

# 辽东湾北部浅海区泥沙输送 及其沉积特征

苗丰民 李淑媛 李光天 符文侠 何宝林

(国家海洋环境监测中心, 大连 116023)

**提 要** 根据实测资料, 本文定量分析了辽东湾北部泥沙输送及其分布, 并对辽河三角洲沉积区作了初步讨论。研究表明本区泥沙以纵向搬运为特征。双台子河以西来沙和辽河西水道入海泥沙是区域东部拦门沙体和浅滩发育的主导因素。汛季大潮期, 泥沙自西向东运移落淤在河口及毗邻浅水域; 小潮期, 泥沙除向东扩散外, 大部泥沙向海方搬运。调查区可划分六个现代沉积作用区, 即潮坪沉积区、辽河水下三角洲细粒沉积区、河口沙洲沉积区、波浪潮流冲蚀沉积区、河口冲积沉积区以及潮汐水道沉积区。

**关键词** 辽东湾北部 海底地形 泥沙输送 沉积环境分区

**第一作者简介** 苗丰民 男 38岁 副研究员 海洋地质 海岸沉积环境

## 前 言

调查区地处辽东湾顶, 为淤泥质平原海岸。水下浅滩地势平坦, 平均坡度  $1/2500$ — $1/3000$ <sup>[1]</sup>。沿岸河流为辽河三角洲发育提供了丰富的泥沙来源。辽河年平均入海水量约  $48.82 \times 10^8 \text{ m}^3$ , 入海沙量  $3.38 \times 10^6 \text{ t/a}$ ; 双台子河建闸后 (1969年—1979年) 年均入海水量  $18.93 \times 10^8 \text{ m}^3$ , 入海平均沙量  $8.89 \times 10^6 \text{ t/a}$ ; 大凌河多年平均入海水量为  $19.63 \times 10^8 \text{ m}^3$ , 平均入海沙量  $2.74 \times 10^7 \text{ t/a}$ ; 小凌河多年平均入海水量  $4.03 \times 10^8 \text{ m}^3$ , 入海平均沙量  $3.64 \times 10^6 \text{ t/a}$ 。

区域海流是辽东湾海流系统的一部分, 主要由潮流、冲淡水流和风海流组成<sup>[4]</sup>。其中潮流占绝对优势, 属正规半日潮流性质。半日潮流与日潮流的椭圆长轴方向 (主轴方向) 与辽东湾纵轴走向基本一致。经实测全区年降水总量  $574.7 \text{ mm}$  (1987年 12月至 1988年 11月), 夏季雨量占全年总和的 75%。区域年平均风速  $4.3 \text{ m/s}$ 。常风向 SSW, 频率占 22%; 次为 NNE向, 频率占 13%。测区风浪主要出现在春秋两季, 春季为 WS向, 秋季为 NNE向。河口区平均波高  $0.3 \text{ m}$ , 灯船附近波高  $3.0 \text{ m}$ 。

## 1 海底形态

### 1.1 水下浅滩

系指潮间浅滩向海自然倾斜的地貌单元, 是河流泥沙波及的敏感区域, 加之潮间浅滩

众多潮水沟物质的输运与堆积,导致 0—5 m 海底浅滩发育在时间和空间上有很大变化。因多汉沟和流槽切割突出的表面单独块体,形态不规则的断续排列,对水下斜坡的稳定性产生了不利的影 响<sup>[6]</sup>。水深 5—20 m 时,随着汉沟消亡、断流,浅滩堆积体形态单调。总体上,水下浅滩平坦开阔,其中双台子河口以西上述趋势最为明显,以东受古地貌等条件制约,水下浅滩地形反差偏大。

水下浅滩物质存在明显的横向和纵向分异性。小凌河至双台子河口外侧依次为砂、粉砂质砂、粉砂、粘土质粉砂;纵向上,从海图零米线至水深 5 m 附近则为粉砂、粘土质粉砂、粉砂质粘土、粘土质粉砂。双台子河口以东水下浅滩物质组成较为复杂,多由砂、粘土质粉砂、砂、粉砂、粘土组成。

### 1.2 拦门沙浅滩

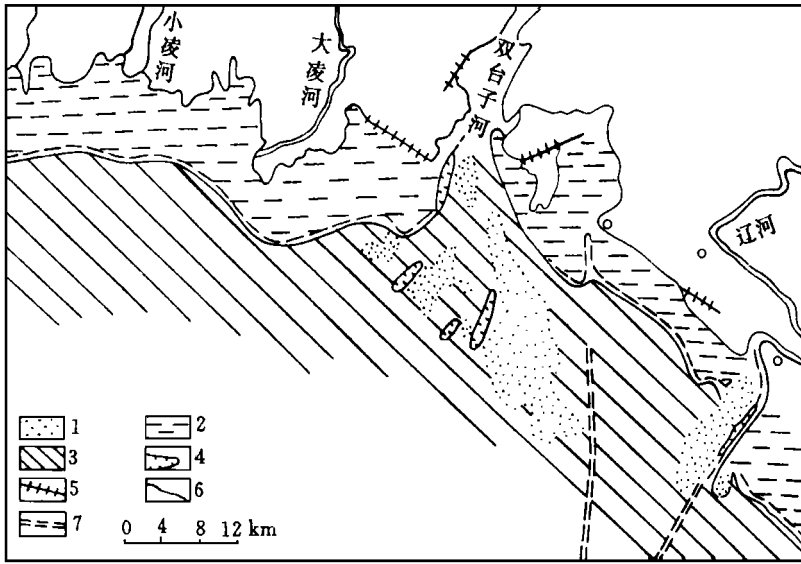
辽河、双台子河口前普遍发育拦门沙浅滩。这些以砂质粉砂、砂为主的砂体(盖州滩、辽河西滩等)是辽河水下三角洲典型的堆积地貌。盖州滩分布在双台子河口外,近南北走向,长 13.5 km,最大宽度 5 km,形状呈两端尖、中间肥大。零米线以上面积为 19.1 万亩。滩顶覆盖砂质粉砂,南侧边缘多出露红褐色粗砂。盖州滩自 1978—1981 年间北部萎缩,西部冲刷,东部和南部则发生一定堆积,整个拦门沙体显示下移东偏之势。辽河河口有东滩、西滩,亦为涨淹落裸的大型拦门沙浅滩。距口门 8 km,总宽度约 7 km,水深不足 2 m,最浅处 1.1 m。组成物质为粘土质粉砂。拦门浅滩位置的季节性变化较大,5—11 月普遍淤浅,浅滩向口门推进;1—4 月则向外海推移。

### 1.3 冲沟

系潮流冲刷掘蚀致深的线形或长条形海底地貌。这类海底负地形,大多出现在水流交汇、流态复杂的海区<sup>[5]</sup>。双台子河口及辽河口海底普遍分布着指状或齿状冲刷槽。值得指出的是,双台子河口外诸多线形冲刷槽分布在拦门沙西侧,系河口区涨落潮流沿拦门沙体西侧往返通过所致。同时,也与 SW 风向的波浪冲蚀有一定关系。双台子河口分布三条成因类同的冲刷深槽,其中以盖州滩深槽最大,长 4.3 km,宽 400 m,最大深度 8.8 m,平均深 6.4 m,剖面呈“V”字形,坡度 1‰,组成物质为砂、细砂等粗粒沉积物。近年来,随着盖州滩下移东偏,深槽也有延伸和东偏之势。此外辽河口的西水道和沿四道沟南行的沿堤水道,皆为海底冲刷深槽。前者深 3 m,后者最深达 13.2 m,平均为 8.5 m。

### 1.4 古河道

辽东湾顶部至水深 30 m 的辽东湾中部洼地分布一组大凌河—辽河海底谷系,属于至今仍保存于海底低海面时期的残留地貌<sup>[2]</sup>。辽河古河道始端有二,一是大凌河口前(40°40'N—122°00'E)水下河谷向 SSW 延伸进入辽东湾中部洼地消失;二是辽河口前的水下河谷与大凌河谷相并迤邐而下至中部洼地。从大凌河水下河谷始端至辽河水下河谷末端全长 120 km,以 10 m 等深线计,河谷宽约 2—3 km,两谷之间常伴以 4—5 m 高的长条堤状堆积体使之分隔(图 1)。大凌河—辽河古河道,沿郯庐断裂构造软弱地带延伸,恰位于辽东湾底部东坡和北坡的交界处。古河道目前虽已被大凌河—辽河物质覆盖,但谷系东、西两侧似有不同,东侧为砂、粉砂、粘土和细砂夹砾石,并含有较多贝壳;西侧则以粘土质粉砂为主。分布辽河古滩和盖州滩之间的古河道形成一个近南北走向,水深 10 m 的流蚀深槽,宽达 1.5 km 左右。



1. 拦门沙浅滩 2. 潮坪 3. 水下浅滩 4. 冲刷槽 5. 人工海堤 6. 淤涨岸 7. 古河道

图 1 研究区海底地貌类型

Fig. 1 Geomorphological types in the bottom of the study area

## 2 泥沙运移及分布

单宽和断面计算显示(表 1 表 2 图 2),泥沙自西向东运移。大潮期泥沙淤积在河口及浅滩附近,主要沉积在三道沟至辽河一线;小潮期,除少部分泥沙在东部落淤外,大量泥沙通过甲—乙断面向海方输送。就东部测区而言,大潮期间落淤的泥沙是小潮期的两倍以上。从泥沙全潮趋势看,辽河西水道入海泥沙在口门附近受阻落淤,双台子河口及以西海域则受蚀冲刷。大凌河南部实测地形线(1983年)表明: - 1.0 m 以上潮坪堆积速率可达 3.2 cm/a; - 1.0— - 3.0 m 略有冲刷; - 3.0— - 5.0 m 水下浅滩则表现稳定淤涨,最大值为 1.2 m/a。从沉积物类型及各种参数的综合对比可看出,双台子河物质向南和盖州滩方向扩散,辽河物质指向南和西南。

## 3 沉积分区及分异作用

### 3.1 潮坪沉积区

潮坪沉积物分布是水动力强弱的直接反映,其发育受潮流和泥沙控制。本区潮坪可清楚划分为三个带,上部为粉砂泥质带,中部为砂、泥混合带,下部为粉砂、极细砂带。高潮坪沉积带: 大多有碱蓬生长, 枯矮植物根系发育, 有少量生物泥堆和龟裂纹。该带由于裸露时间长, 质地粘重, 故生物种属稀少, 淤积强度较小。粒度特征, 二界沟以东为粘土质粉砂, 南甸子至二界沟多为粘土质粉砂, 但也有粗颗粒物出现。南甸子至小台子主要分布着粉砂质粘土, 西部潮上带除小凌河为粉砂外, 其余均为粘土质粉砂。中潮坪沉积带: 上部生物种类增多, 生物洞穴密度加大, 多以粘土质粉砂出现。该带波痕不发育, 滩面冲淤变化较弱。下部波痕发育, 海

草丛生,泥沙交换活跃,生物也多以游动底栖类为主。沉积物亦以粉砂和粘土为主,但砂含量有所增加。低潮坪沉积带:波浪发育,滩面平整。因水流流速较大,波浪作用时间长,故底质偏粗,多为砂质粉砂和粉砂质砂。东滩(双台子河东部)冲淤平衡,西滩以淤为主(图 3)

表 1 单宽潮流量、输沙量及方向统计 ( $m^3/d^{\circ}m, t/d^{\circ}m$ )Table 1 Statistics of one-wide tide currents, silt discharges and directions ( $m^3/d^{\circ}m, t/d^{\circ}m$ )

| 剖面号 | 站号 | 潮型 | 单宽输沙量    |            | 单宽输沙量     |            |
|-----|----|----|----------|------------|-----------|------------|
|     |    |    | 流 量      | 方 向        | 输 沙 量     | 方 向        |
| I   | 2  | 大潮 | 14315.28 | 285°37'53" | 4.214038  | 357°01'45" |
|     |    | 小潮 | 27027.70 | 117°23'26" | 0.329933  | 141°44'35" |
|     | 3  | 大潮 | 70266.19 | 146°59'34" | 1.522118  | 117°36'50" |
|     |    | 小潮 | 6502.78  | 221°53'45" | 0.042786  | 107°20'49" |
| II  | 1  | 大潮 | 17535.43 | 124°17'17" | 8.321631  | 69°31'41"  |
|     |    | 小潮 | 32943.25 | 110°18'11" | 15.201030 | 193°17'32" |
|     | 2  | 大潮 | 95899.38 | 200°29'25" | 28.01789  | 211°00'34" |
|     |    | 小潮 | 45543.83 | 260°38'14" | 5.807107  | 243°04'50" |
|     | 3  | 大潮 | 99662.10 | 134°50'22" | 3.884003  | 99°11'47"  |
|     |    | 小潮 | 41405.54 | 148°48'25" | 0.723604  | 96°52'47"  |
| III | 1  | 大潮 | 17680.74 | 18°05'36"  | 2.978107  | 30°20'32"  |
|     |    | 小潮 | 28999.37 | 50°22'56"  | 0.500074  | 30°34'38"  |
|     | 2  | 大潮 | 33581.42 | 72°23'15"  | 12.559210 | 51°21'47"  |
|     |    | 小潮 | 40075.45 | 115°18'54" | 0.189351  | 74°14'39"  |
|     | 3  | 大潮 | 71427.88 | 50°20'10"  | 0.401391  | 60°19'39"  |
|     |    | 小潮 | 56793.20 | 93°28'38"  | 0.888892  | 37°38'13"  |
| 甲   | 甲  | 大潮 | 93135.74 | 153°44'01" | 2.627532  | 98°31'48"  |
|     |    | 小潮 | 58941.59 | 146°49'29" | 0.749254  | 107°18'30" |
|     | 乙  | 大潮 | 48986.96 | 116°26'40" | 3.352037  | 84°54'47"  |
|     |    | 小潮 | 42790.33 | 184°47'45" | 1.371205  | 183°42'05" |

表 2 辽东湾北部断面输沙计算

Table 2 Calculation of the section silt discharge in the northern Liaodong bay

| 断 面           | I <sub>1</sub> -I <sub>3</sub><br>(锦县虾庄子) |        | II <sub>1</sub> -II <sub>3</sub><br>(欢喜岭三道沟) |               | III <sub>1</sub> -III <sub>3</sub><br>(田庄台荣兴) |         | 甲-乙     |         |
|---------------|---|--------|--|---------------|---|---------|---------|---------|
|               | 大 潮                                       | 小 潮    | 大 潮  | 小 潮           | 大 潮   | 小 潮     | 大 潮     | 小 潮     |
| 断面输沙<br>(t/d) | + 35405                                   | + 2950 | 178895<br>(向东)                               | 90850<br>(向东) | - 111709                                      | - 24958 | + 45390 | - 55706 |

+ : 进沙 - : 出沙

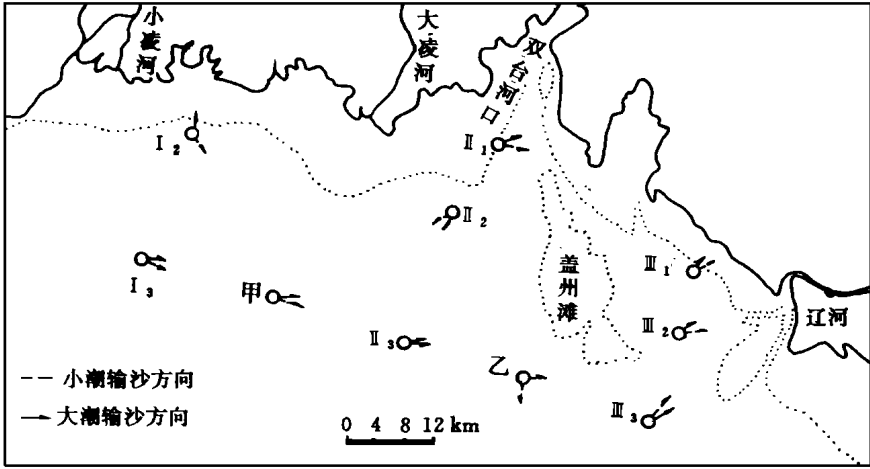
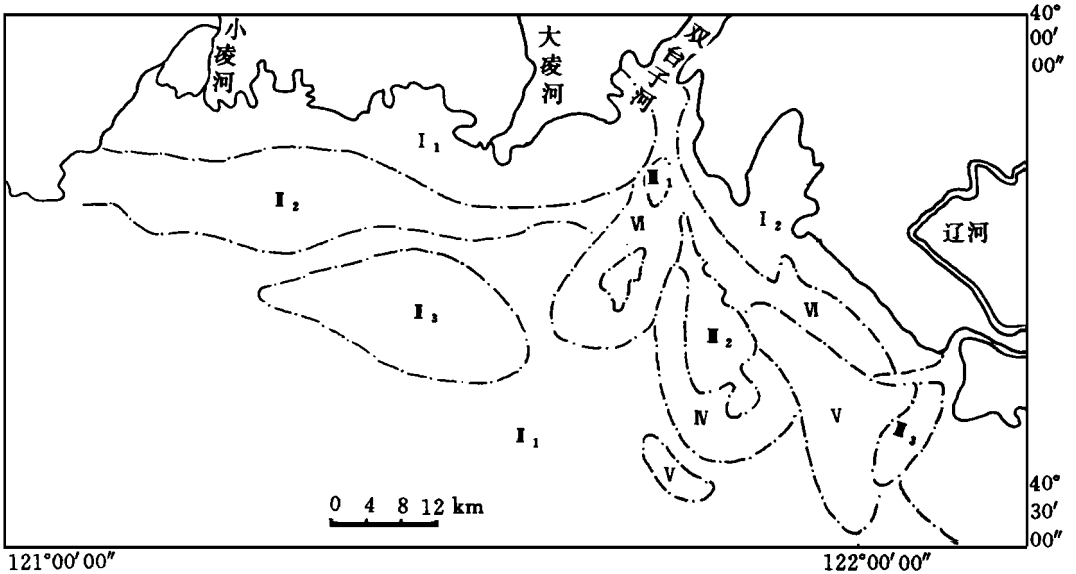


图 2 大、小潮期输沙方向示意图

Fig. 2 Transport directions of suspended sediments during spring and neap tides



I. 潮坪沉积区 I<sub>1</sub>. 淤涨段沉积亚区 I<sub>2</sub>. 冲淤平衡段沉积亚区 II. 辽河水下三角洲细粒沉积区 II<sub>1</sub>. 粘土质粉砂沉积亚区 II<sub>2</sub>. 粉砂沉积亚区 II<sub>3</sub>. 粉砂质粘土沉积亚区 III. 河口沙洲沉积区 IV. 波浪潮流冲蚀沉积区 V. 河口冲积沉积区 VI. 潮汐水道沉积区

图 3 调查区表层沉积分区

Fig. 3 Sedimentary division chart of the investigating area

### 3.2 辽河水下三角洲细粒沉积区

沉积物由粉砂以细物质构成,分三个亚区,平均  $M_z$  为 6.84 $\phi$ ,峰态值 0.73 淤泥质粉砂角 (II<sub>1</sub>) 分布范围广,自 -5 m 等深线向西南方向延伸,平均  $M_z$  为 6.99 $\phi$ ,峰型宽,分选差至差,成熟度低,动力环境弱 粉砂沉积亚区 (II<sub>2</sub>) 主要集中在三个河口 (双台子、大凌河、小凌

河)南部 - 5 m 等深线附近及近岸浅水域。从调查看底部浮泥仅约 1—2 cm, 其下为粉砂层, 各层接触面呈波状起伏, 生物扰动不强, 偶见逃穴构造, 是一个以物理因素为主的快速沉积区。同时, 在波浪和潮流作用下, 细颗粒物向海推进。大凌河和小凌河南部海域底质粗粉砂含量均在 60% 以上, 接近小凌河南部海域极细砂以粗物质含量递增到 10% 左右。  $M_z$  为  $4.87\phi$ ,  $K_G$  为 1.14, 体现了潮动力波浪作用的强度。本区泥沙丰富, 水域宽浅, 加之为各大河流淡水集结地, 洪水季节易发生暴淤, 同时也加速了水下三角洲扇形地的向海淤长。粉砂质粘土沉积亚区 (II<sub>3</sub>) 主要分布在测区中部。这里的现代细粒沉积物与河口区不同: 一是颗粒更细, 二是缺失滚动和跃移段, 三是层理不明显。平均  $M_z$  为  $8.1\phi$ , 粘土含量在 50%—60% 之间。峰态值已降到 0.6 以下, 峰型多为马鞍状。概率曲线由两段悬浮总体构成: 前段斜率较陡, 分选好; 后段分布范围宽, 分选差。这里潮动力最弱, 基本上为悬浮沉积。

### 3.3 河口沙洲沉积区

沉积区包括盖州浅滩、辽河东西浅滩和双台子河口外心滩, 这些浅滩均为涨潮淹没, 落潮出露的大型河口滩地。沉积物以辽河东滩最细 (粘土质粉砂), 西滩次之 (粘土质粉砂和砂质粉砂), 盖州滩主要为砂质粉砂, 在其边缘砂和粉砂质砂呈大面出露。沉积特征: 盖州滩、辽河西滩平均  $M_z$  为  $4.11\phi$ , 分选好到差。辽河东滩, 平均  $M_z$  为  $7.14\phi$ , 分选较差。盖州滩和辽河西滩滩面沉积物只有跳跃和悬浮组份。悬浮组份含量一般在 80%—90% 之间。悬浮组份多呈两段式, 前段斜率高, 分选好, 分布区间窄, 后段区间宽, 斜率低, 分选差。从成因上看, 两滩滩面属缓冲沉积区 (悬浮沉积和递变悬浮)。辽河西滩, 则主要以细粒物质为主, 沉积物构成也较为混杂, 成因上也可归为河流冲积沉积。从实地考察和资料对比, 辽河东、西两滩面积近些年来略有增加, 盖州滩东侧淤长较快。

### 3.4 波浪潮流冲蚀沉积区

本区分布范围狭窄, 主要集中在盖州滩的西部、南部、北部和东部边缘。盖州滩东部边缘呈零星分布。造成冲蚀发生的主动动力是强潮流及波浪破碎。但由于沿岸河流供沙丰富, 这种冲蚀并不强烈。冲蚀区沉积特征: 平均  $M_z$  为  $3.38\phi$ , 单峰对称型, 分选较好到极好。细砂含量均在 75% 以上。跳跃段分选好, 含量高, 滚动体一般不足 1%, 悬浮段含量一般在 10% 左右, 区间窄, 分选较好。

### 3.5 河口冲积沉积区

主要分布在辽河西水道和盖州滩南侧, 系海河互相作用。水动力变化强烈。沉积类型复杂, 生物残体杂多的区域。完整及破碎贝壳、砾石、极粗砂等滚动体的大量出现构成了本区沉积环境的一大特色。沉积成因主要有三: 一是辽东湾西南向沿岸流将辽河下泄泥沙向此输送。二是潮流、波浪对邻近堆积物的改造、搬运而来。三是辽河泥沙经西水道冲积所致。沉积物特征: 平均  $M_z$  为  $5.49\phi$ , 平均标准偏差  $3.03\phi$ , 分选差。峰型为双峰极宽型, 平均峰态只有 0.71, 显示了环境区物源的多向性, 动力作用的多元性。概率曲线呈三段式: 滚动段多为贝壳和碎贝壳, 含少量小砾、极粗砂; 悬浮段分选差, 含量多在 50% 以上, 有的高达 70%。

### 3.6 潮汐水道沉积区

指西水道, 二界沟至双台子河沿岸潮汐水道以及双台子河入海潮汐通道。水深一般在 2—3 m 左右。西水道—双台子河潮汐通道, 东宽西窄。辽河西水道至荣兴农场水域宽浅, 沉积物以细颗粒为主, 分选差。二界沟东部水道, 物质粗化, 极细砂含量在 66%—81%, 分

选较好至好。

## 小 结

1) 最严重扰动和冲刷的海底位于双台子河至辽河之间海域, 这里沉积类型杂乱, 层状层序的混合, 表层被全部和部分掩埋以及在形体上的切割和充填, 体现了沉积物的快速底流作用, 沉积塌陷以及潮流、波浪造成的不稳定块体的滑动。

2) 调查区沉积类型主要为粘土质粉砂、粉砂、砂和砂粉砂、粘土。双台子河西部潮坪、近端和三角洲前缘粒度分布依次为粘土质粉砂、粉砂和粘土质粉砂; 双台子河东部潮坪以粘土质粉砂为主, 三角洲近端处以砂和混合沉积类型为主, 在三角洲前缘则主要分布着粘土质粉砂。

3) 大、小凌河和双台子河下泄泥沙除落淤河口浅滩外, 观测期间泥沙东移。大辽河西水道泥沙受阻于田庄台荣兴附近, 使水下浅滩淤长、变浅。汛期, 大潮期泥沙向口门上游及东部输送; 小潮期, 泥沙除纵向运移(向东)外, 大部泥沙向外海输送, 但高浓度泥沙浑扩散范围局限在距岸 25—30 km 以内。

4) 辽东湾北部潮坪宽达 10 km 以上, 潮间带广泛分布着浮泥, 厚度 1—45 cm 不等。余流有着明显的顺岸方向。滨外区的输沙方向与优势潮流方向一致。在潮间带下部和水下三角洲近端处输沙方向与余流方向多有不同。

## 参 考 文 献

- [1] 符文侠等. 地理研究, 7 (2): 73—80.
- [2] 李凡等. 海洋科学集刊. 科学出版社, 23—57—67.
- [3] 杨作升等. 山东海洋学院学报, 4 (3): 21—26.
- [4] 苗丰民等. 海洋学报, 12 (5): 610—619.
- [5] Prior D B, Bornhold B D and Johns M W. Depositional characteristics of a submarine debris flow. *Journal of Geology*, 1984, 92: 707—727.
- [6] Schapery R A and Dunlap W A. Prediction of storm-induced sea bottom movement and platform forces. *Offshore Technology Conference*, 10th, Houston, Proceedings, 1978, 1789—1796.

## Suspended Sediment Transport Tendency and the Study of Sedimentary Divisions in the Northern Liaodong Bay

Miao Fengmin Li Shuyuan Li Guangtian Fu Wenxia and He Baolin

(Institute of Marine Environmental Protection, Dalian 116023)

### Abstract

The sea area around the Liaohe estuary refers to a region between the Liaohe estuary

to the east and the Xiaolinghe estuary to the west, of which the water depth is defined less than 20 m. Drainages which enter into the sea are the Liaohe, Shuangtaihe, Dalinghe and Xiaolinghe rivers, characterized by  $9.14 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{a}$  of total water discharge and  $4.9 \times 10^7 \text{ t/a}$  sediment input. Broad tidal flat and submerged deltas were attributed to the large capacity of sedimentary input. Based on the spot investigating data (1988), the authors calculated the distribution of the suspended deposit in the northern Liaodong Bay, and analysed sediment divisions of the Liaohe delta. The results indicated that the suspended matter moved in longitudinal direction. Water and sand from the Shuangtai river and the west area of the river are the main factor for the shoal development in the eastern part of this area. During spring tide, the suspended sediment of the rivers and marine sources can remain in river mouths and around shallow water. Main dispersion directions of sediments are southeastwards to the western and the central areas and northeastwards to the eastern part during flood tide. During neap tide, however, sediments from rivers and resuspended sediment from the estuary migrate in the same directions mentioned above.

The investigating area is divided into six modern sediment areas, they are tide flat deposit area, subaqueous delta fine sedimentary area, estuarine sand bank deposit area, estuarine alluvial deposit area, tidal stream and wave cut deposit area, and tide and waterway deposit area. It is noted that bottom configurations of the east in this area are very complicated and the bottoms are subjected to intensive disturbing and scouring, which induce active slide and flows in underconsolidated sediments on the Liaohe delta.

**Key words** northern Liaodong bay bottom configuration suspended sediment transport division of sedimentary environment