

受闸坝影响的城市河段纳污能力研究

赵嵩林¹,刘华勇¹,谢纪强²,王宇³

(1.河南省安阳水文水资源勘测局,河南 安阳 455000;2.中国水利水电科学研究院,北京 100038;

3.河南省新乡水文水资源勘测局,河南 新乡 453000)

摘要:以安阳市重要河段“安阳河北土旺公路桥—曹马桥上”为例,运用一维水质模型、湖(库)均匀混合模型进行纳污能力计算.通过增加计算节点,反映各河段不同的水文特征和确定更加符合实际的综合衰减系数,以确保计算结果更加客观、准确.通过对比分析不同情景纳污能力计算结果,深入分析影响城市河段纳污能力大小的主要因素,重点探讨城市河段排污口设置、闸坝工程布局等对城市河段纳污能力的影响程度,为城市河段综合整治和减轻或彻底消除城市河段黑臭水体提供科学依据.

关键词:城市河流;纳污能力;增加计算节点;不同模型组合运用;归因分析

中图分类号:X522;TV212.5

文献标志码:A

水资源短缺、水环境污染、水生态受损这三大问题在我国经济社会发展过程中日益凸显^[1].核定河湖功能区纳污能力、制定限制排污总量是落实水资源管理制度的重要基础,对于水污染防治和彻底消除黑臭水体具有重要作用^[2].国内外很多学者针对水功能区纳污能力开展了深入研究,这些研究优化了入河污染物控制模型^[3],将传统的一维点排放模型和 QUAL2K 模型相结合^[4],以及利用多年水文数据构建了水质模型等^[5-7].这些研究方法和结论对水污染防治和水生态修复有着积极的指导意义,但在现实状态下,河流具体分析计算过程中仍存在问题,例如,有的河段没有按水功能区划进行计算,分析评价尺度较粗;或缺少对污染源概化和优化配置进行讨论;或没有进行计算模型比选;或没有考虑河段内水利工程及入河排污口的影响.目前大多数研究缺少根据同一个水功能区不同河段水力参数变化分段进行模型选取,因此有必要对同一研究区选择多个模型进行比选,以提高水体纳污能力计算结果的精确度和可靠性.

本研究以安阳市重要河段“安阳河北土旺公路桥—曹马桥上”为研究对象,运用一维水质模型、湖(库)均匀混合模型进行纳污能力计算,通过增加节点对计算结果的影响分析、有无橡胶坝对计算结果的影响分析、污染源不同概化对计算结果的影响分析,得出不同情景下纳污能力计算结果,对于城市河段排污口关并、调整和闸坝建设等具有重要的借鉴意义.

1 研究区概况

安阳河属于漳卫南运河水系,是卫河的第二大支流,发源于林州市林滤山东麓,自西向东流经安阳县、市区,在内黄县石盘屯乡赵庄南(范阳口)注入卫河.市区段“安阳河北土旺公路桥—曹马桥上”河长 20.26 km.市区段自上而下在殷都桥、东风桥、于曹三处建有梯级橡胶坝.殷都桥橡胶坝以上平均水深 1.87 m,殷都桥坝回水处为司空,蓄水水面面积 22.71 万 m²,蓄水体积 90.76 万 m³;东风桥橡胶坝至殷都桥橡胶坝前区间平均水深 2.70 m,蓄水水面面积 20.02 万 m²,蓄水体积 56.71 万 m³;东风桥橡胶坝至于曹橡胶坝前区间平均水深 2.36 m,蓄水水面面积 33.48 万 m²,蓄水体积 92.32 万 m³.安阳河入河排污口共计 3 个,从上游至下游分别是:华祥路市政管网、安钢、铁西高楼庄.

收稿日期:2021-12-02;修回日期:2022-07-07.

基金项目:国家自然科学基金(51709274);国家重点研发计划课题(2017YFC0405804).

作者简介(通信作者):赵嵩林(1970—),男,河南林州人,河南省安阳水文水资源勘测局高级工程师,研究方向为水资源保护与利用,E-mail:zhaosonglin1970@sina.com.

2 研究方法

2.1 计算单元

以安阳河市区段“安阳河北士旺公路桥—曹马桥上”为研究对象,其一级区划属于安阳河安阳市开发利用区,二级区划属于安阳河安阳市排污控制区,计算单元河长为 20.26 km^[8](图 1)。

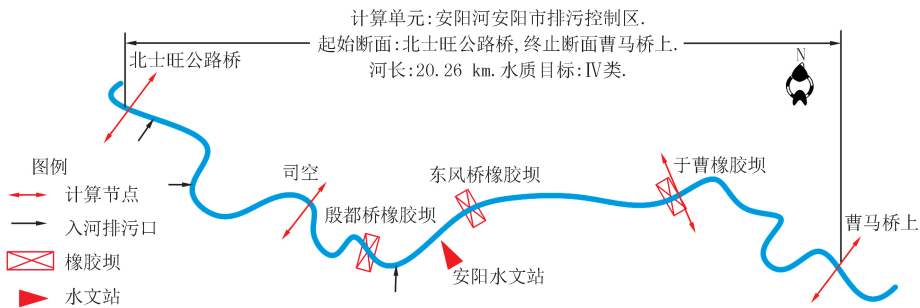


图1 计算单元示意图

Fig.1 Schematic diagram of calculation unit

2.2 设计水文条件的确定

安阳河市区段设有省级重点水文站安阳站,采用安阳水文站测流断面作为计算断面.根据《水域纳污能力计算规程》和《水利水电工程水文计算规范》有关要求,收集安阳水文站最近 11 年最枯月平均流量(水量),采用皮尔逊Ⅲ型曲线频率计算法,根据豫北地区水文特性偏态系数(C_s)取 3 倍变异系数(C_v)值,确定安阳水文站断面 75 % 保证率最枯月平均流量作为设计流量.根据该站断面水位流量、水位面积关系曲线,由设计流量查相应水位,再由相应水位查断面面积,推算出设计流速.经计算,该站设计流量为 $1.64 \text{ m}^3/\text{s}$,设计流速为 0.26 m/s .考虑到安阳河市区段受橡胶坝影响,此次纳污能力计算涉及安阳河市区段殷都桥橡胶坝、东风桥橡胶坝、于曹橡胶坝,将橡胶坝以上回水河段视为小型水库.经计算,橡胶坝蓄水体积为 239.79 万 m^3 ,水体更新时间为 16.9 d.

2.3 模型选择

2.3.1 污染物的确定

根据《河南省“十三五”生态环境保护规划》(豫政办〔2017〕77 号)之相关规定,同时参考安阳河市区段功能定位和水质保护目标及污染特性.利用安阳河 6 个采样点位水质数据,参照《地表水环境质量标准》(GB3838—2002),采用单因子评价法对安阳河水质现状进行评价.安阳河市区段水质主控因子包括 COD_{Cr} 、 BOD_5 、 COD_{Mn} 、TP 和 $\text{NH}_3\text{-N}$,主要源于生活污水、工业废水、畜禽养殖及农业面源等.因此,水功能区限制纳污红线选择化学需氧量(COD_{Cr})、氨氮作为主要污染控制指标^[9].

2.3.2 模型的选取

(1) 一维水质模型计算公式

对于污染物在横断面上均匀混合的河段,污染物沿程浓度采用公式为: $C_x = C_0 \exp(Kx/u)$. 式中: C_x —流经 x 距离后的污染物的质量浓度(mg/L); x —沿河段的纵向距离(m); C_0 —一起始计算断面的污染物的质量浓度(mg/L); K —污染物综合降解系数($1/\text{s}$); u —计算河段平均流速(m/s).相应的水域纳污能力采用公式为: $M = (C_s - C_x)(Q + Q_p)$; 式中: M —水域纳污能力(g/s); C_s —控制目标水质质量浓度(mg/L); Q —初始断面的入流流量(m^3/s); Q_p —废污水排放流量(m^3/s).其余符号意义同前.

(2) 湖库均匀混合模型

适用于污染物均匀混合的小型湖库,当流入和流出湖库的水量平衡时,水域纳污能力采用公式为: $M = (C_s - C_x)Q + C_sKV$. 式中: V —槽蓄量(取允许超标河长对应的量).其余符号意义同前.

(3) 安阳河市区段根据不同设计水文条件进行两种方案的模型选取,方案 1 不考虑橡胶坝影响,计算单元(河段)属于小型河段、弯曲系数较小、宽深比不大,采用一维水质模型.方案 2 考虑橡胶坝影响,橡胶坝的

存在引起安阳河市区段河道特征和水力条件变化显著,对于水流极缓的河段采用湖(库)均匀混合模型,需增加计算节点,并分段选取不同水质模型:北土旺公路桥—司空(殷都桥坝回水处),采用河道一维模型;司空(殷都桥坝回水处)—于曹坝,选取湖(库)均匀混合模型;于曹坝—曹马桥上,采用河道一维模型.分段采用一维水质模型和湖(库)均匀混合模型.

2.3.3 模型参数的确定

(1)初始质量浓度值 C_0 .

根据上一个水功能区水质目标值确定安阳河市区段初始质量浓度值 C_0 ,即上一个水功能区水质目标值就是下一个水功能区安阳河市区段初始质量浓度值 C_0 (表1).

表1 安阳河市区段初始质量浓度值 C_0 和水质目标值 C_s

Tab. 1 Initial mass concentration C_0 and target concentration of water quality (C_s) in Anyang River City

	计算单元	断面名称	化学需氧量质量浓度/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	氨氮质量浓度/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)
初始质量浓度值	北土旺公路桥—曹马桥上	北土旺公路桥	20	1.0
水质目标值	北土旺公路桥—曹马桥上	曹马桥上	30	1.5

(2)水质目标值 C_s .

根据《河南省水功能区划报告》相关成果,确定安阳河市区段水功能区水质目标值 C_s (表2).

(3)综合衰减系数

根据《河南省重要河湖水功能区纳污能力核定和分阶段限制排污总量控制方案实施细则》(河南省水文水资源局,2012)的规定,污染物综合衰减系数要求采用《淮河流域及山东半岛水资源保护规划》分析成果.化学需氧量(COD_{Cr})采用公式为: $K_C \cdot d = 0.050 + 0.68u / (\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$; 氨氮($\text{NH}_3\text{-N}$)采用公式为: $K_N \cdot d = 0.061 + 0.551u / (\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$; 式中: u 为计算单元设计流速(m/s); K_C, K_N 为综合衰减系数(d^{-1}),通过具体分析和测算确定.计算结果见表2.

表2 安阳河市区段综合衰减系数

Tab. 2 Comprehensive attenuation coefficient of Anyang River City

方案	计算单元	设计水文条件	是否需要增加计算节点	增加节点后计算单元	设计流量/($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) 或蓄水量(万 m^3)	设计流速/ ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	综合衰减系数(d^{-1})	
							化学需氧量	氨氮
1	北土旺公路桥—曹马桥上	75%	否	—	1.64	0.26	0.23	0.20
2	北土旺公路桥—曹马桥上	75%	是	北土旺公路桥—司空	0.95	0.64	0.49	0.41
				司空—于曹坝	239.79	—	0.05	0.06
				于曹坝—曹马桥上	1.64	0.26	0.23	0.20

2.3.4 排污口的概化

根据安阳河市区段入河排污口分布状况,将河段多个排污口概化为一个集中排污口,概化排污口位于河段中点处,相当于一个集中点源,该集中点源的实际自净长度为河段长的一半.计算单元河长为 20.26 km,则概化后入河排污口到下断面距离为 10.13 km.

2.3.5 模型的验证

采用实测法验证,原则上选择接近该计算单元设计水文条件下的时段,对废污水排放和初始断面及下断面的流量、污染物浓度实施同步监测.

(1)资料选取

对计算单元内入河排污口进行连续 24 h、每次间隔 8 h,获取 3 次监测资料;同时对计算单元上、下断面进行连续 24 h、每次间隔 2 h 观测一次水位,水位变幅较大时则加测流量,同时采集水样,共获取 3 次监测资料.调查监测结果见附表 I 和 II.模型验证时计算单元上、下断面水质监测数据与入河排污口监测数据具有同步性,且实测数据接近方案 2 设计水文条件.

(2)验证方法及结果

1)北土旺公路桥

初始断面的入流流量采用上断面北士旺公路桥 3 次实测值均值,为简化计算将 3 个人河排污口概化到初始断面,断面采取完全混合模式计算,河段完全混合模式采用公式为: $C = (C_p Q_p + C_0 Q) / (Q_p + Q)$; 式中: C —污染物浓度, mg/L; C_p —排放的废污水污染物浓度, mg/L; C_0 —初始断面的污染物浓度, mg/L. 其余符号意义同前. 经计算, 完全混合后水体流量为 $1.50 \text{ m}^3/\text{s}$, 化学需氧量质量浓度为 38.6 mg/L , 氨氮质量浓度为 0.60 mg/L .

2) 北士旺公路桥—司空

按一维模型采用污染物沿程浓度计算公式,在北士旺公路桥断面完全混合后污染物经降解到达司空断面化学需氧量质量浓度为 36.4 mg/L , 氨氮质量浓度为 0.57 mg/L .

3) 司空—于曹坝

预测模型采用湖(库)均匀混合模型.该模型适用于污染物均匀混合的小型湖(库).污染物平均浓度采用公式为: $C(t) = (m + m_0) / K_h V + [C_h - (m + m_0) / K_h V] \exp(K_h / t)$; 式中: $C(t)$ —计算时段 t 内的污染物浓度(mg/L); m —污染物入河速率, g/s; $m_0 = C_0 Q_L$ —湖(库)入流污染物排放速率, g/s; $K_h = Q_L / V + K$ —中间变量(1/s); V —设计水文条件下的湖(库)容积(m^3); C_h —湖(库)现状污染物浓度(mg/L); Q_L —湖(库)出流量(m^3/s); t —计算时段长(s). 不考虑下渗、蒸发的损失量, Q_L 等于上断面流量与入河排污量之和. 降解后污染物到达于曹坝断面化学需氧量质量浓度为 21.5 mg/L , 氨氮质量浓度为 0.31 mg/L .

4) 于曹坝—曹马桥上

按一维模型采用污染物沿程浓度计算公式,污染物到达曹马桥上断面化学需氧量质量浓度为 20.4 mg/L , 氨氮质量浓度为 0.29 mg/L .

5) 对比结果

下断面化学需氧量理论预测、实测质量浓度分别为 20.4 mg/L , 27.0 mg/L , 相对偏差为 13.9% ; 下断面氨氮理论预测、实测质量浓度分别为 0.29 mg/L , 0.29 mg/L , 相对偏差接近于 0. 由此看出, 模型计算结果精度是比较高的, 基本反映现实客观状况.

3 结果与讨论

3.1 不同方案下的纳污能力计算结果

方案 1: 计算单元为安阳河市区段“北士旺公路桥—曹马桥上”, 入河废污水量多年均值为 $0.33 \text{ m}^3/\text{s}$, 利用选定的模型, 获得安阳河市区段纳污能力(表 3), 化学需氧量的纳污能力为 $1\ 131 \text{ t/a}$, 氨氮的纳污能力为 55 t/a .

方案 2: 将计算单元安阳河市区段“北士旺公路桥—曹马桥上”划分为三段: 计算单元 1 为北士旺公路桥—司空, 入河废污水量多年均值为 $0.19 \text{ m}^3/\text{s}$; 计算单元 2 为司空—于曹坝, 入河废污水量多年均值为 $0.14 \text{ m}^3/\text{s}$; 计算单元 3 为于曹坝—曹马桥上, 该河段无入河排污口. 根据利用选定的模型, 可获得每个子计算单元的纳污能力, 最终获得安阳河市区段纳污能力(表 3), 化学需氧量的纳污能力为 $1\ 912 \text{ t/a}$, 氨氮的纳污能力为 109 t/a .

表 3 不同方案纳污能力计算结果

Tab. 3 Calculation results of pollutant carrying capacity of different schemes

方案	计算单元		采用模型	纳污能力/($\text{t} \cdot \text{a}^{-1}$)	
	起始断面	终止断面		COD _{Cr}	NH ₃ -N
1	北士旺公路桥	曹马桥上	一维水质模型	1 131	55.0
2	北士旺公路桥	司空	一维水质模型	531	26.2
	司空	于曹坝	湖(库)均匀混合模型	1 313	80.1
	于曹坝	曹马桥上	一维水质模型	68	3.1
小计				1 912	109

从表 3 可看出, 方案 2 根据河道水力特性、水文条件、水利工程现状增加了计算节点, 利用微分及定积分原理, 把区间分得越细, 每个小区间长度越小, 那么近似程度就越好. 在同一水功能区计算单元内增加计算节点, 分段选取不同模型进行计算, 再根据纳污能力的可加性进行加和, 提高了计算结果的精确度, 确保了计算

结果更加客观、准确.另外,从模型验证的结果也能反映出这一点.

3.2 闸坝布施对计算结果的影响

方案 1 既未考虑增加计算节点,又未考虑闸坝对计算结果的影响,是一种基于无人干扰的准自然状况且类渠化的河段(表 3),但方案 2 考虑到真实河道各河段水文特征、综合衰减系数的差异,以及自上而下殷都桥、东风桥、于曹沟设置 3 处橡胶坝的影响,采用更符合客观实际条件的适宜模型,因此这两种方案计算的得纳污能力有较大差异.

安阳河市区段纳污能力受闸坝影响十分明显.采用方案 2 计算的化学需氧量比方案 1 大 69%、氨氮大 98%(表 3).由于河道上闸坝影响,导致水文情势发生变化,考虑水文情势变化的纳污能力研究中所提出的纳污参数确定方法,在一定程度上有助于水域纳污能力的准确核定.虽然在城市河段修建闸坝会导致设计流速变缓,综合衰减系数减小,但相应河段水体交换时间变长,也易于携带污染物的推移质、悬移质沉降,且水面加宽,橡胶坝坝址处产生跌水,复氧率提高,更适宜微生物、浮游动植物生长,从而提高水体自净能力,使得河段纳污能力明显增加.

3.3 排污口概化对计算结果的影响

对一个纳污能力计算单元而言,其入河排污口分布千差万别.为简化因排污口布设所带来的计算难度,常将排污口分布概化一个集中排污口,所有污染物由这个集中排污口以点源方式排放.为分析排污口概化对计算结果的影响,现将安阳河市区段“北士旺公路桥—曹马桥上”排污口概化为集中分布在上断面、中断面、下断面三种情景,根据入河排污口入河污水量、至下断面距离,采用方案 1 模型,其他条件及参数保持不变,分别计算和分析纳污能力,结果见表 4.

表 4 排污口概化对计算结果的影响

Tab. 4 Influence of sewage outfall generalization on calculation results

起始断面	终止断面	计算单元长度/km	概化情景	概化后排污口到下断面距离/km	纳污能力/(t·a ⁻¹)	
					COD _{cr}	NH ₃ -N
北士旺公路桥	曹马桥上	20.26	上断面	20.26	1 252	60.3
			中断面	10.13	1 131	55.0
			下断面	0.00	1 021	50.2

结果表明,在其他条件不变情况下,排污口到下断面距离越长,水体自净能力越强,河段纳污能力越大.也与相关研究结论相一致,对于长度较短的河段,排污口中点概化与均匀概化在纳污能力计算式的差异性较小^[10].本河段纳污能力计算采用概化排污口位于河段中点处,相当于一个集中点源,概化结果较为合理.基于此,在提高污水处理工艺和排放标准基础上,关闭或优化调整入河排污口布局,也是确保城市河段水功能区水质保护目标实现达标的重要手段之一.

4 结论与建议

4.1 结论

(1)在同一水功能区计算单元内增加计算节点,分段选取不同模型进行计算,再根据纳污能力的可加性进行加和,可提高计算结果的精确度.(2)城市河段由于汛期防洪需要,主汛期闸坝开启便于泄洪,期间河道恢复到自然状态,方案 1 的纳污能力计算结果可作为设计条件下的限制值.非汛期河道中的闸坝联合调度蓄水,方案 2 的纳污能力计算结果宜作为该设计条件下的限制值.

4.2 建议

(1)水域纳污能力是动态的,其大小随水量和流速的变化而改变.安阳河市区段纳污能力较小,应建立保障河流生态流量机制.(2)上游来水是否达标关系到计算单元纳污能力大小,直接影响到下断面水质目标能否实现,应持续打好城市黑臭水体治理攻坚战,深入推进城镇污水收集和处理设施建设.(3)为防止河道水质受底泥污染物释放二次污染,可通过对河道清淤疏浚有效减少河道内源污染,减少河段污染负荷.

附 录

附表 I、II 见电子版(DOI:10.16366/j.cnki.1000-2367.2023.04.018).

参 考 文 献

- [1] 冯浩源,石培基,周文霞,等.水资源管理“三条红线”约束下的城镇化水平阈值分析:以张掖市为例[J].自然资源学报,2018,33(2):287-301.
FENG H Y,SHI P J,ZHOU W X,et al.Threshold analysis of urbanization with the constraint of “three red lines” on water resources management:a case study of Zhangye city[J].Journal of Natural Resources,2018,33(2):287-301.
- [2] 占许珠.水资源管理“三条红线”相互影响机理与联动机制分析[J].水利发展研究,2017,17(8):14-20.
ZHAN X Z.Analysis on interaction mechanism and linkage mechanism of “three red lines” in water resources management[J].Water Resources Development Research,2017,17(8):14-20.
- [3] LEANDRI M.The shadow price of assimilative capacity in optimal flow pollution control[J].Ecological Economics,2009,68(4):1020-1031.
- [4] FANG X B,ZHANG J Y,MEI C X,et al.The assimilative capacity of Qiantang River watershed,China[J].Water and Environment Journal,2014,28(2):192-202.
- [5] 何玛峰.唐山市水功能区纳污能力的核定与分析[J].国土与自然资源研究,2019(4):56-57.
HE M F.Verification and analysis of pollution acceptance ability of water function zone in Tangshan City[J].Territory & Natural Resources Study,2019(4):56-57.
- [6] 张璇.水功能区(河段)纳污能力动态分析计算及过程化管控研究[D].西安:西安理工大学,2020.
ZHANG X.Dynamic analysis and calculation of pollutant carrying capacity of water function area(river section)and Research on process control[D].Xian:Xi'an University of Technology,2020.
- [7] 周娜,贾仰文,胡鹏,等.松花江流域冰封期水功能区限制纳污控制研究[J].水利学报,2014,45(5):557-565.
ZHOU N,JIA Y W,HU P,et al.Research on the regulation of water function reaches pollution load in freezep up period of Songhuajiang River Basin[J].Journal of Hydraulic Engineering,2014,45(5):557-565.
- [8] 赵嵩林.安阳河入河排污口设置对水功能区水质影响分析[J].海河水利,2017(4):20-23.
ZHAO S L.Analysis on the influence of the sewage outlet setting of Anyang River on the water quality of water functional area[J].Haihe Water Resources,2017(4):20-23.
- [9] 尤宾,张文龙.城市污水处理厂排水对水功能区的影响分析[J].治淮,2017(12):43-44.
YOU B,ZHANG W L.Analysis of the influence of urban sewage treatment plant drainage on water function area[J].Harnessing the Huaihe River,2017(12):43-44.
- [10] 路雨,苏保林.河流纳污能力计算方法比较[J].水资源保护,2011,27(4):5-9.
LU Y,SU B L.Comparison of water environment capacity calculation methods for a river system[J].Water Resources Protection,2011,27(4):5-9.

Research on pollutant carrying capacity of urban river affected by dam and gate

Zhao Songlin¹, Liu Huayong¹, Xie Jiqiang², Wang Yu³

(1. Henan AnYang Hydrology and Water Resources Survey Bureau, Anyang 455000, China; 2. China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100038, China; 3. Henan Xinxiang Hydrology and Water Resources Survey Bureau, Xinxiang 453000, China)

Abstract: Taking the important urban reach, "Anyang River Beishiwang Highway Bridge-Caomaqiao", as an example, one-dimensional water quality model and lake(reservoir) uniform mixing model are used to calculate the pollutant carrying capacity. By adding calculation nodes which can better reflect the different hydrological characteristics of each river section and determine the more practical comprehensive attenuation coefficient, this research tries to ensure that the calculation results are more objective and accurate. By comparing the calculation results of pollutant carrying capacity in different scenarios, the main factors affecting the pollutant carrying capacity of urban reach are analyzed in depth. What's more, This research focuses on exploring the impact of the sewage outlet setting in urban reach and the layout of sluice and dam on the pollutant carrying capacity of urban river reach, providing a scientific basis for comprehensive treatment and reduction or elimination of black and odorous water in urban river reach.

Keywords: urban river; water environment capacity; add computing nodes; combination of different model; attribution analysis

[责任编辑 刘洋 杨浦]

附表 I 安阳河市区段计算单元水质监测资料
Attached Tab. I Water quality monitoring data of Anyang River City

河流	断面名称	流量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	断面平均流速/ ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	化学需氧量 质量浓度/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	氨氮质量浓度/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)
安阳河	北土旺公路桥	1.10	0.71	22.3	0.080
		1.04	0.72	22.0	0.133
		0.953	0.64	38.9	0.159
	均值	1.03	0.69	27.7	0.124
安阳河	曹马桥上	0.893	0.17	25.4	0.140
		0.751	0.14	28.0	0.346
		0.669	0.13	27.3	0.394
	均值	0.771	0.15	27.0	0.290

附表 II 安阳河市区段入河排污口调查监测资料
Attached Tab. II Investigation and monitoring data of sewage outlet of Anyang River City

序号	排污口名称	距下断面 距离/km	排污口类型	污水水质	污废水排放量/ ($\text{万 t} \cdot \text{a}^{-1}$)	主要污染物排放量/($\text{t} \cdot \text{a}^{-1}$)	
						COD	氨氮
1	华祥路市政管网	20.06	暗管	生活	14.7	5.8	2.55
2	安钢	16.63	涵闸	工业	819.9	623.8	19.78
3	铁西高楼庄	11.92	暗管	混合	651.7	299.9	2.06
		合计			1486.4	929.6	24.38