

# Influence Analysis of Carbon Flux and Source of Vertical Ecological Construction of Songgou Bay

Yan Li, Yuanqing Jiang, Lin Yang, Qi Li, Yang Song, Sheng Li, Yan Liu\*

Yantai Ocean Environmental Monitoring Central Station of State Oceanic Administration, Yantai Shandong  
Email: xj87913@163.com, \*925824413@qq.com

Received: Jun. 3<sup>rd</sup>, 2018; accepted: Jun. 23<sup>rd</sup>, 2018; published: Jul. 3<sup>rd</sup>, 2018

## Abstract

In this paper, we research 21 sediment samples from different culture areas of Songgou Bay, test their total carbon (TC), total organic carbon (TOC), total nitrogen (TN), and analyze carbon-to-nitrogen ratio, etc. The results show that TC content is higher (more than 1.2%) at west of algae culture area and scallop/algae mix culture area, slightly lower at control area and east of algae culture area, and lowest at scallop culture area. Sample stations with higher TN content (0.03%) also locate at west of algae culture area and scallop/algae mix culture area; TN content is lower at scallop and fish culture area. Sample stations with higher TOC content (0.37%) also locate at west of algae culture area and scallop/algae mix culture area. Carbon-to-nitrogen ratio is higher (12.45) at east control area, the next is scallop and algae culture area, and the ratio at fish culture area is relatively lowest. Form of sediment organic carbon was relatively single before vertical ecological construction. Organic carbon of Songgou Bay comes from mixed source of sea and land after construction, organic carbon outside the bay is mainly from marine source, and organic carbon from marine source inside the bay is obviously higher compared with that before construction.

## Keywords

Songgou Bay, Vertical Ecological Construction, Carbon Flux, Carbon Source

# 桑沟湾立体生态方建设对碳通量及来源的影响分析

李艳, 姜源庆, 杨琳, 李奇, 宋洋, 李胜, 刘艳\*

国家海洋局烟台海洋环境监测中心站, 山东 烟台  
Email: xj87913@163.com, \*925824413@qq.com

\*通讯作者。

文章引用: 李艳, 姜源庆, 杨琳, 李奇, 宋洋, 李胜, 刘艳. 桑沟湾立体生态方建设对碳通量及来源的影响分析[J]. 可持续发展, 2018, 8(3): 181-187. DOI: 10.12677/sd.2018.83020

收稿日期：2018年6月3日；录用日期：2018年6月23日；发布日期：2018年7月3日

## 摘要

本文对采自桑沟湾内不同养殖区的21个沉积物样品进行研究，测定了它们的总碳(TC)、有机碳(TOC)、总氮(TN)含量，并对碳氮比值(C/N)进行了分析，结果表明在贝藻混养区及藻类养殖区西侧TC的含量较高，超过1.2%；对照区以及藻类养殖区东侧TC含量略低；贝类养殖区TC含量最低(<1%)。TN含量较高的站位出现在贝藻混养区及藻类养殖区西侧(0.03%)，而在贝类养殖区、鱼类养殖区TN含量较低。TOC含量较高的站位同样出现在贝藻混养区及藻类养殖区西侧(0.37%)。在东部对照区C/N值较高(12.45)，其次是贝类养殖区和藻类养殖区，鱼类养殖区C/N值相对最低。立体生态方建设前，桑沟湾养殖区沉积物有机碳形态较为单一，建设后桑沟湾内有机碳为海陆混合来源。湾外以海源碳为主，湾内海源碳含量立体生态方建设后较建设前明显升高。

## 关键词

桑沟湾，立体生态方，碳通量，碳来源

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

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

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



Open Access

## 1. 引言

随着养殖业的发展，养殖海域在碳循环中起越来越重要的作用。“碳汇渔业”概念提出之后，养殖区碳循环的问题随之引起广泛的关注。作为水产养殖大国，发展低碳养殖技术，促进生物固碳，对发展低碳经济，形成海洋经济循环新体系具有重要意义。

所谓生物固碳，一方面海洋藻类的光合作用能有效吸收水体中溶解的碳、氮、磷等生物要素，并将无机碳转化为有机碳，滤食性贝类则会大量摄食颗粒有机碳，构成贝壳时会将大量碳酸盐吸收埋藏入海底，死亡的藻类壳体会大量沉积埋藏，部分生物沉积物通过潮流等的再悬浮作用又回到水层中[1]，因此养殖产业能从海洋中转移出大量溶解无机碳和颗粒有机碳，会对附近海域水质及沉积物环境造成重要影响。另一方面，养殖饵料的投入及养殖生物粪便等排泄产物对各种形态碳之间的转变也会产生一定的影响；养殖网箱、养殖阀、人工渔礁等养殖设施投放所造成的阻挡作用使海流流速进一步减小，进一步增加底质沉积物碳埋藏的速率。

总有机碳与总氮比值(C/N)的大小已被广泛用来判断海洋沉积物的海陆来源[2]。海洋自生有机质一般由低等水生植物提供，由于其含有较高的蛋白质，其碳氮比值较小(4~10)；而陆源植物 C/N > 20 [3]，且此比值随陆源有机质含量的升高而增大。因此，利用陆源和海生物有机质含量不同，根据 C/N 比增长或下降来推断陆源和海洋自生沉积物的相对比重特征及其变化是可行的。

贝藻类作为碳汇渔业的主要载体，对海洋碳汇能力具有重要的影响[2]。为深入了解桑沟湾沉积物碳来源，本文对 21 个站位沉积物样品进行研究，测定了它们的总碳(TC)、有机碳(TOC)、总氮(TN)，并对碳氮比值(C/N)进行了计算分析，对养殖区沉积物进行碳来源的解析，并初步探究了碳来源的可能影响因素，以为该海域碳循环及生物地球化学循环研究提供科学依据。

## 2. 研究区概况

桑沟湾隶属于山东省荣成市，湾口朝东，北起青鱼嘴，南至楮岛咀，为荣成境内第一大海湾，其形状类似字母“C”（图 1）。海湾北岬为青鱼滩岩岬，南角为楮岛等连岛沙坝，湾顶有湾顶沙坝，坝内为泻湖。桑沟湾水域广阔，海湾面积 163.20 km<sup>2</sup>，岸线长 74.40 km，湾内平均水深约 10 m，最大水深 15 m，向北水深增至超过 30 m。纵深 13 km，平均宽 11.5 km，水域面积 143.20 km<sup>2</sup>，滩涂面积 20 km<sup>2</sup>。底质主要为砂质沉积，局部岩礁突起。海湾属不规则半日潮区，最大潮差 3.5 m 左右，涨潮流速一般 38.58 cm/s，西南方向，落潮流速一般为 41.15 cm/s，流向东北。海湾受东南风浪的影响甚大。湾内北部建有蜊江港，码头水深 2 m。八河港已筑坝拦湾。该湾为山东增养殖业的重点海湾，湾内中部有山东省海洋与渔业厅首批批复的“泓泰桑沟湾休闲海钓基地”和“泓泰河豚鱼养殖基地”及北方规模最大的海上网箱养殖业，形成独特的“桑沟湾海洋牧场”。

## 3. 样品来源及分析方法

研究样品为 2016 年 10 月所取得的 21 个表层沉积物样品。绝大多数沉积物样品是在“科学一号”调查船上用箱式取样器取得，船载 GPS 导航系统定位，采样间距 3 km，但在岛屿附近水深较浅的海域及养殖区则使用调查船配备的小艇(青岛号)，用蚌式取样器取得，手持 GPS 定位。取样位置如图 2 所示。

鱼类养殖区布设 1 个采样站位，贝类养殖区布设 7 个站位、贝藻混养区布设 2 个站位，藻类养殖区布设 8 个站位，另外在桑沟湾外侧布设 3 个站位作为对照站位。除 M13 站位为砂质沉积物以外，大部分站位底质为淤泥质沉积物。

将样品采用镜下鉴定法[4]把沉积物中的贝壳挑出，先用蒸馏水冲洗干净，再用超声清洗 5 min，彻底清除贝壳表层附着的杂质物，经干燥后，用电子天平称量贝壳的质量。将干燥好的贝壳样品用电动研磨仪研磨，首先进行贝壳总碳测定：取研磨好的样品采用德国 ElementarvarioELIII 元素分析仪测定贝壳总碳，其分析精度为 0.1%，重复测量误差 < 1%，样品量为 0.02~800 mg，分解温度为 950℃~1200℃。再称取烘干研磨好的贝壳样品 1.5 g 左右于小烧杯内，用稀盐酸浸泡后，用蒸馏水冲洗至中性，烘干研磨均质化，于 ElementarvarioELIII 元素分析仪测定 TOC，结果以百分含量的形式表示。Shell-IC 的含量由贝壳 TC 和 TOC 含量的差值进行计算。TN 含量是在样品酸化后用元素分析仪和 TOC 含量同时测定，并且计算有机碳与总氮的比值(C/N)。

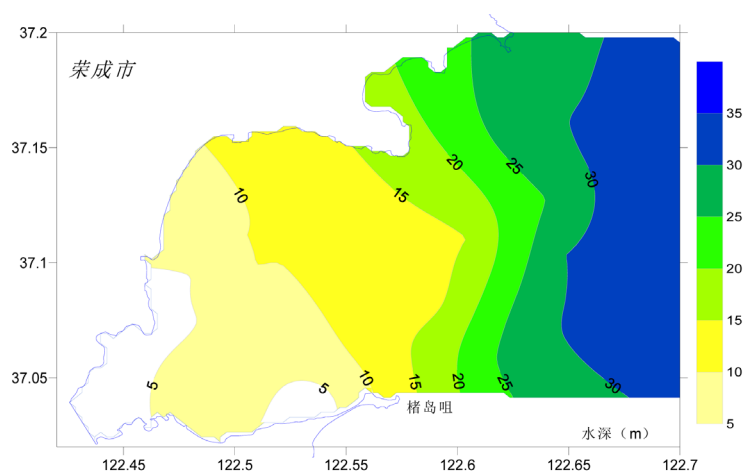
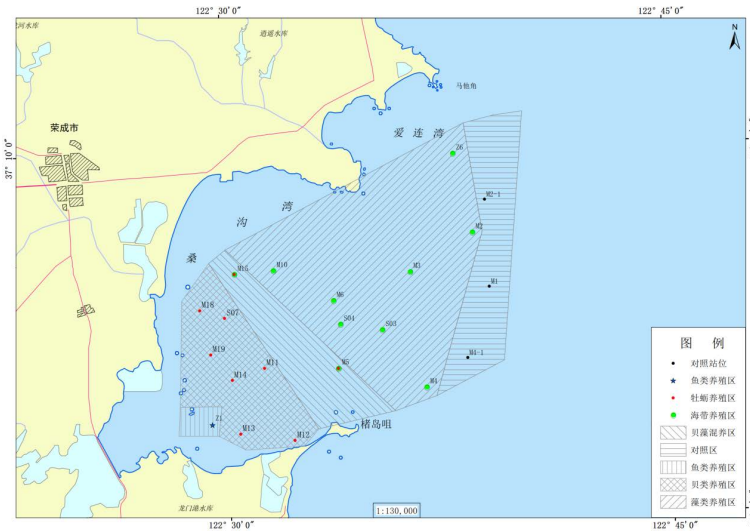


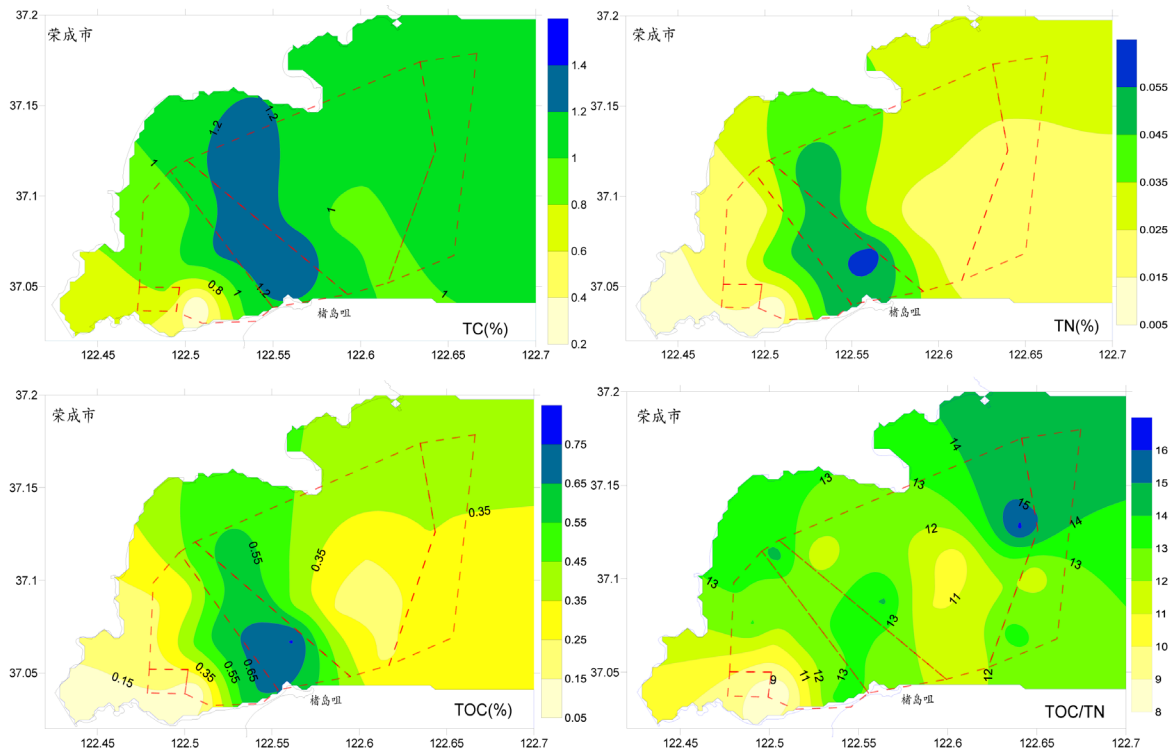
Figure 1. Water depth distribution map of Songgou Bay and adjacent sea area  
图 1. 桑沟湾及其附近海域水深分布图

### 4. 结果

桑沟湾 TC 的含量在 0.17%~1.39%之间变化(图 3), 平均为 1.03%, 贝藻混养区及藻类养殖区西侧含量较高, 超过 1.2%; 对照区以及藻类养殖区东侧 TC 含量略低, 为 1%~1.2%; 贝类养殖区及鱼类养殖区 TC 含量较低, 低于 1%。



**Figure 2.** Sampling position and ecological square partition  
**图 2.** 采样站位及生态分区



**Figure 3.** Distribution map of TC, TN, TOC and C/N of Songgou Bay  
**图 3.** 桑沟湾 TC、TN、TOC 及 C/N 分布图

TN 含量在 0.007%~0.059%之间(图 3), 平均值为 0.03%, M5 站位 TN 含量最高(0.059%), 向东西两侧逐渐降低, 对照区及鱼类养殖区含量最低。

TOC 含量在 0.06%~0.76%之间(图 3), 平均值为 0.37%, 其大致分布规律与 TN 相同, 含量较高的站位同样出现在贝藻混养区及藻类养殖区西侧。

C/N 比值在 8.17%~16.27 之间(图 3), 平均值为 12.45, 东部对照区及藻类养殖区东侧 C/N 值较高, 其次是贝藻混养区, 藻类养殖区东南侧和鱼类养殖区 C/N 值相对最低。

表 1 将桑沟湾海域和其他海域做了对比, 桑沟湾 C/N 值高于渤海以及长江口邻近海域, 略低于东海大陆架沉积物, 但明显低于大洋沉积物。

## 5. 碳来源解析

不同类型的有机质相对应的 C/N 值会存在差异, C/N 值已广泛用于区分沉积物有机质是来源于陆地植物还是海洋藻[3] [6]。一般认为 C/N 值小于 8 是典型的海洋有机质[7], 大于 12 代表陆源沉积物有机质的值[8]。桑沟湾 C/N 比值在 8.17~16.27 之间, 鱼类养殖区、贝类养殖区的西侧以及藻类养殖区南部 C/N 比值介于 8~12 之间, 说明有机碳为海陆混合来源, 贝藻混养区以及藻类养殖区西侧, C/N 值高于 12, 东侧有个别站位达到 15 以上, 说明有机碳来源以陆源沉积物为主。

目前, 用 C/N 比值定量估算总有机碳中  $C_a$  和  $C_t$  的量[9]的方法已被广泛运用[6] [10]。假设总和为海洋自生和陆源的有机碳和总氮, 海源和陆源有机质 C/N 分别为 5 和 20 (零级近似), 公式如下:

$$TOC = C_a + C_t$$

$$TN = N_a + N_t$$

$$N_a = \frac{C_a}{5}$$

$$N_t = \frac{C_t}{20}$$

式中  $TOC$  和  $TN$  是测量值,  $C_a$ 、 $N_a$  分别为海源碳、氮,  $C_t$ 、 $N_t$  分别为陆源碳、氮。

$$\text{由此, } C_a = \frac{(20 \times TN - TOC)}{3}; C_t = TOC - C_a。$$

用该方法计算出  $C_a$  的含量, 养殖前  $C_t$  为主要来源[2], 但在立体生态方建设之后,  $C_a$  含量呈明显增加趋势, 平均含量为 0.07%, 占总有机碳的 21.74%。

图 4 同样显示桑沟湾海域有机碳以陆源碳为主( $C_t$  含量 > 50%), 鱼类养殖区、贝类养殖区海源碳含

**Table 1.** Comparison with TOC, TN and C/N of surface sediments from other sea area [5]

**表 1.** 与其他海域表层沉积物中 TOC、TN 以及 C/N [5]对比

海域	TOC%	TN%	C/N
渤海	0.39	0.037	10.66
东海大陆架	0.92	0.064	14.38
长江口及邻近陆区	0.55	0.074	7.43
太平洋中部沉积区	0.77	0.039	19.74
大西洋西部	0.69	0.044	15.68
印度洋南部	0.64	0.036	17.78
桑沟湾(本文)	0.37	0.030	12.45

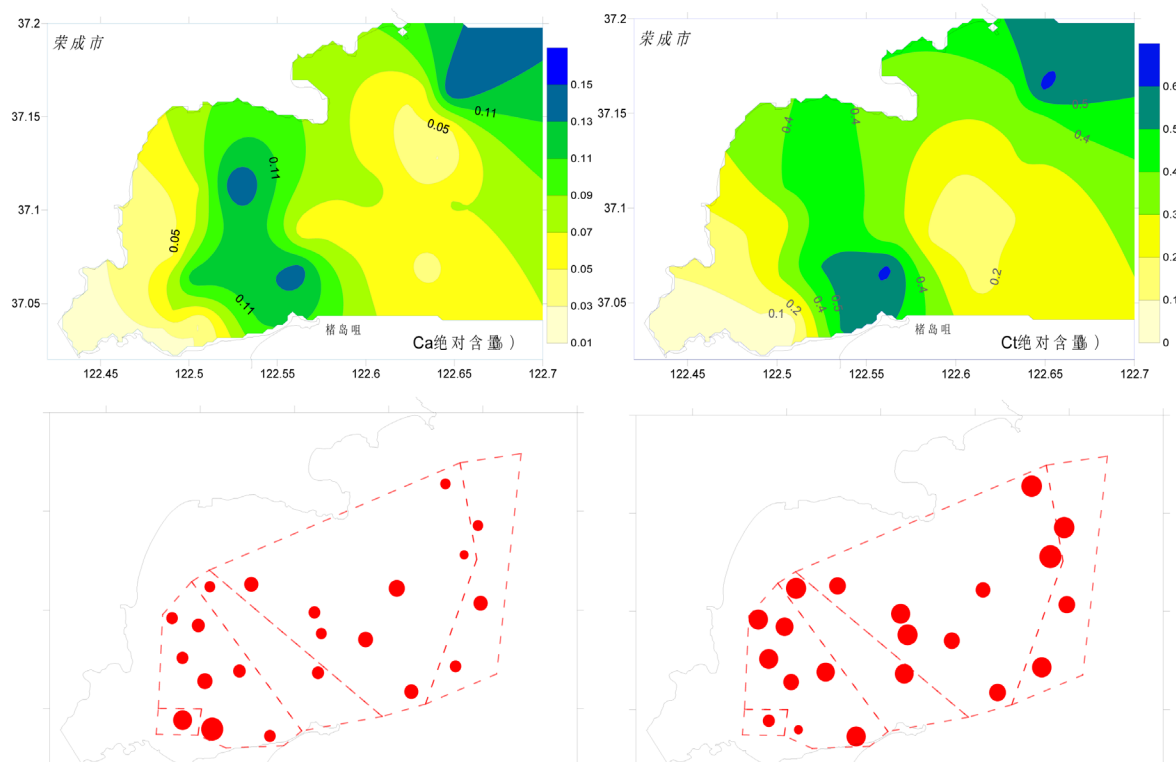


Figure 4. Distribution map of organic carbon from land source and sea source of Songgou Bay

图 4. 桑沟湾陆源有机碳及海源有机碳分布图

量相对其他区域略高，可能与鱼类、贝类从海洋中转移出大量溶解无机碳和颗粒有机碳有关。藻类养殖区东侧个别站位和对照区三个站位陆源碳含量相对其他区域较高，说明藻类的固碳作用略弱于贝类和鱼类。

## 6. 结论

桑沟湾立体生态方建设对湾内碳通量及碳来源造成一定的影响：贝藻混养区及藻类养殖区西侧 TC 的含量较高，超过 1.2%；对照区以及藻类养殖区东侧 TC 含量略低；贝类养殖区 TC 含量最低(<1%)。TN 含量较高的站位同样出现在贝藻混养区及藻类养殖区西侧(0.03%)，而在贝类养殖区、鱼类养殖区较低。TOC 含量较高的站位同样出现在贝藻混养区及藻类养殖区西侧(0.37%)。鱼类养殖区、贝类养殖区的西侧以及藻类养殖区南部 C/N 比值介于 8~12 之间，说明有机碳为海陆混合来源，贝藻混养区以及藻类养殖区西侧，C/N 值高于 12，说明有机碳来源以陆源沉积物为主。

用 C/N 比值定量估算总有机碳中  $C_d$  和  $C_l$  的量显示，鱼类养殖区、贝类养殖区海源碳含量相对其他区域略高，藻类养殖区东侧个别站位和对照区三个站位陆源碳含量相对其他区域较高，说明藻类的固碳作用略弱于贝类和鱼类。

桑沟湾海域大面积养殖区建立前，湾内有机碳以陆源( $C_l$ )为主[1]，立体生态方建成后，桑沟湾有机碳为海陆混合来源，尤其在鱼类养殖区和贝类养殖区，海源碳含量明显升高(21.74%)。

## 参考文献

- [1] Ruttenberg, K.C. and Goni, M.A. (1997) Phosphorus Distribution, C:N:P Ratios, and  $\delta^{13}C_{OC}$  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)
- [2] Nunes, J.P., Ferreira, J.G., Gazeau, F., Lencart-Silva, J., Zhang, X.L., Zhu, M.Y. and Fang, J.G. (2003) A Model for Sustainable Management of Shellfish Polyculture in Coastal Bays. *Aquaculture*, **219**, 257-277. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(02\)00398-8](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(02)00398-8)
- [3] 张朝晖. 桑沟湾海洋生态系统服务价值评估[D]: [博士学位论文]. 青岛: 中国海洋大学, 2007.
- [4] 傅明珠, 蒲新明, 王宗灵, 刘新杰. 桑沟湾养殖生态系统健康综合评价[J]. 生态学报, 2013, 33(1): 238-248.
- [5] Li, X.G., Yuan, H.M., Li, N., *et al.* (2008) Organic Carbon Source and Burial during the Past One Hundred Years in Jiaozhou Bay, North China. *Journal of Environmental Sciences*, **20**, 551-557. [https://doi.org/10.1016/S1001-0742\(08\)62093-8](https://doi.org/10.1016/S1001-0742(08)62093-8)
- [6] Bordovskiy, O.K. (1965) Transformation of Organic Matter in Bottom Sediments and Its Early Diagenesis. *Marine Geology*, **3**, 83-114. [https://doi.org/10.1016/0025-3227\(65\)90005-8](https://doi.org/10.1016/0025-3227(65)90005-8)
- [7] Prah, F.G., Bennett, J.T. and Carpenter, R. (1980) The Early Diagenesis of Aliphatic Hydrocarbons and Organic Matter in Sedimentary Particulates from Dabob Bay, Washington. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **44**, 1967-1976. [https://doi.org/10.1016/0016-7037\(80\)90196-9](https://doi.org/10.1016/0016-7037(80)90196-9)
- [8] 钱军龙, 王苏民, 薛滨, 等. 湖泊研究中一种定量估算陆源有机碳的方法[J]. 科学通报, 1997, 42(15): 1655-1657.
- [9] 贾国东, 彭平安, 傅家读. 珠江口近百年来富营养化加剧的沉积记录[J]. 第四纪研巧, 2002, 22(2): 158-165.
- [10] 刘赛. 近 200 年桑沟湾养殖海域碳的埋藏通量及源解析[D]: [硕士学位论文]. 青岛: 中国海洋大学, 2015.
- [11] Widdows, J., Brinsley, M.D., Salkeld, P.N. and Elliott, M. (1998) Use of Annular Flumes to Determine the Influence of Current Velocity and Bivalves on Material Flux at the Sediment-Water Interface. *Estuarine and Coasts*, **21**, 552-559. <https://doi.org/10.2307/1353294>
- [12] 曾承. 湖泊沉积物中无机碳酸盐来源的确定[J]. 盐湖研究, 2010, 18(4): 1-5.
- [13] 宋金明. 中国近海生物地球化学[M]. 济南: 山东科技出版社, 2004.

#### 知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2160-7540, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>  
期刊邮箱: [sd@hanspub.org](mailto:sd@hanspub.org)