

文章编号:2095-6134(2019)04-0537-08

独流减河水体及沉积物质量评价^{*}

唐永杰¹, 夏靖业², 陈雅娟², 代政², 蔡树伯¹, 刘春光^{2†}

(1 天津市大清河管理处, 天津 300270; 2 南开大学 环境污染过程与基准教育部重点实验室, 天津市城市
生态环境修复与污染防治重点实验室, 天津 300350)
(2018 年 5 月 2 日收稿; 2018 年 6 月 22 日收修改稿)

Tang Y J, Xia J Y, Chen Y J, et al. Quality assessment of water and sediment in Duliujianhe River [J]. Journal of University of Chinese Academy of Sciences, 2019, 36(4): 537-544.

摘 要 基于 2016 年对独流减河及其主要支流的水质和沉积物调查数据, 采用单因子评价法、综合指数评价法和修正的卡尔森营养指数法对独流减河及其主要流水体和表层沉积物环境质量状况进行评价。结果显示: 独流减河水质较差, 属于劣 V 类 (GB 3838—2002), 其中西大洼排干、陈台子排水河和十米河等流水体污染最严重, 主要污染因子为总氮 (TN)、化学需氧量 (COD)、氨氮 (NH₃-N) 等; 水体处于富营养化状态, 其中 67% 的采样点水体呈重度富营养化; 沉积物单因子评价结果显示, 各采样点的表层沉积物均达到重污染水平, 其中的主要污染物为氮、磷、铬、铜和镍。

关键词 独流减河; 水质评价; 沉积物质量; 营养状态; 富营养化

中图分类号: X821 **文献标志码:** A **doi:** 10. 7523/j. issn. 2095-6134. 2019. 04. 013

Quality assessment of water and sediment in Duliujianhe River

TANG Yongjie¹, XIA Jingye², CHEN Yajuan², DAI Zheng², CAI Shubo¹, LIU Chunguang²

(1 Tianjin Administration of Daqinghe River, Tianjin 300270, China; 2 Key Laboratory of Pollution Processes and Environmental Criteria (Ministry of Education), Tianjin Key Laboratory of Environmental Remediation and Pollution Control, Nankai University, Tianjin 300350, China)

Abstract Based on the investigation data of water quality and sediment quality of Duliujianhe River and its major tributaries in 2016, single-factor assessment method, composite-index assessment method, and modified Carlson trophic state index method were used to assess the environmental quality of water and surface sediment of Duliujianhe River and its major tributaries. The results show that the water quality of Duliujianhe River was bad and was worse than Grade V (GB 3838-2002). The heavily-polluted tributaries included Xidawa Drainage River, Chentaizi Drainage River, and Shimihe River. The main pollutants were total nitrogen (TN), ammonia nitrogen (NH₃-N), and chemical oxygen demand (COD). Eutrophication occurred in the whole river and 67% of the sampling sites were heavily eutrophic. Based on the results of the single-factor assessment method, the surface sediments were heavily contaminated and the major pollutants were nitrogen, phosphorus, chromium, copper, and nickel.

^{*} 天津市水务局科技项目 (KY2014-08) 和中央高校基本科研业务费专项资金资助

[†] 通信作者, E-mail: liuchunguang@nankai.edu.cn

Keywords Duliujianhe River; water quality assessment; sediment quality; trophic status; eutrophication

独流减河是天津市一条重要的行洪河道和南部防洪的重要防线,全长 67 km,流经静海区、西青区和滨海新区南部^[1]。它也是亚洲东部候鸟南北迁徙重要一站——北大港湿地的主要补给水源^[2]。独流减河建成于 1953 年,是新中国成立后扩建的大型水利工程之一,它的建成使得大清河、子牙河下泄洪水可直流入海,对大清河中上游地区抗灾减灾、工农业发展起到积极作用,为天津城市防洪做出了重要贡献^[3]。近年来,独流减河上游地区西青、静海等地经济发展迅速,大量工业废水、生活污水等未经处理直接排入河中,使河道受到严重污染,对两岸生境和居民身体健康造成严重威胁^[4]。

目前对于独流减河水质的调查与评价研究较少^[5-8]。杨虹^[6]监测独流减河多种不同类别的污染物含量,指出独流减河水环境污染是有机污染、氮磷污染和重金属污染共存的复合型污染,并指明独流减河所有污染物中镉(Cd)超标最严重。但是,该研究仅设置 10 个采样点,很难全面反映独流减河的污染状况。王玮^[4]选取独流减河 4 个断面进行监测,指出影响水质的关键污染物为总氮(TN)和化学需氧量(COD_{Cr})。但该研究水质监测的指标仅选取化学需氧量(COD_{Cr})、氨氮(NH₃-N)、总氮(TN)和总磷(TP),缺乏对重金属等指标的评价。与水质监测相比,对于独流减河沉积物的研究则更少^[8-9]。而且上述研究均仅单独针对独流减河水质或沉积物环境状况进行调查和评价,并没有将两方面结合起来进行分析。

与其他研究相比,本研究结合独流减河拥有多个进水口门的特点,在上中下游沿岸各泵站排水口、支流汇入口等地分别设置 27 个地表水采样点位和 15 个表层沉积物采样点位,对各点位的有机污染指标、营养指标和重金属进行监测,并对水质和沉积物数据进行科学的统计分析;采用单因子评价法,综合指数评价法和修正的卡尔森营养指数法对独流减河水体和沉积物质量状况进行评价,并针对河道的治理提出自己的建议。通过对各项指标的测定和评价,希望找出污染独流减河及其主要支流的关键因子,为改善河道水质提供依据。

1 材料与方法

1.1 样品采集与分析

独流减河水体及沉积物调查区域包括独流减河主河段及其支流、沟渠和坑塘(图 1),在独流减河沿岸各泵站排水口、支流汇入口等地共设置 42 个采样点位。其中地表水采样点位有 27 个,依次记为 A1~A27,使用有机玻璃采水器采集表层水,装于聚乙烯塑料瓶中,运回实验室-20℃冷藏备测;表层沉积物采样点位有 15 个,记为 B1~B15,每个采样点使用柱状采泥器取表层沉积物(0~20 cm),现场剔除杂质后,装入塑料密实袋,运回实验室风干备测。调查区域和采样点位见图 1,表层水样采样点布设见表 1,表层沉积物采样点见表 2。

表 1 水样采样点布设
Table 1 Sampling sites of water

采样点名称	样品 编号	采样点名称	样品 编号
大杜庄泵站出水口	A1	石化站出水口	A15
琉城东出水口	A2	十米河南闸出水口	A16
截留沟	A3	十米河	A17
程村排水河	A4	良王庄出水口	A18
宽河泵站出水口	A5	运东排干	A19
西大洼排干	A6	迎丰站出水口	A20
陈台子出水口	A7	迎风渠	A21
陈台子排水河	A8	管铺头出水口	A22
南引河出水口	A9	小团泊出水口	A23
小孙庄出水口	A10	排涝站出水口	A24
小泊站出水口	A11	八排干	A25
赤龙河	A12	北台站出水口	A26
东台子出水口	A13	华明化工厂排污口	A27
马厂减河	A14		

表 2 沉积物采样点布设
Table 2 Sampling sites of sediments

采样点名称	样品 编号	采样点名称	样品 编号
琉城东出水口	B1	陈台子排水河	B9
琉城东上游侧滩地	B2	陈台子下游侧滩地	B10
截留沟	B3	良王庄出水口	B11
程村排水河	B4	良王庄泵站下游侧滩地	B12
宽河出水口	B5	迎丰站出水口	B13
西大洼排干	B6	迎丰站下游侧滩地	B14
宽河泵站下游侧滩地	B7	华明化工厂排污口	B15
陈台子出水口	B8		

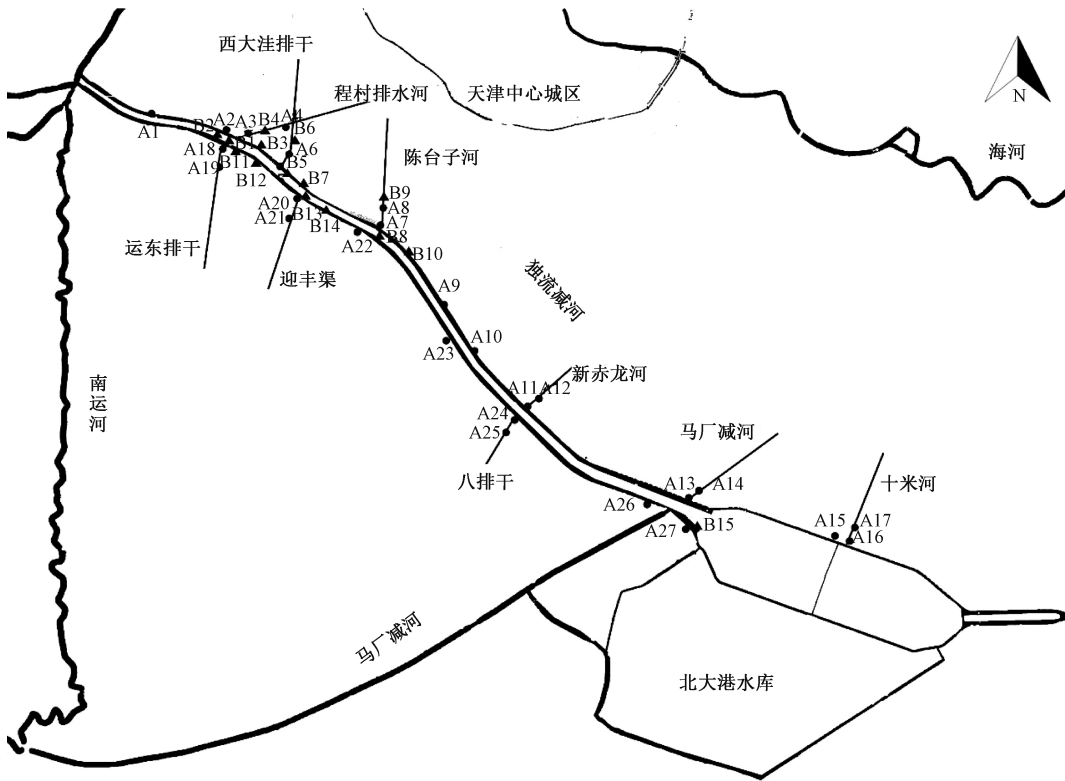


图 1 调查区域和采样点位

Fig.1 Survey area and sampling sites of water and sediments

为了解独流减河水质透明度、有机污染和营养状况,水质测定指标选取透明度(SD)、高锰酸盐指数(COD_{Mn})、化学需氧量(COD_{Cr})、5 日生化需氧量(BOD₅)、氨氮(NH₃-N)、总氮(TN)、总磷(TP)、叶绿素 a(Chl-a)。测定方法^[10]如下:SD 采用塞氏盘法、COD_{Mn}采用高锰酸钾氧化法、COD_{Cr}采用重铬酸钾法、BOD₅采用稀释与接种法、NH₃-N 采用纳氏试剂比色法、TN 采用紫外分光光度法、TP 采用钼锑抗比色法、Chl-a 采用分光光度法。

为了解独流减河沉积物有机污染、重金属污染和营养状况,沉积物测定指标选取全磷、全氮、有机质、铜(Cu)、锌(Zn)、铅(Pb)、镍(Ni)、铬(Cr)、镉(Cd)。测定方法^[11-12]如下:全磷采用硫酸-高氯酸消煮-钼锑抗比色法;全氮采用硫酸-高氯酸消煮-半微量开氏蒸馏法;有机质采用重铬酸钾氧化-外加热法;Cu、Zn、Pb、Ni、Cr、Cd 采用微波消解-电感耦合等离子体原子发射光谱法。

1.2 评价方法

1.2.1 水质评价

水质评价采用单因子评价法和综合指数评价

法,选取 COD_{Mn}、COD_{Cr}、BOD₅、TN、NH₃-N、TP 共 6 项水质指标参与水质评价。

单因子评价法以水质最差的单项指标所属类别来确定水体综合水质类别^[13]。综合污染指数法^[14]在各断面水质综合评价时采用,可以将断面的污染程度排序(表 3),其计算公式如下:

$$P_j = \sum_{i=1}^n P_{ij}, \tag{1}$$

$$P_{ij} = \frac{C_{ij}}{C_{i0}}. \tag{2}$$

式中: P_j 为 j 断面水污染综合指数; P_{ij} 为 j 断面 i 项指标的污染指数; C_{ij} 为 j 断面 i 项指标的年平均指数; C_{i0} 为 i 项指标评价标准值(文中取 V 类标准限值); n 为参与评价指标项数。

表 3 综合污染指数法地表水水质分级标准

Table 3 Water pollution grades based on the composite-index assessment method

P_j	<0.2	0.2~0.4	0.4~0.7	0.7~1.0	1.0~2.0	>2.0
水质状况	清洁	尚清洁	轻污染	中污染	重污染	严重污染

在进行水质评价时,可以通过计算污染分担率对主要污染指标进行分析,具体计算方法^[15]如下

$$K_i = P_i / P \times 100\%, \tag{3}$$

式中: K_i 为某水体第 i 项所占分担率; P_i 为单项污染指数,是实测值与标准值的比值; P 为各单项污染指数之和。

1.2.2 水体营养状态评价

水质富营养化现状评价采用修正的卡尔森营养指数法。卡尔森指数法是以叶绿素 a 浓度为基准,按照各参数与基准参数的相关程度计算各参数的营养状态指数,将各营养状态指数加权计算综合营养状态指数,然后通过表 4 判断评价目标的营养状态^[16]。

计算公式如下:

$$TLI = \sum_{j=1}^m W_j \times TLI(j), \tag{4}$$

$$W_j = r_{ij}^2 / \sum_{j=1}^m r_{ij}^2. \tag{5}$$

式中:TLI 为综合营养状态指数;TLI(j)为第 j 种参数的营养状态指数; m 为参数个数; W_j 为第 j 种参数营养状态指数的相关权重; r_{ij} 为第 j 个参数与叶绿素 a 的相关系数,Chl-a、TP、TN、SD 和 COD_{Mn} 的 r_{ij} 值分别为 1、0.84、0.82、-0.83 和 0.83。

各参数的营养状态指数计算公式如下:

$$TLI(\text{Chl-a}) = 10 (2.5 + 1.086 \ln \text{Chl-a})$$

$$TLI(\text{TP}) = 10 (9.436 + 1.624 \ln \text{TP})$$
$$TLI(\text{TN}) = 10 (5.453 + 1.694 \ln \text{TN})$$
$$TLI(\text{SD}) = 10 (5.118 - 1.94 \ln \text{SD})$$
$$TLI(\text{COD}_{\text{Mn}}) = 10 (0.109 + 2.66 \ln \text{COD}) \tag{6}$$

表 4 为水体营养状态分级标准。

表 4 水体富营养化分级标准

Table 4 Water eutrophication grading standards

TLI	[0,30]	[30,50]	(50,60]	(60,70]	(70,100]
富营养化状态	贫营养	中营养	轻富营养	中富营养	重富营养

1.2.3 沉积物评价

采用单因子指数法,将评价指标的实测值与其对应的标准值进行比较^[17],以沉积物质量最差的单项指标所属类别确定沉积物综合质量类别,计算公式如下

$$P_i = \frac{C_i}{k_i}, \tag{7}$$

式中: P_i 表示指标 i 的单因子指数; C_i 表示指标 i 的实测值; k_i 表示指标 i 的标准值。

有机质、全磷、全氮、重金属的标准值参考加拿大安大略省环境和能源部发布的沉积物评价指南^[18],各沉积物评价指标的标准值见表 5。

表 5 沉积物评价指标的标准值

Table 5 Standard values of sediment evaluation indexes

指标	有机质含量/%	全磷质量比/(g/kg)	全氮质量比/(g/kg)	Cr 质量比/(mg/kg)	Cu 质量比/(mg/kg)	Pb 质量比/(mg/kg)	Cd 质量比/(mg/kg)	Ni 质量比/(mg/kg)	Zn 质量比/(mg/kg)
标准值	1.72	0.60	0.55	26	16	31	0.6	16	120

将单因子指数 P_i 值分成 5 个等级,具体的分级标准见表 6。

表 6 单因子指数的分级标准

Table 6 Sediment pollution grades based on the single-factor index method

单因子指数 P_i	$P_i \leq 0.70$	$0.70 < P_i \leq 1.00$	$1.00 < P_i \leq 1.50$	$1.50 < P_i \leq 2.00$	$P_i > 2.00$
污染等级	I (良好)	II (未污染)	III (轻污染)	IV (中污染)	V (重污染)

2 结果与讨论

2.1 水质评价结果

由表 7 中单因子指数评价结果可知,独流减河水质较差,所有采样点水质均为劣 V 类(GB 3838—2002),这与叶飞等^[5]的研究结果一致。在 27 个采样点中,水质污染指标 COD_{Cr}、TN、NH₃-N、TP、BOD₅、COD_{Mn} 的超标率分别为 100%、96%、48%、37%、26%、26%,超标倍数最高的是十米河水样(A17)的 TP,超标 10.89 倍。

由表 7 中综合指标评价结果可知,除马厂减河采样点(A14)外,其余各采样点水体均处于重污染或严重污染状态,其中十米河(A17)、西大洼排干(A6)、陈台子出水口(A7)、华明化工厂排污口(A27)污染最严重。从污染分担率^[15]来看,独流减河主要污染指标为 COD_{Cr}、TN、NH₃-N 等。杨虹^[6]调查也发现,在独流减河上游,NO₃-N、TN 和 TP 的浓度最高,分析主要是由于附近二级河道中农村生活污水的排入;而在独流减河中游地区,则是 COD_{Cr} 和 NH₃-N 浓度最高,分析主要是由于附

近规模化畜禽养殖废水的排入。

表 7 水质评价结果

Table 7 Results of assessment of water quality			
采样点	单因子评价结果	综合指标评价结果	污染分担率
A1	劣 V 类	重污染	COD _{Cr} (35%) TN(22%)
A2	劣 V 类	重污染	COD _{Cr} (31%) TN(22%)
A3	劣 V 类	重污染	COD _{Cr} (36%) TN(30%)
A4	劣 V 类	重污染	TN(36%) COD _{Cr} (18%)
A5	劣 V 类	重污染	COD _{Cr} (32%) TN(29%) NH ₃ -N(23%)
A6	劣 V 类	严重污染	TP(30%) TN(29%) NH ₃ -N(28%)
A7	劣 V 类	重污染	TN(27%) COD _{Cr} (26%) NH ₃ -N(17%)
A8	劣 V 类	严重污染	TN(34%) TP(33%) NH ₃ -N(18%)
A9	劣 V 类	重污染	COD _{Cr} (23%) TN(17%) NH ₃ -N(15%)
A10	劣 V 类	重污染	COD _{Cr} (25%) TN(19%) NH ₃ -N(11%)
A11	劣 V 类	重污染	TN(41%) COD _{Cr} (25%)
A12	劣 V 类	重污染	TN(34%) COD _{Cr} (30%)
A13	劣 V 类	重污染	COD _{Cr} (49%) TN(20%)
A14	劣 V 类	中污染	COD _{Cr} (57%)
A15	劣 V 类	严重污染	COD _{Cr} (51%) TN(22%)
A16	劣 V 类	严重污染	COD _{Cr} (46%) TN(21%) BOD ₅ (9%)
A17	劣 V 类	严重污染	TN(20%) NH ₃ -N(20%) COD _{Cr} (17%)
A18	劣 V 类	重污染	TN(44%) COD _{Cr} (23%) NH ₃ -N(22%)
A19	劣 V 类	重污染	TN(48%) COD _{Cr} (19%) NH ₃ -N(14%)
A20	劣 V 类	重污染	TN(35%) NH ₃ -N(18%) COD _{Cr} (17%)
A21	劣 V 类	重污染	TN(48%) NH ₃ -N(20%) COD _{Cr} (20%)
A22	劣 V 类	重污染	TN(40%) COD _{Cr} (29%)
A23	劣 V 类	重污染	TN(39%) COD _{Cr} (32%)
A24	劣 V 类	中污染	COD _{Cr} (51%) TN(23%)
A25	劣 V 类	重污染	COD _{Cr} (30%) BOD ₅ (24%) TN(12%)
A26	劣 V 类	中污染	COD _{Cr} (47%) TN(20%)
A27	劣 V 类	严重污染	TN(26%) NH ₃ -N(23%) COD _{Cr} (13%)

2.2 水体营养状态

由图 2 可知,独流减河的 27 个采样点均处于富营养化状态(TLI 值为 50.74~97.45),其中 67% 的采样点处于重度富营养化,有 18.5% 的采样点 TLI 值超过 80。营养指数最高的采样点包括西大洼排干(A6)、陈台子排水河(A8)、十米河南闸出水口(A16)、十米河(A17)、华明化工厂排污口(A27),上述采样点除 A8 外均处于工业区或工厂附近(A6 附近为西大洼工业区、A16 和 A17 附近为中塘镇工业区及石化工业区、A27 为华明化工厂排污口),可见工厂排放的工业废水对西大洼、十米河等支流河道造成严重的污染;而陈台子泵站主要负责天津市外环线内城市排水、李七镇庄与精武镇部分区域除涝排水以及咸阳路污水处理厂出水排放任务^[2],可见 A8 主要受到城市污水的污染。

独流减河水体富营养化严重的原因,一方面与沿河工厂偷排和生活污水处理率不高有关,导致过量的氮、磷等进入河道^[19];另一方面可能与沉积物中氮、磷的释放有关,Reddy 等^[20]对瑞典一个湖泊的研究发现,夏季湖泊 99% 的养分来自沉积物,尤其当水体养分的外源得到有效控制后,沉积物中养分的季节性再悬浮仍能使湖泊的富营养化持续数十年。虽然近几年沿河生活污水和工业废水已基本并入城市污水管网,禁止污水直排

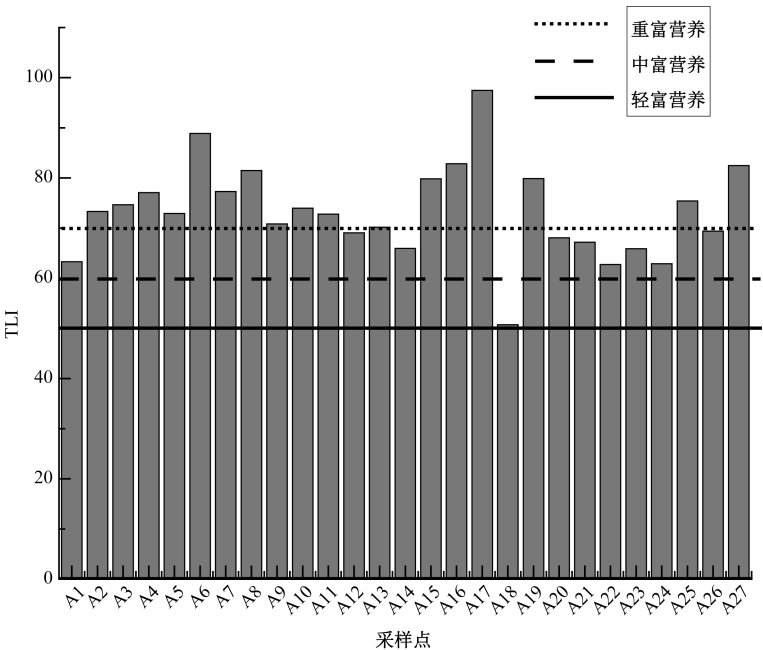


图 2 各采样点水体营养状况评价结果

Fig.2 Results of assessment of trophic status of water

入河,但在过去的十几年中,大量工业废水和生活污水不加处理直接排入河中,已经对沉积物造成严重的污染,因此,河道严重的富营养化很可能来源于沉积物中营养物质的二次释放。

2.3 沉积物质量评价结果

由表 8 可知,独流减河 15 个采样点表层沉积物评价等级均为 V,属于重污染,氮、磷、重金属均超标严重。独流减河有机质评价指数在 0.65~1.82 之间,变幅不大,平均值为 1.13,53% 的采样点有机质评价指数大于 1,超过加拿大安大略省环境和能源部发布的沉积物评价指南^[18] 中的标准(下文简称为评价标准);全磷评价指数在 1.99~5.08 之间,平均值为 2.79,各采样点全部

超过评价标准,除 B7 外均处于重污染状态,其中 B10 全磷污染最为严重;全氮评价指数在 0.95~3.44 之间,平均值为 2.02,除 B13 外均超过评价标准,47% 采样点处于重污染状态,其中 B1 污染最严重。独流减河表层沉积物有机质、氮和磷含量普遍超标。究其原因,沉积物可能受到染料类及有机合成类物质的污染。据了解,历史上独流减河两岸化工区内有许多染料化工厂,例如张家窝化工区、赵连庄化工区等,其生产过程中产生的染料废渣、废水大多直接排进周边水体中。虽然近年来大部分染料工厂被关停,但多年排放的染色污染物已严重污染河道底泥,造成了现在的污染。

表 8 沉积物单因子指数法评价结果
Table 8 Assessment results of sediment quality based on single-factor assessment

采样点	评价指标的单因子指数及评价等级									评价等级
	有机质	全磷	全氮	Cr	Cu	Pb	Cd	Ni	Zn	
B1	1.59	2.64	3.44	3.09	8.99	8.44	0.37	2.43	1.66	V
	IV	V	V	V	V	V	I	V	IV	
B2	1.35	3.47	2.04	3.57	0.14	3.77	2.03	2.19	1.60	V
	III	V	V	V	I	V	V	V	IV	
B3	1.12	2.11	2.67	2.19	0.69	0.71	0.60	1.66	1.05	V
	III	V	V	V	I	II	I	IV	III	
B4	0.71	2.17	1.21	2.77	2.56	0.33	0.70	1.80	1.26	V
	II	V	III	V	V	I	I	IV	III	
B5	1.12	3.28	1.65	5.46	3.79	0.78	0.00	2.45	1.32	V
	III	V	IV	V	V	II	I	V	III	
B6	0.53	2.41	1.72	4.08	6.40	0.59	0.63	3.16	1.45	V
	I	V	IV	V	V	I	I	V	III	
B7	1.82	1.99	1.08	4.00	0.73	0.43	0.32	2.08	1.00	V
	IV	IV	III	V	II	I	I	V	II	
B8	1.35	3.85	2.80	8.30	6.76	1.74	3.72	4.10	2.49	V
	III	V	V	V	V	IV	V	V	V	
B9	1.59	3.07	2.93	6.83	6.16	0.15	3.73	2.81	2.69	V
	IV	V	V	V	V	I	V	V	V	
B10	0.71	5.08	2.74	6.79	5.45	0.35	1.90	3.79	2.30	V
	II	V	V	V	V	I	IV	V	V	
B11	1.29	3.01	2.04	4.48	1.38	0.70	0.00	3.12	1.36	V
	III	V	V	V	III	I	I	V	III	
B12	0.65	2.47	1.91	3.78	1.83	1.01	0.00	3.74	0.93	V
	I	V	IV	V	IV	III	I	V	II	
B13	0.76	2.08	0.95	4.95	0.98	0.47	0.45	2.16	1.96	V
	II	V	II	V	II	I	I	V	IV	
B14	1.47	2.05	1.34	5.47	1.09	0.46	0.00	1.39	1.06	V
	III	V	III	V	III	I	I	III	III	
B15	0.88	2.17	1.72	3.73	3.55	0.32	1.25	2.56	1.23	V
	II	V	IV	V	V	I	III	V	III	

独流减河表层沉积物重金属 Cr 质量比为 57~215.81 mg/kg,评价指数在 2.19~8.3 之间,平均值为 4.63,全部处于重污染状态;重金属 Cu 质

量比为 2.19~143.88 mg/kg,评价指数在 0.14~8.99 之间,平均值为 3.37,各采样点之间差异较大,B1、B6、B8 和 B9 采样点 Cu 污染最为严重;重

金属 Pb 质量比为 4.58~261.69 mg/kg,评价指数在 0.15~8.44 之间,平均值为 1.45,B1 和 B2 采样点属于重污染;重金属 Cd 质量比为 0~2.24 mg/kg,评价指数在 0~3.73 之间,平均值为 1.05,各采样点之间差异较大,B2、B8、B9、B10 的 Cd 污染较严重;重金属 Ni 质量比为 22.25~65.63 mg/kg,评价指数在 1.39~4.1 之间,平均值为 2.63,80% 采样点属于重污染;重金属 Zn 质量比为 111.4~322.54 mg/kg,评价指数在 1~2.69 之间,B8、B9 为重污染。综上,独流减河沉积物重金属 Cr、Cu 和 Ni 超标最普遍,污染较重,重金属 Pb、Cd 和 Zn 在个别点位污染较重。沉积物中重金属的来源包括天然源(火山活动和岩石风化侵蚀),大气沉降和人类活动^[21-23]。其中人类活动的影响最大,独流减河沿岸有许多金属加工、钢铁制造等企业,该类企业在生产过程中会产生含有重金属的废酸,多年来许多工厂将废水直排入河,重金属进入水体并最终蓄积在沉积物中^[24-25]。孟鑫等^[8]调查发现,独流减河表层沉积物重金属含量从超标率来看,污染最严重的是 Cd 和 Cu,所有样点全部超标;而 Pb、As、Mo、Sn 的超标率都在 80% 以上。该调查结果与本文稍有不同,可能是因为取样点位和时间不同所致,但仍可说明独流减河表层沉积物重金属污染严重,政府及有关部门应采取相关措施治理重金属污染。

3 河道治理建议

3.1 污染源控制

独流减河的治理要从污染源开始进行控制,与此同时,将生态修复技术与之相结合,从根本上进行治理,恢复水体生态。

3.1.1 外源污染

1) 区域内工业废水达标排放

对独流减河沿岸工厂的排污进行严格管控,尤其是对两岸各大工业区,例如西琉城工业区、大邱庄工业区、中塘镇工业区及石化工业区等,进行截污改造,使其生产废水汇入污水处理厂管网。

2) 生活污水集中处理

西营门街东场引河沿岸部分居民区生活污水未纳入污水处理厂管网,生活污水直排入东场引河,进而通过南运河进入西大洼排水河,最终进入独流减河。因此,应抓紧实现全部生活污水集中处理,同时考虑对部分污水处理厂进行扩建。

3) 建设污染缓冲带

建议在独流减河沿岸建设污染缓冲带,缓冲带是指河道与陆地的交接区域,在这一区域种植植被可起到阻挡污染物进入河流的最后一道屏障的作用,使溶解的和颗粒状的营养物被生物群落消耗或转化。

3.1.2 内源污染

目前,控制独流减河内源污染的主要途径是进行底泥修复工作。建议对琉城西站至陈台子河段的底泥采取投加药剂、微生物菌剂等手段进行原位修复;对污染严重的区域,如宽河泵站附近受染料污染的岸滩等,开展清淤工作。

3.2 河道生态修复

3.2.1 水生态修复

生态系统修复是使受损河流恢复其功能健康的根本途径。独流减河水质整体较差且处于重度富营养化状态,建议采用生态调水+人工曝气+复合生物修复技术组合修复。

3.2.2 岸滩生态修复

岸滩是连接水生态系统与陆地生态系统的纽带。独流减河的岸滩生态修复主要包括两方面,一是对清淤后的滩涂采取微生物+植物联合生态修复技术(截留沟堤岸及宽河泵站区域左堤岸),实现滩涂的生态功能;其次对未清淤的岸滩进行生态建设,恢复其水陆生态交错区的结构与功能,增加植被数量和物种丰富度,建设污染缓冲带,提高河流自我净化能力。

3.2.3 重点区域浅层地下水修复

根据前期调研资料和现场调查发现,宽河泵站等重点区域独流减河左岸滩地挖坑潜水污染严重,十多种指标超过《地下水质量标准》GB/T 14848—93 中 IV 类标准,并且检测出高浓度的苯胺类、萘、2-萘胺与 2-萘酚等常用于制做染料与有机合成的有机污染物,该污染可能来自于堤岸中夹杂的染料渣块的淋洗和渗滤。因此,在对受污染滩地进行清淤之后,需对该地区浅层地下水进行修复。

4 结论

1) 独流减河水体污染较严重,各采样点水质均超过地表水 V 类水质标准,主要污染物为 TN、COD、NH₃-N 等;污染最严重的河段为十米河、陈台子排水河以及西大洼排干等支流水体;各采样点水体均处于富营养化状态,其中 67% 的采样点

为重度富营养化。

2)单因子评价结果显示,独流减河各采样点的表层沉积物评价等级均为 V 类,属于重污染水平,其中氮、磷、Cr、Cu 和 Ni 普遍超标,污染严重;个别点位 Pb、Zn、Cd 达到重污染水平。

3)针对独流减河的污染特征,建议针对重点河段和排放口,采取控制外源输入、沉积物清除和修复、地下水修复、河道生态恢复相结合的综合治理措施,维护河道水环境健康安全。

参考文献

[1] 韩清波. 独流减河口泥沙数学模型研究及应用[D]. 天津:天津大学, 2004.

[2] 王振杰. 独流减河水生态和环境修复问题初探[J]. 海河水利, 2006(2): 26-27.

[3] 杨彪, 王福, 田立柱, 等. 独流减河盐沼 210Pb_{exc} 和 137CS 剖面记录的现代洪水事件沉积[J]. 海洋学研究, 2016, 34(2): 25-34.

[4] 王玮. 独流减河水质变化规律及天然湿地净化效果研究[D]. 天津: 天津大学, 2016.

[5] 叶飞, 周其文, 刘书田, 等. 天津市主要河流水质调查与评价[J]. 环境卫生工程, 2009, 17(6): 9-11.

[6] 杨虹. 独流减河水环境污染特征及生态风险评价研究[D]. 天津: 天津工业大学, 2017.

[7] 卞少伟, 赵文喜, 杨洪玲, 等. 天津独流减河 8 月浮游植物群落结构与水质评价[J]. 中国环境管理干部学院学报, 2017, 27(4): 44-47.

[8] 孟鑫, 张洪, 单保庆, 等. 独流减河流域表层沉积物重金属污染特征及风险评价[J]. 城市环境与城市生态, 2016 (4): 36-41.

[9] 孟鑫. 独流减河流域表层沉积物典型有毒污染物分布特征及风险评价[D]. 兰州: 兰州交通大学, 2016.

[10] 魏复盛. 水和废水监测分析方法[M]. 4 版. 北京: 中国环境科学出版社, 2002.

[11] 史瑞和. 土壤农化分析[M]. 2 版. 北京: 中国农业出版社, 1986.

[12] 刘雷, 杨帆, 刘足根, 等. 微波消解 ICP-AES 法测定土壤及植物中的重金属[J]. 环境化学, 2008, 27(4): 511-514.

[13] 国家环境保护总局, 国家质量监督检验检疫总局. 中华人

民共和国地表水环境质量标准(GB 3838—2002)[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2002.

[14] 王俊, 姜建祥, 杨彬, 等. 吉林省河流水质分析与评价[J]. 地理科学, 1994, 14(2): 165-171.

[15] 谈旭初. 依据污染分担率划分地表水污染类型的方法[J]. 环境科学与管理, 2009, 34(4): 7-8.

[16] 王明翠, 刘雪芹. 湖泊富营养化评价方法及分级标准[J]. 中国环境监测, 2002, 18(5): 47-49.

[17] 罗昭林, 朱长波, 郭永坚, 等. 流沙湾表层沉积物中碳, 氮, 磷的分布特征和污染评价[J]. 南方水产科学, 2014, 10(3): 1-8.

[18] Mudroch A, Azcue J. Manual of aquatic sediment sampling [M]. CRC Press, Boca Raton, Florida, 1995.

[19] N'Guessan Y M, Probst J L, Bur T, et al. Trace elements in stream bed sediments from agricultural catchments (Gascogne region, S-W France): where do they come from? [J]. Science of the Total Environment, 2009, 407 (8): 2 939-2 952.

[20] Reddy K R, Fisher M M, Ivanoff D. Resuspension and diffusive flux of nitrogen and phosphorus in a hypereutrophic lake[J]. Journal of Environmental Quality, 1996, 25 (2): 363-371.

[21] Li S, Zhang Q. Risk assessment and seasonal variations of dissolved trace elements and heavy metals in the upper Han River, China[J]. Journal of Hazardous Materials, 2010, 181 (1-3): 1 051-1 058.

[22] Li S, Zhang Q. Spatial characterization of dissolved trace elements and heavy metals in the upper Han River (China) using multivariate statistical techniques [J]. Journal of Hazardous Materials, 2010, 176(1-3): 579-588.

[23] Zhang J. Heavy metal compositions of suspended sediments in the Changjiang (Yangtze River) estuary: significance of riverine transport to the ocean [J]. Continental Shelf Research, 1999, 19(12): 1 521-1 543.

[24] Siegler K, Phillips B M, Anderson B S. Temporal and spatial trends in sediment contaminants associated with toxicity in California watersheds[J]. Environmental Pollution, 2015, 206: 1-6.

[25] 吴光红, 朱兆洲, 刘二保, 等. 天津城市排污河道沉积物中重金属含量及分布特征[J]. 环境科学, 2008, 29(2): 413-420.