

莱州湾及渤海中央盆地南部海域 沉积速率的研究

杨松林 刘国贤 杜瑞芝 张 兵

(国家海洋局海洋环境保护研究所, 大连)

摘 要

本文研究过程中, 利用长箱式采样器成功地采集到未扰动的柱状样, 用 ^{210}Pb 测年法测定了本海区现代沉积物的沉积速率和沉积通量, 根据各站位 ^{210}Pb 本底值差异对沉积物来源进行了探讨, 为研究本海区现代沉积作用, 特别是了解黄河输沙对本区现代沉积作用影响提供了科学依据。

^{210}Pb 测年法是测定近百年来沉积物沉积速率的有效方法, 其误差为 $\pm 5\text{ a}$ 。它是测定海洋、湖泊高速沉积区沉积速率, 研究现代沉积作用和污染历史等重要手段^[1-3]。

本文用 ^{210}Pb 测年法对莱州湾及渤海中央盆地南部海区底质沉积速率进行了测定并进行了初步研究。

莱州湾位于渤海南端, 呈半圆形, 湾口向东北, 同渤海中央盆地相接, 南部毗邻山东省, 西部为现代黄河口, 湾顶有小清河、潞河、白浪河、潍河、胶莱河等河流入, 年径流量 $206.3 \times 10^8 \text{ m}^3$, 湾口水深20m, 向湾顶逐渐变浅, 海底坡度为 2.2×10^{-1} 。

本区处于华北沿海季风区, 有明显的季节性变化, 常风向为东南风, 强风向为东北风, 春秋季节有风暴潮出现。

本区的潮流比较复杂, $119^{\circ}30'E$ 以西基本属于正规半日潮流; 以东是逐渐向全日潮过渡的不正规半日潮流, 以海湾中线(纵向)上倍潮和复合潮振幅均很大, 涨潮流速略大于落潮流速, 涨潮历时小于落潮历时, 尽管如此, 整个海湾主要分潮的调和常数仍然以 M_2 分潮振幅最大, 起决定作用^[4]。

本区沉积类型分布如下, 莱州湾从西向东依次呈带状分布有粘土质软泥、粉砂质粘土软泥、细粉砂质软泥, 湾顶和渤海中部靠近渤海海峡海域分布有粗粉砂^[5]。

本文于1989年8月26日收到, 修改稿于1990年10月10日收到。

1) 海洋环境保护研究所, 渤海黄海海域污染防治研究, 1983。

一、取样与分析测试

我们于1983年10月与1984年7月分别以“向阳红9”号、“向阳红5”号船，用LDC1型箱式采样器、带衬管的大口径重力采样器〔3〕，在本海区共取6个柱样品。具体站位见图1。

现场完成如下工作：〔1〕

1. 岩性描述。

2. 分层取样：本着上密下疏

原则，从柱样表层至30cm段，每3cm取一组样；30—200cm段，每5cm取一组样；深于200cm段，每10cm取一组样。将泥样装入塑料袋内，密封带回室内待分析。

3. 对若干层段用环刀测其天然容重。

4. 取适当湿样装入事先称过重的铝盒内，称重，带回室内，待烘干后称重计算其含水量。

室内分析与测试〔1-3〕：

1. 将装有湿样的铝盒放入烘箱，低温烘干、称重，按常规法求其含水量。

2. 将样品低温烘干、研磨，过100目筛；取5g干样置于烧杯中，加适量 ^{208}Po 示踪剂、 H_2O_2 、柠檬酸和盐酸，用湿溶法消化，离心。残渣再淋洗一次，合并上清液。

3. 将溶液蒸至近干，加入 $0.5\text{mol}/\text{dm}^3\text{HCl}$ 和抗坏血酸，放入银片，自镀制源。

4. 用金硅面垒探测器、 α 谱仪和多道脉冲幅度分析器测样品中 α 射线的强度。

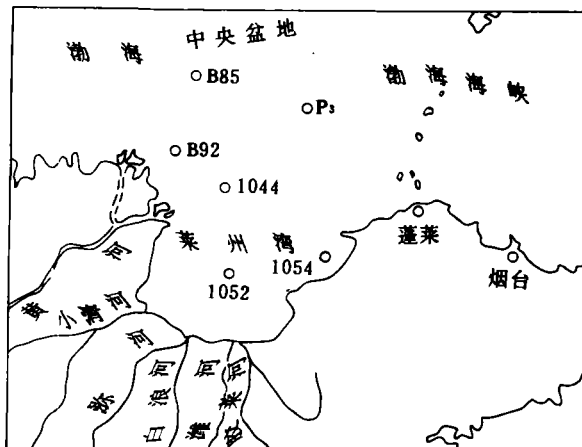


图1 莱州湾及渤海中央盆地南部取样站位图

二、测试结果

莱州湾B92、1044、1052、1054站及渤海中央盆地南部海区P₃、B85等站柱样测试结果分述如下。

表1 B92站 ^{210}Pb 测试结果

层序	深度 (cm)	岩性	容重 (g cm ⁻³)	含水量 (%)	^{210}Pb (总) (dpm g)	^{210}Pb (过剩) (dpm/g)
1	0-3	黄褐色粗粉砂		54.13	1.5288 ± 0.0399	0.3720 ± 0.0197
3	6-9			37.01	1.1121 ± 0.0386	0.2553 ± 0.0164
5	12-15		1.80	33.10	1.2726 ± 0.0327	0.1158 ± 0.0099
7	18-21				1.0690 ± 0.0329	
9	24-27		1.92	24.23	1.1651 ± 0.0309	
11	30-35		1.73	26.45	1.0290 ± 0.0346	
13	40-45	青灰色泥质粉砂			1.2612 ± 0.0336	
15	50-55	灰色粉砂质泥	1.75	17.33	1.2599 ± 0.0359	

B92站 (38°07'00"N, 119°05'30"E) 位于旧黄河口故道上, 水深13 m, 0—47 cm 为黄褐色粗粉砂, 其下为青灰色粉砂质泥。 ^{210}Pb (过剩)值与深度的相关系数为-0.98, 沉积速率为0.33 cm a; 取天然容重 1.8 g cm^{-3} , 含水量37%, 求得沉积通量为 $43 \times 10^{-2}\text{ g}(\text{cm}^2 \cdot \text{a})$ 。

表2 1044站 ^{210}Pb 测试结果

层序	深度 (cm)	岩性	容重 (g cm^{-3})	含水量 (%)	^{210}Pb (总) (dpm g)	^{210}Pb (过剩) (dpm g)
1	0—3	黄褐色泥质粉砂	1.71	61.26	2.4121 ± 0.0442	1.3173 ± 0.0327
3	6—9	青灰与灰褐色粉砂互层	2.03	51.59	1.8396 ± 0.0342	0.9148 ± 0.0245
5	12—15	"	1.65	58.65	1.6674 ± 0.0319	0.5726 ± 0.0205
7	18—21	"		1.2502 ± 0.0301	0.1554 ± 0.0106	
9	24—27	"	1.90	32.14	1.2819 ± 0.0292	0.1871 ± 0.0112
11	30—35	青灰色粉砂			1.0779 ± 0.0282	
17	60—65	"	1.93	29.28	1.0648 ± 0.0313	
20	75—80	"	1.88	37.91	1.1418 ± 0.0315	

1044站 (37°55'00"N, 119°27'00"E) 位于莱州湾口, 水深17 m, 0—3 cm为黄褐色泥质粉砂, 3—30 cm为青灰色与灰褐色粉砂互层, 其下为青灰色粉砂。 ^{210}Pb (过剩)与深度的相关系数为-0.94, 沉积速率为0.34 cm a, 取天然容重 1.85 g cm^{-3} , 含水量为45%, 其沉积通量为 $43 \times 10^{-2}\text{ g/cm}^2 \cdot \text{a}$ 。

表3 1052站 ^{210}Pb 测试结果

层序	深度 (cm)	岩性	容重 (g cm^{-3})	含水量 (%)	^{210}Pb (总) (dpm g)	^{210}Pb 过剩 (dpm g)
2	3—6	黄褐色粉砂	2.02	37.58	1.5182 ± 0.0332	0.3060 ± 0.0119
4	9—12	灰褐色灰色粉砂	1.83	30.86	1.3011 ± 0.0329	0.0889 ± 0.0086
6	15—18	"			1.3093 ± 0.0302	0.0971 ± 0.0082
8	21—24	"	1.83	38.99	1.2066 ± 0.0302	
10	27—30	"			1.3015 ± 0.0308	
12	35—40	灰色泥质粉砂	1.75	24.58	1.1195 ± 0.0305	
16	55—60	灰色粉砂质泥	1.74	36.13	1.2793 ± 0.0292	
20	75—80	灰色泥质粉砂	1.72	49.61	1.2168 ± 0.0362	
24	95—100	"	1.60	49.56	1.2331 ± 0.0366	
28	130—135	灰色粉砂质泥			1.2912	

1052站 (37°29'00"N, 119°28'00"E) 位于莱州湾中部, 水深11 m, 底质结构密实, 表层浮泥甚薄, 为黄褐色粉砂, 下为灰褐色及灰色泥质粉砂层。 ^{210}Pb (过剩)值与深度相关系数为-0.82, 沉积速率为0.31 cm a, 天然容重 1.75 g cm^{-3} , 含水量为38%, 其沉积通量为 $39 \times 10^{-2}\text{ g}(\text{cm}^2 \cdot \text{a})$ 。

表 4 1054 站 ^{210}Pb 测试结果

层序	深度 (cm)	岩性	容重 (g cm^{-3})	含水量 (%)	^{210}Pb (总) (dpm g)	^{210}Pb (过剩) (dpm g)
1	0—3	黄褐色粉砂			2.3993 ± 0.0506	1.5233 ± 0.0403
3	6—9	灰色泥质细砂	1.78	11.07	2.1331 ± 0.0532	1.5574 ± 0.0429
5	12—15	"			1.8251 ± 0.0501	0.9494 ± 0.0363
7	18—21	"	1.79	39.70	1.5198 ± 0.0311	0.6438 ± 0.0221
9	24—27	"			1.4181 ± 0.0337	0.5421 ± 0.0208
11	30—35	"	1.90	36.78	1.2182 ± 0.0112	0.3422 ± 0.0218
13	40—45	灰色泥质细砂与泥质粉砂互层	1.76	50.79	0.9365 ± 0.0323	
15	50—55				0.8916 ± 0.0285	
19	70—75	灰色粗粉砂	1.90	28.89	0.9365 ± 0.0323	
23	90—95	"			0.7737 ± 0.0256	

1054 站 ($37^{\circ}32'00''\text{N}$, $120^{\circ}06'00''\text{E}$), 位于莱州湾东部, 水深 10 m, 其表层为粉砂, 6—35 cm 段为泥质细砂, 再下多为泥质细砂与泥质粉砂互层. ^{210}Pb (过剩) 值与深度相关系数为 -0.98 , 沉积速率为 0.61cm a^{-1} , 取天然容重 1.84g cm^{-3} , 含水量 40% , 其沉积通量为 $80 \times 10^{-2}\text{g (cm}^{-2}\cdot\text{a)}$.

表 5 P3 站 ^{210}Pb 测试结果

层序	深度 (cm)	岩性	容重 (g cm^{-3})	含水量 (%)	^{210}Pb (总) (dpm g)	^{210}Pb (过剩) (dpm g)
1	0—2	黄褐色粉砂		94.84	3.0256 ± 0.0636	1.5690 ± 0.0458
3	4—6	灰褐色泥质粉砂	1.77	43.08	1.8793 ± 0.0411	0.4227 ± 0.0211
5	9—12	"	1.72	54.51	1.7841 ± 0.0410	0.3278 ± 0.0176
7	15—20	"			1.4951 ± 0.0401	0.0385 ± 0.0065
9	25—30	"	1.67	55.41	1.2961 ± 0.0355	
11	35—40	"			1.5936 ± 0.0433	
13	45—50	"			1.4835 ± 0.0359	
15	55—60	"	1.80	44.41	1.6188 ± 0.0411	
19	75—80	灰褐色泥质粗粉砂	1.85	45.08	1.2911 ± 0.0382	

P3 站 ($38^{\circ}20'04''\text{N}$, $120^{\circ}00'00''\text{E}$) 位于渤海中央盆地南部, 水深 23 m, 表层为黄褐色粉砂, 下部 3—75 cm 为灰褐色泥质粉砂, 75 cm 以下为灰褐色泥质粗粉砂. ^{210}Pb (过剩) 值与深度的相关系数为 -0.98 , 沉积速率为 0.15cm a^{-1} , 取天然容重 1.76g cm^{-3} , 含水量为 48% , 其沉积通量为 $18 \times 10^{-2}\text{g (cm}^{-2}\cdot\text{a)}$.

B85 站 ($38^{\circ}30'00''\text{N}$, $119^{\circ}15'00''\text{E}$) 位于渤海中央盆地南部靠近渤海湾一侧, 水深 24 m, 柱样长 233 cm. 表层为黄褐色泥质粉砂, 2—15 cm 为灰褐色粉砂质泥, 15—65 cm 为灰褐色粘土质泥, 65 cm 以下为浅灰褐色粉砂质粘土. ^{210}Pb (过剩) 值与深度相关系数为 -0.98 ,

表6 B85站²¹⁰Pb测试结果

层序	深度 (cm)	岩性	容重 (g cm ⁻³)	含水量 (%)	²¹⁰ Pb (总) (dpm g)	²¹⁰ Pb (过剩) (dpm g)
1	0—2	黄褐色泥质粉砂		127.1	3.23 ± 0.05	1.71 ± 0.04
3	4—6	灰褐色粉砂质泥	1.61	64.2	2.79 ± 0.05	1.33 ± 0.04
5	9—12	"			1.91 ± 0.04	0.44 ± 0.02
7	15—20	灰褐色粘土质淤泥	1.53	75.2	1.57 ± 0.03	0.11 ± 0.01
9	25—30	"	1.61	73.3	1.42 ± 0.03	
11	35—40	"			1.42 ± 0.04	
13	45—50	"			1.52 ± 0.03	
15	55—60	"	1.71	64.2	1.55 ± 0.04	
17	65—70	浅灰褐色粉砂质粘土		71.2	1.41 ± 0.04	

沉积速率为0.18cm/a,取天然容重1.60g/cm³,含水量69%,其沉积通量为 $17 \times 10^{-2} \text{g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{a})$ 。

根据表1—6作各站²¹⁰Pb随深度衰减图(图2),将各站主要岩性平均容重、平均含水量、²¹⁰Pb本底值及沉积速率、沉积通量汇于表7。

表7 莱州湾及渤海中央盆地南部各站沉积速率表

站位	主要岩性	平均容重 (g cm ⁻³)	平均含水量 (%)	²¹⁰ Pb (补偿) (dpm g)	沉积速率 (mm a)	沉积通量 g (cm ² ·a)
B92	粗粉砂与粉砂质泥	1.76	37	1.16	3.3	13×10^{-2}
1044	泥质粉砂	1.85	45	1.09	3.4	13×10^{-2}
1052	泥质粉砂	1.75	38	1.21	3.1	39×10^{-2}
1054	泥质细砂	1.84	40	0.87	6.1	80×10^{-2}
P3	泥质粉砂	1.76	48	1.16	1.5	18×10^{-2}
B85	粉砂质软泥	1.60	69	1.16	1.8	17×10^{-2}

三、讨 论

1. 由图2可看出,莱州湾及渤海中央盆地南部海区各站柱样²¹⁰Pb放射性比强度分布随深度呈指数规律衰减,表明本海区现代沉积环境是相对稳定的。

2. 表7揭示莱州湾(沿海浅滩,特别是黄河口门区不包括在内)现代沉积物沉积速率为3.1—6.1mm/a,平均为3.56mm/a,其中最大为莱州湾东部的1054站(6.1mm/a),最低为莱州湾中部的1052站(3.1mm/a)。莱州湾沉积通量为 39×10^{-2} — $80 \times 10^{-2} \text{g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{a})$,平均为 $51.25 \times 10^{-2} \text{g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{a})$,最高的是1054站[$80 \times 10^{-2} \text{g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{a})$],最低的为1052站[$39 \times 10^{-2} \text{g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{a})$]。渤海中央盆地南部现代沉积速率为1.5—1.8mm/a,沉积通量为 17×10^{-2} — $18 \times 10^{-2} \text{g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{a})$ 。

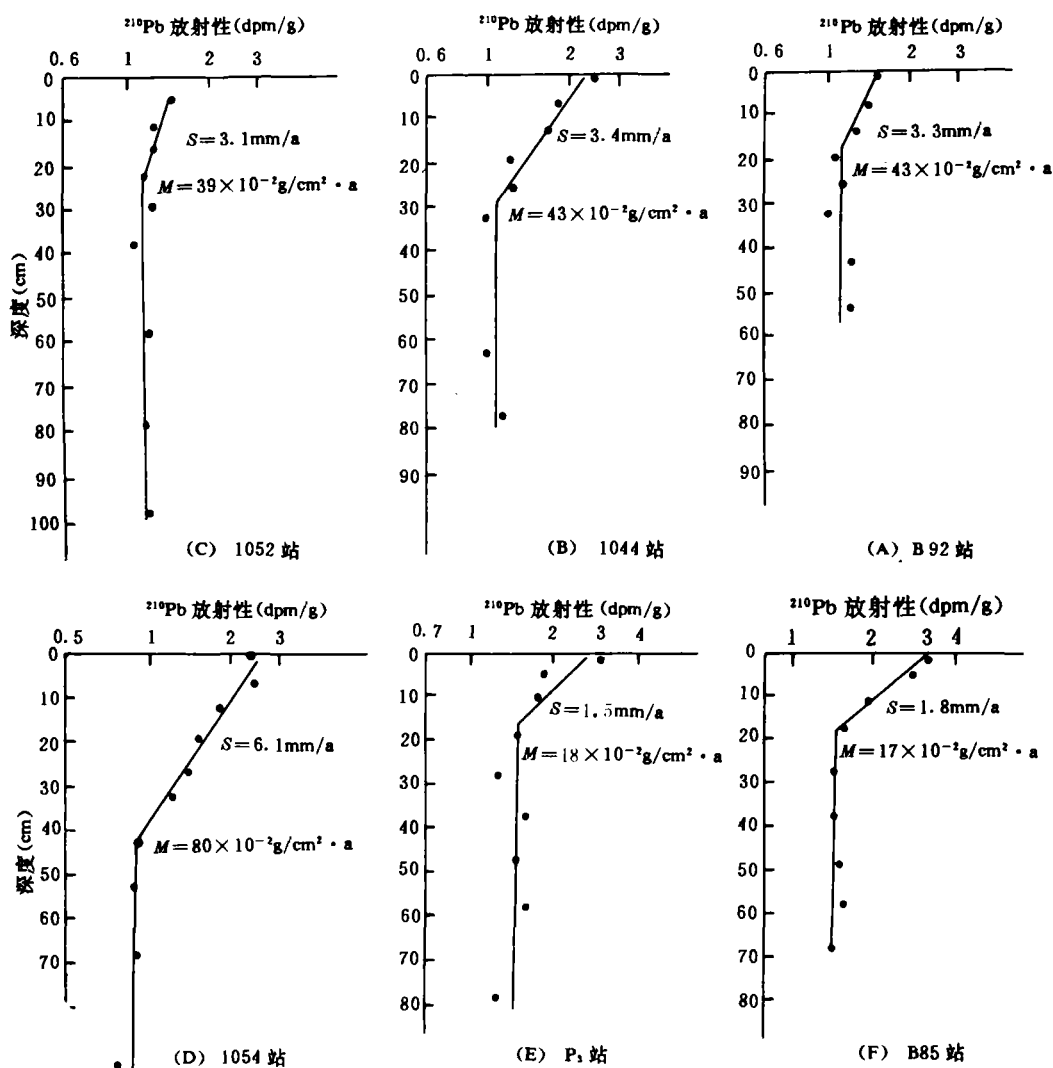


图2 莱州湾及渤海中央盆地南部各站位 ^{210}Pb 随深度衰减图

由表7可以看出, 受黄河输沙直接影响的莱州湾西部和中部海域(B92、1044、1052站)现代沉积物沉积速率(3.3 mm/a)小于莱州湾东部1054站的沉积速率(6.1 mm/a),也小于辽东湾(5.3 mm/a^{21})、渤海湾(9.7 mm/a^{31})的沉积速率。

造成海洋沉积物沉积速率差异的因素是多方面的, 如海域位置、物质来源条件、沉积物组分特征、海底地形、沉积环境(特别是物理、化学、生物)条件差异等。下面根据我们的调查资料和有关报道就莱州湾海域沉积速率分布差异原因进行粗略分析。

(1) 黄河携带的泥沙主要淤于河口, 少部分被输向深海区, 对本研究海区影响较弱。

2)、3) 本室所测, 另文发表。

黄河素以含沙量大而著称于世,平均年输沙量为 $11.8 \times 10^8 t$,其中约有33.5%淤于河口区,形成黄河三角洲平原,使三角洲岸线不断外延;36.9%沉积在河口两侧近岸海域;仅有29.6%的细物质被输送到深海区。

黄河水下三角洲的沉积速率还是相当高的,王琦等(1989)曾报道黄河水下三角洲的沉积速率最高达 $1500 mm/a$ 〔5〕,我们这次未取到这种样,B92站虽位于水下三角洲,但该站实际位于黄河故道上,目前尚有少量径流沿此水道入海,流速甚大,泥沙很难落淤,所以该站柱样表层至35cm段仅沉积了黄褐色粗粉砂,细粒物质无法保存下来,因此该站沉积速率低。

我们知道,黄河每年的输沙量多集中在汛期(7—10月),占全年输沙量的82%以上,被携带入海的泥沙主要向北、东北、东南三个方向扩散〔6〕,据卫片资料分析,向东南扩散的泥沙约10km后,折转 90° ,形成一个气旋式涡流向东北,向南影响的范围大致在支脉河以北〔7〕,资料表明,黄河携带入海的泥沙主要输送到河口东北海域和渤海湾,这点从渤海表层沉积物分布情况即渤海湾大部分海域及渤海中央盆地大部分海域为黄褐色粘土质软泥、粉砂质软泥所证实〔8〕,而1052站位于黄河口东南60km处,其沉积物除表层为黄褐色泥质粉砂外,3cm以下为青灰色粉砂,表明该站虽受黄河输沙影响,但影响较小。

(2) 莱州湾东西两侧水动力条件的特异性也是造成沉积速率差异的重要原因。

1044站位于现黄河口外,距河口40km,受黄河入海泥沙主要扩散方向的直接影响,按理其沉积速率应该大,但由于这一海域特殊水动力条件影响,造成其沉积速率较小。

据侍茂崇等(1985)报道,黄河口外海流场很特殊,黄河口区潮流速度高达 $120-150 cm/s$,涨潮方向向南,落潮方向向北,潮流方向与径流方向垂直,这种特点使黄河水沙(少数粗粒级物质除外)流出口门即被潮流带走;远离河口区流速 $60-70 cm/s$,涨潮流向东南,落潮流向西北,河口南北方存在着涡流,其锋面上余流很强,并以辐射式流向外海,这种余流是海水从底层向河口方向流入,然后上升,形成上升流,再从表层流向外海〔6〕,这种特殊的水动力条件使黄河泥沙不利在本海区沉积,1044站由于受到这种余流影响,故其沉积速率较低。

莱州湾东部的1054站,靠近岸边,水深10m,为古滨岸相沉积〔5〕,主要受渤海环流和山东半岛北侧西南向沿岸泥沙流共同影响,海流强度很弱,流速仅有 $8-10 cm/s$,虽然汛期黄河泥沙对该站有一些影响,但影响不大,而沿岸泥沙流、莱州湾东部沿岸海蚀崖侵蚀来沙和沿岸短源河流水沙是该站主要物源,物质来源虽然有限,但水动力条件相对稳定,形成较好沉积环境,故该站沉积速率相对较高。

应当指出,莱州湾西侧的1044站和1052站因其位于现代沉积很薄的三角洲外生物扰动构造带上,其沉积速率仅代表了黄河三角洲外侧低速沉积区的特点。

3. 根据图2、表7可看出,本海区 ^{210}Pb 本底值有明显的区域性差异,根据这种差异可将其划分三组,即莱州湾西部黄河口外B92站、1044站和莱州湾中部的1052站为一组,本底值为 $1.1-1.2 dpm/g$;渤海中央盆地南部P3站、B85站为一组,本底值为 $1.46 dpm/g$;莱州湾东部1054站为一组,本底值 $1 dpm/g$ 。

^{210}Pb 本底值大小取决于沉积物中镭的含量,虽说制约沉积物中镭含量的因素很多,但主

要决定于物源.从这种意义上讲, ^{210}Pb 本底值区域性差异往往可以反映出沉积物物源的不同.

王琦等(1989)对来自不同物源的渤海南部表层沉积物的分析,将其分为三个沉积构造区(韵律性水平纹层构造区、生物扰动构造区、沉积构造不明显区)和五种沉积相(黄河水下三角洲相、海湾相、浅海盆地相、潮流浅滩相和古滨岸相)^[5]. B92站、1044站站处于韵律性水平纹层构造区,沉积物为黄河水下三角洲相,物源来自黄河输沙. 1052站处于韵律性水平纹层构造区和生物扰动构造区的过渡带上,物源既有来自黄河输沙,也有来自山东半岛沿岸其他河流的输沙. B85站、P3站和1054站均处于生物扰动构造区,而前者为浅海盆地相沉积,后者为古滨相沉积.

吕亚南等(1983)通过对黄河口外海域32个站位样品分析,根据矿物组合特征,将该区划分为三个矿物组合区,即北部滦河矿物组合区、中部黄河矿物组合区和南部龙口矿物组合区(图3)^[9],这三个矿物组合区范围与我们根据 ^{210}Pb 本底值大小划分的三个组是相对应的.显然B92站、1044站、1052站物源来自黄河输沙, B85站、P3站物源除黄河输沙影响外,主要来源于渤海湾沿岸河流输沙特别是滦河输沙,而1054站(龙口矿物组合区)物源于讨论2中已作过交待,此处不再重复.

通过上述分析,本研究海区 ^{210}Pb 本底值区域性差异主要是由物源不同造成的,从这种意义上讲,根据 ^{210}Pb 本底值区域性差异判断沉积物来源不同具有一定参考意义.

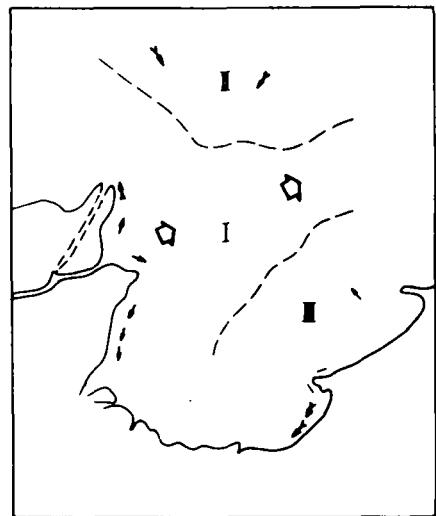


图3 莱州湾及渤海中央盆地南部矿物组合区
I. 黄河矿物组合区 II. 滦河矿物组合区
III. 龙口矿物组合区

四、结 论

通过上述综合分析,可得到如下结论:

1. 根据各站 ^{210}Pb 比强度分布随深度呈指数规律衰减,表明莱州湾及渤海中央盆地南部海域沉积环境是相对稳定的.

2. 本研究海区沉积速率分布为:渤海中央盆地南部海域<莱州湾中西部海域(不包括黄河口近区)<莱州湾东部海域.莱州湾中西部海域沉积物主要来源于黄河输沙,渤海中央盆地南部海域沉积物除受黄河输沙影响外还明显受滦河输移物影响,而莱州湾东部海域沉积物来源于沿岸海蚀崖侵蚀来沙和沿岸短源河流输沙.受黄河输沙直接影响的莱州湾中西部海域,由于黄河流入,造成特殊水动力条件,使其输沙(细组分)难于落淤,而莱

州湾东部虽然物源有限,但水动力条件较弱,形成较好的沉积条件,故造成莱州湾中西部海域沉积速率低于莱州湾东部海域沉积速率。

3. 本研究海区各站 ^{210}Pb 本底值出现区域性差异。通过对各站沉积物来源分析得出的这种差异主要是由于沉积物来源不同造成的。从这个意义上讲,用 ^{210}Pb 本底值区域性差异确认沉积物来源不同具有一定意义。

参 考 文 献

- [1] 刘国贤等,用 ^{210}Pb 法测定长江口的沉积速率,海洋地质与第四纪地质,4(1984),1:113—116.
- [2] F. Paez-Osuna and E. F. Mandelli, ^{210}Pb in a tropical coastal Lagoon S liment core, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 20 (1985), 367—371.
- [3] Liu Guoxian *et al.*, The pollution history of Jin zhou Bay Bohai Sea, China, *Oceanic Processes in Marine Pollution*, 5 (1988).
- [4] 李泽刚,黄河三角洲附近海域潮流分析,海洋通报,3(1984),5:12.
- [5] 王琦等,渤海南部表层沉积的相特征,青岛海洋大学学报,19(1989),1:83—87.
- [6] 侍茂崇等,黄河口附近水文特征分析,山东海洋学院学报,15(1985),2:92—94.
- [7] 陈炳安,小清河口近海区泥沙运态分析,海洋通报,1982,5:65.
- [8] 中国科学院海洋研究所,渤海地质,科学出版社,1985,61.
- [9] 吕亚南等,黄河口滨海区矿物分布特征及其控制因素探讨,山东海洋学院学报,15(1985),1:183—184.