

东海内陆架泥质区北部沉积物有机碳分布及60年来埋藏量

李金铎, 蒋叶娟, 段悦, 施兴安, 戴益鸿, 王哲

自然资源部宁波海洋中心, 浙江 宁波

收稿日期: 2025年9月23日; 录用日期: 2025年11月27日; 发布日期: 2025年12月9日

摘要

根据东海内陆架北部海域表层和柱状样沉积物实测资料, 对研究区有机碳的含量、分布、来源和影响因素进行分析研究, 结果表明研究区TOC和C/N平均值分别为0.53%和7.14, 平面分布显示了有机质易与细颗粒沉积相伴共生的特征, 有机碳分布的粒度控制特点在柱状样剖面分布中表现得更加明显。水动力驱动的粒度分异对有机碳在研究区沉积物中的迁移和积累具有重要的控制作用, 其分布和埋藏还受到沉积环境的影响。研究区有机碳为陆源和海源混合源, 简单二端元模式判定陆源有机碳的贡献比为17.3%~70.6%, 受到局部区域沉积环境的影响较大。结合 ^{137}Cs 和 ^{210}Pb 测年方法得到精确的沉积速率, 计算结果显示研究区有机碳埋藏速率在30~70 t/km²/yr之间, 年埋藏通量约为 1.34×10^6 t/yr, 处于相当高的水平。研究区海底沉积物中60年来有机碳的埋藏总量约为 82.2×10^6 t, 成果可为大区域碳封存和碳循环的研究提供局部典型区域的资料和依据。

关键词

有机碳, 分布, 埋藏量, 东海内陆架

Distribution and Burial in the Last 60 Years of Organic Carbon in the Sediment of Northern Area of the Muddy Sediment Zone on the Inner-Shelf of the East China Sea

Jinduo Li, Yejuan Jiang, Yue Duan, Xing'an Shi, Yihong Dai, Zhe Wang

Ningbo Marine Center, Ministry of Natural Resources, Ningbo Zhejiang

Received: September 23, 2025; accepted: November 27, 2025; published: December 9, 2025

文章引用: 李金铎, 蒋叶娟, 段悦, 施兴安, 戴益鸿, 王哲. 东海内陆架泥质区北部沉积物有机碳分布及 60 年来埋藏量[J]. 海洋科学前沿, 2025, 12(4): 222-230. DOI: 10.12677/ams.2025.124023

Abstract

Based on the sampling and laboratory testing data of surface and core sample sediments in the northern area of the East China Sea inner shelf, the content, distribution, source and influencing factors of organic carbon in the study area were studied, the results showed that the average values of TOC and C/N in the study area were 0.53% and 7.14, respectively, and the distribution characteristics showed that organic matter is easy to be accompanied by fine-grained sedimentation, and the grain-size control feature of organic carbon distribution were more obvious in the distribution of the core sample profiles. The grain size differentiation driven by hydro-dynamics has an important role in controlling the migration and accumulation of organic carbon in the sediments of the study area, and its distribution and burial are also influenced by the depositional environment. The organic carbon in the study area is a mixed source of terrestrial and marine sources, and the simple two-end-model determines that the contribution ratio of terrestrial organic carbon ranges from 17.3% to 70.6%, which is greatly influenced by the local regional depositional environment. Combining the ^{137}Cs and ^{210}Pb dating methods to obtain accurate sedimentation rates, the calculation results show that the burial rate of organic carbon in the study area ranges from 30~70 t/km²/yr, and the annual burial flux is about 1.34×10^6 t/yr, which is at a fairly high level. The total amount of buried organic carbon in the seafloor sediments of the study area over the past 60 years is about 82.2×10^6 t. The results can provide information of a typical local area for the study of carbon sequestration and carbon cycling in a large region

Keywords

Organic Carbon, Distribution, Amount of Buried Carbon, East China Sea Shelf

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

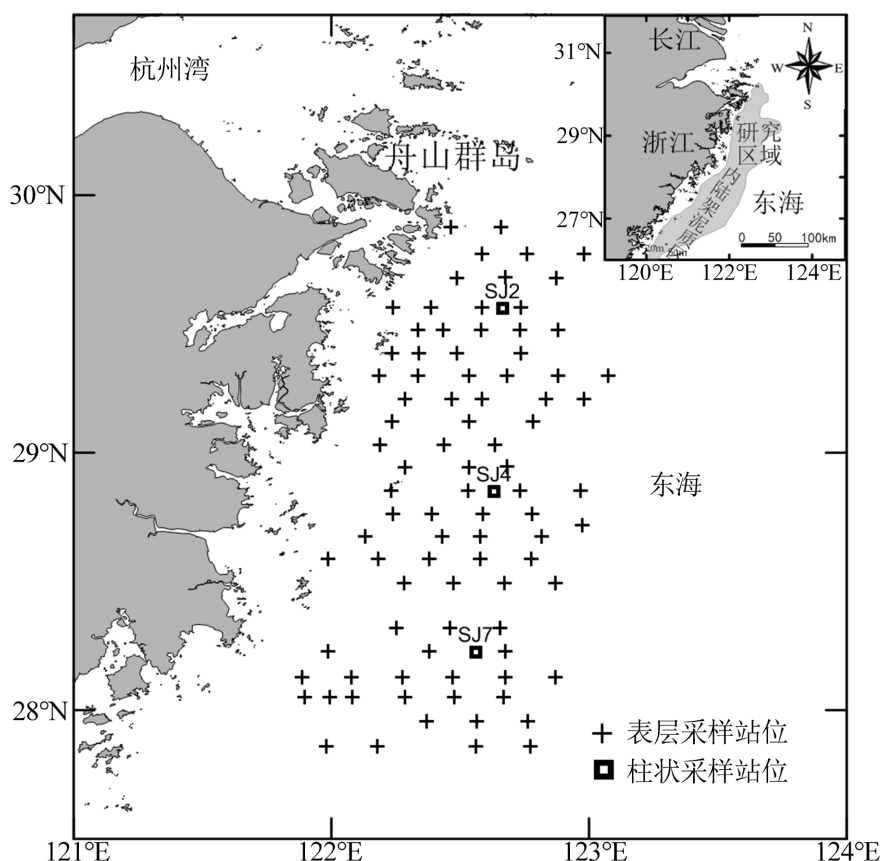
由于大量的陆源输入和较高的生产力水平, 以及有机质易与细颗粒泥沙共存的特性, 大河口和内陆架地区的海底泥质沉积物是有机碳的重要储库, 具有较高的碳汇潜力[1][2]; 但另一方面, 沉降在沉积物中的有机碳在气候变化等长期条件和短期的水文变异以及生物扰动等因素的影响下产生再悬浮和迁移、分解以及矿化成岩作用, 其最终埋藏的数量和质量受到限制[3]-[5]。因此, 研究陆架沉积物中的有机碳分布和埋藏特征对深入了解碳的生物地球化学循环及其对气候变化和人类活动的响应等具有重要的科学和环境指示意义[6]-[8]。

东海内陆架泥质沉积区从长江口水下三角洲往南延展, 分布于近岸至水深约 60 m 之间, 北部较宽, 至 27°N 左右大幅变窄, 沉积物类型分布也发生了变化[9][10] (见图 1), 物源主要为携带陆源有机质的长江入海泥沙, 现代沉积速率北部可达 1.0 cm/a 以上, 往南部和东部外海方向降低[10]-[12]。已有文献对该区表层沉积物中有机碳的研究集中于长江口及其毗邻内陆架区域, 比较一致的结论是有机碳的含量在近岸及陆架坡折带较高[5]-[7], 根据有机碳含量(TOC)和总氮含量(TN)比值(C/N 比)、稳定同位素($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$)特征、生物标志物(如木质素等)等进行的分析表明沉积物中的有机碳是陆源土壤、植物、海洋自生等混合源[7][8], 各种来源的有机碳不同程度地随水动力条件分异沉积[2][13], 并且在沉积后发生分解矿化[4]

[14]。然而这些研究区域较大而取样站位相当较少,专门针对内陆架北部泥质沉积中有机碳的研究尚不多见。

根据区域有机碳含量和沉积物的沉积速率、干密度,可以计算沉积物中有机碳埋藏速率,进而可以估算整个沉积区域埋藏量和收支[2][14][15]。沉积物沉积速率通常由沉积物中 ^{210}Pb 、 ^{137}Cs 等放射性核素的剖面变化得到[11][12],但是,由于海底沉积物在水动力作用下不断产生再悬浮和迁移,短期沉积速率往往小于长期沉积速率,近表层沉积物的混合和生物的扰动也往往影响到放射性核素测定沉积速率的准确性[11][12],从而影响到沉积物有机碳埋藏速率和通量的计算。

本文根据东海内陆架北部海域表层和柱状样沉积物粒度、TOC、TN、 $\delta^{13}\text{C}$ 等实测资料,对研究区表层沉积物中有机碳的含量、分布、来源和影响因素进行分析研究,结合柱状样沉积物干密度、沉积速率测试资料,较为精确地计算了研究区60年来沉积物中有机碳埋藏速率和埋藏量,为大区域碳封存和碳循环的研究提供局部典型区域的资料和依据。



该图基于自然资源部标准地图服务系统下载的审图号 GS (2023) 2764 号标准地图制作,底图无修改。

Figure 1. Investigated area and sampling positions

图 1. 研究区域和采样站位图

2. 资料与方法

沉积物样品来源于 2023 年夏季资源调查项目,表层沉积物样品采用静力取样器采样,现场四分法取表层样(0~2 cm),置于聚乙烯袋中密封。现场使用 HANNA pH211 型酸度计对表层沉积物进行了氧化还原电位(Eh, mV)值测定。使用重力采样设备采柱状样,保存于聚乙烯套管内,两端盖帽蜡封。样品存于 4℃

的冷藏箱中保存和运输。

实验室内，柱状样按照 5~10 cm 间隔取样。对表层样和柱状样进行粒度分析。取适量原样加稀盐酸和 H₂O₂ 去除碳酸盐和有机质，加分散剂六偏磷酸钠溶液静置一昼夜，上机测试前使用超声波振荡分散，使用 Microtrac S3500 型激光粒度仪(美国 Microtrac 公司)进行测试。TOC 和 TN 采用 Vario ELIII 型元素分析仪(德国 Elementar 公司)测试，风干样品经稀盐酸处理除去无机碳后烘干压碎干燥，然后取 2~3 mg 样品，用锡船包裹置入仪器分析，测得沉积物中 TOC、TN，测试结果标准偏差 ≤0.1%，精度 ≤0.02%。同样取样方法使用 Delta plus 同位素质谱联用仪(美国 Finnigan 公司)测试得到 δ¹³C。柱状样进行物理性质测试得到原状土密度、天然含水量和比重，进而计算求得沉积物干密度。

²¹⁰Pb、¹³⁷Cs 分析采用 γ 能谱仪方法。样品低温烘干研磨粉碎后，使用 Ortec HPGe GWL 高纯锗探测器(美国 EG&G Ortec 公司)测试。根据过剩 ²¹⁰Pb 剖面，采用恒定初始浓度模式进行线性拟合求得沉积物沉积速率。¹³⁷Cs 含量剖面极值定标为 1963 年，并与 ²¹⁰Pb 沉积速率进行对比校正[11] [12] [16]。样品采集、处理、测试和精度控制根据国家技术标准[17]。

应用 SPSS 19.0 软件包进行数据统计分析，图件采用 Surfer 15.0、Origin 2018 软件制作。

3. 结果与讨论

3.1. 沉积物 TOC 的分布

表层沉积物 TOC 平均值为 0.53% (见表 1)，基本在 0.3%~0.9%，与附近长江口外、杭州湾和整个东海内陆架海域的平均值持平。

平面分布上总体上呈现西侧近岸向东部外海增加的特征(见图 2)，南部较北部海域稍显增大的趋势，高值区出现在研究区中东部。C/N 平均值分别为 7.14，稍高于长江口外和东海陆架平均值，但稍低于其北侧的杭州湾和舟山群岛海域。分布特征 TOC 大致相同。δ¹³C 平均值为-24.21‰，与附近海域大致相当，比整个东海陆架平均值略微亏损，在研究区域的分布比较均匀。沉积物中值粒径值(Md, Φ 值)向东南方向增大，沉积物变细，显示了长江泥沙向东南运移和分异沉积的特征，沿岸流为其输运的主要动力，而局部 TOC 的高值可能是受到上升流的影响[9] [10]。TOC 的分布与沉积物粒径的分布有一定程度的相似，即随着沉积物变细，TOC 增大，显示了有机质易与细颗粒沉积相伴共生的特征[4]-[7]。

Table 1. Statistics of TOC (%), C/N and δ¹³C (‰) of the surface sediments in the study and adjacent areas
表 1. 研究区和邻近海域表层沉积物 TOC (%), C/N 和 δ¹³C (‰)统计

研究区域及资料来源	TOC (%)平均(最小~最大)	C/N 平均(最小~最大)	δ13C (‰)平均(最小~最大)
本次研究	0.53 (0.13~1.04)	7.14 (2.04~16.06)	-24.21 (-29.40~18.80)
长江下游悬沙[18]		13.5 ± 10.0	-25.6 ± 1.0
长江口外[4]	0.43~0.57	6.68~7.86	-23.37~21.90
杭州湾[19]	0.50 (0.06~0.96)	7.57 (2.55~27.37)	-24.13 (-29.47~21.80)
舟山群岛[19]	0.47 (0.08~0.80)	8.57 (5.81~13.81)	-24.32 (-28.19~19.68)
内陆架泥质带[4]	0.34~0.68	6.64~7.44	-23.48~20.76
东海陆架[7]		5-7.5	-22.7~20.1

有机碳分布的粒度控制特点在柱状样剖面分布中表现得更加明显(见图 3)，TOC 不但在整体上与 Md

(Φ 值)的变化趋势一致,如在 SJ2 站和 SJ7 站均向上增大,而且其明显变化的层位也基本一致。根据本次实测资料,研究区表层以下约 2~3 m 的沉积物中 TOC 随沉积物粒度的变化或者向上增大(如 SJ2 站和 SJ7 站),或者没有明显的变化(如 SJ4 站)。

相关分析表明,研究区沉积物中 TOC 与细颗粒的粘土粒级含量和 Md (Φ)具有较为明显的正相关(相关系数分别为 0.5443 和 0.5026, $n=89$, 95%置信度)。前人的研究也表明,水动力驱动的粒度分异对 TOC 在长江口和东海陆架沉积物中的迁移和积累具有重要的控制作用,主要表现为有机碳随细颗粒沉积物的扩散和沉积[6] [13],与本文的结论一致。沉积物的 Eh 值表征了其环境的氧化还原状态,海洋沉积物中的有机碳在氧化条件下易发生分解和矿化成岩作用[2] [4]。根据实测资料,研究区沉积物中的 TOC 与呈 Eh 有比较明显的负相关关系(相关系数 0.4278, $n=89$, 95%置信度),表明研究区沉积物中的有机碳的分布和埋藏效率受到沉积环境一定程度的影响。

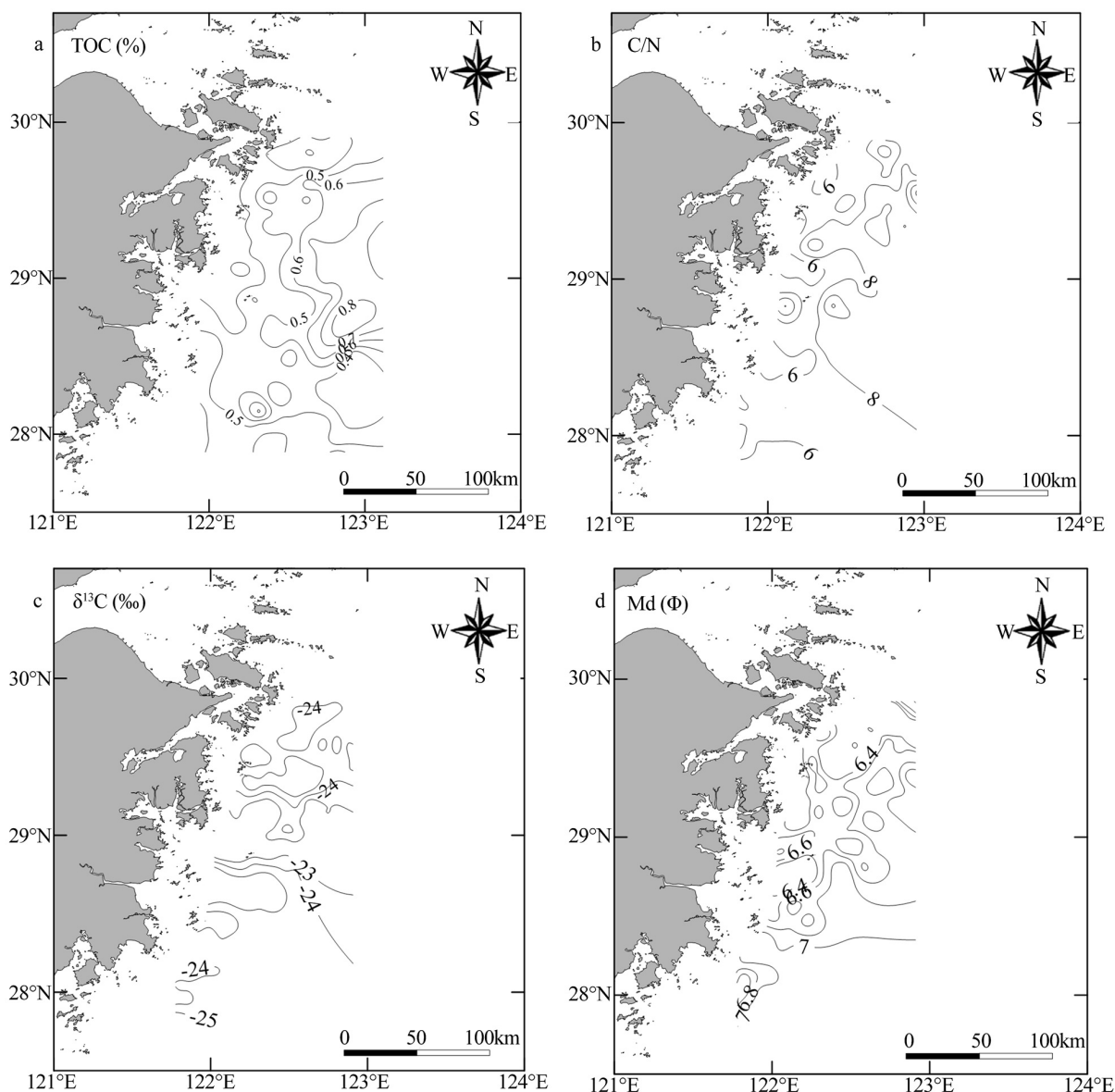


Figure 2. Distribution of TOC (%) (a); C/N (b); $\delta^{13}\text{C}$ (‰) (c) and Md (Φ) (d) of the surface sediments in the study area
图 2. 研究区域表层沉积物 TOC (%) (a); C/N (b); $\delta^{13}\text{C}$ (‰) (c); Md (Φ) (d)分布图

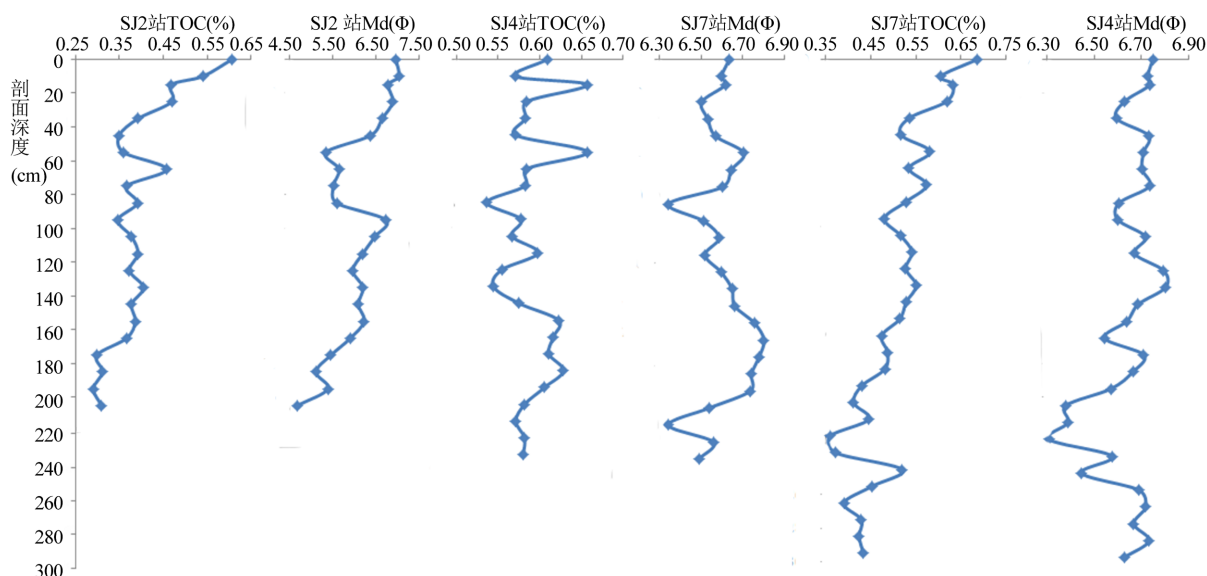


Figure 3. Distribution profile of TOC (%) and Md (Φ) of the core samples sediments in the study area (Core sample station see Figure 1)

图 3. 研究区域沉积物柱状样 TOC (%)和 Md (Φ)剖面分布图(柱状样站位见图 1)

3.2. 有机碳来源的初步判别

研究区表层沉积物 C/N 为 2.04~16.06, 区域算术平均值为 7.14 (见表 1, 图 2), 各个站点值的变化较大, 表明研究区有机碳为陆海混合来源, 总体上以海源为主[5] [6] [14]。TOC 较高的地方, C/N 也较高, 又说明 TOC 在局部区域的增大可能主要是由于陆源有机质输入造成的。前人的研究表明, 受到沉积物类型及其早期成岩作用、无机氮含量以及人类活动等因素的影响, C/N 指标在判断有机碳来源时产生误差[7] [19] [20]。研究区表层沉积物 TOC 和 TN 具有高的相关性(见图 4), 但其趋势线在 TN 轴上的截距表明沉积物中存在部分无机氮, 这会造成根据实测资料计算得到的 C/N 值偏低, 因此, 研究区的有机碳来源中, 陆源有机质的实际贡献比例可能要比实测数据显示的更高一些。

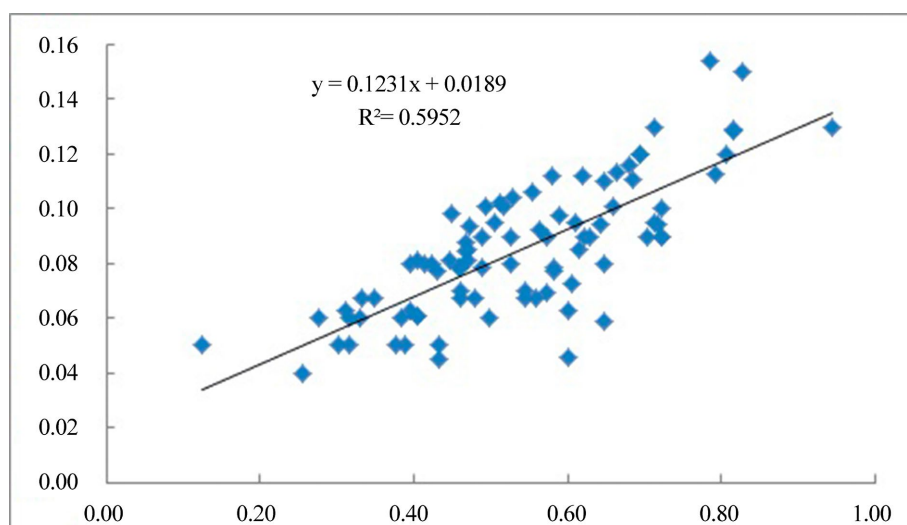


Figure 4. Correlation between TOC (%) and TN (%) of the surface sediments in the study area

图 4. 研究区表层沉积物 TOC 和 TN 的相关性

根据简单经典二元模式，陆源有机碳的贡献百分比($f_{\text{陆地}}$ ，%)计算经验公式[19] [20]为：

$$f_{\text{陆地}} = (\delta^{13}\text{C}_{\text{样品}} - \delta^{13}\text{C}_{\text{海洋}}) / (\delta^{13}\text{C}_{\text{陆地}} - \delta^{13}\text{C}_{\text{海洋}}) \quad (1)$$

其中式中的 $\delta^{13}\text{C}_{\text{海洋}}$ 、 $\delta^{13}\text{C}_{\text{陆地}}$ 、 $\delta^{13}\text{C}_{\text{样品}}$ 分别为沉积物的实测 $\delta^{13}\text{C}$ 值和沉积物海洋来源、陆地来源的 $\delta^{13}\text{C}$ 端点值。研究区沉积物主要来源为长江入海泥沙，取长江泥沙有机碳陆源端点为-27.5‰，邻近海域海洋浮游植物有机碳端点为-20.5‰ [13] [18]-[20]，计算得研究区表层沉积物中有机碳的陆源贡献比为 17.3%~70.6% (平均 40.1%， $n = 89$ ，标准差 26.3%)，各个站点差异较大，说明受到局部区域沉积环境的影响较大。前人的研究表明，更为精确的蒙特卡罗模拟结果显示东海内陆架有机碳中海洋单元的贡献大于 50% [8]，而且其中长链烷烃和甾醇类生物标志物物源分析结果也表明浙闽沿岸海域以海源碳为主[7]，与本文结论相当。研究也表明，综合利用多种因子研究有机碳来源、组成和分布，不同指示物得出不同的结果[4] [5]，因此，更为精确地判别研究区表层沉积物中有机碳的来源及贡献比例，需要未来根据精细化的采样分析数据，并综合采用包括同位素、生物标志物等在内的多种判别方法[5]-[8]做进一步的研究。

3.3. 60 年来有机碳埋藏速率和埋藏量

有机碳在海洋中输运和沉积，在海底沉积物中埋藏和再矿化[1]-[4]，其埋藏速率 OCR (Organic Carbon accumulation Rate, $\text{t}/\text{km}^2/\text{yr}$)为沉积物中 TOC (%)、沉积物沉积速率 SR (Sedimentary Rate, cm/yr)和干密度 ρ_d (g/cm^3)的乘积[2] [14] [15]，即

$$\text{OCR} = \text{TOC} \times \text{SR} \times \rho_d \quad (2)$$

本文根据 3 个柱状样过剩 ^{210}Pb 剖面数据进行线性拟合，同时将 ^{137}Cs 剖面最大值定标为 1963 年，综合得到取样站位海底沉积物的线性沉积速率[11] [12]。根据柱状样各测试层次的 TOC、 ρ_d 和厚度等资料，可以计算得到各层次有机碳埋藏速率(见表 2)。实测沉积物沉积速率为 0.57~0.78 cm/yr ，比大多数文献中的数据偏低，主要是因为采用 ^{137}Cs 定标对 ^{210}Pb 沉积速率进行了校正。近岸海洋沉积物并不稳定，可能再悬浮和迁移，其长期沉积速率(如千年尺度)往往比短期沉积速率(如年代尺度)低一个数量级[21]，文献中主要根据 ^{210}Pb 剖面数据得到的沉积速率往往偏高。各层次有机碳埋藏速率大多在 30~70 $\text{t}/\text{km}^2/\text{yr}$ 之间，与前人的研究结论相当。Deng *et al.*的研究表明长江三角洲附近有机碳埋藏速率最高，可达 200 $\text{t}/\text{km}^2/\text{yr}$ 以上，由西向东离岸方向和由北向南方向逐渐减小，中陆架区域在 6 $\text{t}/\text{km}^2/\text{yr}$ 以下[2]。Sun *et al.*的研究表明整个东海内陆架泥质区有机碳埋藏速率为 33.8~54.7 (平均 41.2) $\text{t}/\text{km}^2/\text{yr}$ [14]，与本文的结果一致。

Table 2. Statistics of SR (cm/yr), OCR ($\text{t}/\text{km}^2/\text{yr}$) and q_{60} (g/cm^2) of TOC of the core samples sediments in the study and adjacent areas area (Core sample station see Figure 1)

表 2. 研究区和邻近海域沉积物沉积速率 SR (cm/yr)、柱状沉积物中有机碳埋藏速率 OCR ($\text{t}/\text{km}^2/\text{yr}$)和 1963~2023 年单位面积埋藏总量 q_{60} (g/cm^2)统计(柱状样站位见图 1)

站号	SR (cm/yr)	OCR ($\text{t}/\text{km}^2/\text{yr}$)平均值(最大值~最小值)	年埋藏通量($10^6\text{t}/\text{yr}$)	q_{60} (g/cm^2)	资料来源
SJ2	0.74	32.7 (43.8~23.5)		0.1992	
SJ4	0.57	39.2 (54.3~27.9)		0.2405	本研究
SJ7	0.78	62.4 (86.1~46.8)		0.3826	
研究区			1.34		
东海内陆架	1~2				[9]-[12]
东海陆架		14.7 (> 200~<6)	7.4		[2]
东海内陆架		41.2 (54.7~33.8)			[14]

研究区在 121.8~123°E、28~30°N 之间, 面积约 3 万 km², 以本文实测有机碳埋藏速率估算, 有机碳的年埋藏通量约为 1.34×10^6 t/yr。根据 Deng *et al.* 的计算, 整个东海陆架(面积约 50 万 km²) [9] 沉积物中有机碳的年埋藏通量约为 7.4×10^6 t/yr [2]。就面积占比来看, 研究区的年埋藏通量处于相当高的水平。定义 q_{60} (g/cm²) 为 1963~2023 年共 60 年沉积物单位面积上有机碳埋藏总量:

$$q_{60} = \sum \text{OCR}_i \times (\text{SR}/H_i) \quad (3)$$

式中 OCR_i (g/cm²/yr) 为柱状样剖面中 1963 年以来沉积物各层次的有机碳埋藏速率, H_i (cm) 为采样层次的厚度。各柱状样的计算结果见表 2, 据此, 可以估算出研究区海底沉积物中 60 年来有机碳的埋藏总量为 82.2×10^6 t。

4. 结论

(1) 东海内陆架北部泥质沉积表层沉积物 TOC 和 C/N 平均值分别为 0.53% 和 7.14, 与附近海域的平均值大致相当。平面分布显示了有机质易与细颗粒沉积相伴共生的特征, 有机碳分布的粒度控制特点在柱状样剖面分布中表现的更加明显。沉积物中 TOC 与粘土粒级含量、中值粒径以及 Eh 值具有较明显的相关性, 表明水动力驱动的粒度分异对有机碳在研究区沉积物中的迁移和积累具有重要的控制作用, 其分布和埋藏受到沉积环境一定程度的影响。

(2) C/N、 $\delta^{13}\text{C}$ 特征表明, 研究区有机碳为陆源和海源混合源, 简单二端元模式判定陆源有机碳的贡献比例为 17.3%~70.6%, 受到局部区域沉积环境的影响较大。

(3) 柱状样各层次有机碳埋藏速率大多在 30~70 t/km²/yr 之间, 研究区有机碳的年埋藏通量约为 1.34×10^6 t/yr, 处于相当高的水平。研究区海底沉积物中 60 年来有机碳的埋藏总量约为 82.2×10^6 t。

参考文献

- [1] Hedges, J.I. and Keil, R.G. (1995) Sedimentary Organic Matter Preservation: An Assessment and Speculative Synthesis. *Marine Chemistry*, **49**, 81-115. [https://doi.org/10.1016/0304-4203\(95\)00008-f](https://doi.org/10.1016/0304-4203(95)00008-f)
- [2] Deng, B., Zhang, J. and Wu, Y. (2006) Recent Sediment Accumulation and Carbon Burial in the East China Sea. *Global Biogeochemical Cycles*, **20**, 466-480. <https://doi.org/10.1029/2005gb002559>
- [3] de Haas, H., van Weering, T.C.E. and de Stigter, H. (2002) Organic Carbon in Shelf Seas: Sinks or Sources, Processes and Products. *Continental Shelf Research*, **22**, 691-717. [https://doi.org/10.1016/s0278-4343\(01\)00093-0](https://doi.org/10.1016/s0278-4343(01)00093-0)
- [4] Yao, P., Zhao, B., Bianchi, T.S., *et al.* (2014) Remineralization of Sedimentary Organic Carbon in Mud Deposits of the Changjiang Estuary and Adjacent Shelf: Implications for Carbon Preservation and Authigenic Mineral Formation. *Continental Shelf Research*, **91**, 1-11.
- [5] 张明宇, 常鑫, 胡利民, 等. 东海内陆架有机碳的源-汇过程及其沉积记录[J]. 沉积学报, 2021, 39(3): 593-609.
- [6] Hu, L., Shi, X., Yu, Z., Lin, T., Wang, H., Ma, D., *et al.* (2012) Distribution of Sedimentary Organic Matter in Estuarine-Inner Shelf Regions of the East China Sea: Implications for Hydrodynamic Forces and Anthropogenic Impact. *Marine Chemistry*, **142**, 29-40. <https://doi.org/10.1016/j.marchem.2012.08.004>
- [7] Xing, L., Zhang, H., Yuan, Z., Sun, Y. and Zhao, M. (2011) Terrestrial and Marine Biomarker Estimates of Organic Matter Sources and Distributions in Surface Sediments from the East China Sea Shelf. *Continental Shelf Research*, **31**, 1106-1115. <https://doi.org/10.1016/j.csr.2011.04.003>
- [8] Li, X., Bianchi, T.S., Allison, M.A., Chapman, P., Mitra, S., Zhang, Z., *et al.* (2012) Composition, Abundance and Age of Total Organic Carbon in Surface Sediments from the Inner Shelf of the East China Sea. *Marine Chemistry*, **145**, 37-52. <https://doi.org/10.1016/j.marchem.2012.10.001>
- [9] 李家彪. 东海区域地质[M]. 北京: 海洋出版社, 2008.
- [10] Liu, J.P., Xu, K.H., Li, A.C., Milliman, J.D., Velozzi, D.M., Xiao, S.B., *et al.* (2007) Flux and Fate of Yangtze River Sediment Delivered to the East China Sea. *Geomorphology*, **85**, 208-224. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2006.03.023>
- [11] DeMaster, D.J., McKee, B.A., Nittrouer, C.A., Jiangchu, Q. and Guodong, C. (1985) Rates of Sediment Accumulation and Particle Reworking Based on Radiochemical Measurements from Continental Shelf Deposits in the East China Sea.

- Continental Shelf Research*, **4**, 143-158. [https://doi.org/10.1016/0278-4343\(85\)90026-3](https://doi.org/10.1016/0278-4343(85)90026-3)
- [12] Huh, C. and Su, C. (1999) Sedimentation Dynamics in the East China Sea Elucidated from, ^{210}Pb , ^{137}Cs and $^{239, 240}\text{Pu}$. *Marine Geology*, **160**, 183-196. [https://doi.org/10.1016/s0025-3227\(99\)00020-1](https://doi.org/10.1016/s0025-3227(99)00020-1)
- [13] Ji, Y., Feng, L., Zhang, D., Wang, Q., Pan, G. and Li, X. (2020) Hydrodynamic Sorting Controls the Transport and Hampers Source Identification of Terrigenous Organic Matter: A Case Study in East China Sea Inner Shelf and Its Implication. *Science of the Total Environment*, **706**, Article ID: 135699. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135699>
- [14] Sun, X., Fan, D., Liu, M., Liao, H. and Tian, Y. (2020) The Fate of Organic Carbon Burial in the River-Dominated East China Sea: Evidence from Sediment Geochemical Records of the Last 70 Years. *Organic Geochemistry*, **143**, Article ID: 103999. <https://doi.org/10.1016/j.orggeochem.2020.103999>
- [15] Yang, Q., Qu, K., Yang, S., Sun, Y., Zhang, Y. and Zhou, M. (2021) Environmental Factors Affecting Regional Differences and Decadal Variations in the Buried Flux of Marine Organic Carbon in Eastern Shelf Sea Areas of China. *Acta Oceanologica Sinica*, **40**, 26-34. <https://doi.org/10.1007/s13131-020-1601-5>
- [16] 夏小明, 谢钦春, 李炎, 等. 东海沿岸海底沉积物中的 ^{137}Cs 、 ^{210}Pb 分布及其沉积环境解释[J]. 东海海洋, 1999, 17(1): 20-27.
- [17] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. GB/T12763-2007 海洋调查规范[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.
- [18] Wu, Y., Zhang, J., Liu, S.M., Zhang, Z.F., Yao, Q.Z., Hong, G.H., *et al.* (2007) Sources and Distribution of Carbon within the Yangtze River System. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **71**, 13-25. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2006.08.016>
- [19] 李金铎. 杭州湾表层沉积物有机碳分布、来源及近 20 年来的变化[J]. 海洋通报, 2024, 43(2): 210-219.
- [20] Ruttenberg, K.C. and Goñi, M.A. (1997) Phosphorus Distribution, C:N:P Ratios, and $\delta^{13}\text{C}_{\text{oc}}$ in Arctic, Temperate, and Tropical Coastal Sediments: Tools for Characterizing Bulk Sedimentary Organic Matter. *Marine Geology*, **139**, 123-145. [https://doi.org/10.1016/s0025-3227\(96\)00107-7](https://doi.org/10.1016/s0025-3227(96)00107-7)
- [21] 李安春, 张凯棣. 东海内陆架泥质沉积体研究进展[J]. 海洋与湖沼, 2020, 51(4): 705-727.