

T/LCH

中国长城绿化促进会团体标准

T/LCH XXXX—XXXX

污染土壤修复后可持续再利用风险 评估指南

Risk assessment guidelines for sustainable reuse of contaminated soil after
remediation

2026-XX-XX 发布

2026-XX-XX 实施

中国长城绿化促进会 发布

目 次

前 言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 基本原则	2
4.1 科学性原则	2
4.2 安全性原则	2
4.3 针对性原则	2
4.4 系统性原则	2
4.5 可操作性原则	2
4.6 动态性原则	3
5 评估范围与时段	3
5.1 评估范围	3
5.2 评估时段	3
6 评估流程	3
7 评估指标体系	3
7.1 一级指标：修复后土壤质量（权重 35%）	4
7.2 一级指标：污染物迁移（权重 25%）	4
7.3 一级指标：暴露风险（权重 25%）	4
7.4 一级指标：可持续性（权重 15%）	4
8 评估方法	5
8.1 基础资料收集方法	5
8.2 现场勘查方法	5
8.3 现场监测方法	5
8.4 风险识别与分析方法	5
8.5 综合评估方法	5
9 风险分级与管控措施	6
9.1 风险分级	6
9.2 风险管控措施	6
9.3 管控措施实施与跟踪	6
10 评估报告编制	6
10.1 报告内容	6
10.2 报告要求	7
11 监督管理	7
11.1 评估机构管理	7
11.2 评估结果应用	7

11.3 异议处理	7
附录 A (规范性) 风险评估模型及计算方法	8
A.1 人体健康风险计算方法	8
A.2 污染物迁移速率计算方法	8
A.3 综合评估得分计算方法	8

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。

本文件由河南乐研能源科技有限公司提出。

本文件由中国长城绿化促进会归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

污染土壤修复后可持续再利用风险评估指南

1 范围

本文件规定了污染土壤修复后可持续再利用风险评估的术语和定义、评估原则、评估范围与时段、评估流程、评估指标体系、评估方法、风险分级、风险管控措施及评估报告编制等内容。

本文件适用于工业污染场地、农业污染地块、矿山修复地块、城市更新污染地块等各类污染土壤修复后，拟用于农业、林业、绿地、建设用地（居住、商业、工业等）等可持续再利用场景的风险评估工作，可作为团体成员开展污染土壤修复后再利用风险评估、决策管控、合规验收及后续运维的依据，也可作为相关主管部门监督管理的参考。

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 15618 土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准

GB 18598 危险废物填埋污染控制标准

GB 36600 土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准

HJ 25.1-2019 建设用地土壤污染状况调查技术导则

HJ25.4-2014 污染场地土壤修复技术导则

HJ 682-2019 建设用地土壤污染风险管控和修复术语

HJ 25.5-2018 污染地块风险管控与土壤修复效果评估技术导则

HJ1116-2020 排污许可证申请与核发技术规范 涂料、油墨、颜料及类似产品制造业

《土壤污染防治法》（中华人民共和国主席令 第八号）

《污染地块土壤环境管理办法》（生态环境部令 第42号）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

污染土壤修复 remediation of contaminated soil

采用物理、化学、生物及联合修复技术，降低土壤中污染物含量、降低污染物活性，或将污染物转化为无害物质，使土壤环境质量达到再利用要求的过程。

3.2

可持续再利用 sustainable reuse

污染土壤经修复后，在规定的利用年限内，能够长期稳定满足拟定利用场景的使用要求，且不会对

人体健康、生态环境造成潜在风险，实现资源循环利用与环境安全协同的利用方式。

3.3

风险评估 risk assessment

通过科学的监测、分析和评价方法，识别污染土壤修复后再利用过程中可能存在的污染物暴露风险，分析风险发生的可能性及影响程度，确定风险等级并提出风险管控措施的过程。

3.4

暴露途径 route of exposure

土壤中残留污染物迁移至人体或生态受体的路径，主要包括土壤-人体（皮肤接触、吸入、误食）、土壤-植物-人体（食物链）、土壤-地下水-人体/生态系统等。

3.5

风险管控措施 risk control measures

为降低或消除污染土壤修复后再利用过程中的风险，采取的工程、管理、监测等针对性措施，包括源头控制、过程阻断、末端治理等。

3.6

风险等级 risk grade, level of risk

根据污染土壤修复后残留污染物的浓度、暴露风险程度及影响范围，划分的风险高低等级，用于指导风险管控决策。

3.7

修复后土壤质量 soil quality after remediation

污染土壤经修复后，其物理、化学、生物性质及污染物含量等指标达到相关标准及再利用要求的程度。

4 基本原则

4.1 科学性原则

评估指标、监测方法、风险分析模型应符合国家相关法律法规、标准规范及土壤环境科学原理，数据来源真实可靠，分析方法科学合理，确保评估结果客观、准确。

4.2 安全性原则

以人体健康和生态环境安全为核心，重点识别和评估修复后土壤再利用过程中可能存在的污染物暴露风险，确保再利用过程不会对人体健康、生态系统造成危害。

4.3 针对性原则

结合污染土壤的修复类型、残留污染物特征、拟定再利用场景（农业、建设用地等）及区域环境条件，针对性设置评估指标和评估重点，确保评估结果贴合实际再利用需求。

4.4 系统性原则

全面考虑污染土壤修复后再利用的全生命周期，涵盖土壤质量、污染物迁移、暴露途径、风险影响等多个维度，兼顾短期风险与长期可持续性，避免片面性评价。

4.5 可操作性原则

评估指标简洁明了、易于监测，评估方法简便可行，数据获取成本合理，风险管控措施具有可实施性，便于团体成员、评估机构、相关单位实际应用和操作。

4.6 动态性原则

结合土壤环境的动态变化特征，开展阶段性风险评估，跟踪修复后土壤质量及风险变化趋势，及时调整风险管控措施，确保再利用过程的长期安全。

5 评估范围与时段

5.1 评估范围

评估范围应覆盖污染土壤修复区域及拟定再利用的全部区域，主要包括：

- 修复区域：污染土壤修复工程的全部实施区域，包括土壤修复地块、配套处理设施所在地及周边受影响区域；
- 再利用区域：拟定用于农业、林业、绿地、建设用地等再利用场景的全部区域，明确区域边界及利用范围；
- 潜在影响区域：修复后土壤中残留污染物可能迁移扩散至的周边土壤、地下水、地表水及生态敏感区域（如居民区、农田、水源地等）。

5.2 评估时段

评估分为前期评估、中期评估和后期评估，结合再利用周期及土壤环境变化特征开展：

- a) 前期评估：污染土壤修复工程验收合格后、再利用启动前开展，重点评估修复后土壤质量是否满足再利用准入要求，识别潜在风险；
- b) 中期评估：再利用过程中每 1-2 年开展一次，重点跟踪土壤质量变化、污染物迁移情况及风险变化趋势，评估风险管控措施的有效性；
- c) 后期评估：再利用满 5 年及长期再利用（超过 10 年）时开展，全面评估再利用过程的长期风险，总结风险管控成效，提出后续优化建议。
- d) 附：对于高风险地块（如重金属严重污染、拟用于居住用地的地块），可缩短中期评估周期至每年一次。

6 评估流程

污染土壤修复后可持续再利用风险评估应遵循以下流程，确保评估工作有序、规范开展：

- a) 评估准备：明确评估目标、范围、时段及再利用场景，收集修复工程资料、土壤监测数据、区域环境背景资料等，组建专业评估团队，制定详细评估方案；
- b) 资料分析与现场勘查：分析收集的相关资料，开展现场勘查，核实修复后土壤的分布、质地、植被生长等情况，识别潜在的污染物暴露途径；
- c) 现场监测与数据采集：按照相关监测标准要求，设置监测点位、确定监测频率，采集土壤、地下水、地表水等相关样品，测定污染物含量及相关指标；
- d) 风险识别与分析：识别修复后土壤再利用过程中可能存在的污染物种类、暴露途径，分析污染物迁移转化规律及风险发生的可能性；
- e) 风险评估与分级：采用科学的评估方法，计算风险值，对照风险分级标准，确定风险等级；
- f) 风险管控措施制定：根据风险等级及风险分析结果，制定针对性的风险管控措施，明确措施的实施要求、责任主体及实施周期；
- g) 报告编制：整理评估数据、分析结果及风险管控措施，编制评估报告，完成审核、定稿，提交相关方。

7 评估指标体系

评估指标体系分为 4 个一级指标、12 个二级指标、32 个三级指标，涵盖修复后土壤质量、污染物迁移、暴露风险、可持续性四个维度，根据不同再利用场景可适当调整指标及权重。

7.1 一级指标：修复后土壤质量（权重 35%）

7.1.1.1 二级指标：污染物残留（权重 18%）

应包括以下内容和评价依据：

——三级指标：重金属（汞、镉、铅、铬、砷等）残留浓度、有机物（多环芳烃、挥发性有机物等）残留浓度、污染物超标率。

——评价依据：GB 15618、GB 36600 等相关土壤环境质量标准，结合再利用场景的具体要求。

7.1.1.2 二级指标：土壤理化性质（权重 10%）

应包括以下内容和评价依据：

——三级指标：pH 值、有机质含量、土壤质地、孔隙度、阳离子交换量；

——评价方法：测定土壤理化指标，对比修复前及区域土壤背景值，分析土壤质量改善程度及再利用适宜性。

7.1.1.3 二级指标：土壤生物性质（权重 7%）

应包括以下内容和评价依据：

——三级指标：土壤微生物多样性、酶活性、植物生长适宜性；

——评价依据：结合再利用场景（如农业用地需重点评价植物生长适宜性），参照相关土壤生物评价规范。

7.2 一级指标：污染物迁移（权重 25%）

7.2.1 二级指标：土壤-地下水迁移（权重 10%）

应包括以下内容和评价依据：

——三级指标：地下水污染物浓度、污染物迁移速率、地下水水质达标率；

——评价依据：GB/T 14848 地下水质量标准，分析污染物向地下水迁移的风险。

7.2.2 二级指标：土壤-地表水迁移（权重 8%）

应包括以下内容和评价依据：

——三级指标：地表水污染物浓度、地表径流污染物迁移量、周边地表水水质变化；

——评价方法：对比再利用前后地表水监测数据，分析污染物向地表水迁移的影响。

7.2.3 二级指标：土壤-大气迁移（权重 7%）

应包括以下内容和评价依据：

——三级指标：大气中挥发性污染物浓度、土壤扬尘污染物含量、污染物挥发速率；

——评价依据：GB 3095 环境空气质量标准，评估污染物向大气迁移的风险。

7.3 一级指标：暴露风险（权重 25%）

7.3.1 二级指标：人体健康风险（权重 15%）

应包括以下内容和评价依据：

——三级指标：皮肤接触暴露风险值、吸入暴露风险值、误食暴露风险值、食物链暴露风险值；

——评价方法：采用 HJ 25.2 规定的风险评估模型，计算人体健康风险值，对照风险筛选值。

7.3.2 二级指标：生态环境风险（权重 10%）

应包括以下内容和评价依据：

——三级指标：植物生长影响风险、土壤生物毒性风险、周边生态敏感点影响风险；

——评价方法：通过植物盆栽试验、土壤生物毒性测试等方式，评估对生态系统的潜在风险。

7.4 一级指标：可持续性（权重 15%）

7.4.1 二级指标：再利用适宜性（权重 6%）

应包括以下内容和评价依据：

——三级指标：土壤质量与再利用场景匹配度、再利用稳定性、资源循环利用效率；

——评价方法：结合再利用场景的要求，综合评估修复后土壤的再利用适宜性及可持续性。

7.4.2 二级指标：风险管控可行性（权重 5%）

应包括以下内容和评价依据：

——三级指标：风险管控措施可实施性、管控成本合理性、管控效果稳定性；

——评价依据：结合区域实际条件，评估风险管控措施的可行性及长期有效性。

7.4.3 二级指标：环境效益（权重 4%）

应包括以下内容和评价依据：

——三级指标：土壤肥力恢复程度、生态系统修复效果、污染物减排量；

——评价方法：对比修复前后及区域背景值，综合评估再利用的环境效益。

8 评估方法

8.1 基础资料收集方法

收集污染土壤修复工程设计文件、施工记录、修复效果验收报告、土壤监测数据、区域土壤环境背景资料、再利用场景规划文件、地下水及地表水监测资料等，采用文献查阅、资料核实、座谈访谈等方式，确保资料的完整性、真实性和有效性。

8.2 现场勘查方法

采用现场踏勘、无人机航拍、采样调查等方式，勘查修复后土壤的分布范围、质地、植被生长情况、周边地形地貌及生态敏感点分布，识别潜在的污染物暴露途径及风险点，核实修复工程的实施效果。

8.3 现场监测方法

按照 HJ 25.1、HJ 682、HJ 700 等相关监测标准的要求，设置监测点位、确定监测频率，开展土壤、地下水、地表水、大气等相关指标的监测，确保监测数据真实、准确。

——土壤监测：重点监测重金属、有机物等残留污染物含量，以及土壤理化、生物性质指标，采样深度根据土壤类型及再利用场景确定；

——地下水监测：在修复区域及周边设置地下水监测井，监测地下水水位、水质及污染物浓度；

——地表水监测：监测修复区域周边地表水的水质指标，重点关注与土壤污染物相关的指标；

——大气监测：针对挥发性污染物，在修复区域及周边设置大气监测点，监测污染物浓度。

8.4 风险识别与分析方法

8.4.1 风险识别

采用资料分析、现场勘查、专家咨询等方式，识别修复后土壤中残留的污染物种类、浓度，以及污染物可能的暴露途径（皮肤接触、吸入、误食、食物链等），明确风险受体（人体、植物、微生物、生态系统等）。

8.4.2 风险分析

采用定性定量相结合的方法，分析污染物的迁移转化规律，评估风险发生的可能性及影响程度：

——定性分析：针对低风险地块，通过专家判断、资料对比等方式，分析风险的类型及潜在影响；

——定量分析：针对中高风险地块，采用 HJ 25.2 规定的风险评估模型，计算人体健康风险值、生态环境风险值，量化风险程度。

8.5 综合评估方法

采用层次分析法结合模糊综合评价法，对污染土壤修复后可持续再利用风险进行综合评估，步骤如

下：

- a) 确定各层级指标权重（参照本标准 7.1-7.4 的权重分配，可根据再利用场景调整）；
- b) 对各三级指标进行标准化处理，将监测、勘查数据转化为评价分值（0-100 分）；
- c) 采用加权求和法，计算二级指标、一级指标及综合评估得分；
- d) 根据综合评估得分，对照风险分级标准，确定风险等级。

9 风险分级与管控措施

9.1 风险分级

根据综合评估得分，将污染土壤修复后可持续再利用风险分为低风险、中风险、高风险三个等级，具体划分标准如下：

- 低风险：综合得分 ≥ 80 分，修复后土壤质量符合再利用标准，污染物残留量低，无明显暴露风险，污染物迁移能力弱，再利用可持续性强，无需特殊风险管控措施，可直接开展再利用；
- 中风险：60分 \leq 综合得分 < 80 分，修复后土壤质量基本符合再利用标准，存在轻微污染物残留，有潜在暴露风险，污染物迁移能力较弱，再利用可持续性较好，需采取常规风险管控措施，定期开展监测；
- 高风险：综合得分 < 60 分，修复后土壤质量未达到再利用标准，污染物残留量较高，存在明显暴露风险，污染物迁移能力强，再利用可持续性差，需暂停再利用，采取强化风险管控措施，整改后重新开展风险评估。

9.2 风险管控措施

9.2.1 低风险地块管控措施

- 常规监测：每 2-3 年开展一次土壤质量监测，跟踪土壤环境变化；
- 利用管控：严格按照拟定场景开展再利用，禁止擅自改变利用用途；
- 日常维护：加强再利用区域的日常管理，防止土壤二次污染。

9.2.2 中风险地块管控措施

- 强化监测：每年开展一次土壤、地下水、地表水等相关指标监测，及时掌握风险变化趋势；
- 源头控制：对土壤表面进行覆盖、固化处理，减少污染物暴露；
- 过程阻断：设置防渗层、隔离带，阻断污染物向地下水、地表水迁移；
- 用途限制：根据风险情况，限制再利用场景（如禁止用于食用农产品种植）。

9.2.3 高风险地块管控措施

- a) 暂停再利用：立即暂停拟定的再利用计划，划定风险管控区域，设置警示标识；
- b) 强化修复：针对污染物残留问题，开展二次修复，降低污染物含量；
- c) 应急管控：采取应急措施，防止污染物扩散，避免对人体健康和生态环境造成危害；
- d) 重新评估：二次修复完成后，重新开展风险评估，达到低风险或中风险等级后，方可恢复再利用。

9.3 管控措施实施与跟踪

明确风险管控措施的实施责任主体、实施期限及具体要求，定期跟踪管控措施的实施效果，根据土壤环境变化及风险评估结果，及时调整管控措施，确保风险管控有效。

10 评估报告编制

10.1 报告内容

评估报告应完整、规范，主要包括以下内容：

- a) 前言：说明评估背景、评估目的、评估范围、评估时段、评估依据、评估团队及评估方法；
- b) 项目概况：简述污染土壤修复工程的基本情况、修复技术及修复效果，明确拟定再利用场景及要求；
- c) 评估过程：详细说明评估准备、现场勘查、现场监测、风险识别与分析、综合评估的过程及相关情况；
- d) 评估结果：呈现各项评估指标的监测、勘查结果，计算综合评估得分，确定风险等级，总结风险特征；
- e) 风险管控措施：根据风险等级，制定针对性的风险管控措施，明确实施要求、责任主体及实施周期；
- f) 结论与建议：明确污染土壤修复后可持续再利用的风险结论，提出后续监测、管控及再利用优化建议；
- g) 附录：包括监测数据记录表、勘查记录、风险计算过程、相关佐证资料、专家咨询意见等。

10.2 报告要求

- 10.2.1 数据真实可靠，分析科学合理，结论明确清晰，风险管控措施具有可操作性和针对性；
- 10.2.2 格式规范，层次分明，语言简洁准确，符合标准化文件及评估报告的编写要求；
- 10.2.3 报告应加盖评估单位公章，由评估负责人签字确认，评估人员签字备案；
- 10.2.4 评估报告应及时提交相关主管部门、修复单位及再利用单位，及时归档，作为再利用决策、风险管控及监督管理的依据。

11 监督管理

11.1 评估机构管理

开展污染土壤修复后可持续再利用风险评估的机构，应具备相应的技术能力和资质，建立完善的评估管理制度，确保评估工作的公正性、科学性和规范性；评估人员应具备土壤环境、风险评估等相关专业知识和实践经验，严格遵守评估准则及职业道德。

11.2 评估结果应用

再利用单位应将评估结果作为再利用决策、风险管控的重要依据，严格按照风险等级及管控措施开展再利用工作；相关主管部门可将评估结果作为对污染土壤修复后再利用工作监督管理、执法检查的参考依据，对未按要求开展风险评估及管控的单位进行督促整改。

11.3 异议处理

再利用单位、修复单位对评估结果有异议的，可在收到评估报告之日起 15 个工作日内，向评估机构提出复核申请，评估机构应在 10 个工作日内完成复核，出具复核意见；对复核结果仍有异议的，可向归口单位申请仲裁。

附录 A (规范性) 风险评估模型及计算方法

A.1 人体健康风险计算方法

人体健康风险采用暴露量-风险评估模型计算，分为致癌风险和非致癌风险，计算公式如下：

A.1.1 暴露量计算

$$ADD=(C \times IR \times EF \times ED) / (BW \times AT)$$

式中：

- ADD 日均暴露剂量，单位：mg/（kg·d）；
- C 土壤中污染物浓度，单位：mg/kg；
- IR 暴露摄入速率，单位：mg/d（皮肤接触）、m³/d（吸入）、kg/d（误食）；
- EF 暴露频率，单位：d/a；
- ED 暴露持续时间，单位：a；
- BW 人体体重，单位：kg；
- AT 平均暴露时间，单位：d（致癌风险 AT=70×365，非致癌风险 AT=ED×365）。

A.1.2 风险值计算

——致癌风险：R=ADD×SF

——非致癌风险：HQ=ADD/RfD

式中：

- R 致癌风险，无单位；
- SF 致癌斜率因子，单位：kg·d/mg；
- HQ 非致癌风险商，无单位；
- RfD 参考剂量，单位：mg/（kg·d）

A.2 污染物迁移速率计算方法

A.2.1 污染物在土壤中的迁移速率

采用以下公式计算：v=D/θ

式中：

- v 污染物迁移速率，单位：cm/d；
- D 污染物扩散系数，单位：cm²/d；
- θ 土壤孔隙度，无单位。

A.3 综合评估得分计算方法

A.3.1 综合评估得分采用加权求和法计算

公式如下： $S = \sum_{i=1}^n W_i \times S_i$

式中：

- S 综合评估得分；
- W_i 第 i 项指标的权重；
- S_i 第 i 项指标的评价分值；
- n 评估指标总数。