

DOI: 10.20040/j.cnki.1000-7709.2023.20222409

河道形态重塑对城市河流污染物迁移扩散影响的数值模拟

邓淋月^{1a}, 唐 杰^{1a}, 陈 垚^{1a,1b}, 刘 非^{1a,1b}, 侯一帜^{1a}, 甘春娟², 谭雨青^{1a}

(1. 重庆交通大学 a. 河海学院; b. 环境水利工程重庆市工程实验室, 重庆 400074;
2. 重庆市市政设计研究院有限公司, 重庆 400012)

摘要:以重庆市梁滩河某典型渠化河道(Urban)为例,采用 RiverBuilder 数值模拟工具将河道形态改造为6种河道,利用构建的二维水动力-对流扩散模型考察了河道形态重塑对河流水体更替时间(T_{TOT})、污染物浓度曲线(C_{CC})、污染物达到最大值时间(M_{MT})和污染物达到下游边界时间(A_{AT})等污染物迁移扩散指标的影响。结果表明,通过分别改变 Urban 河道的宽度(W_{bf})、深度(D_{bf})和蜿蜒度(M_d)3个几何变量来重塑河道形态,虽可在一定程度上抑制污染物的迁移扩散,但效果不及基于变量 D_{bf} 进行多变量组合变化的复合河道。同时,近自然(Natural)河道的抗污能力及污染物扩散抑制能力最强,更适于河流污染物的自净过程。研究证实,将 W_{bf} 、 D_{bf} 、 M_d 进行无序复杂变化营造的河道形态更接近 Natural 河道,能为河流水体水质改善提供良好的生态水力条件。

关键词:河道形态;水动力模型;污染物;迁移扩散;几何变量;生态水力

中图分类号: TV882;X522

文献标志码: A

文章编号: 1000-7709(2023)09-0040-04

1 引言

随着人类活动对城市河流的干扰和破坏效应的不断加剧,导致出现水系衰退、水质恶化、水体黑臭、多样性丧失等城市河流综合症^[1],尤其是河道裁弯取直与渠化工程及其他水工建筑物对河流形态连续性产生严重干扰,导致城市河道的形态结构与生态功能受到严重破坏^[2]。为改善河流生态环境,通常采用相关治理技术减少水环境中污染物浓度,但其并未从本质上恢复河流的自然属性,且普遍存在投资高、养护难等问题,难以实现生态恢复目标^[3]。因此,城市河流治理应以生态修复为目标,重构具自我修复功能的生态系统。其中,基于“近自然”生态修复理论的渠化河道生态修复已形成了相对成熟的技术体系,并取得了良好的实践效果^[4,5],但并未开展河道形态改变对污染物迁移转化的影响研究。而河道形态对水体水质改善的贡献情况将直接影响城市河流治理技术的选用,甚至影响入河污染负荷的管控目标与策略。因此,有必要结合城市河道形态改造方

案探明河道形态对水体污染物迁移扩散的影响效应。受城市化影响,嘉陵江一级支流梁滩河渠化严重,干流整体水质为劣V类水^[6];虽然近些年的流域水环境综合治理和环保监察监管有效控制了入河污染源,但常年水质监测中发现部分河段水体仍不能稳定达到IV类水^[7,8]。为此,本文以梁滩河某典型“三面光”河道为研究河段,根据其地形几何变量,利用R语言程序包(RiverBuilder)生成7种河道数字地形模型,在此基础上采用MIKE软件构建二维水动力-对流扩散模型,并以此考察不同河道形态改造对污染物扩散指标的影响,定量评价河道形态重塑方案对水体水质改善的贡献情况,以期城市河道形态重塑策略的确定提供依据和参考。

2 研究方法

2.1 河道形态设计

通过现场实测获取研究河段的河道深度(D_{bf})、宽度(W_{bf})和坡度(S)等平面几何变量值,然后利用 RiverBuilder 程序合成功能单一的城市(Urban)河道。以 Urban 河道为基础,分别对河

收稿日期: 2022-11-15, **修回日期:** 2022-12-12

基金项目: 重庆市建设科技计划项目(城科字 2020 第 5-7);重庆市研究生联合培养基地项目(JDLHPYJD2019001)

作者简介: 邓淋月(1998-),女,硕士研究生,研究方向为河流生态修复,E-mail: 331963091@qq.com

通讯作者: 陈垚(1983-),男,博士、教授、博导,研究方向为水污染防控与城市雨洪管理,E-mail: chenyaoc@cqjtu.edu.cn

道断面形状、 W_{bf} 、 D_{bf} 等控制性变量进行简单变化,再分别对变量 W_{bf} 、 D_{bf} 和蜿蜒度(M_d)通过振幅(a_s)、频率(b_s)等变异性变量进行正弦函数振荡波动,从而形成表 1 中的 6 种形态的河道 (Urban、 U_M 、 U_W 、 U_D 、 U_{W+D} 、 U_{W+D+M})^[8]。其中,将变量 D_{bf} 进行正弦函数波动形成的“深潭—浅滩”序列并叠加 W_{bf} 、 M_d 波动的无序复杂形态设

计(U_{W+D+M} 河道)可实现水深、流速等水力特征的空间异质性,恢复河道功能结构,最终形成生态完整性所需的生态水力条件,因此将其作为 Urban 河道形态改造目标的重要参考。而 Natural 河道,则在 U_{W+D+M} 河道基础上对 3 个几何变量进行正弦和余弦函数波动,并营造出河漫滩地形,以最大程度接近自然河道形态。

表 1 河道形态设计参数
Tab. 1 Channel morphological design parameters

变量	参数	符号	Urban	U_M	U_W	U_D	U_{W+D}	U_{W+D+M}	Natural			
									Nat-sin	Nat-cos	Nat-sin ²	Nat-cos ²
控制性	河道高程/m	Z_d	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280
变量	河道长度/m	L_x	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
	河道坡度/%	S	0.002 6	0.002 6	0.002 6	0.002 6	0.002 6	0.002 6	0.002 6	0.002 6	0.002 6	0.002 6
	河道宽度/m	W_{bf}	35	35	35	35	35	35	20	20	20	20
	河道深度/m	D_{bf}	3	3	3	3	3	3	1	1	1	1
	断面形状		矩形	矩形	矩形	矩形	U形	U形	不对称 U形	不对称 U形	不对称 U形	不对称 U形
变异性	宽度振幅/m	a_s	0	0	0.25	0	0.25	0.25	0.3	0.2	0.1	0.1
变量	宽度频率/Hz	b_s	0	0	5	0	5	5	4	4	2	2
	宽度相位/rad	θ_s	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	深度振幅/m	a_s	0	0	0	0.5	0.5	0.5	1	0.5	0.25	0.5
	深度频率/Hz	b_s	0	0	0	5	5	5	4	4	5	2
	深度相位/rad	θ_s	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	蜿蜒度振幅/m	a_s	0	50	0	0	0	50	175	75	50	10
	蜿蜒度频率/Hz	b_s	0	2	0	0	0	2	0.2	2	1	7
	蜿蜒度相位/rad	θ_s	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

2.2 二维水动力—对流扩散模型

二维水动力学模型采用 MIKE 21 HD 模块,对流扩散模型则采用 MIKE 21 AD 模块。为探明不同流量下的河道形态对生态水力条件的影响,在水动力模块中将上游边界设置为 0.5、1、2、4、8、16、32、64 m³/s 等 8 种流量工况,下游边界条件使用“水位—流量”关系曲线。对流扩散模块中,将初始衰减速率设为 0.06 d⁻¹,扩散系数为 0.1 m²/s,并在河道上游边界添加一浓度为 100 mg/L 的污染物,而下游边界浓度为 0 mg/L,最后根据实测值调整河道的污染物浓度衰减速率和扩散系数。

根据梁滩河 2020 年期间河段断面的水文数据,对模型进行水动力学率定验证。同时将两次上游实测流量和水质数据作为对流扩散模块的入口边界条件,并以下游实测水质数据进行验证,结果见表 2。由表 2 可知,水动力模型模拟精度高(其

水位的相对误差均小于 4%),对流扩散模型中各污染物指标的误差均在可接受范围内。经率定后的水平扩散系数为 0.6 m²/s, COD、NH₃-N、TP 的衰减速率分别为 0.015、0.07、0.008 d⁻¹。建立的水动力—对流扩散模型能够反映实际水动力过程以及污染物迁移过程,可靠性较高,可用于后续模拟。

2.3 污染物迁移扩散指标

为全面评价不同河道形态下污染物迁移扩散行为的变化规律,采用 T_{TOT} 、 C_{CC} 、 M_{MT} 、 A_{AT} 等 4 个污染物迁移扩散指标。 T_{TOT} 指河道某区域内水体全部水量或物质被交替更新一次所需的时间,通常以受污染水体(浓度 100 mg/L)净化至允许浓度(37 mg/L)所消耗时间来计算^[9]。由于本文主要考察不同河道形态下污染物扩散情况,故使用与 T_{TOT} 定义相反的逻辑,即清洁水体(0 mg/L)受污至阈值浓度(63 mg/L)的时间。 C_{CC} 用于反映模拟时段内污染物在河道内的浓度变化曲线,根据该曲线可识别出单位时间内污染物浓度变化速率及最终稳定浓度值。 M_{MT} 可用于评估河道形态对污染物浓度增加的抵御能力, M_{MT} 越大,表明该河道形态对污染物迁移扩散的抑制能力越强,反之则越弱。 A_{AT} 用于反映污染物在河道水体内的停留时间, A_{AT} 越长,表明污染物向下游扩散的速率就越慢,在水中微生物的降解作

表 2 模型验证结果

Tab. 2 Validated results of models

流量	采样 点位	COD			NH ₃ -N			TP		
		实测 值	模拟 值	误差 /%	实测 值	模拟 值	误差 /%	实测 值	模拟 值	误差 /%
0.15	上游边界	28.41			1.58			0.19		
	下游边界	29.36	25.52	13.01	1.41	1.35	4.25	0.21	0.18	14.29
0.36	上游边界	12.43			0.57			0.28		
	下游边界	13.12	11.28	14.02	0.65	0.56	13.84	0.26	0.22	15.38

注:表中流量单位为 m³/s;实测值、模拟值单位均为 mg/L。

用下可使污染物到达下游边界的浓度大幅降低。

3 结果与讨论

3.1 水体更替时间(T_{TOT})

图1为河道形态改造对水体更替时间的影响。由图1可知,不同河道形态下, T_{TOT} 值均随河道流量的增加而减少,表明河道抗污性在一定程度上受到河流径流量的影响。同时,相同流量下TOT值受河道形态影响较大。

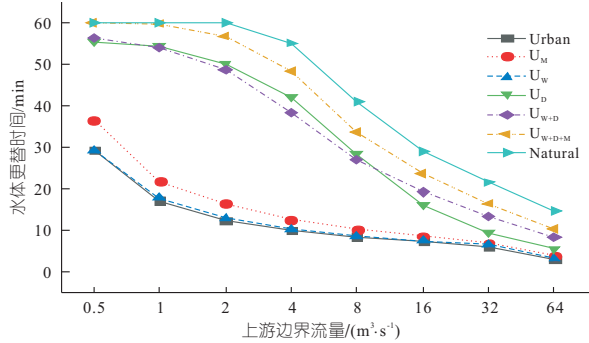


图1 河道形态改造对水体更替时间的影响

Fig. 1 Effect of channel morphology reconfiguration on water turn-over time

总体而言,单一几何变量变化时, U_W 河道对水体 T_{TOT} 几乎无改善效果, U_M 河道具有一定的改善效果但不明显,而 U_D 河道可显著改善水体的抗污能力。低流量($0.5 \sim 2.0 \text{ m}^3/\text{s}$)下, U_D 河道具有较稳定的抗污能力, T_{TOT} 值随流量的增加而缓慢下降,但当流量高于 $2 \text{ m}^3/\text{s}$ 时, T_{TOT} 值开始急剧下降并接近于 U_M 河道。当 W_{bf} 、 D_{bf} 均发生波动时,相较于 U_D 河道, U_{W+D} 河道可显著提升高流量($16 \sim 64 \text{ m}^3/\text{s}$)下河道的抗污能力, T_{TOT} 值可达 $18 \sim 20 \text{ min}$ 。这可能是由于高流量下 W_{bf} 变量对水体体积的贡献,增强了污染物的稀释作用,从而增加 T_{TOT} 值。多几何变量复合变化的河道形态, T_{TOT} 值显著高于其他河道,但同样呈现出中、高流量($2 \sim 64 \text{ m}^3/\text{s}$)下抗污能力大幅下降的趋势。同时,流量高于 $1 \text{ m}^3/\text{s}$ 时, $Natural$ 河道抗污能力优于 U_{W+D+M} 河道,尤其是其抗污能力可适应低流量波动, T_{TOT} 值维持在 $14 \sim 60 \text{ min}$ 。研究结果表明,变量 W_{bf} 对 T_{TOT} 值几乎无影响,变量 M_d 影响较小,而变量 D_{bf} 影响最大,且变异性变量越多的河道,其 T_{TOT} 值越大。河道的抗污性能完全取决于河床构造的复杂程度,即河床构造越复杂,高程起伏越频繁,水体受污染的时间越长,从而为河道水体自净或通过工程措施去除污染物提供充足的时间。

3.2 污染物浓度曲线(C_{CC})

总体而言,污染物在 $Urban$ 、 U_M 、 U_W 河道中的扩散速度快,且扩散速率大致相同,导致河道内的污染物在 5 min 内便扩散至阈值浓度。分析认为这三种河道从第一个时间步长开始,污染物总量与总水量便保持着较大值,使污染物全域平均浓度一开始就达到最大值。而其余4种河道具有较好的污染物扩散抑制作用,尤其是低流量下,河道中的污染物浓度在扩散时间内并未达到污染阈值,且扩散速率为 $U_D > U_{W+D} > U_{W+D+M} > Natural$ 河道。随着流量的增加,污染物在河道内的扩散能力逐渐增强,但 $Natural$ 河道却表现出良好的污染物扩散抑制作用,甚至当流量从 $4 \text{ m}^3/\text{s}$ 增至 $16 \text{ m}^3/\text{s}$ 时,污染物也需要扩散 30 min 以上才能达到污染阈值。结果表明,变量 W_{bf} 、 M_d 单独发生变化时,难以抑制污染物在水体中的扩散,其抑制效果远不及变量 D_{bf} 的贡献。而当两个变量同时发生变化时,其对污染物扩散的抑制效果强于 D_{bf} 的贡献,但两种河道的TOT值较为接近。研究发现,变化越复杂的河道,其污染物浓度上升速率也就越慢,即对污染物扩散抑制效果最佳的河道分别为 $Natural$ 、 U_{W+D+M} 、 U_{W+D} 河道。分析认为,复杂的河道形态能够提供水力条件的多样性,尤其是河床地形起伏的形态营造是影响河流水力形态多样性的关键因素^[8]。同时,变量 D_{bf} 波动形成的“深潭—浅滩”结构有助于高流量下水流的加速与降速过程,延长污染物的扩散时间,从而使得 U_D 、 U_{W+D} 、 U_{W+D+M} 、 $Natural$ 河道表现出较好的污染物扩散抑制作用。此外,变量 D_{bf} 的波动还可使河道水力特性产生空间异质性^[10],有效促进适宜性水生栖息地的形成^[8],表现为污染物浓度上升速率较慢,从而有助于河道水体的自然修复过程。

3.3 污染物浓度到达最大值时间(M_{MT})

当流量低于 $16 \text{ m}^3/\text{s}$ 时,河道的 M_{MT} 值受几何变量数的显著影响, $Natural$ 河道的 M_{MT} 值远高于其他河道,其次为3个变量复合波动的 U_{W+D+M} 河道和2个变量复合波动的 U_{W+D} 河道。而单变量波动时, M_{MT} 变化趋势与 C_{CC} 结果相一致(图2)。虽然变量 W_{bf} 、 M_d 单一波动对 $Urban$ 河道抵御污染物浓度增加的能力无显著改善作用,但变量 M_d 较 W_{bf} ,其对污染物浓度上升的抑制作用相对要强。研究表明,河道对污染物浓度增加的抑制作用随流量的增加而逐渐减弱,当流量高于 $16 \text{ m}^3/\text{s}$ 时而不显著。相反,几何变量波动越复杂的河道,其 M_{MT} 值也越大,且变量

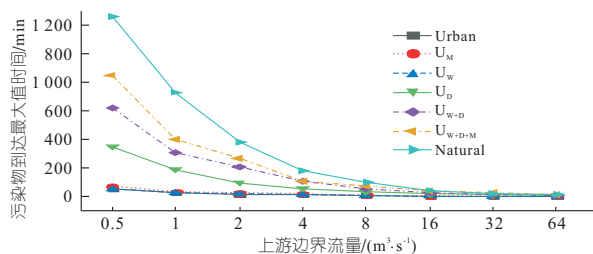


图 2 河道形态改造对污染物浓度达最大值时间的影响
Fig. 2 Effect of channel morphology reconfiguration on pollutant reaching maximum time

D_{bf} 波动形成的“深潭—浅滩”结构有利于抑制污染物的扩散,延长 M_{MT} 值,从而表现出在该变量波动的基础上进行复合波动更能抑制污染物浓度的上升。

3.4 污染物到达下游边界时间 (A_{AT})

基于变量 D_{bf} 进行单一变量波动或复合变量波动形成的 4 种不同形态的河道,能获得较大的 A_{AT} 值,且低流量 ($0.5 \sim 2 \text{ m}^3/\text{s}$) 下呈现出 $U_{W+D+M} > \text{Natural} > U_{W+D} > U_D$ 河道,见图 3。这是因为相较于其他几何变量的单一波动,变量 D_{bf} 的波动促进了水流的空间异质性,使剪切力发生逆转作用^[11],减缓污染物的扩散过程,并增加污染物扩散的变化性。如“深潭—浅滩”结构使污染物在河道中停留时间更长,进而减缓污染物向下游扩散。同时,变量 W_{bf} 、 M_d 的叠加波动,也会增加污染物扩散面积和扩散行程,从而增加 A_{AT} 值。虽然 U_{W+D+M} 河道相较于 Natural 河道在低流量下具有更高的 A_{AT} 值,但当流量超过 $4 \text{ m}^3/\text{s}$ 时,其 A_{AT} 值反而较低,并与其他河道的差异性随流量的增加而不断缩小。这可能是由于较高流量(趋近洪峰流量)下,污染物在各形态河道中的 A_{AT} 值较为接近,使得河道形态对污染物的迁移扩散无明显影响。总体而言,形态越复杂的 Natural 河道更有利于污染物的自净能力,且更能适应流量的变化。

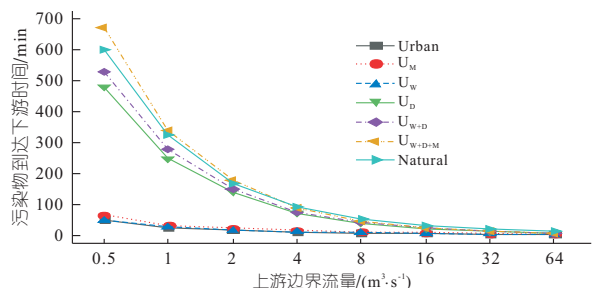


图 3 河道形态改造对污染物到达下游边界时间的影响
Fig. 3 Effect of channel morphology reconfiguration on pollutant arriving time

4 结论

a. 单一几何变量变化下的河道形态中,变量

W_{bf} 对河道水质改善的贡献较小,而变量 D_{bf} 的贡献最大。尤其是基于变量 D_{bf} 的波动变化,可通过提高河床高程的多样性和河床的稳定性,表现出最强的抑制污染物扩散能力,是抑制污染物扩散的关键几何变量。

b. 多种几何变量同时波动变化较单一变量能更好地抑制污染物的扩散,如“深潭—浅滩”结构可显著提升水深、流速等水力特征的空间异质性,有效促进适宜性水生栖息地的形成。尤其是变量 W_{bf} 、 D_{bf} 和 M_d 均发生无序变化的 U_{W+D+M} 河道更接近 Natural 河道,其不仅具有良好的抗污能力和污染物扩散抑制能力,还能为河流水体水质改善提供良好的生态水力条件,适于河流污染物的自净过程。

c. 在不违背自然规律且流量一定的前提下,河道变化形态越复杂,其污染物迁移扩散性能越好。在城市河流治理时,应首先基于变量 D_{bf} 的多变量组合变化对 Urban 河道进行形态重塑。研究进一步证实了河道形态空间多样性对维护河流生态系统健康的重要作用。

参考文献:

- [1] BOOTH D B, ROY A H, SMITH B, et al. Global perspectives on the urban stream syndrome [J]. *Freshwater science*, 2016, 35(1): 412-420.
- [2] 王崑,王静,张九玲,等. 弹性设计理念指导下的城市河道景观规划设计探索[J]. *生态经济*, 2018, 34(10): 229-236.
- [3] 张怡,刘本洪,刘蕾,等. 硬质河岸和水体富营养化河道的综合治理技术:以柴桑河为例[J]. *环境工程学报*, 2021, 15(12): 3875-3882.
- [4] 赵银军,丁爱中. 河流地貌多样性内涵、分类及其主要修复内容[J]. *水电能源科学*, 2014, 32(3): 1167-1170.
- [5] 谢雨婷,林晔. 城市河流景观的自然化修复——以慕尼黑“伊萨河计划”为例[J]. *中国园林*, 2015, 31(1): 55-59.
- [6] 马强,陈福容,王颖. 基于 MIKE 11 Ecolab 模型的梁滩河流域水污染问题探讨[J]. *水电能源科学*, 2011, 29(11): 33-36, 72.
- [7] 刘欢,孔维苇,王晓锋,等. 重庆梁滩河表层沉积物氮形态时空特征及影响因素[J]. *水土保持学报*, 2019, 33(6): 332-341.
- [8] 唐杰,陈垚,程麒铭,等. 河道形态改造对城市河流生态水力性能影响的数值模拟研究[J/OL]. *水资源保护*. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/32.1356.TV.20220208.1312.008.html>.
- [9] 许莉萍,高学平,张晨,等. 基于数值方法的城市人工湖泊水体交换研究[J]. *水利水电技术*, 2018, 49(6): 94-100.

(下转第 22 页)

GS-SVR、RF 和 IF-GEP 模型的表现明显优于现有公式,IF-GEP 模型的表现明显优于 RF 模型,略优于 GS-SVR 模型,说明机器学习的方法在处理这种复杂的非线性问题中有着较好的效果,且 IF-GEP 模型的预测效果相比 GS-SVR 和 RF 模型在这些河流中更适用且预测效果更好,精度更高。

b. 将 IF-GEP 模型应用于训练集和测试集以外的多条不同河流,IF-GEP 模型对于河湾最大冲刷深度的预测值与实测值相差较小,且表现明显优于 GS-SVR 和现有公式,略优于 RF 模型。说明 IF-GEP 模型在这些河流中也表现出了良好的预测效果,具有一定的推广价值,可为河湾最大冲刷深度的预测及凹岸的防护设计提供一定的参考。

参考文献:

[1] 张良然. 河渠缓流弯道冲刷深度计算的探讨[J]. 南昌大学学报(工科版), 2001, 23(4):84-86,106.

[2] 王木兰,汪德燿. 明渠弯道水流与冲刷问题[J]. 河海大学学报(自然科学版), 1978(1):117-129.
 [3] CHATLEY H. Curvature effects in open channels [J]. Engineering, London, England, 1931, 131.
 [4] THORNE C R, ABT S R. Velocity and scour prediction in river bends[R]. Army Engineer Waterways Experiment Station Vicksburg MS Hydraulics Lab, 1993.
 [5] US Army Corps of Engineers. Hydraulic design of flood control channels[M]. Washington, DC: Government Printing Office, 1994.
 [6] FEI T L, KAIM T, ZHOU Z H. Isolation forest [C]// IEEE International Conference on Data Mining IEEE, 2008.
 [7] 赵新华,范振东,何宇,等. 基于数据重构与孤立森林法的大坝自动化监测数据异常检测方法[J]. 中国农村水利水电, 2021(9):174-178.
 [8] 李超群,魏清顺. 采用基因表达式编程的潜水泵性能预测[J]. 水电能源科学, 2020,38(4):150-153,180.

Maximum Erosion Depth Prediction of River Bend Based on IF-GEP

CHEN Jun-feng, XIAO Li-rong, ZHOU Xiao-quan, HUANG Yu-hang

(State Key Laboratory of Hydraulics and Mountain River Engineering, Sichuan University, Chengdu 610065, China)

Abstract: In order to address the limitations in forecasting the maximum scour depth of conventional river bends, this study amalgamated the methodologies of isolated forest (IF) and gene expression programming (GEP). An IF-GEP model for predicting the maximum scour depth of river bends was established. The validation results demonstrate that the IF-GEP prediction model surpasses existing formulations in terms of its accuracy on the test set. Moreover, it exhibits enhanced predictive performance compared to the traditional GS-SVR and RF models. Application of the prediction model to various rivers yielded remarkably close results to the actual measured values, affirming its strong predictive capability and robust generalization performance.

Key words: maximum scour depth of river bend; isolated forest; gene expression programming; GS-SVR; RF

 (上接第 43 页)

[10] WHIPPLE A A, VIERS J H. Coupling landscapes and river flows to restore highly modified rivers [J]. Water resources research, 2019, 55(6): 4512-4532.

[11] BIRON P M, CARVER R B, CARRÉ D M. Sediment transport and flow dynamics around a restored pool in a fish habitat rehabilitation project: Field and 3D numerical modelling experiments[J]. River research and applications, 2012,28(7): 926-939.

Numerical Simulation of Effect of Channel Morphology Reconfiguration on Migration and Diffusion of Pollutants in Urban Stream

DENG Lin-yue^{1a}, TANG Jie^{1a}, CHEN Yao^{1a,1b}, LIU Fei^{1a,1b}, HOU Yi-zhi^{1a}, GAN Chun-juan², TAN Yu-qing^{1a}
 (1a. School of River and Ocean Engineering; 1b. Engineering Laboratory of Environmental Hydraulic Engineering of Chongqing Municipal Development and Reform Commission, Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400074, China; 2. Chongqing Municipal Research Institute of Design Ltd. Co., Chongqing 400012, China)

Abstract: A typical urban channelized (Urban) channel in Liangtan River, Chongqing, was reshaped into six types of channel by a numerical simulation tool named RiverBuilder. And then a two-dimensional hydrodynamic convection-diffusion model was constructed to study the effect of channel morphology reconfiguration on migration and diffusion index, such as water turn-over time (T_{TOT}), pollutant concentration curve (C_{CC}), pollutant reaching maximum time (M_{MT}) and pollutant arriving time (A_{AT}). The results show that the channel morphology reconfigured by changing the width (W_{bf}), depth (D_{bf}), and meandering (M_d) of the Urban channel can inhibit the migration and diffusion of pollutants to a certain extent, but the influencing effect is not as good as that of the composite channel based on the variable D_{bf} . Meanwhile, the near-natural (Natural) channel has the strongest anti-pollute capacity and inhibiting ability of pollutants diffusion, indicating it is more suitable for the self-purification process of pollutants. It is confirmed that the channel morphology based on disordered and complex changes in W_{bf} , D_{bf} , and M_d is closer to the Natural channel, which can provide good eco-hydraulic conditions for the improvement of river water quality.

Key words: channel morphology; hydrodynamic model; pollutants; migration and diffusion; geometric variables; eco-hydraulics