

# Monitored Natural Remediation in Site-contaminated Soil and Groundwater Remediation

Hao Wang Jiyu Wang Yang Liu

Shandong Academy of Environmental Sciences Co., Ltd., Jinan, Shandong, 250013, China

## Abstract

Soil and groundwater remediation can be divided into two stages: the first stage is engineering remediation, the main purpose of which is to reduce the risk to human health, and the second stage is natural remediation, the main purpose of which is to eliminate the impact on the environment. Because of their inexpensive and sustainable restorative effects, controlled natural restoration techniques and improved restoration techniques have a lot of room for application at both stages. This paper describes the application of controlled natural resource remediation techniques in soil and groundwater remediation, and hopes that our scientific research and remediation practices will pay more attention to and utilize controlled natural remediation.

## Keywords

contaminated soil; groundwater; monitoring; natural remediation

# 场地污染土壤和地下水修复中受监控的自然修复

王浩 王继宇 刘阳

山东省环境保护科学研究设计院有限公司, 中国·山东 济南 250013

## 摘 要

土壤和地下水修复可分为两个阶段: 第一阶段是工程修复, 其主要目的是减少对人类健康的风险; 第二阶段是自然修复, 其主要目的是消除对环境的影响。由于它们具有廉价和可持续的修复作用, 受控制的自然修复技术和改进的修复技术在这两个阶段都有很大的应用空间。论文介绍了可控自然资源修复技术在土壤和地下水修复中的应用, 希望我们的科学研究和修复实践将更多地关注和利用受控的自然修复。

## 关键词

污染土壤; 地下水; 监控; 自然修复

## 1 引言

近年来, 土壤盐碱化、地下水污染等问题引起了大多数人的关注。全国 195 个城市的监测结果表明, 97% 的城市地下水受到不同程度的污染, 40% 的城市地下水污染加剧。如果这些问题得不到及时解决, 将危及人类的安全生存和发展以及经济的可持续发展。因此, 受污染土壤和地下水的修复问题在国内外环境保护研究中处于核心地位。土壤作为环境保护的工程中心, 是人类赖以生存的物质基础, 为自然界的生命提供了至关重要的生存空间, 与有生命、无生命的有机体紧密相连。

土壤是工农业赖以生存的基础, 也是环境因素的重要组成部分。进入土壤的污染物会因土壤与地下水的相互作用而污染地下水。土壤和地下水污染不仅对工农业发展产生不利影响, 还导致地表水二次污染、植物系统被入侵, 通过

食物链渗透人体, 严重危害人类健康和社会经济生态环境。因此, 土壤和地下水的修复是社会各界关注的问题<sup>[1]</sup>。近年来, 风险管理的概念已被引入受污染土壤和地下水的修复实践中, 并采用了多种技术来防止污染物进入人体、土壤和地下水, 即消除人类健康风险以及与土壤和地下水污染有关的问题, 这是第一阶段受控自然修复技术的目标。第二阶段的目标是保持生态系统平衡, 修复土壤和地下水的基本功能。根据实际应用自然修复技术的经验, 这项技术正在美国积极引进和使用。主要是因为土壤和地下水的可持续修复过程中, 它能有效降低修复成本, 确保人与环境的安全。它被称为“第二代土壤和地下水污染管理工具”。

## 2 监测的修复 / 自然修复技术

自然修复, 也称为修复生物衰减, 是指利用吸附、挥发性、稀释、扩散、化学反应、生物降解等自然物理、化学和生物过程, 减少污染物的浓度、数量、体积、毒性和流动性, 在没有人为影响的污染地区进行生物固定和生物降解。现场大部分污染物都会自然腐烂, 但必须有足够的条件和时间。

【作者简介】王浩(1993-), 男, 中国山东枣庄人, 硕士, 工程师, 从事土壤与地下水环境研究。

为了了解场地污染物自然衰减的过程,有必要对土壤或地下水进行定期监测,如自然修复过程未能如期达到修复目标,可采取更积极的措施,加快或延续自然修复过程。这种技术被称为加强自然修复,也是一种低能量、可持续的土壤和地下水修复技术。它可以作为修复技术和监测自然修复技术之间的技术“桥梁”。这已成为修复地下水污染和土壤生物降解的重要策略<sup>[2,3]</sup>。

21世纪初,在美国一些河流中,受污染的沉积物正在自然修复。1955年至1977年期间,该区域多氯联苯的总排放量超过40万公斤;1977年,该地区停止使用多氯联苯,并开始了一个受控制的自然沉积物回收项目。大约25年后,表层沉积物中的多氯联苯浓度下降到10mg/kg至66mg/kg,并通过生物和其他自然过程逐渐转化为低氯多氯联苯。1965年大量的含汞废水被引入该水域,1971年又实施了污染物排放控制。经过30年的自然修复,地表沉积物中的汞含量从近100mg/kg降至小于1mg/kg;最大分解速率接近历史排放量。

近年来,受控的自然修复技术和改进的自然修复技术广泛应用于欧洲和美洲许多国家受污染的土壤和地下水修复中。在美国,地下水中的有机污染物主要通过修复技术来处理,而欧洲国家主要采用氯化溶剂、矿物油和BTEX的自然修复技术,处理多环芳烃、土壤中的重金属和一些污染物,如氨和氰化物。值得注意的是,欧洲一些较为寒冷的国家并不认为自然修复技术是土壤和地下水回收的主要方向之一,可能是因为自然修复过程中,温度是抑制生物降解的主要因素,而人们对高山地区条件下的自然修复过程并不了解。很少有相关的研究和文献来源说明,在高原地区也有修复生物降解的自然过程<sup>[4-6]</sup>。

### 3 氯化烃对浅层地下水的污染与治理

何江涛先生和其他人在《评估地表地下水氯化碳氢化合物污染的自然缓解》一文中强调,在华北某城市地表水污染调查中,已发现该区域四氯乙烯生物降解速率的常数和常数自然衰减率分别为0.000925d<sup>-1</sup>和0.000537d<sup>-1</sup>,表明该地区地表地下水中四氯乙烯可能存在自然生物降解,但降解速度较慢,可利用自然修复技术处理氯化烃,提高四氯乙烯的自然降解率。污染地下水中氯烃的自然衰减机理,表明在一定的氧化还原电位下,氯烃在微生物催化作用下可以有序降解。在消耗二氧化碳和硫酸盐之后,开始了铁和锰的生物降解以及硝酸盐的脱盐。在区域内采用受污染地下水的自然修复技术,并将非价纳米材料作为诱导修复的条件,可以有效地促进区域内厌氧微生物的繁殖,加快修复速度。张新宇等人对中国北方受污染地下水污染的四氯化碳进行了健康风险评估<sup>[6]</sup>。

### 4 土壤和地下水的铬污染及其治理

由于中国土壤和地下水中铬污染的现状,中国简易电

杆释放的铬锈超过500万吨。迄今为止,近200万吨铬锈尚未得到有效处理,铬锈中铬含量为1%~2%。简单堆放会对该区域的土壤和地下水造成严重的铬污染,并会污染和威胁周围的地表水<sup>[7]</sup>。目前,中国有60多个铬锈污染区。铬污染在这些地区的分布是复杂的。建筑物、植物、土壤、沉积物和地下水都受到不同程度的铬污染。在严重污染的土壤中,铬的质量浓度高达1000mg。在严重污染的地下水中,铬的质量浓度高达1400mg。

为了解决这些问题,通常会结合自然修复措施,对受铬渣污染的地段采取综合清理和修复措施。主要是采用原位化学法和臭味淋滤法修复铬污染严重的土壤,采用萃取技术处理铬污染的地下水。例如,在受污染地区,利用气体萃取技术将地下水中的污染物转化为气相,提取到表面,然后收集起来进行集中处理。该方法可用于原位操作,操作简单,环境干扰小,能有效去除挥发性有机物。萃取技术是基于污染物的挥发性,污染物在进入土壤毛孔时形成蒸汽,移动到表面进行集中净化。通过萃取有效降低土壤和地下水中的铬含量,使其不影响人类健康,达到自然修复技术第一阶段监测的目的;然后,根据风险管理概念对铬渣污染地段的环境风险进行评估,并引入更好的环境修复技术,以确保以较低的成本进行有效处置,同时考虑到工程措施的安全性、经济性和可行性<sup>[8]</sup>。

向铬污染地下水区域注入缓释聚乳酸甘油的工具,促进地下水中微生物的生长和繁殖,促进水中氧、硝酸盐和硫酸盐等电子受体的消耗;因此,水溶性铬的浓度显著降低,从而不影响周围生物的发育,维持生态平衡。利用先进的技术和设备,全面监测地下水的化学、物理和微生物变化,定期分析沉积物样品的含量,了解地下水处理的效果。结果表明,一次性注射长效聚乳酸甘油可维持修复三年。在铬污染土壤中注入乳酸乙烯可以改善土壤修复效果。从中国的实施实践来看,中国污染地区土壤和地下水恢复的目标是基于对人类健康的风险,这是物理修复第一阶段的目标技术。从文献中了解到,中国许多地区都存在地下水物理降解和土壤污染过程,这表明他们具备使用恢复技术应用物理恢复监控的先决条件。在实施过程中,要解决的主要问题是:我们能够正确认识和监测自然恢复过程中的各种现象,以恢复受污染的土壤和地下水,通过风险管理的概念正确评估模型,并提出下一阶段的处理方案:加强污染退化的自然过程;以及通过监测物理恢复的技术措施,降低土壤和地下水中污染物的含量,并通过自然转化为其他无毒物质,逐步恢复土壤和地下水生态功能的化学和生物过程<sup>[9]</sup>。

### 5 土壤重金属污染与治理

重金属受土壤污染最严重:

重金属不能被微生物降解,但很容易被土壤中的胶体吸附,被微生物富集,有时转化成毒性更大的物质。在土壤

被重金属普遍污染后,很难根除。环境中重金属污染的来源主要是矿物的提取和燃烧、农药和肥料、工业废水、污泥和废物。例如,尽管自然界中的汞总量很小,但土壤中的汞污染分布广泛。随着工业的发展,汞的使用量增加,产量增加。由于工业生产,大量汞进入环境,使用后大部分以三废的形式排入大自然,造成土壤汞污染严重。汞是一种剧毒产品。如果土壤中含有高浓度的汞,汞蒸气从地面飞出会导致人和动物的急性和慢性中毒<sup>[10]</sup>。

在治理土壤重金属污染方面,应用自然修复技术可取得良好的治理效果,成本低,对环境影响较小。由于重金属不能被分解,因此只能采取一些措施将其转化为另一种形式——从高浓度到低浓度,使其在体内富集;种植木本、液体和野生植物可以吸收土壤中的重金属;通过生物活性原理,重金属可以转化为低毒产品或降低重金属的迁移率。利用植物从土壤中去放射核素,净化空气;通过植物提取技术,植物可以从土壤中提取金属,并在土壤上用植物根或枝条进行富集;采用根际过滤方法对土壤中的有毒金属进行吸收、沉淀和富集;植物检疫技术用于激活土壤中的重金属进行植物降解,从而限制重金属在地下水中的传播<sup>[11]</sup>。

## 6 结语

可控的自然环境修复技术由于成本低、回报长期等优势,受到国内外的关注并付诸实践,取得了实实在在的效果。以中国受控自然修复/地下水修复技术的作用和阶段性目标分析为例,对该技术应用的四个阶段进行了阐述,并以具体的研究和文献为结论,简要介绍了自然资源修复技术在实践中的实际应用,分析了其在中国土壤和地下水污染治理中的

应用可行性,并给出了良好的经济效益和社会效益,对中国受污染土壤和地下水的修复具有一定的支撑。

## 参考文献

- [1] 李小平,程曦.场地污染土壤和地下水修复中受监控的自然修复/恢复技术的应用与研究进展[J].环境污染与防治,2013,35(8):73-78.
- [2] 蔡子波.加油站场地调查及污染土壤和地下水修复方法研究[J].化工管理,2021(14):48-50.
- [3] 李志龙.基于加油站场地调查背景下的污染土壤和地下水修复方法[J].科学与财富,2020(8):96.
- [4] 莫欣岳,李欢,安伟铭,等.基于健康风险的土壤和地下水修复目标分析——以某石油化工污染场地为例[J].江苏农业科学,2017,45(10):205-208.
- [5] 林光鑫,孙玉梅.膨润土在污染场地土壤修复和地下水污染防治中的应用分析[J].地球,2016(12):365-365.
- [6] 胡宏涛,龙明策.加油站场地调查及污染土壤和地下水修复方法研究[J].中国资源综合利用,2018,36(4):86-87+92.
- [7] 罗晶.工业企业停产地块土壤和地下水污染状况初步调查研究[J].中国资源综合利用,2022,40(2):34-37.
- [8] 熊贵耀,吴吉春,杨蕴,等.有机污染土壤-地下水系统中的微生物场及多场耦合研究[J].地学前缘,2022,29(3):189-199.
- [9] 刘俊,徐蒙蒙,陈静,等.某典型有机污染场地健康风险评估研究[J].能源与环保,2022,44(1):89-96.
- [10] 赵雷.土壤与地下水环境管理问题思考与对策[J].皮革制作与环保科技,2022,3(1):170-172.
- [11] 董书豪,骆瑞华.某汽车厂场地土壤和地下水污染特征分析[J].广东化工,2021,48(22):154-156.