

# 珠江沉积物碎屑锆石 U-Pb 年龄 特征及其物源示踪意义

赵 梦, 邵 磊, 乔培军

(同济大学 海洋地质国家重点实验室, 上海 200092)

**摘要:** 通过对珠江流域主要支流和干流河流砂进行碎屑锆石 U-Pb 定年分析, 建立了珠江流域的碎屑锆石年龄谱, 发现主要分为 8 组峰值, 分别为 2 800—2 300 Ma, 2 000—1 800 Ma, 1 800—1 300 Ma, 1 100—700 Ma, 600—400 Ma, 380—230 Ma, 200—80 Ma, <65 Ma, 分别对应陆壳增长期、吕梁期、晋宁期、加里东期、印支期、燕山期及喜山期等构造活动。各支流碎屑锆石年龄谱特征不同, 且具有分带性: 上游北盘江、南盘江、红水河、右江、左江及西江干流样品具有明显的 380—230 Ma 主峰, 碎屑锆石主要来自右江造山带。右江和左江具有独特的 2 000—1 800 Ma 峰值, 碎屑锆石可能来自更老的基底。中游柳江样品具有 1 000—800 Ma 峰值, 碎屑锆石来自扬子地块。桂江样品除 1 000—800 Ma 峰值外, 还具有 660—400 Ma 和 2 800—2 300 Ma 峰值, 碎屑锆石来自江南造山带和华夏地块。下游北江、东江及珠江三角洲样品碎屑锆石主要来自东南沿海花岗岩带, 具有明显的 200—90 Ma 峰值。西江干流样品以印支期 380—230 Ma 峰值为主, 同时也受到燕山期岩浆活动影响而含较多中生代锆石。研究结果显示, 利用碎屑锆石年龄的不同峰值可以示踪珠江不同支流沉积物, 对进一步研究南海北部沉积物源汇对比和揭示珠江流域演变过程具有重要意义。

**关键词:** 珠江; 现代河流砂; 碎屑锆石 U-Pb 定年; 扬子板块; 华夏板块

中图分类号: P736.21

文献标志码: A

## Characteristics of Detrital Zircon U-Pb Geochronology of the Pearl River Sands and Its Implication on Provenances

ZHAO Meng, SHAO Lei, QIAO Peijun

(State Key Laboratory of Marine Geology, Tongji University, Shanghai 200092, China)

**Abstract:** The detrital zircon dating of the modern river sands from the tributaries and mainstream of the Pearl River

reveals age spectra with eight major age groups: 2 800—2 300 Ma, 2 000—1 800 Ma, 1 800—1 300 Ma, 1 100—700 Ma, 600—400 Ma, 380—230 Ma, 200—80 Ma and <65 Ma, corresponding to tectonic events within the drainage e. g. crustal growth, Lüliangian, Jinningian, Caledonian, Indosinian and Yanshanian. The tributaries are characterized with different age spectra and can be classified by their location. The Beipanjiang River, the Nanpanjiang River, the Hongshuihe River, the Youjiang River, the Zuojiang River and the mainstream of Xijiang River from the upstream feature a 380—230 Ma age peak, indicating that these zircons were mainly from the Youjiang Orogenic Belt. The 2 000—1 800 Ma age peak only occurs in the Youjiang River and the Zuojiang River, suggesting that those zircons probably come from an ancient basement. The Liujiang River from the middle stream is characterized with a 1 000—800 Ma age peak, which represents zircons from the Yangtze Block. Besides this 1 000—800 Ma age peak, another two age peaks of 660—400 Ma and 2 800—2 300 Ma are found in the Guijiang River, suggesting provenances from the Jiangnan Orogenic Belt and the Cathaysia Block. The detrital zircons from the North River, the East River and the Pearl River delta of the downstream are mainly deprived from the granite belt along the southeast coast. This result shows that the peaks of the detrital zircon ages can be used to identify the sediment from the tributaries, which may be helpful for studying the provenance of the northern South China Sea sediment and its relationship with the evolution of the Pearl River.

**Key words:** the Pearl River; modern river sands; detrital zircon U-Pb dating; the Yangtze Block; the Cathaysia Block

大量研究表明, 古珠江自晚渐新世开始就是南海北部沉积物的重要供给<sup>[1-4]</sup>。Clift 等<sup>[1]</sup> 依据

收稿日期: 2014-08-13

基金项目: 国家自然科学基金(91128207, 40976023); 国家科技重大专项(2011ZX05025-006-02)

第一作者: 赵 梦(1987—), 女, 博士生, 主要研究方向为沉积学、地质学。E-mail: 87mengmeng@tongji.edu.cn

通讯作者: 邵 磊(1960—), 男, 教授, 博士生导师, 理学博士, 主要研究方向为沉积学、地球化学、地质学等。E-mail: lshao@tongji.edu.cn

ODP1148 站沉积物的黏土矿物和 Nd 同位素变化特征提出早中新世末期南海北部物源区由华南近岸物源逐步演变为华南地块内部。苗卫良等<sup>[4]</sup>对珠江口盆地沉积物进行稀土元素分析,指出渐新世盆地以相邻花岗岩隆起区为主要物源区,华南内陆古老沉积物在中新世之后加入其源区。邵磊等<sup>[3]</sup>通过对比 ODP1148 站位、珠江口盆地 XJ33 井和 PY33 井的黏土矿物含量变化、Ca/Si 质量比值、CIA (Chemical Index of Alteration) 指数、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  含量和 Nd 同位素,发现南海北部地区沉积物成分在渐新世到中新世发生突变,沉积物源区从硅酸岩区转变为碳酸岩区,从而提出这极有可能反映了珠江的源区拓展。邵磊等<sup>[5]</sup>对比了珠江流域及珠江口盆地的沉积物地球化学和矿物学特征,指出早渐新世时期盆地以基底和周边的花岗岩及变质岩为物源区,古珠江在晚渐新世带来东南沿海花岗岩带沉积物,并在中新世向内陆拓展至西江中游的柳江、桂江一带。以上研究均表明,南海北部沉积物组份在渐新世—中新世发生变化,反映出古珠江的物源区变化。因此,对珠江流域的源区地质研究将有利于进一步认识南海北部沉积充填过程与珠江流域演变之间的耦合关系。

向绪洪等<sup>[6]</sup>根据重矿物组合类型和重矿物指数及相关性分析,将珠江流域分为三个区带。邵磊等<sup>[5]</sup>对珠江现代沉积物样品进行稀土元素聚类分析,也将流域分为三个区带,从东到西分别为东南沿海花岗岩侵入区、西江中游(以柳江和桂江为代表)古生代碳酸岩区和上游中生代碎屑岩及古生代碳酸岩沉积区。本研究将对珠江流域主要支流、干流进行系统的采样分析,利用碎屑锆石 U-Pb 定年法建立其锆石年龄谱特征,为研究珠江流域源区地质提供碎屑锆石年代学证据。

## 1 材料与方法

本次研究材料主要来自珠江流域现代河流边滩沉积物样品,采样点覆盖所有重要干支流,包括西江上游的南盘江、北盘江、红水河、中下游的柳江及左江、右江、桂江以及北江和东江,共采集现代河流样品 12 个,编号为 R1~R12。采样位置如图 1 所示,图中黑点表示取样位置,椭圆标记上游、中游、下游分区<sup>[5]</sup>,底图改绘自 1975 年亚洲地质图。

对所采样品首先筛选出  $>0.063\text{ mm}$  粒级的沉

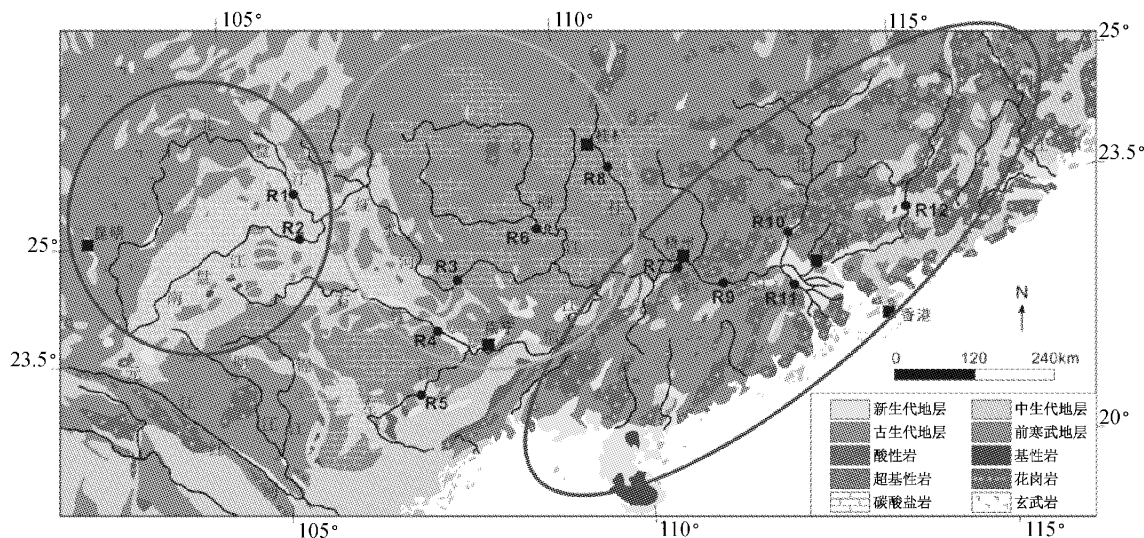


图 1 珠江流域地质图及取样位置

Fig.1 Geology map of the Pearl River and the sample location

积物样品,用去离子水对其进行清洗,低温烘干( $<60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ),然后利用三溴甲烷( $2.89\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ )进行轻重矿物分离,将分离出的重矿物用酒精冲洗 2~3 次,放入  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  恒温箱中烘干。将矿物进行磁选,无磁性部分用酒精或重液精淘后在镜下挑选锆石,平均每个样品挑选 160~200 颗锆石,个别样品锆石数量较少。样品挑好后进行制靶和拍照。制靶流程为:将

挑选好的锆石在双目镜下粘在双面胶上,灌入环氧树脂和凝固剂制靶并尽量避免气泡产生,之后放入烘箱凝固。对凝固的靶样进行打磨,使锆石颗粒露出,进一步抛光后,在偏光显微镜下对锆石进行透射光和反射光照相,同时进行阴极发光 (CL) 图像扫描,了解锆石的形态特征以方便测试时定点选择。样品的前期处理和锆石镜下挑选是在同济大学海洋地

质国家重点实验室完成.制靶及拍照在中国科学院地质与地球物理研究所完成.碎屑锆石 U-Pb 年龄测定在英国伦敦大学学院伦敦地质年代学中心完成,测试使用与 New Wave NWR 193 nm 激光剥蚀系统连接的 Agilent 7700 型等离子体质谱仪(ICP-MS),并以国际标样 Temora, GJ-2, 91500 和 Pleisovice 进行校正.年龄数据用 Glitter 软件处理.在数据处理中,对年龄小于 1 000 Ma 的锆石选取  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  年龄,并以  $100(^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U})/(^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U})$  计算谐和度;对年龄大于 1 000 Ma 的锆石选取  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  年龄并以  $100(^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb})/(^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U})$  计算谐和度.锆石年龄谱图采用 ISOPLLOT3.0 绘制<sup>[7]</sup>.

## 2 珠江流域地质特征

### 2.1 珠江流域地质、构造分区

珠江流域内自元古界至第四系地层均有出露,

基本上都被沉积岩覆盖(图 1).珠江中上游地区多为灰岩沉积,可达流域面积的 44%,流域内还发育了石英砂岩、页岩等古生代地层及少量花岗岩侵入体.上游北盘江、南盘江地区主要出露中生代地层;中游柳江、桂江区域主要为古生代地层,中生代地层已被剥蚀.在珠江下游,北江、东江地区大面积分布花岗岩及火山岩<sup>[8]</sup>.珠江流经扬子地块和华夏地块.两个地块东侧以江绍断裂为界,西南侧断裂延伸段具体位置由于缺乏露头,仅标记推测位置(图 2).总体上看,珠江上游北盘江、南盘江、红水河、右江、左江及中游柳江均位于扬子地块的南缘.其中红水河、右江、左江所在区域称为右江盆地.珠江中游桂江、西江干流、北江及东江均位于华夏地块.

扬子地块以碳酸岩沉积为主,最显著的特征是广泛的新元古代岩浆活动,其碎屑锆石 U-Pb 年龄在地块各处都具有强烈峰值<sup>[9-11]</sup>.扬子地块的基底出露很少,最老年龄来自扬子地块西北部的崆岭群高级变质杂岩,其锆石 U-Pb 年龄为  $(3\,275 \pm 11)\text{Ma}$ <sup>[12]</sup>.

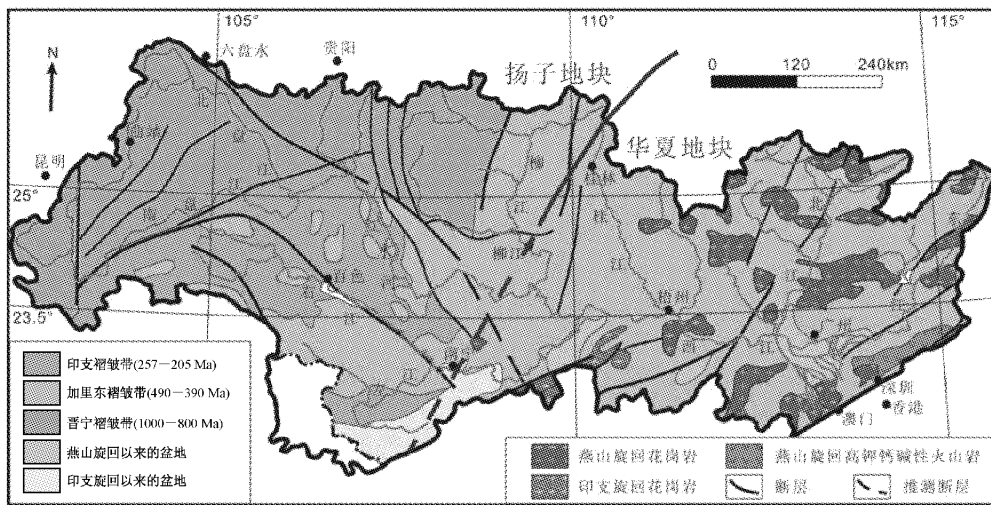


图 2 珠江流域构造图(修改自《中国大地构造图》)

Fig.2 Tectonic map of the Pearl River drainage (simplified from Geotectonic Map of China)

其西南缘已知最古老的基底是云南大红山群变质火山—沉积岩,其火山岩锆石 U-Pb 年龄为  $(1\,675 \pm 8)\text{Ma}$ <sup>[13]</sup>.在本研究中,由于珠江流域的限制,仅考虑扬子地块西南部分,该部分发育晋宁褶皱带,碎屑锆石以约 1 000—800 Ma 峰值为特征(图 3,  $N$  为年龄点个数)<sup>[11]</sup>.

华夏地块以碎屑岩沉积为主,其基底研究尚存争议,但已有很多有关太古代碎屑锆石的数据发表,其碎屑锆石年龄谱图一般具有四个峰值:1.80, 1.40, 0.97 和 0.80—0.70 Ga<sup>[10, 14-17]</sup>(图 3b). Yao 等<sup>[16]</sup>对江西南部华夏腹地的奥陶系砂岩进行碎屑锆

石定年研究发现,其具有 5 个年龄组群:2 560—2 380 Ma, 1 930—1 520 Ma, 1 300—900 Ma, 850—730 Ma 和 670—530 Ma.李献华等<sup>[17]</sup>总结了近年来 2 910 个有关华夏地块的前寒武纪碎屑锆石年龄发表数据,发现有 3 个主峰(960, 1 850, 2 485 Ma)和四个次峰(588, 765, 1 080, 1 430 Ma).在本研究中,由于珠江流域范围限制,仅考虑华夏地块南岭—云开地区,该地区受到华南加里东运动改造形成基底构造,并在印支期和燕山期发生岩浆作用和变质作用<sup>[18-22]</sup>,西侧的印支褶皱带又称为右江造山带.

新元古代早期扬子地块和华夏地块沿江绍缝合

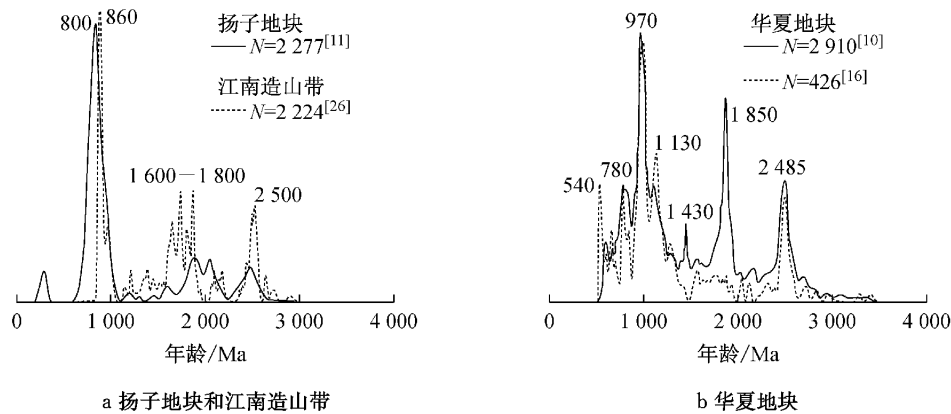


图 3 珠江流域构造单元锆石年龄谱图

Fig.3 Age spectra of detrital zircons from the tectonic units within the Pear River drainage

带碰撞拼合,从而形成了长达 1 500 km 的江南造山带<sup>[23]</sup>. 造山带西端为广西北部九万大山、摩天岭,这一段现在位于柳江和桂江的集水区. 江南造山带主要由中新元古代浅变质岩和新元古代花岗岩体组成,经历过强烈的后期改造<sup>[24-25]</sup>. Wang 等<sup>[26]</sup>对江南造山带的研究表明,桂北地区的造山带碎屑锆石主要峰值年龄为 1.0—0.86 Ga, 1.8—1.6 Ga 和 2.5—2.4 Ga,第一个年龄为造山带岩浆活动年龄,后两个年龄指示华南地壳生长(图 3a). Zheng 等<sup>[27]</sup>对桂北地区的造山带范围内的花岗岩定年,测得锆石 U-Pb 年龄为 825 Ma.

## 2.2 珠江流域岩浆岩分布

前寒武纪花岗岩在研究区内仅见于桂北地区,以晋宁期为主<sup>[28-29]</sup>. 早古生代加里东期岩浆岩峰期为 430—400 Ma,分布在桂北、桂—粤交接地区、武夷山及云开地区<sup>[18-19,21,28-29]</sup>. 晚古生代印支期研究区经受广泛的岩浆活动,相关岩体多见于珠江流域内的桂东南大容山—六万大山—旧州、台马一带、云开地区、粤中、粤东北南岭地区<sup>[8,19,21,28-29]</sup>. 燕山期火山活动最强盛,主要集中在珠江流域广东省境内,早期为海相中基性火山活动,中晚期则为陆相中酸性火山活动. 变质岩主要分布于莲花山,花岗岩在珠江流域内出露面积最大,在南岭地区呈东西向分布,在广东沿海地区还有流纹岩出露<sup>[19-20,29]</sup>.

## 3 珠江流域碎屑锆石 U-Pb 年龄分析

对珠江现代河流砂岩样品中共计 1 343 颗碎屑锆石进行 U-Pb 定年分析,锆石年龄谐和度均 > 90%,仅不到 2% 的样品 Th/U 质量比值 < 0.1 (图 4),表明大多数锆石为岩浆锆石,变质锆石含量很少.

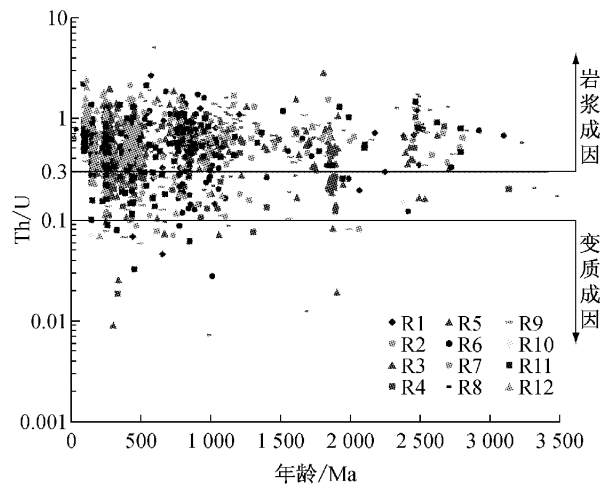


图 4 珠江沉积物碎屑锆石 U-Pb 年龄与 Th/U 比值图

Fig.4 Th/U—U-Pb age plot of the detrital zircons from the Pearl River sediment

珠江各支流及干流的现代沉积物碎屑锆石 U-Pb 年龄跨度从太古代到新生代均有分布(表 1),其中最年轻的锆石年龄为 25 Ma,最古老的锆石年龄为 3 524 Ma. 如图 5 所示,不同时期形成的锆石在珠江流域的含量分布具有一定区域性:新生代锆石含量整体较少;中生代锆石(K, J, T)在珠江下游的北江、东江和珠江口含量较多,在中上游含量较少;晚古生代锆石( $Pz_2$ )集中分布在上游北盘江、南盘江、红水河、右江及左江样品中;早古生代锆石( $Pz_1$ )在柳江和桂江含量最少,在梧州以东的下游地区含量较多;新元古代锆石( $Pt_3$ )在柳江和桂江含量最多,在右江、左江、北江及东江含量最少;中元古代和古元古代锆石( $Pt_2, Pt_1$ )也在上游含量较多,东江、东江和珠江口地区含量较少;太古代锆石(Ar)含量很少,仅柳江和桂江有相对多的太古代锆石.

珠江各支流及干流的现代沉积物碎屑锆石 U-

表 1 珠江沉积物碎屑锆石 U-Pb 年龄组成统计表  
Tab.1 Distribution of the U-Pb age of the Pearl River sediment

样品 编号	珠江沉积物碎屑锆石 U-Pb 年龄组成/%												
	Cz	K	J	T	Pz <sub>2</sub>	Pz <sub>1</sub>	Pt <sub>3</sub>	Pt <sub>2</sub>	Pt <sub>1</sub>	Ar	Mz	Pz	Pt
R1	0.8	1.6	0.8	0.8	42.2	20.3	18.8	7.8	7.0	0	3.1	43.0	46.9
R2	0	0	0	1.7	47.9	21.5	9.1	9.1	8.3	2.5	0	49.6	39.7
R3	0.8	1.6	0.8	0.8	42.2	20.3	18.8	7.8	7.0	0	3.1	43.0	46.9
R4	0	0	0	1.7	47.9	21.5	9.1	9.1	8.3	2.5	0	49.6	39.7
R5	0	0	5.7	12.1	31.2	12.1	8.5	4.3	24.1	2.1	5.7	43.3	24.8
R6	1.0	0	0	0	0	5.1	73.5	11.2	5.1	4.1	1.0	0	89.8
R7	0	3.1	3.1	5.4	22.5	32.6	19.4	5.4	7.0	1.6	6.2	27.9	57.4
R8	0	0	0	0	0	7.0	30.7	38.6	16.7	7.0	0	0	76.3
R9	0	4.8	4.8	4.8	21.0	28.2	14.5	12.1	6.5	3.2	9.7	25.8	54.8
R10	0	4.5	59.1	13.6	0	13.6	4.5	0	4.5	0	63.6	13.6	18.2
R11	0	9.8	25.6	6.5	15.4	22.0	11.8	3.7	4.1	1.2	35.4	22.0	37.4
R12	0	17.2	20.2	11.1	10.1	34.3	4.0	2.0	1.0	0	37.4	21.2	40.4

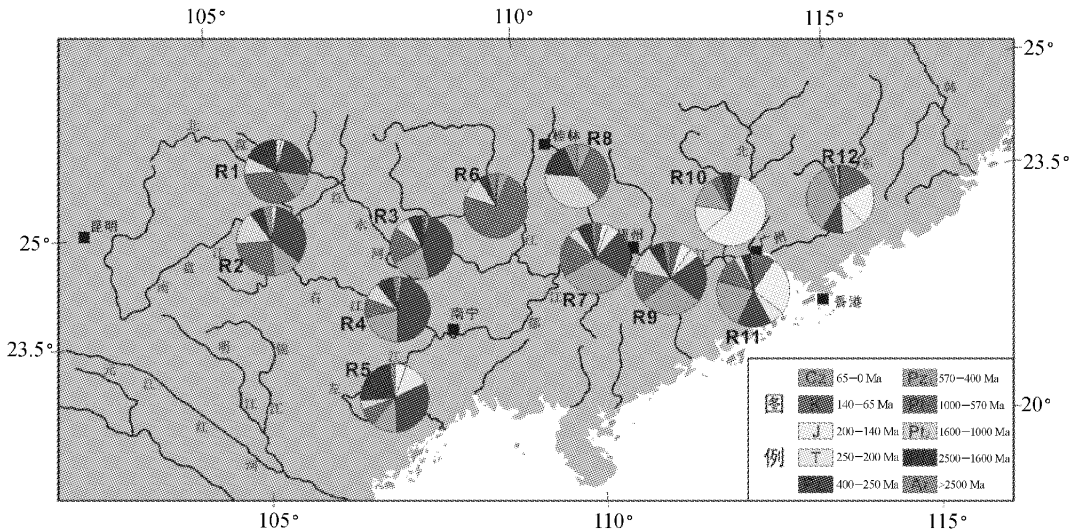


图 5 珠江沉积物碎屑锆石 U-Pb 年龄组成分布图  
Fig.5 Distribution of the U-Pb age composition of the Pearl River sediment

Pb 年龄主要可以分为 8 组峰值:2 800—2 300 Ma, 2 000—1 800 Ma, 1 800—1 300 Ma, 1 100—700 Ma, 600—400 Ma, 380—230 Ma, 200—80 Ma, <65 Ma(图 6). 不同干流支流的主要年龄峰段不同,分别对应陆壳增长期、吕梁期、晋宁期、加里东期、印支期、燕山期及喜山期等构造活动.

北盘江样品(R1)获得 45 个年龄点,锆石年龄范围从古元古代到中生代侏罗纪,元古代锆石占 60.0%,古生代锆石占 35.6%,中生代锆石仅 4.5%. 其中新元古代锆石最多,可达 33.3%,其次是晚古生代锆石,约有 22.2%. 主要年龄峰段为 380—240 Ma,次要年龄峰段为 600—400 Ma. 燕山期锆石仅有 1 颗(其年龄为 168 Ma).

南盘江样品(R2)获得 76 个年龄点,锆石年龄范围从太古代到中生代三叠纪. 太古代锆石占 3.9%,元古代和古生代锆石分别占 47.4%和 46.1%,中生

代锆石仅占 2.6%. 其中晚古生代锆石年龄点数最多,可达 32.9%. 主要年龄峰段为 380—240 Ma,次要年龄峰段为 1 100—700 Ma 和 600—400 Ma.

红水河样品(R3)获得 128 个年龄点,年龄范围从古元古代—新生代. 元古代锆石占 33.6%,古生代锆石总量为 62.5%,中生代锆石仅占 3.1%,并含有 0.8%的新生代锆石. 其中以晚古生代锆石最多,可达 42.2%. 样品主要年龄峰段为 380—240 Ma,次要年龄峰段为 600—400 Ma 和 1 100—700 Ma.

右江样品(R4)获得 121 个年龄点,锆石年龄范围从太古代到中生代三叠纪. 太古代锆石占 2.5%,元古代锆石占 26.4%,古生代锆石占 69.4%,含有 1.7%的中生代锆石. 其中晚古生代锆石最多,有 47.9%. 样品主要年龄峰段为 380—240 Ma,次要年龄峰段为 600—400 Ma 和 2 000—1 800 Ma.

左江样品(R5)获得 141 个年龄点,年龄范围从

太古代到中生代侏罗纪. 太古代锆石仅 2.1%, 元古代锆石占 36.9%, 古生代锆石占 43.3%, 中生代锆石占 17.7%. 其中晚古生代锆石最多, 可达 31.2%.

主要年龄峰段为 380—240 Ma, 次要年龄峰段为 180—150 Ma, 600—400 Ma 和 2 000—1 800 Ma.

珠江上游南盘江、红水河及中游右江、左江流域

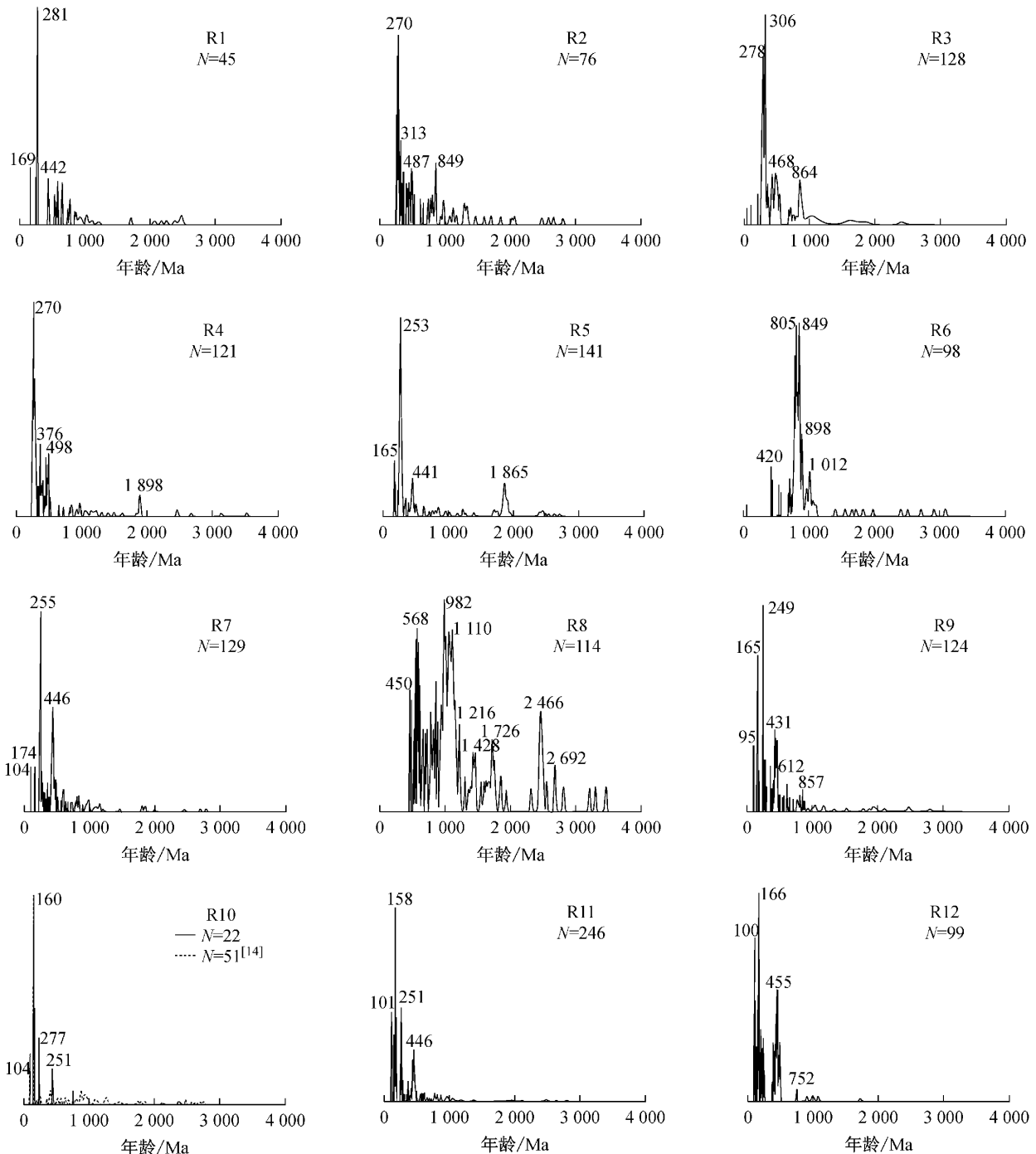


图 6 珠江沉积物碎屑锆石 U-Pb 年龄谱图

Fig. 6 U-Pb age spectra of the detrital zircons from the Pearl River sediment

沉积物碎屑锆石年龄以晚古生代为主, 北盘江含较多新元古代锆石. 总体上中生代锆石数量较少, 仅左江样品中发现较多中生代锆石, 新生代锆石仅在红水河样品中发现一颗. 各样品锆石年龄谱峰段均以

晚古生代 380—240 Ma 为主, 早古生代和新元古代年龄峰段次之. 右江和左江具有较老的古元古代锆石峰段.

柳江样品(R6)获得 98 个年龄点, 锆石年龄范围

从太古代到新生代. 以元古代锆石为主, 总量达 89.8%, 太古代锆石占 4.1%, 古生代锆石占 5.1%. 其中新元古代锆石最多, 占 73.5%, 远高于中元古代和古元古代锆石含量; 古生代锆石全部为早古生代, 不含晚古生代和中生代锆石; 新生代锆石仅发现一颗. 主要年龄峰段为 1 000—800 Ma, 次要年龄峰段为 600—400 Ma.

桂江样品(R8)获得 114 个年龄点, 锆石年龄范围从太古代到早古生代. 与柳江类似, 也是以元古代锆石为主, 占 86%, 古生代锆石占 7%, 太古代锆石占 7%, 桂江样品所获的太古代锆石 U-Pb 年龄点数是所有河流样品中最多的. 但其元古代锆石成分与柳江不同, 中元古代锆石占 38.6%, 新元古代锆石占 30.7%. 桂江样品的主要年龄峰段为 1 300—700 Ma 和 660—400 Ma, 次要年龄峰段为 2 800—2 300 Ma, 1 800—1 500 Ma 和 1 500—1 300 Ma.

柳江与桂江都位于桂北地区, 两者锆石年龄总体上较古老, 元古代锆石数量百分比均大于 85%, 太古代锆石数量百分比也高于其他支流. 柳江样品锆石年龄谱具有扬子地块特征(图 6, R6; 图 3), 以晋宁期峰值最为明显, 其形成与扬子地块和华夏地块的拼贴碰撞时的岩浆活动有关. 桂江样品的锆石年龄比柳江更老, 与华夏地块南岭—云开地区和江南造山带的碎屑锆石年龄谱及华夏地块锆石年龄谱具有可比性(图 6, R8; 图 3): 1 300—700 Ma 和 600—400 Ma 对应造山运动, 其余对应地壳生长<sup>[15-16, 26]</sup>. 柳江和桂江源区虽不同, 但都比较古老, 并且都不受印支期和燕山期构造运动影响, 在早古生代加里东运动结束后源区地质就保持稳定.

西江梧州(桂江汇入前)样品(R7)获得 129 个年龄点, 锆石年龄范围从太古代到中生代白垩纪. 太古代锆石占 1.6%, 元古代锆石占 31.8%, 古生代锆石占 55%, 中生代锆石占 11.6%. 其中早古生代锆石最多, 数量百分比为 32.6%. 样品主要年龄峰段为 380—230 Ma, 次要年龄峰段为 600—400 Ma 和 200—80 Ma.

西江干流(桂江汇入后)样品(R9)获得 124 个年龄点, 锆石年龄范围从太古代到中生代白垩纪. 太古代锆石占 3.2%, 元古代锆石占 33.1%, 古生代锆石占 49.2%, 中生代锆石占 14.6%. 早古生代锆石最多, 占 28.6%. 主要年龄峰段为 380—230 Ma 和 200—80 Ma, 次要年龄峰段为 600—400 Ma.

西江干流中段两个样品都以古生代锆石为主, 年龄峰段为印支期 380—230 Ma, 但以早古生代锆

石为主, 与南盘江、红水河、右江及左江以晚古生代锆石为主不同. 同时, 干流样品中的中生代锆石含量较上游增多, 越靠近下游, 中生代锆石含量越多.

北江样品(R10)碎屑锆石年龄范围从古元古代到中生代白垩纪. 整体以中生代锆石为主, 占 77.3%, 古生代锆石占 13.6%, 元古代锆石占 9.1%, 不含太古代和新生代锆石. 其中侏罗纪锆石最多, 有 59.1%. 样品主要年龄峰段为 180—100 Ma(峰值点为 160 Ma), 次要年龄峰段为 250—230 Ma(峰值点为 237 Ma)和 460—440 Ma(峰值点为 451 Ma). 由于北江样品仅获得 22 个年龄点, 其统计意义较差, 但对比 Xu 等<sup>[14]</sup>有关北江流域碎屑锆石年龄(图 6, R10)的研究, 发现本次研究中的北江数据仅缺少了少量元古代、太古代锆石年龄组分, 其主要峰值特征都得以体现, 可以代表北江的锆石年龄谱特征.

东江样品(R12)获得 99 个年龄点, 碎屑锆石年龄范围从古元古代到中生代白垩纪. 元古代锆石占 7.1%, 古生代锆石占 44.4%, 中生代锆石占 48.5%, 不含太古代和新生代锆石. 其中早古生代锆石最多, 占 34.3%. 样品主要年龄峰段为 200—80 Ma, 次要年龄峰段为 600—400 Ma 和 260—210 Ma.

珠江三角洲样品(R11)获得 246 个年龄点, 碎屑锆石年龄范围从古元古代到中生代白垩纪. 含有 1.2% 的太古代锆石, 来自珠江中、上游地区, 元古代锆石占 19.5%, 古生代锆石占 37.4%, 中生代锆石占 41.9%, 不含新生代锆石. 主要年龄峰段为 200—80 Ma, 次要年龄峰段为 380—230 Ma 和 600—400 Ma.

珠江下游北江、东江及珠江入海口地区样品的中生代锆石组分最多, 说明东南沿海广泛分布的中生代花岗岩为母岩, 主要形成于燕山期. 由于北江、东江的古生代锆石数量百分比均不足 10%, 并且不含太古代锆石, 表明该三角洲沉积物样品中的古生代、太古代碎屑锆石均来自珠江中上游支流. 锆石年龄峰段以燕山期 200—80 Ma 为主.

可以看出, 珠江流域不同区域样品具有不同的锆石年龄特征, 这种特征具有以下分带性:

上游的北盘江、南盘江、红水河、右江、左江以及西江干流品古生代锆石含量较多, 元古代锆石含量次之, 中生代锆石较少, 局部含少量太古代锆石, 基本不含新生代锆石. 这一区域内样品具有明显的 380—230 Ma 峰段(印支期), 对应该时期的褶皱基底和岩浆活动, 该碎屑锆石主要来自右江造山带. 右江和左江具有独特的 2 000—1 800 Ma 峰段(吕梁



期),可能来自更老的基底。

中游柳江、桂江流域不受晚古生代及之后的印支、燕山运动影响,锆石年龄较老,以元古代锆石为主,不含中生代锆石。柳江以 1 100—700 Ma 峰段(晋宁期)为主,具有扬子板块特征;桂江多峰段,锆石年龄古老而复杂,不但具有宽峰 1 300—700 Ma,其 2 800—2 300 Ma,1 800—1 500 Ma 和 1 500—1 300 Ma 峰段也仅在桂江样品中出现,未见于流域其他位置,对应江南造山带锆石年龄特征。

下游北江、东江及珠江口三角洲地区样品锆石年龄以中生代为主,具有显著的 200—80 Ma 峰段(燕山期,西江干流样品 R9 此峰段也十分明显),母岩为中生代花岗岩。

西江干流区域仍以 380—230 Ma 为主要峰值,但受近源花岗岩母岩影响,中生代锆石含量已大幅增加。600—400 Ma 峰段(加里东期)则作为次要峰段在整个流域都有体现,反映出加里东褶皱带造山带的岩浆活动的广泛分布。

## 4 结论

对珠江现代河流砂样品中共计 1 343 颗碎屑锆石进行 U-Pb 定年分析,发现锆石年龄谱和度均 > 90%,仅不到 2%的锆石  $Th/U < 0.1$ ,多为岩浆成因锆石。珠江流域沉积物碎屑锆石 U-Pb 年龄呈多峰态,主要可分为 8 组峰值:2 800—2 300 Ma,2 000—1 800 Ma,1 800—1 300 Ma,1 100—700 Ma,600—400 Ma,380—230 Ma,200—80 Ma, < 65 Ma,分别对应陆壳增长期、吕梁期、晋宁期、加里东期、印支期、燕山期及喜山期等构造活动。

上游北盘江、南盘江、红水河、右江、左江及西江干流样品具有明显的 380—230 Ma 主峰,碎屑锆石主要来自右江造山带。右江和左江具有独特的 2 000—1 800 Ma 峰值,碎屑锆石可能来自更老的基底。中游柳江样品具有 1 000—800 Ma 峰值,碎屑锆石来自扬子地块。桂江样品除 1 000—800 Ma 峰值外,还具有 660—400 Ma 和 2 800—2 300 Ma 峰值,碎屑锆石来自江南造山带和华夏地块。下游北江、东江及珠江三角洲样品碎屑锆石主要来自东南沿海花岗岩带,具有明显的 200—90 Ma 峰值。西江干流样品以印支期 380—230 Ma 峰值为主,同时也受到燕山期岩浆活动影响而含较多中生代锆石。

由于珠江流域各支流、干流具有不同的碎屑锆石年龄峰值,其特征具有分带性,不同峰值分别代表

了源区造山活动和岩浆活动,可以用来对珠江沉积物示踪,为进一步对比南海北部珠江口盆地沉积物碎屑锆石特征和研究珠江流域演化提供了有力依据。

## 参考文献:

- [1] Clift P D, Lee J I, Clark M K, *et al.* Erosional response of south China to arc rifting and monsoonal strengthening: a record from the South China Sea[J]. *Marine Geology*, 2002, 184(3): 207.
- [2] 柳保军, 申俊, 庞雄, 等. 珠江口盆地白云凹陷珠海组浅海三角洲沉积特征[J]. *石油学报*, 2007, 28(2): 49.  
LIU Baojun, SHEN Jun, PANG Xiong, *et al.* Characteristics of continental delta deposits in Zhuhai Formation of Baiyun Depression in Pearl River Mouth Basin[J]. *Acta Petrolei Sinica*, 2007, 28(2): 49.
- [3] 邵磊, 庞雄, 乔培军, 等. 珠江口盆地的沉积充填与珠江的形成演变[J]. *沉积学报*, 2008, 26(2): 179.  
SHAO Lei, PANG Xiong, QIAO Peijun, *et al.* Sedimentary filling of the Pearl River Mouth Basin and its response to the evolution of the Pearl River[J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2008, 26(2): 179.
- [4] 苗卫良, 邵磊, 庞雄, 等. 南海北部渐新世以来的稀土元素地球化学特征及其意义[J]. *海洋地质与第四纪地质*, 2008, 28(2): 71.  
MIAO Weiliang, SHAO Lei, PANG Xiong, *et al.* REE geochemical characteristic in the northern South China Sea since the Oligocene [J]. *Marine Geology & Quaternary Geology*, 2008, 28(2): 71.
- [5] 邵磊, 赵梦, 乔培军, 等. 南海北部沉积物特征及其对珠江演变的响应[J]. *第四纪研究*, 2013, 33(4): 760.  
SHAO Lei, ZHAO Meng, QIAO Peijun, *et al.* The characteristics of the sediment in Northern South China Sea and its response to the evolution of the Pearl River[J]. *Quaternary Sciences*, 2013, 33(4): 760.
- [6] 向绪洪, 邵磊, 乔培军, 等. 珠江流域沉积物重矿物特征及其示踪意义[J]. *海洋地质与第四纪地质*, 2011, 31(6): 27.  
XIANG Xuhong, SHAO Lei, QIAO Peijun, *et al.* Characteristics of heavy mineral in Pearl River sediments and their implications for provenance [J]. *Marine Geology & Quaternary Geology*, 2011, 31(6): 27.
- [7] Ludwig K R. Isoplot 3. 0, a geochronological toolkit for Microsoft Excel [R]. Berkeley: Berkeley Geochronology Center, 2003.
- [8] 广东省地质矿产局. 广东省区域地质志[M]. 北京:地质出版社, 1988.  
Guangdong Province Bureau of Geology and Mineral Resources. Guangdong province regional geology[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1988.
- [9] 郑永飞, 张少兵. 华南前寒武纪大陆地壳的形成和演化[J]. *科学通报*, 2007, 52(1): 1.  
ZHENG Yongfei, ZHANG Shaobing. Formation and evolution of Precambrian continental crust in South China [J]. *Chinese Science Bulletin*, 2007, 52(1): 1.



- [10] 李献华, 李武显, 何斌. 华南陆块的形成与 Rodinia 超大陆聚合-裂解——观察、解释与检验[J]. 矿物岩石地球化学通报, 2012, 31(6): 543.  
LI Xianhua, LI Wuxian, HE Bin. Building of the South China Block and its relevance to assembly and breakup of Rodinia supercontinent—observations, interpretations and tests[J]. Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry, 2012, 31(6): 543.
- [11] He M Y, Zheng H B, Clift P D. Zircon U - Pb geochronology and Hf isotope data from the Yangtze River sands: implications for major magmatic events and crustal evolution in Central China[J]. Chemical Geology, 2013, 360:186.
- [12] Gao S, Qiu Y, Ling W, *et al.* Single zircon U-Pb dating of the Kongling high-grade metamorphic terrain: evidence for >3.2 Ga old continental crust in the Yangtze craton[J]. Science in China Series D, 2001, 44(4):326.
- [13] Greentree M R, Li Z X. The oldest known rocks in south-western China: SHRIMP U- Pb magmatic crystallization age and detrital provenance analysis of the Paleoproterozoic Dahongshan Group[J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2008, 33(5):289.
- [14] Xu X, O' Reilly S Y, Griffin W L, *et al.* The crust of Cathaysia: age, assembly and reworking of two terranes[J]. Precambrian Research, 2007, 158(1): 51.
- [15] Yu J H, O' Reilly S Y, Wang L, *et al.* Components and episodic growth of Precambrian crust in the Cathaysia Block, South China: evidence from U - Pb ages and Hf isotopes of zircons in Neoproterozoic sediments [J]. Precambrian Research, 2010, 181(1): 97.
- [16] Yao J, Shu L, Santosh M. Detrital zircon U - Pb geochronology, Hf-isotopes and geochemistry — new clues for the Precambrian crustal evolution of Cathaysia Block, South China [J]. Gondwana Research, 2011, 20(2): 553.
- [17] Li X H, Li Z X, He B, *et al.* 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.
- [18] 舒良树. 华南前泥盆纪构造演化: 从华夏地块到加里东期造山带[J]. 高校地质学报, 2006, 12(4): 418.  
SHU Liangshu. Predevonian tectonic evolution of South China from Cathaysian Block to Caledonian Period Folded Orogenic Belt[J]. Geological Journal of China Universities, 2006, 12(4): 418.
- [19] 于津海, 王丽娟, 魏震洋, 等. 华夏地块显生宙的变质作用期次和特征[J]. 高校地质学报, 2007, 13(3): 474.  
YU Jinhai, WANG Lijuan, WEI Zhenyang, *et al.* Phanerozoic metamorphic episodes and characteristics of Cathaysia Block[J]. Geological Journal of China Universities, 2007, 13(3): 474.
- [20] Li X H, Li W X, Li Z X. On the genetic classification and tectonic implications of the Early Yanshanian granitoids in the Nanling Range South China [J]. Chinese Science Bulletin, 2007, 52(14):1873.
- [21] Wang Y, Fan W, Zhao G, *et al.* Zircon U - Pb geochronology of gneissic rocks in the Yunkai massif and its implications on the Caledonian event in the South China Block[J]. Gondwana Research, 2007, 12(4): 404.
- [22] Zhao G, Gawood P A. Precambrian geology of China: preface [J]. Precambrian Research, 2012, 222: 13.
- [23] Li Z X, Li X, Zhou H, *et al.* Grenvillian continental collision in south China: new SHRIMP U - Pb zircon results and implications for the configuration of Rodinia [J]. Geology, 2002, 30(2): 163.
- [24] 沈渭洲, 凌洪飞, 章邦桐. 江南元古宙岛弧基底变质岩的 Sm-Nd 同位素研究[J]. 南京大学学报: 自然科学版, 1993, 29(3): 460.  
SHEN Weizhou, LING Hongfei, ZHANG Bangtong. Sm - Nd isotopic studies on metamorphic basement rocks of the Jiangnan Proterozoic Paleo-Island Arc [J]. Journal of Nanjing University: Natural Sciences, 1993, 29(3): 460.
- [25] 郭令智, 卢华复, 施央申, 等. 江南中新元古代岛弧的运动学和动力学[J]. 高校地质学报, 1996, 2(1): 1.  
GUO Lingzhi, LU Huaifu, SHI Yangshen, *et al.* On the Mesoproterozoic Jiangnan Island Arc: its kinematics and dynamics[J]. Geological Journal of Universities, 1996, 2(1): 1.
- [26] Wang X L, Zhou J C, Griffin W L, *et al.* Detrital zircon geochronology of Precambrian basement sequences in the Jiangnan orogen: dating the assembly of the Yangtze and Cathaysia Blocks[J]. Precambrian Research, 2007, 159(1): 117.
- [27] Zheng Y F, Zhang S B, Zhao Z F, *et al.* Contrasting zircon Hf and O isotopes in the two episodes of Neoproterozoic granitoids in South China: implications for growth and reworking of continental crust[J]. Lithos, 2007, 96(1): 127.
- [28] 张桂林. 扬子陆块南缘(桂北地区)前泥盆纪构造演化的运动学和动力学研究[D]. 长沙: 中南大学, 2004.  
ZHANG Guilin. Kinematics and dynamics of Pre-Devonian Tectonic Evolution at South Margin of Yangtze Block in North Guangxi[D]. Changsha: Changsha Central South University, 2004.
- [29] 孙涛. 新编华南花岗岩分布图及其说明[J]. 地质通报, 2006, 25(3):332.  
SUN Tao. A new map showing the distribution of granites in South China and its explanatory notes[J]. Geological Bulletin of China, 2006, 25(3):332.