

ICS

CCS

点击此处添加 CCS 号

团 体 标 准

T/CSES XXXX—XXXX

典型场地土壤污染生态风险评估技术指南

Technical guidelines for ecological risk assessment of soil pollution in typical sites

(征求意见稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中国环境科学学会 发布

目 次

前言	II
1 范围.....	2
2 规范性引用文件.....	2
3 术语和定义.....	2
4 工作内容和程序.....	3
5 风险快速识别.....	5
6 第一阶段评估.....	6
7 第二阶段评估.....	8
8 不确定性分析.....	9
9 风险评估报告编制.....	10
附录 A（资料性） 典型场地土壤污染生态风险评估技术指南报告编制大纲	11

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由生态环境部环境规划院提出。

本文件由中国环境科学学会归口。

本文件起草单位：生态环境部环境规划院、天津大学、南开大学。

本文件主要起草人：

典型场地土壤污染生态风险评估技术指南

1 范围

本文件规定了典型场地土壤污染生态风险评估的工作内容和程序、风险快速识别、第一阶段评估、第二阶段评估、不确定性分析、风险评估报告编制等内容。

本文件适用于拟开发利用为工商业用地、住宅用地、公园绿地的关闭搬迁地块和矿山土壤污染生态风险评估。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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。

GB/T 21809 化学品 蚯蚓急性毒性试验

GB/T 31270 化学农药环境安全评价试验准则

GB 36600 土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）

HJ 25.3 建设用地土壤污染风险评估技术导则

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

复合污染 combined contamination

人为因素导致多种污染物进入陆地表层土壤，且这些污染物都能引起土壤化学、物理、生物等方面特性的改变，影响土壤功能和有效利用，危害公众健康或者破坏生态环境。

3.2

生态风险 ecological risk

环境介质中的污染物危害动物、植物、微生物和其它生态系统过程与功能的概率或水平与程度。

3.3

生态风险评估 ecological risk assessment

应用定量的方法评估、预测各种环境污染物对生物系统可能产生的风险及评估该风险可接受程度的模式或方法。

3.4

生态受体 ecological receptor

场地及周边环境中可能受到污染物影响的生物类群。

3.5

暴露途径 exposure route

土壤中污染物迁移到达和暴露于生态受体的方式。

3.6

保护水平 protection level

指风险评估过程中设定的保护生态受体的比例。

3.7

不确定性分析 uncertainty analysis

对风险评估过程的不确定性因素进行综合分析评价，称为不确定性分析。风险评估结果的不确定性分析，主要是对风险评估过程中由输入参数误差和模型本身不确定性所引起的模型模拟结果的不确定性进行定性或定量分析，包括风险贡献率分析和参数敏感性分析等。

3.8

生态风险筛选值 ecological risk screening values

土壤中污染物浓度等于或者低于该值时，对生态受体的风险低，一般情况下可忽略；超过该值的，对生态受体可能存在风险，应当开展进一步的调查评估。

3.9

每日允许摄入量 acceptable daily intake

是指生物每日摄入某种污染物，对健康无任何已知不良效应的最大量。

3.10

毒性终点 toxic endpoint

毒性试验中，与对照组相比，污染物使受试生物发生变化的特征指标。不同阶段试验有不同的毒性终点，如急性毒性实验通常以死亡为毒性终点，亚慢性、慢性毒性实验以生理、生化、代谢等异常改变为毒性终点。

3.11

毒性效应浓度 toxic effect concentration

在生物毒性试验中，对一定比例受试生物产生毒性效应的污染物浓度。

4 工作内容和程序

4.1 工作内容

4.1.1 风险快速识别

基于场地前期土壤调查数据、生物调查数据以及对土壤、生物、周边生态环境等的观察、快速检测等，初步判断土壤中污染物是否可能对生态受体产生不可接受的风险。

4.1.2 第一阶段评估

明确地块土地利用类型，识别关注污染物，确定关注生态受体，分析暴露途径，查询毒性数据库，获取关注污染物的现有毒性数据并进行筛选，根据可用毒性数据的情况，选择合适的方法，推导不同受体、不同暴露途径下的生态风险筛选值，并确定最终筛选值。将污染物浓度与生态风险筛选值进行比对，判断风险是否可接受，风险可接受，得出风险评估结论，

风险不可接受，进入第二阶段评估。

4.1.3 第二阶段评估

根据地块条件，选择合适的方法开展第二阶段评估。

a) 商值法。应开展场地调查分析，根据调查获取的受体、暴露途径等信息，对毒性数据进行筛选或补充，修正风险筛选值，重新评估基于土壤污染物浓度的生态风险；或者计算可进入生物体的实际暴露浓度，通过和生物最大允许摄入浓度进行比较，评估基于生物暴露量的风险。

b) 证据权重法。应根据场地条件，选择合适的综合风险表征指标，通过污染调查、污染物生物有效性试验、生物毒性试验、生态学调查等，获取各指标取值，计算得到综合风险指数。

c) 概率法。应获取土壤污染物浓度数据和污染物毒性数据，模拟暴露浓度分布曲线和毒性数据分布曲线，计算风险。

4.1.4 不确定性分析

开展风险评估结果的不确定性分析，分析关键参数敏感性。

4.1.5 风险评估报告编制

基于生态风险评估过程和结果，编制风险评估报告。

4.2 工作程序

典型场地土壤污染生态风险评估工作按照图 1 程序开展。

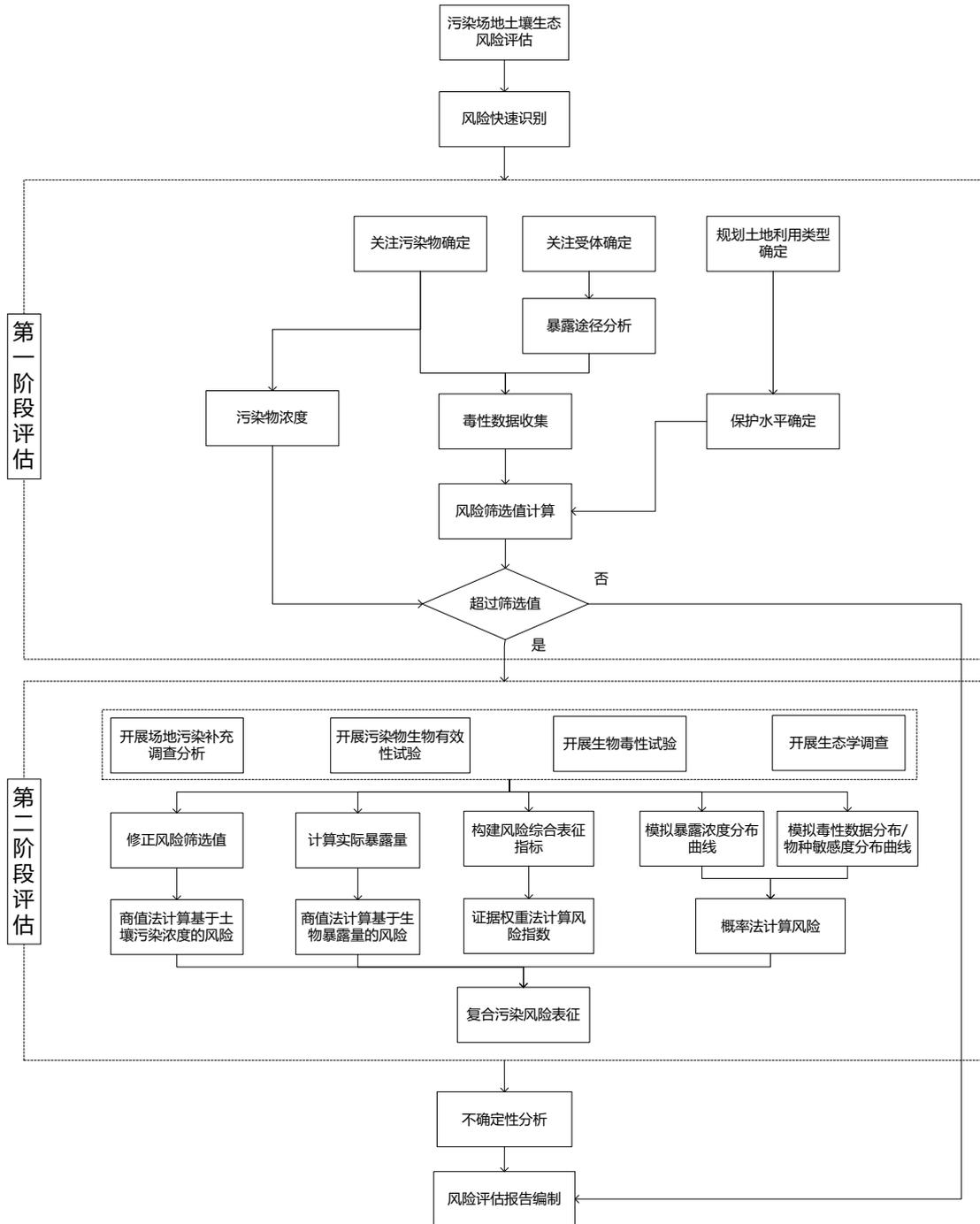


图 1 典型场地土壤污染生态风险评估程序

5 风险快速识别

5.1 风险初步分析

收集场地土壤污染现状信息、生物现状信息、土壤环境背景状况信息、生物背景状况信息等，开展现场踏勘，结合土壤污染快速检测、生物观察等手段，分析土壤中污染物是否已经或可能对生态受体产生危害，快速识别污染风险。

5.2 风险评估启动情形

存在以下情况之一时，可启动风险评估：

- a) 前期调查或快速检测结果表明土壤中污染物浓度与背景值或对照区污染物浓度存在明显差异；
- b) 生物出现因体内污染物浓度高导致的表观症状；
- c) 其它需要启动生态风险评估的情形。

6 第一阶段评估

6.1 关注污染物确定

分析土壤污染状况调查阶段获取的相关资料和数据，将浓度超过背景值或对照区浓度、且被纳入 GB 36600 中的污染物确定为关注污染物，掌握土壤中关注污染物的浓度和空间分布。

6.2 关注受体确定

根据场地规划的土地利用类型，确定需要重点关注的生态受体，工业商业用地关注土壤动物，住宅用地关注土壤动物和植物，公园绿地关注土壤动物、微生物、植物、鸟类，矿山关注土壤动物、微生物、植物、高等动物。

6.3 暴露途径分析

分析关注生态受体对关注污染物的暴露途径，包括直接暴露、摄入等。

6.4 毒性数据收集

6.4.1 关注毒性终点确定

土壤无脊椎动物优先选择与繁殖相关的毒性终点，其次考虑种群相关的毒性终点，最后考虑生长相关的毒性终点；植物首选的毒性终点是生物质生产，其次考虑生理学终点；对于基于土壤生态过程的毒性实验，优先选择土壤生态过程抑制率；此外，还可以选择生态系统结构、服务功能、栖息地面积、质量、特殊或受法律保护生态属性以及生态系统的多样性、脆弱性、完整性等终点。

6.4.2 收集毒性数据

查询毒性数据库，收集关注污染物、关注生态受体、关注毒性终点对应的毒性数据，包括 EC10、EC20、EC30、EC50、LC10、LC20、LC30、LC50、NOEC 等，必要时开展生物毒性实验，获取相关毒性数据。

6.5 保护水平确定

根据土地利用类型，确定生态受体的保护水平。工商业用地为 40%、住宅用地为 50%、公园绿地为 80%、矿山为 80%。

6.6 风险筛选值计算

6.6.1 风险筛选值计算方法选择

根据生态受体暴露于污染物的方式（直接暴露途径或摄入途径），选择相应的风险筛选值计算方法。直接暴露途径下的风险筛选值推导主要基于毒性数据外推，摄入途径下的风险筛选值主要基于暴露量计算模型。

6.6.2 直接暴露途径的风险筛选值计算

6.6.2.1 毒性数据筛选

按照以下原则对上述收集到的毒性数据进行筛选，确定适合用于筛选值计算的毒性数据。

- a) 毒性数据遵循 GB/T 21809、GB/T 31270 或 OECD、ISO 规定的生态毒性实验标准方法获得；
- b) 至少 3 个处理水平，1 个对照，浓度差 ≤ 5 倍，有重复；
- c) 记录了生物暴露于土壤污染物的毒性终点和毒性效应，可根据剂量-效应关系估算毒性效应浓度，毒性效应浓度通过适宜的统计分析方法得到；
- d) 记录了毒性试验开展的条件，如土壤 pH、有机质、黏粒含量、温度等，记录了暴露时间和实际暴露浓度；
- e) 污染物的毒性效应能够归因于关注污染物，不存在非关注污染物的显著干扰。

6.6.2.2 毒性数据排序

按照以下原则对毒性数据进行排序。

- a) 优先考虑慢性毒性数据，其次是急性毒性数据；
- b) 同一物种的同一毒性终点有多个毒性数据，取几何平均值。

6.6.2.3 毒性数据外推

按照表 1 选择适宜方法对毒性数据进行外推，获得风险筛选值。

表 1 生态风险筛选值推导方法

序号	推导方法	适用情形	方法说明
1	物种敏感度分布法(SSD, species-sensitivity distribution)	有足够毒性数据（通常为 10 个及 10 个以上，包括至少 8 个不同生物物种的毒性效应浓度）。	将满足一定概率分布（如对数正态分布或 log-logistic 分布等）的毒性效应浓度作累积概率分布曲线，并选择 p 百分位对应的效应浓度（HC _p ）作为生态风险筛选值，p 值取 5。
2	排序分布法	数据类型和质量不符合 SSD 法要求但符合排序分布法的要求（不足 10 个毒性数据，两个营养级别）。	将土壤微生物、无脊椎动物和植物等的毒性效应浓度按照从小到大的顺序进行排序，然后以人为确定的百分位（如 10%）所在的浓度作为生态风险筛选值。
3	评估因子法	毒性数据对应的生物物种和营养级单一，且毒性数据量较少（不足 10 个）。	采用毒性效应浓度除以评估因子（AF, Assessment Factor）的方法获得生态风险筛选值。

6.6.3 摄入途径的风险筛选值计算

假定生物仅在受污染的土壤上方居住和觅食，假定土壤和生物中污染物的吸收比例均为 1，假定饮食仅包含一种生物类型，按公式（1）计算生态风险筛选值。

$$\text{eco-SSL} = \frac{\text{TRV}_j}{\text{FIR}} \times (P_s + P_i \times \text{BAF}_{ij}) \dots\dots\dots (1)$$

式中：

eco-SSL——生态风险筛选值；

TRV_j——毒性参考值 (mg kg⁻¹ bw d⁻¹);

FIR——食物摄入量 (kg 食物 (干重) kg⁻¹ (鲜重) d⁻¹);

P_s——土壤摄入占总饮食的比例;

P_i——生物摄入占总饮食的比例;

BAF_{ij}——生物富集系数。

6.7 风险评估

将污染物浓度与生态风险筛选值进行比对, 比对结果<1, 风险可接受, 得出风险评估结论; 比对结果≥1, 风险不可接受, 进入第二阶段评估。

7 第二阶段评估

7.1 评估方法选择

根据待评估风险的类型 (特定生态受体的风险或多种生态受体的综合风险, 单个点位的生态风险或整个场地的生态风险) 选择第二阶段评估方法, 具体见表 2。

表 2 生态风险评估方法

序号	评估方法	适用情形
1	商值法	a) 评估污染对某种特定生态受体的风险或对多种生态受体的综合风险; b) 评估单个点位的生态风险。
2	证据权重法	a) 评估污染对某种特定生态受体的风险或对多种生态受体的综合风险; b) 评估单个点位的生态风险或整个场地的生态风险。
3	概率法	a) 评估污染对多种生态受体的综合生态风险; b) 评估整个场地的生态风险。

7.2 商值法风险评估

7.2.1 基于土壤污染物浓度的商值法

通过补充调查获取的生态受体、暴露途径等相关信息, 对毒性数据进行筛选或补充, 对第一阶段计算的生态风险筛选值进行更新, 利用土壤污染物浓度除以更新后的生态风险筛选值, 得到风险商。

7.2.2 基于生物暴露量的商值法

通过调查或试验获取可进入生物体的每日实际暴露量, 利用该实际暴露量除以生物的每日允许摄入量, 得到风险商。

7.2.3 风险判定

风险商大于 1, 表明风险不可接受; 风险商小于 1, 表明风险可接受。

7.3 证据权重法风险评估

根据场地实际情况以及相关指标调查、检测的可行性, 构建包含化学指标、毒理指标、生态指标在内的证据链, 其中化学指标主要包括污染物浓度、污染物形态、生物体内污染物浓度等, 毒理指标主要包括生物标记物等, 生态指标主要包括种群密度、生物多样性等。通过同一证据链内不同指标与对照水平的比值和不同指标的权重得到每条证据链的风险, 进行归一化, 结合不同证据链的权重, 计算综合生态风险值。

综合生态风险值越大，风险越高，根据评估工作需要风险进行分级。

7.4 概率法风险评估

获取污染物浓度概率分布以及毒性数据的概率分布，将两者进行叠加，基于安全阈值法、概率密度函数重叠面积法、概率曲线分布法等，计算风险。

安全阈值法是用物种敏感度分布曲线或毒性数据累计分布曲线上 10%处浓度与土壤污染物浓度累计分布曲线上 90%处浓度的比值（ MOS_{10} ）评价风险， $MOS_{10} \leq 1$ ，风险不可接受， $MOS_{10} > 1$ ，风险可接受。

概率密度函数重叠面积法是将表征土壤污染物浓度和毒性数据的概率密度曲线置于同一坐标系下，并计算其重叠部分面积，作为风险值。风险值越大，风险越高，根据评估工作需要风险进行分级。

概率曲线分布法是以土壤污染物浓度超过相应效应的概率作为纵轴，以毒性效应的累积概率作为横轴，曲线下部的面积为风险值。风险值越大，风险越高，根据评估工作需要风险进行分级。

7.5 复合污染风险表征

对于场地存在多种污染物，且采用商值法和概率法进行第二阶段风险评估的情况，对于多种污染物具有不同作用机理且影响彼此生物活性的情况，采用独立作用（IA, Independent Addition）模型，参照公式（2）表征复合污染风险；否则采用浓度加和（CA, Concentration Addition）模型，参照公式（3）表征复合污染风险。

$$msPAF = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - PAF_i) \dots \dots \dots (2)$$

式中：

msPAF——复合污染导致的潜在受影响比例；

PAFi——第 i 种污染物导致的潜在受影响比例；

n——污染物种类。

$$HI = \sum_{i=1}^n HQ_i \dots \dots \dots (3)$$

式中：

HI——复合污染风险；

HQi——第 i 种污染物的风险；

n——污染物种类。

8 不确定性分析

8.1 不确定性来源分析

分析风险评估结果不确定性的主要来源，包括参数取值变化、本场地关注生态受体毒性数据可获取性等多个方面。

8.2 参数敏感性分析

选定对风险评估结果影响较大的参数，包括生物富集系数、食物摄入量、土壤摄入占总饮食的比例、生物摄入占总饮食的比例等，并分析这些参数可能的变化范围，进行参数敏感

性分析，具体方法参照 HJ 25.3 中 8.3.3.2。

9 风险评估报告编制

风险评估报告应包含风险快速识别以及风险评估各个阶段工作开展情况、获得的数据、结果和评估结论，并给出不确定分析的方法和结论，同时，根据评估结果给出相应的风险管控建议，编制大纲见附录 A。

附录 A
(资料性)

典型场地土壤污染生态风险评估技术指南报告编制大纲

A.1 评估工作概况

A.1.1 任务由来

写明项目名称、项目所在位置、委托方、评估事项等。

A.1.2 评估目标

写明本次生态风险评估工作的目标。

A.1.3 评估内容

写明本次风险评估工作针对的对象和评估的主要内容。

A.1.4 评估范围

写明本次风险评估工作的空间范围，以及确定该范围的依据。

A.1.5 评估依据

写明开展本次评估工作所依据的法律法规、标准、技术规范以及项目相关文件等。

A.1.5 评估程序和方法

阐明开展本次评估工作的技术路线及评估工作所使用的技术方法。

A.2 场地问题识别

A.2.1 所在区域概况

描述待评估场地所在区域的基本情况，包括地理位置、自然环境条件等。

A.2.2 场地基本信息

描述待评估场地的基本情况，包括地理位置、生产和产排污历史等。

A.2.3 地块环境特征

描述待评估场地的基本情况，包括自然环境条件、前期已开展调查评估工作的情况及调查评估结果等。

A.3 风险快速识别

描述风险快速识别的过程和结果。

A. 4 第一阶段风险评估

A. 4.1 关注污染物确定

阐述场地关注污染物确定过程及结果。

A. 4.2 关注受体确定

阐述场地关注受体确定过程及结果。

A. 4.3 暴露途径分析

阐述场地关注受体暴露于关注污染物的途径。

A. 4.4 毒性数据收集

阐述毒性数据的收集过程和结果。

A. 4.5 保护水平确定

结合场地规划的土地利用方式，阐述保护水平的确定过程及结果。

A. 4.6 风险筛选值计算

结合场地关注受体暴露于关注污染物的途径，阐明风险筛选值计算方法，描述毒性数据筛选过程及结果、毒性数据排序过程及结果、毒性数据外推方法及结果。

A. 4.7 风险评估

描述第一阶段风险评估结果。

A. 5 第二阶段风险评估

A. 5.1 评估方法和过程

描述第二阶段风险评估方法选择过程、评估方法应用及相关参数。

A. 5.2 评估结果

描述第二阶段风险评估结果。

A. 6 不确定性分析

A. 6.1 不确定性来源

描述导致风险评估结果不确定性的主要来源。

A. 6.2 参数敏感性分析

描述参数敏感性分析过程及结果。

A.7 风险管控建议

结合风险评估结果，提出后续风险管控建议。
