

胶州湾水域重金属砷的分布及迁移*

杨东方^{1,2,3}, 赵玉慧¹, 卜志国¹, 陈生涛¹, 徐子钧¹

(1. 国家海洋局北海环境监测中心 青岛 266033; 2. 上海海洋大学生命学院 上海 201306;

3. 浙江海洋学院海洋科技学院 舟山 316000)

摘 要: 根据1982年的胶州湾水域调查资料, 分析了重金属砷在胶州湾水域的分布、迁移和季节变化。研究结果表明: 砷在胶州湾水体中的表层含量范围为0.22~2.80 $\mu\text{g/L}$, 底层含量范围为0.84~4.48 $\mu\text{g/L}$ 。通过水域水平分布的判断就能够确定从陆地向水域是否输送物质, 以及输送的方式。在陆地迁移过程中, 雨季决定了胶州湾水体中砷的含量变化。在水域迁移过程中, 胶州湾水域无论有没有砷的来源, 在湾中心都会形成砷的底层高含量区。

关键词: 砷; 分布; 来源; 迁移; 胶州湾

随着工农业的不断发展, 含砷废物以各种形式进入土壤, 造成土壤砷污染的进一步加剧, 给人们的生活带来了许多危害^[1]。环境中高浓度的砷对生态系统影响巨大, 砷可在食物链中传递, 导致染色体异常和基因突变, 并导致癌症^[2]。通过雨水对含有砷的土壤和地表的冲刷, 河流和地表径流将砷输送到沿岸水域和海湾^[3]。因此, 探讨沿岸水域和海湾中砷的分布、含量以及特征等影响因素, 对评价砷的污染状况以及研究治理水体中的砷有着重要的意义。

1 调查水域与方法

1.1 胶州湾自然环境

胶州湾位于山东半岛南部, 其地理位置为120°04'E—120°23'E, 35°58'N—36°18'N之间, 以团岛与薛家岛连线为界, 与黄海相通, 面积约为446 km², 平均水深约7 m, 是一个典型的半封闭型海湾。胶州湾入海河流有十几条, 其中径流量和含沙量较大的为大沽河和洋河, 青岛市区的海泊河、李村河和娄山河等河流基本上无自身径流。河道上游常年干涸, 中、下游

已成为市区工业废水和生活污水的排污河, 构成了外源有机物质和污染物的重要来源。

1.2 材料与方法

本研究所使用的1982年4月、6月、7月和10月胶州湾水体HCH的调查资料由国家海洋局北海环境监测中心提供。4月、7月和10月, 设083、084、121、122、123等5个站位取水样, 6月设H37、H39、H40、H41等4个站位取水样(图1)。当水深大于10 m时分别取表层和底层的水样, 当水深小于10 m时只取表层水样, 因此, 1982年只在7月和10月分别取了表层和底层水样, 而4月和6月只取了表层水样。用氢化物发生—原子荧光光谱法进行测定^[4]。该方法与《海洋检测规范》中测定砷标准是一致的。

2 结果

2.1 含量大小

4月、7月和10月, 胶州湾西南沿岸水域砷含量范围为0.22~2.80 $\mu\text{g/L}$ 。其中: 4月084站位砷达到最高值0.33 $\mu\text{g/L}$; 7月122站

* 基金项目: 海洋公益性行业科研专项——海洋溢油污染风险评估及应急响应关键技术集成及应用示范(201205012); 海洋公益性行业科研专项——浙江近岸海域海洋生态环境动态监测与服务平台技术研究及应用示范(201305012); 国家海洋局北海环境监测中心主任科研基金资助——长江口和胶州湾及其附近海域的生态变化过程(05EMC16)。

位砷达到最高值 $2.80 \mu\text{g/L}$; 10月123站位砷达到最高值 $1.62 \mu\text{g/L}$ 。6月胶州湾东部沿岸水域砷含量范围为 $1.07 \sim 2.52 \mu\text{g/L}$, 其中H40站位砷含量达到最高值 $2.52 \mu\text{g/L}$ 。在4月、6月、7月和10月, 胶州湾水体中的砷含量均符合国家一类海水水质标准。

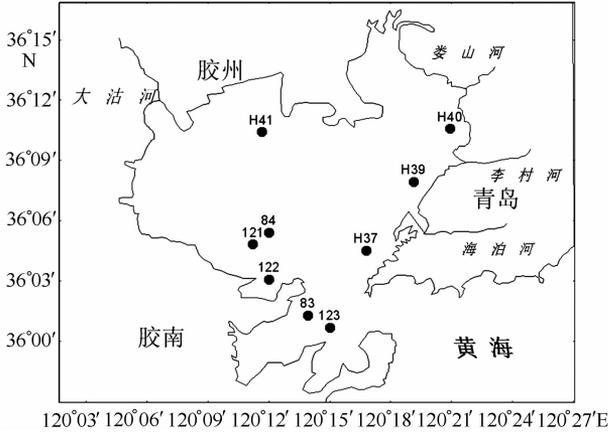


图1 胶州湾调查站位

2.2 表层水平分布

4月, 站位084、121和122的表层砷含量位于低含量区 $0.22 \sim 0.33 \mu\text{g/L}$ 。因此, 在胶州湾西南沿岸水域, 砷含量比较低, 水平分布几乎没有变化。

6月, 以H40站位为中心, 表层砷含量形成了一系列不同梯度的半个同心圆。H40站位位于李村河和莱山河的入海口之间的近岸水域, 以李村河和莱山河的入海口近岸水域为中心形成了砷的高含量区, 砷含量从中心高含量 $2.52 \mu\text{g/L}$ 沿梯度降低。在整个砷的高含量区, 砷含量范围为 $1.07 \sim 2.52 \mu\text{g/L}$ 。因此, 在胶州湾东部沿岸水域, 砷含量比较高, 有高的含量区。

7月, 在胶州湾西南沿岸水域, 站位083、121、122和122, 形成了砷的高含量区 $1.56 \sim 2.80 \mu\text{g/L}$ 。于是产生了一系列平行胶州湾西南岸线的不同梯度, 砷含量从中心高含量 $2.80 \mu\text{g/L}$ 沿梯度降低, 随着远离近岸水域, 砷含量呈现沿梯度降低, 如远离近岸水域084站位的砷含量比较低, 为 $0.36 \mu\text{g/L}$ 。因此, 在胶州湾的整个西南沿岸水域, 砷含量都比较高, 沿近岸水域形成高含量区。

10月, 在胶州湾西南沿岸水域, 表层砷

含量没有一定梯度的排列, 砷含量分布形成了不同的斑块, 含量比较低, 其范围在 $0.58 \sim 1.62 \mu\text{g/L}$ 。

2.3 底层水平分布

7月, 在胶州湾西南沿岸水域, 随着远离近岸水域, 底层砷含量呈现沿梯度升高, 从近岸水域 $0.88 \mu\text{g/L}$ 上升到 $4.48 \mu\text{g/L}$, 逐渐在湾中心形成了砷的高含量区 $2.01 \sim 4.48 \mu\text{g/L}$ 。

10月, 在胶州湾西南沿岸水域, 底层砷含量与7月具有同样的水平分布, 随着远离近岸水域, 砷含量呈现沿梯度升高, 从近岸水域 $0.84 \mu\text{g/L}$ 上升到 $1.16 \mu\text{g/L}$, 逐渐在湾中心形成了砷的相对比较高的含量区 $1.12 \sim 1.16 \mu\text{g/L}$ 。

2.4 垂直分布

7月, 表层砷含量的水平分布展示了随着远离近岸水域, 砷含量呈现沿梯度降低; 而底层砷含量的水平分布展示了随着远离近岸水域, 砷含量呈现沿梯度升高。10月, 表层砷含量的水平分布展示了没有一定梯度的排列, 而且形成了不同的斑块; 而底层砷含量的水平分布展示了随着远离近岸水域, 砷含量呈现沿梯度升高的变化趋势。这样, 在7月, 砷在表层的含量水平分布有梯度的变化, 而在10月, 表层砷含量的水平分布没有梯度的变化。可是, 在7月和10月, 底层砷含量的水平分布同时都展示了随着远离近岸水域, 砷含量呈现沿梯度升高的变化趋势。

2.5 季节分布

胶州湾西南沿岸水域, 4月水体中砷的表层含量 $0.22 \sim 0.33 \mu\text{g/L}$; 7月水体中砷的表层含量 $0.36 \sim 2.80 \mu\text{g/L}$; 10月水体中砷的表层含量 $0.58 \sim 1.62 \mu\text{g/L}$ 。砷的表层含量在7月明显高于4月, 而到了10月, 砷的表层含量下降了许多。这表明, 胶州湾的表层水体中, 砷的表层含量在夏季高于春季, 而到秋季下降很多, 但是与春季砷的含量相比, 秋季砷的含量相对较高。

3 讨论

3.1 水质

4月、7月和10月, 胶州湾西南沿岸水域

砷含量范围为 $0.22 \sim 2.80 \mu\text{g/L}$, 6月, 胶州湾东部沿岸水域砷含量范围为 $1.07 \sim 2.52 \mu\text{g/L}$ 。砷在胶州湾水域符合国家一类海水水质标准 ($20.00 \mu\text{g/L}$), 而且远远优于一类海水水质标准。这表明在一年中, 胶州湾整个水域都未受到砷的污染。

3.2 来源

在4月, 在胶州湾西南沿岸水域, 砷含量比较低, 水平分布几乎没有梯度变化, 这表明没有砷的来源。在6月, 在李村河和娄山河的入海口之间的近岸水域, 出现了在胶州湾水体中砷的高含量区, 形成了一系列不同梯度的半个同心圆, 砷含量从中心高含量沿梯度降低, 这表明在胶州湾东部沿岸水域, 砷的含量来源于河流的输送。这个结果与1981年砷含量来源的结果是一致的^[3]。在7月, 在胶州湾西南沿岸水域, 形成了砷的高含量区, 产生了一系列平行胶州湾西南岸线的不同梯度, 砷含量从中心高含量沿梯度降低, 这表明在胶州湾的整个西南沿岸水域, 砷的含量来源于地表径流的输送。在10月, 在胶州湾西南沿岸水域, 砷含量分布形成了不同的斑块, 其含量比较低, 没有一定梯度的排列, 这表明没有砷的来源。

砷的来源通过水平分布可以确定是否有。如果有, 进一步通过水平分布来确定输送的方式。而且这种输送的方式与胶州湾的六六六(HCH)的判断方法是一致的^[5]。因此, 水域水平分布的判断能够确定从陆地向水域是否输送物质, 以及输送的方式。

3.3 陆地迁移过程

砷是自然界普遍存在的元素, 但是其含量是极微的。只有通过人类的活动, 才能产生高浓度的砷, 如砷金属矿石的开采、焙烧以及冶炼和含砷农药的使用, 都会造成土壤和水体受到砷的污染。通常, 空气中砷的含量很难检测出来, 一般土壤中砷的浓度为 $(2 \sim 10) \times 10^{-6}$, 地面水为 10×10^{-6} 左右^[6]。因此, 砷污染是随着河流、地表水和地下水等水流进入到近岸及海湾。

4月, 雨季来临之前, 没有雨水对土壤的冲刷, 也没有地表径流的输送。因此在4月, 胶

州湾西南沿岸水域没有砷的来源。

6月, 处于雨季, 降雨量显著增加, 沉积于土壤和地表中的砷残留物经过雨水的冲刷, 汇入江河, 河流处于汛期。在胶州湾东部沿岸水域, 通过李村河和娄山河均从湾的东北部入海, 带来了大量的砷残留入海, 导致胶州湾沿岸水域中砷的含量大量增加。因此, 在6月, 出现了在胶州湾水体中砷的高含量区, 形成了一系列不同梯度的半个同心圆, 砷的含量来源于河流的输送。

7月, 同样处于雨季, 降雨量显著增加, 沉积于土壤和地表中的砷残留物经过雨水的冲刷。在胶州湾西南沿岸水域, 没有河流入海, 只有通过地表径流输送, 导致胶州湾沿岸水域中砷的含量大量增加。因此, 在7月, 形成了砷的高含量区, 产生了一系列平行胶州湾西南岸线的不同梯度, 砷的含量来源于地表径流的输送。

10月, 雨季就要结束了, 降雨量显著减少。雨水对土壤和地表的冲刷也在大幅度的减少, 向胶州湾沿岸水域也就没有砷的输送。因此, 在10月, 砷含量分布形成了不同的斑块, 其含量比较低, 没有一定梯度的排列, 这表明没有砷的来源。

3.4 水域迁移过程

根据砷在7月和10月的表、底层水平分布, 阐明砷的水域迁移过程。

7月, 砷通过地表径流被输送到胶州湾水域。于是, 表层砷含量的水平分布随着远离近岸水域呈现沿梯度降低。从春季5月开始, 海洋生物大量繁殖, 数量迅速增加^[7], 吸附了砷, 随着悬浮颗粒物迅速沉降到海底, 因此底层砷含量的水平分布随着远离近岸水域呈现沿梯度升高。

10月, 表层砷含量的水平分布没有一定梯度的排列, 而且形成了不同的斑块。可见, 胶州湾水域在10月已经没有砷的来源了。然而, 吸附了砷的悬浮颗粒物还是不断地迅速沉降到海底, 于是, 在10月, 表层砷含量就形成了不同的斑块, 而在底层砷含量的水平分布随着远离近岸水域呈现沿梯度升高的变化趋势。

因此, 在7月和10月, 胶州湾水域无论有

没有砷的来源,都能够确定在远离胶州湾的近岸水域,即在湾中心形成砷的底层高含量区。

4 结论

在 1982 年的一年中,胶州湾水域未受到砷的污染。通过砷的陆地迁移过程和水域迁移过程,要严格按照有关环境保护的法规,处理好含砷的工业三废,并且慎重使用含砷的农药。同时,要加强陆地环境中砷的监测,防止对土壤和地表造成污染,只有这样才能对水环境给予保护。

参考文献

- [1] 余跃,王济,张浩,等. 土壤—植物系统中砷的研究进展[J]. 贵州师范大学学报:自然科学版,2010,28(3):113—117.
- [2] 潘泽民,刘开泰,杨磊,等. 砷对细胞和生物作用的研究进展[J]. 环境与健康杂志,2003,(3):184—186.
- [3] 杨东方,宋文鹏,陈生涛,等. 胶州湾水域重金属砷的分布及含量[J]. 海岸工程,2012,31(4):52—60.
- [4] ANDREAEM O. Arsenic speciation in seawater and interstitial waters: The influence of biological—chemical interactions on the chemistry of a trace element[J]. *Limnology and Oceanography*,1979,24:440—442.
- [5] 杨东方,苗振清,丁咨汝,等. 有机农药六六六对胶州湾海域水质的影响 II. 污染源变化过程 [J]. 海洋科学,2011,35(5):112—116.
- [6] 张玉洋,盖赫莉,程卉. 砷污染及其防治[J]. 黑龙江环境通报,2000,24(2):83—84.
- [7] 杨东方,王凡,高振会,等. 胶州湾浮游藻类生态现象[J]. 海洋科学,2004,28(6):71—74.