

重庆场地环境风险评估技术指南

重庆市环境保护局

2010年1月

前言

为贯彻落实国务院《关于落实科学发展观加强环境保护的决定》，认真做好我市搬迁、关破工业企业原址场地（以下简称场地）污染环境风险评估工作，市环境保护局委托重庆市固体废物管理中心组织科研单位，在借鉴国外及国内先期开展工作经验基础上，结合重庆实际，编制了《重庆市场地环境风险评估技术指南》（以下简称《指南》）。《指南》规定了实施场地环境风险评估的一般原则、程序、方法、内容及污染土壤的修复和遗留工业固体废物处置。《指南》适用于重庆市范围内污染场地环境风险评估与修复以及遗留工业固体废物处置方案的编制。《指南》作为重庆市场地环境风险评估技术报告书编制与评审的技术依据。

《指南》在评估程序上采用两阶段评估流程。风险评估方法以美国环保署超级基金推荐的方法为理论基础，结合国内实际和重庆市场地情况、评估人员的技术素质和行政管理要求进行了调整，并在 2009 年的场地风险评估中进行试用。针对实际应用中发现的问题，编写组反复与重庆固废管理中心、服务中心以及重庆市和国内其他城市的专家学者进行单独及会议研讨寻找解决方案，同时实时关注国家环保部在此方面的工作进展，遵循理论依据清晰和操作性强的编制原则，先后经过 5 次修改，最终于 2009 年底完成了《指南》的编制工作。

《指南》中环境风险评估的概念仍沿用了目前国内通常的用法，仅包含健康风险评估部分，不含生态风险评估部分。

《指南》涵盖了场地调查、风险评估和修复方案三个方面的内容，在国家环保部《场地环境调查技术规范》、《污染场地风险评估技术导则》和《污染场地土壤修复技术导则》、《污染场地环境监测技术导则》正式公布实施之前，用于指导重庆市本地的污染场地环境风险评估和修复工作，其中少量内容与环保部的征求意见稿不甚一致，在环保部的导则正式发布之后，若仍有不一致的地方，按环保部的导则实施，环保部导则中没有或不够详细部分，如：第一阶段的采样布点方法、铅污染场地的风险评估方法等，仍按本指南实施。

目录

1 总则.....	1
1.1 评估的目的和意义.....	1
1.2 评估的法律、法规及政策依据.....	1
1.3 规范性引用文件.....	2
1.4 术语和定义.....	2
1.5 适用范围.....	4
2 场地环境风险评估工作程序.....	5
3 场地污染调查.....	7
3.1 场地环境风险识别.....	8
3.1.1 场地环境风险识别的目的和任务.....	8
3.1.2 场地环境风险识别的内容及程序.....	8
3.1.3 场地资料收集.....	9
3.1.4 场地踏勘.....	10
3.1.5 场地环境风险识别.....	12
3.1.6 场地环境风险识别的结论.....	12
3.2 场地环境风险确认.....	13
3.2.1 场地环境风险确认的目的和任务.....	13
3.2.2 场地环境风险确认的内容.....	13
3.2.3 评估标准.....	14
3.2.4 采样方案.....	14
3.2.5 评估方法.....	16
3.2.6 评估结果.....	16
3.3 场地污染调查报告的结论及建议.....	17
4 场地环境风险评估.....	18
4.1 场地环境风险评估的目的和任务.....	18
4.2 场地环境风险评估的内容.....	18
4.3 第一阶段场地污染调查工作回顾.....	18

4.4 采样方案.....	19
4.4.1 监测布点.....	19
4.4.2 监测因子及分析方法.....	19
4.4.3 采样.....	20
4.5 监测结果及分析.....	20
4.6 场地环境风险评估.....	20
4.6.1 暴露分析.....	21
4.6.2 毒理分析.....	24
4.6.3 环境风险计算及评估.....	25
4.6.4 铅污染场地环境风险评估.....	25
5 污染土壤修复方案.....	27
5.1 污染土壤修复方案的目的及任务.....	27
5.2 污染土壤修复方案的内容及工作程序.....	27
5.3 污染土壤修复标准评估.....	28
5.4 污染土壤修复范围及修复量.....	29
5.5 污染土壤修复方案初步论证.....	30
5.6 第二阶段报告结论及建议.....	30
参考文献.....	31
附件:	
附件 1 “污染点”探查布点法.....	34
附件 2 采样方法.....	38
附件 3 环境风险计算.....	40
附件 4 污染土壤修复技术.....	48
附件 5 评估报告书要件及质量要求.....	57
附件 6 各阶段报告书格式.....	60

1 总则

1.1 评估的目的和意义

随着我市社会经济的迅速发展、城市化进程的加快以及调整经济结构和产业布局的需要，许多工业企业通过关闭、破产、异地迁建等陆续搬出主城区建成区，原有的工业企业用地被逐步调整为居住用地或公建用地，用地性质发生改变。由于历史上的粗放型生产，部分工业企业因“跑、冒、滴、漏”及工业“三废”的排放，导致场地土壤被不同程度的污染。因此，有必要在企业终止生产后对场地污染情况进行调查，对改变用途后可能给人体健康造成的风险进行评估，为政府有关部门对场地开发利用决策提供科学依据。

场地环境风险评估通过对场地曾经开展各类活动，特别是可能造成污染的生产活动进行调查，弄清原址场地土壤污染和遗留工业固体废物的基本状况，对场地土壤、地下水和遗留工业固体废物进行采样监测分析，确定造成场地土壤、地下水污染的污染因子、污染范围、污染程度和工业固体废物的属性，根据场地现状和土地利用规划要求，评估场地环境可能对人体健康造成的风险，初步提出场地污染土壤修复和遗留工业固体废物处置方案。

1.2 评估的法律、法规及政策依据

1. 《中华人民共和国环境保护法》（1989年）
2. 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2004年修订）
3. 国务院《关于落实科学发展观加强环境保护的决定》（国发〔2005〕39号）
4. 《关于加强土壤污染防治工作的意见》环发〔2008〕48号
5. 《关于切实做好企业搬迁过程中环境污染防治工作的通知》（国环办〔2004〕47号）
6. 《关于加快实施主城区环境污染安全隐患重点企业搬迁工作的意见》（渝府发〔2004〕59号）

7. 《关于加强环境保护若干问题的决定》（中共重庆市委、重庆市人民政府 2006 年 7 月）
8. 重庆市环境保护局《关于加强关停破产搬迁企业遗留工业固体废物环境保护工作的通知》（渝环发[2006]59 号）

1.3 规范性引用文件

本指南内容引用了下列文件中的条款。凡是不注日期的引用文件，其有效版本适用于本指南。

GB15618	中华人民共和国土壤环境质量标准
GB/T14848	地下水质量标准
GB 3838	地表水环境质量标准
GB5085	危险废物鉴别标准
HJ/T25	工业企业土壤环境质量风险评价基准
HJ 350	展览会用地土壤环境质量评价标准（暂行）
HJ/T20	工业固体废物采样制样技术规范
HJ/T91	地表水和污水监测技术规范
HJ/T164	土壤环境监测技术规范
HJ/T166	地下水环境监测技术规范
HJ/T298	危险废物鉴别技术规范

1.4 术语和定义

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。本标准中的场地仅限于某一地块内一定深度的土壤和地下水，还包括场地内的遗留固体废物。

土壤 (soil): 连续覆被于地球陆地表面具有肥力的疏松物质，是随着气候、生物、母质、地形和时间因素变化而变化的历史自然体。

地下水 (ground water): 狭义指埋藏于地面以下岩土孔隙、裂隙、溶隙饱和层中的重力水，广义指地表以下各种形式的水。

关注污染物 (contaminants of concern): 根据场地环境调查结果和场地利益

相关方意见，确定为需要进行风险评估的污染物。

污染场地 (contaminated site): 指内因从事生产、经营、处理、贮存有毒有害物质, 或堆放、处理处置危险废物, 以及从事矿山开采等活动而被污染的场地, 且该场地对人体健康或生态环境存在危害。

污染点 (hot spot): 场地内假设的椭圆形污染区域, 其内部污染物浓度或风险值/危害指数超过规定标准值。

风险 (risk): 导致不利影响的可能性、概率等。可以采用定性或定量的方式进行表述。

风险评估 (Risk assessment): 对场地内关注污染物可能对受体和相关生态环境造成不利影响的分析。风险分析是制定修复行动目标的基础, 同时决定是否对场地实施临时措施或修复行动。

污染场地健康风险评估 (health risk assessment for contaminated sites): 分析污染场地土壤和浅层地下水(中污染物)通过不同暴露途径, 对人体健康产生危害的可能性, 计算基于风险的土壤修复限值以及保护地下水的土壤修复限值。注意: 在本指南中, 延用国内目前的习惯叫法, 将健康风险评估简称为“环境风险评估 (risk assessment)”, 不包括生态风险评估 (ecological risk assessment) 部分。

危害商 (hazard quotient): 污染物每日摄入量与参考剂量的比值, 用来表征人体经单一途径暴露于单一非致癌污染物而受到危害的水平。

危害指数 (hazard index): 多种暴露途径或多种关注污染物对应的危害商值之和, 用来表征人体经多个途径暴露于单一污染物或暴露于多种污染物而受到危害的水平。

可接受风险水平 (acceptable risk level): 包括可接受致癌风险水平和非致癌效应可接受危害商。对于单一关注污染物, 本标准规定可接受致癌风险水平为(小于或等于) 10^{-6} , 可接受危害商为(小于或等于) 1。

住宅及公共用地 (residential and public land): 指用于生活居住的各类房屋用地及其附属设施用地, 以及科教文卫、公共设施等用地。具体包括普通住宅、公寓、别墅、学校、医院、公园、绿地等。

商服及工业用地 (commercial, service and industrial land): 指用于商业、服

务业和工业的土地。包括商场、超市等各类批发（零售）用地及其附属用地，宾馆、酒店等住宿餐饮用地，办公场所、金融活动等商务用地，洗车场、加油站、展览场馆等其他商服用地，以及工业生产场所、工业生产附属设施用地、物资储备场所、物资中转场所等。

修复行动值（action value）：当土壤污染物浓度或风险值/危害指数高于此值时，土壤需要进行修复。该值用来划定需要进行土壤修复的范围。

修复目标值（target value）：污染土壤经过修复后应达到的质量标准。

土壤背景值（soil background value）：背景值的严格定义是指区域内很少受人类活动影响和不受或未明显受现代工业污染与破坏的情况下，土壤原来固有的化学组成和元素含量水平。但实际上很难找到不受人类活动和污染影响的土壤，尤其是工业场地周围，因此，本指南中所称背景值是指场地周围未被该场地内工业活动污染或污染非常轻的土壤原来固有的化学组成和元素含量水平，也可称为对照值。

固体废物（solid waste）：指在生产、生活和其他活动中产生的丧失原有利用价值或者虽未丧失利用价值但被抛弃或者放弃的固态、半固态、置于容器中的气态物品、物质以及法律、行政法规规定纳入固体废物管理的物品、物质。

工业固体废物（industrial solid waste）：是指在工业生产中产生的固体废物。

危险废物（hazardous waste）：指列入国家危险废物名录或根据国家规定的危险废物鉴别标准和鉴别方法认定具有危险性的废弃物。

1.5 适用范围

本指南适用于重庆市内污染场地环境风险评估和土壤修复方案编制工作。在国家环保部污染场地风险评估和修复相关标准及规范正式公布实施之后，与本指南中内容有不一致的，按环保部的标准及规范实施，

2 场地环境风险评估工作程序

场地环境风险评估分两个阶段进行：

第一阶段——场地污染调查；

第二阶段——场地环境风险评估及污染土壤修复方案。

两个阶段的工作量逐级加大，相应地对场地环境的了解也逐级加深，评判标准也由严格过渡到合理可行。评估工作是否由前一阶段进入后一阶段，要依前一阶段的评估结论而定。

第一阶段评估工作的主要目的是通过资料收集、档案查阅、公众调查、现场踏勘等手段，了解场地的使用历史，特别是通过对场地内跑、冒、滴、漏和排污历史的分析，初步判断存在场地污染问题的可能性。对于不能排除被污染可能的区域，通过初步的采样监测进行判别。如果没有发现污染点，则评估结论认为场地不存在环境风险，整个评估工作结束。如果发现污染点，则初步确认场地污染存在，场地环境风险评估工作需要进入第二阶段，对场地环境风险的程度和范围作进一步的详细调查。

第二阶段评估工作的主要目的是对场地进行详细全面的环境风险评估，采用风险评估的方式，量化场地污染范围和程度，确定修复目标值、界定修复区域和计算修复量，对修复方案进行初步论述。

场地环境风险评估两个阶段的关系见图 2.1。

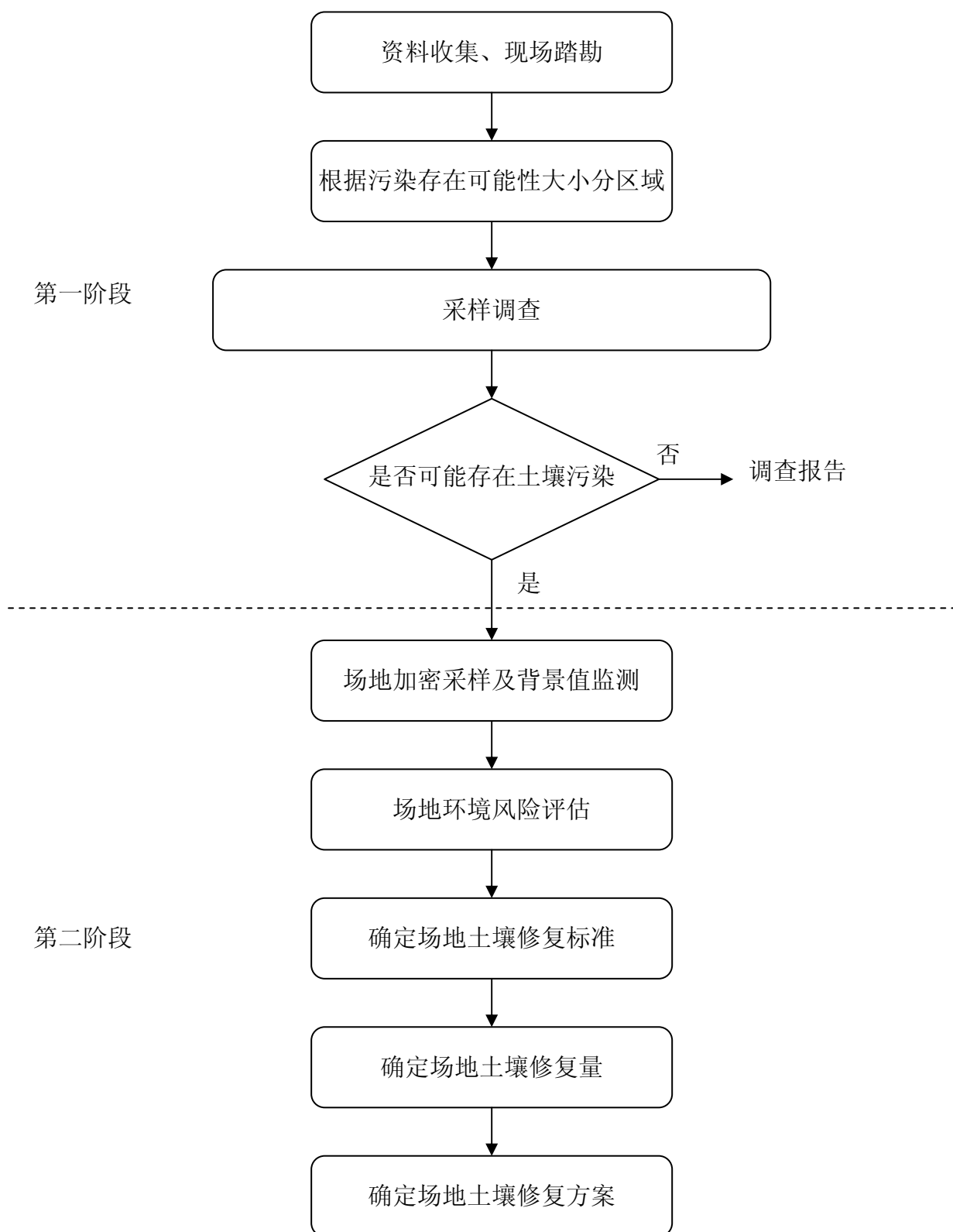


图 2.1 场地污染调查及风险评估工作程序

3 场地污染调查

场地环境风险评估的第一阶段实质上是一个场地环境风险的筛查的过程,通过风险识别和风险确认两个步骤对场地内是否存在环境风险,工作流程见图 2.1。

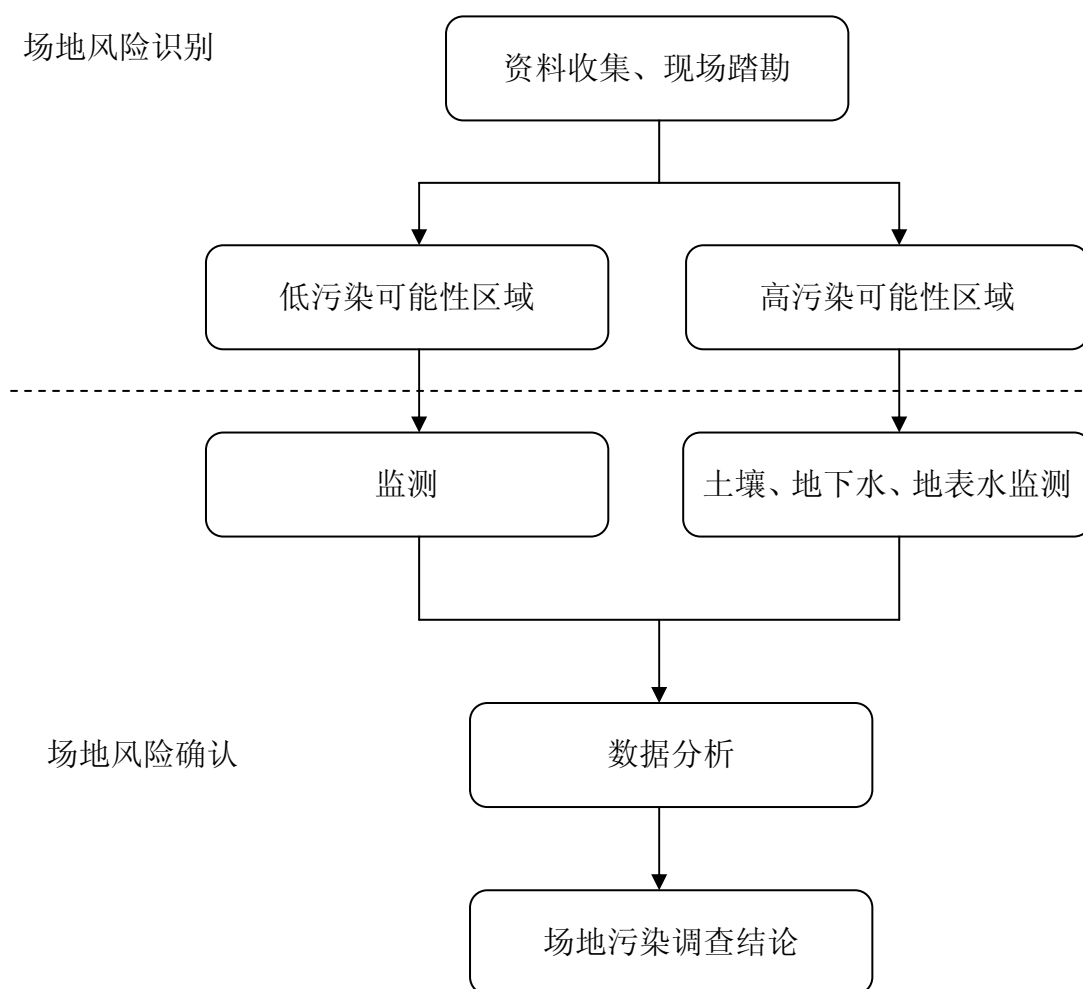


图 3.1 场地污染调查工作流程

3.1 场地环境风险识别

3.1.1 场地环境风险识别的目的和任务

场地环境风险识别的主要任务有两个：一是在实施采样分析之前，就将场地按被污染可能性的大小分区；二是确定监测因子。目的在于通过区域划分提高工作质量和效率。识别的成果是整个评估场地被划分为两大类：低污染可能性区域和高污染可能性区域。如果识别的结果是整个场地内都不可能存在污染，则结论为该场地不存在环境风险，场地环境风险评估结束，不进入第二阶段的评估工作。

大部分情况下，场地历史记录不全，难以准确判定场地是否存在环境风险问题，识别结果误差较大，因此，为避免污染区域遗漏问题的发生，本阶段应本着保守的原则进行场地环境风险识别。例如：历史资料分析显示场地某区域可能存在污染，也可能不存在，任何一方的结论都缺乏足够的说服力，此时根据保守原则，认为该区域可能存在污染。

3.1.2 场地环境风险识别的内容及程序

场地环境风险识别的结论是在分析场地现有资料和踏勘的基础上得出的，因此，资料的收集和现场踏勘工作是本阶段的核心和基础，主要工作内容包括以下三部分：

- (1) 资料收集；
- (2) 场地踏勘；
- (3) 场地环境风险识别。

这三个部分的工作相互联系、互为补充（图 3.2）。整个场地环境风险识别工作可以首先从资料收集开始，也可以从场地踏勘开始。资料收集的结果影响场地踏勘的内容和方式，场地踏勘本身也是一个从现场收集一手资料的过程，同时踏勘中发现的问题又可能反过来要求从相关渠道补充更多的资料；资料收集和场地踏勘的结果将决定风险筛查的结论，而筛查过程中发现的问题又可能反过来要求再次实施资料收集和现场踏勘、补充数据或澄清问题。一般情况下，要反复数次，才能最终形成可信的识别结论。

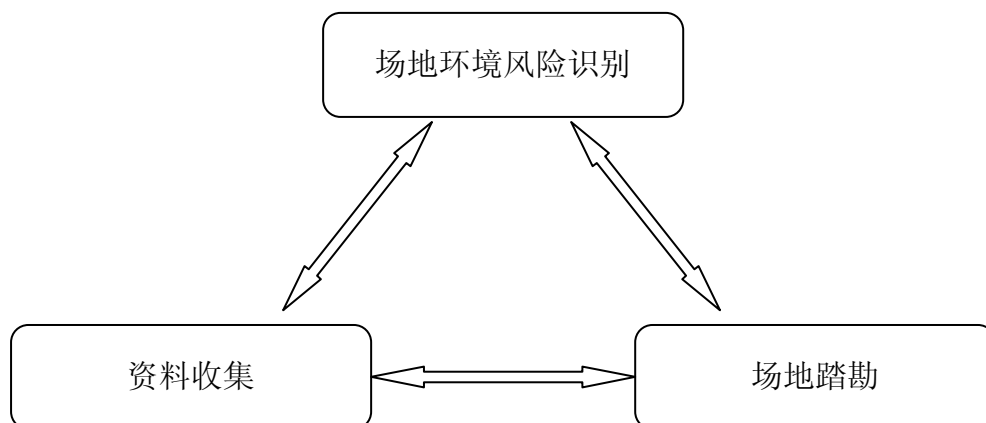


图 3.2 场地环境风险识别工作程序

3.1.3 场地资料收集

评估场地的情况千差万别，资料的收集也不可能完全统一，以下给出大部分场地环境风险评估工作可能涉及的主要资料清单。必须指出的是，该清单仅作参考之用，并不意味着所用场地环境风险评估必须提供清单中的全部资料；同时，也不意味着在清单中没有列出的资料可以不必收集提供。

资料的收集围绕说明污染存在的可能性、类型、分布、范围以及所有权转移相关的环境责任等问题开展，主要有：

- 场地所在地区自然、社会、经济资料；场地水文地质资料；土地利用和土壤类型资料；场地变迁资料，包括：当地的卫片或航片、平面布置图、各类相关批复文件、资料等；
- 原企业曾做过的环境影响（后）评价报告书或报告表、清洁生产审核报告、环境监测报告、排污许可证、污染治理设施运行状况及污染物排放记录、环境污染事故记录、企业环境管理文件等；
- 调查、收集原企业生产过程中使用的原材料、生产工艺及其可能产生的

污染物排放状况、去向；

- 原企业使用化学物品、危险废物的产生、贮存、处置和排放状况等记录；
- 其他相关资料。如厂区内的给排水、供电、供气、通风、管线图，场地地下和地上贮藏库的相关资料等。
- 与职业健康保护相关的文件资料，如：职业健康监护评价报告书等；
- 其他相关资料：环保投诉、新闻报道等。

通常情况下，企业的建设项目环境影响报告书；排污申报登记表、清洁生产审计、职业健康监护评价报告书等有关文件常常包含上述内容，因此，应尽可能要求企业提供上述文件。

通过对上述文件资料的分析，确定场地被污染的可能性和现场调查的重点。

以上资料有些可以由业主提供，有些需要评估单位到相关部门或单位收集，有些来自现场踏勘，同类资料根据各场地的实际情况来源可能不同。

3.1.4 场地踏勘

场地踏勘的目的一是补充其它渠道没有收集到的资料；二是核查验证已收集的资料，因此，踏勘内容与 3.1.2 中所需收集的资料内容一致。

踏勘过程中应重点关注以下内容：

(1) 生产车间厂房

- 生产车间布局及观察生产过程中是否存在跑、冒、滴、漏等污染场地的可能；
- 注意了解车间内是否有危险或有毒有害物品临时存放点；这些存放地点的安全防护是否符合要求、是否存在跑、冒、滴、漏；
- 注意观察存有或使用有毒有害化学品的车间在做地面清洁时是否可能将地面冲洗水未经处理排放到车间门外裸露的土壤或树坑内，导致场地污染；
- 有废水排放的车间，其排污管道是否连接到了废水处理设施内；沿途是否有管道泄露甚至非法排放口；
- 有废气排放的车间，要观察废气处理设施和排放口，了解废气中是否存在可能导致场地污染的物质及污染区域；

- 生产过程中产生的危险废物临时存放是否规范、运输到集中存放点的方式及是否可能在运输过程中污染沿途裸露土壤。

(2) 各种容器

- 如果在场地内发现容器，应向了解容器内存放的物质并查询相关记录，特别了解容器内是否存有或存放过有毒有害化学危险废物，是否有可能导致场地污染；
- 注意了解空容器的处置或回收情况；场地内是否设有容器清洗点、清洗废水的去向以及是否可能导致周围场地污染。

(3) 地下与地上储藏库或设施

- 石油制品或其他危险物质往往会储存在地下储藏罐、地上储藏罐或相连的地下管道中。储藏罐有时泄漏会污染表层土壤、地表水或地下水。储存容器和地点调查内容包括：储存容器类型、数量、大小和存放物质名称、来源；

(4) 排污及环保设施

- 包括对污水排放管道、消化池、雨水沟、深坑等的观察，以确定设施是否完善、是否有渗漏等；
- 排放污水的性质和污染物种类、排放方式、排放量、处理方式、处理量等；观察废水处理设施的运行情况判断是否存在非法排放情况；
- 调查固体废物堆存现状，包括遗留报废生产设施、设备、工业固体废物、废弃包装物等的堆放方式、种类、堆放量；废弃设施、设备、管道中残留的原辅材料、中间体、产品以及工业污水处理污泥等的种类、数量等等。固体废物种类、产生量、排放量、处理方式与处理量等。一些场地内设有生活垃圾或一般工业固体废物处置场，要特别注意这些场地历史上或目前是否被用来处置危险废物。

(5) 放射性物质及废物：放射性物质及废物调查内容包括是否曾使用、贮藏和处理过放射性物质，是否经过国家相关行政管理部门批准，有何种放射性污染的防治措施，是否发生过放射性物质的泄漏，对场地和周边环境有何危害等等。

(6) 危险化学品、农药、杀虫剂、多氯联苯、持久性有机污染物等的使用及贮存设施调查。

(7) 地表水调查：通过观察和了解场地内及周边地表水的污染状况，分析判断存在场地污染的可能性。

(8) 植被损害：场地植被受损情况调查，分析判断存在场地污染的可能性。

(9) 周边企业调查：历史上或目前周边存在排污严重的企业时，应注意观察分析评估场地是否可能被其污染。

(10) 公众调查

- 针对以上调查内容向企业职工，包括在职职工和退休职工收集或验证资料；
- 针对以上调查内容向场地周围居民或商户调查、收集或验证资料；
- 报纸、电视、网络等媒体的相关报道。

(11) 职业病调查

- 有《职业健康监护评价报告书》的，应予以提供
- 没有《职业健康监护评价报告书》的，应单独进行问卷调查和在公众调查表中列项调查。

(12) 现场监测分析：推荐使用便携式现场分析仪器（如：PID、XRF 等）对每一个调查对象和区域进行现场采样分析，以提高工作效率和采样的典型性。

3.1.5 场地环境风险识别

在场地资料收集和场地踏勘的基础上，经过反复论证和分析，对场地潜在环境风险进行识别，将整个场地划分为两类：低污染可能性区域和高污染可能性区域（每类可能各自含有数个相连或孤立的片区），并按片区分别说明判定其可能存在污染的理由以及主要污染物等。有可能存在外源性污染的，也应加以分析说明。

3.1.6 场地环境风险识别的结论

分以下两种情况：

(1) 场地不存在环境风险

当场地风险识别结果认为场地内没有任何可能存在场地污染时，可不必再实施下一步的监测工作，评估单位编制场地污染调查报告书结束整个场地环境风险

评估工作。

调查报告要对判定不存在场地污染的理由应给予充分、清晰的阐述，证据必需充分可靠，必要时提供便携式监测设备的监测分析结果。

（2）场地可能存在环境风险

当场地风险识别无法排除一些区域可能存在环境风险时，需要实施第二步进行采样分析，以判定风险是否确实存在。为此，场地环境风险识别步骤需要提供以下 2 项识别成果：

- 场地潜在污染分区图：以评估场地总平面图为底图，划分低污染可能性区域和高污染可能性区域，并分别编号。各片区之间不能有重叠，也不能有遗漏的地方，所有片区之和覆盖整个评估场地，亦即所有片区面积之和等于评估场地的总面积；
- 污染物种类：明确下一步污染确认时的监测因子。

除以上 2 项必须阐述的内容外，根据各场地的实际情况还可补充编写其它相关内容。

3.2 场地环境风险确认

3.2.1 场地环境风险确认的目的和任务

场地环境风险确认的目的是明确评估场地内是否存在污染区域。其主要任务是在污染识别的基础上对评估场地进行现场监测，通过监测结果与评估标准的对比分析确认污染识别的结果是否正确。如果确认了场地污染的存在，则还要为第二阶段场地环境风险评估及污染土壤修复方案工作的开展提供必要的依据。

3.2.2 场地环境风险确认的内容

场地环境风险确认工作的基础和核心是场地监测，通过监测结果的分析回答两个问题：一是评估场地内是否存在污染；二是结论的可信度。本指南建议组合应用专业判断法和“污染点”探查布点法解决这两个问题。

场地环境风险确认的主要内容有：

- 评估标准;
- 现场监测;
- 监测结果分析;
- 结论及建议

3.2.3 评估标准

(1) 土壤

《展览会用地土壤环境质量评价标准（暂行）》（HJ 350-2007）为第一阶段土壤污染风险评估的筛选标准。该标准根据用地性质分 A 和 B 两个标准，应依据场地未来规划用地性质分别采用 A 标或 B 标进行单因子评价，没有超过各自标准的，认为符合规划用地要求，不存在场地环境风险，不再进入第二阶段评估工作。超过各自标准的，需要进入第二阶段评估。

当场地未来用地性质没有明确规定时，采用 A 标准进行评价。

(2) 地下水

当场地地下水监测结果超标时，有可能为场地污染的判断提供间接证据。

(3) 地表水

当场地内或周围存在相对封闭地表水时（如：水塘等），地表水质量的监测结果有可能为场地污染的判断提供间接证据。

3.2.4 采样方案

3.2.4.1 监测布点

a. 低污染可能性区域

根据场地实际情况布设 1~3 个点位，以反映场地内土壤可能存在的最轻污染或未污染状况。

如果监测结果发现该区域有污染存在，则应调整风险识别的结论，将该区域划归为高污染可能性区域进行相应的布点监测。

b. 高污染可能性区域

通过场地土壤、地下水和地表水的监测，直接和间接地判断场地内土壤污染问题是否存在。

土壤:

根据场地大小、构筑物布局、地形地貌等情况采用专业判断法或“污染点”探查布点法进行监测布点。

采用“污染点”探查布点法时，“污染点”的面积和长短轴比例根据场地实际情况进行推断，在无法判断的情况下，长短轴比例可取 0.5~0.8，显著水平取值不宜大于 10%。

地下水:

对于有机物污染类型的场地，由于污染物向下迁移能力强，建议布设 1-3 个监测点。可根据实际情况，在场地上游布设一个“对照点”，污染可能较重的地点布设一个点，场地下游再布设一个。

地表水:

当场内或场地附近下游方向（场地内地表径流接纳水体）存在地表水时，建议采样分析，以资参考。

3.2.4.2 监测因子及分析方法

监测因子：根据场地风险识别的结果确定。

有机污染物污染的场地：当风险识别不能十分确定具体的有机污染物时，参照《展览会用地土壤环境质量评价标准（暂行）》（HJ 350-2007）对列有机污染物采用色谱法进行普查。此外，一些生产工艺中确认使用的危害性较大而相关标准中又没有列出的有毒有害物质，亦应进行监测。

重金属污染物：当不能确定具体的重金属污染物时，建议采用便携式 XRF 设备进行现场筛查，检测结果上限值（均值+3 倍样本标准差）明显低于 A 标准值的重金属，不再作为监测因子。

分析方法：使用标准中指定的或法定等效的方法，报告中应列出分析方法及其检测限。

3.2.4.3 采样

一般情况下取剖面样，当最底层的污染物浓度超过标准值时，应加深钻探深度直到地下水层。重金属污染可根据场地实际情况，表层土污染状况明显比底层土严重的区域可取表面样，不能明确判定污染程度在深度上分布状况的，仍取剖面样。

除非必要，一般不建议使用混合采样法。

当难以判断采样深度时，可按 0.5-2 米等间距设置采样深度。

现场需使用卷尺、GPS 定位仪、全站仪、经纬仪或水准仪等工具确定采样点的具体位置和地面标高并做记录，同时还有记录样品编号、土壤及周边情况等，对采用点应进行拍照记录。

样品的采集操作、运输及质量控制参照《土壤环境监测技术规范》、《地下水环境监测技术规范》、《地表水和污水监测技术规范》和《场地环境调查技术规范》实施。针对工业场地环境风险评估的特点，采样中应特别注意的一些问题见附件 2。

危险废物：场内存在不明危险废物时，应进行采样分析，确定其是否为有毒有害危险废物，是否可能对场地造成污染。

3.2.5 评估方法

土壤和地表/地下水均采用单因子指数评价法对每个监测点的结果进行评估。

按照 3.2.4 中的采样方案，只要发现一个监测点位超标，则认为该地块存在土壤污染问题，可能导致不可接受的环境健康问题，需要进入第二阶段评估工作。

但如果第一阶段监测布点的间距足够小，已经与第二阶段通常的加密布点间距相同，监测结果足以对整个评估场地下量化结论时，则不必进入第二阶段重复评估，可直接根据第一阶段的监测结果计算出修复量和提出修复方案。此种情况在面积小的场地出现较多。

3.2.6 评估结果

(1) 数据表述

监测分析得到的数据采用列表和图示两种形式进行表述。

列表中至少注明监测点的编号、三维坐标、监测因子、监测值等。图示以监测布点图为底图，注明超标点位及超标因子。必要时可进一步做统计分析。

分析污染物监测结果与场地风险识别的结果是否一致，如果不一致，分析超标污染物的可能来源，初步判定是否存在外源性污染。

对监测结论的不确定性应作分析说明。

(2) 数据质量评估

对一些监测数据的可靠性有怀疑时，建议重复取样监测，监测单位可以是原监测单位也可以另外选择符合资质要求的监测单位。

在分析场地土壤污染物浓度分布特点之后，认为有必要在可疑地点补设监测点的，可进行补测。

(3) 监测机构资质要求

实施样品检测工作的监测机构应是环境保护主管部门授权或认可的监测机构以及具有相应资质的实验室。

3.3 场地污染调查报告的结论及建议

(1) 场地不存在环境风险的情况

当所有监测结果显示场地内不存在土壤污染时，认为场地不存在环境风险。此时，场地环境风险评估工作不再进入第二阶段，结束整个场地环境风险评估工作。

结论中要说明监测布点方案的主要参数、结论的不确定性、未来场地施工利用中应注意的问题以及发现环境风险时的应急处理措施。

(2) 场地存在环境风险的情况

当监测结果显示场内存在环境风险问题时，需要进入第二阶段的评估工作。场地污染调查报告书要为第二阶段评估工作的开展服务，报告书中至少必须阐明以下 5 项内容：

- 发现“污染点”的片区及其面积；
- 超标因子及程度；
- 超标原因；
- 监测布点方案的主要参数；
- 调查时仍然存留在场地内的危险废物，给出处理处置建议。

场地污染调查报告书中的完整结论除以上 5 条必须阐述的内容外，还可根据各个场地的实际情况补充编写其它内容。

4 场地环境风险评估

4.1 场地环境风险评估的目的和任务

场地环境风险评估的目的是为污染土壤修复范围的确定提供依据。主要任务是对污染场地可能对人类健康造成的风险进行量化计算。

4.2 场地环境风险评估的内容

场地环境风险评估是在第一阶段工作的基础上,对已确认的污染区域进行详细的环境风险评估,量化环境风险,评估结果将作为场地土壤修复方案制定的基础。

场地环境风险评估的主要内容如下:

- 第一阶段场地污染调查工作回顾;
- 场地监测;
- 场地环境风险评估。

4.3 第一阶段场地污染调查工作回顾

一般情况下,在第一阶段评估工作结束之后,第二阶段评估工作开始之前,通常会有较长的一段时间间隔,从数月甚至数年不等。期间场地情况是否发生了变化、变化情况是否已经影响到了第一阶段的评估结论,在第二阶段评估开始时首先要进行核实,如果场地变化影响到了第一阶段的评估结论,需要对变化的地方重新进行污染调查。

注意在编写回顾部分时,重点对照说明场地中已发生变化部分的情况、是否需要重新进行污染调查及重新调查后的结论,没有变化的部分简单说明即可,不要与第一阶段的内容重复。

4.4 采样方案

4.4.1 监测布点

第二阶段的监测目的与第一阶段不同，监测分两部分：一是场地外周边区域的背景值；二是存在污染的区域，旨在确定超标区域的三维边界。

(1) 背景值监测

参照《土壤环境监测技术规范》(HJ/T 166 -2004)。监测点位要避免可能被评估场地排污所污染的地方，监测点的数量原则上要满足统计分析的需要，至少在 6 个点位以上，尽量分散在场界外不同的方向。

(2) 场地内污染区域监测

可采用网格布点法或动态监测布点法。

a. 网格布点法

参照《土壤环境监测技术规范》(HJ/T166 -2004)。监测点的数量原则上要满足统计分析的需要。当监测布点较小时，以“污染点”为中心的区域至少也应该布设 9 个监测点，以 3×3 的矩形形式或八角形的形式布设，网格间距要小于第一阶段的网格间距。

b. 动态监测布点法

动态监测法是指分步实施监测布点工作，后一步的监测布点根据前一步的监测分析结果来确定，耗时较长。其中较简单的一种动态布点法是以第一阶段发现的“污染点”为起点，首先在“污染点”四周等方向角布设 4 个监测点，进行采样分析，根据分析的结果确定下一步监测点的布设位置，最终探明超标区域的边界。也可采用其他更加复杂和有效的动态监测布点方法。

4.4.2 监测因子及分析方法

监测因子：第一阶段工作中确认超标的因子。

分析方法：使用标准中指定的或法定等效的方法，报告中应列出分析方法及其检测限。对于土壤中的重金属，可以采用 XRF 与实验室分析联合分析法，但报告中必须给出统计分析校正过程，两者的样本数必须满足统计分析要求。

4.4.3 采样

所有监测点均取剖面样。

样品的采集操作、运输及质量控制参照《土壤环境监测技术规范》（HJ/T164-2004）实施。

4.5 监测结果及分析

（1）数据表达

监测分析得到的数据采用列表和图示表述。列表中至少注明监测点的编号、三维坐标、监测因子、监测值、指标值等。图示可采用平面图，标明每一个监测点位的平均值，也可采用三维图进行表示。

背景值监测数据单独列表，图示可与污染区图示合并。

（2）数据分析

a. 第二阶段监测数据应进行统计分析，一个监测点的多个剖面监测点数据按独立的数据进行统计分析，每一监测因子分别至少给出以下统计结果：概率分布图、累积分布函数表或图、盒（箱）型图（Box-plots）、样本统计均值、样本中位值、样本标准差、变异系数（CV）、最大值和最小值（监测限以上）。

b. 背景值监测数据单独进行统计分析，每一监测因子分别至少给出以下统计结果：概率分布图、累积分布函数表或图、盒（箱）型图（Box-plots）、样本统计均值、样本中位值、样本标准差、变异系数（CV）、最大值和最小值（监测限以上）、异常值（outliers）分析、以及95%上限预测值（95% upper prediction limit）。

（3）数据质量评估

如果对一些监测数据的可靠性有怀疑，可重复取样监测，监测单位可以是原监测单位也可以另外选择符合要求的监测单位。实施样品检测工作的监测机构应是环境保护主管部门授权或认可的监测机构以及具有相应资质的实验室。

4.6 场地环境风险评估

场地环境风险评估主要包括三个方面的内容：

- (1) 暴露分析：确认暴露模式；
- (2) 毒性分析：确定污染浓度水平与健康之间的关系；
- (3) 风险评估：通过风险值/危害指数计算确定场地环境风险。

三方面内容的相互关系见图 4.1，其中污染源分析已在第一阶段完成。

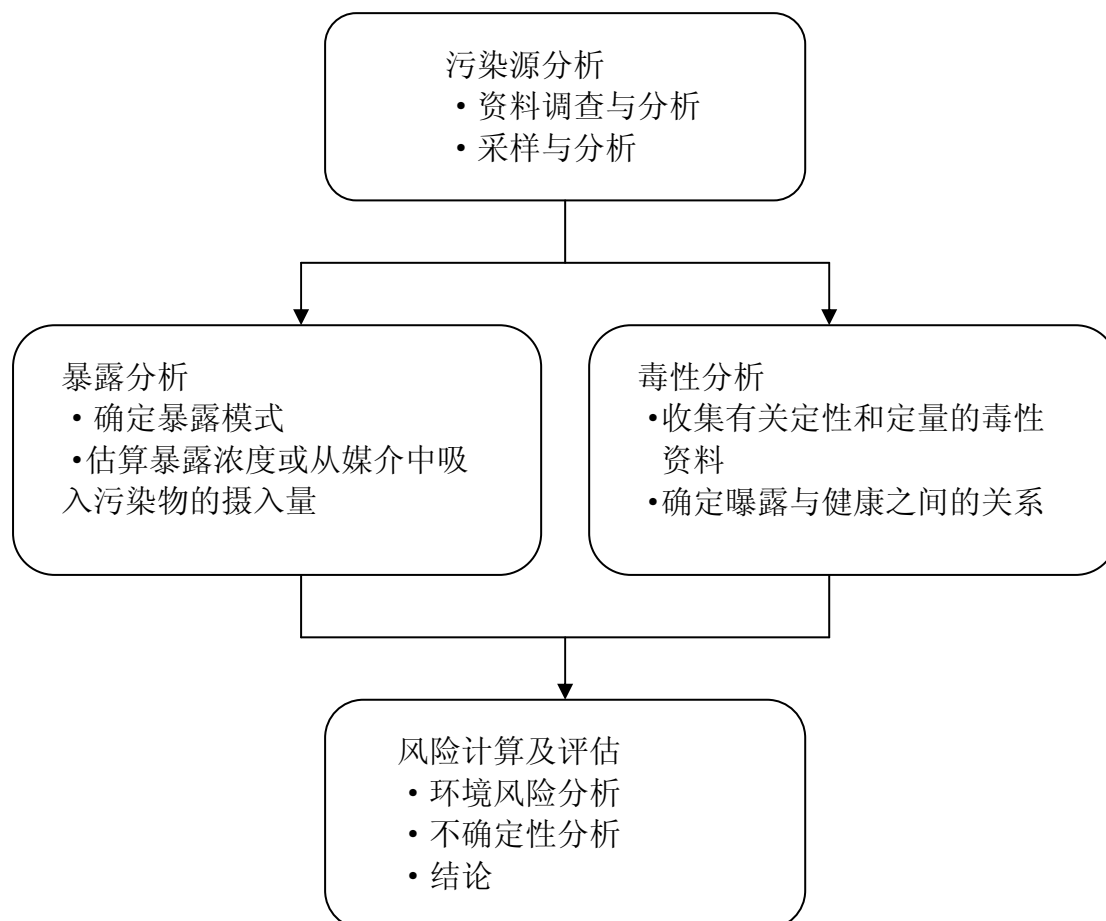


图 4.1 场地环境风险评估程序

4.6.1 暴露分析

暴露方式可分成两部分：暴露路线（exposure pathway）和暴露途径（exposure route）。暴露路线指有毒有害物质以什么样的扩散方式到达人体所在地点，与人体接触，如：扬尘、地表水、地下水、食物等。本指南中暴露路线又分成经土壤（含沉淀污泥）和经水（地表/地下水）两类。暴露途径是指有毒有害物质达到人体所在地点之后，以什么样的方式进入人体给人体健康带来风险，如：呼吸吸

入、饮食、皮肤接触吸收等。暴露模式分析中要根据场地的具体情况分析可能存在的暴露模式，包括场地的现状、使用规划、水文地质特征、人员情况及其活动特征等。只有暴露路线和暴露途径均完整存在的暴露模式，其风险值/危害指数才被计算，否则不认为对体会带来风险。图 4.2 为某一个场地的环境风险暴露模式，不同的场地风险暴露模式不同。

根据我国城市土地利用的情况和不同土地利用方式下人群的活动模式，将城市场地分为两种类型：住宅及公共用地、商服及工业用地，对应的用地方式描述见表 4.1，暴露模式见表 4.2 和表 4.3。

表 4.1 污染场地环境风险评估中场地利用类型

暴露情景	用地方式描述
住宅及公共用地	① 普通住宅、公寓、别墅等； ② 幼儿园、学校； ③ 医院； ④ 养老院； ⑤ 游乐场、公园等。
商服及工业用地	① 商场、超市等各类批发（零售）用地及其附属用地； ② 宾馆、酒店等住宿餐饮用地； ③ 办公场所、金融活动等商务金融用地； ④ 洗车场、加油站、展览场馆等其他商服用地； ⑤ 工业生产场所、工业生产附属设施用地、物资储备场所、物资中转场所等。

表 4.2 各种土地使用情况下土壤污染物暴露模式

暴露模式	住宅及公共用地	商服及工业用地	施工开挖	农业
经口直接摄入	Y	Y	Y	Y
呼吸吸入	Y	Y	Y	Y
皮肤接触	Y	Y	Y	Y
果蔬种植摄入	Y/N	N	N	Y

表 4.3 各种土地使用情况下地表/地下水污染物暴露模式

暴露模式	住宅及公共用地	商服及工业用地	施工开挖	农业
经口直接摄入	Y	Y	N	Y
呼吸吸入	Y	Y	N	Y
皮肤接触	Y	Y	N	Y
果蔬种植摄入	Y/N	N	N	Y

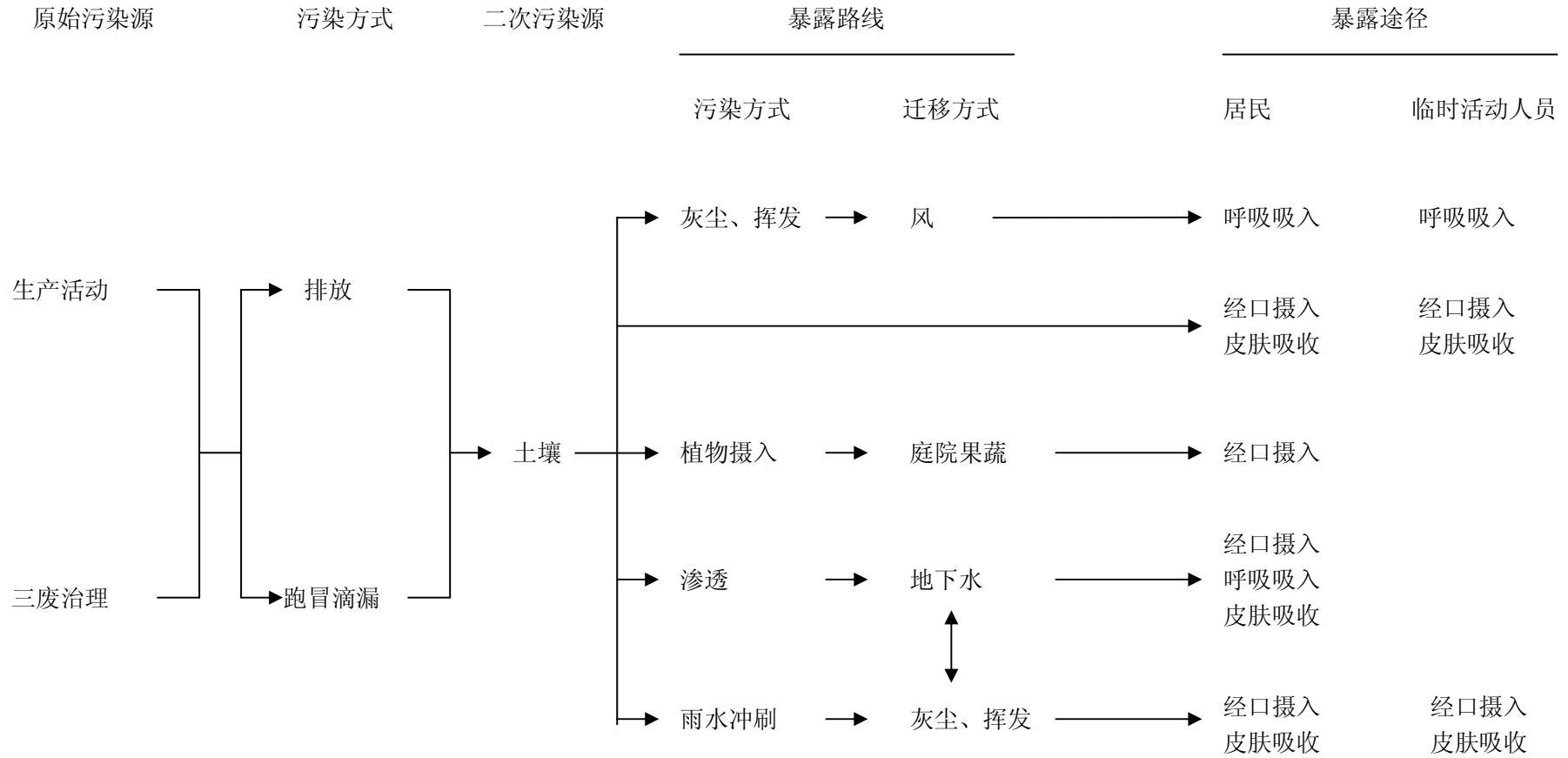


图 4.2 场地风险暴露评估分析举例

4.6.2 毒理分析

场地环境风险评估中，可能对人体健康造成的危害可分为两大类型：致癌风险（carcinogens）和非致癌性风险（non-carcinogens）。

非致癌性风险是指有毒有害物质意欲对人体造成危害，必须有一个最小剂量（即阈值），当将进入人体的剂量小于该阈值时，不认为会对人体健康造成可探查到的危害。对单一非致癌性风险的量化评估指标为危害商（hazard quotient），即：浓度与阈值的比，当该值大于 1 时，即认为该浓度已达到对人体危害的程度，需要采取措施。多种有毒有害物质经同一暴露途径或一种有毒有害物质经多个暴露途径的危害商之和，称危害指数（hazardous index）。

致癌性风险的特点是不存在类似于非致癌性风险的阈值，认为即使非常小的剂量也会对人体健康造成一定的危害，其危害也许要等几十年后才能由最初的分子生物学水平发展成最终的临床病变。其风险量化指标一般分两部分：一是证据等级（weight-of-evidence），二是斜率系数（slope factor）。证据等级是对其致癌能力可信度的分级（见表 4.3）。斜率系数主要是针对证据等级为 A、B1 和 B2 的致癌物质，反映摄入浓度与致癌风险之间的量化关系，斜率系数与摄入量的乘积为致癌风险值，通常简称风险值。

一种化学物质对人体可能同时具有致癌风险和非致癌性风险，遇到此种情况，在风险评估中要同时计算，并取最保守的结果。

表 4.3 致癌物证据等级

分级	说明
A	人类致癌物
B1	人类致癌可能性较大。证明对人体致癌的数据有限。
B2	人类致癌可能性较大。动物致癌数据充分，但人体致癌数据不足和无证据。
C	可能对人类致癌，但可能性小于 B1 和 B2。
D	不被列为人类致癌物。
E	有证据表明对人体不致癌。

有关污染物致癌和非致癌性的毒理数据随着相关研究的进展会不断调整，风险评估人员应随时访问 USEPA 的 Integrated Risk Information System (IRIS) 网站及时更新，避免报告中采用陈旧的数据。

4.6.3 环境风险计算及评估

(1) 风险计算

致癌风险值和危害指数的计算详见附件 3。

这里需要注意的是：许多文献中对“致癌风险值”和“危害商”的概念未加区别，导致一些理解上的混乱。场地环境风险评估中，许多情况下为简便起见只提“风险值”，实际包含了“致癌风险值”和“危害商”两个含义。风险计算中要分别加以计算并分别采用各自的标准进行评估。当专门论述致癌风险时，“风险值”常被用作“致癌风险值”的简称，在阅读和使用时要注意甄别。

(2) 风险评估

对于致癌风险的评判标准，一般认为当致癌风险值大于 10^{-6} 时，可能对人体健康存在风险，否则不存在。非致癌性风险的评判标准是危害指数是否大于 1，当大于 1 时，认为可能对人体健康存在风险，否则不存在。当一种物质同时存在致癌和非致癌性风险时，致癌风险值和危害指数只要有一项超标，即认为可能对人体健康存在风险，只有两者同时达标，才能认为不存人体健康风险。

非致癌风险评估采用成人的危害指数进行评估。

风险评估中，如果某一点同时存在多种污染物，其总的风险值/危害指数超标时，应按污染物对人体危害机理的不同（如：器官、生理系统、致癌机理等）分组计算风险值/危害指数，取其中最大值进行风险评估。如：导致中枢神经系统癌症的几种污染物和导致肾脏癌症的几种污染物其风险值各自分别累加，不再合在一起累加，这样风险值将会减小。

(3) 数据表达

风险值/危害指数采用列表或图示的形式进行表述。

4.6.4 铅污染场地环境风险评估

铅对人体健康造成危害的毒理研究历史较长，资料较为丰富。与其他化学物质的非致癌性危害相比，其主要特点之一是在很低的浓度下依然可能对儿童或胎儿造成非致癌性危害，其风险评估采用单独的评估方式——血铅（blood lead）浓度评价方式。

对于住宅及公共用地，铅污染场地风险评估采用儿童血铅评估方式，要求经各种暴露途径导致的儿童体内血铅水平高于 $10\mu\text{g}/\text{dL}$ ($0.1\text{mg}/\text{L}$) 的概率小于 5%。血铅评估方法采用 USEPA 公布的方法，具体内容参见 USEPA 网站。

对于商服及工业用地，铅污染场地采用单因子评价方法，评估标准为《展览会用地土壤环境质量评价标准（暂行）》中的 B 标准。

5 污染土壤修复方案

5.1 污染土壤修复方案的目的及任务

制定土壤修复方案用于指导消除评估场地内的土壤污染可能导致的环境风险，使场地土壤质量达到规划用地的要求。主要任务是确定修复标准、修复范围和修复技术。

5.2 污染土壤修复方案的内容及工作程序

场地污染土壤修复方案主要包括以下内容：

- 土壤修复标准评估；
- 土壤修复范围界定和修复量计算；
- 土壤修复方案初步论证。

污染土壤修复方案制定的工作程序见图 5.1。

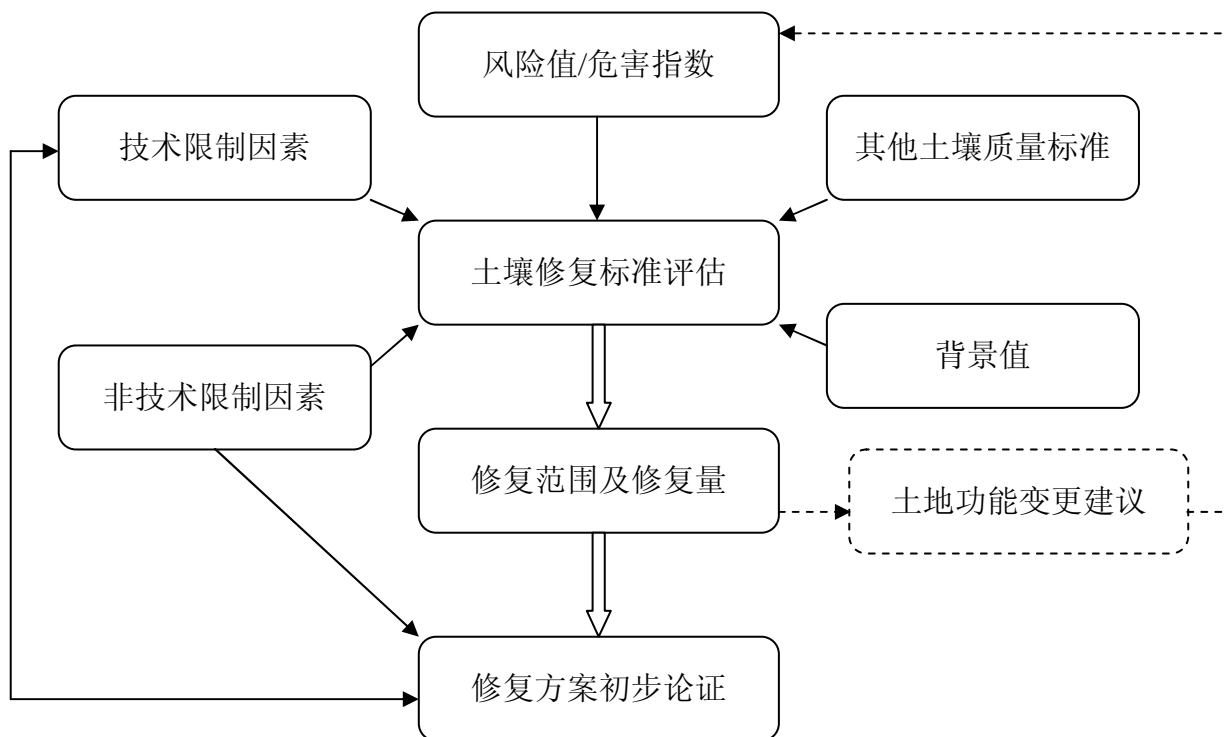


图 5.1 场地污染土壤修复方案制定工作程序

5.3 污染土壤修复标准评估

综合比较分析各种土壤标准的合理性和可行性，确定修复行动值和修复目标值。

土壤修复标准包括两个标准值：（1）修复行动值和（2）修复目标值。

修复行动值：当土壤污染物浓度或风险值/危害指数高于此值时，土壤需要进行修复，该值用来划定需要进行土壤修复的范围。

修复目标值：污染土壤经过修复后应达到的质量标准。

修复行动值可以是风险值/危害指数，也可以是各种污染物的浓度值。由于风险值/危害指数是对多种污染物多种暴露途径的综合反映，本指南中采用风险值/危害指数作为修复行动值，凡风险值大于 10^{-5} 或危害指数大于 1 的地方，均需进行土壤修复。铅的修复行动值由血铅评估结果给出，采用浓度值。

修复目标值也可以是风险值/危害指数或污染物的浓度值，但由于在确定目标值时需要综合考虑场地周边背景浓度值、修复技术能力以及其他参考标准，这些参考标准通常都采用浓度值表示，因此，本标准中对修复目标值用浓度值表示。

土壤修复目标值的评估通常要考虑表 5.1 中所列 6 个因素。一般情况下，采用《展览会用地土壤环境质量评价标准（暂行）》（HJ 350-2007）中的 A 标准作为修复目标值，当该值难以实现时，可在综合比较各因素之后确定更加合理可行的值，但必须注意最后验算目标值对应的风险值/危害指数是否小于修复行动值。

表 5.1 影响土壤修复目标值评估的因素

序号	标准	评估值
1	《展览会用地土壤环境质量评价标准（暂行）》（HJ 350-2007）	A 级标准
2	《工业企业土壤环境质量风险评价基准》（HJ/T 25-1999）	土壤基准 _{直接接触} ；土壤基准 _{迁移至地下水}
3	土壤修复技术能力	修复技术所能达到的最低浓度
4	基于风险值/危害指数计算的污染物浓度值	风险值= 10^{-6} ，危害指数=1
5	场地周围背景浓度	95% 上限预测值
6	非技术性限制因素	调整风险值或改变土地使用功能

《展览会用地土壤环境质量评价标准（暂行）》（HJ 350-2007）：在修复目标

值的评估中，采用 A 级标准。

修复技术的能力：评估中主要考虑已经商业化应用的土壤修复技术，对于还未商业化应用的土壤修复技术，需要有权威、充分、可靠的场地实验证明资料。不同的土壤修复技术对不同污染物的修复能力不同，所能达到的最低浓度也不同，制定低于修复能力的目标值没有任何现实意义。

基于风险值/危害指数计算的污染物浓度值：该浓度值对应修复目标风险值为 10^{-6} ，危害指数为 1，为风险值/危害指数计算的逆运算，具体算法见附件 3。

背景浓度：在一些地区，由于地质特征、外来污染或其他各种原因，被评估场地周围土壤污染物背景值偏高，可能超过按以上三个标准得出的修复目标值，此时应慎重论证是否有必要将场地内的土壤修复目标值规定得比周围背景值低。但有一种情况除外，即如果对监测结果的分析认为场地周围土壤也已被污染，且原因主要来自该场地，则在修复目标值的评估中不使用场地周围背景浓度，而采用重庆市的土壤背景值。理论上，背景值监测点应避开被污染区域，但实际操作中由于各种条件限制和对场地历史无法彻底了解，可能导致监测不到真正的背景值，对此在监测和统计分析时应予以特别注意。

当采用场地土壤背景浓度或重庆市土壤背景浓度作为修复目标值时，建议根据场地情况和统计分析需要增加背景点数，使用 95% 上限预测值（95% upper prediction limit）作为阈值，要求修复后场地所有监测点污染物浓度值小于该值。

最后还要注意验算综合考虑各方面因素后的修复目标值对应的风险值/危害指数是否已超过了修复行动值，如果超过了，修复目标值就失去了存在的意义。

当综合考虑各方面因素无法得出合理的修复目标值时，可以考虑改变土地使用功能，降低对环境风险的要求，如：改规划居住用地为工业用地。然后再重新进行环境风险评估和土壤修复标准评估。如果依然不能满足要求，可考虑对该场地实施封闭管理，停止开发利用，待以后有条件时再实施修复和开发利用。

5.4 污染土壤修复范围及修复量

评估场地内需要进行土壤修复工作的区域依据土壤修复行动值划定，风险值/危害指数高于修复行动值的部分，都应划入修复范围。

由于监测点是离散分布，因此，在界定修复区域时应采用专业软件对监测点

位之间区域的风险值/危害指数进行恰当的差值运算。修复区域的边界应是连续闭合的等值线，并分别以平面和三维图的形式表示出来。

修复量的计算有两种：一是理论修复量，即风险值/危害指数超过行动值的实际土壤量。二是实际开挖量，理论修复量加上覆盖在需要修复土壤上面的未超标土壤。这部分土壤本身环境风险未超过行动值，但在施工时需要先挖开才能对超标土壤实施修复，当现场难以将两部分土壤加以清楚区分时，该部分土壤在实际修复工作中很可能一起被修复。因此，理论修复量和实际开挖量在报告中应同时给出。

尽管修复行动值规定为：风险值= 10^{-5} /危害指数=1，但报告中仍应同时给出风险值= 10^{-6} /危害指数=1 的污染土壤修复范围和修复量，以供参考。

5.5 污染土壤修复方案初步论证

对污染土壤的修复方案做初步的可行性论证，论证比选的因子至少包括以下内容：修复的污染物种类、修复工作原理、修复能力、应用范围、应用规模限制、实际应用情况、修复费用等。

报告中应给出基础修复方案、最佳修复方案和推荐修复方案。基础修复方案是指修复效果刚满足最基本的质量要求；最佳修复方案是指修复效果最好；而推荐修复方案是指在综合考虑技术、经济等各方面要求和实际情况后作出的可行性方案，推荐方案可以有多个方案，可能包含基础或最佳方案。各方案的可实施性应进行论证，尤其是推荐方案，可行性论证依据要充分可靠，给出投资估算。

5.6 第二阶段报告结论及建议

- (1) 场地环境风险评估：场地土壤环境风险评估结果；
- (2) 土壤修复行动值和土壤修复目标值；
- (3) 土壤修复量：对应风险值= 10^{-5} /危害指数=1 和风险值= 10^{-6} /危害指数=1 两种情况的污染土壤修复范围和修复量；
- (4) 土壤修复方案：包括基础修复方案、最佳修复方案以及推荐修复方案。

参考文献

- 姜林等. 2007. 场地环境评价导则. 北京市环境保护科学研究院.
- 李杰. 2004. 重庆市园地土壤重金属污染的初步调查. 西南农业大学学报. Vol.26, No.3
- 国家环保部. 场地环境调查技术规范 (征求意见稿)
- 国家环保部. 污染场地风险评估技术导则 (征求意见稿)
- 国家环保部. 污染场地土壤修复技术导则 (征求意见稿)
- 国家环保部. 污染场地环境监测技术导则 (征求意见稿)
- ASTM E 2081-00. Standard Guide for Risk-based Corrective Action.
- ASTM E 1739-95(2002) Standard Guide for Risk-based Corrective Action Applied at Petroleum Release.
- B. D. Matzke.et al. 2007. Visual Sample Plan. Pacific Northwest National Laboratory.
- Cowherd, C., G. Muleski, P. Engelhart, and D. Gillete. 1985. Rapid Assessment of Exposure to Particulate Emissions from Surface Contamination. Prepared for EPA Office of Health and Environmental Assessment. EPA/600/8-85/002.
- Environmental Protection Agency (EPA). 2009. Risk Assessment Guidance for Superfund Volume I: Human Health Evaluation Manual (Part F, Supplemental Guidance for Inhalation Risk Assessment). EPA-540-R-070-002. OSWER 9285.7-82.
- Environmental Protection Agency (EPA). 2007. User's Guide for the Integrated Exposure Uptake Biokinetic Model for Lead in Children (IEUBK) Windows® 32-bit version (EPA 9285.7-42)
- Environmental Protection Agency (EPA). 2007. Estimating the Soil Lead Concentration Term for the Integrated Exposure Uptake Biokinetic (IEUBK) Model (OSWER #9200.1-78)
- Environmental Protection Agency (EPA). 2006. Systematic Planning: A Case Study for Hazardous Waste Site Investigations (QA/CS-1). EPA/240/B-06/004
- Environmental Protection Agency (EPA). 2006. Guidance on Systematic Planning using the Data Quality Objectives Process (QA/G-4) EPA/240/B-06/001.
- Environmental Protection Agency (EPA). 2006. Data Quality Assessment: A Reviewer's Guide (QA/G-9R). EPA/240/B-06/002
- Environmental Protection Agency (EPA). 2006. Data Quality Assessment: Statistical Methods for Practitioners (EPA QA/G-9S). EPA/240/B-06/003.

- Environmental Protection Agency (EPA). 2005. Guidance on Quality Assurance for Environmental Technology Design, Construction and Operation (QA/G-11). EPA/240/B-05/001
- Environmental Protection Agency (EPA). 2003.a Using the Triad Approach to Streamline Brownfields Site Assessment and Cleanup—Brownfields Technology Primer Series.
- Environmental Protection Agency (EPA). 2003b. Guidance for Geospatial Data Quality Assurance Project Plans (QA/G-5G). EPA/240/R-03/003
- Environmental Protection Agency (EPA). 2003c. Recommendations of the Technical Review Workgroup for Lead for an Approach to Assessing Risks Associated with Adult Exposures to Lead in Soil (EPA-540-R-03-001, OSWER Dir #9285.7-54 December 1996 /January 2003)
- Environmental Protection Agency (EPA). 2002a. Guidance for Quality Assurance Project Plans (QA/G-5). EPA/240/R-02/009
- Environmental Protection Agency (EPA). 2002b. Guidance on Choosing a Sampling Design for Environmental Data Collection (EPA/QA/G-5S). EPA/240/R-02/005.
- Environmental Protection Agency (EPA). 2002c. Guidance for Quality Assurance Project Plans for Modeling (QA/G-5M). EPA/240/R-02/007
- Environmental Protection Agency (EPA). 2002d. Reference Manual for the Integrated Exposure Uptake Biokinetic Model for Lead in Children (IEUBK) Windows® 32-bit version (EPA 9285.7-44)
- Environmental Protection Agency (EPA). 2001. Review of Adult Lead Models: Evaluation of Models for Assessing Human Health Risks Associated with Lead Exposures at Non-Residential Areas of Superfund and Other Hazardous Waste Sites (OSWER Dir #9285.7-46)
- Environmental Protection Agency (EPA). 2000. Short Sheet: TRW Recommendations for Sampling and Analysis of Soil at Lead (Pb) Sites [EPA #540-F-00-010, OSWER #9285.7-38]
- Environmental Protection Agency (EPA). 1997. Short Sheet: Overview of the IEUBK Model for Lead in Children (NTIS #PB99-9635-8, OSWER #9285.7-31)
- Environmental Protection Agency (EPA). 1996. Soil Screening Guidance: Technical Background Document. Office of Emergency and Remedial Response, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C. Pub. 9355.4-17A.
- Environmental Protection Agency (EPA). 1995. Supplemental Guidance to RAGS: Region 4 Bulletins, Human Health Risk Assessment (Interim Guidance). Waste Management Division, Office of Health Assessment.
- Environmental Protection Agency (EPA). 1994a. Guidance Manual for the Integrated Exposure Uptake Biokinetic Model for Lead in Children (NTIS #PB93-963510, EPA 9285.7-15-1)
- Environmental Protection Agency (EPA). 1994b. Technical Support Document for the Integrated Exposure Uptake Biokinetic Model for Lead in Children (v0.99d) (NTIS #PB94-963505, EPA 9285.7-22)

- Environmental Protection Agency (EPA). 1992. Dermal Exposure Assessment: Principles and Application. Interim Report. EPA/600/8-91/011B. Office of Research and Development, Washington, D.C.
- Environmental Protection Agency (EPA). 1991. Risk Assessment Guidance for Superfund Volume I: Human Health Evaluation Manual Supplemental Guidance Standard Default Exposure Factors. OSWER Directive 9285.6-03. Office of Emergency and Remedial Response. Toxics Integration Branch.
- Environmental Protection Agency (EPA). 1989a. Risk Assessment Guidance for Superfund: Volume I - Human Health Evaluation Manual (Part A). Office of Emergency and Remedial Response, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C. EPA/540/1-89/002.
- Environmental Protection Agency (EPA). 1989b. Exposure Factors Handbook. EPA/600/8-89/043. Office of Health and Environmental Assessment, Washington, D.C.
- Environmental Protection Agency (EPA). 1988. Guidance for Conducting Remedial Investigations and Feasibility Studies Under CERCLA. EPA/540/G-89/004.
- Hoffman, F. O., R. H. Gardner, and K. F. Eckerman. 1982. Variability in dose estimates associated with the food chain transport and ingestion of selected radionuclides. NUREG/CR-2612. Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, TN.
- Institute for Environmental Modeling. 2009. Spatial Analysis and Decision Assistance Version 5.078. University Tennessee. US.
- James, J.R. and W.M. Knuiman 1987. An application of Bayes methodology to the analysis of diary records from a water use study. *Journal of the American Statistical Association*. 82(399):705-711.
- Janick F. Artiola, Ian L. Pepper, Mark L. Brusseau. 2004. *Environmental Monitoring and Characterization*. ISBN:978-012-064477-3.
- McKone, T. E. 1994. Uncertainty and variability in human exposures to soil contaminants through home grown food: a Monte Carlo assessment. *Risk Anal.* 14(4):449-463.
- McKone, T. E. 1987. Human Exposure to Volatile Organic Compounds in Household Tap Water: The Indoor Inhalation Pathway. *Environ. Sci. Technol.* 21:1194-1201
- Pinder, J. E., and K. W. McLeod. 1989. Mass loading of soil particles on plant surfaces. *Health Phys.* 57:935-942.
- Schaum, J., K. Hoang, R. Kinerson, J. Moya, and R.G.M. Wang 1994. Estimating Dermal and Inhalation Exposure to Volatile Chemicals in Domestic Water. In: *Water Contamination and Health*. R.G.M. Wang (ed.) Marcel Dekker, Inc. New York.
- The Institute for Environmental Modeling. 2009. Spatial Analysis and Decision Assistance User Guide (Version 5.0.). University of Tennessee.

附件1 “污染点”探查布点法

布点3要素

- (1) 探查片区的总面积
- (2) “污染点”的形状和面积
- (3) 当至少有一个“污染点”存在而监测结果却没有发现的概率

“污染点（Hot spot）”探查布点法在本指南中主要用于场地环境风险评估的第一阶段，在潜在污染片区内寻找潜在的污染点。“污染点”探查布点法的设计是基于统计学的原理，在合理假设的基础上，按照规定的显著水平要求设计出监测布点方案，所有采样点中只要有一个点位发现污染物浓度超标，则判定在该区域存在污染，但并不提供污染区实际形状和大小的信息。根据应用领域和要求的不同，“污染点”探查布点法的复杂程度可以不同。本指南采用美国环保署在危废场地管理和场地环境风险评估中推荐的方法。

“污染点”探查布点法要回答的首要问题是：我们有多大把握认为场地内部存在“污染点”区域？采用统计学的语言是：认为场地内不存在污染点的显著水平是多少？

要回答上面的问题，必须先作如下假设：

- “污染点”的形状为椭圆形；
- 所有监测点中，只要有一个点位的监测值超标，则认为该点位于“污染点”范围内，亦即在监测区域内存在“污染点”。

然后回答下面四个问题：

- “污染点”的形状（形状系数）：圆形、胖圆、细长椭圆等；
- “污染点”长轴的长度；
- 网格布点的方式：三角形、矩形；

□ 监测点之间的距离。

图 1.1 显示了一个“污染点”探查布点方案。图中“污染点”B 和 D 被探测到，但“污染点”A 和 C 没有被探测到。

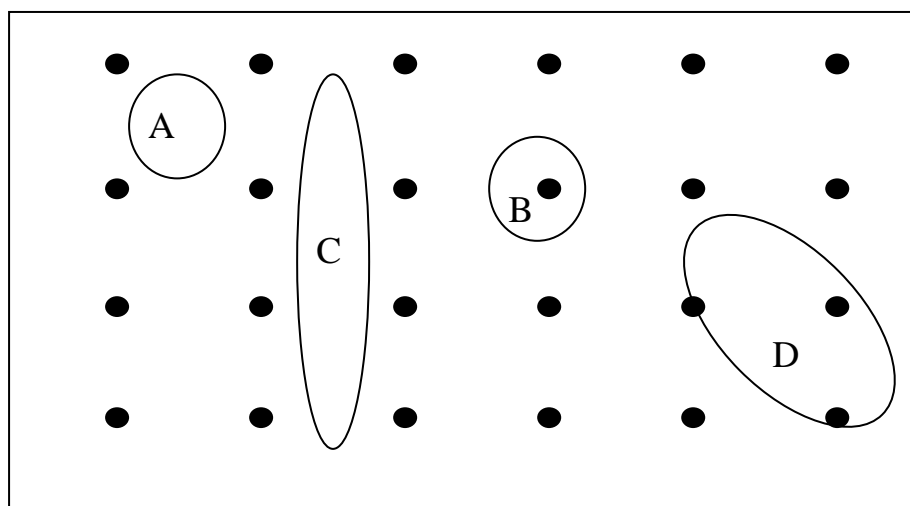


图 1.1 “污染点”被矩形布点法探测到和错过的情况

“污染点”探查布点法涉及的 3 类参数见表 1.1。只要给出了 3 类参数中的 2 类，就可以通过表 1.2 确定第三类参数的值。图 1.2 给出了监测布点网格和污染点形状的几何参数解释。

表 1.1 “污染点”采样布点方案控制参数表

布点网格：网格形式和布点间距
“污染点”：椭圆半长轴长度和形状系数（短长轴之比）
显著水平：当至少有一个“污染点”存在而监测结果却没有发现的概率。

表 1.2 不同“污染点”形状和采样间距情况下的显著水平 Gilbert (1987)

布点方式	ES L/G	1.0	0.8	0.6	0.4	0.2	0.1
	三角形	0.1	0.95	0.96	0.97	0.98	0.98
0.3		0.66	0.74	0.80	0.86	0.93	0.96
0.5		0.08	0.27	0.44	0.63	0.82	0.91
0.7		0.00	0.00	0.08	0.33	0.65	0.83
0.9		0.00	0.00	0.00	0.10	0.47	0.72
1.0		0.00	0.00	0.00	0.04	0.37	0.66
矩形	0.1	0.97	0.97	0.98	0.98	0.98	0.99
	0.3	0.72	0.77	0.80	0.88	0.94	0.97
	0.5	0.21	0.38	0.54	0.69	0.85	0.92
	0.7	0.00	0.02	0.16	0.42	0.70	0.85
	0.9	0.00	0.00	0.00	0.17	0.53	0.76
	1.0	0.00	0.00	0.00	0.08	0.44	0.70

注：① ES（形状系数）：椭圆短轴与长轴之比；②L：半长轴长度；③G：网格间距，见图 1.2

注意：从上表可以看出，三角布点法的显著水平要小于矩形布点法。

“污染点”布点方案的三种使用方式：

（1）设定显著水平和“污染点”的参数，求网格间距（进而得出采样点数量）
已知：采样区域面积为 $A=3200\text{m}^2$ 。假设“污染点”半长轴 $L=5\text{m}$ ，半短轴 $S=2\text{m}$ ，可接受的显著水平为 10%。

求：采样点布置的方式和数量。

解：ES=S/L=2/5=0.4；采用三角形布点法，查表 1.2 得 L/G=0.9。因此：
 $G=L/0.9=5/0.9=5.55$ 。采样点数量 $n=A/G^2=3200/5.55^2=104$

（2）规定采样点数量，设定“污染点”参数，求监测方案的显著水平

已知：采样区域面积为 $A=3200\text{m}^2$ 。假设“污染点”半长轴 $L=5\text{m}$ ，半短轴 $S=2\text{m}$ ，因资金条件限制，只能设置 40 个采样点。

求：该方案的显著水平。

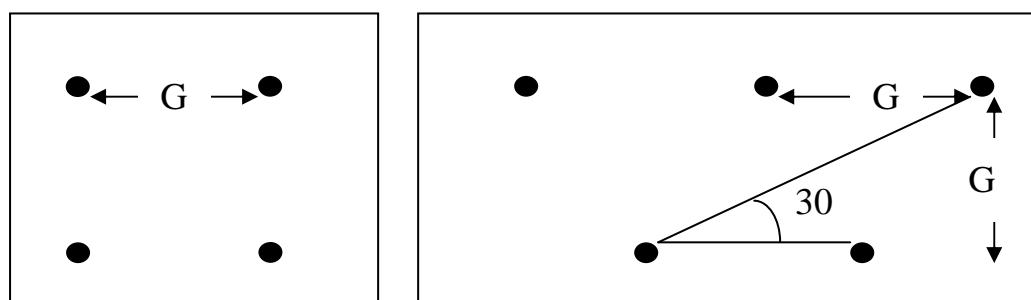
解：ES=S/L=2/5=0.4； $G^2=A/n=3200/40=80$ ； $G=8.9$ ； $L/G=5/8.9=0.56$ ；采用三角形布点法，查表 1.2 采用插值法得显著水平为 54%，即当至少有一个“污染点”存在时，该监测方案不能发现它的概率为 54%。

(3) 规定采样方案和显著水平，求对应得“污染点”参数

已知：采样区域面积为 $A=3200m^2$ ，采样水量 $n=80$ ，显著水平为 10%，假设“污染点”的 ES=0.4。

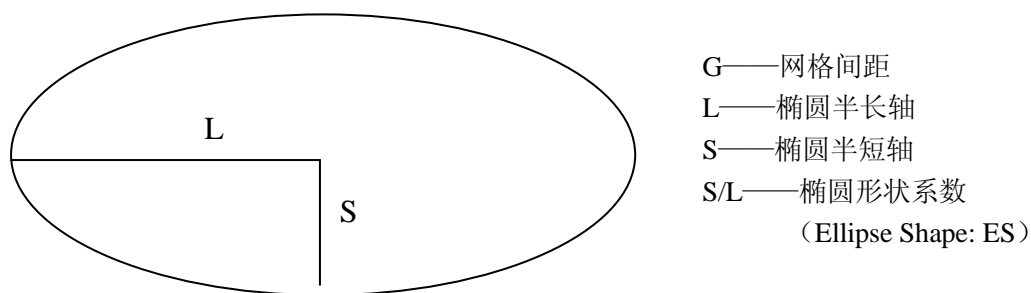
求：“污染点”的半长轴长度。

解：由显著水平 10% 和 ES=0.4 查表 1.2 得 $L/G=0.9$ 。又 $G^2=A/n=3200/40=80$ ； $G=8.94$ ；所以， $L=0.9*G=0.9*8.94=8.0m$ ， $S=0.4*8.0=3.2m$



矩形布点（正方形）

三角形布点（等腰）



椭圆形的“污染点”

图 1.2 “污染点”和采样布点网格参数的意义

附件 2 采样方法

参照《土壤环境监测技术规范》(HJ/T164-2004)和《地下水环境监测技术规范》(HJ/T166-2004)实施。针对工业场地环境风险评估的特点,采样中要特别注意以下几点:

(1) 对于重金属导致的污染可以采用人工开挖或钻机钻样,有机污染物导致的污染,最好采用钻样机钻样,并及时采样,减少挥发性有机物的挥发量。挥发性、半挥发性有机污染物的采样要特别注意减少采样过程中污染物的挥发损失。

(2) 如果监测点地面硬化,则需要将水泥地面打开,再开挖或钻探取样。

(3) 挖出的土坑要可以让工作人员安全进出,便于观察土层情况和取样。

(4) 对于用挖掘机挖出的地层剖面,需要人工用土铲铲出新鲜剖面后,再进行观察和取样。

(5) 土铲、钻头、钻杆在重新钻孔前,需要用自来水清洗。

(6) 如果在钻孔或挖孔过程中,达到地下水或不透水岩石层,则停止钻孔或开挖。

(7) 如果分析发现污染物浓度随深度逐渐降低,则当最底部的样品浓度已经达到标准要求时,可以不再往深度继续采样。但对有机污染物,由于其在土壤深层的浓度很可能高于潜层,所以要慎重,尽可能钻至地下水或不透水岩石层。

(8) 在污染点探查采样中,进行剖面样取样时,可以采用等距采样法,也可以使用便携式仪器(如:PID、XRF等)先进行初筛,取数值较大的样送实验室分析。

(9) 采样中注意观察土壤的组成类型、密实程度、湿度和颜色,并特别注意是否有异样的污渍或异味存在。

(10) 土壤取样时工程师均带上一次性的PE(聚乙烯)手套,每个土样取样前均要更换新的手套。

(11) 采集的每个土壤样品湿重1~3kg。

(12) 将被选中送检的土样立即装入事先准备好的、贴有标签的土壤专

用瓶或包装袋中。有机污染物样品应放在有冷冻液的冷藏箱内临时存放。

(13) 将封装好的样品应立即送往监测单位。有机污染物样品应放在冷藏箱内冷藏运输。

(14) 工业场地内回填土非常普遍，如果可以确定回填土是在车间、储池、道路等建设时回填的，生产过程中排放的污染物首先渗入回填土，然后才能进入其下的土壤或其下是岩石时，可以在回填土中采样。

附件 3 环境风险计算

风险计算通常分两步进行，首先计算摄入量，然后计算风险值（致癌）/危害指数（非致癌性风险）。铅污染的环境风险评估采用血铅浓度评估法，不使用本法。

3.1 摄入量计算

摄入量总的计算公式见式 3.1。

$$I = \frac{C \times CR \times EFD}{BW \times AT} \quad (\text{式 3.1})$$

式中：

I —— 化学物质摄入量，mg/kg.d（每公斤体重每天的摄入量）；

C —— 暴露期内接触到被污染介质中的化学物质平均浓度，mg/kg 土壤，mg/L 水；

CR —— 接触率（contact rate），每次接触的被污染介质量，如：土壤 kg/d 或 kg/次，水 L/d 或 L/次；

EFD —— 暴露频率和时间，d；也可将参数分成两部分，即：

$$EFD = EF \times ED$$

其中： EF —— 暴露频率，days/a；

ED —— 暴露年限，a；

BW —— 暴露期间的平均体重，kg；

AT —— 平均作用时间（对于非致癌性有毒有害物质， $AT=ED$ ），d。

根据暴露模式的不同，式 3.1 可以进一步细化为下面的几个公式。

(1) 经口直接摄入——土壤

与土壤接触不慎摄入污染物，摄入土壤量可按小孩 200 mg/d，成人 100 mg/d 计。

$$I_{\text{土壤经口}} = \frac{CS \times IR \times CF_1 \times EF \times ED \times FI}{CF_2 \times BW \times AT} \quad \text{式 3.2}$$

式中：

$I_{\text{土壤经口}}$ ——经口摄入的污染物量，mg/(kg.d)

CS ——土壤中化学物质浓度，mg/kg；

IR ——土壤摄入率，mg/d；

CF_1 ——转换系数， 10^{-6} kg/mg；

EF ——暴露频率，d/a；

ED ——暴露年限，a；

FI ——摄入比，1。

BW ——体重，kg；

CF_2 ——转换系数，365 d/a

AT ——平均作用时间（对于非致癌性风险， $AT=ED$ ），a。

注：儿童与成年人分别计算后再求和。

（2）皮肤接触——土壤

皮肤直接接触土壤，因皮肤吸收而摄入土壤中的污染物。

$$I_{\text{土壤皮肤}} = \frac{CS \times CF_1 \times SA \times AF \times ABS \times EF \times ED}{CF_2 \times ABW \times AT} \quad \text{式 3.3}$$

式中：

$I_{\text{土壤皮肤}}$ ——经皮肤摄入的污染物量，mg/(kg.d)

CS ——化学物质在土壤中的浓度，mg/kg；

CF_1 ——转换系数， $0.01 \text{ kg-cm}^2/\text{mg-m}^2$ ；

SA ——综合皮肤暴露面积， m^2/d ；

AF ——土壤对皮肤的粘附系数（与综合皮肤暴露面积对应）， $1 \text{ mg}/\text{cm}^2$ ；

ABS ——皮肤吸收系数；0.01（有机物），0.001（无机物）

EF ——暴露频率，次/年或 d/a；

ED ——暴露年限（儿童与成人合计年限），a；

ABW ——成人体重，kg；

CF_2 ——转换系数，365 d/a

AT ——平均作用时间（对于非致癌性风险， $AT=ED$ ），a。

(3) 呼吸吸入——土壤

通过呼吸吸入土壤灰尘，摄入土壤中的污染物。

$$I_{\text{土壤呼吸}} = \frac{CS \times \left(\frac{1}{PEF} + \frac{1}{VF} \right) \times IR \times EF \times ED}{CF \times BW \times AT} \quad \text{式 3.4}$$

式中：

$I_{\text{土壤呼吸}}$ ——经呼吸摄入的污染物质，mg/(kg.d)

CS ——土壤中化学物质浓度，mg/kg；

IR ——空气摄入量， m^3/d ；

PEF ——土壤尘产生因子， $1.32 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{kg}$ ；

VF ——挥发系数（有挥发性的有机物）， m^3/kg ；

EF ——暴露频率，d/a；

ED ——暴露年限，a；

BW ——体重，kg；

CF ——转换系数，365 d/a

AT ——平均作用时间（对于非致癌性风险， $AT=ED$ ），a。

注：当有机物在土壤中的浓度已经达到饱和时，不再考虑 VF ， CS 等于有机物在土壤中的饱和浓度。儿童与成年人分别计算后再求和。

(4) 果蔬种植摄入——土壤

在场地内居住的居民使用在场地内自己种植的瓜果蔬菜，通过瓜果蔬菜摄入污染物。

$$I_{\text{土壤果蔬}} = \frac{CS \times (BV_{\text{wet}} + MLF) \times FI \times IR \times EF \times ED}{CF \times BW \times AT} \quad \text{式 3.5}$$

式中：

$I_{\text{土壤果蔬}}$ ——经果蔬摄入的污染物质，mg/(kg.d)

CS ——土壤中化学物质浓度，mg/kg；

BV_{wet} ——植物摄入系数（湿重），kg/kg；

MLF ——质量负荷系数，0.26；

FI ——饮食方式系数 0.4；

IR ——摄入量，0.2 kg/d；

EF —— 暴露频率, d/a;

ED —— 暴露年限, a;

BW —— 体重, kg;

CF —— 转换系数, 365 d/a

AT —— 平均作用时间 (对于非致癌性风险, $AT=ED$), a。

(5) 经口直接摄入——地表/地下水

经口直接摄入场区内的地表或地下水, 导致摄入水中的污染物。

$$I_{\text{水经口}} = \frac{CW \times IR \times EF \times ED}{CF \times BW \times AT} \quad \text{式 3.6}$$

式中:

$I_{\text{水经口}}$ —— 经口摄入的污染物质, mg/(kg.d)

CW —— 水中化学物质浓度, mg/L;

IR —— 摄入率, L/d;

EF —— 暴露频率, d/a;

ED —— 暴露年限, a;

BW —— 体重, kg;

CF —— 转换系数, 365 d/a

AT —— 平均作用时间 (对于非致癌性风险, $AT=ED$), a。

(6) 皮肤接触——地表/地下水

居民生活、娱乐以及农业活动中, 通过皮肤接触被场地污染的水源摄入污染物。

$$I_{\text{水皮肤}} = \frac{CW \times CF_1 \times SA \times PC \times EF \times ED \times ET}{CF_2 \times BW \times AT} \quad \text{式 3.7}$$

式中:

$I_{\text{水皮肤}}$ —— 经皮肤摄入的污染物质, mg/(kg.d)

CW —— 化学物质在水中的浓度, mg/L;

CF_1 —— 转换系数, 10 (L-m)/(cm-m³);

SA —— 皮肤暴露面积, m²;

PC —— 皮肤渗透常数, cm/h;

EF —— 暴露频率, 次/年;

ED —— 暴露年限, a;

ET —— 每次暴露时间, 小时/次

BW —— 体重, kg;

CF_2 —— 转换系数, 365 d/a

AT —— 平均作用时间 (对于非致癌性风险, $AT=ED$), a。

(7) 室内呼吸吸入——地表/地下水

在室内洗澡、洗衣、做饭等生活活动, 通过呼吸摄入水中污染物。

$$I_{\text{水呼吸}} = \frac{CW \times VF \times IR \times EF \times ED}{CF \times BW \times AT} \quad \text{式 3.8}$$

式中:

$I_{\text{水呼吸}}$ —— 经呼吸摄入的污染物质, mg/(kg.d)

CW —— 水中化学物质浓度, mg/L;

VF —— 挥发系数, L/m³;

IR —— 摄入率, kg/d;

EF —— 暴露频率, d/a;

ED —— 暴露年限, a;

BW —— 体重, kg;

CF —— 转换系数, 365 d/a

AT —— 平均作用时间 (对于非致癌性风险, $AT=ED$), a。

这里需要注意的是, 由于使用参数的不同, 一些暴露途径摄入量的计算方法不只一种, 如经地表/地下水摄入量的计算, 本指南采用以实测地下水中污染物浓度的方法进行计算, 而有些采用污染物在土壤的浓度, 通过检测分析当地土壤的理化参数进行模型预测, 二者均为 USEPA 所采纳。土壤经皮肤接触、土壤尘产生因子 PEF 的使用等也类似。无论采用哪种方式, 各有优缺点, 评估时都应给出计算公式和参数取值。

未来国家颁布统一的场地风险评估技术指南或标准后, 摄入量计算公式及对应参数的取值以国家标准为准。

3.2 参数取值

在国内或本地资料缺乏或不可靠的情况下, 建议采用 USEPA 提供的参数。

由于一些数据随相关研究的进展而不断更新，因此，在进行风险计算时应注意及时访问相关网站更新数据。

无论是采用 USEPA 推荐的数据还是根据本地情况修改的数据，在风险评估报告中都应列出，以便评审时计算验证。

表 3.1 和表 3.2 是推荐的参数取值。如果有与场地实际情况更加符合的取值，经过专家技术论证评审后，可采用更加合理的取值。

表 3.1 土壤暴露模式风险计算主要参数表

参数	居住	工业	商业/娱乐 /市政	开挖 施工	农业
暴露频率 (EF) d/a	350	250	40	20	350
成人暴露年限 (ED _{adult}) a	24	25	24	1	24
儿童暴露年限 (ED _{children}) a	6	0	6	0	6
暴露年限 (ED) a	30	25	30	1	30
成人土壤摄入率 (AIR) mg/d	100	100	100	480	100
儿童土壤摄入率 (CIR) mg/d	200	0	200	0	200
摄入比 (FI)	1	1	1	1	1
空气摄入率 (IR) m ³ /d	20	20	6.7 (8h)	20	20
综合皮肤暴露面积 (SA) m ² /d	0.53	0.316	0.53	0.53	0.53
粘附系数 (AF) mg/cm ²	1	1	1	1	1
成人体重 (ABW) kg	56*	56*	56*	56*	56*
儿童体重 (CBW) kg	15	15	15	15	15
平均作用时间/寿命 (AT) a	70*	70*	70*	70*	70*

* 《工业企业土壤环境质量风险评价基准》(HJ/T 25-1999)

表 3.2 地表/地下水暴露模式风险计算主要参数表

参数	居住	工业	商业/娱乐 /市政	开挖施工	农业
暴露频率 (EF) d/a	350	250	7	0	350
暴露年限 (ED) a	30	25	30	25	30
皮肤暴露面积 (SA) m ² /d	1.94	0	1.94	1.94	1.94
空气摄入率 (IR _{air}) mg/d	20	0	20	0	20
水摄入率 (IR _{water}) L/d	2	1	0.05	0	2
暴露时间(洗澡) (ET) h/d	0.2	0	2.6	0	0.2
体重 (BW) kg	56*	56*	56*	56*	56*
平均作用时间/寿命 (AT) a	70*	70*	70*	70*	70*

* 《工业企业土壤环境质量风险评价基准》(HJ/T 25-1999)

3.3 风险值/危害指数计算

(1) 致癌风险

$$R = I \times CSF \quad \text{式 3.9}$$

式中：

R —— 致癌风险值；

I —— 摄入污染物质，mg/(kg.d)；

CSF —— 各类途径（经口、皮肤或呼吸摄入）的致癌风险斜率。

该公式只适用于致癌风险较小的情况（如： $R < 0.01$ ）。对于致癌风险较高的情况（如： $R > 0.01$ ）采用公式 3.10，公式中各参数的意义及单位同式 3.9。

$$R = 1 - \exp(-I \times CSF) \quad \text{式 3.10}$$

当有足够可靠的资料说明某一致癌物质的致癌机理和致癌风险曲线时，也可以不采用以上公式，但必须以个案的方式通过技术评审。

当同一化学物质经不同暴露途径的致癌风险斜率系数不同时，要分开计算，然后叠加，得到该物质总的致癌风险值。每一暴露途径带来的致癌风险等于经该途径引起致癌风险的所有污染物风险值之和。某采样点有 m 种致癌物质，暴露途径也有 n 类，则该点总的致癌风险按式 3.11 计算：

$$R = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n R_{ij} \quad \text{式 3.11}$$

由于儿童和成年人的一些参数取值不同（如 ED 、 BW 等），某一致癌物质经某一途径的风险值要针对儿童和成人分别计算然后求和，或者采用综合考虑儿童和成人参数后的等效值，得出该物质的对人群的风险值。

(2) 非致癌性风险

$$HQ = I / RfD \quad \text{式 3.12}$$

HQ —— 危害商(hazard quotient)；

I —— 摄入污染物质，mg/(kg.d)；

RfD —— 慢性参考剂量（Chronic RfD），mg/(kg.d)。适用于居住、工业、商业/娱乐/市政和农业情况。

$Sub RfD$ —— 亚慢性参考剂量（Subchronic RfD），mg/(kg.d)。适用于建筑开挖

施工。

当同一化学物质经不同暴露途径的参考剂量不同时，危害商要分开计算，然后累加，得到该物质总的危害商——危害指数（Hazard index）。每一暴露途径的危害指数等于所有污染物经该暴露途径带来的危害商之和。某采样点有 m 种非致癌性有毒有害物质，暴露途径也有 n 类，则该点总的危害指数按式 3.13 计算：

$$HI = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n HQ_{ij} \quad \text{式 3.13}$$

理论上，当危害指数小于 1 时，不会对人群造成明显的非致癌性环境风险。

危害商只采使用成年人的数据进行计算（注：国家环保部《污染场地风险评估技术导则》讨论稿针对居住和商住用地是按照美国环保署《Soil Screen Guidance: User's Guide》中的做法采用儿童数据，此做法适用于筛选阶段，用于之后的正式风险评估则过分严格，但若环保部发布稿依然采用儿童数据，本指南按环保部标准实施）。

3.4 修复目标浓度值计算

与风险值/危害指数对应的浓度值的计算为风险值/危害指数计算的逆运算。但计算时需要注意一下两点：

- (1) 风险评估中某一监测点的风险值/危害指数为该点所有污染物经所有暴露途径的累加，而此处用于反算修复目标浓度值的风险值仅为对应单一污染物经所有暴露途径的风险值/危害指数之和。那么，如果某地的致癌污染物种类有十种以上，且对人体的作用生理目标相同，则各致癌污染物在分别满足风险值小于 10^{-6} 的情况下，该点的风险值仍可能超过 10^{-5} ，此时要考虑（从技术、经济等角度）针对某些污染物单独执行更加严格的修复目标值，以保证总风险值达标。
- (2) 对于同时具有致癌风险和非致癌性风险的污染物，必须分别计算与风险值和危害指数对应的浓度值，然后取其中数值小的作为修复目标值。
- (3) 土壤中铅浓度值采用基于血铅的风险评估法得出。

附件 4 污染土壤修复技术

按“污染源—暴露途径—受体”对修复技术进行分类，可分为：自然衰减、植物修复、淋洗、稳定/固化、电动修复等。按照处置地点分类，可分为：原位修复技术和异位修复技术。原位修复技术又可分为：原位处理技术和原位控制技术。异位修复技术又可分为：挖掘和异位处理处置技术。

1. 自然衰减：原位修复

技术描述：土壤中的污染物在自然条件下通过自然衰减、降解、挥发和光分解，以及利用土壤中微生物、动物及植物的新陈代谢活动使土壤中的污染物浓度降低。

技术成熟情况：技术成熟，国内外均有应用。

修复时间要求：耗时长，且难以确定。

资金要求：很低。

适用性：当场地污染程度低，在很长一段时间内不考虑开发利用，资金不足、选择其他修复技术的可能性小时，可以考虑该修复技术。

2. 生物通风：原位修复

技术描述：向未被地下水饱和的土壤中注入空气或氮气、二氧化碳气体，以加速土壤中污染物的生物降解过程。采用空气可以提高土壤中好氧微生物的浓度和活性，强化污染物的好氧微生物降解过程。采用氮气或二氧化碳可以提高土壤中厌氧微生物的浓度和活性，强化污染物的厌氧微生物降解过程。必要时，可以向污染土壤中加入缺乏的养分和特定的微生物。

技术成熟情况：技术成熟，但国内未见应用报道。

修复时间要求：耗时较长，时间不确定，1至3年甚至更长。

资金要求：较低。

适用性：好氧生物通风可以降解部分低氯挥发性有机化合物。厌氧生物通风可以降解某些高氯半挥发性有机化合物。设备技术成熟，施工与运行简单。好氧生物通风不太适用于含氯有机化合物。厌氧条件下，对含氯，特别是高氯半挥发

性有机物降解产物的种类和毒性不确定，需要通过试验来确定降解产物是否有环境风险。对持久性有机化合物的降解效果较差。

3. 植物修复：原位修复

技术描述：在污染场地种植植物，通过植物的吸收、蒸腾、植物自身对污染物的降解以及植物根系的固定作用降低土壤中污染物的浓度。

技术成熟情况：成熟，但国内未见应用报道。

修复时间要求：耗时较长，时间不确定，1至5年甚至更长。

资金要求：低。

适用性：主要去除表层土壤（1-25cm）中的污染物。对植物根系以下部分土壤的修复作用很小，一些污染物，如 POPs，可能转移到植物中后缓慢地散发到大气中。

4. 土壤气相萃取：原位修复

技术描述：在污染场地的水饱和层以上土壤中设置抽气井，抽取空气形成负压，土壤中挥发性有机物和部分半挥发性有机物随地层中的气流进入抽气井被抽出，然后对抽出的气体进行活性炭过滤等处理，达标后排放。

技术成熟情况：技术成熟，但国内未见应用报道。

修复时间要求：耗时较长，时间不确定，1至2年甚至更长。

资金要求：较低。

适用性：适宜处理低浓度的挥发性有机污染物，但对一些半挥发性有机污染物也有效果。要求土壤通气性好且质地较均匀。

5. 土壤淋洗：原位修复

技术描述：通过设在污染场地地下水上游的扩散井将含有助溶剂的水溶液注入被污染的土壤中，将污染物从土壤清洗出来，并在下游设置收集井将地下水抽出，在地表对抽出的水进行处理，达标排放。

技术成熟情况：技术成熟，国内可能已有工程应用。

修复时间要求：耗时不定，与污染物浓度和吸附的强弱有关。数月或数年。

适用性：低浓度的挥发性有机污染物效果较好。也适用于一些半挥发性有机

污染物和水溶性的重金属盐类。较高浓度的污染物和一些半挥发性有机污染物可能不经济或效果不好，而且控制不当会导致污染物扩散。需要就地设置废水处理设施。

6. 电动修复：原位修复

技术描述：将土壤作为导电介质，在土壤中插入正、负电极，并施加直流电压，土壤中的水溶性阴、阳离子分别向正极和负极移动移出土壤并富集于电极工作液中，然后对工作液进行处理。

技术成熟情况：技术成熟，国内未见应用报道。

修复时间要求：不确定，数月或数年。

资金要求：中等到高。

适用性：重金属污染土壤和一些有机污染物。

7. 热强化土壤气相萃取：原位修复

技术描述：将热引入到土壤中，提高有机污染物的挥发速率，提高抽取的气体中有机污染物的浓度，以提高污染物去除率。常用的热强化措施有：地下天线阵无线电辐射加热；向地下通入蒸气加热；地下电极阵加热；热井热传导加热。

技术成熟情况：技术成熟，国内尚未见应用报道。

修复时间要求：不确定，数月或数年，。

资金水平：中等到高。

适用性：对挥发性和半挥发性含氯有机化合物效果较好。适应的污染物浓度水平也比较宽泛。需要向场地输入大量的能量，在场地上建立高能量源，如电源、热力源。

8. 稳定/固化：原位修复、异位修复

技术描述：通过物理或化学方法将土壤中的污染固定在土壤中，阻止其在环境中进一步迁移扩散。

技术成熟情况：技术成熟，但国内未见应用报道。

修复时间要求：耗时较短，数月或1年。

资金要求：较低或中等。

适用性：适合于被重金属或放射性物质污染的土壤。不适合含氯有机物和农药，而且由于固化体在自然环境中会老化使得固化效果逐渐变差，使得场地依然存在潜在的环境风险。另外，固化会增大污染物的体积。

9. 封闭：原位修复、异位修复

技术描述：通过在污染土壤表层铺设防渗层和四周设置垂直防渗墙，将污染土壤与周围环境隔离开来，阻止污染物的扩散和地下水的进入。常用的防渗材料有土工膜、膨润土、沥青、混凝土等。

技术成熟情况：技术成熟，不能确定国内是否有工程应用。

修复时间要求：耗时较短，1~12个月。

资金要求：中等。

适用性：适于各种污染物，易于实施。

10. 化学氧化：原位修复、异位修复

技术描述：通过设在场地土壤中的扩散井将化学氧化剂注入土壤中，利用氧化剂将污染物氧化成二氧化碳、水、无机盐或毒性低的、稳定的化合物。常用氧化剂有：高锰酸钾、臭氧、过硫酸钠、含催化剂的过氧化氢类物质等。

技术成熟情况：技术成熟，不能确定国内是否有工程应用。

修复时间要求：耗时较短，数周或数月。

资金要求：中等。

适用性：主要针对污染面积较小、污染物浓度高且难以生物降解的非有机氯污染物。

11. 玻璃化：原位修复、异位修复

技术描述：将被污染的土壤加热到 1400℃ 以上使土壤熔化，之后冷却变成玻璃和固态晶体实现稳定固化的目的，同时，土壤中的有机物被高温摧毁。加热的方法有电极加热和等离子电弧加热两种。电极加热是在土壤中插入电极，表层放置石墨，通入高压电，使电极之间的土壤熔化，处理能力一般为 4-6 吨/小时，一次熔化的量可达 200-1200 吨，土壤深度可达 5 米。等离子弧加热时在土壤中设有封闭的电弧井，弧温度可达 7000℃，熔化从底部向上进行。玻璃化方法

需要在地表设置气体收集罩和尾气处理系统，将融化尾气收集和处理的。

技术成熟情况：技术成熟，但国内未见应用报道。

修复时间要求：耗时较短，1年在左右时间，随处理量和设备能力而定。

资金水平：高，根据在美国的应用。

适用性：适用于各种浓度的污染物，二噁英以及挥发性和半挥发性有机化合物可以被有效地摧毁，只有极少部分随尾气排出。适合于粘土和密实的土壤，场地内的地下金属管道等导体材料需要事先清理出来。

12. 临时贮存：异位修复

技术描述：将污染土壤临时贮存于填埋场或专门的场地，等待以后有条件时再进行处理。

技术成熟情况：技术成熟。

修复时间要求：耗时一般不足1年。

资金要求：受临时贮存场地建设的费用的影响较大，未来还需要花费进行处理。

适用性：对没有条件当时进行土壤修复，但能够找到临时贮存场地的地方，可以考虑该技术。污染土壤长期堆放贮存会占用大量土地和消耗维护费用。

13. 资源化利用：异位修复

技术描述：当技术和管理条件允许时，可在采用资源化利用技术对被污染的土壤进行无害化和资源化利用，如：作为制取水泥的添加剂。

技术成熟情况：成熟，国内有应用报道。

修复时间要求：数月或数年，视处理的量和资源化利用企业的接纳能力而定。

资金要求：低。

适用性：当地需要具有能资源化利用的企业。需确保资源化利用过程中不产生二次污染。

14. 土壤生物反应器：异位修复

技术描述：土壤生物反应器类似垃圾卫生填埋场，设置有防渗层、渗沥滤液收集系统、通风系统、覆盖层、内部可分隔成各个小单元。整个生物反应器可设

置在地面之上也可以设置在地下。反应器中加入微生物菌种，通过控制温度、湿度、pH 和通风以加快生物降解过程。可采用厌氧、好氧或混合过程。

技术成熟情况：技术成熟，国内有应用。

修复时间要求：需要长时间，数月或数年。

资金要求：较低。

适用性：运行维护简单，运行费用较低，对于不含氯的挥发和半挥发性有机物处理效果较好，对一些含氯的挥发和半挥发性有机物、持久性的有机化合物以及二噁英等降解效果较差。耗时较长，占地面积大。

15. 土壤淋洗：异位修复

技术描述：使用水或添加有表面活性剂、螯合剂的水溶液对被污染的土壤进行淋洗，将污染物从土壤中转移到水中，然后对淋洗液进行处理。淋洗液可以循环利用，如果要排放，必须处理达标后才能排放。淋洗产生的残渣可根据情况进行资源化利用或进一步达到填埋要求后进行填埋处置。

技术成熟情况：技术成熟，国内有应用报道。

修复时间要求：耗时相对较短，1 年左右时间。

资金要求：较低到中等。

适用性：可处理土壤中的含氯有机污染物。对于沙砾、砂、细沙等土质处理效果较好，粘土类相对较差。需要对淋洗液进行处理，防止二次污染。

16. 高温热脱附：异位修复

技术描述：将土壤放在类似旋转窑的容器中加热一段时间，并保持低压和低氧状态，使土壤中的污染物和水分进入气相，然后将气体收集进行处理，处理达标的气体排放，截留下来的污染物另行处理。加热的温度和时间受污染物种类、土壤类型等影响，一般情况下加热过程中不发生氧化、分解等化学反应。

技术成熟情况：技术成熟，但国内未见应用报道。

修复时间要求：相对较短，根据设备处理能力数周或数月。

资金要求：中等

适用性：使用于挥发性和半挥发性有机化合物，耗能较大。

17. 碱催化脱氯：异位修复

技术描述：用于修复被含氯有机物污染的土壤。以水溶液、悬浮液的形式向土壤中加入碱金属或碱土金属，同时加入脂肪酸、碳氢化合物、胺类物质及其他类似作为氢离子供体的化合物和蔗糖等碳源以激活氢离子生成反应。首先加入激将水分蒸发，碱金属被浓缩达到可以进行化学反应的浓度后在氮气的保护下再经过一定 0.5 至 2 小时 200℃到 400℃的加热，土壤中的含有机污染物即可被分解去除。

资金要求：较高。

技术成熟情况：基本成熟，但国内未见应用报道。

修复时间要求：耗时相对较短，根据设备处理能力数周或数月。

适用性：脱氯反应的完全程度和对于土壤中二噁英的去除情况需要通过试验来检验。

18. 超临界水氧化：异位修复

技术描述：当水处于其临界点（374℃，22.1MPa）以上的高温高压状态时被称为超临界水（Supercritical Water, SCW）。超临界水氧化反应（Supercritical Water Oxidation, SCWO）是指有机废物与氧气等氧化剂在超临界水中进行氧化反应而将有机废物完全氧化成二氧化碳、水、氮气以及盐类等无毒的小分子化合物，不形成二次污染。无机盐在 SCW 中溶解度很小，可从水中分离出来，处理后的废水可回收利用。此外，当有机物含量超过 2%时，SCWO 过程可以形成自热而不需额外供给热量。该技术用于处理污染土壤时，需要将土壤中的污染物转移到水中。

技术成熟情况：技术基本成熟，国内未见应用报道。

修复时间要求：耗时相对较短，一般数月。

资金要求：高。

适用性：需要首先将土壤中的污染物转移到水相中，然后进行处理，处理工序较长。适合处理高浓度污染物。

19. 气相化学还原：异位修复

技术描述：首先需要将土壤中的污染物转移到气相中，然后进入有机化合物的气相加氢反应。在大于 850℃的反应温度下，有机化合物与氢结合，生成短链

碳氢化合物，主要产物为甲烷和氯化氢。反应中需要水作为还原剂和氢的供体，该反应实质上是对所有不饱和有机化合物实施彻底的加氢反应，因此，反应中不会产生二噁英，但对于生成的酸性气体需要加碱进行中和。

技术成熟情况：技术成熟，但国内未见应用报道。

修复时间要求：耗时相对较短，一般数月。

资金要求：高。

适用性：可用于处理被含氯有机物污染的土壤。但需要前置热脱附工艺，而且反应中不能有空气和氧气进入，防止爆炸发生。

20. 热脱附与高温分解和焚烧：异位修复

技术描述：该技术将热脱附、高温热解和焚烧组合在一起。经破碎处理的污染土壤进入温度为 450-800℃ 低压真空旋转反应器。在还原条件下，反应器内的污染物脱附、蒸发和分解。分解后的气体进入燃烧室焚烧，尾气经过处理后达标排放。

技术成熟情况：技术成熟，但国内未见应用报道。

时间条件：需要时间较短，如 1 个月到 0.5 年。

资金要求：高。

适用性：可用于处理几乎所有含氯碳氢化合物，但用于处理二噁英时，需要试验验证。

21. 焚烧：异位修复

技术描述：理论上，大多数有机物质都采用高温燃烧的方法将其氧化分解。在 1100-1500℃ 的温度可下焚烧含氯有机化合物和一些难燃有机化合物，可以将废物中的氯元素转化为氯酸性物，如： HCl 。焚烧时间越长，去除效率越高。

技术成熟情况：技术成熟，国内有报道使用。许多情况下采用水泥回转窑进行焚烧处理，水泥回转窑的物料温度可达 1500℃，停留时间可长达几十分钟；烟气温度可达 1100℃，停留时间可达 6-10s，负压运行，工况稳定，满足土壤污染物焚烧的技术要。

修复时间要求：耗时较短，根据处理量数周或数月。

资金要求：高。

适用性：适用于大部分有机污染物。但当采用水泥回转窑焚烧含氯有机化合物时，依据污染土壤的添加量焚烧产生的酸性物质对炉窑设备及水泥质量可能会有一定影响，此外，与危险废物焚烧炉相比，水泥回转窑废气排放量大、废气处理效果差，焚烧含氯有机化合物时二噁英释放量大。

附件 5 评估报告书要件及质量要求

5.1 第一阶段报告书要件

- (1) 场地区位图
 - a) 评估场地位于所属区县的位置
 - b) 指北针或风玫瑰图
 - c) 彩色
- (2) 评估场地及周边环境航空或卫星照片（如果有）
 - a) 重点反映场地周围地貌、重要建筑、环境敏感点、企业等
 - b) 指北针或风玫瑰图
 - c) 彩色
- (3) 评估场地用地规划图
 - a) 彩图
- (4) 评估场地总平面布置图
 - a) 最好 AutoCAD 图和卫星照片同时给出，且最好卫星照片的比例和范围与 AutoCAD 图一致
 - b) 卫星照片要反映出场内的地形地貌特征
 - c) 在 AutoCAD 图和卫星照片上醒目画出场界红线和分区
 - d) 在文本中描述到的设施及构筑物在图上应全部有标注
 - e) 风玫瑰图
- (5) 场地监测及污染状况分布图
 - a) 清楚标出污染片区与未污染片区分界线
 - b) 标出监测布点编号，编号要与正文监测点一览表一致
 - c) 醒目标出超标点（污染点）
 - d) 风玫瑰图
 - e) 比例尺
- (6) 现场踏看照片及录像
 - a) 厂（场）区分块代表性环境特征照片和录像

- b) 关键设施、敏感地点等重要地点的照片和录像
- (7) 采样照片
 - a) 每一个检测点均需要照片，原则上全景、近景各一张
 - b) 照片编号要与正文中监测点位一览表中的编号一直
- (8) 公众调查表
- (9) 职业病调查表或职业健康监护评价报告书摘要
- (10) 现场监测分析结果一览表
- (11) 监测布点方法及相关参数的取值
- (12) 监测结果一览表
 - a) 要有点位坐标（如：GPS 坐标等）和编号
 - b) 监测点编号要与图和照片的一致
- (13) 采样方法及样品质量控制
- (14) 评估方法及标准

5.2 第二阶段报告书要件

- (1) 场地监测及污染状况分布图
- (2) 监测布点方法及相关参数的取值
- (3) 采样方法及样品质量控制
- (4) 监测数据统计分析
- (5) 风险计算
 - a) 计算公式及参数取值表
 - b) 风险计算一览表：给出每个监测点位的风险值/危害指数
- (6) 场地修复行动值和场地修复目标值
- (7) 修复范围及修复量
- (8) 修复方案
- (9) 场地环境风险分布图
 - a) 以总平面布置图为底图在标出各点位的风险值/危害指数。当总图太大时，也可分成几个区域进行图示
 - b) 对于剖面样，按不同深度分别给出场地环境风险分布图

- (10) 场地污染土壤修复范围图
 - a) 修复区域的边界应是连续闭合的等值线，等值线上所有点的风险值/危害指数等于修复行动值
 - b) 并分别以分层平面图和三维图的形式表示出来
- (11) 土壤修复行动值与对应的理论修复量和实际修复量对照表
- (12) 采样照片
 - a) 每一个检测点均需要照片，原则上全景、近景各一张
 - b) 照片编号要与正文中监测点位一览表中的编号一直
- (13) 修复方案一览表：基础方案、最佳方案、推荐方案
- (14) 投资估算表

附件 6 各阶段报告书格式

6.1 第一阶段报告书格式

XXX 场地污染调查报告

(第一阶段)

摘要

1 总论

- 1.1 任务来源
- 1.2 评估依据
 - 1.2.1 法律、法规和政策
 - 1.2.2 标准和导则
- 1.3 评估目的及任务
- 1.4 评估内容及重点
- 1.5 评估范围
- 1.6 评估时段
- 1.7 评估标准
- 1.8 技术路线
 - 1.8.1 总体技术路线
 - 1.8.2 第一阶段场地评估技术路线
- 1.9 场地利用规划

2 区域环境概况

- 2.1 自然地理概况 (叙述地理位置、地质、水文等)
- 2.2 社会区域概况 (社会经济、开发建设及规划简况)

3 场地调查

- 3.1 场地历史沿革
- 3.2 场地现有生产企业基本情况
 - 3.2.1 厂区布局、生产规模、生产状况、原辅材料消耗
 - 3.2.2 生产工艺
给出工艺流程图并简述生产工艺流程,标出排污节点
 - 3.2.3 主要污染源、污染物排放情况及环保治理设施情况
注意厂区内堆存的固体废物的交待,与后面可能需要的废物危险性鉴别相对应。包括废气、废水及固废。
 - 3.2.4 主要化学危险品、危险废物使用及贮存情况
在固废管理中心有登记的,在附件中附上相关资料。
 - 3.2.5 变压器、电容器使用情况调查
主要判定变压器油是否含多氯联苯,在固废管理中心有登记的,附

相关资料。

3.2.6 厂区放、辐射源使用情况

3.3 场地历史生产基本情况*

如果该场地存在历史演变则需要进行调查、取证，必要时进行类似 3.2 部分的分析，如果没有，可不编写该部分。

3.4 环境污染事故和投诉

3.5 厂区职业病调查

参考场内职业病评价报告或参考同类型企业的职业病文献。

3.6 公众调查

调查人员姓名，职业等，走访情况，时间。

4 场地环境污染识别

4.1 场地总体环境描述

建筑物、路面、地面、绿化、跑冒滴漏、最主要的污染区域等总体描述。

4.2 主要场地土壤污染识别

每个识别环节都要进行描述，叙述布点和监测因子确定的原因。每个环节给出识别结论，包括：是否进入污染确认阶段、监测布点和监测因子。

叙述各区域监测布点的理由，可分为区域 1，区域 2 等，同时注意地下、地上罐区等。

4.3 场地固体废物识别

如果有此部分，注意在标准中补充对应的分析标准名称。

4.4 地下水情况

是否发育，是否有利用，是否布置监测点及监测因子。

4.5 场地现场监测分析结果

5 采样方案

5.1 土壤

5.1.1 监测布点

5.1.2 监测因子及分析方法

——分析方法及检测限

——实验室数据分析质量保证

5.1.3 采样方法：采样程序，样品筛选

5.1.4 结果与分析

5.2 地表/地下水

5.2.1 监测布点

5.2.2 监测因子及分析方法

——分析方法及检测限

——实验室数据分析质量保证

5.2.3 采样方法：采样程序，样品筛选

5.2.4 结果与分析

5.3 固体废物监测

5.3.1 监测布点

5.3.2 监测因子及分析方法

——分析方法及检测限

——实验室数据分析质量保证

5.3.3 采样方法：采样程序，样品筛选

5.3.4 结果与分析

注意：5.2 和 5.3 的内容根据各场地实际情况进行。

6 评估不确定性分析及措施

6.1 不确定性分析

6.2 对策

7 结论及建议

7.1 场地污染环境评估结论

7.2 场地污染环境评估建议：明确评估工作是否进入第二阶段。

附图

附图 1 场地区位图

附图 2 评估场地及周边环境航空或卫星照片

附图 3 评估场地用地规划图

附图 4 评估场地总平面布置图

附图 5 场地污染状况分布图

附图 6 现场踏看照片及录像

附图 7 采样照片

附件

附件 1 变压器调查表

附件 2 现场调查记录

附件 3 钻探采样记录

附件 4 样品分析检测报告

附件 5 公众调查表（至少附 3 张）

附件 6 职业病调查表（至少附 3 张）或职业健康监护评价报告书摘要

附件 7 专家评审意见

附件 8 技术审查意见

附件 9 合同

6.2 第二阶段报告书格式

XXX 场地环境风险评估及污染土壤修复方案

(第二阶段)

摘要

1 引言

- 1.1 第一阶段场地污染调查工作回顾
- 1.2 本阶段工作内容及程序

2 采样方案

2.1 污染场地

- 2.1.1 监测布点
- 2.1.2 监测因子及分析方法
 - 分析方法及检测限
 - 实验室数据分析质量保证
- 2.1.3 采样方法：采样程序，样品筛选
- 2.1.4 结果与分析

2.2 污染背景值

- 2.2.1 监测布点
- 2.2.2 监测因子及分析方法
 - 分析方法及检测限
 - 实验室数据分析质量保证
- 2.2.3 采样方法：采样程序，样品筛选
- 2.2.4 结果与分析

3 场地环境风险评估

- 3.1 暴露模式分析
- 3.2 毒理分析
- 3.3 风险计算及评估

4 污染土壤修复标准评估

5 污染土壤修复范围及修复量

6 污染土壤修复方案初步论证

7 结论及建议

附图

附图 1 场地环境风险分布图

附图 2 场地污染土壤修复范围图

附图 3 采样照片

附件

附件 1 钻探采样记录

附件 2 样品分析检测报告

附件 3 第一阶段专家评审意见

附件 4 专家评审意见

附件 5 技术审查意见

附件 6 合同