

其他水系统研究与应用

祝超逸, 李怀正. 河道护坡湿地类型对雨天溢流污染物去除特性[J]. 净水技术, 2023, 42(5):122-130.

ZHU C Y, LI H Z. Characteristics of overflow pollutants removal by wetland types of river revetment in rainy days[J]. Water Purification Technology, 2023, 42(5):122-130.

河道护坡湿地类型对雨天溢流污染物去除特性

祝超逸, 李怀正*

(同济大学环境科学与工程学院, 上海 200092)

摘要 近年来城市河道面临雨天反复污染问题, 泵站雨天溢流是影响城市河流水质稳定达标的重要原因。结合河道护坡地形, 将潜流人工湿地构造为护坡湿地, 研究不同运行工况和进出水构造条件下湿地对污染物的去除效果并分析去除机理。结果表明, 护坡湿地在垂直流工况下, 进水管水平长度为 3.6 m (占污水处理区水平长度的 90%), 出水管高度为 0.65 m (占污水处理区高度的 81.25%) 为最优进出水构造, 在该进出水构造下湿地对 COD_{Cr} 、氨氮、TN、TP 的去除率分别为 45.0%、91.5%、42.6%、44.3%。护坡湿地按水平流工况运行时, 对各项污染物的去除率低于垂直流工况, 但去除负荷有显著提升。在同时设置底部和出水高度处集水的最优出水构造下, 护坡湿地对 COD_{Cr} 、氨氮、TN、TP 的去除负荷分别为 103.0、46.79、15.64、0.41 $\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 。

关键词 生态护坡 人工湿地 泵站溢流 溢流污染 进出水结构

中图分类号: TU992 文献标识码: A 文章编号: 1009-0177(2023)05-0122-09

DOI: 10.15890/j.cnki.jsjs.2023.05.017

Characteristics of Overflow Pollutants Removal by Wetland Types of River Revetment in Rainy Days

ZHU Chaoyi, LI Huaizheng*

(College of Environmental Science and Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract In recent years, urban rivers have faced repeated pollution problems in rainy days. The overflow of pumping stations is an important reason for affecting the stability of river water quality. By combining river revetment and subsurface flow constructed wetland to construct revetment wetland, the removal effect of wetland on pollutants under different operating conditions and inlet and outlet water structure conditions was studied and the reaction mechanism was analyzed. The results showed that under the vertical flow condition, the horizontal length of the inlet pipe was 3.6 m (accounting for 90% of the horizontal length of the wastewater treatment area) and the height of the outlet pipe was 0.65 m (accounting for 81.25% of the height of the wastewater treatment area) was the optimal inlet and outlet structure. The removal rates of COD_{Cr} , ammonia nitrogen, TN and TP were 45.0%, 91.5%, 42.6% and 44.3%, respectively. When the revetment wetland was operated under horizontal flow conditions, the removal rate of pollutants was lower than that under vertical flow conditions, but the removal load was significantly improved. Under the optimal outlet structure of collecting water at the bottom and outlet height at the same time, the removal loads of COD_{Cr} , ammonia nitrogen, TN and TP were 103.0, 46.79, 15.64, 0.41 $\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$, respectively.

Keywords ecological revetment constructed wetland pumping station overflow overflow pollution inlet and outlet structure

[收稿日期] 2023-02-06

[基金项目] 长江生态环境保护修复联合研究项目(第一期)(2019-LHYJ-01-0212-14); 中国长江三峡集团有限公司资助项目(202003065)

[作者简介] 祝超逸(1999—), 男, 硕士, 研究方向为河道水环境整治技术, E-mail: 1605018335@qq.com。

[通信作者] 李怀正(1962—), 男, 研究员, 研究方向为面源污染控制及河道整治技术, E-mail: lihzh@tongji.edu.cn。

目前,城市河道旱天水质得到显著改善,但仍然面临雨天反复污染问题^[1]。合流制系统溢流污染和分流制系统混接雨水管网初期雨水排放是城市河道雨天反复污染的重要成因^[2]。雨天时,雨水会冲刷并携带地面和管道中沉积的污染物,在雨水泵站汇集之后统一排涝,导致大量污染负荷排入受纳水体,影响河道水质。城区泵站雨天溢流已凸显为影响城市河流水质稳定达标的主要问题^[3]。因此,亟待研究雨天溢流污染控制技术,为改善城市雨天河道污染情况提供技术支撑。

雨天溢流污染存在排放流量大、污染负荷高等特点,且受降雨特征影响大,在末端处理中多采用截留和调蓄设施,或增设溢流污染削减治理设施^[4]。牟晋铭^[5]通过设置调蓄池,使泵站溢流次数由 28 次削减为 6 次,溢流污染削减率为 41%,全年削减 COD_{Cr} 达 278.35 t。顾建^[6]在上海市中心城区某雨水泵站设置高效组合澄清系统,对 COD_{Cr} 的去除率为 50%~80%,对 SS 的去除率达 80%以上。

在当前的研究与应用中,调蓄池需要较大占地面积,多数雨天溢流污染削减治理设施在不同降雨条件下的适用性有限,缺乏对快速有效、适应不同降雨条件、合理利用占地且兼具调蓄和净化功能的处理设施的相关研究与应用。因此,本研究通过利用河道两边的护坡与潜流人工湿地相结合,因地制宜地构造护坡湿地,在不同降雨条件下利用基质和微生物的物理、化学、生物耦合作用去除溢流污染物,就近实现雨天溢流污染的有效削减,对控制雨天溢流污染、改善城市雨天河道水质具有重大的应用价值和现实意义。

1 试验材料和方法

1.1 试验装置

护坡湿地试验装置如图 1 所示。装置使用聚氯乙烯(PVC)板与钢架构建湿地框架,以模拟实际护坡环境。其单位床体总长为 4.4 m,宽为 1 m,高为 1 m,坡度为 15°,共 4 组试验单元。进出水两端设置配水区,配水区宽为 0.2 m,高为 1 m,填充 10~20 mm 砾石,采用 PVC 穿孔板与基质隔开。装置两侧设置大气复氧廊道,廊道填充 10~20 mm 砾石,宽为 0.15 m,下部与出水高度齐平,上部与外界空气连通便于复氧。综合考虑基质的经济性与处理效果,装置内部分层填充 5~10 mm 瓜子片、6~10 mm 沸石、

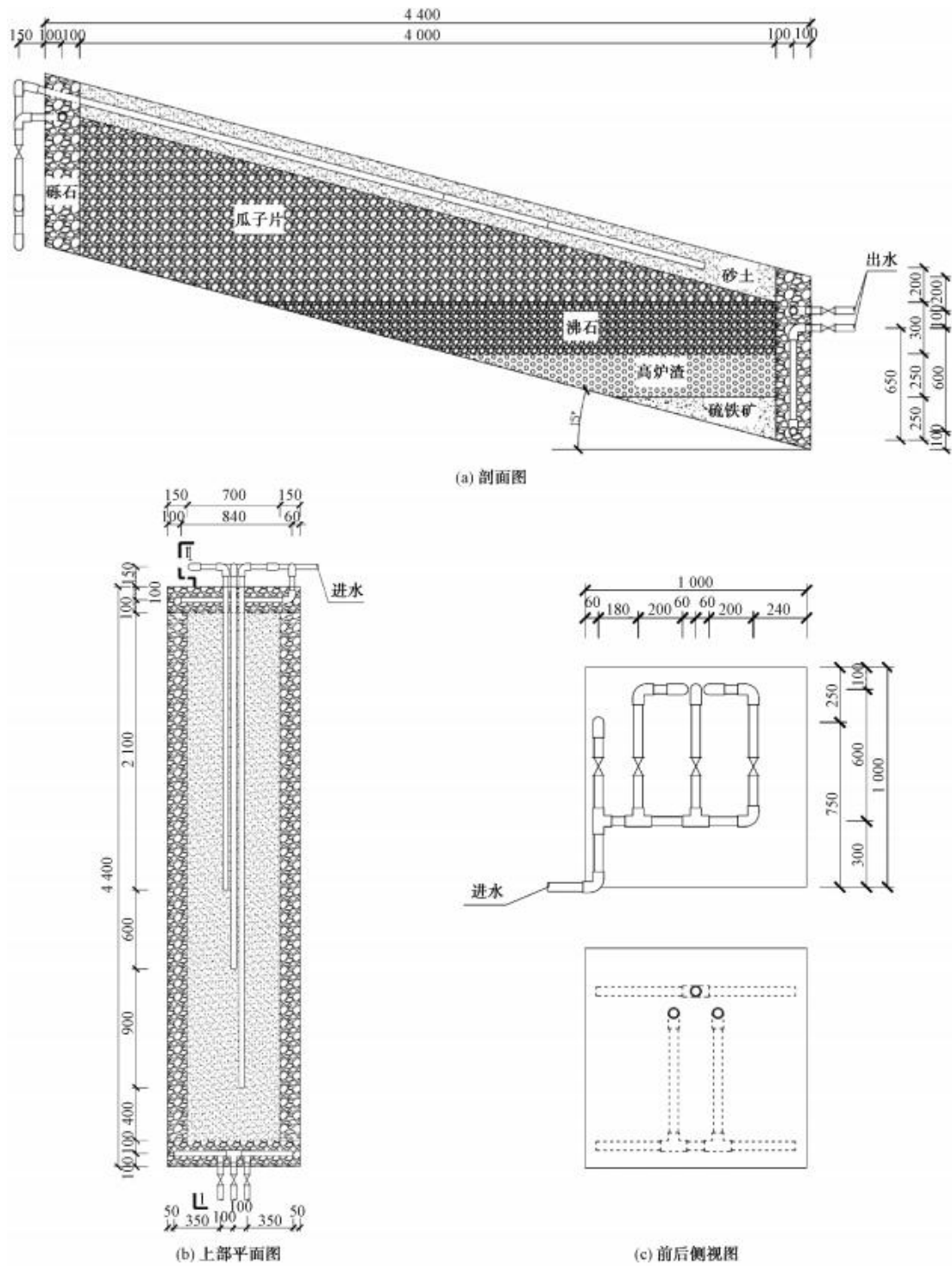
6~10 mm 高炉渣、3~8 mm 硫铁矿作为基质,基质上部覆盖沙土便于配水和种植植物,沙土由耕作土和 1~2 mm 细沙按 1:1 的比例混合而成。护坡湿地试验装置设置在马鞍山市某排涝泵站旁,进水来源为泵站前池雨污水,出水就近排入受纳水体。

如图 2 所示,试验装置设置垂直流和水平流两种进水方式,以适应不同条件下的处理需求。垂直流工况主要适用于旱天或降雨量较小时泵站未溢流的情况,可实现将溢流前污水处理至水质标准并增加泵站的调蓄容积。水平流工况主要适用于泵站溢流时处理流量较大的情况,可实现最大程度削减溢流污染负荷。垂直流进水模式下,在砂土层中间设置垂直流穿孔配水管,出水区底部设置集水管,上部设置出水管,形成淹没区。污水通过上部穿孔配水管进入装置主体,与装置内水面上的基质及其附着生物膜充分接触,主要利用好氧生物作用去除氨氮和有机污染物。氧气不易通过水面与淹没区中的基质接触,因此,水面下可形成缺氧环境,为反硝化脱氮提供一定的条件。水平流进水模式下,在进水区设置水平流穿孔配水管,出水区设置上部或底部集水,上部出水。污水通过水平流配水管进入装置主体,与基质充分接触,主要通过拦截、吸附等物理化学作用去除污染物。

1.2 试验方法

1.2.1 垂直流工况下不同进出水构造的护坡湿地对污染物的去除效果

垂直流工况下的护坡湿地主要适用于未降雨和小雨量的情况,在保证排涝泵站不直接溢流的同时,增加泵站的调蓄容量,将未溢流的污水处理至一定水质标准后排入受纳水体。垂直流进水工况下,湿地主要利用硝化反硝化等微生物作用和拦截吸附等物理化学作用去除污染物,因此,不同进出水构造会对影响护坡湿地对污染物的去除效果。如表 1 所示,本研究共设 1#、2#、3#、4# 这 4 组进出水构造试验,通过对比分析不同进出水管设置对污染物的去除效果及作用机制,以期获得最佳进出水构造参数。本研究中装置采用间歇进水,便于湿地复氧和增加水力停留时间,水力负荷为 $0.8 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$,每日进水 12 次,单个湿地单元流量为 800 L/h,单次进水历时 20 min,连续运行一个月,稳定后考察进出水水质。试验期间进水水质浓度如表 2 所示。



注:数值单位为 mm。

图 1 护坡湿地装置

Fig. 1 Revetment Wetland Device

1.2.2 水平流工况下不同出水构造的护坡湿地对污染物的去除效果

水平流工况下的护坡湿地主要适用于降雨量较

大的情况,在尽可能控制直接溢流量的同时,最大程度地削减排入受纳水体的污染负荷。水平流进水工况与垂直流工况相比,湿地主要利用拦截、吸附等物

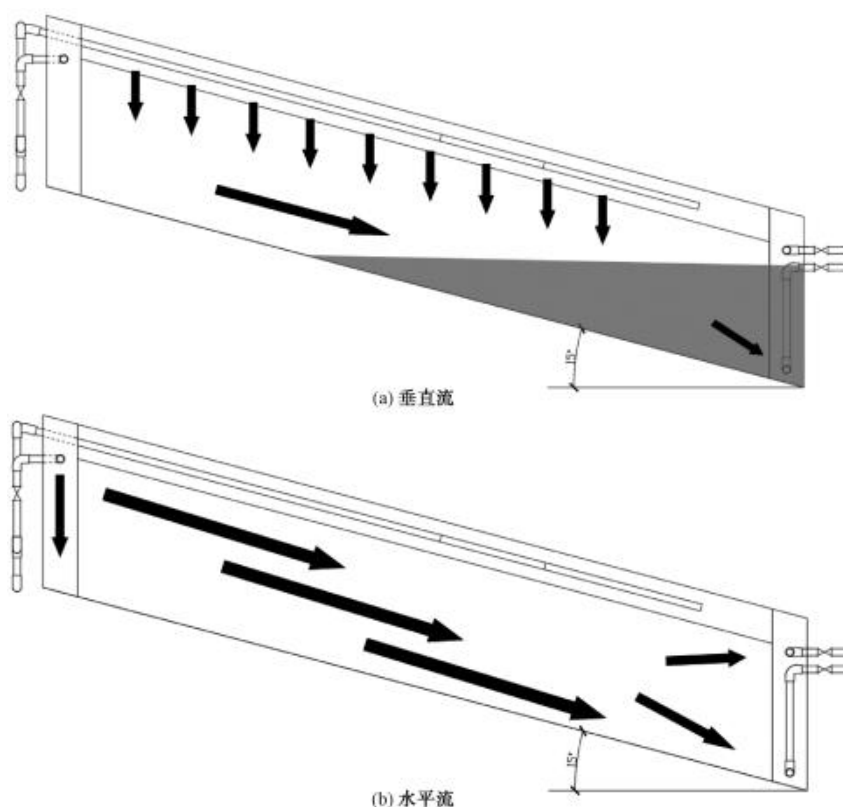


图2 进水模式

Fig. 2 Inflow Mode

表1 垂直流工况下不同进出水构造试验

Tab. 1 Experiment of Different Inflow and Outflow Structures under Vertical Flow Condition

编号	出水管高度/m	占基质有效高度的比例	进水管水平长度/m	占基质有效水平长度的比例
1#	0.65	81.25%	3.6	90.0%
2#	0.65	81.25%	2.7	67.5%
3#	0.65	81.25%	2.1	52.5%
4#	0.61	76.25%	2.7	67.5%

表2 垂直流工况试验期间进水水质

Tab. 2 Water Quality of Inflow during Vertical Flow Experiment

项目	COD _{Cr} /(mg·L ⁻¹)	氨氮/(mg·L ⁻¹)	TN/(mg·L ⁻¹)	TP/(mg·L ⁻¹)
数值	48~69	9.80~11.94	10.95~13.13	0.36~0.47
平均值	61.29	11.02	12.14	0.42

理化学作用去除污染物,污水在装置内部的路径更长,而不同出水构造会导致污水与装置内部基质的接触情况有所差异,从而影响护坡湿地对污染物的去除效果。如表3所示,本研究共设1#、2#、3#这3

组进出水构造试验,通过对比分析不同出水管设置对污染物的去除效果及作用机制,以期获得水平流工况下的最佳进出水构造参数。本研究中装置采用连续进水,水力负荷为6.0 m³/(m²·d),单个湿地单元流量为1 000 L/h,工况转换前保持各组试验出水水质相近且稳定。试验期间进水水质浓度如表4所示。

表3 水平流工况下不同出水构造试验

Tab. 3 Experiment of Different Outflow Structures under Horizontal Flow Condition

编号	是否设置底部集水	是否设置出水高度处集水
1#	是	否
2#	是	是
3#	否	是

表4 水平流工况试验期间进水水质

Tab. 4 Water Quality of Inflow during Horizontal Flow Experiment

项目	COD _{Cr} /(mg·L ⁻¹)	氨氮/(mg·L ⁻¹)	TN/(mg·L ⁻¹)	TP/(mg·L ⁻¹)
数值	53~61	8.13~9.85	9.41~10.88	0.41~0.45
平均值	56.50	9.05	10.23	0.43

1.3 水样采集与分析

1.3.1 水样采集方法

垂直流工况试验中,试验装置在稳定运行且生物系统构建完毕后连续运行一个月,稳定后连续一周采样检测装置进出水水质。水平流工况试验中,采样检测装置进出水水质,工况转换前保持各组试验条件一致且出水水质稳定相近,转换工况后每1 h采样一次,共6 h,进水比出水采样提前0.5 h。

1.3.2 水样分析方法

本试验的主要分析指标为 COD_{Cr} 、氨氮、TN、TP,其中 COD_{Cr} 采用《水质 化学需氧量的测定 重铬酸盐法》(HJ 828—2017)测定,氨氮采用《水质 氨氮

的测定 纳氏试剂分光光度法》(HJ 535—2009)测定,TN 采用《水质 总氮的测定 碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法》(HJ 636—2012)测定,TP 采用《水质 总磷的测定 钼酸铵分光光度法》(GB 11893—1989)测定。

2 结果和讨论

2.1 垂直流工况下不同进出水构造的护坡湿地对污染物的去除效果

表5和图3显示了垂直流进水工况下不同进出水构造条件的护坡湿地对污染物去除效果的多组平行试验数据的统计结果。 COD_{Cr} 、氨氮、TN、TP在1#~4#组间差异显著性分别为0.284、0.281、0.000、0.011。

表5 垂直流工况下不同进出水构造的护坡湿地对污染物的去除效果

Tab. 5 Pollutants Removal by Revetment Wetland with Different Inflow and Outflow Structures under Vertical Flow Condition

指标	项目	1#	2#	3#	4#
COD_{Cr}	进水/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	61.29	61.29	61.29	61.29
	出水/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	33.71	35.86	37.57	40.86
	去除率	45.0%	41.5%	38.7%	33.3%
	去除负荷/($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$)	22.06	20.34	18.97	16.34
氨氮	进水/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	11.02	11.02	11.02	11.02
	出水/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	0.94	1.03	1.35	1.08
	去除率	91.5%	90.6%	87.8%	90.2%
	去除负荷/($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$)	8.07	7.99	7.74	7.95
TN	进水/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	12.14	12.14	12.14	12.14
	出水/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	6.97	7.50	7.99	8.82
	去除率	42.6%	38.2%	34.2%	27.3%
	去除负荷/($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$)	4.13	3.71	3.32	2.65
TP	进水/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	0.42	0.42	0.42	0.42
	出水/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	0.23	0.25	0.27	0.26
	去除率	44.3%	38.8%	35.1%	37.5%
	去除负荷/($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$)	0.15	0.13	0.12	0.12

注:表中数据均为平均值。

由图3(a)及表5中 COD_{Cr} 的去除情况可知,在出水管高度不变(1#、2#、3#)时,随着进水管长度的增大,出水水质呈现向好的趋势,去除率逐渐升高,最高可达45%,当平均进水水质质量浓度约为61.3 mg/L 时,最佳工况(1#)的出水水质质量浓度可达33.7 mg/L (略高于IV类标准限值)。在保证进水管长一致的前提下,不同出水高度的试验(2#、4#)中,出水管高的试验组对 COD_{Cr} 的去除率高于出水管

设置较低的。这是进水管长度增加时,装置内部有效体积增加,水面上方更多的基质能够与污水接触,好氧区有效体积增加, COD_{Cr} 的去除率升高;而当出水高度降低,整体有效体积减小,虽然好氧区体积有所增加,但增加的体积较小,对 COD_{Cr} 的去除作用很小,而且缺氧区体积显著减小,反硝化作用对 COD_{Cr} 的利用率减小,因此, COD_{Cr} 的去除率降低。整体上,垂直流工况下不同进水管长度和出水管高

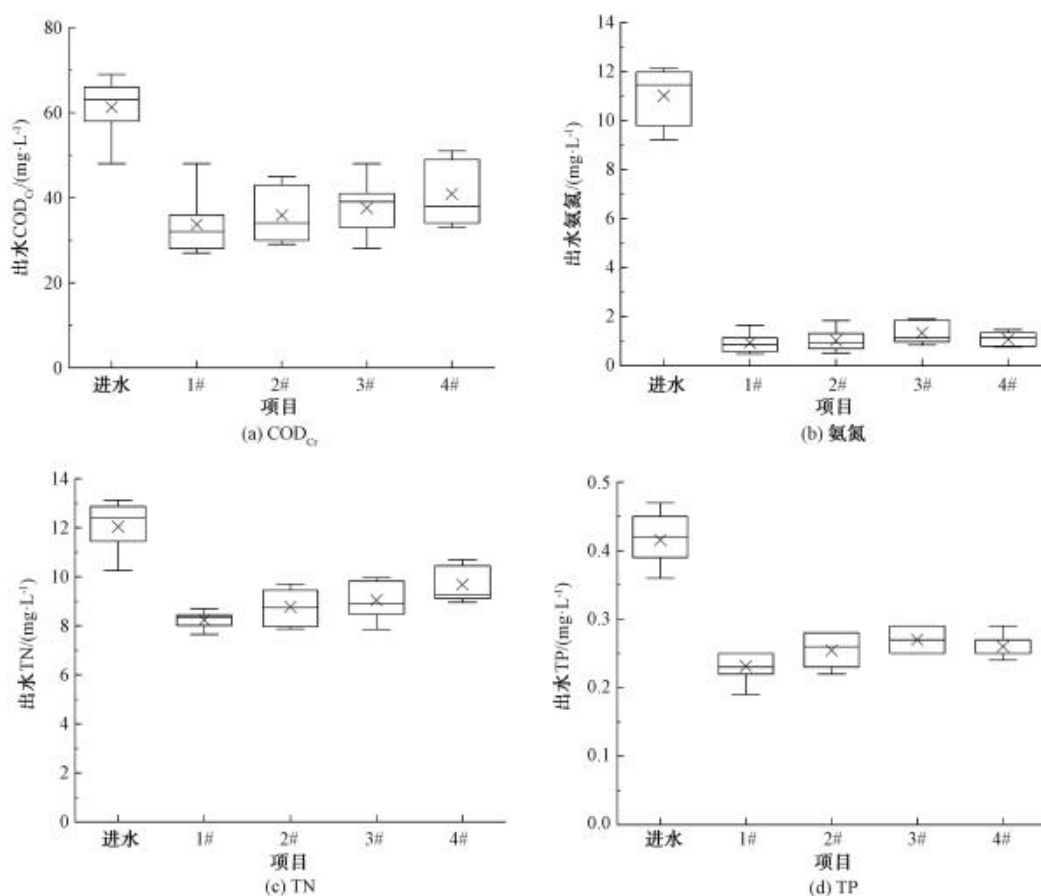


图3 垂直流工况下不同进出水构造的护坡湿地对污染物的去除效果

Fig. 3 Pollutants Removal by Revetment Wetland with Different Inflow and Outflow Structures under Vertical Flow Condition

度对 COD_{Cr} 去除效果有一定的影响,但并不显著 ($p>0.05$)。

根据图 3(b) 及表 5 中氨氮的去除情况,在出水管高度不变 (1#, 2#, 3#) 时,随着进水管长度的增加,氨氮出水浓度逐渐减小,但去除率均保持在 90% 左右,当进水平均质量浓度为 11 mg/L 时,出水平均质量浓度可达约 1 mg/L (Ⅲ类标准限值),说明该湿地在垂直流工况下对氨氮的去除效果很好,且进水管长度差异对于氨氮去除的影响较小。在保证相同进水管长度不变时,不同出水高度的试验 (2#, 4#) 中,两组湿地对氨氮的去除率基本一致,不同出水管高度对氨氮去除影响不大。护坡湿地在构造上设置了大气复氧廊道,在该工况条件下,复氧充足,对氨氮的去除效果很好,进出水构造的调整对好氧效率的影响较小 ($p>0.05$)。

由图 3(c) 及表 5 中湿地对 TN 的去除情况可知,在不同进出水管构造条件下,各组湿地对 TN 的去除效果差异显著 ($p<0.05$)。出水管高度不变

(1#, 2#, 3#) 时,进水管长度增加, TN 去除率增大。当进水管长度为 3.6 m 时, TN 去除率可达 43%。进水管长度不变 (2#, 4#) 时,出水管较高的试验组对 TN 的去除率大。由于垂直流工况下 TN 主要通过反硝化作用去除,在保证较高的硝化效率时,增加出水管高度可以显著增大缺氧饱和区体积,增大反硝化作用效率,这与已有研究结果相一致^[7];而当进水管长度增加时,缺氧区上方消耗的氧气增加,有利于营造缺氧环境,一定程度上增加缺氧反硝化作用的有效体积。

根据图 3(d) 及表 5 中 TP 的去除情况, 1# 对 TP 的去除率最高, 达 44.3%, 能够将劣 V 类污水处理至 IV 类。在不同进出水管构造条件下, 各组湿地对 TP 去除效果差异显著 ($p<0.05$)。当出水管高度不变时,进水管长度增加, TP 去除率增大;进水管长度不变时,出水管高度较大与较小的试验组对 TP 去除率基本一致。人工湿地系统对 TP 的去除主要依靠基质拦截、吸附等物化作用^[8], 因此, 当保证均匀

配水时进水管长度的增加能显著增大污水与基质的有效接触体积,从而促进对磷的去除。

2.2 水平流工况下不同出水构造的护坡湿地对污染物的去除效果

根据表 6 所示数据,水平流工况下不同出水构造的湿地 COD_{Cr} 平均出水浓度相近,在进水质量浓度为 56.50 mg/L 时,出水平均浓度可达到接近 V 类水质标准限值,对 COD_{Cr} 的去除率约为 30%,说明在该工况条件下出水构造对 COD_{Cr} 去除的影响较小。同时如图 4(a) 所示,护坡湿地的出水 COD_{Cr} 浓度随时间呈逐渐上升的趋势,而转换为水平流工

况后的前 3 h,各组湿地对 COD_{Cr} 的去除率基本保持在 35% 左右,第 4 h 和第 5 h 的去除率显著降低,去除率降至约 20% 后保持不变。这是在该工况下湿地主要利用物化作用和好氧分解去除污水中有机物,因此,在转换为水平流工况后,在开始阶段湿地内基质的吸附能力和氧含量处于较好的阶段,去除率基本保持不变,而在 3 h 后,基质的吸附能力和湿地内的氧含量降低,基质对 COD_{Cr} 的去除能力显著下降且在 5 h 后逐渐达到稳定。COD_{Cr}、氨氮、TN、TP 在 1#~3# 组间差异显著性分别为 0.896、0.053、0.000、0.004。

表 6 水平流工况下不同出水构造的护坡湿地对污染物的去除效果

Tab. 6 Pollutants Removal by Revetment Wetland with Different Outflow Structures under Horizontal Flow Condition

指标	项目	1#	2#	3#
COD _{Cr}	进水/(mg·L ⁻¹)	56.50	56.50	56.50
	出水/(mg·L ⁻¹)	40.17	39.33	39.67
	去除率	28.9%	30.4%	29.8%
	去除负荷/(g·m ⁻² ·d ⁻¹)	98.00	103.00	101.00
氨氮	进水/(mg·L ⁻¹)	9.05	9.05	9.05
	出水/(mg·L ⁻¹)	1.86	1.25	1.46
	去除率	79.5%	86.2%	83.9%
	去除负荷/(g·m ⁻² ·d ⁻¹)	43.13	46.79	45.51
TN	进水/(mg·L ⁻¹)	10.23	10.23	10.23
	出水/(mg·L ⁻¹)	8.05	7.63	8.70
	去除率	21.4%	25.5%	15.0%
	去除负荷/(g·m ⁻² ·d ⁻¹)	13.13	15.64	9.23
TP	进水/(mg·L ⁻¹)	0.43	0.43	0.43
	出水/(mg·L ⁻¹)	0.37	0.37	0.39
	去除率	14.2%	15.8%	10.8%
	去除负荷/(g·m ⁻² ·d ⁻¹)	0.37	0.41	0.28

注:表中数据均为平均值。

由图 4(b) 和表 6 中氨氮的去除情况可知,设置底部和出水高度处集水的湿地(2#)对氨氮的去除效果总是保持最佳,仅设置出水高度处集水的试验组(3#)次之,水平流工况下不同出水构造对氨氮的去除效果影响显著($p \approx 0.05$)。氨氮的出水浓度随时间增加而逐渐增大,在该时间段内最佳工况的平均出水浓度可达 IV 类,去除率则相反,从 90% 左右逐渐减小至 80% 以下,最佳工况的平均去除率可达 86%。在水平连续流工况条件下,氨氮的去除效果

由好氧硝化作用和基质的吸附作用共同影响。而氨氮的去除负荷大于 TN 的去除负荷,说明氨氮更多地通过硝化作用转化为硝态氮而得以去除。设置出水高度处集水可以使污水更多与装置上方好氧区的基质接触,但仅设置上部集水会导致出水高度以下存在大片死水区,基质的吸附作用降低,从而使氨氮的去除率降低。

由表 6 中 TN 的去除情况可知,水平流工况下不同出水构造对 TN 去除效果的影响显著($p <$

0.05),去除率排序:2#(底部+出水高度处集水)>1#(底部集水)>3#(出水高度处集水)。2#的平均去除率最高,为25.5%。TN的去除主要依赖反硝化作用、微生物同化作用、基质吸附等,不同的出水构造造成污水在淹没区内的停留时间不同,与基质的接触体积不同,所以,同时设置底部和出水高度处集水时污水与基质和微生物接触的有效体积最大,能有效提高对TN的去除效果。根据图4(c)中TN去除率的变化趋势,各组湿地对TN的去除率均呈先升高后下降的趋势,2#的去除率从开始约20%升高,在第4h升至30%以上,后降至约25%。这是由于随着时间增加,一方面装置内部氧气含量降低,反硝

化作用有所增强,另一方面微生物同化和基质吸附作用逐渐降低,使TN去除率下降。

根据图4(d)及表6中TP的去除情况,水平流工况下不同出水管构造的各组湿地对TP去除效果差异显著($p < 0.05$),其中1#(底部集水)和2#(底部+上部集水)对TP的平均去除率相近,约15%,高于3#(出水高度处集水)。研究^[9]表明,矿渣和粉煤灰等钙素含量较高的碱性基质对磷素的去除有很好的效果。在护坡湿地系统中靠近下部集水处填充有部分高炉渣,能够加强对磷的吸附,因此,当仅设置上部集水时,污水与该部分基质接触减少,TP的去除负荷降低。

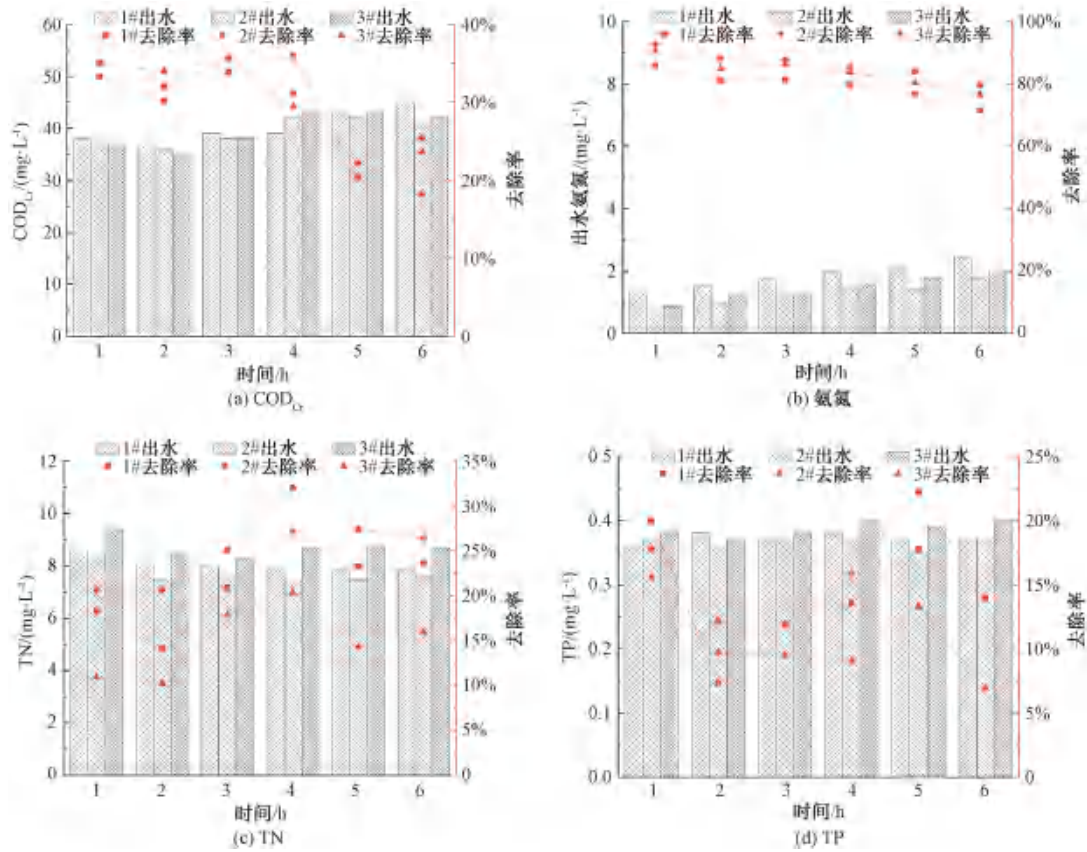


图4 水平流工况下不同出水构造的护坡湿地对污染物的去除效果

Fig. 4 Pollutants Removal by Revetment Wetland with Different Outflow Structures under Horizontal Flow Condition

3 结论

(1)垂直流工况下,采用进水管水平长度为3.6 m(占污水处理区水平长90%)、出水管高度为0.65 m(占污水处理区高度81.25%)的1#湿地对COD_{Cr}、氨氮、TN、TP的去除效果均表现最优。在此进出水构造下,护坡湿地对污染物COD_{Cr}、氨氮、TN、TP的去除率为45.0%、91.5%、42.6%、44.3%。

(2)水平流工况下,采用底部和出水高度处集水的2#湿地对于各项污染物表现出最佳的去除效率。在此出水构造下,护坡湿地对污染物COD_{Cr}、氨氮、TN、TP的去除负荷分别为103.0、46.79、15.64、0.41 g/(m²·d)。

(3)垂直流工况下护坡湿地对各项污染物的去除率显著大于水平流工况,而去除负荷则相反。因

此,垂直流工况主要适用于旱天或降雨量较小时泵站未溢流或溢流量较小的情况,可按要求将溢流前污水处理至一定水质标准排放;水平流工况主要适用于泵站溢流时处理流量较大的情况,可实现最大程度削减溢流污染负荷。

参考文献

- [1] 徐祖信,张竞艺,徐晋,等.城市排水系统提质增效关键技术研究——以马鞍山市为例[J].环境工程技术学报,2022,12(2):348-355.
XU Z X, ZHANG J Y, XU J, et al. Study on key technologies for improving quality and efficiency of urban drainage system: A case of Ma'anshan City [J]. Journal of Environmental Engineering Technology, 2022, 12(2): 348-355.
- [2] 徐祖信,徐晋,金伟,等.我国城市黑臭水体治理面临的挑战与机遇[J].给水排水,2019,55(3):1-5,77.
XU Z X, XU J, JIN W, et al. Challenges and opportunities of black and odorous water body in the cities of China [J]. Water & Wastewater Engineering, 2019, 55(3): 1-5, 77.
- [3] 叶建锋,张玉.中心城区泵站旱天放江特征及削减潜力分析[J].净水技术,2014,33(6):33-38.
YE J F, ZHANG Y. Characteristics of discharge to river in dry weather and analysis of reduce potential for drainage pumping stations in central urban area [J]. Water Purification Technology, 2014, 33(6): 33-38.
- [4] 程逸群,陈向超,黄志金,等.上海市泵站放江污染现状及治理对策浅析[J].净水技术,2022,41(s1):259-262.
CHENG Y Q, CHEN X C, HUANG Z J, et al. Analysis on current situation and control measures of discharge pollution of

- pumping station in Shanghai City [J]. Water Purification Technology, 2022, 41(s1): 259-262.
- [5] 牟晋铭.调蓄池对强排系统放江污染削减效果分析[J].给水排水,2020,56(s1):197-199.
MU J M. Analysis of pollution reduction effect of reservoir on drainage of pumping station drainage system [J]. Water & Wastewater Engineering, 2020, 56(s1): 197-199.
- [6] 顾建.高效组合澄清系统在某雨水泵站污染物削减中的应用[J].净水技术,2019,38(s2):102-105.
GU J. Analysis on reduction of pollutant from rainwater pumping station by high-efficiency comagnetic-flo system [J]. Water Purification Technology, 2019, 38(s2): 102-105.
- [7] 左尚武,王月圆,余少乐,等.基于水位调控的垂直流人工湿地强化脱氮研究[J].水生生物学报,2022(10):1494-1500.
ZUO S W, WANG Y Y, YU S L, et al. Enhanced nitrogen removal over saturated water level regime in vertical flow constructed wetland [J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2022(10): 1494-1500.
- [8] 赵磊,潘文斌,林皓,等.人工湿地填料及其对氮磷去除机理研究进展[J].化学工程与装备,2022(6):211-218.
ZHAO L, PAN W B, LIN H, et al. Packing in constructed wetland and its research progress on the mechanisms of denitrification and dephosphorization [J]. Chemical Engineering & Equipment, 2022(6): 211-218.
- [9] 袁东海,景丽洁,高士祥,等.几种人工湿地基质净化磷素污染性能的分析[J].环境科学,2005(1):51-55.
YUAN D H, JING L J, GAO S X, et al. Analysis on the removal efficiency of phosphorus in some substrates used in constructed wetland systems [J]. Environmental Science, 2005(1): 51-55.

水厂视界

全球最大规模市政饮用水纳滤工程： 嘉兴市区现状水厂工艺提升改造项目

嘉兴市区现状水厂工艺提升改造项目设计规模为55万 m^3/d ,是目前全球最大规模市政饮用水纳滤工程,采用微滤+纳滤处理工艺对现状水厂进行升级改造,项目一期30万 m^3/d (贯泾港水厂)已投产运行。本次改造工程创新采用了压滤式微滤和纳滤系统直连耦合短流程设计,取消了中间水池、供水泵和保安过滤器,从而提升了低碳节能的效果,并且设备布置紧凑、美观大方。相对于国内已建纳滤水厂,纳滤系统吨水规模节省占地约60%、投资降低约15%。项目投产至今,系统运行安全可靠,在冬季低温期间仍然可以按照设计通量 $21.2 L/(m^2 \cdot h)$ 、90%回收率长期高效稳定运行。

北京时间2023年5月10日在德国举行的2023年全球水峰会(Global Water Summit)上,嘉兴市区现状水厂工艺提升改造项目一期工程荣获专业国际大奖——2023年“全球水奖年度最佳市政供水项目”。



扫描二维码阅读全文