

# 团 体 标 准

T/LNSES 007-2024

## 土壤与地下水生态环境损害 鉴定评估技术规范

Technical specification for identification and assessment of  
soil and groundwater environmental damage

2024 - 5 - 31 发布

2024 - 6 - 1 实施

辽宁省环境科学学会 发布





# 目次

前言 .....	III
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	2
4 鉴定评估原则 .....	4
5 鉴定评估程序 .....	5
6 土壤与地下水损害调查与确认 .....	7
7 因果关系分析 .....	11
8 土壤和地下水损害实物量化与恢复方案制定 .....	12
9 土壤与地下水环境损害价值量化 .....	15
10 鉴定评估报告编制 .....	17
11 恢复效果评估 .....	18
附录 A（资料性附录）土壤与地下水环境损害鉴定评估资料清单 .....	19
附录 B（规范性附录）土壤与地下水环境损害调查监测技术要求 .....	24
附录 C（规范性附录）土壤方量手动估算方法 .....	36
附录 D（资料性附录）土壤环境恢复方案的筛选方法 .....	42
附录 E 常用土壤恢复技术适用条件与技术性能参照 GB/T39792.1-2020 附录 B .....	44
附录 F 常用地下水恢复技术适用条件与技术性能参照 GB/T39792.1-2020 附录 C .....	44
附录 G（资料性附录）生态环境损害鉴定评估报告书的编制要求 .....	45

## 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。

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》，保护土壤和地下水环境，保障公众健康，规范和指导涉及土壤和地下水的生态环境损害鉴定评估工作，制定本标准。

本文件由辽宁大学提出。

本文件由辽宁省环境科学学会归口。

本文件由辽宁省环境科学学会组织制定、实施并解释。

本文件主要起草单位：辽宁大学、辽宁北方陆海环境检验监测有限公司、营口瑞丰环保技术咨询服务有限公司。

本文件主要起草人：宋有涛、王子超、岳力、邱立春、于旭青、吴佳美、邵昕玥、王欣若、陈振宇、许瑞臣、范学玲、隋佳依、李志辉、袁俊文、隋本富、唐婉钗、乔建芳、袁子杰。

本文件为辽宁省首次发布。



# 土壤与地下水生态环境损害鉴定评估技术规范

## 1 范围

本文件规定了涉及土壤与地下水的生态环境损害鉴定评估的术语和定义、鉴定评估原则、鉴定评估一般要求、环境损害调查与损害确定、因果关系分析、环境损害实物量化、环境损害价值量化、恢复效果评估等内容。

本文件适用于因环境污染或生态破坏导致的涉及土壤与地下水的生态环境损害鉴定评估。

本文件不适用于核与辐射事故导致的涉及土壤与地下水的生态环境损害鉴定评估。

## 2 规范性引用文件

本文件引用下列文件或其中的条款。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是未注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB 5084 农田灌溉水质标准
- GB 5749 生活饮用水标准
- GB 5085 危险废物鉴别标准
- GB 9834 土壤有机质测定法
- GB 15618 土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）
- 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 50021 岩土工程勘察规范
- GB/T 14848 地下水质量标准
- GB/T 39791.1 生态环境损害鉴定评估技术指南总纲和关键环节 第1部分：总纲
- GB/T 39791.2 生态环境损害鉴定评估技术指南总纲和关键环节 第2部分：损害调查
- GB/T 39792.1 生态环境损害鉴定评估技术指南 环境要素 第1部分：土壤和地下水
- HJ1019 地块土壤和地下水中挥发性有机物采样技术导则
- HJ 1111 生态环境健康风险评估技术指南 总纲
- HJ 164 地下水环境监测技术规范
- 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 493 水质采样 样品的保存和管理技术规定
- HJ 710.1 生物多样性观测技术导则 陆生维管植物
- HJ 710.2 生物多样性观测技术导则 地衣和苔藓
- HJ 710.3 生物多样性观测技术导则 陆生哺乳动物
- HJ 710.5 生物多样性观测技术导则 爬行动物
- HJ 710.6 生物多样性观测技术导则 两栖动物
- HJ 710.10 生物多样性观测技术导则 大中型土壤动物
- HJ 710.11 生物多样性观测技术导则 大型真菌
- HJ/T 166 土壤环境监测技术规范
- HJ/T 20 工业固体废物采样制样技术规范
- HJ/T 298 危险废物鉴别技术规范

CJ/T 206 城市供水水质标准

NY/T 1121 土壤检测

NY/T 3499 受污染耕地治理与修复导则

DZ/T 0290 地下水水质标准

《突发环境事件应急处置阶段环境损害评估推荐方法》（环办〔2014〕118号）

《地下水污染模拟预测评估工作指南》（环办土壤函〔2019〕770号）

《地下水环境状况调查评价工作指南》（环办土壤函〔2019〕770号）

《突发生态环境事件应急处置阶段直接经济损失核定细则》（环应急〔2020〕28号）

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

**土壤 soil**

由矿物质、有机质、水、空气及生物有机组成的地球陆地表面的疏松层。

#### 3.2

**地下水 groundwater**

以各种形式埋藏在地壳空隙中的水。

#### 3.3

**环境敏感区 environmental sensitive area**

依法设立的各级各类保护区域，以及对某类污染物或者生态影响特别敏感的区域。

#### 3.4

**调查区 investigation area**

为确定生态环境损害的类型、范围和程度，需要开展勘察、监测、观测、观察、调查、测量的区域。

#### 3.5

**评估区 assessment area**

经调查发现发生环境质量不利改变、生态服务功能退化等，需要开展生态环境损害识别、分析和确认的区域。

#### 3.6

**土壤与地下水环境基线 soil and groundwater environmental baseline**

污染土壤与地下水环境行为未发生时或未造成生态环境损害时，评估区域内土壤与地下水环境质量的状态。

#### 3.7



### 土壤与地下水环境损害鉴定评估 identification and assessment for soil and groundwater environmental damage

按照规定的程序和方法，综合运用科学技术和专业知识，调查污染、破坏土壤与地下水生态行为与生态环境损害情况，分析污染土壤与地下水环境或破坏生态行为与生态环境损害间的因果关系，评估污染土壤与地下水环境或破坏生态行为所致生态环境损害的范围和程度，确定土壤与地下水生态环境恢复至基线并补偿期间损害的恢复措施，量化土壤与地下水生态环境损害数额的过程。

#### 3.8

##### 健康风险评估 health risk assessment

在土壤和地下水调查的基础上，分析其中的污染物对人群的主要暴露途径，评估污染物对人体健康的致癌风险或危害水平。

#### 3.9

##### 农用地土壤污染风险筛选值 risk screening values for soil contamination of agricultural land

对食用农产品安全、农作物生长或生态环境可能造成不利影响时的农用地土壤中污染物含量限值。

土壤中污染物含量低于该值，则农产品超标等风险可忽略。

#### 3.10

##### 建设用地土壤污染风险筛选值 risk screening values for soil contamination of development land

在特定土地利用方式下，对人体健康可能存在风险的建设用地土壤中污染物含量限值。

土壤中污染物含量低于该值的，对人体健康的风险可以忽略；超过该值的，对人体健康可能存在风险，应当开展进一步的详细调查和风险评估，确定具体污染范围和风险水平。

#### 3.11

##### 土壤与地下水环境期间损害 soil and groundwater environmental interim damage

自土壤与地下水生态环境损害发生到恢复至基线期间，生态系统提供服务功能的丧失或减少。

#### 3.12

##### 土壤与地下水环境永久性损害 soil and groundwater environmental permanent damage

受损土壤与地下水生态环境及其生态服务功能难以恢复，其向人类或其他生态系统提供服务的能力完全丧失。

#### 3.13

##### 土壤与地下水生态环境恢复 soil and groundwater ecological restoration

土壤与地下水生态环境损害发生后，采取必要的、合理的措施将受损土壤与地下水生态环境及其服务功能恢复至基线并补偿期间损害的过程。

#### 3.14

##### 基本恢复 environmental primary restoration

采取必要、合理的自然或人工措施将受损的生态环境及其服务功能恢复至基线的过程。

### 3.15

**补偿性恢复** *compensatory restoration*

采取必要、合理的措施补偿生态环境期间损害的过程。

### 3.16

**补充性恢复** *complementary restoration*

基本恢复无法完全恢复受损的生态环境及其服务功能，或补偿性恢复无法补偿期间损害时，采取额外的、弥补性的措施进一步恢复受损的生态环境及其服务功能并补偿期间损害的过程。

### 3.17

**概念模型** *conceptual model*

用文字、图、表等方式来综合描述污染源、污染迁移途径、人体或生态受体接触污染介质的过程和接触方式。

### 3.18

**生态服务功能** *service function of ecology*

生态系统在维持生命的物质循环和能量转换过程中，为人类与生物提供的各种惠益，通常包括供给服务、调节服务、文化服务和支持功能。

### 3.19

**理论治理成本** *theoretical treatment cost*

通过治理成本函数计算得到的治理成本。

## 4 鉴定评估原则

### 4.1 合法合规原则

鉴定评估工作应遵守国家 and 地方有关法律、法规和技术规范。禁止伪造数据和弄虚作假。

### 4.2 科学合理原则

鉴定评估工作应制定科学、合理、可操作的工作方案。鉴定评估工作方案中应包含严格的质量控制和质量保证措施。

### 4.3 独立客观原则

鉴定评估机构及鉴定人应当运用专业知识和实践经验独立客观地开展鉴定评估，不受鉴定评估委托方以及其他方面的影响。鉴定评估机构及其工作人员应当与环境损害利益相关方等无利害关系。

### 4.4 兼顾科学性与时效性原则

鉴定结论既要符合科学规律，也要遵从时效性要求，应在特定时限内做出科学判断。

## 5 鉴定评估程序

### 5.1 鉴定评估内容

根据鉴定评估需要，土壤与地下水生态环境损害鉴定评估的内容包括：

- a) 调查污染土壤与地下水环境或破坏生态行为的事实；
- b) 确定土壤与地下水生态环境损害的事实和类型；
- c) 分析污染土壤与地下水环境或破坏生态行为与生态环境损害间的因果关系；
- d) 确定土壤与地下水生态环境损害的时空范围和程度；
- e) 评估土壤与地下水生态环境恢复的可能性，制定恢复方案；
- f) 量化生态环境损害价值；
- g) 评估生态环境恢复效果。

### 5.2 鉴定评估范围

#### a) 时间范围

以污染或破坏土壤与地下水生态行为发生为起点，以受损生态环境及其服务功能恢复至基线为终点。

#### b) 空间范围

应综合利用现场调查、环境监测、遥感分析和模型预测等方法，根据污染物迁移扩散范围或破坏生态行为的影响范围确定。

### 5.3 鉴定评估工作内容和程序

#### 5.3.1 鉴定评估准备

掌握涉及土壤和地下水的生态环境损害的基本情况，了解受损区域及周边的自然环境与社会状况；初步判断土壤和地下水的受损范围，明确涉及土壤和地下水的生态环境损害鉴定评估的内容，确定鉴定评估方法，编制鉴定评估工作方案。

#### a) 基本情况调查

损害来源相关信息：污染源、生产历史、生产工艺和污染物产生环节、位置，污染物排放、堆放、填埋和处置区域，历史污染事故及其处理情况；对于突发环境事件，应查明事件发生的时间、地点，可能产生的污染物的类型和性质、排放量（体积、质量），污染物浓度等资料和情况；对于生态破坏事件，了解事件性质、破坏方式、发生时间、地点等基本情况；

损害过程相关信息：污染物排放方式、排放时间、排放频率、排放去向，特征污染物类别、浓度，可能产生的二次污染物类别、浓度等资料和情况；受破坏林地、耕地、草地、湿地等生态系统的自然状态，以及动植物受损的时间、方式和过程等信息；

前期处理处置相关信息：污染物清理、防止污染扩散等控制措施或生态恢复措施实施的相关资料 and 情况，包括实施过程、实施效果、费用等相关信息；

历史和现状监测相关信息：监测工作开展情况及监测数据，包括土壤和地下水环境质量监测数据，指示性生物物种数量、密度、丰度、结构，群落组成、结构等调查数据；

可能开展替代恢复区域的生态环境损害现状和可恢复性。

#### b) 自然环境与社会经济信息收集

调查收集评估区域的自然环境信息，具体包括：地形地貌、水文、气候气象资料；地质和人文地质资料；土地和地下水利用的历史、现状和规划信息；已有地下水井的分布情况；居民区、饮用水水源地、生态保护红线、自然保护区、湿地、风景名胜区等环境敏感区分布信息以及主要生物资源的分布状况；厂矿、水库、构筑物、沟渠、地下管网、渗坑及其他面源污染等分布情况。

收集评估区域的社会经济信息，具体包括：经济和主要产业的现状和发展状况；地方法规、政策与标准等相关信息；人口、交通、基础设施、能源和水资源供给等信息。

### c) 工作方案制定

根据所掌握的损害情况和所收集到的自然环境和社会信息，初步判断可能的损害类型、土壤和地下水环境及其生态服务功能可能的受损范围，包括时间范围和空间范围。必要时可结合遥感图、影像图进行辅助判断，或利用现有监测数据进行污染物空间分布模拟，缺乏具有时效性的监测数据时，建立区域或场地概念模型进行推演，判断可能受到损害的范围。

根据损害的基本情况以及鉴定评估委托事项，明确要开展的损害鉴定评估工作内容，设计工作程序，通过调研、专项研究、专家咨询等方式，确定每项鉴定评估工作的具体方法，编制评估工作方案。

## 5.3.2 损害调查确认

通过开展地质和水文地质调查、土壤和地下水污染状况调查、土壤和地下水生态服务功能调查、土壤和地下水环境质量及其生态服务功能的基线水平调查，判断土壤和地下水环境及其生态服务功能是否受到损害。

## 5.3.3 因果关系分析

通过污染源解析、迁移转化过程分析和验证，分析污染环境行为与土壤和地下水损害之间是否存在因果关系。通过分析破坏生态行为导致土壤和地下水损害的机理，判定破坏生态行为与土壤和地下水损害之间是否存在因果关系。

## 5.3.4 土壤和地下水损害实物量化和恢复方案制定

筛选土壤和地下水损害评估指标，确定损害程度和范围。当受损土壤和地下水可恢复，研究确定基本恢复目标，制定备选基本恢复方案，估算恢复时间，计算期间损害，确定补偿性恢复规模，制定备选补偿性恢复方案，开展恢复方案综合比选，确定最佳方案。

## 5.3.5 土壤和地下水损害价值量化

基于土壤和地下水损害是否已经恢复、是否需要恢复、是否能恢复等情况，选择恢复费用法、实际治理成本法、理论治理成本法、虚拟治理成本法、资源价值法及其他环境价值评估方法对损害价值进行量化。

## 5.3.6 土壤和地下水损害鉴定评估报告编制

编制涉及土壤和地下水的生态环境损害鉴定评估报告（意见）书，同时建立完整的涉及土壤和地下水的生态环境损害鉴定评估工作档案。

## 5.3.7 土壤和地下水恢复效果评估

生态环境恢复效果评估应编制独立的生态环境恢复效果评估报告。

定期跟踪土壤和地下水损害恢复情况，评估恢复效果是否达到预期目标。当未达到预期目标，设计并实施补充性恢复方案；当经风险评估等过程判断不需要开展补充恢复，采用环境价值评估方法进行相应损失计算。

涉及土壤和地下水的生态环境损害鉴定评估程序见图1。实践中，可根据鉴定评估委托事项适当简化工作程序，选择性开展上述相关工作。必要时，应针对生态环境损害鉴定评估中的关键问题开展专题研究。

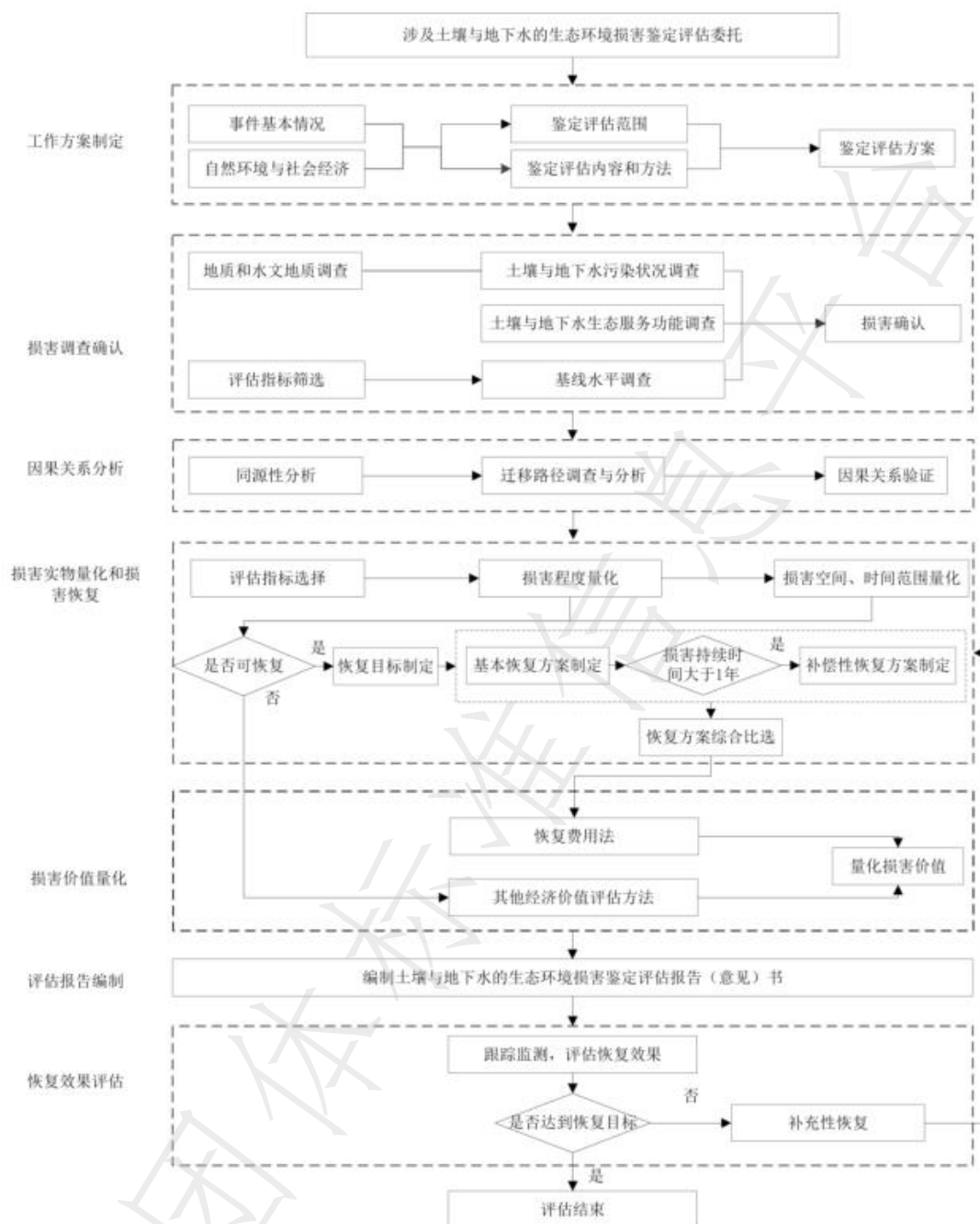


图 1 土壤与地下水环境损害鉴定评估程序图

## 6 土壤与地下水损害调查与确认

### 6.1 地质和水文地质调查

#### 6.1.1 调查原则

a) 充分利用现有资料。根据现有资料对评估区域地质及水文地质信息进行初步了解，重点关注已有水井资料，初步识别评估区域含水层分布、地下水流场、地下水补径排信息，现有资料不足时，开展进一步调查；

b) 兼顾区域和评估区域水文地质条件开展调查。获取区域地质及水文地质资料，结合场地调查的精度，对获取资料进行筛选应用，初步判断评估区域地质和水文地质信息，兼顾局部变化带

来的影响，区域资料不能满足调查需要时，使用钻探、物探和相关试验等手段有针对性地开展必要的评估区域地质和水文地质调查工作。

### 6.1.2 调查方法

#### a) 资料收集

进一步收集评估区域地质图、钻孔柱状图、地质剖面图、地质构造图、水文地质图等相关资料，识别评估区域地层岩性及其分布情况、基岩裂隙发育情况，掌握评估区域地下水赋存条件、含水层分布（埋深、厚度、岩性）、水文地质单元划分、地下水补径排条件及关键水文地质参数。

#### b) 现状调查

收集已建水井的建井资料，了解井深、井结构、建井材料性质、滤水管分布等信息，根据含水层结构特征，对已建水井开展水位统测，掌握不同含水岩组地下水埋深、地下水流向，当已建井结构、数量和位置满足条件，还可利用其开展水文地质试验，获取关键水文地质参数。利用已建水井开展水位统测、水质监测时，应注意排除存在建井记录不完整、封井不严等问题的水井。

#### c) 钻探、物探和试验

对于损害范围较大、需要初步查明近地表地层介质及特殊构造分布、不便于大范围开展钻探工作的情况，优先选择物探手段对区域进行识别，确定重点区域，指导后续的钻探或水文地质试验工作，通过钻探验证或进一步确定重点区域关注问题，如查明裂隙分布以确定污染物迁移的优先通道，通过水文地质试验查明渗透性异常区，以获取局部污染物迁移速率、分布情况突变原因等信息。

对于损害范围较小、需详细查明污染物分布特征、有条件开展详细钻探调查工作的情况，应充分利用评估区域已有水文地质调查数据、物探结果等资料，并根据需要在重点关注点位开展钻探或水文地质试验工作，获取评估区域地下水赋存条件、含水层分布、地下水补径排条件及重要水文地质参数。

当单一技术手段不足以满足损害评估调查工作需求时，需综合应用多种技术手段，如无法判断基岩裂隙分布时，可采用物探和钻探相结合的方法查明基岩裂隙分布情况，可利用土壤钻探和地下水监测井钻探过程中的钻孔记录确定地层岩性及其分布状况，利用地下水监测井开展水文地质试验。

## 6.2 土壤和地下水污染状况调查

调查的内容包括评估区域土壤环境的质量现状、污染分布情况、污染物浓度水平等信息。调查主要通过环境监测手段，开展现场采样、分析检测、质量控制和判断评价等工作。应针对污染类型、污染物性质和生态环境损害评估的需求制定土壤环境质量系统调查监测工作方案。在进行土壤环境质量监测时，可分为损害确定采样监测和详细采样监测两个不同的阶段，经初步调查明确发生土壤环境损害可直接进入详细采样监测两个阶段；详细采样监测根据需要可分多次进行，其监测结果应足以保证环境损害实物量化的要求。土壤环境质量监测工作方案主要内容包括监测计划的制定、监测工作的组织以及监测报告的编制，技术要求具体内容见附录 B。

## 6.3 土壤和地下水生态服务功能调查

### 6.3.1 土壤生态服务功能调查

通过查找土地利用类型图、国土规划、高分辨率卫星遥感影像资料等方式获取土地使用历史、当前土地利用状况、未来土地利用规划等信息，确定土壤损害发生前、损害期间、恢复期间评估区域的土地利用类型，如耕地、园地、林地、草地、商服用地、住宅用地、工矿仓储用地、特殊用地（如旅游景点、自然保护区）等类型。如用地类型为耕地、园地、林地、草地，重点查明或计算种植或养殖物类型和产量等信息；如用地类型为旅游景点，重点查明旅游休闲服务价值计算

所需的信息；如用地类型为自然保护区，需查明或计算指示性物种的结构与数量等信息。对于未利用地，可参考周边土地利用类型进行生态服务功能损失调查和评估。

如需要采集生物样品，参照 HJ 710.1、HJ 710.2、HJ 710.3、HJ 710.5、HJ 710.6、HJ 710.10、HJ 710.11 进行。土壤有机质测定参照 GB 9834；土壤盐分测定参照 NY/T 1121.16；土壤持水率测定参照 NY/T 1121.22。如需要检测生物样品中污染物浓度以及土壤生物群落、土壤孔隙度等指标，参照相关权威文献中认可的方法进行。

### 6.3.2 地下水生态服务功能调查

获取评估区域水资源使用历史、现状和规划信息，查明地下水损害发生前、损害期间、恢复期间评估区域地下水的主要生态服务功能类型，如生活饮用水水源、农业灌溉用水、工业生产用水、居民生活用水、生态用水等供水服务或景观用水等文化服务，并查明或计算开采量、用水量、水资源价值等信息。

## 6.4 基线水平调查

### 6.4.1 基于历史数据

查阅相关历史档案或文献资料，包括针对评估区域开展的常规监测、专项调查、学术研究等过程获得的报告、监测数据、照片、遥感影像、航拍图片等结果，获取能够表征评估区域土壤和地下水环境及其生态服务功能历史状况的数据。

### 6.4.2 基于对照区调查数据

当缺乏评估区域的历史数据或历史数据不满足要求时，可以利用未受污染环境或破坏生态行为影响的“对照区域”的历史或现状数据确定基线。在对照区进行土壤钻探、地下水监测井建设、采样分析和调查工作，获取对照区土壤和地下水生态服务功能状况。应选择一个或多个与评估区域可比且未受污染环境或破坏生态行为影响的对照区域。对照区域数据应具有较好的时间和空间代表性，对照区所在区域在地理位置、气候条件、地形地貌、生态环境特征、土地利用类型、水文地质条件、社会经济条件、生态服务功能等方面应与受影响区域类似，其土壤和地下水的物理、化学、生物学性质应与受影响区域类似。

一般情况下，土壤对照点应均匀布设于受影响区域外部，对照点数量 $\geq 5$ 个。如评估区域面积较大，污染物分布情况较复杂，应适当增加对照点数量。如因地形地貌、土地利用方式、污染物扩散迁移特征等因素致使土壤特征有明显差别或采样条件受到限制时，可根据实际情况进行调整，采样深度应尽可能与受影响区域内采样深度相同。地下水的对照点位应位于污染源的地下水流向上游一定距离内，并综合考虑水力坡降、含水层渗透性、埋深和厚度等水文地质条件及污染源和污染物迁移转化等因素，对照区所取地下水应与损害调查地下水位于同一层位。对照区数据收集方法应与评估区域具有可比性，并遵守评估方案的质量保证规定。

若对照区污染物浓度检测结果低于检出限，以检出限作为其浓度值参与基线水平计算。

应对“对照区域”数据的变异性进行统计描述，识别数据中的极值或异常值并分析其原因确定是否剔除极值或异常值，根据专业知识和评价指标的意义确定基线，确定原则同 6.4.1。

### 6.4.3 参考环境质量标准或基准

当历史数据或对照数据不可行时，则根据评估区域土地利用方式和地下水使用功能，参考适用的国家或地方土壤和地下水环境质量标准或基线确定基线，如 GB 15618、GB 36600、GB/T 14848、GB 5749、GB 5084、GB 11607、DZ/T 0290、CJ/T 206；当标准和基准同时存在时，优先适用环境质量标准；当缺乏适用的标准或基准时，可参考国外政府部门或国际组织发布的相关标准或基准。

### 6.4.4 开展专项研究

当无法获取历史数据和对照区数据，且无可用的土壤和地下水环境质量标准或基准时，开展专项研究，如土壤和地下水中污染物的健康风险评估、土壤和地下水中污染物的迁移转化规律研究和模拟、污染物浓度与种群密度和物种丰度等指标之间剂量-效应关系研究、生态服务功能专项调查等工作，以确定土壤和地下水环境及其生态服务功能的基线水平。

## 6.5 损害确定

当事件导致以下一种或几种后果时，可以确认造成了土壤和地下水环境或生态服务功能损害：

- a) 调查点位土壤和地下水中特征污染物的浓度或相关理化指标（包含 pH、电导率等）超过基线水平；
- b) 评估区域土壤和地下水呈现明显颜色或气味异常，经实验或测试表明对土壤无脊椎动物或植物产生毒性；
- c) 因土壤和地下水污染造成评估区域生物死亡、疾病、行为异常、肿瘤、遗传突变、畸形、生理功能失常等。
- d) 评估区域指示性生物种群特征（密度、性别比例、年龄组成等）、群落特征（如多度、密度、盖度、丰度等）或生态系统特征（如生物多样性）发生不利改变，指示性指标超过基线水平；
- e) 土壤和地下水的其他性质发生改变，导致土壤和地下水不再具备基线状态下的生态服务功能，如土壤的农产品生产功能、地下水的饮用功能等；
- f) 造成土壤和地下水损害的其他情形。

## 6.6 质量控制

### 6.6.1 检测及实验数据质量控制

检测及实验数据质量控制主要考虑以下几个方面：

- a) 样品的检测数量和检测项目是否符合要求；
- b) 样品的保存、运输是否严格遵照 HJ/T 166、HJ 25.2、HJ710 等相关技术规定；
- c) 样品的检测是否严格遵照 HJ/T 166、HJ 25.2 等相关技术规定；
- d) 生物样品的观测是否严格遵照 HJ710 等相关技术规定；
- e) 检测方法回收率和检测限的校正以及样品加标回收率（80%~120%，视污染物类型而定）的要求。

### 6.6.2 调查数据质量控制

调查数据包括资料收集、现场踏勘和人员访谈获得的数据，质量控制主要考虑以下几个方面：

- a) 调查表（记录表）是否存在漏报情况，填报是否完整；
- b) 信息数据的获取和提交是否符合工作程序和 HJ/T 166、HJ 25.2 等相应规定；
- c) 调查表（记录表）的填报是否按照相应的要求进行；
- d) 审核数据材料中的内容是否符合客观实际情况；
- e) 审核数据材料中重复出现的同一指标数值是否一致，具有关联的指标间衔接是否符合逻辑；
- f) 分析数据值是否正确，指标数量级别、计量单位是否准确；
- g) 对于收集获得的资料，随机抽取 5%~10%进行资料复核；对于人员访谈和调查表（记录表）获得的资料信息，随机抽取 5%~10%进行回访复核。

## 6.7 信息汇总分析

调查人员应对损害调查阶段获得的信息进行分析，确定评估区域土壤与地下水环境质量特征污染物类型、浓度水平和空间分布情况，明确土壤与地下水环境损害的情况，整理调查信息和分



析检测结果，评估分析数据的质量和有效性，对是否需要补充调查进行判断，视鉴定评估需要编制完成土壤与地下水环境损害调查报告。

## 7 因果关系分析

### 7.1 判定原则

污染源与土壤与地下水环境损害间的因果关系判定应符合以下一般原则：

- a) 存在明确的污染来源和污染排放行为；
- b) 排放的污染物可能存在到达受损害土壤与地下水的迁移途径；
- c) 存在明确的土壤与地下水环境损害事实；
- d) 污染者排放的污染物或者其次生污染物确实有造成土壤与地下水环境损害的可能性；
- e) 污染土壤与地下水生态环境行为发生在前，土壤与地下水生态环境损害事实发生在后。

### 7.2 分析方法

#### 7.2.1 简述

土壤与地下水环境损害因果关系判定可按照污染源中的污染物与土壤与地下水中污染物的同源性分析、污染物在污染源与土壤与地下水之间迁移载体和介质的识别、传输污染物载体的运动方向和污染物浓度梯度方向的确定、污染物在污染源和土壤与地下水之间迁移途径的连续性和完整性分析等方面开展。

#### 7.2.2 污染物同源性分析

通过人员访谈、现场踏勘、空间影像识别等手段和方法，调查潜在污染源，必要时开展地质和水文地质调查，进一步掌握水文地质条件，开展土壤和地下水采样分析，了解污染物的空间分布特征，或利用同位素技术，进行同位素组成和比例分析，并根据实际情况选择合适的统计分析方法，识别污染源。

采集潜在污染源和受体端土壤和地下水样品，分析污染物的类型、浓度、比例、理化性质等，可采用污染特征比对法、指纹图谱技术、多元统计方法、同位素分析、地理信息技术，还可以综合运用水文地质条件分析、水动力分析、污染物转化机理分析等多种方法，判断污染源、受体端土壤与地下水环境中污染物是否具有同源性。

无法采集到源端样品时，可将识别的特征污染物与受体端污染物进行同源性分析。

#### 7.2.3 污染物迁移载体与介质识别

在证实受损土壤与地下水环境中污染物与污染源中污染物的同源性之后，需要对污染源和受损土壤与地下水环境之间的迁移途径进行分析，即污染物是如何从污染源到达受损土壤与地下水环境的。分析评估区域气候气象、地形地貌、水文地质等自然环境条件，判断是否存在污染物从污染源迁移至环境介质最后到达土壤与地下水环境的可能。

建立污染物从污染源经环境介质到土壤与地下水环境的迁移路径假设，利用空间分析、迁移扩散模型等方法分析污染物迁移方向、浓度变化等情况，分析判断迁移路径的合理性。

#### 7.2.4 迁移方向判断

判断迁移载体的运动方向和污染物浓度梯度方向是否一致。因为污染物从污染源排放或释放出来后，在环境介质中会随各种物理、化学、生物学过程而削减，在下游和污染源之间形成浓度梯度。只有当迁移载体的运动方向与污染物浓度梯度方向一致，才能认为污染物迁移是由该迁移载体的运动所致，也才能说明迁移途径在空间和时间上是合理的。污染物浓度梯度方向的判断主

要依赖于对污染物空间分布情况的调查，并可利用相关专业软件对介质或载体中的污染物浓度进行空间插值分析，以判断污染物的浓度梯度方向。

### 7.2.5 迁移途径完整性和连续性分析

对污染物迁移途径在时间和空间上的连续性进行分析，以建立污染物从源到土壤的完整时间和空间联系，进一步论证因果关系。基于污染现状、地质条件和其他参数，使用数值模拟模型或软件来模拟倾倒、泄漏或排放的污染物到达土壤的时间，同时结合实验室和（或）现场试验所获得数据，对模型进行校准或验证。

### 7.2.6 污染物迁移途径或来源

污染物迁移途径或来源主要包括：

- a) 污染物在大气中扩散迁移，以干湿沉降于土壤中引起土壤环境受到损害；
- b) 污水通过管沟排放、渗漏、污水池泄漏而进入土壤。工业废水中的重金属、有机污染物等直接通过暗管、渗井、渗坑、灌注排放，污水跑冒滴漏经地表径流或地下渗透等进入土壤，从而损害土壤环境；
- c) 上游或周边地下水受污染导致土壤环境受到损害；
- d) 一般工业固体废物、危险废物和生活垃圾等堆放、倾倒或自然灾害造成土壤环境受到损害；
- e) 农用地使用农药、化肥和农膜等造成土壤与地下水环境受到损害；
- f) 危险化学品泄漏造成土壤与地下水环境受到损害；
- g) 其他可能迁移途径或来源。

### 7.2.7 破坏生态行为与损害之间因果关系分析

同时满足以下条件，可以确定污染环境行为与损害之间存在因果关系：

- a) 存在明确的污染环境行为；
- b) 土壤和地下水环境或生态服务功能受到损害；
- c) 污染环境行为先于损害的发生；
- d) 受体端和污染源的污染物存在同源性；
- e) 污染源到受损土壤和地下水之间存在合理的迁移转化过程。

根据需要，分析其他原因对土壤和地下水环境或生态服务功能损害的贡献。

## 8 土壤和地下水损害实物量化与恢复方案制定

### 8.1 损害范围和程度量化

以特征污染物浓度为量化指标，比较土壤与地下水环境损害行为发生前后土壤与地下水生态环境质量变化状况，确定土壤与地下水环境损害的范围和程度。

#### 8.1.1 涉及污染的土壤、地下水损害实物量化

##### 8.1.1.1 损害程度量化

基于土壤、地下水中特征污染物浓度或相关理化指标与基线水平，计算每个点位土壤、地下水中污染物浓度或相关理化指标的超基线倍数，见公式（1）：

$$K_i = \left| \frac{T_i - B_i}{B_i} \right| \quad (1)$$

式中：

$K_i$ —某点位土壤和地下水中特征污染物或相关理化指标的超基线倍数；

$T_i$ —某点位土壤和地下水中特征污染物的浓度或相关理化指标；  
 $B_i$ —土壤、地下水中特征污染物浓度或相关理化指标的基线水平。

### 8.1.1.2 损害范围量化

根据各采样点位土壤和地下水损害确定和损害程度量化的结果，分析受损土壤和地下水点位的位置和深度。在充分获取土壤和水文地质相关参数的情况下，构建评估区域土壤和地下水污染概念模型，采用空间插值方法，模拟未采样点位土壤和地下水的损害情况，获得受损土壤和地下水的二维、三维空间分布，并根据需要模拟土壤和地下水中污染物的迁移扩散情况，明确土壤和地下水当前的损害范围及在评估时间范围内可能的损害范围，计算目前在评估时间范围内可能受损的土壤、地下水面积与体积。

地下水中污染物的迁移扩散模拟可参照《地下水污染模拟预测评估工作指南》。对于不满足插值条件、调查点位分布规律的情形，也可通过分析调查点位所能代表的区域，确定损害范围。对于无法找到损害边界的情况，根据对污染物迁移模拟扩散能力和条件的分析，判定可能的损害范围，合理确定损害边界。

结合恢复方案，判断恢复所需的时间，确定损害的时间范围。

### 8.1.2 涉及生态服务功能损害的实物量化

#### 8.1.2.1 损害程度量化

当土壤和地下水生态系统中的生态服务功能受到损害，可基于指示性生物的种群特征、群落特征、生态系统特征、地下水资源量、旅游人次等指标与基线水平的比对，确定评估区域生态服务功能的受损害程度和范围，参照《生态环境损害鉴定评估技术指南 生态系统》系列标准执行。

基于指示性生物的种群特征、群落特征、生态系统特征、地下水资源量、旅游人次等指标与基线水平的比对，确定生态服务功能的受损害程度，见公式（2）：

$$K_j = \left| \frac{S_j - B_j}{B_j} \right| \quad (2)$$

式中：

$K_j$ —代表生态服务功能的指示性指标的受损害程度；

$S_j$ —指示性指标的现状水平；

$B_j$ —指示性指标的基线水平。

#### 8.1.2.2 损害范围量化

基于不同调查点位生态服务功能损害确定和损害程度量化结果，通过插值方法，或对不同点位所能代表的区域的分析研究，量化损害范围；或根据现场调查结果或遥感、无人机航拍等影像分析结果，量化损害范围。

结合恢复方案，判断恢复所需的时间，确定损害的时间范围。

## 8.2 可恢复性评价

通过文献调研、专家咨询、案例研究、室内实验、现场试验等方法，评价受损土壤和地下水及其服务功能恢复至基线的经济性、技术和操作的可行性。经评价，受损土壤和地下水及其服务功能可以完全或部分恢复时，制定基本恢复方案；需要实施补偿性恢复的，同时需要评价补偿性恢复方案的可实施性。

## 8.3 恢复方案制定和期间损害计算

### 8.3.1 基本恢复方案制定

#### 8.3.1.1 基本恢复目标确定

基本恢复的目标是将受损土壤和地下水环境及其生态服务功能恢复至基线水平。

先判断是否需要开展修复。当需要开展修复，且基于风险的环境修复目标值低于基线水平，应当修复到基线水平（见附录 A 图 A.1），并根据相关法律规定进一步确认应该承担将污染物浓度从基线水平降至基于风险的环境修复目标值的责任方，要求责任方采取措施将风险降低到可接受水平；当需要开展修复，且基于风险的环境修复目标值高于基线水平且均低于现状污染水平，应当修复到基于风险的环境修复目标值（见附录 A 图 A.2），并对基于风险的环境修复目标值与基线水平之间的损害进行评估计算，方法见 9.3.1。当不需要开展修复，且现状污染水平高于基线水平，应对现状污染水平与基线水平之间的损害进行评估计算，方法见 9.3.1。

基于风险的环境修复目标值参照 HJ 25.4 和 HJ 25.6 等相关标准规范确定。未利用地可以按照未来拟利用方式及保护目标判定是否需要修复。

### 8.3.1.2 恢复策略选择和恢复技术筛选

恢复策略选择参照 GB/T 39791.1 中相关内容。

建设用地和耕地土壤修复可以分别参照 HJ 25.4 和 NY/T 3499 选择恢复模式和技术。

在掌握不同恢复技术的原理、适用条件、费用、成熟度、可靠性、恢复时间、二次污染和破坏、技术功能、恢复的可持续性等因素的基础上，参见附录 B 表 B.1 和附录 C 表 C.1 及相关技术规范与类似案例经验，结合土壤和地下水污染特征、损害程度、范围和生态环境特性，从主要技术指标、经济指标等方面对各项恢复技术进行全面分析比较，确定备选技术；或采用专家评分的方法，通过设置评价指标体系和权重，对不同恢复技术进行评分，确定备选技术。提出一种或多种备选恢复技术，通过实验室小试、现场中试、应用案例分析等方式对备选恢复技术进行可行性评估。基于恢复技术比选和可行性评估结果，选择和确定恢复技术。

重金属污染土壤可采用安全填埋技术，可视情况选用固化/稳定化技术（浸出液重金属浓度超过相关标准限值）、淋洗技术（土壤粒径大）或植物修复技术（对修复时间没有要求且具有相应金属的超富集植物）；挥发性有机污染物（VOCs）（包括总石油烃（TPHs））污染土壤可采用土壤气相抽提（土壤质地松散、水分含量低于 50%）、热脱附（土壤水分含量低于 30%）、焚烧等技术，TPHs 还可采用生物堆、生物通风等修复技术；半挥发性有机污染物（SVOCs）污染土壤可采用热脱附、焚烧等技术；石油烃、多环芳烃（PAHs）、苯系物（BTEX）等污染土壤还可视情况选用化学氧化技术（污染物浓度较高）；多氯联苯（PCBs）和农药污染土壤可采用热脱附（浓度小于 500 mg/kg）、焚烧（浓度大于 500 mg/kg）、安全填埋（浓度在 50~100 mg/kg 之间）等技术。

重金属、SVOCs、PCBs 和农药污染地下水可采用抽出一处理技术；VOCs（包括 TPHs）污染地下水可采用抽出处理、空气注入（潜水含水层，地下水位以下 15 m 以内的地下水，且包气带土壤质地松散）等技术；石油烃、PAHs、BTEX 等污染地下水还可视情况选用化学氧化技术（污染物浓度较高）；六价铬和卤代烃污染地下水可视情况选用化学还原技术。

### 8.3.1.3 备选基本恢复方案制定

根据土壤和地下水的损害类型、范围和程度以及所确定的恢复目标、模式和技术，制定 2~3 种备选恢复方案。可以采用单一恢复技术，也可以综合采用多种恢复技术。方案中应明确恢复工程实施的技术路线、具体步骤、工艺参数、材料及其用量、设备及其运行维护、成本等，还应包括恢复过程中受污染水体、气体和固体废物等的无害化处理处置及其他二次污染防治措施等。制定备选恢复方案时，应对每种方案的年恢复速率和恢复到基线水平所需时间周期进行预估。

### 8.3.2 期间损害计算

当土壤损害导致其所在的生态系统服务损害，且持续时间大于一年，参照相关生态系统的损害评估标准计算生态系统服务的期间损害。

当地下水损害的持续时间大于一年，应结合 8.1 确定的损害范围、程度以及 8.3.1.3 预估的备选基本恢复方案年恢复速率和恢复到基线水平的的时间，计算地下水所能提供的服务的期间损害。期间损害计算方法参照 GB/T 39791.1 附录 B 等值分析方法。

### 8.3.3 补偿性恢复策略选择、技术筛选和备选恢复方案制定

当存在因土壤损害导致其所在的生态系统服务期间损害，参照相应生态系统的损害评估标准进行备选补偿恢复方案制定。

当存在地下水资源服务期间损害，应设计补偿性恢复方案。补偿性恢复策略选择、技术筛选和备选方案制定参见 8.3.1.2 和 8.3.1.3。根据每种备选基本恢复方案对应的期间损害，量化补偿性恢复措施的单位效益，基于等值分析法确定每种补偿性方案对应的恢复规模，具体参照 GB/T 39791.1 附录 B 等值分析方法。

### 8.3.4 恢复方案综合比选

综合考虑不同基本方案和补偿性恢复方案的成熟度、可靠性、时间、成本、二次污染、社会效益、经济效益和环境效益等因素，参照 GB/T 39791.1 附录 C 生态环境恢复方案的比选，对恢复方案进行综合比选，确定最佳的基本恢复和补偿性恢复方案组合。

## 9 土壤与地下水环境损害价值量化

### 9.1 清除污染费用

清理土壤与地下水环境损害的措施所产生的费用，包括清理措施费用和应急处理费用：

a) 清理措施费用包括损害土壤与地下水环境行为发生后，为减轻或消除土壤与地下水环境损害而采取的阻断、去除、转移、处理和处置污染物的措施和已经完成或正在进行的恢复工程措施的费用（也包括预防性的监测与行政管理性费用等）；

b) 应急处理费用包括应急监测费用、检测费用、应急处理设备和物品使用费、应急人员费等。收集实际发生的费用信息，以实际发生费用为准，并对实际发生费用的必要性和合理性进行判断核实。

### 9.2 土壤环境基本恢复费用

#### 9.2.1 基于实际发生费用进行价值量化

对于污染清理和恢复措施已经完成或正在进行的情况，可通过收集实际发生的费用信息，参照 GB/T 39791.2、《突发环境事件应急处置阶段环境损害评估推荐方法》和《突发生态环境事件应急处置阶段直接经济损失核定细则》，对实际发生费用的必要性和合理性进行审核后，得到实际发生的治理恢复费用。

#### 9.2.2 基于恢复费用进行价值量化

当受损土壤和地下水环境及其服务功能可以且需要恢复或部分恢复时，参照 GB/T 39791.1 中 8.2 对恢复费用进行计算，基于恢复费用量化损害价值。

#### 9.2.3 其他价值量化方法

##### 9.2.3.1 未修复到基线水平损害的量化方法

当经修复后未达到基线水平（附录 A 图 A.1）或现状污染水平超过基线水平但不需要修复，按照如下方法计算基于风险的环境修复目标值或现状污染水平与基线水平之间的损害：

a) 当基于风险的环境修复目标值或现状污染水平与基线水平对应的土地或地下水利用类型相同，建议按照以下方法计算与基线之间的损害：当能够获取土壤或地下水中污染物从基于风险的

环境修复目标值或现状污染水平修复至基线水平的理论治理成本，基于该理论治理成本进行计算；当无法获取理论治理成本、全部不需要修复且污染物排放量可获取，可以利用基于污染物排放量的虚拟治理成本计算；否则，计算受损土壤或地下水资源价值，计算方法见公式（3），调整系数见表 1 和表 2。

$$Vr = Vb * \gamma \quad (3)$$

式中：

$Vr$ —受损土壤/地下水资源价值；

$Vb$ —土壤/地下水资源非使用基准价值；

$\gamma$ —调整系数。

b) 当基于风险的环境修复目标值或现状污染水平与基线水平对应的土地或地下水利用类型不同，应基于土地或地下水利用类型改变对应的土地或水资源价值变化评估损害；

c) 对于没有适合的补偿性恢复方案的期间损害，可以参照以上方法计算期间损害的价值量。

表 1 土壤资源非使用基准价值调整系数

土壤中污染物浓度最大超基线倍数	调整系数
≤200 倍	0.2
>200-≤2000 倍	0.4
>2000-≤5000 倍	0.6
>5000-≤30000 倍	0.8
>30000 倍	1

表 2 地下水资源非使用基准价值调整系数

地下水中污染物浓度最大超基线倍数	调整系数
≤20 倍	0.2
>20-≤100 倍	0.4
>100-≤500 倍	0.6
>500-≤2000 倍	0.8
>2000 倍	1

### 9.2.3.2 无法恢复的损害量化方法

对于土壤和地下水环境及其生态服务功能无法通过工程恢复或完全恢复至基线水平，没有可行的补偿性恢复方案填补期间损害，需要根据土壤和地下水提供的服务功能，利用直接市场价值法、揭示偏好法、效益转移法、陈述偏好法等方法，对不能恢复或不能完全恢复的土壤和地下水及其期间损害进行价值量化。

各种生态环境价值量化方法及其适用条件参照 GB/T 39791.1 附录 D 常用环境价值评估方法。如提供的是生物多样性支持服务，可采用支付意愿法进行评估；如提供的是供给服务，可采用市场价值法等方法进行评估；如提供的是文化服务，可采用旅行费用法进行评估。如损害前用地类型为未利用地，可参考周边土地利用类型进行土地资源功能损失计算，如未利用地附近存在多种土地利用类型，综合考虑不同利用类型的土地资源功能，通过平均处理，计算未利用地功能损失。

当采用非指南推荐的方法进行生态环境价值量化评估，需要详细阐述方法的合理性。

## 9.2.4 恢复成本法

### 9.2.4.1 适用情形

恢复成本法主要适用以下情形：

- a) 因污染土壤导致的土壤与地下水环境损害，其土壤与地下水环境质量可以通过恢复方案恢复至土壤与地下水环境基线或对农产品、人体健康无风险；
- b) 因污染土壤与地下水已经受到环境保护行政主管部门处罚，并足额缴纳罚金的，且已针对其导致的土壤与地下水环境损害制定了详细完整的恢复方案并获得环境保护行政主管部门认可的。

#### 9.2.4.2 恢复方案的筛选

恢复方案的筛选主要包括以下步骤：

- a) 首先确定土壤与地下水环境基本恢复的总体目标、阶段目标和恢复策略；
- b) 综合考虑恢复目标、工作量、持续时间等因素，选择不同的土壤与地下水恢复技术；
- c) 对备选恢复方案从技术可行性、经济成本和环境安全性等因素进行评价筛选（参照附录 E、附录 F），选出最优推荐恢复方案。

#### 9.2.4.3 基本恢复费用的确定

基本恢复费用为最优推荐恢复方案的费用，同时应考虑现值系数。

### 9.3 期间损害费用

9.3.1 本方法只考虑建设用地和农业用地期间损害费用的估算，不考虑未利用地的期间损害费用。

9.3.2 建设用地或农用地期间损害费用可以通过租金损失、专家评判法或类比法等方法来估算，优先采用估算租金损失的方法，如果不能通过租金损失来计算的，可采用专家评判法或类比法的方法。

9.3.3 采用租金损失估算期间损害费用的，时间长度为损害发生日期至土壤环境质量恢复到土壤环境基线的日期，受损害的租金价格可通过协商或由委托有资质的第三方评估机构进行评估。

9.3.4 土壤与地下水环境损害发生日期的确定方法：对于长期性、累积性、历史性污染土壤环境造成土壤与地下水环境损害的发生日期，由鉴定评估单位根据调查情况加以确认，必要时可召开专家咨询会来确定；对于突发环境事件造成土壤与地下水环境损害的发生日期，以发生突发环境事件的日期为起点。

9.3.5 期间损害费用估算要考虑现值系数；现值系数包括复利率和贴现率，对损害发生日期至鉴定评估日期的损失利用复利率进行复利计算，对鉴定评估日期至土壤与地下水环境质量恢复到土壤与地下水环境基线日期的损失利用贴现率进行贴现计算；年现值系数推荐采用同期银行贷款利率。

### 9.4 永久性损害费用

当建设用地、农用地或未利用地发生永久性损害的，永久性损害费用按评估年相似土地的市场价格进行估算。相似土地的市场价格可通过协商或委托有资质的第三方评估机构进行评估。

### 9.5 其他费用

其他费用包括土壤与地下水环境损害鉴定评估、土壤与地下水环境损害恢复效果评估等其他相关费用。

## 10 鉴定评估报告编制

根据委托内容，基于评估过程所获得的数据和信息，编制涉及土壤和地下水的生态环境损害鉴定评估报告，报告的格式和内容参见参照 GB/T 39791.1 中的生态环境损害鉴定评估报告书编制要求。

## 11 恢复效果评估

11.1 采取土壤与地下水环境基本恢复工程措施进行土壤与地下水环境恢复的，需制定与地下水土壤环境恢复效果评估方案。

11.2 土壤与地下水环境恢复方案实施过程中，需根据土壤与地下水环境恢复效果评估方案定期进行监测和分析，及时跟踪土壤与地下水环境的恢复情况，全面评估土壤与地下水环境恢复效果（包括是否正确执行土壤与地下水环境恢复方案，是否达到土壤与地下水环境恢复总体目标和分项目标，恢复行动实施期间是否造成二次污染等）。如果基本恢复工程措施未达到预期效果，应进一步量化损害，制定并筛选补充性恢复方案。

11.3 公开征求公众对恢复行动的意见，调查公众对恢复行动实施效果的满意度。

11.4 编制土壤与地下水环境恢复效果评估报告。



## 附录 A

(资料性附录)

## 土壤与地下水环境损害鉴定评估资料清单

表 A.1 给出了土壤与地下水环境损害鉴定评估资料清单（例表），表 A.2 给出了土壤与地下水环境损害鉴定评估现场踏勘记录表（例表），表 A.3 给出了土壤与地下水环境损害鉴定评估人员访谈记录表（例表）。

表 A.1 土壤与地下水环境损害鉴定评估资料清单（例表）

项目名称

序号	类别	名称	收集时间	资料来源	数量	格式						编号
						报告	图件	照片	调查表	论文	其他	
1	背景信息	评估区域的气候气象、地形地貌、水文地质等自然条件										
		评估区域及其周边地区土壤与地下水的历史和应急监测数据										
		评估区域内居民区、饮用水水源地等敏感点信息，以及能源和水资源供给、消耗等信息										
		评估区域内主要产业结构及布局的历史、现状和发展情况										
		评估区域内主要农田、自然保护区等自然资源状况、开发利用方式和强度、主要厂矿和建筑物的分布等										
		评估区域地下水用途情况等信息										
		---										
2	土壤与地下水环境基线信息	评估区域的专项调查、生态环境状况等相关土壤环境质量历史数据										
		对照区域（与评估区域地形地貌、土地利用类型等类似的未受影响的区域）的土壤环境质量状况等数据污染物和土壤与地下水环境质量相关的环境标准和环境基准										

		评估区域土壤与地下水环境质量表征指标的土壤环境基线信息											
		---											
		---											
3	土壤与地下水环境污染信息	污染源的数量、位置和周边情况信息											
		污染排放时间、排放方式、排放去向和排放频率等信息											
		污染源排放的特征污染物种类、排放量和排放浓度等信息											
		污染源排放的污染物进入外环境生成的次生污染物种类、数量和浓度等信息											
		---											
		---											
4	受损土壤与地下水环境质量信息	土壤与地下水污染调查数据，包括污染物种类、污染程度、范围和深度											
		受损土壤与地下水环境的文字与音像资料及遥感影集、航拍图片等影像资料											
		受到影响的土壤与地下水环境的质量变化											
		评估区域有关土壤的历史环境污染的相关资料											
		---											
		---											
5	土壤与地下水环境污染清理信息	污染清理的组织、工作过程、清理效果与二次污染物的产生情况等资料信息											
		污染清理的现场照片和录像等音像资料											
		污染物清理转运、物资投入和工程设施等信息											
		---											
		---											
6	其	---											

他 必 要 信 息	---											
	---											
注 1: 编号方式可采用“项目时间—项目名称缩写—资料类型—资料号”的方式; 注 2: 资料类型可采用“01 报告, 02 图件, 03 照片, 04 调查表, 05 论文, 06 其他”的方式。												

调查单位:

调查负责人:

填表人:

审核人:

填表时间: 年 月 日

全国团体标准信息平台

表 A.2 土壤与地下水环境损害鉴定评估现场踏勘记录表（例表）

项目名称：

踏勘表编号：								踏勘对象： <input type="checkbox"/> 污染源				<input type="checkbox"/> 周边环境				<input type="checkbox"/> 敏感点			
土壤与地下水环境损害基本情况	污染物名称				排放总量				排放浓度				排放时间				污染现状描绘草图		
	检测方式				地点														
	污染原因																		
	污染路径																		
	污染描述																		
污染清理等措施	措施对象				时间				地点				委托单位						
	方式				数量				费用				实施单位						
	监测对象				浓度				监测方式				二次污染						
	其他信息																		
	污染清理、人员转移等措施的描述：																		
周边区域损害情况																			
踏勘材料信息汇总	踏勘记录文件： <input type="checkbox"/> 照片 <input type="checkbox"/> 录像 <input type="checkbox"/> 记录表 <input type="checkbox"/> 其他（ ）																		
	照片				记录内容														
	录像				记录内容														
	踏勘表				记录内容														
	其他				记录内容														
	踏勘监测				<input type="checkbox"/> 现场速测				<input type="checkbox"/> 实验室检测										
	速测对象				点位数量				样品数量										
	实验室检测对象				点位数量				样品数量										
下一步调查建议																			
注 1：周边区域栏内容根据调查点及其附近地质、水文、土壤、生物、敏感环境等，特别是与污染迹象有关的特征填写；																			
注 2：损害情况栏内容对环境污染与生态破坏的类型、范围和程度等情况进行描述；																			
注 3：下一步调查建议栏填写下一步调查的重点、内容、拟采用的调查方法等内容。																			

调查单位：

调查负责人：

踏勘人：

审核人：

填表日期： 年 月 日

表 A.3 土壤与地下水环境损害鉴定评估人员访谈记录表（例表）

项目名称：

访谈表编号：

受访人数		访谈地点	
访谈对象： <input type="checkbox"/> 行政人员 <input type="checkbox"/> 领域专家 <input type="checkbox"/> 场地所有者 <input type="checkbox"/> 企业人员 <input type="checkbox"/> 第三方 <input type="checkbox"/> 受害方 <input type="checkbox"/> 其他知情人（ ）			
访谈方式： <input type="checkbox"/> 面谈 <input type="checkbox"/> 电话 <input type="checkbox"/> 电子调查表 <input type="checkbox"/> 书面调查表 <input type="checkbox"/> 其他（ ）			
访谈内容			
受访人员签字	姓名	单位	签字
注：访谈内容一般为土壤环境损害过程、评估区域历史现状情况、事件处置过程、已采取的污染清理等措施的实施与实施效果等情况。			

调查单位：

调查负责人：

访谈人：

审核人：

访谈日期：      年      月      日

## 附录 B

## (规范性附录)

## 土壤与地下水环境损害调查监测技术要求

## B.1 概述

本技术要求主要针对土壤环境损害系统调查时实施的土壤与地下水环境质量（包括对照区域）监测工作，分为损害确定采样监测和详细采样监测两个阶段，主要内容包括监测计划的制定、监测工作的组织以及监测报告的编制。

## B.2 监测计划制定

以土壤与地下水环境损害初步调查进行的相关资料收集分析、现场踏勘、人员访谈等信息资料为基础，综合考虑相关方的需求进行制定。

## B.2.1 监测范围

土壤与地下水环境损害确定采样监测工作范围为土壤与地下水环境损害初步调查初步确定评估区域范围。土壤与地下水环境损害详细采样监测工作范围为损害确定采样监测中评估区域土壤与地下水环境特征污染物浓度超过相关土壤与地下水环境基线的监测区域。

## B.2.2 监测对象

土壤包括评估区域内的表层土壤、深层土壤（表层土壤底部至地下水水位上）和饱和带土壤（地下水水位以下）。表层土壤和深层土壤的具体深度划分应考虑地块回填情况、污染物迁移情况、构筑物及管线破损情况、土壤特征或农产品种类等因素综合确定，但表层土壤的厚度不应小于 0.2 m。评估区域中存在的硬化层（如混凝土、沥青、石材、面砖）一般不作为表层土壤。

地下水监测对象为调查评估范围内，沿地下水水流方向布置监测点位，即：水流上游未被污染的对照点、污染点位及水流下游点位，至少 3 个点位。

## B.2.3 监测项目

## B.2.3.1 土壤与地下水环境损害确定采样监测的监测项目

B.2.3.1.1 土壤与地下水环境损害确定采样监测的监测项目应根据初步调查时资料收集分析、现场踏勘和人员访谈等取得的相关评估区域信息进行确定。土壤理化性质监测项目，包括：土壤 pH 值、粒径分布、土壤容重、土壤密度、孔隙度、有机碳含量、渗透系数（横向/纵向）、土壤含水率等；土壤可选择的监测项目有：重金属、挥发性有机物（VOCs）、半挥发性有机物（SVOCs）、总石油烃（TPH）、持久性有机污染物（POPs）、氰化物、氟化物、农药等。地下水可选择的监测项目有：重金属以及持久性有机污染物。

B.2.3.1.2 土壤与地下水环境损害确定采样监测过程中应根据评估区域中土地的不同利用类型和具体情况确定监测项目，如建设用地疑似污染地块场地历史涉及多个不同工业行业类型，潜在特征污染物监测项目要叠加。应合理选择有代表性的监测项目，包括由污染源直接排入环境的一次污染物、一次污染物进入环境转化生成的二次污染物、在污染清理过程中引入的污染物、能影响上述特征污染物环境行为的理化指标、可能对特征污染物检测结果产生干扰的理化指标等项目。如评估区域污染物种类不确定，土壤与地下水环境损害评估区域类型及潜在特征污染物可参见表 B.1，土壤与地下水环境损害确定采样监测目标物质建议清单参见表 B.2。

表 B.1 土壤与\*地下水环境损害评估区域类型及潜在特征污染物

土地利用类型	行业分类	评估区域类型	潜在特征污染物类型 (*地下水可根据案件污染特征选测)
建设用地	制造业	化学原料及化学产品制造	必测：重金属、挥发性有机物、半挥发性有机物、石油烃 选测：持久性有机污染物（POPs）、农药、氰化物
		电镀业	必测：重金属、挥发性有机物、半挥发性有机物、石油烃、氰化物 选测：氟化物
		电气机械及器材制造	必测：重金属、挥发性有机物、半挥发性有机物、石油烃 选测：持久性有机污染物（POPs）
		纺织染整业	必测：重金属、挥发性有机物、半挥发性有机物、石油烃 选测：持久性有机污染物（POPs）
		造纸及纸制品	必测：重金属、挥发性有机物、半挥发性有机物、石油烃
		金属制造、冶炼及延压加工	必测：重金属、挥发性有机物、半挥发性有机物、石油烃 选测：氰化物
		机械制造	必测：重金属、挥发性有机物、半挥发性有机物、石油烃
		塑料和橡胶制品	必测：重金属、半挥发性有机物、挥发性有机物、石油烃 选测：持久性有机污染物（POPs）、氰化物
		石油加工	必测：重金属、挥发性有机物、半挥发性有机物、石油烃 选测：氰化物
		炼焦厂	必测：重金属、挥发性有机物、半挥发性有机物、石油烃 选测：氰化物
		交通运输设备制造	必测：重金属、挥发性有机物、半挥发性有机物、石油烃
		皮革、皮毛制造	必测：重金属、挥发性有机物、半挥发性有机物、石油烃
		废弃资源和废旧材料回收加工	必测：重金属、挥发性有机物、半挥发性有机物、石油烃 选测：持久性有机污染物（POPs）、农药、氰化物
	电力燃气的生产和供应	火力发电	必测：重金属、挥发性有机物、半挥发性有机物、石油烃 选测：持久性有机污染物（POPs）
		电力供应	必测：重金属、持久性有机污染物（POPs）、石油烃 选测：半挥发性有机物
		燃气生产和供应	必测：重金属、挥发性有机物、半挥发性有机物、石油烃 选测：持久性有机污染物（POPs）
	水利、环境和公共设施管理业	水污染治理	必测：重金属、挥发性有机物、半挥发性有机物、石油烃 选测：氰化物、氟化物、农药、持久性有机污染物（POPs）
		危险废物的治理	必测：重金属、挥发性有机物、半挥发性有机物、石油烃 选测：持久性有机污染物（POPs）、氰化物、氟化物、农药
		其他环境治理（工业固废、生活垃圾处理）	必测：重金属、挥发性有机物、半挥发性有机物、石油烃 选测：持久性有机污染物（POPs）、氰化物、氟化物、农药
		交通运输工具维修	必测：重金属、挥发性有机物、半挥发性有机物、石油烃 选测：持久性有机污染物
其它类型		必测：重金属、挥发性有机物、半挥发性有机物、石油烃、持久性有机污染物（POPs）、氰化物、氟化物、农药 选测：---	
农用地		必测：重金属、挥发性有机物、半挥发性有机物、石油烃、农药、氟化物 选测：持久性有机污染物（POPs）、氰化物	
未利用地		必测：重金属、挥发性有机物、半挥发性有机物、石油烃 选测：持久性有机污染物（POPs）、氰化物、氟化物、农药	
突发环境		必测：重金属、挥发性有机物、半挥发性有机物、石油烃、持久性有机	

事件	污染物（POPs）、氰化物、氟化物、农药（或可依据事件泄露或排放的污染物直接确定监测项目）
----	---

表 B.2 土壤环境损害调查监测目标物质建议清单

序号	污染物名称	污染物英文名	CAS 编号
1	锑	Antimony	7440-36-0
2	砷（无机）	Arsenic, inorganic	7440-38-2
3	铍	Beryllium	7440-41-7
4	镉	Cadmium	7440-43-9
5	三价铬	Chromium, III	16065-83-1
6	六价铬	Chromium, VI	18540-29-9
7	铜	Copper	7440-50-8
8	铅	Lead	7439-92-1
9	镍	Nickel	7440-02-0
10	锡	Tin	7440-31-5
11	硒	Selenium	7782-49-2
12	银	Silver	7440-22-4
13	铊	Thallium	7440-28-0
14	锌	Zinc	7440-66-6
15	汞	Mercury, inorganic	7439-97-6
16	钼	molybdenum	7439-98-7
17	钴	Cobalt	7440-48-4
18	氰化物（CN <sup>-</sup> ）	Cyanide, free	57-12-5
19	氟化物（F <sup>-</sup> ）	Fluoride, soluble	7782-41-4
20	苯	Benzene	71-43-2
21	甲苯	Toluene	108-88-3
22	乙苯	Ethylbenzene	100-41-4
23	间二甲苯	Xylene, m-	108-38-3
24	对二甲苯	Xylene, p-	106-42-3
25	邻二甲苯	Xylene, o-	95-47-6
26	1, 2, 4-三甲苯	Trimethylbenzene, 1, 2, 4-	95-63-6
27	1, 3, 5-三甲苯	Trimethylbenzene, 1, 3, 5-	108-67-8
28	苯乙烯	Styrene	100-42-5
29	六氯丁二烯	Hexachlorobutadiene	87-68-3
30	1, 2, 3-三氯丙烷	Trichloropropane, 1, 2, 3-	96-18-4
31	三氯甲烷（氯仿）	Chloroform	67-66-3
32	四氯化碳	Carbon tetrachloride	56-23-5
33	三氯乙烯	Trichloroethylene	79-01-6
34	1, 1-二氯乙烯	Dichloroethylene, 1, 1-	75-35-4
35	顺-1, 2-二氯乙烯	Dichloroethylene, 1, 2-cis-	156-59-2



36	反-1, 2-二氯乙烯	Dichloroethylene, 1, 2-trans-	156-60-5
37	1, 1-二氯乙烷	Dichloroethane, 1, 1-	75-34-3
38	1, 2-二氯乙烷	Dichloroethane, 1, 2-	107-06-2
39	1, 2-二氯丙烷	Dichloropropane, 1, 2-	78-87-5
40	氯乙烯	Vinyl chloride	75-01-4
41	四氯乙烯	Tetrachloroethylene	127-18-4
42	二氯甲烷	Dichloromethane	75-09-2
43	1, 1, 1, 2-四氯乙烷	Tetrachloroethane, 1, 1, 1, 2-	630-20-6
44	1, 1, 2, 2-四氯乙烷	Tetrachloroethane, 1, 1, 2, 2-	79-34-5
45	1, 1, 1-三氯乙烷	Trichloroethane, 1, 1, 1-	71-55-6
46	1, 1, 2-三氯乙烷	Trichloroethane, 1, 1, 2-	79-00-5
47	六氯乙烷	Hexachloroethane	67-72-1
48	二氯溴甲烷	Bromodichloromethane	75-27-4
49	氯二溴甲烷	Dibromochloromethane	124-48-1
50	溴仿 (三溴甲烷)	Bromoform	75-25-2
51	二硫化碳	carbon disulfide	75-15-0
52	双 (2-氯异丙基) 醚	Bis(2-chloro-1-methylethyl)ether	108-60-1
53	甲基叔丁醚	Tert-Butyl methyl ether(MTBE)	1634-04-4
54	丙酮	Acetone	67-64-1
55	苯酚	Phenol	108-95-2
56	2-氯酚	Chlorophenol, 2-	95-57-8
57	4-甲酚	Cresol, 4-	106-44-5
58	2, 4-二甲酚	Dimethylphenol, 2, 4-	105-67-9
59	五氯酚	Pentachlorophenol	87-86-5
60	2, 4, 6-三氯酚	Trichlorophenol, 2, 4, 6-	88-06-2
61	2, 4, 5-三氯酚	Trichlorophenol, 2, 4, 5-	95-95-4
62	氯苯	Chlorobenzene	108-90-7
63	六氯苯	Hexachlorobenzene	118-74-1
64	1, 2-二氯苯	Dichlorobenzene, 1, 2-	95-50-1
65	1, 4-二氯苯	Dichlorobenzene, 1, 4-	106-46-7
66	邻氯甲苯	2-Chlorotoluene	95-49-8
67	对氯甲苯	4-Chlorotoluene	106-43-4
68	1, 3-二氯苯	Dichlorobenzene, 1, 3-	541-73-1
69	1, 2, 4-三氯苯	Trichlorobenzene, 1, 2, 4-	120-82-1
70	荧蒽	Fluoranthene	206-44-0
71	芘	Pyrene	129-00-0
72	菲	Phenanthrene	85-01-8
73	屈	Chrysene	218-01-9
74	苯并[b]荧蒽	Benzo(b)fluoranthene	205-99-2
75	苯并(g, h, i)芘	Benzo[ghi]Pyrene	191-24-2
76	苯并(a)芘	Benzo(a)pyrene	50-32-8

77	苯并[k]荧蒽	Benzo(k)fluoranthene	207-08-9
78	茚并(1, 2, 3-cd)芘	Indeno(1, 2, 3-cd)pyrene	193-39-5
79	苯并(a)蒽	Benzo(a)anthracene	56-55-3
80	蒽	Anthracene	120-12-7
81	芴	Fluorene	86-73-7
82	芘	Acenaphthene	83-32-9
83	萘	Naphthalene	91-20-3
84	芘烯	Acenaphthylene	208-96-8
85	二苯并(a, h)蒽	Dibenzo(a, h)anthracene	53-70-3
86	2-甲基萘	Methylnaphthalene, 2-	91-57-6
87	2-氯萘	Chloronaphthalene, Beta-	91-58-7
88	邻苯二甲酸(2-乙基己基)酯	Bis(2-ethylhexyl)phthalate, DEHP	117-81-7
89	邻苯二甲酸二丁酯	Di-n-butyl phthalate, DnBP	84-74-2
90	邻苯二甲酸丁苄酯	Butyl benzyl phthalate, BBP	85-68-7
91	邻苯二甲酸二乙酯	Diethyl phthalate, DEP	84-66-2
92	邻苯二甲酸二正辛酯	Di-n-octyl phthalate, DnOP	117-84-0
93	N-亚硝基二丙胺	Nitroso-di-N-propylamine, N-	621-64-7
94	苯胺	Aniline	62-53-3
95	邻甲苯胺	2-Methylaniline	95-53-4
96	4-氯苯胺	Chloroaniline, p-	106-47-8
97	N-亚硝基二苯胺	Nitrosodiphenylamine, N-	86-30-6
98	偶氮苯	Azobenzen	103-33-3
99	硝基苯	Nitrobenzene	98-95-3
100	咔唑	Carbazole	86-74-8
101	2, 4-二硝基甲苯	Dinitrotoluene, 2, 4-	121-14-2
102	敌敌畏	Dichlorvos	62-73-7
103	乐果	Dimethoate	60-51-5
104	狄氏剂	Dieldrin	60-57-1
105	滴滴滴	DDD	72-54-8
106	滴滴伊	DDE	72-55-9
107	滴滴涕	DDT	50-29-3
108	艾氏剂	Aldrin	309-00-2
109	异狄氏剂	Endrin	72-20-8
110	六六六 $\alpha$	Hexachloro cyclohexane, $\alpha$ -	319-84-6
111	六六六 $\beta$	Hexachloro cyclohexane, $\beta$ -	319-85-7
112	六六六 $\gamma$ (林丹)	Hexachloro cyclohexane, $\gamma$ -	58-89-9
113	氯丹	Chlorodane	12789-03-6
114	硫丹	Endosulfan	115-29-7
115	石油烃	TPHC<16 TPH	/

	石油烃	TPHC>16TPH	/
116	多氯联苯（总）	PCBs	/

B. 2. 3. 1. 3 如遇土壤与地下水明显异常而常规检测项目无法识别时，可采取生物毒性测试等方法进行分析判断。

#### B. 2. 3. 2 土壤环境损害详细采样监测的监测项目

B. 2. 3. 2. 1 土壤与地下水环境损害详细采样监测主要根据损害确定采样监测的阶段性和成果来确定，包括其确定的评估区域内土壤与地下水环境特征污染物和土壤与地下水特征参数。

B. 2. 3. 2. 2 土壤与地下水环境损害详细采样监测的监测项目一般包括：以损害确定采样监测结果确定的土壤与地下水环境特征污染物为主；如果损害确定采样监测发现其他环境监测对象（评估区域地表水、环境空气、残余废物）也存在超标情况，这些超标物质也应纳入详细采样监测的监测项目中，具体监测规范按照国家、地方的相关要求。

B. 2. 3. 2. 3 可根据损害鉴定评估和评估区域恢复治理等的实际需要，选取适当理化性质参数进行调查；评估区域责任人、地方环境保护主管部门等认为需要进行调查的污染物。

### B. 3 监测工作的组织

#### B. 3. 1 监测工作的分工

监测工作的分工一般包括信息收集整理、监测计划编制、监测点位布设、样品采集及现场分析、样品实验室分析、数据处理、监测报告编制等。承担单位应根据监测任务组织好单位内部及合作单位间的责任分工。

#### B. 3. 2 监测工作的准备

监测工作的准备一般包括人员分工、信息的收集整理、工作计划编制、个人防护准备、现场踏勘、采样设备和容器及分析仪器准备等。

#### B. 3. 3 监测工作的实施

监测工作的实施主要包括监测点位布设、样品采集、样品分析，以及后续的数据处理和报告编制。一般情况下，监测工作实施的核心是布点采样，因此应及时落实现场布点采样的相关工作条件。

#### B. 3. 4 健康和安全防护

制定环境监测现场工作的健康和安全防护计划，在样品的采集、制备、运输及分析过程中，应采取必要的技术和管理措施，保证监测人员的安全防护。

### B. 4 监测点位布设

#### B. 4. 1 监测点位布设方法

##### B. 4. 1. 1 土壤监测点位布设方法

B. 4. 1. 1. 1 土壤环境监测常用的监测点位布设方法包括专业判断布点法、分区布点法、系统（网格）布点法、系统随机布点法和复合布点法（专业判断布点法与系统（网格）布点法复合的方法）等，参见图 B.1。

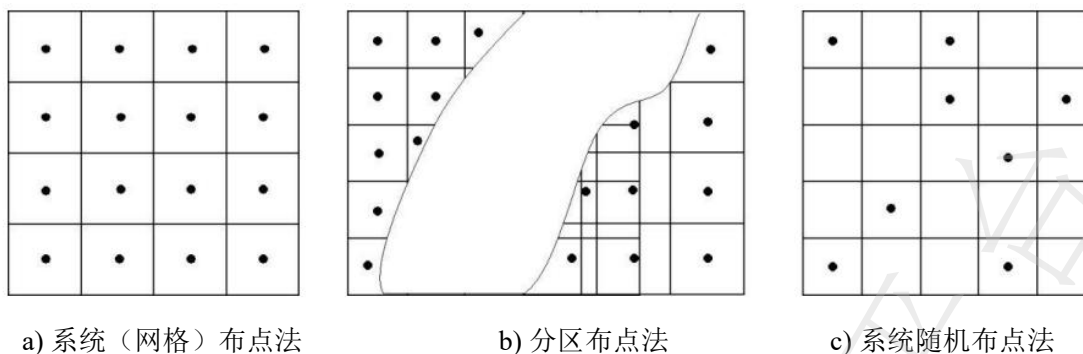


图 B.1 土壤监测点位布设方法示意图

B.4.1.1.2 各布设方法适用范围的区域特性见表 B.3。

表 B.3 不同监测点位布设方法的适用区域

布点方法	使用条件
专业判断布点法	①潜在污染明确的区域； ②生产活动及生产设施明确的区域。
分区布点法	①土地使用功能不同的区域； ②污染特征存在明显差异的区域。
系统（网格）布点法	①土壤污染特征不明确区域； ②原始状况严重破坏的区域。
系统随机布点法	有充分资料证明土壤特征相近、土地使用功能相同的区域。

#### B.4.1.1.3 专业判断布点法

专业判断布点法是通过评估区域资料收集、现场踏勘、人员访谈等手段，掌握评估区域相关信息，依靠专家经验来判断识别评估区域内可能存在土壤污染的区域，并在疑似污染区域设置监测点位的方法。专业判断布点法的相关要求如下：

- a) 根据现场踏勘情况识别评估区域内存在疑似污染的区域，在该区域设置监测点位；
- b) 监测点位原则上应选择在疑似污染区域的中央或有明显污染的部位，如生产车间、污水管线、废弃物堆放处、危险化学品泄漏区域等；
- c) 如预设取样点位不具备采样条件可根据现场情况适当偏移。

#### B.4.1.1.4 分区布点法

分区布点法是将评估区域划分成不同的小区，再根据小区的面积或污染特征确定布点的方法。分区布点法的相关要求如下：

a) 评估区域内可按照其土地使用功能进行划分，如场地土地使用功能的划分一般分为生产区、办公区、生活区三类。生产区的地块划分原则上应以构筑物或生产工艺为单元，包括各生产车间、原料及产品储库、废水处理及废渣贮存场、场内物料流通道、地下贮存构筑物及管线等；办公区的地块划分包括办公建筑、广场、道路、绿地等；生活区的地块划分包括食堂、宿舍及公用建筑等；

b) 面积小于 1600 m<sup>2</sup> 的单元独立构成一个监测地块；面积超过 1600 m<sup>2</sup> 的单元，需对该单元等面积划分，划分后每个监测地块面积不应超过 1600 m<sup>2</sup>；

c) 对于有潜在污染的单元，监测地块的面积还应适量减小；

d) 对于土地使用功能相近、单元面积较小，且不存在土壤母质和土壤类型有明显差异的生产区也可将几个单元合并成一个监测地块。

#### B.4.1.1.5 系统（网格）布点法

系统（网格）布点法是将评估区域分成面积相等的若干地块，在每个地块内布设一个监测点位。系统布点法的相关要求如下：

- a) 监测地块的网格面积可根据实际情况确定，原则上不应超过  $1600 \text{ m}^2$ （或  $40 \text{ m} \times 40 \text{ m}$  的网格单元）；
- b) 如果监测地块仅用作农田、宅基地或经营性用地，布点网格单元可放宽至不超过  $80 \text{ m} \times 80 \text{ m}$  尺寸；
- c) 在每个监测地块的中心部位进行采样。

#### B.4.1.1.6 评估区域内残余废物监测点位布设方法

在疑似为危险废物的残余废物及与当地土壤特征有明显区别的可疑物质所在区域进行布点。

#### B.4.1.1.7 对照区域监测点位布设方法

一般情况下，应在评估区域外部区域设置土壤对照区域监测点位。对照区域监测点位应尽量选择在一定时间内未经外界扰动的区域。土壤对照样品的采样深度应尽可能与评估区域内土壤采样深度相同。

### B.4.2 土壤环境损害系统调查的监测点位布设

#### B.4.2.1 一般要求

根据评估区域初步调查相关结论或系统调查损害确定采样监测确定的地理位置、评估区域边界及各阶段工作要求，分别确认确定采样监测和详细采样监测的布点范围。监测布点设计时应获得在所在区域地图或规划图，在所在区域地图或规划图中标注出准确地理位置，绘制评估区域边界，并对评估区域角点进行准确定位。

#### B.4.2.2 土壤监测点位的布设

##### B.4.2.2.1 土壤环境损害确定采样监测土壤监测点位的布设

B.4.2.2.1.1 布设方法 可根据受调查评估区域土地使用功能和污染特征，分别选择合适的土壤监测点位布设方法。原则上应选择可能污染较重的若干地块开展采样监测，监测点位应落在地块中央或有明显污染的部位。对于区域特性多样的评估区域，可组合使用多种监测点位布设方法开展土壤环境损害确定采样监测工作。

B.4.2.2.1.2 监测点位数量 根据评估区域面积、污染类型及不同使用功能区域等调查结论，按照所选监测点位布设方法要求确定评估区域土壤环境损害确定采样监测土壤监测点位数量。无论采用何种布点方法，整个评估区域土壤监测点位数量不少于  $1600 \text{ m}^2$  1 个监测点位。对于面积小于  $4800 \text{ m}^2$  的，评估区域内应至少布设 3 个监测点位。

B.4.2.2.1.3 采样深度 采样深度应满足以下要求：

- a) 对于每个监测点位，根据现场情况可分两层或三层采集土壤样品，但整个评估区域至少 50% 的监测点位要分三层采集土壤样品；
  - b) 对于两层采样的监测点位，分别采集表层土壤、深层土壤（表层土壤底部至地下水水位以上）；
- 对于三层采样的监测点位，分别采集表层土壤、深层土壤（表层土壤底部至地下水水位以上）和饱和带土壤（地下水水位以下）；

c) 表层土壤底部的深度划分应考虑评估区域回填情况、污染物迁移情况、构筑物及管线破损情况、土壤特征等因素综合确定；

d) 深层土壤及饱和带土壤的采样深度应综合考虑污染物可能释放和迁移的深度（如地下管线和储槽埋深）、污染物性质、土壤的质地和孔隙度、地下水位和回填土等因素确定土壤的采样深度，可借助人体感官和 PID、FID、XRF 等现场检测仪器判断最大采样深度；

e) 土壤环境损害确定采样监测阶段土壤采样深度一般情况下可到 10 m 为止。如果采样中观察有疑似高密度非水溶性有机物（DNAPL）污染，可根据现场情况增加采样深度；

f) 评估区域中有硬覆盖层或构筑物的地块，应对硬覆盖层或构筑物底层的土壤进行钻孔采样监测，计量土壤采样深度时应扣除地表非土壤硬化层厚度；

4.2.2.1.4 垂直采样间隔 原则上建议表层土壤底部至地下水水位之间的深层土壤采样间隔为 0.5 m，地下水水位至 6 m 之间的饱和带土壤采样间隔为 1 m~2 m，6 m 以下的饱和带土壤采样间隔为 2 m。对于垂直方向结构特征不同的土壤，应根据土壤结构的变化和污染物迁移规律适当调整垂直方向点位的间隔。

#### B.4.2.2.2 土壤环境损害详细采样监测土壤监测点位的布设

B.4.2.2.2.1 采样监测 详细采样监测阶段应针对损害确定采样监测中土壤环境特征污染物浓度超过土壤环境基线的区域开展采样监测，确定污染物的分布范围和深度。如果土壤环境损害确定采样监测揭示评估区域中还存在其他疑似污染的区域，也应纳入土壤环境损害详细采样监测的采样监测中。

B.4.2.2.2.2 布设方法 详细采样监测阶段一般采用系统布点法划分监测地块，在每个地块的中心采样。如需采集土壤混合样，可根据每个监测地块的污染程度和地块面积，将其分成 1~9 个均等面积的小网格，在每个小网格中心进行采样，将同层的土样制成混合样（挥发性有机物污染的评估区域除外）。

B.4.2.2.2.3 监测点位数量 围绕采样监测单个超标区域的详细调查应不少于 4 个监测点。单个监测地块的面积可根据实际情况确定，原则上不应超过 400 m<sup>2</sup>（20 m×20 m 的网格单元）。

B.4.2.2.2.4 采样深度 详细采样监测深度应超过采样监测揭示的最大污染深度。如果调查中发现评估区域有疑似高密度非水溶性有机物（DNAPL）污染，可根据现场情况增加采样深度，但不可穿透浅层地下水底板。垂直采样间隔参见 B.3.2.1.1 中的相关要求。

#### B.4.2.2.3 评估区域内残余废物监测点位布设

根据调查结果确定是否开展评估区域内残余废物采样和监测。评估区域内残余废物监测点位布设的相关要求如下：

- a) 根据前期调查结果，对各类可能为危险废物的残余废弃物直接布点采样；
- b) 对与当地土壤特征有明显区别的可疑物质进行布点采样；
- c) 在系统调查阶段，对已确定为危险废物的区域按照 HJ/T 298 相关要求布点采样；
- d) 一般使用系统布点法对可疑的残余废物区域进行采样，应将每一种特征相同或相似的残余物划分成数量相等的若干份，对每一份进行采样，以确定残余废弃物的数量及空间分布。

### B.5 样品采集

#### B.5.1 现场定点

开展样品采集前需要现场确定监测点位位置。要求使用较高精度 GPS 仪确定土壤监测点位位置，并提供记录 GPS 显示数值的监测点位照片。如果因现场条件调整了原定监测点位位置，应及时记录采样点变动原因并记录最终确定的监测点位坐标位置。

#### B.5.2 土壤样品的采集

### B.5.2.1 表层土壤样品的采集

表层土壤样品的采集一般采用挖掘方式进行，用不锈钢锹、铲，木/竹片、玻璃刀等简单工具。或者用不锈钢锹、铲取出大块土壤，然后用木/竹片或玻璃刀切去外圈土壤，取土块核心土壤；也可进行钻孔取样。对于无机和有机样品应区分使用采样工具的材质。土壤采样的基本要求为尽量减少土壤扰动，防止污染物散失，同时还应保证土壤样品在采样过程不被二次污染。

### B.5.2.2 深层及饱和带土壤样品的采集

B.5.2.2.1 深层及饱和带土壤的采集以钻孔取样为主，也可采用槽探的方式进行采样，但挥发性有机物污染评估区域不可使用槽探的方式采样。

B.5.2.2.2 钻孔取样可采用人工或机械钻孔后取样。手工钻探采样的设备包括螺纹钻、管钻、管式采样器等。机械钻探包括实心螺旋钻、中空螺旋钻、套管钻等。

B.5.2.2.3 槽探一般靠人工或机械挖掘采样槽，然后用采样铲或采样刀进行采样。槽探的断面呈长条形，根据评估区域类型和采样数量设置一定的断面宽度。槽探取样可通过锤击敞口取土器取样和人工刻切块状土取样。

### B.5.2.3 恢复土壤样品的采集

污染土壤恢复工程的采样应根据工程设计中工艺技术要求，对治理恢复后的土壤采集样品。经原位/异位恢复后的土壤，原则上每个采样单元的土壤体积应不超过 500 m<sup>3</sup>。

### B.5.2.4 特殊污染土壤样品的采集

挥发性有机物污染、易分解有机物污染、恶臭污染土壤的采样，应采用无扰动式的采样方法和工具。

钻孔取样可采用快速击入法、快速压入法及回转法，主要工具包括土壤原状取土器和回转取土器。采样后立即将样品装入密封的容器（材质有特殊要求），以减少暴露时间。

### B.5.2.5 土壤混合样品的采集

如因相关要求需采集土壤混合样品，将各点采集的等量土壤样品充分混拌后采用四分法取得土壤混合样品。易挥发、易分解和含恶臭的样品必须进行单独采样，禁止对样品进行均质化处理，不得采集混合样。

### B.5.2.6 土壤样品的保存与流转

B.5.2.6.1 挥发性有机物污染、恶臭污染的土壤样品应采用密封性的采样瓶封装，样品应充满容器整个空间。挥发性有机物浓度较高的样品装瓶后应密封在塑料袋中，避免交叉污染，应通过运输空白样来控制运输和保存过程中交叉污染情况。含易分解有机物的待测定样品，可采取适当的封闭措施（如甲醇或水液封等方式保存于采样瓶中）。

B.5.2.6.2 样品采集后应置于 4℃ 以下的低温环境（如冰箱）中运输、保存，避免运输、保存过程中的挥发损失，送至实验室后应尽快分析测试。具体土壤样品保存与流转应按照 HJ/T 166 的要求执行。

## B.5.3 评估区域残余废物样品的采集

B.5.3.1 评估区域内残余的固体废物可选用尖头铁锹、钢锤、采样钻、取样铲等采样工具进行采样；评估区域内残余的液态废物可选用采样勺、采样管、采样瓶、采罐、搅拌器等工具进行采样；评估区域内残余的半固态废物的采样，应根据废物流动性按照固态或液态废物采样规定进行。

B.5.3.2 具体评估区域残余废物样品的采集、保存与流转应按照 HJ/T 20 及 HJ/T 298 的要求执行。

## B.6 样品分析

## B. 6.1 现场样品分析

### B. 6.1.1 土壤中重金属的现场分析

在现场样品分析过程中，宜采用相关仪器设备（如便携式 XRF 仪）对土壤中部分种类重金属进行定性和半定量分析。

### B. 6.1.2 土壤挥发性有机物的现场分析

在现场样品分析过程中，宜采用 PID、FID 等仪器或设备对挥发性有机物进行定性分析，将污染土壤置于密闭容器加温或置于塑料袋密闭后升温，稳定一定时间后测试容器或塑料袋中顶部的气体。

## B. 6.2 实验室样品分析

土壤环境污染物的分析测试按照 HJ/T 166 中的指定方法（对于土壤等环境监测方案和分析检测方法，优先选择国家标准；无国家标准的，可参照行业或地方标准；国内无标准的，可参照国外相关适用性标准）。土壤的常规理化特征（土壤 pH、粒径分布、密度、孔隙度、有机质含量、渗透系数、阳离子交换量等）的分析测试应按照 GB 50021 中的指定方法。污染土壤的危险废物特征鉴别分析，应按照 GB 5085 和 HJ/T 298 中的指定方法。

## B. 7 质量控制与质量保证

### B. 7.1 采样过程的质量控制与质量保证

#### B. 7.1.1 一般要求

在样品的采集、保存、运输、交接等过程中应建立完整的管理程序。为避免采样设备及外部环境条件等因素对样品产生影响，应注重现场采样过程中的质量保证和质量控制。

#### B. 7.1.2 防止采样过程中的交叉污染

钻机采样过程中，在第一个钻孔开钻前要进行设备清洗；进行连续多次钻孔的钻探设备应进行清洗；同一钻机在不同深度采样时，应对钻探设备、取样装置进行清洗；与土壤接触的其他采样工具重复利用时也应清洗。一般情况下可用清水清理，也可用待采土壤或清洁土进行清洗；必要时或特殊情况下，可采用无磷去垢剂溶液、高压自来水、去离子水（蒸馏水）或 10%硝酸进行清洗。采样过程中要佩戴手套，为避免不同样品之间的交叉污染，每采集一个样品应更换一次手套。

#### B. 7.1.3 采集质量控制样品

B. 7.1.3.1 现场采集质量控制样是现场采样和实验室质量控制的重要手段。质量控制样一般包括平行样、运输空白样和设备清洗样，质控样品的分析数据可从采样到样品运输、贮存和数据分析等不同阶段反映质量控制效果。

B. 7.1.3.2 样品平行样：从相同的点位收集并单独封装和分析的样品。在采样过程中，同种采样介质应采集至少一个样品平行样；

B. 7.1.3.3 运输空白样：采集土壤样品用于挥发性有机物指标分析时，建议每次运输应采集至少一个运输空白样，即从实验室带到采样现场后，又返回实验室的与运输过程有关，并与分析无关的样品，以便了解运输途中是否受到污染和样品是否损失。

B. 7.1.3.4 设备清洗样：采样前用于清洗采样设备的样品，是与采样设备有关，并与分析无关的样品，以便了解采样过程设备是否污染样品。



#### B. 7. 1. 4 现场采样记录

现场采样记录、现场监测记录可使用表格描述土壤特征、可疑物质或异常现象等，同时应保留现场相关影像记录，其内容、页码、编号要齐全便于核查，如有改动应注明修改人及时间。

#### B. 7. 2 样品分析及其他过程的质量控制与质量保证

B. 7. 2. 1 应设置质量控制样（标准物）。质量控制样的频次建议每 20 个样品设置一个质控样，也可根据情况适当调整。质量控制样品，应不少于总检测样品的 10%。

B. 7. 2. 2 土壤、残余废弃物的样品分析及其他过程的质量控制与质量保证技术要求按照 HJ/T 166、HJ/T 20、HJ/T 298 中相关要求进行，对于特殊监测项目应按照相关标准要求在限定时间内进行监测。

#### B. 8 监测章节编制

##### B. 8. 1 监测章节分类

监测是评估区域环境调查等工作的一部分。根据不同的监测目的，评估区域环境监测章节可分为评估区域环境初步调查监测和系统调查监测等类别。

##### B. 8. 2 监测章节的主要内容

监测章节应包括但不限于以下内容：任务来源、监测目的及依据、监测范围、监测对象、监测项目、监测频次、布点原则与方法、监测点位图、采样工作计划、测试分析计划、质量控制与质量保证、现场采样实施情况以及实验室分析条件、采用的主要仪器、各种物质的检测方法、检出限和质量控制结果等。同时还应包括实验室名称、报告编号、报告每页和总页数、采样者、分析者、报告编制、复核、审核和签发者及时间等相关信息。

## 附录 C

(规范性附录)  
土方量手动估算方法

## C.1 方法类型

目前，国内外常用的手动估算土方量方法有断面法、方格网法、DTM法、等高线法等。

## C.2 断面法

当地形复杂起伏变化较大，或地形狭长、挖填深度较大且不规则的地段，宜选择横断面法进行土方量估算。图 C.1 为一渠道的测量图形，利用横断面法估算土方量时，可根据渠 LL，按一定的长度 L 设横断面 A1、A2、A3……Ai 等。断面法计算土方量按式 (C.1) 计算：

$$V = \sum_{i=1}^n V_i = \sum_{i=2}^n (A_{i-1} + A_i)L_i / 2 \dots\dots\dots (C.1)$$

式中：

- $A_{i-1}$ 、 $A_i$  分别为第 i 单元区段起终断面的填（或挖）方面积，单位为平方米（ $m^2$ ）；
- $L_i$  一渠段长，单位为米（m）；
- $V_i$  一填（或挖）方体积，单位为立方米（ $m^3$ ）。

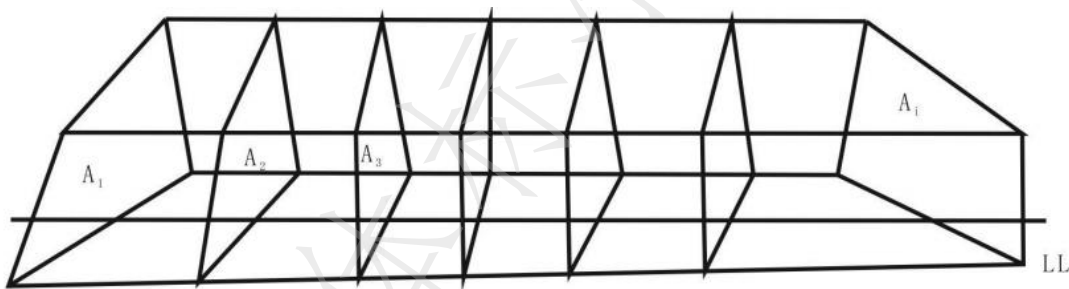


图 C.1 断面法估算土方量

## C.3 方格网法估算

## C.3.1 杨赤中推估

对于大面积的土方估算以及一些地形起伏较小、坡度变化平缓的评估区域适宜用格网法。这种方法是将评估区域划分成若干个正方形格网，然后计算每个四棱柱的体积，从而将所有四棱柱的体积汇总得到总的土方量。这里介绍一种新的高程内插的方法，即杨赤中滤波推估法。

杨赤中滤波与推估法就是在复合变量理论的基础上，对已知离散点数据进行二项式加权游动平均，然后在滤波的基础上，建立随机特征函数和估值协方差函数，对待估点的属性值（如高程等）进行推估。

## C.3.2 待估点高程值的计算

首先绘方格网，然后根据一定范围内的各高程观测值推估方格中心 O 的高程值 H0。绘制方格时要根据评估区域范围绘制。由离散高程点计算待估点高程按式 (C.2) 计算：

$$\overline{H}_0 = \sum_{i=1}^n P_i H_i \dots\dots\dots (C.2)$$

式中:

$H_1, H_2, \dots, H_n$ ——为参加估值计算的各离散点高程观测值, 单位为米 (m);

$P_i$ ——为各点估值系数。

### C.3.3 挖(填)土方量区域面积的估算

如果土方量估算的面积为不规则边界的多边形。那么在面积进行计算时, 先判断方格网中心点是否在多边形内, 如果在, 那么就要计算该格网的面积, 否则可以将该格网面积略去。如图 C.2 所示, 首先对格网中心点 P 进行判断, 可以采用垂线法, 即过 P ( $x_0, y_0$ ) 点作平行于 y 轴向下的射线。

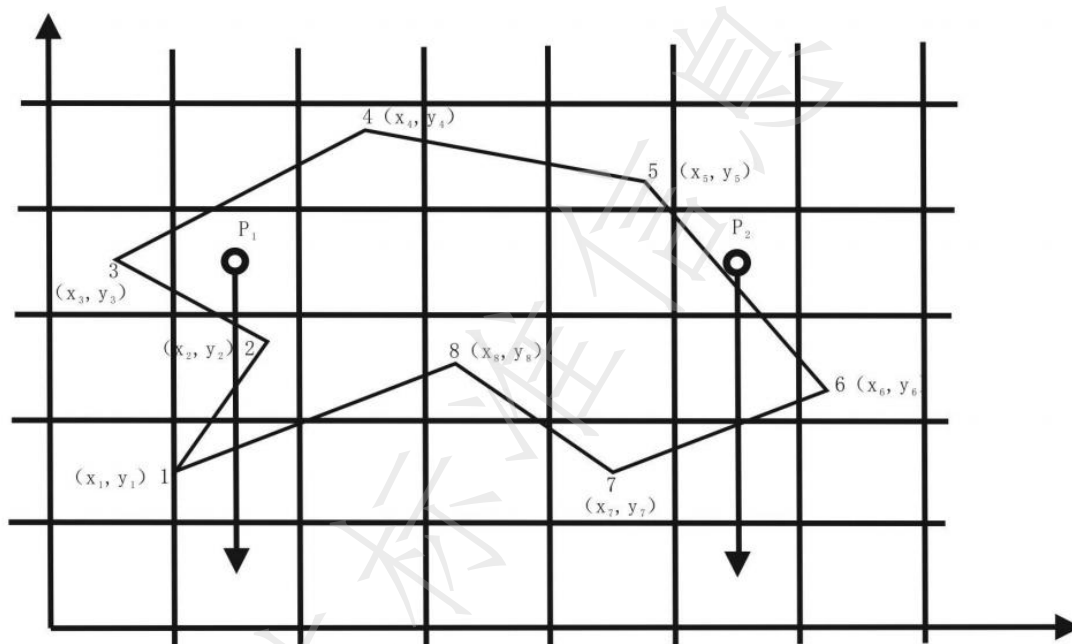


图 C.2 点与多边形位置的判断

对多边形各边进行上述判断, 并统计其交点个数  $m$ , 当  $m$  为奇数时, 则 P 在多边形内部, 否则 P 不在多边形内部。

通过对图中 P1、P2 点的判断可以知道, P1 位于多边形内, P2 位于多边形外。那么, P1 所在的格网的面积要进行计算, 而 P2 所在的格网的面积则可以略去。

然后利用杨赤中滤波推估法求得的每个方格网的中心点的高程值与格网面积按式 (C.3) 计算:

$$V_{(ij)} = H_{(ij)} \times a \times b \dots\dots\dots (C.3)$$

式中:

$V_{(ij)}$ ——为第  $i$  行  $j$  列的小方格网的体积, 单位为立方米 ( $m^3$ );

$H_{(ij)}$ ——为第  $i$  行  $j$  列的小方格网的高程, 单位为米 (m);

$a, b$ ——为格网的边长, 单位为米 (m)。

## C.4 DTM 法 (不规则三角网法)

### C.4.1 简述

不规则三角网 (TIN) 是数字地面模型 DTM 表现形式之一, 该法利用实测地形碎部点、特征点进行三角构网, 对计算区域按三棱柱法估算土方。

## C. 4. 2 三角网的构建

### C. 4. 2. 1 地形特征点初级构网的构建

进行包括地形特征点在内的散点的初级构网。初级构网的方法主要有边扩展法，点插入法，递归分割法等。边扩展法是指先从点集中选择一点作为起始三角形的一个端点，然后找离它距离最近的点连成一个边，以该边为基础，遵循角度最大原则或距离最小原则找到第三个点，形成初始三角形。由起始三角形的三边依次往外扩展，并进行是否重复的检测，最后将点集内所有的离散点构成三角网，直到所有建立的三角形的边都扩展过为止。在生成三角网后调用局部优化算法，使之最优。

### C. 4. 2. 2 三角网网形调整

#### C. 4. 2. 2. 1 地形线的特点及处理方法

所谓地形线就是指能充分表达地形形状的特征线，地形线不应该通过 TIN 中的任何一个三角形的内部，否则三角形就会“进入”或“悬空”于地面，与实际地形不符，产生的数字地面模型（DTM）有错。

当地形线与一般地形点一道参加完初级构网后，再用地形特征信息检查地形线是否成为了初级三角网的边，若是，则不再作调整；否则，按图 C.5 作出调整。总之要务必保证 TIN 所表达的数字地面模型与实际地形相符。

如图 C.3 a) 所示，线段  $P_1P_2$  为地形线，它直接插入了三角形内部，使得建立的 TIN 偏离了实际地形，因此需要对地形线进行处理，重新调整三角网。

图 C.3 b) 是处理后的图形，即以地形线为三角边，向两侧进行扩展，使其符合实际地形。

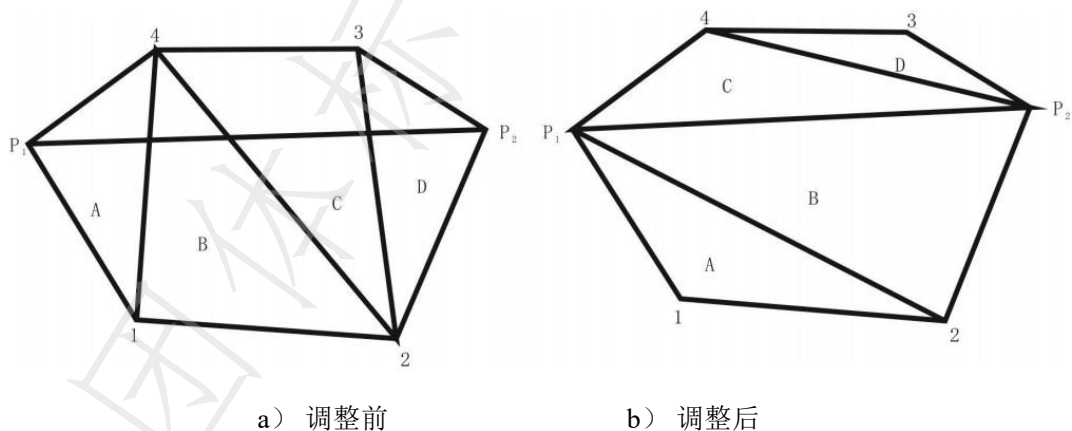


图 C.3 在 TIN 建模过程中对地形线的处理

#### C. 4. 2. 2. 2 地物对构网的影响及处理方法

等高线在遭遇房屋、道路等地物时需要断开，这样在地形图生成 TIN 时，除了要考虑地形线的影响之外，更应该顾及地物的影响。一般方法是：先按处理地形结构线的类似方法调整网形；然后，用“垂线法”判别闭合特征线影响区域内的三角形重心是否落在多边形内，若是，则消去该三角形（在程序中标记该三角形记录）；否则保留该三角形。经测试后，去掉了所有位于地物内部之三角形，从而在特征线内形成“空白地”。

#### C. 4. 2. 2. 3 陡坡的地形特点及处理方法

遭遇陡坎时，地形会发生剧烈的突变。陡坎处的地形特征表现为：在水平面上同一位置的点有两个高程且高差比较大；坎上坎下两个相邻三角形共享由两相邻陡坎点连接而成的边。当构造 TIN 时，只有顾及陡坎地形的影响，才能较准确地反映出实际地形。对陡坎的处理如图 C.4 所示：

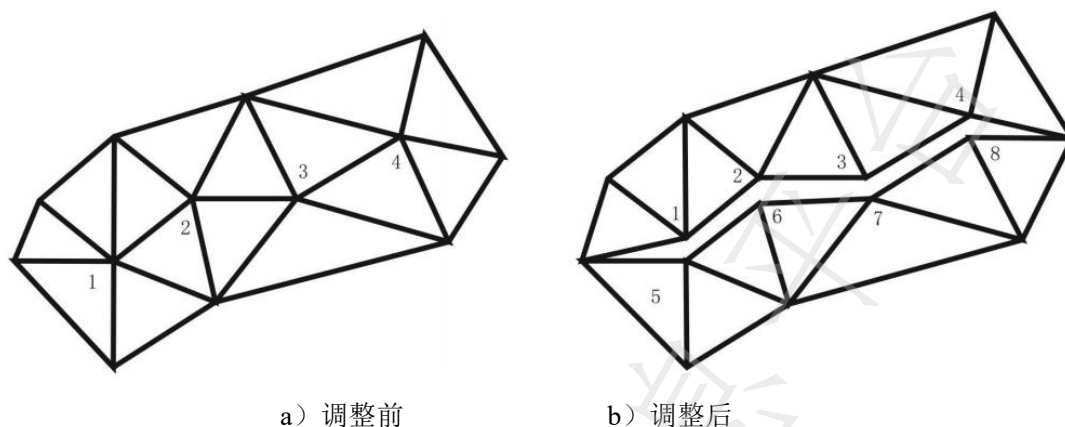


图 C.4 对陡坎的处理

如图 C.4 a) 所示，点 1-4 为实际测量的陡坎上的点，每个点其实有两个高程值，不符合实际的地形特征。在调整时将各点沿坎下方向平移了 1 mm，得到了 5—8 个点，其高程值根据地形图量取的坎下比高计算得到。将所有的坎上、坎下点合并连接成一闭合折线，并分别扩充连接三角形，即得到调整后的图 C.4 b)。

#### C.4.3 三角网法估算土方量

三角网构建好之后，用生成的三角网来计算每个三棱柱的填挖方量，最后累积得到指定范围内填方和挖方分界线（如图 C.5 所示）。三棱柱体上表面用斜平面拟合，下表面均为水平面或参考面，按 (C.4) 式计算：

$$V_3 = (Z_1 + Z_2 + Z_3) / (3 \times S_3) \dots \dots \dots (C.4)$$

式中：

- $V_3$  一为三棱柱体积，单位为立方米 ( $m^3$ )；
- $Z_1$ 、 $Z_2$ 、 $Z_3$  一为三角形角点填挖高差，单位为米 (m)；
- $S_3$  一三棱柱底面积，单位为平方米 ( $m^2$ )。

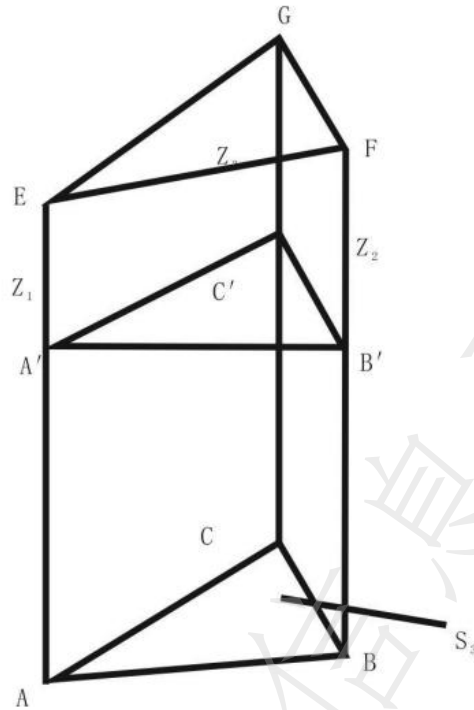


图 C.5 三角网法土方量估算

C.5 等高线法估算土方

C.5.1 利用现成的绘有等高线的地形图（如图 C.6 所示），计算等高线所围的面积，再根据两相邻等高线的高差按以下公式估算土方量，第  $i$  分层的体积按（C.5）式计算，最顶层体积按（C.6）式计算，总土方量按（C.7）式计算：

$$V_i = \frac{1}{2}(S_i + S_{i-1}) \times h \dots\dots\dots (C.5)$$

$$V_{n+1} = \frac{1}{3}(S_{i+1} h') \dots\dots\dots (C.6)$$

$$V = V_1 + V_2 + \dots\dots + V_n + V_{n+1} \dots\dots\dots (C.7)$$

$$= \left( \frac{1}{2} S_1 + S_2 + \dots\dots + \frac{S_{n+1}}{2} \right) \times h + \frac{1}{3} S_{n+1} \times h'$$

式中：

- $V_i$ —第  $i$  分层的体积，单位为立方米（ $m^3$ ）；
- $S_i, S_{i-1}$ —相邻两等高线所围面积，单位为平方米（ $m^2$ ）；
- $H$ —相邻两等高线间的高差，单位为米（ $m$ ）；
- $h'$ —最顶层的高度，单位为米（ $m$ ）。

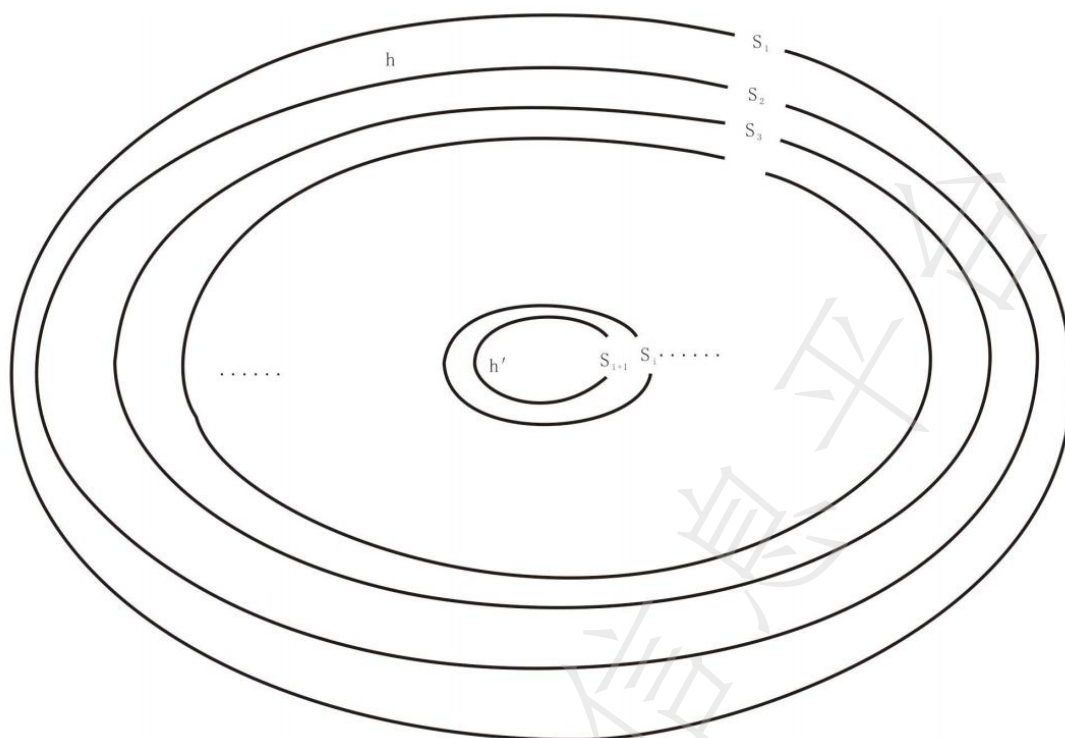


图 C.6 高线法估算土方量

C.5.2 当地面起伏较大、坡度变化较多时，可采用等高线法估算土方量，在地形图精度较高时更为合适。平原地区一般不采用该方法。

## 附录 D

(资料性附录)  
土壤环境恢复方案的筛选方法

## D.1 筛选指标体系

对备选的恢复方案从技术指标、经济指标和环境指标 3 个一级指标和技术成熟度、恢复效果、恢复周期、恢复成本、资源消耗、二次污染、周围影响共 7 个次级指标进行评价筛选。体系结构见图 D.1。

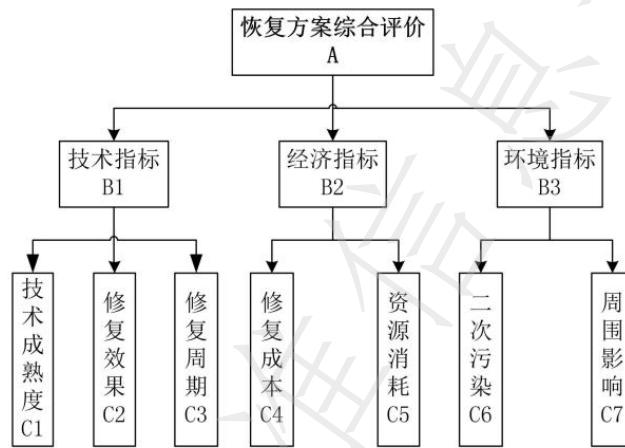


图 D.1 恢复方案筛选指标体系

## D.2 构建判定矩阵和权重系数确定

对上述评价指标构建判定矩阵，A 层与三个一级指标（B1、B2、B3）之间的判定矩阵为 A，一级指标和次级指标之间的判定矩阵分别为 B1、B2 和 B3，并根据层次分析法（AHP）计算各指标的权重系数（见表 D.1），确定二级指标的最终权重。

表 D.1 恢复方案评价指标体系权重系数

目标层	一级指标	一级指标权重	二级指标	二级指标权重	二级指标最终权重
恢复方案选择综合评价 (A)	技术指标 (B1)	40	技术成熟度 (C1)	40	16
			恢复效果 (C2)	40	16
			修复周期 (C3)	20	8
	经济指标 (B2)	40	修复成本 (C4)	60	24
			资源消耗 (C5)	40	16
	环境指标 (B3)	20	二次污染 (C6)	50	10
			周围影响 (C7)	50	10

根据相应的信息资料对设定的 7 个二级评价指标设定评分标准（见表 D.2）。



表 D.2 恢复方案筛选指标评分标准

分值	1	0.8	0.6	0.4	0.2
技术成熟 (C1)	应用广泛	有较多应用	有少量应用	中试阶段	小试阶段
恢复效果 (C2)	非常好	好	中等	差	非常差
恢复周期 (C3)	1-6 个月	7-12 个月	1-2 年	2-3 年	3 年以上
恢复成本 (C4)	低	较低	中等	较高	高
资源消耗 (C5)	少	较少	中等	较多	多
二次污染 (C6)	无二次污染	可能有二次污染	轻微污染	较严重	非常严重
周围影响 (C7)	无影响	轻微影响	中度影响	较大影响	影响严重

### D.3 筛选最优推荐恢复方案

然后依据评分标准对初筛恢复方案的每个评价指标进行评分，从而得到恢复方案的评价矩阵（见表 D.3）。通过土壤环境恢复方案筛选矩阵计算，可以得到各项方案的最终综合评价结果，其中分值最高者为最优推荐恢复方案。

表 D.3 土壤环境恢复方案筛选矩阵

恢复方案筛选指标		二级指标最终权重	方案 1	方案 2	方案 3	……
一级指标	二级指标					
技术指标 (B1)	技术成熟度 (C1)	16				
	恢复效果 (C2)	16				
	恢复周期 (C3)	8				
经济指标 (B2)	恢复成本 (C4)	24				
	资源消耗 (C5)	16				
环境指标 (B3)	二次污染 (C6)	10				
	周围影响 (C7)	10				
合计						
最优推荐恢复方案						

附录 E

常用土壤恢复技术适用条件与技术性能参照 GB/T39792.1-2020 附录 B;

附录 F

常用地下水恢复技术适用条件与技术性能参照 GB/T39792.1-2020 附录 C。

## 附录 G

## (资料性附录)

## 生态环境损害鉴定评估报告书的编制要求

## G.1 基本情况

写明生态环境损害鉴定评估委托方、委托鉴定评估事项和生态环境损害鉴定评估机构；写明生态环境损害鉴定评估的背景，包括损害发生的时间、地点、起因和经过；简要说明生态环境损害发生地的社会经济背景、环境敏感点、造成潜在生态环境损害的污染源、污染物等基本情况。

## G.2 鉴定评估方案

## G.2.1 鉴定评估目标

依据委托方委托鉴定评估事项，详细写明开展生态环境损害鉴定评估的工作目标。

## G.2.2 鉴定评估依据

写明开展本次生态环境损害鉴定评估所依据的法律法规、标准和技术规范等。

## G.2.3 鉴定评估范围

写明开展本次鉴定评估工作确定的生态环境损害的时间范围和空间范围，以及确定时空范围的依据。

## G.2.4 鉴定评估内容

写明本次鉴定评估工作的主要内容，包括生态环境损害鉴定评估的对象和生态环境损害鉴定评估内容（生态环境损害确定、因果关系分析和损害数额量化等）。

## G.2.5 鉴定评估方法

详细阐明开展本次生态环境损害鉴定评估工作的技术路线及每一项鉴定评估工作所使用的技术方法。

## G.3 鉴定评估过程与分析

## G.3.1 生态环境损害调查确定

详细介绍污染环境或破坏生态行为调查和生态环境损害调查方案，包括资料收集、现场踏勘、座谈走访、采样方案、检测分析、质量控制等过程，写明调查结果，包括是否存在污染环境或破坏生态行为以及行为方式，是否存在生态环境损害及损害类型等。

## G.3.2 因果关系分析

详细阐明本次生态环境损害鉴定评估中鉴定污染环境或破坏生态行为与生态环境损害间因果关系所依据的标准或条件，以及分析因果关系所采用的技术方法。详细介绍因果关系分析过程中所依据的证明材料，现场踏勘、监测分析、实验模拟、数值模拟的过程和结果。写明因果关系分析的结论。

## G.3.3 生态环境损害实物量化

详细阐明本次生态环境损害鉴定评估中生态环境损害实物量化所依据的标准和条件，以及量化生态环境损害所采用的技术方法。给出生态环境损害实物量化的结果，即生态环境损害的类型、时空范围及损害程度。

#### G.3.4 生态环境损害恢复方案筛选

开展生态环境损害恢复可行性评估，写明确定备选生态环境恢复方案的原则、依据与思路，介绍各方案的有效性、合法性、技术可行性、实施成本、公众可接受性、环境安全性和可持续性，开展备选恢复方案比选，确定最终的生态环境恢复方案。

#### G.3.5 生态环境损害价值量化

详细阐明本次生态环境损害鉴定评估中生态环境损害价值量化所依据的标准、规范，所采用的评估方法，以及相应的证明材料。明确界定生态环境损害价值量化的范围，包括需要价值量化的生态环境损害以及每种类型损害量化的方法、计算依据和结果。应分析生态环境损害价值量化结果的不确定性。

采用恢复费用法量化生态环境损害价值时，应详细阐述恢复方案的工作量、持续时间、实施成本，提供数据来源与依据。对于实际已经发生的污染清除费用，应详细阐述数据的来源，对各项费用的完整性、规范性、逻辑合理性进行审核，提供纳入实际治理费用计算的原始费用单据。采用虚拟治理成本法量化生态环境损害时，应详细阐述污染物排放量、单位治理成本的确定依据，以及适用虚拟治理成本法的原因。

#### G.4 鉴定评估结论

针对生态环境损害鉴定评估委托事项，写明每一项生态环境损害的鉴定评估结论，包括生态环境损害确定结论、因果关系分析结论和生态环境损害量化结论。

#### G.5 签字盖章

生态环境损害鉴定评估报告书应当由鉴定人签名，并加盖鉴定评估机构公章。

#### G.6 特别事项说明

阐明报告的真实性、合法性、科学性。明确报告的所有权、使用目的和使用范围。阐明报告编制过程及结果中可能存在的不确定性。

#### G.7 附件

附件包括生态环境损害鉴定评估工作过程中依据的各种证明材料、现场调查监测方案、现场调查监测报告、实验方案与分析报告等。