ICS 13.020.40
Z 05
备案号：51840-2016

DB50

重 庆 市 地 方 标 准

DB 50/ T 725—2016

场地环境调查与风险评估技术导则

Technical guidelines for site investigation and risk assessment

2016－12－15 发布　　2017－01－01 实施

重庆市质量技术监督局　　发 布

目　　次

前言 II
1　范围..... 1
2　规范性引用文件..... 1
3　术语和定义..... 1
4　场地环境调查与风险评估工作程序..... 3
5　场地环境初步调查..... 5
6　场地环境详细调查与风险评估..... 10
附录 A（资料性附录）　场地环境调查报告编写大纲 21
附录 B（资料性附录）　场地环境调查与风险评估报告编写大纲 23
附录 C（资料性附录）　现场调查记录和采样记录表格样式 27
附录 D（规范性附录）　样品保存方法 30
附录 E（资料性附录）　评估参数推荐值 32
附录 F（规范性附录）　污染物迁移扩散计算模型 49
附录 G（规范性附录）　土壤中污染物单一途径风险控制值计算模型 56
附录 H（规范性附录）　地下水中污染物单一途径风险控制值计算模型 61

前　　言

本标准按照GB/T 1.1-2009给出的规则进行起草。

本标准DB50/T 725-2016《场地环境调查与风险评估技术导则》与DB50/T 723-2016《场地土壤环境风险评估筛选值》、DB50/T 724-2016《污染场地治理修复验收评估技术导则》、DB50/T 722-2016《污染场地治理修复环境监理技术导则》共同构成支撑场地治理修复活动的系列地方标准。

本标准由重庆市环境保护局提出并归口。

本标准起草单位：中国环境科学研究院、重庆市固体废物管理中心、重庆市环境科学研究院。

本标准主要起草人：郭观林、周在江、张朝、李发生、任利、徐凤、颜增光、王东、陈刚才、周利强、徐猛、罗程钟、张琢、杨柳岸、汪军。

场地环境调查与风险评估技术导则

1 范围

本标准规定了场地环境调查与风险评估的程序、内容、方法和技术要求。

本标准适用于场地环境调查与风险评估。

本标准不适用于放射性元素污染场地、致病性生物污染场地、农用地的风险评估以及基于保护生态环境的风险评估工作。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

HJ 25.1-2014 场地环境调查技术导则
HJ 25.2-2014 场地环境监测技术导则
HJ 25.3-2014 污染场地风险评估技术导则
HJ 25.4-2014 污染场地土壤修复技术导则
HJ/T 91-2002 地表水和污水监测技术规范
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 682-2014 污染场地术语
DB50/T 723-2016 场地土壤环境风险评估筛选值

3 术语和定义

HJ 682-2014界定的及以下术语和定义适用于本文件。

3.1

场地

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

[HJ 682-2014, 定义2.1.1]。

3.2

潜在污染场地

指因从事生产、经营、处理、贮存有毒有害物质，堆放或处理处置潜在危险废物，以及从事矿山开采等活动造成污染，且对人体健康或生态环境构成潜在风险的场地。

[HJ 682-2014, 定义2.2.1]

3.3

污染场地

对潜在污染场地进行调查和风险评估后，确认污染危害超过人体健康或生态环境可接受风险水平的场地，又称被污染地块。

[HJ 682-2014, 定义2.2.2]

3.4

关注污染物

根据场地污染特征和场地利益相关方意见，确定需要进行调查和风险评估的污染物。

[HJ 682-2014, 定义2.2.3]

3.5

筛选值

基于保守情景确定的，用于判定是否启动场地风险评估的参考值。

[HJ 682-2014, 定义2.4.23]

3.6

污染场地人体健康风险评估

在场地环境调查的基础上，分析污染场地土壤和地下水中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。

[HJ 682-2014, 定义2.4.3]

3.7

致癌风险

人群暴露于致癌污染物，诱发致癌性疾病或损伤的概率。

[HJ 682-2014, 定义2.4.1]

3.8

非致癌风险

污染物每日摄入剂量与参考剂量的比值，用来表征人体经单一途径暴露于非致癌污染物而受到危害的水平，通常用危害商值来表示。

[HJ 682-2014, 定义2.4.2]

3.9

可接受风险水平

对暴露人群不会产生不良或有害健康效应的风险水平，包括致癌物的可接受致癌风险水平和非致癌物的可接受危害商。

[HJ 682-2014, 定义2.4.25]

3.10

居住用地

用于生活居住的住宅及其附属设施的土地。

3.11

公园绿地

向公众开放的、以游憩为主要功能，有一定的游憩设施和服务设施，同时兼有生态、美化、防灾等综合作用的用地。不包括居住区、单位内部配建的绿地。

3.12

商服/工业用地

商服用地指各类商业、商务、娱乐康体等设施用地，不包括居住用地中的服务设施用地。工业用地指工矿企业的生产车间、库房及其附属设施等用地。

3.13

暴露途径

场地土壤和浅层地下水中污染物迁移到达和暴露于人体的方式。

[HJ 682-2014, 定义2.4.12]

3.14

受体

一般指场地及其周边环境中可能受到污染物影响的人群或生物类群，也可泛指场地周边受影响的功能水体（如地表水、地下水等）和自然及人文景观（区域）等（如居民区、商业区、学校、医院、饮用水源保护区等公共场所）。

[HJ 682-2014, 定义2.4.7]

3.15

场地概念模型

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

[HJ 682-2014, 定义2.3.1]

3.16

土壤和地下水风险控制值

根据本标准制定的用地方式、暴露情景和可接受风险水平，采用本标准规定的风险方法和场地调查获得相关数据，计算获得土壤中污染物的含量限值和地下水中污染物的浓度限值。

[HJ 25.3-2014, 定义3.13]

3.17

修复目标

由场地环境调查和风险评估确定的目标污染物对人体健康和生态受体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。

[HJ 25.4-2014, 定义3.4]

4 场地环境调查与风险评估工作程序

4.1 第一阶段为场地环境初步调查

通过资料收集及分析、人员访谈和现场踏勘，分析场地生产历史和现状，判断场地是否存在潜在污染。

当确定不存在潜在污染时，则结束场地环境调查；否则应针对疑似污染区域开展场地初步采样调查，确认场地是否存在污染及主要污染物类型。

当土壤中污染物含量均未超过重庆市《场地土壤环境风险评估筛选值》相应限值，且地下水样品监测结果满足相应水质要求，则结束场地环境调查；否则认为可能存在环境风险，需开展场地环境详细调查与风险评估。

4.2 第二阶段为场地环境详细调查与风险评估

在场地环境初步调查基础上，进一步采集样品和分析，确定场地污染程度和分布，并根据调查和分析结果，计算场地健康风险水平，提出修复目标，确定修复范围。见图 1。

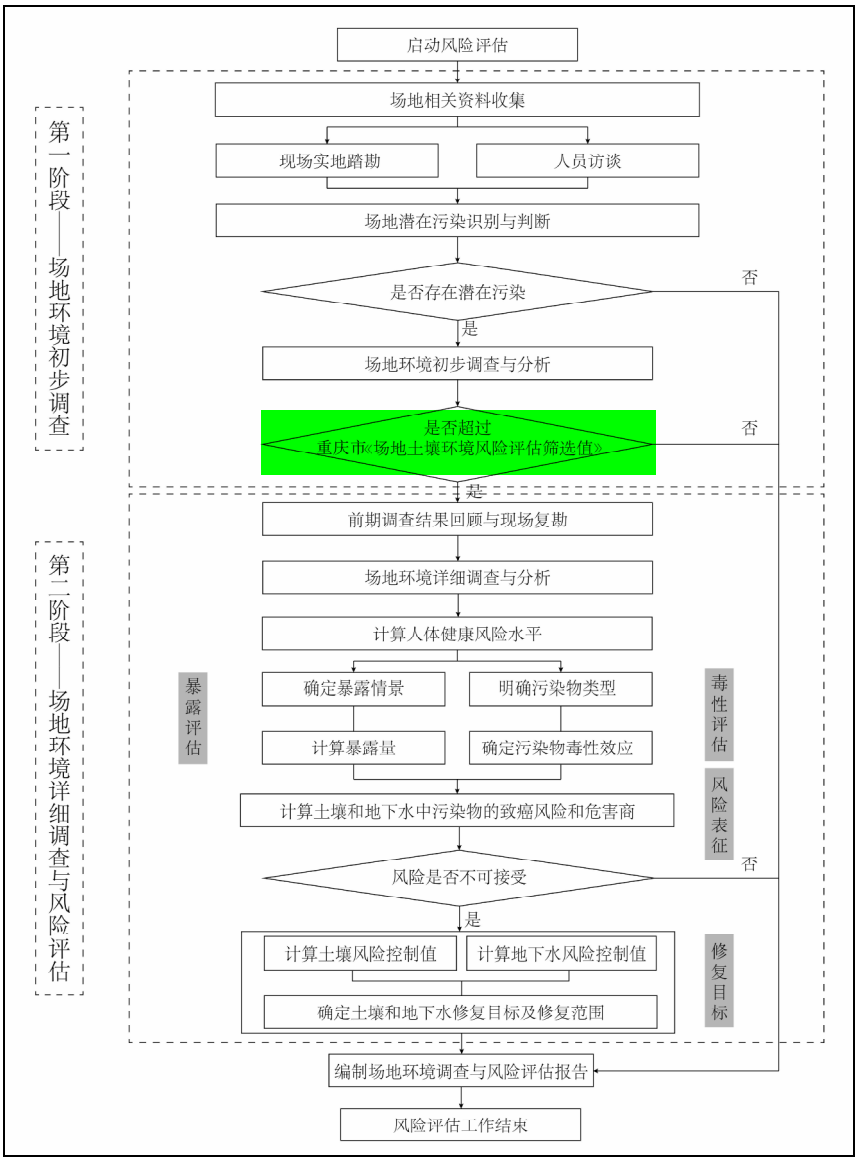

图1 场地环境调查与风险评估工作程序

5 场地环境初步调查

5.1 主要工作内容

场地环境初步调查主要包括以下工作内容：

——场地资料收集及分析；

——现场踏勘；

——人员访谈；

——场地污染初步判断及下一步工作；

——制订场地初步采样调查方案；

——样品采集与分析检测；

——监测结果分析与初步评估；

——场地环境调查报告编制。

5.2 资料收集及分析

5.2.1 资料收集

收集的资料包括但不限于以下：

——基本信息资料：

a) 场地名称、地理位置、场地面积、生产历史、平面布置，场地及其周边区域的卫星遥感图像或航空图像等；

b) 场地所在区域的自然、社会、经济状况资料，包括环境条件、经济结构与社会组成等。

c) 场地所在区域的水文地质资料，包括地形地貌、水文地质状况等。

d) 场地所在区域的气候气象资料，包括主导风向、风玫瑰图、气温、降水等。

——生产历史及生产过程资料：

a) 生产设备投入、厂房分布及功能、主要产品及生产量、原辅材料使用情况、危险化学品等危险物质使用情况、生产工艺流程、“三废”排放状况及去向、环保设施分布及使用等；

b) 环境风险评估报告、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、排污许可及排放记录、污染治理设施运行状况记录、环境污染事故记录、水文地质勘察报告、场地建设及拆除记录、企业环境管理文件、职工健康评估报告、公众通知等。

——土地利用历史及用地规划资料：

a) 场地历史上土地利用状况和规划资料；

b) 场地利用变迁过程中的场地内建筑物、设施、工艺流程、污染物产生及排放等的变化情况；

c) 场地及周边区域未来的土地利用规划及各类批复文件等。

——所在区域的环境资料：

a) 环境质量公告、企业在政府部门相关环境备案和批复；

b) 区域环境保护规划、生态和水源保护区规划等。

——各类储存设施及管网分布资料：

a) 包括地下和地上储存库/储存罐资料；

b) 给排水、供电、供气、物料输送、通风等管网资料。

——其它相关资料,环保投诉、新闻报道等。

5.2.2 资料分析

通过查阅和分析上述场地资料内容，根据专业知识和经验判断，识别场地被污染的可能性及疑似污染区域。

5.3 现场踏勘

5.3.1 场地状况及设施

5.3.1.1 功能区布局，车间类型和数量，生产车间及各类厂房、设施的实际状况，拆除、挖掘、修建等人为扰动痕迹。
5.3.1.2 建构筑物的墙壁、地面完整度和硬化状况，自然破损、明显的污渍和腐蚀痕迹，跑、冒、滴、漏的情况，是否存在异味。
5.3.1.3 车间隔热保温和屋顶防水材料使用状况，所使用材料的类型、数量，石棉使用数量和位置。
5.3.1.4 外来堆土、固体废物、污水等。
5.3.1.5 危险废物及其分布区域。
5.3.1.6 含多氯联苯的电容器、变压器等电力设备使用状况。
5.3.1.7 场地内地形地貌变化状况。

5.3.2 储存及转运设施

5.3.2.1 原辅材料、产品、辅助工具等的储存仓库、储存池或存放点状况,防渗、围堰和事故收集池等设施情况。
5.3.2.2 各类生产用水（液）的临时存放池、储存罐的分布，储存物质的数量、成分等。
5.3.2.3 石油制品、农药、持久性有机污染物以及其他危险化学品的地下与地上储罐、开口桶、地下管道等储存和转运设施，所有设施类型、数量、大小和存放物质的名称、数量等。
5.3.2.4 其它未知物质的存放容器、储存池、储存罐等，调查其分布位置、数量、类型等。
5.3.2.5 废弃容器和转运设施的处置和回收情况，废弃容器堆放、清洗点以及处置方式等。

5.3.3 排污及环保治理设施

5.3.3.1 废水产生状况和废水处理设施建设状况：废水的产生位置、产生量、污染因子、处置及排放去向等，管道及治理设施的破损、泄漏和毁坏痕迹。
5.3.3.2 废气产生状况和废气治理设施建设状况：废气的产生位置、产生量、污染因子、治理及排放等，管道及治理设施的破损、毁坏痕迹。
5.3.3.3 固体废物产生、贮存、处置状况：固体废物的产生位置、产生量、种类、有害成分、贮存方式、贮存位置和贮存量、处理处置等。

5.3.4 周边环境状况及其它

5.3.4.1 场地及周边区域地表水体状况：地表水体的分布、流量、流向、水质要求等。
5.3.4.2 场地周边区域是否存在异常气味，判断异常气味可能的来源。
5.3.4.3 相邻企业的污染物排放状况，分析与评估场地的关联性。
5.3.4.4 场地周边活动人群分布状况，调查居民小区、学校、社区服务站、医院、商业区等的规模、位置、人群结构组成等。

5.4 人员访谈

5.4.1 人员访谈对象及访谈内容

人员访谈对象及访谈内容见表1。

5.4.2 人员访谈形式

包括座谈会、调查问卷、电话采访、信函往来等。

表1　人员访谈对象及访谈内容

编号	人员访谈对象	访谈内容
1	场地所有者、使用者、原厂老职工	场地生产历史变迁、生产工艺变革、厂区工艺布局及历史变化、“三废”排放及处置情况、危险化学品使用情况、石油产品使用情况等。
2	周边小区居民、社区工作人员等	场地及周边环境变化、土地利用历史演变，环境事故发生，环境污染现象等。
3	当地环境保护主管部门	与场地相关的环境监测报告、环境污染事故及处置记录、排污申报、排污许可等。
4	当地土地规划管理部门	土地利用历史变迁及未来土地利用规划等。

5.5　场地污染状况判断

5.5.1　基于场地资料收集和现场踏勘所掌握的情况，填写场地调查记录（见附录C），判断场地存在潜在污染的可能性，识别导致场地污染的来源和主要污染物类型，提出下一步工作建议。

5.5.2　当确定场地不存在潜在污染时，场地环境调查工作结束，编制场地环境调查报告，编写大纲见附录A。

5.5.3　当场地存在潜在污染时，应开展场地初步采样调查工作。

5.6　场地初步采样调查

5.6.1　土壤布点要求

5.6.1.1　采用专业判断布点法，根据场地的占地面积、厂区生产布局、地形地貌、水文地质条件等特征布设采样点。重点关注场地中的生产区、原辅材料和产品储存及转运区、排污及环保治理区、固体废物堆放区等重点污染区或污染物迁移方向的下游区域。

5.6.1.2　若拆除、挖掘等活动导致场地污染分布不明确，应采用系统布点法布设采样点。

5.6.2　地下水布点要求

5.6.2.1　基于场地资料收集和踏勘结果判断场地地下水可能受到污染时，应布设地下水采样点。

5.6.2.2　根据场地生产布局、地形地貌、水文地质条件等因素，原则上在地下水流向的上、中、下游布设不少于3个地下水监测点。

5.6.3　地表水/底泥布点要求

5.6.3.1　基于场地资料收集和踏勘结果判断场地内及周边地表水可能受到污染时，原则上应在水流方向上、中、下游布设不少于3个地表水采样点。

5.6.3.2　若场地中存在废水池、积水坑、储水池等，应对其积水及底泥进行布点采样。

5.6.4　现场定位

现场需对采样点进行定位测量，提供采样点的坐标和高程。

5.6.5　采样点位调整

因现场条件限制，导致采样点无法按原计划实施时，可根据实际情况进行调整。

5.6.6 样品采集

5.6.6.1 土壤样品采集

5.6.6.1.1 土壤样品采集深度依据场地地层中土壤岩性变化、污染物性质等因素进行确定。

5.6.6.1.2 样品采集时，应保证同一岩性土壤层至少采集 1 个样品；当同一岩性土壤层厚度超过 2 m 时，应增加采样数量。表层土壤采样位置应除去地表非土壤层厚度，在 0～1 m 范围内根据污染物类型及其迁移特性确定。

5.6.6.1.3 样品采集过程的技术要求如下：

——采样前应准备好记录表格、钻探设备、测量设备、采样工具和样品保存容器，并满足样品采集质量控制要求，采样记录表见附录 C；

——表层土壤样品可用手持式柱状采样器、铁锹等工具采集，选择芯土作为土壤样品，同时去掉砾石和树枝等杂物；

——深层土壤样品应选择直压式的钻探设备。对于重金属污染场地可适当选择其它钻探或挖掘设备，但必须保证所采集土壤样品未受到钻探或挖掘过程影响；

——采集含有挥发性有机污染物的土壤样品时，应采用直压式采样器，将样品直接推入顶空瓶，并立即封盖保存，样品保存方法见附录 C；

——现场采样过程中可使用光离子化检测仪（PID）、X 射线荧光分析仪（XRF）等现场快速检测仪器辅助开展样品采集工作；

——现场采样应全过程拍摄影像记录。

5.6.6.2 地下水样品采集

5.6.6.2.1 地下水样品采集过程包括建井、洗井和样品采集三个步骤。

5.6.6.2.2 建井过程包括钻探与护壁、井管安装、填砾及封闭等。地下水监测井可与土壤钻探采样过程合并实施，也可单独建设。具体的技术要求如下：

——建井过程不应引入新的污染，不应改变地下水化学组成和水质质量，禁止不下井管直接以土孔作为地下水监测井使用；

——建井过程中应钻探至含水层底部以下 0.5 m 或弱风化层，但应避免穿透隔水层；

——监测井管自上而下包括井壁管、过滤管、沉淀管 3 部分，不同部位之间用螺纹式连接方式进行连接。监测井管需采用专门材料，确保对目标污染物不产生干扰。过滤管外围包裹砂布防止土壤颗粒进入井管内。监测井底部沉淀管应加底盖，防止底层土壤进入井管，影响洗井和采样过程；

——井壁管长度为地面以上 0.3 m 至含水层顶部，筛管长度为自含水层顶部至底部或底盖，底盖一般应深入隔水层内；

——下管过程应缓慢稳定进行，防止下管过快破坏钻孔稳定性；

——井管下降至底部时，在井管与套管之间填入白色石英砂，石英砂层厚度至少应达到过滤管层以上 0.5m，填砂时可使用导砂管将石英砂填入监测井下部，填砂完毕后将套管缓慢拉出；

——过滤管区以上通过填入球状膨润土等形成良好的隔水层或防护层进行护壁防水，防护层厚度为石英砂层以上至地面；

——围绕井管搭建高出地面 0.3m～0.5m 高的井台，顶部采用螺纹式盖子密封；

——建井结束后应作好标识，注明编号、管理人员联系方式等，同时测量并记录监测井坐标、高程等。

5.6.6.2.3 洗井过程包括两个阶段，一是建井后的洗井，消除井内因钻探和建井过程对地下水造成的影响，二是采样前的洗井，消除井内土壤颗粒物对样品水质的影响，具体的技术要求如下：

——洗井过程可选择贝勒管、蠕动泵等工具，做到一井一管，防止交叉污染；

——建井后的洗井应在监测井建设完成后进行，基本达到水清砂净为止；

——采样前的洗井在建井后的洗井完成 24 h 后进行，采样前至少应洗井 2 次，每次间隔 24h，每次洗井抽出的水量应达到井水贮水量的 3～5 倍；

——待监测井内水体干净或地下水水质分析仪器检测结果显示水质指标达到稳定后即可开始地下水样品采集，水质指标包括 pH、浊度、电导率等。

5.6.6.2.4 地下水样品采集应在洗井完成后 2 h 内完成，并做到一井一管，防止交叉污染。具体的技术要求如下：

——采样过程可选择贝勒管、蠕动泵等工具进行，应选择含水层中部作为采样点，每个监测井内采集 1 个地下水样品，并做好采样记录，采样记录表格见附录 C；

——按照不同检测指标的要求，将采集到的地下水样品分别装满对应的样品瓶，具体的样品保存方法见附录 D；

——地下水中存在非水相液体（NALP）时，应根据 NALP 相的性质，在含水层的顶部或底部采集样品；重质 NALP（DNALP）样品在地下水含水层底部采集，轻质 NALP（LNALP）样品在地下水含水层顶部采集。

5.6.6.3 地表水/底泥样品采集

5.6.6.3.1 地表水样品的采集、流转、质量控制参照 HJ/T 91-2002 执行，样品保存方法见附录 D，采样记录表格见附录 C。

5.6.6.3.2 当底泥厚度超过 1 m 时，应分别采集表层和深层底泥样品，并做好采样记录，采样记录表格见附录 C。

5.6.7 样品分析指标及分析方法

5.6.7.1 场地初步调查阶段分析指标选择应根据场地生产工艺及现场踏勘识别结果，结合场地污染判断所确定的潜在污染物清单，同时考虑污染物的迁移转化过程进行确定。

5.6.7.2 样品分析方法应采用重庆市《场地土壤环境风险评估筛选值》推荐的分析方法。重庆市《场地土壤环境风险评估筛选值》未涉及的污染物，应首先选择国家标准和规范规定的分析方法；缺少国家标准和规范的，可采用国际上通用的分析方法。

5.6.8 质量控制

5.6.8.1 采样过程质量控制

5.6.8.1.1 现场钻探时，不同钻孔之间应进行钻探设备清洁；样品采集时，同一钻孔不同深度应进行采样工具清洁，防止样品间交叉污染。

5.6.8.1.2 采集不少于样品总数 5%～10%的现场质量控制样，其中平行样数量应不少于样品总量的 5%，另外还应采集现场空白样、运输空白样和清洗空白样。

5.6.8.2 实验室质量控制

5.6.8.2.1 实验室质量控制样应不少于检测样品总数的 5%，包括实验室空白样、平行样、加标样等；

5.6.8.2.2　空白样中所有目标污染物均不得检出，平行样间的允许误差和加标回收率的相对误差参照HJ/T 166-2014、HJ/T 164-2014和HJ/T 91-2002中的要求执行。

5.6.9　场地环境初步调查结果评估及下一步工作

5.6.9.1　若场地环境初步调查阶段的土壤样品监测结果未超过重庆市《场地土壤环境风险评估筛选值》相应限值，且地下水样品监测结果满足相应水质要求，则表明场地环境风险可接受，场地环境调查工作结束，编制场地环境调查与风险评估报告，编写大纲见附录B。

5.6.9.2　若场地环境初步调查阶段的土壤样品监测结果超过重庆市《场地土壤环境风险评估筛选值》相应限值，或地下水样品监测结果不满足相应水质要求，应将超标污染物列为关注污染物，开展场地详细调查和采样监测，计算场地风险水平，并根据风险评估结果，明确场地污染程度及污染分布特征，提出修复目标，确定修复范围。

6　暴露评场地环境详细调查与风险评估

6.1　主要工作内容

场地环境详细调查与风险评估主要包括以下工作内容：

——场地环境初步调查工作回顾与现场复勘；

——制订场地详细采样调查方案；

——采样与分析；

——风险评估；

——确定修复目标和修复范围；

——编制场地环境调查与风险评估报告。

6.2　场地复勘

基于场地环境初步调查结果，对存在污染的来源和区域开展现场复勘，并识别场地环境初步调查结束后的场地扰动情况，为制订场地详细调查方案提供依据，主要工作内容包括：

——场地初步调查结果回顾分析；

——现场复勘及扰动分析。

6.3　场地详细采样调查方案

6.3.1　布点要求

6.3.1.1　在场地环境详细调查阶段，土壤、地下水、地表水、底泥采样点位布设方法参照HJ25.2-2014执行，其中重点污染区域单个土壤采样单元不大于400 m^2。

6.3.1.2　在场地环境详细调查阶段，应采样分析土壤理化性质，分析指标包括土壤pH、含水量、有机碳含量、孔隙度、容重、孔隙比、渗透系数、土壤类型及颗粒组成等，具体分析指标应满足本导则中关于人体健康风险评估的参数要求。

6.3.2　采样与分析

场地环境详细调查阶段的现场定位、采样方案调整、样品采集、样品分析、质量控制参照本导则5.6.4~5.6.8执行。

6.3.3　场地详细调查结果评估

6.3.3.1　场地环境详细调查阶段土壤样品监测结果超过重庆市《场地土壤环境风险评估筛选值》，或地下水样品监测结果不满足相应水质要求，应将超标污染物列为关注污染物。

6.3.3.2　对场地环境初步调查和场地环境详细调查确定的关注污染物，计算人体健康风险水平，根据风险评估结果，提出修复目标，确定修复范围。

6.4　人体健康风险评估

6.4.1　主要工作内容

主要工作内容包括暴露评估、毒性评估和风险表征。

6.4.2　暴露评估

6.4.2.1　构建场地概念模型

根据场地调查结果，构建场地概念模型，确定场地污染源、暴露途径与受体之间的相关关系。

6.4.2.2　暴露点浓度确定

在场地风险评估时，若场地污染空间分布相对均匀或呈正态分布，则将整个场地作为一个暴露点，将环境介质中污染物浓度的95%置信上限值作为暴露点浓度进行风险计算；若场地污染空间分布分异性明显，则将场地进行分区，将每个分区环境介质中污染物最大浓度作为该分区的暴露点浓度进行风险计算。同时应对场地中污染物的异常值进行分析。

6.4.2.3　暴露情景分析

暴露情景分析应根据场地的土地利用类型、污染物特性、迁移方式和受体特点进行确定。若无法确定场地的土地利用类型时，应采用最保守的暴露情景进行风险评估。

土地利用类型应根据规划部门的规划要求进行确定。

暴露途径和受体基于特定场地暴露情景进行确定。

6.4.2.4　暴露量计算

6.4.2.4.1　在计算不同暴露途径暴露量时，如果同时考虑儿童期和成人期暴露，应将两者暴露量进行加和得到总的暴露量。

6.4.2.4.2　经口摄入污染土壤途径指人群可因经口直接摄入土壤而暴露于受污染土壤，其暴露量按式（1）计算：

$$IN_{经口摄入} = \frac{IR \times EF \times ED \times ABS_0 \times 10^{-6}}{BW \times AT \times 365} \quad \cdots\cdots (1)$$

式中：

$IN_{经口摄入}$——经口直接摄入污染土壤的量，单位为kg/(kg·d)；

IR——土壤摄入量，单位为mg/d；

EF——暴露频率，单位为d/a；

ED——暴露年限，单位为a；

ABSo——经口摄入效率因子，无量纲；

BW——体重，单位为kg；

AT——平均作用时间，单位为a。

6.4.2.4.3 皮肤接触污染土壤途径指人群通过皮肤接触土壤而暴露于受污染土壤，其暴露量按式（2）计算：

$$IN_{皮肤接触}=\frac{SA\times AF\times EF\times ED\times ABS_d\times 10^{-6}}{BW\times AT\times 365} \quad \cdots\cdots (2)$$

式中：

$IN_{皮肤接触}$——经皮肤接触的污染土壤暴露量，单位为kg/(kg·d)；

SA——皮肤暴露面积，单位为cm^2/d；

AF——土壤对皮肤的粘附系数，单位为mg/cm^2；

EF——暴露频率，单位为d/a；

ED——暴露年限，单位为a；

ABS_d——皮肤接触吸收效率因子，无量纲；

BW——体重，单位为kg；

AT——平均作用时间，单位为a。

6.4.2.4.4 呼吸吸入土壤颗粒物途径指人群通过呼吸吸入土壤颗粒物而暴露于受污染土壤，其暴露量按式（3）计算：

$$IN_{颗粒物吸入}=\frac{(1/\mathrm{PEF})\times IR\times EF\times ED\times ET\times(1/24)}{BW\times AT\times 365} \quad \cdots\cdots (3)$$

式中：

$IN_{颗粒物吸入}$——通过呼吸吸入土壤颗粒物的污染土壤暴露量，单位为kg/(kg·d)；

IR——空气摄入量，单位为m^3/d；

PEF——颗粒物扩散因子，m^3/kg；

EF——暴露频率，单位为d/a；

ED——暴露年限，单位为a；

ET——暴露时间，单位为h/d；

1/24——暴露时间转换系数，单位为d/h；

BW——体重，单位为kg；

AT——平均作用时间，单位为a。

6.4.2.4.5 摄入自产作物途径指人群通过摄入自产蔬菜、粮食作物等而暴露于受污染土壤，其暴露量按式（4）计算：

$$IN_{摄入自产作物}=\frac{IP\times EF\times ED\times P\times(BCF+SL)}{BW\times AT\times 365} \quad \cdots\cdots (4)$$

式中：

$IN_{摄入自产作物}$——通过摄入自产作物的污染土壤暴露量，单位为kg/(kg·d)；

IP——每日蔬菜摄入量，单位为kg/d；

EF——暴露频率，单位为d/a；

ED——暴露年限，单位为a；

P——每日摄入自产蔬菜占每日蔬菜摄入量的比率，无量纲；

BCF——污染物的生物富集系数（干质量），无量纲；

SL——自产蔬菜土壤粘附系数，无量纲；

BW——体重，单位为kg；

AT——平均作用时间，单位为a。

6.4.2.4.6 呼吸吸入室外表层土壤污染蒸气途径指人群通过呼吸吸入室外空气中来自表层土壤的污染蒸气而暴露于受污染土壤，其暴露量按式（5）计算：

$$IN_{呼吸吸入室外表层土壤蒸气} = \frac{VF_{suro} \times \mathrm{IR} \times \mathrm{EF} \times \mathrm{ED} \times \mathrm{ET} \times (1/24)}{\mathrm{BW} \times \mathrm{AT} \times 365} \quad \cdots\cdots (5)$$

式中：

$IN_{呼吸吸入室外表层土壤蒸气}$——通过呼吸吸入室外空气中来自表层土壤的污染蒸气对应的土壤暴露量，单位为kg/(kg·d)；

VF_{suro}——室外表层土壤蒸气挥发因子，单位为kg/m^3；

IR——空气摄入量，单位为m^3/d；

EF——暴露频率，单位为d/a；

ED——暴露年限，单位为a；

ET——暴露时间，单位为h/d；

1/24——暴露时间转换系数，单位为d/h；

BW——体重，单位为kg；

AT——平均作用时间，单位为a。

6.4.2.4.7 呼吸吸入室外下层土壤污染蒸气途径指人群通过呼吸吸入室外空气中来自下层土壤的污染蒸气而暴露于受污染土壤，其暴露量按式（6）计算：

$$IN_{呼吸吸入室外下层土壤蒸气} = \frac{VF_{subo} \times \mathrm{IR} \times \mathrm{EF} \times \mathrm{ED} \times \mathrm{ET} \times (1/24)}{\mathrm{BW} \times \mathrm{AT} \times 365} \quad \cdots\cdots (6)$$

式中：

$IN_{呼吸吸入室外下层土壤蒸气}$——通过呼吸吸入室外空气中来自下层土壤的污染蒸气对应的土壤暴露量，单位为kg/(kg·d)；

VF_{subo}——室外下层土壤蒸气挥发因子，单位为kg/m^3；

IR——空气摄入量，单位为m^3/d；

EF——暴露频率，单位为d/a；

ED——暴露年限，单位为a；

ET——暴露时间，单位为h/d；

1/24——暴露时间转换系数，单位为d/h；

BW——体重，单位为kg；

AT——平均作用时间，单位为a。

6.4.2.4.8 呼吸吸入室外地下水污染蒸气途径指人群通过呼吸吸入室外空气中来自地下水的污染蒸气而暴露于受污染地下水，其暴露量按式（7）计算：

$$IN_{呼吸吸入室外地下水蒸气} = \frac{VF_{gwo} \times IR \times EF \times ED \times ET \times (1/24)}{BW \times AT \times 365} \quad \cdots\cdots (7)$$

式中：

$IN_{呼吸吸入室外地下水蒸气}$——通过呼吸吸入室外空气中来自地下水的污染蒸气对应的地下水暴露量，单位为L/(kg·d)；

VF_{gwo}——室外地下水蒸气挥发因子，单位为L/m^3；

IR——空气摄入量，单位为m^3/d；

EF——暴露频率，单位为d/a；

ED——暴露年限，单位为a；

ET——暴露时间，单位为h/d；

1/24——暴露时间转换系数，单位为d/h；

BW——体重，单位为kg；

AT——平均作用时间，单位为a。

6.4.2.4.9 呼吸吸入室内下层土壤污染蒸气途径指人群通过呼吸吸入室内空气中来自下层土壤的污染蒸气而暴露于受污染土壤，其暴露量按式（8）计算：

$$IN_{呼吸吸入室内下层土壤蒸气} = \frac{VF_{subi} \times \mathrm{IR} \times \mathrm{EF} \times \mathrm{ED} \times \mathrm{ET} \times (1/24)}{\mathrm{BW} \times \mathrm{AT} \times 365} \quad \cdots\cdots (8)$$

式中：

$IN_{呼吸吸入室内下层土壤蒸气}$——通过呼吸吸入室内空气中来自下层土壤的污染蒸气对应的土壤暴露量，单位为kg/(kg·d)；

VF_{subi}——室内下层土壤蒸气挥发因子，单位为kg/m^3；

IR——空气摄入量，单位为m^3/d；

EF——暴露频率，单位为d/a；

ED——暴露年限，单位为a；

ET——暴露时间，单位为h/d；

1/24——暴露时间转换系数，单位为d/h；

BW——体重，单位为kg；

AT——平均作用时间，单位为a。

6.4.2.4.10 呼吸吸入室内地下水污染蒸气途径指人群通过呼吸吸入室内空气中来自地下水的污染蒸气而暴露于受污染地下水，其暴露量按式（9）计算：

$$IN_{呼吸吸入室内地下水蒸气} = \frac{VF_{gwi} \times \mathrm{IR} \times \mathrm{EF} \times \mathrm{ED} \times \mathrm{ET} \times (1/24)}{\mathrm{BW} \times \mathrm{AT} \times 365} \quad \cdots\cdots (9)$$

式中：

$IN_{呼吸吸入室内地下水蒸气}$——通过呼吸吸入室内空气中来自地下水的污染蒸气对应的地下水暴露量，单位为L/(kg·d)；

VF_{gwi}——室内地下水蒸气挥发因子，单位为L/m^3；

IR——空气摄入量，单位为m^3/d；

EF——暴露频率，单位为d/a；

ED——暴露年限，单位为a；

ET——暴露时间，单位为h/d；

1/24——暴露时间转换系数，单位为d/h；

BW——体重，单位为kg；

AT——平均作用时间，单位为a。

6.4.2.4.11 土壤淋溶至地下水途径指土壤中污染物经过淋溶进入地下水，人群通过饮用受污染地下水而暴露于受污染土壤，其暴露量按式（10）计算：

$$IN_{土壤淋溶} = \frac{\mathrm{IR} \times \mathrm{EF} \times \mathrm{ED} \times \mathrm{ABS}_0 \times \mathrm{LF}}{\mathrm{BW} \times \mathrm{AT} \times 365} \quad \cdots\cdots (10)$$

式中：

$IN_{土壤淋溶}$——土壤污染物淋溶至地下水，人群通过饮用地下水对应的土壤暴露量，单位为kg/(kg·d)；

IR——饮用水摄入量，单位为L/d；

EF——暴露频率，单位为d/a；

ED——暴露年限，单位为a；

ABS_o——经口摄入效率因子，无量纲；

LF——土壤－地下水淋溶因子，(mg/L)/(mg/kg)；

BW——体重，单位为kg；

AT——平均作用时间，单位为a。

6.4.2.4.12 饮用地下水途径指通过人群通过饮用地下水而暴露于受污染地下水，其暴露量按式（11）计算：

$$IN_{饮用地下水} = \frac{IR \times EF \times ED \times ABS_0}{BW \times AT \times 365} \quad \cdots\cdots (11)$$

式中：

$IN_{饮用地下水}$——饮用受污染地下水对应的地下水暴露量，单位为L/(kg·d)；

IR——饮用水摄入量，单位为L/d；

EF——暴露频率，单位为d/a；

ED——暴露年限，单位为a；

ABS_o——经口摄入效率因子，无量纲；

BW——体重，单位为kg；

AT——平均作用时间，单位为a。

6.4.3 毒性评估

6.4.3.1 确定污染物毒性效应

污染物经不同暴露途径对人体健康的危害效应包括致癌效应和非致癌效应两种。

6.4.3.2 致癌效应毒性参数

6.4.3.2.1 污染物致癌效应毒性参数包括呼吸吸入致癌斜率因子（SF_i）、经口摄入致癌斜率因子（SF_o）、皮肤接触致癌斜率因子（SF_d）和呼吸吸入单位致癌因子（URF）。其中呼吸吸入致癌斜率因子（SF_i）根据呼吸吸入单位致癌因子（URF）外推获得；皮肤接触致癌斜率因子（SF_d）根据经口摄入致癌斜率因子（SF_o）外推获得。

6.4.3.2.2 呼吸吸入致癌斜率因子换算方法按式（12）计算：

$$SF_i = \frac{BW_a}{IR_a} \times URF \times 1000 \quad \cdots\cdots (12)$$

式中：

SF_i——呼吸吸入致癌斜率因子，$(mg/(kg \cdot d))^{-1}$；

BW_a——成人体重，kg；

IR_a——成人每日空气摄入量，m^3/d；

URF——呼吸吸入的单位致癌风险因子，$(\mu g/m^3)^{-1}$。

6.4.3.2.3 皮肤接触致癌斜率因子换算方法按式（13）计算：

$$SF_d = \frac{SF_0}{ABS_{gi}} \quad \cdots\cdots (13)$$

式中：

SF_d——皮肤接触致癌斜率因子，单位为$(mg/(kg\cdot d))^{-1}$；

SF_o——经口摄入致癌斜率因子，单位为$(mg/(kg\cdot d))^{-1}$；

ABS_{gi}——消化道吸收效率因子，无量纲。

6.4.3.3 非致癌效应毒性参数

6.4.3.3.1 非致癌效应毒性参数包括经口摄入参考剂量（RfD_o）、皮肤接触参考剂量（RfD_d）、呼吸吸入参考剂量（RfD_i）和呼吸吸入参考浓度（RfC_i）。其中呼吸吸入参考剂量根据呼吸吸入参考浓度（RfC_i）外推获得；皮肤接触参考剂量（RfD_d）根据经口摄入参考剂量（RfD_o）外推获得。

6.4.3.3.2 呼吸吸入参考剂量换算方法按式（14）计算：

$$RfD_i = \frac{IR_a \times RfC_i}{BW_a} \quad \cdots\cdots (14)$$

式中：

RfD_i——呼吸吸入参考剂量，单位为mg/(kg·d)；

BW_a——成人体重，单位为kg；

IR_a——成人每日空气摄入量，单位为m^3/d；

RfC_i——呼吸吸入参考浓度，单位为mg/m^3。

6.4.3.3.3 皮肤接触参考剂量换算方法按式（15）计算：

$$RfD_d = RfD_0 \times ABS_{gi} \quad \cdots\cdots (15)$$

式中：

RfD_d——皮肤接触参考剂量，单位为mg/(kg·d)；

RfD_o——经口摄入参考剂量，单位为mg/(kg·d)；

ABS_{gi}——消化道吸收效率因子，无量纲。

6.4.3.4 污染物其它参数

风险评估所需的污染物理化性质参数包括无量纲亨利常数（H’）、空气中扩散系数（D_a）、水中扩散系数（D_w）、土壤-有机碳分配系数（K_{oc}）以及水中溶解度（S）的参数推荐值见附录E。

其它相关参数包括人体消化道吸收效率因子（ABS_{gi}）、皮肤吸收效率因子（ABS_d）和经口摄入吸收效率因子（ABS_o）的参数推荐值见附录E。

6.4.4 风险表征

6.4.4.1 表征

污染物致癌效应以致癌风险来表征，非致癌效应以危害商来表征。

6.4.4.2 致癌风险

6.4.4.2.1 致癌风险是通过平均到整个生命期的每日摄入量、环境介质中的污染物浓度值与经口、经皮肤接触、呼吸吸入致癌斜率因子的乘积计算得出，计算方法按式（16）计算：

$$HI_{ca} = IN \times C \times SF \quad \cdots\cdots (16)$$

式中：

HI_{ca}——土壤或地下水单一污染物经单一暴露途径的致癌风险，无量纲；

C——土壤或地下水单一污染物浓度，mg/kg或mg/L；

IN——土壤或地下水单一污染物每日经单一暴露途径的摄入量，kg/(kg·d)或L/(kg·d)；

SF——土壤或地下水单一污染物经单一暴露途径的致癌斜率因子，$(mg/(kg\cdot d))^{-1}$。

6.4.4.2.2 单一污染物的总致癌风险等于所有暴露途径致癌风险的总和。其中土壤中单一污染物的总致癌风险按式（17）计算，地下水中单一污染物的总致癌风险按式（18）计算：

$$HI_{ca总} = HI_{ca经口摄入} + HI_{ca皮肤接触} + HI_{ca呼吸吸入} + HI_{ca颗粒物吸入} + HI_{ca摄入自产作物} + HI_{ca土壤淋溶} \quad (17)$$

式中：

$HI_{ca总}$——土壤中单一污染物的总致癌风险，无量纲；

$HI_{ca经口摄入}$、$HI_{ca皮肤接触}$、……$HI_{ca土壤淋溶}$——土壤中单一污染物经口摄入、皮肤接触、……土壤淋溶途径的致癌风险，无量纲。

$$HI_{ca总} = HI_{ca饮用地下水} + HI_{ca呼吸吸入} \quad (18)$$

式中：

$HI_{ca总}$——地下水中单一污染物的总致癌风险，无量纲；

$HI_{ca饮用地下水}$、$HI_{ca呼吸吸入}$——地下水中单一污染物直接饮用、呼吸吸入途径的致癌风险，无量纲。

6.4.4.3 危害商

6.4.4.3.1 危害商是通过平均到整个生命期的每日摄入量、环境介质中的浓度值与经口摄入、经皮肤接触、呼吸吸入参考剂量以及参考剂量分配比例的商计算得出，土壤和地下水中污染物危害商分别按式（19）和式（20）计算：

$$HI_{nc总} = \frac{IN \times C}{RfD \times SAF} \quad (19)$$

$$HI_{nc总} = \frac{IN \times C}{RfD \times WAF} \quad (20)$$

式中：

$HI_{nc总}$——土壤或地下水单一污染物经单一暴露途径的危害商，无量纲；

IN——土壤或地下水单一污染物每日经单一暴露途径的摄入量，kg/(kg·d)或L/(kg·d)；

C——土壤或地下水单一污染物浓度，mg/kg或mg/L；

RfD——土壤或地下水单一污染物经单一暴露途径的参考剂量，单位为mg/(kg·d)；

SAF——暴露于土壤的参考剂量分配比例，无量纲；

WAF——暴露于地下水的参考剂量分配比例，无量纲。

6.4.4.3.2 单一污染物总的危害商等于所有暴露途径危害商的总和，土壤中单一污染物的危害商按式（21）计算，地下水中单一污染物的危害商按式（22）计算：

$$HI_{nc总} = HI_{nc经口摄入} + HI_{nc皮肤接触} + HI_{nc呼吸吸入} + HI_{nc颗粒物吸入} + HI_{nc摄入自产作物} + HI_{nc土壤淋溶} \quad (21)$$

式中：

$HI_{nc总}$——土壤中单一污染物的总危害商，无量纲；

$HI_{nc经口摄入}$、$HI_{nc皮肤接触}$、……$HI_{nc土壤淋溶}$——土壤中单一污染物经口摄入、皮肤接触、……土壤淋溶途径的危害商，无量纲。

$$HI_{nc总} = HI_{nc饮用地下水} + HI_{nc呼吸吸入} \quad \cdots\cdots (22)$$

式中：

$HI_{nc总}$——地下水中单一污染物的总危害商，无量纲；

$HI_{nc饮用地下水}$、$HI_{nc呼吸吸入}$——地下水中单一污染物直接饮用、呼吸吸入途径的危害商，无量纲。

6.4.5 铅污染场地风险评估

儿童铅暴露风险采用“综合暴露吸收生物动力学模型（IEUBK）”评估，成人铅暴露风险采用“成人血铅模型（ALM）”评估，评估过程中涉及到的参数值见附录E。

6.4.6 风险评估结果分析及下一步工作

6.4.6.1 本导则规定场地中单一污染物经所有暴露途径的致癌风险可接受水平为 10^{-6}。单一污染物经所有暴露途径的危害商可接受水平为 1。

6.4.6.2 当场地中所有污染物的致癌风险均低于 10^{-6}，且危险商均低于 1，则认为该场地不存在人体健康风险，场地风险评估工作结束，编制场地环境调查与风险评估报告，编写大纲见附录 B。

当污染物的致癌风险或危害商超过风险可接受水平，则表明场地存在人体健康风险，应计算其风险控制值，提出修复目标，确定修复范围，结束场地风险评估工作，编制场地环境调查与风险评估报告，编写大纲见附录B。

6.5 风险评估不确定性分析

6.5.1 主要来源

应分析造成污染场地风险评估结果不确定性的主要来源，包括暴露情景假设、评估模型的适用性、模型参数取值等多个方面。

6.5.2 风险贡献率分析

6.5.2.1 单一污染物经不同暴露途径的致癌风险和危害商贡献率按式（23）计算：

$$PHI_i = \frac{HI_i}{HI_{总}} \times 100\% \quad \cdots\cdots (23)$$

式中：

PHI_i——单一污染物经第i种暴露途径的风险贡献率，无量纲；

HI_i——单一污染物经第i种暴露途径的风险水平，无量纲；

$HI_{总}$——单一污染物经所有暴露途径的风险水平，无量纲。

6.5.2.2 通过计算得出的结果越大，表示特定暴露途径对于总风险的贡献率越高。

6.5.3 模型参数敏感性分析

6.5.3.1 单一暴露途径风险贡献率超过 20%时，应进行人群（平均体重、暴露年限、暴露频率等）和与该途径相关参数（土壤摄入量、皮肤土壤粘附系数、空气摄入量、饮水摄入量等）的敏感性分析，敏感性分析方法按式（24）计算：

$$SR = \frac{\dfrac{X_2 - X_1}{X_1}}{\dfrac{P_2 - P_1}{P_1}} \times 100\% \quad \cdots\cdots (24)$$

式中：

SR——模型参数敏感性比例，无量纲；

P_1——模型参数P变化前的数值；

P_2——模型参数P变化后的数值；

X_1——按P_1计算得到的风险水平，无量纲；

X2——按P_2计算得到的风险水平，无量纲。

6.5.3.2 通过计算得出的结果越大，表示该参数对风险的影响也越大。

6.5.3.3 进行模型参数敏感性分析时，应综合考虑参数的实际取值范围确定参数值的变化范围。

6.6 确定修复目标及范围

6.6.1 场地风险控制值确定方法

6.6.1.1 场地风险控制值应以风险可接受水平作为基准值，根据暴露情景进行计算。

6.6.1.2 本导则规定风险可接受水平为：单一污染物致癌风险可接受水平为 10^{-6}，单一污染物危害商可接受水平为1。

6.6.1.3 单一污染物同时具有致癌风险和非致癌风险时，应分别计算致癌风险和危害商对应的风险控制值，选择其中的最小值作为风险控制值。

6.6.1.4 场地存在多个调查单元时，应分别计算不同调查单元中污染物的风险控制值，选择其中的最小值作为场地的风险控制值。

6.6.2 场地风险控制值计算模型

6.6.2.1 土壤风险控制值计算模型

单一污染物经单一暴露途径的土壤风险控制值计算模型按附录G计算，单一污染物经所有土壤暴露途径的土壤风险控制值，采用式（25）计算：

$$SRTL = \frac{1}{\frac{1}{SRTL_{经口摄入}} + \frac{1}{SRTL_{皮肤接触}} + \frac{1}{SRTL_{呼吸吸入}} + \frac{1}{SRTL_{颗粒物吸入}} + \frac{1}{SRTL_{摄入自产作物}} + \frac{1}{SRTL_{土壤淋溶}}} \quad (25)$$

式中：

SRTL——目标场地基于风险的土壤风险控制值，mg/kg；

$SRTL_{经口摄入}$——土壤中污染物经口摄入途径对应的污染物风险控制值，mg/kg；

$SRTL_{皮肤接触}$——土壤中污染物皮肤接触途径对应的污染物风险控制值，mg/kg；

$SRTL_{呼吸吸入}$——土壤中污染物呼吸吸入途径对应的污染物风险控制值，mg/kg；

$SRTL_{颗粒物吸入}$——土壤中污染物呼吸吸入土壤颗粒物途径对应的污染物风险控制值，mg/kg；

$SRTL_{摄入自产作物}$——土壤中污染物摄入自产作物途径对应的污染物风险控制值，mg/kg；

$SRTL_{土壤淋溶}$——土壤中污染物土壤淋溶至地下水途径对应的污染物风险控制值，mg/kg。

6.6.2.2 地下水风险控制值计算模型

单一污染物经单一暴露途径的土壤风险控制值计算模型按附录H计算，单一污染物经所有地下水暴露途径的地下水风险控制值，采用式（26）计算：

$$WRTL = \frac{1}{\frac{1}{WRTL_{饮用地下水}} + \frac{1}{WRTL_{呼吸吸入}}} \quad \cdots\cdots (26)$$

式中：

WRTL——目标场地基于风险的地下水风险控制值，mg/L；

$WRTL_{饮用地下水}$——地下水中污染物经口摄入途径对应的污染物风险控制值，mg/L；

$WRTL_{呼吸吸入}$——地下水中污染物呼吸吸入途径对应的污染物风险控制值，mg/L。

6.6.3 场地修复目标确定

综合分析风险控制值、场地所在区域背景值、其他相关标准中规定的限值，结合法律法规和技术、经济可行性，合理提出场地修复目标。

6.6.4 修复范围

6.6.4.1 在界定修复范围时，采用软件模拟等方法将监测结果绘制成等值线图，与场地修复目标相对照，初步确定修复范围。

6.6.4.2 当等值线结果不能完全反映场地实际情况时，应综合考虑采样点位分布、污染物迁移转化规律、现场地形地貌特征、地层组成及污染区域分布特点等对修复范围进行修正。

6.6.4.3 修复范围应根据不同污染深度分别划定，并确定拐点坐标。

6.7 场地环境调查与风险评估报告编制

编制场地环境调查与风险评估报告，编写大纲见附录B。

附　录　A
（资料性附录）
场地环境调查报告编写大纲

A.1　场地环境调查报告编写大纲

法律声明：土地使用权人和调查评估承担单位分别作出声明并签字盖章。声明内容包括：熟悉污染场地相关法律法规和法律后果。对报告的真实性、完整性、准确性负责。

摘要

1. 概述

1.1 任务来源

1.2 调查依据

1.2.1 法律、法规和政策

1.2.2 标准和规范

1.3 调查目的

1.4 主要工作内容及重点

1.5 调查范围及时段

1.6 技术路线

1.7 场地利用规划

2. 场地概况

2.1 区域环境概况

2.1.1 自然地理概况（叙述地理位置、地质、水文等）

2.1.2 社会区域概况（社会、经济、开发建设及规划简况）

2.2 场地历史和现状

2.2.1 场地历史沿革

2.2.2 场地生产企业基本情况

生产规模、厂区布局、主要产品及产量、原辅材料消耗、生产工艺（给出工艺流程图并简述生产工艺流程，排污节点），主要污染源、污染物排放情况及环保治理设施情况。

2.2.3 危险化学品等危险物质使用、贮存及转运情况

2.2.4 含多氯联苯电容器、变压器等电力设备使用情况

2.2.5 放、辐射源使用情况

2.3 相邻场地的历史与现状

2.4 场地周边敏感目标

名称、方位、距离等概况。

3. 资料分析

3.1 场地相关资料的来源及收集方式

3.2 各类场地资料分析

4. 现场踏勘和人员访谈

4.1 现场踏勘

4.1.1 场地状况及设施

4.1.2 存储及转运设施

4.1.3 排污及环保治理设施

4.1.4 周边环境状况及其它

4.2 人员访谈

人员访谈形式、对象及内容，访谈结果分析。

5. 场地环境状况判断

综合分析场地相关资料、现场踏勘和人员访谈情况，判断场地污染的可能性。

6. 场地环境调查结论和建议

7. 其他

附图（包括但不限于以下文件）

附图1 场地区位图（评估场地位于所属区县的位置；有指北针及风玫瑰图）

附图2 评估场地及周边环境航空或卫星照片（重点反映场地周围地貌、重要建筑、敏感目标、周边企业等；有指北针及风玫瑰图）

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（1:500比例尺，反映出场内的地形地貌特征；标注场地红线和分区；在文本中描述到的设施及构筑物在图上应全部有标注；有指北针及风玫瑰图）

附图5 现场踏勘照片及录像

附件（包括但不限于以下文件）

附件1 现场调查记录

附件2 人员访谈记录表（根据场地特征和调查内容自行设计，被调查对象可追溯，至少提供10份有效记录表）

附件4 专家审查（咨询、论证）意见

附　录　B
（资料性附录）
场地环境调查与风险评估报告编写大纲

B.1　场地环境调查与风险评估报告编写大纲

法律声明：土地使用权人和调查评估承担单位分别作出声明并签字盖章。声明内容包括：熟悉污染场地相关法律法规和法律后果。对报告的真实性、完整性、准确性负责。

摘要

1. 概述

1.1 任务来源

1.2 调查依据

1.2.1 法律、法规和政策

1.2.2 标准和规范

1.3 调查目的

1.4 主要工作内容及重点

1.5 调查范围及时段

1.6 技术路线

1.7 场地利用规划

2. 场地概况

2.1 区域环境概况

2.1.1 自然地理概况（叙述地理位置、地质、水文等）

2.1.2 社会区域概况（社会、经济、开发建设及规划简况）

2.2 场地历史和现状

2.2.1 场地历史沿革

2.2.2 场地生产企业基本情况

生产规模、厂区布局、主要产品及产量、原辅材料消耗、生产工艺（给出工艺流程图并简述生产工艺流程，排污节点），主要污染源、污染物排放情况及环保治理设施情况。

2.2.3 危险化学品等危险物质使用、贮存及转运情况

2.2.4 含多氯联苯电容器、变压器等电力设备使用情况

2.2.5 放、辐射源使用情况

2.3 相邻场地的历史与现状

2.4 场地周边敏感目标

名称、方位、距离等概况。

3. 资料分析

3.1 场地相关资料的来源及收集方式

3.2 各类场地资料分析

4. 现场踏勘和人员访谈

4.1 现场踏勘

4.1.1 场地状况及设施

4.1.2 存储及转运设施

4.1.3 排污及环保治理设施

4.1.4 周边环境状况及其它

4.2 人员访谈

人员访谈形式、对象及内容，访谈结果分析。

5. 场地环境状况判断（综合分析场地相关资料、现场踏勘和人员访谈情况，判断场地污染的可能性）

5.1 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。

5.2 土壤、地表水和地下水污染识别

可能的污染源及分布。

5.3 场地固体废物识别

5.4 其它

6. 场地初步采样调查

6.1 布点方案（包括土壤、地下水、地表水、底泥等）

6.1.1 监测点位布设原则

6.1.2 监测点位布设方案

6.1.3 监测因子及选择依据

6.2 样品采集

6.2.1 土壤样品采样

6.2.1.1 采样方法及程序

6.2.1.2 场地清理准备

6.2.1.3 现场钻探

6.2.1.4 采样过程

6.2.2 地下水样品采样

6.2.2.1 钻井方法（包括钻孔方式、钻孔记录、井壁固定等）

6.2.2.2 采样方法及程序

6.2.2.3 采样过程

6.2.3 地表水样品采样

6.2.3.1 采样方法及程序

6.2.3.2 采样过程

6.2.4 底泥样品采样

6.2.4.1 采样方法及程序

6.2.4.2 采样过程

6.2.5 其它

6.3 监测方案调整

6.4 样品流转及分析检测

6.4.1 样品保存与样品流转

6.4.2 样品分析指标及分析方法

6.4.3 质量控制

6.5 监测结果（监测结果列表显示并列出每一关注污染物最大值、最小值、平均值和中位数）

6.5.1 土壤样品监测结果

6.5.2 地下水样品监测结果

6.5.3 地表水样品监测结果

6.5.4 底泥样品监测结果
6.5.5 污染分布表征
6.5.6 监测结果评估
7. 场地详细采样调查
参照场地初步采样调查格式
8. 人体健康风险评估
8.1 场地概念模型构建
8.2 关注污染物筛选
8.3 暴露点浓度确定
8.4 土地利用类型及暴露情景假设
8.5 风险评估模型
8.6 风险评估相关参数
8.7 风险评估结果及评估
8.8 不确定性分析
8.9 风险控制值计算
8.10 场地修复目标确定
9. 修复范围
9.1 修复范围确定方法及原则
9.2 修复范围及土方量估算
10. 结论和建议
10.1 结论
10.1.1 场地环境调查和风险评估结论
10.1.2 场地修复目标及修复范围
10.2 建议
11.其他

附图（包括但不限于以下文件）
附图1 场地区位图（评估场地位于所属区县的位置；有指北针及风玫瑰图）
附图2 评估场地及周边环境航空或卫星照片（重点反映场地周围地貌、重要建筑、敏感目标、周边企业等；有指北针及风玫瑰图）
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（1:500比例尺，反映出场内的地形地貌特征；标注场地红线和分区；在文本中描述到的设施及建构筑物在图上应全部有标注；有指北针及风玫瑰图）
附图5 监测点位布设图
附图6 场地污染状况分布图
附图7 现场踏勘照片及录像
附图8 采样照片及录像

附件（包括但不限于以下文件）
附件1 现场调查记录
附件2 人员访谈记录表（根据场地特征和调查内容自行设计，被调查对象可追溯，至少提供10份有效记录表）
附件3 采样记录单

附件4 钻孔柱状图
附件5 样品分析检测报告
附件6 采样点定位记录
附件7 专家审查（咨询、论证）意见

附　录　C
（资料性附录）
现场调查记录和采样记录表格样式

图C.1～C.6给出了现场调查记录单样式；图C.7给出了土壤/底泥采样记录单样式；图C.8给出了地下水监测井记录单样式。

场地名称	
调查时间	
调查地点	
调查人员	
1、场地相关资料收集（资料来源与收集方式）	

图C.1

场地名称	
调查时间	
调查地点	
调查人员	
2、现场踏勘场地状况及设施	

图C.2

场地名称	
调查时间	
调查地点	
调查人员	
3、现场踏勘储存容器及存放设施	

图C.3

场地名称	
调查时间	
调查地点	
调查人员	
4、 现场踏勘污染物排放及环保治理设施	

图C.4

场地名称	
调查时间	
调查地点	
调查人员	
5、现场踏勘周边环境状况及其他	

图C.5

场地名称	
调查时间	
调查地点	
调查人员	
6、人员访谈情况	

图C.6

采样点编号		环境描述（草图、现场照片等）								
记录人员										
采样日期										
天气状况										
钻孔深度/底泥深度										
坐标与标高										
采样点地层特征（分层特征、岩性、颜色、气味、颗粒组成、湿度等） 用剖面进行表征和标注，辅以文字说明。										
现场快速测定结果										送检检测指标
采样点	采样深度	指标 1	指标 2	指标 3	指标 4	指标 5	指标 6	指标 7	指标 8	

图C.7

<table>
<tr><td colspan="4">监测井基本信息</td><td colspan="4" rowspan="13">环境描述（草图、现场照片等）</td></tr>
<tr><td colspan="2">监测井编号</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">记录人员</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">钻井日期</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">钻探方式与总进尺</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">坐标与标高</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="4">监测井建井过程</td></tr>
<tr><td>钻机类型</td><td></td><td>砾料起始深度</td><td></td></tr>
<tr><td>井管直径</td><td></td><td>砾料类型规格</td><td></td></tr>
<tr><td>井管材料</td><td></td><td>止水起始深度</td><td></td></tr>
<tr><td>井管总长</td><td></td><td>止水材料规格</td><td></td></tr>
<tr><td>井壁管长度</td><td></td><td>井台材料</td><td></td></tr>
<tr><td>筛管长度</td><td></td><td>井台高度</td><td></td></tr>
</table>

<table>
<tr><td colspan="7">洗井过程记录</td></tr>
<tr><td>时间与频次</td><td>水位m</td><td>洗井体积L</td><td>水温℃</td><td>浊度NTU</td><td>pH</td><td>电导率Ms/cm</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="7">监测井采样记录</td></tr>
<tr><td>样品编号</td><td>采样时间</td><td>采样深度</td><td>天气状况</td><td>检测指标</td><td>水位</td><td>水温</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>嗅和味</td><td>浊度</td><td>pH</td><td>电导率</td><td>氧化还原电位</td><td>溶解氧</td><td>肉眼可见物</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>

图C.8

附 录 D
（规范性附录）
样品保存方法

表D.1给出了土壤/底泥等固体样品保存方法。表D.2给出了地表水/地下水等水体样品保存方法。

表D.1 土壤/底泥等固体样品保存方法

监测项目	容器材质	保存条件	最大保留时间
金属及无机类指标			
重金属（除汞和六价铬）Metals	P，G	4 ℃低温保存	180 d
汞 Hg	P，G	4 ℃低温保存	28 d
六价铬 Cr^{6+}	P，G	4 ℃低温保存	7 d
氰化物 Cyanide	P，G	4 ℃低温保存	180 d
湿度	P，G	避光	
全氮 TN	P，G	4 ℃低温保存	28 d
全磷 TP	P，G	4 ℃低温保存	28 d
有机类指标			
挥发性有机物 VOC	G-TLC	4 ℃低温保存	14 d
半挥发性有机物 SVOC	G-TLC	4 ℃低温保存	14 d
总石油烃 TPH	G-TLC	4 ℃低温保存	14 d
有机磷农药 OP	G-TLC	4 ℃低温保存	14 d
有机氯农药 OC	G-TLC	4 ℃低温保存	14 d
多氯联苯类 PCB	G-TLC	4 ℃低温保存	14 d
多环芳烃 PAH	G-TLC	4 ℃低温保存	14 d
苯系物 BTEX	G-TLC	4 ℃低温保存	14 d
除草剂	G-TLC	4 ℃低温保存	14 d
注：P 表示聚乙烯/聚氯乙烯塑料；G 表示玻璃瓶；G-TLC 表示带特富龙盖硬质玻璃瓶。			

表D.2 地表水/地下水等水体样品保存方法

监测项目	容器材质	保存条件	最大保留时间
金属及无机类指标			
重金属*Metals	G(A)	4 ℃低温保存，加 HNO_3，pH<2	180 d
氰化物 Cyanide	P，G	4 ℃低温保存，加 NaOH，pH>12	14 d
氟化物 Fluoride	P	4 ℃低温保存	28 d
氯化物 Chloride	P，G	4 ℃低温保存	7 d
总有机碳 TOC	P，G	4 ℃低温保存，加 HCl，pH<2	7 d
氨氮 AN	P，G	4 ℃低温保存，加 H_2SO_4，pH<2	7 d
有机氮、凯氏氮 TKN	P，G	4 ℃低温保存，加 H_2SO_4，pH<2	7 d
硝酸盐氮 Nitrate-N	P，G	4 ℃低温保存	2 d

亚硝酸盐氮 Nitrite-N	P，G	4 ℃低温保存	2 d
总磷 TP	P，G	4 ℃低温保存，加 H_2SO_4，pH<2	2 d
硫酸盐 Sulfide	P，G	4 ℃低温保存	28 d
pH 值	P，G		1 d
酸度 Acidity	P，G	4 ℃低温保存	1 d
碱度 Alkalinity	P，G	4 ℃低温保存	1 d
色度 Color	P，G	4 ℃低温保存	1 d
浊度 Turbidity	P，G	4 ℃低温保存	1 d
电导率 Conductivity	P，G	4 ℃低温保存	1 d
总硬度 Total Hardness	P，G	4 ℃低温保存，顶空	7 d
总固体	P，G	4 ℃低温保存	7 d
总溶解性固体 Total Dissolved Solid	P，G	4 ℃低温保存	7 d
悬浮颗粒物 SS	P，G	4 ℃低温保存	7 d
生化需氧量 BOD	P，G	4 ℃低温保存，不可暴露于空气	1 d
化学需氧量 COD	P，G	4 ℃低温保存，加 H_2SO_4，pH<2	7 d
动植物油 Grease	G	4 ℃低温保存，加 H_2SO_4 2ml/L	7 d
阴离子表面活性剂 Anionic Surfactants	P，G	4 ℃低温保存	2 d
有机类指标			
挥发性有机物 VOC	G-TLC	4 ℃低温保存，加 HCl，pH<2	14 d
半挥发性有机物 SVOC	G-TLC	4 ℃低温保存	7 d
总石油烃（C6-C9）TPH	G-TLC	4 ℃低温保存	14 d
总石油烃（C10-C40）TPH	G-TLC	4 ℃低温保存，避光	7 d
有机磷农药 OP	G-TLC	4 ℃低温保存，pH:5～9	7 d
有机氯农药 OC	G-TLC	4 ℃低温保存	7 d
多氯联苯类 PCB	G-TLC	4 ℃低温保存	7 d
多环芳烃 PAH	G-TLC	4 ℃低温保存	7 d
苯系物 BTEX	G-TLC	4 ℃低温保存，加 HCl，pH<2	14 d
除草剂	G-TLC	4 ℃低温保存	14 d
注：*表示若测某种金属总量，应事先联络实验室在采样瓶中预先加入保护剂，若测溶解态金属含量，可先不加保护剂，在实验室视样品情况确定是否需进行过滤操作；P 表示聚乙烯/聚氯乙烯塑料；G 表示玻璃瓶；G-TLC 表示带特富龙盖硬质玻璃瓶；P(A)表示酸洗聚乙烯/聚氯乙烯塑料瓶；G(A)表示酸洗硬质玻璃瓶。			

附　录　E
（资料性附录）
评估参数推荐值

表E.1给出了污染物毒理学参数，表E.2给出了污染物理化参数，表E.3给出了人体暴露参数，表E.4给出了建筑物参数，表E.5给出了土壤及场地参数，表E.6给出了儿童作为受体时铅风险评估模型关键参数，表E.7给出了成人作为受体铅风险评估模型关键参数。

表E.1　污染物毒理学参数

序号	污染物名称	污染物英文名称	CAS 编号	经口摄入致癌斜率因子 SF_o $(mg/(kg\cdot d))^{-1}$	呼吸吸入单位致癌因子 URF $(\mu g/m^3)^{-1}$	经口摄入参考剂量 RfD_o mg/(kg・d)	呼吸吸入参考浓度 RfC_i mg/m^3	消化道吸收效率因子 ABS_{gi} 无量纲	皮肤吸收效率因子 ABS_d 无量纲	经口摄入吸收效率因子 ABS_o 无量纲	生物富集系数（干质量）BCF 无量纲
1	砷	Arsenic（Inorganic）	7440-38-2	1.5E+00	4.3E-03	3.0E-04	1.5E-05	1	0.03	0.75	0.0136
2	镉	Cadmium	7440-43-9		1.8E-03	5.0E-04	1.0E-05	0.05	0.001	1	0.0935
3	铅	Lead	7439-92-1							1	
4	总铬	Chromium(III)	16065-83-1			1.5E+00		0.013		1	0.0052
5	铬（VI）	Chromium(VI)	18540-29-9	5.0E-01	8.4E-02	3.0E-03	1.0E-04	0.025		1	0.0052
6	铍	Beryllium	7440-41-7		2.4E-03	2.0E-03	2.0E-05	0.007		1	0.01
7	镍	Nickel	7440-02-0		2.6E-04	2.0E-02	9.0E-05	0.04		1	0.032
8	铜	Copper	7440-50-8			4.0E-02		1		1	0.001
9	锌	Zinc	7440-66-6			3.0E-01		1		1	0.09
10	硒	Selenium	7782-49-2			5.0E-03	2.0E-02	1		1	0.015
11	锑	Antimony	7440-36-0			4.0E-04		0.15		1	0.07
12	锡	Tin	7440-31-5			6.0E-01		1		1	0.01

序号	污染物名称	污染物英文名称	CAS 编号	经口摄入致癌斜率因子 SF_o $(mg/(kg \cdot d))^{-1}$	呼吸吸入单位致癌因子 URF $(\mu g/m^3)^{-1}$	经口摄入参考剂量 RfD_o mg/(kg・d)	呼吸吸入参考浓度 RfC_i mg/m^3	消化道吸收效率因子 ABS_{gi} 无量纲	皮肤吸收效率因子 ABS_d 无量纲	经口摄入吸收效率因子 ABS_o 无量纲	生物富集系数（干质量）BCF 无量纲
13	钡	Barium	7440-39-3			2.0E-01	5.0E-04	0.07		1	0.1
14	钴	Cobalt	7440-48-4		9.0E-03	3.0E-04	6.0E-06	1		1	0.01
15	钼	Molybdenum	7439-98-7			5.0E-03		1		1	0.1
16	锰	Manganese	7439-96-5			1.4E-01	5.0E-05	1		1	0.1
17	钒	Vanadium	7440-62-2			5.0E-03	1.0E-04	0.026		1	0.0036
18	汞	Mercury	7439-97-6				3.0E-04	1		1	0.0055
19	可溶性氟化物	Soluble Fluoride	7782-41-4			6.0E-02	1.3E-02	1		1	
20	游离态氰化物	Cyanide（-CN）	57-12-5			6.0E-04	8.0E-04	0.13		1	
21	总氰化物	Total Cyanide									
22	苯	Benzene	71-43-2	5.5E-02	7.8E-06	4.0E-03	3.0E-02	1		1	
23	甲苯	Toluene	108-88-3			8.0E-02	5.0E+00	1		1	
24	乙苯	Ethylbenzene	100-41-4	1.1E-02	2.5E-06	1.0E-01	1.0E+00	1		1	
25	丙酮	Acetone	67-64-1			9.0E-01	3.1E+01	1		1	
26	硝基苯	Nitrobenzene	98-95-3		4.0E-05	2.0E-03	9.0E-03	1		1	
27	三氯乙烯	Trichloroethylene	79-01-6	4.6E-02	4.1E-06	5.0E-04	2.0E-03	1		1	
28	四氯乙烯	Tetrachloroethylene	127-18-4	2.1E-03	2.6E-07	6.0E-03	4.0E-02	1		1	
29	四氯化碳	Carbon Tetrachloride	56-23-5	7.0E-02	6.0E-06	4.0E-03	1.0E-01	1		1	
30	丙烯腈	Acrylonitrile	107-13-1	5.4E-01	6.8E-05	4.00E-02	2.00E-03	1		1	
31	对二氯苯	Dichlorobenzene, 1,4-	106-46-7	5.4E-03	1.1E-05	7.00E-02	8.00E-01			1	
32	邻二氯苯	Dichlorobenzene, 1,2-	95-50-1			9.00E-02	2.00E-01			1	
33	六氯苯	Hexachlorobenzene	118-74-1	1.6E+00	4.6E-04	8.0E-04		1	0.1	1	

序号	污染物名称	污染物英文名称	CAS 编号	经口摄入致癌斜率因子 SF_o $(mg/(kg \cdot d))^{-1}$	呼吸吸入单位致癌因子 URF $(\mu g/m^3)^{-1}$	经口摄入参考剂量 RfD_o mg/(kg・d)	呼吸吸入参考浓度 RfC_i mg/m^3	消化道吸收效率因子 ABS_{gi} 无量纲	皮肤吸收效率因子 ABS_d 无量纲	经口摄入吸收效率因子 ABS_o 无量纲	生物富集系数（干质量）BCF 无量纲
34	氯苯	Chlorobenzene	108-90-7			2.0E-02	5.0E-02	1		1	
35	氯仿	Chloroform	67-66-3	3.1E-02	2.3E-05	1.0E-02	9.8E-02	1		1	
36	二氯甲烷	Methylene Chloride	75-09-2	2.0E-03	1.0E-08	6.0E-03	6.0E-01			1	
37	1,1-二氯乙烷	Dichloroethane, 1,1-	75-34-3	5.7E-03	1.6E-06	2.0E-01		1		1	
38	1,2-二氯乙烷	Dichloroethane, 1,2-	107-06-2	9.1E-02	2.6E-05	6.0E-03	7.0E-03	1		1	
39	1,1,1-三氯乙烷	Trichloroethane, 1,1,1-	71-55-6			2.0E+00	5.0E+00	1		1	
40	1,1,2-三氯乙烷	Trichloroethane, 1,1,2-	79-00-5	5.7E-02	1.6E-05	4.0E-03	2.0E-04	1		1	
41	1,1,1,2-四氯乙烷	Tetrachloroethane, 1,1,1,2-	630-20-6	2.6E-02	7.4E-06	3.0E-02		1		1	
42	1,1,2,2-四氯乙烷	Tetrachloroethane, 1,1,2,2-	79-34-5	2.0E-01	5.8E-05	2.0E-02		1		1	
43	六氯丁二烯	Hexachlorobutadiene	87-68-3	7.8E-02	2.2E-05	1.0E-03		1	0.1	1	
44	苯乙烯	Styrene	100-42-5			2.0E-01	1.0E+00	1		1	
45	对二甲苯	Xylene, P-	106-42-3			2.0E-01	1.0E-01	1		1	
46	间二甲苯	Xylene, m-	108-38-3			2.0E-01	1.0E-01	1		1	
47	邻二甲苯	Xylene, o-	95-47-6			2.0E-01	1.0E-01	1		1	
48	氯乙烯	Vinyl Chloride	75-01-4	7.2E-01	4.4E-06	3.0E-03	1.0E-01	1		1	
49	1,2-二氯乙烯(顺)	Dichloroethylene, 1,2-cis-	156-59-2			2.0E-03		1		1	
50	1,2-二氯乙烯(反)	Dichloroethylene, 1,2-trans-	156-60-5			2.0E-02	6.0E-02	1		1	
51	1,1-二氯乙烯	Dichloroethylene, 1,1-	75-35-4			5.0E-02	2.0E-01	1		1	
52	苯胺	Aniline	62-53-3	5.7E-03	1.6E-06	7.0E-03	1.0E-03	1	0.1	1	
53	苯酚	Phenol	108-95-2			3.0E-01	2.0E-01	1	0.1	1	
54	荧蒽	Fluoranthene	206-44-0			4.0E-02		1	0.13	1	

序号	污染物名称	污染物英文名称	CAS 编号	经口摄入致癌斜率因子 SF_o $(mg/(kg \cdot d))^{-1}$	呼吸吸入单位致癌因子 URF $(\mu g/m^3)^{-1}$	经口摄入参考剂量 RfD_o mg/(kg・d)	呼吸吸入参考浓度 RfC_i mg/m^3	消化道吸收效率因子 ABS_{gi} 无量纲	皮肤吸收效率因子 ABS_d 无量纲	经口摄入吸收效率因子 ABS_o 无量纲	生物富集系数（干质量）BCF 无量纲
55	苯并[a]芘	Benzo[a]pyrene	50-32-8	1.0E+00	6.0E-04	3.0E-04	2.0E-06	1	0.13	1	
56	苯并[a]蒽	Benzo[a]anthracene	56-55-3	7.3E-01	1.1E-04			1	0.13	1	
57	苯并[b]荧蒽	Benzo[b]fluoranthene	205-99-2	7.3E-01	1.1E-04			1	0.13	1	
58	苯并[k]荧蒽	Benzo[k]fluoranthene	207-08-9	7.3E-02	1.1E-04			1	0.13	1	
59	二苯并[a,h]蒽	Dibenz[a,h]anthracene	53-70-3	7.3E+00	1.2E-03			1	0.13	1	
60	茚并[1,2,3-cd]芘	Indeno[1,2,3-cd]pyrene	193-39-5	7.3E-01	1.1E-04			1	0.13	1	
61	萘	Naphthalene	91-20-3		3.4E-05	2.0E-02	3.0E-03	1	0.13	1	
62	䓛	Chrysene	218-01-9	7.3E-03	1.1E-05			1	0.13	1	
63	苊	Acenaphthene	83-32-9			6.0E-02		1	0.13	1	
64	蒽	Anthracene	120-12-7			3.0E-01		1	0.13	1	
65	芘	Pyrene	129-00-0			3.0E-02		1	0.13	1	
66	芴	Fluorene	86-73-7			4.0E-02		1	0.13	1	
67	吡啶	Pyridine	110-86-1			1.0E-03		1		1	
68	2-氯酚	Chlorophenol,2-	95-57-8			5.0E-03		1		1	
69	2,4-二氯酚	Dichlorophenol, 2,4-	120-83-2			3.0E-03		1	0.1	1	
70	2,4-二硝基酚	Dinitrophenol, 2,4-	51-28-5			2.0E-03		1	0.1	1	
71	2-硝基酚	Nitrophenol, 2-	88-75-5			2.0E-03		0.5	0.1	1	
72	4-硝基酚	Nitrophenol, 4-	100-02-7			2.0E-03		1	0.1	1	
73	五氯酚	Pentachlorophenol	87-86-5	4.0E-01	5.1E-06	5.0E-03		1	0.25	1	
74	五氯苯	Pentachlorobenzene	608-93-5			8.0E-04		1	0.1	1	
75	2,4,5-三氯酚	Trichlorophenol, 2,4,5-	95-95-4			1.0E-01		1	0.1	1	

序号	污染物名称	污染物英文名称	CAS 编号	经口摄入致癌斜率因子 SF_o $(mg/(kg \cdot d))^{-1}$	呼吸吸入单位致癌因子 URF $(\mu g/m^3)^{-1}$	经口摄入参考剂量 RfD_o mg/(kg・d)	呼吸吸入参考浓度 RfC_i mg/m^3	消化道吸收效率因子 ABS_{gi} 无量纲	皮肤吸收效率因子 ABS_d 无量纲	经口摄入吸收效率因子 ABS_o 无量纲	生物富集系数（干质量）BCF 无量纲
76	2,4,6-三氯酚	Trichlorophenol, 2,4,6-	88-06-2	1.10E-02	3.10E-06	1.0E-03		1	0.1	1	
77	间甲酚	Cresol, m-	108-39-4			5.0E-02	6.0E-01	1	0.1	1	
78	邻苯二甲酸二甲酯（DMP）	Dimethylterephthalate, DMP	120-61-6			1.0E-01		1	0.1	1	
79	邻苯二甲酸二乙酯(DEP)	Diethyl phthalate, DEP	84-66-2			8.0E-01		1	0.1	1	
80	邻苯二甲酸二正丁酯(DnBP)	Di-n-butyl phthalate, DnBP	84-74-2			1.0E-01		1	0.1	1	
81	邻苯二甲酸二正辛酯(DnOP)	Di-n-octyl phthalate, DNOP	117-84-0			1.0E-02		1	0.1	1	
82	邻苯二甲酸二(2-乙基己)酯（DEHP）	Bis(2-ethylhexyl)phthalate, DEHP	117-81-7	1.4E-02	2.4E-06	2.0E-02		1	0.1	1	
83	邻苯二甲酸丁苄酯（BBP）	Butyl benzyl phthalate, BBP	85-68-7	1.9E-03		2.0E-01		1	0.1	1	
84	多氯联苯	Polychlorinated Biphenyls	1336-36-3	2.0E+00	5.7E-04			1	0.14	1	
85	二噁英	TCDD, 2,3,7,8-	1746-01-6	1.3E+05	3.8E+01	7.0E-10	4.0E-08	1	0.03	1	
86	α-六六六	Hexachlorocyclohexane, α-	319-84-6	6.3E+00	1.8E-03	8.0E-03		1	0.1	1	
87	β-六六六	Hexachlorocyclohexane, β-	319-85-7	1.8E+00	5.3E-04			1	0.1	1	
88	林丹	Lindane	58-89-9	1.1E+00	3.1E-04	3.0E-04		1	0.04	1	
89	滴滴滴	DDD	72-54-8	2.4E-01	6.9E-05			1	0.1	1	
90	滴滴伊	DDE, p,p'-	72-55-9	3.4E-01	9.7E-05			1	0.1	1	
91	滴滴涕	DDT	50-29-3	3.4E-01	9.7E-05	5.0E-04		1	0.03	1	

序号	污染物名称	污染物英文名称	CAS 编号	经口摄入致癌斜率因子 SF_o $(mg/(kg \cdot d))^{-1}$	呼吸吸入单位致癌因子 URF $(\mu g/m^3)^{-1}$	经口摄入参考剂量 RfD_o mg/(kg・d)	呼吸吸入参考浓度 RfC_i mg/m^3	消化道吸收效率因子 ABS_{gi} 无量纲	皮肤吸收效率因子 ABS_d 无量纲	经口摄入吸收效率因子 ABS_o 无量纲	生物富集系数（干质量）BCF 无量纲
92	艾氏剂	Aldrin	309-00-2	1.7E+01	4.9E-03	3.0E-05				1	
93	狄氏剂	Dieldrin	60-57-1	1.6E+01	4.6E-03	5.0E-05		1	0.1	1	
94	异狄氏剂	Endrin	72-20-8			3.0E-04		1	0.1	1	
95	敌敌畏	Dichlorvos	62-73-7	2.9E-01	8.3E-05	5.0E-04	5.0E-04	1	0.1	1	
96	乐果	Dimethoate	60-51-5			2.0E-04		1	0.1	1	
97	七氯	Heptachlor	76-44-8	4.5E+00	1.3E-03	5.0E-04		1	0.1	1	
98	氯丹	Chlordane	12789-03-6	3.5E-01	1.0E-04	5.0E-04	7.0E-04	1	0.04	1	
99	毒杀酚	Toxaphene	8001-35-2	1.1E+00	3.2E-04			1	0.1	1	
100	硫丹	Endosulfan	115-29-7			6.0E-03				1	
101	2,2',4,4'-四溴联苯醚（BDE-47）	2,2',4,4'-Tetrabromodiphenyl ether	5436-43-1			1.0E-04		1	0.1	1	
102	五溴二苯醚（BDE-99）	Pentabromodiphenyl ether, 2,2',4,4',5-	60348-60-9			1.0E-04		1	0.1	1	
103	2,2',4,4',5,5'-六溴联苯醚（BDE-153）	Hexabromodiphenyl ether, 2,2',4,4',5,5'-	68631-49-2			1.0E-04		1	0.1	1	
104	十溴联苯醚(BDE-209)	Decabromodiphenyl ether, 2,2',3,3',4,4',5,5',6,6'-	1163-19-5	7.00E-04		7.0E-03		1	0.1	1	
105	总石油烃(脂肪族：C5-C8)	TPH(Aliphatic：C5-C8)	-			6.0E-02	6.0E-01	0.8	0	1	
106	总石油烃(脂肪族：C9-C16)	TPH(Aliphatic：C9-C16)	-			1.0E-02	1.0E-01	0.5	0.1	1	

序号	污染物名称	污染物英文名称	CAS 编号	经口摄入致癌斜率因子 SF_o $(mg/(kg \cdot d))^{-1}$	呼吸吸入单位致癌因子 URF $(\mu g/m^3)^{-1}$	经口摄入参考剂量 RfD_o mg/(kg・d)	呼吸吸入参考浓度 RfC_i mg/m^3	消化道吸收效率因子 ABS_{gi} 无量纲	皮肤吸收效率因子 ABS_d 无量纲	经口摄入吸收效率因子 ABS_o 无量纲	生物富集系数（干质量）BCF 无量纲
107	总石油烃(脂肪族：C17-C35)	TPH(Aliphatic：C17-C35)	-			3.0E+00		0.5	0.1	1	

表E.2　污染物理化参数

序号	污染物	污染物英文名称	CAS 编号 CAS No.	分子量 MW	亨利常数 H` 无量纲	空气中扩散系数 D_a cm^2/s	水中扩散系数 D_w cm^2/s	土壤-有机碳分配系数 K_{oc} L/kg	水中溶解度 S mg/L
1	砷	Arsenic, Inorganic	7440-38-2	74.922					
2	镉	Cadmium	7440-43-9	112.41					
3	铅	Lead	7439-92-1	207.2					
4	总铬	Chromium(III)	16065-83-1	52					
5	铬（VI）	Chromium(VI)	18540-29-9	52					
6	铍	Beryllium	7440-41-7	9.01					
7	镍	Nickel	7440-02-0	58.69					
8	铜	Copper	7440-50-8	63.55					
9	锌	Zinc	7440-66-6	65.38					
10	硒	Selenium	7782-49-2	78.96					
11	锑	Antimony	7440-36-0	121.76					
12	锡	Tin	7440-31-5	118.71					
13	钡	Barium	7440-39-3	137.33					
14	钴	Cobalt	7440-48-4	58.93					
15	钼	Molybdenum	7439-98-7	95.94					

序号	污染物	污染物英文名称	CAS 编号 CAS No.	分子量 MW	亨利常数 H` 无量纲	空气中扩散系数 D_a cm^2/s	水中扩散系数 D_w cm^2/s	土壤-有机碳分配系数 K_{oc} L/kg	水中溶解度 S mg/L
16	锰	Manganese	7439-96-5	54.94					
17	钒	Vanadium	7440-62-2	50.94					
18	汞	Mercury	7439-97-6	200.59	0.467	0.0307	0.0000063		0.06
19	氟化物	Fluoride	7782-41-4	38					1.69
20	游离态氰化物	Cyanide（-CN）	57-12-5	26.01					100000
21	总氰化物	Total Cyanide							
22	苯	Benzene	71-43-2	78.11	0.2269011	0.08954	0.0000103	145.8	1790
23	甲苯	Toluene	108-88-3	92.14	0.2714636	0.07781	9.205E-06	233.9	526
24	乙苯	Ethylbenzene	100-41-4	106.17	0.3221586	0.06847	8.456E-06	446.1	169
25	丙酮	Acetone	67-64-1	58.08	0.0014309	0.10592	0.0000115	2.364	1000000
26	硝基苯	Nitrobenzene	98-95-3	123.11	0.0009812	0.06805	9.45E-06	226.4	2090
27	三氯乙烯	Trichloroethylene	79-01-6	131.39	0.4026983	0.06866	0.0000102	60.7	1280
28	四氯乙烯	Tetrachloroethylene	127-18-4	165.83	0.7236304	0.05047	9.455E-06	94.94	206
29	四氯化碳	Carbon Tetrachloride	56-23-5	153.82	1.1283729	0.05714	9.785E-06	43.89	793
30	丙烯腈	Acrylonitrile	107-13-1	53.06	0.0056419	0.11369	0.0000123	8.511	74500
31	对二氯苯	Dichlorobenzene, 1,4-	106-46-7	147	0.0985282	0.05504	8.68E-06	375.3	81.3
32	邻二氯苯	Dichlorobenzene, 1,2-	95-50-1	147	0.0784955	0.05617	8.921E-06	382.9	156
33	六氯苯	Hexachlorobenzene	118-74-1	284.78	0.0695012	0.02897	7.85E-06	6195	0.0062
34	氯苯	Chlorobenzene	108-90-7	112.56	0.1271464	0.07213	9.477E-06	233.9	498
35	氯仿	Chloroform	67-66-3	119.38	0.1500409	0.07692	0.0000109	31.82	7950
36	二氯甲烷	Methylene Chloride	75-09-2	84.93	0.13287	0.09994	0.0000125	21.73	13000
37	1,1-二氯乙烷	Dichloroethane, 1,1-	75-34-3	98.96	0.2297629	0.08364	0.0000106	31.82	5040
38	1,2-二氯乙烷	Dichloroethane, 1,2-	107-06-2	98.96	0.048242	0.08572	0.000011	39.6	8600

序号	污染物	污染物英文名称	CAS 编号 CAS No.	分子量 MW	亨利常数 H` 无量纲	空气中扩散系数 D_a cm^2/s	水中扩散系数 D_w cm^2/s	土壤-有机碳分配系数 K_{oc} L/kg	水中溶解度 S mg/L
39	1,1,1-三氯乙烷	Trichloroethane, 1,1,1-	71-55-6	133.41	0.7031889	0.06482	9.599E-06	43.89	1290
40	1,1,2-三氯乙烷	Trichloroethane, 1,1,2-	79-00-5	133.41	0.0336877	0.06689	0.00001	60.7	4590
41	1,1,1,2-四氯乙烷	Tetrachloroethane, 1,1,1,2-	630-20-6	167.85	0.1022077	0.04818	9.098E-06	86.03	1070
42	1,1,2,2-四氯乙烷	Tetrachloroethane, 1,1,2,2-	79-34-5	167.85	0.0150041	0.04892	9.29E-06	94.94	2830
43	六氯丁二烯	Hexachlorobutadiene	87-68-3	260.76	0.4210957	0.02674	7.026E-06	845.2	3.2
44	苯乙烯	Styrene	100-42-5	104.15	0.1124285	0.07111	8.784E-06	446.1	310
45	对二甲苯	Xylene, P-	106-42-3	106.17	0.2820932	0.06825	8.42E-06	375.3	162
46	间二甲苯	Xylene, m-	108-38-3	106.17	0.2935405	0.06837	8.439E-06	375.3	161
47	邻二甲苯	Xylene, o-	95-47-6	106.17	0.2117743	0.06892	8.532E-06	382.9	178
48	氯乙烯	Vinyl Chloride	75-01-4	62.5	1.1365495	0.10712	0.000012	21.73	8800
49	1,2-二氯乙烯（顺）	Dichloroethylene, 1,2-cis-	156-59-2	96.94	0.1668029	0.08841	0.0000113	39.6	6410
50	1,2-二氯乙烯（反）	Dichloroethylene,1,2-trans-	156-60-5	96.94	0.1668029	0.08761	0.0000112	39.6	4520
51	1,1-二氯乙烯	Dichloroethylene, 1,1-	75-35-4	96.94	1.0670482	0.08631	0.000011	31.82	2420
52	五氯酚	Pentachlorophenol	87-86-5	266.34	1.0016E-06	0.02952	8.012E-06	4959	14
53	五氯苯	Pentachlorobenzene	608-93-5	250.34	2.9E-02	2.9E-02	7.9E-06	3.7E+03	8.3E-01
54	苯胺	Aniline	62-53-3	93.13	0.0000826	0.08301	0.0000101	70.23	36000
55	苯酚	Phenol	108-95-2	94.11	0.0000136	0.0834	0.0000103	187.2	82800
56	荧蒽	Fluoranthene	206-44-0	202.26	0.0003622	0.0276	7.183E-06	55450	0.26
57	苯并[a]芘	Benzo[a]pyrene	50-32-8	252.32	0.0000187	0.04758	5.56E-06	587400	0.00162
58	苯并[a]蒽	Benzo[a]anthracene	56-55-3	228.3	0.0004906	0.0508647	5.9431E-06	176900	0.0094
59	苯并[b]荧蒽	Benzo[b]fluoranthene	205-99-2	252.32	0.0000269	0.04758	5.56E-06	599400	0.0015
60	苯并[k]荧蒽	Benzo[k]fluoranthene	207-08-9	252.32	0.0000239	0.04758	5.56E-06	587400	0.0008
61	二苯并[a,h]蒽	Dibenz[a,h]anthracene	53-70-3	278.36	5.7645E-06	0.04457	5.207E-06	1912000	0.00249

序号	污染物	污染物英文名称	CAS 编号 CAS No.	分子量 MW	亨利常数 H` 无量纲	空气中扩散系数 D_a cm^2/s	水中扩散系数 D_w cm^2/s	土壤-有机碳分配系数 K_{oc} L/kg	水中溶解度 S mg/L
62	茚并[1,2,3-cd]芘	Indeno[1,2,3-cd]pyrene	193-39-5	276.34	0.0000656	0.04478	5.233E-06	3470000	0.000022
63	萘	Naphthalene	91-20-3	128.18	0.0179886	0.0605	8.377E-06	1544	31
64	䓛	Chrysene	218-01-9	228.3	0.0002138	0.02611	6.75E-06	180500	0.002
65	苊	Acenaphthene	83-32-9	154.21	0.0075225	0.05061	8.33E-06	5027	3.9
66	蒽	Anthracene	120-12-7	178.24	0.0022731	0.03897	7.852E-06	16360	0.0434
67	芘	Pyrene	129-00-0	202.26	0.0004865	0.02779	7.248E-06	54340	0.135
68	芴	Fluorene	86-73-7	166.22	0.003933	0.0439743	7.89E-06	9160	1.69
69	吡啶	Pyridine	110-86-1	79.1	0.0004497	0.09309	0.0000109	71.72	1000000
70	2-氯酚	Chlorophenol,2-	95-57-8	128.56	0.0004579	0.0661175	9.48E-06	306.5	11300
71	2,4-二氯酚	Dichlorophenol, 2,4-	120-83-2	163	0.0001754	0.0485768	8.68E-06	491.8	4500
72	2,4-二硝基酚	Dinitrophenol, 2,4-	51-28-5	184.11	3.5159E-06	0.0406699	9.08E-06	460.8	2790
73	2-硝基酚	Nitrophenol, 2-	88-75-5	139.11	2.21028E-05	0.06868	8.47E-06	20.89	17312
74	4-硝基酚	Nitrophenol, 4-	100-02-7	139.11	3.23864E-08	0.067342697	8.66E-06	3.16	4493.69
75	2,4,5-三氯酚	Trichlorophenol, 2,4,5-	95-95-4	197.45	0.0000662	0.0313938	8.09E-06	1777	1200
76	2,4,6-三氯酚	Trichlorophenol, 2,4,6-	88-06-2	197.45	0.0001063	0.0313948	8.09E-06	1777	800
77	间甲酚	Cresol, m-	108-39-4	108.14	0.000035	0.07287	9.323E-06	300.4	22700
78	邻苯二甲酸二甲酯（DMP）	Dimethylterephthalate, DMP	120-61-6	194.19	0.0054783	0.0285329	6.72E-06	30.96	19
79	邻苯二甲酸二乙酯(DEP)	Diethyl phthalate, DEP	84-66-2	222.24	0.0000249	0.0260741	6.72E-06	104.9	1080
80	邻苯二甲酸二正丁酯(DnBP)	Di-n-butyl phthalate, DnBP	84-74-2	278.34	5.94451E-05	0.0438	0.00000786	40738.02	11.2
81	邻苯二甲酸二正辛酯	Di-n-octyl phthalate, DNOP	117-84-0	390.57	0.0001051	0.0355594	4.15E-06	140800	0.022

序号	污染物	污染物英文名称	CAS 编号 CAS No.	分子量 MW	亨利常数 H` 无量纲	空气中扩散系数 D_a cm^2/s	水中扩散系数 D_w cm^2/s	土壤-有机碳分配系数 K_{oc} L/kg	水中溶解度 S mg/L
	(DnOP)								
82	邻苯二甲酸二(2-乙基己)酯（DEHP）	Bis(2-ethylhexyl)phthalate, DEHP	117-81-7	390.57	0.000011	0.0173403	4.18E-06	119600	0.27
83	邻苯二甲酸丁苄酯（BBP）	Butyl benzyl phthalate, BBP	85-68-7	312.3654	7.93987E-05	0.0174	0.00000483	13746	2.9
84	多氯联苯	Polychlorinated Biphenyls	1336-36-3	291.99	0.0077678	0.04317	5.044E-06	78100	0.7
85	二噁英	TCDD, 2,3,7,8-	1746-01-6	321.98	0.0020442	0.04703	4.726E-06	249100	0.0002
86	α-六六六	Hexachlorocyclohexane, α-	319-84-6	290.83	0.0002101	0.04328	5.057E-06	2807	2
87	β-六六六	Hexachlorocyclohexane, β-	319-85-7	290.83	0.0002101	0.02767	7.396E-06	2807	0.24
88	林丹	Lindane	58-89-9	290.83	0.0002101	0.04328	5.057E-06	2807	7.3
89	滴滴滴	DDD	72-54-8	320.05	0.0002698	0.04061	4.745E-06	117500	0.09
90	滴滴伊	DDE, p,p'-	72-55-9	318.03	0.0017007	0.04078	4.765E-06	117500	0.04
91	滴滴涕	DDT	50-29-3	354.49	0.0003401	0.03793	4.432E-06	168600	0.0055
92	艾氏剂	Aldrin	309-00-2	364.92	0.0017989	0.03721	4.347E-06	82020	0.017
93	狄氏剂	Dieldrin	60-57-1	380.91	0.0004088	0.02329	6.006E-06	20090	0.195
94	异狄氏剂	Endrin	72-20-8	380.91	0.0004088	0.03616	4.225E-06	20090	0.25
95	敌敌畏	Dichlorvos	62-73-7	220.98	0.0000235	0.02788	7.33E-06	53.96	8000
96	乐果	Dimethoate	60-51-5	229.25	9.9346E-09	0.02609	6.742E-06	12.77	23300
97	七氯	Heptachlor	76-44-8	373.32	0.0120196	0.02234	5.696E-06	41260	0.18
98	氯丹	Chlordane	12789-03-6	409.78	0.0019869	0.03444	4.024E-06	33780	0.056
99	毒杀酚	Toxaphene	8001-35-2	413.82	0.0002453	0.03421	3.998E-06	77200	0.74
100	硫丹	Endosulfan	115-29-7	406.92	0.0026574	0.02248	5.763E-06	6761	0.325
101	2,2',4,4'-四溴联苯醚	2,2',4,4'-Tetrabromodiphenyl ether	5436-43-1	485.8	0.0003467	0.0307455	3.59E-06	13230	0.054234

序号	污染物	污染物英文名称	CAS 编号 CAS No.	分子量 MW	亨利常数 H` 无量纲	空气中扩散系数 D_a cm^2/s	水中扩散系数 D_w cm^2/s	土壤-有机碳分配系数 K_{oc} L/kg	水中溶解度 S mg/L
	（BDE-47）								
102	五溴二苯醚（BDE-99）	Pentabromodiphenyl ether, 2,2',4,4',5-	60348-60-9	564.69	0.0001447	0.0278108	3.25E-06	21660	0.0000009
103	2,2',4,4',5,5'－六溴联苯醚（BDE-153）	Hexabromodiphenyl ether, 2,2',4,4',5,5'-	68631-49-2						0.0009
104	十溴联苯醚(BDE-209)	Decabromodiphenyl ether, 2,2',3,3',4,4',5,5',6,6'-	1163-19-5	959.17	1.8193E-06	0.0195354	2.28E-06	276200	0.0001
105	总石油烃（脂肪族：C5-C8）	TPH (Aliphatic: C5-C8)	-	86.18	73.58953	0.073106	8.2E-06	131.5	9.5
106	总石油烃（脂肪族：C9-C16）	TPH(Aliphatic: C9-C16)	-	128.3	139.0025	0.051425	6.8E-06	796	0.22
107	总石油烃（脂肪族：C17-C35）	TPH(Aliphatic: C17-C35)	-	170.3	334.4236	0.061831	7.2E-06	4818	0.0037

表E.3 人体暴露参数

参数	缩写	单位	居住用地		公园绿地		商服/工业	取值依据
			成人	儿童	成人	儿童	成人	
危害商可接受水平	THI_{nc}	-	1	1	1	1	1	R&E-1
致癌风险可接受水平	THI_{ca}	-	1.0E-06	1.0E-06	1.0E-06	1.0E-06	1.0E-06	R&E-1
平均体重	BW	kg	54.9	16.2	54.9	15.45	54.9	D1&D2
平均作用时间(致癌)	AT_{ca}	a	72	72	72	72	72	R&D2
平均作用时间(非致癌)	AT_{nc}	a	6		6		25	R&E-1
暴露年限	ED	a	24	6	24	6	25	R&E-1

暴露频率	EF	d/a	350	350	104	104	250	E-1&H
暴露时间	ET	h/d	24	24	8	8	8	E-1
室内暴露频率	EFI	d/a	262.5	262.5	-	-	187.5	R
室外暴露频率	EFO	d/a	87.5	87.5	-	-	62.5	R
土壤摄入量	IR	mg/d	100	200	100	200	100	E-1
空气摄入量	IR	m^3/d	12.6	6.6	12.85	6.15	12.85	D1
饮水摄入量	IR	L/d	1.4	0.7	1.4	0.7	1.4	R
蔬菜摄入量	IR	kg/d	0.024	0.013	-	-	-	D2
皮肤暴露面积	SA	cm^2	4986	2448	4986	2448	2805	R
土壤对皮肤的粘附系数	AF	mg/cm^2	0.07	0.2	0.07	0.2	0.2	R&H
自产蔬菜粘附系数	SL	无量纲	0.001	0.001	-	-	-	DU
每日摄入自产蔬菜占每日蔬菜摄入量的比例	P	无量纲	0.4	0.4	-	-	-	E-2
暴露于土壤的参考剂量分配比例	SAF	无量纲	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	R
暴露于地下水的参考剂量分配比例	WAF	无量纲	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	R

注：E-1：EPA Region 9, Regional Screening Levels. 2015；E-2：EPA, Soil Screening Guidance: Use’s Guide. 1996；D1：中国人群暴露参数手册（成人卷），中国环境出版社，2013 年；D2：2002 全国人口普查；H：香港基于风险厘定的土壤整治标准 2006； R：《污染场地风险评估技术导则》（HJ25.3-2014）；DU：Methodology for Deriving Standards for Contaminants in Soil to Protect Human Health. Wellington: Ministry for the Environment, 2011。

表E.4　建筑物参数

参数	缩写	单位	居住用地	公园绿地	商服/工业	取值依据
地下室内地板面积	A_b	cm^2	21730000	–	33280000	H
地基裂隙率	η	无量纲	0.001	–	0.001	C
地基裂隙中空气体积比	θ_{acrack}	无量纲	0.26	–	0.26	R
地基裂隙中水体积比	θ_{wcrack}	无量纲	0.12	–	0.12	R
室内地基厚度	L_{crack}	cm	30	–	30	C
室内地基周长	X_{crack}	cm	16400	–	20800	H
室内地面到地板底部厚度	Z_{crack}	cm	15	–	15	R
室内空气交换速率	ER	次/h	0.5	–	0.83	C
室内空间体积与气态污染物入渗面积比	L_B	cm	200	–	300	R
室内和室外大气压力差	dP	$g/(cm \cdot s^2)$	0	–	0	R

表E.5　土壤及场地参数

参数	缩写	单位	居住用地	公园绿地	商服/工业	取值依据
土壤容重	ρ_b	g/cm^3	–	–	–	S
土壤颗粒密度	ρ_s	g/cm^3	–	–	–	S
土壤含水率	P_{ws}	%	–	–	–	S
土壤有机质含量	f_{om}	g/kg	–	–	–	S
水的密度	ρ_w	kg/dm^3	1	1	1	R
污染土层厚度	d/d_s	cm	–	–	–	S
下层污染土壤上表面至地表的距离	L_s	cm	–	–	–	S
毛细管层土壤孔隙空气体积比	θ_{acap}	无量纲	–	–	–	S
毛细管层土壤孔隙水体积比	θ_{wcap}	无量纲	–	–	–	S
土壤地下水交界处毛细管层厚度	h_{cap}	cm	–	–	–	S
非饱和层厚度	h_v	cm	–	–	–	S
混合区大气风速	U_{air}	cm/s	200	200	200	R
污染区宽度	W	cm	–	–	–	S

混合区高度	δ_{air}	cm	200	200	200	R
污染区面积	A	cm^2	-	-	-	S
圆周率常数	π	无量纲	3.14159	3.14159	3.14159	R
欧拉常数	e	无量纲	2.71828	2.71828	2.71828	R
土壤透性系数	K_v	cm^2	-	-	-	S
空气粘滞系数	μ_{air}	g/(cm·s)	1.81×10^{-4}	1.81×10^{-4}	1.81×10^{-4}	R
气态污染物入侵持续时间	τ	a	24	25	25	R
地下水埋深	L_{gw}	cm	-	-	-	S
地下水达西速率	U_{gw}	cm/a	-	-	-	S
地下水混合区厚度	δ_{gw}	cm	200	200	200	R
土壤中水的渗透速率	I	cm/a	-	-	-	S
颗粒物释放率	P_e	g/(cm^2·s)	6.9E-14	6.9E-14	6.9E-14	E-3
注：E-3：ASTM E2081。						

表E.6 儿童作为受体时铅风险评估模型关键参数

参数（儿童）	名称/符号	单位	取值	备注	来源与依据
土壤/尘暴露参数					
室外土壤铅浓度	Outdoor Soil Lead Concentration	μg/g	-	S	
室内灰尘铅浓度	Indoor Dust Lead Concentration	μg/g	-	S	
空气铅暴露参数					
室外空气铅浓度	Outdoor air Pb concentration	$\mu g/m^3$	-	S	
食物铅暴露参数					
食物铅摄入量	Dietary Lead Intake	μg/day	10	我国人群参数经验值	文献分析统计结果
饮用水铅暴露参数					
饮用水中铅浓度	Lead concentration in drinking water	μg/L	-	S	
母体至新生儿的铅暴露					
婴儿出生时母体的血铅浓度	Mothers blood lead concentration at childbirth	μg/dL	5.37	我国人群参数经验值	文献分析统计结果
其他参数					
儿童血铅几何标准差	GSD	—	1.58	我国人群参数经验	

				值	
血铅关注水平，或分割值	Blood lead level of concern, or cutoff	μg/dL	10	我国儿童高铅血症判定标准	《儿童高铅血症和铅中毒分级和处理原则（试行）》
注 1：模型中关于儿童体内铅吸收和代谢、儿童呼吸率等参数建议采用模型默认值。 注 2：S：表示参数值必须根据场地采样和分析测试数据定值。					

表E.7　成人作为受体铅风险评估模型关键参数

参数（成人）	缩写	单位	取值	备注	来源与依据
土壤铅浓度	Pb_s	μg/g	-	S	
胎儿/母体血铅比率	$R_{fetal/maternal}$	无量纲	0.9	模型经验值	ALM
生物动力学斜率因子	BKSF	μg /dL per μg/day	0.4	模型经验值	ALM
血铅几何标准差	GSD_i	-	1.4	我国人群参数经验值	文献分析统计结果
（无铅暴露时）育龄妇女的血铅背景水平	PbB_0	μg/dL	5.37	我国人群参数经验值	文献分析统计结果
土壤摄入率(包括来源于土壤的灰尘)	IR_S	g/day	0.050	模型经验值	ALM
室外土壤和室内灰尘的总摄入率	IR_{S+D}	g/day	-	无需输入	
权重系数；IR_{S+D} 作为室外土壤摄入量所战占的比例	W_S	-	-	无需输入	
土壤在灰尘中所占的质量百分率	K_{SD}	-	-	无需输入	
吸收率（土壤与灰尘相同)	$AF_{S,D}$	-	0.12	模型经验值	ALM
暴露频率（土壤与灰尘相同)	$EF_{S,D}$	days/yr	250	我国年平均工作日	
平均暴露时间（土壤与灰尘相同)	$AT_{S,D}$	days/yr	365	模型经验值	ALM
成人血铅几何平均值	PbB_{adult}	μg/dL	-	模型运算结果，无需输入	
成人腹中胎儿第 95 个百分位点处的血铅浓度	$PbB_{fetal,0.95}$	μg/dL	-	模型运算结果，无需输入	
血铅关注水平（例如 10μg/dL)	PbBt	μg/dL	10.0	我国儿童高铅血症判定标准	《儿童高铅血症和铅中毒分级和处理原则（试行）》
胎儿 PbB ＞ PbB_t 的概率，	$P(PbB_{fetal}$ ＞	%	-	模型运算结果，无需	

假定服从对数正态分布	PbB_t)			输入	
注：S：表示参数值必须根据场地采样和分析测试数据定值。					

附　录　F
（规范性附录）
污染物迁移扩散计算模型

F.1　颗粒物扩散因子计算模型（PEF）

颗粒物扩散因子采用式（F.1）计算。

$$PEF = \frac{U_{air} \times \delta_{air} \times 1000}{P_e \times W} \quad \text{(F.1)}$$

式中：

PEF——室外空气中颗粒物扩散因子，m^3/kg；

U_{air}——混合区大气风速，cm/s；

P_e——颗粒物释放率，$g/(cm^2 \cdot s)$；

W——平行于风向的污染区域宽度，cm；

δ_{air}——混合区高度，cm。

F.2　蒸气挥发因子计算模型（VF）

室外表层土壤蒸气挥发因子

室外表层土壤蒸气挥发因子，采用式（F.2）、（F.3）计算，选择两者中较小值作为最终的挥发因子。

$$VF_{suro} = \frac{\rho_b}{DF_0} \times \sqrt{\frac{4 \times D_s^{eff} \times H'}{\pi \times \tau \times 31536000 \times K_{sw} \times \rho_b}} \times 10^3 \quad \text{(F.2)}$$

$$VF_{suro} = \frac{d \times \rho_b}{DF_0 \times \tau \times 31536000} \times 10^3 \quad \text{(F.3)}$$

式中：

VF_{suro}——室外表层土壤蒸气挥发因子，kg/m^3；

ρ_b——土壤容重，g/cm^3；

DF_o——室外空气中气态污染物扩散因子，$(g/(cm^2 \cdot s))/(g/cm^3)$；

D_s^{eff}——土壤中气态污染物的有效扩散系数，cm^2/s；

H’——亨利常数，无量纲；

π——圆周率常数，无量纲；

τ——气态污染物入侵持续时间，a；

31536000——时间单位转换系数，31536000 s/a；

K_{sw}——土壤-水中污染物分配系数，cm^3/g；

d——表层污染土壤层厚度，cm。

室外下层土壤蒸气挥发因子

室外下层土壤蒸气挥发因子，采用式（F.4）计算，若下层污染土壤厚度已知，则采用式（F.5）计算，选择两者中较小值作为最终的挥发因子。

$$VF_{suro}=\frac{1}{\left(1+\frac{DF_0\times L_s}{D_s^{eff}}\right)\times\frac{K_{sw}}{H'}}\times10^3 \quad \text{(F.4)}$$

$$VF_{subo}=\frac{d_s\times\rho_b}{DF_0\times\tau\times31536000}\times10^3 \quad \text{(F.5)}$$

式中：

VF_{subo}——室外下层土壤蒸气挥发因子，kg/m^3；

DF_o——室外空气中气态污染物扩散因子，(g/(cm^2·s))/(g/cm^3)；

L_s——下层污染土壤上表面至地表的距离，cm；

D_s^{eff}——土壤中气态污染物的有效扩散系数，cm^2/s；

K_{sw}——土壤-水中污染物分配系数，cm^3/g；

H’——亨利常数，无量纲；

d_s——下层污染土壤层厚度，cm；

ρ_b——土壤容重，g/cm^3；

τ——气态污染物入侵持续时间，a；

31536000——时间单位转换系数，31536000s/a。

室外地下水蒸气挥发因子

室外地下水蒸气挥发因子，采用式（F.6）计算。

$$VF_{gwo}=\frac{1}{\left(1+\frac{DF_0\times L_{gw}}{D_{gws}^{eff}}\right)\times\frac{1}{H'}}\times10^3 \quad \text{(F.6)}$$

式中：

VF_{gwo}——室外地下水蒸气挥发因子，L/m^3；

DF_o——室外空气中气态污染物扩散因子，(g/(cm^2·s))/(g/cm^3)；

L_{gw}——地下水埋深，cm；

D_{gws}^{eff}——地下水到表层土壤的有效扩散系数，cm^2/s；

H’——亨利常数，无量纲。

室内下层土壤蒸气挥发因子

室内下层土壤蒸气挥发因子采用式(F.7)、(F.8)计算，若下层污染土壤厚度已知，则采用式(F.9)计算，选择式（F.7）、（F.8）和（F.9）中的最小值作为最终的挥发因子。

当Q_s=0时，

$$VFsubi=\frac{1}{\frac{K_{sw}}{H'}\times\left(1+\frac{D_s^{eff}}{DF_i\times L_s}+\frac{D_s^{eff}\times L_{crack}}{D_{crack}^{eff}\times L_s\times\eta}\right)\times\frac{DF_i}{D_s^{eff}}\times L_S}\times10^3 \quad \text{(F.7)}$$

当Q_s>0时，

$$VF_{subi}=\frac{1}{\frac{K_{sw}}{H'}\times\left(e^{\xi}+\frac{D_s^{eff}}{DF_i\times L_s}+\frac{D_s^{eff}\times A_b}{Q_s\times L_s}\times\left(e^{\xi}-1\right)\times\frac{DF_i\times L_s}{D_s^{eff}\times e^{\xi}}\right)}\times10^3 \quad \text{(F.8)}$$

$$VF_{subi}=\frac{d_s\times\rho_b}{DF_i\times\tau\times31536000}\times10^3 \quad \text{(F.9)}$$

式中：

VF_{subi}——室内下层土壤蒸气挥发因子，kg/m^3；

K_{sw}——土壤-水中污染物分配系数，cm^3/g；

H’——亨利常数，无量纲；

D_s^{eff}——土壤中气态污染物的有效扩散系数，cm^2/s；

DF_i——室内空气中气态污染物扩散因子，(g/(cm^2·s))/(g/cm^3)；

L_s——下层污染土壤上表面至地表的距离，cm；

L_{crack}——室内地基或墙体厚度，cm；

D_{crack}^{eff}——气态污染物在地基与墙体裂隙中的有效扩散系数，cm^2/s；

η——地基和墙体裂隙表面积占室内地表面积比例，无量纲；

e——欧拉常数，无量纲；

ξ——土壤污染物进入室内因子计算过程参数；

A_b——地下室内地板面积，cm^2；

Q_s——流经地下水地板裂隙的对流空气流速，cm^3/s；

d_s——下层污染土壤层厚度，cm；

ρ_b——土壤容重，g/cm^3；

τ——气态污染物入侵持续时间，a；

31536000——时间单位转换系数，31536000s/a。

室内地下水蒸气挥发因子

室内地下水蒸气挥发因子采用式（F.10）、（F.11）计算。

当Q_s=0时，

$$VF_{gwi}=\frac{1}{\frac{1}{H'}\times\left(1+\frac{D_{gws}^{eff}}{DF_i\times L_{gw}}+\frac{D_{gws}^{eff}\times L_{crack}}{D_{crack}^{eff}\times L_{gw}\times\eta}\right)\times\frac{DF_i}{D_{gws}^{eff}}\times L_{gw}}\times10^3 \quad \text{(F.10)}$$

当Q_s>0时，

$$VF_{gwi}=\frac{1}{\frac{1}{H'}\times\left(e^{\xi}+\frac{D_{gws}^{eff}}{DF_i\times L_{gw}}+\frac{D_{gws}^{eff}\times A_b}{Q_s\times L_{gw}}\times\left(e^{\xi}-1\right)\right)\times\frac{DF_i\times L_{gw}}{D_{gws}^{eff}\times e^{\xi}}}\times10^3 \quad \text{(F.11)}$$

式中：

VF_{gwi}——室内地下水蒸气挥发因子，L/m^3；

H’——亨利常数，无量纲；

D_{gws}^{eff}——地下水到表层土壤的有效扩散系数，cm^2/s；

DF_i——室内空气中气态污染物扩散因子，(g/(cm^2·s))/(g/cm^3)；

L_{gw}——地下水埋深，cm；

D_{crack}^{eff}——气态污染物在地基与墙体裂隙中的有效扩散系数，cm^2/s；

L_{crack}——室内地基或墙体厚度，cm；

η——地基和墙体裂隙表面积占室内地表面积比例，无量纲；

e——欧拉常数，无量纲；

ξ——土壤污染物进入室内因子计算过程参数；

A_b——地下室内地板面积，cm^2；

Q_s——流经地下水地板裂隙的对流空气流速，cm^3/s。

F.3 土壤-地下水淋溶因子计算模型（LF）

土壤中污染物-地下水淋溶因子，可采用式（F.12）计算，若下层污染土壤厚度已知，也可采用式（F.13）计算，选择式（F.12）、（F.13）中的最小值作为最终的土壤-地下水淋溶因子。

$$LF = \frac{LF_{s-g}}{K_{SW}} \quad \text{(F.12)}$$

$$LF = \frac{d_s \times \rho_b}{I \times \tau} \quad \text{(F.13)}$$

式中：

LF——土壤中污染物迁移进入地下水的淋溶因子，(mg/L)/(mg/kg)；

LF_{s-g}——土壤孔隙水中污染物迁移进入地下水的淋溶因子（地下水与土壤孔隙水中污染物浓度的比值），无量纲；

K_{sw}——土壤-水中污染物分配系数，cm^3/g；

d_s——下层污染土壤厚度，cm；

ρ_b——土壤容重，g/cm^3；

I——土壤中水的渗透速率，cm/a；

τ——气态污染物入侵持续时间，a。

F.4 以上模型中涉及到的其它过程参数计算

土壤中气态污染物的有效扩散系数可采用式（F.14）计算。

$$D_s^{eff} = D_a \times \frac{\theta_{as}^{3.33}}{\theta^2} + D_W \times \frac{\theta_{ws}^{3.33}}{H' \times \theta^2} \quad \text{(F.14)}$$

$$\theta = 1 - \frac{\rho_b}{\rho_s} \quad \text{(F.15)}$$

$$\theta_{ws} = \frac{\rho_b \times P_{ws}}{\rho_s} \quad \text{(F.16)}$$

$$\theta_{as} = \theta - \theta_{ws} \quad \text{(F.17)}$$

式中：

D_s^{eff}——土壤中气态污染物的有效扩散系数，cm^2/s；

D_a——空气中扩散系数，cm^2/s；

θ_{as}——非饱和层土壤中孔隙空气体积比，无量纲；

θ——非饱和层土壤中总孔隙体积比，无量纲；

θ_{ws}——非饱和层土壤中孔隙水体积比，无量纲；

D_w——水中扩散系数，cm^2/s；

H’——亨利常数，无量纲；

ρ_b——土壤容重，g/cm^3；

ρ_s——土壤颗粒密度，g/cm^3；

P_{ws}——土壤含水率，%。

气态污染物在地基与墙体裂隙中的有效扩散系数按式（F.18）计算。

$$D_{crack}^{eff} = D_a \times \frac{\theta_{acrack}^{3.33}}{\theta^2} + D_W \times \frac{\theta_{wcrack}^{3.33}}{H' \times \theta^2} \quad \text{(F.18)}$$

式中：

D_{crack}^{eff}——气态污染物在地基与墙体裂隙中的有效扩散系数，cm^2/s；

D_a——空气中扩散系数，cm^2/s；

θ_{acrack}——地基裂隙中空气体积比，无量纲；

θ——非饱和层土壤中总孔隙体积比，无量纲；

θ_{wcrack}——地基裂隙中水体积比，无量纲；

D_w——水中扩散系数，cm^2/s；

H’——亨利常数，无量纲。

气态污染物从地下水到表层土壤的有效扩散系数按式（F.19）计算。

$$D_{gws}^{eff} = \frac{L_{gw}}{\frac{h_{cap}}{D_{cap}^{eff}} + \frac{h_V}{D_s^{eff}}} \quad \text{(F.19)}$$

$$D_{cap}^{eff} = D_a \times \frac{\theta_{acap}^{3.33}}{\theta^2} + D_W \times \frac{\theta_{wcap}^{3.33}}{H' \times \theta^2} \quad \text{(F.20)}$$

式中：

D_{gws}^{eff}——地下水到表层土壤的有效扩散系数，cm^2/s；

L_{gw}——地下水埋深，cm；

h_{cap}——地下水土壤交界处毛细管层厚度，cm；

h_v——非饱和层厚度，cm；

D_{cap}^{eff}——毛细管层中气态污染物的有效扩散系数，cm^2/s；

D_s^{eff}——土壤中气态污染物的有效扩散系数，cm^2/s；

D_a——空气中扩散系数，cm^2/s；

θ_{acap}——毛细管层土壤中空气体积比，无量纲；

θ——非饱和层土壤中总孔隙体积比，无量纲；

θ_{wcap}——毛细管层土壤中水体积比，无量纲；

D_w——水中扩散系数，cm^2/s；

H’——亨利常数，无量纲。

土壤-水中污染物分配系数按式（F.21）计算。

$$K_{sw}=\frac{\theta_{ws}+\left(K_d\times\rho_b\right)+\left(H'\times\theta_{as}\right)}{\rho_b} \quad \text{(F.21)}$$

$$K_d=K_{oc}\times f_{oc} \quad \text{(F.22)}$$

$$f_{oc}=\frac{f_{om}}{1.7\times1000} \quad \text{(F.23)}$$

式中：

K_{sw}——土壤-水中污染物分配系数，cm^3/g；

θ_{ws}——非饱和层土壤中孔隙水体积比，无量纲；

K_d——土壤-固相中污染物分配系数，cm^3/g；

ρ_b——土壤容重，g/cm^3；

H’——亨利常数，无量纲；

θ_{as}——非饱和层土壤中孔隙空气体积比，无量纲；

K_{oc}——土壤有机碳-土壤孔隙水分配系数，L/kg；

f_{oc}——土壤有机碳质量分数，无量纲；

f_{om}——土壤有机质含量，g/kg。

室外空气中气态污染物扩散因子按式（F.24）计算。

$$DF_0=\frac{U_{air}\times W\times\delta_{air}}{A} \quad \text{(F.24)}$$

式中：

DF_o——室外空气中气态污染物扩散因子，$(g/(cm^2\cdot s))/(g/cm^3)$；

U_{air}——混合区大气风速，cm/s；

W——污染区宽度，cm；

δ_{air}——混合区高度，cm；

A——污染区面积，cm^2，根据现场调查获得参数值。

室内空气中气态污染物扩散因子按式（F.25）计算。

$$DF_i=L_B\times ER\times\frac{1}{86400}\times24 \quad \text{(F.25)}$$

式中：

DF_i——室内空气中气态污染物扩散因子，$(g/(cm^2\cdot s))/(g/cm^3)$；

L_B——室内空间体积与气态污染物入渗面积比，cm；

ER——室内空气交换速率，次/h；

86400——时间单位转换系数，86 400 s/d；

24——时间单位转换系数，24 h/d。

流经地下室地板裂隙的对流空气流速按式（F.26）计算。

$$Q_s = \frac{2 \times \pi \times dP \times K_V \times X_{crack}}{\mu_{air} \times In\left(\frac{2 \times Z_{crack}}{R_{crack}}\right)} \quad \text{(F.26)}$$

$$R_{crack} = \frac{A_b \times \eta}{X_{crack}} \quad \text{(F.27)}$$

式中：

Q_s——流经地下水地板裂隙的对流空气流速，cm^3/s；

π——圆周率常数，无量纲；

dP——室内和室外大气压力差，$g/(cm \cdot s^2)$；

K_v——土壤透性系数，cm^2；

X_{crack}——地下室内地板（裂隙）周长，cm；

μ_{air}——空气粘滞系数，g/(cm·s)；

Z_{crack}——地下室地面到地板底部厚度，cm；

R_{crack}——室内裂隙宽度，cm；

A_b——地下室内地板面积，cm^2；

η——地基和墙体裂隙表面积占室内地表面积比例，无量纲。

土壤污染物进入室内挥发因子计算过程参数按式（F.28）计算。

$$\xi = \frac{Q_s \times L_{crack}}{A_b \times D_{crack}^{eff} \times \eta} \quad \text{(F.28)}$$

式中：

ξ——土壤污染物进入室内挥发因子计算过程参数；

Q_s——流经地下水地板裂隙的对流空气流速，cm^3/s；

L_{crack}——室内地基或墙体厚度，cm；

A_b——地下室内地板面积，cm^2；

D_{crack}^{eff}——气态污染物在地基与墙体裂隙中的有效扩散系数，cm^2/s；

η——地基和墙体裂隙表面积占室内地表面积比例，无量纲。

土壤孔隙水中污染物迁移进入地下水的淋溶因子按式（F.29）计算。

$$LF_{s-g} = \frac{1}{1 + \frac{U_{gw} \times \delta_{gw}}{I \times W}} \quad \text{(F.29)}$$

式中：

LF_{s-g}——土壤孔隙水中污染物迁移进入地下水的淋溶因子（地下水与土壤孔隙水中污染物浓度的比值），无量纲；

U_{gw}——地下水达西速率，cm/a；

δ_{gw}——地下水混合区厚度，cm；

I——土壤中水的渗透速率，cm/a；

W——污染区宽度，cm。

附 录 G
（规范性附录）
土壤中污染物单一途径风险控制值计算模型

G.1 经口摄入污染土壤

G.1.1 致癌效应

对于单一污染物致癌效应按式（G.1）计算。

$$SRTL_{ca经口摄入} = \frac{THI_{ca}}{IN_{经口摄入} \times SF_0} \quad \text{(G.1)}$$

式中：

$SRTL_{ca经口摄入}$——污染物风险控制值，mg/kg；

THI_{ca}——致癌风险可接受水平，无量纲；

$IN_{经口摄入}$——经口直接摄入污染土壤的量，kg/(kg·d)；

SF_o——经口摄入致癌斜率因子，$(mg/(kg·d))^{-1}$。

G.1.2 非致癌效应

对于单一污染物非致癌效应按式（G.2）计算。。

$$SRTL_{nc经口摄入} = \frac{THI_{nc} \times RfD_0 \times SAF}{IN_{经口摄入}} \quad \text{(G.2)}$$

式中：

$SRTL_{nc经口摄入}$——污染物风险控制值，mg/kg；

THI_{nc}——非致癌风险可接受水平，无量纲；

RfD_o——经口摄入参考剂量，mg/(kg·d)；

SAF——暴露于土壤参考剂量分配比例，无量纲；

$IN_{经口摄入}$——经口直接摄入污染土壤的量，kg/(kg·d)。

G.2 皮肤接触污染土壤

G.2.1 致癌效应

对于单一污染物的致癌效应按式（G.3）计算。

$$SRTL_{ca皮肤接触} = \frac{THI_{ca}}{IN_{皮肤接触} \times SF_d} \quad \text{(G.3)}$$

式中：

$SRTL_{ca皮肤接触}$——污染物风险控制值，mg/kg；

THI_{ca}——致癌风险可接受水平，无量纲；

$IN_{皮肤接触}$——经皮肤接触的污染土壤暴露量，kg/(kg·d)；

SF_d——皮肤接触致癌斜率因子，$(mg/(kg\cdot d))^{-1}$。

G.2.2 非致癌效应

对于单一污染物的非致癌效应按式（G.4）计算。

$$SRTL_{nc皮肤接触} = \frac{THI_{nc} \times RfD_d \times SAF}{IN_{皮肤接触}} \quad \text{.....(G.4)}$$

式中：

$SRTL_{nc皮肤接触}$——污染物风险控制值，mg/kg；

THI_{nc}——非致癌风险可接受水平，无量纲；

RfD_d——皮肤接触参考剂量，mg/(kg·d)；

SAF——暴露于土壤参考剂量分配比例，无量纲；

$IN_{皮肤接触}$——经皮肤接触的污染土壤暴露量，kg/(kg·d)。

G.3 呼吸吸入土壤颗粒物

G.3.1 致癌效应

对于单一污染物的致癌效应按式（G.5）计算。

$$SRTL_{ca颗粒物吸入} = \frac{THI_{ca}}{IN_{颗粒物吸入} \times SF_i} \quad \text{.....(G.5)}$$

式中：

$SRTL_{ca颗粒物吸入}$——污染物风险控制值，mg/kg；

THI_{ca}——致癌风险可接受水平，无量纲；

$IN_{颗粒物吸入}$——通过呼吸吸入土壤颗粒物的污染土壤暴露量，kg/(kg·d)；

SF_i——呼吸吸入致癌斜率因子，$(mg/(kg\cdot d))^{-1}$。

G.3.2 非致癌效应

对于单一污染物的非致癌效应按式（G.6）计算。

$$SRTL_{nc颗粒物吸入} = \frac{THI_{nc} \times RfD_i \times SAF}{IN_{颗粒物吸入}} \quad \text{.....(G.6)}$$

式中：

$SRTL_{nc颗粒物吸入}$——污染物风险控制值，mg/kg；

THI_{nc}——非致癌风险可接受水平，无量纲；

RfD_i——呼吸吸入参考剂量，mg/(kg·d)；

SAF——暴露于土壤参考剂量分配比例，无量纲；

$IN_{颗粒物吸入}$——通过呼吸吸入土壤颗粒物的污染土壤暴露量，kg/(kg·d)。

G.4 摄入自产作物

G.4.1 致癌效应

对于单一污染物的致癌效应按式（G.7）计算。

$$SRTL_{\text{ca摄入自产作物}} = \frac{THI_{ca}}{IN_{\text{摄入自产作物}} \times SF_0} \quad \text{(G.7)}$$

式中：

$SRTL_{\text{ca摄入自产作物}}$——污染物风险控制值，mg/kg；

THI_{ca}——致癌风险可接受水平，无量纲；

$IN_{\text{摄入自产作物}}$——通过摄入自产作物的污染土壤暴露量，kg/(kg·d)；

SF_o——经口摄入致癌斜率因子，$(mg/(kg\cdot d))^{-1}$。

G.4.2 非致癌效应

对于单一污染物的非致癌效应按式（G.8）计算。

$$SRTL_{\text{nc摄入自产作物}} = \frac{THI_{nc} \times RfD_0 \times SAF}{IN_{\text{摄入自产作物}}} \quad \text{(G.8)}$$

式中：

$SRTL_{\text{nc摄入自产作物}}$——污染物风险控制值，mg/kg；

THI_{nc}——非致癌风险可接受水平，无量纲；

RfD_o——经口摄入参考剂量，mg/(kg·d)；

SAF——暴露于土壤参考剂量分配比例，无量纲；

$IN_{\text{摄入自产作物}}$——通过摄入自产作物的污染土壤暴露量，kg/(kg·d)。

G.5 呼吸吸入室外表层污染土壤蒸气

G.5.1 致癌效应

对于单一污染物的致癌效应按式（G.9）计算。

$$SRTL_{\text{ca呼吸吸入室外表层土壤蒸气}} = \frac{THI_{ca}}{IN_{\text{呼吸吸入室外表层土壤蒸气}} \times SF_i} \quad \text{(G.9)}$$

式中：

$SRTL_{\text{ca呼吸吸入室外表层土壤蒸气}}$——污染物风险控制值，mg/kg；

THI_{ca}——致癌风险可接受水平，无量纲；

$IN_{\text{呼吸吸入室外表层土壤蒸气}}$——通过呼吸吸入室外空气中来自表层土壤的污染蒸气对应的土壤暴露量，kg/(kg·d)；

SF_i——呼吸吸入致癌斜率因子，$(mg/(kg\cdot d))^{-1}$。

G.5.2 非致癌效应

对于单一污染物的非致癌效应按式（G.10）计算。

$$SRTL_{nc\text{呼吸吸入室外表层土壤蒸气}} = \frac{THI_{nc} \times RfD_i \times SAF}{IN_{\text{呼吸吸入室外表层土壤蒸气}}} \quad \text{(G.10)}$$

式中：

$SRTL_{nc呼吸吸入室外表层土壤蒸气}$——污染物风险控制值，mg/kg；

THI_{nc}——非致癌风险可接受水平，无量纲；

RfD_i——呼吸吸入参考剂量，mg/(kg·d)；

SAF——暴露于土壤参考剂量分配比例，无量纲；

$IN_{呼吸吸入室外表层土壤蒸气}$——通过呼吸吸入室外空气中来自表层土壤的污染蒸气对应的土壤暴露量，kg/(kg·d)。

G.6 呼吸吸入室外下层污染土壤蒸气

G.6.1 致癌效应

对于单一污染物的致癌效应按式（G.11）计算。

$$SRTL_{ca呼吸吸入室外下层土壤蒸气} = \frac{THI_{ca}}{IN_{呼吸吸入室外下层土壤蒸气} \times SF_i} \quad \text{.....(G.11)}$$

式中：

$SRTL_{ca呼吸吸入室外下层土壤蒸气}$——污染物风险控制值，mg/kg；

THI_{ca}——致癌风险可接受水平，无量纲；

$IN_{呼吸吸入室外下层土壤蒸气}$——呼吸吸入室外空气中来自下层土壤的污染蒸气对应的土壤暴露量，kg/(kg·d)；

SF_i——呼吸吸入致癌斜率因子，$(mg/(kg·d))^{-1}$。

G.6.2 非致癌效应

对于单一污染物的非致癌效应按式（G.12）计算。

$$SRTL_{nc呼吸吸入室外下层土壤蒸气} = \frac{THI_{nc} \times RfD_i \times SAF}{IN_{呼吸吸入室外下层土壤蒸气}} \quad \text{.....(G.12)}$$

式中：

$SRTL_{nc呼吸吸入室外下层土壤蒸气}$——污染物风险控制值，mg/kg；

THI_{nc}——非致癌风险可接受水平，无量纲；

RfD_i——呼吸吸入，mg/(kg·d)；

SAF——暴露于土壤参考剂量分配比例，无量纲；

$IN_{呼吸吸入室外下层土壤蒸气}$——呼吸吸入室外空气中来自下层土壤的污染蒸气对应的土壤暴露量，kg/(kg·d)。

G.7 呼吸吸入室内下层污染土壤蒸气

G.7.1 致癌效应

对于单一污染物的致癌效应按式（G.13）计算。

$$SRTL_{ca呼吸吸入室内下层土壤蒸气} = \frac{THI_{ca}}{IN_{呼吸吸入室内下层土壤怨气} \times SF_i} \quad \text{.....(G.13)}$$

式中：

$SRTL_{ca呼吸吸入室内下层土壤蒸气}$——污染物风险控制值，mg/kg；

THI_{ca}——致癌风险可接受水平，无量纲；

$IN_{呼吸吸入室内下层土壤蒸气}$——通过呼吸吸入室内空气中来自下层土壤的污染蒸气对应的土壤暴露量，kg/(kg·d)；

SF_i——呼吸吸入致癌斜率因子，$(mg/(kg\cdot d))^{-1}$。

G.7.2 非致癌效应

对于单一污染物的非致癌效应按式（G.14）计算。

$$SRTL_{nc呼吸吸入室内下层土壤蒸气} = \frac{THI_{nc} \times RfD_i \times SAF}{IN_{呼吸吸入室内下层土壤蒸气}} \quad \text{(G.14)}$$

式中：

$SRTL_{nc呼吸吸入室内下层土壤蒸气}$——污染物风险控制值，mg/kg；

THI_{nc}——非致癌风险可接受水平，无量纲；

RfD_i——呼吸吸入参考剂量，mg/(kg·d)；

SAF——暴露于土壤参考剂量分配比例，无量纲；

$IN_{呼吸吸入室内下层土壤蒸气}$——通过呼吸吸入室内空气中来自下层土壤的污染蒸气对应的土壤暴露量，kg/(kg·d)。

G.8 土壤淋溶至地下水

G.8.1 致癌效应

对于单一污染物的致癌效应按式（G.15）计算。

$$SRTL_{ca土壤淋溶} = \frac{THI_{ca}}{IN_{土壤淋溶} \times SF_0} \quad \text{(G.15)}$$

式中：

$SRTL_{ca土壤淋溶}$——污染物风险控制值，mg/kg；

THI_{ca}——致癌风险可接受水平，无量纲；

$IN_{土壤淋溶}$——土壤淋溶至地下水，人群通过饮用地下水对应的土壤暴露量，kg/(kg·d)；

SF_o——经口摄入致癌斜率因子，$(mg/(kg\cdot d))^{-1}$。

G.8.2 非致癌效应

对于单一污染物的非致癌效应按式（G.16）计算。

$$SRTL_{nc土壤淋溶} = \frac{THI_{nc} \times RfD_0 \times SAF}{IN_{土壤淋溶}} \quad \text{(G.16)}$$

式中：

$SRTL_{nc土壤淋溶}$——污染物风险控制值，mg/kg；

THI_{nc}——非致癌风险可接受水平，无量纲；

RfD_o——经口摄入参考剂量，mg/(kg·d)；

SAF——暴露于土壤参考剂量分配比例，无量纲；

$IN_{土壤淋溶}$——土壤污染物淋溶至地下水，人群通过饮用地下水对应的土壤暴露量，kg/(kg·d)。

附　录　H
（规范性附录）
地下水中污染物单一途径风险控制值计算模型

H.1　饮用地下水

H.1.1　致癌效应

对于单一污染物的致癌效应按式（H.1）计算。

$$WRTL_{\text{ca饮用地下水}} = \frac{THI_{ca}}{IN_{\text{饮用地下水}} \times SF_0} \quad \text{.....(H.1)}$$

式中：

$WRTL_{\text{ca饮用地下水}}$——污染物风险控制值，mg/L；

THI_{ca}——致癌风险可接受水平，无量纲；

$IN_{\text{饮用地下水}}$——饮用受污染地下水对应的地下水暴露量，L/(kg•d)；

SF_o——经口摄入致癌斜率因子，$(mg/(kg•d))^{-1}$。

H.1.2　非致癌效应

对于单一污染物的非致癌效应按式（H.2）计算。

$$WRTL_{\text{nc饮用地下水}} = \frac{THI_{nc} \times RfD_0 \times WAF}{IN_{\text{饮用地下水}}} \quad \text{.....(H.2)}$$

式中：

$WRTL_{\text{nc饮用地下水}}$——污染物风险控制值，mg/L；

THI_{nc}——非致癌风险可接受水平，无量纲；

RfD_o——经口摄入参考剂量，mg/(kg•d)；

WAF——暴露于地下水参考剂量分配比例，无量纲；

$IN_{\text{饮用地下水}}$——饮用受污染地下水对应的地下水暴露量，L/(kg•d)。

H.2　呼吸吸入室外污染地下水蒸气

H.2.1　致癌效应

对于单一污染物的致癌效应按式（H.3）计算。

$$WRTL_{\text{ca呼吸吸入室外地下水蒸气}} = \frac{THI_{ca}}{IN_{\text{呼吸吸入室外地下水蒸气}} \times SF_i} \quad \text{.....(H.3)}$$

式中：

$WRTL_{\text{ca呼吸吸入室外地下水蒸气}}$——污染物风险控制值，mg/L；

THI_{ca}——致癌风险可接受水平，无量纲；

$IN_{呼吸吸入室外地下水蒸气}$——通过呼吸吸入室外空气中来自地下水的污染蒸气对应的地下水暴露量，L/(kg•d)；

SF_i——呼吸吸入致癌斜率因子，$(mg/(kg•d))^{-1}$。

H.2.2 非致癌效应

对于单一污染物的非致癌效应按式（H.4）计算。

$$WRTL_{nc呼吸吸入室外地下水蒸气} = \frac{THI_{nc} \times RfD_i \times WAF}{IN_{呼吸吸入室外地下水蒸气}} \quad \text{(H.4)}$$

式中：

$WRTL_{nc呼吸吸入室外地下水蒸气}$——污染物风险控制值，mg/L；

THI_{nc}——非致癌风险可接受水平，无量纲；

RfD_i——呼吸吸入参考剂量，mg/(kg•d)；

WAF——暴露于地下水参考剂量分配比例，无量纲；

$IN_{呼吸吸入室外地下水蒸气}$——通过呼吸吸入室外空气中来自地下水的污染蒸气对应的地下水暴露量，L/(kg•d)。

H.3 呼吸吸入室内污染地下水蒸气

H.3.1 致癌效应

对于单一污染物的致癌效应按式（H.5）计算。

$$WRTL_{ca呼吸吸入室内地下水蒸气} = \frac{THI_{ca}}{IN_{呼吸吸入室内地下水蒸气} \times SF_i} \quad \text{(H.5)}$$

式中：

$WRTL_{ca呼吸吸入室内地下水蒸气}$——污染物风险控制值，mg/L；

THI_{ca}——致癌风险可接受水平，无量纲；

$IN_{呼吸吸入室内地下水蒸气}$——通过呼吸吸入室内空气中来自地下水的污染蒸气对应的地下水暴露量，L/(kg•d)；

SF_i——呼吸吸入致癌斜率因子，(mg/(kg•d))-1。

H.3.2 非致癌效应

对于单一污染物的非致癌效应按式（H.6）计算。

$$WRTL_{nc呼吸吸入室内地下水蒸气} = \frac{THI_{nc} \times RfD_i \times WAF}{IN_{呼吸吸入室内地下水蒸气}} \quad \text{(H.6)}$$

式中：

$WRTL_{nc呼吸吸入室内地下水蒸气}$——污染物风险控制值，mg/L；

THI_{nc}——非致癌风险可接受水平，无量纲；

RfD_i——呼吸吸入参考剂量，mg/(kg•d)；

WAF——暴露于地下水参考剂量分配比例，无量纲；

$IN_{呼吸吸入室内地下水蒸气}$——通过呼吸吸入室内空气中来自地下水的污染蒸气对应的地下水暴露量，L/(kg•d)。