

某沿海工业区周边海水及土壤的重金属污染状况调查

焦月英¹, 李君^{1*}, 关维俊¹, 蒋守芳¹, 佟俊旺¹, 刘楠¹, 郑国颖¹, 高彦梅¹, 郑天然², 李克²

摘要: [目的] 了解某沿海工业区海水及土壤中重金属污染状况, 提出减少环境污染的综合性建议, 为制定该工业区环境保护的预防控制对策提供科学依据。[方法] 选取矿石码头、煤炭码头、原油码头、散杂货码头临近海域为海水监测点, 以发展备用区临近海域为对照区, 采集各监测点和对照区的浅层海水及深层海水; 选取钢铁厂、电厂、矿石码头、煤炭码头、原油码头为土壤监测点, 以发展备用区为对照区, 采集各监测点及对照区的表层土壤。采用电感耦合等离子体质谱仪测定海水及土壤中 As、Cu、Hg、Zn、Cr、Cd、Ni、Pb 八种重金属元素含量, 计算单项污染指数和综合污染指数。[结果] 各监测点浅层海水中 Cu、矿石码头的 Hg 单项污染指数均大于 1, 深层海水中 Cu、Hg 也均大于 1, 该海域海水主要受到这两种重金属元素的污染。综合指数评价结果显示, 各监测区域海水均受到轻度污染, 其中原油码头的浅层海水指数最高, 为 1.40; 对照区最低, 为 1.11; 深层海水以矿石码头最高, 为 1.45; 对照区最低, 为 1.10。所有监测点的单项土壤污染指数均小于 1, 均未超过标准。钢铁厂、电厂、煤炭码头综合指数分别为 1.52, 1.46, 1.44, 属轻度污染; 原油码头综合指数为 0.92, 尚清洁; 矿石码头与对照区清洁。[结论] 各监测区域海水均受到轻度污染; 土壤较清洁。

关键词: 沿海工业区; 重金属; 海水; 土壤; 环境质量指数

Investigation of Heavy Metals Pollution in Seawater and Soils around a Coastal Industrial Area JIAO Yue-ying¹, LI Jun^{1*}, GUAN Wei-jun¹, JIANG Shou-fang¹, TONG Jun-wang¹, LIU Nan¹, ZHENG Guo-ying¹, GAO Yan-mei¹, ZHENG Tian-ran², LI Ke² (1. Department of Preventive Medicine, Hebei United University, Tangshan, Hebei 063000, China; 2. Tanghai County Center for Disease Control and Prevention, Tanghai, Hebei 063200, China). *Address correspondence to LI Jun; E-mail: junlits@sina.com

Abstract: [Objective] To learn the state of heavy metals pollution in seawater and soils around a coastal industrial area and put forward a comprehensive proposal to reduce environmental pollution, in order to provide scientific basis for establishing prevention and control measures. [Methods] The sea offshores in a ore dock, coal dock, oil dock and bulk cargo dock were selected as water monitoring points. A sea offshore in a pre-developing spare area was selected as control. Water samples in shallow and deep were collected in monitoring points and the control area. An iron and steel industrial, power plant, ore dock, coal dock and oil dock were selected as soil monitoring points. A pre-developing spare area was selected as control. Surface soil was collected in the monitoring points and the control area. The concentrations of As, Cu, Hg, Zn, Cr, Cd, Ni, Pb were determined by inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS). The contamination situation of the monitoring points were evaluated by calculating single factor pollution index (PI) and integrated pollution index (IPI). [Results] In shallow water, the single factor pollution index of Cu in all monitoring points and Hg in ore dock were higher than 1. In deep water, the single factor pollution index of both Cu and Hg were higher than 1. It indicated that the seawater was mainly polluted by Cu and Hg. The assessment of integrated environmental quality index showed that all the monitoring points of seawater were slightly polluted. The integrated environmental index of shallow water in oil dock was 1.40, and it was higher than the others. The integrated environmental index of deep water in ore dock was 1.45, and it was higher than the others. The integrated environmental index of deep water in control plot was 1.10, and it was lower than others. The single factor pollution index of soil was lower than 1 suggesting that the concentrations of 8 heavy metals in all monitoring points were lower than the standards. The soils of the iron and steel industrial, power plant and coal docks were lightly polluted and the integrated environmental index were 1.52, 1.46 and 1.44 respectively. The soils of oil docks were not polluted and the integrated environmental index was 0.92. The soils of ore dock and the control plot were clean. [Conclusion] The seawater of monitoring points were polluted slightly. The soils of monitoring points were not polluted.

Key Words: coastal industrial area; heavy metals; seawater; soil; environmental quality index

[基金项目] 唐山市科技局项目 (编号: 06134601A-10)

[作者简介] 焦月英 (1983-), 女, 硕士生; 研究方向: 环境有害因素与健康; E-mail: jiaoyueying_2003@163.com

[*通信作者] 李君教授; E-mail: junlits@sina.com

[作者单位] 1. 河北联合大学预防医学系, 河北 唐山 063000; 2. 唐山市唐海县疾病预防控制中心, 河北 唐海 063200

重金属污染主要指镍 (Ni)、镉 (Cd)、铅 (Pb)、铬 (Cr) 以及类金属砷 (As) 等生物毒性显著的元素对环境造成的污染。其主要来源于工业三废排放、金属采矿冶炼、家庭燃煤、生活垃圾和汽车尾气等人类活动中污染物的排放, 人们不易觉察或注意, 但其毒害作用一旦表现出来就难以消除, 关系到人类的

健康安全和生态环境的可持续性^[1-2]。因此,重金属污染问题已成为国内、外科学家研究的热点^[3-5]。

本调查工业区位于渤海湾中心地带沿海,规划面积 310 km²,规划占地将由占用海洋浅滩,填海造陆形成。目前,该工业区港口吞吐能力已超亿吨,产业聚集步伐不断加快,其集钢铁、化工、电力、码头的四大主导产业为一体的性质决定了在不久的将来,该区环境可能会受到重金属污染。为了解该沿海工业区周边海水及土壤中重金属污染状况,提出减少环境污染的综合性建议,为制定该工业区环境保护的预防控制对策提供科学依据,本研究拟于 2009 年 5 月进行一次调查研究。本文报道该项调查结果。

1 材料与方法

1.1 样品采集

该沿海工业区目前已建成钢铁厂、电厂、矿石码头、煤炭码头、原油码头、发展备用区几个区域,散杂货码头亦正处于建设中,采用功能分区法进行布点和样品采集。各监测点位置见图 1。



[注]加工工业区(Processing industrial zone);城市生活区(Area of city life);重化工业产业区(Heavy and chemical industrial zone);仓储物流区(Storage and logistics area);发展备用区(Pre-developing spare area);港区(Port district);1.原油码头(Oil dock);2.矿石码头(Ore dock);3.散杂货码头(Bulk cargo dock);4.煤炭码头(Coal dock);5.钢厂(Iron and steel industrial);6.电厂(Power plant);7.发展备用区(Pre-deceloping spare area)。

图2 某沿海工业区监测点位置

Figure 2 The location of monitoring points in a coastal industrial area

1.1.1 海水样品采集 在矿石码头、煤炭码头、原油码头、散杂货码头临近海域设置采样点,并在发展备用区临近海域设一个对照区,每个区域设置 2 个采样点,采集 5 个断面浅层(0.5 m)和深层(10 m)水样,连续采样 3 d,每天采样 2 次(涨、落潮各采样 1 次),共 60 个样品。样品的采集、固定、保存等均按照《海洋监测规范》(GB17378—1998)^[6]进行。

1.1.2 土壤样品采集 在钢铁厂、电厂、矿石码头、煤炭码头、原油码头布点,发展备用区作为对照区,每个区域按照梅花布点法设置 5 个采样点,每个采样点再按梅花点法采集表层 5~10 cm 混合土样,共 30 个样品。采样方法及样品前处理均按照《土壤环境监测技术规范》(HJ/T166—2004)^[7]进行。

1.2 分析方法

海水样品采集后,现场经直径 47 mm,孔径 0.45 μm 滤膜过滤,将滤样放入 50 mL 样品瓶中,测定铜(Cu)、铅(Pb)、镉(Cd)、锌(Zn)、镍(Ni)元素的样品加硝酸至 pH 小于 2,测定汞(Hg)、铬、砷的样品加硫酸至 pH 小于 2,于 -4℃ 以下保存。在超净实验室内,采用电感耦合等离子体质谱仪(ICP-MS)(德国安捷伦公司,7500A 型)直接测定海水样品^[8]。

将采集的土样混合后用四分法缩分至约 100 g,缩分后土样经自然风干,去除土样中砾石和动植物残体等异物,用研钵研磨后过粗筛,混匀后用研钵研磨后过 100 目尼龙筛,分装于样品瓶。土样全量的消解,采用盐酸-硝酸-氢氟酸-高氯酸混合酸在聚四氟乙烯坩埚中消化,ICP-MS 测定。

整个实验过程中用平行样和国家标准物质控制样品分析的精密度和准确性及标准加入法建立标准曲线。平行样为取自同一样本内互相独立的样品,所经实验流程相同,最后比较两者数据的差异。国家标准物质单元素标准为 As(GBS G 62028—90)、Cu(GBS G 62024—90)、Hg(GBS G 62069—90)、Zn(GBS G 62025—90)、Cr(GBS G 62017—90)、Cd(GBS G 62071—90)、Ni(GBS G 62022—90)、Pb(GBS G 62040—90),将其配置成 1 μg/L 混合标准溶液,样品中加入混合标准溶液进行回收率计算。

1.3 污染评价方法及标准

1.3.1 单项污染指数评价 由于该工业区为进行海洋开发作业的港口区,因此按照《海水水质标准》(GB3097—1997)^[9]中规定,海水水质评价标准采用第四类海水水质标准;按照《土壤环境质量标准》(GB15618—1995)^[10]的土壤环境质量分级标准,结合工业区作为工业用地使用的情况,选取三级标准作为土壤评价标准。分别求出各因子的单项指数,公式为: $P_i = C_i / S_i$ 。式中: P_i 为污染物 i 的环境质量指数; C_i 为污染物 i 的实测值; S_i 为污染物 i 的评价标准。

所测参数的单项污染指数大于 1 时,表明该参数超过了规定的标准,已经不能满足使用要求。

1.3.2 综合污染指数评价 内梅罗指数法是土壤综合评价常用的方法,由美国的 NEMEROW 提出,并应用于水质污染综合评价,计算公式为: $P_{综} = \{[(C_i/S_i)_{\max}^2 + (C_i/S_i)_{\text{ave}}^2]/2\}^{1/2}$ 。式中: $(C_i/S_i)_{\max}$ 为 i 监测点污染物单项污染指数最大值; $(C_i/S_i)_{\text{ave}}$ 为 i 监测点所有污染物单项污染指数平均值。

按照内梅罗污染指数,划定污染等级。内梅罗指数土壤污染评价标准见表 1^[7],海水污染评价标准见表 2^[11]。

表1 土壤内梅罗污染指数评价标准
Table 1 The Nemerow pollution index for soils

等级 Level	内梅罗污染指数 Nemerow pollution index	污染等级 Pollution level
	$P_{综} \leq 0.7$	清洁(安全) Clean
	$0.7 < P_{综} \leq 1.0$	尚清洁(警戒线) No pollution
	$1.0 < P_{综} \leq 2.0$	轻度污染(Light pollution)
	$2.0 < P_{综} \leq 3.0$	中度污染(Moderate pollution)
	$P_{综} > 3.0$	重度污染(Severe pollution)

表 2 海水内梅罗污染指数评价标准
Table 2 The Nemerow pollution index for seawater

等级 Level	内梅罗污染指数 Nemerow pollution index	污染等级 Pollution level
	$P_{\text{综}} < 1$	清洁 (Clean)
	$1 \leq P_{\text{综}} < 2$	轻污染 (Light pollution)
	$2 \leq P_{\text{综}} < 3$	中污染 (Moderate pollution)
	$3 \leq P_{\text{综}} < 5$	重污染 (Severe pollution)
	$P \geq 5$	恶性污染 (Malignant pollution)

2 结果

2.1 方法的精密度与准确性

为确定实验的精密度以及测试结果的准确度,工作中同时进行样品加标回收及平行样实验,海水样品所有元素的加标

回收率均为 60%~110%,平行双样相对偏差低于 2.5%,均满足《海洋监测规范》^[12]要求;土壤样品平行双样测定合格率大于 95%,加标回收合格率大于 70%,均符合《土壤环境监测技术规范》要求。

2.2 海水重金属污染状况

2.2.1 海水重金属含量 该沿海工业区浅层海水重金属含量见表 3。即各监测点浅层海水的 Cu、矿石码头的 Hg 超出四类标准,原油码头的 Cu 含量最高,为 0.096 mg/L。其余各元素含量均未超标。

该沿海工业区深层海水重金属含量见表 4。即各监测点深层海水的 Cu、Hg 均超标,其中矿石码头 Cu、Hg 含量最高,分别为 0.098、0.0009 mg/L;对照区含量最低,分别为 0.075、0.0006 mg/L。其余各元素含量均未超标。

表 3 不同监测点浅层海水重金属含量 (mg/L , n=12)
Table 3 Heavy metals in shallow water of monitoring points

监测点 Monitoring points	As			Cu			Hg			Zn		
	最小值 Min	最大值 Max	平均值 Mean	最小值 Min	最大值 Max	平均值 Mean	最小值 Min	最大值 Max	平均值 Mean	最小值 Min	最大值 Max	平均值 Mean
煤炭码头 (Coal dock)	0.008	0.014	0.011	0.079	0.086	0.084	0.0004	0.0006	0.0005	0.01	0.08	0.04
原油码头 (Oil dock)	0.009	0.018	0.013	0.090	0.098	0.096	0.0002	0.0005	0.0004	0.02	0.06	0.04
矿石码头 (Ore dock)	0.010	0.015	0.013	0.079	0.083	0.081	0.0002	0.0007	0.0006	0.01	0.08	0.04
散杂货码头 (Bulk cargo dock)	0.006	0.009	0.008	0.083	0.085	0.084	0.0003	0.0006	0.0004	0.01	0.06	0.03
对照区 (Control point)	0.008	0.016	0.012	0.071	0.078	0.076	0.0001	0.0006	0.0004	0.03	0.05	0.04
类标准 (Standand)	—	—	0.050	—	—	0.050	—	—	0.0005	—	—	0.50

监测点 Monitoring points	Cr			Cd			Ni			Pb		
	最小值 Min	最大值 Max	平均值 Mean	最小值 Min	最大值 Max	平均值 Mean	最小值 Min	最大值 Max	平均值 Mean	最小值 Min	最大值 Max	平均值 Mean
煤炭码头 (Coal dock)	0.01	0.04	0.03	0.001	0.004	0.002	0.013	0.019	0.017	0.003	0.007	0.005
原油码头 (Oil dock)	0.01	0.05	0.03	0.001	0.003	0.002	0.012	0.017	0.015	0.001	0.006	0.003
矿石码头 (Ore dock)	0.01	0.04	0.02	0.001	0.003	0.002	0.012	0.019	0.016	0.002	0.006	0.003
散杂货码头 (Bulk cargo dock)	0.02	0.05	0.03	0.001	0.003	0.002	0.013	0.018	0.016	0.001	0.006	0.003
对照区 (Control point)	0.01	0.05	0.03	0.001	0.001	0.001	0.011	0.019	0.016	0.002	0.005	0.003
类标准 (Standand)	—	—	0.50	—	—	0.010	—	—	0.050	—	—	0.050

表 4 不同监测点深层海水重金属含量 (mg/L , n=12)
Table 4 Heavy metals in deep water of monitoring points

监测点 Monitoring points	As			Cu			Hg			Zn		
	最小值 Min	最大值 Max	平均值 Mean	最小值 Min	最大值 Max	平均值 Mean	最小值 Min	最大值 Max	平均值 Mean	最小值 Min	最大值 Max	平均值 Mean
煤炭码头 (Coal dock)	0.004	0.009	0.007	0.081	0.090	0.088	0.0005	0.0008	0.0007	0.05	0.08	0.07
原油码头 (Oil dock)	0.008	0.014	0.011	0.080	0.090	0.086	0.0004	0.0009	0.0008	0.03	0.08	0.06
矿石码头 (Ore dock)	0.009	0.014	0.012	0.091	0.100	0.098	0.0005	0.0011	0.0009	0.06	0.11	0.08
散杂货码头 (Bulk cargo dock)	0.006	0.015	0.010	0.079	0.084	0.081	0.0003	0.0008	0.0006	0.05	0.12	0.09
对照区 (Control point)	0.009	0.012	0.010	0.069	0.079	0.075	0.0004	0.0007	0.0006	0.04	0.09	0.06
类标准 (Standand)	—	—	0.050	—	—	0.050	—	—	0.0005	—	—	0.50

监测点 Monitoring points	Cr			Cd			Ni			Pb		
	最小值 Min	最大值 Max	平均值 Mean	最小值 Min	最大值 Max	平均值 Mean	最小值 Min	最大值 Max	平均值 Mean	最小值 Min	最大值 Max	平均值 Mean
煤炭码头 (Coal dock)	0.01	0.04	0.02	0.001	0.004	0.002	0.01	0.04	0.02	0.002	0.005	0.003
原油码头 (Oil dock)	0.01	0.03	0.02	0.001	0.001	0.001	0.01	0.04	0.02	0.001	0.005	0.003
矿石码头 (Ore dock)	0.01	0.03	0.02	0.001	0.003	0.002	0.01	0.05	0.02	0.001	0.007	0.004
散杂货码头 (Bulk cargo dock)	0.01	0.05	0.02	0.001	0.005	0.002	0.01	0.05	0.02	0.001	0.004	0.003
对照区 (Control point)	0.01	0.01	0.01	0.001	0.001	0.001	0.01	0.01	0.01	0.002	0.006	0.004
类标准 (Standand)	—	—	0.50	—	—	0.010	—	—	0.05	—	—	0.050

2.2.2 海水污染指数 为进一步了解各区域水质状况,计算各指标的单项水质指数和各监测点综合水质指数,对海水水质做出综合评价,结果见表 5 和表 6。

由表 5 可见,工业区各监测点浅层海水 Cu 的单项水质指数均大于 1,矿石码头 Hg 的单项指数也大于 1,表明该参数已超出标准。综合指数评价结果显示,各监测区域综合指数均在 1 与 2 之间,为轻污染;原油码头的综合指数最高,为 1.40;对照区的综合指数最低,为 1.11。

由表 6 可见,各监测点深层海水 Cu、Hg 的单项水质指数均大于 1,其中矿石码头指数最高,分别为 1.96、1.80。综合指数结果显示,各监测区域综合污染指数在 1 与 2 之间,为轻污染;以矿石码头指数最高,为 1.45;对照区最低,为 1.10。

表 5 不同监测点浅层海水单项及综合污染指数

Table 5 Single factor pollution index(PI) and integrated pollution index (IPI) of shallow water in each monitoring point

监测点 Monitoring points	单项污染指数(PI)								综合污染指数(IPI)
	As	Cu	Hg	Zn	Cr	Cd	Ni	Pb	
煤炭码头 Coal dock	0.22	1.68	1.00	0.08	0.06	0.20	0.34	0.10	1.23
原油码头 Oil dock	0.26	1.92	0.80	0.08	0.06	0.20	0.30	0.06	1.40
矿石码头 Ore dock	0.26	1.62	1.20	0.08	0.04	0.20	0.32	0.06	1.19
散杂货码头 Bulk cargo dock	0.16	1.68	0.80	0.06	0.06	0.20	0.32	0.06	1.22
对照区 Control point	0.24	1.52	0.80	0.08	0.06	0.10	0.32	0.06	1.11

表 7 不同监测点土壤中重金属元素含量(mg/L, n=5)

Table 7 Heavy metals in soils of monitoring points

监测点 Monitoring points	As			Cu			Hg			Zn		
	最小值 Min	最大值 Max	平均值 Mean	最小值 Min	最大值 Max	平均值 Mean	最小值 Min	最大值 Max	平均值 Mean	最小值 Min	最大值 Max	平均值 Mean
钢铁厂(Ironand steel industrial)	< MLD	< MLD	< MLD	119	145	130	0.19	0.35	0.27	10	20	14
电厂(Power plant)	< MLD	< MLD	< MLD	166	219	193	0.79	1.02	0.92	15	30	22
煤炭码头(Coal dock)	< MLD	< MLD	< MLD	219	257	243	0.25	0.46	0.36	9	19	13
原油码头(Oil dock)	< MLD	< MLD	< MLD	120	160	138	0.13	0.25	0.19	13	27	18
矿石码头(Ore dock)	< MLD	< MLD	< MLD	22	40	34	0.04	0.09	0.06	8	17	12
对照区(Control point)	< MLD	< MLD	< MLD	60	88	73	0.14	0.26	0.19	17	27	22
级标准(Standard)	—	—	30	—	—	400	—	—	1.5	—	—	500

监测点 Monitoring points	Cr			Cd			Ni			Pb		
	最小值 Min	最大值 Max	平均值 Mean	最小值 Min	最大值 Max	平均值 Mean	最小值 Min	最大值 Max	平均值 Mean	最小值 Min	最大值 Max	平均值 Mean
钢铁厂(Ironand steel industrial)	2	6	4	0.3	0.8	0.6	145	171	160	4	9	7
电厂(Power plant)	4	8	6	0.3	0.8	0.5	45	77	61	5	13	9
煤炭码头(Coal dock)	1	4	2	0.1	0.5	0.3	120	163	144	3	8	5
原油码头(Oil dock)	5	9	7	0.1	0.5	0.3	62	99	83	7	10	8
矿石码头(Ore dock)	5	9	7	0.1	0.4	0.2	15	38	25	6	13	9
对照区(Control point)	< MLD	< MLD	< MLD	< MLD	< MLD	< MLD	27	48	38	12	17	14
级标准(Standard)	—	—	400	—	—	1.0	—	—	—	200	—	500

[注]MLD 表示所用方法的检出限(MLD was the detection limit of the method which was used)。

表 8 不同监测点土壤单项及综合污染指数

Table 8 Single factor pollution index(PI) and integrated pollution index(IPI) of soils in each monitoring point

监测点 Monitoring points	单项污染指数(PI)								综合污染指数(IPI)
	As	Hg	Pb	Cr	Cd	Ni	Cu	Zn	
钢铁厂(Ironand steel industrial)	0.00	0.18	0.01	0.01	0.63	0.80	0.33	0.03	1.52
电厂(Power plant)	0.00	0.61	0.02	0.02	0.49	0.30	0.48	0.04	1.46
煤炭码头(Coal dock)	0.00	0.24	0.01	0.01	0.29	0.72	0.61	0.03	1.44
原油码头(Oil dock)	0.00	0.13	0.02	0.02	0.28	0.41	0.35	0.04	0.92
矿石码头(Ore dock)	0.00	0.04	0.02	0.02	0.21	0.13	0.09	0.02	0.40
对照区(Control point)	0.00	0.12	0.03	0.00	0.00	0.19	0.18	0.04	0.42

表 6 不同监测点深层海水单项及综合污染指数

Table 6 Single factor pollution index(PI) and integrated pollution index (IPI) of deep water in each monitoring point

监测点 Monitoring points	单项污染指数(PI)								综合污染指数(IPI)
	As	Cu	Hg	Zn	Cr	Cd	Ni	Pb	
煤炭码头 Coal dock	0.14	1.76	1.40	0.14	0.04	0.20	0.42	0.06	1.30
原油码头 Oil dock	0.22	1.72	1.60	0.12	0.04	0.10	0.34	0.06	1.27
矿石码头 Ore dock	0.24	1.96	1.80	0.16	0.04	0.20	0.46	0.08	1.45
散杂货码头 Bulk cargo dock	0.20	1.62	1.20	0.18	0.04	0.20	0.38	0.06	1.20
对照区 Control point	0.20	1.50	1.20	0.12	0.02	0.10	0.20	0.08	1.10

2.3 土壤重金属污染状况

2.3.1 土壤重金属元素含量 六个监测点土壤样品中 8 种重金属元素的全量分析结果见表 7。由表 7 可见,所有元素含量均未超出 级标准。Cd、Ni 在钢铁厂监测点含量最高,分别为 0.6、160 mg/kg; Hg、Zn 在电厂监测点含量最高,分别为 0.92、22 mg/kg; Cu 在煤炭码头监测点含量最高,为 243 mg/kg; Cr 在原油码头和矿石码头监测点含量最高,为 7 mg/kg; 对照区 Pb、Zn 的含量最高,分别为 14、22 mg/kg。

2.3.2 土壤污染指数 由表 8 可见,所有监测点的土壤单项污染指数均小于 1,说明均未超出标准。钢铁厂、电厂、煤炭码头监测点综合指数分别为 1.52、1.46、1.44,属轻度污染;原油码头监测点综合指数为 0.92,尚清洁;矿石码头与对照区清洁。

3 讨论

本次调查的工业区是一个海湾工业区,其离海岸的水源较远,工业区海水资源能否得到充分利用以及将来海水淡化成本的高低直接与海水水质及其受污染程度有关。本次调查结果表明,该工业区海域各监测点浅层海水中 Cu、矿石码头的 Hg 单项污染指数均大于 1;各监测点深层海水中 Cu、Hg 也均大于 1,说明该海湾海水主要受这两种重金属元素的污染。综合指数评价结果显示,各监测区域海水均受轻度污染,其中浅层海水以原油码头的指数最高,为 1.40;对照区最低,为 1.11;深层海水以矿石码头最高,为 1.45;对照区最低,为 1.10。李君等^[13] 2006 年通过对曹妃甸工业区建设初期环境状况调查,获得环境背景数据,结果显示码头表层海水总 As 超标,10 m 深处水 Ni 超标,但综合污染指数显示该海域海水水质较好。本研究显示对照区的综合污染指数最低,结合该区的本底数据可知,海水的污染很可能是由各种工业项目的运作过程所产生。王娟等^[14] 于 2005 年 7 至 8 月对曹妃甸港海域海水和沉积物的调查结果表明,该海域海水主要受到了石油类和重金属(Zn、Cu、Pb)污染,而且该海域重金属的污染主要是陆源排污的影响。结合本次调查结果表明,该海域 Cu 的污染明显加重,而且还存在 Hg 的污染。目前,部分码头已进入投产期,因此重金属 Cu、Hg 的污染可能是在码头接卸矿石、运输煤炭等过程中,含 Cu、Hg 的矿石或煤炭等进入海水中,Cu、Hg 溶出所致。另外,由于目前只建成了煤码头防风网,其余堆场防风网还未建成,堆积的矿石、建筑材料等粉尘吹入海中也可能是 Cu、Hg 污染的原因。

该沿海工业区是以吹填造地为基础兴建的,工业区的土壤完全源于海水底质,吹填造地的土壤来源决定了该工业区土壤在一定程度上可视为“零”污染。本次研究结果显示,所有监测点的单项土壤污染指数均小于 1,说明均未超出标准。钢铁厂、电厂、煤炭码头综合指数分别为 1.52、1.46、1.44,属轻度污染;原油码头综合指数为 0.92,尚清洁;矿石码头与对照区清洁。由于本研究的评价标准是按照工业区用地来制定的,而且该区正处于建设及部分投产期,说明土壤目前符合工业区用地要求。李君等^[13] 2006 年的研究表明工业区范围内土壤的 8 种重金属含量无一超标,说明钢铁厂、电厂的轻度污染可能主要为废气的排放和含重金属烟尘的沉降,煤炭码头的轻度污染主要为煤炭的运输和堆放。

本研究对该工业区周边海水及土壤中重金属污染状况调查结果表明,该工业区海水主要受到重金属 Cu、Hg 的污染,各监测点均为轻度污染;表层土壤重金属元素含量均未超标,钢铁厂、电厂、煤炭码头土壤受到轻度污染,原油码头尚清洁,矿石码头与对照区清洁。

随着工业区的不断发展,环境负荷也将不断增大。由于重金属污染可在水-土-气-生等界面迁移变化,大多数重金属含量过高可对人类健康产生不利影响,它可在体内累积引起中

毒,是许多疾病的协同因素^[15],因此应采取各方面措施全面减少污染。在货物接卸过程中应注意勿漏入海中;运输过程中应将货物严格封闭,防止外漏;堆场的防风网等设备应尽快完善。工业废水争取做到废物再利用,实现经济的循环可持续发展。

(致谢:感谢唐山市曹妃甸工业区管理委员会鲁亚静,华北煤炭医学院预防医学系 2004 级本科毕业生朱琳、陈超、何黔黔、黎关龙等人对本课题的帮助!)

参考文献:

- [1] 刘莉莉,李冬梅,吴钢.我国城市土壤重金属污染研究现状和展望[J].土壤通报,2008,39(5):1211-1216.
- [2] 张磊,宋凤斌,王晓波.中国城市土壤重金属污染研究现状及对策[J].生态环境,2004,13(2):258-260.
- [3] COSKUN M,STEINNES E,FRONTASYEVA MV,et al. Heavy metal pollution of surface soil in the Thrace region, Turkey[J]. Environ Monit Assess,2006,119(1-3):545-556.
- [4] 刘莹,翟世奎,张爱滨,等.ICP-MS测定海水中溶解态痕量重金属——直接稀释法[J].海洋学报,2008,30(5):151-158.
- [5] TUME P,BECH J,SEPULVEDA B,et al. Concentrations of heavy metals in urban soils of Talcahuano(Chile): a preliminary study[J]. Environ Monit Assess,2008,140(1-3):91-98.
- [6] 国家质量监督检验检疫总局.GB17378.4—1998 海洋监测规范:海水水质分析[S].北京:中国标准出版社,1998.
- [7] 国家环境保护局.HJ/T 166—2004 土壤环境监测技术规范[S].北京:中国环境科学出版社,2005.
- [8] 王立军,栗俊,张玉凤,等.应用 ICP-MS 直接测定近岸高盐排污口水样的重金属方法研究[J].海洋环境科学,2007,26(2):172-174.
- [9] 国家环境保护局.GB3097—1997 海水水质标准[S].北京:中国环境科学出版社,1997.
- [10] 国家环境保护局.GB15618—1995 土壤环境质量标准[S].北京:中国标准出版社,1995.
- [11] 李建军,冯慕华,喻龙.辽东湾浅水区环境质量现状评价[J].海洋环境科学,2001,20(3):42-45.
- [12] 国家质量监督检验检疫总局.GB17378.2—1998 海洋监测规范:数据处理与分析质量控制[S].北京:中国标准出版社,1998.
- [13] 李君,关维俊,佟俊旺,等.曹妃甸工业区建设初期环境状况调查与评价[J].中国煤炭工业医学杂志,2006,9(12):1312-1314.
- [14] 王娟,刘宪斌,张增强,等.曹妃甸港海域环境质量现状评价与分析[J].环境与可持续发展,2007(1):63-65.
- [15] ODEWAND E AA,ABIMBOLA AF. Contamination indices and heavy metal concentrations in urban soil of Ibadan metropolis, southwestern Nigeria[J]. Environ Geochem Health,2008,30(3):243-254.

(收稿日期:2010-01-13)

(英文编审:金克峙;编辑:郭薇薇;校对:郭薇薇)