

# 南黄海表层沉积物微量元素地球化学特征

蓝先洪, 张志珣, 李日辉, 张志忠

(青岛海洋地质研究所, 青岛 266071)

**摘要:** 分析了在南黄海采集的295个站位的表层沉积物样品的微量元素含量和500个站位的粒度参数, 研究了南黄海沉积物微量元素含量、平均粒径和判别函数的分布特征及微量元素、沉积物类型和平均粒径的相关性。南黄海沉积物微量元素分布由于物质来源和与沉积物类型相关性的不同, 表现出明显不同的分布规律; Sr分布与黄河、长江和生物碎屑碳酸盐的贡献有明显关系; Ba分布与黄河、锦江物质供给有关; 东部Rb元素分布反映了韩国河流沉积物对南黄海东部的影响; Co分布反映了长江物质的迁移方向。Ba和Cu与沉积物类型相关性不明显, 不受沉积物粒度控制; Sr、Co、Rb则可以用于区分黄河、长江和韩国河流沉积物的来源。

**关键词:** 微量元素; 表层沉积物; 分布; 南黄海

中图分类号:P736.4

文献标识码:A

文章编号:0256-1492(2006)03-0045-07

南黄海位于中国大陆与朝鲜半岛之间, 为一个半封闭性的陆架浅海, 是一个东侧较陡、西侧较缓的宽浅海底盆地。在过去的几十年里, 我国对南黄海开展了系统的地质地球物理调查并取得了一批重要的科研成果<sup>[1-8]</sup>, 其中也开展了不少元素地球化学研究<sup>[3-8]</sup>, 同时国内外学者对南黄海的表层沉积物类型、矿物组分、地球化学特征及其微体古生物等进行了大量研究<sup>[6-12]</sup>, 但这些研究大多集中于某一区域或侧重于南黄海西侧, 对南黄海东部(124°以东)区域研究较少。本文依据国土资源大调查项目“1:100万南通幅海洋区域地质调查”的最新研究成果, 对南黄海表层沉积物微量元素分布特征作深入的探讨。

## 1 样品采集与分析方法

本次南通幅海洋区域地质调查于2001—2003年在南黄海区域进行了沉积物取样, 用抓斗和箱式取样器采集。室内对表层沉积物295站位样品作了微量元素分析测试。表层沉积物微量元素分析站位见图1。

本次调查对表层沉积物微量元素铷(Rb)、铜(Cu)、钒(V)、锶(Sr)、钡(Ba)、钴(Co)、镍(Ni)、铅(Pb)、铬(Cr)等进行了全面的分析测试。

室内样品分析在青岛海洋地质研究所测试中心

完成, 微量元素测定是将试样经10 mL氢氟酸、5 mL硝酸分解, 低温加热30 min, 稍冷后加2 mL高氯酸分解, 再加10 mL盐酸溶解, 制成溶液, 用等离子体质谱法(ICP-MS)进行测定。为了监控测试精度和准确度, 元素分析分别进行了若干样品的重复分析与标样分析, 结果发现分析元素的相对误差小于10%, 表明分析结果可靠。

粒度分析采用英国MALVERN公司生产的Mastersizer 2000型激光粒度分析仪对500个样品进行分析, 分析结果间隔为1/2~1/4 Φ。

## 2 结果与讨论

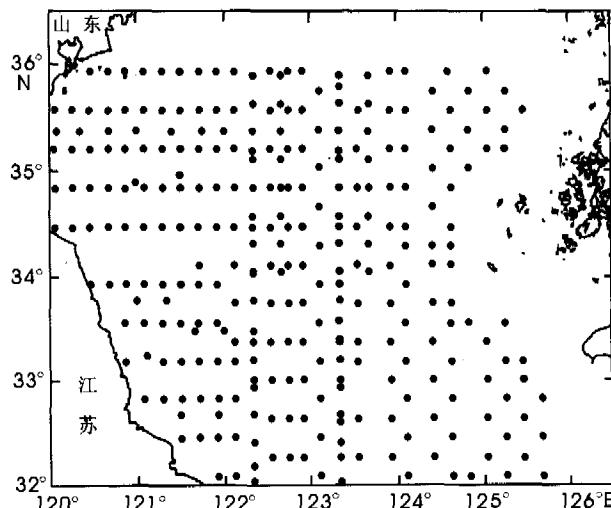


图1 南黄海表层沉积物微量元素取样站位分布

Fig. 1 The location of the sampling stations of trace elements in the South Yellow Sea

基金项目: 国土资源大调查项目(20021100001)

作者简介: 蓝先洪(1958—), 男, 研究员, 从事海洋地质与沉积地球化学研究。

收稿日期: 2005-10-25; 改回日期: 2006-02-17. 文凤英编辑

## 2.1 微量元素的丰度

对 295 个表层沉积物样品进行了微量元素测定,包括 Rb、Cu、V、Sr、Ba、Co、Ni、Pb、Cr 共 9 个元素(表 1)。Rb 含量为  $42\sim160 \mu\text{g/g}$ , 平均值为  $108.8 \mu\text{g/g}$ ; Cu 含量为  $19\sim371 \mu\text{g/g}$ , 平均值为  $98.3 \mu\text{g/g}$ ; V 含量为  $24.3\sim137 \mu\text{g/g}$ , 平均值为  $87.2 \mu\text{g/g}$ ; Sr 含量为  $105\sim451 \mu\text{g/g}$ , 平均值为  $185.8 \mu\text{g/g}$ ; Ba 含量为  $218\sim828 \mu\text{g/g}$ , 平均值为  $473.5 \mu\text{g/g}$ ; Co 含量为  $2.97\sim42.8 \mu\text{g/g}$ , 平均值为  $14.4 \mu\text{g/g}$ ; Ni 含量为  $4.03\sim58.7 \mu\text{g/g}$ , 平均值为  $30.0 \mu\text{g/g}$ ; Pb 含量为  $16\sim92.7 \mu\text{g/g}$ , 平均值为  $26.8 \mu\text{g/g}$ ; Cr 含量为  $18.4\sim148 \mu\text{g/g}$ , 平均值为  $76.6 \mu\text{g/g}$ 。

由表 1 不难看出, 南黄海沉积物微量元素的丰度具有如下特点:

(1) 南黄海沉积物中微量元素丰度大多数介于黄河、长江沉积物的丰度之间, 反映出南黄海沉积物的亲陆性和物质来源的多源性。

(2) 南黄海沉积物中微量元素的丰度普遍较高, 大部分微量元素的丰度均高于渤海、黄海和东海沉积物含量, 其中 Cu、V 和 Co 含量明显偏高, Sr 元素含量偏低。

表 1 南黄海沉积物中微量元素的丰度及与其他地区对比

Table 1 Abundance of trace elements for sediments in the South Yellow Sea

元素	Cu	V	Sr	Ba	Co	Ni	Pb	Cr	Rb	μg/g
研究区	98.3	87.2	185.8	473.5	14.4	30.0	26.8	76.6	108.8	
黄海沉积物 <sup>[5]</sup>	18	76	194	512	13	26	22	64	108	
东海沉积物 <sup>[5]</sup>	14	71	269	396	12	25	21	61	93	
渤海沉积物 <sup>[5]</sup>	22	70	202	504	11	26	20	57	102	
黄河沉积物 <sup>[5]</sup>	13	60	220	540	9	20	15	60	70	
长江沉积物 <sup>[5]</sup>	35	97	150	512	17	33	27	82	100	

## 2.2 沉积物分布

依据 Folk 分类<sup>[13]</sup>将南黄海的表层沉积物分为砾质泥质砂、泥质砂质砾、砂、粉砂质砂、粉砂、砂质粉砂、泥质砂、砂质泥、泥等。分布较广的主要为砂质粉砂、砂质泥、粉砂质砂和泥, 其中以砂质粉砂为主, 其次为砂质泥、粉砂质砂和粉砂。表层沉积物的平均粒径(Mz)为  $1.14\sim7.88 \Phi$ , 大部分分布于  $4\sim7 \Phi$ (图 2)。

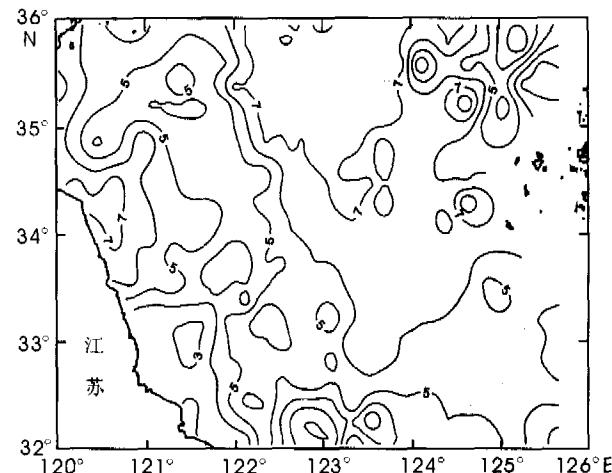


图 2 南黄海表层沉积物平均粒径分布

Fig. 2 The distribution of the mean grain size of surface sediments in the South Yellow Sea

## 2.3 沉积物中微量元素分布

Rb 元素在南黄海中部泥质沉积物中含量最高, 在泥质区周围近海粗粒沉积物中含量较低(图 3)。整体表现为中部区域 Rb 元素含量高于东、西部, 东部区域 Rb 元素含量高于西部, 高值区在南黄海中北部, 低值区在西北部海州湾中部残留沉积区。

Cu 元素在南黄海的中部含量最高, 其次在南黄海的西南角和苏北浅滩外海域含量也较高; 在西北部、东北角和苏北浅滩含量较低(图 3)。Cu 与粒度的相关程度不明显, 在粉砂中相对富集<sup>[7]</sup>。Cu 含量分布整体表现为中部区域高于东、西部, 而且多数区域呈南北向长条状分布。

Sr 元素在南黄海中北部泥质沉积区和东北角砂质区含量最低(图 3), 含量低于  $140 \mu\text{g/g}$ ; 在西北部海州湾中部残留沉积区和东南部济州岛西部含生物碎屑沉积物中含量最高。Sr 的高值区在区域上与贝壳生物富集区和钙质结核的分布区重合。

Ba 的含量分布与沉积物粒度或沉积物类型关系不大(图 3)。整个海区东部绝大部分海域沉积物中 Ba 含量大于  $500 \mu\text{g/g}$ ; 最大值出现在海区东北部砂质或粉砂质沉积物中, 达  $700 \mu\text{g/g}$ 。此外, 在南黄海北部的青岛东部海区, Ba 含量也大于  $500 \mu\text{g/g}$ 。Ba 在西北部海州湾中部残留沉积区和苏北浅滩外古黄河物质影响区含量很低, 小于  $500$  或  $550 \mu\text{g/g}$ 。

Pb 含量的异常高值出现在研究区的中北部泥质沉积区(图 4), 含量高于  $50 \mu\text{g/g}$ ; 在西北部海州湾中部残留沉积区局部含量也较高, 为  $40\sim50 \mu\text{g/g}$ 。东部和苏北浅滩及外海域 Pb 含量较低, 含量一般

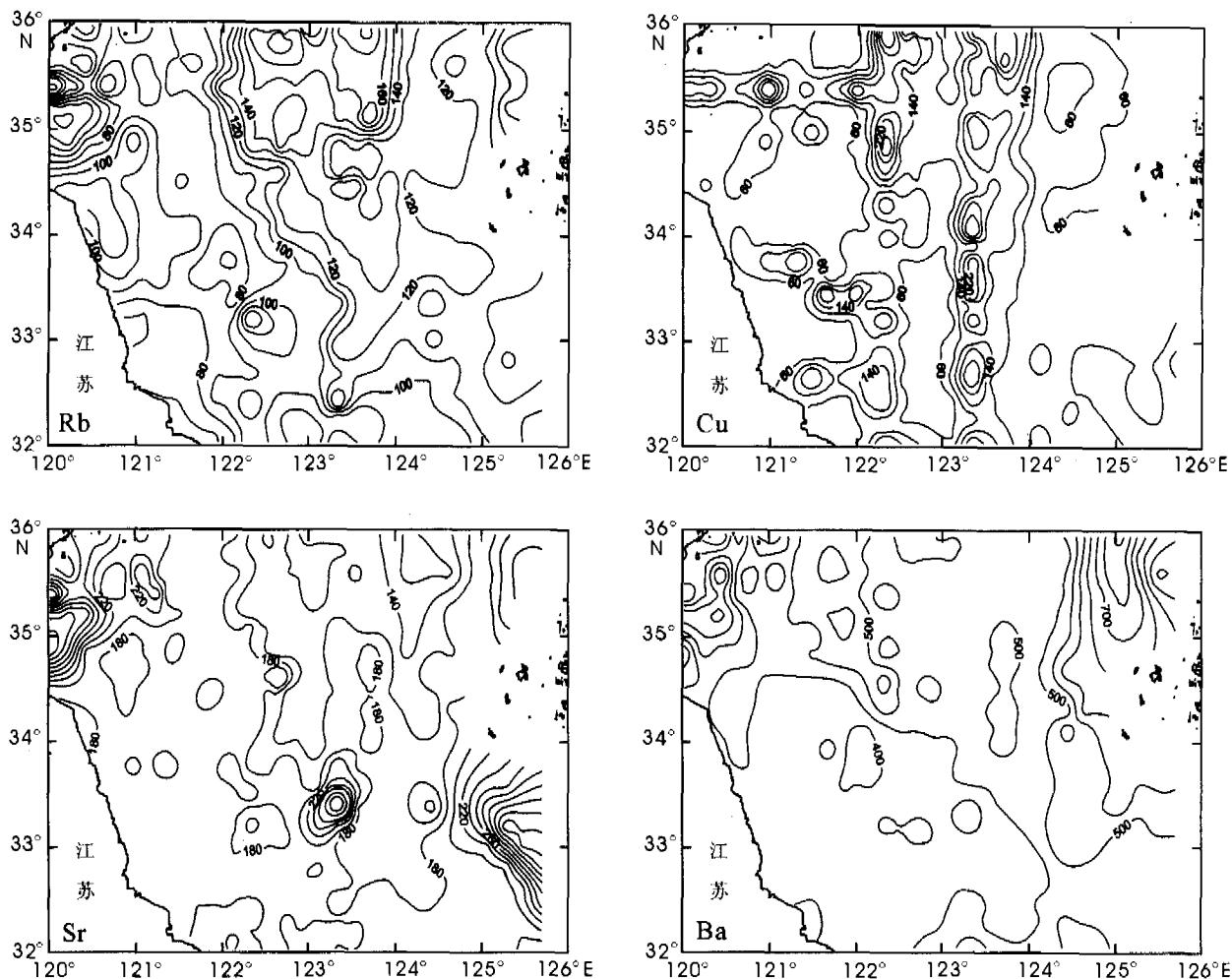


图3 南黄海表层沉积物微量元素Rb、Cu、Sr、Ba含量等值线

Fig. 3 The isogram of Rb, Cu, Sr, Ba content of trace elements in the South Yellow Sea

低于 $25 \mu\text{g/g}$ 。

Co元素在南黄海中部和苏北浅滩北部泥质沉积物中含量较高,在泥质区周围近海粗粒沉积物中含量较低(图4)。整体表现为中部区域元素含量高于东、西部,西部高于东部;高值区在研究区中北部和苏北浅滩北部,低值区出现在研究区的西北部和东北角,中部高值区呈南北偏西向分布。

Cr和Ni元素的含量分布相似(图4),在南黄海中部和苏北浅滩北部泥质沉积物中含量最高,在泥质区周围近海粗粒沉积物中含量较低,高值区在南黄海的中北部,低值区出现在南黄海的西北部和东北角。整体表现为中部区域元素含量高于东、西部。

V元素在南黄海中部泥质沉积物中含量最高,苏北浅滩北部泥质区次之;低值区出现在南黄海的西北部和东北角(图4)。整体表现为中部区域元素含量高于东、西部,中部V元素含量高值区呈南北偏东向分布。

#### 2.4 元素的相关性分析

本文计算了9个微量元素、3种沉积物类型和平均粒径共13个指标的相关系数,参加计算的样品数为295。13个指标的相关系数列于表2中,可分为相互相关5组:

(1) [Rb、Cr、Ni、V、黏土、粉砂、Mz]之间为显著正相关。

(2) [Pb、Co、Cu]之间为正相关。

(3) [Sr]。

(4) [Ba]。

(5) [砂]。

第1组与第2组之间呈正相关;

第3组、第4组、第5组与第1组、第2组之间为负相关;

第3组与第4组之间呈负相关;

第3组、第4组与第5组之间呈正相关。

分析表明,微量元素除Sr外,其余元素均与Rb

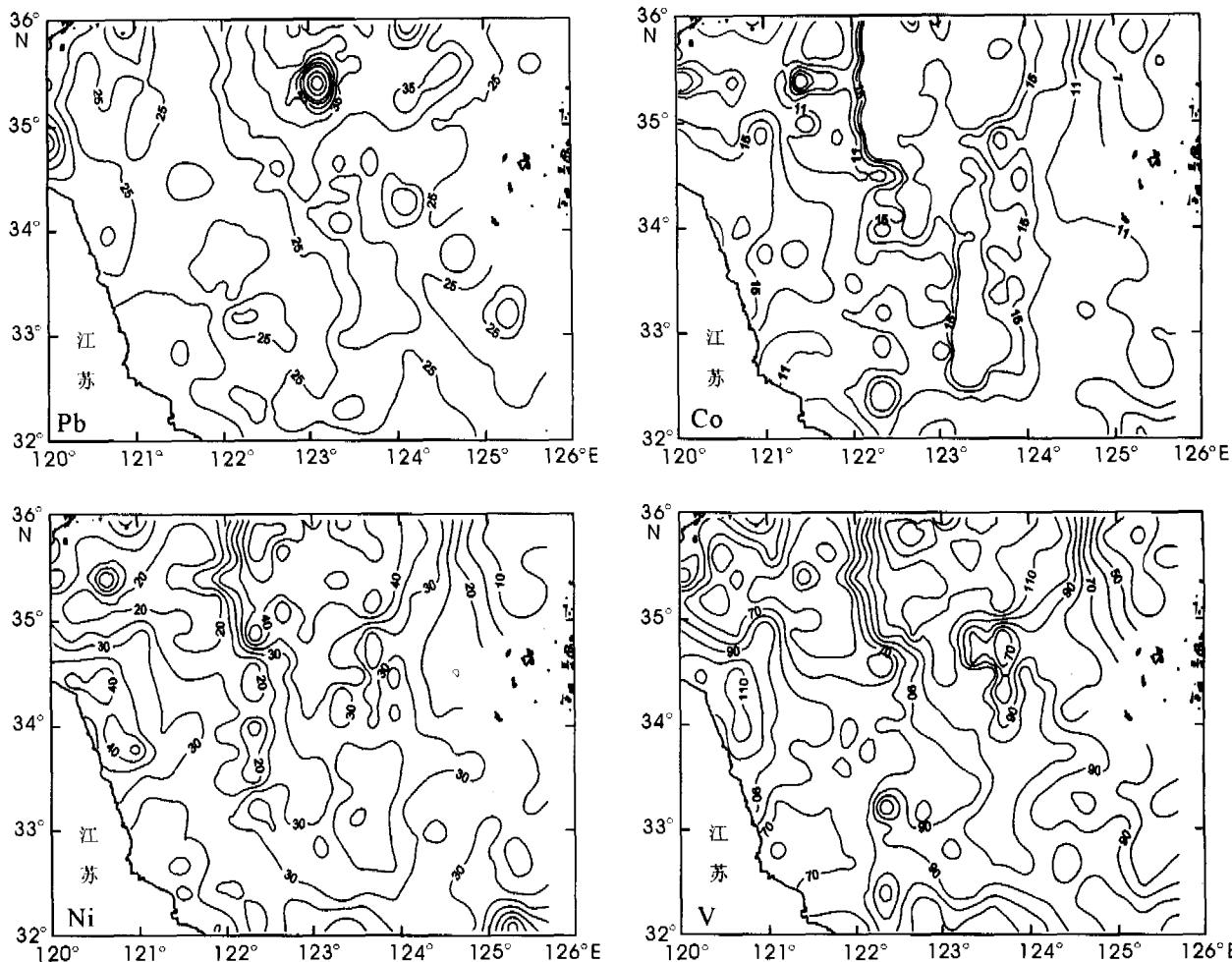


图 4 南黄海表层沉积物微量元素 Pb、Co、Ni、V 含量等值线

Fig. 4 The isogram of V, Pb, Co, Ni content of trace elements in the South Yellow Sea

呈正相关, 相关系数最大的 V 为 0.75; 黏土、粉砂和平均粒径与 Cr、Ni、V、Rb、Pb 呈明显正相关, 表明这些元素主要富集于细粒沉积物中; 粉砂与 Co 呈正相关; 砂与 Sr 呈正相关; Ba、Cu 与沉积物平均粒径、沉积物类型相关性不明显。

## 2.5 微量元素的示踪意义

在我国边缘海沉积物物源研究中, 国内外学者均广泛依据黄河沉积物中微量元素 Sr 含量高的特征来识别黄河物质在海区的扩散和分布<sup>[8,14]</sup>。黄河沉积物微量元素组成主要继承了黄河流域黄土的特征, Sr 含量高; 长江微量元素主要受该流域下古生代、中生代泥岩地层及中、上游地区石灰岩分布的制约<sup>[15]</sup>; 韩国河流流域的化学风化程度与长江相近, 表现为一些常量元素的明显淋失, 因此, 河流沉积物中相对较高的微量元素含量显然同源岩的风化累积有关。然而, 沉积物中较低的 Sr 含量并不完全是化学风化的结果, 而与流域缺乏碳酸盐沉积直接相

关<sup>[16]</sup>。

表 1 和表 3 数据表明黄河全岩沉积物的 Sr 含量显著大于南黄海东侧韩国的锦江、荣山江沉积物及长江沉积物, 这显示在南黄海沉积物物源判别中, Sr 可以作为一个可靠的示踪指标来区分黄河与长江和韩国河流沉积物的相对贡献。本文研究表明南黄海沉积物的 Sr 含量呈现出西高东低的特点(图 3), 除研究区东南部 Sr 高值区, 沉积物以灰色富含生物屑(包括各种生物贝壳和有孔虫壳体)泥质砂或砂—粉砂—泥混合物为主, 生物碎屑对总 Sr 含量的贡献可能较大外<sup>[8]</sup>, 其含量的梯度变化反映了富含 Sr 的新老黄河物质和 Sr 含量较低的长江物质及黄海暖流所携带来的东部物质的相互扩散和混合作用的结果。

南黄海沉积物 Co 含量分布的高值区(大于 12)呈斑块状向北偏东分布(图 4)。长江河流沉积物 Co 含量比较高, 南黄海 Co 含量高值区呈北北东向分布, 可能反映了长江对南黄海的物质来源所起的

作用,反映了长江物质的运移方向。Co元素判别函数值分布图(图5)也证实了这种可能。判别函数值越接近0,表明沉积物越接近长江物质组成,越大则偏离长江成分,南黄海沉积物Co与长江沉积物Co的判别函数值0.1呈北北东向分布(图5),表明这一区域南黄海沉积物组成更接近于长江组成。

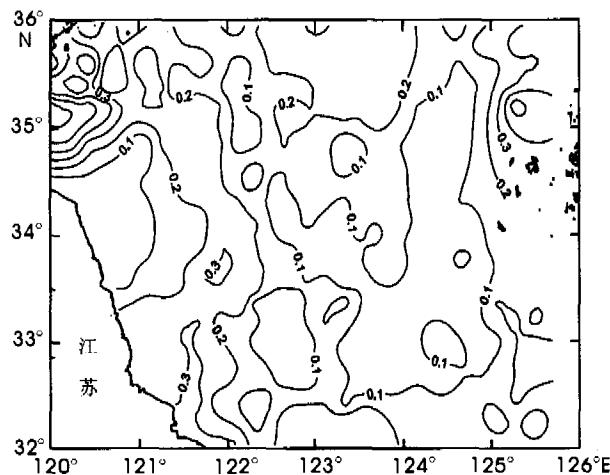


图5 南黄海表层沉积物Co元素含量判别函数值分布

Fig. 5 The differential function of Co content of surface sediments in the South Yellow Sea

南黄海沉积物中Rb元素的含量分布表现为中部区域高于东、西部,东部区域高于西部的分布特征(图3);Rb元素富集于细粒沉积物中(表2),在南黄海中部泥质沉积物中含量最高,但苏北浅滩北部泥质沉积区Rb元素含量并不很高(图3),其值仅仅相当于东部区域的Rb元素含量值;韩国河流沉积物Rb元素含量明显偏高(表3),东部Rb元素高值区

呈北北西向分布,反映了韩国河流沉积物对南黄海东部的影响。南黄海沉积物Rb与韩国河流沉积物Rb的判别函数值分布表明(图6),东部区域明显低于西部,也说明了韩国河流沉积物在南黄海的运移和影响。

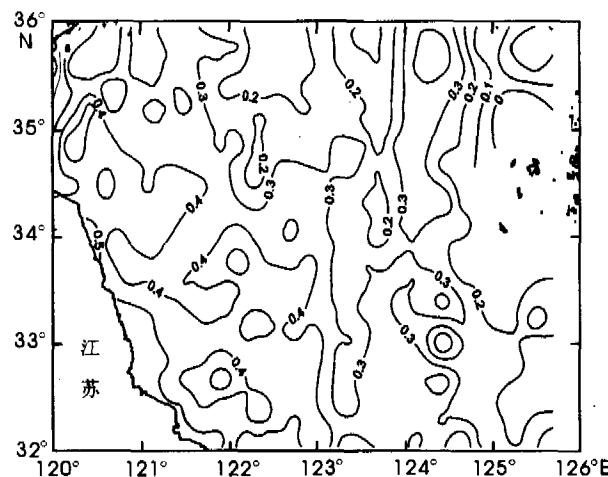


图6 南黄海表层沉积物Rb判别函数值分布

Fig. 6 The differential function of Rb content of surface sediments in the South Yellow Sea

Ba的分布呈现北部高南部低的特点(图3),Ba不受沉积物粒度的控制(表2),其分布与其他元素有着明显的不同,可能与物质来源有关。表3数据表明黄河和锦江沉积物Ba含量比较高,而长江和荣山江沉积物Ba含量相对较低。现代黄河和锦江提供的物质可能分别导致了南黄海西北部和东北部Ba含量为高值区,其分布同时反映了黄河和锦江物质在海区的扩散和运移。

表2 南黄海表层沉积物微量元素与沉积物类型的相关性

Table 2 Correlation between trace elements and sediment type of surface sediments in the South Yellow Sea

	Pb	Rb	Sr	Ba	Co	Cr	Cu	Ni	V	黏土	粉砂	砂	Mz
Pb	1												
Rb	0.54	1											
Sr	-0.19	-0.50	1										
Ba	0.15	0.34	-0.25	1									
Co	0.33	0.49	-0.11	-0.21	1								
Cr	0.36	0.69	-0.37	-0.17	0.53	1							
Cu	0.17	0.51	-0.08	-0.01	0.63	0.40	1						
Ni	0.49	0.69	-0.27	-0.23	0.59	0.79	0.39	1					
V	0.57	0.75	-0.32	-0.19	0.61	0.82	0.40	0.87	1				
黏土	0.52	0.68	-0.26	0.14	0.36	0.49	0.29	0.56	0.63	1			
粉砂	0.32	0.55	-0.29	-0.20	0.52	0.66	0.40	0.63	0.62	0.47	1		
砂	-0.50	-0.69	0.27	0.13	-0.56	-0.68	-0.42	-0.72	-0.76	-0.64	-0.92	1	
Mz	0.52	0.80	-0.33	0.11	0.48	0.61	0.38	0.64	0.70	0.67	0.72	-0.86	1

表3 黄河、长江、锦江和荣山江沉积物微量元素含量<sup>[15]</sup>对比  
Table 3 Trace element concentrations of the Yellow River, Yangtze River, Keum River and Yeongsan River sediments<sup>[15]</sup>

元素	Pb	Rb	Sr	Ba	Co	Cr	Cu	Ni	V	μg/g
黄河	17.70	76.9	218	498	8.70	42.33	14.21	19.33	50.8	
长江	38.49	114.9	147	473	17.27	74.25	50.67	40.70	106	
锦江	36.65	131.7	149	492	14.99	44.69	27.31	26.10	64.2	
荣山江	26.82	153.4	119	385	15.70	51.96	20.38	32.77	86.7	

### 3 结论

(1) 南黄海沉积物微量元素分布由于物质来源与沉积物类型相关性不同,表现出明显不同的分布规律。Cr、Ni、V 分布基本相似;Sr 分布与黄河、长江和生物碎屑碳酸盐的贡献有明显关系;Ba 分布与黄河、锦江物质供给有关;东部 Rb 元素分布反映了韩国河流沉积物对南黄海东部的影响,Co 分布反映了长江物质的迁移方向。

(2) 南黄海沉积物微量元素除 Sr 外,其余元素均与 Rb 呈正相关,相关系数最大的 V 为 0.75;黏土、粉砂和平均粒径与 Cr、Ni、V、Rb、Pb 呈明显正相关,表明这些元素主要富集于细粒沉积物中;粉砂与 Co 呈正相关;砂与 Sr 呈正相关;Ba、Cu 与沉积物平均粒径、沉积物类型相关性不明显。

(3) 现代黄河物质微量元素以高 Sr、Ba 为特征,主要沉积于南黄海的西部和中北部;海区东部物质以低 Sr、高 Rb 和 Ba 为特征,反映来自朝鲜半岛的物质对南黄海的作用。伴随着黄海暖流的向西入侵,海区东部物质向西扩散并与现代黄河物质发生程度不同的混合;长江物质以高 Co、V 为特征,其沉积物主要局限在长江口东北区域;但作为识别长江物质标志之一的 Co 分布反映了长江物质对南黄海中部区域也有所影响。

#### 参考文献(References)

- [1] 郑光膺. 南黄海第四纪层型地层对比[M]. 北京: 科学出版社, 1989. [ZHENG Guang-ying. Quaternary stratigraphic correlation in the South Yellow Sea [M]. Beijing: Science Press, 1989.]
- [2] 郑光膺. 黄海第四纪地质[M]. 北京: 科学出版社, 1991. [ZHENG Guang-ying. Quaternary Geology of the Yellow Sea [M]. Beijing: Science Press, 1991.]
- [3] 刘敏厚, 吴世迎, 王永吉. 黄海晚第四纪沉积[M]. 北京: 海洋出版社, 1987. [LIU Min-hou, WU Shi-ying, WANG Yong-ji.
- Late Quaternary deposit of the Yellow Sea [M]. Beijing: China Ocean Press, 1987.]
- [4] 秦蕴珊, 赵一阳, 陈丽蓉, 等. 黄海地质[M]. 北京: 科学出版社, 1989. [QIN Yun-shan, ZHAO Yi-yang, CHEN Li-rong, et al. Geology in the Yellow Sea [M]. Beijing: Science Press, 1989.]
- [5] 赵一阳, 颜明才. 中国浅海沉积物地球化学[M]. 北京: 科学出版社, 1994. [ZHAO Yi-yang, YAN Ming-cai. Geochemistry of Sediments of the China Shelf Sea [M]. Beijing: Science Press, 1994.]
- [6] 赵一阳, 何丽娟, 陈毓蔚. 论黄海沉积物元素区域分布格局[J]. 海洋科学, 1989, 1: 1-5. [ZHAO Yi-yang, HE Li-juan, CHEN Yu-wei. On regional distribution patterns of elements in sediments of the Yellow Sea [J]. Marine Sciences, 1989, 1: 1-5.]
- [7] 蓝先洪, 申顺喜. 南黄海中部沉积岩心的地球化学特征[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2000, 20(2): 33-38. [LAN Xian-hong, SHEN Shun-xi. Geochemical characteristics of sediments cores from the central South Yellow Sea [J]. Marine Geology and Quaternary Geology, 2000, 20(2): 33-38.]
- [8] 陈志华, 石学法, 王相芹. 南黄海表层沉积物碳酸盐及 Ca、Sr、Ba 分布特征[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2000, 20(4): 9-16. [CHEN Zhi-hua, SHI Xue-fa, WANG Xiang-qin. Distribution characteristics of carbonate as well as Ca, Sr and Ba in the surface sediments in the South Yellow Sea [J]. Marine Geology and Quaternary Geology, 2000, 20(4): 9-16.]
- [9] Lee H J, Jeong K S, Han S J, et al. Heavy minerals indicative of Holocene transgression in the southeastern Yellow Sea [J]. Continental Shelf Research, 1988, 8(3): 255-266.
- [10] Milliman J D, Shen H T, Yangand Z-S, et al. Transport and deposition of river sediment in the Changjiang estuary and adjacent continental shelf [J]. Continent Shelf Research, 1985, 4: 37-45.
- [11] 赵一阳, 李凤业, 秦朝阳, 等. 试论南黄海中部泥的来源及成因[J]. 地球化学, 1991(2): 112-117. [ZHAO Yi-yang, LI Feng-ye, QIN Zhao-yang, et al. Source and genesis mud in the central part of South Yellow Sea [J]. Geochimica, 1991 (2), 112-117.]
- [12] Lee H J, Chough S K. Sediment distribution, dispersal and budget in the Yellow Sea [J]. Mar. Geol., 1989, 87(2/4): 195-205.
- [13] Folk R L, Andrews P B, Lewis D W. Detrital sedimentary rock classification and nomenclature for use in New Zealand

- [J]. New Zealand Jour. Ged. and Geoph., 1970, 13: 937-968.
- [14] Kim G B, Yang H-S, Church T M. Geochemistry of alkaline earth elements (Mg, Ca, Sr, Ba) in the surface sediments of the Yellow Sea[J]. Chem. Geol., 1999, 153(1/4): 1-10.
- [15] 杨守业,李从先,Jung Hoi-soo,等.中韩河流沉积物微量元素地球化学研究[J].海洋地质与第四纪地质,2003,23(2):19-24. [ YANG Shou-ye, LI Cong-xian, Jung Hoi-soo, et al. Geochemistry of trace elements from Chinese and Korean riv-
- er sediments [J]. Marine Geology and Quaternary Geology, 2003, 23(2): 19-24. ]
- [16] 蓝先洪,黄河、长江和珠江三角洲近代沉积物的沉积化学特征[J].台湾海峡,1995, 14(1): 44-50. [ LAN Xian-hong. Sedimentary chemical characteristics of recent sediments in Yellow, Yangtze and Pearl Rivers Deltas[J]. Journal of Oceanography in Taiwan Strait, 1995, 14(1):44-50. ]

## GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF TRACE ELEMENTS IN THE SURFACE SEDIMENTS OF THE SOUTH YELLOW SEA

LAN Xian-hong, ZHANG Zhi-xun, LI Ri-hui, ZHANG Zhi-zhong

(Qingdao Institute of Marine Geology, Qingdao 266071, China)

**Abstract:** The trace element contents of surface sediment samples collected from 295 stations and the grain-size parameters for 500 stations in the South Yellow Sea were analyzed and the distribution characteristics of trace elements contents, average grain sizes, differential functions of sediments in the South Yellow Sea and correlation analysis between trace elements and sediment types were studied. According to the differences of the material sources and correlation between elements and sediment types of sediments in the South Yellow Sea, trace elements have obviously different distribution patterns. The distribution of Sr clearly has something to do with the Yellow River, Yangtze River and bioturbation carbonate. Ba is supplied by the Yellow River and Keum River. Rb element in the eastern South Yellow Sea suffers from the Korean rivers influence. Co distribution reflects transporting direction of matter from the Yangtze River. The distributions of Ba and Cu are not obviously correlated with sediment types and not controlled by the sediment granularity. Sr, Co and Rb can discriminate sediment sources of the Yellow River, Yangtze River and Korean rivers.

**Key words:** trace element; sediments; distribution; South Yellow Sea