

团 体 标 准

T/CSES 154—2024

有机污染场地土壤生物修复技术规范  
固定化微生物菌剂

Technical specifications for soil bioremediation of organics  
contaminated sites—Immobilized microbial cultures

2024-08-05 发布

2024-08-05 实施



## 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 固定化微生物菌剂技术要求.....	2
5 检测方法 .....	3
6 检验规则 .....	4
7 标志、包装、贮存和运输.....	5

## 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。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由南开大学提出。

本文件由中国环境科学学会归口。

本文件起草单位：南开大学、北京建筑大学、上海应用技术大学、贵州英冠农业生态科技有限公司。

本文件主要起草人：刘维涛、李剑涛、于淼、银川、李法云、高大文、梁红、王立涛、郑泽其、周建飞、高正。

全国团体标准信息平台

# 有机污染场地土壤生物修复技术规范

## 固定化微生物菌剂

### 1 范围

本文件规定了有机污染场地土壤生物修复的固定化微生物菌剂的技术要求、检测方法、检验规则及标志、包装、贮存和运输。

本文件适用于土壤有机污染物包括石油烃、多环芳烃和卤代烃降解的固定化微生物菌剂。

### 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 4789.2 食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数测定
- GB 20287 农用微生物菌剂
- GB/T 23349 肥料中砷、镉、铬、铅、汞含量的测定
- HJ/T 415 环保用微生物菌剂环境安全评价导则
- HJ 736 土壤和沉积物 挥发性卤代烃的测定 顶空/气相色谱-质谱法
- HJ 784 土壤和沉积物 多环芳烃的测定 高效液相色谱法
- HJ 1021 土壤和沉积物 石油烃（C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub>）的测定 气相色谱法
- NY 227 微生物肥料
- SB/T 10317 蛋白酶活力测定法
- T/CSES 153 有机污染场地土壤生物修复技术规范 微生物固定化生物炭载体

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

**固定化微生物菌剂** immobilized microbial culture

运用物理-化学方式将筛选的微生物固定在选定的载体材料上，使其高度富集并保持生物活性，在适宜的条件下能够快速、大量增殖的微生物制剂。

#### 3.2

**有效活菌数** living bacteria count

能有效降解有机物的功能菌种及辅助菌种的活跃菌数量。

注：计量单位为亿（CFU）/g（mL）。

#### 3.3

**目标有机污染物降解率** target organic pollutant degradation rate

目标污染物在一定条件下降解量与目标污染物初始含量的百分比。

$$x = \frac{C_0 - C_t}{C_0} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- x —— 目标有机污染物降解率，%；
- C<sub>0</sub> —— 目标污染物初始含量，mg/kg；
- C<sub>t</sub> —— 目标污染物降解完成后的含量，mg/kg。

## 4 固定化微生物菌剂技术要求

### 4.1 一般规定

#### 4.1.1 菌种选择

菌种选择应符合以下规定：

- a) 菌种应具有安全性、高活性和稳定性等特点，环境安全评价宜符合 HJ/T 415 的规定。
- b) 固定化前确认其性能没有退化，检测方法应符合 GB 20287 的规定。菌种出现以下状况时应进行菌种复壮：
  - 菌体形态及菌落发生变化；
  - 代谢活性降低，生长速度减慢；
  - 重要功能生产能力（尤其是对污染物的降解能力）下降；
  - 抵御不良环境条件能力减弱。

#### 4.1.2 载体材料选择

4.1.2.1 载体材料选择应符合以下规定：

- a) 应具有可使用性、环境友好性、安全性和经济性；
- b) 应具有高的载体活性，固定化细胞密度大；
- c) 应具有良好的力学强度和化学稳定性，耐微生物分解；
- d) 应具有良好的传质性能，底物和产物的扩散阻力小。

4.1.2.2 选择生物炭作为载体材料时，宜符合 T/CSES 153 的规定。

### 4.2 固定化微生物菌剂性能指标要求

产品按剂型分为液体型、固体型（粉剂型和颗粒型）。固定化微生物菌剂指标和无害化指标见表1。

表1 固定化微生物菌剂指标和无害化指标

项目	剂型		
	液体型	粉剂型	颗粒型
外观（感观）	无异臭味	无恶臭味，质地松散	无腐败味，无明显杂质
有效活菌数，亿（CFU）/g（mL）	≥5	≥2	
蛋白酶活性，u/g（mL）	≥15		
pH值	5.0~8.0	5.5~8.5	5.5~8.5
含水率，%	—	≤35.0	≤20.0
有机质（以C计），%	—	≥20	≥25
细度，%	—	≥80	≥80
目标有机污染物降解率，%	≥60		
杂菌率，%	≤10	≤20	≤30
粪大肠杆菌数，个/g或个/mL	≤100		
蛔虫卵死亡率，%	≥95		
汞及化合物（以Hg计），mg/kg	≤5		
镉及化合物（以Cd计），mg/kg	≤10		

表 1 固定化微生物菌剂指标和无害化指标（续）

项目	剂型		
	液体型	粉剂型	颗粒型
铬及化合物（以Cr计），mg/kg	≤150		
铅及化合物（以Pb计），mg/kg	≤50		
砷及化合物（以As计），mg/kg	≤30		
保质期，天	≥90	≥180	≥180

## 5 检测方法

### 5.1 外观（感官）的测定

取少量样品放到白色搪瓷盘（或白色塑料调色板）中，仔细观察样品的形状、质地。扇闻固定化微生物菌剂的气味。

### 5.2 有效活菌数检测

按照GB 4789.2的规定进行检测。

### 5.3 蛋白酶活性测定

按照SB/T 10317的规定进行检测。

### 5.4 pH值测定

按照GB 20287的规定进行检测。

### 5.5 含水率测定

按照GB 20287的规定进行检测。

### 5.6 有机质测定

按照NY 227的规定进行检测。

### 5.7 细度测定

按照NY 227的规定进行检测。

### 5.8 目标有机污染物降解率测定

以人工污染土壤为测试对象，石油烃中以柴油为目标有机污染物，初始浓度为5000 mg/kg，投料比为2%，降解60天后测定目标有机污染物含量；多环芳烃中以萘、芴或菲为目标有机污染物，初始浓度为20 mg/kg，投料比为2%，降解40天后测定目标有机污染物含量；卤代烃中以三氯甲烷或三氯乙烯为目标有机污染物，初始浓度为5 mg/kg，投料比为2%，降解10天后测定目标有机污染物含量。降解条件为土壤含水率保持20%，土壤中初始保持C：N：P=100：10：1。

石油烃按照HJ 1021的规定进行检测；多环芳烃按照HJ 784的规定进行检测；卤代烃按照HJ 736的规定进行检测。

降解率按照公式（1）进行计算。

### 5.9 杂菌率测定

按照GB 20287的规定进行检测。

### 5.10 粪大肠杆菌数测定

按照GB 20287的规定进行检测。

### 5.11 蛔虫卵死亡率测定

按照GB 20287的规定进行检测。

### 5.12 汞、镉、铬、铅、砷测定

按照GB/T 23349的规定进行检测。

### 5.13 保质期检验

产品在阴凉干燥的条件下贮存，在表1规定的保质期到达时间后一周内，按照5.1~5.7测定产品相应指标。

## 6 检验规则

### 6.1 检验分类

#### 6.1.1 出厂检验

产品出厂前应逐批次进行检验，检验合格并签发质量合格证的产品方可出厂。

#### 6.1.2 型式检验

一般情况下，同一类产品的型式检验每年至少进行一次，但有下列情况之一者，也应进行型式检验：

- a) 新产品鉴定时或正常生产产品停产3个月后重新恢复生产时；
- b) 产品的关键工艺、原辅材料（菌种、载体等）、设备等有较大更改与变化时；
- c) 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时；
- d) 合同规定时。

### 6.2 检验项目

出厂检验与型式检验项目见表2。

表2 出厂检验与型式检验项目

检验项目	检验分类	
	出厂检验	型式检验
外观（感官）	√	√
有效活菌数	√	√
蛋白酶活性	√	√
pH值	√	√
含水率	√	√
有机质	√	√
细度	√	√
目标有机污染物降解率	√	√
杂菌率	—	√
粪大肠杆菌数	—	√
蛔虫卵死亡率	—	√
汞及其化合物（以Hg计）	—	√

表2 出厂检验与型式检验项目（续）

检验项目	检验分类	
	出厂检验	型式检验
镉及其化合物（以Cd计）	—	√
铬及其化合物（以Cr计）	—	√
铅及其化合物（以Pb计）	—	√
砷及其化合物（以As计）	—	√
保质期	—	√

注：表中“√”表示需要进行检验；“—”表示无需进行检验。

### 6.3 判定规则

#### 6.3.1 具下列任何一条款者，均为合格产品：

- a) 检验结果各项技术指标均符合指标要求的产品；
- b) 在产品外观、含水率、细度、pH值、有机质等检测项目中，有一项不符合指标要求，而其他各项技术指标符合指标要求的产品。

#### 6.3.2 具下列任何一条款者，均为不合格产品：

- a) 有效活菌数不符合技术指标要求；
- b) 蛋白酶活性不符合技术指标要求；
- c) 目标有机污染物降解率不符合技术指标要求；
- d) 杂菌率不符合技术指标要求；
- e) 粪大肠杆菌数不符合技术指标要求；
- f) 蛔虫卵死亡率不符合技术指标要求；
- g) 汞、镉、铬、铅、砷中任何一项不符合技术指标要求；
- h) 产品外观、含水率、细度、pH值、有机质等检测项目中，有两项（含）以上不符合技术指标要求。

### 6.4 组批与抽样规则

固定化微生物菌剂按批检验，以每一生产周期内每一固定化装置生产的产品为一批。采取随机抽样的方式，抽样方法宜符合GB 20287的规定。

## 7 标志、包装、贮存和运输

### 7.1 标志

产品上应标志产品名称及商标、产品规格、产品执行标准、产品登记证号、生产者名称、地址、生产日期或生产批号、保质期等内容。

### 7.2 包装

包装应完整、安全、牢固、适合贮存运输。固定化微生物菌剂颗粒型和粉剂型包装材料宜防水防光，袋口应密封牢固。液体型小包装用防光玻璃瓶或塑料瓶，外包装用纸箱。

产品包装中应有产品合格证和使用说明书，在使用说明书中标明使用范围、方法、用量及注意事项等内容。

### 7.3 贮存

产品应贮存在阴凉干燥条件下，温度宜保持在0℃~4℃。不应与有毒、有害、具有腐蚀性物质共同贮存。

#### 7.4 运输

运输过程中应有遮盖物，防止雨淋、日晒及高温。运输工具清洁无污染，以保证产品质量，轻装轻卸，避免包装破损。不应与对产品有毒、有害的其他物品混装、混运。

---