

农村坑塘污水治理技术研究及工程实例

高廷东¹, 韩晓利², 时登春³

(1. 泰山学院 生物与酿酒工程学院, 山东 泰安 271000; 2. 山东风调雨顺林牧科技发展有限公司, 山东 泰安 271000; 3. 山东尚德环美环保科技有限公司, 山东 泰安 271000)

摘要: 采用外源截污、内源治理和生态修复相结合的技术对某农村污染坑塘进行了治理。60 d 的调试运行结果表明,该组合技术通过构建水生生态系统,能有效去除水体中的污染物,使水体自净能力逐渐恢复,水体水质达到《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)的Ⅳ~Ⅴ类水标准。

关键词: 坑塘污水; 小型污水处理设施; 充氧复氧; 水生生态系统

中图分类号: TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2019)04-0109-04

Research on Sewage Treatment Technology and Engineering Examples of a Rural Pond

GAO Ting-dong¹, HAN Xiao-li², SHI Deng-chun³

(1. School of Biological and Brewing Engineering, Taishan College, Taian 271000, China; 2. Shandong Fengtiao Yushun Forest and Animal Technology Development Co. Ltd., Taian 271000, China; 3. Shandong Shangde Huanmei Environmental Protection Technology Co. Ltd., Taian 271000, China)

Abstract: The technology of sewage interception, endogenous treatment and ecological rehabilitation was used to treat a rural pollution pond. The results of 60 days operation showed that the combined technology could effectively remove the pollutants in the water body by constructing the aquatic ecosystem, so that the self-purification capacity of the water body was gradually restored and maintained for a long time. The water body quality reached level V or IV in *Environmental Quality Standard for Surface Water* (GB 3838-2002).

Key words: pond sewage; small sewage treatment facilities; aeration and reaeration; aquatic ecosystem construction

随着国家对农村环境改善的重视,农村坑塘污水治理愈来愈受到关注。农村坑塘污水大部分来源于生活污水、初期雨水和废弃垃圾渗滤液,有些来源于农村饭店、公厕和一些小型加工企业,导致坑塘污水易产生恶臭、滋生蚊蝇,严重影响了周围居民的生活环境。

河北某农村坑塘面积为 8 500 m² 左右,蓄水量约 30 000 m³,水体泛黑色,有轻微刺激性气味。为改善附近居民生活环境,当地政府决定对该坑塘进行治理及资源化利用。经初步调查,该坑塘污水主要来源于塘边的公共厕所、初期雨水、生活污水、豆

制品加工作坊和废弃在塘边的垃圾渗滤液。取坑塘内水样化验, COD 为 138 mg/L, NH₄⁺ - N 为 29 mg/L, DO 为 0.2 mg/L, TP 为 1.9 mg/L。治理后要求达到《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)Ⅴ类标准,即 COD ≤ 40 mg/L, NH₄⁺ - N ≤ 2 mg/L, DO 为 2 mg/L, TP ≤ 0.4 mg/L。

1 治理工艺选择

1.1 外源污染控制措施

控源截污是从源头控制外源污染物进入水体,是坑塘水体整治的基础和前提。经调查发现,该村现有常住村民 3 200 余人,饭店 2 家,豆制品加工作

坊5家,每天近300 m³生活和豆制品加工污水排入坑塘。针对这些污染源,首先进行外源截污,在地势较低处新建200 m³调节蓄水池,对进入坑塘的污水口进行封堵,将分散污染源集中到调节蓄水池,并收集部分初期雨水。蓄水后对水样进行检测,COD为273 mg/L,NH₄⁺-N为35 mg/L,TP为2.6 mg/L。新建小型污水处理设施一套,处理规模为300 m³/d,对收集的外来污水就地处理,达标后再排入坑塘。清理坑塘周围及内部的垃圾,在通往坑塘的小路边设置垃圾集中收集设施。

1.2 内部污染削减措施

与治理要求相比,坑塘污水COD超标3.45倍,NH₄⁺-N超标14.5倍,TP超标4.75倍。该坑塘污水要实现长期稳定达标,需采用生物-生态的治理方法。主要工程措施包括充氧复氧技术、水生植物吸收净化技术、仿生水草技术和水生动物投加技术等。通过构建水生生态系统,可逐步恢复坑塘的自净功能。

2 主要构(建)筑物及设备

2.1 小型污水处理设施

小型污水处理设施工艺流程见图1。

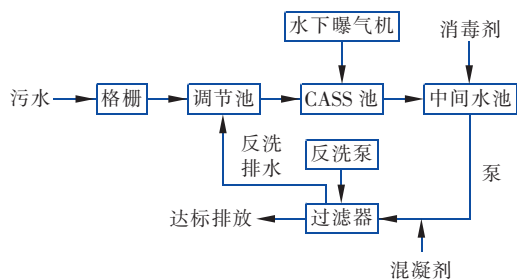


图1 小型污水处理站工艺流程

Fig.1 Flow chart of wastewater treatment process

格栅为提篮式,尺寸为 $\varnothing 600\text{ mm} \times 350\text{ mm}$ 。

调节池为新建的容积约为200 m³调节蓄水池,尺寸为7 000 mm \times 7 000 mm \times 4 500 mm。设潜水排污泵3台,2用1备, $Q=45\text{ m}^3/\text{h}$, $H=150\text{ kPa}$, $N=4.0\text{ kW}$ 。

CASS池有效容积为300 m³,运行周期为6 h,钢筋混凝土结构。中间水池与CASS池合建,有效容积为100 m³。曝气机12台,每台功率为3.7 W。滗水器1台,排水量为160 m³/h。设潜水排污泵2台,1用1备, $Q=15\text{ m}^3/\text{h}$, $H=100\text{ kPa}$, $N=1.1\text{ kW}$ 。过滤器处理量为30~50 m³/h,直径为2 m,1台。反

洗泵2台,1用1备, $Q=75\text{ m}^3/\text{h}$, $H=100\text{ kPa}$, $N=4.0\text{ kW}$ 。CASS池的剩余污泥在污泥浓缩池内进行消化,上清液回流至调节池进行再处理,消化后剩余污泥量很少,可用吸粪车从污泥池的检查孔深入池底进行抽吸后外运作为肥料。

污泥浓缩池有效容积为50 m³。

自控系统采用PLC控制,自动化程度高,基本实现无人值守。

2.2 充氧复氧技术

曝气增加了水体的紊动,可在一定程度上增加水体的复氧能力,抑制藻类的生长。扰动能够有效促进底泥中氨氮向水体扩散,从而使底泥中氮含量明显降低,污泥实现好氧消化和有效降解,还能促进底泥微生物的数量和多样性的增加,为底泥污染物的生物降解提供良好的基础^[1]。同时水体中DO含量升高,可改善水生动物的生存环境,从而抑制藻类的生长^[2-4]。

沿坑塘周围平均布设6座容积为50 m³、高度为4 m的蓄水池,将坑塘污水分别泵入蓄水池,水满后逐步跌流进入坑塘,实现对坑塘的有效充氧,并形成一定的景观。在坑塘内布设8台悬浮式潜水曝气机,建造6座喷泉装置,对坑塘进行强制增氧,为坑塘中微生物提供良好的生存和繁殖环境。

2.3 水生动植物生态系统构建

在坑塘内设置500 m²左右的人工浮岛,主要种植千屈菜、黄花鸢尾、菖蒲等。在坑塘内种植3 000棵荷花、芦苇、香蒲等挺水型植物,浮萍、凤眼莲等浮水型植物,苦草、金鱼藻等沉水型植物,并适时收获,增加对TP、氨氮等污染物的去除能力,以净化水质和实现污泥减量化,恢复坑塘生态功能。在坑塘水质得到较大改善后,投放鲢鱼、草鱼、鲤鱼和鲫鱼共800 kg,构成坑塘水体食物链,逐步形成水生动植物生态系统。

2.4 仿生水草技术

在坑塘内配置仿生水草1 500棵,为微生物生长繁殖提供附着载体,以提高坑塘内的微生物量,增强坑塘的自净能力。仿生水草主要是用耐污、耐腐蚀、弹性、韧性和柔性很强的材料,仿照水生生态系统中的水草设计而成,以水体原有的天然生物菌群作为微生物种源,在其表面经过生物的自然富集形成生物膜,通过其微生物的新陈代谢对水中有机污染物和氮、磷等进行降解。

3 工程调试运行

3.1 一体化污水处理设施的调试运行

在 CASS 池内投加 20 m³ 的城市污水厂二沉池排放的剩余污泥,根据 COD 去除率和 DO 情况逐渐加大进水量,运行 20 d 左右,实现满负荷运行。根据调试和运行情况,按进水、曝气、沉淀、滗水和闲置四个阶段依次进行,一个运行周期设定为 6 h,其中进水 1 h、曝气 3 h、沉淀 1 h、滗水和闲置 1 h,实现了整个设施的自动化运行,出水水质达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级 A 标准,直接排入坑塘。

3.2 坑塘治理设施的调试运行

开动循环泵、喷泉、曝气装置对坑塘水体造流,实现充氧复氧,促进上下层水体的混合,使水体保持好氧状态,以提高水中的溶解氧含量,抑制底泥氮、磷的释放,防止水体黑臭现象的发生,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。坑塘内的 DO 随设施的运行逐渐上升,在 30 d 由最初的 0.2 mg/L 后达到 1.8 mg/L,50 d 后基本上维持在 4 mg/L 左右,如图 2 所示。整个坑塘系统黑臭现象消失,水体透明度增加。

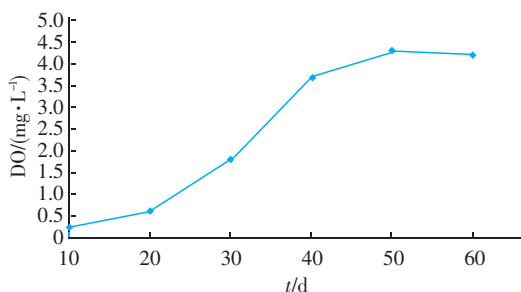


图2 坑塘治理后 DO 的变化

Fig. 2 Change of DO concentration after treatment

随着 DO 的增加,水体中微生物特别是好氧微生物的活性得以激发。仿生水草挂膜效果明显,水生植物生长良好,对水中污染物的降解能力持续增加,在 DO 持续 7 d 达到 2 mg/L 左右时,开始投加水生动物,水生生态系统食物链逐渐形成。坑塘水的 COD、NH₄⁺-N、TP 随设施的运行逐渐降低,第 30 天时由最初的 138、29、1.9 mg/L 分别降为 53、5、0.5 mg/L,50 d 后分别达到 30、1.3、0.3 mg/L,坑塘水质不断改善,如图 3、4 所示。经当地环保主管部门连续 3 天监测,治理后主要污染指标达到《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)的 IV ~ V 类标准,

已交由第三方专业环保公司运营。

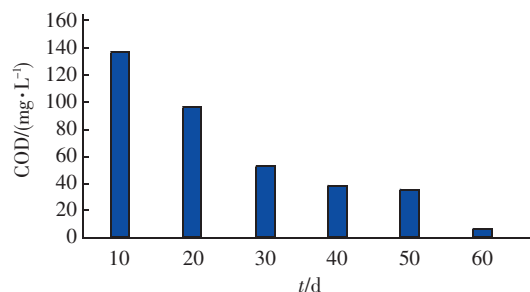


图3 坑塘治理后 COD 的变化

Fig. 3 Change of COD concentration after treatment

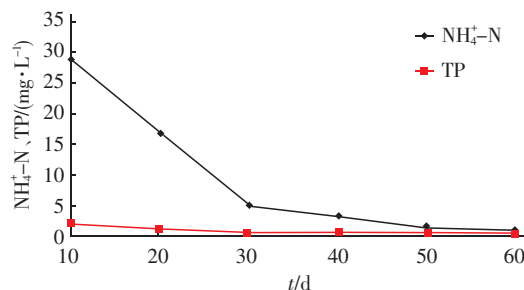


图4 坑塘治理后 NH₄⁺-N、TP 的变化

Fig. 4 Change of NH₄⁺-N, TP concentration after treatment

3.3 经济效益分析

整个坑塘整治工程共投资 367 万元,其中设备、电气、管道投资 253 万元,土建 39 万元,人工浮岛、水生动植物 37 万元,其他 38 万元。

经过 60 d 的调试运行,经初步估算,小型污水处理设施运行平均电费为 120 元/d,药剂费为 30 元/d;坑塘内悬浮式潜水曝气机、潜污泵、喷泉运行平均电费为 730 元/d,合计 880 元/d。60 d 后坑塘中充氧设施 1 天仅需运行 4 h,即可维持水体 DO 为 3 mg/L。随着外源污染的截留处理和坑塘整个生态系统自我复氧、自净能力的增加,运行费用可进一步降低。

4 结论

采用外源截污、内源治理和生态修复相结合的技术对污染坑塘进行了有效治理。外来污染源经处理达标后排入坑塘,主要采用自动化程度高、处理效果好的 CASS 工艺。

内源治理和生态修复采用充氧复氧技术、水生植物吸收净化技术、仿生水草技术和水生动物投加技术,整个坑塘形成了水生生态系统和稳定的食物链,使水体自净能力逐步恢复。

为保持整个系统长期稳定运行,需要委托第三方专业管理运营,对相应水质指标定期检测,对水生动植物适时收获,对落叶、塑料袋、其他生活垃圾及时清理,防止二次污染。

参考文献:

- [1] 孙井梅,王志超,席兆胜,等. 扰动对水体富营养化的改善作用[J]. 生态环境学报,2012,21(8):1447-1451.
Sun Jingmei, Wang Zhichao, Xi Zhaosheng, *et al.* Disturbance improves the eutrophication of water bodies [J]. Journal of the Ecological Environment, 2012, 21 (8):1447-1451 (in Chinese).
- [2] 程香菊,陈永灿,袁丽蓉,等. 水体大气复氧能力研究综述[J]. 科技导报,2008,26(17):89-92.
Cheng Xiangju, Chen Yongcan, Yuan Lirong, *et al.* Review of research on the reoxygenation capacity of water bodies in the atmosphere [J]. Science and Technology Guide, 2008, 26(17):89-92 (in Chinese).
- [3] 孙厚钧. 水体增氧技术是改善城市河流湖泊水质的有效措施[J]. 北京水利,2002(4):35-36.
Sun Houjun. Water aeration technology: An effective measure to improve the water quality of urban rivers and lakes [J]. Beijing Water Resources, 2002(4):35-36 (in

Chinese).

- [4] 孙从军,张明旭. 河道曝气技术在河流污染治理中的应用[J]. 工程与技术,2001(4):12-15.
Sun Congjun, Zhang Mingxu. Application of river aeration technology in river pollution control [J]. Engineering and Technology, 2001 (4): 12 - 15 (in Chinese).



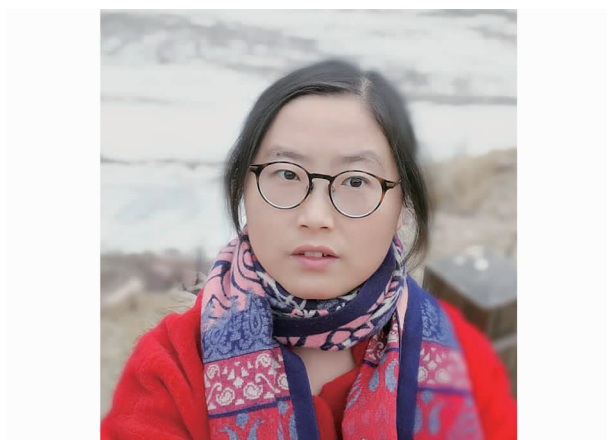
作者简介:高廷东(1973-),男,山东泰安人,硕士,副教授,研究方向为水污染治理及其资源化、土壤污染修复等。

E-mail: fuwushehui@126.com

收稿日期:2018-08-03

(上接第108页)

- Xu Ming, Bai Yonggang, Tu Yong, *et al.* A case study on treatment of degraded printing and dyeing wastewater [J]. Water & Wastewater Engineering, 2018, 44(3):68-73 (in Chinese).
- [2] 刘立,刘畅,农燕凤,等. 中药废水处理工程设计实例及分析[J]. 中国给水排水,2018,34(8):89-92.
Liu Li, Liu Chang, Nong Yanfeng, *et al.* Design and analysis of wastewater treatment project in a Chinese traditional medicine industrial park [J]. China Water & Wastewater, 2018, 34(8):89-92 (in Chinese).
- [3] 郑海军,郑重,刘会成,等. 豆制品生产工艺废水处理工艺设计[J]. 水处理技术,2012,38(7):128-130.
Zheng Haijun, Zheng Zhong, Liu Huicheng, *et al.* Design on the process of soya bean wastewater treatment [J]. Technology of Water Treatment, 2012, 38(7):128-130 (in Chinese).



作者简介:尤鑫(1983-),女,陕西西安人,硕士,高级工程师,主要从事给排水工程设计工作。

E-mail: youxin-2009@qq.com

收稿日期:2018-09-26