团　　体　　标　　准

T/GIA XXX—2020

污染地下水抽出-处理修复技术指南

Technical guideline of pump and treat remediation technology for contaminated groundwater

（征求意见稿）

2020-XX-XX 发布　　2020- XX -XX 实施

中关村中环地下水污染防控与修复产业联盟　发布

目　录

前　言.....III

1　适用范围.....1

2　规范性引用文件.....1

3　术语和定义.....2

4　技术要求.....3

5　主要内容和工作程序.....4

5.1　主要内容.....4

5.1.1　抽出系统.....4

5.1.2　地表处理系统.....4

5.1.3　运行与维护.....4

5.1.4　监测与评估.....4

5.1.5　系统优化及验收.....4

5.2　工作程序.....5

6　抽出系统.....5

6.1　抽出井.....5

6.1.1　单井抽出捕获区计算.....5

6.1.2　直线排列多井抽水捕获区计算.....7

6.1.3　不规则分布群井抽水捕获区计算.....8

6.2　监测井布设.....8

6.3　抽出井工程施工.....8

6.3.1　建井.....8

6.3.2　洗井及抽水试验.....9

6.3.3　设备安装.....9

6.4　井管结构.....9

6.4.1　口径.....9

6.4.2　井管材质.....9

6.4.3 筛管.....9
6.4.4 止水材料.....9
7 地表处理系统.....10
7.1 基本原则.....10
7.2 地表处理技术选择.....10
7.2.1 有机污染物.....10
7.2.2 无机污染物.....10
7.3 出水排放方式选择.....10
8 运行与维护.....10
8.1 技术要求.....10
8.2 抽出设备.....11
8.2.1 井群.....11
8.2.2 水泵.....11
8.2.3 管道.....11
8.3 地表处理设备.....11
9 监测与评估.....11
9.1 污染羽.....11
9.2 地表处理系统.....12
9.2.1 设计参数.....12
9.2.2 各处理单元.....12
9.2.3 出水水质.....12
9.3 地下水环境状况.....12
9.4 抽出井性能.....13
10 系统优化及验收.....13
附录 A （资料性附录）有机污染水体常规处理技术.....14
附录 B （资料性附录）无机污染水体常规处理技术.....15
附录 C （资料性附录）抽出-处理后可选择的出水排放方式.....16

前　言

本标准按照 GB/T 1.1-2009 给出的规范起草。

本标准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。

本标准由中国环境科学研究院负责起草，中持水务股份有限公司和上海康恒环境股份有限公司参加起草。

本标准主要起草人员：姜永海、席北斗、杨昱、徐祥健、翟天恩、王湘徽、夏甫、韩旭、张丽萍、王加华、廉新颖、贾永锋、李彤彤、胡佳晨。

本标准在实施过程中，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

污染地下水抽出-处理修复技术指南

1 适用范围

本指南指导了抽出-处理技术修复污染地下水的基本原则、内容、程序和技术要求，包括抽出系统、地表处理系统、运行与维护、监测与评估、优化及验收等五个方面。

本指南适用于污染地下水抽出-处理技术修复设施的设计、建设和管理。

本指南较适用于水力控制或应急处置污染地下水，与其他污染地下水修复技术联用可参照使用。

本指南不适用于修复含高密度非水相液体 (DNAPL) 类污染物的含水层或放射性地下水污染场地。

2 规范性引用文件

本指南编制过程中主要引用了以下各项文件，凡是不注明日期的引用文件，其有效版本适用于本指南。

HJ 25.1—2019 建设用地土壤污染状况调查技术导则

HJ 25.2—2019 建设用地土壤污染风险管控和修复监测技术导则

HJ 25.3—2019 建设用地土壤污染风险评估技术导则

HJ 25.4—2019 建设用地土壤修复技术导则

HJ 682—2019 建设用地土壤污染风险管控和修复术语

GB 5749—2006 生活饮用水卫生标准

SL 183—2005 地下水监测规范

HJ/T 164—2004 地下水环境监测技术规范

GB 3838—2002 地表水环境质量标准

GBT 14848—2017 地下水质量标准

GB/T 51040-2014 地下水监测工程技术规范

HJ 25.5—2018 污染场地风险管控与土壤修复效果评估技术导则（试行）

地下水环境状况调查评价工作指南（试行）

地下水污染修复（防控）工作指南（试行）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。部分术语和定义修改采用 HJ 682—2019 中相关内容。

3.1

污染场地　　contaminated site

对潜在污染场地调查和风险评估后，确认污染危害超过人体健康或生态环境可接受风险水平的场地，又称污染地块。

3.2

场地概念模型　　site conceptual model

指用文字、图、表等方式来综合描述污染源、污染迁移途径、人体或生态受体接触污染介质的过程和接触方式等。

3.3

水文地质条件　　hydrogeological condition

地下水埋藏、分布、补给、径流和排泄条件，水质和水量及其形成地质条件等的总称。

3.4

水力梯度　　hydraulic gradient

沿渗透途径水头损失与相应渗透途径长度的比值。

3.5

渗透系数　　hydraulic conductivity

饱和土壤中，在单位水压梯度下，水分通过垂直于水流方向的单位截面的速度。

3.6

给水度　　specific yield

饱和的土壤或岩层在重力作用下排出的水量与土壤或岩层体积的比值。

3.7

地下水污染羽　　groundwater plume

污染物随地下水移动从污染源向周边移动和扩散时所形成的污染区域。

3.8

捕获区　　capture zone

以抽水井为中心延伸到降落漏斗边缘的一个径向区域，捕获区内的水流均向井内流动。

3.9

非水相液体　　non-aqueous phase liquid，NAPL

不能与水互相混溶的液态物质，通常是几种不同化学物质（溶剂）的混合物，又称非水溶

相液体。

3.10

高密度非水相液体　　dense non-aqueous phase liquid，DNAPL

比重大于 1.0 的非水相液体，如：三氯乙烯（TCE）、三氯乙烷（TCA）、四氯乙烯（PCE）等。

3.11

低密度非水相液体　　light non-aqueous phase liquid，LNAPL

比重小于 1.0 的非水相液体，如汽油、柴油等烃类油品物质。

3.12

越流　　leakage

指相邻含水层通过其间的相对隔水层发生水量交换。

3.13

拖尾　　tailing

指抽出-处理系统运行到一定阶段后，污染物浓度下降速度逐步减缓的现象。

3.14

反弹　　rebound

指抽出过程中断后所出现污染物浓度快速上升的现象。

4　技术要求

1） 地下水抽出-处理修复技术应用需要首先应控制或去除地下水污染源；

2） 地下水抽出-处理修复技术要求含水层介质渗透系数 $K> 5\times10^{-4}$ cm/s，可以是粉砂至卵砾石等不同介质类型；

3） 地下水抽出-处理修复技术修复目标可设定为对污染羽实现水力控制和/或水质恢复；

4） 地下水抽出-处理修复技术关键参数包括渗透系数、含水层厚度、井间距、井群数量、井群布局和抽出速率等；

5） 地下水抽出-处理修复技术运行为动态过程，参照地下水污染羽的变化动态调整技术各方面运行；

6） 地下水抽出-处理修复技术修复周期较长，必要时可以组合其他修复技术。

5 主要内容和工作程序

5.1 主要内容

5.1.1 抽出系统

开展场地地下水环境调查，建立污染场地地下水概念模型，确定地下水污染羽范围，布设抽出井群和监测井群，进行抽水试验获取渗透系数、抽水影响半径、水流量、捕获区等相关参数。抽出系统设计主要包括：抽出井、监测井、工程施工、井管结构以及必要时的注入井。

5.1.2 地表处理系统

地表处理系统技术筛选以技术有效性、经济合理性和可实施性作为原则，根据污染地下水水质和污染物的特征，选择常规的水质净化技术及出水的排放方式。

5.1.3 运行与维护

抽出-处理系统设备应选用性能稳定、能效高、维修简单且维护成本低的设备。现场人员应掌握技术工艺流程和设备运行要求，按规程进行操作，定期维护，并做好运行与维护记录，随时掌握各工艺系统运行情况，保证抽出-处理系统的正常运行。

5.1.4 监测与评估

对抽出-处理系统开展监测与评估，主要包括污染羽、地表处理系统、地下水环境状况和抽出井性能，定期完善系统设计、建设、运行、监测和维护，并判断是否达到地下水污染修复目标及是否有效控制地下水污染羽的扩散。

5.1.5 系统优化及验收

系统运行过程中，须定期优化调整系统的设计、建设、运行、监测和维护，评估性能，明确验收标准。系统运行结束后，监测井群仍需开展监测，制定相应的应急处置方案，实时宣布修复结束或开展其他技术继续进行修复。

5.2　工作程序

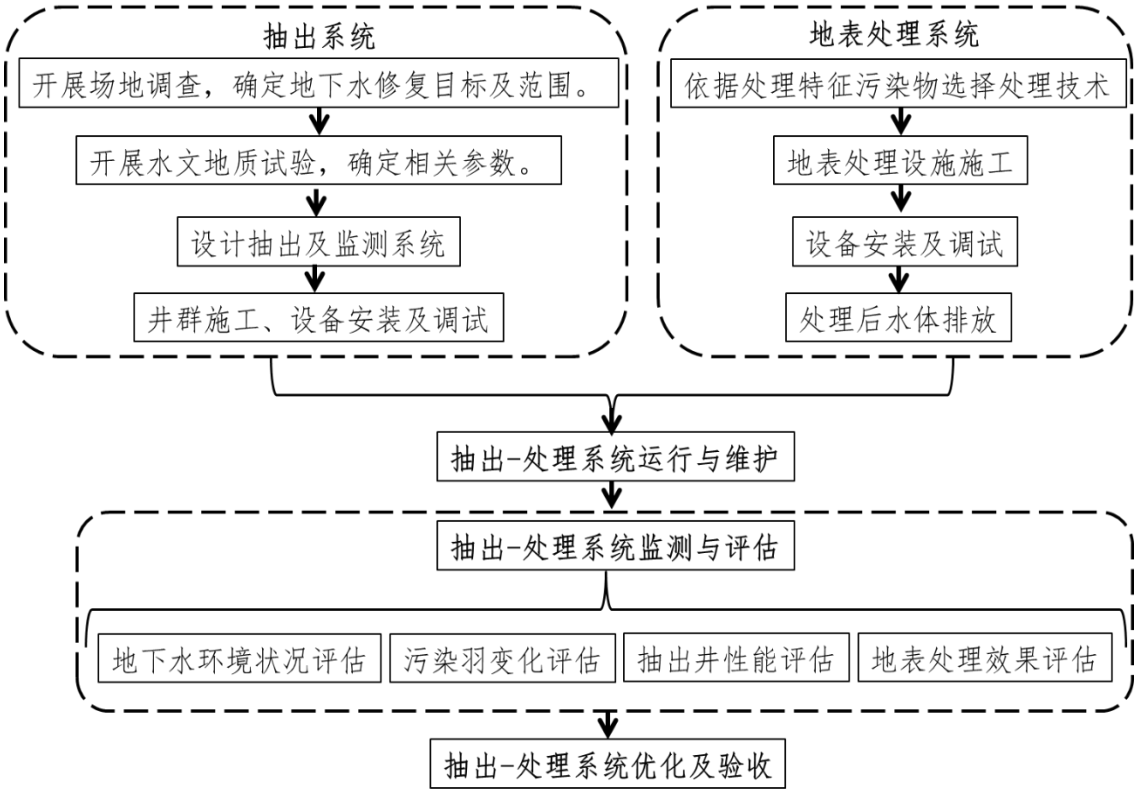

图 5-1 污染地下水抽出-处理技术工作程序

6　抽出系统

6.1　抽出井

抽出井可用来观测地下水水位和污染物浓度。利用抽出井进行相关水文地质实验，如微水试验、抽水试验、注水试验、渗水试验等，可获得场地水文地质参数，如渗透系数、给水度（潜水含水层）、贮水率（承压含水层）、水力梯度、含水层厚度等。在条件不允许进行水文地质试验的情况下，可根据实际水文地质条件参考已有资料或取用常见水文地质参数的经验值。

当采用抽出井进行地下水污染修复时，确定抽出井的捕获区是抽出处理的关键因素。以下介绍常用的、较为简便的单井和多井抽出捕获区的计算和设计方法，参考《地下水污染场地的控制与修复》。

6.1.1　单井抽出捕获区计算

假设含水层为等厚、均质、各项同性，单井抽出达稳定状态后，该井的捕获区如图 6-1 所示，根据含水层类型，其计算公式分别如下。

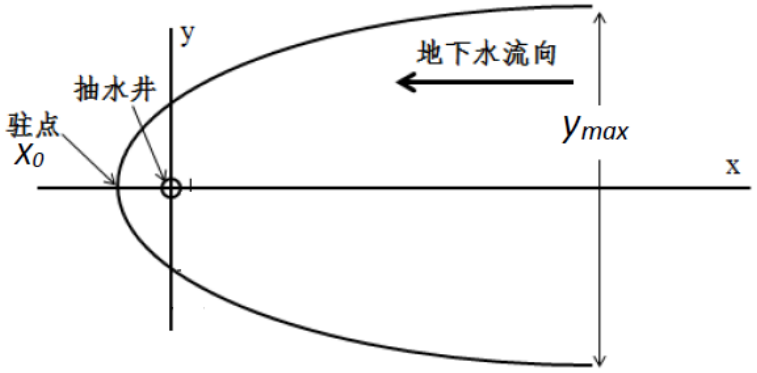

图 6-1 单井抽水的地下水捕获区

（1）承压含水层

第一步：按下式计算捕获区最大宽度 y_{max} （见图 6-1）

$$y_{max} = \pm\frac{Q}{2KBi}$$

式中：

Q — 抽出量，m^3/d；

K — 渗透系数，m/d 或(m/s)；

B — 含水层厚度，m；

i — 水力梯度，无量纲

第二步：按下式计算驻点(x_0)的坐标

$$x_0 = \frac{-Q}{2\pi KBi}$$

式中：$\pi \approx 3.14$；

第三步：分别将一组小于 y_{max} 的 y 值代入下式，计算相应 x 值。

$$x = \frac{-y}{tan(2\pi KBiy/Q)}$$

式中：tan 为正切函数。

第四步：用以上所得(x，y)值绘制捕获区。

（2）潜水含水层（计算步骤与承压含水层相似）

第一步：按下式计算捕获区最大宽度 y_{max} （见图 6-1）

$$y_{max} = \pm\frac{QL}{K(h_1^2 - h_2^2)}$$

式中： h_1 — 天然水流条件下 x_1 处的地下水水头，m；

h_2 — 天然水流条件下 x_2 处的地下水水头，m；

L — h_1 和 h_2 之间的距离。

其它参数同前。

第二步：按下式计算驻点的(x_0)坐标

$$x_0 = \frac{-QL}{\pi K(h_1^2 - h_2^2)}$$

第三步：分别将一组小于 y_{max} 的 y 值代入下式，计算相应 x 值。

$$x = \frac{-y}{tan(\pi K(h_1^2 - h_2^2)y/QL)}$$

第四步：用以上所得(x，y)值绘制捕获区。

6.1.2 直线排列多井抽水捕获区计算

通常，受含水层渗透性、厚度和边界条件等限制，单井最大抽出量及其捕获区有限，可能难以覆盖或捕获整个污染羽。在这种情况下，需要布置两口或更多口井同时抽出，以形成更大的捕获区。在布设两口或多口井时，若井间距离过小，各井的捕获区重叠过多，便会造成浪费、增加成本；若井距过大，各井的捕获区互不重叠，则污染物则可能从两口井之间逃逸，影响修复效果。因此，需要进行抽出井的数目和井距优化设计。

直接采用复变函数理论，采用多井抽出捕获污染羽的最优设计方法。该理论曲线含有 3 个重要参数，单井抽水量（Q），含水层厚度（B）和天然地下水流速（U）。这种方法分为以下五个步骤：

（1）在与理论曲线比例相同的图纸上，绘制污染羽分布图，并标明天然地下水流向；

（2）将单井抽水的理论曲线叠放在污染羽分布图上。注意将理论曲线的 x 轴与天然地下水流向保持一致，x 轴的位置应在污染羽的中间部位。抽出井应位于地下水流下游污染羽的顶端。最后，读得能够囊括污染羽的理论曲线的 Q/(BU)或 TCV 值；

（3）根据读得的 TCV 值，采用下式计算单井抽水量：

$$Q = B \times U \times TCV$$

（4）根据此流量以及地下水修复所需要时间，采用泰斯公式计算单井抽水所产出的降深。若计算降深足够小于该井的允许降深，则可采用单井抽水，计算结束。否则，进入下一步；

（5）利用二、三或四口井的理论曲线，重复以上第 2、3、4 步，直至确定出含水层能够支撑的抽水量。最后，采用下式计算最优井距：

二口井抽水的井距为：$d = Q/(\pi BU)$

三口井抽水的井距为：$d = 1.26Q/(\pi BU)$

四口井抽水的井距为：$d = 1.2Q/(\pi BU)$

注意：若采用多井，在计算降深时，需要考虑多井抽水的干扰。

6.1.3 不规则分布群井抽水捕获区计算

在实际修复方案设计中，由于含水层的非均质性以及污染羽的不规则形态等复杂因素，往往需要布置不规则分布的群井抽出方能达到最佳捕获效果。不规则分布群井抽出的最优方案设计需统筹考虑污染羽及其所在场地的水文地质条件，建立相应概念模型和数学模型，确定数值模拟方法，选择或编写相应模拟软件，如 MODFLOW、MT3D 等，通过计算机模拟，对抽出井群进行优化设计，以达到经济高效捕获污染羽的目的。

6.2 监测井布设

监测井群的布设应与抽出井群的布设同时进行。监测井群的数量和布设应由监测目的来确定。一般至少应布设三口井（图 6-2），其中#1 井布设在地下水流上游，用来检测背景值；#2 井布设在污染羽中心部分，用来监测地下水水质和水量的变化，检验抽出效果；#3 井位于污染羽的下游，用来监测地下水水质的变化和污染羽的运行情况。关于监测井的详细设计，请参考《建设用地土壤污染风险管控和修复监测技术导则》（HJ25.2—2019）和《地下水环境监测技术规范》（HJ/T 164—2004）。

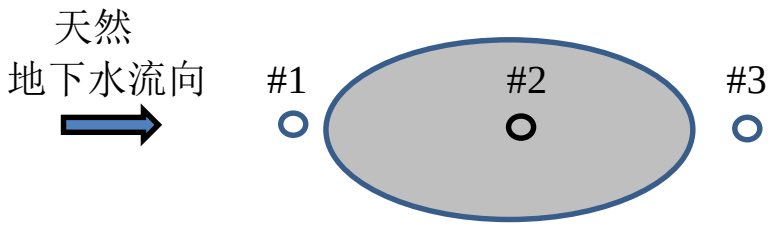

图 6-2 典型监测井群的布设方式

6.3 抽出井工程施工

抽出井成井质量对采用抽出系统修复地下水污染至关重要，必须对抽出井工程施工的各个环节严格把关，保证成井质量。

抽出井的工程施工一般包括以下三项关键步骤：

6.3.1 建井

建井主要包括钻进、护壁与冲洗、岩土样采取、井管安装、填砾及封闭，需综合考虑地层岩性、井身结构、钻进工艺等，及时调整现场施工过程。建井施工过程中需特别注意严格封闭

处理污染地下水目标含水层，防止地下水含水层之间出现越层污染。

6.3.2　洗井及抽水试验

建井结束后，须及时洗井。洗井方法应根据含水层特性、井管结构和钻探工艺等因素确定。可采用活塞、空气压缩机或水泵等交替或联合方法进行。同时注意对洗井过程中产生污水的安全回收和处理。一般洗井后需进行抽水试验，进一步确定井管实际抽出水量。

6.3.3　设备安装

应包括抽水管道、流量计、泵、电线、开关等设备安装。结合地下水抽出-处理系统设计要求进行设备型号选择和附属设施安装。

6.4　井管结构

6.4.1　口径

抽出井口径较大，一般在 110 mm 以上。监测井口径通常为 50 mm。注入井口径一般介于监测井与抽出井口径之间，可参考《地下水环境监测技术规范》（HJ/T 164—2004）和《地下水监测工程技术规范》（GB/T 51040-2014）。

6.4.2　井管材质

井管管材主要有 PVC 管、钢管、铸铁管、钢筋混凝土管等。井管管材选择主要考虑地下水污染物特征、管材强度和经济成本等因素。

6.4.3　筛管

抽水井筛管的长度和位置，应根据设计抽水量、含水层岩性特征、地下水水位和变化幅度确定。监测井筛管的长度和位置，应根据监测的目标含水层位置，对于 NAPLs 类污染物，监测井筛管的长度应扩展到整个目标含水层，可参考《地下水环境监测技术规范》（HJ/T 164—2004）。

6.4.4　止水材料

成井时应在套管和钻孔壁之间填充密封材料，常见材料有膨润土泥浆、水泥泥浆或膨润土与水泥的混合物等。

7 地表处理系统

7.1 基本原则

（1）技术有效性原则

选择的地表处理系统应能够有效降低地下水中特征污染物毒性或浓度，经处理后可达到修复目标值。

（2）经济合理性原则

选择的地表处理系统应具有经济合理性和建设成本的可承受性。

（3）可实施性原则

选择的地表处理系统应具有许可及施工、运行、维护等技术和管理方面的可实施性。应根据污染地下水的水质和污染物的特征，选择常规的水质净化技术。

7.2 地表处理技术选择

7.2.1 有机污染物

有机污染物常分为挥发性有机污染物（VOCs）、半挥发性有机污染物（SVOCs）和难挥发性有机污染物。有机污染水体常规地表处理技术如附录 A 所示。

7.2.2 无机污染物

去除地下水中无机污染物（以重金属为主），主要是通过化学沉淀、化学稳定化、过滤或离子交换等。无机污染水体常规地表处理技术如附录 B 所示。

7.3 出水排放方式选择

污染地下水经抽出-处理技术处理后，常见的出水的排放方式如附录 C 所示。根据出水的排放方式可选择合适的出水验收标准。

8 运行与维护

8.1 技术要求

1）系统设备应选用性能稳定、能效高、维修简单且维护成本低的设备。

2）现场人员应掌握技术工艺流程和设备运行要求，按规程进行操作，定期做好运行记录分析运行状态，随时掌握各工艺系统运行变化情况，保证抽出-处理系统的正常运行。

8.2　抽出设备

8.2.1　井群

1）井群应设置专门的固定点标志和空口保护帽。

2）建立井群基本情况表，定期监测出水量与水位降深的变化情况，实时掌握井群的运行及维护状况。一旦出现塌陷、损坏、堵塞或腐蚀，造成出水速率降低，须及时进行维修或重建。

3）抽出井静水位下降或其他井的干扰导致出水量下降，可采用降低水泵吸水口、清洗水井以及安装套管修整器或衬管等方法。

8.2.2　水泵

1）水泵运行应严格按照设备使用说明进行操作，合理制定工作计划，防止出现过载过热的情况。

2）建立水泵运行维护情况表，定期检查水泵运行情况。水泵运转产生振动或噪声异常、输出水量水压下降或电能消耗显著上升时，应立即停机检修。

3）定期检查抽水井的水位变化，防止出现抽干的现象。

4）定期检查与水泵相关的电缆线有无破裂或折断现象，保证运行安全。

5）严禁频繁开启/关闭水泵。

8.2.3　管道

1）设置输水管道标记，明确管道的位置与走向。

2）制定管道维护日程表，做好运行维护记录。

3）定期检修管道运行情况。管道出现泄漏或断裂等故障，须及时进行维修或更换；管道堵塞时，应及时进行清淤。

8.3　地表处理设备

地表处理技术的选择需考虑污染物类型及处理费用等因素，因此污水处理设备组成需根据实际情况而定，污水处理设备的运行及维护等操作，可根据设备生产厂家提供的使用手册和维护保养手册来进行作业。

9　监测与评估

9.1　污染羽

监测污染羽的捕获以评估实际捕获区与目标捕获区是否一致。定期开展相关参数监测：抽

出速率、水力梯度、渗透系数。

评估地下水实际捕获区，主要包括：

1）借助流量估算和模型分析，计算捕获区的范围；

2）在各种地层单元，使用测定的水位绘制的水位等势线面图，分析地下水流线；

3）在捕获区边界，监测 2 个或多个地下水水位，评估捕获区地下水流向；

4）监测捕获区下游特征污染物浓度随时间的变化；

5）结合实际监测的地下水水位评估捕获区的变化。

9.2 地表处理系统

9.2.1 设计参数

1）场地的条件影响污染地下水修复成本和修复效率。监测地表处理系统设计参数与实际参数，评估以改进地表处理技术的效率及减少运行与管理的成本。

2）定期监测与评估地表处理系统设计参数，主要包括：地表处理系统的进水流速、流量；特征污染物的进水浓度；进入地表处理系统污染物的总质量；地表处理系统的去除效率。

9.2.2 各处理单元

定期监测与评估地表处理单元运行参数，主要包括地表处理系统的进出水流量、进出水污染浓度和污染总质量，地表处理系统的有机负荷及水力负荷，评估去除效率。

9.2.3 出水水质

1）定期开展地表处理系统的进水和出水的采样分析，以评估地表处理系统的效率、影响处理效率的进水化学性质及目标污染物浓度的变化趋势。

2）依据地下水污染现状确定水质检测指标。开展监测频率、采样及分析方法、样品管理及监测数据分析等工作。监测频率建议每月一次，具体可根据项目特点和要求确定。

9.3 地下水环境状况

1）开展地下水水位监测。系统运行前须测量其静水位，测量单位精确到厘米，系统运行时须监测动水位。监测频率应每天一次，绘制水位等势线面图，实时掌握地下水水位的变化趋势。

2）开展地下水水质监测。依据地下水污染现状确定水质检测指标。采样及分析方法、样品管理及监测数据分析，参考《地下水环境监测技术规范》HJ/T 164-2004。监测频率建议每月

一次，绘制污染羽分布图，实时掌握污染羽变化趋势。

3）开展下游的井群或其他位置井群中特征污染物浓度变化趋势分析，在地下水污染较重的区域可适当提高监测井数量和监测频率，评估污染羽的捕获程度和污染物的性质，判断是否会产生拖尾和反弹的现象。

9.4 抽出井性能

在实际捕获区内，分析抽出井群污染物浓度和抽出速率的变化情况。当污染羽范围逐步缩小，污染浓度持续降低至修复目标时，可逐步关停抽出-处理系统，但仍需开展长期监测工作，一旦出现地下水污染反弹情况，则需及时启动抽出-处理系统或采用其他地下水修复技术；地下水污染出现拖尾现象时，须及时调整抽出系统的运行方案，提高抽出效率。

10 系统优化及验收

（1）抽出-处理系统的监测与评估是一个动态的过程，须定期优化完善系统的设计、建设、运行、监测和维护，评估抽出-处理系统的性能，以确定修复目标和系统的设计是否相一致。如不一致，对抽出-处理系统展开优化调整措施，如：重新设计井群、增加抽出井、改变抽出速率、脉冲式抽提等。

（2）抽出-处理系统验收标准应包括：一是出水的验收，应根据地表处理系统处理后出水的利用方式确定出水验收标准；二是地下水污染羽处理效果验收，即应达到修复方案确定的地下水处理目标值。

（3）抽出-处理系统关闭后，监测井群仍需开展 2—5 年的特征污染物的监测，制定相应的应急处置方案，保证抽出-处理系统终止后地下水污染物浓度达到或低于修复方案确定的地下水处理目标值。

（4）宣布污染场地地下水抽出-处理技术修复结束或开展其他技术继续进行修复。

附 录 A

（资料性附录）

有机污染水体常规处理技术

技术	适用性	局限性
气提法	适用于去除大部分的 VOCs 和某些 SVOCs；运行管理成本低。	不适于处理某些 SVOCs 和难挥发性有机污染物；须处理产生的尾气。
颗粒活性炭法	适用于去除大部分有机污染物；可以去除某些重金属和其他无机污染物；运行管理成本相对较低。	不适于处理某些有机污染物（通常是低分子量的 VOCs）；需要预处理。
聚合树脂法	适用于处理活性炭不能有效去除的有机污染物；有效去除高浓度的有机污染物；可以再生。	适于去除单一组分的有机污染物，不适于去除多组分；运行管理成本高。
生物法	适用于气提法和活性炭法难以去除的有机污染物；固定膜组分减少了微生物营养物质的损失。	成本高；须处置产生的固体废物。
高级氧化法	适用于原位去除所有类型的有机污染物；没有废气的产生。	成本高；运行管理费用高；需要预处理。

附　录 B

（资料性附录）

无机污染水体常规处理技术

技术	适用性	局限性
过滤法	运行管理成本低；易于管理。	去除效率相对低；滤袋或滤膜须经常更换和处置。
沉淀法	去除效率高，可有效去除各种无机污染物。	人工成本高；运行管理成本高；须处置产生的固体废物。
离子交换法	人工成本低；去除效率高，可有效去除各种无机污染物。	去除高浓度无机污染物，经济成本高；不适于去除地下水中多种无机污染物。

附　录　C

（资料性附录）

抽出-处理后可选择的出水排放方式

出水应用	潜在优点	潜在缺点
排放到地表水体	水体的排放不受流量费用的约束；雨水管道可能会收取一定的费用。	排放标准是基于环境水体标准，与饮用水标准对比甚至更严格；与其他排放选择相比，上报更严谨，可能需要环境毒理学测试；可能需要去除地下水中某些天然成分；排放到附近地表水体或雨水管道需要铺设管道；公众可能会有负面看法。
出水回灌到地下	排放标准通常类似于饮用水标准；不需要去除地下水中某些天然组分；可以用来增强水力控制或者冲洗污染源；保护地下水源，尤其是地下水是单一的饮用水源。	回注到污染羽可能影响污染羽的捕获；回注井和渗透结构需要更多的维护；可能存在地表处理技术难以去除的污染物，回灌到地下会分散污染羽增加去除成本。
排放到污水处理厂	相对较低的排放标准和监测要求，特别对有机污染物；抽出-处理技术难以处理的某些污染物，污水处理厂可以处理；污水处理厂可以进一步处理某些组分，避免对地表水体的危害。	对污水处理厂处理能力具有一定的要求；污水处理厂可能不愿接收某种成分的地下水或出水水质较好的地下水；大流量出水排放到污水处理厂，治理成本高。
出水再利用	出水再利用可减少或消除设备或单位使用其他水源的需要，从而节约水自然资源，并潜在的降低使用成本；成本相对较低；有很好的应用前景。	需要满足相关法规和标准，可能需要更多的测试和监测；回用于工业生产过程中，需要进一步的处理，处理回用水满足设备标准或下游排放标准；出水利用设备是间歇性运行，而抽出-处理系统可

		能需要持续的运转，如果连续抽出与批处理在安排时间上不可用，回用是不可行的；需要准备一个备用排放点；当前的分析手段无法检测的污染物，如地表处理技术无法去除，会存在潜在的风险。