

深圳市土壤污染重点监管单位边生产 边管控技术指引

深圳市生态环境局
二〇二五年十二月

前　言

为贯彻落实《中华人民共和国土壤污染防治法》《工矿用地土壤环境管理办法（试行）》《土壤污染源头防控行动计划》有关要求，指导土壤污染重点监管单位在生产经营过程中自行开展土壤和地下水污染管控工作，制定本指引。

本指引提出了深圳市土壤污染重点监管单位边生产边管控土壤和地下水污染（以下简称边生产边管控）技术层面的工作内容、实施流程和应用方式。

本指引由深圳市生态环境局组织编制并负责解释。

本指引起草单位：深圳市环境科学研究院。

本指引主要起草人：罗飞、林挺、胡慧敏、黄思楠、王可云、郗秀平、吴静雅、赵妍、张杏、朱艳、杨坤、吴勇杰、罗瑶、杨楠。

目 录

一、 定义及适用范围	- 1 -
二、 工作内容与方式	- 1 -
(一) 工作内容	- 1 -
(二) 工作方式	- 1 -
(三) 工作要求	- 2 -
三、 土壤和地下水污染风险判定	- 3 -
四、 监测预警	- 5 -
(一) 基础措施	- 5 -
(二) 强化措施	- 7 -
(三) 预警响应	- 8 -
五、 污染溯源	- 9 -
(一) 基础措施	- 9 -
(二) 强化措施	- 10 -
六、 切断源头	- 12 -
(一) 基础措施	- 12 -
(二) 强化措施	- 13 -
七、 管控修复	- 14 -
八、 效果评估	- 15 -
(一) 总体目标	- 15 -
(二) 近期目标效果评估	- 16 -
(三) 中期目标效果评估	- 16 -
(四) 远期目标效果评估	- 17 -

一、定义及适用范围

边生产边管控是指在保障企业安全生产的前提下，开展土壤和地下水污染管控或修复活动，确保污染不加重、不扩散，保障企业内人群健康及周边敏感感受体环境安全。

深圳市土壤污染重点监管单位（以下简称重点监管单位）根据本指引第三条判定存在土壤和地下水污染风险的，可参考本指引的实施流程，按步骤分阶段、渐进式自行组织开展边生产边管控。

其他一般在产企业开展边生产边管控工作，可参照本指引。

本指引为推荐性技术文件，企业在组织实施边生产边管控工作时可作为技术参考。但需特别说明，本指引不免除企业应遵守《中华人民共和国土壤污染防治法》《工矿用地土壤环境管理办法》等国家法律法规中规定的各项强制性义务。

本指引未规定事宜，应符合国家和行业有关标准的要求或规定。

二、工作内容与方式

（一）工作内容

边生产边管控工作应遵循渐进式推进原则，具体内容包括土壤和地下水污染风险判定、监测预警、污染溯源、切断源头、管控修复、效果评估等，工作流程详见图1。

（二）工作方式

针对监测预警、污染溯源、切断源头和管控修复的工作方式，本指引分别提出了基础措施和强化措施。重点监管单

位可根据土壤和地下水污染风险情况，灵活选择其中一种或两种措施相结合的方式实施工作。

1. 基础措施：措施尽量简单易行，主要包括对潜在污染泄漏点的隐患排查与整改、自行监测等，建议重点监管单位在发现土壤和地下水污染风险后首先采用基础措施进行排查和整治。

2. 强化措施：如基础措施无法查明污染源或无法遏制污染扩散，重点监管单位可在基础措施之上自行或委托专业机构采用强化措施。

（三）工作要求

重点监管单位在边生产边管控过程中，应充分掌握土壤和地下水的污染状况，综合考虑管控周期、成本、技术可行性，严防“边管控边污染”。若造成突发环境事件，应立即启动应急响应，第一时间向所在地生态环境主管部门报告，同步采取有效应急处置措施防止土壤和地下水污染扩散。

重点监管单位应长期保存边生产边管控的工作档案，包括但不限于土壤和地下水监测报告、污染溯源排查全过程资料（如重点场所和重点设施设备防渗漏、流失、扬散的设计、建设、验收文件资料，日常检查、岗位巡检记录，渗漏检测、检维修记录等）、切断源头及管控修复全过程资料（如整改台账、工程设计、建设、监测等）、效果评估等。

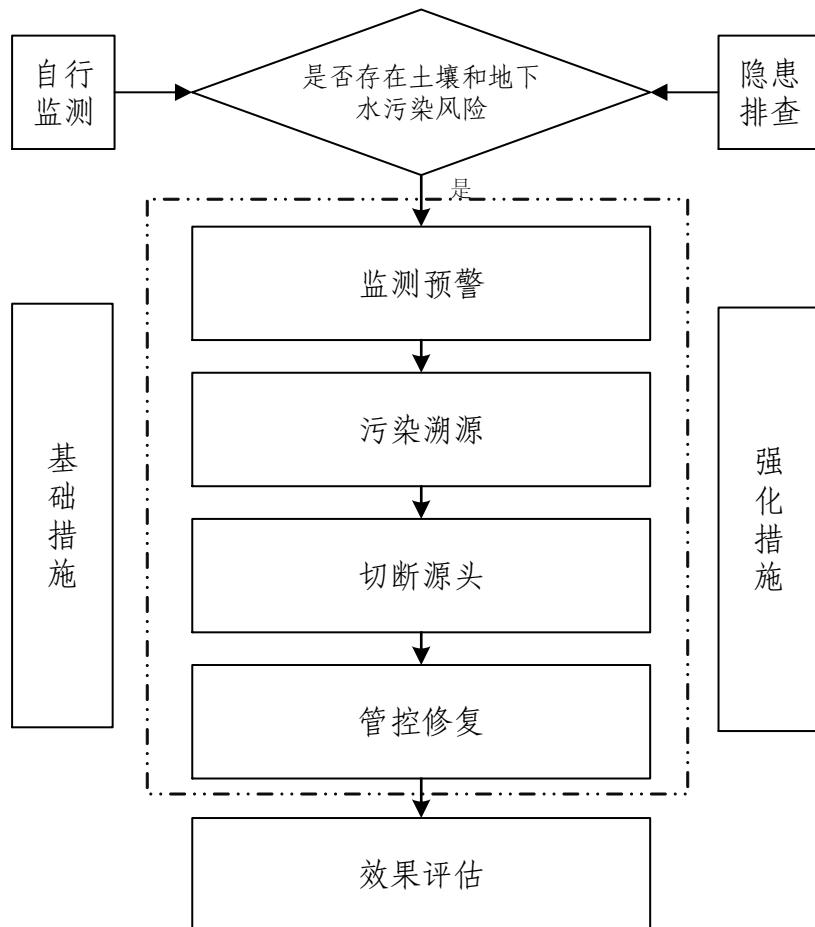


图 1 重点监管单位边生产边管控工作流程

三、土壤和地下水污染风险判定

重点监管单位按照《重点监管单位土壤污染隐患排查指南（试行）》（生态环境部 公告 2021 年第 1 号）和《工业企业土壤和地下水自行监测技术指南（试行）》（HJ 1209）的要求开展隐患排查和自行监测，发现以下情形之一的，可判定存在土壤和地下水污染风险：

（一）自行监测发现重点场所或重点设施设备的污

染物迁移路径下游，土壤或地下水特征污染物超标，或地下水特征污染物监测结果高于该点位前次监测值 50%以上，或地下水特征污染物监测连续 4 次呈上升趋势¹；

(二) 采用快速检测仪（如 X 射线荧光光谱仪 XRF、手持式光离子检测器 PID），对重点场所和重点设施设备周边表层土壤重金属和挥发性有机物含量进行快速筛查，筛查结果存在异常情况；

(三) 重点监管单对挥发性特征污染物开展土壤气监测²，发现土壤气数据异常；

(四) 因重点监管单位突发环境事件可能造成土壤或地下水污染；

(五) 重点监管单位周边土壤环境质量监测发现土壤或地下水超标，且结合重点监管单位污水排放去向、地下水流向、特征污染物等，初步判断与重点监管单位有关的；

(六) 生态环境主管部门执法检查发现存在偷排漏排、危险废物处置不当、固体废物混入土壤、设备设施“跑冒滴漏”、储存场所防腐层破裂等情形，造成土壤或地下水存在异色、异味、油迹等污染迹象的。

对于判断存在土壤和地下水污染风险的重点监管单位，

1. 重点场所、重点设施设备和特征污染物均根据自行监测方案确定。土壤或地下水特征污染物超标是指土壤特征污染物含量超过《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB 36600）第二类用地筛选值，地下水特征污染物浓度超过《地下水质量标准》（GB/T 14848）IV 类标准。

2. 可参考《建设用地土壤污染修复目标值制定指南（试行）》附录 A 土壤气/挥发通量的测试方法。

后续需要进一步开展监测预警，根据监测预警结果判断是否需要进一步开展污染溯源、切断源头、管控或修复。

四、监测预警

(一) 基础措施

根据《工业企业土壤和地下水自行监测技术指南（试行）》（HJ 1209）的技术要求，在已有自行监测点位的基础上，在重点设施设备区域、厂界、可能迁移扩散至厂界外的区域同步增加土壤和地下水监测点位。新建地下水监测井的深度根据所处含水层类型及其埋深和厚度来确定，尽可能超过已知最大地下水埋深以下2米。

建议重点监管单位委托专业机构指导土壤和地下水监测点位布设，点位数量和监测频次可参考表1。

表1 土壤和地下水点位数量及监测频次

HJ 1209（基本要求）	土壤和地下水点位数量及监测频次	重点监测单元 ^①		
		一类单元	二类单元	
	土壤点位数量 ^②	至少布设1个深层土壤监测点，单元内部或周边还应至少布设1个表层土壤监测点。	至少布设1个表层土壤监测点。	
	土壤监测频次	深层土壤3年/次，表层土壤1年/次		
	地下水监测井数量	每个重点监测单元地下水监测井不应少于1个。每个重点监管单位地下水监测井（含对照点）总数原则上不应少于3个。		
	地下水监测频次	半年/次（季度/次 ^③ ）	1年/次（半年/次 ^③ ）	

土壤和地下水点位数量及监测频次		重点监测单元 ^①	
		一类单元	二类单元
监测预警 基础措施 (在自行 监测方案 基础上, 建 议增加土 壤点位和 地下水监 测井)	增加的土壤点位 数量	在 HJ 1209 要求的基础上, 原则上每个重点监测单元至少新增 2 个深层土壤监测点。 如污染可能迁移扩散至重点监管单位厂界外的, 需要在污染物迁移扩散区域(如厂界处或厂界外)至少布设 1 个深层土壤监测点。	
	土壤监测频次	1 年/次	
	增加的地下水监 测井数量	在 HJ 1209 要求的基础上, 原则上每个重点监测单元至少新增 2 个地下水监测井。 根据污染物的迁移扩散路径, 在厂界处或厂界外至少布设 1 个地下水监测井。	
	地下水监测频次	1 季/次	

注:

- ①根据 HJ 1209, 重点监测单元为可能通过渗漏、流失、扬散等途径导致土壤或地下水污染的场所或设施设备。一类单元为内部存在隐蔽性重点设施设备的重点监测单元。隐蔽性重点设施设备, 指污染发生后不能及时发现或处理的重点设施设备, 如地下、半地下或接地的储罐、池体、管道等。二类单元为除一类单元外其他重点监测单元。重点场所或重点设施设备分布较密集的区域可统一划分为一个重点监测单元, 每个重点监测单元原则上面积不大于 6400 m²;
- ②根据 HJ 1209, 下游 50 m 范围内设有地下水监测井并按要求开展地下水监测的单元可不布设深层土壤监测点; 单位内部及周边 20 m 范围内地面已全部采取无缝硬化或其他有效防渗措施, 无裸露土壤的, 可不布设表层土壤监测点;
- ③根据 HJ 1209, 该监测频次适用于周边 1 km 范围内存在地下水环境敏感区的

土壤和地下水点位数量及监测频次	重点监测单元 ^①	
	一类单元	二类单元
重点监管单位。		

(二) 强化措施

重点监管单位根据实际需求，建立地下水污染风险监测网络和预警平台。

地下水污染风险监测网络可通过结合已有地下水监测井和新建地下水监测井来建立。监测模式可包括批次采样监测和在线监测。在线监测指标包括常规参数（pH、电导率、溶解氧、浊度和温度）和水位。另外可将有毒有害物质与地下水在线监测较为成熟的理化指标（如耗氧量、总氮、电导率、氧化还原电位等）进行关联性分析。与深圳市金属表面处理及热处理加工行业常见的有毒有害物质关联的理化性质指标可参考表2。批次采样监测和在线监测的频次根据土壤和地下水的污染程度确定，不低于基础措施的监测频次。

表2 与理化性质指标关联的有毒有害物质

关联指标	金属表面处理及热处理加工行业常见的有毒有害物质
耗氧量	四氯化碳、氯仿、氯甲烷、1,1-二氯乙烷、1,2-二氯乙烷、1,1-二氯乙烯、顺-1,2-二氯乙烯、反-1,2-二氯乙烯、二氯甲烷、1,2-二氯丙烷、1,1,1,2-四氯乙烷、1,1,2,2-四氯乙烷、四氯乙烯、1,1,1-三氯乙烷、1,1,2-三氯乙烷、三氯乙烯、1,2,3-三氯丙烷、氯乙烯、苯、氯苯、1,2-二氯苯、1,4-二氯苯、乙苯、苯乙烯、甲苯、间二甲苯+对二甲苯、邻二甲苯、石油烃($C_{10}^-C_{40}$)

关联指标	金属表面处理及热处理加工行业常见的有毒有害物质
总氮	总氰化物、硝基苯、邻硝基甲苯、2,5-二氯硝基苯、苯胺
电导率	总镉、总铅、总砷、六价铬、总铬、总镍、总铜、总锌、总汞、锡、银
pH	盐酸、硫酸、液碱、氢氧化钠
氧化还原电位	氟化物

重点监管单位的地下水预警平台应满足对监测对象的自动、连续、实时监测，具备前端监测数据管理、数据动态展示、预警分析以及数据应用服务能力；同时能在信息采集及预报分析决策基础上，根据污染程度及污染扩散范围确定预警等级，并将预警信息推送至管理终端，使预警信息接收人员能实时掌握土壤和地下水环境的整体状态。

（三）预警响应

根据基础措施或强化措施的监测结果，土壤特征污染物含量超过《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB 36600）第二类用地筛选值，或地下水特征污染物浓度超过《地下水质量标准》（GB/T 14848）IV类标准的，确定为特征污染物超标。重点监管单位根据表3的污染情形和预警级别，采取响应措施。

表 3 监测预警响应措施

污染情形	预警级别	响应措施
土壤或地下水特征污染物的污染羽迁移出厂界	一级预警	应采取污染溯源、切断源头、管控/修复、效果评估。
土壤或地下水特征污染物	二级预警	宜采取污染溯源、切断源头，如特

污染情形	预警级别	响应措施
的污染羽未迁移出厂界，但超标 10 倍及以上		征污染物超标倍数较大，或有迁移扩散出厂界的趋势，可根据实际情况进一步开展管控/修复、效果评估。
土壤或地下水特征污染物的污染羽未迁移出厂界，但超标 10 倍以下	三级预警	可采取污染溯源与跟踪评估，如特征污染物含量（浓度）呈上升趋势或有迁移扩散出厂界的趋势，可根据实际情况进一步开展切断源头、管控/修复、效果评估。

如监测未发现特征污染物超标，则现阶段不需要采取响应措施，按照《重点监管单位土壤污染隐患排查指南（试行）》（生态环境部公告 2021 年第 1 号）和《工业企业土壤和地下水自行监测技术指南（试行）》（HJ 1209）定期开展隐患排查和自行监测。

五、污染溯源

（一）基础措施

根据《重点监管单位土壤污染隐患排查指南（试行）》（生态环境部公告 2021 年第 1 号）和《深圳市土壤污染重点监管单位管理工作指引（试行）》（深环办〔2024〕118 号）的要求，在原有排查的基础上提高综合排查、专项排查及日常巡查的频次。

重点排查以下问题：

1. 位于地面的重点设备在发生渗漏、流失、扬散的情况

下，是否具有防止污染物进入土壤的设施；

2. 是否掌握隐蔽性重点场所和重点设施设备（如地下储罐、接地储罐、地下管道、地下或半地下池体等）土壤污染预防设施性能参数；

3. 隐蔽性重点场所和重点设施设备是否达到设计性能参数和有关标准要求；

4. 隐蔽性重点场所和重点设施设备是否落实土壤污染预防措施，有无相关落实记录，包括日常维护、防腐防渗检查（如采用闭水试验等泄漏检测技术核查是否存在土壤污染隐患）、阴极保护有效性检查等；

5. 土壤污染预防设施是否能有效防止隐蔽性重点场所和重点设施设备污染物泄漏、渗漏；

6. 隐蔽性重点场所和重点设施设备是否存在土壤污染隐患。

（二）强化措施

可采取渗漏检测手段或污染溯源分析手段。

1. 渗漏检测手段

重点对地下（或接地）储罐、地下管线（槽）、废水池、原材料及货物暂存区、废水收集和排放系统、废弃物贮存场及预处理区域，以及运行多年或存在老化、破损、裂缝的池体，生产区内有明显的未硬化地面及地面裂缝的区域，管道转角、接口、阀门、导淋等易发生物料渗漏的位置开展渗漏排查。常见的渗漏检测手段见表 4。

表 4 常见的渗漏检测手段

排查对象	检测方法
埋地储罐	检测立管检测、双层间隙气体、液体监测、漏磁检测、磁粉检测、水压泄漏试验、宏观检验、壁厚测定等
接地储罐	漏磁检测、磁粉检测、声发射检测、水压泄漏试验等
地下或者半地下池体	满水试验、高密度电法等
地下管道	电视检测、潜望镜、声呐检测、流量法、压力法、噪声法、宏观检验、壁厚测定等
防渗阻隔设施	满水试验、玻璃仪器检测等

2. 污染溯源分析手段

根据《地下水污染模拟预测评估工作指南》（环土壤〔2019〕25号），选择合适的建模工具，结合水文地质调查资料进行地下水数字建模，包括地下水水流场模型和溶质迁移模型。根据地下水模型使用广泛性和技术可行性，可采用美国地质调查局 MODFLOW、MT3DMS 构建地下水水流场模型和溶质迁移模型，并与 Browser/Server 架构的软件系统相融合。

溯源方法主要分为直接法、数值模拟优化法和概率统计方法。直接法中运用最常见的是反向追踪法，在已知当前地下水巾污染物分布条件下，沿地下水流向的反方向，推求之前某个时间点的污染物分布，从而确定污染源位置；数值模拟优化法基于校正后的地下水污染迁移模型及优化算法理

论，反向计算导致污染指标变化的途径和范围，通过匹配污染范围内的污染源信息库实现溯源。

六、切断源头

(一) 基础措施

1. 清洁生产改造

淘汰有毒有害原辅材料或使用无毒、低毒原辅材料进行替代；采用先进生产工艺，降低资源的消耗，减少或避免污染物产生；加强原料、设备和环境等方面的管理，防止管道和设备泄漏。

2. 储罐与池体防渗

建设符合要求的接地或离地储罐，替代原有埋地储罐；单层直埋埋地储罐增设防渗罐池；使用双层储罐替代原有单层直埋埋地储罐；采用管道集输方式，替代原有单层直埋埋地储罐。

3. 管道与输送系统防渗

采用架空建设或地面敷设，建设符合要求的地上管道，替代原有地下管道；设置抗渗混凝土管沟、高密度聚乙烯（HDPE）膜防渗层或套管；采用非开挖修复技术，在原有地下管道内壁增设内衬防渗层，形成复合管；对地下钢制管道增设阴极保护系统。

4. 物料储存与转运优化

对散装液体物料采用密闭式储存和转运系统，防止物料挥发和泄漏。在物料装卸区设置防滴漏设施和溢流保护装置，防止物料外溢。

5. 废水收集与处理升级

建设符合要求的离地池体，替代地下、半地下或接地池体；修复原池体渗漏，在原有地下、半地下或接地池体设施内部设置储罐，构建具有二次防护性能的“池中罐”结构；采用内衬防渗技术，在原有地下、半地下或接地池体、污水井内部形成防渗层，构建具有二次防护性能的“池中池、井中井”结构；按照现行标准规范要求，对原有地下、半地下或接地池体、污水井进行拆除重建。

6. 污染迁移途径阻隔

在未设置防渗地面的重点区域建设符合要求的地面临防渗层；对裂缝、破损、腐蚀的地面临防渗层进行拆除重建或在原防渗层的基础上新建符合要求的地面临防渗层。

（二）强化措施

1. 清洁生产改造

引入智能制造技术，如自动化投料系统、机器人清洗设备，减少人工操作导致的物料泄漏。

2. 储罐与池体防渗

部署泄漏检测系统（如传感器、监测井），实时监控储罐和池体的渗漏情况。

3. 管道与输送系统防渗

采用可视化管道输送系统，实时监控物料输送状态，减少泄漏风险；高风险管道进行双层设计，内层输送物料，外层用于泄漏检测和应急收集。

4. 物料储存与转运优化

采用智能仓储系统，实时监控物料储存状态，自动预警异

常情况（如温度、压力异常）。

5. 废水收集与处理升级

采用“明管输送、实时监测”模式，确保废水全收集、全处理。

6. 污染迁移途径阻隔

采用纳米复合材料防渗膜，增强防渗性能和抗老化能力，延长使用寿命。部署智能防渗监测系统，实时监控防渗屏障的完整性和性能。

七、管控修复

针对土壤或地下水特征污染物超标倍数较大，或有迁移扩散出厂界的情形，根据土壤和地下水污染特征、区域地质和水文地质条件、管控目标、管控范围、管控周期和成本，选择确定管控修复措施，包括基础措施和强化措施，具体见表 5。

表 5 管控修复措施

类别	保护人体健康	保护周边环境
基础措施	管控：制度控制、水平阻隔等	管控：水力控制、垂直阻隔等
强化措施	修复：清挖处置、抽出处理、化学氧化还原、气相/多相抽提等	修复：清挖处置、抽出处理、化学氧化还原、气相/多相抽提、可渗透反应墙、强化生物修复等

具体技术方法可参照《建设用地土壤修复技术导则》(HJ 25.4)、《污染地块地下水修复和风险管控技术导则》(HJ 25.6)和《地下水污染修复(防控)工作指南(试行)》(环办〔2014〕99号)。

管控修复工程实施前,重点监管单位应制定方案并建议自行组织专家评审,方案内容包含:分析工程实施的环境影响,根据管控修复工艺过程产生的废水、废气、固体废物、噪声、扬尘等环境影响,制定相关的收集、处理和处置技术方案,落实相关环保措施,采取二次污染防治措施,防止边治理边污染。

为确保管控修复工程实施过程中人员安全,重点监管单位应结合生产情况制定周密的环境应急安全计划,针对识别出的安全问题,采取安全预防措施,配备必须的安全防护装备,组织开展安全防护培训,并准备突发事故时的应急措施,避免安全事故。

八、效果评估

(一) 总体目标

按照土壤和地下水污染风险与环境质量管理的思路,统筹考虑基于实际暴露情景的人体健康风险和地下水污染扩散的环境风险,确定总体目标(具体包括近期、中、远期目标),保证边生产边管控后,员工健康和周边环境风险为可接受水平。重点监管单位可结合自身环境风险等级和管控要求,根据近期、中、远期目标的完成情况,自行组织开展阶段性效果评估。

1. 近期目标：对已扩散出厂界的，立即控制现有范围不进一步扩大；对尚未扩散出厂界的，确保污染羽不进一步扩散出厂界。

2. 中期目标：2-3年内土壤和地下水特征污染物含量显著下降，地下水污染羽的范围显著减小。

3. 远期目标：在终止生产经营活动前，土壤环境质量满足《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB 36600)第二类用地筛选值，地下水环境质量满足《地下水质量标准》(GB/T 14848)IV类标准。

(二) 近期目标效果评估

采取措施后，遏制土壤和地下水污染加重和扩散趋势。重点场所或者重点设施设备未再出现跑冒滴漏现象、地面没有污染持续的痕迹；阻隔介质设置无缺项且保持有效状态，地面防渗措施良好，地面没有污染持续的痕迹。

对完成改造的储罐、池体、管道、重点区域地面、围堰等重点场所和设施设备开展渗漏检测，评估工程防渗性能。工程性能评估包括抗压强度、渗透性能、阻隔性能、工程设施连续性与完整性等。渗漏检测方法可参照表4。

(三) 中期目标效果评估

在完成近期目标后，可结合土壤和地下水自行监测工作开展。监测频次和监测指标与自行监测保持一致并符合HJ 1209的有关要求，避免重复监测。监测效果评估时间不少于2年。如连续2年监测周期内，各土壤监测点位的特征污染物均未出现累积；各地下水监测点位的特征污染物浓度

未出现较前次监测值升高 30%以上，或连续 4 次以上监测含量未呈现上升趋势等现象，可认为达到中期目标。

（四）远期目标效果评估

风险管控或修复工程施工完成后，重点监管单位可委托专业技术机构开展风险管控或修复效果评估，评价工程是否达到预期效果，工作流程和评价方法可参照《污染地块风险管控与土壤修复效果评估技术导则（试行）》（HJ 25.5）和《污染地块地下水修复和风险管控技术导则》（HJ 25.6）。

如土壤环境质量满足《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB 36600）第二类用地筛选值，地下水环境质量满足《地下水质量标准》（GB/T 14848）IV 类标准，可认为达到远期目标。