

文章编号:1000-0550(2004)01-0054-05

桂西北高龙金矿床含矿硅质岩成因及沉积环境分析<sup>①</sup>陈翠华<sup>1</sup> 何彬彬<sup>2</sup> 顾雪祥<sup>3</sup> 刘建明<sup>4</sup>

1(成都理工大学地球科学学院 成都 610059) 2(中国矿业大学环境与测绘学院 江苏徐州 221008)

3(中国科学院地球化学研究所 贵阳 550002) 4(中国科学院地质与地球物理研究所 北京 100101)

**摘要** 高龙金矿床含矿硅质岩的野外宏观特征、镜下组构特征和稀土元素地球化学特征一致表明硅质岩的形成主要与热水沉积作用有关,而非前人认为的断裂破碎—热液硅交代岩。岩石化学、稀土元素和微量元素地球化学特征表明,硅质岩可能形成于大陆边缘—远洋盆地过渡位置,但更靠近大陆边缘的半深海—深海环境。

**关键词** 硅质岩 热水沉积 沉积环境 高龙

**第一作者简介** 陈翠华 1972年出生 女 博士研究生 讲师 地球化学

**中图分类号** P512.2 **文献标识码** A

## 0 引言

高龙金矿床位于田林县高龙乡。矿区位于桂西坳陷西林—百色断褶带中高龙水下隆起边缘,由鸡公岩、金龙山、龙爱三个矿段构成。矿区构造为不完整的背斜构造—穹隆构造,此穹隆系东面八渡背斜的西延部分,后被断层破坏所至<sup>[1]</sup>。穹隆长轴走向北西西,核部为水下隆起上二叠统碳酸盐岩,主要为生物碎屑灰岩,周围为三叠系砂、泥岩,三叠系下统以泥灰岩为主,三叠系中统为成熟度较高的并具鲍玛序列的浊积岩。隆起区紧靠碳酸盐岩的周围为一硅质岩带,金矿体产在该硅质岩带中及其紧邻的中三叠统百蓬组砂泥岩中(图1)。



图1 高龙金矿区硅质岩与周围地层的接触关系

Fig. 1 Contact relation of siliceous rocks and peripheral strata in Gaolong gold deposit

有关该矿床含矿硅质岩的成因,大多数地质学者把它视为断裂破碎—热液硅交代岩<sup>[1-3]</sup>,而不认为是一个地层层位。由于该层硅质岩与金矿关系密切,所以深入讨论该区硅质岩的成因和沉积环境,对于研究高龙金矿的形成机制是十分重要的。该区硅质岩的类型按构造可分为块状硅质岩和角砾状硅质岩,硅质岩的分布有一定的规律,通常分为两个相互过渡的亚层(界线并不严格),偏下部为块状硅质岩带(“构造石英岩带”),成分几乎全为石英,含角砾少;偏上部为角砾状硅质岩带(“硅化构造角砾岩带”),角砾含量高,主要为砂岩、泥岩、硅质岩的角砾。

目前,国内外对硅质岩的成因和沉积环境研究方法和思路比较新颖,主要从硅质岩的野外成因标志、矿物组成、结构构造、常量及微量元素、稀土元素、放射性同位素、稳定同位素(S、O、Sm-Nd、La-Ce同位素)、稀有气体同位素(Ar)、古地磁及有机地球化学等方面进行研究<sup>[4-10]</sup>。本文将采用硅质岩的野外成因标志、矿物组成、结构构造、常量及微量元素、稀土元素等方法结合硅质岩产出的地质特征,对该矿区含矿硅质岩的成因和沉积环境进行研究。

## 1 硅质岩成因分析

通过野外观察和室内镜下鉴定分析,作者认为该矿床硅质岩的形成与主要热水沉积作用有关,但也受到正常沉积作用的影响。下面将从硅质岩的野外宏观

① 国家自然科学基金项目(批准号:49872038)资助  
收稿日期:2002-12-08 收修改稿日期:2003-03-28

特征、镜下组构特征和稀土元素地球化学特征等几个方面来讨论该矿区硅质岩的成因。

1) 野外和镜下观察发现了热水沉积成因的证据: ①金矿化只产在不整合面以上的超覆层序中, 而不整合面以下的碳酸盐岩中蚀变(硅化)都很弱, 更无金矿化; ②硅质岩直接覆盖在古岩溶风化面上, 底板形态和产状随古岩溶面的起伏而变化, 当古岩溶面以上的含金硅质岩采空后, 揭露出古喀斯特景观(图 2); ③矿体位于硅质岩下凹处和由陡变缓处, 这种部位正是微型拗陷位置, 这一特征与热水沉积特征相吻合, 热水喷涌出来之后往往趋向于流到盆地内凹处沉淀; ④硅质岩中的角砾成分复杂, 既有下伏碳酸盐岩角砾(有一定磨圆, 相当于底砾岩), 也有早期硅质岩—石英角砾, 角砾大小不一、无分选、无定向。胶结物成分为  $\text{SiO}_2$ , 是一种较为典型的、与水下热液流体喷发有关的喷发角砾岩; ⑤原生硅质岩是一种燧石胶体沉淀物, 经重结晶成为石英岩, 具菊花状构造(图 3)。组构研究表明, 这可能是由原生的凝胶状沉积物经重结晶而成的放射状组构, 标志着一种低温快速的沉积过程<sup>[11]</sup>。

2) 稀土元素特征: 硅质岩的稀土元素特征和铈异常是区分热水沉积和非热水沉积的重要标志。海相热水沉积物稀土元素总量较低, 经北美页岩标准化后有负铈异常, 模式曲线近水平或向左倾<sup>[12,13]</sup>。本区硅质岩稀土元素模式向左倾或近水平, 硅质岩具有负铈异常( $\delta\text{Ce} = 0.68 \sim 0.86$ ), HREE 有富集趋势( $\text{LREE}/\text{HREE} = 6.57 \sim 47.48$ ;  $(\text{La}/\text{Yb})_N = 0.21 \sim 2.73$ ), 具有热水沉积硅质岩的特征(表 1, 图 4)。此外, 通过硅质岩的稀土元素北美页岩标准化分布模式图可以估算出岩石中热水沉积与非热水沉积的比例, 模式曲线向左倾斜程度越高, 沉积岩中热水沉积物的比例就越大<sup>[14]</sup>。从图 4 中可以看出, 有三个样品明显左倾, 另三个则近水平, 说明本区硅质岩以热水沉积为主, 但也



图 3 硅质岩重结晶后的菊花状石英岩  
Fig. 3 Chrysanthemum-shaped quartzite after recrystallization of siliceous rocks

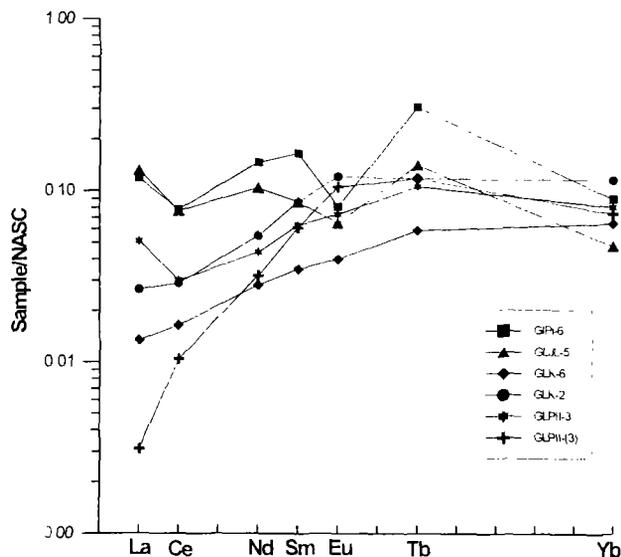


图 4 高龙金矿区硅质岩稀土元素配分模式图  
Fig. 4 REE distribution pattern of siliceous rocks in Gaolong gold deposit



图 2 高龙金矿区硅质岩型矿石采后的古喀斯特景观  
Fig. 2 Palaeokarst landscape of siliceous rocks - type ores exploited in Gaolong gold deposit

混杂正常沉积作用, 这从部分样品 (GLPI - 6, GLJL - 5) 的  $\Sigma\text{REE}$  含量较高得到印证。

## 2 硅质岩沉积环境分析

1) 岩石化学: 硅质岩的岩石化学分析是判别硅质岩沉积环境的重要手段。从表 2 中可以看出, 该矿区硅质岩的  $\text{SiO}_2$  含量变化范围为 88.87% ~ 95.84%, 稍低于纯硅质岩的  $\text{SiO}_2$  含量(91% ~ 99.8%);  $\text{Al}_2\text{O}_3$  含量为 1.23% ~ 3.72%,  $\text{Si}/\text{Al}$  变化范围为 21.06 ~ 58.25, 明显低于纯硅质岩的  $\text{Si}/\text{Al}$  值(80 ~ 1400)。硅质岩的  $\text{MnO}/\text{TiO}_2$  值(质量百分比)是判断其沉积环境的重要地球化学指标。研究表明, 离陆较近的大陆坡和边缘海沉积的硅质岩  $\text{MnO}/\text{TiO}_2$  值一般小于 0.5, 离

表1 高龙金矿区硅质岩稀土元素和部分微量元素分析结果( $\times 10^{-6}$ )Table 1 REE and part trace element contents of siliceous rocks in Gaolong gold deposit( $\times 10^{-6}$ )

元素	样品号	GLPI-6	GIJL-5	GLK-6	GLK-2	GLP II-3	GLP II-(3)
组构特征		角砾状构造	角砾状构造	块状构造	块状构造	块状构造	块状构造
Sr		51	40	33	33	40	24
Ba		62	56	30	50	125	106
La		3.77	4.20	0.43	0.85	1.63	0.10
Ce		5.69	5.58	1.20	2.11	2.19	0.76
Nd		4.82	3.42	0.93	1.81	1.46	1.06
Sm		0.94	0.49	0.20	0.49	0.36	0.35
Eu		0.10	0.08	0.05	0.15	0.09	0.13
Tb		0.26	0.12	0.05	0.10	0.09	0.10
Yb		0.28	0.15	0.20	0.36	0.25	0.23
Lu		0.02	0.02	0.02	0.05	0.03	0.02
$\Sigma$ REE		15.88	14.06	3.08	5.92	6.10	2.65
$\Sigma$ LREE/ $\Sigma$ HREE		27.36	47.48	10.41	10.61	15.45	6.57
$(La/Yb)_N$		1.31	2.73	0.21	0.23	0.63	0.42
$(La/Ce)_N$		1.51	1.71	0.82	0.92	1.69	0.30
$\delta Ce$		0.68	0.69	0.74	0.84	0.68	0.86
$\delta Eu$		0.45	0.69	0.94	1.18	0.96	1.22
Sr/Ba		0.82	<0.71	<0.8	<0.8	<0.32	<0.38

测试单位:成都理工大学核工系核分析实验室,2001

表2 高龙金矿区硅质岩化学分析结果(%)

Table 2 Chemical analysis of siliceous rocks in Gaolong 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	
G-63	95.84	0.02	1.30	0.20	0.96	0.008	0.31	
G-64	95.22	0.02	1.23	0.05	1.44	0.017	0.40	
G-66	88.87	0.19	3.72	1.99	1.84	0.05	0.50	
样号	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	烧失量	总量	MnO/TiO <sub>2</sub>	Al/(Al+Fe)
G-63	0.48	0.04	0.07	0.18	0.59	100.07	0.40	0.45
G-64	0.34	0.01	0.06	0.18	1.03	99.99	0.58	0.38
G-66	0.28	0.14	0.63	0.14	1.49	99.84	0.26	0.42

原始数据据国家辉(1992)

陆较远的远洋盆地沉积的硅质岩 MnO/TiO<sub>2</sub> 值大于 0.5<sup>[15]</sup>。该矿区硅质岩的 MnO/TiO<sub>2</sub> 值为 0.26~0.58, 平均值为 0.42, 表明该矿区硅质岩可能形成于离陆较近的边缘海。另外, Al/(Al+Fe) 值与它形成的沉积构造环境有关<sup>[16]</sup>, 洋中脊附近硅质岩 Al/(Al+Fe) 值平均为 0.12, 北太平洋硅质岩 Al/(Al+Fe) 平均值为 0.32, 日本中部大陆边缘的三叠纪层纹状硅质岩 Al/(Al+Fe) 值平均为 0.60。本区硅质岩 Al/(Al+Fe) 值为 0.38~0.45, 平均值为 0.42, 位于北太平洋硅质岩与日本中部大陆边缘的三叠纪层纹状硅质岩之间, 表明本区硅质岩可能形成于大陆边缘—远洋盆地过渡位置, 但更靠近大陆边缘。

2) 稀土元素和微量元素: 硅质岩的北美页岩标准化的  $(La/Ce)_N$  比值和  $\delta Ce$ , 可用来有效地判别硅质岩形成的沉积构造环境<sup>[17]</sup>; 洋中脊附近硅质岩的  $(La/$

$Ce)_N \approx 3.5$ ,  $\delta Ce$  平均值为 0.30; 大洋盆地硅质岩的  $(La/Ce)_N = 1.0 \sim 2.5$ ,  $\delta Ce$  平均值为 0.6; 大陆边缘硅质岩的  $(La/Ce)_N = 0.5 \sim 1.5$ , 铈负异常不明显, 甚至为正异常, 其  $\delta Ce$  值变化为 0.79~1.54。从表 1 中可以看出, 本区硅质岩的  $(La/Ce)_N = 0.30 \sim 1.7$ ,  $\delta Ce = 0.68 \sim 0.86$ , 平均值为 0.75, 位于大洋盆地与大陆边缘特征之间, 但更接近大陆边缘硅质岩特征。利用氧化-还原条件的 Ce/La 值与分馏情况的 La/Yb 值作辅助图解可以用来讨论其沉积物的沉积环境<sup>[18,19]</sup>。从图 5 中可以看出, 硅质岩都落在深海沉积物区和海底玄武岩及相应的岩石区, 因而指示硅质岩可能形成于海水较深的环境。此外, 本区硅质岩中 Sr/Ba 值均小于 1。在海相环境中, 仅有深海与滞留浅海相环境的 Sr/Ba 值小于 1, 但深海相的单个 Sr/Ba 含量相对滞留浅海相更富集<sup>[20]</sup>。因此, 本区硅质岩的 Sr/Ba 值反

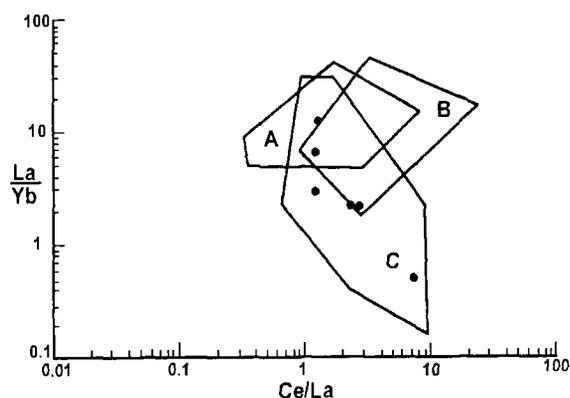


图 5 不同岩类 La/Yb - Ce/La 图解  
(不同岩类的分布区域据刘家军等, 1998)

A. 深海沉积物; B. 铁锰结核及铁镁岩;  
C. 海底玄武岩及其相应的岩石

Fig. 5 La/Yb - Ce/La plot of different rocks

映出海水较深的沉积特点。

综合上述分析表明,高龙矿区硅质岩是热水沉积作用和正常沉积作用相互混合作用的产物,但以热水沉积作用为主。岩石化学、稀土元素和微量元素地球化学特征表明,硅质岩可能形成于大陆边缘—远洋盆地过渡位置,但更靠近大陆边缘的半深海—深海环境。

#### 参考文献 (References)

- 1 国家辉,黄德保,施立达,等. 桂西北超微粒型金矿及其成矿和找矿模式. 北京:地震出版社,1992. 11~19 [Guo jiahui, Huang Debao, Shi Lida *et al.* The micro-disseminated gold deposits in northwestern Guangxi and its ore-forming and ore-finding model. Beijing: Earthquake Press, 1992. 11~19]
- 2 王国田. 桂西北地区微细浸染型金矿床成矿条件与中三叠世岩相古地理研究报告. 南宁:广西地矿局,1989. 10~30 [Wang Guotian. Research report on ore-forming conditions and Middle Triassic lithofacies and paleogeography of micro-disseminated gold deposits in northwestern Guangxi. Nanning: Bureau of Geology and Mineral Resources of Guangxi Province, 1989. 10~30]
- 3 吴江,李思田,王灿,等. 桂西北微细粒浸染型金矿成矿作用分析. 广西地质,1993,6(2):38~49 [Wujiang, Li Sitian, Wangcan, *et al.* Analysis on mineralization of micro-disseminated gold deposits in northwestern Guangxi. Guangxi Geology, 1993: 38~49]
- 4 崔春龙. 硅质岩研究中的若干问题. 矿物岩石,2001,21(3):100~104 [Cui Chunlong. Some problems in the study of the siliceous rock. Journal of Mineralogy and Petrology, 2001, 21(3): 100~104]
- 5 冯彩霞,刘家军. 硅质岩的研究现状及其成矿意义. 世界地质,2001,20(2):119~123 [Feng Caixia, Liu Jiajun. The research actuality and mineralization significance of cherts. World Geology, 2001, 20(2): 119~123]
- 6 徐跃通. 江西东乡矿区沉积硅质岩的地球化学特征和成因. 沉积学报,1997,15(3):110~104 [Xu Yuetong. The origin and geochemical characteristics of sedimentary silicalites in Dongxiang mine, Jiangxi prov-

- ince. Acta Sedimentologica Sinica, 1997, 15(3): 110~104]
- 7 夏萍,张湖,王秀璋,等. 粤西长坑金银矿区硅质岩的地质地球化学特征及成因探讨. 地球化学,1996,25(2):129~139 [Xiaping, Zhanghu, Wang Xiuzhang *et al.* Geology-geochemistry and genesis of silicalites from Changkeng Au-Ag deposit, west Guangdong. Geochimica, 1996, 25(2): 129~139]
- 8 周永章. 丹池盆地热水成因硅质岩地球化学特征. 沉积学报,1990,8(3):75~83 [Zhou Yongzhang. On sedimentary geochemistry of siliceous rocks originated from thermal water in Nandan-Hechi basin. Acta Sedimentologica Sinica, 1990, 8(3): 75~83]
- 9 Murray R W. Diagenetic journey of bedded chert: Evidence from chemistry of the chert-shale couplet. Geology, 1992,20:271~274
- 10 Murray R W. Rare earth element as indicators of different Marine depositional environments in chert and shale. Geology, 1990, 18:268~271
- 11 刘建明,叶杰,刘家军,等. 论我国微细浸染型金矿床与沉积盆地演化的关系—以右江盆地为例. 矿床地质,2001,20(4):367~377 [Liu Jianming, Yejie, Liu Jiajun, *et al.* Relationship between sediments-hosted micro-disseminated gold deposits and basin evolution: case study in Youjiang basin, south China. Mineral Deposits, 2001, 20(4): 367~377]
- 12 刘家军,郑明华. 热水沉积硅质岩的地球化学. 四川地质学报,1993,31(2):110~118 [Liu Jiajun, Zheng Minghua. Geochemistry of hydrothermal sedimentary silicalite. Acta Geologica Sichuan, 1993, 31(2): 110~118]
- 13 周永章,涂光炽,Chown E H. 粤西古水剖面震旦系顶部层纹状硅质岩的热水成因属性:岩石学和地球化学证据. 沉积学报,1994,12(3):1~10 [Zhou Yongzhang, Tu Guangzhi, Chown E H. Hydrothermal origin of top Sinian chert formation at Gushui, Western Guangdong, China: petrologic and geochemical evidence. Acta Sedimentologica Sinica, 1994, 12(3): 1~10]
- 14 Henderson P. Rare earth element geochemistry. New York: Elsevier Science Publishes,1984. 195~211
- 15 Sugisaki R, Yamamoto K, Adachi M. Triassic bedded cherts in central Japan are not pelagic. Nature, 1982,298(5874):367~377
- 16 Adachi M, Yamamoto K, Sugisaki R. Hydrothermal chert and associated siliceous rocks from the Northern Pacific: Their Geological significance as indication of ocean ridge activity. Sediment Geology, 1986, (47):125~148
- 17 Murray R W. Chemical criteria to identify the depositional environment of chert: General and applications. Sediment Geology, 1994,90:213~232
- 18 Kundezendori N, Stofeters P, Gwozdz R. Regional variation of REE patterns in sediments from active plate boundaries. Marine Geology, 1988,64:191~199
- 19 刘家军,刘建明,郑明华,等. 利用岩石地球化学特征判断西秦岭寒武系含矿硅质岩建造的沉积环境. 沉积学报,1998,16(4):42~49 [Liu Jiajun, Liu Jianming, Zheng Minghua, *et al.* Judging the sedimentary environment of the silicalite formation on the chemical characteristics of rocks in Western Qinling. Acta Sedimentologica Sinica, 1998, 16(4): 42~49]
- 20 孙少华,张琴华,秦清香,等. Sr/Ba - V/Ni 比值组的沉积地球化学意义. 见:矿物岩石地球化学新探索(欧阳自远编). 北京:地震出版社,1993. 128~130 [Sun Shaohua, Zhang Qinhu, Qin Qingxiang, *et al.* The sedimentary geochemical significance of Sr/Ba-V/Ni. In:

New research into mineralogy, petrology and geochemistry . Beijing: Earthquake Press, 1993. 128 ~130]

## Analysis of Genesis and Depositional Environment of the Immediate Host Siliceous Rocks from Gaolong Gold Deposit in Northwestern Guangxi Province

CHEN Cui-hua<sup>1</sup> HE Bin-bin<sup>2</sup> GU Xue-xiang<sup>3</sup> LIU Jian-ming<sup>4</sup>

1(Chengdu University of Technology, Chengdu 610059)2(China University of Mining and Technology, Xuzhou, Jiangsu 221008)

3(Institute of Geochemistry, CAS, Guiyang 55002)4(Institute of Geology and Geophysics, CAS, Beijing 100101)

**Abstract** The characteristics of macrolithology, fabric and rare earth elements of the immediate host siliceous rocks from Gaolong Gold Deposit suggest that they are of hydrothermal sedimentary origin, not of fracture breaking - hydrothermal silicified origin. Siliceous rocks probably deposited in transitional area between the continental margin and ocean basin environment, but closed to the continental margin, according to rock chemistry, rare earth elements and trace element geochemistry.

**Key words** siliceous rocks, hydrothermal sediment, depositional Environment, Gaolong