

项目名称：污染场地可持续风险管控区划技术指南

标准编制单位：生态环境部环境规划院、中国科学院生态环境研究中心、北京师范大学

标准编制组成员：李笑诺、易诗懿、陈卫平

目录

1. 任务来源	1
2. 标准制定必要性	1
3. 主要工作过程	3
4. 国内外相关标准概况	4
4.1. 国内相关标准概况	4
4.2. 国外相关标准概况	6
5. 编制原则及与现行标准的关系	13
5.1. 编制原则	13
5.1.1. 可行性原则	13
5.1.2. 针对性原则	13
5.1.3. 合理性原则	14
5.2. 与现行标准的关系	14
6. 主要技术内容及说明	15
6.1. 第4章 区划程序	15
6.1.1. 指标选取	15
6.1.2. 资料收集	15
6.1.3. 数据处理	16
6.1.4. 技术方法	16
6.2. 附录	16
7. 对实施本标准的建议	17
8. 预期效果	18
参考文献	19

1. 任务来源

本任务来源于 2020 年生态环境部环境规划院牵头的科技部国家重点研发项目“污染场地风险管控机制与经济政策技术体系研究”（2020YFC1807500），主编单位生态环境部环境规划院作为课题承担单位负责“污染场地管控区划与规划技术工具研究”（课题编号：2020YFC1807504）研究工作。该任务针对当前不同尺度场地可持续风险管控缺少多元、量化、可持续风险区划和专项规划技术，缺少全过程、可持续、多元交互风险管控决策工具的问题，开展可持续风险管控区划技术方法、专项规划技术模式和交互决策工具研究，为国家污染场地可持续风险管控提供科技支撑服务。为了进一步将项目研究成果和经验进行转化、推广，结合项目任务和当前污染场地风险管控可持续长效发展的需求，提出编制本技术指南。

根据中华环保联合会《关于征集“2023 年度土壤（地下水）治理修复团体标准”的通知》（中环联字〔2023〕150 号）的要求，由生态环境部环境规划院作为项目承担单位，中国科学院生态环境研究中心和北京师范大学作为项目协作单位，联合承担《污染场地可持续风险管控区划技术指南》标准项目的编制工作。

2. 标准制定必要性

土壤既是环境要素也是最基本的生产要素，天然具备生态价值承载职能，作为各类污染物的最终受体，土壤环境在表达区域生态环境

方面具有基础性、先导性战略地位。然而目前，土壤污染问题已严重影响到全球性生态环境质量、人体健康、食品安全和社会经济的协调发展。风险管控是保障土壤和地下水安全的必要手段，通过土十条和土壤法作出了明确的国家层面的战略部署，尤其是党的十八大以来，习近平总书记也多次作出重要指示批示，强调了强化土壤污染管控和修复、有效防范风险的必要性、迫切性和重要性。美英等发达国家的土壤污染修复经验表明，污染管理理念已然完成了从彻底清除向可持续风险管控转变的重大变革，以可持续发展为导向的全生命周期风险管理是打好打赢土壤污染防治攻坚战必然趋势和必要手段。

污染场地可持续风险管控是一个复杂的决策过程，从全生命周期视角看，早期的风险管控偏向于成本减少和环境影响最小化，而后期的土地再开发则更强调土地收益和社会可持续。由此看来，污染场地可持续风险管控不仅要坚持传统研究中风险识别的基础核心地位，还应考虑土壤污染风险胁迫下土地资源的经济性贬值。从我国土壤污染防治历程来看，“十三五”期间仍处于起步阶段，主要是开展土壤污染调查、摸清底数和研发治理修复技术等基础夯实工作。经验表明，土壤污染防治资金投入缺口巨大是土壤污染防治的关键瓶颈之一，再加上新冠肺炎疫情给财政运行带来了前所未有的困难和挑战，我国用于土壤污染防治的财政资金远无法满足现实需求，因此现阶段还不具备同时对全国尺度上土壤环境进行污染预防、全面治理的经济实力。“十四五”时期我国土壤生态环境保护形势依然严峻，对土壤的精细化管理和可持续利用提出了更为紧迫的现实需求。

在此背景下，十分有必要开展场地土壤可持续风险管控区划研究和分类管理，建立土壤污染防治可持续风险管控区划核心理论体系和技术方法，揭示土壤污染风险管控决策与区域可持续发展交互作用机制。一方面，支持土壤污染风险预测从点到面、从静态到动态的空间大尺度铺排，对因地制宜建立污染场地可持续风险管控区划模式、提升区域整体可持续发展水平具有重要的理论指导意义；另一方面，通过识别可持续发展潜力大的场地对其采取优先管控和再开发策略，以实现有限资源的优化配置，对完善土壤环境管理顶层设计、规范土地市场定价，最终服务于国家层面土壤污染分类管控应用，具有重要的实践决策价值。

3. 主要工作过程

本标准由生态环境部环境规划院起草，中国科学院生态环境研究中心等单位协助起草。技术归口单位为中华环保联合会。

(1) 2020年11月，生态环境部环境规划院召开科技部国家重点研发项目“污染场地风险管控机制与经济政策技术体系研究”启动会。生态环境部环境规划院承担课题“污染场地管控区划与规划技术工具研究”（课题编号：2020YFC1807504），并提出《污染场地可持续风险管控区划技术指南》编制工作。

(2) 2022年11月，标准编制组在北京召开了《污染场地可持续风险管控区划技术指南》团体标准启动会，生态环境部环境规划院、中国科学院生态环境研究中心等主、参编单位确定了标准主要内容和

编写框架；

(3) 2023年5月，标准编制组在北京召开《污染场地可持续风险管控区划技术指南》团体标准座谈会，生态环境部环境规划院、中国科学院生态环境研究中心等主、参编单位对标准草案初稿提出修改意见；

(4) 2023年7月，标准编制组在北京召开《污染场地可持续风险管控区划技术指南》团体标准线上座谈会，生态环境部环境规划院、中国科学院生态环境研究中心等主、参编单位修改标准初稿并形成草案稿；

(5) 2023年9月，由中华环保联合会组织专家进行立项评审，专家组一致通过《污染场地可持续风险管控区划技术指南》标准立项。

(6) 2023年10月，由中华环保联合会组织专家进行标准预审，标准编制组根据评审意见修改并形成《污染场地可持续风险管控区划技术指南》草案稿。草案内容包括：前言、适用范围、规范性引用文件、术语和定义、区划程序（指标选取、资料收集、数据处理、技术方法）和附录共六部分内容技术要求。

4. 国内外相关标准概况

4.1. 国内相关标准概况

与国外发达国家相比，我国开展污染场地风险管控工作起步较晚。2000年，北京市环境保护科学研究院主持完成《北京化工集团七厂

及北京市第一建筑构件厂等用地性质改变的环境风险调查与分析》项目，这是国内首次引入场地风险评估技术的场地调查与风险评估项目，开展场地土壤砷和汞污染风险评估及修复目标值推导。随后，我国风险管控制度体系经过近二十余年发展衍变，经历了从适用普遍性规范到独立性立法两个阶段，在污染场地环境管理系列技术导则、风险管控标准与技术指南及北京、重庆等地方污染场地风险评价筛选值和技术导则的补充完善下，初步形成了以《土壤污染防治法》为专门立法、以“土十条”为具体实施要求、配套系列技术导则的污染场地全过程风险管控体系，覆盖了风险预防、风险调查、风险评估、风险管控、效果验收和后期监管等各个阶段。其中，污染场地风险管控区划相关研究主要以土壤环境质量和风险评价为理论基础，基于土壤环境质量或风险评价结果判定场地污染程度及管控优先性和可行的管控方式。国家和地方发布或公开征求意见的与之相关的技术标准包括：

（1）土壤环境质量标准

《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB 36600-2018）及相关地方标准：深圳市《建设用地土壤污染风险筛选值和管制值》（DB4403/T 67-2020）、河北省《建设用地土壤污染风险筛选值》（DB13/T 5216-2020）、北京市《场地土壤环境风险评价筛选值》（DB 11/T 811-2011）、重庆市《场地土壤环境风险评估筛选值》（DB 50/T 723-2016）、广东省《土壤重金属风险评价筛选值 珠江三角洲》（DB 44/T 1415-2014）、浙江省《污染场地风险评估技术导则》（DB 33/T 892-2013，附录-土壤风险评估筛选值）等。

（2）风险评估技术导则

《建设用地土壤风险评估技术导则》（HJ 25.3-2019）及相关地方标准：重庆市《场地环境调查与风险评估技术导则》（DB50/T 725-2016）、上海市《上海市建设用地土壤污染状况调查、风险评估、风险管控与修复方案编制、风险管控与修复效果评估工作的补充规定（试行）》、浙江省《污染场地风险评估技术导则》（DB 33/T 892-2013）、北京市《场地环境评价技术导则》（DB 11/T 656-2009）等。

另外，针对污染场地分类管理还发布了《关闭搬迁企业地块风险筛查与风险分级技术规定（试行）》和《在产企业地块风险筛查与风险分级技术规定（试行）》等文件，明确了全国土壤污染状况详查重点行业企业地块的风险筛查与风险分级的技术要求。

然而，仅仅基于风险进行污染场地分级分类管理，决策过程缺乏对环境、社会、经济等多维度的系统全面考量。污染场地风险管理过程的可持续思想仅在《污染地块绿色可持续修复通则》（T / CAEPI 26-2020）中有所体现。综上所述，纳入经济、社会等可持续发展因素的风险管控区划制度尚未成型，现阶段国家和地方暂无发布或公开征求意见的技术标准。

4.2. 国外相关标准概况

从发达国家污染场地风险管控管理历程来看，美国、英国、加拿大等发达国家已经在法律法规、技术标准、监管制度、资金支持及运行机制方面形成了比较完善的污染地块风险管理体系，制定了较为精

细化的污染场地风险筛查与风险等级划分技术体系，并广泛应用于污染场地修复决策过程。

(1) 美国

美国是最早实行污染场地风险分级管理的国家，其污染场地管理体系主要依赖于两个重要的法律框架，《综合环境回应、补偿和责任法案》（CERCLA，“超基金法案”）和《危险废物管理法案》（RCRA）。在有效的法律保障下，美国政府又制定了一系列技术规范和指南，为土壤污染防治过程中环境管理机制的落实提供技术依据，规范和指导场地环境调查、风险评估和棕地修复等行为。其中，《超级基金场地土壤筛选导则》（Soil Screening Guidance / SSG）、《超级基金场地化学污染物区域筛选水平》（Regional Screening Levels for Chemical Contaminants at Superfund Sites/RSLs）、《基于风险的矫正行动标准导则》（Stand Guide for Risk-Based Corrective Action/ASTM E-2081）、《超级基金场地健康风险评估手册》和《暴露因子手册》等标准为场地管理者确定基于风险和特定场地背景的土壤筛选水平提供了分层次的管理框架。

受资金、资源、人力、时间等因素限制，为使更多的受污染土地得到及时治理，美国建立了国家优先控制场地名录（National Priorities List, NPL），有助于污染地块修复优先性排序，确定哪个场地需要深入调查。污染地块被列入国家优先控制场地名录的主要判别依据是危害排序系统（Hazard Ranking System / HRS），利用初步场地评估的有限信息评估该场地对人类健康和周边环境的潜在威胁。基本操作

程序为：首先通过现场调查初步评价污染状况并将信息录入超级基金信息系统；然后通过危害排序系统判定土壤污染程度，评估场地对人体和环境的危害程度，对于经判定后仍需开展进一步详细评估的场址，列入优先修复名录；随后对优先修复名单上的场地按照场地环境详细调查、修复方案设计与可行性研究、工程施工、竣工验收、污染修复设施运行与维护等流程操作，验收合格的地块将从优先修复名录上除名。HRS 的评估标准基于两级指标，从地下水迁移、地表水迁移、土壤暴露情况和大气迁移四种迁移途径出发，分别从释放的可能性、废弃物的特点和目标为场地赋值，再使用均方根方程法计算场地最后评分，将评分大于 28.5 分的地块列入国家优先治理名录，否则没有必要采取进一步风险管控行动。

（2）英国

英国于 1990 年颁布了《环境保护法案》第 2A 部分（Environmental Protection Act 1990: Part 2A），为土壤污染鉴定及恢复整治提供了依据，并明确了污染地块的定义，将风险评估的思想纳入土壤污染防治。基于此，英国对污染地块管理采取从污染地块识别到治理行动实施全过程的风险管理，并积极鼓励当地社会群体尽早参与整个决策过程。在污染地块识别阶段，英国土壤污染防治技术指南建议对人类和生态系统进行基于风险的分阶段评估和管理。第一阶段基于场地相关资料和现场踏勘开发特定场地概念模型，确定潜在污染物、暴露途径和受体之间的关联。第二阶段采用污染地块暴露评估模型估算暴露风险及土壤指导值（Soil Guideline Values / SGVs），判断

是否采取进一步评估或修复行动，同时可排列污染地块优先次序。第三阶段为详细的定量风险评估，确定场地污染的严重程度和进行修复的时间，指导文件包括《CLEA 模型技术背景更新文件》（Updated Technical Background to the CLEA Model/CLEA-SR3）和《土壤污染物的人体健康毒理评价》（Human health toxicological assessment of contaminants in soil）等标准。

在场地治理决策阶段，英国可持续修复论坛（SuRF-UK）主张将可持续发展的理念贯穿于整个工程初始设计、实施和后期监测阶段，配套政策立法和实践工程检验，形成了第一个完整的可持续修复框架和修复技术评估指标导则《The SuRF-UK indicator set for sustainable remediation assessment》，旨在为污染土壤和地下水的可持续修复提供决策支撑。

（3）荷兰

荷兰是较早关注土壤污染防治并就土壤保护专门立法的欧洲发达国家之一。1983年的《土壤修复临时法》（Interim Soil Remediation Act）是荷兰制定的第一部致力于解决土壤污染问题的法律，基于土壤背景值和专家经验提出了最初的A、B和C土壤标准值体系（SQSs），引入“多功能土壤”的定义，认为土壤修复的标准为可满足任何功能的土地再利用用途。2008年《土壤质量法令》（Soil Quality Decree）发布，强调土壤的可持续管理，探索健康的人居环境与土壤功能间的平衡，并考虑到土壤治理成本和治理目标的可行性，以“适用性”原则替代“多功能土壤”原则，即根据土地当前用途和再开发用途确定治理

目标。根据背景值和干预值将土地分为清洁土壤、轻度污染土壤和严重污染土壤，考虑适用型原则，清洁土壤适用于任何用途的土地利用，轻度污染土壤根据最大值又划分为居住适用类型和工业适用类型，严重污染土壤不适用于任何土地用途的直接开发。对受到污染但没有超过干预值的土壤纳入可持续利用管理，对超过干预值的土壤按“场地环境调查-风险评估及基于风险的治理目标和措施-修复技术筛选及可行性评价-修复结果评估检测”的程序开展土壤修复。

（4）加拿大

1989年，加拿大环境部长委员会（CCME）制定了国家污染场地修复纲要（NCSRP），旨在提供资源用于评估和修复联邦管辖区域内的高风险污染场地，并支持与场地修复技术、法律责任和修复标准相关的研究。为了实现联邦污染场地的分类管理和优先排序，CCME于1992年在联邦污染场地行动计划的指导下开发了污染场地国家分类系统（NCSCS）。NCSCS系统以三个主要方面对场地进行评分：污染物特性、迁移途径和暴露。每个一级指标下又包含二级评估因子。对每个因子分别进行评分，然后使用加和数值法来确定场地的总评分，从而实现对污染场地的风险分级和管理。

（5）德国

为判别土壤是否污染以采取进一步的应对措施，德国在《联邦土壤保护法案》（The Federal Soil Protection Act）中将基于风险评价定义了三种土壤环境标准：①适用于不同暴露途径（土壤至人体、土壤至植物和土壤至地下水）的触发值，在土壤至人体的暴露途径下，还

考虑了不同的土地用途（游乐场、居民区、公园和娱乐设施、工业和商业用地）；②基于土壤至人体、土壤至植物暴露途径制定的行动值；③防止新的土壤污染发生的预防值。超过触发值，须对超标的个别点位开展进一步调查，考虑土壤利用，确定是否存在土壤的有害改变或场地污染。超过行动值通常表示存在土壤的有害改变或场地污染，考虑土壤利用并需要采取补救措施。超过预防值表示存在土壤的有害改变，考虑地质因素或与扩散、沉降相关的污染物浓度。

（6）其它国家

澳大利亚在“已知和疑似污染场地（DEP，2001）” 导则中提供了有关场地鉴定和报告的信息，基于调查范围、污染物信息、污染范围及污染对人类健康及环境的危害等对污染场地风险进行分类。

随着污染场地风险管理的深入推进，发达国家逐步将可持续发展思想纳入场地修复与再生的全生命周期过程，从棕地可持续利用的角度出发建立污染场地风险管控优先选择机制和决策体系。如英国 NGO-建筑业研究和信息协会（CIRIA）发布的棕地再开发路线图、欧盟 RESCUE 项目制定的城市棕地再开发矩阵、美国 EPA 的棕地再开发流程，通过社会、环境、经济等多个维度指标的系统整合，从地区再开发潜力、场地吸引力和市场竞争力、环境风险消除等多个维度综合评估，识别具备再开发条件及再开发适宜程度较高的污染场地进行优先管控区划分与用地规划部署，最终形成污染场地可持续风险管控区划等级划分和分类管理的基础理论框架。

综上所述，现阶段国外涉及污染地块风险区划和可持续风险管理

的相关技术标准归纳如下，但目前仍缺乏专门针对污染场地可持续风险管控区划的相关技术标准。

- (1) US EPA. The Hazard Ranking System Guidance Manual.
- (2) US EPA . Guidance for performing preliminary assessments under CERCLA.
- (3) US EPA . Guidance for performing site inspections under CERCLA.
- (4) US EPA . PRE score users manual and tutorial (user's guide for Version 2.3).
- (5) US EPA. National priorities list (NPL).
- (6) CL: AIRE. The SuRF-UK indicator set for sustainable remediation assessment.
- (7) CCME. National Classification System for Contaminated Sites.
- (8) CCME. Guidance Document On The Management Of Contaminated Sites In Canada.
- (9) DEP. Reporting of Known or Suspected Contaminated Sites.
- (10) EUGRIS. CLARINET - The Contaminated Land Rehabilitation Network For Environmental Technologies in Europe.
- (11) NICOLE. Road Map for Sustainable Remediation.
- (12) US EPA. Characteristics of Sustainable Brownfields Projects.
- (13) US EPA. A Sustainable Brownfields Model Framework.

(14) CABERNET. Sustainable Brownfield regeneration: CABERNET network report.

(15) RESCUE. Analytical Sustainability Framework in the Context of Brownfield Regeneration in France, Germany, Poland and the UK.

(16) CL:AIRE. English Partnerships' Brownfield Guide.

(17) ISO 18504: 2017. Soil quality-Sustainable remediation.

(18) ITRC. Green and sustainable remediation: A practical framework.

5. 编制原则及与现行标准的关系

5.1. 编制原则

5.1.1. 可行性原则

本标准在调研国内污染地块风险管控情况、借鉴国内外风险区划先进经验的基础上，提出区划指标体系和技术要求，确保污染地块风险管控区划技术的可行性，便于实施与推广。

5.1.2. 针对性原则

本标准充分考虑我国污染场地风险区划管理的实际需求，遵循可持续发展理念、生态文明建设目标，重点解决当前不同尺度场地可持续风险管控缺少多元指标、定量技术和可持续不足的问题。

5.1.3. 合理性原则

本标准充分参考现有的污染场地风险分级分区方法，符合相关法律、法规和有关规定，在编制过程中充分考虑技术内容的科学性、适用性和可操作性。

5.2. 与现行标准的关系

本标准主要在《中华人民共和国土壤污染防治法》、《建设用地土壤风险评估技术导则》、《关闭搬迁企业地块风险筛查与风险分级技术规定（试行）》和《在产企业地块风险筛查与风险分级技术规定（试行）》框架指导下制定，从可持续发展指标、场地风险因素和成本效益三个层面分别设计适用于场地和区域不同尺度的污染场地可持续风险区划指标体系和技术要求，在国家现行污染场地风险分级的基础上进一步完善了现有的风险管控区划技术体系，是国家系列技术导则的补充和延伸。

根据《关闭搬迁企业地块风险筛查与风险分级技术规定（试行）》中“污染场地对周边环境受体风险的影响半径一般在 1km 以内”的规定，确定场地区划评估范围为地块周边 1km。

参考《关闭搬迁企业地块风险筛查与风险分级技术规定（试行）》、《在产企业地块风险筛查与风险分级技术规定（试行）》、《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ 25.3-2019）等相关规定，选取土壤和地下水污染、环境违法企业、敏感目标等为区划指标。

根据《关于印发农用地土壤污染状况详查点位布设技术规定的通

知》（环办土壤函〔2017〕1021号），确定不同行业污染源排放的大气沉降污染半径。

根据《全国生态状况调查评估技术规范—生态系统服务功能评估》（HJ1173-2021），确定污染物随土壤和地表水流失的模型模拟方法。

6. 主要技术内容及说明

6.1. 第4章 区划程序

规定了污染场地可持续风险管控区划的规范化工作流程，包括指标选取、资料收集、数据收集和区划分级等4个环节。

6.1.1. 指标选取

4.1 主要规定了场地和区域等不同尺度上开展可持续风险管控的区划指标，从风险指标（现有污染情况、风险受体脆弱性和污染源造成的潜在风险）和效益指标（场地管控过程损失和管控后土地资源价值）两个体系进行设置。

6.1.2. 资料收集

4.2 主要规定了区划指标确定后，需要收集的相关数据和信息，包括场地POI信息、风险管控资料、社会经济资料、土地规划资料、调查问卷统计数据 and 地理信息数据等方面。

6.1.3. 数据处理

4.3 主要规定了数据收集完成后，针对各个指标的数据处理方法。场地尺度对数据质量要求不高，处理方法相对简单，原始数据可直接用于后续计算。区域尺度以 ArcGIS 为主要工具，需按 1km×1km 的分辨率对各网格内指标数据进行裁剪、格式转化、赋值、计算、归一化等处理。

6.1.4. 技术方法

4.4 节内容是风险指标和效益指标的定量化计算方法。

4.4.1 主要规定了单个风险指标的计算方法和单个地块、整个区域的综合风险整合计算方法。

4.4.2 主要规定了单个效益指标的计算方法，场地尺度上包括管控成本、地区经济发展、地块收益、就业机会、娱乐休憩和生态系统服务共 6 个收益项；区域尺度以不同土地利用类型的市场交易价值为主要衡量指标。

6.2. 附录

附录 A 主要规定了场地尺度和区域尺度上开展可持续风险管控区划工作的指标定义和量化评价方法。

附录 B 主要规定了不同量纲指标或同一量纲指标多个数据之间如何进行数据标准化处理的方法。

附录 C 主要规定了工业污染源（在产企业）所排放的大气污染

物在沉降半径之内的扩散强度计算方法，用于区域尺度工业污染源强的计算。

附录 D 主要规定了进入土壤中的污染物经水土流失、淋溶和植物吸收三种途径后的总量损失率计算方法，用于区域尺度污染损失率的计算。

附录 E 主要规定了污染土壤经风险管控后土壤环境质量改善所带来的周边房产价值的增值效应计算方法，用于场地尺度风险管控经济价值的计算。

附录 F 主要规定了污染土壤经风险管控后再开发为公园绿地所产生的娱乐、休憩、观赏、教育等功能价值计算方法，用于场地尺度风险管控社会价值的计算。

附录 G 主要规定了污染土壤经风险管控后再开发为公园绿地所产生的生态系统服务价值计算方法，用于场地尺度风险管控生态价值的计算。

7. 对实施本标准的建议

本标准从可持续发展指标、场地风险因素和成本效益三个层面设计场地和区域不同尺度上可持续风险管控指标，具有维度跨度大、数据需求大、指标量化难的特点。因此，应在充分了解国家和地方相关法律法规与标准导则的基础上，结合大量文献调研，建立科学性、代表性的指标体系，可行性、简易性的计算方法，以及推广性、规范性的工作程序。

本标准为您推荐性标准，其实施需要配套相应的管理措施。同时，随着科学技术不断发展，大量新技术不断涌现，为鼓励先进技术的使用，建议对本标准进行适时修订。

8. 预期效果

本标准提出了面向我国污染场地风险管控可持续长效发展的风险管控区划技术体系，推荐了场地和区域不同尺度上开展可持续风险管控区划工作的指标体系、计算方法、工作程序和管理决策建议。本标准的实施能够有效规范国家污染场地分类、分级、分阶段风险管理实践，全面提高土壤污染防治能力和风险管控效率效益。

参考文献

- [1] Agostini P, Pizzol L, Critto A, et al. Regional risk assessment for contaminated sites Part 3: Spatial decision support system[J]. *Environment International*, 2012, 48: 121-132.
- [2] Beames A, Broekxa S, Schneidewind U, et al. Amenity proximity analysis for sustainable brownfield redevelopment planning[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2018, 171: 68-79.
- [3] Chen D, Wang X, Luo X, Huang G, Tian Z, Li W, et al. Delineating and identifying risk zones of soil heavy metal pollution in an industrialized region using machine learning[J]. *Environmental Pollution*, 2023, 318, 120932.
- [4] Chen L, Zhou S, Tang C, Luo G, Wang Z, Lin S, et al. A novel methodological framework for risk zonation and source–sink response concerning heavy-metal contamination in agroecosystems[J]. *Science of the Total Environment*, 2023, 868, 161610.
- [5] Cundy A B, Bardos R P, Puschenreiter M, et al. Brownfields to green fields: Realising wider benefits from practical contaminant phytomanagement strategies[J]. *Journal of Environmental Management*, 2016, 184(1): 67-77.
- [6] Doick K J, Sellers G, Castan-Broto V, et al. Understanding success in the context of brownfield greening projects: The requirement for

- outcome evaluation in urban greenspace success assessment[J]. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2009, 8: 163-178.
- [7] Hou D Y, Song Y N, Zhang J L, et al. Climate change mitigation potential of contaminated land redevelopment: A city-level assessment method[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2018, 171: 1396-1406.
- [8] Jensen T S, Lerche D B, Srensen P B. Ranking contaminated sites using a partial ordering method[J]. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 2003, 22(4): 776-83.
- [9] Jiang Y F, Wang H L, Lei M, et al. An integrated assessment methodology for management of potentially contaminated sites based on public data[J]. *Science of The Total Environment*, 2021, 783, 146913.
- [10] Kim E J, Miller P. Residents' perception of local brownfields in rail corridor area in the City of Roanoke: the effect of people's preconception and health concerns factors[J]. *Journal of Environmental Planning and Management*, 2016, 60(5): 862-882.
- [11] Kolosz B W, Athanasiadis I N, Cadisch G, et al. Conceptual advancement of socio-ecological modelling of ecosystem services for re-evaluating Brownfield land[J]. *Ecosystem Services*, 2018, 33: 29-39.
- [12] Li T, Liu Y, Bjerg P L. Prioritization of potentially contaminated

- sites: A comparison between the application of a solute transport model and a risk-screening method in China[J]. *Journal of Environmental Management*, 2021, 281(8), 111765.
- [13] Li X N, Bardos P, Cundy A B, et al. Using a conceptual site model for assessing the sustainability of brownfield regeneration for a soft reuse: A case study of Port Sunlight River Park (U.K.)[J]. *Science of the Total Environment*, 2019, 652: 810-821.
- [14] Li X N, Xiao R B, Chen W P, et al. A Conceptual Framework for Classification Management of Contaminated Sites in Guangzhou, China[J]. *Sustainability*, 2017, 9(3), 362.
- [15] Martinat S, Navratil J, Hollander J B, et al. Re-reuse of regenerated brownfields: Lessons from an Eastern European post-industrial city[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2018, 188: 536-545.
- [16] Martinát S, Navrátil J, Pícha K, et al. Brownfield regeneration from the perspective of residents: Place circumstances versus character of respondents[J]. *Deturope*, 2017, 9(2): 71-92.
- [17] Morio M, Schädler S, Finkel M. Applying a multi-criteria genetic algorithm framework for brownfield reuse optimization: Improving redevelopment options based on stakeholder preferences[J]. *Journal of Environmental Management*, 2013, 130: 331-346.
- [18] Navratil J, Krejci T, Martinat S, et al. Brownfields do not “only

live twice ” : The possibilities for heritage preservation and the enlargement of leisure time activities in Brno, the Czech Republic[J]. *Cities*, 2018, 74: 52-63.

- [19] Pizzol L, Critto A, Agostini P, et al. Regional risk assessment for contaminated sites Part 2: Ranking of potentially contaminated sites[J]. *Environment International*, 2011, 37(8): 1307-1320.
- [20] Pizzol L, Zabeo A, Klusáček P, et al. Timbre Brownfield Prioritization Tool to support effective brownfield Regeneration[J]. *Journal of Environmental Management* 2016, 166: 178-192.
- [21] Rizzoa E, Pescea M, Pizzol L, et al. Brownfield regeneration in Europe: Identifying stakeholder perceptions, concerns, attitudes and information needs[J]. *Land Use Policy*, 2015, 48: 437–453.
- [22] Sam K, Coulon F, Prpich G. A multi-attribute methodology for the prioritisation of oil contaminated sites in the Niger Delta[J]. *Science of The Total Environment*, 2017, 579: 1323-1332.
- [23] Schädler S, Morio M, Bartke S, et al. Integrated planning and spatial evaluation of megasite remediation and reuse options[J]. *Journal of Contaminant Hydrology*, 2012, 127: 88-100.
- [24] Schädler S, Morio M, Bartke S, et al. Integrated planning and spatial evaluation of megasite remediation and reuse options[J]. *Journal of Contaminant Hydrology*, 2012, 127: 88–100.
- [25] Zabeo A, Pizzol L, Agostini P, et al. Regional risk assessment for

- contaminated sites Part 1: Vulnerability assessment by multi criteria decision analysis[J]. *Environment International*, 2010, 37(8): 1295-1306.
- [26] Zhang L M, Geng Y, Dong H J, et al. Emergy-based assessment on the brownfield redevelopment of one old industrial area: a case of Tiexi in China[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2016, 114: 150-159.
- [27] 陈红枫, 吕星辰. 工业污染场地分类管理模糊综合评价方法. *安徽农业大学学报*, 2018, 45(04), 682-689.
- [28] 陈卫平, 谢天, 李笑诺, 等. 欧美发达国家场地土壤污染防治技术体系概述. *土壤学报*, 2018, 55(3): 527-542.
- [29] 单艳红, 林玉锁, 王国庆. 加拿大污染场地的管理方法及其对我国的借鉴. *生态与农村环境学报*, 2009, 25(03): 90-93+108.
- [30] 单艳红, 王国庆, 张孝飞, 等. 中国污染场地分类管理程序与方法研究. *中国人口·资源与环境*, 2011, 21(12), 75-80.
- [31] 嵇囡囡. 基于用地类型的土壤风险评估及分级方法研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2020.
- [32] 金远亮, 侯德义, 田莉, 等. 基于用地规划的污染地块修复多目标优化研究. *中国环境科学*, 2021, 41(2): 787-800.
- [33] 李发生, 颜增光. 污染场地术语手册[M]. 北京: 科学出版社, 2009.
- [34] 李笑诺, 易诗懿, 陈卫平. 污染场地风险管控可持续评价指标体系构建及关键影响因素分析. *环境科学*, 2022, 43(5), doi:

10.13227/j.hjkx.202109211.

- [35] 吕星辰. 基于三角模糊函数的污染场地分类评价研究[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2017.
- [36] 余勤飞, 侯红, 白中科, 等. 中国污染场地国家分类体系框架构建. 农业工程学报, 2013, 29(12): 228-234.
- [37] 余勤飞, 文方, 侯红, 等. 发达国家污染场地分类机制及其对中国的启示. 环境污染与防治, 2010, 32(11): 78-83.
- [38] 周友亚, 颜增光, 郭观林, 等. 污染场地国家分类管理模式与方法. 环境保护, 2007, (10): 32-35.