

冲绳海槽陆源碎屑峡谷通道搬运与海底扇沉积*

李巍然 杨作升 王琦 曹立华 王永吉 王先兰¹

(青岛海洋大学海洋地球科学学院 青岛 266003)

¹(国家海洋局第一海洋研究所 青岛 266003)

²(国家海洋局第二海洋研究所 杭州 310012)

提要 应用“向阳红 16 号”1992 年地质调查和“向阳红 9 号”1995 年地球物理调查的实际资料,并参照 80 年代以来有关研究成果,对冲绳海槽沉积物类型、陆源组分的堆积形式、沉积速率、物质通量以及沉积环境状况等进行了研究。结果表明,冲绳海槽陆源碎屑主要集中在海底峡谷口外,形成海底扇沉积。海底扇以其与峡谷伴生而地势和缓、陆源组分含量高、沉积通量大、沉积物楔入体复合叠置为标志,揭示出海底峡谷在陆源碎屑向海槽输送过程中的通道作用;提出陆架潮流与海底峡谷内波、内潮汐的联合作用是陆源碎屑经峡谷通道向海槽持续搬运的主要动力因素,而黑潮摆动及其涡旋分支对峡谷上游沉积物的供给具有积极作用。

关键词 冲绳海槽,陆源沉积,峡谷通道,海底扇

中图分类号 P736.2

冲绳海槽位于东海大陆架与琉球岛弧之间,北至日本九州岛南侧,南抵中国台湾岛北端,是中新世以来形成的一个半深水弧后盆地。在西太平洋大陆边缘,弧后盆地大多以接受火山沉积为主(Carey *et al.*, 1984; Clift, 1995; Marsaglia *et al.*, 1995; Underwood *et al.*, 1995; Marsaglia *et al.*, 1995),仅冲绳海槽沉积物以陆源组分占优势(赵一阳等, 1984; 郑铁民等, 1989; 吴明清等, 1991),岩芯浊积层研究和现代沉积环境分析,都揭示了陆架沉积物向冲绳海槽的输送(秦蕴珊等, 1987; 金翔龙, 1992; Ikehara, 1994; Huh *et al.*, 1999; 李巍然等, 1999)。由于青藏高原的隆升和琉球岛弧的阻隔,长期以来,冲绳海槽一直是大陆风化剥蚀产物搬运入海后的一个主要汇聚盆地,研究陆源碎屑向冲绳海槽搬运沉积的机制,对于认识中国大陆与西太平洋之间陆海相互作用过程和厘定陆架海底沉积物延伸范围都具有重要意义。本文以冲绳海槽实际调查资料为基础,结合前人研究成果,对冲绳海槽陆源碎屑的峡谷通道搬运与海底扇沉积问题作一初步探讨。

1 资料与研究方法

沉积物样品和多频浅地层剖面资料分别取自“向阳红 16 号”1992 年航次和“向阳红

* 国家“八五”科技攻关项目, 85-904-03-02 号、85-904-04-02 号、李巍然,男,出生于 1960 年 6 月,博士,教授。E-mail: xjiang@public.qd.sd.cn

收稿日期: 2000-07-16, 收修改稿日期: 2001-03-22

9号”1995年航次冲绳海槽中部和南部地质、地球物理调查,调查区横跨陆架外缘、陆坡、海槽底及部分岛坡。样品包括168个站位的表层样和11个站位的柱状样,多频浅地层测线有效长度198km;资料涵盖沉积物粒度、矿物、地球化学、微体古生物、浅地层沉积结构以及沉积物年代学等,同时参照了海槽北部的调查资料和80年代以来前人有关冲绳海槽及东海陆架的沉积学研究成果,针对沉积物类型、陆源沉积物堆积体形态、堆积地貌部位、沉积速率变化、海底扇沉积环境等,采用特征研究和对比分析的方法,探讨冲绳海槽陆源碎屑的峡谷通道搬运和海底扇沉积作用。

2 研究结果与讨论

2.1 沉积物类型与分析

冲绳海槽沉积物来源不一,组分复杂,有陆源碎屑、生物碎屑、火山喷发产物、海底自生矿物、海底热水堆积物以及大气扬尘沉降物等,其中前三者是主体组分;沉积物粒度多变、底质丰富,结合成因组分进行命名,可以划分出33种类型^{1,2,3)}。沉积物总的分布特点是,海槽东西两坡粗,海槽槽底细;陆源组分主要分布在海槽轴线以西,由陆架外缘经陆坡到槽底,颗粒由粗变细;生物组分主要以贝壳碎屑和有孔虫壳体形式赋存,含生物组分的底质类型呈斑块状贯穿整个海槽分布,其中富贝壳碎屑者只出现在陆架外缘与上陆坡;火山玻屑局限在海槽北部和中部北端的岛坡侧,富火山玻屑的底质类型也呈斑状分布;岛弧火山岩碎屑以富辉石组合为标志,主要分布在海槽轴线以东区域(图1)。

2.2 陆源碎屑堆积体

表层沉积物矿物组合分区和地球化学分区结果都显示,陆源组分呈现由陆架向海槽扩散的趋势。海槽中部由陆源石英百分含量等值线圈定出来的一个陆源碎屑堆积体,侧向宽约140km,纵向长约80km,平面形态大体呈扇形,核部主扇呈舌状,外缘部分呈指状,伸向海槽底(图2)。穿过该扇形堆积体北缘的多频浅地层剖面DC27,有效分析长度为36km,最大穿透深度为40m,沿测线分辨出12个沉积物块体;穿过该扇体南缘的多频浅地层剖面DC31,有效分析长度为11.4km,最大穿透深度为35m,沿测线识别出8个沉积物块体⁴⁾。每个块体都代表着一定时期内沉积物集中搬运沉积形成的楔入体,各楔入体复合交错,镶嵌形成一个完整的沉积物海底扇。在该海底扇的北部边缘和南部边缘,沉积物岩性和陆源碎屑的垂向变化也反映出海底扇上陆源粗碎屑不时穿插堆积的特点(图3)。

2.3 海底扇的地貌部位

上述海底扇发育在冲绳海槽伊西海底峡谷群口外。从地形图上分析,该区陆坡宽度窄,坡度陡,200—1000m等深线呈尖凸状频繁向陆同步弯曲,显示有多条海底峡谷存在;而1000—1600m水深之间,坡度和缓,地势平坦,等深线逐渐变成和缓简单弧形向海弯曲,显示出海底峡谷口外海底扇体的形态特征。其他一些明显具有相同地形变化特征的

1) 中国科学院海洋研究所等,1995. 虎皮礁邻近海域晚更新世以来的沉积体系,16—28

2) 国家海洋局第一海洋研究所等,1995. 冲绳海槽中段沉积物特征及物质来源,1—9

3) 国家海洋局第二海洋研究所等,1995. 钓鱼岛附近海域沉积学调查研究,16—27

4) 国家海洋局第一海洋研究所等,1995. 冲绳海槽中段沉积物特征及物质来源,281—293

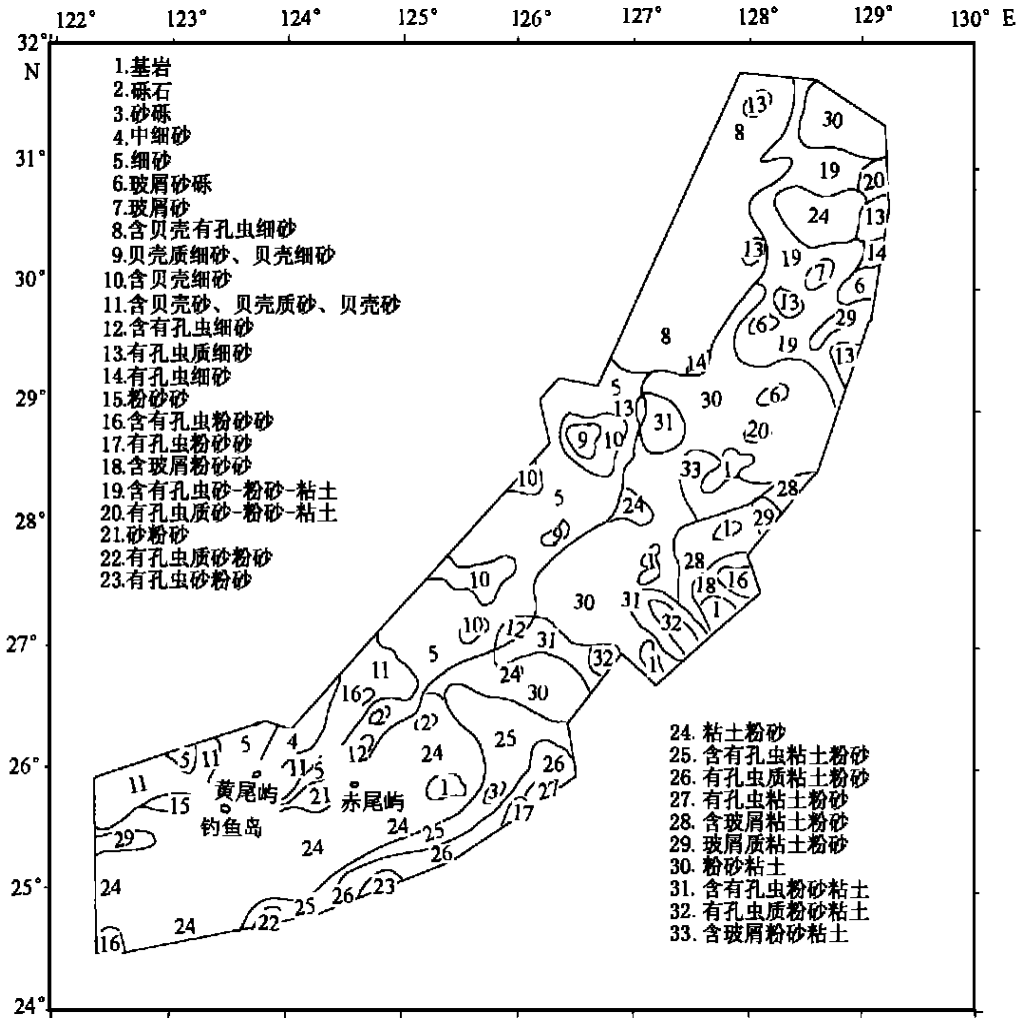


图 1 冲绳海槽底质类型分布略图

Fig. 1 Bottom sediment distributions in the Okinawa Trough

1. bed rock, 2. gravel, 3. sandy gravel, 4. medium-fine sand, 5. fine sand, 6. vitric sandy gravel, 7. vitric sand, 8. shell-bearing foraminiferal fine sand, 9. shelly fine sand, shell sand, 10. shell-bearing fine sand, 11. shell bearing sand, shelly sand and shell sand, 12. foram-bearing fine sand, 13. foraminiferal fine sand, 14. foraminiferal sand, 15. silt-sand, 16. foram-bearing silt-sand, 17. foraminiferal silt-sand, 18. vitric bearing silt-sand, 19. foram-bearing sand-silt-clay, 20. foraminiferal sand-silt-clay, 21. sand-silt, 22. foraminiferal sand-silt, 23. foraminiferal sand-silt, 24. clay-silt, 25. foram-bearing clay-silt, 26. foraminiferal clay-silt, 27. foraminiferal clay-silt, 28. vitric bearing clay-silt, 29. vitric clay-silt, 30. silt-clay, 31. foram-bearing silt-clay, 32. foraminiferal silt-clay, 33. vitric bearing silt-clay

(据中国科学院海洋研究所等, 1995; 国家海洋局第一海洋研究所等, 1995; 国家海洋局第二海洋研究所等, 1995 编绘)

地貌部位还有: 赤尾屿北东的第一赤尾海底峡谷和第二赤尾海底峡谷及其口外区域, 钓鱼岛附近的西南钓鱼海底峡谷和西钓鱼海底峡谷及其口外区域等。

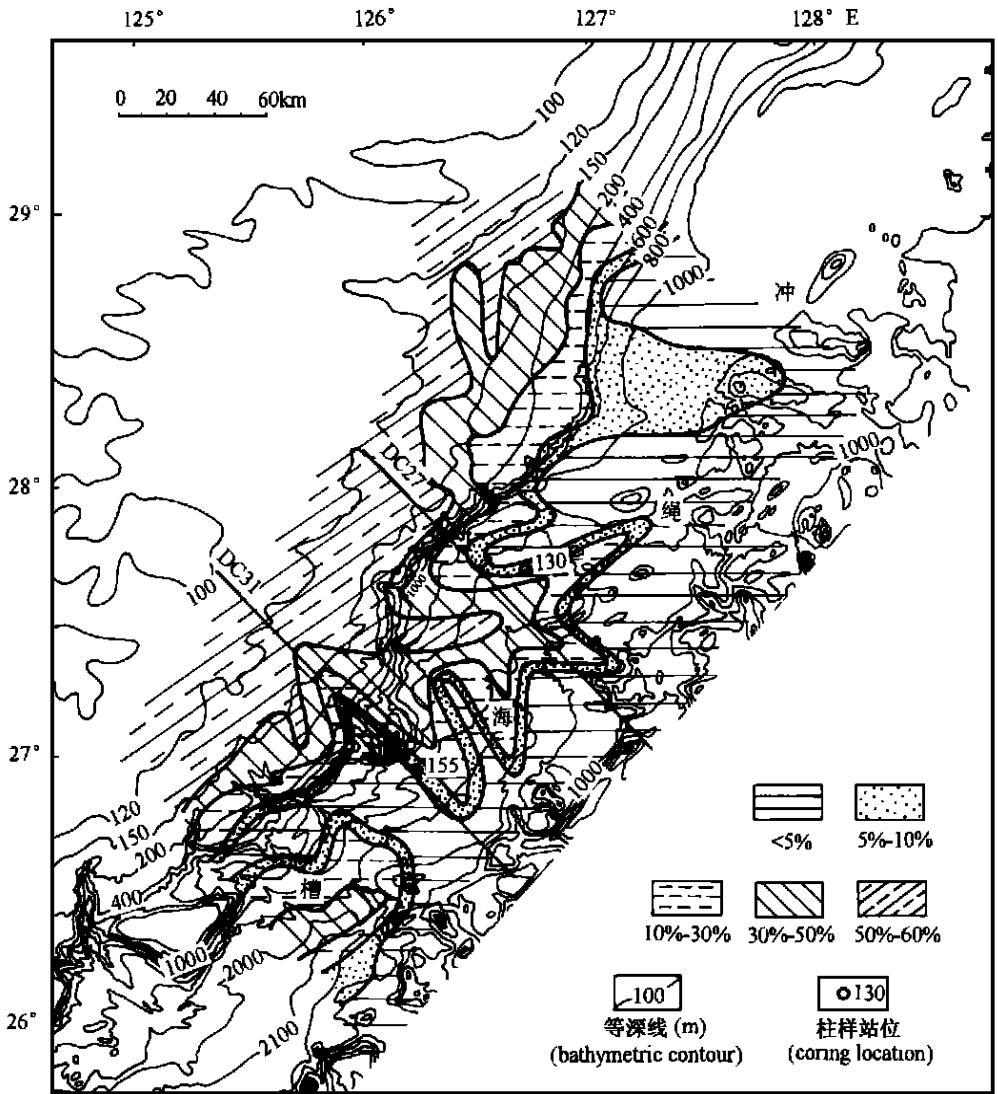


图2 冲绳海槽由陆源石英碎屑含量圈定的沉积物海底扇

Fig. 2 Submarine fans revealed by contours of terrigenous quartz in the Okinawa Trough

2.4 海槽沉积速率及其分布

冲绳海槽物源供给不均匀, 沉积速率差异比较明显, 可分为三种基本情况: 一是有些区域火山岩长期裸露(陈丽蓉等, 1993; 李巍然等, 1997), 沉积速率为零; 二是有些区域沉积速率较高, 扣除浊积层和火山碎屑层后, 岩芯分段计算出的沉积速率一般为 10—30cm/ka, 最高 > 40cm/ka(李培英等, 1999); 三是大部分区域具有较低的沉积速率, 一般 < 10cm/ka(业治铮等, 1983; 地质矿产部海洋地质调查局, 1985; 秦蕴珊等, 1987; 郑铁民等, 1989; 金翔龙, 1992; Li *et al.*, 1996; 李凤业等, 1999)。

从已有沉积速率数据的站位分布来看(图4), 具有较高沉积速率的站位中, A15 站和 96 站均位于海槽北部, 沉积物中以火山碎屑占优势, 其高沉积速率主要源于火山物质的

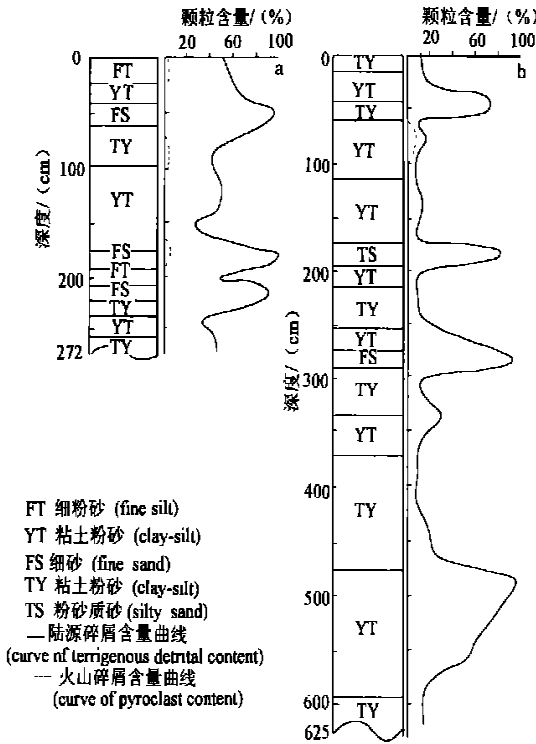


图 3 海底扇边缘沉积物岩性剖面与碎屑含量垂向分布

Fig. 3 Lithologic sections and debris content vertical distributions of sediment on the submarine fan margin
a. 130 站; b. 155 站

贡献; 其他以陆源碎屑占优势的站位中, 155 站位于伊西海丘南侧峡谷口外; 169 站位于第二北东赤尾海底峡谷上游谷底; 170 站位于第一北东赤尾海底峡谷口外; 255 站位于西钓鱼海底峡谷口外; DG9603 站位于伊西海底峡谷群口外北侧; 865 站和 868 站都位于西钓鱼海底峡谷和西南钓鱼海底峡谷谷口外缘。具有较低沉积速率的站位如 831 站(伊是名堆附近)、919 站(冲宇治海丘附近)、894 站(粟国海丘附近)、134 站和 7034 站(伊平屋海丘群内)、7028 站(伊西海丘外缘)以及 086 站(西横当海丘附近)、080 站(吐噶喇长谷南端)、082 站(北奄西海丘附近)等, 则均远离海底峡谷。

显然, 海槽中沉积速率高低变化的分布现象不是偶然的, 海槽陆侧峡谷口外普遍出现高沉积速率, 是陆源碎屑经海底峡谷集中搬运并在峡谷口外形成海底扇的直接反映。

2.5 海底扇沉积环境

2.5.1 地形

冲绳海槽西侧的陆坡和陆架坡折带, 不仅发育有若干条横切陆坡和陆架外缘的海底峡谷, 甚至形成海底峡谷群(海洋图集编委会, 1990; 国家海洋局第二海洋研究所, 1987; 中国科学院海洋研究所编, 1988), 而且还发育有若干组纵向阶地、沟、坎和隆脊(金翔龙, 1992; 李常珍等, 1998; 范奉鑫等, 1998)。这样, 在海槽西侧实际存在着一个纵横交错的沟谷网络, 对沉积物起到捕获“陷阱”和输送通道的作用。同时, 冲绳海槽是一个非补偿的沉积盆地, 逐渐增加的落差有利于峡谷通道保持畅通, 海底沉积扇保持稳定。

2.5.3 悬载搬运 东海沉积动力作用活跃, 在研究陆源物质, 特别是悬浮体向冲绳海槽输送机制方面, 黑潮“清洁水障”一直是令人困扰的问题。由黑潮调查资料(Japan Oceanographic Data Center and National Oceanographic Data Center of the People's Republic of China, 1990) 和卫星跟踪漂流浮标轨迹(郭炳火等, 1998) 可以看出, 黑潮并不是一个简单单向流动的“水障”, 黑潮主体流路摆动和涡旋分支以及黑潮与其他水团的相互穿插、叠置是非常复杂的。实际观测分析表明, 东海现代沉积过程中存在着悬浮体由陆架向海槽的侧向搬运(Nartia, *et al.*, 1990; Iseki *et al.*, 1994; Yamada *et al.*, 1994; Chung *et al.*, 1995; Iseki *et al.*, 1999; 雷坤等, 2001), 其中有来自长江的直接输入, 也有沉积物的再分配(Huh *et al.*, 1999), 埃克曼流是侧向搬运的可能机制之一(Hu, 1994)。东海潮流沉积体系的确立(Liu, 1997; 刘振夏等, 1998; Huh *et al.*, 1999; Sato, 1999) 以及东海北部底层水悬浮体浓度呈现半天周期性变化(Lei *et al.*, 1999), 表明潮流在驱动悬浮体向海槽输送方面也发挥着重要作用。

2.5.4 底载搬运 海底峡谷口外海底扇中的陆源沉积物有浊流沉积和非浊流沉积两部分, 对浊流沉积研究较多(地质矿产部海洋地质调查局, 1985; 秦蕴珊等, 1987; 李巍然等, 1999), 对非浊流沉积以往统称为半远洋沉积, 然而扣除其浊积层和火山碎屑层后计算出的沉积速率(李培英等, 1999), 仍较典型深海扇不做任何扣除的半远洋沉积速率(王琦等, 1989), 高出数倍到一个数量级, 其沉积物构成也明显不同于悬浮搬运的半远洋深海沉积物。对冲绳海槽海底扇岩芯非浊流沉积尚缺乏全面细致的研究, 仅就沉积物粒度构成和沉积物缺乏生物构造的特点, 并结合地形地貌条件、陆架外缘流水底形特征、海槽陆侧温、盐跃层发育等方面进行分析, 认为冲绳海槽海底峡谷环境和海底扇沉积物符合高振中等(1996) 总结的内波、内潮汐沉积形成条件和特征。推测冲绳海槽海底扇非浊流沉积物主要是通过峡谷中内波、内潮汐的上下水层切变扰动和底层水持续向海净搬运、堆积形成的。

2.6 沉积通量

根据岩芯表层段沉积速率和沉积物干容重, 并扣除 CaCO_3 含量, 计算了冲绳海槽海底峡谷和海底扇陆源物质的沉积通量(表 1)。从横向变化看, 海底扇上的沉积通量大于峡谷中和扇体外缘的沉积通量; 从纵向变化看, 参加计算的岩芯表层段时间跨度小, 沉积通量数值就大。李从先等(1999) 对潮汐沉积率和沉积间断的研究表明, 潮汐纹层保留率为 0.2%, 小型层序保留率不到 10%, 其普遍意义在于定量地说明了短期作用中形成的沉积建造会因在较长时间内经受改造而部分或全部地消失。因此, 表 1 所列的沉积通量分别是岩芯所在地 2ka 来和 12ka 来最终保留下来的沉积物的平均净通量。在东海陆架外缘和陆坡, 由 ^{137}Cs 数据计算出来的岩芯表层段最小时间跨度内(< 40 年) 的现代沉积平均通量为 $0.05\text{g}/\text{cm}^2\cdot\text{a}$ (Huh *et al.*, 1999), 折算成千年尺度上的沉积通量为 $50\text{g}/\text{cm}^2\cdot\text{ka}$ (该数值未扣除 CaCO_3 的影响), 与海底扇上千年尺度内的平均沉积通量相当。由现有的岩芯资料看, 陆架外缘和陆坡全新统厚度远小于槽底全新统厚度, 甚至裸露更新统, 表明全新世以来沉积物在陆架外缘和陆坡上难以长期留存, 它们最终还是要输送到海槽底。由沉积通量大小的可比性上看, 由陆架和陆坡输送到海槽底的陆源碎屑也主要是集中堆积在海底扇上。

表1 海底峡谷和海底扇陆源物质沉积通量

Tab. 1 Sedimentary flux of terrigenous matter at the canyon and submarine fan

站位号	134	155	169	170	255
岩芯表层段时 间跨度(ka)	12.0	2.6	12.0	2.5	2.7
陆源沉积通量 ($g/cm^{-2} \cdot ka^{-1}$)	5.7	14.0	7.3	20.5	33.3

3 初步结论

3.1 冲绳海槽是以接受陆源沉积为主的边缘海盆地, 陆坡及陆架边缘发育的海底峡谷、阶地、沟、坎、隆脊等构成陆源碎屑向海槽搬运的天然通道系统; 中国大陆现代河流直接输入的陆源物质和陆架残留沉积物的再搬运物质, 在现代沉积环境下, 均可以呈悬载或底载的形式输入冲绳海槽; 输入海槽的陆源沉积物主要堆积在海底峡谷口外, 形成海底扇。

3.2 东海陆架上的潮流与海底峡谷中的内波、内潮汐的联合作用, 可能是陆源碎屑经峡谷通道向海槽持续搬运的主要动力因素, 而黑潮流轴的季节性摆动和涡旋分支, 则可造成海底峡谷上游沉积物“泄漏”补给的有利条件, 确切资料有待调查补充。

参 考 文 献

- 王琦, 朱而勤, 1989. 海洋沉积学. 北京: 科学出版社, 128—134
- 中国科学院海洋研究所编, 1988. 东海及其邻近大洋海底地形图. 北京: 中国地图出版社.
- 业治铮, 张明书, 潘志良, 1983. 冲绳海槽晚更新世——全新世沉积物的初步研究. 海洋地质与第四纪地质, 3(2): 1—19
- 地质矿产部海洋地质调查局, 1985. 冲绳海槽地貌及沉积物研究. 海洋地质专刊, 2(1): 100—105, 59—65
- 刘振夏, 夏东兴, 王揆洋, 1998. 中国陆架潮流沉积体系和模式. 海洋与湖沼, 29(2): 141—147
- 孙效功, 方明, 黄伟, 2000. 黄、东海陆架区悬浮体运输的时空变化规律. 海洋与湖沼, 31(6): 581—587
- 李凡, 张秀荣, 李永植等, 1998. 南黄海埋藏古三角洲. 地理学报, 53(3): 238—244
- 李凡, 张秀荣, 孟广兰等, 1998. 晚更新世末期黄海中部埋藏古三角洲的研究. 海洋与湖沼, 29(1): 67—72
- 李凤业, 史玉兰, 何丽娟等, 1999. 冲绳海槽晚更新世以来沉积速率的变化与沉积环境的关系. 海洋与湖沼, 30(6): 540—545
- 李从先, 王平, 范代读等, 1999. 潮汐沉积率与沉积间断. 海洋地质与第四纪地质, 19(2): 11—18
- 李常珍, 林美华, 1998. 东海陆坡北部隆脊地形趋势面的研究. 海洋科学, 2: 61—64
- 李培英, 王永吉, 刘振夏, 1999. 冲绳海槽年代地层与沉积速率. 中国科学(B辑), 29(1): 52—55
- 李巍然, 杨作升, 王永吉等, 1997. 冲绳海槽火山岩岩石化学特征及其地质意义. 岩石学报, 13(4): 538—550
- 李巍然, 管玉涛, 杨作升等, 1999. 冲绳海槽浊流灾害性研究. 自然灾害学报, 8(3): 98—102
- 吴明清, 王贤觉, 1991. 东海沉积物的稀土和微量元素. 地球化学, 1: 40—46
- 杜德文, 孟宪伟, 王永吉等, 1999. 沉积物物源组成的定量判别方法及其在冲绳海槽的应用. 海洋与湖沼, 30(6): 532—539
- 国家海洋局第二海洋研究所, 1987. 东海地形图. 杭州: 国家海洋局第二海洋研究所, 1
- 陈丽蓉, 翟世奎, 申顺喜, 1993. 冲绳海槽浮岩的同位素特征及年代测定. 中国科学(B辑), 23(3): 324—329
- 范奉鑫, 林美华, 1998. 东海北部陆架外缘边缘沟、坎. 海洋科学, 3: 53—56
- 郑铁民, 徐善民, 徐志明, 1989. 冲绳海槽表层沉积物沉积特征的初步研究. 海洋与湖沼, 20(1): 113—121
- 苟淑名, 1982. 冲绳海槽表层沉积物孢粉组合特征. 海洋科学, 6: 14—18

- 金翔龙主编, 1992. 东海海洋地质. 北京: 海洋出版社, 204—215, 215—219, 123—127
- 赵一阳, 何丽娟, 张秀莲等, 1984. 冲绳海槽沉积物地球化学的基本特征. 海洋与湖沼, 15(4): 371—379
- 郭志刚, 杨作升, 胡敦欣等, 1997. 春季东海北部海域悬浮体的分布结构与沉积效应. 海洋与湖沼, 28(增刊): 66—72
- 郭炳火, 李兴宰, 李载学, 1998. 夏季对马暖流区黑潮水与陆架水的相互作用. 海洋学报, 20(5): 1—12
- 海洋图集编委会, 1990. 渤海黄海东海海洋图集-地质地球物理. 北京: 海洋出版社, 1—2
- 高振中等, 1996. 深水牵引流沉积——内潮汐、内波和等深流沉积研究. 北京: 科学出版社, 41—46
- 秦蕴珊, 赵一阳, 陈丽蓉等, 1987. 东海地质. 北京: 科学出版社, 218—225, 111—112
- 谢钦春, 叶银灿, 陆炳火, 1984. 东海陆架坡折地形和沉积作用过程. 海洋学报, 6(1): 61—71
- 雷坤, 杨作升, 郭志刚等, 2001. 东海不同底质类型海域春季悬浮体通量及影响因素. 海洋与湖沼, 32(1): 50—57
- Carey S, Sigurdsson H, 1984. A model of volcanogenic sedimentation in marginal basins. In: Kokelaar B P, Howells M F ed. Marginal Basin Geology. Oxford: Geological Society special publication, 16: 37—58
- Chung Y, Chang W C, 1995. Pb-210 fluxes and sedimentation rates on the lower continental slope between Taiwan and South Okinawa Trough. Continental Shelf Research, 15(2/3): 149—164
- Clift P D, 1995. Volcaniclastic sedimentation and Volcanism during the rifting of Western Pacific backarc basins. In: Taylor B, Natland J ed. Active Margins and Marginal Basins of the Western Pacific. Washington: American Geophysical Union, 67—96
- Hu D, 1994. Possible mechanism for material flux in the Yellow Sea and East China Sea from hydrographic view point (abstract). In: Japan National Committee for the IGBP ed. Global Fluxes of Carbon and Its Related Substances in the Coastal Sea-Ocean-Atmosphere System. Proceeding of the 1994 Sapporo IGBP Symposium, 38
- Huh G-A, Su G-C, 1999. Sedimentation dynamics in the East China Sea elucidated from ^{210}Pb , ^{137}Cs and $^{237}, ^{240}\text{Pu}$. Marine Geology, 160: 183—196
- Huh S, Yi H-I, Beme S *et al.*, 1999. High-resolution sequence stratigraphy in the East China Sea. In: IOCAC ed. Fourth International Conference on Asian Marine Geology (Abstract), 47
- Ikehara K, 1994. Depositional pattern of the Okinawa Trough as revealed by 3.5kHz sub-bottom profiler and cored data. In: Japan National Committee for the IGBP ed. Global Fluxes of Carbon and Its Related Substances in the Coastal Sea-Ocean-Atmosphere System. Proceeding of the 1994 Sapporo IGBP Symposium, 26—31
- Iseki K, Okamura K, Kiyomoto Y, 1999. Particulate transport processes from the shelf to the Okinawa Trough in the East China Sea. In: NSFC ed. Proceedings of the China-Japan Workshop on Ocean Flux in the East China Sea (Abstracts), 10
- Iseki K, Okamura K, Tsuchiya Y, 1994. Seasonal variability in particle distributions and fluxes in the East China Sea. In: Japan National Committee for the IGBP ed. Global Fluxes of Carbon and Its Related Substances in the Coastal Sea-Ocean-Atmosphere System. Proceeding of the 1994 Sapporo IGBP Symposium, 189—197
- Japan Oceanographic Data Center and National Oceanographic Data Center of the People's Republic of China, 1990. Japan-China Joint Research program on the Kuroshio. Oceanographic Atlas, 3: 24, 52, 83, 110
- Lei K, Yang Z-S, Guo Z-G, 1999. Vertical distribution of suspended sediment in the mud area and influential factors. In: NSFC ed. Proceedings of the China-Japan Workshop on Ocean Flux in the East China Sea (Abstracts), 15—16
- Li F-Y, Shi Y-L, 1996. Study of Okinawa Trough sedimentation rates and paleoenvironment based on uranium series isotope. Chin J Oceanol Limnol, 14(4): 373—377
- Liu Z X, 1997. Yangtze Shoal—a model tidal sand sheet in the northwestern part of the East China Sea. Marine Geology, 137: 321—330
- Liu Z X, Berne S, the L'ATALANTE scientific shipboard party, 1999. Quaternary seismic stratigraphy and paleoenvironments on the continental shelf of the East China Sea. In: Liu Z X, Berne S ed. Paleoenvironments and Sedimentation of the East China Sea. Beijing: SOA China, 1—17
- Marsaglia K M, Devaney K A, 1995. Tectonic and magmatic controls on backarc basin Sedimentation: the Mariana region reexamined. In: Taylor B ed. Backarc Basins. New York and London: Plenum Press, 497—520

- Marsaglia K M, Boggs S Jr, Clift P *et al.*, 1995. Sedimentation in Western Pacific backarc basins: new insights from recent ODP drilling. In: Taylor B, Natland J ed. *Active Margins and Marginal Basins of the Western Pacific*. Washington: American Geophysical Union, 291—314
- Narita H, Horada K, Tsunogai S, 1990. Lateral transport of sediment particles in the Okinawa Trough determined by natural radionuclides. *Geochemical Journal*, 24: 207—216
- Sato Y, 1999. Sedimentary environment and budget in the East China Sea. In: NSFC ed. *Proceedings of the China-Japan Workshop on Ocean Flux in the East China Sea (Abstracts)*, 24
- Underwood M B, Balance P F, Clift P D, 1995. Sedimentation in forearc basins, trenches, and collision zones of the Western Pacific: a summary of results from Ocean Drilling Program. In: Taylor B, Natland J ed. *Active Margins and Marginal Basins of the Western Pacific*. Washington: American Geophysical Union, 315—353
- Yamada M, Aono T, Narita H, 1994. ^{210}Pb in settling particles on the East China Sea continental margin: the 1993—1994 MASFLEX. In: Japan National Committee for the IGBP ed. *Global Fluxes of Carbon and Its Related Substances in the Coastal Sea-Ocean-Atmosphere System*, Proceeding of the 1994 Sapporo IGBP Symposium, 226—231

TERRIGENOUS TRANSPORTATION THROUGH CANYON AND SEDIMENTATION OF SUBMARINE FAN IN THE OKINAWA TROUGH

LI Wei-Ran, YANG Zu-Sheng, WANG Qi, CAO Li-Hua,

WANG Yong-Ji, WANG Xian-Lan

(*College of Marine Geosciences, Ocean University of Qingdao, Qingdao 266003*)

*(*The First Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, Qingdao 266003*)

**(*The Second Institute of Oceanography, SOA, Hangzhou 310012*)

Abstract Factual materials from R/V Xiangyonghong 16 geological survey in 1992 and R/V Xiangyonghong 9 geophysical survey in 1995 were used, together with the referred achievements in research of relevant areas since 1980, for a study on sediment distributions, terrigenous accumulation form, sedimentation rates, fluxes and sedimentary environment in the Okinawa Trough. The result shows that terrigenous debris into the Okinawa Trough has been accumulated mainly outside the submarine canyon mouths to form submarine fans, which are characterized by high terrigenous constituent, high fluxes, interdigitally superimposed sediment wedges and flat-topped relief associated with submarine canyons, bringing to light the passage function of submarine canyon transporting terrigenous debris into the trough. It is suggested that a joint function of tidal movement on the continental shelf and internal wave, internal tide in the canyons is a key mechanism of terrigenous transport into the trough, the Kuroshio seasonal swinging and its vortex current branches are taking an active part in applying sediments to the upper canyons.

Key words Okinawa Trough, Terrigenous sedimentation, Canyon passage, Submarine fan