

城市径流污染控制与治理的探讨

郝学凯¹ 耿立馨²

(1. 武汉市政工程设计研究院有限责任公司, 武汉 430000; 2. 武汉市时代建筑设计院, 武汉 430000)

摘要: 目前我国各大城市均注重点源污染的控制与治理, 并取得了阶段性的成果, 但城市内水体水质仍然无法得到较大改善, 对城市污染治理造成了很大困扰。经研究表明城市降雨径流污染未得到有效控制是其重要原因。文章主要分析了城市主要三大垫层径流污染对水体污染的贡献程度, 并结合海绵城市建设理念从源头到终端全方位提出了城市降雨径流污染的控制措施, 为城市建设提供技术参考。

关键词: 径流污染; 非点源污染; 海绵城市

DISCUSSION ON CONTROL AND TREATMENT OF URBAN RUNOFF POLLUTION

Hao Xuekai¹ Geng Lixin²

(1. Wuhan Municipal Engineering Design and Research Institute Co., Ltd, Wuhan 430000, China;
2. Wuhan Times Architectural Design Institute, Wuhan 430000, China)

Abstract: At present, the major cities in China focus on pollution control and treatment, and achieve the results, but the water quality of the city is still unable to get a big improvement. The study showed that one of the important reasons was the urban rainfall runoff pollution has not been effectively controlled. This paper mainly analyzed the contribution of the three kinds of runoff pollution to water pollution in the city, and put forward the control measures of urban storm runoff, based on the concept of sponge city construction.

Keywords: runoff pollution; non point source pollution; sponge city

0 引言

初期雨水污染主要是指在降雨的初始时期, 雨滴经淋洗空气、冲刷城市道路、各类建筑物、废弃物等之后, 携带各种污染物质(如氮氧化物、有机物以及病原体等)进入地表水和地下水, 加重城市河道、水源地的污染, 从而影响城市水资源的可持续利用^[1]。经有关监测研究表明, 初始阶段, 路面径流的 SS、COD 甚至达到 1 700 950 mg/L^[2], 远远超过地表水质量标准 V 类水的标准, 水质较差。路面雨水径流中由于沥青混凝土路面材质释放出的污染物多, 且受人为活动干扰。城市车流量不断增加, 汽车尾气排放、轮胎和路面磨损以及油脂的渗漏等都会对雨水径流的水质产生影响^[3]。而我国目前城市新建排水体制均为雨污分流制, 雨水均直接经雨水管道排入受纳水体, 将会对城市水体如河道、湖泊或自然承受水体造成非常严重的污染。

1 污染来源

城市初期雨水径流污染按城市下垫面可分为屋面雨水、道路径流雨水和绿地径流雨水三大类。其污染物浓度由高到低一般为路面 > 屋面 > 绿地, COD、TSS、TN、TP 等污染指标则成为国内外关注的重点。

1) 屋面雨水。一般认为, 屋面雨水水质较好。但事实却恰恰相反, 这主要与屋面材料、空气质量、气温等外部因素有关。其中屋面材料对径流水质的影响最大, 这主要归因于屋面材料受季节和温度的影响, 导致初期雨水中污染物含量变化较大。

2) 道路径流雨水。其中的污染物主要为路面沉淀物和垃圾等, 主要来源有车辆的泄露、丢弃的废弃物、轮胎摩擦、防冻剂使用、杀虫剂和肥料的使用等, 污染成分主要包括有机或无机化合物、氮、磷、金属和油类等。道路径流初期雨水中污染物如 COD、TSS、重金属和石油类不仅浓度很高, 也是城区路面雨水中最主要的污染物。污染物浓度主要受降雨条件和路

收稿日期: 2015 - 12 - 20

面状况影响,相关研究表明,道路径流雨水中的COD与SS、TN、TP之间呈现较好的线性相关性。

3) 绿地径流雨水。城市绿地作为城市的一个重要组成部分,在美化城市环境、减少地面降雨径流量、补充地下水等方面起到重要的作用。绿地径流雨水通过土壤、植物的过滤和渗析作用,其污染物浓度远远低于同一场次降雨过程中在商住综合区和工业区屋面雨水以及道路径流雨水中污染物的浓度。但是由于冲刷效应,少部分污染物会随着雨水径流冲刷出去,对城市水体形成一定的污染。

城市初期雨水中的各类污染物主要来自于降雨对城市地表的冲刷,地表沉积物的组成是决定径流污染性质的关键,如城市垃圾、动物粪便、建筑堆积物、城市绿化、空气沉降物和车辆尾气排放等。综合国内外雨水径流污染研究成果,城市初期雨水污染的规律:城市道路径流 > 排污口径流 > 房屋屋面径流 > 自然雨水;初期雨水中的大部分污染物指标超出地表水环境质量V类标准,已经严重超出排入自然水体的标准。因此,对于城市初期雨水进行收集处理是十分必要的。

2 径流污染控制措施

低影响开发技术是指基于模拟自然水文条件原理采用源控制理念来实现雨水控制和利用的一种雨水管理办法。该技术的基本原理是在源头控制初期雨水经渗透、滞留等措施来减少雨水径流的产生,以期达到控制径流污染、消减洪峰及减少径流量的目的,从而使区域开发后的水文特性与开发前保持一致,尽可能地减少开发对环境带来的影响。

在我国,低影响开发需从源头、中途中途和末端多方面采取措施,方可对径流污染进行有效控制。

2.1 源头减量

城市径流污染物中,SS往往与其他污染物指标具有一定的相关性,因此,一般可采用SS作为径流污染物控制指标,低影响开发雨水系统的年SS总量去除率一般可达到40%~60%^[8]。因此控制径流总量是减少径流污染的有效方式之一。

美国在对径流污染控制的研究中逐步发现,要想有效控制径流污染,必须加强对其源头的控制,也就是要将径流污染控制与暴雨径流控制有效的结合起来,以便减少或消除径流污染的发生。美国环保总局还提出了促进绿色措施协议,其中在径流污染控制过程中要尽量采取一些暴雨管理的低影响开发措施,例如生物滞留系统、雨水花园等。

1) 屋面雨水减量。屋顶坡度较小的建筑采用绿色屋顶,可有效减少屋面径流量,污染物去除率(以SS计)可达到70%~80%^[8]。建筑材料优先选择对径流雨水水质没有影响或影响较小的建筑屋面及外装饰材料。

2) 道路雨水减量。道路人行道采用透水铺装,非机动车道和机动车道采用透水沥青路面或透水水泥混凝土路面,可有效减少路面径流量,污染物去除率(以SS计)可达到80%~90%^[8]。

3) 绿地雨水减量。城市绿地与广场利用生物滞留设施、植草沟等小型、分散式低影响开发设施,人工增强绿地纳水能力,消纳自身及周边区域径流雨水。

2.2 中途控制

经过源头减量后,中途中途径流过程中,采用生态排水的方式,屋面雨水采取雨落管断接或设置集水井等方式将屋面雨水断接并引入周边绿地内小型、分散的低影响开发设施,或通过植草沟、雨水管渠将雨水引入场地内的集中调蓄设施;路面雨水首先汇入道路红线内绿化带,经过下凹绿化带漫流后进入传统雨水管道。

2.3 终端处理

植被过滤带(vegetative filter strip, VFS)是控制非点源污染的“最佳管理措施”(best management practices, BMPs)之一,在美欧等国家得到了较多的研究和应用,效果良好^[4-6]。上海环境科学院黄沈发等在苏州河上游东风港试验基地开展的农田径流面源污染防治试验,主要针对上海地区滨岸缓冲带植被的选择和种植,坡度、带宽、配置方式的设计,草皮生物量影响等,表明滨岸缓冲带能有效截留径流中的悬浮物质和降解渗流水中的氮、磷营养物质^[7]。

众多研究及实践均表明绿色生态能有效降低径流污染,故经过上游源头减量、中途控制后,终端排水可先由天然或人工湿地经过终端处理后再排入受纳水体。该措施受限于受纳水体周边现状及规划情况,有条件的情况下建议优先考虑。

对于排水终端场地受限,无大面积地块供湿地、湿塘终端处理时,可设置初期雨水截流设施,将初期雨水截流储存,就地经过旋流过滤等装置处理后排放,该装置能有效控制初期雨水径流污染^[9],或待雨季后就近排入污水处理厂处理排放。

3 结语

我国城市径流污染是多方面多途径的,因此对其
(下转第199页)

表3 活性炭-芬顿耦合正交试验方案和试验结果分析

试验号	因素 A	因素 B	因素 C	因素 D	COD/ (mg·L ⁻¹)	COD 去除率/%
1	1	1	1	1	122	59.3
2	1	2	2	2	112	62.7
3	1	3	3	3	93	69.0
4	2	1	2	4	101	66.3
5	2	2	3	1	90	70.0
6	2	3	1	2	105	65.0
7	3	1	3	2	88	70.7
8	3	2	1	3	109	63.7
9	3	3	2	1	94	68.7
K ₁	109.0	112.0	106.7	102.0		
K ₂	101.7	105.3	103.7	101.7		
K ₃	97.0	90.3	97.3	104.0		
极差 R	12.0	21.7	9.3	2.3		
因素主-次				C A B D		
最优方案				C ₃ A ₃ B ₃ D ₂		
验证结果					出水 86 mg/L, 去除率为 71.3%	

较大,这是因为活性炭在反应中起催化和吸附作用,活性炭能够催化 H₂O₂ 分解产生·OH,且其自身存在羟基、酚羟基,从而不会被 H₂O₂ 氧化使有效 H₂O₂ 浓度降低;另外活性炭投加量的增大有利于将芬顿反应未能降解的 COD 进行吸附,同时有利于出水色度的降低。因此随着活性炭投加量增大,COD 的去除率明显增加。

通过该试验确定活性炭-芬顿耦合技术的最佳投加参数为:在 pH 为 4 的条件下,活性炭 4 g/L, H₂O₂ 用量为 0.012 mol/L, FeSO₄·7H₂O 用量为

0.006 mol/L,搅拌反应 45 min。调碱沉淀后,上清液 COD 去除率达 71.3%,出水 COD 为 86 mg/L,达到 GB 8978—1996 石油化工业一级排放标准。

3 结论

针对四川某地的压裂返排液,采用“铁碳微电解+芬顿氧化+活性炭-Fenton 耦合”组合工艺,经该工艺处理后,总 COD 去除率在 97% 以上,出水 COD 为 86 mg/L,GB 8978—1996 石油化工业一级排放标准。

参考文献

[1] 林刚,刘朝曦,惠宁,等.车载橇装式压裂返排液处理回收利用技术研究[J].低渗透油气田,2015,1:123-128.
 [2] 姜兴华,刘勇健.铁碳微电解法在废水处理中的研究进展及应用现状[J].工业安全与环保,2009,35(1):26-27,18.
 [3] 蒋蓉,孙振亚,吴吉权.氢氧化铁在水处理及环境修复中的应用研究[J].武汉理工大学学报,2007,29(8):70-74.
 [4] 高玺莹,王宝辉,彭宏飞,等.标准 Fenton 试剂处理压裂余液的实验研究[J].水资源与水工程学报,2010,2(2):139-141.
 [5] 涂勇,张洪玲,张龙,等.Fenton 氧化-活性炭吸附耦合焦化废水生化尾水研究[J].污染防治技术,2010,23(1):26-29.
 [6] 孙铁钢.芬顿+改良活性炭深度处理垃圾渗滤液的应用[J].广州化工,2014,42(18):170-171,199.

第一作者:樊晓丽(1983-),女,工程师,硕士,主要研究方向为油田废弃泥浆及废水无害化处理研究。xlfan@uniwater.com.cn

通信作者:于勇勇(1982-),女,工程师,硕士,主要研究方向为油田废弃泥浆、油泥砂及油田废水处理。yyu@uniwater.com.cn

(上接第 113 页)

控制与治理也必须从源头、中途、终端全方面考虑,绿色、生态的海绵城市建设理念及技术措施对径流污染控制与治理可发挥巨大效用,是我国径流污染控制与治理的主导方向。

参考文献

[1] Sansalone J J, C Ristina C M. First flush concepts for suspended and dissolved solids in small impervious watersheds[J]. Journal of Environmental Engineering—ASCE, 2004, 130(11):1301-1314.
 [2] 张立,许航.武汉市降雨径流污染特征分析[J].给水排水工程,2014,5(9):01-32.
 [3] Lee J H, Bang K W, Ketchum L H, et al. Firstflush analysis of urban storm runoff[J]. Science of the Total Environment, 2002, 293:163-175.
 [4] 李怀恩,张亚平,蔡明,等.植被过滤带的定量计算方法[J].生

态学杂志,2006,25(1):108-112.

[5] Jin C, Romkens M J. Experiment studies of factors in determining sediment trapping in vegetative filter strips[J]. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers, 2001(2):277-288.
 [6] Koelsch R K, Lorimor J C, Mankin K R. Vegetative treatment systems for management of open lot runoff: Review of literature[J]. Applied Engineering in Agriculture, 2006, 22(1):141-153.
 [7] 黄沈发,吴建强,唐浩,等.滨岸缓冲带对面源污染物的净化效果研究[J].水科学进展,2008,19(5):722-728.
 [8] 海绵城市建设技术指南——低影响开发雨水系统构建[S].住房城乡建设部.
 [9] 勒军涛,管运涛,陶霞,等.城市道路雨水初期径流快速处理工艺设计[J].中国给水排水,2011,27(22):72-75.

第一作者:郝学凯,男,硕士研究生,工程师。haoxuekai@126.com