

# 基于综合评价法的天津市主要排污河流水质评价

侯淑艳<sup>1,2</sup>, 曲晓晶<sup>3</sup>, 刘建新<sup>2</sup>, 朱金兆<sup>1</sup>

(1. 北京林业大学 水土保持学院, 教育部水土保持与荒漠化防治重点实验室, 北京 100083;  
2. 黑龙江省水土保持科学研究所, 黑龙江 宾县 150400; 3. 吉林市农业科学院, 吉林 吉林 132101)

**摘 要:** 为了研究天津市主要排污河流的水质污染情况, 利用综合评价法对天津市的 5 条主要排污河流: 津河、南运河、海河、北运河、子牙河 2009 年 12 个月的水质监测数据进行了监测和评价。结果表明: 从单项污染指数来看, 海河的污染指数总磷> 氨氮> 总氮> 化学需氧量> 氟化物> 1, 说明海河的富营养化比较严重; 海河的综合污染指数为 12.15 最高, 津河和南运河的综合污染指数较低分别为 2.76 和 2.37; 污染分担率方面看, 海河的总氮污染分担率也较高, 达到了 16.62%。最终水质污染程度( $P$ ) 分析表明, 海河  $P > 0.5$  属于中度污染, 其他 4 条河流  $P < 0.5$  属于轻度污染。

**关键词:** 天津市; 综合评价法; 水质评价

中图分类号: X824

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2011)04-0061-04

## Water Quality Evaluation of Tianjin Main Blowdown River Based on Comprehensive Evaluation Method

HOU Shu-yan<sup>1,2</sup>, QU Xiao-jing<sup>3</sup>, LIU Jian-xin<sup>2</sup>, ZHU Jin-zhao<sup>1</sup>

(1. College of Soil and Water Conservation, Key Laboratory of Soil and Water Conservation and Desertification  
Combining of Ministry of Education, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China;

2. Institute of Soil and Water Conservation, Binxian, Heilongjiang 150400, China;

3. The Academy of Agricultural Sciences in Jilin City, Jilin, Jilin 132101, China)

**Abstract:** In order to study the situation of the Tianjin main blowdown rivers' water contamination, we used comprehensive evaluation method to evaluate the water quality of five main blowdown rivers in Tianjin, Jinhe River, South Canal, Haihe River, North canal and Ziya River. In 2009, we processed the monitoring and evaluation for water quality data. The results showed that: judging from single pollution index, Haihe Rivers' pollution index was in the order of total phosphorus> ammonia nitrogen> total nitrogen> chemical oxygen demand> fluoride> 1, indicating that the eutrophication in Haihe Rivers was severe; The comprehensive pollution index of Haihe River was 12.15, which indices in Jin River and South canal were lower 2.76 and 2.37, respectively than in Haihe River, the rate of pollution contribution, the total nitrogen of Haihe River was 16.62%. Finally water pollution degree ( $P$ ) analysis shows that,  $P > 0.5$  in Haihe River belongs to moderate pollution and  $P < 0.5$  in other four rivers belongs to light pollution.

**Key words:** Tianjin city; comprehensive evaluation; water quality evaluation

天津市地处华北平原东北部, 海河流域的七大水系流经本市, 径流量的 82% 经天津市汇入渤海, 素有九河下梢之称, 历史上水量十分丰沛。但是, 随着上游地区经济社会的快速发展, 用水量增加, 修建了几座大型水库, 加之干旱气候不断发生, 天津市逐渐由一

个水资源丰沛的地区, 演变为一个水资源严重短缺的资源型缺水城市。目前, 天津市人均水资源占有量只有 370 m<sup>3</sup>, 远远低于世界公认的人均占有量 1 000 m<sup>3</sup> 的缺水警戒线, 属重度缺水地区<sup>[1-2]</sup>。天津市的污灌历史长达 50 多年。天津市种植业中有近 1/3 的耕地利

用污水灌溉。全国第二次污灌普查资料显示,天津污水灌溉面积达 13.33 万  $\text{hm}^2$ , 占全市总耕地面积的 30% 以上。在污灌面积中,超农灌污水占 50.9%,工业及城市下水道污水占 49.1%。伴随着经济的发展,导致水质污染程度越来越严重,水质污染事故时有发生。地表水的水质直接关系到天津市人民的饮水安全、工农业用水供给、水产养殖业及旅游业的进一步发展。天津市通过对水资源利用进行综合治理整顿,取得了很好的效果<sup>[3-8]</sup>。本文通过对天津市境内的津河、南运河、北运河、海河和子牙河 5 条河流的水质状况进行监测,运用综合污染指数法来分析水质污染情况,以期为管理部门控制和改善水环境提供理论依据和参考。

# 1 水环境监测

## 1.1 采样点的布设及采样

河流监测点的选取和样品的采集参照 HJ/T 91-2002 地表水和污水监测技术规范进行,采样时间

为 2009 年 1-12 月,每个断面每月监测 1 次,按照平水期、枯水期、丰水期 3 个时期采样,每个断面同时采集 5 个样品,数据取 12 个月测定结果的平均值。其中北运河选取老米店、北洋桥、筐儿岗等 5 个监测断面;海河选取大良子、光华桥、光明桥、海河大闸等 9 个监测断面;子牙河选取西河闸上、大红桥等 4 个监测断面;津河选取八里台、二纬路、友谊路桥 3 个监测断面;南运河选取咸阳路桥、井冈山桥 2 个监测断面。

## 1.2 水样的监测分析

重金属检测采用 ICP-MS 方法;pH、电导率、浊度监测分析采用小型便携数显仪器;重金属检测采用重铬酸钾法;氨氮检测采用奈氏试剂比色法。

# 2 评价方法

## 2.1 评价标准

本文选取 GB 3838-2002 中的Ⅲ类水质标准限值(见表 1)。

表 1 地表水环境质量标准基本项目Ⅲ类标准值								mg/L
pH 值	氯化物	溶解氧	高锰酸盐	化学需氧量	生化需氧量	氨氮	亚硝酸盐氮	硝酸盐氮
6~9	250	2	15	40	10	1.5	1	25
总磷	石油类	挥发酚	总氰化物	六价铬	总砷	总汞	氟化物	总镉
0.2	1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.001	1.5	0.01
总铅	总锌	总铜	硫化物	四价硒	硫酸盐	溶解性铁	总锰	总氮
0.1	2	1	1	0.02	250	1	1	3

## 2.2 评价方法

### 2.2.1 单项评价方法

#### (1) 单项污染物污染指数

$$P_i = C_i / C_{i0} \tag{1}$$

式中: $P_i$ —— $i$  污染物的单项污染指数; $C_i$ —— $i$  污染物的实测值; $C_{i0}$ —— $i$  污染物的标准值。

#### (2) pH 值单项污染指数

$$P_{\text{pH}} = \frac{2S_{\text{pH}} - (S_1 + S_2)}{S_1 - S_2}$$

式中: $P_{\text{pH}}$ ——pH 值单项污染指数; $S_{\text{pH}}$ ——pH 值的年算数均值; $S_1$ 、 $S_2$ ——pH 标准的上限和下限。

#### (3) 溶解氧单项污染指数

$$P_{i(\text{DO})} = \frac{1}{[C_{i(\text{DO})} / C_{\text{DO}(\text{DO})}]}$$

式中: $P_{i(\text{DO})}$ ——溶解氧单项污染指数; $C_{i(\text{DO})}$ ——溶解氧算数均值; $C_{\text{DO}(\text{DO})}$ ——溶解氧水质评价标准。

### 2.2.2 综合评价方法

#### (1) 综合污染指数

$$P_z = \sum_{i=1}^n P_i$$

式中: $P_z$ ——Z 河流域断面综合质量指数; $P_i$ —— $i$  项污染指数; $n$ ——参与评价的污染物项目数。

#### (2) 水质污染程度分类

$$P = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i$$

式中: $P$ ——分类指数; $n$ ——参与评价污染物或河流断面数; $P_i$ —— $i$  项目污染指数。

污染物污染程度按表 2 执行。

表 2 污染物污染程度分类				
级别	严重污染	重度污染	中度污染	轻度污染
P 值	$P \geq 4$	$2 \leq P < 4$	$0.5 \leq P < 2$	$P < 0.5$

### 2.2.3 污染分担率的评价

$$K_i = \frac{P_i}{\sum_{i=1}^n P_i} \times 100\%$$

式中: $K_i$ —— $i$  项污染物在各项污染物中污染贡献的分担率; $P_i$ —— $i$  项目污染指数。

# 3 结果与分析

## 3.1 单项污染指数

由表 3 可以看出,津河和南运河的各单项污染指数均小于 1,达到Ⅲ类水质标准,表明津河和南运河污染并不明显。可能是由于津河经过改造的原因。在天津津河营养状态综合评价及防治对策中的研究表明经过改造后的津河设取的 8 个采样点的水质总

体好于未经过改造的卫津河<sup>[9]</sup>。

从表 3 中还可以看到子牙河除总磷和氨氮污染指数大于 1 以外, 其他均小于 1, 重金属污染中汞、铅、镉的污染相对其他重金属污染较严重, 但仍未超过 V 类水质标准。北运河的总磷污染指数为 1.49, 在各项污染指数中最高, 其次是化学需氧量、氨氮、生化需氧量和高锰酸盐指数, 该 4 项指数均大于 0.7, 说明北运河富营养化污染较严重。北运河重金属污染单

表 3 监测河流各项污染单项指数 ( $P_i$ )

监测 河流	pH 值	溶解氧/ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	高锰酸盐指数/ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	生化需氧量/ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	氨氮/ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	石油类/ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	化学需氧量/ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	总磷/ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	挥发酚/ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	总砷/ ( $\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ )	总汞/ ( $\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ )
津河	0.07	0.22	0.83	0.51	0.77	0.35	0	0	0	0	0
南运河	0.53	0.20	0.54	0.50	0.27	0.34	0	0	0	0	0
北运河	0.15	0.27	0.71	0.71	0.75	0.24	0.79	1.49	0.04	0.05	0.04
海河	0.31	0.26	0.80	0.41	2.49	0.10	1.48	2.84	0.03	0.05	0.04
子牙河	0.25	0.28	0.86	0.71	1.61	0.30	0.93	1.52	0.04	0.04	0.21

河流 名称	总铅/ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	总锌/ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	硝酸盐氮/ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	总氮/ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	总氰化物/ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	六价铬/ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	氟化物/ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	总镉/ ( $\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ )	总铜/ ( $\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ )	硫化物/ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	四价硒/ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )
津河	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
南运河	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
北运河	0.15	0.02	0.01	0.54	0.01	0.21	0.48	0.42	0.03	0.01	0.03
海河	0.01	0.02	0.08	2.02	0.01	0.02	1.07	0.04	0.03	0.02	0.01
子牙河	0.42	0.08	0.01	0.61	0.01	0.02	0.86	0.28	0.02	0.01	0.01

3.2 综合污染指数

由表 4 可以看出, 津河、南运河、北运河、海河和子牙河的综合污染指数排序为: 海河> 子牙河> 北运河> 津河> 南运河。其中, 海河的综合污染指数为 12.15 最高, 而津河和南运河的综合污染指数较低分别为 2.76 和 2.37, 说明海河的污染程度最严重; 其次是子牙河和北运河, 分析可能因为北运河等接纳北京、河北等地下排泄的污水, 由于来水水质恶劣, 致使河流水质常年处于超标状态, 而津河和南运河污染最轻。

表 4 监测河流的综合污染指数

河流	津河	南运河	北运河	海河	子牙河
$P_z$	2.76	2.37	7.15	12.15	9.09

3.3 污染分担率

从图 1、图 2 可以看出, 津河、南运河的高锰酸盐、和氨氮的污染分担率最高, 两项之和已达 58.27 % 和 43.98 %; 北运河、海河和子牙河的氨氮和总磷的污染分担率明显高于其他污染物, 两项之和分别为: 31.31%、43.83% 和 34.47%, 海河的总氮污染分担率也较高, 达到了 16.62%, 说明津河、南运河、北运河、海河和子牙河的主要污染为来自于磷、氮等的富营养化污染, 从表 5 各污染物总分担率中也呈现出相同的规律。北运河、海河和子牙河的重金属污染相对于富营养化污染均较低, 但从 3 条河流的重金属污染分担率(图 3) 比较中可以看出, 除海河各项重金属污染较

指数排序为: 总镉> 六价铬> 总铅> 总砷> 总汞> 四价硒> 总铜> 总锌, 其中, 除总镉、六价铬和总铅的指数大于 0.1 外, 其他几项均小于 0.1, 说明北运河重金属污染并不明显, 且其污染源主要来自于镉、铬、铅等工业污染。海河的污染指数总镉> 氨氮> 总氮> 化学需氧量> 氟化物> 1, 说明海河的富营养化比较严重, 已经超过了 V 类水质标准, 这与孙学明等人的研究结果一致<sup>[10]</sup>。

低以外, 北运河与子牙河重金属污染相对来说以镉和铅含为主。

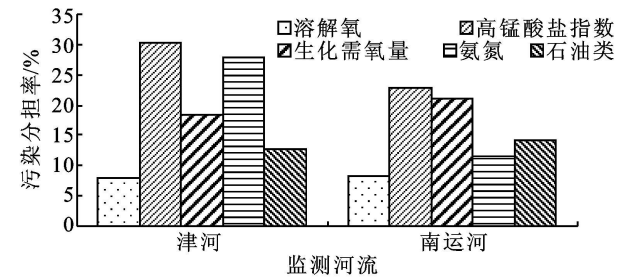


图 1 津河与南运河污染分担率

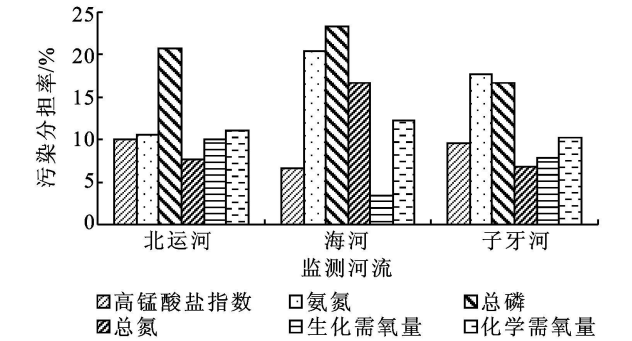


图 2 北运河、海河、子牙河污染分担率

3.4 水质污染程度分析

表 6 中津河、南北运河、海河和子牙河的污染程度顺序为: 海河> 津河> 子牙河> 南运河> 北运河。其中, 只有海河的  $P$  值大于 0.5, 属中度污染, 其他河

流的  $P$  值均小于 0.5, 属轻度污染。

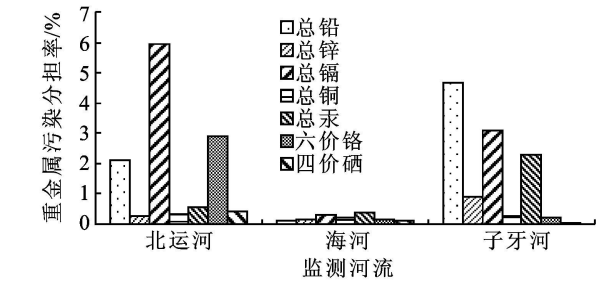


图 3 北运河、海河、子牙河重金属污染分担率

表 5 监测河流的总污染分担率

pH 值	溶解氧	高锰酸盐指数	生化需氧量	氨 氮	石油类	化学需氧量	总 磷	挥发酚	总 砷	总 汞
3.89	3.69	11.20	8.47	17.59	3.95	9.56	17.44	0.33	0.42	0.87
总 铅	总 锌	硝酸盐氮	总 氮	总氰化物	六价铬	氟化物	总 镉	总 铜	硫化物	四价硒
1.75	0.36	0.28	9.47	0.10	0.74	7.18	2.21	0.22	0.13	0.14

表 6 监测河流的污染程度对照

河流	津河	南运河	北运河	海河	子牙河
$P$	0.46	0.40	0.33	0.55	0.41

津河、南运河、北运河、海河和子牙河的富营养化污染程度远高于重金属污染, 主要表现为总磷和总氮的污染分担率较高, 5 条河流相比较而言, 北运河与子牙河重金属污染较严重, 以镉和汞为主, 因此应排查原因进行综合治理。

监测的 5 条河流总体水质较好, 只有海河的水质污染程度已经达到了中度污染, 富营养化程度较高, 其余 4 条河流都属于轻度污染, 对于海河应控制污染物排放, 特别是含氮磷类物质的排放, 以改善水环境。

参考文献:

[1] 刘帅. 天津市农村水资源开发利用分析[J]. 海河水利, 2006(6): 16-18.

[2] 胡群, 宗涛. 天津市水环境污染综合整治思路[J]. 天津

4 结 论

北运河、海河和子牙河的污染情况相对较严重, 多项污染指数超过 1, 其中海河最为严重。原因可能是因为海河径流地区工农业较发达, 从而使大量的生活生产用水排放到海河中去, 致使海河水质污染较为严重。子牙河与北运河河段由于周围有大量的农田耕地, 几万人生活的村庄, 大量的农药化肥, 生活污水等污染物质随着雨水流入河流中, 从而导致了水体的污染。

建设科技, 2005, 15(2): 42-44.

[3] 国家环保总局, 国家质量监督检验检疫总局. GB3838-2002 地表水环境质量标准[S]. 2002.

[4] 国家环保总局. HJ/T91-2002 地表水和污水监测技术规范[S]. 2003.

[5] 王立林, 王鸿雁, 杜玉凤. 于桥水库水环境质量现状评价及趋势分析[J]. 海河水利, 2007(3): 18-20.

[6] 冯利红, 侯常春. 天津市农村饮用水水质现状调查[J]. 职业与健康, 2003, 19(6): 88-89.

[7] 王鑫, 庞金钊, 杨宗政. 永定新河污染水体处理试验[J]. 工业水处理, 2006, 26(3): 39-41, 55.

[8] 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.

[9] 佟玉洁, 朱琳. 天津津河营养状况综合评价及防治对策[J]. 城市环境与城市生态, 2003, 16(2): 46-47.

[10] 孙学明, 文威, 孙淑娟, 等. 天津海河氮磷营养盐和  $\text{COD}_{\text{Cr}}$  等污染现状研究[J]. 现代农业科技, 2008(11): 362-366.

(上接第 60 页)

[3] 田硕. 对北京城市河流生态治理的理论与方法初探[D]. 北京: 北京林业大学, 2008.

[4] 戴梅. 对河道治理及生态修复的思考[J]. 水科学与工程, 2010(2): 59-61.

[5] 韩玉玲, 严齐斌, 应聪慧, 等. 应用植物措施建设生态河道的认识和思考[J]. 中国水利, 2006(20): 9-12.

[6] 郝彤琦, 谢小妍, 洪添胜. 滩涂土壤与植物根系复合体抗剪强度的试验研究[J]. 华南农业大学学报, 2000, 21(4): 78-80.

[7] 代全厚, 张力, 刘艳军, 等. 嫩江大堤植物根系固土护堤功能研究[J]. 水土保持通报, 1998, 18(6): 8-11.

[8] 吴淑安, 蔡强国. 土壤表土中植物根系影响其抗蚀性的模拟降雨试验研究: 以张家口试验区为例[J]. 干旱区资源与环境, 1999, 13(3): 35-43.

[9] 杨亚川, 莫永京, 王芝芳, 等. 土壤-草本植被根系复合体抗水蚀强度与抗剪强度的试验研究[J]. 中国农业大学学报, 1996, 1(2): 31-38.

[10] 程洪, 张新全. 草本植物根系网固土原理的力学试验探究[J]. 水土保持通报, 2002, 22(5): 20-23.

[11] 刘瑛, 高甲荣, 陈子珊, 等. 北京郊区两种生态护岸方式温湿度效应对比[J]. 水土保持研究, 2007, 14(6): 219-222, 226.