

越南红河水下三角洲表层沉积物中 有机物分布及来源分析*

李中乔¹ 吴莹¹ 李珍¹ 宋兵¹ DANG Xuan Phong²

(1. 华东师范大学河口海岸国家重点实验室 上海 200062; 2. 越南科学技术院地理研究所 越南河内)

提要 采用总有机碳(OC%)、总氮(TN%)、有机碳同位素组成($\delta^{13}\text{C}$)以及木质素方法,对越南红河水下三角洲表层沉积物进行研究,结合粒度数据,分析其有机物分布以及来源。结果表明,红河口表层沉积物的(C/N)_{mol}在2.7—18.7之间;有机碳(OC%)和总氮(TN%)在近岸粒径大的站位含量低,粒径小的站位含量高; $\delta^{13}\text{C}$ (‰)在-22.8—-25.9之间; L (mg/100mgOC)在0.2—4.9之间。使用简单二端元模型计算后发现陆源有机物在表层沉积物中占的比例在3.7%—89.5%,并且与粒径大小有关,粒径大陆源有机物比例低,粒径小陆源有机物比例高,说明水动力分选是控制陆源有机物分布的主要因素。C/V和S/V分别为 0.29 ± 0.13 和 0.87 ± 0.18 ,表明该区域的陆源有机物来源于被子植物的草本和木本部分混合。V系列的酸醛比(Ad/Al)_v在0.38—2.43之间,平均值为0.70,说明该区域陆源有机物经历了中等程度的降解。

关键词 越南红河;表层沉积物;有机物;木质素

中图分类号 P734

全球河流每年向海洋输送约 $0.4 \times 10^{15}\text{g}$ 的总有机碳(Schlesinger *et al.*, 1981),其中溶解有机碳(DOC)为 $0.25 \times 10^{15}\text{g}$,颗粒有机碳(POC)为 $0.15 \times 10^{15}\text{g}$ (Hedges *et al.*, 1997)。全球海洋的有机碳埋藏通量为每年 $(0.1—0.2) \times 10^{15}\text{g}$ (Bernier, 1989; Hedges *et al.*, 1995),其中河口和大陆架区有机碳的埋藏通量占据整个海洋有机碳埋藏的80%(Bernier, 1989)。但是同位素与生物标志物结果却显示这部分被埋藏的有机碳中来自陆源部分并不多(Hedges, 1992; Hedges *et al.*, 1997),因此研究陆源有机碳在河口和大陆架区的埋藏与转化对揭示全球碳循环有重要意义(Hedges, 1992)。

红河发源于我国云南,从西北—东南向流入北部湾,是一条典型的热带河流。红河全长1170km,跨越越南亚热带与热带,越南境内475km,流域面积 $1.19 \times 10^5\text{km}^2$ 。流域地处 $20^\circ\text{N}—25.5^\circ\text{N}$ 之间,属南亚

热带季风区。1月平均气温 16.6°C 、7月均温 28.9°C (李杰, 2009¹⁾)。越南北部为独特的热带性季风气候,每年6—10月为雨季,11月—次年5月为旱季,红河流量与之密切相关。在雨季,红河每年向南海输送大约 $8.2 \times 10^7\text{m}^3$ 的沉积物,大部分通过巴拉特河口(Ba Lat)及其北边的支流输送入海(Nhuan *et al.*, 1996)。其中太平河口(Van Uc和Thai Binh)、川漓河口(Tra Ly)和巴拉特河口输送的沉积物分别占总量的11.7%、11.8%和37.8%;另外的23.7%通过巴拉特河口南面的Day河口输送入海(Duc *et al.*, 2007)。

本文采用木质素作为主要手段,结合OC%、TN%、粒径以及 $\delta^{13}\text{C}$ 等参数,分析红河水下三角洲有机物的来源与分布。

木质素是维管植物的特殊组分,含量仅次于纤维素,相对与其它陆源物质具有明显的抗降解性质,

* 国家自然科学基金项目,41076052号;国家自然科学基金重点基金项目,40830850号;国家自然科学基金项目,41076034号。
李中乔,博士研究生, E-mail: mandoline1984@126.com

1) 李杰, 2009. 越南红河流域表层沉积物花粉组合月植被、沉积环境关系探讨. 上海: 华东师范大学硕士学位论文, 4—6
通讯作者: 吴莹, 教授, E-mail: wuying@sklec.ecnu.edu.cn

收稿日期: 2012-05-15, 收修改稿日期: 2012-07-31

可以定量地作为陆源物质的指示物(Hedges, 1992)。木质素分子量较高,难以直接测定;因而使用碱性CuO法分解木质素,然后用GC-FID检测(Goñi, 1992¹⁾;于灏,2007²⁾;杨立阳,2009)。原理是高温碱性环境中CuO将木质素氧化成酚单体,其中包括V系列单体(香草基酚类)、S系列单体(紫丁香基类)和C系列单体(肉桂酸类)。Σ8(mg/10gDW)为VSC三种系列单体在单位质量干燥沉积物中的含量,Λ8(mg/100mgOC)表示VSC三种系列的单体在单位质量有机碳中的含量;S系列与V系列的比值S/V可以区分来源为裸子还是被子植物,C系列与V系列的比值C/V可以区分来源为草本或木本组织;V系列的酸醛比(Ad/Al)_v可以指示降解的程度。

1 采样与方法

研究样品来自中国、日本、越南于2007年5月中旬对红河水下三角洲地区进行的联合调查,使用

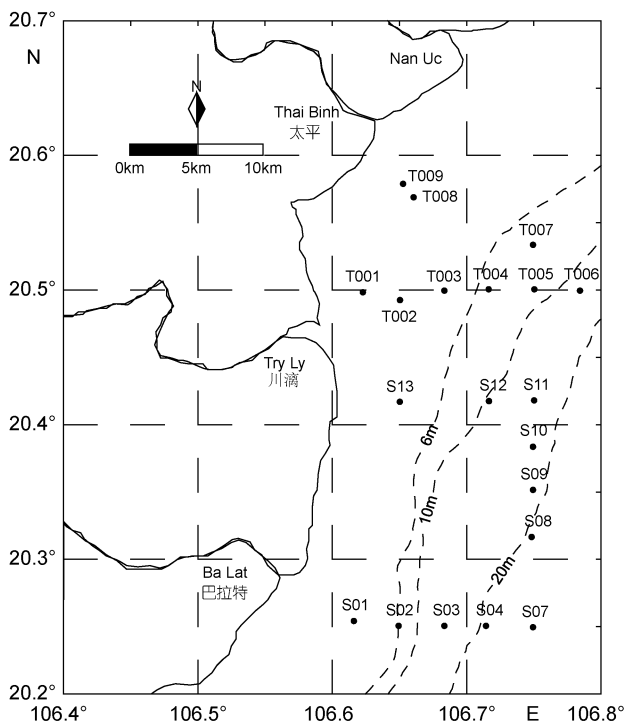


图1 红河水下三角洲表层沉积物采样站位图

Fig.1 Sample stations of surface sediments from Red River subaqueous delta, Vietnam

抓斗取样器采集表层沉积物样品(李杰等,2009;宋兵等,2009),站位如图1所示。样品经50℃低温烘干后,取1.0g左右用于粒度测试;剩余部分研磨,过80目筛,进行OC%、TN%、 $\delta^{13}\text{C}(\text{‰})$ 以及木质素测定。

粒度使用LS100Q粒度仪进行测定(王伟等,2009;宋兵等,2009);TN%直接包样测定,包样量为70—100mg,使用Vario EL元素分析仪,测定精度RSD<5%;OC%和 $\delta^{13}\text{C}(\text{‰})$ 样品经1mol/L HCl酸化后干燥,包两份10—20mg,一份使用Vario EL进行OC%测定,测定精度RSD<5%;另外一份使用Finnigan生产的Delta Plus XP稳定同位素质谱仪测定 $\delta^{13}\text{C}(\text{‰})$,采用PDB标准,方法偏差小于0.2‰(吴自军等,2009);木质素测定采用碱性CuO气相色谱法,方法见文献(于灏,2007²⁾;杨立阳,2008³⁾,测定精度RSD<10%,结果见表1所示。

2 结果

2.1 粒径

除去离岸最近的四个站位(S01, T001, T008和T009),红河水下三角洲表层沉积物的主要成分是粉砂,平均含量达到52.8%;其次为粘土,占总体的33.4%,平均粒径为10.7 μm ;近岸的四个站位S01、T001、T008和T009中,砂为主要成分含量达到67.4%,平均粒径为100 μm 。S01—S07断面,S01—S02间平均粒径由175.6 μm 陡然减小到10 μm ,砂组分的百分比由87.7%减少到0.1;S02—S07之间,粒径变化稳定分布在8.2—12.2 μm 之间,砂组分百分含量为0—0.3。另外一条T001—T006断面的粒径分布与S01—S07断面非常类似。说明离岸最近的站位(S01, T001, T008和T009)中沉积物经历过水动力分选作用,细颗粒沉积物在水动力的作用下重新启动,扩散到离岸远的其它站位,这种水动力分选作用是控制有机物质分布的重要因素。

2.2 OC%、TN%和 $\delta^{13}\text{C}(\text{‰})$

红河水下三角洲沉积物的OC%含量在0.03—1.35之间,平均值为0.55;TN%在0.01—0.13之间,平均值为0.08。OC%和TN%之间存在着显著的正相关(图2),表明沉积物中OC和TN的来源可能是一致

1) Goñi M A, 1992. The use of CuO reaction products for the characterization of organic matter in the marine sediments. University of Washington, 18—20

2) 于灏,2007. 颗粒态陆源有机物在长江和东海陆架区的迁移和埋藏. 上海:华东师范大学硕士学位论文,21—22

3) 杨立阳,2008. 沉积物中木质素在物源示踪和环境演变研究中的应用初探. 上海:华东师范大学硕士学位论文,21—23

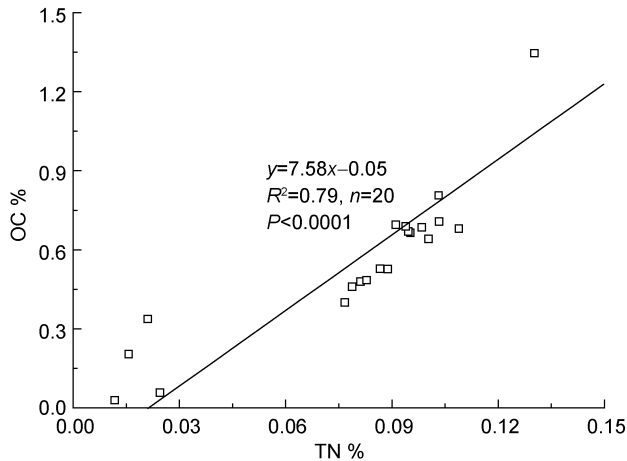


图2 红河水下三角洲表层沉积物的 TN%和 OC%
Fig.2 TN% and OC% of the surface sediments from the Red River subaqueous delta

的。将 OC% 外推至 0 时, TN% 含量大于 0, 说明该区域表层沉积物中的 TN 中包含一部分的无机氮(Goñi *et al.*, 1998)。沉积物的粒径是控制 OC% 和 TN% 以及其它有机物含量的重要因素(Keil *et al.*, 1998), OC 和 TN 与平均粒径(Grain Size)之间显著负线性相关, 相关系数 R 分别为 -0.65 ($P<0.001$) 和 -0.84 ($P<0.001$); OC 和 TN 含量与沉积物中的粘土、粉砂比例呈正相关 ($P<0.001$); 与砂比例呈负相关 ($P<0.001$)。

$(C/N)_{mol}$ 表示样品中碳和氮的摩尔比, 陆源植物相对于海洋浮游植物存在着富碳和贫氮现象, 陆源植物的 $(C/N)_{mol}$ 一般在 20—400 之间, 海洋浮游动植物的 $(C/N)_{mol}$ 在 6—7, 因此可以通过沉积物的 $(C/N)_{mol}$ 值来判断陆源与海源的相对大小(Hedges *et al.*, 1997)。红河水下三角洲表层沉积物的 $(C/N)_{mol}$ 值在 2.9—18.2 之间, 平均值为 8.3; 将样品中的无机氮校正后, $(C/Norg)_{mol}$ 在 3.6—26.1 之间, 平均值为 9.8。表明沉积物中的有机物来源于陆源与海洋源的混合。

陆地植物和海洋浮游植物之间由于在进行光合作用时固定碳的原理不一样, 它们之间的 $\delta^{13}C$ (‰) 不同(Goñi *et al.*, 1998)。陆地 C3 植物通过 Calvin-Benson 途径进行光合作用, 其 $\delta^{13}C$ 在 $-28‰$ — $-25‰$ 之间; 陆地 C4 植物的 $\delta^{13}C$ 在 $-14‰$ — $-10‰$ 之间, 海洋浮游植物的 $\delta^{13}C$ 在 $-22‰$ — $-19‰$ 之间(Goñi *et al.*, 1998; Fry *et al.*, 1984)。红河水下三角洲沉积物的 $\delta^{13}C$ 为 $-23.7‰\pm 1.0‰$ 。红河流域的主要以 C3 植被为主, C4 植被覆盖比较少(李杰等, 2009; Still *et al.*, 2003), C4 植物对该区域的有机物输送相对于 C3 植物少得多, 因此由 $\delta^{13}C$ 所指示的该区域沉积物中的有机物来源

于陆源 C3 植物和海洋浮游植物。

2.3 木质素含量

$\Sigma 8$ (mg/10gDW) 表示每 10g 干燥沉积物中木质素酚单体的含量, $\Lambda 8$ (mg/100mgOC) 表示每 100mg 有机碳中木质素酚单体的含量(Goñi *et al.*, 1997, 1998)。红河水下三角洲表层沉积物的 $\Sigma 8$ (mg/10gDW) 和 $\Lambda 8$ (mg/100mgOC) 分别为 1.94 ± 1.44 和 2.97 ± 1.28 。木质素含量 $\Sigma 8$ 和 $\Lambda 8$ 都与平均粒径有显著的负相关, 平均粒径越大, $\Sigma 8$ 和 $\Lambda 8$ 越小; 反之, 平均粒径越小, $\Sigma 8$ 和 $\Lambda 8$ 越大。

如图 3 所示, 在 S01、T001、T008 和 T009 站位的沉积物具有最小 $\Lambda 8$ 值, 其余站位的 $\Lambda 8$ 都稳定在 2.9—4.9 之间。在 S01、T001、T008 和 T009 站位, 平均粒径为 $100\mu m$, 砂的百分含量为 67.4。说明粒径是控制沉积物中 $\Lambda 8$ 的一个因素, 粒径太大, 不利于陆源有机物的吸附, 造成 $\Lambda 8$ 值低下, 这也与前人的研究结果相吻合(Bergamaschi *et al.*, 1997)。

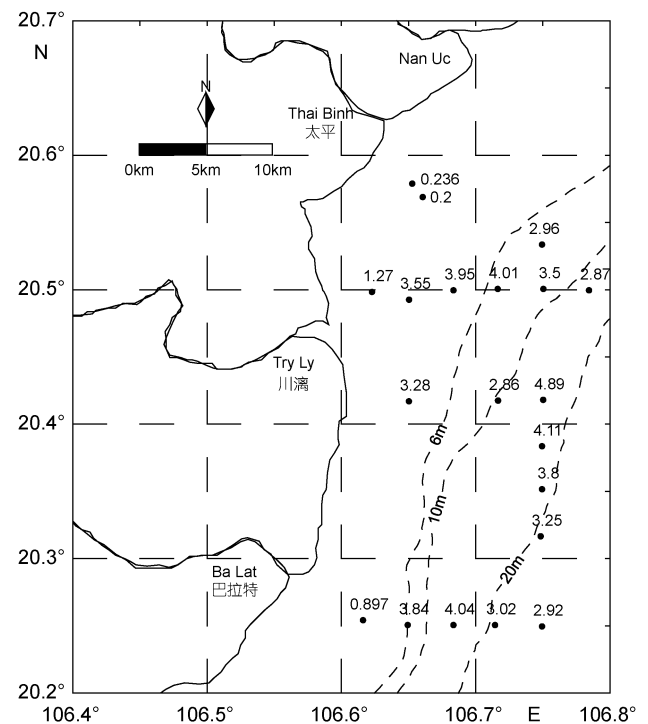


图3 红河水下三角洲表层沉积物 $\Lambda 8$ (mg/100mgOC) 分布图

Fig.3 The distribution of $\Lambda 8$ (mg/100mgOC) of the surface sediments from the Red River subaqueous delta

在红河河口, 由巴拉特河口主要向东南方输送颗粒物, 川漓河口向东北部, 太平河口向东部输送颗粒物(Duc *et al.*, 2007)。由图 3 可以看出, 从岸向海的方向上, 木质素含量存在先增大后减小的趋势。近岸

的四个站位木质素含量极小, 在 10m 等深线至 20m 等深线之间含量出现极大值, 然后向外减小。木质素含量与粒度的变化一致(宋兵等, 2009), 说明粒度在控制木质素含量分布上有重要作用。

2.4 木质素特征参数

因为木质素只来自于维管植物, 而维管植物主要存在于陆地上, 所以木质素参数可以用来指示陆源植被的类型(Keil *et al.*, 1998), 红河流域的植被在以前的研究中已经被报道过(李杰等, 2009), 可以与本研究相互验证。

S/V 可以指示木质素是来源于裸子植物还是被子植物, 裸子植物的 S/V 值约为 0, 被子植物的 S/V 值在 0.6—4.0 之间; C/V 可以指示木质素是来自木本还是草本组织, 木本组织的 C/V 值小于 0.05, 草本组织的 C/V 大于 0.2 (Goñi *et al.*, 1997, 1998)。红河水下三角洲的沉积物的 C/V 值为 0.29 ± 0.13 , S/V 值为 0.87 ± 0.18 , 该地区的陆源有机质主要来自于被子植物的草本组织输送, 但在不同区域, 物质来源有所不同。在 S10、S11、S12、S13 站中, C/V 小于 0.2, 显示这些站位存在木本输送; 在近岸的四个站位中(S01, T001, T008, T009), S/V 值相对于其它站位较小(图 4), 这可能是因为降解的原因: S 系列的降解速率比 V 系列的快一些, 随着降解程度的增加, S/V 会变小(Keil *et al.*, 1998), S/V 和 (Ad/Al)_v 存在负相关也可以佐证这一点($R = -0.8, P < 0.001$)。

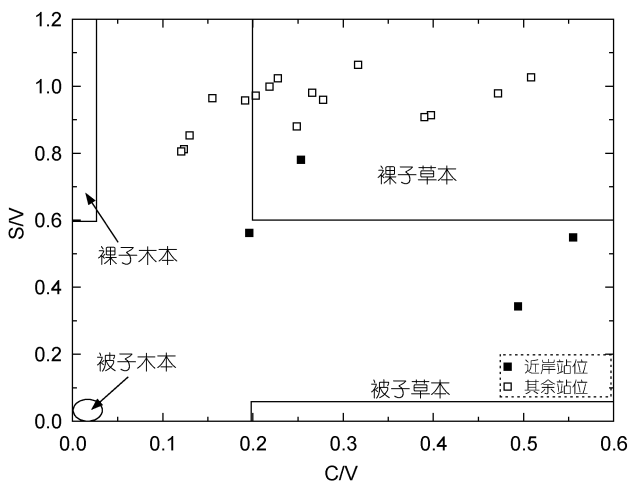


图 4 红河近岸表层沉积物中木质素 C/V 和 S/V 比值
Fig.4 C/V ratio and S/V ratio of the surface sediments from the Red River subaqueous delta

木质素 V 系列的酸酐比(Ad/Al)_v 指示有机物的降解程度, 值在 0.2 附近说明是新鲜的(Hedges *et al.*,

1979)、在 0.3—0.6 之间为中度降解的植物碎屑(Opsahl *et al.*, 1995)、大于 1 则认为木质素是与腐殖质和土壤有机物结合在一起。红河水下三角洲沉积物的 (Ad/Al)_v 在数值上可以划分成两个部分: 近岸的四个站位(S01, T001, T008, T009), (Ad/Al)_v 的值为 1.39 ± 0.62 ; 其它的站位, (Ad/Al)_v 的值为 0.54 ± 0.07 。离岸近的站位中的木质素比离岸远站位的木质素降解程度高, 主要来自于土壤有机物, 离岸远站位中的木质素主要来自植物碎屑。由前文粒径的讨论中可知, 近岸的站位中的沉积物都经历了水动力分选, 原先沉积在近岸的粒径小, 密度低的颗粒在水动力的作用向远岸站位输送, 这些物质有机碳含量高, 木质素含量高; 留下的物质都是颗粒粗(虞兰兰等, 2011), 粒径大, 有机碳含量低, 木质素含量低, 而且经历了高程度的降解作用, 主要来自于土壤有机质。

3 有机物来源分析

3.1 陆源有机物来源

由 $(C/N)_{mol}$ 、 $\delta^{13}C$ 等参数可以知道该区域的有机物来自与陆源上 C3 植被输送的和海源的混合, 除去近岸的四个站位(S01, T001, T008, T009), 其余站位的 $\delta^{13}C$ 和 $\delta^{18}O$ 都存在显著的线性相关。由此, 可以使用简单的二端元模型来计算红河水下三角洲沉积物中有机物的陆源与海源的相对比例。要区分陆源与海源的相对含量, 需要找到陆源与海源的端元值, 可以利用木质素作为计算端元。拟合 $\delta^{13}C$ 和 $\delta^{18}O$ 后(图 5):

$$\Delta 8 = -1.17\delta^{13}C - 23.67 \quad (1)$$

将 $\Delta 8$ 外推至 0, 得到 $\delta^{13}C$ 为 -20.23‰ , 位于前人研究的海洋有机物的碳同位素范围内(Ertel *et al.*, 1994, 1986), 说明该拟合是合理的。将红河流域沉积物的平均 $\delta^{13}C$ 值 -24.9‰ 代入公式(1), 得到 $\Delta 8_{Terr} = 5.46$ 。

因为海洋源中没有木质素的存在, 所以各站位中所含陆源有机质的比例为:

$$Terr\% = \Delta 8_{Sample} / \Delta 8_{Terr} \quad (2)$$

式中, Terr% 代表各站位中陆源有机质的比例。

图 6 为根据公式(2)计算得到的各站位的陆源比例(圆形越大说明陆源有机质越高)。由图 6 可以看出, 在自西向东的两条断面(S01—S07 和 T001—T006)上, 陆源有机质的比例有先增大后减少的趋势, 在平行于沿岸的断面(S07—T007), 陆源物质比例变化不明显。

3.2 与其它河口的比较

与长江口、墨西哥湾和路易斯安那陆架相比, 红河口水下三角洲表层沉积物的木质素含量($\Delta 8$)较高。

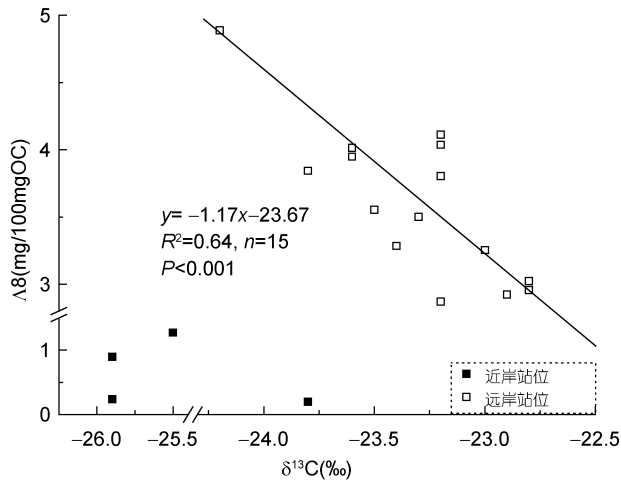


图5 红河口表层沉积物的 $\delta^{13}\text{C}$ (‰)与 $\Delta 8$ (mg/100mgOC)

Fig.5 $\delta^{13}\text{C}$ (‰) and $\Delta 8$ (mg/100mgOC) of the surface sediments from the Red River subaqueous delta

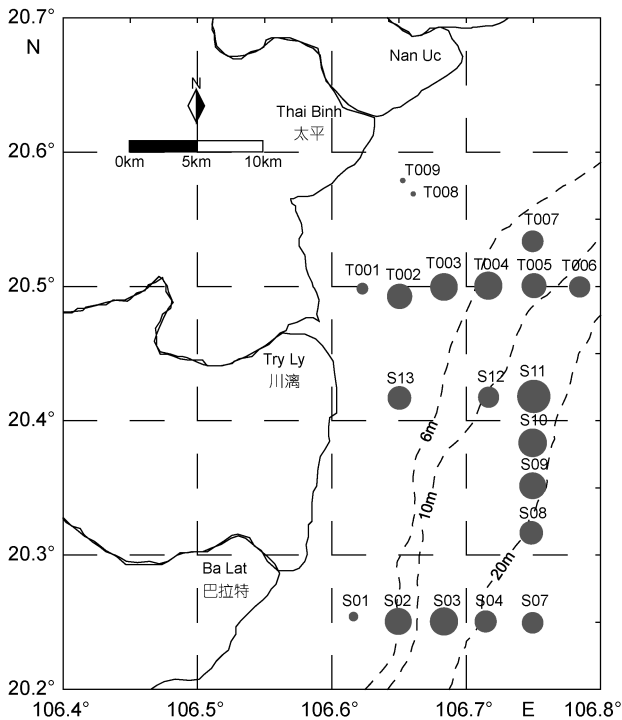


图6 红河口表层沉积物中陆源有机物的相对含量

Fig.6 The percentages of terrestrial organic matter in the surface sediments from the Red River subaqueous delta

而在木质素含量与距离河口远近负相关上,在红河口水下三角洲中并没有明显体现,原因是因为最深的样品也只是采自 25m 水深,并没有其它研究区域广泛。

但是在有机物降解程度的比较中发现,红河口的陆源有机物比长江口的新鲜,红河口的(Ad/Al)_v 平均为 0.7,而长江口沉积物的(Ad/Al)_v 平均为 0.9(杨丽

阳等, 2008),说明红河口和长江口的陆源有机物来源并不一致,红河口水下三角洲中木质素来源既有高度降解的土壤有机质,也有新鲜的植物碎屑;而长江口主要来自于高度降解的土壤有机质(杨丽阳等, 2008)。

4 结论

红河所携带的陆源有机物从红河北部四个主要河口输入北部湾,其中太平、川漓、和巴拉特河口输出的陆源物质可以输送到较远的区域。由于水动力分选的作用,富含新鲜木质素的细颗粒物被带到离岸远一些的站位后沉积下来,使得离岸近的站位木质素含量低,离岸远的站位木质素含量高。

参 考 文 献

- 王 伟, 李安春, 徐方建等, 2009. 北黄海表层沉积物粒度分布特征及其沉积环境分析. 海洋与湖沼, 40(5): 525—531
- 李 杰, 李 珍, Dang Xuan Phong 等, 2009. 越南红河流域不同沉积环境的植被分布. 广西植物, 29(6): 744—750
- 杨丽阳, 吴 莹, 张 经等, 2008. 长江口邻近陆架区表层沉积物的木质素分布和有机物来源分析. 海洋学报, 30(5): 35—42
- 吴自军, 周怀阳, 彭晓彤, 2009. 珠江口及其邻近海域沉积物甲烷-硫酸根界面分布深度及影响因素. 海洋与湖沼, 40(3): 249—260
- 宋 兵, 李 珍, 李 杰等, 2009. 越南红河水下三角洲北区表层沉积物类型及分布特征初探. 海洋通报, 28(6): 78—83
- 虞兰兰, 江文胜, 2011. 黄、东海悬浮细颗粒物浓度和粒径分布变化研究. 海洋与湖沼, 42(4): 474—481
- Bergamaschi B A, Tsmakis E, Keil R G *et al*, 1997. The effect of grain size and surface area on organic matter, lignin and carbohydrate concentration, and molecular compositions in Peru Margin sediments. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 61(6): 1247—1260
- Berner R A, 1989. Biogeochemical cycles of carbon and sulfur and their effect on atmospheric oxygen over Phanerozoic time. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, (73): 97—122
- Duc D M, Nhuan M T, Ngoi C V *et al*, 2007. Sediment distribution and transport at the nearshore zone of the Red River delta, Northern Vietnam. *Journal of Asian Earth Sciences*, 29: 558—565
- Ertel J R, Hedges J I, 1994. The lignin component of humic substances: Distribution among soil and sedimentary humic, fulvic and base-insoluble fractions. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 48: 2065—2074
- Ertel J R, Hedges J I, Devol A H *et al*, 1986. Dissolved humic

- substances of the Amazon River system. *Limnology and Oceanography*, 31: 739—754
- Fry B, Sherr E B, 1984. $\delta^{13}\text{C}$ measurements as indicators of carbon flow in marine and freshwater ecosystems. *Contributions to Marine Science*, 27: 13—47
- Goñi M A, Ruttenberg K C, Eglinton T I, 1997. Sources and contribution of terrigenous organic carbon to surface sediments in the Gulf of Mexico. *Nature*, 389: 275—278
- Goñi M A, Ruttenberg K C, Eglinton T I, 1998. A reassessment of the sources and importance of land-derived organic matter in surface sediments from the Gulf of Mexico. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 62(18): 3055—3075
- Hedges J I, 1992. Global biogeochemical cycles: progress and problems. *Marine Chemistry*, 39(1/3): 67—93
- Hedges J I, Keil R G, 1995. Sedimentary organic matter preservation: an assessment and speculative synthesis. *Marine Chemistry*, 49: 81—115
- Hedges J I, Keil R G, Benner R, 1997. What happens to terrestrial organic matter in the ocean? *Organic Geochemistry*, 27(5/6): 195—212
- Hedges J I, Mann D C, 1979. The lignin geochemistry of marine sediments from the southern Washington coast. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 43: 1809—1818
- Keil R G, Tsamakis E, Giddings J C *et al.*, 1998. Biochemical distributions (amino acids, neutral sugars, and lignin phenols) among size-classes of modern marine sediments from the Washington coast. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 62(8): 1347—1364
- Nhuan M T, Hai T Q, Ngoi C V *et al.*, 1996. Establishing environmental geological map of shallow sea (0—30m deep) in Ngason-Haiphong Area, scale 1:500000 (in Vietnamese)
- Opsahl S, Benner R, 1995. Early diagenesis of vascular plant tissues: Lignin and cutin decomposition and biogeochemical implications. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 59: 4889—4904
- Schlesinger W H, Melack J M, 1981. Transport of organic carbon in the world's rivers. *Tellus*, 33: 172—187
- Still C J, Berry J A, Collatz G J *et al.*, 2003. Global distribution of C3 and C4 vegetation: Carbon cycle implications. *Global Biogeochemical Cycles*, 17(1): doi:10.1029/2001GB001807

DISTRIBUTION AND SOURCE OF ORGANIC MATTER IN THE SURFACE SEDIMENTS FROM THE RED RIVER SUBAQUATIC DELTA, VIETNAM

LI Zhong-Qiao¹, WU Ying¹, LI Zhen¹, SONG Bing¹, DANG Xuan Phong²

(1. State Key Laboratory of Coastal and Estuary Research, East China Normal University, Shanghai, 200062;

2. Institute of Geography, Vietnamese Academy of Science and Technology, Hanoi, Vietnam)

Abstract The Red River in Vietnam is a typical tropical river, and its continental shelf receives a lot of terrestrial input. Several surface sediments from the Red River subaqueous delta were collected and analyzed for elemental, stable carbon isotopes and lignin phenols. C/N ratios varied from 2.7 to 18.7, corresponding with bulk $\delta^{13}\text{C}$ (‰) values of -22.8‰ — -25.9‰ . $\Lambda 8$ ($\Lambda 8$ = sum of vanillyl, syringyl and cinnamyl phenols produced by CuO oxidation of 100mg organic carbon) values lied between 0.2 and 4.9mg/100mgOC, which were much higher than those of other reported areas. Besides, $\Lambda 8$ values showed obvious linear relationship with $\delta^{13}\text{C}$, which implied that a simple two end-member model could be applied to calculate the contribution of terrestrial organic matter input. The results showed the percentage of terrestrial organic matter in the surface sediments varied from 3.7% to 89.5%, which was strongly related to the grain size. C/V (0.29 ± 0.13) and S/V (0.87 ± 0.18) ratios indicated that this terrestrial organic matter originated from the mixture of woody and non-woody angiosperm plants. (Ad/Al)_v values (average value 0.70) suggested that this terrestrial organic matter in the subaqueous delta was moderately degraded.

Key words The Red River in Vietnam; Sediments; Organic matter; Lignin