

Research on Technological Process and Technology Architecture about Management of Black-Odor River

—A Case of Foshan City

Yanjie Wang, Yutang Xiao*, Yuli Wu

School of Chemistry and Environment, South China Normal University, Guangzhou Guangdong
Email: *xiaoyt@nankai.edu.cn

Received: Mar. 25th, 2016; accepted: Apr. 20th, 2016; published: Apr. 25th, 2016

Copyright © 2016 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

In recent years, with the expansion of the city and the development of industry, a large number of organic and inorganic pollutants discharge into urban river, which make the capacity of nutrient increase in water. At the same time, landscape effect of many urban and suburban rivers becomes worse, which has caused serious economic, ecological and environmental problems. Reinforce of the protection of water resources, improvement of the environment of urban river and restoration and construction of ecological river have caught attention of environmental protection and ecological personages. We summarize the technological process and technology architecture about management of black-odor river by means of making an investigation of current situation of market about urban water environment. Developing the repair and control technology development and industrialization about urban river and eutrophication of shallow lakes is of great significance to protect the effective control of eutrophication of water environment in China and carry out large-scale project management.

Keywords

Black-Odor River, Technological Process, Technology System

*通讯作者。

黑臭河涌治理工艺流程及技术体系研究

—以佛山市为例

王艳杰, 肖羽堂*, 吴玉丽

华南师范大学化学与环境学院, 广东 广州

Email: xiaoyt@nankai.edu.cn

收稿日期: 2016年3月25日; 录用日期: 2016年4月20日; 发布日期: 2016年4月25日

摘 要

近年来, 随着城市的扩张及工业的发展, 大量有机和无机的污染物不断排入城市河道, 使水体的营养物质负荷量不断增加, 中国许多城市和城郊河道景观效果随之变差, 造成严重的经济和生态环境问题。加强水资源保护, 改善城市河道水环境, 修复和构建生态河道已引起广大环保、生态人士的热切关注。通过对城市水环境市场现状的调查研究, 总结了黑臭河道治理工艺流程及技术体系。开展我国河道、浅水湖泊富营养化的修复与控制技术开发与产业化, 对保护我国水环境富营养化的有效控制, 开展规模化工程治理具有重要意义。

关键词

黑臭河涌, 工艺流程, 技术体系

1. 黑臭河涌水体污染源研究

国务院正式发布的“水十条”中整治城市黑臭水体成为“水十条”重点内容之一, 如何有效控制、消除城市黑臭水体事关老百姓的切身利益, 值得全社会共同思考、共同应对。

加强水资源保护, 改善城市河道水环境, 修复和构建生态河道已引起广大环保、生态人士的热切关注。开展我国河道、浅水湖泊富营养化的修复与控制技术开发与产业化, 对保护我国水环境富营养化的有效控制, 开展规模化工程治理具有重要意义。

针对佛山市的几条河涌进行现场调研, 黑臭河涌水体普遍呈灰绿色或黑色, 某些河段水面布满油污或生活垃圾, 水环境较差。河涌两岸主要为居民区、工业区及水产养殖区, 污染源多, 污染情况较为复杂。

1) 生活污水

部分河涌两岸未修建截污管道, 附近村民的生活污水直排进入河涌, 现场情况调研发现河涌两岸有大量的生活污水排放口。生活污水是黑臭河涌的主要污染源之一。

2) 工业废水

黑臭河涌沿河分布工业厂区, 虽然大部分工厂的生产用水循环使用, 基本不外排, 但部分企业还有偷排现象且工业厂区的员工生活污水及清洗(地面等)废水的量较大, 对河涌污染较严重。

3) 生活垃圾

河涌沿岸人口密集, 产生的生活垃圾较多, 附近居民打扫卫生时, 将垃圾就近扫入河涌; 河涌边建

有生活垃圾收集站，下雨时垃圾渗滤液会随地表径流进入河涌。生活垃圾不仅污染河涌水质，也破坏了河涌的景观。

4) 内源污染

长期以来，周边的生活污水等不断排入河道内，加上上游支流带来的有机污染，使有机污染、N、P不断向底泥沉积，导致底泥中的有机污染物富集，加之河涌已多年未清淤，底泥淤积较厚。淤积的底泥具有较高含量的营养物(有监测数据显示，河流底泥中N、P量为水体中含量近千倍)及有机污染物，底泥耗氧、向水体释放N、P等污染物，以及底泥在冲刷作用下的悬浮释放等，都对水体的水质产生显著影响，受污染底泥逐渐成为水体不可忽视的重要内源污染。

5) 地表径流

河涌流域范围广，周边情况复杂，大气中的污染物、地表垃圾及尘土通过地表径流汇至河涌，污染河涌水体。

6) 沿岸种植养殖

河涌沿岸有大量的鱼塘，为获取较高的经济效益，养殖者多采用高度放养、大量施肥投饵，过量的饵料以及鱼类的粪便进入水中，造成水中的COD、氨氮、磷的浓度高。鱼塘养殖业在6至11月份会不断的更换鱼塘的水，12月至次年2月份会将鱼塘水全部放干进行晒塘，此段时间内都会有大量的养殖废水排入河涌，对河涌水质影响很大。

以佛山市河滘涌、联围涌为例分析其排入的污水情况：

1) 周边居民生活污水

河滘涌流经河滘村和梧村，两岸主要为河滘村的居民，人口数量约为6269人。根据调查统计(根据市水务局的统计数据，居住人均生活用水量为230 L/人·d)，平均每天排入河滘涌的生活污水量约为1442 m³。按生活污水污染物浓度COD约为200 mg/L，氨氮约为20 mg/L，总磷约为3 mg/L计，入河的污染物质COD约为105.3 t/年，氨氮为10.5 t/年，总磷为1.58 t/年。

联围涌流经南庄村、南庄镇城区、罗格村、溶洲村，两岸村居密集，人口数量多，约25,000人。根据调查统计(根据市水务局的统计数据，居住人均生活用水量为230 L/人·d)，平均每天排入联围涌的生活污水量约为5750 m³。按生活污水污染物浓度COD约为200 mg/L，氨氮约为20 mg/L，总磷约为3 mg/L计，入河的污染物质COD约为419.8 t/年，氨氮为42.0 t/年，总磷为6.3 t/年。

2) 周边企业生产废水

此次调研对各村的沿河企业进行调研，主要调查各企业的生产用水量、生活用水量、污水处理工艺、排水量等。

近年来，南庄镇狠抓环境、经济、生态，通过调整产业结构，落实“三旧改造”，严格把关环境准入条件，落实环境污染治理设施，大力改善各村的生活环境。根据调查，沿河企业的生产类型主要有陶瓷机械、塑料五金、配件、玻璃加工产、家具厂等。企业用水主要为企业员工的生活用水，企业生产用水多采用循环工艺，生产废水的排放量很少。企业排放的废水主要为员工的生活污水及地面的清洗废水。

经统计，沿河企业每年向河滘涌排放生活污水14,506 t。按生活污水污染物浓度COD约为200 mg/L，氨氮约为20 mg/L，总磷约为3 mg/L计，入河的污染物质COD约为2901 kg/年，氨氮为290.1 kg/年，总磷为43.5 kg/年。

经统计，沿河企业每年向联围涌排放生活污水43,115 t。按生活污水污染物浓度COD约为200 mg/L，氨氮约为20 mg/L，总磷约为3 mg/L计，入河的污染物质COD约为8623 kg/年，氨氮为862.3 kg/年，总磷为129.3 kg/年。

2. 黑臭河涌水体治理技术体系

2.1. 治理思路

在充分了解水环境、防洪治涝体系和污水处理系统等现状的基础上，借鉴国内外最新的水环境治理理论和成果案例，总结水环境整治的经验教训，以“水安全、水环境、水生态、水景观、水文化”为治水理念，以水环境综合整治为核心，综合运用截污、清淤、水利调度、人工复氧以及各种生态修复技术、水环境景观打造、智慧水务建设等手段，重点打造“一纵四横”的水生态格局，构建具有生命力和“人水和谐”的生态水环境基础。达到改善人居环境、提升城市品质，打造切合本地实际、具有前瞻性、可持续发展的水生态文明示范区。保证主干河涌水质持续改善和提高，出水水质基本达到地表水Ⅴ类标准。

具体实施步骤：包括前期调研、规划、设计；实施区域划分；重点实施区域施工；水利设施设置；截污管网完善；河道清淤；其它支涌原位修复及水质改善；智慧水务建设；生态文明教育基地建设等分先后顺序逐步实施。首先，在完成前期调研、规划和设计后，逐步完善区域内的污水收集系统和新建水闸泵站等水利工程，改善河涌的污染控制和优化水系，并为后续水环境治理水质治理工程创造必要条件。其次，对“一纵”的河涌水系进行水生态修复，结合莲塘环村涌水环境景观打造，并通过宣传引导形成水生态文明教育基地，全力打造示范区的轴心水景带。再对“四横”等其他河涌进行水环境综合治理，完成智慧水务建设及调试，消除黑臭提高水质和优化水资源配置管理水平。

由于涉及范围广，工程任务重，时间紧迫，各专项工程按照“先易后难、分段实施、互相支撑、交叉进行”的原则高效推进，并加强人力、物力和资金的管理，保障整体项目按期达到预期目标。

2.2. 总体框架

由于河涌水体的流动性，其水环境整治必须贯彻流域污染控制的思路，把末端治理和源头治理相结合，把分散治理和集中治理相结合，把流域管理与区域治理相结合，全流域统一进行整治才能行之有效。河涌涌水环境综合整治规划方案的总体框架概括为：“截、治、疏、引、管”。

“截”：将直接流入河涌的生活污水送到污水处理厂处理达标后排放，截住生活污水源头；

“治”：将河涌沿岸的工业园区及分散企业等进行治理，未经处理或处理不达标的污水、废水不准排入河涌；

“疏”：对河涌全面的整治，确保河涌过流断面水流畅通；

“引”：是建设一批引水泵站、节制调节闸等设施，打通断头涌，使河涌水真正活起来，加速水体流动，活化水资源；

“管”：加强管理，通过科学有效的管理，最大限度的发挥工程的社会效益。

2.3. 治理技术

采用水环境综合整治的概念和方法，可以从整体和全局的角度考虑和解决问题；并结合当地的发展和经济基础，集成目前最新的技术成果和各行业经验，提出分阶段、分区域、分步骤的实施策略；同时提高投资效率、减少重复建设，彻底解决水环境问题。

水环境综合整治是以小流域为主要整治对象，根据其水文、水利、气候等自然环境条件，结合水体水质现状、点源污染状况和排水管网现状和规划，考虑防洪、防涝、调蓄、治污、生态、景观以及人居环境等多种因素，提出涵盖规划、可研、设计、实施、运营和维护全过程的综合整体解决方案。并以生态的理念、方法和技术来实施，尽可能地恢复和创建多元化生态环境类型，建立多层次稳态生物种群和结构，增强在外来胁迫下水生态系统的自稳性，从而达到水环境综合整治的目的。具体措施如下：

2.3.1. 截污

经调研发现大部分地区已经完成截污工作，目前主要工作是对建成管网的补充和完善，重点是支涌沿河两岸主要污水排放口的截污工作和重点管网的衔接与联通[1] [2]。

2.3.2. 清淤

通过河道底泥疏浚解决内源污染问题，并保证河道水流具有一定的冲刷能力，即形成一定流速的基流，以改善河流水动力条件，提高水体自净能力，避免河流再次淤积。

2.3.3. 水利调度

为满足水环境综合整治，需新建节制闸和泵站等水利设施，以及对现有水闸泵站进行自动化控制升级改造，以达到以下水流调度的功能：

- 1) 通过水闸和泵站的联合调度，完成水体的调度；
- 2) 强制水体流动，控制水流的流向，使污染河段的水体向工艺段方向流动；
- 3) 尽量控制感潮河段双向往复流为单向流，改善水动力环境，形成单向流；
- 4) 利用潮汐形成的外涌水水位落差，通过控制河口闸门形成一定的水位差，有利于水流调度，且降低调水能耗。

2.3.4. 人工复氧

河涌受损水体中缺少溶解氧是引发生态退化、水质恶化的主要原因之一。提高水体中的溶解氧有利于增加水体中的微生物的数量、活性和水体的透明度，强化水体的自净能力，对维持水环境生态稳定性具有很好的效果[3]。提高水体中溶解氧的方法很多，如设置表曝器曝气、采用鼓风机在水底安装曝气管和曝气头、微孔曝气机、水下射流机、涌泉提水曝气机、水景喷泉、水车式曝气机等设备，对水体进行曝气复氧及造流。曝气机有较强搅拌与提水功能，打破了静态水体的垂直分层现象，改变了水体溶氧垂直分布的极端不均匀性，破坏了蓝绿藻的富集层，从而控制“藻华”现象的发生。

该技术一般应用于以下三种情况：

- 1) 在污水截留管道未建设之前，用于消除黑臭阶段，解决河道有机污染的问题而进行人工充氧。
- 2) 作为生态修复初期的增氧，提高水生植物成活率。
- 3) 已整治段解决突发性污染事件的应急措施。

2.3.5. 生物膜系统

在河道内布置生物载体，用于受污染的河道水质污染控制，是利用生物接触氧化或生态修复调整技术的一种优选强化处理技术。生物载体可以有效性的增强水流与生物膜的接触时间，解决了河道内微生物的载体问题，解决了底层厌氧菌在底泥内部活跃，水体中间因缺乏微生物载体而微生物活动性不强的问题。

生物载体表面形成的生物膜断面上，由外及里形成了好氧、兼性厌氧和厌氧三种反应区。在好氧区，好氧菌将氨氮转化为硝基氮，并把小分子有机物转化为二氧化碳和水(把可溶的无机磷转化为细胞体内的ATP)，在厌氧区，厌氧菌将硝基氮转化为氮气(把难分解的大分子有机物分解为可降解的小分子有机物)。最终污染基团就被分解转化成逸出水体的 N_2 、 CO_2 和 H_2O 。附着在仿生式水草上的大量微生物群，微生物群难以脱落，其上黏附的污染物难以溶出及扩散，抑制了环境的恶化。在水流的影响下，产生收缩运动，从而促进了污染物质的分解。

2.3.6. 主动式浮岛

主动式浮岛是利用曝气和仿生珊瑚功能的专利介质技术结合做成浮动于水面的生物浮岛，是国外最

新研发的一项水体原位修复的综合技术，在美国、英国和东南亚地区应用于湖泊河道治理。该浮岛可采用太阳能作为能源，大大降低了运行费用，既经济又环保。

一般普通浮岛仅仅是利用植物来吸收水体中营养物相比，主动式浮岛主要是利用介质挂膜、曝气增氧、水利循环的方法抑制藻类爆发，为微生物提供最佳的生长繁殖环境，利用微生物来降解水体中的污染物。因此，主动式浮岛生物反应器实际上是一个系列处理过程，这个过程使得处理效率高于普通浮岛几十甚至上百。与传统被动式浮岛不同的是，浮岛生物反应器是一个连续的系列处理过程(Power Train Treatment)，其作用可以概括为“复氧、抑藻、净水、生物多样性”等几方面。

2.3.7. 水生态系统

水生态系统构建技术是建立以沉水植物为核心的健康水生态系统。种植水生高等植物群落为原生动物提供场所，原生动物以微生物为食，消耗水中有机物总量完成养分传递。提高河流生产力，建立水体中的食物链：浮游植物→浮游类(含原生动物)→浮游动物(轮虫、桡足类、枝角类、甲壳类等)→滤食性鱼类。食物链的建立是在生态循环的基础上，它标志河流生态的恢复，水体生产力的提高，水域环境改善，渐次达到水草繁茂、水清见底的草型清水态[4] [5]。

3. 工艺流程与技术优化集成

河涌的综合整治图如图 1 所示。目前，国内水环境整治中传统的技术路线仍是以“头疼医头，脚疼

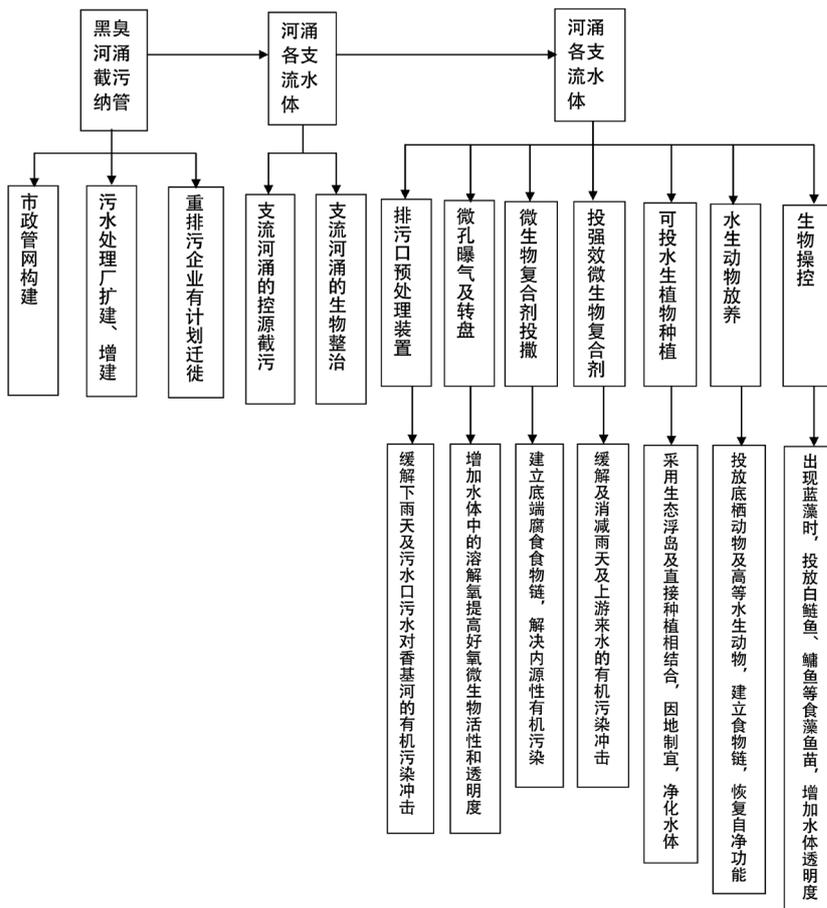


Figure 1. The comprehensive improvement of the river
图 1. 河涌综合整治图

医脚”的单一环节的治理模式。而中国的水环境治理必须要考虑包含了区域规划定位，经济发展、环境保护、立法执法、财政收支、风土人情等多方面复杂的社会因素、同时又要考虑包含了水文、水质、水利，开放性水环境等多方面综合的环境因素，两大因素相互交叉，使得水环境污染的治理具有艰巨性、复杂性、长期性和系统性的特点，同时由于地方政府的需求具有紧迫性、阶段性和经济性的特点，在各地形成的原因完全不同，中国水环境治理的市场也呈现出不同程度的多样性和特殊性，所以，如果要彻底解决水环境问题，单一技术手段“治标不治本”的做法远远不能满足水环境综合整治市场的需求。水环境综合整治未来必须结合多专业、多工种的多种技术手段，辅以金融工具和社会治理手段，方能做到标本兼治。

基金项目

广东省高校引进人才专项资金粤财教[2012]328号 C1067501。

参考文献 (References)

- [1] 杨永森. 城市河流截污与人工湿地净化实例[J]. 环境工程技术学报, 2015, 5(4): 341-346.
- [2] 张帆. 福州市台江区内河补水方案探讨[J]. 中国给水排水, 2015, 31(12): 25-27.
- [3] 曹欠欠, 于鲁冀, 薛金萍. 城市污染河道水体复氧技术研究综述[J]. 环境工程, 2015(1): 1-5.
- [4] 宋钊. 城市河流水污染治理及修复技术[J]. 工业用水与废水, 2013, 44(4): 6-8.
- [5] 詹卫华. 水生态文明城市建设的内涵与实施举措探讨[J]. 中国水利, 2015(22): 14-16.