

大化集团搬迁及周边改造项目 A5（含周边  
道路）地块污染土壤修复

# 效果评估报告

委托单位： 大连新悦置业有限公司

评估单位： 大连海友鑫检测技术有限公司

编制时间： 2020年 11月





# 目 录

<b>第 1 章 项目背景</b> .....	<b>1</b>
1.1 项目概述 .....	1
1.2 编制目的 .....	2
1.3 工作内容 .....	3
1.4 项目基本情况 .....	3
<b>第 2 章 编制依据</b> .....	<b>6</b>
2.1 法律、法规及政策文件 .....	6
2.2 技术导则、标准及相关规范 .....	8
2.3 相关技术报告 .....	9
<b>第 3 章 地块概况</b> .....	<b>10</b>
3.1 前期工作梳理 .....	10
3.1.1 场地调查工作 .....	10
3.1.2 风险评估工作 .....	11
3.1.3 修复方案编制工作 .....	12
3.1.4 修复深度变更方案编制工作 .....	12
3.1.5 环境影响评价工作 .....	13
3.1.6 竣工环境保护验收工作 .....	16
3.1.7 项目竣工环境保护验收专项报告（固体废物） .....	17
3.2 修复实施情况 .....	18
3.2.1 污染土壤清挖 .....	18
3.2.2 异位修复施工 .....	22
3.2.3 环境管理与监测 .....	29
<b>第 4 章 地块概念模型</b> .....	<b>35</b>
4.1 资料回顾 .....	35
4.2 现场踏勘 .....	36
4.2.1 修复工程情况 .....	36
4.2.2 基坑清理情况 .....	36
4.2.3 污染土暂存和外运情况 .....	37
4.3 人员访谈 .....	37
4.4 更新地块概念模型 .....	39
4.4.1 地块风险管控与修复概况 .....	39
4.4.2 场地关注污染物的种类 .....	40
4.4.3 地形地貌及水文地质情况 .....	41
4.4.4 场地污染状况 .....	43
4.4.5 受体分析 .....	43

4.4.6 暴露途径分析 .....	43
4.4.7 危害识别 .....	44
<b>第 5 章 土壤修复效果评估布点 .....</b>	<b>48</b>
5.1 土壤修复效果评估布点 .....	48
5.1.1 评估范围 .....	48
5.1.2 基坑侧壁效果评估布点 .....	48
5.1.3 土壤异位效果评估布点 .....	51
5.2 风险管控效果评估布点 .....	52
5.2.1 检测指标和标准 .....	52
5.2.2 采样周期和频次 .....	52
5.2.3 布点数量与位置 .....	53
<b>第 6 章 效果评估.....</b>	<b>55</b>
6.1 修复深度风险评估 .....	55
6.2 基坑清理效果评估 .....	56
6.3 土壤异位修复效果评估 .....	56
6.3.1 常温解吸修复效果评估 .....	56
6.3.2 淋洗修复效果评估 .....	57
6.3.3 化学氧化/固化稳定化效果评估 .....	59
6.4 二次污染区域效果评估 .....	61
6.5 道路区域风险管控效果评估 .....	61
6.6 环境影响效果评估 .....	61
6.6.1 排气筒影响效果评估 .....	61
6.6.2 环境空气影响效果评估 .....	62
6.6.3 声环境影响效果评估 .....	62
<b>第 7 章 结论与建议.....</b>	<b>63</b>
7.1 效果评估结论 .....	63
7.2 后期环境监管建议 .....	64
7.2.1 工程控制 .....	64
7.2.2 制度控制 .....	64

# 第1章 项目背景

## 1.1 项目概述

大连化工集团有限责任公司（简称“大化集团”）位于大连市甘井子区，始建于1933年，场地搬迁总面积为335万m<sup>2</sup>。大化集团是一家大型集团化企业，由8个全资子公司、3个控股公司及17个参股公司组成，主要下属企业包括大连化工集团有限责任公司合成氨厂、大化集团大连化工股份有限公司、大连化工集团有限责任公司硝铵厂、大化集团大连博尔化工有限公司和大连油漆厂等。2008年，大化集团与政府相关部门签订补偿协议后实施了搬迁工作，后续规划为梭鱼湾商务区。

大化集团搬迁后，厂区内部分地块（A1/A2/A3/A4/A5、B1/B2/B3/B4/B5、C1/C2/C3/C4/C5、D1/D2/D3/D4）为大连新悦置业有限公司开发区域，拟用于开发为以住宅为主的商住小区，建筑类型包括多层、小高层、高层住宅等及商业公建（公寓、公园等）。

2019年1月，大连新悦置业有限公司委托大连海友鑫检测技术有限公司（以下简称我单位），对原大化集团所处A4A5地块及周边道路区域进行较为全面的场地调查工作，现场采集土壤样品和地下水等样品，基本查明了场地内是否存在污染以及潜在的污染物种类，以及评估污染物对于场地未来人体的健康风险，最终确定场地内污染土壤修复范围。

2019年4月底，大连新悦置业有限公司计划对钻石湾项目A5地块及周边道路范围内的污染土壤进行修复，并委托大连建邦环境修复有限责任公司编制《大化集团搬迁及周边改造项目A5（含周边道路）场地污染土壤修复项目修复方案》，即依据《大化集团搬迁及周边改造项目A4、A5（含周边道路）地块土壤污染状况调查报告》、《大化集团搬迁及周边改造项目A4、A5地块（含周边道路）地块风险评估报告》中确定的调查结果和修复标准编制修复方案，以指导A5地块及周边道路区域修复工程实施。

2019年4月大连新悦置业有限公司委托澳瑞环保（大连）有限公司编制完成《大化集团搬迁及周边改造项目A5（含周边道路）场地污染土壤修复项目环境影响报告表》并于2019年8月取得环境保护局的批复文件（大环评准字[2019]040065号）。

2019年7月，大连建邦环境修复有限责任公司（以下简称“施工单位”）承担本地块土壤治理与修复工作，A5地块污染场地土壤修复工程主要是针对场地内受污染土壤进行清挖，清挖的污染土壤全部采用原地异位修复处置。澳瑞环保（大连）有限公司承担该项目的环境监理工作（以下简称“监理单位”）。

2019年8月，受大连新悦置业有限公司委托，我单位开展了大化集团搬迁及周边改造项目A5（含周边道路）地块污染土壤修复效果评估工作。在对修复场地进行前期文件审核、修复效果分析评价基础上，根据相关环保法律法规、政策与技术规范等要求，编制《大化集团搬迁及周边改造项目A5（含周边道路）地块污染土壤修复效果评估报告》。

2019年12月，辽宁省生态环境厅组织召开了《大化集团搬迁及周边改造项目A5（含周边道路）地块污染土壤修复效果评估报告》的评审会议。参会领导及专家提出了关于验收大化集团搬迁及周边改造项目A5（含周边道路）地块污染土壤修复工程的建议与意见，并要求各单位按照评审会议上提出的内容进行改进及完善。

2020年7月，大连新悦置业有限公司开发A5地块详细规划通过审批。根据规划文件，A5项目场地修复深度发生变化，为此，大连新悦置业有限公司委托大连建邦环境修复有限责任公司编制了《大化集团搬迁及周边改造项目A5（含周边道路）场地污染土壤修复深度变更方案》，并于同年9月完成评审备案工作。

2020年10月，我单位重新对整个大化集团搬迁及周边改造项目A5（含周边道路）场地污染土壤修复工程进行修复效果评估。根据相关环保法律法规、政策与技术规范、专家审查意见，编制《大化集团搬迁及周边改造项目A5（含周边道路）地块污染土壤修复效果评估报告》。

## 1.2 编制目的

（1）调查该项目根据《大化集团搬迁及周边改造项目A5（含周边道路）地块污染土壤修复方案》、《大化集团搬迁及周边改造项目A5（含周边道路）场地污染土壤修复项目环境影响报告表》、《大化集团搬迁及周边改造项目A5（含周边道路）场地污染土壤修复深度变更方案》及其批复所提出的修复工程在施工、运营期各项环境保护措施的执行情况；

（2）评估该项目清挖后的基坑及异位修复后的土壤是否满足修复方案所确

定的目标值；

(3) 根据基坑侧壁及修复后土壤的检测结果，客观、公正地从技术上论证该修复工程是否达到了修复方案所确定的修复效果；

(4) 评估工程管控措施是否有效；

(5) 为 A5 地块的后期开发利用及环境管理工作提供科学借鉴。

### 1.3 工作内容

效果评估工作的内容包括：通过资料回顾、现场踏勘、人员访谈，更新地块污染概念模型；现场布点采样与实验室检测；土壤修复效果评估及风险管控效果评估；提出后期环境监管建议、编制效果评估报告等。

### 1.4 项目基本情况

**项目名称：**大化集团搬迁及周边改造项目 A5（含周边道路）地块污染土壤修复项目。

**建设单位：**大连新悦置业有限公司

**修复单位：**大连建邦环境修复有限责任公司

**监理单位：**澳瑞环保（大连）有限公司

**效果评估单位：**大连海友鑫检测技术有限公司

**项目地址：**大连化工集团有限责任公司（简称“大化集团”）位于大连市甘井子区工兴路 10 号，该项目修复场地位于原大化搬迁场地内，场地中心，地理坐标为：N38°57'29.90"，E121°37'23.84"。

该项目修复采用异位修复方式，异位修复场地位于大连市甘井子区原大化搬迁场地内，场地中心地理坐标为：N38°57'42.75"，E121°37'34.88"。该项目修复污染场地及异位修复场地位置见下图。



图1-1 项目位置图

实施年限：2019年7月-2020年10月

工程内容：A5地块土壤的污染深度为0-14m（基岩），修复深度根据建设单位详细规划中车库底板和周边道路的底标高来确定，即对拟建车库地块、拟建道路区域的污染土壤进行异位修复，共计污染土 $106319\text{m}^3$ （实方），其中包括清挖污染土 $93091\text{m}^3$ 、桩芯污染土 $13228\text{m}^3$ ；该地块基坑底部和侧壁即为建设单位规划建设的车库底板和侧壁，该部分的管控工程采用混凝土进行阻隔。

污染土壤中需治理修复的污染因子为VOC（1,2,3-三氯丙烷）、重金属（铅、镉、镍、砷、铬（六价））及SVOCs（萘、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）。

修复技术路线如下图。



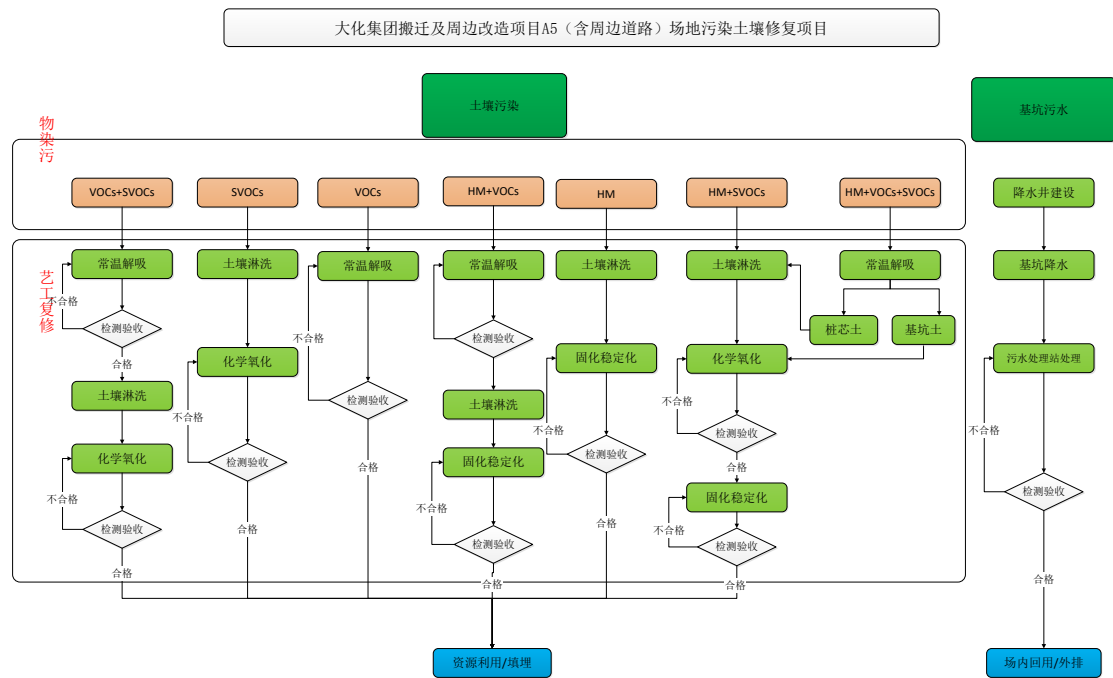


图1-2 大化场地污染土壤修复技术路线

《大化集团搬迁及周边改造项目 A5（含周边道路）地块污染土壤修复效果评估报告》报告中涉及到的各个相关方在该项目中的职责分工如下表所示：

表1-1 该项目参与各方的职责分工

单位名称	该项目中的职责分工
大连新悦置业有限公司	建设单位：修复工程及效果评估的委托单位，同时负责修复地块规划建设的车库底板及支护桩的建设工作（即修复地块清挖后基坑侧壁和坑底阻隔层施工工作）
大连建邦环境修复有限责任公司	污染土壤的异位修复施工单位：负责 A5 地块内规划深度污染土壤及周边道路污染土壤的异位修复工作，并负责修复工程范围内地块间规划道路、东侧规划道路区域的 HDPE 膜铺设工作
大连海友鑫检测技术有限公司	效果评估单位：开展 A5 地块土壤修复效果评估工作
澳瑞环保（大连）有限公司	环境监理单位：负责 A5 地块土壤修复工程的环境监理

## 第2章 编制依据

### 2.1 法律、法规及政策文件

- (1) 《中华人民共和国土壤污染防治法》2019年1月1日
- (2) 《中华人民共和国环境保护法（2014修订版）》2015年1月1日
- (3) 《中华人民共和国大气污染防治法（2018修正）》2018年10月26日
- (4) 《中华人民共和国环境噪声污染防治法（2018修正）》2018年12月29日
- (5) 《中华人民共和国水污染防治法（2017修正）》2017年6月27日
- (6) 《中华人民共和国水法（2016修正）》2016年7月2日
- (7) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法（2016修正）》2016年11月7日
- (8) 《中华人民共和国土地管理法（2020修订版）》2020年1月1日
- (9) 《中华人民共和国土地管理法实施条例（2014修订）》2014年7月29日
- (10) 《中华人民共和国环境影响评价法（2018修正）》2018年12月29日
- (11) 《国家环境保护标准“十三五”分发展规划》环发2017年04月
- (12) 《建设项目环境保护管理条例》（2017修订）2017年7月16日
- (13) 《中华人民共和国清洁生产促进法》2012年7月1日
- (14) 《污染地块土壤环境管理办法》部令（2016）42号
- (15) 《环境保护部办公厅关于加强工业企业关停、搬迁及原厂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
- (16) 《关于切实做好企业搬迁过程中环境污染防治工作的通知》国家环保总局环办（2004）47号
- (17) 《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
- (18) 《关于土壤污染防治工作的意见》环保部环发（2008）48号
- (19) 《国务院关于印发土壤污染防治行动计划的通知》国发（2016）31号
- (20) 《国务院关于印发水污染防治行动计划的通知》国发（2015）17号
- (21) 《关于加强土壤防治工作意见》环发（2008）48号

- (22) 《危险化学品安全管理条例》(2013年修正版) 国务院令 第645号
- (23) 《废弃危险化学品污染环境防治办法》环办〔2005〕27号
- (24) 《国家危险废物名录》2016年8月1日
- (25) 《国务院办公厅关于印发近期土壤环境保护和综合治理工作安排的通知》国办发〔2013〕7号
- (26) 《道路危险货物运输管理规定(2016修订版)》交通运输部 2016年第36号
- (27) 《国家突发环境事件应急预案》国办函〔2014〕119号
- (28) 《国务院办公厅关于推进城区老工业区搬迁改造的指导意见》国办发〔2014〕9号
- (29) 《国务院关于加强环境保护重点工作的意见》国发〔2011〕35号
- (30) 《危险废物转移联单管理办法》国家环保局总令第5号
- (31) 《建设用地土壤环境调查评估技术指南》(中华人民共和国环境保护部 2017年第72号)
- (32) 《中华人民共和国环境噪声污染防治法》(2018年12月29日修订);
- (33) 《关于加强土壤污染防治工作的意见》(国家环境保护部,环发[2008]48号);
- (34) 关于保障工业企业地块再开发利用环境安全的通知,环发[2012]140号;
- (35) 《关于加强工业企业地块再利用环境监管的通知》(大环发[2013]90号);
- (36) 《辽宁省人民政府关于印发辽宁省土壤污染防治工作方案的通知》(辽政发[2016]58号);
- (37) 《大连市人民政府关于印发大连市土壤污染防治工作方案的通知》(大政发[2016]75号);
- (38) 《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);
- (39) 《辽宁省建设用地土壤污染风险管控和修复管理办法》(辽环发[2019]21号)。

## 2.2 技术导则、标准及相关规范

- (1) 《土壤环境质量建设用土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）；
- (2) 《建设用地土壤污染风险管控和修复术语》（HJ682-2019）；
- (3) 《工业企业场地环境调查评估与修复工作指南（试行）》环保部 2014 年 11 月；
- (4) 《场地环境调查技术导则》（HJ25.1-2019）；
- (5) 《场地环境监测技术导则》（HJ25.2-2019）；
- (6) 《污染场地土壤修复技术导则》（HJ25.4-2019）；
- (7) 《污染场地风险评估技术导则》（HJ25.3-2019）；
- (8) 《土工试验方法标准》（GB/T50123-1999）；
- (9) 《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）；
- (10) 《地表水环境质量标准》（GB5749-2006）；
- (11) 《声环境质量标准》（GB3096-2008）；
- (12) 《环境空气质量监测规范（试行）》（国家环保总局 2007 年第 4 号）；
- (13) 《污染废物鉴别技术规范》（HJ298-2019）；
- (14) 《危险废物鉴别标准浸出毒性鉴别》（GB5085.3-2007）
- (15) 《危险废物鉴别标准通则》（GB5085.7-2019）；
- (16) 《危险废物鉴别标准急性毒性初筛》（GB5085.2-2007）；
- (17) 《危险废物鉴别标准毒性物质含量鉴别》（GB5085.6-2007）；
- (18) 《危险废物鉴别标准易燃性鉴别》（GB5085.4-2007）；
- (19) 《危险废物鉴别标准反应性鉴别》（GB5085.5-2007）；
- (20) 《危险废物鉴别标准腐蚀性鉴别》（GB5085.1-2007）
- (21)《污染场地风险管控与土壤修复效果评估技术导则（试行）》（HJ25.5-2018）
- (22) 《土壤环境监测技术规范》（HJ/T166-2004）；
- (23) 《工业固体废物采样制样技术规范》（HJ/T20）；
- (24) 《水质采样样品的保存和管理技术规定》（HJ493-2009）；
- (25) 《工业企业场地环境调查评估与修复工作指南》（试行）；
- (26) 《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）
- (27) 《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》

- (28) 《环境空气质量标准》(GB3095-2012)
- (29) 《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011)
- (30) 《地下工程防水技术规范》(GB50108-2008)
- (31) 《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》(GB18599-2001)
- (32) 《土工合成材料长丝纺粘针刺非织造土工布》(GB/T17639-2008)
- (33) 《聚乙烯(PE)土工膜防渗工程技术规范》(SL/T231-1998)
- (34) 《危险废物鉴别技术规范》(HJ 298-2019)
- (35) 《室内空气质量标准》GB/T18883-2002
- (36) 《污水综合排放标准》(GB8978-1996)
- (37) 《污水综合排放标准》(DB21/1627-2008)
- (38) 《污染地块地下水修复和风险管控技术导则》(HJ25.6-2019)

## 2.3 相关技术报告

- (1) 《大化集团搬迁及周边改造项目 A4、A5 (含周边道路) 地块土壤污染状况调查报告》
- (2) 《大化集团搬迁及周边改造项目 A4、A5 (含周边道路) 地块土壤污染风险评估报告》
- (3) 《大化集团搬迁及周边改造项目 A5 (含周边道路) 地块污染土壤修复方案》
- (4) 《大化集团搬迁及周边改造项目 A5 (含周边道路) 场地污染土壤修复项目环境影响报告表》
- (5) 《大化集团搬迁及周边改造项目 A5 (含周边道路) 场地污染土壤修复项目环境影响报告表》批复文件 (见附件)
- (6) 《大化集团搬迁及周边改造项目 A5 (含周边道路) 地块污染土壤修复工程竣工报告》
- (7) 《A5 地块修复项目海环检(2019)第 279 号质控报告》
- (8) 《大化集团搬迁及周边改造项目 A5 (含周边道路) 场地污染土壤修复深度变更方案》

# 第3章 地块概况

## 3.1 前期工作梳理

### 3.1.1 场地调查工作

根据《大化集团搬迁及周边改造项目 A4、A5（含周边道路）地块土壤污染状况调查报告》，该场地调查评估情况如下：

#### （1）土壤调查结果

调查的目标地块为原大化集团 A4A5 地块及周边道路，需要调查的地块面积为 99499m<sup>2</sup>，其中 A4 地块面积为 31433.1m<sup>2</sup>，A5 地块面积 36321.1m<sup>2</sup>，道路及地块间面积 31738.8m<sup>2</sup>。

场地调查共计布置土壤采样点 229 个，为保证场地及土壤后期利用安全，现场调查最大深度均钻至基岩层，深度范围 0~14m，采样深度为 1m/2.5m/5m/7m/10m/14m。采集土壤样品 1345 个，分析指标 47 项，包括砷、汞、镉、铬（六价）、铅、铜、镍，VOC27 项、SVOC11 项、石油烃 C10-C40 和 pH 值。

调查区域内布置地下水监测井 12 口，红线外布置对照监测井 1 口，共计采集地下水样品 14 个，包括平行样品 1 个，分析指标 47 项，包括砷、汞、镉、铬（六价）、铅、铜、镍，VOC27 项、SVOC11 项、石油烃 C10-C40 和 pH 值。

场地调查范围为大化集团 A4A5 地块红线区域及周边道路，场地未来将用作居住用地，因此场地调查区域主要第一类用地，筛选标准执行《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准》GB36600-2018。

土壤中存在重金属、VOC、SVOC 和石油烃污染。重金属除六价铬外，检出率均大于 90%，说明场地内重金属存在普遍，砷、镍、铅、铬、镉均存在超出筛选值现象，其中，砷超标现象最为严重，其超标率达到 57.8%，这与场地内大量硫铁矿渣回填有关。石油烃超标的点位共 2 个，超标样品 2 个，样品超标倍数为 0.7 倍，超标样品超标率为 0.2%，检出率为 99.5%，半挥发性有机物除硝基苯、苯胺、2-氯酚外均有检出，检出率在 50%左右。污染物包括苯并(a)蒽、苯并(a)芘、苯并(b)荧蒽、二苯并(a,h)蒽、茚并(1,2,3-cd)芘、萘六种，其中苯并(a)芘超标最严重，最大超标倍数为 109.9 倍，超标率也相对较高，为 20.9%。调查场地 VOCs 点位超标 33 个，点位超标率为 14.4%，超标污染物为 1,2,3-三氯丙烷。

## (2) 地下水调查结果

项目地下水水位较浅，流向主要流向东南方向。地下水样品中 5 种物质的检出率为 100%，分别为铅、汞、镉、氯仿、二氯甲烷，其中，镉和铅超标较重，分别超过《地下水质量标准》GB/T14848-2017 IV 类水标准的 11.8 倍和 11.3 倍。此外，镍、砷、铜、四氯化碳、二氯甲烷、2-氯酚在场地地下水样品中普遍存在但均不超标。

### 3.1.2 风险评估工作

A5 地块为大连新悦置业有限公司负责开发建设的区域，由于 A5 地块和 A4 地块临近，故前期直接将 A4、A5 地块作为一个整体调查和风险评估，以下为 A4、A5 地块风险评估结论。

(1) A4、A5 地块为大化填海造地而成；厂区浅部地层岩性主要由粘土、碎石、工业垃圾等组成，局部为水泥地面、混凝土、建筑垃圾、淤泥质土等；深部地层岩性为中风化的块状灰色白云岩。

(2) 大化集团搬迁及改造 A4、A5 地块未来用作商住用地，儿童和成人均可能会长时间暴露于场地污染而产生健康危害。规划区域内浅层土壤（0-6m）暴露途径包括经口摄入土壤、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、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。深层土壤暴露途径包括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。

(3) A4、A5 场内进行健康风险评估的 12 种关注污染物具有健康风险，包括重金属镉、镍、砷、铬（六价）4 种；TPH（C10-C40）；VOCs 类污染物 1 种（1,2,3-三氯丙烷）；SVOCs 类污染物 6 种，包括萘、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。

(4) A4、A5 场地最大铅浓度值为 1780mg/kg，部分层区的铅浓度值高于该修复行动值（331mg/kg），健康风险水平超过了可接受范围，需根据场地实际规划分析确定修复目标值，采取必要的风险管理手段。

(5) A4、A5 地块内污染土壤共分四层，其中第一层 0-2.5m 超风险水平的污染方量为 113085m<sup>3</sup>，第二层 2.5-6m 超风险水平的污染方量为 179742m<sup>3</sup>，第三层 6-10m 超风险水平的污染方量 126797m<sup>3</sup>，第四层 10-14m 超风险水平的污染方

量为 24320m<sup>3</sup>，超风险水平的污染总方量为 443944m<sup>3</sup>。由于风险评估期间地块详细规划未定，故 A4 和 A5 两个地块总方量暂按清挖 0-6m 深度（二层车库）计算，为 292828m<sup>3</sup>。

（6）A4、A5 地块内地下水污染物为铅、镉，存在对人体健康风险，建议地下水修复以风险控制为主，管控面积为 99499m<sup>2</sup>。

### 3.1.3 修复方案编制工作

#### 3.1.3.1 工作开展情况

2019 年 5 月 10 日，大连市生态环境事务服务中心组织召开的《大化集团搬迁及周边改造项目 A5（含周边道路）地块污染土壤修复方案》专家评审会，并于 7 月 4 日取得大连市生态环境局备案文件。

#### 3.1.3.2 修复方案内容

根据《大化集团搬迁及周边改造项目 A5（含周边道路）地块污染土壤修复方案》及专家评审意见，该项目土壤修复方案如下：

##### （1）清挖深度及修复方量

结合场地初步规划（一层车库）、前期场地调查和风险评估结果，计划地块内开挖至标高+1.5m。根据前期场地调查高程数据，A5 地块平均标高约为+4.3m，初步计算的开挖深度约为 2.8m。场地周边未开发道路根据未来路基清挖深度确定清挖至现地面下 2.5m。污染土壤的异位修复土方量为 69933m<sup>3</sup>，主要污染物为重金属、VOCs、SVOCs。

##### （2）修复技术路线

修复技术路线同图 1-2。

### 3.1.4 修复深度变更方案编制工作

#### 3.1.4.1 变更前工作开展情况

2020 年 8 月，大连新悦置业有限公司组织了对《大化集团搬迁及周边改造项目 A5（含周边道路）场地污染土壤修复深度变更方案》的评审会，并取得大连市生态环境局的备案文件。

根据经大连市生态环境局备案的《大化集团搬迁及周边改造项目 A5（含周边道路）地块污染土壤修复方案》，2.5~6m 深度范围均属于同一污染土层，因此继续清挖修复的污染土壤仍属于第二层污染土范围，污染物种类及污染范围没有



发生变化。各污染物新增修复方量根据污染面积及深度进行计算，新增修复方量如下表所示。

表3-1 新增修复方量统计

污染类型	污染方量 (m <sup>3</sup> )
重金属	3698.40
挥发	72.68
半挥发	10059.93
重金属+挥发	261.95
重金属+半挥发	2880.24
挥发+半挥发	3658.55
重金属+挥发+半挥发	368.25
合计	21000

#### (2) 修复技术路线及修复设施

根据经大连市生态环境局备案的《大化集团搬迁及周边改造项目 A5（含周边道路）地块污染土壤修复方案》，2.5~6m 深度范围均属于同一污染土层。方案变更内容主要为污染土壤修复深度变更，进而导致修复土方量的变化。清挖范围仍沿用原修复方案中第二层污染物分布范围，污染物种类并未发生变化，修复工艺、管控措施及其他方面工作内容仍沿用同原修复技术方案，未进行调整。

该项目在进行方案变更时仍处于施工状态，修复场地、修复设备及配套设施仍处于原地，并未进行撤场，因此增加的污染土利用前期修复设备进行处理可行。新增污染土壤修复技术路线与大化集团搬迁及周边改造项目 A5（含周边道路）地块污染土壤修复方案》相同。

### 3.1.5 环境影响评价工作

#### 3.1.5.1 工作开展情况

该项目于 2019 年 6 月开展环境影响评价工作，环评单位编制的《大化集团搬迁及周边改造项目 A5(含周边道路)场地污染土壤修复项目环境影响报告表》于 2019 年 6 月 21 日通过大连市生态环境事务服务中心技术评估部组织的技术评估评审会，并于 8 月 14 日取得大连市生态环境局的批准决定。

#### 3.1.5.2 环境影响评价结论

项目施工期主要进行异位修复厂区建设，包括场地平整、土建施工等，产生的污染物主要为扬尘和噪声。项目施工期较短，工程结束后对环境的影响也随之消失。本次评价重点对修复工程运行期环境影响进行分析并提出环保措施。

##### (1) 大气环境影响分析

扬尘：项目运行期扬尘主要来源于污染土方开挖、运输、装卸、破碎筛分以及土壤回填等。由预测结果可知，在不采取任何防治措施情况下，扬尘扩散最大落地浓度出现在下风向 10m 处，最远达标距离为 1100m，可见扬尘对周围环境空气质量将有明显影响。对于道路运输扬尘，在同样的路面条件下，车速越快，扬尘量越大，在同样的车速情况下，路面越脏，扬尘量越大，因此，限制车辆行驶速度以及保持路面的清洁是减少汽车扬尘的有效手段。项目采取分段分层施工，合理安排施工工期，洒水湿法抑尘，施工场地周边设置 2.5m 高围挡，临时堆放场采取覆盖等防尘措施，对道路和施工区域进行清扫，运输车辆采用密闭式或加盖篷布，运输车辆进入施工场地应采取低速或限速行驶，可减少扬尘对环境空气的影响。项目工期较短，扬尘影响是短期可逆行为，随着工程结束将消失。

机械尾气：工程施工过程用到的运输及施工机械主要包括挖掘机、装载机、压实机、运输车等，它们以柴油为燃料，会产生一定量废气。工程施工高峰期使用的燃油机械约 4 台，这些施工机械设备尾气排放较为分散且属于间歇排放，施工区域地形开阔，有利于施工车辆尾气的迅速扩散，运输和施工机械尾气排放对周围环境空气质量影响不大。施工过程中，要求施工单位必须使用污染物排放符合国家标准的运输车和施工机械设备，加强车辆和设备的保养，使其处于良好的工作状态。

污染土壤清挖过程挥发有机废气：鉴于污染场地开挖过程，有机污染物散逸挥发量与土壤中有机物浓度、开挖土方量等有关，为尽可能避免有机污染物挥发进入环境空气中，要求项目污染场地开挖过程合理分区分阶段施工，尽可能减少一次施工开挖土方量。同时，结合 D1-D4 地块施工工况及施工期间有机废气检测结果，合理确定项目施工方式、挖方规模。运行期间严格控制开挖土方面积，开挖过程随时对开挖面进行覆盖，喷洒气味抑制剂。另外，项目修复施工开始前，须对环保设施进行调试验收，调试期间清挖土方过程，委托有资质单位对清挖场地场界上下风向及敏感点处环境空气进行监测，根据监测结果，判断施工方式可行性。

项目配套环保设施竣工验收后，修复工程正式投运期间，污染土壤清挖过程，施工单位在清挖场内上下风向及敏感点处布设环境空气监测点，现场采用 PID 快速检测仪对环境空气质量进行监测，同时委托有资质监测单位定期对场地周边及敏感点处环境空气进行监测，一旦超标立即停止施工，采取喷洒具有有机废气抑

制作用的稳定化或氧化药剂，尽量降低施工过程中有机物挥发对周边环境的影响，必要时采取微负压封闭施工方式。

常温解吸车间粉尘和有机废气：工程含 VOCs 的土壤修复在密闭大棚中进行，在装卸、搅拌过程会产生粉尘和有机废气，车间粉尘、有机废气将通过设置的废气处理装置处理，处理后通过 15m 高排气筒排放，处理工艺为“布袋除尘器+活性炭吸附”，粉尘处理效率为 99%、有机废气处理效率为 90%。满足《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）表 2 二级标准要求，根据预测结果本项目最大落地浓度满足环境质量标准要求。

化学氧化工艺过程有机废气：根据预测结果可知，项目化学氧化工艺有机物挥发扩散最大落地浓度为  $0.0688\text{mg}/\text{m}^3$ ，占标准值的 5.73%，最大落地点距源 10m 处，对环境影响较小。

异位修复场区土壤破碎筛分过程废气：根据预测结果可知，项目异位修复场区土壤筛分过程粉尘下风向最大落地浓度为  $773\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，最大落地点为距污染源 25m 处，最大落地点距离小于最近敏感点距离（西侧远洋钻石湾小区三期住宅，距离本项目异位修复厂区晒分区约 600m），最大落地浓度满足环境质量标准要求。

针对污染土壤运输过程挥发有机废气、异位修复场区暂存过程扬尘及有机废气影响主要通过采取篷布覆盖降低扬尘量和有机物挥发量。污染土壤淋洗及固化稳定化等修复工艺过程中由于土壤含水率要求，施工过程产尘量很小。采取环评提出的防治措施后，项目运行期废气排放对周围环境影响很小。

## （2）噪声环境影响分析

项目运行期噪声主要为各种作业机械和运输车辆产生的噪声，施工作业及物料运输噪声；项目运行期应严格落实本环评提出的相关环保措施，如合理安排施工时间，制定施工计划。尽可能避免大量高噪声设备同时施工，施工时间尽量安排在昼间，为保证居民休息，强噪声机械夜间（22:00~6:00）应停止施工。

采取环评提出的措施后，可将施工机械噪声对周围环境的影响降到可接受范围内，且影响是短期的，随着施工结束而消失。

## （3）水环境影响分析

土壤淋洗废水、基坑降排水、厂区截留雨水、车辆清洗废水经移动式污水处理站处理后回用，治理工程结束后剩余淋洗废水经污水处理站处理达标后排入市政污水处理厂处理。

根据污染场地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、药剂间、污水处理设施、洗车场、管道要进行重点防渗处理,在修复区、养护区、土方暂存区、药剂间、污水处理设施、洗车场、管道等做好防渗防漏措施后,本工程不会对地下水水质产生负面影响。

采取环评提出的措施后,项目废水不会对区域水环境产生影响。

#### (4) 固体废弃物环境影响分析结论

项目固化稳定化修复后泥饼送大连荣鑫再生资源中心废弃矿坑填埋处理,筛分产生的石块、砾石、砂砾经淋洗修复合格后全部用于排渣。检测不合格的将根据检测结果采取相应措施继续修复,直到合格。

#### (5) 生态环境影响分析结论

项目拟修复场地现状为工业企业搬迁平整后的荒地,且受重金属和有机物污染影响,场地内植被量很少,虽然施工过程中土方开挖破坏了修复场地原有地貌,但对修复场地生态环境影响较小。修复后场地用于开发房地产,配套绿化工程等,有利于区域生态恢复。项目异位修复场地在现有修复厂区基础上扩建,增加的区域现状为堆土场,项目实施不会对生态环境产生影响。

#### (6) 环境风险分析结论

项目施工过程中所用化学品不属于危险化学品,不需进行风险评价。项目土壤污染类型为重金属和有机物,修复过程可能会产生二次污染风险。针对可能产生的风险源项分析,报告中提出了相应的风险防范措施及应急预案,施工单位应严格落实。

### **3.1.6 竣工环境保护验收工作**

#### **3.1.6.1 工作开展情况**

大连新悦置业有限公司组织验收组按照《大化集团搬迁及周边改造项目 A5 (含周边道路) 场地污染土壤修复项目环境影响报告表》要求对本项目进行自主验收,得出“按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》中所规定的验收不合格情形对项目逐一对照核查,无不合格情形,项目竣工环保验收合格”的结论。

#### **3.1.6.2 竣工环境保护验收结论**

根据验收监测结果及现场调查,项目运行正常,项目建设符合国家相关产政策,建设单位落实了环境影响报告表及其审批意见提出的环保措施,各污染物均

达到相应标准排放，符合总量控制要求，结果如下：

(1) 项目废气处理装置排气筒颗粒物、铅、镍、镉符合《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996) 二级标准，有机物排放符合《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996) 非甲烷总烃二级标准；无组织排放中，清挖场上风向、清挖场敏感点、异位修复上风向、异位修复下风向四个监测点位中铅、总悬浮颗粒物及有机物排放符合《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996) 无组织排放监控浓度限值。清秀蓝湾、天下粮仓这两个监测点位中苯、砷、总悬浮颗粒物、TVOC 均符合《环境空气质量标准》(GB3095-2012) 中的二级标准。

(2) 项目产生噪声满足《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011)，符合排放要求。

(3) 项目修复过程产生的泥饼浸出污染物的浓度均未超过《危险废物鉴别标准浸出毒性鉴别》(GB5085.3-2007) 中标准值，不属于危险废物，可以按照一般工业固废进行处置。

(4) 项目污水排放满足《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”。

(5) 项目严格按照《建设项目环境保护管理条例》和《中华人民共和国环境保护法》以及环境保护主管部门的要求进行了环境影响评价及环保设计工作，各项环保审批手续齐全、完整，环境保护设施与主体工程同时设计、同时施工、同时使用。

综上所述，项目具备工程竣工环境保护验收的条件，予以环保验收。

### **3.1.7 项目竣工环境保护验收专项报告（固体废物）**

#### **3.1.7.1 工作开展情况**

2019 年 11 月，施工单位编制了《大化集团搬迁及周边改造项目 A5（含周边道路）场地污染土壤修复项目竣工环境保护验收专项报告（固体废物）》对固体废物污染防治措施进行验收，并报大连市甘井子生态环境分局审批，2019 年 12 月 3 日，大连市甘井子分局出具固体废物防治措施验收合格的验收意见。

#### **3.1.7.2 固体废物防治措施验收结论**

根据验收监测结果及现场调查，项目运行正常，项目建设符合国家相关产政策，建设单位落实了环境影响报告表及其审批意见提出的环保措施，各污染物均

达到相应标准排放，符合总量控制要求，结果如下：

(1) 项目修复过程产生的泥饼浸出污染物的浓度均未超过《危险废物鉴别标准浸出毒性鉴别》(GB5085.3-2007)中标准值，不属于危险废物，可以按照一般工业固废进行处置。

(2) 项目严格按照《建设项目环境保护管理条例》和《中华人民共和国环境保护法》以及环境保护主管部门的要求进行了环境影响评价及环保设计工作，各项环保审批手续齐全、完整，环境保护设施与主体工程同时设计、同时施工、同时使用。

综上所述，项目具备工程竣工环境保护验收的条件，予以环保验收。

## 3.2 修复实施情况

### 3.2.1 污染土壤清挖

#### 3.2.1.1 土方清挖

施工单位结合项目前期场地调查评估结果及现场施工情况，清挖过程遵循“分层、分区、分类”原则进行合理部署施工。

根据该项目场地后期规划，场地内污染土壤清挖深度（除桩芯土外）均不超过调查阶段确定的第二层土层（2.5~6m）。施工单位开挖过程将场地分为两层即0~2.5m为第一层，2.5~6m为第二层。下图为第一层和第二层清挖范围。下表为清挖拐点坐标。

由于该项目开挖场地面积较大，为有效对现场开挖施工进行管理，防止出现错挖乱挖现象，项目施工单位根据工程施工进度安排将场地第一层和第二层分别分为6个区域（如下图所示），清挖顺序依次为A→B→C→D→E→F。



**图3-1 分区清挖**

该项目场地内污染类别共分为 7 类，分别为重金属类，半挥发性有机污染物类、挥发性有机污染物类，重金属和半挥发性有机污染物复合污染类，重金属和挥发性有机污染物复合污染类，挥发及半挥发性有机污染物复合污染类，重金属、挥发及半挥发性有机污染物复合污染类。

由于污染类别不同，其修复工艺不同，施工单位清挖过程中按照污染类别分类进行清挖转运。各区清挖顺序依次由北向南进行作业。

### **3.2.1.2 土壤转运情况**

该项目采用异位修复处理工艺，所有污染土壤清挖运往异地修复场地进行修复处理。

#### **(1) 场内运输道路**

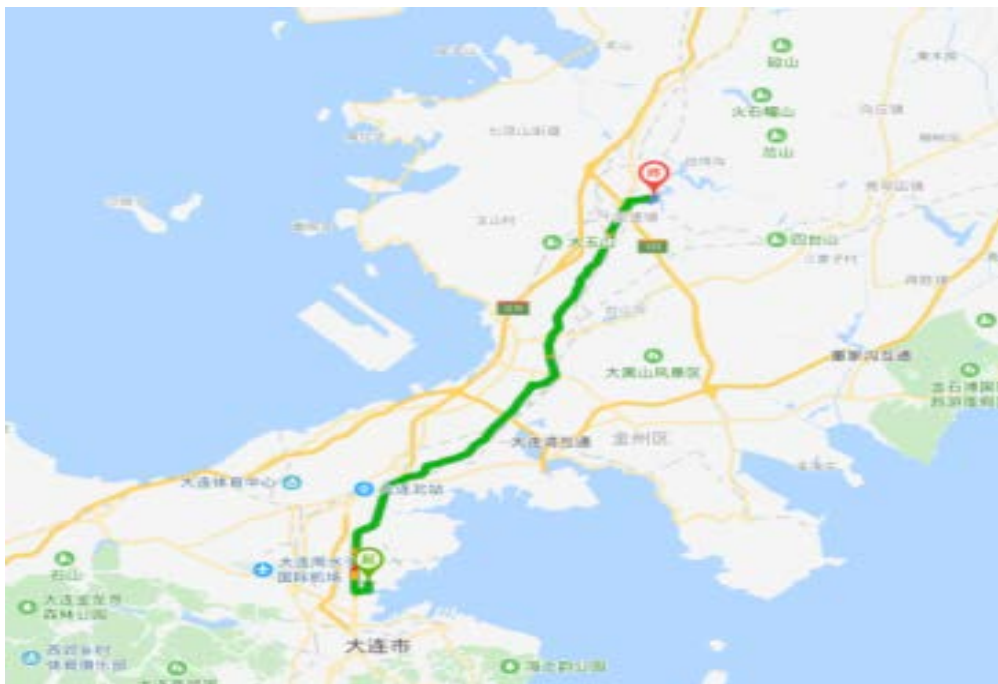
该项目修复场地距离 A5 地块距离约 300m。场内运输道路计划如下图所示，该路线可有效避免道路拥堵等交通问题，同时避开居民区。



**图3-2 场内转运路线**

(2) 场外运输道路

该项目污染土壤处理后产生的泥饼转运至一般固废填埋场进行填埋（大连荣鑫再生资源中心）处理，为避免造成二次污染等环境问题，运输路线尽量避开居民聚集地区，选择车流量较少的运输道路。该项目场外运输道路为：异位处置场→华东路→G201→姚家路→迎金路→双十路→G202→填埋场。



**图3-3 场外运输路线**



### 3.2.1.3 基坑阻隔施工

#### (1) 阻隔范围

结合前期场地调查阶段调查结果,该项目场地周边及清挖后基坑坑底土壤中仍存在超标污染物,为确保场地后期利用过程中对周边人群不造成健康风险,修复方案提出对其进行阻隔管控,基坑阻隔范围包括清挖后基坑底部和清挖过程侧壁。

#### (2) 阻隔方式

结合场地开发利用规划,坑底和侧壁均为业主地产开发建设区域,坑底为规划建筑物地下车库的底板区域,侧壁为桩支护区域,坑底和侧壁均为混凝土结构,阻隔管控措施已结合主体施工完成。

根据 A5 地块详细规划施工图纸,该项目场地内阻隔层构造包括垫层、保护层、防水层和底板等,其中垫层厚度为 100mm,防渗层 4mm,保护层 40mm,底板厚度分为两种分别为 300mm(非主楼区域)和 400mm(主楼区域)。结合地块主体开发规划及该项目技术方案,底板采用 C35 型号防水混凝土,抗渗等级 P6。垫层含建筑防水层,主要作用是起稳定地基的作用。

#### (4) 基坑阻隔施工

##### 1) 底板防水施工

##### a.底板防水施工工序

基层清理→基层处理剂施工→节点位置处理→大面积铺贴 4mm 厚 SBS 改性沥青防水卷材→防水卷材搭接、收头→自检、验收→防水保护层施工。

##### b.底板防水施工

基层清理,基层准备。

基层处理剂施工,用长柄滚刷将基层处理剂涂刷在已处理好的基层附加层部位及斜立面表面,并要涂刷均匀,不得漏刷和露底。可用喷涂机进行施工。

节点位置处理,对后浇带、集水坑、电梯井等节点阴角部位使用 SBS 改性沥青防水卷材施工一道 0.3m 宽防水卷材附加层。

SBS4mm 厚改性沥青防水卷材大面积施工,大面积铺贴时,持喷枪人应站在卷材滚铺的前方,把喷枪对准卷材和基面的交接处,同时加热卷材与基层,喷枪头距离卷材面保持在 50~100mm 距离,与基层成 60° 角

### 3.2.1.4 道路阻隔施工

#### (1) 施工范围

根据修复技术方案确定，地块周边道路区域清挖深度为 2.5m。清挖后对该区域进行防渗阻隔施工。该项目阻隔施工道路包括东侧道路和北侧未开发道路，该道路清挖深度为 2.5m，道路全长约 500m。该项目道路阻隔面积约 13000m<sup>2</sup>。



图3-4 道路阻隔区域

#### (2) 阻隔方式

阻隔施工道路包括东侧道路和北侧未开发道路，该道路清挖深度为 2.5m，道路全长约 500m，阻隔方式为：砂子+土工布+土工膜+土工布。该项目场地清挖及基坑验收完成后，对场区道路区域进行平整处理。平整处理后，采用细砂进行铺设垫层，厚度为 500mm。细砂层上侧铺设土工布，用于保护土工膜，土工布上层铺设土工膜和土工布。道路基坑侧壁开挖锚固沟，锚固沟深度不少于 300mm。

### 3.2.2 异位修复施工

#### 3.2.2.1 常温解吸修复施工

##### (1) 技术原理

常温解吸技术，其原理是利用土壤中有机污染物易挥发的特点，常温下通过机械设备（如翻抛机、土壤改良机和筛分机等）对污染土壤进行强制扰动，必要时向污染土壤中均匀混入常温解吸药剂，以达到增加土壤的孔隙度，使吸附于污染土壤颗粒内的挥发性有机物解吸和挥发，并最终通过密闭车间配备的通风管路及尾气处理系统得以收集去除，常温解吸修复 VOCs 污染土壤示意图如下图所

示。

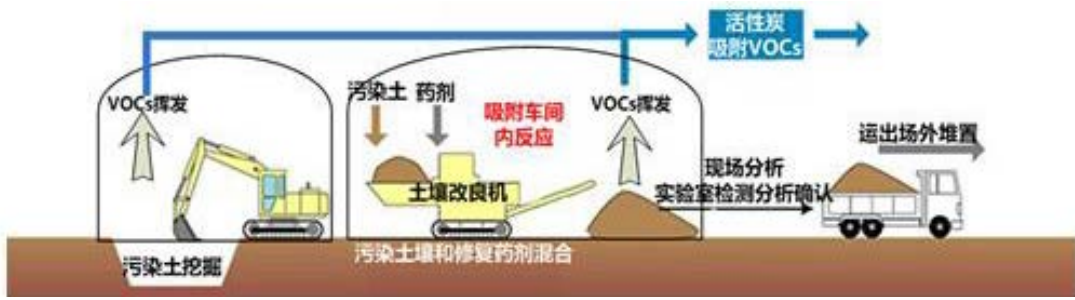


图3-5 常温解吸技术示意图

#### (2) 施工对象

常温解吸施工对象为场地内 VOCs 超标区域土壤，包括 VOCs、VOCs+重金属、VOCs+SVOCs、VOCs+重金属+SVOCs 类污染土壤。该项目常温解吸施工共计修复土壤量约 16161m<sup>3</sup>（实方）。

#### (4) 施工流程

常温解吸施工流程如下图所示。

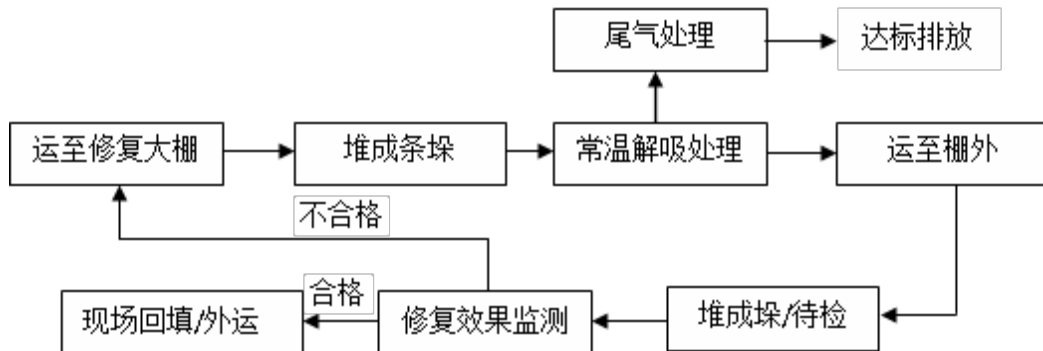


图3-6 施工流程

1) 清挖后污染土运输至常温解吸密闭车间进行预处理。污染土壤分两堆堆积，对土壤进行水分控制，最终堆成条垛状。

2) 通过筛分铲斗对污染土壤进行反复翻抛处理，使得挥发性污染物质尽可能挥发至密闭车间内。每天翻抛不少于 2 次，于上午和下午分别进行翻抛修复。

3) 采用便携式 VOC 检测仪器，测定车间内总 VOC 的浓度低于 0.1mg/kg 时即可停止修复，申请验收。

4) 尾气收集与处理利用密闭车间配套的气体收集与处理装置对车间内污染气体进行收集，经过活性炭吸附处理设备模块处理后，达标排放至空气中，处理后尾气需达到《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）。

#### (5) 危废处置

该项目常温解吸尾气处理系统处理 VOC 产生的废活性炭共计约 3 吨，施工结束后全部运往大连东泰产业废弃物处理有限公司进行安全处置。

### 3.2.2.2 污染土壤淋洗

#### (1) 技术原理

土壤淋洗修复的设计理念为“减量浓缩”作用，主要是使用水作为淋洗液，依靠物理作用将污染土壤按照其粒径大小定义为砾石（ $d \geq 5\text{mm}$ ）、砂砾（ $d \geq 0.075\text{mm}$ ）和泥饼/粘粒（ $d \leq 0.075\text{mm}$ ），将粗颗粒土壤表面松散吸附的污染物通过物理淋洗作用洗除。淋洗后的砾石和砂砾验收合格后可进行资源化利用，仍含有污染的细颗粒土壤压成滤饼后进行深度处理，淋洗废液经过处理后回用。该项目场地中典型污染物为重金属，且污染土壤中粗粒径组分含量较高，适合采用土壤淋洗技术。项目实施时，经初步筛分预处理去除渣块后，再进行淋洗。污染土壤淋洗后产生的砂砾、砾石合格后可进行资源利用或其他用途；其余淋洗组分继续进行二级处理。

#### (2) 施工对象

淋洗施工于 2019 年 7 月 20 日安装调试完成开始正式生产，施工期间共计淋洗处理筛分后污染土壤  $94017\text{m}^3$ （实方）。

#### (4) 施工流程

淋洗施工流程如下图所示。

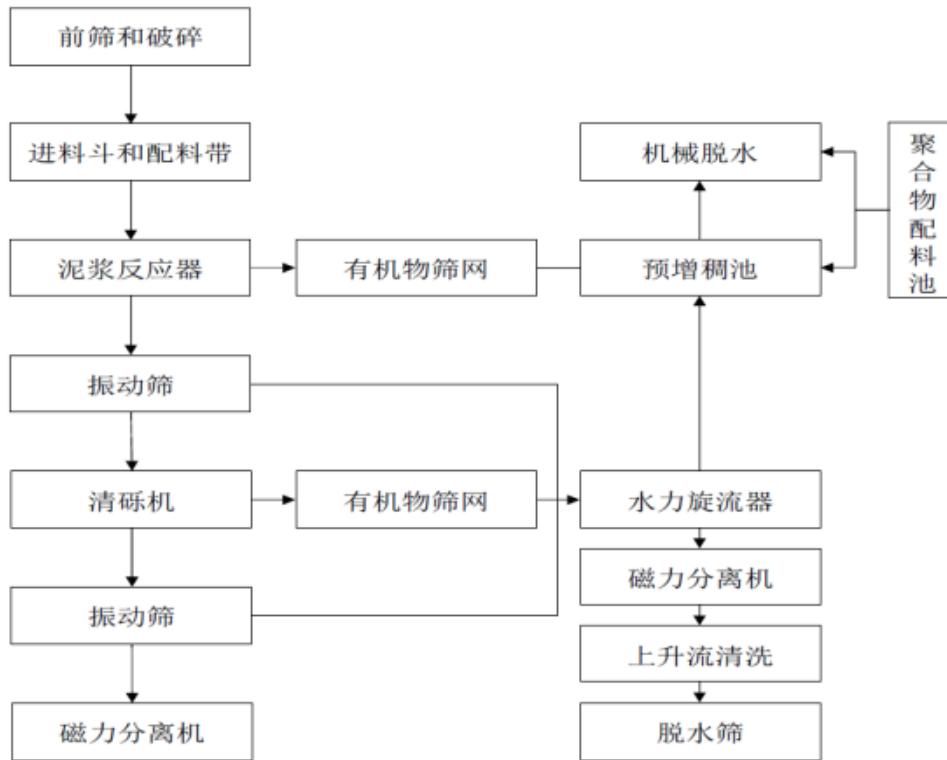


图3-7 淋洗施工流程

#### (5) 尾水处置

该项目淋洗施工过程用水经现场污水处理站处理后进行场内淋洗回用。施工结束后，由我单位对尾水进行取样检测，检测结果显示，淋洗尾水中污染物指标均低于允许排放浓度，最终排入市政管网。

#### (6) 过程监测

淋洗施工期间，施工单位每天对淋洗修复后的砂砾进行自检，采用便携式XRF检测砂砾、砾石、泥饼中重金属污染修复情况，每天监测一次，自检合格后申请验收。在修复工程施工的全过程需对所涉及区域内的空气和噪声环境进行监测，然后将检测结果与相关标准规范或施工前的环境质量进行对比评价，并采取相应管理措施。

### 3.2.2.3 固化稳定化修复

#### (1) 技术原理

固化/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重金属元素螯合稳定化的药剂相混合，从而将重金属污染物捕获、稳定或固定在固体结构中的技术。该技术普遍应用于土壤重金属污染的快速控制和修复，对于同时处置含多种重金属混合污染的土壤具有明显的优势。

固化技术中污染土壤与黏结剂之间可以不发生化学反应，只是机械地将污染物固封在结构完整的固态产物(固化体)中，隔离污染物与外界环境的联系，从而达到控制污染物迁移的目的；稳定化是指稳定化药剂与污染物发生络合、螯合等化学反应，将污染物转化为不易溶解、迁移能力或毒性更小的形态来实现其无害化，降低对生态系统危害性的风险。在实际应用中往往将固化技术和稳定化技术结合起来以便达到更好的效果。

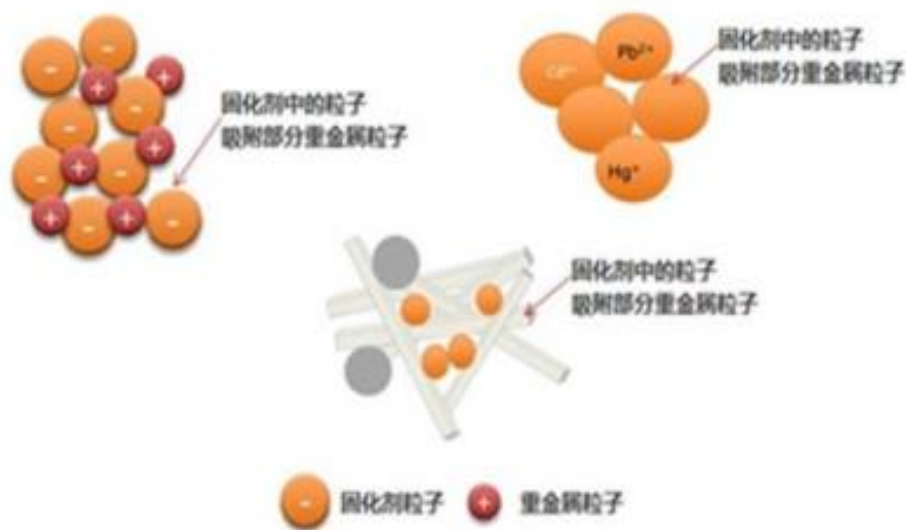


图3-8 固化/稳定化反应机理示意图

## (2) 施工对象

重金属超标的污染土经淋洗处理后产生的所有泥饼均进行固化稳定化处理。该项目单独重金属固化稳定化施工泥饼方量共计  $18061m^3$  (实方)。

## (3) 修复药剂

该项目采用在国内多个项目上已成功应用的固化/稳定化药剂 D 对含重金属的污染土壤进行修复。该药剂是以碱性氧化物为主、同时含有 Ca、Si、Al 等成分的复合固化/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，降低土壤或污泥中重金属污染物的迁移和浸出能力。其固化反应包括水氧化物生成时的固化、难溶性盐生成时的固化或者水化合物生成时的吸附固定。该药剂可针对重金属单一或复合污染等多种情况进行有效地固化稳定化处置。该项目 D 药剂的综合投加比为 0.2%。

## (5) 施工流程

异位固化稳定化修复工艺流程见下图。

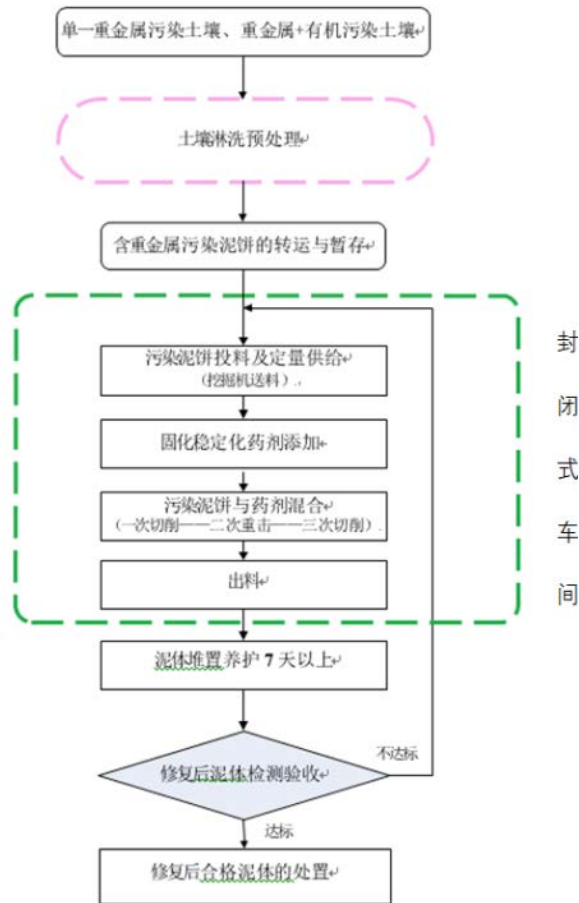


图3-9 污染土壤修复工艺流程

在工程运行前期，通过实验室小试确定药剂与泥饼的最佳添加比例，并且在实施过程中根据后续处理情况进行不断的调整，以达到固化稳定化的效果。

### 3.2.2.4 化学氧化处置

#### (1) 技术原理

化学氧化技术可处理石油烃、BTEX（苯、甲苯、乙苯、二甲苯）、酚类、MTBE（甲基叔丁基醚）、含氯有机溶剂、多环芳烃、农药等大部分有机物。该方法的原理是通过氧化剂与污染土壤充分混合接触，把土壤中的有机污染物氧化为无害的或毒性更小的物质。另外，其氧化处理后残留的少量污染物更容易被微生物降解，与其他技术相比成本低，处理速度更快。

#### (2) 修复药剂

出于安全性与实用性的考虑，该项目化学氧化选择 K 药剂作为氧化处置药剂。K 药剂主要成分是过硫酸盐，是一种集安全、环保和高效于一体的新型强氧化剂。其原理为活化的过硫酸根离子  $S_2O_8^{2-}$  具有很强的氧化性能：标准氧化还原电位为  $E_0=+2.01V$ （相对于标准氢电极），接近于臭氧（ $E_0=+2.07V$ ），其分子

中含有过氧基-O-O-，是一类氧化性较强的氧化剂；在催化条件下， $S_2O_8^{2-}$ 可活化分解为 $\bullet SO_4^-$ ， $\bullet SO_4^-$ 中含有一个孤对电子，标准氧化还原电位  $E_0=+60V$ ，远高于  $S_2O_8^{2-}$  ( $-E_0=+2.01V$ )，接近于羟基自由基 ( $E_0=+2.80V$ )，从而对可氧化降解污染物有很强的降解能力。该药剂较传统的过硫酸盐以及 Fenton 药剂有着易于操作，不产生过程副产物，氧化针对性强等特点。

### (3) 施工对象

根据项目前期场地调查结果，保证复效果，含 SVOCs 超标的污染土均进行化学氧化处理。该项目化学氧化施工土方量共计  $24457m^3$  (实方)。

### (5) 施工流程

该项目化学氧化施工流程如下图所示。

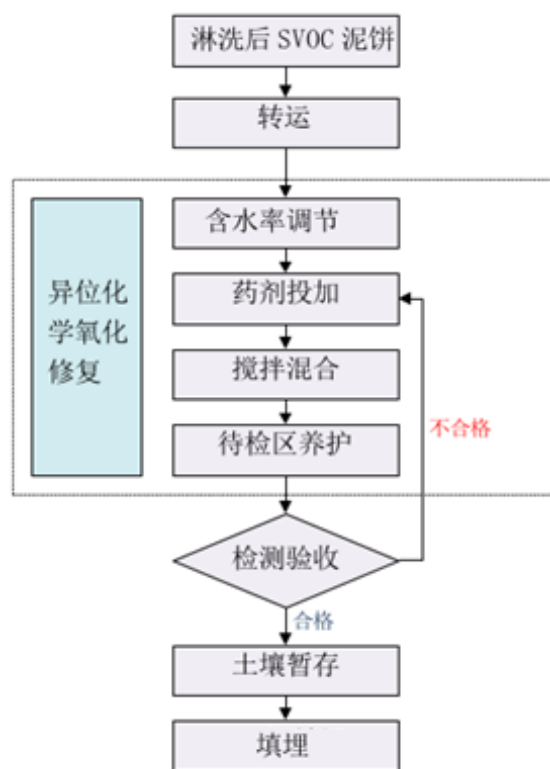


图3-10 化学氧化工艺流程

### 3.2.2.5 施工废水处理

#### (1) 施工对象

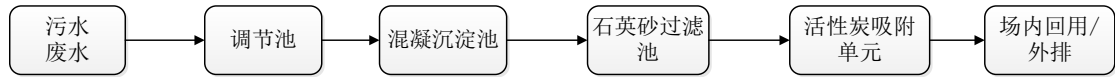
该项目污水处理对象主要包括：基坑降水、施工现场洗车废水及淋洗施工循环水。本项目施工期间共计处理废水约 1 万吨。

#### (2) 施工流程

该项目场地内设置 3 套淋洗设备附属污水处理设备和 1 套移动式污水处理设



备，处理规模均为 20t/h。3 套污水处理站为淋洗设备附属单元，主要用于淋洗设备循环水的处理。移动式污水处理站为独立单元，主要处理基坑降水、洗车池废水等。具体的工艺流程见下图。



**图3-11 工艺流程**

### 3.2.2.6 异位阻隔填埋

#### (1) 技术原理

异位阻隔填埋是将污染土壤或经过治理后的土壤阻隔填埋在由高密度聚乙烯膜（HDPE）等防渗阻隔材料组成的防渗阻隔填埋场里，使污染土壤与四周环境隔离，防止污染土壤中的污染物随降水或地下水迁移，污染周边环境，影响人体健康。该技术虽不能降低土壤中污染物本身的毒性和体积，但可以降低污染物在地表的暴露及其迁移性。根据污染程度与污染土壤的不同情况，该技术可以与其他修复技术联合使用。对于高风险污染土壤可以联合固化/稳定化技术使用后，对污染土壤进行填埋；对于低风险污染土壤可直接填埋在阻隔防渗的填埋场内或原位阻隔覆盖。该技术一方面可以隔绝土壤中污染物向周边环境迁移，另一方面可使其污染物在阻隔区域内自然降解。

#### (2) 施工对象

该项目根据前期修复技术方案设计，稳定化/化学氧化处理后的泥饼和土壤经检验合格后转运至一般固废填埋场进行填埋处理。该项目阻隔填埋土方量共 60717t。

#### (3) 填埋场资质

该项目转运填埋场为大连荣鑫再生资源中心，该填埋场属于 II 类一般工业固废填埋场，符合本项目填埋要求。

### 3.2.3 环境管理与监测

项目施工过程中对可能产生的二次污染进行了监测，包括空气监测、噪声监测、淋洗砂石监测和淋洗水监测。

环境空气监测对象包括施工期间的扬尘、场地异味、运输和施工机械设备运行产生的废气以及处理车间产生的粉尘、有机废气等。根据废气排放方式分为有

组织排放和无组织排放。有组织排放将监测点布置在尾气排放口。无组织排放根据场区风向将监测点分布场区上风向、下风向及周边敏感点。

由于项目施工工期较紧，为提高修复效率，项目采用昼夜交替施工。为防止施工设备对周边居民生活造成影响，特对场地周边布设噪音监测点。

项目采用淋洗技术进行污染土壤减量化处理，其中产生的砂子和砾石经验收合格后直接排入排渣场。为确保批次清洗后的砂子和砾石均可有效达到验收标准，施工过程中针对每日产生的砂子和砾石利用便携式检测设备 XRF 进行现场检测。监测点布置在淋洗设备后端砂子和砾石出料口处。

项目产生的淋洗水将直接进行场内淋洗回用，为确保回用水可有效的通过淋洗技术降低土壤中污染物含量，项目特对淋洗回用水池内的水进行处理和定期监测，检测项目包括：铅、镉、砷、铬（六价）、萘、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)蒽等。监测点位淋洗回用水池。

### **3.2.3.1 环境空气监测**

#### **(1) 监测布点**

项目施工过程中环境空气监测对象包括施工期间的扬尘、场地异味、运输和施工机械设备运行产生的废气以及处理车间产生的粉尘、有机废气等。根据废气排放方式分为有组织排放和无组织排放。项目施工过程中将有组织排放将监测点布置在尾气排放口，无组织排放根据场区风向将监测点分布在场区上风向、下风向及周边敏感点。

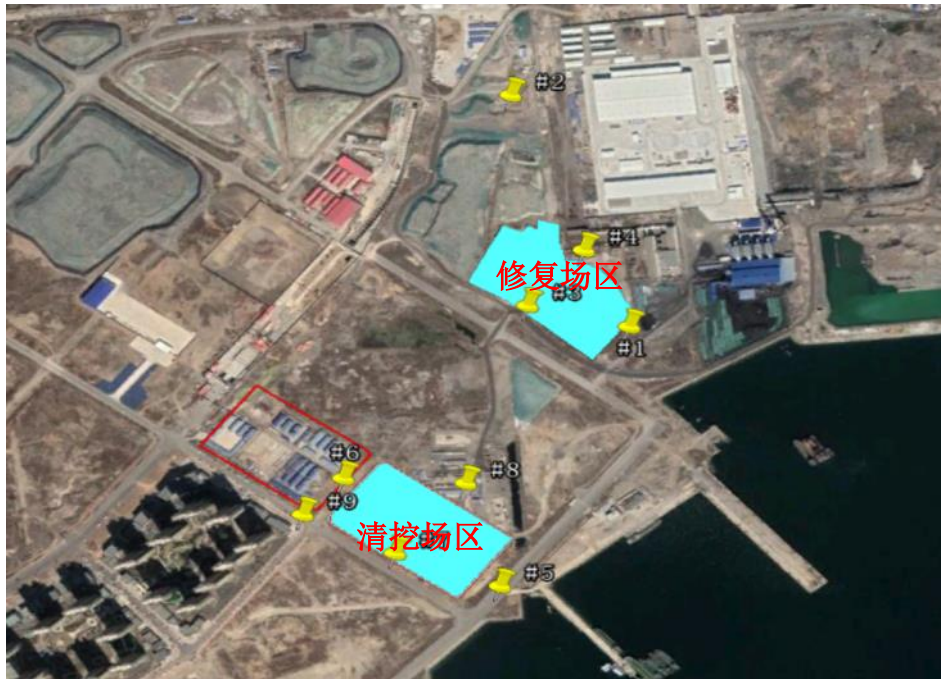


图3-12 场地监测布点

(2) 监测频率

该项目监测场区共分两部分，采用手持式PID检测设备进行现场监测，监测频率一天两次。



图3-13 大气监测

(4) 监测结果

该项目开工后，由我单位定期对修复场区和原场区进行大气监测，检测数据见附件。经数据分析，项目场区及周边区域大气监测数据均正常，无超标现象。结果表明，该项目施工过程中，采取的大气防污染措施切实有效，未造成大气污

染物超标现象。

### 3.2.3.2 环境噪声监测

#### (1) 监测布点

项目施工期间，为提高修复效率，项目采用昼夜交替施工，为防止施工设备对周边居民生活造成影响，修复单位特对修复场地周边布设噪声监测点。



图3-14 清挖场地监测布点



**图3-15 异位修复厂区监测布点**

(2) 监测频率

项目针对施工期噪音进行监测，监测时间定为 2019 年 8 月至 10 月和 2020 年 5 月至 10 月。采用设备为多功能声级计。



**图3-16 噪声监测**

(3) 监测结果

效果评估单位在项目施工期间对修复场区和原场区周边噪声进行监测，结果表明项目施工过程中不存在噪声超标问题。具体监测结果见附件。

### 3.2.3.3 淋洗砂石监测

#### (1) 监测布点

本项目采用淋洗技术进行污染土壤减量化处理，其中产生的砂子和砾石经验收合格后可直接排入排渣场。为确保批次清洗后的砂子和砾石均可有效达到验收标准，项目施工过程中针对每日产生的砂子和砾石利用便携式检测设备 XRF 进行现场检测。监测点布置在淋洗设备后端砂子和砾石出料口处。

#### (2) 监测频率

为确保淋洗产生的砂子和砾石达标，每日对的砂子和砾石进行一次检测。检测设备为便携式 XRF。

#### (3) 监测结果

通过施工单位自检测结果分析，砂子和砾石中重金属含量均达到验收标准。效果评估检测结果表明砂子和砾石均达标修复验收标准。

### 3.2.3.4 淋洗水监测

#### (1) 监测布点

修复项目产生的淋洗废水经现场污水站处理后直接回用。为保证淋洗效果，对淋洗回用水池内的水进行定期监测，检测项目包括：镍、铅、镉、砷、铬（六价）、萘、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)蒽等。监测点为淋洗回用水池。

#### (2) 监测频率

为确保土壤淋洗效果可达到验收标准，每 1-2 周对淋洗回用水池内水体进行采样检测一次。

#### (3) 监测结果

淋洗回用水的检测结果表明淋洗水中污染物指标均低于允许排放浓度，可以循环利用/排放。

## 第4章 地块概念模型

### 4.1 资料回顾

受建设单位委托后，在效果评估工作开展之前收集与本场地环境污染及场地修复相关的资料文件，主要包括：

(1) 场地环境调查、风险评估及修复方案相关文件：2019年1月建设单位委托我单位编制的《大化集团搬迁及周边改造项目 A4、A5（含周边道路）地块土壤污染状况调查报告》及其备案意见；2019年3月，我单位编制的《大化集团搬迁及周边改造项目 A4、A5（含周边道路）污染地块风险评估报告》及其备案意见；2019年5月，施工单位编制的《大化集团搬迁及周边改造项目 A5（含周边道路）污染土壤修复方案》及其备案意见；2019年12月，我单位编制的《大化集团搬迁及周边改造项目 A5（含周边道路）地块污染土壤修复效果评估报告》及专家意见；2020年8月，施工单位编制的《大化集团搬迁及周边改造项目 A5（含周边道路）污染土壤修复深度变更方案》及其备案意见。

(2) 环境影响评价相关文件：

2019年6月，环评单位编制的《大化集团搬迁及周边改造项目 A5（含周边道路）场地污染土壤修复项目环境影响报告表》及其批准决定；2019年11月14日，建设单位编制的《大化集团搬迁及周边改造项目 A5（含周边道路）场地污染土壤修复项目竣工环境保护验收报告》；2019年11月，施工单位《大化集团搬迁及周边改造项目 A5（含周边道路）场地污染土壤修复项目竣工环境保护验收专项报告（固体废物）》及固体废物防治措施验收意见。

(3) 场地修复工程资料：修复过程原始记录、修复实施过程的记录文件（如污染土壤清挖及运输记录、防护工程施工记录、修复药剂投放记录、施工单位自检记录等）、修复过程土壤检测报告、防护膜进场复检报告、修复设施运行记录、二次污染物排放记录、修复工程竣工总结报告、污染土壤转移联单等。

(4) 环境监理资料：环境监理日志、巡视及旁站记录，监理工作影像资料及监理工作总结报告等。

(5) 验收检测报告：我单位对各批次修复后的土壤及固体废物（泥饼）进行验收监测的检测报告。

(6) 其他文件：环境管理组织机构、相关合同协议（如委托处理污染土壤

相关文件和合同等)。

(7) 相关图件：场地地理位置图、修复范围图、修复工艺流程图、修复工程总平面布置图、修复过程照片和影像记录等。

通过对收集的资料进行整理分析及与修复工程实施单位、监理单位及属地环保部门工作人员进行访谈，明确以下内容：

(1) 根据场地环境调查评估报告、修复方案等文件资料，确定场地污染土壤及地下水修复目标污染物、修复范围、修复工艺及修复目标值；

(2) 通过审核场地修复过程监理记录和监测数据，核实修复方案和环保措施落实情况；

(3) 通过审核相关运输清单和接收函件，结合修复过程监理记录，核实污染土方的数量和去向；

(4) 通过审核相关文件和验收数据，核实异位修复完成后土壤的数量和质量；

(5) 通过资料审核及人员访谈，明确工程实施过程中有无投诉、风险事故发生；

(6) 通过审核修复工程相关资料可知，修复工程实际施工过程中污染土方量与方案中核算土方量基本吻合，治理场地及异位修复场址等与《修复方案》比未发生变化。

## 4.2 现场踏勘

经过现场踏勘，通过照片和文字记录了污染地块的修复工程情况和环保措施落实情况、工程进度、污染土暂存和外运情况、地块内临时道路使用情况等。

### 4.2.1 修复工程情况

A5 污染地块的修复涉及到的修复技术包括常温解吸、土壤淋洗、固化稳定化、化学氧化，同时对基坑和已建成道路区域进行阻隔。根据现场踏勘，修复工程施工完全按照《大化集团搬迁及周边改造项目 A5（含周边道路）地块污染土壤修复方案》中计划进行

### 4.2.2 基坑清理情况

场地原始标高为+4.3m，目前场地内大部分区域标高为+0.88m 和+0.58m，分界线坐标为（313939.490,40694.479）和（313836.803,40611.220）。主楼底



板位置标高+0.78m 和+0.48m，主楼的基础承台区域标高-1m 到-1.3m 之间不等，主楼核心筒基础区域标高-0.5m 左右，另外，电梯井和塔吊基础区域下挖深度约2m。

通过现场踏勘走访和询问，该基坑已按照修复方案将污染土壤全部清理、转运，并完成桩基础施工及侧壁、底板阻隔施工。



图4-1 场区现状

#### 4.2.3 污染土暂存和外运情况

项目暂存区及待检区占地面积约 17500m<sup>2</sup>，为防止污染土壤中污染物向下迁移进入下层土壤中造成二次污染，项目开工后进行防渗层铺设。暂存区和待检区自上而下依次铺设土工布+土工膜+土工布+粘土层。

土壤运输采用封闭式运输车辆进行运输，并由专人负责出、入场的交接和登记。污染土壤运输车辆由施工单位指定专门人员负责管理，车辆进行编号处理，发放土壤类别编号，并经监理核实后，运至指定单位的接收地点，具体实施顺序为：土壤类别标识→出场及到达接收卸土点核实→卸土。运输司机、土壤装载方、接收方和监督方填写污染土壤运输单。车辆出场、进场接受监理方的监督和管理，土壤运输单均由监理方参与签发和签收，以严格控制土壤运输流程。

车辆由施工单位指定驾驶员，一车配备 2 名驾驶员，用于轮换避免疲劳驾驶和应对紧急情况。

#### 4.3 人员访谈

2019 年 9 月 9 日和 2020 年 10 月 15 日，我单位分别与建设单位、施工单位、监测单位和环境监理单位进行了两次座谈和人员访谈，访谈信息的简介见下表。

表4-1 人员访谈信息表

访谈对象	访谈问题	访谈结果
建设单位	1、建设单位与其他相关方是否建立了会议、文件反馈等协调联动机制？ 2、是否有专人负责修复工程的环境管理工作？ 3、修复施工单位是否按照修复方案和修复计划开展工作？	1、定期与施工单位、监理单位一起开会，以掌握施工进度和动态，协调并解决施工过程中可能出现的障碍。 2、设置了专人开展项目修复过程中的环境管理工作。 3、修复施工单位基本按照修复方案进行修复，有些微小的调整均与业主单位进行了有效的沟通。
施工单位	1、施工单位是否安排专人进行修复过程的环境管理工作？ 2、是否编制了相应的环境保护管理制度。 3、是否建立了修复设施配套的环保措施的巡检制度，以确保环保设施的正常运行？ 4、是否识别了修复施工过程中可能的环境风险，是否有相应的预防和应急措施？ 5、实际修复施工与原修复放哪是否有较大的变化？ 6、目前的施工进度如何？	1、安排专人负责修复过程中的环境管理工作，并有专人负责土壤开挖和修复施工现场的环境监测工作。 2、分别对大气、水和固废等环境要素编制了环境保护管理制度。 3、建立了环保设施的巡检制度，定期检查污水处理设施、VOC治理设施的运行状态。 4、环境影响报告表中以识别了环境风险，并针对可能的突发环境污染事故构建了应急体系和设施。 5、基本上按照修复方案开展工作，局部问题稍有调整，调整前积极与业主进行了沟通。 6、施工进度基本按照施工计划实施，但受天气影响，有部分时间无法开展清挖和修复工作，总工期可能会收到一定的影响。
监测单位	1、监测方案拟定前是否熟悉了修复方案并进行了现场踏勘？ 2、是否有采样记录单？ 3、采样过程是否有突发的情况发生？	1、编制监测方案前，学习了修复方案，并于施工单位进行了交流，了解施工进度、施工内容及修复土壤的具体工艺，并对清挖场地和修复场地均进行了现场踏勘。 2、每次采样均填写了采样记录单，详细了解并记录了每次采样的采样对象、采样时间、采样点位、采样量和采样方式等信息。 3、采样过程较为顺利，基本上没有出现突发情况。
环境监理单位	1、环境监理单位什么时候进的现场？ 2、是否清楚该项目环境监理的重点？	1、场地清挖前监理单位就已经进现场，并通过现场踏勘、与施工单位的交流等制定了较为详细的环境监理方案。 2、结合项目特点，通过熟悉修复方案、现场踏勘、与相关方交流的方式，明确了本项目的监理重点，包括环保措施的落实情况及二次污染的控制措施等。

## 4.4 更新地块概念模型

### 4.4.1 地块风险管控与修复概况

A5 地块及周边道路土壤修复工作修复起始时间为 2019 年 7 月 20 日，施工完成时间为 2020 年 10 月 11 日，修复范围如下图所示。该项目对已建道路区域进行风险管控，场地内大部分区域清挖至标高+0.88m 和+0.58m，分界线坐标为 (313939.490,40694.479)和(313836.803,40611.220)及未开发道路(0~2.5m)区域污染土壤进行异位修复，下层土壤采取风险管控。



图4-2 道路修复范围图

根据风险评估确定的修复目标值和国家相关标准规定，最终确定的修复目标值。

表4-2 污染土壤异位修复目标值 (mg/kg)

编号	污染物	修复目标
1	镍	150
3	铅	400
4	镉	20
5	砷	80
6	铬（六价）	3
7	石油烃（C10-C40）	826
8	1,2,3-三氯丙烷	0.05

9	萘	25
10	苯并(a)蒽	5.5
11	苯并(b)荧蒽	5.5
12	苯并(a)芘	0.55
13	茚并(1,2,3-cd)芘	5.5
14	二苯并(a,h)蒽	0.55

大化场地土壤污染物主要为重金属、SVOC、VOC 及其复合污染，根据《大化集团搬迁及周边改造项目 A4、A5（含周边道路）地块土壤污染状况调查报告》、《大化集团搬迁及周边改造项目 A4、A5（含周边道路）地块风险评估报告》，本项目污染深度约 0-14m，但在前期确定的房地产开发建设，清挖土壤深度约为 2.8m（+1.5m 标高），结合《大化集团搬迁及周边改造项目 A5（含周边道路）地块污染土壤修复方案》，确定整体清挖深度为建设单位建设车库底板的底标高，基坑底部和红线区域均由业主单位建设的车库底板和支护桩完成阻隔，修复方案确定的污染土壤修复量约为 69933m<sup>3</sup>。

后期施工单位入场后，结合业主单位最终详细规划备案文件，清挖深度整体向下清挖至标高+0.88m 和+0.58m，分界线坐标为（313939.490,40694.479）和（313836.803,40611.220），修复土壤方量约为 10.6 万方。

#### 4.4.2 场地关注污染物的种类

根据前期资料收集及走访踏勘、场地详细调查、风险评估结果分析，项目关注污染物主要为重金属、SVOCs、VOCs,具体包括铬（六价）、砷、镍、镉、铅、苯并(a)蒽、苯并(a)芘、苯并(b)荧蒽、二苯并(a,h)蒽、茚并(1,2,3-cd)芘、萘。

由于早期生产工艺和生产技术较为落后，管理粗放，污染物排放量大，污染处理设施和技术缺乏，为此大致成因分为三类：

##### （1）跑冒滴漏

由于管理粗放、生产工艺落后、设备管道年久老化破损导致生产和运输过程中产生挥发性有机物、使用有机溶剂和汽油类物质等污染物随原材料和化工成品泄露造成的跑冒滴漏。

##### （2）废水废渣的不当排放或处置

合成氨厂等大化集团原有企业在生产过程中，会产生大量废水废渣，早期粗放式管理导致废水废渣的不当排放和处置。

### (3) 原辅料及废料回填

由于厂区内有大面积的碱渣回填历史，造成场地内存在疑似碱渣的回填土；坤达铸铁公司和硫铵车间主要使用硫铁矿为原料，硫铁矿中含有大量的重金属砷，砷含量很高，生产后产生的硫铁矿渣直接填埋到厂区内，从而可能引起场地土壤和地下水重金属的污染。

## 4.4.3 地形地貌及水文地质情况

### 4.4.3.1 地形地貌

根据该项目场地地勘报告可知，该场地地形较为平坦。钻孔地面标高 0.96—2.77m，最大高差 1.81m。勘察场地地貌单元属于海滩，后经人工回填。根据地质剖面图分析，回填土壤与原第四系土体及地下水存在联系。该项目场地地质剖面图见附件。

### 4.4.3.2 地质情况

经钻探工作揭露，该项目勘探深度范围内，场地地层自上而下为：

#### (1) 第四系全新统人工堆积层(Q4ml)

①1 杂填土：灰黄色，稍湿~饱和，稍密，主要由混凝土块石、砂土组成，局部钻孔底部含碱渣、粉煤灰及少量粘性土，硬杂质含量 60%以上，一般粒径 2~5mm，最大粒径约 300mm，性质不均，回填时间不少于 5 年。该层层厚 0.80—7.60m，层底标高-6.51—0.79m，层底埋深 0.80—7.60m。

①2 碱渣：灰白色，软塑，手捏有滑腻感，有恶臭气味，主要由化工废渣堆积而成，回填时间不少于 5 年。该层在场地部分钻孔有揭露，层厚 0.30—4.80m，层底标高-4.37—-1.52m，层底埋深 2.80—5.70m。

#### (2) 第四系海陆交互相沉积层(Q4mc)

②淤泥质粉质黏土：灰黑色，流塑~软塑，切面稍有光泽，韧性及干强度中等，稍有摇振反应，略有腥臭味，局部含少量贝壳碎屑。该层在场地普遍分布，仅于部分钻孔缺失，层厚 0.40—4.20m，层底标高-7.96—-3.09m，层底埋深 7.50—12.50m。

#### (3) 第四系上更新统冲洪积层(Q3al+pl)

③粉质黏土：上部浅灰色，中下部褐黄色，硬塑，含少量铁锰质结核，无摇振反应，切面稍有光泽，干强度中等，韧性中等。该层在场地部分钻孔有揭露，层厚 0.40—6.10m，层底标高-11.64—-3.80m，层底埋深 5.40—13.10m。

#### (4) 震旦系甘井子组石灰岩

④1 强风化石灰岩：黄褐色，化学结构，层状构造。风化裂隙很发育，岩芯呈碎块状，属软岩，岩体破碎，岩体基本质量等V级。层厚 0.30—9.80m，层底标高-36.97—-4.01m，层底埋深 5.50—38.40m。

④2 中风化石灰岩：灰褐、粉红色，化学结构，层状构造。风化裂隙较发育，岩芯呈短柱状，属较软岩，岩体破碎，岩体基本质量等级IV级。该层为场地稳定基岩，底层未揭穿，揭露层厚 0.40—6.80m，层顶埋深 6.00—45.20m，揭露层顶标高-43.77—-4.37m。

⑤溶洞：填充物黄褐色，湿-饱和，软塑-流塑状态，粘性土为主，含灰岩碎块、角砾。层厚 0.20—8.10m，层底标高-20.20—-4.67m，层底埋深 6.30—21.60m。

#### 4.4.3.3 地下水补给、迳流、排泄条件

地下水水位的变化与地下水的赋存、补给及排泄关系密切。第四系松散岩类孔隙水主要接受大气降水垂直补给及海水侧向补给，排泄途径主要是蒸发和向海排泄。岩溶水补给来源主要来自上部第四系松散层孔隙水补给，深层基岩裂隙水同时接受陆域地下径流补给及海水侧向补给，排泄方式主要为地下径流向海排泄。该项目场地距离海较近，属于海水与地下水交换区，由于受潮汐影响大，因此该区域地下水既接受海水侧向补给，同时其排泄方式主要为向海排泄。下图为该场地地下水水位线图。

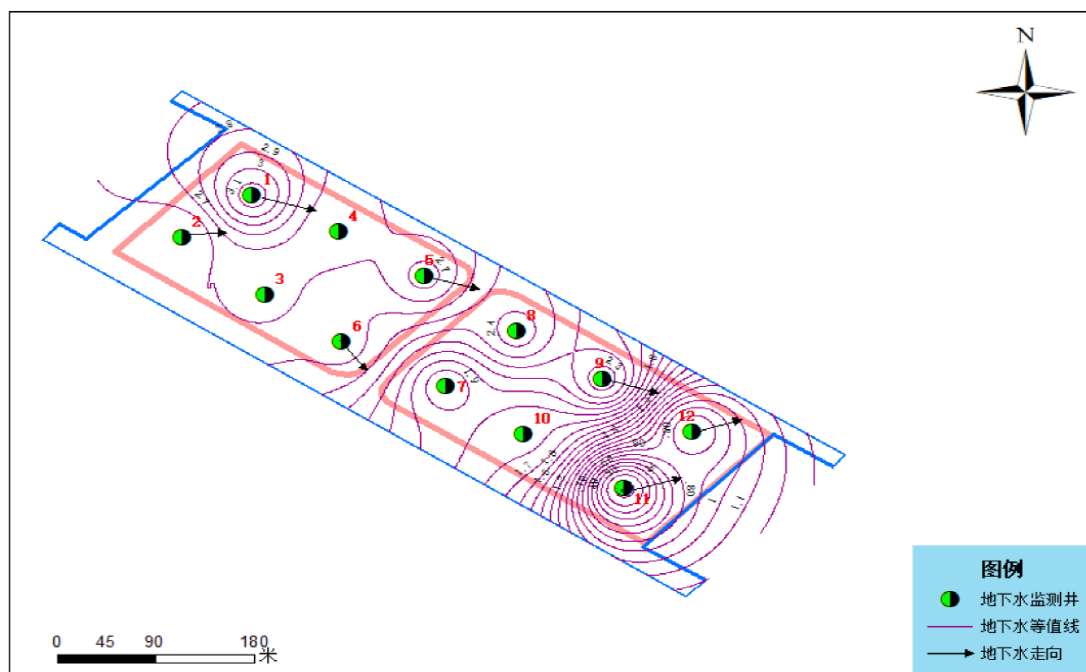


图4-3 地下水位图

#### 4.4.4 场地污染状况

根据场地调查和风险评估结论，A5 地块及周边道路区域污染物主要为重金属、挥发性有机物、半挥发性有机物等。由于本项目场地为回填区，污染物污染范围相对分散。根据场调报告和风险管控结论，地下水污染范围主要为潜水层，场区内地下水均存在污染问题，经估算污染面积约 4.6 万 m<sup>2</sup>。污染物类型及污染水平如下表所示。

表4-3 土壤污染物种类和污染水平

序号	污染物种类		暴露浓度 (单位: mg/kg)
1	重金属	镍	175
2		铅	776
3		镉	33.1
4		砷	370
5		铬	5
6	VOC	1,2,3-三氯丙烷	0.103
7	SVOC	萘	90.3
8		苯并(a)蒽	72.2
9		苯并(b)荧蒽	89.3
10		苯并(a)芘	61
11		茚并(1,2,3-cd)芘	32.1
12		二苯并(a,h)蒽	5.47

#### 4.4.5 受体分析

根据土地未来规划，A5 地块为居住用地，区域内未来受污染场地影响的人群主要受体为居住人群，包括儿童及成人。

#### 4.4.6 暴露途径分析

通过场地踏勘、调查访问，收集场地现状和历史资料及相关文件，对场区主要原辅材料、产品、生产工艺、污染物排放情况和处理处置方式进行分析，可以初步确定该场地的污染途径主要有：生产过程中造成的遗洒、渗漏、煤堆堆存、燃烧过程产生的污染，污染范围与生产过程关系较为密切。

建立合理的场地污染概念模型对于有效指导后期污染场地修复至关重要，场地污染概念模型的建立主要基于在场地调查过程中收集的各种信息，综合考虑场地的水文地质情况、场地背景、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场地内的分布、迁移途径以及可能存在的环境风险。

由于目前全场区已进行车库底板和侧壁阻隔施工，表层土壤不存在污染，因

此，仅需考虑下层土壤作为污染源时对敏感受体产生的风险和危害，土壤污染物暴露途径共计 1 种：吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物。该项目地下水不做饮用，故需考虑地下水作为污染源时对敏感受体产生的风险和危害，敏感用地地下水污染物可能的暴露途径 1 种：吸入室外空气中来自地下水的气态污染物途径。

#### 4.4.7 危害识别

风险评估确定了项目主要污染物为重金属砷、铅、铬、镍、镉五种；SVOC 类苯并(a)蒽、苯并(a)芘、苯并(b)荧蒽、二苯并(a,h)蒽、茚并(1,2,3-cd)芘、萘六种；1,2,3-三氯丙烷 1 种，共计 12 种污染物。各污染物毒理化性质如下表所示。

表4-4 污染物的理化性质及毒性表

化学 品名称	理化性质	毒性
铅	银灰色金属，属于立方晶系。不溶于水，溶于硝酸、热的浓硫酸。熔点为 327.50℃，沸点为 1740℃，相对密度 11.3437。自然界中主要是氧化铅和铅盐，一般进入土壤中的铅在土壤中易与有机物结合，极不易溶解，在中性和碱性土壤中，铅几乎不迁移。	铅是一种有毒的金属，它尤其可以破坏儿童的神经系统，它可以导致血液循环系统和脑的疾病。长期接触铅和它的盐（尤其可溶的和强氧化性的 PbO <sub>2</sub> ）可以导致肾病和类似绞痛的腹痛。
铬	银白色金属，质极硬，耐腐蚀。密度 7.20 克/cm <sup>3</sup> 。熔点 1857±20℃，沸点 2672℃。化合价+2、+3 和+6。电离能为 6.766 电子伏特。金属铬在酸中一般以表面钝化为其特征。一旦去钝化后，即易溶解于几乎所有的酸中。熔点为 419.58℃，沸点为 907℃。铬主要以铁合金（如铬铁）形式用于生产不锈钢及各种合金钢。金属铬用作铝合金、钴合金、钛合金及高温合金、电阻发热合金等的添加剂。氧化铬用作耐光、耐热的涂料，也可用作磨料，玻璃、陶瓷的着色剂，化学合成的催化剂。	铬是人体必需的微量元素。三价的铬是对人体有益的元素，而六价铬是有毒的。铬的毒性与其存在的价态有关，六价铬比三价铬毒性高 100 倍，并易被人体吸收且在体内蓄积，三价铬和六价铬可以相互转化。
砷	一种以有毒著名的类金属，并有许多的同素异形体，黄色（分子结构，非金属）和几种黑、灰色的（类金属）是一部份常见的种类。其中灰色晶体具有金属性，脆而硬，具有金属般的光泽，	砷的素性与其化合物有关，无机砷氧化物及含氧酸是最常见的砷中毒的原因。通过尿砷检测可确定是否中毒，肠胃道、肝脏、肾脏毒性：肠胃道症状通常是在食入砷或经由其它途径大量吸收砷之后发生。肠胃道血管的通透率增加，造成体液的流失以及低血压。



化学 品名称	理化性质	毒性
	并善于传热导电，易被捣成粉沫。密度 5.727 克/立方厘米。熔点 817℃ (28 大气压)，加热到 613℃，便可不经液态，直接升华，成为蒸气，砷蒸气具有一股难闻的大蒜臭味。化合价+3, +5。	肠胃道的黏膜可能会进一步发炎、坏死造成胃穿孔、出血性肠胃炎、带血腹泻。砷的暴露会观察到肝脏酵素的上升。慢性砷食入可能会造成非肝硬化引起的门脉高血压。急性且大量砷暴露除了其它毒性可能也会发现急性肾小管坏死，肾丝球坏死而发生蛋白尿。
镉	镉是银白色有光泽的金属，熔点 320.9℃，沸点 765℃，密度 8650kg/m <sup>3</sup> ；。有韧性和延展性。镉在潮湿空气中缓慢氧化并失去金属光泽，加热时表面形成棕色的氧化物层。高温下镉与卤素反应激烈，形成卤化镉。也可与硫直接化合，生成硫化镉。镉可溶于酸，但不溶于碱。镉的氧化态为+1, +2。	镉不是人体的必需元素。人体内的镉是出生后从外界环境中吸取的，主要通过食物、水和空气而进入体内蓄积下来。镉中毒有急性、慢性中毒之分。吸入含镉气体可致呼吸道症状，经口摄入镉可致肝、肾症状。肝脏和肾脏是体内贮存镉的两大器官，两者所含的镉约占体内镉总量的 60%。
镍	镍是银白色金属，具有磁性和良好的可塑性。有好的耐腐蚀性，镍近似银白色、硬而有延展性并具有铁磁性的金属元素，它能够高度磨光和抗腐蚀。溶于硝酸后，呈绿色。主要用于合金（如镍钢和镍银）及用作催化剂（如兰尼镍，尤指用作氢化的催化剂）	金属镍几乎没有急性毒性，一般的镍盐毒性也较低，但羰基镍却能产生很强的毒性。羰基镍以蒸气形式迅速由呼吸道吸收，也能由皮肤少量吸收，前者是作业环境中毒物侵入人体的主要途径。
萘	分子式 C <sub>10</sub> H <sub>8</sub> ，128.18，密度 1.162，熔点 80.5℃，沸点 217.9℃，凝固点,80.5℃，闪点 78.89℃，折射率 1.58212 (100℃) 恒压燃烧热：40261J/g(标准大气压，298.15K) 恒压燃烧热：40205J/g(标准大气压，298.15K)。 白色，易挥发并有特殊气味的晶体。从炼焦的副产品煤焦油中大量生产，广泛用作制备染料、树脂、溶剂等的原料，也用作驱虫剂（俗称卫生球或樟脑丸）。起取代反应比起加成反应容易。	急性中毒： 吸入高浓度萘蒸气或粉尘时，出现眼及呼吸道刺激、角膜混浊、头痛、恶心、呕吐、食欲减退、腰痛、尿频、尿中出现蛋白及红白细胞。亦可发生视神经炎和视网膜炎。重者可发生中毒性脑病和肝损害。口服中毒主要引起溶血和肝、肾损害，甚至发生急性肾功能衰竭和肝坏死。 慢性中毒： 反复接触萘蒸气，可引起头痛、乏力、恶心、呕吐和血液系统损害。可引起白内障、视神经炎和视网膜病变。皮肤接触可引起皮炎。
苯并(a)蒽	分子式：C <sub>18</sub> H <sub>12</sub> ，分子量 228.29，无色液体，熔点-44℃，沸点 146.5℃，62℃(6.0kPa)，相对密度 1.58658(25/4℃)，折光率 1.49419。能与乙醇、甲醇、乙醚、氯仿、苯、四氯化碳、二硫化碳、石油醚、二甲基甲酰胺及油类混溶，难溶于水。能随水蒸气挥发，	高毒性，对中枢神经系统有麻醉作用和抑制作用，可引起肝、肾和心肌损害。短期吸入主要为粘膜刺激症状。急性及亚急性中毒主要为消化道和神经系统症状。

化学 品名称	理化性质	毒性
	有氯仿气味，不燃烧。	
苯并(a)芘	<p>分子式：<math>C_{20}H_{12}</math>，分子量 252.32，熔点 179℃，沸点：475℃，相对密度(水=1)1.35，无色至淡黄色、针状、晶体(纯品)，不溶于水，微溶于乙醇、甲醇，溶于苯、甲苯、二甲苯、氯仿、乙醚、丙酮等，本品在工业上无生产和使用价值，一般只作为生产过程中形成的副产物随废气排放</p>	<p>侵入途径：吸入、食入、经皮吸收。 健康危害：对眼睛、皮肤有刺激作用。是致癌物、致畸原及诱变剂。毒性：是多环芳烃中毒性最大的一种强烈致癌物。 急性毒性：LD50500mg/kg(小鼠腹腔)； 50mg/kg(大鼠皮下) 慢性毒性：长期生活在含 BaP 的空气中，会造成慢性中毒，空气中的 BaP 是导致肺癌的最重要的因素之一。 水生生物毒性：5μg/L，12 天，微生物，阻碍作用；5mg/L，13 小时，软体动物卵，阻碍作用，结构变化。 致癌：BaP 被认为是高活性致癌剂，但并非直接致癌物，必须经细胞微粒体中的混合功能氧化酶激活才具有致癌性。</p>
苯并(b)荧蒽	<p>分子式：<math>C_{20}H_{12}</math>，分子量：252.31 密度:1.286g/cm<sup>3</sup>，熔点:163-165℃，沸点:467.5°Cat760mmHg，闪点:228.6°C。溶解性：不溶于水，表面活性剂可增加其水中溶解度，在橄榄油中的溶解度 0.6mg/2ml 用途：在工业上无生产和使用价值，一般只作为生产过程中形成的副产物随废气排放。</p>	<p>苯并(b)荧蒽的相对致癌性很强。在环境大气和水体中的 PAH 受到足够能量的阳光中紫外线的照射时会发生光解作用，土壤中的某些微生物可以使 PAH 降解，但分子量较大的苯并(b)荧蒽的光解、水解和生物降解是很微弱的。</p>
二苯并(a,h)蒽	<p>分子式：<math>C_{22}H_{14}</math>，分子量：278.35，密度:1.232g/cm<sup>3</sup>，熔点:262-265℃，沸点:524°Cat760mmHg，闪点:265°C。溶解性：不溶于水。 用途：用于生化研究。</p>	<p>刺激眼睛、皮肤及呼吸道，多环芳烃类化合物，急性毒性低，对人类的致癌作用。在大气中，它仅以颗粒态的形式存在，可以因湿式的或干式的沉降而被去除，可以通过直接光解反应而被去除。 在土壤中，它缺乏迁移性，不易从湿的或干的土壤中挥发出来，生物降解困难，在未驯化的土壤中它的存在半衰期为 240~750 天，也有报导其 18~21 天。 在水体中，它可以被悬浮固体及沉积物所吸附，不易从水体表面挥发出来，生物富集性高，但鱼类体内的氧化酶可以很快地将它降解，所以不会累积在鱼体内。</p>

化学 品名称	理化性质	毒性
茚并 (1,2,3-cd) 芘	分子式: $C_{22}H_{12}$ , 分子量: 276.34 外观: 黄色片状或针状结晶。 物化常数: 熔点 162.5℃, 沸点 536℃, 蒸气压 $1.3 \times 10^{-10} \text{ mmHg}/25^\circ\text{C}$ , 水中溶解 度 0.062mg/L,	多环芳烃类化合物, 急性毒性低, 对人类可 能具有致癌作用。 在大气中, 它仅以颗粒态的形式存在, 可以 通过湿式的或干式的沉降而去除。 在土壤中, 它缺乏迁移性, 不易从湿的或干 的土壤表面挥发出来, 生物降解速率相当 慢, 其相应的半衰期约为 139~289 天。土 壤对它的吸附还可进一步减慢生物降解的 速率。 在水体中, 它可以被悬浮固体及沉积物所吸 附, 不易从水体表面挥发出来, 生物富集性 相当高, 特别是海洋生物, 因缺乏代谢脱毒 酶, 生物富集作用更大。
1,2,3-三 氯丙烷	123 三氯丙烷, 分子式 $C_3H_5Cl_3; CH_2ClCHClCH_2Cl$ 。主 要用以生产 2,3-二氯丙烯、三氯 丙烯, 也是一种较好的溶剂代替 二甲苯、丁醇当慢干剂使用, 亦 可作农药矮壮素或燕麦敌 1 号的 原料。	蒸气有麻醉性, 能侵害心、肝、肾等内脏, 操作人员应戴防护口罩, 空气中最高容许浓 度 150mg/m <sup>3</sup> 。

# 第5章 土壤修复效果评估布点

## 5.1 土壤修复效果评估布点

### 5.1.1 评估范围

结合前期场地调查阶段调查结果，本次 A5 地块污染土壤修复结合大连新悦置业有限公司的详细建设规划，经充分考虑项目施工的经济性和场地后期利用的安全性，场地内结合规划确定的平均修复深度约为 3.4m，场地周边未开发道路修复深度为 2.5m。场地清挖污染土全部采用异位修复技术进行修复治理。场地及道路下层污染土壤采用原位阻隔技术进行管控。

该项目土壤修复阶段土壤修复效果评估范围包括以下两部分。

- (1) 场地基坑侧壁（清洁土与污染土交界侧壁）修复效果评估；
- (2) 异位修复后土壤修复效果评估，包括常温解吸后土壤、淋洗后的砂砾、固化稳定化/化学氧化处理后泥饼。
- (3) 风险管控效果评估。

### 5.1.2 基坑侧壁效果评估布点

#### 5.1.2.1 采样节点

侧壁采样是针对清洁土和污染土交界处进行采样。该项目施工工期紧张，清挖施工环境差，场地侧壁采样与土方清挖同步进行。具体采样时间是根据污染土壤现场清挖进度及监理要求进行。该项目基坑采样时间为 2019 年 7 月 31 日至 8 月 16 日。

#### 5.1.2.2 布点数量与位置

##### (1) 布点规范

该项目侧壁布点是根据《污染场地风险管控与土壤修复效果评估技术导则（试行）》（HJ25.5-2018）的要求进行。导则中要求修复范围侧壁采用等距离布点法。根据采样区面积确定采样点数量，采样点布点数量依据如下表所述。

表5-1 基坑侧壁采样点布点方法

基坑面积 (m <sup>2</sup> )	侧壁采样点数量(个)
X<100	4
100≤X<1000	5
1000≤X<1500	6

1500≤X<2500	7
2500≤X<5000	8
5000≤X<7500	9
7500≤X<12500	10
≥12500	采样点间隔不超过 40m

(2) 实际布点

依据上述布点要求，该项目场地基坑平均深度为 3.4m，清洁土和污染土侧壁垂向分 2 层采样。为了确保各个清洁土和污染土边界有代表点表征，在清挖过程中共布设了 118 个侧壁点位，其中第一层(0~0.5m)71 个，第二层(0.5~3.4m) 47 个，具体的侧壁验收采样点数量见下表，具体的采样点坐标见附件（实验室检测报告），采样点位置可见下图。

表5-2 基坑侧壁采样点数量

验收项目	验收标准	采样点数量 (个)	备注
基坑侧壁	土壤修复方案中制定的修复目标值	71	垂向分层 0-0.5m
		47	垂向分层 0.5-3.4m



图5-1 第一层基坑侧壁采样点位置图 (71 个点位)

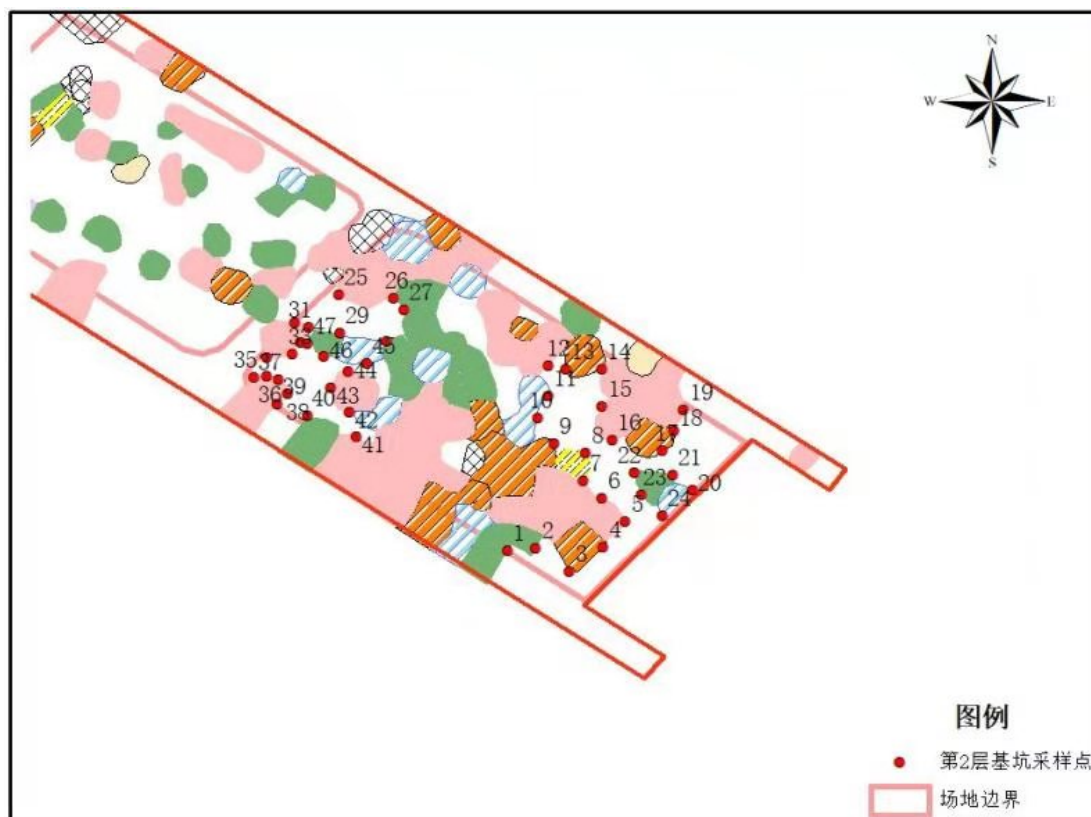


图5-2 第二层基坑侧壁采样点位置图（47个点位）

### 5.1.2.3 检测指标

该项目土壤修复阶段检测对象为清挖后基坑侧壁，根据修复对象污染物属性确定其检测指标。

表5-3 土壤修复阶段检测指标

检测对象	污染物类别	检测方式	检测指标
清挖后基坑侧壁	含重金属	全量	镍、铅、镉、砷、六价铬
	含 SVOCs	全量	萘、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
	含 VOCs	全量	1,2,3-三氯丙烷

### 5.1.2.4 评估标准值

该项目修复后土壤评估标准值和侧壁土壤标准值依据《大化集团搬迁及周边改造项目 A5（含周边道路）地块污染土壤修复方案》中制定的修复目标值，具体如下表：

表5-4 污染物全量评估标准

编号	污染物	标准值 (mg/kg)
1	镍	150
2	铅	400
3	镉	20
4	砷	80

5	铬(六价)	3
6	1,2,3-三氯丙烷	0.05
7	萘	25
8	苯并(a)蒽	5.5
9	苯并(b)荧蒽	5.5
10	苯并(a)芘	0.55
11	茚并(1,2,3-cd)芘	5.5
12	二苯并(a,h)蒽	0.55

### 5.1.3 土壤异位效果评估布点

#### 5.1.3.1 采样节点

异位修复后土壤采样时间是在收到项目监理通知后,结合污染土壤性质和修复技术对修复后的土壤进行分批次采样。下表为该项目修复后土壤采样时间节点。

表5-5 修复后土壤采样节点

验收节点	验收批次
2019年8月7日	第1批次修复后土壤验收
2019年8月16日	第2批次修复后土壤验收
2019年8月23日	第3批次修复后土壤验收
2019年9月9日	第4批次修复后土壤验收
2019年9月24日	第5批次修复后土壤验收
2019年10月2日	第6批次修复后土壤验收
2020年6月11日	第7批次修复后土壤验收
2020年7月10日	第8批次修复后土壤验收
2020年7月25日	第9批次修复后土壤验收
2020年9月10日	第10批次修复后土壤验收
2020年9月28日	第11批次修复后土壤验收
2020年10月19日	第12批次修复后土壤验收

#### 5.1.3.2 布点数量与位置

##### (1) 布点规范

该项目修复后土壤采样布点时依据《污染地块风险管控与土壤修复效果评估技术导则(HJ25.5-2018)》中要求,按照每个样品代表的土方量为 $500\text{m}^3$ 计算每个堆体的布点个数(不足 $500\text{m}^3$ 按 $500\text{m}^3$ 计算),依照系统布点法进行布点。修复后土壤由施工单位堆置为堆体。针对异位修复土壤堆体,当取样堆体高度小于等于 $3\text{m}$ 时,采样单元可不垂向分层采样,采样点位置设置在 $1.5\text{m}-2\text{m}$ ;当取样堆体高度大于 $3\text{m}$ 时,采样单元进行垂直分层采样,垂向上采样点之间距离不大于 $3\text{m}$ ,具体根据实际情况确定。

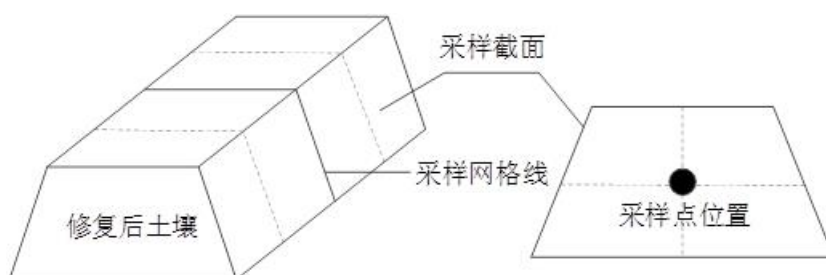


图5-3 堆体采样点布设示意图

## 5.2 风险管控效果评估布点

### 5.2.1 检测指标和标准

该项目风险管控工作内容主要包括：1、场地基坑侧壁、坑底阻隔施工；2、未建道路区域原位阻隔施工。为验证管控措施是否起到有效的风险管控作用，效果评估单位结合该项目特点制定检测指标和标准。检测指标主要分两类：1、工程性能指标；2、污染物浓度指标。

表5-6 检测指标和标准

检测内容	检测类别	检测指标	标准值
工程性能指标	底板	阻隔层厚度	350~450mm
		渗透系数	$<10^{-7}$ cm/s
	基坑侧壁	阻隔层厚度	350~450mm
		渗透系数	$<10^{-7}$ cm/s
	未建道路区域	渗透系数	$<10^{-7}$ cm/s
污染物浓度指标	大气	萘	0.03 ug/m <sup>3</sup>
		苯并(a)芘	0.008 ug/m <sup>3</sup>
		总悬浮颗粒物	1 ug/m <sup>3</sup>
		铅	6 ug/m <sup>3</sup>
		砷	/
		TVOC	4000 ug/m <sup>3</sup>

注：该项目工程性能指标参照《大化集团搬迁及周边改造项目 A5（含周边道路）地块污染土壤修复方案》；污染物浓度指标中 TVOCs（按非甲烷总烃计）、As、Pb 执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）表 2 无组织监控浓度限值。TSP、苯并（a）芘执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）2 类功能区标准，萘、Pb 参照前苏联居住区最高允许浓度限值。

### 5.2.2 采样周期和频次

风险管控效果评估的目的是评估工程措施是否有效。该项目目前管控工作已施工完成。根据《污染地块风险管控与土壤修复效果评估技术导则（HJ25.5-2018）》，“风险管控效果的评估是评估工程措施是否有效，一般在工程设施完工一年内开展”。



该项目管控效果评估工作周期为 30 天，项目管控措施完成后，于 2020 年 10 月 16 日和 10 月 28 日分别对车库底板上方环境空气进行监测。

### 5.2.3 布点数量与位置

#### 5.2.3.1 大气监测点布点

该项目风险管控效果评估阶段大气监测点布设在场地上风向、下风向及场地内部、南侧和北侧，共计 5 个监测点。



图5-4 大气监测点位置

表5-7 监测点坐标

点位编号	经度	纬度
1#	121.621812	38.959267
2#	121.622830	38.957647
3#	121.624570	38.957498
4#	121.623848	38.958763
5#	121.623393	38.958145

#### 5.2.3.2 地下水监测点布点

该项目布设了 4 口地下水监测井，以便于观察地块内上下游监测指标（铅、镉）浓度变化情况，地下水监测井分别位于场地上游、下游以及场地南侧和北侧，位置如下图所示。



图5-5 地下水监测井位置



图5-6

表5-8 监测点坐标

点位编号	经度	纬度
1#	E121° 37' 16.62"	N38° 57' 31.89"
2#	E121° 37' 21.13"	N38° 57' 26.91"
3#	E121° 37' 28.92"	N38° 57' 27.68"
4#	E121° 37' 26.62"	N38° 57' 31.89"

# 第6章 效果评估

## 6.1 修复深度风险评估

修复深度风险效果评估根据《大化集团搬迁及周边改造项目 A5（含周边道路）地块污染土壤修复方案》和《大化集团搬迁及周边改造项目 A5（含周边道路）地块污染土壤修复深度变更方案》，对该项目清挖修复深度进行核对，并对修复深度变更后场地的风险水平进行计算评估。

该项目为大连新悦置业有限公司摘牌地块，与其他政府储备地块不同点在于该地块有明确的规划，修复施工可以明确的结合业主的开发规划进行。即按照经大连市生态环境局备案的《大化集团搬迁及周边改造项目 A5（含周边道路）地块污染土壤修复方案》采取修复+管控的模式施工。

场地内原始地面平均标高约为+4.3m。根据 A5 地块详细规划图纸，该项目车库底板底标高+0.88m 和+0.58m、主楼底板位置标高+0.78m 和+0.48m、主楼的基础承台区域底标高-1m到-1.3m之间不等，主楼核心筒基础区域标高在-0.5m左右。地块大面积清挖深度约 3.4m，局部最深处清挖深度 5.6m，清挖范围均在原污染范围第二层（2.5~6m）深度范围内。

该项目基坑底部和侧壁利用车库底板、车库侧壁及支护桩进行混凝土阻隔，切断了经口摄入、皮肤接触等主要暴露途径，且施工范围位于污染范围的同一层，在该层污染范围内，无论清挖深浅，车库底板和侧壁的阻隔方式不变，故同一层内污染土壤对人体的健康风险不受清挖深度影响，而结合规划的施工方式则体现了环境效益和经济效益的平衡点。

另外，《大化集团搬迁及周边改造项目 A5（含周边道路）地块污染土壤修复深度变更方案》对该层污染范围内阻隔后的健康风险进行了风险评估，计算结果如下所示。

表6-1 土壤污染物风险计算结果

序号	污染物	致癌风险	危害商
1	砷（无机）	/	/
2	铬（六价）	/	/
3	铅	/	/
4	镍	/	/
5	镉	/	/
6	1,2,3-三氯丙烷	/	2.99E-03
7	苯并(a)蒽	8.01E-10	/

序号	污染物	致癌风险	危害商
8	苯并(a)芘	1.50E-09	2.18E-03
9	苯并(b)荧蒽	2.17E-10	/
10	二苯并(a, h)蒽	4.21E-11	/
11	茚并(1,2,3-cd)芘	2.23E-11	/
12	萘	3.80E-07	2.78E-02

根据风险计算结果可知，该项目清挖至规划车库底板标高，采取底板阻隔等风险管控措施后，砷、铅、铬、镍、镉、苯并(a)蒽、苯并(a)芘、苯并(b)荧蒽、二苯并(a,h)蒽、茚并(1,2,3-cd)芘、萘、1,2,3-三氯丙烷 12 种污染物的致癌风险均未超过可接受水平 ( $10^{-6}$ )，镉、苯、乙苯、苯并(a)芘和六氯苯的非致癌风险均未超过可接受水平 (1)。即清挖深度在 2.5~6m 范围内，采取车库底板阻隔的方式不会对人体健康产生风险。

## 6.2 基坑清理效果评估

由于该项目采用的修复模式为“修复+管控”模式，基坑清理完成后，坑底仍存在污染现象，且施工过程已采用垫层+底板的方式进行阻隔，故无需对基坑坑底污染进行效果评估。此外，该项目最终形成的基坑侧壁处为混凝土结构，经桩+混凝土施工后也会将污染物阻断，侧壁施工后亦无法取样。本次基坑清理效果评估主要针对清挖过程污染土和清洁土交接处的侧壁进行取样分析和评估。

根据《污染场地风险管控与土壤修复效果评估技术导则》(HJ25.5-2018)要求，基坑侧壁采用等距离布点法，根据采样区面积确定采样点数量。当修复深度小于等于 1m 时，侧壁不进行垂向分层采样，当修复深度大于 1m 时，侧壁应进行垂向分层，分层应考虑地块土层性质与污染垂向分布特征，各层之间采样点垂向距离不大于 3m。根据导则规定，该项目基坑侧壁采样布点分两层进行，共采集 118 个土壤样品，采用统计分析方法对检测结果进行分析。

## 6.3 土壤异位修复效果评估

该项目采用土壤淋洗、常温解吸、固化稳定化、化学氧化、填埋等多种修复技术。效果评估工作根据修复后土壤性质及污染物种类，依据《污染场地风险管控与土壤修复效果评估技术导则（试行）》(HJ25.5-2018)进行分类采样、检测分析和评估。

### 6.3.1 常温解吸修复效果评估

常温解吸处理对象为土壤中的挥发性有机物 1,2,3-三氯丙烷。该项目需常温

解吸修复的土壤方量共计 19970 m<sup>3</sup>（虚方量），采样分为以下批次：

- （1）2019 年 8 月 16 日批次的土壤方量为 1279m<sup>3</sup>，共设 2 个采样点；
- （2）2019 年 8 月 23 日检测的土壤方量为 4375m<sup>3</sup>，共设 9 个采样点
- （3）2019 年 8 月 30 日批次的土壤方量为 4312m<sup>3</sup>，共设 8 个采样点。
- （4）2020 年 6 月 11 日批次土壤方量为 1400m<sup>3</sup>，共设 3 个采样点。
- （5）2020 年 7 月 10 日批次土壤方量为 2149 m<sup>3</sup>，共设 5 个采样点。
- （6）2020 年 9 月 10 日批次土壤方量为 1248 m<sup>3</sup>，共设 3 个采样点。
- （7）2020 年 9 月 28 日批次土壤方量为 4717 m<sup>3</sup>，共设 12 个采样点。
- （8）2020 年 10 月 19 日批次土壤方量为 490 m<sup>3</sup>，共设 1 个采样点。

根据检测结果可得出：该项目土壤经常温解吸修复后，土壤中的 1,2,3-三氯丙烷均未检出，修复后土壤中目标污染物浓度均在标准值以下，评估认为常温解吸修复达到修复效果。

此外，本次常温解吸修复土壤方量共计 19970 m<sup>3</sup>，取样数量 43 个，满足《污染场地风险管控与土壤修复效果评估技术导则》（HJ25.5-2018）：“修复后土壤原则上每个样品代表的土方量不应超过 500m<sup>3</sup>”的规定。

### 6.3.2 淋洗修复效果评估

淋洗修复效果评估主要针对出料的砂砾、泥饼、淋洗过程循环水、尾水进行评估分析。

#### 6.3.2.1 淋洗砂砾效果评估

该项目淋洗修复后砂砾的方量共计 30193m<sup>3</sup>（虚方），采样分为以下批次：

- （1）2019 年 8 月 7 日批次针对重金属和多环芳烃污染土壤淋洗后砂砾进行采样检测，该批次堆体方量为 2016m<sup>3</sup>，共设 4 个采样点；
- （2）2019 年 8 月 16 日针对多环芳烃污染土壤修复后的砂砾进行采样检测，该批次堆体方量为 5642m<sup>3</sup>，共设 12 个采样点；
- （3）2019 年 8 月 23 日针对多环芳烃污染土壤修复后的砂砾进行采样检测，该批次堆体方量为 3350m<sup>3</sup>，共设 7 个采样点；
- （4）2019 年 9 月 9 日针对重金属污染土壤修复后的砂砾进行采样检测，该批次堆体方量为 2120m<sup>3</sup>，共 5 个采样点；
- （5）2019 年 9 月 25 日针对多环芳烃污染土壤修复后的砂砾进行采样检测，该

批次堆体方量为 3400m<sup>3</sup>，共 6 个采样点；

(6) 2019 年 10 月 3 日针对重金属污染土壤修复后的砂砾进行采样检测，该批次堆体方量为 2940m<sup>3</sup>，共 6 个采样点；

(7) 2020 年 6 月 11 日针对重金属和多环芳烃复合污染土壤修复后的砂砾进行采样检测，该批次堆体方量为 486m<sup>3</sup>，共 1 个采样点；

(8) 2020 年 7 月 10 日针对重金属和多环芳烃复合污染土壤修复后的砂砾进行采样检测，该批次堆体方量为 1714m<sup>3</sup>，共 4 个采样点；

(9) 2020 年 8 月 7 日针对重金属和多环芳烃复合污染土壤修复后的砂砾进行采样检测，该批次堆体方量为 880m<sup>3</sup>，共 2 个采样点；

(10) 2020 年 9 月 10 日针对多环芳烃污染土壤修复后的砂砾进行采样检测，该批次堆体方量为 2346m<sup>3</sup>，共 5 个采样点；

(11) 2020 年 9 月 28 日针对多环芳烃污染土壤修复后的砂砾进行采样检测，该批次堆体方量为 1288m<sup>3</sup>，共 3 个采样点；

(12) 2020 年 9 月 28 日针对重金属污染土壤修复后的砂砾进行采样检测，该批次堆体方量为 1232m<sup>3</sup>，共 3 个采样点；

(13) 2020 年 10 月 19 日针对重金属污染土壤修复后的砂砾进行采样检测，该批次堆体方量为 102m<sup>3</sup>，共 1 个采样点；

(14) 2020 年 10 月 19 日针对多环芳烃污染土壤修复后的砂砾进行采样检测，该批次堆体方量为 1498m<sup>3</sup>，共 3 个采样点；

(15) 2020 年 10 月 19 日针对重金属和多环芳烃复合污染土壤修复后的砂砾进行采样检测，该批次堆体方量为 1179m<sup>3</sup>，共 3 个采样点；

根据检测结果可得出土壤淋洗砂砾方量共 30193m<sup>3</sup>（虚方），淋洗修复后砂砾中选取的每个检测样本中的重金属与多环芳烃浓度均在标准值以下，认为达到修复效果。

此外，本次淋洗修复砂砾方量共计 30193m<sup>3</sup>（虚方），取样数量 65 个，满足《污染场地风险管控与土壤修复效果评估技术导则》（HJ25.5-2018）：“修复后土壤原则上每个样品代表的土方量不应超过 500m<sup>3</sup>”的规定。

### 6.3.2.2 淋洗水效果评估

淋洗过程中的水经污水处理站处理后循环回用，项目竣工后，剩余的淋洗水约 20t，经过污水处理系统处理后进行指标检测，达到《污水综合排放标准》

DB21/1627-2008 排放。经数据分析整理认为，经过污水处理系统处理后的淋洗尾水中污染物的浓度符合《污水综合排放标准》DB21/1627-2008 及《污水综合排放标准》GB8978-1996，可以排放市政管网。

### 6.3.3 化学氧化/固化稳定化效果评估

按照修复方案，淋洗后的泥饼/土壤需要进行稳定化/化学氧化修复，由于该部分土壤最终去向为填埋场，需要进行危险废物鉴别。本次评估工作针对该部分土壤开展了危险废物鉴别工作，根据《危险废物鉴别技术规范》（HJ 298-2019）中规定的标准进行采样及检测。由于该部分土壤主要来源为原大化场区内的杂填土，不具备腐蚀性、易燃性及反应性等危险特性，结合修复方案，本次仅针对泥饼的浸出毒性和毒性物质含量进行判定。采样分为以下批次：

（1）2019年8月7日检测重金属+多环芳烃污染泥饼，方量为3366m<sup>3</sup>，共设7个采样点。

（2）2019年8月16日检测多环芳烃污染泥饼，经过化学氧化处理，方量为4455m<sup>3</sup>，共设9个采样点。

（3）2019年8月23日检测多环芳烃污染泥饼，经过化学氧化处理，方量为7380m<sup>3</sup>，共设15个采样点。

（4）2019年9月2日检测多环芳烃污染泥饼，经过化学氧化处理，方量为7380m<sup>3</sup>，共设16个采样点。（抽查）

（5）2019年9月9日检测重金属污染泥饼，经过稳定化处理，方量为7600m<sup>3</sup>，共设16个采样点。

（6）2019年9月25日检测多环芳烃污染泥饼，经过化学氧化处理，方量为7800m<sup>3</sup>，共设15个采样点。

（7）2019年9月25日检测重金属+多环芳烃污染土壤，经稳定化+化学氧化处理，方量为340m<sup>3</sup>，共设1个采样点。

（8）2019年10月2日检测重金属污染泥饼，经过稳定化处理，方量为5930m<sup>3</sup>，共设12个采样点。

（9）2020年6月11日，检测重金属+多环芳烃污染泥饼，经过稳定化+化学氧化处理，方量为1377m<sup>3</sup>，共设3个采样点。

（10）2020年7月10日检测重金属+多环芳烃污染泥饼，经过化学氧化+固化稳

定化处理，方量为 2053m<sup>3</sup>，共设 5 个采样点。

(11) 2020 年 8 月 7 日针对重金属+多环芳烃污染泥饼进行采样检测，泥饼经化学氧化+稳定化处理，方量为 780m<sup>3</sup>，共设 2 个采样点。

(12) 2020 年 9 月 10 日针对多环芳烃污染土壤修复后的泥饼进行采样检测，泥饼经过化学氧化处理，方量为 2633m<sup>3</sup>，共设 6 个采样点。

(13) 2020 年 9 月 28 日针对多环芳烃污染土壤修复后的泥饼进行采样检测，泥饼经过化学氧化，方量为 1500m<sup>3</sup>，共设 3 个采样点。

(14) 2020 年 9 月 28 日针对重金属污染土壤修复后的泥饼进行采样检测，泥饼经过固化稳定化处理，方量为 1645m<sup>3</sup>，共设 4 个采样点。

(15) 2020 年 10 月 19 日针对重金属污染泥饼进行采样检测，泥饼经过固化稳定化处理，方量为 102m<sup>3</sup>，共设 6 个采样点。

(16) 2020 年 10 月 19 日针对多环芳烃污染泥饼进行采样检测，泥饼经过化学氧化处理，方量为 1310m<sup>3</sup>，共设 8 个采样点。

(17) 2020 年 10 月 19 日针对重金属+多环芳烃污染土壤进行采样检测，泥饼经过化学氧化+固化稳定化处理，方量为 1570m<sup>3</sup>，共设 9 个采样点。

按照《危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别》GB 5085.3—2007，土壤经固化稳定化/化学氧化修复后，重金属/多环芳烃浸出浓度均在标准值以下，不属于危险废物。

按照《危险废物鉴别---毒性物质含量》GB5085.6-2007，苯并(a)蒽、苯并(b)荧蒽、二苯并(a,h)蒽属于附录 C 致癌性物质；苯并(a)芘属于附录 D 致突变型物质。根据检测结果致癌性物质苯并(a)蒽、苯并(b)荧蒽、二苯并(a,h)蒽总含量小于 0.1%，致突变型物质苯并(a)芘含量小于 0.1%。结合 GB5085.6-2007 中含两种及以上不同毒性物质（最大值）的等式计算：

$$(0.7+1.41+0.1) * 10^{-6}/0.1\%+0.7*10^{-6}/0.1\%=0.00291$$

计算结果远小于 1。因此，对地块毒性物质含量识别不属于危险废物。

此外，本次修复方量共计 49841m<sup>3</sup>（虚方），取样数量 135 个，满足《污染场地风险管控与土壤修复效果评估技术导则》（HJ25.5-2018）：“修复后土壤原则上每个样品代表的土方量不应超过 500m<sup>3</sup>”的规定和《危险废物鉴别技术规范》HJ289-2019：“污染地块治理与修复过程产生的污染土壤等环境介质，如鉴别过程已经根据污染特征进行分类，可适当减少采样份样数，每类固体废物的采样份



样数不少于 5 个”的要求。选择一般工业固废填埋场作为泥饼的最终去向，符合相关规定。

## 6.4 二次污染区域效果评估

该项目污染土壤暂存及待检区域采用防渗膜阻隔方式，其他区域均采用地面硬阻隔方式。为防止暂存及待检区域出现二次污染，效果评估工作参照《场地环境监测技术导则》（HJ 25.2-2019）、《工业企业场地环境调查评估与修复指南》（试行）对异位污染土壤暂存区和待检区进行取样、检测和效果评价，采用网格布点法，布点密度为 40\*40m。检测目标值参照《大化集团搬迁及周边改造项目 A5（含周边道路）地块污染土壤修复方案》中的修复目标。

该项目异位修复污染土壤暂存场地面积约为 17500m<sup>2</sup>，共布设 11 个土壤点位。

监测结果表明，粘土表层各个污染物的浓度均低于修复目标值，污染土壤堆存过程未对暂存区和待检区下层粘土产生影响。

## 6.5 道路区域风险管控效果评估

该项目道路区域采用 HDPE 膜阻隔方式进行风险管控。2019 年 9 月 9 日，建设单位、效果评估单位、监理单位、施工单位共同对 HDPE 膜的铺设效果进行验收。通过对 HDPE 膜的材料、施工过程资料、焊缝透水实验数据、抽样检测结果进行检测和验收。

通过现场勘查及资料审核，确定该阻隔层满足工程设计要求，具备回填条件。

## 6.6 环境影响效果评估

本次效果评估的工作方法主要是通过对清挖区及修复区环境空气、噪声、排气筒等进行定期取样、监测，将监测结果分别与相关标准进行比对，判断施工过程中噪声及空气质量是否符合相关标准要求。

### 6.6.1 排气筒影响效果评估

项目开工后，我单位定期对修复车间外尾气处理系统排放的尾气进行检测。该项目排气筒高度为 15m，施工期废气处理装置排气筒颗粒物执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）二级标准，TVOCs 参照执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）非甲烷总烃二级标准。

经数据分析，常温解吸车间外排气筒区域大气监测数据均正常，无超标现象。

结果表明，该项目常温解吸施工过程中，采取的大气防污染措施切实有效，未造成大气污染物超标现象。

### **6.6.2 环境空气影响效果评估**

该项目 TVOCs（按非甲烷总烃计）、As、Pb 执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）表 2 无组织监控浓度限值。TSP、苯并（a）芘执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）2 类功能区标准，萘、Pb 参照前苏联居住区最高允许浓度限值。

项目开工后，我单位对该项目清挖场地及修复场地施工期间的环境空气质量进行持续监测，监测频率为 1 次/周，24 小时持续监测，监测结果如下表所示。

经与环境空气质量标准值对照分析，项目场区及周边区域大气监测数据均正常，无超标现象。结果表明，该项目施工过程中，采取的大气防污染措施切实有效，未造成大气污染物超标现象。

### **6.6.3 声环境影响效果评估**

该项目噪声监测标准执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2 类标准，分别于污染地块及异位修复厂区四周厂界监测环境噪声，其中东南西北四个厂界各布置一个噪声监测点，监测频率 1 次/周。

# 第7章 结论与建议

## 7.1 效果评估结论

### (1) 修复深度效果评估

该项目场地修复深度满足方案要求，并且该清挖深度在采取车库底板阻隔的方式后，场地下层污染物不会对人体健康产生风险，满足效果评估验收要求。

### (2) 基坑清理情况效果评估

该项目土壤清挖工作顺序为先清挖污染土壤后进行清洁土壤清挖。为保证污染土壤清挖完全，效果评估阶段对清挖边界进行采样检测，采样布点按照《污染场地风险管控与土壤修复效果评估技术导则（试行）》（HJ25.5-2018）进行，检测目标值参照《大化集团搬迁及周边改造项目 A5（含周边道路）地块污染土壤修复方案》中既定的修复目标。检测结果显示清挖区域侧壁均达到修复目标值，因此认为该项目基坑清理完全，满足效果评估验收要求。

### (3) 土壤异位修复情况效果评估

该项目采用土壤淋洗、常温解吸、固化稳定化、化学氧化、填埋等多种修复技术。效果评估工作根据修复后土壤性质及污染物种类进行分类采样检测，采样布点按照《污染场地风险管控与土壤修复效果评估技术导则（试行）》（HJ25.5-2018）进行，修复目标值参照《大化集团搬迁及周边改造项目 A5（含周边道路）地块污染土壤修复方案》中既定的修复目标。该阶段工作评估结果显示修复后土壤样品中目标污染物的检出浓度均达到修复目标，表明该阶段工作满足效果评估验收要求。

### (4) 二次污染区域污染情况效果评估

该项目污染土壤暂存及待检区域采用防渗膜阻隔方式，其他区域均采用地面硬阻隔方式。为防止暂存及待检区域出现二次污染，效果评估工作参照《场地环境监测技术导则》（HJ 25.2-2019）、《工业企业场地环境调查评估与修复指南》（试行）对异位污染土壤暂存区和待检区进行评价，采用网格布点法，布点密度为 40\*40m。检测目标值参照《大化集团搬迁及周边改造项目 A5（含周边道路）地块污染土壤修复方案》中的修复目标。检测结果显示暂存区及待检区土壤样品中目标污染物的检出浓度均低于修复目标值，表明污染土壤堆存过程未对暂存区和待检区下层粘土产生影响，满足效果评估验收要求。

### （5）道路区域风险管控效果评估

该项目道路区域采用 HDPE 膜阻隔方式进行风险管控。2019 年 9 月 9 日，建设单位、效果评估单位、监理单位、施工单位共同对 HDPE 膜的铺设效果进行验收。通过对 HDPE 膜的材料、施工过程资料、焊缝透水实验数据、抽样检测结果进行检测和验收，结果表明该阻隔层满足工程设计要求，具备回填条件，满足效果评估验收要求。

### （6）环境影响情况效果评估

该项目施工阶段，效果评估单位对清挖区及修复区环境空气、噪声等进行定期监测，监测结果分别与相关标准进行比对，结果显示该项目施工过程中噪声及空气质量均符合相关标准，满足效果评估验收要求。

## 7.2 后期环境监管建议

### 7.2.1 工程控制

（1）开发建设过程中应对建筑工人进行安全防护，施工人员佩戴防护口罩、防护手套、防护服等安全防护用品。

（2）该项目周边道路区域后续尚未开发之前，要切实做好扬尘防护工作。在周边道路区域，晴天应每天对作业面进行洒水降尘，大风日加大洒水量及洒水次数，同时加强现场管理。

（3）未经上级环保部门同意，不得对基坑底板及侧壁进行破坏施工。

### 7.2.2 制度控制

（1）在周边区域设立严禁饮用和限制使用地下水使用的标志和告示。定期组织开展对周围居民的宣传教育。

（2）开展管控区域周边巡视，防止土壤被扰动。

（3）做好修复工程资料存档及交接工作，将工程有关资料提交相关管理部门，并切实加强该场地修复工程的后期管理与日常监管工作。

（4）做好土壤监管工作，严格限制修复后污染土壤继续深挖。若后期土地再次重新开发利用应提前向当地环保主管部门报请，并结合开发规划的实际情况，重新对该地块进行评价，包括修复深度、修复范围等的合理性。