

文章编号:1009-3850(2019)04-0079-11

## 皖东苏家湾地区三里陈岩体 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年代学研究

雷丁尔<sup>1</sup>, 张赞赞<sup>1</sup>, 蔡晓兵<sup>1</sup>, 夏立元<sup>1</sup>, 王松<sup>2</sup>

(1. 安徽省地质调查院(安徽省地质科学研究所), 安徽 合肥 230001; 2. 合肥工业大学图书馆, 安徽 合肥 230001)

**摘要:**三里陈岩体位于长江中下游成矿带滁县-庐江铜金成矿亚带中部,岩性主要为闪长岩和花岗闪长斑岩,LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年测得闪长岩年龄为  $126.9 \pm 1.8$  Ma,花岗闪长斑岩锆石 U-Pb 年龄为  $126.0 \pm 1.0$  Ma,两者均为早白垩世岩浆活动的产物。闪长岩中存在的大量继承锆石的年龄分布在 2.5~1.9 Ga 之间,峰值为 2.0 Ga,暗示其岩浆源区主要为华南板块,可能混有华北板块源区的物质。结合滁县-庐江铜金成矿亚带成岩时代及矿化特征,发现三里陈岩体与铜金矿床(点)成矿岩体的形成时代相近,岩性一致,与围岩接触带发育的蚀变和矿化特征相似,认为这些侵入岩体均为同一构造-岩浆-成矿事件的产物,三里陈岩体及其外围地区具有寻找一定规模矽卡岩型铜金矿床的潜力。

**关键词:**闪长岩;LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年;皖东苏家湾地区;三里陈岩体

**中图分类号:**P588.12

**文献标识码:**A

### 引言

皖东滁州-巢县地区属于扬子地块东部,东邻郟庐断裂带及张八岭隆起带,西邻滁河断裂,区内发育一系列大体平行于断裂带展布方向的燕山期中酸性火山岩和侵入岩,并伴随有铜、金矿床发育。前人对区内典型的矽卡岩型矿床琅琊山铜金矿床的成矿岩体成因、成矿时代、成矿规律及深部资源预测<sup>[1-7]</sup>等方面开展了较为详尽的研究工作,并取得了重要成果。近年来,安徽地勘单位在巢县苏家湾地区找矿勘查工作中发现,在三里陈岩体与震旦系碳酸盐岩地层接触带发育强烈的矽卡岩化蚀变

和铜矿化,具有与琅琊山矿床极其形似的成矿地质条件及矿化特征。胡云琴<sup>[8]</sup>从野外侵入关系、岩石矿物组成及岩浆演化等方面,根据侵位时序,将三里陈超单元从早到晚依次划分为山里张闪长玢岩、十八踏闪长岩和山里许花岗闪长斑岩 3 个单元,但并未给出不同期次侵入岩的同位素年龄数据进行约束。资锋等<sup>[9]</sup>利用黑云母<sup>40</sup>Ar-<sup>39</sup>Ar 定年方法,仅获得三里陈石英闪长玢岩的形成时代为  $130.07 \pm 0.48$  Ma。因黑云母较低的封闭温度以及氩的过剩和丢失等因素的制约,这一成岩年龄数据也存在一定的不确定性。所以,精确测定三里陈岩体不同期次侵入岩的成岩时代和与区域铜金矿床成矿岩

**收稿日期:**2019-08-07; **改回日期:**2019-09-09

**作者简介:**雷丁尔(1986-),男,工程师,从事固体矿产资源勘查工作。E-mail:lerdinger@163.com

**通讯作者:**张赞赞(1986-),男,工程师,从事矿产勘查及成矿规律研究工作。E-mail:zanzanzhang1986@163.com

**资助项目:**中国地质调查局南京地质调查中心项目《安徽滁县-江苏盱眙找矿远景区 1:5 万地质矿产综合调查》(编号: [2016]041-D32)

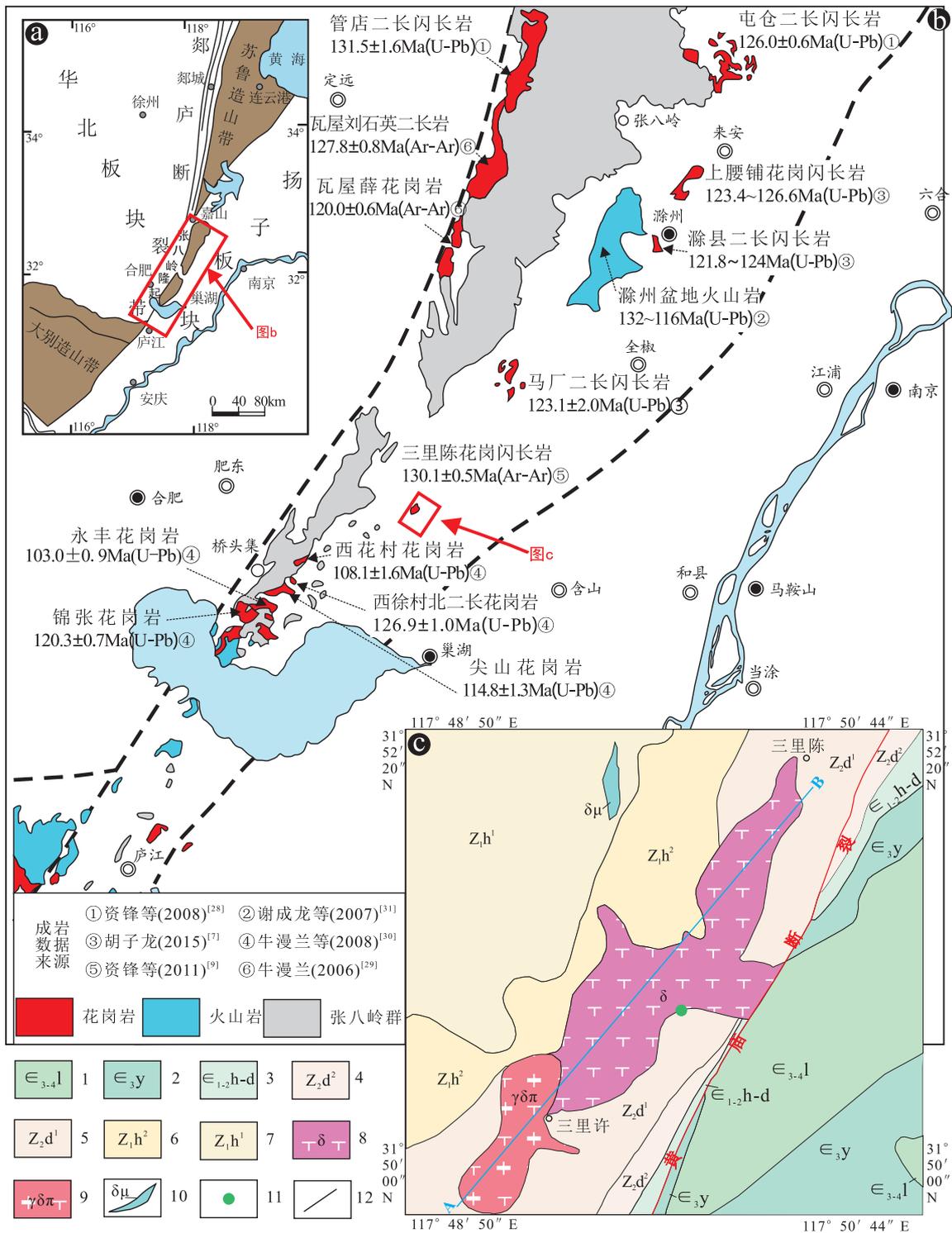


图 1 张八岭隆起区简图(a)、滁州-庐江地质简图(b)及三里陈岩体地质图(c)

图 c 图例:1. 寒武第三~四世琅琊山组;2. 寒武第三世杨柳宫组;3. 寒武第一~二世荷塘-大成岭组;4. 晚震旦世灯影组上段;5. 晚震旦世灯影组下段;6. 早震旦世黄墟组上段;7. 早震旦世黄墟组下段;8. 闪长岩;9. 花岗闪长斑岩;10. 闪长玢岩;11. 铜金矿点;12. 地质界线

Fig. 1 Tectonic setting of the Zhangbaling uplift (a), simplified geological maps of the Chuzhou-Lujiang area (b) and Sanlichen intrusion in the Sujiawan area (c)

体的对比工作亟待开展。本文在详细的野外地质调查和室内鉴定的基础上,利用 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年方法,获得了三里陈岩体不同阶段侵入岩精确的成岩年龄数据,完善了区域岩浆作用格架,并通过继承锆石初步探讨了岩浆源区,为本区进一步开展铜金矿找矿勘查提供理论依据。

## 1 区域地质及岩体特征

苏家湾地区位于巢县东北侧,大地构造位置属下扬子前陆褶冲带,郟庐断裂及张八岭隆起带东侧,与滁河断裂带毗邻(图 1a、b),处于长江中下游铜金硫铁多金属成矿带滁县-庐江铜金成矿亚带中部。

区内出露的地层从早到晚依次为早震旦世黄墟组、晚震旦世灯影组、寒武第一-二世荷塘-大成岭组、寒武第三世杨柳岗组、寒武第三-四世琅琊山组,出露地层呈北东走向分布在黄庙断裂两侧。其中,北西侧为震旦系地层,主要岩性为千枚

岩、白云质灰岩、微晶灰岩等,为一套浅海盆地相-台地相沉积组合;南东侧为寒武系地层,主要岩性为硅质泥岩、微晶灰岩、钙质泥岩等,为一套陆棚相-台地相沉积组合。区内主要的断裂构造为黄庙断裂,呈北东走向纵贯全区,控制了区内岩浆岩的分布(图 1c)。

三里陈岩体位于皖东巢湖苏家湾东南三里陈一带,黄山背向斜带西部,黄庙断裂西侧。与区域构造线方向一致,岩体总体呈北东向展布,出露面积约  $1.65\text{km}^2$ ,平面上呈不规则带状(图 1c)。岩体侵位于震旦系和寒武系地层中,内接触带中有大量围岩捕虏体,其边缘具冷凝边,外接触带可见烘烤现象和发育明显的接触热变质作用,包括矽卡岩化、大理岩化、角岩化等热液蚀变。岩体与围岩接触带发育铜、金矿化。根据侵入接触关系(图 2)及岩石组构特征等,三里陈岩体可分为两个岩相,即东北侧早期的闪长(玢)岩岩相和西南侧晚期的花岗闪长岩岩相,两者岩石学特征如下:

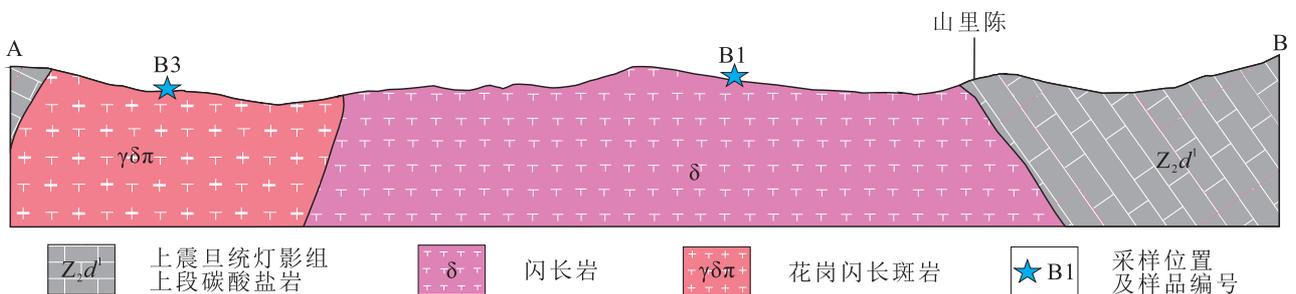


图 2 三里陈岩体侵位接触关系剖面图

Fig. 2 Cross section showing the emplacement and contacts of the Sanlichen intrusion in the Sujiawan area

闪长岩新鲜面呈深灰黑色,半自形-自形晶结构,块状构造(图 3a)。岩石主要由斜长石、角闪石及少量黑云母和副矿物锆石、磁铁矿、磷灰石等组成,其中,斜长石含量约 50%~60%,自形-半自形晶,大者可达 4mm,以斑晶形式出现,含量很少,多数粒度在 1~2mm 之间,部分具有环带特征;角闪石含量约 20%~30%,以长条状、粒状为主,次为六边形,大小为 0.2~1.5mm,角闪石式解理明显,双晶发育(图 3b、c),部分角闪石中包裹体斜长石晶体,极少量发育弱黑云母化,从手标本上看,角闪石无定向分布特征。

花岗闪长斑岩新鲜面呈灰白色,斑状结构,块状构造(图 3d)。斑晶主要以石英、斜长石和角闪石为主,其中石英斑晶含量为 5%~10%,呈半自形粒状,大小为 0.5~1.0mm;斜长石斑晶含量为 15%~25%,呈自形-半自形板状,大小一般为 1.0~2.0mm,可见环带斜长石,多数发育聚片双晶(图 3e);角闪石斑晶含量为 15%~25%,以长条状为主,次为粒状和六边形状,大小为 0.2~1.5mm,角闪石式解理明显,双晶发育。基质的成分同斑晶成分,含有少量黑云母及副矿物等,呈微细粒-隐晶质结构(图 3f)。

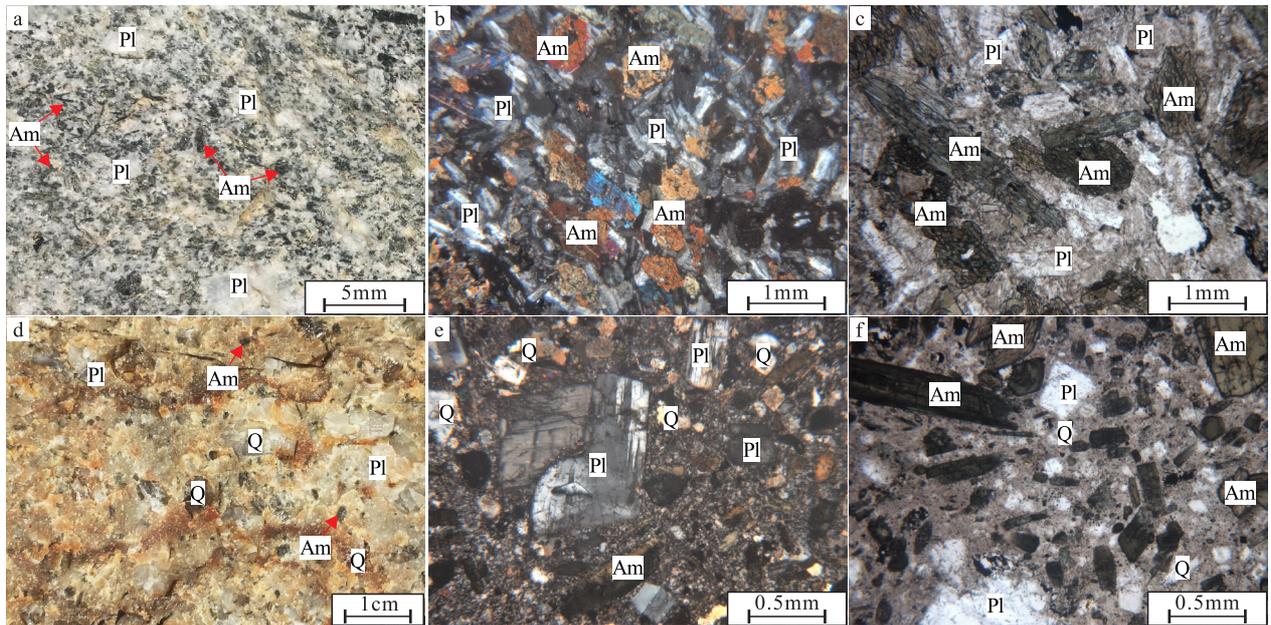


图3 山里陈岩体岩石学特征

a. 闪长岩手标本; b. 闪长岩显微照片(正交偏光), 主要矿物组成为斜长石和角闪石, 角闪石式解理发育, 双晶明显; c. 闪长岩显微照片(单偏光), 偶见角闪石发育弱黑云母化; d. 花岗闪长斑岩手标本; e. 花岗闪长斑岩显微照片(正交偏光), 可见中性环带斜长石; f. 花岗闪长斑岩显微照片(单偏光)。Am. 角闪石; Pl. 斜长石; Q. 石英

Fig. 3 Sample pictures (a and d) and photomicrographs (b, c, e and f) of the diorites and granodiorites from the Sanlichen intrusion in the Sujiawan area

## 2 样品制备及分析方法

本次工作采集闪长岩(B1)和花岗闪长斑岩(B3)样品各一件,均来自新鲜露头。样品中单颗粒锆石的挑选由廊坊市尚艺岩矿检测技术有限公司完成。按照标准重矿物分离技术方法将样品粉碎至 $300\mu\text{m}$ 左右,经淘洗、重选富集,再经磁选和密度分选后,在双目镜下选出晶形完好、透明度和色泽度较好的锆石颗粒。

锆石制靶、阴极发光图像(CL)采集以及LA-ICP-MS锆石U-Pb定年测试分析在南京宏创地质勘查技术服务有限公司内完成。用环氧树脂将其粘贴于样品靶上,进行打磨和抛光,使锆石露出新鲜截面。在阴极发光下,对抛光好的锆石样品靶进行内部结构照相,以此作为锆石原位U-Pb同位素分析时选择测量点的依据。

锆石原位U-Pb同位素年龄分析在LA-ICP-MS仪器上用标准测定程序进行。分析仪器为Agilent 7700x型四级杆质谱仪和Photon Machines Excite型激光剥蚀系统,激光器为193nm ArF准分子激光器。激光剥蚀斑束直径为 $35\mu\text{m}$ ,激光剥蚀样品深度为

$20\sim 40\mu\text{m}$ ,锆石年龄计算采用标准锆石91500作为外标,校正仪器质量歧视与元素分馏;以标准锆石GJ-1为盲样,检验U-Pb定年数据质量;元素含量采用美国国家标准物质局人工合成硅酸盐玻璃NIST SRM 610为外标,以Si为内标进行校正。原始的测试数据经过ICPMSDataCal软件离线处理完成,采用Isoplot4.15版软件对测试数据进行普通铅校正、年龄加权平均值计算及U-Pb年龄谐和图绘制。

## 3 锆石U-Pb同位素年龄

闪长岩(B1):待测锆石呈无色-淡黄色,结晶程度较好,晶形以半自形-自形柱状为主,次为不规则粒状,长约 $100\sim 200\mu\text{m}$ ,宽约 $30\sim 150\mu\text{m}$ 。阴极发光(CL)图像中(图4),自形程度高的柱状锆石内部结构清晰,具有特征的单期生长的岩浆振荡环带,无继承锆石形成的核幔结构,无后期形成的变质壳,为岩浆结晶形成。样品6个有效测定中,Th含量变化范围为 $17.10\times 10^{-6}\sim 162.47\times 10^{-6}$ ,U含量介于 $66.34\times 10^{-6}\sim 280.33\times 10^{-6}$ ,Th/U比值为 $0.15\sim 0.88$ ,均大于0.1,表明这些锆石是岩浆成因锆石,其测年结果可代表岩浆冷凝固晶及岩体侵位

的时代。自形程度一般的粒状锆石具有明显的核边结构,属于继承锆石,其中核部锆石部分发育岩浆震荡环带,为岩浆核,部分无震荡环带且明暗不均一,可能为变质核,核部锆石的边部具有明显的溶蚀现象;边部锆石较窄,阴极发光图像较暗,无明显岩浆震荡环带。定年结果显示,所有测点均分布在 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ - $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ 谐和图中谐和曲线上(图5a),除21号点外,所有的测点谐和度均在96%以上。其中继承锆石16个有效测点的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 表面年龄变化范围为1976~2524 Ma,加权平均值为 $2008 \pm 14\text{Ma}$  ( $1\sigma$ , MSWD = 0.058,  $n = 13$ ) (图5b);年轻锆石的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 表面年龄加权平均值为 $126.9 \pm 1.8\text{Ma}$  ( $1\sigma$ , MSWD = 0.35,  $n = 6$ ) (图5c)。

花岗闪长斑岩(B3):待测样品中锆石颗粒呈无色-淡黄色,结晶较好,均为自形柱状晶体,长约100~250 $\mu\text{m}$ ,宽约30~100 $\mu\text{m}$ 。从CL图像(图4)中可以看出,锆石内部结构清晰,具有特征的单期生长的振荡环带,无继承锆石形成的核幔结构,无后期形成的变质壳,表明这些锆石由岩浆结晶形成,其测年结果可代表岩浆冷凝固晶及岩体侵位的时代。定年结果显示,13个有效测点均分布在

$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ - $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ 谐和图中谐和曲线附近,谐和度均在97%以上,表明U-Pb体系封闭,未受后期热液事件干扰。花岗闪长斑岩的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 表面年龄加权平均值为 $126.0 \pm 1.0\text{Ma}$  ( $1\sigma$ , MSWD = 0.18,  $n = 13$ ) (图5d)。

## 4 讨论

### 4.1 岩浆活动时限及源区属性

本文通过LA-ICP-MS锆石U-Pb定年技术精确测定了巢县苏家湾地区三里陈岩体闪长岩和花岗闪长斑岩的成岩时代。测年结果显示,闪长岩 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 表面年龄加权平均值为 $126.9 \pm 1.8\text{Ma}$ ,花岗闪长斑岩 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 表面年龄加权平均值为 $126.0 \pm 1.0\text{Ma}$ ,其中,闪长岩的侵位时代稍早于花岗闪长斑岩,这也与花岗闪长斑岩侵位于闪长岩的野外地质事实相符,两者均为早白垩世岩浆活动的产物。

锆石作为岩浆岩常见的副矿物,其具有较高的结晶温度和极高的稳定性,在地壳演化过程中能够很好地保存下来<sup>[10]</sup>。由于锆石在非碱性花岗质岩浆中较低的溶解度<sup>[11]</sup>及锆石在水不饱和花岗质岩

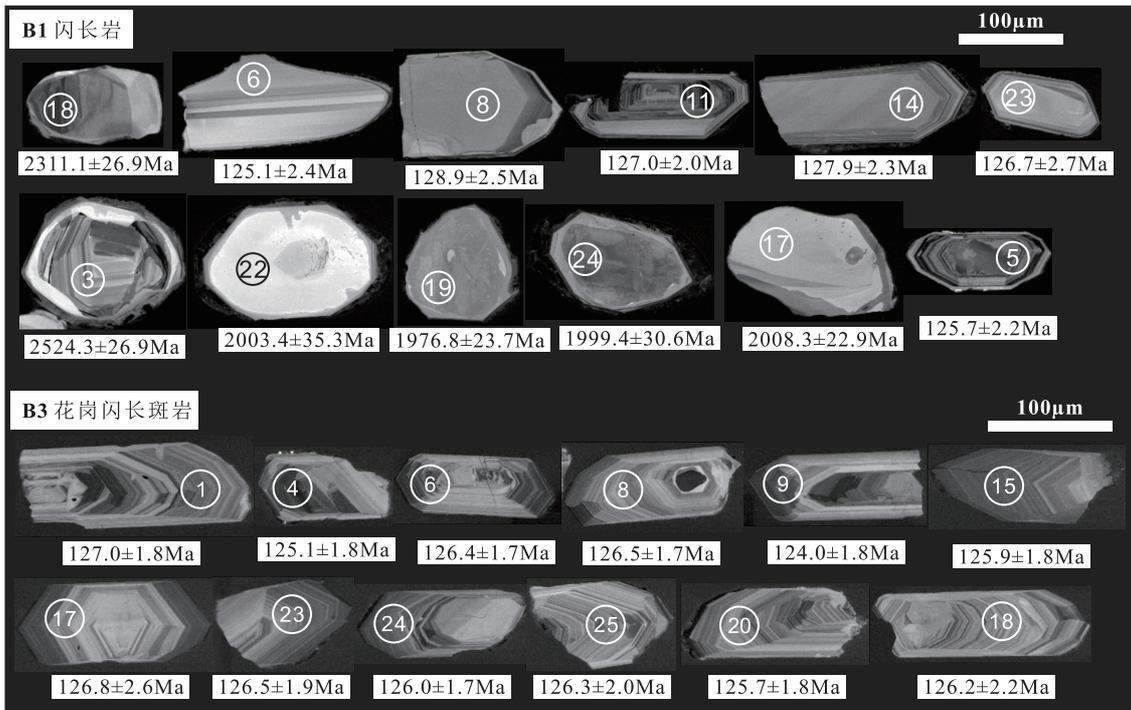


图4 苏家湾三里陈侵入岩部分锆石 CL 阴极发光图像及测试位置

Fig. 4 CL images of the representative zircons from the Sanlichen intrusion in the Sujiawan area

表1 苏家湾地区三里陈侵入岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄分析结果

Table 1 LA-ICP-MS zircon U-Pb dating data for the Sanlichen intrusion in the Sujiawan area

Spot No.	Contents(ppm)			Th/U	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$		$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$		$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$		$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$		$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	
	Pb	Th	U		Ratio	1 $\sigma$	Ratio	1 $\sigma$	Ratio	1 $\sigma$	Age(Ma)	1 $\sigma$	Age(Ma)	1 $\sigma$
闪长岩(B1)														
B1-05	6.14	133.60	257.50	0.52	0.050076	0.001873	0.133662	0.005054	0.019683	0.000341	127.4	4.5	125.7	2.2
B1-06	1.74	51.73	66.34	0.78	0.051221	0.004554	0.130960	0.010050	0.019594	0.000386	125.0	9.0	125.1	2.4
B1-08	2.64	17.10	114.63	0.15	0.050195	0.002932	0.137130	0.007793	0.020200	0.000388	130.5	7.0	128.9	2.5
B1-11	6.97	162.47	280.33	0.58	0.049468	0.001705	0.134444	0.004717	0.019893	0.000321	128.1	4.2	127.0	2.0
B1-14	3.79	118.97	142.53	0.83	0.049210	0.002864	0.132911	0.007163	0.020046	0.000361	126.7	6.4	127.9	2.3
B1-23	2.05	67.73	77.33	0.88	0.049471	0.003796	0.131460	0.009658	0.019850	0.000421	125.4	8.7	126.7	2.7
B1-03	92.25	72.35	148.60	0.49	0.162724	0.001944	10.768053	0.165261	0.479324	0.006161	2503.3	14.4	2524.3	26.9
B1-17	49.27	93.13	97.68	0.95	0.121182	0.001844	6.113616	0.108741	0.365525	0.004840	1992.2	15.6	2008.3	22.9
B1-18	149.79	204.61	261.06	0.78	0.149068	0.001866	8.892935	0.154076	0.431188	0.005959	2327.1	15.9	2311.1	26.9
B1-19	57.96	276.32	77.56	3.56	0.117586	0.001950	5.823462	0.112916	0.358859	0.004988	1949.9	16.9	1976.8	23.7
B1-22	15.31	36.83	28.37	1.30	0.123888	0.003174	6.202969	0.171388	0.364483	0.007467	2004.9	24.2	2003.4	35.3
B1-24	19.96	55.55	35.39	1.57	0.124547	0.002790	6.236276	0.153603	0.363635	0.006478	2009.6	21.6	1999.4	30.6
花岗闪长斑岩(B3)														
B3-01	11.00	32.67	527.58	0.06	0.049094	0.001387	0.134642	0.003709	0.019896	0.000284	128.3	3.3	127.0	1.8
B3-03	8.65	27.72	413.43	0.07	0.049855	0.001527	0.135472	0.004190	0.019816	0.000309	129.0	3.7	126.5	2.0
B3-04	28.56	99.44	1370.61	0.07	0.049045	0.001282	0.131961	0.003293	0.019597	0.000288	125.9	3.0	125.1	1.8
B3-06	10.31	47.36	486.02	0.10	0.047571	0.001474	0.129890	0.004168	0.019796	0.000275	124.0	3.7	126.4	1.7
B3-08	8.45	26.51	396.59	0.07	0.048323	0.001687	0.132165	0.004613	0.019817	0.000271	126.0	4.1	126.5	1.7
B3-09	11.73	59.10	556.87	0.11	0.048477	0.001746	0.129278	0.003801	0.019422	0.000286	123.4	3.4	124.0	1.8
B3-15	13.02	47.88	617.60	0.08	0.047806	0.001370	0.129433	0.003786	0.019723	0.000290	123.6	3.4	125.9	1.8
B3-17	2.62	6.98	123.59	0.06	0.049337	0.003428	0.130160	0.008063	0.019861	0.000407	124.2	7.2	126.8	2.6
B3-18	4.67	16.77	218.03	0.08	0.049411	0.002290	0.132792	0.005727	0.019762	0.000341	126.6	5.1	126.2	2.2
B3-20	8.86	36.08	411.41	0.09	0.049846	0.001527	0.134034	0.003901	0.019692	0.000283	127.7	3.5	125.7	1.8
B3-23	5.68	12.70	269.16	0.05	0.047960	0.002169	0.131073	0.005261	0.019825	0.000307	125.1	4.7	126.5	1.9
B3-24	13.63	58.97	634.68	0.09	0.048027	0.001675	0.130736	0.003804	0.019732	0.000269	124.8	3.4	126.0	1.7
B3-25	7.47	30.24	347.66	0.09	0.048694	0.001639	0.132413	0.004431	0.019793	0.000322	126.3	4.0	126.3	2.0

测试单位:南京宏创地质勘查技术服务有限公司 LA-ICP-MS 实验室。

浆中溶解度速率缓慢<sup>[12]</sup>,因此花岗岩中继承锆石较为常见,继承锆石的 U-Pb 年龄信息对于识别花岗岩的源区物质来源具有非常重要的意义<sup>[13]</sup>。华北板块具有较老的地壳生长和再造历史,出露太古宙地壳岩石,最古老的锆石年龄为 3.8Ga<sup>[14]</sup>,并具有 ~3.2Ga、~2.5Ga、~1.8Ga 等主要时间段的锆石年龄,以 ~2.5Ga 年龄阶段为主,缺少新元古代锆石年龄信息<sup>[15-17]</sup>。一直以来,认为华南板块以新元古代锆石年龄为主<sup>[18-21]</sup>,但近年来,陆续报道了太古宙-古元古代锆石年龄,表明华南板块也具有太古宙基底,并经历了古元古代(~2.0Ga)地壳生长

事件<sup>[20,22-26]</sup>。

三里陈岩体含有大量的继承锆石,继承锆石 U-Pb 年龄范围为 1.9~2.5Ga,主要集中在 2.0Ga(图 6),对应了华南板块元古代(~2.0Ga)锆石年龄峰值,也存在华北板块~2.5Ga 锆石年龄信息,表明三里陈岩体的岩浆源区主要来自华南板块,可能混有华北板块源区的物质。谢成龙等<sup>[27]</sup>对巢湖-庐江地区火山岩中继承锆石年龄的研究,也认为该区火山岩岩浆来源于华南板块,并可能因后期走滑事件而卷入有华北源区的物质。

#### 4.2 区域对比

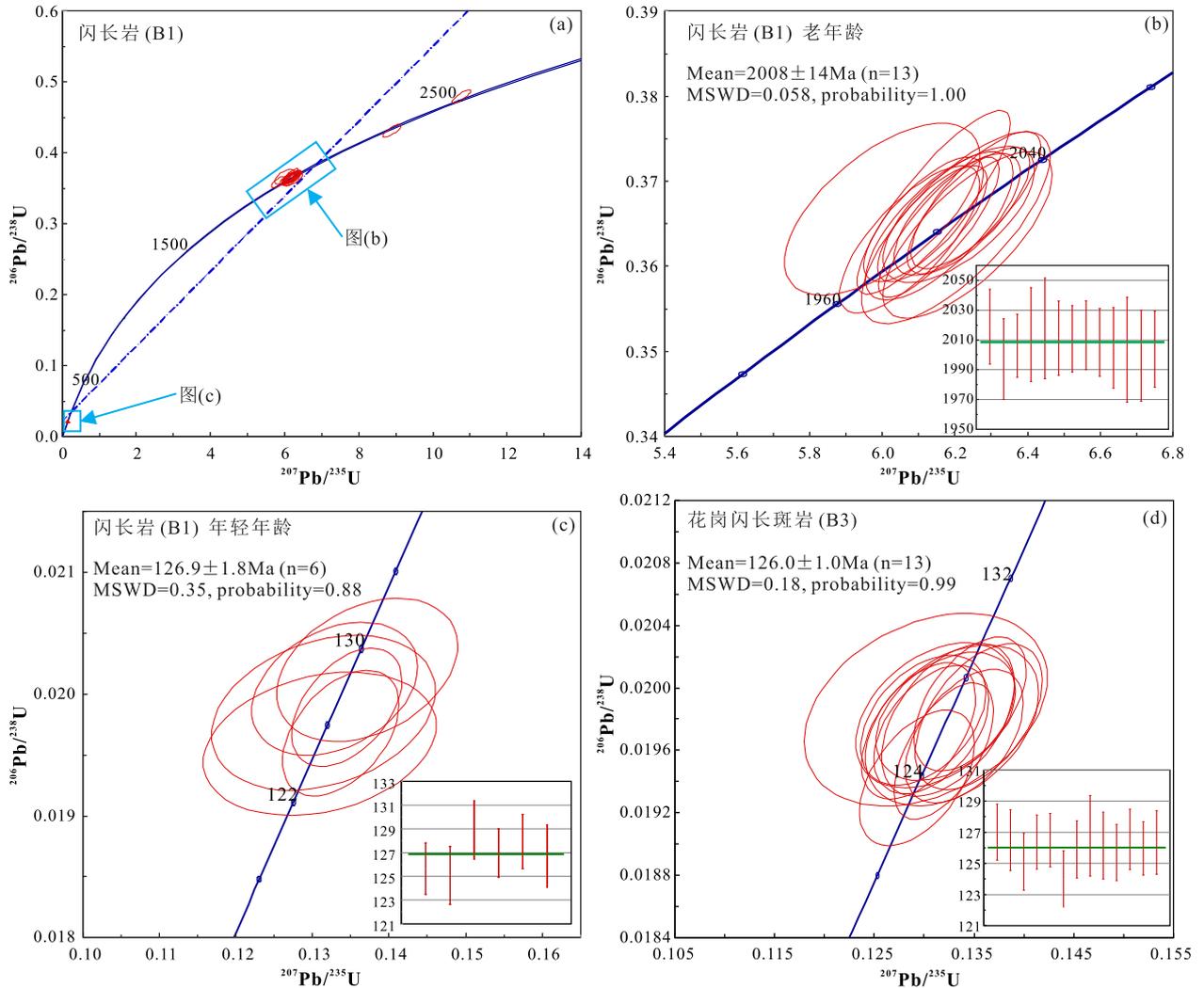


图5 苏家湾地区三里陈侵入岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 谐和图

Fig. 5 Concordia plots of the zircon U-Pb dating data for the Sanlichen intrusion in the Sujiawan area

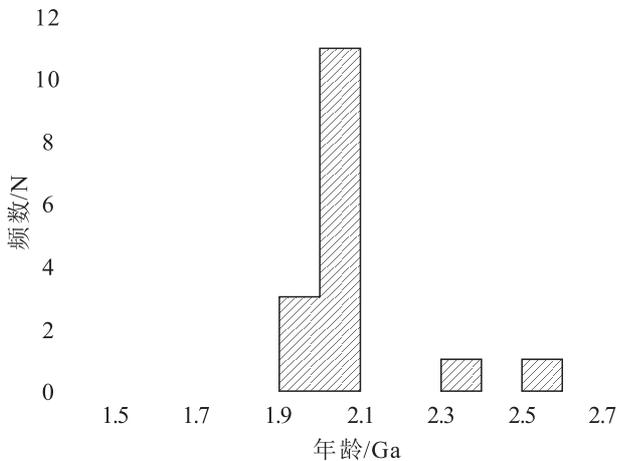


图6 三里陈岩体闪长岩中继承锆石年龄频率直方图

Fig. 6 Frequency distribution of inherited zircon ages for the diorites from the Sanlichen intrusion in the Sujiawan area

滁州 - 庐江铜金成矿带及张八岭隆起带在中生代发育强烈的岩浆活动,形成了数个规模不等的中酸性侵入体及滁州火山岩盆地。前人通过含钾矿物的<sup>40</sup>Ar-<sup>39</sup>Ar 和锆石 U-Pb 测试手段,对这些岩浆岩开展了年代学研究,取得了一系列高精度成岩年龄数据(图 1b,表 2)。张八岭隆起带侵入岩的成岩时代介于 131.5 ~ 103.0Ma,岩浆活动持续的时间为 27Ma,从北东至南西,侵入岩由中性岩向酸性岩演化,依次为二长闪长岩、石英二长岩和花岗岩,形成时代分别为 131.5Ma、127.8 ~ 126.9Ma 和 120.3 ~ 103.0Ma。滁州 - 庐江铜金成矿亚带中侵入岩的岩性主要为二长闪长岩和花岗闪长(斑)岩,从成岩时代来看,两种岩性的侵入岩并未明显的先后侵入时

表2 滁州-庐江地区及邻区岩浆岩成岩年龄表

Table 2 Diagenetic ages of the magmatic rocks in the Chuzhou-Lujiang zone and its adjacent areas

岩体名称	岩性	测试对象	年龄 (Ma)	测试方法	参考文献
管店	二长闪长岩	锆石	131.5 ± 1.6	SHRIMP	[28]
瓦屋刘	石英二长岩	黑云母	127.84 ± 0.77	<sup>40</sup> Ar- <sup>39</sup> Ar	[29]
瓦屋薛	花岗岩	黑云母	119.97 ± 0.64	<sup>40</sup> Ar- <sup>39</sup> Ar	
西徐村北	二长花岗岩	锆石	126.9 ± 1	LA-ICP-MS	[30]
尖山	花岗岩	锆石	114.8 ± 1.3	LA-ICP-MS	
西花村	花岗岩	锆石	108.1 ± 1.6	LA-ICP-MS	
永丰	花岗岩	锆石	103 ± 0.9	LA-ICP-MS	
锦张村	花岗岩	锆石	120.3 ± 0.7	LA-ICP-MS	
屯仓	二长闪长岩	锆石	125.97 ± 0.63	LA-ICP-MS	
上腰铺	花岗闪长斑岩	锆石	126.6 ± 1.8	LA-ICP-MS	[7]
	花岗闪长斑岩	锆石	123.4 ± 1.9	LA-ICP-MS	
	花岗闪长岩	黑云母	129.9 ± 0.23	<sup>40</sup> Ar- <sup>39</sup> Ar	[3]
滁县	二长闪长岩	锆石	121.8 ± 1.9	LA-ICP-MS	[7]
	二长闪长岩	锆石	124 ± 1.4	LA-ICP-MS	[3]
马厂	二长闪长岩	黑云母	127.17 ± 0.44	<sup>40</sup> Ar- <sup>39</sup> Ar	[7]
	花岗闪长斑岩	锆石	123.1 ± 2	LA-ICP-MS	
三里陈	花岗闪长岩	黑云母	130.07 ± 0.48	<sup>40</sup> Ar- <sup>39</sup> Ar	[9]
	闪长岩	锆石	126.9 ± 1.8	LA-ICP-MS	本文
滁州盆地	花岗闪长斑岩	锆石	126.0 ± 1.0	LA-ICP-MS	
	火山岩	锆石	128.5 ± 0.6	LA-ICP-MS	[9]
	火山岩	锆石	127.1 ± 0.4	LA-ICP-MS	
	火山岩	锆石	122.7 ± 0.5	LA-ICP-MS	
	火山岩	锆石	117.3 ± 0.7	LA-ICP-MS	
	火山岩	锆石	125.9 ± 0.7	LA-ICP-MS	
	火山岩	锆石	127.6 ± 0.8	LA-ICP-MS	
	火山岩	锆石	126.3 ± 0.9	LA-ICP-MS	
	火山岩	锆石	119.5 ± 0.8	LA-ICP-MS	
	火山岩	锆石	123 ± 0.7	LA-ICP-MS	
	火山岩	锆石	125.4 ± 0.6	LA-ICP-MS	
	火山岩	锆石	120.4 ± 1.2	LA-ICP-MS	
	火山岩	锆石	132.9 ± 0.9	LA-ICP-MS	
	火山岩	锆石	131.2 ± 0.7	LA-ICP-MS	
	粗面安山岩	锆石	128 ± 3	LA-ICP-MS	
	粗面安山岩	锆石	128 ± 2	LA-ICP-MS	
	安山岩	锆石	128 ± 2	LA-ICP-MS	[33]
粗安岩	锆石	128 ± 1	LA-ICP-MS		

序,集中形成于 130 ~ 121Ma,岩浆活动持续时间(9Ma)较短,滁州盆地的火山岩形成于 132 ~ 117Ma。

滁州-庐江铜金成矿亚带在中生代形成了数个与中酸性侵入岩有关的铜金矿床(点),其中,琅

琊山矽卡岩型铜金矿床为典型代表,其成矿岩体为滁县二长闪长岩,形成于 124 ~ 121Ma<sup>[28]</sup>;上腰铺花岗闪长(斑)岩侵入体与寒武系地层接触带上也发育矽卡岩型铜金矿化,其形成于 126 ~ 123Ma<sup>[28]</sup>;马厂地区三合微细浸染型金矿外围发育有含微细粒黄铁矿金矿化碎裂状白云质硅化带,通过金矿床地

球化学原生晕特征分析<sup>[34]</sup>,该矿化脉在深部马厂岩体(123Ma)中有较大的延伸,找矿前景较好<sup>[6]</sup>。从物探资料及地质分析认为,上腰铺、滁县、马厂和三里陈岩体的深部为同一岩基,4 个侵入体岩性基本一致,侵位时代略有差异。

在近年来苏家湾地区的找矿勘查过程中,钻孔揭露了三里陈闪长岩与晚震旦世灯影组碳酸盐岩

接触带附近发育的矽卡岩化围岩蚀变和铜金矿体(图 7),矿石类型主要为浸染状和脉状,矿石矿物以黄铜矿和斑铜矿为主(图 8),其蚀变和矿化特征与琅琊山矿床极其相似,指示了该地区早白垩世中酸性岩分布区具有较好的找矿前景,今后应将该地区作为重点找矿勘查区。

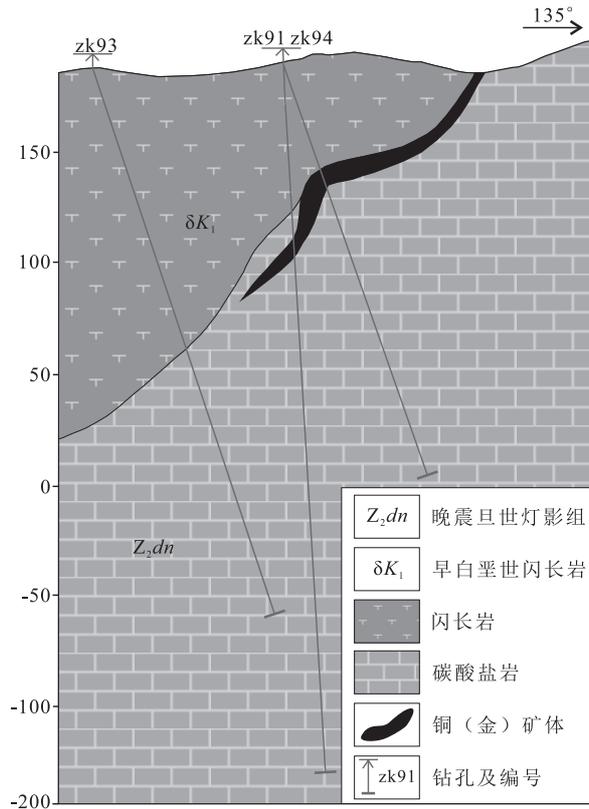


图 7 苏家湾地区矽卡岩型铜金矿 9 线剖面图

Fig. 7 Geological section along No.9 exploration line in the skarn-type copper-gold deposit in the Sujiawan area

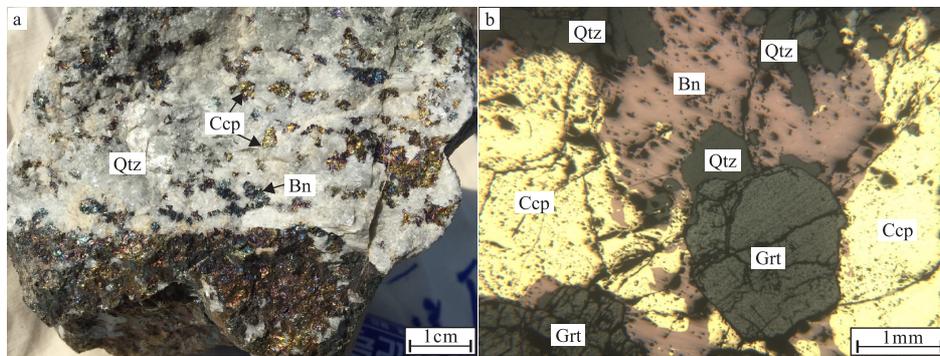


图 8 苏家湾地区矽卡岩型铜金矿床矿石手标本及显微照片

a. 脉状石英-黄铜矿-斑铜矿矿石手标本照片;b. 脉状铜矿石,黄铜矿与斑铜矿共生;Grt. 石榴子石;Qtz. 石英;Ccp. 黄铜矿;Bn. 斑铜矿  
Fig. 8 Sample picture(a) and photomicrograph(b) of the ores from the skarn-type copper-gold deposit in the Sujiawan area

## 5 结论

(1) 山里陈岩体闪长岩和花岗闪长斑岩锆石 U-Pb 年龄分别为  $126.9 \pm 1.8 \text{ Ma}$  和  $126.0 \pm 1.0 \text{ Ma}$ , 与地质事实相符, 前者略早于后者形成, 均为早白垩世岩浆活动的产物。

(2) 闪长岩继承锆石年龄集中分布在  $2.5 \sim 1.9 \text{ Ga}$  之间, 峰值为  $2.0 \text{ Ga}$ , 暗示其岩浆源区主要为华南板块, 可能混有华北板块源区的物质。

(3) 滁州-庐江成矿铜金亚带中, 三里陈岩体与铜金矿床(点)成矿岩体的形成时代相近, 岩性一致, 与围岩接触带发育的蚀变和矿化特征相似, 认为这些侵入体为同一构造-岩浆-成矿事件的产物, 三里陈岩体及其外围地区具有寻找一定规模矽卡岩型铜金矿床的潜力。

### 参考文献:

- [1] 邓吉牛. 安徽琅琊山铜矿床隐伏矿体预测[J]. 有色金属矿产与勘查, 1997, 6(3): 9-15.
- [2] 王波华, 张怀东, 彭海辉. 安徽省滁州市琅琊山铜矿成矿规律与深部找矿[J]. 安徽地质, 2007, 17(3): 174-177.
- [3] 资锋, 王强, 戴圣潜, 等. 皖东滁州、上腰铺埃达克质侵入岩年代学及地球化学特征: 岩石成因与成矿意义[J]. 岩石学报, 2007, 23(6): 1485-1500.
- [4] 杨峰, 黄光奎. 安徽琅琊山铜矿床伴(共)生金赋存状态及其综合利用[J]. 有色金属, 2009, 61(4): 113-115.
- [5] 秦燕, 梅玉萍, 王登红, 等. 安徽滁州琅琊山铜矿辉钼矿-铼同位素定年及其地质意义[J]. 岩矿测试, 2009, 28(3): 259-264.
- [6] 段留安, 杨晓勇, 孙卫东, 等. 安徽滁县琅琊山一带燕山期岩浆岩成因及区域找矿方向[J]. 大地构造与成矿学, 2012, 36(2): 259-273.
- [7] 胡子龙. 皖东滁州地区燕山期岩浆岩地球化学特征与铜金成矿[D]. 合肥: 中国科学技术大学, 2015.
- [8] 胡云琴. 巢湖苏家湾山里陈岩体岩石谱系单位划分及特征[J]. 安徽地质, 1999, 9(3): 185-191.
- [9] 资锋, 王强, 刘新华, 等. 扬子东部冶山和山里陈埃达克质侵入岩年代学与地球化学: 岩石成因和动力学意义[J]. 矿物学报, 2011, 31(2): 185-200.
- [10] Wu F Y, Zhang Y B, Yang J H, et al. Zircon U-Pb and Hf isotopic constraints on the Early Archean crustal evolution Anshan of the North China Craton [J]. Precambrian Research, 2008, 167(34): 339-362.
- [11] Watson E B, Harrison T M. Zircon saturation revisited: temperature and composition effects in a variety of crustal magma types [J]. Earth and Planetary Science Letters, 1983, 64(2): 295-304.
- [12] Harrison T M, Watson E B. Kinetics of zircon dissolution and zirconium diffusion in granitic melts of variable water content [J]. Contributions to Mineralogy and Petrology, 1983, 84: 66-72.
- [13] 赵子福, 郑永飞, 戴立群. 大陆碰撞造山带花岗岩中继承锆石成因与岩浆源区性质 [J]. 科学通报, 2013, 58(23): 2285-2289.
- [14] 吴福元, 杨进辉, 柳小明, 等. 冀东  $3.8 \text{ Ga}$  锆石 Hf 同位素特征与华北克拉通早期地壳时代 [J]. 科学通报, 2005, 50(18): 1996-2003.
- [15] Zhao T P, Zhai M G, Xia B, et al. Zircon U-Pb SHRIMP dating for the volcanic rocks of the Xiong'er Group: Constraints on the initial formation age of the cover of the North China Craton [J]. Chinese Science Bulletin, 2004, 49(23): 2495-2502.
- [16] 刘敦一, 万渝生, 伍家善, 等. 华北克拉通太古宙地壳演化和最古老的岩石 [J]. 地质通报, 2007, 26(9): 1131-1138.
- [17] 第五春荣, 孙勇, 王倩. 华北克拉通地壳生长和演化: 来自现代河流碎屑锆石 Hf 同位素组成的启示 [J]. 岩石学报, 2012, 28(11): 3520-3530.
- [18] Wu R X, Zheng Y F, Wu Y B, et al. Reworking of juvenile crust: element and isotope evidence from Neoproterozoic granodiorite in South China [J]. Precambrian Research, 2006, 146(3-4): 179-212.
- [19] Zhang S B, Zheng Y F, Wu Y B, et al. Zircon U-Pb age and Hf-O isotope evidence for Paleoproterozoic metamorphic event in South China [J]. Precambrian Research, 2006, 151(3-4): 265-288.
- [20] Wang J Q, Shu L S, Santosh M, et al. The Pre-Mesozoic crustal evolution of the Cathaysia Block, South China: Insights from geological investigation, zircon U-Pb geochronology, Hf isotope and REE geochemistry from the Wugongshan complex [J]. Gondwana Research, 2015, 28(1): 225-245.
- [21] 薛怀民, 董树文, 马芳. 长江中下游庐枞盆地火山岩的 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄: 对扬子克拉通东部晚中生代岩石圈减薄机制的约束 [J]. 地质学报, 2012, 86(10): 1569-1583.
- [22] 彭敏, 吴元保, 汪晶, 等. 扬子崆岭高级变质地体古元古代基性岩脉的发现及其意义 [J]. 科学通报, 2009, 54(5): 641-647.
- [23] Zheng Y F, Zhang S B. Formation and evolution of Precambrian continental crust in South China [J]. Chinese Science Bulletin, 2007, 52(1): 1-12.
- [24] Zhao L, Zhou X W, Zhai M G, et al. Zircon U-Th-Pb-Hf isotopes of the basement rocks in northeastern Cathaysia block, South China: Implications for Phanerozoic multiple metamorphic reworking of a Paleoproterozoic terrane [J]. Gondwana Research, 2015, 28(1): 246-261.
- [25] 李明龙, 田景春, 方喜林, 等. 鄂西走马地区大塘坡组顶部泥岩碎屑锆石 LA-ICP-MS U-Pb 年龄及其地质意义 [J]. 沉积与特提斯地质, 2019, 39(1): 22-31.
- [26] 王冬兵, 罗亮, 唐渊, 等. 昌宁-孟连结合带斜长角闪岩锆

- 石 U-Pb 年龄、地球化学特征及其地质意义[J]. 沉积与特提斯地质, 2017, 37(4): 17-28.
- [27] 谢成龙, 陈娟, 刘友勤, 等. 郟庐断裂带张八岭隆起段晚中生代岩浆岩继承锆石 U-Pb 年代学: 源区属性及构造意义[J]. 岩石学报, 2016, 32(4): 976-1000.
- [28] 资锋, 王强, 唐功建, 等. 皖中管店岩体的 SHRIMP 锆石 U-Pb 年代学与地球化学: 岩石成因和动力学意义[J]. 地球化学, 2008, 37(5): 462-480.
- [29] 牛漫兰. 张八岭地区中生代岩体中黑云母的<sup>40</sup>Ar-<sup>39</sup>Ar 年龄及其地质意义[J]. 地质科学, 2006, 41(2): 217-225.
- [30] 牛漫兰, 朱光, 谢成龙, 等. 郟庐断裂带张八岭隆起南段花岗岩 LA-ICP MS 锆石 U-Pb 年龄及其构造意义[J]. 岩石学报, 2008, 24(8): 1839-1847.
- [31] 谢成龙, 朱光, 牛漫兰, 等. 滁州中生代火山岩 LA-ICP MS 锆石 U-Pb 年龄及其构造地质学意义[J]. 地质论评, 2007, 53(5): 642-655.
- [32] 王婷, 牛漫兰, 吴齐, 等. 郟庐断裂带东侧滁州盆地早白垩世高镁埃达克质火山岩地球化学特征及其岩石成因[J]. 岩石学报, 2016, 32(4): 1013-1030.
- [33] 马芳, 薛怀民. 皖东滁州盆地晚中生代火山岩的 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄及其地质意义[J]. 岩石矿物学杂志, 2011, 30(5): 924-934.
- [34] 李惠, 张文华. 胶东大型金矿床的地球化学分带特征[J]. 贵金属地质, 1999, 8(4): 217-222.

## LA-ICP-MS zircon U-Pb age dating of the Sanlichen intrusion in the Sujiawan region, eastern Anhui

LEI Dinger<sup>1</sup>, ZHANG Zanzan<sup>1</sup>, CAI Xiaobing<sup>1</sup>, XIA Liyuan<sup>1</sup>, WANG Song<sup>2</sup>

(1. *Anhui Institute of Geological Survey, Hefei 230001, Anhui, China*; 2. *Library, Hefei University of Technology, Hefei 230001, Anhui, China*)

**Abstract:** The Sanlichen intrusion is located in the central part of the Chuxian-Lujiang copper-gold metallogenic subzone in the Middle-Lower Yangtze River Valley metallogenic zone, where diorite and granodiorite are accentuated. The present paper presents two groups of high-resolution zircon U-Pb ages:  $126.9 \pm 1.8$  Ma for the diorite and  $126.0 \pm 1.0$  Ma for the granodiorite. Both the diorites and granodiorites are originated from the Early Cretaceous magmatic activity. The inherited zircon U-Pb ages mainly range from 2.5 to 1.9 Ga, and the peak age is about 2.0 Ga. These data show that the magmas may be derived from the South China plate, with the mixtures of the North China plate. The similarities in mineralization age and lithology between the Sanlichen intrusion and the copper-gold deposits, and those in alteration and mineralization between the Sanlichen intrusion and the country rocks show that the intrusive rocks should be the products of the same tectonic-magmatic-mineralization events. The Sanlichen intrusion and its surrounding areas are believed to be prospective for the exploration of the skarn-type copper-gold deposits.

**Key words:** diorite; LA-ICP-MS zircon U-Pb age dating; Sujiawan region in eastern Anhui; Sanlichen intrusion