

# 辽东湾北部沉积物对重金属 集散的 control 作用

鲍永恩 符文侠

(国家海洋环境监测中心, 大连)

**关键词** 重金属 沉积物 粒度组成

## 前 言

本文研究范围包括辽东湾北部潮滩至15m水深之间的海域。该区由辽河、双台河、大凌河和小凌河等的水下三角洲构成水下地形的主体,地形坡度为 $2.5 \times 10^{-8} \sim 3.0 \times 10^{-8}$ 。各河口外分布有大小不等的浅滩。双台河口外为盖州滩,辽河口外为东滩、西滩等。该区自第三纪以来一直沉降,接受了非常厚的第四纪地层沉积,而表层为现代沉积。由于4条河流大量输沙( $4.892 \times 10^7 \text{t/a}$ )入海,故潮滩迅速向海洋推进,宽度达3~9km。随着河水和泥沙入海,大量重金属及化合物赋存于沉积物中,而本文便将研究其分布规律和定量关系。

## 1 重金属Cu、Pb、Zn、Cd的分布特征

铜含量范围为 $1.64 \times 10^{-6} \sim 26.75 \times 10^{-6}$ ,平均值为 $13.41 \times 10^{-6}$ 。锌含量范围为 $13.23 \times 10^{-6} \sim 116.55 \times 10^{-6}$ ,平均值为 $45.01 \times 10^{-6}$ 。铅含量范围为 $4.38 \times 10^{-6} \sim 35.79 \times 10^{-6}$ ,平均值为 $16.69 \times 10^{-6}$ 。镉含量范围为 $0.05 \times 10^{-6} \sim 0.34 \times 10^{-6}$ ,平均值为 $0.175 \times 10^{-6}$ 。这4种重金属的分布特征基本相似,高值区和低值区也大致吻合。图1、2为铜锌含量分布。分布特征为高值区位于西部及双台河口东侧潮滩和大凌河口外的局部地段,低值区多分布于盖州滩及低潮线附近,呈明显的带状分布。

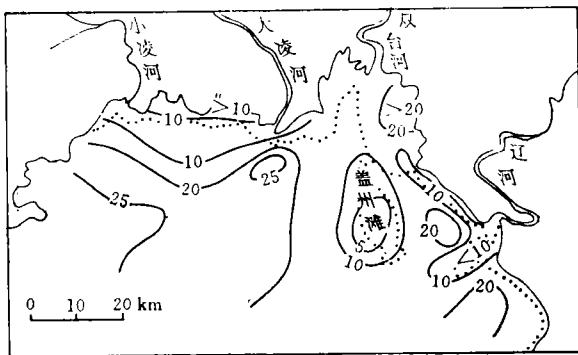


图1 底质铜含量( $\times 10^{-6}$ )分布

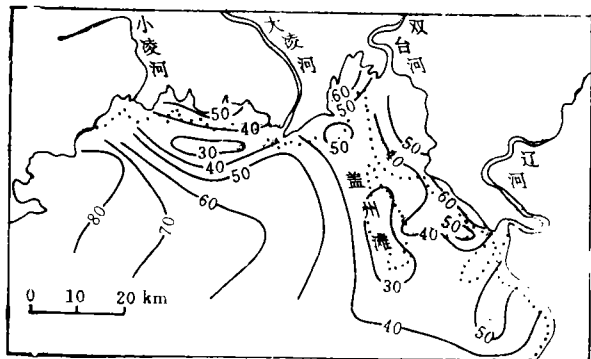


图2 底质锌含量( $\times 10^{-6}$ )分布

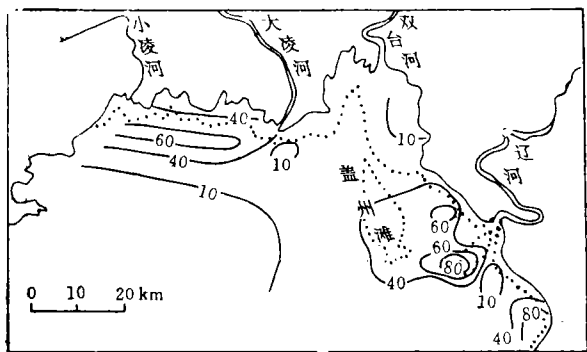


图3 沉积物中值粒径( $\mu\text{m}$ )分布

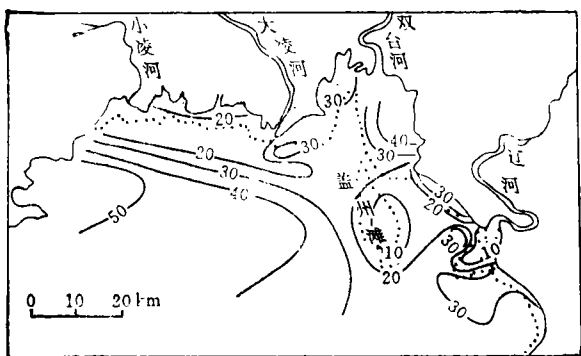


图4 粘土百分含量分布

## 2 沉积物粒度组成的分布特征

沉积物粒度为沉积物的特征参数,而中值粒径( $d_{50}$ )可反映沉积物粒度组成的总体特征.粘土(粒径小于 $4\mu\text{m}$ )的百分含量则反映了沉积物的性质,亦能代表细粒沉积物的特征.

### 2.1 中值粒径

该区沉积物中值粒径范围为 $6.9\sim 102.9\mu\text{m}$ .分布特征如图3所示.西部浅海、双台河口东侧潮滩及大凌河口外、辽河口外局部地段为低值区(小于 $10\mu\text{m}$ ),沉积物类型为粉砂质粘土或粘土质粉砂.高潮带中值粒径一般小于 $40\mu\text{m}$ ,沉积物类型多为粘土质粉砂.盖州滩及低潮线地带中值粒径较大,一般大于 $60\mu\text{m}$ ,沉积物类型为粉砂质细砂.沉积物中值粒径由沿岸向海洋呈细—粗—细型分布.

### 2.2 粘土百分含量

沉积物中粘土含量范围为 $5.6\%\sim 53.82\%$ .高值区分布于西部浅海、双台河口两侧潮滩,粘土含量大于 $40\%$ ;大凌河口外和辽河口外局部地段及高潮滩粘土含量亦较高,一般为 $20\%\sim 30\%$ .低值区分布在盖州滩及低潮线地带,粘土含量最低为 $5.6\%$ ,沉积物类型为粉砂、细砂.中值粒径的高值区与粘土含量的低值区及重金属含量的高值区基本吻合(见图4).

沉积规律主要由河流、潮流、波浪、

地形及物质来源决定.辽东湾北部物质来源丰富且主要来源于河流(表1).河流输沙中细粒悬浮沙占绝对优势,粒径小于 $0.63\mu\text{m}$ 的悬沙占总量的 $90.67\%$ .近岸含量高,大凌河口及双台河口为悬沙高浓度带并向浅海逐渐降低,而粒径亦相应变细.悬沙浓度( $Y_{L,}$ )随离岸距离( $L$ )的变化关系见表2.由关系式可知潮汐型河口的悬沙动态变化特征.在淤泥质海带上,细粒的悬浮物质的搬运基本由潮流来完成.沉积物的分配主要取决于沉积物重力与水动力的平衡.高潮带及河口两侧潮滩潮流速度小,而在高、低潮憩流时更小,细粒泥沙易沉积

表1 河流流量统计

项目	流量 ( $10^8\text{m}^3/\text{a}$ )	输沙量 ( $10^4\text{t}/\text{a}$ )	含沙量 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )
辽河	48.82	899	3.21
双台河	18.93	889	4.70
大凌河	19.63	2740	13.96
小凌河	4.03	364	9.03

表2 悬沙浓度与距离变化关系

项目	关系式	相关系数	标准差
大潮 涨潮	$Y_{s,r} = 1043.15e^{-0.1L}$	-0.98	5.91
落潮	$Y_{s,r} = 310.914e^{-8.013L}$	-0.98	5.31
小潮 涨潮	$Y_{s,r} = 507.755e^{-0.0998L}$	-0.96	5.89
落潮	$Y_{s,r} = 588.161e^{-0.0997L}$	-0.99	5.64

下来;越接近浅海,因搬运距离的增加而使悬沙越细,沉积物中粘土含量越高.低潮线和潮下带及盖州滩障壁体除受潮流作用之外,尚受波浪作用,从而沉积物多为粗粒沉积.沉积物的分带性的形成过程与重金属的空间分布有密切关系.

### 3 沉积物组分与重金属的关系

沉积物中(表3)主要含 $\text{SiO}_2$ (63.14%~93.10%),其次是 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{CaCO}_3$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,有机物质和全氮含量较低.

表3 沉积物主要成分

项目	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	MgO	$\text{CaCO}_3$	CaO	MnO	有机质	全氮
含量范围	63.14~	0.44~	0.48~	0.08~	0.18~	0.08~	0.01~	0.02~	0.006~
(%)	93.14	13.08	5.23	2.65	6.10	3.18	8.39	1.74	0.970
平均值	81.86	4.17	2.67	1.56	3.04	0.98	0.82	0.63	0.074

在沉积过程中,无论元素及化合物有无发生明显的化学变化,伴随着它的载体介质都要进行粒度状态的分散或集中.元素及化合物的内在联系越密切,其分布趋势越类似.因此,对该区47个样品进行重金属与沉积物粒度组成、化学组成的相关分析,结果列于表4.由表4可见,Cu、Pb、Zn和Cd之间呈显著相关,说明它们物资来源和平面分布具相似性.重金属与粘土

表4 相关矩阵计算结果\*

项目	Cu	Zn	Pb	Cd	粘土	硫化物	有机质	$\text{CaCO}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$d_{50}$
Cu		0.930	0.988	0.782	0.750	0.087	0.204	0.521	0.341	-0.862
Zn			0.987	0.791	0.707	0.043	0.560	0.399	0.359	-0.823
Pb				0.788	0.754	0.093	0.515	0.443	0.296	-0.851
Cd					0.687	0.223	0.307	0.425	-0.047	-0.680
粘土						-0.077	0.397	0.388	0.482	-0.776
硫化物							0.127	-0.043	0.067	-0.077
有机质								0.127	0.322	-0.401
$\text{CaCO}_3$									0.383	-0.375
$\text{Fe}_2\text{O}_3$										-0.532
$d_{50}$										

\*  $\alpha=0.05$ 时,相关值为0.288.

分含量、 $d_{50}$ 显著相关,可见重金属的迁移和集散机制主要由粘土中带负电荷的基团吸附作用控制。Zn、Pb、Cd与有机质呈正相关,线性拟合数据分别为31%、27%和10%。有机质的含量虽然很低,但对重金属仍有一定的控制作用。铁锰氧化物和磷酸盐对金属的影响较小。

据相关分析可知下列因素与重金属含量具有函数关系:

$$C_i = f(C_0, d_{50}, d_{y_i}, w_{y_i}), \quad (1)$$

式中, $C_i$ 、 $C_0$ 分别为沉积物中重金属含量和区域背景均值( $\times 10^{-6}$ ), $d_{y_i}$ 、 $w_{y_i}$ 分别为粘土粒径( $\mu\text{m}$ )和粘土百分含量。

式(1)经量纲分析转化为无量纲齐次方程:

$$f\left(\frac{C_i}{C_0}, \frac{d_{y_i} w_{y_i}}{d_{50}}\right) = 0, \quad (2)$$

将式(2)化为幂指数方程:

$$\frac{C_i}{C_0} = A \left( \frac{d_{y_i} w_{y_i}}{d_{50}} \right)^n, \quad (3)$$

利用式(3)对47个表层沉积物样品采用最小二乘法求得经验方程(表5)。计算中粘土粒径为重量百分数加权平均值。重金属区域背景值系 $^{210}\text{Pb}$ 年代法求得。Cu为 $13.61 \times 10^{-6} \sim 25.15 \times 10^{-6}$ , Pb为 $10.64 \times 10^{-6} \sim 16.94 \times 10^{-6}$ , Zn为 $53.07 \times 10^{-6} \sim 73.73 \times 10^{-6}$ , Cd为 $0.059 \times 10^{-6} \sim 0.147 \times 10^{-6}$ 。

表5 回归计算经验方程

项目	样品数	关系式	r	2s±
Cu	47	$\frac{C_{\text{Cu}}}{C_0} = 0.708 \left( \frac{d_{y_i} w_{y_i}}{d_{50}} \right)^{0.362}$	0.79	0.55
Zn	47	$\frac{C_{\text{Zn}}}{C_0} = 0.813 \left( \frac{d_{y_i} w_{y_i}}{d_{50}} \right)^{0.308}$	0.77	0.44
Pb	47	$\frac{C_{\text{Pb}}}{C_0} = 0.853 \left( \frac{d_{y_i} w_{y_i}}{d_{50}} \right)^{0.268}$	0.80	0.38
Cd	45	$\frac{C_{\text{Cd}}}{C_0} = 0.828 \left( \frac{d_{y_i} w_{y_i}}{d_{50}} \right)^{0.245}$	0.62	0.33

## 4 结论

1. 表层沉积物中重金属Cu、Zn、Pb和Cd的分布规律与沉积物中粘土百分含量的分布规律一致。

2. 沉积物中重金属的分布受沉积物的粒度及粘土百分含量控制。