

黄海、渤海埋藏古河道区沉积物的 地球化学特征

韩 桂 荣

(中国科学院海洋研究所)

徐孝诗 辛春英

(国家海洋局第一海洋研究所)

晚更新世以来,我国北方陆架海区受冰川气候变化的影响,曾经发生过多次沧桑变化及陆海变迁,黄海、渤海陆架区在冰川时期多次裸露成陆。当时陆架区发育的河流受后期海平面上升的影响而淹没在海底,进而埋藏于不同厚度的海相沉积物之下,成为陆架区的埋藏古河道。Лендберг(1972)曾认为低海面时期黄河只流入渤海而没有进入黄海,在黄海北部发现的古河道是古鸭绿江。近代我国陆架海区古地理环境变迁的研究中,又有许多关于埋藏古河道的报道(耿秀山,1981;秦蕴珊等,1988;李凡等,1991);根据古河道出现的地理位置,以及部分沉积学标志提出,晚更新世末期低海面时期,古黄河曾经在南海陆架自北向南流动(李凡等,1993)。杨子庚(1985)根据浅地层地球物理测量资料推测,末次冰期低海面时期古长江自苏北琼港附近向东北方向延伸,可达北纬 $34^{\circ}30'$ 左右。近年来又有人提出,末次冰期时期气候寒冷、干燥,陆架区处沙漠化环境。这样,晚更新世末期,渤海、黄海陆架区有无河流,陆架上发现的古河道是哪个水系的河流等便引起许多学者的思考。关于晚更新世末期的古地理环境问题尚有待于深入调查研究。然而,近期多次发表的大量高分辨地球物理调查结果表明,渤海、黄海和东海陆架区在晚更新世末期低海面时期有埋藏古河道已经基本上达到共识。在此基础上进一步确定埋藏古河道的属性,即研究古河道属于哪个水系已经成为研究我国北方陆架海区沉积作用发育历史的重要任务。本文旨在根据埋藏古河道区的样品,采用地球化学方法分析其物质来源,进而判断古河道的属性。

一、取 样 位 置

根据将今论古的基本原理推测,晚更新世末期向黄海输入泥沙的主要河流应当有古黄河、古长江、古鸭绿江及朝鲜西部的汉江等黄海周边的大河,其中主要是黄河。为了研究

* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第 2796 号。国家自然科学基金资助项目,49176265 号。
本文得到李凡教授和吴景阳教授的帮助和指导,在此一并致谢。
收稿日期: 1995 年 11 月 28 日。

古河道区的物质来源,在埋藏古河道区用重力活塞取样管采集了若干柱状样,同时对黄河、长江和鸭绿江等周边大河也采集沉积物进行了比较,朝鲜西岸的河流待今后有条件再进行补充。在进行柱状取样时,特别注意到了沿着根据地球物理资料推测的埋藏古河道地区的取样,以便研究晚更新世末期古黄河是否经过渤海和北黄海,并流向南黄海(图 1)。

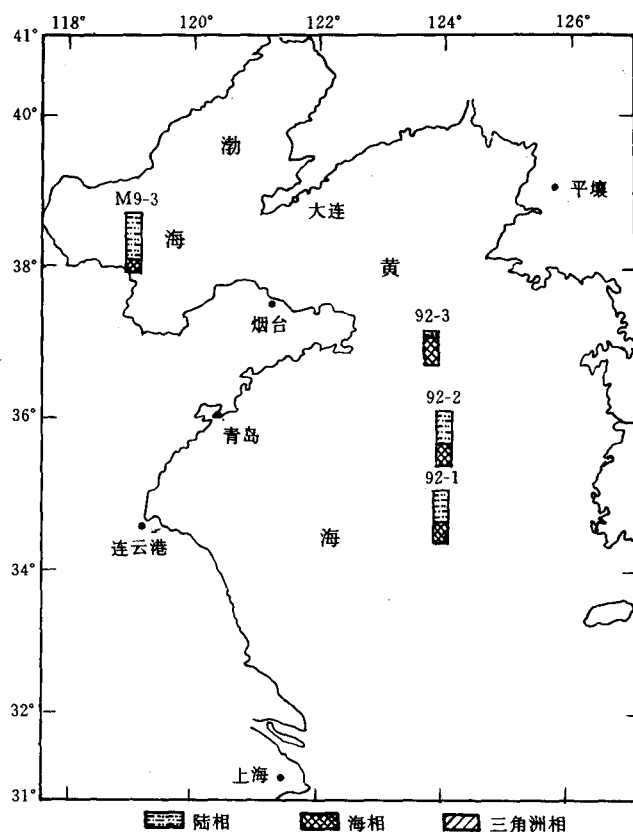


图 1 渤海、黄海钻孔位置及岩相分布

二、样品测定结果分析

由于所取样品受不同地区和环境的影响其粒度组成有很大差别,为了消除因粒度成分不同对化学元素丰度产生的影响,特将所有样品用孔径为 0.063mm 的筛子过筛,取粒径 $< 0.063\text{mm}$ 粒级的粉砂和粘土粒级,用 X 射线荧光能谱进行测定(张秀莲等,1982)。表 1 中列出了黄河等三大河流沉积物中各种元素的含量,图 2 中绘出了沿埋藏古河道分布区柱状样品中各种元素含量的垂直分布。

表 1 黄河、长江和鸭绿江表层沉积物测定结果

元 素	黄 河	长 江	鸭绿江
K	2.28	2.46	2.26
Ca	6.79	3.52	1.38
(%)			
Ti	0.386	0.521	0.698
Fe	3.64	4.25	4.66
Mn	749	1170	1530
Cr	97.5	108	127
V	126	133	143
Cu	29.50	51.33	40.00
Zn	88.00	108.3	106.0
(10 ⁻⁶)			
Pb	16.50	30.67	26.00
Rb	114	129	113
Sr	207	165	207
Y	26.33	24.50	26.00
Ba	214	348	296

从表 1 可以明显看出,黄河、长江和鸭绿江三条河流的沉积物中化学元素的含量分布各有不同,例如,Mn、Fe、Ti、Cr、V 的含量黄河最低,长江中等,鸭绿江最高;Zn、Pb、Ba、Cu 含量则长江最高,鸭绿江次之,黄河最低;Ca、Sr 含量黄河明显高于长江。将柱状岩芯化学丰度的变化和上述河流沉积物的分析结果进行对比,不难发现不同河流对于柱状岩芯的影响程度。

从图 2 中可以看出,Mn 的含量在渤海湾西部的 M9-3 岩芯中,上、下层变化幅度不大,其含量多为 7×10^{-4} — 9×10^{-4} ;位于南黄海的 92-1、92-2 岩芯中,Mn 含量自上而下虽有增加,但是含量一般不大于 8×10^{-4} ;长江和鸭绿江沉积物中 Mn 含量一般均大于 1×10^{-3} ,明显高于黄河沉积物中 Mn 的含量,因此可以看出,岩芯中 Mn 的含量值近于黄河而远于长江。Fe 在 M9-3 和 92-3 的岩芯中含量一般小于 4.2%,92-1 和 92-2 岩芯中 Fe 含量自上而下减少,在 2m 以下的河口三角洲相沉积物中,其量值介于 3.7%—4.1%之间,即含量也近于黄河沉积物的含量。Zn 和 Ti 的含量在上述各钻孔岩芯下部的古三角洲相沉积物中分别小于 1×10^{-4} 和 0.5%,特别在南黄海的 92-1 和 92-2 孔的岩芯中 Zn 含量尚有自上而下逐渐减少的趋势。黄河沉积物的显著特点是 Ca、Sr 含量较高(陈静生等,1986)。Sr 在 M9-3 和 92-3 岩芯中的含量一般大于 2×10^{-4} ,接近于黄河沉积物的含量而高于长江;在岩芯 92-1 和 92-2 中,Sr 含量自上而下逐渐增加,在 2m 以下的三角洲相沉积物中其含量仍未超过 2×10^{-4} 。此外,各柱样中重金属 Pb、Cr 的含量也有明显的近于黄河而远于长江和鸭绿江的分布特征。综上所述可以看出,岩芯 M9-3 下部的陆相黄色硬粘土层中,各元素的含量分布均有接近于黄河的特征,因此可以认为它们的物质来源主要

是古黄河水系。该钻孔位于渤海湾口附近,西有华北平原上的晚更新世末期的黄河、漳河和清河古河道带(吴忱,1986,1991),故可以认为该区发现的古河道应为古黄河水系。钻孔 92-3 位于南北黄海交界处,钻孔 92-1 和 92-2 位于南黄海北部,其下部之陆相或三角洲相沉积物中的元素含量分布基本上也具有黄河沉积物的特征,显示了晚更新世末期古黄河对本区的巨大影响。但是,其中个别元素含量有异常现象,例如,Cr 含量偏高,Sr 含量偏低等,推测北部之 92-2、92-3 沉积物可能受古鸭绿江影响,南部之 92-1 沉积物可能受古长江的影响。根据现代河流输砂量资料统计,黄河年输量为 10.6 亿吨,长江为 4.7 亿吨,鸭

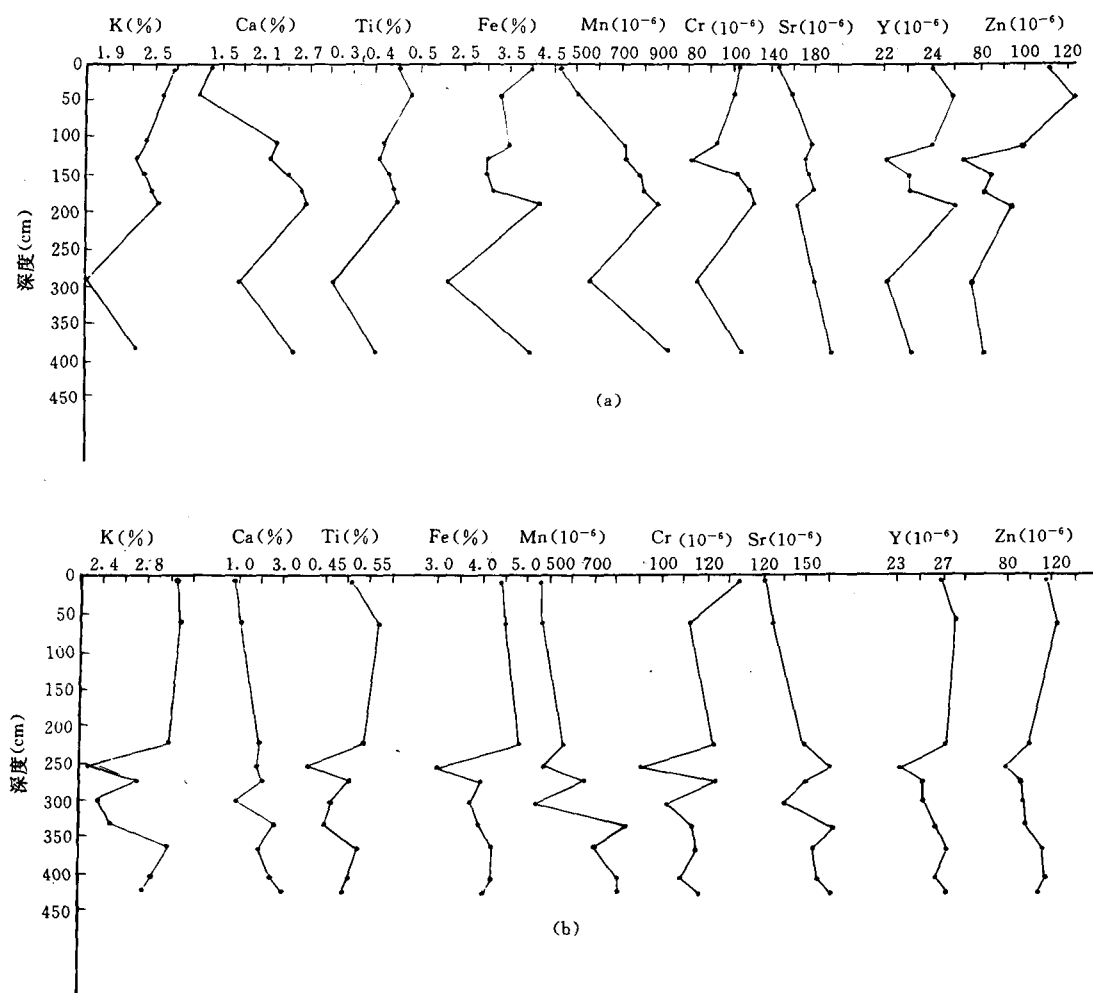


图 2 样品岩芯中化学元素含量垂直分布

(a) 92-1 站; (b) 92-2 站; (c) 92-3 站; (d) M9-3 站

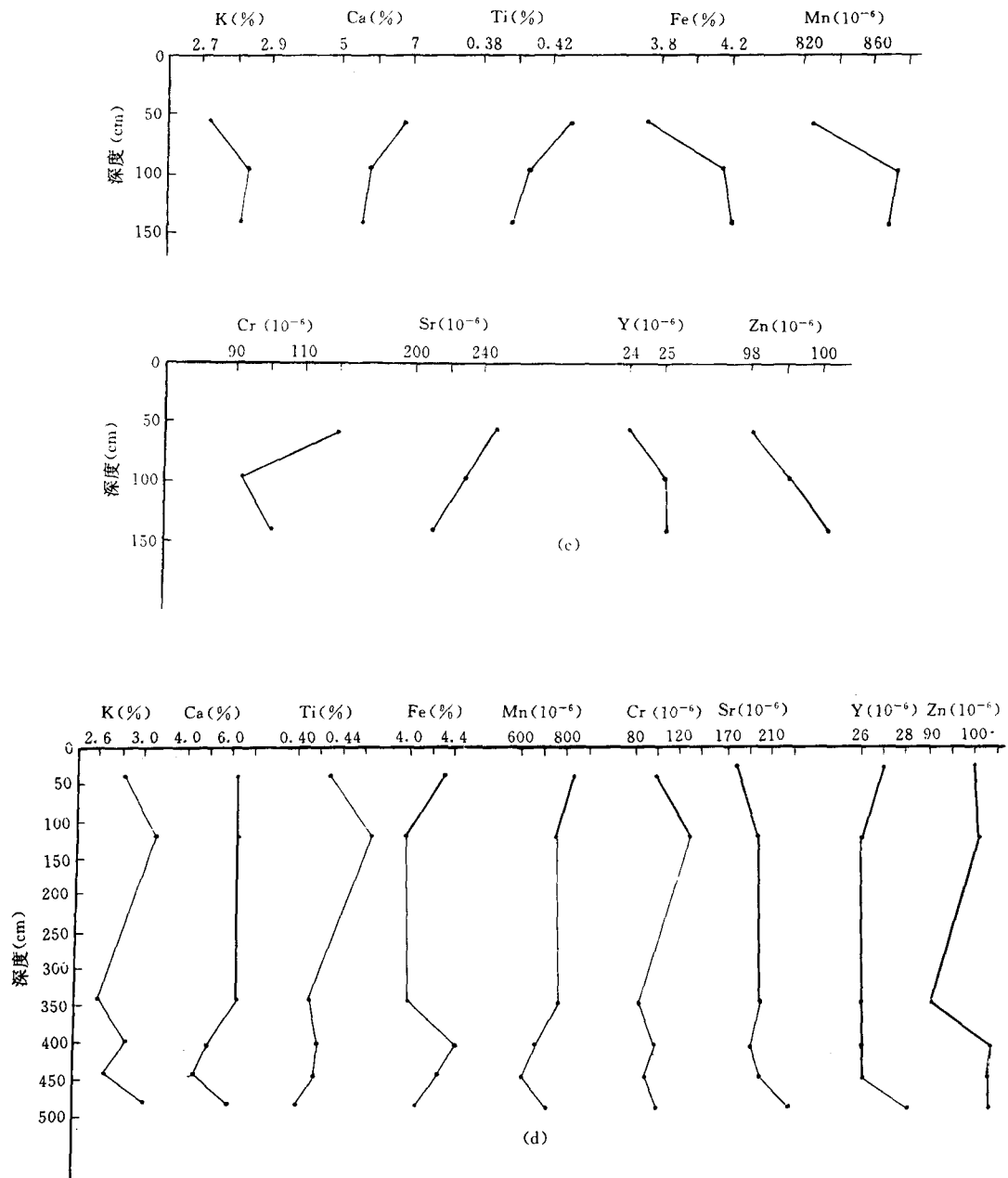


图 2 (续)

绿江仅 0.05 亿吨,不足黄河年输砂量的 1/100,古黄河年输砂量虽无准确数据可考,但是从吴忱(1986,1991)关于华北平原埋藏古黄河之古水文特征及叶青超(1983)根据黄河下游冲积扇的大小和形成时间推测,晚更新世末期,古黄河的输砂量也不小于 5 亿吨,远远大于鸭绿江。又根据本课题中碎屑矿物的分析结果表明^①,上述各钻孔岩芯中重矿物组合及标志矿物的特征均和黄河沉积物的重矿物特征相似,因此可以认为,上述各钻孔的物质主要来自古黄河水系。

在进行现代沉积作用的研究中,常用某些具有代表性元素比值的变化和比较来分析判断物质来源,这种方法也广泛地运用到研究岩芯中古代沉积物的来源中。本文根据这种方法对上述岩芯下部之陆相及古三角洲相沉积物中的部分元素比值进行了计算,并将这些比值与黄河、长江和鸭绿江等三条河流沉积物中同种元素的比值进行比较(表 2)。

表 2 沉积物中元素含量比值

站 号	沉积段	Mn/Fe	Ca/Ti	Ca/Sr	Ca/K	Cr/Y	Zn/Y	Cr/Zn
92-1	古河道	0.0231	5.73	135.1	1.017	4.138	3.62	1.14
92-2	古河道	0.0173	4.59	120.5	0.822	4.27	3.70	1.16
92-3	古河道	0.0213	14.85	270.3	2.178	4.00	4.02	0.97
M9-3	古河道	0.0158	12.61	250.0	1.801	3.683	3.809	0.97
M9-3	现代沉积段	0.0194	14.65	333.3	2.203	4.019	3.69	1.09
黄 河	现代沉积	0.0206	17.60	327.9	2.98	3.98	3.59	1.11
长 江	现代沉积	0.0277	6.97	212.8	1.45	4.12	4.12	1.00
鸭绿江	现代沉积	0.0329	1.98	66.7	0.611	4.88	4.08	1.20

为了便于直观,给出元素含量比值直方图(图 3)进行分析。

1. Mn/Fe 比值 大量分析资料证明,黄河及河口区沉积物以 Mn/Fe 比值低为特征,其比值一般均小于 0.025(韩桂荣,1993)。本分析结果黄河沉积物中 Mn/Fe 比值为 0.0206,明显比长江、鸭绿江沉积物中 Mn/Fe 比值低。从表 2 中可看出,上述各岩芯中 Mn/Fe 比值均小于 0.025,接近黄河沉积物中的 Mn/Fe 比值。

2. Ca/Ti, Ca/Sr, Ca/K 比值 黄河沉积物以 Ca 含量较高为特征(中国科学院海洋研究所地质室,1985;庞家珍等,1979;Yang Zuosheng *et al.*, 1989),故其 Ca/Ti, Ca/Sr, Ca/K 的比值均比较大。长江及鸭绿江沉积物中 Ca 含量较低(其中鸭绿江为甚),上述各比值亦较小。本次调查中,M9-3 站上、下两组沉积物和 92-3 站沉积物中 Ca/Ti 比值大于 13, Ca/Sr 比值大于 250, Ca/K 比值大于 1.8,这些元素的比值明显接近于黄河而大于长江和鸭绿江;但是 92-1 和 92-2 岩芯中,上述比值则明显减小,比值减小的原因可能是由于岩芯下部的三角洲相沉积物中的 Ca 含量较低引起的。本次调查,钻孔 92-1 和 92-2 下部之冲积相及三角洲相沉积物中 Ca 含量一般小于 3%,明显低于现代黄河沉积物中 Ca 的含量。据有关报道,受黄河影响的晚更新世沉积物中 Ca 含量一般也不大于 2.5%(秦蕴珊,1989)。这些沉积物中 Ca 含量低可能是因为黄河沉积物中的 Ca 是以 CaCO_3 形

① 中国科学院海洋研究所,1994,渤海、黄海海区埋藏古河道及其沉积物特征的研究(内部资料)。

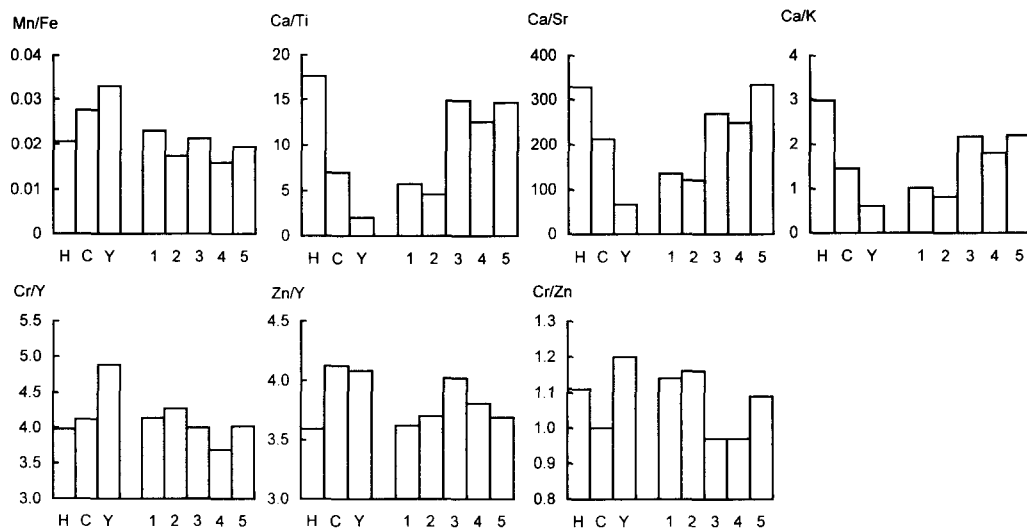
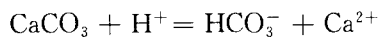
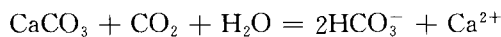


图3 各测定元素含量比值直方图

H. 黄河现代沉积; C. 长江现代沉积; Y. 鸭绿江现代沉积;

1. 92-1 古河道; 2. 92-2 古河道; 3. 92-3 古河道; 4. M9-3 古河道; 5. M9-3 现代沉积

式为主, 在漫长的沉积历史过程中, 沉积物中所含有机体氧化后产生 CO_2 , 导致沉积环境的 pH 值下降, 使部分 CaCO_3 溶解, 从而降低了沉积物中 Ca 含量, 反应如下:



3. Cr/Y, Cr/Zn, Zn/Y 比值 在 92-3 站下部晚更新世陆源沉积物中的 Cr/Y 比值与现代黄河沉积物相似, 但是在 92-2 站其比值上升, 产生异常。Cr/Zn 和 Zn/Y 比值在上述诸岩芯中也有类似的变化, 即 M9-3 和 92-3 岩芯下部之陆相沉积物中其比值与黄河沉积物中的比值相似, 92-1 和 92-2 下部冲积相及三角洲相沉积物中略有异常。

应当指出, 上述分析中未考虑现代河流可能存在人为污染而导致某些微量元素在沉积物中含量变化的因素, 但因所讨论元素大部分属于沉积物中主要成分, 估计人为影响不会使含量趋势发生大的改变。

三、结 论

1. 黄河沉积物中 Mn、Fe、Pb、Ti、Cr、V、Zn、Cu、K 等元素的含量均低于长江和鸭绿江, Ca、Sr 含量则高于长江和鸭绿江。长江和鸭绿江比较, 长江沉积物中 Ca、Cu、Rb、Ba 等元素含量较高, 而 Mn、Cr、Sr 等元素含量较低。

2. 从某些元素比值的对比来看, 黄河沉积物中 Mn/Fe、Ca/Ti、Ca/Sr、Ca/K 比值明显高于长江及鸭绿江。

3. 从上述四个岩芯化学分析结果与黄河、长江和鸭绿江沉积物资料对比中可以看

出,位于渤海湾内的 M9-3 及北黄海的 92-3 之下部晚更新世沉积物中上述主要元素的丰度及某些元素的比值与现代黄河沉积物相似,说明其物质来源于黄河。南黄海北部的 92-2 和南黄海中部的 92-1,其下部的晚更新世末期老沉积物各化学元素的丰度及某些元素的比值基本上与黄河相似,但是其中有些异常现象,说明其物质主要来源于黄河,同时也可能局部受鸭绿江和长江的影响。从上述物质来源的分析中可以进一步得出结论,位于 92-1,92-2,92-3 和 M9-3 钻孔附近的埋藏古河道为古黄河水系。同时,古鸭绿江、古长江也可能分别从北部和南部延伸至南黄海中部深水区。

4. 在漫长的沉积作用过程中,由于 CaCO_3 的溶解作用,使晚更新世末期沉积物中的 Ca 含量减少,因此不应简单地用现代黄河沉积物或黄土中的 Ca 含量作为判断古黄河沉积物的标志。

参 考 文 献

- 中国科学院海洋研究所海洋地质研究室,1985,科学出版社,119—133。
- 叶青超,1983,黄河下游变迁和黄土高原侵蚀的关系,第二次河流泥沙学术讨论会论文集,水利出版社,597—607。
- 李凡等,1991,南黄海埋藏古河系研究,海洋与湖沼,22(6):501—508。
- 李凡等,1993,晚更新世以来黄河和长江入海泥沙对南黄海沉积作用的影响,海洋科学集刊,34:61—72。
- 吴 忱,1986,河北平原的浅埋古河道,地理学报,41:332—340。
- 吴 忱,1991,华北平原古河道研究,中国科学技术出版社,89—111。
- 张秀莲,何丽娟,1982,X 射线荧光能谱在海洋沉积物测定中的应用,海洋科学,4:53—55。
- 陈静生等,1986,中国东部主要悬浮物及底泥的环境地球化学基本特征,地理科学,6:323—332。
- 杨子赓,1985,南黄海陆架晚更新世以来的沉积及环境,海洋地质与第四纪地质,5:1—19。
- 庞家珍等,1979,黄河口演变 I,近代历史变迁,海洋与湖沼,10(2):136—141。
- 耿秀山,1981,中国东部陆架的古河系,海洋科学,2:21—26。
- 秦蕴珊等,1988,南黄海埋藏古河系,科学通报,24:1887—1890。
- 秦蕴珊等,1989,黄海地质,海洋出版社,133—172。
- 韩桂荣,1993,黄河口海区沉积物柱状样品中碳酸盐组分,海洋与湖沼,24(5):456—466。
- Yang Zuosheng *et al.*, 1989, Study on carbonate from the coastal zone of the Yellow River Delta and adjacent Bohai Gulf, *J. Ocean University of Qingdao*, 19: 91—99。
- Лендберг. Г. У., 1972, Крупные Колебания Уровня Океана в Четвертичный Период, Изд. Наука, Стр., 63。

**GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF THE SEDIMENT
IN BURIED PALEORIVER CHANNEL AREA
IN THE HUANGHAI SEA AND BOHAI SEA ***

Han Guirong

(Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences)

Xu Xiaoshi and Xin Chunying

(The First Institute of Oceanology, State Oceanic Administration)

ABSTRACT

This research on the geochemical characteristic of paleoriver channel sediment, using X ray fluorescent spectrum, and on the contents of K, Ca, Fe, Mn, Cr, V, Cu, Zn, Pb, Sr, Y and Ba in the fine particles ($\phi < 0.063\text{mm}$) of the Late Pleistocene section of the sediment of 4 core samples obtained from the paleoriver channel of the Huanghai Sea and Bohai Sea area was conducted to gain knowledge on the sources of the sediment. The results showed that the geochemical characteristics of the paleo-Huanghe River, Paleo-Changjiang River and paleo-Yalujiang River sediments were different; that the abundance and ratios of some elements in the paleosediment were similar to those of the recent Huanghe River sediment, which meant that the Huanghe River is the main source of the paleoriver sediment in the studied area.

* Contribution No. 2796 from the Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences.