

东海中陆架泥质区及其周边表层沉积物 碳的分布与固碳能力的研究*

郭志刚 杨作升 曲艳慧 李玉瑛 崔青

(青岛海洋大学海洋地球科学学院 青岛 266003)

摘要 对东海中陆架泥质区及其周边的表层沉积物分别利用容量法、元素分析法进行了IC、OC含量分析,利用筛析法和沉降法进行了粒度分析。结果表明,研究区IC含量均明显高于OC含量。OC含量在泥质区高,砂质区低;IC含量分布为:近岸细粒沉积区为相对高值区,中陆架砂质区为低值区,中陆架泥质区为高值区,外陆架砂质区为特高值区。OC富集主要受控于上覆水体的生物生产量、沉积动力环境以及海底物理化学条件。IC的分布受物源影响明显,其富集与该区的环流格局相对应,主要受控于研究区的沉积动力环境和它们的时空变化。研究区的现代海底固碳能力可分为强固碳能力的中陆架泥质区、弱固碳能力的中陆架砂质区和基本无固碳能力的外陆架砂质区。

关键词 表层沉积物 有机碳 无机碳 富集规律 海底固碳能力

学科分类号 P734

东海中陆架泥质区由于其特殊的沉积动力环境,曾引起众多中外海洋学家的关注。近年来不少学者对该泥质区形成的沉积动力过程和物质分布作了卓有成效的研究(Hu, 1984; Yang *et al*, 1994; 申顺喜等, 1993)。但对该泥质区及其周边底质中碳分布的沉积动力机制和现代海底固碳能力的专门研究较少,而这对全面估算该区域海底固碳量有着重要意义。本文就此问题作探讨。

1 研究海域、样品采集和分析方法

1.1 研究海域及样品采集

研究海域见图1。111站和403站的底质沉积物为柱状岩芯的表层沉积物,利用振动取芯器取得。其余站位样品均用蚌式挖泥斗取得。

1.2 分析方法

1.2.1 有机碳(OC)含量 由元素分析仪测得。

1.2.2 无机碳(IC)含量 依据海洋地质地球物理调查规范,采用容量法测得全粒级碳酸盐含量。按分子式 CaCO_3 换算而得IC含量。

1.2.3 粒度分析 粒径间隔为 1ϕ ,粒径大于0.063mm的采用筛析法,小于0.063mm的

* 国家自然科学基金资助项目,49676289号及高等院校博士点专项基金。郭志刚,男,出生于1963年08月,博士,副教授, Fax:0086-0532-2032799

收稿日期:1997-02-18,收修改稿日期:1998-08-20

采用沉降法。

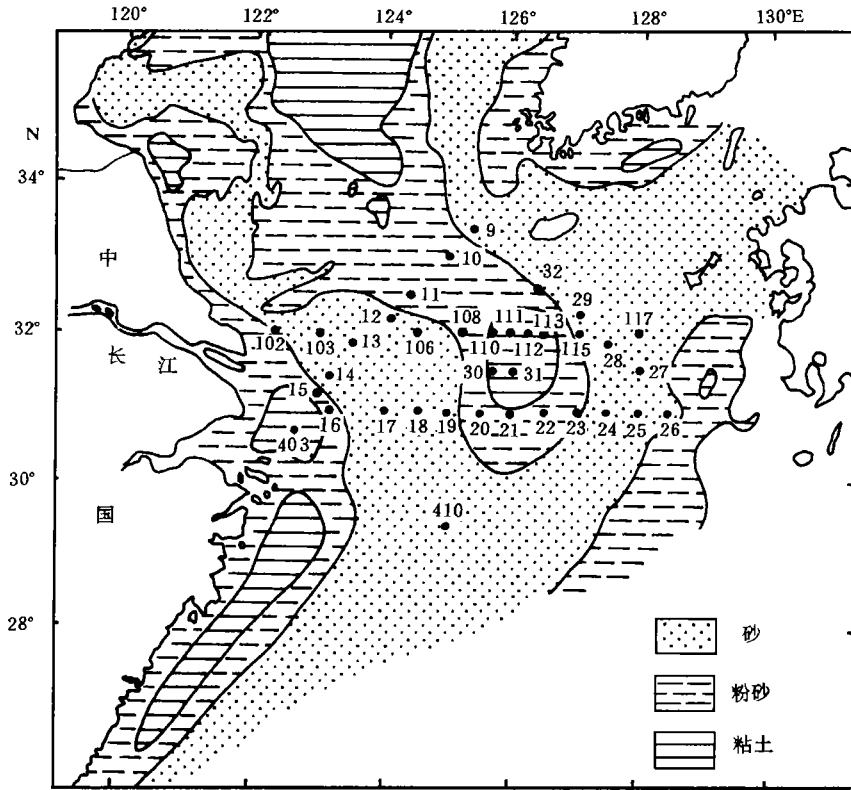


图1 研究海域及站位

Fig.1 Study area and location of stations

2 结果与讨论

2.1 表层沉积物中碳的分布特征

2.1.1 OC分布特征 中陆架泥质区表层沉积物中具有最高的 OC 含量,从泥质区中心到周围的砂质沉积物,OC 含量逐渐降低,其中以 117 站最低为 0.1%(表 1)。

表1 表层沉积物中OC、IC含量(%)及IC/OC值

Tab.1 The components (%) of OC, IC and the IC/OC ratios in the surficial sediments

站位	106	108	110	111	112	115	117	30	31	403	410
OC	0.2	0.29	0.48	0.51	0.46	0.29	0.1	0.46	0.48	0.67	0.16
IC	1.42	1.6	1.21	1.91	1.57	1.88	3.61	2.21	2.21	1.19	0.38
IC/OC	7.1	5.5	2.5	3.7	3.4	6.5	36.1	4.8	4.6	1.8	2.4

2.1.2 IC分布特征 由图 2 可看到 IC 含量在研究区的分布可分成 4 个亚区,即:A.近岩 IC 相对高值区,以 1.2% 的等值线为界,以西表层沉积物中 IC 含量大于 1.2%,并且向近岸细粒区其值增加。B.中陆架砂质区 IC 含量最低值区,该区介于两条 IC 含量为 1.2% 的等值线之间,大部分区域 IC 含量小于 1.0%,其中以 17 站最低,仅 0.61%,由南至北 IC 含量略有增加。C.中陆架泥质区 IC 含量高值区,该区位于 IC 含量分别为 1.2% 和 2.0% 的等值线

之间,恰好与泥质区的位置相对应,IC含量均大于1.2%,大部分区域大于1.5%。D.外陆架砂质区IC含量特高值区,位于IC含量为2.0%的等值线以东,IC含量均大于2.0%,并且向东逐渐增加。

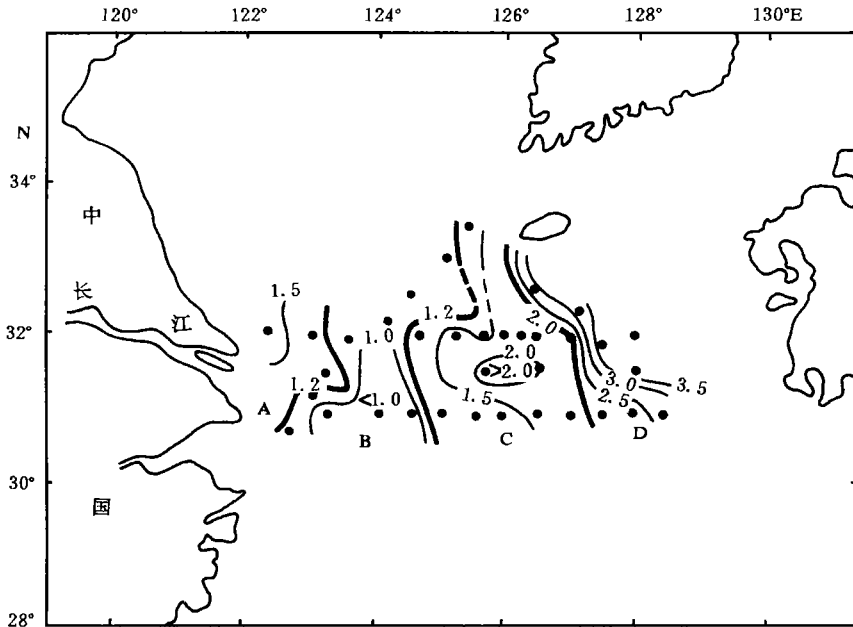


图2 表层沉积物中IC含量(%)分布

Fig.2 Distribution of IC (%) in the surficial sediments

2.1.3 IC和OC含量的比较 研究区不同站位IC含量均大大高于OC含量(表1),但在泥质区如403、110等站OC在总碳中的比重有所上升。

2.2 影响碳分布的因素

2.2.1 有机碳 OC含量与粗粒级含量($> 0.063\text{mm}$)之间存在良好的负相关, R 为 -0.93 ;与粉砂和粘土含量存在较好的相关性, R 分别为 0.76 和 0.79 (样品数均为11);与整个细粒级($< 0.063\text{mm}$)含量呈现相当好的相关性, R 为 0.93 。以上结果表明OC在研究区基本赋存在细粒级沉积物中,其含量受控于粒度大小。其原因是中陆架泥质区及其周围,是水团混合区(苏育嵩等,1989)具有较丰富的生物生产量,同时具备了接受大量细粒沉积物的沉积动力条件(Hu,1984)及海底为还原环境的良好保存条件(宋金明等,1991)。因而在该区OC含量高。远离泥质区,沉积物粒度变粗,沉积速率减小(Demaster *et al*, 1985),OC在海底表层沉积物中的保存变得困难,其含量降低。

2.2.2 无机碳 IC含量与表层沉积物粗粒级($> 0.063\text{mm}$)、粉砂、粘土和细粒级($< 0.063\text{mm}$)含量之间的相关性均很差, R 分别为 0.14 、 -0.19 、 -0.21 和 -0.14 (样品数均为35),因此IC的赋存与沉积物粒度大小似乎无关。但图4a、b、c、d都明显可分成M和S两个区,为直观起见用直线将两区分开。M区:27个样品均位于陆架120m等深线以西海域(包括图2A、B、C三区),该区IC含量与粗粒级($> 0.063\text{mm}$)含量存在较好的负相关, R 为 -0.63 ;与细粒级($< 0.063\text{mm}$)存在较好的相关性, R 为 0.63 。因此M区IC主

要赋存在沉积物的细粒级中。S区:8个样品均位于水深超过120m的外陆架砂质区(图2D区),沉积物经鉴定含有大量粒粗的滨海钙质生物残骸。

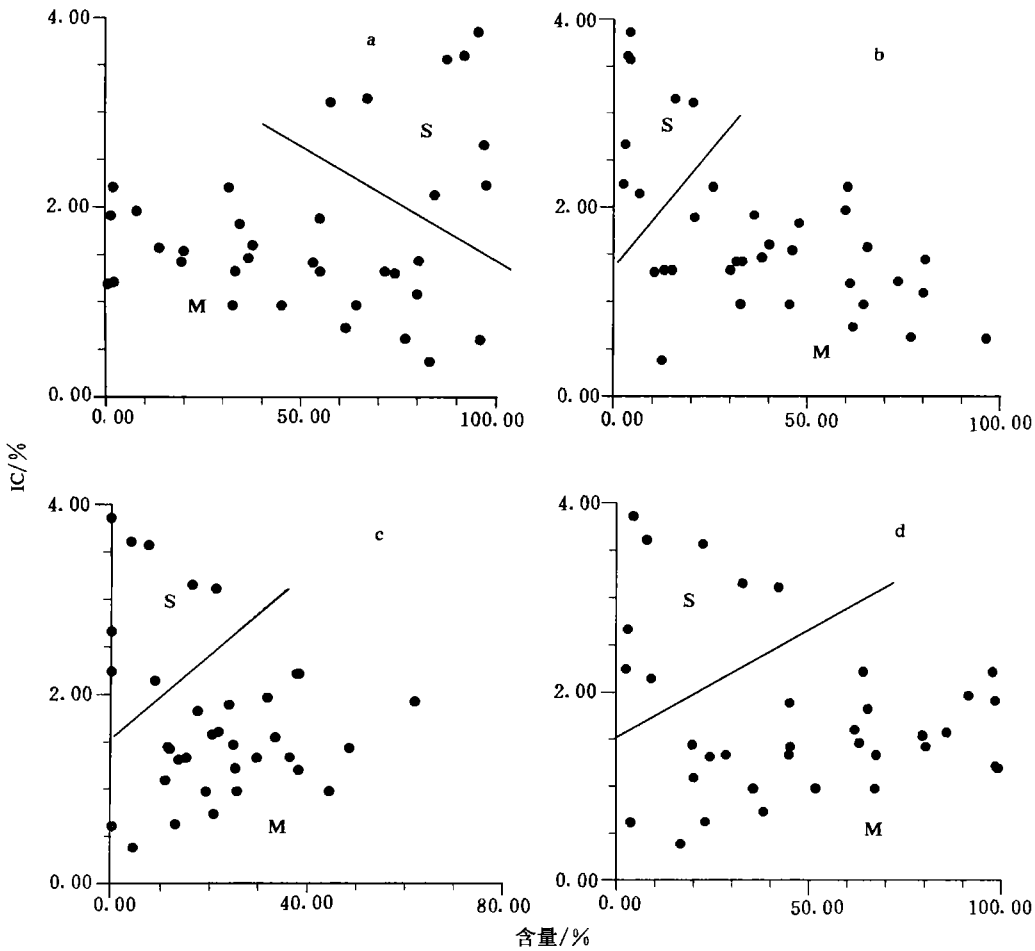


图3 表层沉积物中IC含量与粒级相关图

Fig.3 Correlation between IC and grain size

a. 粗粒级(>0.063mm); b. 粉砂; c. 粘土; d. 细粒级(<0.063mm)

本研究区的 IC 主要来源于陆源碳酸盐、现代海洋生物骨骼和低海平面时沉积的滨海钙质生物残骸。前两者基本隶属细粒级 ($< 0.063\text{mm}$), 而后者往往属于砂粒级。再将图 2 与黄东海环流系统 (Hu, 1984) 比较发现, IC 含量分布与本区的环流分布格局相一致, 表明 M 区 IC 的物源虽然比较复杂, 但其主要部分来源于粒细的陆源碳酸盐和现代海洋生物骨骼; S 区 IC 的物源单一, 基本来源于低海平面时滨海钙质生物的残骸。这表明控制本区 IC 分布的主要因素是沉积动力环境以及它们的时空变化, 环流分布格局尤为重要。其中 A 区地处台湾暖流和长江冲淡水混合区, 相对有高的现代钙质生物繁殖, 同时也可能混合有陆源碳酸盐矿物, IC 含量较高; B 区由于台湾暖流的顶托作用, 长江扩散系统物质东扩受阻, 黄海沿岸流主体也被其压向东北, 黄河扩散系统物质对该区的供应也有限, 同时细颗粒的陆源碳酸盐和钙质生物骨骼由于该区水深相对较浅 ($< 50\text{m}$), 在潮流的冲刷作用下

难以存留,所以该区 IC 含量低;C 区位于东海北部冷水控制区(苏育嵩等,1989),得到了黄河扩散系统物质的充沛供应(Demaster *et al*, 1985; 杨作升,1988; 申顺喜等,1993),其中含有丰富的陆源碳酸盐矿物;此外还得到了现代钙质生物的供应,致使该区有高的 IC 含量。D 区水深超过 120m,为残留沉积区(秦蕴珊等,1982),现代海平面时该区为对马暖流和黄海暖流流经区,其动力和温盐结构阻挡了黄河扩散系统物质的向东扩散沉积,另据 Milliman 等(1989)研究该区基本无沉积,所以该区 IC 基本是古代滨海钙质生物残骸的残留。

2.3 研究区现代海底固碳能力分析

海底表层沉积物的固碳能力取决于上覆水体的生物生产量、陆源碳酸盐供应、沉积速率和海底水动力条件的有机配置。中陆架泥质区有充足的 OC 和 IC 供应并沉积,底质具备良好的保存条件,因而现代海底固定碳能力强;外陆架砂质区的高 IC 含量沉积物主要由低海面时滨岸生物残骸所构成,现代海底不具备保存 OC 的条件,陆源碳酸盐的供应又受阻于对马暖流和黄海暖流,因此海底现代固碳能力几乎为零;中陆架砂质沉积区由于台湾暖流的顶托作用,黄河和长江两大物质扩散系统对该区的供应量都甚少,沉积速率低,同时潮流冲刷作用强,所以海底表层沉积物保存碳的能力差,对 OC 来说尤为如此,而 IC 则略有不同,在该区北部,由于离黄河扩散系统物质源近,并且环流分布格局有季节性变化(苏育嵩等,1989),有可能接受一定量的现代陆源碳酸盐和钙质生物碳酸盐沉积。据此可将研究区的现代海底固碳能力分为:强固碳能力的中陆架泥质区,弱固碳能力的中陆架砂质区和基本无固碳能力的外陆架砂质区。

3 结语

本文首次对东海中陆架泥质区及其周边表层沉积物碳的分布作了较全面的阐述,得出其主要控制因素是沉积动力作用过程及其它们的时空变化,并由此划分出研究区现代海底不同固碳能力区。研究区 IC 含量明显高于 OC 含量。OC 含量主要受控于粒度大小,与适合细颗粒沉积的沉积动力环境以及低 Eh 值的海底物化条件密切相关。IC 的分布受不同物源影响明显,其分布与该区的环流格局相对应,主要受控于研究区的沉积动力环境及其时空变化。研究区现代海底固碳能力可分为强固碳能力的中陆架泥质区,弱固碳能力的中陆架砂质区和基本无固碳能力的外陆架砂质区。

参 考 文 献

- 申顺喜,陈丽蓉,高良等,1993. 南黄海冷涡沉积和通道沉积的发现. 海洋与湖沼,24(6): 563—570
- 杨作升,1988. 黄河、长江、珠江沉积物中粘土的矿物组合、化学特征及其与物源区气候环境的关系. 海洋与湖沼,19(4): 336—346
- 宋金明,李 延,1991. 东海沉积物间隙水中的碳酸盐及铁锰的控制体系. 海洋与湖沼,22(2): 155—161
- 苏育嵩,李凤歧,马鹤来等,1989. 东海北部底层冷水团的形成及其季节性变化. 青岛海洋大学学报,19(1): 1—14
- 郭志刚,杨作升,王兆祥,1995. 黄东海水团发育对底质沉积物分布的影响. 青岛海洋大学学报,25(1): 75—83
- 秦蕴珊,郑铁民,1982. 东海大陆架沉积物分布特征的初步探讨. 黄、东海地质. 北京: 科学出版社,31—51
- Demaster D J, Mckee B A, Nittrouer C A *et al*, 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

Hu D X, 1984. Upwelling and sedimentation dynamics: 1. The role of upwelling in sedimentation in the Huanghai Sea and East China Sea—A description of general features. *Chin J Oceanol Limnol*, 2(1):12—19

Milliman J D, Qin Y S, Park Y A, 1989. Sediments and sedimentary processes in the Yellow and East China Seas. Tokyo: Terra Scientific Publishing Company, 233—249

Yang Z S, Saito Y, Guo Z G *et al*, 1994. Distal mud area as a material sink in the East Chincso Sea. Iseki K, Koike I, Tsunogai S *et al* eds. Proceedings of International Symposium on Global Fluxes of Carbon and its Related Substances in the Coastal—Ocean—Atmosphere System. Hokkaido University (Sapporo), Japan, 1—6

DISTRIBUTION PATTERN OF CARBON STORAGE IN THE SURFICIAL SEDIMENTS IN THE MIDDLE CONTINENTAL SHELF MUD AREA AND ITS ADJOINING EAST CHINA SEA AREAS

GUO Zhi-gang, YANG Zuo-sheng, QU Yan-hui, LI Yu-ying, CUI Qing

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

Abstract Analyses of grain size using sieve and sedimentation methods ($< 0.063\text{mm}$), concentrations of inorganic carbon (IC) using volumetric method and concentrations of organic carbon (OC) using element instrument analysis of 35 surface sediment samples collected from the middle continental shelf mud area and its adjoining East China Sea areas in 1987 and 1994 respectively, were carried out. The results show that the middle continental shelf mud area is associated with high concentrations of OC. The OC decreases from the center of the mud area towards its adjacent sand areas. The distribution of concentrations of IC can be divided into 4 subprovinces, namely, relative high IC in the coastal area, low IC in the middle continental shelf sand area, high IC in the middle continental shelf mud area and highest IC in the outer continental shelf sand area. On the basis of the analysis for 11 surficial sediment samples, the concentrations of IC are higher than those of OC. The concentrations of OC is a closely related to the grain size, indicating that the distribution pattern of OC in the surface sediments is mainly controlled by the organism production of the above sea water, the sedimentary dynamic environment in association with the circulation system, and the conditions of physical chemistry on the sea-floor. In contrast, the distribution pattern of IC is related to the support amount of different source of carbon, and has a good correspondence to the distribution of circulation system, indicating that the distribution pattern of IC is mainly controlled by the sedimentary dynamic environment and its spatial and temporal changes, especially the seasonal change in the circulation system of the study area. Based on the ability for modern carbon adsorption of the sea-floor, the study area can be fallen into 3 typical areas, namely, the middle continental shelf mud area with high carbon storage, middle continental shelf sand area with low carbon storage and the outer continental shelf sand area without the storage of carbon.

Key words Surface sediments Organic carbon Inorganic carbon The distribution pattern of carbon Ability of carbon's catch in the sea-floor

Subject classification number P734