

淮安市小微黑臭水体污染现状 及其水质净化关键技术研究

徐 昕, 刘 松, 蒋 力

(淮安市水利工程建设管理服务中心, 江苏 淮安 223001)

摘要:本研究选取江苏省淮安市的淮阴区、清江浦区、淮安区作为研究区域,通过文献研究法和数理统计分析方法,对淮安市主城区小微黑臭水体污染现状及其水质净化关键技术进行了研究。研究成果可为全国小微水体水质净化提供科技支撑和参考资料。

关键词:城市小微黑臭水体;影响分析;水质净化;关键技术

中图分类号:X824;TV133 **文献标识码:**A **文章编号:**1007-7839(2022)04-0057-0005

Study on the pollution status of small-micro black and smelly waters and the key technology of water purification in Huai'an city

XU Xin, LIU Song, JIANG Li

(Huai'an Water Conservancy Engineering Construction Management service Center, Huai'an 223100, China)

Abstract: In this study, Huaiyin District, Qingjiangpu District and Huai'an District of Huai'an City were selected as the research areas. The status small-micro black and smelly waters pollution and the key technology of water purification in Huai'an city were studied through literature research and mathematical statistical analysis. The research results can provide scientific and technological support and reference materials for the water purification of small-micro waters in China.

Key words: urban small-micro black and smelly waters; impact analysis; water purification; key technology

城市小微水体指一般分布具有流域面积小、流动性差、分布广、数量多、自净能力弱等特点的沟、渠、溪、塘、小型景观水体等的综合。该类水体与居民日常生活密切相关,可作具观赏、休憩、生态等多功能于一体的城市景观,但同时受人类生产生活等影响较大,易出现水体黑臭、藻类过度繁殖等问题^[1]。国外由于率先进行工业革命,19世纪中叶以后频繁发生城市水质恶化现象。我国城市黑臭水体则在20世纪90年代被关注,最早出现在上海等经济发达地区。城市水体恶化原因一方面是城

市水体水循环条件不足,另一方面与城市污染源有关^[2-3]。小微水体由于面积小、数量多等特点,直至2017年才逐渐被重视。

水质净化是针对水体水质情况与所需功能不相匹配时,在水质污染已超出水体自我修复能力限度的情况下,人为参与的调节手段。现如今国内小微水体水质净化研究刚刚起步,仅在近5年有相关研究文献,其中多为研究农村小微水体水质污染及治理,而城市小微水体水质净化技术研究多数以南方地区小微水体为例。如杨丹丹^[4]通过实地调查深

收稿日期:2021-11-29

基金项目:淮安市中心城市建设项目子课题资助

作者简介:徐昕(1981—),男,工程师,本科,主要从事水利工程建设管理方面的研究工作。E-mail:6339411@qq.com

圳市花园河流域的2个典型小微水体的污染现状,制定工程措施,重点在新建和整改截污排水基础设施。傲德姆等^[5]针对流域内小微水体污染问题,提出控源截污、清淤补水等工程措施外,还对周边鱼塘进行了生态修复。黄慧锋^[6]借鉴了黑臭水体的治理技术,融合到深圳光明区茅洲河小微水体治理中,采用了截污纳管、分散处理、清淤等措施。这3项研究均为广东小微水体治理分析,可见广东对小微水体治理较为重视且已经取得一定效果,其主要治理措施皆为工程措施,且注重建立小微水体水质监护和考核机制。刘祺等^[7]研究对比3个张家港市小微水体治理过程发现,控源截污最为重要,生态修复作用需视水体污染程度及水体管护机制完善与否而定。

综上所述,现有研究成果中,皆没有针对淮安市城市的小微水体水质净化所需的关键技术进行分析总结与应用实证。本文将通过文献研究、传统经典数据处理方法对淮安市主城区小微黑臭水体污染现状及其水质净化关键技术进行研究。研究结果有望为全国小微水体水质净化提供了科技支撑和参考资料。

1 研究区概况

淮安市地处中国淮河流域下游,邻江近海,既为亚热带向暖温带过渡的南北交界地带,又以平原为主,为南下北上的交通要道,区位优势独特^[8]。淮安市下辖清江浦区、淮阴区、淮安区、洪泽区4区及涟水、盱眙、金湖3县。该区四季分明,光照充足,有霜期短,且位于大陆东岸,濒临黄海,故受季风影响,自然降水丰富,年内降雨量分配不均,因此淮安市河流众多、水网密布,淮安市城区极易发生洪水灾害,是人口密集的防汛核心地区,已建设排涝泵站26座,公园水体6处,受自然和人类活动影响皆较大,大多雨水和处理后污水排入淮河入海水道。本研究选取淮安市主城区即淮阴区、清江浦区、淮安区作为研究区域。

淮安市水道纵横交错,周边小微水体数量也较多,总体呈现南少北多的空间分布特点。据统计,淮安市区小微水体密度最大,约851个/km²,各行政区划中小微水体数量和耕地面积呈正相关,多分布在北方农田,和早期人类农业活动有关。随城市建设用地扩大,数量呈减少趋势。淮安市水质整体一般,无Ⅰ类水,低于Ⅲ类水的水质断面近35%,多为湖库水质。小微水体类似小面积浅水湖泊,相对封闭且流动性差。

2 数据来源与研究方法

2.1 数据来源

淮安市DEM高程数据获取于地理空间数据云GDEM V2 30 M分辨率数字高程数据集。小微黑臭水体概况由中华人民共和国住房和城乡建设部、中华人民共和国生态环境部共同创建的全国城市黑臭水体整治信息发布平台的不完全统计以及由淮安市规划局提供的《淮安市海绵城市专项规划(2016—2030)(说明书)》中所统计的“淮安市黑臭水体名录”汇总所得。淮安市各区降水量分布数据由淮安市水利局提供的淮安市水资源公报所获。采用淮安市气象观测站2011—2020年近10年的逐月降水资料进行淮安市降水量季节变化分析。从国家气象科学数据中心江苏地面累年值月值数据集(1981—2010年)获得区站号为58145楚州台站的地面累年月平均气温,间接反映淮安市月气温变化。淮安市各区常住城镇人口数量、年末常住人口数、国土面积采集于2020年淮安市统计年鉴。

2.2 研究方法

利用ArcMap10.2软件制作反映淮安市及淮安市主城区的地理位置及地势高低概况图。利用Excel2016软件统计淮安市小微黑臭水体名录,小微黑臭水体空间分布和污染情况,主城区年降水量、月平均降水量,常住城镇人口、年末常住人口、国土面积、人口密度、城镇化率等数据。利用SPSS19软件进行变量间的相关性分析。

3 结果与分析

3.1 淮安市主城区小微黑臭水体分布及其污染分析

3.1.1 小微黑臭水体分布情况

由表1可知,淮安市城区记录在案的小微黑臭水体共有25条,主城区包括淮阴区、淮安区和清江浦区分布的小微黑臭水体占60%。结合图1~2及百度地图查询发现,淮安区分布的小微水体数量较多,共10条;淮阴区和清江浦区数量较少,小微水体数量共2条;但清江浦区小微水体污染程度较轻。主城区小微水体分布存在空间差异性,整体呈东南多西北少的分布特点,而主城区地势整体分布呈东南低西北高分布特点,主城区小微水体分布与地势高低呈现负相关性。

3.1.2 小微水体污染分析

《城市黑臭水体整治工作指南》明确了黑臭等级的划分,分级指标及分级标准见表2。结合表2及

表1 淮安市城区小微水体概况			
序号	名称	流经辖区	污染程度
1	三圩沟	洪泽区	重度
2	迎宾大道边沟	洪泽区	轻度
3	三邱沟	洪泽区	轻度
4	三圩斗渠	洪泽区	轻度
5	北和平沟	洪泽区	季节性
6	视临沟	洪泽区	季节性
7	新一支渠	淮安区	重度
8	新一支大沟	淮安区	重度
9	荷湖	淮安区	重度
10	肖庄斗渠+华亭排沟	淮安区	重度
11	新路斗渠及头河	淮安区	重度
12	西汪塘	淮安区	重度
13	党校排沟	淮安区	重度
14	公园村排沟	淮安区	轻度
15	文渠	淮安区	轻度
16	萧湖	淮安区	季节性
17	孙大泓	淮阴区	重度
18	崔大泓	淮阴区	季节性
19	团结大沟	开发区	重度
20	二大沟	开发区	季节性
21	红旗渠	清江浦区	轻度
22	纬渠	清江浦区	轻度
23	石塔湖	清江浦区	无
24	永济渠	苏淮高新区	轻度
25	宁连路东侧排水沟 (花河支流)	苏淮高新区	季节性

图2可知,淮安区小微水体污染最重,主要表现为水体透明度低、溶解氧浓度低、氧化还原电位为负且低、氨氮浓度高等特点。淮阴区次之,淮阴区仅有1条重度黑臭小微水体。清江浦区最轻,区有2条轻度黑臭小微水体,总体污染情况优于淮安区。除此之外,淮安区和淮阴区各有一条小微水体出现水质季节性黑臭变化,夏秋季节水质较好,但冬春季节水体透明度低,春季会出现黑臭现象,汛期黑臭现象有所缓解。

3.2 淮安市主城区水质污染的影响分析

3.2.1 降水量及地势差异的影响分析

通过淮安市主城区数字高程模型可以看出,淮安区地势最为平坦,其次是清江浦区,淮阴区地势最高。3地年降水量差异较小,数值上淮安区降水量最多,为955.73 mm;清江浦区次之,为954.59 mm;淮阴区最少,为924.88 mm。降雨和地表径流补给受地势高低影响,由淮阴区流向淮安区进行河川径流补给,污染物随着径流的补给,汇聚于淮安区城市下垫面。因此,淮安区表现出溶解的污染物较多、污染时间久、污染浓度较高。

3.2.2 降水量及气温的影响分析

由2011—2020年淮安市观测站的降水量数据可得,淮安市多年平均降水量约934.26 mm,降水总体相对较多,春季降水量约150.35 mm(3—5月),夏季降水量约503.14 mm(6—8月),秋季降水量约199.9 mm(9—11月),冬季降水量约80.87 mm(12—

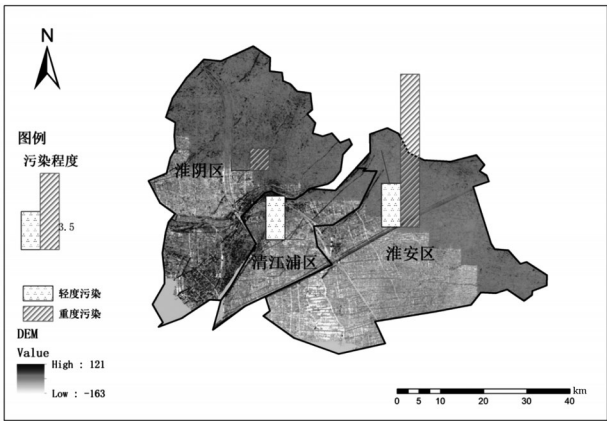


图1 淮安市主城区小微黑臭水体分布

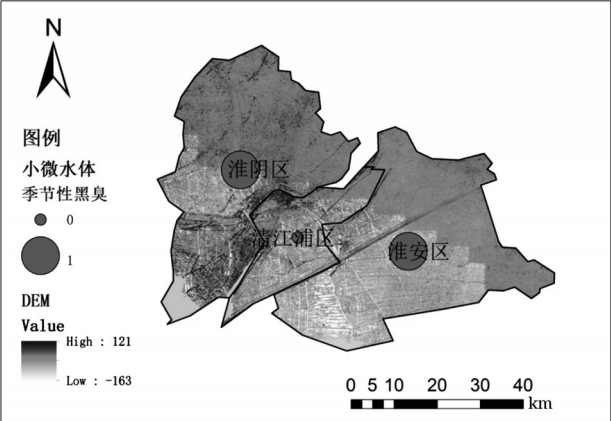


图2 淮安市主城区季节性黑臭小微水体分布

表2 城市黑臭水体污染程度分级标准				
黑臭程度	透明度/cm	溶解氧 / (mg · L ⁻¹)	氧化还原电位/mV	氨氮 / (mg · L ⁻¹)
轻度	25~10*	0.2~2.0	-200~50	8.0~15
重度	< 10*	< 0.2	< -200	> 15

注:*水深不足25 cm时,按水深的40%取值。

次年2月),汛期降水量约591.26 mm。可见淮安市受季风影响,降雨季节分配不均,夏季降雨集中(约占全年的54%),冬季降雨稀少(仅占全年的9%左右)。据1981—2010年楚州站累年月平均气温,观察淮安市地面气温月变化。冬季降水量最少,为枯水季节。小微水体岸边植物及水生植物冬季枯萎落叶,小微水体表面漂浮枯枝落叶,造成水体浑浊,透明度低,但是温度较低,微生物活跃度低,不散发臭味。春季降水较少,但是气温陡增,水中藻类繁殖,初期能进行光合作用,为小微水体增加溶解氧,后期氧气不足以供应水生动物植物生长,生物死亡,有机物富集,易出现黑臭现象。夏季降雨增多,稀释水中污染物浓度,故黑臭现象减弱。

3.2.3 城镇化率及人口密度的影响分析

由表3可知,重度污染小微水体数量和常住城镇人口无相关性;和城镇化率及人口密度呈中度负相关性;和国土面积及降水量呈中度正相关性;和年末常住人口呈显著正相关。而轻度污染的小微水体数量和常住城镇人口及降水量呈显著正相关,和年末常住人口无相关性,和城镇化率及人口密度有中度正相关性。城镇化率的增高和人口密度的增大确实会给城市水质造成一定负面影响。城镇人口的日常生活所制造出的生活、工业污水的排放,小微水体自净能力弱,会使得小微水体轻度黑臭。一方面,城区人口密度大,人类活动历时早;另一方面,淮安市城市建设用地不断增多,中心城区规模不断扩大,汇集于地势低洼的清江浦区和淮安区的小微水体内,形成面源污染。主城区尚未完全城镇化,常住人口聚集地有城镇、乡村及城中村。城镇环境保护宣传力度相对较大、城镇人口环

境保护意识高、受教育水平高,从而有保护小微水体的意识。乡村及城中村居民收入不高,主要以发展经济为主,对环境保护实施方面不到位、居民配合度不高,排放的生活污水、工农业废水及汇入的雨水径流,氨氮有机含量高、杂物垃圾较多,再加之小微水体流动性差,营养富集的有机污染物在小微水体中沉积,形成淤泥,部分还掺杂有毒有害物质,造成生态环境恶化。

3.3 淮安市主城区水质净化关键技术分析

3.3.1 雨污分流

针对淮安市主城区小微水体雨水径流面源污染问题,可结合海绵城市建设优先选用雨水净化和削峰功能较强的雨水截污净化、渗透和调节技术。利用淮安市自身地质水文条件,修复原有湿地池塘。湿地池塘指具有雨水调蓄和净化功能的景观水体,雨水同时作为其主要的补水水源,可有效削减较大区域的径流总量、径流污染和峰值流量^[9]。对径流污染较严重的淮安区,合理设置预处理设施,可采用初期雨水弃流、沉淀、截污等预处理措施,在雨水径流进入绿地前将部分污染物进行截流净化,减少有机物渗入^[10]。重视下垫面绿化建设,采用植草沟、生物滞留设施、透水铺装、雨水蓄水池等以渗透为主的低影响开发措施。淮安市主城区降水量季节分配不均,汛期降水总量较多,绿化植物应选用本土植物或已适应本地气候条件的外来植物,以及根系发达、茎叶繁茂、净化能力强、多年生、有自我更新能力,成本合理的既耐涝又抗旱的物种,有助于水土保持及污染物净化。在不影响防洪安全的前提下,对岸坡进行生态恢复,达到蓝线控制要求,恢复、维持其生态功能。城市化过程中,建筑物四周、道路两侧宜布局可消纳雨水径流的绿地^[11]。

表3 小微黑臭水体相关性分析

	U	Y	UB	A	D	R	S	M
U	1							
Y	-0.370 6	1						
UB	0.816 7	-0.838 6	1					
A	-0.760 9	0.884 6	-0.995 9	1				
D	0.847 9	-0.806 6	0.998 4	-0.989 2	1			
R	0.882 0	0.110 9	0.448 4	-0.365 3	0.498 0	1		
S	-0.066 9	0.951 5	-0.630 4	0.698 2	-0.585 6	0.411 3	1	
M	0.896 9	0.078 3	0.477 4	-0.395 6	0.526 1	0.999 5	0.381 2	1

注:U—常住城镇人口(万人),Y—年末常住人口(万人),UB—城镇化率,A—国土面积(km²),D—人口密度(人/km²),R—多年平均降雨量(mm),S—重度污染,M—轻度污染。

3.3.2 水生生物

针对小微水体生境被破坏问题,可利用水生生物净化构建良性生态系统。水生生物净化分为水生植物净化和水生动物净化。水生植物净化是利用植物本身对污染物有吸附、过滤作用且能够与浮游植物竞争营养物质或释放克藻物质,抑制藻类生长;水生动物净化,是在水生植物生态系统的基础上引入滤食性动物以及底栖软体动物为主的水生动物,使得生态系统趋于完善,增加水质净化效果^[12]。水生生物净化绿色环保、耗能低、效果好,有利于实现水体营养平衡,促进水生生态系统恢复。但是在水生生物的选用方面要注意生物入侵带来的危害,筛选确定本地先锋物种,同时也要注意水生动植物死亡腐烂带来二次污染。该技术对小微水体污染类型、污染程度、水力条件等硬性条件有一定要求。通常,植物修复适宜在污染负荷适中、流速较缓的宽浅水域实施。不同类型水生植物对水质净化效果也不同,如挺水植物常用于净化底泥污染,沉水植物能增加底泥表层溶解氧含量,减少湖底扰动,抑制间隙水物质释放。在实际应用中选用多种类型植物组合的形式进行修复,能够起到取长补短,稳定净化效果且生物多样性高,有利于生态系统恢复。

3.3.3 底泥疏浚

针对淮安区营养盐、有机污染物等内源污染严重,底泥疏浚是重要措施,通过底泥的挖除,去除底泥中沉积的污染物。但疏浚工程量大,造价高且底泥疏浚后新生表层沉积物物化性质均发生改变,会导致生物群落组成发生改变,因而在实施过程中需确定合理的挖掘深度和挖泥量,否则容易破坏水生生态系统。

3.3.4 人工曝气

针对淮安区重度黑臭小微水体缺氧问题,可采用人工曝气技术。通过向水中充氧或空气,一方面增大小微水体和氧气的接触面积,提高生物化学反应速率,从而降低水体恶化程度,使有机污染严重的缺氧水体向富氧状态转化,从而氧化水中的还原性物质、提高相关微生物活性,以此来降解有机质,消除黑臭物质;另一方面,氧化还原反应生成的金属氧化物沉积在水底能够与底泥细颗粒、微生物及

其代谢产物耦合形成保护层,有效减少间隙水物质的释放,对水体产生净化效果。该方法生态环保、无二次污染、运行简单、投资少。部分研究表明人工曝气有利于促进碳、氮、硫循环相关细菌的生长,为优化水质净化技术组合提供思路。

4 结 论

淮南市主城区小微黑臭水体东南多西北少,淮安区小微水体污染最严重,表现为透明度低、溶解氧浓度低、氨氮浓度高,水体富营养化严重。小微黑臭水体受地势差异、降水和气温、城镇化率及人口密度等的综合影响,污染的形式主要有雨污混排、悬浮物污染、面源污染和有机污染。针对淮南市主城区小微黑臭水体成因,可对应采取雨污分流、水生生物、底泥疏浚和人工曝气等关键技术。

参考文献:

- [1] 杨少杰. 小微景观水体治理技术探讨[J]. 环境与发展, 2020, 32(4): 85, 87.
- [2] 申茜, 朱利, 曹红业. 城市黑臭水体遥感监测与筛查研究进展[J]. 应用生态学报, 2017, 28(10): 3433-3439.
- [3] 伍志威, 张细燕. 城市黑臭水体治理技术及其发展趋势[J]. 建筑工程技术与设计, 2017, 5(14): 3104.
- [4] 杨丹丹. 深圳市花园河流域内小微黑臭水体治理案例分析[J]. 广东化工, 2019, 46(15): 138-140.
- [5] 傲德姆, 孙菲, 冯庆标, 等. 广州市双岗涌黑臭水体整治案例分析[J]. 环境工程技术学报, 2020, 10(5): 719-725.
- [6] 黄慧锋. 浅谈深圳市光明区治理小微黑臭水体的措施技术[J]. 陕西水利, 2021, 90(1): 117-118, 128.
- [7] 刘祺, 方芳, 余凯, 等. 城区小微水体治理的实践与思考[J]. 江苏水利, 2019, 23(S2): 15-17, 20.
- [8] 俞丹. 淮南市农村劳动力转移研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2013.
- [9] 刘晓磊, 周玉明, 路清, 等. 天津地区海绵城市建设主要技术途径与地质适用性[J]. 天津建设科技, 2019, 29(5): 27-31.
- [10] 周士勇, 李国会, 宗萍萍. 浅析水土保持在城市规划布局中的作用[J]. 山东水利, 2017, 19(10): 46-48.
- [11] 吴海波. LID(低影响开发)技术在防洪排涝规划中的应用[J]. 低碳世界, 2015, 5(6): 92-93.
- [12] 熊万永, 李玉林. 人工曝气生态净化系统治理黑臭河流的原理及应用[J]. 四川环境, 2004, 26(2): 34-36.