

天津市北辰区荣国路（安康）地块场地 治理修复方案

天津市浩瀚环境工程有限公司

2018年1月

1 概述

1.1 任务由来

2016年9月，天津市北辰区土地整理中心委托天津生态城环境技术咨询有限公司，按照相关的法律法规的要求对该地块开展场地环境调查及风险评估工作。

调查结果表明，该地块厂区土壤中有14种重金属和31种有机物检出，检出的有机物大多位于人工填土层和第一层粉质粘土层，并且位于场地北侧地下水超标点位附近。但检出的重金属和有机物均未超过《场地土壤环境风险评价筛选值》（DB11/T811-2011）或《美国EPA区域筛选值》（2016）居住用地标准。

本场地的地下水分成三部分进行调查，分别为第一（潜水）含水层、弱透水层中的地下水和第二（微承压水）含水层。地下水检测结果显示，场区内重金属锰含量普遍劣于《地下水质量标准》（GB/T14848-93）III类水平，可能是受到天津市区域性水质的影响。场区内的地下水共检出12种有机污染物的含量高于《污染场地挥发性有机物调查与风险评估技术导则》（DB11/T1278-2015）的限值或《生活饮用水卫生标准》（GB 5749-2006）的筛选值或《地下水水质标准》（DZ/T 0290-2015）的III类标准。污染物主要是以氯代烃为主的挥发性有机物，包括第一（潜水）含水层中的氯乙烯、1,2-二氯乙烷、三氯乙烯、1,1,2-三氯乙烷、1,1-二氯乙烯和苯，弱透水层地下水中的氯乙烯、1,1-二氯乙烯、苯、1,2-二氯乙烷、三氯乙烯、四氯乙烯、氯苯、顺-1,2-二氯乙烯、1,1,2,2-四氯乙烷、1,2,3-三氯丙烷、1,1,2-三氯乙烷和萘，第二（微承压水）含水层中的氯乙烯和1,1,2-三氯乙烷。经风险评估，污染地下水须进行修复。

2017年8月，我方中标该项目，根据招标文件相关要求，为该场地确定合理的修复技术与方式，并编制了本天津市北辰区荣国路（安康）地块场地治理修复方案。

1.2 编制目的

天津市北辰区荣国路（安康）地块地理位置好，紧邻省道光荣道，与天津商业大学毗邻，从再利用的安全角度考虑，该地块的污染地下水应尽快予以修复。同时，该地块东侧、西侧、北侧存在居民小区，本场地污染地下水的有效修复，将减少地下水污染物的迁移与扩散，保障附近居民生活环境的安全。

本方案对该地块地下水修复技术进行选择，确定相关工艺参数，估算修复周期与成本，进而指导该地块地下水的修复，促进本地块安全价值与经济价值的实现。

1.3 编制范围

本方案的编制范围为《天津市北辰区荣国路（安康）地块场地环境调查及风险评估报告》所确定的修复范围，即场地第一（潜水）含水层、弱透水层和第二（微承压水）含水层污染地下水的修复范围。

1.4 编制依据

1.4.1 法律法规

- (1) 《中华人民共和国环境保护法》（2014年4月24日修订）
- (2) 《中华人民共和国大气污染防治法》（2015年8月29日修订）
- (3) 《中华人民共和国水污染防治法》（2008年2月28日修订）
- (4) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2004年12月29日修订）
- (5) 《危险化学品安全管理条例》（国务院令〔2011〕第591号）
- (6) 《国家危险废物名录》（环保部和国家发改委令〔2008〕第1号）
- (7) 《废弃危险化学品污染环境防治办法》（环保总局令〔2005〕第27号）
- (8) 《关于加强工业企业关停、搬迁及原址场地再开发利用过程中污染防治工作的通知》（环发〔2014〕66号）
- (9) 《国务院办公厅关于推进城区老工业区搬迁改造的指导意见》（国办发〔2014〕9号）
- (10) 关于组织实施《天津市环保局工业企业关停搬迁及原址场地再开发利用污染防治工作方案》的通知（津环保固〔2014〕140号）
- (11) 市环保局关于发布《天津市工业企业场地调查评估及修复管理程序和要求（暂行）》的通知（津环保固〔2015〕185号）
- (12) 《近期土壤环境保护和综合治理工作安排》（国办发〔2013〕7号）
- (13) 环境保护部、工业和信息化部、国土资源部、住房和城乡建设部四部委联合发布《关于保障工业企业场地再开发利用环境安全的通知》（环办

[2012]140号)

(14)《国务院关于加强环境保护重点工作的意见》(国发[2011]35号)

(15)《国务院关于落实科学发展观加强环境保护的决定》(国发[2005]39号)

(16)《关于切实做好企业搬迁过程中环境污染防治工作的通知》(环办[2004]47号)

1.4.2 技术导则

(1)《场地环境调查技术导则》(HJ25.1-2014)

(2)《场地环境监测技术导则》(HJ25.2-2014)

(3)《污染场地风险评估技术导则》(HJ25.3-2014)

(4)《污染场地修复技术导则》(HJ25.4-2014)

(5)《大气污染物无组织排放监测技术导则》(HJ/T55-2000)

1.4.3 相关标准、规范

(1)《中华人民共和国国家环境保护标准》(HJ462-2009)

(2)《地下水质量标准》(GB/T14848-93)

(3)《地下水水质标准》(DZ/T0290-2015)

(4)《环境空气质量标准》(GB3095-1996)

(5)《污水综合排放标准》(DB12/356-2008)

(6)《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)

(7)《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)

(8)《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)

(9)《声环境质量标准》(GB3096-2008)

(10)《土壤环境质量标准》(征求意见稿第四版 2009-07-15)

(11)《地下水样品采集技术指南》(征求意见稿, 2013)

(12)《地下水环境监测井建井技术指南》(征求意见稿, 2013)

(13)《工业企业挥发性有机物排放控制标准》(DB12/524-2004)

(14)《污染场地修复验收技术规范》(DB11/T783-2011)

(15)《土壤环境监测技术规范》(HJ/T166-2004)

(16)《地表水和污水监测技术规范》(HJ/T91-2002)

(17)《地下水环境监测技术规范》(HJ/T164-2004)

- (18) 《天津市绿色建筑施工管理技术规程》(DB29-200-2010)
- (19) 《环境管理体系标准要求》(GB/T24001-2004)
- (20) 《施工现场临时用电安全技术规范》(JGJ46-2005)
- (21) 《危险化学品安全管理条例》
- (22) 《大气固定源的采样和分析》(中国环境科学出版社, 1993)
- (23) 《劳动防护用品选用规则》(GB11651-89)
- (24) 《污染场地修复技术名录》(第一批)
- (25) 《污染场地土壤环境管理暂行办法》(征求意见稿)
- (26) 《车用压燃式、气体燃料点燃式发动机与汽车排气污染物排放限值及测量方法(中国III、IV、V阶段)》(GB17691-2005)
- (27) 《固定污染源排放烟气连续监测系统技术要求及检测方法》(HJ/T76-2001)
- (28) 《水质采样技术指导》(HJ494-2009)
- (29) 《工业企业场地环境调查评估与修复工作指南(试行)》

1.4.4 其他文件

- (1) 《天津市北辰区荣国路(安康)地块场地环境调查及风险评估报告》
- (2) 天津市《污染场地修复方案》内容及附件要求
- (3) 《北辰区安康地块策划方案》

1.5 编制原则

本方案的制定以“消除污染,不留隐患”为出发点,遵循“继承性、安全性、实用性、经济性”的总体原则。

(1) 继承性原则:在满足场地污染修复目标可达性、技术可靠性、经济可行性的基础上,治理修复方案的编制应符合批复的总体目标和相应的环保要求,尽可能采用国内应用成熟的修复技术和修复方案。

(2) 安全性原则:本方案应确保以下内容。①场地中的污染物得到进一步安全有效的处置,场地开发后居民能安全入住,并符合国家的相关标准;②在场地污染物处理处置过程中,对场地相关污染物排放采取有效措施,防止污染扩散,尽可能减少对环境的二次污染;③场地修复过程各个环节工作人员的人身安全和设备安全。

(3)实用性原则：本方案中所选用的修复技术应尽可能结合场地建设情况，选择操作简单、管理方便、修复周期短、在国内已有成功案例并能与场地的开发建设相适宜的修复技术，而不是单纯追求技术的先进性。

(4)经济性原则：在满足以上几项原则要求的前提下，本方案中还应充分考虑经济成本，优先选定修复费用最少的修复方案。

1.6 编制内容

根据“场调报告”和相关文件中场地环境调查现状和污染现状，并依据天津市《污染场地修复方案》内容及附件要求对方案进行编制，其内容主要分为以下部分：

(1)概述：包括任务由来、编制依据和编制内容，概括该项目场地污染修复的背景和任务由来，给出本技术方案编制所依据的相关资料、法律法规及技术规范和标准，并对技术方案编制内容与编制范围等作出介绍。

(2)场地问题识别：对污染场地的背景资料和基本概况进行总结和分析，包括场地所在区域的概况和基本信息，细化场地概念模型（包括场地环境特征、场地污染特征和场地污染风险）。

(3)场地修复模式选择：确认场地总体修复目标、确定修复模式（包括地下水修复目标值、地下水修复范围、工程量估算、确定修复模式）。

(4)修复技术筛选：包括技术筛选、原位化学还原修复技术评估、地下水抽出处理技术评估和确定修复可行技术四部分内容。

(5)修复方案设计：针对选定的修复技术进行修复方案的设计。包括总体技术路线设计及修复技术的应用规模，给出地下水修复方案。

(6)环境管理计划：对整体污染修复工程做出周密详细的环境保护管理计划，包括五个部分：修复过程中的污染防治与人员安全保护措施，场地环境监测计划，修复验收计划、环境风险防范与应急安全预案和环境监理。

(7)成本效益分析：根据以上污染场地修复方案和修复工程设计做出项目工程总的修复费用核算，并对环境、经济和社会效益做出综合分析。

(8)施工进度安排：对场地治理修复的工期进度计划做出合理安排。

(9)修复工程质量保证措施：包括质量管理体系、质量管理目标、质量控制要点识别，过程控制管理四部分内容。

(10)后期风险管理及地下水监测计划：包括修复后场地后期风险管理、修

复后场地地下水监测计划。

(11) 通过总结分析得出修复技术方案的可行性研究结论，并提出建议。1.7 编制程序

本场地地下水修复方案编制程序如下图所示。

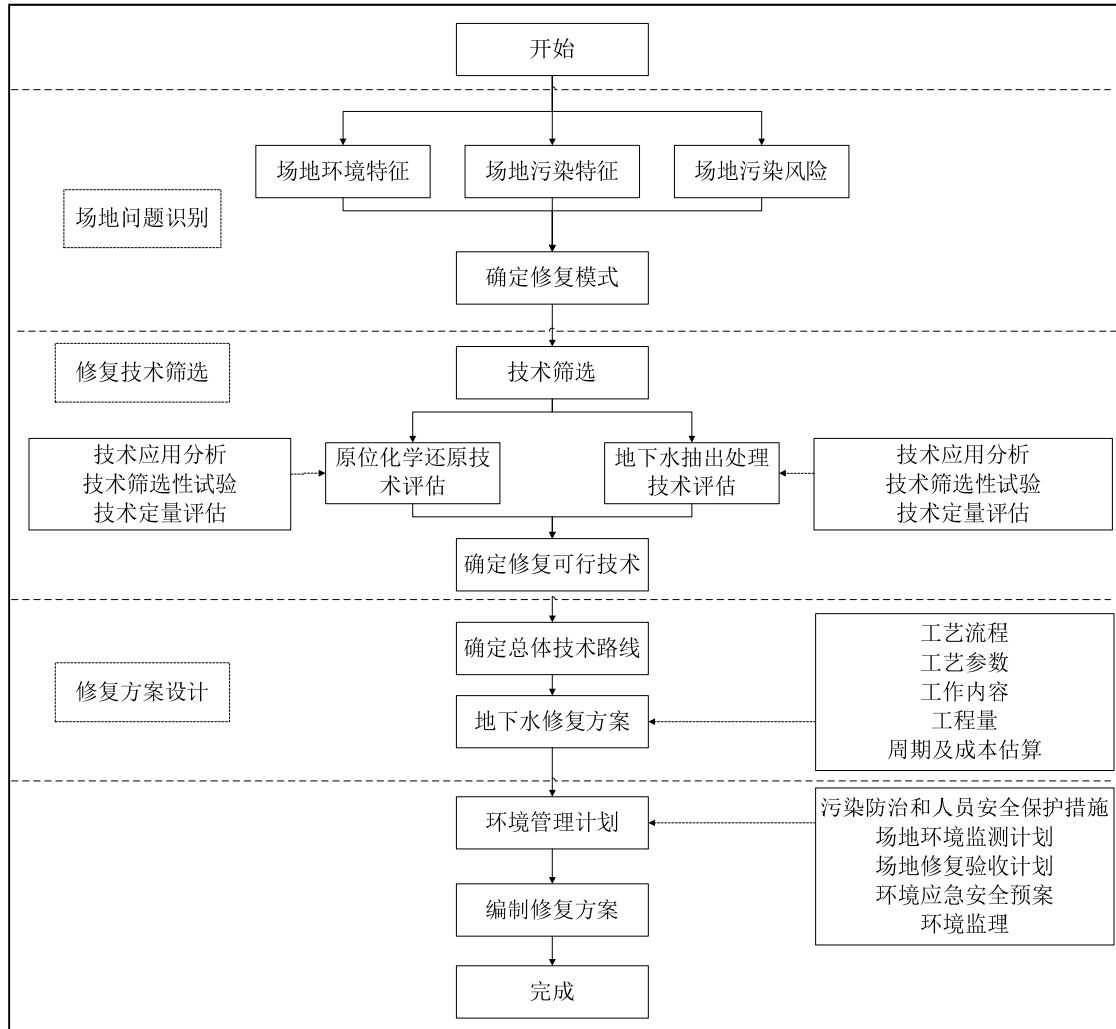


图 1.7.1 场地污染地下水修复方案编制程序

2 场地问题识别

2.1 所在区域概况

被调查场地位于天津市北辰区境内，如下图示。北辰区地处天津市中心区北部，境域地理坐标为北纬 39°13′，东经 117°08′。区界东邻宁河县，南部与河北区、红桥区相连，西部与北部均与武清区接壤。行政区划面积 478.48km²，南北长 20.8km，东西宽 43.2km。

天津市北辰区荣国路（安康）地块位于天津市北辰区光荣道北侧（图 2.1.2），地块范围为东至暖洋家园；南至光荣道；西至荣国路；北至暖香里小区。

场区调查面积约为 19182.31m²。



图 2.1.2 场地位置图

2.2 场地基本信息

2017 年 8 月，我方对场地进行了现场踏勘，场地利用情况如下。

- (1) 场地内建筑物均已全部拆除，无可见的污染源；
- (2) 场地被杂草覆盖；
- (3) 未发现已被污染的痕迹，场地内无异味和地面腐蚀的情况；
- (4) 未发现化学品腐蚀或泄露的痕迹；
- (5) 场地内无建筑垃圾的堆积。



图 2.2.1 场地情况（2017 年 8 月）

2017 年 8 月~2018 年 1 月期间，我方在场地东北角建立了试验区域，并开展了地下水治理修复中试试验。目前，除试验区域外，场地内杂草已被全部清除，且已被白色毡毯覆盖，场地现状照片如下。

2.3 细化场地概念模型

2.3.1 场地环境特征

2.3.1.1 地质地貌

2.3.1.2 场地地层条件

2.3.1.3 场地水文地质条件

2.3.1.4 气象气候条件

2.3.2 场地污染特征

2.3.2.1 场地污染调查过程

在前期场地环境调查过程中，首先进行了第一阶段场地环境调查，根据资料收集、人员访谈和现场踏勘，判别该场地潜在污染源为变电站和天津市再生资源回收利用红桥分公司，重点关注污染物为重金属、氯代烃、苯系物、多环芳烃和总石油烃。

为确定场地污染物种类及污染是否迁移至深层土壤及地下水中，开展了第二阶段场地环境调查工作，先后共开展了三次采样调查，包括初步采样环境调查、第一次详细采样环境调查、第二次详细采样环境调查，通过样品检测结果分析确定场地污染物种类、污染程度及分布情况。

2.3.2.2 场地环境调查结果

2.3.2.3 场地环境调查结论

本场地环境调查共布设土壤采样点 31 个，地下水采样点 21 个，土壤和地下水分别检测重金属、VOC、SVOC、多氯联苯、pH 和总石油烃。

土壤中 14 种重金属在所有采样点均有检出，检出值均未超过相应筛选值的住宅用地标准。有机物共检出 31 种，检出值同样未超过相应筛选值的住宅用地标准。检出的有机物大多位于人工填土层和第一层粉质粘土层，并且位于场地北侧超标点位附近。

调查地块所有地下水采样点共检出 7 种重金属，其中锰含量普遍处于《地下水质量标准》(GB/T 14848-93) III 类水平及以下，可能受天津市区域性水质影响。

共检出 32 种有机物，其中 12 种有机物超过相应筛选值，污染物主要是以氯代烃为主的挥发性有机物，包括第一（潜水）含水层中氯乙烯、1,2-二氯乙烷、三氯乙烯、1,1,2-三氯乙烷、1,1-二氯乙烯和苯，弱透水层地下水中的氯乙烯、1,1-二氯乙烯、苯、1,2-二氯乙烷、三氯乙烯、四氯乙烯、氯苯、顺-1,2-二氯乙烯、1,1,2,2-四氯乙烷、1,2,3-三氯丙烷、1,1,2-三氯乙烷和萘，第二（微承压水）含水层中氯乙烯和 1,1,2-三氯乙烷。污染物集中在 A3（B2）、B1、B3、B7、C1 和 C2 点位，且主要为氯代烃，故需对其进行风险评估。

2.3.3 场地污染风险

2.3.3.1 场地风险评估过程

根据地质勘查的结果，对本场地的三层水，即第一（潜水）含水层、弱透水层中的地下水和第二（微承压水）含水层分别进行风险评估。本次风险评估是根据《场地环境调查技术导则》(HJ25.1-2014)的要求，利用 RBCA 软件评估场区污染物对场地内未来进驻居民的健康风险。

(1) 危害识别

由于地下水的流动性，评价范围定位整个厂区，各个地下水层风险评估所涉及的污染物浓度采用本场地检测最大值

(3) 毒性评估

根据污染物风险暴露途径确定的需进一步表征的污染物开展毒性评估,对各污染物经口摄入参考计量 (RFD_o)、皮肤接触参考计量 (RFD_d)、呼吸吸入参考浓度 (RFC)、经口摄入致癌斜率因子 (SF_o)、皮肤接触致癌斜率因子 (SF_d)、呼吸吸入单位致癌因子 (IUR) 等参数的分析,有致癌风险的污染物是氯乙烯、苯、1,2-二氯乙烷、三氯乙烯、四氯乙烯、1,1,2,2-四氯乙烷、1,1,2-三氯乙烷、萘。

2.3.3.2 场地风险评估结果

(1) 第一(潜水)含水层风险评估结果

第一(潜水)含水层中氯乙烯、1,1-二氯乙烯、苯、1,2-二氯乙烷、三氯乙烯和 1,1,2-三氯乙烷需要进行风险评估。

由 RBCA 软件进行污染物风险评估,计算污染物致癌风险值和非致癌危害商,结果显示部分污染物风险超过可接受水平,即致癌风险值大于 1×10^{-6} 或非致癌危害商大于 1,因此,本场地第一(潜水)含水层中的氯乙烯、1,2-二氯乙烷、1,1,2-三氯乙烷需要进行修复。

(2) 弱透水层风险评估结果

弱透水层中,需要对氯乙烯、1,1-二氯乙烯、苯、1,2-二氯乙烷、三氯乙烯、四氯乙烯、氯苯、顺-1,2-二氯乙烯、1,1,2,2-四氯乙烷、1,2,3-三氯丙烷、1,1,2-三氯乙烷和萘进行风险评估。

经 RBCA 软件计算,结果显示部分污染物风险超过可接受水平,即致癌风险值大于 1×10^{-6} 或非致癌危害商大于 1,因此,本场地弱透水层地下水中的氯乙烯、1,2-二氯乙烷、三氯乙烯、1,1,2-三氯乙烷、1,1,2,2-四氯乙烷和萘需要进行修复。

(3) 第二(微承压水)含水层风险评估结果

第二(微承压水)含水层的氯乙烯和 1,1,2-三氯乙烷需要进行风险评估。

经 RBCA 软件计算,结果显示部分污染物风险超过可接受水平,即致癌风险值大于 1×10^{-6} 或非致癌危害商大于 1,因此,本场地第二(微承压水)含水层中的氯乙烯和 1,1,2-三氯乙烷需要进行修复。

3 修复模式选择

3.1 确认场地总体修复目标

(1) 场地修复质量目标

根据《天津市北辰区荣国路（安康）地块场地环境调查及风险评估报告》，本项目场地地下水中存在氯乙烯等的有机污染，其致癌风险或非致癌危害商超出风险可接受水平，需要对其进行治理和修复。

根据该报告，确定以各污染物风险控制值作为地下水修复目标值，因此，本项目地下水治理修复过程中，将以此作为场地地下水修复质量管理目标。

如地下水采用异位修复治理技术，修复后水体的排放还应满足天津当地及国家的相关污水排放标准。

(2) 场地修复工期进度目标

本场地未来将作为居住用地，场地开发建设时间较为紧张，因此，本场地地下水的治理修复须满足业主开发建设的时间进度安排，科学选择和设计地下水治理修复技术及方案。

(3) 场地修复环境管理目标

本项目为环境修复类项目，并且修复目标污染物为有机物，存在一定的挥发性，因此，在场地的治理修复过程中需要重点关注可能产生的环境风险，避免产生二次污染问题。

修复过程中的尾气、水体排放需要满足天津当地及国家的相关排放标准，并对场地土壤、固废、地下水环境等加强二次污染防治及监测。

3.2 确定修复模式

3.2.1 地下水修复目标值

根据《天津市北辰区荣国路（安康）地块场地环境调查及风险评估报告》，本场地三层地下水修复目标主要为氯代烃类有机物，按照三个修复水层划分，具体的修复目标如下。

本场地地下水修复过程中，以风险控制值为本场地修复目标值，各污染物修复目标值如下。

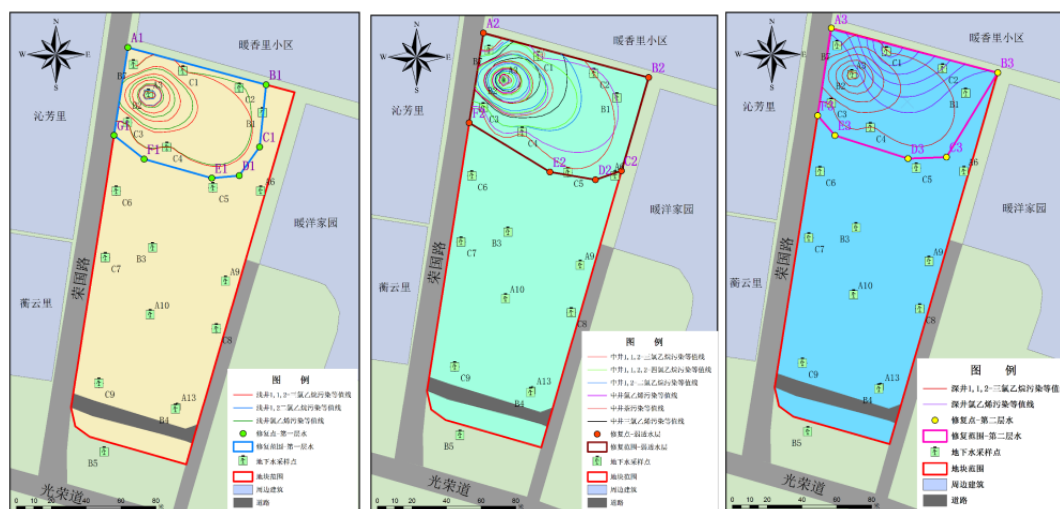
表 3.2.1 地下水修复目标值

分析指标	修复标准 (µg/L)
氯乙烯	200
1,2-二氯乙烷	100
三氯乙烯	310
1,1,2,2-四氯乙烷	86
1,1,2-三氯乙烷	54
苯	130

3.2.2 地下水修复范围

本场地地下水修复范围基于目标污染物浓度值超过本场地风险控制值的结果，通过 Surfer 软件模拟划定。

第一（潜水）含水层的超标点位为 B2 和 C2，弱透水层和第二（微承压水）含水层的超标点位为 B2、C1 和 C2，使用未超标点位和 Surfer 软件模拟的污染物范围的叠加，三个水层的地下水修复范围如下图。



3.2.3 工程量估算

根据“场调报告”可知，本项目地下水修复工程量如下表所示。

表 3.2.5 地下水工程量估算表

水层	修复面积	水位埋深	厚度
第一（潜水）含水层	4720 m ²	0.94m-1.6m	0.66 m
弱透水层	5870 m ²	1.6m-8.7m	7.1 m
第二（微承压水）含水层	5130 m ²	8.7m-15.9m	7.2m

4 修复技术筛选

4.1 技术筛选

4.1.1 修复技术筛选原则

污染场地修复技术的确定，需要综合考虑场地实际状况、业主要求、开发利用规划、修复成本以及修复技术成熟度等因素，以达到安全、彻底和高效地修复污染场地的目标。在修复技术的筛选方面必须遵循以下原则：

（1）效果达标性原则

为确保修复后地下水目标污染物不高于修复目标值，所选择的修复技术必须确保在规定的修复时间内能将目标污染物浓度降低至修复目标值以下，场地修复后风险满足今后土地规划和开发标准，确保环境及居民安全。

（2）可操作性强

所采用的修复技术应为目前国内外应用成熟的技术，并且必须具备工程化实施的条件，确保污染地下水能够全部达标修复。

（3）满足项目开发要求

由于本场地后期规划为居住用地，场地开发建设的时间较为紧张，因此，采用的修复技术必须满足业主开发建设的时间进度安排，优先选择修复周期较短的修复技术。

（4）满足后期监管要求

优先选择对污染源修复较为彻底的技术，以缩短对场地修复过程的监管周期，同时降低这一过程的监管成本。

（5）安全环保性原则

所选择的修复技术在工程实施时需能够保证施工安全，严格控制地下水中污染物向周边环境的扩散，同时避免产生土壤、大气、噪声环境等的二次污染，降低对周围环境的影响，做好各项环境保护措施。

（6）选择经济可行的修复技术

如果存在多项修复技术能够同时满足以上几个条件时，在修复成本上选择出相对更加经济可行的技术。

4.1.2 修复相关条件分析

4.1.3 修复技术简述

地下水卤代烃类污染物常用修复技术有原位化学还原技术、地下水抽出处理技术、地下水修复可渗透反应墙技术、地下水监控自然衰减技术。

4.1.3.1 原位化学还原技术

原位化学还原技术（In Situ Chemical Reductio）通过向土壤或地下水的污染区域注入还原剂，通过还原作用，使土壤或地下水中的污染物转化为无毒或相对毒性较小的物质。常见的还原剂包括硫化氢、连二亚硫酸钠、亚硫酸氢钠、硫酸亚铁、多硫化钙、二价铁、零价铁等。

4.1.3.2 地下水抽出处理技术

地下水抽出处理技术（Groundwater Pump and Treat）根据地下水污染范围，在建设或不建设止水帷幕的条件下，在污染场地布设一定数量的抽水井，通过水泵和水井将污染地下水抽取上来，然后利用地面设备处理。处理后的地下水，进行纳管排放等最终处置或作当地供水。

4.1.3.3 地下水修复可渗透反应墙

地下水修复可渗透反应墙（Permeable Reactive Barrier（PRB））在地下安装透水的活性材料墙体拦截污染物羽状体，当污染羽状体通过反应墙时，污染物在可渗透反应墙内发生沉淀、吸附、氧化还原、生物降解等作用得以去除或转化，从而实现地下水净化的目的。

4.1.3.4 地下水监控自然衰减技术

通过实施有计划的监控策略，依据场地自然发生的物理、化学及生物作用，包含生物降解、扩散、吸附、稀释、挥发、放射性衰减以及化学性或生物性稳定等，使得地下水和土壤中污染物的数量、毒性、移动性降低到风险可接受水平。

4.1.4 修复技术初步筛选

依据场地修复原则，对原位化学还原技术、地下水抽出处理技术、可渗透性反应墙技术、监控自然衰减技术进行筛选，初步筛选出适合本项目的处理技术。

表 4.1.7 修复技术初步筛选

修复技术	原位化学还原技术	地下水抽出处理技术	可渗透性反应墙	监控自然衰减技术
优点	1、减少了污染物在地表环境中的暴露，很大程度上减轻了对环境的扰动；2、无需地面处理设施，可持续的进行原位治理；3 可以实现含水层的土、水同时治理。	1、该技术在工程应用中应用程度非常广；2、地下抽出周期较短；3、受场地污染程度、地层情况的影响小；4、地上处理技术对污水的处理效率高。	1、修复成本相对低；2、可处理复杂污染物，3、环境扰动小，可长期持续修复。	1、绿色修复技术，成本低；2、不会对场地污染物和周边环境造成扰动；3.无须设备安装维护。
缺点	1、渗透性较差的土层中，药剂传输效果受影响，易存在治理盲区，出现拖尾效应；2、污染物同药剂反应时间长，修复效果观测周期长；3、对污染程度较重、渗透性较差的含水层，修复药剂量大。	1、需要建设止水帷幕以控制抽出水量；2、需建设配套的地上污水处理装置；3、对治理后的地下水需进行合理的最终处置；4、抽出处理各环节中均需做好二次污染防治措施。	1、修复周期一般需数年；2、参考工程案例少；3、装置布点受地层岩性限制。	1、修复周期长达数年；2、受水文地质条件及人类活动影响大；3、修复过程需配合制度控制。
对于本项目的限制因素	本场地存在粉质粘土层、污染物浓度较高，将影响药剂传输能力和修复效果，增加药剂用量和施工周期。	需要建设止水帷幕和地上处理设施；氯代有机物易挥发，处理和修复过程须注意防治二次污染。	修复时间长，影响场地开发；目前国内该技术应用不成熟。	修复时间过长，影响场地开发；衰减过程中需对场地进行制度控制。
是否选用	√	√	×	×

由上表可知，可渗透性反应墙技术和自然监控衰减虽对环境扰动最小，修复成本低，但其在国内应用较少且修复时间长达数年，均不适合本场地的修复。

对于原位化学还原技术，其对环境扰动较小，避免了污染物在地表环境中的暴露风险，同时可对场地进行可持续的原位治理，符合本项目要求；另外，地下水抽出处理技术，其技术应用度非常广，修复周期较短且受场地污染程度、地层情况的影响小，同样符合本项目修复要求。

因此，通过技术筛选，初步筛选出 2 种适用技术：原位化学还原技术、地下水抽出处理技术。

4.2 原位化学还原修复技术评估

4.2.1 原位化学还原技术可行性评估必要性

通过修复技术的初步筛选，认为原位化学还原技术适用于本场地，但由于该技术在本场地的应用中存在限制性因素，因此，为确定该技术对于在本场地中的实际应用效果，需要对技术开展可行性评估及筛选性试验等。

4.2.2 原位化学还原技术应用分析

4.2.3 原位化学还原技术筛选性试验

4.2.4 原位化学还原技术定量评估结果

对于原位化学还原技术的原理、国内应用案例等条件分析，认为该技术国内应用成熟，可用于本场地氯乙烯等有机污染地下水的修复。

根据场地筛选性试验结果分析，采用零价铁药剂进行原位注药后，在一定时间内污染物表现出较好的降解效果，氯乙烯去除效率可达到 98.3%，表明原位化学还原技术对本场地污染地下水具有较好的修复效果；但试验中随时间推移，污染物出现不同程度的反弹现象，在修复区域经过两次注药共 95d 的修复后，污染物仍未全部达到本场地修复目标要求，其在本场地的最终修复效果仍需要更长时间的观测和确定。

另外，本场地治理修复时间相对紧张，基于目前试验结果推测场地实际修复的反应和效果监测周期可能需 3~6 个月，受场地粉质粘土层等渗透性较差、污染物浓度较高影响，原位化学还原可能出现拖尾效应，如监测效果不达标还需重复

开展注药注入和反应，场地的总体修复周期难以保证。

综上所述，原位化学还原技术在本场地污染地下水的修复中不能完全满足项目要求，不建议采用。

4.3 地下水抽出处理技术评估

4.3.1 地下水抽出处理技术可行性评估的必要性

通过修复技术的初步筛选，认为地下水抽出处理技术适用于本场地，但由于该技术在本场地的应用中存在限制性因素，因此，为确定该技术对于在本场地中的实际应用效果，需要对该技术开展可行性评估。

4.3.2 地下水抽出处理技术应用分析

4.3.3 地下水抽出过程可行性评估

4.3.3.1 帷幕+抽水井施工工程案例分析

4.3.4 地下水抽出处理技术筛选性试验

前期通过对抽出污染水处理方式的分析，筛选出吹脱方式在本场地的应用是可行的，进而验证吹脱法处理本项目地下污水的效果，确定最佳的吹脱条件，为后续现场应用提供数据和理论支持。

4.3.4.3 试验结论

(1) 吹脱法对本项目地下水各种污染物均有较好的去除效果，本场地所有目标污染物浓度均可达到修复目标值以下，采用该技术能够满足本场地修复需要。

(2) 在不同气水比参数条件下，各污染物浓度均有较高的去除率，其中气水比 45:1 条件下，污染物去除效率达到 97%以上，且该条件下气量和能耗相对较低，综合考虑经济成本，最终确定气水比 45:1 为地下水吹脱处理的最佳修复工艺参数。

4.3.5 地下水抽出处理技术定量评估结果

(1) 通过对地下水抽出处理技术分析，认为该技术流程简单，操作简便，适用于本场地的应用。

(2) 通过地下水抽出过程的可行性评估，该技术国内应用成熟、案例众多，

且采用止水帷幕和抽水井形式的降水工艺，在国内建设工程中的应用极为普遍，本项目所在地的实施可操作性强；并建立概念模型对本场地地下水抽出进行保守预测，认为污染地下水在 92d 内可完全抽出。

(3)通过我方对场地污染地下水开展的吹脱处理试验，在不同参数条件下，吹脱技术对各污染物均能处理达到修复目标值要求，去除率高达 97%以上，同时吹脱设备处理能力强，单套设备单日污水处理量可达 240m³ 以上，整体污水治理周期相对较短。

因此，地下水抽出处理技术和吹脱处理能够满足本项目的开发和修复需要。

4.4 确定修复可行技术

对比原位化学还原技术与地下水抽出处理技术的定量评估结果，并综合考虑本项目的修复目标要求以及开发建设利用要求，认为：

原位化学还原技术对本项目污染具有一定的修复效果，但在 95d 的修复时间内仍未达到本项目修复目标，其在本场地的最终修复效果仍需要更长时间的观测和确定。同时，本场地治理修复时间相对紧张，基于目前试验结果推测场地实际修复的反应和效果监测周期可能需 3~6 个月，受场地粉质粘土层等渗透性较差、污染物浓度较高影响，原位化学还原可能出现拖尾效应，如监测效果不达标还需重复开展注药注入和反应，场地的总体修复周期难以保证，故本场地地下水修复中不建议采用原位化学还原技术。

而地下水抽出处理技术，在国内修复工程和建设工程中的应用极为普遍，本项目所在地的实施可操作性强，通过本场地地下水抽出概念模型的保守预测，认为污染地下水在 92d 内可完全抽出。同时通过吹脱试验分析，各参数条件下的去除率高达 97%以上，污染物全部处理达标，同时吹脱设备处理能力强，整体污水治理周期相对较短。因此，认为地下水抽出处理技术在符合场地开发建设的时间内可达到修复目标，可行性强。

综上所述，最终确定本场地修复的可行技术为：地下水抽出处理技术。

5 修复方案设计

5.1 总体技术路线

本场地治理修复工程初步方案设计的总体技术路线，如下图。

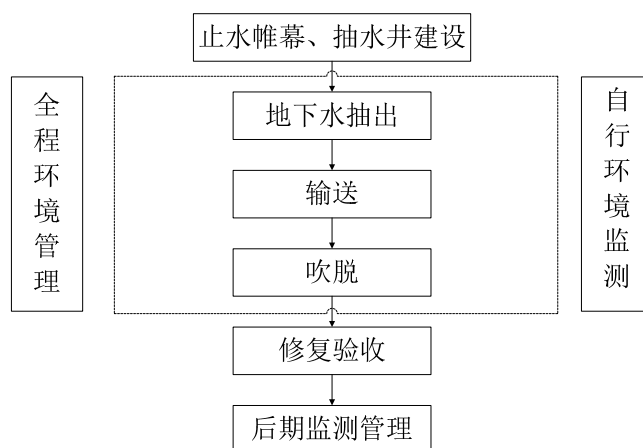


图 5.1.1 修复总体技术路线图

地下水抽出处理技术，将首先建设止水帷幕和抽水井；经修复后的水体，拟采用纳管排放的形式进行最终处置，并需满足《污水综合排放标准》（DB12/356-2008）中相关要求。

5.2 修复技术应用规模

根据场地调查报告，第一（潜水）含水层面积为 4720m²，修复水位埋深为 0.94m-1.6m，即厚度约为 0.66m；弱透水层面积为 5870m²，修复的水位埋深为 1.6m-8.7m，即厚度约为 7.1m；第二（微承压水）含水层面积为 5103m²，修复水位埋深为 8.7m-15.9m，即厚度约为 7.2m。修复技术应用规模见下图。

5.3 地下水修复方案

5.3.1 工艺流程

5.3.2 工艺参数

5.3.3 修复方案

污水处理分地下水抽出处理环节、输送环节、吹脱处理环节。

（1）地下水抽出过程

1) 止水帷幕

为对本项目中修复范围内的污染地下水进行集中抽提，同时避免对周边环境造成影响，将在场地地下水修复最大范围的外围建设止水帷幕。根据场调报告中所确定的污染地下水修复范围，弱透水层修复范围最大，止水帷幕的建设位置应在其修复范围外。

2) 抽水井

在污染地下水修复范围止水帷幕内建设抽水井群，抽水井井深设计为 17m，对场地三层污染地下水同时进行抽出处理。

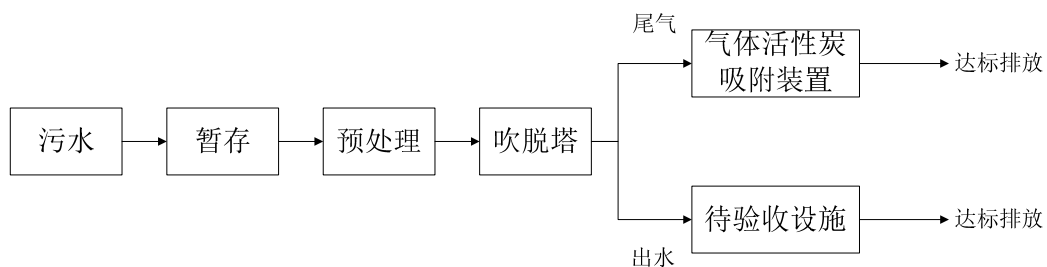
3) 地下水抽出过程

为避免地下水抽出过程造成不同区域水体间的污染扩散，在实际抽水过程中，需要结合场地地下水的污染程度，对污染物超标点区域先行抽水，再对其他区域抽水。

(2) 地下水输送过程

地下水经抽水井抽出后，可采用管道和水罐车的方式，密闭输送到污水吹脱处理区域。

(3) 地下水吹脱处理过程



5.3.4 工程量

根据场调资料，本项目的污染地下水修复工程量如下。

5.3.5 周期及成本估算

(1) 工期

本项目总工期设计为 260 天。

(2) 成本估算

本项目初步成本估算表如下表，具体成本估算详见本方案 7.1 内容。

5.3.6 预计效果

通过地下水抽出处理可行性评估环节中,对建设止水帷幕条件下地下水的抽出相关的工程案例分析以及本场地地下水抽出情况的保守预测,预计本场地止水帷幕范围内的污染地下水在 110d 内能够完全抽出,达到场地地下水验收要求。

同时,通过对本项目污染地下水的吹脱处理试验,污染物去除效率可达 97% 以上,地下水吹脱处理技术修复效果良好,因此预计抽出后的污染水体经吹脱处理后能满足相关排放要求,即天津市《污水综合排放标准》(DB12/356-2008)中的三级标准。

6 环境管理计划

6.1 修复过程中污染防治和人员安全保护措施

6.1.1 修复过程中污染防治

6.1.1.1 土壤环境污染防治

6.1.1.3 大气环境污染防治

6.1.1.4 噪声环境污染防治

6.1.2 人员安全保护措施

6.2 场地环境监测计划

6.2.1 监测依据和原则

(1) 监测依据

- 1) 《地下水环境监测技术规范》(HJ/T164-2004)
- 2) 《场地环境监测技术导则》(HJ25.2-2014)
- 3) 《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011)
- 4) 《声环境质量标准》(GB3096-2008)
- 5) 《水质采样技术指导》(HJ494-2009)
- 6) 《地下水质量标准》(GB/T14848-95)
- 7) 《地下水水质标准》(DZ/T0290-2015)
- 8) 《工业企业挥发性有机物排放控制标准》(DB12/524-2014)
- 9) 《场地土壤环境风险评价筛选值》(DB11/T811-2011)

(2) 监测原则

1) 环境监测是污染修复工程环境管理与污染防治的重要手段，应根据本项目环境管理各阶段特征，与治理修复、工程验收的目的和要求紧密结合。

2) 环境监测应妥善处理好环境调查监测、治理修复监测、工程验收监测的相互关系，确保监测结果的协调性、一致性和时效性。

6.2.2 监测目的和类型

(1) 监测目的

本项目地下水中污染物为氯乙烯等的挥发性有机污染物，同时场地周边环境敏感点位较多且与场地距离较近。因此，本场地施工过程中，为了避免对周围环境和居民造成影响，需要对场地内及周边环境敏感点开展监测。

(2) 监测类型

按照本项目可能对周边环境造成影响的环境要素，监测类型可包括大气、地下水、噪声、固废、土壤环境监测；按照污染监测目的，监测类型可包括污染物排放监测和环境影响监测计划。

6.2.3 土壤环境监测计划

6.2.4 地下水环境监测计划

6.2.5 大气环境监测计划

6.2.6 噪声环境监测计划

6.3 修复验收计划

6.3.1 验收程序

本项目验收程序如下

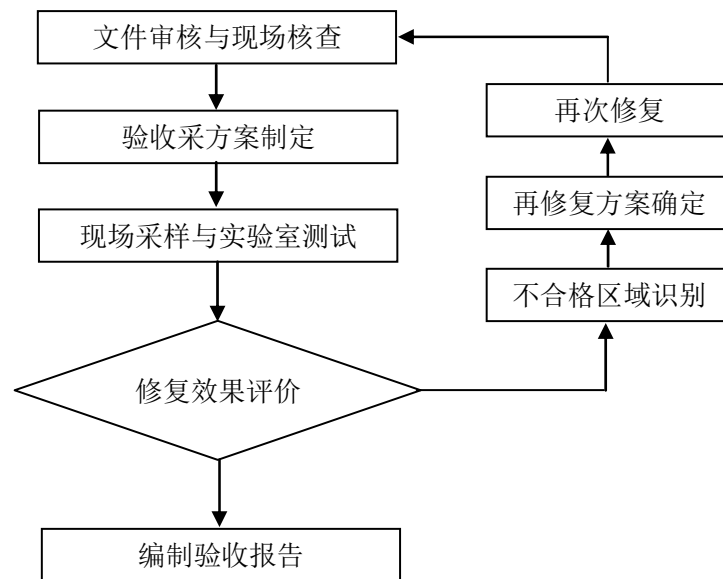


图 6.3.1 地下水修复验收流程

根据上述流程，污染场地的验收工作应包括文件审核和现场复核，现场采样

与试验室分析、验收评价和建议、修复验收报告编制 4 项工作。

(1) 文件审核和现场复核

核实文件资料的准确性，审核污染清运和修复方案的实施情况，包括修复范围、修复方式、修复过程与运输过程的污染防治、组织与实施保障等内容的现场复核。核实污染土壤的数量和最终去向。

(2) 现场采样与试验室分析

在污染场地布点采样，并进行试验室分析，以确定污染修复的效果。场地修复验收现场采样点的位置和采样深度，要覆盖所有修复范围并考虑深度和修复边界。审核污染土壤处理过程中各阶段监测数据确定污染场地修复效果和污染防治措施的运行效果，以及涉及的二次污染处理情况。

(3) 验收评价和建议

根据文件审核、现场复核、人员访谈、采样和试验室分析的结果，客观、明确地从技术角度论证修复效果和修复实施情况是否符合场地污染修复验收条件。数据对照修复目标值进行评价，给出是否达到修复目标的明确结论；若未达到修复要求，提出改进建议，以确保达到修复要求。验收评价包括监测数据评价和修复措施落实评价。在场地修复验收中，监测分析数据应通过与根据处理后土壤用途要求确定的修复目标的比较，评估其修复效果。修复措施落实评价是根据监测资料和监理记录等，对修复措施的落实情况进行验收。

(4) 修复验收报告编制

汇总修复方案、调查结果、试验数据和分析结果、验收评价及建议，以报告形式为污染场地修复验收提供技术依据。

6.3.2 场地地下水抽出修复效果验收

6.3.2.1 验收时段和范围

验收时段：待本项目污染地下水抽出处理完成后，对场地的地下水进行验收。

验收范围：本场地地下水验收范围为污染修复范围内的地下水环境。

6.3.2.2 采样点布设

为确定本场地地下水的修复效果，根据国家相关要求，需在场地地下水修复

范围的边界和修复范围内设置监测井。其中，在地下水修复边界（止水帷幕的内测或外测）设置 6 个监测井，其中东侧 1 个、南侧 2 个、西侧 1 个和北侧 2 个；在场地地下水修复范围内共设置 5 个监测井，其中 4 个监测井按网格进行设置，1 个监测井专门设置在本场地地下水的重污染区。

6.3.2.3 验收项目及标准

验收项目：对于修复范围内的地下水，将视监测井内水位情况进行验收，如存在地下水，验收项目应为本场地修复目标污染物。

6.3.2.4 建井与采样方法

6.3.3 抽出地下水处置效果验收

6.3.3.1 验收时段和范围

（1）验收时段

抽出地下水处理完成后、排放前进行验收监测。

（2）验收范围

本场地所有被抽出处理的地下水。

6.3.3.2 采样点布设

根据本项目修复方案设计，本场地抽出的地下水在处置完成后将储存于待验收池中，储满并经验收监测合格后才能向外排放。因此，本次抽出地下水修复效果验收监测的采样点为待检池。

6.3.3.3 采样频度

每池监测，即验收监测合格一池，排放一池。

6.3.3.4 验收项目和标准

（1）验收项目

应同时包括本场地地下水修复的目标污染物和地下水处置后污水排放需要监测的污染物指标。其中，地下水处置后污水排放需要监测的污染物指标应根据其最终排放去向确定。

根据本修复方案，本项目修复后的地下水将进行纳管排放，按要求需执行天

津市《污水综合排放标准》(DB12/356-2008)中三级标准。根据该标准,需要监测的污染物指标如表 6.3.4 所示。

(2) 验收标准

应同时满足本场地地下水的修复目标值(见表 3.2.1)和天津市《污水综合排放标准》(DB12/356-2008)中的三级标准(见表 6.3.2)要求。

6.4 环境风险防范与应急安全预案

6.4.1 环境风险预防

天津市北辰区荣国路(安康)地块地下水中存在氯乙烯等挥发性有机污染物,在污染修复过程中存在着风险隐患。为有效防范环境风险事故发生、迅速、有效的处置可能发生的突发性环境风险事故,全面控制和消除污染,保障职工身心健康,确保环境安全,依据《中华人民共和国环境保护法》,《国家突发环境事件应急预案》及相关法律法规和规章,特制定风险防范方案和应急预案。

6.4.2 应急安全预案

根据国家有关法律法规、标准,为正确应对突发性事件,确保事故发生时能快速有效的进行现场应急处理、处置,保护厂区及周边环境、工作人员及居住区人民的生命、财产安全,制定本环境风险应急安全预案。

(1) 土壤污染风险应急预案

1) 当出现跑、冒、滴、漏现象时,立即关停污水处理站,随后立即组织人员利用水泵收集管网内及地面上的污水后,安排专职维修人员对污水处理站设备及管网进行抢修或更换。

2) 大型机械出现燃油泄漏现象时,应立刻停止设备运行,安排人员及时处理无误后,方可进行施工。同时,对燃油泄漏污染的土壤进行及时清理。

(2) 水污染风险应急预案

1) 当出现跑、冒、滴、漏现象时,立即关停污水处理站,随后立即组织人员利用水泵收集管网内及地面上的污水后,安排专职维修人员对污水处理站设备及管网进行抢修或更换。

2) 停电等非正常工况导致污水处理非正常运行时,立即关闭所有阀门及设

备开关，并通知电工。查明供电方是否有故障，如果是，则由电工负责启动自备发电设施，如果不是，则应立即检查厂内电路是否正常。

3)当机械设备导致污水处理运行出现事故故障，应立即停止污水处理工作，同时组织相关技术人员排查事故原因，并进行抢修。污水处理设备正常运转后，方可继续对地下水进行治理。

(3) 大气污染风险应急预案

1) 如固定源或无组织排放点位采样检测目标污染物的浓度超过排放浓度限值时，立刻开展检查，分析污染物超标原因，立即进行整改。

2) 现场内有扬尘现象产生时，立即进行洒水降尘等措施。

3) 利用 PID 检测浓度数据，如发现现场某个施工区域挥发性有机物逸散情况时，对施工区域喷射泡沫抑制剂。

(4) 噪声污染风险应急预案

当噪声检测仪器显示噪声超标时，应立即排查噪声污染源，采取相应措施，降低噪声影响。

(5) 固废污染风险应急预案

对抽水井建设施工过程中的建井弃土（削切土）、吹脱处理过程中暂存及预处理等设施内的污泥，经采样检测后，如检测指标超过相应标准限值，认为受到存在污染，需采用化学氧化等技术进行达标处理。

6.5 环境监理计划

6.5.1 工作内容

环境监理的工作内容主要包括施工准备阶段环境监理、工程实施阶段环境监理和工程竣工验收阶段环境监理三项内容。

(1) 施工准备阶段环境监理

受到建设单位工作委托后，环境监理单位应及时进行资料收集和现场踏勘工作，与建设单位签订环境监理合同，根据合同要求以及污染场地修复工程规模和特点组建环境监理机构，参加修复工程设计交底，编制污染场地修复工程环境监理规划，并根据工程修复方案等设计文件以及相关规范标准，对施工组织设计方案进行审核，重点审核主体修复工程及二次污染控制措施与修复方案的相符性，

审核突发污染事故应急预案。

(2) 工程实施阶段环境监理

及时召开环境监理第一次工地会议，并编制污染场地修复工程环境监理实施细则，根据环境监理实施细则开展环境监理工作，重点对施工内容落实及变化情况、二次污染控制措施落实情况和污染事故应急措施落实情况实施监理，同时为建设单位提供技术咨询，对存在的问题提出整改意见，并告知施工单位。配合验收监测单位落实工程验收监测等工作。

(3) 竣工验收阶段环境监理

修复工程完成后，在上述工作的基础上编制污染场地修复工程环境监理总结报告，参加工程验收现场检查会议，并参加修复工程验收工作。

6.5.2 工作要点

根据本场地污染物的特征及修复工程的工艺和特点，下表列出了本场地修复工程环境监理的工作要点。

表 6.5.1 环境监理工作要点

监理内容		监理要点
修复工程施工内容	设备运输	①产生的扬尘②产生的噪声。
	抽水井建设过程	①建井弃土的处置问题②洗井成井废水的挥发问题。
	地下水抽出、输送、吹脱过程	①发生跑、冒、滴、漏等问题②构筑物密封性。
	修复过程中的废水排放	①洗井的废水和运输车辆冲洗水②生活污水。
	尾气处理过程	废弃活性炭处置问题。
修复过程二次污染防治	设备运输	①在运输车辆进出口设置洗车槽，运输车辆采用帆布覆盖，部分严重尘源点设置围挡，施工现场便道进行硬化处理，铺设厚度不小于 20 厘米的混凝土路面，洒水车洒水降尘处理。②选用低噪声设备、加强设备维护、采取噪声隔离措施、减少设备运行时间、控制人为噪声、控制强噪声作业时间。
	抽水井建设过程	①建井弃土统一收集处理。②对废水进一步处理，防治超标排放。
	地下水抽出、输送、吹脱过程	①对跑冒滴漏等现象做到早发现早处理，时刻监控输送环节。②对构筑物建设过程严格把关，保证其质量。③吹脱处理过程中暂存及预处理等设施内的

监理内容		监理要点	
		残留污泥。	
修复过程中的 废水排放		①施工过程中产生的洗井废水、运输车辆冲洗水等应集中收集，通过监测如存在污染，须对其进行达标处理。②场地修复过程中会产生人员的生活污水，这些生活污水应集中收集，不得随意排放。	
尾气处理过程		废弃活性炭属于危险固体废物，按国家规定，应统一收集并交有资质的单位进行处理。	
污染物排放及环境影响监测	大气环境影响监测	固定源监测	处理区域吹脱塔各排气口。
		现场快速监测	污水处理设备周围。
		无组织排放监测方案	厂区周边及环境敏感点。
	水环境影响监测	地表水环境监测	地下水经抽出吹脱处理后的排放监测，待修复设施内。
	噪声环境影响监测	场外敏感点	厂界周边噪声等级。
	土壤环境影响监测	场地污染区域与污水处理区域	抽水井施工过程中的污染水与污水处理区域的污染水对土壤的影响。
	固废环境影响监测	抽水井施工过程中的建井弃土、吹脱处理过程中产生污泥，及吹脱处理尾气处理装置中的废弃活性炭	建井弃土、吹脱过程中污泥的妥善收集、检测和处置。 废弃活性炭的妥善收集和处置。

7成本效益分析

7.1 修复费用

本项目工程费估算如下表。

表 7.1.1 项目工程费估算

序号	费用项目	抽出吹脱处理（元）	备注
一	施工前准备	118174.00	包括场地的平整与测量
1	场地平整	100000.00	场地的平整
2	场地测量	18174.00	场地的测量
二	施工直接费	22835963.50	含打井、设备、检测费等
1	抽提井	357000.00	抽取地下水
2	监测井	41650.00	监测地下水
3	抽出处理	5839243.50	空气吹脱、设备运行等
4	止水帷幕	16409120.00	机械、施工费、泥浆处置费等
5	样品采集及现场监测	188950.00	地下水、气体等的检测
三、直接费合计		22954137.50	包括施工前准备费用与施工直接费用
四	措施费	1147706.88	/
五	其他费	235550.00	含专家咨询费、评审费，招标代理服务费、后期监测费用
1	专家咨询、评审费	60000.00	/
2	招标代理服务费	94000.00	/
3	后期监测费用	81550.00	/
六	管理费	1216869.72	5.00%
七	利润	1788798.49	7.00%
八	税金	3007736.88	11.00%
九、工程费合计		30350799.46	包括直接费合计、措施费、其他费、管理费、利润、税金
十	第三方费用	1900000.00	包括环评、环境监理、验收费用
1	环评	100000.00	/
2	环境监理	1000000.00	/
3	验收	800000.00	/
十一、总费用合计		32250799.46	包括工程费合计和第三方费用

7.2 环境效益、经济效益、社会效益

7.2.1 环境效益

(1) 本场地中氯乙烯等挥发性有机污染物的修复，对于本场地及其周边区域的环境安全具有重要意义。本修复项目以人体健康安全保护为出发点，通过场地污染地下水修复工作的有效实施，能够大大降低场地未来开发建设后对环境和人体的风险，保障该场地活动人群的身体健康。

(2) 该方案依据污染场地的实际状况，选择地下水抽出处理技术进行污染地下水的修复，该技术科学可行，能够有效修复治理污染地下水污染。同时，在原污染场地的修复治理等过程中，对可能产生的土壤、地下水和大气环境等的二次污染，部署了周密的防护措施。整个场地修复工作不会对环境造成二次污染，避免了修复工程中的环境影响负面效应。

7.2.2 经济效益

本项目地块中污染地下水采用地下水抽出技术进行修复，修复资金约为32250799.46元，主要包括人工、材料、机械、处置、措施及其他等费用。该项目修复工程的实施需要进行止水帷幕和抽水井的建设施工、吹脱设备安装以及二次污染防治等设施施工，需要相应的劳动力、材料等资源的投入，能够为天津当地创造一定的经济收入。

同时，本项目场地中污染地下水修复以后，将使场地的人体健康风险大大降低，从而能够顺利开展场地的开发建设项目。再次开发后，为该区域周围所带来的经济效益将不可估量。

7.2.3 社会效益

该项目场地周边居民区众多，而场地地下水中的污染物具有一定挥发性，对周围环境和居民安全存在安全隐患，因此修复工程的实施，不仅能够保障该场地按照规划进行开发利用，同时也能够确保该地块土地符合区域城市建设以及经济发展的需求，维护周边居民的身体健康，促进该地块区域内的安定团结和社会和谐。

8 施工进度安排

本项目场地治理修复施工可以分为四个阶段：准备阶段、施工阶段、修复阶段和验收阶段。

工程施工现场的主要施工内容主要包括止水帷幕的建设、抽水井的施工、地下水抽出、吹脱设备的安装、调试以及污水处理和验收等。

9 修复工程质量保证措施

施工质量的管理组织机构是确保工程质量的保证，其设置的合理、完善与否将直接关系到整个质量保证体系能否顺利地运转及操作，在本工程中将设置以下组织机构，全面地进行质量的管理及控制。

科学管理、精心施工，合理制定工程进度计划，严格按照国家及天津市有关安全操作规程施工，坚决杜绝事故发生。在施工过程中严格按照规范精心施工，争取各工序均达到优良，创造一个优质工程。

10 后期风险管理及地下水监测计划

本项目场地治理修复完成后，为了对场地未来开发利用过程中的风险进行有效追踪和管控，提出以下修复后场地后期风险管理要求。

（1）场地后期建设中开挖土壤的风险管理

根据前期场地环境调查及风险评估报告，本场地土壤污染物均未超出筛选值、无需开展土壤修复。但结合场地后期规划建设方式，场地内将开展地下建筑物和地下停车场的建设施工，即后期场地开发过程中将对场地内土壤进行开挖作业，建议对场地建设过程中开挖出的土壤进行合理的处理处置。

（2）场地后期利用中地下水的风险管理

本项目场地治理修复完成后，地下水修复范围内地下水污染被清除和修复，但对于地下水修复范围外的地下水环境，仍需进行合理的风险管控和管理。前期场地风险评估中考虑“本场地内地下水不作为饮用水”，因此，在本场地后期利用中地下水仍需要进行管控，不可作为饮用水使用。

（3）场地后期地下水环境的污染风险管理

为了监控治理修复后场外地下水对本场地地下水环境的影响，需要对修复后

11 结论

根据《天津市北辰区荣国路（安康）地块场地环境调查及风险评估报告》，本项目场地地下水存在氯代烃类的挥发性有机污染，需要对其进行治理修复，天津市北辰区荣国路（安康）地块场地治理修复方案中，得出主要结论如下：

通过项目所在区域概况、场地基本信息和细化场地概念模型等的场地问题识别，确认了场地总体修复目标，确定场地修复模式——即采用原位或原地异位的污染源处理修复模式。

根据效果达标、可操作性强、满足项目开发要求、经济性等筛选原则，对本场地地下水修复相关条件开展分析，初步筛选出原位化学还原和地下水抽出处理技术。然后，对 2 种修复技术进行技术评估，认为：

原位化学还原技术对目标污染具有一定修复效果，但在 95d 的试验时间内仍未达到本项目修复目标，推测场地实际修复的反应和效果监测周期可能需 3~6 个月，而本场地治理修复时间相对紧张，如粉质黏土层污染物存在拖尾效应，场地实际修复反应和效果监测的时间将更长，总体修复周期难以保证；而地下水抽出处理技术，在国内修复工程和建设工程中的应用极为普遍，在本项目场地的可操作性强，并且，经试验表明污水吹脱去除率高、设备处理能力强，地下水抽出处理整体周期相对较短。因此，最终确定地下水抽出处理为本场地修复的可行技术。

针对所选技术进行了本场地地下水修复方案设计和施工进度安排，估算本场地污染地下水抽出处理修复工程工期为 260 日历天，包括准备阶段 20 天、施工阶段 100 天、修复阶段 110 天和验收阶段 90 天。

通过对各施工分项的费用概算，估算本场地治理修复资金为 32250799.46 元，其中直接费 22954137.50 元，措施费 1147706.88 元，管理费 1216869.72 元。

本方案中还制定了全面的环境管理计划，包括场地治理修复过程中，土壤、地下水、大气、噪声和固废环境的污染防治及其环境监测计划；修复完成后，对场地地下水和修复后水体的验收计划；场地治理修复过程中的环境风险防范与应急安全预案，以及环境监理计划。

附件

附件 1 污染场地环境调查及风险评估报告

附件 2 修复实验监测数据报告

附件 2.1 监测单位计量认证（CMA）证书彩印件及涉及报告中检测项目的证明
证明细

附件 2.2 采样及实验室检测分析质量控制报告

附件 3 专家论证评审意见及修改说明

附件 3.1 专家论证评审意见

附件 3.2 专家论证评审意见修改说明