

城市污染水体强化净化技术研究进展

田伟君,王 超,李 勇,翟金波

(河海大学环境科学与工程学院,江苏 南京 210098)

摘要 分析了城市地表水体的污染特性和成因,综述了物理法、化学法、生物法及自然净化法等国内外城市地表污染水体常用的净化技术的特点及应用情况,指出了各种技术在实际应用中存在着应用范围窄、对水域生态系统的结构和功能有一定的负面影响以及净化效果不理想和资金花费大等方面的缺点,同时分析了我国当前经济条件下各种强化净化技术的发展前景。

关键词 城市水体 净化技术 自然净化法

中图分类号 X52 **文献标识码** A **文章编号** 1000-1980(2004)02-0136-04

城市的快速发展和人口的迅速膨胀,使水资源的需求量日益增长,水污染程度日趋严重。世界上许多国家都面临水资源短缺和水域生态环境恶化的问题。21 世纪世界水资源委员会的一份报告指出,全世界有一半以上的水域已被污染,水域生态体系遭到严重破坏。我国水体污染也比较严重,据统计^[1] 在流经全国 42 个大中城市的 44 条河流中,有 93% 被污染。湖泊和水库的水质也较差,75% 以上的湖泊、水库富营养化加剧。水资源的功能及作用正不断地被弱化,现已无法满足人们正常生产和生活用水的需要。因此,对受污染的城市水体进行人工强化净化技术研究,开发出符合我国国情的水体净化技术,已是当前社会发展和生态环境建设的迫切需要。

1 城市水体的污染特征及成因

城市地表水体主要是指城市内部或城市近郊的地表水体,它既包括城市河道、湖泊,也包括人工开掘的一些水体,如运河、人工湖和水库等。这部分水体是城市生态环境的重要组成部分,为城市的生存和发展提供了水资源保障。与非城市化地区相比,城市水体因靠近城市,受城市发展的不断影响,其自然生态系统已严重退化,污染也十分严重。究其成因,主要有 3 个:(a) 由于城市规模的不断扩大和人口的不断增多,对水的需求量在不断增长,许多河流、湖泊干枯萎缩,连基本的生态需水量也无法满足。(b) 人们在生产和生活中排放的污水也在不断增加。据监测分析^[2],目前我国城市每年大约要排放 204.51 亿 m^3 的污水,而全国已建成运转的城市污水处理厂有 400 余座,污水处理率只有 34%。由于水体污染,许多城市出现了水质性缺水现象。这些城市为满足生产和生活用水的需要,不得不进行远距离调水。(c) 人们认识和管理上的不足,使城市水域用地难以得到保证。

2 目前国内外常用的水体净化技术

水体的强化净化技术是近年来国内外为解决水域污染而研究开发的重点技术,许多发达国家如日本、韩国、荷兰等已将其用于工程实践,我国则刚刚起步。强化净化技术的特点是,充分发挥现有水利工程的作用,综合利用水域内外的湿地、滩涂、水塘、堤坡等自然资源及人工合成材料,对天然水域自恢复能力和自净能力进行强化。目前,国内外用于净化水体的工程技术,根据其处理原理的不同,可分为物理净化法、化学净化法、生物净化法及自然净化法 4 类(见图 1)。

2.1 物理净化法

物理净化法采用物理的、机械的方法对污染水体进行人工净化。该类方法工艺设备简单、易于操作,处理效果十分明显,但往往治标不治本。

2.1.1 引水稀释

引水稀释就是通过工程调水对污染水体进行稀释,使水体在短时间内达到相应的水质标准.该方法能激活水流,增加流速,使水体中氧的浓度增加,水生微生物、植物的数量和种类也相应增加,从而达到净化水质的目的.引水稀释净化污染水体可达到立竿见影的效果,投资也相对较少.1964 年,日本东京为改善隅田川的水质,从利根川和荒川以 16.6 m³/s 的流量引清洁水进行冲污.工程完工,BOD 由原来的 40 mg/L 降到了 10 mg/L,改变了隅田川的黑臭现象.德国的鲁尔河、俄罗斯的莫斯科河、我国的黄浦江都曾使用过此方法,而且效果较好^[3].但引水稀释对引水水域和引入水水域又有一定的负面影响,会导致两水域生态体系发生变化.因此,引水稀释只能是一种救急方法或水体污染治理的辅助手段.

2.1.2 底泥疏浚技术

污染河流河床及湖泊底泥中含有大量的有机物和氮磷营养盐,它们在一定条件下会从底泥中溶出,使水质恶化^[4].此外,泥沙和污染物沉积严重的河流、湖泊,还会影响交通和泄洪.因此,要对整条或局部沉积严重的河段、湖泊进行疏浚、清淤,恢复河流和湖泊的正常功能.我国许多湖泊及中小河流,如上海的苏州河、南京的秦淮河、云南的滇池及长江三角洲的太湖等,都使用过该技术.但从治理效果来看,许多河流和湖泊的水质未见明显改善,有的还出现继续恶化的现象.如太湖流域 1999 年底前就对 14 406 km 的河道进行了清淤,同时还实行了“禁磷”,但 20 条主要入湖河道的年平均总磷质量浓度不但没有降,反而由 1998 年的 0.069 mg/L 上升到 2000 年的 0.175 mg/L^[5].

2.2 化学净化法

化学净化法通过向污染水体投加化学药剂,使药剂与污染物质发生化学反应,从而达到去除水体中污染物的目的.如治理湖泊酸化可投加生石灰,抑制藻类大量繁生可投加杀藻剂,除磷可投加铁盐等.化学净化法由于投加的是化学药剂,因此不仅治理费用较高,而且还易造成二次污染.由于该法单独使用效果不佳,故常与其他方法配合使用.目前该方法主要用于酸化湖泊的治理.

2.3 生物净化法

天然水体中存在着大量依靠有机物生活的微生物,而这些微生物具有氧化分解有机物的能力.生物净化法就是利用微生物的这一功能,通过人工措施来创造更有利于微生物生长和繁殖的环境,从而可提高对污染水体有机物的氧化降解效率.该法能逐渐恢复污染水体的自净能力.

2.3.1 投菌技术

投菌技术通过直接向污染水体接入外源的污染降解菌,利用投加的微生物唤醒或激活水体中原本存在的可以自净的但被抑制而不能发挥其功效的微生物,让它们迅速繁殖,从而可起到钳制有害微生物的生长、活动,以及消除水域中有机污染及水体富营养化的作用.该技术对底泥也有一定的硝化作用.重庆桃花溪在 2000 年 3 月~2001 年 4 月间曾使用 CBS 技术净化河水^[6].结果显示,BOD₅ 的去除率为 83.1%~86.6%,氮的去除率为 53.0%~68.2%,磷的去除率为 74.3%~80.9%,净化效果十分明显.

2.3.2 生物膜技术

生物膜技术以天然材料(如卵石、砾石及天然河床等)或人工合成接触材(如塑料、纤维等)为载体,利用在其表面形成的粘液状的生物膜对污染水体进行净化.由于载体比表面积大,可附着大量微生物,因此对污染物具有很强的降解能力.日本、韩国及一些欧美国家都有使用生物膜技术处理河道、湖泊的工程实例.如日

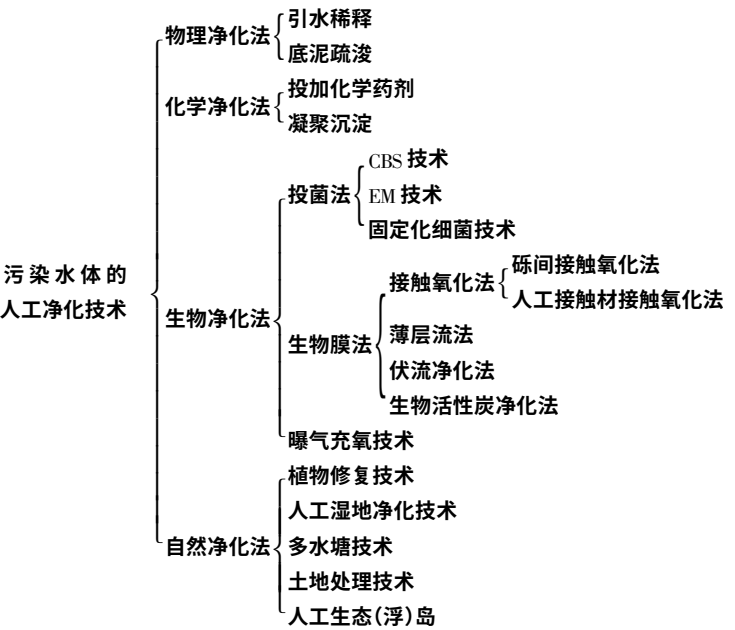


图 1 城市污染水体人工强化净化技术的分类

Fig.1 Classification of artificial intensified purification techniques for urban polluted water bodies

本江户川支流坂川的古崎净化场就是利用卵石接触氧化法对污水进行净化的^[7,8].古崎净化场是建在江户川河滩地下的廊道式治污设施.该设施内部放置了直径15~25 cm的卵石,水流在卵石间流动时与卵石上附着的生物膜相接触,通过接触沉淀、吸附、氧化分解等作用可去除水中的污染物.坂川水通过净化场的净化,BOD₅的去除率达到75%,水质有了明显改善.

2.3.3 曝气充氧技术

曝气充氧技术是充分利用天然河道和河道已有建筑就地净化水体的一种技术.该技术根据污染水体缺氧的特点,人工向河道中充入空气(或氧气),加速水体复氧过程,恢复水体中好氧微生物的活力,从而改善河流的水质状况^[9].由于该技术利用了曝气塘和氧化沟的原理,综合了推流和完全混合的优点,所以不仅有利于克服短流和提高缓冲能力,而且有利于氧的传递、液体的混合和污泥的絮凝,同时能有效地去除河流的黑臭现象.该技术由于设备简单、易于操作而被许多国家优先选用.1989年,美国为了改善Hamewood运河的水质,在Hamewood河口安装了曝气设备.结果证明,水体溶解氧显著增加,河道生物量也变得丰富起来^[10].

2.4 自然净化法

自然净化法是根据仿生学基本原理并通过恢复水体自净功能去降解污染物质的一种方法.由于该类方法强调人与自然的和谐统一,因而成为当前国内外水体生态修复研究开发的重点.

2.4.1 植物修复技术

植物修复技术是以水生植物如沉水植物、浮水植物和挺水植物等忍耐和超量积累某种或某些化学物质的理论为基础,利用植物及其共生生物体系清除水体中污染物的环境污染治理技术^[11].该技术对于控制水域富营养化问题有着非常重要的作用.如南京莫愁湖年产25万t的莲藕,每年可从湖中带出60多吨的N和1吨多的P.这不仅有效地控制了湖泊富营养化问题,还带来了一定的经济收入.具体应用上,不同污染状况的水体应采用不同的生态植物.

2.4.2 人工湿地净化技术

人工湿地净化技术主要利用土壤—微生物—植物生态系统的自我调控机制和对污染物的综合净化功能,使河流水质得到不同程度的改善.湿地系统处于陆地生态系统与水域生态系统的连接带,以生长沼泽植物为主要特征.繁茂的水生植物为微生物提供了栖息场所,可使湿地的净化能力得到增强^[12].1993年,日本为保护渡良濑蓄水池的水质,在蓄水池一侧滞洪洼地上建设人工湿地,湿地内种植芦苇并将蓄水池的水引到芦苇荡,从而通过湿地系统的吸附、沉淀及吸收作用去除水中的有机物及营养盐.自1993年开始建设人工湿地以来,不仅蓄水池水质得到改善,而且生物多样性也有所恢复.

2.4.3 多水塘技术

多水塘技术是利用河道两岸多个天然水塘或人工水塘以及河道内的水利工程设施,采用生态工程设计对污染水体进行净化的.我国新沂河的污水专道净化工程利用3座污水地涵及沭河口以上的2个闸门,将污水专道自然地分隔成狭长的5级河段稳定塘^[13],并通过闸、坝的拦蓄功能以及合理调度,增加污水自然降解能力.结果显示,污水在正常情况下经5级稳定塘净化后,COD_{Mn}的去除率达到82.3%.

2.4.4 人工生态(浮)岛

水体中的天然岛屿是许多水生生物的主要栖息场所,它们对水体的净化起着非常重要的作用.但由于水体的开发利用,使许多天然生态岛消失,水域生态系统遭到破坏.人工生态(浮)岛的建立就是对水域生态系统的恢复.日本为进一步净化渡良濑蓄水池的水体,在蓄水池中部建了一批人工生态浮岛,并在岛上种植了芦苇等水生植物,水生植物的根系为微生物的生长、繁殖提供了场所.浮岛还设置了鱼类产卵用的产卵床,这为小鱼及底栖动物提供了栖息地.芦苇、微生物、小鱼及底栖动物等形成了稳定的植物—微生物—动物净化系统^[14].

3 强化净化技术应用中存在的问题及发展前景

污染水体人工强化净化技术的研究与应用虽然取得了很大的成功,但仍存在一些尚需解决的问题.主要表现在:(a)实际应用范围较窄.该类技术目前大都应用在小的水体中,对整个水域系统自我恢复能力的强化应用还没有.(b)应用过程中会对水域生态系统的结构和使用功能造成一定影响.如引水稀释会对引水水域和引入水水域产生一定的负面影响.生物膜技术应用时的拦坝及在污染水体中使用的载体会影响到水域的

航运和泄洪等功能。(c)净化效果不理想且耗资较大。目前的一些强化净化技术存在着净化效果不理想,有的治标不治本,被净化后的水体不久又会恢复到原来污染状态的问题,而且所需费用较高,每净化一条小河流就相当于建了一个污水处理厂。因此,该类技术还需进一步完善。

从我国经济条件和各种技术的应用情况来看,生物净化技术和自然修复技术的复合技术将是今后研究的重点。该复合技术将会综合生物净化技术净化效果好的优点以及自然修复技术强化水域生态系统自我恢复能力的优点,提高水体的自净能力,恢复水域生态系统的原来面貌。同时,为提高水体净化技术的应用水平,取得城市水体污染治理方面的新突破,还应从全流域来考虑水体的生态恢复,以及点源控制、面源截流、水体净化技术的综合应用。

参考文献:

- [1] 许木后,黄玉瑶.受损水域生态系统恢复与重建的研究[J].生态学报,1998,18(5):547—558.
- [2] 刘鸿志.新时期全国水污染防治工作的分析和建议[J].环境保护,2002,(2):9—11.
- [3] 汤建中,宋韬,江心英,等.城市河流污染治理的国际经验[J].世界地理研究,1998,7(2):114—119.
- [4] 稻森悠平.河川直接净化法[J].用水と廢水,1990,32(2):97—99.
- [5] 濮培民,王国祥,李正魁,等.健康水生态系统的退化及其修复——理论、技术及应用[J].湖泊科学,2001,13(3):193—202.
- [6] 丁吉震.CBS 水体修复技术[J].洁净煤技术,2000,6(4):36—38.
- [7] 小島貞男.自然の浄化力を利用した水質改善[J].用水と廢水,1982,24(1):5—12.
- [8] 董哲仁,刘倩,曾向辉.受污染水体的生物-生态修复技术[J].水利水电技术,2002,33(2):1—5.
- [9] 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.
- [10] 刘延恺,陆苏.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,1994,16(1):22—25.
- [11] 青山勲.水生植物を利用した水質改善[J].用水と廢水,1982,24(1):87—94.
- [12] WILLIAM J M,JEAN-CLAUDE L,VIRGINIE B. Ecological engineering applied to river and wetland restoration[J]. Ecological Engineer, 2002,18:529—541.
- [13] 蒋勇,左玉辉.新沂河污水净化生态工程研究[J].环境污染与防治,2001,23(1):10—12.
- [14] 島谷幸宏.直接浄化を中心とした河川水質の改善手法の開発動向と今後の課題[J].用水と廢水,1998,40(1):22—26.

Advances in intensified purification technology for urban polluted water bodies

TIAN Wei-jun, WANG Chao, LI Yong, ZHAI Jin-bo

(College of Environmental Science and Engineering, Hohai Univ., Nanjing 210098, China)

Abstract: The characteristics and causes of pollution in urban surface water bodies are analyzed. Some techniques for water body purification currently used at home and abroad, including the physical process, chemical process, biological process, and natural purification, and their characteristics and application are summarized, and some disadvantages of these techniques are pointed out, such as the limited application range, some negative influences on the structure and functions of urban water ecological system, imperfect purification effect, high cost, and so on. Furthermore, the prospect of the development of various purification techniques under current economic condition in China is analyzed.

Key words: urban water body; purification technique; natural purification method