀变; 金矿床; 老王寨 哀牢山

**中图分类号:** P618.51 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-1885(2005)04-371-08

## 1 成矿地质背景

老王寨金矿是云南目前探明的最大的岩金矿床。矿床位于扬子地台与三江褶皱系结合部西侧的哀牢山构造岩浆岩变质带中, 夹持于哀牢山深大断裂与九甲—墨江两大断裂之间, 总体构造线呈 NW—SE 向展布 (图 1)。哀牢山断裂以东为哀牢山深变质带的元古界哀牢山群, 以西为哀牢山浅变质岩带的古生界泥盆系、石炭系及二叠系。沉积建造是在优地槽固化后形成的结晶基底上发展起来的大陆边缘拗陷带, 带内发育多旋回、厚达数千千米以上的含炭基性火山—沉积岩系, 与蛇绿岩套一起为金的成矿作用提供丰富的物源。经历了晋宁期、华力西晚期—印支期、燕山期及喜马拉雅期多旋回构造—变质—岩浆活动, 致使不同时期的地层、岩浆岩发生大规模的推覆、叠置、相嵌, 形成变形、变质极为特殊的构造地层单元, 为金及有关元素的活化、迁移、聚集、分布和沉淀, 创造了极为有利的条件。

## 2 成矿流体研究

(1) 成矿流体化学: 成矿流体化学成分如表 1、表 2 所示。液相成分中阳离子以  $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$  为主, 阴离子以  $\text{Cl}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$  为主; 气相成分以  $\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{CO}_2$  为主。说明成矿流体为  $\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{NaCl}$  及  $\text{SO}_4^{2-}$  性质的 Na 质溶液, 金在  $\text{Au}-\text{Cl}-\text{S}-\text{Na}-\text{H}_2\text{O}$  体系中, 以  $\text{Au}^+$ 、 $\text{Au}^{3+}$  的各种络合物形式迁移, 溶液于酸性—碱性—酸性的弱氧化—还原环境。

(2) 包裹体物性: 不同成矿阶段的包裹体多呈圆粒状、浑圆状、不规则状及少量负晶形状, 且成群密集分布, 大小在 0.0025~0.0175mm 之间。黄铁矿绢云母化、黄铁矿碳酸盐化阶段的包裹体更小, 在 0.0025~0.005mm 间, 以气液相、纯液相为主, 并有少量含  $\text{CO}_2$

收稿日期: 2005-10-15

作者简介: 杨夕辉 (1962~) 男, 云南大理人, 教授级高级工程师, 昆明理工大学在读地质工程硕士研究生, 全国青年地质科技银锤奖获得者, 长期从事区域地质、地质矿产勘查、研究及管理。

的三相包裹体出现。测得一件包裹体冰点温度 - 9.2℃，相应的 NaCl为 13.1wt%。气液比一般 5 ~ 15%，部分在 5%以下。测得两期与矿化相关包裹体的温度、压力为：

黄铁矿绢云母化阶段：均一温度 200 ~ 150℃，爆裂温度 390 ~ 230℃，压力 300 ~ 575 × 105pa，成矿深度 1.11 ~ 2.13km。

黄铁矿碳酸盐化阶段：均一温度 290 ~ 120℃，爆裂温度 420 ~ 165℃，压力 400 ~ 545 × 105pa，成矿深度 1.48 ~ 2.02km。

表 1 老王寨矿段矿物包裹体成分分析表

Tab. 1 Composition of Mineral Inclusion of Laowangzhai Ore Block

样号	岩石名称	矿物	分 析 结 果 （ ×10 <sup>-8</sup> ）													
			K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	F <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CO <sub>2</sub>	CO	H <sub>2</sub> O	PH	Eh (mV)
L - 187	白钨矿石英脉	石 英	1.91	11.13	0.64	0.024	0.37	19.86	0			5.8		1 800	5.8	454
L - 187	白钨矿石英脉	白钨矿	1.83	2.37	11.01	0.549	1.25	2.14	0			58.0		50	5.5	414
L - 178	碳酸盐化玄武岩	黄铁矿	24.74	4.6	2.93	2.599	22.04	4.85	0			43.5		100	5	469
L - 40	砂质绢云板岩	石 英	4.36	35.05	0.55	0.11	0.38	53.65		14.98	0	18 400	2.587	8 774		
L - 69	黄铁矿白云石脉	石 英	6.9	10.05	0.3	0.12	0.63	11.25		10.92	0	114.75	4.585	84 058		

注：液相成分为微克

表 2 老王寨矿段矿物包裹体成分的有关比值表

Tab. 2 Ratio Related to Composition of Mineral Inclusion of Laowangzhai Ore Block

样号	矿物	$\frac{Na^+}{K^+}$	$\frac{Ca^{2+}}{Mg^{2+}}$	$\frac{CO_2}{H_2O}$	$\frac{Cl^-}{F^-}$	$\frac{SO_4^{2-}}{Cl^-}$
L - 187	石英	5.827	26.667	0.0031	53.676	
L - 187	白钨矿	1.295	20.055	1.16	1.712	
L - 178	黄铁矿	0.186	1.127	0.435	0.22	
L - 40	石英	8.039	5	0.0215	141.184	0.278
L - 69	石英	1.457	2.5	0.0014	17.33	0.971

(3) 稳定同位素特征

硫同位素：矿床中硫同位素组成集中，在图 2中呈塔式效应，且峰值沿 S<sup>34</sup>之 0值线分布。从本区共生矿物组合中得知，没有高氧化的矿物出现，可以判别为 S<sup>34</sup> S<sup>34</sup> S；从石英包裹体气相成分含量，计算出 Lg FeO<sub>2</sub> 为 - 40.32 ~ 36.99，结合 PH值和成矿温度求得成矿流体的 S<sup>34</sup> S为 - 1 ~ +1%之间。为典型的幔源硫特点。说明矿床之成矿流体直接从深源带入。或热液从超基性岩、基性熔岩及变基性火山碎屑岩中获得硫源，因为在还原环境下，热液从这些岩石中获得硫，不再产生分硫作用，沉淀出硫化物的 S<sup>34</sup>值。仍保持原有

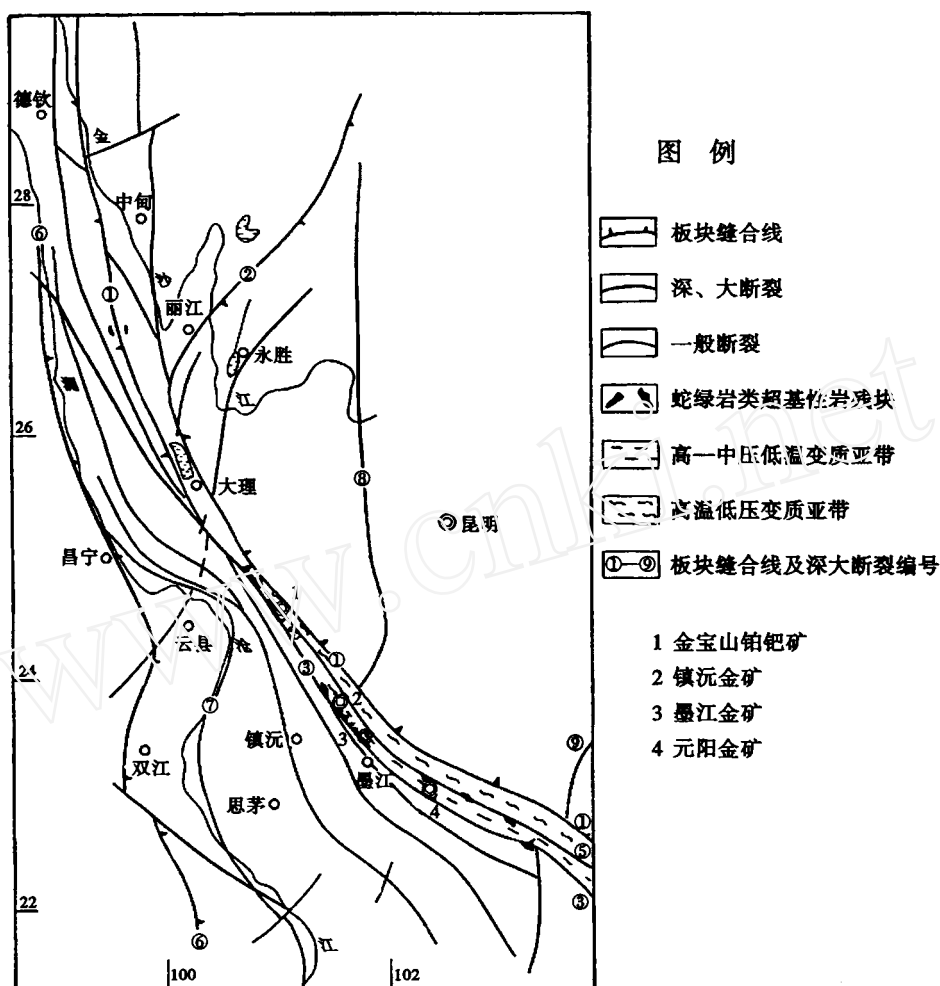


图 1 哀牢山构造变质带及金矿分布图

Fig. 1 Map of Ailaoshan Structural Metamorphic Zone and Au Deposit Distribution

组成特征。

氢、氧同位素：本区已获氢氧同位素成果（表 2），投入图 3 中，与成矿密切的阶段为黄铁矿绢云母化阶段  $O^{18}H_2O$  为 1.6‰， $DH_2O$  为 -95.8‰，属有大气降水参与的变质热液（结合矿床地质特征）。黄铁矿碳酸盐化阶段， $O^{18}H_2O$  为 6.31 ~ 6.52‰， $DH_2O$  为 -87.4‰，虽显岩浆热液特征，但与矿区玄武岩类有直接的成因关系。辉锑矿硅化阶段的氢氧同位素又显岩浆热液性质。

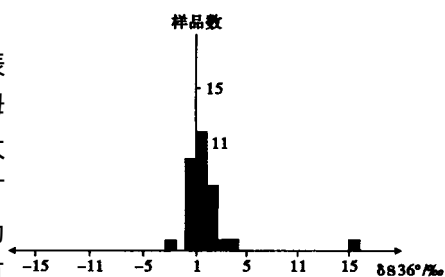


图 2 老王寨金矿床硫同位素 S (‰) 直方图

Fig. 2 S Isotope S Histogram of Laowangzha i Au Deposit

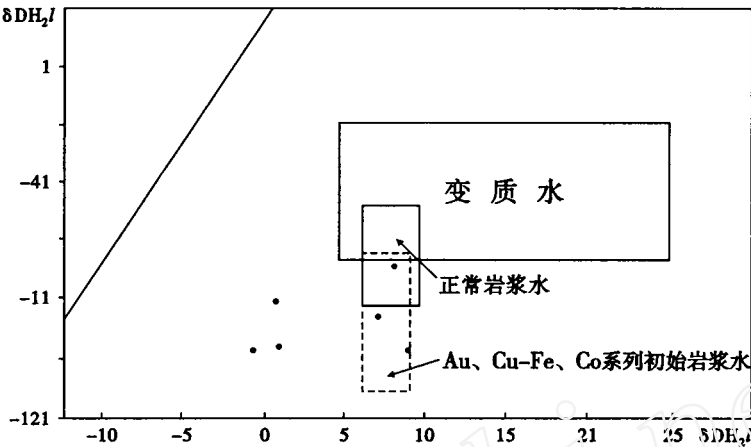


图 3 老王寨金矿床石英包裹体 D - <sup>18</sup>O 关系图

Fig. 3 Quartz Inclusion of Laowangzha i Au Deposit

表 3 老王寨矿区金矿床氢氧同位素组成表 (SMOW)

Tab. 3 H, O Isotopic Constitution of Laowangzha i Au Deposit

样 号	矿 (岩) 石	矿 物	DH <sub>2</sub> O	O <sup>18</sup>	温度 ( )	计算的 O <sup>18</sup> H <sub>2</sub> O
L187	白钨矿石英脉	白钨矿		4.78	215	4.81
L187	白钨矿石英脉	石 英	- 68.1	17.13	244	7.88
L40 *	早期矿化石英脉	石 英		18.08	244	8.83
L189	蚀变超基性岩型矿石中	白钨矿		5.05	215	5.08
L189	白钨矿石英脉	石 英		14.45	240	5.01
L69 *	蚀变玄武岩型矿石	石 英		22.75	165	6.31

\*引用田农资料 地矿部宜昌地质矿产研究所测定

10<sup>3</sup>Ln石英 - 水 3.38 ×10<sup>6</sup>T<sup>-2</sup> - 3.4 (200 - 500 ) 克莱顿 . 1972.

10<sup>3</sup>Ln石英 - 水 3.65 ×10<sup>6</sup>T<sup>-2</sup> - 2.59 (100 - 200 ) Blatter. 1975.

10<sup>3</sup>Ln白钨矿 - 水 1.39 ×10<sup>6</sup>T<sup>-2</sup> - 5.87 Wesolowski等 . 1983.

碳氧同位素特点：已获碳氧同位素资料 (表 4)。

碳氧同位素组成图 4可知，超基性岩中的方解石脉的碳同位素组成与海相灰岩一致，推测碳源于灰岩。黄铁矿碳酸盐化阶段形成的铁白云石 (含玄武岩中的方解石脉)，无论出现在什么矿石类型中，C<sup>13</sup>都较集中，多在 - 2.7 ~ 1.49‰间，与玄武岩中碳酸盐矿物的碳同位素组成相近 ( - 4.9 ~ + 2.1‰)，二者具有成因联系。同时也与产生在韧性剪切带中金矿床的蚀变碳酸盐矿物的 C<sup>13</sup>相近 ( - 3 ±1‰)，也说明本区这类铁白云石为蚀变成因。一

件碳酸盐化超基性岩型矿石中的铁白云石， $C^{13}$ 为 $-9.95\%$ ，与混合岩浆热液有关，也是蚀变成因。

表 4 老王寨金矿床碳、氧同位素组成表

Tab. 4 C, O Isotopic Constitution of Laowangzhai Au Deposit

样号	岩石矿石	矿物	$C^{13}$ (PD8)	$O^{18}$ (PD8)	$O^{18}$ (SMOW)
L189	超基性岩中的方解石脉	方解石	-1.47	-14.72	15.2
A587	奥斑玄武岩中的方解石脉	方解石	-2.65	-15.3	14.61
L455	碳酸盐化超基性岩	铁白云石	-1.51	-12.12	17.88
L485	碳酸盐化超基性岩型矿石	铁白云石	-9.95	-11.82	18.19
A600	碳酸盐化超基性岩型矿石	铁白云石	-1.49	-12.88	17.1
L178	碳酸盐化玄武岩型矿石	铁白云石	-2.7	-13.99	15.96
L490	碳酸盐化凝灰岩型矿石	铁白云石	-2.58	-17.15	12.7

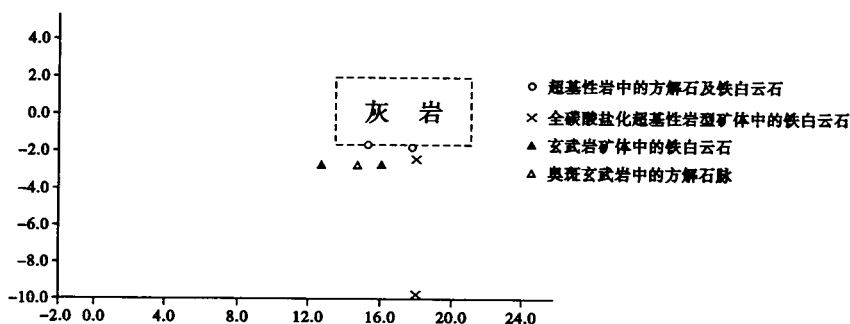


图 4 老王寨金矿床碳酸盐矿物碳、氧同位素组成图解

Fig. 4 C, O Isotopic Constitution of Carbonate Minerals in Laowangzhai Au Deposit

铅同位素：铅同位素组成如图 5 所示，其中矿石铅： $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  为  $18.395 \sim 180.685$ ，平均  $18.543$ ； $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  为  $15.597 \sim 15.794$ ，平均  $15.672$ ； $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  为  $38.481 \sim 39.254$ ，平均  $38.832$ 。 $u$  值  $9.454 \sim 9.812$ ，平均  $9.591$ ，说明铅同位素组成比较集中， $u$  值大多数在  $9.5 \sim 9.6$  之间，正好在铅演化曲线的  $u$  范围内，是壳源铅与幔源铅的混合结果。在  $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  对  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  图上，投影点主要靠近岛弧铅平均演化曲线，或与上地壳铅平均演化曲线之间，少许点落于岛弧铅平均演化曲线之下的成熟岛弧区，属岛弧铅（造山带铅）性质，亦是壳源铅与幔源铅混合的结果，虽具有上地壳铅的同位素特征，但受到下地壳（或上地幔）铅补偿的影响，与本区大地构造位置非常吻合。

根据上述铅同位素组成特点，求得铅同位素之初始年龄分别为  $t_A 3700 \sim 3733\text{Ma}$  及  $t_B 1833 \sim 1967\text{Ma}$ ，说明哀牢山群及更老的地质体为成金物源之一。

(5) 稀土配分：对主要岩石和矿石类型分别作稀土样品分析。

蚀变超基性岩： $\text{REE} 10.43 \sim 10.82$ ， $\text{LREE} 7.97 \sim 9.93$ ， $\text{HREE} 0.89 \sim 2.46$ ， $\text{Ce}/\text{Y}$

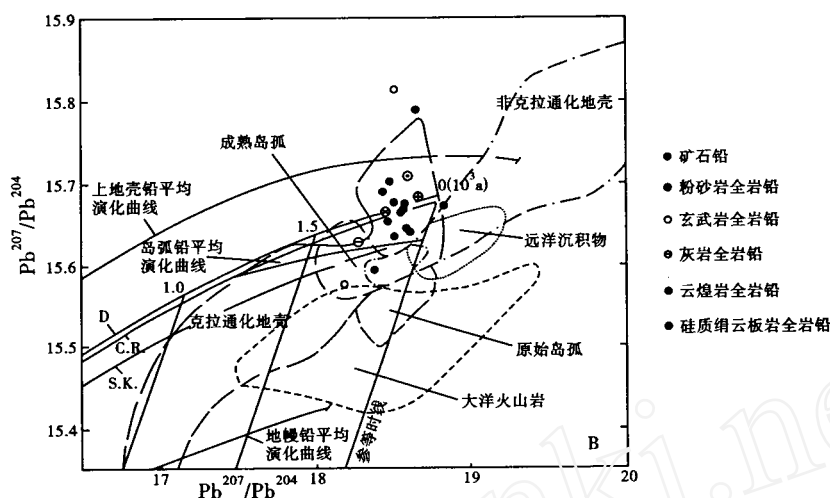


图 5 老王寨金矿床铅同位素  $Pb^{207}/Pb^{204}$  对  $Pb^{206}/Pb^{204}$  图解

Fig. 5  $Pb^{207}/Pb^{204}$  vs  $Pb^{206}/Pb^{204}$  Diagram of Laowagzha i Ore Deposit

3.24 ~ 11.16, Eu0.81 ~ 1.4, Ce0.8 ~ 0.82; 碳酸盐化超基性岩矿石: REE5.33 ~ 7.56, LREE3.78 ~ 5.48, HREE1.55 ~ 2.08, Ce/Y2.44 ~ 2.63, Eu0.86 ~ 0.93, Ce0.75 ~ 0.79, 为轻稀土相对富集型, 稀土模式与上地幔稀土模式相近, 为洋壳残片。

玄武岩: REE70.17 ~ 92.39, LREE25.68 ~ 44.15, HREE39.14 ~ 48.24, Ce/Y0.58 ~ 0.92, Eu0.80 ~ 1.31, Ce0.92 ~ 1.02; 蚀变玄武岩矿石, REE31.01 ~ 89.23, LREE13.3 ~ 44.21, HREE17.71 ~ 45.02, Ce/Y0.75 ~ 0.98, Eu0.94 ~ 1.29, Ce0.76 ~ 0.98。两者稀土配分模式相似, 稀土配分曲线均为平坦, 且与大洋拉斑玄武岩相近, 具洋壳特征。

变沉凝灰岩: REE60.86 ~ 224.61, LREE24.81 ~ 173.95, HREE31.16 ~ 50.66, Ce/Y0.64 ~ 3.43, Eu0.61 ~ 1.25, Ce0.78 ~ 0.93, 变沉凝灰型矿石 (1件), REE115.96, LREE84.73, HREE31.23, Ce/Y2.71, Eu0.72, Ce0.89, 稀土配分曲线及稀土模式由于其内碎屑含量的影响而呈无规则变化, 但仍出现随火山物质含量的增多, 其模式及配分曲线愈接近拉斑玄武岩型模式及曲线。

煌斑岩: REE142.32 ~ 182.78, LREE108.66 ~ 148.44, HREE33.65 ~ 34.34, Ce/Y3.23 ~ 4.32, La/Yb12.13 ~ 18.82, Eu0.8 ~ 0.86, Ce0.91, 稀土配分曲线向右陡倾, 属轻稀土富集型。

酸性斑岩: REE159.92 ~ 167.34, LREE121.55 ~ 127.76, HREE38.37 ~ 39.58, Ce/Y3.17 ~ 3.23, La/Yb13.75 ~ 13.85, Eu0.7 ~ 0.79, Ce0.81 ~ 0.84, 稀土配分曲线向右倾 Eu为负异常, 且矿石中 Tb有负异常, 为轻稀土相对富集型。

### 3 成矿机理及成矿模式

老王寨金矿产出地质构造背景复杂, 含矿岩石种类繁多, 成矿具多期、多阶段和多源特征, 与金矿床形成关系密切的成矿作用有三个阶段:

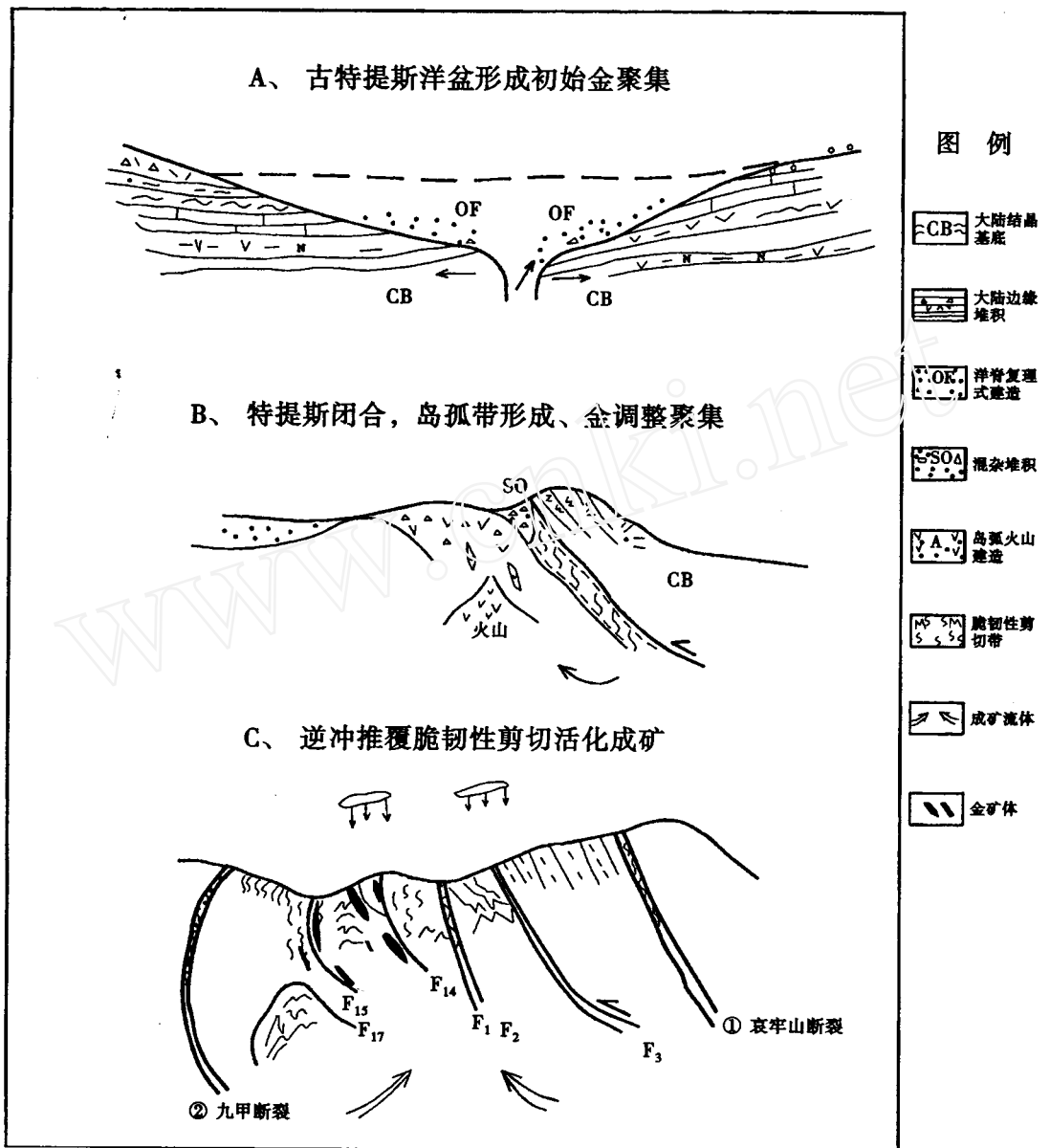


图 6 构造演经与金矿成矿模式图

Fig. 6 Structural Evolution and Au Metallogenetic Model

1. 大陆结晶基底 2. 大陆边缘堆积 3. 洋脊复理式建造 4. 混杂堆积  
5. 岛弧火山建造 6. 脆韧性剪切带 7. 成矿流体 8. 金矿体

第一阶段: 原始含金建造 晚古生界  $D_1 - C_1$  地层的基性火山 沉积岩系 (浅变质砂岩、硅质绢云板岩、泥灰岩、变石英杂砂岩)。早泥盆世, 扬子地台西部边缘拉张, 形成裂谷型洋盆, 继有碱性橄榄玄武岩的喷发; 早石炭世, 裂谷扩展为小洋盆, 形成完整的蛇绿岩套, 即由超基性岩、拉斑玄武岩、基性脉岩、硅质岩等组成的蛇绿岩层序, 与其相伴形成的沉火

山凝灰岩,呈区域性展布,构成了矿物质丰富(S、As等)含金丰度值高的原始金建造层。

第二阶段:构造岩浆作用与金调整富集。海西晚期印支期,洋盆(裂谷)闭合,镁质超基性岩、玄武岩等构造侵位,本区三条深大断裂(红河、哀牢山和九甲墨江)初步形成,特别是九甲墨江断裂在其前缘旁侧派生一系列近乎平行的剪切断裂,形成不同尺度的脆韧性剪切带,对成矿流体的活化、运移、沉淀起着最为基础的控制作用。

第三阶段:造山运动晚期矿床定型。燕山晚期喜马拉雅期的造山运动,使本区断裂系统再次复活。断裂以走滑剪切为主,导致深源煌斑岩脉群侵入,深源的岩浆热液、变质热液和大气降水掺合,促使成矿混合流体对早期矿床再次叠加,形成黄铁矿铁白云石细脉充填-交代早期的各类矿石,主要载金矿物五角十二面体黄铁矿呈环状增生,核部为立方体,含金低,增生部份金逐步增高就是最好的例证。综上所述,本区金矿床成矿流体以液相和气液相为主,成矿温度为中温(150~280),成矿深度1.45~1.81km,成因类型为蛇绿岩带中与脆-韧性剪切断裂带有关的中温构造蚀变岩型金矿床(图6)。

### 参 考 文 献

- [1] 陈毓川等,中国金矿床及其成矿规律[M],北京:地质出版社,2001.
- [2] 张翼飞,等.滇西蛇绿岩带地质构造演化与板块缝合线研究[M],云南科技出版社,2001.
- [3] 胡云中,唐尚鹑,哀牢山金矿地质[M],北京:地质出版社,1996.
- [4] 黄智龙,刘丛强,云南老王寨矿区煌斑岩成因及其与金矿化的关系[M],北京:地质出版社,2000.

## A STUDY ON THE GENESIS OF LAOWANGZHA I GOLD DEPOSIT OF STRUCTURAL ALTERED ROCK TYPE IN ZHENYUAN COUNTY

YANG Xi-hui

(Land Resources College, Kunming University of Science & Technology, Kunming 650093)

**Abstract:** The orebody occurrence is evidently controlled by the shear fault and brittle-ductile shear zone. And the formation of ore deposit is characterized by multiperiod, multistage and multiple genesis. According to the study of metallogenetic fluid and metallogenetic mechanism, we think this ore deposit is a typical Au deposit of structural altered rock type.

**Key Words:** Ailaoshan Mountains; Structural Magmatic Rock Metamorphic Zone; Structural Alteration; Au Deposit