

中华人民共和国国家环境保护标准

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)

Technical Guideline for Verification of Risk Control and Soil
Remediation of Contaminated Site

(发布稿)

本电子版为发布稿。请以中国环境出版社出版的正式标准文本为准。

2018-12-29 发布

2018-12-29 实施

生态环境部

发布

目 次

前 言.....	II
1 适用范围.....	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
5 更新地块概念模型.....	3
6 布点采样与实验室检测.....	5
7 风险管控与土壤修复效果评估.....	8
8 提出后期环境监管建议.....	10
9 编制效果评估报告.....	10
附录 A（资料性附录） 地块概念模型涉及信息及其作用.....	11
附录 B（资料性附录） 差变系数计算方法.....	12
附录 C（资料性附录） t 检验方法与案例.....	13
附录 D（资料性附录） 效果评估报告提纲.....	15

前 言

根据《中华人民共和国环境保护法》和《中华人民共和国土壤污染防治法》，保护生态环境，保障人体健康，加强污染地块环境监督管理，规范污染地块风险管控与土壤修复效果评估工作，制定本标准。

本标准与以下标准同属污染地块系列环境保护标准：

《场地环境调查技术导则》（HJ 25.1-2014）；

《场地环境监测技术导则》（HJ 25.2-2014）；

《污染场地风险评估技术导则》（HJ 25.3-2014）；

《污染场地土壤修复技术导则》（HJ 25.4-2014）。

本标准规定了建设用地污染地块风险管控与土壤修复效果评估的内容、程序、方法和技术要求。

本标准的附录 A~附录 D 为资料性附录。

本标准首次发布。

本标准由生态环境部土壤生态环境司、法规与标准司组织制订。

本标准主要起草单位：北京市环境保护科学研究院、中国环境科学研究院、固体废物与化学品管理技术中心、环境规划院、沈阳环境科学研究院、南方科技大学工程技术创新中心（北京）。

本标准生态环境部 2018 年 12 月 29 日批准。

本标准自 2018 年 12 月 29 日起实施。

本标准由生态环境部负责解释。

污染地块风险管控与土壤修复效果评估技术导则

1 适用范围

本标准规定了建设用地污染地块风险管控与土壤修复效果评估的内容、程序、方法和技术要求。

本标准适用于建设用地污染地块风险管控与土壤修复效果的评估。地下水修复效果评估技术导则另行公布。

本标准不适用于含有放射性物质与致病性生物污染地块治理与修复效果的评估。

2 规范性引用文件

本标准内容引用了下列文件中的条款。凡是不注明日期的引用文件，其有效版本适用于本标准。

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

HJ 25.1 场地环境调查技术导则

HJ 25.2 场地环境监测技术导则

HJ 25.3 污染场地风险评估技术导则

HJ 682 污染场地术语

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

目标污染物 target contaminant

在地块环境中数量或浓度已达到对人体健康和环境具有实际或潜在不利影响的，需要进行风险管控与修复的污染物。

3.2

修复目标 remediation target

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

3.3

评估标准 assessment criteria

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

3.4

风险管控与土壤修复效果评估 verification of risk control and soil remediation

通过资料回顾与现场踏勘、布点采样与实验室检测，综合评估地块风险管控与土壤修复是否达到规定要求或地块风险是否达到可接受水平。

4 基本原则、工作内容与工作程序

4.1 基本原则

污染地块风险管控与土壤修复效果评估应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，为污染地块管理提供科学依据。

4.2 工作内容

污染地块风险管控与土壤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、风险管控与修复效果评估、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

应根据风险管控与修复进度，以及掌握的地块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

布点方案包括效果评估的对象和范围、采样节点、采样周期和频次、布点数量和位置、检测指标等内容，并说明上述内容确定的依据。原则上应在风险管控与修复实施方案编制阶段编制效果评估初步布点方案，并在地块风险管控与修复效果评估工作开展之前，根据更新后的概念模型进行完善和更新。

根据布点方案，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。

4.3.3 风险管控与土壤修复效果评估

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。

对于土壤修复效果，可采用逐一对比和统计分析的方法进行评估，若达到修复效果，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，则应开展补充修复。

对于风险管控效果，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，须对风险管控措施进行优化或调整。

4.3.4 提出后期环境监管建议

根据风险管控与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，报告应包括风险管控与修复工程概况、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。

污染地块风险管控与土壤修复效果评估工作程序见图 1。

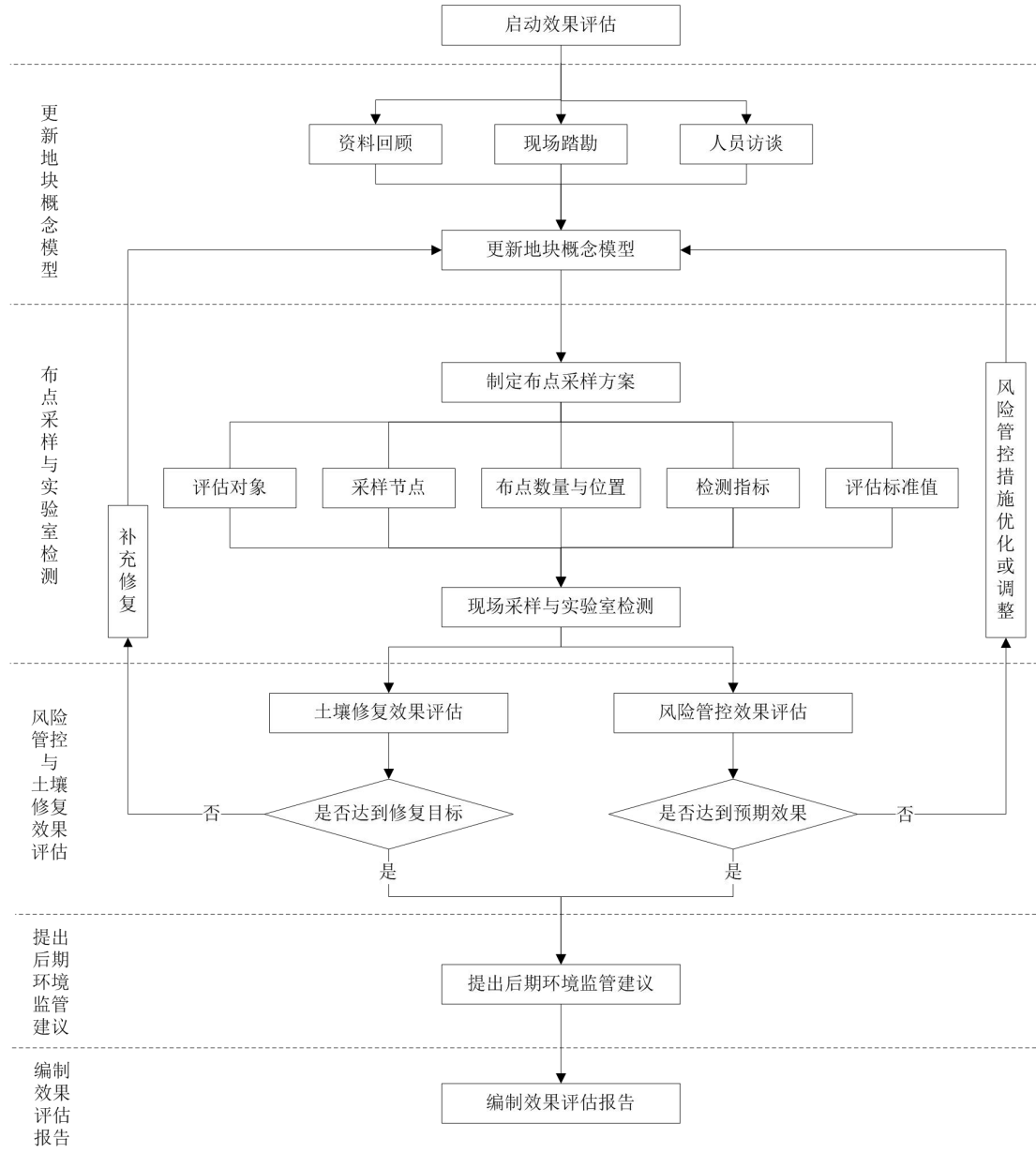


图 1 污染地块风险管控与土壤修复效果评估工作程序

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与修复相关资料，开展现场踏勘工作，并通过与地块责任人、施工负责人、监理人员等进行沟通和访谈，了解地块调查评估结论、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、风险管控与修复设施设置、风险管控与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，应收集污染地块风险管控与修复相关资料。

5.2.1.2 资料清单主要包括地块环境调查报告、风险评估报告、风险管控与修复方案、工程实施方案、工程设计资料、施工组织设计资料、工程环境影响评价及其批复、施工与运行过程中监测数据、监理报告和相关资料、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、施工管理文件等。

5.2.2 资料回顾要点

5.2.2.1 资料回顾要点主要包括风险管控与修复工程概况和环保措施落实情况。

5.2.2.2 风险管控与修复工程概况回顾主要通过风险管控与修复方案、实施方案、以及风险管控与修复过程中的其他文件，了解修复范围、修复目标、修复工程设计、修复工程施工、修复起始时间、运输记录、运行监测数据等，了解风险管控与修复工程实施的具体情况。

5.2.2.3 环保措施落实情况回顾主要通过通过对风险管控与修复过程中二次污染防治相关数据、资料和报告的梳理，分析风险管控与修复工程可能造成的土壤和地下水二次污染情况等。

5.3 现场踏勘

5.3.1 应开展现场踏勘工作，了解污染地块风险管控与修复工程情况、环境保护措施落实情况，包括修复设施运行情况、修复工程施工进度、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、修复施工管理情况等。

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，对地块风险管控与修复工程情况、环境保护措施落实情况进行全面了解。

5.4.2 访谈对象包括地块责任单位、地块调查单位、地块修复方案编制单位、监理单位、修复施工单位等单位的参与人员。

5.5 更新地块概念模型

5.5.1 在资料回顾、现场踏勘、人员访谈的基础上，掌握地块风险管控与修复工程情况，结合地块地质与水文地质条件、污染物空间分布、修复技术特点、修复设施布局等，对地块概念模型进行更新，完善地块风险管控与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) 地块风险管控与修复概况：修复起始时间、修复范围、修复目标、修复设施设计参数、修复过程运行监测数据、技术调整和运行优化、修复过程中废水和废气排放数据、药剂添加量等情况；
- 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，以及修复设施运行前后地质和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。

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。

6.1.1.2.3 可根据工程进度对基坑进行分批次采样。

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见表 1。

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，布点位置参见图 2。

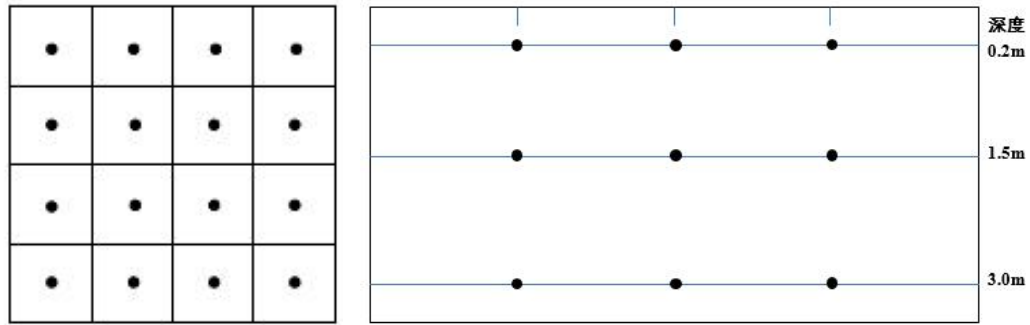
6.1.1.3.3 当基坑深度大于 1m 时，侧壁应进行垂向分层采样，应考虑地块土层性质与污染垂向分布特征，在污染物易富集位置设置采样点，各层采样点之间垂向距离不大于 3m，具体根据实际情况确定。

6.1.1.3.4 基坑坑底和侧壁的样品以去除杂质后的土壤表层样为主（0~20cm），不排除深层采样。

6.1.1.3.5 对于重金属和半挥发性有机物，在一个采样网格和间隔内可采集混合样，采样方法参照 HJ 25.2 执行。

表 1 基坑底部和侧壁推荐最少采样点数量

基坑面积 m ²	坑底采样点数量 个	侧壁采样点数量 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 40m×40m	采样点间隔不超过 40m



(1) 基坑底部——系统布点法

(2) 基坑侧壁——等距离布点法

图 2 基坑底部与侧壁布点示意图

6.1.2 土壤异位修复效果评估布点

6.1.2.1 评估对象

异位修复后土壤效果评估的对象为异位修复后的土壤堆体。

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、再利用之前采样。

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批次采样。

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 500m^3 ；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），差变系数计算方法见附录 B。

6.1.2.3.2 对于按批次处理的修复技术，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，推荐数量参见表 3。

6.1.2.3.4 修复后土壤一般采用系统布点法设置采样点；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。重金属和半挥发性有机物可在采样单元内采集混合样，采样方法参照 HJ 25.2 执行。

6.1.2.3.5 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。

表 2 修复后土壤最少采样点数量

差变系数	采样单元大小 m^3
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

表 3 堆体模式修复后土壤最少采样点数量

堆体体积 m ³	采样单元数量 个
<100	1
100-300	2
300-500	3
500-1000	4
每增加 500	增加 1 个

6.1.3 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

6.1.3.2.1 原位修复后的土壤应在修复完成后进行采样。

6.1.3.2.2 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域采样。

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，推荐采样数量参照表 1。

6.1.3.3.2 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，根据土层性质设置采样点，原则上垂向采样点之间距离不大于 3m，具体根据实际情况确定。

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。

6.1.4 土壤修复二次污染区域布点

6.1.4.1 评估范围

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

6.1.4.1.2 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、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。

6.1.4.2 采样节点

6.1.4.2.1 潜在二次污染区域土壤应在此区域开发使用之前进行采样。

6.1.4.2.2 可根据工程进度对潜在二次污染区域进行分批次采样。

6.1.4.3 布点数量与位置

6.1.4.3.1 潜在二次污染区域土壤原则上根据修复设施设置、潜在二次污染源等资料判断布点，也可采用系统布点法设置采样点，采样点数量参照表 1。

6.1.4.3.2 潜在二次污染区域样品以去除杂质后的土壤表层样为主（0~20cm），不排除深层采样。

6.2 风险管控效果评估布点

本标准所指风险管控包括固化/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。

6.2.1 采样周期和频次

6.2.1.1 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。

6.2.1.2 工程性能指标应按照工程实施评估周期和频次进行评估。

6.2.1.3 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。

6.2.2 布点数量与位置

6.2.2.1 需结合风险管控措施的布置，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。

6.2.2.2 可充分利用地块调查评估与修复实施等阶段设置的监测井，现有监测井须符合修复效果评估采样条件。

6.3 现场采样与实验室检测

6.3.1 检测指标

6.3.1.1 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。存在相邻基坑时，应考虑相邻基坑土壤中的目标污染物。

6.3.1.2 异位修复后土壤的检测指标为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。

6.3.1.3 原位修复后土壤的检测指标为修复方案中确定的目标污染物。

6.3.1.4 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。

6.3.1.5 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；污染物指标包括关注污染物浓度、浸出浓度、土壤气、室内空气等。

6.3.1.6 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。

6.3.2 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 和 HJ 25.2 的规定执行。

7 风险管控与土壤修复效果评估

7.1 土壤修复效果评估

7.1.1 土壤修复效果评估标准值

7.1.1.1 基坑土壤评估标准值为地块调查评估、修复方案或实施方案中确定的修复目标值。

7.1.1.2 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，评估标准值为调查评估、修复方案或实施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和环境安全。风险评估可参照 HJ 25.3 执行。

7.1.1.3 原位修复后土壤的评估标准值为地块调查评估、修复方案或实施方案中确定的修复目标值。

7.1.1.4 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参照 GB 36600 中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，风险评估可参照 HJ 25.3 执行。

7.1.2 土壤修复效果评估方法

7.1.2.1 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。

7.1.2.2 当样品数量 <8 个时，应将样品检测值与修复效果评估标准值逐个对比：

- a) 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；
- b) 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。

7.1.2.3 当样品数量 ≥ 8 个时，可采用统计分析方法进行修复效果评估。一般采用样品均值的 95%置信上限与修复效果评估标准值进行比较，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。

7.1.2.4 若采用逐个对比方法，当同一污染物平行样数量 ≥ 4 组时，可结合 t 检验（附录 C）分析采样和检测过程中的误差，确定检测值与修复效果评估标准值的差异：

- a) 若各样品的检测值显著低于修复效果评估标准值或与修复效果评估标准值差异不显著，则认为该地块达到修复效果；
- b) 若某样品的检测结果显著高于修复效果评估标准值，则认为地块未达到修复效果。

7.1.2.5 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。

7.1.2.6 对于低于报告限的数据，可用报告限值数值进行统计分析。

7.2 风险管控效果评估

7.2.1 风险管控效果评估标准

7.2.1.1 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。

7.2.1.2 风险管控措施下游地下水中污染物浓度应持续下降，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。

7.2.2 风险管控效果评估方法

7.2.2.1 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。

7.2.2.2 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修理。

8 提出后期环境监管建议

8.1 后期环境监管要求

8.1.1 下列情景下，应提出后期环境监管建议：

- 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；
- 实施风险管控的地块。

8.1.2 后期环境监管的方式一般包括长期环境监测与制度控制，两种方式可结合使用。

8.1.3 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值为止。

8.2 长期环境监测

8.2.1 实施风险管控的地块应开展长期监测。

8.2.2 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。

8.2.3 应充分利用地块内符合采样条件的监测井。

8.2.4 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。

8.3 制度控制

8.3.1 条款 8.1.1 所述的两种情景均需开展制度控制。

8.3.2 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等方式，多种制度控制方式可同时使用。

9 编制效果评估报告

9.1 效果评估报告应当包括风险管控与修复工程概况、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。

9.2 效果评估报告的格式参见附录 D。

附 录 A
 (资料性附录)
 地块概念模型涉及信息及其作用

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
修复实施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
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

附录 B
(资料性附录)
差变系数计算方法

差变系数指的是“修复后地块污染物平均浓度与修复目标值的差异”与“估计标准差”的比值，用 τ 表示。差异越大、估计标准差越小，则差变系数越大，所需样本量越小。

计算方法如下：

$$\tau = \frac{(C_s - \mu_l)}{\sigma}$$

其中，

C_s 为修复目标值；

μ_l 为估计的总体均值，通常用已有样品的均值来估算；

σ 为估计标准差，根据前期资料 and 先验知识估计或计算，具体如下：①从修复中试试验或其他先验数据中选择简单随机样本，样本量不少于 20 个，确定 20 个样本的浓度；若不是简单随机样本，则样本点应覆盖整个区域、能够代表采样区；若样本量少于 20 个，应补充样本量或采用其他的统计分析方法进行计算；②计算 20 个样本的标准差，作为估计标准差。

附 录 C
(资料性附录)
t 检验方法与案例

C.1 t 检验

t 检验是判定给定的常数是否与变量均值之间存在显著差异的最常用的方法。

假设一组样本, 样本数为 n , 样本均值为 \bar{x} , 样本标准差为 S , 利用 t 检验判定某一给定值 μ_0

是否与样本均值 \bar{x} 存在显著差异, 步骤为:

a) 确定显著水平 α , 常用 $\alpha=0.05$, $\alpha=0.01$;

b) 计算检验统计量 $t = \frac{\bar{x} - \mu_0}{S/\sqrt{n}}$;

c) 根据自由度 $df = n - 1$ 和 α 查 t 分布临界值表, 确定临界值 $C = t_{\frac{\alpha}{2}}(n-1)$, 例如 $n=8$, $\alpha=0.05$, 则 $t=2.365$;

d) 统计推断: 若 $|t| > C$, 即 $\mu_0 > \bar{x} + C \cdot S/\sqrt{n}$ 或 $\mu_0 < \bar{x} - C \cdot S/\sqrt{n}$, 则与均值存在显著差异, 且前者为显著大于均值, 后者为显著小于均值; 若 $|t| \leq C$, 即

$\bar{x} - C \cdot S/\sqrt{n} \leq \mu_0 \leq \bar{x} + C \cdot S/\sqrt{n}$, 则与均值不存在显著差异。下文中将 $C \cdot S/\sqrt{n}$ 简记为 u 。

C.2 案例

假设一组样本数据且平行样数量满足要求, 将样本中平行样检测数据列表如表 C.1 所示。

表 C.1 样本检测值

样本	浓度 (mg/kg)		
	砷	铜	铅
A ₁	71	215	183
A ₂	72	206	182
平均值	71.5	210.5	182.5
B ₁	52	180	181
B ₂	59	174	204
平均值	55.50	177.00	192.50
C ₁	17	43	70.1
C ₂	20	49	73.6
平均值	18.50	46.00	71.85
D ₁	42	127	84.2
D ₂	48	137	96.1
平均值	45.00	132.00	90.15

计算各平行样样本值占均值的百分比以反映测量分析的精度, 如表 C.2 所示。

表 C.2 样本精度数据

样本	占均值的比例 (%)		
	砷	铜	铅
A ₁	99.30	102.14	100.27
A ₂	100.70	97.86	99.73
B ₁	93.69	101.69	94.03
B ₂	106.31	98.31	105.97
C ₁	91.89	93.48	97.56
C ₂	108.11	106.52	102.44
D ₁	93.33	96.21	93.40
D ₂	106.67	103.79	106.60
均值 (%)	100	100	100
<i>S</i> (%)	6.6	4.3	4.9
<i>C</i> ($\alpha=0.05$)	2.365	2.365	2.365
<i>u</i> (%)	5.5	3.6	4.1
修复目标值 (mg/kg)	30	370	300
显著小于修复目标值 (mg/kg)	<28.4	<356.7	<287
与修复目标值不存在显著差异 (mg/kg)	[28.4, 31.6]	[356.7, 383.8]	[287, 312]
显著大于修复目标值 (mg/kg)	>31.6	>383.8	>312

注：28.4=30×(100%-5.5%)；31.6=30×(100%+5.5%)。

以砷为例进行说明：

- a) 若某点检测值小于 28.4，则认为该点检测值显著低于修复目标值，达到修复标准；
- b) 若某点检测值位于 28.4 和 31.6 之间，则认为该点检测值与修复目标无显著差异，达到修复标准；
- c) 若某点检测值大于 31.6，则认为该点检测值显著大于修复目标值，未达到修复标准。

附录 D
(资料性附录)
效果评估报告提纲

1 项目背景

简要描述污染地块基本信息，调查评估及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、业主单位、调查评估单位、修复单位、监理单位、修复效果评估单位。

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 地块调查评价结论
- 3.2 风险管控或修复方案
- 3.3 风险管控或修复实施情况
- 3.4 环境保护措施落实情况

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
- 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

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

- a) 地块规划图；
- b) 修复范围图；
- c) 水文地质剖面图；
- d) 钻孔结构图；
- e) 岩心箱照片；
- f) 采样记录单；
- g) 建井结构图；
- h) 洗井记录单；
- i) 地下水采样记录单；
- j) 实验室检测报告。