

# Analysis and Application of the Water Environment Treatment of Black and Odorous Water in Nantong City

Wangjun Bai<sup>1</sup>, Junhai Zhao<sup>2</sup>, Yu Shu<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Design and Research institute CO., Ltd. of Hohai University, Nanjing Jiangsu

<sup>2</sup>Yueyang Water Conservancy Construction Investment Co., Ltd., Yueyang Hunan

<sup>3</sup>Danyang Water Affairs Group Co., Ltd., Danyang Jiangsu

Email: bai-lin@hhu.edu.cn

Received: Aug. 20<sup>th</sup>, 2018; accepted: Aug. 30<sup>th</sup>, 2018; published: Sep. 11<sup>th</sup>, 2018

## Abstract

Black and odorous water is an extreme phenomenon of water pollution. Its appearance causes ecological damage, seriously affects the living and physical and mental health of the residents, and also seriously affects the good development of the city. Through the analysis of the causes of water environment and pollution status of a black and smelly river in Nantong city, on the basis of the practical technical route, combined with practical engineering experience, the measures of controlling the point source of the sewage pipe, the dredging of the river channel and the water ecological treatment of the microbial filter are put forward. The water environment of black and odorous water is treated, which will provide a reference for future similar engineering technology design.

## Keywords

Water Environment, Black and Odorous River, Treatment and Repair Technology

# 南通市某黑臭河道水环境治理应用探析

白王军<sup>1</sup>, 赵俊海<sup>2</sup>, 束裕<sup>3</sup>

<sup>1</sup>河海大学设计研究院有限公司, 江苏 南京

<sup>2</sup>岳阳市水利建设投资有限公司, 湖南 岳阳

<sup>3</sup>丹阳水务集团有限公司, 江苏 丹阳

Email: bai-lin@hhu.edu.cn

收稿日期: 2018年8月20日; 录用日期: 2018年8月30日; 发布日期: 2018年9月11日

作者简介: 白王军(1974.5-), 男, 博士, 工程师, 研究方向为生态环境和市政给排水。

## 摘要

黑臭河道是水体污染的一种极端现象，它的出现不仅造成生态破坏，严重影响居民的生活及身心健康，同时还严重影响城市良好发展。通过对南通市某黑臭河道的水环境成因和污染现状进行了分析，在遵循现实可行的技术路线基础上，结合实际的工程经验，采用截污纳管的点源治理，机械方式的河道清淤和微生物滤池的水生态治理等措施，有针对性地提出了对黑臭河道水环境进行了治理，为以后类似工程技术设计提供经验参考。

## 关键词

水环境，黑臭河道，治理修复技术

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

近年来，随着人们环境意识的不断增强和地方经济水平的不断发展，城市中的黑臭水体成为了居民反映强烈的水环境问题，成为城市生态环境改善、城市生态文明建设急需解决的问题。这样，如何提出黑臭河道水环境治理工程技术的针对性设计则显得尤为重要[1] [2] [3]。Lewandowski 等[4]提出采用生物膜法来净化水质，生物膜由许多分散的菌落群、细胞代谢产物、水等物质共同构成的一层具有流变性质的薄膜，通过膜上生物菌群的代谢，污水得以净化。日本通过生物膜、曝气与生态修复(种植芦苇及其他植物)相结合的方式对坂川污染水质进行净化也取得了成功[5]。徐玉良等[6]将生物膜、曝气技术、水生植物净化技术相组合，黄伯平等[7]通过曝气、生物治理(生物膜)与生态修复(种植水生植物、投放水生动物)组合技术，也很好的在黑臭水体治理中得到了应用。

通过对南通市某黑臭水体污染现状、水体特征、形成原因的分析，有针对性地提出了黑臭水体治理工程技术，为以后类似工程技术设计提供经验参考。本工程实施后可有效改善南通市某河道水动力条件，提升水质条件，降低黑臭河道水环境爆发的风险。

## 2. 黑臭河道水环境污染现状

### 2.1. 黑臭河道水环境现状存在的问题

南通市某河道位于南通市某小区内(全长约 500 余米，东接中心竖河)为断头浜，因周边排口分流不彻底、断头浜等原因导致水系有黑臭现象，常年该区域水体水质在 V 类和劣 V 类之间。周边雨污水市政管网于 2009~2016 年改造建设完成，就目前现场情况无法彻底接入市政污水管网，长期有混流污水排入南通市某河道，导致河道不同时段有黑臭现象。

#### 1) 水动力条件不足

南通市某河道位于南通市某河道小区内(全长约 500 余米，东接中心竖河)为断头浜，西侧补水水源主要是从雨水管网排入南通市某河道河的阳台洗衣用水等杂用水，水质较差，水动力条件严重不足。同时，由于水体水循环不足，引发河道污泥淤积、河道水量不足等，导致水环境恶化，污染物积累，水体自净能力减弱，最终出现黑臭。

#### 2) 有黑臭现象

为了对水体的污染程度得到定量的描述，现对现场水体的 4 个点进行采样，具体水质见表 1。

通过上表水质分析可以看出,南通市某河道水质较差,原因是河道周边居民的阳台洗衣用水等杂用水依然从雨水管网排入,导致河道上游水质较差,且河水位较低、氨氮较高,属于重度黑臭水体,从而导致河道水体的污染物浓度较高,属于劣 V 类水体。所以南通市某河道上游水动力条件严重不足,水质有黑臭现象。

### 3) 河道淤积严重

根据现场调查与勘测,南通市某河道河虽然在 2015 年已经做过生态清淤,但河段淤积情况仍较为严重,据勘测,河道淤泥厚度约 40~60 cm,存在内源释放的风险。且河道两岸为直立坡岸,鲜见水生植物,河道基本丧失生态功能。

## 2.2. 水生态环境质量的综合评价

采用综合指数法进行水生态环境质量综合评估,通过水质指标和生境指标加权求和,构建综合评估指数  $WQI$ ,以该指数表示各评估单元和水环境整体的质量状况。

$$WQI = \sum_{i=1}^n x_i w_i \quad (1)$$

$WQI$  表示水生态环境质量综合指数,  $x_i$  指评价指标分值,  $w_i$  指评价指标权重。在综合评价时暂时考虑水质指标和生境指标,其分值及权重见表 2。

### 1) 水生态环境综合评价公式说明

水化学指标的分值范围在 1~5,建议其权重为 0.5;同样,生境指标的分值范围在 1~5,其权重建议也为 0.5。

根据水生态环境综合评价指数(WQI)分值大小,将水生态环境质量状况等级分为五级,分别为优秀、良好、轻度污染、中度污染和重度污染,具体指数分值和质量状况分级见表 2。

### 2) 评价结果

本次评价是基于现阶段,南通市某河道的状况评价所得,通过表 3 可知,南通市某河道的生境得分为 49 分,

**Table 1.** Water quality data of four sampling points (unit: mg/L)

**表 1.** 四个采样点水质数据(单位: mg/L)

名称	NH <sub>3</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	TP	COD
1	4.775	1.501	0.033	13.624
2	2.599	0.649	0.559	6.495
3	1.219	0.629	0.178	6.495
4	4.664	1.948	0.993	11.248

**Table 2.** Classification standard of water ecological environment quality

**表 2.** 水生态环境质量状况分级标准

水生态环境质量状况	优秀	良好	轻度污染	中度污染	重度污染
综合指数(WQI)	$WQI \geq 4$	$4 > WQI \geq 3$	$3 > WQI \geq 2$	$2 > WQI \geq 1$	$WQI < 1$
表征颜色	蓝色	绿色	黄色	橙色	红色

**Table 3.** Evaluation result of water environment habitat in Nantong city

**表 3.** 南通市某河道水环境生境评价结果

底质	栖息复杂性	V/D 结合特性	河岸稳定性	河道变化	河水水量状况	植被多样性	水质状况	人类活动强度	河岸土地利用	合计得分	评价得分
6	5	5	6	5	4	4	5	5	4	49	1

属于重污染河流，生境较差。具体生境评价结果表 3。

### 3. 设计思路和技术路线

#### 3.1. 设计思路

根据南通市某河道的水环境现状、存在问题、治理目标，主要采用物理治理措施和生物--生态措施相结合的方法，构建河道健康稳定的生态系统，提升河道的自净能力。另外，河道治理措施需要具有环境友好性、长期有效性及可持续发展性，不影响行洪通道，且具备一定应对突发污染能力。

根据以上要求，本方案提议以下治理思路对南通市某河道河进行治理：

1) 活水富氧及水源补给：为了保证滤池前段的常水位，需抽取下游的水对南通市某河道河上游进行补水，同时拟建跌流堰，增强活水富氧及景观效果。

2) 消除内源污染：由于目前南通市某河道河淤泥堆积严重，底泥上翻，内源污染严重，拟定对其进行机械清淤。

3) 水质提升：南通市某河道河周边排口分流不彻底、断头河等原因导致水系偶有黑臭现象，采取生态--生物措施对其进行水质提升工程。

4) 排污点处理：对小型家禽屠宰点和部分屠宰废水直接排入河道，造成了点源污染的，拟就近建小型收集池收集屠宰废水，再排至污水管。

5) 应急处理：用管道将河道与污水管连接，采用截止阀控制，在当河道出现超负荷排污情况的时候，打开截止阀，使污水通过污水管道排入污水厂进行处理。

#### 3.2. 技术路线

采用生物 - 生态法净化为主的处理工艺，通过设置必要的水利和生物措施，使河道水体经本工程净化后水质得到提升。具体技术路线见图 1。

### 4. 黑臭河道水环境治理方案

#### 4.1. 排污点治理

截污纳管是黑臭河道水环境治理最直接有效的工程措施，也是采取其他技术措施的前提。该河道的黑臭河

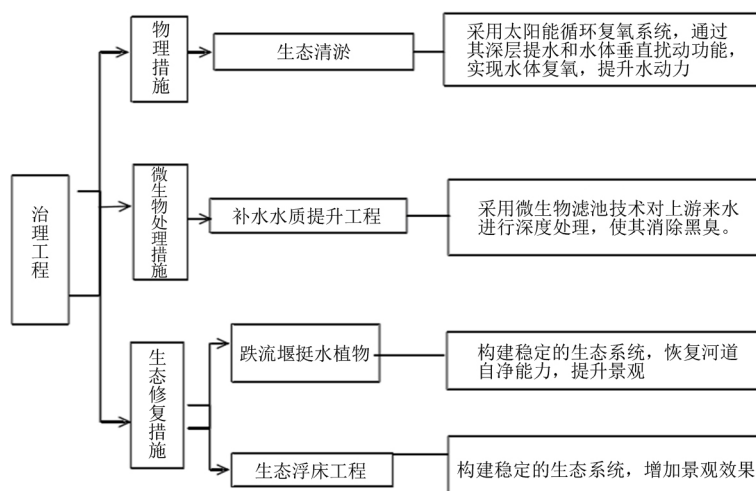


Figure 1. Technical route diagram  
图 1. 技术路线框图

道沿两侧铺设生活污水收集管网,截流并收集渠道两侧居民所产生的生活污水,建立一体式生活污水处理设施,将收集生活污水处理达标后集中排放。

同时,在小型家禽屠宰点和部分屠宰废水直接排入河道,造成了点源污染的,拟就近建小型收集池收集屠宰废水,再排至污水管网。

#### 4.2. 河道清淤

本工程施工范围内河道断面较窄,拟施工方法采用挖掘机清淤加以围堰为主,在机械到不了的桥底的位置将以人工辅助。且清淤时不碰两侧挡墙,不清淤到底,保留部分沉积物。

- 1) 清淤方式:采用小型挖机,吊入河道内部,沿河道中心线清挖淤泥。
- 2) 清淤工程量:清淤至原设计断面,以防止清淤过深影响护坡的安全稳定。
- 3) 重点考虑安全,降低施工速度,确保安全清淤。
- 4) 清淤不触碰两岸挡墙,必要情况做护坡加固。
- 5) 污泥拟定外运。

#### 4.3. 微生物滤池

生物滤池包括布水区、滤床处理区和出水区,其中滤床区由 A, B, C 三个处理区构成,各处理区填充多孔网泡微生物载体,使多孔载体能够固定化高效微生物。生物滤池优于 BAF 曝气生物滤池,产生污泥量极小且无需反洗。

工艺采用的 B 和 N 系列专用高效微生物对难降解有机物、氨氮和总氮具有极高的降解作用,而且对有机酸和硫化物等异味,以及脂肪酸、表面活性剂、芳香族化合物、酚类化合物等都具有较好的降解效果,且具有耐盐和耐低温能力,在 5℃~55℃下均能保持活性,对尾水处理具有较强的适用性(在冬季会有较大优势)。池体表面为敞开式,表层铺设浮床、种植挺水植物,一方面营造景观,另一方面植物吸收和根系微生物降解和去除一部分氮、磷含量,植物可根据季节进行收割或调整。

生态浮岛布置于生物滤床表面,提升处理设施整体景观效果,利用植物根系吸收滤池中一部分硝态氮、溶解性磷等。

#### 4.4. 一体化泵站

本工程采用的一体化泵站底板长 3.5 m,宽 3.5 m,底板顶面高程 1.0 m。采用 2 台 QW65-7-3 潜水排污泵,单泵流量 65 m<sup>3</sup>/h,配套功率 3.0 kw。泵站进水管管内底高程 1.6 m,出水管中底高程 2.6 m。进水管后设置提篮格栅,进水管管外设置手柄蝶阀,便于维检。具体一体化泵站剖面见图 2。

#### 4.5. 跌流堰工程

跌流水景在小区水景中为常见的一种表现形式,水量控制是其中的一个关键点。跌流水景水量过大则能耗大,长期运转费用高;跌流水景水量过小则达不到预期的设计效果。本设计水量为 500 m<sup>3</sup>/d,正常情况下,每天运行 8 小时。跌落的水携带空气中的氧进入河流,给水流中的动植物和微生物提供良好的生长条件,并具有独特的景观效果。

跌流堰阶梯表层采用鹅卵石铺设而成,坡比为 1:2,台阶共 4 级,跌流堰顶高程为 3.3 米。回流管沿河岸挡墙铺设,每 5 m 设置抱箍固定,抱箍用膨胀螺丝固定于挡墙。回流出口处种植挺水植物,增加景观与出水效果,水位高程为 3.2 m。具体跌流堰剖面见图 3。

### 5. 结论

在南通市某河道水环境治理中应用布设一体化预制泵站和微生物滤池,上游来水经泵提升至生态处理系统,



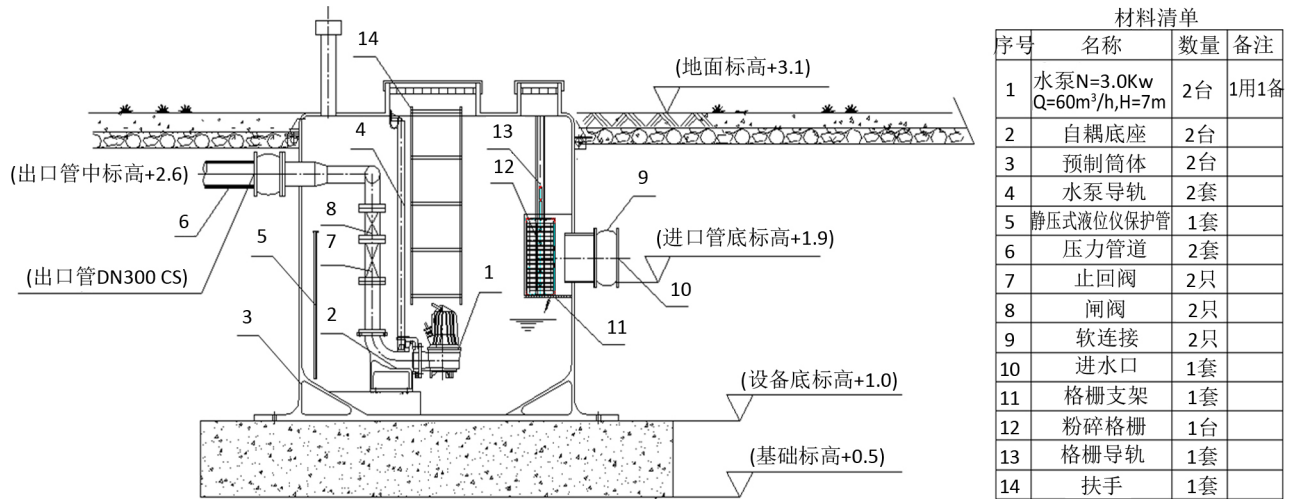


Figure 2. Integrated pumping station profile  
图 2. 一体化泵站剖面图

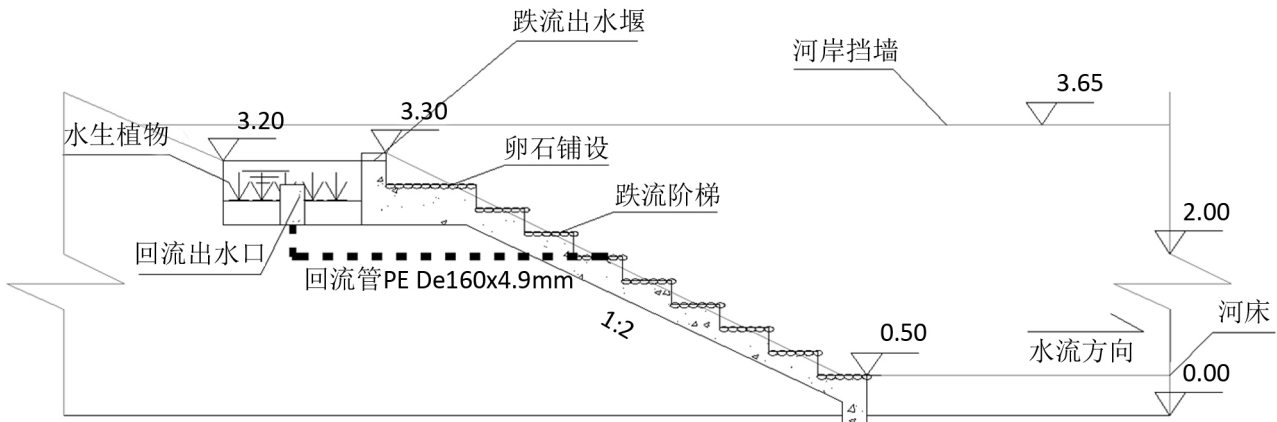


Figure 3. Profile of down flow weir  
图 3. 跌流堰剖面图

经生态处理系统处理后溢流跌流排至下游，一体化预制泵站将下游处理后的水泵至上游最前端，最前端布设跌流堰，该方案各工程独立运行，工艺参数设计能够满足出水要求，且运行管理方便、工程布局紧凑、单元内部能够实现水体自流，投资运行费用均较低。

本工程采用水生态修复系统的理念基于微生物滤池，且充分运用微生物对水质的净化作用，并配合一系列工程措施，提升河道水质。因此，工程的实施，对提升河道水质和生态环境的改善具有重要的作用，其社会、经济、环境效益是巨大的。该工程从经济效益、环境、技术、资金、社会效益等各个方面均是合理可行的。

### 参考文献

- [1] 中华人民共和国住房和城乡建设部, 环境保护部, 水利部, 农业部. 城市黑臭水体整治工作指南[S]. Ministry of Housing and Urban-Rural Construction, Ministry of Environmental Protection, Ministry of Water Resources and Ministry of Agriculture of the People's Republic of China. Guidelines for the renovation of urban black and smelly water bodies. (in Chinese)
- [2] 陈诗吉, 郑祥民, 周立曼, 等. 城市黑臭河网外源调水技术研究进展[J]. 环境工程, 2014, 32(2): 1-5. CHEN Shiji, ZHENG Xiangmin, ZHOU Liman, et al. Research progress on water transfer technology in urban black and odorous river network. Environmental Engineering, 2014, 32(2): 1-5. (in Chinese)

- 
- [3] 傅翔宇, 李亚峰, 王群. 城市黑臭河道治理方法的研究与应用现状[J]. 建筑与预算, 2016, 4(11): 37-41.  
FU Xiangyu, LI Yafeng, and WANG Qun. Research and application status of urban black and Odorous treatment methods. Construction and Budget, 2016, 4(11): 37-41. (in Chinese)
- [4] LEWANDOWSKI, Z., STOODLEY, P. and ALTOBELLI, S. Experimental and conceptual studies on mass transport in bio-films. Water Science & Technology, 1995, 31(1): 153-162. <https://doi.org/10.2166/wst.1995.0034>
- [5] 董哲仁, 刘蓓, 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): 1-4.  
DONG Zheren, LIU Qian, and ZENG Xianghui. Biological remediation technology of polluted water. Water Conservancy and Hydropower Technology, 2002, 33(2): 1-4. (in Chinese)
- [6] 徐玉良, 张剑刚, 蔡聪, 等. 昆山市凌家浜黑臭水体生物治理与生态修复[J]. 中国给水排水, 2015, 31(12): 76-81.  
XU Yuliang, ZHANG Jiangang, CAI Cong, et al. Biological treatment and ecological restoration of malodorous water in Kunshan Lingjiabang. China Water & Wastewater, 2015, 31(12): 76-81. (in Chinese)
- [7] 黄伯平, 杨尚平, 李晓慧. 新加坡·南京生态科技岛河道生态修复案例[J]. 给水排水, 2016(增 1): 75-78.  
HUANG Boping, YANG Shangping, and LI Xiaohui. Ecological restoration case of Singapore-Nanjing Eco Hi-Tech Island. Water & Wastewater Engineering, 2016(Supplement 1): 75-78. (in Chinese)