

# 城市内河生态修复的技术对策及实证

俞晓

(宁波甬绿环境保护技术工程有限公司, 宁波 315041)

**摘要:** 本文初步探讨了城市内河生态修复的技术对策, 并以 2012 年度慈溪市城区河道生态修复工程为实例, 分析了生物膜技术、水生植物净化技术、微生物循环驯化技术、河道造流曝气技术等方法。研究表明: 通过内河生态修复, 慈溪市城市内河在水质指标、水体净化、景观生态等方面都有所改善, 而且具有良好的社会和经济效益。

**关键词:** 内河; 生态修复; 慈溪

中图分类号: X171.4 文献标识码: A 文章编号: 1006-8759(2014)03-0038-04

## THE TECHNICAL COUNTERMEASURES AND DEMONSTRATIONS OF CITY INLAND RIVER ECOLOGICAL RESTORATION

YU Xiao

(Ningbo YongLv Enviromental protection Technology and Engineering CO.Ltd, Ningbo 315041)

**Abstract:** This paper discusses the technical countermeasures of ecological repair of city inland river, with the ecological restoration project of river Cixi City 2012 year as an example, analyzed the biological membrane technology, aquatic plant purification technique, the microbial loop acclimatization, river aerators technology. Research results show that: the river ecological restoration, Cixi City inland river in the index of water quality, water purification, landscape ecology and other aspects were improved, and good social and economic benefits.

**Key word:** inland river; ecological restoration; Cixi City

城市内河是城市的血脉, 是城市的一道风景线, 她的健康和美丽关系着一个城市的形象和容貌, 也是生态环境的重要内容。城市内河生态治理是衡量一个地区综合实力的重要指标, 决定着一个地区的经济发展后劲和发展活力。

近年来, 我国的城市内河生态治理工作受到了各级人民政府的普遍重视, 取得了显著成绩, 城市内河生态治理水平有了很大提高。从新世纪开始, 我国将进入全面建设小康社会, 加快推进社会主义现代化建设的新的发展阶段, 随着我国城镇

化水平的不断提高, 越来越多的人口将转向城镇生活和工作, 对城市生态环境的压力也将越来越大, 这就对城市内河生态治理提出了更高和更加迫切的要求。

本文初步探讨了城市内河生态修复技术的目标、技术及论证, 并以 2012 年度慈溪市城区河道生态修复工程为实例, 进行城市内河生态修复技术的实证, 以期对同类项目有所借鉴。

### 1 城市内河生态修复目标

#### 1.1 总体目标

在保证水利要求的基础上, 通过一系列现代

环保工程技术、生物工程技术、物理工程技术的综合应用,控制治理段的水质稳定,持续改善水质,进行水环境生态式综合整治。通过水生动物、植物定向培养、建立起稳定的人工生态体系,实现人工生态体系向自然生态体系的演替,恢复水体生物多样性,并充分利用自然系统的循环再生、自我修复等特点,实现水生态系统的良性循环。

同时,恢复引进水生观赏植物、水培花卉、陆生花卉结合周边环境造景。强调"绿化"与环境的协调性、景观的功能实用性和景观自身的可观赏性。水体景观设计目标:以"人文、人性、自然和生态"为原则,以江南水乡格调为特色,水生植物为主,盆花植物为辅,力图创造一个自然的、生态的、和谐的独具水乡风格的人性化的生态景观。

### 1.2 内河水质目标

水质感官目标:水体无黑臭、无异味,水面洁净,无藻类等漂浮物聚集,水体颜色正常。

治理段水生态系统食物链中的生产者具有多样性种群,暖季、寒季植物能自然更替,建立以水生维管束植物为优势种群的稳定的植物群落。

建立底栖动物种群,以消耗浮游生物(特别是浮游植物)、有机碎屑、腐碎、巨大的微生物生物量,建立起较为复杂的水生生物食物链,增强生态系统的抗冲击能力,维持生态系统的动态平衡。

在保证水体环境自然性的基础上,进行水面"景观绿化"。强调"绿化"与环境的协调性、景观的功能实用性和景观自身的可观赏性。

## 2 城市内河生态修复专项技术

### 2.1 生物膜技术

采用生物栅、人工水草、漂浮湿地浮体等高比表面积材料,使有水质净化作用工程菌、原生动物、后生动物等附着在材料表面上并生长繁育,形成膜状微生物层。受污染水体与生物栅、人工水草、漂浮型人工湿地浮体接触时,水体中的有机污染物、氮、磷等营养物首先被其上的微生物大量分解、转化成 $\text{CO}_2$ 、 $\text{N}_2$ 等无气味气体释放出水体(异化作用)和少量吸收成为自身的组成部分并繁殖(同化作用),之后通过水体中食物链使同化作用部分的元素不断地从水体中去除,使水体得到净化,同时也为水体生态系统构建提供了大量初级的生产者。这种处理方法能够有效的去除污水中污染物,使水体得到净化。生物栅、人工水草、漂浮

型人工湿地载体还为水生动物提供良好的栖息环境和隐蔽场所,有益于水体生态系统的构建。

### 2.2 水生植物净化技术

水生植物净化技术主要是指利用在水体中种植水生植物,通过水生植物的生长吸收、水生植物与水接触面的生物膜形成和其他物理、化学作用达到净化水体作用的技术,与水生植物种植相关的水生植物培育技术也是该技术组成部分。

本设计中采用了吸污耐污能力较强的水生植物品种,同时兼顾水体水面景观要求,其中:挺水植物采用漂浮湿地、浅滩湿地种植,浮水植物采用净化浮岛种植,沉水植物种植于水面较浅、阳光充足的水域。

### 2.3 微生物循环驯化技术

微生物循环驯化技术是利用污染水体中的营养盐作为培养基,通过特殊技术工艺,将高效微生物菌种进行原位不间断培养,通过驯化、增氧、生化、循环等过程,在短时间内降解水体中的污染物,并持续维持水质治理效果。

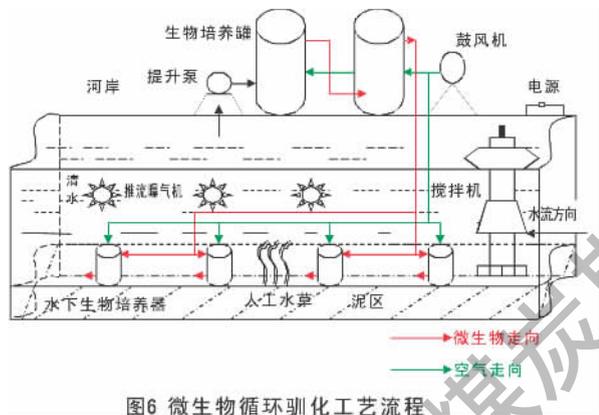
如工艺流程如图1所示,该技术包括在河岸设置生物培养罐,用于高效微生物培养、驯化、繁殖;高效微生物在生物培养罐培养成熟后,定期投加到设置于河道水体中的水下生物培养器,高效微生物在水下生物培养器的环境中进一步繁殖,并不断地将高效微生物释放到河道水体中;进入河道水体的高效微生物通过生物同化、异化作用不断消耗河道水体中的有机物、氨氮以及其他营养物质,从而达到增加水体自净功能、改善水体水质的目的。在此过程中,还必需设置鼓风机、推流曝气机、搅拌机、人工水草等设备,其中鼓风机的作用是为生物培养罐和水下生物培养器提供充足的溶解氧,推流曝气机的作用是水体造流以及增加水体溶解氧,搅拌机的作用是水体造流以及底泥分解减量,人工水草的作用是增加水体中高效微生物栖息场所以及在水质改善之后为水中高等水生生物提供栖息场所。

### 2.4 河道造流曝气技术

河道造流曝气技术是一种适应于河道特点的专用增氧技术。与一般增氧技术不同,本设计所选用河道造流曝气技术是采用水下推流吸入式曝气装置,在获得高效率增氧效果的同时不占地、噪声低、装拆方便、水体流动性好。

河道造流曝气技术作为一种投资少、见效快

的河流污染治理技术,在很多工程被优先采用。在河道中进行充氧不但能改善水体黑臭状况,而且能使上层底泥中还原性物质得到氧化或降解。曝气在河底沉积物表层形成了一个以兼性菌为主的环境,并使沉积物表层具备了好氧菌群生长刺激的潜能,从而能够在较短的时间内降低水体中有机污染物,提高水体溶解氧的浓度,增强水体的自净作用,改善水环境。该技术与生物膜技术相结合,生物膜提供充足的水质净化微生物、河道造流曝气提供充足的水质净化微生物所需氧,从而有助于水体自净能力的提高。



### 3 专项技术可行性论证实证研究——以2012年度慈溪市城区河道生态修复工程为例

#### 3.1 慈溪市城区河网情况

慈溪市 30 km<sup>2</sup> 中心城区范围内有主要河道共计 92 条,总长度约为 109 km<sup>2</sup>。除此之外,另有一些无名支流及断头槽,平均河宽 5 m。近年来由于慈溪市城市发展迅速,各类污染排放量也相应增加,其中大量污水排入城区内河,造成其生态环境不同程度恶化。

#### 3.2 慈溪市城区内河治理现状

1997 年慈溪市开始实施城区内河治理,到 2005 年底,以一横一纵的大塘江、浒山江为骨干,以中心旧城区为重点完成了一次综合性治理,共治理城区内河 17 条(段)计 18 km,建成截污管、渠 29 km,拆迁房屋 4 万 m<sup>2</sup>,新建大小节制闸 8 座、橡胶坝 2 座,设置排涝和污水提升泵站 4 座,新增绿化面积 2 万 m<sup>2</sup>,累计投入资金 2.2 亿元。其中截污包括污水排放点源治理、污水收集系统建

设和城市污水处理厂建设这三个过程。

从 2006 年~2007 年,慈溪市对大塘江、浒山江、邵家路江、城东新村横河、东城河等河段进行了生态治理。

根据 2009 年 8 月 12 日水质监测数据,未进行水生态修复河道断面各类污染物浓度与进行水生态修复河道断面各类污染物浓度相比,进行过生态修复的断面各项污染物浓度明显低,其中平均 COD<sub>Cr</sub> 降低了 19.70mg/L、BOD<sub>5</sub> 降低了 4.08 mg/L、NH<sub>3</sub>-N 降低了 8.01mg/L、TP 降低了 0.44mg/L,由此可知,水生态修复能很大程度的提升水体自净能力,降低水中污染物浓度,见表 1、表 2。

表1未进行水生态修复河道断面各类污染物浓度 单位:mg/L

河道断面	COD <sub>Cr</sub>	BOD <sub>5</sub>	NH <sub>3</sub> -N	TP
周家路江明州路断面	49.6	6.3	9.97	0.99
新庵江明州路断面	58.1	13.8	19.26	1.26
五灶江明州路断面	31.3	8	6.26	0.86
六灶江明州路断面	42.6	5.2	8.89	0.85
西四灶江曙光小区断面	48.6	15.5	4.25	0.74
平均值	46.04	9.76	9.73	0.94

表2 进行水生态修复河道断面各类污染物浓度 单位:mg/L

河道断面	COD <sub>Cr</sub>	BOD <sub>5</sub>	NH <sub>3</sub> -N	TP
大塘江工人路桥断面	22.24	2.63	0.24	0.651
浒山江新市路桥断面	18.84	2.02	1.44	0.331
邵家路江永新桥断面	25.52	2	0.13	0.415
赵家路江曙光东路断面	25.9	0.7	1.51	0.25
赵家路江园丁新村断面	22.6	1.8	1.61	0.21
房王路江彩虹家园断面	30.3	6.2	0.92	1.27
中江北二环路断面	27.7	17.7	3.06	0.46
中江明州路断面	25.2	2	1.48	0.29
平均值	26.34	4.38	1.30	0.48

2011 年慈溪市城市内河生态治理工程主要以中心城区内的五灶江、六灶江(虞波江)为治理河道,实施生态治理措施包括人工湿地、生态浮岛、荷花、睡莲、人工水草、沉水植物鱼类、底栖动物等。同时还实施了慈溪市第一条以水质养护模式建设的城市内河——东城河水质养护工程;该河道实施措施主要为造流曝气机、人工水草,工程实施以来,东城河基本无黑臭现象发生。

#### 3.3 实例项目概况

2012 年度慈溪市城区内河生态修复工程治理方案如表 3:

表 3 2012 年度慈溪市城区河道生态修复工程治理方案一览表

河道	长度/m	主要技术措施
新庵江	1850	人工湿地、生态浮岛、睡莲、人工水草
房王路江	850	人工湿地、生态浮岛、睡莲、人工水草
浒山江南端	500	人工湿地、生态浮岛、人工水草
担山庙江	700	河道造流曝气技术、人工湿地、生态浮岛、睡莲、人工水草、鱼类、底栖动物、垂直绿化
湖里头江	600	河道造流曝气技术、人工湿地、生态浮岛、睡莲、人工水草、沉水植物、鱼类、底栖动物
蒋家桥江	300	人工湿地、生态浮岛、睡莲、人工水草
大河口江	350	人工湿地、生态浮岛、睡莲、人工水草
虞波横江	300	微生物循环驯化技术、人工湿地、生态浮岛、人工水草、沉水植物、鱼类、底栖动物

### 3.4 治理效果

水体中的污染主要由初期雨水、排放或溢流污水、底泥释放形式进入。水体的水质生物自净能力主要以各功能植物、人工水草、造流曝气、微生物循环驯化及水体其他的功能微生物来实现。

(1)单纯设置人工水草对水体净化:单纯设置人工水草可对河道水体中 COD 降解,可去除大量氮素。不结合造流曝气人工水草 1950 m<sup>2</sup>,COD<sub>Cr</sub>、TN 去除能力分别为 6474 g/a.m<sup>2</sup>、324 g/a.m<sup>2</sup>,年 COD<sub>Cr</sub>、TN 去除量 12624 kg、632 kg。

(2)人工水草结合造流曝气时对水体净化:结合造流曝气时,人工水草对河道水体中 COD 降解能力有较大增强,同时可去除大量氮素。结合造流曝气的人工水草 900 m<sup>2</sup>,COD<sub>Cr</sub>、TN 去除能力分别为 57.6 kg/a.m<sup>2</sup>、2.56 kg/a.m<sup>2</sup>,年 COD<sub>Cr</sub>、TN 去除量 51.84 t、2.3 t。

(3)人工水草结合微生物循环驯化技术时对水体净化:结合微生物循环驯化技术时,人工水草对河道水体中 COD 降解能力有也较大增强,同时可去除大量氮素。结合微生物循环驯化技术的人工水草 150m<sup>2</sup>,COD<sub>Cr</sub>、TN 去除能力分别为 126.3 kg/a.m<sup>2</sup>、56.8 kg/a.m<sup>2</sup>,年 COD<sub>Cr</sub>、TN 去除量 18.95t、0.9t。

(4)功能植物对水体净化:本工程种植:挺水植物 1500 m<sup>2</sup>,浮水植物 2500 m<sup>2</sup>,沉水植物 600 m<sup>2</sup>。挺水植物平均 TN 去除能力为 38 g/a.m<sup>2</sup>,TP 去除能力为 8 g/a.m<sup>2</sup>;浮水植物平均 TN 去除能力为 72g/a.m<sup>2</sup>,TP 去除能力为 17 g/a.m<sup>2</sup>;沉水植物平均 TN 去除能力为 61g/a.m<sup>2</sup>,TP 去除能力为 13g/a.m<sup>2</sup>;据此计算年植物去除河道水体氮磷量见表 4:

表 4 项目功能植物对水体净化贡献情况一览表 单位:kg/a

植物种类	TN 去除量	TP 去除量
挺水植物	57	12
浮水植物	180	42.5
沉水植物	36.6	7.8
总计	273.6	62.3

(5)漂浮湿地对水体净化:漂浮湿地 1350 m<sup>2</sup>,COD<sub>Cr</sub>、TN 去除能力分别为 327 g/a.m<sup>2</sup>、63.6 g/a.m<sup>2</sup>,年 COD<sub>Cr</sub>、TN 去除量 441 kg、86 kg。

本生态治理工程实施后,COD<sub>Cr</sub> 年去除量 83.86 t,TN 年去除量 3.9 t,TP 年去除量 62.3 kg。

## 4 结论

2012 年度慈溪市城区内河生态修复工程,采用了生物膜技术、水生植物净化技术、微生物循环驯化技术、河道造流曝气技术,对慈溪市城市内河进行了有效的生态修复,城市水环境质量已有了质的改变与提高。但随着城市发展的需要,同时为满足广大居民不断提高的环境要求,城市内河生态的修复、治理与保护工作任重道远,本文仅进行了初步研究,仍然存在一些有待今后探讨和改进之处。应在现有成效的基础上,以创建生态城市和最佳人居环境城市为契机,综合采取多种措施,加大工作力度,最终使城市内河达到“水清、岸绿、景美”的目标。

## 参考文献

- [1] 郑斐.生物膜法新工艺无泡曝气膜生物反应器[J].工业用水与废水,2004-3.
- [2] 王艺.水力自旋传质填料生物膜反应器处理城市污水[J].环境工程学报,2007-4.
- [3] 刘松岩.水生植物净化受污染水体研究进展[J].安徽农业科学,2006 年 34 期.
- [4] 夏晓方.水生植物修复污染水体的研究进展[J].重庆工商大学学报(自然科学版)2011-8.
- [5] 肖作义、王立平.城市污水二级好氧工艺微生物的培养与驯化[J].内蒙古科技与经济,2003 年第 5 期.
- [6] 卢萃云.曝气充氧和人工造流技术修复河道污染水体[J].环境工程学报,2012 年 4 月.
- [7] 吴阿娜.城市内河综合整治效益的后评估方法及实证[J].水利学报,2005-9.
- [8] 孙国敏.台州城市核心区内河水环境整治措施分析[J].浙江水利水电专科学校学报,2008 年 9 月.
- [9] 李立山.宁波市内河水环境治理与保护措施研究[J].宁波工程学院学报,2005 年 6 月.
- [10] 余金星.福州内河水环境问题及综合治理建议[J].环境科学与管理,2006 年 11 月.