

广州市黑臭水体治理实践与思路探索——以马涌为例

陈瑾, 谭晓林

(中交广州水运工程设计研究院有限公司, 广东 广州 510220)

摘要:为解决严峻的城市黑臭水体问题,达到“水十条”的治理目标,改善人们生活居住环境,以广州市马涌黑臭水体治理为试点工程,采取生物修复技术与物理修复技术相结合的方法进行为期两个月的治理。结果表明,治理后马涌水体的 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、DO、透明度、TP 和 COD 等参数有了明显改善,黑臭底泥消减了 27 cm,马涌水质由劣 V 类转为 V 类,治理效果显著。

关键词:马涌;黑臭水体;原位生态修复;治污环保船

中图分类号:X52

文献标志码:A

文章编号:1004-6933(2016)S1-0063-05

近年来,随着我国经济的高速发展,城市化进程加快,城市人口不断增加,城市环境基础设施日渐不足,生活和工业污水不断排入河涌,水体中 COD、氮、磷等污染物浓度超标,流经城市的河段呈发黑发臭状态,严重影响沿岸居民的生产生活。全国地级及以上城市的黑臭水体调查结果表明^[1],截至 2016 年 2 月 16 日,在全国 295 座地级及以上城市中,有 218 座城市发现黑臭水体 1 861 个,其中河流 1 595 条,占 85.7%,湖、塘 266 个,占 14.3%;地域分布呈现南多北少的特点,南方地区占 64.3%,北方地区占 35.7%,约 60% 的黑臭水体分布在东南沿海、经济相对发达地区,我国城市黑臭水体问题呈普遍而严峻的发展态势。

面对日益显著的城市黑臭水体问题,2015 年 4 月国务院颁布《水污染防治行动计划》(以下简称“水十条”) 对整治城市黑臭水体提出控制性目标,要求直辖市、省会城市、计划单列市建成区要于 2017 年底前基本消除黑臭水体,到 2020 年,地级及以上城市建成区黑臭水体均控制在 10% 以内,到 2030 年,城市建成区黑臭水体总体得到消除^[2]。同年 8 月,住建部负责编制的《城市黑臭水体整治工作指南》^[3] 出台,其中对城市黑臭水体给出了明确定义,即城市建成区内呈现令人不悦的颜色和(或)散发令人不适气味的水体的统称,用以指导地方各级人民政府加快推进城市黑臭水体整治工作,提升人居环境质量,改善城市生态环境。

广州是我国的特大型城市,在城市规模化发展

过程中,城中村人口非常稠密且垃圾管理不到位,生活污水未经有效收集,初雨带来的面源污染也多是直接入河,导致河涌污染物质不断累积,水质恶化,底泥淤积。广州市环境保护局公布的 53 段重点河涌 2016 年 7 月水质监测数据显示:黑臭水体 23 段,无黑臭水体 30 段,Ⅰ~Ⅲ类 6 段,Ⅳ类 1 段,Ⅴ类 5 段,劣Ⅴ类 41 段^[4]。黑臭水体比重较大,对城市居民的日常生活造成极其恶劣的影响,成为社会关注的焦点,对黑臭水体治理刻不容缓。

城市黑臭水体整治已经成为地方各级人民政府改善城市人居环境工作的重要内容,然而,由于城市水体黑臭成因复杂、影响因素多,整治任务十分艰巨。为贯彻落实“水十条”,积极响应《广东省人民政府关于印发广东省水污染防治行动计划实施方案》,带头履行中央企业社会责任,中交广州水运工程设计研究院有限公司整合优势力量,成立了生态环境治理中心,紧跟国家绿色发展理念,对黑臭水体治理进行实践研究。

马涌作为广州市海珠区最主要的河涌之一,近 20 多年来历经了多次整治,但水体黑臭现象依然十分明显,严重影响两岸居民正常生活环境与身体健康,对马涌黑臭水体进行治理迫在眉睫。本文选取马涌晓桂桥至江南大道中段为试点工程区域,对研究区域进行污染现状调查,制定黑臭水体治理方案,并在方案实施过程中不断进行监控和调整,以达到治理马涌黑臭水体目标,对实施措施与结果进行分析、总结与反思。以马涌为例,为城市黑臭水体治理

实践提供研究思路与参考,对改善居民生活环境和城市市容市貌具有重要意义。

1 概述

1.1 区域概况

马涌位于广州市海珠区西北部,又称“海珠涌”、“瑶溪”,途经江南大道、东晓路、宝岗大道等多个交通要道。河涌为东西走向,两端与珠江相通,东与珠江前航道相连,西与珠江后航道相连,沿线有漱珠涌、菩提涌、探梅涌等支涌,均覆盖为暗渠。马涌流域面积约 12.09 km^2 ,全长 5.94 km ,宽度 $7\sim 30\text{ m}$,地处典型的亚热带季风气候带,具有雨热同期,降水充沛,夏季高温多雨,冬季寒冷少雨的特点。

马涌治理试点工程水域为晓桂桥至江南大道中段(图1),起点为晓港公园晓桂桥,终点江南大道中,试点工程前期马涌东端在修建闸门,东端被堵住。治理水域长度 640 m ,平均宽度 25 m ,水深落潮时 $30\sim 50\text{ cm}$,涨潮时 $50\sim 100\text{ cm}$,水域面积 16000 m^2 ,平均水容量 9600 m^3 。

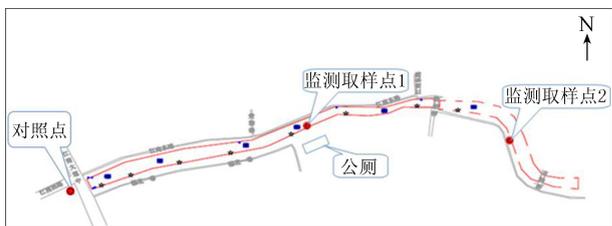


图1 马涌治理试点工程示意图

1.2 污染现状

试点工程区域中,广州马涌晓桂桥至江南大道中段有排污口7个,附近有马涌2#污水泵站,临河建有公厕2个,马涌河道水体呈墨色,水质浑浊,臭味明显。经调查研究,马涌黑臭水体形成原因有3个方面:

a. 马涌水浅坡缓,势能不足;水流速度非常慢,动能不足。由于没有足够的势能和动能,马涌内淤积十分严重。高温天气沼气释放,底泥上翻不断释放污染物,使水质进一步恶化;

b. 由于目前马涌东水闸正在重建,西泵站同时正在建设,均尚未正式投入使用,因此通过东、西水闸联合调动、加泵站调水补水的工作无法开展,导致马涌的水体无法进行有效置换,水质不断恶化,造成河涌黑臭;

c. 马涌沿线的市政管网目前实行的是雨污合流,且马涌沿线有多条收集生活污水的暗渠渗漏严重,适逢大雨,市政管网和暗渠内的污水、淤泥大量流入涌内,导致河涌水质受到严重污染,造成河涌黑臭。

针对马涌黑臭现象,结合马涌自然条件与周围社会环境,提出了生物修复与物理修复相结合的方法,对马涌进行为期两个月的黑臭水体治理试点工程。

2 方案设计

2.1 生物修复技术

2.1.1 技术原理

生物修复采用 ISSA PGPR (in situ selective activation of PGPR) 原位生态修复技术,其原理为:在受损的生态系统的基础上,通过对水环境中的原位 PGPR (plant growth-promoting rhizobacteria) 微生物的选择性激活,使得 PGPR 微生物在大量繁殖的过程中消耗水体中的氮磷等富营养物质,同时利用部分微生物的有氧反硝化作用和动植物的促生作用,对生态系统进行原位修复和提升。ISSA PGPR 技术通过把激活 PGPR 所需营养物质(碳源、酶、微量元素及其他载体)采用纳米技术及微包覆技术制成颗粒均匀的生态修复剂,投放在生态反应池中,建立起“PGPR 选择性激活平台”,同时利用缓释技术把这些营养物质持续提供给水环境中的 PGPR 微生物,实现对 PGPR 进行激活的目的。该技术中采用的生态修复剂比表面积约为 $900\text{ m}^2/\text{m}^3$,为 PGPR 微生物提供了较大的附着空间,提高了激活效率,并且可被微生物完全消耗,无二次污染。

2.1.2 建立 ISSA PGPR 原位生态修复系统

在马涌治理工程的方案设计中,沿两岸每间隔约 80 m 布置1台 AC-6000 型生态反应池,共8台,并在河涌中间等间距布置6台涌浪机(增氧搅拌机),如图2所示。其中生态反应池是24h开启,搅拌系统是4h搅拌5min。AC-6000 型生态反应池箱固定在河道边,将河道内的水通过反应箱持续不断地进行循环交换,加速 PGPR 微生物的繁殖和扩散,加快对底泥中的富营养物质的分解,达到治理河道的目的。设备放置在河边,运行过程中不产生噪音和二次污染,不会影响居民生产生活。搅拌机通过叶形转子在气缸内做相对运动来压缩和输送氧气进入水体,同时可防止水中悬浮体下沉,加强水中有机物、微生物与 DO 充分接触,氧化分解水中有机物,具有振动小、噪声低、可以长期运转的特点。

ISSA PGPR 原位生态修复系统建立以后,进行定期维护和监测。每日对设备运转情况进行检查,发现故障,及时排除,确保设备24h运转,同时对治理水域周边进行巡查,发现排污现象及时制止或者通知相关部门进行处理,从源头保证生态修复顺利进行。每个月对反应池内的生态修复剂进行检查,



图2 生态修复技术设计方案

确保生态修复剂数量满足要求,保证 PGPR 激活效率最大化和最优化,并定期采集水样进行水质检测,及时分析生态修复进程并进行调整,确保修复目标顺利完成。

在进行 ISSA PGPR 原位生态修复系统实施近一周后发现,由于马涌底泥淤积较厚,内含大量沼气,DO 含量低,生物不易存活,且试验期间正值雨季,马涌兼有防洪排涝的功能,两端经常开闸放水,导致生物试剂随水流流走,有效停留期短,降低了治理效果。经分析,马涌生态修复治理的关键是要先进行底泥清淤,排除沼气等有害气体,保持水体稳定,为微生物提供一个良好的生存环境。因此,在生物修复治理的基础上,为彻底处理淤泥中污染物的黑臭问题,提出物理修复技术,即投入“治污环保船”设备。

2.2 物理修复技术

2.2.1 技术原理

在河道清理过程中,“治污环保船”具有兼收集河床有害气体(沼气)、清理河面固体漂浮物及增氧于一体的功能。其装置结构如图 3(a)所示,主要

部件包括机械手、有害气体收集气囊、漂浮物收集仓、发电机和推进器。其工作原理为:在航行过程中,机械手伸入淤泥内部搅动河道底泥,使河床内的沼气排出,通过气囊收集河面气体,经沼气专用气泵、气体稳压器后进入沼气发电机发电,所产生的电能可在充电器的作用下被存储于电瓶内。此电能可供逆变器、高压水泵、绞盘和机械手驱动器等设备运行,同时,也可供增氧泵和推进器工作,完成河道水体增氧过程。船体中部的漂浮物收集仓可收集固体漂浮物,该装置是一种节能、高效,无二次污染的河道、湖泊原生态治理设备,生态效益显著,美名曰“清道夫”。

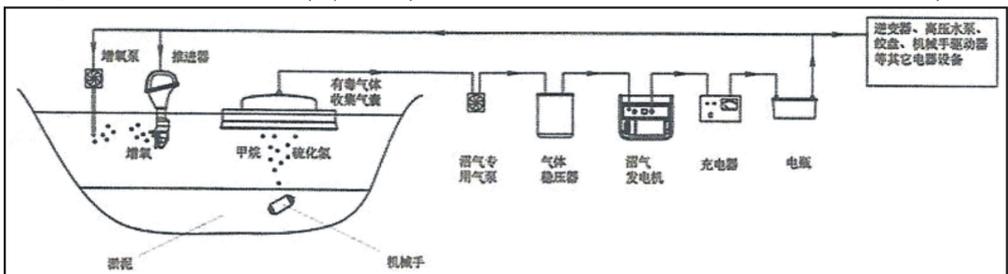
2.2.2 治污环保船工作情况

为加快治理效果,“治污环保船”在晓桂桥至江南大道中段每天运行 10h 以上,其工作情况如图 3(b)所示。在航行过程中,通过操作配合进行有害气体(沼气)收集和增氧,具体操作步骤如下:

a. 收集有害(沼气)气体。首先操纵绞盘控制开关,调整支架位置,使网架刚好在浮体下面又不碰到浮体位置。然后推进器挂入前进挡,使船保持大概 50 m/min 的速度前进。最后操纵机械手控制开关,放下机械手,观察船头水面的气泡,调整到气泡刚好在浮体下面为止。

b. 水体增氧。推进器采用浅水巡航方式倾斜运转,设备在前进过程中产生大量的水花和气泡,达到对河道增氧的目的。

为了掌握水质变化趋势,及时分析生态修复进程,与预期效果进行比对,在治理过程中,于马涌晓桂桥至江南大道中段设立监测点,安排自检与第三



(a) 装置结构图



(b) 工作图

图3 治污环保船

方监测。

3 结果分析

经过两个月的试验工程,马涌黑臭水体治理景观效果明显,不再有刺鼻的臭味,水体发黑发臭有明显改善并持续保持,具体结果表现为黑臭底泥淤积厚度减小和水质参数呈良好发展趋势。

3.1 底泥减淤情况分析

治理前,岸边掉落的树叶、死亡的水藻以及各种污水流入携带的泥沙、粪浆物质、生活垃圾等在马涌底部淤积严重,形成厚厚的黑臭淤泥层,是重要的内源污染,也是黑臭的源头。在马涌黑臭水体治理过程中,通过治污环保船对底泥进行扰动,ISSA PGPR原位生态修复系统对 PGPR 中具有快速分解有机物的微生物的激活,并通过搅拌装置增加有机物与微生物的接触,以达到快速降解有机物的目的。工程前后的水深测量^[5]结果表明,两次测量期间减少工程量 4321 m³,马涌淤泥厚度平均消减了约 27 cm,大大减少了有机质的含量,治理效果较好,对于减少马涌内源污染发挥了重要作用。

3.2 水质参数变化特征分析

在治理工程前后对马涌进行水质检测,采样点为晓港公园西门公厕正对处、晓桂桥东侧约 100 m 处,并于彩虹桥处取样进行对照,如图 1 所示,记作监测点 1、监测点 2 和对照点,代表治理河段和未治

理河段的水质情况,对水体中 NH₃-N、DO、透明度、TP 和 COD 等水质参数进行检测。根据水质检测报告^[6-8],选取工程前(2016 年 5 月 16 日)、工程末期(2016 年 7 月 22 日)和工程后(2016 年 7 月 29 日)的结果进行分析,马涌治理工程前后水质变化特征如图 4 所示。

a. NH₃-N 在工程前、工程末期和工程后的水质变化情况如图 4(a)所示,工程前监测点 1 和监测点 2 的 NH₃-N 质量浓度为 15.3 mg/L、15.2 mg/L,黑臭水体重度超标。经治理,工程末期的质量浓度降低至工程前的 1/4,工程后降低至 1/5,水体中 NH₃-N 质量浓度显著减小,已不属于黑臭水体,而上游未治理河段的对照点处 NH₃-N 浓度仍然保持高水平,说明治理工程对 NH₃-N 的降低非常有效。

b. 图 4(b)反映了 DO 的质量浓度变化,工程前监测点 1 和监测点 2 的 DO 质量浓度为 0.25 mg/L 和 0.26 mg/L,达到轻度黑臭水体标准,经过 2 个月的治理,DO 含量提高了一个数量级,监测点 1 处的 DO 在工程末期和工程后达到工程前的 10.8 倍和 12.8 倍,水体增氧效果明显,上游未治理河段的彩虹桥处 DO 含量则无明显变化,维持在轻度黑臭水体标准。

c. 马涌水体工程前、工程末期和工程后的透明度变化情况如图 4(c)所示,工程前监测点 1 和监测点 2 的透明度为 23 cm 和 25 cm,达到轻度黑臭水体

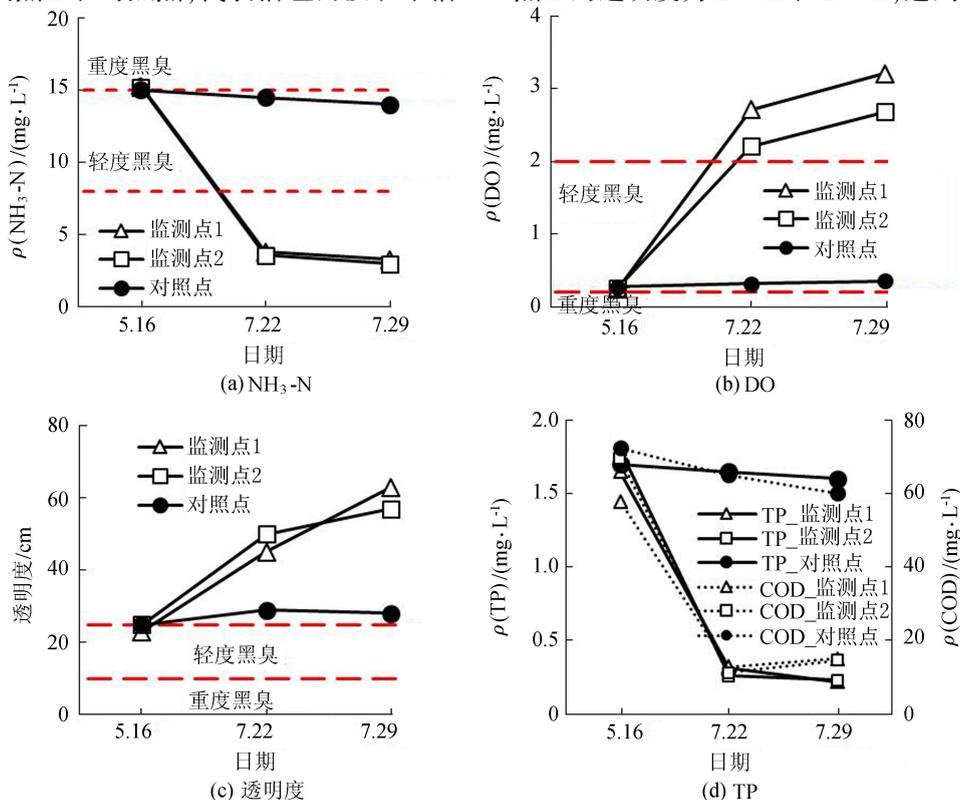


图 4 马涌治理工程前后水质变化特征

标准,经治理,工程末期水体透明度增大一倍,工程后透明度为工程前 2.3~2.7 倍,透明度大幅提升;未治理河段的透明度仍然维持较低水平,无明显变化,对照结果说明治理工程对马涌水体增加透明度发挥了重要作用,水体治理效果明显。

d. TP 与 COD 质量浓度的变化情况如图 4(d) 所示。由图 4(a) 可知,工程前,监测点 1 和监测点 2 的 TP 质量浓度为 1.65 mg/L 和 1.8 mg/L,经治理,工程末期及工程后的 TP 质量浓度仅为工程前的 1/8~1/5;COD 为 57.9 mg/L,69.5 mg/L,工程末期及工程后仅为工程前的 1/8~1/5,未治理河段处的 TP 和 COD 在该时间内并无明显变化,对照结果说明经过工程治理,TP 浓度和 COD 大幅度降低。

综上,经过对治理河段和未治理河段的水质参数 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、DO、透明度、TP 和 COD 在工程前、工程末期和工程后的对比分析表明,马涌黑臭水体经过试点工程治理,水质有明显好转。

4 结论

试点工程前后马涌减淤情况和水质参数的分析结果表明,经过两个月的治理,黑臭底泥消减了 27 cm,马涌水体的 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、DO、透明度、TP 和 COD 等参数有了明显改善,马涌水质由劣 V 类转为 V 类,治理效果显著。工程前后效果对比如图 5 所示,试点工程达到治理目标。

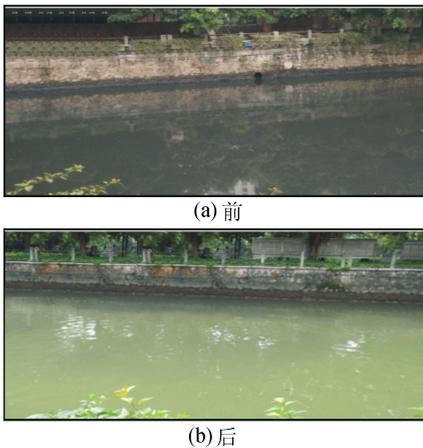


图 5 马涌治理工程前后效果对比

以马涌黑臭水体治理为例进行试点工程,是对广州黑臭水体治理的重要实践与探索,也将为大规模、大环境、大系统、可持续发展性治理河涌积累宝贵的经验。我国“十三五”规划提出一系列新思想、新举措,其中“绿色中国”引人注目。国家对水环境的治理也越来越重视,黑臭水体治理作为水环境治理的重要组成部分,对支持绿色发展,改善生态环境,具有重大意义,黑臭水体治理作为重要的环保产

业正迎来前所未有的发展机遇和广阔的市场前景。

参考文献:

- [1] 李迎,全国逾七成城市排查出黑臭水体[N]. 中国建设报,2016-02-19(01).
- [2] 国发[2015]17号. 水污染防治行动计划[S].
- [3] 建成[2015]130号. 城市黑臭水体整治工作指南[S].
- [4] 广州市环保局. 广州市重点整治河涌水质状况[EB/OL]. [2016-10-12]. <http://www.gzepb.gov.cn/>.
- [5] 中交广州航道局有限公司勘察测量分公司. 马涌晓桂桥至江南大道中段水深测量技术报告[R]. 广州:中交广州航道局有限公司勘察测量分公司,2016.
- [6] 杨殷,陶玉兰,王海鸣. 检测报告 B201605138065-1 [R]. 广州:广州广电计量检测股份有限公司,2016.
- [7] 杨殷,陶玉兰,王海鸣. 检测报告 B201605138065-02-1 [R]. 广州:广州广电计量检测股份有限公司,2016.
- [8] 杨殷,陶玉兰,王海鸣. 检测报告 B201605138065-03-1 [R]. 广州:广州广电计量检测股份有限公司,2016.

(收稿日期:2016-11-05 编辑:徐娟)

(上接第 62 页)

参考文献:

- [1] 林林,黄民生,邓泓. 城市污染河流生物-生态治理研究与应用进展[J]. 净水技术,2006,25(6):11-15.
- [2] 卢创新. 河涌水污染特征及其悬浮式生物膜法处理技术研究[D]. 广州:暨南大学,2007.
- [3] 林燕春,刘彦光,刘建勋,等. 广州市河涌水环境原位治理生物修复技术[J]. 生物技术世界,2012(4):39-42.
- [4] 应太林,张国莹,吴芯芯. 苏州和水体黑臭机理及底质再悬浮对水体的影响[J]. 上海环境科学,1997,16(1):23-26.
- [5] 徐祖信,张锦平,廖振良,等. 苏州河底泥对上复水水质污染影响[J]. 城市环境与城市生态,2005,18(6):1-3.
- [6] 姜鲁青. 感潮河段沉积物-水界面营养盐交换行为研究[D]. 青岛:中国海洋大学,2011.
- [7] 李鑫业. 东濠涌综合整治工程项目管理[J]. 广东建材,2011(6):8.
- [8] 莫灼均,宁寻安,梁建祺. 城市河涌污染治理技术的研究进展[J]. 四川环境,2008,27(2):102-105.
- [9] 周新民,林少礼,侯玉,等. 广州城市河道水环境治理对策研究[J]. 广东水利水电,2004(4):65-66.

(收稿日期:2016-12-03 编辑:彭桃英)

