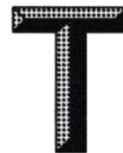


ICS 13.020

CCS Z05



团 体 标 准

T/CI 1056—2025

三功能纳米材料修复有机物污染场地的 技术规范

Technical specification for remediation of organic pollution sites using three
functional nanomaterials

2025-06-20 发布

2025-06-20 实施

中国国际科技促进会 发 布

湖北科学技术出版社 出 版

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 工作流程 2

5 污染地块特征信息收集 3

 5.1 地质参数 3

 5.2 水文参数 3

 5.3 土壤理化性质 3

 5.4 污染物特征参数分析 3

 5.5 污染物分布及范围分析 3

6 实验室小试、地块中试 3

 6.1 实验室小试要求 3

 6.2 地块中试要求 4

7 工艺设计 4

 7.1 原位注入系统 4

 7.2 可拓展模块 4

 7.3 注入井分布 4

8 施工、运行和验收 4

 8.1 施工要求 4

 8.2 系统搭建验收要求 5

 8.3 系统运行要求 5

 8.4 运行阶段修复效果自检要求 5

 8.5 修复效果评估验收要求 6

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。

本文件由上海康恒环境修复有限公司提出。

本文件由中国国际科技促进会归口。

本文件起草单位：上海康恒环境修复有限公司、苏州贝彩纳米科技有限公司、苏州大学、江苏苏城低碳科技集团有限公司、上海化工院环境工程有限公司、青岛理工大学。

本文件主要起草人：陈冬赟、郑阳、申英杰、张克勤、路建美、董伊航、盛健、王海粟、王华伟、徐凯、张沛之、陆锬、钱金泽、孙婷、周宁、李华、王湘徽、夏小洪、胡佳晨、王亚楠。

本文件为首次发布。

三功能纳米材料修复有机物污染场地的技术规范

1 范围

本文件规定了三功能材料场地有机物修复技术的项目流程、一般要求（污染地块特征调查、修复方案可行性评价、实验室小试要求和地块中试要求）、工艺设计，以及工程阶段的施工、运行和验收要求。

本文件适用于主要污染物为脂肪烃、芳烃和醇醛酮酯醚类有机化合物的污染土壤修复。

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 25.4 建设用地土壤修复技术导则
- HJ 25.6 污染地块地下水修复和风险管控技术导则
- HJ 682 建设用地土壤污染风险管控和修复术语
- HJ 1231 土壤环境词汇

3 术语和定义

HJ 682、HJ 1231 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

土壤修复 soil remediation

采用物理、化学技术或生物技术的方法固定、转移、吸收或降解污染地块土壤中的污染物。使其含量降低到安全利用的程度，或将有毒有害的污染物转化为无害物质的过程。

3.2

三功能纳米材料 three functional nanomaterials

同时具备“高效富集/催化氧化/自降解”三功能的纳米材料，主要由零价铁与聚乳酸改性的功能聚合物融于水中组成。因纳米三维网络材料内部基团协同效应对土壤内不同有机物具有高效富集能力、多元催化剂嵌入三维网络空间具备催化氧化能力、材料内部柔性链结构可实现空间坍塌自降解性能。

3.3

目标污染物 target contaminant

在污染地块环境中其数量或浓度已达到对生态系统和人体健康具有实际或潜在不利影响的，需要进行修复的关注污染物。

3.4

原位修复 in-situ remediation

不移动受污染土壤，直接在地块发生污染位置对其进行原地修复和治理。

3.5

监测井 monitoring well

钻孔法完成的监测地下水水位、水温、水质变化情况的专用井。

4 工作流程

通过收集污染地块调查的结论信息，确定污染物类型、污染特征、土壤理化性质等信息，进而开展实验室小试、污染地块中试、可行性评价确定具体修复工艺参数，完成现场安装、安装验收、操作维护和系统运行等工程实施，最终通过效果评估验收。施工流程图见图 1。

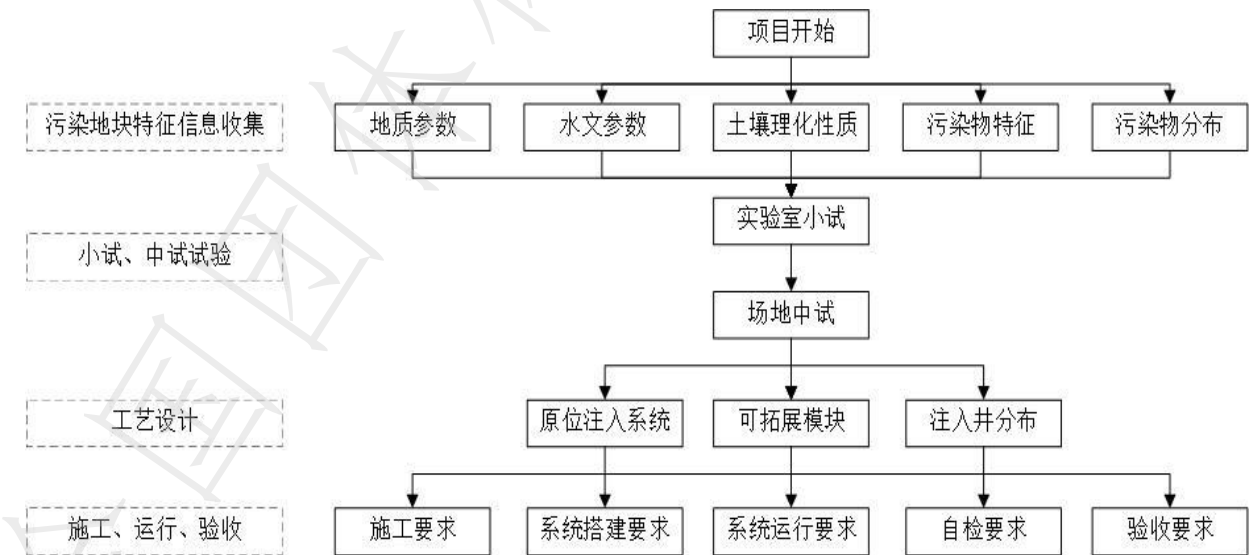


图1 工作流程

5 污染地块特征信息收集

5.1 地质参数

5.1.1 地形地貌：包括整体地貌（平原、丘陵或者山区）、地面坡度、平整度等。

5.1.2 地层岩性：对于松散岩层，要包括岩层粒度、分选、有机碳含量等信息；对于基岩地层，要包括岩石年代、类别（砂岩、泥岩、灰岩、岩浆岩、变质岩，等）、厚度以及所有的岩石的矿物组成等。

5.2 水文参数

5.2.1 包气带岩性、结构、厚度、分布及渗透性等。

5.2.2 含水层岩性、分布、结构、厚度、埋藏条件、渗透性、富水程度等。

5.2.3 隔水层（弱透水层）的岩性、厚度、渗透性等。

5.2.4 地下水流向、流速等。

5.3 土壤理化性质

5.3.1 物理性质：颜色、质地、孔隙度、容重等。

5.3.2 化学性质：pH 值、含水率等。

5.4 污染物特征参数分析

5.4.1 污染物类型：根据前期土壤污染状况调查和风险评估结果明确土壤修复目标污染物，并合理提出土壤目标污染物的修复目标值。

5.4.2 污染物特征：包括物理及化学特性。物理特性包括污染物的颜色、气味、密度、熔点、沸点、蒸气压及密度、溶解性等；化学特征主要指污染物的反应性。

5.5 污染物分布及范围分析

5.5.1 污染途径：根据污染地块调查结果，分析污染途径，明确污染途径类型。

5.5.2 污染范围特征：明确主要污染物浓度范围，分析污染物迁移转化能力。

6 实验室小试、地块中试

6.1 实验室小试要求

6.1.1 开展实验室试验，应当遵循以下小试流程：

- a) 选取合适待试土样；
- b) 确定修复土壤体积（推荐尺寸为：23 cm×13 cm×9 cm）；
- c) 确定药剂种类、添加量范围及添加顺序；
- d) 利用材料进行污染去除；
- e) 测定修复后污染物浓度，计算去除率。

6.1.2 若小试试验结束时，污染物去除率在 90 %以上，可进行下一步地块中试试验；否则需重新选择合适的工艺方法及参数。

6.2 地块中试要求

6.2.1 在技术实施之前，结合实验室小试的结果，需要开展地块尺度的中试试验，确定具体修复工艺参数。

6.2.2 地块中试面积应不少于 25 m²，地块中试土壤修复深度需达到地块内污染最大深度。

6.2.3 地块中试的试验模式采用原位的方式进行。采用原位修复模式进行地块中试时，应当遵循以下中试流程：

- a) 钻孔施工；
- b) 设备安装；
- c) 系统安装和调试；
- d) 系统运行。

7 工艺设计

7.1 原位注入系统

工艺参数设定：由于不同注入设备的适用条件不同，通过现场注入试验确定适用于项目的工作参数，包括主管道流量、支管道流量、运行压力、药剂储罐体积等。

7.2 可拓展模块

工艺参数设定：通过现场注入实验确定适用于项目的管道流量、运行压力与药剂储罐体积等参数。

7.3 注入井分布

注入井一般呈正六边形或正三角形分布，井间距的设置依据抽水试验决定。

8 施工、运行和验收

8.1 施工要求

8.1.1 材料进场时材料员应根据合同进行进场验证同时核对产品出厂合格证或供方提供的其他质量证明书。

8.1.2 所用材料、半成品、构件、配件、设备等，在运输、保管和施工过程中，应采取有效措施防止损坏、锈蚀或变质。

8.1.3 具体的建井设备选型宜与地块条件、地质与水文地质条件、影响半径、污染深度等要求相匹配。

8.1.4 钻孔施工时，成孔直径大于注药泵直径。

8.1.5 钻孔施工时，成孔最大深度应不低于污染地块的最大深度。

- 8.1.6 注入井筛管设置深度宜在最小污染深度和最大污染深度位置上下各延长0.3 m~0.5 m。
- 8.1.7 注入井建设和清洗的具体操作流程应按照HJ 25.2 执行。
- 8.1.8 注入井建设完毕应及时洗井，去除污染物或钻井产生的岩层破坏以及来自天然岩层的细小颗粒。
- 8.1.9 正式启动注药系统前，应对药剂管路输送系统密闭性进行检测，避免漏气、漏液等导致注入压力及有效影响半径达不到设计要求。

8.2 系统搭建验收要求

- 8.2.1 系统验收前应整理相关质量控制资料和实物资料，形成竣工报告。
- 8.2.2 竣工报告应结合项目合同、任务书、施工组织设计等前期文件资料，按有关技术标准编制。
- 8.2.3 竣工报告需包括文字、图标及必要附件。报告中的文字、术语、符号、计量单位应符合国家相关标准的规定。
- 8.2.4 注入井竣工报告主要内容包括：
- 项目概况（包括项目基本信息、建井目标及质量要求、施工依据、主要设计参数等）；
 - 场地环境、水文地质条件概况；
 - 注入井施工信息（包括施工流程、施工组织、施工设备配置、施工工艺和方法、单井现场验收等）；
 - 工程质量评述（包括工程质量保障措施、工程质量评述等）；
 - 结论与建议。

8.3 系统运行要求

- 8.3.1 运行阶段，应该定制完善的安全操作手册，确保运行管理人员熟悉技术原理和运行相应指标。
- 8.3.2 应每天利用真空表、流量计对注入系统压力状态及流量进行测量，并形成记录台账，见表 1。

表 1 运营参数指标区间范围

序号	指标	区间
1	单井注入速率	1~3 m ³ /d
2	压力	0.2~0.5 MPa

- 8.3.3 运行阶段，系统的所有电极、电线需要严格按照设计图纸连接。
- 8.3.4 每 15 天采集土壤样本（以 20 m*20 m 取样），检测土壤含水率，需大于 20 %，否则需要添加水源。水源补充方式采用滴灌系统，用于控制土壤含水率。
- 8.3.5 运行阶段，系统运行时适宜的环境温度不低于 0 ℃。

8.4 运行阶段修复效果自检要求

- 8.4.1 在系统运行之前，通过对修复区域及周边环境进行采样、检测，确定土壤和地下水中的目标污染物及相关环境表征指标。

8.4.2 系统运行期间，定期对修复区域内的土壤和地下水进行采样、检测，确定各指标的变化趋势，尤其关注三功能纳米材料、污染物及其反应产物的浓度变化，通过分析三功能纳米材料和污染物的释放、迁移及反应过程，评估修复效果。

8.4.3 对修复范围内及周边区域进行长期采样、检测，判断污染物浓度稳定达标后，开展场地修复效果评估，确定修复效果。

8.4.4 运行结束一个月后，对土壤样品进行检测，检测指标为场地特征污染物及三功能纳米材料含量，采样过程应符合 HJ/T 25.2 的技术要求。

8.5 修复效果评估验收要求

8.5.1 运行停止后，应对土壤修复效果进行监测，便于判断修复是否有效、土壤的目标污染物是否达到修复效果、三功能材料是否实现自降解。

8.5.2 经修复监测土壤的目标污染物达到修复目标后，依据 HJ 25.6 初步判断目标污染物浓度稳定达标且地下水流场达到稳定状态时，方可进入效果评估阶段。

8.5.3 经效果评估土壤中目标污染物达到修复目标，但未达到 GB 36600 或地方相关标准中第二类用地筛选值的，宜再次进行修复。

8.5.4 土壤的监测止步宜根据修复方案确定，至少包括目标污染物、药剂反应产物、环境表征指标等。

团 体 标 准

三功能纳米材料有机物污染场地修复技术规范

T/CI 1056—2025

*

湖北科学技术出版社出版发行

武汉市雄楚大街268号湖北出版文化城B座

13—14座 (430070)

总编室: (027) 87679429

湖北新华印务有限公司印刷

各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/16 印张 0.5 字数 4 千字

2025年6月第一版 2025年6月第一次印刷

书号: 155706 · 135 定价: 43元

版权专有, 侵权必究



6 977819 691344