

浅析生物修复技术 在石油污染治理中的应用

许 晔 刘生瑶 曾 铮

(中国石油集团安全环保技术研究院)

摘 要 生物修复技术是目前人们比较关注的一种新型石油污染治理技术。文章简要介绍了生物修复技术在石油污染的土壤、河流、湖泊、地下水、海洋领域的应用,阐述了该技术的研究将大力推进生物高科技的发展,对环保科技的发展具有重大意义。

关键词 石油污染 生物修复 治理技术

0 引 言

石油产品虽然给人类带来了诸多便利,但石油在开采、运输、加工等过程中会产生大量的污染物,损坏了人类赖以生存的环境。人们几十年来一直在不断地探索各种方法,希望能将伴随石油开发与应用过程中的环境污染降至最低。对石油污染除了采用更加先进的技术外,目前常用的后期治理方法有物理法、化学法和生物法三大类。其中生物修复方法已逐渐为人们所重视,现已成为环境保护技术的重要组成部分之一。它具有处理效果好、工程造价低、低耗能、低成本、不会形成二次污染等优点。

1 生物修复技术的概念

生物修复(bioremediation)技术是利用微生物、植物及其他生物,将环境中的危险性污染物降解为二氧化碳和水或转化为其他无害物质的工程技术系统^[1]。生物修复的概念最初来源于微生物对环境污染的治理,至今许多文献仍沿用bioremediation一词,专指微生物修复,通常将其分为广义的生物修复和狭义的生物修复。

◆ 广义的生物修复 指一切以利用生物为主体的环境污染的治理技术。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

微生物修复三种类型。根据生物修复的污染物种类,它可分为有机污染、重金属污染和放射性物质污染的生物修复等。

◆ 狭义的生物修复 指通过微生物作用清除土壤和水体中的污染物,或是使污染物无害化的过程,它包括自然的和人为控制条件下的污染物降解或无害化过程。

2 生物修复技术的应用

生物修复技术起源于 70 年代,发展于 90 年代,美国领先,应用于海面溢油、河流和湖泊的富营养化、土壤有机污染、地下水系污染等环境修复工程中,在大面积污染治理领域,被普遍认为是最有效、最经济、最具有生态友好性的环境治理技术。

2.1 生物修复被石油烃类污染的土壤

目前,治理石油烃类污染土壤的生物修复技术主要有两类:一类是微生物修复技术,按修复的地点又可分为原位生物修复和异位生物修复;另一类是植物修复法。

2.1.1 微生物修复法

◆ 原位生物修复 将受污染的土壤在原地进行处理。处理期间,土壤基本不被搅动,最常见的就地处理方式是在土壤的水饱和区进行生物降解。除了要加入营养盐、氧源(多为 H_2O_2)外,还需引入微生物以提高生物降解的能力。污染区挖一组井,注入一定的微生物制剂,适量微生物的加入可有效降低有机负

荷, 去除氨氮、亚硝酸氮、硫化氢等有毒物, 形成有益菌优势种群, 强化了系统中污染物的降解、转化作用。地下水经过上述的处理后, 基本可以恢复和再循环使用, 但在地下水循环使用前, 还应加入土壤改良剂。在一定的时间内, 原位处理不可能有效地去除大多数多环芳烃, 而且这种方法因受温度和土壤类型的影响而有一定的局限性。

◆ 异位生物修复 主要包括现场处理法、预制床法、堆制处理法、生物反应器和厌氧生物处理法。其中现场处理法降解过程所用的微生物多为土著微生物, 实践证明: 提高效果还需要引入驯化的微生物; 预制床法虽然对高分子多环芳烃的降解率很低, 但与原位处理技术相比, 预制床处理对三环和三环以上的多环芳烃的降解率明显提高; 堆制法是生物修复技术中的一种新型替代技术, 它对荧蒽($C_{16}H_{10}$)、苯并[a]芘($C_{20}H_{12}$)等 6 种难降解的多环芳烃都有不同程度的降解作用, 多环芳烃的降解随着苯环数的增加而降低, 当多环芳烃的初始浓度提高约 50 倍时, 除荧、蒽外, 其他多环芳烃的降解随着污染浓度的提高而降低; 生物反应器可使土壤与微生物及其他添加剂如营养盐、表面活性剂等彻底混合, 能很好的控制降解条件, 因而处理速度快, 效果好; 最近的研究表明以厌氧还原脱氯为特征的厌氧微生物修复技术有很大的潜力, 土壤泥浆反应器在厌氧操作条件下对PCP(五氯酚)降解速率大于好氧条件, 而且PCP降解速率随颗粒污泥投加量的增加而增大。

2.1.2 植物修复法

植物修复是利用植物体内对某些污染物的积累、植物代谢过程对某些污染物的转化和矿化, 以及植物根圈与根茎的共生关系增加微生物的活性的特点, 加速土壤中污染物降解速度的过程, 包括植物提取、植物降解和植物稳定化三种。

◆ 植物提取 指利用植物吸收累积的污染物, 待收获后才能进行热处理、微生物处理和化学处理。

◆ 植物降解 指利用植物及相关微生物区系将污染物转化为无毒物质。

◆ 植物稳定化 指植物在与土壤的共同作用下, 将污染物固定, 以减少其对生物与环境的危害。

2.2 生物修复被石油污染的河流、湖泊

利用生物对水体中的污染物进行处理, 从而使水体得到净化。该技术廉价实用, 适用于我国江河湖库

大范围的污水治理。主要技术包括: 生物膜法处理技术、人工湿地处理技术、土地处理技术。

2.2.1 生物膜法处理技术

生物膜法是指用天然材料(如卵石)、合成材料(如纤维)为载体, 在其表面形成一种特殊的生物膜, 生物膜表面积大, 可为微生物提供较大的附着表面, 有利于加强对污染物的降解作用。其反应过程是: 基质向生物膜表面扩散→在生物膜内部扩散→微生物分泌的酵素与催化剂发生化学反应→代谢生成物排出生物膜。

生物膜法主要工艺设施有生物廊道、生物滤池、生物接触氧化池等。生物膜法具有较高的处理效率, 对于受有机物及氨氮轻度污染的水体有明显的治理效果, 具有有机负荷较高、接触停留时间短、占地面积小, 节省投资的特点。此外, 运行管理中无污泥膨胀和污泥回流问题, 且耐冲击负荷。

2.2.2 人工湿地处理技术

人工湿地处理技术的原理是利用自然生态系统中物理、化学和生物的共同作用来实现对污水的净化。这种湿地系统是在一定长宽比及底面有坡度的洼地中, 由土壤和填料(如卵石等)混合组成填料床, 污染水可以在床体的填料缝隙中曲折地流动, 或在床体表面流动。同时在床体表面种植具有处理性能好、成活率高的水生植物(如芦苇等), 形成一个独特的动植物生态环境, 对污染水进行处理。

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。废水中的不溶性有机物通过湿地的沉淀、过滤作用, 可以很快地被截留进而被微生物利用; 废水中可溶性有机物则可通过植物根系生物膜的吸附、吸收及生物代谢降解过程而被分解去除。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, 其造价及运行费远低于常规处理技术。

2.2.3 土地处理技术

土地处理技术是一种传统、但行之有效的水处理技术。它是以土地为处理设施, 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, 达到对水的某种程度净化的目的。土地处理系统可分为快速渗滤、慢速渗滤、地表漫流、湿地处理等几种形式。国外的实践经验表明, 土地处理系统对于氨氮和有机化

合物尤其是有机氯等有良好的去除效果。

2.3 生物修复被石油污染的地下水^[2]

石油在开采、炼制、储存过程中会对地下水造成污染,给环境尤其是人类自身带来严重的危害,目前许多国家已颁布相关法规,采取相应的防护措施,同时也在积极开展有关地下水污染的治理研究,常见的方法有隔离法、泵提法、吸水法、生物修复法等。其中生物修复被石油污染的地下水是近年来兴起的,它包括:生物注射法、有机粘土法、抽提地下水系统和回注系统相结合法、生物反应器法等。

2.3.1 生物注射法

该方法是在传统气提技术的基础上加以改进形成的新技术,主要是将加压后的空气注射到污染的地下水下部,气流加速地下水和土壤中有机物的挥发和降解。这种方法主要是抽提、通气并用,并通过增加停留时间促进生物降解,提高修复效率。

2.3.2 有机粘土法

该方法是利用人工合成的有机粘土有效去除有毒化合物,带正电荷的有机修饰物、阳离子表面活性剂通过化学键键合到带负电荷的粘土表面合成有机粘土,表面活性剂可以将有毒化合物吸附到粘土上,从而去除或进行生物降解。

2.3.3 抽提地下水系统和回注系统相结合法

该方法是将抽提地下水系统和回注系统(注入空气或 H_2O_2 、营养物和已驯化的微生物)结合起来,促进有机污染物的生物降解。Smallbeck, Donald R. 等人在加利福尼亚的研究表明,采用此方法修复的环境,可明显促进生物降解。

2.3.4 生物反应器法

该方法就是将地下水抽提到地上部分用生物反应器加以处理的过程,它包括 4 个步骤,自然形成闭路循环。即:①将污染的地下水抽提到地面;②在地面生物反应器内对其进行好氧降解,生物反应器在运转过程中要补充营养物和氧气;③处理后的地下水通过渗灌系统回灌到土壤内;④在回灌过程中加入营养物和已驯化的微生物,并注入氧气,使生物降解过程在有氧状态下,在土壤及地下水层内加速进行。

2.4 生物修复被石油污染的海洋

近年来,海洋石油的勘探开发给我国近岸海域造成的污染日趋加剧,破坏了海洋环境的生态平衡。为解决这一问题,科研工作者进行了大量的实验研究,认为生物修复法是治理海洋石油污染的主要途径,包括利用活有机体、或其制作产品降解污染物,减少毒性或转化为无毒产品,富集和固定有毒物质(包括重金属等),大尺度的生物修复还包括生态系统中的生态调控等。它通常采用投加表面活性剂、外源微生物以及氮磷营养源三种方式。专家发现,在海洋生物中贝类具有良好的过滤和富集特性,可以吸附并消耗苯、酚等多种有毒物质,同时消耗海水中过剩有机物,最终起到净化海水作用。

3 结束语

现阶段我国面临的环境问题包括:主要污染物排放量超过环境承载能力,流经城市的河段普遍受到污染,许多城市空气污染严重,酸雨污染加重,持久性有机污染物的危害开始显现,土壤污染面积扩大,近岸海域污染加剧,核与辐射对环境安全存在隐患。环境污染和生态破坏造成了巨大经济损失,危害群众健康,影响社会稳定和环境安全。而我国的生物修复技术处于刚刚起步阶段。开展以污染控制生物技术为主体的环境生物修复技术的研究,将推进生物技术在环境保护中的应用,并将通过生物高科技的发展带动整个环保科技的发展,解决我国目前和未来面临的严峻的环境保护问题,对我国环境保护和社会经济发展具有重大意义。

参 考 文 献

- [1] 马文漪,杨柳燕.环境微生物工程[M].南京:南京大学出版社,1998
- [2] 董哲仁.生态水工学探索.北京:中国水利水电出版社,2007

(收稿日期 2008-06-30)

(编辑 李 娟)