

ICS 13.020.99  
CCS Z00

# 团 体 标 准

T/ACEF□□□-2023

## 焦化污染土壤多环芳烃生物修复智能监测 预警技术指南

Technical guideline for intelligent monitoring and early warning for bioremediation  
of polycyclic aromatic hydrocarbons in coking contaminated soil  
(征求意见稿)

2023-□□-□□发布

2023-□□-□□实施

中华环保联合会 发布

# 目 录

前 言.....	I
1 范围.....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义.....	1
4 监测点位布设 .....	2
5 样品采集.....	3
6 监测预警系统构成 .....	3

# 前 言

本文件按照 GB/T1.1-2020《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。

本文件由中华环保联合会提出并归口。

本文件编制起草单位：中国环境科学研究院、北京工业大学、河南省科悦环境技术研究院有限公司、天津大学、北京建工环境修复股份有限公司、天津壹鸣环境污染治理有限公司、北京化工大学

本文件主要起草人：魏潇淑、王晓伟、王文思、杨霓云、李鹏、何理、罗春辉、张秋英、肖欣欣、杨乐巍、刘渊文、郭涛、徐仲均、王富加、王凡、李曹乐、段旭、孟甜、丁浩然、谢倩、陈成、高强、耿淑琴

# 焦化污染土壤多环芳烃生物修复智能监测预警 技术指南

## 1 范围

本文件提出了焦化污染土壤多环芳烃生物修复智能监测预警平台的设计、建设和管理的技术指导。

本文件适用于焦化污染土壤多环芳烃生物修复智能监测预警平台的设计、建设和管理等。其他类型污染土壤生物修复智能监测预警平台的设计、建设、管理等可参照本文件执行。

## 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 8978	污水综合排放标准
GB 14554	恶臭污染物排放标准
GB 16171	炼焦化学工业污染物排放标准
GB 16297	大气污染物综合排放标准
HJ 169	建设项目环境风险评价技术导则
HJ 212	污染物在线监控（监测）系统数据传输标准
HJ 353	水污染源在线监测系统（COD <sub>Cr</sub> 、NH <sub>3</sub> -N 等）安装技术规范
HJ 355	水污染源在线监测系统（COD <sub>Cr</sub> 、NH <sub>3</sub> -N 等）运行技术规范
HJ 1283	污染土壤修复工程技术规范 生物堆
HJ 1286	固定污染源废气 非甲烷总烃连续监测技术规范

## 3 术语和定义

HJ 682 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

#### 焦化污染土壤 **coking contaminated soil**

焦炭生产过程中产生大量含有多环芳烃、氰化物、氟化物、总石油烃、重金属等污染物的废水、废气、废渣，这些含有有害物质的污染物经沉降、泄露、淋

溶会进入焦化厂所在场地的土壤中，造成的土壤污染。

### 3.2

#### **泥浆生物反应器 bioslurry reactor**

指将污染土壤转移至生物反应器，加水混合成泥浆，调节适宜的 pH，同时加入一定量的营养物质和表面活性剂，从底部鼓入空气充氧，满足微生物所需氧气的同时，使微生物与污染物充分接触，加速污染物的降解，降解完成后，过滤脱水的一个系统。

### 3.3

#### **生物堆 biopiling**

将污染土壤挖出并按一定方式堆积于具备渗滤液收集系统的防渗区域，同时提供适量的水分、养分和氧气等，利用土壤微生物将有机污染物去除的修复工艺。

### 3.4

#### **智能监测预警系统 intelligent monitoring and early warning system**

利用物联网、大数据等智能在线技术，将监测设备、预警设备、系统平台和管理措施进行集成，实现监测和警示土壤修复过程中环境因素的变化，用于支持焦化场地土壤在修复过程中日常管理和辅助应急处置决策的监测预警系统。

### 3.5

#### **预警阈值 warnig threshold**

当预警因子的浓度、信号变化等超出某一点或者区域，环境状况可能发生异常情况或者剧烈改变，该点或者区域称为预警阈值，用于提前采取相应措施。

## **4 监测点位布设**

### **4.1 布点原则**

4.1.1 科学性和可行性。布点首先要科学合理，同时要考虑现实依据，保证技术能够实现。

4.1.2 代表性和经济性。样品可作为总体的代表，能够客观反映当时焦化污染土壤修复的程度和环境因素，并在满足监测目的和需求的基础上，实现点数和代表性方面的平衡。

### **4.2 布点位置与密度**

#### **4.2.1 生物泥浆反应器**

根据生物泥浆反应器体积大小，对于 20~50 m<sup>3</sup> 的反应器，可安装 1 组监测

预警装置；50~100 m<sup>3</sup> 的设置 2 组；100 m<sup>3</sup> 以上的设置 3 组。根据生物泥浆反应器的实际体积选择合理的布设点位组别，可在反应器罐体外部的两端或中部安装。

#### 4.2.2 生物堆

根据生物堆体积大小，对于 20~50 m<sup>3</sup> 的生物堆，可安装 1 组监测预警装置；50~100 m<sup>3</sup> 的设置 2 组；100 m<sup>3</sup> 以上的设置 3 组。根据堆体的实际体积选择合理的布设点位组别，监测部位应尽可能选择具有代表性的中心部位。

#### 4.2.3 废水排放口

在焦化污染土壤修复废水排放末端设置污水处理设施，处理后的废水排放口安装相关污染物监测装置，排放限值参照执行 GB 8978 和 GB 16171，或协议衔接的污水处理单位接管限值。其他行业来源的污染土壤修复亦可参照此执行。

#### 4.2.4 废气排放口

在焦化污染土壤修复废气排放末端设置废气处理装置，处理后的废气排放口安装相关污染物监测装置，氨、硫化氢排放限值执行 GB 14554，VOCs 排放限值参照执行 GB 16297 中非甲烷总烃控制限值。其他行业来源的污染土壤修复亦可参照此执行。

## 5 样品采集

5.1 采用电动泵将泥浆从反应器中抽取或采用采样器从生物堆中取样，进行样品相关参数测定。

5.2 对废水、废气的采样，应根据监测污染物的种类，在规定的污染物排放监测位置进行，有废水和废气处理设施的，在处理设施后监测。在污染物排放监测位置需设置永久性排污口标志。

## 6 监测预警系统构成

### 6.1 监测网络

6.1.1 主要在土壤修复生物泥浆反应器或者生物堆、废水排放口和废气排放口安装监测预警设备，确定监测因子。

6.1.2 各类监测设施应采用模块化设计架构，为增加监测因子预留空间，便于后续扩展功能的开发、二次开发与第三方替代性开发等。数采仪应预留接口，并使用通用性高的信息接口与数据传输协议。

6.1.3 在同一环境监测现场宜使用同一网络进行数据处理与存储。因传感器

数据量有限，宜使用 4G LTE、5G、5G CAT1 等运营商维护的网络。监测网络获取的监测数据，需通过数据采集传输管理软件实时传输至管理平台。传输协议需符合 HJ 212 的规定。

#### 6.1.4 监测指标及阈值

a) 对于焦化污染土壤修复生物泥浆反应器或者生物堆，监测指标包含影响土壤修复效果的温度、pH、DO、ORP，以及特征有机污染物含量和微生物 OTU 序列条数。预警阈值如表 1 所示。其他行业来源的污染土壤修复监测指标及阈值可根据具体情况进行调整。

表 1 焦化污染土壤修复监测指标及预警阈值

序号	监测指标	阈值	监测方式
1	温度	30~40℃	在线监测
2	pH	6~9	在线监测
3	DO	40~50 mg/L(中试)	在线监测
4	ORP	2000~3000 mv (中试)	在线监测
5	多环芳烃	50~500 mg/L	离线监测
6	OTU 序列条数	$\geq 1 \times 10^6$	离线监测

b) 焦化行业污染土壤修复废水监测指标及排放限值如表 2 所示（数据来源于 GB 8978 和 GB16171）。其他行业来源的污染土壤修复废水监测指标及排放限值亦可参照 GB 8978。若国家或地方政府发布的行业排放标准中对相关污染物已作规定的按行业污染排放标准执行。执行水污染物特别排放限值的区域按其规定执行。

表 2 废水污染排放浓度限值（mg/L）

序号	污染因子	排放限值			监测方式
		直接排放		间接排放 <sup>1</sup>	
		一级标准	二级标准	三级标准	
1	pH 值	6~9	6~9	6~9	在线监测
2	悬浮物	70	150	400	在线监测
3	化学需氧量(COD <sub>Cr</sub> )	100	150	500	在线监测
4	氨氮	15	25	/	在线监测
5	总氮	20		50	在线监测
6	总磷	1.0		3.0	在线监测
7	石油类	5	10	20	在线监测
8	挥发酚	0.5	0.5	2.0	在线监测

9	硫化物	1.0	1.0	1.0	在线监测
10	苯	0.1	0.2	0.5	在线监测
11	氰化物	0.5	0.5	1.0	在线监测
12	苯并芘	0.00003			在线监测
注 1: 若衔接的污水处理单位有协议接管限值的, 按其协议执行。					

c) 废气监测指标及排放限值执行 GB 14554 和 GB 16297, 如表 3 所示。其他行业来源的污染土壤修复废气监测指标及排放限值亦可参照 GB 14554 和 GB 16297 执行。若国家或地方政府发布的行业排放标准中对相关污染物已作规定的按行业污染排放标准执行。执行大气污染物特别排放限值的区域按其规定执行。

表 3 废气污染排放限值

序号	污染因子	排放浓度	排放速率, kg/h	监测方式
1	氨	/	4.9	在线监测
2	硫化氢	/	0.33	在线监测
3	VOCs	120 mg/m <sup>3</sup>	10	在线监测

注: 各污染因子排气筒高度以最低 15 m 计。VOCs 排放参照执行 GB 16297 中非甲烷总烃控制限值。国家发布的行业污染物排放标准中对 VOCs 排放控制已作规定的, 按行业污染物排放标准执行。

### 6.1.5 数据采集频次

数据采集频次包括但不限于:

a) 影响土壤修复效果的技术性能指标 (如温度、pH、溶解氧 DO、氧化还原电位 ORP) 采集频次应不少于 4 次/天; 焦化污染土壤特征污染物、微生物 OTU 序列条数等, 根据实际情况每两天测定一次。土壤修复期间, 若发现监测频次没有满足总体设计需要, 可根据实际情况进行加密监测。

b) 废水、废气的污染监测指标 (如表 2 和表 3) 采集频次应不少于 1 次/小时。

c) 当监测数据超出阈值, 传感器报警仪报警时, 采集数据最高频次应可实现不少于 1 次/小时。

## 6.2 管理平台

### 6.2.1 基本内容

a) 管理平台包括数据库子系统、数据分析子系统、预警子系统 3 个子系统, 具备实时监测、风险预警、数据处理等功能。

b) 管理平台应提供信息浏览、数据查询与展示界面，系统宜为项目管理提供统一格式信息。

c) 管理平台同时支持在线和离线工作模式。

d) 配套基础设施，包括办公场所、服务器、电脑、电源、视频音频系统、显示系统、单兵终端及指挥系统等。

### 6.2.2 数据库子系统

a) 实时采集、存储生物修复系统监测数据，包括焦化污染土壤生物修复过程监测的环境因子、特征有机污染物和微生物活性，以及废水、废气监测数据。

b) 数据处理设备宜具有不低于 4 核 8G 的等效性能基线，系统盘不宜低于 40G ESSD 云盘或等效本地系统盘存储能力，通讯传输带宽不低于 1 MB/秒，并可进行同步存储。

c) 数据处理设备宜对获取的数据采取分类、分层存储，总存储能力不宜低于 100 GiB。系统存储延时不宜高于 10 毫秒等级。针对多媒体文件的每秒最大读写能力不宜低于 15K（即 IOPS > 15K）。

d) 数据处理设备宜具备适配以下两种数据库体系之一：SQL 数据库及其 SSIS、SSAS 及 SSRS 等数据体系；或 Hadoop 数据库及其相应的 MapReduce 离线计算、HDFS 文件系统、Hive 数据仓库、HBase 分散式数据存储体系。

e) 采用运营商无线或有线网络进行数据传输，可考虑建设专用的指令下行通道和数据采集上行通道。

### 6.2.3 数据分析子系统

a) 系统可采取曲线图、柱状图、饼状图、图表等多种方式进行数据表征。

b) 可生成监测数据统计分析报告。管理平台可自动生成焦化污染土壤生物修复周期报告和废气废水日、周、月运行报告。

### 6.2.4 预警子系统

#### 6.2.4.1 阈值设置

监测预警阈值参考 HJ 169 及国际、国家相关标准，依据监测因子的物化特性、废气废水排放限值等进行确定。

#### 6.2.4.2 自动预警

当监测点位数据超过设置的阈值时，界面应能自动报警并立即通知（语音、电话、短信、邮件等方式）相关人员，支持详细信息展示。

#### 6.2.4.3 人工智能辅助预警

利用神经网络、支持向量机等人工智能方法，对土壤修复前的检测数据、修复过程中的泥浆反应器或生物堆在线传感数据、多环芳烃监测数据、废水废气在线监测数据进行分析、聚类与自学习，从而更加精准的预测多环芳烃的降解曲线和异常工况。根据修复过程中的实时工况和预测工况差异，在发生数据异常时，实现早期预警和第一时间人工干预。

---