

# 陕西省洛南县莲花沟岩体 LA-ICP MS 锆石 U-Pb 年龄及地质意义

张照伟<sup>1,2)</sup> 李文渊<sup>1)</sup> 赵东宏<sup>1)</sup> 高永宝<sup>1)</sup>  
谢 燮<sup>2)</sup> 张海松<sup>1)</sup> 彭素霞<sup>1)</sup> 李 行<sup>1)</sup>

1) 西安地质矿产研究所, 陕西西安 710054; 2) 长安大学资源学院, 陕西西安 710054

**摘 要** 在西起陕西省的金堆城地区, 东至河南省栾川南泥湖—三道庄—上房沟、嵩县雷门沟地区的华北地台南缘的东秦岭钼矿带上产出的南泥湖、三道庄、上房沟等一系列钼矿床, 均与燕山期中酸性小岩体成矿关系密切, 并且成岩成矿年龄集中在 110 ~ 160 Ma。同样位于该钼矿带上的洛南县莲花沟岩体, 其侵位特点与岩石化学特征非常相似。笔者从陕西省洛南县莲花沟岩体地质背景入手, 通过 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年, 获得莲花沟岩体年龄为  $(147.7 \pm 2.0)$  Ma。恰处于东秦岭钼主成岩成矿年龄范围, 这对进一步指导该区的找矿工作, 具有重要地质意义。

**关键词** 侵入岩体; U-Pb 年龄; 地质意义; 洛南; 莲花沟

中图分类号: P597.1

文献标识码: A

文章编号: 1006-3021(2008)06-811-06

## U-Pb Age of the Lianhuagou Intrusive Rocks in Luonan County, Shaanxi Province and Its Geological Implications

ZHANG Zhaowei<sup>1,2)</sup> LI Wenyuan<sup>1)</sup> ZHAO Donghong<sup>1)</sup> GAO Yongbao<sup>1)</sup>  
XIE Xie<sup>2)</sup> ZHANG Haisong<sup>1)</sup> PENG Suxia<sup>1)</sup> LI Hang<sup>1)</sup>

1) Xi'an Institute of Geology and Mineral Resources, Xi'an, Shaanxi 710054;

2) School of Earth Sciences and Land Resources, Chang'an University, Xi'an, Shaanxi 710054

**Abstract** Lying in the area from Jinduicheng of Shaanxi Province to Nannihu-Sandaozhuang-Shangfanggou in Luanchuan County and Leimengou in Songxian County of Henan Province, the East Qinling molybdenum belt in the south of the North China Plate possesses such large-superlarge Mo deposits as Nannihu, Sandaozhuang and Shangfanggou. These ore deposits are related to the Yanshanian intermediate-acid intrusive rocks, with the rock-forming and ore-forming ages concentrated on 110 ~ 160 Ma. The Lianhuagou intrusive rocks are located in the East Qinling belt, and their magmatic bodies and petrochemical characteristics are very similar to each other. This paper emphatically studied regional geological settings, and obtained a U-Pb age of  $(147.7 \pm 2.0)$  Ma by means of LA-ICP MS for Lianhuagou intrusive rocks in Luonan County. This age falls into the Mo-bearing range of the East Qinling belt, thus having great geological implications for further regional prospecting.

**Key words** intrusive rocks; U-Pb age; geological implications; Luonan; Lianhuagou

位于华北地台南缘的东秦岭钼矿带是中国重要的大型钼矿分布区之一(黄典豪等, 1985; 李永峰等, 2003, 2005, 2006), 该矿带西起陕西省的金堆城地区, 东至河南省栾川南泥湖—三道庄—上房沟、嵩

县雷门沟地区, 产出了金堆城、南泥湖、三道庄、上房沟等超大型钼矿床和雷门沟等 10 余处大-中型钼(钨)多金属矿床, 钼金属储量约占全国总储量的 52% (伏雄, 2003; 付治国等, 2005)。陕西省洛南县

本文由“十一五”国家科技支撑计划重大项目(编号:2006BAB01A01)、国家自然科学基金项目(编号:40772062)及地质大调查项目(编号:1212010813046)共同资助。

收稿日期:2008-09-20; 改回日期:2008-10-15。责任编辑:刘志强。

第一作者简介:张照伟,男,1976年生,博士研究生,助理研究员,主要从事矿产评价及成矿规律研究工作;通讯地址:710054,陕西省西安市友谊东路438号;电话:029-87821983;E-mail:zhaowei6862@sina.com。

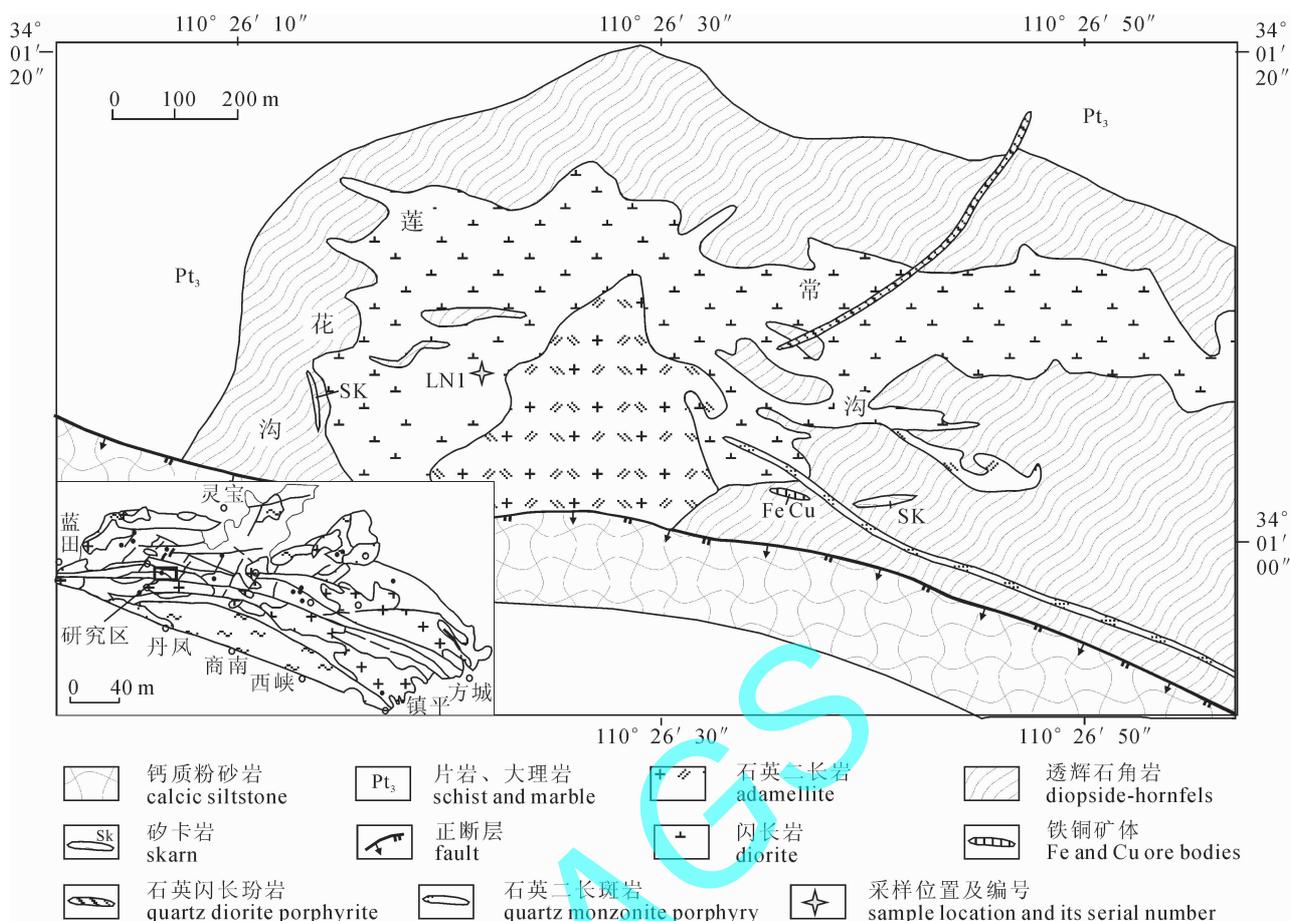


图1 莲花沟钼矿区地质略图

Fig. 1 Sketch geological map of the Lianhuagou Mo deposit

莲花沟岩体恰处于东秦岭钼成矿带上,其侵位特点与岩石化学特征与其他含矿岩体极为相似。该岩体的年龄测定对于指导找矿具有重要意义。

## 1 地质背景及岩体特征

### 1.1 地质背景

东秦岭钼矿带燕山期中酸性小岩体极为发育,它们受EW向和NNE-NE向区域构造的控制,成群、成带地侵入在从基底到盖层的各个层位中。这些燕山期中酸性岩体明显地控制着钼多金属矿床的成矿作用(郭保健等,2006;黄典豪等,1994;李诺等,2007)。

莲花沟地处华北地台南缘陆缘带内,其南部地区以铁炉子—黑沟—栾川断裂为界与北秦岭造山带接触(张国伟等,2001;胡受奚等,1988;李先梓等,1993)。陆缘带南部边缘的陶湾群和栾川群,变质程度低、构造变形强烈具有陆缘和造山带的性质,称“洛南—栾川构造过渡带”。过渡带北部呈宽缓的复式向斜构造,南部造山带变质变形强烈,以断块构

造为特征。

### 1.2 岩体特征

莲花沟岩体主要分布于莲花沟、常沟等地,呈EW向展布,长约2000m,南北宽30~600m,出露面积约0.6km<sup>2</sup>,呈岩株状产出,岩性较杂,侵位于麻地坪—现岔复式背斜南翼之牌楼村背斜南端的陶湾群秋木沟岩组地层中,其南被区域性铁炉子—黑沟—栾川断裂所切,与新近系地层直接接触(图1)。岩体周围蚀变岩、脉岩发育,主要有透辉石、透闪石角岩,方解石化钾长透辉石岩等,蚀变带中Cu、Ag、Pb、Zn、Au等元素较围岩成倍浓集,形成化探异常及矿化体。脉岩主要有石英二长斑岩、煌斑岩等。岩体的产出受秦岭东西构造带所控制,为中-酸性复式岩体。

莲花沟岩体主要由闪长岩单元和石英二长岩单元构成。分布于庵沟、碾子沟一带的闪长岩,呈东西向展布,长约2000m。南北宽约200~500m,出露面积0.4km<sup>2</sup>。岩性较复杂,主要有黑云母正长闪长岩、黑云辉石闪长岩和角砾状黑云母闪长岩,处于庙沟与安沟的之间山脊上的角砾状黑云母闪长岩,

分布于靠近石英二长岩的外接触带闪长岩中,平面上呈椭圆形,面积  $60 \times 70 \text{ m}^2$ ,与围岩接触界线除两侧较清楚外,其他均不清。角砾成分以黑云母正长闪长岩为主,亦含石英二长斑岩、蚀变很强的闪长岩、花岗岩及角岩角砾。普见浸染状黄铁矿化及铜钼矿化。

石英二长岩主要分布于南常沟及庙沟一带,主体部分呈北窄南宽的似三角形,沿 NNE 向展布,南被断层所切,与新近系地层直接接触,面积约  $0.2 \text{ km}^2$ 。另在阎家之东伸出一岩枝呈 SEE 向延伸,与寨子沟及其以东岩体相连。该岩体侵入于闪长岩中,边部多见岩枝及闪长岩捕虏体,西接触界线清楚,接触面凸凹不平,倾向西,倾角  $70^\circ$  左右。岩性以石英二长岩为主,次有石英正长闪长岩、石英正长岩及二长花岗斑岩。在岩体的西接触带蚀变相对较强,以绢云母为主,铜钼矿化较普遍。二长花岗斑岩中岩石多呈浅肉红色,斑状结构,斑晶成分斜长石  $18\% \sim 30\%$ ,正长石  $2\% \sim 5\%$ ,黑云母角闪石  $< 8\%$ ,石英  $< 2\%$ ,大小  $0.3 \text{ mm} \times 0.6 \text{ mm} \sim 1 \text{ mm} \times 3 \text{ mm}$ ,个别  $3 \text{ mm} \times 5 \text{ mm}$ 。基质成分为正长石  $30\% \sim 35\%$ ,石英  $20\% \sim 25\%$ ,斜长石  $2\% \sim 5\%$ 。副矿物为磷灰石、锆石、钛铁矿、磁铁矿、白钛矿、金红石、电气石。具显微花岗斑状结构。粒径  $< 0.12 \text{ mm}$ ,靠近破碎带具破裂结构。

## 2 样品采集及分析方法

### 2.1 样品采集及制备

样品 LN1 采集于陕西省洛南县莲花沟岩体闪长岩单元内,具体位置为:  $110^\circ 26' 20'' \text{ E}$ ,  $34^\circ 01' 06'' \text{ N}$ , H 880 m。采集样品 20 kg,委托陕西省区域地质地质矿产调查研究院挑选锆石,获得的锆石超过 200 粒。最后在双目镜下挑纯,锆石纯度达 99% 以上,无氧化、无污染。将挑选的待测样品锆石颗粒置于环氧树脂制靶,用于阴极发光 (CL) 研究和 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 同位素组成分析 (杨承海等, 2005; 叶会寿等, 2006)。

### 2.2 分析方法

锆石 U-Pb 同位素组成分析在西北大学大陆动力学国家重点实验室激光剥蚀电感耦合等离子体质谱 (LA-ICP-MS) 仪上完成。激光剥蚀系统是配备有 193 nm ArF-excimer 激光器的 Geolas200M (Microlas Gottingen Germany), 激光剥蚀斑束直径为  $30 \mu\text{m}$ , 激光剥蚀样品的深度为  $20 \sim 40 \mu\text{m}$ 。实验中采用 He 作为剥蚀物质的载气,用美国国家标准技术研究院

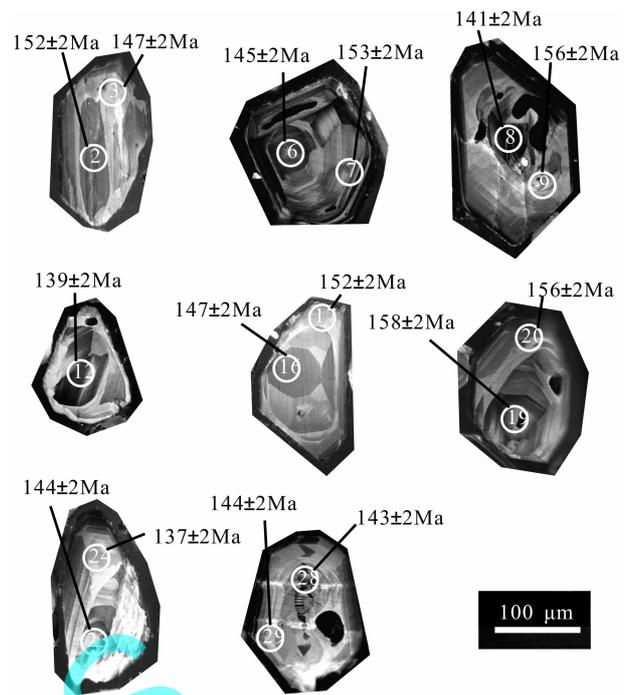


图2 锆石阴极发光图像

Fig. 2 CL photos of zircons (the white circles being positions of laser beam points)

研制的人工合成硅酸盐玻璃标准参考物质 NIST SRM610 进行仪器最佳化,采样方式为单点剥蚀。数据采集选用一个质量峰一点的跳峰方式,每完成 4~5 个待测样品测定,插入测标样 1 次。在所测锆石样品 15~20 个点前后各测 2 次 NIST SRM 610。锆石年龄采用标准锆石 91500 作为外部标准物质。元素含量采用 NIST SRM610 作为外标。由于  $\text{SiO}_2$  在锆石中的含量较恒定,选择  $^{29}\text{Si}$  作为内标来消除激光能量在点分析过程中以及分析点之间的漂移,对于大多数元素单点分析的相对标准偏差为  $5\% \sim 15\%$ 。采用 Glitter (ver4.0, Macquarie University) 程序对锆石的同位素比值及元素含量进行计算。并按照 Andersen Tom 的方法,用 LAM-ICPMS Common Lead Correction (ver3.15) 对其进行了普通铅校正。年龄计算及谐和图采 Isoplot (ver3.0) 完成。LA-ICP-MS 分析的详细方法和流程见 Yuan 等 (2004), U-Th-Pb 含量分析见 Andersen 等 (2002)。

## 3 LA-ICP MS 测年结果

### 3.1 锆石特征

锆石的 CL 图像在西北大学大陆动力学国家重点实验室电子探针仪加载的阴极发光仪上完成。部分阴极发光锆石照片见图2,所挑选的锆石主要为

表1 锆石 U-Pb 定年测试数据和结果

Table 1 LA-ICP-MS data of intrusive rocks in Lianhuagou

点号	$^{238}\text{U}$ / $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$^{232}\text{Th}$ / $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	Th/U	同位素比值						表面年龄									
				$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	1 $\sigma$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	1 $\sigma$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	1 $\sigma$	$\frac{^{208}\text{Pb}}{^{232}\text{Th}}$	1 $\sigma$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	1 $\sigma$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	1 $\sigma$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	1 $\sigma$	$\frac{^{208}\text{Pb}}{^{232}\text{Th}}$	1 $\sigma$
LN1-01	206.5	239.49	1.16	0.0509	0.0014	0.1675	0.0045	0.0239	0.0003	0.0071	0.0001	238	39	157	4	152	2	143	2
LN1-02	310.1	504.25	1.63	0.0580	0.0043	0.1907	0.0139	0.0238	0.0004	0.0074	0.0001	531	169	177	12	152	2	149	1
LN1-03	174.8	211.35	1.21	0.0478	0.0043	0.1518	0.0135	0.0231	0.0003	0.0073	0.0001	90	199	144	12	147	2	147	3
LN1-04	178.5	168.24	0.94	0.0571	0.0032	0.1796	0.0096	0.0228	0.0003	0.0071	0.0001	494	125	168	8	146	2	143	2
LN1-05	119.6	121.84	1.02	0.0467	0.0038	0.1504	0.0121	0.0233	0.0003	0.0074	0.0002	35	181	142	11	149	2	150	3
LN1-06	361.3	523.18	1.45	0.0501	0.0011	0.1571	0.0032	0.0228	0.0003	0.0069	0.0001	199	26	148	3	145	2	141	2
LN1-07	532.6	545.56	1.02	0.0517	0.0009	0.1714	0.0033	0.0241	0.0003	0.0075	0.0001	270	23	161	3	153	2	150	2
LN1-08	384.8	453.33	1.18	0.0494	0.0038	0.1505	0.0113	0.0221	0.0003	0.0069	0.0001	166	174	142	10	141	2	141	2
LN1-09	324.3	322.89	0.99	0.0517	0.0013	0.1748	0.0043	0.0245	0.0003	0.0076	0.0001	271	35	164	4	156	2	153	3
LN1-10	577.4	1117.77	1.94	0.0501	0.0042	0.1656	0.0136	0.0239	0.0003	0.0076	0.0001	200	190	156	12	153	2	152	1
LN1-11	257.6	307.4	1.19	0.0468	0.0037	0.1437	0.0113	0.0223	0.0003	0.0071	0.0001	39	178	136	10	142	2	143	3
LN1-12	341.6	490.28	1.44	0.0509	0.0035	0.1532	0.0102	0.0218	0.0003	0.0069	0.0001	238	157	145	9	139	2	138	1
LN1-13	736.3	1390.57	1.89	0.0489	0.0009	0.1617	0.0032	0.0239	0.0003	0.0075	0.0001	145	25	152	3	153	2	151	2
LN1-14	164.6	195.49	1.19	0.0561	0.0181	0.1849	0.0596	0.0239	0.0006	0.0074	0.0005	456	606	172	51	152	4	150	9
LN1-15	361.2	518.12	1.43	0.0489	0.0039	0.1636	0.0127	0.0243	0.0003	0.0077	0.0001	141	178	154	11	155	2	155	2
LN1-16	259.1	355.39	1.37	0.0498	0.0012	0.1585	0.0038	0.0231	0.0003	0.0073	0.0001	183	33	149	3	147	2	147	2
LN1-17	259.7	285.26	1.09	0.0504	0.0032	0.1653	0.0101	0.0238	0.0003	0.0075	0.0001	214	144	155	9	152	2	151	2
LN1-18	220.1	237.65	1.08	0.0485	0.0029	0.1505	0.0089	0.0225	0.0003	0.0071	0.0001	121	137	142	8	144	2	144	2
LN1-19	133.1	157.89	1.19	0.0461	0.0027	0.1577	0.0088	0.0248	0.0003	0.0082	0.0003		125	149	8	158	2	165	5
LN1-20	176.5	175.52	0.99	0.0507	0.0014	0.1716	0.0048	0.0246	0.0003	0.0081	0.0002	225	41	161	4	156	2	162	3
LN1-21	201.9	243.86	1.21	0.0469	0.0031	0.1536	0.0098	0.0238	0.0003	0.0076	0.0001	44	143	145	9	151	2	152	2
LN1-22	253.4	393.38	1.55	0.0486	0.0019	0.1576	0.0062	0.0235	0.0003	0.0071	0.0002	130	65	149	5	150	2	143	3
LN1-23	304.4	405.42	1.34	0.0507	0.0012	0.1583	0.0038	0.0227	0.0003	0.0072	0.0001	225	33	149	3	144	2	144	3
LN1-24	789.5	794.81	1.01	0.0595	0.0013	0.1766	0.0039	0.0215	0.0003	0.0075	0.0001	587	28	165	3	137	2	149	3
LN1-25	201.8	275.05	1.36	0.0461	0.0026	0.1442	0.0078	0.0227	0.0003	0.0073	0.0001	120	137	7	145	2	148	3	
LN1-26	156.1	162.97	1.04	0.0461	0.0073	0.1486	0.0235	0.0234	0.0004	0.0077	0.0005		282	141	21	149	2	155	10
LN1-27	233.9	240.35	1.03	0.0509	0.0017	0.1604	0.0053	0.0228	0.0003	0.0078	0.0002	240	51	151	5	145	2	156	3
LN1-28	243.1	306.49	1.26	0.0499	0.0057	0.1548	0.0181	0.0225	0.0003	0.0071	0.0001	194	261	146	16	143	2	143	3
LN1-29	178.4	194.11	1.09	0.0461	0.0041	0.1439	0.0128	0.0227	0.0003	0.0073	0.0002		194	137	11	144	2	146	4
LN1-30	220.6	278.27	1.26	0.0481	0.0015	0.1675	0.0045	0.0228	0.0003	0.0077	0.0002	105	49	143	4	145	2	154	3

淡玫瑰色,紫外灯光照射下发黄色光(较强)。绝大部分透明,少量半透明或不透明。颗粒以残缺柱状及碎块状为主,较完整晶形仅有微量。浑圆度以棱角状为主,少部分次棱角状。锆石表面较粗糙,多具坑凹状蚀象和小丘状蚀象,多呈凹凸不平状,少部分颗粒表面局部具蚀痕或细小麻点状蚀象,稍显光滑平整。包裹体较普遍,且个体内部较密集。包体成分主要有细小锆石、黑云母、黄铁矿等。分布杂乱无规律,样品中面平棱直无蚀变晶形较少,仅有微量完整晶形,其粒径一般在 $0.28\text{ mm} \times 0.08\text{ mm} \sim 0.1\text{ mm} \times 0.08\text{ mm}$ 之间,长宽比约为 $1.0: 1.0 \sim 3.5: 1.0$ ,为短柱状聚行晶。偶见个别两端发育不对称的“异极状”晶形和屈膝双晶及相应晶面发育不等的歪晶。

### 3.2 LA-ICP MS 测年结果

样品 LN1 在进行普通铅校正后,变化范围 30 个点的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  表面年龄为 $(137 \pm 2) \sim (158 \pm 2)$  Ma (MSWD = 3.3) (表 1), 加权平均年龄为 $(147.7 \pm 2.0)$  Ma (MSWD = 3.3) (图 3)。Th/U 值介于 $0.94 \sim 1.43$  之间,显示出典型的岩浆锆石特征。

## 4 讨论及结论

东秦岭钼矿带的矿床多为斑岩型、斑岩—矽卡岩型、矽卡岩型和脉状碳酸岩型,总体与岩浆作用关系密切,因此成矿时间与含矿岩体成岩时间基本一致(黄典豪等,1987;卢欣祥等,2002;李进文等,2007)。前人根据成矿带地质特征和积累的同位素年龄数据,认识到钼矿带和相关岩体形成于中生代,特别是燕山期,其构造背景是挤压向伸展的转变期,即晚侏罗世—早白垩世。最近,东秦岭钼矿带的 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄和辉钼矿 Re-Os 年龄快速积累,更精确地给出了成岩成矿时间(徐兆文等,1998,2000)。李诺等(2007)研究认为主要有两组年龄:①三叠纪晚期的成矿年龄,即 220 Ma 左右,目前仅有陕西黄龙铺矿床;②160~110 Ma 范围,即侏罗纪—白垩纪之交或晚侏罗世—早白垩世,是东秦岭地区最为重要的大规模成矿时间,不仅形成了金堆城、三道庄、南泥湖、上房沟、雷门沟、夜长坪、木龙沟、东沟等大型—超大型钼矿床和银家沟、秋树湾

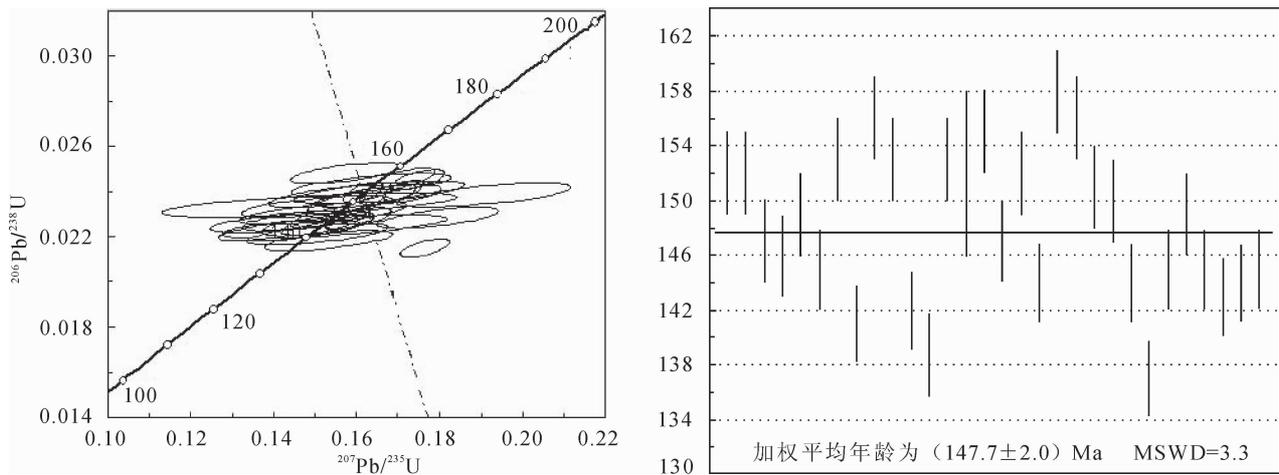


图3 锆石 LA-ICP MS U-Pb 年龄谐和图

Fig. 3 Zircon LA-ICP MS U-Pb concordia diagram

等中小型钼矿床,而且形成了大量热液金、银、铅锌等矿床。

陕西省洛南县莲花沟岩体 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄为  $(147.7 \pm 2.0)$  Ma,处于东秦岭地区大规模成钼时代范围之内。无论是岩体地质特征、侵位特点,还是矿化显示均与东秦岭钼矿带含矿岩体特征吻合,是东秦岭成钼燕山期中酸性小岩体的又一份子。莲花沟岩体是一复式岩体,并且岩体围岩中穿插若干脉岩,或多或少存在矿化蚀变,与该岩体成矿的关系以及复式岩体的演化,莲花沟岩体 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄的测定将给出具体指导意义。同时,该区域内存在多个类似于莲花沟的小岩体,发育不同程度的矿化蚀变,这对于厘定成岩成矿时代,深入研究成矿地质条件,扩大找矿潜力,都具有重要指示作用。因此,莲花沟岩体年龄的确定,对于进一步研究岩体特征与指导该区找矿具有重要地质意义。

### 参考文献

伏雄. 2003. 河南秋树湾铜(钼)矿床成因探讨[J]. 矿产与地质, 17(3): 213~216.

付治国, 吕伟庆, 田修启, 印修章, 张松盛. 2005. 东沟钼矿床地质特征及找矿因素研究[J]. 中国钼业, 29(2): 8~16.

郭保健, 毛景文, 李厚民, 屈文俊, 仇建军, 叶会寿, 李蒙文, 竹学丽. 2006. 秦岭造山带秋树湾铜钼矿床辉钼矿 Re-Os 定年及其地质意义[J]. 岩石学报, 22(9): 2141~2148.

胡受奚, 林潜龙, 陈泽铭, 盛中烈, 黎世美. 1988. 华北与华南古板块拼合带地质和成矿[M]. 南京: 南京大学出版社, 442~489.

黄典豪, 王义昌, 聂风军, 江秀杰. 1985. 一种新的钼矿床类型——陕西黄龙铺碳酸岩脉型钼(铅)矿床地质特征及成矿机制[J]. 地质学报, 59(3): 221~257.

黄典豪, 吴澄宇, 聂风军. 1987. 陕西金堆城斑岩钼矿床地质特征及成因探讨[J]. 矿床地质, 6(3): 22~34.

黄典豪, 吴澄宇, 杜安道, 何红蓼. 1994. 东秦岭地区钼矿床的铼-钨同位素年龄及其意义[J]. 矿床地质, 13(3): 210~220.

李进文, 裴荣富, 张德全, 梅燕雄, 臧文拴, 孟贵祥, 曾普胜, 李铁军, 狄永军. 2007. 铜陵矿集区燕山期中酸性侵入岩地球化学特征及其地质意义[J]. 地球学报, 28(11): 11~22.

李诺, 陈衍景, 张辉, 赵太平, 邓小华, 王运, 倪智勇. 2007. 东秦岭斑岩钼矿带的地质特征和成矿构造背景[J]. 地学前缘, 14(2): 186~198.

李先梓, 严阵, 卢欣祥. 1993. 秦岭—大别山花岗岩[M]. 北京: 地质出版社, 10~27.

李永峰, 毛景文, 白凤军, 李俊平, 和志军. 2003. 东秦岭南泥湖钼(钨)矿田 Re-Os 同位素年龄及其地质意义[J]. 地质论评, 49(6): 652~659.

李永峰, 毛景文, 胡华斌, 郭保健, 白凤军. 2005. 东秦岭钼矿类型、特征、成矿时代及其地球动力学背景[J]. 矿床地质, 22(3): 292~304.

李永峰, 毛景文, 刘敦一, 王彦斌, 王志良, 王义天, 李晓峰, 张作衡, 郭保健. 2006. 豫西雷门沟斑岩钼矿 SHRIMP 锆石 U-Pb 和辉钼矿 Re-Os 测年及其地质意义[J]. 地质论评, 52(1): 122~131.

卢欣祥, 于在平, 冯有利, 王义天, 马维峰, 崔海峰. 2002. 东秦岭深源浅成型花岗岩的成矿作用及地质构造背景[J]. 矿床地质, 20(2): 168~178.

徐兆文, 杨荣勇, 陆现彩, 任启江. 1998. 金堆城斑岩钼矿床地质地球化学特征及成因[J]. 地质找矿论丛, 13(4): 18~27.

徐兆文, 陆现彩, 杨荣勇, 解晓军, 任启江. 2000. 河南省栾川县上房斑岩钼矿床地质地球化学特征及成因[J]. 地质与勘探, 36(1): 14~16.

杨承海, 许文良, 杨德彬, 刘长春, 柳小明, 胡兆初. 2005. 鲁西济南辉长岩的形成时代: 锆石 LA-ICP-MS U-Pb 定年证据[J]. 地球学报, 26(4): 321~325.

叶会寿, 毛景文, 李永峰, 郭保健, 张长青, 刘璐, 闫全人, 刘国印. 2006. 东秦岭东沟超大型斑岩钼矿 SHRIMP 锆石 U-Pb 和辉钼

矿 Re-Os 年龄及其地质意义[J]. 地质学报, 80(7): 1078 ~ 1088.

张国伟, 张本仁, 袁学诚, 肖庆辉. 2001. 秦岭造山带与大陆动力学[M]. 北京: 科学出版社, 1 ~ 855.

## References

- ANDERSEN T. 2002. Correlation of common lead in U-Pb analyses that do not report  $^{204}\text{Pb}$ [J]. *Chem Geol.*, 192: 59 ~ 79.
- FU Xiong. 2003. Genesis of Qiushewan copper (molybdenum) deposit of Henan Province[J]. *Mineral Resource and Geology*, 17(3): 213 ~ 216(in Chinese with English abstract).
- FU Zhiguo, Lü Weiqing, TIAN Xiuqi, YIN Xiuzhang, ZHANG Songsheng. 2005. Study on geology characteristics and prospecting factors of Donggou Mo deposit[J]. *China Molybdenum Industry*, 29(2): 8 ~ 16(in Chinese with English abstract).
- GUO Baojian, MAO Jinwen, LI Houmin, QU Wenjun, CHOU Jianjun, YE Huishou, LI Mengwen, ZHU Xueli. 2006 Re-Os dating of the molybdenite from the Qiushewan Cu-Mo deposit in the east Qinling and its geological significance[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 22(9): 2141 ~ 2148(in Chinese with English abstract).
- HUANG Dianhao, WANG Yichang, NIE Fengjun, JIANG Xiujie. 1985. A new type of molybdenum deposit-geological characteristics and metallogenic mechanism of the Huanglongpu carbonatite vein-type of molybdenum (lead) deposit, Shaanxi[J]. *Acta Geologica Sinica*, 59(3): 221 ~ 257 (in Chinese with English abstract).
- HUANG Dianhao, WU Chengyu, NIE Fengjun. 1987. Geological features and origin of the Jinduicheng porphyry molybdenum deposit, Shaanxi province[J]. *Mineral Deposits*, 6(3): 22 ~ 34 (in Chinese with English abstract).
- HUANG Dianhao, WU Chengyu, DU Andao, HE Hongliao. 1994. Re-Os isotopic ages of molybdenum deposits in east Qinling and their significance[J]. *Mineral Deposits*, 13(3): 210 ~ 220 (in Chinese with English abstract).
- HU Shouxi, LIN Qianlong, CHEN Zeming, SHENG Zhonglie, LI Shimei. 1988. The Geology and Metallogeny of the Amalgamation Zone between Ancient North China Plate and South China Plate (taking Qinling-Tongbai as an Example)[M]. Nanjing: Nanjing University Press, 442 ~ 489(in Chinese with English abstract).
- LI Nuo, CHEN Yanjing, ZHANG Hui, ZHAO Taiping, DENG Xiaohua, WANG Yun, NI Zhiyong. 2007. Geological characteristics of Molybdenum deposits in East Qinling and their tectonic settings[J]. *Earth Science Frontiers*, 14(5): 186 ~ 198(in Chinese with English abstract).
- LI Jinwen, PEI Rongfu, ZHANG Dequan, MEI Yanxiong, ZANG Wenshuan, MENG Guixiang, ZENG Pusheng, LI Tiejun, DI Yongjun. 2007. Geochemical characteristics of the Yanshanian intermediate-acid intrusive rocks in the Tongling mineral ization concentration area, Anhui Province, and their geological implications[J]. *Acta Geologica Sinica*, 28(1): 11 ~ 22 (in Chinese with English abstract).
- LI Xianzi, YAN Zhen, LU Xinxiang. 1993. Granitoids of Mt. Qinling-Dabieshan[M]. Beijing: Geological Publishing House, 10 ~ 27 (in Chinese with English abstract).
- LI Yongfeng, MAO Jingwen, BAI Fengjun, LI Junping, HE Zhiping. 2003. Re-Os isotopic dating of molybdenites in the Nannihu molybdenum(tungsten)ore field in the Eastern Qinling and its geological significance[J]. *Geological Review*, 49(6): 652 ~ 659 (in Chinese with English abstract).
- LI Yongfeng, MAO Jingwen, HU Huabin, GUO Baojian, BAI Fengjun. 2005. Geology, distribution, types and tectonic settings of Mesozoic molybdenum deposits in East Qinling area[J]. *Mineral Deposits*, 4(3): 292 ~ 304(in Chinese with English abstract).
- LI Yongfeng, MAO Jjingwen, LIU Dunyi, WANG Yanbin, WANG Zhiliang, WANG Yitian, LI Xiaofeng, ZHANG Zuoheng, GUO Baojian. 2006. SHRIMP zircon U-Pb and molybdenite Re-Os datings for the Leimengou porphyry molybdenum deposit, Western Henan and its geological implication[J]. *Geological Review*, 52(1): 122 ~ 131 (in Chinese with English abstract).
- LU Xinxiang, YU Zaiping, FENG Youli, WANG Yitian, MA Weifeng, CUI Haifeng. 2002. Mineralization and tectonic setting of deep-hypabyssal granites in East Qinling Mountain[J]. *Mineral Deposits*, 20(2): 168 ~ 178(in Chinese with English abstract).
- XU Zhaowen, YANG Rongyong, LU Xiancai, REN Qijiang. 1998. Geological-geochemical characteristics and genesis of the Jinduicheng porphyry molybdenum deposit, Shanxi Province[J]. *Contributions to Geology and Mineral Resources Research*, 13(4): 18 ~ 27 (in Chinese with English abstract).
- XU Zhaowen, LU Xiancai, YANG Rongyong, XIE Xiaojun, REN Qijiang. 2000. Geochemistry and mtallogenesis of the Shangfang porphyry molybdenum deposit in Luanchuan, Henan[J]. *Geology and Prospecting*, 36(1): 14 ~ 16(in Chinese with English abstract).
- YANG Chenghai, XU Wenliang, YANG Debin, LIU Changchun, LIU Xiaoming, HU Zhaochu. 2005. Chronology of the Jinan gabbro in Western Shandong: evidence from LA-ICP-MS zircon U-Pb dating[J]. *Acta Geoscientica Sinica*, 26(4): 321 ~ 325 (in Chinese with English abstract).
- YE Huishou, MAO Jingwen, LI Yongfeng, GUO Baojian, ZHANG Changqing, LIU Jun, YAN Quanren, LIU Guoyin. 2006. SHRIMP Zircon U-Pb andmolybdenite Re-Os dating for the super-large Donggou porphyry Mo deposit in East Qinling, China, and its geological implication[J]. *Acta Geologica Sinica*, 80(7): 1078 ~ 1088(in Chinese with English abstract).
- YUAN Honglin, GAO Shan, LIU Xiaoming, LI Huiming, DETLEF Guenther, WU Fuyuan. 2004. Accurate U-Pb age and trace element determinations of zircon by laser ablation-inductively coupled plasma mass spectrometry[J]. *Geoanal Geostand Newslett*, 28(3): 353 ~ 370.
- ZHANG Guowei, ZHANG Benren, YUAN Xuecheng, XIAO Qinghui. 2001. Qinling Orogenic Belt and Continental Dynamics[M]. Beijing: Science Press, 1 ~ 855(in Chinese with English abstract).