梭鱼湾体育场周边基础设施建设工程 -电力隧道工程-港北 66kV 变电站项目 污染地块修复治理技术方案 (公示稿)

编制单位: 大连理工加华环境科技有限公司

委托单位: 大连市市政公用事业服务中心

编制时间: ______2022 年 7 月

1 总论

1.1 任务由来

梭鱼湾商务区位于大连市中心城区北部(原大钢大化厂区),行政隶属于甘井子区,东至规划城市快速路,西至东北路,南至海岸线,北至东方路,与东港商务区隔海相望,规划总用地面积 674 公顷。梭鱼湾商务区集文化、商贸、旅游、休闲、居住等功能为一体,形成城市现代文化中心,与对岸经济中心功能互补,共同提升城市功能,打造梭鱼湾南北两岸经济文化共融的"一湾两岸"滨海城市格局。梭鱼湾商务区基础设施于 2009 年开工建设,目前已完成区域内大部分道路、管网、渠道、管廊等市政配套工程的建设。

为满足梭鱼湾足球场建设需求,完善商务区市政基础设施,提升商务区整体环境品质,需要同步实施梭鱼湾体育场周边基础设施建设工程,特启动本项目。

梭鱼湾体育场周边基础设施建设工程-电力隧道工程,主要建设内容包括三部分,分别为港北 66kV 变电站(面积 3436m²)、3号路双仓电力隧道(长度 160m)以及8号路单仓电力隧道(长度 530m),总占地面积约为6486m²。本项目为港北66kV 变电站污染地块修复治理项目。

2017年10月轻工业环境保护研究所(地块调查单位)接受大连市城市建设投资集团有限公司委托,对原大化集团所处地块部分区域(实际调查面积251.47万m²)进行较为全面的地块调查工作,分初步和详细两个调查阶段,共布设976个土壤采样点位,地下水监测点90个,土工采样点24个,固废浸出样品采样点29个,海洋沉积物采样点8个。2018年6月编制完成《大化集团搬迁及周边改造项目污染场地调查及风险评估报告》,并通过专家评审后备案。地块调查和风险评估结果表明,地块土壤和地下水中存在一定程度的重金属和有机物污染,需开展进一步的修复治理工作。

2018年11月,中国电建集团北京勘测设计研究院有限公司接受大连市土地储备中心委托,编制完成《大化集团搬迁及周边改造项目污染场地修复治理项目技术方案》,并通过专家评审后备案。修复治理技术方案给出的结论和建议包括:确定大化地块污染土壤修复采用"常温解吸+土壤淋洗+稳定化+化学氧化+原位阻隔"的多技术联合的处置方式;基坑开挖以下污染土壤采用原位阻隔的方式;碱渣及其混合物和粉煤灰等废渣采用异位填埋方式;建议不对本地块地下水开展修复治理,需进行相应的制度控制措施,严格限制地下水用途,另外需对地块地下水开展长期监测,以判断地块地下水水质变化情况,如发现异常,及时采取有针对的措施,同时在土壤修复过程中,对基坑废水需开展相应的治理工作,达标后排放;地块的修复实施方案应

与地块后期的建设方案和施工计划紧密结合,如有变化,应及时调整。

由于原《大化集团搬迁及周边改造项目污染场地调查及风险评估报告》基于全场区一类用地规划下进行,且砷的修复目标值定为 80mg/kg,均高于《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB36600-2018)的第一类用地 20mg/kg 筛选值和第二类用地 60mg/kg 筛选值。

2022 年 4 月,大连市自然资源局委托中国科学院沈阳应用生态研究所对大化搬迁地块中的西南部地块进行风险评估,编制完成《大化集团搬迁及周边改造项目西南部地块风险评估报告》,并通过专家评审后备案。本项目梭鱼湾体育场周边基础设施建设工程-电力隧道工程-港北66kV变电站项目位于西南部地块中的 A 地块范围之内,如下图所示。

为指导污染土壤的修复工作,消除污染隐患,确保人体健康,进一步推动地块的再开发利用进程,大连市市政公用事业服务中心委托大连理工加华环境科技有限公司编制《**梭鱼湾体育场周边基础设施建设工程-电力隧道工程-港北 66kV 变电站项目污染地块修复治理技术方案**》,即依据《大化集团搬迁及周边改造项目西南部地块风险评估报告》、《大化集团搬迁及周边改造项目污染场地修复治理项目技术方案》等文件中确定的修复目标值、修复范围、修复方量及修复方法,编制本项目范围内的污染地块修复技术方案,以指导该区域后续修复工程实施工作的开展。

1.2 编制目的

为避免用地范围内残留的污染物可能对未来地块内及周边活动人员身体健康造成影响,针对污染物进行后续的治理工作,展开本次修复技术方案编制工作。主要目的为:

- (1)提出切实可行的地块修复技术方案,确定不同类型污染土壤的修复技术,为地块治理修复提供依据;
- (2) 使该地块暴露人群的健康风险在可接受的水平,满足后期规划用地要求,恢复地块使用功能;
 - (3) 使污染土壤得到有效治理或处置, 防止污染扩散;
- (4)结合目前资料汇总和现场调查的结果,根据未来地块开发用途,给出合理的修复建议。

1.3 编制依据

1.3.1 相关法律法规

- (1)《中华人民共和国环境保护法》(2014年4月24日第十二届全国人民代表大会常务委员会第八次会议修订,2015年1月1日起施行);
- (2)《中华人民共和国水污染防治法》(十二届全国人大常委会第二十八次会议修订,2018年1月1日起施行);
- (3)《中华人民共和国土壤污染防治法》(2018年8月31日第十三届全国人民代表大会常务委员会第五次会议通过,2019年1月1日起施行);
- (4)《中华人民共和国土地管理法》(2019 年 8 月 26 日修正,自 2020 年 1 月 1 日起施行);
 - (5)《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》(2020年4月29日修订);
 - (6)《中华人民共和国噪声污染防治法》(2021年12月24日修订);
 - (7)《中华人民共和国大气污染防治法》(2018年10月26日修订并实施);
 - (8) 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;
- (9) 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;
- (10)《污染地块土壤环境管理办法(试行)》(环境保护部令第 42 号, 2017 年 7 月 1 日 起施行);
- (11)《工矿用地土壤环境管理办法(试行)》(生态环境部令第3号,2018年8月1日起施行);
 - (12)《辽宁省建设用地土壤污染风险管控和修复管理办法(试行)》(辽环发[2019]21号)
- (13)关于印发《大连市建设用地土壤污染风险管控和修复管理实施细则》(大环发[2020]45号)。

1.3.2 相关标准规范

- (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)《工业企业场地环境调查评估与修复工作指南(试行)》(环境保护部公告,2014年第78号,2014年11月30日);

梭鱼湾体育场周边基础设施建设工程-电力隧道工程-港北 66kV 变电站项目污染地块修复治理技术方案

- (5)《建设用地土壤修复技术导则》(HJ25.4-2019);
- (6)《建设用地土壤环境调查评估技术指南》(环境保护部公告2017年第72号);
- (7)《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》(GB18599-2020);
- (8)《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);
- (9)《危险废物鉴别标准浸出毒性鉴别》(GB5085.3-2007);
- (10)《土壤环境监测技术规范》(HJ/T166-2004);
- (11)《地下水环境监测技术规范》(HJ164-2020);
- (12)《环境影响评价技术导则地下水环境》(HJ610-2016);
- (13)《建设用地土壤污染风险管控和修复术语》(HJ682-2019);
- (14)《地下水质量标准》(GBT14848-2017);
- (15)《水泥窑协同处置固体废物环境保护技术规范》(HJ662-2013):
- (16)《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011):
- (17)《辽宁省地方标准污水综合排放标准》(DB21/1627-2008);
- (18)《污水综合排放标准》(GB8978-1996);
- (19)《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996);
- (20)《2020年国家先进污染防治技术目录(固体废物和土壤污染防治领域)》;
- (21) 《污染场地修复技术目录(第一批)》(环境部 2014年75号);
- (22) 《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB36600-2018);
- (23) 《危险废物鉴别技术规范》(HJ298-2019);
- (24)《国家危险废物名录(2021年版)》(部令第15号,自2021年1月1日起施行);
- (25)《大连地区建设用地土壤砷筛选值和大化集团搬迁及周边改造区域污染地块土壤砷管控措施指导意见》(大连市自然资源事务服务中心,2021年5月)。

1.3.3 其他相关资料

- (1)《大化集团搬迁及周边改造项目西南部地块风险评估报告》及其附件(2022.04);
- (2)《大化集团搬迁及周边改造项目污染场地修复治理项目技术方案》及其附件(2019.07);
- (3) 设计单位提供的地块红线、现状标高、设计标高等;
- (4) 委托单位与大连理工加华环境科技有限公司签订的技术合同:
- (5) 业主提供的其他相关资料。

1.4 编制原则

1.4.1 科学性原则

采用科学的方法,综合考虑地块修复目标、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,制定修复方案。

1.4.2 经济性原则

在满足安全、可行、省时的原则下,所制定土壤修复成本应尽可能合理。因此,应尽可能 选择修复成本相对较低的技术,同时,尽可能原地修复,尽量避免污染土壤的长距离运输、存 储和二次处置成本。但是,成本估算过程中,也应充分考虑地块水文地质、污染物分布的不均 一性以及污染调查阶段遗留的不确定性等因素,充分估算相应方案的实施成本。

1.4.3 时效性原则

为确保土地后续使用不受影响,其能够接受的修复时间往往较短。因此,在满足安全、技术可行原则的前提下,所制定的方案应确保污染土壤在较短的时间内得到有效的修复并通过环保局的验收,使得地块的再开发工作尽早得以开展。因此,选择高效的修复技术,有机协调修复工序与开发建设工序,最大限度的缩短修复时间。

1.4.4 可行性原则

所选择的修复技术应该成熟可靠,应在类似污染地块修复中得到成功应用,以保证对策实施后应能够使得污染物浓度达到修复目标值的要求,符合国内环境质量各类标准,达到环境保护局的验收要求。

1.4.5 安全性原则

土壤修复方案必须保证其实施过程中现场技术人员、施工人员等的身体健康及人身安全不 受影响。对策实施过程中应尽量减少对地块的扰动,避免地块土壤和地下水中污染物迁移、扩 散,避免地下水与土壤转移、贮存、处置过程中二次污染的发生。土壤修复方案编制过程中应 对可能产生的远期环境隐患进行安全预测和提供防治措施。

1.5 编制内容

本方案结合地块污染土壤的实际情况以及地块调查和风险评估结果,以"消除污染、确保 安全与健康"为出发点,遵循"安全性、规范性、先进性、彻底性"的总体原则,根据地块的实际 情况因地制宜选择最优的技术路线,使修复目标可达,修复工程切实可行。

本方案主要包括以下几点内容:

- (1)确定地块修复模式:根据地块污染情况和潜在环境风险,提出修复思路,确定地块修复范围和修复目标。
- (2) 修复技术筛选:根据地块修复范围和修复目标,对修复的可行性进行评估,筛选出最优的地块修复技术。
 - (3)方案设计和比选:提出备选方案的技术路线和主要工艺参数,并比较提出优选方案。
- (4) 环境管理计划:主要包括了修复过程中的人员防护措施、二次污染防范、验收监测方案以及应急预案等管理措施,确保工程安全顺利竣工。

1.6 编制范围

1.6.1 工作区域

本项目修复范围总面积为 3436m²。

1.6.2 工作内容

依据《大化集团搬迁及周边改造项目西南部地块风险评估报告》(2022.04)中确定的污染范围和污染程度,通过叠图确定本项目的污染范围和污染土方量。

参考《大化集团搬迁及周边改造项目污染场地修复治理项目技术方案》(2019.07),按照本项目具体设计方案,开展修复策略选择、修复方案比选等工作,确定最佳修复技术方案。

2 地块问题识别

2.1 所在区域概况

2.1.1 地块位置

项目地块位于原大连化工集团有限公司厂区西北侧、东北快速路东侧,地块地理位置见下图。



图 2-1 地块地理位置图 (1:75000)

2.1.2 地形地貌

大连市区位于辽东半岛南端,滨临黄海、毗连陆地。大连为千山脉南延的丘陵区,由于长期受地质构造、风化剥蚀及水流侵蚀堆积等内外营力的作用形成了不同地貌单元,地形复杂多变。区内主要有丘陵、山前准平原、山间谷地、河谷及海岸等地貌单元。丘陵分布于市区的南部及北部地区,主要受构造剥蚀作用形成。山前准平原分布于市区中部开阔地带,系城建重点分布区,主要受剥蚀堆积及侵蚀堆积作用形成。山间谷地分布于市区的西部周水子机场一带,南北界于丘陵山地之间,受山前断裂控制,由侵蚀及堆积作用形成河谷,区内有马栏河及凌水河,分布于市区的西部及西南部,由侵蚀堆积作用形成。海岸(本项目地块属于此类),大连海岸属侵蚀港湾基岩岸,建有良好的深水不冻港和码头。由于建港等需要,后期人工填海分布范围较大。

大化集团原厂区位于大连湾北侧海岸线,所在区域属于海积阶地和人工海岸带地貌,地块南侧靠海区域的填海材料主要是白色碱渣、硫铁矿渣、热电厂灰烬及建筑垃圾等。

本项目地块地貌类型为构造剥蚀丘陵,拟建建筑地块经过人工整平而成,地势平坦,地面标高最大值 5.05m,最小值 4.40m,相对高差 0.65m。

2.1.3 气象气候

本项目地块所在区域处于北半球中纬度地带,一年中承受太阳辐射变化较大。大气环流以西风带和副热带为主。夏季偏南风,冬季偏北风,并受黄海、渤海影响,属于暖湿带湿润半湿润大陆性季风气候,并且具有明显的海洋性气候特征。气候特点:四季分明,气候温和,夏无酷暑,冬无严寒,降水集中,季风明显。大连市地处北半球中纬度地带(北纬38°左右),属于温带大陆性季风气候。由于三面环海,因此又具有明显的海洋性气候特点。

2.1.3.1 气象概况

项目采用的是大连气象站(54662)资料,气象站位于辽宁省大连市,地理坐标为东经 121.64 度,北纬 38.91 度,海拔高度 91.5 米。气象站始建于 1951 年,1951 年正式进行气象观测。以下资料根据 1999-2018 年气象数据统计分析。

	统计项目	*统计值	极值出现时间	**极值
1	8年平均气温(℃)	11.6		
累生	F极端最高气温(℃)	33.6	2015-07-14	36.6
累年	F极端最低气温(℃)	-13.9	2016-01-23	-18.8
多	5年平均气压(hPa)	1005.6		
多:	年平均水汽压(hPa)	11.2		
多	5年平均相对湿度(%)	63.8		
3	另年平均降雨量(mm)	581.3	2011-06-26	156.7
	多年平均沙暴日数(d)	0.0		
灾害天气统	多年平均雷暴日数(d)	13.8		
计	多年平均冰雹日数(d)	0.3		
	多年平均大风日数(d)	13.0		
多年实测	极大风速(m/s)、相应风向	23.3	2013-03-09	30.4NNE
多	5年平均风速(m/s)	3.3		
多年	主导风向、风向频率(%)	N14.8%		

表 2-1 大连气象站常规气象项目统计(1999-2018)

2.1.3.2 气象站风观测数据统计

1)月平均风速

大连气象站月平均风速如下表,3月平均风速最大(3.8米/秒),8月风最小(2.7米/秒)。

		1	Ī	Ī	1	Ī	Ī	Ī	Ī	Ī	Ī	
月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
平均风速	3.5	3.6	3.8	3.8	3.4	3.0	2.9	2.7	2.8	3.3	3.6	3.6

表 2-2 大连气象站月平均风速统计(单位 m/s)

2)风向特征

近 20 年资料分析的风向玫瑰图如图 2-2 所示,大连气象站主要风向为 N 和 S、SSW、NNW,占 48.6%,其中以 N 为主风向,占到全年 14.8%左右。

风向	N	NNE	NE	ENE	Е	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	С
频率	14.8	7.3	4.1	3.6	2.4	2.6	4.1	6.1	12.4	12.1	7.5	3.0	2.7	2.0	4.8	9.3	1.3

表 2-3 大连气象站年风向频率统计(单位%)

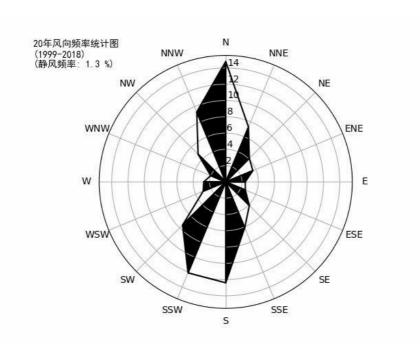


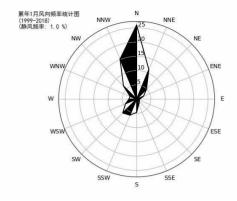
图 2-2 大连风向玫瑰图 (静风频率 1.3%)

各月风向频率如下:

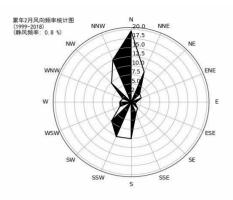
梭鱼湾体育场周边基础设施建设工程-电力隧道工程-港北 66kV 变电站项目污染地块修复治理技术方案

表 2-4 大连气象站月风向频率统计(单位%)

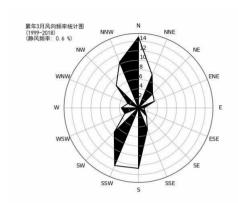
风向 频率 月份	N	NNE	NE	ENE	Е	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	wsw	W	WNW	NW	NNW	С
1	26	11.2	4.9	2.6	1.1	1	1.4	2	4.7	6.1	6.9	4.2	2.7	2.5	6.5	15.2	1
2	19.6	9	3.2	2.9	1.4	1.2	2.4	3.4	10	10	7.3	3.2	3	2.4	7.3	12.6	0.8
3	14.9	7.5	4.2	3.6	1.2	1.4	2.4	4.9	12	13	7.2	3.1	3.6	2.4	6.6	10.4	0.6
4	11.4	6.1	4.8	3.8	2	2.6	4.5	6.3	14	15	6.2	2.9	2.9	2.6	4.9	9.2	0.5
5	7.7	3.8	4.3	3.5	3.6	3.1	5.9	8.6	15	15	7.5	2.8	2.8	2	4.1	8.6	0.9
6	4.3	3.2	4	5.5	4.2	5.2	8.3	12	19	13	5	1.5	1.7	1.2	3.3	5.4	1.4
7	5.4	3.6	3.6	4.8	4.5	5.3	9.1	12	20	14	4.9	1.1	1.3	1	2.9	4.5	1.4
8	10	5	5.2	4.6	4.3	4.4	5.8	9.4	14	13	5.7	1.7	1.4	1.4	3.8	7.8	2
9	14.2	7.1	4.4	4.6	2.8	1.8	3.8	5.9	14	13	6.5	2.3	2.7	2.5	4.4	7.7	2.1
10	18.7	8.5	2.6	2.1	1.3	1.7	2.4	4.1	11	14	12	3.3	2.8	2.4	3.1	7.6	1.2
11	21.5	9.8	3.2	2.7	1.2	1.9	1.8	2.5	7.3	10	11.4	4.9	3.4	1.8	4.3	10.3	1.2
12	23.8	12.4	4.4	3	1.2	0.8	1.3	1.4	4.2	6.1	9.7	5.2	3.9	1.8	6.5	12.4	1.8



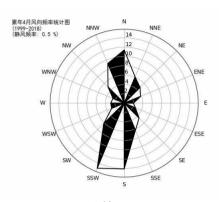
1月静风 1.0%



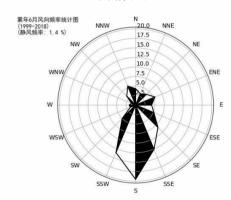
2月静风 0.8%



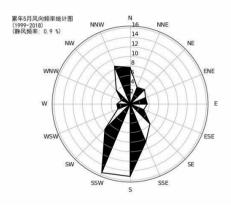
3月静风 0.6%



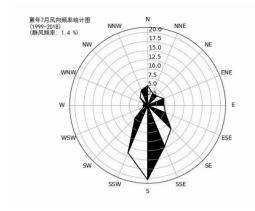
4月静风 0.5%



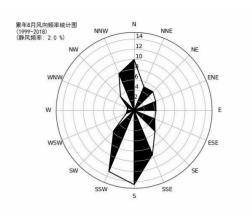
5月静风 0.9%



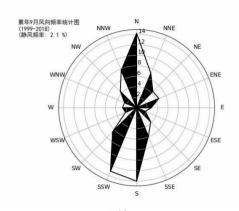
6月静风 1.4%



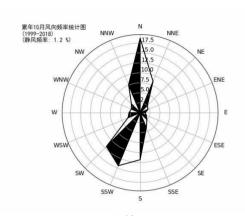
7月静风 1.4%



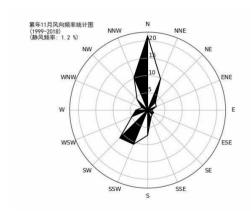
8月静风 2.0%



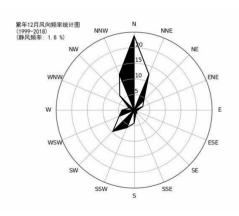
9月静风 2.1%



10 月静风 1.2%



11月静风 1.2%



12月静风 1.8%

图 2-3 大连月风向玫瑰图

3)风速年际变化特征与周期分析

根据近 20 年资料分析,大连气象站风速呈现下降趋势,每年下降 0.08%,1999 年年平均风速最大(4.5 米/秒),2007 年年平均风速最小(2.8 米/秒),无明显周期。

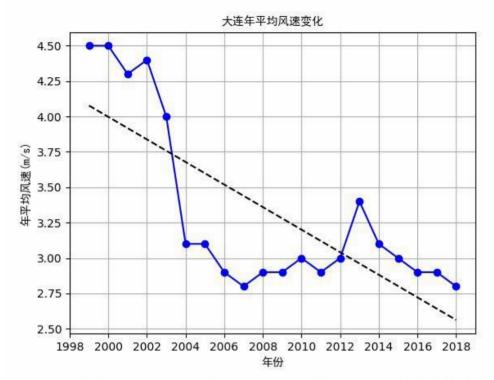


图 2-4 大连 (1999-2018) 年平均风速 (单位: m/s, 虚线为趋势线)

2.1.3.3 气象站温度分析

1)月平均气温与极端气温

大连气象站 08 月气温最高(24.7°),01 月气温最低(-3.6°),近 20 年极端最高气温出现在 2015-07-14(36.6°),近 20 年极端最低气温出现在 2016-01-23(-18.8°)。

2)温度年际变化趋势与周期分析

大连气象站近 20 年气温无明显变化趋势,2017 年年平均气温最高(12.4 $^{\circ}$),2010 年年平均气温最低(10.3 $^{\circ}$),无明显周期。

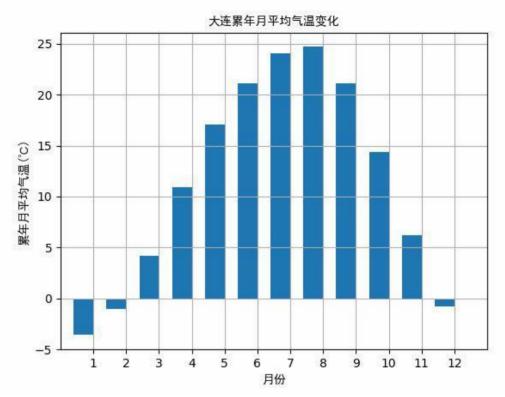


图 2-5 大连月平均气温(单位: ℃)

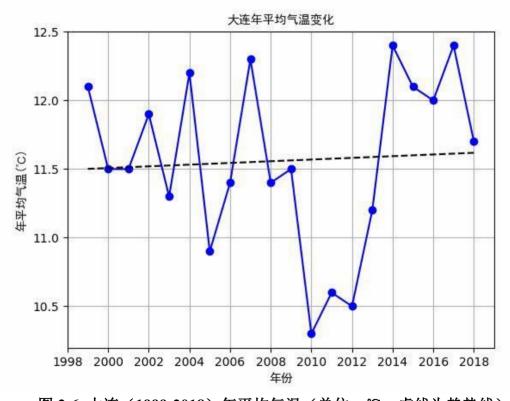


图 2-6 大连 (1999-2018) 年平均气温 (单位: ℃, 虚线为趋势线)

2.1.3.4 气象站降水分析

1)月平均降水与极端降水

大连气象站 08 月降水量最大 (139.9 毫米), 01 月降水量最小 (5.9 毫米), 近 20 年极端最大日降水出现在 2011-06-26 (156.7 毫米)。

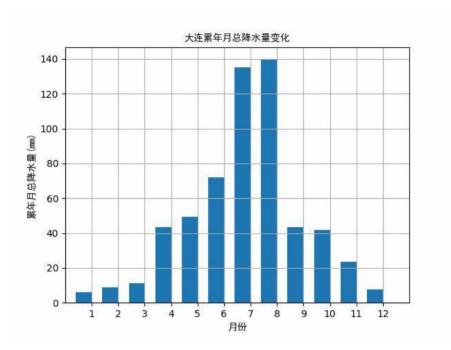


图 2-7 大连月平均降水量(单位:毫米)

2)降水年际变化趋势与周期分析

大连气象站近 20 年年降水总量无明显变化趋势, 2011 年年总降水量最大 (902.6 毫米), 1999 年年总降水量最小 (258.2 毫米), 周期为 2-3 年。

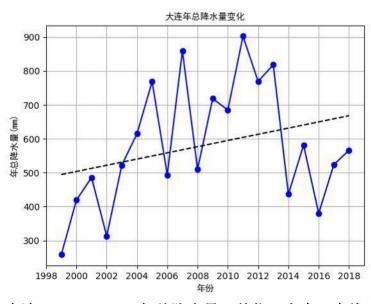


图 2-8 大连 (1999-2018) 年总降水量 (单位:毫米,虚线为趋势线)

2.1.4 地层结构及岩性特征

地层结构及岩性特征参考《港北 66kv 变电站新建工程岩土工程勘察报告》,在钻孔揭露深度范围内,地层结构自上而下分为如下:

- 1)杂填土(Q4ml): 黄褐色,黑褐色,松散~稍密,主要由中风化石灰岩、板岩碎块石(建筑垃圾)及粘性土组成,碎块石粒径100~500mm,次棱角状,含量约为70%。该层在本地块普遍分布,分布厚度:8.00~8.50m,层底标高:-3.00~-2.70m。
- 2) 淤泥质粉质黏土(Q4m): 黑褐色,湿~饱和,流塑~软塑状态,刀切面稍有光泽,韧性、干强度较低,有轻微摇震反应,含有贝壳,具腥臭味。该层在本地块普遍分布,分布厚度: 1.00~1.50m,层底标高: -4.50~-4.00m。
- 3) 卵石(Q4apl): 黑褐色,稍密,成分主要为强~中风化石英岩、石灰岩,粒径 2~50mm,次棱角状,含量约占 50%,空隙间由中粗砂充填。该层在本地块普遍分布,分布厚度: 2.00~3.50m,层底标高: -7.80~-6.00m。
- 4)中风化石灰岩 (Zc): 深灰色,隐晶质结构,中厚层状构造,节理裂隙较发育,有网状方解石细脉分布。岩芯呈块状及短柱状,较破碎,属较软岩,岩体基本质量等级为IV级。该层在本地块普遍分布,该层未穿透,钻孔揭露厚度: 4.50~6.00m,层顶标高: -7.80~-6.00m。

2.1.5 水文地质条件

(1)地下水

补充监测采样期间,在钻孔揭露深度范围内均见有地下水,水位埋深 2.7~4.1m,水位标高为 1.94~2.28m,为地下潜水,含水层为第四系冲洪积卵石层,水量较为丰富,受海水、大气降水补给,并随季节而变化,主要以蒸发和地下径流的方式排泄。依据《岩土工程勘察规范》(GB50021—2001)中'水和土的腐蚀性评价标准',建筑物地块内的地下水对混凝土结构、钢筋混凝土结构中的钢筋均有弱腐蚀性。

(2)洪水

本场区无洪水记录。

(3)地下水的补给与排泄

本项目区内地下水补给来源较复杂,大化原厂区地下水主要接受大气降水、地块西南侧的 周水子河和海水侧向入渗补给。经过短距离的地下径流,最终流向大连海港。本区地下水排泄 方式主要为向海排泄以及人工抽取地下水,地下潜水埋藏较浅地段,有蒸发排泄。

本项目在初勘期间所有钻孔在勘察范围内未见有地下水,但地下水往往呈带状、沿构造裂

隙分布,同时根据相邻地块建筑经验,中风化岩石渗透系数较小,岩石裂隙水存有滞后性。

(4)潮汐及水位

①潮位基准面

本项目所在梭鱼湾潮位基准面采用大连筑港零点为起算面,大连筑港零点与其它基准面的 关系如下图。

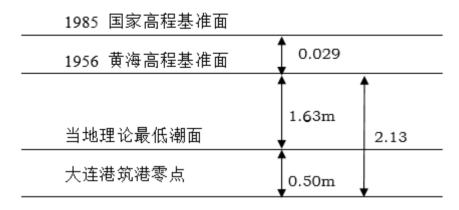


图 2-9 基准面换算关系

②潮位特征值

本区域的潮汐属正规的半日潮,大连港大港区多年验潮资料统计分析可得到潮位特征值如下:

多年最高潮位: 5.0m (1939年8月31日);

多年最低潮位: -0.66m (1970年12月13日):

多年最高潮位平均值: 4.35m;

多年最低潮位平均值: -0.26m:

多年平均潮差: 2.08m:

多年最大潮差: 3.93m;

多年最小潮差: 0.89m;

平均海平面: 2.15m;

涨潮历时: 6h04min;

落潮历时: 6h46min。

通过换算可知本项目所在梭鱼湾南岸区域,多年最高潮位 1985 国家高程为 2.841m (5.0m-0.029m-2.13m)。

2.2 地块基本信息

2.2.1 使用历史

本项目位于原大连化工厂油漆厂范围内。

结合 2000 年以来的 Google Earth 卫星图,将地块在近十几年时间内发生的主要变化罗列如下表。

2.2.2 地块现状

本项目港北变位于 M12 地块内, 现状为荒地, 有少量植被。

2.2.3 地块未来规划

本项目修复完成后未来规划为港北 66kv 变电站。

2.3 地块环境特征

本地块周边分布以居民住宅、大连市营商环境建设局和空地为主。

2.4 地块污染特征

2.4.1 土壤污染情况

根据《大化集团搬迁及周边改造项目西南部地块风险评估报告》,本项目位于 A 地块,占地面积约 6 万 m^2 ,土壤点位数量为 24 个、样品数量为 111 个。

通过叠图可知,本项目修复范围内仅有一个土壤监测点(AS023),A地块范围内点位情况及监测结果如下表所示。根据风险评估报告可知,本项目修复范围内污染类型包括重金属、SVOCs和重金属+SVOCs污染,本次方案将A地块所有重金属类和SVOCs类污染物作为特征污染因子如下表所示。

本项目地块范围内超标污染物包括3类,合计9种污染物:

无机指标 1 项: 硫化物:

重金属 3 项: 铬、铅、砷:

SVOCs5 项: 苯并(a) 蒽、苯并(b) 荧蒽、苯并[a] 芘、茚并(1,2,3-cd) 芘、二苯并(a,h) 蒽。

从污染范围来看,重金属砷的超标率最高,达到了 32.43%; 其次为苯并[a]芘,超标率为 13.51%。

从污染程度来看,重金属砷超标倍数最大,为 42.5 倍;其次为苯并[a]芘,最大超标倍数

为 20.5 倍。

2.4.2 地下水污染情况

根据 2017 年《大化集团搬迁及周边改造项目污染场地调查及风险评估报告》,本项目地块周边地下水监测井合计 4 口,分别为 MW01、MW02、MW03 和 MW04。地块地下水中共 3 种物质存在不同程度的超标,分别为 pH、氨氮以及重金属砷。

大化地块地下水水位由北向南水位逐渐降低,由西向东逐渐降低。地下水汇聚于地块中部 区域。整个地块地下水最终流向海洋。大流量的淡水地下水由远处,经由基岩节理裂隙发育良好的石灰岩层汇入地块。地块西侧的河沟水在受到海水水位影响的情况下,间接影响了地块西侧的局部地下水动态,地块东侧填土层较少,基岩层较高,少量地下水补充。地块南侧小部分区域由海水占据主导影响地位。

2.5 地块污染风险

本项目地块污染风险评价内容主要引用《大化集团搬迁及周边改造项目西南部地块风险评估报告》相关结论。

2.5.1 土壤污染风险

2.5.1.1 暴露情景假设

根据未来规划可知,本项目属于二类建设用地,因此按照《建设用地土壤污染风险评估技术导则》(HJ25.3-2019)规定,应用二类用地情景进行风险评估。受体主要为成人。暴露情景如下表所示。

结合场地规划、污染物分布深度及土质的分布情况,地块未来可能的利用过程涉及四种情景: (1) 2.5 m 以上土壤的清挖或直接利用; (2) 0~2.5 m 土壤清挖后, 2.5 m 以下土壤直接进行施工; (3) 0~2.5 m 土壤清挖后, 2.5 m 以下阻隔管控后施工; (4) 地表直接进行水平阻隔后利用。基于这四种利用情景进行风险评估。

情景一:表土直接利用或 0~2.5 m 基坑清挖时,表层(0~2.5 m)可能存在直接暴露于人体的风险,因此地块风险评估时考虑经口摄入土壤、皮肤接触土壤、吸入土壤颗粒物、吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物 4 种途径;下层(2.5~20 m)可能存在吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物、吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染物 2 种途径;共 6 种潜在暴露途径。

情景二: 0~2.5m 基坑清挖后, 未经阻隔, 则新表层(2.5~6 m) 可能存在直接暴露于人体

的风险,因此地块风险评估时考虑经口摄入土壤、皮肤接触土壤、吸入土壤颗粒物、吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物 4 种途径;下层(6~20 m)可能存在吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物、吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染物 2 种途径;共 6 种潜在暴露途径。

情景三:基坑清挖后,经过水平阻隔(阻隔层渗透系数 10⁻⁷ cm/s),则 2.5~20m 土壤仅可能存在吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物、吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染物 2 种途径。

情景四:对于不继续开发的绿化用地地块,经过水平阻隔,则表层为清洁土,下层 0~20 m 土壤可能存在吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物和吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染物 2 种途径,其中一类用地中的绿化用地因无建筑物,不考虑吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染物这一途径。

本地块地下水不饮用,故不考虑饮用地下水暴露途径。但区域内地下水水位较浅,需考虑未来利用过程中皮肤接触地下水这一暴露途径。因此,针对地下水污染本次风险评价主要考虑吸入室外空气中来自地下水的气态污染物、吸入室内空气中来自地下水的气态污染物和皮肤接触地下水共3种暴露途径。

2.5.1.2 二类用地风险表征结果

(1)情景一

表层 (0~2.5 m) 土壤清挖或直接利用时,土壤中 5 种污染物产生的人体健康风险超过可接受水平,其中镉、砷、萘、苯并(a)芘共 4 种污染物致癌风险超过可接受水平,砷、汞共 2 种污染物非致癌风险超过可接受水平。致癌风险最高的是砷,其次是萘。

(2)情景二

基坑清挖后,未经阻隔,若直接进行建筑施工,则土壤中6种污染物产生的人体健康风险超过可接受水平,其中砷、1,2,4-三氯苯、萘、苯并(a)芘、六氯苯共5种污染物的致癌风险超过可接受水平,砷、汞共2种污染物的致癌风险超过可接受水平。致癌风险最高的是砷、其次是萘、再次是苯并(a)芘。

(3)情景三

0~2.5m 基坑清挖后,经过水平阻隔,土壤中有 2 种污染物产生的人体健康风险超过可接受水平,其中萘的致癌风险超过可接受水平;汞的非致癌风险超过可接受水平。

(4)情景四

在表层阻隔 30 cm 清洁土的情景下,萘、汞、三氯乙烯 3 种污染物产生的人体健康风险超过可接受水平。

考虑开发过程中对周边环境和人群的健康影响及存在一定的安全风险,后续在开发利用时, 需要采取一定的修复或管控措施,保护人体健康。

2.5.1.3 Pb 健康风险评估结果

《大化集团搬迁及周边改造项目西南部地块风险评估报告》表明,重金属 Pb 的暴露途径与模型不同于一般污染物,其风险评估采用单独的评价方式—血铅(blood lead)浓度评价方式。

对于二类用地区域,根据 ALM 模型计算结果表明,地块土壤 Pb 含量 \leq 773mg/kg 时,可满足经成人胎血铅水平>10 μ g/dL(0.1mg/L)的概率<5%的要求。

因此,当地块用作商业用地时,血铅评价值 773mg/kg 为该地块控制值,且结合建设用地筛选值为 800mg/kg,则需根据地块实际情况分析,确定修复目标值为 800mg/kg。即:当土壤 Pb 含量>800mg/kg 时须进行修复治理。

本项目地块最大铅浓度值为 1640mg/kg, 部分层区的铅浓度值高于修复目标值(800mg/kg), 健康风险水平超过了可接受范围,且采取必要的修复或风险管控手段。

2.5.2 地下水污染风险

根据《大化集团搬迁及周边改造项目西南部地块风险评估报告》,地下水关注污染物分别为复氮、重金属砷、锑和1,2,4-三甲苯。

进行风险评估的地下水污染物中,在没有引用地下水的途径下,污染物的致癌风险和非致癌风险均低于风险可接受水平。但地下水中砷为场地的特征污染物,在地下水中检出率达 100%,其污染主要由于场地内回填的硫铁矿渣、碱渣等引起,建议对地下水中的场地典型污染物砷开展治理或管控工作。

2.5.3 土壤修复目标值

根据《大化集团搬迁及周边改造项目西南部地块风险评估报告》,未来还需进行施工建设的二类用地地块,情景一表层(0~2.5 m)土壤中 6 种污染物产生人体健康风险,分别为铅、镉、砷、汞、萘、苯并(a)芘。情景三:基坑清挖后,经过水平阻隔,土壤中有 2 种污染物可能对人体产生健康风险,为汞和萘。

根据叠图可知,港北变仅在 0-2.5m 存在污染情况,污染类型以重金属污染为主 (A1+1), 少量重金属+SVOCs 污染 (A1+6/A1+7), 污染面积 3358.7m², 污染土方量 8396.8m³。2.5m 以

下土壤不存在污染情况。

2.5.4 原位风险管控

对于深层未开挖的污染土壤,采取阻隔管控的方式,可通过采用物理阻隔或化学阻隔的方式,阻隔层的渗透系数建议≤10⁻⁷cm/s,防止残留土壤污染物的进一步扩散,阻断污染物与人体的暴露途径。由于该场地砷污染严重,应重点进行考虑。

- ①除表层硬覆盖以外,表层 30 c 裸露土或绿化土砷浓度须≤20 mg/kg;
- ②场地内土壤砷浸出浓度须≤0.1 mg/L(按照地表水环境 IV 类执行); 若土壤砷浓度≤180 mg/kg, 浸出采用水平振荡法(HJ 557-2010), 否则浸出采用醋酸缓冲溶液法(HJ/T 300-2007);
- ③根据土壤砷浓度,采取差异化的管控措施。①对于砷含量 40~120 mg/kg 的区域采用黏土进行阻隔管控,黏土层不低于 20 cm;如果地下水砷浓度超过 III 类标准,水平黏土层应加入稳定化药剂,如果风险较大应考虑设置垂直阻隔墙;②砷含量在 120~180 mg/kg 的区域采用黏土+两布一膜或黏土+混凝土进行阻隔管控;③砷含量在 180~240 mg/kg 的区域采用两布一膜+水平防渗层进行阻隔管控,水平防渗层中稳定化材料的用量,应与管控土体中浸出砷总量对应,厚度不低于 20 cm。④土壤砷>240 mg/kg,根据试验结果,另行设计处置方案。
- ④对于该地块内一类用地(含二类用地参照一类标准的地块)与二类用地清挖深度保持一致,相邻处建议设立垂直阻隔层,并且在土壤清挖时,一类与二类用地清挖的土壤要分别堆放,不能混合。
- ⑤对于不开发建设的已建成绿化用地等区域, 若未来不进行施工建设, 则建议采取表层 30 cm 清净土等阻隔的利用方式, 或进行地表硬覆盖, 因为已建成绿地平面已高于地下水水位, 地下水不会对上层清洁土产生影响。除表层硬覆盖以外, 表层 30 cm 裸露土或绿化土砷浓度须 ≤20 mg/kg; 对仍会开发建设的绿化用地,则参照其他二类用地区域,进行 2.5 m 清挖后阻隔管控。

2.5.5 地块补充现状监测

根据《大化集团搬迁及周边改造项目西南部地块风险评估报告》,本项目红线范围内的监测点位数量为1个,点位数量较少,为合理确定修复范围,本次修复方案补充土壤监测点位8个,补充点位情况如下表和下图所示。

根据上表可知,本次补充监测超标污染物包括重金属砷、铅和苯并(a)芘,超标率和超标倍数最大的均为重金属砷,与原 2017 年调查结果相符。

3 选择修复模式

3.1 地块修复总体思路

本项目地块的土质特征、污染特征、业主需求分析汇总如下:

- (1) 地块污染物为多环芳烃、重金属及其复合污染, 地块整体异味不严重;
- (2) 地下水无经口摄入途径, 不存在致癌风险和非致癌危害, 对人体健康的风险可忽略;
- (3) 地块土壤以原位土和回填土为主,污染时间较长;
- (4) 地块地下未来将作为港北 66kv 变电站开发,清挖深度<6m;
- (5) 地块周边敏感受体较多;
- (6) 土壤污染范围广, 地块内无法提供修复空间;
- (7)本项目修复范围内地块经过人工整平而成,较为平整,东部靠近和丰路高、西部低, 地面标高最大值 6.25m,最小值 4.9m,相对高差 1.35m。高程系统为 1985 国家高程基准。

综合考虑上述因素,确定地块修复的总体方式如下:

- (1) 地块修复对象为污染土壤,采用异位异地修复;原位污染地块施工时序:地块平整 →污染区域标定→支护+止水→清挖→原位阻隔→验收;异位修复场区施工时序:污染土到达 →分类存放→预处理→分类处理→淋洗后大粒径回填→泥饼外运填埋→验收:
 - (2) 各类土壤分类分层清挖, 根据污染类别对土壤进行分类, 选择针对性技术进行修复;
- (3) 根据目前施工设计,主控楼、消防水池及泵房、事故油池、进出地下隧道等区域的 基坑深度不同,需要根据不同区域的基坑深度核定修复工程量;
- (4)由于地块污染种类多,污染情况复杂,需分类存放治理情况较多,修复过程中会占用大量暂存区和待检区用地,在选择修复技术时,应尽可能考虑综合因素进行修复技术的选择;
- (5)针对不同类别污染物采用具有针对性的修复技术,地块内未污染土壤和修复验收合格后土壤优先进行资源化利用,修复技术应优先采用可显著减少污染物数量、毒性和迁移性的工艺,对于仍存在安全风险的土壤应妥善处理,防止对环境造成二次污染;
- (6) 本地块修复合格后的粗颗粒土壤(粒径大于 75μm),可用于地块回填。本地块处理 后泥饼外运至大连市一般工业固体废物填埋处置。
- (7)本项目污染土清挖过程中,经鉴别为一般工业固体废物的部分,可直接运送至大连市一般工业固体废物填埋处置。

3.2 确认地块条件

3.2.1 核实地块相关资料

在编写修复技术方案前收集与本地块环境污染及地块修复相关的资料文件,主要包括:

- (1)土壤污染状况调查及风险评估报告:《大化集团搬迁及周边改造项目污染场地调查及风险评估报告》(2018.6)、《大化集团搬迁及周边改造项目西南部地块风险评估报告》(2021.12);
 - (2)修复治理技术方案:《大化集团搬迁及周边改造项目污染场地修复治理项目实施方案》 (2018.11);
- (3)可行性研究报告:《梭鱼湾体育场周边基础设施工程-电力隧道工程实施方案》(2021.05);
- (4)委托单位提供的调查地块其他资料:本项目修复范围图、红线图、地形图、地形标高图、平面布置图。

通过对收集的资料进行整理分析及属地环保部门工作人员进行访谈,具体文件审核结果清单见下表。

3.2.2 地块土壤理化性质

(1) 粒径分布

本次修复方案,针对地块内素填土选取了4个代表性点位土样,进行了岩石土质试验报告 (详见附件)。

根据上表可知,本项目素填土中的细颗粒(粒径<0.075mm)平均含量约为 3.48%,**本次 修复方案细颗粒泥饼的产生量保守估计为 20%**。

(2) 污染特性

根据《大化集团搬迁及周边改造项目西南部地块风险评估报告》,地块部分污染物特性如下表所示。

3.2.3 现场考察地块状况

3.2.3.1 场内情况

本项目修复范围内现状为绿化带,地表以杂填土为主,有少量植被。

3.2.3.2 地块周边敏感受体

经现场踏勘,本次修复地块周边分布以居民住宅、行政服务中心和空地为主,东侧为恒远 小学和第八十中学、东南侧为钻石湾小区、南侧为大连市营商环境建设局。

3.2.3.3 地块地形高程

通过对比卫星图片以及现场测绘可知,本项目地块范围内,2021年11月与2017年10月(原大化调查)地形基本无变化,标高均为1985国家高程基准标高,如下:

现状标高: 现状标高: 东部高、西部低, 地面标高最大值 6.25m, 最小值 4.9m, 相对高差 1.35m。地面标高低于东侧已建成和丰路。

3.2.3.4 未来规划

本项目修复完成后未来规划为港北 66kv 变电站。

3.2.4 补充相关技术资料

通过现场踏勘及现有资料核对,现有资料已经可以满足修复方案编制所需要的基础信息要求。

3.3 更新地块概念模型

地块概念模型是综合描述地块污染源释放的污染物通过土壤、水、空气等环境介质进入人体,并对地块周边及地块未来居住、工作人群的健康产生影响的关系模型。地块概念模型包括污染源、污染物的迁移途径、人体接触污染的介质和方式等,一般随着调查和评估的深入逐步完善和细化。建立合理的地块污染概念模型对于有效指导后期污染地块修复至关重要,地块污染概念模型的建立主要基于在地块调查过程中收集的各种信息,综合考虑地块的水文地质情况、地块背景、污染源、污染物的迁移转化、可能存在的敏感受体等,以合理解释污染物在地块内的分布、迁移途径以及可能存在的环境风险。

概念模型需在修复治理的不同阶段,结合该阶段的特点,进行实时更新,以便于后续相关工作的开展。根据地形特征及地层结构,结合本项目未来用地规划,对地块概念模型进行了更

新。

(1) 关注污染物

本项目地块关注污染物共6种,主要为重金属(4种)和SVOCs(2种)。

重金属污染物主要为砷污染,部分地区存在少量的铅、镉、汞的污染;SVOCs污染物为萘和苯并(a)芘。

(2) 污染特征

调查区工业企业密集,生产工艺较多,原辅料及产品复杂,区域内重金属污染最为严重,最大超标达到 50 倍以上,且分布最为广泛,几乎区域内大部分区域均存在污染。随着深度的增加,污染范围有所减少;区域有机物污染倍数相对较小,最大在 3 倍左右,但超标率较高,随着深度的增加,范围有所减少;区域土壤多呈复合污染为主。主要是由于早期生产过程中,跑冒滴漏造成的。

(3) 地层分布

本项目所在的 A 地块基岩分布较深,浅层以受扰动杂填土为主,含灰岩、板岩、石英岩碎块及粘性土、建筑垃圾等,并存在少量疑似碱渣、矿渣等。

(4) 未来规划及敏感受体

本项目地块未来规划为港北 66kv 变电站,敏感受体主要为成人。规划区域两侧均为住宅或商业综合体,周边人群密集,敏感受体较多。

(5) 暴露途径

从暴露途径来看,该区域的暴露途径较多,经口摄入、皮肤接触、吸入土壤颗粒物、吸入 室内外蒸汽等暴露途径均存在,因为进行修复技术方案确定时,需考虑全暴露途径,以最大限 度保护敏感受体健康。

3.4地块修复目标

3.4.1 本项目土壤修复目标值

根据《大化集团搬迁及周边改造项目西南部地块风险评估报告》,该地块属于二类用地。

3.4.2 基坑废水修复目标值

根据《大化集团搬迁及周边改造项目西南部地块风险评估报告》,在不饮用地下水的情况 下各超标因子都不存在致癌风险和非致癌危害,对人体的健康风险可忽略。但基坑废水应进行 抽出治理,满足下表要求后纳管排放。

3.4.3 本项目土壤修复工程量

根据《大化集团搬迁及周边改造项目西南部地块风险评估报告》(2022.04)确定的土壤污染范围,本项目地块 0~2.5m 污染面积 3358.7m²,第一层 0~2.5m 严格按照风险评估确定的污染范围进行清挖。

因此,本项目需要修复的总土方量为 13810.7m^3 ,其中重金属污染修复土方量 9888.0m^3 ,重金属+SVOCs 修复土方量 3922.7m^3 。

3.4.4 基坑废水修复工程量

补充监测采样期间,在钻孔揭露深度范围内均见有地下水,水位埋深 2.7~4.1m,水位标高为 1.94~2.28m。本项目基坑整体清挖至标高 2.4m,部分区域(消防水池及泵房)最大清挖至标高 0.35m,基坑整体位于地下水水位线之上,与地下水平均水位标高相差约 0.3m,因此建议基坑清挖施工尽量在枯水期进行。

本项目拟采用灌注桩+旋喷桩+挂网喷射混凝土的方式进行支护止水,根据前期的地勘资料可知,地表以素填土和杂填土为主,平均厚度 12m,本次止水帷幕初步设定深度为地面下16m,确保与周边区域完全隔离。

根据勘察设计单位提供地勘资料预估,本项目施工期基坑废水量为 2500m³,通过盲沟和 疏干井收集后监测,若达标则纳管排放,若超标外运异位修复厂区达标处理后回用或排放。

4 修复技术筛选

结合项目前期调查及风险评估结果,采用修复技术对比方式对修复技术进行筛选,筛选出合适的修复技术。

表 4-1 土壤修复技术分析

	农 1 工 工								
序号	技术工艺	技术原理	成本	适用条件	限制性	建议			
1	土壤淋洗	用水做淋洗剂,将污染物按照粒 径大小分开,对洗脱后的砾石和 砂砾进行资源化利用,对泥饼进 行下一步处理处置。	较高	适用于除挥发性有机物 外污染土壤的修复处 理。可有效的降低修复 成本,减少污染土壤终 端处置量。	细颗粒较多的土壤不适合采用此技术。	建议采用。根据地块 前期调查结果,本项 目地块砾石组分较 多,适合采用淋洗修 复技术,实现减量化 处理。			
2	异位化学氧化	通过氧化反应将有害污染物转化 为更稳定、活性更低或惰性的无 害低毒类化合物。最常用的氧化 剂有臭氧、过氧化氢、次氯酸 盐、氯和二氧化氯。	中	该技术可用于多环芳烃 类有机物修复。氧化修 复后土壤可进行资源化 利用。修复成本低,对 环境二次污染小,施工 工艺简单易操作。	可能出现不完全氧化或中间体形式的污染物,取决于污染物和所使用的氧化剂;对于高浓度的污染物,该处理方法不够经济有效,因为需要大量氧化剂;应减少介质中的油和油脂,以优化处理效率。	建议采用。本项目多 环芳烃污染面积较 大,且低浓度污染面 积较大,化学氧化修 复技术修复成本低且 可以达到修复标准。			
3	稳定化	稳定化技术,是将污染土壤与能聚结成固体的黏结剂或能将污染物螯合稳定化的药剂相混合,从而将污染物捕获、稳定或固定在固体结构中的技术。	较低	该技术应用成熟,施工 成本低,施工效率高。	将污染物转换成低迁移性、低毒性的状 态,污染物总量没有去除	建议采用。对于本项 目重度污染物采用该 技术与填埋技术相结 合,可有效降低环境 风险,实现修复目 标。			
4	土壤	将污染土壤或经过治理后的土壤 置于防渗阻隔填埋场内,或通过	中	不宜用于污染物水溶性 强或渗透率高的污染土	污染土壤长期堆放储存会占用大量土地和 维护管理力量,并可能产生污染转移,产	建议采用。该技术处 理污染土壤风险低,			

	技					
序	术		成			
号	工	技术原理	本	适用条件	限制性	建议
,	土艺		7			
	阻	敷设阻隔层阻断土壤中污染物迁		壤,不适用于地质活动	生二次污染风险高。	可用于对污染土壤的
	隔	移扩散的途径,使污染土壤与四		频繁和地下水水位较高		终端处置,杜绝污染
	填	周环境隔离,避免污染物与人体		的地区。		物对环境造成二次污
	埋	接触和随土壤水迁移进而对人体				染。
	技 术	和周围环境造成危害。				
	小	通常具左左向由收上嬉遊出名机				
5	常温解吸	通常是在车间中将土壤堆成条垛 状,利用机械进行翻抛,在翻抛 过程中,土壤中的挥发性有机污 染物类如苯、萘、氯代烃等物质 转移到气相,再通过活性炭吸 附,达标后排放。	较低	适合处理低浓度、易挥 发的有机污染物。	需要对吸附材料进行收集集中处理。	不建议采用。本项目 有机污染物属于半挥 发性污染物。
6	热脱附	将土壤挖掘出来后经过适当的筛分预处理,将其置于加热炉中通过直接或间接方式加热,促进污染物解吸至气态中并通过收集装置收集后集中处置。	较高	适用于有机污染土壤的 修复处理。处理效果较 为显著,污染物去除率 高。	对与一些特别的微粒和物料处理的要求可能会对一些特别的地块的适用性和成本有影响;或需要通过排水以达到可接受的土壤水分含量水平;黏合后的污染物会增长黏土,淤泥和高腐殖质土壤的反应时间;重金属可能生产土壤处理后的残渣,这些残渣或需要稳定处理。	该修复技术修复处理 较为彻底,但设备复 杂,安装调试时间 长,处理效率较低, 成本较高,建议结合 项目成本及工期等情 况进行综合考虑。
7	水泥窑协同处置	和水泥生料一起进入回转窑,控 制污染土壤的配比。	中	适用于多环芳烃类污染 土壤的修复处理。在高 温下可以将多环芳烃物 质去除。去除率高。	(1)需要消耗大量的燃料,但焚烧后土壤丧失土壤的正常性质,焚烧后土壤用途受限。当采用回转水泥窑焚烧时,控制不当会对水泥产品质量有影响。(2)常规水泥窑尾气处理系统需改造以减少二噁英排放。(3)大连地区据了解尚无改造后的水泥窑。	建议采用。该技术可 有效处理本项目污染 土壤。

梭鱼湾体育场周边基础设施建设工程-电力隧道工程-港北 66kV 变电站项目污染地块修复治理技术方案

序 号	技术工艺	技术原理	成本	适用条件	限制性	建议
8	生物堆技术	对污染土壤堆体采取人工强化措施,促进土壤中具备降解特定污染物能力的土著微生物或外源微生物的生长,降解土壤中的污染物。	低	适用于污染土壤,可处 理石油烃等易生物降解 的有机物。 不适用于重金属、难降 解有机污染物污染土壤 的修复,黏土类污染土 壤修复效果较差。	处理周期一般为 1-6 个月。 不适用于重金属、难降解有机污染物污染 土壤的修复,黏土类污染土壤修复效果较 差。	不建议采用,处理周 期过长且不适用于本 项目特征污染物。
9	土壤植物修复技术	利用植物进行提取、根际滤除、 挥发和固定等方式移除、转变和 破坏土壤中的污染物质,使污染 土壤恢复其正常功能。	低	适用于污染土壤,可处 理重金属(如砷、镉、 铅、镍、铜、锌、钴、 锰、铬、汞等)以及特 定的有机污染物(如石 油烃、五氯酚、多环芳 烃等)。	处理周期需 3-8 年。不适用于未找到修复植物的重金属,也不适用于非特定的有机污染物(如六六六、滴滴涕等)污染土壤修复;植物生长受气候、土壤等条件影响,本技术不适用于污染物浓度过高或土壤理化性质严重破坏不适合修复植物生长的土壤。	不建议采用,处理时 间较长。

5 修复方案设计

5.1 设计思路

本项目总体修复技术路线包括: 地块平整、设备安装及人员进场; 止水拉森钢板桩安装; 土壤开挖、转运及堆放; 基坑废水抽出治理; 异位污染土壤修复; 基坑效果评估监测等。

为开展本地块污染土壤修复方案的比选,本项目需要对各比选修复方案进行初步设计,并以此为依据估算各备选方案的修复成本和进度。

根据可行性评估结果,可用于本项目的土壤修复技术包括土壤淋洗(减量化)、化学氧化、阻隔填埋、稳定化修复,现将以上几种技术进行组合,以期寻求最为经济、有效、环保的技术。此外,桩施工过程中会产生一定量的桩芯污染土,此部分桩芯污染土同清挖污染土修复工艺一致。

本项目修复合格后的粗颗粒土壤(粒径大于75μm),用于基坑回填。

污染类型		修复技术方案			
75条头型	方案一	方案二	方案三		
重金属	土壤淋洗+稳定化 +阻隔填埋	水泥窑协同处置	稳定化+阻隔填埋		
重金属	土壤淋洗+化学氧化	水泥窑协同处置	化学氧化+稳定化		
+SVOCs	+稳定化+阻隔填埋	水化缶 协问处直	+阻隔填埋		
	建筑区域底部:100mm 防渗混	建筑区域底部: 100mm 防渗	建筑区域底部: 100mm 防渗		
原位阻隔	凝土;	混凝土;	混凝土;		
次177.PELPH	其他区域底部: 黏土+两布一	其他区域:黏土+两布一膜+	其他区域:黏土+两布一膜+		
	膜+黏土。	黏土。	黏土。		
达标粗颗粒 土壤	回填	无	无		

表 5-1 本项目地块污染土壤修复项目备选方案

5.2 方案介绍

5.2.1 方案一

5.2.1.1 技术线路

本项目土壤污染物主要为重金属污染和重金属+SVOCs 污染,本方案设计土壤淋洗筛分,筛分出料粗颗粒组分(砾石和砂砾)验收合格后回填基坑;含有重金属污染的泥饼进行固化稳定化修复,含有 SVOCs 污染的泥饼进行化学氧化修复处理,修复完成验收合格后,泥饼统一进入填埋场进行填埋处理。方案一的技术路线如下图所示。

5.2.1.2 边界支护方案

本项目消防水池及泵房基坑深度>5m,施工前需要编制深基坑开挖专项施工方案,确定基坑支护的方式。

本项目所在区域地下水水位埋深 2.7~4.1m, 因此需要建设止水帷幕, 隔绝与周边区域的水力联系, 防止土壤和地下水交叉污染。

深基坑开挖专项施工方案应同时考虑止水帷幕的建设,建议采用灌注桩+挂网喷射混凝土的形式,灌注桩可采用钢筋混凝土灌注桩与素混凝土桩互相咬合形成咬合桩。

本次止水帷幕将整个修复范围包围,即港北变红线范围,3436m²,止水帷幕建设长度242m,根据前期的地勘资料可知,地表以素填土和杂填土为主,平均厚度12m,本次止水帷幕初步设定深度为地面下16m,确保与周边区域完全隔离。

5.2.1.3 基坑降排水方案

根据前期原大化地块调查可知,本项目所在区域地下水水位埋深 2.7~4.1m,必须考虑地下水对基坑支护结构的影响,在开挖前必须采取必要的降排水措施。

(1) 基坑坡顶排水

为防止地表水流入基坑,冲刷边坡,基坑上口线均向外做坡比为 2%散水,基坑周边沿支护结构顶部砌筑高 30cm 挡水墙,挡水墙采用砖砌筑,外抹水泥砂浆。

(2) 基坑底部排水措施

为防止基坑边坡导流的渗水及大气降水流入基坑影响底部原状土体,开挖至坑底后在坑底肥槽内设置明排水沟,排水沟向集水井找坡 0.3%,排水沟与肥槽内集水井相连,并放置 3~5t/h、扬程为 20m 的潜水泵进行抽排水。

井孔直径 600mm, 无砂滤管直径 400mm, 井深为基坑深度加 0.5m。集水总管采用 100mm 直径的波纹管连接到现场的调节池, 集水总管铺设到基坑外的道路旁边, 向调节池设置 0.5% 排水坡度。

5.2.1.4 污水处理方案

基坑涌水、基坑汇水和机械淋洗废水通过现场布设的污水管道进行收集,经检测达标,通过市政管网排入地块南侧污水处理厂;经检测超标,收集的污水由吸污车运至异位修复厂区的污水处理站进行处理,经处理达标后回用于土壤淋洗,剩余部分排放至污水处理厂。

异位修复厂区的污水处理站采用调节、混凝沉淀、石英砂过滤、活性炭吸附的处理工艺,

设计总处理规模为 180m³/h, 即 4320m³/d, 采用化学沉淀法可完成重金属处理过程中的混凝、絮凝、沉淀和澄清过程, 其原理是通过化学反应使废水中呈溶解状态的重金属转变为不溶于水的重金属化合物, 然后通过沉淀等方法使沉淀物从水溶液中去除。

本项目废水执行的排放标准为《污水综合排放标准》(GB8978-1996)和《污水综合排标准》 (DB 21/1627-2008)。大连梭鱼湾污水处理厂总处理规模为 12 万 m³/d,目前实际处理量为 6 万 m³/d。可以满足本项目排水要求。

5.2.1.5 污染土清挖方案

(1) 清挖方量

本项目基坑分层清挖,第一层统一清挖至标高 2.4m,第二层不同区域清挖深度不同,清挖总方量为 13810.7m³,其中重金属污染修复土方量 9888.0m³,重金属+SVOCs 修复土方量 3922.7m³。

(2) 清挖原则

地块污染土壤的现场清挖工作应遵循以下主要原则:

- 1) 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,以保障地块内施工人员及周边居民的健康风险。

(3) 工艺流程

根据地块现场污染土分布情况,结合工程现场施工条件具备情况,按照污染物不同种类,分层、分区进行开挖,合理安排污染土开挖及运输工作,避免由于开挖顺序不合理造成二次污染。污染土壤开挖深度按照现状标高为基准向下开挖至该区域要求的清挖深度。有机污染区及重金属因处理方式不相同,需要分开清挖、运输、存储及处理。污染土壤清挖工艺如下图。地块内污染土壤清挖工艺流程如下图所示。

(4) 现场放线

为确定污染土壤的清挖范围,应进行现场的定位测量。

(5) 土壤清挖

安全目标:确保污染土壤开挖过程的人员安全和环境安全,防止产生污染转移和二次污染, 不发生无安全事故。

质量目标:在清挖效果方面,确保污染土壤清挖到位,达到地块土壤修复目标值的要求; 在工程施工方面,达到国家工程相关的技术规范要求。 工期目标: 在项目确定的工期内完成,尽量争取提前完成。

环保目标: 杜绝二次污染,减少环境影响。

5.2.1.6 污染土运输方案

(1) 运输原则

根据本地块污染土壤修复技术路线,本地块清挖后的污染土壤为原地(异位修复地块建议为大化厂区内)异位修复,运输距离较短(约 3km);需要远距离外运的为稳定化产物泥饼,外运至填埋场进行阻隔填埋处理。因此,本地块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蔽,出场应进行淋洗,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五联单,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)污染土壤的地块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大连政府的有关规定,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。

(2) 运输准备

1) 组织准备

项目部由项目负责人牵头成立污染土壤运输领导小组,全面领导土壤运输的施工指挥工作,建立完善的运输监督制度,及时做好运输记录及交接班工作。

2) 现场准备

基坑入口设置冲洗池和沉淀池,车轮冲洗水循环利用,当冲洗池移动或工程完毕时,需检测车轮冲洗水的水质情况,复合市政污水排放水质可以通过水车等方式排入市政污水管网,如不具备相应条件可以考虑投加化学药剂氧化等手段及措施,保证整个过程的车轮冲洗水达标处置。

土方车辆冲洗后方能进入市政道路,场内道路做好地面硬化。开完前完成坡顶护栏及临时排水沟的砌筑,基坑地块安装照明灯,做好夜间赶工的照明准备工作。施工过程中随时进行测量,保证开挖线尺寸与标高。

3)协调准备

提前办好渣土受纳许可证,核查运输车、挖掘机及操作司机的有关证件,保证各项手续齐

全完善。做好施工协调配合发作,积极与市道路及交通主管部门协调,并做好地块周边及运输 道路沿线单位和居民的配合工作,为土方外定工作的顺利进行创造有利条件。

4) 机械设备配备

根据施工进度计划安排,结合土方外运距离及现场施工实际情况,计划配备挖掘机、渣土专用自卸运输车、洒水车等,并做好相应的管理部门的登记及备案工作。

5) 人员配备

土壤运输需配备人员如下表。

(3) 工艺流程

本地块污染土壤运输的工艺流程如下图所示。

(4) 运输方案

修复施工单位转运污染土壤,应当制定转运计划,将运输时间、方式、线路和污染土壤数量、去向、最终处置措施等,提前报所在地和接收地生态环境主管部门。

5.2.1.7 污染土处置方案

(1) 预处理筛分

1) 工艺流程

进行土壤淋洗修复前,需要对污染土壤进行筛分处置,去除土壤中的大石块及杂物(粒径 >100mm)。

2) 工艺设备及参数

筛分设备一般采用筛分斗,配合挖机使用。可对混合垃圾、土壤、建筑垃圾等按大小进行分类、筛选处理。筛分斗处理的尺寸可通过调整筛分板进行调节,筛分范围为15~200mm,根据后续土壤淋洗施工的需要,土壤修复预处理筛分一般将尺寸定为100mm。

筛分斗用于污染土壤的筛分预处理以及堆置后土壤的筛分强化处理。作为修复土壤的筛分 机机械扰动设备,与挖掘机配合使用,该设备实物照片如下图所示。

3) 预计效果

污染土壤中粒径>100mm 部分的大石块、树根、建筑垃圾等筛分出来,预估占比 10%左右,该部分经冲洗检测合格后排渣。剩余粒径≤100mm 部分的污染土壤,进入下一步土壤淋洗工艺。

(2) 淋洗筛分

1) 工艺流程

①前筛和破碎设备

为保证土壤淋洗过程顺利进行,先将污染土壤中粒径在 30-50mm 大小的块状颗粒通过前筛和破碎设备处理。或者,用滚筒筛洗涤器(土壤淋洗设备组成之一)将土壤淋洗并过筛。如果选择滚筒筛洗涤器,在污染土壤再次进入土壤淋洗设备之前必须将土壤中粒径大于 30mm 的粗砂和淋洗后的过筛土壤破碎处理。

②进料斗和配料带

过筛处理后的土壤将通过轮式装载机被运输到进料斗。一套集成的配料传输带系统可将污染土壤从进料斗运输到后续处理装置,该装置可通过自动反馈传输带称重系统信息,自动预留空间以接收进料斗出来的污染土。通过这种方式可减小土壤淋洗设备处理量的变异性并使处理能力最优化。

③泥浆反应器

从配料传输机卸下的污染土进入黏土/砾石淋洗器。在淋洗机中加入工艺用水后形成泥浆混合物从而可有效分离粗颗粒和细颗粒土壤组分。在泥浆混合过程中,溢出的水中含有悬浮的黏土颗粒,以底流的形式离开淋洗器。通过筛分可将溢流物中较粗的悬浮颗粒物分离,这些分离的粗悬浮颗粒物多为有机质或塑料制品,然后再进行脱水作用。另一方面,较粗和较重的颗粒组分(砾石和砂子)从黏土/砾石淋洗机中分离出来后进入初级振动筛。

④初级振筛机

初级振筛机用于将黏土颗粒和砂子等组分从黏土/砾石淋洗器中流出的粗粒组分中分离。压力水可提高筛分过程的效率并且将细砂冲出筛网。

⑤洗砾机 (清砾机)

经过初级冲洗和筛滤过程,原污染土中的砾石部分进入洗砾机,从而彻底、完全与轻质组分分离,包括有机质、木屑、塑料和漂浮颗粒物。这些砾石颗粒作为底流的一部分离开洗砾机,经过筛网过筛后进入次级振筛机。

⑥次级振筛机

次级振筛机用于脱去砾石组分的水分,并且将最后残余的细砂颗粒冲出。在这个过程中仍然使用压力水以提高次级振筛效率。

⑦初级磁选机

污染土中的磁性颗粒,包括含铁和矿渣部分,可通过磁选机去除,磁选机可安装在砾石传

输带系统内部或上面。矿渣颗粒中通常含有重金属,其中较小的重金属组分如钉子、螺丝可优 先从可二次使用土壤中去除。

⑧水力旋流器

离开洗砾机和振筛机的下溢物中含有泥浆化的砂子和黏土颗粒,这部分下溢物被泵入水力 旋流器中后,其中的砂子可与泥浆体分离并以旋流器底流的形式离开系统。同时,含有泥浆体 和细粘质土颗粒的溢流物会进入泥沙收集罐进行脱水。

⑨次级磁选机

离开水力旋流器后的砂子组分,通过磁力分离机可从砂子中回收较小的含铁颗粒和矿渣颗粒。

⑩分级机

砂子离开磁选机后,利用分级机/逆流淋洗机可从中回收较小的有机物组分和较轻的颗粒。 在这个过程中,含有小颗粒有机组分和轻质黏土的流体进入最后一级泥浆收集罐,砂子则从分级机底部进入脱水筛进行脱水。

(11)脱水筛

筛分并冲洗过的砂子通过脱水筛进行脱水。离开脱水筛时,干燥的砂子比例的大小取决于颗粒粒径分级情况,通常在 75-85%之间。将砂子囤积后,将会排出更多的水分,此时砂子中干燥组分的比例很容易达到 90%以上。

(12)预增稠池

所有残存的泥浆含有较细的黏土颗粒,这些泥浆组分储存在泥浆收集罐中。离开泥浆收集罐后,泥浆进入预增稠罐进行土壤和聚合物(PAM等)混合。在预增稠过程中,较小的土壤颗粒物在聚合物作用下而聚集,并在增稠罐底部沉淀,接下来这部分沉淀的细颗粒沉积物被运送进入增稠罐中部,上清液通过堰溢流系统离开增稠罐,这部分水可作为工艺用水用于二次利用。

13 机械脱水

先前沉淀污泥被泵入带式压滤机进行机械脱水。经过一个排水区域后,利用 2 个单独的可渗透带可将水分从沉淀污泥中挤出。挤出的水再次进入预增稠罐或工艺用水罐用于二次利用或冲洗水。

2) 工艺设备与参数

影响土壤洗脱修复效果的关键技术参数包括:土壤细粒含量、污染物的性质和浓度、水土比、洗脱时间、洗脱次数、废水的处理及回用等。

> 土壤细粒含量

土壤细粒的百分含量是决定土壤洗脱修复效果和成本的关键因素。通常异位土壤洗脱处理适用于土壤粗颗粒含量较高,一般大于50%的土壤。

> 污染物性质和浓度

污染物的水溶性和迁移性直接影响土壤洗脱特别是增效洗脱修复的效果。污染物浓度也是 影响修复效果和成本的重要因素。本项目土壤淋洗的污染物主要为重金属砷和铅,均为水溶性 差的污染物,适合采用土壤淋洗修复技术。

▶ 水土比

采用旋流器分级时,一般控制给料的土壤浓度在 10%左右; 机械筛分根据土壤机械组成情况及筛分效率选择合适的水土比,一般为 3:1 到 5:1。增效洗脱单元的水土比根据可行性实验和中试的结果来设置,一般水土比为 3:1 至 20:1 之间。

▶ 洗脱时间

物理分离的物料停留时间根据分级效果及处理设备的容量来确定;一般时间为 2 分钟到 20 分钟,延长洗脱时间有利于污染物去除,但同时也会增加处理成本,因此应根据现场运行情况选择合适的洗脱时间。

▶ 洗脱次数

当一次分级或增效洗脱不能达到既定土壤修复目标时,可采用多级连续洗脱或循环洗脱。 本项目根据小试处理结果,淋洗后的砂砾均低于修复目标,因此仅需要洗脱一次即可,具体情况可根据现场实际情况进行调整。

▶ 淋洗液类型

本项目采用水作为淋洗液。

淋洗液的回用

本项目采用清水和处理达标后的施工废水作为淋洗液,循环使用,定期补充。土壤淋洗施工结束后,对剩余淋洗液进行检测,若满足排入城市污水处理厂相关标准,则通过市政管网排入项目梭鱼湾污水处理厂处理;若超标,则通过污水处理系统处理达标后排入污水处理厂处理。

(3) 稳定化

▶ 工艺设备

本项目药剂投加方式为机械投加,如挖掘机或土壤改良机。

▶ 脱水稳定剂的种类及添加量

本项目经土壤淋洗后,泥饼污染浓度和含水率均较高,需要对泥饼进行脱水稳定,稳定化药剂选取以生石灰为主的碱性氧化物,目前国外应用的稳定化技术药剂添加量大都低于 20%,根据小试结果,本项目淋洗后的泥饼不属于危险废物,可直接填埋,稳定化药剂的添加一方面可以进一步降低浸出浓度,一方面对泥饼进行脱水稳定处理,因此添加量暂定为 3%,具体添加量以工程实际为准。

▶ 土壤破碎程度

土壤破碎程度大有利于后续与稳定剂的充分混合接触,一般要求土壤颗粒最大的尺寸不宜 大于 5cm。由于本项目稳定化的目标为土壤淋洗后的泥饼,泥饼的粒径较小,故无需特殊考虑 稳定化对象的粒径。

▶ 药剂类型

本项目小试试验采用的稳定化药剂以碱性氧化物为主、同时含有 Ca、Si、Al 等成分的复合稳定化药剂。其主要修复原理是利用 Mg、Ca、Si、Al 等与目标金属污染物发生凝硬反应,降低土壤中重金属污染物的迁移和浸出能力。

▶ 土壤与稳定剂的混匀程度

混合程度是该技术一个关键性瓶颈指标,混合越均匀稳定化效果越好。土壤与稳定剂的混匀程度往往依靠现场工程师的经验判断,以土壤和药剂充分混合为目的。

(4) 化学氧化

化学氧化修复工作主要包括泥饼转运、药剂混合系统和防渗系统等。

其中:

- ①泥饼转运:淋洗后含有 SVOC 的泥饼转运至化学氧化修复区。
- ②药剂混合系统:将污染土壤与药剂进行充分混合搅拌,按照设备的搅拌混合方式,可分为两种类型:采用内搅拌设备,即设备带有搅拌混合腔体,污染土壤和药剂在设备内部混合均匀;采用外搅拌设备,即设备搅拌头外置,需要设置反应池或反应场,污染土壤和药剂在反应池或反应场内通过搅拌设备混合均匀,其优点处理量大,处理速度快。该系统设备包括行走式土壤改良机、浅层土壤搅拌机等。
- ③防渗系统:主要为采用外搅拌设备时设置的反应池或是具有抗渗能力的反应场,能够防止污染物外渗,并且能够防止搅拌设备对其损坏,通常做法有两种,一种采用抗渗混凝土结构,一种是采用防渗膜结构加保护层。

▶ 氧化药剂

石油烃氧化药剂种类较多,包括双氧水、芬顿试剂、高锰酸钾、过硫酸盐等,出于安全环保方便的角度考虑,本项目选择过硫酸钠作为化学氧化药剂。

▶ 药剂投加比

根据前期小试实验结果,本项目化学氧化药剂综合投加比为 2%。实际投加量根据工程监测结果调整。本项目药剂投加方式为机械投加,如挖掘机或土壤改良机。

▶ 氧化还原电位

对于异位化学还原修复,氧化还原电位一般在-100mV以下,并可通过补充投加药剂、改变土壤含水率、改变土壤与空气接触面积等方式进行调节。

> pH

根据土壤初始 pH 条件和药剂特性,有针对性的调节土壤 pH,一般 pH 范围 4.0~9.0。常用的调节方法如加入硫酸亚铁、硫磺粉、熟石灰、草木灰及缓冲盐类等。

▶ 含水率

对于异位化学氧化/还原反应,土壤含水率宜控制在土壤饱和持水能力的90%以上。

▶ 养护

堆置养护期间定期采样检测土壤含水率,并根据情况及时补充水分,维持待检土壤含水率恒定在30%以上。

(5) 原位阻隔

1) 工程量

本项目 3436m² 基坑需要采取原位阻隔方式处置基坑下层的污染土壤,含地下室区域 1576m² 拟采用 100mm 厚防渗混凝土垫层,其他区域 1860m² 拟采用 300mm 黏土+两布一膜 +100mm 黏土。

2) 工艺设备

原位阻隔土壤修复技术施工过程预处理阶段所需设备:挖掘机、吊车、双轨焊接机等;主体施工阶段所需设备包括:挖掘机、推土机、吊装设备、装载车、压实机等。

3) 工艺参数

土工布:施工前对土工布各项指标进行现场监测,必须满足《土工合成材料 长丝纺粘针 刺非织造土工布》(GB/T17639-2008)要求。

HDPE 土工膜:各项指标(如密度、拉伸强度、延伸率及撕裂强度等)在现场进行检测, 且各项指标符合中华人民共和国城镇建设行业标准《垃圾填埋场用高密度聚乙烯土工膜》 (CJ/T234-2006) 中应用于填埋场底部防渗的土工膜的性能指标。

黏土:黏土层需要对两布一膜形成保护,要求下部起支撑作用的黏土厚度≥300mm,且经过机械压实,压实系数<90%;要求两布一膜之上的黏土厚度≥100mm,经机械压实后的压实系数同样<90%。

混凝土垫层:含地下建筑区域施工前需要进行混凝土垫层建设,厚度≥100mm,防渗等级不低于 P6。

(6) 疑似废渣

前期地块调查报告中表明,地块下层存在疑似废渣,暂定将疑似废渣部分按渣土混合物污染类别进行处置。现场清挖过程中发现疑似废渣,按照《危险废物鉴别技术规范》(HJ298-2019) 经鉴别不属于危险废物,推荐运送至大连市一般固废填埋场进行填埋处置。

5.2.1.8 修复工程量估算

本方案污染土壤修复治理方量共计 1.4 万 m³, 采用土壤淋洗、稳定化修复、化学氧化、填埋等修复技术。根据地块土壤粒径检测结果分析,本项目地块淋洗后产生泥饼量按淋洗量的 20%估算(具体方量按照实际计算)。各修复工艺修复工程量为: (1)土壤淋洗约 1.4 万 m³; (2)化学氧化约 0.1 万 m³; (3)稳定化约 0.3 万 m³; (4)异位填埋 0.3 万 m³; (5)原位阻隔面积 0.4 万 m²: (6)基坑废水处理 2500m³。

5.2.1.9 修复后各组分的最终去向

根据修复工程进度情况,对修复后土壤的处置思路如下。

(1) 淋洗后泥饼外运填埋

由于本项目对于重金属类污染土壤主要采取土壤淋洗和稳定化两种修复工艺进行修复处理,对于含 SVOC 类污染土壤主要采用土壤淋洗和化学氧化修复工艺,洗脱产生的泥饼经稳定化和化学氧化工艺修复后污染物依然存在土壤中,如回填设计不合理或后期开发扰动,可能导致污染土壤通过扬尘和雨水冲刷等方式对人体和环境产生二次风险。针对该部分土壤按规定要求外运至一般工业固废填埋场进行填埋处置。

(2) 淋洗后大粒径干净渣块资源化

经筛分冲洗工艺处理合格的粗颗粒土壤(粒径大于 75μm),全部用于基坑回填。

5.2.1.10 修复工程直接费用估算

方案一修复工程直接费用估算为851.9万元。

5.2.2 方案二

5.2.2.1 技术线路

本项目土壤污染物主要为 SVOC、重金属及其复合污染,全部采用水泥窑协同处置。

5.2.2.2 边界支护方案

同方案一相关内容(见5.2.1章节)。

5.2.2.3 基坑降排水方案

同方案一相关内容(见5.2.1章节)。

5.2.2.4 污水处理方案

同方案一相关内容(见5.2.1章节)。

5.2.2.5 污染土清挖方案

同方案一相关内容(见5.2.1章节)。

5.2.2.6 污染土运输方案

同方案一相关内容(见5.2.1章节)。

5.2.2.7 污染土处置方案

(1) 水泥窑协同处置

1) 工艺流程

目前该技术主要采用新型干法水泥生产工艺。熟料烧成系统采用双系列五级旋风预热器预分解工艺,气流与料流整体呈逆向运行;系统热工制度稳定,全过程负压操作,安全可靠;生料经窑尾塔架顶部喂入预热器,经过四级旋风筒与上升的高温气流逐级换热后进入分解炉,在炉内窑尾高速喷腾而上的近 1000℃的气流与三次风管高速水平对向喷入的 850~950℃的两股气流和煤粉交汇混和,煤粉无焰燃烧,整个炉内形成了气温达 870~900℃的温度场,气体在炉内通过时间为 2 秒、物料在炉内通过时间为 5~7 秒;生料大部分在此分解,分解率高达 90%。分解后物料由分解炉上部随气流进入第五级旋风筒内,物料与废气分离从竖烟道(与炉底部相接)两侧喂入窑尾。

窑尾气温可达 1050℃, 生料由此开始主要进行固相反应, 同时随窑旋转缓慢向窑头移动, 直至进入烧成带(距窑口 20 米处)进行充分的液相反应, 在此, 由三通道燃烧器喷入煤粉剧

烈燃烧,提供充足热量,气体温度高达 1750℃,物料温度达 1450℃,保证了分解后物料反应 完全,煅烧为优质的水泥熟料。

冷却机后段鼓入的气体经换热后直接排入布袋收尘器,经过除尘器排向大气;前段的一部分高温气体由三次风管送入分解炉,大部分高温气体则进入窑内,为窑内物料反应、煤粉燃烧提供充分的氧气,这部分气体在窑内通过时间有 6~8 秒,由窑尾经竖烟道喷入分解炉,与三次风、物料、煤粉搅合;出炉后经五级旋风筒逐级向上继续与由上而下的物料换热,直至排出系统。但对于汞含量超过《水泥窑协同处置固体废物环境保护技术规范》(HJ 662-2013)要求0.23mg/kg的污染土壤,不能采用水泥窑协同处置。

2) 工艺参数

- ①入窑协同处置的固体废物中重金属含量应满足下表要求;
- ②入窑协同处置的固体废物中氯(CI)和氟(F)元素含量不应对水泥生产和水泥产品质量造成不利影响,其含量应该满足氯(CI)元素<0.5%,氟(F)元素<0.04%;
 - ③入窑协同处置的固体废物中硫(S)元素含量应该满足硫(S)元素≤0.014%。

重金属	单位	重金属的最大允许投加量
汞 (Hg)		0.23
铊+镉+铅+15×砷(Tl+Cd+Pb+15×As)	ma/ka ali	230
铍+铬+10×锡+50×锑+铜+锰+镍+钒	mg/kg-cli	1150
$(Be+Cr+10\times Sn+50\times Sb+Cu+Mn+Ni+V)$		1150
总铬 (Cr)		320
六价铬 (Cr ⁶⁺)		10 (1)
锌 (Zn)		37760
锰 (Mn)		3350
镍(Ni)		640
钼 (Mo)	mg/kg-cem	310
砷 (As)		4280
镉(Cd)		40
铅 (Pb)		1590
铜(Cu)		7920
汞 (Hg)		4 (2)

表 5-2 重金属最大允许投加量限值

3) 预期效果

采用水泥窑协同处置后,污染土全部转化为水泥产品,但同时会消耗大量燃料能源,并会产生一定量的废气。

注: (1) 计入窑物料中的总铬和混合物材料中的六价铬 (2) 仅计混合材料中汞

4) 预期工期

水泥窑协同处置需要根据接纳的水泥厂生产计划确定修复治理工期,预估需要100天。

5.2.2.8 修复工程量估算

本方案污染土壤修复治理方量共计 1.4 万 m³,采用水泥窑协同处置工艺。

5.2.2.9 修复后各组分的最终去向

本项目污染土壤经水泥窑协同处置处理后,最终以水泥产品等形式再次资源化利用。

5.2.2.10 修复工程直接费用估算

方案二修复工程直接费用估算为1284.1万元。

5.2.3 方案三

5.2.3.1 技术线路

本项目土壤污染物主要为 SVOC、重金属及其复合污染,本方案设计含有重金属的污染土壤进行稳定化修复处理,经验收合格后填埋处置;含有 SVOC 的污染土壤进行化学氧化修复处理,修复完成验收合格后,用于基坑回填;重金属+SVOCs 污染土壤,先进行化学氧化处理,满足要求后再进行稳定化处理,验收合格后填埋处置。

5.2.3.2 边界支护方案

同方案一相关内容(见5.2.1章节)。

5.2.3.3 基坑降排水方案

同方案一相关内容(见5.2.1章节)。

5.2.3.4 污水处理方案

同方案一相关内容(见5.2.1章节)。

5.2.3.5 污染土清挖方案

同方案一相关内容(见5.2.1章节)。

5.2.3.6 污染土运输方案

同方案一相关内容(见5.2.1章节)。

5.2.3.7 污染土处置方案

除不需要淋洗工艺外,其他处置工艺同方案一相关内容(见5.2.1章节)。

5.2.3.8 修复工程量估算

本方案污染土壤修复治理方量共计 1.4 万 m^3 ,采用化学氧化、稳定化、阻隔填埋等修复技术。各修复工艺修复工程量为: (1) 化学氧化约 0.4 万 m^3 ; (2) 稳定化 1.4 万 m^3 ; (3) 填埋 1.4 万 m^3 ; (4) 阻隔面积 0.4 万 m^2 。

5.2.3.9 修复后各组分的最终去向

含重金属污染土壤:包括单独重金属污染土壤和重金属+SVOCs 复合污染土壤,主要采取稳定化修复工艺进行初步修复处理,修复完成后的土壤验收合格后按规定要求外运至一般工业固废填埋场进行填埋处置。

5.2.3.10 修复工程直接费用估算

方案三修复工程直接费用估算为1125.5万元。

5.3 修复方案比选

5.3.1 主要技术指标

结合地块土壤特征和修复目标,从符合法律法规、长期和短期效果、修复时间、成本和修复工程的环境影响方面,比较不同修复方案主要技术指标的合理性。

表 5-3 技术比较

比选指标	方案一:"土壤淋洗+化 学氧化+稳定化+填埋"	方案二:"水泥窑协同处 置"	方案三:"稳定化+化学 氧化+填埋"	比选结果
法律法 规符合 性	符合法律法规规定,每 项技术均很成熟	符合法律法规规定,每 项技术均很成熟	符合法律法规规定,每 项技术均很成熟	方案一、 二、三均可 行
长期/短期效果	土壤淋洗可显著减少污 染土方量,泥饼填埋后 填埋场需要长期监测	处置过程中需要对窑炉 尾气进行监测,处置后 变成水泥产品,无需长 期监测。	修复后土壤进行阻隔填 埋,填埋场需要长期监 测	方案三填埋 量过大,隐 患较大

修复时间	(1) 地块设备准备: 20 天; (2) 污染土壤现场 挖运: 11 天; (3) 土壤 修复: 40 天; (4) 准备 验收材料 30 天; 可同时 进行,共计需要 80 天。	(1) 地块设备准备: 20 天; (2) 污染土壤现场 挖运: 30 天; (3) 土壤 修复: 100 天 (4) 准备 验收材料 30 天。可同时 进行,共计需要 140 天。	(1) 地块设备准备: 20 天; (2) 污染土壤现场 挖运: 30 天; (3) 土壤 修复: 50 天; (4) 准备 验收材料 30 天。可同时 进行,共计需要 100 天	方案一与方 案三工期相 对较短
直接工程修复成本	851.9 万元	1284.1 万元	1125.5 万元	方案一费用 较低
环境影响	该理念符合《污染地块 修复技术导则》所提到 的"显著较少污染物数 量、毒性和迁移性,鼓 励采用绿色、可持续化+ 阻隔填埋修复技术是目 前重金属土壤修复到总 用手段,虽无法做到的 量去除,但其修复时 间、修复成本和环境影 响均较小。	水泥窑协同处置过程中 会产生窑炉尾气等二次 污染,目前水泥窑尾气 治理工艺成熟,对环境 空气的影响可接受。	化学氧化修复后的土壤 可有效的减少土壤中污 染物含量,实现总量去 除。稳定化修复后土壤 进行阻隔填埋虽无法做 到总量去除,但其修复 时间、修复成本和环境 影响均较小。	三套方案均可行

5.3.2 二次污染防治措施

二次污染包括修复后污染物的残留风险、修复过程的环境影响和健康影响。污染物残留风险包括剩余污染物或二次产物的类型、数量、特征、风险,以及风险处理处置的难度和不确定性。环境影响包括修复工程设施建设阶段和运行阶段对环境的影响程度。健康影响包括修复工程建设阶段和运行阶段对人员安全健康的影响。

采用方案一"土壤淋洗+化学氧化+稳定化+填埋"。土壤淋洗修复技术将污染物富集浓缩至泥饼内,淋洗后验收合格的砂砾、砾石低于修复目标,可直接回用,只需对终端泥饼进行处置,残余风险主要取决于后端泥饼的处置方式,淋洗主要以水作为淋洗剂,淋洗后的污水适当处理后回用,实现污水零排放,二次污染风险低;本方案中泥饼采用化学氧化+稳定化+阻隔填埋修复技术,虽然修复达标泥饼直接填埋/回用,但污染物仍富集在泥饼中,污染总量未改变,有一定的残留风险,稳定化技术处理对象为含水率较高的泥饼,有效的避免了扬尘的产生,较好的控制二次污染产生风险,污染风险小。

采用方案二"水泥窑协同处置"。采用水泥窑协同处置后,污染土全部转化为水泥产品,但同时会消耗大量燃料能源,并会产生一定量的废气。

采用方案三:"稳定化+化学氧化+填埋"。本方案采用稳定化和化学氧化修复技术无法将污染物完全去除,存在风险。修复后土壤进行填埋场阻隔填埋,填埋方量较大,占地面积大,二

次污染风险较高。

5.3.3 比选结果

综上所述,初步认为在各个备选方案中,按照方案一执行可以高效高质的完成地块修复工作。

6 环境管理计划

6.1 修复工程监理

环境监理是受污染地块责任主体委托,依据有关环境保护法律法规、地块环境调查评估备案文件、地块修复方案备案文件、环境监理合同等,对地块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地块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。环境监理的对象主要是工程中的环境保护措施、风险防范措施以及受工程影响的外部环境保护等相关的事项。

6.2 环境管理技术要求

6.2.1 施工现场管理

(1) 地块管理

修复施工单位应在施工现场边界设置围挡,保持施工现场干净整洁,保证主要通道畅通。 出入门一侧围挡外应设置"风险管控和修复施工信息公告牌",出入门内侧设置"五牌一图":工程概况牌、管理人员名单及监督电话牌、消防安全制度牌、安全生产制度牌、文明和环保制度牌,以及施工现场平面图。施工信息需列出修复工程项目概况及施工过程环境影响保护措施。

(2) 材料管理

施工现场各种工具、材料的堆放应按照总平面布置图指示的位置堆放。各种工具、材料应当按照品种、规格堆放,并设明显标牌,各种材料物品需要堆放整齐。仓库内严禁烟火、严禁放置可燃杂物,严禁禁忌化学品同库贮存。仓库内按规范配备足够的消防器材。

(3) 临边防护

修复施工单位应在基坑、水池、地上设备等所有临边区域设置安全围挡,并设置警示牌。操作通道、平台、楼梯等需要使用防滑材料安装制作。具体可参照《建筑施工安全检查标准》(JGJ59)及《建筑深基坑工程施工安全技术规范》(JGJ311)执行。

(4) 机械防护

修复施工单位应制定并执行施工机械安全防护规定。机械设备启动前、关闭后,应对设备进行机械防护安全检查,保证设备安全可靠。运行期间,应做好设备运行情况的巡检工作。每台设备中所有存在不安全隐患的旋转或移动部件均需要有完整可靠的安全防护装置。非专职设备操作人员不得擅自操作机械设备。

(5) 用电防护

修复施工单位应设置电气安全警示牌。非专职人员不得擅自操作电气设备。电气系统和电器设备维修时需要挂牌上锁。专职人员维修设备需穿戴绝缘手套和绝缘鞋。专职人员每日巡检配电箱、开关箱等电气设备,确保所有电气设备正常运行。具体参照《施工现场临时用电安全技术规范》(JGJ 46)要求执行。

(6) 人员管理

修复施工相关作业人员进入现场前需进行安全教育,施工作业前需进行安全技术交底,特殊工种工人须持证上岗。外来人员需在现场管理人员陪同下进入现场。进入现场应佩戴安全帽、手套、穿硬底劳保鞋等,并根据不同工种按要求穿戴不同的劳保用品。应定期对职工进行职业健康教育,加强防范意识。

6.2.2 污染土壤运输管理

本方案推荐采用原地异位方式进行土壤修复治理工作,外运污染土壤部分主要为土壤淋洗 产生的泥饼,经危废鉴定满足要求后,送往一般工业固体填埋场填埋处置,施工单位应做好以 下工作。

(1) 确定泥饼接收点

泥饼外运应选择合法的接收点或接收单位。施工单位应在施工前与土壤接收点或接收单位 订立书面协议或合同,明确土壤处置及再利用期间的相关权利和责任。

(2) 制定转运方案

制定污染土壤转运方案,将土壤运输时间、方式、线路和污染土壤数量、去向、最终处置措施等提前报所在地(大连市生态环境局甘井子分局)和接收地生态环境主管部门。

(3) 污染土壤运输车辆

污染土壤外运应委托具备建筑垃圾运输许可证的单位。土壤运输应使用密闭式运输车辆, 土壤上层适量喷水降尘,并用苫布等材料严密覆盖,防止运输途中污染土壤的泄漏和遗撒。

(4) 建立污染土壤转运台账

涉及土壤挖掘及运输的,施工单位应建立污染土壤转运台账,记录土壤清挖与运输日期、方量等信息。污染土壤移出单位、运输单位和接收单位应填写污染土壤转运联单,并同时报送所在地大连市生态环境局甘井子分局和接收地生态环境主管部门。

(5) 其他要求

本项目泥饼外运填埋处置,施工单位应委托具有固体废物危险特性鉴定能力和资质的专业

机构开展鉴定工作。外运污染土壤属于危险废物的,施工单位应依法进行处置,并做好与危险废物环境监管的衔接。

表 6-1 污染土壤转运方案表(样表)

项目名称		
土壤转运方案		(PDF 盖章)
报送日期		年月日
土地使用权人(或污染责任人)	(公章)	
施工单位	(公章)	
土壤移出地地址		
施工单位经办人(签名)	联系电	.话
运输单位	(公:	章)
运输单位经办人(签名)	联系电	话
土壤异位修复地址		
土壤接收单位	(公	章)
土壤接收地地址		
土壤接收单位经办人(签名)	联系电	.话
污染土壤类型	污染物名称及含量概况	土壤方量
1.重金属及无机类污染		
2.有机类污染		
3.复合污染		
4.其他		
污染	土壤转运总方量	
转运移出目的	□异地修复□修复后再利用□焚烧□□ □生产砖、瓦、筑路材料等其他建筑	
审查意见:		
监理单位: <u>(盖章)</u>		
年月日		
审查意见:		
V ELST V D		
效果评估单位:(盖章)		
年 月 日		

6.2.3 药剂安全管理

施工期间,施工单位应做好修复药剂的存放、使用和管理工作。

(1) 药剂存放管理

施工单位应在施工现场设置专用仓库存放修复药剂,仓库必须干燥、通风、防雨、防晒、防火、防泄漏。原则上鼓励化学品类修复药剂随用随进,不在现场储存。现场如需存储危险化学品,则需按照危险化学品的相关管理办法进行储存和管理。

(2) 药剂使用安全

施工单位应在施工前对员工进行化学品的物质安全数据表(MSDS)、危险物质辨认、正确搬运及使用等方面的培训。

在药剂配置或使用过程中,应关注其危险性、禁配物料,落实相应劳防措施,如工人穿戴必要的个人防护用品;在危险化学品作业场所的出入口、反应容器等醒目位置设置安全警示标志。

现场使用平板车或斗车运输药剂时严禁超载,材料放置均匀防止侧翻,包装完整封闭防止 遗撒。

(3) 药剂使用台账

施工单位应建立药剂使用台账,记录药剂的进场和使用情况,在药剂领用当天记录药剂品名、领用人、领用时间、领用数量等信息。

修复药剂如涉及危险化学品,还应建立危险化学品安全管理制度,并在药剂使用台账中记录危险化学品名的使用情况。

	项目名称							
序号	药剂进场日期	药剂名称	包装形式	药剂进量 (kg/t)	存放位置	是否属于 危险化学品	经办人 (签字)	备注
1								
2								
3								
4	4							
5								
	施工单位: (盖章)							
	项目负责人:(签字)							

表 6-2 修复药剂进场记录单(样表)

表 6-3 修复药剂使用记录单(样表)

表单编号:

	项目名称							
序号	药剂使用 日期	药剂使用对 象	药剂名称	是否属于危 险化学品	药剂使用量 (kg/t)	药剂领 (签5		备注
1								
2								
3								
4								
5								

施工单位: (盖章)							
项目负责人:(签字)							

注: 药剂使用对象为污染土壤、污染地下水、其他三类。

6.2.4 施工现场监控措施

施工单位可通过视频监控、在线监测等方式,实时掌握修复治理工程现场的施工状况信息、关键工况信息、环境监测信息,保障修复治理项目施工的顺利开展。施工单位应在施工前期准备期间,做好监控设备信号接入相关信息平台的准备工作。

修复施工单位、监理单位、效果评估单位应根据各自工作范围,拍摄修复治理施工全过程 的现场照片和视频,记录重要活动的现场情况。

修复施工单位应根据工程特点,在施工现场的关键位置安装摄像头。摄像视频信息需覆盖 到如下关键位置,摄像头数量可根据施工工地现场情况确定。

- 1) 施工现场全景:覆盖整个施工现场,提供全景情况概览;
- 2) 施工现场出入口位置: 可记录车辆及人员进出情况;
- 3) 土壤挖掘区域:记录现场土壤挖掘、回填等施工过程;
- 4) 土壤暂存区:记录现场土壤的暂存情况;
- 5) 土壤修复施工区:视频信息能反馈施工装备的关键部件/关键工艺环节,摄像头具体位置根据选用的修复装备特性而定;
 - 6) 药剂存放区:记录现场修复药剂材料的进出库情况、存放情况及配制使用情况。

6.2.5 资料管理

(1) 文档资料管理

修复项目施工单位、监理单位、效果评估单位应做好污染地块土壤修复治理工程的纸质材料和电子文档留存工作。原始记录内容应填写完整,应有记录人和审核人的签名,不允许随意更改。分类整理原始记录,按照统一资料记录格式汇编成电子文件。

(2) 资料保存要求

修复项目施工单位、监理单位、效果评估单位应做好纸质材料和电子文档的保存工作。纸质材料和电子文档保存时间不低于3年。

6.2.6 施工单位监测方案

施工单位在基坑清挖及修复治理的过程中,应配合效果评估单位加强修复效果的监测,可分批次进行,推荐采取的监测方案详见本报告"7.4 环境监测"章节。

6.3 二次污染防范

6.3.1 大气二次污染防治措施

- ①强化扬尘污染防治责任,施工单位要在开工前制定施工现场扬尘控制措施,对施工现场 实施封闭围挡、道路硬化、材料堆放遮盖、进出车辆冲洗、工程立面围护、建筑垃圾清运等措施。落实物料堆场抑尘控尘措施。尤其针对于道路两侧居民区实施封闭围挡加高加宽、以及道 路晒水等措施,尽可能的减小施工废气对道路两侧居民的影响。
- ②铺装的施工便道在无雨日、大风条件下极易起尘,因此要求在早、中、晚来回洒水,缩短扬尘污染的时段和污染范围,最大限度地减少扬尘污染,另施工便道进行定期养护、清扫,保证其良好的路况。
 - ③污染土壤清挖过程中,严格控制开挖创面,减少污染物暴露的机会。
- ④污染土壤清挖、运输、暂存过程中,主要采取洒水降尘措施:在施工地块内每 2-4 小时洒水一次,保持道路表面清洁和湿润,大风(四级及以上)天气不进行起尘量大的工程作业,且对地块开挖面进行苦盖。
 - ⑤暂存区堆存的十方要使用篷布覆盖,减少待检土堆放扬尘。
- ⑥修复过程使用的各种材料(药剂等),安排在库内存放或严密速盖,防止遗撒、飞扬,减少污染。
- ⑦加强回填土方堆放场的管理,要制定土方表面压实、定期喷水、覆盖等措施;不需要的泥土,建筑材料应及时运走,不宜长时间堆积;回填土方时,在表层土质干燥时应适当洒水,防止粉尘飞扬。
- ⑧运土卡车及建筑材料运输车应按规定配置防酒装备,装载不宜过满,保证运输过程中不散落,另外运输车辆加蓬盖;并规划好主要物料运输车辆的运行路线与时间,尽量避免在沿线敏感区行驶以减少粉尘对环境的影响;运输过程中酒落在路面上的泥土要及时清扫,以减少运行过程中的扬尘,并通过定时洒水等措施来抑尘。车辆出场前需进行淋洗处理,确保车轮等部位不携带污染土壤出场。

6.3.2 污水二次污染防治措施

为防止雨季施工雨水冲刷基坑边坡,坑外雨水沿边坡流入坑底,在场区周边布设截水沟。在雨季施工时,坑底会聚集雨水,该积水会含有大量污染物,在坑底距坡脚处挖出宽为 1m,深为 0.5m 的集水沟,沟内排水坡度为 5%,根据基坑实际情况确定一到两个集水井,经水泵抽出至移动式污水处理设备处理,满足《污水综合排放标准》(DB21-1627-2008)后,通过市政管道定期送往附近污水处理厂处理。

要在运输车辆出口处选择一个区域,作为洗车场,对施工机械和运输车辆进行淋洗,每辆参与运输的车辆出场前必须将车轮及车身残存的土冲洗干净后方可离场,防止车辆将污染土壤带出,造成二次污染。洗车场设施应包括洗车平台、泵以及管道等,四周设排水沟,洗车废水通过管道排到污水处理设施内处理后再进行回用。

基坑降排水、车辆冲洗废水等施工产生的废水,严禁直接排入项目西侧的排水沟,必须经收集处理达标后,排入市政管网。

固体废物临时暂存场的污染土壤应进行地面硬化,并进行重点防渗处理。污染土壤修复期间应在修复区四周设置醒目的警示标识,并由专人进行管理,加强日常巡视,发现意外情况及时解决,防止在污染土壤修复过程中发生安全事故造成二次污染。

6.3.3 地下水二次污染防治措施

(1) 危废暂存间和一般固废暂存区

本项目固体废物主要为生活垃圾、砾石、砂砾、泥饼、药剂废包装物、污泥、废薄膜等。 本项目产生的固体废物均能够得到妥善处置,去向合理。本项目产生的危险废物在外运处置前 暂存在拟建危废暂存间内。危废暂存间内按要求配备符合标准的容器,设置危险废物识别标志, 地面进行防渗处理。各危险废物在暂存区内分类存放,原则上委托有资质单位及时转移处置。

(2) 污水处理设施

本项目废水主要包括施工期生活污水、施工车辆冲洗废水、基坑降排水、土壤淋洗废水等, 收集后进入移动式污水处理站处理满足《污水综合排放标准》(GB8978-1996)中"第一类污染 物最高允许排放浓度"及辽宁省地方标准《污水综合排放标准》(DB21/1627-2008)中"排入 污水处理厂的水污染物最高允许排放浓度",通过市政管网送往附近城市污水处理厂处理。

(3) 土壤异位修复区域

土壤修复区域,如土壤淋洗区、暂存区等,地面均采用 20cm 厚 C25 混凝土硬化。在做到相应的规范化设计、防渗要求和施工情况下,难以对地下水产生明显影响。

(4) 污染土壤清挖

污染土壤采用机械(挖掘机)清除为主、人工清除为辅的方法。本项目的治理根据施工条件、清除要求和污染土壤清除量,在施工前合理安排机械设备和人员数量,并做好各方面的准备工作。

(5) 污染土壤转运

本工程开挖土壤均需运至异位修复区进行修复,污染土壤经开挖后运至土壤暂存防渗区进行暂存。本项目开挖区域污染土壤经开挖后,根据污染物种类,分别转运至对应土壤暂存区域进行暂存。各开挖区域挖运路线和主干道相连接,车辆进出车间流向统一,使整个地块运输路线始终保持畅通。

(6) 重点防渗区

根据污染地块所处的水文地质条件,为了最大限度的避免土壤修复对地下水环境产生的二次污染,对修复区、养护区、土方暂存区、污水处理设施、洗车场、管道要进行重点防渗处理。

废水管道防渗:采用强度高、耐腐蚀度大的管道材料(如无缝钢管)和高等级防腐材料, 使用焊接连接。

(7) 监测和管理

为了掌握本工程周围地下水环境质量状况和地下水体中污染物的动态变化,应建立地下水监控体系,包括建立完善的监测制度、配备先进的检测仪器和设备,科学、合理设置地下水污染监控井,对上、下游进行对比监测,以便及时准确地反馈工程建设区域地下水水质状况,为防止本工程对地下水的事故污染采取相应的措施提供重要的依据。同时可定期委托有资质单位对地下水中的 COD、氨氮、石油类、SS、重金属等物质进行监测,从而掌握地下水中 COD、氨氮、石油类、SS、重金属等物质进行监测,从而掌握地下水中 COD、氮氮、石油类、SS、重金属等物质的变化情况。应有专门的工作人员,负责本项目地下水跟踪监测报告统计工作及日常环保管理工作。

监测井布置:根据地下水流向、污染源分布情况及污染物在地下水中的扩散形式,以及《地下水环境监测技术规范》(HJ164-2020)的要求,在评价区布设一定数量的地下水污染监控井,建立地下水污染监控、预警体系。监测计划:要求修复项目开始、过程中和工程结束不同时间段各1次;如发现异常,应增加监测频率。

6.3.4 噪声二次污染防治措施

(1) 人为噪声的控制

污染场区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。由于清挖区离居民

区较近,现场施工过程中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。 严禁在钢管、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、厂内禁止鸣笛。

(2) 强噪声作业时间的控制

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。

(3) 强噪声机械的降噪措施

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消声降 噪声设备的施工机械。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。

(4) 加强施工现场的噪声监测

加强施工现场环境噪声的长期监测,采取专人管理的原则,做好现场施工噪声测量记录,凡超过《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011)标准,应及时对施工现场噪声超标的有关因素进行调整,达到施工噪声不扰民的目的。

6.3.5 土壤二次污染防护措施

以"预防为主,防治结合"的原则为指导,从施工的各个环节切实做好污染土壤的二次污染防治工作。

(1) 地块清理管理

地块清理时,清理的建筑垃圾如砖石块带有污染土壤,建筑垃圾的转移与堆放可能会造成二次污染。为避免或减少有建筑垃圾造成的污染面,明显带污染土壤的建筑垃圾应先进行淋洗处理,再转移到现场指定位置堆放。

(2) 挖掘与装载管理

污染土壤挖掘时,如需临时堆放,原则上堆在附近的污染土壤之上,如堆放在附近的干净 土壤上,则需铺设防渗膜,并做引水沟,做好防渗措施后方可挖掘堆放。

原则上,污染土现挖现装,装载时禁止超载。污染土壤装载后油布覆盖,既可防止气味扩散,也可防止污染土壤散落。

运输车辆需进行转运标识牌管理,避免运错、存错现象的发生导致污染土壤的治理不达标 现象的发生。

(3) 运输管理

为防止机械行驶与车辆运输过程可能会造成污染土壤的二次污染问题,机械行驶与污染土壤运输的安全管理设计如下:

- 1)施工组织设计现场统一的指定的机械行驶、车辆运输路线,路线便道平整压实,设置简易护栏、标识牌和警示牌。
- 2)运输司机证件由项目部备案,并接受项目部的安全教育,注意行驶安全,车辆行驶速度不能超过15km/h,一般情况下禁止快速行驶与突然快速启动或制动。
- 3)运输车辆进行转运标识牌管理,根据污染土壤转运标识牌的标识把污染土壤运输至相应的临时暂存区。
- 4)运输便道管理应由专人负责,运输便道发生凹陷情况,应及时组织用砂石填充压实,防止运输车辆颠簸及污染土壤散落;如发现运输过程污染土壤散落,应组织人员清理与收集,防止污染土壤的二次污染;另外,运输便道易产生扬尘,故便道应注意洒水,防止扬尘污染。
- 5)由于项目工期紧,因此可能会有夜间施工。转运道路含有土路路段,因此转运车辆应 严格控制车速,并安排专人对夜间车辆进行监管,防止污染土壤遗撒和乱排现象。
 - 6)车辆做好苫盖处理,运输道路每日安排专人进行巡视,对发生遗撒现象及时进行处理。
 - 7)转运道路应尽量避开人群密集区域。
 - 8) 车辆出场前需进行淋洗处理,确保车轮等部位不携带污染土壤出场。

(4) 临时贮存管理

污染土壤应分类分批次进行清挖、转运、堆存,待检区,临时堆放区、暂存区地面做防渗 处理。

6.3.6 固体废弃物二次污染防护措施

原辅材料包装物和废薄膜属于一般固废,外售给废品回收公司;污水处理站污泥经鉴别后外运填埋场填埋处理;生活垃圾定点收集、市政统一清运。固体废物具体防治措施如下:

- (1) 在清挖不同深度污染土时应进行必要的现场甄别,每一类污染土壤清挖时既要确保属于该类别的污染土壤全部挖净,同时又要避免污染较重的土壤混入污染较轻的土壤以及避免不同污染类型土壤的混合,造成较重污染土壤的土方量增加,导致后续处理成本增加。
- (2)临时暂存区应设置不同污染类型的土壤暂存区域,避免不同污染类别土壤的混合,增加处理成本或者造成土壤的二次污染。污染土壤暂存场区地面做好防渗处理,土方应做好苫盖处理,在大风天气施工,要注意临时堆体的大风防护,风力过大,可能会对堆体造成一定影

响和破坏,同时,携带污染物的扬尘很容易随风扩散,可能对厂区外居民的人体健康和生活工作环境造成危害。防止大风、雨水等不利天气条件对环境造成二次污染,以及对污染土壤的不利影响。

- (3)在污染土壤的清挖、运输出场前应对清挖和运输人员进行相关培训,在清挖、运输过程中,应建立相应的管理制度,由专人负责监督、记录清挖和运输进度情况,做到清挖量和运输量都有据可查。制定详细的清挖、运输管理要求和技术要求,严格按照清挖、运输的计划进行,加强过程管理,避免清挖工程对环境产生不利影响。
 - (4) 设置危险废物暂存间,应防风、防雨、防渗漏,对危险废物分类存放。
- (5)施工工人产生的生活垃圾应交环卫部门统一清运进行无害化处理,以避免对周围环境造成影响。
- (6) 修复后的土壤及时运输,不在地块内长时间贮存,对于未及时运输的土壤暂存在土方暂存区,应尽快运输出地块,并使用防雨布、防渗膜等材料做好覆盖严禁裸落堆放,防止扬尘对大气造成污染。
- (7) 修复后土壤每转移一车,填写一份转移单,写明出发时间、污染类型、修复工艺、运输重量、运输负责人、接收负责人、接收地点。到达目的地后,接收负责人将按转移单填写内容对修复后土壤进行验收,如实填写接收日期并签字。此外修复后土壤的场外运输,应避开居民区、学校、地表水和地下水水源地等敏感区域,还应选择路况相对较好、能够完全承载重型运输车的最佳路线。
- (8) 避免二次污染,需加强覆盖,选用性能良好、车厢封闭较好、证件齐全的车辆,严格按照指定的线路行驶。车辆运输过程中,避免车辆的道路遗酒。土方装车高度不能超过车槽帮,与槽帮上侧距离为 5cm,运输车辆底部铺设 0.7mm 厚的 HDPE 膜,车厢上部全部采用苫布进行覆盖,与上扣盖形成双重密闭,车槽后部铺设彩条布进行防护,防止渣土自车身缝处落出,避免运输过程中渣土散落道路运输车辆需保证车身洁净及良好的密闭性,可以保证土壤在运输过程中的密封性,最大限度避免污染物的挥发。
- (9)在污染区出口处设置车辆冲洗设施,运输车辆每次出场前将车辆车轮及车身残存的 土冲洗干净后方可离场,冲洗之后的废水在洗车场收集后统一进行处理,防止车辆将污染土壤 带出,造成二次污染。
- (10)要严格控制土壤的去向,运输车辆进出场都需经确认程序,运输途中派专人负责巡查,以保证所有土壤全部运至指定接收点。

- (11) 在地块修复过程中,必须就地进行土方平衡,禁止将任何地块内土壤外运。
- (12) 在清挖过程中要注意原地块地下遗留的废弃管道或者其他疑似污染物等。
- (13) 严禁将基坑清挖产生的低于目标值土壤堆放于西侧排水沟河道之内。

6.4 环境监测计划

本项目异位修复厂区拟设置在 C6 地块,本次方案分别给出原位基坑开挖区和异位修复区环境监测情况。

若后期土壤修复中标单位异位修复厂区设置在其他区域,建议按本次方案给出的环境监测原则设置异位修复厂区的监测方案。

大气监测点位中的上、下风向厂界及下风向敏感点处,应根据监测时的风向确定。

6.5 效果评估评估监测

6.5.1 主要工作内容

6.5.1.1 更新地块概念模型

根据风险管控与修复进度,以及掌握的地块信息对地块概念模型进行实时更新,为制定效果评估布点方案提供依据。

6.5.1.2 布点采样与实验室检测

布点方案包括效果评估的对象和范围、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。原则上应在风险管控与修复实施方案编制阶段编制效果评估初步布点方案,并在地块风险管控与修复效果评估工作开展之前,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,确定检测指标和实验室分析方法,开展现场来样与实验室检测,明确现场和实验室质量保证与质量控制要求。

6.5.1.3 风险管控与土壤修复效果评估

根据检测结果,评估土壤修复是否达到修复目标或可接受水平,评估风险管控是否达到规定要求。

对于土壤修复效果,可采用逐对比和统计分析的方法进行评估,若达到修复效果,则根据情况提出后期环境监管建议并编制修复效果评估报告,若未达到修复效果,则应开展补充修复。

对于风险管控效果,若工程性能指标和污染物指标均达到评估标准,则判断风险管控达到

预期效果,可继续开展运行与维护;若工程性能指标或污染物指标未达到评估标准,则判断风险管控未达到预期效果,须对风险管控措施进行优化或调整。

6.5.1.4 提出后期环境监管建议

根据风险管控与修复工程实施情况与效果评估结论,提出后期环境监管建议。

6.5.1.5 编制效果评估报告

汇总前述工作内容,编制效果评估报告,报告应包括风险管控与修复工程概况、环境保护措施、落实情况、效果评估布点与采样、检测结果分析、效果评估结论及后期环境监管建议等内容。

6.5.2 文件整理与现场踏勘

6.5.2.1 文件整理

- (1) 在效果评估工作开展之前,应收集污染地块风险管控与修复相关资料。
- (2)资料清单主要包括地块环境调查报告、风险评估报告、风险管控与修复方案、工程实施方案、工程设计资料、施工组织设计资料、工程环境影响评价及其批复、施工与运行过程中监测数据、监理报告和相关资料、工程竣工报告、实施方案变更协议、运输与接收的协议和记录、施工管理文件等。

6.5.2.2 文件整理要点

- (1) 文件整理要点主要包括风险管控与修复工程概况和环保措施落实情况。
- (2)风险管控与修复工程概况资料整理主要通过风险管控与修复方案、实施方案、以及风险管控与修复过程中的其他文件,了解修复范围、修复目标、修复工程设计、修复工程施工、修复起始时间、运输记录、运行监测数据等,了解风险管控与修复工程实施的具体情况。
- (3) 环保措施落实情况整理主要通过对风险管控与修复过程中二次污染防治相关数据、资料和报告的梳理,分析风险管控与修复工程可能造成的土壤二次污染情况等。

6.5.2.3 现场踏勘

- (1)应开展现场踏勘工作,了解污染地块风险管控与修复工程情况、环境保护措施落实情况,包括修复设施运行情况、修复工程施工进度、基坑清理情况、污染土暂存和外运情况、地块内临时道路使用情况、修复施工管理情况等。
 - (2)调查人员可通过照片、视频、录音、文字等方式,记录现场踏勘情况。

6.5.3 验收指标及标准

6.5.3.1 基坑清挖效果评估

本项目基坑下层污染土壤采取原位阻隔的方式进行风险管控,因此无需进行基坑清挖效果评估,但建议按照《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)要求进行基坑底部和侧壁采样监测,进一步了解基坑表层土壤的污染情况。采样节点及布点原则如下:

- ①基坑底部与侧壁,应在基坑清理之后、回填之前进行采样:
- ②基坑底部采用系统布点法,基坑侧壁采用等距离布点法;
- ③当基坑深度大于 1m 时,侧壁应进行垂向分层采样,在污染物易富集位置设置采样点;
- ④基坑底部和侧壁最少采样点数量如下表所示,布点参考如下图所示。

6.5.3.2 原位阻隔验收

本项目原位阻隔包括两种方式,分别为防渗混凝土垫层(含地下建筑区域)和黏土+两布 一膜+黏土(其他区域)。

(1) 防渗混凝土垫层

防渗混凝土垫层: 厚度≥100mm, 防渗等级不低于 P6。

(2) 黏土+两布一膜+黏土

验收方式以工程验收为主,要求土工膜焊接后,应及时对下列部位的焊接质量进行检测: 全部焊缝;焊缝结点;破损修补部位;漏焊和虚焊的补焊部位;前次检验未合格再次补焊部位。 焊接完成后要对焊缝进行非破坏性试验和破坏性试验。

非破坏性试验:包括焊缝的压气检漏试验(适用于双轨焊缝)和真空检漏试验(适用于单轨焊缝),其目的是检测焊缝的气密性。所有焊缝都必须通过检测,不合格部位应返工处理。非破坏性试验在施工现场进行。

破坏性试验: HDPE 膜焊缝按每 1000m 取 1 个样本,对每个样本在实验室进行剪切试验和剥离试验的检测,确定焊缝的焊接强度及断裂类型。焊接处的强度应不低于材料本身强度 80%为宜,若样块不合格则应在原焊缝上取第 2 块进行检测,连续 3 块不合格则整条焊缝应返工处理。

检测完毕,应立即对检测时所作的充气打压穿孔全部用挤压焊接法补堵,对检测发现不合格的部位应及时用新鲜的母材修补,经再次检测合格后,立即缝合上层土工膜。

另外,为保证阻隔膜铺设的工程质量和责任认定,阻隔膜铺设过程中需每天填写《HDPE

膜铺设施工记录表》和《HDPE 膜热熔焊接检测记录表》,待焊接结束后组织技术人员进行质量检验,并填写《HDPE 膜施工工序质量检查评定表》,做好存档工作。

6.5.3.3 异位修复效果

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)》要求,本项目修复施工结束后每 500m³土壤采集一个土壤样品进行检测验收,另外为确保检测效果合理性,每 20 个样品采集 1 个平行样品。本项目污染土方量较大,因此建议进行分批验收。检测标准和验收标准如下表所示。

6.5.3.4 危险废物识别

根据《危险废物鉴别技术规范》(HJ298-2019),危险废物鉴别需跟进待鉴别固体废物的质量确定采样份样数,如下表所示。

固体废物质量(以 q 表示)(吨)	最小份样数(个)
q≤5	5
5 <q≤25< td=""><td>8</td></q≤25<>	8
25 <q≤50< td=""><td>13</td></q≤50<>	13
50 <q≤90< td=""><td>20</td></q≤90<>	20
90 <q≤150< td=""><td>32</td></q≤150<>	32
150 <q≤500< td=""><td>50</td></q≤500<>	50
500 <q≤1000< td=""><td>80</td></q≤1000<>	80
q>1000	100

表 6-4 固体废物采集最小份样数

6.5.4 修复效果评估及报告编制

样品采集和检测后,应分析检测数据,根据污染地块是否达到验收评估标准,判定是否达到修复目标要求。按照《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),可选择逐一对比法和统计分析的方法进行土壤修复效果评估。

当样品数<8个时,应将样品检测值与修复效果评估标准逐个对比;

- a) 若样品检测值低于或等于修复效果评估标准,则认为达到修复效果。
- b) 若样品检测值高于修复效果评估标准值,则认为未达到修复效果。

当样品数≥8 个是,可采用统计分析方法进行修复效果评估。一般采用样品均值的 95%置信上限与修复效果评估标准值进行比较,下列条件全部符合方可认为地块达到修复效果。

- a) 样品均值的 95%置信上限小于等于修复效果评估标准值:
- b) 样品浓度最大值不超过修复效果评估值的 2 倍。

若采用逐个对比法,当同一污染物平行数量≥4组时,可结合t检验分析采样和检测过程中的误差,确定检测值与修复效果评估标准值的差异。

- a)若个样品检测值显著低于修复效果评估标准值或者与修复效果评估标准值差异不显著, 则认为该地块达到修复效果。
 - b) 若某样品的检测结果显著高于修复效果评估标准值,则认为地块未达到修复效果。

原则上统计分析方法应在单个基坑活单个修复范围内分别进行。对于低于报告限的数据,可用报告限数值进行统计分析。

效果评估报告应当全面真实地反应污染地块治理修复工程效果,按照效果评估的程序对污染地块治理修复工程是否达到目标给出结论,并根据效果评估的结果,对该地块后续的安全利用或风险管控提出建议。

7 成本效益分析

7.1 修复费用估算

本项目污染土壤拟采用淋洗筛分+稳定化+化学氧化+原位阻隔+异位填埋修复技术,根据 大连及周边地区已完成修复地块费用情况,估算本项目污染土修复治理总费用为1814.0万元, 其中工程建设费1645.3万元、其他费82.3万元和预备费86.4万元。

本项目深基坑支护及止水帷幕工程费用为 500 万元,该部分可直接用于污染土治理验收后港北变主体工程建设,属于工程建设费用前置于污染土治理。

7.2 环境效益

(1) 降低污染物水平,有效防治土壤污染

目前的土壤修复技术大部分仍然采用"亡羊补牢"的线性思路,基本上都是事后处理,但很多情况下无法根治环境问题。本项目修复目标主要是将污染土壤进行清挖后,专项进行异位处理,利用淋洗等手段将污染土方量"减量化"并将污染物浓缩后转移至泥饼中统一进行修复,清挖后进行阻隔处理的同时,避免对土壤造成二次污染,最大限度减少污染物增量。

(2) 恢复土地生态经济功能,提高土地利用率

随着工农业、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,本项目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、提高土地利用率。

(3) 改善土壤环境质量,保障居民生命安全

由于污染物能够在土壤中累积,居民通过接触土壤会对人体健康造成不利影响。建设用地中污染物挥发、下渗到地下水等也会对居民身体健康造成危害。因此,本项目对土壤污染修复的开展有利于保障居民的身体健康与安全。

(4) 促进循环经济发展,推动生态良性循环

在土壤修复过程中,本项目提倡绿色修复技术,积极开发废弃物的再生利用。利用处理后的砂砾、石砾进行道路及基坑回填,可以最大限度的实现资源再利用,并促进循环经济发展及生态环境的良性循环。

7.3 经济效益

随着土壤污染防止政策的不断落地,土壤修复产业发展持续升温。中国的土壤修复产业目

前处于早期发展阶段,修复项目具有资金需求量大、投资回报周期长等特点目前土壤修复项目 资金主要来自政府(财政部专门设立了土壤污染防治专项资金),融资渠道单一,仅靠政府支 持无法满足土壤修复项目资金的需求,对社会融资有着迫切的需求。

本项目直观来看不能立即带来大量直接的经济效益,但项目对污染土壤处理完成后,环境 大幅度改善所带来的地价升值和当地区域优势的显现,会吸引更多的资金来此投资开发,从而 促进项目区域的经济业务提升乃至长远的快速经济发展。

另外,项目完工后,生态环境得到进一步提高,百姓安居乐业,同时也进一步的改善项目 区域内的投资环境,增加投资机会,为区域经济社会的健康发展提供保障,使经济效益与社会 效益达到最大化。此外,该项目建成后有利于构建和谐社会,促进社会经济的可持续发展,为 国内生产总值添砖加瓦。

7.4 社会效益

土壤污染的治理不光要看环境效益与经济效益,更要注重社会效益。土壤修复是重大的环境保护和民生工程,已被纳入国家环境治理体系。土壤修复项目的实施能够有效控制土壤污染、改善周围的环境质量,保障人体健康,显著提升环境效益与经济效益,从而提升社会效益。

土壤作为陆地生态系统重要组成部分,是人类和动植物居住生存不可替代的环境因子,也是食品安全与人体健康的基本保障,在保护环境和维持生态平衡重具有重要作用。随着工农业生产的发展和乡村的城市化改革,污染土壤的面积正在不断扩大。为了实现土壤的可持续利用,保障人类获得充足且安全的食品以及生态环境,迫切需要经济、高效、可行的土壤修修复项目。

随着科学发展观的深入贯彻落实,国家对环境保护工作越来越重视,对水、大气、土地的污染等监控力度日益加大."十二五"规划中,节能环保已被列为七大战略性新兴产业之首,其中土壤修复被纳入环保产业的重点发展之列,国家将财政、税收、金融等方面提供政策支持,同时地方政府土壤污染防治意识增强,根据环境管理和土壤污染防治的需要,分别制定了相关配套措施。

土壤修复是一件利国利民的大事,希望全社会为建设"蓝天常在、青山常在、绿水常在"的美丽中国共同奋斗。

7.5 生态效益

(1) 对水土流失的影响

由于修复建设破坏地块表面硬化层,部分引起水土流失,主要发生在项目施工期。工程施

工过程采取防护措施,水土流失到施工后期将基本稳定。主要是通过对施工地块内的土壤清运、基坑塌方及其他地质病害的调查,分析由于修复施工引起地质类别、地形、地貌等现状的变化对区域水土流失的影响,并提出治理措施或对策建议。

(2) 对水环境的影响

通过对地块的修复,改善周边地面水环境,促进周边水体功能的完善,保护河流的水体质量,改善地块周边生活服务区、居民区及其他区域的环境治理,改善生态环境的协调性。

8 结论与建议

8.1 结论

本工作通过项目基础资料收集(项目背景、所在区域环境状况、前期方案等)、现场踏勘、 技术比选、可行性评估等工作,在与业主方充分沟通的基础上,基本确定了修复要求,比选出 适合本项目的修复技术方案。结论如下:

- (1) 本次修复工程修复范围为 3436m², 修复污染土壤共计 13810.7m³。
- (2)本方案在分析地块污染物特征、污染状况、地质及水文地质条件、总体修复目标的基础上,进行污染地块概念模型分析,针对本修复项目污染土壤确定采取异地修复+原位阻隔+后期管理的方式。
- (3)通过对土壤修复技术筛选,对各种修复技术进行评估,确定适合本项目可行技术为 土壤淋洗、化学氧化、稳定化、原位阻隔、异位填埋。具体修复工艺如下所述:
- 1)单独重金属污染土壤的修复:采用"土壤淋洗+稳定化+阻隔填埋"方式进行修复,修复土方量为9888.0m³:
- 2)"重金属+SVOCs"污染土壤的修复:采用"土壤淋洗+化学氧化+稳定化+阻隔填埋"方式进行修复,修复土方量为3922.7m³;
- 3)基坑开挖以下污染土壤采用原位阻隔的方式,共计阻隔 3436m²。本项目原位阻隔包括两种方式,分别为防渗混凝土垫层(含地下建筑区域)和黏土+两布一膜+黏土(其他区域)。
 - 4)碱渣、粉煤灰等废渣经鉴定为一般固体废物采用异位填埋方式。
- 5)建议不对本地块地下水开展修复治理。需进行相应的制度控制措施,严格限制地下水 用途。同时在土壤修复过程中,对基坑废水需开展相应的治理工作,预估基坑废水总量 2500m³, 达标后回用或纳管排放。
 - (4) 经估算,本项目污染土壤修复费用总计约为 1814 万元。
 - (5) 本项目施工工期目标预计为80天。

8.2建议

(1) 地块的修复实施方案应与地块后期的建设方案和施工计划紧密结合,如有变化,应及时调整。由于本地块后期的建设和施工方案目前还没有形成,因此在现阶段还无法精确获得与地块污染修复密切相关的一些基础资料,包括桩基位置等,本方案中所确定的污染土壤的开

挖深度仅依据已有地块初步规划信息推测确定,可能存在一定的不确定性,今后还需根据实际情况在实施方案阶段进行调整,包括污染土壤的开挖深度、开挖次序、施工方式、投资和进度等,尽量做到最优化。

- (2)根据地块水文地质、清挖范围及现场情况,大部分清挖区域位于场界处,为避免深层清挖区域和场界区域因土壤清挖导致土壤塌方,造成工程和环境安全事故,影响工程进度,施工单位应重视边界支护。
- (3)本项目的大规模清挖修复工程建议在枯水期进行,减少周边地下水对本项目的不利 影响。
- (4) 地块修复过程应采取有效的安全和环保措施,防止二次污染和污染风险。本地块土壤中的污染物部分为挥发性的有机污染物,在污染土壤的清挖、运输、暂存、修复过程中,极易受土壤扰动影响而挥发,造成场内外空气的二次污染,影响周边环境,生产健康风险。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。
- (5) 地块修复过程应进行跟踪检查,及时发现问题。在地块开挖取土过程中,应随时观察、发现是否有新的污染产生,如地下埋藏物、地下罐体、地下管线和有明显特殊气味的地方。一经发现,应及时上报,并由专业人员进行处理。在开挖过程中,还需要进行严格的质量控制,确保分类开挖,开挖到位。
- (6) 地块调查结果表明地块地下水中 pH、氨氮和重金属砷存在超标的情况,在不饮用地下水的情况下,不存在致癌风险和非致癌危害,因此本方案针对地块内地下水不建议开展修复治理工作。但因为存在超标的情况,因此需制定严格的制度控制措施,限制地块地下水的用途,如设置警示标志等方式,禁止饮用地下水,避免发生危害人体健康的情况。
- (7)本项目清挖过程中,根据粒径分析报告,若存在细颗粒(粒径<0.075mm)含量>50%情况,修复施工单位可以组织专家对修复技术方案进行优化论证。
- (8)加强施工期修复治理工程的环境管理,污染土壤移出单位、运输单位和接收单位应填写污染土壤转运联单,并同时报送所在地大连市生态环境局甘井子分局和接收地生态环境主管部门。