试论水环境的生态修复

于辉,许武德

(辽宁省水利水电勘测设计研究院,辽宁 沈阳 110006)

摘要 :从水环境生态修复的概念入手,主要介绍了水生态系统与水环境生态修复机理;从一般水环境到特定水体,分别介绍了相关的水环境生态修复技术和方法。

关键词 :水环境;生态修复;生态系统

中图分类号 :X171.4 **文献标识码** :A **文章编号** :1004-693X(2008)S1-0053-03

受社会发展和经济建设的影响,水体的污染状况日趋严重,给水域生态、人体健康造成了严重的危害。寻找先进实用、造价低廉的技术,对受污染的水体进行修复,已是社会经济发展及生态环境建设的迫切需要。对水体修复的技术方法主要有化学方法、物理方法和生物方法。加入化学药剂杀藻、加入铁盐促进磷的沉淀、加入石灰脱氮等化学方法易造成二次污染,疏挖底泥、机械除藻、引水冲淤等物理方法往往治标不治本。与传统的化学、物理修复技术相比,生态修复技术有以下优点:污染物在原地被降解,修复时间较短,就地处理操作简便,对周围环境干扰少,较少的修复经费,仅为传统化学、物理修复经费的30%~50%;人类直接暴露在这些污染物下的机会减少,不产生二次污染,遗留问题少。水体生态修复技术,是当前水环境技术的研究开发热点。

1 水环境生态修复的概念及其特点

生态修复是指对生态系统停止人为干扰,以减轻负荷压力,依靠生态系统的自我调节能力与自我组织能力使其向有序的方向进行演化,或者利用生态系统的这种自我恢复能力,辅以人工措施,使遭到破坏的生态系统逐步恢复或使生态系统向良性循环方向发展。

水环境生态修复就是按照自然界的自身规律使水体恢复自我修复功能,强化水体的自净能力,修复被破坏的生态环境^[1]。即利用培育的植物或培养、接种的微生物的生命活动,对水中污染物进行转移、转化及降解,从而使水体得到净化的技术。它包括利用植物、动物和微生物吸收、降解、转化土壤和水

体中的污染物,使污染物的浓度降低到可接受的水平,或将有毒有害的污染物转化为无害的物质,也包括将污染物稳定化,以减少其向周边环境的扩散。一般分为植物修复、动物修复和微生物修复3种类型。根据生态修复的污染物种类,它可分为有机污染生态修复和重金属污染的生态修复和放射性物质的生态修复等。从修复原理看,生态修复技术分为原位修复和异位修复。

水环境生态修复的特点是:综合治理,标本兼治,节能环保,设施简单,建设周期短,见效快;因地制宜,擅长解决现有水体的水质问题;综合投资成本低,运行维护费用低,管理技术要求低;生物群落本土化,无生态风险;生物多样性强,生态系统稳定;对污染负荷波动的适应能力强^[1]。

2 水生态系统与水环境生态修复

水生态系统是指陆地淡水水生态系统,包括非感潮的河流、湖泊和水库的生态系统。其边界不应仅限于水面,还应该包括河流、湖泊及水库周边的淡水湿地。淡水环境与陆地有很大差别,主要是弱光、缺氧、密度大、温差小,水生生物在形态、结构和生理等方面都能适应这种生境。在水面下,藻类和水草是生产者,它们通过光合作用制造有机物,成为鱼类、底栖动物和浮游动物的食物。系统中的消费者是以藻类和水草为食的浮游动物、鱼类和底栖动物。而在水底的土壤中有数量巨大的微生物在从事有机物质的分解工作。在周边的湿地,由于处于陆地与水域的交错带,生物群落更为丰富。水陆之间进行着复杂的、周而复始的物质循环和能量流动^[2]。

挺水植物通过对水流的阻尼和减小风浪扰动使悬移质沉降,并通过与其共生的生物群落有净化水质的作用。但它主要吸取深部底泥中的营养盐,通常不或很少直接吸收水中的营养盐,而其部分残体又往往滞留湖底,矿化分解后又会污染水体。所以挺水植物的功能中,有把下层底泥中的营养转移到表层的一面,不利于直接净化水质,加上收割、水位变化对其生长的影响等问题,限制了它们在净化水质中的作用。必须注意管理、收割利用和防止其种群退化。

浮叶植物在一般浅水湖泊中有良好的净化水质效果,种植和收获较容易,有经济效益和观赏效益,在一定季节可以作为重要的支撑系统,但需要及时收获。

大型飘浮植物在光照和营养盐竞争上比浮游植物有优势,有些种群的耐污性很强(如凤眼莲、喜旱莲子草等),已经发展了在大水面大风浪条件下种植的技术,是良好的净化水质选择。浮萍生长快,许多种群能在空气中固氮,覆盖水面后与沉水植物在光照等方面有竞争,一般不宜采用。有些飘浮植物和浮体陆生植物,加上浮力支撑后可水培的植物,是很好的观赏和食用植物,可在一定条件下组合应用,既有净化水质作用,又有经济效益、环境效益和观赏效益。

着生藻类和浮游藻类生长过程中都有净化水质作用。着生藻类的收集不难,浮游藻类的收集也已发展了捕获技术,在一定条件下也可因势利导予以利用,一方面净化水质,另一方面作为资源取出。

各种沉水植物是健康水生态系统的重要组成部分,其耐污程度和对水温、水位、水流、水质、底质等条件各有差异,要根据当地具体自然条件因地制宜、因时制宜在时间空间上予以镶嵌优化组合,使各种种群在整体上互补共生适应季节变化和环 境 灾 变。沉水植物和湖底水生植被的存在可吸附储存生物碎屑于植物根部,增加底泥表层溶氧,遏制磷的释放,阻止上层水体动力扰动向湖底的传输,减少湖底水力交换系数,从而有效地遏制底泥营养盐向水体的释放。

螺、蚌等底栖动物可过滤悬移质,摄食生物碎屑,其分泌物有絮凝作用,螺有刮食着生藻类功能,虾和若干种类鱼类可摄食藻类、碎屑、浮游动物等。这些动物作为健康水生态系统的补充组成,也有重要作用。

微生物,特别是氮循环细菌在水体自净能力中具有不可忽视的作用。有机物的矿化分解,氮素的气化,磷盐的沉降和固定在湖底等都与细菌的作用分不开。自然界的水生植物附近共生有多种远比自由水体中丰富的细菌群落。飘浮植物容易种植,采

用耐污性强,生长快的飘浮植物作为先锋植物,不仅有植物直接吸收营养盐的作用,而且更重要的是有与其共生的细菌的作用,可以很快增加水的透明度,改善水质。

3 水环境生态修复的技术和方法

生态系统具有自组织、自恢复功能,这是自然生态系统的重要特征。人们利用生态系统这个宝贵财富,实现人与自然的和谐^[3]。

3.1 一般水环境的生态修复

在水体的生态修复过程中,各种生物会在不同层次互相影响,互相结合而起到不同的净化作用。其中,最主要、最基本的是微生物的降解作用。

a. 生物处理技术。生物处理技术包括好氧处理、厌氧处理、厌氧-好氧组合处理。其主要原理是人工驯化、培养适合于降解某种污染物的微生物,通过控制室和微生物生长的环境以稳定和加速污染物的降解。

由于生物处理技术起步较早,现在已有很多成熟的工艺,比如SBR、UASB、氧化沟等。这些工艺一般要辅助结合其他一些处理方法,例如物理处理法(如吸附法、重力法、离心法和引力法等)、化学处理法(如凝聚法、提取法、氧化法、离子交换法和沉淀法等)。

b. 生态塘处理法。生态塘是以太阳能作为初始能源,通过在塘中种植水生作物,进行水产和水禽养殖,形成人工生态系统。在太阳能(日光辐射提供能量)的推动下,通过生态塘中多条食物链的物质迁移、转化和能量的逐级传递、转化,将进入塘中污水中的有机污染物进行降解和转化,最后不仅去除了污染物,而且以水生作物、水产的形式作为资源回收,净化的污水也作为再生水资源予以回收再用,使污水处理与利用结合起来,实现了污水处理资源化。

人工生态系统利用种植水生植物、养鱼、养鸭、养鹅等形成多条食物链。污水进入这种生态塘中,其中的有机污染物不仅被细菌和真菌降解净化,而其降解的最终产物,一些无机化合物作为碳源、氮源和磷源,以太阳能作为初始能源,参与食物网中的新陈代谢过程,并从低营养级到高营养级逐级迁移转化,最后转变成水生作物、鱼、虾、蚌、鹅、鸭等产物,从而获得可观的经济效益。

c. 人工湿地处理技术。人工湿地是近年来迅速发展的水体生物-生态修复技术,可处理多种工业废水,包括化工、石油化工、纸浆、纺织印染、重金属冶炼等各类废水,后又推广应用为雨水处理。这种技术已经成为提高大型水体水质的有效方法。人工湿地的原理是利用自然生态系统中物理、化学和生

物的三重共同作用来实现对污水的净化。

人工湿地的显著特点之一是其对有机污染物有较强的降解能力。随着处理过程的不断进行,湿地床中的微生物也繁殖生长,通过对湿地床填料的定期更换及对湿地植物的收割而将新生的有机体从系统中去除。湿地对氮、磷的去除是将废水中的无机氮和磷作为植物生长过程中不可缺少的营养元素,可以直接被湿地中的植物吸收,用于植物蛋白质等有机体的合成,同样通过对植物的收割而将它们从废水和湿地中去除。

d. 土地处理技术。土地处理技术是一种古老、但行之有效的水处理技术。它是将土地作为处理设施,利用土壤-植物系统的吸附、过滤及净化作用和自我调控功能,达到某种程度对水的净化的目的。土地处理系统可分为快速渗滤、慢速渗滤、地表漫流、湿地处理和地下渗滤生态处理等几种形式。国外的实践经验表明,土地处理系统对于有机化合物尤其是有机氯和氨氮等有较好的去除效果。德、法、荷等国均有成功的经验。

生态修复工程的进一步发展应该结合其他技术,使其处理效果更加好。例如,利用基因工程和生物技术筛选超积累、高耐性修复植物和具有特异降解功能的微生物进入处理系统,能更有效的达到处理效果。

3.2 特定水体生态修复

针对具体的河流、湖库、地下水、景观水等特定水体有其特定的修复方法。

a. 河流的生态修复。河流形态的均一化和非连续化改变了生境多样性。其生态修复措施就要针对这些特点进行设计。我国为发展经济,作为基础设施的水利工程将会继续兴建。未来水利工程不仅是能够满足人们供水、灌溉、防洪、航运、发电及旅游需求的工程,也应该是有利于生态建设的环境工程。

b. 湖库的生态修复。大多数湖泊和水库的营养物质、氮、磷和有机碳是过载的,这些过剩营养物质超过了水体的自净能力,同时为藻类生长创造环境。生物降解技术的微生物在细胞团块中消耗这些

过剩营养物质,在竞争中胜过藻类,截断了藻类的有效养分来源,从而去磷、脱氮、除臭。使用生物降解技术产品的显著效果在于它只需几周的时间就可以全部去除藻类,使水体恢复清澈。

c. 地下水的生态修复。地下水生态修复工程技术可以分为原位处理、物理拦阻、地上处理三类。进行地下水生物修复处理时,应注意调查该地的水力地质学参数是否允许向地上抽取地下水并将处理后的地下水返注,地下水层的深度和范围,地下水流的渗透能力和方向,同时也要确定地下水的水质参数如 pH、溶解氧、营养物、碱度、以及水温是否适合于运用生物修复技术。

d. 景观水的生态修复。常用的景观水治理方法有引水换水、循环过滤、投加化学药剂和生态修复技术。受污染水体的生态修复技术的原理是利用培育的生物或培养、接种的微生物的生命活动,对水中污染物进行转移、转化及降解作用,从而使水体得到恢复。不同的人工湖,应根据其自身情况选择相应的治理方法。

e. 水源地的生态保护。饮用水源地是供水载体,直接关系到人们的生活质量。利用水环境生态修复的理念进行水源地生态保护,应把握综合治理,标本兼治,饮水安全至上的原则。对水源地的保护应防治结合,以防为主,提高预警能力;对受污水体的治理应将集中治理与自然修复相结合,以自然修复为主。从纯自然生态的角度出发,提高水体的自净能力,通过食物链的作用有效地转化污染物,以自然界中生态循环的方式创造人与自然和谐的环境。

参考文献:

- [1] 丁文铎,孙燕. 环境水生态修复的概念特点及其应用[J]. 北京水务, 2006(1): 56-57.
- [2] 董哲仁. 河流形态多样性与生物群落多样性[J]. 水利学报, 2003(11): 3-8.
- [3] 董哲仁. 试论生态水利工程的基本设计原则[J]. 水利学报, 2004(10): 3-8.

(收稿日期 2008-05-10 编辑 高渭文)