

中度污染地块风险管控技术方案

**（征求意见稿）**

编制单位：江苏省环境科学研究院

东南大学

南京大学

二○二二年九月

目 录

[前 言 III](#_Toc1652)

[1 范围 1](#_Toc1803)

[2 规范性文件 1](#_Toc18418)

[3 术语与定义 1](#_Toc29289)

[3.1 中度污染地块 1](#_Toc19435)

[3.2 目标污染物 2](#_Toc4958)

[3.3 目标污染迁移特性 2](#_Toc25869)

[3.4 土壤污染风险管控目标 3](#_Toc19483)

[3.5 土壤风险管控模式 4](#_Toc17938)

[3.6 制度控制 4](#_Toc16503)

[3.7 工程控制 4](#_Toc30551)

[3.8 植物管理 4](#_Toc956)

[4 基本原则和工作程序 4](#_Toc8692)

[4.1 基本原则 4](#_Toc14788)

[4.2 工作程序 5](#_Toc9430)

[5 选择风险管控模式 7](#_Toc28232)

[5.1 确认地块条件 7](#_Toc19308)

[5.2 提出风险管控目标 7](#_Toc15173)

[5.3 确定风险管控范围 8](#_Toc31452)

[5.4 选择污染地块风险管控模式 8](#_Toc24545)

[6 筛选风险管控技术 8](#_Toc4583)

[6.1 技术初步筛选 8](#_Toc13120)

[6.2 技术可行性分析 8](#_Toc22755)

[6.3 技术综合评估 9](#_Toc31520)

[7 制定风险管控技术方案 9](#_Toc2667)

[7.1 制定备选技术方案 9](#_Toc11318)

[7.2 比选技术方案 10](#_Toc700)

[7.3 制定环境管理计划 10](#_Toc2729)

[7.4 编制技术方案 11](#_Toc21209)

[8 污染地块风险管控工程设计 11](#_Toc4885)

[8.1 一般要求 11](#_Toc7657)

[8.2 初步设计 11](#_Toc6402)

[8.3 工艺和辅助专业设计 13](#_Toc6767)

[9 污染地块风险管控工程施工 14](#_Toc11695)

[9.1 膨润土防水毯铺设施工 14](#_Toc7751)

[9.2 土工膜铺设施工 17](#_Toc15013)

[9.3 施工准备 22](#_Toc5008)

[9.4 施工过程 23](#_Toc21867)

[9.5 环境管理 23](#_Toc26096)

[9.6 施工监测 23](#_Toc15955)

[10 污染地块风险管控工程运行及监测 24](#_Toc13000)

[10.1 运行维护 24](#_Toc19003)

[10.2 运行监测 24](#_Toc7263)

[11 风险管控效果评估 25](#_Toc14252)

[11.1 风险管控效果评估标准 26](#_Toc24331)

[11.2 风险管控效果评估方法 26](#_Toc12750)

[11.3 风险管控效果评估报告编制 27](#_Toc213)

[12 提出后期环境监管建议 27](#_Toc6141)

[12.1 后期环境监管要求 27](#_Toc30525)

[12.2 长期环境监测 27](#_Toc5894)

[13.3 制度控制 27](#_Toc15356)

[附录A 28](#_Toc18777)

[附录B 29](#_Toc20728)

[附录C 31](#_Toc32747)

前 言

根据《中华人民共和国环境保护法》和《中华人民共和国土壤土壤污染防治法》，保护生态环境，保障人体健康，加强污染地块环境监督管理，规范沿江化工遗留污染地块中的中度污染地块风险管控工作，制定本方案。

本技术方案拟定了中度污染地块风险管控的基本原则、程序、内容及技术方案。

1 范围

本技术方案适用于沿江化工遗留污染地块中的中度污染地块风险管控工作。

2 规范性文件

《建设用地土壤污染状况调查技术导则》（HJ 25.1-2019）；

《建设用地土壤污染风险管控和修复监测技术导则》（HJ 25.2-2019）；

《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ 25.3-2019）；

《建设用地土壤修复技术导则》（HJ 25.4-2019）；

《污染地块风险管控与土壤修复效果评估技术导则》（HJ 25.5-2018）；

《污染地块地下水修复和风险管控技术导则》（HJ 25.6-2019）；

《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准(试行)》（GB36600-2018）；

《地下水质量标准》(GB/T 14848-2017)

《固体废物浸出毒性浸出方法水平振荡法》（HJ 557-2010）

《固体废物浸出毒性浸出方法醋酸缓冲溶液法》（HJ/T 300-2007）

《工业建筑防腐蚀设计标准》（GB 50046-2018）

《土工合成材料聚乙烯土工膜》（GB/T 17643-2011）

《钠基膨润土防水毯》（JG/T 193-2006）

《建筑与市政工程地下水控制技术规范》（JGJ 111-2016）

3 术语与定义

下列术语和定义仅适用于本风险管控技术方案。

## 3.1 中度污染地块

土壤中污染物含量高于筛选值，同时未超出管制值，污染物在地块中不易迁移，且地下水不超地下水风险管控值，判定为中度污染地块（筛选值<C≤管制值，且污染物在地块中不易迁移，地下水不超地下水风险管控值）。土壤污染物筛选值与控制值的判定参照GB36600-2018执行。

3.1.1 地下水风险管控值

a) 地下水型饮用水源保护区及补给区

污染地块位于集中式地下水型饮用水源(包括已建成的在用、备用、应急水源，在建和规划的水源）保护区及补给区（补给区优先采用已划定的饮用水源准保护区)，选择GB/T14848中II类限值作为地下水风险管控值。对于GB/T 14848未涉及的目标污染物，按照饮用地下水的暴露途径计算地下水风险控制值作为地下水风险管控值，风险控制值按照HJ 25.3确定。

当选择GB/T14848中II类限值或按照HJ 25.3确定的地下水型饮用水源保护区及补给区内污染地块的地下水风险管控值低于地下水环境背景值时，可选择背景值作为地下水风险管控值。

b) 其他区域

具有工业和农业用水等使用功能的污染区域，按照GB/T 14848要求制定地下水风险管控值。对于GB/T14848未涉及的目标污染物，采用风险评估的方法计算风险控制值作为地下水风险管控值，风险控制值按照HJ 25.3确定。

不具有工业和农业用水等使用功能的污染区域，采用风险评估的方法计算风险控制值作为地下水风险管控值，风险控制值按照HJ 25.3确定。

当选择相关标准或按照HJ 25.3确定的其他区域的污染地块目标值低于地下水环境背景值时，可选择背景值作为地下水风险管控值。

c) 其他情况

经风险管控技术经济评估，无法达到b)提出的地下水风险管控值时，应当制定地下水风险管控目标作为地下水风险管控的阶段目标值。

## 3.2 目标污染物

在地块环境中其数量或者浓度已达到对人体健康和生态受体具有实际或者潜在不利影响的，需要进行风险管控的关注污染物。

## 3.3 目标污染迁移特性

3.3.1 当污染物具有易挥发（挥发、半挥发有机物和无机物）的特性时可直接判定为易迁移；

3.3.2 当污染物具有不易挥发、不易溶于水的特性时应结合受污染土壤中目标污染物的淋滤实验判定污染物的迁移特性。

3.3.2.1 淋滤实验中淋滤柱中填充的污染土应是风险管控目标地块的原状（以无人为破碎土壤结构为宜）土层（从表层土至潜水层顶层）；淋滤实验以三个及以上平行实验为宜。

3.2.2.2 根据土壤的含水量，称取 20～100 g 样品，于预先干燥恒重的具盖容器中，在 105℃下烘干，恒重至±0.01 g。在取样品测含水率时应按每20 cm为一层（最后一层不足20 cm时应记为一层），最后分别计算各层含水率。

3.2.2.3 当污染物为无机污染物时淋滤剂为试剂水（GB/T 6682，二级）；当污染物为不挥发有机物时淋滤剂为1#（加5.7 ml冰醋酸至500 ml试剂水中，加64.3 ml 1 mol/L 氢氧化钠，稀释至1 L。配置后的溶液pH值应为4.93±0.05。）或2#（用试剂水稀释17.25 ml的冰醋酸至1L。配置后的溶液pH值应为2.64±0.05。）。

3.2.2.4 当污染物为不挥发有机物时淋滤剂的选择应当以以下规定为判别方法。土壤pH的测定方法为5.0 g土加入96.5 ml纯水（GB/T 6682，二级），磁力搅拌器猛烈搅拌5 min，然后测定pH。在测定土壤pH时所用的土壤样品应当是所有土层混匀（土层划分参考3.2.2.3）后的土壤。当土壤的pH值小于5.0时用淋滤剂1#。当土壤pH值大于5.0时，加3.5 ml 1 M的盐酸盖上表面皿，加热至50℃，并在此温度下保持10 min；将溶液冷却至室温，测定pH，如果pH值小于5.0时用浸提剂1#；如果pH值大于5.0时用淋滤剂2#。

3.2.2.5 淋滤剂体积的选择应当区分有机物与无机物，并且计算淋滤剂体积时应当去除土壤本身的含水率。有机物的淋滤剂体积与土壤质量的液固比为20:1（L/kg）；无机物的淋滤剂体积与土壤质量的液固比为10:1（L/kg）。

3.2.2.6 淋滤剂在淋滤时宜高出土壤最上层表面5 cm为宜。

3.3.3 当淋滤液中目标污染物浓度C<地下水风险管控值，判定为污染物易迁移；当淋滤液中目标污染物浓度C≥地下水风险管控值，判定为污染物易迁移。地下水风险管控值的确定参照3.1.1执行。

3.3.4 当污染物具有易溶于水的特性时应结合土壤的淋滤实验判断污染物的迁移特性。具体判定依据参照3.3.2执行。

## 3.4 土壤污染风险管控目标

阻断土壤污染物暴露途径，阻止土壤污染向场地外扩散，保障对人体健康和生态安全，场地内污染总量或者有效态逐渐降低。

## 3.5 土壤风险管控模式

实现土壤风险管控目标的制度控制和工程控制的方法体系。

## 3.6 制度控制

通过制定和实施条例、准则、规章或制度等管理手段控制污染地块潜在风险，减少或者阻止人群对地块污染物的暴露，防范和杜绝土壤污染可能带来的风险和危害。

## 3.7 工程控制

采用工程技术措施，对污染物迁移或者染物暴露途径进行控制，降低和消除地块土壤对人体健康和生态受体的风险。

## 3.8 植物管理

以景观绿化植物的配置为核心，并通过水肥调控等手段，促进土壤污染物总量的消减或生物有效性降低，提升土壤生态服务功能。

4 基本原则和工作程序

## 4.1 基本原则

### 4.1.1 统筹性原则

污染地块土壤风险管控应统筹土壤、空气等介质经口、皮肤、呼吸等多途径暴露对受体产生的影响。

### 4.1.2 规范性原则

根据相关法律法规要求，保证土壤风险管控过程的规范性。

### 4.1.3 可行性原则

根据污染地块水文地质条件、土地使用功能、污染程度和范围以及对人体健康和生态受体造成的危害，因地制宜选择风险管控模式，风险管控措施切实可行。

### 4.1.4 安全性原则

污染地块风险管控技术方案制定、工程设计、工程实施全过程，应充分考虑工程技术本身及实施过程的安全性，防止对施工人员、周边人群和生态受体产生危害。

## 4.2 工作程序

中度污染地块风险管控的工作程序如图1所示。

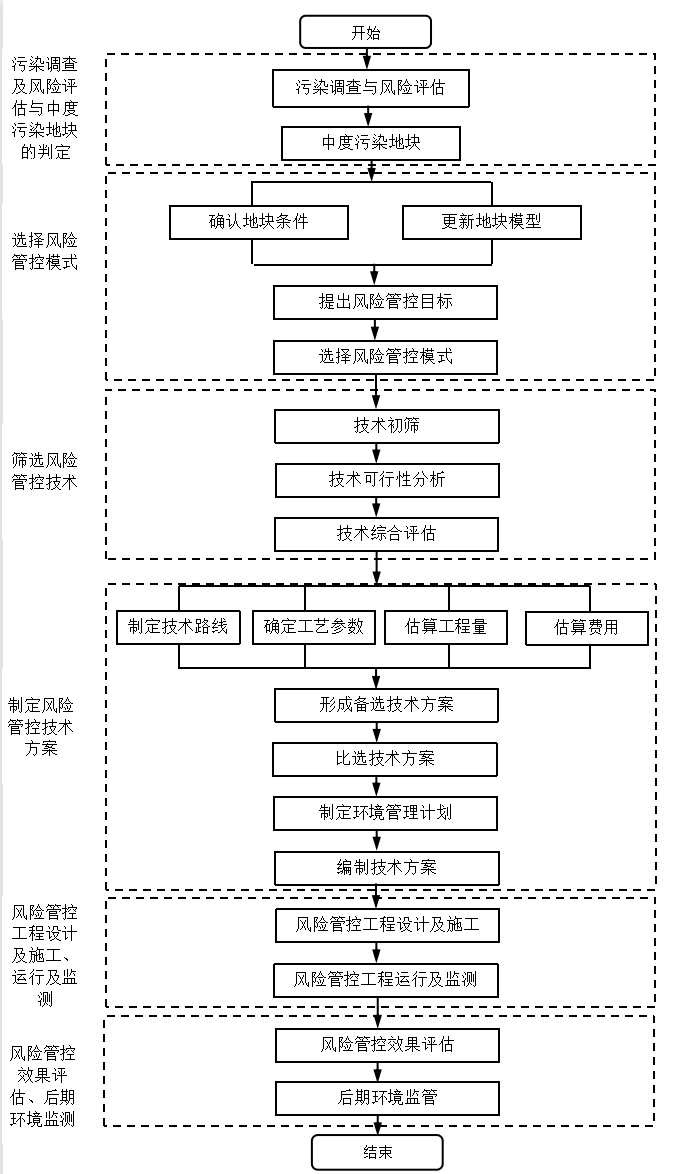


图1 中度污染地块风险管控的工作程序

### 4.2.1 污染调查及风险评估与中度污染地块的判定

污染调查按照《建设用地土壤污染状况调查技术导则》（HJ 25.1）规定进行；中度污染地块的判定按照3.1的内容进行判定。中度污染地块污染物的风险评估按照《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ 25.3）进行。

### 4.2.2 选择污染地块土壤风险管控模式

确认地块条件，更新地块概念模型。结合地块水文地质条件、污染特征、地块使用功能，明确污染地块风险管控目标，提出风险管控的总体思路。

### 4.2.3 筛选风险管控技术

根据污染地块的具体情况，按照确定的风险管控模式，初步筛选风险管控技术。通过实验室小试、现场中试和模拟分析等，从技术成熟度、适用条件、成本、和环境风险等方面确定适宜的风险管控技术。

### 4.2.4 制定风险管控技术方案

根据确定的风险管控技术，采用一种及以上技术进行优化组合集成，制定技术路线。确定风险管控技术工艺参数，估算工程量、费用和周期，形成备选技术方案。从技术指标、工程费用、环境及健康安全等方面比较备选技术方案，确定最优技术方案。

### 4.2.5 风险管控工程设计及施工

根据确定的风险管控技术方案，开展风险管控工程设计及施工。工程设计根据工作开展阶段划分为初步设计和施工图设计，根据专业划分为工艺和辅助专业设计。工程施工宜包括施工准备、施工过程，施工过程应同时开展环境管理。

### 4.2.6 风险管控工程运行及监测

风险管控工程施工完成后，开展工程运行维护、运行监测，趋势预测和运行状况分析等。工程运行中应同时开展运行监测。对风险管控工程运行监测数据进行趋势预测。根据监测数据及趋势预测结果开展工程运行状况分析，判断风险管控工程的目标可达性。

### 4.2.7 风险管控效果评估

制定风险管控效果评估布点和采样方案，评估风险管控是否达到工程性能指标和污染物指标要求。

对于风险管控效果，若工程性能指标和污染物指标均达到评估标准，则判断风险管控达到预期效果，可对风险管控措施維续开展运行与维护：若工程性能指标或污染物指标未达到评估标准，则判断风险管控未达到预期效果。应对风险管控措施进行优化或调整。

### 4.2.8 后期环境监管

根据风险管控工程实施情况与效果评估结论，提出后期环境监管要求。

5 选择风险管控模式

## 5.1 确认地块条件

### 5.1.1 核实地块资料

根据前期按HJ 25.1和HJ 25.2完成的地块环境调查和按HJ 25.3完成的污染地块风险评估等资料，重点核实污染地块基本情况、水文地质条件、受体与周边环境情况、土壤与地下水污染特征等。

### 5.1.2 现场踏勘

考察地块现状，特别关注前期地块环境调查和风险评估后发生的重大变化，以及周边地下水型饮用水源等受体的变化情况。考察地块风险管控工程施工条件，特别关注地块用电、用水、交通、地下水监测井等情况，为风险管控工程施工区布局提供基础信息。

### 5.1.3 补充技术资料

通过核查地块已有水文地质条件。地下水特征等资料和现场踏勘情况。如发现已有资料不能满足风险管控技术方案编制、工程设计要求，应补充相关资料。必要时应适当开展补充监测，甚至进行补充性土壤污染状况调查和风险评估，相关技术要求参考 HJ 25.1、HJ 25.2 和 HJ 25.3。

## 5.2 提出风险管控目标

确认前期地块环境调查和风险评估提出的风险管控目标污染物，根据地块及受体特征、规划、土地使用功能和地项因素等，确定风险管控目标污染物。

当污染地块位于集中式地下水型饮用水源(包括已建成的在用、备用、应急水源，在建和规划的水源)保护区及补给区（补给区优先采用己划定的准保护区）时，应同步制定风险管控目标，阻断土壤污染物地下水暴露途径，阻止污染扩散。

## 5.3 确定风险管控范围

根据HJ 25.1确定的污染物空间分布，结合风险管控目标，确定风险管控范围。

## 5.4 选择污染地块风险管控模式

与地块利益相关方进行沟通，确认对污染地块污染风险管控的要求，如土地利用规划、修复周期、预期经费投入等，结合污染地块特征、土壤污染风险管控目标等，明确总体思路，选择降低污染物毒性、迁移性的风险管控技术，阻断暴露途径和阻止土壤污染物扩散的工程控制措施，或限制受体暴露行为的制度控制措施中的任意一种或其组合。

6 筛选风险管控技术

## 6.1 技术初步筛选

根据污染地块地质条件、土壤污染特征和确定的风险管控模式等，从适用的目标污染物、技术成熟度、成本和环境风险等，分析比较现有土壤风险管控技术的优缺点，重点分析各技术工程应用的适用性。可采用对比分析、矩阵评分和类比等方法，初步筛选一种或多种风险管控技术。中度污染地块风险管控技术适用性见附录A。

## 6.2 技术可行性分析

6.2.1 实验室小试

实验室小试应针对初步筛选技术的关键环节和关键参数，制定实验室小试方案，采集污染土壤，按照不同的技术或组合试验效果，确定最佳工艺参数和可能产生的二次污染物，估算成本。实验过程需有严格的质量保证和控制。

6.2.2 现场中试

现场中试应根据风险管控技术特点，结合地块条件、地质与水文地质条件、污染物类型和空间分布特征等，选择适宜的单元开展中试，获得设计和施工所需要的工程参数，确定现场中试过程中可能产生的二次污染物。可采用相同或类似污染地块风险管控技术的应用案例进行分析，必要时可现场考察和评估应用案例实际工程。现场中试过程中需实施二次污染防治措施。

## 6.3 技术综合评估

基于技术可行性分析结果，采用对比分析或矩阵评分法对初步筛选技术进行综合评估，确定一种或多种可行技术。

7 制定风险管控技术方案

## 7.1 制定备选技术方案

### 7.1.1 制定技术路线

根据污染地块风险管控模式，采用技术筛选确定的一种或多种技术优化组合集成，结合地块管理要求等因素，制定技术路线。技术路线应反映风险管控的总体思路、方式、工艺流程等，还应包括工程实施过程中二次污染防治措施、环境监测计划和环境应急安全计划等。

### 7.1.2 确定工艺参数

风险管控技术的工艺参数应通过实验室小试和现场中试获得。工艺参数包括但不限于药剂投加量或比例、施工面积、绿化植物种植密度等。

### 7.1.3 估算工程量

根据技术路线，按照确定的单一风险管控技术或风险管理控技术组合的方案，结合工艺流程和参数，估算每个风险管控方案的工程量。所需的工程量是方案涉及的工程量，还应考虑风险管控过程中受污染水体、气体和固体废物等的无害化处理处置的工程量。

### 7.1.4 估算费用

根据地块风险管控工程量，估算并比较不同风险管控方案所产生的费用，包括直接费用和间接费用。直接费用主要包括风险管控工程材料、工程实施等费用，间接费用包括风险管控工程监测、工程监理、质量控制、健康安全防护和二次污染防范措施等费用。

### 7.1.5 形成备选技术方案

根据水文地质条件、风险管控目标、技术路线、工艺参数、工程量、费用等。制定不少于2套的备选技术方案。

## 7.2 比选技术方案

对备选技术方案的主要技术指标、工程费用、环境及健康安全等比选，采用对比分析或矩阵评分等方法确定最优方案，比选内容包括:

a)主要技术指标：结合地块污染特征、风险管控目标，从符合法律法规、效果、成本和环境影响等方面，比较不同备选技术方案主要技术的可操作性、有效性。

b)工程费用：根据风险管控的工程量，估算井比较不同备选技术方案费用，比较不同备选技术方案产生费用的合理性。

c)环境及健康安全：综合比较不同各选技术方案的二次污染排故情况以及对施工人员、周边人群健康和生态受体的影响等。

## 7.3 制定环境管理计划

### 7.3.1 二次污染防治措施

对施工和运行过程造成的地下水，土壤、地表水、环境空气等二次污染，应制定防治措施，并分析论证技术可行性。经济合理性、稳定运行和达标排放的可靠性。

### 7.3.2 环境监测计划

环境监测计划包括工程实施过程的环境监理、二次污染监控中的环境监测。应根据确定的技术方案，结合地块污染特征和所处环境条件，有针对性地制定环境监测计划。相关技术要求参照HJ 25.2执行。

### 7.3.3 环境应急安全计划

为确保地块风险管控过程中施工人员与周边人群和生态受体的安全，应根据国家和地方环境应急相关法律法规。标准规范编制环境应急安全计划，内容包括安全问题识别、预防措施、突发事故应急措施、安全防护装备和安全防护培训等。

## 7.4 编制技术方案

污染地块风险管控技术方案要全面反映工作内容，技术方案中的文字应简沽和准确，并尽量采用图、表和照片等形式描述各种关键技术信息，以利于工程设计和施工方案编制。风险管控方案应根据地块的环境特征和地块风险管控工程的特点选择附录B全部或部分内容进行编制。

8 污染地块风险管控工程设计

## 8.1 一般要求

水平阻隔工程设计应综合考虑场地勘察与污染状况调查成果、风险管控目标、目标污染物、风险控制值、设计使用年限要求，兼顾施工条件与场地修复方案。水平阻隔工程设计方案的内容宜按本规范附录A执行。

用于水平阻隔工程设计的指示污染物应根据下列内容综合确定：

a)增大场地内岩土及屏障材料的渗透系数，扩散系数；

b)难以被场地内岩土及屏障材料吸附的污染物；

c)缺乏相关资料及试验数据时，可采用苯酚作为指示污染物。

d)水平阻隔屏障的设计使用年限应满足场地用途要求。

风险控制值应根据场地污染特征、场地用途、场地周边环境等因素综合  
确定，并应符合现行行业标准《污染地块地下水修复和风险管控技术导则》HJ 25.6的相关规定。

## 8.2 初步设计

8.2.1 水平阻隔屏障总体设计

水平阻隔屏障的总体设计内容应包括平面布置、屏障厚度及结构层设计。

水平阻隔屏障的平面布置设计应符合下列规定：

a)应综合风险管控范围、地质条件、污染源—汇关系、场地用途等因素进行设计，宜根据污染范围选用覆盖式平面布置，水平阻隔屏障的设计平面面积应大于污染场地平面面积水平阻隔屏障的设计平面面积应大于污染场地平面面积；

b)对于存在坡度的场地，需要考虑采取排水措施，设置排水层等结构；

c)对属于重点易挥发区的污染场地分区，可采用药剂改良压实黏土层。

水平阻隔屏障的厚度应根据施工条件、场地环境污染现状等因素进行设计，总体厚度不宜小于1.5m。水平阻隔可以分为单层防渗衬垫结构、单层复合沉淀结构和复合衬垫结构三类，防渗衬垫厚度设计应根据场地工程地质与水文地质条件、污染特征等因素综合确定，并应符合下列规定：

a)植被层厚度应根据植物根系深浅确定，厚度不宜小于50cm；

b)保护层厚度不应小于20cm，渗透系数大于1×10-4cm/s；

c)压实粘性土层要求厚度为30cm~60cm，渗透系数小于1×10-7cm/s。若采用HDPE土工膜材料和压实黏土层所构成的复合防渗层，HDPE土工膜材料层厚度不应小于1.0mm，天然材料层厚度不应小于50cm。若采用HDPE土工膜材料、GCL膨润土防水毯和压实黏土层所构成的复合防渗层，HDPE土工膜材料层厚度不应小于1.0mm，天然材料层厚度不应小于30cm；

d)土工膜选择双糙面厚度应大于1.0mm。土工膜渗透系数应小于1×10-11cm/s；

8.2.2水平阻隔屏障材料

屏障材料应根据设计使用年限要求、场地勘察与污染状况调查成果、场地安全再利用要求、设计厚度综合确定。选用程序应依次包括类型适用性判别、原材料选用、屏障材料配合比设计、使用功能判别。

屏障材料及结构类型适用性判别应符合下列规定：

a)有强度和变形控制要求时，应选用刚性及半刚性竖向阻隔屏障；

b)对于污染严重且目标污染物易挥发的地块，和设置控温层。

防渗截污材料应对场地污染物具有防腐蚀性能，应根据现行国家标准《工业建筑防腐蚀设计标准》GB50046的腐蚀性等级进行选用，污染物对防渗截污材料的腐蚀性等级不应高于中等。

水平阻隔屏障原材料应符合下列规定：

a)植被层应采用自然土加表层营养土,其中营养土不应小于15cm;

b)保护层由粗砥性坚硬鹅卵石组成;

c)最大颗粒尺寸不应大于50mm，大颗粒需要手动剔除;

d)土工膜选择高宜选用环保用双光面高密度聚乙烯土工膜，技术性能指标应符合现行国家标准《土工合成材料聚乙烯土工膜》GB/T 17643的相关规定，应具有良好的抗拉强度、抗不均匀沉降能力和抗老化性能，使用寿命应大于30年。

钠基膨润土防水毯水平阻隔屏障原材料中的钠基膨润土防水毯除应符合现行行业标准《钠基膨润土防水毯》JG/T 193的相关规定外，尚应符合下列规定：

a)单位面积总质量不应小于4800g/m2，其中单位面积膨润土质量不应小于4500g/m2；

b)污染物作用下膨润土的膨胀指数不宜小于12mL/2g；

c)污染物作用下渗透系数不应大于1×10-7cm/s。

8.2.2 施工图设计

水平阻隔工程施工前，应具备场地勘察及污染状况调查资料、施工所需的设计方案、施工方案、工艺性试验资料、施工原材料的质量检验资料、保障施工人员健康和环境安全的措施等资料。施工方案宜包括施工作业条件资料、测量作业资料、施工组织设计、施工方法与作业流程、施工质量控制方案、对邻近建（构）筑物分布、地下管线及管廊的工程保护措施等资料。施工作业条件资料宜包括工程场地总平面图，宜包括场地建（构）筑物分布、地下管线及管廊分布、施工空间、交通设施、邻近建（构）筑物安全等级、基础形式及埋设深度、施工过程中产生固体废弃物、废液与废气的处置方案、施工场地的平整情况和地基承载力、施工燃料动力供应条件、区域及场地周边的交通条件。

场地工程地质及水文地质条件对施工方法的适用性要求，应符合现行行业标准《建筑与市政工程地下水控制技术规范》JGJ111-2016的相关规定。施工场地的施工空间、平整情况和地基承载力应满足机械施工要求。工程需要时应提出施工场地的地基处理设计与施工方案。

对影响施工且无法被清除的地下障碍物，应采用合理的施工技术，确保其下部水平阻隔屏障的完整性。竖向阻隔屏障施工过程中出现特殊施工情况时，应采取应急措施。

### 8.3 工艺和辅助专业设计

8.3.1 工艺专业设计

工艺专业设计根据污染地块风险管控技术方案确定的工艺技术路线、工艺参数和工程量等进行编制。污染地块风险管控技术主要涉及的工艺技术参数取值宜通过试验、计算或根据经验值确定。

工艺性试验应开展下列工作：

a)确定施工所需要的施工工艺参数；

b)核验水平阻隔屏障施工的有效厚度、屏障的完整性；

c)核验屏障材料设计方案的施工和改良效果；

d)核验水平阻隔屏障材料的渗透系数、扩散系数、抗拉强度和收缩率。

工艺专业设计宜包括下列内容：

a)进行设计计算，绘制工艺流程图，设计计算可采用解析法或数值法求解。

b)根据计算结果及工艺流程图细化设计，内容包括各处理单体、井、主要设备及仪表、连接管道等，汇总整理设备、仪表清单和主要材料清单等。

c)根据单体设计结果，进行工艺总平面布置设计，将单体设计和工艺总平面设计互相调整完善。

d)进行工艺管道设计，合理确定管道的位置、敷设和连接方式等，绘制工艺管道布置图。

c)完善设备、仪表清单和主要材料清单等，绘制工艺管道仪表流程图。

f)设计图可包括：工艺流程图，设施设备布置图、井点(如监测井等)的平面布置图和结构图、药剂配制和地面处理设备图、井和设备等的安装图，工艺总平面布置图、风险管控区平面位置图、工艺管道布置图、工艺管道仪表流程图，可根据工程设计内容合理增减。

g)设计图纸比例设置应使图纸能够清楚表达设计内容，便于装订成册。

8.3.2 辅助专业设计

辅助专业设计为工艺专业之外的专业设计，可根据具体风险管控工程设计内容合理增减，辅助专业设计应在工艺专业设计基础上进行，为风险管控工艺专业设计提供支撑。

9 污染地块风险管控工程施工

### 9.1 膨润土防水毯铺设施工

9.1.1工艺流程图2如下所示

合格

不合格

实地尺寸丈量

铺设规划

GCL铺设

接缝处理

检查验收

是否符合要求

铺设记录表

返工整改

检测记录表

上道工序验收合格

验收

图2 GCL工艺流程图

9.1.3 GCL存储、运输及装卸应符合以下规定

a)GCL在安装展开前要避免受到损坏。储存地点要平整、干燥、排水好、且稳定，禁止一端悬空存放。产品堆高不超过四卷的高度，并能看到卷的识别牌。

b)GCL 卷材应该在包装完好情况下储存。储存地点要远离建设交通要道但要紧邻施工场地便于施工。

c)GCL 通常用集装箱和卡车运输，在运输过程中（包括现场从材料存储地到工作的运输），GCL应避免受到损坏。

d)受到物理损坏GCL必须要修复，受损坏严重的禁止使用。

e)保护材料不受降雨、化学试剂、积水、高温、光照以及人或动物的破坏，如产品遭受破坏，由监理工程师判断是否可以继续使用。

9.1.4 基层处理

a)铺设GCL前，基层必须夯实整平。表面应平整，不应有凸出2cm以上的岩石和其它物体，也不能有明显的空洞、裂缝。表面应基本干燥，不能有明显的水渍和坑洼。

b)对于软弱基础、腐殖土或尖锐物较多基础，应按国家现行有关标准采取相应的处理措施。

c)GCL与建筑物连接需要拐角时，基础层面应设置为斜坡或圆弧面。

9.1.5 GCL的铺设施工应符合以下规定

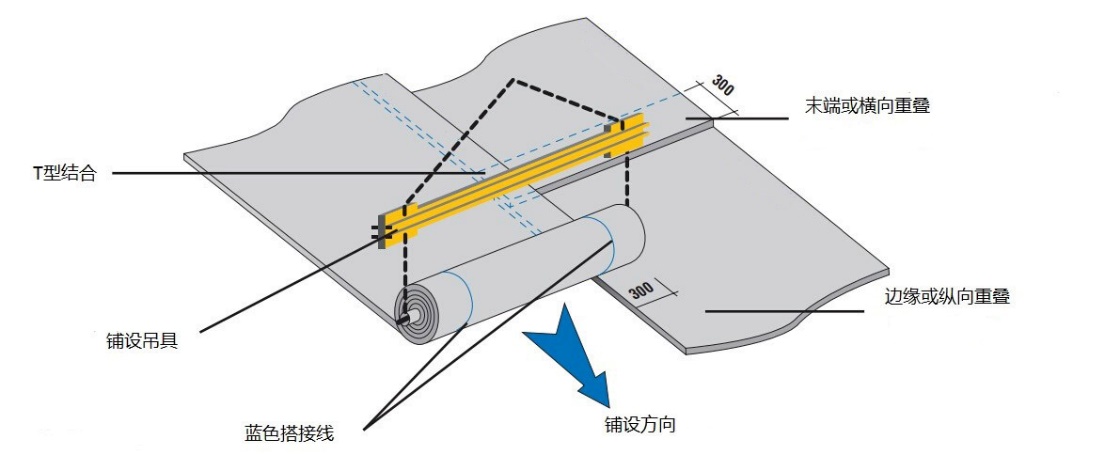
****

图3 GCL的铺设施工示意图

a)GCL成品在送到指定区域时应保证原包装完好。在展开之前，应小心移除包装，不能使GCL受到损坏。GCL的展开方向（即它的朝上面）应与工程师的要求保持一致，正常情况下，GCL非织造土工布面应为迎水面。

b)不允许任何可能损坏GCL的设备直接在GCL上行驶。可接受的机械安装方式，如使用向后倒退的机械设备展开GCL，例如前端装载机或推土机。如果设备在地基上产生车辙，地基必须恢复到其最初的可接受状态后方可继续铺设。当GCL在地基上转移时，必须多加小心，尽量减少对路基和GCL底面的损伤。

c)所有GCL应平整铺设在底层表面上，GCL应没有褶皱或折叠，特别是在暴露的边缘处。铺设应平整，贴紧基础面，不宜过度拉紧。搭接缝应紧密服贴、平整，严禁皱折，搭接部位施工应符合设计要求。

d)GCL的铺设应得使接缝方向平行于斜坡，坡面上搭接，应坡上方压坡下方，水流上游侧压下游侧。防水毯应以品字形分布，必须避免十字形叠口出现。

e)基础层良好时，搭接宽度不应小于300mm。在搭接部位的上下两层GCL中间，应均匀撒上0.6kg/m2～1.0kg/m2膨润土粉。斜坡上搭接部位两层GCL中间宜采用膨润土胶泥。

f)GCL的搭接不宜设在拐角处，搭接缝离拐角不应小于500mm。相邻幅面的GCL应错缝铺设，错缝间距不应小于600mm。

g)坡度超7H:1V时斜坡顶端要挖铆固沟，铆固沟表面不能有锐角和锐边且要保持干燥。沟底宽和沟深度均不应小于500mm，钠基膨润土防水毯埋入时应紧贴沟壁和沟底，再回填夯实。

h)GCL的每日最大铺设量应该与覆盖量一致，铺设的GCL应在当天覆盖，严禁在雨天、雪天及大风等恶劣天气施工。

i)如果GCL铺设在土工合成材料上，必须小心铺设设备直接作用在土工合成材料上对其产生破坏。

9.1.6 GCL破损处的修复

铺设过程中应随时检查GCL的外观有无破损、孔洞等缺陷。发现有破损或孔洞等缺陷时，应及时用膨润土密封粉（膏）修补，并在破损部位周边放大300mm以上的GCL进行局部覆盖修补。边缘部位按搭接的要求处理。

9.1.7 施工质量检验

防水防渗施工通常均为隐蔽工程，因此每道工序完成后必须经质检和监理人员检验合格后再进行下道工序的施工。钠基膨润土防水毯铺设完成后，应及时对其质量进行检验：

1）全部搭接部位是否符合要求。

2）破损修补的部位是否符合要求。

3）前次检验未合格而再次修补的部位是否符合要求。

4）钢钉固定的部位是否符合要求。

5）钠基膨润土防水毯及其搭接部位是否与基层贴实。

6）确认钠基膨润土防水毯没有遇水而发生前期膨胀。

### 9.2 土工膜铺设施工

9.2.1铺设安装前的准备工作

1. 做好施工前的电源线路检修、畅通；施工机具的检修就位；劳动力安排就绪等一切准备工作。
2. 膜下层工序验收合格后，才能进行膜铺设，未经验收不能铺设HDPE膜。
3. 必须按照已批准的文件和征得项目监理对我方的施工建议方案书面同意后，方可施工。施工中应做好记录，归档备查。
4. 施工设备、机具、HDPE土工膜材料其施工前应进行检查。HDPE土工膜材料合格证应保存备查，并打开包装检查HDPE土工膜外观质量，记录并修补已发现的机械损伤和生产创伤、孔洞、折损等缺陷。受损且修补困难的HDPE土工膜应剪除，HDPE土工膜材质在施工前须经监理工程师认可。

9.2.2 HDPE膜施工工艺流程：

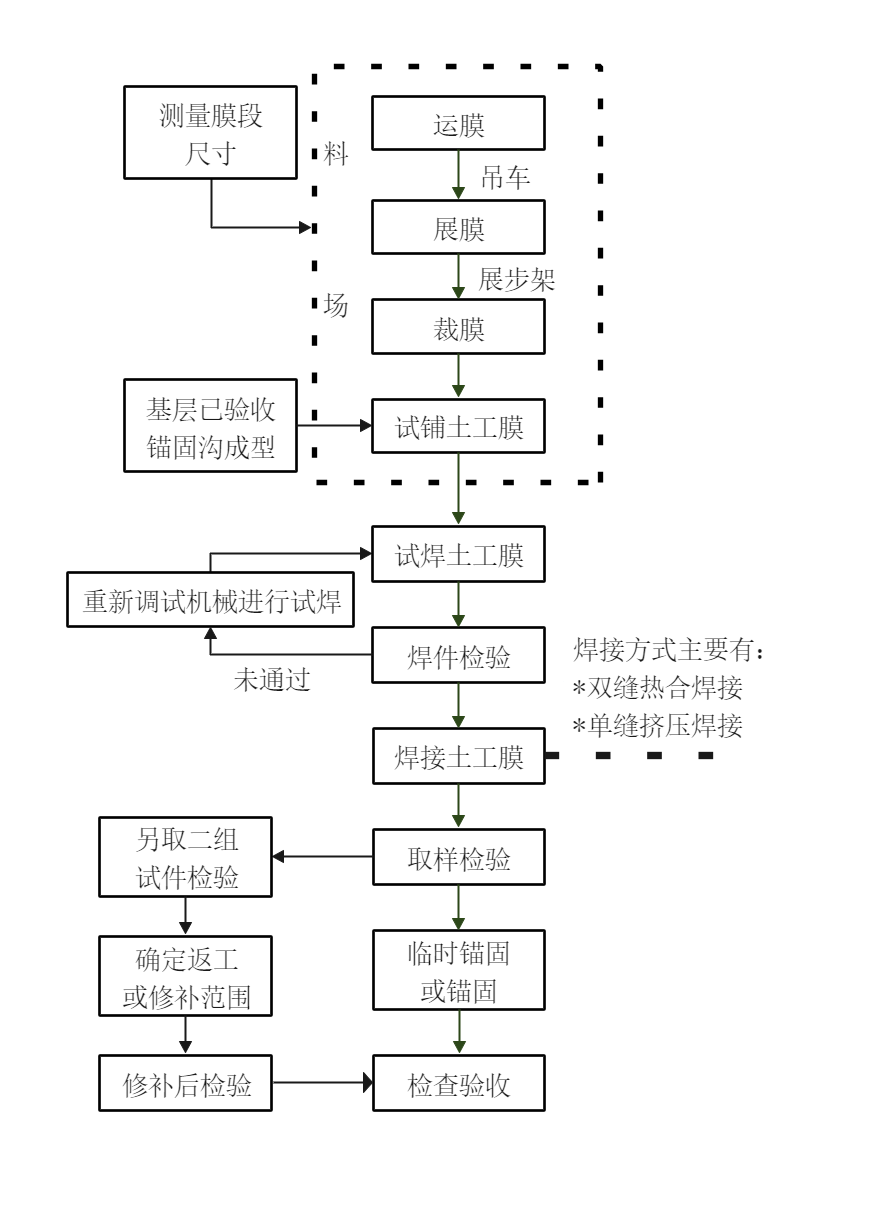


图4 HDPE土工膜施工工艺流程图

9.2.3 HDPE土工膜的铺设安装要求：

1. 铺设时，需对铺设范围予以测量，确定铺设材料的拼接方式，底层GCL施工经项目监理认可后方可铺设；
2. 铺设底层应无渗水、淤泥、集水、有机物残渣和有可能造成环境污染的有害物质，底层拐角处应圆滑。
3. 尽量减少拼接、接缝，尽量减少工地拼接；
4. 拼接工艺应采用电热焊接法。两层拼接宽度在10cm左右，并在拼缝中留1cm左右宽的口子，便于加压检测拼缝的牢固度。
5. HDPE土工膜的大面积焊接宜采用双轨热熔焊机焊接，挤压焊接仅用在修复、覆盖或热熔焊机达不到的地方；
6. 在铺设时应将卷材自上而下滚铺，先边坡后库底，并确保贴底铺平。接缝必须严实不漏，铺好经项目监理验收合格后及时铺上层覆盖物。HDPE土工膜应自然松弛，与支持层贴实，不应拆褶、悬空；
7. 每块HDPE膜应按项目监理认可的编码方式进行编码；
8. HDPE膜展开时不应被损坏、拉伸或折皱；在使用时肉眼检查HDPE膜是否有缺陷，标出有缺陷或值得怀疑的地方以便修补；
9. 应在HDPE膜上放置砂袋以防被风刮起，压块不应损坏HDPE膜；
10. HDPE土工膜室外铺设和焊接施工宜在气温5℃以上，风力4级以下并无雨、无雪天气进行；
11. HDPE土工膜锚固须根据设计进行施工；工程中地形较复杂的地方，施工单位提出采用其它的锚固方式，应争得设计单位和监理单位同意后方可进行；
12. 在HDPE膜上行走的人员不应穿带钉硬底鞋或从事其他会对HDPE膜造成损坏的活动，不得在HDPE膜上丢弃烟蒂。

9.2.4 HDPE膜特殊部位处理

1. 在坡角点交汇处和边坡拐弯处，HDPE膜的铺设、焊接属特殊情况，对此应因地制宜采取相应处理措施，才能使膜片更加紧密地与基底贴在一起。这种情况的施工要点为：在拐弯等不规则范围内的膜片应裁成上宽下小的“倒梯形”，其宽窄比例操作人员根据现场的实际情况和边坡的具体尺寸精确计算。若该比例掌握不准，则会导致边坡上的膜面“起鼓”或“悬空”，在HDPE膜的铺设安装时切忌该现象发生。
2. 在边坡与场底衔接部位的坡脚处，同样需经特殊处理。这种情况的施工要点为：在距坡脚1.5m以外设置水平焊缝，把边坡的HDPE膜顺着坡面铺设再与场底的HDPE膜进行焊接处理。
3. 在渗滤液收集管穿坝处，管与膜的衔接焊接应采用“管穿膜”特殊工艺进行施工。其施工要点为：先用HDPE膜制作一个成喇叭状的管套，小端口径与穿膜管口径一致，大端口径在0.8米左右（具体尺寸安装时再确定）并分成6-8小片，然后把管套按由大到小的先后顺序套进穿坝管，根据现场实际情况调整好管套的位置并用热风筒进行临时稳固，此时应注意不能让管套有悬空的部位，最后分别把套管的大、小端口焊接在排渗连接井垂直壁膜面、渗滤液收集管上，且在HDPE收集管另加不锈钢箍。
4. 在边坡的各级平台以及外围边界平台上，都需设置锚固沟，以减少大面积的HDPE膜因自身的热胀冷缩造成膜面内部受力;
5. 在边坡的HDPE膜焊缝交汇处、或整个施工过程中经取样后的修补部位及无法采用正常焊接施工的地方，需根据现场的实际情况制定因地制宜的施工细节,采用特殊工艺进行施工。如“T型”、“十字型”、双“T型”等焊缝的二次焊接属特殊部位焊接。

9.2.5 HDPE土工膜铺设程序：

1. 在一般边坡和场底，按规定就位膜的位置立即用砂袋进行临时锚固，然后检查膜片的搭接宽度是否符合10㎝-12㎝的要求，需要调整时及时调整，为下道工序作好充分准备。
2. 土工膜放入锚固沟内后，用沙袋压牢（临时），在土工膜焊接完毕，调整合适了，再用夯实粘土把土工膜永久锚固上，在锚固时要离开两处的边部2m，以便下一次容易焊接。锚固与土工膜焊接要交叉进行，不得相互窝工，刚铺完的土工膜不要立即锚固上，调整好了再进行。
3. 边坡土工膜在铺完之后，要迅速的铺底部的土工膜。底部土工膜铺设是在边坡土工膜铺焊完成之后进行，底部土工膜要尽快与坡上土工膜连接上，防止下雨时，雨水倒灌进土工膜成品的下面。
4. 土工膜在铺设时要边铺边焊，当天铺设当天焊完。

9.2.6 焊接准备：

1. 插上电源，双缝热熔焊接机设定焊机温度为380-420℃。单缝挤压焊接机设定焊机温度为200-260℃。
2. 待温度达到设定温度时，等3分钟后方可进行试焊。试焊时，焊机调整好的温度、速度和压力进行正式焊接。
3. 对于双缝热熔焊接机无法工作的部位，采用单缝挤压焊接机进行施工。
4. 单缝挤压焊接机不是自动爬行，而是靠人手使焊机保持均匀朝一定方向前进。焊接时，人要用力往下压挤压焊机，才能保证焊缝质量。所以挤压焊接工程师要专门培训，熟练工人去进行。

9.2.7 HDPE土工膜的试验性焊接要求：

1. 焊接工作开展之前必须进行试焊。试焊应在提供的防渗材料样品上进行，样品长度不小于1米，宽不小于0.2米，每天要做一次试焊。
2. 焊接设备和人员只有成功完成试验性焊接后，才能进行生产性焊接；试验性焊接应当在与生产性焊接相同的膜面和环境条件下进行。试焊过程中试焊及其测试结果应记录。
3. 确保焊接性能，焊接方法，焊接温度等外界条件无误后，征得监理同意下用已调节好工作状态的焊机逐幅进行正式焊接。

9.2.8 焊接程序：

1. 焊接施工前，必须先做试样焊接，试焊合格后，方可开始正式焊接。焊接时，再一次检查膜片的搭接宽度，并保证搭接范围内洁净、无异物，或其它可能会影响焊接的任何东西。
2. 在平面（坑底）焊接时，焊接工程师不用进行安全保护措施直接进行焊接即可。但需要两个工人配合，一人在前边擦拭待焊接的土工膜，擦膜人员不要离焊机太远，保持1m左右的距离为好，另一人提电源线。
3. 边坡上焊接时，焊机自上而下进行，操作手需在安全绳或绳梯的保护下，时刻跟随焊机的运行，及时对焊机的各项技术参数进行微调，调整好焊机的各项技术参数，按照一定的顺序进行焊接。以便使焊机全过程都处于最佳运行状态之中，保证焊缝质量。
4. 焊机在焊接时自动爬行，焊接工程师要注意在焊机行走时的突发事件，所以焊接工程师要时刻跟随着焊接机。
5. 锚固组人员用沙袋把焊完的土工膜在沟内临时压载，防止下滑及大风把土工膜吹起。
6. 在遇到土工膜长度不够时，需要长向拼接，再焊纵缝，横向焊缝相距应大于500mm，成“T”字型，不得成十字交叉。
7. “T”字型处理：已焊接的焊缝应先把焊缝压茬去掉，再用热楔焊机焊接此处，此处修补也叫补强，用直径为30cm圆型补丁修补，也可削边后直接用挤压焊机顺缝“T”字型修补。

HDPE土工膜焊接错开示意图

图5 HDPE土工膜焊接错开示意图

9.2.9 质量标准：

a)现场测试：如条件允许用电火花法、充气压力法或其它可接受的方法对现场所有焊缝全部长度上进行非破坏性测试，非破坏性测试可在焊接过程中或上层覆盖物施工前进行。充气压力法（适用于双轨热熔焊缝）测试程序：把要测试的焊缝两端封好，把空心针插入空气信道，充气压力至0.25MPa；如果5分钟内压降超过0.01MPa，分段检测出漏气处进行修补；刺穿焊缝的另一端以释放空气，如果存在阻塞，按照规范的方法分段检测直至确认整条焊缝合格；拔掉气针，用挤压焊接法密封针眼。

b)破坏性试验（试焊测试）：

1）测试频率：测试频率为每天早上和中午焊接前，焊接试样进行破坏性试验。

2）测试：取6块2.5厘米宽的试块进行上面所规定的撕裂和抗剪强度（各3块）测试；HDPE膜块应满足抗撕裂和抗剪要求。

c)HDPE膜的焊接质量与电压是否稳定有着密切的关系，焊机对电压的适用范围在220±10V以内，电压越稳定，焊接质量越能保障。在HDPE防渗膜焊接施工时必须采取切实有效的措施保证电压稳定，尽量缩短厂区内电线的距离，一般尽量采用截面积大的电线，长度控制在200米以内。

9.2.10 HDPE土工膜修补

a)点焊：对材料上小于5mm的孔洞及局部焊缝的修补完善，可用挤压熔焊机进行点焊。

b)加盖：对不够厚度或不够严密的挤出焊缝，可用挤压熔焊机补焊一层。

c)补丁：对大的孔洞、刺破处、膜面严重损伤处、取样处、十字缝交叉处以及其它各种因素造成的缺损部位，均可用加盖补丁方法来修补。补丁尺寸：十字缝处为切角的方形300×300mm，或D=300mm。其余情况，一般边长不小于200mm，补丁边距缺陷处不小于80mm。

### 9.3 施工准备

工程施工准备宜包括技术准备、施工现场准备、材料准备、施工机械和施工队伍准备等。根据工程设计图纸，综合考虑现场条件、施工企业情况等，编制施工方案。应特别关注地块的地下管线情况、周边建(构)筑物情况，并根据施工需要关注抽水及排水条件、用水、用电等问题。

### 9.4 施工过程

现场施工过程包括风险管控系统施工安装、调试等，应依据工程设计图纸、施工方案和相关技术规范文件开展。施工过程中做好工程动态控制工作，通过落实安全和质量保证措施、控制工程施工进度和建设安装成本，保证安全、质量、进度、成本等目标的全面实现。施工过程如果出现设计需要变更的情况，经建设、监理单位同意，由设计单位进行设计变更。

### 9.5 环境管理

根据国家和地方环境管理法律法规，结合工程施工工艺特点以及工程周边环境，实施环境管理计划，防范钻探建井、地面处理设备安装、阻隔墙建设等施工过程中造成的地下水、土壤、地表水、环境空气等二次污染。

### 9.6 施工监测

现场施工监测应基于现场中试试验、工后取样检测和大规模工程监测从多尺度角度对污染场地水平阻隔系统的阻隔性能进行效果评估。

9.6.1中试试验

水平阻隔系统施工时应进行中试试验，以评估其施工质量，中试试验内容为：

1. 应包括土壤气监测，在阻隔区域周围设置永久性的主动式土壤气监测井，定期通过PID传感器监测不同深度处的土壤气浓度；
2. 宜包括CCL层温度和含水率监测，通过埋设温度传感器和水分传感器实时监测三天内CCL层的体积含水率和温度变化；
3. 对于CCL层，应通过《土工试验方法标准》（GB/T50123-2019）中双环法现场测试的要求对水平阻隔屏障测试其渗透系数。

9.6.2工后取样检测

水平阻隔系统施工完成后，应进行现场取样并带回试验室进行检测，测试内容如下所示：

1. 当CCL层施工完成时，CCL层的土体气体扩散系数宜通过锤击法制取环刀样后利用土体气体扩散仪测试；
2. CCL层的土体气体渗透率宜通过土壤空气渗透仪测试；
3. CCL层的饱和渗透系数宜通过柔性壁试验测试。

9.6.3大规模工程监测

大型水平阻隔系统示范工程施工完成后，需对其施工与阻隔效果进行监测：

1. 应包括土壤气监测，参考《污染场地中挥发性有机物调查与风险评估技术导则》，采用主动式与被动式相结合的土壤气采集方法进行采样，主动式采样频率设置为每3个月1次，被动式采样频率设置为每6个月1次；
2. 污染场地修复现场种植有植被时，应考虑通过低空无人机航拍监测植被株间距及野生植被入侵情况；
3. 应包括待修复区域中CCL的温度和含水率监测，通过埋设温度传感器和水分传感器实时监测一段时间内CCL层的体积含水率和温度变化；
4. 在不损害水平阻隔系统的阻气效果的前提下，应在合适的地点对CCL层进行取样，通过气体扩散试验、气体渗透试验及柔性壁试验分别测试CCL层的土体气体扩散系数、土体气体渗透率及饱和渗透系数。

10 污染地块风险管控工程运行及监测

## 10.1 运行维护

### 10.1.1 运行维护方案编制

风险管控工程应编制运行维护方案，包括系统运行管理、设备操作、设备维护保养、安全运行管理制度建立、设备检修等内容。当涉及药剂、工程控制材料和二次污染物处理药剂及材料等使用时，应包括对药剂和材料进场检测、试验、储存、使用的管理等内容。

### 10.1.2 运行维护内容

对设备设施运行进行记录，包括计量仪器仪表读数、材料使用情况等，记录应及时、准确、完整。

对设备设施运行过程中可能产生环境事故的单元进行定期检查。设备设施运行不正常时，及时检修、更换或调整。

## 10.2 运行监测

运行监测应结合风险管控目标污染物并按照《建设用地土壤污染风险管控和修复监测技术导则》（HJ 25.2）规定的方法和内容进行。

### 10.2.1 水平阻隔运行监测

水平阻隔系统建设完成运行5年后，应对其进行回顾性检测评估运行状况，具体包括：

1. 应在修复现场进行原位双环法试验，测试CCL层的渗透系数；
2. 在合适的地点进行开挖，观察水平阻隔系统纵向剖面中各层的工作情况，重点观察CCL层裂隙的发育长度，统计裂隙的数量、长度、宽度和深度；
3. 应对CCL和GCL进行取样，室内测试CCL层的土体气体扩散系数、土体气体渗透率及饱和渗透系数，并通过柔性壁试验测试GCL渗透性能是否发生改变；
4. 应对土工膜进行取样，测试5年后土工膜中的炭黑含量和常温氧化诱导时间（OIT），通过剪切试验和剥离试验测试土工膜的强度变化，采用柔性壁试验测试土工膜渗透系数的变化，并通过电火花法检测其是否发生渗漏。

### 10.2.2 固化稳定化运行监测

监测的工作程序应包括资料收集分析、监测方案编制、监测实施、监测结果评估共四个步骤。

1. 资料收集与分析

进行监测工作前应进行资料收集与分析，确定污染场地信息，包括场地环境调查阶段、修复阶段、工程验收阶段相关资料。

应根据收集的资料，对场地内及周边的污染物迁移条件进行分析，为监测点位布设和监测指标的确定提供基础性信息。

1. 监测方案编制

工后环境监测方案应包括监测对象、监测指标、监测时长与频率、监测点位布设、样品采集、样品分析、质量控制等内容。

工后环境监测对象应包括修复区域上下游地下水，必要时还可检测修复区域地表水。

修复区域地表水、修复区域上下游地下水监测指标应包括目标污染物浓度、pH、电导率、氧化还原电位、实施固化稳定化修复的污染物以及固化/稳定化过程可能引入的其他潜在污染物。

地下水监测点位不应少于3个（上游1个、下游2个）。当固化/稳定化修复导致地下水流向发生改变或地下水本身存在污染时，如场地条件允许，应在关注区域增加地下水监测点位。

1. 监测实施

监测内容应与监测计划相符，产生偏离的应有相关记录和说明，尤其发生以下变动的应征得有关部门同意：

改变或替换原定监测点位；

改变监测频次；

采用新技术代替原定监测技术。

工后环境监测的时间宜为5年。

1. 监测结果评估

监测结果应与相关标准或预先确定的监测目标进行比对分析，明确达标情况。

监测单位应根据监测结果编制监测报告，报告应包括下列内容：

监测目标；

监测设备和人员；

监测结果（包括日期、时间，以及气候、地面状况等其他观测结果）；

监测结果展示（可通过时间序列图、等值线图等展示）；

结果分析（包括与评估标准进行核对）；

监测过程中若存在终止监测、变更监测（如变更监测频次）或采取其他行动等情况，应进行文字说明并解释原因。

11 风险管控效果评估

## 11.1 风险管控效果评估标准

风险管控工程性能指标应满足设计要求或不影响预期效果。

风险管控措施下游地下水中污染物浓度应持续下降，固化/稳定化后土壤中污染物的浸出浓度应达到接收地地下水用途对应标准值或不会对地下水造成危害。

11.2 风险管控效果评估方法

若工程性能指标和污染物指标均达到评估标准，则判断风险管控达到预期效果，可对风险管控措施继续开展运行与维护。

若工程性能指标或污染物指标未达到评估标准，则判断风险管控未达到预期效果，须对风险管控措施进行优化或修理。

11.3 风险管控效果评估报告编制

效果评估报告应包括地块概况、风险管控实施情况、环境保护措施落实情况、效果评估布点与采样、检测结果分析、效果评估结论及后期环境监管建议等。风险管控效果评估报告可参见附录C编制。

12 提出后期环境监管建议

## 12.1 后期环境监管要求

后期环境监管的方式一般包括长期环境监测与制度控制，两种方式可结合使用。

原则上后期环境监管直至地块土壤中污染物浓度达到GB 36600第一类用地筛选值对应标准值为止。

## 12.2 长期环境监测

实施风险管控的地块应开展长期监测。

一般通过设置地下水监测井进行周期性采样和检测，也可设置土壤监测井进行土壤样品采集和检测，监测井位置应优先考虑污染物浓度高的区域、敏感点所处位置等。

应充分利用地块内符合采样条件的监测井。

原则上长期监测1-2年开展一次，可根据实际情况进行调整。

## 13.3 制度控制

风险管控污染地块需开展制度控制。

制度控制包括限制地块使用方式、限制地下水利用方式、通知和公告地块潜在风险、制定限制进入或使用条例等方式，多种制度控制方式可同时使用。

附录A

(资料性附录)

中度污染地块风险管控技术适用性

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 技术名称 | 优点 | 缺点 | 适用的目标污染物 | 技术成熟度 | 成本 | 环境风险 |
| 监测自然衰减技术 | 费用低，对环境影响较小 | 需要长时间监测 | 适用于易降解的有机物 | 国外已广泛应用 | 中 | 低 |
| 阻隔技术 | 施工方便，施用的材料较为普遍，可有效将污染物阻隔在特定区域 | 阻隔效果受污染物类型、活性、分布，墙体的深度、长度、宽度，地块地质条件影响 | 适用于“三氮”重金属、易挥发性有机物和持久性有机污染物 | 国外已广泛应用，国内已有示范工程 | 高 | 低 |
| 制度控制 | 费用低，环境影响小 | 存在向周围土壤扩散风险 | 适用于多种污染物 | 国外已广泛应用，国内已有应用 | 低 | 低 |
| 固化/稳定化技术 | 费用低，施工方便 | 影响土壤的理化性质，不利于土壤生态功能恢复 | 适用于重金属、持久性有机物 | 国内外已广泛应用 | 中 | 低 |
| 植物管理-营养强化技术 | 费用低，施工方便，环境影响小，有利于恢复土壤生态、社会服务功能 | 枯枝落叶处置、处理问题，污染物存在随地表径流向周围扩散的可能性 | 适用于多种污染物 | 国外已广泛应用，国内已有示范工程 | 低 | 低 |
| 植物管理-水分强化技术 |
| 植物管理-生理强化技术 |

注：成本以及环境风险的比较范围仅限于本附录内推荐的技术。

附录B

(资料性附录)

中度污染地块风险管控技术方案编制提纲

1 总论

1.1 任务由来

1.2 编制依据

1.3 编制内容

2 地块问题识别

2.1 地块基本信息

2.2 地块污染现状

2.3 风险评估

3风险管控模式选择

3.1 确认地块条件

3.2更新地块概念模型

3.3 确定风险管控目标

3.4 确定风险管控模式

4风险管控技术筛选

4.1 技术初步筛选

4.2 技术可行性分析

4.3 技术综合评估

5风险管控技术方案制定

5.1 技术路线

5.2 工艺参数

5.3 工程量估算

5.4 费用和周期估算

5.5 方案比选

6 环境管理计划

6.1 环境影响分析

6.2 二次污染防治措施

6.3 环境监测计划

6.4 环境应急安全计划

7 成本效益分析

7.1风险管控费用

7.2 环境效益、经济效益和社会效益

8 施工进度安拌

9 结论

附录C

(资料性附录)

中度污染地块风险管控效果评估报告编制提纲

1 项目背景

简要描述污染地块基本信息，调查评估及风险管控的时间节点与概况、相关批复情况等。

2 工作依据

2.1 法律法规

2.2 标准规范

2.3 项目文件

3 地块概况

3.1 地块调查评价结论

3.2 风险管控技术方案

3.3 风险管控实施情况

3.4 环境保护措施落实情况

4 地块概念模型

4.1资料回顾

4.2现场踏勘

4.3人员访谈

4.4 地块概念模型

5 布点与采样方案

5.1评估范围

5.2 采样节点和频次

5.3布点数量与位置

5.4 检测指标

5.5 评估标准值

6 现场采样与实验室检测

6.1 样品采集

6.2 实验室检测

7 效果评估

7.1 检测结果分析

7.2 风险管控效果评估

8 结论和议

8.1 效果评估结论

8.2 后期环境监管建议