

# 滇东南老君山中—深变质岩系铅同位素 特征及时代归属<sup>\*</sup>

刘玉平<sup>1</sup> 李朝阳<sup>1</sup> 谷 团<sup>2</sup> 王金良<sup>3</sup>

1. (中国科学院地球化学研究所矿床地球化学开放实验室 贵阳 550002)

2. (辽河油田管理局勘探开发研究院 盘锦 124010)

3. (云南省文山州都龙锡矿生产管理科 马关县 630071)

**提 要** 滇东南老君山地区是我国重要的锡多金属成矿区之一,区内中—深变质岩系的时代归属尚存在不同认识。通过对其中的花岗片麻岩类的铅同位素研究,获得全岩-长石铅-铅等时线年龄为  $598 \pm 84 \text{ Ma}$ ,  $(^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})_0 = 14.523 \pm 0.235$ ,  $\gamma = 0.97898$ ,  $\text{MSWD} = 14$ 。这一年龄值代表了花岗片麻岩遭受混合岩化作用的年龄,相当于晚震旦世晚期。结合前人研究成果,本文认为该中—深变质岩系的时代归属于前寒武纪。

**键 词** 深变质岩 铅-铅等时线 时代 老君山 滇东南

滇东南老君山地区是我国重要的锡多金属成矿区之一,该区出露一套约  $1000 \text{ km}^2$  的环状变质杂岩,近期一些研究者将其称为“南温河变质核杂岩”<sup>[1,2]</sup> 或“老君山变质核杂岩”<sup>[3]</sup> (本文采用前一名称,下同)。都龙超大型锡锌多金属矿床、新寨大型锡矿床、南秧田大型白钨矿床、大丫口祖母绿矿床等众多矿床<sup>[2,4~7]</sup>,均赋存于该杂岩中(图1)。该变质核杂岩的内核由强烈变形的中—深变质岩系及侵入其中的燕山期老君山花岗岩组成,盖层为弱变形的浅变质岩系,两者之间为基底剥离断层接触<sup>[1~3]</sup>。其中,盖层的时代普遍认为归属于寒武纪、泥盆纪和二叠纪;而作为内核主体的中—深变质岩系,由于经历了多期次变质-变形作用,并且缺少同位素测年数据,其时代归属尚存在前寒武纪和下寒武世两种不同认识<sup>[1]</sup>。

笔者在探讨都龙矿床的成矿物质来源时<sup>①</sup>,对老君山中—深变质岩系开展了初步的铅同位素研究,根据全岩—长石铅-铅等时线确定其中的花岗片麻岩类形成于晚震旦世,为解决其时代归属问题提供了一定的依据,并将有助于深化对南秧

田变质核杂岩的形成机制、老君山地区乃至滇东南及其周边地区的岩石圈演化和成矿规律等一系列重要地质问题的认识。

## 1 中—深变质岩系的地质特征

南温河变质核杂岩,出露于华南褶皱系与扬子地块、哀牢山褶皱系交接部位的滇东南褶皱带之西南缘,文山—麻栗坡断裂和马关—莲花塘断裂所夹持的地带内。其中,作为内核主体的中—深变质岩系,主要分布于燕山期老君山花岗岩体的东侧,由猛洞岩群和花岗片麻岩构成<sup>[1]</sup>。

猛洞岩群位于花岗片麻岩之上,包括南秧田岩组和洒西岩组。其中,南秧田岩组以云母片岩为主,还包括云母石英片岩、绿泥石片岩、角闪片岩、石英电气石片岩等;洒西岩组的岩性较为复杂,主要为变粒岩类、片麻岩类、角闪岩类和钙硅酸盐类。猛洞岩群的变质程度大多已达到角闪岩相,原生沉积构造大多被后生面理构造所置换,顺层韧性剪切作用强烈。南秧田岩组的原岩可能主要为泥质岩类,洒西岩组的原岩主要为长英质砂岩类、泥质岩类、不纯碳酸盐岩类夹基性火山-沉积岩或基性侵入岩。

花岗片麻岩类为中—深变质岩系的主体部分,根据岩石组构特征,由下至上依次为花岗片麻岩、条痕状花岗片麻岩和眼球状花岗片麻岩,表现出变形程度逐步增强的趋势,顶部还发育了一层

ISSN 1000-4734 1999年10月收稿 2000年4月改回

第一作者简介 刘玉平 男 1971年生 助研(博士) 从事矿床学和地球化学研究

\* 国家自然科学基金(批准号:49633110)资助

① 刘玉平. 锡的成矿机制初步研究——以都龙超大型锡锌多金属矿床为例. 中国科学院地球化学研究所博士学位论文, 1999.

花岗质糜棱岩。这些岩石普遍具鳞片花岗变晶结构,显微交代结构广泛发育,钾长石化极为强烈,副矿物组合为磁铁矿+钛铁矿+锆石。花岗片麻

岩类包裹有大量猛硐岩群的残留体,由于强烈的变质-变形作用,这些残留体多呈透镜状、夹层状产出,与围岩为次生面理接触。

表 1 花岗片麻岩类的岩石化学成分(%)

Table 1. Chemical composition of the whole rocks (%)

样号	岩性	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	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CO <sub>2</sub>	总计
P-1	花岗片麻岩	67.06	0.52	15.10	1.36	3.04	0.17	1.70	2.60	3.46	2.22	0.60	0.03	0.17	1.05	99.08
P-3-1	条痕状花岗片麻岩	65.09	0.47	16.07	1.79	3.01	0.22	0.90	1.70	2.74	4.90	0.99	0.05	0.18	0.26	99.18
P-4	眼球状花岗片麻岩	70.60	0.27	13.87	1.40	2.20	0.23	0.60	0.90	2.59	5.00	1.50	0.04	0.04	0.16	99.36
Stp-1		75.20	0.11	14.12	0.71	0.95	0.12	0.30	0.50	5.40	0.94	0.62	0.02	0.16	nd	99.15

注:中国科学院地球化学研究所分析中心李荪蓉分析。

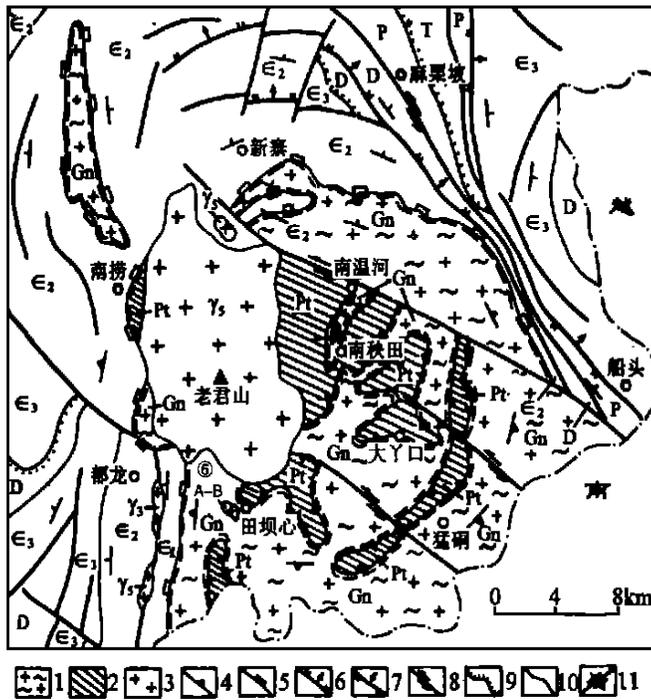


图 1 老君山地区地质略图(据文献[1]和 317 队资料改编)

Fig. 1. Geological map of the Laojunshan district.

- 1. 花岗片麻岩 2. 猛硐岩群 3. 燕山期花岗岩 4. 韧性剥离断层 5. 基底断层 6. 正断层 7. 逆掩断层 8. 平移断层 9. 不整合界限 10. 地质界限 11. 岩层/面理产状
- Gn. 花岗片麻岩 E<sub>1</sub>-E<sub>2</sub>-E<sub>3</sub> 下-中-上寒武统 D. 泥盆系 P. 二叠系 T. 三叠系
- γ<sub>3</sub>. 燕山期花岗岩

根据花岗片麻岩类的岩石化学成分(表 1),在 TiO<sub>2</sub>-SiO<sub>2</sub>、(al + fm)-(C + alk)-Si、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-(Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O)等变质原岩恢复图解中,基本投影在岩浆岩区中,反映混合岩化或熔融程度较高。按岩浆岩有关参数来判断,属于铝过饱和和系列钙碱性酸性岩类,但多数样品的铁镁组分偏高。据里特曼-戈蒂里图解,形成于造山带环境。

从岩石类型、组构及产状等宏观地质特征看,该花岗片麻岩类与融合片麻岩套十分类似<sup>[9]</sup>,是

猛硐岩群在伸展作用机制下,经强烈近水平韧性剪切流变作用,发生变质-变形和混合岩化递进改造形成<sup>[1]</sup>。本文即以该岩类为主要对象,通过铅同位素特征的研究,初步探讨南温河中—深变质岩系的时代归属。

## 2 花岗片麻岩类的铅同位素特征及铅-铅等时线年龄

样品的铅同位素组成由地质科学院宜昌地

质矿产所在 MAT-261 质谱仪上完成, 分析精度为  $\pm 0.05\%$ 。用于监控铅同位素测定的 NBS981 铅标准平均值为  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  为 0.914 64, 六次实测值平均为  $0.91395 \pm 0.00011$ , 三份实验全流程空白平均为铅  $1.2 \times 10^{-8}\text{g}$ 。

铅-铅等时线法是较为经典的前寒武纪岩石定年方法之一, 该方法只需测定样品的铅同位素组成, 不必进行铀、钍的测定, 且样品的铅同位素组成不易受近期风化作用的影响<sup>[10]</sup>。该方法近年来又在太古代到中生代碳酸盐岩的定年中得到了成功应用, 为沉积岩和变质岩的定年开辟了一条新途径<sup>[11~14]</sup>。

采样点位置见图 1, 其中①~⑤位于 A-B 剖面上, 各点间距约 300m, 各样品的片麻理产状基本一致, 为  $265^\circ \angle 25^\circ \sim 280^\circ \angle 35^\circ$ ; ⑥位于四台坡西南约 1000m, 片麻理产状为  $248^\circ \angle 20^\circ$ 。9 件样品的铅同位素组成分析结果见表 1,  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  的变化范围为 17.561~30.512, 平均为 20.586;  $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  的变化范围为 15.477~16.348, 平均为 15.758;  $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  的变化范围为 37.817~39.869, 平均为 38.784。

上述样品的铅同位素组成在  $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ —

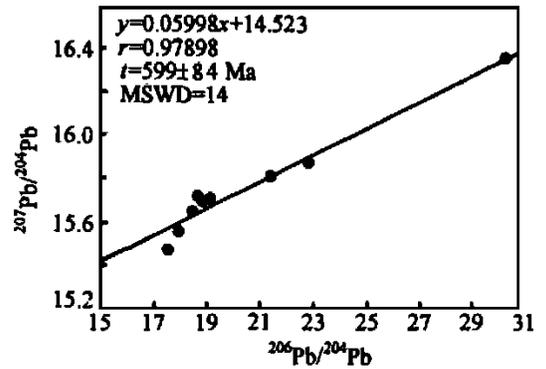


图 2 花岗片麻岩类的铅-铅等时线

Fig. 2. Pb-Pb isochron of the whole rock and mineral.

$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  图解中显示出良好的线性关系, 且通过现代铅点, 利用 ISOPLOT 软件 (V2.90)<sup>[15]</sup> 计算得到铅-铅等时线年龄为  $598 \pm 84\text{Ma}$  ( $2\sigma$  误差), 这一年龄相当于晚震旦世晚期<sup>[16, 17]</sup>。其他的相关参数为  $(^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})_i = 14.525 \pm 0.235$ ,  $\gamma = 0.97898$ ,  $\text{MSWD} = 14$  (图 2)。研究表明, 铅同位素均一化作用可以是岩浆作用或强的变质作用, 化学沉积作用和泥质岩沉积一成岩作用, 也可能使铅同位素发生均一化。本文所获得的铅-铅等时线年龄, 反映了猛洞岩群经混合岩化形成花岗片麻岩, 使铅同位素体系发生了均一化的时代。而本文铅-铅等时线的 MSWD 值较大, 则可能反映了初始铅同位素组成不均一或者遭受了复杂的和体系部分开放的演化过程<sup>[14]</sup>。

表 2 老君山地区花岗片麻岩类的铅同位素组成

Table 2. Lead isotopic composition of the whole rock and mineral

采样点	样号	岩性	测试对象	铅同位素组成 ( $1\sigma$ 误差)		
				$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$
①	P-1	花岗片麻岩	全	$17.945 \pm 0.001$	$15.557 \pm 0.001$	$38.311 \pm 0.001$
②	DLG-28			$30.512 \pm 0.001$	$16.348 \pm 0.001$	$39.869 \pm 0.001$
③	P-3-1	条痕状花岗片麻岩	岩	$17.561 \pm 0.001$	$15.477 \pm 0.001$	$37.817 \pm 0.001$
	P-3-2			$21.459 \pm 0.001$	$15.809 \pm 0.001$	$38.875 \pm 0.001$
④	P-4	眼球状花岗片麻岩	岩	$19.081 \pm 0.001$	$15.704 \pm 0.001$	$39.016 \pm 0.001$
⑤	DLG-30			$18.667 \pm 0.001$	$15.715 \pm 0.001$	$38.936 \pm 0.001$
⑥	Stp-1			$22.855 \pm 0.001$	$15.871 \pm 0.001$	$38.883 \pm 0.001$
	Stp-1			$18.763 \pm 0.001$	$15.693 \pm 0.001$	$38.832 \pm 0.001$
⑤	DLG-30		长石	$18.434 \pm 0.001$	$15.644 \pm 0.001$	$38.514 \pm 0.001$

注: 地质科学院宜昌地质所同位素室测定。

### 3 讨论及小结

中—深变质岩系、尤其是花岗片麻岩类, 是老君山地区变质-变形历史记录的关键载体, 对探讨

该区的岩石圈演化历史具有重要意义。在南温河断裂东北侧, 花岗片麻岩类由于局部熔融程度较高而形成的半原地型片麻状黑云二长中粒花岗岩, 获得锆石铀-铅法和谐年龄为  $411\text{Ma}$ <sup>[6]</sup>①、全

岩铷-锶等时线年龄为  $390.49\text{Ma}^{[9]}$ , 表明晚志留世—早泥盆世的广西运动使本区经历了一次构造—热事件, 花岗片麻岩遭受了改造。而在保良街以东, 与花岗片麻岩呈后生面理接触的斜长角闪岩包体, 获得了钐-钕法年龄为  $626\text{Ma}^{[6]、①}$ , 代表斜长角闪岩原岩——基性-超基性岩浆岩的成岩年龄。

综合上述年龄和本文所获花岗片麻岩的全岩—长石铅-铅等时线年龄, 表明在早加里东期以基性-超基性岩浆活动为先导, 标志本区即可能存在幔隆, 壳幔物质和能量交换, 进而导致处于中下地壳的猛硐岩群之一部分, 经过局部伸展和部分熔融形成花岗片麻岩; 在晚加里东期的广西运动中, 花岗片麻岩遭受进一步改造, 并在局部形成片麻状花岗岩。综上所述, 本文赞同老君山地区的中—深变质岩系的时代归属于前寒武纪。该中—深变质岩系, 横向上大致可与哀牢山褶皱系东南缘的屏边群(ZP)对比, 是老君山地区目前发现的最古老的岩石, 代表了部分基底岩石经过复杂的演化历史, 而折返到地壳浅部形成的。

由于南温河变质核杂岩的有关研究比较薄弱, 笔者拟对该杂岩的地质地球化学特征开展进一步的研究, 特别是综合多种同位素定年和示踪方法, 以期深化其形成机制的认识。

综上所述, 得到如下结论。

(1)通过铅同位素特征的研究, 获得了花岗片麻岩的全岩—长石铅-铅等时线年龄为  $598 \pm 84\text{Ma}$ , 相当于晚震旦世晚期, 可能代表了猛硐岩群经混合岩化的成岩年龄。结合前人研究成果, 本文赞同该中—深变质岩系时代归属于前寒武纪。

(2)该中—深变质岩系可能是基底岩石的一部分, 在强烈的伸展作用机制下发生变质—变形, 以及老君山花岗岩体的顶托作用而折返到地壳浅部形成的。结合近期钟大赉等关于文山—麻栗坡断裂北东侧的八布地区发现蛇绿岩的报道<sup>[18]</sup>, 昭示老君山地区乃至滇东南及其周边地区岩石圈演化这一重大地学问题尚有待深入研究。

(3)老君山地区是我国重要的锡多金属成矿带之一, 且其中的许多矿床赋存于该套变质岩系中。通过进一步的研究, 阐明变质岩系的演化与这些矿床之间的内在联系, 有助于深化区域成矿规律的认识, 对本区的找矿勘探实践将起到重要的指导作用。

致谢: 邓海琳副研究员对本文初稿提出了宝贵的修改意见。野外工作中得到了都龙锡矿和西南有色地勘局317队的大力支持。成文过程中, 还得到了云南地矿局区调院张世涛高级工程师、宜昌地质所同位素室朱家平研究员、李华芹研究员等老师的指导和帮助, 在此一并深表谢意。

## 参 考 文 献

- 张世涛, 冯明刚, 吕伟. 滇东南南温河变质核杂岩解析. 中国区域地质, 1998, 17(4): 390~397
- 张世涛, 冯明刚, 王厚强, 等. 云南省麻栗坡县祖母绿矿区的地质特征及成因初探. 地质科技情报, 1999, 18(1): 50~54
- 李东旭, 许顺山. 变质核杂岩的旋扭成因—滇东南老君山变质核杂岩的构造解析. 地质论评, 2000, 46(2): 113~119
- 刘玉平. 一个受后期改造和热液叠加的块状硫化物矿床—都龙锡锌多金属矿床. 矿物岩石地球化学通报, 1998, 21~24
- 曾志刚, 李朝阳, 刘玉平. 滇东南南秧田两种不同成因类型白钨矿的稀土元素地球化学特征. 地质地球化学, 1998, 26(2): 34~38
- 冯明刚, 张世涛, 吕伟. 中国祖母绿矿床地质特征及其找矿方向. 云南地质, 2000, 19(1): 37~42
- Liu Yuping, Li Chaoyang, Zeng Zhigang. The metallogenic epoch and ore-forming metal source of some large and superlarge deposits in Laojunshan, Yunnan—Evidence from Rb-Sr isotopic studies. *Chinese Science Bulletin*, 1999, 44 (supplement 2): 30~32
- 云南省地矿局. 云南省区域地质志. 北京: 地质出版社, 1990, 407~408, 523~524
- 傅昭仁. 区域变质岩的层状构造. 见: 陈克强, 汤加富主编. 构造地层单位研究. 武汉: 中国地质大学出版社, 1995, 22~27
- G. 福尔(著). 潘曙兰, 乔广生(译). 同位素地质学原理. 北京: 地质出版社, 173~176
- Moorbath S, Taylor P N, Orpen J L, et al. First direct radiometric dating of Archean stromatolitic limestone. *Nature*, 1987, 326: 865~867
- Taylor P N and Kalsbeek F. Dating of metamorphism of Precambrian marbles: Examples from Proterozoic mobile belts in Greenland. *Chem. Geol.*, 1990, 86: 21~28
- Jahn B M. Pb-Pb dating of young marbles from Taiwan. *Nature*, 1988, 332: 429~432
- Jahn B M and Cuvellier H. Pb-Pb and U-Pb geochronology of carbonate rocks: an assessment. *Chem. Geol.*, 1994, 115: 125~151

① 张世涛, 1999年7月, 个人通信(下同)。

- 15 Ludwig K R. ISOPLOT: A plotting and regression program for radiogenic-isotope data (Ver. 2. 90). U S Geological Survey Open-File Report, 1996, 91(445): 1~47
- 16 全国地层委员会办公室. 中国地层年代表(推荐方案). 地层学杂志., 1998, 22(4): 299~307
- 17 王鸿祯. 关于国际(年代)地层表与中国地层区划. 现代地质, 1999, 13(2): 190~193
- 18 钟大赉, 吴耀根, 季建清, 等. 滇东南发现蛇绿岩. 科学通报, 1998, 43(17): 1365~1370

## LEAD ISOTOPIC CHARACTERISTICS AND AGE ASSIGNMENT OF MODERATE TO HIGH-GRADE METAMORPHIC ROCK SERIES IN LAOJUNSHAN, SOUTHEASTERN YUNNAN

Liu Yuping<sup>1</sup> Li Chaoyang<sup>1</sup> Gu Tuan<sup>2</sup> Wang Jinliang<sup>3</sup>

1. (Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002)

2. (Institute of Exploration and Development, Bureau of Liao-River Oil Field, Panjin 124010)

3. (Section of Production Management, Dulong Tin Mine, M aguan 663701)

**Abstract:** The Laojunshan district located in southeastern Yunnan is an important tin polymetallic metallogenic district in China. A debatable problem is the age assignment of the moderate- to high-grade metamorphic rock series in this district. Based on studies on the lead isotopic characteristics of the granite-gneiss, a lead-lead isochron has been established for the whole rock and feldspar, giving the age  $(598 \pm 410) \times 10^6$  a,  $(^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})_0 = 14.523 \pm 0.235$ ,  $\gamma = 0.97898$  and  $\text{MSWD} = 14$ . It is suggested that the lead isotopic systematics of these samples had been homogenized during migmatization at Late Sinian. Combining with previous studies, the authors agreed with the opinion that the age of the metamorphic rock series should be assigned to the pre-Cambrian.

**Key words:** moderate- to high-grade metamorphic rock series; lead-lead isochron; age assignment; Laojunshan; southeastern Yunnan