

辽河沈阳段环境质量现状评价与研究

王昭怡, 潘俊, 赵磊

(沈阳建筑大学 市政与环境工程学院, 辽宁 沈阳 110168)

摘要: 在检测辽河沈阳段水质污染指标和底泥重金属含量的基础上,运用单因子评价和 Hakanson 潜在生态风险评价分析了水环境现状。结果表明,大部分采样点处水体受有机物质污染严重,个别重金属在底泥严重富集。通过污染物含量空间分布特征分析,发现不同程度的污染可能与各支流地理位置和附近人类活动有关,农业活动产生的污染已成为辽河沈阳段不可忽视的问题之一,需要引起重视。

关键词: 辽河沈阳段; 污染评价; 水体; 底泥; 空间分布

中图分类号: X824 文献标志码: A 文章编号: 1673-9353(2018)02-0005-04

doi: 10.3969/j.issn.1673-9353.2018.02.002

Present situation evaluation and research on environment quality on Shenyang section of Liao River

Wang Zhaoyi, Pan Jun, Zhao Lei

(School of Municipal and Environmental Engineering, Shenyang Jianzhu University,
Shenyang 110168, China)

Abstract: Based on the detection of water pollution index and heavy metal content of sediment on Shenyang section of Liao River, the water environment status was analyzed by single factor evaluation and the Hakanson potential ecological risk assessment. The results showed that most of the samples were seriously polluted by organic matters, and a few kinds of heavy metal were highly enriched in sediment. Through the analysis of the spatial distribution characteristics of the pollutant's content, it was found that the pollution at different degrees may be related to the geographical location of the tributaries and the nearby human activities, and pollution caused by agriculture had become one of the considerable problems on Shenyang section of Liao River, which should be paid more attention.

Key words: Shenyang section of Liao River; pollution assessment; water body; sediment; spatial distribution

辽河位于我国东北地区西南部,是我国重工业企业集中区域,流域人口密度大,水环境污染一度十分严重。辽河于 20 世纪 90 年代被认定是全国污染最严重的流域之一,1996 年被列入全国“三江三湖”重度污染治理名单^[1]。2010 年 5 月,辽宁省政府划

定了辽河保护区,先后采取了关闭污染中小企业、退耕还河、自然封育、橡胶坝蓄水工程建设以及湿地恢复等措施,使辽河干流的生态环境和水质状况得到极大改善,已基本消灭劣 V 类水质^[2]。但是辽河支流的污染依然严重,并成为干流污染的重要来源。

基金项目: 环保公益性行业科研经费重大项目(1201009009)

对辽河沈阳段水质进行评价,是预防和治理该区域水环境污染的重要前提,有助于了解人类活动等因素对水环境的影响,进而追溯污染来源等。笔者通过在辽河沈阳段各一级支流(排干)处布设采样点,并对河水和底泥进行取样和检测,运用单因子评价方法直观分析水体中污染物,并判断其污染程度;运用将重金属毒性因子与土壤环境背景值结合的 Hakanson 潜在生态风险评价,评价结果包括对生态系统和人类健康的威胁程度,更具实际意义;同时分析了辽河沈阳段水环境中污染物沿程分布情况,旨在为辽河沈阳段水环境的污染防治提供科学的依据。

1 采样位置与方法

1.1 采样点布设

辽河沈阳段干流长 307.4 km,流经康平、法库、沈北、新民、辽中 5 个重点县区,29 个乡镇,116 个村庄。为了解辽河沈阳段水体整体污染情况,在辽河沈阳段的十条一级支流(排干)入河口处设置采样点,分别为拉马河、三面船乡小河子、南窑村小河子、长河、马虎山、左小河、秀水河、养息牧河、燕飞里排干、付家窝堡排干。

1.2 采样与检测

根据辽河水质特点,选择溶解氧、氨氮、化学需氧量、悬浮物、生化需氧量作为水质污染指标进行监测。同时,为了解辽河沈阳段底泥与水质的关系和相互影响,用抓采式采样器取底泥样品,采样深度约为 10 cm,并对底泥样品主要的重金属(铜、铅、锌、镉、镍、铬、砷、汞)进行检测。测量参照《水和废水监测分析方法》(第四版),严格按照国家规定的标准方法进行^[3]。

2 评价方法

2.1 单因子评价

单项污染指数计算方法:

$$P_i = C_i / S_i$$

式中: C_i 为指标 i 的实测浓度; S_i 为指标 i 的评价标准值。 $P_i \leq 1$ 说明该污染物未超标, $P_i > 1$ 说明该污染物超标, P_i 值越大表示污染越严重。

根据水域环境功能和保护目标,评价标准执行《地表水环境质量标准》(GB3838—2002) III 类标准。

2.2 潜在生态风险评价

Hakanson 提出的潜在生态危害指数法体现了淡水环境下底泥中各种污染物对环境的综合效应,所选指标涵盖了环境化学、生物毒理学和生态学内容,用定量的方法划分了潜在生态风险程度^[4-6],研究中即采用该分析方法。

单个重金属潜在生态危害指数:

$$E_i = T_i \times \frac{C_i}{C_o} \quad (2)$$

区域多个重金属潜在生态危害指数:

$$RI = \sum_{i=1}^n E_i \quad (3)$$

式中: C_i 、 C_o 、 T_i 分别为第 i 种重金属的实测值、背景值和毒性系数。重金属毒性系数^[7]分别为: Cu 和 Pb 5; Zn 1; Cd 30; Ni 和 Cr 2; As 10; Hg 40。

沈阳市土壤背景值含量分别为 Cu = 24.57 mg/kg, Pb = 22.15 mg/kg, Zn = 59.84 mg/kg, Cd = 0.16 mg/kg, Ni = 27.92 mg/kg, Cr = 57.66 mg/kg, As = 8.79 mg/kg, Hg = 0.05 mg/kg^[8]。

依据单一重金属的潜在生态危害系数 E_i 和多个重金属的潜在生态危害系数 RI,可将土壤中重金属污染状况划分为 5 个等级,其生态危害程度的具体关系见表 1。

表 1 重金属潜在生态危害系数与污染程度的关系

Tab.1 Relationship between the potential ecological risk coefficient and pollution degree of heavy metals

项目	污染程度等级划分				
E_i	$E_i < 40$	$40 \leq E_i < 80$	$80 \leq E_i < 160$	$160 \leq E_i < 320$	$E_i \geq 320$
RI	$RI < 50$	$50 \leq RI < 300$	$300 \leq RI < 600$	$RI \geq 600$	
污染程度	轻度	中度	强度	很强	极度

3 结果与分析

3.1 辽河沈阳段水体水质等级

根据辽河沈阳段水体各污染指标检测结果与单因子评价结果,在选取的 10 个采样点中,拉马河水质

情况较好,达到了预期的 III 类水质标准。长河、付家窝堡排干处水体情况较差,为劣 V 类水质。三面船乡小河子、南窑村小河子、马虎山、左小河、秀水河、养息牧河、燕飞里排干处评价结果为 IV 类或 V 类水质。

在各项评价项目中,除付家窝堡排干处氨氮含量超标 3 倍外,其他采样点均达到 II 类水质标准;溶解氧、总悬浮物、BOD₅、COD 多在 IV ~ V 类之间。付家窝堡排干处以上指标超标均达 2 倍以上,长河采样点的 BOD₅、COD 也均超标 2 倍左右。

从对水体中污染物的检测情况来看,目前,辽河水体严重超标的水质指标为 COD 和 BOD₅,说明水体受有机物质污染较为严重,仅有拉马河水水质达到水环境功能区的相应标准。与 2011 年相比^[9],有机物质虽然仍是辽河水体污染的主要污染物质,但含量有所下降,而氨氮的排放也基本得到了控制,说明辽河沈阳段的治理小有成效,但仍需加强。

3.2 辽河沈阳段底泥重金属

分析评价了辽河沈阳段底泥重金属检测结果和 Hakanson 单个重金属潜在生态危害指数,得到区域多个重金属潜在生态危害指数如表 2 所示。

表 2 区域多个重金属潜在生态危害指数
Tab.2 Potential ecological hazard index of multiple heavy metals in the region

河流	RI	河流	RI
拉马河	58.2	左小河	112.6
三面船乡小河子	51.6	秀水河	29.1
南窑村小河子	104.3	养息牧河	82.5
长河	83.4	燕飞里排干	107.0
马虎山	68.8	付家窝堡排干	545.2

从单个重金属的潜在生态污染系数来看,付家窝堡排干处重金属 Cd 的潜在生态污染系数最大,大于 320,属于严重生态危害;其中南窑村小河子、左小河、燕飞里排干处 Cd 的潜在生态污染系数均大于 40,属于中度生态危害;马虎山、养息牧河处 Ni 的潜在生态污染系数均大于 40,属于中度生态危害。从多项重金属的污染指数 RI 值分析,所设的 10 个采样点中,只有付家窝堡排干处 RI 值在 300 ~ 600 之间,属于强度生态危害,其余 RI 值均小于 150,属于轻度生态危害。底泥沉积物中 8 种金属元素对生态构成危害顺序为: Cd>Ni>Hg>As> Pb>Cu> Cr>Zn。

支流入河口是将支流与主河道连接的重要关卡,污染物也随支流进入主河道,并于一定条件下在底泥中累积,因此河道沉积物中的重金属含量可以反映较长时期内随水体进入河道的重金属含量^[10]。将底泥中各重金属含量检测结果与沈阳市土壤环境背景值进行比较,各采样点底泥中 As、Hg 含量总体低于环境背景值,说明辽河沈阳段目前未受 As、Hg

影响;部分采样点中 Cu、Pb、Zn、Cd、Cr 含量超过环境背景值,说明该采样点处目前受这 5 种重金属污染较严重;底泥中 Ni 含量整体高于环境背景值,河水目前受 Ni 污染严重。

与 2008 年^[11]对辽河表层沉积物重金属含量研究的结果对比表明,Pb、Cd、Ni、Cr 的平均含量均明显高于 2008 年,分别是 2008 年测定结果的 1.3 倍、3.4 倍、11 倍和 1.9 倍;底泥中 Cu、Pb、Cd、Ni、Cr 含量最大值也高于 2008 年。虽然 As 和 Hg 的污染状况得到了改善,但辽河沈阳段整体受重金属污染的情况依然不乐观。

3.3 污染物空间分布特征

底泥中重金属含量沿程变化无明显规律,水体污染指标 COD 与 BOD₅ 沿程变化规律基本一致,其余指标变化无明显规律。这可能是由于辽河沈阳段的各支流受到了不同程度、不同方式人类活动的干扰。结合采样点附近污水排放等实际情况及污染物含量变化情况进行分析:拉马河、三面船乡小河子、南窑村小河子、马虎山、左小河、秀水河、燕飞里排干采样点附近农田较为集中,农药、化肥等农业污染物随农田灌溉或降雨所形成的地面径流进入各支流,再汇入辽河并使水体中污染物含量增加。重金属于一定条件下在底泥中累积,造成这些地区个别重金属在底泥中富集,并对当地的水环境和生态系统造成威胁。

长河、养息牧河、付家窝堡排干 3 个采样点处水体中污染物及底泥中大部分重金属含量明显高于其他 7 处采样点,个别污染物含量出现最大值,主要是由于三者分别为沈北新区和新城子区、彰武县、新民市的生活污水和工业废水主要排放源,大量废水过度排入各支流导致水体污染物含量增加并超过了河流的自净能力,重金属也于底泥中富集。而位于下游的付家窝堡排干处,水环境情况相对其他几处采样点最为恶劣,这可能也与其所处地理位置有关系,除接纳新民市排放的废水外,还有上游河流未能净化的污染物等。

Ni 常与水中硝酸盐形成可溶性配合离子并随水流迁移^[12],具有较高的流动性,这可能是 Ni 含量整体高于环境背景值的原因之一。

同时,为分析底泥与水体重金属指标含量及空间分布之间可能存在的联系,对所采集水样的相应指标也进行了测试分析。部分采样点水样中 Ni、Cr 含量低于《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)

规定的Ⅰ类水质标准限值,大部分水样中重金属含量低于检出限。结果说明与辽河水体相比,底泥中重金属含量明显偏高。这是由于底泥和悬浮物的吸附作用,重金属在一定条件会沉积在底泥中,有利于水环境质量的改善^[13-14]。

底泥中8种重金属指标数据方差被分为3个因子:第一主成分因子中负荷较大的为锌、铬,第二主成分因子中负荷较大的为铜,第三主成分因子中负荷较大的为镉。锌、铬主要来自城市工业废水^[15],例如电镀工业。相关性分析表明锌与铬之间也有较强的相关性,因此也可理解为主成分1代表了工业废水排放带来的污染对表层沉积物的影响。水体中5种指标数据方差被分为2个因子:第一主成分因子中负荷较大的为COD、BOD₅、NH₃-N,第二主成分因子中负荷较大的为SS,与单因子评价中污染物超标项相同,影响程度为COD=BOD₅>NH₃-N>SS。COD、BOD₅与氨氮之间也有较强的相关性,可以推测它们的来源也具有相似性,例如生活废水、农业废水。

4 结论

① 本次调查研究与以往相比,水质污染指标均降低但主要污染物仍是有机物,底泥中重金属汞和类金属砷的污染得到控制,其余重金属含量均增大,尤其是镍,个别采样点超环境背景值20倍。

② 除COD与BOD₅外,其余污染物含量沿程变化无明显规律,这可能与各支流地理位置与附近人类活动有关。辽河水环境虽有所改善,但工业、农业、生活废水的不达标和过量排放仍是辽河水体污染重要的来源。

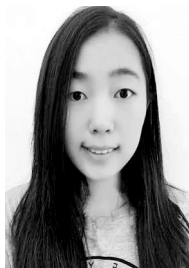
③ 由于重金属的不可降解性以及底泥中不断的累积,农业方面产生的污染也会日益严重,并成为制约生态建设和提高居住环境水平的重要因素之一,需要引起高度重视。

参考文献:

- [1] 赵伟伟,段亮,宋永会,等.辽河保护区七星湿地磷的空间分布特征[J].环境工程技术学报,2014,4(2):121-128.
- [2] 刘森,李宇斌,孙勇,等.辽河保护区生态水质净化经济效益分析[J].环境保护与循环经济,2013,33(2):58-62.
- [3] 国家环境保护总局.《水和废水监测分析方法》编委会.水和废水监测分析方法(第四版)[M].北京:中

国环境科学出版社,2002.

- [4] Hakanson L. An ecological risk index for aquatic pollution control: a sedimentological approach [J]. Wat Res, 1980, 14(8): 975-1001.
- [5] Chapman P M, Wang F Y, Adams W J, et al. Appropriate applications of sediment quality values for metals and metalloids [J]. Environ Sci & Technol, 1999, 33(22): 3937-3941.
- [6] Wildi W, Dominik J, Loizeau J L, et al. River, reservoir and lake sediment contamination by heavy metals downstream from urban areas of Switzerland [J]. Lakes & Reservoirs Research & Management, 2004, 9(1): 75-87.
- [7] 徐争启,倪师军,虞先国,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.
- [8] 吴燕玉.沈阳市土壤环境背景值[J].环境保护科学,1986(4):27-31.
- [9] 王允妹.辽河沈阳段污染治理及生态恢复进程回顾[J].科技创新导报,2015,12(30):156-158.
- [10] Chabukdhara M, Nema A K. Assessment of heavy metal contamination in Hindon River sediments: a chemometric and geochemical approach [J]. Chemosphere, 2012, 87(8): 945-953.
- [11] 张婧,王淑秋,谢琰,等.辽河水系表层沉积物中重金属分布及污染特征研究[J].环境科学,2008,(9):2413-2418.
- [12] 戴树桂.土壤环境化学[M].北京:高等教育出版社,1997.
- [13] Neumann T, Leipe T, Shimmield G. Heavy-metal enrichment in surficial sediments in the Oder River discharge area: source or sink for heavy metals [J]. Applied Geochemistry, 1998, 13(3): 329-337.
- [14] Landajo A, Arana G, de Diego A, et al. Analysis of heavy metal distribution in superficial estuarine sediments(estuary of Bilbao, Basque Country) by open-focused microwave-assisted extraction and ICP-OES [J]. Chemosphere, 2004, 56(11): 1033-1041.
- [15] 贺跃,胡艳华,王秋潇,等.大冶大港河水系沉积物中重金属来源分析[J].地球化学,2011,40(3):258-265.



作者简介:王昭怡(1993-),女,黑龙江齐齐哈尔人,主要研究方向为水污染防治。

E-mail: 403155117@qq.com

收稿日期:2018-02-07