

佛山照明禅城总部厂区中区地块 土壤污染修复第一阶段效果评估报告

简 本

土地使用权人：佛山电器照明股份有限公司

效果评估单位：生态环境部华南环境科学研究所

二〇二四年十一月

目录

第 1 章 前言	1
1.1. 项目概述	1
1.2. 项目背景	1
第 2 章 编制依据与工作路线	4
2.1. 法律法规及政策文件.....	4
2.2. 标准规范	5
2.3. 项目文件	6
2.4. 术语和定义	6
2.5. 技术路线	7
第 3 章 地块概况	10
3.1. 地块基本情况.....	10
3.1.1. 地块地理位置.....	10
3.1.2. 地块周边地表水水系.....	14
3.1.3. 地下水功能区划.....	14
3.1.4. 地块水文地质概况.....	14
3.1.5. 地块历史.....	15
3.1.6. 地块周边敏感点.....	16
3.1.7. 地块规划.....	16
3.2. 地块调查评估情况.....	17
3.2.1. 地块初步调查结论.....	17
3.2.2. 地块详细调查结论.....	18
3.2.3. 地块风险评估结论.....	18
3.3. 地块修复方案.....	20
3.3.1. 修复目标值.....	20
3.3.2. 修复范围及工程量.....	21
3.3.3. 修复技术路线.....	22
3.4. 地块修复实施情况.....	23
3.4.1. 工程规模.....	23
3.4.2. 修复施工准备工作.....	23
3.4.3. 污染土壤清挖.....	24
3.4.4. 第一阶段基坑红线侧壁处置情况说明.....	26
3.4.5. 污染土壤处理.....	26
3.4.6. 土方流转.....	31
3.4.7. 废气处理.....	31
3.4.8. 污废水处理.....	31
3.4.9. 固废处理.....	32
3.4.10. 《施工阶段总结》报告结论.....	32
3.5. 环境保护措施落实情况.....	35
3.5.1. 中区地块内修复二次污染防治方案.....	35
3.5.2. 异地修复（中区至北区）二次污染防治方案.....	43
3.6. 地块环境监理情况.....	47
3.6.1. 监理基本情况.....	47

3.6.2.	监理方案备案情况.....	47
3.6.3.	监理工作程序及方法.....	47
3.6.4.	施工准备阶段环境监理.....	48
3.6.5.	施工阶段环境监理.....	50
3.6.6.	二次污染防治及环境监测工作情况.....	52
3.6.7.	环境监理总结.....	56
第 4 章	地块概念模型	57
4.1.	资料回顾	57
4.2.	现场踏勘	57
4.3.	更新地块概念模型.....	58
4.3.1.	地块概念模型分析与更新总结.....	58
第 5 章	效果评估布点方案	59
5.1.	评估方法	59
5.2.	评估内容	59
5.2.1.	评估内容与重点.....	59
5.2.2.	基坑和侧壁效果评估.....	60
5.2.3.	疑似污染土效果评估.....	65
5.2.4.	建渣与筛上物效果评估.....	67
第 6 章	现场采样与实验室检测.....	70
6.1.	样品采集	70
6.1.1.	现场采样.....	70
6.1.2.	现场质量控制.....	71
6.2.	实验室检测	71
6.2.1.	检测方法.....	71
6.2.2.	第一次效果评估质控情况.....	72
第 7 章	第一次阶段效果评估	74
7.1.	效果评估结果小结.....	74
7.1.1.	基坑清挖效果评估.....	74
7.1.2.	建筑垃圾及筛上物效果评估.....	75
7.1.3.	疑似污染土效果评估.....	75
第 8 章	结论与建议	76
8.1.	结论	76
8.1.1.	修复工程资料审核结论.....	76
8.1.2.	修复工程环保措施落实结论.....	76
8.1.3.	污染防治效果评估结论.....	76
8.1.4.	第一阶段修复效果评估结论.....	77
8.1.5.	综合结论.....	78
8.2.	后期修复及环境管理建议.....	78

第1章 前言

1.1. 项目概述

项目名称：佛山照明禅城总部厂区中区地块土壤修复效果评估

项目地点：佛山市禅城区汾江北路 64 号

土地前使用权人：广州市城市建设投资集团有限公司

土地现使用权人：佛山电器照明股份有限公司

修复施工单位：中冶南方都市环保工程技术股份有限公司、广州工控环保科技有限公司

环境监理单位：广东省工程监理有限公司

效果评估单位：生态环境部华南环境科学研究所

修复方案备案时间：2024 年 8 月 12 日

修复实施开工时间：2024 年 8 月 21 日

效果评估范围：本项目整体效果评估范围为《佛山照明禅城总部厂区中区地块土壤污染风险评估报告》确定的土壤污染区域。其中效果评估检测内容：

（1）第一阶段修复效果监测：对清挖完成的基坑进行验收监测；对筛分后建筑垃圾验收监测；对清挖产生的疑似污染土验收监测。

（2）第二阶段修复效果监测：对清挖完成的基坑进行验收监测；对修复完成的土壤进行验收监测；对筛分后建筑垃圾验收监测；对清挖产生的疑似污染土验收监测；潜在二次污染区域（地块内）进行验收监测。

1.2. 项目背景

佛山照明禅城总部厂区位于佛山市禅城区汾江北路 64 号，包括北区地块、中区地块和南区地块。经调查，南区地块土壤及地下水中各项调查指标对人体的健康风险均可接受，无需开展修复治理，中区和北区地块土壤受到不同程度污染，需进行修复治理。本方案主要针对佛山照明禅城总部厂区中区地块（以下简称“中区地块”）完成土壤修

复技术筛选及设计，北区地块修复设计详见《佛山照明禅城总部厂区北区地块土壤污染修复方案》。

中区地块占地面积为 75666.84m²，1958 年前为农用地，1958 年开始进行建设及工业生产，入驻企业包括佛山电器照明股份有限公司、佛山市振动器厂、佛山市变压器厂等。地块涉及的历史生产工艺有泡壳窑炉、燃煤锅炉、浸式变压器油箱（不涉及注油工艺）、化丝车间、金卤灯车间、T8 灯车间、溴灯车间、LED 二车间、卤素灯车间等。2022 年，地块内企业均已停产，厂内生产设备已搬迁完毕。2024 年 5 月，由建设单位进行地块构筑物拆除工作招标，辽宁亿信建设发展有限公司中标，目前地块内所有构筑物均已拆除，产生的建筑垃圾已外运处置。

根据佛山市自然资源局《佛山市轨道交通近期建设线路站点周边 TOD 控制规划项目（中山公园站）控制性详细规划批后公布》（编号：CC（2019）021），及《佛山市自然资源局禅城分局关于明确中区地块规划情况的复函》（2023 年 6 月 25 日），中区地块未来规划土地使用性质主要为二类居住用地，属于 GB36600-2018 内规定的第一类用地；另有小范围的城市道路用地、防护绿地、水域用地，属 GB36600-2018 内规定的第二类用地。根据《中华人民共和国土壤污染防治法》（2019 年 1 月 1 日起施行）第五十九条“用途变更为住宅、公共管理与公共服务用地的，变更前应当按照规定进行土壤污染状况调查”，该地块需进行土壤污染状况调查。

2022 年 12 月，土地使用权人佛山电器照明股份有限公司委托森特土壤修复研究院（深圳）有限公司对佛山照明厂区中区地块开展地块初步调查和详细调查工作。森特土壤修复研究院（深圳）有限公司依据《建设用地土壤污染状况调查技术导则》（HJ25.1-2019）、《建设用地土壤污染风险管控和修复监测技术导则》（HJ25.2-2019）等有关技术导则的要求，编制完成了《佛山照明禅城总部厂区中区地块土壤污染状况初步调查报告》（以下简称“《初步调查报告》”）、《佛山照明禅城总部厂区中区地块土壤污染状况详细调查报告》（以下简称“《详细调查报告》”），于 2023 年 4 月通过专家评审并备案。调查结果表明：该地块属于污染地块，需纳入污染地块名录进行管理，地块土壤有中 10 种污染物（砷、铅、汞、镍、钼、钨、氟化物、苯并(a)芘、二苯并(a,h)蒽、石油烃（C₁₀-C₄₀））超过了第一类用地筛选值，土壤污染的深度范围为 0-7m，后续需开展地块风险评估工作，通过评估场地污染风险，确定管控或修复目标值。

基于上述调查结果和本地块未来规划用途，森特土壤修复研究院（深圳）有限公司

在初步调查与详细调查的结果基础上进一步开展了补充调查,并按照相关技术规范开展该地块的土壤污染风险评估工作,通过危害识别、暴露评估、毒性评估、风险表征等工作判断该地块土壤对未来使用人群的健康风险,编制了《佛山照明禅城总部厂区中区地块土壤污染风险评估报告》(以下简称“《风险评估报告》”),并于2023年9月通过专家评审并备案。

根据土壤污染状况调查和风险评估结果可知,本地块土壤存在污染。根据地块未来开发规划,分别基于第一类用地和第二类用地的筛选值对本地块进行关注土壤污染物识别和健康风险表征:第一类用地关注土壤污染物包括砷、铅、汞、钼、钨、氟化物、苯并(a)芘、二苯并(a,h)蒽和石油烃(C₁₀-C₄₀),第二类用地关注污染物包括砷、铅、汞、钨。本项目需修复土方量共计 **58709.3m³**, **最大修复深度为 7m**。地下水污染物不存在暴露途径,不存在人体健康风险。

2024年4月,中冶南方都市环保工程技术股份有限公司(牵头单位)与广州工控环保科技有限公司组成联合体通过公开招投标成为“佛山照明禅城总部厂区(中区、北区)地块土壤修复”项目联合体施工单位。2024年5月,佛山电器照明股份有限公司委托中冶南方都市环保工程技术股份有限公司与广州工控环保科技有限公司联合体进行《佛山照明禅城总部厂区中区地块土壤污染修复方案》(以下简称“《修复方案》”)的编制。佛山电器照明股份有限公司委托广东省建筑工程监理有限公司进行《佛山照明禅城总部厂区中区地块土壤污染修复环境监理方案》(以下简称“《监理方案》”)的编制。于2024年8月12日,《修复方案》和《监理方案》顺利通过技术复核,并在佛山市生态环境局完成备案。施工单位逐步开展本项目污染修复工作。

受现土地使用权人委托,生态环境部华南环境科学研究所承担了该地块的土壤污染修复效果评估工作。根据国家土壤修复效果评估技术导则要求,华南所组织专业技术人员成立项目组,开展了资料回顾、现场踏勘等工作,修复施工期间同步开展布点采样、实验室检测及修复效果评估等工作。

截止2024年9月,施工单位已经完成了由佛山照明禅城总部厂区中区地块(以下简称“中区地块”)的修复工作。依据国家有关规定、相关环境标准及技术规范,在第一阶段治理工程结束后,施工单位编制了《佛山照明禅城总部厂区中区地块土壤污染修复第一阶段施工总结报告》,监理单位编制了《佛山照明禅城总部厂区中区地块土壤污染修复第一阶段环境监理报告》。

第2章 编制依据与工作思路

2.1. 法律法规及政策文件

- (1) 《中华人民共和国环境保护法》（2015 年 1 月）；
- (2) 《中华人民共和国土壤污染防治法》（2019 年 1 月）；
- (3) 《中华人民共和国水污染防治法》（2018 年 1 月）；
- (4) 《中华人民共和国大气污染防治法》（2018 年 10 月）；
- (5) 《中华人民共和国环境噪声污染防治法》（2018 年 12 月）；
- (6) 《中华人民共和国节约能源法》（2018 年 10 月）；
- (7) 《国家危险废物名录》（2021 年本）；
- (8) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2020 年 9 月）；
- (9) 《中华人民共和国土地管理法》（2020 年 1 月）；
- (10) 《中华人民共和国消防法》（2009 年 5 月）；
- (11) 《中华人民共和国电力法》（2018 年 12 月）；
- (12) 《中华人民共和国安全生产法》（2014 年 12 月）；
- (13) 《建设项目环境保护管理条例》（国务院令第 253 号）（2017 年 7 月）；
- (14) 《国务院关于印发土壤污染防治行动计划的通知》（[2016]31 号）；
- (15) 《污染地块土壤环境管理办法（试行）》（环境保护部令第 42 号）；
- (16) 《广东省环境保护条例》（2018 年 11 月修订）；
- (17) 《广东省实施<中华人民共和国土壤污染防治法>办法》（2018 年 11 月 29 日广东省第十三届人民代表大会常务委员会七次会议通过）；
- (18) 《广东省生态环境厅关于印发广东省土壤与地下水污染防治“十四五”规划的通知》粤环〔2022〕8 号。

2.2. 标准规范

- (1) 《建设用地土壤污染风险管控和修复术语》（HJ 682-2019）；
- (2) 《建设用地土壤污染状况调查技术导则》（HJ 25.1-2019）；
- (3) 《建设用地土壤污染风险管控和修复监测技术导则》（HJ 25.2-2019）；
- (4) 《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ 25.3-2019）；
- (5) 《建设用地土壤修复技术导则》（HJ 25.4-2019）；
- (6) 《工业企业污染场地调查与修复管理技术指南（试行）》；
- (7) 《污染地块风险管控与土壤修复效果评估技术导则（试行）》（HJ 25.5-2018）；
- (8) 《土壤环境监测技术规范》（HJ/T 166-2004）；
- (9) 《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ 169-2018）；
- (10) 《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）；
- (11) 《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）；
- (12) 《声环境质量标准》（GB 3096-2008）；
- (13) 《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB 18599-2020）；
- (14) 《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）；
- (15) 《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB 12523-2011）；
- (16) 《建筑地基处理技术规范》（JGJ 79-2012）；
- (17) 《建筑地基处理技术规范》（DBJ/T 15-38-2019）；
- (18) 广东省生态环境厅办公室关于印发《广东省建设用地土壤污染状况调查、风险评估及效果评估报告技术审查要点（修订版）》的通知；
- (19) 《建设用地土壤污染修复效果评估监测质量控制技术规范》（DB44/T 2417-2023）；
- (20) 《广东省建设用地土壤污染修复现场环境信息公开与标识指南（试行）》（粤环办〔2020〕66号）；

- (21) 《广东省建设用地土壤污染修复工程环境监理技术指南（试行）》（粤环办〔2020〕75号）；
- (22) 佛山市生态环境局佛山市自然资源局关于印发《佛山市建设用地土壤污染风险评估、风险管控及修复效果评估报告评审工作程序（试行）》的通知（佛环〔2023〕17号）；
- (23) 佛山市生态环境局关于印发《佛山市污染地块修复施工现场环境管理要点（试行）》的通知；
- (24) 《建设用地土壤污染状况调查、风险评估、风险管控及修复效果评估报告评审指南》（环办土壤〔2019〕63号）；
- (25) 佛山市生态环境局关于印发《佛山市土壤与地下水污染防治“十四五”规划》的通知（佛环〔2022〕40号）。

2.3. 项目文件

- (1) 《佛山照明禅城总部厂区中区地块土壤污染状况初步调查报告》；
- (2) 《佛山照明禅城总部厂区中区地块土壤污染状况详细调查报告》；
- (3) 《佛山照明禅城总部厂区中区地块土壤污染风险评估报告》；
- (4) 《佛山照明禅城总部厂区中区地块土壤修复技术方案》；
- (5) 《佛山照明禅城总部厂区中区地块污染土壤危险特性鉴别报告》；
- (6) 《佛山照明禅城总部厂区（中区、北区）地块土壤修复（中区地块）详细阶段勘察报告》；
- (7) 其他相关资料。

2.4. 术语和定义

1. 虚侧壁

(1) 当相邻基坑共用一条或多条侧壁，或者存在“坑中坑”情况时，在实际土壤修复过程中，相邻基坑共用的侧壁和“坑中坑”中小坑的侧壁会被清挖掉，在实际开挖形成的基坑中并不存在，即为虚侧壁。

(2) 针对污染红线、垂直支护和地块红线三合一的侧壁，按虚侧壁处理，不进行侧壁检测，由修复单位做风险管控。针对污染红线和垂直支护二合一的侧壁，仍按照常规侧壁处置，由效果评估单位进行验收。

2. 采样基坑

污染指标相同的某单一基坑即为采样基坑。

3. 二次清挖

一次清挖后采集的土壤样品检测显示部分点位超标时，对超标点位进行扩挖，即为二次清挖。

4. 三次清挖

当二次清挖后采集的土壤样品检测显示部分点位仍然超标时，对超标点位进行再次扩挖，即为三次清挖。

2.5. 技术路线

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。

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，开展现场采样与实验室检测，明确现场和实验室质量保证与质量控制要求。

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值或可接受水平，评估风险管控是否达到规定要求。

对于土壤修复效果,可采用逐一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。

4. 提出下一步施工及后期环境监管建议

根据风险管控与修复工程阶段性实施情况与效果评估结论,提出下一步施工及后期环境监管建议。

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。

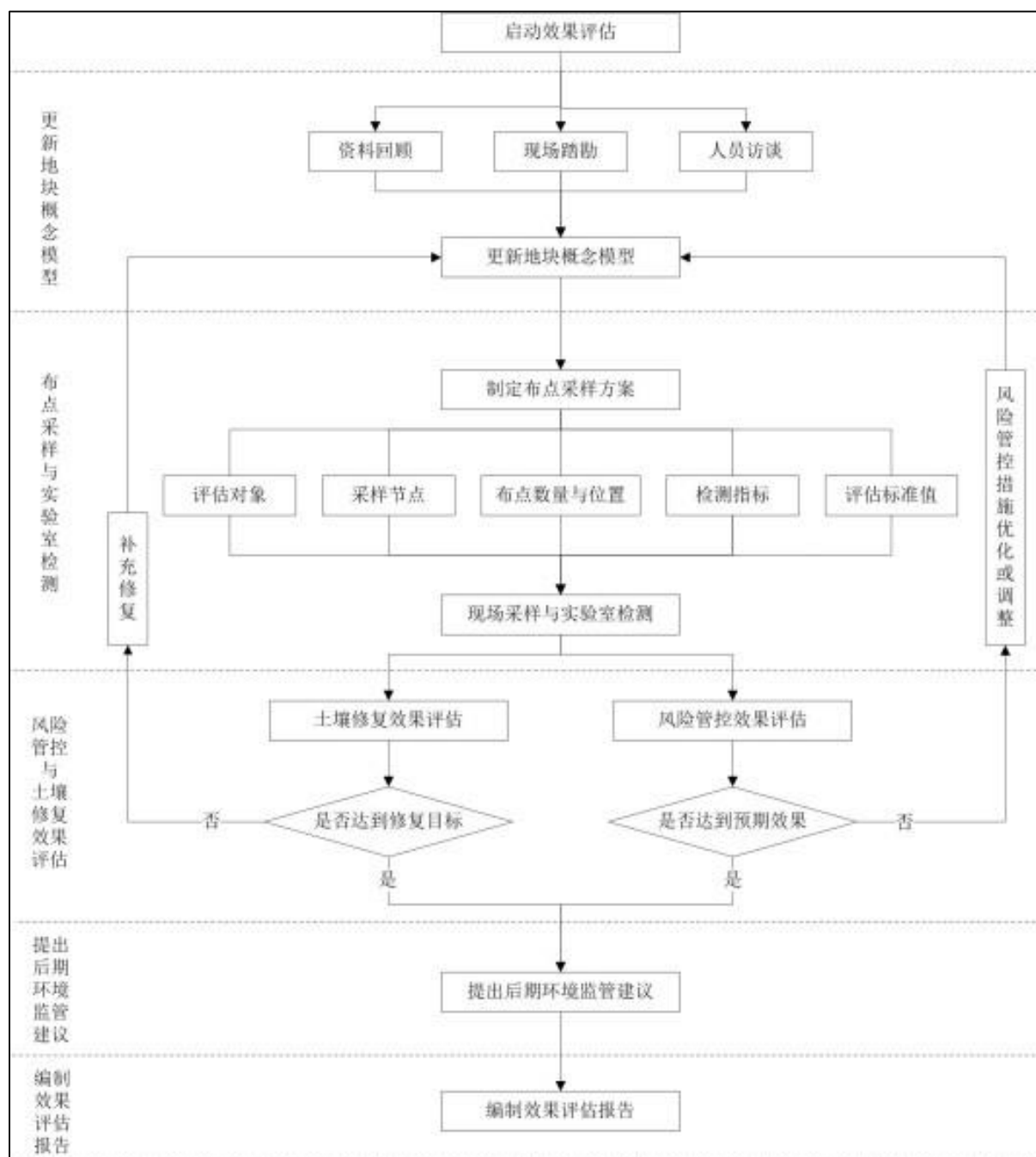


图2.5-1 修复效果评估工作程序

第3章 地块概况

3.1. 地块基本情况

地块名称：佛山照明禅城总部厂区中区地块。

土地使用权人：佛山电器照明股份有限公司。

3.1.1. 地块地理位置

佛山照明禅城总部厂区位于佛山市禅城区汾江北路 64 号，厂区范围北至悦美家园，西侧为汾江北路，东侧为广湛铁路，南侧为合盈家园，中心地理坐标为 113.106207°E，23.055069°N，总面积约 276 亩。

本次效果评估对象为中区地块，地块面积 75666.84m²（约 113.5 亩），北侧为工业路及佛山照明总部北区地块，南侧为佛山照明总部南区地块，西侧为汾江北路，东侧为广湛铁路。地质地貌

3.1.1.1. 区域地质地貌

佛山照明禅城总部中区地块地貌为珠江三角洲冲积平原，地势较为平坦无明显高差，绝对高程为 2.25~3.51m（国家 85 高程系）。

3.1.1.2. 地块岩土分层及特性

根据《佛山照明禅城总部厂区（中区、北区）地块土壤修复（中区地块）详细阶段勘察报告》，中区地块内第四系为全新统（Q4），其下缺失中更新统和下更新统。该场地自上而下分别为人工填土层 Q4ml、冲洪积土层 Q4al+pl 及基岩。

（1）地块岩土层特征

1）人工填土层（Q4ml）

场地内人工填土层主要为杂填土，颜色主要为灰黄色、灰褐色、红褐色、灰色等，杂填土则含有砖块、砼块等建筑垃圾，局部为素填土含较多黏粒、砂，大部分呈松散、欠压实状，局部压实。本层在钻孔中分布广泛，直接出露于地表，本次勘察在所有钻孔中均有揭露。揭露地层层顶标高为 2.36~3.43m，顶面埋深为 0.00m，厚度为 1.50~3.60m，平均厚度 2.59m。

2) 冲洪积层(Q4al+pl)

①粉细砂层：呈灰色、浅灰色，组成物主要为粉砂，砂质主要为石英质，粒径均匀，级配不良，黏粒含量较低，饱和，大部分呈稍密状~中密，局部呈松散状。本层在场地均有分布。层顶标高-1.79~1.19m，顶面埋深为 1.60~4.30m，厚度为 4.70~19.20m，平均厚度 12.64m。

②淤泥质土层：呈深灰~灰黑色，局部地段含少量粉细砂，流塑状，局部夹少量贝壳碎片，顶部多为淤泥。本层在场地内局部分布，层顶标高为-12.21~-8.54m，顶面埋深为 14.60~18.40m，厚度为 0.50~6.3m，平均厚度 3.65m。

③粉质黏土层：褐黄色、蓝灰色等，可塑，局部偏软塑状或硬塑状，韧性及干强度中等。局部粉细砂较多，夹粉砂薄层。本层在场地内局部分布，层顶标高为-19.18~1.17，顶面埋深为 3.00~23.1m，厚度为 0.60~5.10m，平均厚度 2.05m。

④中粗砂层：呈灰色、灰白色等，局部夹少量粉细砂，砂质主要为石英质，级配一般，饱和，大部分中密-密实状。本层在场地局部分布，层顶标高-20.72~-12.24m，顶面埋深为 18.40~25.10m，厚度为 0.80~8.0m，平均厚度 2.87m。

3) 基岩 (E)

①全风化岩

全风化泥质粉砂岩：灰黄色、棕红色、灰色，泥质胶结，岩芯呈坚硬土柱状，遇水易软化、崩解。本层在场地局部分布。揭露地层层顶标高为-20.59~-14.91m，顶面埋深为 17.70~23.40m，厚度为 0.60~3.8m，平均厚度 1.62m。

②强风化岩

强风化泥质粉砂岩：灰黄色、棕红色、灰色，泥质胶结，岩芯呈坚硬土柱状及碎块状、局部为柱状，手捏易碎，遇水易软化，风干易裂，局部夹中等风化岩碎块。揭露地层层顶标高为-22.42~-15.15m，顶面埋深为 17.60~25.1m，厚度为 1.95~4.1m，平均厚度 3.02m。

③中风化岩

中风化泥质砂岩：灰色、灰褐色，泥质胶结，块状结构，矿物部分已风化芯呈碎块状。风化裂隙较发育，岩芯破碎。泥质含量不均匀，风化不均匀。遇水易软化，风干易

裂。揭露地层层顶标高为-20.24m，顶面埋深为 24.1m，厚度为 1.5m。

（2）不良地质作用评价

根据区域地质资料及勘察钻孔揭露资料，拟建场地未发现滑坡、危岩和崩塌、泥石流、采空区、地面沉降、活动断裂等地质灾害。场地的特殊性岩土主要为人工填土、软土、风化岩。

1) 杂填土：场地内部分钻孔有揭露，层厚 1.5~3.6m，欠压实。该层土具有不均匀性，密实度相差较大。本层为建筑修筑工程中以及运营中人工回填形成，主要有砖渣、砼块等组成，含有较多硬杂质，表层多为混凝土地面，在设计 and 施工过程中应注意填土层含有较多硬杂质和顶部混凝土地面的不利影响，部分填土渗透性较强，作为开挖边坡土体，开挖自稳性较差，基坑开挖过程中应做好支护和止水工作。

2) 软土：本次勘察范围内揭露的软土为淤泥质黏土。具有含水量高，孔隙比大，压缩性高、固结度差、灵敏度中等、抗震性能低等特点。桩基础施工时，容易出现桩基缩径或断桩。在基坑开挖时，如不作支护处理，容易出现流泥、基坑壁变形等。在地震作用下，可能出现震陷，在设计、施工时应充分考虑其不良影响。

3) 风化岩：全风化、强风化局部夹残积土软夹层，及夹中风化硬夹层，均匀性差。风化岩具有遇水易软化、崩解的特点。

（3）不利埋藏物

根据钻探资料及现场踏勘调查，场地内未发现有埋藏的排洪沟、墓穴等不利埋藏物。

（4）土壤腐蚀性

地下稳定水位以上的土（A 类）对混凝土结构具有微腐蚀性；对钢筋混凝土结构中的钢筋具有微腐蚀性；对钢结构（按 pH 值）具有微腐蚀性。

（5）软土缺陷

根据《建筑抗震设计标准》（GB/T50011-2010[2024 年版]）（2016 年版）第 4.3.11~4.3.12 条和《软土地区岩土工程勘察规程》（JGJ83-2011）第 6.3.4 条规定结合地区经验及波速测试结果，本场地土层等效剪切波速均大于 90(m/s)，可不进行软土震陷判别。

（6）建筑物抗震设防类别

根据《建筑工程抗震设防分类标准》（GB50223-2008）6.0.8 条，本地块工程属于一般设防类。根据本次勘察已揭露的钻孔资料，场地内揭露到软弱土分布，判定本场地属建筑抗震不利地段。设计和施工时应采取有效的抗震措施。

（7）地基均匀性、场地稳定性及适宜性评价

根据《勘察报告》，场地内未发现埋藏的河道、沟浜、墓穴、防空洞等对工程不利的埋藏物。场地基岩风化不均匀，表现为中、微风化层顶面起伏较大，第四系地层埋深及厚度变化较大，工程力学性质差异较大。总体而言，该场地地基可按不均匀地基考虑。依据区域地质资料，该场地及其附近无全新世活动断裂通过。根据已有钻孔资料，在本次勘察深度范围内暂未发现断裂构造，判定本建筑场地是基本稳定的。

（8）岩土层的工程性质评价

根据《勘察报告》，场地内第四系为全新统（Q4），其下缺失中更新统和下更新统。该场地自上而下分别为人工填土层 Q4ml、冲洪积土层 Q4al+pl 及基岩。各土层岩土工程条件评价如下：

（1-1 层）杂填土层：该层广泛分布，松散，局部稍密，地基承载力低，遇水易湿陷，应考虑填土自重固结及上部荷载引起的地面沉降及不均匀沉降。基坑开挖时可能产生涌土或边坡失稳现象。

（2-1 层）粉细砂：该层广泛分布，承载力较低，力学性质差。基坑开挖时可能产生涌土或边坡失稳现象。（2-2 层）淤泥质土：部分钻孔有揭露，承载力低，力学性质差。基坑开挖时可能产生涌土或边坡失稳现象。

（2-3 层）粉质黏土：部分钻孔有揭露，力学性质一般，工程性能一般，自稳性较好。

（2-4 层）中粗砂：部分钻孔有揭露，力学性质一般，工程性能一般。本层开挖自稳性很差，透水性中等，开挖时应采取支护与止水措施，避免涌水涌砂。

（3-1 层）全风化泥质粉砂岩：部分钻孔有揭露，风化程度高、破碎，岩石完整性差。

（3-2 层）强风化泥质粉砂岩：大部分钻孔有揭露，风化程度高、破碎，岩石完整性差。

(3-3 层) 中风化泥质粉砂岩：仅局部钻孔揭露，力学性质较好，强度较高，岩石完整性一般。

3.1.2. 地块周边地表水水系

地块东侧有一渠道，渠道距离红线约 4m，勘察期间水位标高约 1.4m，渠道宽约 3~5m，本场地易形成大量地表水系，地表水排泄方向为由北向南。

3.1.3. 地下水功能区划

通过向佛山市禅城区住房和城乡建设和水利局去函咨询地块周边区域的地下水开发利用情况，确认本地块属于珠江三角洲佛山南海大沥至顺德勒流地质灾害易发区，水质保护目标为《地下水质量标准》(GB/T14848-2017)III类水质标准；同时按照《佛山市水利局关于转发<广东省地下水管控指标方案>的通知》，禅城区全域为地下水禁采区，不作地下水开发利用，开发利用指标为 0。

3.1.4. 地块水文地质概况

3.1.4.1. 地下水类型及特征

本场地的地下水按赋存介质与条件分为上层滞水、孔隙水和基岩裂隙水三类。

(1) 上层滞水：上层滞水主要赋存于人工填土中。

(2) 孔隙水：场地内砂层（2-1 粉细砂层、2-4 中粗砂土层），填土层下覆粉细砂层，砂层水多为潜水，其分布范围较广，有一定的水量和连通性，补给充裕，水量较大。

(3) 岩层风化裂隙水：赋存于泥质粉砂岩的风化带的风化、构造裂隙中，由于节理裂隙多呈闭合状，赋水性差，透水性差，且未形成连续稳定的自由水面。其径流、补给规律及赋水性受地质构造及岩石裂隙和地形地貌所控制，具有明显的不均一性。

根据前期资料统计，中区地块地下水位埋深变化较大，介于 0.4~4m 之间，其中杂填土层底板埋深 0-3.8m，平均层厚约 1.8m，粉质黏土层底板埋深 0-6.3m，平均层厚约 1.1m，细砂层底板埋深 0-23.4m，平均层厚约 13.3m，地下水埋深范围为 0.4-4m，平均埋深 1.4m，含水层层厚在 0.5~21.9m 之间，平均厚度 4.8m。本地块污染土壤开挖深度为 7m，开挖土壤类型涉及杂填土、粉质黏土及细砂。

3.1.4.2. 地下水补径排条件及地下水水位动态特征

上层滞水主要靠大气降水、水道等地表水补给，排泄条件较好，主要通过地表渗流排泄，其次的排泄途径为向上的大气蒸发，季节性水位变化明显，变化大，雨季水量多，旱季水量少，甚至干涸。

潜水则主要靠大气降水及地表水侧向补给，补给量受季节和潮汐的影响明显，通过地层下渗、径流等方式排泄。

场地基岩裂隙水受周边裂隙水的垂直渗透性补给较强。由于粉质黏土等的阻隔作用裂隙水受上部孔隙水潜水的垂直补给较弱，裂隙水主要以向下游和深部运移进行排泄。

3.1.5. 地块历史

中区地块位于佛山市禅城区汾江北路 64 号佛照明厂区内，中心地理坐标为 113.106207° E，23.055069° N。主要开发利用历史如下：

（1）1958 年前，整个目标地块均为农用地，1958 年后佛山市恒泰机电总公司佛山振动器厂及佛山市工人疗养院入驻本地块，分别位于目标地块的西南侧和东北侧；

（2）1967 年，佛照明入驻本地块，开始进行工业生产，用地范围为原佛山市工人疗养院；

（3）1985 年，佛山市变压器厂入驻本地块，位于目标地块东南侧，主要进行油浸式变压器油箱的制作，不涉及注油工艺过程；佛照明在这一时期进行了厂区扩建，西侧农田被建设为办公楼及生产车间，东侧农田被建设为仓库；

（4）1995 年后佛照明厂区内泡壳窑炉工艺停用，燃煤锅炉也停用，炉窑以及煤仓被改为成品仓库，并于地块中部设置化丝车间；

（5）2001-2002 年，佛山市变压器厂和振动器厂相继搬迁，其原厂用地被佛照明收购作为生产车间，此后至 2013 年厂房布局及生产工艺未发生明显变动；

（6）2014 年佛照明进行改扩建，对厂区原有生产工艺、车间布置及用途进行部分调整，原金卤灯车间、原 T8 灯车间、原溴灯车间变更为 LED 二车间，原碘灯车间变更为线路板车间，原单端灯车间变更为卤素灯车间；

（7）2022 年，佛照明停产，厂内设备陆续进行搬迁，至现场踏勘时，厂内设备已

搬迁完毕，建筑物均未进行拆除，厂内员工仅进行办公。

表3.1-1 中区地块利用历史变动表

时期	相应土地利用类型	土地使用权人	变动情况
1958 年前	农用地	-	-
1958-1967 年	工业用地、福利设施用地、农用地	佛山振动器厂、佛山市工人疗养院	振动器厂及疗养院入驻
1967-1985 年	工业用地、农用地	佛照明、佛山振动器厂	疗养院搬迁，佛照明入驻
1985-1995 年	工业用地	佛照明、佛山振动器厂、佛山变压器厂	变压器厂入驻，佛照明扩建
1995-2001 年	工业用地	佛照明、佛山振动器厂、佛山变压器厂	佛照明窑炉及锅炉停用，厂区布局调整
2001-2013 年	工业用地	佛照明	佛照明收购变压器厂及振动器厂地块
2014—2022 年	工业用地	佛照明	佛照明改扩建
2022 年至今	工业用地	佛照明	佛照明停产，设备搬迁

3.1.6. 地块周边敏感点

结合现场踏勘情况，对地块周边 500m 范围内敏感目标进行筛选，中区地块周边环境敏感目标主要为村庄、居住小区和学校，不存在饮用水源地保护区及地表水体。地块周边敏感点名称、类型及其与地块位置关系详见下表。

表3.1-2 中区地块周边敏感目标列表

序号	敏感目标名称	类型	方位	距离
1	敦厚村	村庄	西	30m
2	合盈家园	小区	南	140m
3	悦美家园	小区	北	180m
4	华南金谷	小区	北	280m
5	城北中学	学校	西北	490m
6	东海国际	小区	西北	390m
7	保利时代天铂	小区	东	300m

3.1.7. 地块规划

根据佛山市自然资源局《佛山市轨道交通近期建设线路站点周边 TOD 控制规划项目（中山公园站）控制性详细规划批后公布》（编号：CC（2019）021）及《佛山市自

自然资源局禅城分局关于咨询中区地块规划情况的复函》等文件，本场地按土地性质可分为（地块一、地块二和地块三，各区域拐点坐标见表），地块二规划用地性质为二类居住用地，属第一类用地，地块一、地块三规划用地性质包括道路用地、防护绿地、水域用地，属第二类用地。

3.2. 地块调查评估情况

3.2.1. 地块初步调查结论

3.2.1.1. 初步调查布点采样情况

地块土壤污染初步调查采样情况：

2022 年 12 月至 2023 年 4 月，森特土壤修复研究院（深圳）有限公司对本地块开展土壤污染状况调查。在划定的 53043.2m² 的重点区域，按 40×40m 的密度设置调查点，22623.6m² 的其他区域以 80×80m 的密度设置土壤调查点。初步调查阶段共布设 51 个土壤采样点，共在地块内采集土壤样品 299 个。

土壤检测指标包括 45 项必测项目及 20 项选测项目。

3.2.1.2. 初步调查结果

地块内共布设 51 个土壤采样点，采集土壤样品 299 个（未包含质控样品）。重金属及无机物检出指标包括砷、镉、铜、铅、汞、镍、锌、锡、钼、钨、锰、锑、氟化物 13 项，检出率均为 100%，六价铬及氰化物在所有样品中均未检出；VOCs 和 SVOCs 指标共检出 25 项，其中石油烃（C₁₀-C₄₀）的检出率最高，为 96.7%。对比《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600—2018）中第一类用地筛选值，共有砷、铅、汞、镍、钼、钨、氟化物、苯并(a)芘、二苯并(a,h)蒽、石油烃（C₁₀-C₄₀）10 项指标超标。

地块内共建设 6 口地下水监测井，采集地下水样品 6 份（未包含质控样品）。重金属及无机指标中，六价铬、铅、汞、锡未检出，镉及氰化物检出率为 16.7%，锑检出率为 83.3%，砷、铜、镍、锌、钼、钨、锰、氟化物检出率为 100%；有机指标中有三项检出，其中邻苯二甲酸二甲酯检出率为 83%，邻苯二甲酸二(2-乙基己基)酯检出率为 50%，石油烃（C₁₀-C₄₀）检出率为 100%。按《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）III类水标准评价，共有钼、钨、锰、氟化物 4 项指标超标，超标率分别为 66.7%、66.7%、100%、

50%；最大超标倍数分别为 8.21、136.96、6.10、4.55。

3.2.2. 地块详细调查结论

3.2.2.1. 详细调查布点采样情况

针对初步调查阶段发现超标的 10 类污染物砷、铅、汞、镍、钼、钨、氟化物、苯并(a)芘、二苯并(a,h)蒽、石油烃（C₁₀-C₄₀），设置详调土壤采样点。详细调查采用系统布点法在初步调查划定的疑似污染区开展加密调查，确保每 400m² 不少于 1 个调查点，检测项目为对应污染区域的超标指标，钼、钨、氟化物在初调阶段为选测指标，因此详调阶段在疑似污染区外以 1600 不少于 1 个调查点的密度进行布点采样。详细调查阶段确定土壤调查点共 129 个，采集土壤样品 673 份。

3.2.2.2. 详细调查结果

（1）地块土壤详细调查结果

详细调查阶段确定土壤调查点共 129 个，采集土壤样品 673 份，其中砷、铅、汞、镍、钼、钨、氟化物、苯并(a)芘、二苯并(a,h)蒽、石油烃（C₁₀-C₄₀）存在超标现象。

综合初步调查与详细调查检测结果，两个阶段共有 40 项指标检出，其中 10 项指标超过筛选值。

（2）地块地下水详细调查结果

根据初步调查和详细调查采样结果，地下水的钼、钨、锰和氟化物中部分检测结果超过《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）III类标准。其余关注的污染物均未超《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）III类标准。

3.2.3. 地块风险评估结论

3.2.3.1. 风险评估情况

本项目基于敏感用地方式情景，以地块规划第一类用地范围内各关注污染物（砷、汞、镍、钼、钨、氟化物、苯并（a）芘、二苯并（a，h）蒽和石油烃（C₁₀-C₄₀））及其在该区域内的最大样品浓度作为暴露浓度进行风险表征，结果表明：砷、苯并(a)芘、二苯并(a,h)蒽的致癌风险超过了可接受风险水平（10⁻⁶），砷、汞、钼、钨、氟化物、石油烃(C₁₀-C₄₀)的非致癌危害商超过可接受水平（1），地块规划第一类用地范围内土壤砷、

汞、钼、钨、氟化物、苯并(a)芘、二苯并(a,h)蒽、石油烃(C₁₀-C₄₀)的人群健康风险不可接受。基于 IEUBK 模型进行地块铅的风险评估，以地块铅的最大浓度 2820mg/kg 为暴露浓度进行血铅浓度评估，0-7 岁儿童的血铅浓度几何平均值为 18.619μg/dL，儿童血铅含量超过 5μg/dL 的概率为 99.998%，超过了铅的风险控制概率 5%的要求，健康风险不可接受。

3.2.3.2. 地块修复目标值

综上，修复方案阶段与风险评估阶段确定的修复目标值保持一致，具体详见下表。

表3.2-1 土壤污染修复目标值

序号	污染物	第一类用地			第二类用地		
		计算风险控制值	筛选值	修复目标值	计算风险控制值	筛选值	修复目标值
1	砷	0.457	60	60	1.5	60	60
2	铅	212	400	400	773	800	800
3	汞	5.64	8	8	39	38	39
4	钼	240	/	240	-	-	-
5	钨	48	/	48	447	/	447
6	氟化物	1900	/	1900	-	-	-
7	苯并(a)芘	0.541	0.55	0.55	-	-	-
8	二苯并(a,h)蒽	0.541	0.55	0.55	-	-	-
9	石油烃(C ₁₀ -C ₄₀)	809	826	826	-	-	-
备注：“-”代表第二类用地规划区域内所有点位无相应污染物超标。							

3.2.3.3. 修复方量

本次工作通过地理信息系统软件 ArcGIS10.6 进行污染范围的连线和污染区域面积（方量）的计算。各超标点位均已兜底并兜边，即在垂向上探明超标样品以下不超标样品的深度，且水平方向上在超标样品周边（临近 20m 网格）确认了不超标样品的位置。单项污染物修复范围与工程量见下表。

表3.2-2 修复范围土壤修复工程量

序号	污染物	修复方量 m ³						
		第一层 (0-1m)	第二层 (0-1m)	第三层 (0-1m)	第四层 (0-1m)	第五层 (0-1m)	第六层 (0-1m)	第七层 (0-1m)
1	重金属（除汞外）	17051.6	15280.0	6067.3	242.9	242.9	994.8	242.9

2	汞	6339.4	3039.2	/	1692.4	/	/	/
3	氟化物	127.6	/	/	/	/	/	/
4	有机物	192.1	/	1302.2	/	/	/	/
5	重金属（除汞外）+汞	1576.5	213.0	/	/	/	/	/
6	重金属（除汞外）+氟化物	792.1	1638.7	/	/	/	/	/
7	重金属（除汞外）+有机物	/	217.2	442.8	/	/	/	/
8	汞+有机物	770.9	/	/	/	/	/	/
9	重金属（除汞外）+氟化物+有机物	/	242.9	/	/	/	/	/
合计		26850.1	20631.0	7812.3	1935.3	242.9	994.8	242.9
		58709.3						

3.3. 地块修复方案

3.3.1. 修复目标值

地块未受到扰动，现状与土壤污染状况调查阶段保持一致。本地块修复目标污染物与修复目标值与风险评估阶段设定的修复目标值一致，本地块第一类用地区域内，土壤中砷、铅、汞、苯并[a]芘、二苯并(a,h)蒽、石油烃（C₁₀-C₄₀）计算风险控制值低于第一类用地筛选值，因此选用第一类用地筛选值作为修复目标值；钼、钨、氟化物为 GB 36600-2018 内没有的污染指标，因此采用计算风险控制值作为修复目标值。第二类用地规划区域内，砷、铅计算风险控制值低于第二类用地筛选值，因此选用第二类用地筛选值作为修复目标值；汞计算风险控制值为 39mg/kg，第二类用地筛选值为 3839mg/kg，此处选用第二类用地筛选值作为修复目标值；钨为 GB 36600-2018 内没有的污染指标，因此采用计算风险控制值作为修复目标值。具体见下表。

表3.3-1 土壤污染修复目标值

序号	污染物	第一类用地			第二类用地		
		计算风险控制值	筛选值	修复目标值	计算风险控制值	筛选值	修复目标值
1	砷	0.457	60	60	1.5	60	60
2	铅	212	400	400	773	800	800
3	汞	5.64	8	8	39	38	39
4	钼	240	/	240	-	-	-
5	钨	48	/	48	447	/	447

6	氟化物	1900	/	1900	-	-	-
7	苯并(a)芘	0.541	0.55	0.55	-	-	-
8	二苯并(a,h)蒽	0.541	0.55	0.55	-	-	-
9	石油烃(C ₁₀ -C ₄₀)	809	826	826	-	-	-
备注：“-”代表第二类用地规划区域内所有点位无相应污染物超标。							

3.3.2. 修复范围及工程量

地块内各类修复土壤工程量见下表，其中第一类用地区域修复土方量共计 53581.2m³；第二类用地区域修复土方量共计 5128.1m³，总计 58709.3m³。

表3.3-2 第一类用地区域土壤修复工程量

土壤污染类型	修复土方量 (m ³)
砷、铅、钨、钼	15315.8
汞	5392.1
氟化物	127.6
石油烃(C ₁₀ -C ₄₀)	192.1
砷、铅、汞	1576.5
砷、氟化物	792.1
汞、石油烃(C ₁₀ -C ₄₀)	770.9
砷、铅、钨、钼	12953.3
汞	3039.2
铅、汞	213.0
砷、铅、钼、氟化物	1638.7
砷、铅、钨、苯并(a)芘、二苯并(a, h)蒽	217.2
砷、铅、钨、苯并(a)芘、二苯并(a, h)蒽、氟化物、石油烃(C ₁₀ -C ₄₀)	242.9
砷、铅、钨、钼	5948.9
石油烃(C ₁₀ -C ₄₀)	1302.2
砷、铅、石油烃(C ₁₀ -C ₄₀)	442.8
钨	242.9
汞	1692.4
钨	242.9
钨	994.8
钨	242.9
合计	35941.5
	10123.7
	127.6
	1494.3
	1789.5
	2430.8

	660.0
	770.9
	242.9
	53581.2

表3.3-3 第二类用地区域土壤修复工程量

土壤污染类型	修复土方量 (m ³)
砷	1735.7
汞	947.3
砷、铅、钨	2326.7
砷	118.4
合计	4180.8
	947.3
	5128.1

3.3.3. 修复技术路线

本地块污染土壤因子包括重金属（砷、铅、汞、钼、钨）、氟化物、有机物（苯并[a]芘、二苯并[a,h]蒽）、石油烃（C₁₀-C₄₀），根据本地块内土壤污染实际情况，划分土壤污染类型为：①重金属（砷/铅/钨/钼或其复合物）污染土壤，②汞污染土壤，③石油烃污染土壤，④氟化物污染土壤，⑤汞+石油烃污染土壤，⑥重金属（砷/铅/钨/钼或其复合物）+氟化物污染土壤，⑦汞+重金属（砷/铅/钨/钼或其复合物）污染土壤，⑧重金属（砷/铅/钨/钼或其复合物）+苯并(a)芘+二苯并(a,h)蒽污染土壤，⑨重金属（砷/铅/钨/钼或其复合物）+苯并(a)芘+二苯并(a,h)蒽+氟化物+石油烃（C₁₀-C₄₀）污染土壤，⑩重金属（砷/铅/钨/钼或其复合物）+石油烃（C₁₀-C₄₀）污染土壤。修复技术路线如下：

（1）对于汞，石油烃（C₁₀-C₄₀），汞+石油烃（C₁₀-C₄₀）污染土壤，采用异地间接热脱附修复技术进行修复处理，经修复合格后的土壤在场内进行回填处置；

（2）对于重金属（砷/铅/钨/钼或其复合物）污染土壤，氟化物，重金属（砷/铅/钨/钼或其复合物）+氟化物污染土壤，采用异位水泥窑协同处置技术进行修复与处置；

（3）针对重金属（砷/铅/钨/钼或其复合物）+汞，重金属（砷/铅/钨/钼或其复合物）+苯并(a)芘+二苯并(a,h)蒽，重金属（砷/铅/钨/钼或其复合物）+石油烃（C₁₀-C₄₀），重金属（砷/铅/钨/钼或其复合物）+苯并(a)芘+二苯并(a,h)蒽+氟化物+石油烃（C₁₀-C₄₀）污染土采用异地间接热脱附修复处理合格后，再进行水泥窑协同处置。

（4）针对地块内环境管理土采用制度控制进行管控，不进行清挖。

(5) 对于清挖过程地坪破碎和预处理阶段筛分出的建筑垃圾，采用高压水冲洗技术将其冲洗干净，验收合格后场内回填。

(6) 针对修复过程中产生的基坑水、建筑垃圾冲洗水、洗车废水等污废水，采用“混凝沉淀+砂滤+高级氧化+活性炭吸附”工艺处理达标后回用。污水处理设备和污染建筑垃圾冲洗产生的污泥，根据其污染类型与相应污染土壤一起进行修复处理。

(7) 针对大棚产生的有组织废气，采用“布袋除尘工艺+活性炭吸附”处理，达标后排放。尾气处理系统产生的粉尘，根据其污染类型与相应污染土壤一起进行修复处理。

(8) 水处理和尾气处理产生的废活性炭，作为危险废物交由具备相关资质的处置单位进行处置。

3.4. 地块修复实施情况

3.4.1. 工程规模

修复项目第一阶段共完成以下施工内容：

本项目共完成以下施工内容：

- 1、共完成 20889.8m³ 污染土壤的清挖、筛分和堆存。
- 2、共完成 2163.8m³ 建渣及筛上物的冲洗和堆存。
- 3、共完成 4910m³ 施工废水的处理。

3.4.2. 修复施工准备工作

3.4.2.1. 修复方案备案情况

2024 年 5 月，修复施工单位组织编制项目修复方案。2024 年 8 月，修复方案完成备案。

3.4.2.2. 基准点交接和原始地形地貌测量

现场测量时，在监理单位见证下，对业主单位提供的 3 个测量基准点进行了复核，确保了施工测量的准确性。

为了准确地反映工程部位的地形地貌现状，为施工控制及工程管理的需要，特别是为工程的计量准确性提供依据，项目部对工程现场的原始地形地貌的高程进行了复核。经复核确定，施工前原始地形高程与前期调查报告中的高程数据一致。

3.4.3. 污染土壤清挖

土壤清挖是施工工程的重要内容，本章节主要从对比风评范围，核实清挖过程，判断基坑是否按备案的风险评估和修复方清挖到位以及实际清挖量是否发生变更。风险评估和修复方案未变更的清挖内容详见施工总结报告，本章节会侧重在变更部分的阐述，包括，超标扩挖情形，与实际不符的情形等。

3.4.3.1. 分类开挖及堆置设计思路（按修复工艺）

地块内不同类型土壤除根据用地类别进行开挖、堆置外还需根据其修复工艺分类开挖及堆置。其中开挖出的污染土，按照修复工艺进行后续预处理及修复施工，修复后的土壤按照用地类别及修复工艺分开堆置待检；放坡及扩挖修复土根据用地类别及修复工艺分别进行开挖和堆置；夹层净土根据用地类别进行开挖和堆置；扩挖及夹层疑似污染土根据其用地类别及修复工艺分别进行开挖和堆置，环境管理土单独开挖及堆置，预处理产生的污染建筑垃圾，在冲洗完成后根据其用地类别分开堆置。

开挖原则及顺序：首先，对污染区域表层地坪进行破碎清挖转运至建筑垃圾冲洗堆场进行冲洗后堆置待检；然后，再向下进行 1m 厚污染土壤清挖转运。按照污染区域范围进行放线后先将上层清洁土清挖，清挖完毕后清挖疑似污染土，疑似污染土清挖完毕后清挖污染。

3.4.3.2. 清挖范围复核

本项目第一阶段开挖涉及基坑为 2#基坑、3#基坑、4#基坑、5#基坑、6A#基坑、6B#基坑和 7#基坑和 12A#基坑（0-1m），清挖产生的放坡及扩挖修复土、夹层净土、疑似污染土、扩挖疑似污染土分开进行堆置。

本项目中超标扩挖采样原则为：若侧壁在效果评估采样检测超标，则超标样品所在段往外扩挖 0.5m，在新侧壁进行采样，采样位置根据 HJ25.5-2018 中表 1 和参考超标样品所在位置确定，样品数量与超标样品数一致。若坑底在效果评估采样检测超标，则超标点所代表的采样单元向下扩挖 0.5m，根据 HJ25.5-2018 中表 1 按照超标采样单元面积重新确定采样单元和最少采样数。

与风评不一致的开挖情况：

施工单位与效果评估单位双方确认扩挖修复方案后施工单位立刻组织人员机械进

行扩挖修复，经监理现场确认扩挖到位后再由效评单位进行清挖效果评估工作。

经监理单位复核超标范围内污染土壤清挖到位后由效果评估单位效评确认基坑存在扩挖情况，目前已确认 4 批次 8 处扩挖修复区域（详见下表和下图），共计 670.5m³ 污染土壤。范围如下所示。

3.4.3.3. 基坑复核

经环境监理复核，通过 2# 1-2m 成坑范围与风评报告中 S38 区域的污染范围的拐点坐标和高程进行对比，确定清挖范围和清挖深度均满足风险评估报告中确定的污染范围。

经环境监理复核，通过 3# 2-3m 成坑范围与风评报告中 S53 区域的污染范围的拐点坐标和高程进行对比，确定清挖范围和清挖深度均满足风险评估报告中确定的污染范围。

经环境监理复核，通过 4# 0-1m 成坑范围与风评报告中 S6 区域的污染范围的拐点坐标和高程进行对比，确定清挖范围和清挖深度均满足风险评估报告中确定的污染范围。

经环境监理复核，通过 5# 0-3m 成坑范围与风评报告中 S10、S35、S36、S37、S49 及 S52 区域的污染范围的拐点坐标和高程进行对比，确定清挖范围和清挖深度均满足风险评估报告中确定的污染范围。

经环境监理复核，通过 6# 0-1m 成坑范围与风评报告中 S17 及 S7 区域的污染范围的拐点坐标和高程进行对比，确定清挖范围和清挖深度均满足风险评估报告中确定的污染范围。

经环境监理复核，通过 7# 0-3m 成坑范围与风评报告中 S11、S12、S20、S25、S41 及 S51 区域的污染范围的拐点坐标和高程进行对比，确定清挖范围和清挖深度均满足风险评估报告中确定的污染范围。

经核实，第一阶段修复工程的清挖范围、清挖深度已全面覆盖备案风评和备案施工方案中第一阶段的清挖范围和深度。

3.4.3.4. 与风评范围不一致的开挖情况

1. 本项目所有基坑及堆体收方均使用 RTK 采集坐标(X、Y、Z)数据通过 CASS10.1 软件计算得出体积数据，计算结果较“S 底面积*h 清挖深度”有差异；实际清挖时为确保清挖到位，会有略微扩挖，横向向外扩挖，纵向向下超挖；

2. S10 基坑实际清挖方量较设计污染方量略小是因为 S10 基坑底部有多处较大平

台基坑或石块,收方测量时该点高程偏小,数据导入 CASS10.1 中计算时造成这一结果;

3. S25 污染因子为砷、铅、汞, S20 污染因子为汞, 清挖 S25 时向 S25 及 S20 交界处往 S20 外扩 1.0m 随 S25 一并修复治理(先热脱附再水泥窑), 因此 S25 基坑实际清挖方量较设计污染方量略大及 S20 基坑实际清挖方量较设计污染方量略小。

4. 施工单位与效果评估单位双方确认扩挖修复方案后施工单位立刻组织人员机械进行扩挖修复, 经监理现场确认扩挖到位后再由效评单位进行清挖效果评估工作。

经监理单位复核招标范围内污染土壤清挖到位后由效果评估单位效评确认基坑存在扩挖情况, 目前已确认 4 批次 8 处扩挖修复区域, 共计 670.5m³ 污染土壤。

3.4.4. 第一阶段基坑红线侧壁处置情况说明

根据《修复方案》并结合场地实际基坑清挖效果评估结果, 针对污染红线和地块红线重合的侧壁, 由施工单位做风险管控(包括 2#基坑、3#基坑、5#基坑、6A#基坑的部分侧壁), 在基坑回填前需采用复合土工膜进行阻隔。该情景所在区域见下图。

2#基坑及 3#基坑红线侧壁处有拉森钢板桩, 未进行效果评估, 后期基坑回填时先进行阻隔再回填土方。

5#-2 基坑红线侧壁处部分有拉森钢板桩, 未进行效果评估, 后期基坑回填时整个红线侧壁先进行阻隔再回填土方。

5#-1 基坑及 6A#基坑红线侧壁处, 未进行效果评估, 后期基坑回填时先进行阻隔再回填土方。

7#基坑红线侧壁处已经通过效果评估, 后期基坑回填时直接回填土方。

目前, 已完成 6A#基坑红线侧壁处阻隔施工, 待后续基坑回填时完成所有阻隔施工作业, 纳入后期整体修复效果评估内容。

3.4.5. 污染土壤处理

3.4.5.1. 场内转运情况

根据《修复方案》, 将污染区域表层污染建筑垃圾直接转运至建筑垃圾冲洗堆场堆置待冲洗, 将风评确定污染土层污染土壤清挖后转运至预处理车间进行预处理。

土壤转运过程中，所有运载土壤的车辆均覆盖防护，且车厢四周完全密封，减少运输过程中土壤过程中洒落，抑制粉尘扩散。

表3.4-1 中区地块表层污染建筑垃圾清挖转运台账

序号	日期	污染区域	修复工艺类型	运输车次	运输方量 (m³)	去向
1	2024/8/14	S10 表层地坪	高压水冲洗	230	3220	建筑垃圾冲洗区
2	2024/8/15	S10 表层地坪	高压水冲洗			建筑垃圾冲洗区
3	2024/8/16	S10 表层地坪	高压水冲洗			建筑垃圾冲洗区
4	2024/8/17	S10 表层地坪	高压水冲洗			建筑垃圾冲洗区
5	2024/8/18	S10 表层地坪	高压水冲洗			建筑垃圾冲洗区
6	2024/8/19	S10 表层地坪	高压水冲洗			建筑垃圾冲洗区
7	2024/8/20	S10 表层地坪	高压水冲洗			建筑垃圾冲洗区
8	2024/8/26	S17 表层地坪	高压水冲洗			建筑垃圾冲洗区
9	2024/8/28	S4 表层地坪	高压水冲洗			建筑垃圾冲洗区
10	2024/8/29	S6 表层地坪	高压水冲洗			建筑垃圾冲洗区
11	2024/8/30	S7 表层地坪	高压水冲洗			建筑垃圾冲洗区
12	2024/9/1	S25 表层地坪	高压水冲洗			建筑垃圾冲洗区
13	2024/9/2	S20 表层地坪	高压水冲洗			建筑垃圾冲洗区
14	2024/9/15	S12 表层地坪	高压水冲洗			建筑垃圾冲洗区
15	2024/9/16	S11 表层地坪	高压水冲洗			建筑垃圾冲洗区

表3.4-2 中区地块污染土壤清挖转运台账

序号	日期	污染区域	修复工艺类型	运输车次	运输方量 (m³)	去向
1	2024/8/21	S10	水泥窑	1451	30314	中区预处理车间
2	2024/8/22	S10	水泥窑			中区预处理车间
3	2024/8/23	S10	水泥窑			中区预处理车间
4	2024/8/24	S10	水泥窑			中区预处理车间
5	2024/8/25	S10	水泥窑			中区预处理车间
6	2024/8/26	S10	水泥窑			中区预处理车间
7	2024/8/27	S10	水泥窑			中区预处理车间
8	2024/8/28	S10	水泥窑			中区预处理车间
9	2024/8/29	S4	水泥窑			中区预处理车间
10	2024/8/30	S10	水泥窑			中区预处理车间

序号	日期	污染区域	修复工艺类型	运输车次	运输方量 (m³)	去向
11	2024/8/30	S4	水泥窑			中区预处理车间
12	2024/8/31	S10	水泥窑			中区预处理车间
13	2024/8/31	S4	水泥窑			中区预处理车间
14	2024/8/31	S6	水泥窑			中区预处理车间
15	2024/8/31	S7	水泥窑			中区预处理车间
16	2024/9/1	S10	水泥窑			中区预处理车间
17	2024/9/2	S10	水泥窑			中区预处理车间
18	2024/9/5	S35	水泥窑			中区预处理车间
19	2024/9/6	S35	水泥窑			中区预处理车间
20	2024/9/7	S49	水泥窑			中区预处理车间
21	2024/9/8	S35	水泥窑			中区预处理车间
22	2024/9/9	S35	水泥窑			中区预处理车间
23	2024/9/10	S35	水泥窑			中区预处理车间
24	2024/9/11	S35	水泥窑			中区预处理车间
25	2024/9/11	S37	水泥窑			中区预处理车间
26	2024/9/12	S35	水泥窑			中区预处理车间
27	2024/9/12	S36	水泥窑			中区预处理车间
28	2024/9/12	S37	水泥窑			中区预处理车间
29	2024/9/13	S36	水泥窑			中区预处理车间
30	2024/9/14	S37	水泥窑			中区预处理车间
31	2024/9/15	S37	水泥窑			中区预处理车间
32	2024/9/16	S12	水泥窑			中区预处理车间
33	2024/9/17	S11	水泥窑			中区预处理车间
34	2024/9/18	S11	水泥窑			中区预处理车间
35	2024/9/18	S37	水泥窑			中区预处理车间
36	2024/9/19	S37	水泥窑			中区预处理车间
37	2024/9/21	S51	水泥窑			中区预处理车间
38	2024/9/22	S53	水泥窑			中区预处理车间
39	2024/9/22	S51	水泥窑			中区预处理车间
40	2024/9/22	S52	水泥窑			中区预处理车间
41	2024/9/23	S51	水泥窑			中区预处理车间
42	2024/9/23	S52	水泥窑			中区预处理车间

序号	日期	污染区域	修复工艺类型	运输车次	运输方量 (m ³)	去向
43	2024/9/24	S52	水泥窑			中区预处理车间

表3.4-3 中区地块扩挖修复污染土壤清挖转运台账

序号	日期	污染区域	修复工艺类型	运输车次	运输方量 (m ³)	去向
1	2024/9/9	7#基坑	水泥窑	55	770	中区预处理车间
2	2024/9/20	5#基坑	水泥窑			中区预处理车间
3	2024/9/21	7#基坑	水泥窑			中区预处理车间
4	2024/9/24	7#基坑	水泥窑			中区预处理车间
5	2024/9/26	5#基坑	水泥窑			中区预处理车间

3.4.5.2. 异地转运北区情况

根据《修复方案》，需单独热脱附修复及“先热脱附修复再水泥窑协同处置”污染土壤清挖后需运至北区地块预处理车间进行预处理，随后进行热脱附修复处置，复合污染土热脱附处置以后经阶段性效果评估评审后外运水泥窑协同处置，该转运已在佛山市生态环境局报备，待后续完成修复处置后再进行修复效果评估。

中区地块转运至北区地块预处理车间拟采用热脱附修复处置工艺污染土壤 2377.2m³，中区地块转运至北区地块预处理车间拟采用“先热脱附修复再水泥窑协同”处置工艺污染土壤 291.5m³。

现场为加快清挖效率，将风评确定污染土层污染土壤清挖后转运至北区地块预处理车间指定位置堆置待修复处置。

中区地块转运至北区地块预处理车间拟采用热脱附修复处置工艺污染土壤 2377.2m³，中区地块转运至北区地块预处理车间拟采用“先热脱附修复再水泥窑协同”处置工艺污染土壤 291.5m³。合计 2668.7m³ 污染土壤运输至北区地块。

3.4.5.3. 各类堆土场内暂存

1. 清洁土堆存情况

本项目第一阶段各区清挖产生的清洁土：全部集中堆存 1#净土堆场。

本项目设置 2 座净土堆场，1#净土堆场面积为 3416m²，2#净土堆场 298 m²。

2. 建筑垃圾和筛上物堆存情况

本项目第一阶段各区清挖产生的建筑垃圾和筛上物：全部集中按照土壤污染性质堆存第一类用地建筑垃圾冲洗后堆放区或第二类用地建筑垃圾冲洗后堆放区。

本项目完成建筑垃圾冲洗场的建设，用于建筑垃圾表面附着物的冲洗施工作业。冲洗区 602m²，一类堆置区 3004m²，二类堆置区 600m²。在堆置场地周围建设 300×300mm（宽×高）的排水沟，同时在进出口建设坡道，防止堆场内可能产生的污水流出，对周边地下水环境造成污染。在建筑垃圾冲洗场冲洗区西南角建设长×宽×深=4000×2000×1000mm 沉砂池，用于收集冲洗场内可能产生的污水。

第一类用地区域清挖产生的筛上物和建筑垃圾统一堆存至 1#建筑垃圾冲洗后堆放区形成一个土堆（2#、3#、4#、5#、7#和 12A#-1 基坑的地坪和筛上物），第二类用地区域清挖产生的筛上物和建筑垃圾统一堆存至 2#建筑垃圾冲洗后堆放区形成一个土堆（6B#基坑的地坪和筛上物）。

3. 疑似污染土堆存情况

本项目第一阶段各区清挖产生的疑似污染土：全部集中堆存 1#疑似污染土堆场。

本项目完成疑似污染土壤堆场的建设，用于水泥窑协同处置工艺及热脱附处置工艺疑似污染土壤的堆置待检，面积 2730m²。

本项目第一阶段夹层疑似污染土按照处置方式和用地类型进行统一堆存，疑似污染土按照处置方式堆存最终形成两个堆体。

4. 环境管理土堆存情况

本项目第一阶段各区清挖产生的环境管理土：全部集中堆存环境管理土堆场。

本项目设置 1 座环境管理土堆场，面积为 1364m²。

2#净土堆场与环境管理土堆场紧邻，西侧为 2#净土堆场，东侧为环境管理土堆场，中间设置有排水沟。

3.4.5.4. 污染土壤预处理

依据《修复方案》，为使污染土壤满足“水泥厂接收处置”入窑粒径的要求（小于 50mm）和含水率（不超过 25%）要求，需对清挖出的污染土壤进行破碎筛分和降低含水率的预处理。

本项目现场实际在新建的预处理车间内进行污染土壤预处理，向污染土壤投加预处理药剂(CaO)，中区地块单独水泥窑工艺污染土壤 18211.1m³（含基坑扩挖修复污染土壤 670.5m³）共计使用预处理药剂约 852 吨。预处理药剂添加完成后采用筛分破碎斗对污染土壤进行了筛分破碎及药剂混合。

在一级筛分 1 次和二级筛分 1 次后，土壤粒径和含水率均能满足设计条件（粒径 <50mm，含水率<25%）后进行装车外运至水泥厂进行水泥窑协同处置。

预处理筛分产生的污染建筑垃圾（筛上物）暂存在预处理车间内，并定期集中采用运输车辆装车后运至建筑垃圾冲洗堆场冲洗处理。

3.4.5.5. 筛上物和建筑垃圾冲洗处理

本项目污染建筑垃圾分为两种：一种是污染区域表层地坪破碎产生的建筑垃圾，一共转运 230 车约 3220m³（虚方）；第二种是污染土壤经过筛分预处理后产生的建筑垃圾（筛上物），一共转运 347 车约 4858m³（虚方）。中区地块包括第一类用地和第二类用地建筑垃圾，分类进行冲洗及打堆堆置。

中区地块转运至北区地块预处理车间内污染土壤暂不纳入本次效果评估内容，待下一阶段效果评估时再进行阐述。

3.4.6. 土方流转

修复分为中区地块内水泥窑协同处置工艺污染土壤的修复施工和转运至北区地块异地污染土壤的修复施工，修复工程量共计 20889.8m³（含基坑扩挖修复污染土壤 670.5m³），中区地块内水泥窑协同处置工艺污染土壤 18221.1m³（含基坑扩挖修复污染土壤 670.5m³）。

3.4.7. 废气处理

车间尾气处理系统采用“布袋除尘+活性炭吸附”的净化工艺处理车间尾气，尾气达标后有组织排放，扬尘收集后作为污染土壤进行修复。

开挖大棚尾气处理采用“滤筒除尘器+载硫活性炭吸附”的两级净化工艺处理尾气。

3.4.8. 污废水处理

中区地块第一阶段仅有 1 项废水监测工作：污水处理设备处理后的回用水监测，有

3 座回用水池（回用水需由环境监理监测合格后方可进行回用）。

截至 2024 年 9 月 28 日，累计处理 4910m³ 污废水，环境监理共监测 11 批次（11 水池水量），监测结果满足回用要求，回用完 11 批次中水共计 4630m³，剩余 280m³ 暂存于 3#回用水暂存池于 2024 年 9 月 30 日监测合格后回用。

3.4.9. 固废处理

第一阶段施工中，完成第一阶段所有污染建筑垃圾（筛上物）冲洗作业，其中冲洗合格第一类用地建筑垃圾堆体方量 7208m³（虚方），冲洗合格第一类用地建筑垃圾堆体方量 963m³（虚方）。

污废水处理工艺会产生一定污泥，暂存与污泥池中。第一阶段暂未清理，计划第二阶段对污泥池中污泥进行清理，添加石灰进行脱水干燥后作危险废物交由第三方处置单位进行处置。

中区地块污水处理设备开工前填充全新载硫活性炭，过程中尾气排放监测结果满足要求时则无需进行活性炭更换（《修复方案》中理论计算整个施工过程无需进行更换）。第一阶段暂未更换无非活性炭产生，计划第二阶段对活性炭吸附箱中载硫活性炭进行清理，废活性炭作危险废物交由第三方处置单位进行处置。

因此，第一阶段施工内容不涉及危险废物处置。

3.4.10. 《施工阶段总结》报告结论

表3.4-4 修复施工实际执行与修复方案一致性对比

主要内容	修复方案情况	第一阶段施工执行情况	相符性
修复工程量	(1) 完成了地坪破碎清挖 2163.8m³。 (2) 完成中区地块部分基坑污染土壤清挖（含建筑垃圾）20219.3m³。	(1) 完成了地坪破碎清挖 2163.8m³。 (2) 完成中区地块部分基坑污染土壤清挖（含建筑垃圾）20219.3m³。	符合
目标污染物	(1) 中区第一类用地：砷、铅、汞、钼、钨、氟化物、苯并[a]芘、二苯并(a,h)蒽、石油烃（C10-C40） (2) 中区第二类用地地块：砷、铅、汞、钼、钨、氟化物、苯并[a]芘、二苯并(a,h)蒽、石油烃（C10-C40）	(1) 中区第一类用地：砷、铅、汞、钼、钨、氟化物、苯并[a]芘、二苯并(a,h)蒽、石油烃（C10-C40） (2) 中区第二类用地地块：砷、铅、汞、钼、钨、氟化物、苯并[a]芘、二苯并(a,h)蒽、石油烃（C10-C40）	符合
修复目标值	(1) 中区第一类用地：砷（60mg/kg）、铅（400mg/kg）、汞（8mg/kg）、钼（240mg/kg）、钨（48mg/kg）、氟化物（1900mg/kg）、苯并[a]芘（0.55mg/kg）、二苯并(a,h)蒽（0.55mg/kg）、石油烃（C10-C40）（826mg/kg） (2) 中区第二类用地地块：砷（60mg/kg）、铅（800mg/kg）、汞（39mg/kg）、钼（447mg/kg）	(1) 中区第一类用地：砷（60mg/kg）、铅（400mg/kg）、汞（8mg/kg）、钼（240mg/kg）、钨（48mg/kg）、氟化物（1900mg/kg）、苯并[a]芘（0.55mg/kg）、二苯并(a,h)蒽（0.55mg/kg）、石油烃（C10-C40）（826mg/kg） (2) 中区第二类用地地块：砷（60mg/kg）、铅（800mg/kg）、汞（39mg/kg）、钼（447mg/kg）	符合
总平面布置	施工区主要建设预处理车间大棚、建筑垃圾冲洗场（冲洗区+第一类用地堆置区+第二类用地堆置区）、废水处理区、疑似污染土壤堆场、1#净土堆场、2#净土堆场、环境管理土堆场、临时道路、洗车池（2座）、地磅（2座）	施工区主要建设预处理车间大棚、建筑垃圾冲洗场（冲洗区+第一类用地堆置区+第二类用地堆置区）、废水处理区、疑似污染土壤堆场、1#净土堆场、2#净土堆场、环境管理土堆场、临时道路、洗车池（2座）、地磅（2座）	符合
污染土壤清挖	按照分层清挖分层监测方式进行污染土壤清挖	S25 污染因子为砷、铅、汞，S20 污染因子为汞，清挖 S25 时向 S25 及 S20 交界处往 S20 外扩 1.0m 随 S25 一并修复治理（先热脱附再水泥窑）。 S25 污染土壤理论土方量由 426.1m³ 减少 35.3m³ 至 390.8m³，S20 污染土壤理论土方量由 250.5m³ 增加	符合

		35.3m ³ 至 285.8m ³ 。	
预处理工艺	污染土壤开挖后，转移至预处理车间，在车间内进行预处理。采用 Allu 斗进行筛分破碎，并添加生石灰进行含水率调节，生石灰添加量为 3%，添加量根据土壤实际含水率进行调整，使土壤粒径<50mm，含水率<25%	污染土壤开挖后，转移至预处理车间，在车间内进行预处理。采用 Allu 斗进行筛分破碎，并添加生石灰进行含水率调节，生石灰添加量为 3%，添加量根据土壤实际含水率进行调整，使土壤粒径<50mm，含水率<25%	符合
土壤二次污染防治措施	针对基坑支护、污染土壤清挖、土壤运输、污染土壤预处理、预处理后土壤堆置、建筑垃圾冲洗等环节采取相应的二次污染防治措施	严格按照修复方案执行，采取土壤二次污染防治措施，详见第一阶段施工总结报告“5.2.1 土壤二次污染防治措施落实”章节。	符合
大气污染防治措施	针对场地平整、临时设施建设、基坑支护、污染土壤清挖、土壤运输、污染土壤预处理、预处理后土壤堆置等环节采取相应的二次防治措施	严格按照修复方案执行，采取大气环境污染防治措施，详见第一阶段施工总结报告“5.2.2 大气环境污染防治措施落实”章节。	符合
水污染防治措施	针对污染土壤清挖、预处理后土壤堆置、污染建筑垃圾冲洗、污水处理等采取相应的二次防治措施	严格按照修复方案执行，采取水环境污染防治措施，详见第一阶段施工总结报告“5.2.3 水环境污染防治措施落实”章节。	符合
噪声污染防治措施	针对临时设施建设、基坑支护、污染土壤清挖、土壤运输、污染土壤预处理、污染建筑垃圾冲洗过程中产生设备噪声、施工机械噪声及人为噪声采取相应控制措施。	严格按照修复方案执行，详见第一阶段施工总结报告“5.2.4 噪声环境污染防治措施落实”章节。	符合
固体废物污染防治措施	针对污染建筑垃圾冲洗、污水处理采取相应二次污染控制措施。	严格按照修复方案执行，详见施工总结报告“5.2.5 固体废弃物污染防治措施落实”章节。	符合

3.5. 环境保护措施落实情况

3.5.1. 中区地块内修复二次污染防治方案

3.5.1.1. 土壤二次污染防治方案

1. 基坑支护施工环节污染防治措施

基坑支护材料进场前须确保基坑支护钢板桩表面清洁，不能沾染油污或土壤。

2. 污染土壤开挖环节污染防治措施

(1) 严格控制清挖范围

施工单位严格按给定的拐点坐标施工，不随意更改，严禁无目的挖掘及超挖。清挖至规定范围后停止施工，监理单位对清挖边界和标高进行核对，评估单位对清挖开挖区域侧壁和底部进行清挖效果评估。

(2) 不同种类的土壤分类开挖、堆置、处理

不同种类的污染土壤按照施工安排分步清挖。不同污染种类的土壤对应不同的修复技术，因此施工单位必须根据不同类型的土壤拐点坐标和高程，通过测量定位严格控制开挖的范围与深度，分区分层开挖与装载污染土壤，避免不同种类的污染土壤之间产生交叉污染。

(3) 污染土壤开挖后直接装车，严禁在现场临时堆放，避免未污染土壤与污染土壤混合形成交叉污染。

(4) 严格限制清挖阶段清挖机械的活动范围，在清挖机械离开污染区域前，将挖机铲斗、履带等部位附着污染土壤清理干净，防止挖机将污染土壤带离污染区域。

(5) 清挖至区域边界后，施工单位派专人对开挖区域底部进行清扫，将散落的污染土壤收集后运入相应的场地或车间进行处理，避免污染土壤遗留在基坑中。

3. 污染土壤场内运输环节污染防治措施

(1) 土壤运输车辆严禁与其他运输车辆混用，避免造成二次交叉污染。

(2) 采用加装封闭设施的环保车辆运输土壤，防止土遗撒造成其它区域土壤污染。

(3) 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，车辆场内行驶速度不能超过 15km/h，禁止快速行驶与突然快速启动或制动。

(4) 土壤装载时禁止超载，土壤装载量只能为运输车车厢的 90%，禁止满载，避免在运输过程中撒落。

(5) 施工现场指定统一的机械行驶、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。严禁车辆在场区内随意行驶，防止污染土遗撒至未污染区域，造成场区内土壤二次污染。

(6) 运输便道管理应有专人负责，运输便道易发生凹陷情况，应及时组织填充压实，防止运输车辆颠簸及污染土壤散落。

(7) 对主要运输道路进行了硬化，安排专人负责运输道路的清洁工作，及时清理道路上的尘土，并对土壤运输道路采取洒水降尘措施，安排洒水设备进行定期洒水作业。

(8) 卸料前，应确定四周应无人员来往。卸料时，应将车停稳，不得边卸边行驶；卸料过程中尽量做到减缓速度和降低落差，减少人为污染扩散；卸料后，应在车厢复位后方可起步，不得在倾斜情况下行驶，以免将污染土壤带出。

(9) 非施工车辆禁止进入施工场区，防止非施工车辆将场区内污染土带出场外，造成场外土壤二次污染。

4. 污染土壤预处理环节污染防治措施

待水泥窑协同处置的污染土壤均在全封闭的预处理车间内进行预处理，预处理车间采用 150mm 的 C30 混凝土地坪进行防渗，防止污染土壤对预处理车间下的土壤造成污染。且所有施工机具在离开车间时需对机具上粘附的污染土壤进行清理，清理方式为人工清理和冲水清理，防止污染土壤被施工机具带出预处理车间，造成二次污染。

5. 建筑垃圾冲洗环节污染防治措施

本项目污染建筑垃圾主要为污染土壤筛分预处理后产生的污染建筑垃圾和破碎地坪产生的大粒径建筑垃圾，建筑垃圾仅表面附着少量污染土壤，在冲洗过程中污染土壤随冲洗水一并流入沉淀池中。为防止冲洗建筑垃圾造成土壤二次污染，建筑垃圾冲洗场地采用“复合土工膜+混凝土地坪”的防渗方式，周边设置一圈排水沟和沉砂池。

6. 土壤堆置待检环节污染防治措施

1. 清洁土堆存情况

本项目第一阶段各区清挖产生的清洁土：全部集中堆存 1#净土堆场。

本项目设置 2 座净土堆场，1#净土堆场面积为 3416m²，2#净土堆场 298 m²。

2. 建筑垃圾和筛上物堆存情况

本项目第一阶段各区清挖产生的建筑垃圾和筛上物：全部集中按照土壤污染性质堆存第一类用地建筑垃圾冲洗后堆放区或第二类用地建筑垃圾冲洗后堆放区。

3. 疑似污染土堆存情况

本项目第一阶段各区清挖产生的疑似污染土：全部集中堆存 1#疑似污染土堆场。

疑似污染土壤堆场用于水泥窑协同处置工艺及热脱附处置工艺疑似污染土壤的堆置待检，面积 2730m²。

4. 环境管理土堆存情况

本项目第一阶段各区清挖产生的环境管理土：全部集中堆存环境管理土堆场。

本项目设置 1 座环境管理土堆场，面积为 1364m²。

2#净土堆场与环境管理土堆场紧邻，西侧为 2#净土堆场，东侧为环境管理土堆场，中间设置有排水沟。

3.5.1.2. 大气环境污染防治方案

1. 场地平整环节污染防治措施

在施工前，需对场地进行平整，便于临时设施的建设和后续的修复施工开展。在场地平整环节，推土机和挖掘机等施工机械的作业可能产生扬尘，产生大气环境影响，拟采取的主要措施如下：

(1) 在进行场地平整作业前，首先在作业面进行适当洒水，减少扬尘来源；

(2) 在进行平整作业时，控制推土机的行进速度或挖掘机的操作幅度，安排专人指挥，做到文明施工，减少扬尘产生；

(3) 在平整作业过程中产生的扬尘，可使用多功能抑尘车对作业面进行快速有效降尘。

(4) 如遇大风天气，则停止平整作业，并对裸露的地面采用防尘网进行覆盖。

2. 临时设施建设环节污染防治措施

修复施工前，需完成洗车池、堆置场地、污染土壤预处理车间等临时设施的建设，在临时设施建设环节，使用建筑材料时可能产生扬尘，产生大气环境影响，拟采取的主要措施如下：

(1) 规范化管理建筑材料，禁止乱堆乱放，采用抑尘网对建筑材料进行覆盖，减少扬尘来源；

(2) 尽量直接购买使用商用混凝土，避免水泥、石灰等易产生扬尘的材料在现场堆放；

(3) 建设过程产生的污染土壤及时清运，且洒水减少扬尘；

(4) 临时设施建设过程产生的扬尘，可使用多功能抑尘车进行快速有效降尘。

3. 基坑支护施工环节污染防范措施

根据设计需要，开始清挖前或清挖过程中，对清挖基坑进行基坑支护施工作业。在此施工环节，施工前的清障作业以及注浆作业时配制水泥浆液均有可能产生扬尘，对大气环境产生影响，拟采取的主要措施如下：

(1) 清障作业前，可先在作业面适当洒水，减少尘土来源；

(2) 尽量直接购买使用商用混凝土，避免水泥等易产生扬尘的材料在现场堆放。

4. 污染土壤开挖环节污染防治措施

在污染土壤清挖环节，挖掘机清挖作业及装土作业时可能产生扬尘、挖掘机等机械的尾气排放，拟采取的主要措施如下：

(1) 现场清挖的土壤直接装车，控制扬尘的产生。

(2) 在土壤清挖时，开挖基坑工作面出现扬尘，采用洒水作业降低和控制扬尘；若洒水作业仍无法有效控制扬尘，则采用移动式湿法除尘（雾炮）对挖掘作业面进行快速有效降尘。雾炮可以通过无线遥控方式，进行水平转动和上下摆动，便于捕捉、跟踪运动中的尘源目标，实现雾团对尘源体的有效覆盖，从而达到喷雾除尘的功效。

(3) 土壤清挖时尽量减少开挖作业面积，若开挖过程中存在异味，还应向挖掘作

业面喷洒气味抑制剂。气味抑制剂的喷洒能产生长效、具有粘合力及可自然降解的薄膜隔层，迅速控制气味，并起到一定的抑尘作用。

(4) 在土壤清挖后，立即用蓝银布覆盖清挖坑槽，防止扬尘产生及有机气体逸散。

(5) 遇到大风天气，停止土壤清挖作业，并对裸露的污染土壤进行苫盖。

(6) 土壤清挖所采用的挖掘机、推土机等必须符合《非道路柴油移动机械排气烟度限值及测量方法》（GB36886-2018）中排期烟度限值 III 类要求。

5. 污染土壤厂内运输环节污染防治措施

在挖掘机装土作业时可能产生扬尘及有机气体逸散，对大气环境产生影响，拟采取的主要措施如下：

(1) 现场清挖的土壤直接装车，控制扬尘的产生；

(2) 若开挖作业面出现扬尘时，采用洒水作业降低和控制扬尘；若洒水作业仍无法有效控制扬尘，则采用雾炮对开挖作业面扬尘进行快速有效降尘。

(3) 安排专职人员在中区地块与北区地块运输道路交界处对所有运输车辆进行检查，检查内容包括：车辆覆盖到位；车厢四周完全密封；轮胎无附着物。

6. 污染土壤预处理环节污染防治措施

在污染土壤预处理环节，针对预处理过程可能产生的扬尘及污染气体逸散，采取了如下措施：

(1) 污染土壤的预处理作业均在封闭的车间内进行，车间内通过换气设备产生负压，可避免污染气体外逸。

(2) 污染土壤预处理产生的污染气体，经车间尾气处理系统处理达标后有组织排放，扬尘收集后作为污染土壤进行针对性修复。车间尾气处理系统采用“布袋除尘+活性炭吸附”的净化工艺，尾气处理单元采用高性能的活性炭及活性炭纤维，按照技术设计和活性炭使用寿命，定期对活性炭进行更换。

7. 污染土壤场外运输环节污染防治措施

在土壤运输环节，运输车辆行驶过程可能产生扬尘及气味逸散，产生大气环境影响，拟采取的主要措施如下：

(1) 所有运载土壤的车辆均须覆盖防护，且车厢四周完全密封，并将场内车速控制在 15km/h 以内，以减少扬尘和气味逸散。

(2) 车辆驶出场地前，必须进行冲洗，严格遵守车辆冲洗制度，不得带泥尘出场。

8. 其他污染防治措施

(1) 施工现场总平面布置时应充分考虑扬尘污染防治需要，施工区、办公区与生活区布局合理清晰、功能分区明确，裸露地面采用硬化、覆盖、绿化、美化和固化等防尘措施。

(2) 施工现场应根据项目规模，施工特点，配备相应数量的洒水车或小型洒水机、雾炮等，并在项目开工前采购到位，提高扬尘治理工作的效率。

(3) 施工现场下列部位或者施工阶段采取喷雾、喷淋或洒水等扬尘污染防控措施：施工现场主道路、土方作业、建筑基础、主体结构外围作业、临时设施拆除作业、场内装卸、搬移易产生扬尘污染的物料、其他产生扬尘污染的部位或者施工阶段。喷淋降尘设施应当分布均匀，喷雾能有效覆盖防尘区域；土方作业期间遇干燥天气应当增加洒水次数，临时设施拆除工程施工期间，应当同时进行洒水降尘。

(4) 项目施工前编制施工现场扬尘污染防治专项方案，报监理单位审批。专项方案包含工程概况、组织机构、管理制度、施工现场主要扬尘污染源、现场扬尘控制目标、扬尘控制措施、抑尘设备设施、重污染天气应急预案等内容。

(5) 做到“五个百分百”，即：施工工地 100%围挡、物料堆放 100%覆盖、出入车辆 100%冲洗、施工现场地面 100%硬化、渣土车辆 100%密封运输。

(6) 施工现场应制定管理制度，明确对施工过程中涉及的非道路移动机械、重型柴油车和轻型汽车的管理要求，从而进一步控制施工机械的尾气排放。

3.5.1.3. 水环境污染防治方案

修复过程中产生的废水主要包括污染土壤清挖基坑涌水、建筑垃圾冲洗废水和洗车废水，以上废水经收集后送往污水处理站进行处理，处理合格后于场内回用。

1. 污染土壤开挖环节污染防治措施

在污染土壤清挖环节中若产生了渗水及遇到降雨天气，雨水冲刷污染土壤可能形成污水，产生水环境影响，拟采取的主要措施如下：

(1) 在土壤污染区域清挖过程中，清挖坑槽渗水产生的污水经潜水泵抽排至污水处理系统进行集中处理，首先进入调节池调节水质，然后经泵提升进入混凝沉淀单元，沉淀池出水经后续的高级氧化、活性炭吸附对污水进一步处理，处理达标后场内回用。

(2) 在清挖基坑周围开挖截水沟，防止基坑四周地面水或雨水流入坑槽内，实现雨污分流。

(3) 基坑清挖完成后，用蓝银布将整个清挖区域覆盖，实现雨污分流。

2. 污染土壤场外运输环节水污染防治措施

运输车辆出场前，必须在洗车池冲洗干净后方可出场。在车辆冲洗环节，高压水枪冲洗车辆设备后形成污水，在洗车池周边设置一圈排水沟，污水汇至沉砂池沉淀后抽排至污水处理系统进行集中处理，洗车池排水沟及沉砂池实物图见下图。

当外运车辆在水泥厂完成指定位置卸车后，须将车辆冲洗干净后方可驶离水泥厂返回现场。

3. 污染建筑垃圾冲洗环节污染防治措施

在污染建筑垃圾冲洗环节，高压水枪冲洗污染建筑垃圾后形成污水，在洗车池周边设置一圈排水沟，经沉砂池沉淀后抽排至污水处理系统进行集中处理。

4. 污水处理环节污染防治措施

(1) 本项目施工过程中产生的开挖区域降水、清洗废水等经水泵抽排或导排至污水处理系统进行集中处理，上述污水、废水首先经泵提升进入调节池，经“混凝沉淀+高级氧化+活性炭吸附”对污水进一步处理，在污水处理系统处理后进行回用。

(2) 定期检查维护污水处理系统的设备管路、构筑物，防止设备管道跑冒滴漏和构筑物渗漏。

5. 办公区生活污水污染防治措施

临时办公区产生的生活污水禁止随意倾倒，经化粪池统一收集通过卫生间的排水系统进入市政排水管网。

6. 临时设备拆除环节污染防范措施

修复工作完成后需对前期建设的临时设备进行拆除，拆除过程管道遗留废水直接与

最后一批废水一起外运处置。

3.5.1.4. 噪声环境污染防治方案

1. 建设施工环节

对于临时设施建设环节、基坑支护施工环节、污染土壤开挖环节、污染土壤场内运输环节，噪声主要来源于施工机械产生的施工噪声，拟采用的主要措施如下：

（1）施工机械选择应符合环保标准，操作人员需经过环保教育，并定期进行保养，维持施工机械良好的工作状态。

（2）尽可能安排在白天进行施工，避免夜间影响周围居民休息，并尽量避免在中午（12:00-14:00）期间进行强噪声作业。

2. 污染土壤预处理环节

污染土壤预处理环节噪声主要来自于土壤加药、车间尾气处理设备等相关设备运行产生的噪声，针对污染土壤预处理环节产生的噪声，拟采用的主要措施如下：

（1）采用低噪声型的设备或采用加工精度较高的设备，以降低噪声。

（2）对于高噪声小型设备，尽量布置在封闭车间内部，通过封闭车间来隔离噪声。

3. 污染建筑垃圾冲洗及堆置环节

污染建筑垃圾冲洗和堆置施工安排在上午 8：00-12：00 和下午 14：00-17：00 进行，避免在休息时间施工，减少建筑垃圾冲洗和堆置过程中对周边居民的影响。

4. 污染土壤场外运输环节污染防治措施

污染土壤在装车后运至污染土壤预处理车间，针对土壤运输过程产生的交通噪声，拟采用的主要措施如下：

（1）所选运输车辆均应符合环保标准，且运输司机需经过环保教育。

（2）按照要求定期对运输车辆进行保养，维持运输车辆良好的工作状态。

（3）运输路线尽量避开居民区，无法避开居民区附近的，须控制车速，并禁鸣笛。

5. 临时设施拆除环节污染防治措施

修复工作完成后需对前期建设的临时设施进行拆除，拆除过程中使用的施工人员较

多，并有吊车等大型设备在现场，拆除施工过程中会产生较多噪声，针对上述情况，拟采取的主要措施如下：

(1) 施工现场提倡文明施工，建立健全人为噪声控制管理制度。

(2) 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。

(3) 严禁在钢管、机械上敲打。

(4) 施工过程中各类材料搬运及装车，要求做到轻拿轻放，严禁抛掷，减少噪声的产生。

(5) 所选吊车、运输车等施工机械应符合环保标准，操作人员需经过环保教育。

3.5.1.5. 固体废弃物污染防治方案

本项目中区地块内修复过程中产生的固体废弃物主要包括，尾气处理系统的粉尘、污水处理系统的污泥、建筑垃圾冲洗污泥和洗车池沉淀污泥等。

本工程尾气处理和污水处理产生的废活性炭需作为危险废物送至有资质的处置单位进行处置。水处理药剂和未使用的活性炭贮存于药剂间，污水处理、尾气处理用废活性炭临时贮存于危废暂存间，后送至有资质的处置单位进行处置。危废暂存间及药剂间需保持通风干燥。

3.5.2. 异地修复（中区至北区）二次污染防治方案

本项目中区地块的汞污染土壤，汞+石油烃（C₁₀-C₄₀）污染土壤，以及石油烃（C₁₀-C₄₀）污染土壤拟运至北区地块进行预处理和异位热脱附修复，中区地块的重金属（砷/铅/钨/钼或其复合物）+汞污染土壤拟运至北区地块进行预处理和异位热脱附修复之后，外运水泥厂进行水泥窑协同处置。上述污染土壤预处理过程产生的筛上建筑垃圾拟运回中区地块的建筑垃圾冲洗堆场进行冲洗和堆置。需对污染土壤及建筑垃圾转运过程做好二次污染防治。

3.5.2.1. 土壤二次污染防治方案

本节仅描述异地修复的特征二次污染防治方案。

1. 污染土壤运输环节污染防范措施

(1) 污染土壤运输前，修复单位需对运输车司机进行详细的技术交底。

(2) 污染土壤运输需按照已确定土壤临时运输路线运输，设置标识牌和警示牌。对每辆运输车辆加装 GPS，实时监控运输路线，严禁车辆随意行驶；防止污染土遗撒至未污染区域，造成场区内土壤二次污染；车辆密布覆盖，防止洒落；出中区地块前冲洗并检查，确保车身和轮胎冲洗干净，无附着污染土壤，避免二次污染；出中区地块前、进北区地块前分别过磅并保存磅单，杜绝运输过程随意倾倒。

(3) 在污染土壤运输期间每天定点三次对运输道路进行洒水降尘，并对道路进行清扫，控制路面泥土洒落，清扫后的杂物按照污染土壤进行修复处理。

(4) 中区地块清挖的汞污染土壤，汞+石油烃（C₁₀-C₄₀）污染土壤，石油烃（C₁₀-C₄₀）污染土壤和重金属（砷/铅/钨/钼或其复合物）+汞污染土壤直接运至北区地块内热脱附预处理车间进行预处理及修复，如部分土壤来不及及时修复，应运输至热脱附暂存区临时堆置，待热脱附具备修复处理条件后再运至热脱附预处理大棚和热脱附设备区进行预处理及修复处理。严禁在北区地块随意堆置，避免造成二次污染。

2. 污染土壤预处理环节污染防范措施

(1) 中区地块汞污染土壤，汞+有机物污染土壤和重金属（砷/铅/钨/钼或其复合物）+汞污染土壤需分开单独进行预处理。污染土壤清挖期间，将污染土壤转运至北区地块暂存区内堆置，不同类型的污染土壤分开堆置，并分别进入北区地块的汞污染预处理场地进行预处理。污染土壤预处理环节中，同一类型的污染土壤预处理完成后，需清理干净预处理场地地坪及相关机械设备，方可进行另一类型的污染土壤预处理作业，避免不同类型污染土壤之间交叉污染。

(2) 中区地块第二类用地存在汞污染土壤需运至北区地块进行预处理和热脱附修复，其余第一类用地的各类型污染土壤需分开单独堆置、预处理和热脱附修复。

(3) 中区地块汞污染土壤，汞+有机物污染土壤和重金属（砷/铅/钨/钼或其复合物）+汞污染土壤与北区地块内的污染土壤预处理不在同一时间段内施工

3.5.2.2. 大气环境污染防治方案

1. 污染土壤运输环节污染防治措施

(1) 安排专职人员在中区地块与北区地块运输道路交界处对所有运输车辆进行检查，检查内容包括：车辆覆盖到位，且车厢四周完全密封，轮胎无附着物。

(2) 运输车辆需将污染土壤运至北区地块修复车间热脱附预处理区域后方能解除遮盖措施,并卸至预处理区域或暂存场地,室外污染土壤暂存场需采用防尘布遮盖防止粉尘污染。

2. 污染土壤预处理环节污染防治措施

在污染土壤预处理环节,需对污染土壤进行筛分、破碎、投加预处理药剂搅拌混合作业,作业期间可能产生扬尘及污染气体逸散,产生大气环境影响。拟采取的主要措施如下:

(1) 污染土壤的预处理作业均在封闭的车间内进行,车间内通过换气设备产生负压,可避免污染气体外溢。

(2) 污染土壤预处理产生的污染气体和扬尘,经车间尾气处理系统采用“布袋除尘+活性炭吸附”的净化工艺处理车间尾气,尾气达标后有组织排放,扬尘收集后作为污染土壤进行修复。

(3) 车间进出口设雾炮除尘设备,防治扬尘污染。

3.5.2.3. 水环境污染防治方案

1. 污染土壤开挖环节污染防治措施

定期检查维护开挖使用的设施和设备,防止设备产生跑冒滴漏和构筑物渗漏。

2. 土壤堆置环节污染防治措施

在土壤堆置环节,遇到降雨天气时,雨水冲刷污染土壤可能形成污水,产生水环境影响,拟采取的主要措施如下:

污染土壤堆置场地做好覆盖,且采用蓝银布防渗,防止雨水和污染土壤之间的接触,避免雨水受到污染。

3.5.2.4. 噪声环境污染防治方案

1. 污染土壤运输环节污染防治措施

运输路线避开居民区,运输过程中控制车速,严禁鸣笛。

2. 污染土壤预处理环节污染防治措施

污染土壤预处理及修复环节噪声主要来自污染土壤预处理过程中挖机、筛分破碎斗、车间尾气处理设备运行的施工噪声，针对污染土壤预处理环节产生的噪声，采取以下措施：

（1）预处理作业均在封闭的预处理车间内进行，控制噪声的扩散。

（2）挖掘机和筛分破碎斗应选择符合环保标准，且操作人员需经过环保教育，定期对挖掘机和筛分破碎斗进行保养，维持施工机械良好的工作状态。

3. 污染土壤施工环节污染防治措施

污染土壤修复环节噪声主要来自污染土壤上料、土壤转运施工噪声，针对污染土壤修复环节产生的噪声，采取以下措施：

（1）对于必须露天安装的设备，合理布局噪声设备的位置，布置尽可能远离居民区。

（2）定期对设备进行检修维护，做到油路、气路、水路畅通，油标醒目，油量充足，使机器正常运转，降低噪声。

（3）对有隔声要求的防护设施，必须保持密闭，尽可能减少缝隙孔洞，以免影响隔声性能；

（4）对电机等设备设计消声罩，另外，用橡胶等软质材料制成垫片或利用弹簧部件垫在设备下面以减振，降低噪声。

（5）加强环保意识的宣传，采用有力措施控制人为的施工噪声，严格管理，最大限度地减少噪音。

（6）严禁在钢管、机械上敲打金属形式联系操作人员。

3.5.2.5. 固体废弃物污染防治方案

本项目异地修复（中区至北区）过程中产生的固体废弃物主要包括，尾气处理系统的粉尘和废活性炭等，其处置去向及处置方式详见下表。

1. 污染土壤预处理环节污染防范措施

在预处理环节，预处理药剂的包装袋、尾气处理设备的废活性炭及收集的粉尘均会带来固体废弃物环境影响，拟采取的主要措施如下：

(1) 污染土壤预处理施工过程中产生的药剂包装袋，设立专门的废弃物临时贮存场地，全面管理废弃物的存放、收集及处理并对整个施工现场的废弃物处理进行监督，发现有不当做法及时纠正。危险废物暂存间地坪防渗处理，危险废物暂存间设置醒目标志。

(2) 尾气处理系统产生的粉尘定期收集，最终作为污染土壤先采用热脱附技术修复合格后，再进行水泥窑协同处置。

(3) 针对车间尾气处理系统产生的废活性炭，在施工结束后委托具有相应危险废物处理处置资质的专业单位进行尾气处理系统产生的废活性炭的处理处置。

2. 污染土壤处置环节污染防范措施

每种污染类型的污染土壤处置完成后，将设备停机检修，对施工区域的洒落的污染土壤进行清理，对设备进行清灰，清理出来的粉尘作为污染土壤一并处理。

3.6. 地块环境监理情况

3.6.1. 监理基本情况

环境监理单位：广东省工程监理有限公司

环境监理监测单位：广州华鑫检测技术有限公司、广东增源检测技术有限公司和广州竞轩环保科技有限公司

3.6.2. 监理方案备案情况

佛山电器照明股份有限公司委托广东省工程监理有限公司进行《佛山照明禅城总部厂区中区地块土壤污染修复环境监理方案》的编制，并于 2024 年 7 月 9 日通过专家评审及 2024 年 7 月 26 日通过专家复核；2024 年 8 月 12 日，《佛山照明禅城总部厂区中区地块土壤污染修复环境监理方案》顺利通过技术复核，并在佛山市生态环境局完成备案。

3.6.3. 监理工作程序及方法

环境监理的工作方法主要包括核查、巡视、旁站、环境监理会议、环境监测、记录、环境监理日志、签发文件和跟踪检查等。

1. 施工准备阶段环境监理

在接受地块责任单位工作委托后,环境监理单位及时进行资料收集和现场踏勘工作,与地块责任单位签订环境监理合同,根据合同要求以及污染地块修复工程规模和特点组建环境监理机构,参加修复工程技术交底,编制污染地块修复工程环境监理方案,并根据工程修复方案等设计文件以及相关规范标准,对施工组织设计(修复方案)进行审核,重点审核主体修复工程及二次污染控制措施与修复方案的相符性,审核环境管理与监测方案、修复工程自检方案、突发污染事故应急预案。

2. 施工阶段环境监理

及时召开环境监理现场启动会,根据环境监理方案开展环境监理工作,采用核查、巡视、旁站以及监测等手段,监理主体修复工程施工内容落实及变化情况、二次污染控制措施落实情况、审核环境管理与监测数据、审核修复工程自检结果和并对污染事故应急措施落实情况实施监理,同时为地块责任单位提供技术咨询,对存在的问题提出整改意见,并告知施工单位。按要求撰写环境监理日志、周报及阶段性过程监理报告等。配合效果评估监测单位落实工程效果评估监测等工作。

3. 效果验收环境监理

环境监理单位配合土地使用权人(土壤污染责任人)开展土壤污染修复效果评估(含阶段性效果评估)工作,提供环境监理报告、环境监理日志、会议纪要、环境监测资料、隐蔽性工程环境监理过程的影像资料等。

3.6.4. 施工准备阶段环境监理

3.6.4.1. 基准点移交及场地原始标高测量

(1) 基准点移交

各参建单位进场后,在监理单位见证下,对业主单位提供的3个测量基准点进行了复核,确保了施工测量的准确性。

(2) 场地原始标高测量

为了准确地反映工程部位的地形地貌现状,为施工控制及工程管理的需要,特别是为工程的计量准确性提供依据。施工单位进场后对工程现场的原始地形地貌的高程进行

了复核。经复核确定，施工前原始地形高程与前期调查报告中的高程数据基本一致。

3.6.4.2. 核查总平面布置

现场监理人员核实现场平面图布置，现场平面布置与方案基本一致，项目实际施工总平面图布置详见下图。

施工单位根据实际需求，项目包括场地测量、修复配套设施建设、污染土壤清挖运输及预处理、外运水泥窑协同处置等工序，各工序所需劳动力数量、工种、机械各不相同，各阶段进场人员均报送监理部审核，并完成安全、环保教育，进场机械也均完成进场报验和退场工作。项目使用的主要材料包括预处理药剂、水处理药剂等修复药剂以及防渗膜等施工材料。施工单位针对现场实际情况进场材料，材料进场均完成相应报验工作。

3.6.4.3. 临建设施建设

项目开工后，施工方首先完成了现场通水通电通气通路、土地平整工作，项目主要现场施工人员进场、修复材料进场、搭建临时项目部等工作；接着进行施工临时设施的修建：包括预处理大棚、废水处理、洗车平台、临时道路、地磅等。

3.6.4.4. 设计变更情况

本项目实施过程中，基于项目实际情况，共计进行了 2 项设计相关变更，我司收到变更申请后现场核实情况后签署相关意见，2 项变更均与申请单上描述一致，实际施工与变更后设计基本一致。

表3.6-1 设计变更汇总表

编号	变更时间	变更内容
1	2024 年 8 月	基坑垂直开挖
2	2024 年 8 月	新增 2 座回用水暂存池

3.6.4.5. 施工准备阶段工作总结

表3.6-2 施工准备阶段环境监理工作内容汇总

序号	阶段	施工内容	监理工作
1	组建项目监理部	组建施工项目部	组织第一次监理例会，各方介绍认识，方便开展工作
2	施工组织设计	施工单位编制施工组	针对施工交底情况，提出监理要点，

	交底	织，并按照设计进行交底	明确我司监理方式
3	核查项目部人员资质	项目部人员进场，提交资质报验表	审核资质，签发资质报验表
4	建立环境监理工作方案	/	明确监理项目部各人员职责
5	开展环境保护培训	/	对业主和施工单位进行环境保护培训，明确二次污染防治红线
6	确定开工条件	收集土壤属性鉴别材料、编制修复方案并完成备案工作	审核施工单位提供材料、根据修复方案编制环境监理方案、审核报送机构后的复函
7	核查总平面布置	提交临建报验材料	现场核实报验材料与实际施工基本一致，与备案方案中描述基本一致
8	人员、机械及材料报审	人员、机械、材料进场报验	均完成相应报审报验工作，人员完成进场培训
9	临建设施建设	临时设施施工	监督临建施工过程，并对各功能区进行验收，形成纸质材料留档，各功能区经审核均满足施工方案要求

3.6.5. 施工阶段环境监理

3.6.5.1. 修复技术方案复核

我司核查修复方案，具体工艺如下：本地块污染土壤因子包括重金属（砷、铅、汞、钼、钨）、氟化物、有机物（苯并[a]芘、二苯并[a,h]蒽）、石油烃（C₁₀-C₄₀），根据土壤污染物类型和本地块内土壤污染实际情况，划分土壤污染类型为：①重金属（砷/铅/钼/钨或其复合物）污染土壤，②汞污染土壤，③石油烃（C₁₀-C₄₀）污染土壤，④氟化物污染土壤，⑤汞+石油烃（C₁₀-C₄₀）污染土壤，⑥重金属（砷/铅/钼/钨或其复合物）+氟化物污染土壤，⑦汞+重金属（砷/铅/钼/钨或其复合物）污染土壤，⑧重金属（砷/铅/钼/钨或其复合物）+苯并(a)芘+二苯并(a,h)蒽污染土壤，⑨重金属（砷/铅/钼/钨或其复合物）+苯并(a)芘+二苯并(a,h)蒽+氟化物+石油烃（C₁₀-C₄₀）污染土壤，⑩重金属（砷/铅/钼/钨或其复合物）+石油烃（C₁₀-C₄₀）污染土壤。修复技术路线如下：

（1）对于汞，石油烃（C₁₀-C₄₀），汞+石油烃（C₁₀-C₄₀）污染土壤，采用异地间接热脱附修复技术进行修复处理，经修复合格后的土壤在场内进行回填处置；

（2）对于重金属（砷/铅/钼/钨或其复合物）污染土壤，氟化物，重金属（砷/铅/钼/钨或其复合物）+氟化物污染土壤，采用异位水泥窑协同处置技术进行修复与处置；

（3）针对重金属（砷/铅/钼/钨或其复合物）+汞，重金属（砷/铅/钼/钨或其复合物）

+苯并(a)芘+二苯并(a,h)蒽，重金属（砷/铅/钨/钼或其复合物）+石油烃（C₁₀-C₄₀），重金属（砷/铅/钨/钼或其复合物）+苯并(a)芘+二苯并(a,h)蒽+氟化物+石油烃（C₁₀-C₄₀）污染土采用异地间接热脱附修复处理合格后，再进行水泥窑协同处置。

（4）针对地块内环境管理土采用制度控制进行管控，不进行清挖。

（5）对于清挖过程地坪破碎和预处理阶段筛分出的建筑垃圾，采用高压水冲洗技术将其冲洗干净，验收合格后场内回填。污染建筑垃圾冲洗产生的污泥，根据其污染类型与相应污染土壤一起进行修复处理。

（6）针对修复过程中产生的基坑水、建筑垃圾冲洗水、洗车废水等污废水，采用“混凝沉淀+砂滤+高级氧化+活性炭吸附”工艺处理达标后回用。

（7）针对预处理车间产生的有组织废气，采用“布袋除尘工艺+活性炭吸附”进行处理，达标后排放。尾气处理系统产生的粉尘，根据其污染类型与相应污染土壤一起进行修复处理。

（8）水处理和尾气处理产生的废活性炭，作为危险废物交由具备相关资质的处置单位进行处置。

本阶段实际施工采取施工工艺与方案一致。

3.6.5.2. 土壤清挖过程环境监理

1. 现场放线复核结果

在定位放线过程中我司监理人员对放线过程进行监督，经核查施工单位仪器稳定，测量方法与方案中测量方法一致。

2. 清挖土壤场内转运环境监理

采用分层分区的方式进行污染土壤清挖，清挖后直接装车。

3. 清挖后报验

土壤清挖完成后在监理旁站监督下，对各区域的清挖边界和高程进行了测量，中区地块部分基坑污染土壤清挖都已按照给定的拐点坐标和标高完成了清挖，并在监理处报验审核后，进行污染土壤清挖效果评估监测的工作。

3.6.5.3. 土壤清挖工程量

经监理现场见证，完成中区地块 2#、3#、4#、5#、6A#、6B#、7#整个基坑及 12A# 部分基坑污染区域表层地坪（污染建筑垃圾）2163.8m³ 清挖转运。

根据对清挖坑槽测量放线结果进行计算，本项目中区地块部分基坑污染土壤共计清挖污染土壤 20889.8m³（含扩挖修复污染土壤 670.5m³）。

3.6.5.4. 基坑扩挖修复监理

施工单位在接到效果评估单位基坑清挖效评超标通知后，双方确认扩挖修复方案后施工单位立刻组织人员机械进行扩挖修复，经监理现场确认扩挖到位后再由效评单位进行清挖效果评估工作。已确认 4 批次 8 处扩挖修复区域（详见下表和下图），共计 670.5m³ 污染土壤。

3.6.5.5. 土壤转运环境监理

- （1）±0 以上地坪破碎清挖转运监理
- （2）污染土壤清挖转运监理

3.6.5.6. 污染建筑垃圾冲洗环境监理

本项目污染建筑垃圾分为两种：一种是污染区域表层地坪破碎产生的建筑垃圾，一共转运 230 车约 3220m³（虚方）；第二种是污染土壤经过筛分预处理后产生的建筑垃圾（筛上物），一共转运 347 车约 4858m³（虚方）。中区地块包括一类和二类建筑垃圾。

3.6.5.7. 污废水处理

截至 2024 年 9 月 28 日，累计处理 4910m³ 污废水，环境监理共监测 11 批次（11 水池水量），监测结果满足回用要求，回用完 11 批次中水共计 4630m³，剩余 280m³ 暂存于 1#回用水暂存池于 2024 年 9 月 30 日监测合格后回用。

3.6.6. 二次污染防治及环境监测工作情况

3.6.6.1. 二次污染防治措施对比

表3.6-3 二次污染防治措施落实对比

类别	修复方案	第一阶段施工	相符性
土壤	(1) 严格按给定的拐点坐标施工，不随意更改，严禁无目的挖掘及超挖。 (2) 不同修复工艺污染土壤按照施工安排分步清挖。 (3) 污染土壤开挖后直接装车，严禁在现场临时堆放，避免未污染土壤与污染土壤混合形成交叉污染。 (4) 采用加装封闭设施的环保车辆运输土壤，防止土遗撒造成其他区域土壤污染。 (5) 在场区出口处设置洗车池，对施工机械和运输车辆进行清洗，严禁带泥上路。 (6) 土壤外运过程中严格按照已备案的转运路线进行转运，严禁随意更改路线。 (7) 一类和二类用地区域内污染土壤在车间内分开堆置，分开进行预处理，预处理均在全封闭的修复车间内进行。 等一系列土壤二次污染防治措施。	严格按给定的拐点坐标施工，不随意更改，严禁无目的挖掘及超挖。 污染土壤开挖后直接装车，严禁在现场临时堆放，避免未污染土壤与污染土壤混合形成交叉污染。 采用加装封闭设施的环保车辆运输土壤，防止土遗撒造成其他区域土壤污染。 在场区出口处设置洗车池，对施工机械和运输车辆进行清洗，严禁带泥上路。 等一系列土壤环境污染防治措施。	符合
大气环境	(1) 对裸露的地面采用防尘网进行覆盖。 (2) 尽量直接购买使用商用混凝土，避免水泥、石灰等易产生扬尘的材料在现场堆放。 (3) 现场清挖的土壤直接装车，控制扬尘的产生。 (4) 在土壤清挖时，开挖基坑工作面出现扬尘，采用洒水作业降低和控制扬尘及采用移动式湿法除尘（雾炮）对挖掘作业面进行快速有效降尘。 (5) 在土壤清挖后，立即用蓝银布覆盖清挖坑槽，防止扬尘产生及有机气体逸散。 (6) 对主要运输道路进行硬化，安排专人负责运输道路的清洁工作，及时清理道路上的尘土，并对土壤运输道路采取洒水降尘措施，安排洒水设备进行定期洒水作业。 (7) 车辆驶出场地前，必须进行冲洗，严格遵守车辆冲洗制度，不得带泥尘出场 (8) 污染土壤的预处理作业均在封闭的车间内进行，车间内通过换气设备产生负压，可避免污染气体外逸。 (9) 污染土壤预处理产生的污染气体和扬	(1) 对裸露的地面采用防尘网进行覆盖。 (2) 尽量直接购买使用商用混凝土，避免水泥、石灰等易产生扬尘的材料在现场堆放。 (3) 现场清挖的土壤直接装车，控制扬尘的产生。 (4) 在土壤清挖时，开挖基坑工作面出现扬尘，采用洒水作业降低和控制扬尘及采用移动式湿法除尘（雾炮）对挖掘作业面进行快速有效降尘。 (5) 在土壤清挖后，立即用蓝银布覆盖清挖坑槽，防止扬尘产生及气体逸散。 (6) 对主要运输道路进行硬化，安排专人负责运输道路的清洁工作，及时清理道路上的尘土，并对土壤运输道路采取洒水降尘措施，安排洒水设备进行定期洒水作业。 (7) 车辆驶出场地前，必须进行冲洗，严格遵守车辆冲洗制度，不得带泥尘出场 (8) 污染土壤的预处理作业均在封闭	符合

	尘，经车间尾气处理系统采用“布袋除尘+活性炭吸附”的净化工艺处理车间尾气，尾气达标后有组织排放，扬尘收集后作为污染土壤进行修复。 （10）堆土完成后，应立即采用蓝银布对土壤堆体进行苫盖，防止扬尘和可能未修复达标的土壤中污染气体挥发对大气环境造成污染。 等一系列大气环境污染防治措施。	的车间内进行，车间内通过换气设备产生负压，可避免污染气体外逸。 （9）污染土壤预处理产生的污染气体和扬尘，经车间尾气处理系统采用“布袋除尘+活性炭吸附”的净化工艺处理车间尾气，尾气达标后有组织排放，扬尘收集后作为污染土壤进行修复。 （10）堆土完成后，应立即采用蓝银布对土壤堆体进行苫盖，防止扬尘和可能未修复达标的土壤中污染气体挥发对大气环境造成污染。 等一系列大气环境污染防治措施。	
水环境	（1）基坑清挖完成后，用蓝银布将整个清挖区域覆盖，实现雨污分流。 （2）运输车辆出场前，必须在洗车池冲洗干净后方可出场。在车辆冲洗环节，高压水枪冲洗车辆设备后形成污水，在洗车池周边设置一圈排水沟，污水汇至沉砂池沉淀后抽排至污水处理系统进行集中处理。 （3）污染土壤堆置场地做好覆盖，且采用蓝银布覆盖，防止雨水和污染土壤之间的接触，避免雨水受到污染。 （4）本项目施工过程产生的开挖区域降水、清洗废水等经水泵抽排或导排至污水处理系统进行集中处理。 等一系列水环境污染防治措施。	（1）基坑清挖完成后，用蓝银布将整个清挖区域覆盖，实现雨污分流。 （2）运输车辆出场前，必须在洗车池冲洗干净后方可出场。在车辆冲洗环节，高压水枪冲洗车辆设备后形成污水，在洗车池周边设置一圈排水沟，污水汇至沉砂池沉淀后抽排至污水处理系统进行集中处理。 （3）污染土壤堆置场地做好覆盖，且采用蓝银布覆盖，防止雨水和污染土壤之间的接触，避免雨水受到污染。 （4）本项目施工过程产生的开挖区域降水、清洗废水等经水泵抽排或导排至污水处理系统进行集中处理。 等一系列水环境污染防治措施。	符合
噪声	（1）按照要求定期对挖掘机、推土机等施工机械定期进行保养，维持施工机械良好的工作状态，且操作人员需经过环保教育。 （2）施工作业安排在白天进行，并尽量避免在中午（12:00-14:00）期间进行强噪声作业。 （3）预处理作业均在封闭的预处理车间内进行，控制噪声的扩散。 等一系列噪声环境污染防治措施。	（1）按照要求定期对挖掘机、推土机等施工机械定期进行保养，维持施工机械良好的工作状态，且操作人员需经过环保教育。 （2）施工作业安排在白天进行，并尽量避免在中午（12:00-14:00）期间进行强噪声作业。 （3）预处理作业均在封闭的预处理车间内进行，控制噪声的扩散。 等一系列噪声环境污染防治措施。	符合
固体废物	（1）尾气处理系统产生的粉尘定期收集，作为污染土壤一并处理。 （2）在污染建筑垃圾冲洗环节，高压水枪冲洗污染建筑垃圾后形成污水，在洗车池周边设置一圈排水沟，污水汇集至沉砂池后导排至污水处理系统进行集中处理，其中一类有机污染建渣和复合污染建渣分开	（1）尾气处理系统产生的粉尘定期收集，作为污染土壤一并处理。 （2）在污染建筑垃圾冲洗环节，高压水枪冲洗污染建筑垃圾后形成污水，在洗车池周边设置一圈排水沟，污水汇集至沉砂池后导排至污水处理系统进行集中处理，其中一类有机污染建渣和复合	符合

	冲洗，冲洗形成的沉淀污泥经简单脱水处理后按照污染类型分开进行修复处理处置，二类有机污染建渣和复合污染建渣分开冲洗，冲洗形成的沉淀污泥经简单脱水处理后按照污染类型分开进行修复处理处置。 (3) 针对车间尾气处理系统产生的废活性炭，在施工结束后委托具有相应危险废物处理处置资质的专业单位进行尾气处理系统产生的废活性炭的处理处置。 (4) 污水处理系统产生的废活性炭在施工结束后委托有资质的单位将污水处理系统产生的废活性炭进行处理。 等一系列固体废弃物污染防治措施。	污染建渣分开冲洗，冲洗形成的沉淀污泥经简单脱水处理后按照污染类型分开进行修复处理处置，二类有机污染建渣和复合污染建渣分开冲洗，冲洗形成的沉淀污泥经简单脱水处理后按照污染类型分开进行修复处理处置。 等一系列固体废弃物污染防治措施。	
--	--	--	--

3.6.6.2. 环境监测情况

本项目第一阶段施工期间，进行 4 次环境监测采样。

3.6.6.3. 大气环境监测

为确定场地及周边空气中污染物的初始含量与污染状况，并为施工结束后的场地及周边空气环境质量效果评估提供对比验证依据，施工前需对场地内和场地外上下风向空气介质中污染物浓度进行监测。此外，为判断污染物在场地内部和场地外空气介质中的扩散量和残留量是否符合相关的国家和国际安全标准，确保施工现场工人短期接触的职业健康安全及周边社区居民健康安全，需对整个施工过程中空气里的污染物进行监测。

3.6.6.4. 废水环境监测

生产废水包括污染基坑内的积水、洗车废水及筛上物冲洗废水等。对此水体进行处置，并进行监测，监测结果达标后方可回用。

中区地块第一阶段仅有 1 项废水监测工作：污水处理设备处理后回用水监测，有 3 座回用水池（回用水需由环境监理监测合格后方可进行回用）。

根据数次监测结果，施工期间地块对周边环境影响在可接受范围内，污水处理设备处理后回用水满足回用要求，可以进行回用（建筑垃圾冲洗）。

3.6.6.5. 地下水环境监测

修复过程地下水监测点位结合《工业企业场地环境调查评估与修复工作指南（试行）》、《污染地块地下水修复和风险管控技术导则》（HJ25.6-2019）要求进行布设、

《建设用地土壤污染防治第 6 部分：土壤污染修复工程环境监理技术规范》。

根据《地下水环境监测技术规范》（HJ164-2020），工业集聚区外工业企业需在场区周边地下水流向上游边界处布设 1 个对照监测点，污染扩散监测点布设不少于 3 个。布设在地下水下游及两侧。

3.6.6.6. 噪声环境监测

在施工过程中，机械作业产生的噪声需定期进行监测。测量时应选择无雨雪、无雷电天气，风速 5m/s 以下时进行。噪声的监测方法按照《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）。噪声监测应根据施工场地周围噪声敏感建筑物位置和声源位置的布局，测点应设在对噪声敏感建筑物影响较大、距离较近的位置。一般情况测点设在建筑施工场界外 1m，高度 1.2m 以上的位置。

3.6.7. 环境监理总结

监理单位参照相关技术规范对本项目进行审核，结论如下：

（1）修复实施中使用的修复技术、修复场地实际总平面布置分区与《修复方案》基本一致，修复区基坑清挖拐点坐标与《修复方案》、《风险评估报告》基本一致。

（2）通过对土壤污染区域进行开挖，在验收单位对开挖区域定位复核后进行采样验收，效果评估结果表明，污染区域清挖修复到位，基坑验收结果均低于清挖目标值，达到清挖修复效果。

（3）清挖土壤修复工艺参数与方案基本一致，最终修复土壤满足地块修复目标值，土壤修复达到预定修复效果。

（4）根据第三方环境检测机构的检测结果可知，修复单位在修复实施过程中有效的落实了二次污染防治措施工作，未造成二次污染问题。同时，修复单位基本落实了施工期间各风险防范措施，施工期间未造成二次污染，未收到环境影响投诉。

综上所述，修复单位基本按照《修复方案》对地块污染土壤进行了清挖，同时对地块污染土进行修复，修复实施期间基本落实废水处理设施和各项二次污染防治措施，对周围环境造成不良影响在可接受范围内。该项目已满足本阶段修复效果评估要求。

第4章 地块概念模型

4.1. 资料回顾

经文件审核，地块调查风险评估报告、修复方案均按地方生态环境部门管理要求完成备案手续，修复工程各相关技术资料与附件齐全完整、内容详实。本地块土壤污染修复工程基本满足《修复方案》要求。具体表现以下几个方面：

- （1）场地修复目标污染物、修复目标值、修复范围、清挖污染土方量风险评估、修复方案基本一致。
- （2）污染土壤修复工艺、修复场所以及需修复土方量均满足风险评估与修复方案要求。
- （3）环境监理单位按监理方案要求在整个修复施工期间进行了环境监理监督和监测。
- （4）修复工程实施期间，各项污染防治措施均基本落实到位。
- （5）修复工程实施期间部分变更事项均进行合理性分析且完成了相关变更手续的办理。
- （6）工程实施过程中无投诉记录。

4.2. 现场踏勘

污染场地修复效果评估现场勘查主要包括核定修复范围和识别现场遗留污染痕迹。修复工程启动后，我单位技术人员需到污染土壤修复治理现场勘察、核实污染土壤的修复范围、施工工艺、潜在二次污染区域环保措施等内容。

勘查结果表明：

- （1）基坑开挖后各拐点复核测量坐标与《修复方案》一致。
- （2）污染区域开挖完毕后，对基坑内遗留土壤进行了观察和判断，未发现疑似有毒、有害遗留物存在，修复范围内没有明显的污染源，污染土壤运输路线并未发现污染土遗撒等污染问题。

4.3. 更新地块概念模型

佛山照明禅城总部厂区位于佛山市禅城区汾江北路 64 号，厂区范围北至悦美家园，西侧为汾江北路，东侧为广湛铁路，南侧为合盈家园中心地理坐标为 113.106207° E，23.055069° N，总面积约 276 亩。

本地块污染分布较广，污染叠加面积 39279m²，占地块总面积（75667m²）的 52%。深度方向上，污染土壤主要集中于浅层 0~3m，占比约 94.2%，3m 以下污染土壤占比仅为 5.8%。各污染物中重金属钨的分布最广，深度方向上 0~7m 均存在污染，砷、铅、钼污染主要分布于表层 0~3m，汞分布于表层 0~4m；有机污染物中石油烃（C₁₀-C₄₀）分布于 0~3m，多环芳烃分布于 1~2m，有机污染物存在挥发至室内和室外空气的迁移途径。

地块中第一类用地区域修复土方量共计 53581.2m³；第二类用地区域修复土方量共计 5128.1m³，总计 58709.3m³，最大修复深度为 7m。

根据施工总结报告，本项目第一阶段《风评报告》及《修复方案》中污染土壤工程量为 19897.0m³，实际清挖时为确保清挖到位，会有略微扩挖，横向向外超挖，纵向向下超挖，清挖后基坑经监理复核土方量为 20219.3m³。经效评单位对基坑清挖效果进行采样评估后存在 4 批次 8 处基坑侧壁或底部需要扩挖修复污染土壤工程量为 670.5m³，经监理单位旁站确认扩挖到位后，再由效评单位对基坑清挖效果进行采样评估确认清挖到位。

4.3.1. 地块概念模型分析与更新总结

修复效果评估单位通过现场踏勘、人员访谈、过程资料收集、现场布点采样等监测手段进行评估，结果表明，地块内污染区域已清挖到位，各堆体效果评估检测合格。

地块第一阶段修复工程完工后，土壤中目标污染物满足土壤样品对应的第一类用地或第二类用地修复目标值要求，修复效果评估范围内土壤污染物已得到有效去除或降低，达到了预定目标，地块内已完成修复施工和效果评估的区域已无污染暴露途径。可以满足风险评估中风险控制性的使用功能。

第5章 效果评估布点方案

5.1. 评估方法

采用文件审核、现场勘察、采样检测、修复效果分析评估等手段相结合的方法进行评估。

5.2. 评估内容

5.2.1. 评估内容与重点

（1）文件评估

通过审核修复前期文件备案情况，修复过程中基坑清挖与修复边界拐点坐标测量记录、土壤处置记录、处理设施运行记录、施工记录、工程与环境监理记录、会议纪要、监测数据和各相关报告等，检查各相关技术资料与附件是否齐全完整，内容是否详实可靠。

（2）修复过程污染防治效果评估

审核修复工程实际落实的环境保护设施与措施情况，对照实施方案及备案文件，核查是否符合要求。通过修复过程的各项环境检测数据分析其有效性，评估修复工程是否对环境产生不良影响或造成二次污染。

（3）治理与修复效果评估

通过文件审核与现场勘察核查实际修复工程的污染土壤清挖位置、水平范围及深度，治理修复数量是否符合实施方案及备案文件要求；分析检测数据，对污染土壤基坑清挖与治理修复等进行污染土壤的治理修复效果评估，判断是否符合修复目标值要求。

（4）环境风险防范措施评估

包括落实安全文明施工管理、人员安全防护、环境风险防范及应急预案等。核查修复工程是否落实了安全生产、文明施工管理措施，包括检查土方工程安全防护是否符合标准，防护栅、架的设置是否合理、符合要求；施工人员是否采取安全防护措施，施工现场是否有安全警示标识；是否制定风险防范措施与应急预案，安全检查资料是否齐全

等。

根据项目总体进度计划，本地块修复效果评估拟分二个阶段开展，各阶段效果评估对象及时间节点详见下表，本次为第一阶段性效果评估。

5.2.2. 基坑和侧壁效果评估

5.2.2.1. 评估范围

根据风险评估及初步设计确定的清挖后各基坑。第一阶段修复工程实施完成后，共形成 7 个基坑，分别为 2#基坑、3#基坑、4#基坑、5#基坑、6A#基坑、6B#基坑和 7#基坑。

表5.2-1 第一阶段各基坑面层施工和采样时间

序号	基坑名称	基坑面层	施工开始时间	施工结束时间	采样时间
1	2#	2#	2024/9/14	2024/9/14	2024/9/23
2	3#	3#	2024/9/22	2024/9/22	2024/10/2
3	4#	4#	2024/8/31	2024/8/31	2024/9/10
4	5#	5#-1	2024/8/21	2024/9/24	2024/8/29（只采集侧壁），2024/9/13，2024/9/14，2024/9/20
5		5#-1 扩挖			2024/9/27，2024/9/30
6		5#-2			2024/9/19，2024/9/20
7		5#-3			2024/9/25
8		5#-4			2024/9/28
9		5#-5			2024/9/13
10		5#-6			2024/9/27，2024/9/28
11	6#	6A	2024/8/27	2024/9/3	2024/9/27
11		6B	2024/8/31	2024/8/31	2024/9/11
12	7#	7#-1	2024/9/2	2024/9/26	2024/9/3
13		7#-1 扩挖			2024/9/18
14		7#-2			2024/9/19
15		7#-2 扩挖			2024/9/29
16		7#-3			2024/9/18
17		7#-3 扩挖			2024/9/29
18		7#-4			2024/9/18，2024/9/19
19		7#-5			2024/9/27

5.2.2.2. 布点原则

1. 基坑侧壁布点

1) 国家要求:

根据《污染地块风险管控与土壤修复效果评估技术导则（试行）》(HJ25.5-2018)要求,修复范围侧壁采用等距离布点方法,根据边长确定采样点数量。当基坑深度大于 1m 时,侧壁应进行垂向分层采样,应考虑地块土层性质与污染垂向分布特征,在污染物易富集位置设置采样点,各层采样点之间垂向距离不大于 3m,具体根据实际情况确定。

2) 广东省要求:

根据《广东省建设用地土壤污染状况调查、风险评估及效果评估报告技术审查要点（修订版）》，基坑侧壁采用等距离布点法划分横向采样单元,横向采样单元原则上不超过 40 m,最少采样点数量需满足 HJ 25.5 要求;当修复深度 ≤ 1 m 时,侧壁不进行垂向分层采样;当基坑深度 > 1 m 时,侧壁应进行垂向分层采样,各层采样点之间垂向距离 ≤ 3 m。

根据监测结果确定需要进行二次清挖的边界,二次清挖后再次进行监测,直至边界达到修复目标值的要求。

2. 基坑底部布点

1) 国家要求:

根据《污染地块风险管控与土壤修复效果评估技术导则（试行）》(HJ25.5-2018)的要求,坑底采用系统布点的方法。网格大小根据采样面积和采样数量确定,采样数量可参照《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)中表 5-3 规定的数量。

2) 广东省要求:

根据《广东省建设用地土壤污染状况调查、风险评估及效果评估报告技术审查要点（修订版）》，基坑底部采用系统布点法划分采样单元,采样单元原则上网格大小不超过 40 m $\times$ 40 m,最少采样点数量需满足 HJ 25.5 要求。

根据监测结果确定需要进行二次清挖的边界,二次清挖后再次进行监测,直至边界达到修复目标值的要求。

3. 本次布点原则:

综合上述规范与要求,基坑底部和侧壁布点数量应满足《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）表 1 的推荐最少采样点数量，详见下表。

表5.2-2 基坑底部和侧壁推荐最少采样点数量

采样区域面积/m2	坑底采样点数目（个）	侧壁采样点数量（个）
$x < 100$	2	4
$100 \leq x < 1000$	3	5
$1000 \leq x < 1500$	4	6
$1500 \leq x < 2500$	5	7
$2500 \leq x < 5000$	6	8
$5000 \leq x < 7500$	7	9
$7500 \leq x < 12500$	8	10
$x \geq 1200$	不超过 40m×40m 的网格为一个 采样单元	采样点间隔不超过 40m

5.2.2.3. 采样原则

1. 基坑底部布点

坑底布点参照《建设用地土壤污染修复效果评估监测质量控制技术规范》（DB44/T 2417-2023），基坑底部土壤采样点位布设及采样点数量应符合 H25.2、H25.5 的要求，根据基坑底部面积采用系统布点法划分采样单元。若基坑坑底有被独立分隔的区域，各独立区域不得少于 2 个采样单元。采集混合样时，在每个采样单元中均匀分布地采集 9 个表层(0~20)cm 土壤样品制成混合样，采样位置原则上应位于有明显污染痕迹处，可采用快速筛查设备判断等方式确定污染物易富集位置。

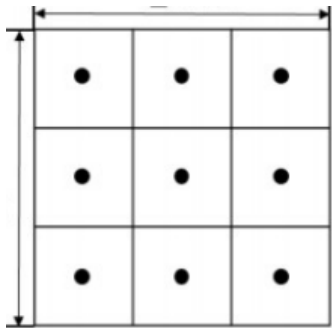


图5.2-1 基坑布点示意图

2. 基坑侧壁采样单元布点

侧壁采样布点参照《建设用地土壤污染修复效果评估监测质量控制技术规范》（DB44/T 2417-2023）。采集混合样时，采样位置原则上应位于地下水水位线附近、土层交界处或有明显污染痕迹的位置，在每段均匀采集 9 个表层(0~20)cm 土壤样品制成混合样，可采用快速筛查设备判断等方式确定污染物易富集位置。侧壁每个采样段不超过 40m。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采样，第一层为表层土（0-0.2m），0.2m 以下每 1-3m 分一层，不足 1m 时与上一层合并。各层采样点之间垂向距离不小于 1m，采样点位置依据土壤异常气味和颜色，并结合场地污染状况确定。

1) 修复深度小于等于 1m

非挥发性和半挥发性有机物每个采样单元由 9 个土壤样品制成 1 个混合样。具体操作：将侧壁采样单元等分 9 段，在每段内采集一个样品，采样点位置依据土壤异常气味和颜色，并结合场地污染最重的深度进行确定。

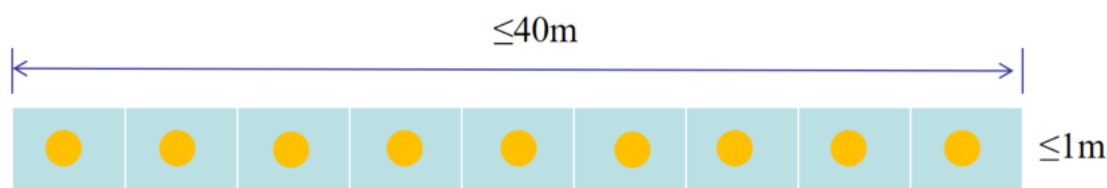


图5.2-2 重金属、石油烃（C₁₀-C₄₀）、多环芳烃侧壁样品布点示意图（修复深度小于等于 1m）

2) 修复深度大于 1m

每个采样单元由 9 个土壤样品制成 1 个混合样。具体操作，将侧壁采样单元等分 9 段，在每段内采集一个样品，采样点位置依据土壤异常气味和颜色，并结合场地污染最重的深度进行确定。本项目侧壁均为 1m，不涉及垂向分层采样。

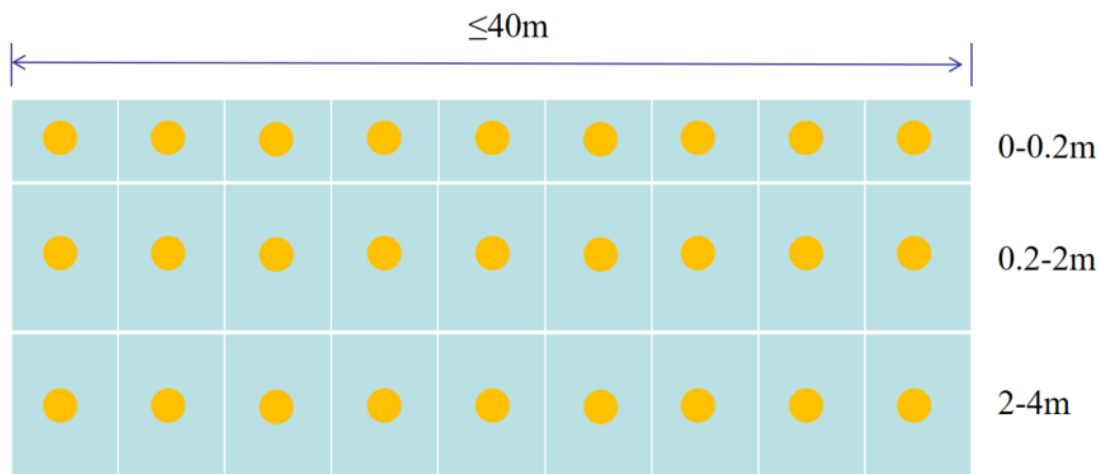


图5.2-3 重金属、石油烃（C₁₀-C₄₀）、多环芳烃侧壁样品布点示意图（修复深度大于1m）

3) 虚侧壁选择与处置原则

①部分基坑侧壁位于垂直支护结构、污染边界和地块红线三者重合处，此种情况下重合处的侧壁按虚侧壁进行处置，不划入侧壁采样范围；②部分基坑在清挖时相邻基坑已完成清挖和验收，相邻部分的侧壁按虚侧壁进行处置，不划入侧壁采样范围。

基坑效果评估验收监测中的实测长度为纳入效果评估侧壁的长度，2#、3#和 5#基坑部分区域清挖深度达到 3m，在侧壁做了垂直支护。若在侧壁做了垂直钢板桩支护，且该侧壁与红线重叠，则按虚侧壁处置，不进行采样，后续直接进行风险管控。若在侧壁做了垂直钢板桩支护，但该侧壁与红线不重叠，则按照正常侧壁处置，进行效果评估采样检测。

5.2.2.4. 检测指标

基坑底部与侧壁检测指标与接触的污染土超标指标一致，检测指标需同时考虑污染因子重叠、相邻基坑污染指标。

5.2.2.5. 第一阶段基坑及侧壁效果评估

表5.2-3 修复面层信息汇总

基坑面层编号	风评方案分区编号	深度	成坑面积（m ² ）	实测长度（m）	污染指标
2#	S38	1-2 米	306.8	59.4	汞
3#	S53	2-3 米	227.23	20.99	砷
4#	S6	0-1 米	192.72	55.55	铅

5#-1	S10	0-1 米	157.5	396.4	钨
			1556.2		铅、钨、砷
			156.7		铅、钨
			692.0		砷、铅
5#-2	S35	1-2 米	2262.1	251.7	砷、铅、钨
5#-3	S36	1-2 米	726.1	108.3	钨
5#-4	S37	1-2 米	1392.6	167.1	砷、钨
5#-5	S49	2-3 米	723.7	92.8	钨
5#-6	S52	2-3 米	737.8	102.6	钨
6A#	S17	0-1 米	947.3	79.3	汞
6B#	S7	0-1 米	973.8	121	砷
7#-1	S25	0-1 米	250.5	103.4	砷、铅、汞
	S20	0-1 米	——		汞
7#-2	S11	0-1 米	368.0	59.1	砷、铅
7#-3	S12	0-1 米	463.1	69.2	砷
7#-4	S41	1-2 米	676.5	103.4	汞
7#-5	S51	2-3 米	1122.0	158.9	砷、铅

5.2.3. 疑似污染土效果评估

5.2.3.1. 采样节点

施工方将疑似污染土回填前，按疑似污染土对应的地块类型和处置方式堆放，经测量后采集检测，验收合格后回填。根据修复方案中基坑清挖顺序，可分二批次采样验收。

5.2.3.2. 布点原则

疑似污染土布点原则与异位修复效果评估一致，参照 HJ25.5 执行，每 500m³ 不得少于 1 个样品，采集 10% 平行样。参照要求具体如下。

1、国家要求

根据《污染地块风险管控与土壤修复效果评估技术导则（试行）》(HJ25.5-2018)的要求，修复后土壤原则上每个采样单元(每个样品代表的土方量)不应超过 500m³，也可根据修复后土壤中污染物浓度分布特征参数计算修复差变系数，根据不同差变系数查询计算对应的推荐采样数量（见下表），差变系数计算方法见 HJ25.5 附录 B。对于按批次处理的修复技术，在符合前述要求的同时，每批次至少采集 1 个样品。对于按照堆体模式处理的修复技术，若在堆体拆除前采样，在符合前述要求的同时，应结合堆体大小设置采样点，推荐数量参见下表。

修复后土壤一般采用系统布点法设置采样点；同时应考虑修复效果空间差异，在修

复效果薄弱区增设采样点。重金属和半挥发性有机物可在采样单元内采集混合样，采样方法参照 HJ 25.2 执行。

表5.2-4 堆体模式修复后土壤最少采样点数量

堆体体积/m ³	采样单元数量（个）
x<100	1
100-300	2
300-500	3
500-1000	4
每增加 500	增加 1 个

2、广东省要求

根据《广东省建设用地土壤污染状况调查、风险评估及效果评估报告技术审查要点（修订版）》的要求，①对原地异位修复处理后的土壤的采样布点参照 HJ25.5 执行。②对污染土层上、下 0m-0.5m 或 0m-1m 的土壤，如未纳入效果评估监测，在修复开挖过程中宜作为疑似污染土进行采样检测，布点和采样要求参照异位修复后土壤的要求进行。③如确需对筛上物附着的土壤进行采样检测，则每个采样元不大于 500m³，每个单元至少采集 1 个样品。

5.2.3.3. 采样原则

根据《广东省建设用地土壤污染状况调查、风险评估及效果评估报告技术审查要点（修订版）》的要求、修复方案的具体要求和现场施工的实际情况，第一阶段现场的疑似污染土堆体预计其方量较大且堆高较高。为确保评估的严谨性，根据保守原则，在第二阶段的效果评估检测中，效评单位将针对此类堆体采取更为细致的单元划分。疑似污染土按体积划分采样单元后，在采集样品时，每个样品代表的土方量不超过 500m³。同时，现场还将利用 XRF 等快筛设备，辅助识别并定位污染物浓度较高的区域，以便更有针对性地进行采样。后续阶段采样原则根据现场堆体情况确定。

5.2.3.4. 疑似污染土堆场平面布置及布点采样信息

表5.2-5 第一阶段各分区疑似污染土堆体情况

堆体名称	堆体底面长宽	堆体顶面长宽	堆体高度	堆体方量
1#疑似污染土堆场（水	1017.7m ²	568.2m ²	1.8m	1838m ³

泥窑)				
1#疑似污染土堆场 (热脱附)	31.7m×13.2m	25.7m×7.2m	0.65m	184m ³

表5.2-6 夹层疑似污染土信息和堆放位置汇总表

夹层疑似污染土编号	对应基坑编号	方量 (m ³)	对应下层污染土效果评估编号	检测因子
Y1-1	2#	153.4	S38	汞
Y1-13	5#	7.85	S35	铅、钨
Y1-14	5#	284.25	S35	铅、钨
Y1-15	5#	586.4	S37	砷、钨
Y2-1	3#	113.6	S53	砷
Y2-5	7#	534.1	S51	砷、铅
Y2-6	5#	186.6	S52	钨

表5.2-7 中区地块疑似污染土壤堆体信息

土壤类型	土壤去向	堆体面积 (m ²)	堆体高度 (m)	堆体测量方量 (m ³)
夹层疑似污染土 (热脱附第一类用地)	1#疑似污染土堆场	420	0.7	184
夹层疑似污染土 (水泥窑第一类用地)	1#疑似污染土堆场	1018	1.8	1838

5.2.4. 建渣与筛上物效果评估

5.2.4.1. 采样节点

建渣与筛上物堆存顺序主要根据开挖顺序硬化地面破除和污染土预处理过筛顺序,具体每批次方量需根据实际修复工程情况确定。

5.2.4.2. 布点原则

建渣与筛上物采样和布点原则参照《广东省建设用地土壤污染状况调查、风险评估及效果评估报告技术审查要点 (修订版)》,①对原地异位修复处理后的土壤的采样布点参照 HJ25.5 执行。②对污染土层上、下 0m-0.5m 或 0m-1m 的土壤,如未纳入效果评估监测,在修复开挖过程中宜作为疑似污染土进行采样检测,布点和采样要求参照异位修复后土壤的要求进行。③如确需对筛上物附着的土壤进行采样检测,则每个采样元不

大于 500m³，每个单元至少采集 1 个样品。

5.2.4.3. 采样原则

根据《广东省建设用地土壤污染状况调查、风险评估及效果评估报告技术审查要点（修订版）》的要求、修复方案的具体要求与现场施工的实际状况，第一阶段中涉及的建筑垃圾及筛上物堆体预计其方量较大且堆高较高。为确保评估的严谨性，根据保守原则，在第一阶段的效果评估检测中，效评单位将针对此类堆体采取更为细致的单元划分。由于建渣堆形状不规则，尽量将整个堆体划分为合适的采样单元格，每个采样元不大于 500m³，每个单元至少采集 1 个样品。同时，现场还将利用 XRF 等快筛设备，辅助识别并定位污染物浓度较高的区域，以便更有针对性地进行采样。后续阶段采样原则根据现场堆体情况确定。

5.2.4.4. 建渣与筛上物堆场平面布置及布点采样信息

表5.2-8 第一阶段各分区筛上物和建渣堆体情况

堆体名称	堆体底面长宽	堆体顶面长宽	堆体高度	堆体方量
一类建筑垃圾堆体	64.5m×43.0m	60.6m×39.0m	2.8m	7208m ³
二类建筑垃圾堆体	28.0m×18.0m	25.0m×15.0m	1.5m	657m ³

表5.2-9 第一阶段各分区筛上物和建渣的检测指标

阶段	堆放位置	放置建渣	开挖面层	检测指标
第一阶段	1#建筑垃圾冲洗后堆放区	第一类用地污染土筛分出的建筑垃圾	4#面层	铅
			5#-1 面层、5#-2 面层	砷、钨、铅
			5#-3 面层、5#-5 面层、5#-6 面层、12A#-1 面层	钨
			5#-4 面层	砷、钨
			7#-2 面层、7#-5 面层	砷、铅
			3#面层、7#-3 面层	砷
第一阶段	2#建筑垃圾冲洗后堆放区	第二类用地污染土筛分出的建筑垃圾	6B#面层	砷

5.2.4.5. 第一阶段建渣与筛上物效果评估

根据施工总结报告，1#建筑垃圾冲洗后堆放区共约 7208m³，划分为 15 个采样单元，单个采样单元方量满足规范要求。分别在各个单元采集 1 个样品，共 15 个样品，布点数量和样品数量满足要求。

根据施工总结报告，2#建筑垃圾冲洗后堆放区共约 963m³，划分为 2 个采样单元，

单个采样单元方量满足规范要求。分别在各个单元采集 1 个样品，共 2 个样品，布点数量和样品数量满足要求。

表5.2-10 建筑垃圾冲洗后土堆采样信息和时间节点

采样位置	土堆方量	样品数量	检测指标	样品编号	进场时间	分析时间
1#建筑垃圾冲洗后堆放区	7208m ³	15	砷、铅、钨、汞	1#JZSSW-第一阶段-1~15	2024/10/2	2024/10/2-2024/10/12
2#建筑垃圾冲洗后堆放区	657 m ³	2	砷、汞	2#JZSSW-第一阶段-1~2	2024/10/3	

第6章 现场采样与实验室检测

6.1. 样品采集

土壤采样参照《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)、《建设用地土壤污染风险管控和修复监测技术导则》(HJ25.2-2019)、《土壤环境监测技术规范》(HJ/T166-2004)、《土壤和沉积物 C₁₀-C₄₀ 的测定气相色谱法》《建设用地土壤污染防治第 4 部分:挥发性有机物土壤监测质量保证与质量控制技术规范》(DB4401/T102.4-2020)、《土壤和沉积物挥发性有机物的测定吹扫捕集/气相色谱-质谱法》(HJ605-2011)、《土壤和沉积物半挥发性有机物的测定气相色谱-质谱法 HJ834-2017》等相关规定进行样品采集。

6.1.1. 现场采样

土壤采样参照《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)、《建设用地土壤污染风险管控和修复监测技术导则》(HJ25.2-2019)、《土壤环境监测技术规范》(HJ/T166-2004)、《土壤和沉积物 C₁₀-C₄₀ 的测定气相色谱法》《土壤和沉积物半挥发性有机物的测定气相色谱-质谱法 HJ834-2017》等相关规定进行样品采集。

6.1.1.1. 重金属样品现场采样

部分采样注意事项如下:

1. 基坑侧壁和坑底采集表层土壤。堆土涉及的深层土壤的采样应采用钻孔方式,根据土层特征选择合适的土壤机械钻探设备或手工钻探设备。
2. 采集土壤混合样时,将等量各点采集的土壤样品置于塑料托盘或木质托盘充分混拌后四分法分取土壤混合样。
3. 采样应在无雨天气下进行,防止雨水冲刷土壤造成交叉污染,采样环境应光线充足。
4. 样品采集记录应现场填写,并保证其完整性和准确性。记录内容应包括采样编号、采样定位信息、采样工具、盛装容器、采样量、保存条件、样品唯一性标

识、采样位置（深度范围）、样品质地、样品的颜色和气味、现场检测结果、采样日期和时间、采样人员、审核人员等信息。

5. 样品标签上应包含样品唯一性标识、检测项目、采样日期等信息，要求字迹清晰可辨。
6. 对每个样品采样点位、采样过程、采集后的样品等关键信息进行拍照。
7. 采样过程中需按照分析实验室要求，由分析实验室采集实验室质控和空白样品。

6.1.1.2. 钢板桩支护区域采样

采样方法参照侧壁的重金属样品采样方法进行。

6.1.1.3. 堆体区域采样

堆体采样方法参照《建设用地土壤污染风险管控和修复 监测技术导则》（HJ 25.2）和《土壤环境监测技术规范》（HJ/T 166）执行。

6.1.2. 现场质量控制

为避免采样设备及外部环境条件等因素对样品产生影响，检测单位需按照《土壤环境监测技术规范》（HJ/T166-2004）、《建设用地土壤污染风险管控和修复监测技术导则》（HJ25.2-2019）、《土壤和沉积物石油烃（C₁₀-C₄₀）的测定气相色谱法》（HJ1021-2019）、《土壤和沉积物半挥发性有机物的测定气相色谱-质谱法 HJ834-2017》《土壤质量总汞、总砷、总铅的测定原子荧光法第 2 部分：土壤中总砷的测定》（GB/T22105.2-2008）、《土壤和沉积物 12 种金属元素的测定王水提取-电感耦合等离子体质谱法》（HJ803-2016）、《区域地球化学样品分析方法第 30 部分：钨量测定碱熔-电感耦合等离子体质谱法》《土壤和沉积物半挥发性有机物的测定气相色谱-质谱法》（HJ834-2017）的相关要求，在样品的采集、保存、运输、交接等过程建立完整的管理程序，做好现场采样过程中的质量保证和质量控制。

6.2. 实验室检测

6.2.1. 检测方法

土壤样品各项检测指标分析方法与检出限符合相关要求。

6.2.2. 第一次效果评估质控情况

6.2.2.1. 本次效果评估质控情况

本项目第一阶段地块修复效果评估，涉及检测因子为砷、铅、汞、钨，涉及基坑 2#、4#、5#、6#、7#、12#污染区域清挖后的基坑底部和基坑侧壁，以及清挖施工过程中的疑似污染土。

①华测：

（1）现场质控结果

2024.9.3-2024.9.29，本项目土壤共采集砷 45 个，现场平行数量 6 个；共采集汞 21 个，现场平行数量 4 个；共采集铅 26 个，现场平行数量 3 个。

（2）实验室质控结果

土壤实验室空白样检测项目中，砷检测 10 组，汞检测 6 组，铅检测 6 组。检测结果均为未检出或低于方法检出限，未检出的项目其相对偏差未计算。

土壤实验室平行样检测项目中，砷检测 6 组，汞检测 3 组，铅检测 3 组。所有指标实验室平行的相对偏差均在相对偏差要求范围内，实验室平行试验结果合格。

在准确度控制结果过程中，砷样品进行标准样品检测 8 组，汞样品进行标准样品检测 3 组，铅样品进行标准样品检测 3 组，标准样品试验分析结果均满足标准值要求。

②贝源：

（1）现场质控结果

2024.9.2-2024.10.3，本项目土壤共采集砷 95 个，现场平行数量 22 个；共采集铅 81 个，现场平行数量 21 个；共采集汞 18 个，现场平行数量 5 个；共采集钨 109 个，现场平行数量 29 个。

（2）实验室质控结果

土壤实验室空白样检测项目中，砷检测 30 组，铅检测 28 组，汞检测 6 组，钨检测 30 组，检测结果均为未检出或低于方法检出限，未检出的项目其相对偏差未计算。

土壤实验室平行样检测项目中，砷检测 30 组，铅检测 26 组，汞检测 6 组，钨检测

29 组，所有指标实验室平行的相对偏差均在相对偏差要求范围内，实验室平行试验结果合格。

在准确度控制结果过程中，钨样品进行基体加标，汞、砷、铅样品无需进行加标回收，钨基体加标检测 28 组，基体加标试验分析结果均满足加标回收率要求。

第7章 第一次阶段效果评估

7.1. 效果评估结果小结

7.1.1. 基坑清挖效果评估

根据修复方案，第一阶段修复工程实施完成后，共形成 7 个基坑，分别为 2#基坑、3#基坑、4#基坑、5#基坑、6A#基坑、6B#基坑和 7#基坑，包括 16 个基坑面层。

1. 一次清挖到位的有 2#基坑、3#基坑、4#基坑和 6#基坑。

2#基坑（1 个面层）共采集 8 个样品，其中侧壁样品 5 个，检测指标汞。坑底样品 3 个，检测指标汞。

3#基坑（1 个面层）共采集 8 个样品，其中侧壁样品 5 个，检测指标砷。坑底样品 3 个，检测指标砷。

4#基坑（1 个面层）共采集 8 个样品，其中侧壁样品 5 个，检测指标铅。坑底样品 3 个，检测指标铅。

6#基坑（2 个面层）共采集 16 个样品，其中侧壁样品 10 个，包括砷样品 5 个、汞样品 5 个。坑底样品 6 个，包括砷样品 3 个、汞样品 3 个。

2. 二次清挖到位的有 5#基坑和 7#基坑。

5#基坑（6 个面层）一次清挖时共采集 71 个样品，其中一次清挖时共采集 39 个侧壁样品和 32 个坑底样品。侧壁样品中 34 个测试指标为砷、铅、钨，5 个测试指标为砷、钨。坑底样品中 3 个测试指标为钨，3 个测试指标为铅、钨，3 个测试指标为砷、铅，3 个测试指标为砷、钨，20 个测试指标为砷、铅、钨。

部分点位检测结果显示钨、铅超过第一类用地修复目标值，二次清挖时，重新采集坑底样品共 8 个，包括钨样品 6 个、铅、钨样品 2 个。

7#基坑（5 个面层）一次清挖时共采集 42 个样品，其中侧壁样品 26 个，包括铅、汞、砷样品 5 个，砷、铅样品 11 个，汞样品 5 个，砷样品 5 个；坑底样品 16 个，包括砷、铅、汞样品 3 个，汞样品 3 个，砷、铅样品 10 个。

部分点位检测结果显示砷超过第一类用地修复目标值，二次清挖时，重新采集侧壁样品共 8 个、坑底样品共 3 个，检测指标为砷。

综上，以上基坑均已完成清挖，检测结果表明第一阶段评估范围内 2#基坑、3#基坑、4#基坑、5#基坑和 7#基坑目标污染物（砷、铅、钨、汞）含量低于地块第一类用地修复目标值，基坑清挖到位。6A#基坑和 6B#基坑目标污染物（砷、汞）含量低于地块第二类用地修复目标值，基坑清挖到位。

7.1.2. 建筑垃圾及筛上物效果评估

按照技术规范采集 17 个筛上物样品，其中 1#建筑垃圾冲洗后堆放区采集样品 15 个，检测砷、铅、钨、汞；2#建筑垃圾冲洗后堆放区采集样品 2 个，检测砷、汞。结果表明第一阶段评估范围内筛上物目标污染物（砷、铅、钨、汞）含量低于土壤样品对应的第一类用地或第二类用地修复目标值。

7.1.3. 疑似污染土效果评估

本次阶段效果评估共采集 15 个样品，热脱附疑似污染土采集 3 个样品，测试指标汞；水泥窑疑似污染土采集样品 12 个，测试指标为砷、铅、钨，检测结果如下所示。结果表明第一阶段评估范围内疑似污染土目标污染物（砷、铅、钨、汞）含量低于土壤样品对应的第一类用地或第二类用地修复目标值。

第8章 结论与建议

8.1. 结论

8.1.1. 修复工程资料审核结论

地块权属人佛山电器照明股份有限公司于 2022 年 12 月起委托相关单位开展了地块环境土壤污染状况调查、风险评估等工作并完成了相关技术文件备案。2024 年 5 月，受佛山电器照明股份有限公司委托，中冶南方都市环保工程技术股份有限公司与广州工控环保科技有限公司联合体组织技术人员编制了中区地块修复方案、广东省建筑工程监理有限公司组织技术人员编制了相应环境监理方案等进行技术文件备案。修复工程于 2024 年 8 月 21 日起正式施工，至 2024 年 9 月 28 日施工单位按照《佛山照明禅城总部厂区中区地块土壤污染修复方案（备案稿）》的要求完成第一阶段修复工作，在第一阶段的修复过程中与修复完成后均进行了相应环境监测与效果评估检测工作。

8.1.2. 修复工程环保措施落实结论

通过对第一阶段修复过程施工记录、污水处理记录、监理记录和第三方环境检测机构监测数据等的审核，确定修复方案中的环保措施已基本得到落实，环境保护设施与措施基本上符合修复方案、环境监理方案等备案文件的要求。

8.1.3. 污染防治效果评估结论

环境监理单位委托第三方环境检测机构对第一阶段修复工程实施过程中产生的污（废）水、废气、噪声等可能引起的二次污染及环境影响因素进行了监测并出具盖章检测报告作为《监理总结报告》的附件。通过对《监理总结报告》和污（废）水、废气、噪声检测报告中的二次污染防治监测数据进行审核，确认施工过程中污（废）水、废气、噪声均监测达标，各类固体废物的利用或处置符合修复方案的要求。总体来说，修复实施工程未对地块及周边环境造成明显影响。

8.1.4. 第一阶段修复效果评估结论

8.1.4.1. 污染土壤清挖及修复范围评估

本项目修复工程第一阶段根据风险评估报告和修复方案划定的污染范围对 7 个基坑进行了清挖,共形成了 16 个修复面层。12#A 基坑仅完成了 0-1m 的清挖(1 个面层),因此在本阶段效果评估中不进行基坑验收,仅对这一面层清挖产生的建筑垃圾和筛上物进行采样检测和效果评估。经过复核,每层清挖后形成的修复面层范围基本依据了修复方案的拐点坐标与高程,清挖测量范围基本大于或等于修复方案的修复范围,已覆盖环评和修复方案中的清挖和修复范围。

总体来看,第一阶段修复工程地块内的污染区域清挖情况达到了修复预期目标。

第一阶段修复分为中区地块内水泥窑协同处置工艺污染土壤的修复施工和转运至北区地块异地污染土壤的修复施工,清挖深度为 0-3m,清挖土方量为 20889.8m^3 (含基坑扩挖修复污染土壤 670.5m^3),中区地块内水泥窑协同处置工艺污染土壤 18211.1m^3 (含基坑扩挖修复污染土壤 670.5m^3),经预处理后筛下污染土壤全部外运至水泥厂进行最终水泥窑协同处置。

综上所述,第一阶段效果评估范围内的污染区域的清挖和修复范围达到修复方案预期目标。

8.1.4.2. 污染区域清挖、疑似污染土及建渣与筛上物效果评估

在第一阶段施工中,经监理现场见证,完成中区地块 2#、3#、4#、5#、6A#、6B#、7#整个基坑及 12A#部分基坑污染区域表层地坪(污染建筑垃圾) 2163.8m^3 (设计方量)清挖转运,通过转运车辆数估算得第一类用地 0m 以上污染地坪方量 2660m^3 ,第二类用地 0m 以上污染地坪方量 560m^3 。通过转运车辆数估算得中区地块预处理车间第一类用地筛上物方量 4774m^3 ,中区地块预处理车间第二类用地筛上物方量 84m^3 。

第一类用地 0m 以上污染地坪和中区地块预处理车间第一类用地筛上物堆在 1#建筑垃圾冲洗后堆放区,实测得方量 7208m^3 。第二类用地 0m 以上污染地坪和中区地块预处理车间第二类用地筛上物堆在 2#建筑垃圾冲洗后堆放区,实测得方量 657m^3 。

疑似污染土在疑似污染土堆场分区分堆堆存,经测量和监理核实,热脱附疑似污染土方量 184m^3 ,水泥窑疑似污染土方量 1838m^3 。

8.1.5. 综合结论

效果评估单位通过文件审核、现场勘察、现场采样和检测分析等，对地块污染土壤清挖范围、修复过程污染防治效果等进行评估：该地块第一阶段修复工程基本符合《风险评估报告》《修复方案》等备案文件要求。根据效果评估检测结果，2#-7#基坑的坑底、侧壁土壤样品中目标污染物（砷、铅、汞、钨）已全部满足修复目标值的要求，红线范围内 2#-7#基坑的污染土壤已全部清挖完成，基坑暂未回填。筛上物、建渣和疑似污染土土壤样品中目标污染物含量均低于修复目标值。因此，地块第一阶段效果评估对象的检测值均满足相应效果评估标准。

本项目第一阶段污染土壤修复过程中基本落实废水处理设施和各项二次污染防治措施。根据环境检测数据分析，未对周围环境造成不良影响，未收到环境污染投诉，环境保护设施与措施基本符合修复方案、环境监理方案及备案文件的要求。

综上，佛山照明禅城总部厂区中区地块土壤污染修复项目完成了第一阶段预定的修复任务，达到了预期的阶段性修复目标，满足申请对本地块修复阶段性效果评估报告评审的条件。为保障基坑稳定，阶段效果评估评审通过后，修复单位可以进行基坑回填。筛上物及建筑垃圾、疑似污染土堆可以作为清洁土进行处置。

8.2. 后期修复及环境管理建议

1. 在修复过程中，对热脱附设备（给料设备和处理设备）进行定期检查维修，对存在缝隙、渗漏的部位进行及时焊接修补，避免污染土壤外漏，引起土壤二次污染。中区地块共 3 种污染类型的土壤需在北区地块进行热脱附修复：①汞污染土壤；②汞+石油烃（C₁₀-C₄₀）污染土壤；③石油烃（C₁₀-C₄₀）污染土壤；④重金属（砷/铅/钨/钼或其复合物）+汞污染土壤。待某一类型污染土壤修复完成后，热脱附设备需停机检修，对修复区域的污染土壤进行清理，避免产生交叉污染。污染土壤修复完成后，对卸料间进行清理，避免产生交叉污染。

2. 在后续施工过程中涉及开挖等可能扰动地下水的工序，须重点关注地块开挖过程中产生的基坑水，在施工过程中需对场地内挖掘出的地下水进行处理，处理达到相关标准，经检测合格后再进行回用。

3. 在后续的施工和开发过程中，环境管理土应做好范围记录，若涉及开挖应做好二

次污染防治措施，并在附近设立警示标志。在后期回填时建议将此部分土壤回填于地下水水位以上，减少对地下水的影响；同时为了降低地表水对该部分土壤的影响，在回填的环境管理土上方建议覆盖清洁土。不得将环境管理土壤转运至其他第一类用地区域，在地块管理权交给下一个权属人或使用人时，向其交接相关资料和环境管理要求。