

## 基于“零排放”模式的蔬菜种植尾水生态净化应用

王莉

上海宏波工程咨询管理有限公司 上海

**【摘要】**为探讨蔬菜种植尾水“零排放”循环利用在农田面源污染控制中的应用效果及其应用前景，对上海市某蔬菜种植尾水净化后“零排放”循环利用进行了设计，实施了新型生态拦截沟和氧化塘改造，新建了人工湿地，并对项目运行水质净化效果、生态变化等进行了跟踪监测分析。结果表明，尾水经过生态净化后，系统对 SS、NH<sub>3</sub>-N 和 TP 等污染物具有较好的去除效果，出水 SS 满足《农田灌溉水质标准》要求，NH<sub>3</sub>-N、TP 等指标基本满足《地表水环境质量标准》V类水标准要求；在非大雨情况下，可实现净化后的尾水全部循环利用，不对周边河道产生污染，极大的提升了河道水质稳定达标能力。该生态净化+循环利用系统具有良好的环境、经济效益和可推广性，可为农田面源污染控制提供案例参考。

**【关键词】**零排放；农田尾水；人工湿地；循环利用；面源污染

**【基金项目】**上海市水务局科研计划项目（沪水科 2020-01）

### Application of ecological purification of farmland drainage based on zero-discharge model

Li Wang

Shanghai Hongbo Project Consulting & Manage Co., Ltd., Shanghai, China

**【Abstract】**In order to discuss the application effect and prospect of zero-discharge recycling model used for non-point source pollution control, a zero-discharge project of farmland drainage was designed in Shanghai. A new type of ecological ditch, oxidation pond and artificial wetland were constructed. Monitoring and analyzing of the water purification effect and ecological change were carried out based on the project. The results showed that after the ecological purification, it has a good removal effect on pollutants such as NH<sub>3</sub>-N, SS and TP. The SS of effluent meets the requirements of the standard for irrigation water quality, and the NH<sub>3</sub>-N, TP meet the requirements of class V water standard in environmental quality standard for surface water. Usually, the purified farmland drainage can be totally recycled, which will not pollute the nearby river and improve the water quality of the river. The ecological purification and recycling system have good environmental, economic benefits and scalability, it can provide a case for non-point source pollution control.

**【Keywords】**zero-discharge; farmland drainage; constructed wetland; recycling; non-point source pollution

随着《水污染防治行动计划》的大力推进，河湖周边点源污染得到有效控制和管理，水环境质量大幅提升，但水环境进一步提升遭遇瓶颈，面源污染日渐成为水环境污染的主要贡献源<sup>[1-4]</sup>。尤其是农业面源污染，是导致河湖健康状况难以进一步改善的主要原因，威胁着水生态系统的完整性和多样性<sup>[5]</sup>。根据 2020 年《第二次全国污染源普查公报》<sup>[6]</sup>显示，与 2010 年第一次普查相比，农业领域中的污

染排放量虽然有明显下降，COD、总氮、总磷排放分别下降了 19%、48%、25%，但 2017 年农业源水污染物排放量仍然巨大：COD1067.13 万吨，氨氮 2 1.62 万吨，总氮 141.49 万吨，总磷 21.20 万吨。2017 年，种植业水污染物排放（流失）量：氨氮 8.30 万吨，总氮 71.95 万吨，总磷 7.62 万吨。在区域水环境治理、清洁小流域大力推进的背景下，“十三五”末，上海重要水功能区水质达标率 95%，全面

作者简介：王莉（1976-），女，硕士，高级工程师，主要从事水生态、水处理方面的科研和设计工作。

消除黑臭水体，基本消除劣V类水体，同时受农业面源污染、初期雨水排放等因素造成部分河道水质反复。农业种植产生的大量的氮磷等污染物排入周边水体，对区域环境治理带了较大的压力，成为了区域水环境提升的瓶颈，亟需对农田面源污染进行治理。

1 项目概况

某蔬菜种植基地占地 216 亩，已完成标准化蔬菜大棚建设，主要种植蔬菜，品种包括生菜、小青菜、杭白菜、空心菜、芹菜等，设有排水渠、蓄水池、泵房等。改造前，该蔬菜种植基地从外河通过泵房引水，经管道输送至各大棚进行作物喷灌，灌溉后的尾水直排外河。取水泵房 2 台水泵间歇运行，经现场测算，每日取水量约 300~400m<sup>3</sup>，晴天尾水量约 60~80m<sup>3</sup>，尾水排放对外河水质造成极大的影响。根据现场采样监测，蔬菜种植基地内各点位主要水质如表 1 所示，现场采样水样显黄褐色，有一定的悬浮物，分析与种植施用的肥料有关。从表中

数据可以看出，总排水口的 NH<sub>3</sub>-N、TP、COD<sub>Cr</sub> 等均超过《地表水质量标准》（GB3838-2002）V类水标准。

2 尾水生态净化+循环利用设计

2.1 设计工艺流程

根据现状排水对外河造成污染且每日需要取水的现状，结合已有的泵站、蓄水池、排水沟等设施，设计采用生态净化+循环利用处理模式：先在总排水口建设溢流堰，对排水收集后采用生态沟渠、氧化塘、人工湿地等多级净化，尾水排入泵站取水口作为灌溉水循环利用。

2.2 系统设计进出水水质

考虑到种植品种以叶类蔬菜为主，包含生食类蔬菜，同时出水有溢流入外河风险，出水水质按满足《农田灌溉水质标准》（GB5084-2005）和《地表水质量标准》（GB3838-2002）V类水标准设计，进、出水水质如表 2。

表 1 现状水质监测结果

序号	采样点位	DO	SS	NH <sub>3</sub> -N	TP	COD <sub>Cr</sub>
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
1	南排水沟末端	1.17	82	2.59	2.20	74.2
2	北排水沟末端	1.92	76	3.30	2.85	76.0
3	主排水沟末端	2.16	53	2.62	1.85	62.8

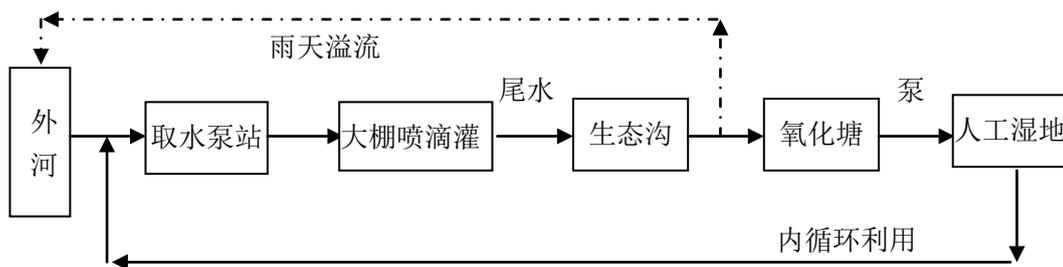


图 1 工艺流程图

表 2 设计进出水水质

序号	进出水	SS	NH <sub>3</sub> -N	TP	COD <sub>Cr</sub>
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
1	进水	100	4.0	3.5	100.0
2	出水	15	2.0	0.4	40.0

### 2.3 新型生态拦截沟设计

通过对主沟渠末端新建溢流坝，将沟渠内水深控制在 40-50cm。对现有已破损的 120 米硬化主沟渠进行生态化改造，从生态多样性方面考虑，沟渠两侧铺设预制生态连锁块，种植水芹、空心菜、茭尾、麦冬，底部纵断面设计中采用“深槽区+生态滤坝”工艺，每隔 25m 布置一套深槽+生态滤坝组合，形成深浅结合的生态断面。在促进颗粒沉降、生物降解、生物吸附降低 SS、N、P 等污染物的同时，为不同的生物生长繁衍提供良好的栖息空间。

### 2.4 氧化塘设计

对现有 20m×20m 蓄水池进行改造，包括清淤、复合生态浮床及曝气机布设。利用复合生态浮床及软围隔将蓄水池分割成“S”型廊道，共布设复合生态浮床 150m<sup>2</sup>，软围隔 32m，并在廊道起始端布设 550 W 微孔曝气机一套，通过沉淀、生物新陈代谢以及植物的生长作用共同去除 SS、N、P 等污染物。

### 2.5 人工湿地设计

垂直流人工湿地具有占地面积小、水力负荷大、

低能耗、易操作和快速去除污染物的优点，其出水水质 SS 低，对 COD、NH<sub>3</sub>-N、TP、重金属、农药残余物等均具有较好的净化效果<sup>[7-8]</sup>。垂直流人工湿地取水力负荷：0.67m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.d，设计为 2 级，2 格并联运行，设计水量：80m<sup>3</sup>/d，顶部采用穿孔管布水方式均匀布水，人工湿地顶部种植旱伞草、美人蕉等挺水植物。

本项目进水总磷较高，设计采用 2 种不同规格的除磷专用填料，磷吸附容量大于 5mg/g。垂直流人工湿地第一级进水为上进下出，从上到下依次为 30cm φ3-10 碎石层,50cm φ16-20 除磷专用填料层，产品型号：ZJCL-P5.0-1620，20cm φ30-50 卵石排水层；人工湿地第二级下进上出，从下到上依次为 30 cmφ30-50 卵石排水层，50cm φ6-10 除磷专用填料层，产品型号：ZJCL-P5.0-0610，20cmφ3-10 碎石层。

## 3 应用效果

### 3.1 水质净化效果

本项目建设完成了，对其进行了每月一次的效果跟踪监测，监测结果如下图 3 所示。

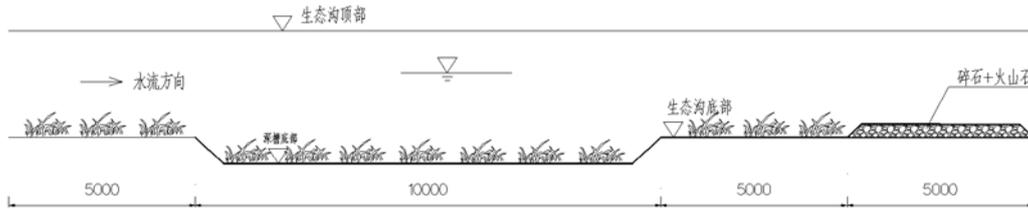


图 2 新型生态拦截沟

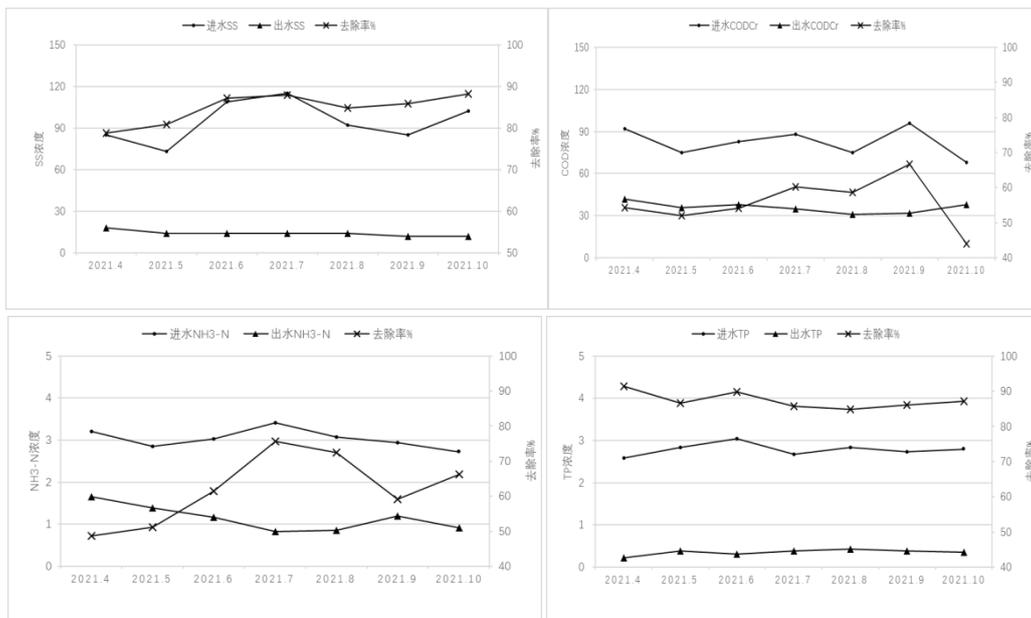


图 3 项目水质监测结果

从上图可知,在建成运行后,各大棚的尾水经过生态拦截沟、氧化塘、人工湿地净化之后,出水 SS、COD<sub>Cr</sub>、NH<sub>3</sub>-N、TP 出水水质稳定,基本达到设计要求,SS、COD<sub>Cr</sub>、NH<sub>3</sub>-N、TP 的去除率分别可达 80%、60%、60%和 90%,满足灌溉水水质标准,且满足《地表水质量标准》(GB3838-2002) V 类水标准,即使发生溢流入河也不会对外河水产生污染风险。各污染物的去除率较高,一方面是由于尾水含有较多悬浮物,颗粒态比例较大,通过三段工艺的净化,出水 SS 低,效果好;同时项目设计中采用了除磷专用填料,大大提升了 TP 去除效果。

### 3.2 生物多样性变化

项目建设 1 年后,经现场调查,植物品种已大幅增加。新型生态拦截沟内共有高等维管束植物 12 种,水芹、鸢尾、空心菜、麦冬 4 种植物为试验种植物种,其他 8 种植物为自然萌发、生长植物。自然生长的植物中,有典型分布于潮湿地带、水边或沟边的水生及湿生植物,如水菹菜、鹅肠菜、陌上菜等。

丰富的植物多样性为周边的动物提供了良好的庇护所、活动区域以及产卵地等。调查发现,生态拦截沟内有少量昆虫在植物叶面上栖息、活动,如直翅目中华蚱蜢、双翅目摇蚊、蜻蜓目蜻科昆虫等。新型生态拦截沟在构建水、土壤和生物相互融合的农田沟渠湿地生态系统中发挥了很好的生态效果。

### 3.3 环境效益

根据项目实施 1 年来的效果,经测算,每年可以实现削减 COD<sub>Cr</sub>、NH<sub>3</sub>-N、TP 入河量 1168kg、73 kg 和 102.2kg 以上,减少外河取水及排水 29200m<sup>3</sup>,实现了污染物削减和循环利用的双重效果。一般情况下,可实现净化后的尾水全部循环利用,不对周边河道产生污染,极大的提升了河道水质稳定达标能力。

## 4 结论及建议

(1) 针对蔬菜种植基地灌溉尾水入河污染情况,根据项目现有的基础设施进行了改造,建设了以“新型生态拦截沟+氧化塘+人工湿地”为主的尾水净化系统,项目实施后经过处理的出水 COD<sub>Cr</sub>、NH<sub>3</sub>-N、TP 等基本达到了地表水 V 类水标准,同时将其作为灌溉补水,实现了“零排放”的循环利用。

(2) 项目建成后每年可以实现削减 COD<sub>Cr</sub>、NH<sub>3</sub>-N、TP 入河量 1168kg、73kg 和 102.2kg 以上,减少外河取水及排水 29200m<sup>3</sup>,实现了污染物削减

和循环利用的双重效果,不对周边河道产生污染,极大的提升了河道水质稳定达标能力;同时大大增加了生物多样性,具有较好环境效益。

(3) 本项目的实施,验证了生态净化+循环利用系统具有良好的环境、经济效益和可推广性,可为农田面源污染控制提供案例参考。

(4) 针对农田面源污染,建议因地制宜,合理选择生态净化工艺,出水达到一定的标准后循环利用,实现削减污染物外排、减少取水量和利用氮磷等营养盐等多重效益。

## 参考文献

- [1] 贺斌,胡茂川.广东省各区县农业面源污染负荷估算及特征分析[J].生态环境学报,2022,31(4):771-776.
- [2] 陈昌仁,季俊杰,邵光成.农田面源污染全流程控制技术体系的构建及其应用[J].江苏水利,2022,(02):26-28+43.
- [3] 王一格,王海燕,郑永林,等.农业面源污染研究方法与控制技术研究进展[J].中国农业资源与区划,2021,42(1):25-33.
- [4] 王国重,李中原,屈建钢,等.桃庄河小流域农田面源污染特征研究[J].环境科学与技术.2016,39(S1):371-375.
- [5] 刘瑞霞,王立阳,孙菲,等.以农业面源污染阻控为目标的河流生态缓冲带研究进展[J].环境工程学报,2022,16(1):25-39.
- [6] 生态环境部.第二次全国污染源普查公报[R].2020.
- [7] 张希丽,于政达,王森,等.利用人工湿地去除农业径流中农药的研究进展[J].应用生态学报,2019,30(3):1025-1034.
- [8] 桑扬,杨凯,吴晓英,等.人工湿地植物去除废水中重金属的作用机制研究进展[J].湿地科学,2016,14(5):717-724.

收稿日期: 2022 年 7 月 8 日

出刊日期: 2022 年 8 月 10 日

引用本文: 王莉, 基于“零排放”模式的蔬菜种植尾水生态净化应用[J].资源与环境科学进展,2022,1(2):1-4  
DOI: 10.12208/j.aes.20220014

检索信息: 中国知网 (CNKI Scholar)、万方数据 (WANFANG DATA)、Google Scholar 等数据库收录期刊

版权声明: ©2022 作者与开放获取期刊研究中心 (OAJRC) 所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS