

《建设用地污染土壤固化/稳定化效果评估指南》

(送审稿)

编制说明

《建设用地污染土壤固化/稳定化效果评估指南》

编制组

二〇二三年九月

目 次

1	任务来源	3
2	标准制定必要性、编制依据、编制原则	3
2.1	标准制定必要性.....	3
2.2	编制原则.....	4
3	主要工作过程	5
4	国内外浸出标准研究	5
4.1	国内浸出标准研究.....	5
4.2	国外浸出标准研究.....	6
5	固化稳定化土壤再处置利用现状	7
6	固化/稳定化土壤效果评估标准	8
7	主要技术内容及说明	8
7.1	适用范围.....	8
7.2	规范性引用文件.....	9
7.3	术语和定义.....	10
7.4	总体要求.....	12
7.5	评估指标与方法选择.....	14
7.6	评估标准选择.....	16
7.7	评估报告编制.....	18
8	指南实施的环境效益与经济技术分析	18
附 录 A	(资料性)	19
附 录 B	(资料性)	22
附 录 C	(资料性)	26
附 录 D	(资料性)	27
附 表 E	(资料性)	30

《污染土壤固化/稳定化修复效果评估技术指南》 编制说明

1 任务来源

固化/稳定化目前已成为我国重金属 (铅、锌、铜、镉、铬、汞、砷、镍等)、半挥发有机物 (多环芳烃、多氯联苯、长链润滑油 (>C28) 和二噁英等) 及其他无机物 (氟化物和石棉等) 污染土壤修复的主要技术方法, 但关于土壤固化/稳定化效果评估技术方法和标准还极不完善, 极大的限制了该技术在我国的规范化发展。因此, 受中华环保联合会邀请, 由中国环境科学研究院作为项目承担单位, 生态环境部土壤与农业农村生态环境监管技术中心、北京市科学技术研究院资源环境研究所、中华环保联合会绿色技术发展专业委员会作为项目协作单位, 联合承担《污染土壤固化/稳定化修复效果评估技术指南》标准项目的编制工作。

2 标准制定必要性、编制依据、编制原则

2.1 标准制定必要性

我国土壤污染日趋严重, 且是全球土壤污染最严重的国家之一。据 2014 年环境保护部、国土资源部发布的《全国土壤污染状况调查公报》的调查显示, 全国土壤环境状况总体不容乐观, 部分地区土壤污染较重, 耕地土壤环境质量堪忧, 工矿业废弃地土壤环境问题突出。全国土壤总的点位超标率为 16.1%, 从污染类型看, 以无机型为主, 有机型次之, 复合型污染比重较小, 无机污染物超标点位占全部超标点位的 82.8%。

党和国家高度重视土壤污染防治和污染修复工作。2005 年 12 月, 国务院出台了《国务院关于落实科学发展观加强环境保护的决定》(国发〔2005〕39 号), 其中指出: “对污染企业搬迁后的原址进行土壤风险评估和修复; 开展全国土壤污染状况调查和超标耕地综合治理, 污染严重且难以修复的耕地应依法调整”, 而且明确要求: “要抓紧拟订有关土壤污染等方面的法律法规草案”。2008 年 6 月, 环境保护部出台了《关于加强土壤污染防治工作的意见》(环发[2008]48 号), 意见中要求加强污染场地土壤环境保护监督管理, 指出“结合重点区域土壤污染状况调查, 对污染场地特别是城市工业遗留、遗弃污染场地土壤进行系统调查,

掌握原厂址及其周边土壤和地下水污染物种类、污染范围和污染程度，建立污染场地土壤档案和信息管理系统，建立污染土壤风险评估和污染土壤修复制度”。

《土十条》要求“强化治理与修复工程监管。工程完工后，责任单位要委托第三方机构对治理与修复效果进行评估”。《土壤法》规定“风险管控、修复活动结束后，应当另行委托有关单位对风险管控效果、修复效果进行评估。省级生态环境主管部门应当会同自然资源等主管部门对风险管控效果评估报告、修复效果评估报告组织评审，及时将达到土壤污染风险评估报告确定的风险管控、修复目标且可以安全利用的地块移出建设用地土壤污染风险管控和修复名录”。《污染地块土壤环境管理办法（试行）》规定：治理与修复工程完工后应当委托第三方机构按照国家有关环境标准和技术规范，开展治理与修复效果评估，编制治理与修复效果评估报告，治理与修复效果评估报告应当包括治理与修复工程概况、环境保护措施落实情况、治理与修复效果监测结果、评估结论及后续监测建议等内容。2018年12月，《污染地块风险管控与土壤修复效果评估技术导则》规定了建设用地污染地块风险管控与土壤修复效果评估的内容、程序、方法和技术要求，并将固化/稳定化列为风险管控范围内，明确修复后土壤中污染物浸出浓度应达到接受地地下水用途对应标准值或不会对地下水造成危害。2023年5月，生态环境部发布了《污染土壤修复工程技术规范 固化/稳定化》，用于具体指导和规范如何进行固化/稳定化工程设计和施工。但是，目前我国固化/稳定化技术的实施大多采用欧美国家的技术规范，主要参考国外相关技术和工程经验。在效果评估方面，我国主要借助国家现有的固废毒性鉴别与管理办法，尚未出台适合我国实际国情的建设用地污染土壤固化/稳定化效果评估指南。

2.2 编制原则

（1）制定过程的科学性

在充分调研国内外固化/稳定化修复效果评估技术发展现状的基础上，尤其是综合考虑国内现有的技术发展水平，制定科学合理的修复效果评估指南，保障固化/稳定化效果评估准确有效，为污染场地修复与管理提供技术依据。

（2）与现有标准体系的协调统一性

针对污染土壤固化/稳定化修复效果评估精细流程化管理的要求，依据国内外固化/稳定化技术现有的导则、技术、指南及规范，参考结合我国污染土壤实

际情况，制定过程中既要考虑到固化/稳定化修复效果评估技术的针对性和特殊性，又要综合考虑与其他修复评估标准的统一，发挥技术标准的关键作用，协调与现有的环境监管体系的关系。

3 主要工作过程

(1) 编制组成立

2022年9月17日，中国环境科学研究院、生态环境部土壤与农业农村生态环境监管技术中心、北京市科学技术研究院资源环境研究所和中华环保联合会绿色技术发展专业委员会共同发起，召开《建设用地污染土壤固化/稳定化效果评估指南》团体标准预研工作会。

(2) 指南立项

2022年9月—2022年11月，编制组分析了英国、美国、荷兰、欧盟等国家的相关法规与标准，统计了国内相关研究成果及典型工程案例。2022年11月22日，中华环保联合会组织召开了《建设用地污染土壤固化/稳定化效果评估指南》的立项申请论证，经专家评审，同意指南立项。并于2022年11月22日在中华环保联合会网站进行了立项公示。

(3) 初稿审查

2023年4月11日，中华环保联合会组织召开了《建设用地污染土壤固化/稳定化效果评估指南》的专家咨询会，会后编制组根据专家意见修改完善了指南。

(4) 技术审查

2023年9月8日，中华环保联合会组织召开了《建设用地污染土壤固化/稳定化效果评估指南》的技术审查会，会后编制组根据专家意见修改完善了指南，形成送审稿。

4 国内外浸出标准研究

4.1 国内浸出标准研究

目前，我国尚未建立固化/稳定化土壤浸出毒性评估方法，且固化/稳定化土壤长效性评估方法缺失。在评估固化/稳定化效果时，参考固体废物浸出毒性评估方法。1997年颁布了《固体废物浸出毒性方法 翻转法》(GB 508611-1997)和《固体废物浸出毒性浸出方法 水平振荡法》(GB 508612-1997)，后被HJ 577取

代。2007年，我国环境保护总局组织研究机构对固体废物浸出毒性、浸出方法进行相关研究，颁布实施《固体废物浸出毒性浸出方法 硫酸硝酸法》(HJ/T 299)和《固体废物浸出毒性浸出方法 醋酸缓冲溶液法》(HJ/T 300)。前者模拟固体废物在非正规填埋场填埋、堆放或经无害化处理后废物的土地利用时，其中的有害组分在酸性降水的影响下，从废物中浸出而进入水环境的过程，主要用于固体废物及再利用产物、土壤样品中的污染物浸出毒性鉴别；后者模拟工业固废进入填埋场后，其中的有害组分在垃圾渗滤液的情况下，从固废中浸出的过程，主要用于固体废弃物及再利用产物的污染物浸出毒性鉴别。

4.2 国外浸出标准研究

(1) 美国浸出毒性评估标准

1986年，美国EPA采用TCLP毒性浸出方法替代EP作为浸出毒性的评价方法和评价指标，于1990年开始实施。该方法模拟无防渗层填埋场在降水时废物的浸出，其基本假设是有95%的市政垃圾和5%的工业废物合并处理。1988年，美国EPA开发了合成沉降浸出法，即SPLP，评价指标与TCLP的规定一致。该方法用模拟酸雨的硫酸/硝酸水溶液作为浸提剂代替醋酸缓冲溶液浸提剂，可用于模拟污染土壤受酸雨作用下，对废物的浸出结果。2008年，美国EPA开发了新的浸出评估方法体系(LEFA)，包括多级pH值提取实验(Method 1313)、柱淋溶测试(Method 1314)、块状水槽扩散实验(Method 1315)、不同液固比平行浸出实验(Method 1316)。

(2) 欧盟浸出毒性评估标准

2002年，欧盟委员会颁布了关于建立填埋场接受废物的标准和程序的相关法规，可分为3个过程：①CEN/TS 14405用于基本特性标准；②EN 12457-1~4用于入场达标测试；③场地验证测试，快速确认实验条件下的废物浸出行为是否与真实场地条件下的浸出行为一致。该方法是欧洲现行的固体废物浸出测试方法，用于确定废物是否符合指定的行为或参考值。2004年，欧盟颁布了《废弃物表征 浸出性能试验 上流渗透试验(在规定条件下)》(CEN/TS 14405:2004)，该方法是废物浸出行为基本性质测试方法，用于获取废物短期和长期浸出特征数据。2005年，颁布了《废弃物特性描述 过滤性能试验 pH对过滤酸/碱性添加物的影

响》(CEN/TS 14429:2005),该方法可分析不同 pH 值、Eh 值和温度对浸出效果的影响。

(3) 荷兰浸出毒性评估标准

1995 年,荷兰陆续颁布了 NEN 7343、NEN 7345、NEN 7373、NEN 7371 和 NEN 7375 等浸出毒性评估方法,用于评估稳定固化长期稳定性。《颗粒状废物或建材中无机组分浸出行为测试 柱状实验》(NEN 7373),主要针对粉末及颗粒物料中无机元素的浸出特征分析;《块状废物或建材中无机组分扩散浸出行为测试》(NEN 7375),是一种环流式实验方法,其目的是分析铸造成形的和整块的材料中无机物污染物,在自然条件下的浸出特性。

5 固化稳定化土壤再处置利用现状

固化/稳定化土壤风险降低,但重金属总量不变,处理后的土壤的处置与利用成为非常关注的问题。欧美国家将垃圾填埋场视为修复后污染土壤的常用处置场所之一。我国早期的稳定化后土壤也主要是去填埋场,但受制于填埋场数量及处理能力的限制,土壤处置情景发生了变化,已经从原来的填埋发展到如今的现场原位回填(70%)、场内筑路(8%)、绿化(1%)等情景或其他用途。

目前,针对各类情景,再利用的土壤须有一定的材料本身理化特性要求(或标准)和环境安全指标,具体见表 5-1。其中主要的评价方法体系为荷兰的建筑材料指令(BMD)、瑞典的路基材料环境影响评价方法和美国的土壤再利用综合风险评价指标体系构建。

表 4-1 固化/稳定化土壤资源化利用指标概况

再利用类型	国家或地区	材料理化特性要求	环境安全要求
填埋场覆盖土	美国	UCS 50 psi (3.4×10^5 Pa)	TCLP 浸出要求满足 40 CRF 261.24 要求。
	荷兰	UCS (1.0×10^6 Pa)	
路基	英国	UCS 值 CMB 1~4 四级标准分别为 4.5 MPa、7.0 MPa、10.0 MPa、15.0 MPa (7 d 养护)	基于固废评价指南(ENV12920)和国家污染土壤风险评价程序相结合的方法,建立基于污染物浓度和浸出特性的评价体系。
	荷兰	UCS 3~5 MPa	
	瑞典		

	中国	根据公路等级和深度, CBR 3~8	
建筑材料	荷兰		建筑材料法令 (BMD) 中规定在 100 年内, 周边土壤 (1 m 范围内) 中目标污染物的浓度增加至不超过目标值的 1%; 地表水中的污染物浓度最大为标准值的 1.1 倍。
护坡护岸材料	荷兰		同建筑材料法令要求
种植用土	美国	考虑土壤的 pH 值、盐分、营养元素	SPLP 浸出值等, 但还未有具体的限值。

6 固化/稳定化土壤效果评估标准

从现有环境标准的角度出发, 参考发达国家及我国的生活饮用水标准、地下水环境质量标准、地表水环境质量标准、污水综合排放标准等各类水体标准, 作为依据制定土壤重金属浸出液目标限值。

美国是以国家层面制定水质基准, 再以该基准指导各州各自制定水质标准。美国的《清洁水法》中要求美国 EPA 制定水质基准, 并要求各州和部落在制定水质标准过程中采用或修正水质基准。欧盟的环境标准是以指令形式发布, 自 1975 年发布第一条关于饮用水水源地的第 75/1440/EEC 号指令以来, 到目前为止, 共发布了约 20 条有关水环境标准的指令。欧盟水体标准体系包括质量标准、排放标准等。

我国已经制定了较为完善的水质标准体系, 主要包括《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002)、《地下水质量标准》(GB/T 14848-2017)、《生活饮用水卫生标准》(GB 5749-2006)、《农田灌溉水质标准》(GB 5084-2005) 和《渔业水质标准》(GB 11607-1989) 及各种工业用水水质标准等。

7 主要技术内容及说明

7.1 适用范围

本文件提供了建设用地污染土壤固化/稳定化效果评估的内容、程序、方法和技术要求等信息, 适用于建设用地污染土壤固化/稳定化修复工程, 可为该类工程项目修复效果评估提供依据和技术指导。

本文件给出了固化/稳定化效果评估的适用范围建议, 即适用于重金属 (铅、锌、铜、

镉、铬、汞、砷和镍)、半挥发有机物 (多环芳烃、多氯联苯、长链润滑油 (>C28) 和二噁英), 不适用于挥发性有机物污染土壤和放射性污染土壤, 以及农用地污染土壤。

编制说明:《污染土壤修复工程技术规范 固化/稳定化》(HJ 1282) 中规定固化/稳定化技术适用于重金属 (铅、锌、铜、镉、铬、汞、砷、镍)、半挥发有机物 (多环芳烃、多氯联苯、长链润滑油 (>C28) 、二噁英) 导致的土壤污染治理, 不适用于挥发性有机物污染土壤和放射性污染土壤, 以及农用地污染土壤。

7.2 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 3838	地表水环境质量标准
GB 8978	污水综合排放标准
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
GB/T 50082	普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准
GB/T 50123	土工试验方法标准
GB/T 50218	工程岩体分级标准
GB/T 50266	工程岩体试验方法标准
GB 50286	堤防工程设计规范
GB 50869	生活垃圾卫生填埋处理技术规范
CJT 340	绿化种植土壤
HJ 25.5	污染地块风险管控与土壤修复效果评估技术导则
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 682	建设用地土壤污染风险管控和修复术语
HJ 761	固体废物 有机质的测定 灼烧减量法

HJ 1282	污染土壤修复工程技术规范 固化/稳定化
JDG D30	公路路基设计规范
JTG 3430	公路土工试验规程
JTG E51	公路工程无机结合料稳定材料试验规程
NY/T 1121.16	土壤检测 第 16 部分：土壤水溶性盐总量的测定标准

编制说明：污染土壤固化/稳定化及效果评估总体上需执行《污染土壤修复工程技术规范 固化/稳定化》(HJ 1282) 和《污染地块风险管控与土壤修复效果评估技术导则》(HJ 25.5)。术语和定义参考《建设用地土壤污染风险管控和修复术语》(HJ 682)等。固化/稳定化效果评估指标和方法应根据最终处置方式 (固化、稳定化)、用途 (回填、路基、绿化等) 或接受地的相关要求来确定，参考《固体废物浸出毒性浸出方法 硫酸硝酸法》(HJ/T 299)、《固体废物浸出毒性浸出方法 醋酸缓冲溶液法》(HJ/T 300)、《固体废物浸出毒性浸出方法 水平振荡法》(HJ 557)、《生活垃圾卫生填埋处理技术规范》(GB 50869) 等。效果评估参考标准包括《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002)、《地下水质量标准》(GB/T 14848-2017)、《污水综合排放标准》(GB 8978) 和《绿化种植土壤》(CJT 340) 等。

7.3 术语和定义

3.1

固化/稳定化 solidification/stabilization

将污染土壤与水泥等胶凝材料或稳定化药剂相混合，通过形成晶格结构或化学键等，将土壤中污染物固定在固体结构中或者捕获，从而降低有害组分的移动性或浸出性的过程。固化通过采用结构完整性的整块固体将污染物密封起来以降低其物理有效性，而稳定化则降低了污染物的化学有效性。

[来源：HJ 1282]

3.1.1

原位固化/稳定化 in-situ solidification/stabilization

不移动土壤，直接在发生污染的位置进行固化/稳定化的过程。

[来源：HJ 1282]

3.1.2

异位固化/稳定化 ex-situ solidification/stabilization

将受污染的土壤从发生污染的位置挖掘出来，搬运或转移到其它位置或场所进行固化/稳定化的过程。

[来源：HJ 1282]

3.2

浸出测试 leaching test

按照规定的浸出程序和方法，采用液态物质对土壤进行浸取，并测定浸出液中污染物浓度或浸出总量的过程。

[来源：HJ 1282]

3.3

修复目标 remediation target

由地块环境调查和风险评估确定的目标污染物对人体健康和环境不产生直接或潜在危害，或不具有环境风险的污染修复终点。

[来源：HJ 25.5]

3.4

评估标准 assessment criteria

评估污染土壤是否达到环境和健康安全的标准或准则，本指南所指评估标准包括目标污染物浓度达到修复目标值、二次污染物不产生风险、工程性能指标达到规定要求等准则。

[来源：HJ 25.5，有修改]

3.5

无侧限抗压强度 unconfined compressive strength

固化/稳定化土壤在无侧向压力条件下，抵抗轴向压力的极限强度。

[来源：HJ 1282，有修改]

3.6

渗透系数 permeability coefficient

固化/稳定化土壤在单位水压梯度下，水分通过垂直于水流方向单位截面的速度。

[来源：HJ 1282，有修改]

3.7

抗冻融等级 resistance class to freezing-thawing

用冻融循环法测得的最大冻融循环次数来划分的固化/稳定化土壤的抗冻融性能等级。

[来源：GB/T 50082，有修改]

3.8

抗干湿等级 resistance class to drying-wetting

用干湿交替法测得的最大干湿循环次数来划分的固化/稳定化土壤的抗干湿等级。

[来源：GB/T 50082，有修改]

3.9

压实度 degree of compaction

固化/稳定化土壤压实后的干密度与标准最大干密度之比，以百分比表示。

[来源：JTG D30，有修改]

3.10

回弹模量 modulus of resilience

固化/稳定化土壤在荷载作用下，产生的竖向应力与其相应的回弹应变之比。

[来源：JTG 3430，有修改]

3.11

抗剪强度 shear strength

固化/稳定化土壤在剪切面上所承受的极限剪应力。

[来源：JTG 3430，有修改]

3.12

加州承载比 california bearing ratio

土壤贯入量达到规定值时，单位压力与标准碎石压入相同贯入量时标准荷载强度的比值。

[来源: JTG 3430, 有修改]

3.13

碳化时间 carbonation time

一定浓度 (20%以内) 的二氧化碳气体对固化/稳定化土壤的侵蚀时间。

[来源: GB/T 50082, 有修改]

编制说明: 为了便于对规范条文的理解, 对本规范中涉及的技术名词在此予以定义。固化/稳定化、原位固化/稳定化、异位固化/稳定化、浸出测试、无侧限抗压强度、渗透系数参考《污染土壤修复工程技术规范 固化/稳定化》(HJ 1282); 修复目标、评估标准参考《污染地块风险管控与土壤修复效果评估技术导则 (试行)》(HJ 25.5); 抗冻融等级和抗干湿等级参考《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》(GB/T 50082); 压实度参考《公路路基设计规范》(JTG D30); 回弹模量、抗剪强度和加州承载比参考《公路土工试验规程》(JTG 3430)。

7.4 总体要求

4 基本要求

4.1 基本原则

4.1.1 建设用地污染土壤固化/稳定化效果评估指南应对固化/稳定化后土壤污染风险可接受水平、固化/稳定化效果进行科学、系统地评估。

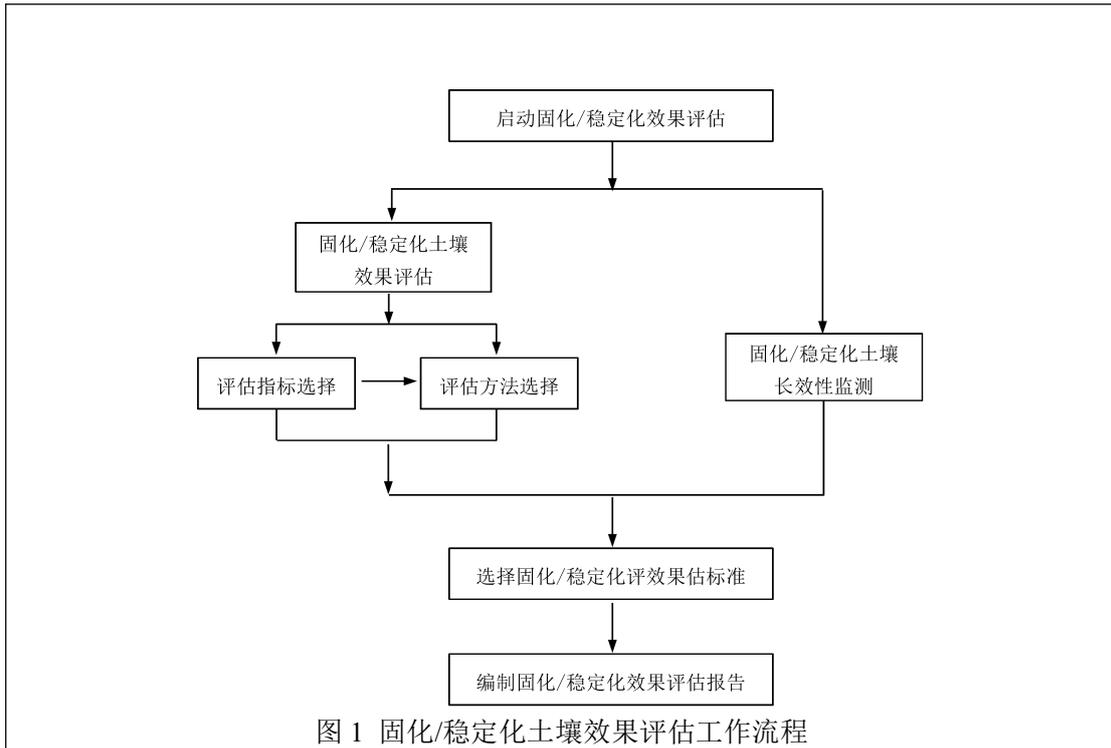
4.1.2 固化/稳定化处理的土壤经效果评估达到标准后优先进行资源化利用, 需要送一般工业固废等填埋场处置的, 应符合该类填埋场的污染控制要求。

4.2 评估程序

4.2.1 固化/稳定化效果评估指标和方法应根据最终处置方式 (固化、稳定化)、用途 (回填、路基、绿化等) 或接受地的相关要求来确定。固化/稳定化效果评估还应依据我国不同区域实际情况设置评估参数, 开展长效性监测, 以保证在预期时间范围内固化/稳定化效果持久有效。

4.2.2 固化/稳定化后土壤中污染物的浸出浓度应达到接受地地下水、地表水或周边土壤对应标准值或不会对其造成危害。固化/稳定化后土壤卫生填埋时, 应满足入场要求; 资源化利用应满足利用情景的相关要求。

4.2.3 效果评估报告编制参照 HJ 25.5 要求, 并补充评估指标和方法、评估标准选择及后期环境监管建议等内容。固化/稳定化土壤效果评估工作流程如图 1 所示。



编制说明：指南规定了 3 条原则：（1）指南的目的是对固化/稳定化后土壤污染风险是否达到可接受水平、固化/稳定化效果是否持久有效等情况进行科学、系统地评估，为固化/稳定化土壤的稳定达标和长效性评估提供科学依据；（2）指南总体上要遵循《污染土壤修复工程技术规范 固化/稳定化》(HJ 1282) 和《污染地块风险管控与土壤修复效果评估技术导则》(HJ 25.5) 的规定；（3）指南建议固化/稳定化处理的土壤经效果评估达到评估标准后优先进行资源化利用，需要送一般工业固废等填埋场处置的，应符合该类填埋场的污染控制要求。

指南对工作内容进行了规定，包括效果评估指标和方法选择、效果评估标准确定、效果评估报告编制三方面工作内容。固化/稳定化效果评估指标和方法主要根据最终处理方式（固化、稳定化）、用途（回填、路基、绿化等）或接受地的相关要求来确定。固化/稳定化技术难以将土壤中的污染物去除，因此需要根据实际情况对固化/稳定化土壤开展长效性评估，以保证在预期时间范围内固化/稳定化效果持久有效。固化/稳定化修复效果评估标准依据固化/稳定化土壤的处置或安全利用方式，结合我国现有的《地下水质量标准》(GB/T 14848)、《地表水环境质量标准》(GB 3838) 和《生活垃圾填埋场污染控制标准》(GB 16889)，对稳定化后污染土壤在不同的处置或安全利用情景下污染物的浸出浓度标准限值进行了明确规定。

7.5 评估指标与方法选择

5 评估指标与方法选择

5.1 一般规定

5.1.1 具体应用情景的评估指标与方法，依据固化/稳定化方式、固化/稳定化土壤再处置利用情景确定。固化/稳定化土壤通常需要评估浸出毒性、长效性、抗冻融、抗干湿和碳化性能指标。评估指标与方法选择参考附录 A。

5.1.2 除卫生填埋外，固化土壤污染物浸出浓度评估方法参考附录 B，长效性监测方法参考附录 C；稳定化土壤污染物浸出浓度评估方法可参考 HJ/T 299，长效性监测方法参考附录 D。

5.1.3 固化/稳定化后土壤评估抗冻融性能时，测定方法参考 JTG 3430。

5.1.4 固化/稳定化后土壤评估抗干湿性能时，测定方法参考 JTG 3430。

5.1.5 异位固化/稳定化后土壤用作再开发填土 (广场、停车场)、河道堤坝、护坡/护岸、路基用土、绿化用土，需要评估碳化性能，测定方法参考 GB/T 50082。

本章节重点针对固化/稳定化土壤的最终去向或用途，以及浸出测试方法的特性和适用情景，对不同处置或利用情景下应采用的浸出毒性评估方法作出了明确规定。编制组借鉴《固体废物浸出毒性浸出方法 硫酸硝酸法》(HJ/T 299)和块状水槽通量浸出测试 (Method 1315)，结合固化土壤的实际胁迫环境，建立了固化土壤浸出毒性浸出方法，即本指南《固化土壤浸出毒性浸出方法 硫酸硝酸法》(附录 B)。稳定化土壤浸出方法参考《固体废物浸出毒性浸出方法 硫酸硝酸法》(HJ/T 299)。

污染土壤及固化/稳定化后的修复土壤在环境中会受到各种环境胁迫的影响，主要包括降雨淋溶、地下水浸泡、温度变化、干湿交替、二氧化碳侵蚀、酸雨等影响。例如，冷冻条件下固化体中的孔隙水膨胀会产生应力，严重时可导致固化体发生变形或产生破裂，导致浸出毒性升高；干湿交替可能会导致固化体收缩开裂，但通常不会影响到固化体的整体结构。必要时应对固化体的耐干湿交替能力进行评估，也可测定干湿交替对浸出毒性的影响；在包气带中，由于固化体与土壤气接触，容易发生碳酸化反应和氧化反应，从而使浸出特性发生改变，影响修复效果。

东北、华北、西北、河南和西藏地区存在冻融循环，影响固化/稳定化土壤的浸出毒性，华南、华东、云南、天津、辽宁等多雨和沿海地区存在干湿交替现象，因此，本指南建议根据区域确定固化/稳定化土壤是否需要评估抗冻融和抗干湿指标。异位固化/稳定化后土壤用作再开发填土 (广场、停车场)、河道堤坝、护坡/护岸、路基用土、绿化用土时，二氧化碳会侵蚀固化/稳定化土壤，影响污

染物的浸出。因此，本指南建议根据再处置利用途径确定固化/稳定化土壤是否需要评估抗冻融和抗干湿指标，评估方法参考《公路土工试验规程》(JTG 3430)。

固化/稳定化土壤长效性监测是效果评估的重要一环，但目前我国针对固化/稳定化土壤的长效性监测缺乏评估方法。因此，本指南结合《上流柱淋溶测试》(Method 1314) 和《块状通量浸出测试》(Method 1315)，简化流程，建立了适合我国的固化/稳定化土壤长效性监测方法，其中，参考《固化土壤浸出毒性长期监测方法 槽浸出法》(附录 C)，稳定化土壤长效性监测方法参考《稳定化土壤浸出毒性长期监测方法 柱淋溶法》(附录 D)。

5.2 不同应用情景的评估指标与方法

5.2.1 原位固化/稳定化土壤、异位固化/稳定化后土壤原位回填或用作再开发填土(广场、停车场)时，固化土壤需评估无侧限抗压强度、渗透系数，测定方法参考 GB/T 50123。

5.2.2 异位固化/稳定化后土壤用作河道堤坝或护坡/护岸时，固化/稳定化土壤位置应处于河道长期稳定的水位线以上。评估指标包括无侧限抗压强度、渗透系数，测定方法参考 GB/T 50123。

5.2.3 异位固化/稳定化后土壤用作公路路基时，评估指标包括如下：加州承载比、压实度，测定方法参考 JTG 3430；无侧限抗压强度、渗透系数和回弹模量，测定方法参考 JTG E51；抗剪强度根据现场原位试验确定，测定方法参考 GB/T 50266，当无条件进行试验时，测定方法参考 GB/T 50218 和 JDG D30 综合确定。

5.2.4 异位固化/稳定化后土壤用作绿化用土时，评估指标及方法参考 CJT 340。

5.2.5 异位固化/稳定化后土壤进入填埋场

a) 进入生活垃圾填埋场时，浸出浓度评估方法参考 HJ 300。无侧限抗压强度、十字板抗剪强度和渗透系数测定方法参考 GB/T 50123。

b) 进入工业固体废弃物填埋场时，浸出浓度评估方法参考 HJ 557。有机质和水溶性盐总量测定方法分别参考 HJ 761 和 NY/T 1121.16。

固化/稳定化土壤再处置利用时，需满足再处置利用情景的相关要求。

原位固化/稳定化土壤、异位固化/稳定化后土壤原位回填或用作再开发填土(广场、停车场)时，《污染土壤修复工程技术规范 固化/稳定化》(HJ 1282) 规定固化土壤需测定无侧限抗压强度和渗透系数，测定方法规定要求参考《土工试验方法标准》(GB/T 50123)。

异位固化/稳定化后土壤用作河道堤坝或护坡/护岸时，为避免长期浸水释放出污染物，因此，本指南建议固化/稳定化土壤应处于河道长期稳定的水位线上。

《堤防工程设计规范》(GB 50286) 对无侧限抗压强度、渗透系数作出要求，测定方法应参考《土工试验方法标准》(GB/T 50123)。

异位固化/稳定化后土壤用作公路路基时，公路路基设计规范 (JDG

D30) 规定需要评估加州承载比、压实度、无侧限抗压强度、渗透系数和回弹模量、抗剪切度等参数, 评估方法参考《公路土工试验规程》(JTG E40)、《公路工程无机结合材料试验规程》(JTG E51)、《工程岩体试验方法标准》(GB/T 50266)、《工程岩体分级指标》(GB/T 50218) 和《公路路基设计规范》(JTG D30)等规定内容。

异位固化/稳定化后土壤用作绿化用土时, 除满足固化/稳定化土壤浸出毒性浸出标准外, 还需满足《绿化种植土壤》(CJT 340)等相关指标要求。

7.6 评估标准选择

6 评估标准选择

6.1 一般规定

6.1.1 固化/稳定化后污染土壤的评估标准值应根据其最终去向或用途确定, 若同一处置情景下, 适用多个标准中浓度限值时, 取最低限值。评估标准选择参考附录 E。

6.1.2 固化/稳定化后土壤抗冻融等级不少于 10 次, 冻融后固化/稳定化土壤满足指南评估标准。

6.1.3 固化/稳定化后土壤抗干湿等级不少于 5 次, 干湿循环后固化/稳定化土壤满足指南评估标准。

6.1.4 异位固化/稳定化后土壤用作再开发填土 (广场、停车场)、河道堤坝、护坡/护岸、路基用土、绿化用土时, 碳化时间不少于 28d, 碳化后固化/稳定化土壤满足指南评估标准。

6.2 不同应用情景的评估标准

6.2.1 原位固化/稳定化土壤、异位固化/稳定化后土壤原位回填或用作再开发填土 (广场、停车场) 时, 污染物浸出浓度应达到 GB/T 14848 IV 类及 IV 类以上的标准限值要求, 并满足地下水用途要求。采用固化技术时, 无侧限抗压强度和渗透系数满足 HJ 1282 规定。

6.2.2 异位固化/稳定化后土壤用作河道堤坝或护坡/护岸时, 浸出浓度应达到 GB 3838 IV 类及 IV 类以上的标准限值要求, 并满足地表水用途要求; 若附近 2000 m 范围内存在饮用水源地, 浸出浓度应达到 GB 3838 集中式生活饮用水地表水源地特定项目标准限值。无侧限抗压强度、渗透系数满足 GB 50286 要求。

6.2.3 异位固化/稳定化后土壤用作公路路基时, 浸出浓度应达到 GB/T 14848 IV 类及 IV 类以上的标准限值要求, 并满足地下水用途要求。加州承载比、压实度、无侧限抗压强度、渗透系数、回弹模量和抗剪强度满足 JTG D30 要求。

6.2.4 异位固化/稳定化后土壤用作绿化用土时, 污染物浸出浓度应同时达到 GB/T 1484 和 GB 3838 IV 类及 IV 类以上的标准限值要求, 并满足其用途要求; 其他指标需满足 CJT 340 要求。

6.2.5 进入生活垃圾填埋场时, 污染物浸出浓度应满足 GB 16889 要求。无侧限抗压强度、十字板抗剪强度和渗透系数满足 GB 50869 入场技术要求。

6.2.6 进入工业固体废弃物填埋场时, 污染物浸出浓度应按 GB 18599 第 I 类一般工业固体废物规定判断, 即污染物浸出浓度未超过 GB8978 最高允许排放浓度。有机质和水溶性盐总量满足 GB 18599 要求。

编制说明：《公路土工试验规程》(JTG 3430)对冻融循环和干湿循环方法和次数进行了描述和规定，本指南基于参考国内标准的原则，固化/稳定化后土壤抗冻融等级和抗干湿等级要求满足 JTG 3430 规定。

参考《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》(GB/T50082)开展固化/稳定化土壤的碳化实验，一定 CO₂ 浓度下，考察碳化时间对固化/稳定化土壤稳定性能的影响，结果显示，碳化处理会增加稳定化土壤中 Pb 的浸出浓度，降低 As 的浸出浓度，对 Cd 浸出浓度的提高并不明显。碳化对于固化/稳定化土壤的物理性能未呈现一致规律，碳化可能会削弱或增强固化土壤的物理性能。由于固化/稳定化土壤在其处置场所中会受到空气中 CO₂ 的影响，因此将加速碳化实验纳入固化/稳定化土壤长期稳定性的后评估工作中有一定必要性，并建议在标准碳化箱中，碳化时间不少于 28 d。

固化/稳定化效果评估标准应根据最终处理方式、用途或接受地的相关要求来确定。原位固化/稳定化土壤、异位固化/稳定化后土壤原位回填或用作再开发填土(广场、停车场)时，污染物浸出浓度应达到《地下水质量标准》(GB/T 14848) IV 类及 IV 类以上的标准限值要求，并满足地下水用途要求。采用固化技术时，无侧限抗压强度和渗透系数满足 HJ 1282 规定。异位固化/稳定化后土壤用作河道堤坝或护坡/护岸时，浸出浓度应达到《地表水环境质量标准》(GB3838) IV 类及 IV 类以上的标准限值要求，并满足地表水用途要求；若附近 2000 m 范围内存在饮用水源地，浸出浓度应达到 GB3838 集中式生活饮用水地表水源地特定项目标准限值。无侧限抗压强度、渗透系数满足《堤防工程设计规范》(GB 50286) 要求。异位固化/稳定化后土壤用作公路路基时，浸出浓度应达到《地下水质量标准》(GB/T 14848) IV 类及 IV 类以上的标准限值要求，并满足地下水用途要求。加州承载比、压实度、无侧限抗压强度、渗透系数、回弹模量和抗剪切度满足《公路路基设计规范》(JTG D30) 要求。异位固化/稳定化后土壤用作绿化用土时，污染物浸出浓度应同时达到《地下水质量标准》(GB/T 14848) 和《地表水环境质量标准》(GB3838) IV 类及 IV 类以上的标准限值要求，并满足其用途要求。其他指标需满足《绿化种植土壤》(CJT 340)要求。异位固化/稳定化后土壤进入生活垃圾填埋场时，污染物浸出浓度应满足《生活垃圾填埋

场污染控制标准》(GB 16889) 要求。无侧限抗压强度、十字板抗剪强度和渗透系数满足《生活垃圾卫生填埋处理技术规范》(GB 50869) 入场技术要求。异位固化/稳定化后土壤进入工业固体废物填埋场时, 污染物浸出浓度应按 GB 18599 第 I 类一般工业固体废物规定判断, 即污染物浸出浓度未超过《污水综合排放标准》(GB8978)最高允许排放浓度。有机质和水溶性盐总量满足《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》(GB 18599) 要求。

7.7 评估报告编制

效果评估报告应当全面真实地反应污染土壤固化/稳定化修复工程效果, 按照效果评估的程序对污染土壤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, 对该土壤后续的安全利用或风险管理提出建议。报告内容参照《污染地块风险管控与土壤修复效果评估技术导则(试行)》(HJ 25.5)。

8 指南实施的环境效益与经济技术分析

该标准实施后, 采用固化/稳定化技术对污染土壤进行处置, 可降低污染土壤对人体健康和生态环境的风险, 采用该技术处理后的土壤结合后期的再利用指标进行再利用, 其环境效益和经济效益都将十分显著。

附录 A (资料性)

固化土壤浸出毒性长期监测方法 槽浸出法

本方法规定了固化土壤浸出毒性长期监测的浸出程序及其质量保证措施,适用于固化土壤长效性监测效果评估。

A.1 试剂

A.1.1 试剂水: 使用复合待测物分析方法标准中所要求的纯水。

A.1.2 浓硫酸: 优级纯。

A.1.3 浓硝酸: 优级纯。

A.1.4 浸提剂: 将质量为 2:1 的浓硫酸和浓硝酸混合溶液加入到试剂水中, 使 pH 为当地近三年降雨平均 pH 值。

A.2 仪器设备

A.2.1 浸出装置

A.2.1.1 浸出槽: 三联式, 单个槽边长为 10 cm 的立方体, 壁厚 5 mm, 用于浸出样品非挥发性和半挥发性物质。浸出装置应由不能浸出或吸收样品所含成分的惰性材料制成。分析无机物时, 可使用玻璃瓶或聚乙烯瓶; 分析有机物时, 可使用玻璃瓶或聚四氟乙烯瓶。

A.2.1.2 进水空: 浸出槽上表面设置进水圆孔, 孔径为 3 cm, 厚度 1 cm。底部设置圆形分流孔, 直径 4 cm, 厚度 1 cm, 保证进水均匀散开。

A.2.1.3 出水孔: 浸出槽侧壁靠底部设置一个出水孔, 孔径 1 cm。

A.2.1.4 底座: 固化土壤底座长、宽 7 cm, 高 0.5 cm。

A.2.2 过滤装置

A.2.2.1 真空过滤器或正压过滤器: 容积 \geq 1 L。

A. 2. 2. 2 滤膜：玻璃纤维滤膜或微孔滤膜，孔径 0. 6~0. 8 μm 。

A. 2. 3 pH 计：在 25 $^{\circ}\text{C}$ 时，精度为 $\pm 0. 05$ pH。

A. 2. 4 实验天平：精度为 $\pm 0. 01$ g。

A. 2. 5 烧杯或锥形瓶：玻璃，500 mL。

A. 2. 6 表面皿：直径可盖住烧杯或锥形瓶。

A. 3 样品的保存和处理

A. 3. 1 固化土壤样品为边长 5 cm 的立方体固化块。

A. 3. 2 除非冷藏会使样品性质发生不可逆改变，样品应于 4 $^{\circ}\text{C}$ 冷藏保存。

A. 3. 3 用于金属分析的浸出液在储存之前应用硝酸酸化至 $\text{pH} < 2$ ；用于有机成分分析的浸出液在贮存过程中不能接触空气，即零顶空保存。

A. 4 浸出步骤

采用槽浸出实验，模拟固化土壤在自然条件下的长期浸出行为，考察浸出时间超过 30 d 的污染物的浸出特征，评估固化土壤的长效性。

A. 4. 1 将立方体固化块置于浸出槽中，样品与各内壁间距不小于 2 cm。

A. 4. 2 向浸出装置中添加浸提剂，确保浸提剂浸没固化样品不小于 2 cm，记录浸提剂体积。

A. 4. 3 分别在 1、5、10、15、20 和 30 d，排出并收集浸出液，排空后向浸出装置中加入相等等体积的浸提剂。

A. 4. 4 在压力过滤器上装好滤膜，用稀硝酸淋洗过滤器和滤膜，弃掉淋洗液，过滤并收集浸出液，于 4 $^{\circ}\text{C}$ 下保存。

A. 4. 5 测定浸出液的污染物浓度，计算并记录 6 次污染物浸出浓度的平均值。

A. 4. 6 除非消解会造成待测金属损失，用于金属分析的浸出液应按分析方法的要求进行消解。

A. 5 质量保证

A. 5. 1 分析仪器应经过国家计量认证，并在有效试用期内。

A. 5. 2 每做 10 个样品或每批样品至少做一个空白。将浸提剂按照 4. 1~4. 3 步骤进行浸提分析。

A. 5. 3 每批样品至少做一个加标回收样品。取过筛后的待测样品，分成相同的两份。向其中一份中加入已知量的待测物质，按照 4 规定步骤进行浸提分析，计算待测物的百分回收。

A. 5. 4 样品浸出实验应在表 A. 1 所规定的时间内完成。

表 A. 1 样品的最大保留时间 (d)

物质类别	从野外采集到浸出	从浸出到预处理	从预处理到定量分析	总实验周期
半挥发性物质	14	7	40	61
汞	28	—	28	56
汞以外的金属	180	—	180	360

附录 B (资料性)

稳定化土壤浸出毒性长期监测方法 柱淋溶法

本方法规定了稳定化土壤浸出毒性长期监测的浸出程序及其质量保证措施,适用于稳定化土壤长效性监测效果评估。

B.1 试剂

B.1.1 试剂水: 使用复合待测物分析方法标准中所要求的纯水。

B.1.2 浓硫酸: 优级纯。

B.1.3 浓硝酸: 优级纯。

B.1.4 浸提剂: 将质量为 2:1 的浓硫酸和浓硝酸混合溶液加入到试剂水中, 使 pH 为当地近 3 年降雨平均 pH 值。浸提剂体积取当地近 3 年降雨量平均值。

B.2 仪器设备

B.2.1 淋溶装置

B.2.1.1 淋溶柱: 柱体内径 5 cm, 壁厚 7 mm, 柱体高度 20 cm, 用于浸出样品非挥发性和半挥发性物质。淋溶柱应由不能浸出或吸收样品所含成分的惰性材料制成。分析无机物时, 可使用玻璃瓶或聚乙烯瓶; 分析有机物时, 可使用玻璃瓶或聚四氟乙烯瓶。

B.2.1.2 法兰: 为增加柱体稳定性, 在淋溶柱底部和顶部分别黏结一个空心法兰盲板, 内径与柱体外径一致, 法兰上设置 6 个螺栓口。法兰外径 12.5 cm, 厚度 1 cm, 宽度 3 cm。

B.2.1.3 淋溶柱盖: 1 cm 厚圆板, 直径 12.5 cm, 与法兰外径一致。柱体与盖体外径吻合处加置橡胶圈, 用以加强盖与柱体间密闭性。安装时, 将螺栓套入柱体盖和法兰的螺栓口中, 并拧紧。

B.2.1.4 入流、出流衔接: 淋溶柱摆正后, 浸提剂于柱体下端进入, 并与待测土壤发生反应。反应后淋溶液在柱体上端流出。柱体盖下端和上端分别安置入流管和出流管接口。

B. 2. 1. 5 石英砂：在填充淋溶柱时，柱体上端和下端设置 1 cm 厚凹槽，用于铺设石英砂。

B. 2. 2 过滤装置

B. 2. 2. 1 真空过滤器或正压过滤器：容积 \geq 1 L。

B. 2. 2. 2 滤膜：玻璃纤维滤膜或微孔滤膜，孔径 0.6~0.8 μm 。

B. 2. 3 pH 计：在 25 $^{\circ}\text{C}$ 时，精度为 \pm 0.05 pH。

B. 2. 4 实验天平：精度为 \pm 0.01 g。

B. 2. 5 烧杯或锥形瓶：玻璃，500 mL。

B. 2. 6 表面皿：直径可盖住烧杯或锥形瓶。

B. 3 样品的保存和处理

B. 3. 2 除非冷藏会使样品性质发生不可逆改变，样品应于 4 $^{\circ}\text{C}$ 冷藏保存。

B. 3. 3 用于金属分析的浸出液在储存之前应用硝酸酸化至 pH $<$ 2；用于有机成分分析的浸出液在贮存过程中不能接触空气，即零顶空保存。

B. 4 浸出步骤

B. 4. 1 含水率测定

B. 4. 1. 1 称取 50~100 g 样品置于具盖容器中，于 105 $^{\circ}\text{C}$ 下烘干，恒重至两次称量值的误差小于 \pm 1%，计算样品含水率。

B. 4. 1. 2 样品中含有初始液相时，应将样品进行压力过滤，再测定滤渣的含水率，并根据总样品量（初始液相与滤渣重量之和）计算样品中的干固体百分率。

B. 4. 1. 3 进行含水率测定后的样品，不得用于浸出毒性试验。

B. 4. 2 样品破碎

B. 4. 2. 1 样品颗粒应可以通过 9.5 mm 孔径的筛，对于粒径大的颗粒可通过破碎、切割或碾磨降低粒径。

B. 4. 2. 2 测定样品中挥发性有机物时，为避免过筛时待测成分有损失，应使用刻度尺测量粒径：样品和降低粒径所用工具应进行冷却，并尽量避免将样品暴露在空气中。

B. 4. 3 淋溶柱填装

B. 4. 3. 1 采用 1 mol/L 稀硝酸清洗淋溶柱内壁，再用去离子水清洗。安装淋溶柱底部法兰盲板，在底部凹槽处填装 20~30 目石英砂，称重。

B. 4. 3. 2 分 5 次填装土壤，每次用玻璃棒轻轻捣夯实，确保样品均匀填装并呈水平，填装完毕后称重，计算土壤样品添加质量。

B. 4. 3. 3 在顶部凹槽中填装 20~30 目的石英砂，并安装法兰盲板，固定。

B. 4. 4 将入流管和淋溶柱底部入口连接，并与蠕动泵连接。利用蠕动泵将浸提剂徐徐泵入样品中，流速 $q \leq am$ ，其中 a 为 0.025 L/(kg•h)， m 为土壤样品质量。

B. 4. 5 观察出水口状况，当出水口有淋溶液出现时，视为土柱达到水饱和状态，进一步开展浸出实验，收集淋溶液。

B. 4. 6 在压力过滤器上装好滤膜，用稀硝酸淋洗过滤器和滤膜，弃掉淋洗液，过滤并收集淋溶液，于 4 °C 下保存，测定淋溶液的污染物浓度。

B. 4. 7 除非消解会造成待测金属损失，用于金属分析的浸出液应按分析方法的要求进行消解。

B. 5 质量保证

B. 5. 1 分析仪器应经过国家计量认证，并在有效试用期内。

B. 5. 2 每做 10 个样品或每批样品至少做一个空白。将浸提剂按照 4. 1~4. 5 步骤进行浸提分析。

B. 5. 3 每批样品至少做一个加标回收样品。取过筛后的待测样品，分成相同的两份。向其中一份中加入已知量的待测物质，按照 4 规定步骤进行浸提分析，计算待测物的百分回收。

B. 5. 4 样品浸出实验应在表 B. 1 所规定的时间内完成。

表 B.1 样品的最大保留时间 (d)

物质类别	从野外采集到浸出	从浸出到预处理	从预处理到定量分析	总实验周期
半挥发性物质	14	7	40	61
汞	28	—	28	56
汞以外的金属	180	—	180	360

附录 C
(资料性)

表 C.1 建设用地污染土壤固化/稳定化效果评估指标与方法

		浸出方法	无侧限抗压强度	渗透系数	回弹模量	加州承载比	压实度	抗剪强度	有机质	水溶性盐	其他
原位固化/稳定化 原位回填 再开发填土	固化	附录 D 或 HJ/T 299	GB/T 50123	GB/T 50123							
	稳定化										
河道堤坝或护坡/护岸			GB/T 50123	GB/T 50123							
公路路基			JTG E51	JTG E51	JTG E51	JTG 3430	JTG 3430	GB/T 50266 或 GB/T 50218 和 JDG D30			
绿化用土											CJT 340
生活垃圾填埋场			HJ 300	GB/T 50123	GB/T 50123			GB/T 50123			
工业固体废弃物填埋		HJ 557						HJ 761	NY/T 1121.16		

注：^a 固化土壤污染物浸出浓度评估方法参考附录 D，稳定化土壤污染物浸出浓度评估方法参考 HJ/T 299。

^b 固化/稳定化后土评估抗冻融性能时，测定方法参考 JTG 3430。

^c 固化/稳定化后土壤评估抗干湿性能时，测定方法参考 JTG 3430。

^d 异位固化/稳定化后土壤用作再开发填土 (广场、停车场)、河道堤坝、护坡/护岸、路基用土、绿化用土时，需要评估碳化性能，测定方法参考 GB/T 50082。

^e 固化土壤长效性监测方法参考附录 A，稳定化土壤长效性监测方法参考附录 B。

附录 D (资料性)

固化土壤浸出毒性浸出方法 硫酸硝酸法

本方法规定了固化土壤浸出毒性的浸出程序及其质量保证措施,适用于固化土壤样品中有机物和无机物的浸出毒性鉴别。

C.1 试剂

C.1.1 试剂水:使用复合待测物分析方法标准中所要求的纯水。

C.1.2 浓硫酸:优级纯。

C.1.3 浓硝酸:优级纯。

C.1.4 浸提剂:将质量为 2:1 的浓硫酸和浓硝酸混合溶液加入至试剂水 (1 L 水约 2 滴混合液) 中,使 pH 为 3.20 ± 0.05 。该浸提剂用于测定样品中重金属和半挥发性有机物的浸出毒性。

C.2 仪器设备

C.2.1 振荡设备:转速为 30 ± 2 r/min 的翻转式振荡装置。

C.2.2 提取容器:2 L 具旋盖和内盖的广口瓶 (瓶口直径不小于 5 cm),用于浸出样品非挥发性和半挥发性物质。提取瓶应由不能浸出或吸收样品所含成分的惰性材料制成。分析无机物时,可使用玻璃瓶或聚乙烯瓶;分析有机物时,可使用玻璃瓶或聚四氟乙烯瓶。

C.2.2 过滤装置

C.2.2.1 真空过滤器或正压过滤器:容积 ≥ 1 L。

C.2.2.2 滤膜:玻璃纤维滤膜或微孔滤膜,孔径 0.6~0.8 μm 。

C.2.3 pH 计:在 25 $^{\circ}\text{C}$ 时,精度为 ± 0.05 pH。

C.2.4 实验天平:精度为 ± 0.01 g。

C. 2. 5 烧杯或锥形瓶：玻璃，500 mL。

C. 2. 6 表面皿：直径可盖住烧杯或锥形瓶。

C. 3 样品的保存和处理

C. 3. 1 固化土壤样品为边长 5 cm 的立方体固化块。

C. 3. 2 除非冷藏会使样品性质发生不可逆改变，样品应于 4 °C 冷藏保存。

C. 3. 3 用于金属分析的浸出液在储存之前应用硝酸酸化至 $\text{pH} < 2$ ；用于有机成分分析的浸出液在贮存过程中不能接触空气，即零顶空保存。

C. 4 浸出步骤

C. 4. 1 将固化土壤样品置于 2 L 提取瓶中，按液固比为 10:1 (L/kg) 计算出所需浸提剂的体积，加入浸提剂，盖紧瓶盖后固定在翻转式振荡器上，调节转速为 30 ± 2 r/min，于 23 ± 2 °C 下振荡 18 ± 2 h。在振荡过程中有气体产生时，应定时在通风橱中打开提取瓶，释放过度的压力。

C. 4. 2 在压力过滤器上装好滤膜，用稀硝酸淋洗过滤器和滤膜，弃掉淋洗液，过滤并收集浸出液，于 4 °C 下保存。

C. 4. 3 除非消解会造成待测金属损失，用于金属分析的浸出液应按分析方法的要求进行消解。

C. 5 质量保证

C. 5. 1 分析仪器应经过国家计量认证，并在有效试用期内。

C. 5. 2 每做 20 个样品或每批样品至少做一个空白。将浸提剂按照 4. 1~4. 3 步骤进行浸提分析。

C. 5. 2 每批样品至少做一个加标回收样品。取过筛后的待测样品，分成相同的两份。向其中一份中加入已知量的待测物质，按照 4 规定步骤进行浸提分析，计算待测物的百分回收。

C. 5. 4 样品浸出实验应在表 C. 1 所规定的时间内完成。

表 C.1 样品的最大保留时间 (d)

物质类别	从野外采集到浸出	从浸出到预处理	从预处理到定量分析	总实验周期
半挥发性物质	14	7	40	61
汞	28	—	28	56
汞以外的金属	180	—	180	360

附表 E

(资料性)

表 E.1 建设用地污染土壤固化/稳定化效果评估标准

		浸出标准	无侧限抗压强度	渗透系数	回弹模量	加州承载比	压实度	抗剪强度	有机质	水溶性盐	其他
原位固化/稳定化 原位回填 再开发填土	固化	GB/T 14848 IV 类及 IV 类以上的标准限值，并满足地下水用途要求。	HJ 1282	HJ 1282							
	稳定化										
河道堤坝或护坡/护岸		GB3838 IV 类及 IV 类以上的标准限值要求，并满足地表水用途要求；若附近 200 m 范围内存在饮用水源地，浸出浓度应达到 GB3838 集中式生活饮用水地表水源地特定项目标准限值。	GB 50286	GB 50286							
公路路基		GB/T 14848 IV 类及 IV 类以上的标准限值要求，并满足地下水用途要求。	JTG D30	JTG D30	JTG D30	JTG D30	JTG D30	JTG D30			
绿化用土		GB/T 14848 和 GB3838 IV 类及 IV 类以上的标准限值要求，并满足其用途要求。									CJT 340
生活垃圾填埋场		GB 16889	GB 50869	GB 50869				GB 50869			
工业固体废弃物填埋		满足 GB 8978 第 I 类一般工业固体废物。							GB 18599	GB 18599	

注：^a 固化/稳定化后土壤抗冻融等级不少于 10 次，冻融后固化/稳定化土壤满足指南评估标准。

^b 固化/稳定化后土壤抗干湿等级不少于 5 次，干湿循环后固化/稳定化土壤满足指南评估标准。

^c 异位固化/稳定化后土壤用作再开发填土（广场、停车场）、河道堤坝、护坡/护岸、路基用土、绿化用土时，碳化时间不少于 28d，碳化后固化/稳定化土壤满足指南评估标准。

