

团 体 标 准

T/GIA 004—2020

垃圾填埋场地下水污染防治技术指南

Technical guidelines for prevention and control of groundwater pollution
under landfill

2020-11-18 发布

2021-01-01 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 I

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 基本原则和工作程序 2

5 垃圾填埋场场地调查 3

6 地下水环境现状评估 4

7 污染防控措施 5

8 污染地下水修复 8

9 报告编制 9

附录 A（资料性） 地下水污染修复技术清单 10

附录 B（资料性） 垃圾填埋场地下水修复技术筛查矩阵与垃圾填埋场地下水修复技术筛选 12

附录 C（规范性） 垃圾填埋场地下水污染防治方案编制大纲 14

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治与修复产业联盟提出并归口。

本文件起草单位：中国环境科学研究院、中持水务股份有限公司、上海康恒环境修复有限公司、清华大学、北京师范大学、中关村中环地下水污染防治与修复产业联盟。

本文件主要起草人员：黄彩红、席北斗、袁英、杨昱、李彤彤、王湘徽、郭威、翟天恩、党秋玲、裴元生、袁文超、张丽萍、李森、胡佳晨、祖国峰、丁晓欧。

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治与修复产业联盟标准委员会，以便修订。

联系邮箱：cngpc_org@126.com

垃圾填埋场地下水污染防治技术指南

1 范围

本文件给出了垃圾填埋场地下水污染防治的目的任务、主要工作内容、工作程序,以及调查、评估、污染防控措施、污染地下水修复和报告编制等指导建议。

本文件适用于全国范围内垃圾填埋场的地下水污染防治,包含垃圾填埋场场地调查、地下水环境现状评估和地下水污染防控与修复技术筛选。

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 14848 地下水质量标准

GB 50027 供水水文地质勘察规范

GB 50296 供水管井技术规范

GB 50869 生活垃圾卫生填埋场处理技术规范

CJJ 113 生活垃圾卫生填埋场防渗工程技术规范

DZ/T 0288 区域地下水污染调查评价规范

HJ 25.1 建设用地土壤污染状况调查技术导则

HJ 25.3 建设用地土壤污染风险评估技术导则

HJ 25.6 污染地块地下水修复和风险管控技术导则

HJ/T 164 地下水环境监测技术规范

HJ 1019 地块土壤和地下水中挥发性有机物采样技术导则

CAEPI 1 污染场地修复技术筛选指南

地下水环境状况调查评价工作指南(环办土壤函〔2019〕770号)

地下水污染源防渗技术指南(试行)(环办土壤函〔2020〕72号)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

垃圾填埋场 landfill

采用卫生填埋方式下的垃圾集中处置堆放场地。

3.2

背景监测井 background monitoring wells

设置于垃圾填埋场地下水流向上游的,或者与垃圾填埋场处于同一汇水系统而未受其影响的填埋场上游汇水区的对照监测井。

3.3

污染扩散监测井 pollution diffusion monitoring wells

用于监测垃圾填埋场污染地下水扩散范围的监测井。

3.4

地下水污染羽 groundwater contaminant plume

污染物随地下水移动从垃圾填埋场向周边移动和扩散时所形成的污染区。

3.5

地下水防控与修复 ground water prevention and remediation

采用物理、化学或生物的方法,降解、吸附、转移或阻隔地下水中的污染物,将有毒有害的污染物转化为无害物质,或使其浓度降低到可接受水平,或阻断其暴露途径,保护地下水饮用水源等使用和环境功能。

4 基本原则和工作程序

4.1 基本原则

4.1.1 统筹性原则

垃圾填埋场地下水污染防治兼顾垃圾堆体、土壤和地下水,统筹地下水污染修复和风险管控,防止污染地下水对人体健康和生态受体产生影响。

4.1.2 规范性原则

根据垃圾填埋场和地下水法律法规要求,采用程序化、系统化方式规范垃圾填埋场地下水污染防治过程,保证垃圾填埋场地下水污染防治的科学性和客观性。

4.1.3 可行性原则

根据垃圾填埋场水文地质条件、地下水使用功能、污染程度和范围以及对人体健康和生态受体造成的危害,合理选择地下水污染防治技术,因地制宜制定防治技术方案,使垃圾填埋场地下水污染防治工程切实可行。

4.2 工作程序

垃圾填埋场地下水污染防治技术流程如图 1。

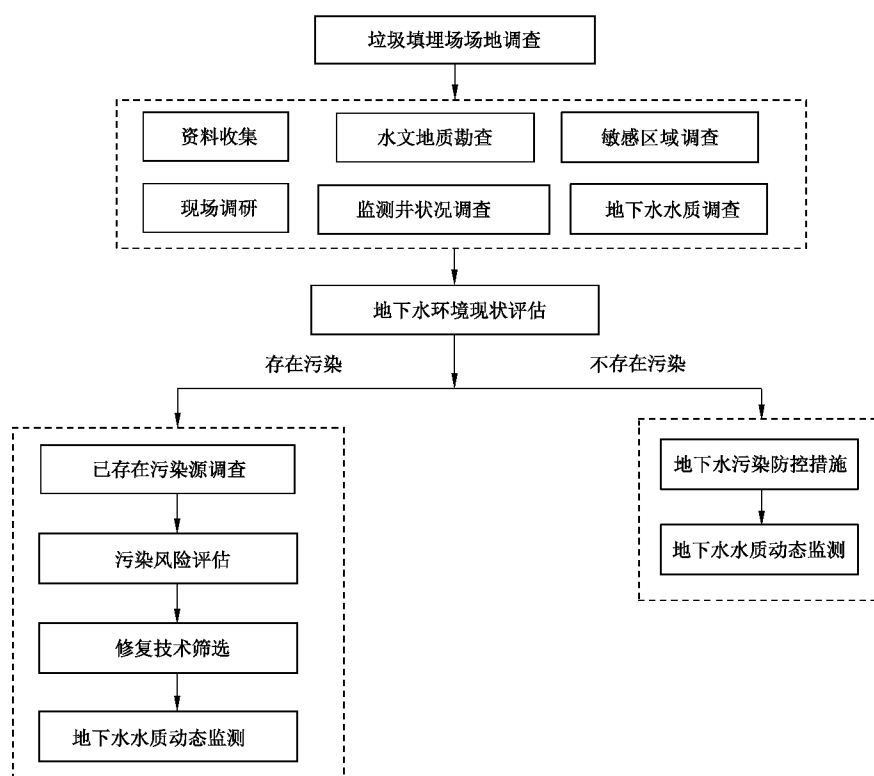


图 1 技术流程图

4.2.1 垃圾填埋场场地调查

具体流程为资料收集、现场调研、水文地质勘察、监测井状况调查、敏感区域调查及地下水水质调查。

4.2.2 地下水环境现状评估

通过地下水指标值与背景值分析,判断调查的地下水是否存在污染。

- a) 不存在污染时,开展潜在污染源调查,并进行地下水水质动态监测。
- b) 存在污染时,开展地下水污染源调查识别,划分地下水污染风险等级,筛选修复技术,实施地下水水质动态监测。

5 垃圾填埋场场地调查

5.1 资料收集

收集资料包括环境影响评价报告、工程地质勘察报告、现场图片集、水文地质及气象信息调查表、现场采样和监测井信息表、历史监测数据等,以及收集资料的来源、用途。调查中详细收集资料参照 HJ 25.1 执行。

5.2 现场调研

5.2.1 依据 HJ 25.1,补充资料收集过程中无法获得的基本信息,采集垃圾填埋场现场信息,重点调研垃圾填埋场场地工程设施和防渗设施运行维护情况及地下水背景监测井和污染扩散监测井状况。

5.2.2 核实地基本况、水文地质条件、环境特性、土壤与地下水特性、现有监测井信息(分布位置和维护情况等)、地下水水质定期监测情况、敏感点、环境管理状况等信息的真实性。

5.2.3 获得垃圾填埋区、污水处理设施、监测井等实体照片。

5.2.4 观察垃圾填埋场场地地形及周边环境,以确定是否可进行地质测量以及选择适宜的地球物理技术方法。

5.3 水文地质勘查

5.3.1 当收集的水文地质勘探资料不能满足要求时,应依据《地下水环境状况调查评价工作指南》和 DZ/T 0288 的相关规定进行水文地质勘探,获取水文地质信息。

5.3.2 应基本查明水文地质结构,地下水补、径、排条件,地下水场特征,水文地质参数按照 GB 50027 的相关规定执行(渗透系数、导水系数、释水系数、给水度、降水入渗系数、越流参数等)。

6 地下水环境现状评估

6.1 地下水质量评价

根据收集资料和调查结果,对地下水质量进行评价,评价方法采用 GB/T 14848 中提及的地下水质量评价方法。

6.2 地下水污染现状评价

通过对比分析地下水背景监测井与污染扩散监测井监测指标(表 1),判断地下水是否受到垃圾填埋场污染,对于存在污染的地下水,采用综合污染指数法、系统聚类分析法、灰色聚类分析法、模糊聚类分析法和人工神经网络法等地下水污染现状评价方法,依据实际场地情况进行优选,通过权重确定具体方法,完成地下水污染状况评价。具体评价方法选择参照《地下水环境状况调查评价工作指南》和 DZ/T 0288 的相关要求执行。

6.3 地下水污染等级划分

6.3.1 依照地下水污染现状评价结果分为 4 个等级,第 1 等级为“未存在污染”,第 2~4 等级为“存在污染”,依次为低风险、中风险和高风险。存在污染指污染源已对包气带或地下水造成一定程度污染,未存在污染指污染源尚未对该包气带及地下水造成一定程度污染。

6.3.2 对于未存在污染,依据垃圾填埋场结构和水文地质特征给出不同的地下水污染防控措施。

6.3.3 对于存在污染,使用 AHP(层次分析法)确定各指标的权重,采用加权求和的方法[见公式(1)]计算垃圾填埋场地下水污染风险指数:

$$I = \sum_{i=1}^n w_i \gamma_i \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

I —— 风险指数;

N —— 评价因子数;

w —— 评价因子的权重;

γ —— 评价因子值。

垃圾填埋场地下水污染风险指数的结果分布在 1~10,数字越大表示风险越高。根据其风险指数,将存在污染的垃圾填埋场划分为低风险污染区、中风险污染区和高风险污染区, $0 < I \leq 3$ 为低风险污染区, $3 < I \leq 7$ 为中风险污染区, $7 < I \leq 10$ 为高风险污染区。对污染等级为低的垃圾填埋场,建立垃圾填埋场监管制度以及地下水污染监控预警措施,防止污染加重;对污染等级为中、高的垃圾填埋场应筛选

出适宜性治理和修复技术。

7 污染防控措施

7.1 防渗措施

7.1.1 重点防渗区包括垃圾填埋库区、渗滤液调节池、渗滤液处理站,防渗措施应按 GB 50869 或 CJJ 113 中的防渗技术要求执行。

7.1.2 一般防渗区包括截洪沟,参照 CJJ 113 的相关要求执行,采用抗渗等级不低于 1 级的抗渗混凝土,防渗技术要求达到等效黏土防渗层 $M_b \geq 1.5 \text{ m}$, $K \leq 1 \times 10^{-7} \text{ cm/s}$ 。

7.1.3 简单防渗区除去重点防渗区和一般防渗区外的垃圾填埋场区域,防渗参照 CJJ 113 和《地下水污染源防渗技术指南》的相关要求执行。

7.2 渗滤液的收集和处理

垃圾填埋场设置耐渗滤液腐蚀的集排装置,集水和导排系统应有适当的坡度和一定的余量,设置长久有效的疏通设施。渗滤液处理站结合地下水流向建在地下水的下游方向,渗滤液处理参照 GB 50869 的相关规定执行。

7.3 封场工程地下水污染防治

封场时宜设置有效的渗滤液导排措施,以最大限度地减小渗滤液对地下水的污染。

7.4 地下水监控预警

7.4.1 地下水污染监控预警系统

包括在线监测系统(硬件系统)和监控预警平台(软件平台)两个部分,实现地下水水位、水质数据的远程采集、远程监测及监测井的远程洗井控制,将返回的数据存入数据库,进行对比分析,生成数据报表和曲线,对监测的电导率、pH 和温度等敏感性指标变化进行预警预报。

7.4.2 监测井布设

监测井布设参照《地下水环境状况调查评价工作指南》、HJ 1019 及 DZ/T 0288 的相关规定执行。

a) 布点原则

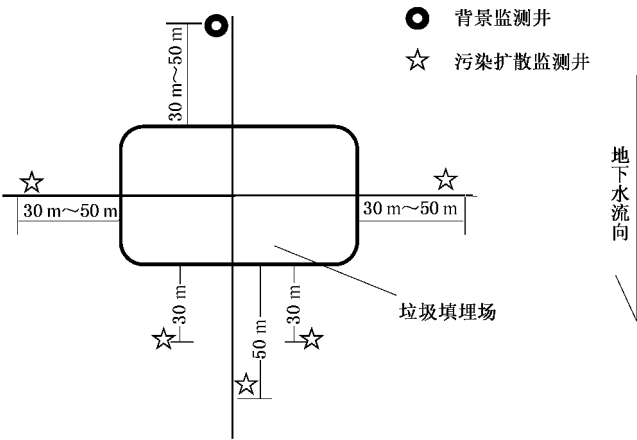
- 1) 充分利用现有监测井,若不能满足数量与质量要求,需增加监测井;
- 2) 垃圾填埋场地下水监测井为 4~6 眼,具体为地下水背景监测井 1 眼,污染扩散监测井 3~5 眼;
- 3) 对垃圾填埋场四周衬层交接或折叠等易发生泄漏区及污染扩散区,勘探点可予以加密;
- 4) 监测点与垃圾填埋场距离可根据场地自然环境、地形特点、水文地质特征等因素适当延长或缩减;
- 5) 垃圾填埋场附近如有地下水泉眼出露点,处于上游方向的可作为场地背景监测点,处于下游方向的可作为污染扩散监测点。

b) 布点方法

1) 平原及平缓高原孔隙水布点

a. 垃圾填埋场某一边界与地下水流向垂直或最小夹角小于 10° 时,在地下水流向上游 30 m~50 m 处设置背景监测井 1 眼。设置污染扩散监测井 3 眼~5 眼,其中在垂直垃圾填埋场地下水走向距垃圾填埋场边界两侧 30 m~50 m 处各设 1 眼;在地下水流向下游距垃圾填埋场下边界 20 m~30 m 处设置

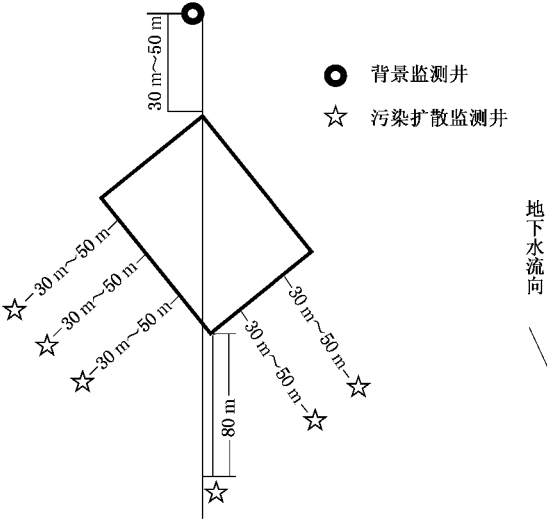
1 眼~2 眼,井间距离为 30 m~50 m;在地下水流向下游距垃圾填埋场下边界 50 m~80 m 处设置 1 眼,如图 2 所示。



注：图中所示距离未按比例绘制。

图 2 垃圾填埋场监测井平面位置示意图

b. 垃圾填埋场某一边界与地下水流向最小夹角大于 10° 且小于或等于 45° 时,在地下水流向上游距上顶点边界 30 m~50 m 处设背景监测井 1 眼;设置污染扩散监测井 3~5 眼,沿地下水流向下游垂直于垃圾填埋场边界 30 m~50 m 处等距布设,井间距 30 m~50 m;在地下水流向下游距下顶点边界 50 m~80 m 处设监测井 1 眼,如图 3 所示。



注：图中所示距离未按比例绘制。

图 3 垃圾填埋场监测井平面位置示意图

2) 山地、丘陵型岩溶水与裂隙水布点

背景监测井应在垃圾填埋场地下水流向上游距其边界 30 m~50 m 处设置 1 眼;若存在地下水上游与水力联系密切的泉眼点,可作为地下水背景监测点。

污染扩散监测井应设置 3~5 眼,可选择线型、“T”字型(图 4)、“十”字型(图 5)等布点方式;线型监测点宜沿垃圾填埋场排泄山区地下水流向等距布设,井间距 50 m~80 m;下游污染扩散监测井如有地下水出露点,可作为污染扩散监测点。

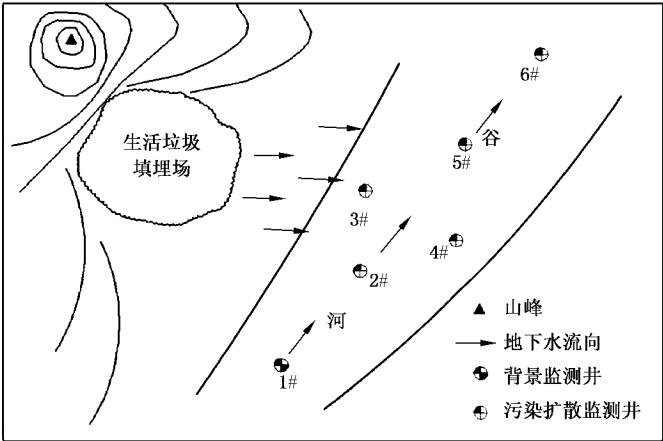


图 4 “T”字型布点示意图

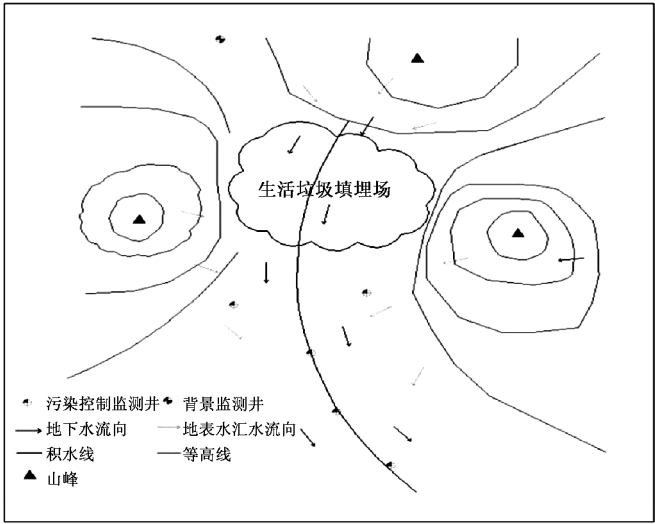


图 5 “十”字型布点示意图

c) 监测井建设质量控制

1) 监测井设置深度

当垃圾体填埋深度在浅层含水层水位以上时,监测井设置于浅层含水层内;当垃圾体填埋深度达到浅层含水层水位以下时,监测井底部应设置于垃圾体所处深度以下 3 m~5 m 处。

2) 止水材料的选择

监测井建设过程中,需要注意止水工作,确保监测井从目标含水层段取水,同时应避免不同含水层之间交叉污染。止水材料一般选用优质粘土球,如膨润土。止水的隔水层(段)单层厚度宜 ≥ 5 m,充填粘土球垂向厚度宜高于止水层位顶板高度 2 m~3 m。承压水监测井应分层止水,潜水监测井不得穿透潜水含水层隔水底板。

3) 建井后洗井

建井一周后可根据井孔结构与井管材料、含水层类型确定洗井方法。在同一井中,宜采用多种方法联合洗井,具体按 GB 50296 执行。

对于含砂量背景值较低的区域,以目测地下水出水清澈,可认为洗井结束;对于含砂量背景值较高的区域,若每个井容积水的 pH 值、温度、溶解氧、电导率、浊度等参数连续三次的测量值误差小于

10%，可认为洗井工作完成。

4) 信息记录

每个监测井需详细记录位置、成井结构、与垃圾填埋场方位关系和止水情况等信息。

7.4.3 样品采集与管理

垃圾填埋场地下水样品的采集(包括采样频次和时间、采样技术、采样质量控制)、现场监测、样品管理(包括样品运输、交接、标识与贮存)应按照 HJ/T 164 的相关要求进行。

7.4.4 分析测试

垃圾填埋场地下水监测指标体系参见表 1,包含快速监测指标(必测)7 项,常规指标(必测)12 项,需对所有地下水样品进行采样分析,对于 24 项选测特征指标,需采集背景监测井和距离垃圾填埋场下游最近的一眼污染扩散监测井样品进行分析,方法参照 HJ 564 和 HJ 25.6 执行。

表 1 垃圾填埋场地下水监测指标体系

指标类型	指标名称	指标数量
快速监测指标	氨氮、pH、溶解氧、TOC、高锰酸盐指数、硝酸盐氮、亚硝酸盐氮	7
常规指标	溶解性总固体、铁、锰、铜、锌、挥发性酚类、汞、砷、硒、六价铬、铅、总大肠菌群	12
特征指标	溴化物、碘化物、硫化物、二氯乙烯、苯、甲苯、乙苯、三氯乙烯、四氯乙烯、三氯甲烷、三氯乙烷、二甲苯、苯乙烯、多氯联邻苯二甲酸二甲酯、六六六、滴滴涕、萘、氯苯、三溴甲烷、二氯丙烷、二氯甲烷、氯乙烯、四氯化碳、氯酚	24

8 污染地下水修复

8.1 低风险污染区

对于低风险污染区,建立垃圾填埋场监管制度以及地下水污染监控预警措施,具体参照本文件 7.4 执行。

8.2 中风险污染区

对于中风险污染区,需采用可渗透性反应墙(PRB)等技术对高浓度污染羽进行修复,同时联合监控自然衰减等绿色修复技术对低浓度污染羽区域进行修复,将地下水中污染物的浓度降至 GB/T 14848 IV 类水限值以下。对于地下水污染羽规模较小和埋深浅的含水层,采用连续透水式 PRB,同时结合监控自然衰减等技术,对污染物的自然降解作用进行准确的评估和预测,使得地下水中污染物的数量、毒性、移动性降低到风险可接受水平;对于潜水埋藏浅、污染面积大的含水层,采用漏斗门式 PRB 等技术进行地下水修复。

8.3 高风险污染区

对于高风险污染区,需将垃圾填埋场地下水污染物浓度快速降至 GB/T 14848 IV 类水限值以下,可将受污地下水进行异位处置,也可使用污染源控制技术与污染修复技术相联合的方法,包括抽出技术和 PRB 等。参照 CAEPI 1,修复技术筛选分为两步:第一步为修复技术筛查阶段,第二步为修复技术选择阶段。

8.3.1 修复技术筛查

修复技术筛查阶段主要结合垃圾填埋场的污染特征和地下水特性,从技术成熟性、可操作性、修复时间、处理成本和对不同污染物的处理效果五个方面遴选出可行的垃圾填埋场修复技术(附录 A),称为“备选修复技术”。通过比较分析,筛选出一种或多种备选修复技术进行下阶段选择。

8.3.2 修复技术选择

修复技术选择阶段通过对备选修复技术进行详尽的科学评估,确定最优修复技术(附录 B)。对于复合污染场地,结合污染类型,根据可行性评估结果确定最佳修复技术组合。

9 报告编制

垃圾填埋场地下水污染防治方案主要包括垃圾填埋场调查、地下水环境现状评估和地下水污染防控及修复技术等部分内容,具体结构见附录 C。

附录 A
(资料性)
地下水污染修复技术清单

地下水污染修复技术清单见表 A.1。

表 A.1 地下水污染修复技术清单

技术	优点	缺点	经济成本	周期	效率	环境风险	技术联用
自然衰减技术	费用低,工程实施简单,不产生二次污染,对生态环境干扰小。监测自然衰减作为成熟的场地修复技术,可以单独运用,也可以作为修复整体过程中的一个环节	适用于污染程度较低、污染物自然衰减能力较强的区域;实施前需要详细评估地下水自然衰减能力,后期需要较长监测时间	低	较长	低到中	低	可与多种原位处理技术联用
抽出处理技术	适用范围广;对于污染范围大、污染物埋藏深的污染场地治理具有优势;技术运行初期污染物去除率较高;设备简单易于安装	一般仅适用于渗透性较好的含水层;修复周期较长;对修复区干扰大;可能导致地下水资源的浪费;非水相液体难以清除干净;停止抽水时,拖尾和反弹现象严重,需要持续的能量供给和系统维护	初期投资中等,但运行周期长且总运行成本较高;目前应用已大幅下降,主要作为污染羽水力控制手段	数年到数十年	初期效果较好,后期较差	低	可与原位微生物修复技术、空气喷射技术、原位热处理技术联用
微生物修复技术	适用于大面积污染区域的治理;成本较低,对环境影响较低	要求地下水环境需适宜所需微生物的生长,在非均质性介质中难以覆盖整个污染区	中到高	数年到数十年	在合适的条件下较高	中	可与地下水曝气、抽出处理技术等联用
植物修复技术	施工简单,成本相对较低;不破坏地质结构,生态风险小	效果受地下水埋深、环境因素、污染物性质和浓度影响;修复周期较长;需考虑植物的后续处理	低到中;实际应用较少	数年到数十年	低	低	—

表 A.1 地下水污染修复技术清单 (续)

技术	优点	缺点	经济成本	周期	效率	环境风险	技术联用
地下水曝气技术	对修复场地干扰小;设备简单,安装方便;修复(防控)效率高,治理时间短;运行和维护费用较低	对于非挥发性的污染物不适用;不适合在低渗透率或高黏土含量的地区使用;不能应用于承压含水层的污染物治理;控制不当可能导致地下水污染羽迁移;蒸气可能会迁移和释放到地表,造成二次污染	中	数月数年	较高	较高	通常与土壤气 体抽提技术联用
原位化学氧化技术	反应速度快,清除时间短;反应强度大,对污染物性质和浓度不敏感	在渗透性较差区域(如粘土层中),氧化剂传输速率可能较慢;土壤中存在腐殖酸、还原性金属等,会影响修复效果,由于成本限制通常只应用于污染源或残余污染源的处理	中到高	数月数年	较高	较高	可与监测自然 衰减技术联用
原位化学还原技术	反应速度快,清除时间短;反应强度大	场地水文地质条件可能会限制化学物质的传输;一些含氯有机污染物的降解产物仍具毒性,引发二次污染	中到高	数月数年	较高	低至中	可与监测自然 衰减技术联用
渗透反应墙技术	工程设施较简单,可一次完成,后期运转及维护费用较低;反应介质消耗较慢,具备几年甚至几十年的处理能力	工程设施投资较大,工程措施较复杂;难以保证拦截所有污染物;渗透反应墙填料需要适时更换;需要对地下水的 pH 等进行控制;深度限制在 3 m~12 m;可能存在二次污染	中;墙体可持续使用 5~10 年	通常需持续监测 2 年或以上	一般至较高	低至中	可与监测自然 衰减技术联用
双相抽提技术	修复效率高,对于非均质粘土和细砂中污染物具有较好的处理效果	场地水文地质条件和污染物分布可能会影响修复效率;需要对液相和气相进行后续处理	中	数年	一般至较高	较高	—
原位热处理技术	效率高,对挥发性污染物效果好	设备及运行成本较高,能耗高,对系统施工及运行专业化程度要求高	高	数月数年	高	中等	通常与土壤气 体抽提、抽出处 理或双相抽提 系统联用

表 B.2 垃圾填埋场地下水修复技术筛选

项目	●好	◎中	○差	其他
成熟性	已成功应用且资料齐全	已有应用但需要改进	处于实验研究阶段	△表示修复效率或者指标性能取决于特定场地条件和技术设计参数
可操作性	掌握相关原理及技术参数	技术参数需要调整	技术参数需要较大改进	
适用土壤渗透性	渗透性良好	渗透性一般	渗透性差	
污染物去除率/无害化率	>90%	70%~90%	<70%	
时间	土壤原位 ≤1年	1~3年	>3年	
	土壤异位 ≤6个月	6个月~1年	>1年	
	地下水 ≤3年	3~10年	>10年	
费用(元/t)	≤500	500~1 000	>1 000	
二次污染	小	中等	大	
公众认可度	>60%	30%~60%	<30%	
氰化物	适用	不完全适用	不适用	

附 录 C
(规范性)

垃圾填埋场地下水污染防治方案编制大纲

垃圾填埋场地下水污染防治方案编制大纲见图 C.1。

1	项目概况
1.1	项目背景
1.2	目的意义
1.3	工作内容
1.4	工作流程
2	垃圾填埋场场地调查
2.1	资料收集
2.2	现场调研
2.3	水文地质勘查
2.4	监测井布设
2.5	采样及测试分析
3	地下水环境现状评估
3.1	地下水质量评价
3.2	地下水污染现状评价
3.3	地下水污染等级划分
4	未污染地下水防控措施
5	污染地下水分级修复
5.1	低风险污染区地下水修复技术
5.2	中风险污染区地下水修复技术
5.3	高风险污染区地下水修复技术

图 C.1 垃圾填埋场地下水污染防治方案编制大纲

团 体 标 准
垃圾填埋场地下水污染防治技术指南
T/GIA 004—2020

*

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

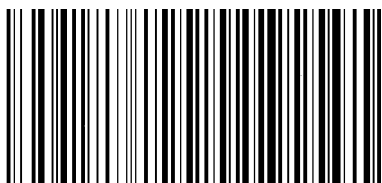
服务热线: 400-168-0010

2021年3月第一版

*

书号: 155066·5-2689

版权专有 侵权必究



T/GIA 004-2020



码上扫一扫 正版服务到