

附件 2

《建设用地土壤修复方案编制指南》

编制说明

(征求意见稿)

二零二三年七月

目录

1 项目背景	2
1.1 任务来源	2
1.2 编制单位	2
2 编制意义	2
3 编制依据	3
4 国内外相关工作基础	4
4.1 美国	4
4.2 英国	4
4.3 日本	6
4.4 澳大利亚	6
4.5 中国	7
5 主要工作过程	7
6 主要技术条款说明	8
6.1 适用范围	8
6.2 基本原则和工作程序	8
6.2.1 基本原则	8
6.2.2 工作程序	9
6.3 选择修复模式	9
6.3.1 构建地块概念模型	10
6.3.2 确认修复目标	10
6.4 筛选修复技术	10
6.4.1 修复技术选择	10
6.4.2 修复技术可行性试验	11
6.4.3 确定修复技术	12
6.5 制定修复方案	12
6.5.1 确定修复方案	12
6.5.2 修复方案工程设计	12
6.5.3 制定环境管理计划	13
6.5.4 修复效果评估	15
6.5.5 成本效益分析	16
7 本指南的实施建议	16

《建设用地土壤修复方案编制指南》

编制说明

1 项目背景

1.1 任务来源

《建设用地土壤修复方案编制指南》是 2023 年《全省生态环境工作要点》中“加强建设用地土壤管控治理”任务之一。

1.2 编制单位

《建设用地土壤修复方案编制指南》行业主管部门为河北省生态环境厅，主要起草单位为河北省生态环境科学研究院。

2 编制意义

国家及生态环境主管部门的相关要求。近些年来，国家相继发布了污染地块修复相关文件，例如，2014 年发布的《污染场地修复技术导则》，2016 年发布的《土壤污染防治行动计划》，2017 年发布的《污染地块土壤环境管理办法》，2018 年颁布《中华人民共和国土壤污染防治法》和发布《污染地块风险管控和土壤修复效果评估技术导则》，2019 年发布《污染地块地下水修复和风险管控技术导则》和修订发布《建设用地土壤污染风险管控和修复术语》《建设用地土壤污染风险管控和修复监测技术导则》《建设用地土壤污染风险评估技术导则》《建设用地土壤修复技术导则》。《中华人民共和国土壤污染防治法》第四十条规定：“实施风险管控、修复活动中产生的废水、废气和固体废物，应当按照规定进行处理、处置，并达到相关环境保护标准。实施风险管控、修复活动中产生的固体废物以及拆除的设施、设备或者建筑物、构筑物属于危险废物的，应当依照法律法规和相关标准的要求进行处置。修复施工期间，应当设立公告牌，公开相关情况和环境保护措施。”第三十五条规定了土壤污染风险管控和修复，包括土壤污染状况调查和土壤污染风险评估、风险管控、修复、风险管控效果评估、修复效果评估、后期管理等活动。污染地块修复工程是以消除或降低地块风险为目的，其实质是有毒有害污染物的转化或介质转移过程。修复工程实施过程同样具有不容忽视的环境风险。第四十一条规定：“修复施工单位转运污染土壤的，应当制定转运计划，将运输时间、方式、线路和污染土壤数量、去向、最终处置措施等，提前报所在地和接收地生态环境主管部门。转运的污染土壤属于危险废物的，修复施工单位应当依照法律法规和相关标准的要求进行处置。”第四十二条规定：“风险管控、修复活动完成后，需要实施后期管理的，土壤污染责任人应当按照要求实施后期管理。”第六十四条中规定：“对

建设用地土壤污染风险管控和修复名录中需要实施修复的地块，土壤污染责任人应当结合土地利用总体规划和城乡规划编制修复方案，报地方人民政府生态环境主管部门备案并实施。修复方案应当包括地下水污染防治的内容。”《污染地块土壤环境管理办法（试行）》（中华人民共和国环境保护部令（第 42 号））第五章治理与修复中提到：“对需要开展治理与修复的污染地块，土地使用权人应当根据土壤环境详细调查报告、风险评估报告等，按照国家有关环境标准和技术规范，编制污染地块治理与修复工程方案，并及时上传污染地块信息系统。土地使用权人应当在工程实施期间，将治理与修复工程方案的主要内容通过其网站等便于公众知晓的方式向社会公开。”为落实上述要求，顺利开展污染地块修复项目，防范修复过程中的风险，确保环境和人员安全，并对其实施过程进行有效的监督和管理。

现有标准的不足。国内还没有形成专门针对建设用地修复方案编制相关工作的技术指导性文件，随着污染地块修复工作的相继开展，以及相关研究的逐步深入，在实际修复工程实施过程中出现了诸多问题，亟待开展污染地块修复方案的编制和实施等相关工作。

国外相关标准情况。国外发达国家在长期的污染土壤修复过程中，形成了较为完备的污染土壤修复相关法律体系和管理机制，制定了完善的土壤污染修复技术规范，可为建设用地土壤修复方案编制工作的开展和相关技术标准的制定提供借鉴。

建设用地土壤修复方案的编制，在提出污染地块修复的基本要求的同时，也为修复工程监管提供技术支撑。这不仅使修复方案的编制更加规范化，有助于提升治理修复与风险管控水平，还将使政府管理更加规范化、科学化和系统化，保证地块修复效果，保护环境安全和人体健康。

3 编制依据

GB 8978 污水综合排放标准

GB 12523 建筑施工场界环境噪声排放标准

GB 14554 恶臭污染物排放标准

GB 16297 大气污染物综合排放标准

GB 36600 土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）

GB/T 14848 地下水质量标准

GB/T 50502 建筑施工组织设计规范

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 25.3 建设用地土壤污染风险评估技术导则

HJ 25.4 建设用地土壤修复技术导则

HJ 25.5 污染地块风险管控与土壤修复效果评估技术导则

HJ 25.6 污染地块地下水修复和风险管控技术导则

HJ 610 环境影响评价技术导则 地下水环境
HJ/T 55 大气污染物无组织排放监测技术导则
HJ 91.1 污水监测技术规范
HJ 91.2 地表水环境质量监测技术规范
HJ 164 地下水环境监测技术规范
HJ 169 建设项目环境风险评价技术导则
HJ/T 397 固定源废气监测技术规范
DB13/2322 工业企业挥发性有机物排放控制标准
DB13/2934 施工场地扬尘排放标准
DB13/T 5216 建设用土壤污染风险筛选值

4 国内外相关工作基础

4.1 美国

美国政府于 1980 年颁布的《综合环境反应、赔偿与责任法》（又名《超级基金法》）是美国最主要的土壤污染防治立法。该法实施后，被列入《国家优先名录》中 67% 的污染地块得到了治理修复，130 万英亩的土地恢复了生产功能，多数污染地块在修复后达到了商业交易之目的。

《超级基金法》授权美国环境保护署（United States Environmental Protection Agency, USEPA）对全国污染地块进行管理，并责令责任者对污染特别严重的地块进行修复。在上述法律框架下，美国已制定了一系列的地块修复技术标准和污染物“国家优先清单（NPL）”，启动了大量地块的调查和修复工作。此外，美国环保局针对不同的修复技术类型还制定了一系列的技术指南，如《在超级基金框架下实施处理可能性研究指南：需氧生物降解修复筛查》《在超级基金法框架下实施处理可能性研究指南：生物降解修复选择》《在超级基金法框架下实施处理可能性研究指南：化学脱卤》《在超级基金法框架下实施处理可能性研究指南：土壤蒸汽抽提》《在超级基金法框架下实施处理可能性研究指南：土壤淋洗》《在超级基金法框架下实施处理可能性研究指南：溶剂提取》《在超级基金法框架下实施处理可能性研究指南：热解吸修复选择》等。

超级基金污染地块修复整个过程包括地块发现、初步调查/地块调查、危害评估系统/国家优先名单、修复调查与可行性研究、地块清理、地块结束、地块关闭/NPL 名单删除、五年回顾等过程。

目前尚未检索到美国的污染地块修复过程污染防治编制的相关文件。

4.2 英国

英国在历经经济高速发展之后，遗留下大量的受污染地块。英国发布了《英国指导潜在污染土地恢复手册》，将化工、煤焦化、木材加工等企业和机构的所在地列为潜在污染地块。

英国环境、食品和农业事务部（Department for Environment, Food and Rural Affairs, DEFRA）也发行了一系列《污染土地报告》（Contaminated Land Report, CLR）（共 15 册）涉及污染土地调查、评估和修复技术选择等技术报告。

2019 年，英国环境局在《土壤污染：风险管理》（Land contamination: risk management, Environment Agency）中规定污染土壤修复包括修复策略的制定、修复实施核查和长期运行维护（需要的话）。制定的修复策略应考虑以下因素：

- （1）明确规定所选修复方案将如何减轻相关污染物带来的风险；
- （2）能够满足方案评估目标，以满足监管要求；
- （3）说明人类健康状况，环境和生态将如何得到保护；
- （4）策略是可行、有效和持久的；
- （5）与其他方面的工作相兼容，如地块的未来规划；
- （6）该策略是可实现的、可持续的和能够处理不确定性情况的；
- （7）可通过测试、测量、监测或其他记录方法进行验证；
- （8）考虑对当地居民的潜在危害和干扰。

修复策略中必须包括：

- （1）监测目标和标准；
- （2）要采取的修复行动；
- （3）如何实施修复；
- （4）有关如何验证修复有效的详细信息；
- （5）监测和维护细节；
- （6）需要实施的任何监管控制的细节，如许可证和部署。

还必须规定以下内容：

- （1）修复技术的选择及其科学依据；
- （2）任何修复技术组合方案的有效性；
- （3）所选修复选项的约束和限制；
- （4）修复办法全面生效的时间表；
- （5）修复措施的预期持久性；
- （6）如何防止由修复活动造成的污染；
- （7）如何处理不确定因素和应急情况；
- （8）对备选修复技术战略的描述；
- （9）描述将如何达到修复目标。

另外，修复期间需及时提交修复进度报告。开展长期监测和维护之前：

- （1）确定需要什么；
- （2）决定由谁来执行这项工作；

- (3) 报告修复结果；
- (4) 决定何时可以停止监视或维护并完成修复工作。

确定详细信息后，需要：

- (1) 符合相关资质的人员进行监控和维护；
- (2) 确保按照协议开展和报告工作；
- (3) 确保完成相应的维护措施；
- (4) 如果监测标准不符合或出现意外结果，应定期审查和修订；
- (5) 向利益攸关方提供所有报告的副本。

如果无法满足监测标准，则应该：

- (1) 检查设备和计算是否正确，以验证监测数据；
- (2) 考虑季节变化的影响；
- (3) 考虑监测数据中的空间变化情况；
- (4) 增加地块的监测频率；
- (5) 考虑引入连续监测或警报系统；
- (6) 优化修复措施以提高效率。

4.3 日本

日本是世界上土壤污染防治立法较早的国家。日本政府于 1970 年颁布了针对农用地保护的《农用地土壤污染防治法》，并分别于 1971 年、1978 年、1993 年、1999 年、2005 年和 2011 年进行了修订。《农用地土壤污染防治法》中规定了污染地块修复流程为地块调查、修复区域划分、修复计划制定、修复措施实施和污染地块删除。

日本于 2002 年颁布了《土壤污染对策法》，弥补了城市用地土壤污染防治法律方面的空白，成为日本土壤污染防治的主要法律依据。借鉴美国的《超级基金法》，日本的《土壤污染对策法》也采用了严格责任、连带责任和追溯责任制度。日本政府又先后公布了《土壤污染对策法施行令》（平成 14 年第 336 号令）和《土壤污染对策法施行规则》（平成 14 年环境省第 29 号令），作为《土壤污染对策法》的具体实施法规，对其中许多地方进行了详细的规定，如规定了污染土壤范围的划定、污染整治措施的内容及期限、土壤污染调查方法、污染整治之相关技术基准等。《土壤污染对策法》也分别于 2005 年、2006 年、2009 年、2011 年和 2014 年进行了修订，进一步完善了相关制度。

4.4 澳大利亚

1999 年澳大利亚发布的《国家环境保护（地块污染评估）指南》是为了建立一套全国统一的方法来评估地块污染，以确保包括监管机构、地块评估人员、环境审计人员、土地所有者、开发商等社会各界采取合理的环境管理措施。南澳环保署（EPA in South Australian）于 2005 年发布了环保局导则：《土壤生物修复技术（异位）》（EPA guidelines: soil bio

remediation (ex-situ))。详细介绍了异位生物修复技术的原理、特点、局限性及使用条件,为污染土壤修复方法的选择提供指导。

澳大利亚环保局于 2008 年发布《现场修复环境管理导则》(EPA Guidelines for Environmental management of on-site remediation),该导则提出了污染地块修复过程中的大气、噪声、地表水、土壤、地下水等介质的污染防范方法,并描述了施工过程的安全健康保护措施。

4.5 中国

目前我国大陆地区的污染地块修复相关标准体系还不够完善。已有的国家级相关污染防治的法律规范主要包括《环境保护法》《水污染防治法》《土壤污染防治法》《土壤环境质量标准》《土壤环境监测技术规范》《地下水质量标准》《地下水环境监测技术规范》和原国家环保部正式实施的《建设用地土壤污染状况调查技术导则》(HJ 25.1—2019)、《建设用地土壤污染风险管控和修复监测技术导则》(HJ 25.2—2019)、《建设用地土壤污染风险评估技术导则》(HJ 25.3—2019)、《建设用地土壤修复技术导则》(HJ 25.4—2019)、《建设用地土壤污染风险管控和修复术语》(HJ 682—2019)、《污染地块风险管控与土壤修复效果评估技术导则》(HJ 25.5—2018)、《污染地块地下水修复和风险管控技术导则》(HJ 25.6—2019)等标准和技术规范。地方标准主要包括北京市的《建设用地土壤污染状况调查与风险评估技术导则》(DB11/T 656—2019)、《污染土壤环境风险评价筛选值》(DB11/T 811—2011)、《污染场地修复验收技术规范》(DB11/T 783—2011)、《重金属污染土壤填埋场建设与运行技术规范》(DB11/T 810—2011)、《污染场地修复后土壤再利用环境评估导则》(DB11/T 1281—2015)、《污染场地挥发性有机物调查与风险评估技术导则》(DB11/T 1278—2015)、《污染场地修复工程环境监理技术导则》(DB11/T 1279—2015)等。

2021 年 9 月 9 日,广州市市场监督管理局和广州市生态环境局联合发布了《建设用地土壤污染防治第 2 部分:污染修复方案编制技术规范》(DB4401/T 102.2—2021)。2021 年 9 月 24 日,北京市市场监督管理局发布了《建设用地土壤污染修复方案编制导则》(DB11/T 1280—2021)。

5 主要工作过程

任务下达后,标准编制组主要开展了以下调查和研究工作:

2023 年 1 月 1 日—3 月 30 日,完成国内外相关法律法规及标准的调研、收集与分析,包括:国内外相关工作基础,省内审核的方案、全国其他地方开展的相关工作及发布的文件等等,做了大量的统计分析工作,开展指南的编制工作。

2023 年 4 月 1 日—6 月 31 日,经编制组内部讨论、咨询相关专家等,形成指南初稿。

2023 年 7 月 1 日—7 月 30 日,编制组经与省厅土壤处沟通,对指南初稿进行修改完善。

6 主要技术条款说明

6.1 适用范围

文件规定了建设用地土壤修复技术方案编制的基本原则、工作程序、内容和要求。适用于河北省辖区内建设用地土壤修复方案的编制。

文件不适用于放射性污染和致病性生物污染的建设用地土壤修复方案编制。

6.2 基本原则和工作程序

6.2.1 基本原则

文件规定的基本原则主要参照《建设用地土壤修复技术导则》（HJ 25.4—2019）中相关内容，在科学性、可行性、安全性原则的基础上新增了绿色低碳原则。

绿色低碳原则

国家《“十四五”土壤、地下水和农村生态环境保护规划》提出鼓励绿色低碳修复，近日，生态环境部发布《关于促进土壤污染绿色低碳风险管控和修复的指导意见（征求意见稿）》，提出加快土壤修复绿色低碳转型、全过程提升绿色低碳修复水平、全方位强化绿色低碳修复科技支撑等四项内容，积极推动减污降碳协同增效，切实推进土壤污染绿色低碳风险管控和修复。倡导建设用地土壤污染治理率先践行绿色低碳修复理念，在确保达到土壤污染风险管控修复目标的前提下，土壤污染修复过程更加注重能源资源节约高效利用，实现环境净效益最大化和碳排放量最小化。

我国土壤修复技术基本是引进国外高效、快速的物理或化学修复技术及其设备为主，但随着土壤修复市场逐步完善和要求不断提高，特别是“双碳”政策对土壤修复行业发展的压力，传统大投入的物理化学土壤修复技术弊端凸显。

1、土壤修复成本高。水泥窑、热脱附、化学淋洗等技术快速修复效果好，但处理成本较高，尤其是用于非商业开发的污染地块无法接受。而且土壤修复基金基本是政府买单，政府也无法承受高额土壤修复成本。

2、传统物理化学修复技术能耗大。经估算，热脱附技术每吨土壤消耗天然气 45~48m³，电 34.1~40.8kW/h，其最终产生的二氧化碳排放可能超过 200kg/t 土；气相抽提技术平均修复每吨污染土壤排放二氧化碳约 500kg，若与热处理相结合，产生的碳排放进一步增加；水泥窑协同处置折合排放二氧化碳 230~460kg；化学淋洗技术折合修复每吨土壤排放 64.5kg 二氧化碳；固化/稳定化技术折合修复每吨土壤排放 44.9kg 二氧化碳；化学氧化/还原技术估算其修复每吨土壤排放 50kg 二氧化碳左右。按照“双碳目标”要求，高能耗土壤污染修复技术必将淘汰，低碳、绿色的土壤修复技术势在必行。

3、修复导致土壤“失活”和后处置是难题。传统的物理或化学土壤修复技术，虽能使土壤污染物含量可能被控制在安全范围内，但高温、强酸、强碱的应用却使土壤最基本的“固

碳”能力、微生物活性等被彻底破坏，这些修复干净却“失活”的土壤，面临后处置和功能恢复等难题。

绿色可持续修复（Green and Sustainable Remediation，以下简称“GSR”）是 21 世纪初在欧美等发达国家兴起的污染地块修复治理理念，其旨在避免“过度修复”，综合考量修复活动整个生命周期对社会、经济、环境的影响，降低修复过程中的二次环境污染，包括能源和材料消耗，废弃物产生，材料制造和能源使用过程中污染物排放等环境影响。近 20 年，绿色可持续修复理念在专业修复技术规范、政府指导性政策制定以及学术研究等方面不断渗透。绿色可持续修复的兴起是一个重要里程碑，修复行业将会重塑，建立新的标准和技术规范供从业者遵循。相较于欧美国家，我国绿色可持续修复发展起步晚，缺乏有效评估和监管，亟待充分借鉴国际经验并结合自身特色进行因地制宜的完善和发展。

无论采取何种修复技术，污染场地修复必然会带来一定的二次环境影响以及资源、能源消耗。绿色可持续修复强调综合考虑全生命周期的环境、社会和经济的净影响，着力于减少修复过程中的二次环境污染以及能源、材料的消耗。

在全球气候变化的背景下，从绿色可持续修复的外部发展来看，通过碳核算准确评估和优化修复活动的碳排放，是切实实现污染场地绿色可持续修复的重要途径，其将对于应对气候变化、实现可持续发展起重要作用，也是绿色可持续修复未来完善发展的方向之一。

6.2.2 工作程序

主要参考省内案例以及《建设用地土壤修复技术导则》（HJ 25.4—2019）中相关内容。土壤修复方案编制工作包括选择修复模式、筛选修复技术、制定修复方案 3 个阶段。通过构建地块概念模型和确认地块修复目标来选择修复模式，通过选择修复技术和对修复技术进行可行性评级来确定修复技术，通过修复方案必选确定修复方案，最后把修复方案工程设计、环境管理计划和修复效果评估计划列入编制方案内容。

6.3 选择修复模式

依据 HJ 25.3、GB 36600 等有关标准，充分考虑地块所在区域土壤中目标污染物的背景含量及目标污染物形态与迁移转化规律等，对前期土壤污染状况调查和风险评估提出的修复目标进行合理性分析。修复方案中的目标污染物、修复目标值、修复范围（修复边界、拐点坐标、污染深度等）和修复量原则上与经评审的地块土壤污染风险评估报告一致。结合地块环境特征和污染特征，对土壤和地下水存在的污染风险进行综合判定。

分析前期土壤污染状况调查和风险评估资料的基础上，根据地块特征条件、目标污染物、修复范围、修复量和修复周期、未来开发建设规划、预期经费投入，选择确定地块修复总体思路。永久性处理修复优先于处置，即显著减少污染物数量、毒性和迁移性。鼓励采用绿色、可持续和资源化的修复技术。需将污染土壤转运出原污染地块的，应确定污染土壤量、去向、运输方式、路线和最终处置措施。

6.3.1 构建地块概念模型

土壤污染修复工作需要在地块前期的土壤和地下水环境调查、模拟预测评估和健康风险评估等资料进行核实。

污染地块土壤修复方案编制前，需要踏勘现场情况，通过现场走访调查、与场地管理方的沟通、简单的水文地质测绘、异常气味的辨识、摄影和照相等现场踏勘方式，关注场地及周边环境是否发生变化。

修复技术方案编制阶段的地块概念模型，应进一步结合地块水文地质条件、污染物的理化参数、空间分布及其潜在运移途径、风险评估结果等因素，以文字、图、表等方式概化地块地层分布、地下水埋深、流向、描述污染物的空间分布特征、污染物的迁移过程、迁移途径、污染介质与受体的相对位置关系、受体的关键暴露途径以及未来建筑物结构特征等，用以指导修复策略制定、筛选合适的修复技术并提出潜在可行的修复技术备选方案。同时，在修复技术方案制定的过程中，应根据所制定的修复技术方案，动态更新地块概念模型，以评估不同修复技术方案的实施效果。

6.3.2 确认修复目标

依据 HJ 25.3、GB 36600、DB13/T 5216、GB/T 14848 等有关标准，充分考虑地块所在区域土壤和地下水中目标污染物的形态与迁移转化规律等，对风险评估报告提出的修复目标污染物进行确认。

结合风险评估的风险控制值、补充调查、GB 36600、DB13/T 5216 相关规定、地块所在区域土壤中目标污染物的背景含量以及其他有关标准中规定的限值，以及《关于印发〈建设用地土壤污染修复目标值制定指南（试行）〉的通知》（环办土壤函〔2022〕488号）对目标污染物的修复目标值进行核实和确认。

修复方案中的目标污染物、修复目标值、修复范围（修复边界、拐点坐标、污染深度等）和修复量原则上与经评审的地块土壤污染风险评估报告一致。

6.4 筛选修复技术

筛选与评估修复技术阶段是指以地块修复目标与修复策略为核心，通过技术筛选，找出适用于目标地块的潜在可行技术，并根据需要进行相应的技术可行性试验与评估，确定目标地块的可行修复技术。筛选与评估修复技术阶段应包括修复技术初步筛选、技术可行性试验、修复技术综合评估 3 个过程。其中，技术可行性试验根据试验目的和手段的不同，又分为筛选性试验和选择性试验。

6.4.1 修复技术选择

《污染地块土壤环境管理办法（试行）》（中华人民共和国环境保护部令（第 42 号））第五章中第二十三条要求“对拟开发利用为居住用地和商业、学校、医疗、养老机构等公共设施用地的污染地块，经风险评估确认需要治理与修复的，土地使用权人应当开展治理与修

复。”为了落实 42 号令中相关要求，在该部分对治理修复也提出了相应的要求。治理修复技术相关筛选主要是从技术的修复效果、可实施性（包括技术上的可实施性及管理部门的接受性）、成本等角度进行考虑，筛选出潜在可行的修复技术。

6.4.2 修复技术可行性试验

通过修复技术筛选过程后，应进一步开展可行性试验，确定各潜在可行技术是否适用于特定的目标地块。土壤修复技术可行性评估也可以采用相同或类似地块修复技术的应用案例分析进行，要求成功案例与目标项目具有相似的土壤特征以及污染物种类和浓度，通过与类似成功案例的对比，可以确定污染土壤修复目标的可实现性。必要时可现场考察和评估应用案例实际工程。但是当数据量不够证明各潜在可行技术能够用于特定的目标地块或缺少前期基础、文献或应用案例时，则需要开展可行性试验。

(1) 实验室小试

试验的目的是通过实验室小试规模的试验，判断技术是否适用于特定目标地块，即评估技术是否有效，能否达到修复目标。试验的规模与类型多为批次的实验室规模的小试，通常采集实际地块的污染介质，利用实验室常规的仪器设备开展试验；试验结果或数据应达到足以定性评判该技术对于污染物处理的能力，试验的数据表明该技术若能达到修复目标的要求，则认为该技术潜在可行；试验过程应有质量保证和质量控制措施；试验周期取决于该技术的类型和需考察的参数数量，如果不考虑试验计划制定、数据处理及报告编写，仅考虑实验室的试验过程，一般仅数天时间。

如果所有进行试验的技术均难以达到试验目标（均不符合目标），应考虑回到制定修复策略阶段对其进行适当调整。

(2) 现场中试

如对土壤修复技术适用性不确定，应在地块开展现场中试，验证试验修复技术的实际效果，同时考虑工程管理和二次污染防范等。中试试验应尽量兼顾到地块中不同区域、不同污染浓度和不同土壤类型，获得土壤修复工程设计所需要的参数。

现场中试工作包括设计方案、结果分析、得出结论等几个主要组成部分，最终需统筹以上内容形成报告，上报环境监理单位和建设单位。中试目的主要有以下几点①为后续施工提供有价值、有效果的中试结果和工程技术参数，比如从小试的范围中进一步确认实际药剂投加量，甚至当发现现场实际污染情况与前期场地调查报告存在出入时，能够进一步优化药剂的选择和投加量；②结合现场实际情况，对拟选用的修复设备的模块进行优化；③形成中试报告，做到资料闭环。

对于现场中试阶段识别出与前期调研不相符的情况，应该重点分析产生差异原因并采取有效措施。①在施工前需要首先收集齐全项目背景资料，包括初调、详调、风评、技术方案等备案报告，重点关注各阶段工作中发现的污染类型；②应重点关注污染物在各阶段调查中的最大检测浓度，明确其污染范围和深度；③需了解污染物理化性质和环境行为，分析污染

物的去除机理和影响要素，若涉及到氧化还原等修复技术，还要分析可能产生的中间产物。

6.4.3 确定修复技术

基于修复技术优缺点的比较分析和可行性评估结果，对各技术的原理、适用条件、修复效果、时间、成本、可行性、成熟度和环境安全性等方面进行分析比较，确定目标地块修复技术。鼓励采用绿色、可持续和资源化的修复技术。

6.5 制定修复方案

6.5.1 确定修复方案

6.5.1.1 制定备选修复方案

根据地块修复模式、修复目标、修复技术筛选结果，结合地块环境管理要求等因素，采用一种或多种可行的修复技术进行优化组合集成，制定备选方案，各备选方案应至少包括技术路线、修复工程量、关键工艺参数、实施成本与工期、实施过程环境影响等内容。

修复工艺参数可通过实验室小试、现场中试并参考类似工程案例确定。进行实验室小试时，宜采用不同的工艺参数组合进行试验效果比较，从而确定最佳工艺参数。采用原位修复工艺时宜通过现场中试获得工艺参数。

6.5.1.2 修复方案比选

结合地块特征和修复目标，从备选方案的主适用性、修复周期、费用、成熟度、工程费用估算和二次污染防治措施等方面进行比选。

6.5.2 修复方案工程设计

工程设计包括修复工程总图设计、修复工艺设计及辅助专业设计，修复工程总图设计具体要求参考 GB/T 50502。修复工艺设计及辅助专业设计按照 HJ 2050 及有关标准执行。工程设计前，应现场踏勘地块与周边环境现状，识别周边敏感目标，评估地块修复工程施工条件。重点关注修复工程实施所需能源资源供给条件（如电力、燃气、水等）以及空间需求等，为修复工程设计提供基础信息。

进行总图设计并绘制平面布置总图按照科学、安全、文明、节约、环保的原则进行，合理布置修复设施、建（构）筑物、材料及主要施工设备放置区、现场施工道路、临时办公与生活设施、临电临水设施等功能区。

6.5.2.1 修复工艺设计及实施过程

修复工艺设计应至少包括修复与二次污染防治设施的关键工艺参数和核心设施装置设计，以及主要设备材料选型等。宜根据工艺设计需要设置中试或生产性测试环节，获取关键设计参数取值。

涉及污染土壤外运进行风险管控和修复的，应明确外运后污染土壤接收单位是否具有相应风险管控和修复能力，说明风险管控和修复方式等内容及技术路线，并提供相应合作证明文件作为修复方案附件。外运土壤、废水和固体废物前，应当制定转运计划，明确运输方式、

路线。

6.5.2.2 施工平面规划

施工平面布置应符合下列原则：

- (1) 平面布置科学合理，施工地块占用面积少；
- (2) 合理组织运输，减少二次搬运；
- (3) 施工区域划分和地块的临时占用应符合总体施工部署和施工流程的要求，减少相互干扰；
- (4) 充分利用既有建（构）筑物和既有设施为项目施工服务降低临时设施的建造费用；
- (5) 临时设施应方便生产和生活，办公区、生活区和生产区宜分离设置；
- (6) 符合节能、环保、安全和消防等要求；
- (7) 遵守当地主管部门和建设单位关于施工现场安全文明施工的相关规定。

现场所有设施、用房应由总平面布置图表述，避免采用文字叙述的方式。

6.5.2.3 施工组织安排

搜集整理地块概况资料，根据施工图纸和所筛选的修复技术方案要求，对项目管理组织、工程工期目标、工程质量目标、工程安全目标、工程环境目标等方面提出要求。分析工程施工的重点和难点，根据工程工期和工程预算合理安排施工程序。

《中华人民共和国土壤污染防治法》第四十条规定“修复施工期间，应当设立公示牌，公开相关情况和环境保护措施。”《污染地块土壤环境管理办法（试行）》（中华人民共和国环境保护部令第42号）第二十五条“治理与修复期间，土地使用权人或者其委托的专业机构应当设立公告牌和警示标识，公开工程基本情况、环境影响及其防范措施等。”因此，本导则明确规定“修复工程施工期间应设立公告牌和警示标识，公开工程基本情况、环境影响及其防范措施等。”结合修复项目实际情况，工程基本情况包括但不限于工程名称，施工现场建设单位、设计单位、监理单位等名称，各单位现场负责人、施工单位项目经理以及专职安全员的基本情况，施工许可证，工程工期等。

6.5.3 制定环境管理计划

6.5.3.1 环境监理计划

环境监理计划内容包括工作目标与范围、工作程序、工作内容、工作方法和工作制度，明确组织机构及职责、成果提交方式等。

环境监理的工作目的是对风险管控和修复工程实施专业化的环境保护咨询和技术服务，监督施工单位全面落实各项生态环境保护要求。

环境监理的范围为地块风险管控和修复边界范围。如地块涉及土壤转运处置的，应扩展至土壤的运输沿线。

工作内容包括：环境监理准备工作—环境监理单位开展环境监理设施设备和人员准备，收集相关资料，进行现场踏勘，参加技术交底会议等；参加修复工程技术交底会—参加由土

壤污染修复责任主体组织的关于修复方案、施工组织设计等技术交底会。环境监理单位审核修复方案是否满足二次污染防治相关技术规范要求；编制环境监理方案；土壤污染修复主体工程环境监理；特殊情况下的环境监理。

6.5.3.2 二次污染防治方案

分析地块内废水、废气、扬尘、噪声、固体废物的产生环节，明确污染防治措施和排放标准。

大气环境影响分析包括但不限于：污染土壤清挖、运输、暂存、修复、回填等工程实施过程中大气污染物无组织排放和修复设施（车间）污染物集中排放等情况。主要监测污染物包括 TSP、PM₁₀、PM_{2.5}、地块特征污染物等指标，必要时加测恶臭和相关有毒有害污染物。

地表水环境影响分析包括但不限于：土壤污染修复过程产生的基坑水、清洗废水等进行监测，主要监测污染物包括土壤和地下水涉及的修复目标污染物，必要时加测相关有毒有害污染物。

地下水环境影响分析包括但不限于：可能受土壤污染管控/修复工程和暂存影响的区域，进行地下水环境监测，主要监测污染物包括土壤和地下水涉及的修复目标污染物，必要时包括相关有毒有害污染物。

噪声环境影响分析包括但不限于：土壤污染管控/修复工程施工期，对周边有代表性的环境敏感点测定等效连续 A 声级，夜间施工测定夜间噪声最大声级。

隐蔽工程实施情况包括但不限于：防渗设施建设和修复后土壤回填等，均需采集影像资料佐证。

雨季（大风）天气施工情况包括但不限于：施工单位二次污染防治及安全工作，均需采集影像资料佐证。

环境应急情况包括但不限于：施工单位的各项环境污染风险防范措施落实情况、环境风险应急物资储备情况及各项环境污染风险对策，均需采集影像资料佐证。

6.5.3.3 环境监测计划

根据修复技术方案、施工组织、运行维护计划等内容制定修复工程监测方案。在修复过程的污染和环境风险识别结果基础上，对大气、水体、土壤、噪声等进行监测，以判定能否达到国家或地方相关标准的要求。环境监测计划应包括施工过程的环境监测和修复设施的污染源监测。监测方案内容及相关要求可参考 HJ 25.2 进行。布点和监测方法可以执行国家或地方相关标准。

6.5.3.4 环境应急计划

在搜集相关法律法规和周边环境资料等资料前提下，应首先依据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ 169）进行环境风险评价，评价内容包括但不限于（1）污染地块修复工程施工过程中存在的危险因素；（2）修复工程可能发生的事故类型及后果，并指出可能产生的次生、衍生事故；（3）评估事故的危害程度和影响范围等。其次，在全面调查和客观

分析污染地块修复工程现有应急资源基础上,结合环境风险评价结果,对修复工程应急能力进行评估并提出要求,评估内容包括但不限于(1)事故应急措施:包括事故应急池、消防水收集系统、备用调节水池等配置情况,预警系统设置情况,环境应急监测设备与物资等;(2)应急救援设备:包括医疗救护仪器药品、个人防护装备器材、堵漏器材和应急交通工具等;(3)应急救援物资:包括处理泄漏物、消解和吸收污染物的各种吸附剂、中和剂、解毒剂等化学品物资等。根据环境风险评价和应急能力评估结果,编制环境应急预案。应急预案应该包括应急组织机构设置、应急人员的责任、应急响应等内容。环境风险应急预案应明确应急组织形式及负责人员,可用结构图的形式表示,明确构成部门的职责。应急组织机构根据事故类型和应急工作需要,可设置相应的应急工作小组,并明确各小组的工作任务及职责。应急响应包括现场污染处置方案、转移安置人员方案、医学救援方案、应急监测计划等。

还应根据施工组织设计主要内容编制公众投诉应急预案,通过对施工过程中可能造成的影响进行预判以及及时入户调查统计居民关心的问题,制定工作目标。建立应对处置工作机构,明确工作方式和工作人员主要责任。提出工作要求,如提高认识,加强人员培训,及时总结等。主动、及时、准确、客观向社会发布突发环境事件和应对工作信息,回应公众关切,澄清不实信息。发布方式包括新闻稿、记者采访、新闻发布会、专家解读等。途径包括电视、广播、报纸、互联网等。信息发布内容包括事件原因、污染程度、影响范围、应对措施、需要公众配合采取的措施和事件调查处理进展情况等。

6.5.4 修复效果评估

污染地块修复工作完成后,在审阅分析污染地块修复工程相关资料和现场踏勘结果的基础上,可选择开展项目修复效果评估工作。修复项目效果评估工作内容及要求可参见 HJ 25.5 的相关要求。

总体要求:对污染土壤及地下水经管控/修复后是否达到既定的目标,需进行科学、系统地评估并提出后期环境监管建议。原则上在工程施工准备阶段同步启动相关工作。

工作流程:更新地块概念模型→布点采样与实验室检测→风险管控/修复效果评估→提出后期环境监管建议。

6.5.4.1 更新地块概念模型

效果评估机构应在资料收集回顾、现场踏勘、人员访谈(地块责任人、施工负责人、监理人员等)基础上,掌握地块调查评估结论、风险管控与修复工程实施情况、环境保护措施落实情况,结合地块水文地质情况、污染物空间分布、污染土壤去向、管控/修复技术特点、管控/修复设施布局、过程监测数据、潜在受体与周边环境情况等关键信息,对地块概念模型进行更新,可用文字、图、表等方式表达,为制定效果评估布点方案提供依据。

6.5.4.2 布点与实验室采样

按 HJ 25.1、HJ 25.2 要求执行。效果评估检测过程选用的方法检测限应不高于对应的污

染物修复目标值。

6.5.4.3 风险管控/修复效果评估

按 HJ 25.5、HJ 25.6 要求进行。对于无毒或低毒类恶臭物质（氨除外）污染地块的效果评估，依据 GB 14554 恶臭污染物排放标准评估；对于有毒有害的 VOCs 类恶臭物质，效果评估标准值应是基于毒性风险的修复目标值；采用固化/稳定化处理且回填的土壤，浸出浓度应达到接收点地下水用途对应的标准值或不会对地下水造成危害。

6.5.5 成本效益分析

6.5.5.1 估算修复工程涉及的前期基础与修复设施建设、修复工程主体设备、材料、工程实施、修复工程监测、工程监理、质量控制、健康安全防护和二次污染防范措施效果评估等过程的直接费用和间接费用。

6.5.5.2 效益分析

采取定性与定量描述相结合的方式，分别从环境、经济、社会效益方面进行土壤和地下水风险管控与修复效益分析。

6.5.5.3 绿色低碳分析

由于我国碳交易市场刚刚建立起来，土壤修复企业的碳排放基本没有进行过碳核算、碳排放校核，可从国外相关行业可以由经验分析其碳排放量；

目前常用的碳排放计算方法可归纳为实测法、质量平衡法和排放因子法3种：实测法基于排放源的现场实测基础数据，质量平衡法需要纳入考虑范围的中间过程较多，2者数据获取困难，应用较少。而排放因子法是IPCC提出的第一种碳排放估算方法，也是目前广泛应用的方法。排放因子法的基本思路是依照碳排放清单列表，针对每一种排放源构造其活动数据与排放因子，以活动数据和排放因子的乘积作为该排放项目的碳排放量估算值；

建设用地土壤修复中常用的技术有热脱附技术、气相抽提技术、固化/稳定化技术、化学淋洗技术、化学氧化/还原技术、水泥窑协同处置技术等物理化学方法。根据各修复工程的修复费用或能源消耗，可以计算出所产生的二氧化碳排放量。

7 本指南的实施建议

本指南的发布实施应与有效可行的污染地块管理框架体系相配套。

本指南的实施应与生态环境部颁布的《建设用地土壤污染状况调查技术导则》（HJ 25.1—2019）、《建设用地土壤污染风险管控和修复监测技术导则》（HJ 25.2—2019）、《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ 25.3—2019）、《建设用地土壤修复技术导则》（HJ 25.4—2019）、《建设用地土壤污染风险管控和修复术语》（HJ 682—2019）、《污染地块风险管控与土壤修复效果评估技术导则》（HJ 25.5—2018）、《污染地块地下水修复和风险管控技术导则》（HJ 25.6—2019）等污染场地相关标准相配套。

本指南建议在实际应用中不断修订完善。