

# 黑臭河涌底质及水质改善技术应用研究

苏用全 钟纪琪 王海庄 谢家欢

广州市景泽环境治理有限公司

DOI:10.32629/eep.v2i5.278

**[摘要]** 我国城市河涌水质堪忧,本文根据城镇黑臭河涌治理技术现状分析,针对目前黑臭河涌底质常见处理技术各自的特点,主要探讨了硝酸钙和过氧化钙对黑臭河涌底质中有机物、重金属、氮磷营养元素及硫化物等污染物的去除机理与修复效果。采用硝酸钙和过氧化钙联合修复黑臭河涌底质技术能对底泥有机物等污染物进行原位去除,使其加快河流生态系统的恢复和健康发展,具有较广阔的发展前景,应在实际工程中推广使用。

**[关键词]** 黑臭河涌; 底质修复; 硝酸钙; 过氧化钙

## 引言

近年来,随着国内经济的高速发展,水体水质污染加剧,河流黑臭现象日趋严重,湖泊富营养化趋势发展迅猛。在处理水污染问题时,人们得认清外源和内源两个因素对于水体污产生的作用,既不能单一指望控制外源或内源其中的一个因素就妄图根本上解决水体污染问题。底泥作为河流、湖泊等自然水域的重要组成部分,是水体多种营养物、污染物的汇和源,是众多污染物在环境中迁移转化的载体、归宿和蓄积库。随着环境污染治理的不断深入,污染源截污工程的实施,河流、湖泊等水体外部污染源得到一定程度控制后,底泥则成为水体污染的主要来源<sup>[1]</sup>。

## 1 主要技术内容、基础原理及工艺流程

### 1.1 技术内容

本项目主要是研究开发适用于城市和农村黑臭河涌的底质及水体原位污染治理的技术,目标是研发出联合使用硝酸钙和过氧化钙并可针对不同河涌进行治理的新型底质及水质改善技术。河涌黑臭产生的主要原因是底泥受有机物污染的负荷过高,有机物分解消耗大量氧气导致水体和底泥缺氧,有机物被微生物厌氧分解从而产生黑臭物质。因此,治理黑臭河涌的首要目标是改变厌氧环境,削减水体中的有机污染物。而硝酸钙和过氧化钙作为良好的氧化剂,被广泛运用于修复黑臭河涌。

以往的治理技术大多采用单一的以硝酸钙或过氧化钙为主的修复技术。采用硝酸钙修复可避免微生物在厌氧条件下产生致臭物质,但对于提升溶氧量的作用有限,且使用过量会导致水体含氮量过高;采用过氧化钙修复可直接提升溶氧量,但大量使用过氧化钙成本过高,而且会导致水体碱度过高破坏河道生态系统。目前,对于联合使用硝酸钙和过氧化钙的技术研究目前相当缺乏。因此,本研究致力于开发出一种新型的结合硝酸钙和过氧化钙的最优集成技术,该技术在结合单一技术各自的优点的同时可弥补各自的不足,从而达到更高效、更稳定地改善黑臭河涌底质和水质的效果。

### 1.2 基础原理

河道上游由于有机物的排入而导致河流中溶解氧被消

耗而处于厌氧状态,厌氧状态下厌氧菌成为优势菌种,厌氧微生物大量繁殖而产生硫化氢、氨气和甲烷等臭气浮出水面使得河道变臭,同时产生的  $S_2-$  会与水中的二价铁离子与锰离子结合成沉淀沉于水底使得底泥变黑。底质污染及底质沉积物的再悬浮是黑臭形成一个重要原因,河涌在流通不畅通,污染物积累沉积,当周围环境改变时,污染物会从底质中释放,成为污染源,造成水质变坏<sup>[2]</sup>。

在底泥中加入硝酸钙,钙离子会与水体中的磷酸根生成不溶性的磷酸钙,降低水体中的总磷含量并在底泥上形成一层保护层,阻止底泥向水体中释放污染因子,硝酸根比硫酸根电位更高,微生物在厌氧环境下会先利用硝酸根去分解有机污染物产生  $N_2$ ,而不是利用硫酸根产生  $H_2S$ ,也会阻止水体产生黑臭现象。

### 1.3 技术方法及工艺流程

#### 1.3.1 硝酸钙处理黑臭河涌底质中的有机污染

硝酸钙注射入底泥中不仅仅是一种化学作用,更重要的是其起到一种生物作用,底泥注射入硝酸钙后,微生物的活性提高,微生物以硝酸盐为电子受体,对有机碳源进行氧化,分解有机污染物,生成  $N_2$  和  $CO_2$ 。

#### 1.3.2 硝酸钙抑制黑臭河涌底质中磷的释放

硝酸钙也能有效抑制底泥中总磷(TP)的释放,降低了总磷的释放高峰。钙离子与底泥空隙水以及上覆水中的磷酸根离子结合形成不溶性的盐,沉淀在底泥表面。将底泥中的  $Fe^{2+}$  氧化为  $Fe^{3+}$ ,加强铁氧化物对磷的吸附作用,抑制磷的排放。实验数据表明,在处理大约30d以后使水中的总磷含量始终保持0.5mg/L以下。

此外,聚磷菌在有氧条件下摄取磷,在厌氧条件下释放磷。但当厌氧条件下存在硝酸盐时,由于反硝化的速度比聚磷菌释磷反应的速度快,会抢先利用底泥中的易降解有机物而导致聚磷菌缺乏可利用的碳源,使厌氧释磷的速度和量都下降。

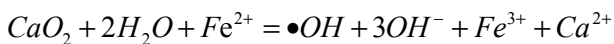
#### 1.3.3 硝酸钙对黑臭河涌底质中硫化物的去除

硝酸根比硫酸根电位更高,微生物在厌氧环境下会先利用硝酸根去分解有机污染物产生  $N_2$ ,而不是利用硫酸根产生  $H_2S$ 。

硝酸盐的氧化值比硫酸盐高,因此在理论上能将底泥中的酸性挥发硫转变成硫酸盐, CuS、PbS、ZnS、FeS 等难溶沉淀物中的 S<sup>2-</sup> 会被硝酸盐氧化为 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, 同时也抑制底泥向上覆水中排放硫化物。

#### 1.3.4 过氧化钙对黑臭河涌底质中有机污染物的修复

过氧化钙在水中不仅能产生羟基自由基氧化底泥有机污染物以净化水体, 而且还可以释放氧气促进微生物对污染物进行降解, 过氧化钙使化学修复与生物修复结合, 实现了黑臭河涌底质有机污染物原位修复的同时促进了黑臭水体生态系统与自净能力的恢复, 具有去除污染物快速、修复效果持久稳定及无二次污染等特点。



#### 1.3.5 过氧化钙对黑臭河涌底质中重金属污染物的修复

黑臭河道中大多数重金属都被泥沙所吸附沉积在底泥中, 当外部条件发生改变时, 底泥中的重金属就会被重新释放出来<sup>[3]</sup>。黑臭河道底泥含氧量很低, 微生物厌氧分解有机物生成酸性物质导致底泥中 pH 较低, 而大多数重金属盐在弱酸或强酸性环境下不能稳定存在。因此, 提高黑臭水体的 DO 含量和 pH 值对黑臭河道的治理至关重要。而过氧化钙在水体中表现出的强氧化性及碱性特征使其可通过改变重金属形态或发生化学沉淀反应降低重金属的生物可利用性, 从而实现黑臭河涌底质中重金属污染物的原位修复。

#### 1.3.6 过氧化钙对黑臭河涌底质中氮磷硫污染物的修复

氨氮是造成水体富营养化的主要因素之一, 控制底泥中氨氮的释放对黑臭水体的修复具有重要作用。黑臭河涌底质中磷的释放是上覆水中磷元素的主要来源之一, 是导致河道富营养化和水体黑臭的主要原因, 也是河道生态修复的关键, 过氧化钙不仅可有效抑制底泥中氮磷硫污染物的释放, 也可通过其强氧化性对底泥中的氨氮和硫化物产生分解作用, 对快速提升河道水质具有重要的实际意义。

#### 1.3.7 黑臭河涌底质修复工艺流程

采用硝酸钙和过氧化钙联合修复黑臭河涌底质技术涉及的工艺流程: (1) 进行现场勘测, 找出底泥中的主要污染物和污染底泥的厚度、水深以及水流速度等参数; (2) 取原河道底泥, 进行实验室验证, 通过设置多组对照实验, 查看处理

效果, 确定硝酸钙的最佳投放量、最佳浓度、注射深度, 以及是否需要添加辅助药剂或微生物试剂; (3) 根据上述勘测和实验分析结果, 采用最优药剂配置方案, 选用合适比例的硝酸钙和过氧化钙, 混合、搅拌后使用泵或注射器将其注射到特定深度的底泥中。该修复方法操作简便, 生态环保, 可改善河道底质生存环境, 使其适合沉水植物生长, 有效解决黑臭底泥河流中沉水植物难以存活生长等问题, 有利于水域生态环境的恢复, 使其加快河流生态系统的恢复和健康发展。

## 2 讨论与建议

黑臭河涌在厌氧环境下导致氨氮、COD 大量积累, 河水普遍为劣 V 类水质。硝酸钙可帮助微生物分解有机物, 有效降低 COD; 过氧化钙有利于提高水体中的溶氧, 促进硝化反应, 使氨氮更快被降解, 同时钙离子可与磷酸结合沉淀, 降低水体中磷含量; 联合使用硝酸钙和过氧化钙可结合两者的长处, 显著改善水质。

采用硝酸钙和过氧化钙联合修复黑臭河涌底质技术具有诸多优点: (1) 硝酸钙+过氧化钙可以利用过氧化钙产生氧气促进硝化反应、利用硝酸钙刺激反硝化菌生长, 二者的联合使用, 可以有效实现氮的脱除和磷的固定; (2) 硝酸钙+过氧化钙在底泥修复中对有机污染物以及硫化物的去除能力强, 能有效改善水体黑臭; (3) 硝酸钙+过氧化钙注射法操作简单, 且原材料价格便宜, 降低实际工程成本; (4) 底泥注射的方式对水体中原有生物活动不会造成影响。

黑臭河涌的生态修复治理应以自净能力与生态功能的全面恢复为目标, 过氧化钙虽可在一定程度上实现黑臭水体的快速修复与景观改善, 但并不能完全解决目前的城镇水体污染问题, 需与截污管网、微生物制剂、水生动植物等措施结合实施方可取得良好的修复效果。

## [参考文献]

[1]徐祖信,张锦平,廖振良,等.苏州河底泥对上复水水质污染影响[J].城市环境与城市生态,2005,(06):1-3.

[2]陈豪,左其亭,窦明.河流底泥重金属污染研究进展[J].人民黄河,2014,36(5):71-75.

[3]袁文权,张丽萍.不同供氧方式对水库底泥氮磷释放的影响[J].湖泊科学,2004,16(1):28-33.