

利用微生物技术修复黑臭、富营养水体试点研究

罗智威

(上海水顿智能科技有限公司,上海 210100)

摘要:在黑臭水体的生态修复中,通常水中较高浓度的污染物会威胁水生生物的生存发育,影响生态修复的效果。利用微生物耐污、高效的特性,有针对性地投放微生物来对水质进行初步改善,再引入水生动植物来恢复水体生态系统,提升并稳定水体的生态自净功能,使水体即使在无法彻底截污的情况下也能保持健康稳定。本研究通过试点案例,证明微生物技术对黑臭水体的治理和水体生态修复有着很大的应用潜力。

关键词:微生物;生态修复;黑臭水体;富营养化

中图分类号:X52 **文献标志码:**A **文章编号:**1004-6933(2016)S1-0057-03

近几十年来,我国城市、乡村经济的快速发展创造了大量的经济财富,但同时也牺牲了生态环境,其中水生态环境的恶化问题十分突出。许多地区水生生态系统遭到破坏,污染物长期排入自然水体,导致水体富营养化和黑臭问题普遍发生,给社会经济发展和居民健康卫生造成了很大的负面影响。因此,水环境的治理和生态修复越来越受到社会的重视。

在水环境生态修复过程中,微生物通常起着至关重要的作用。微生物有体积小,表面积大,耐污能力强,转化效率高,繁殖速度快等特点,能够不断将水中污染物进行降解、转化,从而改善水质和生态环境。在富营养和黑臭的水体中大量的有机污染物能成为特定的微生物生长繁殖的营养源,这些微生物可以有效降解、转化污染物并用于自身繁殖,使水体净化。此外,有机物污染物被微生物降解后还可以被其他水生生物作为营养物吸收,可见微生物不仅能改善了水质,还能促进污染物转化成生物资源。

随着对微生物净化水质的机理的研究,我们不断发现并优化能够高效净化不同污染物的微生物组合,通过生物科技将这部分微生物进行分离、筛优、培育,然后将这些微生物利用到水体生态修复当中。若使这些高效率的微生物组合能够在受污染的水体中占据优势,就能显著提高水体的自净能力,改善水体生态条件,这是生态修复技术的发展方向之一。本文通过试点案例,对运用微生物技术进行黑臭水体生态修复的原理、步骤和效果进行分析,并对今后

水体生态修复提供建议。

1 试点工程介绍

1.1 研究对象概况

本次试点工程对象为友好二组宅河,它是一条村宅河流,位于上海市闵行区马桥镇内。河流总长约 160 m,河宽约 8 m,水深最深处约 2 m,河道西侧为断头浜,东侧则与其他河流相通并最终通往黄浦江。河岸两侧居住较多外来人口,由于污水管网水压不够,大量生活污水无法完全排入污水管网,因此一部分污水通过管涵被直接排入河道断头浜一侧(西侧),大部分时间河水自西向东流,但流速缓慢。由于长期生活污水的排入、积累,导致水质恶化,水体发臭,河流概况见图 1。

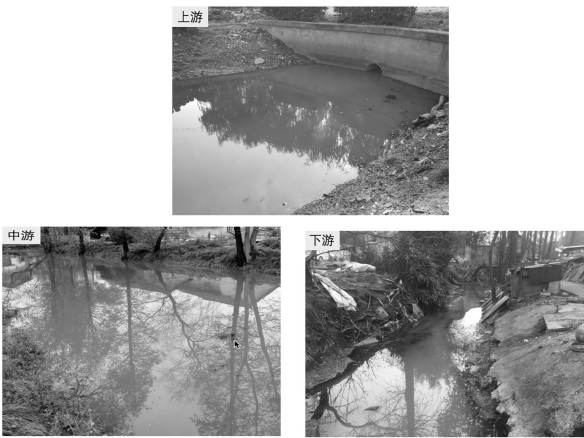


图 1 水体受污染概况

作者简介:罗智威(1989—),男,硕士,主要从事水生态修复研究。E-mail:Luozhiwei. karl@ foxmail. com

1.2 污染状况

排入研究水体中的污水为生活污水,约 10 m³/d。污水中有机营养成分含量较高,营养物大量积累使水体出现黑臭迹象,并沉积了较厚的淤泥。两岸虽然植被茂密,但水中几乎没有植物存活。根据现场水质采样分析,水中 NH₄⁺-N 质量浓度大于 8 mg/L, DO 质量浓度为 1.4 mg/L,透明度小于 15 cm。图 2 为部分生活污水排放口。



图 2 部分生活污水排放口

由于河道中水质及底泥污染较重,会影响大部分水生动植物的存活率,因而不宜直接通过种植水生植物或投放水生动物来改善水质,但可利用微生物的耐污特性对水体进行初步净化,在水体污染情况改善后再通过水生植物种植及动物投放来恢复水生生态系统,强化并稳定水体自净能力,从而达到长期改善水质的目的。

1.3 使用的微生物介绍

本次试点工程根据水质及底泥条件,主要选用了以下 3 种类型的微生物,其具体工作原理介绍如下。

a. A 类微生物。这类微生物的作用是降解水体有机物,使水体变得清澈。该类微生物组合能在好氧和厌氧条件下生长并快速分解有机物,氧化 NH₄⁺-N 化合物及 H₂S 为植物易吸收的硝酸盐及硫酸盐,改善水质、缓解水中异味的产生。

b. B 类微生物。这类微生物的作用是加速底泥分解,消除水体黑臭。该类微生物在生长繁殖过程中会产生多种消化酶来分解底泥中含有的大量有机污染物,降低底泥质量及密度,并使一部分分解发酵过的底泥上浮。随着底泥中大量污染物被分解,

水体也会变得更清澈、健康。

c. C 类微生物。这类微生物的作用是促进 NH₄⁺-N 转化成 N₂,降低水中 TN。该类微生物为脱氮菌组合,能够将水体中的硝酸盐吸收并还原成无害的氮气回到大气中,减少水体中的硝酸盐含量,并同时能够促进 A 类细菌对水中 NH₄⁺-N 进行硝化作用。

2 试点工程的实施

2.1 实施过程

根据水质及底泥污染情况,有针对性地配好微生物后,接下来连续一周向水体中投放微生物,并在之后一个月内根据水质变化情况补充投放了几次微生物。微生物投放后,水中污染物分解速度明显加快。一个月后水体开始变得清澈,水中出现数量较多的水蚤。水蚤的大量繁殖一方面说明水质及生态条件得到了初步的改善,另一方面水蚤的快速繁殖也加快了水体的自净速度。随着水质条件改善后,向河中投放了鱼苗及泥鳅等耐污水生动物,并观察到投放的大部分生物都能健康存活。而且由于水蚤数量较多,饵料充足,水生动物生长发育情况良好,见图 3。



图 3 鱼苗生存情况

在水体透明度达到 60 cm 左右时,开始在水中种植苦草、荷花、睡莲等水生植物,以恢复水中植物系统。这样①能够利用水生植物的生长发育吸收水中营养物;②可以利用植物增加水体 DO 改善水体生态条件;③水生植物根茎叶表面可以依附大量微生物,增大微生物与污染物的接触面积;④水生植物可以为水生动物提供保护栖地及食物来源,完善水生生态系统及食物链。种植的沉水植物情况见图 4。



图 4 种植的沉水植物情况

随着水中生态系统的逐步恢复和改善,水体的自净能力得到了很大的提升,即使每天仍然有生活污水排入,水生态的自净功能也能有效消纳掉这部分污染物,并通过食物链使污染物转化成生物资源。

由于该试点河的底泥很厚,大量微生物分解底泥污染物时会使一部分污泥上浮至水面,需要定期进行打捞。这部分上浮的污泥经过了微生物发酵分解后,其中的营养成分很容易被植物吸收。如图 5 所示,仅仅一个月时间,用这些污泥施肥过的区域内草丛明显比周边生长的更为茂密。



图 5 上浮的污泥用作肥料效果

2.2 效果分析

在利用微生物技术对水质进行生态修复后,河水的观感得到了明显的提升,水质开始变得清澈,水中的生物量明显增加,生物多样性也逐步得到恢复。水体能见度由最初的小于 15 cm 改善到大于 60 cm,部分区域能见度超过 80 cm;大部分水域 DO 质量浓度由最初低于 2 mg/L 改善到稳定高于 3 mg/L; $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 质量浓度由最初大于 8 mg/L 降至 2 mg/L;水中由最初几乎观察不到水生生物恢复到目前鱼、螃蟹、泥鳅等多类水生生物能够稳定生存。

虽然河水西侧每天仍然有生活污水排入到河中,但通过生态修复工程后,河水的自净能力得到强化,因此从东侧流出的水质已不再像从前那样浑浊发臭,而是能够稳定保持着水清鱼游的状态(图 6 ~ 8),其中微生物技术对水生态系统的恢复及自净能力的强化起到关键作用。

在本次试点工程当中,根据污染情况针对性投放的微生物有效弥补了原本水体中微生物净化能力



图 6 工程实施后上游水体改善情况



图 7 工程实施后中游水体改善情况



图 8 工程实施后下游水体改善情况

的不足。通过有针对性地投放微生物加快了水体的自净能力,使水质得到初步改善,并为水生态系统的恢复创造前提条件。在生态系统逐步恢复后,微生物的高效降解能力能有效促使污染物通过食物链转化成生物资源,进一步强化稳定生态系统的自净功能,即使在不能够彻底截污的情况下依然能够使水质保持良好。

3 结 语

根据微生物技术的特点,在流动缓慢的水体中,例如池塘、湖泊、断头河等,通过投放微生物有效对水质进行改善,因为微生物在这类水体当中不容易流失,能够稳定繁殖,并持续净化水体。在具有一定流速的水体中,通常可以利用人工水草、微生物填料等方式使投放的微生物能够稳固生长并稳定发挥功能。

在富营养以及黑臭水体生态修复过程中,微生物通常发挥着至关重要的作用。无论是利用充氧曝气,还是通过投放微生物填料来改善水质,微生物的活性及效率都影响着水体生态修复工程的效果。在一些使用生态浮岛等植物技术修复黑臭水体的项目当中,微生物不仅可以对抑制植物生长发育的污染物进行降解,改善植物的生长环境,还能使有机污染物降解成植物容易吸收的营养盐,促进植物对营养物质的吸收,改善植物修复效果的发挥。尤其在一些污染较重的黑臭水体中,先利用微生物技术初步改善水质及生态条件,再利用植物及动物技术恢复水体生态,是一种可行的生态修复方式。

(收稿日期:2016-11-21 编辑:王 芳)