

自强化化工厂地块修复治理工程

实施方案

建设单位：天津市北辰区土地整理中心

编制单位：上海能远环境科技发展有限公司

上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司

二〇二二年九月

1 概述

1.1 项目背景及任务由来

天津市自强化化工厂始建于 1958 年，主要生产氟里昂、减水剂、建筑涂料、石油环烷酸铜、氢氟酸等化工产品。自强化化工厂于 1997 年停产。1997 年 12 月 17 日，原自强化化工厂地块对外租赁给天津市利德甘油有限公司、怡麟（天津）塑料制品有限公司、天津市隆琛煤炭销售有限公司、天津市福升肥料有限公司、天津市津北天起热处理厂、天津市开华实业总公司石油制品分公司、天津市北辰区菲克斯特机电设备维修中心等单位使用，目前均已经停产。

长久以来，企业在其生产过程中原材料与污染物的泄露和排放，已造成地块内土壤和地下水的严重污染，很可能在土地未来开发利用过程中危害相关人群的健康。按照国家相关部委联合下发的《关于保障工业企业场地再开发利用环境安全的通知》（环发〔2012〕140 号）和天津市环境保护局发布的《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》（津环保固〔2014〕40 号）及《工业企业场地调查评估及修复管理程序》、“被污染场地再开发利用需进行环境评估和无害化治理”等相关要求，2018 年 4 月，天津生态城环境技术股份有限公司受天津渤化资产经营管理有限公司委托，遵照国家和天津市相关法律法规和技术导则要求，对天津市自强化化工厂地块开展了地块土壤环境初步调查工作。初步调查报告于 2018 年 8 月 31 日通过专家评审。2018 年 9 月~2019 年 3 月，因地块内建（构）筑物未拆除，调查工作暂停。2019 年 4 月，地块内建（构）筑物全部拆除，地块具备详细调查条件，天津生态城环境技术股份有限公司开展了该地块的详细调查及风险评估工作。详细调查报告和风险评估报告于 2019 年 5 月 28 日通过专家评审。2020 年 9 月，轻工业环境保护研究所受委托，根据招标文件相关要求，为该场地确定合理的修复模式与治理技术，并编制修复技术方案，该技术方案于 2021 年 3 月 30 日通过专家评审。

2021 年 10 月天津市泛亚工程咨询有限公司受天津市北辰区土地整理中心的委托，对自强化化工厂地块修复治理工程组织公开招标。2021 年 11 月 5 日，上海

能远环境科技发展有限公司（上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司）联合体中标自强化化工厂地块修复治理工程。为顺利开展该场地污染土壤、地下水修复工作，消除污染隐患，确保人体健康，进一步推动场地的再开发利用进程，联合体单位根据该场地前期场地环境调查及风险评估工作成果，结合场地的未来土地利用规划方案，通过土壤修复技术的筛选和可行性论证，依照相关规范与技术导则编制了《自强化化工厂地块修复治理工程实施方案》，采用土壤淋洗、水泥窑协同处置、原位化学氧化和抽出处理等方式进行土壤、地下水修复。

1.2 编制目的

本实施方案编制的目的如下：根据土地利用规划，以前期调查及风险评估报告、修复技术方案为基础，对修复技术方案进一步深化，使修复技术措施与场地现状相符合，因地制宜综合制定合理可行的施工实施方案，制定严密的施工过程管理计划，对质量、进度、安全文明、环境进行规范化管理，进而指导修复工程的施工，将地块污染物的危害控制在可接受风险水平内，达到地块安全再利用。

1.3 编制依据及原则

1.3.1 编制依据

1.3.1.1 法律法规和政策文件

（1）《中华人民共和国环境保护法》（主席令[2015]9号，2015年1月1日起实施）；

（2）《中华人民共和国土壤污染防治法》（主席令[2018]8号，2019年1月1日起实施）；

（3）《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2020年4月修订，2020年9月1日起施行）；

（4）《中华人民共和国水污染防治法》（主席令[2017]70号，2017年6月27日修正，2018年1月1日起实施）；

(5) 《关于加强土壤污染防治工作的意见》（环发[2008]48号，2008年6月6日起实施）；

(6) 《国务院关于印发近期土壤环境保护和综合治理工作安排的通知》（国办发[2013]7号，2013年1月23日起实施）；

(7) 《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，2014年5月14日起实施）；

(8) 《土壤污染防治行动计划》（国发[2016]31号，2016年5月28日起实施）；

(9) 《污染地块土壤环境管理办法》（环境保护部，2017年7月1日起施行）；

(10) 《天津市土壤污染防治条例》（2020年1月1日起施行）；

(11) 《市环保局关于贯彻落实<污染地块土壤环境管理办法（试行）>的通知》（津环保土〔2017〕192号）；

(12) 《建设用地土壤环境调查评估及治理修复文件编制大纲（试行）》（2018年4月）

(13) 《天津市大气污染防治条例》（2017年修正版）；

(14) 《天津市人民政府办公厅关于重新划定地下水禁采区和限采区范围严格地下水资源管理的通知》（津政办发[2014]52号）。

1.3.1.2 相关导则、标准和技术规范

(1) 《建设用地土壤污染状况调查技术导则》（HJ25.1-2019）；

(2) 《建设用地土壤污染风险管控和修复监测技术导则》（HJ25.2-2019）；

(3) 《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ25.3-2019）；

(4) 《建设用地土壤修复技术导则》（HJ25.4-2019）；

(5) 《污染地块风险管控与土壤修复效果评估技术导则》（HJ25.5-2018）；

(6) 《污染地块地下水修复和风险管控技术导则》（HJ25.6-2019）；

(7) 《建设用地土壤污染风险管控和修复术语》（HJ682-2019）；

(8) 《工业企业场地环境调查评估与修复工作指南（试行）》（环保部，2014年11月30日）；

- (9) 《污染场地修复技术目录（第一批）》（环保部，2014 年）；
- (10) 《建筑基坑支护技术规程》（JGJ120-2016）；
- (11) 《工程测量标准》（GB50026-2020）；
- (12) 《土壤环境监测技术规范》（HJ/T166-2004）；
- (13) 《环境空气质量标准》（GB3095-2012）；
- (14) 《工业企业设计卫生标准》（GBZ1-2010）；
- (15) 《恶臭污染物排放标准》（DB12/059-2018）；
- (16) 《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）；
- (17) 《污水综合排放标准》（DB12/356-2018）；
- (18) 《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）；
- (19) 《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）；
- (20) 《国家危废废物名录（2021 版）》；
- (21) 《工业企业挥发性有机物排放控制标准》（DB12/524-2020）；
- (22) 《天津市建设工程扬尘治理“五个百分之百”暂行标准》（津建质安[2016]109 号）。

1.3.1.3 其他文件

- (1) 《天津市自强化化工厂地块土壤环境详细调查报告》（天津生态城环境技术股份有限公司，2019 年 5 月）；
- (2) 《天津市自强化化工厂地块风险评估报告》（天津生态城环境技术股份有限公司，2019 年 5 月）；
- (3) 《天津市自强化化工厂污染地块治理修复技术方案》（轻工业环境保护研究所，2021 年 3 月）。

1.3.2 编制原则

本方案的制定遵循“科学性、安全性、规范性、可行性、经济性”的总体原则。

科学性原则：采用科学的方法，综合考虑污染地块修复目标、土壤修复技术的处理效果、修复时间、修复成本、修复工程的环境影响等因素，制定本方案。

安全性原则：在污染土壤处置的各个阶段，保证人员安全和环境安全，防止产生污染转移和二次污染。

规范性原则：土壤污染清理与修复中的各项工作均应遵循相关环保标准、规范以及相关环保部门批复的清理与修复方案的要求。

可行性原则：综合考虑气候条件、地块条件、技术条件和时间因素，采取因地制宜的措施，应对工程实施过程中遇到的问题制定可操作性强、易于工程实施的方案。

1.4 地块基本信息

1.4.1 工程概况

工程名称：自强化化工厂地块修复治理工程

建设单位：天津市北辰区土地整理中心

工程地点：天津市北辰区沁河中道南侧（铁东北路辅路与天运道交口处）

工程内容：对地块内受污染的土壤和地下水进行修复

工程规模：本项目未来规划为居住用地，修复总土方量为 112834.12m^3 ；地下水修复范围为全场地，修复面积为 20713.50m^2 ，修复深度为 $1\sim 14\text{m}$ ，待处置含水层体积为 269276m^3

修复模式：“原位+异位”的组合修复模式。

1.4.2 地块地理位置

天津市自强化化工厂地块位于天津市北辰区铁东北路 5044 号附近，铁东北路辅路与天运道交口处，厂区面积约 20713.5m^2 。项目地块紧邻铁东北路，西部有京津塘高速，距离天津站约 11km ，场地北侧临近外环快速路，交通便利。

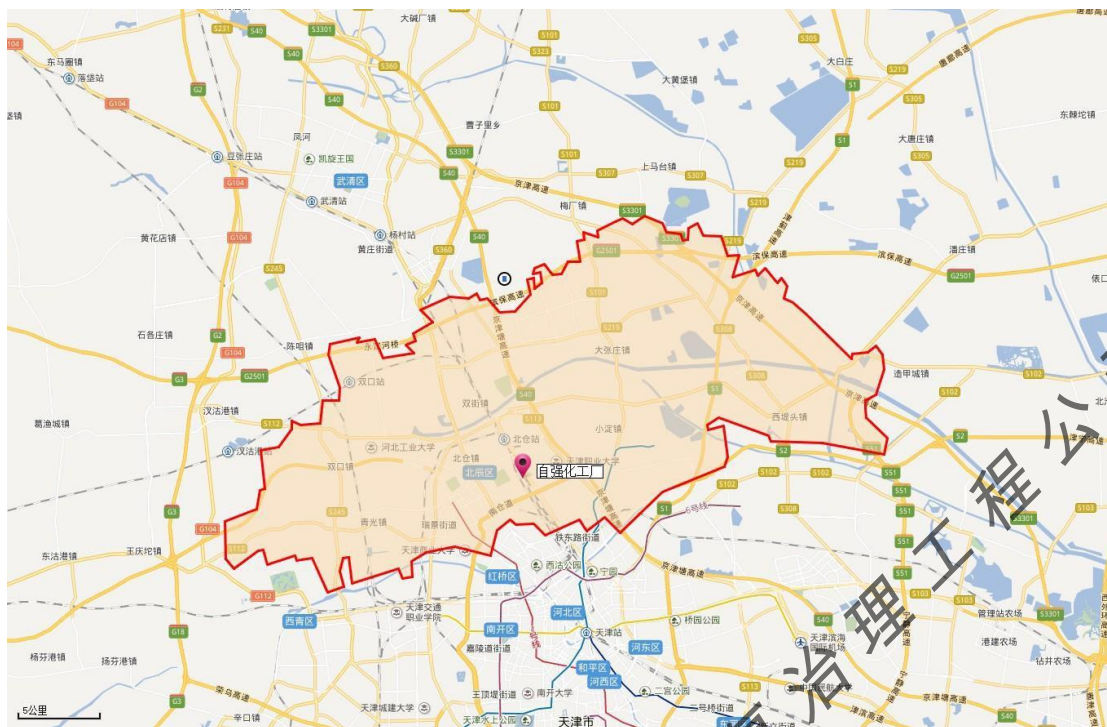


图 1.4-1 地块位置示意图

1.4.3 地块四至范围

天津市自强化化工厂地块东至融创璟园，南至天运道，西至铁东北路辅路，北至福升化肥厂（现状空地），紧邻天津农药厂修复地块，场地红线范围内面积约 20713.5m²。



图 1.4-2 地块四至范围图

1.4.4 地块历史及现状

第一阶段：自强化工厂生产阶段

第二阶段：厂区租赁阶段

第三阶段：厂区闲置阶段

第四阶段：场地调查和拆除阶段

通过对现场的详细踏勘得知：

（1）该地块现状与场地环境调查期间的状况存在明显差异。当前，地块内所有地上构筑物全部拆除，但部分建筑物基础仍旧保留，部分区域仍存在少量建筑垃圾。

（2）当前，场地入口处有门卫看守。踏勘期间，地块内未发现其他明显污染痕迹和异常气味。场地非硬化区域杂草生长茂盛。

（3）地块地势总体基本平坦，目前该场地基本为平整杂草空地，且被防尘网覆盖，有部分区域的防尘网损坏严重。

（4）部分场地调查期间的地下水监测井完好，打开发现大部分监测井存在轻度刺激性气味。

1.4.5 地块未来规划及权属信息

本地块未来用地规划为居住用地，地块性质由工业用地变更为居住用地，为建设用地中的一类用地。



图 1.4-3 地块用地规划示意图

1.4.6 地块周边敏感点

目前，自强化工厂地块周边距离地块 1000m 的范围内主要为工业企业用地、农用地和荒地等，部分为在建住宅区及居民区。

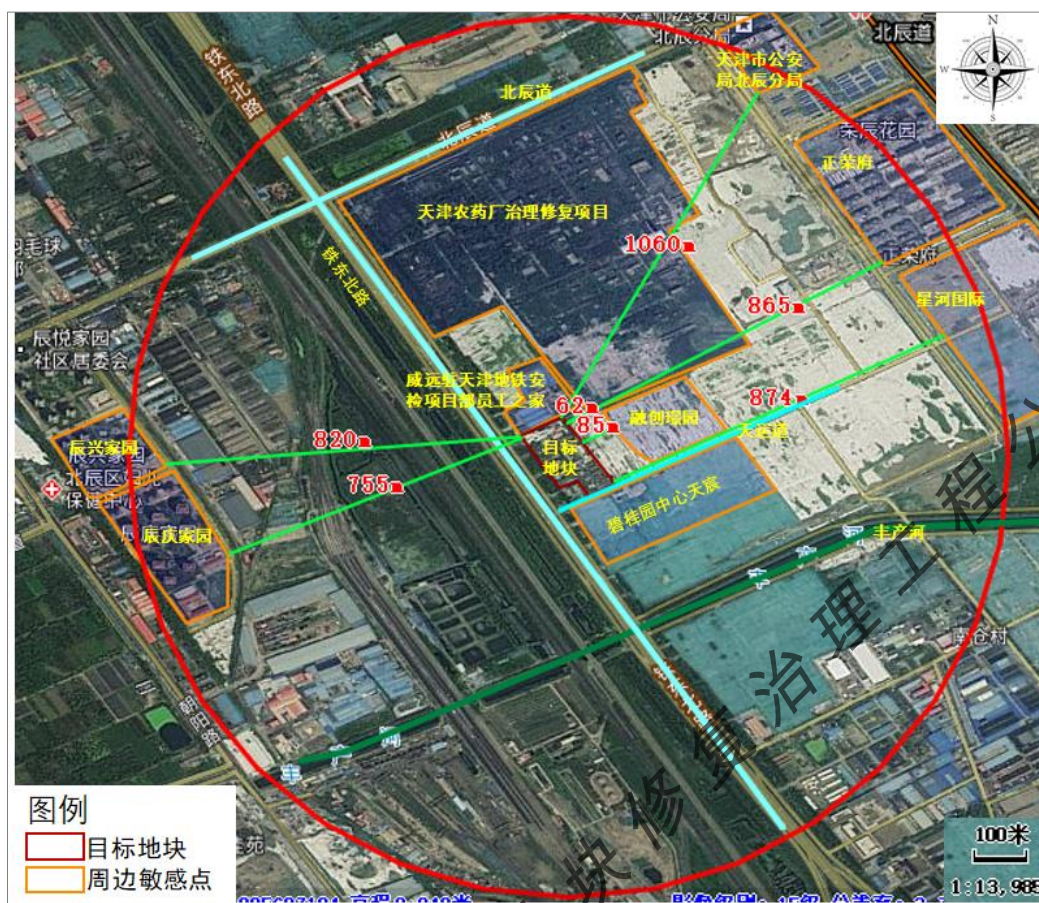


图 1.4-4 地块周边敏感点

1.5 区域环境概况

1.5.1 地形地貌

北辰区处于新华夏构造体系的华北沉降带的东北部，次级结构为沧县隆起北段、冀中拗陷东北部。区内及邻近地区主要断裂有：天津北断裂位于区境东部，从东堤头穿过，走向北东，倾向北西，长 40km，为活动断裂。潘庄北断裂和梅厂断裂处于区境北部，走向北东，二者平行展布，第四纪以来有不同程度的活动。上述断裂带同属于新华夏构造体系，属于压扭性断裂，它们的产生与发育，控制着区境地形轮廓、层面分布、地震活动和地面沉降。北辰地震活动很少，有记录以来基本没有三级以上地震发生，对于未来 50 年内对该区域产生地震影响的活动断裂，如蓟运河断裂、宝坻断裂及中强地震发生地点均在 60km 以外，属于一个相对稳定的区域。

境域地势坦荡低平，西高东低，一般高程（黄海水准）0.04 至 5.46m，平均坡度 1/5000；水库洼淀坑塘众多，星罗棋布；地下水位较高，地表为普通潮土、盐化潮土、潮湿土，由西向东呈规律性分布。洼地多分布于东部刘快庄、芦新河、霍庄子附近及排污河（华北河）以西地区，主要标高在 1.5~2m。

1.5.2 气象气候

北辰区属暖温带季风型大陆性气候，冬季寒冷、干燥少雪；春季干旱多风，冷暖多变；夏季高温高湿，降水集中；秋季秋高气爽，冷暖适宜。年日照百分率 62%，年平均气温 12.1℃，年降水量 584mm，年平均气压 1016.4hPa，年相对湿度 62%。本区风向有明显季节性，春秋季以西南风为主导风向；夏季以东南风为主导风向；冬季以西北、北风为主导风向；全年主导风向为西南风。大气稳定度以中性为主，累年平均风速 2.7m/s。

1.5.3 河流水系

天津位于海河流域下游，是海河五大支流南运河、北运河、子牙河、大清河、永定河的汇合处和入海口，素有“九河下梢”、“河海要冲”之称。由于场地原始地貌为平原，东面为渤海，场地及周边较为平坦，地下水主要接受大气降雨及海水渗入补给，排泄以蒸发及侧向径流为主。

本场地所在区域地处海河流域下游、永定河与北运河交汇处、属永定河、北运河下游冲积平原。区域内河道纵横交错，洼淀坑塘众多。一级河道有 6 条，分别为北运河、子牙河、永定河、永定新河、北京排污河、新开河—金钟河。二级河道有 7 条，分别为中泓故道、郎园引河、永金引河、北丰产河、机场排水河、永青渠及淀南引河。

1.5.4 区域水文地质

本地块所在区域位于天津市南部平原区，多为冲洪积、湖沼积、冲积、冲海积，形成了砂、砂性土和粘性土之不规则“互层”。第四纪层沉积厚度为 550 至 650m，总的趋势是北运河以西薄，北运河以东厚。第四纪沉积物色序与沉积旋律

都表明地层为河流、湖泊、海相沉积物，具有明显的旋律。分布以亚砂土、亚粘土为主，一般西部较粗向东变细。

天津市区内埋深在 30~40m 以上土层中的浅层地下水主要包括潜水及其下部的微承压水。潜水含水层主要分布在粉土层，但与粉质黏土、淤泥质土呈千层状互层分布，因而局部承压，底部埋深一般在 14m 以上，含水层厚度在 6~9m 左右；该含水层分布较连续，下部的隔水层以黏土和粉质黏土为主。区域潜水水位埋深一般在 0.5~3.6m，其水位动态受季节性影响明显，水位年变化幅度基本保持在动态平衡状态。微承压水主要赋存在粉土及粉砂、细砂层中，含水层埋深范围在 14~38m，含水层厚度较大，分布相对稳定，其下部的隔水层以粉质黏土为主。微承压水水位埋深在 1.4~6.7m 左右，水位相对稳定，且受季节影响不大，年变化幅度小。

区域潜水含水层主要接受降水入渗、河渠渗漏和灌溉回归水的补给，主要靠蒸发排泄。由于地势平坦，含水砂层颗粒细小，砂层厚度薄、渗透性和导水性差，地下水径流滞缓，是由西北流向东南。

1.5.5 区域社会环境状况

北辰区是天津市环城四区之一，位于市中心区北部，距首都北京 110km，距天津新港 50km，距天津滨海国际机场 15km，总面积 476.44km²，辖 2 街、9 镇。

《2020 年北辰区国民经济和社会发展统计公报》表明：截止 2020 年末，全区常住人口 91 万人（第七次全国人口普查数据），其中城镇人口 82.3 万人，城镇化率为 90.44%。根据《2020 年北辰区国民经济和社会发展统计公报》，全年北辰区生产总值（GDP）为 624.1 亿元，按可比价格计算，比上年增长 4.9%，其中，第一产业增加值 6.7 亿元，下降 7.9%；第二产业增加值 279.0 亿元，增长 5.6%；第三产业增加值 338.5 亿元，增长 4.5%。三次产业结构为 1.1：44.7：54.2。

北辰区区内建有天津商学院、天津职业大学、河北工业大学和水泥设计院、化工设计院等多所高等院校和科研院所，拥有 5 万多人的高级科技人员和 30 多万名高中以上文化程度的熟练技术人才，为企业提供了充足的人力资源。

北辰区工业初步形成了以 LG、塑力线缆为代表的机电，以天士力、六中药为代表的现代医药，以双街钢管、江天重工为代表的冶金深加工，以高丘六和、爱德克斯为代表的汽车零部件，以大丰橡胶、普利斯通轮胎为代表的橡塑制品，以华润啤酒、海河乳业为代表的食品饮料等八大支柱产业。逐步引进了沃尔玛、北方水产中心、烟草物流配送等一批新兴物流项目，规模和效益不断发展壮大。都市型现代农业稳步推进，发展设施农业 12000 亩，建立了万亩现代农业示范区，农业龙头企业和农民专业合作社发展到 51 个，无公害养殖基地到 77 个，被评为“全国牛奶生产强区”。

1.6 地块环境特征及风险评估结果

1.6.1 地块污染特征

依据初步调查和详细调查，土壤样品中砷、铝、镉、镍、三氯甲烷（氯仿）、萘和 TPH（C₁₀-C₄₀）等 7 种污染物浓度最大值超出《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）第一类用地管控值，对人体健康通常存在不可接受风险，应当采取风险管控或修复措施；土壤中重金属（铜、铬、锌）、氟化物、VOCs（氯苯）、SVOCs（茚、菲、蒽、荧蒽、苯并(a)蒽、苯并(b)荧蒽、苯并(a)芘、硝基苯、1,4-二氯苯、4-氯苯胺、灭蚁灵、狄氏剂）等 17 种污染物超过相应的筛选值，存在一定的健康风险，需要启动健康风险评估工作。

地下水中氟化物、有机物（氯苯、萘、2-甲基萘、菲、茚、芘、苯并(a)蒽、苯并(b)荧蒽、苯并(k)荧蒽、苯并(a)芘、硝基苯、苯胺、4-氯苯胺、二苯呋喃）、TPH（C₁₀-C₄₀）等 16 种污染物超过相应的标准限值，存在一定的健康风险，需要启动健康风险评估工作。

1.6.2 地块污染风险评估结果

本地块土壤中砷、铅、锑、镍、铜、氟化物、三氯甲烷（氯仿）、萘、苯并(a)蒽、苯并(b)荧蒽、苯并(a)芘、4-氯苯胺、1,4 二氯苯、硝基苯、灭蚁灵、狄氏剂、TPH（C₁₀-C₄₀）等 17 种污染物应采取修复措施，地块三层土壤均需进行修复。

1.7 地块修复目标值

根据《天津市自强化化工厂地块风险评估报告》，本场地采用风险评估模型进行反算，推导本场地评估范围内各区域未来规划为第一类用地情境下土壤中风险超过可接受水平污染物的基于保护人体健康的建议修复目标。以《土壤环境质量建设用地土壤风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）第一类用地筛选值作为土壤修复目标值。《土壤环境质量建设用地土壤风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）第一类用地筛选值没有的物质采用风险评估模型反算结果、《场地土壤环境风险评价筛选值》（DB11/T811-2011）居住用地筛选值和 EPA 居住用地筛选值三者中较大值为修复目标值。

根据风险评估报告，该地块地下水中萘的风险不可接受，需要对其进行彻底修复，采用《地下水质量标准》（GB14848-2017）IV 类水质标准作为该地块萘的建议修复目标值。

1.8 地块污染范围及工程量

各层污染物的综合修复范围如下所示：

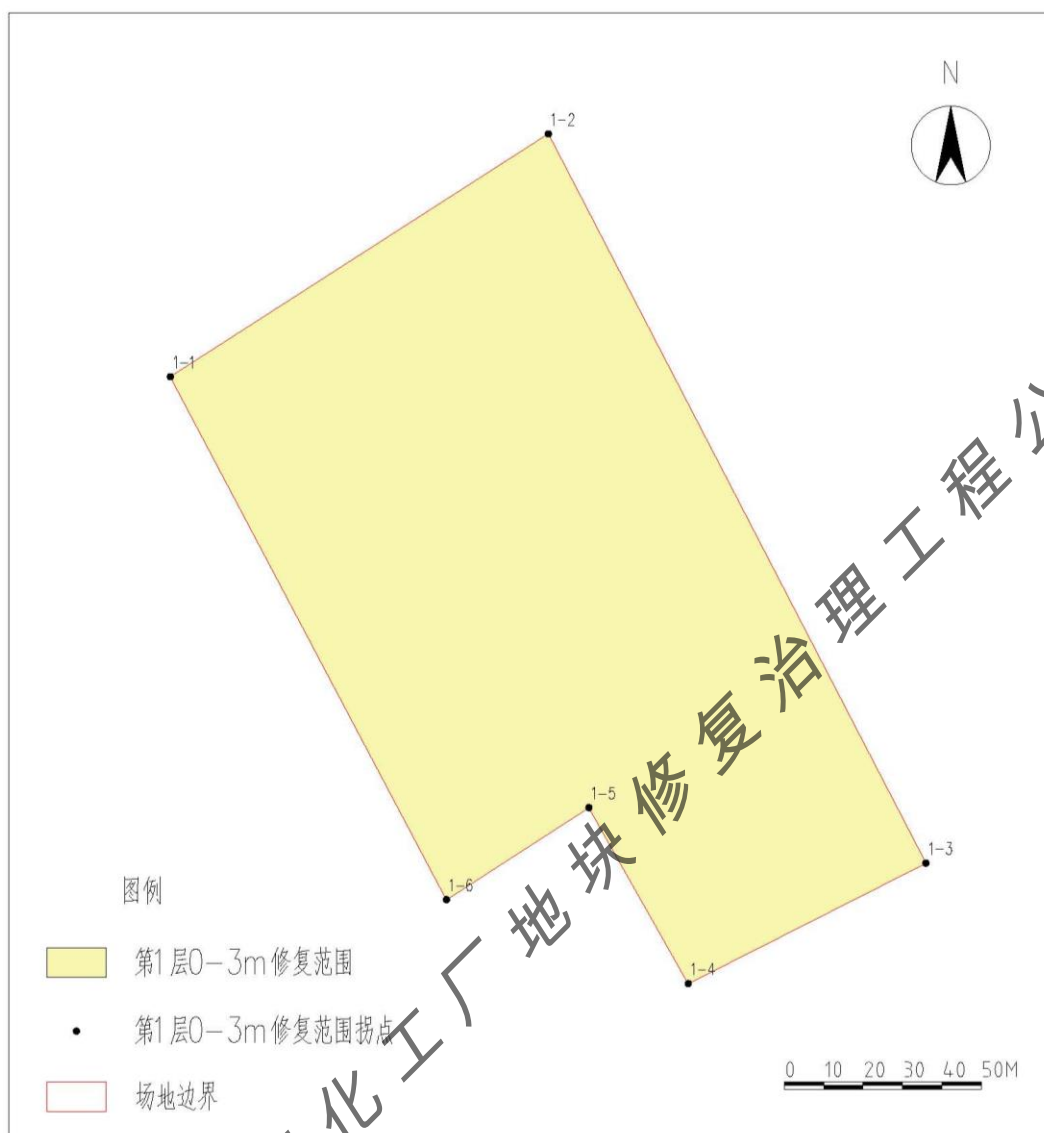


图 1.8-1 第一层（0-3m）土壤修复范围

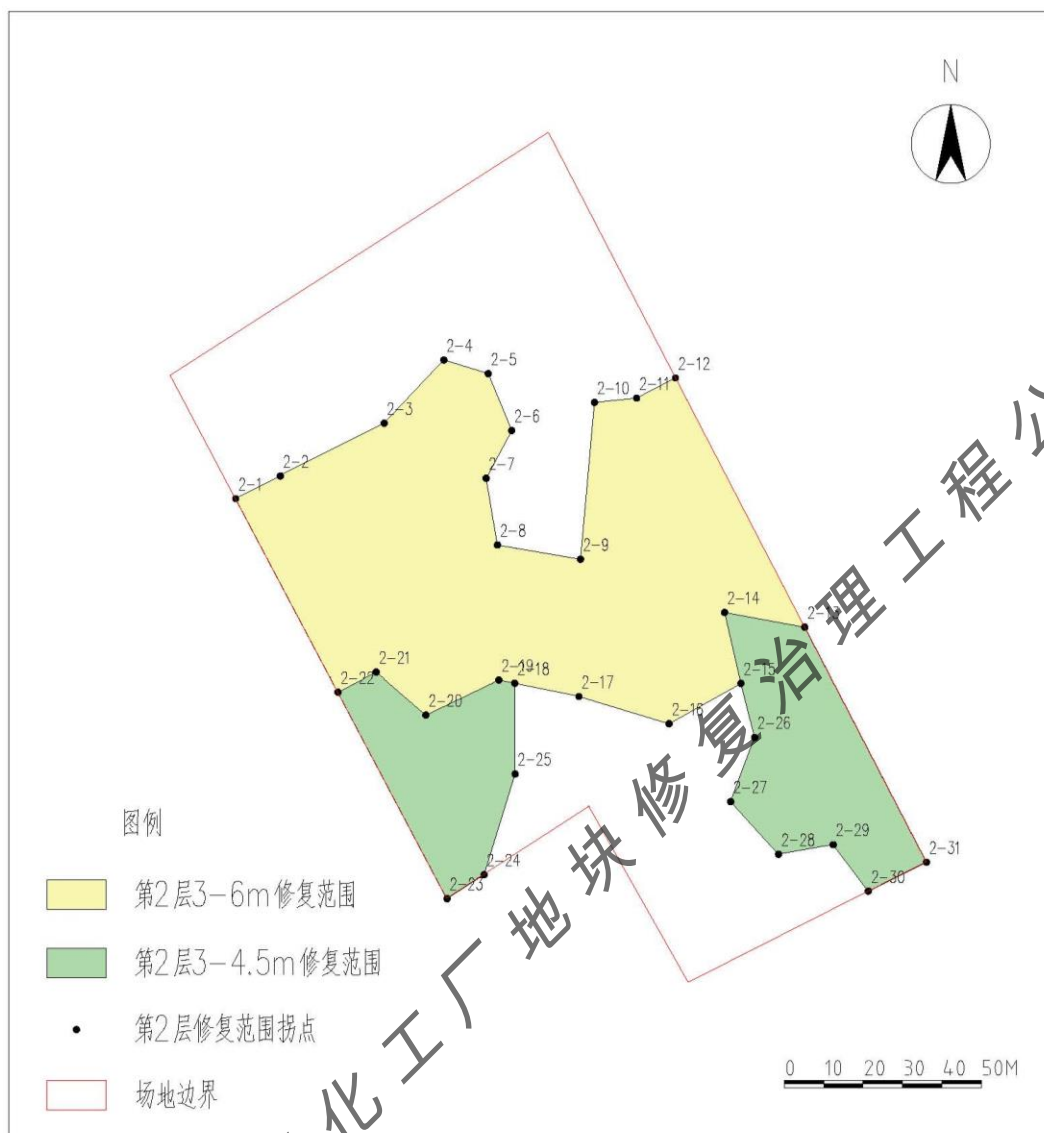


图 1.8-2 第二层（3-6m）土壤修复范围

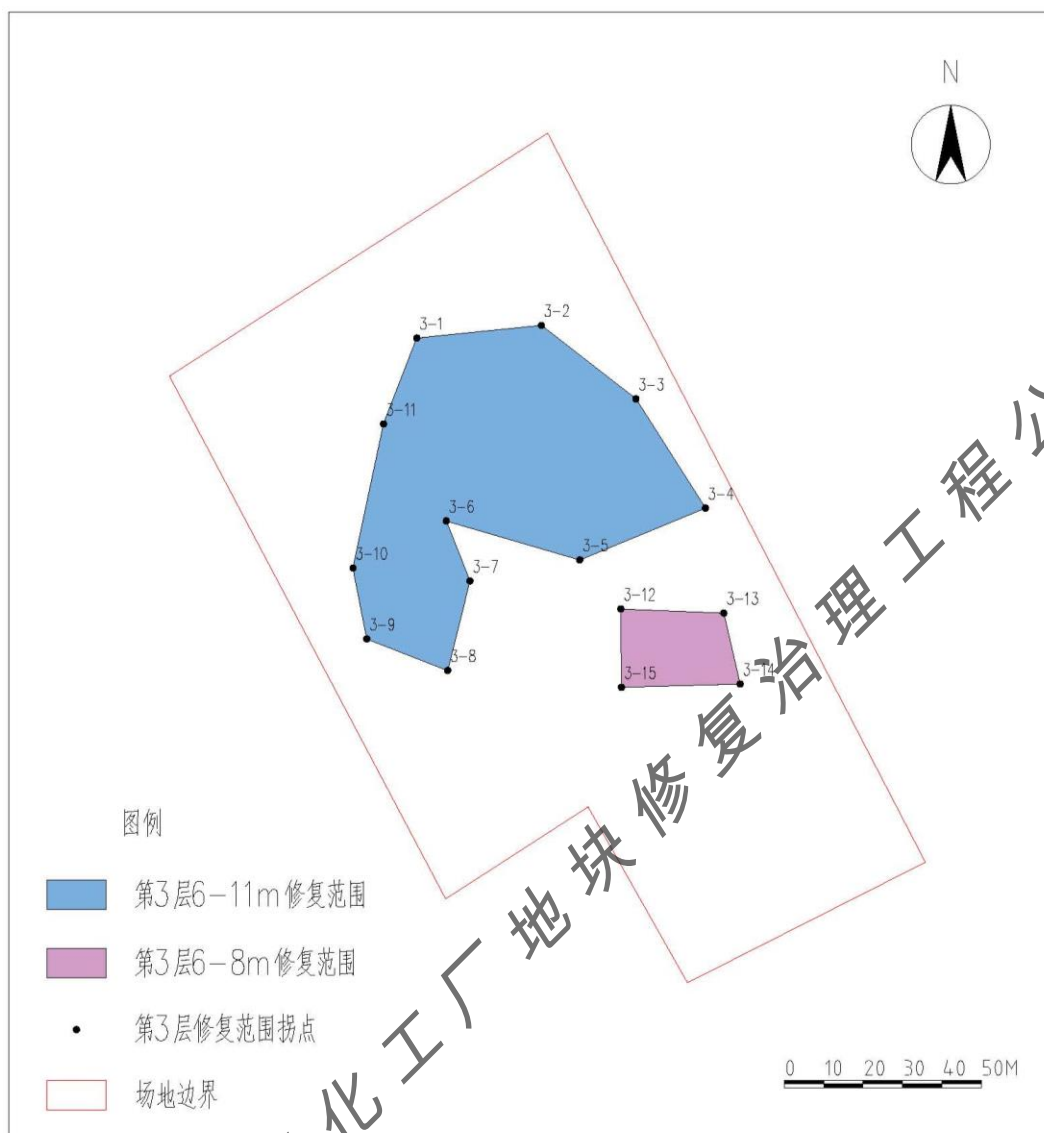


图1.8-3 第三层（6-11m）土壤修复范围

本项目未来规划为居住用地，建议按照第一类用地进行计算本地块修复面积，即地块全场地为修复范围，修复全场地地下水。地下水中石油烃（TPH）、氟化物、萘3种污染物需要进行修复。地块地下水（潜水）需修复地下水的水量约为26927.6m³。本地块地下水受萘污染影响的面积为1882m²，处理深度为1~14m，待处置含水层体积为24466m³。

2 修复模式选择

确定场地修复策略,首先进行场地概念模型的认识,明确在当前水文地质条件、场地特征、污染物性质及分布特征条件下共同影响的场地整体污染特性。在国家及地方相关法律、法规的要求范围内,提出合理、可行的项目目标,包括污染物清理目标、二次污染防治目标、修复后长期安全性目标等内容。基于模型的计算、项目目标及其他影响因素选择修复工程模式,确定修复工程实施阶段整体工作目标。

2.1 场地特征条件确认

2.1.1 未来用地规划

本修复工程范围为原自强化化工厂地块,面积约 20713.5m²,规划用地性质为居住用地。

2.1.2 周边敏感目标

自强化化工厂周边距离 1000m 的范围内主要为工业企业用地、农用地和荒地等,部分为在建住宅区及居民区。

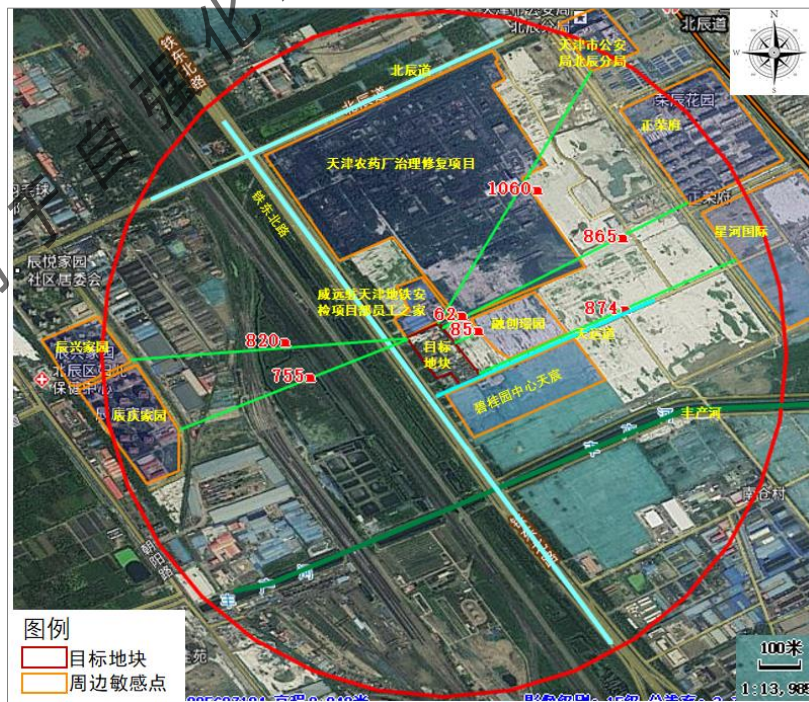


图 2.1-1 场地周边敏感目标分布

2.1.3 地下水利用规划

根据《天津市人民政府办公厅关于重新划定地下水禁采区和限采区范围严格地下水资源管理的通知》（津政办发[2014]52号），天津市划定的地下水禁采区范围包括市内六区、环城四区外环线以内地区、武清区城区、滨海新区建成区、沿海防潮堤两侧各1公里范围以及围海造陆的全部陆域。

由于本地块位于天津市北辰区外环线以内地区，属于地下水禁采区，地块内地下水不作为饮用水水源。

2.1.4 开发建设计划

该场地位于外环线以内区域，根据业主要求亟待开发建设，在进行修复技术选择时，应尽量采用修复时间较短的技术。

2.1.5 修复施工条件

该场地地上和地下的构筑物目前均已被拆除，无可见的污染源；存在部分硬化区域，部分区域存在少量建筑垃圾堆积，非硬化区域被杂草覆盖；场地内未发现已被污染的痕迹，无异味和地面腐蚀的情况；未发现化学品腐蚀或泄露的痕迹。

该场地地势总体平坦，已基本具备污染土壤清挖修复的施工条件。

2.2 地块污染概念模型

本场地土壤中修复目标污染物有17种，主要为砷、铅、镉、镍、铜、氟化物、三氯甲烷（氯仿）、萘、苯并(a)蒽、苯并(b)荧蒽、苯并(a)芘、4-氯苯胺、1,4-二氯苯、硝基苯、灭蚁灵、狄氏剂、TPH（C₁₀-C₄₀）等。

本场地地下水中目标污染物有3种，分别是TPH（C₁₀-C₄₀）、氟化物和萘。

2.3 修复模式确定

考虑到本项目修复区域内污染较为复杂，结合修复工程实施风险、实施时间等因素，为使土壤和地下水修复技术经济高效，结合原位和异位修复的特点，考

考虑项目场地实际情况和周边环境敏感性，对于场地**污染土壤**考虑采用“**原位+异位**”的组合修复模式，针对场地**地下水**考虑采取“**原位+异位**”的组合修复模式。

3 修复技术筛选

结合修复技术筛选结构和修复技术可行性分析，本方案修复技术情况如下：

（1）针对污染土壤可采用异位土壤淋洗、水泥窑协同处置、原位化学氧化、热脱附等一种处理技术或多种技术联用的方式。

（2）地下水采用原位化学氧化结合地下水抽出处理技术进行治理修复。

4 修复方案比选与确定

为顺利开展场地污染土壤的修复工作，本项目在上述场地污染土壤修复技术的筛选与评估基础上，形成了该场地土壤修复的备选方案，并以此为基础，结合场地土壤的污染特征、水文地质条件和场地后期利用规划等关键因素，从技术、经济、环境和社会四个方面对备选方案进行了进一步的方案比选，最终得出了该场地土壤污染物修复的推荐方案。具体情况如下：

表 2.3-1 天津市自强化化工厂地块污染场地修复方案的比选结果

序号	评分指标	指标权重	评价结果		
			方案一	方案二	方案三
1	修复技术的可靠性	0.05	9	9	9
2	管理人员需要的经验程度	0.025	9	9	9
3	必要设备和资源的可获得性	0.025	10	10	10
4	异位修复过程中污染介质的贮存、运输、安全处置方面的可操作性。	0.025	8	7	6
5	与场地后续建设工程匹配性	0.05	9	9	9
6	达到修复目标的可行性	0.05	8	8	8
7	总体修复时间	0.025	9	7	8
8	现场施工时间	0.05	9	7	8
9	修复总费用	0.2	9	8	7
10	后期费用	0.1	9	9	9
11	污染残留风险	0.05	8	8	7
12	风险处理处置的难度	0.05	8	8	8
13	修复工程前期建设阶段的环境影响	0.05	8	8	8
14	修复工程运行阶段的环境影响	0.05	7	7	7
15	修复工程前期建设阶段的健康影响	0.05	8	8	8
16	修复工程运行阶段的健康影响	0.05	8	8	8
17	区域适宜性	0.025	8	8	8
18	与现行法律法规、相关标准和规范的符合性	0.025	10	10	10
19	需要与政府部门的配合程度	0.025	10	10	10
20	公众可接受程度	0.025	9	9	9
	得分总计	1	8.63	8.25	8.05

由表可见，在 3 个备选方案中，方案一的得分为 8.63 分，方案二的得分为 8.25，方案三的得分为 8.05 分，方案一略高于方案二和方案三，故**方案一**作为天津市自强化工厂地块修复的最佳方案，方案二可作为备选方案。

本文件仅用于自强化工厂地块修复治理工程公示使用

5 修复方案设计

5.1 修复总体思路

(1) 污染土壤——“异位+原位”分层分污染类型修复

待修复污染土壤划分为三层，分别为 0~3m、3~6m、6~11m。其中，针对 0~2m 深度含 VOCs 污染的土壤和 2-3m 全部污染土壤送至水泥窑进行协同共处置；0-2m 不含 VOCs 污染的土壤先进行异位土壤淋洗修复；经淋洗筛分出的土壤粗颗粒部分（ $\geq 2\text{mm}$ ）待检测合格后可运至基坑进行回填，淋洗产生的细颗粒土壤（ $< 2\text{mm}$ ）经统一收集后进行水泥窑协同处置修复。针对 3~6m 深度污染土壤，其中含重金属、氟化物、农药或 TPH 的污染土壤设计采用水泥窑协同处置技术进行修复，不含农药和 TPH 的单独有机污染土壤采用原位化学氧化工艺进行修复。针对 6~11m 深度污染土壤采用原位化学氧化工艺进行修复。

(2) 污染地下水——采用“异位+原位”组合修复模式

本地块地下水考虑采取“原位+异位”的组合修复模式，其中，针对苯污染地下水，拟采用原位化学氧化工艺进行修复；针对氟化物、TPH（ $\text{C}_{10}\text{-C}_{40}$ ）污染地下水，考虑到该区域地下水处于禁采区，在不饮用和接触场地地下水的情况下不具备挥发性，缺乏相应的暴露途径，对人体没有健康风险，可进行抽出处理。为防止后期由于场地施工造成地下水暴露途径改变，对人体造成威胁，建议地块四周建设止水帷幕，在施工前进行全场降水，降水经收集后作为废水处理达标后排入市政管网，废水处理标准按照《污水综合排放标准》（DB12/356-2018）中三级标准和《污水排入城镇下水道水质标准》（GB/T31962-2015）表 1 中 B 级对应标准从严执行。

5.2 修复技术路线

本项目场地修复总体技术路线如下图所示。

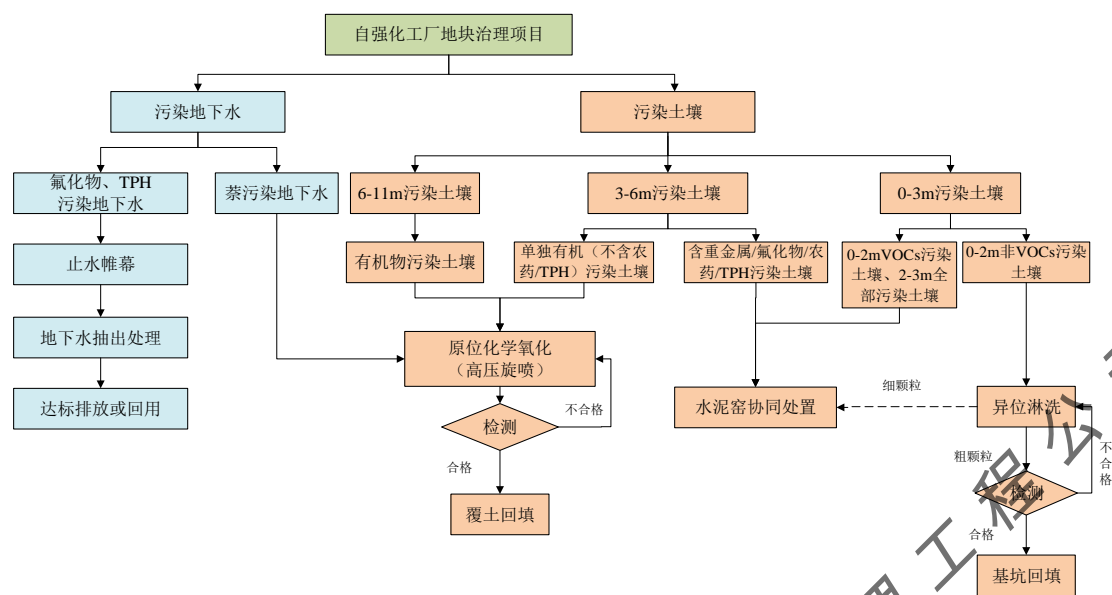


图 5.2-1 总体技术路线图

这里需要说明的是，根据国家导则要求，本方案中的既定修复技术路线、修复方案设计、工艺参数、环境管理计划、工程进度计划等内容均按照最佳方案——方案一进行编写。

5.3 施工平面设计

经现场勘察，我方在现有资料不足的情况下，暂时了解工程的施工进出口道路、施工区域平面等，结合上述施工现场的具体条件和要求，按照省、市级文明工地的标准实行文明施工管理组织施工，针对本项目规模和施工要求，本项目施工场地布置的具体原则是：

- 1、总体指导思想：考虑全面周到，布置合理有序，方便施工，便于管理，利于文明施工，标准适度，体现文明工地的形象。
- 2、功能分区：根据场地情况，将整个场地分为污染区域、修复区域及暂存区域和生活区域四个部分。
- 3、布设要求：①尽量减少对周边居民区产生影响，不破坏周边的公共设施；②施工设备和材料堆放区的布置满足现场施工的使用要求，并尽量减少材料的搬运量。③临时用水满足现场施工用水及消防用水的要求。

5.4 总体施工顺序

总体施工部署和施工顺序是统筹整个工程如期实现各项目标的关键所在。本工程工期紧，工程量大，施工过程中将投入大量劳动力、施工机械、物资材料因此科学、合理的安排施工顺序、有效配置各种资源 and 生产要素是施工部署的核心内容。

5.5 测量定位方案

严格执行测量规范，遵守先整体后细部的工作程序，先确定平面控制网，后以控制网为依据，进行各污染土壤分布拐点的精确定位放样；

2、严格审核测量原始数据的准确性，坚持现场定位与计算工作同步校核的工作方法；

3、测量工作执行自检、互检、复核的工作程序，合格后再报检的工作制度；

4、测量方法要简捷，仪器使用要熟练，在满足工程需要的前提下，力争做好省工省时省费用；

5、明确为工作服务，按图施工，质量第一的宗旨；紧密配合施工，发扬团结协作、实事求是，认真负责的工作作风。

5.6 止水帷幕施工方案

为阻隔场地内外地下水，确保场内污染物不向外迁移，防治二次污染。根据总体工艺技术路线，对本地块污染地下水设置帷幕进行垂直方向上的阻隔。本方案中止水帷幕设计为初步设计，实际施工前需进行详细设计及优化，并参照详细设计内容进行施工。

5.7 基坑支护施工方案

(1) 设计方案必须满足国家有关法规和规范要求，确保支护结构的安全，保证基坑周围建筑物、地下管线和市政道路的安全。

(2) 在现有的施工场地条件内充分思考实际施工可行性，力求经济合理，保障施工顺利进行。

(3) 支护结构必须与土方工程一体化设计，要为土方工程的顺利施工创造良好的前提条件，还要尽可能较少不必要的土方回填。

(4) 支护结构施工要尽量减少与土方施工的工序穿插的次数，以缩短工期。

5.8 基坑降水施工方案

①基坑降水围绕经济性、实用性、有效性原则进行。

②确保施工方案针对性强、操作性强；施工方案经济、合理；坚持技术先进性、科学合理性、经济适用性与实事求是相结合。根据工程地质、水文地质、周边环境及工期要求等条件选择最具实用性的施工方案和机具设备。

③技术可靠性原则：根据本工程特点，依据荔湾区广船地块及其周边地区类似工程施工经验，选择可靠性高、可操作性强的施工技术方案进行施工。

④经济合理性原则：针对工程的实际情况，本着可靠、经济、合理的原则比选施工方案，施工过程中实施动态管理，从而使基坑支护施工达到既经济又优质的目的。

⑤环保原则施工前充分调查了解工程周边环境情况，紧密结合环境保护进行施工。施工中认真作好文明施工，减少空气、噪声污染，施工污水、废浆经沉淀外运至污水处置中心进行处置。施工过程中实施 ISO14000 标准，进行环境管理。

5.9 污染土壤清挖施工方案

(1) 分区、分层、分污染物类型的污染土壤开挖原则；

(2) 边清挖边覆盖的原则，在保证工期的前提下，尽量缩小开挖作业面；

(3) 清挖现场实时进行大气环境监控原则，以保障场地内施工人员及周边居民的健康风险。

5.10 污染土壤运输施工方案

本场地清挖后的污染土壤需进行场内和场外的运输，具体包括：污染土壤装载、场内运输、场外运输等环节。其运输应遵循如下原则：

1、污染土壤的运输车辆应全过程密闭，出场应进行清洗，减少遗撒和防止二次污染。

2、污染土壤的运输车辆进出场应填写运输联单，运输途中应进行 GPS 全程定位与跟踪，并配备专车进行现场指导与监控，确保污染土壤运输到位。

3、污染土壤的场地内运输应尽量采用单循环形式，避免车辆对车带来的延误与不便。

4、污染土壤的场外运输路线要避开人口密集区、水源保护地等敏感点。

5、污染土壤的运输时间应符合天津政府的有关规定，尽量选择在非高峰期出行，并减少运输车辆在路途上的停留时间。

5.11 污染土壤异位淋洗修复技术方案

本场地内的淋洗修复工艺流程主要包括经非 VOCs 污染土壤清挖、运输、淋洗修复、检测合格后回填，淋洗后粒径小于 2mm 污染土壤外运至水泥窑进行协同处置。

5.12 污染土壤水泥窑协同处置修复技术方案

本场地内的水泥窑协同处置工艺流程主要包括经污染土壤清挖和外运至水泥厂、预处理、窑内处置等。

5.13 污染土壤原位化学氧化修复技术方案

本项目针对 3~6m 深度不含农药和 TPH 的单独有机污染土壤及 6~11m 深度 4-氯苯胺污染土壤采用原位化学氧化工艺进行修复。

5.14 污染地下水抽出处理修复技术方案

本项目未来规划为居住用地，按照以第一类用地进行建议本地块计算修复面积，即地块全场地为修复范围，修复全场地地下水。在地块边界设置止水帷幕，地块地下水受影响的面积为 20713.5m^2 ，处理深度为1~14m，待处置含水层体积为 269276m^3 。

5.15 污水处理技术方案

抽出的地下水、基坑降水、淋洗废水及施工机械、车辆、建筑垃圾筛上物等清洗废水通过现场布设的污水管道进行收集，送至场地污水处理站进行处理，经处理达标后回用，多余废水可排放。

5.16 污染地下水原位化学氧化修复技术方案

本地块地下水受苯污染影响的面积为 1882m^2 ，处理深度为 $1\sim 14\text{m}$ ，待处置含水层体积为 24466m^3 。

5.17 基坑回填施工方案

- 1、回填前，对基础进行检查验收并办理隐检手续；
- 2、应做好对各施工人员的技术交底工作；
- 3、将基坑内的杂物、石块、土块、积水清理干净；
- 4、准备好填土，外购填土来源于就近土源。外购土回填前进行土壤环境质量检测，检测指标包含《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）表一中的 45 项基本项，所有检测指标必须在《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）第一类用地筛选值以下，同时注意回填土料应保证填方的强度和稳定性。

5.18 雨季施工方案

（1）雨季施工以预防为主，强调提前做好生产部署，采用防雨措施和加强排水手段确保雨季正常的施工生产，减少季节性气候的影响。

（2）在雨季来临前，在场地范围外设置临时排水沟，并相应增加排水泵数量。

（3）基坑内集水井应提前增加放置排水泵，当暴雨来临时，安排水电工进行全程跟踪倒排，防止基坑短时间内造成积水现象。

（4）对特大风暴来袭，应预先预警，加大大棚、作业防护棚、操作间、办公生活等设施拉索固定密度，并检查锚固力度。

(5) 加强雨季施工信息反馈, 及时掌握雨情、汛情信息, 认真研究每年的雨季气候特点, 对施工中可能发生的问题提前采取预防措施, 及时解决。

(6) 修建基坑挡水墙, 在基坑进出口处将地面适当垫高, 与挡水墙顶标高一致, 以方便车辆进出。

(7) 做好施工人员雨季施工的培训工作, 当雨季来临时, 能够有条不紊的进入雨季施工状态。

(8) 施工驻地在雨季来临前购置必要的消毒药品, 保证能及时控制雨季传染病的发生。

(9) 施工材料堆放场要设置遮雨棚, 部分受雨水影响大的场地可采用土工膜进行防雨覆盖。

(10) 随时掌握天气信息。施工期间加强与当地气象局的联系, 设立天气专员, 及时了解气候变化情况, 详细记录每天的天气情况, 听取 7 日内的天气预报, 了解天气变化趋势。把天气预报情况与施工安排结合起来, 提前做好各项防护措施。施工过程中, 根据所掌握的气象资料, 尽量提前部署, 合理安排, 减少因雨天原因所造成的工期延误和损失。

(11) 建立防汛抢险领导小组和防汛抢险突击队, 备足防洪抢险物资设备, 出现险情立即排除。

(12) 建立健全雨季施工岗位责任制、技术责任制、质量责任制等管理制度。

5.19 冬季施工方案

(1) 加强冬施准备工作, 提前作好热源准备。

(2) 加强冬施准备工作, 提高冬施工作质量水平。

(3) 提高人的素质, 为适应冬施管理的要求, 对冬施管理人员进行系统培训。

5.20 现场危险废物处置方案

本章节依据项目特性及现场踏勘全面分析危废来源, 依据不同类别、性状及形态的危险废物制定专业的收集、暂存及处置方案, 且现场危废物收集、暂存措施到位、最终处理处置可行。

6 施工总体进度计划及保障措施

施工进度计划是施工组织设计的核心内容,在施工组织设计中起着主导作用,施工进度计划编排是否合理,将直接影响到工程质量、安全和工期要求,也对各种资源投入、成本收入起着决定性作用。本章节通过重点把控关键施工项目时间节点,辅以不同阶段的工期保证措施,全面、完整、准确的对项目工期进行了合理布置。施工进度安排合理有效,技术路线制定清晰、准确、完整,计划编制合理,关键节点的控制措施可行。

6.1 工期要求

根据招标文件对工期要求,自合同签订之日起 750 个日历天(不含地下水修复效果评估)完成。

6.2 施工关键路线

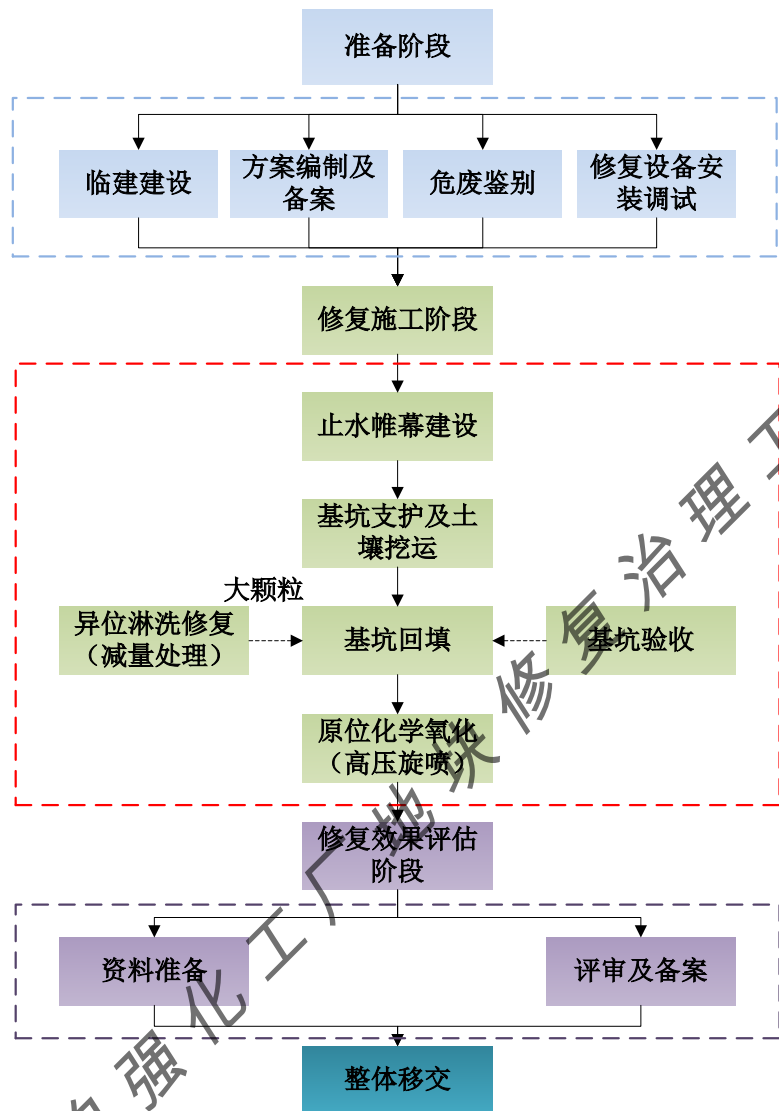


图 6.2-1 关键路线图

6.3 施工总体进度计划

根据招标文件对工期要求，自合同签订之日起约 750 个日历天（不含地下水修复效果评估）完成。

6.4 工程进度计划及工期保障措施

根据项目特点，确定加快进度和缩短工期的进度保证体系组成。

(1) 进度保障措施包括五个方面：组织措施、资源措施、技术措施、制度措施和经济措施。

(2) 以组织措施为基础措施，拓展技术措施、资源措施、制度措施和经济措施，建立完善可靠的工程进度组织体系，是保证工程进度的基石。

(3) 以技术措施为核心措施：与建筑、市政等成熟工程相比，土壤修复工程先例较少，先进可靠的技术是保证工程质量、进度的核心因素，是建立进度组织张系的重要依据。

6.5 关键节点和线路的保障措施

根据本项目招标文件内容，本项目污染土方量为 112834.12m^3 ，其中需要进行异位淋洗量为 25024.26m^3 ，水泥窑协同处置量为 66064.86m^3 （含淋洗减量后的 40% 需进一步水泥窑协同处置量），土壤原位化学氧化修复量为 31754.65m^3 。地下水原位化学氧化面积 1882m^2 。

关键线路：施工准备—危废鉴别—止水帷幕—污染土壤挖运—基坑验收—回填—原位化学氧化—效果评估—竣工验收。

7 环境管理计划

7.1 修复工程监理计划

工程监理是受项目法人的委托，依据国家批准的工程项目建设文件、有关工程建设的法律、法规和工程建设监理合同及其它工程建设合同，对工程建设实施监督管理，控制工程建设的投资、建设工期和工程质量，以实现项目的经济效益。

环境监理是受污染场地责任主体委托，依据有关环境保护法律法规、场地环境调查评估备案文件、场地修复方案备案文件、环境监理合同等，对场地修复过程实施专业化的环境保护咨询和技术服务，协助和指导建设单位全面落实场地修复过程中的各项环保措施，以实现修复过程中对环境最低程度的破坏、最大限度的保护。

7.2 二次污染防治措施

根据项目特点，可将本项目分为污染场地和修复场地，其中修复场地内根据修复工艺不同可将修复场地分为预处理车间、淋洗修复区、水处理区、土壤暂存区、办公生活区。修复场地主要活动有生活办公、预处理车间建设和使用、异位淋洗设备建设和运行、废水废气处理等。在修复过程中，不可避免地会对环境产生影响，主要影响的环境要素有地下水、地表水、大气、噪声、固体废物、生态等。

7.3 环境监测方案

为监控场地污染土壤和地下水修复过程中污染物的排放，防止二次污染，减少环境影响，本项目应对修复过程各施工环节污染物的排放及其环境影响进行监测。

7.4 环境应急措施

施工过程中的应急预案包括土方施工特殊情况、清理施工现场、污染土壤运输途中、重大交通事故、污染土壤储存及修复现场、全过程人员中毒事故、消防、全过程坍塌、机械伤害事故、触电事故等全过程的应急预案。

7.5 后期环境管理计划

根据《污染地块风险管控与土壤修复效果评估技术导则（试行）》（HJ25.5-2018）对“修复后土壤中污染物浓度未达到 GB36000 第一类用地筛选值的地块，后期需进行环境监管”，因此本项目需要对修复施工未达到第一类用地筛选值的区域进行后期管理。

7.6 效果评估监测计划

依据《污染地块风险管控与土壤修复效果评估技术导则（试行）》（HJ25.5-2018）和《污染地块地下水修复和风险管控技术导则》（HJ25.6-2019），污染地块修复效果评估是在污染地块修复完成后，对场地内土壤及地下水进行评估的过

程，主要是更新地块概念模型、布点采样与实验室检测、风险管控与修复效果评估、提出后期环境监管建议、编制效果评估报告。在场地修复效果评估合格后，场地方可进入再利用开发程序，并对规划回填区周边的地下水进行长期监测和后期风险管理。效果评估监测计划最终以效果评估单位编制的监测方案为准。

8 成本效益分析

本项目是消除环境隐患，保障人民身体健康，造福社会的环境保护工程，工程的建设将在环境和社会等方面产生明显的效益。

8.1 环境效益

随着城市化进程的加快发展，用地需求不断增加，土地资源变得非常稀缺，同时还面临着土壤污染不断扩大的威胁。因此，对土壤污染的修复有利于保护土地资源、恢复土地生态经济功能、提高土地利用效率。

通过本工程的实施，将降低土壤中污染物的含量和毒性，实现污染物存量“减量化”，减少土壤污染物存量的同时，避免对土壤的二次污染，保障了用地安全，协同地下水修复，维护了地下水生态环境，避免区域水环境质量持续恶化，创造更加有益于人类生存的环境。

8.2 社会效益

污染场地不仅导致污染物对人身健康和环境安全的影响，还产生一系列社会、经济、整治问题，包括土地闲置、低效利用、城市税收减少等，对区域或城市产生巨大的影响。

本项目土壤和地下水的修复治理，一方面，通过污染物含量水平的有效降低，消除潜在的不稳定因素，为人居健康提供安全保障，另一方面，通过项目的实施将有效降低污染物在土壤中的含量水平，改善生态与自然环境的质量，为创造和谐的家居环境提供条件。

9 结论与建议

9.1 方案实施可行性分析及结论

地块及周边规划道路区域土壤修复工程项目的实施,地块总修复区域面积约为 20713.5 m²,污染土方量约为 112834.12m³。其中,0-2m 深度非 VOCs 污染土壤约 25024.26m³,0-2m 深度 VOCs 污染土壤、2-3m 全部污染土壤、0-2m 非 VOCs 污染土壤淋洗产生的细颗粒及 3-6m 深度含重金属、氟化物、农药及 TPH 的污染土壤约 66064.86m³,3-6m 深度不含农药和 TPH 的单独有机污染土壤及 6-11m 深度 4-氯苯胺污染土壤约 31754.65m³。地块的污染地下水修复区域面积约为 20713.5 m²,处理深度为 1~14m,待处理含水层体积为 269276m³。

针对本地块不同类型污染土壤采用不同的修复技术,确保土壤可精准化高效修复。针对 0-2m 深度非 VOCs 污染土壤采用清水进行异位淋洗修复,实现修复土方减量化,经淋洗筛分出的土壤粗颗粒部分($\geq 2\text{mm}$)待检测合格后可运至基坑进行回填,淋洗产生的细颗粒土壤($< 2\text{mm}$)经统一收集后进行水泥窑协同处置修复。0-2m 深度 VOCs 污染土壤、非 VOCs 污染土壤淋洗产生的细颗粒土壤($< 2\text{mm}$)、2-3m 全部污染土壤以及 3-6m 深度含重金属、氟化物、农药及 TPH 的污染土壤进行水泥窑协同处置修复。3~6m 深度不含农药和 TPH 的单独有机污染土壤及 6~11m 深度 4-氯苯胺污染土壤采用原位化学氧化工艺进行修复。地下水的修复范围为全场,其中苯污染区域地下水采用原位化学氧化技术处理,其他区域采用地下水抽提处理技术,通过水泵和水井将污染地下水抽取上来,然后利用地面净化设备进行地下水污染治理,经处理达到标准后排放至市政管网或场地内回用。

9.2 问题和建议

(1) 及早实施地块污染土壤的修复,避免污染扩散。在自然作用下,土壤中的污染物会发生迁移。如风会促使污染物挥发,生产扬尘;降雨入渗或地面径流会使污染物生产水平和垂向迁移等。如不及时进行修复,长此以往,势必会造成地块污染范围的不断扩大。因此,应尽快开展地块的修复工作。

(2) 在修复施工前应及时向环保主管部门备案。地块应配置危险化学品、不明废液等收集储罐，在开挖过程中若发现不明液体、危险废物应及时转移至备用的储罐中，不得随意丢弃。若有有毒有害气体产生，应及时启动应急预案。

(3) 地块修复过程应采取有效的安全和环保措施，防止二次污染风险。本地块土壤中的污染物部分为有机污染物，在污染土壤的清挖、运输、暂存、修复过程中，极易受土壤扰动散发异味，造成地块内外空气的二次污染，影响周边环境，产生健康风险。为此，在地块修复施工前，应制定详尽的二次污染防治计划和风险防范预案，并对相关人员进行必要的安全和环保培训，持证上岗。施工中，应严格参照执行，减少意外环境污染事故和污染风险的发生，确保工程的顺利实施。

本文件仅用于自强化工厂地块修复治理工程公示使用