

文章编号: 1000-0550(2002)04-0668-07

南海深水区晚更新世以来沉积速率、 沉积通量与物质组成^①

章伟艳¹ 张富元¹ 陈荣华¹ 张霄宇²

1(国家海洋局第二海洋研究所、国家海洋局海底科学重点实验室 杭州 310012)

2(浙江大学地球科学系 杭州 310012)

摘要 通过调查所获得柱样沉积物氧碳同位素测年资料及多学科综合分析表明,晚更新世以来南海沉积速率和沉积通量具有以下几个特征:(1)总体上为间冰期沉积速率低,冰期沉积速率高,冰期沉积速率是间冰期沉积速率的1.3~1.6倍;(2)南海沉积速率趋势面分析表明,氧同位素1期东北陆坡和西南陆坡沉积速率高,氧同位素2、3期沉积速率分布特征相似,与1期有所不同,东北陆坡沉积速率高于西南陆坡,表明氧同位素2期之后,南海的沉积环境发生明显的改变,造成上述沉积速率分布的主要控制因素是南海周围的河流分布、季风、海流等;(3)南海东部沉积通量与物质组成分析表明,末次冰期以来沉积总通量北部陆坡区明显高于深海区,前者是后者2~3倍,并有自北向南逐渐降低的趋势;(4)硅质生物沉积通量冰期明显高于间冰期,末次冰期以来东北部陆坡区的硅质生物沉积通量最高,末次冰期之前恰好相反,深海盆高于陆坡区;(5)末次冰期以来,陆源沉积约占南海东部海域沉积的44%以上。

关键词 南海 晚更新世 沉积通量 沉积速率

第一作者简介 章伟艳 女 1972年出生 助理研究员 硕士 海洋地质

中图分类号 P714⁺.6 **文献标识码** A

1 前言

海底沉积物中各种端元物质组成及成分是海洋地质研究的基础信息,各种不同来源的物质,特别是陆源物质在混合源沉积物中比例是定量研究物质来源的重要依据。南海作为边缘海其沉积物的沉积速率及物质来源一直是沉积学与古海洋学研究关注的热点之一。近年来在南海海区开展了广泛的海洋沉积学研究,积累了大量资料,特别是对沉积环境与古气候、沉积作用和古海洋学等问题都进行了较为深入研究,得出了一些重要认识和结论^[1,2]。但受海域限制,过去研究区主要集中在南海北部、中部及南部,尽管1994年“太阳号”在南海东部也取了一些柱状样,也只是限于陆坡区,在南海东部深水区资料仍然较少,1998年夏季我们对南海东部深水区系统地质采样,取得了大量第一手资料,并对表层样和典型柱状样进行粒度、矿物、化学成分、微体古生物和同位素测年等项目作了系统分析,这些分析测试数据资料为南海东部沉积作用和古海洋学深入研究提供重要基础。本文利用这些资料,

对晚更新世以来南海深水区沉积速率、沉积通量和物质组成进行探讨。

2 材料与方法

本文利用南海东部地质调查所得的柱状样分析资料并搜集以前南海调查资料^{②③[2,3,4]}(图1),应用国内外惯用冰期—间冰期气候地层划分原则,根据氧、碳同位素比值和碳酸盐旋回反映的气候冷暖变化与标准参考剖面的¹⁸O记录对比,进行各柱样氧同位素分期和地层划分,以Martinson等的年代表确定年龄^[3](1期即冰后期0~12.1ka BP;2期晚玉木冰期(末次冰期)12.1~24.1ka BP;3期玉木间冰期24.1~59.0ka BP;4期早玉木冰期59.0~73.9ka BP),从而计算出各测站在不同时段沉积速率(cm/ka,单位时间内形成的沉积厚度)。

沉积通量(g/cm²·ka)是单位时间内单位面积上形成的堆积物质量,由沉积速率乘以沉积物的干密度(g/cm³)。沉积物干密度测定方法为沉积物烘干后所得的干重除以湿样体积。测定干密度的样品间距为

① “九五”国家专项重大资助项目及国家海洋局青年海洋科学基金资助项目(批准号:2001510)

② 张富元等.南海东部海洋地质地球物理补充调查及矿产资源评价调查研究报告.国家海洋局第二海洋研究所,2001

③ 李粹中,李志珍,詹玉芬等.南海中部晚更新世以来沉积层序和古环境特征.见:南海中部柱状沉积物专题论文集.国家海洋局第二海洋研究所,1991.1~63

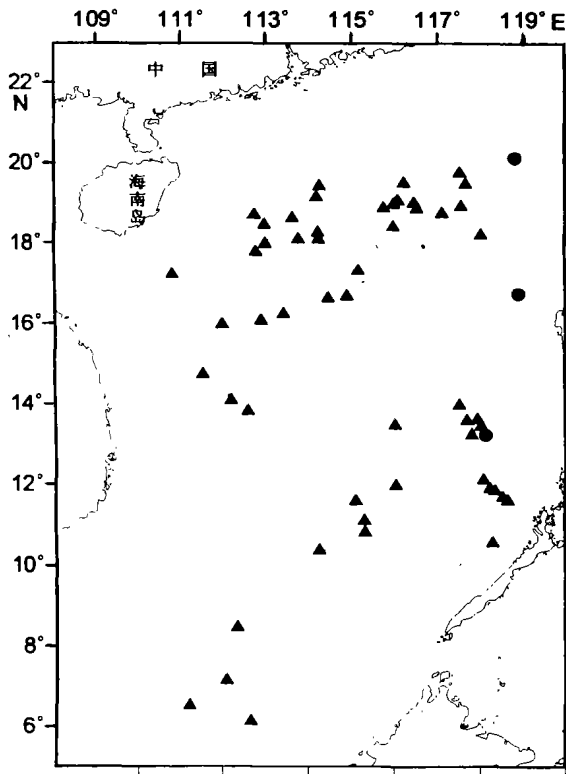


图 1 研究所用柱样站位分布图
(图中圆点为 1998 年调查站位)

Fig. 1 Station of the sediments cores

in the South China Sea (1998's survey in dot)

10 cm。本文所讨论的钙质生物、硅质生物和非生物(陆源和火山源等)的沉积通量主要根据各自的含量乘

以总沉积通量。

3 沉积速率分布特征

由表 1 南海氧同位素 1~4 期沉积速率计算表明: 氧同位素 1 期沉积速率为 1.67~26.67 cm/ka, 平均 8.13 cm/ka; 氧同位素 2 期为 3.33~36.67 cm/ka, 平均 13.33 cm/ka; 氧同位素 3 期为 1.71~13.71 cm/ka, 平均 6.13 cm/ka; 氧同位素 4 期为 2.67~19.33 cm/ka, 平均 8.25。总体上为间冰期沉积速率低、冰期沉积速率高, 氧同位素 2 期和氧同位素 1 期的沉积速率相差较大, 2 期沉积速率约是 1 期的 1.6 倍, 而氧同位素 4 期和氧同位素 3 期的沉积速率相差不大, 前者约为后者的 1.3 倍左右, 表现出冰期沉积速率高, 间冰期或冰后期沉积速率低, 沉积速率与气候变化关系密切。这可能是由于河流携带大量颗粒物通常堆积在中部陆架区, 未能直接运入深海盆^[6], 而在冰期时, 海面降低, 陆架上的沉积物通常被侵蚀并运往深水盆地。

由图 1 可以看出: 南海柱样分布极不均匀, 西北陆坡—深海盆区柱样分布密集, 东南陆坡—深海盆其次, 东北陆坡柱样较少, 西南陆坡及中央深海盆几乎没有柱样。为了了解沉积速率的分布规律及其控制因素, 减少测站分布不均匀性所带来的误差, 本文对现有柱样沉积速率进行趋势面分析^[5]。由于各测站取样长度不一, 因此对氧同位素 1~3 期趋势面分析所用测站数也不相同。氧同位素 4 期测站数较少, 仅有 27 个测站, 不进行氧同位素 4 期趋势面分析。各期沉积速率趋势分析结果见表 2 和图 2、图 3、图 4。

表 1 南海晚更新世以来沉积速率(cm/ka)

Table 1 Sedimentation rates(cm/ka) in the South China Sea during the late Pleistocene

统计量	$\delta^{18}O$ 1 期	$\delta^{18}O$ 2 期	$\delta^{18}O$ 3 期	$\delta^{18}O$ 4 期	水深/m
最小值	1.67	3.33	1.71	2.67	600
最大值	26.67	36.67	13.71	19.33	4367
平均值	8.13	13.33	6.13	8.25	2516
测站数(个)	56	53	38	27	56

表 2 南海氧同位素 1~3 期沉积速率趋势面分析

Table 2 Trend analysis of the sedimentation rates in the South China Sea during $\delta^{18}O$ stages 1, 2 and 3

变量	趋势面 次数	样品数 / 个	趋势值均值 /(cm/ka)	剩余值均值 /(cm/ka)	自由度	拟合度 /%	F 统计量	$F_{0.005}$ 临界值
$\delta^{18}O$ 1 期	4	56	8.13	0.00	14	51.06	3.06	1.94
$\delta^{18}O$ 2 期	4	53	13.32	0.02	14	50.59	2.78	1.95
$\delta^{18}O$ 3 期	2	38	6.13	0.00	5	44.83	5.20	2.50

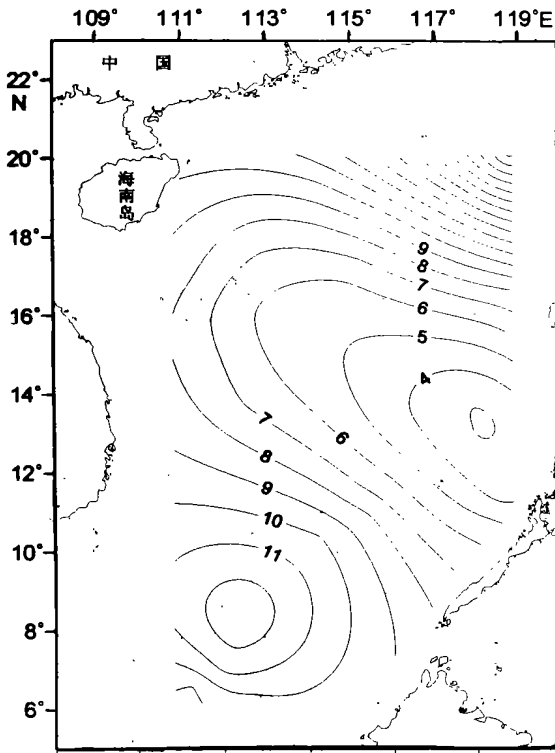


图2 氧同位素1期沉积速率4次趋势面

Fig. 2 4th-degree trend surface of sedimentation rates in cores during $\delta^{18}\text{O}$ Stage 1

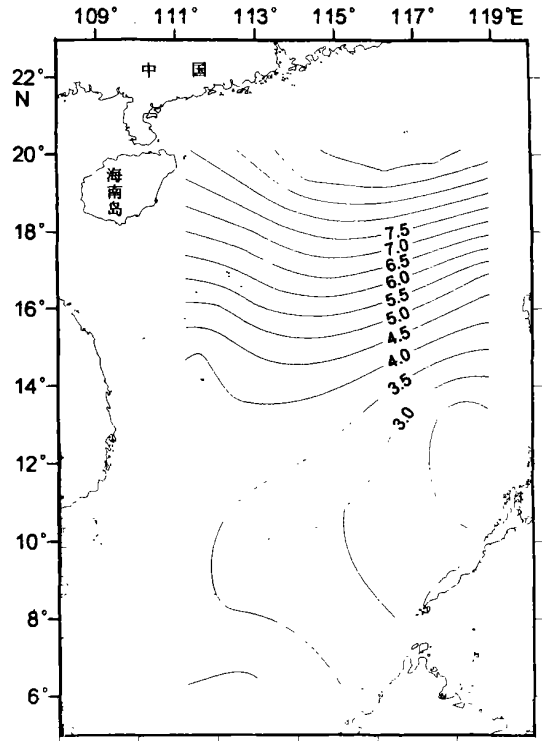


图4 氧同位素3期沉积速率2次趋势面

Fig. 4 Second-degree trend surface of sedimentation rates in cores during $\delta^{18}\text{O}$ Stage 3

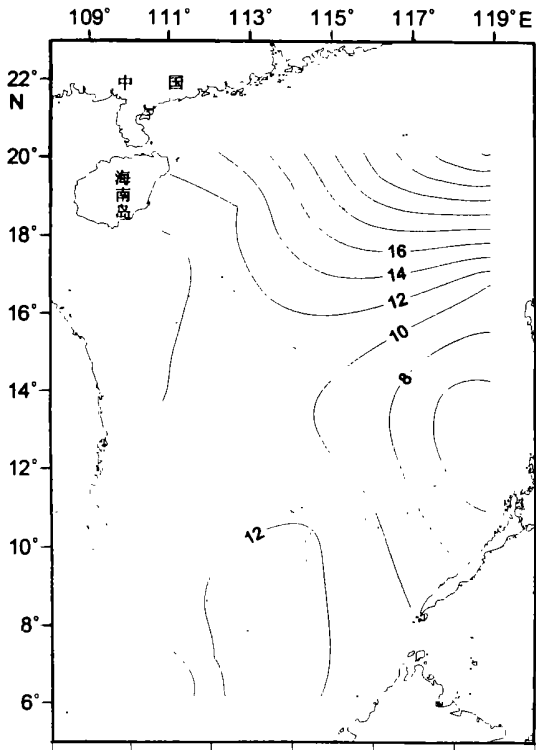


图3 氧同位素2期沉积速率4次趋势面

Fig. 3 4th-degree trend surface of sedimentation rates in cores during $\delta^{18}\text{O}$ Stage 2

由表2趋势分析F统计量检验值可以看出,在显著水平0.05情况下,各期次趋势分析所反映变异性是显著的,结果是可靠的。图2可以看出:在氧同位素1期时,表现为东北和西南陆坡沉积速率大,其次是西北陆坡,吕宋岛以西深海盆沉积速率最低。导致这样分布可能与南海周边河流、海流、季风等分布有关。注入南海的各大河流为东北高屏溪、曾文溪及韩江,西北红河、珠江、漠阳江、鉴江,西南湄公河。由表3可知现代注入南海的3条输沙量最大河流是湄公河、红河和珠江,以湄公河输沙量为最大,其次是红河、珠江,三者的输沙量约占南海的82%。南海东北季风漂流、冬季沿岸流等自东北流向西南^[7],因此可将珠江、红河等北部、西北陆坡河流输入物带向西南陆坡,可见西南陆坡的高沉积速率应归于上述三大河流及季风漂流、冬季沿岸流的贡献,以及“巽他大陆架”的陆源供应,这可以从锶同位素比值得到证明,西南方向的表层沉积物质是以 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} > 0.720$ 为特征的陆源物质^[8]。东北陆坡的高沉积速率可能与韩江、台湾岛的高屏溪和曾文溪输沙量及台湾海峡和巴士海峡、巴林塘海峡的物源输入有关。由表3可以看出,虽然高屏溪和曾文溪及韩江流域面积合起来不及珠江十分之一^[9, 10, 12],输沙

量之和却超过珠江, 并且台湾岛河流输沙量与鉴江、漠阳江之和相差无几; 其次, 来自南下沿岸流携带的大量黄河和长江物质以悬浮形式通过台湾海峡进入南海北部; 另外, 黑潮分支、冬季风驱动洋流、沿岸流将陆源物质从东海通过巴士海峡、巴林塘海峡带入南海, 并折向西南^[13], 东北陆坡恰好是海峡入口处。西北陆坡有红河、珠江、鉴江、漠阳江等几个河流携带陆源物质注入, 但由于南下的东北季风漂流等将部分物质带入西南陆坡, 因此其沉积速率稍低于东北和西南陆坡, 但物源从西北注入东南的趋势仍是明显的。

氧同位素 2 期的沉积速率分布特征与 3 期相似。东北陆坡沉积速率大于南部陆坡沉积速率, 东北方向沉积速率等值线呈楔形直插入西南方, 即东北方向的物源注入西南。此外, 在氧同位素 2~3 期趋势面等值

线图上都可看到, 在东部海盆民都洛海峡附近沉积速率最低, 向中部海盆逐渐升高, 似有向民都洛海峡输出物源的迹象。

从氧同位素 1~3 期沉积速率趋势分析结果看: 氧同位素 2、3 期沉积速率分布特征相似, 与 1 期有所不同, 前者仅表现为东北陆坡沉积速率高, 后者表现为东北陆坡和西南陆坡沉积速率高, 表明氧同位素 2 期之后, 南海沉积环境发生明显改变。由此表明, 在小间冰期(氧同位素 3 期)环境的气候特征是在逐渐向盛冰期过渡, 两者具有相似的沉积环境, 导致氧同位素 2、3 期区域上沉积物源与沉积特征基本相似。根据国外学者研究表明^[7]: 冰期时南海与相邻海域水体交换较少, 该海区西南季风暖流较弱, 而东北季风漂流作用相对增强, 因而可能对冰期的东北陆坡沉积作用产生重要

表 3 注入西太平洋边缘的部分河流的径量与输沙量

Table 3 Water runoff and sediment discharge of major rivers filling the Western Pacific marginal sea

边缘海	河流	流域面积/ 10^6km^2	径流量/ $\text{km}^3\cdot\text{a}^{-1}$	输沙量/ $10^6\text{t}\cdot\text{a}^{-1}$	资料来源
南海	湄公河	0.719	470.0	160.0	文献 10
	红河	0.120	123.0	130.0	文献 10
	珠江	0.450	349.0	83.0	文献 9
	高屏溪	0.003	9.0	39.0	文献 10
	曾文溪	0.001	2.0	28.0	文献 10
	韩江	0.034	30.0	7.0	文献 10、11
	鉴江	0.009	8.5	1.9	文献 10、11
	漠阳江	0.006	8.4	0.8	文献 10、11
	台湾岛河流			2.9	文献 11
总计				452.6	
东海	黄河		42.8	1 113.1	文献 13
	长江		873.9	472.2	文献 13
	辽河		4.1	18.6	文献 13
	滦河		4.6	19.0	文献 13
总计				1 622.9	

表 4 南海与其它海区沉积速率比较

Table 4 Comparison of sedimentation rates between the South China Sea and the other sea

海区	沉积相	沉积速率/ (cm/ka)	资料来源
大洋	钙质软泥	1.0~4.0	Ku et al. 1968
	褐粘土	0.1~0.4	Kuznetsev 1969
南海东部	陆坡碳酸盐相	3.31~13.75	本文
	深水区	2.58~10.40	本文
全新世沉积速率(cm/ka)	变化范围	平均值	
东海	2.33~36.66	10.7	文献 13
南海	1.67~66.67	8.0	文献 13
日本海	2.92~22.50	10.5	文献 13

影响。

从全新世沉积速率(表4)来看,南海与其它边缘海如东海、日本海相比,其沉积速率稍低,但明显比大洋快。表3表明东海高沉积速率要归功于长江、黄河等河流的大量陆源物质供应,输入东海河流的输沙量为南海的3.6倍。南海沉积速率变化在千年数厘米到数十厘米,具有沉积速率高,横向变化大的半深海沉积特征,这是南海边缘海盆沉积作用的一个重要特征,与其所处地质构造背景、自然地理地貌特征、沉积物的多源补给、搬运方式以及扩散途径(特别是浊流)有着密切关系。南海东部深海平原近代海底火山喷发作用,火山物质普遍参与了深海沉积作用,东部一些柱样沉积记录表明,晚更新世以来,火山活动频繁,期次多,间隔短,局部地区火山作用明显。马泥拉海沟是浊流的主要活动场所,浊积物也是造成沉积速率横向变化大、沉积速率快的一些因素。

4 沉积通量

边缘海是大洋与大陆连接部,它的沉积作用同时含有大陆与大洋的环境信息。海底沉积物是不同端元物质的混合物,从物质来源分主要为非生源(陆源、火山源等)和生源(钙质生物和硅质生物)。沉积物中各种来源物质组成是海洋地质研究的基础信息。根据各柱样沉积成分含量可以计算出它们各自沉积通量。因资料有限,选择南海东部海域南北中三个典型柱样(294、149、69)进行沉积通量计算(表5),站位分布见图1(黑圆点)。

从表5可以看到:末次冰期以来北部陆坡区69柱

沉积总通量明显高于深海区149柱和294柱,前者是后者2~3倍,并有自北向南逐渐降低趋势,与沉积速率具有相同的变化趋势。末次冰期以前,南部深海平原区的沉积总通量高于北部陆坡区,这可能是由于69柱、149柱在氧同位素3期时均发现有浊流沉积,69柱位于南海东北陆坡下部,北部水深由200m陆架突降至2000多米陆坡,坡度较陡,因而其沉积物被浊流带入深海盆,导致其氧同位素3期沉积总量偏低;也可能是末次冰期以前,南海南部区域沉积环境较为稳定,陆源物质丰富,而在末次冰期时该区域海平面下降近120m^[14],导致南部各个海峡通道(水深约50m)关闭,从而影响了末次冰期以来南部区域陆源供给;此外,也与南部和中部深海平原火山沉积作用有关(表6)。末次冰期以前,南海中部149柱早玉木冰期以来仅有一层火山灰层,南部有三层火山灰层,而北部陆坡未见火山灰层,仅晚更新世含少量火山灰,大量火山沉积物参与末次冰期以前的中部、南部沉积,导致南海南、中部深海盆在末次冰期以前总沉积通量稍高于北部陆坡区。南海晚更新世以来冰期硅质生物沉积通量明显高于间冰期和冰后期,而钙质生物和陆源物质沉积通量规律不明显。这可能是深水区碳酸钙沉积在冰期旋回中受到强烈溶解作用^[15],难以真实反映钙质生物生产力变化,而硅质生物受溶解旋回影响很小,因此硅质生物生产力变化更具有代表性。无论是陆坡区还是深海区,末次冰期以来都是东北部陆坡区硅质生物沉积通量最高,这可能是由于末次冰期时东亚冬季风加强,强劲的冬季风驱动洋流携带来大量陆源物质,丰富的营养盐供应使生物沉积通量增高^[16]。在末次冰期之前

表5 南海东部沉积通量($\text{g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{ka}^{-1}$)

Table 5 Sediment fluxes in the Eastern South China Sea

位 站	氧同	沉积	非生源	钙质生物	硅质生物	非生源所占	
置 号	位素期	总通量	沉积通量	沉积通量	沉积通量	含量/%	
北部 陆坡	69 柱	1	8.469 1	5.201 7	2.243 5	1.023 9	61.42
		2	7.345 3	3.869 5	1.415 4	2.060 4	52.68
		3	1.381 3	0.802 1	0.213 3	0.365 9	58.07
中部 深海盆	149 柱	1	3.868 8	2.886 5	0.381 1	0.601 2	74.61
		2	3.521 1	2.451 4	0.337 0	0.732 7	69.62
		3	1.396 8	0.875 7	0.137 3	0.383 7	62.69
南部 深海盆	294 柱	4	3.557 9	1.514 2	0.285 7	1.758 0	42.56
		1	2.385 5	1.044 8	0.538 6	0.801 8	43.80
		2	3.339 5	1.484 7	0.956 4	0.898 0	44.46
		3	2.373 6	0.986 5	0.574 9	0.812 2	41.56
		4	5.199 0	3.004 0	0.592 7	1.602 3	57.78

表6 柱样沉积物中火山灰层

Table 6 Marine pyroclastic sediment layer of the cores in the Eastern South China Sea

站号	火山灰层编号	火山灰层层位	火山灰层厚度/cm	年代氧同位素期	资料来源
149 柱	III	180~195	15	3	本文
	III	180~195	15	3	本文
294 柱	II	330~345	15	4	本文
	I	360~390	30	4	本文

刚好相反, 深海盆硅质生物沉积通量高于陆坡区, 这主要是由于陆坡区柱样常位于碳酸盐补偿深度(CCD)之上, 深海盆柱样基本上位于 CCD 之下, 以硅质生物沉积为主。除此之外, 也可能是末次冰期之前, 西南季风盛行, 在吕宋西侧外区引起上升流, 表层水的高生产力和南部陆源沉积物高补给量导致区内出现高的硅质生物沉积速率和沉积通量^[17]。综上所述, 末次冰期以来火山喷发作用较弱, 火山沉积影响基本可以忽略不计, 因此非生源沉积通量近似等于陆源沉积通量。表5表明: 在末次冰期以来, 南海东部海域沉积中陆源沉积大约44%以上, 149柱陆源沉积含量最高(可能受浊流沉积作用影响), 其次为69柱和294柱。

5 结语

通过上述晚更新世以来南海深水区沉积速率和沉积通量讨论, 可以得到以下几点认识:

(1)总体上为间冰期沉积速率低、冰期沉积速率高, 冰期沉积速率是间冰期沉积速率的1.3~1.6倍; (2)南海沉积速率趋势面分析表明, 氧同位素1期东北陆坡和西南陆坡沉积速率高, 氧同位素2、3期沉积速率分布特征相似, 与1期有所不同, 仅表现为东北陆坡沉积速率高, 表明氧同位素2期之后, 南海的沉积环境发生明显的改变, 造成上述沉积速率分布的主要控制因素是南海周围的河流分布、季风、海流等; (3)南海东部沉积通量与物质组成分析表明, 末次冰期以来沉积总通量北部陆坡区明显高于深海区, 前者是后者2~3倍, 并有自北向南逐渐降低的趋势; (4)硅质生物沉积通量冰期明显高于间冰期, 末次冰期以来东北部陆坡区的硅质生物沉积通量最高, 末次冰期之前恰好相反, 深海盆高于陆坡区; (5)末次冰期以来, 陆源沉积约占南海东部海域沉积的44%以上。

参考文献 (References)

1 赵泉鸿, 汪品先. 南海第四纪古海洋学研究进展[J]. 第四纪研究, 1999, 6: 481~501 [Zhao Quanhong, Wang Pinxian. Progress in Quaternary Paleogeography of the South China Sea: A Review [J]. Quaternary Sciences, 1999, 6: 481~501]

2 汪品先主编. 十五万年来的南海[M]. 上海: 同济大学出版社, 1995. 1~8 [Wang Pinxian. The South China Sea from 150, 000a [M]. Shanghai: Tongji University Press, 1995. 1~8]

3 钱建兴. 晚第四纪以来南海古海洋学研究 [M]. 北京: 科学出版社, 1999. 26 [Qian Jianxin. A study of Paleogeography in the South China Sea during the Late Quaternary [M]. Beijing: Science Press, 1999. 26]

4 郑连福, 郭育廷, K Winn 等. 南海北部晚第四纪碳酸盐旋回及其地层学意义 [A]. 见: 南海海洋沉积作用过程与地球化学研究 [C]. 北京: 海洋出版社, 1993. 109~123 [Zheng Lianfu, Ke Jingtang, Kyaw Winn, Peter Sooffers. Carbonate sedimentation cycles in the Northern South China Sea during the late Quaternary [A]. In: Study of Marine sedimentation and Geochemistry in the northern South China Sea [C]. Beijing: Ocean Press, 1993. 109~123]

5 章伟艳, 张富元, 马维林. 东太平洋多金属结核分布的二维趋势面分析 [J]. 东海海洋, 2001, 19(1): 27~34 [Zhang Weiyao, Zhang Fuyuan, Ma Weilin. Two-dimensional trend analysis of the distribution of polymetallic nodules in the Eastern Pacific [J]. Donghai Marine Science, 2001, 19(1): 27~34]

6 Nittouer C A, Wright L D. Transport of particles across continental shelves [J]. Review Geophysics, 1994, 32(1): 85~113

7 李乃胜, 赵松龄, 鲍. 瓦西里耶夫著. 西太平洋边缘海地质 [M]. 哈尔滨: 黑龙江教育出版社, 2001. 62~68, 507 [Li Naisheng, Zhao Songling, Boris Wasilie. Geology of marginal seas in the northwest Pacific [M]. Harbin: Heilongjiang Education Press, 2001. 62~68, 507]

8 魏菊英, 王关玉. 同位素地球化学 [M]. 北京: 地质出版社, 1984. 225 [Wei Juying, Wang Guanyu. Isotope Geochemistry [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1984. 225]

9 中国自然地理编委会. 中国自然地理(地表水) [M]. 北京: 科学出版社, 1981. 185 [Physical geography editor committee in China. Physical geography in China (surface water) [M]. Beijing: Science Press, 1981. 185]

10 Millian J D, Meade R H. World-wide delivery of river sediment to the ocean [J]. Journal of Geology, 1983, 91(1): 1~21

11 冯文科, 薛万俊, 杨达源著. 南海北部晚第四纪地质环境 [J]. 广州: 广东科学出版社, 1988. 147 [Feng Wenke, Xue Wanjuan, Yang Dayuan. The geological environment of late Quaternary in the northern South China Sea [J]. Guangzhou: Guangdong Science and Technology Press, 1988. 147]

12 黄维, 汪品先. 末次冰期以来南海深水区的沉积速率 [J]. 中国科学 (D 辑), 1998, 28(1): 13~17 [Huang Wei, Wang Pinxian. Sedimentation rates of deep water areas from the late glaciation in the South Chi-

- na Sea[J] . Science in China(D), 1998, 28(1): 13 ~ 17]
- 13 Pinxian Wang. Response of western Pacific marginal seas to glacial cycles: paleoceanographic and sedimentological features[J] . Marine Geology, 1999, 156: 5 ~ 39
- 14 陈木宏, 蔡慧梅, 涂霞等. 南沙群岛及邻近海区的微体生物与环境研究[J] . 科学通报, 1997, 42(11): 1 121 ~ 1 128[Chen Muhong, Cai Huimei, Tu Xia, *et al.* Study on the microbiology and environment of Nansha islands and adjacent sea area[J] . Chinese Science Bulletin, 1997, 42(11): 1 121 ~ 1 128]
- 15 Wang P X, Wang L J, Bian Y H, *et al.* Late Quaternary paleoceanography of the South China Sea: surface circulation and carbonate cycles [J] . Marine Geology, 1995, 127: 145 ~ 165
- 16 陈文斌, 徐鲁强, Jennerjahn T C. 南海北部颗粒通量的研究[A] . 见: 南海海洋沉积作用过程与地球化学研究[C] . 北京: 海洋出版社, 1993. 191 ~ 201[Chen Wenbin, Xu Luqiang, Jennerjahn T C. A preliminary study of the particle flux in the northern South China Sea [A] . In: Study of Marine sedimentation and Geochemistry in the northern South China Sea[C] . Beijing: Ocean Press, 1993. 191 ~ 201]
- 17 魏国彦, 李孟扬, 段威武等. 南海东北部末次冰期—全新世古海洋学[J] . 海洋地质与第四纪地质, 1999, 19(3): 19 ~ 27[Wei Guoyang, Lee Mengyang, Duan Weiwu, *et al.* Late glaciation-Holocene Paleocceanography of the northeastern South China Sea[J] . : Core RC-26. Marine Geology & Quaternary Geology, 1999, 19(3): 19 ~ 27]

Constituents of Matter and Sedimentation Fluxes and Sedimentation Rates of Deep-water Sedimentation during the Late Pleistocene in the South China Sea

ZHANG Wei-yan¹ ZHANG Fu-yuan¹ CHEN Rong-hua¹ ZHANG Xiao-yu²

1 (Second Institute of Oceanography SOA, Key Lab of Submarine Science SOA, Hangzhou 310012

2 (Department of the Earth Science, Zhejiang University, Hangzhou 310012)

Abstract Based on the integrated study of sediment cores in the South China Sea, the sedimentation rates feature during the Late Pleistocene has been shown. (1) On the whole, the rates of glacial stages is 1.3 ~ 1.6 times for the interglacials. (2) Trend analysis on the sedimentation rate is performed, which indicates that the rates of cores during $\delta^{18}\text{O}$ Stage 1 were high in the northeastern and south western continental slope. The features resulted from trend analysis were the main controlling factors of the river distribution, monsoon and ocean current etc. The sedimentation rates of cores during $\delta^{18}\text{O}$ Stage 2 and 3 were similar, which were different from that of during $\delta^{18}\text{O}$ Stage 1, only that were high on the northeastern continental slope. So the sediment environment in the South China Sea was significantly modified after the $\delta^{18}\text{O}$ Stage 2.

Based on the study of sediment cores in the Eastern South China Sea, the constituents of the main matter and sedimentation fluxes feature were obtained. (1) From the last glacial stage, the sedimentation fluxes on the northern continental slope were higher than that of the deep basin. (2) The sedimentation fluxes of silicon-organic-substances during the glacial stage were higher than that of the interglacials. (3) From the last glacial stage, the terrigenous constituents were 44% above in the abyssal plains sediments.

Key words South China Sea, Late Pleistocene, sedimentation fluxes, sedimentation rates