

# 南海西部表层沉积物碎屑矿物 分布特征及其物源

李学杰<sup>1</sup> 汪品先<sup>2</sup> 廖志良<sup>1</sup> 陈 芳<sup>1</sup> 霍振海<sup>1</sup>

(1. 广州海洋地质调查局, 广东 广州 510760; 2. 同济大学海洋与地球科学学院, 上海 200092)

**摘要:**南海西部海域的物源研究程度相对较低, 尤其对中段的物源有较大的争议。通常认为中部没有大河注入, 其物源主要来自其南北的湄公河和红河。笔者通过对该区表层沉积物的系统取样及碎屑矿物分析鉴定认为, 碎屑矿物主要分布于南部陆架区和中部陆坡区域。根据因子分析, 南海西部碎屑矿物可以明显分为南部、中部、北部三区。南区陆架碎屑矿物主要由重矿物金红石、锐钛矿、白钛矿、锆石、透闪石、十字石及轻矿物石英、长石等组成, 原岩应以岩浆岩类为主, 包括部分变质岩; 中区陆坡以十字石、透闪石、电气石、褐铁矿及黑云母、白云母为主, 原岩可能主要为变质岩类; 北区陆坡碎屑矿物少, 组合特征不明显。各区不仅组合特征明显不同, 且各区分界明显, 表明其物质来源明显不同, 南区物源主要来自红河和加里曼丹岛; 中部海域的碎屑矿物组合与中南半岛大量出露的变质岩基本吻合, 表明其物源主要来自中南半岛, 而不是来自其南北的湄公河和红河。

**关 键 词:**碎屑矿物; 重矿物; 沉积作用; 物源; 南海

**中图分类号:** P736.21<sup>1</sup> **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-3657(2008)01-0123-08

南海西部陆源物质的来源复杂, 对其物源的研究也不够深入, 尤其对中部的物源有很大的争议。通常认为中部没有大的河流, 其物源应主要来自其北部的红河和南部的湄公河<sup>[1-3]</sup>, 因为这两个河的输沙量占输入南海泥沙的一半以上。笔者试图通过对该区表层沉积物碎屑矿物分布的研究, 分析其物源特征。

海底沉积物中的碎屑矿物组分, 记录了沉积物的来源、搬运和沉积过程以及沉积环境等多种信息<sup>[4-7]</sup>。研究表明碎屑矿物, 尤其是重矿物, 因其耐风化、稳定性强, 不仅能保留丰富的母岩信息<sup>[8]</sup>, 而且还能反映运移过程的分异作用<sup>[9-10]</sup>, 在物源分析中占有重要的地位<sup>[11]</sup>。利用碎屑矿物判别物源、评价现代沉积环境是一种直观而有效的方法<sup>[12]</sup>, 其方式有多种, 包括利用稳定矿物的表面微结构、晶形等判断物源<sup>[4]</sup>, 利用重矿物的组合判断物源<sup>[9, 13-15]</sup>, 利用矿物的金属氧化物指示物源<sup>[16-17]</sup>以及多元统计方法研究其组合特

征判断物源<sup>[18]</sup>等。通过对其中矿物组合以及某些标志性矿物、重矿物比值等参数的研究, 可以有效地进行物源识别和沉积环境再造<sup>[9]</sup>。

Chen<sup>[18]</sup>较早开展了对南海表层沉积物的碎屑矿物研究, 之后, 许多学者相继开展了对珠江口<sup>[19-20]</sup>、台湾海峡<sup>[21]</sup>、南海中北部<sup>[22-24]</sup>、南海东部<sup>[25]</sup>、南海南部<sup>[26]</sup>的碎屑矿物研究。碎屑矿物已成为判别物源的重要方法之一。同时近年来以地球物理资料为主对南海的构造演化及其资源环境效应也进行了不少的研究<sup>[27-32]</sup>。

## 1 材料与方法

广州海洋地质调查局对南海西部表层沉积物进行系统取样。取样站位北起琼东南, 南至巽它陆架, 覆盖整个南海西部海域, 包括陆架、陆坡和深海盆地, 取样水深 62~4284 m, 对其中的 345 个站位进行碎屑矿物分析(图 1)。

收稿日期: 2007-02-02; 改回日期: 2007-08-10

基金项目: 国家自然科学基金项目(40372005)资助。

作者简介: 李学杰, 男, 1964 年生, 博士, 教授级高级工程师, 主要从事海洋地质与第四纪地质工作; E-mail: xuejieli@yeah.net。

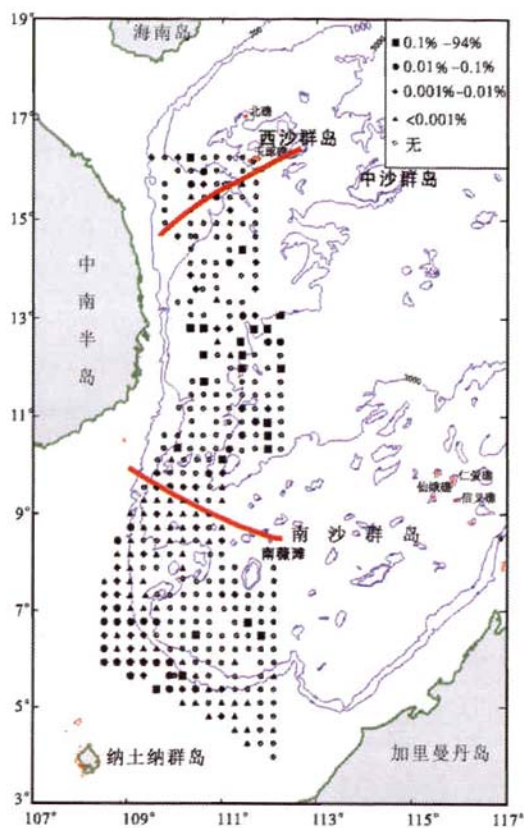


图1 表层沉积物取样站位及磁铁矿含量

Fig.1 Location of sampling and distribution of magnetite in surface sediments

称取定量干样(通常 7g), 自来水浸泡后, 用孔径 0.063 mm 和 0.25 mm 的铜筛冲洗, 选取 0.063~0.25 mm 粒径样品, 烘干, 进行磁选和电磁, 分为磁性矿物、电磁性矿物和无磁性矿物, 对无磁性矿物进行淘洗, 分重矿物和轻矿物, 然后分别称其重量, 用实体显微镜鉴定, 并统计其相对含量。

## 2 南海西部表层沉积物碎屑矿物组成与分布特征

对表层沉积物进行碎屑矿物分析, 共鉴定近 50 种矿物, 主要有石英、长石、磁铁矿、褐铁矿、钛铁矿、黄铁矿、普通角闪石、阳起石、绿帘石、电气石、十字石、白云母、黑云母、微结核、石榴石、火山玻璃、锆石、白钛石、金红石、锐钛矿、独居石、海绿石等。各类矿物的含量差异极大, 下面是主要矿物的分布特征,

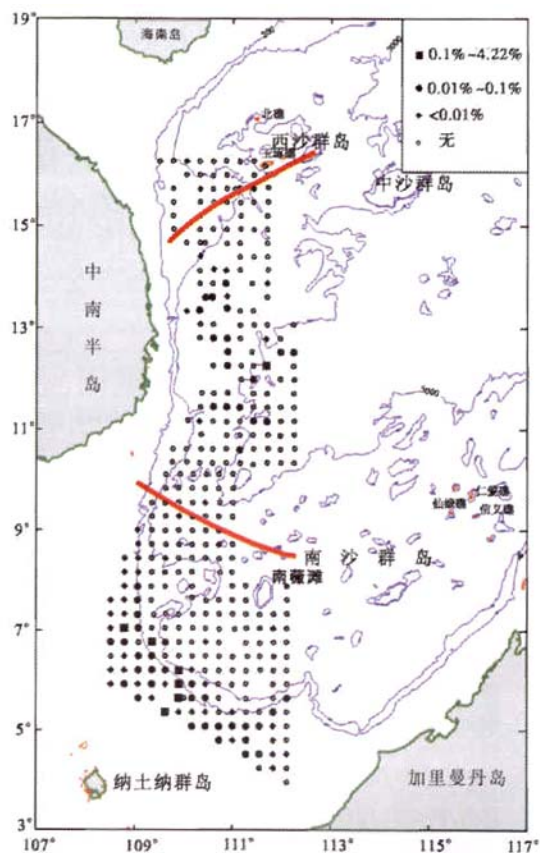


图2 南海西部表层沉积物中钛铁矿含量

Fig.2 Distribution of ilmenite in surface sediments in the western South China Sea (SCS).

以便在此基础上总结各区的碎屑矿物组合特征, 并分析其与物源的关系。

### 2.1 磁铁矿分布特征

磁铁矿呈碎屑状、不规则粒状、片状, 部分出现褐铁矿化, 在本区分布广泛, 含量相对较高, 最高含量达砂级碎屑的 94%, 其中有 5 个站位含量超过 1%, 18 个站位含量为 0.1%~1%, 32 个站位含量为 0.01%~0.1%, 37 个站位含量为 0.001%~0.01%, 6 个站位含量小于 0.001% (图 1)。主要分布于南部陆架—上陆坡和中部陆坡—深海海域。南部海域向湄洲公海方向含量明显增多, 主要受河流物源和水深的控制, 但中部海域却呈东西带状分布, 受水深控制不明显。

### 2.2 钛铁矿分布特征

钛铁矿含量比磁铁矿明显低, 约 1/3 站位含钛铁矿, 最高含量为 4.22%, 其中含量在 0.1%~4.22% 的

有 7 个站位, 含量为 0.01%~0.1% 的有 48 站位, 含量<0.01% 的有 48 站位 (图 2)。其分布与磁铁矿相似, 主要在南部的陆架-上陆坡区及中部海域, 但范围较小, 两区之间有明显的缺钛铁矿带, 这表明两区物源完全不同。

2.3 云母类矿物分布特征

云母类矿物主要包括黑云母和白云母, 片状, 易于悬浮搬运, 是本区最常见的碎屑矿物之一。黑云母最高含量占砂级碎屑的 10.8%, 其中含量为 1%~10.8% 的有 14 站位, 含量 0.1%~1% 的有 59 站位, 0.01%~0.1% 的有 62 站位, <0.01% 的有 75 站位, 135 站位未见 (图 3)。白云母最高含量为 7.4%, 其中含量 1%~7.4% 的站位有 7 个, 0.1%~1% 的有 50 站位, 0.01%~0.1% 的有 70 站位, <0.01% 的有 53 站位, 165 站位未见 (图 4)。

云母类矿物分布类似, 主要分布在中部海域和南部的陆架区, 尤其是中部, 尽管水深较大, 但总体相对含量最大, 北部相对较少。尽管云母类矿物易于搬运, 但中区和南区之间仍有明显的空白带, 因此两区的云母类矿物来源是不同的。

2.4 锆石分布特征

锆石主要集中在南部陆架区, 中部有零星分布, 北部基本没有。最高含量占砂级矿物的 0.213%, 其中含量为 0.01%~0.213% 的有 38 站位, 含量为 0.001%~0.01% 的有 24 站位, 含量<0.001% 的有 27 站位 (图 5)。锆石以其稳定和不易风化成为分析物源的指示性矿物。

2.5 黄铁矿分布特征

黄铁矿呈碎块状、粒状微粒状集合体, 主要分布于中部陆坡区, 其他仅零星分布, 最高含量为

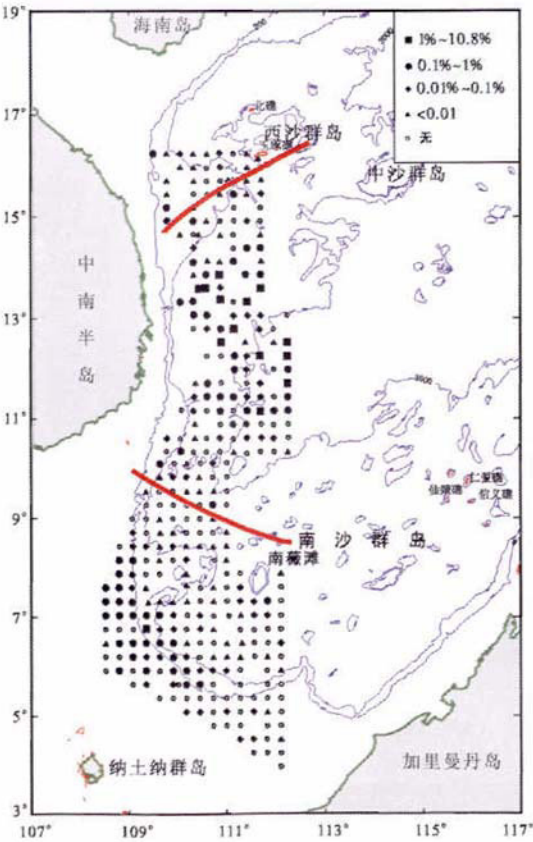


图 3 南海西部表层沉积物中黑云母含量  
Fig.3 Distribution of biotite in surface sediments  
in the western SCS

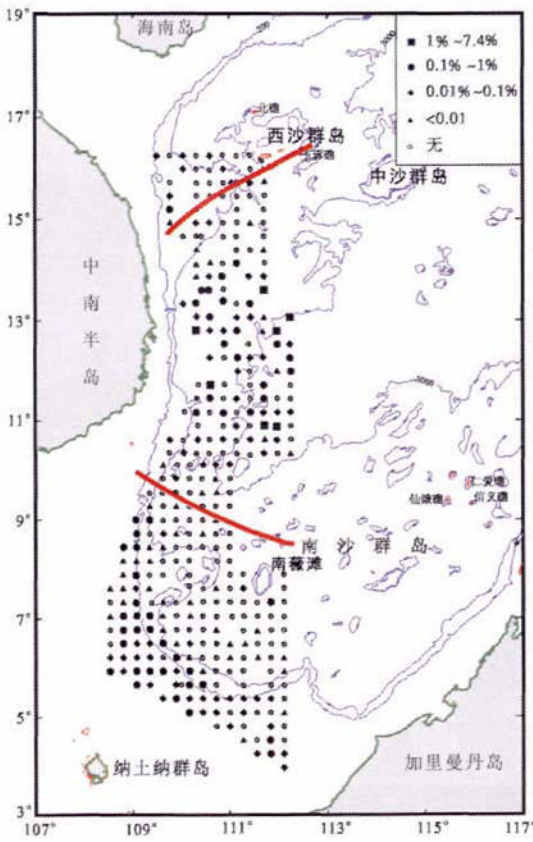


图 4 南海西部表层沉积物中白云母含量  
Fig.4 Distribution of dolomite in surface sediments  
in the western SCS

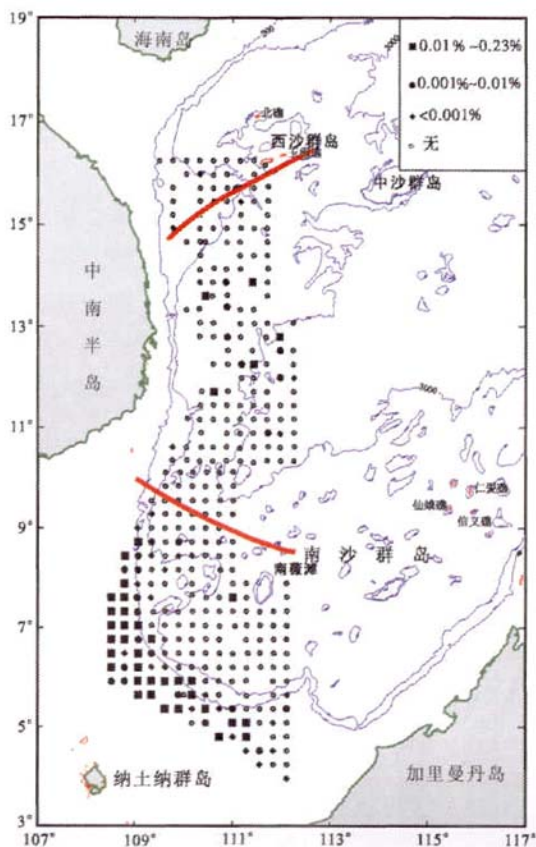


图5 南海西部表层沉积物中锆石含量  
Fig.5 Distribution of zircon in surface sediments  
in the western SCS

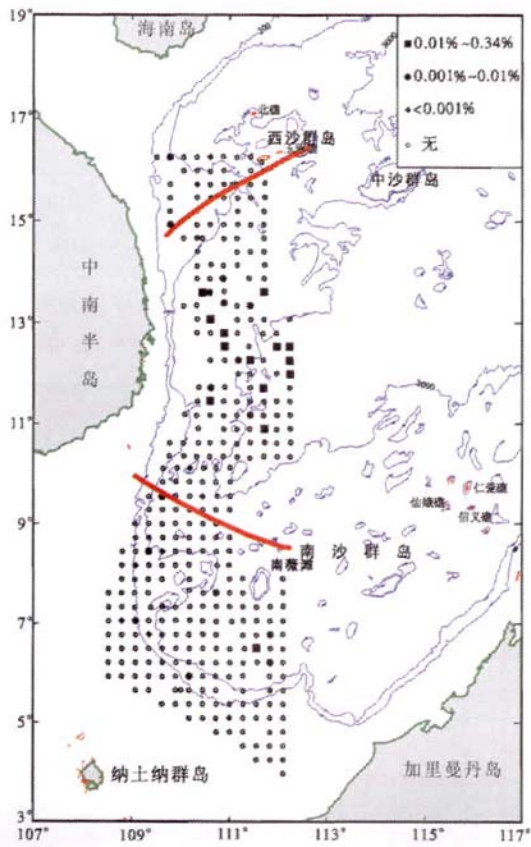


图6 南海西部表层沉积物中黄铁矿含量  
Fig.6 Distribution of pyrite in surface sediments  
in the western SCS

0.34%,其中含量为0.01%~0.34%的有14站位,含量为0.001%~0.01%的有16站位,含量<0.001%的有9站位(图6)。

### 3 碎屑矿物组合分区与物源分析

从以上主要碎屑矿物的分布来看,南海西部大致可以分为南、中、北区(图1~6),南区碎屑矿物类型丰富,含量高,尤其是陆架部分;中区陆坡-深海盆,尽管水深较深,依然有不少站位有较丰富的碎屑矿物,而且中区与南区之间分界明显,表明其来源明显不同;北区总体碎屑矿物较少。

为了便于了解重矿物组合特征及其分布规律,对其含量进行因子分析。将较常见的重矿物:磁铁矿、褐铁矿、钛铁矿、磷灰石、普通角闪石、透闪石、绿帘石、

电气石、十字石、白云母、黑云母、石榴石、火山玻璃、锆石、白钛矿、金红石、锐钛矿等17项进行计算,其主因子载荷矩阵见表1。

主因子1主要由金红石、锐钛矿、白钛矿、锆石、黑云母、透闪石、石榴石等组成,原岩应以岩浆岩类为主,包括部分变质岩,主要分布在南部陆架区,0等值线与200 m等深线大致相当(图7-a),中部中南半岛岸外有少量分布,北部基本未见。因此可以认为因子1代表了南区的矿物组合。

主因子2主要由十字石、黑云母、白云母、透闪石、十字石、褐铁矿组成;负值端元主要有锆石、白钛矿、金红石、锐钛矿等,原岩应以变质岩为主,主要分布于中部深水海域(图7-b),以下陆坡-深海盆为主,南区主要为负值。因此因子2是中区的组合特

表 1 碎屑矿物主因子载荷矩阵

Table 1 Main factor load matrix for clastic minerals

碎屑矿物	因子 1	因子 2	因子 3	因子 4	因子 5	因子 6
磁铁矿	-0.03	0.00	-0.03	0.00	0.51	-0.15
褐铁矿	0.05	0.14	-0.06	0.61	-0.32	-0.09
钛铁矿	0.11	0.05	0.75	0.11	-0.02	-0.10
磷灰石	0.16	-0.01	-0.04	-0.48	-0.07	0.11
普通角闪石	0.09	0.01	0.72	0.02	0.06	-0.12
透闪石	0.37	0.22	-0.04	-0.45	0.03	-0.04
绿帘石	0.05	-0.07	0.04	0.16	0.10	0.90
电气石	0.11	0.18	0.22	-0.02	-0.08	0.29
十字石	0.51	0.61	-0.11	0.07	-0.11	0.03
白云母	0.29	0.50	-0.07	0.08	0.30	0.00
黑云母	0.55	0.65	0.01	0.05	-0.07	0.00
石榴石	0.36	-0.20	0.26	-0.17	0.17	0.14
火山玻璃	-0.05	0.07	-0.08	0.28	0.70	-0.05
锆石	0.62	-0.39	-0.10	0.25	-0.12	-0.14
白钛矿	0.61	-0.39	-0.03	0.25	0.04	0.11
金红石	0.75	-0.26	-0.07	-0.22	0.02	-0.05
锐钛矿	0.66	-0.27	-0.07	0.05	0.08	-0.11
特征值	2.75	1.64	1.25	1.14	1.04	1.03
累计贡献	0.16	0.26	0.33	0.40	0.46	0.52

征,与南区组合有明显不同。

从南海西部表层沉积物中主要碎屑矿物及其组合分布来看,南、中、北 3 区的特征明显不同,南部组合主要以重矿物金红石、锐钛矿、白钛矿、锆石、透闪石、十字石及轻矿物石英、长石等为主,原岩应属岩浆岩或变质岩类。中区组合以十字石、黑云母、白云母、透闪石等为主,原岩应以变质岩类为主。北部碎屑矿物极少。南部物源应以湄公河为主,部分可能来自加里曼丹岛;北区的物源可能包括红河、海南岛和华南大陆,但因碎屑矿物少,难以细分;中区物源与南北明显不同,不应是来自红河和湄公河,应主要来自中南半岛。

从南海周边地区出露的岩石来看(图 8),华南大陆、海南岛和中南半岛均有大量的岩浆岩出露,只有中南半岛的长山山脉元古宙的变质岩出露最多,这与中区沉积的变质岩碎屑矿物组合是吻合的,也表明中区的粗粒陆源物质主要来自中南半岛。

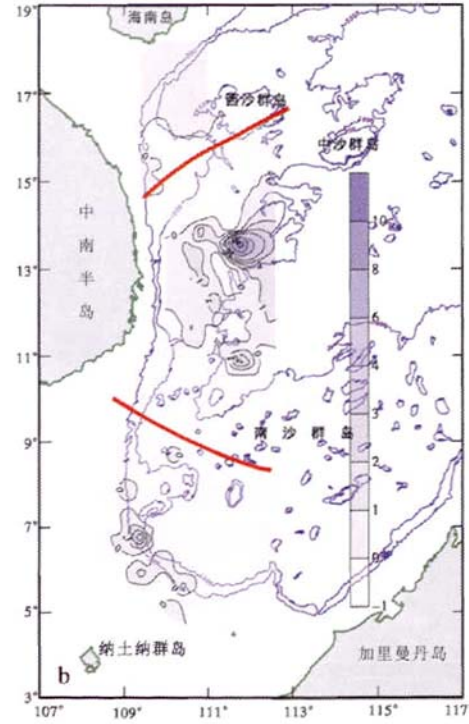
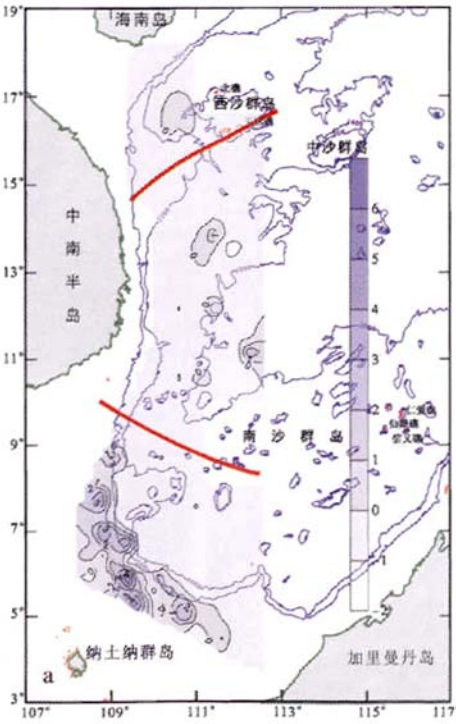


图 7 碎屑矿物因子得分分布图

(a—因子 1;b—因子 2)

Fig.7 Factor score distribution of clastic minerals

(a—factor 1;b—factor 2)

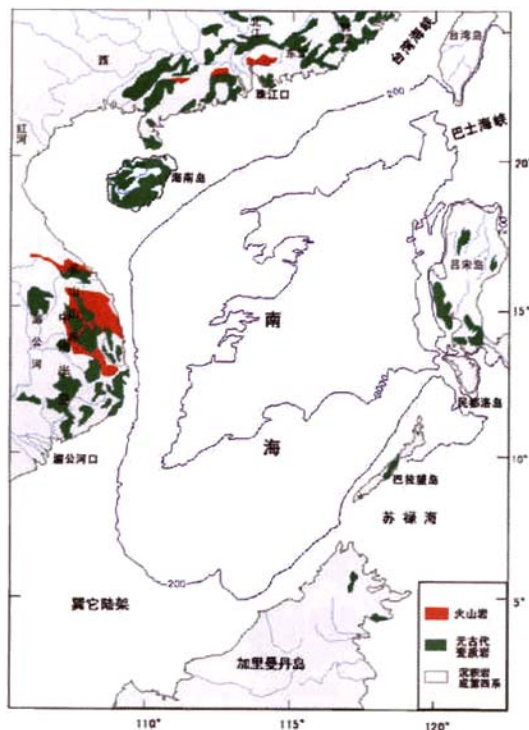


图8 南海周边岩浆岩及元古宙变质岩分布  
(引自刘光鼎等<sup>[20]</sup>,简化)

Fig.8 Distribution of magmatic rocks and Proterozoic metamorphic rocks in the circum-SCS areas  
(modified from Liu Guangding et al<sup>[20]</sup>)

## 4 结 论

通过对南海西部表层沉积物碎屑矿物分析鉴定,研究其分布特征及其与物源的关系,取得以下初步结论:

(1)南海西部表层沉积物的碎屑矿物主要有石英、长石、磁铁矿、褐铁矿、钛铁矿、黄铁矿、普通角闪石、阳起石、绿帘石、电气石、十字石、白云母、黑云母、微结核、石榴石、火山玻璃、锆石、白钛石、金红石、锐钛矿、独居石、海绿石等。碎屑矿物分布,大致可以分为南、中、北三区,其中南部陆架区碎屑矿物最丰富,中部陆坡—深海盆碎屑矿物也较丰富,北部海域相对较少,各区间分界明显,表明各区的物源明显不同。

(2)对碎屑矿物含量进行因子分析表明,南海西部各区的碎屑矿物组合明显不同,南部陆架区以重矿物金红石、锐钛矿、白钛矿、锆石、透闪石、十字石

及轻矿物石英、长石等组成,原岩应以岩浆岩类为主,包含部分变质岩。中区以十字石、透闪石、电气石、褐铁矿及黑云母为主,原岩主要为变质岩类。

(3)结合南海西部的自然地理条件和周围区的基岩分布来看,南部物源应以湄公河为主;北区的物源可能包括红河、海南岛和华南大陆;中区物源应主要来自中南半岛,中南半岛大量出露的元古宙变质岩可能是该区碎屑矿物的母岩,这与 Schimanski<sup>[27]</sup>对越南陆架的分析结果是基本吻合的。

## 参考文献(References):

- [1] Millian J D, Meade R H. World-wide delivery of river sediment to the ocean [J]. *Journal of Geology*, 1983, 91(1):1-21.
- [2] 邱燕, 姚伯初, 李唐根, 等. 南海西沙西南海域表层沉积物特征[J]. *海洋地质与第四纪地质*, 1997, 17(4):41-53.  
Qiu Yan, Yao Bochu, Li Tangeng, et al. Features of the surface sediments at the Southwestern Xisha, South China Sea. [J]. *Marine Geology & Quaternary Geology*, 1997, 17 (4):41-53 (in Chinese with English abstract).
- [3] 姚伯初, 蓝先洪, 邱燕. 西沙西南海域表层沉积物的地球化学特征[J]. *海洋地质与第四纪地质*, 1998, 18(1):23-35.  
Yao Bochu, Lan Xianhong, Qiu Yan. Geochemical characteristics of surface sediments from Southwestern Xisha Region [J]. *Marine Geology & Quaternary Geology*, 1998, 18 (1):23-35 (in Chinese with English abstract).
- [4] Schafer J, Dorr W. Heavy mineral analysis and typology of detrital zircons: a new approach to provenance study (Saxothuringian Flysch, Germany) [J]. *Journal of Sedimentary Research*, 1997, 67(3):451-461.
- [5] Diekmann B & Kuhn G. Provenance and dispersal of glacial-marine surface sediments in the Weddell Sea and adjoining areas, Antarctica: ice-rafting versus current transport [J]. *Marine Geology*, 1999, 158 (1-4): 209-231.
- [6] Bayhan E, Ergin M, Temel A, et al. Sedimentology and mineralogy of surficial bottom deposits from the Aegean-Canakkale-Marmara transition (Eastern Mediterranean): effects of marine and terrestrial factors [J]. *Marine Geology*, 2001, 175:297-315.
- [7] 季福武, 林振宏, 杨群慧, 等. 南海东部表层沉积物中的轻矿物分布与来源[J]. *海洋科学*, 2004, 28(2):32-35.  
Ji Fuwu, Lin Zhenhong, Yang Qunhui, et al. The distributions and origins of the light clastic minerals in the surface sediments of the Eastern South China Sea [J]. *Marine Sciences*, 2004, 28(2):32-35 (in Chinese with English abstract).
- [8] 杨群慧, 林振宏, 张富元, 等. 南海东部重矿物分布特征及其影响因素[J]. *青岛海洋大学学报*, 2002, 32(6):956-96.  
Yang Qunhui, Lin Zhenhong, Zhang Fuyuan, et al. The distribution characteristics of heavy minerals in the East of South China Sea and

- their controlling factor [J]. *Journal of Ocean University of Qingdao*, 2002, 32(6):956-96(in Chinese with English abstract).
- [9] 林振宏, 吕亚男. 冲绳海槽中部表层沉积物的重矿物分布和来源 [J]. *青岛海洋大学学报*, 1996, 26(3):361-368.
- Lin Zhenhong, Lu Yanan. Distribution and sources of heavy minerals the surface sediments in the middle Okinnawa trough [J]. *Journal of Ocean University of Qingdao*, 1996, 26(3):361-368 (in Chinese with English abstract).
- [10] 和钟铎, 刘招君, 张峰. 重矿物在盆地分析中的应用研究进展 [J]. *地质科技情报*, 2001, 20(4):29-32.
- He Zhonghua, Liu Zhaojun, Zhang Feng. Latest progress of heavy mineral research in the basin analysis [J]. *Geological Science and Technology Information*, 2001, 20 (4):29-32 (in Chinese with English abstract).
- [11] 赵红格, 刘池洋. 物源分析方法及研究进展 [J]. *沉积学报*, 2003, 21(3):409-415.
- Zhao Hongge, Liu Chiyan. Approaches and Prospects of provenance analysis [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2003, 21(3):409-415(in Chinese with English abstract).
- [12] 王昆山, 石学法, 林振宏. 南黄海和东东北部陆架重矿物组合分区及来源 [J]. *海洋科学进展*, 2003, 21(1):31-40.
- Wang Kunshan, Shi Xuefa, Liu Zhenhong. Assemblages, Provenances of heavy minerals on the Shelf of the South Yellow Sea and Northern East China [J]. *Advances in Marine Science*, 2003, 21(1):31-40(in Chinese with English abstract).
- [13] Uddin A & Lunberg N. Unroofing history of eastern Himalaya: Heavy-mineral study of Cenozoic sediments from the Bengal basin, Bangladesh [J]. *Journal of Sediment Research*, 1998, 68(3): 465-472.
- [14] Lee H J, et al. Heavy minerals indicative of Holocene transgression in the southern Yellow Sea [J]. *Continental Shelf Research*, 1988, 8 (3): 255-266
- [15] Vital H, Stattegger K, Garbe-Schonberg C. Composition and trace-element geochemistry of detrital clay and heavy-mineral suit of the lower most Amazon River, A provenance study [J]. *Journal of Sediment Research*, 1999, 69(3): 563-575.
- [16] Schneiderman J S. Detrital opaque oxides as provenance indicators in Rinver Nile sediment [J]. *Journal of Sediment Research*, 1995, 5 (4):668-674.
- [17] Grigsby J D. Detrital magnetite as a provenance [J]. *Journal of Sedimentary Petrology*, 1990, 60(6):940-951.
- [18] Chen Peiyuan. Minerals in bottom sediments of the South China Sea [J]. *Geol Soc Am Bull*, 1978, 89:211-222.
- [19] 朱素琳, 梁百和, 吴华新, 等. 珠江口及邻近海岸表层沉积物重矿物的初步研究 [J]. *海洋通报*, 1983, 2(1):22-29.
- Zhu Sulin, Liang Baihe, Wu Huaxin, et al. A preliminary study on the heavy minerals in the surface sediment in the Estuary of the Pearl River and its adjacent coast [J]. *Marine Science Bullitins*, 1983, 2(1):22-29(in Chinese with English abstract).
- [20] 陈耀泰. 珠江口伶仃洋表层沉积物的重矿物特征及其对陆架水入
- 侵的反映 [J]. *中山大学学报(自然科学版)*, 1994, 33(4):103-110.
- Chen Yaotai. Character of the heavy minerals in the surface sediment of Lingding Yang Bay in the Pearl River Mouth and their relation to the invasion of shelf's water [J]. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyasei*, 1994, 33 (4):103-110 (in Chinese with English abstract).
- [21] 陈丽蓉, 徐文强, 申顺喜, 等. 南海北部和北部湾沉积物中的矿物组合及其分布特征 [J]. *海洋科学*, 1986, 10(3):6-10.
- Chen Lirong, Xu Wenqiang, Shen Shuxin, et al. Mineral assemblages and their distribution pattern in the sediments from the North Continental Shelf of the South China Sea and the Beibu Gulf [J]. *Marine Sciences*, 1986, 10(3):6-10(in Chinese with English abstract).
- [22] 苏广庆, 王天行. 南海中北部表层沉积物的矿物沉积 [J]. *台湾海峡*, 1992, 11(2):118-124.
- Su Guangqing, Wang Tianxing. Mineral sedimentation in the surface sediment of northern and central South China Sea [J]. *Journal of Oceanography in Taiwan Strait* 1992, 11(2):118-124.
- [23] 徐茂泉, 黄奕普, 施文远, 等. 南海东沙群岛附近海域表层沉积物中的碎屑矿物的研究 [J]. *厦门大学学报*, 1994, 33(3):380-385.
- Xu Maoquan, Huang Yipu, Shi Wenyuan, et al. Study on the clastic minerals of the adjacent sea area of Dongsha Archipelago in the South China Sea [J]. *Journal of Xiamen University (Natural Science)*, 1994, 33(3):380-385(in Chinese with English abstract).
- [24] 谷东起, 吴桑云. 廉州湾南部海域泥沙来源及运移趋势分析 [J]. *黄渤海海洋*, 2001, 19(1):25-31.
- Gu Dongqi, Wu Sangyun. Analysis of the sediment sources and the transport tendency in the Southern Lianzhou Bay [J]. *Journal of Oceanography of Huanghai & Bohai Seas*, 2001, 19 (1):25-31(in Chinese with English abstract).
- [25] 黎广钊, 梁文, 刘敬合. 从沉积物中重矿物动力分区论钦州湾泥沙来源及运移趋势 [J]. *海洋通报*, 2002, 21(5):61-68.
- Li Guangzhao, Liang Wen, Liu Jinghe. Discussion on the source and transport tendency of silt in the Qinzhou Bay in terms of the dynamic partition zone of heavy minerals in the sediments [J]. *Marine Science Bulletin*, 2002, 21 (5):61-68 (in Chinese with English abstract).
- [26] 陈忠, 古森昌, 颜文, 等. 南沙海槽南部及邻近海区表层沉积物中的碎屑矿物特征 [J]. *热带海洋*, 2002, 21(2):84-90.
- Chen Zhong, Gu Senchang, Yan Wen, et al. Characteristics of clastic deposit minerals in surface sediments of South Nansha Trough and adjacent sea areas [J]. *Journal of Tropical Oceanography*, 2002, 21(2): 84-90(in Chinese with English abstract).
- [27] Schimanski A. Holocene sedimentation on the Vietnamese Shelf: from source to sink. Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades [D]. Der Mathematisch -Naturwissenschaftlichen Fakultät, der Christian -Albrechts -Universität, Kiel, Deutsch, 2002.
- [28] 刘光鼎(主编)等. 中国海区及邻域地质地球物理图集 [M]. 北京: 科学出版社, 1993.
- Liu Guangding (eds). Atlas of Geology and Aeophysics of China Sea and Adjacent Regions [M]. Beijing: Science Press, 1994.

- [29] 王嘹亮, 吴能友, 周祖翼, 等. 南海西南部北康盆地新生代沉积演化史[J]. 中国地质, 2002, 29(1):96-102.  
Wang Liaoliang, Wu Nengyou, Zhou Zuyi, et al. History of the Cenozoic sedimentary evolution of the Beikang Basin, southwestern South China Sea[J]. Geology in China, 2002, 29(1): 96-102(in Chinese with English abstract).
- [30] 姚伯初, 万玲, 吴能友. 大南海地区新生代板块构造活动 [J]. 中国地质, 2004, 31(2):113-122.  
Yao Bochu, Wan Ling, Wu Nengyou. Cenozoic plate tectonic activities in the Great South China Sea Area [J]. Geology in China, 2004, 31(2):113-122(in Chinese with English abstract).
- [31] 吴庐山, 邱燕, 解习农, 等. 南海西南部曾母盆地早中新世以来沉降史分析[J]. 中国地质, 2005, 32(3):370-377.  
Wu Lushan, Qiu Yan, Xue Xinong, et al. Analysis of the subsidence history of the Zengmu basin in the southwest South China Sea since the early Miocene [J]. Geology in China, 2005, 32(3):370-377(in Chinese with English abstract).
- [32] 于兴河, 张志杰. 南海北部陆坡区新近系沉积体系特征与天然气水合物分布的关系[J]. 中国地质, 2005, 32(3):470-476.  
Yu Xinghe, Zhang Zhijie. Characteristics of Neogene depositional systems on the northern continental slope of the South China Sea and their relationships with gas hydrate[J]. Geology in China, 2005, 32(3):470-476(in Chinese with English abstract).

## Distribution of clastic minerals of surface sediments in the western China Sea and their provenance

LI Xue-jie<sup>1</sup>, WANG Pin-xian<sup>2</sup>, LIAO Zhi-liang<sup>1</sup>, CHEN Fang<sup>1</sup>, HUO Zhen-hai<sup>1</sup>

(1. Guangzhou Marine Geological Survey, Guangzhou 510760, Guangdong, China;

2. School of Ocean and Earth Science, Tongji University, Shanghai 200092, China)

**Abstract:** The provenance of sediments in the western South China Sea (SCS) is less studied, and especially there is much dispute about the provenance of the central part of the sea area. Because of the absence of large river input, it is usually considered that the main material sources of the central part are the Red River in the north and the Mekong River in the south. In order to better understand the provenance in the western SCS, systematic surface sediment samples were collected and clastic minerals were analyzed. The results show that clastic minerals are mainly distributed in the continental shelf in the south and the slope in central part. Factor analysis shows that the south, central and north areas may be distinguished for the clastic minerals in the western SCS. The clastic minerals in the shelf of the south area consist predominantly of heavy minerals such as rutile, anatase, leucoxene, zircon, tremolite and staurolite and light minerals such as quartz, feldspar, which indicates that the protoliths are dominantly magmatic rocks and partly metamorphic rocks; those in the slope of the central area are mainly staurolite, tremolite, tourmaline, limonite, biotite and muscovite, which suggests that the protoliths might be mainly metamorphic rocks; and the clastic minerals in the slope of the north area are scarce and the characteristics of the mineral assemblage are not pronounced. The three areas not only show notably different mineral assemblage characteristics but also distinct boundaries between the areas, indicating that their provenances are markedly different. The provenance in the south area is the Mekong River and Kalimantan; the clastic mineral assemblage in the central area is in the main coincident with the metamorphic rocks exposed in large amount in the Indo-China Peninsula, suggesting that the provenance is mainly the Indo-China Peninsula rather than the Mekong River south of it and the Red River north of it.

**Key words:** clastic mineral; heavy mineral; sedimentation; provenance; South China Sea

**About the first author:** LI Xue-jie, male, born in 1964, Ph.D and professor, specializes in marine geology and Quaternary geology; E-mail: xuejieli@yeah.net.