

安徽庐枞(庐江-枞阳)盆地火山岩的年代学及其意义

周涛发^{①*}, 范裕^①, 袁峰^①, 陆三明^②, 尚世贵^{①③}, David Cooke^④, Sebastien Meffre^④, 赵国春^⑤

① 合肥工业大学资源与环境工程学院, 合肥 230009;

② 安徽省地质调查与环境中心, 合肥 230001;

③ 安徽省地矿局 327 地质队, 合肥 230011;

④ Centre of Excellence in Ore Deposits (CODES), University of Tasmania, Private Bag 79, Hobart, Australia;

⑤ 香港大学地球科学系, 香港

* E-mail: tfzhou@hfut.edu.cn

收稿日期: 2008-04-17; 接受日期: 2008-06-05

国家重点基础研究发展计划(编号: 2007CB411405)、高等学校博士学科点科研基金(批准号: 20050359013)、国家自然科学基金(批准号: 40672062)、安徽省地质勘查专项费项目(批准号: 2005-51)和安徽省优秀青年科技基金(批准号: 08040106907 和 04045063)资助

摘要 庐枞盆地是长江中下游地区最重要的火山岩盆地之一, 发育有龙门院、砖桥、双庙和浮山 4 组以橄榄安粗岩系为特征的火山岩地层. 通过对 4 组火山岩中熔岩的锆石 LA-ICP MS 同位素定年, 得到各组火山岩形成的时间分别为: 龙门院组(134.8 ± 1.8) Ma、砖桥组(134.1 ± 1.6) Ma、双庙组(130.5 ± 0.8) Ma 和浮山组(127.1 ± 1.2) Ma. 庐枞盆地内火山岩皆形成于早白垩世, 火山岩浆活动发生的起止时间约为 135~127 Ma, 持续时间在 8~10 Ma 左右. 包括庐枞盆地在内的长江中下游地区各火山岩盆地均不存在侏罗纪火山岩浆活动. 研究结果为进一步探讨和认识长江中下游及中国东部中生代构造-岩浆-成矿作用提供了新的年代学成果.

关键词

LA-ICP

MS 同位素定年

火山岩

形成时代

庐枞盆地

长江中下游地区是中国重要的铜铁多金属成矿带^[1-4], 该区中生代岩浆活动和成矿作用强烈, 形成以铜陵地区为代表的高钾钙碱性中酸性侵入岩和以庐枞、宁芜地区为代表的橄榄安粗岩系火山岩, 以及以铜陵、宁芜和庐枞等为代表的多个铜铁多金属矿集区^[1,2,5-17]. 其中, 沿长江深断裂串珠状排列的断陷盆地是火山岩系集中分布区, 构成了特征的断陷火山岩盆地^[4], 由北东向西南顺次有漂水、漂阳、宁芜、繁昌、滁县、庐枞、怀宁和金牛盆地等(图 1), 其中又以庐枞和宁芜火山岩盆地最大, 出露最好, 矿化最强. 盆地区的火山岩和隆起区(如铜陵、安庆等)中的

侵入岩是中国东部中生代燕山期岩浆大爆发^[15,18-20]的产物, 与长江中下游铜铁多金属矿床的形成关系密切^[1,10,11], 火山岩与侵入岩在岩石化学、地球化学、成因及其与成矿的关系等方面既存在共性, 又有很多差异. 近年来, 长江中下游地区岩浆作用的时代、地球化学特征、深部过程及其成矿作用的相关研究取得了重要进展, 但与该地区侵入岩相比, 对该区内盆地中火山岩的研究则明显滞后和不足. 由于传统的 K-Ar 和 Rb-Sr 等同位素测年方法无法准确测定火山岩的形成时代, 包括庐枞盆地在内的长江中下游地区不同旋回火山活动的精确时间及时限缺乏精确年

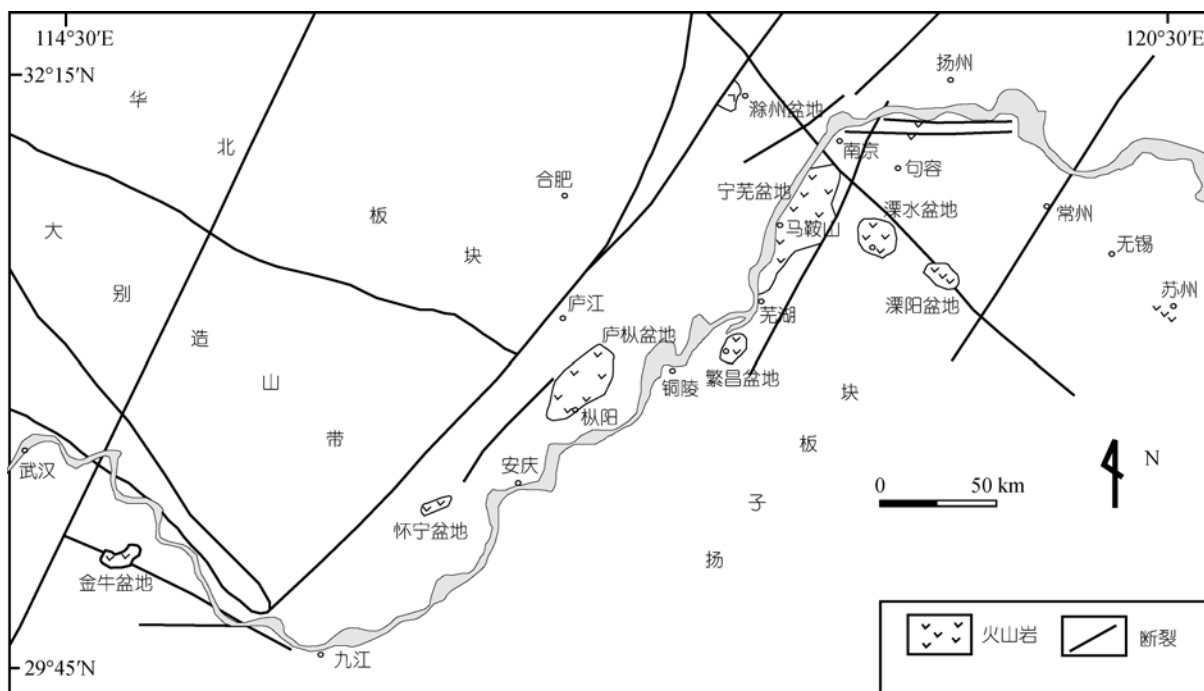


图 1 长江中下游地区火山岩盆地分布略图

据翟裕生等^[2]简化

代学制约,盆地内不同旋回火山岩和不同类型侵入岩之间的时间关系不清,火山岩和与侵入岩之间的成因及演化关系尚不清晰,盆地内火山岩形成的动力学背景,壳幔作用过程等相关研究也亟待加强.为此,本文以庐枞盆地为主要研究对象,在前人研究和本次深入细致的野外地质工作的基础上,应用 LA-ICP MS 同位素测年方法,对庐枞火山盆地中 4 组火山岩进行了锆石 U-Pb 精确定年,从而确定火山岩的形成时代,重新厘定火山岩形成的时空格架,为探讨火山岩及火山岩盆地形成的地球动力学背景和过程提供新的证据.

1 火山岩地质特征

庐枞盆地位于庐江县(庐)和枞阳县(枞)之间,为 4 组深大断裂控制(图 2),盆地基底东浅西深,属于继承式的中生代陆相盆地^[5],火山岩出露面积约 800 km². 出露的沉积地层主要为中侏罗统罗岭组(J₂)陆相碎屑沉积岩,与火山岩系呈不整合接触,中生代燕山期岩浆活动在盆地内形成了大量橄榄安粗岩系火山岩组合,火山岩由老至新分为龙门院组、砖桥组、双庙组和浮山组,4 组火山岩在空间上大致呈同心环

状分布,自盆地边缘至盆地中心依次出露龙门院组、砖桥组、双庙组和浮山组,各组之间均为喷发不整合接触^[5],构成 4 个旋回.各旋回的火山活动均由爆发相开始,此后溢流相逐渐增多,最后以火山沉积相结束,喷发方式由裂隙-中心式向典型的中心式喷发演化.火山岩类由熔岩、碎屑熔岩、火山碎屑岩及次火山岩组成,火山碎屑岩的总量高于熔岩类.

龙门院组主要分布在盆地边缘(图 2),以角闪粗安岩为特征岩性标志.砖桥组主要分布在庐枞火山岩盆地中部(图 2),以辉石粗安岩为特征岩性标志,构成了庐枞盆地火山岩的主体部分.双庙组主要分布在庐枞盆地中部和南部(图 2),以粗面玄武岩为特征岩性标志.浮山组仅在庐枞盆地中部零星分布,出露面积较小(图 2),以粗面质火山岩为主.4 组火山岩分层、厚度及岩性特征见图 3.

2 火山岩锆石 LA-ICP MS 定年

2.1 样品地质特征

本次工作分别采集了 4 组火山岩的 5 件代表性火山岩样品 LLMY-01, LZQ-03, WJP-04, WJP-05 和 LFP-01,进行年代学测定,采样位置见图 2 和 3.样

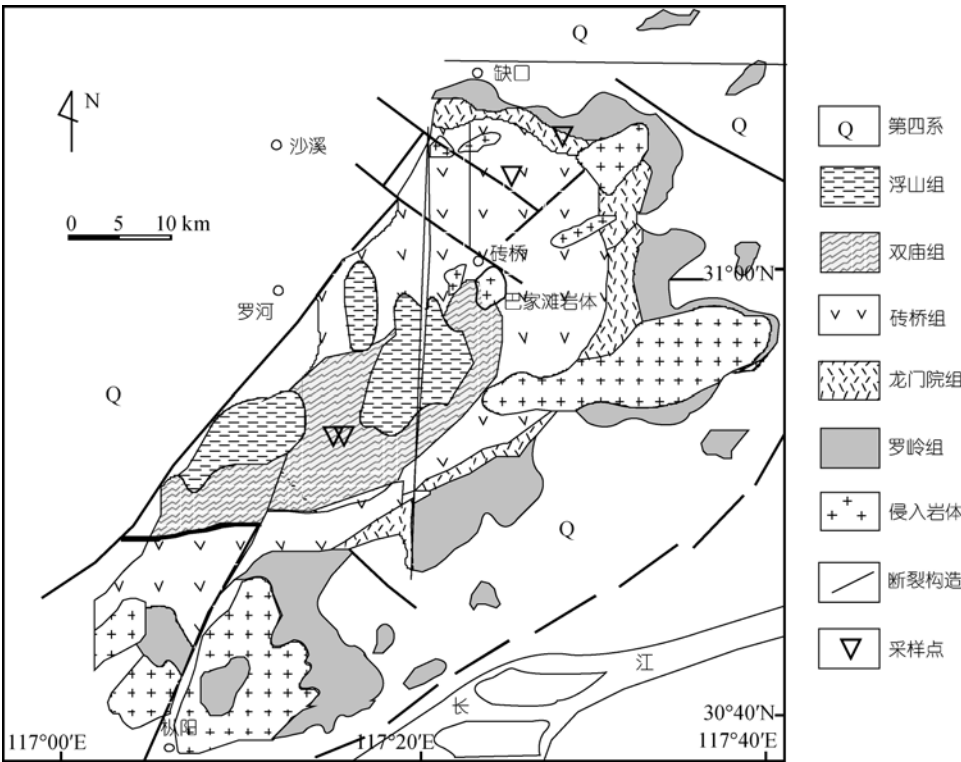


图 2 庐枞盆地岩浆岩分布略图

品的地质特征如下:

LLMY-01(采样坐标 31°16'04.8"N, 117°31'44.3"E): 龙门院组下段角闪粗安岩. 岩石呈灰绿色, 斑状结构, 块状构造. 斑晶由斜长石、角闪石组成, 偶见钾长石斑晶, 斑晶含量达 30%. 斜长石呈板状, 粒径 0.5~3 mm, 具环带构造. 角闪石多具暗化边, 遭受蚀变后常被碳酸盐、绿泥石、褐铁矿和少量石英交代. 基质呈交织结构或微晶结构, 由细小的板条状或粒状斜长石、钾长石和磁铁矿组成, 粒径 0.05~0.2 mm.

LZQ-03(采样坐标 31°10'03.6"N, 117°26'59.2"E): 砖桥组下段辉石粗安岩. 岩石呈紫灰色至深灰色, 块状构造, 斑状结构, 基质为交织结构. 主要由斜长石、普通辉石组成; 斜长石斑晶较自形, 边缘有时具熔蚀现象, 粒径 0.5~2 mm, 正突起低, 双晶发育, 环带清楚, 属于中长石, 斜长石边缘常见正长石反应边并发育绢云母化. 普通辉石呈淡黄绿色, 多色性微弱, 粒径 0.5~1 mm, 部分辉石包裹磷灰石, 边缘时有碳酸盐化、磁铁矿化和硅化. 基质为半自形条状斜长石, 其中充填他形正长石, 粒径均在 0.001~0.5 mm 之间, 略具定向排列. 副矿物主要为磷灰石和磁铁矿, 磷灰

石呈自形短柱状, 粒径 0.1 mm 左右; 磁铁矿呈自形或他形细粒结构.

WJP-04(采样坐标 30°55'17.2"N, 117°16'28.6"E): 双庙组中段粗面玄武岩. 岩石呈灰黑色, 块状构造, 交织结构. 主要矿物为斜长石和辉石. 斜长石属中长石, 少数为拉长石, 呈半自形, 粒径粒大小不一, 介于 0.5~3.5 mm 之间, 具暗化边, 可见碳酸盐化和绢云母化. 辉石为普通辉石, 他形, 粒径 0.05~0.1 mm, 略带褐色, 具解理, 充填于斜长石颗粒之间. 基质占 70%, 主要为长石微晶, 具有较弱的定向性, 另有少量的火山玻璃和一些隐晶质.

WJP-05(采样坐标 31°55'18.4"N, 117°16'25.9"E): 双庙组中段粗面玄武岩, 与 WJP-04 样品相距约 150 m. 其岩石学特征与 WJP-04 样品相似.

LFP-01(采样坐标 30°57'12.4"N, 117°19'22.0"E): 浮山组上段粗面岩. 岩石呈灰黑色, 块状构造, 斑晶由斜长石、普通辉石和角闪石组成; 斜长石斑晶粒径 3~0.5 mm, 绢云母化强烈, 并见绿泥石化和碳酸盐化. 辉石斑晶多为等轴状, 角闪石多已蚀变成绿泥石及绢云母, 仍呈长柱状假象. 基质主要为隐晶质, 可见

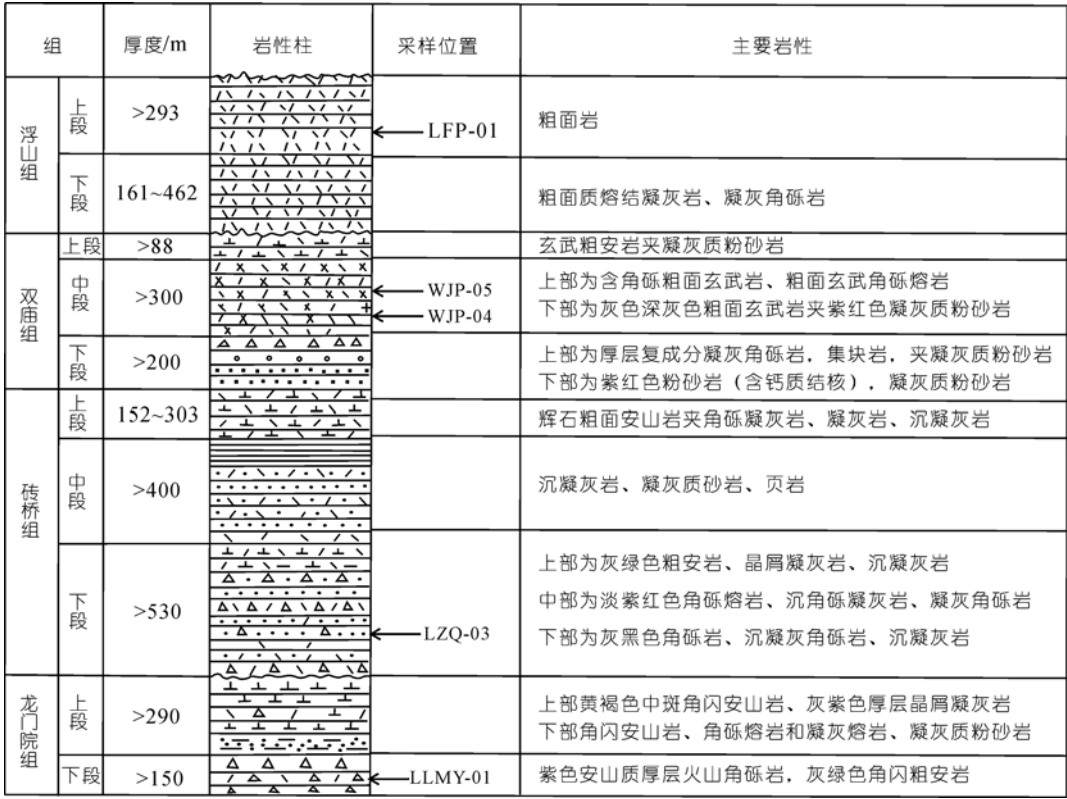


图 3 庐枞盆地火山岩地层柱状图

钾长石微晶, 似平行排列呈粗面结构.

2.2 测年方法及结果

用于锆石年代学测试的样品首先经过破碎, 经浮选和电磁选等方法挑选出单颗粒锆石, 然后在双目显微镜下挑纯, 选样工作在河北省区域地质矿产调查研究所实验室完成. 手工挑出晶形完好、透明度和色泽度好的锆石, 粘于环氧树脂表面, 经抛光后进行透射光和反射光照相, 据此选择晶体特征良好的锆石阴极发光(CL)分析(部分图像如图 4 所示), 最后根据阴极发光照射结果选择典型的岩浆锆石进行 LA-ICP MS 测年分析. 锆石的 LA-ICP MS U-Pb 同位素测年分析在澳大利亚塔斯马尼亚州立大学国家优秀矿床研究中心(CODES of Excellence, University of Tasmania)进行, 采用 HP4500 四极 ICPMS 和 213 nm 新型激光器进行测定. 方法如下: 锆石 U-Pb 年龄分析采用的光斑直径为 30 μm , 并采用国际标准锆石 91500 作为外标标准物质, 外标校正方法为每隔 4~5

个样品分析点测一次标准, 保证标准和样品的仪器条件完全一致. 样品的同位素数据处理采用 Glitter (4.0 版) 软件进行, 普通铅校正采用 Black 等^[21]和 Harris 等^[22]的方法, 年龄计算及谐和图的绘制采用 Isoplot(3.23 版)进行^[23], 测试中的误差标准为 1σ , 实验详细的流程参见 Black 等^[21]. 本次实验除去古老锆石及异常的锆石年龄(未在表中列出), 有效的测试数据为 90 个, 具体分析结果见附表 1.

庐枞盆地火山岩中锆石除极少部分具有浑圆的外形外, 绝大多数结晶较好, 呈典型的长柱状晶形, 具有典型的岩浆震荡环带(图 4), 指示其主体为岩浆结晶的产物. 由锆石的阴极发光图像可以看出(图 4), 所有锆石均具有清晰的内部结构. 尽管少部分锆石显示具有核幔结构, 但大多数锆石具有典型的单期生长的同心环带特征. 锆石中的 Th/U 比值可以指示锆石的成因. 岩浆锆石的 Th/U 比一般大于 0.1, 而变质老锆石的 Th/U 比值一般小于 0.1^[24]. 庐枞火山岩锆石中 Th/U 比值均远大于 0.1, 属典型的岩浆成因锆石,

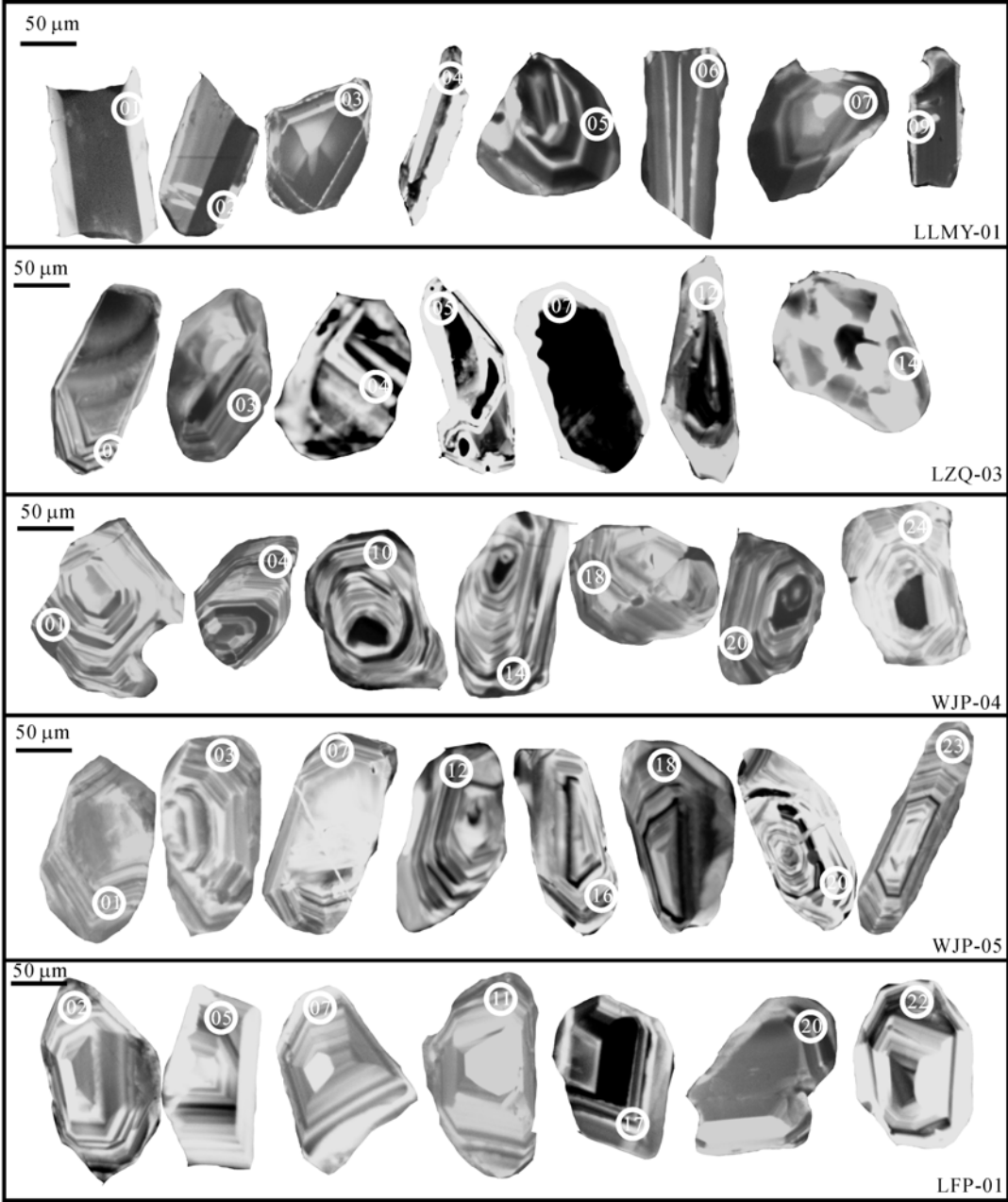


图 4 庐枞盆地火山岩样品部分锆石阴极发光(CL)图像及测试位置

且锆石群形态单一，多数为喷发期岩浆活动一次结晶而形成的，能代表火山岩的形成年龄。

由于本次工作用于分选锆石的每个样品采样均较充足(单样重大于 15 kg)，分选出的锆石颗粒较多，保证了各样品用于 U-Pb 年代学测试的新生锆石均为晶体特征完好、形态类似、无变质壳的颗粒。5 件样品(LLMY-01, LZQ-03, WJP-04, WJP-05 和 LFP-01)校正后的有效数据点分别为 9, 14, 24, 21 和 22 个，

LA-ICP MS 法测年数据见附表 1，谐和图见图 5。5 件样品的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 加权平均年龄分别为 (134.8 ± 1.8) , (134.1 ± 1.6) , (130.5 ± 0.8) , (130.4 ± 0.9) 和 (127.1 ± 1.2) Ma。因此，庐枞盆地龙门院组、砖桥组、双庙组和浮山组火山岩的形成的主体时代分别为 134.8, 134.1, 130.5 和 127.1 Ma，属早白垩世。

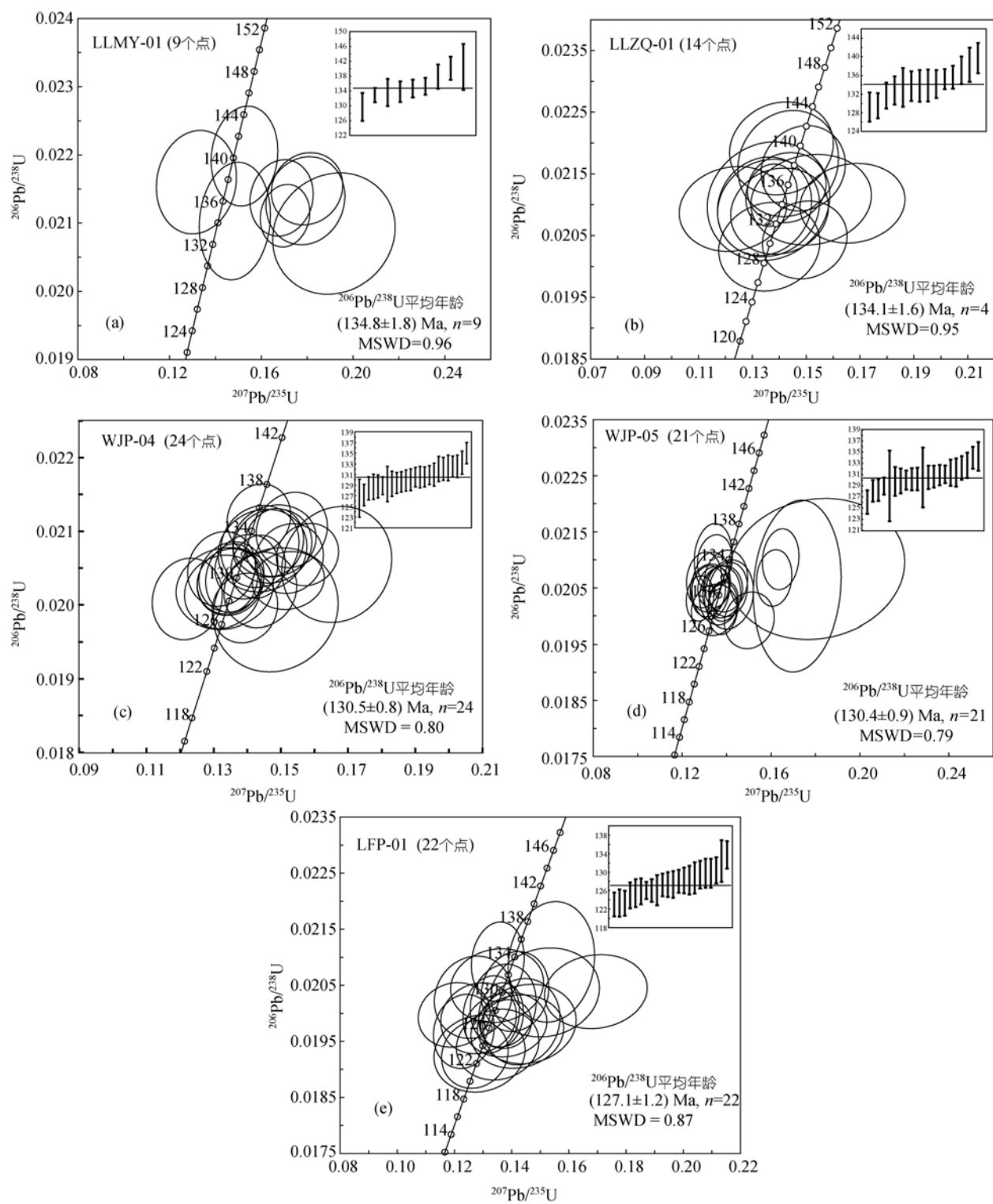


图 5 庐枞盆地火山岩锆石 U-Pb 一致曲线图

3 讨论

3.1 庐枞盆地火山岩的形成时代

前人在 20 世纪 70~80 年代已对庐枞盆地内的火山岩已进行了较多的同位素测年工作, 但由于早期测年方法多为传统的 K-Ar 和 Rb-Sr 方法^[5,25,26], 所得年龄的误差值很大, 据此不同学者对庐枞盆地 4 组火山岩的时限得出了明显不同的认识, 对火山岩的分期意见主要分别为: (1) 龙门院组 167~155 Ma, 砖桥组 155~135 Ma, 双庙组 135~115 Ma, 浮山组 115~100 Ma^[5]; (2) 龙门院组 125~136 Ma, 砖桥组 125~134.9 Ma, 双庙组 115~125 Ma, 浮山组 108~114 Ma^[25]. 由此可见, 上述 K-Ar 和 Rb-Sr 同位素年龄测定值极不统一, 变化范围极大, 且许多年龄值和地质事实相矛盾. 刘洪等^[27]通过用 ^{40}Ar - ^{39}Ar 法获得了庐枞盆地内的龙门院组火山岩的总气体年龄为 (335.1 ± 2.1) Ma, 砖桥组火山岩的年龄为 (140.1 ± 0.8) Ma, 双庙组为 (125.5 ± 0.8) Ma, 浮山组为 (126.0 ± 3.4) Ma, 对庐枞盆地火山岩的年龄进行了一定的限定, 但砖桥组和双庙组火山岩的年龄跨度明显过大, 部分年龄数据与火山岩地质特征矛盾, 且未能确定龙门院组火山岩的年龄, 其年龄值只具有参考价值.

本次测得的双庙组两个样品(WJP-04 和 WJP-05) 采自双庙组中段相近层位, 两件样品的测试点均在 20 点以上, 所有测试点的年龄值的离散度小, 年龄测定结果分别为 (130.5 ± 0.8) 和 (130.4 ± 0.9) Ma, 两个年龄值高度吻合; 另外, 位于庐枞盆地中部砖桥镇附近的巴家滩岩体(图 2)侵入于砖桥组上段辉石粗安岩, 且被双庙组下段火山角砾岩覆盖^[28], 双庙组和砖桥组之间可见一套厚 50 余米的河湖相沉积岩, 岩石为砾岩、粉砂岩和泥岩, 其中砾岩中的角砾来自砖桥组粗安岩和巴家滩辉石二长岩, 反映双庙旋回和砖桥旋回之间为明显的火山活动宁静期, 巴家滩岩体侵入时间晚于砖桥旋回而早于双庙旋回, 对应砖桥旋回晚期. 巴家滩岩体的锆石 U-Pb SHRIMP 年龄为 (133.5 ± 0.5) Ma^[28], 正好介于本次测得的砖桥组火山岩年龄 $((134.1 \pm 1.6)$ Ma) 与双庙组中段的火山岩年龄 $((130.5 \pm 0.8)$ Ma) 之间, 因此, 本文的年代学结果与观察到的地质证据完全吻合. 上述事实表明, 本次年代学测年工作得到的火山岩年龄数据精度和可信度高,

可以有效区分时间相近的岩浆活动事件, 为确定庐枞盆地岩浆岩的时空格架奠定了坚实的基础.

由本次测年结果可见, 龙门院组、砖桥组、双庙组和浮山组火山岩的形成时间分别为 (134.8 ± 1.8) , (134.1 ± 1.6) , (130.5 ± 0.8) 和 (127.1 ± 1.2) Ma, 4 组火山岩形成总的时限约在 135~127 Ma 之间, 因此庐枞盆地火山岩均为早白垩世岩浆活动的产物, 而并非前人认为龙门院组和砖桥组火山岩是侏罗纪岩浆活动的产物, 而双庙组回和浮山组火山岩是白垩纪岩浆活动的产物^[5,25]. 庐枞盆地火山活动持续时间短, 约为 8~10 Ma 左右, 而非前人报道的近 100 Ma 的火山活动持续时间. 结合庐枞盆地内巴家滩地区的野外地质现象, 可以认为早期火山岩浆活动(龙门院旋回和砖桥旋回)的时限约为 135~133 Ma (133 Ma 为砖桥旋回末期巴家滩岩体的结晶时间, 参见周涛发等^[28]), 晚期火山岩浆活动(双庙旋回和浮山旋回)时限约在 131~127 Ma 之间. 早、晚期火山活动之间有一宁静期, 为盆地抬升接受剥蚀的沉积期.

3.2 庐枞盆地火山岩与邻区岩浆岩时代对比

长江中下游地区自北东向南西分布有庐枞、宁芜等 8 个火山岩盆地(图 1), 这些盆地内火山岩地层的时代归属和地层对比一直是人们所关注的问题. 根据野外地质特征和少量陆相植物化石, 不同学者提出了各自的划分对比方案, 但由于上述盆地内火山岩的高精度年代学数据不多, 尚未形成共识. 根据我们对区域火山岩地层的对比分析, 大多数盆地内火山活动可划分为两期 4 个旋回, 对应 4 组火山岩地层, 不同盆地内的火山旋回在时间上大致可以对比. 如宁芜盆地龙王山组和大王山组火山岩的锆石 SHRIMP 年龄分别为 (131.0 ± 4.0) 和 (127.0 ± 3.0) Ma^[29], 滁州盆地黄坛组火山岩的锆石 LA-ICP MS 年龄为 (132.9 ± 0.9) Ma^[30], 与本次测得的庐枞盆地龙门院组和砖桥组火山岩年龄相近. 鄂东南地区金牛盆地大寺组火山岩锆石 SHRIMP 年龄为 (128 ± 1) Ma^[31], 与庐枞盆地双庙组火山岩年龄相近. 因此, 长江中下游地区相距几百公里的多个火山岩盆地形成时代基本一致, 各旋回火山活动时间几乎相同, 各陆相火山岩盆地均形成于早白垩世, 区域上不存在侏罗纪火山岩浆活动, 这些火山岩盆地的形成应受统一的动力学

背景控制.

对高精度的岩浆岩年龄分析(包括SHRIMP锆石U-Pb法、LA-ICP MS锆石U-Pb法和单矿物 ^{40}Ar - ^{39}Ar 法)表明, 长江中下游地区的岩浆活动在时空上表现出明显的分区性和演化趋势¹⁾[28,32]. 145~136 Ma的岩浆活动主要发生在隆起区(如铜陵、安庆地区等), 是铜金矿化的主要时期[33,34]; 而 135~127 Ma的岩浆活动主要发生在凹陷区(如庐枞盆地、宁芜盆地等), 是铁矿化的主要时期; 之后的A型花岗岩集中形成于126~123 Ma, 既可以产出于隆起区, 又可以产出于凹陷区¹⁾[35], 与铀、金矿化有关. 因此, 长江中下游地区岩浆岩的形成时代分期集中在 145~136, 135~127 和 126~120 Ma等 3 个时期.

3.3 地球动力学背景

包括庐枞盆地在内的长江中下游地区中生代火山岩是中国东部火成岩省的重要组成部分, 其形成受中国东部中生代燕山期的地球动力学背景的制约. 三叠纪以来扬子与华北两大板块的碰撞造山和大陆深俯冲作用, 形成了以超高压变质为特征的秦岭-大别造山带[36~38], 晚侏罗世-白垩纪中国东部完成了古特提斯构造体制向环太平洋构造体制的转换和古太平洋俯冲[39~42], 形成了北东向分布的火山-侵入岩带. 不少研究认为, 早白垩世岩浆事件是华北克拉通东部[43~48]乃至中国东部[49~51]最强烈的一期岩浆事件,

对应于形成于岩石圈伸展背景. 包括庐枞盆地在内的长江中下游地区在 135~127 Ma期间进入快速伸展时期, 导致了区内一系列NNE向断陷盆地的形成和强烈的火山活动, 庐枞盆地中火山岩正是这一地球动力背景下深源岩浆活动的产物.

4 结论

(1) 庐枞盆地龙门院组、砖桥组、双庙组和浮山组火山岩的形成时代均为早白垩世早期, 锆石 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 加权平均年龄分别为 (134.8±1.8), (134.1±1.6), (130.5±0.8)和(127.1±1.2) Ma. 庐枞盆地火山活动持续时间约为 8~10 Ma 左右.

(2) 包括庐枞盆地在内的长江中下游地区的陆相火山岩盆地均形成于早白垩纪, 区域上不存在侏罗纪火山岩浆活动; 不同火山岩盆地几乎是同时形成的, 各盆地中不同旋回火山活动的时间基本一致.

(3) 庐枞盆地火山岩浆活动时限约在 131~127 Ma 之间, 与侵入岩的形成时间基本相同. 长江中下游地区岩浆岩的形成时代分期集中在 145~136, 135~127, 126~120 Ma 等 3 个时期, 分别对应隆起区岩浆岩、凹陷区岩浆岩和区域 A 型花岗岩的形成时期.

(4) 包括庐枞盆地在内的长江中下游地区的火山岩是早白垩世岩石圈伸展背景下深源岩浆活动的产物.

致谢 研究工作得到常印佛院士、汪祥云、汤加富、陈江峰和唐永成等专家的悉心指导以及安徽省地质调查与环境监测中心的大力支持, 野外工作得到安徽省地矿局 327 地质队张千明教授级高工等的帮助, 审稿人提出了宝贵的修改意见, 在此一并致以衷心的感谢.

参考文献

- 1 常印佛, 刘湘培, 吴言昌, 等. 长江中下游铜铁成矿带. 北京: 地质出版社, 1991. 1—56
- 2 翟裕生, 姚书振, 林新多, 等. 长江中下游地区铁铜(金)成矿规律. 北京: 地质出版社, 1992. 12—35
- 3 顾连兴, 徐克勤. 论长江中下游中石炭世海底块状硫化物矿床. 地质学报, 1986, 16(2): 176—188
- 4 唐永成, 吴言昌, 储国正, 等. 安徽沿江地区铜金多金属矿床地质. 北京: 地质出版社, 1998. 120
- 5 任启江, 刘孝善, 徐兆文. 安徽庐枞中生代火山构造洼地及其成矿作用. 北京: 地质出版社, 1991. 1—145
- 6 于学元, 白正华. 庐枞地区安粗岩系. 地球化学, 1981, 5(1): 57—65

1) 周涛发, 袁峰, 范裕, 等. 长江中下游成矿带成矿流体系统研究主要进展. 岩石学报, 2008. 待刊

- 7 陈江峰, 谢智, 郑永飞, 等. 皖东侵入岩矿物 Rb-Sr 和 Ar-Ar 年代学及其与氧同位素平衡之间的关系. 高校地质学报, 2003, 9(2): 172—184
- 8 王德滋, 任启江, 邱检生, 等. 中国东部橄榄安粗岩的火山特征及其成矿作用. 地质学报, 1996, 70(1): 23—34
- 9 毛建仁, 苏郁香, 陈三元. 长江中下游中酸性侵入岩与成矿. 北京: 地质出版社, 1990. 1—191
- 10 Pan Y M, Dong P. The Lower Changjiang(Yangzi/Yangtze River) metallogenic belt, east central China: intrusion and wall rock-hosted Cu-Fe-Au, Mo, Zn, Pb, Ag deposits. Ore Geol Rev, 1999, 15(1): 177—242[DOI]
- 11 周涛发, 岳书仓. 长江中下游铜、金矿床成矿流体系统的形成条件及机理. 北京大学学报(自然科学版), 2000, 36(5): 697—707
- 12 周涛发, 岳书仓, 袁峰. 安徽月山矿田成岩成矿作用. 北京: 地质出版社, 2005. 1—186
- 13 王强, 赵振华, 熊小林, 等. 底侵玄武质下地壳的熔融: 来自安徽沙溪 adakite 质富钠石英闪长玢岩的证据. 地球化学, 2001, 30(4): 353—362
- 14 赵振华, 涂光炽. 中国超大型矿床(II). 北京: 科学出版社, 2003. 1—617
- 15 Wu F Y, Lin J Q, Wilde S A, et al. Nature and significance of the Early Cretaceous giant igneous event in eastern China. Earth Planet Sci Lett, 2005, 233: 103—119[DOI]
- 16 Mao J W, Wang Y T, Lehmann B, et al. Molybdenite Re-Os and albite $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating of Cu-Au-Mo and magnetite porphyry systems in the Yangtze River valley and metallogenic implications. Ore Geol Rev, 2006, 29 (3-4): 307—324[DOI]
- 17 吕庆田, 杨竹森, 严家永, 等. 长江中下游成矿带深部成矿潜力、找矿思路与初步尝试——以铜陵矿集区为例. 地质学报, 2007, 81(7): 865—881
- 18 毛景文, 王志良. 中国东部大规模成矿时限及其动力学背景的初步探讨. 矿床地质, 2000, 19(4): 289—296
- 19 Zhou T F, Yuan F, Yue S C, et al. Geochemistry and evolution of ore-forming fluids of the Yueshan Cu-Au skarn- and vein-type deposits, Anhui Province, South China. Ore Geol Rev, 2007, 31: 279—303[DOI]
- 20 刘珺, 周涛发, 袁峰, 等. 安徽庐枞盆地中巴家滩岩体的岩石地球化学特征及成因. 岩石学报, 2007, 23: 2615—2622
- 21 Black L P, Kamo S L, Allen C M, et al. Improved $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ microprobe geochronology by the monitoring of a trace-element related matrix effect; SHRIMP, ID-TIMS, ELA-ICP-MS, and oxygen isotope documentation for a series of zircon standards. Chem Geol, 2004, 205(1): 115—140[DOI]
- 22 Harris A C, Allen C M, Bryan S E, et al. LA-ICP-MS U-Pb zircon geochronology of regional volcanism hosting the Alumbra Cu-Au deposit: implications for porphyry-related mineralization. Miner Depos, 2004, 39(2): 46—67[DOI]
- 23 Ludwig K R. ISOPLOT 3.00: A Geochronological Toolkit for Microsoft Excel. Berkeley Geochronology Center Special Publication, 2003. 1—70
- 24 Belousova E A, Griffin W L, O'Reilly S Y, et al. Igneous zircon: trace element composition as an indicator of source rock type. Contrib Mineral Petrol, 2002, 143: 602—622
- 25 倪若水, 吴其切, 岳文浙, 等. 长江中下游中生代陆相盆地演化与成矿作用. 上海: 上海科学技术文献出版社, 1998. 1—118
- 26 邢凤鸣, 徐祥. 安徽沿江地区橄榄安粗岩系的特点和成因——陆橄榄安粗岩系一例. 安徽地质, 1998, 8(2): 8—20
- 27 刘洪, 邱检生, 罗清华, 等. 安徽庐枞中生代富钾火山岩成因的地球化学制约. 地球化学, 2002, 31(2): 129—140
- 28 周涛发, 宋明义, 范裕, 等. 安徽庐枞盆地中巴家滩岩体的年代学研究及其意义. 岩石学报, 2007, 23(10): 2379—2386
- 29 张旗, 简平, 刘敦一, 等. 宁芜火山岩的锆石 SHRIMP 定年及其意义. 中国科学 D 辑: 地球科学, 2003, 33(4): 209—215
- 30 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. 地质论评, 2007, 53(5): 642—655
- 31 谢桂青, 毛景文, 李瑞玲, 等. 长江中下游鄂东南地区大寺组火山岩 SHRIMP 定年及其意义. 科学通报, 2006, 51(19): 2283—2291
- 32 陈江峰, 喻钢, 杨刚, 等. 安徽沿江江南中生代岩浆-成矿年代学格架. 安徽地质, 2005, 15(3): 161—170
- 33 吴才来, 陈松永, 史仁灯, 等. 铜陵中生代中酸性侵入岩特征及成因. 地球学报, 2003, 24(1): 41—48
- 34 王彦斌, 刘敦一, 曾普胜, 等. 安徽铜陵地区幔源岩浆底侵作用的年代——朝山辉石闪长岩锆石 SHRIMP 定年. 地球学报, 2004, 25(4): 423—427
- 35 楼亚儿, 杜杨松. 安徽繁昌中生代侵入岩的特征和锆石 SHEIMP 测年. 地球科学, 2006, 35(4): 359—366
- 36 Ames L, Tilton G R, Zhou G. Timing of collision of the Sino-Korean and Yangtze cratons: U-Pb zircon dating of coesite-bearing eclogites. Geology, 1993, 21: 339—342[DOI]
- 37 李曙光, 杨蔚. 大别造山带深部地缝合线与地表地缝合线的解耦及大陆碰撞岩石圈楔入模型: 中生代幔源岩浆岩 Sr-Nd-Pb 同位素证据. 科学通报, 2002, 47(24): 1898—1905

- 38 Zheng Y F, Fu B, Gong B, et al. Stable isotope geochemistry of ultrahigh pressure metamorphic rocks from the Dabie-Sulu orogen in China: implications for geodynamics and fluid regime. *Earth Sci Rev*, 2003, 62: 105—161 [DOI](#)
- 39 任纪舜, 牛宝贵, 和政军, 等. 中国东部的构造格局和动力演化. 任纪舜, 杨巍然, 主编. 中国东部岩石圈结构与构造岩浆演化. 北京: 原子能出版社, 1998. 1—12
- 40 毛景文, 谢桂青, 张作衡, 等. 中国北方中生代大规模成矿作用的期次和相应的地球动力学背景. *岩石学报*, 2005, 21(1): 169—188
- 41 邓晋福, 叶德隆, 赵海岭, 等. 下扬子地区火山作用深部过程与盆地形成. 武汉: 中国地质大学出版社, 1992. 1—184
- 42 汪洋, 邓晋福, 姬广义. 长江中下游地区早白垩世埃达克质岩的大地构造背景及其成矿意义. *岩石学报*, 2004, 20(1): 297—314
- 43 马昌前, 杨坤光, 明厚利, 等. 大别山中生代地壳从挤压转向伸展的时间: 花岗岩的证据. *中国科学 D 辑: 地球科学*, 2003, 33(9): 817—827
- 44 许文良, 王冬艳, 王清海, 等. 华北地块中东部中生代侵入杂岩中角闪石和黑云母的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 定年: 对岩石圈减薄时间的制约. *地球化学*, 2004, 34(5): 221—232
- 45 杨德彬, 许文良, 裴福萍, 等. 蚌埠隆起区花岗岩形成时代及岩浆源区性质: 锆石 LA-ICP MS 定年与示踪. *地球化学*, 2005, 35(5): 443—455
- 46 Zhao Z F, Zheng Y F, Wei C S, et al. Zircon U-Pb age element and C-O isotope geochemistry of post-collisional mafic-ultramafic rocks from the Dabie orogen in East-central China. *Lithos*, 2005, 83: 1—28 [DOI](#)
- 47 裴福萍, 许文良, 杨德彬, 等. 吉林通化赤柏松辉长岩锆石 SHRIMP U-Pb 定年及其地质意义. *中国科学 D 辑: 地球科学*, 2005, 35(5): 393—398
- 48 杨承海, 许文良, 杨德彬, 等. 鲁西上峪辉长-闪长岩的成因: 年代学与岩石地球化学证据. *中国科学 D 辑: 地球科学*, 2008, 38(1): 44—55
- 49 罗振宽, 苗来成. 胶东招莱地区花岗岩和金矿床. 北京: 冶金工业出版社, 2002. 20—57
- 50 林强, 葛文春, 曹林, 等. 大兴安岭中生代双峰式火山岩的地球化学特征. *地球化学*, 2003, 32(3): 208—223
- 51 戴圣潜, 邓晋福, 吴宗絮, 等. 大别造山带燕山期造山作用的岩浆岩石学证据. *中国地质*, 2003, 30(2): 160—167

附表 1 庐枞盆地 4 组火山岩锆石 U-Pb 分析结果

样品编号	含量/ 10^{-6}			$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$		$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$		$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$		$^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$		$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$		$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$		$^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$	
	U	Th	Th/U	比率	1σ	比率	1σ	比率	1σ	比率	1σ	年龄 /Ma	1σ	年龄 /Ma	1σ	年龄 /Ma	1σ
LLMY-01																	
JA-01	394	382	0.97	0.0685	0.0065	0.1916	0.0176	0.02085	0.00059	0.00725	0.00030	129.7	3.8	178.0	16.4	146.0	6.0
JA-02	889	752	0.85	0.0593	0.0025	0.1703	0.0071	0.02111	0.00030	0.00723	0.00014	132.9	1.9	159.7	6.7	145.6	2.8
JA-03	1046	717	0.69	0.0521	0.0038	0.1484	0.0102	0.02103	0.00057	0.00663	0.00024	133.6	3.6	140.5	9.7	133.5	4.8
JA-04	262	185	0.71	0.0619	0.0042	0.1792	0.0114	0.02133	0.00043	0.00703	0.00026	133.8	2.8	167.4	10.6	141.5	5.2
JA-05	604	564	0.93	0.0585	0.0032	0.1688	0.0091	0.02137	0.00037	0.00699	0.00016	134.7	2.4	158.4	8.5	140.7	3.2
JA-06	531	550	1.03	0.0598	0.0034	0.1799	0.0103	0.02150	0.00035	0.00753	0.00017	135.3	2.3	168.0	9.6	151.6	3.4
JA-07	199	145	0.72	0.0481	0.0046	0.1317	0.0115	0.02160	0.00050	0.00644	0.00024	137.9	3.3	125.6	11.0	129.7	4.8
JA-08	774	1870	2.42	0.0493	0.0035	0.1526	0.0096	0.02198	0.00048	0.00683	0.00016	140.1	3.1	144.2	9.1	137.5	3.2
JA-09	442	308	0.69	0.0590	0.0049	0.1468	0.0128	0.02143	0.00042	0.00686	0.00024	140.5	6.2	139.1	9.7	138.2	4.8
LZQ-03																	
JB-01	128	126	0.99	0.0513	0.0047	0.1363	0.0124	0.02032	0.00048	0.00709	0.00026	129.2	3.1	129.7	11.8	142.8	5.2
JB-02	204	237	1.16	0.0539	0.0039	0.1495	0.0104	0.02043	0.00042	0.00663	0.00019	129.5	2.7	141.5	9.8	133.6	3.8
JB-03	143	122	0.85	0.0632	0.0049	0.1672	0.0129	0.02102	0.00043	0.00674	0.00024	131.7	2.8	157.0	12.1	135.8	4.8
JB-04	138	120	0.87	0.0518	0.0047	0.1401	0.0120	0.02090	0.00046	0.00735	0.00025	132.8	3.0	133.1	11.4	148.0	5.0
JB-05	95.2	72.2	0.76	0.0540	0.0066	0.1360	0.0150	0.02106	0.00064	0.00706	0.00033	133.4	4.2	129.5	14.3	142.2	6.6
JB-06	127	124	0.98	0.0533	0.0054	0.1519	0.0148	0.02108	0.00049	0.00685	0.00026	133.7	3.2	143.6	14.0	138.0	5.2
JB-07	149	160	1.07	0.0481	0.0046	0.1360	0.0125	0.02095	0.00052	0.00674	0.00021	133.7	3.4	129.5	11.9	135.8	4.2
JB-08	135	136	1.01	0.0485	0.0045	0.1345	0.0116	0.02097	0.00053	0.00671	0.00023	133.8	3.4	128.1	11.1	135.2	4.6
JB-09	108	99.2	0.92	0.0450	0.0049	0.1228	0.0132	0.02093	0.00045	0.00641	0.00025	134.2	3.0	117.6	12.6	129.1	5.0
JB-10	391	443	1.13	0.0471	0.0024	0.1372	0.0063	0.02115	0.00033	0.00679	0.00016	135.2	2.2	130.5	6.0	136.8	3.2
JB-11	261	310	1.19	0.0493	0.0034	0.1428	0.0096	0.02128	0.00038	0.00667	0.00016	135.6	2.4	135.5	9.1	134.4	3.2
JB-12	166	191	1.15	0.0524	0.0039	0.1489	0.0103	0.02159	0.00046	0.00680	0.00017	137.1	3.0	140.9	9.7	137.0	3.4
JB-13	151	99.0	0.66	0.0481	0.0041	0.1433	0.0123	0.02167	0.00057	0.00677	0.00026	138.3	3.7	136.0	11.7	136.4	5.2
JB-14	142	108	0.76	0.0490	0.0048	0.1408	0.0127	0.02191	0.00050	0.00696	0.00025	139.7	3.3	133.8	12.1	140.2	5.0
WJP-04																	
JC-01	239	200	0.84	0.0533	0.0044	0.1482	0.0123	0.01994	0.00055	0.00666	0.00031	126.5	3.6	140.3	11.6	134.2	0.6
JC-02	297	222	0.75	0.0504	0.0024	0.1390	0.0065	0.01996	0.00031	0.00636	0.00015	127.1	2.0	132.2	6.2	128.1	0.4
JC-03	238	218	0.92	0.0520	0.0028	0.1437	0.0072	0.02021	0.00034	0.00622	0.00015	128.4	2.2	136.3	6.8	125.3	0.4
JC-04	199	153	0.77	0.0456	0.0028	0.1218	0.0069	0.02009	0.00036	0.00637	0.00017	128.7	2.4	116.7	6.6	128.3	0.4
JC-05	233	259	1.11	0.0490	0.0028	0.1323	0.0075	0.02018	0.00033	0.00630	0.00013	128.8	2.1	126.2	7.2	126.9	0.4
JC-06	309	347	1.12	0.0540	0.0026	0.1520	0.0071	0.02033	0.00026	0.00650	0.00012	128.9	1.7	143.7	6.7	131.0	0.4
JC-07	246	225	0.91	0.0604	0.0039	0.1665	0.0108	0.02055	0.00052	0.00733	0.00021	129.2	3.3	156.4	10.1	147.6	0.6
JC-08	154	113	0.73	0.0476	0.0034	0.1330	0.0096	0.02023	0.00036	0.00673	0.00021	129.3	2.4	126.8	9.2	135.6	0.4
JC-09	282	219	0.78	0.0500	0.0026	0.1347	0.0066	0.02031	0.00030	0.00624	0.00014	129.4	1.9	128.3	6.3	125.7	0.4
JC-10	292	180	0.62	0.0491	0.0024	0.1344	0.0063	0.02032	0.00029	0.00677	0.00017	129.6	1.9	128.0	6.0	136.4	0.4
JC-11	444	429	0.97	0.0493	0.0019	0.1351	0.0051	0.02037	0.00031	0.00638	0.00011	129.9	2.0	128.7	4.9	128.5	0.2
JC-12	303	257	0.85	0.0491	0.0024	0.1350	0.0064	0.02038	0.00031	0.00651	0.00015	130.0	2.0	128.6	6.1	131.2	0.4
JC-13	511	467	0.91	0.0514	0.0019	0.1430	0.0054	0.02052	0.00028	0.00668	0.00013	130.5	1.8	135.7	5.1	134.6	0.2
JC-14	283	198	0.70	0.0555	0.0026	0.1523	0.0067	0.02063	0.00031	0.00674	0.00015	130.5	2.0	143.9	6.3	135.8	0.4
JC-15	306	303	0.99	0.0510	0.0023	0.1395	0.0062	0.02052	0.00029	0.00636	0.00013	130.6	1.9	132.6	5.9	128.1	0.2
JC-16	408	458	1.12	0.0554	0.0021	0.1577	0.0061	0.02069	0.00028	0.00642	0.00011	130.9	1.8	148.7	5.8	129.3	0.2
JC-17	234	165	0.71	0.0473	0.0025	0.1320	0.0067	0.02049	0.00033	0.00666	0.00018	131.0	2.2	125.9	6.4	134.2	0.4
JC-18	208	177	0.85	0.0527	0.0029	0.1435	0.0077	0.02080	0.00037	0.00659	0.00015	132.0	2.4	136.2	7.3	132.8	0.4
JC-19	216	186	0.86	0.0528	0.0029	0.1473	0.0078	0.02080	0.00033	0.00643	0.00016	132.0	2.2	139.5	7.4	129.5	0.4
JC-20	170	108	0.64	0.0493	0.0032	0.1443	0.0088	0.02074	0.00037	0.00666	0.00020	132.2	2.4	136.9	8.3	134.2	0.4
JC-21	327	363	1.11	0.0520	0.0022	0.1477	0.0058	0.02085	0.00030	0.00650	0.00013	132.5	2.0	139.9	5.5	131.0	0.2
JC-22	164	128	0.78	0.0524	0.0030	0.1478	0.0082	0.02087	0.00032	0.00687	0.00017	132.5	2.1	140.0	7.8	138.4	0.4
JC-23	300	314	1.04	0.0540	0.0026	0.1530	0.0070	0.02102	0.00034	0.00681	0.00014	133.2	2.2	144.6	6.6	137.2	0.4
JC-24	419	290	0.69	0.0492	0.0021	0.1432	0.0063	0.02118	0.00031	0.00662	0.00012	135.0	2.0	135.9	6.0	133.4	0.2

续(附表 1)

样品编号	含量/ 10^{-6}			$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$		$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$		$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$		$^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$		$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$		$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$		$^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$	
	U	Th	Th/U	比率	1σ	比率	1σ	比率	1σ	比率	1σ	年龄 /Ma	1σ	年龄 /Ma	1σ	年龄 /Ma	1σ
WJP-05																	
JD-01	160	172	0.69	0.0557	0.0027	0.1502	0.0074	0.01992	0.00033	0.00647	0.00014	126.1	2.1	142.1	7.0	130.4	2.8
JD-02	197	195	0.99	0.0504	0.0025	0.1345	0.0068	0.02011	0.00030	0.00662	0.00013	128.1	1.9	128.1	6.5	133.4	2.6
JD-03	453	404	0.89	0.0506	0.0016	0.1383	0.0044	0.02014	0.00031	0.00640	0.00010	128.2	2.0	131.5	4.2	128.9	2.0
JD-04	538	705	1.31	0.0511	0.0018	0.1386	0.0044	0.02027	0.00024	0.00645	0.00010	128.9	1.5	131.8	4.2	130.0	2.0
JD-05	221	214	0.97	0.0613	0.0045	0.1717	0.0131	0.02054	0.00101	0.00650	0.00028	129.0	6.3	160.9	12.3	131.0	5.6
JD-06	191	142	0.75	0.0505	0.0026	0.1411	0.0073	0.02039	0.00040	0.00643	0.00017	129.8	2.6	134.0	6.9	129.5	3.4
JD-07	276	319	1.15	0.0492	0.0022	0.1371	0.0061	0.02036	0.00035	0.00628	0.00011	129.9	2.2	130.5	5.8	126.5	2.2
JD-08	690	1125	1.63	0.0462	0.0015	0.1280	0.0041	0.02031	0.00027	0.00632	0.00008	130.0	1.7	122.3	3.9	127.3	1.6
JD-9	274	262	0.96	0.0501	0.0021	0.1382	0.0059	0.02043	0.00031	0.00629	0.00011	130.1	2.0	131.4	5.6	126.7	2.2
JD-11	269	280	1.04	0.0512	0.0022	0.1407	0.0057	0.02047	0.00032	0.00623	0.00010	130.2	2.0	133.7	5.4	125.5	2.0
JD-11	167	149	0.89	0.0638	0.0093	0.1805	0.0262	0.02084	0.00083	0.00745	0.00035	130.5	5.4	168.5	24.5	150.0	7.0
JD-12	370	318	0.86	0.0574	0.0019	0.1614	0.0053	0.02068	0.00033	0.00688	0.00012	130.5	2.1	151.9	5.0	138.6	2.4
JD-13	315	389	1.23	0.0474	0.0018	0.1318	0.0051	0.02044	0.00030	0.00633	0.00012	130.6	1.9	125.7	4.9	127.5	2.4
JD-14	200	168	0.84	0.0482	0.0021	0.1323	0.0058	0.02050	0.00028	0.00633	0.00013	130.9	1.8	126.2	5.5	127.5	2.6
JD-15	389	444	1.14	0.0477	0.0018	0.1344	0.0048	0.02051	0.00024	0.00654	0.00010	131.0	1.6	128.0	4.6	131.8	2.0
JD-16	274	253	0.92	0.0503	0.0024	0.1396	0.0065	0.02062	0.00036	0.00660	0.00013	131.3	2.3	132.7	6.2	133.0	2.6
JD-17	286	263	0.92	0.0469	0.0020	0.1331	0.0057	0.02054	0.00039	0.00644	0.00012	131.3	2.5	126.9	5.4	129.7	2.4
JD-18	306	295	0.96	0.0457	0.0019	0.1299	0.0052	0.02064	0.00033	0.00654	0.00012	132.2	2.1	124.0	5.0	131.8	2.4
JD-19	891	1656	1.86	0.0571	0.0017	0.1643	0.0054	0.02101	0.00036	0.00640	0.00008	132.6	2.3	154.5	5.1	128.9	1.6
JD-20	270	255	0.95	0.0479	0.0020	0.1347	0.0052	0.02098	0.00031	0.00671	0.00013	134.0	2.0	128.3	5.0	135.2	2.6
JD-21	304	307	1.01	0.0486	0.0022	0.1340	0.0056	0.02104	0.00040	0.00661	0.00014	134.2	2.6	127.7	5.3	133.2	2.8
LFP-01																	
JE-01	391	535	1.37	0.0487	0.0029	0.1271	0.0077	0.01927	0.00040	0.00633	0.00013	123.0	2.6	121.5	7.4	127.5	2.6
JE-02	180	155	0.86	0.0476	0.0038	0.1287	0.0105	0.01929	0.00045	0.00598	0.00017	123.3	2.9	122.9	10.0	120.5	3.4
JE-03	183	218	1.19	0.0539	0.0038	0.1351	0.0095	0.01944	0.00042	0.00638	0.00018	123.3	2.7	128.7	9.0	128.5	3.6
JE-04	154	199	1.29	0.0527	0.0042	0.1420	0.0107	0.01968	0.00043	0.00633	0.00017	125.0	2.8	134.8	10.2	127.5	3.4
JE-05	139	162	1.17	0.0549	0.0044	0.1453	0.0114	0.01981	0.00047	0.00611	0.00019	125.5	3.0	137.8	10.8	123.1	3.8
JE-06	315	343	1.09	0.0471	0.0027	0.1232	0.0070	0.01968	0.00044	0.00625	0.00013	125.8	2.8	118.0	6.7	125.9	2.6
JE-07	615	890	1.45	0.0513	0.0022	0.1380	0.0059	0.01981	0.00029	0.00644	0.00011	126.0	1.9	131.3	5.6	129.7	2.2
JE-08	200	261	1.31	0.0507	0.0034	0.1380	0.0094	0.01980	0.00038	0.00630	0.00018	126.0	2.5	131.3	8.9	126.9	3.6
JE-09	299	424	1.42	0.0525	0.0030	0.1434	0.0089	0.01985	0.00051	0.00626	0.00015	126.1	3.2	136.1	8.4	126.1	3.0
JE-10	1272	1247	0.98	0.0500	0.0017	0.1362	0.0052	0.01997	0.00038	0.00649	0.00011	127.2	2.4	129.7	5.0	130.8	2.2
JE-11	231	287	1.25	0.0473	0.0032	0.1284	0.0087	0.01991	0.00042	0.00626	0.00016	127.3	2.7	122.7	8.3	126.1	3.2
JE-12	412	622	1.51	0.0498	0.0024	0.1328	0.0065	0.01998	0.00046	0.00631	0.00013	127.3	2.9	126.6	6.2	127.1	2.6
JE-13	248	270	1.09	0.0453	0.0033	0.1199	0.0083	0.01997	0.00038	0.00608	0.00016	128.0	2.5	115.0	8.0	122.5	3.2
JE-14	200	258	1.29	0.0604	0.0041	0.1694	0.0119	0.02039	0.00044	0.00640	0.00017	128.2	2.8	158.9	11.2	128.9	3.4
JE-15	452	826	1.83	0.0502	0.0027	0.1370	0.0076	0.02014	0.00049	0.00645	0.00012	128.3	3.1	130.4	7.2	130.0	2.4
JE-16	121	112	0.93	0.0564	0.0047	0.1517	0.0125	0.02037	0.00052	0.00606	0.00023	128.8	3.4	143.4	11.8	122.1	4.6
JE-17	381	280	0.73	0.0527	0.0031	0.1412	0.0078	0.02039	0.00047	0.00645	0.00017	129.5	3.0	134.1	7.4	130.0	3.4
JE-18	161	152	0.95	0.0470	0.0035	0.1265	0.0090	0.02029	0.00048	0.00608	0.00021	129.7	3.1	120.9	8.6	122.5	4.2
JE-19	161	152	0.95	0.0470	0.0035	0.1265	0.0090	0.02029	0.00048	0.00608	0.00021	129.7	3.1	120.9	8.6	122.5	4.2
JE-20	164	153	0.93	0.0511	0.0041	0.1349	0.0107	0.02049	0.00043	0.00638	0.00021	130.4	2.8	128.5	10.2	128.5	4.2
JE-21	374	579	1.55	0.0551	0.0035	0.1539	0.0100	0.02092	0.00071	0.00655	0.00022	132.4	4.5	145.3	9.4	132.0	4.4
JE-22	570	1120	1.97	0.0472	0.0019	0.1351	0.0061	0.02092	0.00047	0.00641	0.00011	133.7	3.0	128.7	5.8	127.5	2.6