

# DB4401

## 广 州 市 地 方 标 准

DB4401/T 102.8—2024

### 建设用地土壤污染防治 第8部分：风险管控和修复效果评估技术规范

Soil pollution prevention and control of land for construction  
Part 8: Technical specifications for verification of risk control and  
remediation

2024-10-30 发布

2024-11-30 实施

广州市市场监督管理局 发布



目 次

前言 ..... III

引言 ..... IV

1 范围 ..... 1

2 规范性引用文件 ..... 1

3 术语和定义 ..... 1

4 基本原则、工作内容与工作程序 ..... 2

    4.1 基本原则 ..... 2

    4.2 工作内容 ..... 2

    4.3 工作程序 ..... 2

5 更新地块概念模型 ..... 3

    5.1 总体要求 ..... 3

    5.2 资料回顾 ..... 4

    5.3 现场踏勘 ..... 4

    5.4 人员访谈 ..... 4

    5.5 实施地块概念模型更新 ..... 4

6 布点采样与实验室检测 ..... 5

    6.1 土壤修复效果评估布点 ..... 5

    6.2 风险管控效果评估布点 ..... 8

    6.3 土壤修复二次污染区域布点 ..... 8

    6.4 现场采样与实验室检测 ..... 9

7 污染土壤转运前后评估要求 ..... 9

    7.1 污染土壤转运前评估要求 ..... 9

    7.2 污染土壤转运后评估要求 ..... 10

8 土壤污染风险管控和修复效果评估 ..... 10

    8.1 土壤修复效果评估 ..... 10

    8.2 风险管控效果评估 ..... 10

    8.3 污染土壤与地下水协同修复治理模式的效果评估 ..... 11

9 提出后期环境监管建议 ..... 11

    9.1 后期环境监管要求 ..... 11

    9.2 长期环境监测 ..... 11

    9.3 制度控制 ..... 11

10 编制效果评估报告 ..... 11

    10.1 报告内容 ..... 12

    10.2 形式要求 ..... 12

    10.3 图表的要求 ..... 12

附录 A（资料性） 地块概念模型涉及信息及其作用 ..... 13

附录 B（资料性） 人员访谈记录表 ..... 14

附录 C（资料性） 土壤转运台账 ..... 15

附录 D（资料性） 效果评估报告提纲 ..... 16

## 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。

本文件为 DB4401/T 102《建设用地土壤污染防治》的第8部分。DB4401/T 102 已发布以下部分：

- 第1部分：污染状况调查技术规范；
- 第2部分：污染修复方案编制技术规范；
- 第3部分：土壤重金属监测质量保证与质量控制技术规范；
- 第4部分：土壤挥发性有机物监测质量保证与质量控制技术规范；
- 第5部分：土壤半挥发性有机物监测质量保证与质量控制技术规范；
- 第6部分：土壤污染修复工程环境监理技术规范；
- 第7部分：土壤污染风险评估技术规范。

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。

本文件由广州市生态环境局提出并归口。

本文件起草单位：广州市环境技术中心（广州市水与海洋环境监测站）、广东省环境科学研究院、广东省广州生态环境监测中心站、广州检验检测认证集团有限公司。

本文件主要起草人：张静雯、杨巧玲、刘丽丽、沈斌、陈泽雄、谭海剑、吕明超、周卫霞、周志军、陈敏毅、邓一荣、杨建峰、张镇星、陈培旭、沈家欢。

## 引 言

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国土壤污染防治法》，保护土壤生态环境，保障人居环境安全，加强广州市建设用地土壤环境监督管理，规范广州市建设用地土壤污染风险管控和修复的效果评估工作，制定本文件。

DB4401/T 102系列土壤污染防治技术规范分若干部分，第1部分规定了广州市建设用地土壤污染状况调查的技术要求；通过使用第1部分规定的技术方法以查明建设用地土壤污染状况，从而判断被调查的建设用地地块土壤环境质量是否满足相应要求，对于不满足要求需要进行土壤污染风险评估的，按第7部分规定的技术要求开展土壤污染风险评估工作，明确地块是否需要纳入建设用地土壤污染风险管控和修复名录；第2部分则对纳入建设用地土壤污染风险管控和名录内的地块，提出了编制土壤污染修复方案的技术要求；第3部分、第4部分和第5部分分别规定了土壤污染防治相关土壤重金属、挥发性有机物和半挥发有机物监测工作的质量保证和质量控制要求；第6部分规定了广州市建设用地土壤污染修复工程环境监理的技术要求；第8部分，则对开展风险管控和修复的地块提出了效果评估相关要求，以确定地块是否可以移出建设用地土壤污染风险管控和修复名录；其他部分均围绕土壤污染防治工作的不同方面提出技术要求。

# 建设用地土壤污染防治

## 第8部分：风险管控和修复效果评估技术规范

### 1 范围

本文件规定了广州市建设用地土壤污染风险管控和修复效果评估的基本原则、工作内容与工作程序、更新地块概念模型、布点采样与实验室检测、现场采样与实验室检测、土壤异地风险管控、修复和处置效果评估要求、土壤污染风险管控和修复效果评估、提出后期环境监管建议、编制效果评估报告等内容。

本文件适用于广州市辖区内建设用地土壤污染风险管控和修复效果的评估。

本文件不适用于含有放射性物质与致病性生物建设用地土壤污染风险管控和修复效果的评估。

### 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，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 5085.3—2007 危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别
- GB/T 14848 地下水质量标准
- GB 34330—2017 固体废物鉴别标准 通则
- 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—2019 建设用地土壤污染状况调查技术导则
- HJ 25.2—2019 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 25.5—2018 污染地块风险管控与土壤修复效果评估技术导则(试行)
- HJ/T 166—2004 土壤环境监测技术规范
- HJ 298—2019 危险废物鉴别技术规范
- HJ 682 建设用地土壤污染风险管控和修复术语
- HJ 1282—2023 污染土壤修复工程技术规范 固化/稳定化
- DB4401/T 102.1—2020 建设用地土壤污染防治 第1部分：污染状况调查技术规范
- DB4401/T 102.2—2021 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 102.3 建设用地土壤污染防治 第3部分：土壤重金属监测质量保证与质量控制技术规范
- DB4401/T 102.4 建设用地土壤污染防治 第4部分：土壤挥发性有机物监测质量保证与质量控制技术规范
- DB4401/T 102.5 建设用地土壤污染防治 第5部分：土壤半挥发性有机物监测质量保证与质量控制技术规范
- DB4401/T 102.6 建设用地土壤污染防治 第6部分：土壤污染修复工程环境监理技术规范
- DB4401/T 102.7 建设用地土壤污染防治 第7部分：土壤污染风险评估技术规范

### 3 术语和定义

HJ 682、HJ 25.5—2018、DB4401/T 102.2—2021、DB4401/T 102.7界定的术语和定义适用于本文件。

## 4 基本原则、工作内容与工作程序

### 4.1 基本原则

建设用地土壤污染风险管控和修复效果评估对土壤是否达到修复目标、风险管控是否达到规定要求、地块风险是否达到可接受水平等情况进行科学、系统地评估，提出后期环境监管建议，为建设用地土壤环境管理提供科学依据。

### 4.2 工作内容

4.2.1 污染地块风险管控与土壤修复效果评估工作应制定工作方案，并可针对地块修复方案及环境监理方案提出优化建议。根据风险管控、修复的措施、技术选择的不同，效果评估工作有时需要在风险管控、修复活动期间同步开展。

4.2.2 污染地块土壤污染风险管控和修复效果评估的工作内容包括：更新地块概念模型、布点采样与实验室检测、风险管控和修复效果评估、提出后期环境监管建议、编制效果评估报告。

### 4.3 工作程序

#### 4.3.1 更新地块概念模型

应根据风险管控和修复模式、进度、现场实际情况以及掌握的信息对地块概念模型进行实时更新，为制定效果评估布点方案提供依据。

#### 4.3.2 布点采样与实验室检测

4.3.2.1 根据更新后的概念模型编制风险管控和修复效果评估方案。方案宜与风险管控和修复方案同步编制，可根据风险管控和修复工作的开展具体情况及时进行调整和优化。

4.3.2.2 根据效果评估方案，制定采样计划，确定检测指标和实验室分析方法，开展现场采样与实验室检测，明确现场和实验室质量保证与质量控制要求。相关质量保证与质量控制要求按照 DB4401/T 102.3、DB4401/T 102.4、DB4401/T 102.5 执行。

#### 4.3.3 风险管控与土壤修复效果评估

4.3.3.1 根据检测结果，评估土壤修复是否达到修复目标或可接受水平，评估风险管控是否达到规定要求。

4.3.3.2 对于土壤修复，若检测结果显示达到修复效果，则根据情况提出后期环境监管建议并编制修复效果评估报告；若未达到修复效果，则应提出开展补充修复的要求。

4.3.3.3 对于土壤风险管控，若工程性能指标和污染物指标均达到评估标准，则判断风险管控达到预期效果，可继续开展运行与维护；若工程性能指标或污染物指标未达到评估标准，则判断风险管控未达到预期效果，应提出对风险管控措施进行优化或调整的要求。

#### 4.3.4 提出后期环境监管建议

根据土壤污染风险管控和修复工程实施情况与效果评估结论，提出后期环境监管建议。

#### 4.3.5 编制效果评估报告

汇总前述工作内容，编制效果评估报告。

#### 4.3.6 工作流程

污染地块土壤污染风险管控和修复效果评估工作流程见图1。

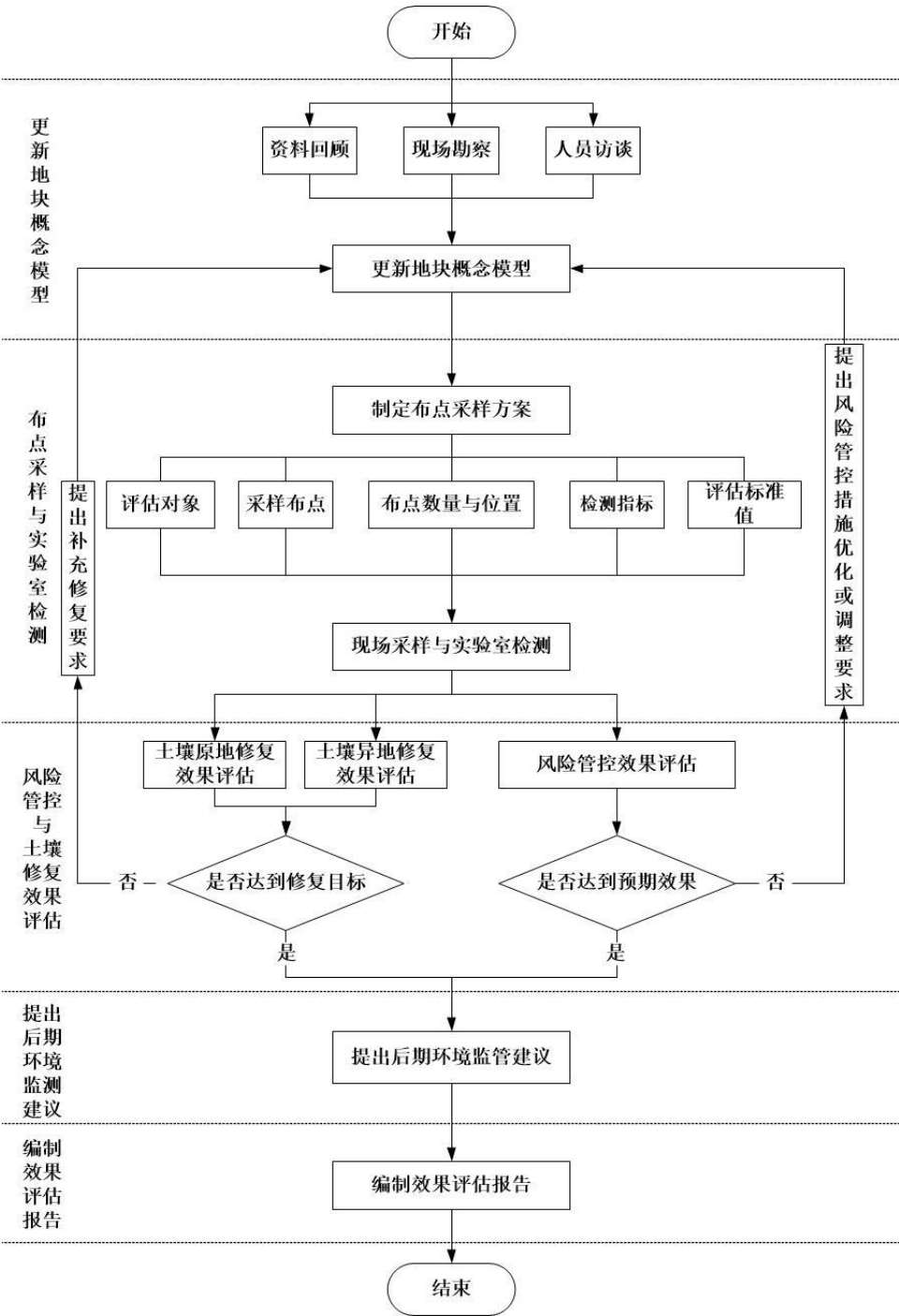


图1 污染地块风险管控与土壤修复效果评估工作程序

5 更新地块概念模型

5.1 总体要求

效果评估机构应收集地块风险管控和修复相关资料，开展现场踏勘和人员访谈工作，了解地块调查评估结论、风险管控和修复工程实施情况、环境监理工作实施情况、环境保护措施落实情况等，掌握地块地质与水文地质条件、污染物空间分布、污染土壤去向、风险管控和修复设施设置、风险管控和修复过程监测数据等关键信息，更新地块概念模型。

## 5.2 资料回顾

### 5.2.1 资料回顾清单

5.2.1.1 在效果评估工作开展之前，应收集建设用地土壤污染风险管控和修复相关资料。

5.2.1.2 资料清单主要包括地块土壤污染状况调查报告、风险评估报告、土壤污染风险管控和修复方案、工程实施方案、工程设计资料、施工组织设计资料、施工与运行过程中监测数据、监理报告及相关资料、施工总结报告或工程竣工报告、实施方案变更协议、运输与接收的协议和记录、施工管理文件、环境监管相关记录等。

### 5.2.2 资料回顾要点

5.2.2.1 资料回顾要点主要包括地块土壤污染风险管控和修复工程概况、环境保护措施落实情况。

5.2.2.2 土壤污染风险管控和修复工程概况回顾主要通过土壤污染风险管控和修复方案、实施方案、环境监理报告以及风险管控和修复过程中的其他文件，了解风险管控和修复范围、风险管控和修复目标、风险管控和修复工程设计、工程施工、工程起始时间、运输记录、运行监测数据等，了解土壤污染风险管控和修复工程实施的具体情况及其变更情况。

5.2.2.3 环境保护措施落实情况回顾主要通过对土壤污染风险管控和修复过程中二次污染防治工作落实情况、环境监理工作情况、相关数据、资料和报告的梳理，按照 DB4401/T 102.6 等分析土壤污染风险管控和修复工程可能造成的土壤和地下水等二次污染情况等。

## 5.3 现场踏勘

5.3.1 应开展现场踏勘工作，了解污染地块土壤污染风险管控和修复工程情况、环境保护措施落实情况、环境监理工作执行情况，包括风险管控和修复设施运行情况、工程施工进度、基坑清理情况、污染土暂存和外运情况、地块内临时道路使用情况、工程施工管理情况等。

5.3.2 调查人员可通过照片、视频、录音、文字等方式，记录现场踏勘情况。

## 5.4 人员访谈

5.4.1 应开展人员访谈工作，对地块土壤污染风险管控和修复工程情况、环境保护措施落实情况、环境监理工作执行情况进行全面了解。

5.4.2 访谈对象包括土地使用权人、土壤污染责任人、地块调查评估单位、地块风险管控和修复方案编制单位、监理单位、修复施工单位等单位的参与人员及周边居民、生态环境主管部门工作人员。

## 5.5 实施更新

5.5.1 在资料回顾、现场踏勘、人员访谈的基础上，结合地块地质与水文地质条件、污染物空间分布、风险管控和修复技术特点、风险管控和修复设施布局等，评估土壤污染风险管控和修复方案、工程实施方案的合理性，跟进地块土壤污染风险管控和修复工程情况，对地块概念模型进行更新，完善地块土壤污染风险管控和修复实施后的概念模型。

5.5.2 地块概念模型一般包括下列信息：

- a) 地块土壤污染风险管控和修复概况：风险管控和修复起始时间、风险管控和修复范围、风险管控和修复目标、工程设施平面布置、工程设施设计参数、关键环节时间节点、风险管控和修复过程运行监测数据、技术调整和运行优化、风险管控和修复过程中废水和废气排放数据、药剂添加量、危险废物产生情况、一般固体废物产生情况等；
- b) 关注污染物情况：目标污染物原始浓度、运行过程中的浓度变化、潜在二次污染物和中间产物产生情况、土壤异位修复地块污染源清挖和运输情况、修复技术去除率、污染物空间分布特征的变化以及潜在二次污染区域等情况；
- c) 地质与水文地质情况：关注地块地质与水文地质条件，风险管控和修复设施运行前后地质与水文地质条件的变化、土壤理化性质变化等，运行过程是否存在优先流路径等；
- d) 潜在受体与周边环境情况：结合地块规划用途和建筑结构设计资料，分析风险管控和修复工程结束后污染介质与受体的相对位置关系、受体的关键暴露途径等；

- e) 异地风险管控、修复和处置情况：异地风险管控、修复和处置的土壤，在离场前需要对污染物进行预处理的，应确定其离场前的污染物预处理目标；
  - f) 土方量及范围：统计汇总污染土壤量和风险管控及修复范围，明确土壤最终去向；
  - g) 根据更新后的概念模型，按照 HJ 25.3 和 DB4401/T 102.7 等规范核实人体健康风险情况。
- 5.5.3 地块概念模型可用文字、图、表等方式表达，作为确定效果评估范围、采样节点、布点位置等的依据。
- 5.5.4 地块概念模型涉及信息及其作用见附录 A。

6 布点采样与实验室检测

6.1 土壤修复效果评估布点

6.1.1 基坑清理效果评估布点

6.1.1.1 评估对象

基坑清理效果评估对象为地块修复方案中确定的基坑。

6.1.1.2 采样节点

- 6.1.1.2.1 污染土壤清理后遗留的基坑底部与侧壁，应在基坑清理之后、回填之前进行采样。
- 6.1.1.2.2 若基坑侧壁采用基础围护，则宜在基坑清理同时进行基坑侧壁采样，或于基础围护实施后在围护设施外边缘采样。必要时，可根据基础围护工程建设情况选择合理的采样节点。
- 6.1.1.2.3 可根据工程进度对基坑进行分批次采样。基于工程安全因素需要提前进行基坑回填或施工使用的，土壤污染责任人、土地使用权人可申请阶段性效果评估，经评审确认基坑修复清理达到修复目标值后，方可进行基坑回填或施工使用。

6.1.1.3 布点数量与位置

6.1.1.3.1 基坑底部和侧壁推荐最少采样点数量应符合表 1。

表 1 基坑底部和侧壁推荐最少采样点数量

| 基坑面积（m <sup>2</sup> ） | 坑底采样点（单元）数量（个）    | 侧壁采样点（单元）数量（个） |
|-----------------------|-------------------|----------------|
| x<100                 | 2                 | 4              |
| 100≤x<1000            | 3                 | 5              |
| 1000≤x<1500           | 4                 | 6              |
| 1500≤x<2500           | 5                 | 7              |
| 2500≤x<5000           | 6                 | 8              |
| 5000≤x<7500           | 7                 | 9              |
| 7500≤x<12500          | 8                 | 10             |
| x>12500               | 网格大小不超过 40 m×40 m | 采样点间隔不超过 40 m  |

6.1.1.3.2 基坑底部采用系统布点法，基坑侧壁采用等距离布点法，布点位置见图 2。

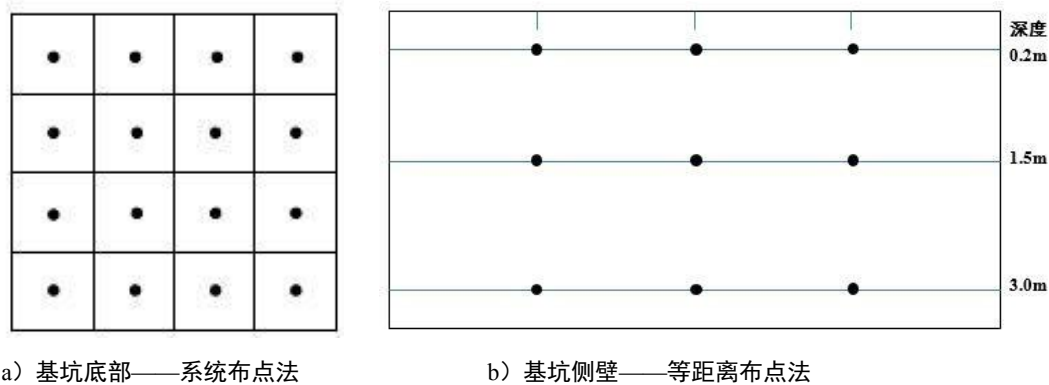


图 2 基坑底部与侧壁布点示意图

6.1.1.3.3 若基坑坑底有被独立分隔或仅有孤点相连的多个区域,各区域均视作独立的坑底进行采样,最少采样点数量应满足表 1 要求。

6.1.1.3.4 因基坑底部和侧壁效果评估不达标需进行扩挖的,扩挖距离达到 1.5 m 以上时,需视作新的基坑开展基坑底部和侧壁效果评估。

6.1.1.3.5 若基坑侧壁存在不连续的情形,基坑侧壁采样范围以实际需要采样的区域及实际存在侧壁的区域确定,以各连续侧壁段为基础划分采样单元,各连续侧壁内采用等距离布点法进行采样,同一基坑内各连续侧壁段的采样点数量之和应满足表 1 要求;各连续侧壁段采样点分配原则上根据其占该基坑总长度的比例确定。

6.1.1.3.6 当基坑深度小于或等于 1 m 时,可不进行垂向分层采样。当基坑深度大于 1 m 时,侧壁应进行垂向分层采样,第一层为表层土 0 m~0.2 m,0.2 m 以下应考虑地块土层性质与污染垂向分布特征,在污染物易富集位置设置采样点,各层采样点之间垂向距离不大于 3 m,具体根据实际情况确定。污染物易富集的位置包括:

- a) 地下水水位线附近;
- b) 不同性质土层交界面;
- c) 现场观察或采用快速筛查设备判断等方式发现的疑似污染富集位置;
- d) 土壤污染状况调查阶段显示有污染的位置。

6.1.1.3.7 对于重金属和半挥发性有机物,基坑底部和侧壁的样品以去除石块、树根等杂质后的土壤表层样为主 0 m~0.2 m,不排除深层采样;可在每个采样单元中采用系统布点法采集 9 个表层土壤样品制成混合样,混合样采样方法按照 HJ/T 166—2004 执行。

6.1.1.3.8 挥发性有机物应采集清除杂质后 0.2 m 以下表层土壤样品,不宜采用混合取样,每个采样单元不少于 2 个土壤样品,2 个样品应设置在不同位置,且布设在有明显污染痕迹区域,如无明显污染痕迹区域则采用系统布点法,布设在采样区域中央,以检测结果的浓度最大值进行评价。

## 6.1.2 土壤异位修复效果评估布点

### 6.1.2.1 评估对象

6.1.2.1.1 异位修复后土壤效果评估的对象原则上为异位修复后的土壤堆体。

6.1.2.1.2 如修复过程中涉及对筛上物附着污染土壤进行洗脱处理,确实无法清洗彻底,且残留污染土壤量较多(每 100 m<sup>3</sup>附着的土壤量大于或等于 100 kg),应将筛上物附着的土壤纳入效果评估。

### 6.1.2.2 采样节点

6.1.2.2.1 异位修复后的土壤应在修复完成后、再利用前采样。若筛上物需进行检测,则在外运或回填之前进行采样。

6.1.2.2.2 按照堆体模式进行异位修复的土壤,宜在堆体拆除之前进行采样。

6.1.2.2.3 异位修复后的土壤堆体,可根据修复进度进行分区域或分批次采样,但应具备修复后土壤独立堆放、待检的条件。

6.1.2.2.4 如存在不同类型污染物的复合污染土壤，应考虑修复工程各工段对后续处理工艺及二次污染防治的影响，宜实施分步采样评估。

6.1.2.3 布点数量与位置

6.1.2.3.1 修复后土壤原则上每个采样单元（每个样品代表的土方量）不应超过 500 m³；也可根据修复后土壤中污染物浓度分布特征参数计算修复差变系数，根据不同差变系数查询计算对应的推荐采样数量见表 2，差变系数计算方法按照 HJ 25.5—2018 附录 B。

表 2 修复后土壤最少采样点（单元）数量

| 差变系数      | 采样点（单元）大小（m³） |
|-----------|---------------|
| 0.05~0.20 | 100           |
| 0.20~0.40 | 300           |
| 0.40~0.60 | 500           |
| 0.60~0.80 | 800           |
| 0.80~1.00 | 1000          |

6.1.2.3.2 对于按批次修复的土壤，在符合前述要求的同时，每批次至少采集 1 个样品。

6.1.2.3.3 对于按照堆体模式处理的修复技术，若在堆体拆除前采样，在符合前述要求的同时，应结合堆体大小设置采样点，推荐数量见表 3。

表 3 堆体模式修复后土壤最少采样点（单元）数量

| 堆体体积（m³） | 采样点（单元）数量（个） |
|----------|--------------|
| <100     | 1            |
| 100~300  | 2            |
| 300~500  | 3            |
| 500~1000 | 4            |
| 每增加 500  | 增加 1 个       |

6.1.2.3.4 修复后土壤的采样点设置应符合以下要求：

- a) 以保证样品代表性为原则，充分反映堆体各个区域可能的污染物情况，一般采用系统布点法设置采样点；
- b) 同时应考虑修复效果空间差异，在修复效果薄弱区增设采样点，修复后土壤堆体的高度应便于修复效果评估采样工作的开展；
- c) 重金属和半挥发性有机物可在采样单元内均匀布设采样点，采集不少于 3 个样品进行混合后检测；
- d) 挥发性有机物，若采样单元堆体高度为小于 3 m 时，可分两层采样，于堆体上层和下层各采一个土壤样品分别进行检测；若堆体高度大于或等于 3 m，可在堆体上层、中层、下层各采一个样品分别进行检测；选取上述样品检测结果的浓度最大值作为该采样单元效果评估的依据；
- e) 具体采样位置根据修复工艺特点、污染物特征和现场观察等识别的修复薄弱区确定。

6.1.2.3.5 对污染土层上、下 0 m~0.5 m 或 0 m~1 m 的土壤，如未纳入效果评估监测，在修复开挖过程中宜作为疑似污染土进行采样检测，布点和采样要求按照异位修复后土壤的要求进行，结合堆体大小划分采样单元。

6.1.2.3.6 如确需对筛上物附着的土壤进行采样检测，则每个采样单元不大于 100 m³，每个单元采集 1 个样品。

6.1.3 土壤原位修复效果评估布点

6.1.3.1 评估对象

土壤原位修复效果评估的对象为原位修复后的土壤。

#### 6.1.3.2 采样节点

原位修复后的土壤应在修复完成后、再利用前进行采样。采用原位热处理修复技术的，效果评估阶段土体平均温度与修复区域 20 m 以外的周边土壤温度差值应小于 10 °C。原位修复的土壤可按照修复进度、修复设施设置等情况分区采样。

#### 6.1.3.3 布点数量与位置

6.1.3.3.1 原位修复后的土壤水平方向上采用系统布点法，每个监测点位代表的地块面积不得大于 100 m<sup>2</sup>，每个样品代表的土壤体积应不超过 200 m<sup>3</sup>，且最少点位数量见表 1。

6.1.3.3.2 对原位修复边界监测，根据地块大小和污染强度，应将修复范围四周等分成段，每段最大长度不应超过 20 m。原位修复后的土壤垂直方向上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；样品采集位置选取需考虑土层性质，原则上垂向样品采集位置之间距离不大于 1 m。

6.1.3.3.3 应结合地块污染分布、土壤性质、修复设施设置等，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。修复过程中采用的修复工艺可能造成污染物向外扩散的，应在修复范围边界外增设采样点，如采用原位注入或原位热脱附等处理方式，宜在修复范围边界外 5 m 内采样，采样点位数量不少于 4 个，采样间隔不大于 40 m，必要时可根据实际情况进一步加密。

### 6.2 风险管控效果评估布点

#### 6.2.1 评估对象

风险管控效果评估的对象为采取了风险管控措施的土壤，主要包括固化/稳定化、封顶、阻隔填埋、地下水阻隔墙、可渗透反应墙等管控措施的土壤。

#### 6.2.2 采样介质

应根据风险管控技术、地块污染特征、污染物迁移特性和工程要求等确定效果评估采样介质，如土壤、地下水等。

#### 6.2.3 布点数量与位置

固化/稳定化后土壤的布点数量和位置可按照 6.1 要求。风险管控实施后，应结合风险管控措施的布置、地块地下水波动、地下水流场变化、地层不均匀性等因素，在风险管控范围上游、内部、下游，以及可能涉及的潜在二次污染区域设置地下水监测井，地下水井应不破坏层或隔水层。可充分利用地块调查评估与修复实施等阶段设置的地下水监测井，现有监测井须符合修复效果评估采样条件。

#### 6.2.4 采样周期和频次

6.2.4.1 风险管控效果评估的目的是评估工程措施是否有效，一般在工程设施完工 1 年内开展。固化/稳定化后土壤应在固化/稳定化处理后采样分析污染物浸出毒性，并在土壤样品浸出毒性满足要求后对风险管控区域地下水进行采样监测。封顶、阻隔填埋等切断暴露途径的管控方式应在工程完工后进行。

6.2.4.2 固化/稳定化后土壤可采集 1 个批次土壤样品分析浸出毒性；其他介质污染物指标应采集 4 个批次的的数据，建议每个季度采样一次；工程性能指标应按照工程实施评估周期和频次进行评估。

6.2.4.3 如采用固化/稳定化和阻隔填埋（采用钢筋混凝土—土工布—高密度聚乙烯膜—土工布—回填土壤的形式）的组合风险管控技术等，也可根据风险管控工程设计标准适当优化采样间隔，但应涵盖地下水丰、平、枯水期，且监测时间原则上不少于 7 个月，不同批次之间间隔不少于 1 个月。

### 6.3 土壤修复二次污染区域布点

#### 6.3.1 评估范围

6.3.1.1 土壤修复效果评估范围应包括地块修复过程中的潜在二次污染区域。

6.3.1.2 潜在二次污染区域包括：污染土壤暂存区、修复设施所在区、固体废物或危险废物堆存区、运输车辆临时道路及周边、土壤或地下水待检区、废水暂存处理区、修复过程中污染物迁移涉及的区域、其他可能的二次污染区域。

### 6.3.2 采样节点

6.3.2.1 潜在二次污染区域土壤应在修复完成后、效果评估报告评审前进行采样，不具备条件的，可在效果评估报告评审过程中完成该项工作。

6.3.2.2 可根据工程进度对潜在二次污染区域进行分批次采样。经过分批采样且检测结果合格的二次污染区域，后续如存在土壤污染风险的，应再次进行效果评估采样检测。

### 6.3.3 布点数量与位置

6.3.3.1 潜在二次污染区域土壤原则上依据修复工程的实际情况，结合修复设施设置、潜在二次污染来源等资料判断布点，也可采用系统布点法设置采样点，采样点数量按照表1中基坑底部和侧壁采样点数量要求。

6.3.3.2 潜在二次污染区域样品以去除杂质后的土壤表层样为主0 m~0.2 m，不排除深层采样。地面已做硬底化或防渗处理的区域，应在每个采样单元采集不少于1个表层0 m~0.2 m土壤样品，采样点应位于有明显污染痕迹、裂缝或凹陷、硬化区域边界或采样单元中央、无硬底化或防渗地面、运输道路、车辆临时道路等区域，应在每个采样单元按照系统布点的方式采集9个表层0 m~0.2 m土壤样品制成混合样；挥发性有机物土壤样品采集的要求按照6.1.1。

## 6.4 现场采样与实验室检测

### 6.4.1 检测指标

6.4.1.1 基坑土壤的检测指标一般为对应修复范围内土壤中目标污染物。同一层存在相邻基坑时，应考虑相邻基坑土壤中的目标污染物。

6.4.1.2 异位修复后土壤的检测指标为风险评估报告、修复方案中确定的目标污染物，若外运到其他地块，还应根据接收地环境要求增加检测指标。

6.4.1.3 原位修复后土壤的检测指标为风险评估报告、修复方案中确定的目标污染物。

6.4.1.4 化学氧化/还原修复、微生物修复后土壤的检测指标应包括产生的二次污染物，原则上二次污染物指标应根据修复方案中的可行性分析结果确定。

6.4.1.5 风险管控效果评估指标包括工程性能指标和污染物指标。工程性能指标包括抗压强度、渗透性能、阻隔性能、工程设施连续性与完整性等，效果评估报告应提供相关工程性能指标达标论证材料（如专家意见等）；污染物指标包括关注污染物浓度、浸出浓度等。

6.4.1.6 必要时可增加土壤理化指标、修复设施运行参数等作为土壤修复效果评估的依据；可增加地下水水位、地下水流速、地球化学参数等作为风险管控效果的辅助判断依据。

### 6.4.2 现场采样与实验室检测

风险管控与修复效果评估现场采样与实验室检测按照HJ 25.1—2019和HJ 25.2—2019的规定执行。对于需要进行浸出毒性检测的样品，应当按照GB 5085.3—2007、HJ 1282—2023等相关标准方法的规定执行。

## 7 污染土壤转运前后评估要求

### 7.1 污染土壤转运前评估要求

7.1.1 污染土壤离开原地块开展异地风险管控、修复和处置的，应在污染土壤完成清挖后，按照6.1.1的要求对相应基坑侧壁和底部布点，并开展修复效果评估。

7.1.2 按照GB 34330—2017鉴别为固体废物的土壤，应满足固体废物管理要求，在出场前应按照HJ 298—2019进行危险特性鉴别，如被鉴定为危险废物，则按危险废物相关规定进行管理和处置。污染土壤危险特性鉴别应在出场前完成。

7.1.3 地块存在具有危险废物特征土壤或填埋危险废物，待其清理完成后，效果评估单位应向土地使用权人（土壤污染责任人）提出组织开展清理完成情况验收的建议，并将专家验收意见等相关支撑材料作为效果评估报告的附件。

7.1.4 效果评估单位应核实污染土壤转运处置是否按照修复方案及转运计划进行，综合评估接收单位接收、处置污染土壤的可行性和环境风险。

7.1.5 如需对污染土壤中污染物进行预处理的，应在出场前对污染土壤的预处理效果进行阶段性效果评估，土壤布点采样要求按照 6.1 要求进行。

## 7.2 污染土壤转运后评估要求

7.2.1 污染土壤转运后，效果评估单位应检查污染土壤转运过程的联单，并将联单作为该地块土壤污染风险管控和修复效果评估的依据。

7.2.2 风险管控和修复期间，如地块需外来土壤回填或施工使用的，外来土壤应符合项目所在地土壤环境质量的要求，相关检测纳入效果评估工作中，相关采样按照 DB4401/T 102.1—2020 中 6.2.2.1 的方法进行。

## 8 土壤污染风险管控和修复效果评估

### 8.1 土壤修复效果评估

#### 8.1.1 土壤修复效果评估标准值

8.1.1.1 基坑土壤评估标准值为地块风险评估报告、修复方案中确定的修复目标值。

8.1.1.2 异位修复后土壤的评估标准值应根据其最终去向确定：

- a) 若修复后土壤回填到原基坑，评估标准值为风险评估报告、修复方案中确定的目标污染物的修复目标值；
- b) 若修复后土壤外运到其他地块，应根据接收地土壤暴露情景进行风险评估确定评估标准值，或采用接收地土壤背景浓度与 GB 36600 中接收地用地性质对应筛选值的较高者作为评估标准值，并确保接收地的地下水 and 环境安全。风险评估可按照 HJ 25.3 和 DB4401/T 102.7 执行。外运出场前需预处理的，以修复方案中确定的预处理目标作为评估标准。

8.1.1.3 原位修复后土壤的评估标准值为地块风险评估报告、修复方案中确定的修复目标值。

8.1.1.4 化学氧化/还原修复、微生物修复潜在二次污染物的评估标准值可按照 GB 36600 中第一类用地筛选值执行，或根据暴露情景进行风险评估确定其评估标准值，风险评估可按照 HJ 25.3 和 DB4401/T 102.7 执行。

#### 8.1.2 土壤修复效果评估方法

8.1.2.1 根据确定的修复目标，可采用逐一对比和统计分析的方法进行土壤修复效果评估。

8.1.2.2 异位修复宜采用逐一对比法，将样品检测值与修复效果评估标准值逐个对比，若样品检测值低于或等于修复效果评估标准值，则认为达到修复效果；若样品检测值高于修复效果评估标准值，则认为未达到修复效果。

8.1.2.3 原位修复宜优先采用逐一对比法；当重金属或半挥发性有机物的原位修复样品数量大于等于 8 个也可采用统计分析法，若采用统计分析方法进行修复效果评估，下述条件全部符合方可认为地块达到修复效果：

- a) 样品均值的 95%置信上限小于等于修复效果评估标准值；
- b) 样品浓度最大值不超过修复效果评估标准值的 2 倍；
- c) 排除的点代表的土方量小于 25 m<sup>3</sup>，整个地块小于 75 m<sup>3</sup>。

8.1.2.4 原则上统计分析方法应在单个基坑或单个修复范围内分别进行，对于低于分析方法检出限的数据，按二分之一最低检出限进行统计分析。

### 8.2 风险管控效果评估

#### 8.2.1 风险管控效果评估标准

8.2.1.1 风险管控工程性能指标应满足设计要求或不影响预期效果。

8.2.1.2 风险管控措施下游地下水中污染物浓度呈现稳定或下降趋势，且至其风险水平可接受，固化/稳定化后土壤中污染物的浸出浓度应达到接收地地下水用途对应标准值或不会对地下水造成危害。

## 8.2.2 风险管控效果评估方法

8.2.2.1 若工程性能指标和污染物指标均达到评估标准，则判断风险管控达到预期效果，可对风险管控措施继续开展运行与维护。

8.2.2.2 若工程性能指标或污染物指标未达到评估标准，则判断风险管控未达到预期效果，须对风险管控措施进行优化或调整。

## 8.3 污染土壤与地下水协同修复治理模式的效果评估

### 8.3.1 污染土壤与地下水协同修复治理模式效果评估标准

污染土壤和地下水的效果评估标准按照DB4401/T 102.2—2021中 5.4.3的方法确定。

### 8.3.2 污染土壤与地下水协同修复治理模式效果评估方法

原则采用逐一对比的方法进行土壤和地下水修复效果评估。若各样品的检测值均低于修复效果评估标准值，则认为该区域的污染土壤与地下水协同修复治理达到效果，反之则认为未达到效果。

## 9 提出后期环境监管建议

### 9.1 后期环境监管要求

9.1.1 下列情景下，应提出后期环境监管建议：

- a) 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；
- b) 实施风险管控的地块；
- c) 采用污染土壤与地下水协同修复治理模式的地块。

9.1.2 应结合确认的地块条件、概念模型、风险管控和修复的范围与目标以及模式，分析地块后期管理思路，提出后期管理建议。

9.1.3 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。

9.1.4 原则上后期环境监管直至地块土壤中污染物浓度达到 GB 36600 第一类用地筛选值、地下水中污染物浓度达到 GB/T 14848 中地下水使用功能对应标准限值为止。

9.1.5 采用污染土壤与地下水协同修复治理模式的地块应开展不少于 1 年的后期环境管理。

### 9.2 长期环境监测

9.2.1 实施风险管控和污染土壤与地下水协同修复治理模式的地块应开展长期监测。

9.2.2 一般通过设置地下水监测井进行周期性采样和检测，也可设置土壤气监测井进行土壤气样品采集和检测，监测井位置应优先考虑污染物浓度高的区域、敏感点所处位置等。应充分利用地块内符合采样条件的监测井。

9.2.3 实施风险管控的地块原则上长期监测 1~2 年开展一次，可根据实际情况进行调整。

### 9.3 制度控制

9.3.1 9.1.1 条款所述的三种情景均需开展制度控制。

9.3.2 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、限制污染物浓度未达到 GB 36600 第一类用地筛选值的土壤去向等方式，多种制度控制方式可同时使用。

9.3.3 实施风险管控的地块应设置永久性标识，标识应载有区域名称及管控面积、深度、顶面和底面高程、边界拐点坐标及示意图、完工后禁止行为等信息。

## 10 编制效果评估报告

## 10.1 报告内容

效果评估报告应当包括土壤污染风险管控和修复工程概况、环境监理工作概况、环境保护措施落实情况、效果评估布点与采样、检测结果分析、效果评估结论及后期环境监管建议等内容。效果评估报告的提纲参见附录D。

## 10.2 形式要求

10.2.1 报告应附具从业人员责任页，明确项目负责人、各分工作承担者、审核人、审定人，均需亲笔签字确认。

10.2.2 报告还应附具土地使用权人（土壤污染责任人）和从业单位对报告真实性、准确性和科学性负责的承诺书。

10.2.3 报告应加盖地块土地使用权人（土壤污染责任人）和效果评估报告编制单位的公章。

## 10.3 图表的要求

10.3.1 报告宜包括以下图件：

- a) 地块地理位置图；
- b) 地块范围图；
- c) 地块地层图；
- d) 地块地下水流向图；
- e) 污染物超修复/管控目标范围图（包括不同深度的修复/管控范围图及总图）；
- f) 土壤超筛选值但不超修复目标值范围图（如有土壤超筛选值但不超修复目标值情景）；
- g) 土壤超第一类用地筛选值但不超第二类用地筛选值范围图（如采用第二类用地筛选值评价）；
- h) 修复工艺流程图；
- i) 施工平面布置图；
- j) 实际修复施工范围图；
- k) 效果评估监测点位分布图；
- l) 土方流转图；
- m) 污染土壤运输车辆行驶路线图（如存在土壤开挖转运情景）。

10.3.2 报告宜包括以下表格：

- a) 地块范围拐点坐标统计表；
- b) 理论管控/修复范围拐点统计表；
- c) 理论管控/修复土方量估算表；
- d) 实际管控/修复范围拐点统计表；
- e) 实际管控/修复工程量统计表；
- f) 修复实施进度一览表；
- g) 施工药剂/材料统计表；
- h) 土壤转运统计表（如存在土壤开挖转运情景）；
- i) 效果评估监测点位信息表；
- j) 效果评估监测结果统计分析表；
- k) 实验室质控统计表；
- l) 土壤及地下水量统计汇总表。

附 录 A  
(资料性)  
地块概念模型涉及信息及其作用

地块概念模型涉及信息及其作用见表A. 1。

表 A. 1 地块概念模型涉及信息及其作用

| 地块概念模型涉及信息        | 在修复效果评估中的作用         |
|-------------------|---------------------|
| 地理位置              | 了解背景情况              |
| 地块历史              | 了解背景情况              |
| 地块调查评估活动          | 了解背景情况              |
| 地块土层分布            | 确定采样深度              |
| 水位变化情况            | 采样点设置               |
| 地块地质与水文地质情况       | 采样点设置               |
| 污染物分布情况           | 了解地块污染情况            |
| 目标污染物、修复目标        | 明确评估指标和标准           |
| 土壤修复范围            | 确定评估对象和范围           |
| 地下水污染羽            | 确定评估对象和范围           |
| 修复方式及工艺           | 制定效果评估方案            |
| 修复方案有无变更及变更情况     | 制定效果评估方案            |
| 施工周期与进度           | 确定效果评估采样节点          |
| 异位修复基坑清理范围与深度     | 采样点设置               |
| 异位修复基坑放坡方式、基坑护壁方式 | 采样点设置               |
| 异位修复后土壤土方量及最终去向   | 采样点设置、采样节点          |
| 修复设施平面布置          | 采样点设置               |
| 修复系统运行监测计划及已有数据   | 采样点设置、采样节点          |
| 目标污染物浓度变化情况       | 采样点设置、采样节点          |
| 地块内监测井位置及建井结构     | 判断是否可供效果评估采样使用      |
| 二次污染排放记录及监测报告     | 辅助资料                |
| 地块修复实施涉及的单位和机构    | 辅助资料                |
| 潜在受体与周边环境         | 辅助资料、了解环境保护措施有效性    |
| 异地风险管控、修复和处置情况    | 了解是否满足出场要求          |
| 土壤及地下水量统计汇总表      | 辅助资料, 明确土壤、地下水最终去向。 |

附 录 B  
(资料性)  
人员访谈记录表

人员访谈记录表见表B.1。

表 B.1 人员访谈记录表

|               |                                                                                                                                                                                                                                       |  |         |                         |
|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------|-------------------------|
| 受访者姓名         |                                                                                                                                                                                                                                       |  | 联系方式    |                         |
| 与地块关联信息       | <input type="checkbox"/> 土地使用权人 <input type="checkbox"/> 土壤污染风险管控和修复单位 <input type="checkbox"/> 地块调查评估单位 <input type="checkbox"/> 管理部门工作人员<br><input type="checkbox"/> 监理单位 <input type="checkbox"/> 周边居民 <input type="checkbox"/> 其他 |  |         |                         |
|               | 所在单位及职位                                                                                                                                                                                                                               |  | 居住或工作时间 | 自_____年____月至<br>年____月 |
| 访谈内容记录        | 1、 地块修复过程环境保护措施落实                                                                                                                                                                                                                     |  |         |                         |
|               | 2、 修复期间现场及周边有无污染迹象                                                                                                                                                                                                                    |  |         |                         |
|               | 3、 修复期间有无废水、废物等污染物外排情况                                                                                                                                                                                                                |  |         |                         |
|               | 4、 是否存在土壤外运情况，运输与接收的协议和记录是否完整                                                                                                                                                                                                         |  |         |                         |
|               | 5、 工程施工期间有无投诉、有无风险事故、有无工程变更                                                                                                                                                                                                           |  |         |                         |
|               | 6、 地块是否存在外来土壤回填                                                                                                                                                                                                                       |  |         |                         |
|               | 7、 其他                                                                                                                                                                                                                                 |  |         |                         |
| 访谈人：<br>访谈时间： |                                                                                                                                                                                                                                       |  |         |                         |

附 录 C  
(资料性)  
土壤转运台账

土壤转运台账见表C.1。

表C.1 土壤转运台账

| 项目名称   |    |      |         |    |    |         |         |         |        |      |      |        |    |
|--------|----|------|---------|----|----|---------|---------|---------|--------|------|------|--------|----|
| 项目地址   |    |      |         |    |    |         |         |         |        |      |      |        |    |
| 修复施工单位 |    | (公章) |         |    |    |         |         |         |        |      |      |        |    |
| 土壤运输单位 |    | (公章) |         |    |    |         |         |         |        |      |      |        |    |
| 土壤接收单位 |    | (公章) |         |    |    |         |         |         |        |      |      |        |    |
| 环境监理单位 |    | (公章) |         |    |    |         |         |         |        |      |      |        |    |
| 序号     | 出场 |      |         | 进场 |    |         | 运输工具牌照号 | 土壤污染物类型 | 经办人    |      |      |        | 备注 |
|        | 日期 | 时间   | 土壤重量(吨) | 日期 | 时间 | 土壤重量(吨) |         |         | 修复施工单位 | 运输单位 | 接收单位 | 环境监理单位 |    |
| 1      |    |      |         |    |    |         |         |         |        |      |      |        |    |
| 2      |    |      |         |    |    |         |         |         |        |      |      |        |    |
| 3      |    |      |         |    |    |         |         |         |        |      |      |        |    |
| 4      |    |      |         |    |    |         |         |         |        |      |      |        |    |
| 5      |    |      |         |    |    |         |         |         |        |      |      |        |    |
| 6      |    |      |         |    |    |         |         |         |        |      |      |        |    |
| 7      |    |      |         |    |    |         |         |         |        |      |      |        |    |
| 8      |    |      |         |    |    |         |         |         |        |      |      |        |    |

附 录 D

(资料性)

效果评估报告提纲

图D.1给出建设用地土壤污染风险管控和修复效果评估报告编制内容提纲。

| 效果评估报告 |                                                                                                           |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1      | 项目背景                                                                                                      |
|        | 简要描述地块基本信息，调查评估、风险管控或修复的时间节点与概况、相关批复情况等。简明列出以下信息：项目名称、项目地址、土地使用权人或土壤污染责任人、调查评估单位、风险管控或修复施工单位、监理单位、效果评估单位。 |
| 2      | 工作依据                                                                                                      |
| 2.1    | 法律法规                                                                                                      |
| 2.2    | 标准规范                                                                                                      |
| 2.3    | 项目文件                                                                                                      |
| 3      | 地块概况                                                                                                      |
| 3.1    | 地块基本情况                                                                                                    |
| 3.2    | 地块调查评价结论                                                                                                  |
| 3.3    | 风险管控或修复方案                                                                                                 |
| 3.4    | 风险管控或修复实施情况                                                                                               |
| 3.5    | 环境保护措施落实情况                                                                                                |
| 3.6    | 地块环境监理情况                                                                                                  |
| 4      | 地块概念模型                                                                                                    |
| 4.1    | 资料回顾                                                                                                      |
| 4.2    | 现场踏勘                                                                                                      |
| 4.3    | 人员访谈                                                                                                      |
| 4.4    | 地块概念模型                                                                                                    |
| 5      | 效果评估布点方案                                                                                                  |
| 5.1    | 土壤修复效果评估布点                                                                                                |
| 5.1.1  | 评估范围                                                                                                      |
| 5.1.2  | 采样节点                                                                                                      |
| 5.1.3  | 布点数量与位置                                                                                                   |
| 5.1.4  | 检测指标                                                                                                      |
| 5.1.5  | 评估标准值                                                                                                     |
| 5.2    | 风险管控效果评估布点                                                                                                |
| 5.2.1  | 检测指标和标准                                                                                                   |
| 5.2.2  | 采样周期和频次                                                                                                   |
| 5.2.3  | 布点数量与位置                                                                                                   |
| 6      | 现场采样与实验室检测                                                                                                |
| 6.1    | 样品采集                                                                                                      |
| 6.1.1  | 现场采样                                                                                                      |
| 6.1.2  | 样品保存与流转                                                                                                   |
| 6.1.3  | 现场质量控制                                                                                                    |

图 D.1 效果评估报告提纲

|       |                |
|-------|----------------|
| 6.2   | 实验室检测          |
| 6.2.1 | 检测方法           |
| 6.2.2 | 实验室质量控制        |
| 7     | 效果评估           |
| 7.1   | 检测结果分析         |
| 7.2   | 效果评估结论         |
| 7.3   | 后期风险管控（如有）     |
| 8     | 结论与建议          |
| 8.1   | 效果评估结论         |
| 8.2   | 后期环境监管建议       |
| 附件    |                |
| 附件1   | 地块规划图；         |
| 附件2   | 地块权属信息；        |
| 附件3   | 人员访谈记录；        |
| 附件4   | 修复范围图；         |
| 附件5   | 水文地质剖面图；       |
| 附件6   | 钻孔结构图；         |
| 附件7   | 岩心箱照片；         |
| 附件8   | 现场采样照片；        |
| 附件9   | 采样记录单；         |
| 附件10  | 建井结构图；         |
| 附件11  | 洗井记录单；         |
| 附件12  | 地下水采样记录单；      |
| 附件13  | 工程竣工报告或施工总结报告； |
| 附件14  | 环境监理报告；        |
| 附件15  | 土壤转运联单（如外运）；   |
| 附件16  | 实验室检测及质控报告。    |

图 D.1 效果评估报告提纲 （续）