

# 黑臭水体生物治理与生态修复的实践探讨

薛 莲

(无锡市水利设计研究院有限公司, 江苏 无锡 214000)

**【摘要】** 生物修复是指通过特定的生物清除、吸收、降解或转化污染物,使受污染的环境可以完全恢复到原始状态。当前在对受到污染的水体进行修复时主要采用化学修复技术、生物修复技术和物理修复技术,其中生物修复技术具有生态节能、环境友好等优点,是一种应用前景广阔的生态修复技术。本文以江苏省无锡市滨湖区为例对黑臭水体形成的原因进行了分析,然后提出了生态修复设计理念,并重点从水质净化、水体生态系统构建两个方面对生态修复措施进行了讨论,希望能为接近条件的城市河道治理提供参考。

**【关键词】** 黑臭水体; 生物治理; 生态修复; 实践

中图分类号: TV213.4

文献标志码: A

文章编号: 2096-0131(2017)03-0038-04

## Discussion on biological treatment and ecological restoration practice of black and odorous water

XUE Lian

(Wuxi Water Conservancy Design Institute Co., Ltd., Wuxi 214000, China)

**Abstract:** Biological restoration means polluted environment can be restored to the original state fully through specific biological removal, absorption, degradation and transformation of pollutants. Chemical remediation technology, bioremediation technology and physical remediation technology are adopted mainly at present when polluted waters are restored, wherein bioremediation technology has the advantages of ecological energy saving, environmental protection, etc. It is an ecological restoration technology with wide application prospect in the future. In the paper, Binhu District is regarded as an example for analyzing the reasons of forming black and odorous water. Then, the concept of ecological restoration design is proposed. Ecological restoration measures are discussed mainly from two aspects of water purification and water ecological system construction. It is expected that the paper can provide reference for controlling urban water channels approaching to conditions.

**Key words:** black and odorous water; biological treatment; ecological restoration; practice

### 1 工程概况

江苏省无锡市滨湖区隶属太湖流域区域,境内河网密布,地表水系发达。其中流经滨湖区的河道除京杭大运河、梁溪河、骂蠡港等省、市级河道外,更多的是

区级以下河道,这类河道有数百条之多。这些密布于居民聚集区的众多河流和小河浜,对滨湖区的经济和社会可持续发展以及人民群众的生活质量产生着重要影响。由于滨湖区水域众多、水网密布、水污染矛盾长期积累,部分河道周围生活污水、企业生产污水直接排

入河道,河道水体黑臭现象十分严重。根据滨湖区对区域河道现状全面彻底的调查,全区共有 11 条河道(段)黑臭现象非常明显,黑臭程度也十分严重,亟待整治的问题也非常严峻。

## 2 河水黑臭原因分析

**a. 雨污水排放影响。**沿线雨水管有排放生活污水及居民公厕有外溢风险,以及梁溪区范围的芦庄小区居民生活污水均易造成圩湾里浜水体水质恶化。

**b. 底泥污染。**圩湾里浜河道内底泥淤积情况较为严重,河道范围于 2012 年、2013 年进行过清淤作业,但由于河道为断头浜,并且受河道断面窄小影响,河道水体流通不畅,淤积较重。现场调研结果表明,河道内淤积较为严重,加之生活污水直排,造成该区段淤积情况尤为严重,底泥厚度达 30 ~ 150cm,在夏季高温季节淤泥上浮造成河道黑臭。

**c. 河道单一,生态自净能力差。**由于河道水体污染严重,河道生态系统遭到破坏,河道内水体单一,自净能力差。

## 3 生态修复设计

完整的生态系统主要由生产者、消费者和分解者组成。对于水生生态系统来说,生产者主要由小型藻类、大型水生植被构成;消费者主要是由各种底栖动物、鱼类和浮游动物构成;微生物则是水体中的分解者,可以将水中各种污染物和动植物残骸分解成矿物质、CO<sub>2</sub>、水等小分子化合物,这些小分子化合物重新回到环境中成为生产者进行光合作用,如此循环、周而复始,而河道水质变臭主要是因为积累了过多的污染物或营养物质<sup>[1]</sup>。生态净化系统的设计主要是按照生态原理建立多层次水生生物系统,并建立食物链,对营养物和污染物进行降级、固定和转移,并在这个过程中达到净化水质的目的。建立生态系统的重点是建立完善的水生植物(生产者)、水生动物(消费者)和微生物系统(分解者),并形成良性关系。生态系统原理如图 1 所示。

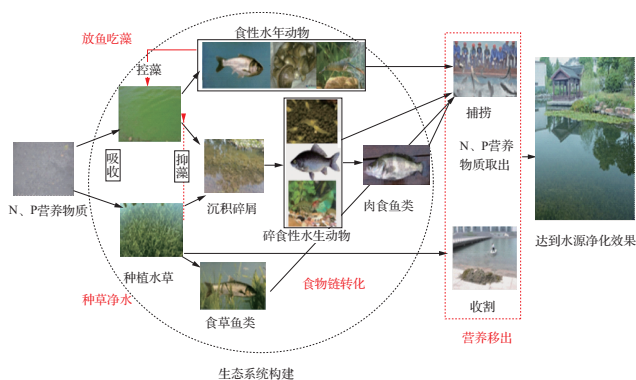


图 1 生态系统原理

## 4 水质净化

### 4.1 营造生物环境

本项目可利用西侧滚水坝进行短时间的降水,将水位降至适宜施工位置,对沉积在河道底部的垃圾和淤泥进行清理及改良。项目水系为淤泥底,为后期水生动植物营造生境条件,需要对河底进行底质改良。对水系内淤泥淤积较厚的区域进行清淤,移至其他区域,保证水体有一定的深度,考虑到后期沉水植物的恢复,需要保证河道底部 20cm 的淤泥厚度。同时,现河道有大量藻类,需要进行控藻措施,保障后期水体生态系统的长期稳定,通过利用微生物菌剂对底泥消毒、活化、预处理等,以实现改善底质 pH,增加土壤中水生植物生长发育所需要的常量元素和微量元素,以及降低有害物质含量等作用,起到除害杀菌、施肥、改善底质等方面效果,有效活化底泥,使其适宜沉水植物生长和恢复<sup>[2]</sup>。在河道内有桥梁两处,结合桥洞构建生物基网系统,桥宽约 10m,双向拦网设计增加系统比表面积,生物基网拦截系统 40m<sup>2</sup>,生物基网设计与水面同高,底部用 20cm × 20cm 石笼固定,两端利用木桩加固。

### 4.2 处理污水口

污水口处设置能够吸附降解污染物浓度的“生态围隔 + 生态浮毯 + 生物基”系统对污染进行初步净化处理,削减部分污染物,在河道接受新污染时具有缓冲作用。根据污水口分布及河道宽度情况,设计污水口规格为 2m × 10m × 1.5m,保证污水在围隔内的停留时

间,提升净化效果。污水口内部生物基设置在水面0.5m以下水域,生物基相邻带间相隔1m。单个的生态基通过底部固定在一起形成生态基片,相邻生态基单体间距为0.15m,高度1.0m。根据污水口个数及形态,需要建立生物基网90m<sup>2</sup>,生物基100m<sup>2</sup>,系统植物100m<sup>2</sup>(系统植物以粉绿狐尾藻及香菇草为主)。

### 4.3 提升河水透明度

根据项目现场勘查,本项目治理河道为封闭型水系,水体浑浊,透明度低,不利于水生动植物的恢复,故生态系统构建首先要对水体透明度进行提升。影响水体透明度的因素主要为藻类及悬浮物含量,故水体透明度提升需要针对水体藻类及悬浮物含量进行削减<sup>[3]</sup>。在水体大量培养食藻性浮游动物,采用“经典生物操纵”理论控制水体中藻类数量。根据河道水质叶绿素含量,设计项目河道投放浮游动物50L。

### 4.4 生态浮床净化系统构建技术

生态浮床技术是应用无土栽培的原理,利用可漂浮在水面并能够承受较大重量的生态浮板作为载体,通过水生植物(挺水植物如美人蕉、梭鱼草等,浮叶植物如香菇草、粉绿狐尾藻等)深入水中强大根系的吸收、吸附、截留作用,物种竞争相克的机理,以及微生物的生化降解等作用,消减发黑发臭水体中的N、P及有机物质,并以收获植物体的形式将其撤离水体,从而达到净化水质的效果<sup>[4]</sup>,原理如图2所示。

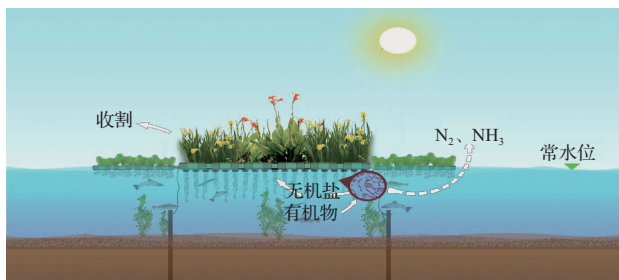


图2 生态浮床净化系统原理

圩湾里水系以木桩驳岸及垂直硬质驳岸为主,景观性差,岸边水深较深,挺水植物难以生长,根据人为活动区域及景观节点考虑,在贡湖大道东侧水系及西侧近桥区域间隔设置带状生态浮床,起到净化水质、软

化驳岸、提升景观的作用。

贡湖大道东侧水系面积约为890m<sup>2</sup>,河岸线长约100m,设计生态浮床100m<sup>2</sup>,西侧在近桥景观节点处,设计生态浮床60m<sup>2</sup>,保障人居活动区域景观效果,增加河道亲水性。浮床设计长条形,单个面积约为10m<sup>2</sup>,可叠加增加景观层次感,保障岸线处处有景。

## 5 水体生态系统构建

### 5.1 沉水植物群落构建

根据水生植物对氮素、磷素等营养的吸收作用和对重金属离子的富集作用,结合河道的水质、水位及底质等情况,需要在河道构建沉水植物群落,根据水质情况选择沉水植物品种,选择净水能力强、景观效果好的矮生耐寒苦草、刺苦草、轮叶黑藻。沉水植物构建采用群落间植的方式,以提高净水的综合效率,恢复和重建水体食物链,强化水体污染物的分解和氮磷等营养盐的去除,提升水体免疫力和自净能力<sup>[5]</sup>。沉水植物根系固定底泥,可有效防止底栖动物对底泥的扰动,而导致底泥中的污染物重新释放到上覆水体中,造成水体的二次污染。

项目河道总面积为3460m<sup>2</sup>,根据消除黑臭的设计目标和沉水植物削减能力计算及项目实际情况,在截污完成后,设计恢复沉水植物2076m<sup>2</sup>,约为河道总面积的60%。本案水体设计水深约2.0m,冬季气温较低,根据水生植物的生长特性,浅水区主要以矮生耐寒苦草为主,深水区辅以刺苦草、轮叶黑藻构建沉水植物净化体系,打造层次丰富的水下景观。

### 5.2 大型挺水植物系统构建

根据河道的驳岸和水位情况,对河道内的水生植被进行恢复。在贡湖大道西侧木桩驳岸段,河道自然护坡水路交接处,设计大型挺水植物构建滨水景观带,植物主要选择品种有蒲苇、旱伞草、美人蕉、黄菖蒲等可适应旱地生长的挺水植物,保证植物存活率。在桥下景观节点处点缀部分浮叶植物,以睡莲为主,增加水生植物层次,形成景观焦点。由于河道驳岸、水体参数及水生植物生长习性限制,本项目挺水植物恢复面积

有限,故设计恢复挺水植物 400m<sup>2</sup>,浮叶植物 150m<sup>2</sup>,如



图 3 所示。



图 3 水生植物恢复技术设计

### 5.3 水生动物恢复

水生动物的放养将充分考虑水生动物物种的配置结构,合理选择放养模式。故根据水体类型建议恢复类型以底栖动物为主,构建平衡稳定的生态系统(水生动物对环境要求较高,本项目建议在水体水质达标后,恢复水生动物系统)。底栖生物的放养种类主要以滤食性的双壳类和刮食性的螺类为主。底栖动物密度以 20~40g/m<sup>2</sup>为宜,螺贝类适宜比为 3:1。按河道总面积 3460m<sup>2</sup>计算,根据河道类型取密度为 30g/m<sup>2</sup>,故需要投放环棱螺 78kg,河蚌 26kg。

## 6 结 语

滨湖区通过采用生物治理措施进行治理后,取得了良好的水体生物治理效果和生态修复效果,处理效果稳定。工程治理期间水面清澈干净,没有出现浮萍、

(上接第 32 页)

藻类等漂浮物聚集的情况,消除了河水黑臭的问题,挺水植物和沉水植物生长状态良好,提高了河道的自净能力,达到消除黑臭的设计目标。◆

藻类等漂浮物聚集的情况,消除了河水黑臭的问题,挺水植物和沉水植物生长状态良好,提高了河道的自净能力,达到消除黑臭的设计目标。◆

### 参考文献

- [1] 王英才,刘永定,郝宗杰,等.上海市几条黑臭河道治理效果的比较与分析[J].水生生物学报,2009,33(2):355-359.
- [2] 陈伟,叶舜涛,张明旭.苏州河河道曝气复氧探讨[J].给水排水,2001,27(4):7-9.
- [3] 谌伟,李小平,孙从军,等.低强度曝气技术修复河道黑臭水体的可行性研究[J].中国给水排水,2009,25(1):57-59.
- [4] 沙昊雷,章黎笋,陈金媛.常州市白荡浜黑臭水体生态治理与景观修复[J].中国给水排水,2012,(14):165-167.
- [5] 沈士华,朱弘,董铸梁.浙江余杭湿地生态修复现状及技术措施[J].湿地科学与管理,2012,(3):54-56.

统仪器的准确度、精密性、检出限和标准曲线经验收均合格,满足验收测试方案要求;实际水样比对测试结果,水温、pH值、电导率、溶解氧、氨氮 5 个项目均符合验收测试方案要求,验收合格,监测站水质检验质量可以达到要求。◆

### 参考文献

- [1] 李国刚.环境监测质量管理工指南[M].北京:中国环境科学出版社出版,2010:247-251.
- [2] 环境监测质量管理技术导则:HJ 630—2011[S].北京:环境保护部,2011:5-7.
- [3] 国家环境保护总局.水和废水监测分析方法[M].4版.北京:中国环境科学出版社,2002:80-81.

表 10 氨氮自动监测仪器比对实验记录

序号	日期 (年-月-日)	时间 (时:分)	自动 结果 (mg/L)	实验室 结果 (mg/L)	测定误 差/%	合格率
1	2015-10-29	13:30	0.69	0.70	1.4%	100%

## 7 结 论

综上所述,江苏省苏州市龙塘港水质自动监测系