

ICS

CCS

团体标准

T/ACEF 000—2000

污染地块土壤重金属稳定化效果评估技术规范

Technical specification for effectiveness assessment of soil heavy metal stabilization
of contaminated sites

（征求意见稿）

2000-00-00发布

2000-00-00实施

中华环保联合会发布

目 次

前 言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 基本原则、工作内容与工作程序	3
5 前期准备	4
6 稳定化效果评估	5
7 达标判断	9
8 提出后期环境监管建议	10
附录 A（规范性附录）上流式渗滤柱浸出测试	12

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。

本文件起草单位：清华大学、上海康恒环境修复有限公司、广西博世科环保科技股份有限公司、北京首科兴业工程技术有限公司。

本文件主要起草人：侯德义、周屏帆、王刘炜、王加华、张振国，朱红祥、邓佳玉、宗汶静、刘继东、钱中山、熊建华。

污染地块土壤重金属稳定化效果评估技术规范

1 范围

本文件规定了污染地块土壤重金属稳定化效果评估的前期准备、达标判断、后期环境监管等技术要求。

本文件适用于污染地块（建设用地）土壤重金属稳定化效果的评估。

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，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 3838 地表水环境质量标准

GB/T 14848 地下水质量标准

GB 16889 生活垃圾填埋场污染控制标准

GB 18599 一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准

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 164 地下水环境监测技术规范

HJ/T 299 固体废物 浸出毒性浸出方法 硫酸硝酸法

HJ/T 300 固体废物 浸出毒性浸出方法 醋酸缓冲溶液法

HJ 557 固体废物 浸出毒性浸出方法 水平振荡法

HJ 1282 污染土壤修复工程技术规范 固化/稳定化

CJ/T 340 绿化种植土壤

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

稳定化 stabilization

将污染土壤与稳定化药剂相混合，通过形成晶格结构、化学键或静电相互作用等，从而降低有害组分的移动性或浸出性的过程。

3.2

阴离子型重金属 anionic heavy metals

赋存形态呈现为阴离子的重金属和类金属，如 AsO_2^- 、 AsO_4^{3-} 、 H_2AsO_4^- 、 HCrO_4^- 、 CrO_4^{2-} 、 $\text{Sb}(\text{OH})_4^-$ 等。

3.3

阳离子型重金属 cationic heavy metals

赋存形态呈现为阳离子的重金属，如 Cu^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Pb^{2+} 、 Cd^{2+} 等。

3.4

长期监测 long-term monitoring

连续或间断地测定地块环境中污染物的浓度及其空间分布，观察、分析其长期变化。

3.5

制度控制 institutional control

通过制定和实施各项条例、准则、规章或制度，防止或减少人群对地块污染物的暴露，从制度上杜绝和防范地块污染可能带来的风险和危害，从而达到利用管理手段对地块的潜在风险进行控制的目的。

4 基本原则、工作内容与工作程序

4.1 基本原则

4.1.1 规范性原则

采用程序化和系统化的方式规范污染地块土壤重金属稳定化效果评估过程，保证评估过程的科学性和客观性。

4.1.2 针对性原则

针对重金属稳定化技术的特性及稳定化后土壤去向的差异性，对稳定化后的土壤按照不同去向开展分类、系统性评估，为重金属稳定化效果评估工作提供依据。

4.1.3 可操作性原则

综合考虑稳定化后土壤去向、评估时间、经费等因素，结合当前专业技术水平，提高污染地块土壤重金属稳定化效果评估的效率和质量，使评估过程切实可行。

4.2 工作内容与工作程序

4.2.1 启动效果评估

应在土壤与稳定化药剂充分拌合养护后（一般不少于 7 天），启动重金属稳定化效果评估工作。

4.2.2 其他工作内容的要求

按照 HJ 25.5 文件的相关规定，开展资料收集与现场踏勘、更新地块概念模型、布点采样与实验室检测、提出后期环境监管建议、地块长期监测等工作。

4.2.3 工作程序

稳定化效果评估工作程序见图 1。

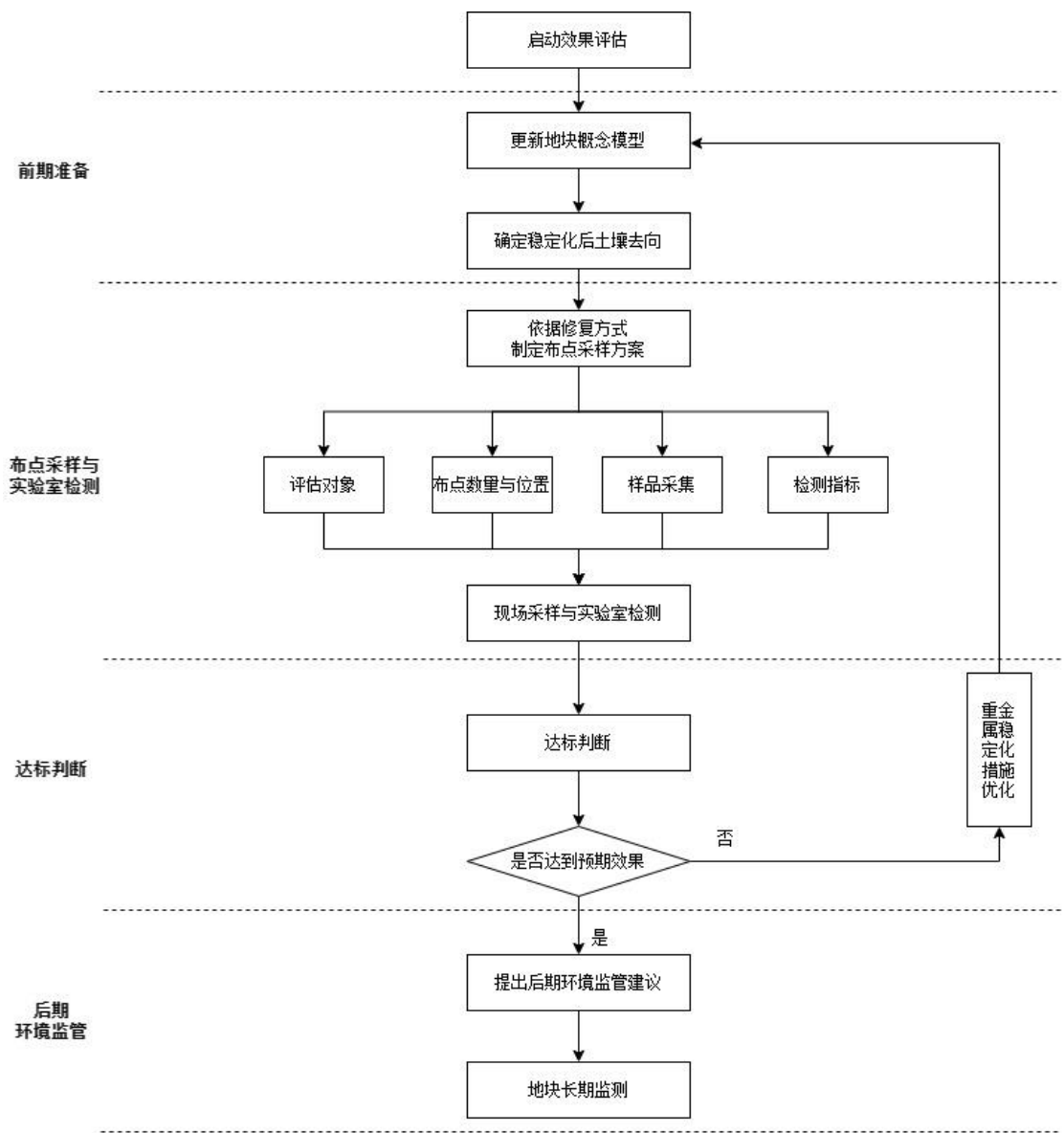


图 1 稳定化效果评估工作程序

5 前期准备

5.1 更新地块概念模型

按照 HJ 25.5 的相关规定，进行资料收集、现场踏勘、人员访谈以及更新地块概念模型。重点关注污染地块与周边环境敏感目标的位置关系、治理工程实施进度及治理工程实施效果。在资料回顾、现场踏勘、人员访谈的基础上，掌握地块稳定化治理工

程情况，结合地块地质与水文地质条件、污染物空间分布等，对地块概念模型进行更新，完善稳定化治理实施后的概念模型。

5.2 确定稳定化后土壤去向

5.2.1 稳定化后土壤去向的划分

结合地块用地规划与稳定化治理技术方案，将稳定化治理后土壤去向分为原位修复、异地或原址回填（景观和绿化用途）、异地或原址回填（其他用途）、路基用土、填埋场处置。

5.2.2 原位修复

不移动受污染的土壤，直接在地块发生污染的位置对其进行原地稳定化修复。

5.2.3 异地或原址回填

污染土壤经过异位稳定化治理后以土壤属性作为植物生长的基质（景观和绿化用途）或以土壤属性回填到场地开发利用的非敏感区域（其他用途）。

5.2.4 路基用土

污染土壤经过异位稳定化治理后作为市政道路建设的路基用土。

5.2.5 填埋场处置

污染土壤经过异位稳定化治理后以固体废物属性，进入生活垃圾或工业固体废物填埋场填埋。

6 稳定化效果评估

6.1 原位修复

6.1.1 评估对象及范围

稳定化效果评估对象为原位稳定化修复后的土壤，其效果评估范围为修复方案确定的污染范围。

6.1.2 效果评估布点、采样与检测

6.1.2.1 对原位修复后的土壤在水平方向上采用系统布点法开展土壤采样工作，推荐采样数量参见表 1。

6.1.2.2 对原位修复后的土壤需同时在垂直方向上开展土壤采样工作，采样深度应不小于调查评估确定的污染深度以及修复可能造成污染物迁移的深度，根据土层性质设置采样点，原则上垂向采样点之间距离不大于 3 m，具体根据实际情况确定。

6.1.2.3 应结合地块污染分布、土壤性质、稳定化药剂性质等，在高浓度污染物聚集区、修复效果薄弱区、修复范围边界处等位置增设采样点。

6.1.2.4 稳定化效果评估现场采样与实验室检测按照 HJ 25.1 和 HJ 25.2 的规定执行。

表 1 水平方向上推荐最少采样点数量

土壤面积 (m ²)	采样点数量 (个)
$x < 100$	2
$100 \leq x < 1000$	3
$1000 \leq x < 1500$	4
$1500 \leq x < 2500$	5
$2500 \leq x < 5000$	6
$5000 \leq x < 7500$	7
$7500 \leq x < 12500$	8
$x > 12500$	网格大小不超过 40 m×40 m

6.1.3 原位修复的评估指标和标准值

6.1.3.1 对于原位稳定化修复后的土壤，效果评估的指标为土壤中重金属的浸出浓度，浸出方法参照 HJ 557 执行；效果评估标准值为 GB/T 14848 地下水Ⅳ类或满足地下水用途要求。

6.1.3.2 若原位稳定化修复后的土壤位于地下水水位以下，效果评估指标应补充上流式重金属浸出浓度，浸出方法按照附录 A 执行；效果评估标准值参照 GB/T 14848 地下水Ⅳ类或满足地下水用途要求。

6.1.3.3 若稳定化后土壤位于植物根系生长的有效土层，效果评估指标应补充土壤中重金属总含量，测定方法及评估标准值参照 CJ/T 340 执行。

6.1.3.4 对于某些地质高背景区域或地下水含水层自然衰减较强区域，可以结合背景值及地下水稀释倍数适当放宽效果评估标准限值，原则上标准限值不应超过背景值。

6.2 异地或原址回填

6.2.1 评估对象及范围

稳定化效果评估对象为异位稳定化后去向为异地或原址回填（景观和绿化用途）、异地或原址回填（其他用途）的土壤，其效果评估范围为修复方案确定的污染范围。

6.2.2 效果评估布点、采样与检测

6.2.2.1 对养护后、回填前的土壤开展效果评估；以 500 m³ 为一个采样单元。当修复量不超过 500 m³ 时，应同时采集一个平行样品。

6.2.2.2 稳定化效果评估现场采样与实验室检测按照 HJ 25.1 和 HJ 25.2 的规定执行。

6.2.3 异地或原址回填（景观和绿化用途）的评估指标和标准值

6.2.3.1 对于异位稳定化后去向为异地或原址回填（景观和绿化用途）的土壤，效果评估的基本指标为土壤中重金属的浸出浓度，浸出方法参照 HJ 557 执行；效果评估标准值为 GB/T 14848 地下水Ⅳ类或满足地下水用途要求。

6.2.3.2 若稳定化后土壤位于地下水水位以下，效果评估指标应补充上流式重金属浸出浓度，浸出方法参照附录 A 执行；效果评估标准值参照 GB/T 14848 地下水Ⅳ类或满足地下水用途要求。

6.2.3.3 若稳定化后土壤位于植物根系生长的有效土层，效果评估指标应补充土壤中重金属总含量，测定方法及评估标准值参照 CJ/T 340 执行。

6.2.3.4 对于某些地质高背景区域或地下水含水层自然衰减较强区域，可以结合背景值及地下水稀释倍数适当放宽效果评估标准限值，原则上标准限值不应超过背景值。

6.2.4 异地或原址回填（其他用途）的评估指标和标准值

6.2.4.1 对于异位稳定化后去向为异地或原址回填（其他用途）的土壤，效果评估的基本指标为土壤中重金属的浸出浓度，浸出方法参照 HJ 557 执行；效果评估标准值为 GB/T 14848 地下水Ⅳ类或满足地下水用途要求。

6.2.4.2 若稳定化后土壤位于地下水水位以下，效果评估指标应补充上流式重金属浸出浓度，浸出方法参照附录 A 执行；效果评估标准值参照 GB/T 14848 地下水Ⅳ类或满足地下水用途要求。

6.2.4.3 对于某些地质高背景区域或地下水含水层自然衰减较强区域，可以结合背景值及地下水稀释倍数适当放宽效果评估标准限值，原则上标准限值不应超过背景值。

6.3 路基用土

6.3.1 评估对象及范围

稳定化效果评估对象为异位稳定化后去向为路基用土的土壤，其效果评估范围为修复方案确定的污染范围。

6.3.2 效果评估布点、采样与检测

6.3.2.1 对养护后、再利用前的土壤开展效果评估，以 500 m³ 为一个采样单元。当修复量不超过 500 m³ 时，应同时采集一个平行样品。

6.3.2.2 稳定化效果评估现场采样与实验室检测按照 HJ 25.1 和 HJ 25.2 的规定执行。

6.3.3 评估指标和标准值

6.3.3.1 对于异位稳定化后去向为路基用土的土壤，效果评估的基本指标为土壤中重金属的浸出浓度。

6.3.3.2 对于含阳离子型重金属污染土壤，其浸出方法参照 HJ/T 299 执行；效果评估标准限值需同时满足 GB/T 14848 地下水Ⅳ类和 GB3838 地表水Ⅳ类的要求。

6.3.3.3 对于含阴离子型重金属污染土壤，其浸出方法分别参照 HJ/T 299 和 HJ 557 执行；效果评估标准限值需同时满足 GB/T 14848 地下水Ⅳ类和 GB3838 地表水Ⅳ类的要求。

6.4 填埋场处置

6.4.1 评估对象及范围

稳定化效果评估对象为异位稳定化后去向为填埋场处置的土壤，其效果评估范围为修复方案确定的污染范围。

6.4.2 效果评估布点、采样与检测

6.4.2.1 对养护后、填埋处置前的土壤开展效果评估，以 500 m³ 为一个采样单元。当修复量不超过 500 m³ 时，应同时采集一个平行样品。

6.4.2.2 稳定化效果评估现场采样与实验室检测按照 HJ 25.1 和 HJ 25.2 的规定执行。

6.4.3 评估指标和标准值

6.4.3.1 若稳定化后土壤去向为一般工业固体废物填埋场，效果评估的基本指标为土壤中重金属浸出浓度，浸出方法参照 HJ 557 执行；效果评估标准值参照 GB 18599 执行。

6.4.3.2 若稳定化后土壤去向为生活垃圾填埋场，效果评估的基本指标为土壤中重金属浸出浓度，浸出方法参照 HJ/T 300 执行；效果评估标准值参照 GB 16889 执行。

7 达标判断

7.1 评估标准

根据稳定化后土壤的去向，选择对应的评估标准进行达标判断。重金属稳定化效果基本评估指标为土壤重金属的浸出浓度，其他指标还包括土壤重金属总含量、上流式渗滤柱浸出浓度等。必要时可参照 HJ 25.5 的相关要求，增加土壤理化指标等作为重金属稳定化效果评估的依据，也可增加地下水水位、地下水流速、地球化学参数等作为稳定化效果的辅助判断依据。

7.2 达标判断方法

根据稳定化后土壤的去向，选择对应的评估标准按以下方法

- a) 若评估结果均达到对应的评估标准，则判断重金属稳定化达到预期效果，稳定化后土壤符合对应去向要求。
- b) 若评估结果中有一项未达到对应的评估标准，则判断重金属稳定化未达到预期效果，须对重金属稳定化措施进行优化。

8 后期环境监管

8.1 后期环境监管方式

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。

8.2 长期环境监测

8.2.1 监测对象和布点

若稳定化土壤原位修复、回填或再利用后污染物可能迁移到场地以外，应对原位修复、回填或再利用区域上游和下游的地下水进行长期环境监测。地下水监测井点位数量不应小于三个，下游区域不应小于两个。地下水监测井布设深度和技术要求可参照 HJ 25.2 和 HJ 164 的相关标准执行，地下水监测井布设深度应结合当地水文地质条件、土壤污染区（原位修复）/回填区（异位修复）深度等设计。

若稳定化产物的填埋导致地下水流向发生改变，或当地地下水丰枯水期导致水文地质特征变化较大时，需结合具体水文地质特征、稳定化产物的处置深度、地下水本底情况以及调查评估过程中的相关技术参数来调整监测井的布设。

8.2.2 监测指标

长期监测指标为地下水中的目标污染物。对于潜在浸出风险较高的地块，如地块位于地质高背景区或稳定化后土壤位于地下水水位以下的情形，长期监测指标还应包括地下水水位、流场变化及地下水环境背景指标等。

8.2.3 监测频次

原则上长期监测应每季度或每半年开展一次，当地下水中目标污染物浓度连续两年低于浓度限值，可根据实际情况调整为 1~2 年一次。若地下水中目标污染物浓度连续 5 年低于浓度限值，经系统性评估确定地下水污染羽保持稳定或呈持续衰减趋势后，在水文地质条件稳定的情况下可停止监测。

8.3 制度控制

8.3.1 应对所有稳定化后的地块开展制度控制。

8.3.2 制度控制的措施

制度控制包括限制地块使用方式、限制地下水利用方式、通知和公告地块潜在风险、制定限制进入或使用条例等方式，多种制度控制方式可同时使用。

附录 A (规范性附录)

上流式渗滤柱浸出测试

A.1 上流式渗滤柱浸出测试的要求

参照美国 EPA 提出的 LEAF Method 1314 方法和荷兰 NEN 7343 方法，利用柱浸出装置开展柱浸出实验。

A.2 上流式渗滤柱浸出测试的步骤

浸出柱体内径为 5 cm，壁厚为 7 mm，柱体高度为 20 cm，柱体选用透明 PVC 作为原材料。在浸出柱中填装 400 ± 1 g 的稳定化土壤样品，浸提剂为去离子水，设置蠕动泵的流速为 200 mL/a（保持液固比为每日 0.5（L/S））。柱浸出实验过程中在 0.4 d、1 d、2 d、3 d、4 d、9 d、10 d、19 d、20 d 收集浸出液，测定液固比在 0.2、0.5、1.0、1.5、2.0、4.5、5.0、9.5、10 不同条件下浸出液的 pH 值、电导率、氧化还原电位和重金属含量。相关指标的测试参照 HJ 557 和 HJ 1282 的方法执行。