

18-39

第2章 大连港附近海域环境

现状及质量评价

张玉芳 蔡思忠

P714.1

2.1 疏浚物及其有害物质成分、含量

1. 疏浚物的来源

大连市一些企事业单位修建码头和疏浚航道等, 每年都将大量疏浚物倾倒在近海。据不完全统计, 1985年大连港务局在大三山岛东南水域倾倒疏浚物201万 m^3 , 1985~1986年, 大连造船厂建香炉礁、甘井子码头, 石油七厂建码头, 曾向黄白咀水海倾倒疏浚物160万 m^3 , 1989年, 大连港等14个单位在上述两水域和老虎滩以南水域, 共倾倒疏浚物54次, 总量为167.7万 m^3 。当前, 大连港是辽宁沿海最大的综合性港口, 仍在进一步发展, 如正在扩建和尚岛煤码头和危险品码头各2座, 改建甘井子粮食码头一座, 另外, 大连造船厂香炉礁大坞工程, 拟在1990~1992年, 将500万 m^3 的疏浚物倾倒在近海, 大连渔轮公司在今后五年内, 拟建造3000t船台一座, 也将有一定数量的疏浚物倾倒在近海。因此, 需要选划适宜的疏浚物倾倒地点。

2. 疏浚物的基本物理特性

根据国家海洋局北海监测中心提供的大连造船厂船坞疏浚物粒度分析结果, 绘制成粒度分配曲线图(图2-1、图2-2)。由图2-1和图2-2可以看出, 不同土层深度的样品, 其颗粒分配也不同: 粒径小于500 μm 颗粒所占比例分别是68%、63%, d_{50} 分别为27 μm 和25 μm , 相差不几。不均匀系数 d_{60}/d_{10} 分别为5和15。相比之下, 船坞底质粒径分布比较均匀。

1989年7月7日, 为进行放射性示踪沙追踪试验, 在大连造船厂20万t船坞疏浚施工地

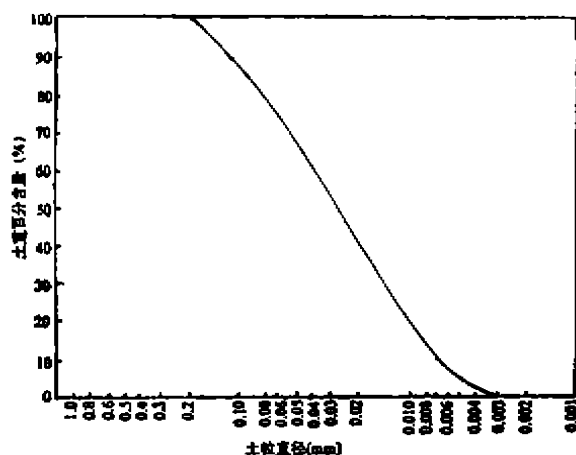


图2-1 颗粒大小分配曲线 (大连造船厂疏浚物)

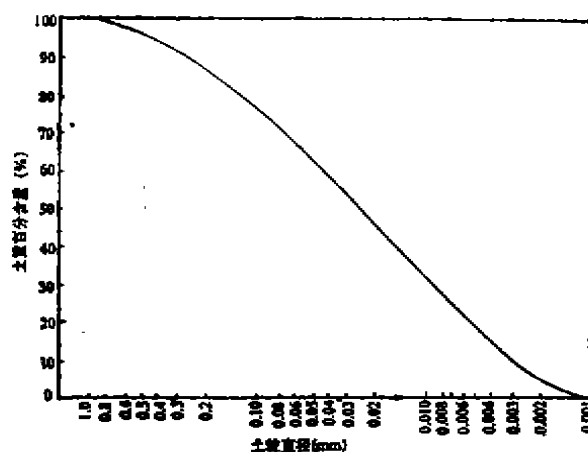


图2-2 颗粒大小分配曲线 (大连船坞底质)

点,现场采集底质泥沙样品,分析粒径(mm)和含量(%)结果与国家海洋局北海监测中心所提供的数据基本一致。

1989年7月20日,为进行声学追踪试验,同样在大连造船厂20万t船坞疏浚现场,分别在两条泥驳上,采集的两个疏浚物样品的颗粒分配曲线,如图2-3所示。由图2-3可见,两个样品的颗粒粒径均在 $100\mu\text{m}$ 以下,且 $50\mu\text{m}$ 以下的颗粒占80%(D号样品)和85%(E号样品),粒径分配很不均匀。两个样品的物理指标如表2-1所示。

值得指出的是:不同时间,不同地点和不同深度土层(疏浚物)的物理特性,将会有所不同。所以,上述各图、表所述,只代表所采集样品的物理特性。

3. 疏浚物中有害物质成分及含量

当前,在大连港、大连造船厂、大连化学工业公司、石油七厂、国营523厂等港区附近

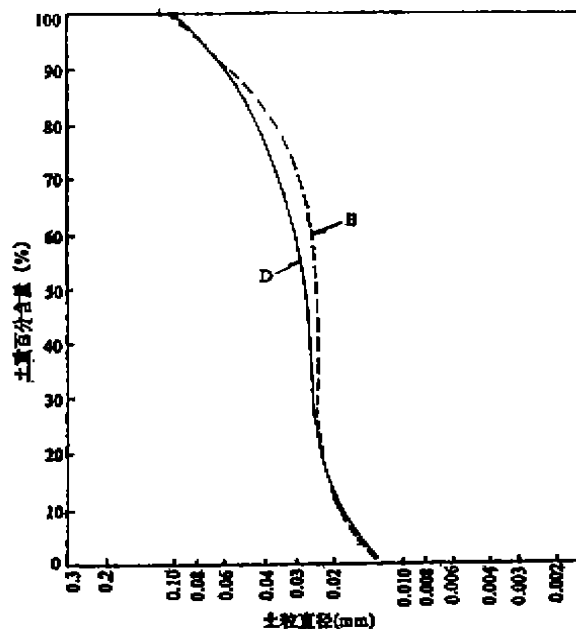


图2-3 疏浚物颗粒粒径分配曲线
(1989年7月20日样品)

表2-1 疏浚物物理指标 (1989年7月20日样品)

物理指标 样品号	湿容重 (g/cm^3)	土重	中值粒径 $d_{50}(\mu\text{m})$	不均匀系数 d_{60}/d_{10}
D	1.36	2.70	26	1.61
E	1.21	2.75	22	1.3

采集的泥样,经化验,大部分样品含有油、汞、Cu、Pb、Zn、Cd、DDT、六六六、总铬、As、硫化物、 CN^- 等。据统计:油超标2~17倍;汞超标3~4倍;Cu超标2~14倍;Pb超标2~12倍;Zn超标2~9倍;Cd超标2~104倍;DDT、硫化物超标3倍。有害物质含量超标比较严重。

2.2 疏浚物倾倒区选划原则和预选倾倒区位置

1. 疏浚物倾倒区选划原则

为了科学、合理、安全和经济地预选大连港附近海域疏浚物倾倒区,应遵循以下原则:

(a) 最大限度地避开航道、锚地、海底管道、海底电缆、海上设施、军事禁区、科学试验区、资源开发区、风景旅游区、海水浴场、水产养殖和主要经济鱼、虾、贝类产卵、越冬、索饵、洄游区以及其它自然保护区等; (b) 选择海水循环良好,且污染物输入很少的扩散型高能海区; (c) 选择海底生物匮乏的海区; (d) 考虑航行和倾倒作业安全因素以及监视

监测的可能性等；(e) 节省经费。

2. 预选疏浚物倾倒区位置

根据选划倾倒区原则和大连港附近海域功能区等状况, 确定3个疏浚物预选区(图2-4)。

(a) A区, 即黄白咀预选区 ($38^{\circ}52' \sim 38^{\circ}55' \text{N}$, $121^{\circ}43' \sim 121^{\circ}46' \text{E}$), 面积约 30km^2 , 代表站为15号站 ($38^{\circ}54' \text{N}$, $121^{\circ}43' \text{E}$); (b) B区, 即老虎滩以南预选区 ($38^{\circ}45' \sim 38^{\circ}47.5' \text{N}$, $121^{\circ}39' \sim 121^{\circ}44' \text{E}$), 面积约 42km^2 , 代表站为27号站 ($38^{\circ}47' \text{N}$, $121^{\circ}40' \text{E}$);

(c) C区, 即三山岛以南预选区 ($38^{\circ}48.5' \sim 38^{\circ}51.5' \text{N}$, $121^{\circ}50' \sim 121^{\circ}53' \text{E}$) 面积约 30km^2 , 代表站为22号站 ($38^{\circ}52' \text{N}$, $121^{\circ}51.5' \text{E}$)。

根据我国海洋倾废管理条例, 对上述预选区的位置是否合理, 进行了综合科学对比评价, 并以保护大连港附近海域环境为主要目的, 选划出正式疏浚物倾倒区。

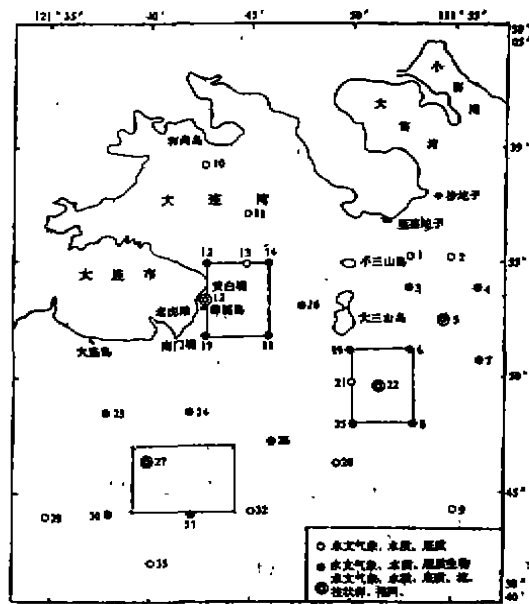


图2-4 大连港附近海域预选疏浚物倾倒区及基线调查站位图

2.3 水质、底质、生物状况与评价

1. 调查海域范围及站点布设

调查海域范围: $38^{\circ}42' \sim 38^{\circ}59' \text{N}$, $121^{\circ}34' \sim 121^{\circ}57' \text{E}$ (不含陆地)。共设水文气象、水质、底质调查站点33个。其中、兼测流站点4个, 兼底质柱状样站点4个, 兼生物采样及生物拖网站点分别为17个和4个(图2-4)。

2. 调查、测试方法

按《海洋调查规范》、《海洋污染调查暂行规范》及其补充规定执行。

上述海域水质、底质、生物现状调查, 于1989年2月进行。

3. 水质状况与评价

(1) 测定项目与方法

①水质要素 现场测定项目有DO、COD、pH、总N ($\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$), $\text{PO}_4\text{-P}$, $\text{SiO}_3\text{-Si}$ 等8项。实验室分析项目有油类、挥发酚、氯化物、As、总Cr、Cu、Pb、Zn、Cd、总Hg、有机氯农药、悬浮物等12项。

水质分析方法如表2-2所列。

采取水样层次, 由水深决定。水深 $<10\text{m}$, 只采集表层水样; $10\text{m}<\text{水深}<25\text{m}$, 采集表、底两层水样; $25\text{m}<\text{水深}<50\text{m}$, 采集表、中、底三层水样。

②水质评价 选用《中华人民共和国海水水质标准》GB3497-82中一类海水水质标准及渔业水域水质标准(试行)TJ35-79(见表2-3)。

表2-2 水质分析方法

项 目	分 析 方 法	项 目	分 析 方 法
COD	碱性高锰酸钾法	氰化物	吡啶—吡唑啉酮法
DO	碘量滴定法	砷化物	二乙氨基二硫代甲酸银分光光度法
pH	pH电计法	总 铬	氢氧化铁共沉淀—二苯基羧二肼分光光度法
氨氮	次溴酸钠氧化法	铜	阳极溶出伏安法
硝酸氮	锌镉还原法	铅	阳极溶出伏安法
亚硝酸	重氮偶氮比色法	锌	阳极溶出伏安法
磷酸盐	磷钼蓝法	镉	阳极溶出伏安法
硅酸盐氮	硅钼黄法	总 汞	冷原子荧光法
油	紫外分光光度法	有机氯农药	气相色谱法
挥发酚	4-氨基安替比林分光光度法	悬浮物	重量法

表2-3 水质污染因子评价标准 (单位: mg/L)

pH	DO	COD	酚	总 铬	氰化物	砷	铅	铜	镉
7.5~8.4	5	3	0.005	0.1	0.02	0.05	0.05	0.01	0.005
六六六	DDT	总 汞	PO ₄ -P	油	总 氮	悬浮物*	硫化物		
0.02	0.001	0.0005	0.015	0.05	0.10	10	5		

* 悬浮物为人为增加量。

(2) 水质状况

在调查海域内, Cu、DDT均未检出。DO、pH、COD、酚、总Cr、氰化物、As、Zn、Pb、Cd、六六六含量, 均不超过国家规定的一类海水水质标准。各站水质要素含量变化范围如表2-4所示。

其中, 总Hg, 在25号、33号中层站超标, 其值分别为0.539 μ g/L和0.526 μ g/L; 在6号站底层超标, 其值为0.634 μ g/L。PO₄-P, 在21号站中层超标, 在20号站中、底层超标, 其

表2-4 水质要素含量变化范围

项 目		DO(mg/L)	pH	COD(mg/L)	SiO ₃ -Si(μ g/L)
范 围	表	10.96~10.62	8.27~8.06	1.22~0.20	141.91~49.74
	中	11.02~10.77	8.24~8.14	0.62~0.38	163.26~56.76
	底	11.99~10.50	8.29~8.14	1.24~0.28	234.2~51.99

续表2-4

项 目 范 围		酚($\mu\text{g/L}$)	总铬($\mu\text{g/L}$)	氰化物($\mu\text{g/L}$)	砷($\mu\text{g/L}$)
层 次	表	2.44~(-)	2.47~1.39	0.58~0.49	2.20~0.40
	中	2.32~(-)	2.52~1.04	0.68~0.4	1.60~0.40
	底	2.44~(-)	2.61~1.25	0.68~0.4	2.20~0.40
项 目 范 围		铅($\mu\text{g/L}$)	铜($\mu\text{g/L}$)	六六六($\mu\text{g/L}$)	Hg($\mu\text{g/L}$)
层 次	表	26.31~5.04	0.59~(-)	9.934~0.915	9.388~0.174
	中	20.98~8.24	0.49~(-)	9.932~9.013 8	0.539~0.938
	底	19.87~3.89	1.31~(-)	9.932~0.014 9	0.634~0.040
项 目 范 围		$\text{PO}_4\text{-P}(\mu\text{g/L})$	油(mg/L)	总N ($\mu\text{g/L}$)	悬浮物(mg/L)
层 次	表	14.26~7.13	0.078~0.902	457.80~40.18	59~3
	中	15.19~7.75		89.04~35.28	85~7
	底	24.80~8.68		446.74~36.96	86~11

值均为15.19 $\mu\text{g/L}$ ，在14号站底层超标，其值为24.80 $\mu\text{g/L}$ 。油类，在23号、28号、20号、24号、26号、27号和29号站超标，其值均在0.05mg/L以上。总N，在10号站表、底层超标，其值分别457.80 $\mu\text{g/L}$ 和446.74 $\mu\text{g/L}$ 。

悬浮物，按国家规定的一类海水水质标准要求，人为造成的增加量不得超过10 $\mu\text{g/L}$ ，由于我们没有本次调查前的悬浮物本底值，所以无法得出人为造成的增加量，来衡量是否超标。因此，只能以本次调查的实测值评述。表层，最高值为59mg/L（9号站），最低值为3mg/L（14号站），其它各站在4~52mg/L之间。中层，最高值为85mg/L（31号站），最低值为7mg/L（30号站），其它各站在9~58mg/L。底层，最高值为86mg/L（31号站），最低值为11mg/L（27号站），其它各站在13~69mg/L之间。三层平均最高值为61mg/L（31号站），最低值为10mg/L（23号站），其它各站为12~53mg/L。

（3）水质质量评价

在资料管理过程中，对明显不合理的异常值予以剔除，并取各站表、中、底层实测值的算术平均值，作为该要素的代表值，评价方法采用指数法，其污染指数用下式计算。

$$I_i = C_i / C_0 \quad (2-1)$$

式中: I_i ——各站环境要素的污染指数; C_i ——各环境要素的实测值; C_0 ——环境要素的评价标准值。

溶解氧 (DO) 污染指数采用下式计算:

$$I_{DO} = (C_{max} - C_i) / (C_{max} - C_0) \quad (2-2)$$

式中: I_{DO} ——各站 DO 值的污染指数; C_{max} ——33 个测站中 DO 值的最大值 (12.01 mg/L); C_i ——各站 DO 值的实测代表值; C_0 ——DO 值的评价标准值 (5 mg/L)。

pH 值也有其特殊性, 如一类海水水质 pH 标准值为 7.5~8.4。因此, 我们取 pH 值的污染指数计算式为:

$$I_{pH} = |C_i - C_0| / C_{UL} - C_0 \quad (2-3)$$

式中: I_{pH} ——各站 pH 值的污染指数; C_0 ——一类海水水质 pH 标准值的平均值 (7.95); C_{UL} ——一类海水水质 pH 标准值的上限 (8.4); C_i ——各站 pH 值的实测值。

悬浮物的评价标准是人为造成的增加量不得超过 10 mg/L。我们选取 33 个测站中的最低值 (3 mg/L) 为调查海区的本底值。悬浮物的污染指数采用下式计算:

$$I_s = (C_i - 3) / 10 \quad (2-4)$$

水质综合评价, 采用几何均指数法, 其计算式如下:

$$P_i = \sqrt[n]{\bar{I}_i \cdot I_{max}} \quad (2-5)$$

式中: P_i ——某站水质要素综合污染指数; $\bar{I}_i$ ——某站水质要素污染指数的算术平均值; I_{max} ——某站水质要素污染指数的最大值。

按上述各式计算调查海域各站水质要素污染指数, 在 5.8 以下 (悬浮物 5.80~0.70)。其中, 绝大多数在 0.5 以下, 少数在 0.5 以上; 综合污染指数为 0.60~1.83, 大部分在 1.0 以下 (见表 2-5)。

表 2-5 水质要素污染均指数和综合污染指数

DO	pH	COD	酚	总 铬	氰化物	砷	铅	铜
0.16	0.52	0.17	0.18	0.01	0.01	0.02	0.28	0.00
镉	六六六	DDT	总 汞	PO ₄ -P	油 类	总 氮	悬浮物	综合污染指数
0.02	0.02	0.00	0.65	0.78	0.49	0.78	2.26	0.94

悬浮物、油类、总氮和无机磷的污染指数分布如下: ①悬浮物: 除在老虎滩以南的局部海域内, 污染指数小于 1.0 以外, 在其它海域均大于 1.0, 尤以南缘最为严重, 其污染指数大于 5.0。②油类: 在老虎滩以南海域, 污染指数大于 1.0, 其趋势为西南和东北部较高, 其间有一窄带区污染指数小于 0.50, 是未受到油污染的海域。③总氮: 以大连湾内污染较重, 其顶部污染指数大于 4.0, 呈西北—东南递减趋势。另外, 在海区西南有一污染指数小于 0.5 的水域。④无机磷: 在黄白咀以东近海有一污染指数大于 1.0 的水域, 其它海区, 污染指数均小于 1.0。

图 2-5 为调查海域水质综合污染指数分布状况。由图 2-5 可以看出, 调查海域西北和东南

部分以及黄白咀以东近海,其综合污染指数均大于1.0,已经受到一定程度的污染,中间水域的综合污染指数大于0.5,部分水域接近1.0,也有不同程度的轻污染。

上述污染,在调查海域某些局地,除受少数水质要素超标的影响外,就整体而言,主要是因悬浮物污染所致,

预选倾倒区的水质质量,若按综合污染指数的大小进行比较,则以A区最差($P_{16}=1.20$),C区次之($P_{22}=1.14$),B区最好($P_{27}=0.71$)。

4. 底质状况与评价

(1) 测定项目与方法

在调查海域用曙光(HNM1-2型)0.25m³采泥器,采取表层沉积物;用重力活塞采样器采取沉积物柱状样;进行现场描述,粒度及沉积化学要素分析。粒度大于0.063mm的颗粒样品,用筛析法;小于0.063mm的颗粒样品,用沉降法分析;据其百分含量求出各种参数。沉积物采用优势粒级、主次和混合命名等方法(粒组含量超过20%时参加)命名。沉积化学要素有:pH、Eh、 Fe^{3+}/Fe^{2+} 、Cu、Pb、Cd、Hg、硫化物、有机质、油、有机氯农药。

分析方法有:汞采用冷原子吸收法;Cu、Pb、Cd采用原子吸收法;有机质采用重铬酸钾滴定法;硫化物采用离子选择电极法; Fe^{3+}/Fe^{2+} 采用EDTA溶液滴定法,pH、Eh采用电位计法;油类采用荧光分光光度法。

(2) 沉积化学要素含量及其平面分布特征

pH最高值为7.94(33号站),最低值为7.37(21号站),平均值为7.61。pH值在海域西南部、黄白咀近岸较高,均大于7.7;在中部、北部较低,都在7.6以下,尤以大三山岛周

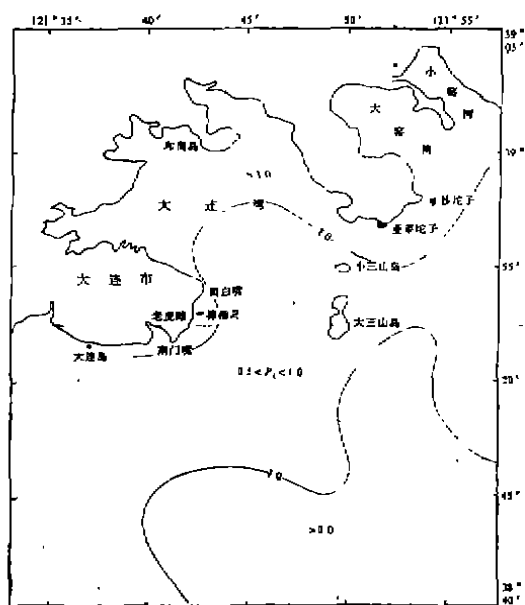


图2-5 水质综合污染指数分布

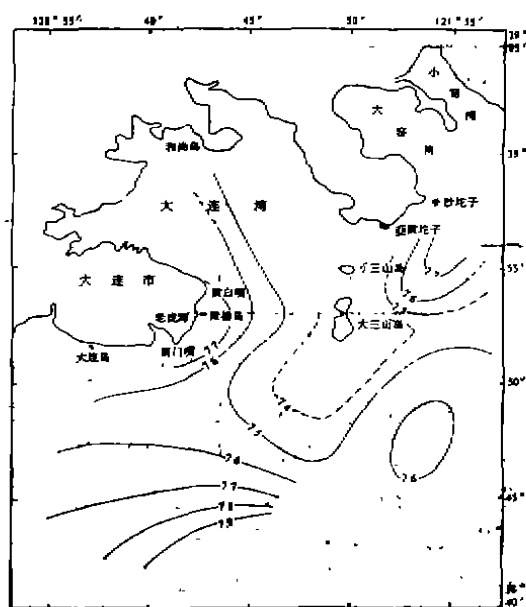


图2-6 沉积物pH值分布图

围最低,多在7.4左右(图2-6)。

Eh最高值为363mV(27号站),最低值为62mV。分布于黄白咀近岸,平均值为187mV。Eh值在海域的总体分布,有从两侧向中部,从中向南递增之势。因此,黄白咀近岸及东部海域为还原环境(100mV以下),南部的部分海域为强氧化环境(300mV),其大部海域则为氧化还原环境(100~300mV)(图2-7)。

$\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ 最大值为10.04(27号站),最小值为0.63(22号站),平均值为1.91。其分布:在海域南部为高值区,属强氧化环境;中、北部为低值区(大部分小于1.0)。大三山岛东西两侧各有一个1.00等值线分布区,可见,本海域处于还原和氧化还原环境之中(图2-8)。

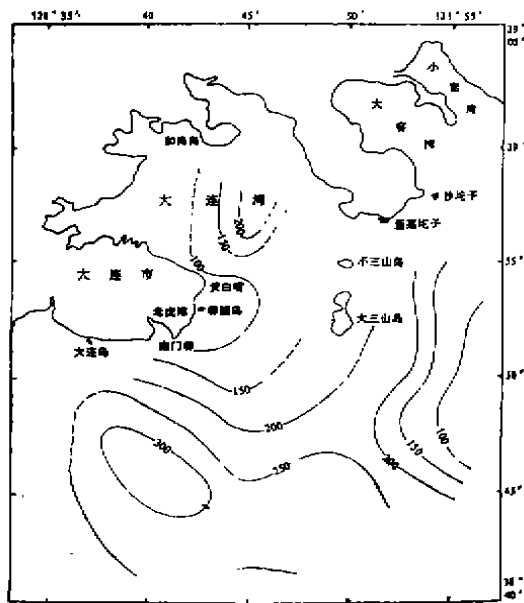


图2-7 沉积物Eh值(mV)分布图

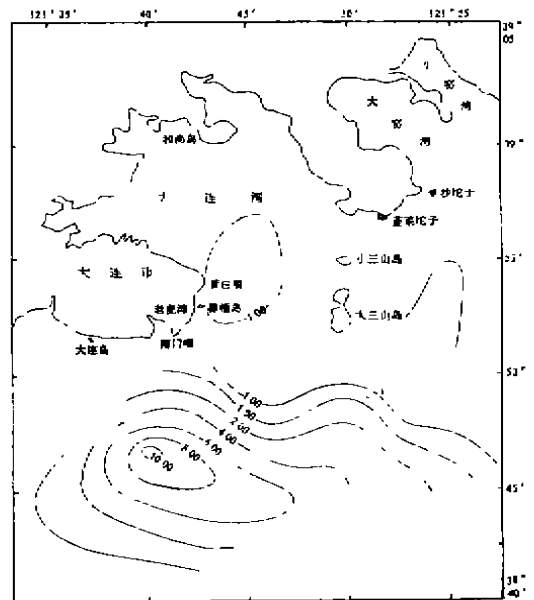


图2-8 沉积物 $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ 值分布图

有机质最高值为2.16%(10号站),最低值为0.29%(33号站),平均值为1.20%。其分布:在南门口向东一线以北,大于1.00%;以南则都在1.00%以下,呈北高南低之势(图2-9)。

硫化物最高值(重量比,下同)为 120.9×10^{-6} (6号站),最低值为0,即未检出(10号、19号、26号、27号、28号、32号、33号站),平均值为 22.7×10^{-6} 。小三山岛以东,大三山岛东南和老虎滩东南海域为高值区;大连湾内、黄白咀近岸均小于 5.0×10^{-6} ,南部(除30号站外)海域为低值区(图2-10)。

铜(Cu)最高含量为 23.66×10^{-6} (10号站),最低含量为 5.72×10^{-6} (17号站),平均值为 13.94×10^{-6} 。从大连湾到大、小三山岛周围海域,其含量都大于 15.0×10^{-6} ;而南部大部分海域则小于 15.0×10^{-6} ,分布有从南向北递增趋势(图2-11)。

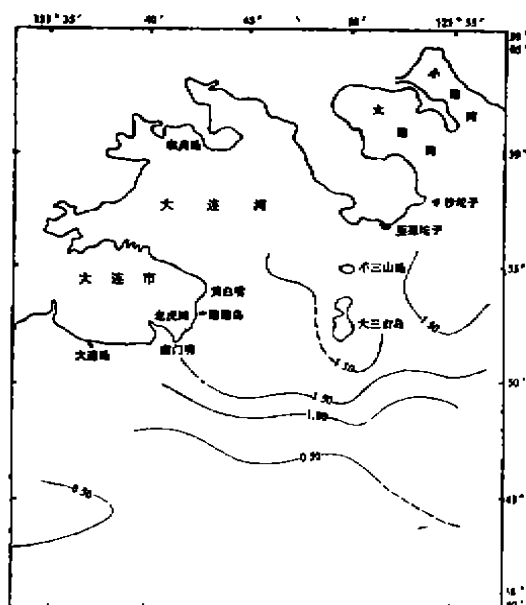
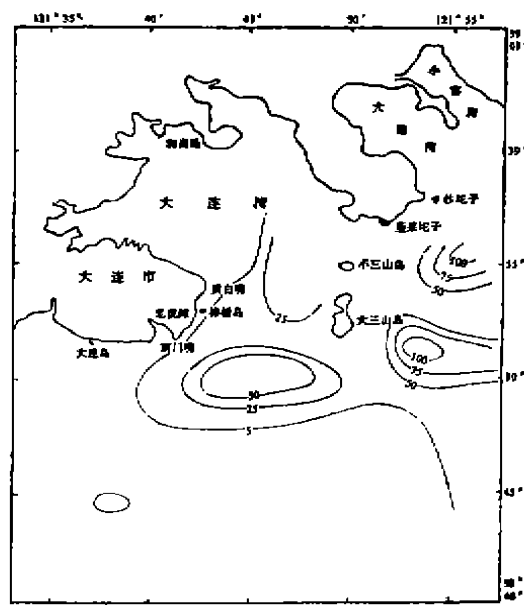
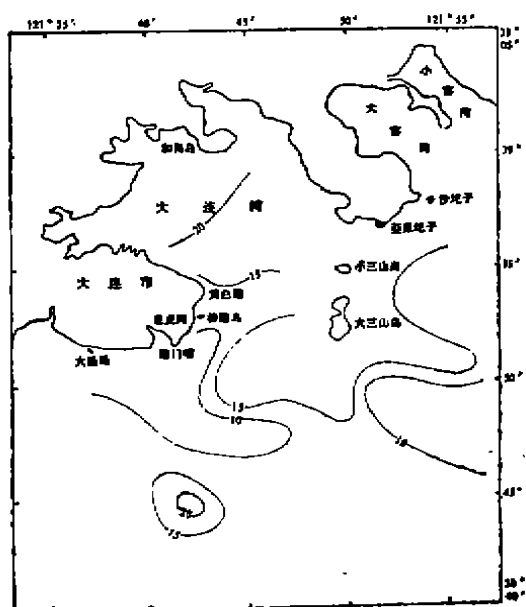
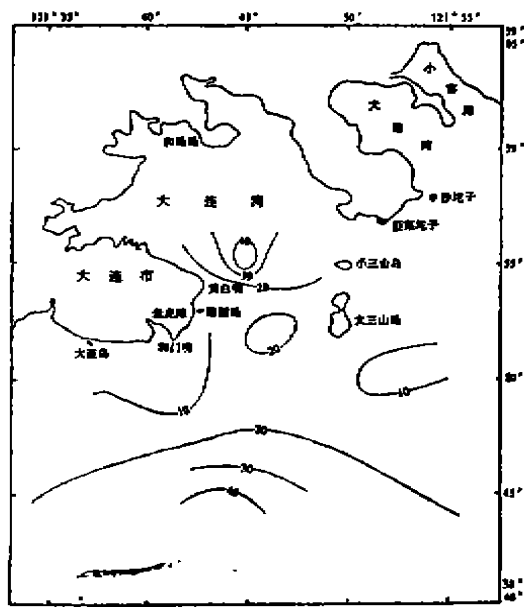


图2-9 沉积物有机质含量(%)分布图

图2-10 沉积物硫化物含量(重量比 $\times 10^{-6}$)分布图

铅(Pb)最高含量为 48.63×10^{-6} (13号站), 最低含量为 5.20×10^{-6} (22号站), 平均值为 20.0×10^{-6} 。在调查海域, 铅含量除少数站(7号、17号、22号、24号站)小于 10.0×10^{-6} 外, 其它站均大于 10.0×10^{-6} , 并有24%的站超标(10号~14号站, 31号~33号

图2-11 沉积物铜含量(重量比 $\times 10^{-6}$)分布图图2-12 沉积物铅含量(重量比 $\times 10^{-6}$)分布图

站)。分布呈中间低两端高的马鞍型特征(图2-12)。

镉(Cd)最高值为 0.241×10^{-6} (28号站),最低值为 0.012×10^{-6} (31号站),平均值为 0.075×10^{-6} 。其分布:大连湾内和东南部海域,大于 0.10×10^{-6} ;西南部和大连三山岛以东海域,在 0.05×10^{-6} 以下;其它海域介于 $0.05 \times 10^{-6} \sim 0.10 \times 10^{-6}$ 之间,呈东南和西北部高,中部和西南部低的趋势(图2-13)。

汞(Hg)最高值为 0.276×10^{-6} (15号站),最低值为 0.032×10^{-6} (31号站),平均含量为 0.132×10^{-6} 。汞含量在黄白咀近岸、大连湾内及大、小三山岛以东海域大于 0.200×10^{-6} ;南部除27号、28号站大于 0.10×10^{-6} 外,其余水域均小于 0.10×10^{-6} ,为低值区。本海域有25%的站位汞含量超标(图2-14)。

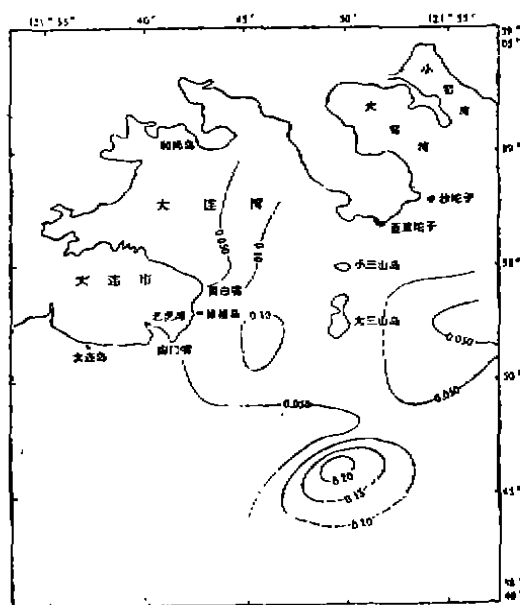


图2-13 沉积物镉含量(重量比 10×10^{-6})分布图

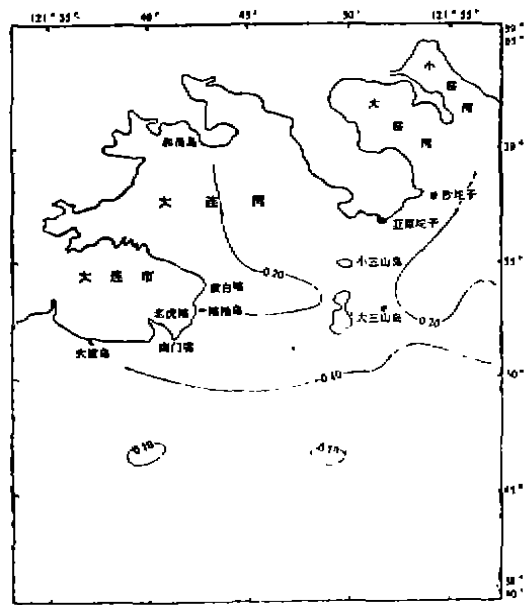


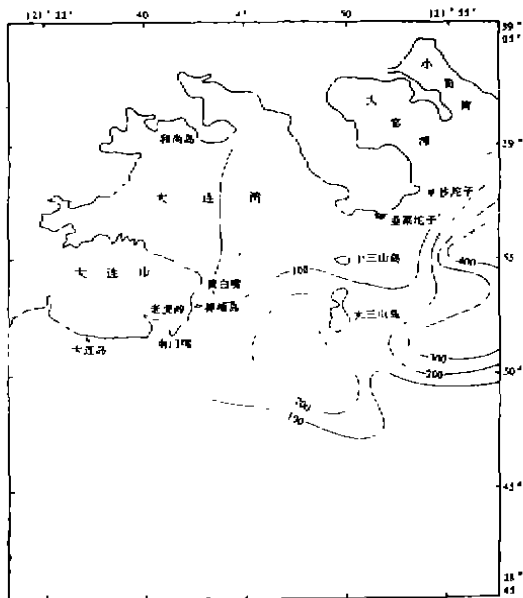
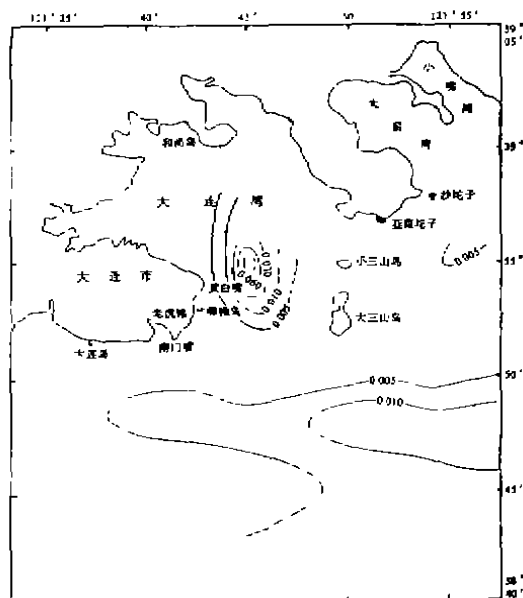
图2-14 沉积物汞含量(重量比 10×10^{-6})分布图

油最高含量为 454.393×10^{-6} (2号站),最低含量为 2.299×10^{-6} (27号站),平均值为 119.627×10^{-6} 。在小三山岛东侧、大三山岛东西两侧,均大于 200×10^{-6} ,部分海域可达 400×10^{-6} 以上,形成高值区;在南、北部海域,都在 100×10^{-6} 以下,为低值区(图2-15)。

有机氯农药含量,除在北部(13号站)和东南部(25号站)附近海域较高(0.0975×10^{-6} 和 0.0318×10^{-6})外,其它海域都在 0.02×10^{-6} 以下,并且大部分站位在 5.0×10^{-8} 以下。变化趋势呈西北和东南部高,中部和南部低。分布比较均匀(图2-16)。

通过对上述各要素含量及分布特征进行比较,不难发现一些要素间存在一种趋势相关关系。

pH、Eh、 $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ 值高,有利于有机质、硫化物的形成与保存,它们之间基本呈负

图2-15 沉积物油含量(重量比 $\times 10^{-6}$)分布图图2-16 沉积物有机氯农药含量(重量比 $\times 10^{-6}$)分布图

相关关系。

沉积物中腐殖质分解的腐殖酸,能够通过整合、阳离子交换及表面吸附作用,富集一定数量的金属离子。一般讲, E_h 、 Fe^{3+}/Fe^{2+} 值低、有机质含量高,有利于重金属的络合和吸附。调查海域中部Cu、Pb、Cd的含量,基本随 E_h 、 Fe^{3+}/Fe^{2+} 值的降低或有机物的增加而增加,尤其Cu与有机质间的正相关关系更为明显。但在调查海域以南Cu、Pb、Cd的含量,却随 E_h 、 Fe^{3+}/Fe^{2+} 值的增高或有机质含量的降低而增加,造成这种反常现象的原因,可能与区域性沉积物粒度、沉积环境等影响有关。总汞、油与有机质之间,也基本上呈正相关关系。

上述一些要素之间的相关性,在整体上仅反映一种趋势相关特征。若就具体各点而言,情况并非如此。在诸多因素及环境条件的影响下,某些要素之间存在某种相关关系,但有的则出现反常现象或关系不明显,从而表现出各有关要素之间关系的复杂性。

(3) 沉积化学要素的垂向分布

取黄白咀附近海域(15号站)底质柱状样(深1.20m)为例分析如下。

硫化物的最高值(重量比,下同)为 62.0×10^{-6} (10~15cm层)。在30~40cm层未检出。 47.1×10^{-6} 、 53.0×10^{-6} 和 48.9×10^{-6} 较高值出现于5~10cm、50~60cm和60~70cm层。小于或等于 5.8×10^{-6} 值,出现于90cm以深。平均值为 25.44×10^{-6} 。在垂向分布上出现两个高值段和三个低值段,与深度无明显相关。

铜最高含量为 35.39×10^{-6} (30~40cm层),最低含量为 10.32×10^{-6} (20~25cm层),平均值为 25.0×10^{-6} 。垂向分布,在20~25cm和70~80cm层含量(18.17×10^{-6})较低,其余各层都在 22.0×10^{-6} 以上,并且在10~15cm层(30.82×10^{-6})和30~40cm层超标。

铅最高值为 49.52×10^{-6} (50~60cm层), 最低值为 18.46×10^{-6} (20~25cm层), 平均值为 36.40×10^{-6} 。垂向分布: 除20~30cm层未超标外, 其它各层均已超标(30.0×10^{-6})。其分布与深度无关。

镉最高含量为 0.28×10^{-6} (10~15cm层), 最低值为 0.022×10^{-6} (20~25cm层), 平均值为 0.130×10^{-6} 。垂向分布无规律。

汞含量在 0.403×10^{-6} (30~40cm层) ~ 0.064×10^{-6} (70~80cm层) 范围, 平均值为 0.146×10^{-6} 。垂向分布在40cm以上各层含量较高, 40cm以下含量较低。

油含量在 470.996×10^{-6} (50~60cm层) ~ 44.342×10^{-6} (80~90cm层) 之间, 平均含量为 220.886×10^{-6} 。垂向分布与深度无明显关系。

有机氯农药含量在 26.3×10^{-9} (30~40cm层) ~ 2.3×10^{-9} (100~120cm层) 范围, 平均值为 7.9×10^{-9} 。垂向分布变化与深度无明显关系 (图2-17)。

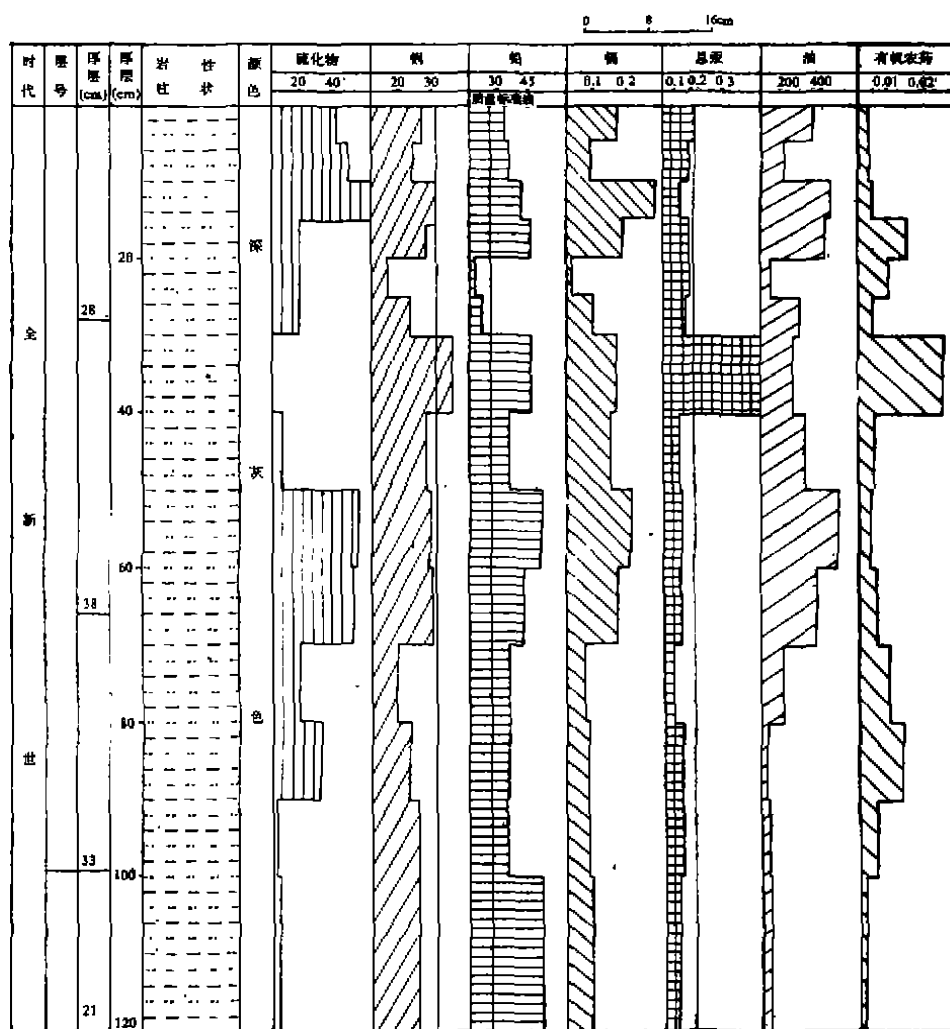


图2-17 黄白咀附近海域 (15号站) 钻孔柱状样图

(4) 底质环境评价

底质污染物质评价标准,按[57]及[58]规定(表2-6)评价。

表2-6 底质污染物质评价标准

名 称	铜	铅	锌	镉	总 汞
标 准	30	25	80	0.5	0.2
名 称	油类	六六六	DDT	有机质	硫化物
标 准	1 000	0.5**	0.5**	3.4*	300

*有机物单位为(%) **为[58]规定的评价标准。

①表层底质环境状况 调查海域的沉积物中硫化物、有机质的污染指数分别在0~0.40(平均值为0.08)、0.09~0.62(平均值为0.35)之间。

Cu和Cd的污染指数变化范围分别为0.19~0.79和0.01~0.48,平均值分别为0.46和0.15。

Pb污染指数变化范围在0.21~1.95之间,平均值为0.83。

上述结果表明:硫化物、有机质和Cu,在本海域未造成污染,大部分海域属清洁或较清洁海域;Cu除在大连湾内有轻度污染外,其它海域属清洁或较清洁海域;Pb在海域南北两端,已造成较为严重污染,在大、小三山岛周围也有轻度污染,只有一小部分海域属较清洁海域。

本海域总汞污染指数在0.16~1.38之间,平均值为0.66。大连湾内、黄白咀、大三山岛以东海域属重污染区。就整体而言,北部为污染区,南部为清洁或较清洁海域。

油污染指数为0.002~0.454,平均值为0.120,在大连湾附近海域,未造成污染。因此,可以认为属清洁或较清洁海域。

有机氯农药污染指数最大值为0.0975,最小值为0.0005,平均值为0.0086。对大连湾附近海域,未造成任何污染,故为清洁海域。

在此,我们必须指出:本海域综合污染指数为0.33,属较清洁海域。因此,对单项要素超标事实,应予重视。要采取有力措施,防止环境继续恶化。

②黄白咀附近海域(15号站)垂向底质环境状况 硫化物污染指数变化范围为(-)~0.21,平均值为0.08,基本未受污染。铅污染指数在0.74~1.98之间,平均值为1.45,污染呈下重上轻趋势。铜污染指数为0.34~1.18,平均值为0.83,污染上重下轻。镉污染指数变化于0.04~0.56之间,平均值为0.26,基本无污染现象。汞污染指数为0.32~2.02,平均值为0.74,已达中等污染程度。油污染指数为0.044~0.471,平均值为0.221,总体无任何污染,属较清洁底质。有机氯农药污染指数最高值为0.0263,无任何污染,属清洁底质。重金属综合污染指数为0.85,已达中等污染程度。本区虽然浅层综合污染指数为0.51,属轻微污染底质,但从重金属和汞来衡量,已达中等污染程度,对此亦应引起严重关注,因为对于生物或人类来说,任何一种要素的严重污染,都会引起严重后果。

(5) 预选倾倒区底质环境状况比较

对调查海域底质类型、化学要素含量、重金属含量及其污染状况进行比较, 不难发现各局部区域的特点。

B区沉积物中砂占优势, 颗粒最粗, 含丰富的铁质结核。据此推知该区水动力较强, 正处于侵蚀、冲刷阶段, 粘土质粉砂等细粒沉积物不易滞留和沉积。除铅污染较重外, 其它要素含量最少, 污染最轻。

A区沉积物以粘土质粉砂为主, 颗粒最细。该区水动力较弱, 正处于堆积阶段, 故疏浚物粒易于沉积。总汞含量最高, 污染较重。其它要素含量偏高。污染程度处于中间状态。

C区沉积物为粘土质粉砂、粉砂、粘土-粉砂质砂、贝壳, 颗粒居中。水动力较弱。重金属和总汞含量较高, 其它要素含量居中, 污染程度中等或甚微。

综上所述, 可以认为: B区可容量较大, 污染程度轻, 并且大部分倾倒物易于被流带走或扩散, 作为大连港附近海域疏浚物倾倒区, 是适宜的; 作为疏浚物倾倒区, A、C两区的环境条件显然不如B区优越。

5. 生物状况与评价

(1) 生物调查内容与方法

生物调查内容有: 海洋浮游生物、底栖生物和生物体内残毒物质测定。浮游生物样品采用大、中、小型浮游生物网, 自海底至海面垂直拖网采得; 底栖生物样品用面积为 0.1m^2 的曙光型采泥器采集; 生物残毒分析样品用底栖生物阿氏拖网拖取。

(2) 调查结果与分析

①浮游植物 调查所采集到的浮游植物样品, 经初步鉴定共有: 共31属67种, 其中硅藻28属60种; 甲藻2属6种; 金藻1属1种(表2-7)。

调查中发现, 硅藻类不论在种数上还是在细胞数量上均占绝对优势。就种类而言, 它占浮游植物数量约89.5%。甲藻占9%, 金藻占1.5%。就细胞数量来讲, 它占浮游植物总细胞数的99.7%, 甲藻和金藻两者仅占0.3%。在调查区内分布广数量大的优势种有: 具槽直链藻(*Melosira sulcata*)、爱氏辐环藻(*Actinocyclus ralfsii*)、圆海链藻(*Thalassiosira rotula*)、中肋骨条藻(*Skeletonema costatum*)、日本星杆藻(*Asterionella japonica*)。浮游植物的平均细胞数量为 1373×10^3 个/ m^3 。各站间浮游植物细胞数量的变化幅度较大, 数量最大的站位是5号站和22号站, 总细胞数均超过 3.0×10^6 个/ m^3 。最少的站位是17号站, 总细胞数不足 5.0×10^5 个/ m^3 (图2-18~图2-21)。

②浮游动物 本次调查获得浮游动物35种(有两种甲壳动物应属底栖生物, 因在浮游网中采到, 故也统计在其中), 其中包括原生动物2种, 水母1种, 多毛类1种, 甲壳动物17种, 毛颚类1种, 被囊类1种, 浮游幼体11种, 仔鱼1种(表2-8)。

在这些浮游动物中, 中华哲水蚤(*Calanus sinicus*)和强壮箭虫(*Sagitta crassa*)在各调查站位均有出现, 并且在数量上占绝对优势。其它分布较广的种类有: 太平洋磷虾(*Euphausia pacifica*), 长尾类幼体(*Macruran larva*), 墨氏胸刺水蚤(*Centropages mcmurricchi*), 细长脚蚱(*Themisto gracilipes*), 长腕幼虫和小拟哲水蚤(*Paracalanus parvus*)。

调查区域的浮游动物生物量平均值为 $132.1\text{mg}/\text{m}^3$, 各站间生物量的变化幅度较大, 高

表2-7 浮游植物种类名录

<i>Melosira sulcata</i>	<i>Eucampia zoodiacus</i>
<i>Coscinodiscus</i> sp.	<i>Asterionella japonica</i>
<i>Cos. excentricus</i>	<i>Asterionella kariana</i>
<i>Cos. radiatus</i>	<i>Synedra ulna</i>
<i>Cos. wailesii</i>	<i>Thalassiothrix longissima</i>
<i>Cos. oculus-iridis</i>	<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i>
<i>Cos. spinosus</i>	<i>Thalassionema nitzschioides</i>
<i>Cos. asteromphalus</i>	<i>Licmophora abbreviata</i>
<i>Actinocyclus ralfsii</i>	<i>Navicula membranacea</i>
<i>Thalassiosira rotula</i>	<i>Diploneis bombus</i>
<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Amopoeomeis bohémica</i>
<i>Leptocylindrus danicus</i>	<i>Trachyneis aspera</i>
<i>Bacteriastrum hyalinum</i>	<i>Gyrosigma balticum</i>
<i>Bacteriastrum</i> sp.	<i>Pleurosigma formosum</i>
<i>Rhizosolenia alata</i> f. <i>gracillima</i>	<i>Pleurosigma affine</i>
<i>Rhiz. alata</i> f. <i>indica</i>	<i>Pleurosigma pelagicum</i>
<i>Rhiz. stouterfothii</i>	<i>Amphiprora alata</i>
<i>Rhiz. calcar-avis</i>	<i>Amphiprora</i> sp.
<i>Rhiz. setigera</i>	<i>Amphora ostrearia</i>
<i>Rhiz. styliiformis</i>	<i>Nitzschia lorenziana</i>
<i>Chaetoceros</i> sp.	<i>Nitz. closterium</i>
<i>Chaet. peruvianus</i>	<i>Nitz. delicatissima</i>
<i>Chaet. castracanei</i>	<i>Nitz. pungens</i>
<i>Chaet. densus</i>	<i>Nitz. sigma</i>
<i>Chaet. lorenzianus</i>	<i>Nitz. paradoxa</i>
<i>Chaet. curvisetus</i>	<i>Nitz. sp</i>
<i>Chaet. debilis</i>	<i>Actinocyclus trilingulatus</i>
<i>Chaet. affinis</i>	<i>Ceratium intermedium</i>
<i>Chaet. subsecundus</i>	<i>C. fusus</i>
<i>Chaet. didymus</i>	<i>C. tripos</i>
<i>Chaet. laciniatus</i>	<i>C. macroceros</i>
<i>Chaet. cinctus</i>	<i>C. furca</i>
<i>Biddulphia aurita</i>	<i>Peridinium solidicorne</i>
<i>Triceratium favus</i>	<i>Peridinium</i> sp.
<i>Bellerophon malleus</i>	<i>Dityocha fibula</i>
<i>Ditylum brightwellii</i>	

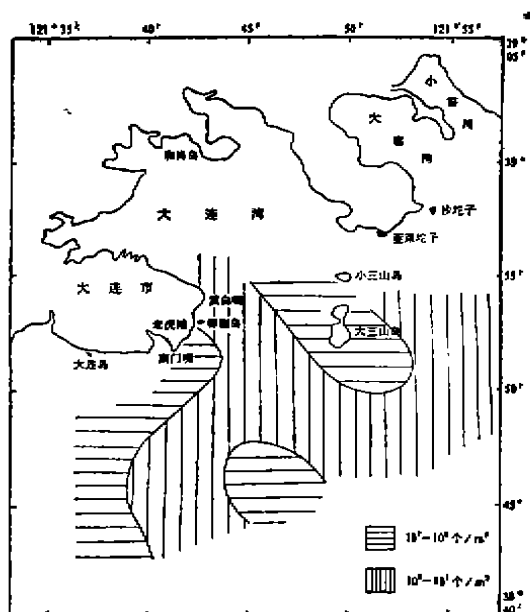


图2-18 浮游植物细胞总数量分布图

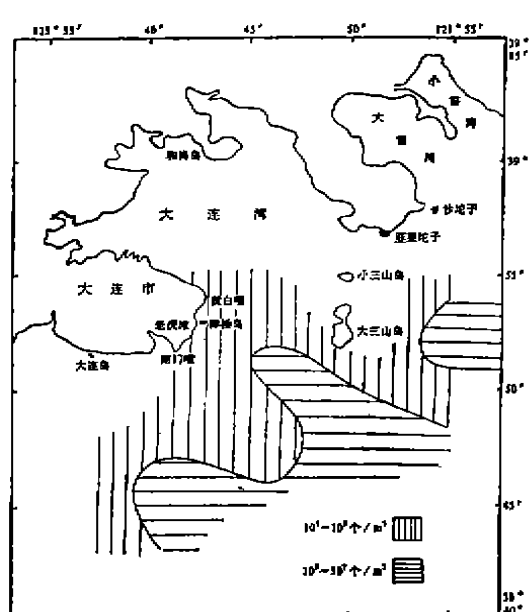


图2-19 具槽直链藻 (*Melosira sulcata*) 的数量分布图

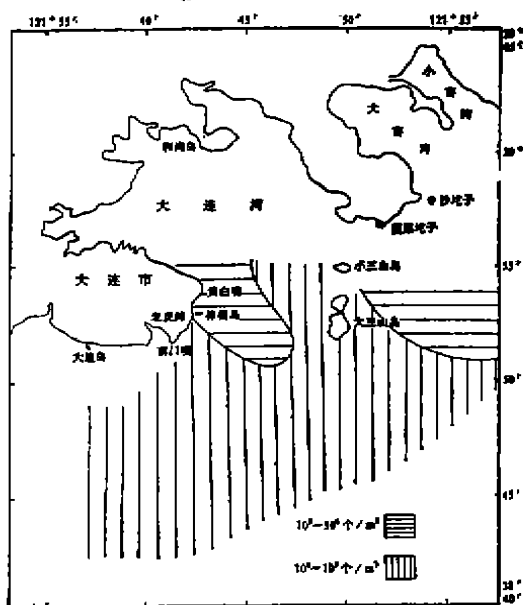


图2-20 爱氏辐环藻 (*Actinocyclus ralfsii*) 的数量分布图

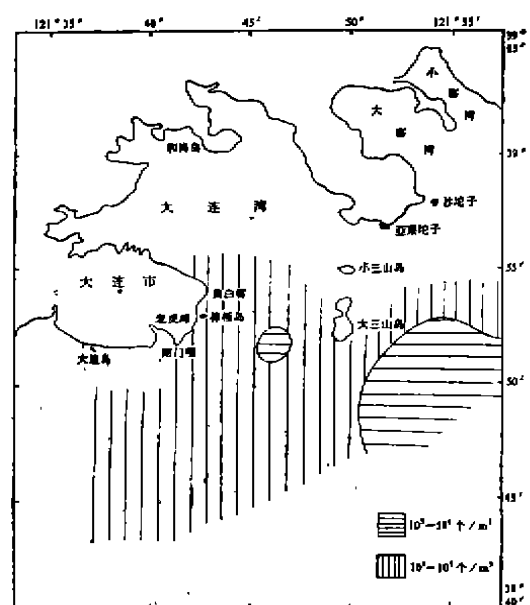
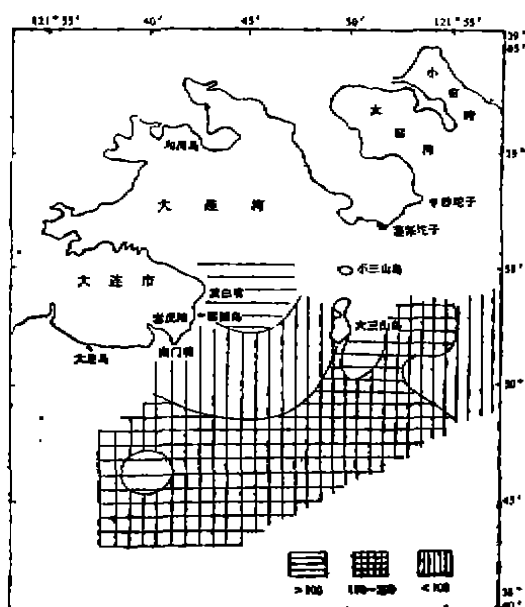
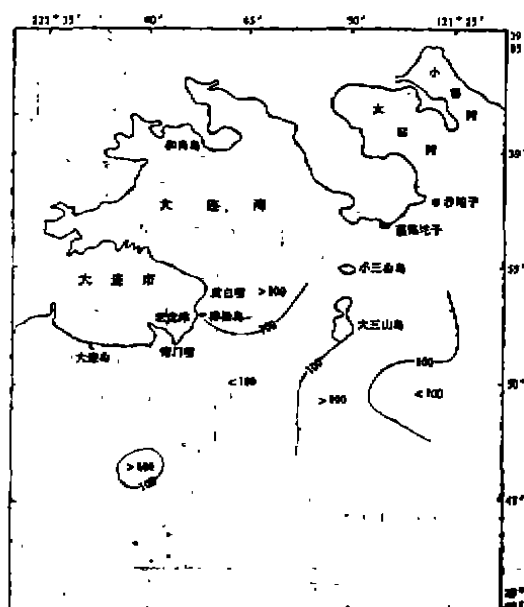


图2-21 圆海链藻 (*Thalassiosira rotula*) 的数量分布图

表2-8 浮游动物种类名录

<i>Calanus sinicus</i>	短尾类幼体
<i>Paracalanus parvus</i>	刺糠虾sp
<i>Centropages memurricchi</i>	钩虾
<i>Acartia clausi</i>	软体动物幼体
<i>Labidocera euchaeta</i>	夜光虫
<i>Oithona similis</i>	水母
<i>Corycaeus affinis</i>	蔓足类无节幼体
<i>Microsetella norvegica</i>	海蛇尾幼体
<i>Clytemnestra</i> sp.	浮沙蚕
<i>Sagitta crassa</i>	端足类幼体
太平洋磷虾	糠虾
细长脚蛾	带叉幼虫
长尾类幼体	等棘虫
长腕幼虫	芽叶剑水蚤
刚毛幼虫	褐虾
异体住蛱虫	白虾亚属
甲壳类无节幼体	仔鱼
海胆幼体	

图2-22 浮游动物总生物量 (mg/m^3) 平面分布图图2-23 浮游动物总个体数 ($\text{个}/\text{m}^3$) 平面分布图

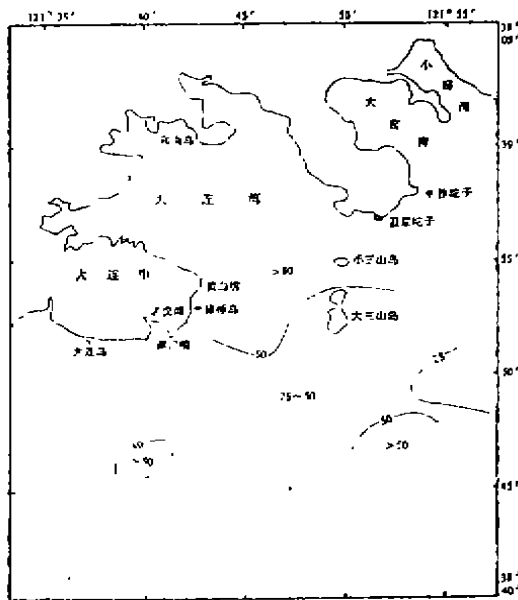


图2-24 强壮箭虫 (个/m³) 平面分布图

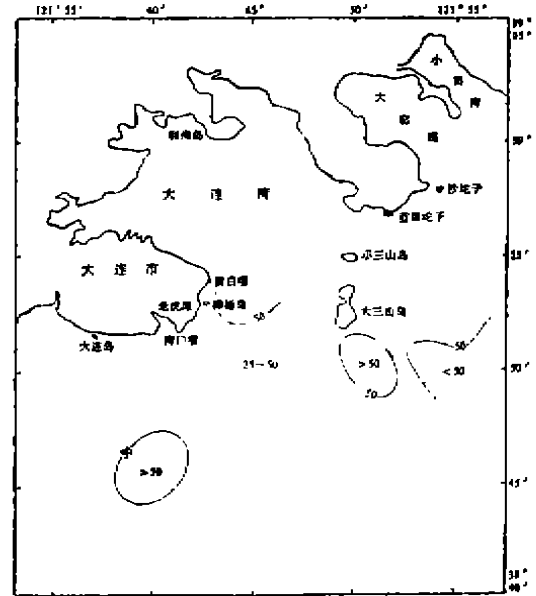


图2-25 中华哲水蚤 (个/m³) 平面分布图

低相差 5 倍以上。生物量最高出现在 14 号站、15 号站、19 号站和 27 号站。这些站的浮游动物总生物量均超过 200 mg/m^3 。在浮游动物总生物量中强壮箭虫和中华哲水蚤占很大比重，它们密度的大小，直接反映出浮游动物总生物量的高低（图 2-22～图 2-25）。

③底栖生物 经初步鉴定，所获底栖生物有 8 个动物门类，计 93 种（表 2-9）。

表 2-9 底栖生物种类名录

<i>Actiniaria</i>	<i>Capitellidae</i> 1
<i>Lineus</i> sp	<i>Notomastus latericeus</i> Sars
<i>Phyllodoce castanea</i> (Marenzeller)	<i>Heteromastus filiformis</i> (Claparede)
<i>Eulalia viridis</i> (O. F. Møller)	<i>Ophelia</i> sp.
<i>Harmothoe imbricata</i> Linne	<i>Euclymene annandalei</i> Southern
<i>Lepidonotus Helotypus</i> (Grube)	<i>Lagis roreni</i> Malmgren
<i>Halosrdnopsis pilosa</i> (Horst)	<i>Melimmae crista</i> (Sars)
<i>Glycera alba</i> Rathke	<i>Ampharete acutifrons</i> (Grube)
<i>G. rouxii</i> Aud. et M. Edwards	<i>Pista fasciata</i> (Grube)
<i>G. onomichiensis</i> Izuka	<i>Trichobrauchus bibranchiatus</i> Moore
<i>Glycinde gurjanovae</i> Uschakov et Wu	<i>Lepidozona coreanica</i> (Reeve)
<i>Goniada japonica</i> Izuka	<i>Yoldia notabilis</i> (Yokoyama)
<i>Typosyllis armillaris</i> (Muller)	<i>Clinocardium californiensis</i> (Deshayes)

续 表 2-9

<i>Ancistrosyllis hanaokai kitamori</i>	<i>Thyasira tokunagai Korodu</i>
<i>Micropodarke</i> sp.	<i>Bivalvia</i> 1
<i>Tylonereis</i> sp.	<i>Diplodonta</i> sp.
<i>Nereis longior Chlebovitsch et Wu</i>	<i>Scapharca</i> sp.
<i>Nereis</i> sp.	<i>Philine</i> sp.
<i>Neanthes flava Wu</i>	<i>Buccinum</i> sp.
<i>Nephtys polybranchia Southern</i>	<i>Calliostoma nuicum (Dunker)</i>
<i>Lumbrinereis</i> sp.	<i>Ocenebra</i> sp.
<i>Lumbrinereis japonica (Marenzeller)</i>	<i>Boreotrophon</i> sp.
<i>Onuphis holobranchiata (Marenzeller)</i>	<i>Bodotria scorpoides (Montagu)</i>
<i>Prionospio pinnata Ehlers</i>	<i>Iphinoe</i> sp.
<i>Laonice cirrata (Sars)</i>	<i>Diastylis</i> sp.
<i>Sternaspis scutata (Ranzani)</i>	<i>Cumacea</i> 1
<i>Magelona japonica Okuda</i>	<i>Apselisca</i> sp.
<i>Poecilochatus serpens Allen</i>	<i>Cirlana japonensis Richardson</i>
<i>Aricidea fragilis Webster</i>	<i>Ampelisca</i> sp.
<i>Heterospionionidae</i> 1	<i>Liljeborgia</i> sp.
<i>Scoloplos</i> sp.	<i>Idunella</i> sp.
<i>Haploscoloplos elongatus (Johnson)</i>	<i>Gammaropsis</i> sp.
<i>Tharyx</i> sp.	<i>Maera</i> sp.
<i>Cirratulidae</i> 1	<i>Eriopisella</i> sp.
<i>Cirratulidae</i> 2	<i>Photis</i> sp.
<i>Stylarioides plumosa (Muller)</i>	<i>Eurystheus</i> sp.
<i>Corophium</i> sp.	<i>Grapsidae</i> 1
<i>Grandidierella</i> sp.	<i>Squilla oratoria de Haan</i>
<i>Gammaridea</i> 1.	<i>Terebratella coreanica Adams et Keen</i>
<i>Eualus sinensis (Yu)</i>	<i>Amphipholis Kochii Lutken</i>
<i>Eualus leptognathus (Stimpson)</i>	<i>Ophiophragmus japonicus Matsumoto</i>
<i>Crangon affinis de Haan</i>	<i>Ophiopholis mirabilis Duncan</i>
<i>Upogebia</i> sp.	<i>Ophiactis affinis Duncan</i>
<i>Pagurus</i> sp.	<i>Stegophiura sladeni (Duncan)</i>
<i>Cancer gibbosulus de Haan</i>	<i>Ophiura kinbergi Ljungman</i>
<i>Pilumnoplax vestita (De Haan)</i>	<i>Callionymus kitaharae Jordan et Seal</i>
<i>Tritodynamia</i> sp.	

其中多毛类种数最多, 占总种数的47.3%, 其次为甲壳动物占29.0%, 再次是软体动物占12.9%, 其它类别种数均很少, 总计10种占10.8%。

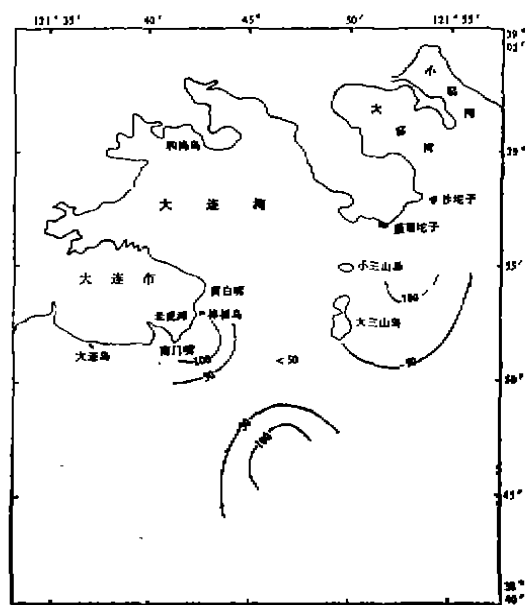
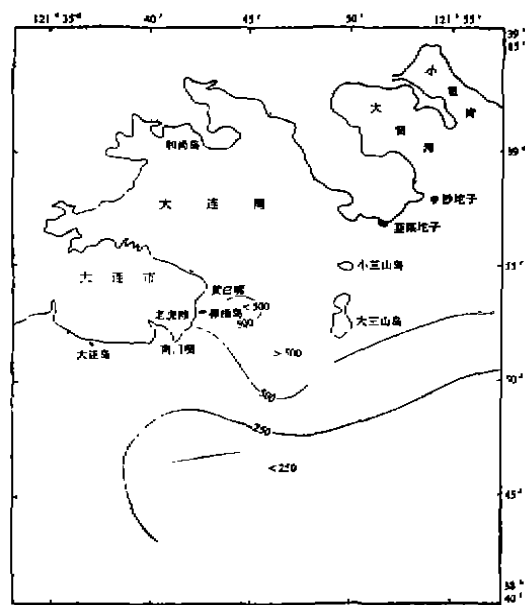
在调查所获的底栖生物样品中, 出现率较高的种类有: 日本角沙蚕 (*Goniad-dajaponica*), 多鳃齿吻沙蚕 (*Nephtys polybranchia*)、后指虫 (*Laonice cirrata*)、长须沙蚕 (*Nereis longior*)、中锐吻沙蚕 (*Glycera rousii*)、不倒翁虫 (*Sternaspis scutata*)、丝鳃虫科和双眼钩虾属各一种。

调查区域底栖生物的总生物量平均值为 $56.7\text{g}/\text{m}^2$ 。在生物量组成中, 以软体动物生物量居首位, 占总生物量的34.9%, 其次是多毛类占24.2%, 再者是棘皮动物占22.7%, 甲壳动物占14.4%, 其它所占比例均很小 (表2-10)。

表2-10 大型底栖生物生物量统计

项	总生物量	腔肠		纽虫		多毛类		腕足		软体		贝壳		棘皮		鱼类	
目	g/m^2	g/m^2	%	g/m^2	%	g/m^2	%	g/m^2	%	g/m^2	%	g/m^2	%	g/m^2	%	g/m^2	%
合计	1133.28	2.65	0.2	1.95	0.2	274.18	24.2	12.3	1.1	395.14	34.9	163.11	14.4	256.7	22.6	27.25	2.4

从底栖生物量的分布情况看, 除生物量特别高的3号站、17号站、26号站 (此三站生物量都在 $135\text{g}/\text{m}^2$ 以上, 其原因主要是采集到了个体和重量较大的样品所致) 和生物量特别低的27号站 (本站采集时, 由于底质原因, 采泥器均闭合不好, 每次仅采得很少泥样, 可能造成生物量不准) 外, 其它各站生物量的变化范围均在 $10\sim 60\text{g}/\text{m}^2$ 之间。底栖生物量在 $20\sim 50\text{g}/\text{m}^2$ 之间的站位占总站数的60%。

图2-26 底栖动物生物量 (g/m^2) 分布图图2-27 底栖动物个体密度 (个/ m^2) 分布图

底栖生物密度平均值为 $439 \text{ 个}/\text{m}^2$ 。密度最高的类群是多毛类, 占总密度的 70.4% , 居第二位的是甲壳动物, 占 14.1% , 软体动物和棘皮动物的密度分别占总密度的 7.5% 和 7.1% , 其它生物密度很小, 共占 0.8% 。在调查区域的 12 号、14 号、15 号站 (黄白咀附近区域) 多毛类密度很大, 其密度均占总生物密度的 90% 以上 (图 2-26~图 2-28)。

④生物残毒分析 所测生物种类包括多毛类、软体动物、甲壳动物、棘皮动物和鱼类。生物体内残毒共测定了铜、铅、镉、总汞、DDT 和六六六。

测定结果 (重量比) 表明: 总汞, 鱼类 (0.051×10^{-6}) > 软体动物 (0.033×10^{-6}) > 甲壳动物 (0.028×10^{-6}) > 棘皮动物 (0.007×10^{-6}); 铜, 软体动物 (55.77×10^{-6}) > 甲壳动物 (42.53×10^{-6}) > 多毛类 (27.17×10^{-6}) > 鱼类 (4.04×10^{-6}); 铅, 多毛类 (17.59×10^{-6}) > 甲壳动物 (6.96×10^{-6}) > 软体动物 (4.70×10^{-6}) > 鱼类 (1.55×10^{-6}); 镉, 甲壳动物 (4.05×10^{-6}) > 软体动物 (2.02×10^{-6}) > 鱼类 (0.18×10^{-6}) > 多毛类 (0.16×10^{-6}); DDT 和六六六, 鱼类 (158.8×10^{-9} , 53.4×10^{-9}) > 甲壳动物 (2.7×10^{-9} , 9.1×10^{-9}) > 软体动物 (0.5×10^{-9} , 3.2×10^{-9})。

(3) 疏浚物倾倒预选区生物污染评价

通过疏浚倾倒预选区生物体内残毒物质平均含量比较可知, 总汞, A 区 > B 区 > C 区; 铜, B 区 > C 区 > A 区; 铅, A 区 > B 区 > C 区; 镉, B 区 > C 区 > A 区; 六六六, A 区 > B 区 > C 区; DDT, A 区 > B 区 > C 区。

依照全国海岸带和海涂资源综合调查环保化学专业组拟定的生物污染评价标准 (表 2-11)。利用污染指数法对三个疏浚物倾倒预选区的鱼类、甲壳类、软体动物体内有害物质进行统计, 其结果列于表 2-12。

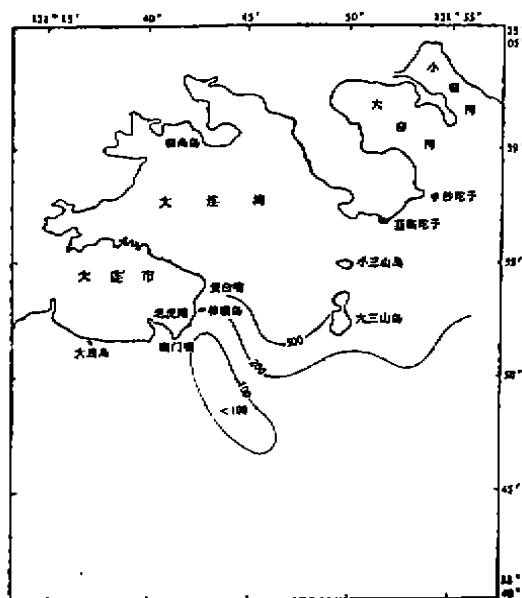


图 2-28 底栖动物多毛类个体密度 (个/ m^2) 分布图

表 2-11 海洋生物污染评价标准

标准值 ($\times 10^{-6}$) 生物种类 \ 污染物质	总 汞	铜	铅	镉	六六六	DDT
鱼 类	0.3	20	2.0	0.6	2.0	1.0
甲 壳 类	0.2	100	2.0	2.0	1.0	0.1
软体动物	0.3	100	10	5.6	2.0	0.2

表 2-12 生物残毒污染指数

预选区	污染指数 生物种类	残毒要素	总 汞	铜	铅	镉	六六六	DDT
A	鱼 类		0.07	0.16	0.72	0.07	0.05	0.31
	甲壳动物		0.20	0.06	3.75	1.38		
	软体动物		0.13					
B	鱼 类		0.11	0.31	0.80	0.55		
	甲壳动物		0.14	0.61	3.34	2.34	0.01	0.03
	软体动物		0.10	0.73	0.41	0.15		
C	鱼 类		0.07	0.18	0.83	0.35		
	甲 壳 类		0.08					
	软体动物		0.07	0.45	0.23	0.40	0.00	

由表2-12可以看出, A、B预选区中, 甲壳类铅、镉含量均超标。另外应该指出, 在三个预选区所采集到的 5 种鱼中, 已有 3 种鱼体内铅含量超标。把各预选区的生物污染指数取算术平均值加以比较, 其指数均值为: B区 (0.69) > A区 (0.63) > C区 (0.24)。