

文章编号 :1000-0550(2000)02-0284-06

东海陆架泥质区沉积地球化学比较研究^①

郭志刚 杨作升 曲艳慧 范德江

(青岛海洋大学海洋地球科学学院 山东青岛 266003)

摘要 利用东海陆架泥质沉积区和周围砂质沉积区的表层沉积物元素含量和海水悬浮沉积物总量分析资料,对泥质区的沉积地球化学进行了比较研究。结果表明东海不同泥质区的沉积地球化学过程很不相同。浙江近岸泥质区沉积物元素以 Fe、Mn、Zn 的含量高,Na、Sr、Al、Ca 的含量低为特征,其地球化学特征与长江沉积物非常一致。近岸泥质区的沉积物基本来源于长江输入海的沉积物,在台湾暖流的作用下沉积在浙江沿岸。远岸济州岛西南泥质区沉积物以 Na、Sr 的高含量,较高的 Al、Ca 含量和低的 Fe、Mn、Zn 含量为特征,其地球化学特征与黄河源沉积物有好的相关性,但有一定的混合源性质,该泥质区的沉积物主要来源于黄河源的细颗粒沉积物,由黄海沿岸流搬运到该区并沉积下来。沉积物在搬运沉积过程中,元素粒度分异作用明显。东海陆架泥质区沉积地球化学过程的控制性影响因子是东海环流系统和物源,其中台湾暖流对东海陆架远岸和近岸泥质区的沉积地球化学分区具有关键作用。

关键词 表层沉积物 地球化学特征 沉积动力作用 物源 东海陆架泥质区

第一作者简介 郭志刚 男 1963 年出生 副教授 海洋沉积学 海洋地球化学

中图分类号 P736.4⁺1 **文献标识码** A

东海陆架在砂质沉积区的背景上分布着两大块细颗粒泥质沉积区^[1,2],即远岸济州岛西南泥质沉积区和近岸浙江沿岸泥质沉积区(图 1),其中浙江沿岸泥质区又分为北部泥质区和南部泥质区,两亚区之间以粉砂沉积分隔。有关东海陆架沉积物的地球化学已有许多学者作了研究,取得了大量成果^[3-8]。泥质沉积区是东海现代陆架的沉积中心,是物质的“汇”^[2,9],因此对东海陆架物质通量和陆海相互作用的研究至关重要,为此近年来一些研究者对泥质区沉积物的地球化学进行了专门的探讨^[9-13]。但将东海陆架不同泥质区的沉积物地球化学性质进行比较,并结合沉积动力环境进行研究还少有报道。本文利用东海泥质区及其周围砂质区海底表层沉积物的地球化学分析资料、海水悬浮沉积物(悬浮体)和温、盐资料探讨东海陆架不同泥质区的沉积地球化学规律,以期更好地了解泥质区沉积物的物源、转移和归宿。

1 取样和分析方法

表层沉积物由蚌式挖泥斗取得。元素含量分析采用全样完全消化方法,将沉积物样品处理成溶液,然后由法国诺比公司生产的 JY-240 型 ICP-AES 元素分析仪测得,相对误差不超过 5%。悬浮沉积物是指悬浮在海水中的一切颗粒物质。采样用 2500 ml 塑料采水器分层取,表层水样则用塑料水桶。取得的水样在

考察船上经双层微孔滤膜(直径 47 mm,孔径 0.45 μm)过滤、洗盐、称重即得悬浮沉积物重量,单位 mg/l。

2 结果分析

2.1 东海远近岸泥质区表层沉积物地球化学特征对比

由远近岸泥质区典型站位沉积物粒度和元素含量比较可知,济州岛西南泥质区 111 站表层沉积物为粉砂质粘土,以 Na、Sr 的高含量,Al、Ca 的较高含量和低的 Fe、Mn、Zn 含量为特征,主要元素含量分布模式为 Al>Fe>Ca>Na>K>Mg;浙江近岸北部泥质区 403 站表层沉积物为粘土质粉砂,以 Fe、Mn、Zn 的高含量,Na、Sr 的低含量为特征,主要元素含量分布模式为 Al>Fe>Ca>(Mg、K)>Na;浙江近岸南部泥质区 C1 和 C2 站表层沉积物为粘土质粉砂,以 Fe、Mn、Zn 的高含量,Na、Sr、Ca 的低含量为特征,Al 和 Fe 含量比其北部泥质区要低一些,主要元素含量的分布模式为 Al>Fe>Ca>Na>K>Mg>Na(Mg 和 K 含量很接近)。因此远近岸泥质区沉积物的地球化学性质很不相同,而浙江近岸南北部泥质亚区地球化学性质非常一致。

2.2 403 站和 32°N 断面表层沉积物元素含量特征和粒度分布的对应

图 2 包括了东海远近岸泥质沉积区及其周围的砂

① 国家自然科学基金(批准号:49676289)资助项目

收稿日期:1999-09-15 收修改稿日期:1999-11-09

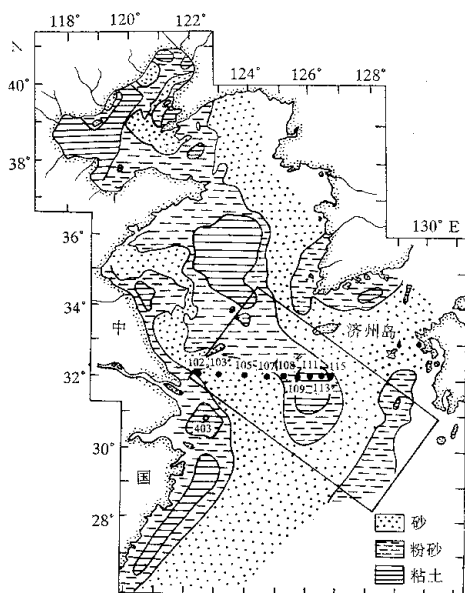


图 1 研究海域和站位

Fig. 1 The study area and stations

质沉积区, 可发现 Fe、Al、Na、Mg、Zn 的高含量集中于细粒级沉积物分布区, 砂质沉积区这些元素含量很低, 表现出明显的“粒控性”; Ca、Sr 远离海岸总体含量增加, 与沉积物粒级大小关系较小; Mn 在细粒级沉积物分布区具有较高的含量, 表现出一定的“粒控性”。Fe、Al、Na、Mg、Zn 以及 Mn 的“粒控性”表明这些元素与陆源类矿物如粘土矿物、长石和云母等密切相关^[3], 同时也与 Fe、Mn、Al 等元素容易以胶体形式进行搬运和沉积作用有关。Ca、Sr 与沉积物粒级大小关系较小, 它们主要与海洋源和陆源碳酸盐的量有关^[3, 11], 陆源碳酸盐主要集中于细粒级(粉砂和粘土粒级)中^[7, 10, 14]。

表 1 111 站、403 站、C1 和 C2 站表层沉积物粒度参数

Table 1 Characteristics of grain-size of surface sediments at stations 111, 403, C1 and C2

站位	砂/%	粉砂/%	粘土/%	中值粒径(φ)	分选系数
111 站	1.54	36.14	62.3	9.12	2.51
403 站	0.72	60.89	38.89	6.87	1.91
C1 站	0.4	75.0	25.0	6.0	1.29
C2 站	0.7	62.4	36.9	6.7	2.5

3 东海陆架泥质区沉积地球化学规律

3.1 陆架不同泥质区沉积物地球化学性质的亲缘性 东海陆架远近岸泥质区沉积物的元素含量和分布

模式均区别很大, 再从元素的“粒控性”分析, 具有更细粒级沉积物的远岸泥质区 111 站应比近岸泥质区的 403、C1 和 C2 站沉积物富含 Fe、Mn、Zn 等元素, 但结果刚好相反, 这都表明了其物源的不同。浙江近岸北部和南部泥质区沉积物的地球化学性质非常一致, 表明它们源于同一物源。

表 2 111、403、C1 和 C2 站表层沉积物元素含量
Table 2 Contents of elements of surface sediments at stations 111, 403, C1 and C2

元素	Fe /%	Al /%	Na /%	K /%	Ca /%	Mg /%	Mn ×10 ⁻⁶	Sr ×10 ⁻⁶	Zn ×10 ⁻⁶
111 站	4.76	8.23	2.65	2.43	4.01	2.19	664	193	142
403 站	5.65	7.62	1.41	2.35	3.79	2.35	993	149	174
C1 站	5.02	5.78	1.52	2.26	3.45	2.14	790	131	147
C2 站	5.51	6.07	1.53	2.5	3.19	2.13	891	120	182

浙江近岸泥质区主要元素的含量特征和分布模式与长江沉积物主要元素的含量特征和分布模式(Al > Fe > Ca > K > Mg > Na)^[3]非常一致, 但主要元素含量大多比文献 3 所报道的长江沉积物高, 原因可能为: 1) 粒度分异作用。因为近岸泥质区沉积物粒度细于长江悬浮沉积物的粒度, 这些元素除 Ca 和 Sr 外都相对集中于细粒级沉积物中。文献 7 是小于 2 微米粒级的长江沉积物样品分析, 主要元素数据都比文献 3 和 15 高, 这也表明了粒度的分异作用。南部泥质区沉积物粒度与北部泥质区相近, 但 Al 和 Fe 含量低, 这可能与胶体沉积作用有关, 长江中相当部分 Fe 和 Al 以胶体的形式搬运^[7], 北部泥质区距长江口近。2) 长江沉积物各家所提供的元素含量资料由于采样地点和季节(如洪季和枯季)的不同而很不相同(表 3), 但共同的地球化学特征是具有高的 Fe、Mn、Zn 含量。近岸泥质区 Ca 的相对高含量反映了海洋生物碳酸盐源的贡献^[11]。因此近岸泥质区沉积物的地球化学特征与长江沉积物很一致, 两者表现出明显的亲缘性。远岸济州岛西南泥质区主要元素的含量分布模式除 Ca 有区别外, 与黄河源沉积物这些元素的含量分布模式(Al > Ca > Fe > Na > K > Mg)^[3]一致, 但与文献 3 比较, 所有研究元素都比黄河沉积物高, 其原因与上述分析相同。黄河沉积物共同的特征是具有高的 Ca、Na、Sr 含量和低的 Fe、Mn、Zn 含量(表 3)。因此该泥质区沉积物地球化学特征与黄河源沉积物相近, 但 Ca 含量相比文献 7 和 15 显得不太高, 并且该区的 Ca 有部分来源于生物碳酸盐^[10, 11], 这本应该增加 Ca 的含量, 但情况并非如此, 这可能说明该区的沉积物地球化学性质除与黄河源沉积物表现出强的亲缘性外, 还与生物源甚至其

他源沉积物有一定的关系。

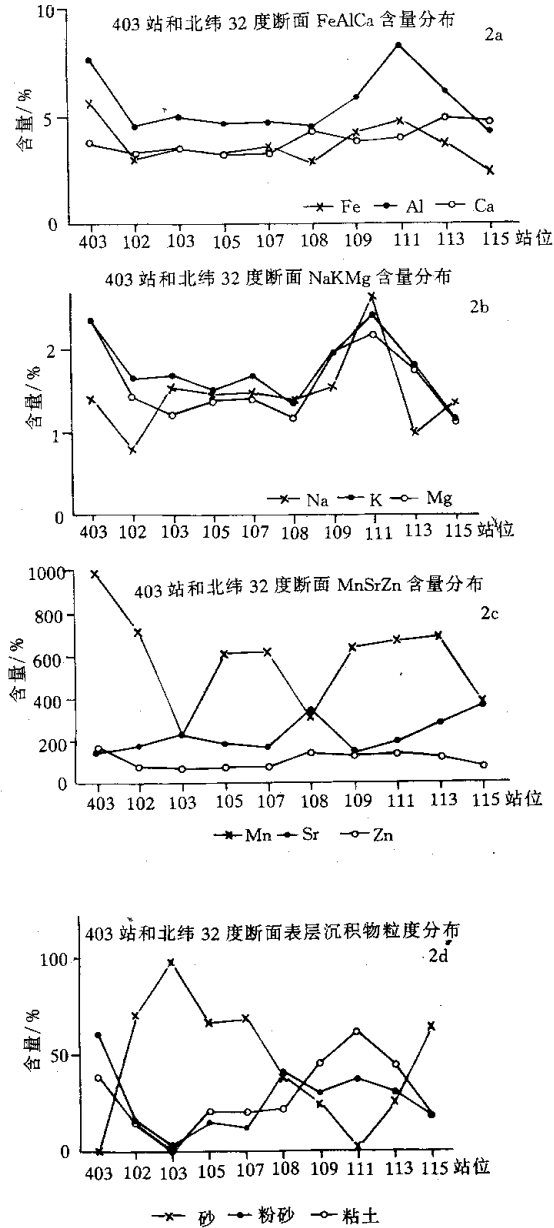


图 2 403 站和 32°N 断面表层沉积物元素含量和粒度分布

Fig. 2 Distributions of contents of elements and grain-size of surface sediments along station 403 and section 32°N

3.2 东海沉积动力环境对泥质区沉积物地球化学性质的影响

在 32°N 断面 123°30'E 附近有一悬浮沉积物含量的低值区将该断面悬浮沉积物含量分布分成东西两个高值区(图 3)。该悬浮沉积物低值区与相对高温、高盐的水体相对应,该水体应为台湾暖流向北的前缘

水^[16]。从 124°E 到 125°E 的悬浮沉积物高含量区与低温低盐的水体相对应,该水体为黄海沿岸流水^[16]。从图 4 同样看到这一悬浮沉积物低值区的存在,并且与台湾暖流相对应,而其东外缘的悬浮沉积物高含量分布区可与黄海沿岸流相对应^[13,16]。由此表明“洁净”的台湾暖流阻挡了现代长江沉积物向东海中外陆架的输送^[17],这种作用在其他季节也存在^[18]。因此,现代长江源物质很少能输送到济州岛西南泥质区,但来源于苏北老黄河口的水下三角洲再悬浮泥沙可经黄海沿岸流搬运到该区,并在本区环流-涡流的动力作用下而沉积下来^[13,18]。长江径流带入海的沉积物由于受到科氏力的作用其泥沙的主要部分向南偏转转移,在台湾暖流的“顶托”作用下沉积在 123°E 以西的浙江沿岸,形成近岸泥质沉积区,所以其沉积物表现为长江源沉积物特征。因此东海动力环境对陆架不同泥质区的地球化学性质有着控制性作用。

4 东海陆架泥质区沉积地球化学过程分析

东海陆架沉积物地球化学特征和沉积动力环境分析表明,近岸泥质区沉积物元素含量特征与长江沉积物相一致,沉积物基本来源于现代长江输入海的沉积物。长江径流带入海的沉积物由于受到台湾暖流的“顶托”作用而沉积在浙江沿岸,形成近岸泥质沉积区。长江源物质很少能输送到济州岛西南泥质区,该区的沉积物物源主要来源于苏北老黄河口的水下三角洲再悬浮泥沙中的粘土和细粉砂部分,经黄海沿岸流搬运到该泥质区,并在该区涡流的动力作用下而沉积下来,沉积物的地球化学特征与黄河源沉积物相近。由于济州岛西南泥质区及其周围流系的复杂性和季节性的变化^[16,17,18],泥质区周围砂质区的再悬浮的细粒沉积物也可能输入到该泥质区而沉积下来,因此济州岛西南泥质区沉积物主体来源于黄河源细粒沉积物,但混合有一定的生物源和其他源沉积物。东海远近岸泥质区沉积物从各自的物源区向泥质区的搬运和沉积过程中其元素地球化学性质都具有明显的粒度分异作用,表现为陆架泥质区沉积物的地球化学性质与其各自的物源具有很好的继承性,但也有区别。东海陆架不同泥质区的沉积地球化学过程很不相同,其控制性影响作用是东海环流和沉积物物源,尤其台湾暖流是形成东海陆架远近岸泥质区沉积地球化学分区的关键因素。

5 结语

本文对东海陆架不同泥质区沉积物的地球化学特征进行了比较研究,并从沉积动力环境入手,探讨了东

海远近岸泥质区的沉积地球化学过程。结果表明浙江

表 3 长江和黄河沉积物中各元素含量

Table 3 Contents of elements of sediments from Changjiang and Huanghe Rivers

元素	Fe/%	Al/%	Na/%	K/%	Ca/%	Mg/%	Mn/×10 ⁻⁶	Sr/×10 ⁻⁶	Zn/×10 ⁻⁶
赵一阳 1994 ^[3]	3.85	6.5	0.91	1.83	2.86	1.33	810	150	78
长江									
杨作升 1988 ^[7]	11.5	22	1.2	--	3.9	2.8	1800	--	--
Li 1984 A ^[15]	5.7	9.7	0.5	--	2.6	1.4	1150	130	100
Li 1984 B ^[15]	5.4	9.7	0.65	--	3.0	1.3	960	170	115
黄河									
赵一阳 1994 ^[3]	2.2	8.7	1.63	1.61	3.29	0.84	450	220	40
杨作升 1988 ^[7]	7	20.8	2.0	--	10.8	2.8	1300	--	--
Li 1984 ^[15]	3.2	8	0.9	--	6	1.3	800	220	75

注 : 1) 赵一阳和 Li 1984 为全粒级沉积物样品分析, 杨作升 1988 为提取小于 2 微米粒级沉积物样品分析 ; 2) Li 1984A 近长江口 1980 年 6 月 14 日悬浮颗粒物元素含量, Li 1984B 近长江口 1980 年 8 月 5 日悬浮颗粒物元素含量, Li 1984 近黄河口 1981 年 9 月 15 日悬浮颗粒元素含量。

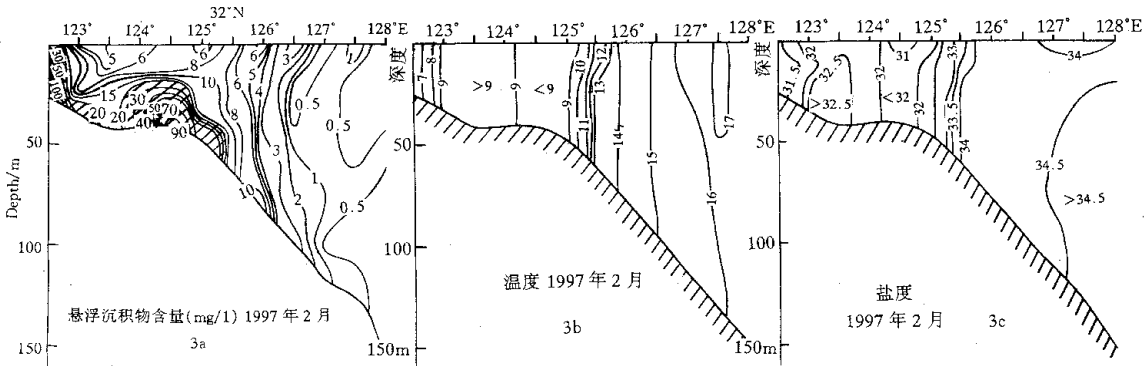


图 3 冬季 32°N 断面悬浮沉积物 (mg/l) (a)、温度 (°C) (b) 和盐度 (‰) (c) 分布
Fig. 3 Distributions of total suspended sediments (a), temperature (°C) and salinity (c) along section 32°N in winter

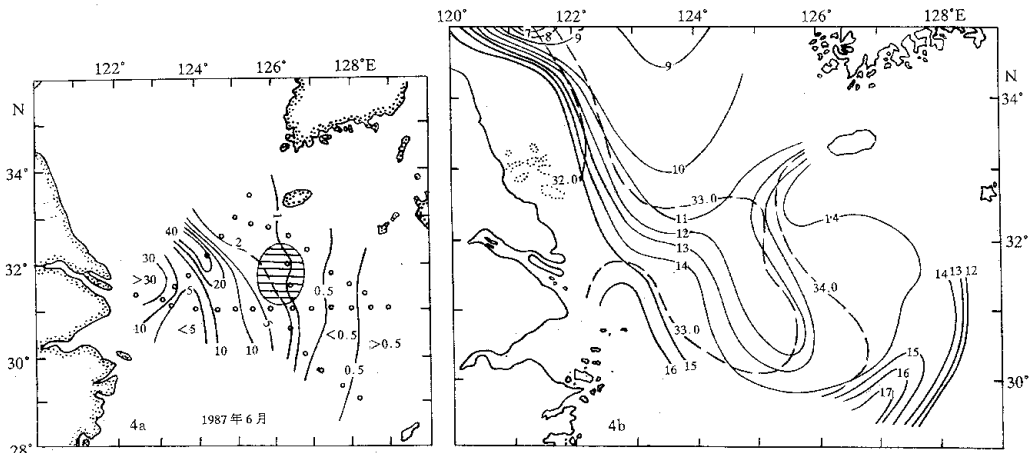


图 4 初夏东海底层水体悬浮沉积物 (mg/l) (a)、温度 (°C) 和盐度 (‰) (b) 分布 (1987 年 6 月) (4b 据苏育高等 1989^[16])
Fig. 4 Distributions of total suspended sediments (mg/l) (a), temperature (°C) and salinity (‰) (b) in bottom water in the East China Sea in early summer (June, 1987) (4b is from Su et al., 1989^[16])

近岸泥质区沉积物地球化学特征与长江沉积物非常一致, 富含 Fe、Mn、Zn, 贫 Na、Sr、Ca 元素。济州岛西南

泥质区以 Na、Sr 的高含量,较高的 Al、Ca 含量和低的 Fe、Mn、Zn 含量为特征,其地球化学特征与黄河沉积物接近。浙江近岸泥质区的沉积物基本来源于长江输入海的沉积物,在台湾暖流的“顶托”作用下沉积在浙江沿岸。济州岛西南泥质区的沉积物主体来源于黄河源的细颗粒沉积物经黄海沿岸流搬运到该区而沉积下来。东海陆架远岸和近岸泥质区的沉积地球化学过程很不相同,其控制性影响因子是东海环流和沉积物物源。

参 考 文 献

- 1 秦蕴珊,郑铁民. 东海大陆架沉积物分布特征的初步探讨,黄东海地质[C]. 北京: 科学出版社, 1982. 39~51
- 2 Saito Y, Yang Z S. Historical change of the Huanghe(Yellow River) and its impact on the sediments budget of the East China Sea , Proceedings of international symposium on the global fluxes of carbon and its related substances in the coastal - ocean - atmosphere system [C]. Hokkido university(Sapporo), Japan , 1994 . 7~12
- 3 赵一阳, 鄢明才. 中国浅海沉积物地球化学 [M]. 北京: 科学出版社, 1994. 1~9
- 4 王贤觉. 东海大陆架海底沉积物稀土元素地球化学 [J]. 地球化学, 1982 (1) 56~65
- 5 李柚霞. 东海陆架沉积物的中子活化分析和地球化学研究 [J]. 海洋学报, 1986 (2) 566~572
- 6 陈松, 许爱玉. 长江口表层沉积物 Fe、Mn、Zn、Co、Ni 的地球化学特征 [J]. 台湾海峡, 1987 (1) :13~19
- 7 杨作升. 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 [J]. 海洋与湖沼, 1988 (4) 336~346
- 8 郭志刚、杨作升、王兆祥. 黄东海水团发育对底质沉积物分布的影响

- [J]. 青岛海洋大学学报, 1995, 25(1) :75~84
- 9 Yang Z S, Saito Y, GUO Z G, Cui Q. Distal mud area as a material sink in the East China Sea , Proceedings of international symposium on the global fluxes of carbon and its related substances in the coastal - ocean - atmosphere system [C]. Hokkido university(Sapporo), Japan , 1994. 1~6
- 10 郭志刚, 杨作升, 曲艳慧. 东海中陆架泥质沉积区及其周边表层沉积物碳的分布与固碳能力的研究 [J]. 海洋与湖沼, 1999, 30(4) : 421~426
- 11 郭志刚, 杨作升, 范德江, 李保利. 东海中陆架泥质区及其周边钙、锶、钡的地球化学特征 [J]. 青岛海洋大学学报, 1998, 28(3) :481~488
- 12 申顺喜, 陈丽蓉, 高良, 李安春. 南黄海冷涡沉积和通道沉积的发现 [J]. 海洋与湖沼, 1993, 24(6) :563~569
- 13 Hu D X. Upwelling and sedimentation dynamics I : The role of upwelling in sedimentation in the Huanghai Sea and East China Sea - a description of general features [J]. China J. Ocean. Limol. 1984, 2 (1) :12~19
- 14 Yang Z S, Wang Z X, Qu J Z, Zhen A F. Study on carbonates from the coastal zone of the Yellow River delta and adjacent Bohai Gul [J]. 青岛海洋大学学报, 1989, 19(3) :91~99
- 15 Li Yuanhui, Teraoka Hisayuki, Yang Zuosheng, Chen Jingsheng. The elemental composition of suspended particles from the Yellow and Yangtze rivers [J]. Geochimica et cosmochimica Acta, 1984, 48 : 1561~1564
- 16 苏育嵩, 李凤岐, 马鹤来, 钱清瑛. 东海北部区域底层水团的形成及其季节变化 [J]. 青岛海洋大学学报, 1989, 19(1) :1~14
- 17 杨作升, 郭志刚, 王兆祥, 许景平, 高文兵. 黄东海陆架悬浮体向其东部深海输送的宏观格局 [J]. 海洋学报, 1992, 14(2) :81~90
- 18 郭志刚, 杨作升, 雷坤, 曲艳慧, 范德江. 东海陆架北部泥质区沉积动力过程的季节性变化规律 [J]. 青岛海洋大学学报, 1999, 29(3) : 507~513

Study on Comparison Sedimentary Geochemistry of Mud Area on East China Sea Continental Shelf

GUO Zhi-gang YANG Zuo-sheng QU Yan-hui FAN De-jiang

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

Abstract

The comparison of sedimentary geochemistry for mud areas on the East China Sea continental shelf (ECSCS) was carried out based on the contents of elements of surface sediments and concentrations of total suspended sediments (TSS) in the seawater from mud areas and their ambient sand areas. The results show that the processes of sedimentary geochemistry of different mud areas on ECSCS are very different. The surface sediments from the Zhejiang Coastal Mud Area (ZCMA) occupy high contents of Fe , Mn , Zn and low contents of Na , Sr , Al and Ca. The geochemical characters of surface sediments from ZCMA have a very close correspondence to those of Changjiang (Yangtze River) sediments , indicating that almost all sources of sediments in ZCMA are from modern Changjiang discharge sediments in addition to a little bit biogenic sediments. The modern Changjiang sediments to the sea are deposited in the Zhejiang Coast because of the obstruction of Taiwan Warm Current. Whereas , the surface sediments from the Southwestern Cheju Island Mud Area (SCIMA) are characterized with high contents of

Na , Sr , relative high contents of Al , Ca and low contents of Fe , Mn , Zn. The geochemical characters of surface sediments from SCIMA have a good relation to those of Huanghe (Yellow River) source. But there are somewhat mixed characters including biogenic and other source sediments in SCIMA. It is indicated that the main source of sediments in SCIMA is from fine - grained sediments of Huanghe source. The Huanghe source sediments are chiefly from the resuspended sediments in the old Huanghe estuary located in the Northern Jiangsu province. Then , the Huanghai (Yellow Sea) Coastal Current transports the fine - grained sediments from old Huanghe estuary to the SCIMA. Therefore , the controlling factors for the sedimentary geochemistry of different mud areas on ECSCS are the current system in the East China Sea and the source of sediments. Especially , the Taiwan Warm Current plays a key role to the sedimentary geochemistry division between ZCMA and SCIMA in the study area.

Key words surface sediments geochemical characteristics sedimentation source mud areas on the East China Sea continental shelf