

# 从粘土矿物特征初步探讨苏北辐射状沙洲的沉积特征

赵 全 基

(国家海洋局第一海洋研究所, 青岛)

以粘土矿物的组合特征分析, 来研究大洋或近岸沉积物的文章已不少 (Biscaye, 1965, Griffin, 1968, Aoki 1974—1978)。而应用粘土矿物组合特征分析研究动力沉积特征的文章尚少见。

苏北近岸海域有长江及旧黄河等河流流入, 泥沙来源丰富, 途径多, 水动力作用活跃, 海底泥沙运移变化大, 海岸冲淤变化快, 形成比较复杂的海底地形。有名的苏北辐射状沙洲就在这里, 而查清该区泥沙的来源及运移规律是研究沙洲成因及演变的中心课题。为此, 我们做了粒度、重矿物、孢粉、微体古生物、化学、悬浮体等方面的工作, 其中应用粘土矿物组合特征分析便是有意义的尝试之一。

## 一、粘土矿物组合特征分析

我们对该区53个站位的样品进行了X-射线分析、红外吸收光谱分析、差热分析和电镜观察 (图 1)。经鉴定, 所有样品中的主要粘土矿物是伊利石、高岭石、绿泥石、蒙脱石。

我们据日本生沼郁和小林和夫资料而得出的综合方法进行粘土矿物半定量估算, 即以几种主要粘土矿物的 (001) 反射强度 (峰高) 分别乘以比例系数, 再求出各个粘土矿物在该样品中的相对百分含量。其比例关系是:

高岭石: 伊利石: 绿泥石: 蒙脱石 = 1 : 1 : 0.9 : 0.6;

伊利石 (001) 反射强度就是  $10\text{\AA}$  反射强度;

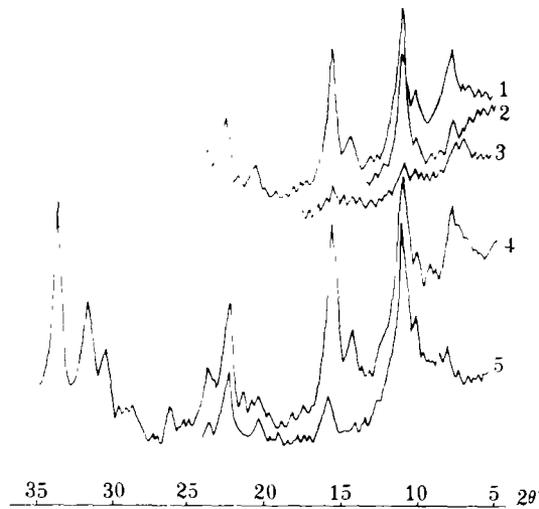
绿泥石 (001) 反射强度 =  $3-5 \times$  [ 绿泥石 (003) 反射强度 ] / 3;

高岭石 (001) 反射强度 =  $7\text{\AA}$  反射强度 - 绿泥石 (003) 反射强度  $\times 3-5$ ;

蒙脱石 (001) 反射强度 =  $14\text{\AA}$  反射强度 - 绿泥石 (001) 反射强度。

上述每个反射峰一般不单是由一种矿物造成。例如,  $14\text{\AA}$  反射可能还含有少量蛭石;  $7\text{\AA}$  和  $4.7\text{\AA}$  的反射可能含有少量的蒙脱石。因计算时不易排除, 又考虑到含量不会太大, 所以忽略不计。

经半定量估算, 该区粘土矿物含量变化不大, 规律性也不明显。其原因是粘土矿物细微, 易受风和水动力作用的影响, 在较小范围内差异不大, 只能看到一些变化趋势 (表 1):



1. 未处理 2. 甘油处理 3. 盐酸处理 4. 加热300℃ 5. 加热550℃

图1 299样品各种处理X-射线衍射谱线, FeK $\alpha$

Fig. 1 Spectral lines of X-ray diffraction of the samples from station No. 299 after treatment, FeK $\alpha$

1. 蒙脱石由北向南有减少的趋势;
2. 高岭石在旧黄河口附近和长江口附近稍高。

差热分析和电镜观察也看不出明显的规律。故又作如下分析:

#### 1. X-射线衍射分析

图2中的1、49、91、199、332分别代表该区粘土矿物由北向南X-射线谱线的变化特征。谱线上14Å附近峰的强度、形状都有明显的差别(图2)。反映了该区粘土矿物的组合、含量等综合特征。

在旧黄河水下三角洲附近,谱线上14Å峰很强,其形状呈较平滑的弥散状,与旧黄河沉积物的谱线相似。较明显地具有这种谱线的沉积物主要分布在辐射状沙洲的北侧及东北侧,即在近岸直达射阳河口以南(99以南),东经122°、北纬32°32'附近(245站)。

在长江口附近,谱线上14Å峰的强度较弱,但形状清晰、尖棱。与长江中沉积物的谱线特征相似。具有这种谱线特征的沉积物的分布范围北部在北纬33°30'附近(251站附近),即沙洲主体的南侧(图3)。

在上述两区之间的辐射状沙洲主体海域(图3, I),沉积物的衍射谱线与其南北两侧海域也有差别,主要是14Å峰强度较弱。形状没有旧黄河口的那样弥散,又不及长江口的那样清晰,尖棱,似呈南北两海域的过渡特征。

显然,上述粘土矿物谱线特征的分布状况体现了该区沉积物的来源。旧黄河水下三角洲附近及沙洲北、北东外围海域沉积物主要是旧黄河、长江及海岸物质的混合,在沙

表 1 粘土矿物估算参数

Table 1 Parameters for the estimation of clay minerals

站 位	粘土矿物相对含量(%)				三峰峰高之比(%)		
	绿 泥 石	高 岭 石	伊 利 石	蒙 脱 石	7 Å	10 Å	15 Å
1	12.44	6.91	52.99	27.6	30.30	33.33	36.36
26	13.37	17.33	61.88	7.43	41.67	41.67	16.67
38	14.89	14.18	63.83	7.09	42.19	42.19	15.63
44	9.78	19.02	59.78	11.41	38.00	44.00	18.00
49	10.16	25.42	50.84	13.55	45.65	39.13	15.21
71	8.97	21.04	62.02	7.97	38.98	47.46	13.56
96	15.32	0	74.47	10.21	33.33	48.61	18.06
98	15.00	5.56	61.11	18.33	37.74	41.51	20.75
99	21.06	1.06	76.5	1.27	45.00	48.32	6.71
109	12.24	15.30	56.12	16.33	39.53	38.37	22.09
137	16.98	6.29	75.47	1.26	41.66	50.00	8.3
148	16.44	4.57	63.93	15.07	37.14	40.00	22.86
152	14.29	13.61	68.03	4.08	42.85	47.61	9.52
158	11.86	15.30	56.73	16.10	38.33	40.00	21.67
173	19.28	7.42	71.42	2.14	44.44	44.44	11.11
177	22.22	1.23	76.54	0	46.56	47.32	6.1
178	21.95	0	78.09	0	44.11	47.05	8.82
196	18.85	2.57	65.78	12.79	39.13	39.13	21.74
199	9.27	22.68	61.85	6.18	42.62	49.18	8.19
215	19.24	4.75	61.76	14.25	44.07	44.07	11.86
221	17.26	10.95	68.49	3.28	43.85	43.85	12.28
225	18.30	1.69	77.96	2.03	42.04	52.27	5.68
228	21.35	0.91	76.64	1.09	45.14	48.00	6.86
231	16.17	0	74.85	8.98	36.00	50.00	14.00
245	18.79	4.64	62.65	13.92	38.81	40.30	20.90
251	10.53	9.15	70.93	1.37	46.96	46.96	6.06
267	17.27	10.66	68.23	3.83	47.76	47.76	4.4
268	23.78	2.20	72.68	1.32	49.33	44.00	6.66
278	13.23	16.17	66.17	4.41	43.15	47.36	4.47
282	14.94	6.22	66.39	12.45	39.1	46.3	14.4
299	14.28	13.88	69.44	2.38	43.66	49.29	7.04
302	17.11	1.90	78.84	1.14	38.75	52.5	8.75
303	13.85	7.69	69.23	9.23	37.84	48.65	13.51
307	12.5	6.94	65.97	14.58	35.8	48.7	15.3
316	9.27	20.61	67.01	3.09	39.47	51.31	9.21
318	12.33	3.42	71.92	12.33	32.5	52.5	15
320	12.81	16.01	65.84	5.34	42.85	48.05	9.09
329	21.15	0	75.72	3.13	42.19	45.31	12.50
332	16.75	13.54	67.68	2.03	47.67	46.51	5.81
灌河	16.24	6.04	72.28	5.42	39.21	47.05	14.00
旧黄河	16.54	2.62	68.24	12.69	36.67	43.33	20.00
长江	15.61	1.93	67.44	15.02	38.36	47.94	13.70



图2 苏北近海底质及旧黄河、长江X-射线衍射谱线对比, FeKa

Fig. 2 Comparison of the spectral lines of X-ray diffraction of the samples from sea floor of the ancient Huanghe River with those of the Changjiang River, FeKa

洲发现了早期冷湿气候下生长的云杉、冷杉及被褐铁矿污染充填的时代较老的有孔虫。其粘土矿物虽具有长江、旧黄河的过渡特征,但与长江的更相似一些。辐射状沙洲主要是由早期的长江沉积物组成。事实上,早期的长江就在今天的蕲港附近入海。

## 2. 三角图

为更详细地了解该区粘土矿物组分分布和迁移的趋势,以每个样品X-射线衍射谱线中的 $7\text{ \AA}$ 、 $10\text{ \AA}$ 及 $14\text{ \AA}$ 峰作为绿泥石和高岭石、伊利石及蒙脱石矿物的反射峰。其实这三个峰并不能准确地代表上述矿物的含量,为显示粘土矿物的组合趋势,以其峰强度权作上述粘土矿物含量多少的相对标志,将 $7\text{ \AA}$ 、 $10\text{ \AA}$ 及 $14\text{ \AA}$ 峰强度比率(百分比)投在三角图上(图4,表1)。

可以看出,各站位投在三角图上的点比较集中,说明该区粘土矿物的含量变化小,但仍存在着明显的差别。该区粘土矿物大体可分为三个类型。除个别站位外,各类型所属站位的范围是清楚的,说明各类型粘土矿物的相对含量比率确有差异。这三个类型可作为该区粘土矿物由北向南的三个分区。分区是渐变的,它同应用X-射线谱线特征和孢粉划分的三个分区基本一致(图3)。

第一类(I):分布在旧黄河水下三角洲附近,主要由细粒沉积物组成,为泥质、

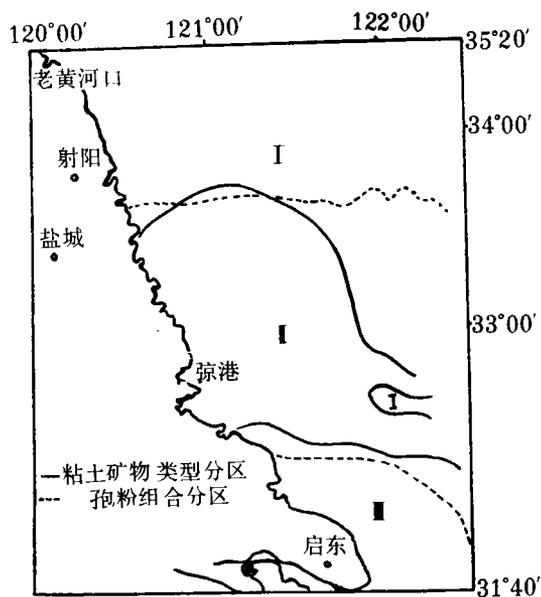


图3 粘土矿物类型分区

Fig. 3 Regionalization of types of clay minerals

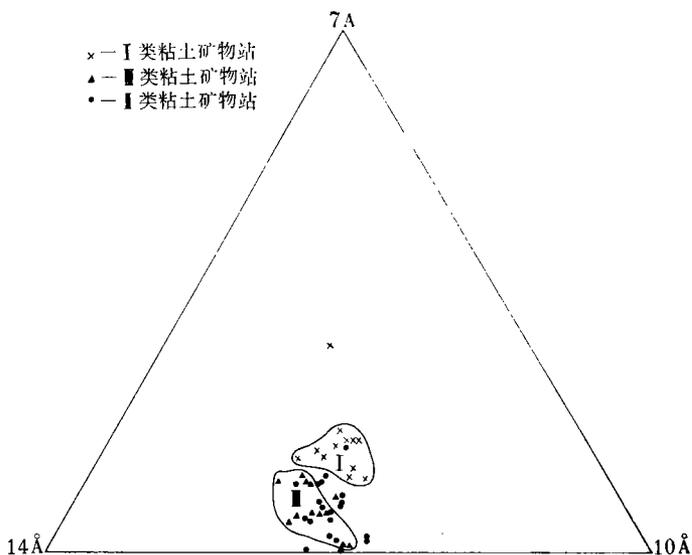


图4 粘土矿物的7 Å、10 Å、14 Å 反射的强度比率(百分比)三角图解

Fig. 4 Triangular graph of the rate (%) of the reflection intensity of clay minerals at 7 Å, 14 Å, and 10 Å

粉砂和粉砂质泥。有机质含量丰富,一般在0.5%以上,最高含量达0.88%。碳酸钙含量高,高岭石较低,伊利石和蒙脱石含量相对较高。

第二类(Ⅱ):大体分布在新洋港以南至弇港附近的海域,主体是辐射状沙洲,以较粗粒级的沉积物为主,多为细砂和粉砂质砂。有机质含量较低,一般在0.3%以下。碳酸钙的含量也低,粘土矿物的含量比率处于Ⅰ、Ⅲ区之间。

第三类(Ⅲ):分布在弇港以南海域,这里沉积物类型较复杂,粗细粒变化大,但沉积物比第二类粘土矿物分布区多。有机质含量也较高,最高达1.01%。高岭石含量较Ⅰ类高,伊利石含量较Ⅱ类高。上述谱线分析结果表明该区沉积物来源,迁移及堆积状况是有差异的。

## 二、沿海河流沉积物中粘土矿物特征对比

苏北沿海陆地物质和河流底质(旧黄河、灌河、长江)主要粘土矿物也是伊利石、绿泥石、高岭石和蒙脱石,与该海区粘土矿物相似,说明沿海陆地和河流物质对海区的影响,但是,它们之间也有区别。旧黄河比灌河 $14\text{\AA}$ 峰的程度大,而旧黄河 $14\text{\AA}$ 峰是弥散状,灌河 $14\text{\AA}$ 峰比较尖棱。在三角图上旧黄河和灌河粘土矿物比率都与该海区的第一类较接近,其中旧黄河比灌河更为接近。说明旧黄河对海区的影响大。不过这两条河流中伊利石的含量似乎比海底高。长江与该区的粘土矿物类似。

根据恽益民(1981)资料,蒙脱石在旧黄河中最高,为21—22%,长江中最低,为5.18%,苏北沿海居中,为8—15%;表明由北向南减少。绿泥石+高岭石在长江最高为34.39%;在黄河最低,为24.5—25.5%;苏北沿海居中,为25—30%,由北向南增加。

这与海区粘土矿物的变化趋势是一致的。说明苏北沿海陆地和河流物质对海区的影响,其中旧黄河和苏北沿海物质对海区表层沉积物的影响是主要的。而现代长江物质的影响较小,它主要影响长江口附近。这是由于沉积物入海后,受由北向南的海流等水动力作用的影响所致。

## 三、水动力对粘土矿物分布的影响

本区水动力状况比较复杂,有潮流、沿岸流和波浪作用等。

由实测资料看,本区是太平洋前进波和黄海旋转波交汇带,NE-SW向和SE-NE向两股潮流在这里交汇。这些潮流一般较强,往复流动,在沙洲区形成水深相差很大的沟槽和沙脊。同时,使沉积物中的微细物质搅起,悬浮在海水中(图5)。当然悬浮体与波浪作用,径流状况、底质粒度及海底地形也有关系。而粘土矿物主要集中在这些细粒物质中,这就比较容易被海水搬运和混合,致使粘土矿物在一定范围内变化不大,加上粘土矿物都是在各站沉积物的同一粒径( $<2\mu$ )内鉴定的,所以在小范围内不同粒级的沉积物中,可得到类似的粘土矿物。

不过,苏北近岸流的总趋势是由北向南流,直至长沙港附近,受长江冲淡水北上支流的顶托,发生右旋,绕过冷家砂,朝东南方向流去。这种总趋势在粘土矿物的分布上得到了反映(图3)。

#### 四、悬浮体及其粘土矿物变化特征

从图 5 可以看出, 1. 近岸含量冬季高于夏季, 2. 由岸向海含量降低, 3. 浅水区比深水区含量高, 4. 地形复杂多变区比平缓区高, 5. 由海水表层向深层含量增加, 6. 河口区比河口以外区高。

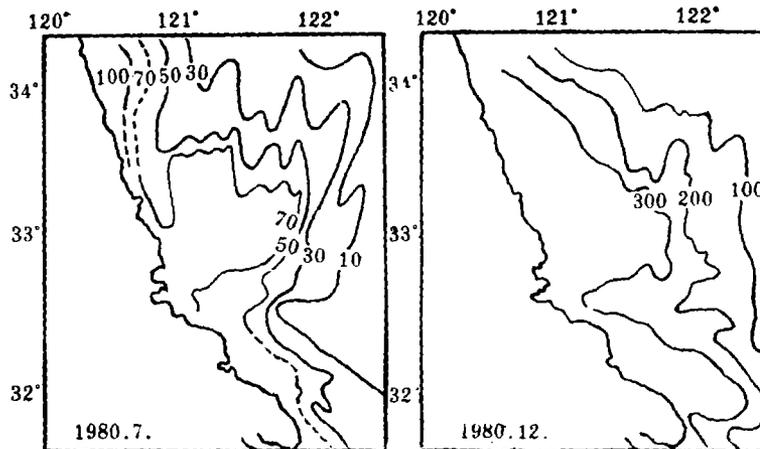


图 5 悬浮体分布图 (表层, 毫克/升)

Fig. 5 Distribution graph of suspended substances (surficial layer mg/l)

悬浮体含量的分布与海水透明度的变化一致, 它们受水动力、海底地形、河流入口、海岸等的制约, 在粘土矿物的三个分区内, 悬浮体的含量, 粒度及矿物也有相应的表现。

悬浮体中较粗粒 (滤纸上部的) 矿物分布特征和悬浮体一样, 反映了物质来源、水动力强弱及海底沉积物特征。

海水中的细粒 (滤纸下部的) 矿物主要是粘土矿物伊利石、绿泥石、高岭石、蒙脱石及非粘土矿物石英、长石、云母等, 与长江、旧黄河底质中相似。

悬浮体中细粒矿物有如下特征:

1. 悬浮体中细粒矿物与沿海河流中相似, 与长江更接近, 说明该区海水中固体物质来自沿海河流, 主要是长江。黄河口附近悬浮体矿物与旧黄河河床相似, 是该河口底质和岸边沉积物冲刷掀起的再悬浮物质。

2. 悬浮体中蒙脱石含量由岸向海减少, 反映了河水与海水混合时物理化学条件发生变化, 主要是水体盐度增大, 使蒙脱石等矿物发生凝聚而沉淀。

3. 表层悬浮体中的细粒矿物与悬浮体含量呈正相关, 进一步反映了悬浮体物质来源及水动力状况。

从实测资料看, 该区海水中的盐度变化特征 (图 6) 是:

1. 表层由岸向海增加;
2. 河口比其他海域低;

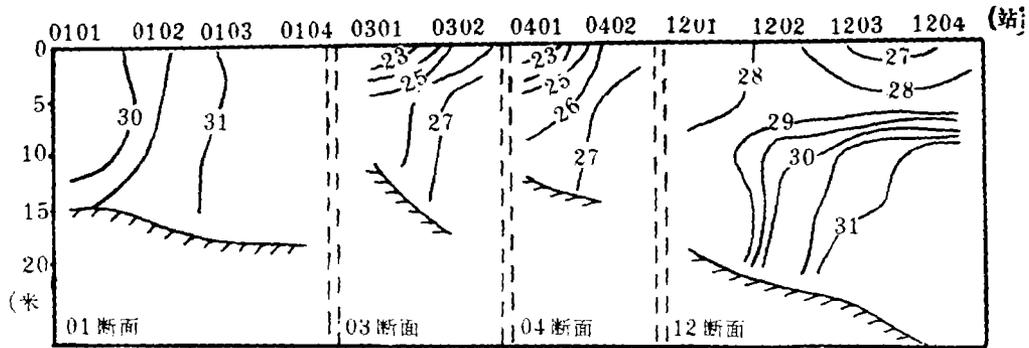


图6 几个断面盐度分布图(%)

(据林锡藩)

Fig. 6 Map of the salinity distribution of some profiles

3.垂直变化在旧黄河口外和辐射状沙洲区,上下较均一。说明水动力活跃,流、浪、潮搅拌使上下层水趋于均匀。

在长江口附近的12断面出现海水层变化现象,主要是长江淡水的影响。

海水的盐度,悬浮体及矿物的分布特征直接影响和反映了该区的水动力沉积特征,它们也受河流入口、离岸距离远近、海底地形、底质类型及水动力状况的控制。

## 五、与其他沉积物资料的对比

该区粘土矿物的组合、含量等与沉积物的某些特征在说明沉积物来源和分布特征上可作比较。

### 1.与沉积物粒度的对比

本区底质类型共分七种,最粗的为细砂,细的为泥,其中以细砂、粉砂质砂、泥质粉砂和粉砂质泥为主。由北向南大致可分三个沉积区,即以泥质粉砂和粉砂质泥为主的旧黄河水下三角洲沉积;以细砂、粉砂质泥和砂质粉砂为主的辐射状沙洲沉积及底质类型复杂的长江口北侧前三角洲和浅海沉积。

从中值变化来看,  $Md\phi$  值由  $3\phi$ — $9\phi$  的变化反映出沉积物粗细分布的总趋势,上述三个沉积区由北向南依次为细、粗、粗细混杂。

可见该区沉积物中粘土矿物与粒度的综合分区大体是一致的,但它不是简单的复合,而是按各自的特征分布。粘土矿物在本区由北向南呈持续渐变特征,而粒度在不同区段有明显不同,而且是反复混杂出现。在同种粒度沉积物中,因地段不同,其粘土矿物有所差异。如Ⅰ区的砂脊和沟槽沉积物的粒度是不同的,而粘土矿物基本相同。

### 2.与碳酸钙分布特征的对比

碳酸钙的含量和分布也可划为三个分区。北部( $33^{\circ}30'N$ 以北, $122^{\circ}30'E$ 以西)  $CaCO_3$  含量最高,平均值为10.78%,与黄河沉积物含量相似。中部( $32^{\circ}30'N$ — $33^{\circ}30'N$ ,  $122^{\circ}30'E$ 以西)  $CaCO_3$  最低,平均值为6.44%,南部( $32^{\circ}30'N$ 以南至长江口)  $CaCO_3$

居中，平均值为8.01%，接近现代长江下游河床沉积物。

上述CaCO<sub>3</sub>分布特征，反映了沉积物来源和运移状况；与粘土矿物所反映的现象相似。

### 3. 与有机质分布特征的对比

该区有机质也划分三个分区，新洋港以北含量最高，平均为0.46%；新洋港至小洋港海域正是沙洲区，平均值为0.24%，为最低。小洋港以南，为长江口北侧，平均值为0.49%。这种分布与沉积物的粒度，氧化还原电位及水动力等沉积环境有关。

上述沉积物资料在平面分布的变化总趋势是一致的。证实和补充了粘土矿物资料所反映的事实。即该区沉积物可分三个区。北部主要是旧黄河物质，南部主要是长江输入物质，沙洲区表层沉积物是旧黄河和其他来源物的混合。

## 六、讨论与小结

1. 据粘土矿物特征该区可分三个分区，各区沉积特征也有差异（表2）。

I 区，从粘土矿物中蒙脱石、CaCO<sub>3</sub>含量高、粒度细等特征看，沉积物是旧黄河物

表2 沉积分区特征简表

Table 2 Simplified table of the characteristics of the sedimentary regions

分 区		I	II	III
范 围		旧黄河水下三角洲为主	辐射状沙洲	长江口北侧
项 目				
粘 土 矿 物	14Å峰形态	弥散、圆滑、高	较尖锐、低	清晰、尖锐较高
	14Å/10Å	高,>0.7	低<0.7	较低<0.7
	蒙脱石含量	高	低	低
粒 度	类 型	粉砂质泥，泥质粉砂	细砂，粉砂质泥	多样复杂
	Mdφ	细，Mdφ = 9φ - 5φ	粗，Mdφ = 3φ - 5φ	混杂
	QI)φ	1.4-2.2，中等分选	<0.6，分选极好至好	分选中等至差
重 矿 物	闪石类	51.2%	44.8%	46.6%
	绿帘石	25.4%	29.9%	21.3%
	石榴石	2.4%	2%	2.3%
	金属矿物	6.3%	9.5%	11.6%
CaCO <sub>3</sub>		10.78%	6.44%	8.01%
有机质		0.46%	0.24%	0.49%
孢 粉		阔叶树花粉少见	松为主，出现云杉冷杉	阔叶树少见，草本花粉和湖沼型藻类含量较高
有孔虫			有的壳体被褐铁矿充填	

质形成的水下三角洲。由于黄河于1855年北徙后,旧黄河陆上三角洲急速侵蚀后退,其物质重新在附近沉积,并不断地向东南海底和南部岸边扩散淤涨。旧黄河物质也有部分向北扩散至海洲湾一带,然而该区也有部分物质由山东沿岸而来。从粘土矿物看Ⅱ区物质与长江物质相似,黄河物质较少。从粗粒矿物看,长江物质影响较大,黄河物质的影响也有。旧黄河物质主要是细的泥、粉砂。粗粒物质较少,近期不足以形成如此庞大的沙洲,海流从旧黄河口可带大量细粒物质来Ⅱ区,因这里水动力作用强,故无法落淤,使该沙洲原有的细粒物质,也被搅起悬浮,扩散到附近水动力较平静的海域沉淀。

现代长江虽有大量的泥砂,但因北上海流强度弱,辐度窄,也无法将大量细砂向北带到Ⅱ区形成大沙洲。少量细粒悬浮体,也不能在此落淤。

该区矿物组合和微体古生物组合,具有旧黄河水下三角洲物质的特征。说明这里也有旧黄河物质,经过水动力作用,使其混合并粗化。沙洲下部的沉积物是类似长江的物质。

该区近岸还有少量陆源物质输入。

Ⅱ区沉积物与现代长江物质极相似,说明主要是由长江输入。该区以北及沿岸物质对该区也有影响。由于水动力和物理化学作用复杂,致使该区沉积物特征复杂。

2. 该区物质的运移与扩散是受水动力控制的。在流、浪、潮作用下,强烈冲蚀、坍塌,使大量的沉积物发生推移、悬浮而扩散,这在旧黄河口附近岸段尤为显著。而在另一些岸段出现静水环境,泥沙落淤沉积,使岸滩向海淤涨。

黄海沿岸流,由渤海经该区向东南流动,故该区沉积物受北部物质的影响,出现由北向南渐变的现象。然而,随季节的变化,长江冲淡水也有一支向北,它不仅将一部分长江物质向北扩散;而且,对南下的海流发生顶托,使其发生偏转,这个位置在琼港附近的北纬 $32^{\circ}30'$ — $33^{\circ}$ 左右。潮流也由东北、东南两个方向向这里涨落的现象。这就造成沉积物在此向琼港方向辐聚和向外海辐散的现象。这不仅在沉积特征上表现出来,在卫星照片上也有反映。

本文得到万延森、刘彬昌、刘振夏、徐家声、周学范及金冶先等的协助,仅此一并致谢!

(收稿日期:1983年1月3日)

### 参 考 文 献

- 赵全基,1981,蒙脱石与火山物质,海洋科技资料,5期
- Saburo Aoki and kaoru Oinuma, Distribution of Clay Minerals in Surface Sediments of Suruga Bay Central Japan, 地学杂志. 第87卷, 第7号, 429—438页
- 山本 聰, 1979, 海洋中の懸濁物質の堆積學, 海洋科学, 7期

## PRELIMINARY STUDY ON SEDIMENTARY FEATURES OF RADIAL SAND BAR OF NORTHERN JIANGSU FROM ANALYSIS OF CLAY MINERALS CHARACTERISTICS

Zhao Quanji

(First Institute of Oceanography, National Bureau of Oceanography)

### Abstract

On the basis of the analysis, identification and estimation of the clay minerals of northern Jiangsu, this paper deals with a more detailed analysis of the characteristics of the contents and combinations of the clay minerals. According to the morphology of the reflecting peaks of the X-ray diffraction spectrum pattern of the clay minerals, the difference in intensity and the distribution of the peak heights at  $7\text{\AA}$ ,  $10\text{\AA}$  and  $14\text{\AA}$  in the triangular diagram, the surficial clay minerals in that region may be subdivided into three regions, namely: the region of the underwater delta of the ancient Huanghe River (I), the radial sand bar region (II), and the region of the north side of the Changjiang River mouth (III). In contrast with the clay mineral characteristics of the coastal land and rivers, it is found that the sediments of region (I) were mainly affected by the ancient Huanghe River, those of region (III) mainly came from the Changjiang River, and those of region (II) were a mixture of the sediments of the ancient Huanghe River and the Changjiang River in its early stage.

According to the analysis of the correlation data on grain size, heavy minerals, chemistry, spores and pollen, and ancient microorganisms, the distributional characteristics of the clay minerals have been further verified and supplemented.

After the contrast is made between the distributional characteristics of the clay minerals and the data on suspended substances, salinity, hydrodynamics and submarine relief, it has been shown that the movement and spreading conditions of the sediments of this region are controlled by the hydrodynamic conditions. This has been also verified by satellite images. Thus, the clay mineral characteristics play an important role in the study of the sedimentary features.