ICS 13.020.10
CCS Z 05

DB32

江 苏 省 地 方 标 准

DB32/T 4680—2024

污染地块原位热脱附修复效果评估技术指南

Technical guideline for verification of in-situ thermal desorption remediation of contaminated site

地方标准信息服务平台

2024-02-05 发布　　2024-03-05 实施

江苏省市场监督管理局　发布
中国标准出版社　出版

目　　次

前言 ……Ⅲ
1　范围 ……1
2　规范性引用文件 ……1
3　术语和定义 ……1
4　工作程序 ……2
5　地块概念模型更新 ……3
6　工作方案制定 ……3
7　现场采样 ……4
8　实验室检测 ……6
9　修复效果评估与后期环境监管建议 ……7
10　修复效果评估报告编制……7

地方标准信息服务平台

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。

本文件由江苏省土壤修复标准化技术委员会提出并归口。

本文件起草单位：中国科学院南京土壤研究所、南京城建土地整理开发有限公司、江苏润环环境科技有限公司、北京建工环境修复股份有限公司、江苏大地益源环境修复有限公司、洁易奥环境修复（江苏）有限公司。

本文件主要起草人：宋静、唐伟、姜祖明、余海波、周文军、谈晶、王巍、何从亮、杨雁明、王海涛、孙哲、吴鹏、彭超、谢炳坤、翁群强、侯卫龙、陈晓松、曾俊。

地方标准信息服务平台

污染地块原位热脱附修复效果评估技术指南

1 范围

本文件规定了污染地块原位热脱附修复效果评估的工作程序、地块概念模型更新、工作方案制定、现场采样、实验室检测、修复效果评估与后期环境监管建议和修复效果评估报告编制。

本文件适用于采用原位热传导加热或电阻加热修复技术的污染土壤及地下水修复效果评估。

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 36600 土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）

HJ 25.1 建设用地土壤污染状况调查技术导则

HJ 25.2 建设用地土壤污染风险管控和修复监测技术导则

HJ 25.5 污染地块风险管控与土壤修复效果评估技术导则（试行）

HJ 25.6 污染地块地下水修复和风险管控技术导则

HJ 164 地下水环境监测技术规范

HJ/T 166 土壤环境监测技术规范

HJ 1019 地块土壤和地下水中挥发性有机物采样技术导则

HJ 1165 污染土壤修复工程技术规范 原位热脱附

DB32/T 4604 污染地块风险管控和修复后期管理技术导则

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

原位热脱附 in-situ thermal desorption

向地下输入热能，加热土壤、地下水，改变目标污染物的饱和蒸气压及溶解度，促进污染物挥发或溶解，并通过土壤气相抽提或多相抽提实现对目标污染物去除的处理过程。

注：包括热传导加热、电阻加热及蒸汽强化抽提等。

[来源：HJ 1165—2021，3.1，有修改]

3.2

热传导加热 thermal conductive heating

热量通过传导的方式由热源传递到污染区域从而加热土壤和地下水的处理过程。可以通过电能直接加热的方式对加热井进行加热，也可以通过燃气等能源产生的高温热烟气等介质对加热井进行加热。

[来源：HJ 1165—2021，3.2]

地方标准信息服务平台

3.3

电阻加热　electrical resistance heating

将电流通过污染区域,通过电流的热效应加热土壤和地下水的处理过程。

注:也称为电流加热。

[来源:HJ 1165—2021,3.3,有修改]

3.4

修复效果评估　remediation verification

通过资料回顾与现场踏勘、布点采样与实验室检测,综合评估地块土壤和地下水修复是否达到规定要求或地块风险是否达到可接受水平。

3.5

热采样　sampling during heating

原位热脱附修复区域内温度在不降至常温即开展土壤或地下水修复效果评估采样工作,采用耐高温可密封取样工具采集土壤或地下水样品,采用冰浴等降温措施降至常温后采集送检样品。

4　工作程序

修复效果评估工作程序如图1所示。

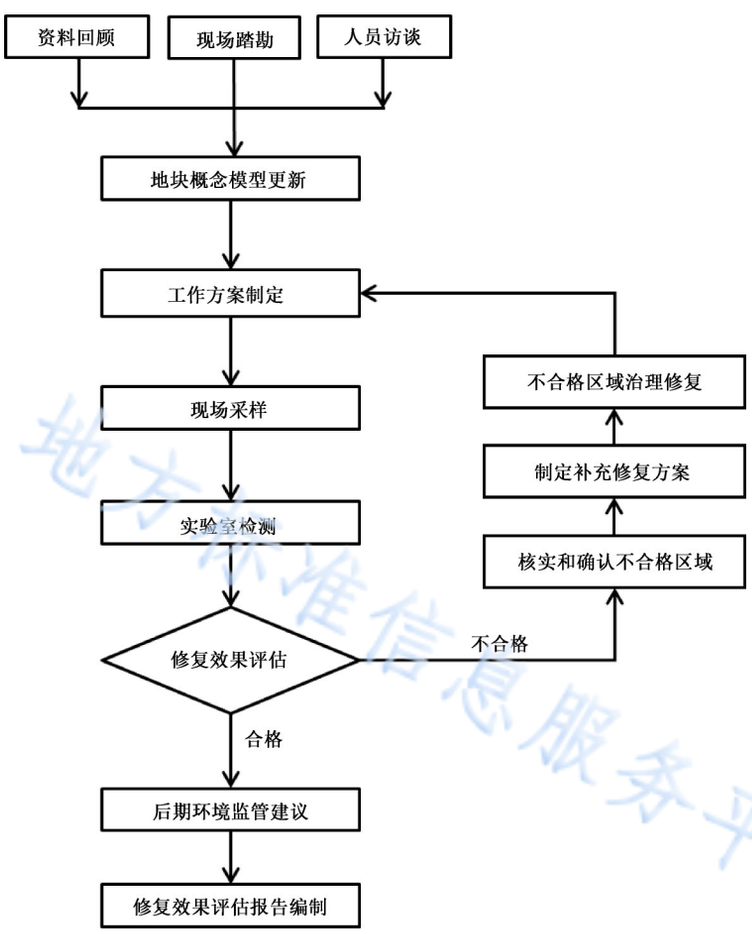

图1　修复效果评估工作程序

地方标准信息服务平台

5 地块概念模型更新

通过资料回顾、现场踏勘、人员访谈，掌握原位热脱附修复工程整体运行的情况，如温控记录、过程监测记录、设施运行与维修记录等。结合地块修复前后水文地质条件的变化情况、污染物空间分布、原位热脱附修复技术特点、修复设施布局等，对地块概念模型进行更新，完善地块修复实施后的概念模型。地块概念模型所需包含的信息按照 HJ 25.5 的规定执行。

6 工作方案制定

6.1 评估范围和对象

修复效果评估的范围为采用原位热脱附修复的区域和潜在二次污染区域，效果评估的对象包括评估范围内的土壤和地下水。

6.2 评估启动条件

原位热脱附修复工程修复效果评估工作开展宜满足以下条件：

a） 原位热脱附设备持续运行到进入冷凝系统之前的抽提气及冷凝液中目标污染物浓度呈下降趋势并趋于稳定；

b） 加热设备停止运行后采集的土壤和地下水修复效果评估自检样品合格。

6.3 土壤采样点位布设

6.3.1 原位热脱附区域土壤布点要求

6.3.1.1 建议对采用热传导加热的原位热脱附修复区域土壤采用专业判断布点法，对采用电阻加热的原位热脱附修复区域土壤采用网格布点法。采样点布设数量见表 1。

6.3.1.2 根据土壤污染物空间分布、土壤理化性质、热传导或电阻加热影响半径，在修复薄弱区域布点，包括但不限于：高浓度污染物聚集区（如保温层底部）、温度相对较低位置（如燃气加热井底部）、相邻加热井中间位置、加热井和抽提井的远端、修复区域水平及垂直边界等。必要时，在表 1 规定的数量基础上适当增加采样点位数量。

6.3.1.3 原位热脱附区域土壤垂直方向上采样深度建议扣除地表非土壤硬化层厚度，并大于该地块最大修复深度，建议最大采样深度为地块修复最大深度向下不少于 0.5 m，具体深度根据现场情况进行调整。

6.3.1.4 原则上宜采集 0 m～0.5 m 表层土壤样品，0.5 m 以下垂向采样间隔不超过 2 m，不同性质土层至少采集一个土壤样品。

6.3.1.5 宜在加热温度相对较低的土层及前期调查阶段发现污染物浓度较高的土层增加采样点位。

表 1 土壤原位热脱附修复推荐最少采样点数量要求

热脱附区域面积x m^2	热脱附区域内部土壤 采样点数量	热脱附区域边界土壤 采样点数量
$x<100$	3个	5个
$100\leqslant x<1\,000$	4个	6个
$1\,000\leqslant x<1\,500$	5个	7个
$1\,500\leqslant x<2\,500$	6个	8个

表 1　土壤原位热脱附修复推荐最少采样点数量要求（续）

热脱附区域面积x m^2	热脱附区域内部土壤 采样点数量	热脱附区域边界土壤 采样点数量
$x \geqslant 2\,500$	网格大小不超过 20 m×20 m	采样间隔不超过 40 m

6.3.2　潜在二次污染区域土壤布点要求

6.3.2.1　潜在二次污染区域包括：原位热脱附修复过程中污染物迁移涉及的区域（如修复区域外围）、修复设施所在区、固体废物或危险废物堆存区、运输车辆临时道路、土壤暂存区、废水暂存处理区、其他可能的二次污染区域。

6.3.2.2　潜在二次污染区域土壤宜在原位热脱附修复工程设备拆除完成后进行采样。可根据工程进度对潜在二次污染区域进行分批次采样。

6.3.2.3　根据需要，可在修复工程实施前对潜在二次污染区土壤进行采样检测，检测数据与修复工程完成后的数据进行对比，进一步明确修复工程对潜在二次污染区的影响。

6.3.2.4　潜在二次污染区域土壤原则上根据修复设施设置布局、潜在二次污染来源等资料进行判断布点，也可采用系统布点法设置采样点，采样点数量参照表 1。

6.4　地下水采样点位布设

6.4.1　采用热传导加热时，主要在修复区阻隔设施外围布设地下水监测井。当修复区内部存在地下水时需要采集地下水进行检测。

6.4.2　采用电阻加热时，需要在修复区域内和修复区域上、下游布置地下水监测井，地下水监测井宜采用耐高温材质。在不影响原位热脱附设备运行和安全的前提下，热修复过程中可根据监测需求进行调整或补充地下水监测井。

6.4.3　在满足地下水采样的要求下，可使用原位热脱附修复区域内的抽提井作为地下水监测井，原抽提井的使用数量不应超过效果评估总监测井数的 60%。

6.4.4　地下水监测井建设要求、布点数量与位置、采样持续时间和频次、检测指标等建议按照 HJ 25.2、HJ 25.6、HJ 164、HJ 1019、HJ 1165 的规定执行。

7　现场采样

7.1　安全保障措施

7.1.1　土壤钻探点位及作业区域设置围挡与安全警示标识，围挡和安全警示标识的材质应符合防火阻燃要求。

7.1.2　采样前停止原位热修复加热系统的运行，在采样过程中利用原位热修复的真空抽提系统控制钻探点位附近土壤维持在微负压状态，或者抽提系统持续运行到无蒸汽产生。

7.1.3　进场采样前需切断加热区域内的电、火和气，保证采样作业人员和采样设备安全。

7.1.4　利用便携仪器检测钻探环境中有机物气体浓度并及时响应，必要时停止钻探。

7.1.5　地下水热采样监测井设置钢制井盖，井头保持气体流通，防止开盖后压力骤降发生闪蒸。

7.1.6　采样作业人员应全程佩戴耐高温个人防护用品，需穿戴耐高温防烫手套、防护服、绝缘鞋，以及佩戴和防毒面具等。

全国标准信息服务平台

7.1.7 建议采样作业人员根据修复效果评估采样作业时长进行轮换。

7.2 土壤样品采集

7.2.1 原位热脱附修复区域土壤采集

原位热脱附修复区域土壤采集要求如下。

a） 土壤原位热脱附修复区域土壤样品采集可采用热采样方式进行。

b） 宜使用具有良好密封性的钢制土壤采样管，在高温样品取出后对钢制土壤采样管迅速进行密封。在采样前，需要对钢制土壤取样管进行密封性实验，验证其密封性。在钻探过程需要使用耐高温的钢制套管。采样完成后，通过冰浴等冷却方式将钢制取样管快速冷却至常温后再按照 HJ/T 166 的要求采集土壤送检样品。

c） 土壤原位热脱附修复区域土壤样品热采样操作流程如图 2 所示。

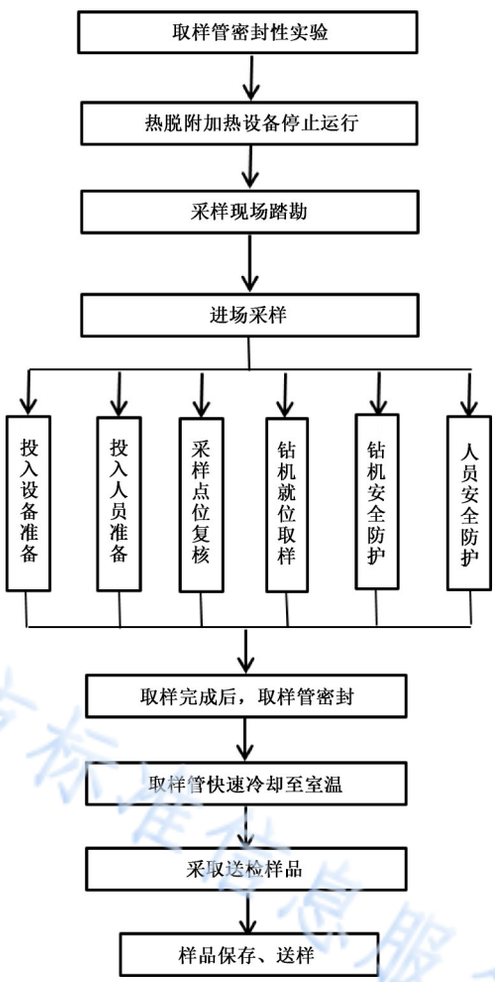

图 2 土壤原位热脱附修复区域土壤样品热采样操作流程

7.2.2 潜在二次污染区域土壤采集

潜在二次污染区域采样深度宜扣除地表非土壤硬化层厚度，建议采集 0 m～0.5 m 表层土壤样品，如发现潜在二次污染区有遗留污染痕迹，需开展深层采样。

地方标准信息服务平台

7.3 地下水样品采集

7.3.1 地下水样品采集前需要取消所有影响地下水状态的临时性措施，并且地下水处于稳定状态。

7.3.2 当原位热脱附修复区域在修复完成后存在地下水时，宜按照地下水热采样流程对修复区域内地下水进行采样，修复效果评估阶段建议至少包含一次环境温度采样。

7.3.3 地下水采样时，地下水监测井内无明显蒸汽外溢。

7.3.4 进行地下水热采样时，在采样过程中需保持地下水监测井的密封以防止水蒸气和污染物蒸气逸出，地下水采样设备的受热部分宜使用耐高温、耐腐蚀材质，输水管线与潜水泵及置于冰水冷却桶中的不锈钢换热盘管连接，从不锈钢换热盘管的出水管出口处直接采集水样。不锈钢换热盘管长度以出水温度不超过环境温度为宜。原位热脱附区域内地下水热采样装置示意图如图 3 所示。

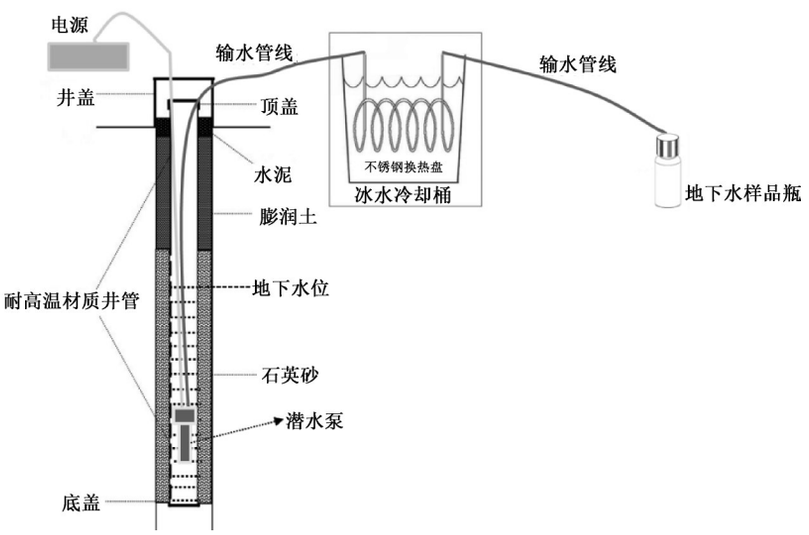

图 3 原位热脱附区域内地下水热采样装置示意图

7.3.5 采样前的洗井建议按照 HJ 164 的要求选择合适的洗井工具及洗井流速。地下水样品的采集、保存与流转建议按照 HJ 164、HJ 25.2、HJ 1019、HJ 1165 的要求执行，并填写地下水样品信息表。

7.4 采样质量保证和质量控制

现场采样质量保证和质量控制措施按照 HJ 25.1、HJ 25.2 和 HJ 1019 等要求执行。填写钻孔记录表并留存采样过程中的影像资料，作为修复效果评估工作成果的附件。

7.5 采样过程中二次污染防治措施

7.5.1 每个采样点钻探结束后，建议将所有剩余的废弃土装入垃圾袋内，统一运往指定地点储存，洗井产生的废水同样需要用塑料桶进行收集，不应任意排放，防止造成二次污染。

7.5.2 采样完成后，每个钻孔宜采用无污染土料进行回填，必要时，需进行地面恢复。

8 实验室检测

8.1 检测指标与方法

实验室检测指标按照 HJ 25.5 和修复技术方案确定，实验室检测过程选用的方法检出限应低于对应的污染物修复目标值。由具备检测资质的实验室提供有效检测报告，作为效果评估工作成果附件。

8.2 分析质量保证与质量控制

实验室分析质量保证和质量控制按照 HJ 164、HJ/T 166 等要求执行。

9 修复效果评估与后期环境监管建议

9.1 修复效果评估方法

将土壤或地下水样品的检测数据与修复目标值对比，判定是否达到修复目标要求。土壤样品修复效果评估方法按照 HJ 25.5 的要求执行；地下水样品修复效果评估方法按照 HJ 25.6 的要求执行。

9.2 后期环境监管建议

对于修复后土壤中污染物浓度未达到 GB 36600 第一类用地筛选值的地块宜提出后期环境监管建议，后期环境监管的方式一般包括长期环境监测与制度控制，两种方式可结合使用。相关要求按照 HJ 25.5、DB32/T 4604 的规定执行。

10 修复效果评估报告编制

修复效果评估报告宜全面真实地反映污染地块原位热脱附治理修复工程效果，按照效果评估的程序对污染地块治理修复工程是否达到修复目标给出结论，并根据效果评估的结果，对该地块后续的安全利用或风险管理提出建议。

修复效果评估报告的格式参考 HJ 25.5。

地方标准信息服务平台