

文章编号: 1000-4734(2013)02-0194-09

右江盆地中三叠统砂岩 LA-ICP-MS 碎屑锆石 U-Pb 年代学

叶太平^{1,2}, 刘玉平^{1*}, 王大鹏¹, 李亮¹

(1. 中国科学院 地球化学研究所 矿床地球化学国家重点实验室, 贵州 贵阳 550002;
2. 中国科学院大学, 北京 100049)

摘要: 在野外考察及岩石学研究的基础上, 对右江盆地不同位置的中三叠统砂岩3件样品进行LA-ICP-MS碎屑锆石U-Pb同位素测年数据, 表明中三叠统砂岩的物源区可能均主要存在1100、950、850、740、440、360、300和260 Ma八组年龄的地壳或再循环地壳组分, 对比前人对盆地周边不同大地构造单元已有年龄数据统计结果, 指示右江盆地中三叠统砂岩物源区可能主要为扬子地块、华夏地块和越北古陆, 但由于扬子地块与华夏地块两个物源区影响程度不一致, 盆地的不同位置表现出一定的差异。

关键词: 右江盆地; 碎屑锆石; 三叠系碎屑岩; U-Pb年代学

中图分类号: P579; P597

文献标识码: A

作者简介: 叶太平, 男, 硕士研究生, 研究方向: 沉积学、岩石学、地球化学. E-mail: 362090935@163.com

右江盆地位于华南地块西南缘, 以金沙江—红河—马江缝合带与印支地块相隔离, 地跨桂西、滇东南和黔西南, 是西南低温成矿域的重要组成部分和华南重要的海相油气远景区^[1]。该盆地保存比较完好, 尤其以三叠系厚度巨大、分布广泛、浊流沉积碎屑岩相发育为鲜明特色, 其区域构造格架如图1所示。该盆地地质现象独特、矿产资源丰富, 一直倍受国内外学者关注, 许多学者从沉积学、层序地层学、火山岩石学、大地构造学等方面进行了比较深入的研究, 取得了不少可喜的进展。但该盆地的年代学和地球化学工作比较薄弱, 而且前人的相关研究多数属于局部性的工作, 从盆地整体尺度上的研究开展较少, 以至于该盆地三叠系的物源存在一定的争议。本文拟通过中三叠统砂岩LA-ICP-MS碎屑锆石U-Pb测年, 从一个侧面讨论碎屑沉积物源, 为深化该盆地沉积演化历史提供一批基础性数据。

目前利用碎屑锆石进行物源示踪研究已经成为地质研究中的一种重要手段^[3-6]。锆石广泛形成于岩浆岩和变质岩中, 且在剥蚀、沉积过程中

不易遭受破坏, 使其可以记录地壳主要的岩浆和变质事件, 因此沉积物碎屑锆石较好地保存了源区岩石组成的信息。笔者应用碎屑锆石LA-ICP-MS U-Pb定年约束右江盆地中三叠统砂岩不同地区沉积物源的变化。

1 样品采集与处理

在野外考察和岩石学研究的基础上, 本文选择右江盆地不同位置的3件中三叠统中-上部砂岩样品进行了LA-ICP-MS碎屑锆石U-Pb定年。采样点位参见图1, 样品描述见表1。

岩样经粉碎、淘洗后, 在双目镜下挑出其中的锆石颗粒制靶。锆石阴极发光图像分析在中国地质科学院完成, 代表性锆石颗粒的阴极发光图像如图2所示。LA-ICP-MS锆石U-Pb定年在中国科学院地球化学研究所矿床地球化学国家重点实验室完成, 电感耦合等离子体质谱为Agilent 7700x, 激光剥蚀系统为德国Lamda Physik公司GeoLasPro。ArF准分子激光发生器产生193 nm深紫外光束, 经均匀化光路聚焦于锆石表面。激光束斑直径为32 μm, 能量密度为10 J/cm², 频率为5 Hz, 剥蚀时间共计40 s, 剥蚀颗粒物被氦气送入质谱完成测试。测试过程中以标准锆石91500为外标校正同位素分馏, 以标准锆石Plešovice作为盲样监控数据质量。对分析数据的

收稿日期: 2012-10-19

基金项目: 矿床地球化学国家重点实验室自主选题项目(编号: KCZX20100106); 973项目“华南陆内成矿: 背景与过程”(批准号: 2007CB411408)

* 通讯作者, E-mail: liuyuping@vip.gyig.ac.cn

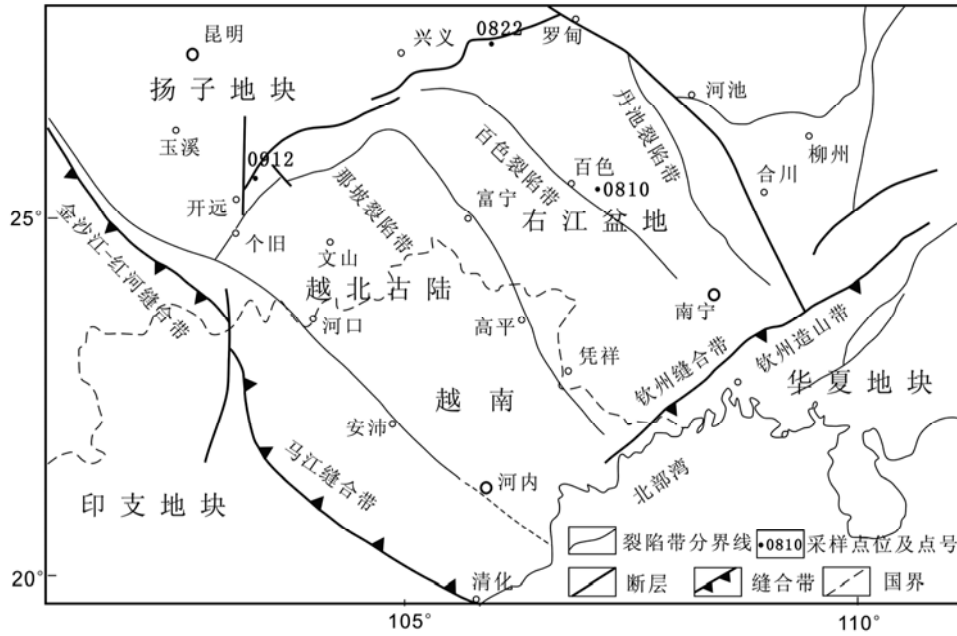


图1 右江盆地构造格架图(底图引自文献[2])

Fig. 1. Geological Sketch map of Youjiang Basin.

表1 样品性质描述

Table 1. Sampling data

样号	采样地点	层位	岩性	年代地层	构造属性	LA-ICP-MS 测点数
0810	广西壮族自治区田阳县上镇村	百逢组(T ₂ b)	粗粒长石石英砂岩砂岩	中三叠世安尼期	大陆高弧	60
0822	贵州省贞丰县暗定村	边阳组(T ₂ b)	中-粗粒长石石英砂岩	中三叠世拉丁期	活动大陆边缘	120
0912	云南省丘北县落那村	法郎组(T ₂ f)	中-粗钙质长石石英砂岩砂岩	中三叠世拉丁期	活动大陆边缘	100

离线处理(包括样品和空白信号选择、仪器灵敏度漂移校正、元素含量及U-Th-Pb同位素比值和年龄计算)采用软件ICPMSDataCal^[7-8]完成。详细的仪器操作条件和数据处理方法同Liu等^[7-9]。

2 测年结果

标准锆石 Plešovice 作为盲样监控数据质量,其测试结果见表2, ²⁰⁶Pb/²³⁸U 表面年龄变化范围 322.8~344.4 Ma, 加权平均年龄为 333.4±6.6 Ma。Sláma 等^[10]使用 ID-TIMS 测定 Plešovice 的 ²⁰⁶Pb/²³⁸U 年龄为 337.13±0.37 Ma, 在误差允许范围内, 其年龄表现出一致性, 表明所测其他数据也接近其真实年龄值。

由锆石的反射和透射显微图像(图略)和 CL 图像(图2)可以看出, 锆石颗粒多数为次棱角状-浑圆状, 表明经过了长距离搬运; 少数锆石颗粒晶型完好, 应为近源搬运。上述锆石矿物学特征, 反映出沉积物源的复杂性。

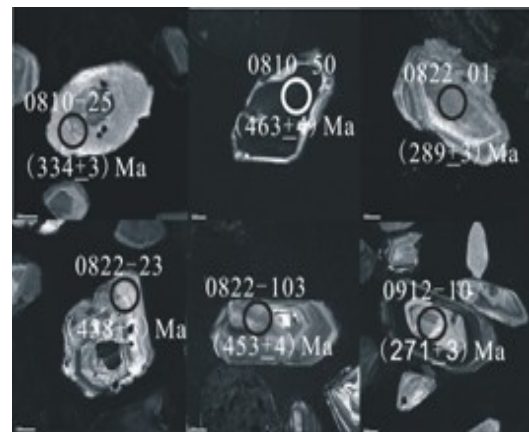


图2 部分锆石阴极发光图

Fig. 2. Part of the zircon cathode luminescent figure.

3件样品共选取280个锆石测点进行U-Pb同位素测年, 主要测试结果见表3。舍去U-Pb年龄不协和度>10%的50个测点, 在此基础上作出协和度>90%(不协和度<10%)的230个测点的年龄频率直方图(图3), 统计结果显示出如下8组峰值:

表 2 标准锆石 Plešovice 测试数据
Table 2. Standard zircon Plešovice testing data

标准锆石	$w_B/10^{-6}$			同位素比值				t/Ma			
	Pb	Th ²³²	U ²³⁸	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	1 σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1 σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	1 σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1 σ
Plešovice	69.8	121.5	1169.6	0.3775	0.0055	0.0513	0.0003	325.2	4.1	322.8	2.0
	61.6	109.3	1076.9	0.3862	0.0059	0.0514	0.0004	331.6	4.3	323.4	2.2
	67.7	176.2	1167.1	0.3977	0.0060	0.0522	0.0003	340.0	4.3	327.9	2.1
	74.0	186.3	1275.1	0.3907	0.0062	0.0524	0.0004	334.9	4.5	329.2	2.2
	58.1	149.0	1001.9	0.3817	0.0049	0.0524	0.0003	328.3	3.6	329.5	1.9
	62.0	109.4	1081.5	0.3798	0.0054	0.0530	0.0004	326.9	3.9	332.6	2.2
	45.2	76.0	775.2	0.3903	0.0060	0.0531	0.0003	334.6	4.4	333.4	2.1
	63.2	104.2	1093.7	0.4107	0.0065	0.0538	0.0004	349.4	4.7	337.9	2.4
	62.8	112.5	1060.6	0.4033	0.0113	0.0539	0.0006	344.1	8.2	338.5	4.0
	57.6	99.8	982.5	0.4027	0.0054	0.0541	0.0003	343.6	3.9	339.3	2.1
	56.5	96.1	964.3	0.3920	0.0051	0.0542	0.0003	335.9	3.7	340.1	2.1
	68.1	121.3	1154.9	0.3845	0.0061	0.0542	0.0004	330.3	4.5	340.3	2.3
	70.0	136.7	1225.3	0.3958	0.0060	0.0542	0.0004	338.6	4.3	340.5	2.3
	67.4	112.8	1103.7	0.3994	0.0057	0.0549	0.0004	341.2	4.1	344.4	2.2

表 3 右江盆地中三叠统 3 件砂岩样品主要峰值锆石 U-Pb 年龄数据
Table 3. Data of the main peak of U-Pb dating of sandrock samples from middle Triassic in Youjiang Basin

点号	$w_B/10^{-6}$			同位素比值				t/Ma			
	Pb	Th ²³²	U ²³⁸	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	1 σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1 σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	1 σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1 σ
0810-19	10.2	56.1	218.2	0.2932	0.0082	0.0402	0.0004	261	6	254	3
0810-37	7.9	72.9	159.3	0.2987	0.0096	0.0420	0.0005	265	8	265	3
0810-39	47.6	415.6	942.9	0.2973	0.0049	0.0421	0.0003	264	4	266	2
0810-22	22.7	436.0	375.5	0.3128	0.0071	0.0422	0.0003	276	6	266	2
0810-53	33.6	512.5	594.7	0.3122	0.0057	0.0427	0.0003	276	4	269	2
0810-28	30.5	407.0	562.1	0.3089	0.0057	0.0434	0.0004	273	4	274	2
0810-25	7.2	67.6	130.5	0.3376	0.0097	0.0441	0.0005	295	7	278	3
0810-48	40.8	376.0	800.4	0.3213	0.0065	0.0441	0.0005	283	5	278	3
0810-14	37.2	283.4	663.2	0.3466	0.0056	0.0459	0.0003	302	4	290	2
0810-02	20.6	298.9	292.3	0.3698	0.0090	0.0498	0.0005	319	7	314	3
0810-44	32.7	190.1	542.2	0.4263	0.0080	0.0520	0.0004	361	6	327	3
0810-54	28.1	31.9	471.2	0.4244	0.0093	0.0545	0.0007	359	7	342	4
0810-32	37.1	355.8	520.7	0.4049	0.0073	0.0558	0.0004	345	5	350	3
0810-20	16.4	180.0	212.2	0.4530	0.0105	0.0565	0.0005	379	7	354	3
0810-10	31.0	325.0	411.2	0.4167	0.0086	0.0566	0.0005	354	6	355	3
0810-04	21.8	147.4	281.7	0.4926	0.0097	0.0612	0.0005	407	7	383	3
0810-31	54.0	530.7	577.3	0.5267	0.0082	0.0688	0.0004	430	5	429	3
0810-56	26.2	157.7	307.8	0.5816	0.0127	0.0700	0.0006	465	8	436	4
0810-59	27.0	174.6	324.7	0.5377	0.0127	0.0703	0.0007	437	8	438	5
0810-50	121.8	308.5	1542.7	0.5784	0.0090	0.0745	0.0006	463	6	463	4
0810-17	40.1	115.5	269.3	1.1329	0.0241	0.1203	0.0019	769	11	733	11
0810-58	57.7	280.2	352.2	1.2076	0.0174	0.1236	0.0009	804	8	752	5
0810-36	61.2	155.6	382.2	1.2372	0.0164	0.1330	0.0008	818	7	805	5
0810-15	9.3	39.4	46.8	1.4353	0.0385	0.1456	0.0017	904	16	876	9
0810-30	30.6	83.7	163.9	1.4425	0.0244	0.1532	0.0014	907	10	919	8
0810-57	191.6	573.8	940.0	1.6260	0.0200	0.1596	0.0011	980	8	955	6
0810-06	53.8	172.8	254.4	1.6237	0.0249	0.1616	0.0012	979	10	966	7
0810-41	40.5	100.3	182.7	1.9084	0.0344	0.1771	0.0019	1084	12	1051	10
0810-07	67.6	133.7	299.7	1.9558	0.0259	0.1771	0.0012	1100	9	1051	6

续表 3

点号	$w_B/10^{-6}$			同位素比值				t/Ma			
	Pb	Th ²³²	U ²³⁸	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	1 σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1 σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	1 σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1 σ
0810-13	96.1	188.1	408.2	2.0047	0.0309	0.1894	0.0020	1117	10	1118	11
0810-40	57.2	213.6	229.5	2.0044	0.0327	0.1926	0.0017	1117	11	1135	9
0822-02	24.3	288.0	487.2	0.2907	0.0061	0.0402	0.0003	259	5	254	2
0822-54	16.5	168.4	330.8	0.2981	0.0075	0.0404	0.0004	265	6	255	2
0822-38	56.5	158.7	1275.4	0.3080	0.0046	0.0410	0.0003	273	4	259	2
0822-63	21.7	171.6	444.9	0.2992	0.0064	0.0414	0.0003	266	5	262	2
0822-105	26.7	260.7	518.7	0.3116	0.0057	0.0424	0.0003	275	4	268	2
0822-21	32.7	369.9	641.0	0.3117	0.0066	0.0428	0.0004	275	5	270	3
0822-80	35.9	241.3	710.6	0.3047	0.0055	0.0428	0.0003	270	4	270	2
0822-07	6.7	61.1	133.9	0.3281	0.0125	0.0431	0.0005	288	10	272	3
0822-48	22.4	252.5	412.1	0.3284	0.0070	0.0433	0.0003	288	5	273	2
0822-58	12.5	172.3	217.1	0.3128	0.0090	0.0433	0.0007	276	7	273	4
0822-53	16.2	126.8	308.8	0.3490	0.0085	0.0442	0.0004	304	6	279	2
0822-11	20.6	210.0	388.3	0.3288	0.0072	0.0443	0.0004	289	5	279	2
0822-65	17.8	176.9	344.6	0.3263	0.0088	0.0445	0.0005	287	7	281	3
0822-45	29.5	254.6	545.9	0.3306	0.0062	0.0450	0.0003	290	5	284	2
0822-01	26.2	221.0	475.7	0.3299	0.0073	0.0459	0.0005	289	6	289	3
0822-19	8.1	72.6	144.6	0.3116	0.0097	0.0461	0.0005	275	7	290	3
0822-39	17.2	161.5	307.8	0.3316	0.0070	0.0463	0.0004	291	5	292	3
0822-50	40.6	667.7	640.3	0.3617	0.0088	0.0464	0.0004	313	7	293	3
0822-03	53.7	511.5	970.3	0.3327	0.0058	0.0465	0.0004	292	4	293	2
0822-30	20.1	169.6	371.1	0.3488	0.0072	0.0474	0.0004	304	5	298	2
0822-51	19.0	171.9	309.2	0.3618	0.0077	0.0488	0.0004	314	6	307	2
0822-64	29.4	126.4	523.2	0.3588	0.0071	0.0497	0.0004	311	5	313	2
0822-40	30.2	75.2	595.7	0.3639	0.0078	0.0498	0.0006	315	6	313	3
0822-94	26.5	128.8	431.1	0.4161	0.0068	0.0530	0.0003	353	5	333	2
0822-74	8.5	73.0	119.4	0.4473	0.0135	0.0559	0.0006	375	10	350	4
0822-46	27.2	175.6	405.2	0.4229	0.0081	0.0562	0.0004	358	6	352	2
0822-101	12.8	99.9	181.4	0.4674	0.0127	0.0567	0.0006	389	9	355	4
0822-79	21.7	57.5	335.5	0.4154	0.0081	0.0572	0.0005	353	6	359	3
0822-43	27.9	114.5	421.2	0.4676	0.0121	0.0581	0.0010	390	8	364	6
0822-24	23.1	156.2	346.2	0.4365	0.0093	0.0583	0.0005	368	7	365	3
0822-112	21.5	129.5	297.9	0.4818	0.0097	0.0594	0.0005	399	7	372	3
0822-91	41.4	209.9	604.2	0.4570	0.0077	0.0594	0.0004	382	5	372	3
0822-109	15.6	108.9	208.3	0.4901	0.0122	0.0606	0.0006	405	8	379	4
0822-62	24.9	80.9	361.9	0.4913	0.0099	0.0607	0.0006	406	7	380	3
0822-06	32.8	132.8	482.0	0.4647	0.0085	0.0617	0.0005	388	6	386	3
0822-44	47.8	204.2	614.3	0.5090	0.0080	0.0674	0.0005	418	5	421	3
0822-86	26.4	185.6	306.1	0.5121	0.0096	0.0675	0.0005	420	6	421	3
0822-26	30.9	298.0	359.5	0.5067	0.0086	0.0677	0.0005	416	6	422	3
0822-78	28.6	181.7	340.3	0.5401	0.0110	0.0680	0.0007	438	7	424	4
0822-14	36.5	270.6	427.2	0.5230	0.0084	0.0694	0.0005	427	6	432	3
0822-87	21.5	270.3	230.3	0.5575	0.0150	0.0698	0.0009	450	10	435	5
0822-23	21.0	205.6	222.6	0.5773	0.0129	0.0702	0.0006	463	8	438	3
0822-81	28.0	188.5	299.5	0.5617	0.0120	0.0709	0.0007	453	8	442	4
0822-22	24.8	274.2	247.9	0.5579	0.0118	0.0715	0.0006	450	8	445	4
0822-103	28.1	161.5	315.7	0.5861	0.0115	0.0728	0.0006	468	7	453	4
0822-20	27.3	186.7	302.4	0.5539	0.0119	0.0740	0.0007	448	8	460	4
0822-73	118.0	70.2	928.6	1.0700	0.0125	0.1153	0.0006	739	6	704	4
0822-116	12.0	38.7	79.7	1.2113	0.0310	0.1230	0.0015	806	14	748	8

续表 3

点号	$w_B/10^{-6}$			同位素比值				t/Ma			
	Pb	Th ²³²	U ²³⁸	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	1 σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1 σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	1 σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1 σ
0822-77	155.9	635.8	961.8	1.1438	0.0138	0.1245	0.0008	774	7	756	5
0822-88	18.1	70.9	111.4	1.1256	0.0231	0.1258	0.0011	766	11	764	6
0822-52	69.2	181.4	420.5	1.2610	0.0179	0.1361	0.0008	828	8	823	5
0822-08	66.9	209.8	392.5	1.3346	0.0187	0.1415	0.0011	861	8	853	6
0822-68	31.3	244.3	138.9	1.3071	0.0274	0.1419	0.0013	849	12	856	8
0822-72	99.3	220.4	612.4	1.3713	0.0202	0.1455	0.0011	877	9	875	6
0822-04	62.3	172.0	346.7	1.4329	0.0205	0.1509	0.0011	903	9	906	6
0822-15	44.7	147.4	230.8	1.5406	0.0233	0.1548	0.0012	947	9	928	7
0822-18	139.3	460.6	732.7	1.5186	0.0198	0.1553	0.0012	938	8	930	6
0822-60	89.6	60.8	516.5	1.5469	0.0239	0.1557	0.0012	949	10	933	7
0822-33	39.6	151.2	201.5	1.5607	0.0235	0.1558	0.0012	955	9	934	7
0822-29	29.3	56.2	163.8	1.5817	0.0286	0.1584	0.0014	963	11	948	8
0822-90	45.6	137.0	248.2	1.5861	0.0314	0.1595	0.0020	965	12	954	11
0822-89	33.8	162.3	148.1	1.6185	0.0290	0.1597	0.0015	977	11	955	8
0822-09	54.2	93.8	270.8	1.8021	0.0268	0.1743	0.0013	1046	10	1035	7
0822-25	16.4	52.8	73.1	1.8927	0.0385	0.1765	0.0017	1079	14	1048	9
0822-106	159.8	296.8	722.0	2.0026	0.0235	0.1845	0.0012	1116	8	1091	7
0822-76	145.7	212.7	645.6	2.0168	0.0289	0.1884	0.0019	1121	10	1113	10
0822-05	78.3	176.5	324.8	2.0993	0.0273	0.1960	0.0013	1149	9	1154	7
0822-28	91.4	165.5	401.1	2.1959	0.0273	0.1975	0.0014	1180	9	1162	7
0912-26	7.0	78.6	140.1	0.2756	0.0082	0.0402	0.0004	247	7	254	2
0912-29	40.1	554.5	790.1	0.2772	0.0046	0.0409	0.0004	248	4	258	2
0912-30	60.0	1090.8	1105.4	0.3222	0.0066	0.0411	0.0004	284	5	259	3
0912-93	41.8	305.9	765.7	0.3154	0.0050	0.0421	0.0003	278	4	266	2
0912-57	7.4	46.8	148.1	0.3162	0.0095	0.0426	0.0005	279	7	269	3
0912-11	63.7	693.7	1185.1	0.3026	0.0044	0.0428	0.0003	268	3	270	2
0912-10	17.9	324.9	300.3	0.3198	0.0092	0.0431	0.0004	282	7	272	3
0912-43	110.2	1580.5	1802.6	0.3352	0.0044	0.0434	0.0003	294	3	274	2
0912-64	61.3	779.3	1125.9	0.3376	0.0051	0.0443	0.0004	295	4	280	3
0912-25	11.9	121.7	218.7	0.2927	0.0070	0.0446	0.0003	261	5	281	2
0912-36	14.8	181.1	253.1	0.3224	0.0075	0.0451	0.0004	284	6	285	2
0912-27	28.3	223.0	515.7	0.3014	0.0054	0.0459	0.0003	267	4	290	2
0912-42	25.7	266.2	438.7	0.3668	0.0073	0.0467	0.0004	317	5	294	2
0912-48	24.9	198.5	408.6	0.3691	0.0079	0.0469	0.0006	319	6	295	4
0912-89	36.7	137.7	647.0	0.3593	0.0061	0.0486	0.0004	312	5	306	2
0912-58	10.1	85.3	151.5	0.3809	0.0102	0.0532	0.0005	328	7	334	3
0912-08	38.0	232.5	496.0	0.4474	0.0069	0.0605	0.0004	375	5	379	2
0912-53	16.8	164.9	205.9	0.4952	0.0105	0.0614	0.0004	408	7	384	3
0912-44	18.8	123.0	250.0	0.4908	0.0091	0.0620	0.0005	405	6	388	3
0912-91	30.5	155.6	344.5	0.5342	0.0103	0.0683	0.0006	435	7	426	3
0912-41	71.6	373.3	852.6	0.5468	0.0077	0.0699	0.0004	443	5	436	3
0912-65	76.7	360.9	904.8	0.5470	0.0068	0.0702	0.0004	443	4	437	2
0912-19	24.9	196.5	275.2	0.5543	0.0094	0.0711	0.0005	448	6	443	3
0912-04	41.8	585.3	348.1	0.5469	0.0100	0.0713	0.0007	443	7	444	4
0912-23	32.9	94.7	403.2	0.5515	0.0093	0.0720	0.0005	446	6	448	3
0912-75	45.3	160.0	532.4	0.5681	0.0080	0.0725	0.0005	457	5	451	3
0912-70	34.1	214.7	382.5	0.5587	0.0097	0.0727	0.0006	451	6	452	4
0912-14	25.1	195.6	258.5	0.5630	0.0094	0.0739	0.0006	453	6	459	4
0912-52	9.9	82.3	101.9	0.5946	0.0157	0.0739	0.0007	474	10	460	4
0912-97	101.1	745.8	958.3	0.5818	0.0075	0.0740	0.0005	466	5	460	3

续表 3

点号	$w_B/10^{-6}$			同位素比值				t/Ma			
	Pb	Th ²³²	U ²³⁸	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	1 σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1 σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	1 σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1 σ
0912-02	45.3	251.5	442.1	0.5911	0.0095	0.0746	0.0005	472	6	464	3
0912-79	20.9	189.1	111.5	1.0728	0.0208	0.1169	0.0011	740	10	713	6
0912-96	58.0	153.1	385.7	1.0882	0.0183	0.1184	0.0013	748	9	721	7
0912-24	93.0	414.4	616.1	0.9843	0.0120	0.1191	0.0006	696	6	725	4
0912-15	64.5	501.3	332.7	1.1554	0.0165	0.1241	0.0009	780	8	754	5
0912-84	42.0	174.0	219.4	1.3242	0.0197	0.1383	0.0009	856	9	835	5
0912-95	55.5	73.3	317.5	1.3288	0.0202	0.1392	0.0011	858	9	840	6
0912-92	47.6	171.6	227.4	1.5233	0.0231	0.1480	0.0010	940	9	890	6
0912-06	55.3	204.5	262.7	1.4880	0.0203	0.1500	0.0011	926	8	901	6
0912-56	62.4	73.1	361.9	1.4583	0.0180	0.1514	0.0010	913	7	909	5
0912-09	94.1	231.5	460.1	1.5352	0.0191	0.1608	0.0010	945	8	961	5
0912-03	170.8	657.2	639.4	1.8616	0.0218	0.1814	0.0013	1068	8	1075	7
0912-100	90.7	147.0	364.9	1.9343	0.0272	0.1871	0.0015	1093	9	1106	8

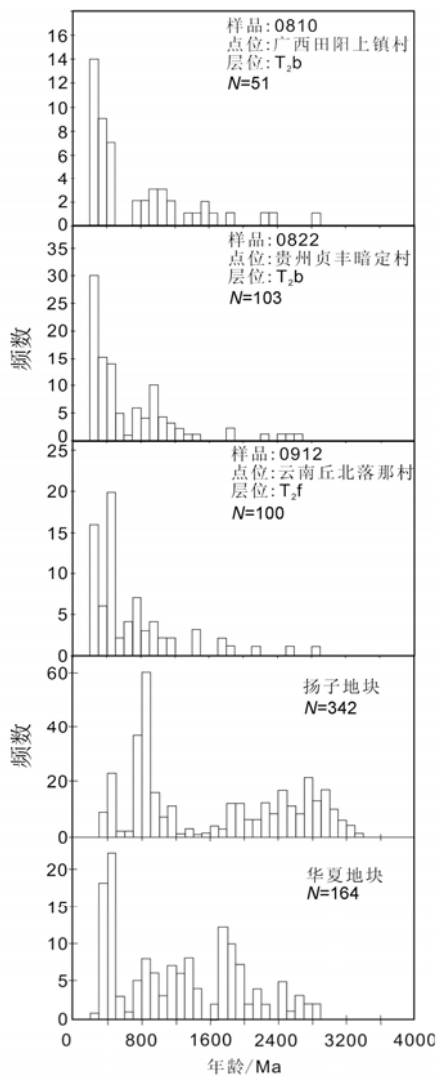


图 3 锆石 U-Pb 年龄频率直方图 (扬子地块、华夏地块年龄大于 300 Ma 的数据引自文献[11])

Fig. 3. Frequency histogram for zircon U-Pb age.

(1) 1100 Ma, 共 13 个测点, 锆石颗粒为次棱角状-浑圆状, ²⁰⁶Pb/²³⁸U 表面年龄变化范围 1035~1162 Ma, 加权平均值 1102±47 Ma, 表明源区可能存在中元古代晚期的地壳或者再循环地壳组分, 与 Grenvite 构造-岩浆事件相对应。

(2) 950 Ma, 共 14 个测点, 锆石颗粒多为次棱角状, ²⁰⁶Pb/²³⁸U 表面年龄变化范围 900~976 Ma, 加权平均值 941±21 Ma, 表明源区可能存在新元古代初期的地壳或者再循环地壳组分, 与 Grenvite 构造-岩浆事件相对应。

(3) 850 Ma, 共 8 个测点, 锆石颗粒多为次棱角状, ²⁰⁶Pb/²³⁸U 表面年龄变化范围 805~875 Ma, 加权平均值 845±23 Ma, 表明源区可能存在新元古代早期的地壳或者再循环地壳组分, 与新元古代 Rodinia 超大陆裂解构造-岩浆事件相对应。

(4) 740 Ma, 共 10 个测点, 锆石颗粒多为次棱角状, ²⁰⁶Pb/²³⁸U 表面年龄变化范围 704~764 Ma, 加权平均值 737±20 Ma, 表明源区可能存在新元古代中期的地壳或者再循环地壳组分, 与新元古代 Rodinia 超大陆裂解构造-岩浆事件相对应。

(5) 440 Ma, 共 33 个测点, 锆石颗粒多为次棱角状, 少数锆石颗粒晶型完好, ²⁰⁶Pb/²³⁸U 表面年龄变化范围 421~464 Ma, 加权平均值 440±16 Ma, 表明源区可能存在晚奥陶世-早志留世的地壳或者再循环地壳组分, 与加里东期构造-岩浆事件相对应。

(6) 360 Ma, 共 20 个测点, 锆石颗粒多为次棱角状, ²⁰⁶Pb/²³⁸U 表面年龄变化范围 334~388 Ma, 加权平均值 365±15 Ma, 表明源区可能存在

晚泥盆世-早石炭世的地壳或者再循环地壳组分,与华力西期构造-岩浆事件相对应。

(7) 300 Ma, 共 29 个测点, 锆石颗粒多为次棱角状, $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 表面年龄变化范围 278~314 Ma, 加权平均值 292 ± 12 Ma, 表明源区可能存在晚石炭世-早二叠世的地壳或者再循环地壳组分, 与华力西期构造-岩浆事件相对应。

(8) 260 Ma, 共 24 个测点, 锆石颗粒为晶形完好或次棱角状, $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 表面年龄变化范围 254~274 Ma, 加权平均值 266 ± 7 Ma, 表明源区可能存在峨眉山玄武岩及其同期火山岩组分。

在扬子地块周缘大量分布着中元古代晚期-新元古代早期的岩石记录, 一般认为是洋-陆转换过程中岛弧岩浆作用的产物。华南广泛出露新元古代 (830~740 Ma) 的岩浆岩^[12-14], 分布于在扬子地块周边。华南加里东期花岗岩呈北东向分布于绍兴-江山-萍乡断裂和上虞-政和-一大埔断裂之间的华夏地块范围内, 主要集中分布于湘-粤-赣交界的万洋山-诸广山地区、武夷山两侧和赣中武功山地区, 即呈 NE 走向的武夷山和云开大山地区, 其形成时间大多数为加里东晚期 (450~380 Ma)^[15]。华力西期岩浆活动主要表现为间歇的火山喷发和溢出, 在桂西、桂中、桂南等地层位多、厚度小的中-基性火山岩^[16]。

样品年龄峰值相关数据见表 4。

3 讨论

根据沉积岩的碎屑锆石年龄分布, 确定沉积岩物质来源, 沉积时代和形成构造环境, 已成为国际上研究的热点之一。尽管其中的锆石颗粒可能来自于不同的物源区, 并经历过复杂的搬运过程, 但通过区域对比, 可以在一定程度上为我们提供源区地壳或再循环地壳的信息, 有助于我们了解其大地构造背景及地壳生长历史。

早古生代末期的加里东运动使扬子板块和华夏板块基本上连接成一个统一的华南板块但是其间华南海洋并未完全消失在广西钦州一带残留一个著名的“钦防残留海槽”^[17]。早三叠世时

期, 盆地边缘以灰岩、泥灰岩、页岩及泥岩为主, 盆地中心则以砂岩、泥岩为主, 盆地内部局限台地发育。云南地区物源构造环境为活动大陆边缘; 贵州地区物源构造环境兼有活动大陆边缘和大陆岛弧; 广西地区物源构造环境主要为大陆岛弧 (来自右江盆地 197 件砂泥岩样品主-微量数据统计结果, 另文发表)。东吴运动使右江盆地东南缘的钦防海槽褶皱成山, 具有陆内碰撞造山性质^[18], 形成了云开隆起, 使华夏地块中的云开隆起成为大陆岛弧背景, 正好吻合盆地南东侧物源构造环境的条件。

根据盆地物源区构造环境, 结合盆地大地构造位置位于扬子地块与华夏地块之间, 将研究区样品与上述 2 个大地构造单元的锆石年龄频率直方图 (数据为 2005 年前 >300 Ma 数据统计结果) 进行对比, 可以大致限定其主要的物源区。根据图 3 我们可以看出样品 0810 锆石年龄分布模式与华夏陆块基本一致, 样品 0822 锆石年龄分布模式则兼有扬子与华夏两个地块的特点, 样品 0912 锆石年龄分布模式则兼有扬子与华夏两个地块的特点, 但与扬子地块的相似性较大。

1100、950、850、740、440、360 和 300 Ma 等 7 组年龄表明源区可能存在中元古代晚期、新元古代初期、新元古代早期、新元古代晚期、晚奥陶世-早志留世、晚泥盆世-早石炭世、晚石炭世-早二叠世 7 个时期的地壳或地壳再循环组分, 与扬子和华夏两地块锆石年龄分布模式对比, 表明 7 组锆石年龄对应的碎屑沉积物可能来自于扬子与华夏两个不同源区 Grenvine 期、Rodinia 超大陆裂解、加里东期以及华力西期构造-岩浆事件的产物。

峨眉山玄武岩大火成岩省大规模火山喷发约在 260 Ma^[19]。右江盆地内部及其北西缘分布着大量的峨眉山玄武岩及其同期火山岩, 与样品年龄峰值 260 Ma 一致, 这一年龄可能代表峨眉山玄武岩及其同期的火山活动也是右江盆地中三叠世碎屑岩一个的物源。

表 4 锆石年龄峰值及测点数统计

Table 4. Zircon age peak (Ma) and point number

样品	年龄值范围/Ma		对应 8 组年龄 (Ma) 的测点数								其他峰值 (测点数)
	最小	最大	1100	950	850	740	440	360	300	260	
0810	230	2900	4	3	2	2	4	5	4	6	238 (3)*、400 (5)、1550 (4)
0822	232	2600	7	7	4	4	13	11	18	11	245 (3)、540 (5)、1350 (4)、2550 (3)
0912	228	2897	2	4	2	4	16	4	7	8	400 (4)、650 (4)、1450 (3)、1800 (3)

注: * 238 代表峰值 238 Ma, (3) 代表具有 3 个测点。

由于扬子地块与华夏地块影响程度不一致, 其年龄峰值表现出一定的差异: 样品 0810 锆石年龄还具有峰值 1550、400、238 Ma 以及最大年龄值 2900 Ma, 表明源区可能存在古太古代时期、古元古代中期和晚志留世-早泥盆世地壳或地壳再循环组分以及中三叠世火山岩组分; 样品 0822 锆石年龄具有峰值 2550、1350、540、245 Ma 以及最大年龄值 2600 Ma, 表明源区可能存在新太古代晚期、中元古代中期和震旦纪晚期-早寒武世和地壳或再循环地壳组分以及早三叠世火山岩组分; 样品 0912 锆石年龄还具有峰值 1800、1450、650、400 Ma 以及最大年龄值 2897 Ma, 表明源区可能存在古太古代时期、新元古代早期、新元古代晚期和晚志留世-早泥盆世地壳或地壳再循环组分。

来自于华夏地块武夷山及其毗邻的东南部地区中-上二叠统 5 件沉积岩碎屑锆石年龄分布: 1870、1400、445、280 Ma, 分布区间 1180~940 Ma 及两个次级峰值 2530 Ma 和 800 Ma^[6]。对比广西地区样品 0810, 表现出一致性, 进一步证实华夏地块可能也是右江盆地中三叠世时期一个重要的物源区。

来自于贵州省陇要超基性岩的变质岩俘虏体(原岩可能为碎屑岩类)年龄分布: 2500、1100、960、860、770、520 和 430 Ma 七组年龄峰值, 以及锆石点 LY-3.1 的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 表面年龄为 361 Ma^[20]。对比贵州样品 0822, 表现出一致性, 表明盆地中三叠统沉积岩贵州地区物源区兼有扬子陆块与华夏陆块的成分。

目前对于滇东南老君山地区(相当于越北古陆)已有岩浆活动及变质事件显示为: 829 ± 10 Ma、 761 ± 12 Ma、 598 ± 84 Ma、 442 ± 9 Ma^[21-23]。

参考文献:

- [1] 肖加飞, 胡瑞忠, 宋谢炎, 等. 三叠纪右江盆地构造—沉积演化[J]. 矿物岩石地球化学通报, 2006, 25: 133-137.
- [2] 杜远生, 黄宏伟, 黄志强, 等. 右江盆地晚古生代—三叠纪盆地转换及其构造意义[J]. 地质科技情报, 2009, 6(28): 10-15.
- [3] Fitzsimons I C W, Hulscher B. Out of Africa: Detrital zircon provenance of central Madagascar and Neoproterozoic terrance transfer across the Mozambique Ocean [J]. *Terru Nova*, 2005, 17(3): 224-235.
- [4] Payne J L, Barovich K M, Hand M. Provenance of metasedimentary rocks in the northern Gawler Craton, Australia: Implications for Palaeoproterozoic reconstructions [J]. *Precambrian Res*, 2006, 148(3/4): 275-291.
- [5] Cawood P A, Nemchin A A, Strachan R. Provenance record of Laurentian passive-margin strata in the northern Caledonides: Implications for paleodrainage and paleogeography [J]. *Geological Society of America Bulletin*, 2007, 119(7/8): 993-1003.
- [6] Li Xian-Hua, Li Zheng-Xiang, He Bin. The Early Permian active continental margin and crustal growth of the Cathaysia Block: *In situ* U-Pb, Lu-Hf and O isotope analyses of detrital zircons [J]. *Chemical Geology*, 2012, 328: 195-207.
- [7] Liu Y S, Hu Z C, Gao S, Günther D, Xu J, Gao C G, Chen H H. In situ analysis of major and trace elements of anhydrous minerals by LA-ICP-MS without applying an internal standard [J]. *Chemical Geology*, 2008, 257: 34-43.

三叠纪时期越北古陆部分地区处于海平面之上, 为其成为该盆地三叠系碎屑岩物源区提供了必要的条件, 对比样品年龄峰值, 表明越北古陆地区也可能是右江盆地中三叠世时期的物源区。

综上所述, 右江盆地中三叠世时期沉积碎屑岩物源区可能主要为华夏地块、扬子地块和盆地内部峨眉山玄武岩及同期火山岩, 越北古陆可能也是其物源之一。

样品的处理过程中, 锆石颗粒的挑选、锆石制靶及锆石颗粒选点上存在主观的选择性, 可能对数据有一定的影响。

4 结论

(1) 盆地中三叠统碎屑岩的沉积物可能主要来自于扬子地块和华夏地块 1100、950、850、740、440、360 和 300 Ma 七组来自 Grenvine 期、Rodinia 超大陆裂解、加里东期以及华力西期四大构造-岩浆事件的地壳或再循环地壳组分、越北古陆 850、740、650 和 440 Ma 四组地壳或再循环地壳组分和 260 Ma 峨眉山玄武岩及同期火山岩组分。

(2) 由于扬子地块与华夏地块影响程度不一致, 其年龄峰值表现出一定的差异: 样品 0810 锆石年龄还具有峰值 1550、400、238 Ma; 样品 0822 还具有锆石年龄峰值 2550、1350、540、245 Ma; 样品 0912 还具有锆石年龄峰值 1800、1450、650、400 Ma。

(3) 虽然获得一些初步的结果, 但由于数据统计不够全面, 锆石颗粒挑选、锆石制靶及锆石颗粒选点上存在主观选择性, 使整体数据不能完全地反映其客观性。

- [8] Liu Y S, Gao S, Hu Z, Gao C, Zong, K, Wang D. Continental and oceanic crust recycling-induced melt-peridotite interactions in the Trans-North China Orogen: U-Pb dating, Hf isotopes and trace elements in zircons of mantle xenoliths [J]. *Journal of Petrology*, 2010, 51: 537-571.
- [9] Liu Y S, Hu Z, Zong K, Gao C, Gao S, Xu J, Chen H. Reappraisal and refinement of zircon U-Pb isotope and trace element analyses by LA-ICP-MS [J]. *Chinese Science Bulletin*, 2010 (in press).
- [10] Sláma J, Košler J, Condon D J, et al. Plešovice zircon-A new natural reference material for U-Pb and Hf isotopic microanalysis [J]. *Chemical Geology*, 2008, 249(1-2): 1-35. doi:10.1016/j.chemgeo.2007.11.005.
- [11] 丁兴, 周新明, 孙涛. 华南陆壳幕式生长——来自广东古寨花岗岩闪长岩中锆石 LA-ICPMS 定年的信息[J]. 地址评述, 2005, 51(4): 382-392.
- [12] Chen J F, Foland K A, Xing F M, et al. Magmatism along the southerneast margin of the Yangtze bloek: Preeambrian collision of the Yangtze and Cathaysia blocks of China [J]. *Geology*, 1991, 19: 815-818.
- [13] 周新民. 对华南花岗岩研究的若干思考[J]. 高校地质学报, 2003, 9(4): 556-565.
- [14] 王德滋, 沈渭洲. 中国东南部花岗岩成因与地壳演化[J]. 地学前缘, 2003, 10(3): 209-220.
- [15] 余振兵. 中上扬子元古界-中生界碎屑锆石年代学研究[D]. (博士学位论文) 中国地质大学, 2007.
- [16] 广西地质矿产局. 广西壮族自治区区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1987.
- [17] 赵自强, 丁启秀. 中南区区域地层[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1996: 71-118.
- [18] 曾允孚, 刘文军, 陈洪德, 等. 华南右江复合盆地的沉积构造演化[J]. 地质学报, 1995, 6(2): 113-124.
- [19] 朱江, 张招崇, 侯通, 等. 贵州盘县峨眉山玄武岩系顶部凝灰岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄: 对峨眉山大火成岩省与生物大规模灭绝关系的约束[J]. 岩石学报, 2011, 27(9): 43-51.
- [20] 刘玉平, 苏文超, 皮道会, 等. 滇黔桂低温成矿域基底岩石的锆石年代学研究[J]. 自然科学进展, 2009, 12(1): 1319-1325.
- [21] 刘玉平, 叶霖, 李朝阳, 等. 滇东南发现新元古代岩浆岩: SHRIMP 锆石 U-Pb 年代学和岩石地球化学证据[J]. 岩石学报, 2006, 22(4): 16-26.
- [22] 刘玉平, 李朝阳, 谷团, 等. 滇东南老君山中-深变质岩系铅同位素特征及时代归属[J]. 矿物学报, 2009, 3(20): 228-232.
- [23] 徐伟. 滇东南南温河花岗岩年代学和地球化学初步研究[D]. (硕士学位论文) 贵阳: 中科院地球化学研究所, 2007.

LA-ICP-MS U-Pb Chronology of Detrital Zircon from Millde Triassic Sandrock in Youjiang Basin

YE Tai-Ping, LIU Yu-Ping, WANG Da-Peng, LI Liang

(1. State Key Laboratory of Ore Deposit Geochemistry Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002, China;
2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: Based on fieldwork and the study of petrology, three 3 sandrock samples from millde Triassic in Youjiang Basin were analyzed with LA-ICP-MS U-Pb isotope dating. Results show that the ages of eight groups of crust or recycling crust components are 1100, 950, 850, 750, 440, 360, 300 and 260 Ma, respectively. Compared with former data, statistics results of aging data in this study indicate that the provenance of Triassic sandstone from Youjiang Basin may belong to the Yangtze block, the Cathaysia block and N Viet Nam Old Land. For the Yangtze block and the Cathaysia block, influence of different materials is not consistent, while the different positions of the basin shows some different influences.

Key words: Youjiang Basin; detrital zircon; Triassic sandrock; U-Pb chronology