

河北省在产化工园区土壤和地下水污染
边生产边管控指南
(试行)

(征求意见稿)

二〇二四年九月

目 次

一、适用范围	1
二、规范性引用文件	1
三、术语与定义	3
(一) 边生产边管控	3
(二) 污染源	3
(三) 管控目标	3
(四) 易迁移污染物	3
四、总体要求	4
(一) 目标导向	4
(二) 系统治理	4
(三) 规范性	4
(四) 科学性	4
(五) 绿色可持续	5
五、工作内容与流程	5
(一) 工作内容	5
1. 污染源溯源	5
2. 断源	5
3. 管控修复	6
4. 后期环境监管	6
(二) 工作程序	6
六、问题识别与源解析	8
(一) 问题识别	8
1. 资料收集	8
2. 污染情况	8
3. 周边敏感目标	8
(二) 分区分类	8
1. 分区	8
2. 分类	9
3. 分区分类管理策略	9
(三) 污染源排查	11
(四) 污染物溯源	12
(五) 污染源清单建立	12
七、断源	12
(一) 明确断源措施	13
(二) 制定断源方案	13

(三) 编制断源报告	14
八、风险分级评价与管控方案制定	14
(一) 污染模拟预测	14
(二) 风险分级评价	15
1. 高风险	15
2. 中风险	15
3. 低风险	16
(三) 管控方案制定	16
1. 管控目标确定	16
2. 管控范围确定	17
3. 管控模式确定	17
4. 技术筛选	18
5. 制定方案	18
九、管控工程过程监管与效果评估	19
(一) 工程准备	19
(二) 过程管理	19
(三) 管控效果评估	19
十、监测监管	20
(一) 完善应急防控体系	20
(二) 强化园区监管	20
(三) 建立健全预警机制	21
附录A 化工园区地下水渗漏排查方法	22
附录B 在产化工园区地下水污染源解析方法	23
附录C 在产化工园区土壤和地下水污染防治模式	29

为贯彻落实《土壤污染源头防控行动计划》《地下水管理条例》《“十四五”土壤、地下水和农村生态环境保护规划》，依法加强化工园区土壤和地下水环境管理，按照防新增、去存量、控风险的思路，推进河北省在产化工园区土壤和地下水污染源头防控工作，制定《在产化工园区边生产边管控指南（试行）》（以下简称指南）。

一、适用范围

本指南规定了在产化工园区土壤和地下水污染边生产边管控的总体要求、流程、内容和方式等要求。

本指南适用于在产化工园区为控制土壤和地下水污染风险，确保污染不加重、不扩散，保障企业和园区内人群健康及周边敏感受体环境安全，且不影响企业安全生产的前提下，而依法自主组织开展的土壤和地下水污染边生产边管控工作。

在产企业开展土壤和地下水污染边生产边管控工作，可参照本指南。本指南未作规定事宜，应符合国家和行业有关标准的要求或规定。

二、规范性引用文件

本指南内容引用了下列文件中的条款。凡是未注明日期的引用文件，其有效版本适用于本指南。

GB 36600 土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）

GB/T 14848 地下水质量标准

HJ 25.1 建设用地土壤污染状况调查技术导则

HJ 25.5 污染地块风险管控与土壤修复效果评估技术导则（试行）

HJ 25.6 污染地块地下水修复与风险管控技术导则

HJ 493 水质采样样品的保存和管理技术规定

HJ 494 水质采样技术指导

HJ 164 地下水环境监测技术规范

HJ/T 166 土壤环境监测技术规范

《地下水污染修复（防控）工作指南（试行）》环办〔2014〕
99号

《地下水环境状况调查评价工作指南》（环办土壤函〔2019〕
770号）

《地下水污染健康风险评估工作指南》（环办土壤函〔2019〕
770号）

《地下水污染模拟预测评估工作指南》（环办土壤函〔2019〕
770号）

《地下水污染源防渗技术指南（试行）》（环办土壤函〔2020〕
72号）

《重点监管单位土壤污染隐患排查指南（试行）》（公告2021
年第1号）

《化工园区地下水环境状况调查评估技术方案》（土壤函
〔2021〕10号）

《地下水污染地球物理探测技术指南（试行）》（环办土壤
〔2022〕16号）

《地下水污染同位素源解析技术指南（试行）》（环办土壤
〔2022〕16号）

《土壤污染重点监管单位周边土壤环境监测技术指南》（总站

土字〔2022〕226号)

《地下水污染防治重点区划定技术指南(试行)》环办土壤函〔2023〕299号

三、术语与定义

下列术语和定义适用于本指南。

(一) 边生产边管控

在保障在产化工园区与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,以达到确保污染不加重、不扩散,保障企业和园区内人群健康及周边敏感受体环境安全底线目标。

(二) 污染源

可能造成化工园区土壤和地下水污染的来源,按污染时间和管控方式可分为泄漏源、历史污染源。其中,泄漏源指生产过程中储罐、管道、池体等可能发生原辅料等泄漏,使得污染物进入土壤和地下水的污染源;历史污染源是指历史生产过程中污染物进入土壤和地下水并形成的污染物高度积聚的区域,可能进一步迁移扩散影响周边环境的污染源。

(三) 管控目标

统筹考虑地下水污染扩散的环境风险和基于实际暴露情景的人群健康风险,为保障化工园区的人群健康和周边环境风险为可接受水平,所确定的边生产边管控风险管控工作目标,具体可包括近期、中远期目标。

(四) 易迁移污染物

由于污染物自身理化特性,在土壤和地下水环境中具有较高的

迁移性，易于发生扩散的污染物，如，六价铬、苯系物和卤代烃等。

四、总体要求

（一）目标导向

在产化工园区存在土壤和地下水污染问题的，查明污染源，完成断源、详细调查和风险评估等工作，启动实施针对性风险管控、修复活动。

（二）系统治理

采取“分区管控、分类管理、分级评价”思路，从溯源-断源-调查-管控修复-监测监管全方面推进在产化工园区边生产边管控工作。

分区管控。根据化工园区、周边环境目标的空间布局和土壤和地下水污染范围的空间分布，结合“三线一单”生态环境分区管控与区域地下水污染防治重点区划定结果，提出园区不同区域土壤和地下水污染风险管控要求。

分类施策，系统治理。根据化工园区土壤和地下水污染情况、周边环境目标的敏感程度，确定土壤和地下水污染风险关注度类别，明确在产化工园区分区分类管理策略。统筹考虑化工园区土壤和地下水污染风险，采取各要素协同防治的在产化工园区土壤污染防治模式。

（三）规范性

依据国家和地方生态环境保护等相关法律法规和标准规范的要求，开展园区边生产边管控工作。

（四）科学性

在充分确定化工园区土壤和地下水污染状况的前提下，综合考虑管控周期、成本、技术可行性和对人群健康和环境的影响，科学合理制定风险管控方案。严防边治理边污染，以及未查明污染源径汇关系仅对已知局部污染开展治理的行为。

（五）绿色可持续

倡导因地制宜采取风险管控措施，坚持“一园一策”，践行绿色低碳修复理念，降低资源能源消耗，有效控制潜在二次污染风险。在确保达到风险管控目标的前提下，实现环境净效益最大化和碳排放量最小化。

五、工作内容与流程

（一）工作内容

一般包括：污染源溯源、断源、管控修复和后期环境监管等阶段。

1. 污染源溯源

化工园区已发现土壤和地下水污染问题的，结合隐患排查、详细调查等工作开展污染源排查，分析污染原因，查明超标点的污染来源和污染途径，明确泄漏源或历史污染等污染来源。对于污染源排查阶段未排查出潜在污染源，或排查出的潜在污染源与超标监测点位不对应等情况，应开展污染物溯源。

结合污染源排查和溯源结果，编制污染源排查报告，形成污染源清单。

2. 断源

针对污染源清单，制定阻止污染物进一步渗漏、流失、扬散等

有效断源措施，结合实际分步有序断源。根据断源措施实施情况，结合土壤和地下水监测结果，编制断源报告

3. 管控修复

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，制定化工园区边生产边管控风险管控目标。根据风险分区分类分级评价结果，确定管控范围。明确管控模式，筛选管控技术，制定管控修复方案。开展管控工程，并对管控效果进行评价。

4. 后期环境监管

加强园区内部高、中风险企业地块的周边监测，若发现污染迁移出企业地块边界，应及时排查污染源、采取管控措施防止污染进一步扩散。对存在高风险企业地块的化工园区，应建成地下水环境质量监测预警网络，健全污染风险防控体系和长效监管机制。

(二) 工作程序

化工园区土壤和地下水污染边生产边管控流程如下。

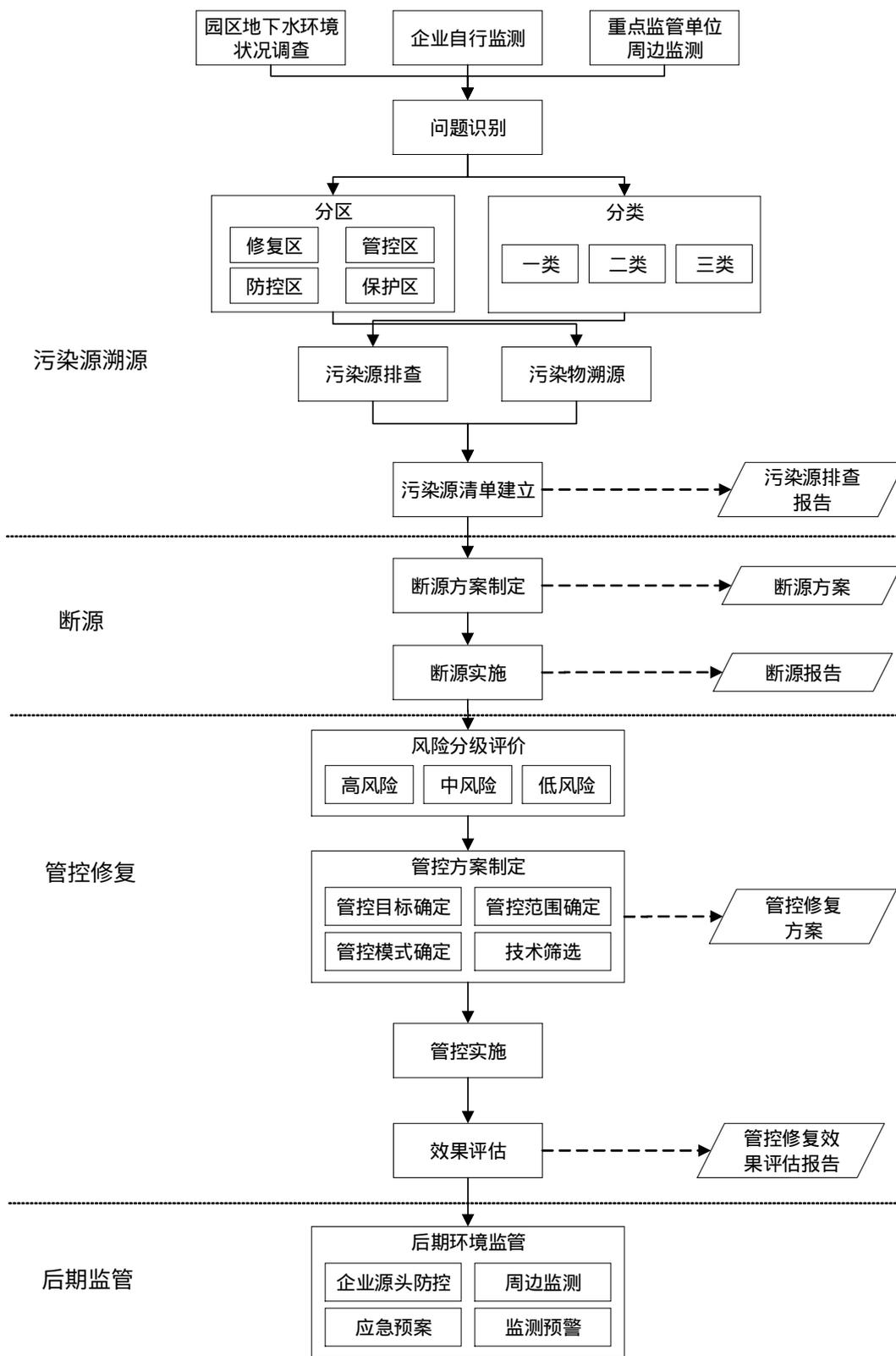


图 5-1 化工园区边生产边管控流程

六、问题识别与源解析

（一）问题识别

明确园区及周边环境基础状况，分析土壤和地下水的污染情况，识别土壤和地下水污染的主要问题。

1. 资料收集

收集分析园区和企业土壤和地下水历史调查监测信息，包括监测开展情况，土壤点位和地下水井点位编码、经纬度及其距园区边界和厂界距离，历史企业名称，土壤和地下水监测时间、监测数据、调查评估及监测评价结果，已有的隐患排查及整改台帐等。

2. 污染情况

根据化工园区地下水环境质量调查工作结果，全面系统整理辖区内化工园区地下水调查、企业污染隐患排查、企业土壤及地下水环境自行监测等相关工作的土壤与地下水监测数据，确定化工园区土壤和地下水污染情况。

3. 周边敏感目标

周边敏感点、地下水型饮用水水源与园区边界的距离，及园区特征污染指标的检测结果。

（二）分区分类

1. 分区

根据园区功能区划、企业分布与平面布置，周边环境目标及其敏感程度，结合化工园区地下水环境状况调查结果，划分在产化工园区风险管控单元。

（1）**修复区**：泄漏源或历史源等污染源所在区域；

(2) **管控区**：污染源迁移扩散形成的地下水污染羽区域；

(3) **防控区**：园区边界或已扩散至园区外的污染羽与周边环境敏感目标之间的区域；

(4) **保护区**：化工园区周边环境敏感目标（地下水型饮用水源保护区、生态敏感与脆弱区和社会关注区等）。

2. 分类

根据化工园区地下水环境状况调查结果，结合超标指标类别、超标点位与园区边界位置关系等，确定化工园区边生产边管控风险关注度类别。

(1) **高风险关注度**：园区地下水监测点特征指标超标、园区位于地下水高脆弱区，特征指标为易迁移有毒有害物质、超标**100**倍以上，或特征指标为有毒有害物质、且园区周边**1km**范围内有饮用水源。

(2) **中风险关注度**：园区地下水监测点特征指标超标，但因园区周边**1km**范围内不存在饮用水源、特征指标不属于有毒有害物质或污染难迁移扩散等，不会对环境敏感目标造成环境风险的。即高、低风险关注度以外的情况。

(3) **低风险关注度**：园区内部、下游及两侧的地下水监测点特征指标均不超标的。

分区分类方法参照《河北省在产化工园区土壤和地下水污染风险分区分类分级评价技术指南》。

3. 分区分类管理策略

结合化工园区土壤和地下水污染状况、对周边环境影响等因素，根据化工园区的分区分类，采取针对性的风险管控、修复或源头防

控活动，有效控制化工园区土壤和地下水污染。

表 6-1 化工园区分区分类管理策略对照表

类别	修复区	管控区	防控区	保护区
高风险关注度	污染源排查、断源 详细调查评估 污染源去除	溯源 风险管控	风险管控	整治（若污染） 定期监测
中风险关注度	污染源排查、断源 详细调查评估 风险管控	风险管控	定期监测	获取监测数据
低风险关注度	源头防控（隐患排查、自行监测、防渗排查等）			

（三）污染源排查

在产化工园区针对地下水环境状况调查或企业自行监测、重点监管单位周边监测等工作中已发现土壤和地下水污染问题的，结合隐患排查、详细调查或全面调查等工作开展污染源排查，分析污染原因，查明各“超标点位”具体的污染来源（造成污染的具体设施、设备或位置）和污染途径，明确现有企业设施设备渗漏、流失、扬散或历史污染等污染来源。

污染源排查可通过资料对比分析和现场踏勘，必要时开展隐患排查、渗漏检测等工作，方法参照《重点监管单位土壤污染隐患排查指南（试行）》（公告2021年第1号）、《地下水污染源防渗技术指南（试行）》（环办土壤函〔2020〕72号）和附录A 化工园区地下水渗漏排查方法的要求。

表 6-2 污染源排查适用方法

类别	排查对象	排查方法
泄漏源	地下管线（槽）	机器人检测、X6电法检测、密封装置检测、扩散管法、电容器传感法
	地下（或接地）储罐	声发射检测
	地下池体	玻璃仪器检测、密封装置检测
	生产区、储存区地面	目视检查、玻璃仪器检测

类别	排查对象	排查方法
	其他方法不适用或无法开展	地下水监测法
历史源	污染土壤和地下水	地下水监测法、示踪剂法等

(四) 污染物溯源

对于污染源排查阶段未排查出潜在污染源，或排查出的潜在污染源与超标监测点位不对应等情况，应开展污染物溯源。

污染物溯源可选择采用空间叠图法、化学指纹法、环境示踪剂示踪、稳定同位素法或多元统计法等，方法参照附录B 化工园区地下水污染源解析方法。

(五) 污染源清单建立

土壤污染重点监管单位和地下水污染防治重点排污单位应结合监测和源解析结果，化工园区管理机构确定并填写“在产化工园区污染源清单”。

结合污染源排查和溯源结果，编制污染源排查报告，形成污染源清单，报送市级生态环境部门审核后上报省级生态环境部门。

污染源排查报告应当包括以下主要内容：

- (1) 土壤和地下水污染状况；
- (2) 污染源排查方法与现场工作情况；
- (3) 污染源排查结果；
- (4) 污染源清单；
- (5) 断源措施建议。

七、断源

结合污染源排查结果，制定阻止污染物进一步渗漏、流失、扬散等有效断源措施，结合实际分步有序断源。

（一）明确断源措施

1.针对泄漏源（如：储罐、管线和储存池等），结合隐患排查整改和防渗排查等，加强源头防控，控制污染进入土壤和地下水。

（1）化工园区内涉及有毒有害物质的重点场所或者重点设施设备（特别是地下储罐、管网等）应进行防渗漏设计和建设，消除土壤和地下水污染隐患。开展防腐防渗改造、存储转运密闭化、管道输送可视化等绿色化改造。

（2）对化工、医药等行业企业已投产的晾晒池、蒸发塘等重点设施开展排查，发现防渗措施不到位、运行管理不规范的，督促企业采取有效措施封堵漏点。

（3）开展园区污水管网排查整治，减少管网漏失，提升工业园区污水收集处理效能。园区内废水做到应纳尽纳、集中处理和达标排放。

（4）鼓励有条件的化工园区开展管网升级改造，规模以上化工企业污水“一企一管、明管输送、实时监测”。

具体方法参照《地下水污染源防渗技术指南（试行）》。

2.针对历史污染源或易迁移污染物造成的污染，可能进一步迁移扩散影响园区周边敏感目标的，应制定阻断其迁移途径的措施。已造成土壤和地下水污染的企业在实施改建、扩建和技术改造项目时，必须采取有效措施防控污染。土地使用权人及时采取措施以最大程度降低污染扩散范围。

（二）制定断源方案

制定断源方案，针对每个污染源提出具体断源措施，以及计划完成时间。

断源方案应当包括以下主要内容：

- (1) 污染源情况；
- (2) 断源工程措施；
- (3) 必要的设施设备提标改造或者管理整改措施；
- (4) 实施主体与工作进度计划；
- (5) 断源效果评价方法与标准。

(三) 编制断源报告

根据断源措施实施情况，结合土壤和地下水监测结果，编制断源报告，报送市级生态环境部门审核后上报省级生态环境部门。

断源报告应当包括以下主要内容：

- (1) 污染源情况；
- (2) 采取的断源措施和管理整改措施；
- (3) 断源工作开展情况；
- (4) 断源效果评估工作和结果。

八、风险分级评价与管控方案制定

(一) 污染模拟预测

地下水环境状况初步调查发现地下水特征指标超标的园区，应开展详细调查评价、地下水模拟预测评估、地下水健康风险评估等工作，进一步确定园区土壤和地下水污染物种类、浓度和空间分布，调查方法和技术要求参照《地下水环境状况调查评价工作指南》和《化工园区地下水环境状况调查评估技术方案》。

通过地下水模拟预测，评估园区地下水污染物的迁移趋势，分析其对周边地下水饮用水源等敏感目标的影响，预测工作等级和方法参照《地下水污染模拟预测评估工作指南》。

（二）风险分级评价

结合详细调查评估、迁移模拟预测结果，以及污染源排查和断源工作成果，根据企业类型与规模、污染程度和空间分布、污染物迁移性和健康与环境的危害效应，以及园区地下水脆弱性等，开展在产化工园区企业土壤和地下水污染风险分级评价，方法参照《河北省在产化工园区土壤和地下水污染风险分区分类分级评价技术指南》。

在产化工园区土壤和地下水污染风险等级划定综合考虑健康风险和环境风险，兼顾污染现状和迁移趋势，将园区内部企业地块分为以下三个等级：

1. 高风险

现状监测表明土壤或地下水特征指标超标，且根据土壤和地下水污染现状风险评估或迁移模拟结果，对人群或环境敏感目标造成不可接受的健康和环境风险的企业地块，可确定其风险等级为高风险。

高风险企业地块的土地使用权人应立即采取管控修复措施，阻断土壤和地下水进一步迁移扩散的途径，修复地块外土壤和地下水污染至风险可接受水平。

存在高风险企业地块的化工园区，应结合园区污染情况和周边环境敏感目标保护要求，建立地下水环境质量监测网和污染预警系统，编制应急预案。

2. 中风险

现状监测表明土壤或地下水特征指标超标，但迁移模拟表明地下水特征污染物污染羽不会超出地块边界，未对人群或环境敏感目

标造成不可接受的健康和环境风险的企业地块，可确定其风险等级为中风险。

中风险企业地块的土地使用权人应立即采取管控修复措施，阻断土壤和地下水进一步向外迁移扩散的途径，并开展定期监测，编制应急预案，防止土壤和地下水污染向外迁移扩散。

存在中风险企业地块的园区，应加强企业地块周边监测，督促土地使用权人落实管控措施。

3. 低风险

现状监测结果表明土壤和地下水特征指标未超标，对人群或环境敏感目标不会造成不可接受的健康和环境风险的企业地块，可确定其风险等级为低风险。

低风险企业地块的土地使用权人，应加强源头防控，落实土壤污染防治法定义务。

存在低风险企业地块的园区，定期开展重点监管单位周边监测，并督促企业定期开展隐患排查和自行监测。

化工园区管理机构应及时以通知的形式，将分级评价结果和相应土壤和地下水污染管控要求发送给相关企业，督促企业开展污染防治措施，并将分级评价结果报送市级生态环境部门审核后上报省级生态环境部门。

（三）管控方案制定

土壤和地下水污染严重、污染物易迁移且周边存在敏感受体的高风险化工园区，必须制定管控方案，及时采取管控措施。

1. 管控目标确定

按照结合土壤-地下水污染风险管理与地下水环境质量的思

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，制定在产化工园区边生产边管控风险管控目标。

管控目标的确定应保证管控实施后，园区人群健康和周边环境风险为可接受水平，具体包括近期、中远期目标。

a.近期目标：有效断源，遏制土壤和地下水污染加重和扩散趋势。针对管控修复区域，控制现有范围不进一步扩大；对未扩散出界，控制污染羽扩散出园区边界。

b.中期目标：土壤和地下水污染浓度显著下降，地下水污染羽范围显著减小。

c.远期目标：土壤环境质量达到《土壤环境质量-建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600—2018）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—2017）IV类标准，或当化工园区周边存在水源地的满足《地下水质量标准》（GB/T 14848—2017）III类标准。

2. 管控范围确定

根据风险分区分类分级评价结果，确定管控范围。按照园区内部高风险区、中风险和低风险等分级评价结果，结合管控目标，划定对应管控范围。

3. 管控模式确定

根据化工园区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，结合园区分类管理策略，选择确定园区管控模式。参照附录C 在产化工园区土壤和地下水污染防治模式。

4. 技术筛选

根据园区土壤和地下水污染特征，按照确定的管控模式，筛选适用的修复和管控技术，评估管控效果、成本和环境影响等方面。技术筛选方法参照《建设用土壤修复技术导则》（HJ 25.4—2019）、《污染地块地下水修复和风险管控技术导则》（HJ 25.6—2019）和《地下水污染修复（防控）工作指南（试行）》（环办〔2014〕99号）。

5. 制定方案

根据确定的管控修复技术，制定技术路线，确定工艺参数，估算管控修复的工程量，确定管控修复方案。

化工园区管理机构编制管控修复方案，报送市级生态环境部门审核后上报省级生态环境部门后实施风险管控或修复。

管控修复方案应当包括以下主要内容：

- （1）园区土壤和地下水污染情况
- （2）污染源和断源情况
- （3）管控目标
- （4）管控范围
- （5）管控模式
- （6）管控技术
- （7）技术路线与工艺参数
- （8）工程量
- （9）环境管理计划
- （10）应急安全预案
- （11）进度安排

九、管控工程过程监管与效果评估

（一）工程准备

应在明确化工园区污染源、迁移途径的前提下，开展风险管控工程，避免工程作业扰动造成的污染扩散。

风险管控工程实施前，应首先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，以及噪声和扬尘等环境影响，制定相关的收集、处理和处置技术方案，落实相关环保设施，采取二次污染防治措施，防止边治理边污染。

为确保风险管控工程实施过程中施工人员与企业员工的安全，应结合企业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，并准备突发事件时的应急措施，避免安全事故。

（二）过程管理

化工园区管理机构组织第三方开展风险管控工程环境监测。针对园区内相关企业开展的管控工作活动应组织开展现场监督检查，核查相关企业管控工程环保设施运行和环保措施落实情况，以及风险控制措施落实情况。

市级生态环境管理部门对园区管控工程开展环境监测抽查，监督化工园区和企业落实二次污染防治措施。

（三）管控效果评估

化工园区风险管控工程施工完成后，应开展管控效果评估，评价管控是否达到预期效果，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—2018）和《污染地块地下水修复和风险管控技术导则》（HJ

25.6—2019)。

化工园区管理机构应组织第三方机构编制管控效果评估报告，报送市级生态环境部门审核后上报省级生态环境部门。

管控效果评估报告应当包括以下主要内容：

- (1) 园区土壤和地下水污染情况
- (2) 污染源和断源情况
- (3) 管控方案与实施情况、环境保护措施落实情况
- (4) 污染概念模型
- (5) 效果评估布点方案
- (6) 现场采样与实验室检测结果
- (7) 效果评估评价标准与方法
- (8) 效果评估结论
- (9) 后期环境监管建议

十、监测监管

(一) 完善应急防控体系

坚持预防为主、预防与应急相结合的原则，推进园区突发环境事件应急三级防控体系建设，健全化工园区边生产边管控过程突发环境事件应急联动机制，有效控制和消除环境安全隐患。

园区企业在边生产边管控过程造成或者可能造成突发环境事件时，应当立即启动突发环境事件应急预案，采取切断或者控制污染源以及其他防止污染扩散的必要措施，及时通报可能受到危害的单位和人员，并向化工园区管理机构和事发地县级以上生态环境管理部门报告。

(二) 强化园区监管

化工园区管理机构根据土壤和地下水污染空间分布，优化完善地下水监测网络，若发现园区公共区域出现污染，应立即排查污染源、采取管控措施防止污染进一步扩散。加强园区内部高、中风险企业地块的周边监测，若发现污染迁移出企业地块边界，应及时督促企业排查污染源、立即采取管控措施防止污染进一步扩散。当企业落实管控措施不到位，污染扩散至地块外时，及时组织采取应急措施，避免污染扩散。

市级生态环境部门应定期开展化工园区、土壤污染重点监管单位周边监测，发现存在污染迹象、污染物浓度呈现持续上升趋势的，应当对化工园区管理机构和重点监管单位进行预警，督促排查污染源，采取相关管控措施。发现地下水污染物超标的，督促化工园区管理机构和重点监管单位及时开展调查，组织污染源排查、溯源和成因分析，及时采取断源和风险管控措施，并监督断源和风险管控效果。

（三）建立健全预警机制

对存在高风险企业地块的化工园区，应建成地下水环境质量监测预警网络，健全污染风险防控体系和长效监管机制。鼓励化工园区依托智慧化化工园区建设，建立化工园区地下水污染监测预警体系。

附录A

(资料性附录)

化工园区地下水渗漏排查方法

A.1 适用范围

本文件适用于在产化工园区地下水渗漏排查。已开展土壤和地下水自行监测并在监测过程中发现土壤和地下水污染的地下水重点排污单位，需开展渗漏排查工作；未开展土壤和地下水自行监测，但存在地下水污染风险的重点单位也需开展排查工作。

A.2 排查重点

重点对地下（或接地）储罐、地下管线（槽）、填埋坑、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、尾矿库，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地下水渗漏排查。

A.3 排查方法

渗漏排查工作参考《地下水污染源防渗技术指南（试行）》《唐山市地下水重点监管单位污染源渗漏排查技术要求（2022年度）》。根据重点排污单位的性质和重点场所设施的特征选择适合的渗漏排查方法。

渗漏排查方法包括：

- (1) 机器人检测
- (2) X6电法检测
- (3) 玻璃仪器检测
- (4) 自动连接装置检测
- (5) 密封装置检测
- (6) 扩散管法
- (7) 电容传感器法
- (8) 示踪剂法
- (9) 电化学感应电法
- (10) 电学法
- (11) 地下水监测法等。

A.4 工作内容

(1) 首先对排查对象及周围环境进行调查，开展人员访谈和资料收集，明确可能存在的产污环节、污水管道分布、地下水及半地下储罐和池体等有毒有害物质可能发生渗漏的位置，了解该区域的地下水流动情况、周边敏感点，确定排查范围及方法，制定地下水渗漏排查工作方案。

(2) 结合地下水环境监测现状，综合分析污染物的来源和途径，提出相应的整改措施，如何进行防渗改造、工艺技术改造等，并按照现行地下水环境管理制度提出地下水长期自行监测计划。

(3) 排查完成后，排查对象应建立渗漏排查台账，并编制地下水渗漏排查报告。

附录B

(资料性附录)

在产化工园区地下水污染源解析方法

B.1 适用范围

本文件适用于在产化工园区污染地下水的源解析。

B.2 指导原则

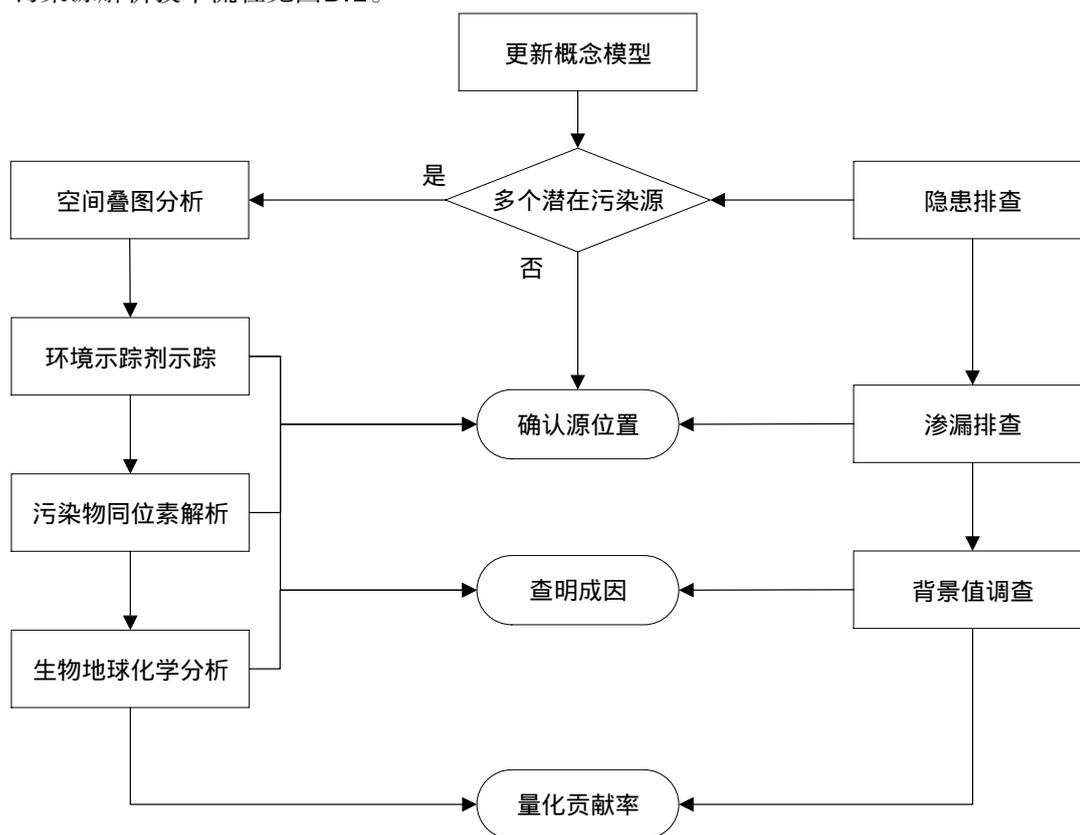
(1) 规范性原则：在污染源解析过程中，采用流程化和系统化方式规范工作流程，保证源解析工作过程的科学性和客观性。

(2) 实操性原则：在源解析方法和技术科学性的基础上，强调根据概念模型，基于当前科技发展和专业技术水平，考虑技术方法的适用性，保证源解析具备实操性。

(3) 协同互补原则：同时选用两种或多种源解析技术，确认污染源和量化贡献率两项主要工作，且二项工作之间相互印证，以查明污染成因，保证污染源解析的准确性。

B.3 工作流程

污染源解析技术流程见图B.1。



图B.1 工作流程

B.4 工作内容

B.4.1 更新地块概念模型

在地块污染状况调查基础上，更新地块概念模型，包括资料分析、要素概念化、关联性分析

和综合描述等。主要步骤参照《地下水污染监测自然衰减技术指南》中相关规定执行。

B.4.2 空间叠图分析

采用空间分析手段，将污染源和污染羽空间分布图，与地下水流场图叠加，以推断污染物迁移路径。主要步骤参照《地下水环境状况调查评价工作指南》（环办土壤函〔2019〕770号）中相关规定执行。

B.4.3 环境示踪剂示踪

沿推测的污染物迁移路径，采集测试地下水中环境示踪剂（如 ^3H 、 $^3\text{H}-^3\text{He}$ 、 ^{85}Kr 、CFCs和 SF_6 ）进行水流测年示踪，验证污染物迁移路径，重点解析污染源区至污染羽“源-径-汇”关系。

B.4.4 污染物同位素源解析

沿推测的污染物迁移路径，采集测试关注污染的稳定同位素，主要确认污染源位置，并量化各污染源的贡献率。

B.4.5 生物地球化学分析

必要时，沿推测的污染物迁移路径，采样测试有机物生物转化相关的代谢产物及微生物指标，揭示污染物迁移过程中的生物转化机理，阐释“源-径-汇”内在关系，查明污染分布特征的形成原因。

B.5 数据结果解译

B.5.1 污染源确定

（1）更新地块概念模型

参照《地下水污染监测自然衰减技术指南》中相关规定执行。

（2）空间叠图分析

主要步骤如下：

- a. 分析主要污染物浓度现状分布图，确定地下水污染物高浓度区；
- b. 根据识别的潜在污染源，结合土壤污染隐患排查、地下水污染泄漏排查等工作核查潜在污染源具体位置，并在图件中标出；
- c. 将主要污染物浓度现状分布图、潜在污染源位置分布图与地下水流场图叠加，推断地下水主要污染物来源。

（3）环境示踪剂示踪

一般污染地下水年龄较轻，推荐选取 ^3H 、 $^3\text{H}-^3\text{He}$ 、 ^{85}Kr 、CFCs、 SF_6 示踪剂，具体各示踪剂适用条件和优缺点见表B.1。

表B.1 常用的年轻环境示踪剂

方法	适用条件	优点	缺点
^3H	1952 年以来补给的地下水	很常用的方法，可以用来检验其他测年方法。	由于大气核试验停止和核爆氙的衰变，该方法已经快失效了。另外，很难确定初始输入函数值。
$^3\text{H}-^3\text{He}$	最适用于年龄小于 30 年的地下	不需要初始输入函数，年龄分辨率高，该方法现在	采样和测试成本较高，仅限于少数实验室可以测试，识别不同来源的

方法	适用条件	优点	缺点
	水	仍有效。	^3He 比较困难。计算的年龄不包括水在包气带中的传输时间。对于过量空气很敏感。
^{85}Kr	1950 年代以来补给的地下水	对于脱气现象不敏感，受地下污染源影响有限，对弥散不敏感，近期方法不会失效。	采样和测试成本较高，仅限于少数实验室可以测试，地下富含铀的岩石可以产生，影响方法的应用。
CFCs	测年范围为 1950 年 ~ 1990 年代早期补给的地下水	简单而测试成本低，如果能够避免吸附和降解则可以获得很好的结果。	由于输入函数在 1990 年早期以来趋于稳定，该方法有效性正逐渐减小；另外，CFCs 容易降解；存在非大气源的污染源。
SF_6	测年范围为 1970 年代以来补给的地下水	该方法在未来将继续有效，已经知道其输入函数，年龄范围短而测年精度高。	由于原位产生 SF_6 的缘故，可能在某些地区不适用；测年范围小，在近城市区难于应用。

常用数据结果解译方法如下：

(1) ^3H 、 ^3H - ^3He

参照《地下水污染同位素源解析技术指南（试行）》中相关规定执行。

(2) ^3H 、 ^{85}Kr 、CFCs、 SF_6 图解法

方法应用前提是假设地下水以活塞流运动。首先建立环境示踪剂大气降水输入历史记录曲线，根据样品中 ^3H 、CFCs或 SF_6 含量，在与大气输入函数曲线上浓度相等的点上划一条水平线，然后找出与大气输入曲线的交点所对应的时间。

对于CFC-12，测试浓度以联系亨利定律的等量大气浓度给出，假设CFC-12不分解（即：不存在厌氧条件），则对比在过去何时大气中的浓度等于测试的浓度。在样品值与大气浓度相等的点上划一条水平线，然后找出与大气输入曲线的交点。由于输入曲线单调增加，因此只有一个交点。

对于 ^3H 和 ^{85}Kr 以同样的方式来确定其代表的时间，但是，要考虑放射性衰变，需要从样品浓度反推到初始值，在半对数曲线上向后作一条直线，其斜率是由衰变常数给出，在直线与输入曲线的交点，可得到水粒子开始传输的可能时间。由于氙的输入曲线不是单调的，时间具有多解性。因此实际中必须结合水文地质条件具体分析，以确定更符合实际的地下水滞留时间。

(3) ^3H 、 ^{85}Kr 、CFCs、 SF_6 集中参数模型法

集中参数模型也称黑箱模型，假设系统是线性的稳定状态水流，给定一个示踪剂输入函数，根据传输函数来计算理论输出浓度（Zuber, 1994；Maloszewski等1996）：

$$C_{\text{输出}}(t) = \int_0^t C_{\text{输入}}(t-t')g(t')e^{-\lambda t'} dt'$$

式中：

$C_{\text{输入}}(t-t')$ ——示踪剂输入浓度；

$C_{\text{输出}}(t)$ ——示踪剂输出浓度；

$g(t')$ ——示踪剂年龄分布函数；

t——示踪剂输出浓度时间系列；

t'——示踪剂传输时间；

λ——放射性示踪剂衰变常数；

表B.2是各种模型的原理与应用条件，不同类型的集中参数模型给定的示踪剂传输函数不同，在计算过程中通过对比实测浓度和理论计算值来识别传输函数的参数，如平均滞留时间、弥散系数。

采用集中参数模型进行测年数据解释可以利用相关软件和电子表格来完成。

(四) 污染物同位素解析

当前常用的污染物同位素见表B.2，数据结果解译参照《地下水污染同位素源解析技术指南（试行）》中“5.2污染源识别”相关规定执行

表B.2 常用的集中参数模型

污染物		同位素
有机物	碳氢化合物	苯系物
		石油烃类
		多环芳烃类
	含氧碳氢化合物	酚类
		甲基叔丁基醚
	卤代物	氯代烃
溴代烃		
硝基化合物	硝基苯	
重金属	铬	^{53}Cr
	铅	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 、 $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 、 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 、 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$
无机物	硝酸盐	^{15}N 、 ^{18}O
	铵盐	^{15}N
	硫酸盐	^{34}S 、 ^{18}O
	氯化物	^{37}Cl

B.5.2 污染源贡献率量化

污染物同位素数据结果解译参照《地下水污染同位素源解析技术指南（试行）》中“5.3 污染源贡献率确定”相关规定执行。环境示踪剂数据结果解译常用的集中参数模型见表B.3。

表B.3 常用的集中参数模型

模型	原理与应用条件
活塞流模型（PFM）	活塞模型假定：同一断面不同流线上同位素传输时间相等；不存在水动力弥散和分子扩散。响应函数为：

	$g(t) = \delta(t - t_t)$ <p>式中：t_t—示踪剂平均滞留时间。</p> <p>输出浓度为：</p> $C_{\text{输出}}(t) = \int_0^t C_{\text{输入}}(t-t')g(t')e^{-\lambda t'} dt'$ <p>描述非混合系统，示踪剂从补给区以运动输出浓度仅是由于输入浓度的放射性衰变，示踪剂平均滞留时间（t_t）是模型唯一的参数，给定该参数系列，可以计算出输出浓度。该模型仅应用于恒定示踪剂输入的系统，实际地下水流动系统很少符合这种模式。</p> <p>应用活塞流模型解释氡数据只能识别出 1954 年以来补给的地下水。</p>
指数模型（EM）	<p>也称为全混合模型，其假设不同流线之间没有同位素交换，且不同流线的同位素传输时间呈指数分布。即，流线愈短，同位素传输时间愈接近于零，流线愈长，同位素传输时间愈长。响应函数为：</p> $g(t) = t_t^{-1} e^{-t/t_t}$ <p>示踪剂平均滞留时间（t_t）是模型唯一的参数，给定该参数系列，可以计算出输出浓度。该模型通常可以得出一个比较合适的年龄，最大可识别出 1000 年的地下水。</p> <p>完整井和全排型泉近似这种情况，所采的样品符合指数模型的要求。当地下水系统中不存在无限短的流线时，或者当采样井为滤水管位置较深的非完整井时，该模型不适用。</p>
指数-活塞流模型（EPM）	<p>含水层假设由两部分组成，一个是指数型分布的运移时间，另一个是活塞流分布运移时间，</p> $g(t) = \begin{cases} \eta/t_t \exp(-\eta t/t_t + \eta - 1), & t < (1-\eta^{-1})t_t \\ 0, & t < (1-\eta^{-1})t_t \end{cases}$ <p>式中：η—系统中流动水总体积与指数型水体积之比。</p> <p>当$\eta=1$时，为指数模型，$\eta=\infty$时，为活塞流模型。</p>
弥散模型（DM）	<p>响应函数为：</p> $g(t) = \left(4\pi P_d t/t_t\right)^{-1/2} t^{-1} \exp\left[-\frac{(1-t/t_t)^2}{4P_d t/t_t}\right]$ <p>式中：P_d—视弥散系数(=D/v_x，Peclet 数的倒数)，实际与地下水系统一般的弥散度(D/v)无关。</p> <p>弥散度很小的氡弥散模型只能识别出 1954 年以来补给的地下水，典型弥散系统可识别年龄上限可达 100~200 年。</p>

B.5.3 污染成因查明

(1) 土壤污染隐患排查和泄漏排查

参照《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）、《炼焦化学工业企业土壤污染隐患排查技术指南》（环办土壤函〔2022〕455号）、《地下水污染源防渗技术指南（试行）》（环办土壤函〔2020〕72号）等相关规定执行。

（2）生物地球化学分析

参照《地下水污染监测自然衰减技术》附录A中辅助证据和可选证据方法相关规定执行，揭示微生物的降解机理、量化降解速率。

（3）背景值调查

基于上述工作，结合环境背景值调查，明确污染是环境地质、生产性污染、历史遗留污染成因。

B.6 成果报告编写

（1）图件

根据场地的范围确定比例尺，绘制潜在污染源分布图、采样点平面位置图、土壤和地下水污染分布图、水文地质平面图和剖面图、地下水流场等相关图件。要求图件的表达规范、图例统一、图面清晰、实用易懂。

（2）技术报告

参照《地下水污染同位素源解析技术指南（试行）》中“第六章技术成果编制”相关规定执行。

附录C

(资料性附录)

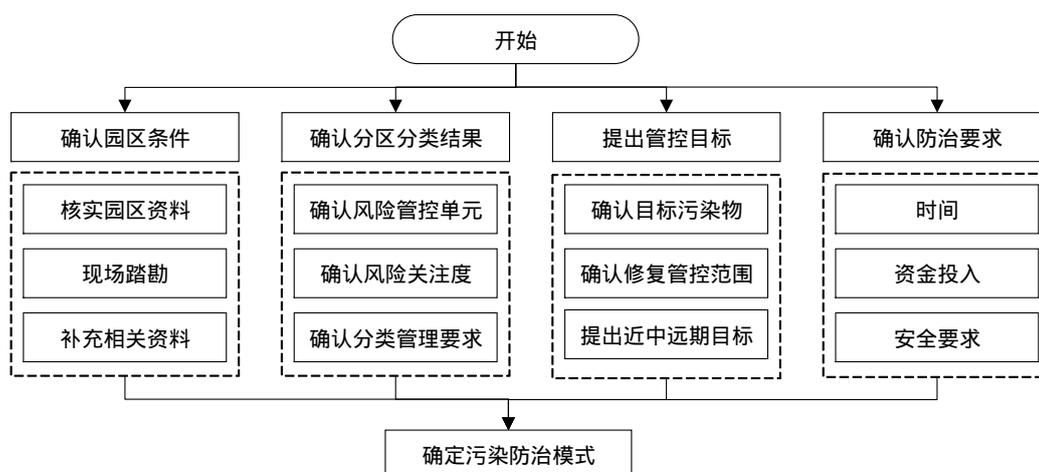
在产化工园区土壤和地下水污染防治模式

C.1 适用范围

本文件适用于在产化工园区土壤和地下水污染防治模式的确定。其他在产园区或工业集聚区土壤和地下水污染防治模式可参考本文件。

C.2 确定流程

在产化工园区土壤和地下水污染防治模式的确定流程见图C.1。



图C.1 在产化工园区土壤和地下水污染防治模式确定流程

C.3 防治模式

在产化工园区土壤和地下水污染防治模式的选择见表C.1。

表C.1 常见在产化工园区土壤和地下水污染防治模式

类别	修复区	管控区	防控区
高风险关注度	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 断源：泄露设施设备更换或防渗改造、清挖和处置重污染土壤、抽出处置 NAPL 等 ◇ 污染土壤和地下水修复：化学氧化还原、热处理、地下水抽出处理、阻隔、可渗透反应墙等 	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 风险管控：监测自然衰减、抽出处理、空气曝气、气相/多相抽提、生物修复等 	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 风险管控：监测+预警、制度控制
中风险关注度	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 断源：泄露设施设备更换或防渗改造、清挖和处置重污染土壤 ◇ 管控：化学氧化还原、监测自然衰减、地下水抽出处理、气相/多相抽提、可渗透反应墙等 	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 风险管控：监测自然衰减、抽出处理、空气曝气、气相/多相抽提、生物修复等 	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 定期监测、制度控制

低风险 关注度	◇ 源头防控 （开展隐患排查、自行监测、防渗排查等；如必要，开展清洁生产改造、绿色化改造等）
------------	-------------------------------------------------------