

ICS XX.XXX

Z01

团 体 标 准

T/SHDZ XX-XXXX

污染地块竖向阻隔效果评估技术标准

Technical standard for evaluating the effect of vertical barriers at contaminated sites

（征求意见稿）

2025-XX-XX 发布

2025-XX-XX 实施

上海市地质学会 江苏省地质学会 发布

前 言

本标准根据上海市地质学会沪地会研(2024)2 号文的要求,由上海市地矿工程勘察(集团)有限公司、东南大学和上海亚新城市建设有限公司等单位编制完成。

编制组总结了国内污染地块阻隔技术设计、施工、验收及效果评估的技术理论及工程实践,参考了国内外有关标准,围绕污染地块竖向阻隔效果评估的主要技术问题,进行了科学研究与试验验证,在广泛征求有关单位和专家意见的基础上,编制了本标准。

本标准共分为 7 章和 5 个附录,主要内容包括:总则、术语、基本规定、更新地块概念模型、工作布置、采样与试验、效果评估及附录。

各有关单位和人员在执行本标准时如有意见和建议,请反馈至上海市地质学会(地址:上海市宝山区环镇南路 522 号地矿大厦 B 座 7 楼;邮编:200436; E-mail: shdzh522@163.com),江苏省地质学会(地址:江苏省南京市珠江路 700 号地质大厦;邮编:210018; E-mail: sdzh706@163.com),上海市地矿工程勘察(集团)有限公司(地址:上海市宝山区环镇南路 522 号 A 座 7 楼;邮编:200436; E-mail: hrsgec@sige.com.cn),以供今后修订时参考。

主 编 单 位: 上海市地矿工程勘察(集团)有限公司

东南大学

上海亚新城市建设有限公司

参 编 单 位:

主要起草人:

主要审查人:

上海市地质学会 江苏省地质学会

2025 年 x 月

目 次

1	总 则	1
2	术 语	2
3	基本规定	3
4	更新地块概念模型	4
4.1	一般规定	4
4.2	资料回顾	4
4.3	现场踏勘与人员访谈	4
4.4	地块概念模型更新	5
5	工作布置	6
5.1	一般规定	6
5.2	工程性能检测	6
5.3	污染物监测	7
6	采样与试验	9
6.1	一般规定	9
6.2	钻孔取芯	9
6.3	监测井建设与采样	10
6.4	水文地质试验	11
6.5	实验室检测	12
7	效果评估	14
7.1	一般规定	14
7.2	评估标准	14
7.3	评估方法	14
7.4	后期环境监管建议	15
7.5	效果评估报告编制	16
	附录 A 现场踏勘与人员访谈记录表	17

附录 B 地块概念模型涉及信息及其作用 19

附录 C 工程物探渗漏检测 20

附录 D 竖向阻隔屏障工程性能要求 23

附录 E 效果评估报告编制大纲 26

本标准用词说明 28

引用标准名录 29

Contents

1	General provisions	1
2	Terms	2
3	Basic regulations	3
4	Conceptual site model update	4
4.1	General regulations	4
4.2	Data review	4
4.3	On site survey and personnel interview	4
4.4	Updating the conceptual site model	5
5	Work arrangement	6
5.1	General regulations	6
5.2	Engineering performance testing	6
5.3	Pollutant monitoring	7
6	Sampling and testing	9
6.1	General regulations	9
6.2	Drilling and coring	9
6.3	Construction and sampling of monitoring wells	10
6.4	Hydrogeological test	11
6.5	Laboratory testing	12
7	Effect evaluation	14
7.1	General regulations	14
7.2	Evaluation criteria	14
7.3	Evaluation method	14
7.4	Suggestions for post-environmental supervision	15
7.5	Preparation of effect evaluation report	16
	Appendix A On site survey and personnel interview record	17
	Appendix B Involving information and effect of conceptual site model	19

Appendix C Engineering geophysical leakage detection.....	20
Appendix D Engineering performance requirements for vertical barriers	23
Appendix E Outline for preparation of effect evaluation report.....	26
Explanation of wording in this code	28
List of quoted standards	29

1 总 则

1.0.1 为科学合理地实施污染地块风险管控，规范竖向阻隔效果评估工作的程序、方法和技术要求，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于在产及搬迁遗留污染地块的竖向阻隔效果评估，不适用于涉及放射性或致病性生物污染地块的竖向阻隔效果评估。

1.0.3 污染地块竖向阻隔效果评估除应符合本标准的规定外，还应遵循国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 污染地块 contaminated site

按照国家或地方技术规范确认污染物浓度超过有关土壤与地下水污染风险管控标准的地块。

2.0.2 目标污染物 target contaminant

在地块环境中数量或浓度已达到对人体健康和环境具有实际或潜在不利影响的，需要进行风险管控的污染物。

2.0.3 竖向阻隔屏障 vertical barrier

用于阻止污染物向周边环境迁移扩散的地下竖向结构体。

2.0.4 地块概念模型 conceptual site model

用文字、图、表等方式来综合描述地块水文地质与工程地质条件、污染源、污染物迁移途径、人体或生态受体接触污染介质的过程和接触方式等。

2.0.5 钻孔注水试验 water injection test in borehole

通过钻孔直接向试验段注水，以确定阻隔屏障渗透系数的原位试验方法。可分为常水头和降水头注水试验。

2.0.6 钻孔压水试验 water pressure test in borehole

用栓塞将钻孔隔离出一定长度的孔段，根据一定时间内压入水量和施加压力大小的关系确定塑性混凝土阻隔屏障透水性的一种原位渗透试验。

2.0.7 连通抽水试验 connected pumping test

用于检测竖向阻隔屏障内外地下水连通情况的现场试验。

2.0.8 工程物探渗漏检测 engineering geophysical leakage detection

利用工程物探方法，通过分析观测到的物理场，探查阻隔屏障渗漏隐患的原位渗漏检测方法。

2.0.9 竖向阻隔效果评估 effect evaluation of vertical barriers

通过资料回顾和踏勘访谈、布点采样、现场测试与实验室检测，综合评估竖向阻隔屏障是否达到预期效果。

3 基本规定

3.0.1 污染地块竖向阻隔效果评估应根据竖向阻隔屏障类型，对屏障工程性能以及污染物指标进行评估。

3.0.2 污染地块竖向阻隔效果评估应在竖向阻隔屏障施工完成 1 年内开展。

3.0.3 污染地块竖向阻隔效果评估的工作内容应包括：更新地块概念模型、工作布置、采样与试验、效果评估。具体工作流程见图 3.0.3。

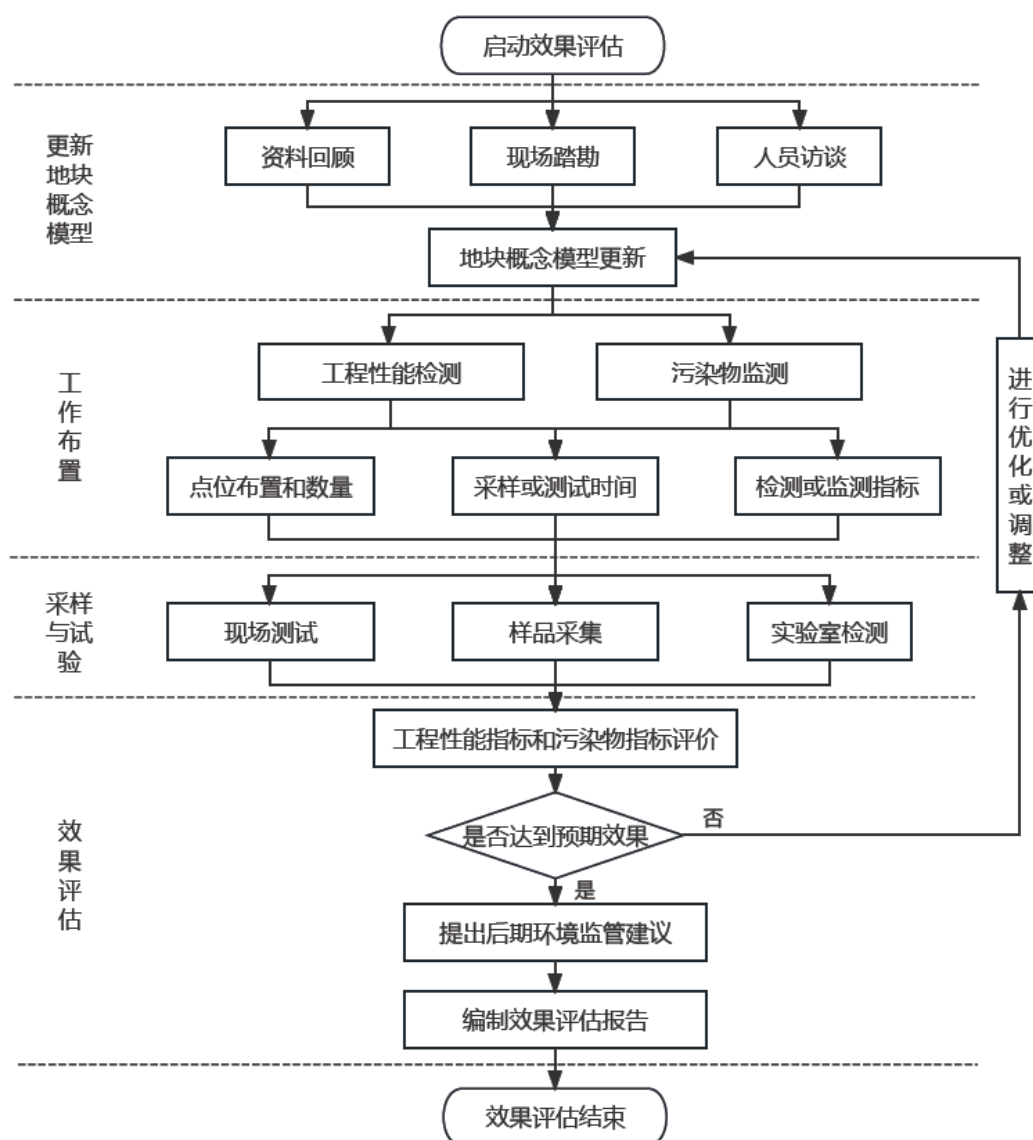


图 3.0.3 污染地块竖向阻隔效果评估工作流程图

3.0.4 污染地块竖向阻隔屏障效果评估过程中应保障作业人员健康安全，并避免对阻隔屏障和环境产生不利影响。

4 更新地块概念模型

4.1 一般规定

4.1.1 效果评估应先收集污染地块竖向阻隔屏障的相关资料，并开展现场踏勘和人员访谈。

4.1.2 掌握地块水文地质与工程地质条件、污染物空间分布、竖向阻隔工程情况以及管控过程监测数据等信息后，应更新地块概念模型。

4.2 资料回顾

4.2.1 资料回顾应了解竖向阻隔的工程概况和施工情况。

4.2.2 资料回顾清单应包括以下内容：

- 1 前期调查资料：包括地块勘察与污染状况调查报告、风险评估报告等。
- 2 工程设计资料：包括竖向阻隔工程设计方案、施工组织设计资料及工程施工专项方案等。
- 3 工程施工资料：包括施工原材料的质量检测资料、施工过程中施工质量控制记录、施工与运行过程中监测数据、实施方案变更协议、监理记录和监理报告、工程竣工报告、施工管理文件、施工质量检测报告等。
- 4 效果评估所需的其他相关资料。

4.3 现场踏勘与人员访谈

4.3.1 现场踏勘应重点关注竖向阻隔屏障的施工搭接处理、竖向阻隔屏障宽度、竖向阻隔屏障实施前后环境变化等。

4.3.2 访谈对象应包括地块责任单位、地块调查单位、地块风险管控方案编制单位、监理单位、施工单位等相关人员。

4.3.3 调查人员应通过照片、视频、录音、文字等方式，记录现场踏勘和人员访谈情况，记录表格式参见附录 A。

4.4 地块概念模型更新

4.4.1 应基于资料回顾、现场踏勘、人员访谈情况，对地块概念模型进行更新，完善地块竖向阻隔实施后的概念模型。

4.4.2 地块概念模型更新应包括以下信息：

1 地块风险管控概况：管控起始时间、管控范围、管控目标、竖向阻隔设计参数、管控过程监测数据、技术调整和运行优化等情况。

2 目标污染物情况：目标污染物原始浓度、运行过程中的浓度变化、污染物空间分布特征的变化等情况。

3 水文地质与工程地质情况：竖向阻隔实施前后水文地质与工程地质条件的变化、土壤理化性质变化等。

4 潜在受体与周边环境情况：竖向阻隔工程实施后污染介质与受体的相对位置关系、受体的关键暴露途径等。

4.4.3 更新后的地块概念模型应作为确定效果评估对象和范围、采样时间点、采样点设置等的依据，具体见附录 B。

5 工作布置

5.1 一般规定

5.1.1 竖向阻隔效果评估工作布置内容应涵盖竖向阻隔屏障的工程性能检测和污染物监测。

5.1.2 可增加地下水水位、地下水流速、地球化学参数等作为竖向阻隔效果评估的辅助判断依据。

5.2 工程性能检测

5.2.1 工程性能的检测指标应包括抗压强度、渗透性能、屏障均匀性、连续性与完整性。

5.2.2 工程性能的检测方法包括钻孔取芯和原位测试；必要时宜增加物探手段进行探测，具体参见附录 C。

5.2.3 工程性能检测的取样和测试应在施工完成后不少于 28 天开展。

5.2.4 采用钻孔取芯芯样检测阻隔屏障抗压强度、渗透性能、屏障均匀性和完整性时，应满足以下要求：

1 取芯孔位置应结合场地地层特性与阻隔屏障施工工艺进行确定，宜为屏障搭接等薄弱点，钻孔取芯点位布置和数量应符合表 5.2.4 的相关规定。

2 钻孔取芯孔深应超过竖向阻隔屏障，进入隔水层一定深度，但不应钻穿隔水层。

表 5.2.4 取芯钻孔布置和数量

序号	竖向阻隔屏障类型		孔位布置和数量
1	开挖-回填阻隔屏障		取芯孔数量宜每 50 延米布 1 个，且不应少于 3 个；每个取芯孔根据土层分布和屏障所在位置的重要性，在墙身不同深度处取不少于 3 组芯样，每组 3 件芯样。
2	注浆、喷浆阻隔屏障	渗透（压力）注浆阻隔屏障	取芯孔数量不少于注浆孔总数的 10%，且不应少于 5 个，在墙身不同深度处取不少于 3 组芯样；帷幕轴线上每个取样点间距不应大于 30m。

序号	竖向阻隔屏障类型		孔位布置和数量
		高压喷射注浆阻隔屏障	取芯孔数量不少于总桩数的 1%，且不应少于 3 个；每个取芯孔根据土层分布和屏障所在位置的重要性，在墙身不同深度处取芯样，每根桩的取芯数量不宜少于 5 组，每组不宜少于 3 件芯样。
3	深层搅拌阻隔屏障	三轴（双轴）搅拌水泥土阻隔屏障	取芯孔数量不少于总桩数的 1%，且不应少于 3 个；每个取芯孔根据土层分布和屏障所在位置的重要性，在墙身不同深度处取芯样，每根桩的取芯数量不宜少于 5 组，每组不宜少于 3 件芯样。
		渠式切割水泥土阻隔屏障	取芯孔数量宜每 100 延米布 1 个，且不应少于 3 个；每个取芯孔根据土层分布和屏障所在位置的重要性，在墙身不同深度处取不少于 3 组芯样，每组 3 件芯样。
		铣削深层搅拌水泥土阻隔屏障	取芯孔数量不少于单元墙体总幅数的 2%，且不应少于 3 个；每个取芯孔根据土层分布和屏障所在位置的重要性，在墙身不同深度处取不少于 3 组芯样，每组 3 件芯样。
4	塑性混凝土阻隔屏障		取芯孔数量宜每 50 延米布 1 个，且不应少于 3 个；每个取芯孔根据土层分布和屏障所在位置的重要性，在墙身不同深度处取不少于 3 组芯样，每组 3 件芯样。
5	复合阻隔屏障		墙体部分工程性能指标检验应根据相应的墙体类型进行检测。

5.2.5 采用钻孔注（压）水试验检测阻隔屏障渗透性能时，宜结合墙体搭接等薄弱处的取芯钻孔进行测试，测试孔数量宜不少于取芯孔数量的 1/3，且不应少于 3 个。

5.2.6 采用连通抽水试验检测阻隔屏障完整性时，应在竖向阻隔屏障内、外成对布设一组抽水井与监测井，井与竖向阻隔屏障的距离不宜超过 10m；且不应少于 3 组井，每组井间距为 50m~150m。

5.3 污染物监测

5.3.1 污染物监测点位布置应符合以下规定：

1 在竖向阻隔区域的上游及两侧应各设置不少于 1 个监测井；在竖向阻隔区域下游，当阻隔屏障长度小于 40m 时设置不少于 1 个监测井，阻隔屏障长度大于 40m 时监测井数量相应增加，相邻监测井间距不宜超过 40m。

2 污染羽迁移方向涉及饮用水源地时，宜加密设置监测井。

3 监测井深度应根据地块污染深度、地质条件、阻隔屏障深度综合确定。

4 可充分利用地块调查评估与修复实施等阶段设置的监测井，原监测井须

符合管控效果评估采样条件，且不应超过效果评估时总监测井数量的 60%。

5.3.2 污染物监测的采样频次应符合以下规定：

1 至少采集 4 个批次的样品，采样频次宜为每季度一次，两个批次之间间隔不得少于 1 个月。

2 对于地下水流场变化较大的地块，可通过地下水水位水质监测、数值模拟等手段进行流场分析并适当提高采样频次。

3 地下水监测井中污染物浓度超过评估标准或出现上升趋势时，宜增加地下水监测频次，必要时可增加地下水监测井数量。

5.3.3 污染物监测指标应包括所有目标污染物；当地块风险管控范围周边 500m 内存在其他污染源或地块存在邻近地表水体时，应根据污染源的污染物情况以及邻近地表水体的水质要求，补充相应监测指标。

6 采样与试验

6.1 一般规定

6.1.1 监测井建设过程中以及运维期间，应做好二次污染防控。不同监测井施工前须清洗钻头和钻杆，防止交叉污染。

6.1.2 钻孔、测试孔和监测井等全部工作完成后，应及时注入清洁且低渗透的材料进行封孔，防止污染物迁移。

6.2 钻孔取芯

6.2.1 钻孔取芯前，应具备以下资料信息：

- 1 工程名称及设计、施工、监理和建设单位名称。
- 2 屏障的种类、设计参数及施工图。
- 3 钻孔取芯的数量及取样位置。
- 4 屏障施工的质量状况及记录等。

6.2.2 竖向阻隔屏障进行钻孔取芯时，采用的取芯设备可参照以下规定：

1 单层及复合竖向阻隔屏障的水泥土、原位土-水泥-膨润土、水泥-膨润土、塑性混凝土、混凝土的钻孔宜采用金刚石钻头或硬质合金钻头；取样可采用单动双管、双动三重管，采取率不宜小于 80%。

2 单层及复合竖向阻隔屏障的原位土-膨润土的钻孔宜采用螺纹钻头或硬质合金钻头，宜采用薄壁取土器和厚壁敞口取土器，也可采用单动双管取样器。

6.2.3 竖向阻隔屏障进行钻孔取芯时，应保持取样连续完整，钻探取芯流程应符合以下规定：

1 钻孔口径系列依照国际通用的标准采用 R、E、A、B、N、H、P、S 作为代号，规格代号及对应的公称口径见表 6.2.3，根据实际需求选择合适口径。

表 6.2.3 规格代号及对应的公称口径

单位为毫米

规格代号	R	E	A	B	N	H	P	S
公称口径	30	38	48	60	76	96	122	150

- 2 钻机设备安装必须周正、稳固、底座水平。
 - 3 每次钻孔进尺应控制在 1.5m 内；钻至底时，应采取减压、慢速钻进、干钻等适宜的方法和工艺。
 - 4 钻芯孔垂直度偏差不得大于 1/300。
 - 5 钻取的芯样应按回次顺序放进芯样箱中，并初步描述芯样质量。
 - 6 钻芯结束后，应对芯样和标示牌的全貌进行拍照。
- 6.2.4 竖向阻隔屏障芯样现场封存、保护及运输符合以下规定：**
- 1 芯样应及时密封并贴标签，标签应记录工程名称、取样深度、芯样的颜色状态、取样日期、取样人、样品编号等内容。
 - 2 试样标签记载应与现场钻探记录相符。取样器型号、取样方法，回收率等应在现场记录中详细记载。
 - 3 采取的芯样密封后应置于温度及湿度变化小的环境中，不得暴晒或受冻。
 - 4 运输芯样时，应采用专用土样箱包装，试样之间应用柔软缓冲材料填实。
 - 5 芯样采取之后应及时送至实验室养护或试验。

6.3 监测井建设与采样

6.3.1 监测井孔径、管径、滤水管和沉淀管设置应符合以下规定：

- 1 井身结构宜采用单一孔径。监测井的孔径宜大于滤水管外径 100mm，长期监测井的孔径宜大于滤水管外径 200mm。
- 2 监测井的管径应满足洗井、监测、维护及水样采集等工作要求。监测井井管内径应不小于 50mm。长期监测井内径应不小于 100mm。
- 3 滤水管应置于目标含水层中以取得代表性水样，长度和位置应根据监测目的和要求、所在区域地下水水位历史变化情况、目标含水层厚度等进行设置。
- 4 长期监测井宜设置沉淀管，沉淀管长度根据井深和隔水层厚度综合确定，宜不小于 50cm，且不揭穿隔水层。

6.3.2 监测井钻进成孔宜一径到底、井孔圆直；钻进过程中应进行孔深校正、孔斜测量，及时纠偏。

6.3.3 监测井的施工过程应包括下管、填砾、止水、封孔等步骤，成井的具体要求参照《地下水监测井建设规范》DZ/T 0270 的相关规定执行。

6.3.4 成井后应进行洗井，应满足以下要求：

- 1 监测井建设完成后,至少稳定 8h 后开始成井洗井。
- 2 当出现以下情况之一时,可结束洗井:
 - 1) 浊度小于或等于 10NTU 时或者当连续三次测定的浊度变化在 $\pm 10\%$ 以内、电导率变化在 $\pm 10\%$ 以内、pH 值变化在 ± 0.1 以内。
 - 2) 洗井抽出水量是井内水体积的 3~5 倍。

6.3.5 成井洗井结束后,监测井至少稳定 24h 后进行采样洗井。地下水样品采集应在洗井后 2h 内进行,并应符合以下规定:

- 1 地下水采样洗井出水水质稳定须满足 pH 值变化在 ± 0.1 以内、温度变化在 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 以内、电导率变化在 $\pm 10\%$ 以内、氧化还原电位变化在 $\pm 10\text{mV}$ 以内或 $\pm 10\%$ 以内、溶解氧变化在 $\pm 10\text{mV}$ 以内或 $\pm 10\%$ 以内、浊度小于或等于 10NTU 时或者当连续三次测定的浊度变化在 $\pm 10\%$ 以内。
- 2 当含水层厚度大于 6m 时,宜进行分层采样,并应根据污染物特征、含水层结构等进行合理调整。
- 3 地下水样品采集应按照挥发性有机物、半挥发性有机物、稳定有机物及微生物样品、重金属和普通无机物的顺序采集。
- 4 采样时,除有特殊要求的项目外,应先用采集的水样荡洗采样器与水样容器 2~3 次;采集分析挥发性有机物的地下水样时,应参照《地块土壤和地下水中挥发性有机物采样技术导则》HJ 1019 的相关规定。
- 5 采集水样后,应立即将水样容器瓶盖紧、密封,贴好标签,标签可根据具体情况进行设计,宜包括采样日期和时间、样品编号、监测项目等。
- 6 采样结束前,应核对采样计划、采样记录与水样,如有错误或漏采,应立即重采或补采。

6.4 水文地质试验

6.4.1 钻孔注水试验适用于抗压强度小于 3.0MPa 的竖向阻隔屏障,应符合以下规定:

- 1 宜采用降水头注水试验。
- 2 宜采用自上而下分段注水,试验段长度宜为 5m。
- 3 试验步骤和渗透系数计算应满足《水电工程钻孔注水试验规程》NB/T 35104 的相关规定。

6.4.2 钻孔压水试验适用于抗压强度大于 3.0MPa 的竖向阻隔屏障，应符合以下规定：

1 试验宜分段进行，试验段长度宜为 5m，相邻试段应互相衔接，可少量重叠，但不应漏段。

2 单栓塞试验时，残留岩芯可计入试验段长度之内，但其长度不宜超过 0.2m。

3 压力阶段和压力值、试验设备、试验步骤和渗透系数计算应满足《水电工程钻孔压水试验规程》NB/T 35113 的相关规定。

6.4.3 连通抽水试验应符合以下规定：

1 形成阻隔屏障后，宜在不同区域进行多组连通抽水试验。

2 抽水井水位降深不宜小于 5m，延续时间不少于 24 小时。

3 抽水结束后应测量恢复水位。

4 连通抽水试验可结合示踪剂法联合进行，在阻隔屏障外观测井中投放示踪溶液进行标记，在阻隔屏障内抽水井中测定示踪剂的含量。

6.5 实验室检测

I 工程性能指标检测

6.5.1 抗压强度试验应测试样品 28 天抗压强度，具体应符合以下规定：

1 塑性混凝土试件抗压强度宜采用圆柱体试件抗压强度试验，实验的试件尺寸、仪器设备、试验步骤、结果计算及确定应满足《混凝土物理力学性能试验方法标准》GB/T 50081 中的相关规定。

2 其他水泥系试件抗压强度宜采用无侧限抗压强度，实验的试件尺寸、仪器设备、试验步骤、结果计算及确定应满足《土工试验方法标准》GB/T 50123 的相关规定。

6.5.2 室内渗透试验应符合以下规定：

1 混凝土和塑性混凝土的渗透试验所用主要仪器设备、试样制备、试验步骤应符合现行行业标准《现浇塑性混凝土防渗芯墙施工技术规程》JGJ/T 291 的相关规定。

2 水泥土、原位土-水泥-膨润土、水泥-膨润土及原位土-膨润土的渗透试验所用主要仪器设备、试样制备、试验步骤应符合现行国家标准《土工试验方

法标准》GB/T 50123 的相关规定。

3 渗透试验终止条件应符合以下规定：

- 1) 连续 4 次所测定的渗透渗入量与渗出量的比值应在 0.75~1.25 之间；
- 2) 渗透系数大于等于 $1.0 \times 10^{-8} \text{cm/s}$ 时，至少连续 4 次所测定的渗透系数的变化幅度应小于等于 25%；渗透系数小于 $1.0 \times 10^{-8} \text{cm/s}$ 时，至少连续 4 次所测定的渗透系数的变化幅度应小于 50%；渗透系数随试验时间应无明显单调升高或降低趋势。

4 复合竖向阻隔屏障的渗透试验应根据各工程材料渗透系数综合确定，并应符合以下规定：

- 1) 土工膜的渗透系数测定应符合现行国家标准《土工合成材料 防渗性能 第 2 部分：渗透系数的测定》GB/T 19979.2 的相关规定；
- 2) 钠基膨润土防水毯的渗透系数测定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，试验终止的条件还应符合本条第 3 款的规定。

II 污染物指标检测

6.5.3 污染物指标的检测方法和样品保存要求应符合现行国家标准《地下水质量标准》GB/T 14848 和行业标准《地下水环境监测技术规范》HJ 164 的相关规定。

6.5.4 试样制备应有记录，记录内容宜包括样品的颜色、气味、每个样品所进行的试验项目等。

6.5.5 在对污染样品进行检测时，检测人员应采取防护措施，防止污染样品对人体造成危害。

7 效果评估

7.1 一般规定

7.1.1 效果评估内容应涵盖工程性能指标和污染物指标评估。

7.1.2 竖向阻隔效果评估应在阻隔屏障施工质量合格的基础上进行，阻隔效果评估单位核查施工质量相关资料无误后方可进入效果评估环节。

7.2 评估标准

7.2.1 屏障均匀性和完整性评估合格的标准为：

1 采用表观观测评估屏障均匀性时，屏障表面平整、屏障材料均匀、芯样连续完整；刚性及半刚性竖向阻隔屏障的芯样坚硬，呈柱状；柔性竖向屏障的芯样中膨润土和原位土混合均匀；土工膜或钠基膨润土防水毯完整、膜间搭接无漏点。

2 采用连通抽水试验评估屏障连续性与完整性时，阻隔屏障外水位观测井 24 小时内水位波动值不超过 2~3cm；若阻隔屏障外观测井中投放示踪剂，阻隔屏障内抽水井中未检出示踪剂。

7.2.2 竖向阻隔屏障的工程性能指标应满足设计要求，当设计方案缺少相关具体要求时，应符合附录 D 要求。

7.2.3 在竖向阻隔屏障管控区域的下游，地下水中目标污染物在一个水文年内浓度有持续下降趋势。

7.3 评估方法

7.3.1 竖向阻隔效果评估应结合前期相关资料、现场试验和取样进行室内试验进行评估，应符合以下规定：

- 1 工程全流程资料完整、记录准确。
- 2 施工过程中检测项目达到施工质量控制要求。
- 3 施工质量评估达到工程施工质量要求。
- 4 抽检工程性能指标达到设计要求。

5 抽检地下水质量中目标污染物浓度，确认实现风险管控目标。

7.3.2 若工程性能指标和污染物指标均达到评估标准，则判断竖向阻隔屏障风险管控达到预期效果，可对竖向阻隔屏障继续开展运行与维护。

7.3.3 若工程性能指标或污染物指标未达到评估标准，则判断竖向阻隔屏障风险管控未达到预期效果，应对竖向阻隔屏障进行优化或调整，并重新进行评估。

7.4 后期环境监管建议

7.4.1 实施竖向阻隔管控的污染地块，应提出后期环境监管建议。后期环境监管的方式宜包括长期环境监测与制度控制。

7.4.2 长期环境监测宜满足以下要求：

- 1 长期环境监测范围为竖向阻隔管控区域。
- 2 长期环境监测过程中，宜根据水文地质与工程地质条件、管控污染物的分布、构（建）筑物及受体分布等的变化情况，更新概念模型。
- 3 长期环境监井应充分利用现有监测井，并优先考虑污染物浓度高的区域、敏感点所处位置等。
- 4 长期环境监测宜通过地下水监测井进行周期性监测，宜每 3~5 年划分为 1 个监测周期，每个周期内宜每年开展不少于 2 次地下水污染物监测。每个监测周期结束时宜开展监测结果评估，根据评估结果适当调整监测频次。
- 5 地下水监测指标应包括所有目标污染物，可增加地下水水位、地下水流速等作为风险管控效果的辅助判断依据。
- 6 当地下水监测指标连续两次出现明显上升趋势，且周边无其他污染源时，须及时上报管理部门开展专项监测。
- 7 当阻隔屏障附近出现应力场发生变化时，应对阻隔屏障就进行变形监测。

7.4.3 制度控制宜符合以下规定：

- 1 制度控制宜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，多种制度方式可同时使用。
- 2 可采取预防措施，包括在竖向阻隔屏障顶部周围安装防护栏杆、设置警示标志等，减少竖向阻隔屏障受损的可能性。

7.5 效果评估报告编制

7.5.1 效果评估报告应包括文字、图表和必要的附件，报告中的文字、术语、符号、计量单位均应符合国家相关标准的规定。

7.5.2 效果评估报告内容应当包括地块概况、竖向阻隔管控实施情况、效果评估布点、样品采集、工程性能测试、污染物检测、检测结果分析、效果评估结果及后期环境监管建议等，具体参见附录 E。

附录 A 现场踏勘与人员访谈记录表

(资料性附录)

A.0.1 现场踏勘工作可按表 A.0.1 进行记录。

表 A.0.1 现场踏勘记录表

项目名称			
项目地址		天气	
地块面积		踏勘日期	
地块内基本情况描述（地理位置、地块现状等信息）			
阻隔屏障基本信息（方式、工艺、宽度、厚度、搭接方式等）			
阻隔屏障平面布置情况			
施工管理情况			
其它需要记录事项			

记录人：

A.0.2 人员访谈工作可按表 A.0.2 进行记录。

表 A.0.2 人员访谈记录表

项目名称			
访谈方式		访谈日期	
受访者姓名、联系方式、单位			
<p>受访者类型：<input type="checkbox"/>地块责任单位 <input type="checkbox"/>地块调查单位 <input type="checkbox"/>地块风险管控方案编制单位</p> <p><input type="checkbox"/>监理单位 <input type="checkbox"/>施工单位 <input type="checkbox"/>周边居民 <input type="checkbox"/>企业员工 <input type="checkbox"/>其他</p>			
<p>访谈内容：</p> <p>1、地块施工过程中环境保护措施落实情况。</p> <p>2、施工期间现场及周边有无异味？</p> <p>3、施工期间有无废水、废物等污染物外排情况？</p> <p>4、工程施工期间有无投诉、有无风险事故、有无工程变更？</p> <p><input type="checkbox"/>是 <input type="checkbox"/>否 <input type="checkbox"/>不确定</p> <p>如涉及，请简述。</p> <p>5、其它施工相关情况补充。（包括竖向阻隔方式及工艺、施工周期与进度等）</p>			

记录人：

受访者：

附录 B 地块概念模型涉及信息及其作用

（资料性附录）

表 B 地块概念模型涉及信息及其作用

地块概念模型涉及信息	在效果评估中的作用
地理位置	了解背景情况
地块历史	了解背景情况
地块调查评估活动	了解背景情况
地块土层分布	确定采样深度
水位变化情况	确定采样点设置
地块地质与水文地质情况	确定采样点设置
污染物分布情况	了解地块污染情况
目标污染物、修复目标	明确评估指标和标准
土壤和地下水管控范围	确定评估对象和范围
竖向阻隔方式及工艺	制定效果评估方案
竖向阻隔实施方案有无变更及变更情况	制定效果评估方案
施工周期与进度	确定采样时间点
竖向阻隔平面布置	确定采样点设置
竖向阻隔运行监测计划及已有数据	确定采样时间点
目标污染物浓度变化情况	确定采样时间点
地块内监测井位置及建井结构	判断是否可供效果评估采样使用
二次污染排放记录及监测报告	辅助资料
竖向阻隔实施涉及的单位和机构	辅助资料

附录 C 工程物探渗漏检测

（规范性附录）

C.0.1 工程物探可用于竖向阻隔屏障的渗漏隐患位置初步探查，主要检测方法包括阵列式电流场法、电阻率层析成像法和电测井法。

C.0.2 工程物探设备主要技术指标应符合现行行业标准《城市工程地球物理探测标准》CJJ/T 7 中的相关要求。

C.0.3 采用工程物探进行竖向阻隔渗漏检测时，应满足以下要求：

- 1 竖向阻隔屏障现场应具备开展检测工作需要的场地空间。
- 2 开展工程物探前，应对竖向阻隔边界进行定位。
- 3 竖向阻隔内外两侧不存在明显高电阻屏蔽层，周边无强电干扰，且检测面相对平整。

C.0.4 在使用阵列式电流场法进行竖向阻隔渗漏检测时，应满足以下要求：

- 1 对于规则多边形竖向阻隔围护，其长边不宜小于 30m；对于圆形竖向阻隔围护，其内直径不宜小于 30m；对于异型竖向阻隔围护，其最大跨度不宜小于 30m。
- 2 检测供电电极布设应符合以下规定：
 - 1) 供电正电极布设于竖向阻隔一侧钻孔内，供电正电极深度不宜小于竖向阻隔深度 5m；供电正极可在孔内上下自由移动，宜间隔 2m~5m 采集各深度数据，采集数据时正电极固定不动；供电负电极布设于竖向阻隔另一侧土中，且远离采集传感器的无穷远处。
 - 2) 当孔壁稳定条件较差时，孔内宜放置塑料管或其他绝缘套管，套管壁应均匀布设小孔与孔外导通。检测时应向管内注满清水并检查管内畅通情况。
- 3 采集传感器布设应符合以下规定：
 - 1) 采集传感器宜与供电负电极布设于同一侧。
 - 2) 组成阵列的传感器数量可根据现场场地条件确定，每个传感器应保证接地条件良好。

- 3) 阵列宜平行于竖向阻隔边线, 相邻传感器间距宜为 0.5m~2m, 宜根据不同的竖向阻隔类型结合现场试验优化确定传感器布设间距。
- 4) 分段连续检测时, 相邻测线之间重叠部分不宜小于 3m, 且不少于 3 个传感器。
- 5) 每个传感器应固定编号, 并记录每个传感器在平面范围内的位置。

C.0.5 开展电阻率层析成像法进行竖向阻隔渗漏检测时, 现场测试时宜满足以下要求:

1 竖向阻隔内外应有一定的水头差, 并宜在竖向阻隔外侧布设低阻离子溶液注入孔, 检测可在竖向阻隔围护结构内外两侧实施。

2 检测孔应平行于竖向阻隔内侧或外侧布设, 孔深不应小于检测孔间距的 1.5 倍。

3 电极串应根据竖向阻隔的不同类型经现场试验后确定, 宜根据不同的加固土层确定是否加密。

4 现场检测孔布设应符合以下规定:

- 1) 检测孔应平行于竖向阻隔一侧且不受竖向阻隔影响范围内布置。
- 2) 检测孔之间的平面间距宜为 5m~15m, 宜根据不同的竖向阻隔类型结合现场试验优化确定检测孔布设间距。
- 3) 检测孔中应有井液, 当检测孔壁稳定条件较差时, 孔内宜放置塑料管或其他绝缘套管, 套管壁应均匀布设小孔与孔外导通, 套管长度应与孔深一致。
- 4) 在检测孔连线的外侧地表应同时布设一个电位参考电极。
- 5) 检测孔垂直度应不大于 2%。

5 应在竖向阻隔内降水前、后分别开展电阻率层析成像法检测, 并对检测结果进行对比。

C.0.6 开展电测井法进行竖向阻隔渗漏检测时, 现场测试时宜满足以下要求:

1 钻孔可位于竖向阻隔内部或外部, 钻孔中应有井液, 当孔壁稳定性较差, 应采用绝缘套管并密布小孔。

2 现场检测应符合以下规定:

- 1) 电测井的电极系、电极距应根据探测任务要求和不同竖向阻隔类

型，经试验后确定。

- 2) 电极系下井前须采用标准电阻进行检查，相对误差不大于 $\pm 5\%$ 。
- 3) 自然点位测井应采用不极化电极；使用金属重锤配重时，测量电极距离重锤应不小于 2m。

C.0.7 当采用多种物探方法时，应进行综合判释。有疑问时，应进行取样检测，分析验证。

C.0.8 应对竖向阻隔区的测试值与区域背景值进行对比分析，依据测试值的异常程度初步判定渗漏范围。

C.0.9 污染场地内测试孔取出的土样应放置于竖向阻隔范围内场地中，测试孔完成后应及时进行封孔。

附录 D 竖向阻隔屏障工程性能要求

(资料性附录)

D.0.1 开挖-回填阻隔屏障工程性能要求：

表 D.0.1 开挖回填阻隔屏障工程性能要求

项目	允许偏差/允许值	检查方法
屏障均匀性	合格	钻孔取芯表观观测
连续性与完整性	合格	钻孔取芯表观观测、工程物探方法、连通抽水试验
渗透系数	$\leq 1.0 \times 10^{-7}$ cm/s	钻孔取芯、钻孔注（压）水试验
抗压强度	土-膨润土阻隔屏障无强度要求；水泥-膨润土、土-水泥-膨润土阻隔屏障 28d 无侧限抗压强度 ≥ 100 kPa	钻孔取芯

D.0.2 注浆、喷浆阻隔屏障工程性能要求：

表 D.0.2 注浆、喷浆阻隔屏障工程性能要求

项目	允许偏差/允许值	检查方法
屏障均匀性	合格	钻孔取芯表观观测
连续性与完整性	合格	钻孔取芯表观观测、工程物探方法、连通抽水试验
渗透系数	$\leq 1.0 \times 10^{-7}$ cm/s	钻孔取芯、钻孔注（压）水试验
抗压强度	28d 无侧限抗压强度 ≥ 100 kPa	钻孔取芯

D.0.3 深层搅拌阻隔屏障工程性能要求：

表 D.0.3-1 三轴（双轴）搅拌水泥土阻隔屏障工程性能要求

项目	允许偏差/允许值	检查方法
屏障均匀性	合格	钻孔取芯表观观测
连续性与完整性	合格	钻孔取芯表观观测、工程物探方法、 连通抽水试验
渗透系数	$\leq 1.0 \times 10^{-7}$ cm/s	钻孔取芯、钻孔注（压）水试验
抗压强度	28d 无侧限抗压强度 ≥ 100 kPa	钻孔取芯

表 D.0.3-2 渠式切割水泥土阻隔屏障和铣削深层搅拌水泥土阻隔屏障工程性能要求

项目	允许偏差/允许值	检查方法
屏障均匀性	合格	钻孔取芯表观观测
连续性与完整性	合格	钻孔取芯表观观测、工程物探方法、 连通抽水试验
渗透系数	$\leq 1.0 \times 10^{-7}$ cm/s	钻孔取芯、钻孔注（压）水试验
抗压强度	28d 无侧限抗压强度 ≥ 100 kPa	钻孔取芯

D.0.4 塑性混凝土阻隔屏障工程性能要求：

表 D.0.5 塑性混凝土阻隔屏障工程性能要求

项目		允许偏差/允许值	检查方法
工程性能指标	屏障均匀性	合格	钻孔取芯表观观测
	连续性与完整性	合格	钻孔取芯表观观测、工程物探方法、 连通抽水试验

	渗透系数	$\leq 1.0 \times 10^{-7}$ cm/s	钻孔取芯和钻孔注（压）水试验
	抗压强度	28d 龄期抗压强度 ≥ 1000 kPa	钻孔取芯

D.0.5 复合阻隔屏障工程性能要求：

表 D.0.5-1 HDPE 土工膜复合阻隔屏障工程性能要求

项目	允许偏差/允许值	检查方法
屏障均匀性	合格	钻孔取芯表观观测
连续性与完整性	墙体完整性合格、HDPE 土工膜无渗漏点	钻孔取芯表观观测、工程物探方法、连通抽水试验
墙体渗透系数	$\leq 1.0 \times 10^{-7}$ cm/s	钻孔取芯实验、钻孔注（压）水试验
复合渗透系数	$\leq 1.0 \times 10^{-7}$ cm/s	参照《工业污染场地竖向阻隔技术规范》HG/T 20715-2020 中 5.5.7 进行计算
墙体抗压强度	参照对应墙体类型的相关要求	钻孔取芯

表 D.0.5-2 钠基膨润土防水毯复合阻隔屏障工程性能要求

项目	允许偏差/允许值	检查方法
屏障均匀性	合格	钻孔取芯表观观测
连续性与完整性	墙体完整性良好、钠基膨润土防水毯无渗漏点	钻孔取芯表观观测、工程物探方法、连通抽水试验
墙体渗透系数	$\leq 1.0 \times 10^{-7}$ cm/s	钻孔取芯和钻孔注（压）水试验
复合渗透系数	$\leq 1.0 \times 10^{-7}$ cm/s	参照《工业污染场地竖向阻隔技术规范》HG/T 20715-2020 中 5.5.7 进行计算
墙体抗压强度	参照对应墙体类型的相关要求	钻孔取芯

附录 E 效果评估报告编制大纲

(资料性附录)

污染地块竖向阻隔效果评估报告编制大纲

1 项目背景

简要描述污染地块基本信息，调查评估及修复和风险管控时间节点与概况、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 竖向阻隔管控方案

3.3 竖向阻隔实施情况

3.4 环境保护措施情况

4 更新地块概念模型

4.1 资料回顾

4.2 现场踏勘

4.3 人员访谈

4.4 地块概念模型更新

5 布点采样方案

5.1 评估范围

5.2 布点数量与位置

5.3 采样周期和频次

5.3 检测指标

6 采样与试验

6.1 现场测试

6.1.1 现场测试布点

6.1.2 现场测试方法及步骤

6.2 样品采集

6.2.1 现场采样

6.2.2 样品保存与流转

6.2.3 现场质量控制

6.3 实验室检测

6.3.1 检测方法

6.3.2 实验室质量控制

7 效果评估

7.1 结果分析

7.2 效果评估

8 结论与建议

8.1 效果评估结论

8.2 后期环境监管建议

附件

- 1) 场地规划图
- 2) 竖向阻隔工程施工图
- 3) 工程地质与水文地质剖面图
- 4) 钻孔结构图
- 5) 竖向阻隔屏障取样记录及照片
- 6) 地下水监测井结构图
- 7) 地下水监测井洗井记录
- 8) 施工质量控制记录资料
- 9) 工程效果评估工作记录资料

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1) 表示很严格,非这样做不可的用词:

正面词采用“必须”;

反面词采用“严禁”。

2) 表示严格,在正常情况下均应这样做的用词:

正面词采用“应”;

反面词采用“不应”或“不得”。

3) 表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的用词:

正面词采用“宜”;

反面词采用“不宜”。

4) 表示有选择,在一定条件下可以这样做的用词,采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行时的写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《混凝土物理力学性能试验方法标准》GB/T 50081
- 2 《土工试验方法标准》GB/T 50123
- 3 《土工合成材料 防渗性能 第2部分：渗透系数的测定》GB/T 19979.2
- 4 《地下水质量标准》GB/T 14848
- 5 《污染地块风险管控与土壤修复效果评估技术导则》HJ 25.5
- 6 《污染地块地下水修复和风险管控技术导则》HJ 25.6
- 7 《地块土壤和地下水中挥发性有机物采样技术导则》HJ 1019
- 8 《地下水环境监测技术规范》HJ 164
- 9 《水电工程钻孔注水试验规程》NB/T 35104
- 10 《水电工程钻孔压水试验规程》NB/T 35113
- 11 《现浇塑性混凝土防渗芯墙施工技术规范》JGJ/T 291
- 12 《钠基膨润土防水毯》JG/T 193
- 13 《城市工程地球物理探测标准》CJJ/T 7
- 14 《工业污染场地竖向阻隔技术规范》HG/T 20715