

上海市污染场地修复方案编制规范

（试行）

上海市环境保护局

目 次

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、工作程序和内容	2
5 选择修复模式	1
6 筛选修复技术	3
7 制定修复技术方案	5
8 编制修复方案	7
附录 A 污染场地修复目标值制定方法	9
附录 B 污染场地修复方案编制大纲	10

1 适用范围

本编制规范规定了上海市污染场地土壤和地下水修复方案编制的基本原则、程序、内容和技术要求。

本编制规范适用于上海市污染场地土壤和地下水修复方案的制定。

本编制规范不适用于放射性污染和致病性生物污染土壤和地下水修复方案的编制。

2 规范性引用文件

本编制规范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规范。

本编制规范发布后，如国家或上海推出新的场地修复技术规范和相关评估标准，则以新规范和标准为准。

HJ-T 164-2004 地下水环境监测技术规范

HJ/T 166-2004 土壤环境监测技术规范

HJ/T2.1-93 环境影响评价技术导则 总纲

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本编制规范。

3.1 场地 site

某一地块范围内一定深度的土壤、地下水、地表水以及地块内所有构筑物、设施和生物的总和。

3.2 污染场地 contaminated site

对潜在污染场地进行调查和风险评估后，确认污染物含量或浓度超过人体健康或生态环境可接受水平的场地，又称被污染地块。

3.3 土壤修复 soil remediation

采用物理、化学或生物的方法固定、转移、吸收、降解或转化场地土壤中的污染物，使其含量降低到可接受水平，或将有毒有害的污染物转化为无害物质的过程。

3.4 场地修复目标 site remediation goal

由场地环境调查和风险评估确定的目标污染物及其可接受的风险水平。

3.5 风险控制值 risk control value

基于《上海市污染场地风险评估技术规范》规定的用地暴露情景、可接受致癌风险（ 10^{-6} ）和可接受危害商值（1），采用推荐风险评估方法和场地调查获得相关数据计算的土壤/地下水中污染物的浓度限值。场地中超过土壤/地下水风险控制值的区域为风险不可接受的污染区域，需要开展进一步行动。

3.6 修复模式 remediation strategy

对污染场地进行修复的总体思路，包括原地修复、异地修复、异地处置、自然修复、污染阻隔、居民防护和制度控制等，又称修复策略。

4 基本原则、工作程序和内容

4.1 基本原则

4.1.1 科学性原则

采用科学的方法，综合考虑污染场地修复目标、土壤和地下水修复技术的处理效果、修复时间、修复成本、修复工程的环境影响等因素，制定修复方案。

4.1.2 可行性原则

制定的污染场地修复方案要合理可行，要在前期工作的基础上，针对污染场地的污染性质、程度、范围以及对人体健康造成生态环境

造成的危害，合理选择土壤和地下水修复技术，因地制宜制定修复方案，使修复目标可达，且修复工程切实可行。

4.1.3 安全性原则

制定污染场地修复方案要确保污染场地修复工程实施安全，防止对施工人员、周边人群健康以及生态环境产生危害和二次污染。

4.2 工作程序和内容

污染场地修复方案编制的工作程序如图 1 所示。

污染场地修复方案编制分三个阶段进行：

4.2.1 选择修复模式

在对污染场地前期信息和环境调查资料进行全面核查、场地状况现场考察和相关技术资料补充调查等工作的基础上，确认目标污染物、修复目标、修复范围和修复时间需求，选择确定污染场地修复总体思路和修复后土壤及地下水的处置及去向，并在此基础上选择污染场地修复模式。

4.2.2 筛选修复技术

根据污染场地的具体情况，按照确定的修复模式，筛选实用的场地修复技术，并结合场地条件和污染特征，从适用条件、对本场地修复效果、经济性和环境安全性等方面进行评估

4.2.3 制定修复方案

根据确定的修复技术，制定污染场地修复技术路线，优化并确定修复工艺参数，估算污染场地土壤和地下水修复的工程量，提出并确定修复方案，并编制场地修复环境管理计划。

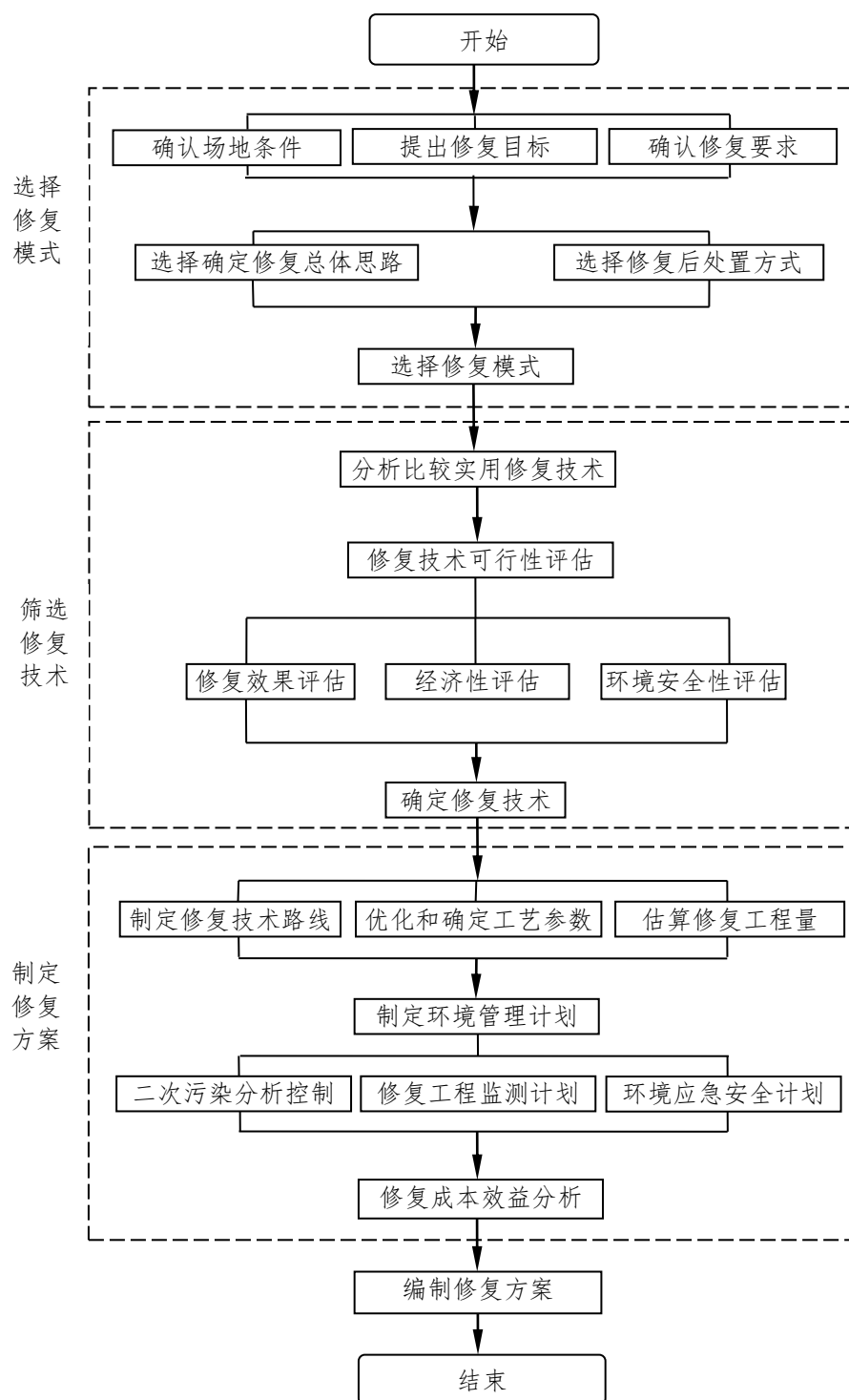


图1 上海市污染场地修复方案编制程序和内容

5 选择修复模式

5.1 确认场地条件

5.1.1 核查场地相关资料

(1) 资料完整性。

包括场地现状与历史信息的完整性和场地环境调查与风险评估资料的完整性。重点审查前期获得的场地信息和资料是否满足污染场地修复方案编制的要求。

(2) 资料有效性。

审查前期场地相关资料的时效性，特别是对场地状况发生了比较大的变化，或污染物特性发生比较大的变化的情况，重点审查前期场地信息和资料是否能客观反映场地实际情况。

5.1.2 现场考察场地状况

(1) 场地现状。

方案编制人员应现场考察场地现状，特别关注与前期场地环境调查和风险评估相比发生的重大变化。

(2) 场地施工条件。

方案编制人员应现场考察场地修复工程施工条件，特别关注场地用电、用水、施工道路、安全保卫等情况，为修复方案的工程施工区布局提供基础信息。

(3) 场地周边情况。

方案编制人员应现场考察场地周边情况，特别关注周边环境保护敏感目标，如集中式居民点、学校、医院、饮用水源地、重要农产品生产基地等，描述与修复工程作业区的关系等。

5.1.3 补充相关技术资料

通过核查场地已有的资料和现场考察场地状况，如发现不能满足

修复方案编制基础信息资料要求，应适当补充相关资料，如地层及地下水信息缺乏，应补充地勘资料；如场地土地利用方式发生改变，应补充土地利用规划资料；如修复后土壤利用方式不明确，应补充修复后土壤的去向信息等。若场地现状发生重大变化，必要时应适当开展补充监测，甚至进行补充性场地环境调查和风险评估。

5.2 提出修复目标

通过对前期获得的场地环境调查和风险评估资料进行分析，结合必要的补充调查，确认污染场地土壤及地下水修复的目标污染物、修复目标值和修复范围。

5.2.1 确认目标污染物

确认场地前期环境调查和风险评估提出的目标污染物是否客观反映污染场地污染特征和风险，目标污染物是否具有代表性，是否为风险关注污染物等。详细分析其与场地特征污染物的关联性、与相关标准的符合程度等。具体给出目标污染物在土壤和地下水含量变化范围和在不同修复区域的分布等信息。

5.2.2 确认风险控制值

确认场地前期环境调查和风险评估提出的风险控制值是否完整和合理。

5.2.3 确定修复范围

根据场地环境调查、监测和风险评估的工作资料和成果，结合目标污染物种类、浓度水平和土壤/地下水风险控制值等结果确定污染场地修复范围，包括修复边界和污染深度分布，特别要关注污染土层异常分布情况（非连续性自上而下分布），为修复工程量核算提供准确依据。修复范围可在场地测绘图件上详细描述，给出高程基准水平线、点线位置图等。

5.2.4 提出修复目标值

场地修复目标值的提出参考附录 A。

5.3 选择修复模式

根据污染场地条件、修复目标和修复要求，选择确定污染场地修复总体思路和修复后土壤及地下水的处置方式。永久性处理修复优先于处置，即显著地减少污染物数量、毒性和迁移性。鼓励采用绿色的、可持续的和资源化修复。

6 筛选修复技术

6.1 分析比较可选修复技术

结合污染场地污染特征、土壤及地下水特性和选择的修复模式，从技术成熟度、适合的目标污染物和土壤类型、修复的效果、时间和成本等方面分析比较现有的场地修复技术优缺点，重点分析各修复技术工程应用的实用性。可以采用列表描述修复技术原理、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。通过比较分析，提出 1 种或多种备选修复技术进行下一步可行性评估。

6.2 修复技术可行性评估

修复技术可行性评估可从修复效果、经济性和环境安全性三个方面进行。

6.2.1 修复效果评估

场地修复技术的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修复效果。

（1）实验室小试

实验室小试应采集本场地污染土壤和地下水为材料进行试验，应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。

（2）现场中试

如对场地修复技术适用性不确定，有条件时，可结合本场地状况开展现场中试，验证修复技术实际效果，包括环境管理和工程管理等措施。应根据总体修复思路、修复技术特点，在现场尽量选择 2 种以上污染物含量变化梯度、污染物组合情况等具有代表性的区域。中试试验应尽量兼顾到场地中不同区域、不同污染浓度和不同土壤及地下水类型，获得污染场地修复工程设计所需要的参数。

（3）应用案例分析

场地修复技术可行性评估也可以采用相同或类似情境（目标污染物相同，场地特征和土壤地下水特性相似等）的应用案例分析进行。但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。有条件时，应现场考察应用案例实际工程。

6.2.2 经济性评估

场地修复技术的经济性评估过程可对修复技术实施条件下的预处理成本、处理成本、后处理成本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。

6.2.3 环境安全性评估

场地修复技术的环境安全性评估可包括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。

6.3 确定修复技术

根据可行性评估结果确定最佳修复技术。对于复合污染场地，可

结合污染类型，根据可行性评估结果确定最佳修复技术组合。

7 制定修复方案

7.1 制定场地修复技术路线

根据确定的场地修复模式和场地修复技术或技术组合，制定污染场地土壤及地下水修复技术路线。修复技术路线应反映污染场地修复总体思路和修复方式、修复工艺流程和具体步骤，还应包括场地土壤及地下水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。

7.2 优化和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，并可通过现场中试进行优化和最终确定。工艺参数包括但不限于设备处理能力，或每批次处理需要时间，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），能耗，设备占地面积或作业区面积等。

7.3 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，应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，并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、地下水流向、流速、水力梯度、地下水水位、土壤介质孔隙度等条件。

7.4 制定环境管理计划

污染场地修复工程环境管理计划包括二次污染控制措施、修复工程监测计划和环境应急安全计划。

7.4.1 二次污染分析和控制措施

对于污染场地修复工程的实施，应先分析修复工程的环境影响，内容包括修复工程预分析、污染物排放与控制分析。污染场地修复工程预分析内容包括修复工程的类型、规模、能源与资源用量、修复工程项目所在地的环境条件等。污染物排放与控制分析包括修复过程中废水、废气、恶臭气体、固体废物、其它特征污染物、扬尘、噪声等的排放特征，对环境影响的程度和范围，提出控制措施。

7.4.2 修复工程监测计划

修复工程监测计划可包括修复工程环境监理、二次污染环境监测、修复工程验收环境监测和修复后回顾性评估监测。应根据确定的修复方案，结合场地污染特征和场地所处环境条件，有针对性地制定修复工程环境监测计划。

（1）修复工程环境监理

修复工程环境监理主要包括技术文件以及工程实施方案的审核，环境监理实施细则（可包括环境监理的内容、范围、方式、程序、制度和组织机构等）的制定，二次污染措施、监测计划和环境应急安全计划实施情况的监督和指导等。

（2）二次污染环境监测

修复工程二次污染环境监测应重点关注土壤挖掘清理区域、土壤处理及暂存区域、地下水污染区域、地下水地面处理区域，并关注修

复工程中的挖掘清理过程、短驳或运输过程、土壤地下水处理过程中产生的废水、废气和固体废物、处理后土壤和地下水的去向等方面可能发生的环境污染问题。

（3）验收环境监测

修复工程验收环境监测的相关技术要求参考《上海市场地环境监测技术规范》执行。

（4）回顾性评估监测

污染场地修复后，在满足经济条件和未来场地开发用途的基础上，可根据修复技术特点制定修复后回顾性评估监测计划。

7.4.3 环境应急安全计划

为确保场地修复过程中施工人员与周边居民的安全，应制定周密的场地修复工程环境应急安全计划，内容包括安全问题识别、需要采取的预防措施、突发事件时的应急措施、必须配备的安全防护装备、安全防护培训等。

7.5 分析成本效益

成本—效益分析包括污染场地修复工程的修复成本分析和环境效益分析两部分。修复成本分析应包括修复工程的直接成本和间接成本分析，其中直接成本主要包括修复工程主体设备、场地准备、土壤预处理、污染土壤处理、污染地下水处理等费用，间接成本包括修复工程监测、工程监理、质量控制、健康安全防护、二次污染防范措施等费用。环境效益分析包括修复后人体健康效益和生态环境效益，环境效益分析可根据每个污染场地修复项目的具体情况决定是否分析。

8 编制修复方案

8.1 总体要求

修复方案应全面、准确地反映出修复方案中的全部工作内容。报告中的文字应简洁和准确，并尽量采用图、表和照片等形式描述各种关键技术信息，以利于施工方制定污染场地修复工程施工方案。

8.2 主要内容

修复方案应根据污染场地所在地的区域环境特征和污染场地修复工程的特点选择附录 B 全部或部分内容进行编制。

附录 A 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。

附录 B 污染场地修复方案编制大纲

- 1 项目背景
 - 1.1 任务由来
 - 1.2 编制依据
 - 1.3 编制内容
- 2 场地问题识别
 - 2.1 所在区域概况
 - 2.2 场地基本信息
 - 2.3 场地环境特征
 - 2.4 场地污染特征
 - 2.5 土壤地下水污染风险
- 3 场地修复模式
 - 3.1 场地修复总体思路
 - 3.2 场地修复范围
 - 3.2 场地修复目标
- 4 修复技术筛选
 - 5.1 土壤及地下水修复技术简述
 - 5.2 土壤及地下水修复技术可行性评估
- 5 污染场地修复技术方案
 - 5.1 修复技术路线
 - 5.2 修复技术工艺参数
 - 5.3 修复工程量估算
- 6 环境管理计划
 - 6.1 修复工程环境监理
 - 6.2 二次污染分析及控制措施
 - 6.3 修复工程监测计划
 - 6.4 环境应急方案
- 7 修复工程设计
- 8 成本效益分析
 - 8.1 修复费用
 - 8.2 环境效益、经济效益、社会效益
- 9 问题和建议