ICS 13.020.40
CCS Z 05

团　　体　　标　　准

T/GIA 006—2021

地下水污染阻隔技术指南

Technical guide for groundwater pollution barriers

2021-01-01 发布　　2021-04-01 实施

中关村中环地下水污染防控与修复产业联盟　　发 布

目　　次

前言 …… Ⅲ
1　范围 …… 1
2　规范性引用文件 …… 1
3　术语和定义 …… 1
4　地下水污染阻隔技术选择 …… 2
4.1　原理 …… 2
4.2　主要类型及适用性 …… 2
4.3　阻隔技术 …… 3
5　地下水污染阻隔技术要求 …… 6
6　地下水污染阻隔材料 …… 7
6.1　基本要求 …… 7
6.2　土基、水泥基阻隔材料 …… 7
6.3　化学阻隔材料 …… 8
6.4　土工膜材料 …… 8
6.5　板桩材料 …… 8
7　效果监测与评估 …… 8
附录 A（规范性）　土-膨润土阻隔墙设计与建设 …… 9
附录 B（规范性）　土工膜阻隔墙安装方法汇总表 …… 10
附录 C（规范性）　化学屏障材料性能评估重要参数 …… 11
参考文献 …… 12

前　言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则　第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由中关村中环地下水污染防控与修复产业联盟提出并归口。

本文件起草单位：吉林大学、北京高能时代环境技术股份有限公司、清华大学。

本文件主要起草人员：赵勇胜、秦传玉、侯德义、魏丽、苗竹、李琴。

本文件在实施过程中，如发现需要修改或补充之处，请将意见和有关资料寄给中关村中环地下水污染防控与修复产业联盟标准委员会，以便修订。

联系邮箱：cngpc_org@126.com

地下水污染阻隔技术指南

1 范围

本文件给出了地下水污染阻隔技术的适用范围、技术选择、技术要求，地下水污染阻隔材料的基本要求的建议；以及地下水污染阻隔效果的监测与评估方法。

本文件适用于高污染负荷的污染源带、污染源与高度敏感的受体之间、复杂污染场地的地下水污染阻隔。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 17642 土工合成材料 非织造布复合土工膜

GB/T 17643 土工合成材料 聚乙烯土工膜

GB 36600—2018 土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准（试行）

GB/T 50290 土工合成材料应用技术规范

SL/T 231 聚乙烯（PE）土工膜防渗工程技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

阻隔技术 barrier technology

阻隔污染物向周边环境迁移扩散的技术。

注：包括泥浆墙、注浆墙、原位土壤搅拌、土工膜、板桩、可渗透反应墙等。

3.2

垂直工程屏障 vertical engineering barrier

采用竖向形式设置的人工或天然防渗材料屏障。

3.3

覆盖层 cap

在垂直工程屏障顶部构建的保护层。

3.4

污染源带 contamination source zone

污染源附近土壤和地下水中污染物高负荷的区域。

3.5

受体 receptor

污染场地及其周边可能受到污染物影响的人群或生态环境。

注：包括居民区、学校、医院、商业区以及地表水、地下水、自然和人文景观等。

3.6

污染物迁移和扩散　contaminant migration and diffusion

污染物通过对流、弥散和扩散等方式向周围环境中的运动。

3.7

防渗性能　impermeability

描述防渗材料防止污染流体通过的能力。常用渗透率或渗透系数来表征。

3.8

兼容性能　compatibility

描述防渗材料抵抗污染物流体侵蚀的能力。

4　地下水污染阻隔技术选择

4.1　原理

通过在污染源周围构筑低渗透屏障，来隔离污染物，同时调控地下水的流场。由于污染物进入含水层后主要以水平方向运移为主，地下水污染阻隔的主要方式是构筑垂直阻隔墙，将受污染水体进行圈闭（阻隔），控制污染源，阻隔受污染地下水流出或污染物迁移，控制污染羽扩散。同时进行必要的覆盖阻隔，采用天然粘土材料或土工合成材料，铺设在污染场地上，阻止外部水的入渗和场地中挥发性污染物的逸出。

4.2　主要类型及适用性

根据墙体建造施工方法的不同，选用墙体材料的不同，形成了多种不同类型阻隔墙。常见的有：泥浆阻隔墙、注浆阻隔墙、原位土壤搅拌阻隔墙、土工膜复合阻隔墙、板桩阻隔墙、可渗透反应墙等。其中泥浆阻隔墙、土工膜阻隔墙的深度受开挖的限制，一般在较浅地层应用；注浆和板桩阻隔墙可以应用于较深的污染地层；可渗透反应墙通过填充材料与污染物发生物理、化学、生物作用，使污染物滞留或在墙体中降解，而水流可以渗流通过墙体。

垂直阻隔墙施工简单，成本较低，污染控制效果显著。可用于处理小范围的剧毒、难降解污染场地，作为一种永久性的封闭方法；也可以应用于地下水污染初期的应急控制方法；以及作为复杂污染场地的修复方法。部分阻隔墙类型、优缺点见表1。

表1　部分阻隔墙特点比较表

阻隔墙类型		优点	缺点
泥浆阻隔墙	水泥-膨润土（CB）阻隔墙	强度好，低压缩性；可以用于不稳定土体、坡度大的情形；渗透系数在 10^{-6} cm/s 左右；构筑速度快	较难保证整体连续性；渗透系数相对较大；收缩、热应力和干/湿循环易产生裂隙
	土壤-膨润土（SB）阻隔墙	比CB更低的渗透系数；费用较CB低；渗透系数一般在 10^{-7} cm/s 左右，最低可达 5.0×10^{-9} cm/s	产生大量的弃土需要处理；难以确保正确的安置就位；干/湿循环和冻融作用导致阻隔材料退化（如开裂）；仅限于垂直方向构建
	土壤-水泥-膨润土（SCB）阻隔墙	强度与CB相当；渗透系数与SB相近	与CB和SB的类似

表 1　部分阻隔墙特点比较表（续）

阻隔墙类型		优点	缺点
注浆阻隔墙	高压喷射注浆墙	可以在许多不同类型地层介质中应用；注入井径小，可形成较大直径的地层介质与浆液混合柱体；构筑深度可达 45 m～60 m；可以以不同角度钻进和注入（垂直和水平屏障）	难以保证墙体的连续性；存在钻孔偏离问题、喷嘴堵塞问题；灌浆柱体连接处的缺口导致泄漏；墙体硬化过程导致开裂
	渗透（压力）注浆墙	不需要开挖土壤；定向钻进，对废物无扰动；可以设置垂向、水平屏障；可用于基岩裂隙	局限于中等到高渗透性地层；难以保证墙体的连续性；非均质地层中浆液在高渗透性介质中流动；难以预测浆液的渗透半径
原位土壤搅拌阻隔墙		土体无需开挖；墙体构建分段逐步进行，无塌陷问题；可添加不同的材料，阻隔不同的污染物	各个圆柱体需要互连，难以验证连续性；在搅拌过程中污染的土壤可进入阻隔墙；地下较大的卵砾石限制了钻进施工；构筑深度限制，有效的搅拌混合深度为 10 m 左右
土工膜复合阻隔墙		防渗和抵抗性能更好	构筑具有一定难度
板桩阻隔墙		具有很强的阻隔土壤和地下水污染物扩散能力；具有抵抗化学侵蚀能力；不需要开挖和处理废物；可以构筑成不规则形状的屏障；渗透系数稳定；可移动，重复使用	板桩连接部泄漏；长期使用，板桩易发生腐蚀；费用较大；在含坚硬卵砾石的地层中构建困难；施工噪声和振动大

4.3　阻隔技术

4.3.1　泥浆阻隔墙

a）　类型

泥浆墙是地下阻隔墙最为常见的类型，包括：在有泥浆保护的情况下开挖沟槽，填充渗透系数小于 1×10^{-6} cm/s～10^{-8} cm/s 的低渗透性介质，最后进行顶部覆盖保护（图 1）。

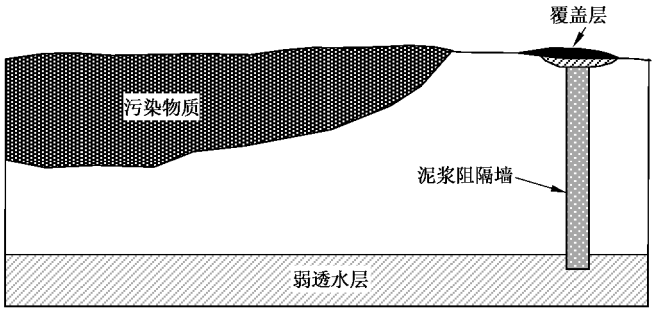


图 1　泥浆阻隔墙剖面示意图

阻隔墙类型包括：土基泥浆墙、水泥基泥浆墙和土壤-水泥-膨润土泥浆墙。墙体填充材料可以是混合多种物质，材料有：水泥、膨润土、飞灰、炉渣、粘土等。

b）　土基泥浆墙（SB）阻隔墙

填充材料采用土壤-膨润土，可以通过添加一些其他物质改变填充材料的特性，达到理想的强度和

防渗能力。阻隔墙建造深度可达 60 m;需要注意干/湿循环和冻融作用导致阻隔材料的退化。

c) 水泥基泥浆墙(CB)阻隔墙

填充材料采用水泥-膨润土。首先膨润土与水混合成水化泥浆,其中膨润土占约 6%(质量);在沟槽中先加入水泥,然后加入膨润土泥浆。水泥量通常占 10%～20%(质量)。通过在水泥中加入细炉渣降低渗透系数(达到 10^{-7} cm/s～10^{-8} cm/s),增加材料的化学抵抗力和强度(通常水泥和炉渣的比例为 3∶1～4∶1)。

d) 土-水泥-膨润土泥浆墙(SCB)阻隔墙

填充材料采用土-水泥-膨润土。阻隔墙的强度与 CB 墙相似,防渗能力与 SB 墙相当。

4.3.2 注浆阻隔墙

a) 类型

注浆阻隔墙技术采用渗透(压力)注浆或者喷射注浆的方式向地层中注入水泥浆液等形成阻隔帷幕。为了灌注的水泥能够形成连续的墙体,根据地层及钻井条件,要求设计小的灌注井距离。根据地层的渗透性能,设置两排灌注井,以保证墙体的连续性。灌注地层的渗透系数较大时,有利于注浆阻隔墙的构筑。

b) 高压喷射注浆

利用钻机钻孔,把带有喷嘴的注浆管插至土层的预定位置后,以高压设备使浆液成为几十兆帕以上的高压射流,注入地层中。常用的浆液有水泥浆和水泥-膨润土浆。注入的浆液扰动地层介质,使阻隔材料与地层介质混合,形成一个柱形体。高压喷射注浆可用于砾石到粘土不同类型的地层,在砂层中的注入效率要优于粘土地层。

c) 渗透(压力)注浆

在较低压力作用下,注入低粘度的浆液,填充地层介质的空隙,排挤出空隙中的水和气体,基本上不改变介质的结构和体积,形成低渗透的阻隔屏障。为了避免水力压裂,注入压力不能大于土壤破裂压力。

渗透注浆的材料与注入地层的渗透性有关,当地层的渗透系数大于 10^{-1} cm/s,可用颗粒状浆液;渗透系数大于 10^{-3} cm/s,可用化学浆液。土的渗透性能与可灌注性见表 2。

表 2 土的渗透性能与可灌注性

土的渗透性(cm/s)	可灌注性
$<10^{-6}$	不可灌注
10^{-5}～10^{-6}	粘度小于 5 cP 的浆液可灌注(有一定难度);粘度大于 5 cP 的浆液不可灌注
10^{-3}～10^{-6}	粘度小的浆液可灌注,但大于 10 cP 的浆液难以灌注
10^{-1}～10^{-3}	常用的所有化学浆液都可灌注
$\geq 10^{-1}$	需要悬浮浆液或具有填料的化学浆液

4.3.3 原位土壤搅拌阻隔墙

采用特殊的螺旋钻和搅拌装置,在钻进的同时,注入构筑阻隔墙所需的材料,最终形成圆柱形的土壤和注入材料混合体。通过不同圆柱形混合体的重叠,可以构建连续的阻隔墙。阻隔墙的构筑深度可以达到 30 m。

4.3.4 土工膜复合阻隔墙

以高密度聚乙烯(HDPE)土工膜为主体阻隔材料,采用垂直开槽或震击方式将柔性 HDPE 土工膜垂直插入到相对不透水层,通过连接锁扣与内置止水条实现多幅 HDPE 土工膜的互锁连接,同时利用灌浆密封材料对土工膜底端进行止水固结形成立体式柔性垂直阻隔墙,达到阻隔污染物水平迁移的目的。该方法可在场地中潜在污染物与 HDPE 膜化学相容情况下应用,要求场地中存在有隔水层或弱透水层,场地中如有砂卵石层存在,施工难度大。

垂直阻隔墙应嵌入渗透系数不大于 10^{-7} cm/s 的隔水层中,嵌入深度≥1 m,且需超过污染物影响深度。

HDPE 垂直阻隔墙的施工主要包括开槽、泥浆护壁、HDPE 材料安装、回填料制备、回填、顶部覆盖和场地清理等过程。要求采用优质膨润土和水作为泥浆制备材料,沟槽中的泥浆液面需保持在地下水位面之上 1.0 m,同时要在地表以下 0.5 m。HDPE 膜铺设过程中,要注意防止膜被尖利物品破坏,确保相邻两幅 HDPE 膜有效连接。回填阶段要对称地将回填料填入沟槽中,避免不均匀回填导致 HDPE 大幅度变形。施工后,多余泥浆和回填料需妥善处理,不能直接排入市政管线以防腐蚀破坏或堵塞下水道,也不能堆放在地表。

4.3.5 板桩阻隔墙

把钢板、预制混凝土、铝板等打入地下,形成工程屏障。不同的板间进行连接形成连续阻隔屏障。注意不同板桩间的连接部容易发生泄漏,除了各种封闭连接装置外,许多密封材料,如泥浆、飞灰和水泥等用来密封板桩的连接处。

4.3.6 垂直可渗透反应墙

地下填充了反应介质的反应墙,当污染的地下水渗流通过时,污染物与介质发生物理、化学或生物作用而被去除。垂直可渗透反应墙可以设置在污染源下游,控制污染羽的扩展。可渗透反应墙也可以水平设置控制污染物的向下渗透。

可渗透反应墙的填充介质有很多种类型,对溶解性污染物的去除可以是生物的、非生物的作用,包括:吸附、沉淀、氧化-还原、固定、物理转化和生物降解等。

垂直可渗透反应墙原位反应器系统为了有效地去除地下水的污染物,应满足三个基本要求:

a) 设计的反应时间应小于污染地下水流动通过反应器的时间。如果反应速率太小,导致停留时间增大,或污染物的去除不彻底,达不到预期的目标。

b) 填充的反应介质具有一定的有效作用期。在有些情况下,可渗透反应墙的填料可以根据设计进行更换。

c) 填充介质自身不会引起下游地下水的污染。

垂直可渗透反应墙系统包括三种类型:漏斗-通道型、连续墙型、注入反应带型。

漏斗-通道型:当污染羽面积较大时,采用低渗透的泥浆墙等对地下水污染羽进行控制,在平面上形成污染地下水流动的“漏斗”,而可渗透反应墙设置在地下水流的“通道”位置,以此减少可渗透反应墙反应介质的填充量。

连续墙型:可渗透反应墙设置垂直于污染地下水流向,穿越整个污染含水层深度和宽度。这种类型的可渗透反应墙与漏斗-通道型相比,其对地下水流场的扰动要小、容易设置。

注入反应带型:通过井排的方式注入反应剂,在地下形成反应带。反应剂与污染物作用,起到阻隔、降解地下水中污染物的作用。反应剂以流体(溶解态、悬浮固态)的形式注入,与含水层介质发生作用,

在介质表面包覆，起到可渗透反应墙的作用。

垂直可渗透反应墙使用的反应介质、去除的目标污染物和应用状况见表3。

表3　可渗透反应墙反应介质和去除污染物汇总表

反应介质	目标污染物	技术状况
零价铁	卤代烃	商业应用
零价铁	可还原金属(铬、铀等)	场地示范
石灰石	金属、酸性水	实践中(采矿)
沉淀剂(石膏、羟基磷灰石)	金属	实验室研究
吸附剂(氢氧化铁、活性炭、沸石)	金属和有机物	场地示范/实验室研究
还原剂(有机物、连二亚硫酸盐、硫化氢)	可还原金属	场地示范
生物电子受体(释氧剂、硝酸盐)	苯、甲苯、乙苯、二甲苯(BTEX)	场地实验

4.3.7　覆盖层

覆盖层应为多层结构。从下而上至少包括下列部分：

a) 防渗层：天然材料防渗层厚度不小于50 cm，渗透系数不大于10^{-7} cm/s；若采用复合防渗层，人工合成材料层厚度不小于1.0 mm，渗透系数不大于10^{-10} cm/s；

b) 排水层及排水管网：排水层和排水系统的管网坡度不小于2%，设计时采用暴雨强度重现期不得低于50年；

c) 种植层：用天然土覆盖，厚度不小于20 cm；

d) 排水层和雨水导排沟要做好衔接接，防止雨水渗入场地内。

施工要求：

a) 封场覆盖系统堆体顶面坡度不小于5%；当边坡坡度大于10%时采用台阶式收坡，台阶间边坡坡度不大于1∶3，台阶宽度不小于2 m，高差不大于5 m。

b) 采用粘土作为防渗材料时，粘土层在投入使用前进行平整压实，压实度不得小于90%。粘土层基础处理平整度达到每平方米误差不得大于2 cm。

c) 采用土工膜作为防渗材料时，土工膜应符合GB/T 17642、GB/T 17643、SL/T 231、GB/T 50290的相关规定。土工膜膜下粘土层，基础处理平整度达到每平方米粘土层误差不得大于2 cm。土工膜分段施工时，铺设后及时完成上层覆盖，在垂直高差较大的边坡铺设土工膜时应设置锚固平台，平台高差不宜大于10 m。

d) 铺设土工膜需焊接牢固，达到规定的强度和防渗漏要求，符合相应的质量验收规范。

e) 封场覆盖系统应进行滑动稳定性分析，典型无渗压流和极限覆盖土层饱和情况下的安全系数设计中需要采取工程措施，防止因不均匀沉降而造成防渗结构的破坏。

5　地下水污染阻隔技术要求

设计地下水污染阻隔屏障宜包括如下因素：

a) 屏障的几何形状，包括屏障布局、深度和厚度；

b) 周围地层的应力分析，用以评估潜在的屏障构筑影响；

c) 阻隔材料与污染物的兼容性能实验，优选有效的阻隔材料；

d) 确定高效可行的构筑方法；

e) 构筑质量监测、控制体系，确保所构筑的阻隔墙体的连续性。

对污染场地地层岩性、污染物分布高分辨率的刻画是地下水污染阻隔技术的设计基础，在场地调查工作的基础上，构建污染场地的水文地质概念模型，包括含水层介质、厚度、渗透系数、水力梯度，含水层水文地球化学特性，污染物特性及其与地层介质的作用、污染物浓度、污染羽分布、扩散速度等。

阻隔污染物和污染水流的屏障(泥浆阻隔墙、注浆阻隔墙、原位土壤搅拌阻隔墙、土工膜阻隔墙、板桩阻隔墙等)布局如图 2 所示；阻隔污染物，但水流可以通过的可渗透反应墙的设计如图 3 和图 4 所示，图 3 为连续墙型反应墙，在垂直地下水流向上，设置反应墙；图 4 为漏斗-通道型反应墙，除了在垂直地下水流向上设置反应墙外，还需要在墙的两侧设计防止地下水渗流的阻隔墙，阻隔墙为不透水屏障，如泥浆墙、帷幕灌浆等。

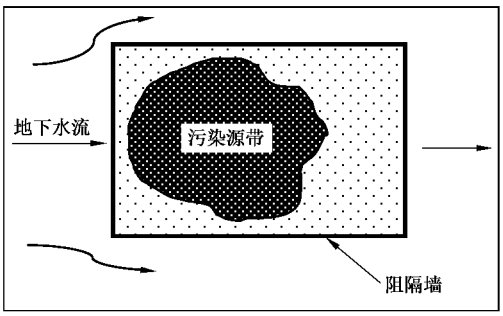


图 2 地下水污染阻隔屏障平面设计示意图

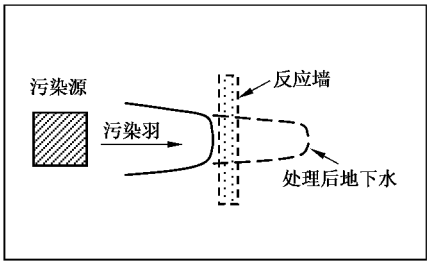


图 3 连续墙型可渗透反应墙设计示意图

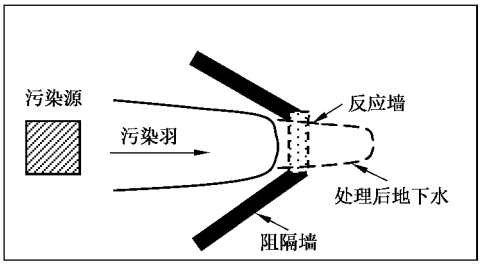


图 4 漏斗-通道型可渗透反应墙设计示意图

土-膨润土阻隔墙设计与建设见附录 A。土工膜阻隔墙安装方法见附录 B。

6 地下水污染阻隔材料

6.1 基本要求

地下水污染的阻隔材料需要具备两方面的条件：一是要有很低的渗透性(渗透系数$<10^{-7}$ cm/s)，能够有效地阻挡污染地下水的运移；二是具有耐久性和一定的强度，要与污染物具有“兼容性”，即在阻隔污染物的条件下，材料本身不会被“侵蚀”而改变特性。注意在地下水污染的条件下，当有较强的酸或碱环境，容易导致材料渗透性的增加，使防渗效能降低。

6.2 土基、水泥基阻隔材料

土基、水泥基材料主要用于构筑两类垂向阻隔墙：开挖-填充墙和原位土壤混合或注浆阻隔墙。土基、水泥基材料可添加炉渣、飞灰等物质来强化材料的性能。

在地下水水位以下，适合整体注浆，构筑土基、水泥基屏障，但在包气带，如果是干旱地区，膨润土材料容易发生干燥开裂。地下阻隔屏障材料要求有低的渗透系数，应具有持久性、一定的强度。阻隔墙与渗滤液、污染物、侵蚀性化学物质等相接触，应该与污染物具有兼容性，通过合适的添加剂来强化材料的兼容性，如添加炉渣可以抵抗硫酸的侵蚀。

阻隔材料固化后，除了满足低渗透性、耐久性外，还要有一定的强度，如在地震频繁地区等。

6.3 化学阻隔材料

化学阻隔注浆具有降低渗透系数、干湿循环影响小、容易设置等特点。化学阻隔材料有：硅酸钠、丙烯酸酯凝胶、硅胶、铁的氢氧化物、蒙旦蜡、硫聚合物水泥、环氧树脂、聚硅氧烷、呋喃、聚酯苯乙烯、丙烯酸等。其中硅胶、铁的氢氧化物和蒙旦蜡来源于无机物或天然存在物质，与污染物具有更好的兼容性。

评估化学屏障材料性能的重要参数包括：粘度，凝结时间，渗透系数，干湿循环特性，对化学物质、酸、碱和有机物的耐受力，抗辐射性，抗扩散迁移，寿命。

化学阻隔材料的选择取决于污染场地条件和污染物特征。传统的硅酸钠、丙烯酸酯凝胶防渗性能中等，价格中等；基于无机化合物的阻隔材料（如硅胶和铁系物质）和天然存在的物质（如蒙旦蜡），在特定的情形下其防渗性能得到了改进；其他的材料需要特殊的设置方法（如硫聚合物水泥）或使用工程聚合物，其防渗性能优越，能适应不同环境，但价格较高。

化学屏障材料性能评估重要参数见附录 C。

6.4 土工膜材料

HDPE 土工膜，膨润土、粘土等。

6.5 板桩材料

钢板、预制混凝土、铝板等，也可用工程塑料代替钢板，降低工程造价。此外密封材料包括：泥浆、飞灰和水泥等。

7 效果监测与评估

垂直阻隔墙的效果监测包括：示踪试验、抽水试验（局部或整体）、连续性检验、地下水水位及污染物浓度监测、定期对墙体进行取样分析、以及地球物理探测方法等。

示踪试验：通过地下示踪评估阻隔墙的效果。设置示踪剂注入井和观测井，确定地下水流的方向和阻隔效果，需要测试地下水水位，以及进行水质分析。

抽水试验：整体抽水试验可以评估全封闭墙体的性能，但不易发现墙体缺陷的具体位置，局部抽水可以验证较小影响范围内墙体的性能。

连续性检验：阻隔墙的连续性检验一般采用在墙体预设传感器的方法，但大量传感器的设置，可能影响墙体质量。

地下水水位及污染物浓度监测：进行阻隔墙两侧地下水水位的长期观测，分析判断墙体两侧地下水的连通性；分析评估污染物在垂直阻隔墙两侧的浓度差异，评估阻隔效果、是否扩散及其扩散通量等。

墙体取样分析：取样分析墙体的渗透系数，是最直接的方法，但要注意对墙体整体性的影响。

地球物理探测：在阻隔墙两侧进行探测，通过分析地球物理异常，分析判断阻隔墙的效能。

土基、水泥基垂直屏障用于封闭、捕获和改变流场等，可用于污染地下水、气体和自由相污染物。除了在极端化学侵蚀性环境、干湿和冻融交替等特殊情形下，土基、水泥基垂直阻隔墙具有很好的长期阻隔性能，具有较好的阻隔使用寿命。

附 录 A
（规范性）
土-膨润土阻隔墙设计与建设

设计前应要明确阻隔墙的目的和功能，包括：对污染场地的完全封闭；向下渗透控制；渗透导流墙；或者是临时疏水系统等。设计包括：建立墙体几何形状、考虑回填材料应力和地下水运动、选择回填材料类型和混合比、评估建设的方法、设计幅面接缝、评估费用、设计监测系统、以及质量控制。

a） 墙体几何形状：墙体布局、深度和厚度。

b） 地面变形和回填材料应力：墙体建设有可能导致的附近地面的不稳定和沉降。当附近有地面建筑时，需要高度关注。

c） 回填材料类型：土-膨润土、水泥-膨润土、土-水泥-膨润土、塑性混凝土、以及其他混合物。

d） 建设方法：场地地层岩性、深度、地面条件等是建设方法选择的主要考虑因素。墙体的建设可分为连续型和幅面型。与幅面型相比，连续型墙体构建方法具有链接缝数量少的特点；幅面型方法包括：抓斗开挖、导管回填，深部混合，或高压喷射注浆。

e） 费用评估：采用挖掘机构建连续型墙体的方法费用较低，当使用水泥、或使用其他挖掘或混合技术时，费用有所增加。

土-膨润土阻隔墙建设见示意图 A.1。

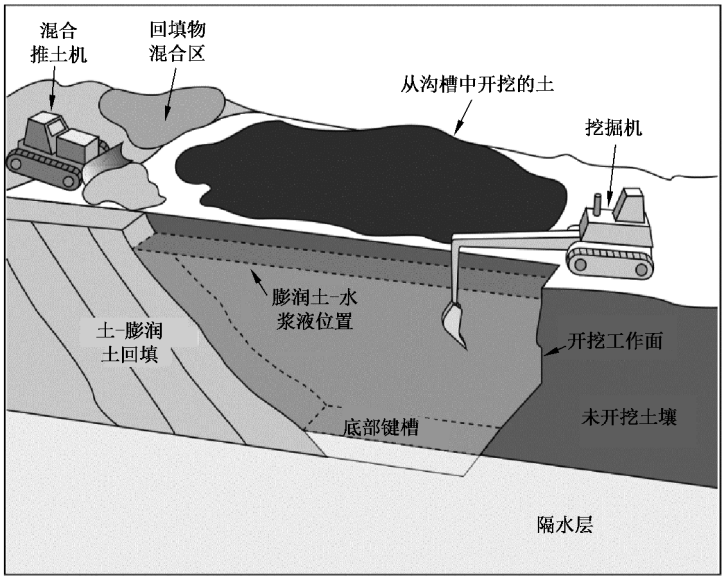


图 A.1 土-膨润土阻隔墙建设示意图（Rumer and Ryan，1995）

附 录 B
（规范性）
土工膜阻隔墙安装方法汇总表

土工膜阻隔墙安装方法见表 B.1。

表 B.1 土工膜阻隔墙安装方法汇总表

方法或技术	土工膜结构	沟槽支护	典型沟槽宽度 mm	典型沟槽深度 m	典型回填物
沟槽法	连续	无	300～600	1.5～4.5	砂或原土
振动插入板	片状	无	100～150	1.5～6.0	原土
泥浆支撑	片状	泥浆	600～900	无限制，取决于 沟槽稳定性	SB，SC，CB，SCB， 砂或原土
分段槽盒	片状或连续	无	900～1 200	3.0～9.0	砂或原土
振动梁	片状	泥浆	150～220	无限制	SB，SC，CB，SCB 泥浆

附 录 C
（规范性）
化学屏障材料性能评估重要参数

评估化学屏障材料性能的重要参数包括：粘度，凝结时间，渗透系数，干湿循环特性，对化学物质、酸、碱和有机物的耐受力，抗辐射性，扩散迁移的减少，寿命。

粘度：使用渗透灌浆时，化学材料的粘度取决于注入地层的性质，地层的渗透性不同，粘度可以不同；采用高压喷射注入时，浆液的粘度尽量接近水的粘度，有利于高效的能量传输。

凝结时间：凝结时间必须可控，应等于浆液到达设计位置需要的时间。

干湿循环特性：土基及凝胶型阻隔材料需要处于水饱和状态以保证墙体的稳定性，包气带中水分的变化会影响材料性能，所以，在干旱地区使用材料要充分考虑水分变化带来的影响。

化学物质的耐受力：阻隔材料会与不同类型的污染物接触，有些污染物会降低土基阻隔材料的性能，而有些化学阻隔材料具有较好的污染物耐受能力。

参 考 文 献

[1] GB 3838 地表水环境质量标准
[2] GB/T 14848 地下水质量标准
[3] GB 15618—2018 土壤环境质量农用地土壤污染风险管控标准(试行)
[4] HJ 25.1 场地环境调查技术导则
[5] HJ 25.2 场地环境监测技术导则
[6] HJ 25.3 污染场地风险评估技术导则
[7] HJ 25.4 污染场地土壤修复技术导则
[8] HJ 25.6 污染地块地下水修复和风险管控技术导则
[9] HJ 164—2020 地下水环境监测技术规范
[10] 水污染防治法
[11] 土壤污染防治法
[12] 水污染防治行动计划
[13] 全国地下水污染防治规划(2011—2020 年)

T/GIA 006—2021

团 体 标 准

地下水污染阻隔技术指南

T/GIA 006—2021

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲 2 号(100029)
北京市西城区三里河北街 16 号(100045)

网址:www.spc.org.cn

服务热线:400-168-0010

2021 年 4 月第一版

*

书号:155066·5-2831

版权专有 侵权必究

T/GIA 006-2021

码上扫一扫 正版服务到