

天津地铁 10 号线一期工程复兴门
110KV 变电站电源线穿越海河隧道工程东
丽区快速路（天钢）地块盾构施工清障区域
修复方案

天津市地下铁道集团有限公司

二〇二一年十一月

目 录

1 概述.....	1
1.1 项目背景.....	1
1.2 工作目的.....	2
1.3 工作范围.....	2
1.4 工作依据.....	4
2 地块基本情况.....	1
2.1 区域环境概况.....	1
2.1.1 气候气象.....	1
2.1.2 水文条件.....	1
2.2 地层分布条件.....	2
2.3 周边环境敏感目标.....	3
3 污染情况.....	7
3.1 天钢地块污染情况.....	7
3.1.1 概况.....	7
3.1.2 污染情况.....	7
3.2 清障区域污染情况.....	14
3.2.1 污染超标情况.....	14
3.2.2 治理范围确定.....	21
4 清障方案概况.....	26
4.1 施工前准备.....	26
4.2 施工流程.....	27
4.3 管线保护.....	27
4.3.1 管线临时切改.....	27

4.3.2 高压旋喷桩施工.....	27
4.4 围护结构施工.....	29
4.5 基坑开挖及回填.....	31
4.6 障碍桩清除及桩孔回填.....	31
4.6.1 障碍桩拔除.....	31
4.6.2 桩孔回填.....	31
4.7 钢板桩拔除.....	32
5 污染防治方案.....	33
5.1 施工过程环境风险分析.....	33
5.2 污染防治措施.....	33
5.2.1 土壤污染治理.....	33
5.2.2 水污染防治.....	54
5.2.3 大气污染防治.....	55
5.2.4 噪声污染防治.....	55
5.2.5 工程垃圾污染防治.....	56
5.2.6 管理制度.....	56
5.3 环境监测计划.....	57
5.3.1 大气污染监测.....	57
5.3.2 污水排放检测.....	59
5.3.3 噪声环境监测.....	60
5.4 施工总平面布置（含施工作业空间分布）.....	62
5.4.1 办公区.....	62
5.4.2 临时道路.....	63
5.4.3 危废暂存间.....	64
5.4.4 污水应急处理设施和暂存设施.....	65

5.5 项目进度安排.....	67
5.6 环境风险应急预案.....	68
5.6.1 应急准备.....	68
5.6.2 预警启动.....	68
5.6.3 响应措施.....	69
5.7 环境管理制度.....	69
5.8 后期环境管理计划.....	70
6 验收计划.....	72
6.1 工作程序.....	72
6.2 技术路线.....	73
6.3 技术要点.....	73
6.3.1 文件核查与现场勘查.....	73
6.3.2 验收对象及标准.....	75
6.3.3 采样布点方案制定.....	76
6.3.4 现场采样与实验室检测.....	78
6.3.5 治理效果评价.....	80
7 投资估算.....	81
8 结论.....	89
8.1 结论.....	89
8.2 建议.....	89

1 概述

1.1 工作背景

天津地铁 10 号线一期工程复兴门 110KV 变电站电源线穿越海河隧道工程（以下简称“电源线工程”）为新建电力电缆隧道，采用盾构法施工，盾构深度为地下 12.572m~25.616m。始发井位于月牙河东路与环宇道交口东北侧，接收井位于台儿庄路与闸房甬路交口沿着闸房甬路向南约 85m 处。隧道从始发井向南穿越环宇道、沿着月牙河东路绿化带及人行通道向南掘进，至海河东路穿越海河东路、海河、台儿庄路至闸房甬路接收井，线路长约 980m，途经东丽区快速路（天钢）地块（以下简称“天钢地块”）。

根据《天津市东丽区快速路（天钢）地块场地环境调查与风险评估报告》（以下简称“天钢环境调查与风险评估报告”）显示，土壤中部分有机物超过北京市《场地土壤环境风险评价筛选值》（DB11/T811-2011）住宅用地标准，其中苯并(a)蒽、苯并(b)荧蒽、苯并(a)芘、茚并(1,2,3-cd)芘和二苯并(a,h)蒽风险不可接受，需要进行修复治理，超标样品主要集中在 0~6.5m 范围内。

天钢地块土壤最大污染深度位于盾构区间上方，盾构施工不会扰动污染土壤，也不会给该地块后续修复工作造成不利影响。但经勘查发现，天钢地块内环宇道至环宇支道间盾构区域范围内存在老厂房基础，基础深度影响盾构施工。为确保盾构施工顺利完成，需对天钢地块老厂房基础的承台及预制桩进行拔除清障处理。

拔除清障处理工作区域（以下简称“清障区域”）上方存在污染土壤。根据《中华人民共和国土壤污染防治法》第六十六条第三款，未

达到土壤污染风险评估报告确定的风险管控、修复目标的建设用地地块，禁止开工建设任何与风险管控、修复无关的项目。

目前，天钢地块污染修复工作完成工期尚不明确。地铁 10 号线全线开工建设的总体目标已确定，2022 年要实现载客试运营。10 号线地铁是惠及百姓的一个重要交通干线，备受全市人民关注，也是市委、市政府关注的民心工程。

鉴于地铁项目工期紧张，需要地铁施工区域污染土壤先行实施治理，才能确保地铁建设通车要求。为此，我单位受天津市地下铁道集团有限公司委托编制本方案，用于指导天津地铁 10 号线一期工程复兴门 110KV 变电站电源线穿越海河隧道工程盾构施工东丽区快速路（天钢）地块区域拔除清障施工过程的污染防治。

1.2 编制目的

1、治理修复清障区域内污染土壤，使电源线项目穿越天钢地块区域内工作具备施工条件。

2、确保实施过程环境安全，不产生二次污染。

3、确保污染防治工作规范完成，不对天钢地块后续修复工作产生不利影响。

1.3 工作范围

天津地铁 10 号线一期工程复兴门 110KV 变电站电源线穿越海河隧道工程施工单位根据踏勘结果确定了清障区域，并绘制了《复兴门 110Kv 变电站项目-污染土范围基坑开挖图纸》。清障区域位于天钢地块内，面积约为 756.94m²，区域内有混凝土硬化地面及基础，四周均为空地；清障区域东侧为兰青变电站，西侧为月牙河东路，南侧为

环宇支道，北侧为环宇道。

本项目工作范围，清障区域具体范围示意见图 1.3-1，清障区域具体坐标见表 1.3-1。



图 1.3-1 施工区域地理位置图

表 1.3-1 清障区域坐标（天津 90 坐标系）

点位	X 坐标	Y 坐标
A	295488.1976	105659.5136
B	295485.3695	105663.6196
C	295430.5329	105620.9119
D	295427.5760	105626.1095
E	295368.6528	105589.7125
F	295366.5622	105594.2382

1.4 编制依据

- 1) 《中华人民共和国环境保护法》（2015年1月1日）
- 2) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2015年4月24日）
- 3) 《中华人民共和国水污染防治法》（2018年1月1日）
- 4) 《中华人民共和国土壤污染防治法》（2019年1月1日）
- 5) 《中华人民共和国大气污染防治法》（2018年10月26日）
- 6) 《中华人民共和国环境噪声污染防治法》（2018年12月29日修订）
- 7) 《天津市土壤污染防治条例》（2020年1月1日）
- 8) 《污染地块土壤环境管理办法（试行）》（环保部令第42号，2017）
- 9) 《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）
- 10) 《地下水质量标准》（GB/T14848—2017）
- 11) 《污水综合排放标准》（DB12/356-2018）
- 12) 《电力电缆及通道运维规程》（Q/GDW1512-2014）
- 13) 《建筑基坑工程监测技术标准》（GB50497-2019）
- 14) 《天津市建筑基坑工程技术规程》附条文说明（DB29-202-2010）
- 15) 《建筑基坑工程监测技术标准建筑基坑支护技术规程》（JGJ120-2012）
- 16) 《建筑桩基技术规范》（JGJ94-2008）
- 17) 《天津市东丽区快速路（天钢）地块场地环境调查与风险评

估报告》（2018 年）

- 18) 《天津东丽复兴门 110 千伏输变电工程电源线工程环宇道排管施工方案》
- 19) 《天津地铁 10 号线一期工程复兴门 110kv 变电站电源线穿越海河隧道工程盾构始发施工方案》
- 20) 本工程初步设计图纸、相关管线图纸资料。

2 地块基本情况

2.1 区域环境概况

2.1.1 气候气象

项目所在东丽区属于暖温带半湿润季风性气候，季风显著，四季分明，春季多风，干旱少雨；夏季炎热，雨水集中；秋季气爽，冷暖适中；冬季寒冷，干燥少雪。年平均气温在 11.4~12.9℃，1 月最冷，平均气温在-3~5℃；7 月最热，平均气温在 26~27℃。季风盛行，冬、春季风速最大，夏、秋季风速最小。

年平均风速 2~4m/s，多为西南风。平均无霜期为 196~246 天，最长无霜期为 267 天，最短无霜期为 171 天。年平均降水量为 520~660 mm，降水日数为 63~70 天。在季节分布上，6、7、8 三个月降水量占全年的 75%左右。日照时间较长，年日照时数为 2500~2900 小时。

2.1.2 水文条件

项目所在地位于东丽区海河东岸，海河水系是天津市工农业生产和人民生活的水源河道。北运河、永定河、大清河、子牙河、南运河五条河流自北、西、南三面汇流至天津后，称为海河。其干流自天津市金钢桥以下长 73km，河道狭窄多弯。海河流域东临渤海，南界黄河，西起太行山，北倚内蒙古高原南缘，地跨北京、天津、河北、山西、山东、河南、辽宁、内蒙古八省市。流域面积为 31.78 万 km²，占全国总面积的 3.3%。调查场地附近的海河河深约 4.95m。调查场地

西侧约 20m 为月牙河。月牙河地处天津市区东部，始于新开河红星泵站，流经河北、河东、东丽区，至天津钢厂海河泵站入海河。全长 14.2km，河道宽度为 23~30m，蓄水能力为 46.7 万 m³，属天津二级河道。调查场地附近的月牙河河深约为 3.4m。

2.2 地层分布条件

根据天钢环境调查与风险评估报告中勘察工作所揭示的土层情况，按地层成因类型和沉积年代，将调查场地最大勘探深度（14.00m）范围内的土层划分为人工堆积层和第四纪松散沉积层，并按土层岩性进一步划分为 4 个大层及其亚层，各土层岩性及分布特征概述如下：

（1）人工堆积层

分布于地表，主要为房渣土①层，粉质黏土填土①₁层、粉土填土①₂层、碎石填土①₃层，颜色为杂色、黄褐色，中密，湿~饱和，含砖块、灰渣等。该大层在调查场地普遍分布，厚度在 1.50m~4.80m 不等。

（2）第四纪松散沉积层

分布于人工堆积层之下，其顶板标高为-0.42m~2.01m，主要为粉土、粉质黏土及黏土层，具体分布及岩性特征如下：

●标高 0.03m~2.01m（相应埋深 1.50m~4.50m）以下为以粉质黏土为主的第 2 大层，包括含姜石、虫孔的粉质黏土②层、黏土②₁层，颜色以褐黄色为主，中密，湿~饱和，含云母、氧化铁等。该大层在调查场地分布较为连续，局部缺失，累计厚度为 0.40m~4.00m。该大层为相对隔水层。

●标高-1.88m~1.81m（相应埋深 2.40m~6.00m）以下为以粉土为主的第 3 大层，包括粉土③层（土质不均，含粉质黏土薄层）、粉质

黏土③1层，颜色以灰色为主，中（下）密，湿~饱和，含云母、有机质等，土质不均。该土层在调查场地连续分布，累计厚度为5.50m~9.60m。该土层为调查场地地下水主要赋存层位，该土层为弱透水层。

●标高-9.05m~-6.04m（相应埋深10.80m~13.40m）以下为以粉质黏土为主的第4层，包括粉质黏土④层、黏土④1层，颜色以灰色为主，中密，湿，含有机质、螺壳等，土质不均。该土层为相对隔水层。

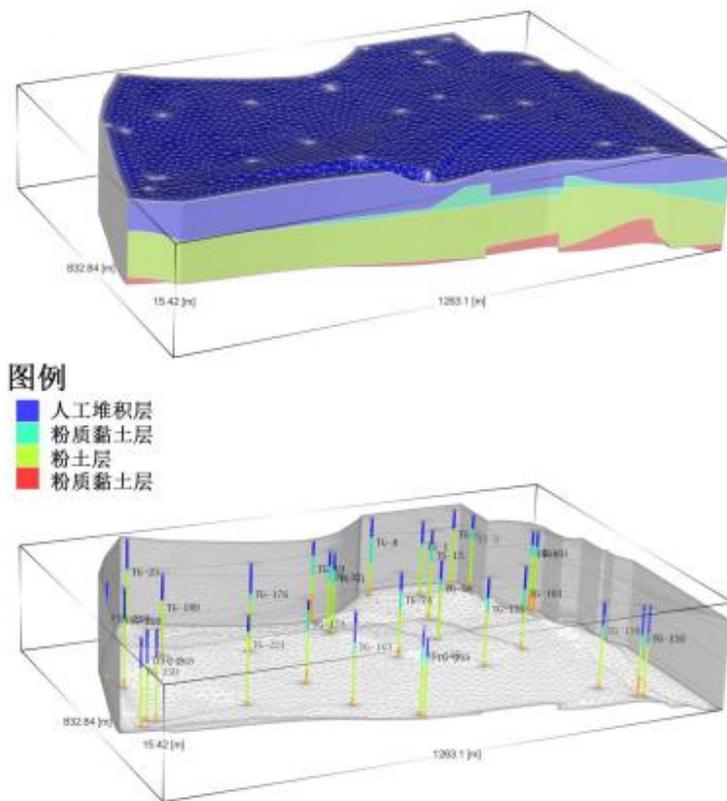


图 2.2-1 土层分布示意图

2.3 周边环境敏感目标

区域周边800m范围内的敏感目标有：月牙河、招商雍景湾居民区、吴嘴村住宅区、雅仕兰庭居民区、海河和恒大帝景等。具体情况见图2.3-1、2.3-2，具体情况描述见表2.3-1。清障区域规划用途为公

园与绿地，具体未来用地规划见图 2.3-3。



图 2.3-1 清障区域周边敏感目标现状



图 2.3-2 清障区域周边敏感目标

表 2.3-1 地块周边敏感目标

序号	敏感目标	方位	距离 (m)
1	月牙河	西	70
2	招商雍景湾	西	250
3	恒大帝景	西	550
4	海河	南	550
5	雅仕嘉园	西北	380
6	吴嘴村	东北	280



图 2.3-3 未来用地规划图

2.3

3 污染情况

3.1 天钢地块污染情况

3.1.1 概况

天钢地块面积约为 69.67 公顷，位于天津市东丽区，东至杜庄、冯口村，南至海河，西至月牙河，北至吴嘴村。

天钢地块范围示意图 3.1-1。

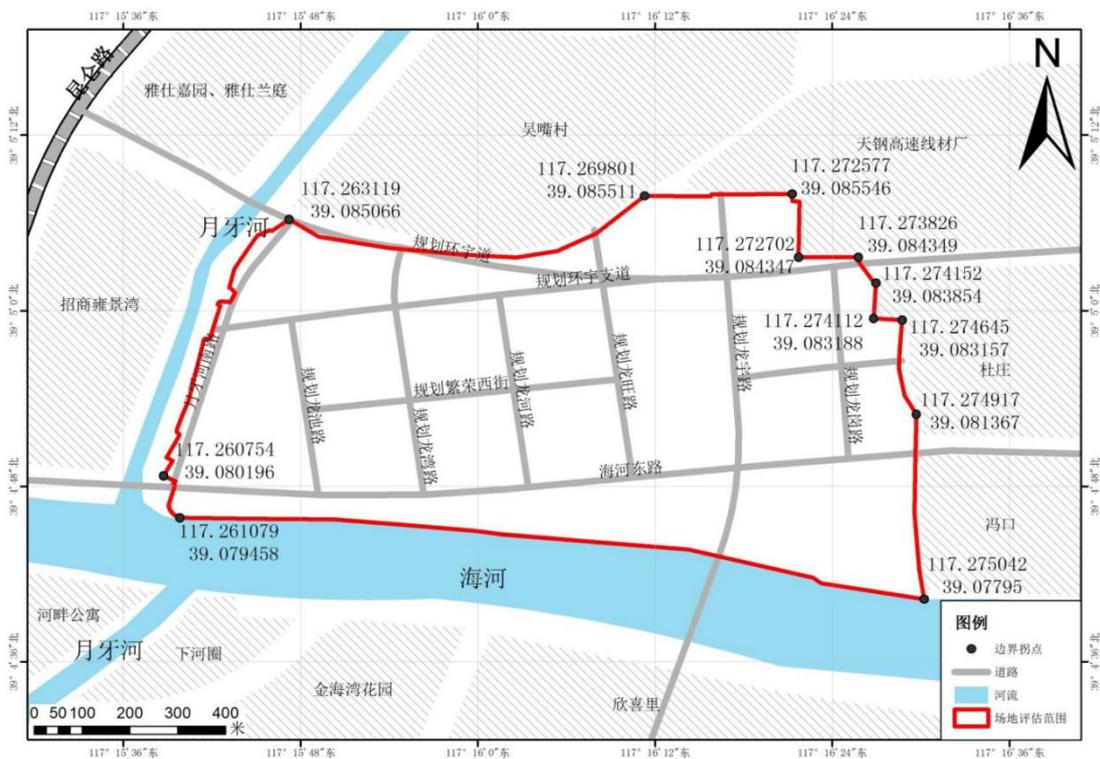


图 3.1-1 天钢地块范围示意图

3.1.2 污染情况

(1) 土壤

根据天钢环境调查与风险评估报告显示，地块内土壤中苯并(a)

蒽、苯并（b）荧蒽、苯并（a）芘、茚并（1,2,3-cd）芘和二苯并（a,h）蒽的风险不可接受，需进行治理。

天钢环境调查与风险评估报告中分别计算敏感用地中居住用地和公园与绿地的风险控制值，经计算居住用地和公园与绿地的计算风险控制值相差不大，对比北京市《污染场地土壤筛选值》（DB11/T811-2011）和居住用地计算风险控制值，比取较宽松的值作为场地未来规划为敏感用地的修复目标值。并以此划定了天钢地块土壤污染治理修复范围。

天钢地块不同深度土壤治理修复范围示意图 3.1-2~6，治理修复土方量见表 3.1-1。

表 3.1-1 治理修复土方量

深度 规划区域	0-2m		2-3m		3-4.5m		4.5-6.5m		6.5-9.5m		合计	
	面积(m ²)	土方量(m ³)										
1	38029.74	76059.47	24718.29	24718.29	8592.73	12889.09	4386.48	8772.96	/	/	75727.24	122439.8
2	23274.79	46549.59	26576.61	26576.61	6338.71	9508.06	/	/	/	/	56190.12	82634.26
3	13555.38	27110.75	5874.39	5874.39	387.94	581.9	/	/	/	/	19817.7	33567.04
4	15867.25	31734.5	6146.74	6146.74	4427.74	6641.61	975.80	1951.61	1098.60	3295.8	28516.13	49770.26
5	9878.528	19757.06	3921.65	3921.65	1828.64	2742.96	/	/	/	/	15628.81	26421.67
6	22239.99	44479.98	6522.26	6522.26	1660.00	2490	/	/	/	/	30422.24	53492.24
7	23763.82	47527.64	25558.82	25558.82	2229.78	3344.68	2929.91	5859.81	/	/	54482.34	82290.95
8	11874.79	23749.58	3235.74	3235.74	/	/	/	/	/	/	15110.53	26985.32
9	4378.64	8757.28	1031.11	1031.11	550.42	825.63	/	/	/	/	5960.169	10614.02
10	/	/	366.96	366.96	6500.70	9751.04	4952.09	9904.17	5056.16	15168.48	16875.9	35190.65
11	3705.034	7410.07	2927.97	2927.97	291.95	437.93	391.33	782.65	839.14	2517.41	8155.417	14076.03
东住宅 1	7736.604	15473.21	2547.06	2547.06	/	/	/	/	/	/	10283.67	18020.27
东住宅 2	4269.391	8538.78	1159.61	1159.61	2762.54	4143.81	/	/	/	/	8191.542	13842.2
北绿化	75868.28	151736.6	20314.85	20314.85	2407.62	3611.44	/	/	/	/	98590.75	175662.9
北商业	22352.43	44704.86	650.97	650.97	/	/	/	/	/	/	23003.4	45355.83
南绿化	13522.94	27045.88	14736.54	14736.54	669.78	1004.67	725.37	1450.74	/	/	29654.63	44237.83
南商业	1640.038	3280.08	3087.36	3087.36	1797.28	2695.93	/	/	/	/	6524.687	9063.37
合计	291957.6	583915.33	149376.93	149376.93	40445.83	60668.75	14360.97	28721.94	6993.90	20981.69	503135.3	843664.6



图 3.1-2 土壤 0-2m 治理范围



图 3.1-3 土壤 2-3m 治理范围



图 3.1-4 土壤 3-4.5m 治理范围



图 3.1-5 土壤 4.5-6.5m 治理范围



图 3.1-6 土壤 6.5-9.5m 治理范围

(2) 地下水

根据天钢环境调查与风险评估报告中地下水的检测结果分析，地下水最终关注污染物为氟化物。氟化物在地下水中主要以 F-等无机化合物形式存在，不具有挥发性；同时地块内地下水不作为饮用水和人体接触功能性用水，缺乏相应的暴露途径，从人体健康的角度考虑，对未来居住的居民健康风险影响不大。为防止后期由于场地施工造成地下水暴露途径改变，对人体健康造成威胁，报告中以《地下水质量标准》（GB/T14848-95）IV 类水质标准，划定了场地地下水中氟化物污染区域，建议对该区域采取风险管控措施，涉及面积约为 19.6 万 m²。具体超标点位见 3.1-7，具体风险管控范围见 3.1-8。



图 3.1-7 地下水超标点位分布



图 3.1-8 地下水风险管控范围

3.2 清障区域污染情况

因清障区域和土壤修复范围重叠，并且技术导则和规范标准发生了更新，但清障区域的补充场地调查和风险评估报告还未通过评审，鉴于地铁项目工期紧张，需要地铁施工区域污染土壤先行实施治理，才能确保地铁建设通车要求。故我单位根据现有规范标准对清障区域进行污染状况分析和治理范围确认，具体如下。

3.2.1 污染超标情况

(1) 评价标准

清障区域规划用途为公园与绿地，但无法确定公园与绿地是否属于社区公园或儿童公园用地。

为确保不影响后续天钢地块的土壤污染修复工作，谨慎考虑，本项目按照《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”土壤风险筛选值，对土壤中污染物检出浓度开展风险筛选。

（2）风险筛选值

污染土壤中各超标指标的具体治理修复目标见表 3.2-1。

表 3.2-1 污染土壤治理修复目标

序号	污染物	筛选值（mg/kg）
1	苯并[a]芘	0.55
2	苯并(b)荧蒽	5.5
3	茚并(1,2,3-cd)芘	5.5
4	二苯并(a,h)蒽	0.55

（3）污染分布特征

1) 土壤

我单位按照《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”风险筛选值，对天钢环境调查与风险评估报告中的检出各项污染物浓度重新开展风险筛选。通过结果评价可知：苯并[a]芘、苯并(b)荧蒽、茚并(1,2,3-cd)芘、二苯并(a,h)蒽四种半挥发性有机物指标，存在样品检出浓度超出（GB36600-2018）中相应第一类用地筛选值。

结果评价显示，清障区域周边，最大污染深度为 2.5m，3.0m 及以下样品符合 GB36600-2018 中“第一类用地”风险筛选值要求。超标污染物为多环芳烃，属于半挥发性有机物。具体超标样品统计见表

3.2-2、3.2-3，超标样品分布示意图 3.2-1、3.2-2。

表 3.2-2 清障区域 0-2m 污染点位及浓度

点位编号	污染深度	污染物质指标	浓度 (mg/kg)	第一类用地筛选值 (mg/kg)
TG-23	0.5m	苯并 (a) 芘	2	0.55
TG-184	0.5m	苯并 (a) 芘	2	0.55
		二苯并(a,h)蒽	0.84	0.55
TG-184	1.5m	苯并 (a) 芘	1.18	0.55
TG-188	0.5m	苯并 (a) 芘	3.04	0.55
		二苯并(a,h)蒽	0.84	0.55
TG-190	1.2m	苯并 (a) 芘	0.72	0.55
TG-193	0.5m	苯并 (a) 芘	3.92	0.55
		二苯并(a,h)蒽	0.73	0.55
TG-194	0.5m	苯并 (a) 芘	5.23	0.55
		二苯并(a,h)蒽	1.54	0.55
		苯并 (b) 荧蒽	7	5.5
		茚并 (1,2,3-cd) 芘	9.5	5.5
TG-197	0.5m	苯并 (a) 芘	0.74	0.55
TG-199	1m	苯并 (a) 芘	1.54	0.55
TG-251	1m	苯并 (a) 芘	3.32	0.55
		二苯并(a,h)蒽	0.77	0.55
TG-201	0.5m	苯并 (a) 芘	0.57	0.55
TG-212	1.5m	苯并 (a) 芘	1.7	0.55
TG-211	0.5m	苯并 (a) 芘	2.84	0.55
		二苯并(a,h)蒽	0.84	0.55
TG-216	1.5m	苯并 (a) 芘	1.82	0.55
		二苯并(a,h)蒽	0.61	0.55

点位编号	污染深度	污染物质指标	浓度 (mg/kg)	第一类用地筛选值 (mg/kg)
TG-217	0.5m	苯并 (a) 芘	2.06	0.55
TG-215	1.5m	苯并 (a) 芘	1.44	0.55
TG-214	0.5m	苯并 (a) 芘	1.95	0.55
TG-219	0.5m	苯并 (a) 芘	3.14	0.55
		苯并 (b) 荧蒽	7.2	5.5
		二苯并(a,h)蒽	0.62	0.55
TG-221	1.5m	苯并 (b) 荧蒽	32.7	5.5
		苯并 (a) 芘	27.4	0.55
		茚并 (1,2,3-cd) 芘	27.1	5.5
		二苯并(a,h)蒽	2.83	0.55

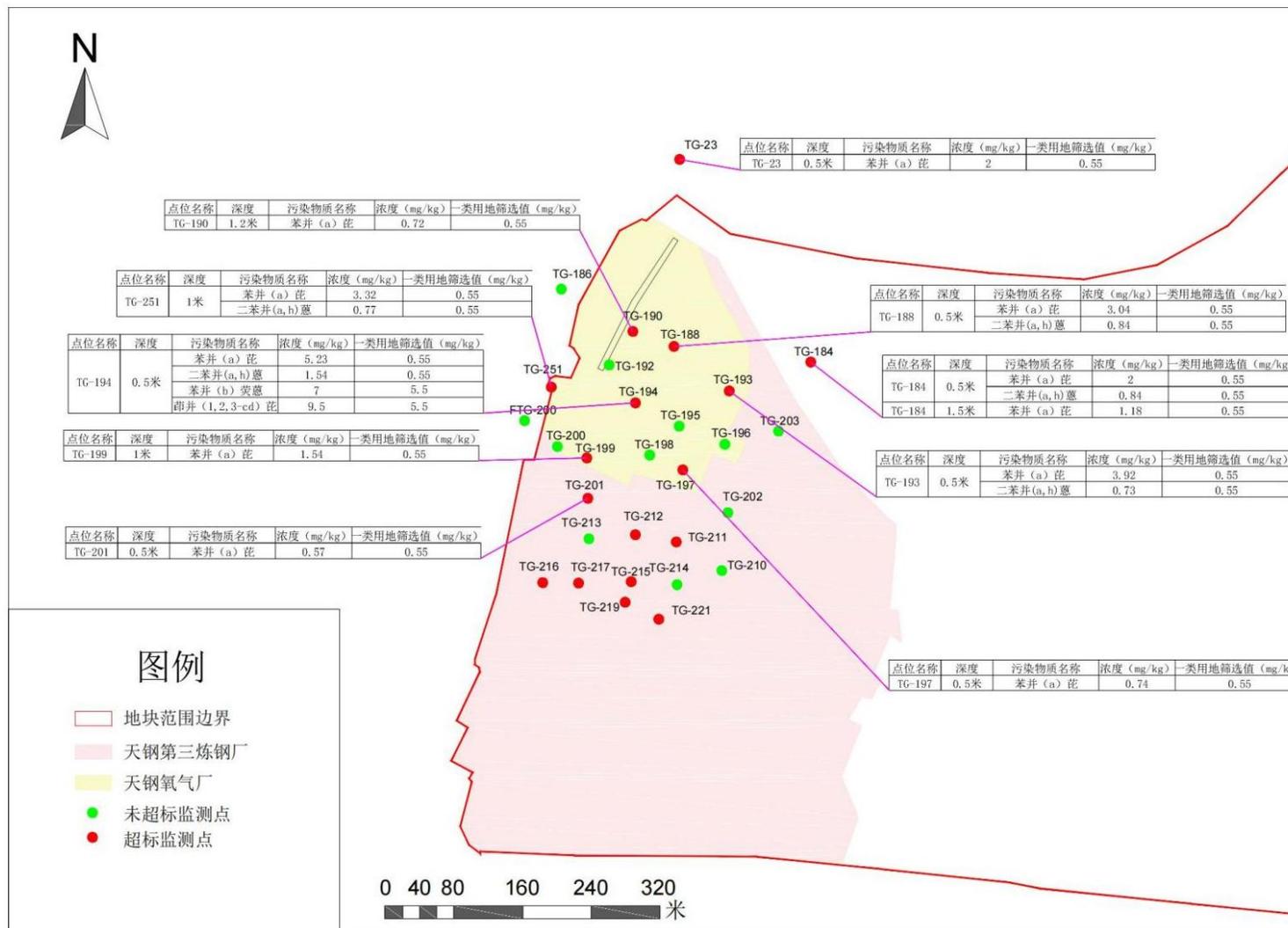


图 3.2-1 清障区域周边 0-2m 污染点位

表 3.2-3 清障区域周边 2-3m 污染点位及浓度

点位编号	污染深度	污染物质指标	浓度 (mg/kg)	第一类用地筛选值 (mg/kg)
TG-188	2.5m	苯并 (a) 芘	4.06	0.55
		二苯并(a,h)蒽	1.47	0.55
		苯并 (b) 荧蒽	7.8	0.55
		茚并 (1,2,3-cd) 芘	6	5.5
TG-193	2.5m	苯并 (a) 芘	3.78	0.55
		二苯并(a,h)蒽	0.64	0.55
TG-194	2.5m	苯并 (a) 芘	0.85	0.55
TG-195	2.5m	苯并 (a) 芘	2.52	0.55
		二苯并(a,h)蒽	0.64	0.55
TG-197	2.5m	苯并 (a) 芘	1.99	0.55
TG-199	2m	苯并 (a) 芘	3.42	0.55
		二苯并(a,h)蒽	0.67	0.55
		苯并 (b) 荧蒽	6.3	0.55
TG-251	2m	苯并 (a) 芘	2.03	0.55
TG-211	2.5m	苯并 (a) 芘	3.57	0.55
		二苯并(a,h)蒽	0.94	0.55
TG-210	2.5m	苯并 (a) 芘	2.9	0.55
		二苯并(a,h)蒽	0.73	0.55
TG-217	2.5m	苯并 (a) 芘	1.26	0.55

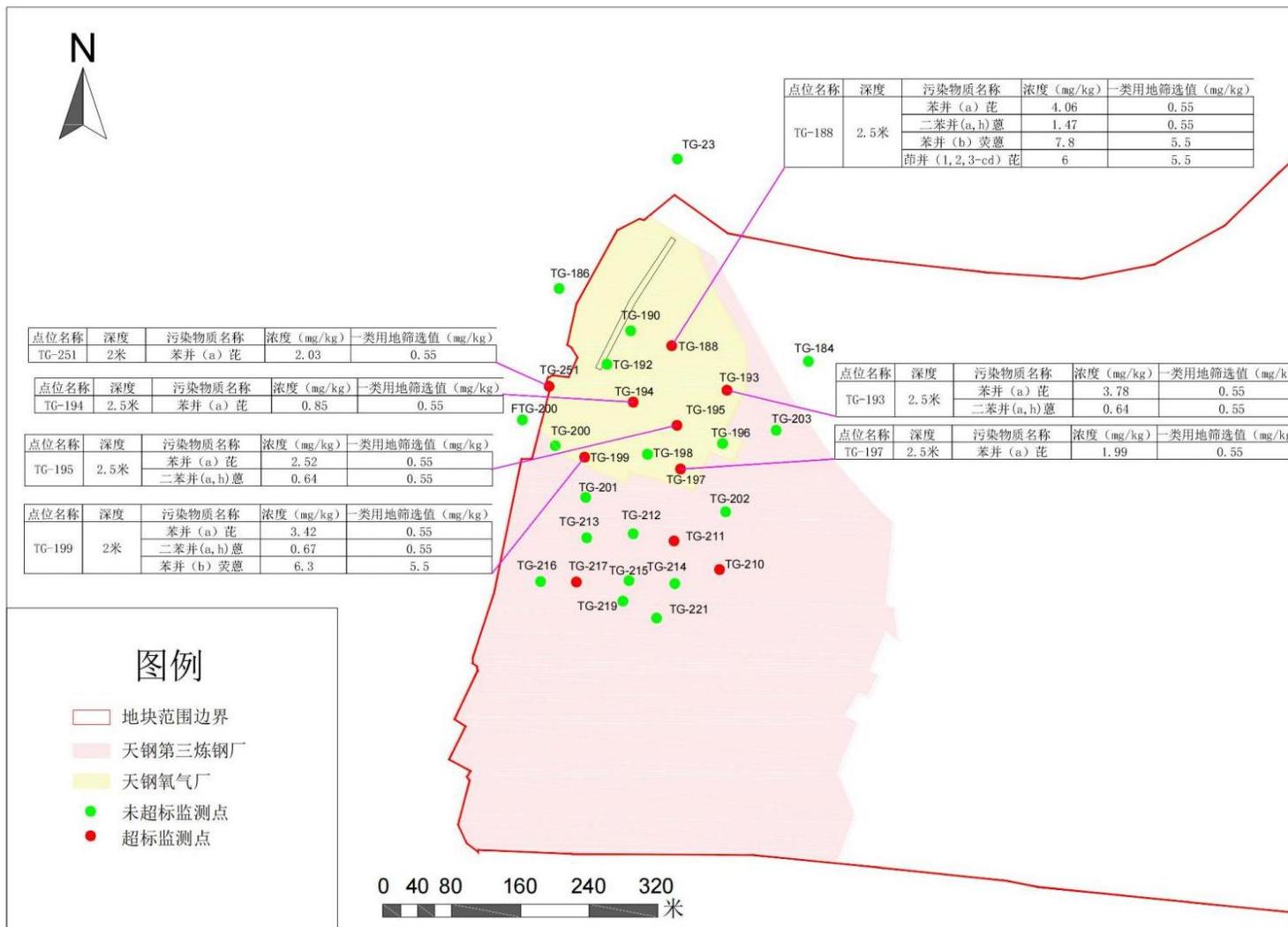


图 3.2-2 清障区域周边 2-3m 污染点位

2) 地下水

由于清障区域面积较小，根据天钢环境调查与风险评估报告，在清障区域内并无地下水监测点。根据清障区域周边点位地下水检测结果显示，TG-188、TG-189、TG-195 点位氟化物检测浓度超过《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）IV类标准。

3.2.2 治理范围确定

（1）土壤

根据《天钢环境调查与风险评估报告》，清障区域并未布设土壤监测点位，采用插值法划定的修复范围。我单位将清障区域与修复范围进行了拟合，拟合结果见图 3.2-3 及 3.2-4。从以上两图可知 0-2 米修复范围约占清障区域的 90%，2-3 米的修复范围约占清障区域的 15%。根据《天钢场地调查和风险评估报告》，大面积的天钢地块采用的插值法划定修复区域是合理的。但清障区域面积仅占天钢地块面积的 0.1%，对于清障区域采用插值法划定的修复范围精度明显不适用，划定污染范围对于清障区域难免存在漏划现象。为避免清障工作产生环境安全风险，不对后续天钢地块修复工作产生不利影响，同时确保清障过程中施工操作造成土壤交叉污染的可能性打，因此本方案确定的修复范围为整个清障施工区域，修复深度为 0~3 米。治理土壤方量约为 2270.82m³，治理修复区域示意图 3.2-5。

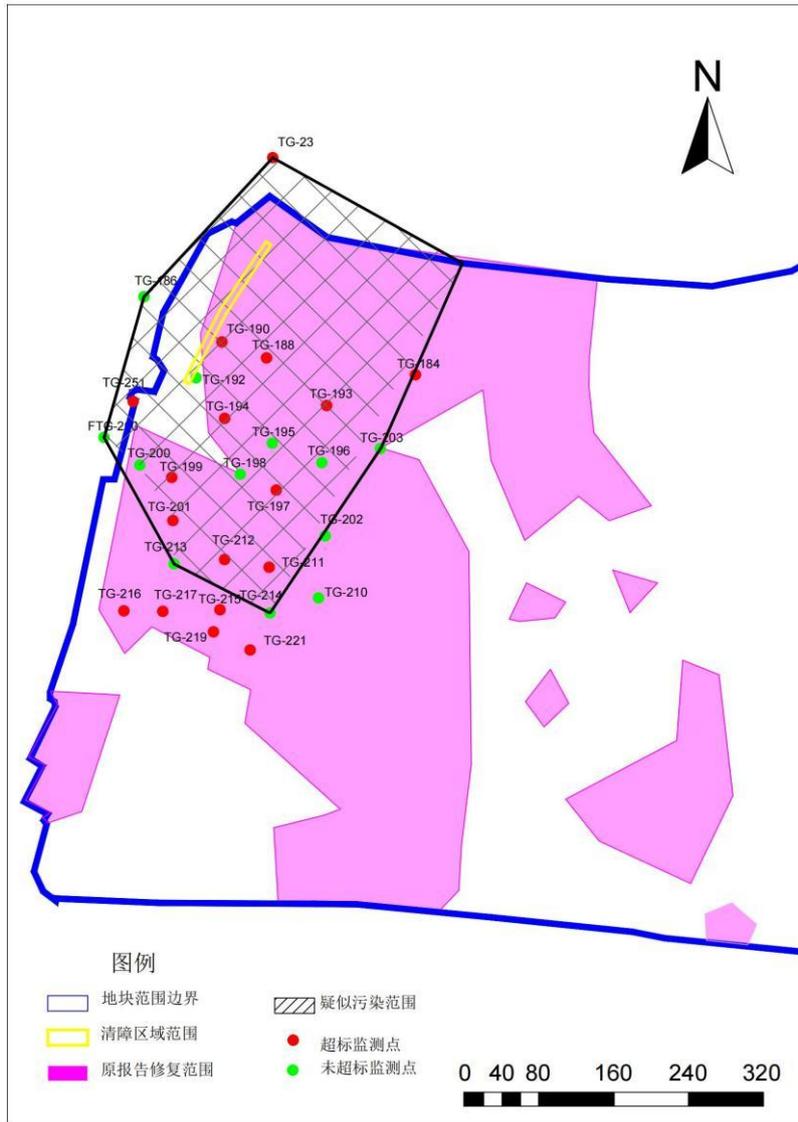


图 3.2-3 清障区域周边 0-2m 疑似污染范围

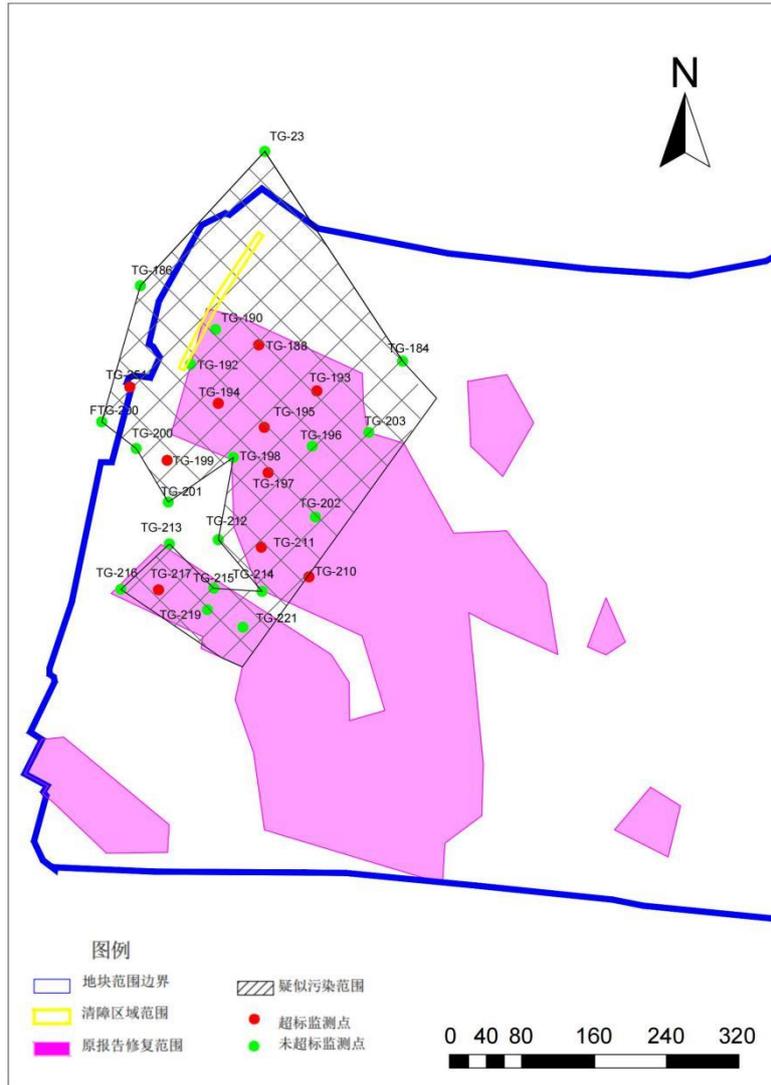


图 3.2-4 清障区域周边 2-3m 疑似污染范围

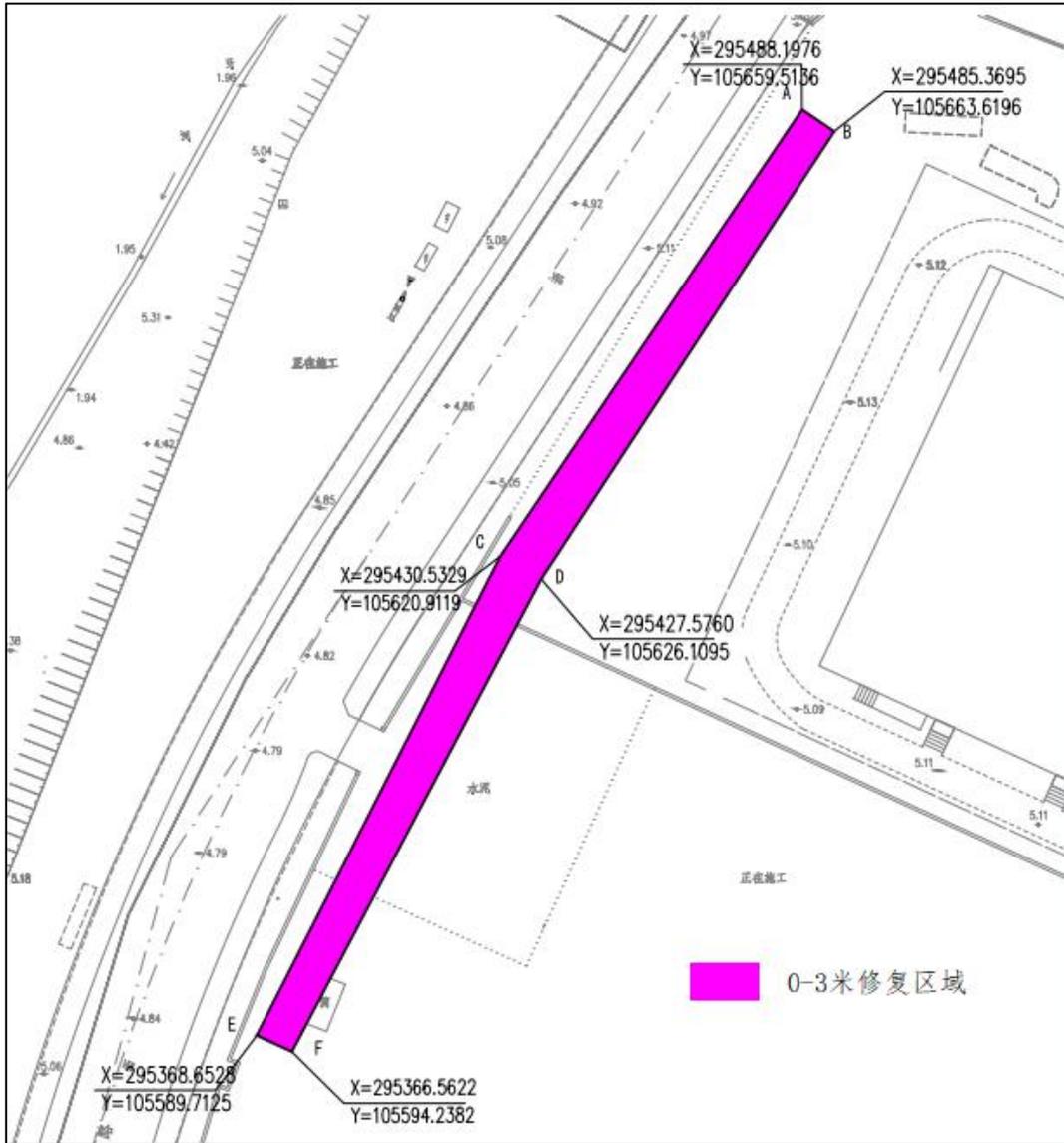


图 3.2-5 清障区域土壤治理范围及拐点坐标图

(2) 地下水

本项目污染土壤治理深度为 3m，根据区域水位埋深，在土壤治理期间不需降水，但治理后开挖破除承台及桩基础施工时需要降水，根据天钢环境调查与风险评估报告种地下水检测结果，地下水环境质量满足《污水综合排放标准》（DB12/356-2018）三级标准，可直接经市政污水管网排放至污水处理厂，具体见表 3.2-4。

表 3.2-4 地下水检测浓度与排放标准对比

点位编号	污染物指标	浓度 (mg/L)	排放三级标准(mg/L)
TG-188	氟化物	4.9	20
TG-189	氟化物	3.22	20
TG-195	氟化物	3	20

4 清障方案概况

此章节根据中煤第三建设（集团）有限责任公司编制的《天津地铁10号线一期工程复兴门110KV变电站电源线穿越海河隧道工程盾构施工拔除清障施工方案》整理汇总。

4.1 施工前准备

施工前准备主要包含：施工区域支护建设（由盾构施工方施工）、清障区域四周环保设施建设（为保证现场施工对天钢地块不产生二次污染，在临时道路等施工区域进行防雨防渗处理，保证土壤不会被二次污染）、临时道路建设、地块污染情况踏勘、药剂准备等。

施工前对周围建构筑物及管线进行调查，与相应权属或管理单位取得联系，收集整理施工影响范围内的建构筑物情况，并对其基础、平面位置，埋深、结构形式等内容信息。

结合以往施工经验，对比相应的施工环境，有针对性的优化施工参数，对施工范围内的地质条件、水文条件、与隧道位置关系、地面状况等进行分析，确立合理的施工参数，确保安全可靠。

对所有现场管理人员及作业层进行技术交底，使每一位施工人员都能理解本项工作内容的技术重点、难点，施工过程中的控制要点，以及施工过程中存在的安全隐患和在施工过程中应严格遵守的施工操作规程和施工安全技术措施，保证施工安全有序进行。

4.2 施工流程

施工准备→管线保护、施工钢板桩→边开挖边完成支撑体系→开挖到承台底标高→破除承台回填基坑→拔除障碍桩→拔除钢板桩→施工完成

4.3 管线保护

4.3.1 管线临时切改

为保障拔桩施工顺利进行，若确须将管线临时迁移出拔桩施工影响范围的，切改后管线应优先设置在清洁区域或治理合格区域范围内，否则应制定专项方案并将涉及的污染土壤治理合格后方可实施，确保不造成环境风险。

4.3.2 高压旋喷桩施工

为保护施工管线不受影响，确定钢板桩施工位置，沿围护结构施工线内 1m 范围进行人工探挖，探挖深度为 0.8m，防止出现其他未交底管线。随后根据管线图纸及管线交底，对其交底管线进行开挖，确定其管线基本信息是否相符合，钢板桩施工时避开其管线范围，根据探挖实际情况，对管线与围护结构相交范围采用高压旋喷桩方式使用其围护结构闭合，防止对既有管线扰动。

1、施工工艺

工艺流程见下图所示。

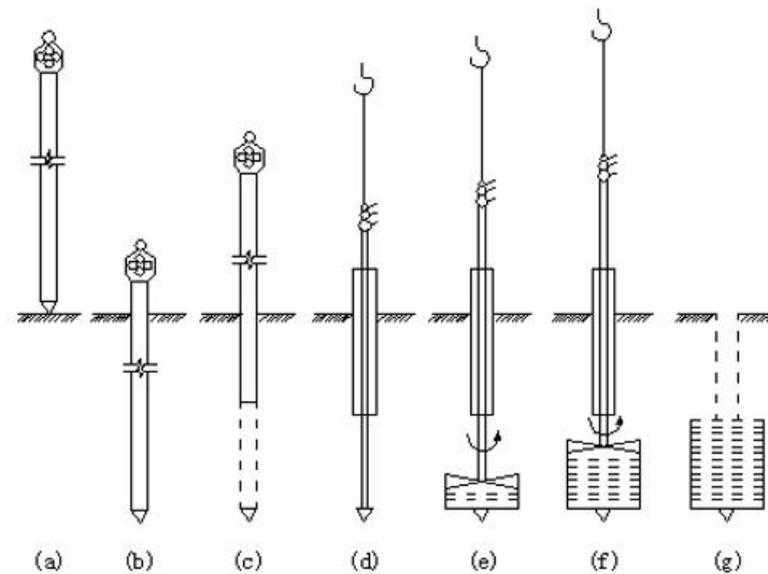


图 4.3-1 高压旋喷桩施工工艺流程图

2、高压旋喷桩施工方法

(1) 桩机就位

钻机安放保持水平，使其钻杆轴线垂直对准钻孔中心位置。钻杆保持垂直，其倾斜度不得大于 0.5%。钻机与高压注浆泵的距离不宜过远。钻机钻杆采用钻杆导向架进行定位。

(2) 贯入注浆管

注浆管随旋喷桩机钻头一起钻至预定的深度。在此过程中，为防止泥砂堵塞喷嘴，边射水、边插管，水压力一般不宜超过 1MPa。如压力过高，则易将孔壁射塌。

(3) 制备固化剂浆液

制备旋喷桩固化剂浆液时选用 42.5 级普通硅酸盐水泥作为固化剂，水泥浆液的水灰比取 1：1。

（4）喷射注浆

水泥浆液应在喷注前 1 小时内搅拌，当喷嘴达到障碍桩桩底 50cm，喷注开始时先送高压水清管，再送浆液和压缩空气。在底部旋喷 1min，当达到喷射压力及喷浆量后再边旋转边提升。

对需要扩大加固范围或提高强度的部分采取复喷的措施。旋喷施工中作好施工记录，记录详细准确。

（5）桩机移位

待旋喷桩机注浆管全部提出地面后，先关闭电机，然后将桩机移至新的桩位。

4.4 围护结构施工

钢板桩防护，采用 Q235b-400×170，长 12m 的拉森钢板桩。根据现场施工条件，采用单独打入法，钢板桩采用震动法施工。

1、钢板桩的检验、吊装、堆放

（1）钢板桩的检验：对钢板桩，一般有材质检验和外观检验，以便对不合要求的钢板桩进行矫正，以减少打桩过程中的困难。

（2）钢板桩吊运：装卸钢板桩宜采用两点吊；每次起吊的钢板桩根数不宜过多，并应注意保护锁口免受损伤。吊运方式有成捆起吊和单根

起吊。成捆起吊通常采用钢索捆扎，而单根吊运常用专用的吊具。

(3) 钢板桩堆放：钢板桩堆放的地点，要选择在不会因压重而发生较大沉陷变形的平坦而坚固的场地上，并便于运往打桩施工现场。堆放时应注意：堆放的顺序、位置、方向和平面布置等应考虑到以后的施工方便；

2、施工钢板桩

拉森钢板桩施工，是本工程施工最关键的工序之一，在施工中要注意以下施工有关要求：

1)本工程全部采用 12m 长小齿口拉森钢板桩。

2)打桩前，对钢板桩逐根检查，剔除连接锁口锈蚀、变形严重的钢板桩，不合格者待修整后才可使用。

3)打桩前，在钢板桩的锁口内涂油脂，以方便打入拔出。

4)在插打过程中随时测量监控每块桩的斜度不超过 2%，当偏斜过大不能用拉齐方法调正时，拔起重打。施工中应根据具体情况变化施打顺序，采用一种或多种施打顺序，逐步将板桩打至设计标高。钢板桩打设公差：标准项目允许公差板桩轴线偏差 $\pm 10\text{cm}$ ，桩顶标高 $\pm 10\text{cm}$ ，板桩垂直度 $\pm 2\%$ 。

5)密扣且保证开挖后入土不小于 2m，保证钢板桩顺利合拢；特别是工作井的四个角要使用转角钢板桩，若没有此类钢板桩，则用旧轮胎或烂布塞缝等辅助措施密封。

4.5 基坑开挖及回填

基坑开挖从上到下依次进行。在基坑平面内应分段开挖，开挖至承台底部。开挖过程中如有降水，收集检测合格后外排。

基坑开挖，随挖随撑，垂直方向设置一道支撑，水平方向每隔 4m 设置一道支撑。第一次开挖挖至第一道围檩中心标高以下 0.500m,然后设置钢围檩(WL1)及钢支撑；第二次开挖挖至坑底标高。

土方开挖至承台底后破除承台，对露出桩头进行测量定位，回填土方至地面标高，进行障碍桩基的拔除。

4.6 障碍桩清除及桩孔回填

4.6.1 障碍桩拔除

在障碍桩外侧进行高压旋喷，采用双管喷射，每根障碍桩采用四根高压旋喷清洗分离（膨润土泥浆），深度至桩底下 1m。本项目杂填土层中存大量的砖砗渣、砾石及旧基础，拟采用 2 台 MGJ-50 钻机引孔造孔。

旋喷机钻进至预定标高并清洗分离障碍桩后，采用履带吊进行障碍桩拔出施工。

4.6.2 桩孔回填

障碍桩清除后，障碍孔必须进行回填，采用干拌砂浆回填，确保盾构施工安全。

桩孔回填密实度控制是本工程为盾构施工防止塌孔的关键。故回填桩孔尽量密实胶结，以利下道工序施工安全。安排人员跟机施工，以监督施工质量和安全。

4.7 钢板桩拔除

基槽回填压实后，使用振动沉桩机逐根拔出拉森钢板桩。

1)拔桩方法本工程拔桩采用振动锤拔桩:利用振动锤产生的强迫振动，扰动土质，破坏钢板桩周围土的粘聚力以克服拔桩阻力，依靠附加起吊力的作用将桩拔除。

2)拔桩时应注意事项

①拔桩起点和顺序：对封闭式钢板桩墙，拔桩起点应离开角桩 5 根以上。可根据沉桩时的情况确定拔桩起点，必要时也可用跳拔的方法。拔桩的顺序最好与打桩时相反。

②振打与振拔:拔桩时，可先用振动锤将板桩锁口振活以减小土的粘附，然后边振边拔。为及时回填拔桩后的土孔，当把板桩拔至比基础底板略高时暂停引拔，用振动锤振动几分钟，尽量让土孔填实一部分。

③对引拔阻力较大的钢板桩，采用间歇振动的方法，每次振动 15min，振动锤连续不超过 1.5h。

5 污染防治方案

5.1 施工过程中环境风险分析

施工过程中的环境风险主要为工程垃圾外运对接受地的污染风险、清障过程中土方开挖对周围环境的污染风险、抽出地下水排放污染风险、污染土壤扰动造成的大气污染、施工机械运行产生的噪声污染。

确保施工过程地块相关固态、液态和气态的污染物得到有效控制，防止污染物扩散，避免对环境造成二次污染，确保施工过程环境安全，不影响天钢地块后续管控修复工作的实施。

5.2 污染防治措施

5.2.1 土壤污染治理

5.2.1.1 土壤治理技术筛选

1) 治理技术的筛选原则

(1) 治理技术成熟可靠：为了保证治理工程顺利完成，采用了成熟可靠的治理技术，避免采用处于研究初期的污染土壤治理技术。

(2) 治理时间合理：为尽快完成清障区域污染土壤治理工作，为地铁施工创造条件，降低清理过程中的潜在环境风险，同时不影响修复地块后续正常开发，在选择治理技术时，同等条件下，优先用时短的治理技术。

(3) 治理技术可行适用：充分考虑国内污染物处置设施状况及国内

治理队伍能力，治理方案变更应该在目前的政策、法规、经济能力、技术水平等方面是可行的。

（4）治理成本可控：结合地块开发建设特点和治理目标，选择经济可行的污染土壤治理技术，在满足治理目标的前提条件下，避免过度治理，浪费资金。

（5）最大程度降低环境风险：在同等条件下，尽量选择环境友好、对地块影响小、对周围居民干扰少的技术，保障污染土壤治理过程中的人员健康，尽量减少治理过程可能产生的二次污染及社会影响。

（6）达到治理目标：所选治理技术必须确保可以达到土壤治理目标要求，使污染土壤的环境风险降低到可以接受的水平。

结合本项目清障区域土壤污染特征及分布情况，充分考虑我国污染土壤治理技术的成熟可靠性、治理成本、资源需求、健康风险、环境安全、环境可接受性、治理时间等方面，通过详细分析治理技术的经济、技术可行性，确定适合本项目的土壤治理技术因素。

2) 土壤治理技术筛选

根据地块土壤修复目标污染物的特征，适合于本项目土壤治理技术的技术介绍、技术成熟度、时间要求、经济成本、有效性的基本情况见表 5.2-1。结合地块条件、污染因子和污染程度，建议将化学氧化作为拟选技术。

表 5.2-1 土壤治理技术筛选

序号	技术名称	技术简介	应用参考因素			本项目应用的适应性或优势分析	本项目应用的局限性分析	可行性分析及建议
			成熟性	时间条件	资金水平			
一、物理修复技术								
1	土壤气相抽提 (SVE)	土壤气相抽提 (SVE) 是一种原位非饱和区土壤修复技术, 通过施加真空, 以产生压力/浓度梯度, 使可挥发物从土壤扩散至提取井中, 在地面进行废气处理, 生物通风为其增强技术。	技术成熟 / 国内有应用	1 年	中等	(1) 可去除不饱和土壤中的 VOCs; (2) 适用于砂土、粉土等渗透性较好的地层; (3) 与热强化、生物技术等组合可形成增强技术, 扩大其应用	(1) 对于蒸气压较低的 SVOCs 不适合应用该技术	后期地铁建建设工期紧张, 不建议采用

序号	技术名称	技术简介	应用参考因素			本项目应用的适应性或优势分析	本项目应用的局限性分析	可行性分析及建议
			成熟性	时间条件	资金水平			
						范围，可去除部分SVOCs (4) 与地下水曝气(AS)技术联用，可去除饱和带中的VOCs		
2	常温解吸	将污染土壤堆置于密闭车间内，通过常温下定时机械扰动、添加药剂等方式促进土壤中的有机污染物的解吸和挥发，并最终通过尾气处理	技术成熟 / 国内有项目	6~8个月	较低	(1) 简单易行、便于管理，对于VOCs类污染土壤修复成本较低； (2) 机械扰动有利于	(1) 高含水率土壤及粘性土不适合该技术应用； (2) 对本地块SVOCs该技术不	后期地铁建设工期紧张，不建议采

序号	技术名称	技术简介	应用参考因素			本项目应用的适应性或优势分析	本项目应用的局限性分析	可行性分析及建议
			成熟性	时间条件	资金水平			
		系统得以去除	案例			土壤中污染物的解吸	适合	用
3	土壤淋洗	用含有助溶剂的水溶液或其它溶液淋溶污染土壤（水洗或化学淋洗），使污染物从土壤中分离出来，形成迁移态的化合物，并对淋洗液进行处理。	技术成熟 / 国内有中试应用	需要时间较长，如 1 年	较高	对目标污染物均有效，但需要选择多种淋洗剂或研制复合淋洗剂	<p>（1）受地块土壤质地影响大，如粘土、粉质黏土等高粘粒土壤，污染物洗脱效率低，且后续的固液分离困难；</p> <p>（2）高效淋洗剂的选择和回收是</p>	后期地铁建设工期紧张，不建议采用

序号	技术名称	技术简介	应用参考因素			本项目应用的适应性或优势分析	本项目应用的局限性分析	可行性分析及建议
			成熟性	时间条件	资金水平			
							另一难题	
二、化学修复技术								
4	原位化学氧化 (ISC)	通过原位注入/注射或原位搅拌技术将化学氧化剂注入土壤中，目标是将污染物质氧化成二氧化碳和水，或转化为低毒、稳定的化合物。常用的氧化剂有含催化剂的过氧化氢类物质、高锰酸钾、臭氧、过硫酸盐等	技术成熟 / 国内有工程案例	2周-4周	中等	(1) 对于高浓度、难生物降解的有机物，包括氯代烃及苯系物、TPH等，有较好的处理效果和经济性； (2) 修复工期较长，要定时对地块进行监	(1) 氧化剂的种类及选择也很重要，选择反应过快的氧化剂大部分在未进入地下就消耗，容易造成药剂浪费； (2) 粘土等渗透	建议采用

序号	技术名称	技术简介	应用参考因素			本项目应用的适应性或优势分析	本项目应用的局限性分析	可行性分析及建议
			成熟性	时间条件	资金水平			
	O)					测。	率低的土壤，如何实现氧化剂溶液与污染物的充分接触是一工程难题； (3) 由于污染物与氧化剂的反应为自由基反应，反应过程应处于饱和状态，实施过程土壤的含水	

序号	技术名称	技术简介	应用参考因素			本项目应用的适应性或优势分析	本项目应用的局限性分析	可行性分析及建议
			成熟性	时间条件	资金水平			
							率控制具有一定难度	
5	异位化学氧化	通过向挖掘好的土壤中添加氧化剂并搅拌混合，利用氧化剂本身或其产生的自由基的氧化能力，来氧化土壤/地下水中的污染物，将污染	技术成熟/国内有应用	需要时间较短，如2周到	较高	对于高浓度、难生物降解的有机物，包括氯代烃及苯系物以及硝基苯等半挥发性有机物，有较好的处理	(1) 异位方式增加了挖掘费和运输费用； (2) 异位方式在运输过程需严格	若有合适异位场地，建议备选

序号	技术名称	技术简介	应用参考因素			本项目应用的适应性或优势分析	本项目应用的局限性分析	可行性分析及建议
			成熟性	时间条件	资金水平			
	化	物分解成为无害或毒性更低的产物，从而达到修复目标的一种技术。		6周		效果和经济性 化学充分，容易控制 化学反应条件。	控制二次污染。	
三、热处理技术								
6	异位热脱附FV	将土壤输入旋转的容器中，并保持容器中的真空、高温及低氧条件，并且持续一定的时间。在热脱附过程中，土壤中的污染物和水分气化。挥发性气体进入燃烧室焚烧摧毁其中的有机物质。	技术成熟/国内有工程案例	需要时间较短，如3-12个月	较高	(1) VOCs/SVOCs 通用技术，处置污染物浓度水平较宽泛，对本地块目标污染物均有效且处理彻底； (2) 辅以合适的尾气处理系统（如急冷装	(1) 高含水率土壤及土壤中粘粒含量过高增加能耗； (2) 设备组装需要周期中等； (3) 异位方式在	本项目土壤污染浓度降低，采用此技术经济性

序号	技术名称	技术简介	应用参考因素			本项目应用的适应性或优势分析	本项目应用的局限性分析	可行性分析及建议
			成熟性	时间条件	资金水平			
		最后的尾气经过净化后排放				置），适用于含氯有机物的处理，可有效防止二噁英的产生	运输和加热过程容易造成控制二次污染，对大气环境质量影响风险高。	差，且需合适的异位厂地，不建议采用
7	原位热脱附	原位热脱附修复技术通过对污染区域（饱和带和非饱和带）加热，使温度达到预定温度，加速污染物向气相的挥发或液相的流动（少数情	国外应用广泛，国内	短-中等	中等-高	（1）适用于受挥发或半挥发物质污染的土壤的修复，不同的加热方式对于地层及污染物适用范围不同；	（1）如不连续加热，存在热量损失，能耗较大； （2）建议对上下层贯穿连片重度	后期地 铁建设 工期紧 张，不 建议采

序号	技术名称	技术简介	应用参考因素			本项目应用的适应性或优势分析	本项目应用的局限性分析	可行性分析及建议
			成熟性	时间条件	资金水平			
		况存在污染物的降解），通过抽提气相和液相处理达标后排放，实现对污染区域的修复	已有工程应用。			（2）一般在渗透性好的地层效果较好，成本较低。渗透性差的地层中应用会增加修复成本	污染区域使用	用
8	水泥窑协同处	和水泥生料一起进入回转窑，高温（1200-1600℃）下将有机物热焚毁；同时使土壤熔化，转变成稳定的玻璃和固态晶体。通过控制污染土壤的配比，将污染土壤烧	国内较成熟	受水泥品质限制，土壤添加配	较高	适用于各类复合有机污染土壤，处理比较彻底，不影响原地修复工期。	（1）土壤添加量控制不当会对水泥质量有影响； （2）运输成本高，且运输过程存在风险；	考虑到水泥窑协同处置时间不确定性和后

序号	技术名称	技术简介	应用参考因素			本项目应用的适应性或优势分析	本项目应用的局限性分析	可行性分析及建议
			成熟性	时间条件	资金水平			
	置	制为水泥。		比较低,项目总工期具有不确定性			(3)项目工期受水泥窑协同处置周期影响较大。	期地铁建设工期紧张,不建议采用
四、微生物修复技术								
9	微生物	通过利用营养和其他化学品来激活微生物,使它们能够快速分解和破坏污染物。给	技术成熟/国	根据地块可利	较低	对高浓度、分解难度大的有机物有效;	(1)高浓度污染土壤需要的处理工期较长	后期地铁建设工期紧

序号	技术名称	技术简介	应用参考因素			本项目应用的适应性或优势分析	本项目应用的局限性分析	可行性分析及建议
			成熟性	时间条件	资金水平			
	修复	土著微生物或外源微生物提供最佳的营养条件及必需的化学物质,保持其代谢良好。	内有应用	用面积, 1-6个月				张, 不可行

5.2.1.2 土壤治理技术路线

基于本项目工作内容确定合理科学的技术方案、确保实施可行性、经济合理、质量可达性及风险可控：

(1) 场地土壤污染治理技术路线：清障区域 0-3m 污染土壤内采用原位化学氧化处理，污染范围内的建筑垃圾需进行药剂清洗后再倒运至接受地；

(2) 在清障过程中对抽出的地下水开展监测活动，对监测不满足纳管标准的地下水进行处理达标后再排至市政污水管网；

(3) 通过第三方评估验收，污染土壤治理成果满足第一类用地筛选值要求。

表 5.2-2 项目目标要求

序号	指标类别	目标要求
1	方案先进性	采用工程应用中研发的浅层搅拌技术，对污染土壤采用分区、分质原位化学氧化处理。
2	技术目标	充分试验、结合工程经验积累更适用本项目的相关技术参数，切薄技术可达，甚至优于目标。严格执行《建设用地土壤污染风险管控和修复 监测技术导则》（HJ25.2-2019）、《建设用地土壤修复技术导则》（HJ25.4-2019）、《污染地块风险管控与土壤修复效果评估技术导则（试行）》（HJ 25.5—2018）、《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）、《天津市建设工程施工现场文明施工管理标准》。如有最新的相关标准，则按最新的相关标准执行。

序号	指标类别	目标要求
3	经济目标	充分利用现有资源，尽可能在治理后保留利用。尽量采用当地的人力和设备材料，促进地方经济发展。
4	质量目标	土壤治理目标满足国家及地方有关法律法规、行政主管部门有关文件要求，同时确保治理过程不产生新的污染暴露途径，并满足工程第三方验收相关要求。为确保污染土壤治理工程质量，对整个治理工作建立健全质量安全环保体系和保障措施，主要包括实验室质量控制和现场质量安全环保控制措施。
5	风险分析	充分分析项目风险，包括经济、进度、质量、技术及舆情等，制定应急预案，采取有效措施进行风险防控。

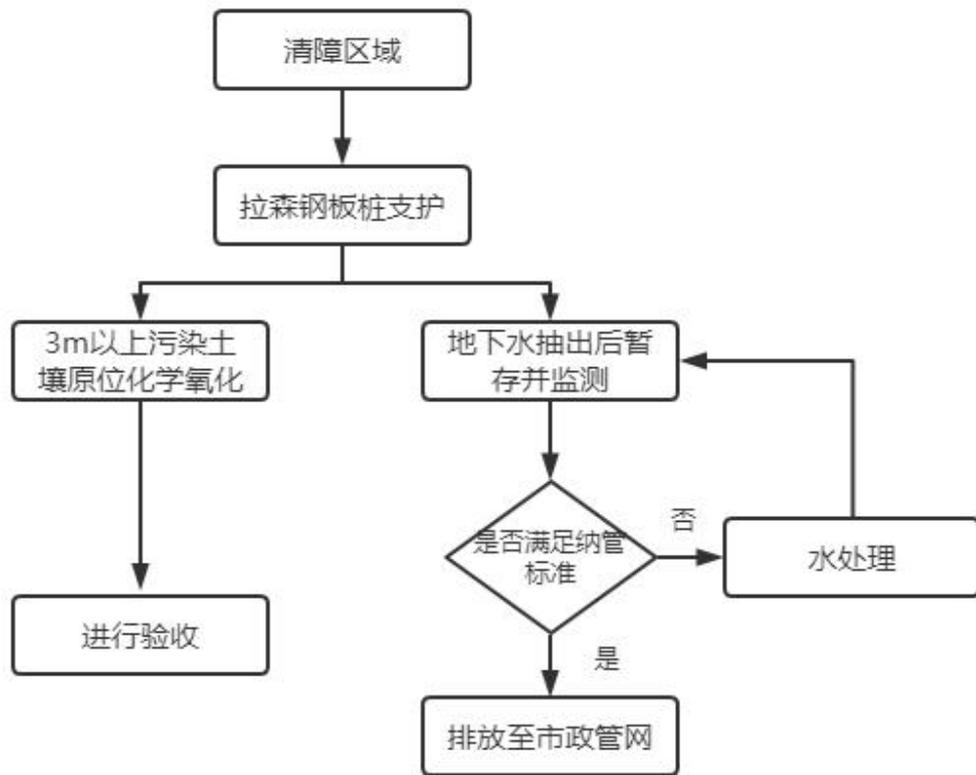


图 5.2-1 技术路线图

(1) 拉森钢板桩支护：与盾构施工单位清障工序相结合。为确保污染土壤治理和清障处理过程的基坑安全，在污染土治理前打入围护桩，围护桩拟采用长 12m 的拉森钢板桩，拉森钢板桩内侧紧贴污染土治理轮廓线，污染土治理完成后进行土方开挖，围护桩内侧设置钢围檩，同时水平间距每 4m 架设一道型钢支撑。

(2) 原位化学氧化处理：主要是对清障区域内 0-3m 深的全部污染土壤加药养护处理。修复期间为减少施工工期，可对清障区域进行分区修复，修复完成土壤场地内转运时需用密闭环保车进行拉运。

(3) 地下水抽出后暂存并监测：在土方开挖过程中，抽出的地下水排放前需暂存，进行采样检测，若符合《污水综合排放标准》

(DB12/356-2018) 三级标准则经市政污水管网排入污水处理厂；若不符合三级标准则进行处理达标后，再排入市政污水管网。

5.2.1.3 治理技术可行性评估

化学氧化工艺是通过向污染土壤拌入氧化剂，通过氧化作用，使土壤中的污染物转化为无毒或相对毒性较小的物质。常见的氧化剂包括高锰酸盐、过氧化氢、芬顿试剂、过硫酸盐和臭氧。

化学氧化治理技术是一种反应强度大，治理效率高，作用时间短，且环境安全的治理技术，尤其适用于石油化工类工业污染地块、高浓度有机污染土壤的快速治理。在美国，化学氧化技术已被成功应用于数千个污染地块的治理。在美国，化学氧化已经被用于数千个有毒废弃地块的治理项目中，并且是目前发展最迅速的地块治理技术。

化学氧化可以处理的污染物种类多，反应所需时间短。治理设备、药剂常见、易得，因此该技术在国内外发展较快，应用广泛。

根据修复项目库数据，国内土壤治理技术应用现状统计如下图所示，由图可知国内化学氧化的应用占 11%，所占比例仅次于传统的固化稳定化、水泥窑协同处置及填埋安全处置技术，是目前国内污染土壤修复中的主流技术之一。

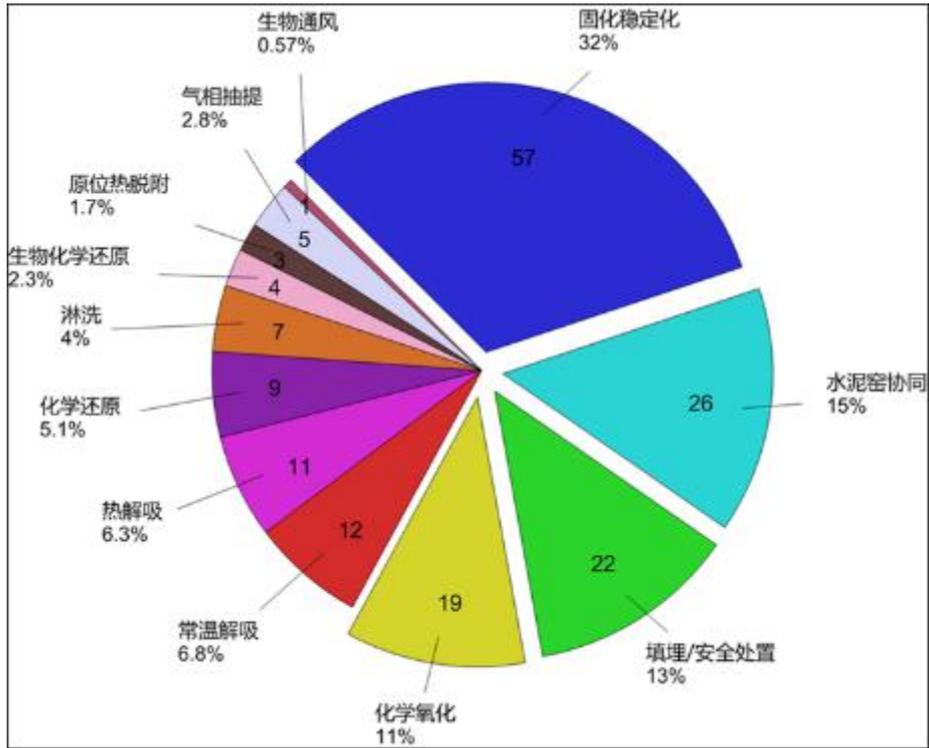


图 5.2-2 国内治理技术应用统计

1) 相关实施案例：江苏某钢铁厂污染土壤修复项目

(1) 项目背景：该企业始建于 1958 年，是特殊钢生产基地，地块南侧为焦化厂，地块污染区块主要靠近焦化厂附近，主要污染物为多环芳烃类。其中苯并(a)芘、萘、二苯并(a,h)蒽的修复目标值为 1.56mg/kg、2.93 mg/kg、1.56 mg/kg。施工工期 100 日历天。修复后地块用于居住用地。

(2) 项目规模：采用化学氧化工艺处理，处理土方量为 3500m³。

(3) 主要污染物及污染程度：地块土壤检出率较高的污染物为苯并(a)芘、萘、二苯并(a,h)蒽、苯并(a)蒽、苯并(b)荧蒽、茚并(1,2,3-cd)芘。其中苯并(a)芘最高检出含量为 23.1 mg/kg，萘的最高检出浓度为 23.2 mg/kg，其他污染物浓度在 10~20mg/kg 之间。本地块污染深度为 0~2 m。

(4) 水文地质条件：本地块表面 1 m 左右为素填土，-1.0 m~-7.2 m 均为粉质粘土。地块内地下水为潜水，初见水位约为-1.5 m，稳定水位在-1.0 m~-1.8 m 左右，地下水受大气降水入渗补给明显。

(5) 技术选择：选用化学氧化工艺，可实现药剂与污染物的充分混合及反应。药剂采用某 K 药剂(主要成分为过硫酸盐及活化剂)。

(6) 工艺流程和关键设备

主要工序为：定位放线→土方清挖→筛分预处理→土壤倒运至反应池→药剂投加→机械搅拌 7~8 天 (pH 值监测) →倒运至待检区反应→验收合格→土壤回填→项目竣工。

(7) 关键设备及参数：主要使用挖掘机设备，用于土壤挖掘筛分、药剂添加、土壤搅拌处理等。监测仪器有 pH 计等。

(8) 修复效果：检验结果合格。

2)天津某电缆厂污染土壤修复项目

(1) 项目背景：该地块主要有有机污染物为邻苯二甲酸二(2-乙基己基)酯和氰化物，修复目标值为 42mg/kg 和 22 mg/kg。施工工期 3 个月。修复后地块用于居住用地。

(2) 项目规模：采用原位化学氧化修土方量为 1608m³。

(3) 主要污染物及污染程度：地块土壤检出率较高的污染物为邻苯二甲酸二(2-乙基己基)酯和氰化物，超标倍数分别为 0.43 和 1.46 倍。项目地块污染深度为 0~4m。

(4) 水文地质条件：项目地块表面 0-2 m 左右为杂填土，2 m~4 m 为粉质粘土。地块内地下水为潜水，静止水位埋深约为 1.7~2.78m，水力梯度约 6.45‰，地下水受大气降水入渗补给明显。

(5) 技术选择：选用化学氧化修复工艺，可实现药剂与污染物

的充分混合及反应。药剂采用某 BHY3 药剂（主要成分为过硫酸盐及活化剂）。

（6）工艺流程和关键设备

（7）关键设备及参数：高压旋喷药剂有效半径为 0.75m，孔距 1.3m。

（8）修复效果：原位化学氧化修复效果满足修复标准值，有机物检出率为 7.14%，检验结果合格。

5.2.1.4 合理性分析

1) 针对污染物技术应用的合理性

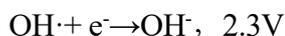
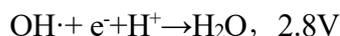
本项目选用化学氧化技术处理土壤中的苯并[a]芘等多环芳烃，施工周期相对较短，能在短期内将土壤中的大部分污染物降解。结合地块情况和项目要求分析，化学氧化技术在治理效果、施工工期、技术成熟度等方面综合考虑对本项目具有明显的应用合理性。

2) 确保项目质量的合理性

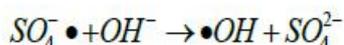
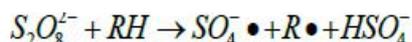
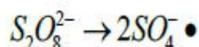
天钢地块清障区域污染物主要为苯并[a]芘等有机物，属于化学氧化可降解的污染物，采用化学氧化工艺，将具有较高氧化能力的氧化剂拌入到土壤中，通过加成、氧化、电子转移反应，可以将多数有机污染物氧化为小分子有机酸，并最终矿化为 CO_2 和 H_2O 。

考虑药剂二次污染影响，未来开发需要，建议选择过硫酸盐作为强氧化剂，经活化后氧化性能更强，活化方法包括药剂活化、碱活化和热活化等。其中热活化需要对试验过程进行加热处理，后期工程难度也较大；对于药剂活化，研究表明效果较好的活化剂是一些贵金属或稀有金属，考虑到工程化应用、药剂二次污染和经济因素等影响，不适用于本项目污染土壤治理；碱活化更适合工程化应用。

综合考虑活化剂建议选用氢氧化钠。利用活化过硫酸盐技术降解污染物的机理为：过硫酸盐在水中电离产生过硫酸根离子（ $S_2O_8^{2-}$ ），未经活化的条件下， $S_2O_8^{2-}$ 的氧化电位为 2.1V，高于高锰酸盐的氧化电位，能够降解常见的苯系物和氯代有机溶剂，具有较强的氧化性。在不同的活化条件下， $S_2O_8^{2-}$ 可进一步分解为 $SO_4^{\cdot-}$ ，其氧化电位为 2.6V，与芬顿试剂的氧化能力相当，是一类氧化能力十分强的反应自由基，能够降解大部分有机污染物，氧化效果显著。基于硫酸根自由基的高级氧化过程中，有硫酸根自由基的生成，也有羟基自由基的生成，这两种自由基都有较高的氧化还原电势，可以比较高效的降解有机污染物。



反应原理如下所示：



含苯环类物质与（活化）过硫酸盐反应式如下所示：



治理前期结合经验确定最优投加量，确保治理后不对地块造成碱性污染。每次药剂投加完成后，进行跟踪监测，以便检查治理效果，合理调整药剂投加量、投加次数及反应时间。

5.2.1.5 施工流程

原位化学氧化工艺流程主要分为 3 个阶段。

(1) 施工前准备工作

施工前准备主要包含：**施工区域支护建设**（由盾构施工方施工）、**清障区域四周环保设施建设**（为保证现场施工对天钢地块不产生二次污染，在临时道路等施工区域进行防雨防渗处理，保证土壤不会被二次污染）、**临时道路建设**、**地块污染情况踏勘**、**药剂准备**等。

(2) 加药反应

待上述准备工作均完成后，开始治理施工，主要将氧化药剂（过硫酸盐）和活化剂（液碱）的混合溶液喷入到土壤中（针对污染较重区域采取多次加药方式确保治理效果达标），然后进行养护。维持药剂与污染物反应所需条件，使药剂与污染物充分反应约 48 小时，将污染物大幅度削减。

(3) 采样检测

药剂反应养护完全后（过硫酸盐氧化剂加药反应 2~3 天）开始采样检测，判断是否达标，若不达标继续加药治理至达标为止。

5.2.2 水污染防治

本项目污染土壤治理深度为 3m，根据区域水位埋深，在土壤治理期间不需降水，但在开挖破除承台及桩基础施工时可能需要降水，清障施工区域不属于地下水风险管控范围，根据天钢地块环境调查与风险评估报告天钢地块地下水满足纳管排放要求，可经过市政污水管网排放。

5.2.3 大气污染防治

污染土壤治理过程中尽量控制土地裸露面积，扬尘控制遵照《天津市建设工程扬尘治理工作导则》、建设工程扬尘治理‘八个百分之百’要求、秋冬季大气污染防治综合治理攻坚行动方案的相关要求执行；为控制有机污染物排放，对清障区域污染土壤，采用 HDPE 膜进行苫盖，控制污染物扩散，随着施工进度推进，逐次缩小苫盖区域，直至工程结束。

清障施工时区域内土壤已达到治理目标值，在土壤开挖和土方倒运过程中应按照《天津市建设工程扬尘治理工作导则》、建设工程扬尘治理‘八个百分之百’要求、秋冬季大气污染防治综合治理攻坚行动方案的相关要求安全文明施工，土方开挖湿法作业、密闭运输。因清障区域周围均为污染土壤，在清障和拔桩过程中应对清障区域周边铺设 HDPE 膜进行苫盖，避免对清障区域周围污染土壤进行扰动，造成有机物挥发扩散。

5.2.4 噪声污染防治

施工过程中噪声产生源主要为挖掘机、运输车辆、破碎等设备运行时产生的机械设备噪声。项目地块临近居民区，因此施工时，需合理安排机械设备施工，采取降噪措施，削减噪声源强度，机械配备消声装置，保证场界噪声达标。本项目以机械噪声控制为重点。

所选施工机械应符合环保标准，操作人员需经过环保教育。尽量选用低噪声或备有降噪设备的施工机械。动力、机械设备的使用过程中，应加强日常管理及维修保养工作，避免异常噪音的产生。对于

噪音比较大的设备安装过程中宜同时安装消音设备或者设施（消音器、减震等），除了必要的设备外，尽量避免夜间施工，设备停止运行；夜间需要作业的，应尽量采取降噪措施，事先做好周围群众的工作，并报有关主管部门备案后方可施工。

施工现场提倡文明施工，建立健全控制人为噪声的管理制度。尽量减少人为的大声喧哗，增强全体施工人员防噪声扰民的自觉意识。严禁在机械上敲打金属形式联系操作人员。施工过程中各类材料搬运及安装，要求做到轻拿轻放，严禁抛掷或从汽车上一次性下料，减少噪声的产生。控制施工车辆产生的噪音，强化车辆管理，进出场内禁止鸣笛。

5.2.5 工程垃圾污染防治

由于清障区域目前部分硬化，开挖前需破硬化及混凝土结构；拆除砖砌体围墙长 80m，高 2.5m。开挖路基及土壤杂物不随意外运处置，为避免清挖过程造成交叉污染，保障外运工程垃圾不影响接受地土壤环境质量，污染范围内的工程垃圾需进行药剂清洗后再倒运至接受地。

5.2.6 管理制度

本项目土壤污染物质为半挥发性有机物，若人体直接接触可能会导致健康危害，尤其在开挖过程中，空气中半挥发性有机污染物浓度会升高，若防护措施不得当可能造成健康危害，甚至导致中毒现象发生。为降低风险，项目实施过程中须加强管理，必须采取包括但不限于以下管理措施：

(1) 为避免环境风险，施工区域内应尽量控制施工人员数量，施工区域设置围挡隔离，无关人员不得入内；

(2) 为确保施工过程中的人体健康安全，施工过程中需建立针对目标污染物的劳动保护、个人防护制度，对施工人员进行规范化管理，做好交底工作及防范措施，尤其是防范经口及呼吸道摄入的措施。根据施工作业不同工种的劳动保护要求，为操作工人配备好劳动防护工作服等防护装备；同时操作人员要遵守劳动纪律和安全生产操作规程；操作者爱护并正确使用防护设施、用具、用品。施工现场人员对违章指挥有权拒绝操作；险情特别严重时，现场任何人有权停止作业，采取紧急防范措施，并撤离危险岗位。

(3) 施工过程发现异常，及时停工并采取有效控制措施，并上报相关管理部门。

5.3 环境监测计划

5.3.1 大气污染监测

本项目实施过程中，污染土壤密封不严则可能存在大气污染物的无组织排放，参照《工业企业污染场地调查与修复管理技术指南》（试行）、《建设用地土壤污染风险管控和修复监测技术导则》（HJ25.2-2019）以及《大气污染物无组织排放监测技术导则》（HJ/T 55-2000），定期对清障施工区域内部及周边空气进行检测，以判断污染物在空气介质中的扩散量和残留量是否符合国家相关的标准规范，有无对清障区域周边环境及居民造成不良影响，并且判断施工区域内部空气是否满足现场工人短期接触的职业健康安全和周边社区居民健康安全要求。

1) 监测点位布设

根据清障区域治理范围、周边敏感点分布，以及区域主导风向，分别在清障区域四周的上风向、下风向分别设置大气采样点。监测点位非固定，依据区域风向进行布设。依据《大气污染物无组织排放监测技术导则》（HJ/T 55-2000），可在场地上风向位置设置 1 个对照点，作为空气背景样采样点，在场地下风向敏感点位置布设 3 个监测点。

2) 监测因子及监测频率

表 5.3-1 大气监测因子及监测频率表

监测指标	标准排放限值 (mg/m ³)	标准来源	监测频次
颗粒物	1.0	(GB16297-1996) 二级	每月 1 次
非甲烷总烃	20	(DB12/524-2020)	
臭气浓度 (无量纲)	20	(DB12/059-2018)	

此外，在气象条件不利于扩散，接到周围人员异味投诉情况下，应及时开展环境空气不定期监测工作，一旦发现超标情况，应立即停止施工，排查污染源。并及时向公示超标排放情况及污染防治措施与效果等有关情况。



图例：  无组织排放监测点
 清障区域

图 5.3-1 无组织监测点位布设示意图

5.3.2 污水排放检测

1) 监测频次

抽出的地下水或污水处理设施出水排至储水袋，储水袋每次排放前取样监测 1 次。

2) 监测因子及执行标准

根据天钢地块环境调查与风险评估报告中地下水检测结果，监测因子为超标指标氟化物，外排水水质执行《污水综合排放标准》（DB 12/356-2018）中三级标准。

表 5.3-2 污水检测因子及监测频率表

污染物	标准排放限值 mg/L	标准来源
pH	6~9（无量纲）	《污水综合排放标准》(DB 12/356-2018) 三级
氟化物	20	

5.3.3 噪声环境监测

1) 监测点位布设

噪声的监测主要是确保周围敏感建筑及敏感人群不受施工噪声危害。噪声敏感建筑是指医院、学校、机关、科研单位、住宅等需要保持安静的建筑物。场界噪声的监测方法按照《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB 12523-2011），在施工场界靠近周边居民区的地块设置监测点，一般情况监测点设在建筑施工场界外 1m，高 1.2m 以上位置。根据场区周围敏感点分布，场区边界布设 4 个监测点，点位布置示意图如下图所示。



图例：△ 厂界噪声布点
 □ 清障区域

图 5.3-2 噪声监点位布设示意图

2) 监测频次

施工期间每半月监测 1 次。

3) 监测因子及执行标准

监测因子为等效连续 A 声级，施工期间场界噪声执行《建筑施
 工场界环境噪声排放标准》（GB 12523-2011）标准。

表 5.3-3 厂界噪声执行标准

时间	Leq[dB(A)]	标准来源
昼间	70	《建筑施工场界环境噪声排放标

夜间	55	准》（GB 12523-2011）
----	----	-------------------

5.4 施工总平面布置（含施工作业空间分布）

本项目拟在清障区域南侧道路上集中建设污水应急处理设施、办公区、危废暂存间等设施。

5.4.1 办公区

根据现场情况及主要施工作业区的位置关系，布置综合办公区，占地面积为 36 m²，利用现有硬化沥青道路作为防渗地面，其上办公区采用拼装式彩钢房结构。



图 5.4-1 办公区布置示意图

办公室摆设依照投标人一般标准办公室的要求进行布置，每间办公室设置 2-4 张办公桌和相应文件柜，满足日常办公需求。

根据本工程的需求，污染土壤的治理过程涉及土壤治理试验、治理施工，并需要对治理工程中各项环境要素进行必要的监测。因此，

拟在办公区配备必要的实验器材和设备等，用于对本工程所涉及的土壤、水等环境要素进行日常的检测工作。

5.4.2 临时道路

利用天钢地块内现有硬化地面。但因清障区域周围均为未治理的污染土，为防止洒落污染土对周围环境造成影响，须在施工区域四周铺设 HDPE 土工膜。为保证机械在临时道路上正常行驶，在 HDPE 土工膜上敷设钢板，施工区设计的临时施工主干道宽 6 m，转弯半径 8 m，满足转运车辆行驶，可保证容许两台运输车辆并行通过，在未设计临时道路的污染区域内禁止机械设备通行。

1) 进出场道路

本项目地处天钢地块，区域内现有道路交通较发达，在施工过程中，施工区选用月牙河东路作为进出场道路；均采取最小影响交通方案的原则进行施工组织，充分利用现有临时道路。

2) 场内临时施工道路

施工区面积开阔，在四周已道路硬化，并且在施工过程中，利用敷设的临时道路进行通行，在未设计临时道路的污染区域内禁止机械设备通行。

进场后对现有临时道路加固处理，清挖等相关机械自南向北进行，主要在污染治理区行动或停留，为减少受污染固体垃圾产生量，根据需要租用 2cm 厚钢板用作场内临时道路铺设，宽约 6m，铁板安排工人全天候清扫到两侧预留污染土槽，设计临时道路采用最优化路线，确保土方运输车挖掘机等重型施工车辆及机械能够通行无阻。

在施工期间，根据需要随时采取扩建和临时加固措施，同时对路

面进行洒水降尘、养护、维修、加固，确保道路使用畅通。

3) 临时道路管理

场区内临时通道硬化，并根据施工布署的需要对其进行保养，满足施工和行车需要，并配专人随时清扫，洒水，保持场区清洁卫生，避免扬尘。运输车洒落污染土清扫至回收槽，回收槽定期人工清理。

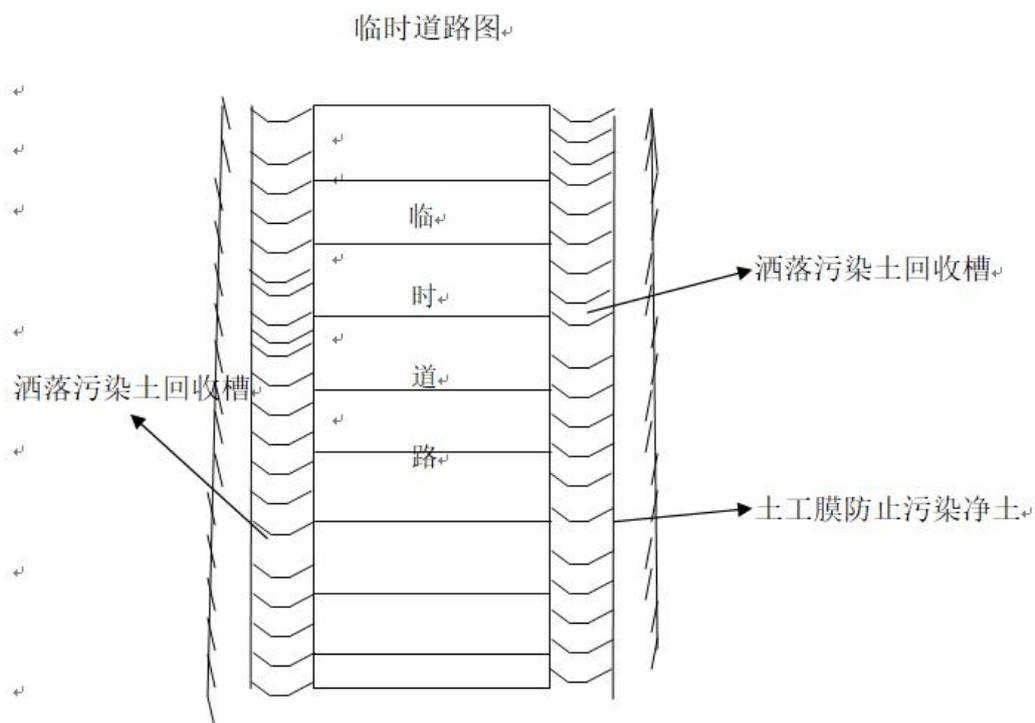


图 5.4-2 临时道路图

5.4.3 危废暂存间

危废暂存间应严格按照《危险废物贮存污染物控制标准》（GB18597-2001）和《危险废物收集 贮存 运输技术规范》（HJ2025-2012）的要求进行规范化建设，设置警示标志牌。危废暂存间标志牌及危险废物标签样式参考如下图所示。



图 5.4-3 危险暂存间标志牌及危废间布设要求

5.4.4 污水应急处理设施和暂存设施

地下水抽出后排入到地下水储水袋中暂存，储水袋排放前对其水质进行检测若达标则统一排入市政污水管网，若不达标则进入污水应急处理设施处理达标后统一排入市政污水管网。为保证地下水规范处理，防止因水质不满足纳管标准导致延误工期等问题，应现场配备一套一体化污水应急处理设施，处理规模为 40t/d。



图 5.4-4 污水应急处理设施和暂存设施

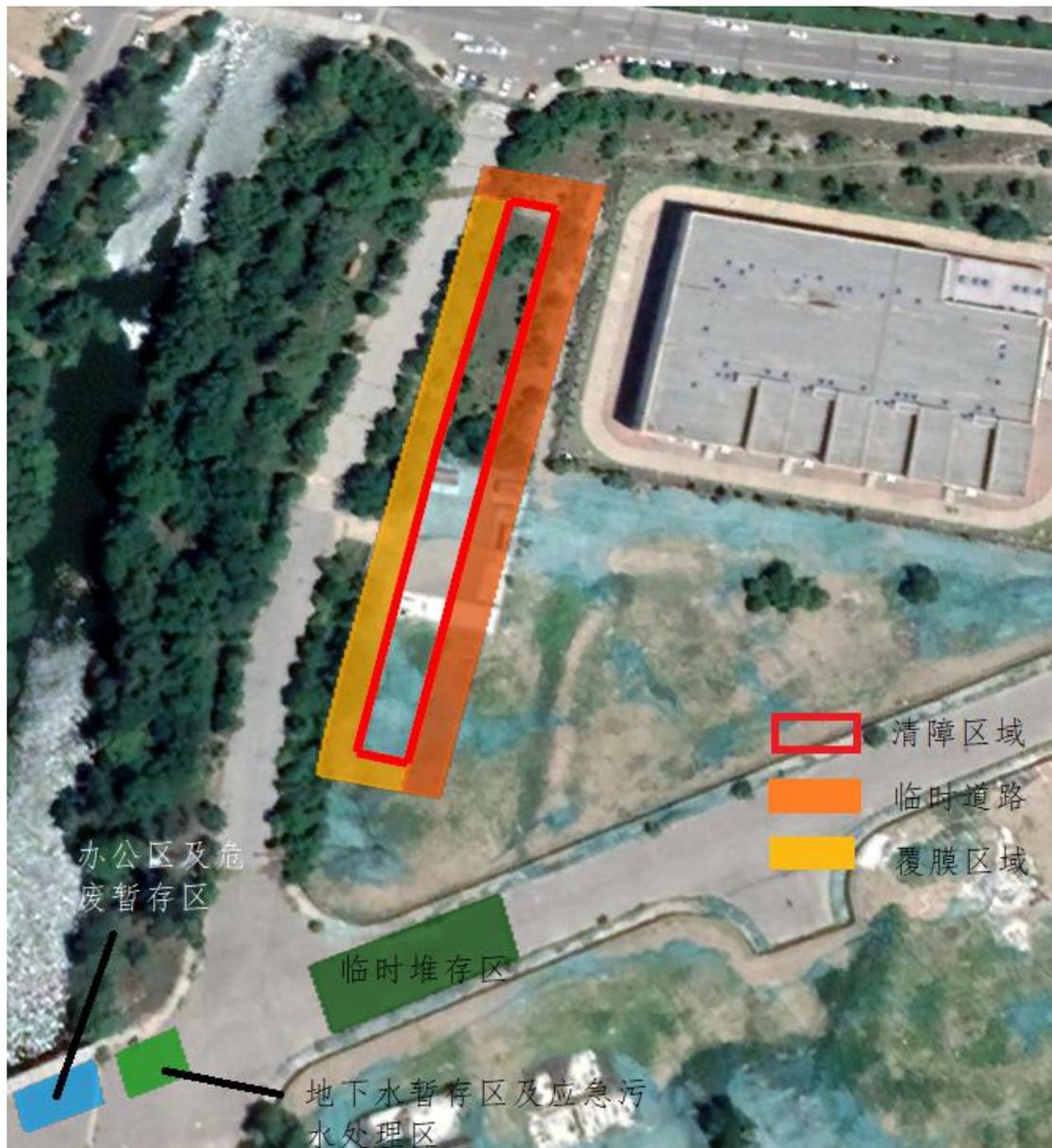


图 5.4-5 施工总平面布置图

5.5 项目进度安排

清障区域土壤污染治理及清障施工工期整体安排如下表所示：

表 5.5-1 工期安排

序号	施工内容	工期（天）	备注
1	场地准备、清障区域管线保护和围护桩施工	30	

2	清障区域治理施工	30	
3	基坑开挖	20	
4	清障施工	25	
5	退场及场地恢复	5	

5.6 环境风险应急预案

该工程环境风险主要是雾霾天气的污染土壤治理工作应急处置，施工现场一旦发生恶性环境污染事故时，施工现场人员根据当时的情况立即采取相应的应急处置措施和进行现场抢救，同时以最快的速度进行报警，相关负责人接到报告后，立即赶赴事故现场，组织、指挥抢救排险，并根据规定向上级有关部门报告，把事故控制在最小范围内，最大限度地减少人员伤亡和财产损失。

5.6.1 应急准备

当进入极端天气灾害多发季节或接到极端天气预报中长期预报后，立即进入应急准备阶段，该阶段主要工作包括：施工现场人员与项目负责人保持密切联系，关注极端天气信息以及极端天气可能造成的影响；同时，对预案、工作程序进行检查，对相关设备、器材进行检查，组织召开相关会议，分析极端天气发展趋势，研究应对策略。

5.6.2 预警启动

一级响应（红色）：当极端天气达到一级灾害预警级别时，停止污染土壤治理工作，项目负责人应扩大响应，履行职责，同时报请业主单位组织指挥应对处置工作，项目负责人赴现场组织应对处置工作，按照上级的要求和时限及时汇报。

二级响应（橙色）：当达到二级极端天气灾害预警级别时，停止室外污染土壤治理工作，项目负责人立即展开工作，迅速启动应急预案，组织统一指挥调度，进行应急处置。并迅速向业主单位报告情况。

三级响应（黄色）：当达到三级极端天气灾害预警级别时，检查污染土壤治理工作，排查解决隐患，项目负责人立即召集相关人员进行会商，将结果汇报给业主单位，根据情况决定组织响应，分级进行应急处置。

四级响应（蓝色）：当达到四级极端天气灾害预警级别时，由项目负责人迅速启动相应应急措施，并及时向业主单位汇报。

5.6.3 响应措施

密切关注气象部门的监测预报，及时发布雾霾预警信号，适时加大预报时段密度；根据大雾、霾的影响，进行综合分析，遵照大气污染综合治理攻坚行动方案等相关规定及管理部门发布的重污染天气管理措施采取响应措施，必要时暂停污染土壤治理工作，或调整施工时间。现场人员对治理施工区域污染土壤及时苫盖，有效控制扬尘。

5.7 环境管理制度

本项目土壤污染物质为半挥发性有机物，若人体直接接触可能会导致健康危害，尤其在开挖过程中，空气中半挥发性有机污染物浓度会升高，若防护措施不得当可能造成健康危害，甚至导致中毒现象发生。为降低风险，项目实施过程中须加强管理，必须采取包括但不限于以下管理措施：

（1）为避免环境风险，施工区域内应尽量控制施工人员数量，施工区域设置围挡隔离，无关人员不得入内；

(2) 为确保施工过程中的人体健康安全，施工过程中需建立针对目标污染物的劳动保护、个人防护制度，对施工人员进行规范化管理，做好交底工作及防范措施，尤其是防范经口及呼吸道摄入的措施。根据施工作业不同工种的劳动保护要求，为操作工人配备好劳动防护工作服等防护装备；同时操作人员要遵守劳动纪律和安全生产操作规程；操作者爱护并正确使用防护设施、用具、用品。施工现场人员对违章指挥有权拒绝操作；险情特别严重时，现场任何人有权停止作业，采取紧急防范措施，并撤离危险岗位。

(3) 施工过程发现异常，及时停工并采取有效控制措施，并上报相关管理部门。

5.8 后期环境管理计划

与天钢地块管控与修复验收工作结合鉴于目前天钢地块还未确定修复单位及修复方案，为保障地铁建设及使用工期，优先对清障区域污染土壤进行治理，天钢地块其他区域具体修复实施方案由天钢地块修复单位制定并实施。

根据天钢地块环境调查与风险评估报告，清障区域规划用途为公园与绿地，因无法确定公园与绿地是否属于社区公园或儿童公园用地，为确保不影响后续天钢地块的修复工作，本项目治理目标为《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。

本项目优先于天钢地块其他区域修复工作实施，不单不会对天钢地块土壤污染风险管控与修复工作产生不利影响，还可以为天钢地块土壤修复工作提供结合实施条件。

根据《城市地下综合管廊运行维护及安全技术标准》

(GB51354-2019)“4.2.3 设置安全控制区，采用盾构法施工的综合管廊安全控制区外边线距主体结构外边线不宜少于 50m。”在其安全控制区范围内的约 20814m³ 污染土壤进行修复时，应结合本工程相关内容制定修复方案，统筹实施。

为支撑后续该地块验收工作，本项目实施过程中留存并交接全部相关资料，如施工日志、污染防治措施落实情况、修复后土壤环境质量检测报告、施工影像资料等施工总结文件。

6 验收计划

6.1 工作程序

（一）更新地块概念模型

应根据治理进度，以及掌握的地块信息对地块概念模型进行实时更新，为制定验收布点方案提供依据。

（二）布点采样与实验室检测

布点方案包括验收的对象和范围、采样节点、采样周期和频次、布点数量和位置、检测指标等内容，并说明上述内容确定的依据。在污染土壤治理验收工作开展之前，根据更新后的概念模型进行完善和更新。

根据布点方案，制定采样计划，确定监测指标和实验室分析方法，开展现场采样与实验室检测，明确现场和实验室质量保证与质量控制要求。

（三）土壤治理验收

根据监测结果，评估土壤治理是否达到治理目标或可接受水平。

对于土壤治理效果，可采用逐一对比和统计分析的方法进行评估，若达到治理效果，则根据情况提出后期环境监管建议并编制治理效果报告，若未达到治理效果，则应开展补充治理。

（四）编制验收报告

汇总前述工作内容，编制验收报告，报告应包括治理项目概况、环境保护措施落实情况、验收布点与采样、检测结果分析、验收结论等内容。

6.2 技术路线

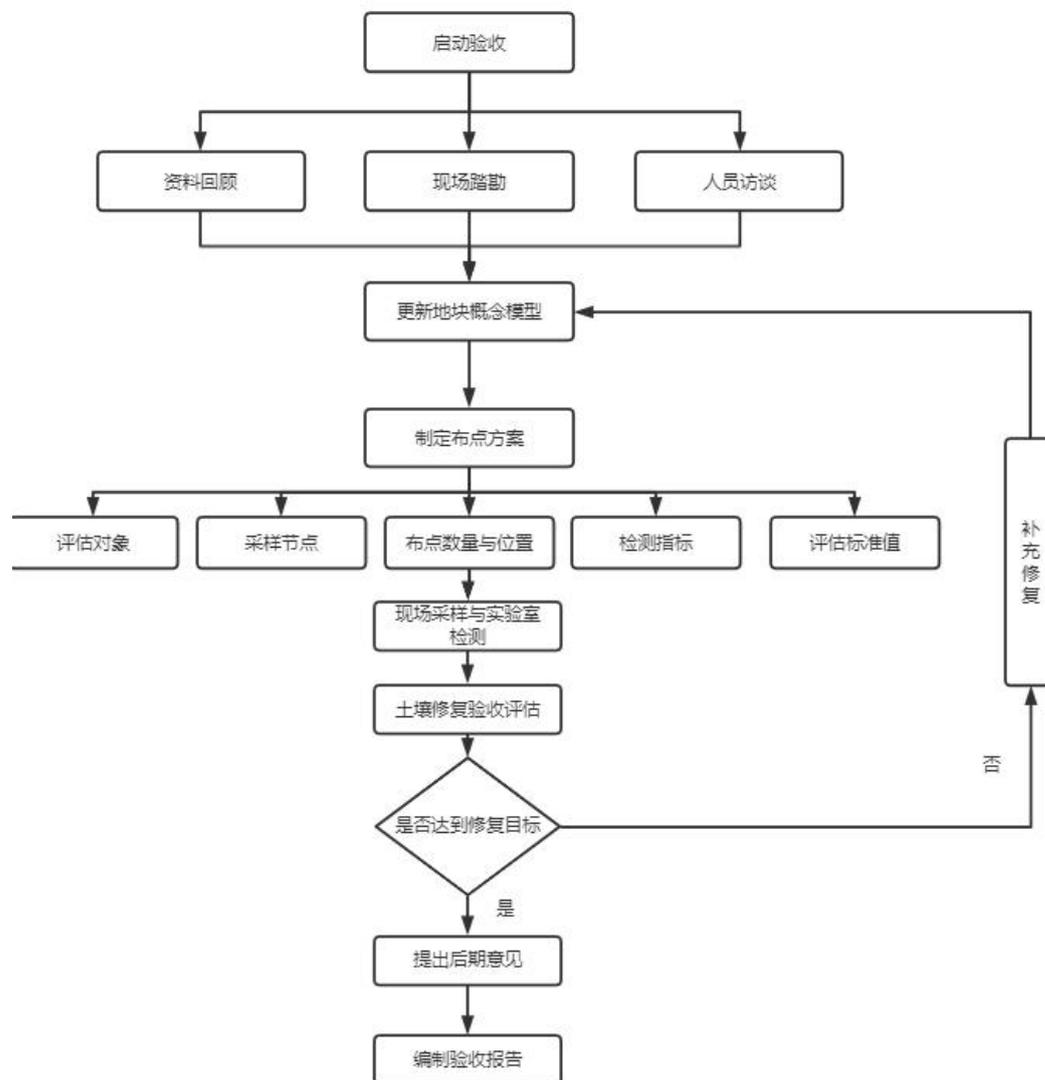


图 6.2-1 技术路线

6.3 技术要点

6.3.1 文件核查与现场勘查

(一) 进行文件审核

(1) 审核资料

在验收工作开展之前，应收集与场地土壤环境污染和治理相关的资料，并明确资料收集结果。包括但不限于以下内容：

1) 场地环境调查评价及专项方案等相关文件：经评审的报告以及有关行政文件。

2) 场地治理项目资料：治理过程的原始记录、治理实施过程的记录文件（如污染土治理记录、治理设施运行记录、环境质量和二次污染排放监测记录、治理项目施工总结报告等。）

3) 相关图件：地理位置示意图、总平面布置图、治理范围图、污染治理工艺流程图、治理过程照片和影像记录等。

（2）审核内容

对收集的资料进行整理和分析，并通过与现场负责人、治理实施人员等相关人员进行访谈，明确以下内容：

1) 根据天钢地块环境调查与风险评估报告、专项方案等文件，确定场地的目标污染物、治理目标、治理范围和治理量，作为验收依据。

2) 通过审查场地治理过程的工作记录和监测数据，核实治理方案和环保措施的落实情况。

3) 通过审查相关治理工作记录及联单，核实治理过程中产生的危险废物是否委托具有相关处理资质单位进行处置。

（二）现场勘查

现场勘查是验收工作重要的程序，主要包括核定治理范围和识别现场遗留污染痕迹两项工作。

（1）核定治理范围

根据现场施工的钉桩资料或地理坐标等，核实治理范围是否符合

本专项方案的要求。

(2) 识别现场遗留污染

对场地表层土壤裸露土壤状况、遗留物品等进行观察和判断，明确现场遗留污染识别结果。必要时可使用便携式测试仪器等如 PID 进行现场有机污染物测试，辅以目视、嗅觉等方法，识别现场污染痕迹。

6.3.2 验收对象及标准

(一) 确定验收对象

(1) 验收范围：验收范围原则上应与本专项方案治理范围一致，面积约 756.94m²，深度为 0-3m，当治理项目发生变更时，应根据实际情况对验收范围进行调整。

(2) 治理过程可能产生的二次污染区域：鉴于本项目工期紧张，作业空间有限，经协调在地块南侧道路上建设污水应急处理设施区域及危废暂存间，根据其结构设计及现场情况分析防渗效果较好。因此，若污水处理设施区域和危废暂存间拆除后，地面无破裂或渗漏的情况可忽略对其所在区域土壤及地下水的影响；若地面发生破裂或渗漏，验收指标包括天钢地块环境调查与风险评估报告修复目标污染物及二次污染的特征污染物，验收标准为污染物治理目标值。

(二) 验收项目及标准

(1) 清障区域土壤的目标污染物治理目标值为：苯并[a]芘 0.55mg/kg、苯并(b)荧蒽 5.5mg/kg、茚并(1,2,3-cd)芘 5.5mg/kg、二苯并(a,h)蒽 0.55mg/kg。

(2) 施工期间地下水抽出达标排放标准为：pH6~9、氟化物 < 20mg/L。

6.3.3 采样布点方案制定

采样布点方案应该包括采样介质、采样区域、采样点位、采样深度、采样数量、监测指标等内容。应根据目标污染物、治理目标值的不同情况在清障区域治理范围内进行分区采样；采样点的位置和深度应覆盖污染土壤治理范围及其边缘；重点关注天钢地块环境调查与风险评估报告确定的污染最重区域。

(1) 水平采样布点

清障区域面积为 756.94m²，由于清障区域最宽区域为 6m，为满足布点数量要求，水平方向采用 40*6m 的网格系统布点，在每个网格中心点采样。另外结合清障区域土壤污染分布和治理范围，在边界处增设采样点。边界处采用等距离布点方法，采样点间隔不超过 40m，满足《污染地块风险管控与土壤修复验收技术导则（试行）》（HJ 25.5-2018）中的规定。

表 6.3-1 推荐最少采样点数量

基坑面积 m ²	坑底采样点数量/个	侧壁采样点数量/个
x<100	2	4
100≤x <1000	3	5
1000≤x <1500	4	6
1500≤x <2500	5	7
2500≤x <5000	6	8
5000≤x <7500	7	9
7500≤x <12500	8	10
x >12500	网格大小不超过 40 m×40m	采样点间隔不超过 40 m

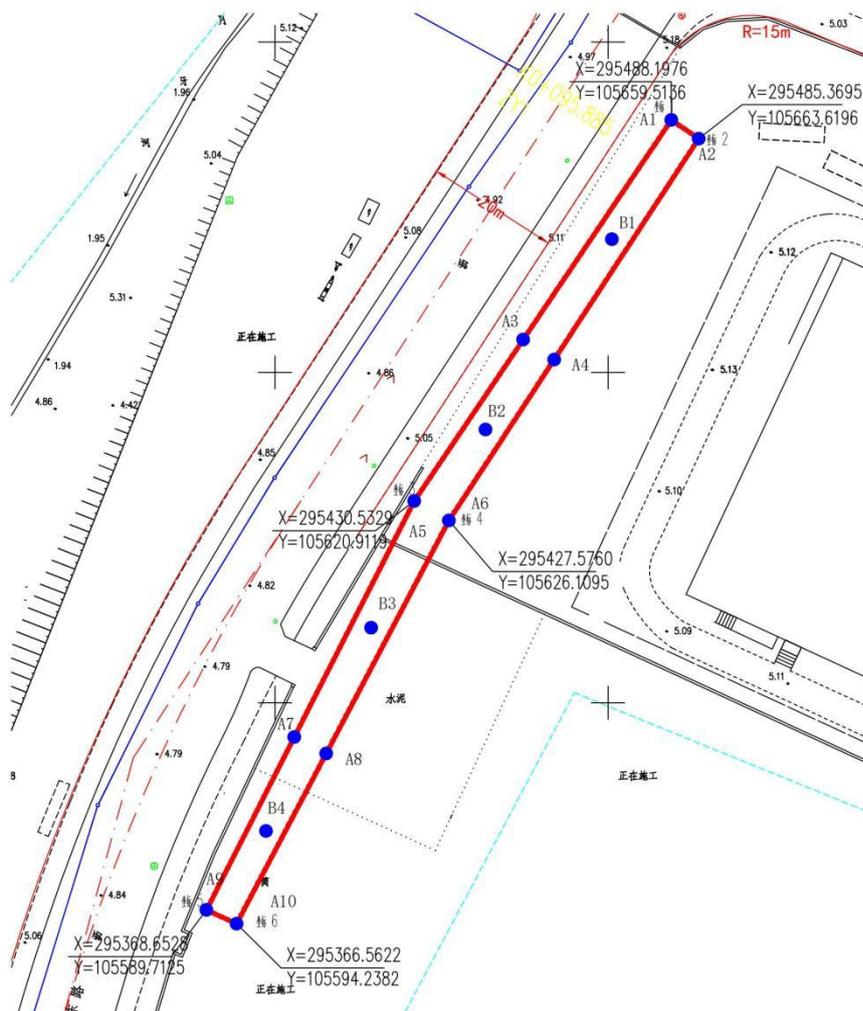


图 6.3-1 采样点位布设示意图

(2) 纵向原位采样布点

采样点位置可依据土壤异常气味和颜色，并结合土层性质与土壤污染垂向分布特征确定。

本项目治理深度 0~3m，垂向分层采样，第一层为表层土（0~0.2m），第二层为中部 1.5m，第三层为基坑底部 3m。垂直方向上采

样深度不小于天钢地块环境调查与风险评估报告确定的污染深度，以及治理可能造成污染物迁移的深度，且不大于 3m。

对照治理范围拐点调查期间标高，基本吻合，且由于清障区域土壤超标样品皆位于浅层，因此验收采样覆盖治理范围。

6.3.4 现场采样与实验室检测

土壤样品的采样方法、现场质量控制、现场质量保证、样品的保存与运输方法、样品分析方法、实验室质量控制，现场人员防护和现场污染应急处理等参见调查监测第二阶段现场采样。对于半挥发性有机物，可采集少量土壤混合样，混合样采样方法和要求按照《土壤环境监测技术规范》（HJ/T 166）、《建设用地土壤污染状况调查技术导则》（HJ 25.1）、《建设用地土壤污染风险管控和修复 监测技术导则》（HJ 25.2）的规定执行。

验收检测方法的检测限应低于治理目标值。实验室检测报告内容应包括检测条件、检测仪器、检测方法、检测结果、检测限、质量控制结果等。

1) 样品保存及运输

参考《土壤环境监测技术规范》（HJ/T166-2004），土壤样品的保存方式及寄送要求如下表所示。土样采集后，要立即对采样瓶进行编号，编号内容包括监测点位编号、采样深度和采样日期。

现场采样人员在采样过程中填写样品采样记录单。样品流转：

1) 装运前核对：采样结束后现场逐项检查，如采样记录表、样品标签等，如有缺项、漏项和错误处，应及时补齐和修正后方可装运。

2) 样品运输：样品运输过程中严防损失、混淆或沾污，并在低

温（4℃）暗处冷藏条件下尽快送至实验室分析测试。

3) 样品交接：样品送到具有相关资质的检测公司的实验室后，实验室样品管理员清点核实样品，并在样品流转单上签字确认，然后向采样人员确认。

表 6.3-2 土壤样品的保存方式及寄送要求

序号	检测类别	容器	保存	寄送
1	pH	PE 材料自封袋	4℃以下 6 个月	当天采样员寄送
2	VOCs	含 10ml 甲醇保护剂的 40ml 棕色玻璃瓶	4℃以下 7 天	当天采样员寄送
3	半挥发性有机物	250ml 棕色玻璃瓶	4℃以下 10 天	当天采样员寄送

2) 实验室检测与分析方法

送检有检测资质的具备相应资质检测机构实验室检测需符合以下要求：

本工程土壤目标污染物检测参照国标方法执行，要求土壤污染物的检出限必须低于相应的评价标准。

检测单位需至少具备以下资质：

- 1) 具有在中华人民共和国境的合法经营资质；
- 2) 具有 CMA 认证。
- 3) 具备相应实验室分析监测设备和仪器。

实验室分析质量控制，实验室从接样到出具数据的整个过程严格执行 CNAL/AC01:2003《检测和校准实验室认可准则》体系和计量认证体系要求。

实验室分析时设计实验室空白、平行样、基质加标。要求分析结

果中平行留样的相对标准偏差均在要求的范围内，实验室加标和基质加标的平行样品均在要求的相对百分偏差内。

本项目涉及的关注污染物对应检测指标依据相关标准要求，优先采用国标或行业标准分析方法，本项目各监测指标分析方法见下表。

表 6.3-3 土壤监测指标分析方法

39	苯并[a]芘	土壤和沉积物 多环芳烃的测定 气相色谱-质谱法	HJ 805
		土壤和沉积物 多环芳烃的测定 高效液相色谱法	HJ 784
		土壤和沉积物 半挥发性有机物的测定 气相色谱-质谱法	HJ 834
40	苯并[b]荧蒽	土壤和沉积物 多环芳烃的测定 气相色谱-质谱法	HJ 805
		土壤和沉积物 多环芳烃的测定 高效液相色谱法	HJ 784
		土壤和沉积物 半挥发性有机物的测定 气相色谱-质谱法	HJ 834
43	二苯并[a, h]蒽	土壤和沉积物 多环芳烃的测定 气相色谱-质谱法	HJ 805
		土壤和沉积物 多环芳烃的测定 高效液相色谱法	HJ 784
		土壤和沉积物 半挥发性有机物的测定 气相色谱-质谱法	HJ 834
44	茚并[1,2,3-cd]芘	土壤和沉积物 多环芳烃的测定 气相色谱-质谱法	HJ 805
		土壤和沉积物 多环芳烃的测定 高效液相色谱法	HJ 784
		土壤和沉积物 半挥发性有机物的测定 气相色谱-质谱法	HJ 834

6.3.5 治理效果评价

验收时，除了进行严密的采样和实验室检测之外，还需要对检测数据进行科学合理的分析，确定场地污染物是否达到验收标准，本次污染土壤治理效果标准值为土壤治理目标值，即苯并[a]芘 0.55mg/kg、苯并(b)荧蒽 5.5mg/kg、茚并(1,2,3-cd)芘 5.5mg/kg、二苯并(a,h)蒽 0.55mg/kg，以判定场地是否达到验收要求。若达不到验收要求，需要给出补充治理建议。

7 投资估算

序号	工程名称	单位	含税单价	工程量	含税合价 (元)	报价组成内容
1	拆除硬化路面结构	m ²	117.57	450.00	52906	<p>工程内容: 1.拆除硬化路面及其结构层, 并进行清理;</p> <p>2.弃运, 场外运距及弃运地点施工单位自行考虑包含在投标报价中工程内。</p> <p>(拆除沥青路面范围 75*6=450m², 结构层厚度按 60cm 考虑)</p>
2	拆除混凝土结构	m ³	395.79	111.60	44170	<p>工程内容: 1.拆除混凝土结构, 并进行清理;</p> <p>2.弃运, 场外运距及弃运地点施工单位自行考虑包含在投标报价中工程内。</p> <p>(拆除混凝土范围 62*6=372m², 厚度按 30cm 考虑)</p>

序号	工程名称	单位	含税单价	工程量	含税合价 (元)	报价组成内容
3	拆除砖砌体	m ³	320.37	50.00	16019	<p>工程内容：1.拆除砖砌体，并进行清理；</p> <p>2.弃运，场外运距及弃运地点施工单位自行考虑包含在投标报价中工程内。</p> <p>（拆除围墙长 80m，高 2.5m，墙厚 0.24m，80*2.5*0.24=48m³）</p>
4	拆除钢筋混凝土结构	m ³	912.55	5.00	4563	<p>工程内容：1.拆除钢筋混凝土结构，并进行清理；</p> <p>2.弃运，场外运距及弃运地点施工单位自行考虑包含在投标报价中工程内。</p> <p>（施工后拆除卫生间的化粪池）</p>
5	拆除素混凝土结构	m ³	696.95	5.00	3485	<p>工程内容：1.拆除素混凝土结构，并进行清理；</p> <p>2.弃运，场外运距及弃运地点施工单位自行考虑包含在投标报价中工程内。</p>

序号	工程名称	单位	含税单价	工程量	含税合价 (元)	报价组成内容
6	原位化学氧化处理	m ³	600	2270.82	1362492	确定最终土壤治理工程量 治理深度 0-3m，治理范围 756.94m ² ； 工程内容：1.工程垃圾加药清洗； 2.原位化学氧化处理； 3.土壤养护； 4.自验收检测； 5.含土壤治理的人工 费、材料费、机械费及附属设施 设备。
7	土壤清挖及场内转运	m ³	7.53	1934.22	14564.68	工程内容：1.土壤开挖； 2.土方装卸、倒运、堆 垛等； 3.场内运距及转运地 点施工单位自行考虑包含在投标 报价中工程内。
8	二次污染控制措施	项	57341	1.00	57341	工程内容：1.采取异味控制措施， 喷洒异味抑制剂； 2.处理区扬尘控制，采 用雾炮喷洒氧化剂、活化剂，防 止施工过程中造成的二次污染。

序号	工程名称	单位	含税单价	工程量	含税合价 (元)	报价组成内容
(1)	异味控制措施	项	7379.58	1.00	7380	工程内容：1.喷洒异味抑制剂； 2.采用市场询价，异味抑制剂 3.9 元/m ³ ；
(2)	处理区扬尘控制增加费	项	49961.00	1.00	49961	工程内容：1.采用雾炮喷洒氧化剂、活化剂，防止施工过程中造成的二次污染，药剂约 5 元/m ³ （市场询价）；
9	场地内暂存区及临时钢板路	项	184971.74	1.00	184971.74	工程内容：1.场地平整； 2.铺设 HDPE 防雨防渗膜，暂存区处堆土采用 HDPE 防渗膜苫盖； 3.临时路采用铺设钢板进行场地硬化； 4.场地租赁。
(1)	场地平整	m ²	5.91	1452.00	8578	工程内容：场地平整； (不含暂存区面积)

序号	工程名称	单位	含税单价	工程量	含税合价 (元)	报价组成内容
(2)	HDPE 防雨防渗膜	m ²	21.00	3208.94	67387.74	<p>工程内容: 1. 暂存区及临时道路地面铺设 HDPE 防渗膜;</p> <p>2. 暂存区处堆土采用 HDPE 防渗膜苫盖;</p> <p>3. 修复区域需要 HDPE 苫盖。</p> <p>暂存区铺设 HDPE 膜 500m², 苫盖 500m², 共计 1000m², HDPE 防渗膜 1.0mm 厚, 市场价不含税含运费 10 元/m²;</p> <p>人工+周边需要焊接加固</p>
(3)	临时钢板路	m ²	64.57	1008.00	65086	<p>工程内容: 处理区一侧铺设临时钢板路宽约 6m, 临时道路采用铺设钢板进行场地硬化, 市场询价钢板租赁费 1.4 元/m²/天(含钢板进出场费用), 租期 45 天(包括搭建临时道路、建设暂存区、三通一平等准备工作、污染土治理 1 个月、及治理后的撤场时间, 共计 45d)。</p>

序号	工程名称	单位	含税单价	工程量	含税合价 (元)	报价组成内容
(4)	场地租赁	项	43920.00	1.00	43920	工程内容：租期 45 天，租赁面积为场地暂存区 500m ² +临时钢板路 1008m ² +处理区一侧 3m 宽路面铺膜 444m ² ，共计 1952m ² ，此处不含氧化处理区面积，施工现场占用天津市海河建设发展投资有限公司的天钢地块。
10	水质监测费	项	15000.00	5	75000	工程内容：包括排水检测，检测内容为《污水综合排放标准》（DB12/356-2018）71 项基本项。
11	储水袋	个	50000	2	100000	50m ³ 储水袋，用于储存开挖期间地下水。
12	方案编制费	项	228400.00	1.00	228400	工程内容：包括现场踏勘、必要的试验、检测、方案设计、图表绘制、数据分析、文本编制、专家咨询费以及其它可能产生的所有费用。
(1)	“方案编制服务人员成本”	项	210000.00	1.00	210000.00	验收报告编制阶段按 7 人每人工作 1 个半月考虑， (人员成本 2 万/月)

序号	工程名称	单位	含税单价	工程量	含税合价 (元)	报价组成内容
(2)	文印费	套	50.00	16.00	800.00	方案约 90 页，A4 纸打印一页暂按 0.5 元计，封装按一套 5 元计
(3)	会议费	次	2000.00	1.00	2000.00	污染土治理施工方案组织评审会
(4)	专家咨询费	人	2000.00	5.00	10000.00	暂按 5 人考虑
(5)	交通差旅费	人·天	200.00	28.00	5600.00	按每人每月外出 4 天考虑，工作 1 个月，共 7 人
13	其他费用	项	56564	1.00	56564	工程内容：包括但不限于安全文明施工，冬雨季施工，竣工验收存档资料编制（是按城建档案管理规定，在竣工验收后，应提交的档案资料所发生的编制费用），大型机械设备进出场及安拆等措施项目费用，以及其它可能产生的所有费用。
14	暂列金额	项			80000	以工程量清单列项第 1-12 项合计金额的 5%考虑并取整。

序号	工程名称	单位	含税单价	工程量	含税合价 (元)	报价组成内容
	合计				2280476.42	

8 结论

8.1 结论

1) 鉴于地铁 10 号线建设工期紧迫性, 针对天钢地块的污染特征及分布情况, 结合项目实施内容, 制定了本污染防治专项方案, 充分考虑清障区污染土壤治理工作, 项目实施共治理土壤约 2270.82m³, 进行原位化学氧化治理, 达到第一类建设用地土壤环境质量要求。

2) 通过 HDPE 膜苫盖及药剂缓解, 降低扬尘及挥发性有机物对大气环境的影响; 施工降水满足去向要求; 合理安排机械设备施工, 尽量避免夜间施工, 加强人为噪声管理。

3) 为支撑天钢地块后续验收工作, 本项目实施过程中留存并交接全部相关资料, 如施工日志、污染防治措施落实情况、外运土壤环境质量检测报告、施工影像资料等施工总结文件。

综上, 按照本方案实施, 能够确保施工过程中的环境安全, 且不影响天钢地块后续管控修复及安全利用。

8.2 建议

1) 考虑盾构区域综合管廊的运行维护及安全要求, 依据《天津市电力设施保护条例》, 在其安全控制区内的污染土壤进行修复时, 应结合本工程相关内容制定修复方案, 统筹实施。

2) 为确保天钢地块实现统筹修复, 本方案须征得天钢地块土地所有权人及相关生态环境主管部门的同意后实施。

3) 如涉及外来填土, 土壤环境质量应满足《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB36600-2018)中第一类用地筛选值。