WASP6水质模型在渭河流域水环境容量解析中的应用

张 荔, 孙 程, 林金辉, 王晓昌
(西安建筑科技大学 环境与市政工程学院, 陕西 西安 710055)

摘 要: 将WASP6水质模型应用于渭河流域陕西片, 分析流域水环境的污染现状, 并采用模型试错法模拟计算渭河陕西段水环境容量, 并对比分析节水增流前后水质变化, 根据分析结果提出节水增流减污的水污染控制方案, 为渭河的污染治理提供依据。

关键词: WASP6模型; 水环境容量; 渭河流域
中图分类号: X52 文献标识码: A 文章编号: 1672-643X(2006)06-0012-03

Application of WASP6 model to water environmental capacity in Weihe River Basin

ZHANG Li, SUN Cheng, LIN Jin-hui, WANG Xiao-chang
(*School of Environment and Municipal Engineering, Xi'an University of Architecture & Technology, Xi'an* 710055, *China*)

Abstract: This paper analyzed the water pollution situation of the Weihe River Basin in Shaanxi side with the WASP6 model, calculated the water environmental capacity with the trial-and-error method, and compared the variety of the water quality which applying the water saving and flow increasing policy, then brought forward the controlling water pollution scheme that can be supplied the basis for the pollution treatment of Weihe River.

Key words: WASP6 model; water environmental capacity; Weihe River Basin

0 前 言

渭河属于有机型污染, COD、BOD超标严重, 不仅作为饮用水源已经不可能, 作为农业灌溉用水也日益受到严重的威胁, 鱼类等水生生物基本绝迹, 几乎丧失了河流原有的功能, 而且影响到下游黄河水质。本文采用EPA-WASP6水质模型试错法, 以有机污染物质(COD_{Cr})为指标, 解析渭河干流陕西段的水环境容量, 为河流污染治理提供依据。

渭河是黄河最大的支流, 发源于甘肃渭源县乌鼠山, 于宝鸡凤阁岭附近流入陕西省, 在潼关注入黄河。从宝鸡林家村到潼关吊桥渭河干流沿岸分布着36个排污口, 分别接纳宝鸡、咸阳、西安、渭南四大城市的生活及工业排污。表1为渭河干流陕西段工业排污统计表。图1为渭河流域陕西片COD_{Cr}排放企业类型分布图。

表1 工业排污统计表

地 区	宝鸡	咸阳	西安	渭南	合计
企业数目/个	143	182	26	14	365
干流排污口数量/个	15	11	9	1	36
污水量/($10^6 m^3 \cdot a^{-1}$)	40.86	41.05	12.72	6.55	101.18
COD_{Cr}量/($10^6 kg \cdot a^{-1}$)	25.15	38.35	6.74	5.5	75.74

1 水环境容量解析

1.1 模型试错法

模型试错法确定渭河水环境容量, 是采用经验证明的能较好反映渭河现状有机污染物随空间和时间变化趋势的水质模型, 以一定保证率流量、一定污染物排放条件为基础, 预测河流水体中的有机污染物浓度, 再将预测值与对应的河流水环境质量目标比较, 在保护水体环境的前提下, 确定允许的污染负

收稿日期: 2006-07-05
基金项目: 陕西省自然基金(2005D06): 分布式水文模型在渭河流域水环境解析中的应用; 陕西省教育厅专项基金项目(05JK249): 渭河流域水污染的随机特性研究; 西安建筑科技大学青年基金(QN0510): 渭河流域水量水质耦合模型研究
作者简介: 张 荔(1971-), 女(汉族), 陕西大荔人, 博士研究生, 讲师, 研究方向: 水质模型与模拟, 流域水文模型。
© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

荷上限值, 即为水环境容量。这种计算方法不仅充分考虑了河流的稀释容量、自净容量和迁移容量, 而且统一协调了排污点的位置及污染排放的控制管理等因素, 更能真实地反映渭河陕西段的水环境容量。

1.2　模型选择

针对渭河陕西段的具体情况, 流量随时间、空间变化大, 沿岸排污企业密集, 支流众多, 选择国际上近年应用比较广泛的 WASP6 模型, 以有机污染物质(COD_{Cr}) 为指标, 动态模拟有机污染物质随空间和时间变化的趋势。

WASP 模型在国外应用广泛, 具有较大的合理性和可信度。该模型在美国已应用于北卡罗莱纳州 Deep River 的重金属污染研究、特拉华州河口的挥发性有机物污染研究等[1~3]。在国内, 孙学成等学者已成功应用 WASP 模型进行三峡地区河流水库的水质管理[4], 同济大学的廖振良也曾用 WASP 对苏州河水系水质进行模拟[5]。WASP6 是水质分析模拟程序, 是一个动态模型模拟体系, 基于质量守恒原理, 由两个子程序富营养化模型 EUTRO 和有毒化学物模型 TOXI 组成[6]。

1.3　基本假设

为了简化模拟计算, 做如下假设[7]: 支流的污染物浓度为零(即模型中支流的边界浓度为零), 其污染负荷对渭河干流的影响在入渭断面处以点源形式输入; 只考虑包括生活污水和工业废水的点源负荷; COD_{Cr} 降解为一级反应; 不考虑地下水、底泥、泥沙吸附等作用, 蒸发、降雨对模型的影响也不考虑。

1.4　河流概化

对于可降解有机物, 河段的合理划分是很重要的, 将河流水体概化为一系列相互关联的分区(segement), 既考虑有机污染物在各分区中的充分混合、稀释和自净, 又考虑对相邻的下游分区的影响。本文根据渭河陕西段的水文地质条件和特点, 综合考虑其他各种因素, 将渭河干流陕西段从上游林家村断面至下游潼关吊桥断面划分为 38 个分区。

1.5 水环境容量结果

采用 WASP6 模型进行试错分析, 定量计算了 P50、P75、P90 保证率流量下渭河陕西段的水环境容量。即流量一定时, 各纳污河段分配一定量的初始污染负荷进行水质模拟, 如果水质模拟值超过水质目标, 则减小污染负荷, 反之则增大污染负荷, 同时适当调整各排污断面的污染负荷。不断调整污染负荷, 直至逼近各控制断面的水质目标, 此时各排污断面的污染负荷即为该断面的水环境容量, 各排污断面的水环境容量和即为渭河陕西段的水环境容量。图 2、图 3 和图 4 分别为不同保证率下渭河陕西段的水环境容量模拟结果。

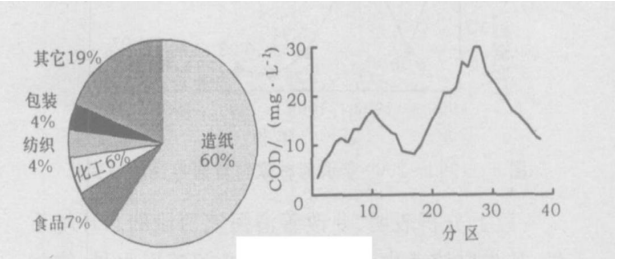

图 1　分布图　　图 2　P50 保证率

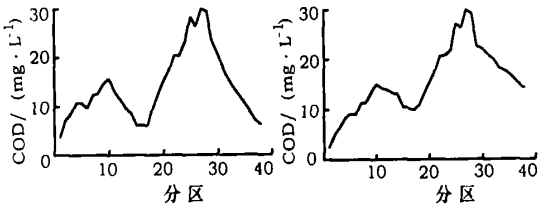

图 3　P75 保证率　　图 4　P90 保证率

由图可以看出, 由于 24～32 分区沿岸接纳了西安及咸阳的大部分工业和生活排污, 造成第 27 河段分区的 COD_{Cr} 浓度最高, 成为渭河陕西段污染控制的基准河段, 该段的水质达标, 其他河段的水质相应达标。若各排污断面按相同的比例削减污染负荷, 要达到相应的水环境目标, 在 P50、P75 和 P90 保证率流量下, 渭河陕西段现有的排污负荷须分别减少 56.3 %、68 %和 77.2 %。

2　节水增流措施

渭河陕西段大量的河流水量被沿途抽取用于工业生产和农业灌溉, 仅上游宝鸡峡引水干渠平均每年引水就达 $4.83\times10^8\ m^3$, 使渭河干流流量大幅度降低。由图 5 可以看出, 随着流域农业的发展, 宝鸡峡干渠年引水量呈上升趋势, 导致渭河林家村断面的年径流量急剧减小。

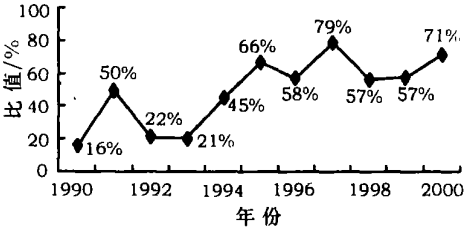

图 5　宝鸡峡干渠年引水量与渭河林家村年径流量比值变化

由图 6 可以看出, 渭河上游年径流量已由 1990

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

年的 21.63×10^8 m^3 大幅减少, 减幅接近 85 %, 而流量的降低致使河流自净能力大为降低。

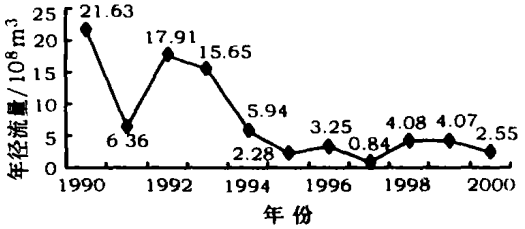

图 6 1990～2000 年渭河林家村断面年径流量变化

以上分析表明, 要改善渭河陕西段的水环境质量, 首先应该考虑节约用水, 减少河流引水量, 增加河流流量。如果流域内实行节水灌溉, 流域内林家村、泾河张家山及交口灌区三个主要引水区年引水量分别减少 50 %, 就可使渭河干流流量增加 16.2 m^3/s。工业用水方面, 如果使工业用水的重复利用率提高到 70 %左右, 按照 2000 年实际用水指标估算, 流域内可节水 4.1×10^8 m^3。

综合上述工业生产和农业灌溉两方面的节水, 可使渭河干流流量增加 35.5 m^3/s, 其河水稀释能力必然增加。将估算的节水数据输入 WASP6 模型(工业节水量按各城市现状用水比例分配到相应河段分区), 模拟节水增流后渭河干流陕西段的水质变化趋势。图 7 为 P90 保证率下节水增流前后 COD_{Cr} 浓度变化。

图 7 P90 节水增流前后水质变化

由图 7 可看出, 流量的增加对河流的稀释作用明显, 说明对于渭河这样遭受严重有机污染的河流, 河水的稀释作用非常重要。如果能够保证充足的河流流量, 一定程度上可减轻污染程度。由于渭河污染严重, 干流流量的增加并不能解决根本污染问题, 基本治污措施应该是关闭高污染的小企业, 提高污水处理率, 减少污水直接排放, 降低入河污染负荷。

现有的排污负荷下, WASP6 模拟结果表明, 流量要达到 120 m^3/s 以上, 渭河陕西段各控制断面的水质才有可能达标, 因此保证渭河水环境应该是节水增流和减少排污并重。

3 结 论

本文以 COD_{Cr} 为水环境容量解析的水质指标, 借助 WASP6 模型, 模拟一定保证率流量、一定污染负荷排放条件下渭河陕西段的水质变化趋势, 从而比较准确的估算水环境容量。经过模拟计算, 可以得出以下结论:

(1) 渭河流域陕西片的主要污染点源是生活污水和工业废水, COD_{Cr} 负荷总量达到 53.44×10^4 t/a, 其中工业污染负荷为 15.77×10^4 t/a;

(2) P90 保证率流量下, 渭河干流陕西段的 COD_{Cr} 环境容量为 141 830.3 kg/day, 要达到水环境规划目标, 应削减现状排污负荷 77.2 %。P50 和 P75 保证率下, 现状排污负荷须分别削减 56.3 % 和 68 %;

(3) 如果渭河陕西段全程水质要达到Ⅲ类水质标准, 干流每年需增加水量 11.2×10^8 m^3;

(4) 节水增流和减少排污并重对保证渭河水环境是必需的。

参考文献:

[1] Tim A Wool, Robert B Ambrose, James L Martin, Edward A Comer. Water Quality Analysis Simulation Program (WASP) Version 6.0 Draft: User's Manual[M]. Atlanta: USEPA, 2000.

[2] 杨家宽, 肖 波, 刘年丰, 等. WASP6 水质模型应用于汉江襄樊段水质模拟研究[J]. 水资源保护, 2005, 21(4): 8 - 10.

[3] US Environmental Protection Agency. Proposed TMDLs Econfina- Fenhollowa River, Ocklawaha River, and St. Marks River Basins Dissolved Oxygen[R]. 2003.12.

[4] 孙学成, 邓晓龙, 张彩香, 等. WASP6 系统在三峡库区水质仿真中的应用[J]. 三峡大学学报, 2003, 25(2): 185-188.

[5] 廖振良, 林卫青, 徐祖信, 等. WASP5 系统及其评述[J]. 上海环境科学, 2001, 20(1): 3- 7.

[6] 廖振良. 感潮河流河网水质模型研究及苏州河水环境整治目标分析[D]. 同济大学博士学位论文, 2002.

[7] 孙 程. 渭河陕西段水环境污染和水环境容量的计算模拟[D]. 西安建筑科技大学硕士学位论文, 2004.

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net