

# 灞河下游河段水质模拟研究

聂勃<sup>1,2</sup>, 郭梦京<sup>1</sup>, 马斌<sup>1</sup>

(1. 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;

2. 西安世园投资(集团)有限公司, 陕西 西安 710048)

**摘要:** 根据灞河下游河段水质系统的状况,从管理角度和水质模型的空间维数来考虑,选取河流一维稳态水质模型,依据大量的实测数据率定降解系数,设定现状调查排放源、许可固定排放源与规划排放源3种工况,模拟灞河下游河段沿程各断面水质影响变化。通过对比3种工况对水质影响关系,得出在现状调查排放源和许可固定排放源条件下,水质受到污染;在规划排放源条件下,呈现出较好的水质状况。研究结果为河道的水环境管理提供了依据。

**关键词:** 河流水质;水质模型;模拟工况;灞河下游河段

中图分类号: X824

文献标识码: A

文章编号: 1672-643X(2012)01-0168-03

## Water quality simulation in the lower section of Chan river and Ba river

NIE Bo<sup>1,2</sup>, GUO Mengjing<sup>1</sup>, MA Bin<sup>1</sup>

(1. Key Laboratory of Northwest Water Resources and Environmental Ecology of Education Ministry, Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China; 2. Xi'an International Horticultural Investment (Group) Co., Ltd, Xi'an 710048, China)

**Abstract:** The paper is based on the state of water quality system of the lower sections of Chanba river. Considering from management point of view and the space dimension of water quality model, it selected the quality model of one-dimensional steady-state river water and chose parameter which is based on measured data of a large number of calibration. This paper set three conditions, such as investigation determined source, fixed licensing source and planning permission source which were used to simulate the different section water quality of Chanba River downstream. By comparing the three kinds of impacts on water quality conditions, water is polluted under the conditions of investigation and licensing, while sources in the planning conditions would show a good water quality. The results can provide a basis for water environment management of the river.

**Key words:** water quality of river; water quality model; simulated condition; lower section of Chan river and Ba river

## 1 概述

水质数学模型是描述污染物在水体中运动变化规律及影响因素相互关系的数学表达式。由于水质问题常常涉及生物化学作用的影响,而生物化学反应物理模型的相似律又很难解决,因此,水质模型主要是数学模型。

在面临为数众多的各种水质模型没在进行水质模拟预测时,需要从模型的内容和形式做出恰当的选择。一般来说较复杂的模型可以较全面的反映客观实际,但为了确定模型及其参数需要较多的信息。各种模型都有其推导的条件和使用的要求。应根据实际的需要,就模型的复杂程度、可能提供的信息和人力、物力等几个方面选择适当的模型<sup>[1]</sup>。

本文从管理角度、空间维数及水质系统的状态

来考虑,选取河流一维稳态 S-P 水质模型,对灞河下游河段水质进行模拟预测。

## 2 水质模型

水质模型的解是在均匀和稳定的水流条件下取得的,当河流的水文条件沿程发生变化时,需要将其分成若干个河段,使得每个河段内水文条件基本保持均匀稳定。因而根据河流本身特点和沿程输入输出状态及实际需要,应用系统方法<sup>[2-5]</sup>,可以用图1表达它的概念化模型。

图1中:  $Q_i$  为节点  $i$  处注入河流的污水流量,  $m^3/s$ ;  $Q_{1i}$  为由上游流到断面  $i$  的河水流量,  $m^3/s$ ;  $Q_{2i}$  是由断面  $i$  向下游流出的河水流量,  $m^3/s$ ;  $Q_{3i}$  为在断面  $i$  处引走的流量,  $m^3/s$ ;  $L_i, O_i$  为断面  $i$  处注入

收稿日期: 2011-09-23; 修回日期: 2011-10-10

作者简介: 聂勃(1977-),男,陕西西安人,硕士,研究方向为水利水电工程管理。

通讯作者: 郭梦京(1986-),男,陕西西安人,硕士,研究方向为环境工程。

河流的污水浓度,mg/L;  $L_{1i}, O_{1i}$  为由上游流到断面  $i$  的河水浓度,mg/L,  $L_{2i}, O_{2i}$  为由断面  $i$  向下游输出的河水浓度,mg/L;  $k_{1i}, k_{2i}, k_{3i}$  为由断面  $i$  至断面  $i + 1$  间的河流水质参数( $s - 1$ );  $t_i$  为断面  $i$  至断面  $i + 1$  的河水流行时间。

斯特里特 - 菲尔普斯 (Streerer - Phelps) 对一维稳态河流 BOD - DO 耦合模型的基本方程为<sup>[6]</sup>:

$$\begin{cases} u \frac{\partial L}{\partial x} = E \frac{\partial^2 L}{\partial x^2} - k_1 L \\ u \frac{\partial O}{\partial x} = E \frac{\partial^2 O}{\partial x^2} - k_1 L + k_2 (Q_s - O) \end{cases} \quad (1)$$

在  $L(x = 0) = L_0, O(x = 0) = O_0$  的初值条件下,忽略弥散时,求的积分解,得到以下的 S - P 模型:

$$\begin{cases} L = L_0 e^{-k_1 x/u} \\ O = O_s - (O_s - O_0) e^{-k_2 x/u} + \frac{k_1 - L_0}{k_1 - k_2} (e^{-k_1 x/u} - e^{-k_2 x/u}) \end{cases} \quad (2)$$

式(2)中:  $L, L_0$  为  $x = x$  和  $x = 0$  处河水污染物的浓度,mg/L;  $O, O_0$  为  $x = x$  和  $x = 0$  处河水溶解氧的浓度,mg/L;  $x$  为离排污口 ( $x = 0$ ) 的河水流动距离,m;  $u$  为河水平均流速,m/s;  $k_1$  为 BOD 的衰减系数( $s - 1$ ),  $k_2$  为河水复氧系数( $s - 1$ ),  $E$  为河流弥散系数,m<sup>2</sup>/s;  $O_s$  为河水在某温度时的饱和和溶解氧浓度,mg/L。

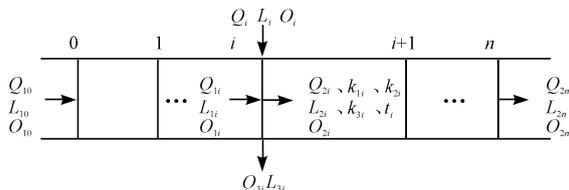


图 1 一维稳态河流的概念化模型

### 3 模型应用

#### 3.1 自然地理

泾渭河下游河段位于西安市泾渭生态区,区内主要的河流是灞河和泾河。两河相汇后注入渭河,灞河在泾渭生态区内,南起西康铁路桥(田王桥)北至灞河入渭口(三郎村),全长 20.5 km,多年平均流量为 15.32 m<sup>3</sup>/s。泾河是灞河的一级支流,泾渭生态区内河段南起绕城高速桥(高桥)北至泾河入灞口(泾河口),全长 15.4 km,多年平均流量为 5.39 m<sup>3</sup>/s。泾渭生态区内河段区域概况如图 2 所示。

#### 3.2 水功能区划

水环境功能区划分主要依据地面的使用目的、保护目标及承受能力来确定,强化水环境保护的目

标管理,它是实现水环境综合开发、合理利用、积极保护和科学管理的基础。依据《陕西省水环境功能区划》<sup>[7]</sup>泾渭河下游河段的水环境功能区划见表 1。

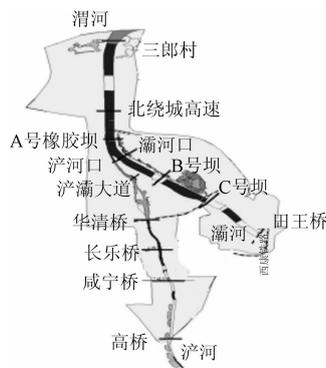


图 2 泾渭生态区地理位置及区域概况图

表 1 泾渭河下游河段水功能区划及水质目标 km, mg/L

功能区段划分	区段编号	河段长度	水质目标	水质	
				COD	NH <sub>3</sub> -N
高桥 - 咸宁桥(娱乐景观用水区)	1	4.54	Ⅲ类	15	0.5
咸宁桥 - 长乐桥(排污控制区)	2	2.67	Ⅲ类	20	1.0
长乐桥 - 泾河口(排污控制区)	3	6.97	Ⅳ类	30	1.5
田王桥 - A 号坝(娱乐景观用水区)	4	10.47	Ⅳ类	20	1.0
A 号坝 - 三郎村(排污控制区)	5	10.40	Ⅳ类	30	1.5

#### 3.3 降解系数的计算

污染物降解系数  $k$  可用实测资料反推或水团追踪法求取,这里采用实测资料反推法<sup>[8]</sup>,即:

$$k = 86.4u(\ln c_1 - \ln c_2)/x \quad (3)$$

根据上下两个监测断面污染物浓度实测值,率定出降解反应系数  $k$ ,为使计算值准确,河段选择需足够长,使得  $c_1, c_2$  有明显差别,多次测量,取其平均值,计算得泾河 COD 的  $k$  值为 0.61d<sup>-1</sup>,灞河 COD 的  $k$  值为 0.84 d<sup>-1</sup>。

#### 3.4 水文参数的选取

选取 50 年水文系列 95% 保证率的年平均流量为设计流量,其中泾河:2.39 m<sup>3</sup>/s,灞河:5.03 m<sup>3</sup>/s。

#### 3.5 计算断面

本文只对点源污染(即排污口)进行计算,同时假定各个排污口连续,均匀排污,为了方便计算结果与实测数据的对比,把水质监测断面作为该模型的计算段面,共有 13 个计算断面其中泾河 6 个断面,分别为高桥、咸宁桥、长乐桥、华清桥、泾渭大道、泾河口;灞河 7 个断面,分别为田王桥、C 号坝、B 号坝、灞河口、A 号坝、北绕城高速、三郎村。断面位置见图 2。

#### 3.6 模拟工况

利用上述一维水质模型,设定现状调查排放源、许可固定排放源与规划排放源 3 种工况(污染源排

放位置见图2),模拟区内浐河、灞河在三种工况下沿程各断面水质影响变化,对比三种工况对水质影响关系。模拟工况见表2。

表2 水质模拟工况

工况	模拟工况(排放条件)
1	现状排放(1号~10号排污口)
2	许可固定源排放(第三污水处理厂6号、618渠10号)
3	规划排放(第三污水处理厂6号、规划建污水处理厂10号按照一级B标准排放)

## 4 计算结果

采用S-P一维水质模型对浐灞河下游河段浐河和灞河各断面的COD进行模拟计算,结果见图3、图4。

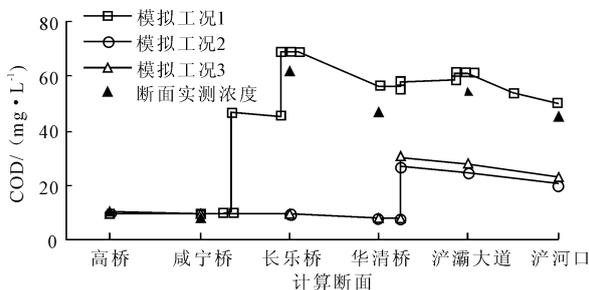


图3 浐河水水质模拟结果

从图3可以看出,浐河在模拟工况1预测结果与监测断面均值水质变化趋势一致,说明浐河水质变化与污染源响应关系明确,而模拟工况2预测结果反映了如果控制河段仅存在固定源情况下,水质明显优于工况1,模拟工况3预测结果反映的是规划源排放满足规划要求,按照《城镇污水处理厂污染物排放标准》中一级B标准进行排放,模拟工况3预测结果略大于模拟工况2,主要是由于模拟工况2第三污水处理厂现状排放值为43 mg/L小于模拟工况3第三污水处理厂按一级B标准60 mg/L,因此模拟工况3的预测结果略大于模拟工况2,整体来看华清桥断面以下在工况2和3情况下,由于有第三污水处理厂污染源的影响,COD在30 mg/L以内,能够满足IV类水质的要求。

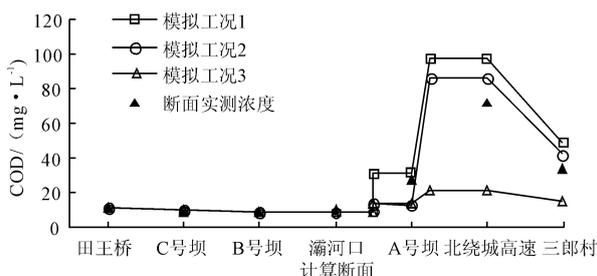


图4 灞河水水质模拟结果

从图4可以看出,灞河在三种模拟工况下预测结果与监测断面均值水质变化趋势也基本一致,在A号坝断面可以看出,模拟工况3预测结果反映了在规划源排放按照一级B标准进行排放情况下,水质优于工况1和工况2。由于10号排污口(618渠)的影响,工况1和工况2在北绕城高速断面COD升高显著,到下游断面呈沿程下降的趋势,工况3在北绕城高速断面COD在30mg/L以内明显减小,能够满足IV类水质的要求。

## 5 结语

(1)用实测法率定模型中典型污染物的综合衰减系数 $k$ ,应用S-P水质模型,通过模拟结果反映沿程污染源响应的水质变化与实测结果变化趋势基本一致,水质模型模拟出的水质基本符合水质现状响应关系。

(2)在现状排放源条件下,从图3、图4可以看出,不满足水功能区目标的断面较多,严重超出该断面相应的水质标准,浐河灞河水水质受到污染。

(3)在许可固定排放源条件下,从图4可以看出,A号坝断面以下均不能满足相应的水质标准,灞河水水质受到污染。

(4)在规划排放源条件下,规划源按照《城镇污水处理厂污染物排放标准》中一级B标准进行排放,各断面均能满足相应的水质标准,浐河、灞河呈现较好的水质状况。

(5)通过浐灞河下游河段水质模拟,反映出该河段的水质变化情况,从而为控制该河段的污染物排放量供了有效依据。

### 参考文献:

- [1] 方子云. 水资源保护工作手册[M]. 河海大学出版社,1998.
- [2] Datt A, John L. Longitudinal control of lead car of a platoon[C]//. Proceedings of the American Control Conference,1994:398-402.
- [3] Bin N. Transportation research record[Z]. The advanced train control systems,1991.
- [4] Hinrichsmeyer M, Kraft K H, Schnieder E. Optimal traffic control for automated railwat systems [J]. Siemens AG Railway Signaling Divison,1980,23:259-265.
- [5] Sato K, Arai H. Development of a next generation ATP system [C]//. Proceedings of the IEEE/ASME Joint Railroad Conference. 2001:1-9.
- [6] 傅国伟. 河流水质数学模型及其模拟计算[M]. 北京:中国环境科学出版社,1987.
- [7] 陕西省人民政府办公厅,陕西省水功能区划[Z]. 2004.
- [8] 李红亮,李文体. 水域纳污能力分析研究方法与应用[J]. 南水北调与水利科技,2006,4(S1):59-60.