

附件

污染地块治理修复方案及修复效果评估技术审核要点 (试行)

第一部分 场地环境调查和健康风险评估技术审核要点

一、形式要求

1. 送审报告应加盖场地责任单位和场地调查单位的公章。
2. 应附具从业人员责任页，明确项目负责人及项目参与人员，从业单位应建立内部审核制度，明确报告的审核人，上述人员均需签字确认。
3. 报告需通过收集或制作的相关图件和图片包括：
 - (1) 地理位置图
 - (2) 场地各历史时期的地形图
 - (3) 平面布置图
 - (4) 工艺流程图
 - (5) 场地规划图
 - (6) 采样布点图（初步调查、详细调查、多轮取样）
 - (7) 地下水流向图
 - (8) 土壤钻孔柱状图
 - (9) 地下水建井图
 - (10) 污染范围图（详细调查）

(11) 超风险范围图（风险评估）

(12) 地质剖面图（详细调查）

4. 调查评估报告附件应包括：

(1) 人员访谈记录

(2) 现场踏勘记录

(3) 土壤现场采样照片

(4) 地下水成井及采样照片

(5) 建井洗井记录表

(6) 采样工作量清单（应包括采样点位置、钻孔深度和坐标，各层采样点深度，检测指标，样品编号，按初步调查和详细调查分别列表）

(7) 现场土壤地下水采样记录及样品流转记录

(8) 质量控制表

(9) 检测报告（须加盖 CMA、CNAS 图章）

(10) 实验室资质证明材料

(11) 场地土壤理化性质（风险评估）

(12) 暴露参数的取值及来源（风险评估）

二、技术要求

1. 初步调查监测方案，应明确监测范围、监测介质、监测项目以及监测点位布设等。

(1) 监测范围

监测范围通常为前期环境调查初步确定的场地边界范围，如

果前期场地环境调查认为场地内的污染物存在扩散到场地边界外的情况，监测范围还可扩展到场地周边的疑似受污染区域。

(2) 监测介质

监测介质主要为场地土壤和地下水，根据场地具体情况还可能包括场地地表水和场地残余废弃物。

(3) 监测项目

工业场地可选择的监测目标污染物有：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。实际环境调查过程中应根据场地具体情况进行分析确定监测因子，且场地历史如果涉及到多个不同工业行业类型，潜在特征污染物监测因子要叠加。

(4) 土壤监测点位布设

通常采用专业判断布点法，以前期资料收集、现场踏勘等获取的场地信息为基础，判断识别场地内可能存在土壤或地下水污染的区域（RECs 点），将其作为场地关注污染物识别的监测地块，在疑似污染的区域分别设置监测点位。当无法在疑似污染区域，特别是罐槽、污染设施等底部采样时，可作适当偏移。在非疑似污染区域，可采用系统随机布点法，适量布设采样点，以防止污染识别过程中的遗漏。

整个场地监测点位数量最少要求不少于 1600 m² 布设 1 个监测点位。对于面积小于 4800 m² 的，场地内应至少布设 3 个监测

点位。

场地内部至少 50%的监测点位要分三层采样，分别采集表层土壤、深层土壤以及饱和带土壤，采样深度可借助 PID、XRF 等现场监测仪器确定。对于污染物不易发生垂向迁移或饱和带土壤污染可能性较小的监测点位，可分两层采样，分别采集表层土壤和深层土壤。对于地下水位较浅，无法采集深层土壤的监测点位，可分两层采样，分别采集表层土壤和饱和带土壤。

一般应在场地外部区域设置土壤对照监测点位。对照监测点位应尽量选择在一定时间内未经外界扰动的裸露土壤，应采集表层土壤样品，采样深度尽可能与场地表层土壤采样深度相同。如有必要也应采集深层土壤样品或饱和带土壤样品。

（4）地下水监测点位布设

采用专业判断布点法在疑似污染区域（RECs 点）布点；如果场地内没有地下水疑似污染区域，则在场地内地下水径流的下流且未受其他源污染的部位布点。如果场地地下水流向未知，需结合相关污染信息间隔一定距离按三角形或四边形至少布置 3-4 个点位监测判断地下水流向。地下水总监测点位数量不少于土壤总监测点位数量的 50%。

监测井的深度应根据监测目的、所处含水层类型及其埋深和相对厚度来确定，至少应在浅层地下水埋深以下 2 m，但不可穿透浅层地下水底板；如果场地疑似存在 DNAPL 污染，则需根据场地情况增加监测井深度。

一般应在场地内地下水流向上游的一定距离设置对照监测井。

2. 关注污染物筛选

土壤中关注污染物筛选优先选用《上海市场地环境健康风险评估筛选值（试行）》，如国家或上海推出新的场地土壤环境质量标准或筛选标准，则以新标准为准。上述环境标准中未涉及到的污染物，可参考国外相关标准。

地下水中关注污染物筛选优先选用《地下水质量标准》（GB-T 14848-93）III类值，未涉及到的污染物选用《地下水水质标准》（DZ/T 0290-2015），如国家或上海推出新的场地土壤环境质量标准或筛选标准，则以新标准为准。上述环境标准中未涉及到的污染物，可参考国内外相关标准。

3. 详细调查监测方案，应明确监测范围、监测介质、监测项目以及监测点位布设等。

（1）监测范围

详细调查监测工作范围为初步调查监测中污染物含量超过相关标准的监测区域。

（2）监测介质

监测介质为初步调查中发现存在超标情况的环境介质。

（3）监测项目

监测项目应包含初步调查确定的场地土壤和地下水关注污染物以及其他环境介质（场地地表水、残留废弃物）中的超标污

染物。

土壤理化样品主要分析项目包括土壤 pH、粒径分布、土壤容重、土壤密度、土壤含水率、孔隙度、有机碳含量、渗透系数（横向/纵向）等。

（4）土壤监测点位布设

采用系统布点法对初步调查中超过评价标准的监测区域开展详细调查，布点范围应略大于初步调查判断的污染范围，网格尺寸不大于 20 m*20 m。

详细调查监测中，深层土壤的采样间隔为 0.5 m；如果初步调查显示地下水位以下的饱和带土壤可能受到污染影响，则详细调查监测中根据场地实际情况，还需对饱和带土壤进行采集，饱和带土壤采样间隔一般为 1 m~2 m。对于垂直方向结构特征不同的土壤，可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。

详细调查监测采样深度应根据初步调查监测结果分析而定，详细调查监测深度至少要大于初步调查监测污染超标深度。但如果采样中观察有疑似重质非水相液体（DNAPL）污染，可根据现场情况增加采样深度。

4. 健康风险评估

（1）危害识别

如果污染场地涉及再开发或将来可能涉及再开发，均需将开发建设期间的建筑工人列入敏感受体范围。

（2）暴露评估

根据实际暴露场景确定受体暴露途径，土壤及地下水的主要暴露途径列于表 1。

表 1 敏感/非敏感用地主要暴露途径

序号	分类	暴露途径
1	污染土壤暴露途径	经口摄入表层土壤
2		皮肤接触表层土壤
3		吸入表层土壤颗粒物
4		吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物
5		吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物
6		吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染物
7	污染地下水暴露途径	吸入室外空气中来自地下水的气态污染物
8		吸入室内空气中来自地下水的气态污染物
9		经口摄入地下水

开发建设期间，建筑工人的暴露途径列于表 2。

表 2 开发建设期间建筑工人主要暴露途径

序号	分类	暴露途径
1	污染土壤暴露途径	经口摄入表层和下层土壤
2		皮肤接触表层和下层土壤
3		吸入表层和下层土壤颗粒物
4		吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物
5		吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物
6	污染地下水暴露途径	吸入室外空气中来自地下水的气态污染物
7		经口意外摄入地下水

判断暴露参数是否正确，暴露频率、暴露时间、土壤摄入量、人体相关参数等推荐《上海市污染场地风险评估技术规范（试行）》附录。各种暴露途径涉及的土壤和水文地质参数等须根据现场调查获得。

（3）风险表征

风险表征应按照每个采样点样品中关注污染物的检测数据，计算致癌风险和非致癌危害商值。计算得到的土壤/地下水中单一污染物的致癌风险超过 10^{-6} 或非致癌危害商值超过 1 的采样点，其代表的场地区域应划定为风险不可接受的污染区域。

（4）风控值计算

对于致癌风险值超过 10^{-6} 或危害商超过 1 的关注污染物需计算风险控制值。

表 3 风险控制值的制定

序号	类型	计算内容	取值方法
1	土壤风险控	基于致癌效应的土壤风险控制值	取最小值作为土壤风

2	制值	基于非致癌效应的土壤风险控制值	险控制值
3		保护地下水的土壤风险控制值	
4	地下水风险控制值	基于致癌效应的地下水风险控制值	取最小值作为地下水风险控制值
5		基于非致癌效应的地下水风险控制值	
6		保护周边水体的地下水风险控制值	

如暴露情景分析表明，污染场地土壤中的关注污染物可淋溶进入地下水，影响地下水环境质量，并且污染场地地下水具有一定的保护和使用价值（例如作为饮用水、生活用水或工农业用水），则应计算保护地下水的土壤风险控制值。对于单一污染物，依据《地下水质量标准》（GB/T 14848）计算保护地下水的土壤风险控制值，此外也可根据地下水的实际用途确定保护标准，如《生活饮用水卫生标准》（GB 5749）、《地表水环境质量标准》（GB 3838）等。

如暴露情景分析表明，污染场地地下水中的关注污染物可扩散进入周边水体（包括地下水和地表水），影响周边水体环境质量，并且周边水体具有一定的保护和使用价值（例如作为饮用水、生活用水或工农业用水），则应计算保护周边水体的地下水风险控制值。根据周边水体类型的不同，保护周边水体的地下水风险控制值以《地下水质量标准》（GB/T 14848）或《地表水环境质量标准》（GB 3838）为基准，也可根据地下水的实际用途确定保护标准。

（5）风控值的使用

当计算得到的风险控制值低于筛选值时，可采用筛选值作为风险控制值。

土壤和地下水风险控制值是确定污染场地土壤和地下水修复目标值的主要参考值。土壤和地下水风险控制值可用于确定污染场地实施风险控制或修复治理的范围。土壤和地下水修复目标值应根据不同修复模式（原位/异位）和不同修复技术（污染物总量削减/风险途径控制等）来确定。选择原位修复技术时，修复目标值可引用风险控制值；选择异位修复技术时，修复目标值应根据不同修复策略和处置方式制定，详见表 4。

表 4 污染场地修复目标值制定方法

污染物总量削减 a			污染物迁移途径控制 b		
原位修复	异位修复		原位修复	异位修复	
	修复后处置方式	修复目标值		修复后处置方式	修复目标值
修复目标值应等同于风险控制值	污染土壤修复后回填	修复目标值应等同于风险控制值	修复目标值根据场地具体用途制定	污染土壤修复后资源化利用	修复目标值根据具体用途制定
	污染土壤修复后资源化利用	修复目标值根据修复后土壤的具体用途制定		污染土壤修复后填埋	修复目标值按填埋场入场标准确定；如填埋场入场标准无对应关注污染物的标准值，修复目标值应等同于风险控制值
	污染土壤修复后填埋	修复目标值按填埋场入场标准确定；如填埋场入场标准无对应关注污染物的标准值，修复目标值应等同于风险控制值		污染土壤修复后作为一般工程渣土	根据堆放地点场地水文地质特征制定修复目标值
	污染土壤修复后作为一般工程渣土	根据堆放地点场地水文地质特征制定修复目标值		其他用途	修复目标值根据实际情况确定
	污染地下水修复后回灌	修复目标值应等同于风险控制值		—	—
	污染地下水修复后排放	修复目标值按纳管排放标准或地表水排放标准；如上述标准无关注污染物的标准值，修复目标值应等同于风险控制值		—	—
	其他用途	修复目标值根据实际情况确定		—	—

注：a-污染物总量削减是基于去除污染源达到恢复场地功能目的的污染物减控方式；

b-污染物迁移途径控制是基于切断暴露途径或转移受体，避免污染物向受体迁移，从而使健康风险达到可接受水平的污染物减控方式。

第二部分 污染场地修复方案技术审核要点

一、形式要求

1. 送审报告应加盖场地责任单位和方案编制单位的公章。
2. 应附具从业人员责任页，明确项目负责人及项目参与人员，从业单位应建立内部审核制度，明确报告的审核人，上述人员均需签字确认。

3. 报告需通过收集或制作的相关图件和图片包括：

- (1) 土壤/地下水修复范围分层图
- (2) 土壤/地下水修复范围总图
- (3) 土壤/地下水修复施工流程图

二、技术要求

1. 修复模式选择，要根据污染场地条件、风险控制值和修复要求等进行确定。原则上污染场地修复工程在原址进行，修复后的土壤在原址回填。

(1) 修复目标污染物，为健康风险评估阶段健康风险超出可接受水平的关注污染物。

- (2) 修复范围

修复范围可采用无污染点位连线法或污染物浓度插值算法进行确定。采用插值算法需在加密布点的基础上进行，并采用规范的方法和合理的参数。

确定修复范围图需要必须提供拐点坐标、分层图示，明确分

层污染土方量。修复范围需在总图上确定。

2. 修复技术筛选，可以采用列表描述从技术原理、适用条件、主要技术指标、经济指标和技术应用的优缺点等方面进行比较分析，也可以采用权重打分的方法。

（1）效果评估

可采用实验室小试、应用案例分析等方式进行，有条件时，可采用现场中试的方式进一步确定治理修复效果。

实验室小试中应采集本场地污染土壤和地下水为材料进行试验，针对土壤和地下水修复技术的关键环节和关键参数，制定实验室试验方案。

现场中试试验应尽量兼顾到场地中不同区域、不同污染浓度、不同土壤及地下水类型、不同地质条件等，获得污染场地工程设计所需要的参数。

相同或类似情境（目标污染物相同，场地特征和土壤地下水特性相似等）的应用案例分析时，应用案例资料信息应完整，技术参数描述应具体，结果应可信。一般文献报道不能作为应用案例。

（2）经济性评估

对实施条件下的预处理成本、处理成本、后处理成本等进行定性描述或定量比较。每一种成本均可包括劳动力成本、监测成本、燃料成本、装置成本、安装/拆卸成本、操作维护成本、运输成本、水电成本、专利成本等。

(3) 安全性评估

对各修复技术实施条件下的环境影响、潜在二次污染、对施工人员和周边人群安全和健康的影响等方面进行评估。

3. 制定修复技术方案

(1) 确定修复目标值。根据确认的目标污染物、土壤和地下水风险控制值、修复范围以及修复模式和技术确定场地修复目标值。

(2) 制定修复技术路线，应包括污染场地修复总体思路、修复工艺流程、修复具体步骤、修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等。

(3) 确定修复技术工艺参数

场地修复技术的工艺参数应根据实验室小试结果进行初步确定，还可进一步通过现场中试进行优化。工艺参数包括但不限于：

- 设备处理能力（每批次处理所需时间），
- 注入井或抽提井尺寸
- 布设点位和布设方式
- 药剂投加量或比例和投加方式
- 处理条件（温度、物料含水率、粒径大小等）
- 设备影响半径
- 处理需要时间
- 能耗

- 设备占地面积或作业区面积等

(4) 估算污染场地土壤及地下水修复工程量

根据污染场地修复技术路线,按照确定的修复技术或修复技术组合,结合工艺流程和参数,估算污染场地土壤及地下水修复工程量。修复工程量包括估算的土壤及地下水理论修复方量,修复方案涉及的工程量以及修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的工程量。

估算土壤理论修复方量时,可以每种目标污染物的浓度等值线图为基础,以场地风险控制值为依据,结合垂向污染模拟确定污染物在场地中的空间分布,采用专业软件或手动估算等方法进行。对于复合型污染,应将每种目标污染物的浓度等值线图进行叠加,并根据污染物最大的污染深度估算修复理论方量。估算地下水理论修复方量时,还应考虑场地含水层深度及分布条件、地下水类型、流向、流速、水力梯度、地下水水位、土壤介质孔隙度等条件。

4. 二次污染防治

二次污染防治措施应具体可行,具有较强的操作性:

(1) 废水、废气处理设施应明确处理能力、处理工艺、平面布局、主要工艺(设备)参数及排放去向;

(2) 扬尘污染防治应明确实施位置和施工阶段、采用喷洒降尘的应明确频率和持续时间;

(3) 污染土壤临时堆存区等应明确具体位置,说明堆放点

的截流、防尘、防雨和废水处理等措施；

（4）固体废物储存点位置应明确，危险废物储存应按照相应标准设置。

（5）气味较重的挥发性有机物污染土壤开挖、暂存、处理和处置应在负压密闭大棚内进行。

采用固化/稳定化处理污染土壤且在场内地资源化利用的，应明确具体的回填位置和配套的防渗防漏等防范污染设施，提出防止回填处理后土壤发生扰动的后续监管和标识措施，将相应要求提交给后续再开发利用单位并以一定的方式（如列入交地合同条件或其他形式）形成责任交接约束。受场地再开发进度限制，需要在地内暂存的，应明确暂存场地的位置、占地面积、堆高、二次污染防控措施等内容。

第三部分 污染场地修复工程环境监理技术审核要点

一、形式要求

1. 送审报告应加盖场地责任单位和监理单位的公章。
2. 应附具从业人员责任页，明确项目负责人及项目参与人员，从业单位应建立内部审核制度，明确报告的审核人，上述人员均需签字确认。
3. 监理工程师应附环境监理岗位证书。
4. 环境监理报告附件应包括：
 - (1) 巡视检查记录；
 - (2) 环境监理定期报告、专题报告或阶段报告；
 - (3) 监测记录或报告；
 - (4) 环境监理会议记录，包括照片、会议签到、会议纪要等；
 - (5) 环境监理正式往来函件；
 - (6) 环境监理日志；
 - (7) 旁站记录；

二、技术要求

1. 施工准备阶段环境监理

(1) 编制环境监理方案

方案应明确环境监理机构的工作目标，确定具体的环境监理工作流程、方法、制度和措施，必要时应根据修复工程的具体情况编制环境监测计划。

(2) 审核施工组织设计

重点审核修复工程规模、修复工程范围、总平面布置、施工工艺、设备和配套的二次污染防控措施与修复技术方案的相符性，审核环境污染事故应急预案与修复技术方案以及修复工程特点的相符性。

(3) 编制环境监理实施细则

实施细则应针对修复工程中关键工艺环节，制定明确评定标准和方法，并需形成相关结论，应根据修复工程实施过程中的实际情况进行补充、修改和完善。

2. 工程实施阶段环境监理

环境监理日志、报告等文件应提出有针对性的具体技术要求。对于隐蔽工程或其他重要节点应采取旁站方式进行监理，并保留录像、照片等记录。

废水、废气、固体废物排放情况，污染土壤的开挖、暂存、处理和处置应列入环境监理重点记录内容。

环境监理单位应对修复过程中第三方环境监测机构的环境监测布点方案及监测结果进行审核。

工程实施阶段环境监理技术要点可参照表 5、表 6。

表 5 污染土壤修复工程环境监理要点

修复模式	工作环节	主体修复工程环境监理要点	二次污染控制环境监理要点
异位修复	挖掘	区域放样结果；放样范围关键点保护措施；施工安全措施及安全标志；必要的基坑降水过程；挖掘后基坑形状、尺寸和方量。	产生的粉尘及其控制和处理；产生的有机污染气体和气味及其控制和处理；产生的废水及其控制和处理；产生的噪声及其控制和处理；产生的固废尤其是危险废物及其控制和处置。
	短驳或运输	监督车辆按指定路线转移至处理区域；运输车次和运输量。	运输车辆的密封性，严禁跑冒滴漏。
	土壤暂存	暂存场或暂存库的构建过程；污染土壤的分类堆放情况。	暂存场或暂存库构建环保材料（如 HDPE 膜、土工布等）数量和质量；环保材料使用情况。
	土壤修复	土壤预处理（如筛分、破碎等）过程；修复药剂使用情况，包括药剂添加种类、顺序、比例和方式等；修复工程辅助构筑物（如密封大棚）的构建；修复设备和仪器运行使用情况；修复技术工艺实施情况，包括流程、主要环节和工艺参数等。	修复区域地面防渗设施和措施；药剂储存区域防雨防渗措施；设备使用或清洗过程的交叉污染情况；产生的粉尘及其控制；产生的有机污染气体和气味及其控制；产生的废水及其控制；二次污染监测点位布设和现场采样过程。
	修复后土壤回填或外运	土壤回填位置；土壤外运地点和处置方式。	外运车辆的密封性，严禁跑冒滴漏
原位修复	/	修复区域放样结果和施工安全措施及安全标志；修复药剂使用情况，包括药剂添加种类、顺序、比例和方式等；修复辅助构筑物的构建；修复设备和仪器运行使用情况；修复技术工艺实施情况，包括流程、主要环节和工艺参数等；修复效果定期监测。	修复区域防渗设施和措施（如止水帷幕）；药剂储存区域防雨防渗措施；设备使用或清洗过程的交叉污染情况；产生的粉尘及其控制；产生的有机污染气体和气味及其控制；产生的废水及其控制；二次污染监测点位布设和现场采样过程。

表 6 污染地下水修复工程环境监理要点

修复模式	工作环节	主体修复工程环境监理要点	二次污染控制环境监理要点
异位修复	土壤挖掘	区域放样结果；放样范围关键点保护措施；施工安全措施及安全标志；挖掘后基坑形状与尺寸。	产生的粉尘及其控制和处理；产生的气体和气味及其控制和处理；产生的废水及其控制和处理；产生的噪声及其控制和处理；产生的固废和危险废物及其控制和处置。
	地下水抽提	抽提井布设，包括点位位置和深度、抽提井材质和规格等；止水帷幕的构建，包括规格尺寸、边界等；抽提井保护措施；抽提井布设设备或仪器运行使用情况。	钻井过程产生的污水及其控制；钻井过程产生的废气及其控制；钻井过程产生的噪声及其控制。
	地下水、地面处理	地下水处理量的核实；泥水分离系统运行情况；修复药剂使用情况，包括药剂添加种类、顺序、比例和方式等；污染物处理工艺实施情况，包括流程、主要环节和工艺参数等；水质定期采样监测。	地面处理区域防渗设施和措施；药剂储存区域防雨防渗措施；设备使用或清洗过程的交叉污染情况；产生的有机污染气体和气味及其控制；产生的废水及其控制；二次污染监测点位布设和现场采样过程。
	修复后地下水排放	出水水质达标情况；出水回灌方式和路线；纳管位置和经纳管排放后的去向。	排放管道材质及密封性能；产生的废水及其控制。
原位修复	/	修复区域放样结果和施工安全措施及安全标志；修复效果监测计划，包括监测因子、监测周期等；监测井网络构建，包括井管材质、规格尺寸、布设点位、深度等；修复药剂（如化学或物理药剂）使用情况，包括药剂主要组分、添加顺序、比例、方式和速率等；修复过程构筑物的构建（如止水帷幕、可渗透反应屏障等）；修复实施装置构建，如搅拌系统、注入系统、修复药剂配备系统等；修复设备和仪器运行使用情况（包括各种泵机、空压机、探头、管路及仪表、在线监控设备、气体收集设施等）；其它修复技术工艺环节和参数。	修复区域防渗设施和措施（如止水帷幕）；药剂储存区域防雨防渗措施；设备使用或清洗过程的交叉污染情况；产生的粉尘及其控制；产生的有机污染气体和气味及其控制；产生的废水及其控制；产生的固废（如钻井过程中产生的土壤、废弃活性炭等）及其控制。

第4章 污染场地修复工程效果评估技术审核要点

一、形式要求

1. 送审报告应加盖场地责任单位和监理单位的公章。

2. 应附具从业人员责任页，明确项目负责人及项目参与人员，从业单位应建立内部审核制度，明确报告的审核人，上述人员均需签字确认。

3. 效果评估报告附件应包括：

（1）工程竣工报告

（2）环境监理总结报告

（3）效果评估监测报告

二、技术要求

1. 效果评估监测范围

采用原位修复技术的，监测范围应与污染场地修复方案中确定的修复范围一致；采用异位修复技术，监测范围应包括污染场地挖掘清理区域和开展异位修复的土壤和地下水；当修复工程发生变更时，应根据实际情况对效果评估范围进行调整。

2. 效果评估监测介质与项目

监测介质主要为污染场地修复范围内的土壤和地下水，或经异位修复处理后的土壤和地下水，其它监测介质可根据具体修复技术工艺确定。

监测项目主要为污染场地修复技术方案中确定的土壤和地

下水关注污染物。如果污染土壤和地下水修复中加入了修复药剂，监测项目还应包含修复药剂可能产生的污染因子。当地下水异位修复达标后进行排放时，其监测因子除目标污染物外，还应包括国家或上海市相关废水排放标准中的主要监测因子。如果污染场地修复工程还包括场地地表水，则具体监测项目应根据污染场地修复技术方案确定。

3. 效果评估监测程序与方法

对于采取原位修复模式进行修复的污染场地，应在修复工程完成后进行效果评估监测。

对于采取异位修复模式进行修复的污染场地，应在基坑回填之前对基坑土壤进行效果评估监测，在修复实施过程中对修复范围内地下水进行动态监测。对于异位修复后的土壤和地下水，可根据施工进度计划，在其最终处置（如土壤外运或回填，地下水回灌或排放等）之前分批次进行阶段性监测和竣工验收监测。

4. 效果评估采样布点

（1）土壤异位修复基坑采样布点

基坑底部采样布点：根据基坑底部面积确定样品采集数量，并划分采样单元，采样单元原则上网格大小不超过 20 m×20 m，可将每个采样单元均匀划分为 9 个地块，并在每个地块采集 1 个表层样品制成 1 个混合样（测定挥发性有机物项目的样品除外）。采样点原则上应位于每个采样单元或地块的几何中心位置，可根据土壤异常气味和颜色并结合场地污染状况确定。

基坑侧壁采样布点：根据基坑侧壁长度确定样品采集数量，并按样品数量均匀划分横向采样单元，横向采样单元原则上不超过 40 m，可在每个横向采样单元均匀划分 9 段，并在每段剖面表面采集 1 个样品制成 1 个混合样（测定挥发性有机物项目的样品除外）。当挖掘清理深度不超过 1 m 时，不进行垂向分层采样，当挖掘清理深度大于 1 m 时，应进行垂向分层采样，第一层为表层土壤，表层以下以 3 m 为一个垂向采样单元进行分层采样。

针对挥发性有机物污染场地不宜采用混合取样，应在每个采样单元的中心或表观最严重的区域取 1 个剖面表层以内土壤样品。

（2）异位修复后土壤采样布点

异位修复后土壤采样布点：修复后的土壤以 500 m³ 为一个采样单元，可在土壤堆体表层、中层和底层分别采集土壤样品制成 1 个混合样（挥发性有机物修复除外）。当修复量不超过 500 m³ 时，应同时采集 1 个平行样品。

针对挥发性有机物污染土壤不宜采用混合取样，应在每个采样单元表观最严重的区域采集 1 个土壤样品，可借助 PID 等现场检测仪器确定采样区域。

（3）土壤原位修复采样布点

对修复范围内的土壤进行钻孔分层采样，在每一个水平采样单元采集土壤样品。水平采样单元面积按上述基坑底部采样布点方法确定，修复范围边界采样单元长度按上述基坑侧壁采样布点

方法确定。当垂向深度不超过 1 m 时，采集表层土壤；当垂向深度大于 1 m 时，第一层为表层土壤，表层以下以 3 m 为一个垂向采样单元进行分层采样。

采样点原则上应位于每个采样单元的几何中心位置，可根据土壤异常气味和颜色并结合场地污染状况确定。

针对挥发性有机物污染土壤不宜采用混合取样，应在每个采样单元表观最严重的区域采集 1 个表层以下土壤样品。

（4）地下水原位修复采样布点

地下水监测井应依据地下水的流向、污染区域地理位置及污染分布特征进行设置，修复范围内采样点不少于 3 个，其中上游和下游地下水采样点均不少于 1 个。可利用场地环境调查和修复过程建设的监测井，但其数量不应超过效果评估时监测井总数的 60%。不可利用原位修复的注入井/抽提井采集地下水效果评估测试样品。新增地下水监测井位置应布设在原地下水污染最严重区域。未通过效果评估前，应尽量保持场地环境调查和修复过程中使用的地下水监测井完好。

（5）地下水异位修复采样

对地下水污染抽提范围内的效果评估监测采样参照地下水原位修复监测采样方法执行。

对抽提后修复完毕的地下水，效果评估监测采样方法按下述执行：1）采用序批式处理方式对污染地下水进行修复时，效果评估监测采样可以每 1 个批次地下水为 1 个采样单元；2）采用

连续处理方式对污染地下水进行修复时，可在单日施工周期内于出水口位置每 2 h 采集一个样品，制成 1 个混合样；3) 针对挥发性有机物污染地下水不宜采用混合取样。

(6) 场地残余危险废物等清理的效果评估监测

在场地残余危险废物和具有危险废物特征土壤的清理作业结束后，应对清理界面的土壤进行布点采样。根据界面的特征和大小将其分成面积相等的若干地块，单块面积不应超过 100 m²。在每个地块中均匀分布地采集 9 个表层土壤样品制成混合样（挥发性有机物除外）。如有挥发性有机物污染，在每个地块的中心或表观最严重的区域取 1 个表层土壤样品。

如监测结果仍超过相应的修复目标值，应根据监测结果确定二次清理的边界，二次清理后再次进行监测，直至清理达到标准。

5. 修复效果评估

(1) 评估标准

效果评估标准为修复方案中确定的修复目标，包括目标污染物的修复目标值、场地表观特征指标及其它相关标准（如地下水地面处理后的排放标准等）。

(2) 评估方法

对总体样本进行逐个对比法评价，若某点位中所有目标污染物的检测值均低于或等于评估标准时，则判定该点位为合格点位。

审核

