

城镇污染河流修复技术研究进展

许巍, 袁斌, 孙水裕, 朱又春

(广东工业大学 环境科学与工程学院, 广东广州 510090)

摘要: 城镇河流水体具有生态系统复杂、污染类型齐全、污染源数量多、危害极为严重的特点. 随着经济发展和技术进步, 城镇河流水体污染治理技术在不断地发展, 污染治理的难度也在减少. 本文结合国内外最新研究成果和积累的宝贵经验, 综述城镇河流水体污染的修复技术, 为我国正在开展的城镇河流水体污染防治提供有价值的参考.

关键词: 城镇河水; 污染处理; 修复技术

中图分类号: X506

文献标识码: A

文章编号: 1007-7162(2004)04-0085-06

河流为城镇提供了饮用水源和农业灌溉用水, 对城镇的社会形态和经济发展起着重要的作用. 然而, 随着工业化和城市化的迅猛发展, 作为城镇赖以生存的河流, 却成为城镇的排污管道, 遭到日益严重的污染, 危及人类的健康和生态环境. 从 20 世纪 60 年代起, 发达国家分别对污染严重河流进行了综合防治, 投入了大量资金和人力, 并取得了显著成效^[1]. 我国的工业化和城市化进程虽较西方国家滞后, 但仍重蹈西方国家的“先污染后治理”的覆辙, 城镇河流水体污染已相当严重, 成为城镇经济发展的制约因素, 污染治理刻不容缓. 我国城镇河流污染主要特征是污染物类型齐全、生态系统复杂、污染源数量多、污染危害严重. 针对我国国情, 总结国内外河流治理的技术和经验, 对处于起步阶段的我国城镇河流治理工作, 具有重要借鉴意义.

1 污染河水修复技术

1.1 河道曝气技术

该项技术是根据河流受到污染后缺氧的特点, 人工向水体中连续或间歇式充入空气(或纯氧), 加速水体复氧过程, 以提高水体的溶解氧水平, 恢复和增强水体中好氧微生物的活力, 使水体中的污染物质得以净化, 从而改善河流的水质.

河道曝气一般应用在以下两种情况: 第一种是在污水截流管道和污水处理厂建成之前, 为解决河道水体的有机污染问题而进行人工充氧; 第二种是在已经过治理的河道中设立人工曝气装置作为对付突发性河道污染的应急措施. 一般河道曝气复氧采用固定式充氧站和移动式充氧平台两种形式. 当河水较深, 需要长期曝气复氧, 且曝气河段有航运功能要求或有景观功能要求时, 一般采用岸边固定式充氧站的形式. 通过岸边的一个固定的鼓风机房或液氧站, 通过管道将空气或氧气引入设置在河道底部的曝气扩散系统, 达到增加水中溶解氧的目的. 当河水较浅, 没有航运功能要求或有景观功能要求时, 一般采用固定式机械曝气形式, 即将机械曝气设备(多为

收稿日期: 2003-10-08

基金项目: 广东省教育厅环境科学协作组基金项目.

作者简介: 许巍(1969)男, 在读研究生, 主要研究方向为水处理技术及药剂.

浮桶式结构)直接固定安装在河道中对水体进行曝气,以增加水体的溶解氧。

河道曝气技术已在英国的泰晤士河,美国的圣克鲁斯港和 Homewood 运河,韩国的釜山港湾^[2]、北京的清河^[3]和上海的上澳塘^[4]等河流上得以应用,运行效果显著,彻底消除了水体黑臭现象,有效地削减了污染负荷,并有助于河道生态系统的恢复。实验研究表明^[5],在河水溶解氧保持 1.0mg/L 情况下,将连续曝气改为间歇曝气,采取河段两侧拦坝,人为增加曝气河段污泥的含量等补充措施,可达到提高河道曝气处理效果,降低能耗的目的。

1.2 生态治理技术

生态治理技术是城镇河流水污染修复的重要技术之一。大部分水生高等植物都有发达的根系,能吸附大量水体污染物,同时也寄居着众多的异样微生物,水生生物为根系微生物创造了良好的栖息场所并提供了丰富的营养物质,而根系微生物在功能上的协同效应,加速了水体污染物的净化。水生植物和根系微生物有互利共生关系,结合成微生态系统。应用微生物技术进行水体净化有多种方法并且发展很快,前景很好。研究表明,利用外源性加入固氮循环细菌进行水体净化,能有效地去除水体中的氮源,以太湖污染严重的五里湖为例,应用氮循环净化装置,实验第 6 d,总氮和氨氮的去除率分别达到 74% 和 89%。此外,将人工培养的高密度光合细菌投入水体,也能加速水体物质循环,改善水体环境,通过生态治理,可以解决城镇河水富营养化污染问题^[6]。

1.2.1 岸区生态防护技术

在河道岸区可修建生态护堤,堤外种植 3~5 行防护林,堤内种植适应本地气候条件、具有观赏性的花卉和草被。这样,可以改善生态环境,就地拦蓄部分降水,涵养水源,减弱径流,截流部分地表污水,改变河道富营养化日趋严重的局面,同时也增加了城市绿地景观^[9]。

1.2.2 生态混凝土技术

为了经济和有效解决河水富营养化问题,日本大成建设技术研究所 1989 年研制了能有效抑制水体富营养化的生态混凝土材料^[7]。这种材料是一类特种混凝土,其内部具有大量的连通孔,依靠大孔混凝土的物理、化学及生物化学作用,达到净水作用。使用这种混凝土在公园内小河上建造净水渠,污水在其中停留一定时间即可去除水中 BOD₅40%~50%,长时间停留可去除 BOD₅80%~90%。1997 年该技术又在污染海水净化中得到应用^[8]。目前,这一研究领域相当活跃。

国内于 1997 年开始研究生态混凝土净水技术,2001 年同济大学^[9]研制出一套生态混凝土污水处理装置,并在上海虹口区的南泗塘河段的河道上进行了现场实验,实验结果表明:SS、COD、BOD₅、总磷、总氮、氨氮的去除率分别为 98.8%、57.0%、82.3%、78.1%、24.9%、15.4%。该技术具有投资少(是活性污泥法二级处理投资费用的 1/3),运行费用低(是活性污泥法二级处理费用的 1/4),规模大小灵活(河流任意地段可建站)的特点。

1.2.3 河内水生植物栽培技术

水生植被的恢复有利于固持底泥,吸收净化底泥中的营养物质,同时,对面源污染物的去除和沉降,抑制蓝藻生长有一定作用。水生植物具有抑藻功能^[10],沿岸带水生植被区能成为漂浮性蓝藻的“陷阱”,蓝藻可被水生植被拦挡,抑杀或被生活在水生植被区的大型浮游动物所捕食。这些水生植物本身具有较好的经济价值,可提取植物蛋白、堆肥、发酵制备沼气等。通常根据不同生态类型水生高等植物的净化能力及其微生物的特点,设计建造由漂浮、浮叶、沉水植物及根际微生物等组成的人工复合生态系统。水生植被种类的选择在不同的季节,不同治理阶段可适

当调整,以期获得最佳的治理效果。

1.3 微生物治理技术

1.3.1 SBR 生物技术

1997年金雪标^[11]等人采用好氧—兼氧周期性循环处理的SBR法,研究了城市河道水的净化。并以上海蒲汇塘漕河泾河道水处理为例进行了研究,其 COD_{Cr} 去除率达到80%以上,处理后水质基本达到国家地面水Ⅱ类指标。

1.3.2 氧化沟生物技术

氧化沟自20世纪50年代在荷兰问世以来,氧化沟系统作为一种成本低、构造简单、又易于维护和管理的治疗技术,引起了世界许多国家的重视,并逐渐得到了广泛的应用,发展速度很快。研究表明^[12],当污水处理厂的规模为 $3\,800\text{ m}^3/\text{d}$ 时,氧化沟污水处理厂的基建投资和年度运行费用分别为传统活性污泥法污水处理厂基建投资的60%和75%左右。因此,在中小型城镇污水处理现状落后,水污染的情况严重,市污水中工业废水比重大,污水处理技术人员缺乏,特别是建设资金严重不足时,推广氧化沟污水处理技术是十分恰当的。

1.3.3 接触氧化技术

1999年赤井一昭等人^[13]研究了利用接触氧化透水堤净化河水的方法。该方法是在河道中间沿水流方向建一条用多孔材料砌筑的透水隔堤,将河隔成两条,并在两条河的上、下游端建4座闸门,通过闸门的操作,造成隔堤两侧水位差。即开启上游一侧和下游另一侧的闸门,关闭另两个闸门,使一侧河道水流通过接触氧化透水堤流向另一侧,进行水质净化,然后,依次变化闸门的开闭组合,使水流改变透水方向,这样即可防止堤内孔隙堵塞,也有利于小鱼回游,是一种发挥自然净化作用的技术措施。在日本和歌山市的纪川上曾做过净水实验,实验结果表明:悬浮物去除率为96%;BOD去除率为77%;浊度去除率为67%。

1999年张宝娣等人^[14]采用多级接触氧化渠,对高浓度有机污染河水实施就地净化的实验研究,证明采用经活化处理的多孔异形填料(聚丙烯/维尼龙/不定型聚氯乙烯),适当添加经就地驯化的优势微生物,通过曝气接触氧化,在河水停留时间3~5h,气水比在10:左右,出水量为 $50\text{ m}^3/\text{h}$ 条件下,对 $\text{COD}_{\text{Cr}}100\sim 200\text{ mg/L}$, $\text{BOD}_540\sim 80\text{ mg/L}$, $\text{NH}_3-\text{N}5\sim 25\text{ mg/L}$ 的河水进行就地处理,实验结果表明:上述3项指标的去除率分别达到70%,80%,65%,表明此项技术对净化城镇污染严重的中小河道有较好的效果。

2001年高光智等人^[15]通过室内试验和实际模型试验研究,对直接利用沟渠处理污水的工艺、效率、抗冲刷能力等进行了技术和理论研究。试验沟渠为钢混矩形明渠,宽5m,长76m,深6cm,流量 $6\,900\text{ m}^3/\text{d}$,底板生物膜厚0.5~1.0mm。实验结果表明:利用沟渠处理污水,COD去除率可达到80%以上,相当于一般的二级处理。该工艺的特点是占地少、工艺简单、管理方便、投资省、运行费用低,非常适于小城镇污水处理。国内外还有利用排水渠道和沟渠处理污水的成功实例^[16-17]。

1.3.4 填充床技术

2002年王学江等人^[18]采用悬浮填料移动床工艺处理了苏州河支流河水,试验结果表明:填料填充率为50%、水力停留时间为1h,进水 $\text{COD}_{\text{Cr}}44\sim 232\text{ mg/L}$, $\text{BOD}_519\sim 101\text{ mg/L}$ 时,出水 $\text{COD}_{\text{Cr}}34.1\text{ mg/L}$, $\text{BOD}_59.1\text{ mg/L}$ 。在适宜的水温条件下,进水氨氮 $\leq 30\text{ mg/L}$,水力停留时间为1.5h,亦能取得较好的氨氮去除效果。

同年,唐玉斌等^[19]对装有填料的河水修复反应器中氧的传递特性进行了研究,考察了曝气

方式、填料填充率、填料的特性、河水水质等对圆柱形反应器模拟生物床中氧传递过程的影响。结果表明:在微孔曝气条件下,与无填料时相比,氧转移速率在填料填充率为 40% 和 60% 时有所增加,而填充率为 80% 时则下降。穿孔曝气时,氧转移速率随填充率增加而增大。微孔曝气效果优于穿孔曝气。在填充率分别为 40%、60% 和 80% 时,微孔曝气的充氧速率分别是穿孔曝气的 2 倍、1.62 倍和 1.1 倍,氧转移率分别是穿孔曝气的 2 倍、1.64 倍、1.06 倍。两种曝气方式下,最佳填充率均为 60%。穿孔曝气有利于发挥新型针状填料对氧传递的强化。

1.3.5 稳定塘处理技术

2002 年何争光^[29]等研究了采用稳定塘替代建设大型污水处理厂来治理双泊河污染,研究表明:该技术可使双泊河水中 COD 总量降低 60%,不仅达到了目前对 COD 总量的控制目标,而且节省了资金、缩短了建设周期。

1.4 化学强化混凝技术

王曙光等人^[21]利用化学强化一级处理技术(CEPT),对深圳市 4 条污染河水进行了处理实验。采用聚合氯化铁(PFC)做混凝剂,以水的浊度、COD、SS、TP、TN 作为主要考察指标,优化出最佳 pH 及 PFC 最佳投加量等工艺条件。实验结果表明,在 CaO 投加量为 90 mg/L、PFC 投加量为 50 mg/L 条件下,处理后河水的水质指标均达到或接近国家地面水水质标准,证明其技术上是可行的。

2003 年孙从军^[22]等人又以改性硅藻土为混凝剂,对具有不同污染特征的苏州河各支流污染水体进行了化学强化一级处理试验研究。结果表明:硅藻土对 COD_{Cr} 和 P 具有较高的去除效率,而对 NH₃-N 的去除率不高,混凝剂的最佳投药量随原水水质的不同而不同,不同污染河水水质对硅藻土的混凝效果有比较显著的影响,表现为在混凝剂的最佳投药量条件下, COD_{Cr} 去除量与原水 COD_{Cr} 之间存在着显著的线性关系。

1.5 光催化技术

2003 年崔玉民^[23]报道了用光催化剂 TiO₂ 对西清河废水进行了废水处理研究。实验结果表明:随着催化剂用量的增加, COD、色度的去除率逐渐增大,但当其用量超过 0.5 g 时, COD、色度的去除率增加缓慢,超过 0.6 g 时开始下降;当 pH < 6.5 时,随着 pH 值降低,当 pH > 6.5 时,随着 pH 值升高, COD、色度去除率均降低,随着光照时间延长, COD、色度去除率逐渐升高,但当光照时间超过 10 h 后, COD、色度去除率升高幅度非常缓慢。当催化剂用量为 0.6 g、pH = 6.5、光照 12 h 时,西清河废水的 COD、色度去除率分别达到 75.0% 和 78.5%。

2 展望与建议

污染河流的治理过程十分漫长,治理费用也十分高昂,因此,因地制宜,选择合适的治理技术和建立管理体制是十分重要的,这方面国外已取得了宝贵的经验^[24],对我国目前城镇河流水污染治理有一定的借鉴意义。同时,在实施治理的过程中还应注意做到如下几方面。

1) 制定全面的治理规划,明确治理目标,建立完善的流域水管理体制。加强城镇污水处理厂的建设,工商企业限期实现达标排放,削减河水污染负荷,筛选出最优的设计与控制方案,使治理工作的投资最少。其次,要加大流域水环境的治理力度。许多国家经过实践探索出一条很重要的成功经验,就是以流域为主体,建立适合流域治理的管理体制,尤其是跨行政区域的流域应设立管理机构,加强中央和地方政府的宏观管理。

2) 建立有效的资金和技术保障机制。资金主要来源两个方面:一是供水收费,二是上市公司

股票及市场集资、融资等。配备专业技术人员,随时研究和处置各种应急问题,选择治理技术,确定水环境容量,分配排污量等都要通过科研提出方案。

3) 应采用处理与利用相结合的方针。充分利用处理后达到回用标准的污水灌溉和中水回用,以减少建设费用和运行费用,减少占地面积,节省维护管理人员,达到即符合我国经济状况的要求又达到治理污水的目的。

随着人们环境意识和生活质量的不断提高,河流污染治理将会受到全社会人们的高度重视,同时新的治理技术会不断地孕育而生。

参考文献:

- [1] 郭焕庭. 国外流域水污染治理经验及对我们的启示[J]. 环境保护, 2001, (8): 39-40.
- [2] 孙从军, 张明旭. 河道曝气技术在河流污染治理中的应用[J]. 环境保护, 2001, (4): 12-14, 20.
- [3] 刘延恺, 陆苏, 孟振全. 河道曝气法—适合我国国情的环境污水处理工艺[J]. 环境污染与防治, 1994, (1): 22-25.
- [4] 王诚信, 凌晖, 史可红. 污染河流的纯氧曝气复氧[J]. 上海环境科学, 1999, 18(9): 411-413.
- [5] 于金莲, 石登荣, 韩秀娣. 提高中小河道曝气处理效果的方法[J]. 上海师范大学学报, 1999, 28(2): 88-92.
- [6] 许秋谨, 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.
- [7] 片仓德男, 金子文夫, 福永纯治. 付着生物による海水净化に関する研究[J]. 大成建设技术研究所报, 大成建设技术研究所, 1989, (22): 21-26.
- [8] 石桥康弘, 武政刚弘, 永松慎一. ばか臨海域にける多孔質 Ó Ê-ヌの水質浄化機能[J]. 无机化学, 1997, (4): 212-222.
- [9] 陈志山. 用于水污染治理的生态混凝土技术[J]. 建筑材料学报, 2001, 4(1): 60-64.
- [10] Elisabeth M. Gross Rainer Sutfeld Polyphenols with Algicidal Activity in the Sulmerged Macrophyte *Myriophyllum Spicatum* L[J]. *Acta Horticultrae*, 1994, 381: 710-716.
- [11] 金雪标, 石登荣, 陶康华. SBR 法处理城市河道水初步研究[J]. 上海师范大学学报, 1997, 26(4): 62-67.
- [12] 于衍真. 小型城镇水污染控制与治理措施[J]. 山东建材学院学报, 1994, 8(3): 43-46.
- [13] 赤井一昭, 汪岗, 刘延恺. 利用接触氧化透水堤净化河水[J]. 北京水利, 1999, (5): 37.
- [14] 张宝娣, 祝建, 邢凤琴. 就地净化技术在河流净化中的应用研究[J]. 上海铁道大学学报, 1999, 20(12): 56-58.
- [15] 高光智, 陈辅利. 小城镇污水处理技术研究 利用沟渠处理污水[J]. 农业环境保护, 2001, 20(2): 104-107.
- [16] 卞涛. 一种高浓度有机污水处理新方法[P]. CN 96103295. 2.
- [17] Anon. Modified Ditch Produces under Spec Effluents with Ease[J]. *Water Engineering and Management*, 1986, 9(133): 26-28.
- [18] 王学江, 夏四清, 张全兴, 等. 悬浮填料移动床处理苏州河支流河水试验研究[J]. 环境污染治理技术与设备, 2002, (1): 27-29, 22.
- [19] 唐玉斌, 刘宏伟, 陆柱, 等. 装有填料的河水修复反应器中氧传递特性[J]. 华东理工大学学报, 2002, (6): 625-628, 636.
- [20] 何争光, 刘寅, 曾科, 等. 新密市双泊河水污染的治理实践[J]. 中国给水排水, 2002, (11): 79-81.
- [21] 王曙光, 栾兆坤, 宫小燕, 等. CEPT 技术处理污染河水的研究[J]. 中国给水排水, 2001, 17(4): 16-18.
- [22] 孙从军, 王敏, 程曦. 硅藻土混凝剂在污染河水处理中的应用[J]. 上海环境科学, 2003, (4): 275-278.
- [23] 崔玉民. 采用 TiO_2 光催化剂对河水中污染物进行光催化降解[J]. 河南科技大学学报, 2003, (1): 94-97, 104.
- [24] 金立新. 美国和加拿大五大湖的水污染防治与管理[J]. 水资源保护, 1998, (4): 7-9.

Progress of Water Pollution Remediation Techniques in City and Town River

Xu Wei, YUAN Bin, SUN Shu+yu, ZHU You-chun

(Faculty of Environmental Science and Engineering, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510090, China)

Abstract: The city and town river has its special characters of water pollution, such as complicated ecosystem, diversification of pollution patterns, grave consequences of water pollution. The treatment techniques of water pollution in city and town river are steadily developing along with the economic development and technique progress. The harnessing of a river is not a difficult problem. This paper summarizes the water pollution remediation techniques in city and town river combining the experiences at home and from abroad. The measures will be useful for water pollution treatment of city and town river in China.

Key words: city and town river; water pollution; remediation technique

简讯

我校期刊在全国高校优秀科技期刊评比中获奖

“2004 年全国高校优秀科技期刊评比”已于最近结束并在贵阳市召开颁奖大会, 我校《工业工程》获全国高校优秀科技期刊二等奖, 《广东工业大学学报》获全国高校科技期刊优秀编辑出版质量奖, 奖项由教育部科学技术司署名颁发奖状(见封三)。

本次评比全国申报参评的各类期刊总数达 413 种, 共评选出各类优秀科技期刊 180 种, 其中一等奖 60 种, 二等奖 120 种; 79 种科技期刊获优秀编辑出版质量奖。广东省获一等奖 3 种, 二等奖 5 种; 获优秀编辑出版质量奖 4 种。

(本刊编辑部)