

污染水体就地综合净化方法在福田河综合治理中的应用

王淑梅¹ 王宝贞^{1,2} 金文标¹ 曹向东² 马英俊¹ 邹娟¹

(1 哈尔滨工业大学深圳研究生院,深圳 518055; 2 深圳市水污染防治指挥部,深圳 518055)

摘要 福田河是深圳河的一条主要支流,现已受到严重污染。为了尽快改善福田河水质,将污染水体就地综合净化技术应用于福田河的治理,在河道中设置净化段,布设填料和曝气机。介绍了福田河综合治理工程的设计、施工及运行情况。工程运行后,福田河水质得到了明显的改善。处理后水质达到《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)中Ⅳ~Ⅴ类水体的指标要求,其中 COD_{Cr} 和 BOD_5 优于地表水Ⅳ类标准。

关键词 水体修复 污染水体就地综合净化技术 污水排放 福田河

1 项目背景

福田河是深圳河的一条支流,与布吉河、沙湾河、皇岗河、新洲河、凤塘河、大沙河等共同构成深圳河(湾)水系。随着经济、城市建设的高速发展以及城市人口的急剧增加,而城市污水处理、河道污染治理的相对滞后,使未达标的污水处理厂出水及部分未经处理的工业、生活污水直接排入河道,这些河道几乎全部是劣Ⅴ类的水体,直接影响到城市的生活质量和经济发展。

结合深圳河(湾)水系的特点及水环境污染的现状,深圳市水污染控制指挥部提出了深圳河(湾)水系污染治理的总体思路:先支流后干流,即首先治理布吉河、福田河、皇岗河和新洲河等,然后治理深圳河。其中布吉河和福田河是治理的重点,因为前者是深圳河最大的支流,其污水流量和污染负荷量均占深圳河污水总流量和污染总负荷量的70%以上;而后者则是流经深圳市中心区域的河流,对市民的生活和工作环境与卫生有着重要的影响。布吉河的治理重点在于布吉河水质净化厂的改造,具体可参见文献[1]。本文主要介绍福田河综合治理工程河道水处工艺设计及治理效果。

2 福田河介绍

福田河发源于北部山区的梅林坳,南至深圳河,集雨面积 15.9 km^2 ,干流长度 6.8 km 。福田河位于深圳市中心区,处于城市中心地带,河道穿越笔架山公园、中心公园和 800 m 绿化带,构成了休闲地带的水体中心。

由于福田河流域面积较小,且大部分属于城建区,地下水的补给极少,径流的分配与降雨密切相关。流域为羽毛状水系,河道顺直且穿越城区,对洪水的调蓄能力较小。由于河道穿越城区,流域的天然汇流条件已被改变,地面的硬化增加了地表径流的比例,缩短了坡面汇流的时间。另一方面,由于该地区的暴雨具有历时短、强度大的特点,决定了该地区的洪水具有陡涨陡落的特性。

传统的城市河流整治概念往往是对河流进行沟渠化,修筑硬质堤坡,保障河流的行洪功能^[2],但却忽略了这种整治对河流本身生态系统的破坏,以致使河流水质越来越差^[3]。近年来,人们开始致力于对河流水质综合治理与改善,比如:在河道中安装曝气机,采用生物膜技术,投加特效菌种等对河道水质进行改善治理、生态修复等,并已取得了一定的成功经验^[4]。福田河河道由于已经进行了以防洪、排洪为主的整治,使河道沟渠化,这对生态修复和恢复自然河道原貌有所不利,但是易于通过筑坝建成阶梯式生物、生态处理河段,形成综合生态处理系统,可将污染的河道水净化成清澈洁净的景观用水,实现河道及其水流的净化,进而达到美化和生态修复与改善的目的。

3 工程总体方案

目前,尽管福田河进行了截污,但仍有较多的污水进入河道。由于雨水沟渠中构筑有临时应急性的截流坎,且截流坎不够高,没有任何截流倍数,致使在降雨后,大量的雨污混合水漫流过坎而进入河道

内,使河道水体表面漂浮大量垃圾、粪便。为此,深圳市水务局决定逐步在各条支流沿岸建造正规的合流制截流管道,并取干渠截流倍数 ≥ 2 。此外,为了在近期内改善河道中的水质,本工程拟采用污染水体就地综合净化方法对河道水质进行改善治理。结合福田河的特点,水质改善思路为:通过在河道设置水闸,形成一定水深的水体,在水体中布设填料及曝气机,并根据水质情况投加特效菌种,在河道内形成阶梯式多段生态治理河段,对河水进行综合处理。

投加特效菌种,利用投加的微生物唤醒或激活水体中原本存在的有自净作用但被抑制而不能发挥功效的微生物,使其迅速繁殖,从而可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^[5]。该技术对底泥也有一定的硝化作用。附加曝气充氧,可以加速水体复氧过程,恢复水体中好氧微生物的活力,使投加的菌种可以在适宜的条件下增长繁殖,从而改善河流的水质状况^[6],且可以根据需要联合采用推流式曝气机与环流立式曝气机,综合了推流和完全混合的优点,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,同时能有效地改善河流的黑臭现象^[7]。水闸的设置可以保证投加的特效菌种不会被流动的河水迅速冲走而能较久地在原地增长繁殖和发挥生物净化作用。

布设的生物膜载体软性填料固定安装在河底,在旱季(非降雨期)能垂直悬浮于河流中,为投加的特效菌种提供附着表面并在运行过程中形成生物膜,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,可有效地净化污染河水;在降雨季节和河道行洪时,这种由合成纤维编织成的帘帘式填料会自动被洪水流压伏在河床的底面而不影响行洪^[8,9]。

由于填料固定于河道底部,当河道排洪时填料只是被洪水压伏在河道底部而不是被洪水冲走,因此,洪水过后,仍有一部分附着于填料上的微生物被保留了下来,有利于行洪后河道内综合治理功能的恢复。

3.1 设计规模及设计进、出水水质

根据现场实测数据,在福田河上、中、下游仍有污水汇入,按总量 1.5 万 m^3/d 计算。福田河流域

进行沿河截污后,其纳污量有所下降,根据福田河上游已建成的自然循环处理工程(5 000 m^3/d)出水水质、其余 1 万 m^3/d 的部分污水以及降雨时的溢流污水水质,确定福田河设计进水水质见表 1。同时根据深圳河治理的要求,综合治理后福田河水质达到《城镇污水处理厂污染物综合排放标准》(GB 18918—2002)的一级 A 标准。

表 1 福田河设计进水水质情况

项目	COD _{Cr} /mg/L	BOD ₅ /mg/L	NH ₃ -N /mg/L	TP /mg/L	TN /mg/L
进水水质	120	60	25	4	
排放标准	50	10	5	0.5	15

3.2 建闸方案

为使河道形成一定水深的水体及控制污水处理时间,在福田河上新建 1 座壅水闸(1# 闸),位于中心公园跌水上游,建成后形成第一段长 656 m,容积 1.2 万 m^3 的水体。其后利用福田水闸形成第二段水体,长 3 165 m、宽 15~17 m、水深 0.5~4 m、容积约 10.21 万 m^3 (见图 1)。

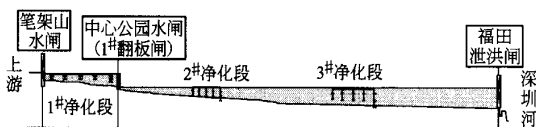


图 1 福田河流域及水体分段位置

3.3 水质改善工艺设计

根据福田河沿程污水接入的特点,设计在福田河污水排放口的下游段进行生物净化处理(见图 2),具体设计方案为:在笔架山水闸与 1# 闸之间形成的第一处理段中采用安装潜水曝气机、纤维编织带状软性填料和投加特效菌种的生物净化法处理工艺;另外,下游水体的中段和下段存在 3 个污水排放口:1# 渠排污口(排污量 2 000 m^3/d)、2# 渠排污口(排污量 2 000 m^3/d)及 3# 渠排污口(排污量 500 m^3/d),根据排入污水水量水质,设计将 1# 渠排污口下游约 6 700 m^3 水体,2#、3# 渠排污口附近约 23 000 m^3 水体作为第二和第三处理段,长度分别为 350 m 和 400 m,以去除随排污口进入福田河的污染物;如此,福田河共设有约 4 万 m^3 的净化段。在非处理净化段的其他河段仍要安装适量的曝气机充氧,这样可保证全部河道都能保持良好的水质。

3.3.1 填料布置方案



图2 福田河流域平面布置

由于福田河水质相对较好,同时根据现场试验效果,福田河河内纤维编织带状软性填料安装间距设为 2.5 m;每帘填料上安装浮漂,以保证填料漂浮于水体,浮漂间距 1.5 m(见图 3)。主要技术参数如下:①设计污水流量:1.5 万 m^3/d ;②有效处理容积:4 万 m^3 ;③生物填料布置总长度 $L=1\,207\text{ m}$,间距 2.5 m,安装填料河段平均河宽 $W=16\text{ m}$,平均有效水深 $H=2.1\text{ m}(0.5\sim4\text{ m})$;④水力停留时间 $\text{HRT}=64\text{ h}$;⑤填料填充率 $=0.9\%$ 。

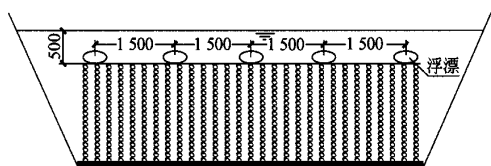


图3 填料安装示意

3.3.2 曝气机布置方案

根据河道有机物、氨氮含量及其污染状况,计算设计需氧量为 $92\text{ kg O}_2/\text{h}$,福田河共布设曝气机 22 台(每台功率 5.5 kW),曝气机间距 50~70 m。具体布置方案如下:第一处理段水体为福田河重点治理段,共布置潜水曝气机 6 台;在第一处理段后至 1#渠排污口之间由于水体浅,水质较好,不设曝气机;在第二处理段等间距布设曝气机 4 台,在第二处理段后至 2#渠排污口之间等间距布设 5 台曝气机;在 2#、3#渠排污口的第三处理段平均布设 4 台曝气机,并在其下游至福田水闸之间的中间位置布设 3 台曝气机,以保证为下游河段充氧。

3.3.3 投菌方案

在福田河投菌主要是加快启动期生物量的培养进程,提高处理负荷,增强处理效果。所投菌种为功能菌,包括硝化菌、反硝化菌等原来河道中本身存在的菌种,经筛选后人工强化,再投加到水体,不含致

病菌。由于启动期主要采用分段间歇式运行方式,因此将活化后的菌液采用序批式投加到每段装有填料的河道中。菌种会粘附于填料表面,因此在稳定运行期不需持续投菌。

河道治理过程中的意外情况主要是暴雨季节时洪水带来的影响,视实际情况不同,系统的冲击程度也不同,此时可投加菌种快速恢复系统。在改造工程之前进行了生产性试验,试验段长 420 m,试验运行 3 个月,其间经历了 3 次大雨,雨季河水流量为旱季的 5~10 倍,实践证明,采用该系统可以在雨洪过后的 24 h 内恢复正常。

4 运行调试效果

目前该工程已经建成投产,处于调试运行阶段,河水水质明显改善,得到了周边居民的肯定,处理后下游水质完全达到 GB 18918—2002 一级 A 标准,并接近地表水环境质量标准中的 IV 类标准(见表 2)。

表2 福田河治理后的水质情况及相关标准

项目	COD_{Cr} /mg/L	BOD_5 /mg/L	$\text{NH}_3\text{-N}$ /mg/L	TN /mg/L	TP /mg/L	SS /mg/L	DO /mg/L
治理段上游	85	30	14.5	17.27	1.81	59	0.56
振华西路	26	5	6.94	10.71	0.58	31	1.56
笋岗路立交桥下	53	10	3.22	8.94	1.1	51	10.47
中心公园水闸前	22	3	3.35	6.72	0.33	9	4.82
GB 18912—2002 一级 A 标准	50	10	5	15	0.5	10	
地表水 IV 类 水体要求	30	6	1.5	1.5	0.3		7.5

5 经济效益分析

福田河水质改善应急工程处理规模是 1.5 万 m^3/d ,工艺部分总投资 926.27 万元,单位处理总成本为 0.303 元/ m^3 (含折旧),单位运行成本为 0.219 元/ m^3 (不含折旧)。

6 结论及建议

采用污染水体就地综合净化方法治理福田河的污染,取得了明显的治理效果,处理后水质基本达到地表水环境质量标准中 IV~V 类水体的指标要求,个别水质指标如 COD_{Cr} 和 BOD_5 甚至优于地表水 IV 类标准。福田河河水清澈,鱼游水中,鸟翔河上,生态景观明显改善,成为附近居民休闲、锻炼、散步、钓鱼和观景的良好场所。

关于提高祥符水厂水处理效率的措施

何丽华 赵安瑜 华国强

(杭州市水业集团有限公司, 杭州 310009)

摘要 由于原水水质的日益恶化、设计施工的局限性以及城市供水水质标准的不断提升, 祥符水厂原有净水构筑物已不能满足生产的需要。针对祥符水厂工艺特点, 在常规处理工艺的基础上对絮凝、过滤等工艺进行技术改造, 以确保出水水质、降低消耗, 介绍了改造情况和改造后的运行效果。

关键词 常规处理 絮凝 过滤 高锰酸钾预氧化 改造

0 前言

祥符水厂始建于1957年, 早期供水规模仅为2.5万 m^3/d , 经过扩建和改建后, 目前处理规模为25万 m^3/d 。其水源为东苕溪水, 经奉口取水泵站提升至宦塘增压泵站而后送入祥符水厂。

自2002年以来, 祥符水厂原水水质日益恶化(见表1), 水质呈现浊度高、有机物含量高、水质复杂、不稳的特点, 近几年来原水浊度最高达220 NTU, COD_{Mn} 6.8 mg/L, 亚硝酸盐0.057 mg/L, 同时由于当时在设计施工上的局限性, 以及城市供水水质标准的不断提升, 导致矾耗增加, 且影响出水水质。为确保公司安全、优质、低耗的供水目标, 对水厂进行有针对性的技术改造刻不容缓。

河道水质净化工程, 还需注意垃圾的清除以及河道泥砂淤积的清除, 为此建议在污水排入处设置拦污栅以及净化河段设置沉砂池或沉砂坑, 及时清除垃圾和沉砂。

参考文献

- 王淑梅, 王宝贞, 曹向东, 等. 混凝—沉淀系统改造为复合生物处理系统的工艺设计. 给水排水, 2006, 33(1): 37~41
- Newson M. Land, water and development: Sustainable management of river basin system. New York: Routledge, 1997
- Mellquist P. River management objectives and applications. In: Boon p J, Calow P, Petts G E (eds), river conservation and management, 1992
- 田伟君, 王超, 李勇, 等. 城市污染水体强化净化技术研究进展. 河海大学学报(自然科学版), 2004, 32(2): 136~139
- 丁吉震. CBS 水体修复技术. 洁净煤技术, 2000, 6(4): 36~38

表1 2002~2006年原水水质比较

年份	浊度/NTU			COD_{Mn} /mg/L			亚硝酸盐/mg/L		
	最高	最低	平均	最高	最低	平均	最高	最低	平均
2002	100	10	30	3.2	0.5	1.2	0.03	0.006	0.01
2003	120	15	40	3.6	0.6	2	0.038	0.005	0.012
2004	180	10	55	4.6	0.4	2.8	0.045	0.008	0.018
2005	220	12	65	6.8	0.6	3	0.057	0.007	0.025
2006	180	13	60	5.2	0.7	2.6	0.048	0.006	0.021

1 工艺存在的主要问题

祥符水厂现有三套净水构筑物, 即一厂1988年建成投产的2套7.25万 m^3/d 净水系统和二厂1995年完工的1套10.5万 m^3/d 净水系统, 工艺流程见图1(一厂、二厂工艺流程相同)。

- 孙从军, 张明旭. 河道曝气技术在河流污染治理中的应用. 环境保护, 2001, (4): 12~14
- 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. 环境污染与防治, 1994, 16(1): 22~25
- 小島貞男. 自然の浄化力を利用した水质改善. 用水と废水, 1982, 24(1): 5~12
- Samways W J, Lefevre J C, Bouchard v. Ecological engineering applied to river and wetland restoration. Ecological Engineer. 2002, 18(5): 529~541

✉ 通讯处: 深圳市南山区西丽深圳大学城哈工大校区环境学科

电话: (0755)26033512

E-mail: shumeiwan@163.com

收稿日期: 2006-12-14

修回日期: 2007-02-12