

云南澜沧老厂斑岩钼矿成岩成矿时代研究

李峰<sup>1</sup>, 鲁文举<sup>2</sup>, 杨映忠<sup>3</sup>, 陈琿<sup>1</sup>, 罗思亮<sup>1</sup>, 石增龙<sup>3</sup>

(1. 昆明理工大学 国土资源工程学院, 云南 昆明 650093; 2. 云南省有色地质楚雄勘查院, 云南 楚雄 675000;  
3. 云南澜沧铅矿, 云南 澜沧 665601)

**摘要:** 2008 年以来, 滇西澜沧老厂矿区深部新发现巨厚斑岩型钼矿体, 找矿取得重大突破。在对矿区矿化系统结构研究的基础上, 应用锆石 SHRIMP U-Pb 法和辉钼矿 Re-Os 同位素测年法对成岩和成矿进行精确定年。结果表明: 成矿花岗斑岩体的形成年龄为  $(44.6 \pm 1.1) \text{ Ma}$ ; 辉钼矿 Re-Os 等时线年龄为  $(43.78 \pm 0.78) \text{ Ma}$ 。证实矿区喜山期存在与隐伏花岗斑岩有关的大规模成矿作用, 斑岩钼矿的成岩成矿期与滇西新生代岩浆作用高峰期吻合, 老厂斑岩钼矿形成于陆内碰撞造山环境。

**关键词:** 斑岩钼矿; 成岩成矿年龄; 锆石 SHRIMP U-Pb 法; 辉钼矿 Re-Os 定年法; 澜沧老厂; 云南

**中图分类号:** P618.65      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1000-8527(2009)06-1049-07

The Rock- and Ore-forming Ages of the Laochang Porphyry Molybdenum Deposit in Lancang, Yunnan

LI Feng<sup>1</sup>, LU Wen-ju<sup>2</sup>, YANG Ying-zhong<sup>3</sup>, CHEN Hui<sup>1</sup>, LUO Si-liang<sup>1</sup>, SHI Zeng-long<sup>3</sup>

(1. Faculty of Land Resources Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming, Yunnan 650093, China;  
2. Chuxiong Exploration Institute of Nonferrous Geology of Yunnan, Chuxiong, Yunnan 675000, China;  
3. Lancang Lead Mine of Yunnan, Lancang, Yunnan 665601, China)

**Abstract:** The Laochang region in western Yunnan is one of the areas with significant breakthrough for new discovery of great thick porphyry molybdenum ore bodies in the deep since 2008. On the basis of the analysis to mineralizing system texture, the rock- and ore-forming ages of the granite-porphyry and related molybdenum ores were precisely redefined by the SHRIMP zircon U-Pb and molybdenite Re-Os dating method. The results show that the age of ore-forming granite-porphyry is  $(44.6 \pm 1.1) \text{ Ma}$ , and the Re-Os isochron of molybdenites is  $(43.78 \pm 0.78) \text{ Ma}$ . It is suggested that a large-scale Mo(Cu)-mineralization exists in this region, which related to Himalayan concealed granite-porphyry, and consistent with the peak period of Cenozoic magmatism-mineralization in forming ages, and formed in intracontinental collision orogenic setting.

**Key words:** porphyry molybdenum deposit; rock-and ore-forming ages; SHRIMP zircon U-Pb dating; molybdenite Re-Os dating method; Laochang in Lancang; Yunnan

0 引言

长期以来, 澜沧老厂矿区一直被视为大型银铅(锌)矿床, 前人对矿床成因的认识分歧也较大, 并以火山喷流沉积成因<sup>[1-3]</sup>、岩浆热液成因<sup>[4-7]</sup>

和火山喷流沉积+后期岩浆热液成因<sup>[8-9]</sup>3种观点占主导。已有研究成果不同程度地阐述了火山喷流沉积成矿作用、岩浆热液成矿作用对成矿的影响, 有的还注意到了矿床具多因复成的特点<sup>[9]</sup>。上世纪90年代初, 矿区深部发现隐伏花岗斑岩脉

收稿日期: 2009-06-26; 改回日期: 2009-10-28; 责任编辑: 楼亚儿。  
基金项目: 国土资源部国家危机矿山接替资源勘查项目(200653056); 教育部专项项目(20089943)。  
作者简介: 李峰, 男, 教授, 1957年出生, 矿产普查与勘探专业, 主要从事区域地质与成矿学的教学与研究工作。  
Email: lifeng@kmust.edu.cn。

和矽卡岩带后,有学者将 ZK15006 孔等揭露的铜矿体归属矽卡岩型矿体,并认为深部有找金铜矿的前景<sup>[5]</sup>。

关于该矿床的成矿时代,持火山喷流沉积成因观点的学者认为属早石炭世<sup>[1-3]</sup>,持岩浆热液成因观点的学者认为属燕山期<sup>[6]</sup>或燕山晚期—喜山期<sup>[4-5,7]</sup>。

过去的研究中,对不同矿体的成因类型及矿化类型的鉴别、相互关系、成矿作用演化和矿化空间结构等的研究薄弱,综合找矿思路不明确,致使近 20 年的深部找矿未获突破。

澜沧老厂危机矿山接替资源勘查项目实施以来,尤其是 2008 年以来,先后在深部发现含铜黄铁矿体和厚大的斑岩钼(铜)矿体等新矿化类型,找矿获得突破性进展,特别是具大型远景的斑岩钼(铜)矿体的发现,引起高度关注。作者通过对原有矿体群和新发现矿体群的详细研究,将矿区矿体分为 6 类矿体群,确认矿区的矿化系统中不同成矿系列及不同成因类型的矿体群集中叠置,具“六类一体”和多因复成特征,即在 3 个层状的早石炭世火山喷流沉积型矿体群及其围岩中,叠加了与隐伏花岗斑岩有关的 3 个热液矿化带(由下至上包括:细脉—浸染状钼矿体群、大脉状铅锌银矿体群和不规则脉状—囊状银铅矿体群),形成特有的“三层叠三带”的矿化空间组合型式和“双成矿系统同位叠加”的成矿模式(详见另文)。本文侧重讨论斑岩成矿系统的成岩成矿年龄。

### 1 矿区地质及隐伏花岗斑岩概况

矿区位于澜沧江断裂以西的昌宁—孟连晚古生代裂谷带南段,处于南北向主干构造与北西向黑河左行走滑断裂系的交汇带附近。晚古生代以来,矿区构造环境演化历经 3 次重大体制的转变:大陆裂谷期(D—P)→区域断块隆升与断陷期或滇西新特提斯开启与闭合期(T—K)→陆内碰撞造山期(Kz)。三大有利成矿构造环境更替、多种重要成矿地质作用的叠加与耦合特别明显,尤其是裂谷期和陆内造山期的成矿地质作用表现强烈,具备良好的区域成矿动力学条件。

矿区内出露晚古生代地层(图 1)。其中,下石炭统依柳组为厚 540~870 m 的以基性火山岩为主的火山—沉积岩系,分 8 个岩性层,由两大旋回的熔岩—集块岩—角砾岩—凝灰岩—沉凝灰岩—砂页岩及白云质灰岩等组成。其上连续过渡到

中—上石炭统和下二叠统浅海碳酸盐岩。矿区地质构造以南北向为主,F<sub>1</sub>、F<sub>3</sub>、F<sub>11</sub>等南北向主干断层经历裂谷期拉张—裂谷封闭期挤压—新生代晚期右行走滑的演变过程,北西向 F<sub>4</sub>断层长期以压剪性活动为主,是火山喷流沉积型矿体群的重要控矿构造。南北向老厂背斜形成于裂谷封闭期,陆内碰撞造山期进一步发展,为喜山期斑岩成矿系统的控岩控矿构造。

迄今,有 7 个钻孔揭露到花岗斑岩体(脉),以 ZK153101、ZK14827 和 ZK14830 孔的揭露情况较好。隐伏花岗斑岩体侵入的最高层位均为 C<sub>1</sub><sup>5+6</sup>中部,空间位置主要分布在矿区中部的 9—143 线之间,总体受 F<sub>1</sub>、F<sub>4</sub>断层及老厂背斜轴部控制(图 1),顶面埋藏深度大致在 800~1 000 m 之间。

隐伏花岗斑岩呈灰白—灰色,大多为斑状结构,块状构造。斑晶主要由钾长石、石英和斜长石组成,少量为黑云母。钾长石斑晶呈乳白色,自形一半自形宽板状,大小一般在 5 mm×8 mm 左右,大者达 15 mm 以上,多因高岭石化而浑浊,

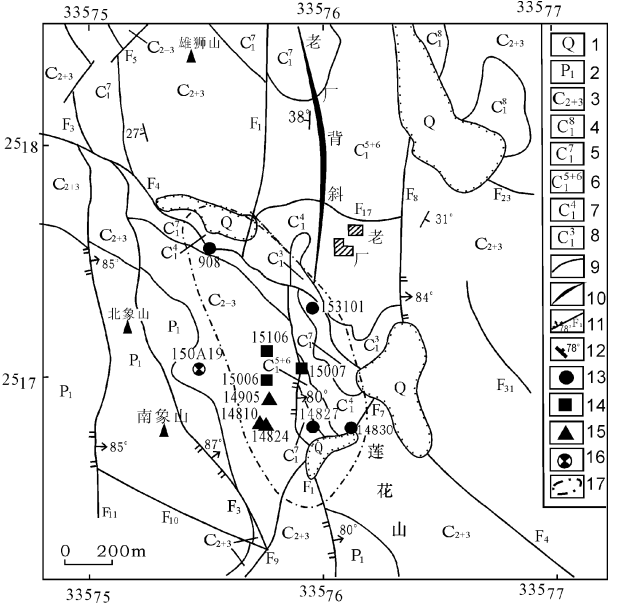


图 1 云南澜沧老厂矿区地质简图  
Fig. 1 Schematic geological map of Laochang deposits in Lancang, Yunnan

- 1. 坡积、冲积层; 2. 块状白云质灰岩; 3. 厚层状灰岩、白云岩; 4. 砂页岩、沉凝灰岩夹白云质灰岩; 5. 玄武岩及凝灰岩; 6. 粗面质凝灰岩、熔岩夹炭质页岩、硅质岩; 7. 凝灰岩砾岩夹薄层灰岩; 8. 安山岩、集块岩; 9. 实测地质界线; 10. 背斜轴; 11. 实测断层及编号; 12. 地层产状; 13. 见斑岩、矽卡岩和辉钼矿钻孔; 14. 见花岗斑岩体(脉)钻孔; 15. 见矽卡岩和辉钼矿钻孔; 16. 见矽卡岩钻孔; 17. 预测的隐伏花岗斑岩体范围

内含小的斜长石包体，含量约 10% ~ 15%。石英呈淡灰色，它形粒状，普遍溶蚀成浑圆或港湾状，粒径一般在 2 ~ 5 mm，含量约 10%。斜长石斑晶呈白色，自形一半自形板状，粒度一般在 2 ~ 8 mm，强烈绢云母化和碳酸盐化，含量约 10%。黑云母呈零星片状，基本已蚀变为白云母、碳酸盐。基质主要由等轴微细粒正长石、石英组成，粒度一般在 0.01 ~ 0.15 mm 之间，含量一般大于 60%。岩石中发育浸染状细粒黄铁矿，常见零星分布的自形磷灰石、锆石等副矿物。花岗斑岩(8 件样)化学成分中，SiO<sub>2</sub> 含量为 68.09% ~ 73.07%，平均 71.26%；TiO<sub>2</sub> 含量为 0.094% ~ 0.338%，平均 0.26%； $w(K_2O + Na_2O) = 7.65\% \sim 8.51\%$ ，平均 7.79%， $w(K_2O) > w(Na_2O)$ ，具典型的低钛、富碱高钾的特点。

斑岩钼矿带沿岩体顶部及其与凝灰岩接触带呈面型分布，与硅化—钾化、矽卡岩化带密切相伴。目前，已有 6 个孔不同程度地揭露钼矿(化)体，其中 ZK14827 揭露钼矿化带厚 850 m，工业矿体厚 447.5 m。由岩体至外接触带，矿石的自然类型连续变化，依次出现斑岩型矿石→矽卡岩型矿石、角岩型矿石→矽卡岩化凝灰岩型矿石等。一般情况下，岩体顶部及其接触带附近的透辉石—石榴石矽卡岩带矿化强度高，易形成斑岩型和矽卡岩型富矿体。

## 2 同位素定年

### 2.1 样品采集及分析方法

用于斑岩年代学研究的样品取自 ZK153101 孔深 685 m 处的 2 号花岗斑岩脉，样品编号 TW-2。样品经破碎，分离出锆石。扫描电镜和体视显微镜观察表明，岩石中的锆石晶体自形程度高，呈淡黄色—无色，透明，以短柱—柱状四方双锥为主。

锆石 SHRIMP U-Pb 年龄测定在北京离子探针中心完成。将样品锆石和标准锆石一起在玻板上用环氧树脂固定，抛光到暴露出锆石的中心面，用反光、透光和阴极发光(CL)照相，然后镀金。根据锆石的成因类型，确定测定颗粒。分析测试时避开有裂纹和包裹体的部位；应用实测的<sup>204</sup>Pb校正锆石的普通 Pb；考虑到锆石中放射性成因的<sup>207</sup>Pb比放射性成因的<sup>206</sup>Pb 的丰度低得多，前者的测试精度相对较差，导致<sup>207</sup>Pb/<sup>206</sup>Pb 和<sup>207</sup>Pb/<sup>235</sup>U 年龄往往不能反映岩体的真实结晶年龄，本文采用的年龄为<sup>206</sup>Pb/<sup>238</sup>U 表面年龄。Compston 等<sup>[10]</sup> 1992 年的研究亦表明，对放射性成因组分积累较少的年轻锆石而言，<sup>206</sup>Pb/<sup>238</sup>U 年龄更能反映锆石的结晶时间，且不受<sup>207</sup>Pb 的影响。

6 件辉钼矿样品采自 ZK14824 和 ZK153101 钻孔矿心(矽卡岩型矿石)，具体位置见表 2。辉钼矿呈薄膜—细脉状或呈辉钼矿—石英—硫化物脉

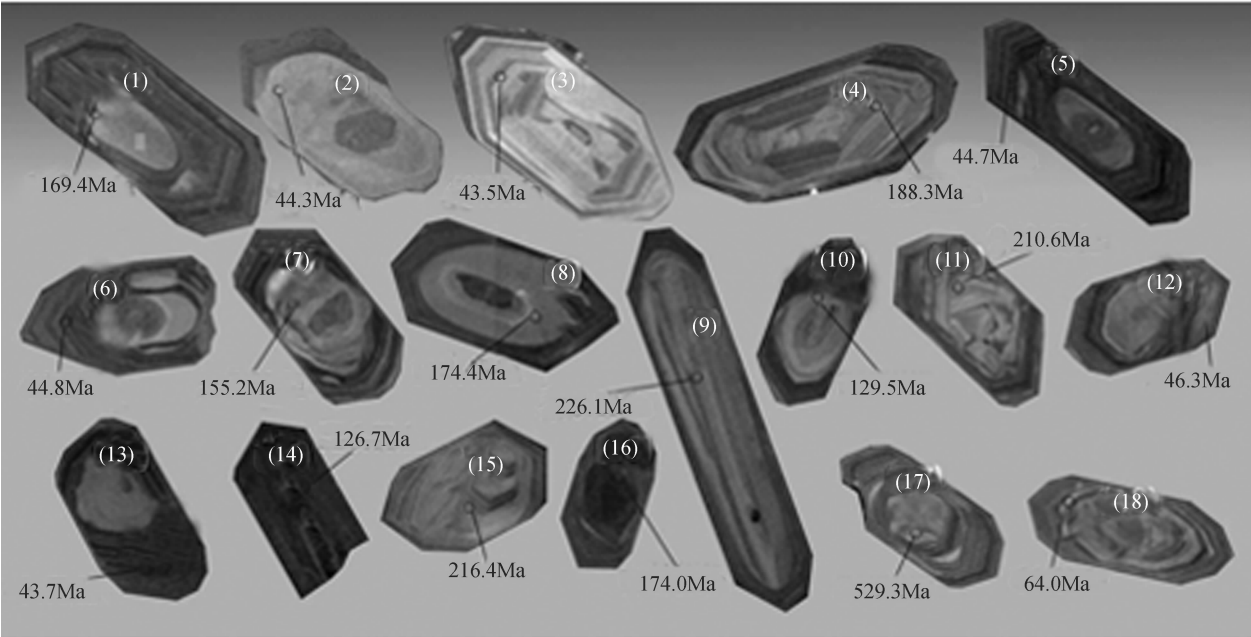


图 2 老厂花岗斑岩锆石 SHRIMP 测年点位置图

Fig. 2 Cathodoluminescence images of zircon grains from the Laochang granite-porphyry

产于矽卡岩裂隙中，又被黄铁矿—辉锑矿—雄黄—碳酸盐脉穿切，是斑岩热液期主要硫化物形成阶段的代表性样品。

辉钼矿的 Re-Os 同位素分析在国家地质实验测试中心铼—钨同位素实验室用 ICP—MS 分析方法完成。采用 Carius 管封闭溶样和分解样品，样品分解以及 Re 和 Os 的分离等化学处理过程参见曲文俊等资料<sup>[11]</sup>。

2.2 分析结果

2.2.1 锆石 SHRIMP U-Pb 年龄

本次研究共选择 18 颗锆石进行定年，测试锆石的阴极发光图像及测点位置见图 2。锆石大小在 80~350 μm 之间，结晶程度完好，发育规则的韵律环带结构，具岩浆成因锆石的典型结构。锆石 Th 含量为 98~1 157 μg/g，U 含量为 193~2 968 μg/g，Th/U 比值为 0.11~0.71，在 Williams 等 1996 年提出的岩浆锆石 Th/U 比值范围<sup>[12]</sup>。部分锆石的中部存在浑圆状—溶蚀状老核或自形晶核。

锆石 SHRIMP U-Pb 测年结果见表 1，可分 4 组年龄值：

第一组测点(2、3、5、6、12、13 点)均位于锆石生长环带发育的中外侧，代表岩浆结晶过程中生长的部分，各测点的表面年龄为(43.5±1.5)~(46.3±1.4) Ma，数据很集中，在协和曲线年龄图中数据点成群分布，加权平均年龄值为(44.6±1.1) Ma(图 3)，能很好地代表成矿岩体的成岩年龄。

第二组仅有 18 号点锆石，测点位于完整锆石的生长环带区，表面年龄为(64.0±1.7) Ma。该值虽在古新世范围内，但相对于第一组年龄值又明显偏老，应反映岩浆演化过程中少数形成较早的锆石年龄值。因测点太少，其地质意义有待研究。

第三组测点共 10 个，其中 1、4、7、8、9、10、11、16 测点多位于锆石内核(或老核)及其边缘，少数可能为较完整的老锆石(14、15 点)。该

表 1 澜沧老厂花岗斑岩锆石 SHRIMP U-Pb 年龄分析结果  
Table 1 SHRIMP zircon U-Pb dating results of the Laochang granite-porphyry, Lancang

测点	<sup>206</sup> Pb <sub>c</sub> /%	<i>w</i> (U)/	<i>w</i> (Th)/	<sup>232</sup> Th/ <sup>238</sup> U	<sup>206</sup> Pb <sup>*</sup>	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	年龄	<sup>207</sup> Pb <sup>*</sup> / <sup>206</sup> Pb <sup>*</sup>		<sup>207</sup> Pb <sup>*</sup> / <sup>235</sup> U		<sup>207</sup> Pb <sup>*</sup> / <sup>235</sup> U	
		(μg/g)	(μg/g)					比值	±%	比值	±%	比值	±%
1	4.83	193	98	0.53	4.63	169.4	±13.0	0.045 0	32.0	0.164 0	33.0	0.026 60	7.9
2	3.06	1 497	447	0.31	9.15	44.3	±1.4	0.041 4	19.0	0.039 3	19.0	0.006 89	3.3
3	6.75	529	170	0.33	3.30	43.5	±1.5	0.057 0	29.0	0.053 0	29.0	0.006 77	3.5
4	1.30	897	111	0.13	23.1	188.3	±5.0	0.045 6	6.9	0.186 0	7.4	0.029 64	2.7
5	1.33	2 478	1 046	0.44	15.0	44.7	±1.2	0.044 7	5.8	0.042 9	6.5	0.006 96	2.8
6	1.82	2 241	690	0.32	13.7	44.8	±1.2	0.049 2	8.2	0.047 3	8.7	0.006 98	2.7
7	3.37	680	99	0.15	14.7	155.2	±4.3	0.044 6	14.0	0.150 0	14.0	0.024 36	2.8
8	4.23	482	131	0.28	11.9	174.4	±6.1	0.039 0	19.0	0.147 0	19.0	0.027 42	3.6
9	2.42	322	221	0.71	10.1	226.1	±12.0	0.055 1	11.0	0.271 0	13.0	0.035 70	5.5
10	1.63	965	374	0.40	17.1	129.5	±6.5	0.065 0	6.5	0.182 0	8.3	0.020 30	5.1
11	1.02	995	110	0.11	28.7	210.6	±5.5	0.050 4	5.0	0.231 0	5.7	0.033 21	2.7
12	3.86	2 103	642	0.32	13.6	46.3	±1.4	0.039 7	15.0	0.039 4	15.0	0.007 21	3.0
13	1.72	2 361	1 157	0.51	14.0	43.7	±1.2	0.045 6	10.0	0.042 7	11.0	0.006 80	2.8
14	1.29	833	198	0.25	14.4	126.7	±3.5	0.056 3	7.9	0.154 0	8.3	0.019 85	2.8
15	1.90	469	184	0.41	14.0	216.4	±5.9	0.051 7	8.7	0.243 0	9.1	0.034 14	2.8
16	0.63	1 909	1112	0.60	45.1	174.0	±4.8	0.049 0	3.5	0.184 8	4.5	0.027 35	2.8
17	0.38	815	180	0.23	60.2	529.3	±13.0	0.071 8	3.9	0.847 0	4.7	0.085 60	2.7
18	0.67	2 968	630	0.22	25.6	64.0	±1.7	0.051 4	4.5	0.070 7	5.2	0.009 98	2.7

注：(1)误差为 1σ，<sup>206</sup>Pb<sub>c</sub> 为普遍<sup>206</sup>Pb 占总 Pb 的百分比，Pb\* 为放射性成因；(2)标准校正值的误差为 0.33%；(3)普通 Pb 用实测的<sup>204</sup>Pb 校正。

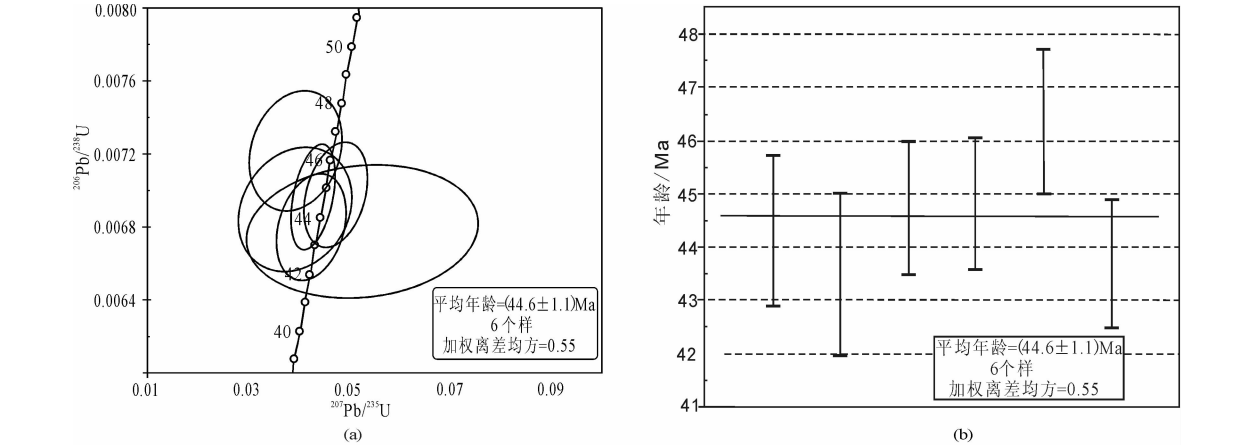


图 3 澜沧老厂花岗岩斑岩锆石 SHRIMP U-Pb 年龄协和曲线(a)及加权平均统计图(b)

Fig. 3 Concordia plots ( a ) and weighted average diagrams ( b ) of SHRIMP zircon U-Pb dating results for the Laochang granite-porphyry

表 2 澜沧老厂矿床辉钼矿 Re-Os 同位素组成

Table 2 Re-Os isotope determination of molybdenites in the Laochang deposit

样号	采样位置		测试样重/g	$w(\text{Re})/(\mu\text{g/g})$	$w(\text{Os})/(\text{ng/g})$	$w(^{187}\text{Re})/(\mu\text{g/g})$	$w(^{187}\text{Os})/(\text{ng/g})$	模式年龄/Ma
	钻孔	深度/m						
TW-3	ZK153101	782.3	0.005 11	143.7	0.170 8	90.30	66.57	$44.2 \pm 0.8$
TW-4	ZK153101	784	0.005 50	145.9	0.012 1	91.70	67.71	$44.3 \pm 0.7$
TW-5-1	ZK14824	587	0.005 40	186.1	0.405 8	117.00	86.55	$44.4 \pm 0.6$
TW-5-2	ZK14824	587	0.004 84	191.4	0.013 3	120.30	88.15	$44.0 \pm 0.6$
TW-6	ZK14824	582.8	0.005 43	219.8	1.018 3	138.20	101.60	$44.1 \pm 0.6$
TW-7	ZK14824	586	0.005 22	98.22	0.012 9	61.74	45.74	$44.5 \pm 0.6$

注：测试单位为国家地质实验测试中心。

组锆石表面年龄为  $(126.7 \pm 3.5) \sim (226.1 \pm 12)$  Ma, 数据很分散, 在三叠纪—早白垩世范围。考虑到矿区东侧广泛出露的临沧花岗岩基的形成时代跨度大<sup>[13]</sup>, 属海西—印支—(燕山期)复式岩体的地质事实, 可以推测, 第三组年龄值总体应反映该区域存在三叠纪—早白垩世的构造—热事件。

第四组(17 号点)测点位于锆石中典型老核部位, 年龄值最大, 达  $(529 \pm 13)$  Ma。据区域地质条件分析, 该类锆石老核可能源于澜沧群等基底岩系, 为岩浆侵位和源岩重熔过程中俘获源岩或围岩中的残留锆石, 其年龄值可能反映隐伏花岗岩斑岩体的部分源岩年龄。

2.2.2 辉钼矿 Re-Os 同位素定年

辉钼矿 Re-Os 同位素分析结果见表 2。辉钼矿中  $^{187}\text{Re}$  和  $^{187}\text{Os}$  含量变化较大, 但是 Re 与 Os 含量之间的正相关关系较明显。6 个样品的模式年龄很相近, 在  $(44.0 \pm 0.6) \sim (44.4 \pm 0.6)$  Ma 之间。在等时线图上, 6 个点较均匀地分布在一条线上,

等时线年龄为  $(43.78 \pm 0.78)$  Ma(图 4), 加权平均模式年龄为  $(44.23 \pm 0.28)$  Ma(图 5)。

3 成岩成矿构造环境讨论

近年研究表明, 青藏高原新生代碰撞造山过

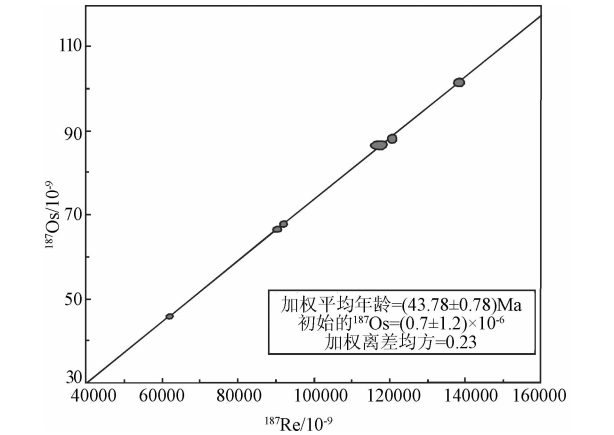


图 4 辉钼矿 Re-Os 等时线

Fig. 4 Re-Os isochron of molybdenites

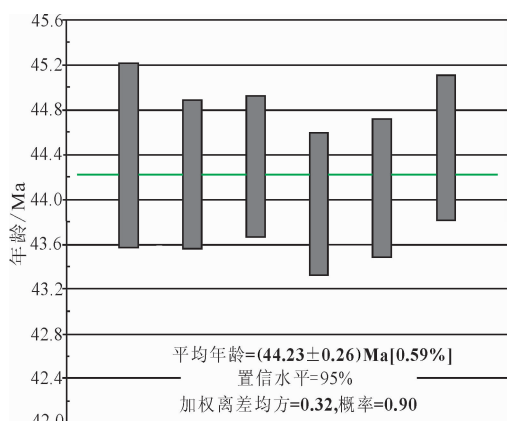


图5 辉钼矿 Re-Os 模式年龄平均值

Fig. 5 Re-Os mean model age of molybdenites

程可分主碰撞(65 ~ 41 Ma)、晚碰撞(40 ~ 26 Ma)和后碰撞(25 ~ 0 Ma)三大阶段<sup>[14-15]</sup>。伴随新生代碰撞造山过程认识的深入,对三江地区与新生代陆内造山有关的大规模成矿作用越来越得到重视。王登红等<sup>[16]</sup>根据三江地区新生代主要成岩成矿测年结果,初步确定4个成矿高峰期:(1)65 ~ 35 Ma,斑岩型Cu-Au成矿高峰期,与富钾浅成—超浅成岩侵入有关;(2)40 ~ 30 Ma,轻稀土成矿高峰期,与幔源碱性岩侵入有关;(3)25 ~ 15 Ma, Au成矿高峰期,与韧性—脆性剪切带强烈活动有关;(4)15 ~ 10 Ma, W-Sn-Pb-Zn-Ag成矿高峰期,与剪切成因的重熔花岗岩有关。侯增谦等通过对青藏高原斑岩铜矿成矿动力学机制研究<sup>[15,17]</sup>,证实冈底斯斑岩铜矿带的斑岩成矿系统发育于大陆强烈碰撞后的应力释放期或压扭向张扭转换期,指出不仅过去认为的岛弧和陆缘弧是斑岩型Cu-Mo-Au矿床产出的重要环境,大陆碰撞造山带也具有产出斑岩型Cu-Mo-Au矿床的巨大潜力。

澜沧矿区位于青藏高原东南缘,受印度与亚洲大陆持续汇聚、印度大陆东北端阿萨母突角向东楔入的影响,主碰撞阶段发生强烈的东西向挤压,形成大规模南北向逆冲—推覆构造系。晚碰撞阶段在东西向挤压、陆内俯冲和大规模逆冲推覆作用持续进行的同时,沿NE和NW向断裂发生大规模走滑,导致区域尺度地壳缩短和大规模走滑断裂系统的形成。据陈新跃等<sup>[18]</sup>2006年的研究,云县—临沧—澜沧的主干断裂带(含双江断裂在内的临沧剪切带)是一条NWW-SEE向地壳缩短变形的左行走滑剪切带,剪切带糜棱岩的黑云母及白云母<sup>40</sup>Ar-<sup>39</sup>Ar坪年龄为28 ~ 31 Ma<sup>[18]</sup>,证

明澜沧江断裂以西的昌宁—孟连构造带的大规模走滑发生在始新世后期—渐新世的晚碰撞造山阶段。澜沧老厂斑岩钼矿成岩成矿作用过程表明,岩浆重熔应发生于新生代陆内碰撞造山的主碰撞阶段,岩浆侵位结晶和斑岩成矿发生于主碰撞末期,与三江地区新生代斑岩型矿床成矿高峰期吻合。从区域成矿动力学环境看,成矿发生于EW向强烈挤压碰撞向NE、NW向大规模走滑的转化阶段,是典型的大陆碰撞造山带型斑岩成矿系统。

据喻学惠等<sup>[19]</sup>2008年的研究,澜沧以西的沧源铅锌多金属矿区的工浪、芒哈和湖广寨矿段也发现喜山期花岗岩斑岩和花岗闪长斑岩,3岩体的锆石SHRIMP U-Pb年龄在 $(40.9 \pm 0.9) \sim (40.0 \pm 0.8) \text{ Ma}$ 之间<sup>[19]</sup>。说明澜沧江断裂以西的昌宁—孟连构造带的新生代岩浆作用并非孤立现象。过去文献中认为,滇西新生代斑岩成矿作用主要分布在金沙江—红河构造带<sup>[15-16]</sup>。现在看来,滇西新生代斑岩成矿作用的范围要比原有认识宽得多,这是今后区域成矿研究和找矿中要关注的问题。

## 4 结 论

(1)澜沧老厂矿区隐伏花岗斑岩锆石SHRIMP U-Pb年龄和辉钼矿Re-Os年龄吻合极好,斑岩成岩—钼矿成矿的地质作用过程连续,并与滇西地区新生代斑岩成矿作用的高峰期吻合。因此,新发现的厚大钼矿体与隐伏花岗斑岩有成因联系,均为喜山早期(始新世晚期)的产物。

(2)隐伏花岗斑岩的成岩作用时间略早,在 $(44.6 \pm 1.1) \text{ Ma}$ 左右,与斑岩有关的细脉—浸染状钼矿体的成矿作用时间略滞后,在 $(43.78 \pm 0.78) \text{ Ma}$ 左右。成岩—成矿作用历时约0.9 Ma,与多数斑岩热液成矿系统的持续时间相当。

(3)首次确认滇西澜沧江断裂以西的地区也存在喜山期斑岩型钼(铜)矿床,而且认为该区新生代陆内碰撞造山过程中,于主碰撞向晚碰撞过渡阶段,具备大规模斑岩成矿作用的动力学环境。这是今后区域成矿研究和找矿中要关注的问题。

致谢:北京离子探针中心刘敦一研究员协助完成锆石测年,国家地质实验测试中心曲文俊博士协助完成Re-Os同位素分析,云南澜沧铅矿对地质研究给予大力支持,谨此致谢。

## 参考文献:

[1] 杨开辉. 三江地区火山成因块状硫化物矿床的基本特征与

主要类型 [J]. 矿床地质, 1992, 11(1): 35-44.

[2] 潘桂棠, 徐强, 侯增谦, 等. 西南“三江”多岛弧造山过程成矿系统与资源评价 [M]. 北京: 地质出版社, 2003: 56-155.

[3] 龙汉生, 蒋绍平, 石增龙, 等. 云南澜沧老厂大型银铅锌多金属矿床地质地球化学特征 [J]. 矿物学报, 2007, 27(3/4): 360-365.

[4] 徐楚明, 欧阳成甫. 云南澜沧老厂银铅锌矿床成因研究 [J]. 桂林冶金地质学院学报, 1991, 11(3): 245-252.

[5] 欧阳成甫, 徐楚明, 胡承绮, 等. 云南澜沧老厂银铅矿区隐伏花岗岩体预测及其意义 [J]. 大地构造与成矿学, 1993, 17(2): 119-126.

[6] 李虎杰, 田煦, 易发成. 云南澜沧老厂铅锌银铜矿床稳定同位素地球化学研究 [J]. 有色金属矿产与勘查, 1995, 4(5): 278-282.

[7] 薛步高. 昆阳群·矿床地质论文集 [M]. 昆明: 云南科技出版社, 2003: 157-167.

[8] 王增润, 吴延之. 滇西澜沧裂谷成矿作用兼论老厂大型铜铅银矿床成因 [J]. 有色金属矿产与勘查, 1992, 1(4): 207-215.

[9] 李雷, 段嘉瑞, 李峰. 澜沧老厂铜多金属矿床地质特征及多期同位成矿 [J]. 云南地质, 1996, 15(3): 246-256.

[10] Compston W, Williams I S, Kirschvink J L, et al. Zircon U-Pb ages of early Cambrian time-scale [J]. Journal of the Geological Society, 1992, 149: 171-184.

[11] 曲文俊, 杜安道. 高温密闭溶样电感耦合等离子体质谱准确测定辉钼矿铼-钼地质年龄 [J]. 岩矿测试, 2003, 22(4): 254-257.

[12] Williams I S, Buick A, Cartwright I. An extended episode of early Mesoproterozoic metamorphic fluid flow in the Reynold region, central Australia [J]. Journal of Metamorphic Geology, 1996, 14: 29-47.

[13] 张翼飞, 段锦荪, 张罡, 等. 滇西蛇绿岩带地质构造演化与澜沧江板块缝合线研究 [M]. 昆明: 云南科技出版社, 2001: 91-93.

[14] 侯增谦, 潘桂棠, 王安建, 等. 青藏高原碰撞造山带: I. 主碰撞造山成矿作用 [J]. 矿床地质, 2006, 25(4): 337-358.

[15] 侯增谦, 杨竹森, 徐文艺, 等. 青藏高原碰撞造山带: II. 晚碰撞造山成矿作用 [J]. 矿床地质, 2006, 25(5): 521-543.

[16] 王登红, 应汉龙, 梁华英, 等. 西南三江地区大陆动力学过程与大规模成矿 [M]. 北京: 地质出版社, 2006: 171-173.

[17] Hou Z Q, Ma H W, Zaw K, et al. The Himalayan Yulong porphyry copper belt: Product of large-scale strike-slip faulting in eastern Tibet [J]. Economic Geology, 2003, 98: 125-145.

[18] 陈新跃, 王岳军, 范蔚铭, 等. 云南崇山剪切断裂系显微构造特征及其<sup>40</sup>Ar-<sup>39</sup>Ar年代约束 [J]. 大地构造与成矿学, 2006, 30(1): 41-51.

[19] 喻学惠, 肖晓牛, 杨贵来, 等. 滇西“三江”南段几个花岗岩的锆石 SHRIMP U-Pb 定年及其地质意义 [J]. 岩石学报, 2008, 24(2): 377-383.