# 云南木利锑矿床的成因

王林江

(桂林工学院资源工程系)

**摘 要** 硅质岩为矿床的主要含矿岩石，其产状与矿体产状一致，矿体厚度与硅质岩厚度密切相关。含矿硅质岩的化学成分以富 Fe，Mn，$K_2O$ 而贫 $Al_2O_3$，$Na_2O$ 为特征，铅同位素组成稳定，以壳源铅为主，稀土总量较低，轻稀土含量大于重稀土，δEu，δCe 表现为弱亏损。矿石中发育同生沉积成矿组构。硅质岩与锑矿均为热水沉积成因，并在后期构造作用中遭受改造，使矿化进一步富集于倒转背斜核部和正常翼。

**关键词** 锑矿床；矿床成因论；热水沉积；构造改造；硅质岩；云南

**中图号** P618.66；P618.01

## 1 矿床地质

木利锑矿位于滇东南—黔南陆内裂谷系的中部，该裂谷系为扬子古大陆边缘裂谷的组成部分。矿床属滇东南文山—广南锑矿带的一部分，处于那外、小普弄两逆断层所夹持的复式褶皱带内，由 3 个向北东倒转的紧闭背斜及向斜组成。主构造线呈近北西向展布。出露地层主要为泥盆系碳酸盐岩，其次为页岩、砂岩和硅质岩，与下伏寒武系不整合接触。区内未发现岩浆岩出露。

该区泥盆系沉积类型有：①含浮游及底栖生物，沉积物为硅质岩、深色碳酸盐岩和泥质岩，其分布广泛，为盆地相产物，锑矿即产于该类沉积的边缘；②含底栖腕足类和珊瑚为主的碳酸盐岩，分布于第 1 类沉积的边缘及四周，为台地相沉积。矿区的含矿层产于下泥盆统坡脚组中段（$D_1p^2$），岩性以硅质岩为主，常直接过渡为碳酸盐岩，从微相上看，它是盆地边缘斜坡环境的产物，位于岩相转变带。

矿体主要呈似层状、透镜状产于倒转背斜核部及正常翼，与地层产状一致并随地层同步变形。严格受层位、岩性和背斜构造控制。矿石矿物为辉锑矿及锑的氧化物，脉石矿物为黄铁矿、褐铁矿、石英、重晶石、石膏等。矿石呈块状、浸染状、层状、角砾状、脉状构造。伴生元素简单、量微。

## 2 硅质岩特征

坡脚组中段的硅质岩是矿床主要含矿岩石。其成因有 2 种观点，即热液蚀变原灰岩成因

1993年6月12日收稿，8月30日改回。

作者简介：王林江，1962 年出生，硕士，讲师，矿床地质专业。

?1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki

（硅化灰岩）和正常海相沉积成因（燧石岩）。作者认为其属热水沉积（海底喷流沉积）成因。理由是：

（1）硅质岩分布于盆地边缘斜坡相中，横向上常过渡为碳酸盐岩。硅质岩与下伏碳酸盐岩（$D_1p^1$）接触部位硅化强烈，常表现为过渡关系，反映出富硅的热水溶液对底层灰岩的蚀变作用。而硅质岩之顶板页岩（$D_1p^3$）中未见蚀变现象，二者呈突变接触。

（2）硅质岩呈似层状、透镜状产出，但层理不发育，以块状构造为主，而且上部成层性好于下部。硅质岩厚度变薄时，层理变好，有别于呈薄层状产出的坡折落组（$D_2p$）之燧石岩（正常化学沉积）。硅质岩沿北西向延伸较远，沿北东向很快尖灭，反映其形成时盆地可能为长条状。硅质岩最大厚度36 m，最小仅5 m。

（3）硅质岩呈深灰色，质纯，主要矿物成分为微晶石英，粒径0.01 mm±，相互紧密镶嵌接触。

（4）硅质岩厚度大小常决定矿体厚度大小，二者密切相关。该区各种主要岩石以硅质岩中锑含量最高（表1）。

表1 矿区泥盆系坡脚组各类岩石的锑含量①

Table 1 Sb contents in different rocks of Devonian Pojiao Formation

| 地层 | 岩性 | 样品数 | 平均Sb（$\times 10^{-6}$） |
|---|---|---|---|
| $D_1p^3$ | 页岩 | 166 | 64.4 |
| | 灰岩 | 47 | 21.3 |
| $D_1p^2$ | 硅质岩 | 74 | 972.3 |
| | 页岩 | 4 | 62.5 |
| $D_1p^1$ | 灰岩 | 35 | 28.5 |
| | 页岩 | 39 | 52.6 |

①张陶. 云南木利锑矿床的成因及找矿模式. 西南矿产地质，1989，(2)

## 3 地球化学特征

### 3.1 常量及微量元素

含矿硅质岩富$SiO_2$，Fe，Mn，$K_2O$，贫$Al_2O_3$，与正常生物化学沉积硅质岩不同，而与海底热泉沉积硅质岩和凤太矿田硅质岩（海底喷气-沉积型[1]）相似（表2）。在Fe/Ti-Al/(Al+Fe+Mn)图解中，木利锑矿含矿硅质岩的投影点位于东太平洋陆隆热液沉积物和Galapagos热液粘土附近[2]，显示热水沉积的特点。

表2 不同成因硅质岩化学成分对比

Table 2 Comparison of chemical compositions of the silicalites of various genetic types

| 硅质岩成因类型 | 样品数 | $K_2O/Na_2O$ | $SiO_2/Al_2O_3$ | $SiO_2/(K_2O+Na_2O_3)$ | $SiO_2/MgO$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 木利锑矿 | 18 | 7.12 | 52.48 | 199 | 208 |
| 凤太矿田[1] | | 6.0 | 47.7 | 149.9 | 75 |
| 生物化学沉积[1] | 8 | | 107 | 235 | 346 |
| 海底热泉沉积[1] | 8 | | 31.9 | 183 | 97.2 |

微量元素Sb，Mo，Co，Ag，Hg，Au，As，Cu明显富集，其中Sb，Au，Ag，Co，As，Ba的浓度克拉克值>10。

### 3.2 铅同位素

矿石和硅质岩中微量铅组成：$^{206}Pb/^{204}Pb$为18.031～18.061，$^{207}Pb/^{204}Pb$为15.740～

?1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki

15.801, $^{208}Pb/^{204}Pb$ 为 38.271～38.463①, 以正常铅为主。$\mu$ 值较高, 为 8.51～8.95。在 $^{206}Pb/^{204}Pb$ --$^{207}Pb/^{204}Pb$ 坐标图上, 其投影点位于上地壳附近（图 1）, 矿石与硅质岩铅同位素组成非常相近, 说明锑矿与硅质岩同源。按单阶段演化模式求得的铅同位素年龄为 378.2～417.4 Ma, 与含矿层形成时间 (早泥盆世) 吻合。

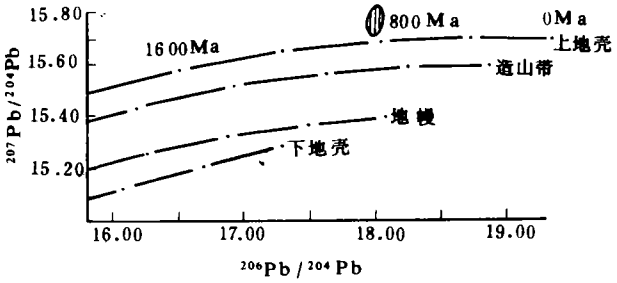



图 1 矿石和硅质岩铅同位素组成

Fig. 1 Diagram Showing the ore and silicalite lead

### 3.3 硫同位素

硫同位素组成以富轻硫且较均匀为特征（表 3）。浸染状矿石比块状矿石富重硫, 矿层顶板页岩中黄铁矿富轻硫, 说明矿石硫化物中的硫不是单一成因的, 而可能是海水硫酸盐硫与生物硫混合的产物。在后期改造作用过程中又受到了来自围岩的富生物硫的迭加。

表 3 木利锑矿硫同位素组成①

Table 3 The sulfur isotope rations in Muli antimony deposit

| 测定对象 | 样品数 | $\delta^{34}S$ (%) | |
|---|---|---|---|
| | | 变化值 | 平均值 |
| 含矿层顶板页岩 | 1 | −8.1 | |
| 矿层顶板页岩中黄铁矿 | 1 | −25.97 | |
| 浸染状矿石中辉锑矿 | 4 | −9.1～3.8 | −2.65 |
| 块状矿石中辉锑矿 | 9 | −5.44～−14.5 | −11.40 |
| 块状矿石中黄铁矿 | 4 | −1.8～−4.75 | −3.71 |
| 含矿层底板页岩 | 1 | 4.1 | |

①据 306 队, 1986.

### 3.4 包体温度与成分

据汪国钧资料②, 辉锑矿-石英脉中石英包体均一温度分 3 个区间: 即 110～170 ℃, 180～280 ℃, 310～370 ℃。与木利同属文山—广南锑矿带的九克锑矿中辉锑矿爆裂温度有 3 个峰值: 120 ℃, 195～240 ℃, 350～360 ℃ 比较吻合。说明锑矿的形成是多阶段成矿作用的产物。包体气相成分特点（表 4）是早期包体中含有较高的 $CO_2$ 和 $CH_4$, 显示溶液的偏碱性特点; 晚期溶液中 $CO_2$ 含量较高而稍偏酸性, 与黄铁矿共生呈细脉状或结核状产于矿体中石膏的存在, 显示了成矿溶液的热卤水性质。

表 4 包体气相分析结果①

Table 4 Gases ratio of mineral fluid inclusions

| 样品号 | 测定矿物 | $CH_4+CO_2/H_2O$ | $CO_2/CH_4$ | $CO_2/H_2O$ | $CH_4/H_2O$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 木-10 | 辉锑矿 (早期) | 0.464 | 0.498 | 0.154 | 0.31 |
| 木-11 | 辉锑矿 (晚期) | 0.1 | 1.142 | 0.057 | 0.05 |

①据 306 队, 1986.

①李波. 广南木利层控锑矿床的沉积-成岩-成矿模式. 1990

②汪国钧. 文山-广南锑矿带成矿地质特征. 西南矿产地质, 1987, (4) : 33～37

?1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki

### 3.5 稀土元素的特征

含矿硅质岩稀土配分模式如图2，其特点与加拿大沙利文热液沉积岩及大西洋海水相似。稀土总量较低，为 $8.25\times10^{-6}$，轻稀土含量（$7.1\times10^{-6}$）大于重稀土含量（$1.15\times10^{-6}$）。轻重稀土元素比值大于1，反映硅质岩沉积时流体处于碱性环境，这与包体成分分析结果一致。$\delta$Ce 为弱负异常，$\delta$Eu 亏损明显。说明硅质岩确为热水沉积产物，且在沉积时有海水的加入。

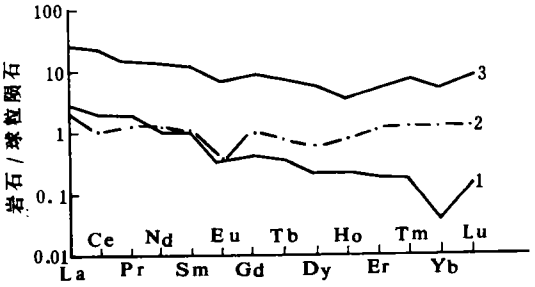



图2 含矿硅质岩稀土模式

Fig 2. REE patterns of ore-bearing siliceous rocks
1—木利含矿硅质岩; 2—海水[3]；
3—加拿大沙利文热液沉积岩[4]

## 4 矿床成因

### 4.1 热水沉积成矿作用

受区域性加里东运动影响，滇东南于早泥盆世坡脚期进入大陆边缘裂谷演化阶段[5]，广南—富宁地区为扬子古大陆边缘最早张裂的断陷槽。木利那外—西洋江断裂位于该区之东北边缘，其控制了两侧沉积相的分布，其北为滨海相泥岩、粉砂岩建造；其南为盆地相黑色页岩、灰岩、硅质岩、粉砂岩建造。小普弄断裂位于该区之西南，其南为寒武纪古岛，缺失泥盆系。两断裂为同沉积断裂，木利矿床位于两断裂所夹持地带那外—西洋江断裂附近，不整合面上部第一个沉积旋回的硅质岩中，这正是热水沉积矿床常产出的部位[6]。

木利矿床由5个矿体组成，其中I号矿体占总储量的99.5%，矿石中具典型的同生沉积-成岩构造，如似层状构造和砖墙状构造；铅同位素组成均一，以正常铅为主，物源主要来自地壳，包体测温显示成矿作用一个低温段（100 ℃ ±）的存在；常量微量及稀土元素组成特点；围岩蚀变特征等均说明木利锑矿的含矿硅质岩为热水沉积作用产物，与锑矿同源。

### 4.2 改造富集作用

硅质岩形成后，燕山运动使该区发生 NE-SW 向强烈挤压，地层发生褶皱变形。受那外—西洋江断裂和小普弄断裂的影响，褶皱向 NE 倒转，两断裂同时转化为逆掩断层。背斜形成使岩层间的相对滑动，轴部形成虚脱空间。硅质岩为脆性岩石，在挤压过程中易于破碎，其上部页岩则为理想遮挡层，有利于成矿物质在硅质岩中聚集。与此同时或稍后，已形成矿床或硅质岩中的成矿物质，在构造作用的驱动下进入硅质岩层间破碎带、背斜轴部虚脱部位，背斜正常翼等有利空间发生再富集。矿石构造发生变化，原砖墙状，似层状矿石受到改造。但这种改造富集作用一般不超出硅质岩范围。

参加野外工作还有罗先熔、满昆良同志，云南306队李连举、蒋泽培、何兆昆等同志大力支持，特此一并致谢。

?1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki

## 参 考 文 献

1 隗合明. 秦岭凤太矿田层控铅锌（铜）矿床的主要成矿特征及成矿模式. 地质科学，1992，(3)：224～235

2 王林江. 云南木利锑矿控矿条件分析. 云南地质，1994，13 (2)；133～138

3 Fryer BJ. 稀土元素在矿床研究中的应用. 北京：地质出版社，1987，161～168

4 周少平. 甘肃西成铅锌矿田硅质岩的地质地球化学特征. 桂林冶金地质学院学报，1993，13 (2)；147～154

5 郑荣才. 滇东南木利锑矿坡脚期生物及其控矿意义. 成都地质学院学报，1986，15 (4)，57～66

6 涂光炽. 中国层控矿床地球化学（第3卷）. 北京：科学出版社，1988，152～168

# THE GENESIS OF MULI ANTIMONY DEPOSIT, YUNNAN

Wang Linjiang

(*Department of Resource Engineering, Guilin Institute of Technology*)

**Abstract**

Silicalite is the host rock of Muli Sb deposit. Orebodies. and silicalite are of the same occurrence. The thickness of orebodies is closely related to that of the silicalite. The silicalite is rich in $SiO_2$, Fe, Mn and $K_2O$, but poor in $Na_2O$ and $Al_2O_3$. The composition of pb isotope is stable with mostly lead from the earth crust. The characteristic of REE of ore-bearing silicalite is LREE-rich type. The anomaly parameters of Eu and Ce are weak-depleted. The total amounts of REE are relatively low. There are many syndiagenesis fabrics in the Ores. It is believed that the silicalite and antimony ores are formed as a result of hydrothermal-sedimentation. and reformation by the later tectonic processes. The ore is further rich in the core and normal limbs of overturned anticline.

**Key words** Sb deposit; metallogeny; hydrothermal-sedimentation; tectonic reformation; silicalite; Yunnan

?1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki