

文章编号: 1000-0550(2003)03-0461-06

冲绳海槽南部沉积层序的粒度特征^①

李军^{1,3} 高抒² 孙有斌¹ 曾志刚¹

1 (中国科学院海洋研究所 山东青岛 266071)

2 (南京大学海岸与海岛开发教育部重点实验室 南京 210093)

3 (中国科学院研究生院 北京 100039)

摘要 对取自冲绳海槽南部的 A23 孔经前处理后的沉积物样品进行了粒度测试, 探讨了陆源沉积层序的粒度特征。沉积物平均粒径、分选系数、偏态、峰态等粒度参数的变化显示出 A23 孔的沉积层序以 400 cm 为界可分为上、下两段, 下段各参数稳定, 代表了比较稳定的水动力条件的沉积环境; 上段则波动较大, 小规模浊流沉积频繁发育, 暗示了不稳定的沉积环境。浊流层内粗粒与细粒组份含量及粒度分布的变化具有明显的规律性。通过分析 A23 孔陆源沉积层序的各沉积参数特征, 认为冲绳海槽南部的沉积环境和动力在时间尺度上有较大的变化, 东海陆架物质向南部海槽的输运可能是以峡谷为通道的重力作用引起的床底沉积作用为主。另外, 对陆源碎屑和全样粒度结果的对比, 显示了前处理方法对于海洋沉积物粒度分析的重要性。

关键词 冲绳海槽 陆源碎屑 粒度参数与分布 浊流沉积

第一作者简介 李军 男 1974 年出生 博士研究生 海洋地质

中图分类号 P736.2 **文献标识码** A

陆源物质向海洋的输送是目前海洋地质学和古海洋学研究的热点问题之一^[1~3]。冲绳海槽位于东海陆架与日本琉球岛弧之间, 是中国东部边缘海与西太平洋间的连接通道, 因而成为中外科学家研究的重点区域。海槽内堆积了巨厚的沉积物, 尤其是南部, 最厚沉积层可达数千米^[4]。众多的研究表明, 冲绳海槽内沉积物主要来源于东海陆架^[5~13], 而南部海槽浊流层的大量发育^[8~10], 促进了陆架物质向海槽内的输送, 也指示了南部海槽沉积环境的复杂性, 这在沉积层序的粒度特征上有清楚的反映。许多学者对浊流物质进行了矿物学、古生物学、粒度组成等方面的研究^[5~10], 我们试图通过对取自冲绳海槽南部的 A23 孔沉积层序进行陆源碎屑的提取, 采用激光粒度仪测试方法, 详细研究南部海槽陆源沉积层序的粒度特征, 对浊流层的粒度特征进行探讨, 同时结合其他资料讨论南部海槽的沉积环境及其变化。

1 材料与方法

A23 孔柱状样为 2001 年 7 月中国科学院海洋研究所“973”航次在冲绳海槽内获取, 采样方法为重力活塞取样, 坐标 25°29.07'N, 124°19.91'E, 水深 2 012 m, 孔长 650 cm, 位置如图 1 所示。样品在船上进行冷冻保存, 在实验室内, 以 4 cm 间距分割取样。在进行粒

度测试以前, 综合采用前人方法^[14~16]对样品进行了前处理, 使样品只包含陆源碎屑物质(可能包括部分火山物质)。对提取的陆源碎屑和部分全样在南京大学粒度实验室用英国 Malvern 公司产 Malvern Mastersizer 2000 型激光粒度仪进行粒度测量, 测量范围为 0.02 ~ 2 000 μm , 误差 < 3%。所有测试均按照海洋地质调查规范进行具体操作。

A23 孔沉积物在岩性上以粘土质粉砂为主, 夹多层薄的砂、粉砂质砂, 颜色以灰褐色—灰绿色为主(图 2)。650 ~ 400 cm 为褐灰色粘土质粉砂, 592 cm 和 572 cm 分别为 2 cm 厚的粉砂质层; 400 ~ 362 cm 为褐灰色—灰色粘土质粉砂; 362 ~ 342 cm 为绿灰色砂—粉砂质砂, 具明显浊流沉积特征, 未见层理, 生物含量少, 其上下界面清楚, 具明显的不整合(记为 A 层); 342 ~ 106 cm 为青灰色粘土质粉砂—粉砂, 其中含数层砂质粉砂、粉砂质砂, 厚度介于 2 ~ 8 cm 之间, 为可能的浊流沉积层(其中的 318 ~ 323 cm 层记为 B 层); 1060 cm 为浅褐色—浅灰褐色粘土质粉砂, 中间也夹有数层 2 cm 厚的粉砂、砂质粉砂。

2 结果与讨论

2.1 陆源碎屑与全样粒度特征的对比

为对全样和陆源碎屑沉积物的粒度结果进行对

① 国家重点基础研究规划项目(973)(编号 G2000046702)、国家自然科学基金(批准号: 40106006 和 40176020)和中国科学字知识创新工程项目(KZCX2-207)联合资助

收稿日期: 2002-06-05 收修改稿日期: 2002-11-29

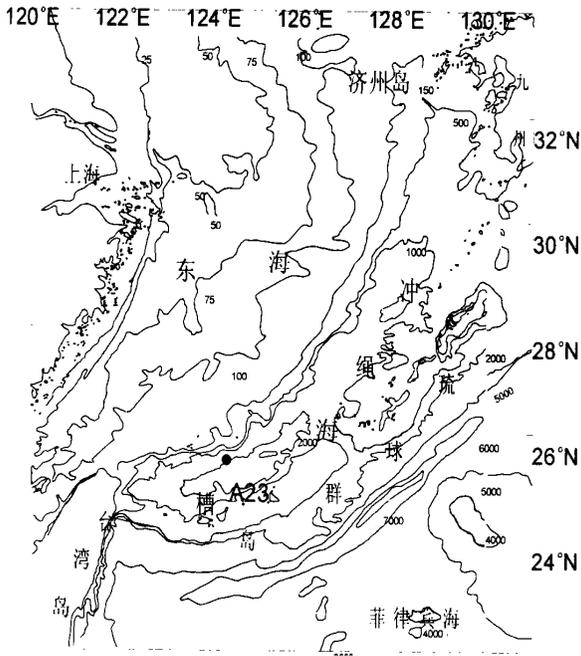
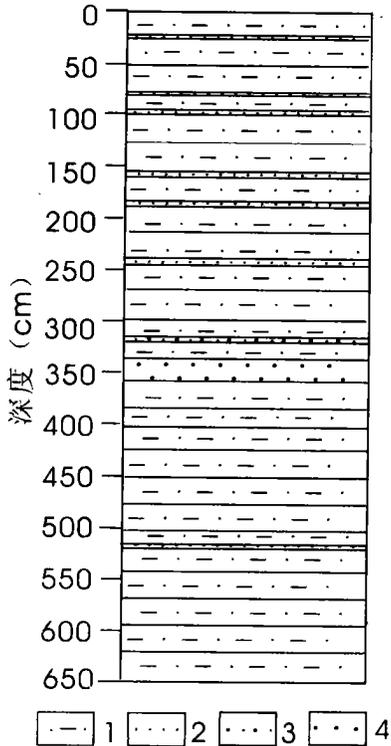


图1 冲绳海槽位置及研究站位图

Fig. 1 The map shows the locations of Okinawa Trough and Core A23 in this study



1. 粘土质粉砂; 2. 砂质粉砂; 3. 粉砂; 4. 砂
1. Clayey-silt; 2. Sandy-silt; 3. Silt; 4. Sand

图2 A23孔岩性柱状图

Fig. 2 The petrographical profile of Core A23

比, 选取了平均粒径、分选系数、峰态、偏态和粗颗粒含量 (> 32 μ m) 等5个粒度参数进行统计(表1)。结果

表1 A23孔不同层位沉积物全样与陆源碎屑粒度参数统计对比

Table 1 Comparison of grain size parameters between bulk samples in different horizons of Core A23 and terrigenous detritus

层位/cm	样品类型	粒度参数				粗颗粒含量/%
		平均粒径	分选系数	偏态	峰态	
62	全样	15.2	1.6	0.7	2.1	11.8
	陆源碎屑	11.7	1.4	0.8	1.8	6.0
322	全样	111.9	1.9	2.2	2.8	81.1
	陆源碎屑	77.1	2.2	1.8	2.7	57.4
362	全样	72.2	1.9	2.0	2.7	72.2
	陆源碎屑	62.7	1.8	1.9	2.5	69.2
522	全样	7.9	1.4	1.0	1.8	1.5
	陆源碎屑	10.1	1.2	1.0	1.7	2.4

表明, 粗粒沉积(或油流沉积, 322 cm 和 362 cm 层位)中陆源碎屑相对于全样, 平均粒径、分选系数、峰态、偏态和粗颗粒含量等皆有所减小; 对于细粒沉积而言, 情况则比较复杂, 如 62 cm 层位粗颗粒含量、平均粒径、分选系数和峰态等系数明显降低, 偏态稍增加; 522 cm 层位则是粗颗粒含量、平均粒径等相对增加, 分选系数和峰态值稍微减小, 偏态值基本无变化。

粒度分布曲线也清楚地表现出上述的差异。图3分别示出 A23 孔 62 cm、522 cm、322 cm 和 362 cm 四个典型层位全样和陆源碎屑的粒度分布曲线, 其中 322 cm 和 362 cm 为粗粒沉积(油流层), 其平均粒径分别为 77.1 μ m 和 62.6 μ m), 而 62 cm 和 522 cm 为细粒沉积(正常沉积), 平均粒径分别为 11.7 μ m 和 10.1 μ m。图中所有样品的粒度分布曲线在 0.4 ~ 1 μ m 间均出现的一个小峰, 可能为仪器测量误差所致^[15]。由图中可以看出, A23 孔油流层(322和362

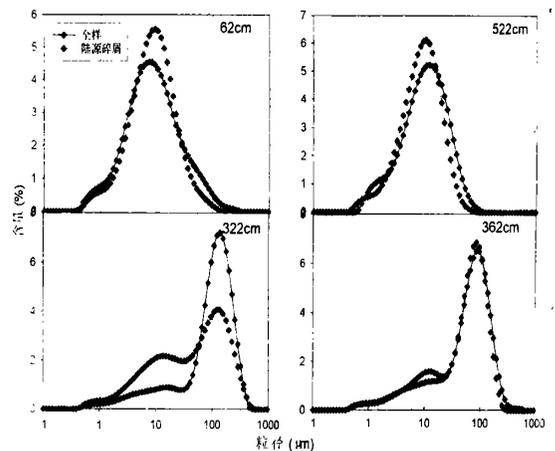


图3 A23孔不同层位沉积物全样与陆源碎屑的粒度分布曲线

Fig. 3 Grain-size distribution of bulk and terrigenous detritus samples in different horizons of Core A23

cm)中陆源碎屑的粒径分布范围较宽,为 $0.4 \sim 522 \mu\text{m}$,以 $32 \mu\text{m}$ 为界呈明显的双峰分布;正常沉积层序中陆源碎屑的粒径分布范围为 $0.4 \sim 84 \mu\text{m}$,呈明显的单峰分布,与浊流沉积的细粒组分相当。

2.2 A23 孔沉积层序特征

A23 孔柱状样可以分为两段,上段(0~400 cm)物质相对较粗,而下段(400 cm 以下)泥质物质占优势(图4)。上段各粒度参数的波动较大,平均粒径介于 $9 \sim 147 \mu\text{m}$ 之间,平均值为 $19 \mu\text{m}$;分选系数介于 $1.2 \sim 2.2$ 之间,平均值为 1.4 ,表明 A23 孔陆源碎屑的分选性中等,局部层位分选系数大于 2 ,为可能的浊流层;偏态介于 $-1.0 \sim 2.0$ 之间(负偏出现于浊流层),峰态为 $1.6 \sim 2.7$ 之间,小波动频繁,每一次波动可能代表了一次小的事件沉积;粉砂质—砂质粉砂在上部层序中的含量占优势,砂质含量为 $2\% \sim 40\%$ 之间,粘

土含量较低。下段平均粒径、分选系数、偏态、峰态和沉积物组分都较稳定,平均粒径的平均值为 $11 \mu\text{m}$,分选系数的平均值为 1.2 ,偏态的平均值为 1.1 ,峰态的平均值为 1.7 ,各参数都显示出围绕平均值波动,仅在 572 cm 和 592 cm 层位(厚度分别为 2 cm 和 4 cm)有两次粒度参数变化显著的事件;在粒度组成上,粉砂占绝对优势,砂质含量低,除个别层位含量可达到 5% 外,大多层位的含量为 0 。以上各参数特征表明,A23 孔下部层序(400 cm 以下)代表了水动力条件较稳定的沉积环境,有利于细粒物质的堆积;上部层序(0~400 cm)则代表了浊流沉积(或事件沉积)频繁发生的不稳定环境。因而,虽然 A23 孔总体上陆源物质的粒度特征未发生大的变化,但是中间小规模浊流沉积的频繁发生,大大干扰了正常的沉积层序特征,使陆源碎屑的各粒度参数发生显著变化。

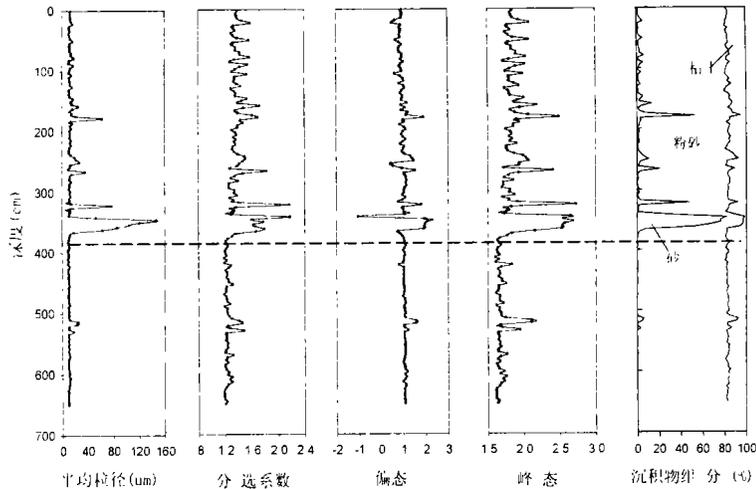


图4 A23 孔陆源碎屑粒度参数与沉积物组成

Fig. 4 The grain-size parameters and sediment composition of the terrigenous detritus in Core A23

2.3 浊流层沉积特征

A23 孔沉积层序中最显著的特征是浊流层的频繁发育。沉积剖面的上段(0~400 cm)层序中,浊流层出现的频率达 5 次/m ,因而虽然单层浊流沉积的厚度并不大($2 \sim 20 \text{ cm}$),但总厚度却大于 1.5 m ,占 A23 孔沉积总量 $1/4$ 左右。 $342 \sim 362 \text{ cm}$ 间的浊流沉积层是 A23 孔最显著的层序,各粒度参数皆与正常沉积有较大差异。层内以砂质为优势组分,自下而上,砂质含量由增大再减少,而粉砂和粘土含量与之相反;平均粒径由细到粗,至 346 cm 达最大值,然后再逐渐变细;分选系数、峰态也显示了先增大后减小的变化过程。因而,本层中由细—粗—细的粒径变化和高的砂含量代表了一次规模较大的浊流沉积。

图5为A层浊流层陆源碎屑的粒度分布与组成的垂向变化图。由图中可以清楚看出,随着浊流沉积

发生的强度增大(由 362 cm 开始),陆源碎屑中粗粒组分的含量随之增加,粒度由细粒组分的单峰分布,过渡为以粗粒组分占优的双峰分布,直至强度最大(346 cm)处,为以粗粒的单峰分布,然后粗粒组分随着浊流沉积的强度减弱而减少,粒度分布逐渐变化为以细粒组分为主的双峰分布,再变为浊流沉积发生之前的细粒的单峰分布(338 cm),代表了本次浊流事件的结束。

3 讨论

诸多学者^[15~16]对沉积物粒度测量的前处理方法及其对粒度特征的影响进行了研究与探讨,结果显示经不同前处理方法所获得的沉积物粒度的结果具有明显的差异;并且建议在今后的粒度分析时,应注意根据沉积物类型与研究目的的不同,采取不同的前处理方法^[15]。冲绳海槽由于其独特的地理与构造位置,具有

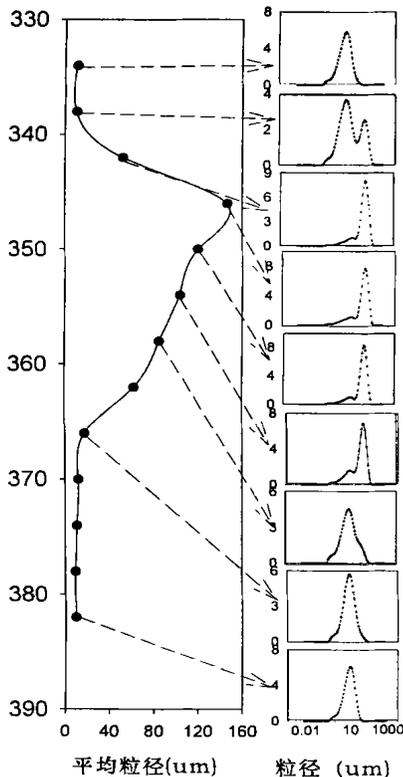


图5 A23孔浊流层(338~362 cm)粒度特征变化图

Fig. 5 Grain-size variation in the turbidite intervals (338~362 cm) in Core A23

复杂的沉积环境,物质来源也多样,沉积物虽然以东海陆架物质为主,受生物组分等因素的影响也比较明显。由前面结果可知,A23孔不同层位全样与陆源碎屑的粒度特征均具有显著差异,下面以平均粒径为例来详细说明。图6为A23孔全样与陆源碎屑平均粒径的差异变化曲线,A23孔上段(0~400 cm)陆源碎屑的平均粒径明显小于全样,在下段(400~650 cm)则相反,这可能反映了400 cm所代表的沉积时间是南部海槽沉积环境发生重大改变的界限。较大规模的浊流层中陆源碎屑的平均粒径减小显著,意味着在浊流层中碳酸盐、有机质和硅质生物组分的粒径变化要大于全样的粒度组成,当溶解掉碳酸盐等组分后,造成了沉积物平均粒径的细化。细粒沉积的平均粒径变化相对复杂一些,上段陆源碎屑的平均粒径要小于或近似于全样平均粒径,而下段则与此相反,但总体上细粒沉积平均粒径的变化幅度很小,绝对值都小于3,表明细粒物质中生物组分的粒度组成对全样的粒度影响较小,并且不同的沉积环境下其影响也有差异。

因此,前处理方法的选择对于沉积物的粒度影响是显而易见的,尤其是对半深海—深海沉积物而言,碳酸盐、有机质和硅质生物等的存在会对陆源碎屑的粒度特征起到显著的“屏蔽”作用,在探讨深海环境的陆

源物质运输时,必须进行陆源碎屑的提取工作,进行陆源碎屑的粒度分析,而绝对不能以全样来研究其粒度特征。

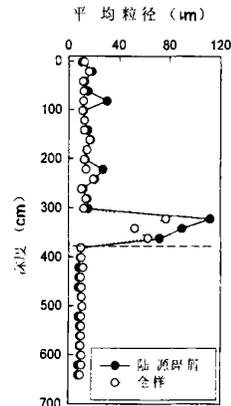


图6 A23孔沉积物全样与陆源碎屑平均粒径的差异性变化

Fig. 6 The differences of mean grain-size between bulk and terrigenous detritus samples of Core A23

A23孔陆源沉积的粒度特征表明,冲绳海槽南部沉积物中陆源组分以细粒为主,其沉积环境总体上有利于细粒物质的堆积,但以粗粒组分为主的浊流层的频繁发育,很大程度上促进了东海陆架物质向海槽内的输送,大大干扰了正常的沉积层序。由于A23孔位于冲绳海槽南部西侧靠近东海陆架的部位,正是浊流层在海槽内的主要分布区(27°N以南)^[17],在冲绳海槽南部采集的柱状样中,也多次发现浊流层^[9, 19, 20]。研究表明,冲绳海槽南部海底地形复杂,高差变化极大,西侧海底峡谷大量发育^[21~23],而海底峡谷是大陆架物质向深海盆地运输的有利通道^[24]。在南部海槽区,东海陆架物质主要通过海底峡谷进入冲绳海槽,这已经得到沉积物捕捉器实验的证实^[25, 26]。峡谷内具有高的悬沙通量和强的潮流,间歇性事件也经常发生^[26]。多波束扫描资料也显示出冲绳海槽底部发育有清晰的古曲流地貌(Old Meanders)和浊流有关的堆积地貌^[21]。因此,冲绳海槽南部靠近大陆架区域,由重力作用造成的浊流或滑坡等形式的物质运输方式可能更为重要。

至于浊流的诱发原因,可能是陆架区潮流与海底峡谷中的内波、内潮汐的联合作用^[21];冲绳海槽南部构造和火山活动都比较强烈和频繁,也是地震的多发地带^[17],这些因素都可能导致东海陆架外缘的沉积物沿着海底峡谷向下流动,形成浊流沉积^[9]。正是由于这些诱发因素的联合作用,使冲绳海槽南部堆积了多层厚度不一的浊流沉积,促进了东海陆架物质向海槽的运输。取自冲绳海槽南部的ODP1202孔(24°48.24'N, 122°30.00'E)中发现的高沉积速率

($> 320 \text{ cm/k.y.}$), 显然生物沉积不足以完成这一“任务”, 而极可能是东海陆架物质经海底峡谷输送到冲绳海槽中的结果^[27]。进一步的沉积层序研究表明, 1202孔中除发育等深流沉积外(粘土质粉砂), 同时也存在多个浊流层(砂质), 其中最大厚度可达 100m 以上(1202D孔, 180.11~286.42 m 层位), 代表了一次大型浊流事件的发生。另外, 在 1202孔中并未发现火山活动的记录, 古生物学研究显示的孔底年龄为 127 ka, 也就是说至少 127 ka 以来在冲绳海槽南部并未发生大规模的火山活动, 说明火山活动在本区的活动并不强烈, 其诱发大型浊流事件的可能性降低。

在目前的冲绳海槽古海洋学研究中, 对火山层的影响一般注意较多, 但对于浊流沉积(甚至滑塌)的研究或重视明显不够。因此, 今后的冲绳海槽古海洋学研究中, 尤其是对取自南部海槽的样品, 一定要进行详细的沉积层序分析, 来排除浊流沉积(或事件沉积)的干扰, 才能提取出真正的“高分辨率”信息。

4 结论

由上述的讨论, 我们可以得出以下几点认识:

(1) 冲绳海槽 A23 孔陆源碎屑与全样相比, 在平均粒径、分选系数、偏态、峰态等粒度参数表现出较大的差异性, 其粒度分布与特征更加真实、明确, 尤其对粗粒沉积, 前处理能有效地消除生物组分对样品粒度的“屏蔽”效应。

(2) 根据各粒度参数的垂向变化特征, 以 400 cm 为界, A23 孔沉积层序可明显分为上、下两段: 上段相对粗粒组分为主, 各粒度参数波动较大, 浊流层发育频繁, 代表了水动力条件不稳定的沉积环境; 下段偏细粒组分, 浊流层少, 各粒度参数的变化不大, 代表了较为稳定的沉积环境。在粒度分布上, 粗粒沉积为双峰分布, 以粗粒组分为主, 而细粒沉积为单峰分布, 与粗粒沉积的细组分相当。

(3) 浊流层在 A23 孔上段频繁发育, 各粒度参数随着浊流事件的进行有规律性的变化, 平均粒径、分选系数、峰态和粗粒组分含量等参数经历了小—大—小的变化过程。

(4) 由 A23 孔陆源碎屑的沉积层序特征反映出冲绳海槽南部沉积环境在时间尺度上有较大的变化, 400 cm 以下代表了稳定的水动力条件、适于细粒物质堆积的环境, 400 cm 以上的沉积层序特征则反映出不稳定的、有频繁的浊流事件发生的沉积环境。综合各种资料, 认为冲绳海槽南部东海陆架物质进入冲绳海槽的主要方式可能是以峡谷为通道的重力作用引起的浊流或滑塌堆积。

参考文献(References)

- 1 Stuu J-B W, Prins M A, Schneider R R, *et al.* A 300-ka record of aridity and wind strength in southwest Africa; inferences from grain-size distribution of sediments on Walvis Ridge, SE Atlantic J]. *Marine Geology*, 2002, 180: 221~233
- 2 Prins M A, Postma G, Weltje G J. Controls on terrigenous sediment supply to the Arabian Sea during the late Quaternary; the Makran continental slope[J]. *Marine Geology*, 2000, 169: 351~371
- 3 Gingle F X, Schmieder F, Dobeneck T, Petschick, *et al.* Terrigenous flux in the Rio Grande Rise area during the past 1500 ka; Evidence of deepwater advection or rapid response to continental rainfall patterns? [J]. *Paleoceanography*, 1999, 14(1): 84~95
- 4 秦蕴珊等. 东海地质[M]. 北京: 科学出版社, 1987 [Qin Y S, *et al.* *Geology of East China Sea* [M]. Beijing: Science Press, 1987]
- 5 潘志良, 石斯器. 冲绳海槽沉积物及其沉积作用的研究[J]. *海洋地质与第四纪地质*. 1986, 6(1): 17~29 [Pan Z L, Si S Q. Study on sediments and sedimentation in Okinawa Trough [J]. *Marine Geology and Quaternary Geology*, 1986, 6: 17~29]
- 6 郑铁民, 徐善民, 徐志明. 冲绳海槽表层沉积物沉积特征的初步研究 [J]. *海洋与湖沼*. 1986, 20(2): 113~121 [Zheng T M, Xu S M, Xu Z M. Characteristics of the surface sediments in Okinawa Trough [J]. *Oceanologia et Limnologia Acta*, 1986, 20(2): 113~121]
- 7 张明书. 冲绳海槽沉积物分类和层序划分的初步意见 [J]. *海洋地质与第四纪地质*. 1986, 6(2): 31~40 [Zhang M. S. The preliminary suggestion to the sediment classification and strata sequence in Okinawa Trough [J]. *Marine Geology and Quaternary Geology*, 1986, 6(2): 31~40]
- 8 袁迎如, 陈冠球, 杨文达等. 冲绳海槽沉积物的特征 [J]. *海洋学报*. 1987, 9(3): 353~360 [Yuan Y R, Chen G Q, Yang W D, *et al.* The characteristics of Sediments in Okinawa Trough [J]. *Acta Oceanologica Sinica*, 1987, 9(3): 353~360]
- 9 袁迎如. 冲绳海槽沉积物的粒度 [J]. *东海海洋*, 1987, 4(3): 42~49 [Yuan Y. R. Grain-size of the sediments in Okinawa Trough [J]. *Donghai Marine Science*, 1987, 4(3): 42~49]
- 10 Katayama H. Transport processes of terrigenous materials to the Okinawa Trough based on chemical and mineralogical analysis of settling particles [A]. In: Hu D, Tsunogai S, eds. Margin flux in the East China Sea [C]. Beijing: China Ocean Press, 1999. 42~48
- 11 Hu D X. The role of vertical circulation in sediment dynamics [A]. In: Ye D Z, Lin H, eds. China Contribution to Global Changes Studies [C]. Beijing: China Science Press, 1995. 168~170
- 12 Yanagi T S, Takahashi and Hoshika A. Seasonal variation in the transport of suspended matter in the East China Sea [J]. *Journal of Oceanography*, 1996, 52: 539~552
- 13 Peng M C, Hu D X. Outflow of suspended materials from Changjiang River Mouth [J]. *Chin. J. Oceanol. Limnol.*, 1997, 15: 258~263
- 14 Rea D K, Janecek T R. Mass accumulation rates of the non-authigenic inorganic crystalline (eolian) components from the western Mid-Pacific Mountains [A]. In: Thiede, *et al.*, eds. Deep Sea Drilling Project Site 463. Initial Report of Deep Sea Drill Project [R]. 1981, 62: 653~659
- 15 孙有斌, 高抒, 鹿化煜. 前处理方法对北黄海沉积物粒度的影响

- [J]. 海洋与湖沼, 2001, 32(6): 665~671 [Sun Y B, Gao S, Lu H Y. Influence of different pretreatment procedures on the particle-size distribution of surfacial sediments in the Northern Yellow Sea. [J]. Oceanologica et Limnologia Sinica, 2001, 32(6): 665~671]
- 16 鹿化煜, 苗晓东, 孙有斌. 前处理步骤与方法对风成红粘土粒度测量的影响 [J]. 海洋地质与第四纪地质, 2002, 22(3): 129~135 [Lu H Y, Miao X D, Sun Y B. Pretreatment methods and their influences on grain-size measurement of aeolian "Red Clay" in North China [J]. Marine Geology and Quaternary Geology, 2002, 22(3): 129~135]
- 17 苏纪兰, 秦蕴珊. 当代海洋科学学科前沿 [C]. 北京: 学苑出版社, 2000. 190~191 [Su J L, Qin Y S. Frontiers of contemporary marine science [C]. Beijing: Xueyuan Press, 2000. 190~191]
- 18 金性春等. 大洋钻探与中国地球科学 [M]. 上海: 同济大学出版社, 1995 [Jin X C, *et al.* Ocean drilling program and earth sciences in China [M]. Shanghai: Tongji University Press, 1995]
- 19 高抒, 贾建军. 冲绳海槽中北部及邻近陆坡近表层物质的粒度特征 [A]. 见: 高抒, 李家彪主编. 中国边缘海的形成演化 [C]. 北京: 海洋出版社, 2002. 125~139 [Gao S, Jia J J. The grain-size characteristics of the near surface sediment in the Mid-North Okinawa Trough and its vicinities [A]. In: Gao S, Li J B, eds. The formation and evolution of Chinese Marginal Seas [C]. Beijing: Ocean Press, 2002. 125~139]
- 20 蒋富清, 李安春, 李铁钢. 冲绳海槽南部柱状沉积地球化学特征和古环境意义 [J]. 海洋地质与第四纪地质, 2002, 22(3): 11~17 [Jiang F Q, Li A C, Li T G. Geochemical characteristics for core sediments of the southern Okinawa Trough and its paleoclimatic implication [J]. Marine Geology and Quaternary Geology, 2002, 22(3): 11~17]
- 21 Sibuet J C, Deffontaines B, Hsu S K, Thareau N, Le Formal *et al.* Okinawa Trough backarc basin: early tectonic and magmatic evolution [J]. Journal of Geophysical Research, 1998, 103: 30245~30267
- 22 李巍然, 杨作升, 王琦等. 冲绳海槽陆源碎屑峡谷通道搬运与海底扇沉积 [J]. 海洋与湖沼, 2001, 32(4): 371~380 [Li W Z., Yang Z S, Wang Q. *et al.* Terrigenous transportation through canyon and sedimentation of submarine fan in the Okinawa Trough [J]. Oceanologica et Limnologia Acta, 2001, 32(4): 371~380]
- 23 谢钦春, 叶银灿, 陆炳文. 东海陆架坡折地形和沉积作用过程 [J]. 海洋学报, 1984, 6: 61~71 [Xie Q C, Ye Y C, Lu B W. The topography of slope break in the East China Sea Shelf and sedimentation process [J]. Acta Oceanica Sinica, 1984, 6: 61~71]
- 24 Salaheldin T M, Imran J, Chaudhry M H, Reed C. Role of fine-grained sediment in turbidity current flow dynamics and resulting deposits [J]. Marine Geology, 2000, 171: 21~38
- 25 Chung Y C, Hung G W. Particulate fluxes and transports on the slope between the southern East China Sea and the South Okinawa Trough [J]. Continental Shelf Research, 2000, 20: 571~597
- 26 Yanagi T, Morimoto A, Ichikawa K. Seasonal variation in surface circulation of the East China Sea and the Yellow Sea derived from satellite altimetric data [J]. Continental Shelf Research, 1997, 17(6): 655~664
- 27 Salisbury M H, Shinohara M, Richter C, *et al.* Shipboard Scientific Party Chapter 5. Site 1202, in Proceeding of the Ocean Drilling program, Initial Reports [R]. 2002. 195

Grain-size Variations of Terrigenous Sediment Sequences in the South Okinawa Trough

LI Jun^{1,3} GAO Shu² SUN You-bin¹ ZENG Zhi-gang¹

¹ (Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao Shandong 266071)

² (Key Laboratory of Coast and Island Development MOE, Nanjing University, Nanjing 210093)

³ (Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039)

Abstract Terrigenous detritus samples extracted from a piston core A23, located in the southern Okinawa Trough, were analyzed in terms of the grain-size characteristics. The results show that the terrigenous sequences in the core can be divided into two parts on the basis of the variations in the grain-size parameters. The lower sequence is characterized by constant grain-size parameters; whilst the upper part is controlled by turbidite layers with a thickness of about 2~20 cm, which caused very large variations of the parameters. The large variation of grain-size composition and distribution of the turbidite sequences significantly disturbed the normal formation of the sediment sequences. The grain-size distribution modes and parameters of a turbidite bed were analyzed in detail, which show very regular variation in the bed. According to all grain-size characteristics of the core, the depositional environment and sediment dynamics is very complex and the main mechanism of the transportation of the terrigenous material from East China Sea Shelf to the trough is in the form of bedload through canyons. Furthermore, pretreatment to the marine sediments is important, which enables us to compare the grain-size characteristics between terrigenous detritus and the bulk grain-size.

Key words terrigenous sequences, grain-size parameters and distribution, turbidite sediment, Okinawa Trough