

文章编号: 1006-4710(2011)01-0018-06

# 西安浐灞河截污工程对水质改善的效果研究

徐志嫫, 刘维

(西安理工大学 西北水资源与环境生态教育部重点实验室, 陕西 西安 710048)

**摘要:** 为了探讨截污措施在河流水质改善方面所起的作用, 应用实际监测资料和理论预测, 对浐灞河下游段实施截污工程措施以来的水环境质量变化趋势进行了分析。结果表明, 截污工程实施后浐河和灞河平均污染指数分别下降了 25.12% 和 43.94%, 各水功能区水质得到了提高, 主要污染物  $\text{COD}_{\text{Cr}}$ 、 $\text{NH}_3\text{-N}$  和 TP 的平均截留率分别达到 80.95%、40.88% 和 37.10%, 水环境质量得到了明显的改善。因此通过控制点源污染进行污水的集中处理达标排放是加速浐灞河水水质改善的较佳途径。

**关键词:** 浐灞河; 截污工程; 污水集中处理; 水环境质量

**中图分类号:** F830.5      **文献标志码:** A

## Research on Improving Effects of Sewage Interception on Water Quality of Chanba River in Xi'an

XU Zhiqiang, LIU Wei

(Key Laboratory of Northwest Water Resources and Environment Ecology of MOE, Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China)

**Abstract:** In order to probe into the effect played by sewage interception measures on the improvement of river water quality, the actual monitored data and theoretical predication can be used to analyze the trend of changes in water environment qualities since the sewage interception engineering measures were implemented in the downstream section of the Chanba river. The results show that the mean pollution index decreased by 25.12% and 43.94%, respectively after the implementation of sewage works. Water quality has been improved in each water function zone. The average intercepting rates of  $\text{COD}_{\text{Cr}}$ ,  $\text{NH}_3\text{-N}$  and TP can reach 80.95%, 40.88% and 37.10%, respectively. The water environment quality has been obviously improved. For this reason, the intensified concentrated wastewater treatment and acceptable discharge via controlling over point source pollution can be the best way to accelerate the water quality improvement of the Chanba river.

**Key words:** Chanba river; sewage interception; concentrated wastewater treatment; water environment quality

目前我国河流受有机污染较为严重, 一些城市河流甚至完全沦为纳污河<sup>[1-2]</sup>。综观国内外此类污染河流治理的实验研究与工程实践, 河流治理技术可分为三种, 即, 以截污工程和二级生物处理相结合的异地处理法<sup>[3]</sup>、采用河道内曝气、投菌、生物膜法和化学法等的原位处理法<sup>[4-7]</sup> 和建人工湿地、氧化塘以及多种形式的生物反应器的旁路处理

法<sup>[8-11]</sup>。对于以有机污染为主的河流, 异地处理法是最经济有效地治理方法之一, 而截污工程决定了污染物消除的总量, 是异地处理法的关键<sup>[3, 12]</sup>。我国一些城市针对污染严重的城市河流实施截污工程后均取得了显著效果<sup>[13-14]</sup>。为此笔者以西安市浐灞河为例, 在对截污工程实施前后水质实际监测结果进行分析的基础上对截污工程的效果进行了

**收稿日期:** 2010-10-07

**基金项目:** 国家自然科学基金资助项目(50909080); 陕西省自然科学基金资助项目(2009JM7009); 陕西省教育厅基金资助项目(07JK352)。

**作者简介:** 徐志嫫(1969-), 女, 重庆市人, 博士, 副教授, 研究方向为污水处理与再生利用技术。

E-mail: xuzhiqiang@xaut.edu.cn。



改善泾渭河流域水环境质量,补充生态用水的不足,具有十分重要的意义。

表1 2005年度泾河、渭河监测断面的主要污染物超标情况统计

Tab.1 Statistics of excessive main pollution of the Chanba river monitoring sections in 2005

河流名称	断面名称	主要污染物及最大超标倍数						
		挥发酚	石油类	阴离子表面活性剂	氨氮	化学需氧量	总氮	总磷
泾河	高桥	-	10.34	-	-	-	2.82	0.44
	田家湾	0.50	3.16	-	0.50	-	7.86	2.32
	泾河口	1.40	47.00	3.98	6.95	1.22	10.10	3.87
渭河	蓝田县城	5.50	10.00	-	0.35	-	12.93	-
	马渡王	-	13.00	-	-	-	3.06	-
	渭河口	-	3.84	-	-	-	3.60	0.84
	三郎村	0.40	20.50	0.21	4.42	0.16	7.86	1.30

表2 泾渭河水环境常规监测断面水质变化情况

Tab.2 Water quality change of conventional monitoring section in Chanba river

河流	断面名称	断面级别	断面水质现状		区划水质目标
			2005年	2008年	
泾河	高桥		V	IV	III
	田家湾		IV	IV	II
	泾河口	市控	劣V	劣V	III
渭河	蓝田县城		V	IV	II
	马渡王		V	IV	III
	渭河口	国控	IV	III	III
	三郎村	省控	劣V	劣V	III

### 3 截污工程对水质影响的研究与预测

#### 3.1 截污工程对水质改善效果分析

2006年至2008年期间,泾渭河实施了以截污和污水治理为先导的水生态修复工程,工程实施后,泾渭河水水质得到了明显改善,表2为截污工程实施后(2008年)与实施前(2005年)各功能区水质达标情况。表明,泾渭河有4个断面水质已达到IV类水质标准,渭河口达到III类水质目标,泾河口和三郎村断面虽仍为劣V类,但污染程度有所减轻。

图2和图3分别为泾河和渭河各监测断面综合污染指数的变化情况。由图2可见,与截污前(2005年)相比,泾河口断面综合污染指数得到了一定程度的降低,而高桥和田家湾断面无明显改善。主要原因是泾河田家湾以上河段水体自身本底浓度较小,而截流的排污口主要集中在田家湾以下河段,所以截污工程主要使田家湾下游河段的水质得到了较大的改善,泾河2008年综合污染指数比2005年平均下降了25.12%。由图3可见,渭河各断面

综合污染指数有较大程度的降低,其中蓝田县城断面综合污染指数降低幅度最大(为53.12%),而三郎村断面综合污染指数下降幅度较小(为35.87%),渭河2008年综合污染指数比2005年平均下降43.94%,这除了与渭河水流量大,排污口少,河流本身水环境容量较大,污染程度小有关外,还与近年来对渭河口上游水体主要排污口的截流和实行的水体修复工程有关,2008年渭河口断面水质已达到水功能区划要求。

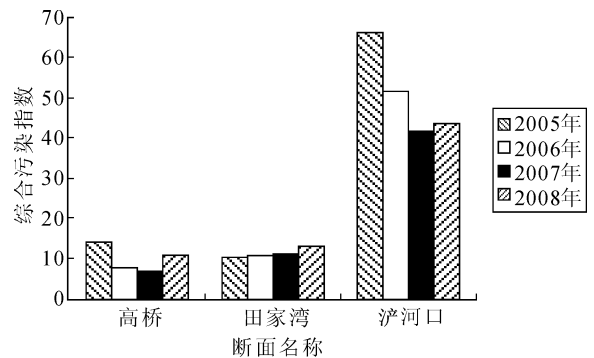


图2 泾河各监测断面综合污染指数的变化  
Fig.2 The changes of synthetic pollution indices of monitoring section in Chan river

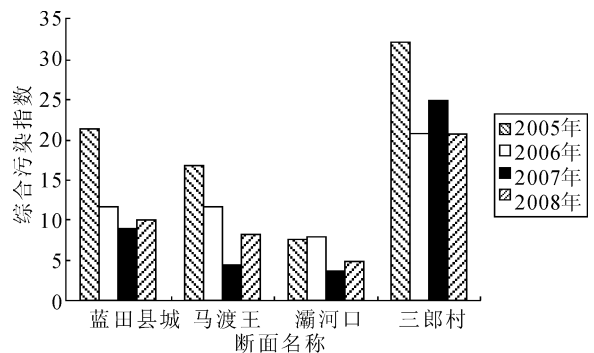


图3 渭河各监测断面综合污染指数的变化  
Fig.3 The changes of synthetic pollution indices of monitoring section in Ba river

### 3.2 截污工程对污染物削减预测

#### 3.2.1 水质预测方法

灞河流域主要污染物  $\text{COD}_{\text{Cr}}$ 、氨氮和 TP 的排放量分别为 41 690.75 t、3 779.85 t 和 589.32 t 左右。2008 年灞河流域只有一座污水处理厂投入运行, 污水的处理量不到灞河流域污水排放量的 25%, 污水处理率不高。表 3 为污水处理厂对主要污染物的削减情况。

表 3 2008 年污水处理厂实际截留污染物量

Tab. 3 Pollutant quantity intercepted by wastewater treatment plants in 2008

项目	污染物总量/t	污染物截留量/t	平均截留率/%
$\text{COD}_{\text{Cr}}$	41 690.75	33 748.74	80.95
$\text{NH}_3\text{-N}$	3 779.85	1 545.34	40.88
TP	589.32	218.65	37.10

由表 3 可看出, 污水处理厂二级处理对主要污染物  $\text{COD}_{\text{Cr}}$ 、 $\text{NH}_3\text{-N}$  和 TP 的平均截留率分别达到了 80.95%、40.88% 和 37.10%, 说明污水处理厂对主要污染物的截留率相对较高, 建设污水处理厂对污水进行有效的处理能在很大程度上减少外援污染物的排入。但污水经过二级生物处理后出水中氮、磷等营养盐含量较高, 排放到水体仍然会对水体产生诸如富营养化等一系列的影响。

2008 年灞河下游区域大部分排污口已被截流, 但规划的 3 座污水处理厂还未投入运行, 部分截流的污水未经处理而直接通过临时修建的排污渠道排入河流下游。预计到 2012 年灞河下游区域 4 座污水处理厂都将投入运行, 届时所有污水将经过污水处理厂处理后达到一级 B 排放标准后排放。

为较为合理地预测和评价河流水质, 本研究假设所有污水处理后均达到了一级 B 排放标准, 选取  $\text{COD}_{\text{Cr}}$ 、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、 $\text{BOD}_5$ 、石油类、TN 和 TP 作为评价因子, 采用完全混合水质模型, 以灞河 90% 保证率的最枯月均流量为基准, 对灞河水质进行预测<sup>[15-16]</sup>, 同时利用模糊综合评判方法<sup>[17]</sup>, 并结合灞河流域水质监测资料, 按照《地面水环境质量标准》(GB3838-2002) 和《景观娱乐用水水质标准》(GB1241-91), 考虑灞河流域水体水域功能区划特点在将水质标准分为五级的基础上, 对灞河实施截污治污前后水体质量进行综合评价。

#### 3.2.2 水质预测和评价模型的建立

##### 1) 预测模型

由于灞河下游水深较浅, 因此采用完全混合

水质模型对实施截污工程后的污染物浓度变化进行预测为:

$$C = \frac{c_0 \times Q + c_w \times q}{Q + q} \quad (1)$$

式中,  $C$  为预测的污染物浓度 (mg/L);  $c_0$  为河流起始的污染物浓度 (mg/L);  $c_w$  为污水中污染物浓度 (mg/L);  $Q$  为河流流量 ( $\text{m}^3/\text{min}$ );  $q$  为污水流量 ( $\text{m}^3/\text{min}$ )。

##### 2) 模糊综合评价模型

模糊综合评判方法的思路即应用灰色理论来解决模糊问题, 建立合适的隶属函数模型, 将不可比的数据映射成隶属度, 并加以权重, 最后在多目标综合指数评价决策矩阵中确定最佳局势, 以确定水环境的污染程度。具体的评价程序及设计模型如下:

① 确定评价因素集合  $C = \{C_1, C_2, C_3, \dots, C_n\}$ , 其中  $C_i (i = 1, 2, \dots, n)$  是评价因素, 这一集合构成了评价的框架。

② 确定评价等级标准集合  $Q = \{Q_1, Q_2, Q_3, \dots, Q_m\}$ , 其中  $Q_i (i = 1, 2, \dots, m)$  是评价等级,  $m$  为元素个数, 即等级数或评语档次数。这一集合规定了某一评价因素的评价结果的选择范围。

③ 评价指标权重的确定, 各因素的权数分配有多种确定方法, 本文采用“污染物浓度超标加权法”求单因素权数<sup>[18]</sup>。

④ 确定隶属度矩阵, 构造评判矩阵的关键是确定指标隶属度。本文采取线性隶属函数来确定各级水的隶属度。

##### ⑤ 模糊综合评价

单因素模糊评价仅反映一个因子对评价对象的影响, 而未反映所有因子的综合影响, 也就不能得出综合评价结果。模糊综合评价考虑所有因子的影响, 将模糊权向量  $W$  与单因素模糊评价矩阵  $R$  复合, 便得到各个被评价对象的模糊综合评价向量  $B$ , 根据最大隶属原则, 确定评价对象所属的评价等级, 给出评价结论, 其中模糊评判的隶属度向量  $B$  的表达式为:

$$B = W \cdot R = \{b_1, b_2, \dots, b_m\} = \sum_{i=1}^n w_i \cdot r_{ij} \quad (2)$$

#### 3.2.3 评价结果与讨论

表 4 是根据公式 (1) 得到的灞河经截污和污水治理后的水质预测结果, 由表 4 可见, 若截污和污水处理工程实施后水质将发生明显的改变, 灞河下游断面 (除灞河口) 各污染物浓度均得到了一定程度的降低。除石油类和 TN 指标外, 其余指标都能达到地表水 III 类水质标准。说明截污工程对河流水质具有较大的改善作用。

表4 沔灞河治理前后水质预测结果

Tab.4 Predict results of water quality in the before and after management of the Chanba river

断面名称	COD <sub>Cr</sub> /(mg/L)	NH <sub>3</sub> -N /(mg/L)	BOD <sub>5</sub> /(mg/L)	石油类 /(mg/L)	TN /(mg/L)	TP /(mg/L)	
治理前	沔河口	44.33	7.95	10.67	2.40	11.10	0.97
	灞河口	9.17	0.55	1.17	0.24	4.59	0.33
	三郎村	23.17	5.42	4.33	1.08	8.86	0.46
治理后	沔河口	19.20	2.00	4.29	0.59	7.27	0.37
	灞河口	9.90	0.83	1.69	0.59	7.24	0.10
	三郎村	17.05	1.75	3.85	0.77	8.46	0.24
Ⅲ类水质标准	20.00	1.00	4.00	0.05	1.00	0.20	
削减率/%	沔河口	56.69	74.85	59.79	75.17	34.50	61.56
	灞河口	-	-	-	-	-	-
	三郎村	26.19	67.72	11.09	28.70	4.49	48.70

表5为沔灞河模糊综合指数评价计算结果,可见虽然实施截污和污水处理工程后各断面水质还隶属于V类水质,但从模糊综合指数可以看出,沔河口由劣V类水转变成V类水质,灞河口和三郎村的模糊总指数也分别降低了15%和29%,各断面水质都得到了明显的改善,但TN有一定程度的超标。

这是由于污水厂对TN的去除能力有限,污水经过二级生物处理后还含有一定的氮、磷等营养物质,仍会对水体产生影响,所以有必要对污水进行深度处理和再生利用,这样不仅可以减轻污染负荷,而且再生水还能补充生态环境用水的需求。

表5 模糊综合指数计算结果

Tab.5 Calculations of fuzzy comprehensive index

项目	I	II	III	IV	V	B	评价结果
治理前							
沔河口	0	0	0	0	1	1	劣V
灞河口	0.081 67	0.083 56	0.054 70	0.102 13	0.677 93	0.677 93	V
三郎村	0	0	0.086 64	0.026 91	0.886 45	0.886 45	V
治理后							
沔河口	0	0.027 53	0.033 91	0.144 62	0.793 94	0.793 94	V
灞河口	0.084 12	0.072 94	0.021 51	0.237 712	0.583 71	0.583 71	V
三郎村	0	0.032 05	0.185 43	0.154 06	0.628 44	0.628 44	V

## 4 结论

1) 截污工程的实施对改善沔灞河水体水质有显著的作用,但个别监测断面水质未得到有效改善,主要原因是规划的污水处理厂还未投入建设以及河流生态基流量较小。

2) 预测结果表明,通过对沔灞河下游段所有排污口进行有效截流和按规划要求建设污水处理厂,使出水水质达到一级B排放标准后,除总氮外其余指标均达到了功能区划(Ⅲ类水质标准)水质要求。

3) 加强污水处理厂的运行管理,满足达标排放

要求是确保沔灞河水质提高的基本保证。

4) 通过截污工程的实施,能基本杜绝河水发黑发臭的现象,但由于经处理排放到水体中的TN和TP浓度依然较高,仍然对水体产生一系列的影响,所以对污水进行相应的深度处理和再生利用可减轻污染负荷,并补充生态环境用水需求。

## 参考文献:

- [1] 何强,井文涌,王翊亭. 环境学导论[M]. 北京:清华大学出版社,1994.
- [2] Jin Zhuma, Zhen Yuding, Guo Xiaowei, et al. Sources of water pollution and evolution of water quality in the Wuwei

- basin of Shiyang river, Northwest China[J]. Journal of Environmental Management, 2009,90(2):1168-1177.
- [3] Tare V, Bose P, Gupta S K. Suggestions for a modified approach towards implementation and assessment of Ganga Action Plan and other similar river action plans in India [J]. Water Quality Research Journal of Canada, 2003, 38(4):607-626.
- [4] 周杰,章永泰,杨贤智. 人工曝气复氧治理黑臭河流[J]. 中国给水排水, 2001, 17(4):47-49.  
Zhou Jie, Zhang Yongtai, Yang Xianzhi. Black and odorous river disposal with re-aeration [J]. China Water & Wastewater, 2001, 17(4):47-49.
- [5] 曾宇,秦松. 光合细菌法在水处理中的应用[J]. 城市环境与城市生态, 2000, 13(6):29-31.  
Zhen Yu, Qin Song. Application of PSB method in sewage purification [J]. Urban Environment & Urban Ecology, 2000, 13(6):29-31.
- [6] 田伟君,翟金波. 生物膜技术在污染河道治理中的应用[J]. 环境保护, 2003, (8):19-21.  
Tian Weijun, Di Jinbo. Application of biomembrance technique in river pollution control [J]. Engineering and Technology, 2003, (8):19-21.
- [7] 栾兆坤,汤鸿霄. 经济有效的城市与纳污河污水强化絮凝工艺技术系统[J]. 中国环保产业, 2001, 1:34-36.  
Luan Zhaokun, Tang Hongxiao. The economical and effective technical system of enhanced flocculation for urban sewage and pollution-accepting river water [J]. China Environmental Protection Industry, 2001, 1:34-36.
- [8] Sun Lianpeng, Liu Yang, Jin Hui. Nitrogen removal from polluted river by enhanced floating bed grown canna [J]. Ecological Engineering, 2009, 35(1):135-140.
- [9] Sheng Zhou, Masaaki H. Nitrogen transformations and balance in a constructed wetland for nutrient-polluted river water treatment using forage rice in Japan [J]. Ecological Engineering, 2008, 32(2):147-155.
- [10] 林岩清,何苗,胡洪营,等. 渗流式生物床处理受污染河水的中试[J]. 中国给水排水, 2005, 21(3):8-11.  
Lin Yanqing, He Miao, Hu Hongying, et al. Pilot study on polluted river water treatment by using seepage biological bed [J]. China Water & Wastewater, 2005, 21(3):8-11.
- [11] Park Y S, Moon J H, Kim D S, et al. Treatment of a polluted stream by a fixed-bed biofilm reactor with sludge discharger and backwashing system [J]. Chemical Engineering Journal, 2004, 99:265-271.
- [12] 温东辉,李璐. 以有机污染为主的河流治理技术研究进展[J]. 生态环境, 2007, 16(5):1539-1545.  
Wen Donghui, Li Lu. Development of the treatment technologies for organic polluted rivers [J]. Ecology and Environment, 2007, 16(5):1539-1545.
- [13] 谭炎珍. 广州市东濠涌截污工程的设计[J]. 中国给水排水, 2006, 22(16):33-35.  
Tan Yanzhen. Design of the interception project of Donghaoyong river in Guangzhou city [J]. China Water & Wastewater, 2006, 22(16):33-35.
- [14] 徐祖信,刘代玲. 苏州河6支流截污工程的优化调整[J]. 上海环境科学, 2003, 22(4):234-237.  
Xu Zuxin, Liu Dailing. Optimization & adjustment of sewage interception from the six tributaries of Suzhou creek [J]. Shanghai Environmental Sciences, 2003, 22(4):234-237.
- [15] 杨杰军,王琳,王成见,等. 中国北方河流环境容量核算方法研究[J]. 水利学报, 2009, 40(2):194-200.  
Yang Jiejun, Wang Lin, Wang Chengjian, et al. Environmental capacity of rivers in North China [J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2009, 40(2):194-200.
- [16] 陈眉,程晓如. 东湖截污工程对改善西南湖区水质的预测研究[J]. 中国给水排水, 2003, 19(3):37-39  
Chen mei, Cheng Xiaoru. Prediction on improving water quality in southwest lake region by east lake sewage interception project [J]. China Water & Wastewater, 2003, 19(3):37-39.
- [17] 徐晓云,陈效民,谢继征. 模糊综合评价法用于京杭运河扬州段的水质评价[J]. 中国给水排水, 2008, 24(24):107-110.  
Xu Xiaoyun, Chen Xiaomin, Xie Jizheng. Evaluation on water quality of Jinghang canal in Yangzhou by fuzzy comprehensive assessment method [J]. China Water & Wastewater, 2008, 24(24):107-110.
- [18] 李莲芳,曾希柏,李国学,等. 利用模糊综合评判法评价潮白河流域水质[J]. 农业环境科学学报, 2006, 25(2):471-476.  
Li Lianfang, Zeng Xibai, Li Guoxue, et al. Water quality assessment in Chaobai river by fuzzy synthetic evaluation method [J]. Journal of Agro-Environment Science, 2006, 25(2):471-476.

(责任编辑 李虹燕)