

胶州湾底质痕量元素污染研究*

陈正新 王保军 黄海燕 董贺平 李绍全 尹延鸿 李 春
(青岛海洋地质研究所 青岛 266071)

提要 为了查清胶州湾表层沉积物的痕量污染元素对环境的影响,于 2002—2004 年对胶州湾全区进行了详细的污染调查,并对所获取的 312 个表层沉积物样品中的痕量元素按海洋沉积物质量标准进行了评价研究,其中铜有 33 个站位超第一类标准,有 2 个站位超第二类标准,1 个站位超第三类标准。铜在研究区是最严重的污染元素,其污染面广,程度深。铬的污染面仅次于铜,有 29 个站位的样点超标。汞有 22 个站位超标,其中有 5 个站位超第二类标准,1 个站位超第三类标准,虽然它的污染面较铜和铬小,但污染程度较严重。锌有 7 个站位超标,其中 1 个站位超第二类标准。镉的污染程度较低,只有 3 个站位超标。铅的沉积环境较好,只有 2 个站位的含量值超第一类标准。研究区污染最轻的痕量元素是砷。结果表明,这些痕量元素主要为工业和生活污水经排污沟和排污河而进入胶州湾。按其污染范围大小排序是:铜 > 铬 > 汞 > 锌 > 镉 > 铅 > 砷;按其污染程度排序是汞 > 铜 > 铬 > 锌 > 镉 > 铅。

关键词 胶州湾,痕量元素,沉积物质量标准,环境评价
中图分类号 P931

近年来,胶州湾污染问题已受到人们的广泛重视(吕小乔等, 1990; 陈先芬等, 1991; 李玉等, 2005a; 李学刚等, 2005; 吴玉霖等, 2005),特别是近十几年来,许多学者在胶州湾从多方面陆续开展了有关痕量元素污染的研究,但这些研究由于样品太少,样品分布受到限制,相应的评价质量也就大打折扣(殷效彩等, 2001; 李玉等, 2005b)。本文作者利用 2002—2004 年“青岛市 1:5 万环境地质调查与评价”和“青岛市地质环境质量评价和生态与经济可持续发展”项目,先后三次的实际调查资料,对胶州湾全海区底质物各类沉积组分中痕量元素分别进行了研究,找出了各沉积物组分中痕量元素的分布规律及富集特征,以国家“海洋沉积物质量标准(GB 18668-2002)”为依据,定量进行了评价,为治理胶州湾的环境污染提供了可靠依据。

胶州湾是一个半封闭型的浅海湾,面积为 374.4 km²(孙松等, 2005),平均水深 7m,最大水深 64m。湾内主要有龙泉河、洋河、大沽河、墨水河、白沙河、李村河和海泊河等 12 条较大型的河

流泻水。东岸李村河和海泊河除汛期外,基本无排水,常年用于排污。胶州湾内主要有两种波浪体系,即黄海的波浪以涌浪的形式传入湾内和湾内自生的风浪。湾内的潮汐属于正规半日潮,外海潮波进入湾内后开始分向,一股偏东进入沧口水道,一股偏西由中沙礁西侧进入湾内,一股由中央水道北进。研究区最高潮位是 5.36m,最低潮位是 -0.70m,平均高潮位是 3.80m,最大潮差是 6.06m(以黄海高程计),涨潮流速一般比落潮流速大 15cm/s,最大超过 47cm/s,最大涨、落潮流大都出现在高潮前 2—3h 和高潮后 2—3h(国家海洋局第一海洋研究所港湾室, 1984)。

1 样品采取与分析方法

1.1 样品的获取

2002 年和 2004 年在胶州湾内按 1km × 1km 的网度,采用箱式取样器(容量 0.04m³)和蚌式采泥器(容量 0.01m³)互用,获取了 312 个表层(0—5cm 深)沉积物样品(图 1),并对这些样品进行了全部粒度和部分痕量元素(A_s, Hg, Cd

* 国家自然科学基金项目, 40272078 号; 中国地质调查局项目, [2003] 20-02 号和 20-04 号。陈正新, 研究员, E-mail: CZX575583@ sina.com

Ph, Cr, Cu, Zn)分析。

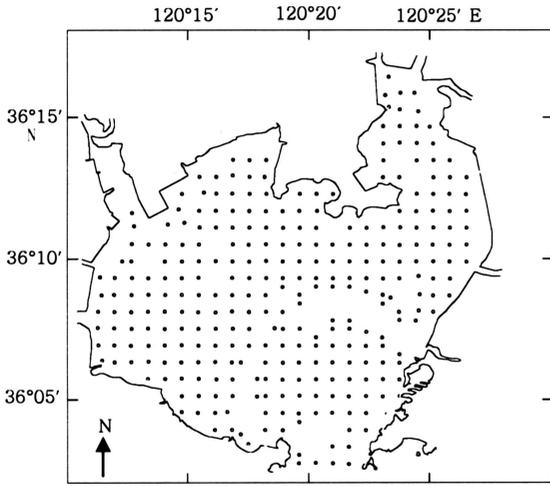


图 1 研究区工作站位

Fig. 1 Working stations in the Jiaozhou Bay

海区调查采用 DGPS 定位系统定位, 定位误差为 < 5m。

1.2 分析方法

粒度样制备和测试: 粒度分析样品经除有机质、去钙胶结物和洗盐后过筛, 粗粒部分 (> 2mm) 用筛析法获得, 细粒部分用英国马尔文 (MALVERN) 公司生产的 Mastersizer 2000 型激光粒度仪分析, 粒度分组间距为 1/4φ。

痕量元素样品制备和测试: 称取 $M = 0.1 \text{ g} \pm 0.0001 \text{ g}$ 试样于聚四氟乙烯密闭溶样罐中, 加 1ml 硝酸 (1:1)、3ml 氢氟酸混匀后加盖密闭, 进行一系列冷热处理后待测定 Cu, Pb, Zn, Cd, Cr, 并用等离子体质谱法 (ICP-MS) 测定。

称取 0.1000—0.5000g 试样于 25ml 比色管中, 加入王水 10ml 处理后的溶液 A_i 用于测定 Hg 并用冷原子荧光法测定汞。

称取 0.3000—0.5000g 试样于 25ml 比色管中, 加新配制的 (1+1) 王水 10ml 处理后的溶液用于测定 A_s 并用原子荧光法测定砷。

2 结果及环境评价

2.1 地质背景

研究区周边陆区的主要岩性为莱阳群砂岩和粉砂岩; 青山群的安山岩、流纹岩和凝灰岩; 王氏群的砂岩、粉砂岩; 火成岩的二长花岗岩和碱长岩; 第四纪冲洪积及残坡积物等。

2.2 海区表层沉积物分布特征

胶州湾内表层沉积物大体可分为六种类型

(图 2)。砂多分布在湾口、白沙河口、红岛东南海滩、西侧水道顶部及黄岛湾北边海滩等地区。粉质砂主要分布在河口两侧、三个水道内、李村河北、白沙河口外及黄岛油港码头北侧等地区。粉砂、砂质粉砂和粘土质粉砂多分布在三个水道间的中间地带和红岛南部及黄岛北部的大部分地区。粘土及粉砂质粘土主要分布在东部沿岸海域、湾的北部、潮海盐场南及西部几条河流的入海口的部分地段。

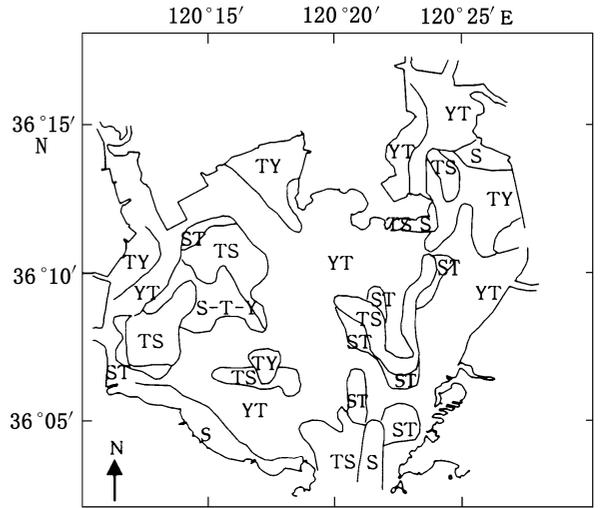


图 2 研究区底质物类型图

Fig. 2 Sedimentary types in the Jiaozhou Bay

S—砂, ST—砂质粉砂, S-T-Y—砂粉砂粘土混合, TS—粉质砂, YT—粘土质粉砂, TY—粉砂质粘土

2.3 周边岩石中痕量元素含量特征

区测资料表明: 周边岩石中铅、锌、汞、镉、砷的含量值和地壳丰度值见表 1。

2.4 胶州湾表层沉积物中痕量元素含量分布

胶州湾表层沉积物中砷、镉、汞、铅、铬、铜、锌的平均含量和变化值见表 2 在粘土 (包括砂质粘土和粉砂质粘土, 下同) 中的平均含量和变化值见表 3, 粉砂 (包括砂质粉砂和粘土质粉砂, 下同) 中平均含量和变化值见表 4 砂 (包括粉质砂和粘土质砂, 细砂砾砂, 下同) 中平均含量和变化值见表 5 砂泥混合组分 (包括含量大于 25% 的砂、粉砂和粘土, 下同) 中平均含量和变化值见表 6。

2.5 痕量元素分布及环境质量评价

2.5.1 砷 (As) 根据砷的含量特征看, 区域上主要分布在东部沿岸海区、潮海盐场东北湾内、

表 1 青岛地区岩石中部分微量元素含量特征 ($\times 10^{-6}$)¹⁾Tab. 1 Several trace element content in the bedrocks in Qingdao region ($\times 10^{-6}$)

元 素	莱阳群 砂岩粉砂 岩	青山群 安山岩流纹 岩凝灰岩	王氏群 砂岩粉 砂岩	崂山超单元		地壳 丰度值
				二长花岗岩	碱长花岗岩	
Pb	18	21.6	30.4	20.8	14.4	16
Zn	61	57	82	28	17	83
Hg	0.012	0.0268	0.1	0.0051	0.007	0.083
Cd	0.124	0.096	0.269	0.0478	0.00663	0.13
As	7.83	2.7	5.24	0.43	0.45	1.7

1) 引自青岛海洋地质研究所, 2004. 青岛市 1:5万环境地质调查与评价报告

表 2 研究区表层沉积物部分微量元素含量 ($\times 10^{-6}$)Tab. 2 Content of several trace element in the surface sediments in the research area ($\times 10^{-6}$)

性质	As	Cd	Hg	Pb	Cr	Cu	Zn
平均值	7.164	0.0817	0.088	32.3	45.1	24.93	69.68
最小值	2.33	未检出	0.007	12.3	1.95	4.45	10.0
最大值	13.6	1.0	4.10	109.0	130.0	211.0	384.0

表 3 粘土中部分微量元素含量 ($\times 10^{-6}$)Tab. 3 Content of several trace element in the clays from the research area ($\times 10^{-6}$)

性质	As	Hg	Cd	Cr	Cu	Pb	Zn
平均值	3.61	0.031	0.025	45.27	34.68	36.20	80.37
最小值	7.65	0.12	0.061	3.31	16.9	21.4	30.2
最大值	12	0.607	0.122	88.1	211	109	146

表 4 粉砂中部分微量元素含量 ($\times 10^{-6}$)Tab. 4 Content of several trace element in the silts from the research area ($\times 10^{-6}$)

性质	As	Hg	Cd	Cr	Cu	Pb	Zn
平均值	7.53	0.097	0.11	50.36	26.14	33.07	76.17
最小值	3.07	0.012	未检出	4.44	7.4	19.8	25.8
最大值	13.6	4.1	1.00	130	137	63	384

表 5 砂中部分微量元素含量 ($\times 10^{-6}$)Tab. 5 Content of several trace element in the sands from the research area ($\times 10^{-6}$)

性质	As	Hg	Cd	Cr	Cu	Pb	Zn
平均值	6.29	0.05	0.068	34.39	17.38	28.96	47.15
最小值	2.3	0.007	未检出	1.95	4.45	12.4	10
最大值	12.6	0.684	0.32	90.8	55.7	53.3	98.6

表 6 砂泥混合组中部分微量元素含量 ($\times 10^{-6}$)Tab. 6 Content of several trace element in mixed sediments from the research area ($\times 10^{-6}$)

性质	As	Hg	Cd	Cr	Cu	Pb	Zn
平均值	6.14	0.077	0.047	36.48	22.27	29.19	64.82
最小值	5.1	0.025	未检出	10.7	6.51	12.3	21
最大值	7.85	0.28	0.116	95.3	43.8	39	93

表 7 沉积物中痕量元素加权值 (%)

Tab. 7 Weighted value of trace elements in the sediments of research area (%)

沉积物	As	Hg	Cd	Cr	Cu	Pb	Zn
粘土	15.32	12.16	10.0	27.19	34.52	28.41	36.78
粉砂	31.82	38.04	44.0	30.25	26.02	25.95	11.98
砂	26.69	19.61	27.2	20.66	17.30	22.73	21.58
混合组分	26.05	30.20	18.8	21.91	22.17	22.91	29.67

大沽河口、红岛东面湾内及黄岛油港码头北侧(图 3a)。在沉积物各组分中所占比例见表 7。周边岩石中含量均比较低,东部火山岩中低于 0.45×10^{-6} ,西部沉积岩中也不超过 8×10^{-6} 。虽然研究区砷含量值相对较高,有两个最高含量值达 13.6×10^{-6} ,而国家海洋沉积物一类标准为 20×10^{-6} ,可见胶州湾沉积物中砷含量符合国家一类标准,环境很好。

2.5.2 镉 (Cd) 图 3b 表明,镉的高含量区主要集中在研究区东部。在沉积物各组分中所占比例见表 7。区域上,除碱长花岗岩含量值较低 (0.007×10^{-6}) 外,其他皆大于胶州湾表层沉积物中的含量。从胶州湾沉积物中镉的含量分布看,只有 3 个站位的含量值超过国家一类沉积物标准,其中两个站位含量值是一类标准的临界值。3 个站位的超标值分别是 0.517×10^{-6} (位置: 36.08221° N, 120.2019° E), 0.558×10^{-6} (位置: 36.05396° N, 120.182° E), 1.0×10^{-6} (位置: 36.07508° N, 120.1941° E), 且皆位于胶州湾东部(图 3b),其中海泊河口外的样点值已超出第一类标准的 2 倍,为胶州湾污染较严重的组分之一。其他地区皆为国家一类标准,环境较好。

2.5.3 汞 (Hg) 从图 3c 可以看出,汞在研究区东部、胶州湾顶红岛一带、中部水道和西部水道之间的狭长地带含量较高。在沉积物各组分中所占比例见表 7,这种在沉积物粒径上的表现只是一种现象,实质上可能与汞的物质来源有关。胶州湾表层沉积物中的高含量可能一部分是来自周边岩石风化后的沉积,更主要的可能还是工业和生活污水中的汞含量较高的缘故 (Chen *et al.* 2005)。从超标的 22 个站位看,墨水河以西的海域受青山群和王氏群岩石风化作用的影响较大,沉积物中含量值不高,而东部地区一方面火山岩本身汞含量就高,风化后进入沉积物中的可能性较大,另一方面工业和生活污水中汞含量也较高 (Chen *et al.* 2005), 二者的迭加,造成了研究区汞的局部富集。按国家标准 (GB18668-2002) 评价,研究区有 22 个站位的样点超过标准值,其中有 5 个样点超过二类标准(表 8)。22 个超标点皆位于胶州湾东部,从湾顶到团岛污水处理厂以北的地区,呈狭长地带;超过二类标准的样点全分布在李村河口以北到海泊河口以南的海区(图 3c)。

表 8 汞含量超标值一览表 ($\times 10^{-6}$)Tab. 8 Hg pollution in the sediments of research area ($\times 10^{-6}$)

样号	纬度 ($^{\circ}$ N)	经度 ($^{\circ}$ E)	含量	样号	纬度 ($^{\circ}$ N)	经度 ($^{\circ}$ E)	含量
251	36.04345	120.2901	0.28	135	36.08222	120.194	0.20
269	36.0224	120.3	0.68	136	36.08546	120.194	0.21
242	35.5944	120.2901	0.21	147	36.09277	120.202	0.21
262	36.04348	120.294	0.28	105	36.0612	120.182	0.23
260	36.03297	120.294	0.21	146	36.08544	120.2021	0.25
243	36.00307	120.2901	0.22	241	36.05071	120.2821	0.29
253	35.59435	120.2941	0.24	263	36.05074	120.294	0.32
259	36.02571	120.2941	0.29	104	36.05396	120.182	0.35
271	36.03296	120.2959	0.44	85	36.0402	120.1739	0.47
268	36.01519	120.3	0.61	145	36.08221	120.2019	0.47
267	36.01194	120.296	4.10	134	36.07508	120.1941	0.59

2.5.4 铅 (Pb) 铅含量较高的点多分布在研究区东部和湾顶跨海大桥以北和黄岛油港码头北,在沉积物各组分中所占比例见表 7。按国家标准,铅只有一个站位超一类标准,为 63×10^{-6} (位置: 36.07508°N , 120.1941°E)。

2.5.5 铬 (Cr) 图 3d 表明大于 60×10^{-6} 的含量点主要分布在东部、湾顶和西部大沽河口东部及黄岛油港码头北,在沉积物各组分中所占比例见表 7。铬在胶州湾表层沉积物的高含量与其他痕量元素分布不大一样,除了东部李村河口和海泊河口间的高值可能是由于工业和生活污水所造成的外,在红岛南部和东北部湾内及黄岛油

港码头西北湾内也有高值分布区,这可能与该元素来自陆地岩石的风化有关。区测资料表明,青岛地区的中生代地层和火山岩的铬含量值分别为 66.63×10^{-6} 和 66.71×10^{-6} ,比花岗岩和第四纪松散沉积物的含量都高,红岛地区都是中生代地层,可能与陆源物质的携入有很大关系。按沉积物国家标准,铬有 29 个站位的样点超过一类标准(表 9),其中有 25 个样点的沉积物为粉砂。超标样点分布在胶州湾东部、红岛南和东北部湾内,特别是东部的排污口和河口区(图 3d)。

表 9 铬含量超标值一览表 ($\times 10^{-6}$)

Tab.9 Cr pollution in the sediments of research area ($\times 10^{-6}$)

样号	纬度 ($^{\circ}\text{N}$)	经度 ($^{\circ}\text{E}$)	含量	样号	纬度 ($^{\circ}\text{N}$)	经度 ($^{\circ}\text{E}$)	含量
219	36.04021	120.27	90.8	146	36.08544	120.2021	93
39	36.09276	120.154	80	108	36.07507	120.1819	94
109	36.08179	120.1758	80	121	36.07334	120.1859	95
67	36.04018	120.166	81	137	36.09281	120.1941	98
40	36.096	120.1539	82	147	36.09277	120.202	99
267	36.01194	120.296	82.9	148	36.09597	120.202	100
65	36.02573	120.166	83	136	36.08546	120.194	100
124	36.08595	120.1905	84	105	36.0612	120.182	101
122	36.0753	120.1906	85	123	36.08243	120.1908	104
104	36.05396	120.182	85	88	36.05403	120.1741	116
194	36.02245	120.246	85.4	134	36.07508	120.1941	124
106	36.06286	120.182	87	135	36.08222	120.194	130
107	36.07347	120.182	90	237	36.09281	120.1941	95.3
145	36.08221	120.2019	92	259	36.02571	120.2941	80.7
268	36.01519	120.3	88.1				

2.5.6 铜 (Cu) 图 3e 表明,铜高含量值主要集中在东部沿岸一带,从北边的墨水河口到南边的湾口,整个沧口水道以东的地区是高含量分布区,在沉积物各组分中所占比例见表 7。按沉积物质量标准评价,铜超过一类标准的站位有 36 个,而且其中有 2 个站位(267 和 134 号样)超过二类标准,1 个站位(268 号样)超三类标准(表 10)。

2.5.7 锌 (Zn) 在沉积物各组分中所占比例见表 7。胶州湾地区粉砂质粘土主要分布于周边各个小湾内和李村河以北部分地区,因为锌主要分布于粉砂质粘土和砂质粘土及淤泥中,所以这

些地区的锌含量偏高。区域上锌多分布在东部沿岸一带,其次在湾顶、黄岛北部及中心部位(图 3f)。按海洋沉积物质量标准评价,有 7 个站位超标,其中有 1 个站位的样点(267 号样)超过二类标准为 384×10^{-6} (表 11)。

根据以上痕量元素在各类沉积物的含量分配情况看,按国家海洋沉积物质量标准进行评价,铜是研究区污染最严重的元素,它的污染面广,程度较深,36 个超标站位值中有 2 个站位实测值超二类标准,1 个站位的值超三类标准(表 10)。铬的污染面仅次于铜,有 29 个站位的样点

超标。汞的污染面较前者小,但污染程度较严重,它有 22个站位的样点超标,其中有 5个站位的含量值超过二类标准 ($\leq 0.5 \times 10^{-6}$) (表 8), 1个站位的值超三类标准 ($\leq 1.0 \times 10^{-6}$) 为 4.1×10^{-6} , 是三类标准的 3 倍多。锌的污染情况比前

三者元素好一些, 7个站位的超标值中只有 1个站位的样点超过二类标准。镉的污染程度较低, 有 3个站位的样点超标。铅的环境较好, 它只有两个站位的含量值超过一类标准。研究区沉积物中砷的环境最佳, 虽然在东部几个排污口和河口

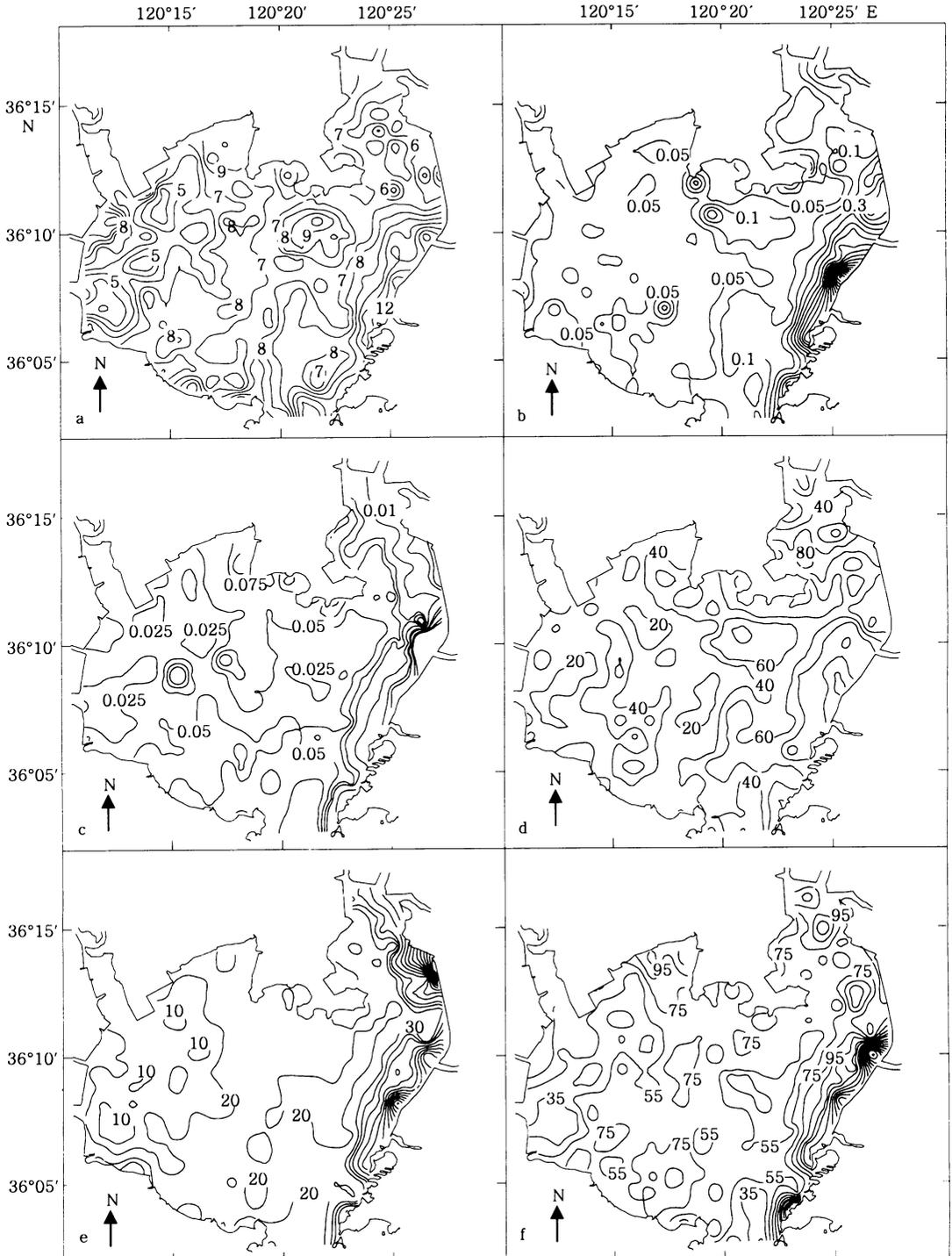


图 3 部分痕量元素含量分布 ($\times 10^{-6}$)

Fig. 3 Content and distribution of several trace elements in the research area ($\times 10^{-6}$)

a As b Cd c Cr d Cu e Pb f Zn

表 10 铜含量超标值一览表 ($\times 10^{-6}$)Tab 10 Cu pollution in the sediments of research area ($\times 10^{-6}$)

样号	纬度 ($^{\circ}$ N)	经度 ($^{\circ}$ E)	含量	样号	纬度 ($^{\circ}$ N)	经度 ($^{\circ}$ E)	含量
223	36.01199	120.2741	36.7	122	36.0753	120.1906	45
224	36.01525	120.274	41.5	146	36.08544	120.2021	46
243	36.00307	120.2901	42.3	147	36.09277	120.202	47
259	36.02571	120.2941	50.7	121	36.07334	120.1859	47
253	35.59435	120.2941	52.6	135	36.08222	120.194	49
271	36.03296	120.2959	87.5	136	36.08546	120.194	53
268	36.01519	120.3	211	105	36.0612	120.182	54
242	35.5944	120.2901	36.3	241	36.05071	120.2821	56.1
258	36.02248	120.294	39.5	145	36.08221	120.2019	57
262	36.04348	120.294	43.8	85	36.0402	120.1739	59
65	36.02573	120.166	36	263	36.05074	120.294	65.9
88	36.05403	120.1741	36	104	36.05396	120.182	67
107	36.07347	120.182	36	267	36.01194	120.296	105
137	36.09281	120.1941	39	134	36.07508	120.1941	137
232	36.00318	120.2821	39.6	228	36.04086	120.2742	35.5
148	36.09597	120.202	43	34	36.06448	120.154	40.4
123	36.08243	120.1908	43	251	36.04345	120.2901	40.7
106	36.06286	120.182	45	269	36.0224	120.3	55.7

表 11 锌含量超标值一览表 ($\times 10^{-6}$)Tab 11 Zn pollution in the sediments of research area ($\times 10^{-6}$)

样号	纬度 ($^{\circ}$ N)	经度 ($^{\circ}$ E)	含量	样号	纬度 ($^{\circ}$ N)	经度 ($^{\circ}$ E)	含量
136	36.08546	120.194	152	134	36.07508	120.1941	273
104	36.05396	120.182	172	85	36.0402	120.1739	295
105	36.0612	120.182	172	267	36.01194	120.296	384
145	36.08221	120.2019	185				

区的含量值相对较高,但皆在沉积物质量标准允许范围内变化。研究区整体上沉积环境除个别地段有污染外,胶州湾地区基本能达一类标准。

从研究区的几种痕量元素的含量分布看(图 3a—f),其分布有一个共同特点,无论污染程度大小如何,几乎高含量区皆分布在胶州湾东部,有些直接分布于排污口,如镉、铬、铜和铅,有些则分布在河流入海口地区,如砷、汞和锌。研究区痕量元素的含量分布虽然在粉砂和粘土中占有绝对优势,但更明显的还是与地理位置有关。胶州湾东部是青岛市工业和人口最集中的地区,大量的工业和生活污水经排污沟和排污河进入胶州湾。有资料表明,1995年、1996年、1997年工

业污水流入胶州湾的分别是 $10340.96 \times 10^4 \text{ t}$ 、 $9837.00 \times 10^4 \text{ t}$ 、 $9229.30 \times 10^4 \text{ t}$ 生活污水分别是 $4287.00 \times 10^4 \text{ t}$ 、 $9696.00 \times 10^4 \text{ t}$ 、 $9737.00 \times 10^4 \text{ t}$ (印萍, 2000)。工业和生活固体垃圾的淋滤和工业粉尘也将大量痕量元素物质带入胶州湾,这些元素在水动力作用下,一部分虽然被流水带出胶州湾,但也有一部分在动力作用下,形成局部富集,造成污染。而胶州湾西岸虽然也有龙泉河、曹汶河、洋河和大沽河和多处排污沟的水体入胶州湾,但沉积物中痕量元素的含量比东部低得多,且本文中所研究的几种痕量元素皆符合国家海洋沉积物质量标准,原因之一就是胶州湾西岸的工业较东岸少,河流携带的痕量元素污染物质

少。为此可以认为,胶州湾东岸的痕量元素含量高,主要是人为因素造成的。

胶州湾周边地区岩体风化后,流水将大量的痕量元素(如铬)携入湾内,含有痕量元素的陆源碎屑物质和痕量元素单质由淡水进入海水后,在介质环境变化的情况下,根据各自化学性质元素将重新组合或沉淀或继续留存液体中。虽然海水中的痕量元素皆比较低,由于沉淀聚积作用,沉积物中痕量元素含量则相对比较高,有的地区并形成局部富集。

前面提到,胶州湾内有三条水道,一是东部从5—10m等深线向北东方向伸入沧口湾外的沧口水道;二是湾口中部呈NNW向延伸的中央水道;三是湾口沿NW向延伸的西侧水道。当外海的潮波进入胶州湾后基本沿这三条水道运行,不仅是胶州湾的沉积物受这种动力作用所控制,痕量元素含量分布也受这种动力作用所支配。三个水道中最明显能控制痕量元素分布的是沧口水道,它阻止了胶州湾东岸的污物往西扩散,当东部的汞、镉、铜、铅和锌含量皆很高时,水道以西的地区却基本保持较低状态(图3a—f),既是西部有个别高含量点,也是由西部河流带来的,而不是由东部运移去的。总之,虽然胶州湾的自净能力强大,但只能排除和稀释悬浮于水体中而不能快速沉淀的元素,对于已发生沉淀和快速沉淀的污染物质是难以达到净化目的的。

3 结论

(1) 在四类沉积物组分中,铜、铅和锌主要富集于粘土组分中,分别为34.52%、28.41%和36.78%。砷、汞、镉和铬主要富集于粉砂中,分别为31.82%、38.04%、44.0%和30.25%。

(2) 根据国家海洋沉积物质量标准(GB18668-2002),按其污染范围,它们的顺序是:铜>铬>汞>锌>镉>铅>砷;按其污染程度是汞>铜>铬>锌>镉>铅。

(3) 研究区痕量元素高含量区皆分布在胶州湾东部,有些直接分布于排污口,如镉、铬、铜和铅;有些则分布在河流入海口地区,如砷、汞和

锌。这些高含量的痕量元素,主要是工业三废和生活污水污染的结果,其次是周边岩体风化物质的加入,形成目前胶州湾痕量元素物质的分布现状。

(4) 沧口水道、中央水道和西侧水道不仅控制了胶州湾沉积物的沉积,痕量元素的含量分布也受这种动力作用所支配,特别是沧口水道,它阻止了胶州湾东岸的污物往西扩散,对胶州湾的环境起到了至关重要的作用。

参 考 文 献

- 印 萍,路应贤,2000. 胶州湾的环境演变及可持续利用. 海岸工程, 19(3): 14—22
- 吕小乔,孙秉一,史致丽等,1990. 胶州湾中汞的含量及其形态的分布规律. 青岛海洋大学学报, 20(4): 107—113
- 孙 松,张永山,吴玉霖等,2005. 胶州湾初级生产力周年变化. 海洋与湖沼, 36(6): 481
- 吴玉霖,孙 松,张永山,2005. 环境长期变化对胶州湾浮游植物群落结构的影响. 海洋与湖沼, 35(6): 487—498
- 陈先芬,1991. 胶州湾环境污染调查报告. 海洋通报, 10(4): 72—77
- 李 玉,俞志明,宋秀贤等,2005a. 胶州湾海水中阴离子表面活性剂的含量及分布. 海洋与湖沼, 36(3): 284—288
- 李 玉,俞志明,曹西华等,2005b. 重金属在胶州湾表层沉积物中的分布与富集. 海洋与湖沼, 36(6): 580—589
- 李学刚,宋金明,李 宁等,2005. 胶州湾沉积物中氮与磷的来源及其生物地球化学特征. 海洋与湖沼, 36(6): 562—571
- 国家海洋局第一海洋研究所港湾室,1984. 胶州湾自然环境. 北京:海洋出版社,65—79
- 殷效彩,杨永亮,余季金等,2001. 胶州湾表层沉积物重金属分布研究. 青岛大学学报, 14(1): 76—79
- Chen Zhengxin, Dong Heping, Li Shaoquan *et al.* 2005. Distribution pattern of heavy metals in the surface sediments of the Jiaozhou Bay. Marine Science Bulletin, 7(2): 41—56

TRACE ELEMENTS POLLUTION IN SEDIMENT OF THE JIAOZHOU BAY

CHEN Zheng-Xin, WANG Bao-Jun, HUANG Hai-Yan, DONG He-Ping

LI Shao-Quan, YIN Yan-Hong, LI Chun

(Qingdao Institute of Marine Geology, Qingdao 266071)

Abstract An environmental survey on trace elements pollution in the Jiaozhou Bay was conducted during Year 2002—2004 in order to assess the metal pollution in the bay. The influence of the trace elements in the entire bay was evaluated according to concerning environmental codes. A total of 312 sediment samples were collected from the surface sediment. Results showed that in the bay the copper content was beyond the national benchmark of the first-class sediment in 33 stations, of the second-class sediment in 2 stations, and of the third-class sediment in 1 station, showing quite serious pollution both in area and in concentration. Chromium came as the second serious polluter that was beyond the benchmark in 29 stations. Furthermore, samples from 22 stations were unqualified in mercury content. Although Hg pollution was smaller in area than those of copper and chromium, the pollution is the most harmful to human and the environment. In content of zinc, it failed to qualify in 7 stations, and cadmium pollution was relatively light with only 3 stations unqualified. Similar situation was found in lead, 2 stations, and in arsenic whose content was quite small.

In general, the area of large trace elements content mostly distributed in the east of the bay and some elements in the mouth of sewage drain, such as cadmium, chromium and copper. Some elements deposited in the estuaries of the rivers such as arsenic, mercury and zinc. Certain data showed that the amount of industrial sewage flowing into the bay in the years 1995, 1996, 1997 was 10340.96×10^4 t, 9837.00×10^4 t and 9229.30×10^4 t, while that of household ones were 4287.00×10^4 t, 9696.00×10^4 t, and 9737.00×10^4 t, respectively. Therefore, river channels and wastes drains were major pathways for the polluters. The descending sequence of the pollution was $\text{Cu} > \text{Cr} > \text{Hg} > \text{Zn} > \text{Cd} > \text{Pb} > \text{As}$ in area and $\text{Hg} > \text{Cu} > \text{Cr} > \text{Zn} > \text{Cd} > \text{Pb}$ in content. In the eastern part of the bay, although a large amount of sewage flood into the sea water every year, the tidal current played an effective role in water circulation and keeping sedimentary and water environment in a good condition. Moreover, three major underwater channels, Cangkou, Zhongyang and Xice, blocked the diffusion of pollution from the eastern part of the bay to the western part, playing an important part in keeping environments clean in the Jiaozhou Bay.

Key words The Jiaozhou Bay, Trace elements, Sediments quality standards, Environment assessment