

# 珠江三角洲城市河流污染及修复维护对策研究

林帼秀

(广东省环境保护职业技术学校, 广东 广州 510655)

**摘要** 综合分析了珠江三角洲城市河流的污染现状特征及造成污染的各种复杂成因,提出了城市河流污染修复的技术路线,并对污染河段开展生物修复、工程修复的具体技术和建立修复维护机制作出了研究和探讨。

**关键词** 城市河流;水质污染;修复技术;珠江三角洲

中图分类号:X522 文献标识码:B 文章编号:1004-693X(2006)04-0027-03

## Urban river pollution and remediation measures in Pearl River Delta

LIN Guo-xiu

(Guangdong Environmental Protection School, Guangzhou 510655, China)

**Abstract** According to the water pollution problems and their complicated causes of urban rivers in the Pearl River Delta, technological strategy for remediation of urban river pollution was proposed. Measures such as bioremediation, engineering technology and the remediation mechanisms were proposed for pollution remediation.

**Key words** urban river; water quality pollution; remediation technique; Pearl River Delta

珠江三角洲(下称三角洲)位于广东省南部,由西江、北江、东江等下游冲积平原及河口三角区复合而成,河流流经广州、深圳、珠海、东莞、中山、江门、佛山 7 市及香港、澳门特别行政区。近几年,三角洲城市河流的污染问题非常突出,其污染成因亦相当复杂。由于河道一旦被污染就难以恢复,因此应全面分析三角洲城市河流的污染特征和成因,有针对性地采用生物、工程联合修复技术,建立河流维护机制,达到逐步改善水质、恢复河流生态系统整体功能的目的。

### 1 三角洲城市河流水质污染特征及成因分析

#### 1.1 城市河流水质污染特征

##### 1.1.1 以城市为中心的有机污染和细菌污染类型

三角洲城市河流多为中小型河流,自然流量不大,环境容量小,容易受到污染。据 2003 年《广东省环境质量公报》数据显示,珠江水系中只有 55% 江段达标,其他不达标的主要集中流经城市的河段,大部分为 V 类和劣 V 类水(如广州河段、深圳河段、佛

山河段),主要污染指标为氨氮、粪大肠菌群、耗氧有机物、石油类、总磷等,呈明显的有机污染和细菌污染类型,并形成了以城市为中心的污染特点。

##### 1.1.2 污染总体呈上升趋势,部分感潮河段水质变化复杂

据“九五”期间广东省主要江河水质监测数据,采用 Spearman 秩相关系数法,分析水质综合污染指数变化趋势。五年间西江水系水质污染总体呈下降趋势,北江、东江水质污染呈轻微上升趋势;三角洲及粤西诸河水系污染呈显著上升趋势(见表 1)<sup>[1]</sup>。另外,三角洲部分河流为感潮河段,水质变化尤为复杂,并多次出现咸潮现象。

表 1 水质综合污染指数

| 水 系 | 综合污染<br>指数均值 | 水 系   | 综合污染<br>指数均值 |
|-----|--------------|-------|--------------|
| 西江  | -0.8         | 珠江三角洲 | 0.6          |
| 北江  | 0.2          | 粤西诸河  | 0.9          |
| 东江  | 0.2          |       |              |

##### 1.1.3 河流饮用水水源地水质较差,水量紧缺

三角洲城市密度大(平均距离约 10 km),各城市

作者简介:林帼秀(1973—),女,广东江门人,讲师,主要从事环境保护教学、环境评价及科研工作。E-mail: hlb\_lgx@sina.com

排污口与取水口交错分布,加上网河区潮流作用,使各城市排出废水相互影响、交叉污染,造成饮用水水源地水资源质量较差,导致水质性缺水。据广东省饮用水水源地水资源质量统计数据显示,广州、东莞等城市的饮用水水源达标率下降幅度较大,取水口主要污染物是氨氮、粪大肠菌群、总氮、总磷、溶解氧、COD等,其中广州6个水厂中江村、石门、西村的水质指数均大于100,水质状况达不到饮用水水源地水质标准的要求。

## 1.2 污染成因分析

### 1.2.1 水文地理及气候因素的复杂影响

三角洲网河河道构成条件敏感多变,河口冲积平原逐年向外自然延伸,稳定性不足。珠江八大口门既相互沟通又独立入海,河口段由近百个河汊形成树枝状河网,在径流与潮流的共同影响下,河网区形成动态的几十个位置不定的会潮点,珠江口外有百余个岛屿(走向多为NE-SW),形成阻挡珠江河水外流和南海海水进流的天然屏障<sup>[2]</sup>,这些是造成感潮河流河床泥沙淤积、咸潮入侵、河水流速小、污染物迁移动力弱及水环境承载力下降的重要原因。

另外,三角洲地处亚热带季风气候区,降水充沛,年均降水量为1600~2300mm,径流总量达3362亿m<sup>3</sup>,年内有明显的丰、枯水期变化特点。丰水期(4~9月)的降水和径流过程会冲刷各种陆源污染物进入河流,加剧水体污染;而枯水期(10~3月)则因降水不足造成河流流量下降,不利于河流污染物的自然净化。

### 1.2.2 污染源造成巨大的河流污染负荷

近几年,城市排污口的污染物种类多、数量大、处理率低,各种生活污染面源和工业污染点源排放的废水是造成河流污染的直接原因。据1999年广东省排污口实测资料显示,三角洲现有排污口约183个,大部分集中在城市河段,约占全省排污口总数的50.8%。2001年工业废水排放量达11.28亿t,生活污水排放量更高达39.86亿t。值得注意的是,生活污水占废水排放总量的比例正逐年上升,1996年占57.1%,2001年已上升为77.9%<sup>[1]</sup>,而且生活污水处理率低,这是造成河流有机污染的主要原因。

### 1.2.3 城市建设对河道干扰大,降低了水环境承载力

近几年三角洲地区掀起城市经济建设热潮,超量开发河流水资源、挤占河滩地、兴修水利等极大改变了河流的水量循环及河道形态,城市河流生态系统受到较大干扰,河流的纳污能力和水环境承载力显著降低;另外,开发建设过程还可能使河流底泥积累的N、P营养物被搅动而重新释放,溶入水中形成二次污染,造成富营养化水体的恶性循环。

## 2 河流水污染修复及维护对策

针对三角洲城市河流的污染特征,提出对水污染开展生态、工程联合修复及维护的技术路线,控制污染外源输入及内源释放,突出生态修复,辅以工程整治技术,逐步提高河流生物多样性及生态系统稳定性,恢复河流自净能力,并通过必要的维护体制保证修复效果。

### 2.1 生态修复

生态修复主要是选用各种具净化水质功能的水生植物、滤食性水生动物和耐污性强的活性微生物,转移、分解和吸收河流的污染物,有效降低水质污染指数,逐步恢复河流生物多样性,改善河流整体景观,实现水生态系统的良性循环和演替。

#### 2.1.1 植物操控技术

在有机污染严重的城市河段,据水面大小建设植物网箱或人工“浮岛”(水面漂浮一种像筏子的人工浮体,其上栽培水生植物),栽培植物以防污抗污类型为主,其中浮水植物以睡莲、凤眼莲为主,岸边挺水植物以芦苇、香蒲、茭白、荷花为主,主要降解水中的COD、氮、磷等。水生植物操控技术主要是利用植物发达根系的吸收和协同作用减轻有机污染,净化水质。通过逐步构建水生仿生生物群落,改变河流生态链结构的单一性为多样性,从而提高水环境承载力,并美化水域环境。植物类型的选取应注意四个要素:植物根茎对有机物吸附和分解效率;能否为原动物、浮游动物和滤食性鱼类等的摄食和繁衍提供场所;抑藻、平衡水温及日光遮蔽效果;季节性和观赏价值。植物操控过程中还应注意控制水生植物的生长范围,满足景观空间形态的需求,并留出维护行船的通道。

#### 2.1.2 水生动物恢复

在有机污染河段投放适当的水生动物,可有效去除有机物,并控制藻类生长。如底栖动物螺蛳主要摄食固着藻类,同时分泌促絮凝物质,使湖水中悬浮物质絮凝,促使水变清;滤食性鱼类如鲫、鳊鱼等可有效去除水体中藻类,使水体透明度增加,并摄食蚊、蝇及其他昆虫的幼虫,通过水生动物的生命活动逐步改善河流水质状况。

#### 2.1.3 微生物修复

利用河流土著微生物、外来微生物或基因工程菌,用特定方法混合培养成微生物复合体(以光合细菌、放线菌、酵母菌和乳酸菌为主),通过人工投菌或相关工艺(生物滤池、生物转盘、生物流化床、接触氧化、生物膜法等),将河流污染物吸收转化成无毒或低毒物质,进而净化水质。另外,微生物修复过程中

还可实现生态清淤——分解水中动植物残骸、底泥有机碳源及其他营养物,并转化为菌体,脱氮微生物通过硝化和反硝化作用分解氨氮,分解后的硝态氮被植物吸收,使部分氮退出水体循环;底泥硝化后可减少体积,底泥的物理、化学性质得到稳定。为提高微生物对污染物的降解速度和修复效率,可采用适当的强化措施,如选择高温季节(15~25℃)、人工增氧、改进微生物和营养物等外加物的投加方式(微囊法、生物毯法等)<sup>[3]</sup>。微生物修复能使河流中氨氮等有机污染物80%得到有效去除<sup>[4]</sup>,并降低内源污染,可广泛应用于有机污染河段及城市微污染饮用水源地。

#### 2.1.4 建立河流新生态链

通过以上动植物及微生物修复措施,在河流逐步建立起新的生态链:浮游植物→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。这标志着河流水质净化、水体生产力提高和水生态系统的整体恢复(图1)<sup>[5]</sup>。

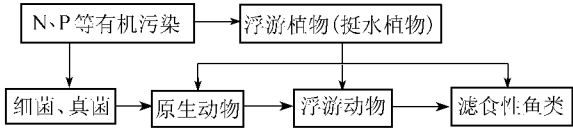


图1 河流新生态链修复示意图

#### 2.1.5 修建人工湿地

修建人工湿地是对污染河流进行原位修复的技术,其工艺流程可设计为:上游河水——循环沉淀池——生化处理区——湿地——河道下游。人工湿地一般选在河边具一定长宽比和有坡度的洼地,由土壤和填料(如卵石)混合组成填料床,床体种植净化能力强、成活率高的水生植物(如芦苇)。利用湿地土壤、植物根系及微生物的吸附、过滤和调控功能,使污水流经床体填料缝隙或表面被初步净化后再排入河流。人工湿地法对SS、BOD、氨氮、有机氯等有显著的去除效果<sup>[5]</sup>,其造价及运行费用低,出水质量好,但必须对床体填料定期更换及对湿地植物定时收割以去除新生有机物,保证湿地运行效果。

#### 2.1.6 生态护堤技术

结合各河流自身特点,应用绿化混凝土(可植被作业,具有恢复河流生境和防护功能的混凝土制品)种植护岸性能优异的河岸植物和草皮。可根据生态位特点合理种植乔木—灌木—草本植物,构建河岸和坡面仿生生物群落,构筑具亲水理念的生态河岸<sup>[6]</sup>。生态护堤技术对河流污染具有动态调节作用,既可减少陆源污染输入和水土流失造成的河道污染,又可避免砂石混凝土堤岸渗透性差、与水生系统相容性不足的弊端,从而保证城市河道的稳定性。

### 2.2 工程修复

#### 2.2.1 综合调水及引水冲污

根据感潮河流的潮期特点及一般河流的丰枯水期污染特征,通过调节水库、污水库、生态植树贮水等工程综合调节河水流量及入河污水量,增强河流对污染物的动态稀释能力;对于重污染河段可进行“引流冲污”,通过河闸、抽水泵等水利设施引清洁的外江水进行冲刷,迅速消除河水黑臭现象;对于个别受咸潮影响的感潮河段可实施“引淡压咸”,降低河水的盐度以保证水质。

#### 2.2.2 复氧技术

在中小城市污染河段,可通过水闸泄流、活水喷池、水下射流机、微孔曝气机、曝气复氧船等方法,或选用无二次污染的生态增氧剂对河流进行人工复氧;在缓流河段可根据河道沿程特点设计梯级式橡皮坝跌水增氧;重污染河道可利用纯氧替代空气曝气以提高复氧效率<sup>[7]</sup>。复氧技术的投资运行费用较低,但可大大增加河流溶解氧,使有机污染物在有氧环境下更充分被生化降解,对消除水体黑臭现象有良好效果。

#### 2.2.3 裁弯及拓宽整治

根据河流水力稳定性设计要求,对某些城市河段进行适当的河道裁弯和拓宽工程,使窄段断面增大,增大河水流量,减少河道淤塞,从而提高河流的污染净化能力。

#### 2.2.4 底泥疏浚和隔离

对已严重污染的河床(尤其是城市河涌),可通过拦污沉渣、引水冲污、河道清淤、覆盖和隔离底部沉积物等工程快速去除河道污染物,减少河流因内源释放造成的二次污染。

### 2.3 河流修复维护

#### 2.3.1 开展河流水质管理统筹规划

根据三角洲河网功能区划,对上下游城市在工业布局 and 产业结构上作出战略调整。确定各城市河段的水质目标,统筹三角洲河网水质整治及管理工作,避免城市间交叉污染;另外,城市应设立承污河道(以支流、河涌应较佳),确保主要河流及水源地保持较好的水质功能。

#### 2.3.2 强化污染源管理

严格控制城市河流的外源污染输入。首先,企业应大力推广清洁生产,工业废水必须达标排放;其次,居民生活污水应集中处理后再排入江河;再次,城市污水处理系统必须进一步完善,推广雨污分流制,加快污水处理技术的开发和应用;最后,各环保职能部门要加强监管力度,对污染源实施总量控制,保证削减河流的污染负荷。(下转第46页)

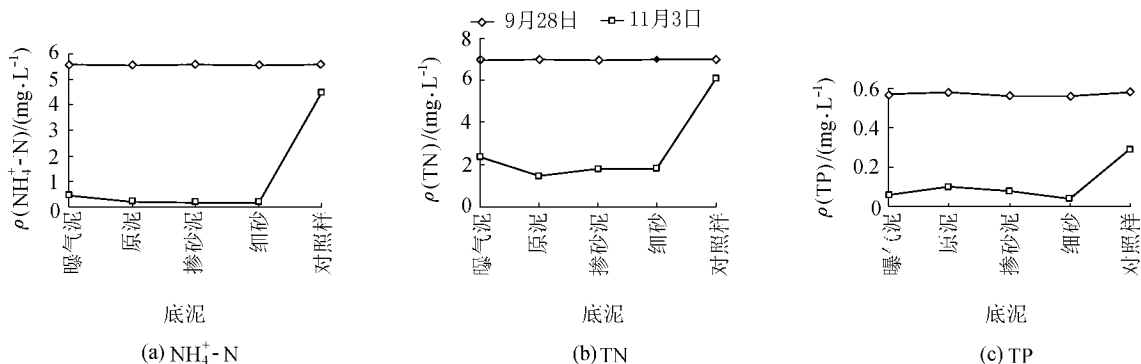


图1 各实验组的水质比较

物的生长繁殖有较为明显的作用。

b. 在4组试验中,单纯将经过洗净的建筑沙作为底质,植物的生长繁殖状态较差。侧面反映出沉水植物对于底质中营养物质具有一定的需求,适宜的营养盐含量对于沉水植物的生长有利。

c. 虽然4种底质中植物生长状态有较大的不同,但水质指标没有出现很大的差异。

#### 参考文献:

[1] 童昌华, 杨肖娥, 濮培民. 水生植物控制湖泊底泥营养盐释放的效果与机理[J]. 农业环境科学学报, 2003, 27(6): 673-376.

[2] 许秋瑾, 李欣瑞, 苏东波. 城市中小型湖泊河道生态治理的探讨[J]. 环境保护, 2001(6): 19-20.

[3] 李文朝. 五里湖底质条件与水生高等植物的适应性研究[J]. 湖泊科学, 1996, 8(增刊): 30-36.

[4] 刘健康. 高级水生生物学[M]. 北京: 科学出版社, 1999: 224-241.

[5] 倪乐意. 富营养水体中肥沃底质对沉水植物生长的胁迫[J]. 水生生物学报, 2001, 25(4): 399-405.

[6] BARKO J W, SMART R M. Sediment relate mechanisms of growth limitation in submersed macrophytes[J]. Ecology, 1986, 67: 1328-1340.

[7] 程南宁, 朱伟, 张俊. 重污染水体中沉水植物的繁殖及移栽技术探讨[J]. 水资源保护, 2004, 20(6): 8-11.

[8] 中国科学院南京土壤所. 土壤理化分析[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1978: 105, 469-511.

[9] 中国科学院南京土壤所. 土壤物理性质测定法[M]. 北京: 科学出版社, 1978: 11-66.

[10] 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: 243-284.

[11] 倪乐意. 切除顶枝对加拿大伊乐藻生长的影响[J]. 水生生物学报, 1999, 23(4): 297-303.

[12] 李潮海, 王群, 郝四平. 土壤物理性质对土壤生物活性及作物生长的影响研究进展[J]. 河南农业大学学报, 2002, 36(1): 32-37.

(收稿日期: 2005-04-13 编辑: 傅伟群)

(上接第29页)

#### 2.3.3 建立河流修复维护数据库

建立三角洲城市河流水质自动监测网和修复基础数据库,及时反馈河流水质、生态的动态变化趋势及修复效果,为河流水质监控和污染修复提供有效数据和信息,保证修复效果。

### 3 结 语

三角洲城市河流的污染修复应结合具体河网特点,因地制宜地开展水污染控制和河道功能恢复,逐步改善河流水质,实现水生态系统的持续发展。在修复维护过程中,截污是关键。只有从源头上控制污染,才能真正改善水质状况;应用生态修复技术(净化效果好、环境影响小、费用低)及开发研究高效、无二次污染的生物技术产品(如具有特殊分解能力的菌种)将成为河流修复的发展趋势。

#### 参考文献:

[1] 杨华, 张金阳. 广东省主要江河水质状况及变化趋势[J]. 广东环保科技, 2002, 12(2): 8-9.

[2] 彭静, 王浩. 珠江三角洲的水文环境变化与经济可持续发展[J]. 水资源保护, 2004, 20(4): 11-14.

[3] 洪祖喜, 何品晶, 邵立明. 水体受污染底泥原地处理技术[J]. 环境保护, 2002(10): 15-17.

[4] 唐玉斌, 刘宏伟, 陆柱, 等. 中小河流特征及修复方法探讨[J]. 水处理技术, 2004, 30(3): 136-139.

[5] 陈玉成. 污染环境生物修复工程[M]. 北京: 化学工业出版社, 2003: 51, 188-190.

[6] 张锡辉. 水环境修复工程学原理与应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2002: 151-153.

[7] 郑天柱, 周建仁. 污染河道的生态恢复机理研究[J]. 环境科学动态, 2002(3): 11-13.

(收稿日期: 2005-01-06 编辑: 傅伟群)