

化工场地复合污染绿色修复管控技术规程—
立体阻隔（征求意见稿）
编制说明

江苏省生态环境技术研究院有限公司
2026 年 10 月

目 次

- 一、工作简况：包括任务来源、协作单位、主要工作过程、起草组成员及其所做的主要工作等；
- 二、标准编制原则和确定标准主要内容（如技术指标、参数、公式、性能要求、试验方法、检验规则等）的论据；标准修订项目还应当列出新、旧标准水平的对比；
- 三、主要试验（或验证）的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济效益；
- 四、标准涉及的相关知识产权说明；
- 五、采用国际标准的程度与水平的简要说明，与现行有关法律法规和强制性标准的关系；
- 六、重大意见分歧的处理经过；
- 七、其他应予说明的事项。

一、工作简况

（一）任务来源

为贯彻《中华人民共和国生态环境法典》《土壤污染防治行动计划》《水污染防治行动计划》等法律法规政策要求，针对我国化工场地有机物-重金属复合污染多介质迁移风险管控短板，阻断土壤、地下水污染物扩散通道，保障区域地下水饮用水源安全，指导化工场地复合污染立体阻隔风险管控工程的勘察、设计、施工、验收及长期监测运维，编制《化工场地复合污染绿色修复管控技术规程 立体阻隔》（以下简称本规程）。

本文件提供化工场地有机物-重金属复合污染立体阻隔风险管控技术的适用性评估、系统设计、材料选型、工程施工、竣工验收、长期监测运维的指导建议，给出立体阻隔工程全流程中需要考虑的技术要点信息。

（二）协作单位

（1）牵头单位

江苏省生态环境技术研究院有限公司，统筹标准整体框架搭建、核心技术条款编制、现场示范数据验证、意见汇总修改、标准全流程申报与协调工作。

（2）参加单位

上海大学，中国科学技术大学参与标准起草工作。

（三）主要工作过程

本项目严格按照《中国土壤学会团体标准制修订工作流程》推进，各阶段工作如下：

1、前期调研与标准草案编制阶段（2025 年 10 月）

编制组系统梳理国内外化工场地阻隔技术相关标准、规范、工程案例与科研成果；赴江苏、上海、浙江开展典型化工污染场地立

体阻隔工程实地调研；结合调研、室内试验数据与工程实践，完成标准初稿及调研工作报告。

2、立项申请与评估阶段（2025 年 11 月—2026 年 6 月）

2025 年 11 月，中国土壤学会团体标准工作管理委员会接收编制组提交的《化工场地复合污染绿色修复管控技术规程 立体阻隔》立项申请表，经专家立项评审论证，认可本标准具备行业必要性、技术创新性、工程实用性，同意立项，2025 年 11 月 24 日学会官网发布立项公告，2026 年 6 月获得立项批复。

3、标准征求意见稿编制阶段（2026 年 7 月—2026 年 8 月）

编制组根据立项评审专家意见进一步修改完善标准草案，补充示范工程试验数据支撑，于 2026 年 8 月完成征求意见稿初稿撰写工作。

4、公开征求意见与修改完善阶段（2026 年 9 月—2026 年 11 月）

2026 年 9 月，编制组结合征求意见稿完成标准文本修订，同步完善本编制说明，整合示范工程试验验证、技术经济对比数据，形成完整征求意见稿及配套编制说明。

（四）起草工作组成员及分工

起草工作组成员：曲常胜、夏威夷、王超、丁亮、杜延军、杨洁、朱清禾、周俊、马迅、张泽民、朱迟、刘昆、郑今今。

任务分工：

江苏省生态环境技术研究院有限公司（牵头）：统筹标准立项、进度与报审；开展场地工程调研；编写标准主体文本、编制说明，组织专家评审与意见处理。

东南大学：开展污染物运移、节点密封数值与试验研究；负责立体阻隔系统设计相关内容编制。

上海大学：开展阻隔材料耐污染老化试验；编制材料性能要求及附录 A 测试方法。

二、标准编制原则和确定标准主要内容（如技术指标、参数、公式、性能要求、试验方法、检验规则等）的论据

（一）编制原则

（1）技术联合兼容原则

本规程编制坚持多技术联合、协同兼容的总体思路，贴合化工场地多组分、多层级、复合型污染特征，打破单一修复管控技术的应用局限。规程统筹物化修复、生物修复、工程阻隔、风险管控等各类场地治理技术的适配场景与应用优势，明确不同技术组合的适配条件、联用方式与衔接要求，规避各类工艺叠加过程中出现的功能重叠、工艺冲突、治理冗余等问题。在保障化工场地污染修复治理安全、稳定、有效的核心前提下，通过多技术耦合协同优化治理工艺流程，有效提升复合污染场地治理综合效率，降低工程施工能耗、物料消耗与二次环境扰动，构建适配化工场地特征的多技术联动、绿色高效的复合污染修复管控体系，实现治理效果、节能降耗与生态环保的协同统一。

（2）全生命周期原则

本规程遵循场地治理工程全生命周期管控理念，构建覆盖场地污染调查、技术方案设计、现场施工实施、工程验收评价、后期运维管控、长期动态监测的全流程闭环管控体系。规程针对化工复合污染场地治理各阶段明确标准化技术要求，强调全过程连续数据采集、动态风险研判与治理效果综合评估，统筹兼顾工程治理成效、资源利用效率、碳排放水平、场地生态影响及系统长期运行稳定性。通过全流程规范化管控，精准把控各环节技术要点与管控指标，实现化工场地复合污染治理效果可控、过程合规、能耗可控、生态影响最低，最大化发挥绿色修复管控的综合效益，保障场地治理工程

短期成效与长期稳定相统一。

（3）全空间管控原则

本规程立足化工场地污染物横向扩散、竖向迁移的复合污染特征，确立全域覆盖、无盲区的全空间管控原则。规程明确立体阻隔系统的空间布设范围与边界要求，阻隔管控区域全面覆盖场地污染核心区及污染物潜在迁移扩散区，彻底杜绝管控空白区域。竖向阻隔结构要求完全穿透场地污染土层，且可靠嵌入下部隔水层，阻断污染物竖向迁移路径；水平覆盖阻隔结构需超出实际污染边界合理距离，设置标准化缓冲阻隔区域。通过水平阻隔与竖向阻隔结构的精准搭接、无缝衔接，形成全方位、封闭式的立体阻隔管控体系，彻底消除阻隔盲区，全方位阻断化工污染物横向、竖向迁移扩散通道，实现场地污染空间全域管控。

（4）协同适配原则

本规程坚持结构匹配、材料适配、性能统一的协同设计原则，保障立体阻隔系统整体密封性与稳定性。针对立体阻隔工程中水平覆盖阻隔与竖向阻隔两大核心结构，明确两者材料选型、性能指标、结构形式的适配要求，优先选用环境相容性好、低扰动、高耐久的绿色修复阻隔材料。重点规范两类阻隔结构的搭接节点设计与施工要求，严格控制不同阻隔材料的收缩率、拉伸性能、抗渗性能差异，确保所有搭接节点的抗渗、防渗、耐久性能不低于阻隔系统主体结构性能。通过材料、结构、节点的全方位协同适配，规避因参数不匹配、结构不协调、性能不一致导致的节点渗漏、系统失效等问题，保障立体阻隔系统整体密闭防渗效能。

（5）风险导向原则

本规程秉持分级管控、精准施策的风险导向原则，根据化工场地污染风险等级差异化制定立体阻隔设计与施工标准，兼顾管控效能与工程经济性，杜绝“一刀切”的技术参数要求。结合场地污染

浓度、污染范围、水文地质条件、周边环境敏感程度等要素，将场地划分为高、中、低三级风险区域，针对性制定适配的阻隔方案。针对临近饮用水源地、人居区域及高浓度污染聚集的高风险区域，强化阻隔结构防护等级，明确双重焊接、多道密封、加厚防渗等强化施工工艺要求，提升风险防控冗余度；针对中、低风险一般区域，采用常规标准化搭接设计，在保障风险可控的前提下优化工程成本，实现不同风险场地阻隔管控效果与工程经济性的最优平衡。

（6）长效稳定原则

本规程以立体阻隔系统长期稳定运行为核心目标，明确系统设计服役年限不低于 30 年的硬性要求，全方位保障阻隔系统长效管控效能。规程从前期设计、中期施工、后期监测运维三个维度建立长效保障体系，设计阶段重点考量化工场地复杂水土环境、酸碱腐蚀、介质老化等长期影响因素，严控阻隔材料抗腐蚀、抗老化、耐久性能指标；施工阶段细化各工序质量管控标准，重点强化节点搭接、密封防渗等关键工艺质量验收要求；运维阶段建立常态化、全覆盖的长期监测机制，重点监测阻隔系统关键节点、核心结构的运行状态。通过全链条质量管控与动态监测预警，有效防控材料老化、节点渗漏、系统破损失效引发的污染物迁移风险，保障立体阻隔系统 30 年以上长效稳定运行，实现化工场地污染长期可控、安全管控。

（二）确定标准主要内容的论据

（1）适用范围

本文件适用于化工场地有机物与重金属复合污染土壤地下水立体阻隔风险管控工程的适用性评估、设计、材料选型、施工、竣工验收及长期监测运维；其他类似复合污染场地可参照执行；不适用于放射性污染、致病性生物污染、农田污染场地。

确定该范围的论据：化工场地普遍存在有机物-重金属共存的复合污染，污染物存在土壤-地下水多介质迁移扩散风险，立体阻隔通

过“水平覆盖+竖向屏障”协同阻断污染物迁移路径，国内已经积累较多示范工程与试验数据，为本文件条款提供工程支撑。放射性、生物污染有专门管控体系，农田管控目标、边界条件与建设用地化工场地差异大，因此明确不适用上述场景。

（2）标准的规范性引用文件

本文件引用 GB 36600、GB 14848、GB 50934、GB 51220、GB 17643、GB 17639、HJ 25.1、HJ 25.2、HJ 25.3、HJ 25.6、HG/T 20717、HG/T 20715 等国家、行业标准。主要依据：本文件涉及场地调查、风险评估、防渗材料性能、土工膜施工焊接、地下水监测、竖向阻隔墙施工质量控制等技术环节，现有国家及行业标准具备成熟技术基础；规范性引用避免重复条文，保证本文件与现行标准体系无缝衔接，保障标准技术权威性、协调性。

（3）标准的术语和定义

针对性界定化工场地、复合污染、立体阻隔技术、水平覆盖系统、竖向阻隔系统、设计使用年限、长期监测 7 项核心术语。主要依据技术原理、工程应用场景，同时兼顾现有国家行业标准体系协调统一。

“化工场地”“复合污染”和“绿色修复管控”参考 GB 36600-2018 等建设用地土壤污染管控标准；“水平覆盖系统”和“竖向阻隔系统”参考生活垃圾填埋、工业场地防渗、竖向阻隔相关规范；新增“立体阻隔技术”术语，明确水平-竖向协同成套技术内涵，弥补现有标准缺少一体化协同阻隔概念的不足；“设计使用年限”和“长期监测”结合风险管控长效运维要求定义，解决行业对立体阻隔系统寿命、后期运维概念模糊的问题。

（4）标准的总体工作流程

本文件规定了立体阻隔的完整工作流程：场地调查与风险评估→技术适用性预评估→方案设计→工程施工→竣工验收→长期监测

与维护。

确定该工作流程的论据：一是契合 HJ25 系列建设用地土壤地下水修复风险管控导则，遵循“先调查评估、再研判适用性、开展设计施工、竣工验收、长期运维”全生命周期逻辑；二是立体阻隔是多单元协同风险管控技术，需要先开展场地水文地质、污染特征刻画，完成适用性判定，再开展系统设计、材料选型、现场施工，竣工验收后依靠长期监测识别渗漏、老化风险，六环节前后制约，缺一不可；三是结合国内大量化工场地阻隔工程实践经验，覆盖前期研判、方案设计、物资配套、现场实施、验收、长效运维全链条，形成闭环管理，解决当前行业水平、竖向阻隔分开设计，缺少一体化作业程序，节点失效、后期渗漏频发的痛点，同时符合标准化文件编制通则要求。

（5）标准工作流程主要内容

1) 技术适用性评价

本章节构建污染特征、水文地质、技术经济、环境安全四维评估体系，明确适配、条件适配、不适配判定规则，对污染物类型、污染范围深度、地下水位、隔水层、施工条件、材料环保性设置量化评估指标。指标体系来源于国内大量化工阻隔工程案例、土工防渗材料试验，参考填埋场防渗、污染场地竖向阻隔相关标准；针对高腐蚀、高浓度污染场地提出必须开展材料化学相容性验证的要求，规避材料腐蚀失效风险。

2) 立体阻隔系统设计

设计章节为标准核心，包含总体布局、水平覆盖、竖向阻隔、协同搭接节点、辅助系统设计。给出土-膨润土墙、水泥-膨润土墙、HDPE 膜墙不同竖向阻隔屏障渗透系数、适用地质、设计寿命、风险等级适配表；区分低、中、高风险区给出搭接段长度、节点间隙、渗透系数、焊缝宽度等关键参数。指标综合参考 HG/T 20715《工业

污染场地竖向阻隔技术规范》、填埋场封场防渗标准，结合东南大学等单位开展的阻隔系统数值模拟、节点力学试验，同时结合国内多例化工阻隔工程的实践经验确定。

3) 材料选择与性能要求

材料章节分为防渗材料、竖向阻隔材料、水平覆盖材料、排水材料、保护材料、搭接节点专用材料；分别针对低/中风险区、高风险区设置差异化性能指标，包含 HDPE 土工膜、膨润土防水毯、搅拌桩、生物炭、土工布、密封粘接材料等。主要参考 GB 17643、GB 17639、GB 50934 等土工合成材料、石化防渗规范，同时吸纳上海大学等单位开展的材料抗有机-重金属复合污染腐蚀浸泡试验结果，补充化工复合污染场景下材料抗腐蚀、吸附性能指标。

4) 工程施工

施工章节遵循“先竖向、后水平，同步搭接”施工原则，对场地平整、搅拌桩施工、HDPE 膜铺设焊接、焊缝检测、节点密封等工序设置质量控制指标、检测方法与检测频率。地上防渗、焊接施工参考 GB 51220、GB 50236；竖向阻隔墙施工质控参考 HG/T 20715，同时结合国内化工场地立体阻隔示范工程施工质控数据，针对水平-竖向搭接节点明确全部节点开展密封性检测的强制要求。

5) 长期监测

长期监测章节明确监测范围、监测指标、点位布设、分阶段监测频率、预警响应、效果评估。按照验收后 1 年内、1-5 年、5 年以后设置分级监测频率，极端天气后开展专项监测。在 HJ25.2 监测导则基础上，增加阻隔节点渗漏专项监测，建立异常预警和应急处置流程，兼顾阻隔系统结构完整性与水土环境质量监控，及时识别渗漏失效风险。

6) 附录

附录 A 为材料性能测试方法，包含 HDPE 膜耐化学腐蚀、膨润

土膨胀指数、渗透系数、搅拌桩抗压强度等试验方法；附录 B 为施工与监测记录表格。测试方法引用对应国家、ASTM 标准，同时结合化工污染场地浸泡试验条件，适配复合污染场景。

三、主要试验（或验证）的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济效果

（一）主要试验（或验证）的分析

编制组依托多个化工复合污染场地立体阻隔示范工程，同步开展室内材料试验、数值模拟，为本文件关键指标提供支撑。

（1）典型示范工程概况

选取兴化不锈钢地块、靖江化工填埋场、扬州路南延化工遗留地块作为验证工程。开展详细场地岩土勘察，查明地层分布、地下水位、隔水层分布；完成场地调查风险评估，明确有机物-重金属复合污染范围、浓度、迁移特征。示范场地多存在有机物、重金属复合污染，污染物存在向地下水迁移扩散风险，需要立体阻隔开展长效风险管控。

（2）水文地质与污染特征

示范场地多为长江下游冲洪积地层，上部为填土、粉土、粉砂，下部存在粉质黏土、黏土隔水层；潜水水位受降水影响季节波动，波动幅度 1-3m；部分区域污染物浓度高，对阻隔材料存在化学腐蚀风险。工程开展抽水试验、土工试验获取各地层渗透系数、力学参数，为阻隔墙选型、嵌入隔水层深度提供依据。

（3）室内材料性能验证试验

1) 土工膜、膨润土防水毯开展复合污染液浸泡老化试验，模拟化工场地高浓度有机物-重金属污染环境，测试浸泡后拉伸强度、断裂伸长率、渗透系数变化，验证材料化学相容性，确定不同风险等级材料厚度、性能阈值。

2) 不同配比搅拌桩开展 28d 抗压强度、渗透系数试验，得到不

同风险等级下搅拌桩水泥掺量、强度、渗透系数控制指标。

3) 水平-竖向搭接节点开展力学、密封渗透试验, 模拟后期堆载、地层位移条件, 获取搭接长度、密封材料性能、焊缝参数, 支撑节点设计条款。

(4) 数值模拟分析

东南大学开展阻隔系统污染物运移数值模拟, 分析不同渗透系数、嵌入深度、节点渗漏条件下污染物迁移过程, 验证竖向阻隔嵌入隔水层 $\geq 1\text{m}$ 、不同风险等级系统渗透系数控制指标的合理性, 评估节点渗漏对整体管控效果的影响, 明确节点密封的重要性。

(5) 示范工程施工与质量检测

示范工程开展完整立体阻隔施工, 落实搅拌桩成墙、HDPE 膜铺设焊接、节点密封、质量检测全流程; 开展焊缝气压检测、节点注水渗漏试验; 竣工验收后开展多周期长期监测, 验证阻隔系统风险管控效果。工程实践验证本文件提出的施工质控指标、监测频率具备工程可行性。

(二) 技术经济论证

立体阻隔属于风险管控技术, 实现水平-竖向协同阻断土壤地下水复合污染物迁移通道, 对比异位开挖、原位化学氧化等修复技术, 无需大规模开挖清运污染土体, 大幅削减土方开挖、转运处置费用。

一次性建设投资包含勘察设计、阻隔墙体施工、防渗材料采购、焊接施工、监测井建设等; 后期主要投入为长期监测、少量维护费用。虽然前期工程建设存在一定投入, 但系统设计使用年限 ≥ 30 年, 无需反复开展修复治理。

技术适配化工场地有机物-重金属复合污染, 解决单一竖向阻隔或者单一水平覆盖无法实现全空间阻断污染物迁移的短板; 可以有效保护周边地下水敏感目标, 避免污染羽持续扩散带来的后续治理增量成本。针对大面积、深度较大的化工遗留污染地块, 立体阻隔

全生命周期综合成本显著低于异位处置；配合后期有限修复，可以实现地块风险管控目标，助力地块再开发。

同时标准区分高、中、低风险区差异化设置材料指标，避免高风险场景材料不足造成失效，也避免低风险场景过度设计造成投资浪费，兼顾管控效果和工程经济性。

（三）预期的经济效果

（1）直接经济效益

1) 降低治理综合成本：规避大规模异位开挖、固废处置高额费用；通过长效阻隔减少后期反复治理投入。

2) 降低长期运维监测成本：系统稳定管控污染扩散，避免污染范围持续扩大，减少后续追加治理投入。

（2）间接与衍生经济效益

1) 盘活存量土地资产：实现化工遗留地块风险可控，推动地块再开发利用，释放土地资产价值。

2) 降低环境负债：有效管控历史遗留化工场地污染迁移风险，防范地下水污染扩散带来的环境损害赔偿风险，降低企业环境负债。

3) 带动产业规范化：推动国内立体阻隔工程勘察、设计、材料、施工、监测产业链规范化，促进行业高质量发展。

四、标准涉及的相关知识产权说明

本文件不涉及相关专利及其他知识产权问题。所有引用的标准和文献均已注明出处，并尊重原作者的知识产权。

五、采用国际标准的程度与水平的简要说明，与现行有关法律法规和强制性标准的关系

（一）采用国际标准的程度与水平的简要说明

本文件起草过程中，参考国外填埋场防渗、污染场地垂直屏障相关技术文件，同时结合我国化工场地水文地质、复合污染特征进行本土化调整。参考国外土工合成材料耐化学腐蚀测试、柔性壁渗

透系数测试 ASTM 标准，用于附录 A 材料测试方法制定；但国外缺少针对化工场地有机物-重金属复合污染的水平-竖向协同立体阻隔成套标准，本文件属于国内首创，主要立足国内工程实践、室内试验、数值模拟成果编制。

（二）与现行有关法律法规和强制性标准的关系

（1）法律法规遵循

本文件严格遵守《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国土壤污染防治法》《水污染防治法》《大气污染防治法》等法律，落实土壤污染风险管控相关法定要求，全过程防控施工及运维阶段二次污染，符合国家污染场地风险管控法律框架。

（2）现有国内标准分析

现有标准中，HG/T 20715《工业污染场地竖向阻隔技术规范》重点针对竖向阻隔墙；GB 51220《生活垃圾卫生填埋场封场技术规范》主要针对填埋场水平封场；HJ 25.6 对地下水竖向阻隔提出原则性要求。现有标准缺少水平-竖向协同立体阻隔成套规范，缺少化工场地有机物-重金属复合污染条件下材料化学相容性、搭接节点专项设计、分级长期监测预警体系。

《有机污染地块修复技术规范 多相抽提》《场地污染应急处置技术规范 多相抽提》等多相抽提类标准主要针对抽出治理，不覆盖风险阻隔管控；现有标准均未针对化工复合污染场景，对水平-竖向协同搭接节点、材料抗复合污染腐蚀、分风险等级指标形成完整成套规定。

本文件在现有国家、行业标准基础上进行补充细化，填补化工场地复合污染立体协同阻隔技术标准空白，与现行标准体系协调，不存在冲突矛盾的强制性条款。

六、重大意见分歧的处理过程

标准编制阶段，起草组针对竖向阻隔嵌入隔水层深度、高低风

险区节点渗透系数指标、长期监测分级频率等关键条款开展多次专家研讨。针对不同专家提出的意见，结合数值模拟、室内试验、示范工程数据逐条论证，对指标进行优化，所有分歧意见经研讨后达成统一，本文件无重大意见分歧。

七、其他应予说明的事项

（1）本标准为首次制定，后续将根据国内立体阻隔技术工程实践积累、材料技术进步适时开展标准修订。

（2）因工商登记变更，2026年8月18日牵头单位公司名称由原江苏省环境工程技术有限公司变更为江苏省生态环境技术研究院有限公司，统一社会信用代码为：91320000MA22C9L494。本次变更仅为企业名称变更，不涉及公司主体资格的改变，不涉及经营范围的调整，变更前后公司为同一法律主体。名称变更前实施的民事法律行为，该公司具有法律约束力。人员团队、企业业绩、资质证书、知识产权、获奖荣誉等各项权利和成果不因企业名称变更而受影响。

（3）团标征求意见阶段，专家认为，系列标准内容同时包括修复技术和管控技术本，所以将团标名称《化工场地复合污染绿色修复技术和管控技术本 立体阻隔》修改为《化工场地复合污染绿色修复管控技术规程 立体阻隔》。