

ICS 13.030.10  
CCS Z70

# T/SDEPI

团 体 标 准

T/SDEPI 022—2021

## 石油污染土壤微生物修复技术规范

Technical specification for microbial remediation of petroleum-contaminated soil

2021 - 10 - 15 发布

2021 - 10 - 15 实施

山东省环境保护产业协会 发布

## 目 次

前言.....	II
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 微生物修复流程.....	2
5 微生物修复方法.....	3
6 监测与分析.....	4
7 要求.....	4
附录 A（规范性） .....	6

SDEPI

## 前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由山东省环境保护产业协会提出并归口。

本文件起草单位：山东省科学院生态研究所（山东省科学院中日友好生物技术研究中心）、东营金岛环境工程有限公司、香山红叶建设有限公司、山东百科利生态科技有限公司、杰瑞环保科技有限公司、大庆百世环保科技开发有限公司、青岛科技大学、山东省环境保护产业协会。

本文件主要起草人：王加宁、宋繁永、黄玉杰、徐沛、李敏、张强、张闻、傅晓文、李天元、于国明、薛振辉、郭锋、张海秀、张俊锋、张琦、赵世刚、张树立。

SDEPI

# 石油污染土壤微生物修复技术规范

## 1 范围

本标准规定了石油污染土壤微生物修复方法的选择原则、修复流程和技术要求。

本标准适用于我国石油污染土壤的微生物修复。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 32741 肥料和土壤调理剂 分类

GB 36600-2018 土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准

NY/T 2321 微生物肥料产品检验规程

NY/T 52 土壤水分测定法

LY/T 1228 森林土壤氮的测定 凯氏定氮法

LY/T 1232 森林土壤磷的测定 比色法 连续流动分析仪测定法

HJ 1021 土壤和沉积物 石油烃（C10-C40）的测定 气相色谱法

HJ 962 土壤 pH 值的测定 电位法

HY/T 0286 海洋岸滩石油污染微生物修复指南

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1 微生物修复

利用微生物的降解作用清除环境中污染物的一个自发或受控的过程。

可分为微生物原位修复和微生物异位修复。原位微生物修复指在污染的原地点进行的微生物修复。异位微生物修复指移动污染物到临近地点或反应器内进行的微生物修复。

### 3.2 外源营养物质

在微生物生活环境中，为促进其生长代谢人为添加的营养物质。

可分为水溶性和缓释型两种。水溶性营养物质指易溶解在水中的有机或无机营养物质。缓释型营养物质指具有合适的释放速率，在水溶液中可缓慢释放的营养物质。

### 3.3 石油污染土壤

是指原油和石油产品在开采、运输、储存以及使用过程中，进入到土壤环境，使土壤环境正常功能

失调和土壤质量降低的污染土壤。

### 3.4 石油烃降解微生物

是指能将石油烃类化合物降解成为低分子化合物或完全分解为二氧化碳和水的微生物。

### 3.5 土壤调理剂

是指加入土壤中以改善土壤物理、化学和/或生物性状的物料，适用于改良土壤结构、降低土壤盐碱危害、调节土壤酸碱度、改善土壤水分状况或修复污染土壤等。主要分为无机土壤调理剂、有机土壤调理剂和合成有机土壤调理剂。

## 4 微生物修复流程

### 4.1 微生物原位修复流程（图 1）

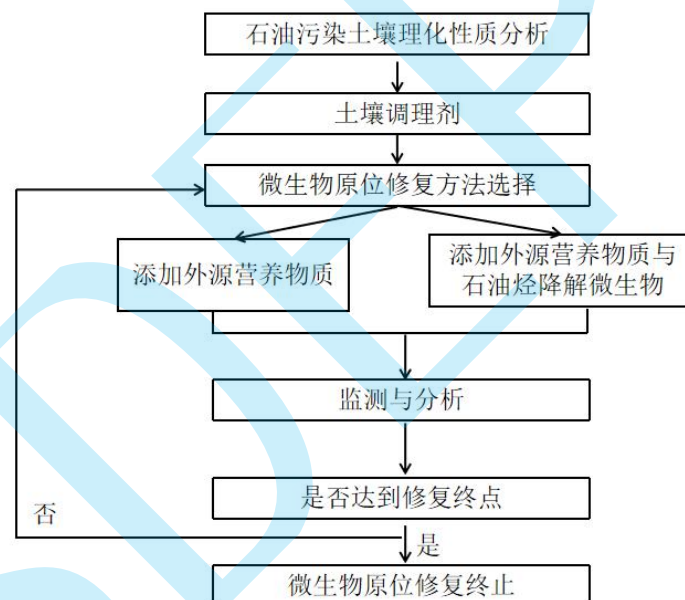


图 1 微生物原位修复流程图

根据场地面积、污染深度等因素对石油污染土壤进行多点取样，分析酸碱度、有机质含量、有效活菌数等土壤理化性质，按照土壤理化性质的分析结果适当添加土壤调理剂，将其调整至适宜微生物生长的范围。污染土壤中的有效活菌数不低于 $10^7$  CFU/g时可采用只添加外源营养物质法；污染土壤中的有效活菌数低于 $10^7$  CFU/g时则需同时添加外源营养物质与石油烃降解微生物。对土壤中石油烃浓度与有效活菌数进行定期监测，监测频率不低于每周一次。如果石油烃浓度超过一个月保持不变且未达到修复终点，则需对其补加外源营养物质和/或石油烃降解微生物，直至微生物修复终止。

### 4.2 微生物异位修复流程（图 2）

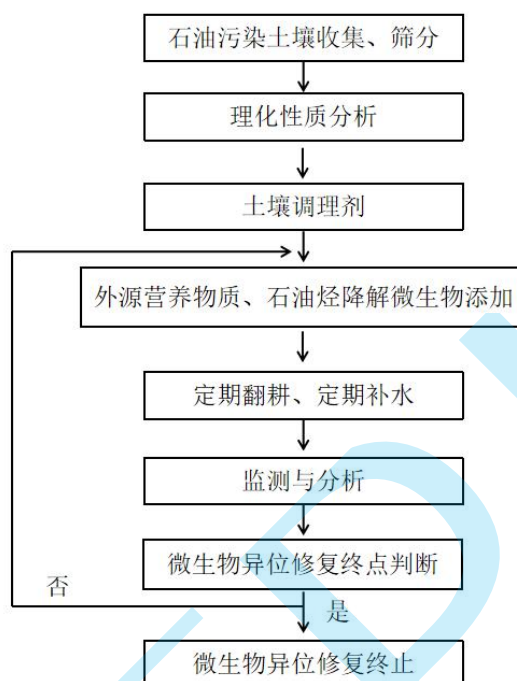


图2 微生物异位修复流程图

石油污染土壤收集后首先进行筛分去除杂质，分析酸碱度、有机质含量、有效活菌数等土壤理化性质，按照土壤理化性质的分析结果适当添加土壤调理剂，将其调整至适宜微生物生长的范围。将污染土壤与外源营养物质、石油烃降解微生物混合均匀后进行堆置，定期翻耕的同时适当补充水分，使土壤水分保持在 15~25% 的范围内，翻耕补水频率不低于一周一次。对土壤中石油烃浓度与有效活菌数进行定期监测，监测频率不低于每周一次。如果石油烃浓度超过一个月保持不变且未达到修复终点，则需对其补加外源营养物质和/或石油烃降解微生物，直至微生物修复终止。

## 5 微生物修复方法

### 5.1 微生物修复方法选择原则

输油管线泄露等产生的石油烃含量大于 5% 的石油污染土壤建议异位微生物修复，废弃井场及沉降形成的石油烃含量不大于 5% 的石油污染土壤建议原位微生物修复。

### 5.2 土壤调理剂的选择

根据土壤理化特性，有针对性的选择土壤调理剂（参考附录 A），将土壤有机质含量、酸碱度等参数调理至适宜微生物生长的范围。

### 5.3 外源营养物质的选择与施加

#### 5.3.1 外源营养物质的选择

石油烃含量不大于 5%的石油污染土壤，在微生物修复过程中建议选择水溶性营养物质；石油烃含量大于 5%的石油污染土壤，建议选择缓释型营养物质。

### 5.3.2 外源营养物质的施加

微生物修复过程中建议按照碳：氮：磷比例为 100：(5~10)：1 添加氮磷营养物质，宜进行少量多次添加。

## 5.4 石油烃降解微生物的选择与施加

### 5.4.1 石油烃降解微生物的选择

根据不同性质的污染土壤以及不同污染区域的自然环境，建议选择不同的石油烃降解微生物。修复过程采用的石油烃降解微生物，以高效的石油烃降解微生物为主，辅以适合当地环境的植物促生菌及表面活性剂产生菌。

### 5.4.2 石油烃降解微生物的施加

按照适当比例将石油烃降解微生物与石油污染土壤混匀进行微生物修复，为保证石油烃降解微生物在修复过程中的活性，混合后土壤中有效活菌数应不低于  $10^7$  CFU/g。在微生物修复过程中应采用定期翻耕或强制通风等通气措施。

## 6 监测与分析

石油污染土壤微生物修复的监测项目和分析方法见表1。微生物修复开始后，应分时段采集样品，进行监测与分析。

表 1 监测项目和分析方法

序号	监测项目	分析方法	引用标准	备注
1	有效活菌数	平板计数法	NY/T 2321	
2	pH	电位法	HJ 962	测定间隙水中 pH
3	石油烃组分	气相色谱法	HJ 1021	
4	土壤氮	凯氏定氮法	LY/T 1228	
5	土壤磷	比色法 连续流动分析仪测定法	LY/T 1232	
6	土壤水分	烘干法	NY/T 52	

## 7 要求

7.1 修复后的石油污染土壤用于铺设通井路、铺垫井场时，石油烃总量应不大于 2%。

7.2 修复后的石油污染土壤中污染物浓度低于《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准》（GB 36600-2018）中规定的建设用地土壤污染风险筛选值相关要求时，可用于 GB 36600-2018 中规定的相应

建设用地。

7.3 修复后的石油污染土壤，经鉴别不再具有危险特性的，不属于危险废物，其后续利用处置方式可按照地方标准有关规定执行。

SDEPI



附 录 A  
(规范性)  
土壤调理剂的分类

A.1 无机调理剂

A.1.1 钙、镁、硫土壤调理剂

A.1.1.1 石灰质材质（钙、镁）

含有钙镁中的一种或两种元素的无机土壤调理剂，主要是氧化物、氢氧化物或碳酸盐的形式，主要是用于保持或提高土壤的pH值。

A.1.1.2 其他无机土壤调理剂

A.1.1.1以外的土壤调理剂，如合成产品。

A.2 有机土壤调理剂和合成有机土壤调理剂

A.2.1 有机土壤调理剂

来源于植物或动植物的产品，用于改善土壤的物理性质或生物活性。

A.2.2 合成有机土壤调理剂

通过合成制得的，主要用于改善土壤的物理和/或生物性质的有机土壤调理剂。

A.3 添加了肥料的有机土壤调理剂

在有机土壤调理剂中添加少量肥料的产品。

---