

附件3:

《污染地块绿色可持续修复通则》

(征求意见稿)

编制说明

1 编制工作简况

1.1 任务来源

污染土壤修复发起于二十世纪七十年代末期，在过去的 40 年间，西方国家在改进污染土壤修复技术和法规方面取得了很多的进展，积累了较多的修复相关丰富的理论知识和实践经验，值得我们学习借鉴。最近十年，国际修复界最重大的进展之一是绿色与可持续修复（Green and Sustainable Remediation, GSR）运动的兴起。绿色可持续修复综合考量全生命周期修复行为对社会、经济、环境影响，提升修复的综合效益。

绿色可持续修复在发达国家得到了飞速的发展。英国、荷兰、加拿大、巴西、意大利、澳大利亚、新西兰等国相继成立了专业的绿色可持续修复组织，如可持续修复论坛(Sustainable Remediation Forum, SuRF)。英美等国的可持续修复论坛已发布了一系列关于绿色与可持续修复的指导性文件；两大国际标准组织，ASTM 和 ISO 也发布了绿色可持续修复相关的国际标准。绿色可持续修复正逐渐成为污染土壤修复领域的一个主流观念和必要元素。

为了应对日益严峻的土壤污染形势，国务院于 2016 年 5 月 28 日印发了《土壤污染防治行动计划》，即“土十条”。绿色可持续修复能够通过系统的管理与技术手段，有效地减少过度修复和二次影响，推进“土十条”关于完善土壤环境管理体制、强化治理与修复工程监管的工作目标的实现。目前我国还没有相关标准指导绿色可持续修复运动的开展。

鉴于此，编制单位向中国环境保护产业协会提出本标准制定申请，经中国环境保护产业协会批准立项，并在中国环境保护产业协会组织和领导下制定本标准。

1.2 主要工作过程

2016 年 2 月，中国环境保护产业协会发布《关于开展污染场地修复行业技术和产品标准制订相关工作的通知》。

2016 年 3 月，清华大学向中国环境保护产业协会递交了标准制订立项申请书。

2016 年 4 月，经过专家讨论，确定了《污染场地绿色可持续修复通则》标准起草委员会单位，其中包括清华大学、环境保护部环境规划院、中国环境科学研究院、北京建工环境修复股份有限公司、北京高能时代环境技术股份有限公司。

2016 年 7 月，标准起草委员会与中国环境保护产业协会签署了《中国环境保护产业协会标准制修订项目任务合同书》，确定了标准的编制成员、工作内容、进度计划与任务分工。

2016 年 9 月，标准起草委员会组织召开了标准的开题讨论会，对标准的整体框架与编制思路进行了探讨与论证，为标准的编制工作指明了方向。

2017 年 4 月，中国环境保护产业协会组织召开了《污染场地绿色可持续修复通则》团体标准开题会，邀请了污染地块相关专家领导对标准开题报告和初稿进行了论证。与会专家针对该标准初稿提出了很多建设性的建议，使该标准得到进一步完善。

2017 年 9 月，清华大学组织召开了编制组专题研讨会，对《污染场地绿色可持续修复通

则》团体标准征求意见稿草案进行了论证，在征求意见稿的内容方面达成了共识。

1.3 编制单位及主要起草人

本标准起草单位：

- 清华大学
- 环境保护部环境规划院
- 中国环境科学研究院
- 北京建工环境修复股份有限公司
- 北京高能时代环境技术股份有限公司

本标准主要起草人：

侯德义、李广贺、宋易南、司传海、谷庆宝、张红振、李书鹏、魏丽、李淼、张芳、刘鹏、伍斌、董璟琦、李淑彩、李静文。

2 编制背景

土地污染导致城市土地再开发安全问题突出、农用地污染物累积严重、矿区土地及河流的生态退化，已经严重威胁我国的可持续发展。2014 年环保部和国土资源部联合发布的《全国土壤污染状况调查公报》用数字更加精准地描述了形势的严峻。从宏观形势看，我国经过近 40 年的高速经济发展和城镇化进程，土地污染问题早已从隐性变为显性，土壤污染的危害已经从农产品质量安全、城市用地环境健康隐患，以及由于土地利用不当导致的突发环境事件、社会群体事件等频繁爆发出来。因此，**我国土壤和地下水污染面临严峻形势，污染地块治理修复需求迫切。**

随着 2016 年 5 月底国务院发布《土壤污染防治行动计划》（以下简称“土十条”），各省市“土十条”陆续落地实施，湖北、广东、吉林等省先后发布了土壤污染防治相关条例或实施方案，北京、上海、重庆、浙江等省（市）先后颁布了加强土壤环境管理的制度文件或技术规范。2016 年底环保部印发《全国土壤污染状况详查总体方案》，发布了《农用地土壤环境管理办法（试行）（征求意见稿）》等一系列管理规定。2017 年上半年，湖北黄石、广西河池、广东韶关等土壤污染防治先行区按照“土十条”的相关要求启动了土壤污染综合防治先行区建设，各地陆续按照土壤详查的要求启动农用地详查工作。2017 年 7 月 1 日《污染地块土壤环境管理办法（试行）》正式实行，此后环保部又发布了一系列污染地块详查工作技术规定。2017 年 8 月环保部发布《环境影响评价技术导则 土壤环境（征求意见稿）》，要求对建设项目环境影响评价增加土壤环境评价部分内容。由此可见，随着相关管理制度和技术规定的频繁出台，**我国污染地块管理任务繁重，治理修复要求日益严格。**

发达国家开展污染地块治理修复已有 30 余年，从末端治理、集中治理修复已经进入到提倡绿色可持续修复时代。美国可持续修复论坛（SuRF-US）在 2009 年的《可持续修复白皮书》中将可持续修复为“通过合理使用有限资源，使人类健康和环境获得最大净效益的修复

方法或方法组合”。英国可持续修复论坛（SuRF-UK）于 2010 年在《土壤和地下水修复可持续评价框架》中提出“可持续修复是从环境、社会、经济的角度综合反映修复的效益大于其影响、并通过使用均衡的决策制定过程选取最优修复方案的行为。”美国 EPA 倡导绿色修复，于 2010 年提出“绿色修复战略”，认为“绿色修复是指在修复实施中考虑所有的环境影响，在修复行动中采用那些可以最小化环境足迹的措施。”，并基于此编制了“绿色修复最佳管理实践”实用手册，为开展绿色修复技术评估提供参考和依据。国际两大标准组织 ASTM 和 ISO 也分别提出了绿色可持续修复相关的国际标准。由此可见，发达国家在积累了大量污染地块修复经验的基础上，**提倡综合考虑“环境、社会、经济”影响的可持续修复行为，最小化修复过程中产生的二次影响。**

在上述国内外污染地块治理修复背景下，我们认为加强污染地块绿色可持续修复管理，提出相关管理技术指南，是提升我国污染地块管理先进性水平的必要途径，是污染地块修复二次污染防治的必要手段，是实现我国污染土壤和地下水修复可持续性的重要措施，对于现阶段我国污染地块治理修复所面临的监管与评价工作具有指导意义。基于此，本通则提出了我国污染地块绿色可持续修复的相关定义、原则、实施内容和技术要求等。

3 标准主要内容

本标准共包含六个部分，第一部分为适用范围；第二部分为规范性引用文件；第三部分为术语和定义；第四部分为绿色可持续修复总则；第五部分为可持续性评价，规定了污染地块修复的可持续性评价方法，包括环境、社会、经济三个方面的影响评价；第六部分为绿色可持续修复实施内容与要求，规定了地块调查、修复技术方案比选设计、修复工程施工和运行、修复后监测管理等阶段的最佳管理措施和实施要求。

3.1 标准适用范围

本标准规定了污染地块绿色可持续修复的原则、实施内容、绿色可持续性评价方法和技术要求。

本标准适用于土地使用权人在经风险评估确认需要治理与修复的污染地块，开展的污染土壤和地下水修复及其相关活动。针对污染地块或者污染区域的城市规划、用地规划等项目也可参考使用。

本标准不适用于放射性污染和致病性生物污染地块土壤和地下水的修复。

3.2 术语和定义的解释

3.2.1 地块 site

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。

3.2.2 污染地块 contaminated site

对潜在污染地块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

风险水平的地块，又称污染场地。

3.2.3 土壤修复 soil remediation

采用物理、化学或生物的方法，转化、降解、吸收、转移、固定或阻隔地块土壤中的污染物，将有毒有害的污染物转化为无害物质，或使其含量降低到可接受水平，或降低污染物的溶出性和迁移能力，或阻断其暴露途径，满足相应土壤环境功能或使用功能的过程。

3.2.4 地下水修复 groundwater remediation

采用物理、化学或生物的方法，转化、降解、吸收、转移或阻隔地块地下水中的污染物，将有毒有害的污染物转化为无害物质，或使其浓度降低到可接受水平，或阻断其暴露途径，满足相应地下水环境功能或使用功能的过程。

3.2.5 绿色可持续修复 green and sustainable remediation (GSR)

在满足地块环境功能、使用功能和风险控制的基础上，为了减少修复本身所带来的负面影响，综合考虑修复生命周期内的环境、社会、经济因素，采取使修复净效益最大化的方案和措施。

3.2.6 过度修复 over engineering

由于缺乏对污染物在土壤中的迁移和转换的科学认识，未能建立准确的污染地块概念模型，或是采纳过于严格的修复标准，导致修复工程本身造价过高以及不必要的资源能源消耗和环境二次影响，甚至失败的修复。

3.2.7 二次环境影响 secondary impact

二次影响指的是污染修复本身所带来的负面环境影响，包括材料和能源的消耗、废物的产生、制造修复材料和装备过程中的污染物排放以及污染修复过程中的二次污染。

3.2.8 绿色可持续修复最佳管理措施 green and sustainable remediation best management practice

在修复过程中，所采取的有利于提升修复环境、经济、社会其中任何一方面的效益，促进修复可持续性的行为。

3.2.9 场地概念模型 site conception model

综合描述地块污染源释放的污染物通过土壤、水、空气等环境介质，进入人体并对地块周边及地块未来居住、工作人群的健康产生影响的关系模型。地块概念模型包括污染源、污染物的迁移途径、人体接触污染的介质和接触方式等。

3.2.10 生命周期 life cycle

产品系统中前后衔接的一系列阶段，从自然界或自然资源中获取原材料，直至最终处置。

3.2.11 生命周期评价 life cycle assessment (LCA)

对一个产品系统的生命周期中输入、输出及其潜在环境影响的汇编和评价。

3.2.12 功能单位 functional unit

用来作为基准单位的量化的产品系统性能。

3.2.13 系统边界 system boundary

通过一组准则确定哪些功能单位属于产品系统的一部分。

3.2.14 生命周期清单分析 life cycle inventory analysis (LCI)

生命周期评价中对所研究产品整个生命周期中输入和输出进行汇编和量化的阶段。

3.2.15 影响类型参数 impact category indicator

对影响类型的量化表达。

3.2.16 特征化因子 characterization factor

由特征化模型导出，用来将生命周期清单分析结果转换成类型参数共同单位的因子。

3.2.17 生命周期影响分析 life cycle impact analysis (LCIA)

生命周期评价中理解和评价产品系统在产品整个生命周期中的潜在环境影响大小和重要性的阶段。

3.2.18 敏感性分析 sensitivity analysis

用来估计所选用方法和数据对研究结果影响的系统化程序。

3.2.19 不确定性分析 uncertainty analysis

用来量化由于模型的不准确性、输入的不确定性和数据变动的积累而给生命周期清单分析结果带来的不确定性的系统化程序。

3.2.20 生命周期解释 life cycle interpretation

生命周期评价中根据规定的目的和范围的要求对清单分析和（或）影响评价的结果进行评估以形成结论和建议的阶段。

3.3 主要技术问题说明

3.3.1 绿色可持续修复的定义

各国政府和不同的行业协会对绿色可持续修复的表述形式略有差异。譬如欧洲国家更多地提倡“可持续修复”，而美国更多地提倡“绿色修复”。绿色修复的提出主要是美国环保署的组织功能因受到其法律授权的约束，而不能对修复过程中的社会和经济影响做出更多的干涉。美国政府技术与政策联合委员会（ITRC）在 2011 年提出了绿色可持续修复的概念，可以更好的结合绿色修复以及可持续修复这两种理念。根据 ITRC 的定义，绿色可持续修复是一种超越了传统的决策方式，它是“技术、产品、流程”等在特定污染地块的应用。这种应用在控制土壤和地下水中潜在受体污染风险的同时，综合考虑了社区情况、经济影响以及环

境效应，实现“净效益最大化”。

基于以上，可将绿色可持续修复定义为：在满足地块环境功能、使用功能和风险控制的同时，为了减少修复本身所带来的负面影响，综合考虑修复全生命周期内的环境、社会、经济因素，采取使修复净效益最大化的方案和措施。

3.3.2 实施绿色可持续修复的必要性

绿色可持续修复是基于社会、环境和经济三个方面效益最大化的选择结果。从污染地块修复的行业发展来考虑，实施绿色可持续修复是当务之急，主要有以下几个因素。

(1) 污染地块修复本身是消除污染，修复过程本身带来的二次污染一定要远远小于原有污染继续存在所引起的环境和人身风险。绿色可持续修复对修复过程进行全生命周期的评价，确保修复过程绿色、环保、高效，防止修复过程中的二次污染转移和扩散。

(2) 目前国内污染地块修复存在一定的盲目性，尤其体现在前期的地块调查阶段。污染地块修复行业普遍存在“轻地块、重修复”，“轻地下水、重土壤”的现象。甚至某些企业为了得到后期修复工程标的，在地块调查阶段投入过少资金，布点稀疏、没有对地块实际的污染状况以及地块的水文地质条件进行客观的调查和分析，导致后期修复工程实施过程中出现了很大的误差，同时对工程按时保质保量的竣工验收造成了很大的影响和威胁。参照西方发达国家的经验，同时结合我国实际国情，绿色可持续修复按照科学的管理流程，建议地块调查的费用最好占到调查修复总费用的 10% 以上，通过地块调查对污染地块进行“客观把脉”，为后期的修复工程的“手术”提供充足客观的依据和支撑。

(3) 目前国内的污染地块修复行业普遍缺乏全局观，处于行业各个阶段的供应商只负责自己的局部区域，没有充分考虑整个修复流程的优化。绿色可持续修复基于生命周期的评价方法对各个产污环节，以及人、机、料等各个环节进行全过程的管理和评价，以实现真正的绿色和可持续修复。

(4) 目前国内污染地块修复行业针对不同技术或不同阶段缺乏最佳的管理措施，这主要与国内的专项法律、标准、管理流程的缺失和不完善有关。而绿色可持续修复正好弥补了这个空白，提供了从规划、场调、技术方案制定、施工以及修复后监测与再开发各个阶段的最佳管理措施，同时还对几种典型的技术，比如：土壤淋洗、原位热脱附、生物修复、固化稳定化和植物修复提出了具体的最佳管理措施。

3.3.3 标准的定位

本标准定位为指导提升污染地块修复的可持续性，即基于可持续性评价，通过采取最佳管理措施，提高修复的环境、社会、经济效益。本标准提供绿色可持续修复的一般性原则、实施内容、和技术要求。针对复杂性较强的技术方法、评估方法等，将后续制定一系列的技术指南和技术规范。

3.3.4 标准的目的及意义

传统的修复行业只是关注某一地块中污染本身带来的危害，而如今修复产业已经超越了这一点，并转向可持续修复，其实现风险管控的同时，考虑修复操作的整体效益和影响。

《污染地块绿色可持续修复通则》的编制可丰富国内现有土壤修复标准体系，为修复修复项目管理人员提供相关决策依据，为修复从业人员提供技术指导，有益于绿色可持续修复运动在国内积极推广和健康发展，继而促进地块污染修复工作更为安全有序高效地开展。

3.3.5 绿色可持续修复的实施内容说明

实施 GSR 并非某一项特定的技术，而是为了提升修复的环境、社会、经济效益，在修复的各个阶段所采取的技术手段和管理措施，即最佳管理措施(Best Management Practices, BMPs)。

最佳管理措施的核心原则包括：减少能源消耗，鼓励使用可再生能源；减少材料消耗及废弃物产生；减轻二次污染物生成与排放及保障修复工人安全健康；使用全生命周期的方法选取和优化修复方案；全面考虑修复的社会经济影响。

根据核心原则，并结合我国国情，本标准给出了修复各个阶段的普适性典型最佳管理措施和针对国内常见修复技术的典型最佳管理措施。最佳管理措施的选择通常依赖于可持续性评价。

地块调查阶段的目标是确定地块对土壤、地下水、沉积物、土壤气和其他介质的影响程度和范围，并确定潜在的受体，为合理的风险管控或修复设计提供科学基础。使用绿色可持续修复原则进行地块调查的总原则是在消耗更少的资源，产生更少的排放和废物的基础上，通过更加细致合理的方法获取地块污染数据，全面了解地块情况，提高前期地块调查的精度，以实现精准修复。

从技术方面来说，绿色可持续的地块调查是通过采用对地块扰动尽可能小的调查技术对地块做完整的评估，获得所需要的地块信息。地块调查阶段绿色可持续修复的考量因子包括：

- (1) 提高调查质量和精度；
- (2) 节省检测成本；
- (3) 减少采样对地块的扰动；
- (4) 减少地块调查过程中产生的废弃物。

从以上方面使用最佳管理措施，制定科学合理的调查布点、采样方案，可以减少地块调查活动对环境、经济与社会的影响。

修复工程设计与施工阶段的最佳管理措施的选择相辅相成、密不可分，但也有所区别。修复工程设计阶段主要从修复技术方案及其参数优化角度，制定确保方案可行性、减少对环境影响等一系列最佳管理措施。主要包括：

- (1) 筛选能源消耗少的修复技术，在技术可行的前提下，宜优先选择原位修复技术替代异位修复技术。

- (2) 制定修复过程中各个环节的二次污染防治措施，选择节能环保的新技术。
- (3) 选择清洁能源、可降解材料用于修复。
- (4) 通过小试或中试确定施工工艺参数，避免不必要的施工资源浪费。
- (5) 合理设计工程平面布置，达到“节地”及减少运输成本的目的。

修复施工阶段主要从施工工艺环节的落实角度出发，从材料、机械设备的选择，到施工工艺参数的控制等制定一系列最佳管理措施。主要包括：

- (1) 严格落实设计方案中的各项二次污染防治措施。
- (2) 动态协调施工过程中的各个环节，确保人员与资源配置合理，提高施工效率，避免窝工。
- (3) 施工现场通用机械设备优先选择低能耗、低污染的型号。
- (4) 落实施工过程中的 3R 原则：资源化、减量化、无害化。

以固化稳定化技术为例，主要考虑固化稳定化技术的长期稳定性、固化剂和稳定化剂的来源和运输问题、能源的供给、设备和劳动力的出处，还有就是整个施工过程中的个人防护和二次污染防治。而植物修复则需要着重考虑农药和化肥的合理使用，以及超累积植物的安全焚烧、运输、物化和填埋处理，以及对应的二次污染防控。

3.3.6 可持续性评价方法说明

本标准规定了污染地块修复的可持续性评价方法，即定性、半定量、定量分层次的评价方法。该方法在国际上被接受程度较高，被纳入到了 ISO 18504 以及 SuRF, SuRF-UK 发布的绿色可持续修复指导文件中，其优点是可以减少可持续性评价的工作投入。

标准规定了基于多标准分析（MCA）的半定量评价方法，以及基于生命周期评价(LCA)的定量可持续评价方法。根据 SuRF 发布的《Guidance for Performing Footprint Analyses and Life-Cycle Assessments for the Remediation Industry》，生命周期评价应用于污染地块修复的具体流程包括：确定目的及范围、确定功能单元、确定系统边界及评价指标、生命周期清单分析、生命周期影响评价、不确定性及敏感性分析以及生命周期解释。生命周期评价的具体方法参考《GBT24040-2008 环境管理 生命周期评价 原则与框架》与《GBT24044-2008 环境管理 生命周期评价要求与指南》。

3.3.7 可持续性评价指标选择说明

3.3.7.1 环境可持续性指标

生命周期评价用于污染地块修复环境可持续性评估，可采用目前较为成熟、应用广泛的 ReCiPe 方法进行生命周期影响评价（LCIA）。根据 ReCiPe 方法，环境指标可分为人体健康、生态影响以及资源消耗 3 种类型，共计 11 项子指标。

3.3.7.2 社会与经济可持续性指标

目前国际上没有通用的社会经济可持续性指标体系，根据 ISO、ASTM 以及 SuRF 发布

的绿色可持续修复标准，社会可持续性指标包括工人健康与安全、公平性、公众参与、社区环境、文化因素、不确定性等。

结合我国国情以及标准的使用范围，将社会可持续性指标分为 4 类，共计 7 项子指标；将经济可持续性指标分为了 2 类，共计 4 项子指标。各类指标说明如下：

①工人健康与安全：现场修复人员的污染暴露风险及施工安全情况；

②公众参与及满意度：在整个修复过程中利益相关方的参与程度，周边居民受到修复施工的负面影响以及对修复工程的认可度；

③创造就业：修复过程中为修复工人创造的就业机会，修复成功后地块再利用的就业岗位。

④修复弹性：环境与社会状况变化之后，修复结果是否仍然有效。

⑤修复成本：包括地块调查、方案设计、基础建设、修复实施、修复后监测等阶段的费用，可分为项目设计与建设费用，以及运行维护费用；

⑥间接经济影响：包括对地方经济的影响，以及对当地居民收入的影响。

4 重大分歧意见的处理经过和依据

本标准无重大分歧意见。在标准制定过程中，依次进行了标准立项申请论证会、标准立项公示和初稿专家论证会（标准开题会），针对专家意见和各方反馈的意见，依据相关的国家标准和行业标准，标准起草委员会进行了逐条应答说明和修改。

5 采用国际标准的程度及水平的简要说明

本标准参考的国际标准包括：《ISO 18504: Soil quality — Sustainable remediation 》，《ASTM: E2893 – 16 Standard Guide for Greener Cleanups》，《ASTM: E2876 – 13 Standard Guide for Integrating Sustainable Objectives into Cleanup》，《ITRC: Green and Sustainable Remediation: A Practical Framework》，《SuRF: A Framework for Assessing the Sustainability of Soil and Groundwater Remediation》，《SuRF-UK: Integrating sustainable principles, practices, and metrics into remediation projects》。