

乐清湾表层沉积物重金属污染及其 潜在生态风险评价^{*}

马志凯,张树刚,王玲,陈峰

(国家海洋局温州海洋环境监测中心站 温州 325000)

摘要:笔者于 2012 年 8 月对乐清湾表层沉积物进行了采集,并测定了其中各重金属(汞、砷、铅、镉、铜、铬和锌)元素的含量。采用地累积指数法和潜在生态风险指数法对重金属污染情况进行了评价,结果表明:7 种重金属元素的地累积污染指数由大到小依次排列为:铜、锌、汞、镉、砷、铅、铬,乐清湾海域基本上所有站位均处于“无一中”的污染水平;同时该海域沉积物重金属污染总体潜在生态风险程度低,各重金属元素潜在生态风险程度由高到低依次排列为:镉、砷、铜、汞、铅、锌、铬,其中镉为该海域主要潜在生态风险因子。

关键词:乐清湾;沉积物;重金属;潜在生态风险

中图分类号:X55 **文献标志码:**A **文章编号:**1005—9857(2015)06—0094—0006

1 引言

乐清湾位于浙江省南部沿海(27°27′55″N—28°24′16″N,120°57′55″E—121°17′09″E),隶属于温州市和台州市,海湾三面环陆,属半封闭性海湾,沿岸有瓯江、清江、白溪、灵溪等 30 余条大小河流注入湾内^[1]。近年来,随着沿岸工业的发展,大量工业废水和生活污水排入湾内,致使湾内海洋环境受到很大的影响。

沉积物是海洋污染物的归宿,沉积环境作为海洋环境的重要组成部分越来越引起人们的重视。海洋污染物通过沉降以及沉积物吸附等方式可以使上层水体污染程度降低,但如果沉积环境发生变化,沉积物中的污染物又可能重新释放,对上层水体够成二次污染。近年来,随着社会经济的发展,海洋重金属污染逐渐引起人们的重视,而海洋沉积物中重金属是具有潜在风险的重要污染物,故本研究通过拟采用德国学者 Müller 提出的地积累指数法和瑞典学者 Hakanson 提出的潜在生态风险指数法,依据对 2012 年 8 月采集乐清湾表层沉积物重金属元素的监测结果,对乐清湾海域表层沉积物中汞、砷、铅、镉、铜、铬和锌 7 种重金属元素进行污染现状及其潜

在生态风险的分析 and 评价,以期为该海域海洋经济的可持续发展提供科学依据。

2 材料与方法

2.1 样品采集

2012 年 8 月笔者在乐清湾海域采用抓斗式采泥器采集沉积物样品 20 个,采样站位见图 1。

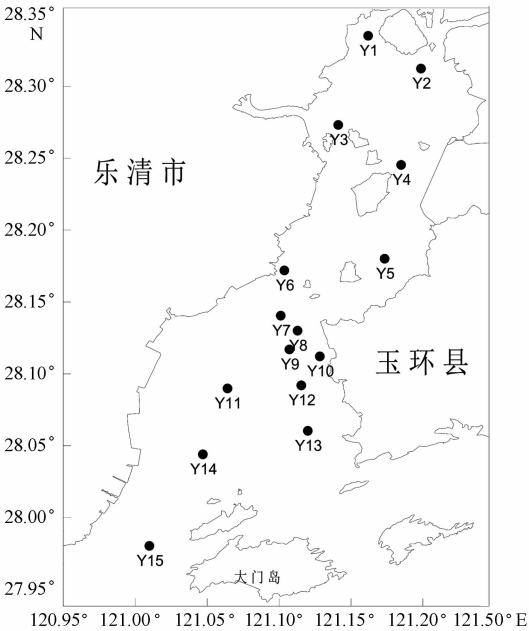


图 1 乐清湾采样站位

^{*} 基金项目:浙江省海洋环保和生态资金资助项目(浙海渔计[2012]100 号)。

样品的采集、运输和贮存均按照《海洋监测规范》(GB17378.3—2007)中的相关规定进行^[2]。

2.2 样品预处理与分析

沉积物样品风干后去除杂物及石块,经玛瑙研钵研磨后,过 80 目尼龙筛,贮存于塑料密封袋中待用。样品经微波仪消解后测定,微波消解方法按《海洋沉积物与海洋生物体中重金属分样前处理》(HY/T 132—2010)中相关方法对样品进行预处理^[3]。预处理后的样品经赶酸后上机测定,其中铅、镉、铜、铬和锌重金属元素用原子吸收分光光度法测定,元素汞、砷用原子荧光光度法测定。

2.3 质量控制

所测样品在预处理和分析过程中加入质控样《近海海洋沉积物标准物质》(GBW07314)进行全程质控,测定分析结果均小于质控样品允许的测定偏差。

2.4 评价方法

2.4.1 地积累指数法

地积累指数法是德国学者 Müller 于 1969 年提出的一种关于沉积物重金属污染程度的评价方法^[4]。其基本原理为通过比较测评海域沉积物重金属含量与其地球化学背景值的关系,从而反映外源重金属在沉积物中的富集程度。地积累指数法计算公式如下:

$$I_{geo} = \log_2 [C_i / (1.5B_i)] \tag{1}$$

式中: C_i 为测评海域沉积物样品中重金属含量; B_i 为该重金属的地球化学背景值;1.5 为由于各地岩石差异可能会引起背景值的变动系数。由式(1)可知, B_i 的选择对地积累指数法的评价结果影响较大,由于考虑到本研究区域为海洋沉积物,本研究以中国大陆沉积物背景值作为参比值^[5]。 I_{geo} 值与重金属污染水平的关系如表 1 所示。

表 1 地积累指数与污染程度分级

I_{geo}	级数	污染程度
<0	0	无
0~1	1	无—中
1~2	2	中
2~3	3	中—强
3~4	4	强
4~5	5	强—极强
>5	6	极强

2.4.2 潜在生态风险指数法

潜在生态风险指数法是瑞典学者 Hakanson

于 1980 年提出的一种表征沉积污染物对生态环境潜在危害的评价方法。潜在生态风险指数法基于元素丰度和释放能力的原则,假设了以下几个前提条件:① 潜在生态风险指数与沉积物重金属污染程度正相关;② 多种污染物的生态危害具有加和性;③ 各重金属元素的毒性响应具有差异性^[6]。潜在生态风险指数法具体计算方法如下。

$$C_f^i = C^i / C_n^i \tag{2}$$

$$C_d = \sum_i^8 C_f^i \tag{3}$$

$$E_r^i = T_r^i \times C_f^i \tag{4}$$

$$R_i = \sum_{i=1}^8 E_r^i = \sum_{i=1}^8 T_r^i \cdot C_f^i \tag{5}$$

式中: C_f^i 为单一污染物污染指数; C^i 为样品实测值; C_n^i 为沉积物背景值; C_d 为多种污染物综合污染指数; T_r^i 为不同污染物生物毒性响应因子; E_r^i 为不同污染物潜在生态风险因子; R_i 为多种污染物潜在生态风险指数。

由式(2)至式(5)可知,沉积物背景值(C_n^i)的选择对评价结果至关重要,不同背景值的选择可能会对评价结果造成很大的差异。通过表 2 中几种背景值的对比可以发现,除汞的含量相差比较大外,其他元素的中国大陆沉积物背景值与中国土壤背景值相近;同时可以发现基本上所有元素的中国大陆沉积物背景值与工业化前地球化学最高背景值相差比较大^[7],考虑到本研究样品为海洋沉积物,本研究以中国大陆沉积物背景值作为参比值^[8]。

表 2 各重金属元素有关背景值的相关数据

元素	全球工业化前地球化学最高背景值 ^[9]	中国大陆沉积物背景值 ^[5]	中国土壤背景值 ^[10]
汞	0.250	0.030	0.065
砷	15.000	8.500	11.200
铜	50.000	20.000	22.600
铅	70.000	25.000	26.000
镉	1.000	0.100	0.097
锌	175.000	66.000	74.200
铬	90.000	70.000	61.000

由于笔者所研究的污染要素(汞、镉、砷、铅、铜、铬和锌)为 7 项,少于 Hakanson 提出生态风险指数法时的 8 项,故本研究对以 C_d 表征的综合污染程度进行了调整^[11],调整结果具体见表 3。本研究中汞、镉、砷、铜、铬和锌的毒性响应因子(T_r^i)

分别为 40、30、10、5.0、5.0、2.0、1.0^[6,12]。

程度也做出了相应的调整^[13-14], R_I 的范围调整结果见表 3。

同理本研究对以 R_I 值对应的潜在生态风险

表 3 C_f, C_d, E_r^i 和 RI 值相对应的污染程度及潜在生态风险程度

污染参数 C_f 范围	单个污染物污染程度	污染程度 C_d 范围	总的污染程度	潜在生态风险参数 E_r^i 范围	单个污染物生态风险程度	潜在生态风险指数 R_I 范围	总的潜在生态风险程度
$C_f < 1$	低	$C_d < 7$	低	$E_r^i < 40$	低	$R_I < 105$	低
$1 \leq C_f < 3$	中	$7 \leq C_d < 14$	中	$40 \leq E_r^i < 80$	中	$105 \leq R_I < 210$	中
$3 \leq C_f < 6$	较高	$14 \leq C_d < 28$	较高	$80 \leq E_r^i < 160$	较高	$210 \leq R_I < 420$	较高
$C_f \geq 6$	很高	$C_d \geq 28$	很高	$160 \leq E_r^i < 320$	高	$R_I \geq 420$	很高
				$E_r^i \geq 320$	很高		

3 结果与讨论

3.1 乐清湾表层沉积物重金属的含量

乐清湾海域表层沉积物中重金属含量测定结果见表 4,各站位表层沉积物中铜、铅、锌、镉、铬、汞和砷的含量范围分别为 16.5~44.0 mg/kg、17.1~29.3 mg/kg、73.1~152.2 mg/kg、0.085~0.158 mg/kg、25.4~81.4 mg/kg、0.038~0.051 mg/kg、9.2~11.0 mg/kg。铜、铅、锌、镉、铬、汞和砷的平均含量分别为 37.3mg/kg、27.0 mg/kg、127.2 mg/kg、0.130 mg/kg、

64.4 mg/kg、0.040 mg/kg 和 9.9 mg/kg。整体上乐清湾表层沉积物中汞、砷、铅、镉等元素含量分布比较均匀;其中元素铜、锌、铬表现为近岸略高,离岸较低,湾顶略高,湾口略低的分布规律。基本上各重金属元素的最低值均出现在 Y15 站。这是因为 Y15 位于瓯江口附近,此站位沉积物类型为沙质沉积物,而沙质沉积物不易对重金属产生吸附。各元素含量的最高值几乎都出现在 Y6 站,这可能是由于 Y6 站距岸较近,且靠近岸边一座煤运输码头,受此影响 Y6 站的重金属含量较其他站偏高。

表 4 乐清湾表层沉积物重金属含量

							mg/kg
站位	汞	砷	铜	铅	镉	锌	铬
Y1	0.045	9.3	40.2	27.5	0.143	137.3	62.4
Y2	0.045	9.6	38.1	27.5	0.149	128.0	67.9
Y3	0.045	9.4	36.9	28.4	0.124	124.9	78.7
Y4	0.042	11.0	36.8	25.8	0.134	118.0	59.9
Y5	0.045	10.0	41.2	29.2	0.137	132.5	71.9
Y6	0.047	9.9	44.0	29.3	0.131	152.2	81.4
Y7	0.051	9.6	38.7	28.5	0.137	129.9	65.1
Y8	0.048	9.6	33.9	27.0	0.110	120.3	59.6
Y9	0.043	9.8	36.9	27.3	0.128	123.0	58.7
Y10	0.042	9.2	40.7	27.8	0.137	137.4	68.6
Y11	0.044	9.9	39.8	28.5	0.143	137.6	66.5
Y12	0.045	10.6	36.1	27.3	0.137	132.3	65.8
Y13	0.042	10.5	43.4	27.4	0.128	122.8	61.1
Y14	0.042	9.8	36.0	26.9	0.158	137.9	73.1
Y15	0.038	9.7	16.5	17.1	0.085	73.1	25.4
平均值	0.044	9.9	37.3	27.0	0.132	127.1	64.4

3.2 乐清湾表层沉积物重金属的地累积污染指数评价

应用地累积污染指数法对乐清湾表层沉积物 7 种重金属元素污染程度评价结果如下(表

5):7 种重金属元素的污染程度由大到小依次排列为:铜、锌、汞、镉、砷、铅、铬。除 Y15 站处于无污染状态外,乐清湾几乎所有站位均处于“无一中”的污染水平。其中所有站位砷、铅和铬污染

级别为 0 级,处于无污染状态;个别站位的汞、镉污染级别为 1 级;处于“无一中”的污染水平;基本上所有站位的铜和锌污染级别为 1 级,处于“无一中”的污染水平。由此可见,乐清湾海域表层沉积物整体处于清洁状态,外源输入的重金属

污染对环境的影响较小。元素铜和锌比其他元素所受外源输入的影响较明显,高值多出现在乐清湾沿岸海域,这说明乐清湾外源输入的重金属元素主要为铜和锌。从评价结果来看,总体上乐清湾沉积物重金属污染情况现状良好。

表 5 乐清湾海域沉积物中重金属元素地累积指数分级

站点	I_{geo}							分级						
	汞	砷	铜	铅	镉	锌	铬	汞	砷	铜	铅	镉	锌	铬
Y1	0.0	-0.5	0.4	-0.4	-0.1	0.5	-0.8	1	0	1	0	0	1	0
Y2	0.0	-0.4	0.3	-0.4	0.0	0.4	-0.6	1	0	1	0	1	1	0
Y3	0.0	-0.4	0.3	-0.4	-0.3	0.3	-0.4	1	0	1	0	0	1	0
Y4	-0.1	-0.2	0.3	-0.5	-0.2	0.3	-0.8	0	0	1	0	0	1	0
Y5	0.0	-0.4	0.5	-0.4	-0.1	0.4	-0.5	1	0	1	0	0	1	0
Y6	0.1	-0.4	0.6	-0.4	-0.2	0.6	-0.4	1	0	1	0	0	1	0
Y7	0.2	-0.4	0.4	-0.4	-0.1	0.4	-0.7	1	0	1	0	0	1	0
Y8	0.1	-0.4	0.2	-0.5	-0.4	0.3	-0.8	1	0	1	0	0	1	0
Y9	-0.1	-0.4	0.3	-0.5	-0.2	0.3	-0.8	0	0	1	0	0	1	0
Y10	-0.1	-0.5	0.4	-0.4	-0.1	0.5	-0.6	0	0	1	0	0	1	0
Y11	0.0	-0.4	0.4	-0.4	-0.1	0.5	-0.7	1	0	1	0	0	1	0
Y12	0.0	-0.3	0.3	-0.5	-0.1	0.4	-0.7	1	0	1	0	0	1	0
Y13	-0.1	-0.3	0.5	-0.5	-0.2	0.3	-0.8	0	0	1	0	0	1	0
Y14	-0.1	-0.4	0.3	-0.5	0.1	0.5	-0.5	0	0	1	0	1	1	0
Y15	-0.2	-0.4	-0.9	-1.1	-0.8	-0.4	-2.0	0	0	0	0	0	0	0

3.3 乐清湾表层沉积物重金属的潜在生态风险评价

3.3.1 单因子污染指数与综合污染指数评价

乐清湾表层沉积物重金属的潜在生态风险指数计算结果列于表 6。由沉积物单因子污染指数计算可知,各金属元素的污染程度由大到小排序依次排列为:锌、铜、镉、砷、铅、铬、汞。其中各站点汞的 C_f^i 值均小于 1,属于低度污染;其他各元素的 C_f^i 值为 0~3 之间,属于中度污染。由表 6 可知,锌和铜元素的 C_f^i 平均值分别为 1.93 和 1.86,明显高于其他 5 种重金属元素,说明这两种元素是研究区的主要污染因子;这与地累积污染指数评价结果相一致。

C_d 为各站点多种重金属元素的综合污染指

数,由表 6 可知, C_d 最低值为 5.10,出现在 Y15 站,为污染程度为低级;最高值为 9.47,出现在 Y6 站,污染程度为中级。这是因为 Y15 站位于瓯江口附近海域,由于该海域沉积物以沙质为主,且粒度较大,从而对重金属的吸附能力下降。而 Y6 站位于乐清湾湾中煤码头附近,受陆源影响该站点重金属含量较高。由综合污染指数可以看出,乐清湾各站点综合污染水平为低级到中级污染,其中仅 Y15 站为低级污染;乐清湾中部近岸海域污染程度相对偏高,整个海域综合污染指数平均为 8.42,属中级污染水平。乐清湾沿岸人口密集,湾内海水养殖业、工业、港口运输业比较发达,河流入海口众多,这可能是导致乐清湾海域沉积物重金属含量相对较高的主要原因。

表 6 乐清湾各站点沉积物单因子污染参数

站点	C_f^i							C_d	污染程度 分级
	汞	砷	铜	铅	镉	锌	铬		
Y1	0.15	1.09	2.01	1.10	1.43	2.08	0.89	8.75	中级
Y2	0.15	1.13	1.91	1.10	1.49	1.94	0.97	8.69	中级

续表									
站位	C_f^i							C_d	污染程度
	汞	砷	铜	铅	镉	锌	铬		分级
Y3	0.15	1.11	1.85	1.14	1.24	1.89	1.12	8.50	中级
Y4	0.14	1.29	1.84	1.03	1.34	1.79	0.86	8.29	中级
Y5	0.15	1.18	2.06	1.17	1.37	2.01	1.03	8.97	中级
Y6	0.16	1.16	2.20	1.17	1.31	2.31	1.16	9.47	中级
Y7	0.17	1.13	1.94	1.14	1.37	1.97	0.93	8.65	中级
Y8	0.16	1.13	1.70	1.08	1.10	1.82	0.85	7.84	中级
Y9	0.14	1.15	1.85	1.09	1.28	1.86	0.84	8.21	中级
Y10	0.14	1.08	2.04	1.11	1.37	2.08	0.98	8.80	中级
Y11	0.15	1.16	1.99	1.14	1.43	2.08	0.95	8.90	中级
Y12	0.15	1.25	1.81	1.09	1.37	2.00	0.94	8.61	中级
Y13	0.14	1.24	2.17	1.10	1.28	1.86	0.87	8.66	中级
Y14	0.14	1.15	1.80	1.08	1.58	2.09	1.04	8.88	中级
Y15	0.13	1.14	0.83	0.68	0.85	1.11	0.36	5.10	低级
平均值	0.15	1.16	1.86	1.08	1.32	1.93	0.92	8.42	中级

3.3.2 乐清湾表层沉积物重金属的潜在生态风险评价

乐清湾表层沉积物重金属的潜在生态风险指数计算结果见表 7。

由表 7 可知,乐清湾所有单个重金属元素潜在生态风险指数平均值均小于 40,为低潜在生态风险。但应注意到,镉的潜在生态风险指数平均值为 39.62,与指标上限非常接近;且个别站位镉的潜在生态风险指数大于 40,属中等潜在生态风险。各重金属元素的潜在生态风险程度由高到低依次排列为:镉(39.62)、砷(11.60)、铜(9.32)、汞(5.90)、铅(5.41)、锌(1.93)、铬(1.84),其中镉的潜在生态风险指数明显高于其他元素,其对 R_i 的贡献率为 52%(图 2),这表明镉为主要潜在生态风险因子。同时,元素砷和铜对 R_i 的贡献率分别为 15%和 12%,这表明乐清湾表层沉积物中潜在重金属生态风险因子为镉、

砷和铜。对通过潜在生态风险指数法计算得到的各重金属生态风险程度与通过单因子污染指数法计算得到的污染程度高低排序并不尽一致,这可能是由于某些重金属元素具有亲颗粒性,虽然其污染程度较高,但却容易被悬浮物迁移进入沉积物中矿化埋藏,从而降低了对生物的毒性;同时,各重金属元素本身对生物的毒性本不相同,单因子污染指数高的不一定对生态系统的潜在危害就高,这也是造成两种评价结果不一致的原因^[14]。

由 7 种重金属元素的综合潜在生态风险指数(RI)评价结果来看,乐清湾海域表层沉积物中重金属元素的 RI 值为 51.4~83.1,平均值为 71.62,整个乐清湾海域综合潜在生态风险程度为低级。其中 Y15 站 RI 值为 51.4,远小于平均值,这与 Y15 站特殊的地理位置有关;其他站位 RI 值相差不大,均与平均值相近。

表 7 乐清湾各站位沉积物潜在风险指数

站位	E_i^r							R_i	潜在生态风险 污染程度分级
	汞	砷	铜	铅	镉	锌	铬		
Y1	6.00	10.94	10.05	5.50	42.90	2.08	1.78	79.3	低级
Y2	6.00	11.29	9.53	5.50	44.70	1.94	1.94	80.9	低级
Y3	6.00	11.06	9.23	5.68	37.20	1.89	2.25	73.3	低级
Y4	5.60	12.94	9.20	5.16	40.20	1.79	1.71	76.6	低级
Y5	6.00	11.76	10.30	5.84	41.10	2.01	2.05	79.1	低级
Y6	6.27	11.65	11.00	5.86	39.30	2.31	2.33	78.7	低级
Y7	6.80	11.29	9.68	5.70	41.10	1.97	1.86	78.4	低级
Y8	6.40	11.29	8.48	5.40	33.00	1.82	1.70	68.1	低级

站位	E_i^r							R_i	潜在生态风险 污染程度分级
	汞	砷	铜	铅	镉	锌	铬		
Y9	5.73	11.53	9.23	5.46	38.40	1.86	1.68	73.9	低级
Y10	5.60	10.82	10.18	5.56	41.10	2.08	1.96	77.3	低级
Y11	5.87	11.65	9.95	5.70	42.90	2.08	1.90	80.1	低级
Y12	6.00	12.47	9.03	5.46	41.10	2.00	1.88	77.9	低级
Y13	5.60	12.35	10.85	5.48	38.40	1.86	1.75	76.3	低级
Y14	5.60	11.53	9.00	5.38	47.40	2.09	2.09	83.1	低级
Y15	5.07	11.41	4.13	3.42	25.50	1.11	0.73	51.4	低级
平均值	5.90	11.60	9.32	5.41	39.62	1.93	1.84	75.62	低级

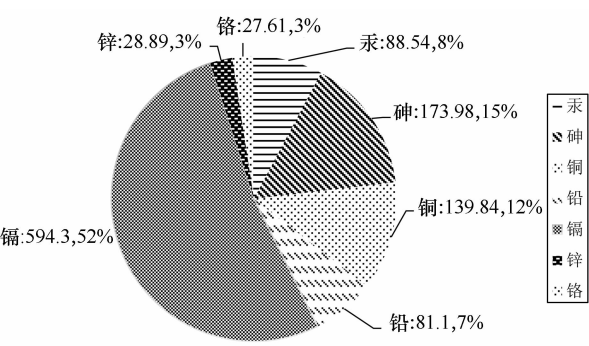


图 2 不同重金属元素对 R_i 的贡献率

4 结论

(1)乐清湾表层沉积物中重金属元素铜、铅、锌、镉、铬、汞和砷的平均含量分别为 37.3 mg/kg、27.0 mg/kg、127.2 mg/kg、0.130 mg/kg、64.4 mg/kg、0.040 mg/kg、9.9 mg/kg。总体上乐清湾表层沉积物中各重金属元素含量分布比较均匀,其中铜、锌、铬表现为近岸较高,离岸偏低的分布规律。

参考文献

[1] 丁海燕,张振克. 乐清湾近代沉积物元素地球化学特征及环境意义[J]. 海洋湖沼通报,2010(1):139—145.

[2] 国家海洋局. GB17378.3—2007 海洋监测规范 第3部分:样品采集、贮存与运输[S]. 2007.

[3] 国家海洋局. HY/T 132—2010 海洋沉积物与海洋生物体中重金属分样前处理[S]. 2010.

[4] MULLER G. Index of geoaccumulation in sediments of the Rhine River [J]. Geography Journal,1969,2(3): 108—118.

[5] 赵一阳,鄢明才. 中国浅海沉积物地球化学[M]. 北京: 科学出版社,1994.

[6] HAKANSON L. An ecological risk index for aquatic pollution control: a sedimentological approach [J]. Water Res,1980,14(8):975—1001.

[7] 何云峰,朱广伟,陈英旭,等. 运河(杭州段)沉积物中重金属的潜在生态风险研究[J]. 浙江大学学报,2002,28(6): 669—674.

[8] 程祥圣,刘汉奇,张昊飞,等. 黄浦江沉积物污染及潜在生态风险评价初步研究[J]. 生态环境,2006,15(4): 682—686.

[9] 李杰,祁士华,王向琴,等. 海南小海沉积物中的重金属分布特征及潜在生态风险评价[J]. 安全与环境工程,2008,15(2): 18—21.

[10] 王云,魏复盛. 土壤环境元素化学[M]. 北京: 中国环境科学出版社,1995.

[11] 马德毅,王菊英. 中国主要河口沉积物污染及潜在生态风险评价[J]. 中国环境科学,2003,23(5):521—525.

[12] 徐争启,倪师军,庾先国,等. 潜在生态危害指数法评价中重金属毒性系数计算[J]. 环境科学与技术,2008,31(2):112—115.

[13] 刘成,王兆印,何耘,等. 环渤海湾诸河口潜在生态风险评价[J]. 环境科学研究,2002,15(5):33—37.

[14] 杨耀芳,曹维,朱志清,等. 杭州湾海域表层沉积物中重金属污染物的累积及其潜在生态风险评价[J]. 海洋开发与管理,2013,30(1):51—58.

(2)乐清湾表层沉积物重金属地累积指数评价结果表明:7种重金属元素的污染程度由大到小依次排列为:铜、锌、汞、镉、砷、铅、铬。除 Y15 站为无污染状态外,其余所有站位均处于“无一中”的污染水平;乐清湾外源输入的重金属元素主要为铜和锌。

(3)乐清湾表层沉积物重金属单因子和综合污染指数评价结果表明:乐清湾沉积物各重金属元素污染程度由大到小依次排列为:锌、铜、镉、砷、铅、铬、汞。由综合污染指数可知,乐清湾海域沉积物中重金属综合污染指数平均为 8.42,属中污染水平。

(4)乐清湾表层沉积物重金属潜在生态风险指数评价结果表明:各重金属元素的潜在生态风险程度由高到低依次排列为:镉、砷、铜、汞、铅、锌、铬;其中镉为主要潜在生态风险因子。乐清湾海域沉积物中 7 种重金属元素的综合潜在生态风险指数平均为 71.62,潜在生态风险程度为低级。